
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Παράρτημα Χανίων

Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος

Τομέας Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας



Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας και Βιοχημικών Διεργασιών

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΤΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ
ΣΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΗΜΗΤΡΑΣ- ΕΙΡΗΝΗΣ ΚΑΡΑΒΑ



XANIA 2007

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΤΩΝ
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΣΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΤΗΝ
ΠΟΛΗ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΗΜΗΤΡΑΣ- ΕΙΡΗΝΗΣ ΚΑΡΑΒΑ
ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΧΑΝΙΑ 2007

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

Αναπλ. Καθ. Ε. Κατσίβελα

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Αναπλ. Καθ. Ε. Κατσίβελα
Καθ. Α. Αντωνιάδης
Καθ. Γ. Σταυρουλάκης

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω κάποιους ανθρώπους που με τη βοήθεια τους κατάφερα να υλοποιήσω αυτή την εργασία. Πρώτα από όλα ένα μεγάλο ευχαριστώ στην αναπληρώτρια καθηγήτρια Ελευθερία Κατσίβελα που ήταν δίπλα μου όποτε την χρειαζόμουν και που με την στήριξη της κατάφερε να γίνει αυτό που έχετε στα χέρια σας σήμερα. Τον επίκουρο καθηγητή κ. Μιχάλη Λαζαρίδη και την μηχανικό περιβάλλοντος Βικτωρία Αλεξανδροπούλου (MSc) από το Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης, για την ευγενική επιλογή και εκμάθηση του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία. Επίσης ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου που όλα αυτά τα χρόνια είναι δίπλα μου σε ότι και αν κάνω.

**“Αφιερώνεται στην οικογένεια μου Φυλλιώ, Βασίλη, και
Γιώργο Καραβά, που τόσα χρόνια είναι δίπλα μου σε κάθε
μου βήμα”**

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό τη πρωτότυπη μελέτη της επίδρασης της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων στη ρύπανση του αέρα στην πόλη των Χανίων. Η εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας και Βιομηχανικών Διεργασιών του Τομέα Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας του Τμήματος Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος του ΤΕΙ Κρήτης. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίστηκε στον υπολογισμό και στην επεξεργασία δεδομένων σχετικών με τους εκπεμπόμενους ρύπους από τις οδικές μεταφορές από τη ευρωπαϊκή βάση δεδομένων EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) καθώς και σε μετρήσεις πεδίου με έναν πολυανιχνευτή αερίων στα κεντρικότερα σημεία της πόλης των Χανίων (όπως π.χ. στην κεντρική Αγορά) και σε ώρες αιχμής (όπως π.χ. το μεσημέρι και το απόγευμα κατά το κλείσιμο των καταστημάτων), όπου παρατηρείται αυξημένη κυκλοφορία αυτοκινήτων.

Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκε στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής ότι σύμφωνα με τη βάση δεδομένων EMEP οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των CO, NO, NO₂, SO₂ και PM_{2,5} που υπολογίστηκαν για το νομό Χανίων ήταν πολύ χαμηλότερες από τις ανώτατες οριακές τιμές που έχουν θεσπιστεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η συγκέντρωση του CO ήταν 78 φορές χαμηλότερη της οριακής. Σε συμφωνία με αυτά τα δεδομένα διαπιστώθηκε ότι στις μετρήσεις πεδίου που πραγματοποιήθηκαν δεν παρατηρήθηκαν υπερβάσεις στις συγκεντρώσεις των ρύπων NO, NO₂ και SO₂, ενώ αντίθετα η συγκέντρωση του CO υπερέβαινε μερικές φορές στις ώρες και στα σημεία δειγματοληψίας την ανώτατη οριακή τιμή.

Στη συγκεκριμένη εργασία ακολουθήθηκαν δυο διαφορετικές μεθοδολογίες για τον υπολογισμό των προερχόμενων από την κυκλοφορία των αυτοκινήτων εκπομπών αερίων ρύπων. Η μία περιλάμβανε τον υπολογισμό των αερίων εκπομπών από τις οδικές μεταφορές από τη βάση δεδομένων του EMEP για τα έτη 2000 και 2003, ενώ η άλλη τον υπολογισμό των εκπομπών με βάση ειδικούς συντελεστές εκπομπής και τον στόλο των κυκλοφορούντων οχημάτων στον νομό και στην πόλη των Χανίων για τα έτη 2003 και 2005.

Στο τέλος του 2003 ο συνολικός αριθμός των οχημάτων που κυκλοφορούσε στο νομό Χανίων ήταν 87.539, αριθμός που στις αρχές του 2005 μειώθηκε στα 85.500.

Από τη σύγκριση των εκπομπών από τις οδικές μεταφορές του έτους 2000 και 2003 (από τη βάση δεδομένων EMEP) παρατηρήθηκε, ότι στο Ν. Χανίων οι εκπομπές του CO και των NMVOC το 2003 μειώθηκαν σημαντικά σε σύγκριση με το έτος 2000. Αντίθετα οι εκπομπές των NO_x, SO_x, PM_{2,5} και NH₃ αυξήθηκαν ελαφρά το 2003 σε σχέση με το 2000. Η παρατηρούμενη μείωση των εκπομπών του CO και των NMVOC ίσως είναι αποτέλεσμα της περιβαλλοντικής πολιτικής, που περιλαμβάνει ένα συνδυασμό μέτρων και παρεμβάσεων που υλοποιήθηκαν ή και συνεχίζουν να υλοποιούνται. Το πιο σημαντικό από αυτά είναι η ανανέωση του στόλου των παλαιών συμβατικών Ι.Χ. αυτοκινήτων με καινούργια καταλυτικής τεχνολογίας. Επίσης η ανανέωση μερικών πετρελαιοκινήτων οχημάτων (κυρίως λεωφορείων και ταξί), η σταδιακή βελτίωση της ποιότητας των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στα οχήματα, οι κυκλοφοριακές επεμβάσεις και η ρύθμιση και συντήρηση των οχημάτων (εφαρμογή της Κάρτας Ελέγχου Καυσαερίων) βοηθούν σημαντικά στη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων. Ωστόσο όμως η χρήση των νέων μέτρων δεν είναι ακόμα ευρέως αποδεκτή όπως επίσης και η αντικατάσταση των πετρελαιοκινήτων οχημάτων καθώς και η βελτίωση της υπάρχουσας καταλυτικής αντιρρυπαντικής τεχνολογίας και αυτό πιθανόν μπορεί να δικαιολογήσει τις ελαφρά υψηλότερες εκπομπές των ρύπων NO_x, SO_x, PM_{2,5} και NH₃ το έτος 2003 σε σχέση με το έτος 2000.

Συγκρίνοντας τις εκπομπές από τις οδικές μεταφορές με την πρώτη μεθοδολογία (από τη βάση δεδομένων EMEP) και τις υπολογισμένες από την δεύτερη μεθοδολογία (για 10.000 χλμ ετησίως εκπομπές με συντελεστές εκπομπής) για το έτος 2003 παρατηρούμε, ότι οι εκπομπές του CO στη βάση δεδομένων EMEP είναι 7,7 φορές χαμηλότερες από αυτές που υπολογίστηκαν με τους συντελεστές εκπομπής, ενώ οι εκπομπές των NOx είναι 3,7 φορές χαμηλότερες και οι εκπομπές των HCs 13,8 φορές χαμηλότερες. Η διαφορά στα αποτελέσματα των υπολογισθέντων από την βάση δεδομένων του EMEP εκπομπών με αυτές που υπολογίστηκαν με βάση τους συντελεστές εκπομπής σύμφωνα με τον στόλο των οχημάτων μπορεί να οφείλονται αφενός στο μέσο όρο χιλιομέτρων που ορίστηκαν στη παρούσα εργασία (10.000χλμ ετησίως) και αφετέρου στο ότι οι συντελεστές εκπομπής που χρησιμοποιήθηκαν πιθανόν δεν είναι αντιπροσωπευτικοί για όλες τις κατηγορίες οχημάτων. Όσον αφορά τη μεγάλη διαφορά που διαπιστώθηκε μεταξύ των εκπομπών από την βάση δεδομένων του EMEP και των υπολογισμών με τους συντελεστές για τις εκπομπές των HCs μπορεί να οφείλεται και στο γεγονός ότι στους υπολογισμούς με συντελεστές θεωρήθηκε, ότι όλα τα επιβατικά οχήματα θεωρήθηκαν βενζινοκίνητα, ενώ όλα τα φορτηγά θεωρήθηκαν κυβισμού 4.000cc-6.000cc και όλα τα ταξί πετρελαιοκίνητα. Παραδοχές που προφανώς δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

Επίσης συγκρίνοντας τις συνολικές εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων όσον αφορά τις οδικές μεταφορές του νομού Χανίων με τις συνολικές εκπομπές όλης της Ελλάδας (πρώτη μεθοδολογία) διαπιστώθηκε, ότι οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων που εκπέμπονται στο νομό Χανίων αντιστοιχούν στο 1,37% των συνολικών ελληνικών εκπομπών για το έτος 2003, το οποίο αντιστοιχεί στο ποσοστό του πληθυσμού που διαμένει στο νομό Χανίων (150.387 κάτοικοι) σε σχέση με τον πληθυσμό όλης της Ελλάδας (10.964.020 κάτοικοι) (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, απογραφή 2001). Ενδεικτικά στο νομό Χανίων οι εκπομπές CO από οδικές μεταφορές φτάνουν μόλις τα 4.634,32 Mg από τα 952.000Mg που είναι για όλη την Ελλάδα. Παρόλα αυτά είναι ένα αξιόλογο ποσοστό και παίζει σημαντικό ρόλο στην ολική ρύπανση, που όμως αν εφαρμοστούν κάποια απλά μέτρα (όπως π.χ. η αντικατάσταση των παλαιάς τεχνολογίας οχημάτων, η μείωση της χρήσης του αυτοκινήτου για διαδρομές μικρότερες του 1 χιλιομέτρου κ.α), μπορεί να μειωθεί σημαντικά.

Abstract

The main objective of the present diploma thesis was to study the effect of vehicle transport to the air pollution in the urban area of the city of Chania. This study was realized in the Laboratory of Environmental Chemistry and of Biochemical Processes, which belongs to the Division of Environmental Technology of the Department of Natural Resources and Environment of the Technological Educational Institute of Crete. The methodology used was based on simulations and data processing related to air pollutants from the European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) database, as well as, on measurements of air pollutants using a multi-gas detector in different locations at the city centre during traffic rush hours (e.g. at noon and afternoon during the time when shops and public services close).

In particular, the calculated from EMEP average yearly concentrations of CO, NO, NO₂, SO₂ and PM_{2.5} for the prefecture of Chania were lower than the upper limits established by the European Union. The concentration of CO was 78 times lower than the upper limits. In accordance to these data, the measured in the frame of this work concentrations of the air pollutants NO, NO₂ and SO₂ were also lower than the established upper limits, contrary to the concentration of CO that was at a number of occasions at specific locations higher than the upper limit.

In the current study the emissions of air pollutants from the road transport were calculated using two different methodologies. The first methodology used the EMEP database, for the years 2000 and 2003 whereas the second one included the calculation of the vehicle emissions using emission coefficients according to the number of the existing vehicles in the prefecture and in the city of Chania for the years 2003 and 2005 (Greek bureau of statistics).

The total number of vehicles that circulated in the prefecture of Chania at the end of 2003 was 87.539, number which at the beginning of 2005 was reduced to 85.500.

From the comparison of the emissions from the road transport between the years 2000 and 2003 (from the EMEP database) it was observed that in the prefecture of Chania the emissions of CO and NMVOC in 2003 were significantly reduced compared to the year 2000. In contrast, the emissions of NO_x, SO_x and NH₃ increased. The observed reduction of the emissions of CO and NMVOC could be a result of the environmental policy, which contain a combination of regulation that have been realized or are still in process. The most important from these regulations was the replacement of old conventional vehicles with new ones possessing catalyst technology. In addition, other regulation measures such as the replacement of diesel vehicles (especially busses and taxis) with new technology diesel vehicles, the gradual improvement of the quality of the used fuels and new traffic regulations regarding the service of the vehicles (application of exhaustion control card) helped significantly in the reduction of air pollution. However, the new traffic regulations are not yet widely accepted (e.g. the replacement of diesel car and the improvement of the existing catalyst technology) and may this resulted to the slightly increase of NO_x, SO_x and NH₃ emissions during the year 2003 in comparison to year 2000.

The comparison between the two methodologies for the year 2003 showed that the emissions of CO from the EMEP database (first methodology) was 7.7 times lower than the calculated ones from statistical data (second methodology) (yearly 10.000 Km per vehicle in the second methodology). In addition, the EMEP methodology predicted that the emissions of NO_x were 3.7 times lower than the calculated values from the second methodology and the same applied for the HCs emissions (13.8 times lower). These differences may be caused due to applied assumptions used in the second methodology. These include the use of 10.000 km per vehicle per year and estimated vehicle emission

coefficients. Additional assumptions used in the second methodology were that all passenger cars operated with benzene, all trucks had cubism of 4,000-6,000 cc and all taxi operated with diesel.

The use of road transport emission data obtained from Prefecture of Chania and the total Greek emission data (first methodology) showed that the vehicle emissions in the prefecture of Chania correspond to 1.37% of the total Greek emissions for the year 2003. This result corresponds to the population percentage of Chania (150,387 inhabitants) in relation to the whole population of Greece (10,964,020 habitants) (Greek bureau of statistics, inventory 2001).

Finally, the EMEP methodology predicted that in the Prefecture of Chania the emissions of CO from road transport are equal to 4,634.32 Mg in comparison to total Greek road traffic related CO emissions of 952,000 Mg. The emissions of air pollutants from vehicles could be reduced if additional regulation measures are applied, such as for example the replacement of the old technology cars, the use of new catalysts and the reduction in the use of cars for destinations shorter than 1 kilometre.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	1
Κεφάλαιο 1	2
Εισαγωγή	2
Κεφάλαιο 2	6
2.1. Πλανήτης Γη	6
2.2. Η ατμόσφαιρα της γης	6
2.3. Εισαγωγή στη ρύπανση της ατμόσφαιρας	7
2.4. Ποιοι είναι οι ρύποι, οι πηγές τους και οι επιδράσεις τους στο ανθρωπογενές περιβάλλον	9
2.4.1. Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	11
2.4.2. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	11
2.4.3. Τα οξείδια του θείου (NO _x)	12
2.4.4. Το διοξείδιο του θείου (SO ₂)	13
2.4.5. Υδρόθειο (H ₂ S)	14
2.4.6. Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC _s και CH ₄)	14
2.4.7. Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs)	15
2.4.8. Αιωρούμενα σωματίδια	16
2.4.9. Αιθάλη	17
2.4.10. Βαρέα μέταλλα	18
2.4.11. Αμίαντος	18
2.4.12. Όζον (O ₃)	20
2.4.13. Φωτοξειδωτικές ενώσεις	21
2.4.14. Ρύποι υπεύθυνοι για τη μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος	21
2.4.15. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	22
2.4.16. Το νέφος της καπνομίχλης	24
2.4.17. Ρύποι υπεύθυνοι για το φωτοχημικό νέφος	25
2.4.18. Οξινή βροχή	26
2.5. Αέρια εκπεμπόμενα από ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην Ευρώπη	26
2.6. Η ποιότητα του αέρα στον ελλαδικό χώρο και συγκεκριμένα στις αστικές περιοχές	27
Κεφάλαιο 3	30
3.1. Κινητές πηγές	30
3.2. Παραγόμενοι ρύποι από τη κίνηση του αυτοκινήτου	30
3.3. Κατηγορίες αυτοκινήτων	32
3.3.1. Καταλυτικά οχήματα	32
3.3.1.1. Καταλυτικοί μετατροπείς	33
3.3.1.2. Καταλυτικά οχήματα στην Ελλάδα	36
3.3.2. Συμβατικής τεχνολογίας βενζινοκίνητα οχήματα	38
3.3.2.1. Δίτροχα	40
3.3.3. Πετρελαιοκίνητα οχήματα	40
3.3.3.1. Ταξί	41
3.3.3.2. Φορτηγά- Λεωφορεία	42
3.4. Ποιότητα της ατμόσφαιρας στην Αθήνα σήμερα από τη κίνηση των αυτοκινήτων	42
Κεφάλαιο 4	47
4.1 Εναλλακτικές τεχνολογίες για τη κίνηση του αυτοκινήτου	47
4.2. Κινητήρες Lean- Burn	47
4.3. Κινητήρες αερίων καυσίμων (προπάνιο, μεθάνιο, φυσικό αέριο)	48

4.3.1. Κινητήρες φυσικού αεριού	48
4.3.2. Κινητήρες υγραερίου	50
4.3.3. Κινητήρες υδρογόνου	54
4.3.3.1. Κυψέλη καυσίμου υδρογόνου.....	57
4.3.3.2. Προστασία περιβάλλοντος και ασφάλεια ενεργειακών κυψελών καυσίμου	65
4.4. Ηλεκτροκινητήρες	67
4.5. Υβριδικά αυτοκίνητα	68
Κεφάλαιο 5	72
5.1. Νομοθετικό πλαίσιο	72
5.2. Όρια Ποιότητας της Ατμόσφαιρας	72
5.3. Εθνικά όρια εκτάκτων μέτρων.....	75
5.4 Πρωτόκολλο του Κιότο	76
5.4.1. Ευέλικτοι μηχανισμοί του πρωτοκόλλου του Κιότου	77
5.4.2. Εφαρμογή στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στην Ελλάδα	78
Κεφάλαιο 6	81
6.1. Το υπολογιστικό πρόγραμμα Copert III	81
6.1.1. Το πρωτόκολλο NFR01	82
6.1.2. Το πρωτόκολλο NFR02	82
6.1.3. Υπολογιστική επιλογή SNAP	83
6.1.3.1 Η υπολογιστική επιλογή Road transport.....	83
6.2. Εισαγωγή στη βάση δεδομένων EMEP	84
6.2.1 Παρουσίαση περιβάλλοντος εργασίας του EMEP	85
6.2.2. Παράθυρα καταλόγων (List boxes)	85
6.2.3. Μονάδες (Units).....	85
6.2.4. Επίσημες εκπομπές (Official Emissions).....	86
6.2.5. Επίσημα αναφερόμενα στοιχεία δραστηριότητας (Officially Reported Activity Data).....	89
6.2.6. Εκπομπές εμπειρογνομόνων (Expert Emissions).....	93
6.2.7. Ετήσιες συγκεντρώσεις αερίων ρύπων (Yearly Data).....	95
6.3. Αποτελέσματα αναζήτησης στο EMEP	100
6.3.1. Εκπομπές ρύπων από τη βάση δεδομένων EMEP στο νομό Χανίων.....	100
6.3.2. Εκπομπές ρύπων από τη βάση δεδομένων EMEP στην Ελλάδα.....	102
6.3.3. Συγκεντρώσεις ρύπων από τη βάση δεδομένων EMEP στο νομό Χανίων.....	103
Κεφάλαιο 7	105
7.1. Εικόνα στόλου οχημάτων νομού και πόλης Χανίων	105
7.2. Συντελεστές εκπομπής αερίων ρύπων	107
7.3. Μετρήσεις πεδίου αερίων ρύπων.....	108
7.3.1. Πρώτη Μέτρηση Πεδίου.....	109
7.3.2. Δεύτερη Μέτρηση Πεδίου	112
7.3.3. Τρίτη Μέτρηση Πεδίου.....	114
Κεφάλαιο 8	117
Συμπεράσματα	117
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ	122
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	124
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ.....	128

Πρόλογος

Η επίδραση της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων στη ρύπανση της ατμόσφαιρας παίζει σημαντικό ρόλο στις μέρες μας. Ως αυτοκίνητο νοείται κάθε όχημα ανεξάρτητα από τον αριθμό των τροχών, που κινείται με μηχανή εσωτερικής καύσης και προορίζεται να μεταφέρει πρόσωπα ή πράγματα ή και τα δυο μαζί, ευρισκόμενα είτε πάνω στο ίδιο το όχημα είτε σε ρυμουλκούμενο που κινείται από αυτό. Οι βασικότεροι ρύποι που εκπέμπονται από τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι άκαυστοι και οξειδωμένοι υδρογονάνθρακες (HCs) και τα οξείδια του αζώτου (NO_x), ενώ από τα πετρελαιοκίνητα εκπέμπονται επίσης τα οξείδια του θείου (SO_x) και τα αιωρούμενα σωματίδια.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό τη πρωτότυπη μελέτη της επίδρασης της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων στη ρύπανση του αέρα στην πόλη των Χανίων. Η εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας και Βιομηχανικών Διεργασιών του Τομέα Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας στο Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος του ΤΕΙ Κρήτης.

Η μελέτη αυτή ασχολείται αφενός με την ποιότητα του αέρα στην πόλη των Χανίων και αφετέρου με το πώς αυτή επηρεάζεται από την κυκλοφορία των αυτοκινήτων. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίστηκε στην εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων σχετικών με τους εκπεμπόμενους ρύπους από τις οδικές μεταφορές από την ευρωπαϊκή βάση δεδομένων EMEP (Convention on Long- range Transboundary Air Pollution) καθώς και σε μετρήσεις πεδίου με έναν πολυανιχνευτή αερίων στα κεντρικότερα σημεία της πόλης των Χανίων (όπως π.χ. στην κεντρική Αγορά) και σε ώρες αιχμής (όπως π.χ. το μεσημέρι και το απόγευμα κατά το κλείσιμο των καταστημάτων όπου παρατηρείται αυξημένη κυκλοφορία αυτοκινήτων).

Το πρώτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας κάνει μια γενική εισαγωγή στο πρόβλημα της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, ενώ το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται συγκεκριμένα στους σπουδαιότερους ρύπους, τις πηγές εκπομπής τους και τις επιδράσεις τους στο περιβάλλον. Επίσης κάνει αναφορά στα σημαντικότερα φαινόμενα ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Στο τρίτο κεφαλαίο περιγράφεται μια πολύ σημαντική πηγή ρύπανσης της ατμόσφαιρας, το αυτοκίνητο, οι ρύποι που παράγονται κατά τη κίνηση των οχημάτων καθώς επίσης και οι διάφορες κατηγορίες οχημάτων σήμερα. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις εναλλακτικές τεχνολογίες κίνησης οχημάτων, όπως στους κινητήρες Lean- Burn, τους κινητήρες υδρογόνου, υγραερίου, φυσικού αερίου κ.α.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο νομοθετικό πλαίσιο που ισχύει σήμερα στην Ελλάδα σχετικά με τα όρια ποιότητας της ατμόσφαιρας, τα εθνικά όρια έκτακτων μέτρων και γίνεται αναφορά στο Πρωτόκολλο του Κιότο. Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποια υπολογιστικά προγράμματα εκπομπής ρύπων από τη κυκλοφορία των οχημάτων. Ένα από αυτά το EMEP (Convention on Long- range Transboundary Air Pollution) χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας για τον υπολογισμό των εκπομπών των NO_x, των μη μεθανικών πτητικών οργανικών ενώσεων (NMVOCs), των SO_x, των οξειδίων του άνθρακα (CO_x), της αμμωνίας (NH₃) και των αιωρούμενων σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη από 2,5μm (PM_{2,5}). Τέλος στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μετρήσεις των αέριων ρύπων που έγιναν στη πόλη των Χανίων και τα αποτελέσματα των υπολογισμών των εκπομπών του στόλου των οχημάτων σύμφωνα με τα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Εταιρίας και με συντελεστές εκπομπής ρύπων από οχήματα. Στο τελευταίο κεφαλαίο των συμπερασμάτων συνοψίζονται τα κυριότερα αποτελέσματα της εργασίας αυτής.

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Ραγδαία είναι η υποβάθμιση της ζωής των πολιτών στις μεγαλουπόλεις εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αλλά και της γενικότερης ρύπανσης του περιβάλλοντος. Το όνειρο για μία καλύτερη ζωή στα αστικά κέντρα κοντεύει να γίνει εφιάλτης, ενώ ήδη είναι ορατές οι αλλαγές από την καταστροφή του περιβάλλοντος στην καθημερινότητα μας όπως οι επιπτώσεις που βιώνουμε από κάποιες ακραίες καιρικές συνθήκες.

Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ευρύ και δυστυχώς οι επιπτώσεις της τόσο στους ζώντες οργανισμούς όσο και στους φυσικούς πόρους, σε κτήρια και περιουσίες είναι μεγάλες και πολλές φορές καταστρεπτικές. Στο παρακάτω πίνακα 1.1 παρουσιάζονται κάποια σοβαρά επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης με σημαντικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία, τα οποία συνέβησαν στο παρελθόν.

Πίνακας 1.1: Παραδείγματα σοβαρών επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης με σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία [4].

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 Φλεβ 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

Η επίγνωση του προβλήματος και η ευαισθητοποίηση τόσο των ανθρώπων που έχουν την εξουσία, όσο και των απλών πολιτών αποτελεί την ελάχιστη πρόσφορα όλων μας στον

πλανήτη που μας φιλοξενεί. Τα περισσότερα δημοσιευμένα στοιχεία που αναφέρονται στις περισσότερες έρευνες που έχουν γίνει για την ατμοσφαιρική ρύπανση, βασίζονται σε δεδομένα από τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (ΗΠΑ), επειδή μπορούν να θεωρηθούν σαν ένας καλός «προσομοιωτής» της εικόνας του παγκόσμιου προβλήματος.

Οι πηγές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι αρκετές. Οι κυριότερες από αυτές είναι: i) η οικιακή θέρμανση (10%), ii) οι διεργασίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (10 -15%), iii) οι ανεπιθύμητες καύσεις (5%), iv) οι βιομηχανικές καύσεις καυσίμων και γενικότερα όλες οι βιομηχανικές εκπομπές (20%) και v) τα μέσα μαζικής μεταφοράς (60%). Από τα παραπάνω μπορεί εύκολα κανείς να συμπεράνει, ότι η κυριότερη πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι τα μέσα μεταφοράς, ο αριθμός των οποίων συνεχόμενα αυξάνεται. Στο πίνακα 1.2 παρουσιάζονται οι κυριότεροι ρύποι και οι πηγές εκπομπής τους, καθώς και το ποσοστό των ρύπων σε εκατομμύρια ανά έτος κατά το έτος 1998.

Πίνακας 1.2: Οι κυριότεροι ρύποι και οι πηγές εκπομπής τους κατά το έτος 1998 [4].

ΠΗΓΗ	ΡΥΠΟΣ (εκατομμύρια/ έτος)					Σύνολο
	CO	SO ₂ , SO ₃	NO, NO ₂	H/C	Σωματίδια	
ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ:						
Αυτοκίνητο	67,3	0,3	7	12,7	0,7	88
Άλλα	3,9	0,1	1	1,1	0,5	6,6
Σύνολο	71,2	0,4	8	13,8	1,2	94,6
ΚΑΥΣΕΙΣ:						
Παρ. Ηλεκτρ.Ενεργ	0,1	14	3,5	-	2,3	19,9
Βιομηχανία	0,3	5,5	3,1	0,1	3	12
Οικιακή Θέρμανση	1,3	1,8	0,5	0,6	0,4	4,6
Άλλα	0,2	0,7	0,4	-	0,3	1,6
Σύνολο	1,9	22	7,5	0,7	6	38,1
Επεξεργασία Στερεών						
Αποβλήτων	4,5	0,1	0,7	1,4	1,2	7,9
Διάφορες κατεργασίες	7,8	7,2	0,2	3,5	5,9	24,6
Διάφορα	1,2	0,6	0,2	4,2	0,4	6,6
ΣΥΝΟΛΑ	86,6	30,3	16,6	23,6	14,6	172,8

Από το παραπάνω πίνακα μπορεί κανείς να δει, ότι το περισσότερο μονοξείδιο του άνθρακα (CO) παράγεται από τις μηχανές εσωτερικής καύσης των μέσων μεταφοράς, όπως επίσης και το μεγαλύτερο ποσοστό των οξειδίων του αζώτου (NO, NO₂), ενώ η καύση καυσίμων για θέρμανση και ηλεκτροδότηση κατέχει τη δεύτερη θέση. Η μεγαλύτερη ποσότητα των οξειδίων του θείου (SO₂, SO₃) προέρχεται από τις μονάδες παραγωγής ενέργειας και τις βιομηχανίες λόγω του ότι χρησιμοποιούν φτηνότερα θειούχα καύσιμα. Όσον αφορά τις σωματιδιακές εκπομπές και τις εκπομπές υδρογονανθράκων το μεγαλύτερο ποσοστό τους οφείλεται επίσης στις μηχανές εσωτερικής καύσης των μέσων μεταφοράς ενώ μεγάλες εκπομπές παρατηρούνται και σε βιομηχανικές μονάδες.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας στο τομέα των μεταφορών και συγκοινωνιών έχει επιβαρύνει το περιβάλλον. Οι μεταφορές ενοχοποιούνται για την αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα και κατά συνέπεια για την αδυναμία πολλών κρατών μελών να

ανταποκριθούν στους στόχους που έχουν καθοριστεί από το Πρωτόκολλο του Κιότο (περισσότερα για το Πρωτόκολλο του Κιότο στο κεφ. 5). Εύκολα θα μπορούσε κάποιος να οδηγηθεί στο συμπέρασμα, ότι τα μέσα μεταφοράς όχι μόνο διευκολύνουν αλλά και βλάπτουν τους πολίτες. Οι μετακινήσεις πολιτών την τελευταία δεκαετία αυξήθηκαν κατά 30%. Το δεδομένο αυτό οδήγησε στην αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, του βασικού αερίου που ενοχοποιείται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Έχει υπολογιστεί, ότι οι μεταφορές συμβάλλουν κατά 21% στις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Εκτός από τις εκπομπές που προκύπτουν από την καύση της βενζίνης θα πρέπει να συνυπολογιστούν και οι εκπομπές που προκύπτουν για τη παραγωγή της καύσιμης ύλης, εφόσον δεν πρόκειται για βιοκαύσιμα. Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει, εκτιμάται ότι οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου από τις μετακινήσεις που πραγματοποιούνται οδικώς θα αυξηθούν κατά 10,3% ανάμεσα στο 2005 και το 2010.

Εκτός όμως από τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου οι οδικές μετακινήσεις, ιδιαίτερα όταν συνοδεύονται από κυκλοφοριακή συμφόρηση, ρυπαίνουν και τα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας με ανυπολόγιστες συνέπειες για την υγεία πολιτών. Εκτιμάται ότι οι οδικές μετακινήσεις ευθύνονται για τον πρόωρο θάνατο 370.000 ανθρώπων το χρόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς προκαλούν ρύπανση της ατμόσφαιρας. Αυτοί οι θάνατοι οφείλονται κυρίως στα μικροσωματίδια και στο όζον που εκπέμπονται εξαιτίας της αυτοκίνησης. Η περιβαλλοντική επιβάρυνση εξαιτίας των μέσων μαζικών μεταφορών πρέπει να εξεταστεί τόσο σε σχέση με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία όσο και με τη χρήση της αυτοκίνησης.

Η ανάγκη για καθαρότερο αέρα έχει αναγνωρισθεί εδώ και αρκετές δεκαετίες, με ανάληψη δράσεων σε επίπεδο κρατών μελών και Ε.Ε., όπως και με ενεργό συμμετοχή σε διεθνείς συμβάσεις π.χ. τη σύμβαση για τη διασυννοριακή ρύπανση της ατμόσφαιρας σε μεγάλη απόσταση (CLRTAP). Οι δράση της Ε.Ε. έχει επικεντρωθεί στο καθορισμό ελάχιστων προτύπων για την ποιότητα του περιβάλλοντος αέρα και στην αντιμετώπιση των προβλημάτων της όξινης βροχής και του τροποσφαιρικού όζοντος. Έχουν μειωθεί οι εκπομπές ρύπων από μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης και κινητές πηγές· έχει βελτιωθεί η ποιότητα των καυσίμων και έχουν ενσωματωθεί απαιτήσεις προστασίας του περιβάλλοντος στους τομείς των μεταφορών και της ενέργειας.

Όσον αφορά τα μέτρα αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από την αυτοκίνηση που έχουν εφαρμοστεί στο παρελθόν και έχουν αποδώσει σε σημαντικό βαθμό είναι:

- Η απόσυρση των συμβατικών Ι.Χ. επιβατικών αυτοκινήτων
- Η σταδιακή και συνεχής βελτίωση της ποιότητας των καυσίμων, όπως η μείωση της περιεκτικότητας του θείου στο ντίζελ και στη βενζίνη.
- Η απαγόρευση λειτουργίας νέων βιομηχανικών μονάδων σε επιβαρυμένες περιοχές, όπως στο Ν. Αττικής.
- Η εφαρμογή του θεσμού της Κάρτας Ελέγχου Καυσαερίων και του ελέγχου των αυτοκινήτων από τα ΚΤΕΟ (Κέντρα Τεχνολογικού Ελέγχου Οχημάτων).
- Η απαγόρευση της χρήσης μαζούτ σε ορισμένες κατηγορίες καύσεων καθώς και η χρήση μαζούτ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο σε επιβαρυμένες περιοχές, όπως στο Ν. Αττικής για ορισμένες δραστηριότητες.

Επίσης θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί ίδρυση ισχυρών οργανώσεων πολιτών - χρηστών Μέσων Μαζικής Μεταφοράς, ξεκάθαρη στήριξη μεταφορικών μέσων σταθερής τροχιάς, σχεδιασμός και εφαρμογή προγραμμάτων με βάση την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Επίσης θα μπορούσε το κράτος να προβεί στο σχεδιασμό και υλοποίηση προγραμμάτων περιβαλλοντικής ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης πολιτών και φορέων.

Οι Ελληνικές πόλεις παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθ' όσον τα οχήματα αποτελούν μια σημαντική πηγή ρύπανσης. Η ανανέωση τόσο των

Ι.Χ. αυτοκινήτων με καινούργια καταλυτικής τεχνολογίας καθώς και η βελτίωση της ποιότητας των καυσίμων οδήγησαν σε πολύ σημαντική πτώση ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων. Αυτό όμως δεν συνέβη για όλους τους ρύπους. Σε πολλές Ελληνικές πόλεις τα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια είναι πάνω από τα επιτρεπτά όρια (βλέπε και κεφ. 3.4). Άρα πρώτη προτεραιότητά μας είναι η προστασία τόσο του τοπικού όσο και του παγκόσμιου περιβάλλοντος που συνεπάγεται την εφαρμογή των δεσμεύσεων, που προκύπτουν από το Πρωτόκολλο του Κιότο για περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου.

Πρωτοπόροι σε ευρωπαϊκό επίπεδο αναδεικνύονται οι Έλληνες στη χρήση του ΙΧ ακόμη και για διαδρομές μικρότερες του ενός χιλιομέτρου, όσο και για τις μετακινήσεις τους. Έτσι παρά την όξυνση του κυκλοφοριακού προβλήματος οι Έλληνες επιμένουν «να πηγαίνουν ακόμη και για τσιγάρα στο περίπτερο με το αυτοκίνητό τους». Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στην Ειδική Μόνιμη Επιτροπή Προστασίας Περιβάλλοντος της Βουλής, ο μέσος αριθμός διαδρομών μικρότερων του 1χλμ. /εβδομάδα με χρήση ΙΧ είναι 9 για τη χώρα μας και ακολουθούν οι Ιταλοί με 4, οι Πορτογάλοι, οι Ολλανδοί και οι Βέλγοι με 2 και οι υπόλοιποι με 1 διαδρομή. Όσον αφορά τις μετακινήσεις τους ανά εβδομάδα, οι Έλληνες εμφανίζονται να χρησιμοποιούν το ΙΧ τους 7 φορές σε αντίθεση με τους Ιταλούς, τους Γάλλους και τους Ισπανούς που το χρησιμοποιούν 4 φορές και τους Βρετανούς, Γερμανούς, Πορτογάλους, Ολλανδούς και Βέλγους που το επιλέγουν 3 φορές. Είναι ενδεικτικό ότι καθημερινά γίνονται με τα μέσα ατομικής μετακίνησης 8.000.000 μετακινήσεις, ενώ οι επιστήμονες εκτιμούν ότι τα επόμενα 5 χρόνια θα αυξηθούν σε 10.000.000 μετακινήσεις από τις οποίες το 40%-45% θα αφορά διαδρομές από και προς την εργασία των πολιτών. Έτσι, σήμερα το μερίδιο αγοράς που κατέχουν τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς εκτιμάται περί το 41%, ενώ την ίδια στιγμή στο Λεκανοπέδιο κυκλοφορούν πάνω από 2.000.000 ΙΧ.

Σύμφωνα με στοιχεία της Διεύθυνσης Μεταφορών που εκπόνησαν συγκοινωνιολόγοι, συγκρίνοντας τους αριθμούς των αυτοκινήτων που βρίσκονται σε κίνηση στη πόλη των Χανίων και σε άλλες μεγαλουπόλεις ο αριθμός των οχημάτων όλων σχεδόν των κατηγοριών έχει πολλαπλασιαστεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια στη πόλη των Χανίων. Στη παρούσα εργασία γίνεται μια πρότυπη μελέτη στην επίδραση της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων στη ρύπανση της ατμόσφαιρας στη πόλη των Χανίων [4,39].

Κεφάλαιο 2

2.1. Πλανήτης Γη

Η Γη είναι ένας από τους εννέα πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος και ένα από τα 100 δισεκατομμύρια άστρα του γαλαξία μας. Λόγω της θέσης της βασικά (μέση απόσταση από τον ήλιο 149.600.000 χλμ.) καθώς και της περιβάλλουσας ατμόσφαιρας και του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου η θερμοκρασία στην επιφάνεια της κυμαίνεται σε επίπεδα που επιτρέπουν την ανάπτυξη ζωής (μέση θερμοκρασία 15°C). Αν απείχε λιγότερο ή περισσότερο από τον ήλιο θα ήταν ένας νεκρός πλανήτης. Η διατήρηση της θερμοκρασίας και τα καιρικά φαινόμενα οφείλονται στην ύπαρξη της ατμόσφαιρας που απορροφά μέρος της ηλιακής και κοσμικής ακτινοβολίας. Η Γη αποτελείται από τέσσερα βασικά στρώματα:

- Τον εσωτερικό πυρήνα
- Τον εξωτερικό πυρήνα
- Τον μανδύα και
- Τον φλοιό

Στην καρδιά του πλανήτη βρίσκεται ο στερεός εσωτερικός πυρήνας όπου η θερμοκρασία φτάνει τους 4.000 βαθμούς Κελσίου. Εξαιτίας της θερμότητας που εκλύεται από το στρώμα αυτό, τα ρευστά υλικά του εξωτερικού πυρήνα και του μανδύα βρίσκονται σε διαρκή κίνηση και δημιουργούν θερμά ρεύματα μεταφοράς, αυτά τα ρεύματα παράγουν το μαγνητικό πεδίο της Γης, που εκτείνεται στο διάστημα και σχηματίζει τη μαγνητόσφαιρα [1,3].

2.2. Η ατμόσφαιρα της γης

Η ατμόσφαιρα είναι ο προστατευτικός μανδύας της ζωής πάνω στη Γη. Η σύσταση, η δομή και τα φυσικοχημικά φαινόμενα που συμβαίνουν στην ατμόσφαιρα επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα τους βιογαιοχημικούς κύκλους και τα οικοσυστήματα. Η ατμόσφαιρα είναι η πηγή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) για τη φωτοσύνθεση των φυτών και η πηγή οξυγόνου (O₂) για την αναπνοή. Ακόμα περιέχει άζωτο (N₂), το οποίο χρησιμοποιούν βακτήρια και φυτά για τη σύνθεση ζωντανής ύλης. Η ατμόσφαιρα είναι ένα στρώμα αερίων που περιβάλλει τη Γη και καθιστά δυνατή τη ζωή στον πλανήτη. Ως βασικό τμήμα του υδρολογικού κύκλου, η ατμόσφαιρα μεταφέρει νερό από τους ωκεανούς στη ξηρά, λειτουργώντας σαν ψυκτήρας σ' ένα τεράστιο αποστακτήρα που θερμαίνεται από τον ήλιο.

Η πυκνότητα της μεταβάλλεται ανάλογα με το ύψος. Το 80% του ατμοσφαιρικού αέρα συγκρατείται από το γήινο βαρυτικό πεδίο στην τροπόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα απορροφά ή αντανακλά την επικίνδυνη ηλιακή ακτινοβολία, που θα κατάκαιγε τα πάντα αν θα έφτανε στη γήινη επιφάνεια. Επίσης απορροφά θερμότητα από τον ήλιο και παράλληλα εμποδίζει την διαφυγή της, με αποτέλεσμα μέση θερμοκρασία της Γης να κυμαίνεται στους +15°C. Η ισορροπία αυτή διαταράσσεται από την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου που οφείλεται στη μεγάλη αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου (π.χ. του διοξειδίου του άνθρακα, του μεθανίου (CH₄), των χλωροφθορανθράκων (CFCs) κ.α.) στην ατμόσφαιρα. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αναφέρεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 2.4.15. Εξαιτίας των διαφορών στη θερμοκρασία και της εναλλαγής του ατμοσφαιρικού αέρα κοντά στην επιφάνεια της Γης προκαλείται κυκλοφορία αερίων μαζών μεταξύ Ισημερινού και πόλων. Τα ρεύματα αυτά καθώς επίσης η επίδραση της δύναμης Κοριόλις γεννούν τους επιφανειακούς ανέμους και τους αεροχειμμάρους.

Με βάση την κατακόρυφη κλιμάκωση της θερμοκρασίας, η ατμόσφαιρα χωρίζεται στα παρακάτω στρώματα:

α) **Τροπόσφαιρα:** Είναι το στρώμα της ατμόσφαιρας από την επιφάνεια της θάλασσας μέχρι το ύψος των 12- 16km, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή του έτους. Χαρακτηρίζεται από την ελάττωση της θερμοκρασίας με αυξανόμενο ύψος. Η μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος ονομάζεται θερμοβαθμίδα. Η ελάττωση της θερμοκρασίας συνεχίζεται μέχρι την τροπόπαυση.

β) **Στρατόσφαιρα:** Αρχίζει από την τροπόπαυση και φθάνει μέχρι το ύψος των 50km. Στα πρώτα χιλιόμετρα πάνω από την τροπόπαυση η θερμοκρασία είναι σταθερή. Στη συνέχεια και μέχρι τη στρατόπαυση, η θερμοκρασία αυξάνει και φθάνει στους 0°C. Επειδή στη στρατόσφαιρα έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας, η περιοχή αυτή είναι πιο σταθερή από τη τροπόσφαιρα και η ανάμιξη των αερίων πολύ αργή. Έτσι τα συστατικά που μεταφέρονται στη στρατόσφαιρα παραμένουν εκεί για πολλά χρόνια.

γ) **Μεσόσφαιρα:** Μετά τη στρατόπαυση παρατηρείται απότομη πτώση της θερμοκρασίας, η οποία συνεχίζεται μέχρι τα 85km, όπου βρίσκεται η μεσόπαυση. Η μεσόπαυση είναι η πιο ψυχρή περιοχή της γήινης ατμόσφαιρας.

δ) **Θερμόσφαιρα:** Πάνω από τη μεσόπαυση εκτείνεται η θερμόσφαιρα, στην οποία η θερμοκρασία αρχίζει πάλι να αυξάνεται. Η αύξηση αυτή συνεχίζεται περίπου μέχρι τα 400km (θερμόπαυση), όπου επικρατούν θερμοκρασίες 1.000°C ή και μεγαλύτερες, ανάλογα με την ηλιακή δραστηριότητα.

ε) **Εξώσφαιρα:** Η περιοχή πάνω από τη θερμόπαυση είναι ισόθερμη και ονομάζεται εξώσφαιρα. Σ' αυτά τα μεγάλα ύψη τα συστατικά αποκτούν πολλές φορές κινητική ενέργεια τόσο μεγάλη, ώστε υπερνικούν το πεδίο βαρύτητας και φεύγουν στο διάστημα. Η πυκνότητα της εξώσφαιρας είναι πολύ χαμηλή.

στ) **Ιονόσφαιρα:** Πάνω από τα 60km παρατηρείται ιονισμός των συστατικών της ατμόσφαιρας και για το λόγο αυτό η περιοχή έχει πάρει το όνομα της. Η ύπαρξη της έγινε γνωστή στις αρχές του αιώνα, όταν διαπιστώθηκε ότι τα ραδιοκύματα μπορούν να εκπέμπονται σε μακρινές αποστάσεις χωρίς να εμποδίζονται από τη καμπύλη της γήινης επιφάνειας. Η κύρια αιτία ιονισμού των συστατικών της ατμόσφαιρας είναι η απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας [1,2].

2.3. Εισαγωγή στη ρύπανση της ατμόσφαιρας

Η έννοια του περιβάλλοντος στις μέρες μας έχει πάρει μεγάλες διαστάσεις, ανάλογα με τη σκοπιά από την οποία κανείς το εξετάζει. Ως περιβάλλον μπορεί να θεωρηθεί το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων που αλληλεπιδρώντας επηρεάζουν την ποιότητα ζωής και γενικότερα την οικολογική ισορροπία. Το περιβάλλον αποτελείται από το έδαφος, το υπέδαφος, τα υπόγεια και επιφανειακά νερά, τη θάλασσα, τον αέρα, την χλωρίδα και την πανίδα, από τους φυσικούς πόρους και από τα στοιχεία του πολιτισμού έτσι όπως διαμορφώθηκαν από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι ο άνθρωπος από την ύπαρξη του πάνω στη γη επιδρά στο περιβάλλον με διάφορες δραστηριότητες. Όταν αυτές ξεπεράσουν κάποια όρια, διαταράσσουν τις ισορροπίες που διέπουν την φύση. Οι ενέργειες που διαταράσσουν τις ισορροπίες αυτές εκφράζονται με όρους όπως καταστροφή, μόλυνση, ρύπανση, υποβάθμιση κ.α.

Η ρύπανση του περιβάλλοντος οφείλεται τόσο σε εκπομπές από φυσικές διεργασίες, όπως από ηφαίστεια, πυρκαγιές κ.α, όσο και σε εκπομπές από ανθρωπογενείς διεργασίες, όπως από βιομηχανίες και από μέσα μεταφοράς, με τα οποία ασχολείται και η παρούσα εργασία. Οι κυριότερες κατηγορίες των ανθρωπογενών πηγών χημικής ρύπανσης του περιβάλλοντος είναι οι βιομηχανίες, οι αστικές δραστηριότητες, η συγκοινωνία, οι γεωργικές δραστηριότητες καθώς και τυχαία περιστατικά όπως ατυχήματα σε πυρηνικά

εργοστάσια, δεξαμενόπλοια κ.α. Παρόλο που η ατμοσφαιρική ρύπανση δε μπορεί να θεωρηθεί αποκλειστικό προνόμιο της σύγχρονης εποχής, μια σειρά από μεγάλα επεισόδια τις τελευταίες δεκαετίες μας υπενθύμισαν το μέγεθος του προβλήματος και την ανάγκη ελέγχου του αέρα που αναπνέουμε.

Έχει παρατηρηθεί ότι λέξεις όπως «νέφος» και «όξινη βροχή» έχουν γίνει για την κοινή γνώμη, συνώνυμες με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Τέτοιου είδους απλοί όροι χρησιμοποιούνται συχνά για την περιγραφή πλήθους σύνθετων χημικών διεργασιών. Ακριβώς η χρήση τέτοιων όρων έχει συντελέσει στο να δοθεί προσοχή στα πιθανά αποτελέσματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο περιβάλλον. Αν επιχειρήσει κανείς να εξετάσει την ιστορική εξέλιξη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης θα παρατηρήσει ότι κατά την περίοδο μετά το Β' Παγκόσμιο πόλεμο, το κυριότερο πρόβλημα ήταν οι τοπικές τιμές ρύπανσης.

Έτσι σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Π.Ο.Υ), ορίζεται ως ατμοσφαιρική ρύπανση η ύπαρξη στην ατμόσφαιρα ουσιών (ρύπων) για αρκετό διάστημα και σε τέτοια συγκέντρωση ώστε να είναι δυνατόν να είναι βλαβερές για τους ζωντανούς οργανισμούς (ανθρώπους, ζώα, φυτά), τις υλικές κατασκευές ή ακόμα να επηρεάζουν δυσμενώς τις συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπου. Οι επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εξαρτώνται από το είδος των ρύπων, τη συγκέντρωσή τους, το χρόνο ημιζωής τους καθώς και το χρόνο έκθεσης των οργανισμών σε αυτούς. Στον άνθρωπο μπορεί να προκαλέσει από απλό ερεθισμό των ματιών μέχρι σοβαρές διαταραχές στο αναπνευστικό και κυκλοφορικό σύστημα, δερματικές παθήσεις, καρκίνο κ.α. Μπορεί ακόμα να προκαλέσει σοβαρές βλάβες στις καλλιέργειες όπως π.χ. νεκρωτικές κηλίδες στα φύλλα των φυτών, περιορισμό της καρποφορίας κ.τ.λ. Γνωστή είναι επίσης και η διαβρωτική επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις μεταλλικές κατασκευές και τα οικοδομικά υλικά.

Τα τελευταία χρόνια άρχισαν να είναι εμφανείς οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο κλίμα τόσο σε μεγάλη κλίμακα όσο και τοπικά. Έτσι στις αστικές περιοχές έχουμε αύξηση της συχνότητας εμφάνισης της αιθαλομίχλης (φωτοχημικό νέφος, βλέπε και ενότητα 2.4.17), ελάττωση της ορατότητας, αύξηση της νέφωσης και των βροχοπτώσεων. Αλλά και σε παγκόσμια κλίμακα η έκλυση των ρύπων στην ατμόσφαιρα έχει ως πιθανό αποτέλεσμα την μεταβολή του θερμοκινητικού ισοζυγίου του συστήματος γης/ατμόσφαιρας. Οι μηχανισμοί, με τους οποίους επιδρά η ρύπανση στο κλίμα, είναι αρκετά πολύπλοκοι και υπάρχει αλληλεξάρτηση, έτσι ώστε δεν είναι δυνατόν να προβλεφθεί με ακρίβεια το κλιματικό μέλλον της γης, δηλαδή αν π.χ. η συνεχής αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ οδηγήσει σε αύξηση της θερμοκρασίας του κατώτερου στρώματος της ατμόσφαιρας και ψύξη του ανώτερου, ενώ και η ταυτόχρονη έκλυση σωματιδίων και η αύξηση της νέφωσης έχει το αντίθετο αποτέλεσμα.

Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι αποτέλεσμα της βιομηχανικής ανάπτυξης. Παρόλα αυτά ορισμένες μορφές ρύπανσης, όπως η ρύπανση από καπνό, υπάρχει από πολλούς αιώνες και μάλιστα τα πρώτα μέτρα για τον περιορισμό της ρύπανσης χρονολογούνται από το 13^ο αιώνα όταν ο βασιλιάς Εδουάρδος ο 1^{ος} της Αγγλίας απαγόρευσε τη χρήση του ξυλοκάρβουνου στο Λονδίνο. Επίσης πρέπει να επισημάνουμε, ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση παράγεται και από φυσικές αιτίες, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, όπως από την αποσάθρωση του εδάφους, από φυσικές πυρκαγιές, από την αποσύνθεση φυτών και ζώων κ.α. Μια από τις βασικές πηγές ρύπανσης της ατμόσφαιρας είναι οι συγκοινωνίες και κυρίως το αυτοκίνητο, το οποίο εκπέμπει μεταξύ άλλων οξειδία του αζώτου, υδρογονάνθρακες, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, οξειδία του θείου και αιωρούμενα σωματίδια.

Παρόλο που το κόστος για τη μείωση των αέριων ρύπων είναι ιδιαίτερα μεγάλο, είναι γεγονός ότι σε ολόκληρο τον κόσμο έχει σημειωθεί σημαντικά μεγάλη πρόοδος στο θέμα

του περιορισμού της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των βλαπτικών συνεπειών της τόσο με την αυξανόμενη χρήση αντιρρυπαντικών τεχνολογιών όσο και με τη βελτίωση της σύστασης των καυσίμων καθώς και με τη θέσπιση ανωτάτων οριακών τιμών. Λόγω του ότι οι μηχανισμοί απομάκρυνσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μεγάλες αποστάσεις είναι δύσκολη, η εφαρμογή μέτρων που να αφορά όλο τον πλανήτη είναι αναγκαία. Μια σημαντική δυσκολία σε αυτό είναι αυτή της συνεννόησης των κυβερνήσεων. Παρόλα αυτά, γίνονται προσπάθειες για την εξεύρεση μεθόδων χαμηλού κόστους και συμφωνιών, οι οποίες θα περιορίζουν τις εκπομπές των ρύπων. Ένα θετικό βήμα για την προστασία του περιβάλλοντος σε παγκόσμια κλίμακα για την παρακολούθηση και προπάντων για τη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων είναι το πρωτόκολλο του Κιότο [2,4].

2.4. Ποιοι είναι οι ρύποι, οι πηγές τους και οι επιδράσεις τους στο ανθρωπογενές περιβάλλον

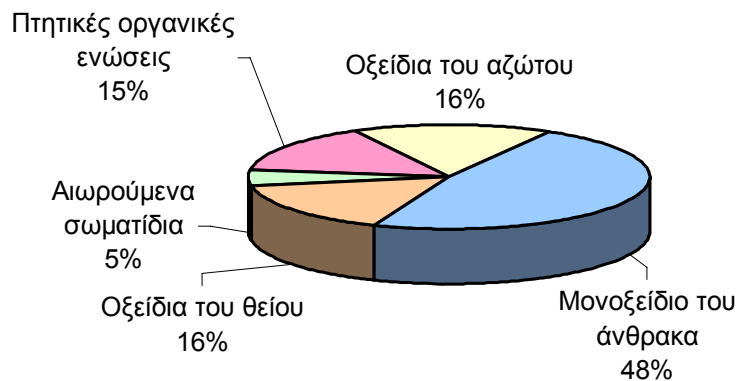
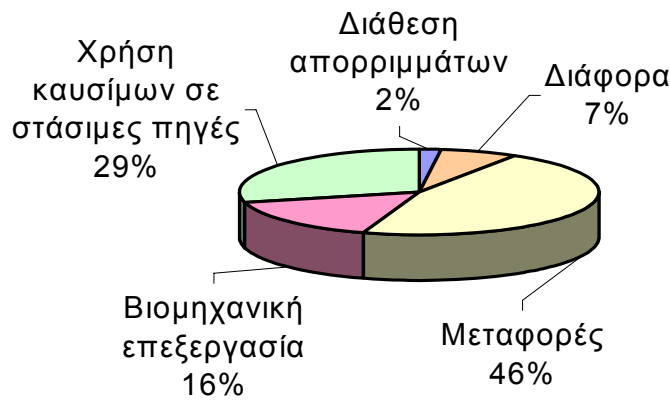
Στην ατμόσφαιρα των αστικών περιοχών υπάρχει ένα πλήθος από ρύπους. Κάποιοι ρύποι, όπως το SO₂, NO_x, CO, οι υδρογονάνθρακες είναι βασικές παράμετροι ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για τους ρύπους αυτούς έχουν θεσμοθετηθεί κάποιες ανώτατες επιτρεπτές συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα των κατοικημένων περιοχών. Οι ρύποι χωρίζονται σε δυο κατηγορίες: α) σε σχέση με την πηγή εκπομπής του σε φυσικούς και ανθρωπογενείς και β) σε σχέση με τον τρόπο παραγωγής τους σε πρωτογενείς και δευτερογενείς. Αντίθετα με την κοινή αντίληψη, το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων αέριων ρύπων προέρχονται από καθαρά φυσικές πηγές. Παρόλα αυτά οι ανθρωπογενείς εκπομπές είναι κυρίως υπεύθυνες για τα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα. 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 αέριων ρύπων από φυσικές πηγές από μόνες τους δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Οι σημαντικότερες φυσικές πηγές είναι:

1. Τα ηφαίστεια (κυρίως αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του θείου, υδρόθειο και μεθάνιο).
2. Οι πυρκαγιές δασών (κυρίως αιωρούμενα σωματίδια, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα).
3. Οι ωκεανοί και γενικότερα οι θαλάσσιες εκτάσεις (κυρίως χλωριούχο νάτριο και θειικά άλατα).
4. Βιολογική αποσύνθεση των φυτών και των ζώων (κυρίως υδρογονάνθρακες, αμμωνία και υδρόθειο).
5. Η αποσάθρωση του εδάφους (αιωρούμενα σωματίδια).
6. Τα φυτά και τα δέντρα (κυρίως υδρογονάνθρακες).

Η ανθρωπογενής ρύπανση διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες:

1. Κοινωνική ονομάζεται η περιβάλλουσα ή εξωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση, την οποία υφίσταται το σύνολο του πληθυσμού.
2. Επαγγελματική ονομάζεται η ρύπανση του εργασιακού περιβάλλοντος, την οποία υφίστανται συγκεκριμένες ομάδες ή κατηγορίες εργαζομένων.
3. Προσωπική ρύπανση (κάπνισμα, διάφορα σπρέι κ.τ.λ.)



Σχήμα 2.1: Κατανομή των ανθρωπογενών πηγών και των αέριων ρύπων που εκπέμπονται από αυτές στην ατμόσφαιρα [37]

Οι κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές είναι:

1. Βιομηχανικές πηγές (καύσεις, επεξεργασία).
2. Παραγωγή και μεταφορά ενέργειας.
3. Μεταφορές.
4. Κεντρική θέρμανση

Στο σχήμα 2.1 εμφανίζεται η κατανομή των ανθρωπογενών εκπομπών των πρωτογενών ρύπων ανά κατηγορία πηγής. Όπως είναι φανερό από το σχήμα αυτό, οι μεταφορές και οι βιομηχανικές δραστηριότητες (συμπεριλαμβανομένης και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας) είναι μαζί υπεύθυνες για ποσοστό μεγαλύτερο του 90% των εκπομπών πρωτογενών ρύπων.

Οι βασικότεροι πρωτογενείς ρύποι εκπέμπονται απευθείας από μια πηγή ρύπανσης είναι οι έξης:

1. Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
2. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)
3. Τα οξείδια του αζώτου (NO_x), τα οποία όμως παράγονται και δευτερογενώς
4. Το διοξείδιο του θείου (SO₂)
5. Υδρόθειο (H₂S)
6. Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HCs) και το μεθάνιο (CH₄)
7. Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC_s) διαφόρων συνθέσεων
8. Αιωρούμενα Σωματίδια
9. Αιθάλη

10. Βαρέα Μέταλλα (π.χ. μόλυβδος, κάδμιο κ.α.)

11. Αμίαντος

Οι δευτερογενείς ρύποι δεν εκπέμπονται απ' ευθείας από την πηγή ρύπανσης αλλά είναι προϊόντα αλληλοεπίδρασης μεταξύ των πρωτογενών ρύπων και άλλων συστατικών της ατμόσφαιρας, όπως π.χ. το τροποσφαιρικό όζον (O_3), οι φωτοξειδωτικές ενώσεις (όπως τα νιτρικά υπεροξειδία του ακυλίου) κ.α.

Στη συνέχεια περιγράφονται οι προαναφερθέντες ρύποι, οι πηγές εκπομπής τους, οι μηχανισμοί απομάκρυνσης και οι επιδράσεις τους στο περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου [1,2,37].

2.4.1. Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Είναι αέριο, άοσμο, άχρωμο και παράγεται όταν συντελείτε ατελής καύση της ανθρακούχας καύσιμης ύλης, από αντίδραση του CO_2 και του άνθρακα C σε υψηλές θερμοκρασίες και κατά τη διάσπαση του CO_2 σε CO και O σε υψηλές θερμοκρασίες.

Πηγές

Οι ανθρωπογενείς πηγές του CO είναι κυρίως οι εξατμίσεις των βενζινοκίνητων αυτοκινήτων και πάσης φύσεως μηχανών, οι εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, οι εγκαταστάσεις θέρμανσης και διάφορες άλλες βιομηχανικές εφαρμογές. Φυσικές πηγές εκπομπής του CO είναι τα ηφαίστεια, τα φυσικά αέρια, οι δασικές πυρκαγιές, οι διάφορες βακτηριακές δράσεις και η ατελής οξείδωση υδρογονανθράκων και κυρίως CH_4 στην ατμόσφαιρα. Υψηλές συγκεντρώσεις του μπορούν να βρεθούν σε κλειστά μέρη, που υπάρχουν πηγές εκπομπής, όπως σε χώρους στάθμευσης (γκαράζ), σε ελλιπώς αεριζόμενες υπόγειες διαβάσεις, ή κατά μήκος των δρόμων σε περιόδους κυκλοφοριακής αιχμής. Ακόμα και ο καπνός του τσιγάρου περιέχει μεγάλες συγκεντρώσεις CO.

Μηχανισμοί απομάκρυνσης

Ο μέσος όρος παραμονής του CO στην ατμόσφαιρα είναι περίπου τριάντα έξι ημέρες. Η απομάκρυνση του οφείλεται τόσο σε χημικές όσο και φυσικές διεργασίες. Επιπλέον δεσμεύεται από μικροοργανισμούς του εδάφους. Ο βασικότερος μηχανισμός απομάκρυνσης του από την ατμόσφαιρα είναι η οξείδωση του σε CO_2 .

Επιδράσεις

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 ακόμα και θάνατο [2,7].

2.4.2. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το CO_2 δεν είναι άμεσα τοξικό, αποτελεί όμως ένα ρύπο με έμμεσες επιδράσεις στην εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη λόγω του ότι συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα αποτελέσματα της εκπομπής CO_2 είναι μακροπρόθεσμα. Είναι όμως γνωστή η σημασία του CO_2 για τη ζωή. Τα φυτά χρειάζονται το CO_2 για τη φωτοσύνθεση.

Πηγές

Από φυσικές πηγές το CO_2 εκπέμπεται από διεργασίες βιολογικής αερόβιας αναπνοής αλλά και αναερόβιας αποσύνθεσης. Από ανθρωπογενείς δραστηριότητες CO_2 εκπέμπεται από καύση άνθρακα, πετρελαίου, φυσικού αερίου κ.λ.π.

Επιδράσεις

Δεν έχουν αναφερθεί αρνητικές συνέπειες εκτός από τη συμβολή του στην αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Σε αντίθεση όμως το φυτικό βασίλειο δείχνει να ωφελείται με την αύξηση του CO₂. Σε συγκεκριμένες καλλιέργειες χρησιμοποιείται στα θερμοκήπια για να αυξηθεί η απόδοση της σοδειάς [4].

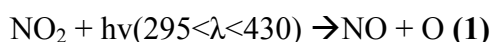
2.4.3. Τα οξείδια του θείου (NO_x)

Ο όρος NO_x αναφέρεται στο NO και το NO₂. Τα οξείδια αυτά εξετάζονται μαζί γιατί συμμετέχουν στους ίδιους φωτοχημικούς κύκλους. Το NO₂ είναι αέριο με καφέ χρώμα. Σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι υπεύθυνο για την άσχημη καφέ όψη του αστικού ουρανού. Το NO είναι αέριο άχρωμο και άοσμο. Εκλύεται σε πολύ μεγαλύτερες ποσότητες από ότι το NO₂. Η παραγωγή του εξαρτάται από τη θερμοκρασία καύσης, το χρονικό διάστημα κατά το οποίο επικρατεί η θερμοκρασία αυτή και από την ποσότητα οξυγόνου που υπάρχει. Όταν η θερμοκρασία πέφτει απότομα μετά τη καύση, πράγμα που είναι συνηθισμένο στις περισσότερες καύσεις, τότε το NO παραμένει στην ατμόσφαιρα. Αντίθετα, όταν η πτώση της θερμοκρασίας είναι βαθμιαία τότε το NO διασπάται σε άζωτο και οξυγόνο.

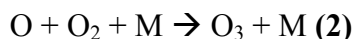
Πηγές

Η παρουσία των NO_x στην ατμόσφαιρα οφείλεται τόσο σε φυσικές όσο και ανθρωπογενείς πηγές εκπομπής. Η συμμετοχή των ανθρωπογενών πηγών είναι πολύ μικρή σε σχέση με τις φυσικές. Όμως, πρέπει εδώ να τονιστεί ότι οι εκπομπές των NO_x από ανθρωπογενείς πηγές συγκεντρώνονται σε ορισμένες περιοχές, ιδιαίτερα στην ατμόσφαιρα των μεγαλουπόλεων. Τα NO_x παράγονται κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε καύσεις σε υψηλές θερμοκρασίες από την αντίδραση των συστατικών της ατμόσφαιρας N₂+O₂. Η χρήση καυσίμων, κυρίως σε αυτοκίνητα και φορτηγά αλλά και σε βιομηχανικούς καυστήρες ή σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής παράγει αρχικά NO το οποίο οξειδώνεται και μετατρέπεται σε NO₂. Η συγκέντρωση των οξειδίων του αζώτου στην ύπαιθρο, κυμαίνεται από 0.2-2 ppb για το NO και 0.1- 4 ppb για το NO₂.

Πρέπει να αναφέρουμε ότι τα NO_x συμμετέχουν σε μεγάλο αριθμό φωτοχημικών αντιδράσεων. Απορρόφηση ακτινοβολίας σε μήκη κύματος 295<λ<430 προκαλεί φωτοδιάσπαση του NO₂.



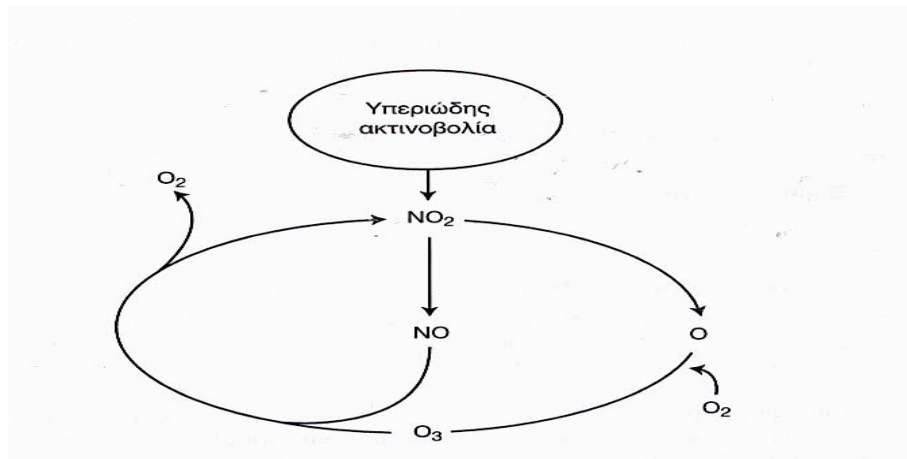
Η παραπάνω αντίδραση (1) θεωρείται η αρχή του «φωτολυτικού κύκλου» των οξειδίων του αζώτου. Στη συνέχεια τα άτομα οξυγόνου που σχηματίζονται αντιδρούν παρουσία κάποιου άλλου μορίου ή με το μοριακό οξυγόνο δίνοντας όζον



Ο κύκλος συμπληρώνεται όταν το O₃ αντιδρά με το NO για τον επανασχηματισμό NO₂



Οι αντιδράσεις 1,2,3 αποτελούν το λεγόμενο «φωτολυτικό κύκλο» των οξειδίων του αζώτου (σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2: Φωτολυτικός Κύκλος Των Οξειδίων Του Αζώτου

Η αντίδραση (3) της διάσπασης του παραγόμενου O_3 δεν λαμβάνει χώρα παρουσία VOCs και άλλων φωτοοξειδωτικών ενώσεων, οι οποίες αντιδρούν με το NO. Αυτό θεωρείται η αρχή του φωτοχημικού νέφους.

Μηχανισμοί απομάκρυνσης

Ο μέσος όρος παραμονής των οξειδίων του αζώτου NO_x στην ατμόσφαιρα είναι τέσσερις ημέρες για το NO και τρεις ημέρες για το NO_2 . Οι κυριότεροι μηχανισμοί απομάκρυνσης τους από την ατμόσφαιρα είναι:

- α) Φωτοχημικές Αντιδράσεις
- β) Οξείδωση προς νιτρικό οξύ (HNO_3)
- γ) Ξηρή απόθεση

Επιδράσεις

Και τα δυο οξείδια του αζώτου θεωρούνται τοξικές ενώσεις. Έκθεση σε μεγάλες συγκεντρώσεις NO δημιουργούν παράλυση και σπασμούς του νευρικού συστήματος. Το NO_2 είναι πιο τοξικό και δημιουργεί ερεθισμό των ματιών και των πνευμόνων. Το βασικό σύμπτωμα είναι πνευμονικό οίδημα. Το NO_2 στα παιδιά μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικές ασθένειες και στους ασθματικούς μπορεί να προκαλέσει δυσκολία στην αναπνοή. Τα NO_x είναι βασικοί ρύποι του φωτοχημικού νέφους και της όξινης βροχής. Επίσης συντελούν στη καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος (O_3) και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου [2].

2.4.4. Το διοξείδιο του θείου (SO_2)

Το SO_2 αποτελεί τη σημαντικότερη από τις ενώσεις του θείου που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα. Είναι άχρωμο αέριο, άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά με έντονη μυρωδιά σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις.

Πηγές

Οι πηγές του SO_2 είναι τόσο ανθρωπογενείς, όσο και φυσικές πηγές. Φυσικές πηγές είναι τα ηφαιστεια, οι πυρκαγιές και οι ωκεανοί που εκπέμπουν τις μεγαλύτερες ποσότητες. Οι κύριες ανθρωπογενείς δραστηριότητες που εκπέμπουν SO_2 είναι οι καύσεις θειούχων καυσίμων (όπως κάρβουνου, πετρελαίου, κ.α) από εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, από βιομηχανίες, κεντρικές θερμάνσεις, διυλιστήρια πετρελαίου, χημικές βιομηχανίες κ.λ.π.

Μηχανισμοί Απομάκρυνσης

Ο χρόνος παραμονής του SO_2 στην ατμόσφαιρα είναι περίπου τέσσερις ημέρες. Ο κυριότερος μηχανισμός απομάκρυνσης είναι η οξείδωση του σε SO_3 αρχικά και σε H_2SO_4

και άλλα θειικά άλατα στη συνέχεια. Οι βασικότεροι μηχανισμοί απομάκρυνσης του από την ατμόσφαιρα είναι οι εξής:

- α) Ομογενής οξείδωση στην αέρια φάση (φωτοοξείδωση, οξείδωση ελεύθερων ριζών)
- β) Ετερογενής οξείδωση στην υγρή φάση (σε σταγονίδια στην ατμόσφαιρα)
- γ) Ετερογενής οξείδωση σε αιωρούμενα σωματίδια μετάλλων.
- δ) Ξηρή απόθεση

Επιδράσεις

Το SO₂ είναι βασικός ρύπος της όξινης βροχής και της καπνομίχλης. Έχει διαπιστωθεί, ότι κατά ένα μεγάλο ποσοστό οι εκπομπές διοξειδίου του θείου είναι η κύρια αιτία για τις όξινες εναποθέσεις που προκαλούν ζημιές στα εδάφη, στα ποτάμια, στις λίμνες. Επίσης επηρεάζει άτομα με αναπνευστικά προβλήματα ιδιαίτερα σε συνδυασμό με τα αιωρούμενα σωματίδια και προκαλεί αλλοιώσεις σε βλάστηση και μέταλλα [2,4].

2.4.5. Υδρόθειο (H₂S)

Είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο, επειδή παρόλο που έχει έντονη και δυσάρεστη οσμή σε ασφαλείς συγκεντρώσεις, οι υψηλές συγκεντρώσεις του προκαλούν κόπωση του αισθητηρίου της όσφρησης και σύντομα καθολική αδυναμία όσφρησης. Η μεγάλη τοξικότητα του υδρόθειου οφείλεται σε μια ενζυμική παρεμπόδιση που προκαλεί αναπνευστική παράλυση. Μια και μόνη εισπνοή μεγάλης συγκέντρωσης υδρόθειου μπορεί να αποβεί θανατηφόρα, καθιστώντας το ένα από τα πιο τοξικά υλικά που συναντώνται στη βιομηχανία. Μια σωτήρια συμβουλή για εργαζόμενους σε χώρους έκθεσης σε υδρόθειο είναι ότι, αν κάποιος νιώσει τη μυρωδιά του για μια στιγμή και δεν τη νιώθει μετά, τότε πρέπει να απομακρυνθεί αμέσως από το χώρο.

Πηγές

Σχεδόν όλο το H₂S στην ατμόσφαιρα προέρχεται από αναερόβια αποσύνθεση οργανικών ενώσεων ή από την αναγωγή SO₄⁻² με τη βοήθεια βακτηρίων. Το 75% προέρχεται από την ξηρά και το 25% από τη θάλασσα. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες προσθέτουν H₂S, κυρίως μέσω των βιομηχανιών διύλισης πετρελαίου, χάρτου, πλαστικών, αεριοποίησης άνθρακα, μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων κ.α.

Μηχανισμοί Απομάκρυνσης

Το H₂S οξειδώνεται σε αρκετά αργό ρυθμό στην ατμόσφαιρα σε SO₂ μετά από αντίδραση του με O₂ ή O₃ καταλυτικά με τη βοήθεια σωματιδιακής ύλης.

Επιδράσεις

Το H₂S μπορεί να γίνει αντιληπτό σε επίπεδα τόσο χαμηλά όπως 10 ppb (μέρη ανά δισεκατομμύριο). Σε επίπεδα 50-100 ppm (μέρη ανά εκατομμύριο) μπορεί να επηρεάσει την ανθρώπινη αίσθηση. Τα χαμηλά επίπεδα μπορούν να προκαλέσουν την ενόχληση των ματιών, ίλιγγο, βήξιμο και πονοκέφαλο. Σε υψηλά επίπεδα μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στους πνεύμονες. Οι θάνατοι δεν είναι ασυνήθιστοι, όταν εισέλθουν άνθρωποι σε κακώς αερισμένους χώρους, όπως βαθιά φρεάτια, υπόγειες δεξαμενές ή συστήματα υπονόμων. Δεδομένου ότι το αέριο H₂S είναι βαρύτερο από τον αέρα, η συγκέντρωσή του είναι υψηλότερη στο κατώτατο σημείο των εσώκλειστων χώρων [4].

2.4.6. Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC_s και CH₄)

Οι ενώσεις αυτές αποτελούνται από άνθρακα και υδρογόνο. Οι υδρογονάνθρακες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: α) αλειφατικοί υδρογονάνθρακες, β) αρωματικοί υδρογονάνθρακες, γ) ετεροκυκλικοί υδρογονάνθρακες. Υπάρχουν χιλιάδες ενώσεις υδρογονανθράκων. Οι HCs που έχουν την μεγαλύτερη σημασία από άποψη ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι εκείνοι που σε συνήθεις θερμοκρασίες είναι αέρια και

εκείνοι που έχουν μεγάλη πτητικότητα. Αυτοί υπολογίζονται σε περισσότερους από 50 και οι πιο γνωστοί είναι το μεθάνιο (CH₄), το αιθάνιο (CH₃CH₃), το βενζόλιο (C₆H₆) κ.α. Τα επίπεδα συγκέντρωσης του μεθανίου (CH₄) σε μη αστικές περιοχές κυμαίνεται από 0,4-1mg/ m³ (1- 1,5ppm). Σπουδαία κατηγορία ρύπων στην ατμόσφαιρα είναι οι πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες.

Πηγές

Από το σύνολο των αέριων υδρογονανθράκων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα το 85% είναι μεθάνιο. Προέρχεται κυρίως από την αναερόβια μικροβιακή αποικοδόμηση οργανικής ύλης στα νερά, τα ιζήματα και το έδαφος. Άλλες σημαντικές φυσικές πηγές εκπομπής υδρογονανθράκων είναι η βλάστηση, τα ηφαίστεια, πετρελαιοπηγές, πυρκαγιές κ.λ.π. Μόνο το 1/7 των συνολικών υδρογονανθράκων της ατμόσφαιρας προέρχεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Οι κυριότερες από αυτές είναι τα μέσα μεταφοράς και ιδίως τα αυτοκίνητα (50% του συνόλου των εκλύσεων), οι βιομηχανικές διεργασίες (14%), οι δασικές πυρκαγιές (7%), η κατανάλωση καυσίμων σε σπίτια και εργοστάσια (2%). Τα αυτοκίνητα ελκύουν HCs εξαιτίας της ατελούς καύσης της βενζίνης και εξαιτίας της μεγάλης πτητικότητας του καυσίμου αυτού.

Μηχανισμοί απομάκρυνσης

Οι αέριοι υδρογονάνθρακες και γενικά όλες οι οργανικές ενώσεις που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από τα αυτοκίνητα εξάτμιση διαλυτών και βενζίνης και άλλες πηγές συμμετέχουν σε ένα πλήθος φωτοχημικών αντιδράσεων οι κυριότερες από τις οποίες γίνονται αλυσιδωτά και είναι:

- α) Αντιδράσεις φωτόλυσης
- β) Αντιδράσεις με ελεύθερες ρίζες
- γ) Αντιδράσεις οξειδωσης με όζον και άλλες φωτοξειδωτικές ενώσεις.

Επιδράσεις

Χαμηλές συγκεντρώσεις (<1 ppm) μπορούν να δημιουργήσουν βλάβες σε ευαίσθητα φυτά όπως τριαντάφυλλα, βαμβάκι κ.α. Οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες μπορούν να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα υγείας, από ερεθισμούς του αναπνευστικού συστήματος μέχρι και καρκίνο. Η συγκέντρωσή τους όμως στον αέρα είναι εξαιρετικά χαμηλή. Τα σημαντικότερα προβλήματα υγείας υφίστανται σε χώρους εργασίας και μετά από μακροχρόνια έκθεση [2,4].

2.4.7. Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs)

Οι πτητικές οργανικές χημικές ουσίες (VOCs) εκπέμπονται ως αέρια από ορισμένα στερεά ή υγρά. Τα VOCs περιλαμβάνουν ποικίλες χημικές ενώσεις, μερικές από τις οποίες μπορούν να έχουν άμεσα ή και μακροπρόθεσμα δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία. Οι συγκεντρώσεις πολλών VOCs είναι υψηλότερες σε εσωτερικούς χώρους (μέχρι δέκα φορές υψηλότερες) από ότι σε υπαίθριους. Τα VOCs εκπέμπονται από μια ευρεία σειρά προϊόντων, όπως π.χ. χρώματα, φυτοφάρμακα, οικοδομικά υλικά, επιπλώσεις, εξοπλισμός γραφείων, εκτυπωτές, ρευστά διορθώσεων κειμένου, χωρίς άνθρακα υλικά αναπαραγωγής αντιγράφων κ.α. Τα καύσιμα επίσης αποτελούνται από πολλές πτητικές οργανικές ενώσεις. Βρίσκονται ακόμα στα καυσαέρια, στο καπνό του τσιγάρου, στα συνθετικά υλικά και σε πολλές οικιακές χημικές ουσίες. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν το βενζόλιο, η φορμαλδεΐδη, οι πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες κ.α. Οι υδρογονάνθρακες συμπεριλαμβανομένου και του βενζολίου εκπέμπονται κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού σε καύσιμα, από την εξάτμιση και τις δεξαμενές καυσίμων και ως άκαυστοι από τις εξατμίσεις. Η φορμαδεΐδη είναι ένα άχρωμο αέριο που εκπέμπεται από το χαρτόνι, το κοντραπλακέ, μερικά υφάσματα, εξατμίσεις μηχανών, φωτιές και τσιγάρα.

Οι πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες εκπέμπονται από την καύση του άνθρακα, τα μηχανοκίνητα αυτοκίνητα κ.α.

Οι VOCs συμμετέχουν στο σχηματισμό του τροποσφαιρικού όζοντος και στη μείωση των στρωμάτων του στρατοσφαιρικού όζοντος. Συμβάλλουν επίσης στο φαινόμενο του θερμοκηπίου με το μεθάνιο καθώς και με τα φωτοχημικά οξειδωτικά που παράγονται από τη χρήση VOCs και τους χλωροφθοράνθρακες (CFCs). Κατά συνέπεια έχουν τόσο τοπική όσο και παγκόσμια επίδραση.

Πηγές

Οικιακά προϊόντα συμπεριλαμβανομένου: χρώματα, διαλύτες, ξύλινα συντηρητικά ψεκασμοί αερολύματος, μέσα καθαρισμού και απολυμαντικά, απωθητικές ουσίες σκώρων και ψυκτικά αέρα, αποθηκευμένα καύσιμα και αυτοκίνητα.

Μηχανισμοί απομάκρυνσης

Ο κύριος μηχανισμός απομάκρυνσης τους είναι η μετατροπή τους σε άλλες ενώσεις μέσω φωτοχημικών αντιδράσεων.

Επιδράσεις

Η ικανότητα των οργανικών χημικών ουσιών να προκαλέσουν διαταραχές στην υγεία ποικίλει ανάλογα με την ένωση. Μερικές ενώσεις είναι ιδιαίτερα τοξικές ενώ άλλες δεν προκαλούν καμία επίπτωση στην υγεία. Όπως με άλλους ρύπους, η έκταση και η φύση της επίπτωσης στην υγεία εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες συμπεριλαμβανομένου του επιπέδου έκθεσης και του χρονικού διαστήματος έκθεσης. Η ενόχληση των ματιών και αναπνευστικών οδών, οι πονοκέφαλοι, ο ίλιγγος, οι οπτικές διαταραχές, οι αλλεργικές αντιδράσεις και η εξασθένηση της μνήμης συγκαταλέγονται στα άμεσα συμπτώματα που μερικοί άνθρωποι έχουν πάθει μετά από την έκθεση σε μερικές οργανικές ουσίες. Επίσης μπορούν να προκληθούν προβλήματα στο συκώτι, το νεφρό και το κεντρικό νευρικό σύστημα. Μερικές οργανικές ενώσεις μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο στα ζώα και κάποιες θεωρούνται υπεύθυνες και για καρκίνο στους ανθρώπους.

Όπως προαναφέρθηκε, οι επιδράσεις στην υγεία ποικίλουν ανά πτητική οργανική ένωση. Το βενζόλιο π.χ. είναι τοξικό αέριο και η συνεχής έκθεση σε υψηλά επίπεδα μπορεί να προκαλέσει μέχρι και αναιμία. Η φολμαδεΐδη μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό των ματιών, δερματικές παθήσεις, ναυτία και αλλεργικές αντιδράσεις. Οι υψηλές συγκεντρώσεις αυξάνουν τον κίνδυνο για πρόκληση ασθενειών των πνευμόνων (αν και τέτοια επίπεδα είναι ασυνήθιστα) [6].

2.4.8. Αιωρούμενα σωματίδια

Με τον όρο «αιωρούμενα σωματίδια» εννοούμε τα στερεά σωματίδια και σταγονίδια με διάμετρο 0,001- 100μm. Βρίσκονται διάσπαρτα στον αέρα. Παράδειγμα αιωρούμενων σωματιδίων είναι η σκόνη εδάφους, τα σταγονίδια της θάλασσας, ο καπνός, η ομίχλη κ.α. Ο χρόνος αιώρησης τους κυμαίνεται από λίγα δευτερόλεπτα έως αρκετούς μήνες. Μπορεί να αποτελούνται από οργανικές ουσίες, μέταλλα, σκόνη, ραδιενεργά σωματίδια, μικροοργανισμούς κ.α.

Πηγές

Φυσικές πηγές εκπομπής είναι το έδαφος, η βλάστηση, τα επιφανειακά νερά, οι ζώντες οργανισμοί, τα ηφαίστεια κ.α. Ανθρωπογενείς πηγές εκπομπής είναι διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες, όπως οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που καίνε κυρίως ορυκτούς άνθρακες, οι μεταλλευτικές βιομηχανίες, η παραγωγή τσιμέντου, γύψου, τα χυτήρια μεταλλεύματος, οι λιπασματοβιομηχανίες, οι βιομηχανίες επεξεργασίας ξύλου και παραγωγής χαρτιού κ.α. Ακόμα πηγές σωματιδιακών ρύπων είναι τα αυτοκίνητα, οι πυρκαγιές, οι αγροτικές δραστηριότητες, οι κατασκευές κ.α.

Μηχανισμοί απομάκρυνσης

Τα αιωρούμενα σωματίδια υπόκεινται σε πλήθος διεργασιών στην ατμόσφαιρα. Οι σημαντικότεροι είναι:

- 1) Συσσωμάτωση σε μεγαλύτερα και κατακάθιση
- 2) Προσρόφηση νέων συστατικών και αλλαγή σύστασης
- 3) Ενσωμάτωση στα σταγονίδια της βροχής και υγρή εναπόθεση
- 4) Στερεή εναπόθεση στην επιφάνεια του εδάφους

Επιδράσεις

Τα μικροσκοπικά αυτά σωματίδια ανάλογα με την χημική τους σύσταση, τα μέγεθος τους και το σχήμα τους επηρεάζουν την αναπνοή, μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες στο αναπνευστικό σύστημα και κυρίως στους πνεύμονες, ακόμα και πρόωρο θάνατο. Ομάδα υψηλού κινδύνου αποτελούν ηλικιωμένοι, παιδιά και άτομα που πάσχουν από άσθμα. Προκαλούν επίσης υλικές φθορές στις βαφές, τα εδάφη, τα υφάσματα, και μειώνουν την ορατότητα. Οι επιδράσεις τους γενικά εξαρτώνται τόσο από το μέγεθός τους (όσο μικρότερα είναι τόσο πιο επικίνδυνα) αλλά και από τη χημική τους σύσταση [2].

Στη συνέχεια στις παραγράφους 2.4.9 έως 2.4.11 θα αναφερθούν τρεις κατηγορίες αιωρούμενων σωματιδίων με αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.

2.4.9. Αιθάλη

Πρόκειται για συσσωματώματα στοιχειακού άνθρακα με πίσσα προερχόμενη από άκαυστους υδρογονάνθρακες. Τα σωματίδια αιθάλης μπορούν να περιέχουν εκατοντάδες διαφορετικές χημικές ενώσεις. Είναι σαράντα έως 1.000 φορές μικρότερα από το πλάτος μιας ανθρώπινης τρίχας και προκύπτουν από την ατελή καύση των ανθρακούχων καυσίμων όπως του άνθρακα, της βενζίνης και του diesel. Τα λεπτά μόρια μπορούν να παραμείνουν αιωρούμενα στον αέρα για εβδομάδες. Μπορούν να διαφύγουν από αεραγωγούς και συμβατικά φίλτρα θέρμανσης και κλιματισμού. Όταν εισπνέονται είναι σε θέση να διαπεράσουν βαθιά στον πνεύμονα όπου τα λεπτά σωματίδια αιθάλης απορροφώνται από τα κύτταρα. Μερικά παραμένουν παγιδευμένα στον πνεύμονα, ενώ άλλα ταξιδεύουν μέσω του αίματος στο υπόλοιπο του σώματος. Οι χημικές ουσίες που απελευθερώνονται στο σώμα από τα εισπνεύσιμα σωματίδια αιθάλης είναι πολύ επικίνδυνες, όπως π.χ. οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες κ.α.

Πηγές

Η κυριότερες πηγές εκπομπής είναι τα πετρελαιοκίνητα οχήματα (αυτοκίνητα, φορτηγά κ.α.) και γενικά όλες οι πετρελαιοκίνητες μηχανές για θέρμανση και ηλεκτροδότηση. Οι μηχανές diesel είναι οι μεγαλύτεροι συνεισφέροντες στο πρόβλημα της αιθάλης. Κάθε έτος η ρύπανση του αέρα από την αιθάλη είναι υπεύθυνη για 40 έως 80 θανάτους νηπίων, 2.300 έως 5.400 πρόωρους θανάτους ενηλίκων και 150 περιπτώσεις άσθματος. Οι παλιές μηχανές diesel αντικαθιστούνται σιγά-σιγά από την επόμενη γενιά των μηχανών diesel που μέχρι το 2008 αναμένεται ότι θα έχουν πολύ λιγότερες εκπομπές αιθάλης [38].

Επιδράσεις

Οι αιθάλη είναι η αιτία για μερικούς από τους καρκίνους, για τη πρόκληση ενόχλησης στους ιστούς των πνευμόνων και για τη πρόκληση καρδιακών επεισοδίων. Κατά συνέπεια τα σωματίδια αιθάλης προκαλούν ένα πλήθος προβλημάτων υγείας, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου των πνευμόνων, των καρδιαγγειακών παθήσεων και του άσθματος.

2.4.10. Βαρέα μέταλλα

Πρόκειται για τα στοιχεία που έχουν ατομικό αριθμό ανάμεσα στο 21 (Sc σκάνδιο) και στο 84 (Po πολόνιο). Ο όρος «βαρέα μέταλλα», αναφέρεται στα χημικά στοιχεία με μεγαλύτερο ειδικό βάρος από το σίδηρο. Σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι τοξικά για τον άνθρωπο. Τα τέσσερα πιο συχνά στην ατμόσφαιρα είναι ο υδράργυρος (Hg), ο μόλυβδος (Pb), το κάδμιο (Cd) και το αρσενικό (As). Παρουσιάζουν το μεγαλύτερο κίνδυνο εξαιτίας της εκτεταμένης χρήσης τους, της τοξικότητάς τους και της ευρείας κατανομής τους. Τα βαρέα μέταλλα, σε αντίθεση με τις περισσότερες τοξικές οργανικές ενώσεις, δεν αποικοδομούνται και γι' αυτό συσσωρεύονται στο περιβάλλον. Ένα μέρος αυτών καταλήγει με τη βιολογική τροφική αλυσίδα στον άνθρωπο, στον οποίο προκαλούν χρονιές ή οξείες βλάβες. Τα βαρέα μέταλλα μεταφέρονται στην ατμόσφαιρα από τόπο σε τόπο μέσω του αέρα, συνήθως ως συστατικά προσροφημένα πάνω σε αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη. Παρακάτω αναφέρεται πιο αναλυτικά σαν παράδειγμα βαρέων μετάλλων ο μόλυβδος.

Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος και οι ενώσεις του μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς την ανθρώπινη υγεία είτε μέσω της κατάποσής τους με τη μορφή επιβαρυνμένου με μόλυβδο εδάφους, σκόνης, βαφών, κλπ, ή με απευθείας εισπνοή. Αυτό είναι πολύ επικίνδυνο ιδίως για τα μικρά παιδιά, των οποίων η συνήθειά τους να βάζουν το χέρι τους στο στόμα συντελεί σε μεγαλύτερη λήψη δόσης μολύβδου από το έδαφος και τη σκόνη.

Πηγές

Οι πιο συχνές πηγές εκπομπής του στην ατμόσφαιρα είναι οι μεταφορές, διάφορες δραστηριότητες που κάνουν χρήση καυσίμων με μόλυβδο, η χρήση γαιανθράκων, οι βαριές βιομηχανίες, τα χυτήρια, τα εργοστάσια μπαταριών, η καύση απορριμμάτων κ.α.

Επιδράσεις

Υψηλά ποσοστά μολύβδου μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς την πνευματική ανάπτυξη και δραστηριότητα, τη λειτουργία των νεφρών, και τη χημεία του αίματος. Τα νεαρά άτομα διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο εξαιτίας της μεγαλύτερης ευαισθησίας των νεανικών ιστών και οργάνων στο μόλυβδο [2].

2.4.11. Αμιάντος

Ο αμιάντος θεωρείται ένα από τα πιο επικίνδυνα δομικά υλικά που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος. Πρόκειται για ένα συνδυασμό ορυκτών με βάση το πυρίτιο και το μαγνήσιο, τα οποία παρουσιάζουν ινώδη δομή. Μπορεί να μεταφερθεί σχεδόν οπουδήποτε μέσω του αέρα και να προκαλέσει σοβαρές οργανικές βλάβες σε όποιον τις εισπνεύσει. Για την τοξικότητα του αμιάντου ευθύνεται κατά κύριο λόγο ο σίδηρος, ο οποίος συνυπάρχει σε διάφορες ποσότητες ανάλογα με τη δομή του εκάστοτε ορυκτού, ο οποίος παίζει καταλυτικό ρόλο στη δημιουργία των ελευθέρων ριζών. Οι ελεύθερες ρίζες είναι παραπροϊόντα του μεταβολισμού, τα οποία έχουν πλήθος αρνητικών επιδράσεων στην ανθρώπινη υγεία.

Ο αμιάντος υπάρχει ακόμη και σήμερα στις οικοδομές, στις παλαιότερες σωληνώσεις ύδρευσης και θέρμανσης, στις πλάκες πολλών φούρνων, στα τακάκια των φρένων πολλών οχημάτων και αλλού. Η εξόρυξη και η χρήση του γίνεται από τις αρχές του περασμένου αιώνα και έχει περισσότερες από 3000 εφαρμογές. Οι φυσικές του ιδιότητες (μεγάλη

αντίσταση στη θερμότητα και τις χημικές ουσίες), σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος κατέστησαν τον αμιάντο ως το κορυφαίο βιομηχανικό προϊόν του 20 αιώνα.

Η παρουσία του αμιάντου στα δομικά υλικά έχει αποτελέσει πονοκέφαλο για τους ειδικούς, καθώς η απομάκρυνσή του είναι δύσκολη και πολυδάπανη. Επιπλέον, το πρόβλημα είναι μεγαλύτερο στις περιοχές γύρω από τα σημεία εξόρυξης του ορυκτού, αφού οι μικροσκοπικές του ίνες επικάθονται στο έδαφος σε μεγάλες αποστάσεις, γεγονός που καθιστά πολύ δύσκολο το έργο της αφαίρεσής του και αφήνει πολύ μικρά περιθώρια για άλλες παρεμβάσεις.

Επιδράσεις

Ο αμιάντος οφείλει την επικινδυνότητά του στην ινώδη του μορφή. Έρευνες που έγιναν τα τελευταία 50 χρόνια, έχουν αποδείξει ότι οι ίνες αμιάντου μπορεί να προκαλέσουν πολυάριθμες και συχνά θανατηφόρες παθήσεις στους πνεύμονες. Οι ασθένειες που ενδέχεται να προσβάλλουν τον άνθρωπο είναι πνευμονοκονίαση, καρκίνος των πνευμόνων, μεροθηλίωμα, σύνδρομο αιφνίδιου βρεφικού θανάτου και εκδηλώνονται, σύμφωνα με τις μετρήσεις των ειδικών, έπειτα από χρονικό διάστημα 10 έως 40 ετών και τις περισσότερες φορές τα νοσήματα είναι αρκετά σοβαρά.

Οι ίνες αμιάντου είναι ευρέως διαδομένες στη φύση και διαθέτουν την ιδιότητα να επιπλέουν στο νερό. Μάλιστα, έχει υπολογιστεί ότι όλοι οι άνθρωποι σε κάποια στιγμή της ζωής τους έχουν εκτεθεί στο βλαβερό ορυκτό. Τα άτομα που ανήκουν στην κύρια ομάδα κινδύνου είναι οι ανθρακωρύχοι, οι οικοδόμοι και οι διάφοροι μηχανικοί που λόγω του επαγγέλματός τους έρχονται σε επαφή με τον αμιάντο. Οι αρνητικές επιπτώσεις του αμιάντου στην ανθρώπινη υγεία ήλθαν εκ νέου στην επιφάνεια έπειτα από την καταστροφή του Κέντρου Παγκόσμιου Εμπορίου στο Μανχάταν της Νέας Υόρκης, στις 11 Σεπτεμβρίου 2001. Η κατάρρευση των κτιρίων απελευθέρωσε στην ατμόσφαιρα μεγάλες ποσότητες σκόνης αμιάντου, οι οποίες επιβάρυναν όχι μόνο την υγεία των μελών των σωστικών συνεργείων αλλά και του συνόλου σχεδόν των κατοίκων. Για όλους τους παραπάνω λόγους έχουν θεσπιστεί μέτρα, τα οποία προβλέπουν τον καλό εξαερισμό των χώρων εργασίας, καθώς και τη χρήση από τους εργαζόμενους ειδικών προσωπίδων με φίλτρα.

Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο συγκεντρώσεως αμιάντου στους χώρους εργασίας έχει καθοριστεί τα τελευταία χρόνια στις δύο ίνες ανά κυβικό εκατοστό μέτρο αέρα (στη Σουηδία μάλιστα το όριο είναι μία ίνα ανά κυβικό μέτρο αέρα). Η Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και οι κυβερνήσεις σχεδόν όλων των χωρών του κόσμου έχουν επίσης ξεκινήσει μια εκστρατεία για τον περιορισμό της χρήσης του αμιάντου και των προϊόντων του στους χώρους εργασίας και κατοικίας. Το γεγονός αυτό συντέλεσε στη μείωση παραγωγής και κατανάλωσης του ορυκτού αλλά και στην αναζήτηση καινούργιων υλικών που θα το υποκαταστήσουν.

Από τον Ιανουάριο του 2005 απαγορεύτηκε και στη χώρα μας η εμπορία και χρήση του αμιάντου. Τούτο όμως δεν σημαίνει, ότι το πρόβλημα επιλύθηκε ούτε ότι απαλλαγίκαμε οριστικά από το καρκινογόνο ορυκτό. Λόγω της γενικευμένης και αλόγιστης χρήσης του αμιάντου στην Ελλάδα τις τελευταίες δεκαετίες, αυτός βρίσκεται παντού, σε δημόσια κτίρια, νοσοκομεία, σχολεία, χώρους εργασίας, κατοικίες, αντικείμενα καθημερινής χρήσης, όπως στα τακάκια των φρένων των αυτοκινήτων, στις ζώνες ασφαλείας, στις βαφές τοίχων, στα θερμομονωτικά γάντια, στα τηγάνια με αμιαντούχα επίστρωση, στα πανιά σιδερώστρας κ.α. Δυστυχώς ο αμιάντος «κυκλοφορεί» σε μάντρες με οικοδομικά υλικά και δεν υπάρχει ενημέρωση για τους κινδύνους που διατρέχουν, όσοι τον χρησιμοποιούν.

Καθώς τα συμπτώματα από την έκθεση στον αμιάντο εμφανίζονται συνήθως 15, 20 ακόμη και 40 χρόνια αργότερα, δυστυχώς, έφθασε η ώρα για να αρχίσουμε να μετράμε τα θύματα από την επέλαση του άκρως επικίνδυνου για τη δημόσια υγεία υλικού. Την

τελευταία εξαετία, παρατηρείται διπλασιασμός των ασθενειών που προκλήθηκαν από αμίαντο, ενώ οι εκτιμήσεις των ειδικών επιστημόνων κάνουν λόγο για τουλάχιστον 100 χιλιάδες Έλληνες που εκτέθηκαν στο υλικό χωρίς να γνωρίζουν τις συνέπειες από τη χρήση του, κυρίως από τη δεκαετία του '70 και μετά.

Σύμφωνα με την οδηγία της Ε.Ε πρέπει να καταγραφούν όλοι οι χώροι και τα κτήρια που έχει χρησιμοποιηθεί αμίαντος σαν οικοδομικό υλικό. Από την πλευρά των αρμόδιων φορέων παρατηρείται απουσία συγκροτημένης πολιτικής διαχείρισης και αντικατάστασής του, ανεπάρκειες στους ελεγκτικούς μηχανισμούς και κυρίως, πλήρης αδιαφορία για την καταγραφή αρχικά και την ιατρική παρακολούθηση στη συνέχεια, εκείνων που εκτέθηκαν στον αμίαντο και κινδυνεύουν από καρκινογενέσεις [7,8].

2.4.12. Όζον (O₃)

Το όζον είναι αέριο άχρωμο. Αποτελεί το σημαντικότερο δευτερογενή αέριο ρύπο στη τροπόσφαιρα και το κυριότερο συστατικό του φωτοχημικού νέφους. Αντίθετα στη στρατόσφαιρα το όζον έχει ευεργετικό ρόλο προστατεύοντας μας από τις βλαβερές ακτίνες του Ήλιου.

Πηγές

Το όζον σχηματίζεται στη τροπόσφαιρα ως αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων μεταξύ του οξυγόνου, πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs), και οξειδίων του αζώτου με τη βοήθεια της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας και κυρίως όταν έχουμε άπνοια και θερμοκρασιακή αναστροφή. Πηγές αυτών των βλαβερών ρύπων είναι οι εκπομπές από τα οχήματα, εργοστάσια, χωματερές, χημικά διαλυτικά και πολλές άλλες μικρές πηγές όπως βενζινάδικα, αγροτικός εξοπλισμός κ.α. Στη στρατόσφαιρα παράγεται από την φωτόλυση του οξυγόνου με την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας, την οποία και απορροφάει.

Μηχανισμοί Απομάκρυνσης

Τόσο το στρατοσφαιρικό όσο και το τροποσφαιρικό O₃ (βλέπε σχήμα 2.2) παράγονται μέσω φωτοχημικών αντιδράσεων που προκαλούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία και βρίσκονται σε ισορροπία με τους μηχανισμούς απομάκρυνσης και αναδημιουργία τους. Το τροποσφαιρικό όζον απομακρύνεται κυρίως μέσω της συμμετοχής του σε φωτοξειδώσεις άλλων ενώσεων στην ατμόσφαιρα, ενώ το στρατοσφαιρικό απομακρύνεται μέσω της καταστροφής του μετά από αντίδραση με NO_x ή CFCs (βλέπε και ενότητα 2.4.14).

Επιδράσεις

Το όζον στη τροπόσφαιρα σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλεί σημαντικά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Προκαλεί ερεθισμό στην αναπνευστική οδό, διαταραχή της αναπνευστικής λειτουργίας, αίσθημα ξηρότητας στο λαιμό, πόνο στο στήθος, βήχα, άσθμα, φλεγμονή στους πνεύμονες και πιθανή επιδεκτικότητα σε μολύνσεις του αναπνευστικού.

Πιο συγκεκριμένα αναφέρουμε, ότι υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος προκαλούν διάφορα προβλήματα υγείας, όπως δύσπνοια, αύξηση των περιπτώσεων βρογχίτιδας και άσθματος, πονοκεφάλους και ερεθισμούς των ματιών και άλλα. Όσοι υποφέρουν ήδη από δύσπνοια επηρεάζονται από συγκεντρώσεις όζοντος άνω των 160μg/m³, ενώ οι υγιείς που δε παρουσιάζουν δυσφορία ή κάποιο άλλο σύμπτωμα από το όριο των 240μg/m³. Αυτό σημαίνει, ότι μόνο όσοι είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι θα εμφανίσουν κάποιο σύμπτωμα που να οφείλεται στην υψηλή συγκέντρωση όζοντος. Υγιείς άνθρωποι είναι σχεδόν απίθανο να αισθανθούν δυσφορία, ωστόσο δεν πρέπει να υποβάλλονται σε έντονες φυσικές δραστηριότητες, όταν παρατηρείται αυξημένη περιεκτικότητα όζοντος στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Το όζον είναι επίσης ο ρύπος με τις δυσμενέστερες επιδράσεις στα φυτά, μειώνει την παραγωγή στις αγροτικές καλλιέργειες και προκαλεί ζημιά στη δασική βλάστηση.

Αμφότερα τα επεισόδια ρύπανσης με υψηλά επίπεδα όζοντος και μακρά έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε οξεία ή διαρκή αλλοίωση. Το όζον δρα αρνητικά σε πολλές διαδικασίες των φυτών. Επιβραδύνει τη φωτοσύνθεση και την ανάπτυξη, ενώ παράλληλα επιταχύνει τη γήρανση και τη πρόωμη φυλλόπτωση. Άμεση καταστροφή εξαιτίας του όζοντος, για παράδειγμα στην ανάπτυξη του φυλλώματος, είναι η μείωση της αγροτικής σοδειάς και της δασώδους βλάστησης. Σε συνδυασμό ακόμη με το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) και το διοξείδιο του θείου (SO₂), το όζον μειώνει την ανθεκτικότητα πολλών υλικών [2,9].

2.4.13. Φωτοξειδωτικές ενώσεις

Ο όρος αυτός υποδηλώνει τις περιεχόμενες στην ατμόσφαιρα ουσίες που σχηματίζονται από φωτοχημικές διεργασίες. Οι φωτοχημικές οξειδωτικές ενώσεις είναι δευτερογενείς ρύποι, που σχηματίζονται από χημικές αντιδράσεις που προκαλούν μέσα στην ατμόσφαιρα οι πρωτογενείς. Οι περισσότερες φωτοχημικές οξειδωτικές ενώσεις προέρχονται από αντιδράσεις, στις οποίες μετέχουν οι υδρογονάνθρακες. Οι φωτοχημικές οξειδωτικές ενώσεις με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις στην αστική ατμόσφαιρα είναι το όζον και τα νιτρικά υπεροξυακτύλια, με πιο χαρακτηριστικό εκπρόσωπο αυτής της ομάδας το νιτρικό υπεροξυακετύλιο (PAN).

Επιδράσεις

Οι φωτοχημικές οξειδωτικές ενώσεις μπορούν να οξειδώσουν υλικά, τα οποία δεν είναι εύκολο να οξειδωθούν από το οξυγόνο. Κάτω από ορισμένες συνθήκες εκθέσεως, μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στις φυσιολογικές διεργασίες των φυτών. Οι μεταβολές αυτές μπορεί να προκαλέσουν ακόμη και βλάβες στα φυτά. Ακόμα μπορεί να προκαλέσουν αναπνευστικά προβλήματα στους ανθρώπους και υποβάθμιση πολλών υλικών [10].

2.4.14. Ρύποι υπεύθυνοι για τη μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος

Όπως προαναφέρθηκε, το όζον στην ατμόσφαιρα βρίσκεται σε μια δυναμική ισορροπία φωτοχημικών αντιδράσεων σχηματισμού και διάσπασης του., κατ την οποία απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη της υπεριώδους ακτινοβολίας. Οι χημικές ενώσεις εκείνες που διαταράσσουν αυτή τη δυναμική ισορροπία οδηγούν στη μονομερή διάσπαση του όζοντος συντελώντας στη σταδιακή μείωσή του. Χημικές ενώσεις όπως οι χλωροφθοριωμένοι υδρογονάνθρακες (CFCs) (π.χ. ο τετραχλωριούχος άνθρακας, το μεθυλικό χλωροφόρμιο κ.α) που χρησιμοποιούνται κυρίως ως ψυκτικές ουσίες και σε άλλες διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες είναι υπεύθυνες και για τη καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος. Αυτές οι ενώσεις είναι πολύ σταθερές και διατηρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Έτσι με την πάροδο των δεκαετιών συγκεντρώνονται στην στρατόσφαιρα, όπου και φωτοδιασπώνται και ελευθερώνουν ελεύθερες ρίζες χλωρίου που καταστρέφουν το στρατοσφαιρικό όζον που απορροφά τη βλαβερή υπεριώδη (UV) ακτινοβολία και έτσι την αποτρέπει να φθάσει στην επιφάνεια της Γης. Η δεύτερη σημαντική κατηγορία ρύπων που συντελούν στην καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος είναι τα οξείδια του αζώτου.

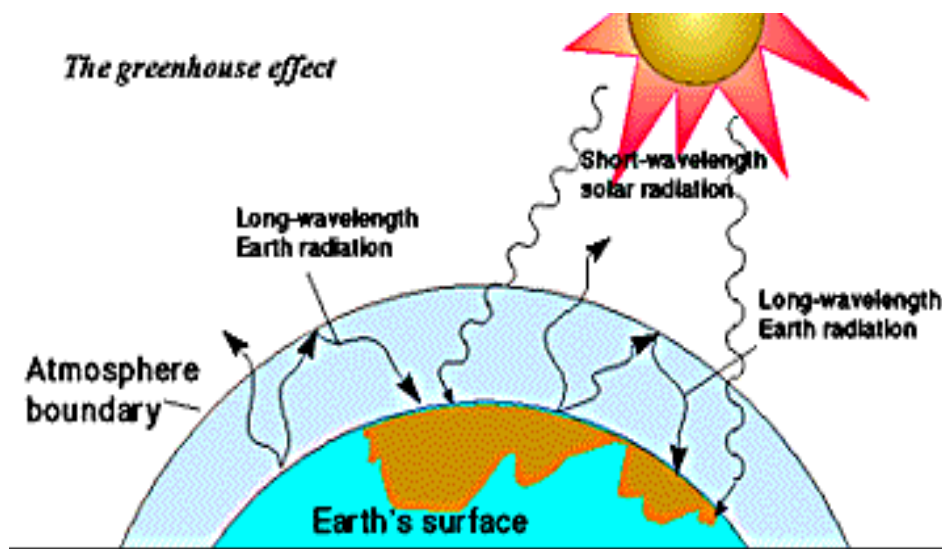
Πηγές

Οι κύριες πηγές εκπομπής για τους CFCs είναι η βιομηχανική και οικιακή ψύξη, τα καθαριστήρια, οι συσκευές κλιματισμού στο σπίτι και το αυτοκίνητο, μερικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατάσβεση πυρκαγιών, και προϊόντα από αφρώδες πλαστικό. Οι πηγές εκπομπής των οξειδίων του αζώτου έχουν ήδη αναφερθεί στη παράγραφο 2.4.3 και είναι κάθε είδους καύση σε υψηλή θερμοκρασία.

Επιδράσεις

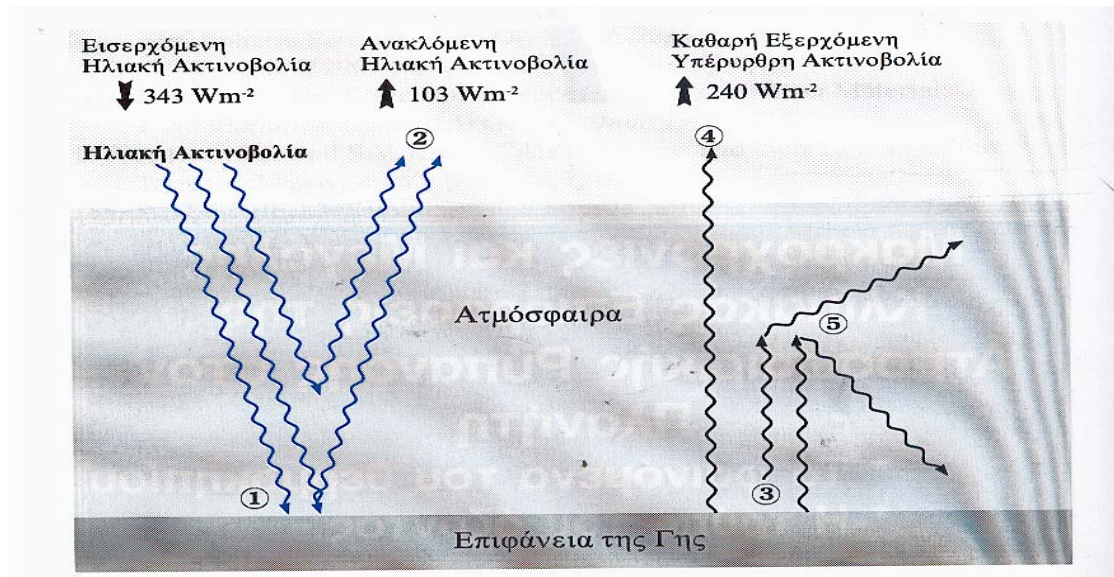
Αυξημένη έκθεση στην UV ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του δέρματος, καταρράκτη στους οφθαλμούς, εξασθένιση του ανθρώπινου ανοσοποιητικού συστήματος, και άλλες δυσμενείς περιβαλλοντικές επιδράσεις [1,2].

2.4.15. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου



Σχήμα 2.3: Εικονική αναπαράσταση του φαινομένου του θερμοκηπίου [36]

Με τον όρο φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου εννοείται η διατήρηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης στους $+15^{\circ}\text{C}$ που προκαλείται από την απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τη Γη. Ορισμένα αέρια της ατμόσφαιρας (κυρίως οι υδρατμοί και το CO_2) επιτρέπουν την διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας ενώ παράλληλα παρεμποδίζουν και επανακλούν προς το έδαφος ένα μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας που ανακλάται από την επιφάνεια της Γης. Στο σχήμα 2.3 απεικονίζεται μια εικονική αναπαράσταση του φαινομένου, ενώ στο σχήμα 2.4 φαίνεται ακριβώς η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία, η εξερχόμενη υπέρυθρη ακτινοβολία καθώς και η επανεκπεμπόμενη προς την γη υπέρυθρη ακτινοβολία.



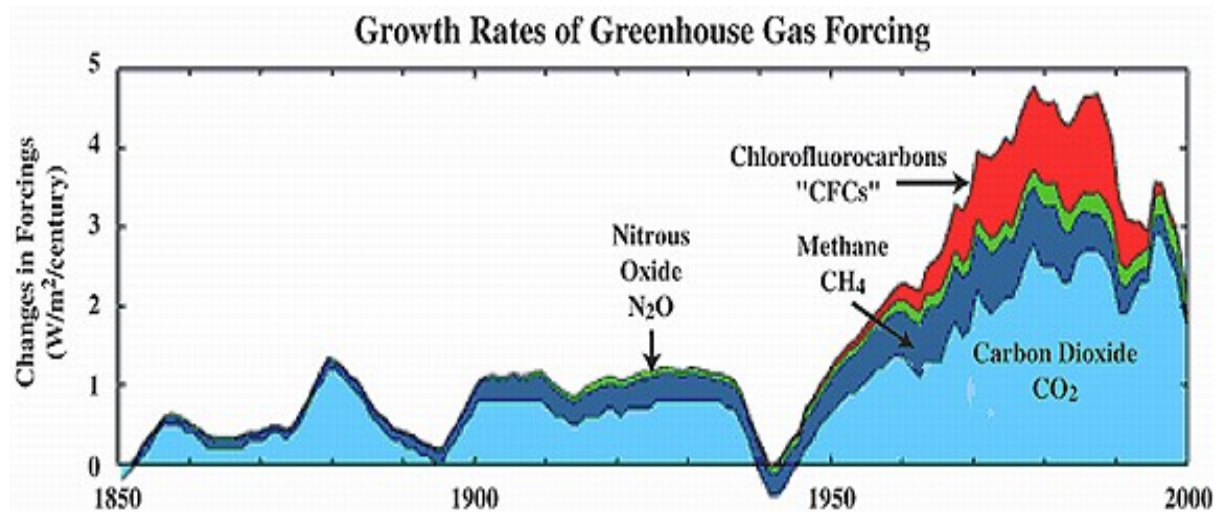
Σχήμα 2.4. Εικονική αναπαράσταση της προσπίπτουσας και επανεκπεμπόμενης ακτινοβολίας στην Γη. Τονίζεται η διαδικασία που οδηγεί στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. (1): Μεγάλο ποσοστό της προσπίπτουσας Ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάτε από την γήινη επιφάνεια, θερμαίνοντας την. (2): Κάποια ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται από την επιφάνεια της Γης και την ατμόσφαιρα. (3): Υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης. (4):Καθαρή εξερχόμενη υπέρυθρη ακτινοβολία στο διάστημα. (5): Μερικό ποσοστό της υπέρυθρης ακτινοβολίας της Γης απορροφάτε από τα αέρια του θερμοκηπίου και επανεκπέμπεται προς όλες τις διευθύνσεις.

Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι να κρατιέται η θερμοκρασία του πλανήτη σε σταθερά επίπεδα. Τα αέρια αυτά δηλαδή δρουν με ένα ακριβώς ανάλογο τρόπο με αυτόν που δρα η διαφανής πλαστική επένδυση των θερμοκηπίων ή τα τζάμια ενός αυτοκινήτου που προκαλούν υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου.

Η ενίσχυση του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου οφείλεται κατά κύριο λόγο στην υπέρμετρη αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα, αλλά και άλλων αέριων, όπως του μεθανίου, του τροποσφαιρικού όζοντος, του υποξειδίου του αζώτου (N₂O), των χλωροφθορανθράκων, των υδρογονοχλωροφθορανθράκων (HCFCs) και άλλων αλογονωμένων ΗCs. Ο κύριος υπεύθυνος, το CO₂, ελκύεται στην ατμόσφαιρα από τις διάφορες καύσεις που γίνονται για παραγωγή ηλεκτρισμού, μεταφορές και διάφορους βιομηχανικούς σκοπούς. Η ατμοσφαιρική συγκέντρωση του CO₂ παρουσιάζει συνεχή αύξηση κατά τα τελευταία 150 χρόνια. Στο σχήμα 2.5 παρουσιάζεται η αύξηση του CO₂ του CH₄, του N₂O και των CFCs από το έτος 1850 έως το έτος 2000. Αιτία είναι ο συνεχώς αυξανόμενος ρυθμός κατανάλωσης ορυκτών, υγρών και αερίων καυσίμων. Σύμφωνα με εκτιμήσεις επιστημόνων, αν συνεχίσει ο ίδιος ρυθμός αύξησης των καύσεων πάνω στον πλανήτη, η συγκέντρωση του CO₂ το έτος 2030 θα είναι περίπου διπλάσια (600ppm) από όσο ήταν κατά την προ-βιομηχανική εποχή. Με τέτοια αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ πιθανόν να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας κατά 3-5 °C .

Το μεθάνιο προέρχεται κυρίως από βιοχημικές διεργασίες, από τις αναερόβιες ζυμώσεις των μεθανιογόνων βακτηρίων (π.χ. από τις χωματερές, από το μεταβολισμό των μηρυκαστικών ζώων, τα ανθρακωρυχεία, τους ορυζώνες κ.α. Το τροποσφαιρικό όζον παράγεται κατά το φωτοχημικό νέφος. Οι CFCs είχαν για πολλά χρόνια ευρύτερη χρήση σε διάφορα προϊόντα, όπως ψυκτικά, προωθητικά των αεροζόλ, αφρώδη πλαστικά και μονώσεις, συστήματα πυρόσβεσης κ.α. Παρόλο που η χρήση του έχει σταματήσει, η διάρκεια ζωής τους υπολογίστηκε ότι κυμαίνεται από 30 έως 300 χρόνια. Οι CFCs αντικαταστάθηκαν από τους HCFCs, οι οποίοι παρόλο που έχουν ηπιότερη επίδραση στη

καταστροφή του στρατοσφαιρικού O_3 , επιδρούν αρνητικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.



Σχήμα 2.5: Διάγραμμα παρακολούθησης της συγκέντρωσης του CO_2 , του CH_4 , του N_2O και των CFCs στην ατμόσφαιρα από το έτος 1850 έως το έτος 2000 [36]

Επιδράσεις

Οι συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι δύσκολο να εκτιμηθούν εξαιτίας του γεγονότος, ότι η άνοδος της θερμοκρασίας συνδέεται με παράγοντες, των οποίων ο ρόλος δεν είναι πλήρως γνωστός. Οι σημαντικότερες από τις πιθανολογούμενες συνέπειες είναι:

- Τήξη των πάγων των πόλων με αποτέλεσμα την άνοδο της στάθμης των θαλασσών.
- Αλλαγή του κλίματος της Γης με μετακίνηση των ζωνών βροχοπτώσεων από τον Ισημερινό προς βορρά και ερημοποίησης του κάτω τμήματος εύκρατης ζώνης.
- Αύξηση εντόμων και παρασίτων.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου γίνεται εντονότερο από τη συνεχιζόμενη αποψίλωση των μεγάλων τροπικών δασών, αφού από το σύνολο του CO_2 της ατμόσφαιρας μόνον το 1/3 απορροφάται από τους ωκεανούς, ενώ τα 2/3 από τα φυτά. Αντίθετα αντιστάθμιση του φαινομένου του θερμοκηπίου οφείλεται στις εκρήξεις ηφαιστειών λόγω της σκέδασης της ηλιακής ακτινοβολίας από τα εκπεμπόμενα σωματίδια.

Τα κυριότερα μέτρα πρόληψης του φαινομένου του θερμοκηπίου, εκτός της θέσπισης του Πρωτοκόλλου του Κυότο που αναφέρεται στο κεφ.5.4 είναι:

- Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας
- Η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης
- Η αξιοποίηση των καθαρών πηγών ενέργειας
- Οι αναδασώσεις
- Ο περιορισμός των εκπομπών των άλλων αερίων θερμοκηπίου [2,4].

2.4.16. Το νέφος της καπνομίχλης

Το νέφος της καπνομίχλης που ονομάζεται και καπνομίχλη τύπου Λονδίνου ή αιθαλομίχλη (smog) χαρακτηρίζεται από υψηλές συγκεντρώσεις SO_2 και καπνού και έχει αναγωγικές ιδιότητες. Καπνομίχλες δημιουργούνται σε περιοχές, όπου υπάρχουν βιομηχανίες πετροχημικών, παραγωγής H_2SO_4 κ.α και όπου ως πηγή ενέργειας

χρησιμοποιείται κάρβουνο ή μαζούτ. Για να δημιουργηθεί νέφος καπνομίχλης πρέπει να συντρέχουν δυο λόγοι:

α) Να επικρατεί άπνοια και ταυτόχρονη θερμοκρασιακή αναστροφή

β) Εκπομπή SO_2 και καπνού

Ένα μεγάλο ποσοστό του SO_2 οξειδώνεται φωτοχημικά ή καταλυτικά προς SO_3 , το οποίο σχηματίζει σταγονίδια H_2SO_4 . Η παρουσία ομίχλης ευνοεί το σχηματισμό H_2SO_4 και επιπλέον παρατείνει το φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής [1,2].

Επιδράσεις

Έχει διαπιστωθεί, ότι σε περιπτώσεις καπνομίχλης η θνησιμότητα αυξάνει επικίνδυνα. Συγκεκριμένα όταν οι συγκεντρώσεις του SO_2 και του καπνού υπερβούν τα 0,25 ppm και 750 $\mu\text{g}/\text{m}_3$ αντίστοιχα παρατηρείται αυξανόμενη θνησιμότητα.

2.4.17. Ρύποι υπεύθυνοι για το φωτοχημικό νέφος

Το φωτοχημικό νέφος (σχήμα 2.6) χαρακτηρίζεται από το φωτοχημικό σχηματισμό δευτερογενών ατμοσφαιρικών ρύπων με οξειδωτικές ιδιότητες, όπως ο σχηματισμός O_3 , NO_2 , νιτρικών υπεροξυακυλίων, αλδεύδων κ.α. Για να δημιουργηθεί φωτοχημικό νέφος σε μια περιοχή πρέπει να πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις. Πρέπει να επικρατεί άπνοια και ταυτόχρονη θερμοκρασιακή αναστροφή, εκπομπή πρωτογενών ρύπων, όπως υδρογονάνθρακες, οξείδια του αζώτου, κ.α, ηλιακή ακτινοβολία μεγάλης έντασης.



Σχήμα 2.6: Φωτοχημική αιθαλομίχλη στο σύγχρονο Loss Angeles [37]

Η χημεία του φωτοχημικού νέφους είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και οι μηχανισμοί πολλών αντιδράσεων που οδηγούν στο σχηματισμό του παραμένουν αδιευκρίνιστοι. Οι ενώσεις που θεωρούνται υπεύθυνες για τη δημιουργία φωτοχημικού νέφους (πρωτογενείς ρύποι) είναι το οξείδια του αζώτου και οι πτητικές οργανικές ενώσεις. Στις φωτοχημικά δραστικές πτητικές οργανικές ενώσεις περιλαμβάνονται οι υδρογονάνθρακες εκτός του μεθανίου, καθώς και οι αλδευδες, οι κετόνες κ.α. Πρέπει εδώ να τονιστεί, ότι οι πτητικές οργανικές ενώσεις είναι απαραίτητες για το σχηματισμό του φωτοχημικού νέφους. Η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από ορισμένους πρωτογενείς ρύπους προκαλεί ένα πλήθος αντιδράσεων, κυρίως ελεύθερων ριζών, με τελικό αποτέλεσμα την παραγωγή δευτερογενών ρύπων όπως NO_2 , O_3 , νιτρικών υπεροξυακυλίων κ.α. Πολλοί από τους δευτερογενείς ρύπους έχουν οξειδωτική ικανότητα μεγαλύτερη από αυτή του οξυγόνου και ονομάζονται φωτοχημικά οξειδωτικά.

Επιδράσεις

Τα συστατικά του φωτοχημικού νέφους έχουν δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου, στη βλάστηση, στα διάφορα υλικά και στα χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας π.χ. ορατότητα. Ο βαθμός, στον οποίο η έκθεση στο φωτοχημικό νέφος επιδρά στην υγεία του ανθρώπου, δεν είναι ακριβώς γνωστός, αν και πολλά από τα συστατικά του έχουν τοξικές επιδράσεις. Μπορεί να προκαλέσει βήχα, δύσπνοια σε υγιή άτομα κ.λ.π. Το O_3 είναι γνωστό ότι είναι τοξικό, το PAN και οι αλδεύδες είναι ισχυρά ερεθιστικά των ματιών και του λαιμού, ενώ το HNO_3 και το H_2SO_4 είναι ερεθιστικά των πνευμόνων. Τα συστατικά του νέφους επιδρούν δυσμενώς και στα διάφορα υλικά. Επίσης η φθορά των ελαστικών από το O_3 είναι γνωστή από παλιά. Ιδιαίτερα μεγάλη σημασία έχουν οι καταστροφικές επιδράσεις του φωτοχημικού νέφους στη βλάστηση και στην ορατότητα της ατμόσφαιρας [1,2].

2.4.18. Οξίνη βροχή

Η όξινη βροχή οφείλεται στην οξίνιση του νερού της βροχής λόγω διάλυσης στις σταγόνες ενώσεων του θείου και το αζώτου. Και η φυσική βροχή είναι ελαφρά όξινη λόγω του διοξειδίου του άνθρακα που υπάρχει στην ατμόσφαιρα αλλά η παρουσία των προαναφερθέντων ρύπων επιδεινώνει την κατάσταση. Στα φυτά η επίδραση της μπορεί να τα ξεράνει ή να περιορίσει την ανάπτυξή τους. Επίσης μπορεί να διαβρώσει τα υλικά και να καταστρέψει ιστορικά ή άλλα σύγχρονα κτίρια και μνημεία.

2.5. Αέρια εκπεμπόμενα από ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην Ευρώπη

Στην Ευρώπη, που είναι σχετικά αναπτυγμένη βιομηχανικά, το 80% περίπου του διοξειδίου του θείου προέρχεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Το μισό περίπου από αυτό προέρχεται από στατικές εγκαταστάσεις καύσης άνθρακα, κυρίως ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς, το 40% από την καύση προϊόντων πετρελαίου από κινητές και στατικές πηγές εκπομπής και το 8% περίπου από τα διυλιστήρια πετρελαίου. Υπολογίζεται, ότι το 60% των εκπομπών διοξειδίου του θείου στην Ευρώπη προέρχεται από θερμοηλεκτρικά εργοστάσια που χρησιμοποιούν πετρέλαιο, φυσικό αέριο ή κάρβουνο, ενώ το 20% από χρήση διαφόρων τύπων ενέργειας στη βιομηχανία. Σχετικά με τα οξείδια του αζώτου, έχει παρατηρηθεί, ότι περισσότερη από τη μισή από την ποσότητα τους στην ατμόσφαιρα παράγεται από κινητές πηγές, δηλαδή τα οχήματα, τα πλοία και τα αεροσκάφη που κυκλοφορούν στην Ευρώπη.

Οι κινητήρες, οι βιομηχανικές διεργασίες (ειδικά στη μεταλλουργία) και η οδική κυκλοφορία συνιστούν τις σημαντικότερες πηγές εκπομπής SO_2 και NO_x και κατ'επέκταση πρόκλησης της όξινης βροχής. Η όξινη βροχή παραμένει ένα από τα σοβαρότερα περιβαλλοντικά προβλήματα της Ευρώπης, αν και η ελάττωση των εκπομπών SO_2 και NO_x έχει περιορίσει το βαθμό οξίνισης. Το φαινόμενο οφείλεται σε εκπομπές θεικών ενώσεων στην ατμόσφαιρα. Τα εκπεμπόμενα SO_2 και NO οξειδώνονται σε SO_3 και NO_2 και με τους υδρατμούς σχηματίζουν θεικό και νιτρικό οξύ αντίστοιχα. Η δυσμενέστερη επίπτωση του φαινομένου αυτού στην Ευρώπη είναι η οξίνιση των λιμνών και των ποταμών καθώς και η καταστροφή δασικών εκτάσεων. Συνιστά μια σημαντική αιτία της παρατηρούμενης αραίωσης ή του ολικού αφανισμού αρκετών αποθεμάτων ψαριών. Πολλά είδη υδρόβιων ζώων και φυτών επηρεάζονται από την όξινη βροχή. Η μείωση αποθεμάτων ψαριών και δασών αποφέρει τεράστιες οικονομικές ζημιές

γενικότερα. Μια επιπλέον αρνητική συνέπεια της όξινης βροχής στο οικοσύστημα αποτελεί η διάβρωση κτηρίων, γλυπτών και άλλων στοιχείων πολιτιστικής κληρονομιάς.

Στα μεγαλύτερα αστικά έργα της Ευρώπης υπάρχουν περίοδοι, κατά τις οποίες η ατμοσφαιρική ρύπανση αγγίζει επίπεδα ικανά να προκαλέσουν δυσφορία και άλλα σοβαρά προβλήματα υγείας. Τα κυριότερα στοιχεία που συνιστούν την ατμοσφαιρική ρύπανση σε αστικές περιοχές είναι τα αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀ και PM_{2,5}), τα οξειδία του αζώτου (NO_x), το διοξείδιο του θείου (SO₂), το όζον (O₃), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs), το βενζόλιο και άλλες πτητικές οργανικές ενώσεις.

Η οδική κυκλοφορία παραμένει ο βασικός παράγοντας που επιδρά επιβαρυντικά στη ποιότητα του αέρα στις Ευρωπαϊκές πόλεις. Όμως παρά τη προσδοκώμενη αύξηση της κυκλοφοριακής κίνησης, αναμένεται μια σταδιακή μείωση των εκπομπών των ρύπων, ως αποτέλεσμα της αξιοσημείωτης ελάττωσης του επιπέδου εκπομπών των νέας τεχνολογίας οχημάτων. Σε αντίθεση με τη παραπάνω παρατήρηση, θεωρείται πιθανό κάποιες πόλεις να μην επιτύχουν τον Ευρωπαϊκό στόχο ποιότητας αέρα για το NO₂ ως το 2010, αν δεν ληφθούν μέτρα περικοπής της κυκλοφορίας οχημάτων.

Η ανάπτυξη στον τομέα των μεταφορών καθοδηγείται από οικονομικές και δομικές τάσεις και αλλαγές. Παραδείγματα είναι η γενικότερη οικονομική ανάπτυξη, η άνθιση του διεθνούς εμπορίου καθώς και αυξανόμενη ιδιωτική κατανάλωση. Αυτές έχουν σαν συνέπεια την διόγκωση της κυκλοφοριακής κίνησης. Το γεγονός αυτό οφείλεται αφενός στις πολλαπλασιαζόμενες ανάγκες για μετακίνηση και αφετέρου στην ευκολότερη πλέον πρόσβαση των πολιτών στα μέσα μεταφοράς μεγάλων αποστάσεων, όπως αυτοκίνητα και αεροπλάνα. Επίσης, το φαινόμενο της αύξησης της κυκλοφοριακής κίνησης είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με άλλες κοινωνικές τάσεις και επιδρά άμεσα και σε άλλους τομείς της σύγχρονης κοινωνίας.

Όπως έχει προαναφερθεί το όζον της στρατόσφαιρα προστατεύει τη Γη από την επικίνδυνη υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου, ενώ το τροποσφαιρικό όζον κοντά στην επιφάνεια της Γης σε μεγάλες συγκεντρώσεις βλάπτει τόσο τον ανθρώπινο οργανισμό όσο και το περιβάλλον.

Αυτό είναι και ένα από τα μείζονα περιβαλλοντικά προβλήματα της Ευρώπης. Μεγάλες συγκεντρώσεις όζοντος στην ατμόσφαιρα είναι δυνατό να προκαλέσουν προβλήματα υγείας, μείωση της αγροτικής παραγωγής και δασικής βλάστησης καθώς και καταστροφή υλικών. Λόγω του ότι το τροποσφαιρικό όζον σχηματίζεται μέσω αντιδράσεων που περιλαμβάνουν τα οξειδία του αζώτου (NO_x) και τις πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), η ελαχιστοποίηση των συγκεντρώσεων του τροποσφαιρικού όζοντος σε επίπεδα μη επιβλαβή προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο προϋποθέτει σχεδιασμό και εφαρμογή στρατηγικών για περικοπές των εκπομπών NO_x και VOCs σε ολόκληρη την Ευρώπη, που συνεπάγεται πάλι την μείωση της κυκλοφορίας των οχημάτων. Από τα προαναφερθέντα στοιχεία διαφαίνεται, ότι η οδική κυκλοφορία παραμένει ο βασικός παράγοντας που επιδρά επιβαρυντικά στην ποιότητα του αέρα στις Ευρωπαϊκές πόλεις [1,9,11].

2.6. Η ποιότητα του αέρα στον ελλαδικό χώρο και συγκεκριμένα στις αστικές περιοχές

Ο όρος «νέφος» στη καθομιλουμένη γλώσσα άρχισε να χρησιμοποιείται για το νέφος της καπνομίχλης λόγω της παρόμοιας σύστασης του με το νέφος του Λονδίνου της δεκαετίας του 1950 (καπνομίχλη τύπου Λονδίνου ή αιθαλομίχλη (smog)). Στη συνέχεια όμως λόγω της μειωμένης παρουσίας του και της ταυτόχρονης αυξημένης παρουσίας του φωτοχημικού νέφους ο όρος «νέφος» άρχισε να χρησιμοποιείται για το φωτοχημικό νέφος. Το ονομαζόμενο «νέφος» της Αθήνας διανύει ήδη την τρίτη γενιά του.

Το «κλασικό ή συμβατικό νέφος της καπνομίχλης» έγινε αντιληπτό στην Αθήνα από μετρήσεις διοξειδίου του θείου (SO₂) και καπνού που ξεκίνησε το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ) το 1969. Στη φάση εκείνη επικρατέστεροι ρύποι ήταν το SO₂ και ο καπνός, προερχόμενοι κυρίως από τις κεντρικές θερμάνσεις και τα πετρελαιοκίνητα οχήματα.

Το «νέφος της καπνομίχλης» άρχισε να παραχωρεί τη θέση του στην Αθήνα ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 στο «φωτοχημικό νέφος». Λόγω της παρόμοιας σύστασής του με το νέφος του Λος Άντζελες της δεκαετίας του 1970. Ονομάζεται και «νέφος τύπου Λος Άντζελες». Στο φωτοχημικό νέφος επικρατέστεροι ρύποι ήταν τα οξειδία του αζώτου (NO_x), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το όζον (O₃) και τα φωτοχημικά νιτρικά υπεροξειδία. Τα δυο τελευταία ανήκουν στην κατηγορία των δευτερογενών αέριων ρύπων διότι είναι προϊόντα της φωτοχημικής αντίδρασης των NO_x με τα VOC_s στην ατμόσφαιρα. Τα NO_x ανήκουν κυρίως στους πρωτογενείς αέριους ρύπους, γιατί παράγονται άμεσα ως επί το πλείστον. Κύρια πηγή των ρύπων αυτών είναι η κίνηση των οχημάτων.

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

Το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών ήταν ο πρώτος φορέας στην Ελλάδα που εγκατέστησε ένα μικρό δίκτυο ημι-αυτόματων σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικών ρύπων από το 1969. Το δίκτυο αυτό διατηρήθηκε μέχρι το 1984, οπότε οι μετρήσεις περιήλθαν στην αρμοδιότητα του ΥΠΕΧΩΔΕ. Η Διεύθυνση Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου (ΔΕΑΡΘ) του ΥΠΕΧΩΔΕ, και πιο συγκεκριμένα το Τμήμα Ποιότητας του Αέρα της ΔΕΑΡΘ, λειτουργεί ένα δίκτυο 18 αυτόματων σταθμών παρακολούθησης αρκετών αέριων ρύπων (κλασικών, φωτοχημικών και πρόσφατα αεροσωματιδιακών και υδρογονανθράκων) στο λεκανοπέδιο της Αττικής. Τελευταία το ΥΠΕΧΩΔΕ έχει επεκτείνει τις μετρήσεις του, σε συνεργασία με άλλους φορείς, και σε άλλες προβληματικές, από πλευράς υποβάθμισης του περιβάλλοντος, περιοχές της Ελλάδας (π.χ. Θριάσιο Πεδίο, Θεσσαλονίκη, Μεγαλόπολη).

Τα NO_x, το CO και οι υδρογονάνθρακες παράγονται κυρίως από τους βενζινοκινητήρες. Για το λόγο αυτό ελήφθη η απόφαση σε ευρωπαϊκό επίπεδο να αντικατασταθούν τα συμβατικά ΙΧ από αντίστοιχα καταλυτικά. Στην Ελλάδα το μέτρο άρχισε να εφαρμόζεται το 1991. Από την ανάλυση των στοιχείων ατμοσφαιρικής ρύπανσης τόσο από το αρχικό δίκτυο του ΕΑΑ όσο και το σύγχρονο του ΥΠΕΧΩΔΕ εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα για την περιοχή της Αθήνας.

Νέφος καπνομίχλης: Το SO₂ παρουσιάζει μια γενική πτωτική τάση. Το φαινόμενο της πτώσης καθίσταται εντονότερο μετά το 1992 λόγω της διαφορετικής χρήσης του πετρελαίου. Το εθνικό όριο ποιότητας του αέρα για το SO₂ σε ετήσια βάση είναι τα 80 μg/m³.

Όσον αφορά στον καπνό, εμφανίζει και αυτός παρόμοια πτωτική τάση λόγω της εξέλιξης των πετρελαιοκινητήρων και της καλύτερης ποιότητας των καυσίμων. Το εθνικό όριο ποιότητας του αέρα για τον καπνό σε 24ωρη βάση είναι τα 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Φωτοχημικό νέφος: Το CO παρουσιάζει μια γενική πτωτική τάση. Το φαινόμενο παρατηρείται εντονότερα μετά το 1991, οπότε εφαρμόστηκε η αναγκαστική εισαγωγή των καταλυτικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα. Οι τιμές στο κέντρο της Αθήνας είναι υψηλότερες έναντι εκείνων στους περιφερειακούς σταθμούς του δικτύου λόγω της εντονότερης κυκλοφορίας των τροχοφόρων. Το εθνικό όριο ποιότητας του αέρα για το CO σε ετήσια βάση είναι τα 10 mg/m^3 .

Το NO₂ εμφανίζει και αυτό μια γενική πτωτική τάση στον κεντρικό σταθμό της οδού Πατησίων, αλλά όχι και στους περιφερειακούς σταθμούς (π.χ. Αμαρουσίου). Ο λόγος είναι ότι η παραγωγή NOx από τα τροχοφόρα στο κέντρο της Αθήνας ελαττώνεται από το 1992 και εντεύθεν λόγω της εισαγωγής των καταλυτικών αυτοκινήτων. Στην περιφέρεια τα επίπεδα του ρύπου κινούνται σε χαμηλά πλαίσια, επειδή το O₃ εκεί βρίσκεται σε υψηλότερες τιμές. Το εθνικό όριο ποιότητας του αέρα για το NO₂ σε ετήσια βάση είναι τα 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Το τροποσφαιρικό O₃ παρουσιάζει επίσης μια γενική πτωτική τάση στον κεντρικό σταθμό της οδού Πατησίων, αλλά όχι και τους περιφερειακούς σταθμούς (π.χ. Μαρουσίου). Ο λόγος είναι, ότι η παραγωγή NOx από τα τροχοφόρα στο κέντρο της Αθήνας καταστρέφει εν μέρει το O₃. Τούτο, όμως, δεν συμβαίνει με τον ίδιο ρυθμό σε περιοχές μακράν του κέντρου. Από την άλλη μεριά, υπάρχει και μεταφορά του ρύπου προς τα βόρεια προάστια, ειδικά τους θερινούς μήνες με την κυκλοφορία της θαλάσσιας αύρας. Οι μεγάλες τιμές στους περιφερειακούς (και δη τους βόρειους) σταθμούς του ΥΠΕΧΩΔΕ, που έχουν παρατηρηθεί, αποτελούν ένα ανησυχητικό φαινόμενο κατά τη διάρκεια καιρικών καταστάσεων που ευνοούν την ανάπτυξη θαλάσσιας αύρας. Το εθνικό όριο ποιότητας του αέρα για το O₃ σε ετήσια βάση είναι τα 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Υδρογονοσωματιδιακό νέφος: Τα αιωρούμενα σωματίδια παρουσιάζουν συνεχή ανοδική πορεία τα τελευταία 12 χρόνια. Η διαπίστωση αυτή θα πρέπει να προβληματίσει τις αρμόδιες αρχές διότι η γενικότερη παρουσία τους σχετίζεται με πνευμονολογικές παθήσεις στο γενικό πληθυσμό και ιδιαίτερα τα ευαίσθητα άτομα (ηλικιωμένους και παιδιά). Οι HCs δεν έχουν μετρηθεί συστηματικά και υπάρχει ανάγκη για μια μεγαλύτερη χρονοσειρά μετρήσεων ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Πάντως τα πρώτα στοιχεία είναι ανησυχητικά και θα πρέπει η Πολιτεία να λάβει τα απαραίτητα μέτρα.

Ο καθαρός, αμόλυντος αέρας είναι σημαντικός παράγοντας της δημόσιας υγείας και των καλών συνθηκών διαβίωσης. Στις μεγάλες πόλεις ένα μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού εκτίθεται κατά καιρούς σε συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων, οι οποίες αυξάνουν τον κίνδυνο προβλημάτων υγείας, όπως για παράδειγμα αναπνευστικές μολύνσεις, ασθένειες των πνευμόνων, καρκίνο κ.α. [9,11].

Κεφάλαιο 3

3.1. Κινητές πηγές

Τα μεταφορικά μέσα και κυρίως τα αυτοκίνητα που περιέχουν κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι η βασική ανθρωπογενής πηγή εκπομπής πολλών αερίων ρύπων, όπως οξειδίων του αζώτου, υδρογονανθράκων, μονοξειδίου του άνθρακα κ.α. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης που κυριαρχεί τρεις γενιές τώρα στο χώρο των μεταφορών έχει αυξήσει πολύ τη δυνατότητα αυτόνομης μετακίνησης του ανθρώπου. Όμως η τεχνολογία αυτών των κινητήρων προκάλεσε ρύπανση της ατμόσφαιρας, ενεργειακή εξάρτηση από τα περιορισμένα κοιτάσματα πετρελαίου και είχε δυσμενή επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου [1,12].

3.2. Παραγόμενοι ρύποι από τη κίνηση του αυτοκινήτου

Όπως προαναφέρθηκε το αυτοκίνητο αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές πηγές ρύπανσης της ατμόσφαιρας, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές. Η συμμετοχή του αυτοκινήτου στη ρύπανση της ατμόσφαιρας των αστικών περιοχών υπολογίζεται ότι είναι περίπου 60% για το CO, 30% για τα NOx, 50% για του υδρογονάνθρακες και 3,5% για το SO₂. Τα καυσαέρια που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με πληθώρα αερίων και σωματιδιακών ρύπων.

Η σύσταση των καυσαερίων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το είδος, το μέγεθος και την κατάσταση του κινητήρα, την ποιότητα των καυσίμων, το σχεδιασμό του κινητήρα τις τροποποιήσεις και τον τρόπο εισαγωγής του καυσίμου, την αναλογία καυσίμου, αέρα και τις συνθήκες λειτουργίας. Επίσης οι παράγοντες που συμμετέχουν στην αύξηση ή μείωση των βλαβερών καυσαερίων των αυτοκινήτων, είναι: το καύσιμο μείγμα, ο σχεδιασμός και η κατασκευή του κινητήρα καθώς και ο τρόπος εξουδετέρωσης των βλαβερών καυσαερίων, δηλαδή η ύπαρξη και η καλή λειτουργία του καταλυτικού μετατροπέα. Οι ρύποι που παράγουν τα σημερινά αυτοκίνητα είναι δύο κατηγοριών. Οι ρύποι τοπικής κλίμακας που είναι δηλητηριώδεις και δημιουργούν άμεσο πρόβλημα στο περιβάλλον των περιοχών που εκπέμπονται και οι ρύποι παγκόσμιας κλίμακας που εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα.

Ποιους ρύπους όμως εκπέμπει το κάθε όχημα στα καυσαέρια του, εξαρτάται πρωταρχικά από το καύσιμο που χρησιμοποιεί για τη κίνησή του που είναι κυρίως η βενζίνη, το πετρέλαιο ή το υγραέριο. Τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα εκπέμπουν εκτός από CO₂, κυρίως μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδρογονάνθρακες (HCs), οξείδια του αζώτου (NOx) και σωματίδια. Τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα εκπέμπουν εκτός από CO₂, κυρίως οξείδια του αζώτου (NOx), διοξείδιο του θείου (SO₂), σωματίδια, καπνό, μικρές ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και υδρογονάνθρακες (HCs). Τα υγραεριοκίνητα αυτοκίνητα εκπέμπουν εκτός από CO₂, κυρίως οξείδια του αζώτου (NOx), μικρότερες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και υδρογονανθράκων (HCs).

Ο τρόπος οδήγησης είναι ένας σημαντικός παράγοντας αύξησης ή μείωσης της παραγωγής ρύπων. Εάν κρατηθεί πατημένο το γκάτσι του αυτοκινήτου σε ένα σταθερό σημείο χωρίς την εμπλοκή σχέσης μετάδοσης (ταχύτητας), ο κινητήρας σύντομα θα αποκτήσει ένα σταθερό αριθμό στροφών (στροφές χωρίς φορτίο). Αντίθετα κατά την επιτάχυνση, ο κινητήρας προσπαθεί να φτάσει τον ίδιον αριθμό στροφών - αλλά φυσικά δεν μπορεί, γιατί επιπλέον ενέργεια (καύσιμο) καταναλώνεται για την κίνηση του οχήματος. Η προσπάθεια αυτή του κινητήρα αντιπροσωπεύει το φορτίο λειτουργίας του. Όταν ο κινητήρας δουλεύει χωρίς φορτίο, το καύσιμο καίγεται (θεωρητικά) όλο (πλήρης καύση), ενώ με αυξανόμενο φορτίο (είτε λόγω πορείας σε ανηφόρα ή είτε όσο πιο

απότομα το γκάζι πατιέται) η καύση τείνει να είναι ατελής, πράγμα που σημαίνει ότι στα καυσαέρια θα υπάρχουν περισσότερες ενώσεις χημικά ασταθείς, συνεπώς πιο επικίνδυνες λόγω της συμμετοχής τους σε αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα. Συνεπώς η γρήγορη επιτάχυνση συντελεί στην παραγωγή περισσότερων και πιο επικίνδυνων ρύπων.

Ένας σημαντικός παράγοντας μειωμένης εκπομπής καυσαερίων είναι η προθέρμανση του κινητήρα. Η ολιγόλεπτη προθέρμανση του κινητήρα είναι μια πρακτική εξαιρετικά σημαντική, τόσο για τον περιορισμό των ρύπων όσο και για τη μακροζωία του αυτοκινήτου. Ο κρύος κινητήρας ρυπαίνει ως και 70 φορές περισσότερο! - και πρόκειται μάλιστα για ρύπους όπως CO, PAHs, HCs κ.α πολύ τοξικότερους λόγω της ατελούς καύσης. Επιπλέον όταν το καταλυτικό αυτοκίνητο, ξεκινήσει με κρύο κινητήρα (λειτουργία υπό φορτίο), προκαλείται μεγάλη φθορά στον καταλύτη λόγω του θερμικού σοκ (απότομη αύξηση θερμοκρασίας) και επίσης και λόγω του δηλητηριασμού του με το άκαυστο μίγμα (βενζίνη).

Εκτός όμως από τα καυσαέρια υπάρχουν και άλλα τμήματα που προκαλούν άμεσα ή έμμεσα την παραγωγή ατμοσφαιρικών ρύπων. Αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Η ελαιολεκάνη (κάρτερ).
- Η δεξαμενή καυσίμων (ρεζερβουάρ)
- Η εξάτμιση
- Τα ελαστικά
- Το χρώμα και οι ταπετσαρίες
- Η σκόνη που δημιουργείται από την τριβή των ελαστικών με το δρόμο.

Με βάση το υπολογιστικό πρόγραμμα «COPERT» έχουν υπολογισθεί οι εκπομπές οχημάτων του πίνακα 3.1, οι οποίες εκφράζουν τη διαφοροποίηση που έχει επέλθει τη δεκαετία του '90. Το χαρακτηριστικό συμπέρασμα, το οποίο προκύπτει είναι η εξάλειψη του κέρδους εκπομπών λόγω του προγράμματος της απόσυρσης των παλαιών αυτοκινήτων. Από το 1990 σε όλους τους βασικούς ρύπους, εκτός του μολύβδου (Pb) λόγω της χρήσης αμόλυβδης βενζίνης, εμφανίζεται αύξηση των ετήσιων εκπομπών. Παράλληλα και νέοι ρύποι, όπως NH₃ και N₂O, οι οποίοι οφείλονται κυρίως στα καταλυτικά οχήματα εμφανίζουν χαρακτηριστική αύξηση. Πρέπει όμως να τονιστεί, ότι στις βασικές πηγές εκπομπής τέτοιων ρύπων δεν ανήκει η κυκλοφορία οχημάτων. Σε κάθε περίπτωση η παρακολούθηση της εξέλιξης των συγκεντρώσεων αυτών των ρύπων, ειδικά σε πόλεις με προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθίσταται αναγκαία [1,2,3,14].

Πίνακας 3.1: Εκπομπές καυσαερίων οχημάτων σε επίπεδο χώρας [14].

	1990	2000	%
CO	1.062.248	1.082.159	1,90%
NO_x	137.672	160.840	16,80%
NMVOC	170.677	175.997	3,10%
CH₄	5.710	7.704	34,90%
N₂O	535	1.648	208%
NH₃	162	2.486	1.434,60%
PM	5.353	7.130	33,20%
CO₂	15.215.273	23.070.349	51,60%
SO₂	19.936	30.211	51,50%
Μόλυβδος(Pb)	424.808	401.609	-5,50%
Κάδμιο (Cd)	48	73	52,10%
Χαλκός (Cu)	8.111	12.361	52,40%
Χρώμιο (Cr)	239	364	52,30%
Νικέλιο (Ni)	334	509	52,40%
Σελήνιο (Se)	48	73	52,10%
Ψευδάργυρος(Zn)	4.771	7.271	52,40%

3.3. Κατηγορίες αυτοκινήτων

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τα μεταφορικά μέσα και κυρίως τα αυτοκίνητα που περιέχουν κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι η βασική ανθρωπογενής πηγή εκπομπής πολλών αερίων ρύπων. Για το λόγο αυτό το κράτος επέβαλε στις αυτοκινητοβιομηχανίες να αναπτύξουν καινούργιες κατηγορίες οχημάτων που θα είναι λιγότερο ρυπογόνες. Έτσι σήμερα κυκλοφορούν τα καταλυτικά οχήματα που περιέχουν καταλυτικούς μετατροπείς, εκτός από τα βενζινοκίνητα οχήματα συμβατικής τεχνολογίας και τα πετρελαιοκίνητα οχήματα. Εκτός αυτών αρχίζουν να μπαίνουν σε κυκλοφορία όλο και περισσότερα οχήματα νέας τεχνολογίας με καύσιμο φυσικό αέριο ή και υβριδικά οχήματα με δύο κινητήρες έναν βενζινοκίνητο και έναν ηλεκτροκίνητο, ενώ αναμένεται και η εισαγωγή αυτοκινήτων με καύσιμο υδρογόνο και κυψέλες καυσίμου (βλέπε κεφ. 4)

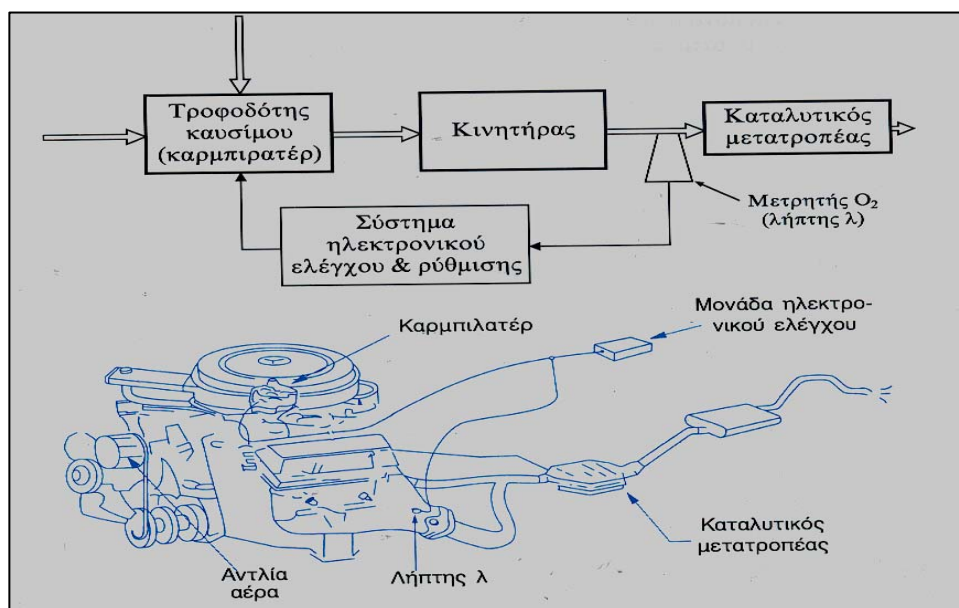
3.3.1. Καταλυτικά οχήματα

Τα τελευταία χρόνια, η μείωση των αερίων ρύπων στα καυσαέρια επιτεύχθηκε με την χρήση καταλυτικών μετατροπέων, οι οποίοι τους μετατρέπουν σε ακίνδυνες, σταθερές ενώσεις. Οι μετατροπείς δεν μπορούν να τοποθετηθούν σε οχήματα που χρησιμοποιούν βενζίνη με μόλυβδο γιατί έτσι καταστρέφονται. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι ο μόλυβδος χρησιμοποιείται κυρίως για να μεγαλώσει ο αριθμός των οκτανίων του καυσίμου. Η χρήση μολυβδούχων ενώσεων, όπως του τετρααιθυλιούχου και του τετραμεθυλιούχου μολύβδου, είναι ο φθηνότερος τρόπος και απαιτεί τη λιγότερη ενέργεια για την αύξηση των οκτανίων. Στην Ευρώπη τα τελευταία 15 χρόνια έχει επιτευχθεί μεγάλη μείωση των επιπέδων των καυσαερίων με τη χρήση καταλυτών. Η μείωση αυτή όμως δεν θεωρείται πλέον αρκετή. Μια εν μέρει συμφωνία των Υπουργών Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) έχει ως στόχο την επίτευξη μιας επιπλέον σημαντικής μείωσης των αερίων ρύπων στα καυσαέρια των αυτοκινήτων. Συγκεκριμένα επιχειρείται η επιπλέον μείωση του μονοξειδίου του άνθρακα, των οξειδίων του αζώτου και των άκαυστων υδρογονανθράκων.

Οι μειώσεις αυτές διαφέρουν ανάλογα με το μέγεθος της μηχανής και την ημερομηνία εφαρμογής των σχετικών κανονισμών. Για αυτοκίνητα μεγάλου κυβισμού, με μηχανή πάνω από 2 λίτρα οι κανονισμοί ισχύουν από το 1989. Για εκείνα μεσαίου κυβισμού (1,4-2 λίτρα) ισχύουν λιγότερο αυστηροί κανονισμοί από το 1993, ενώ για αυτοκίνητα μικρού κυβισμού (κάτω από 1,4 λίτρα), ισχύουν κανονισμοί από το 1991 [49].

3.3.1.1. Καταλυτικοί μετατροπείς

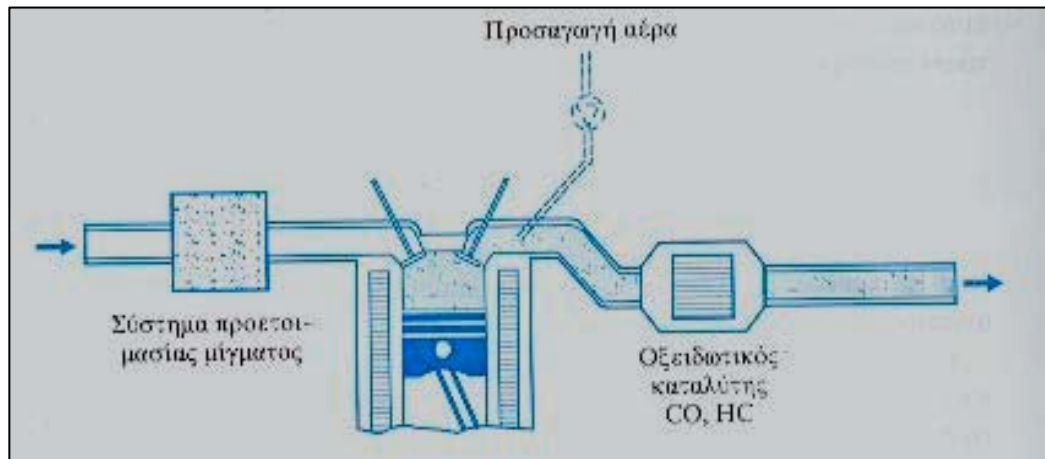
Το 60% των ρύπων που εκπέμπονται από το αυτοκίνητο, προέρχονται από την εξάτμιση. Ο καταλυτικός μετατροπέας είναι μια συσκευή που τοποθετείται στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων των αυτοκινήτων (σχήμα 3.1) και σκοπός του είναι η μετατροπή των εκπεμπόμενων ρύπων σε αβλαβή για την ατμόσφαιρα καυσαέρια όπως π.χ. H_2O και CO_2 κ.λ.π. Οι κυριότερες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα σ' ένα καταλυτικό μετατροπέα είναι οι αντιδράσεις οξειδωσης του CO και των HCs και οι αντιδράσεις αναγωγής των NOx . Η ιστορία των καταλυτικών μετατροπέων είναι κάπως πρόσφατη. Η πρώτη τους εμφάνιση έγινε στις ΗΠΑ, μετά από μια δια νόμου, απαίτηση μείωσης των εκπομπών των HCs και του CO στην Καλιφόρνια την δεκαετία του 1960. Η Ευρώπη άρχισε να συμμετέχει στην παραγωγή και τη χρήση τους μόλις το 1984, ενώ στην Ελλάδα άρχισαν να παρουσιάζονται το 1987. Στις μέρες μας το μεγαλύτερο μέρος των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν στους δρόμους και αυτών που παράγονται είναι καταλυτικά. Δηλαδή χρησιμοποιούν στις εξατμίσεις τους καταλυτικούς μετατροπείς.



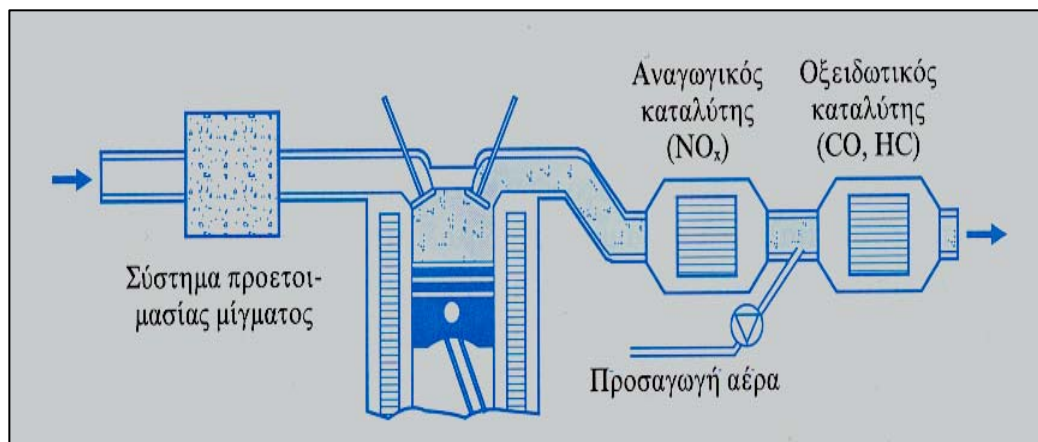
Σχήμα 3.1: Τοποθέτηση του καταλυτικού μετατροπέα στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων του αυτοκινήτου [4].

Για να φτάσει ο καταλυτικός μετατροπέας στο στάδιο που βρίσκεται σήμερα, πέρασε από πολλά στάδια. Οι πρώτοι καταλύτες που αναπτύχθηκαν ήταν οι ονομαζόμενοι διοδικό ή οξειδωτικοί καταλυτικοί μετατροπείς (σχήμα 3.2) και είχαν σαν σκοπό τους την αντιμετώπιση κυρίως των CO και των υδρογονανθράκων. Οι οξειδωτικοί καταλυτικοί μετατροπείς χρησιμοποιούνται σήμερα μόνο στα πετρελαιοκίνητα diesel οχήματα. Στη συνέχεια εξελίχθηκαν οι καταλύτες διπλής κλίνης (σχήμα 3.3), όπου ο οξειδωτικός καταλυτικός μετατροπέας συνδυάζεται και με έναν αναγωγικό. Ο αναγωγικός καλείται να αντιμετωπίσει και τα οξείδια του αζώτου.

Στις μέρες μας όσον αφορά τα βενζινοκίνητα οχήματα έχουμε περάσει σε μια νέα γενιά καταλυτικών μετατροπέων μιας κλίνης που επιτυγχάνουν την ταυτόχρονη μετατροπή όλων των ρύπων. Ονομάζονται τριοδικόι καταλυτικοί μετατροπέες (σχήμα 3.4). Ο τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας είναι μία συσκευή στο σύστημα εξαγωγής καυσαερίων του αυτοκινήτου, που θεωρείται ότι κάτω από τις βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας μπορεί να μειώσει τους ρύπους CO, HCs και NOx (και όχι ενώσεις του μολύβδου και του θείου) σε ποσοστό μέχρι 90%. Ο μολύβδος αποφεύγεται με τη χρήση της αμόλυβδης βενζίνης, ενώ οι ενώσεις του θείου διέρχονται από τον καταλύτη χωρίς να επηρεάζονται.



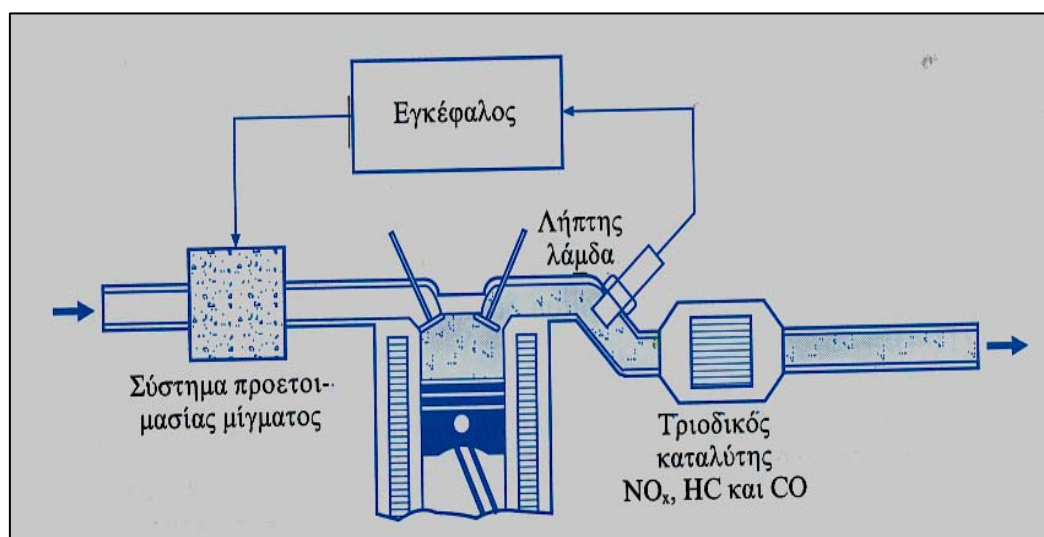
Σχήμα 3.2: Διοδικός ή οξειδωτικός καταλυτικός μετατροπέας [4].



Σχήμα 3.3: Καταλύτης διπλής κλίνης [4].

Ο τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας αποτελείται (σχήμα 3.4) από: i) ένα μεταλλικό εξωτερικό περίβλημα, ii) ένα κεραμικό υλικό συνήθως μονόλιθο, iii) μια ενδιάμεση επίστρωση (wash coat), iv) τις καταλυτικές ενεργές φάσεις και v) το λήπτη λάμδα (λ). Το κεραμικό υλικό είναι επικαλυμμένο με μικρές ποσότητες ευγενούς μετάλλου όπως λευκόχρυσο (πλατίνα(Pt)), παλλάδιο (Pd) και ρόδιο (Rh). Ο λευκόχρυσος είναι έξοχος καταλύτης για τη μετατροπή του μονοξειδίου του άνθρακα CO σε διοξείδιο του άνθρακα CO₂ και ακόμα καλύτερος για την οξείδωση των υδρογονανθράκων HC (άκαυστους, κυκλικούς) σε CO₂ και νερό. Το παλλάδιο καταλύει επίσης την οξείδωση του CO και των άκαυστων υδρογονανθράκων σε CO₂ και νερό. Οι μετατροπές δε γίνονται σε ποσοστό 100%, διότι αυτές οι χημικές αντιδράσεις επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες. Το ρόδιο είναι ο καταλύτης για την αναγωγή των NOx σε μοριακό άζωτο. Ωστόσο είναι πολύ

σπανιότερο των άλλων ευγενών μετάλλων με αποτέλεσμα να είναι και ακριβότερο. Ο αισθητήρας λ είναι μία συσκευή στην έξοδο των καυσαερίων που μετρά τη σχέση οξυγόνου-υδρογονανθράκων στο μίγμα εξόδου, λειτουργεί ηλεκτρονικά και η σωστή λειτουργία του είναι κρίσιμη. Με την πληροφορία αυτή ελέγχεται (επαναρρυθμίζεται) αδιάλειπτα και αυτόματα το μείγμα εισόδου (αναλογία καυσίμου προς αέρα), με στόχο να προσεγγίζεται η πλήρης καύση σε όλες τις βαθμίδες φορτίου-στροφών του κινητήρα γιατί μόνο η πλήρης καύση εγγυάται αφ' ενός για τη μέγιστη οικονομία καυσίμου και αφ' ετέρου για τους λιγότερους ρύπους.



Σχήμα 3.4: Τριοδικός καταλύτης [4].

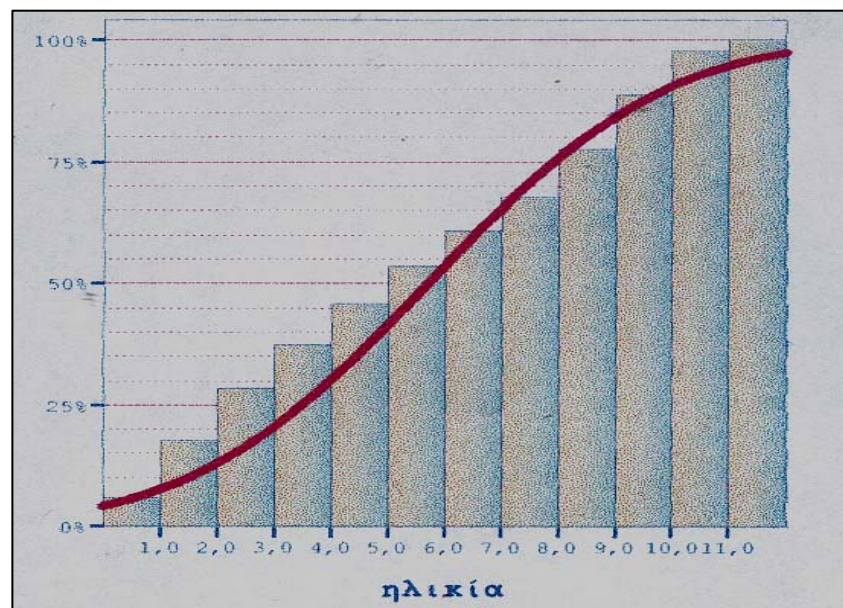
Ο καταλύτης γηράσκει λόγω φθορών στις εσωτερικές επιστρώσεις των μετάλλων από θερμικά σοκ (θέρμανση - ψύξη ανάλογα με τη χρήση του αυτοκινήτου και μάλιστα σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος), λόγω έγχυσης βενζίνης από κακή οδήγηση, λόγω χρησιμοποίησης βενζίνης με μόλυβδο και γενικότερα λόγω χρησιμοποίησης βενζίνης κακής ποιότητας. Ο καταλύτης εύκολα δηλητηριάζεται από μόλυβδο ή τον σχηματισμό ορισμένων θειούχων ενώσεων (όταν ένα καταλυτικό όχημα παίρνει μπρος με σπρώξιμο υπάρχει ο κίνδυνος έγχυσης βενζίνης στον καταλύτη). Όταν ο καταλύτης «μυρίζει» δύσοσμα, αυτό οφείλεται στη μετατροπή του θείου σε υδρόθειο H_2S λόγω κακού τρόπου οδήγησης (μεγάλο φορτίο κινητήρα). Επίσης η δηλητηρίαση του καταλύτη οφείλεται στην κατασταλτική δράση ορισμένων στοιχείων που υπάρχουν στα καύσιμα, όπως ο φώσφορος (P), ο μόλυβδος (Pb), το θείο (S), το μαγγάνιο (Mn), ο άνθρακας κ.α, τα οποία προσροφούνται ισχυρά στην ενεργή επιφάνεια των ευγενών μετάλλων προκαλώντας με το πέρασμα του χρόνου σημαντική ελάττωση της καταλυτικής ενεργής επιφάνειας και οδηγώντας έτσι στη μείωση της απόδοσης του καταλύτη.

Παρόλα αυτά δεν είναι λίγοι όσοι υποστηρίζουν ότι, η μαζική χρήση των καταλυτών δεν ήταν παρά μια βιαστική λύση σ' ένα μόνιμο πρόβλημα: το αυτοκίνητο δεν ρυπαίνει μόνο από την εξάτμισή του αυτή είναι απλά η πιο φανερή και άμεση συνέπεια. Τα περισσότερα ΙΧ αυτοκίνητα που κυκλοφορούν στις πόλεις και η μέση απόσταση που δίνει ένα αυτοκίνητο είναι μικρή, περίπου 8 χιλιόμετρα. Προβλήματα δημιουργούνται επειδή α) ο κρύος κινητήρας (και ειδικά στα καταλυτικά αυτοκίνητα) ρυπαίνει μέχρι και 70 φορές περισσότερο (λόγω της ατελούς καύσης) και έτσι εκλύονται περισσότερες ασταθείς χημικές ενώσεις, β) ο καταλυτικός μετατροπέας για να λειτουργήσει αποτελεσματικά πρέπει να φτάσει σε κάποια θερμοκρασία και αυτό επιτυγχάνεται μετά από 20 περίπου λεπτά από την έναρξη της λειτουργίας του κινητήρα- και γ) ο μέσος χρόνος διαδρομής στις

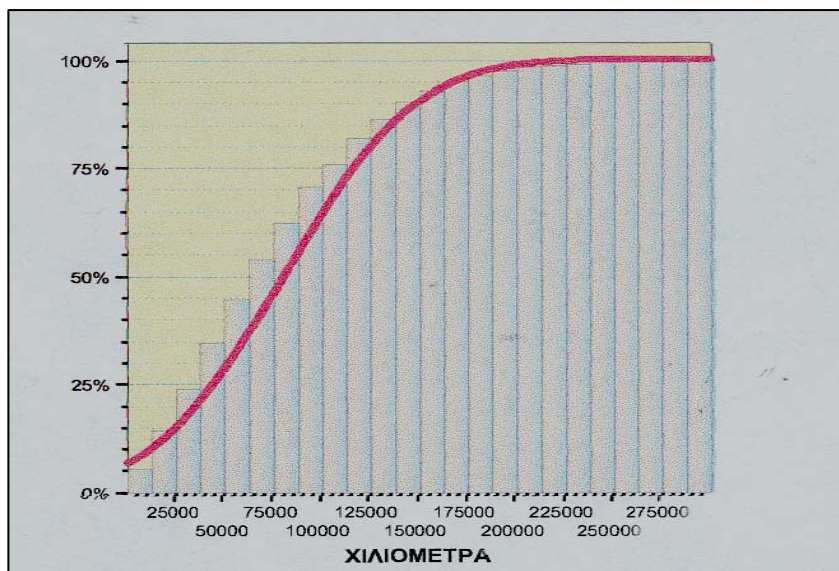
πόλεις δεν είναι σημαντικά μεγαλύτερος από αυτά τα 20 λεπτά (κυρίως χρήστες ΙΧ στη διαδρομή σπίτι- δουλειά- αγορά-διασκέδαση). Έτσι λοιπόν υπάρχει ανάγκη αφενός βελτίωσης της υπάρχουσας τεχνολογίας και αφετέρου της χρήσης των μέσων μαζικής μεταφοράς από το επιβατικό κοινό για τη μετακίνηση του σε μικρές καθημερινές διαδρομές π.χ. από το σπίτι στο τόπο εργασίας [4,49].

3.3.1.2. Καταλυτικά οχήματα στην Ελλάδα

Από την απολογιστική έκθεση του τμήματος αυτοκινήτων και εξωτερικών καύσεων της διεύθυνσης ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης και θορύβου (Δ.Ε.Α.Ρ.Θ) της γενικής διεύθυνσης περιβάλλοντος του ΥΠΕΧΩΔΕ, κατά τα έτη 1996- 2001, στην Ελλάδα εξακριβώθηκε, ότι ο στόλος των καταλυτικών αυτοκινήτων κάλυπτε το 2001 το 62,4% του συνόλου των κυκλοφορούντων επιβατικών ιδιωτικής χρήσης (Ι.Χ.) αυτοκινήτων. Από τα κυκλοφορούντα ταξί στο Λεκανοπέδιο Αττικής μόνο το 1% είναι βενζινοκίνητα καταλυτικά, ενώ δεν υπάρχουν καθόλου δεδομένα σχετικά με την ύπαρξη καταλυτικών βενζινοκίνητων ελαφρών και βαρέων φορτηγών, λεωφορείων και μοτοσικλετών. Η μέση ηλικία των καταλυτικών οχημάτων είναι 5,7 έτη (σχήμα 3.5). Με συνεχείς ελέγχους που έγιναν εμφανίζεται αύξηση των καταλυτικών οχημάτων που είναι εκτός ορίων σε συνάρτηση του αριθμού των χιλιομέτρων που διανύουν. Σε οχήματα που έχουν διανύσει πάνω από 180.000χλμ η αύξηση των εκτός ορίων εκπομπών καυσαερίων είναι ένα στοιχείο που πρέπει να απασχολήσει τους υπεύθυνους (σχήμα 3.6).



Σχήμα 3.5: Αθροιστική κατανομή ηλικίας καταλυτικών ιδιωτικής χρήσης Ι.Χ. οχημάτων [14].

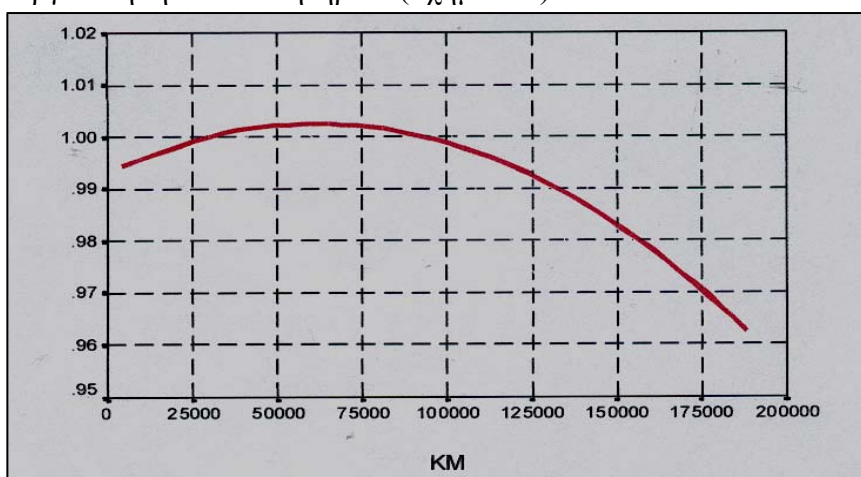


Σχήμα 3.6: Αθροιστική κατανομή χιλιομέτρων καταλυτικών Ι.Χ. οχημάτων [14].

Για την συμπεριφορά των καταλυτικών οχημάτων πρέπει να τονιστούν κάποια σημεία.

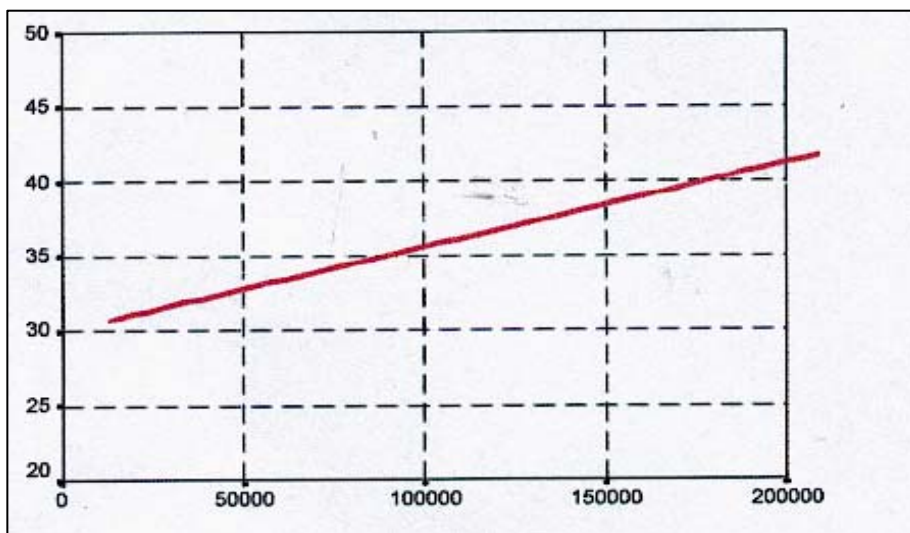
- ▶ Το 40% των αυξανόμενων εκπομπών οφείλεται στην απενεργοποίηση των καταλυτών.
- ▶ Το μεγαλύτερο ποσοστό βλαβών (περίπου το 60%) που σχετίζονται με τις εκπομπές καυσαερίων των καταλυτικών οχημάτων, οφείλονται στην απενεργοποίηση του αισθητήρα λ.
- ▶ Με βάση τα παραπάνω, περίπου το 10% του συνόλου των καταλυτικών οχημάτων (200.000 καταλυτικά οχήματα) το 2001 εμφάνιζαν αυξημένες εκπομπές. Από αυτά τα 120.000 είχαν απενεργοποιημένο αισθητήρα λ και τα 80.000 είχαν απενεργοποιημένο καταλύτη.

Ακόμα ένα άλλο πολύ σημαντικό θέμα που πρέπει να τονιστεί είναι το θέμα της αντικατάστασης των απενεργοποιημένων καταλυτών, κυρίως από τεχνικής άποψης. Δεν αρκεί μόνο η εφαρμογή της σχετικής Υπουργικής απόφασης, αλλά πρέπει να ενημερωθούν άμεσα οι καταναλωτές και οι τεχνίτες των συνεργείων. Σύμφωνα με την ανάλυση της μεταβολής του αισθητήρα λ σε σχέση με τα διανυθέντα χιλιόμετρα παρατηρήθηκε, ότι στα 80.000χλμ περίπου αρχίζει η απορύθμιση του καταλύτη, που οφείλεται κατά κύριο λόγο στην απενεργοποίηση του αισθητήρα λ (σχήμα 3.7).

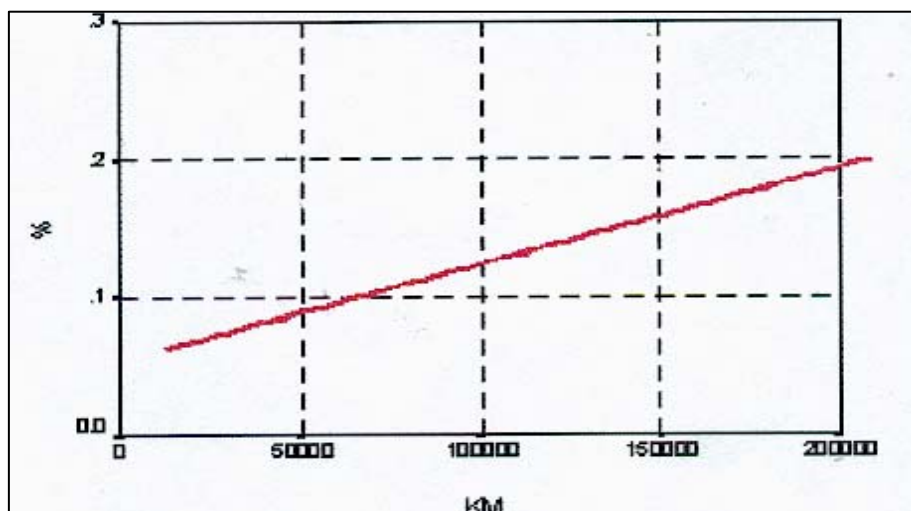


Σχήμα 3.7: Μεταβολή του αισθητήρα λ στα 2500rpm σε σχέση με τα διανυθέντα χιλιόμετρα σε καταλυτικά οχήματα [14].

Η χειροτέρευση των εκπομπών καυσαερίων, η οποία οφείλεται στη γήρανση του καταλύτη εμφανίζεται στα παρακάτω διαγράμματα (σχήμα 3.8- 3.9).



Σχήμα 3.8: Μεταβολή του CO στα 2500rpm σε σχέση με τα διανυθέντα χιλιόμετρα σε καταλυτικά οχήματα [14].



Σχήμα 3.9: Μεταβολή των HCs στα 2500rpm σε σχέση με τα διανυθέντα χιλιόμετρα σε καταλυτικά οχήματα [14].

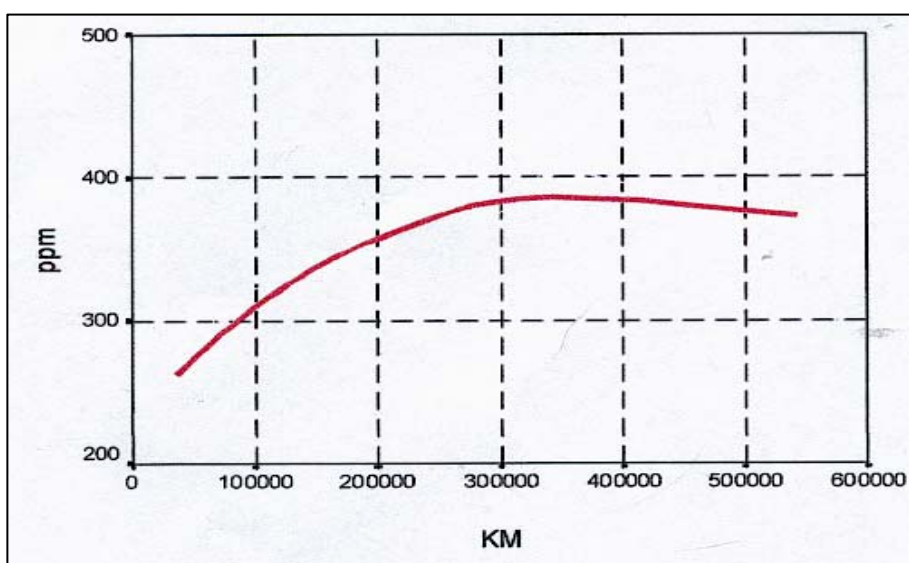
Βάσει της προαναφερθείσας έκθεσης, συμπερασματικά η γενικότερη εικόνα των καταλυτικών ΙΧ ως προς τις εκπομπές καυσαερίων μπορεί να χαρακτηριστεί καλή. Ο μέσος όμως αριθμός διανυθέντων χιλιομέτρων ανά όχημα χαρακτηρίζεται υψηλός. Επίσης το ποσοστό των εκτός ορίων οχημάτων είναι υψηλό σε οχήματα που έχουν διανύσει πολλά χιλιόμετρα (35,73% επί του συνόλου των καταλυτικών Ι.Χ. οχημάτων το 2001). Τα περισσότερα προβλήματα στο σύστημα εκπομπής καυσαερίων των καταλυτικών οχημάτων εμφανίζονται στη λειτουργία του αισθητήρα λ και στη απενεργοποίηση του καταλύτη [5,14].

3.3.2. Συμβατικής τεχνολογίας βενζινοκίνητα οχήματα

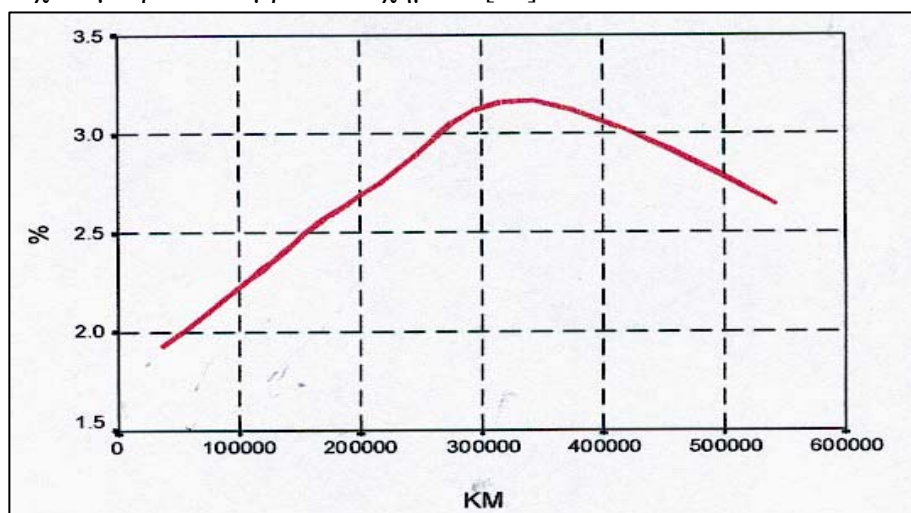
Ο στόλος των συμβατικής τεχνολογίας βενζινοκίνητων οχημάτων περιλαμβάνει εκτός από τα επιβατικά ΙΧ οχήματα, ελαφρά φορτηγά (μικτού βάρους ως 3,5 τόνους) και μοτοσυκλέτες (άνω και κάτω των 50cc). Επίσης σύμφωνα με στοιχεία του 2001 το 11,5%

των κυκλοφορούντων ταξί στο Λεκανοπέδιο Αττικής είναι βενζινοκίνητα συμβατικής τεχνολογίας. Παρόλα αυτά η έκθεση επικεντρώνει το ενδιαφέρον της στα συμβατικά τεχνολογίας ΙΧ επιβατικά οχήματα, για τα οποία υπάρχουν περισσότερα δεδομένα. Το ποσοστό των συμβατικών ΙΧ επιβατικών αυτοκινήτων που κυκλοφορούσαν στην χώρα μας το 2001 ήταν 37,6% επί του συνόλου των κυκλοφορούντων αυτοκινήτων και ταυτόχρονα το μεγαλύτερο στις χώρες της Ε.Ε.

Η μέση ηλικία των συμβατικών σχημάτων στην Ελλάδα είναι 17,7 χρόνια. Για τα συμβατικά οχήματα η ηλικία είναι η πιο βασική παράμετρος, αλλά όχι η μοναδική της συμπεριφοράς των συμβατικών οχημάτων ως προς τις εκπομπές καυσαερίων. Από ανάλυση της μεταβολής των εκπομπών καυσαερίων σε σχέση με τα διανυθέντα χιλιόμετρα προκύπτει, ότι η αύξηση των εκπομπών είναι σημαντική. Από τα 300.000χλμ περίπου αρχίζει να εμφανίζεται μια σχετική μείωση των εκπομπών του CO και σταθεροποίηση των εκπομπών των HC's. Αυτή η απότομη μεταβολή πιθανόν οφείλεται στην αντικατάσταση ή ανακατασκευή των κινητήρων (σχήμα 3.10- 3.11).



Σχήμα 3.10: Μεταβολή των HC's (στο ρελαντί) σε σχέση με τα διανυθέντα χιλιόμετρα σε συμβατικά οχήματα [14].

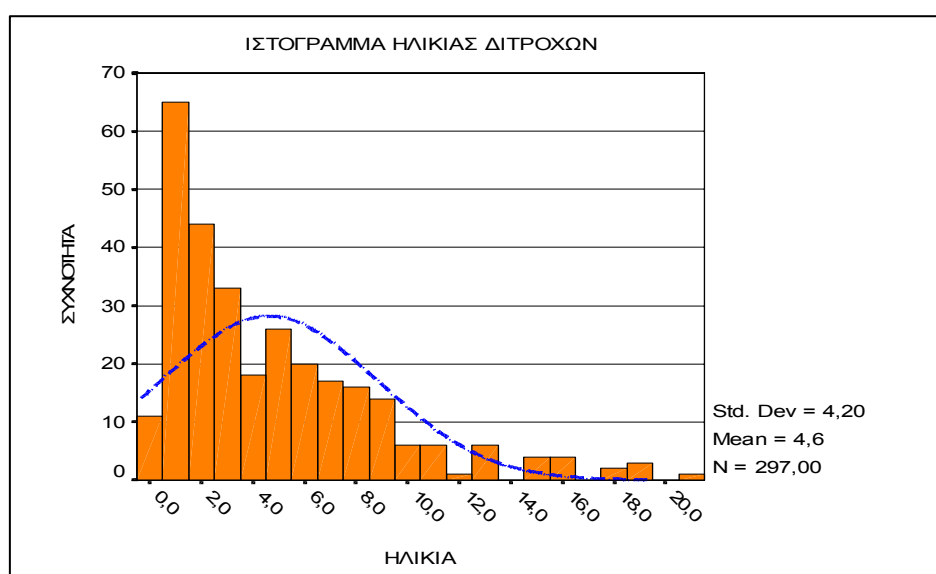


Σχήμα 3.11: Μεταβολή του CO (στο ρελαντί) σε σχέση με τα διανυθέντα χιλιόμετρα σε συμβατικά οχήματα [14].

Συνοψίζοντας στα συμβατικής τεχνολογίας Ι.Χ. αυτοκίνητα η εικόνα των εκπομπών καυσαερίων μπορεί να χαρακτηριστεί σχετικά κακή. Σε αυτό συμβάλλουν η μεγάλη ηλικία, η κακή συντήρηση, η μη σωστή ενημέρωση των οδηγών κ.α. Ενθαρρυντικό στοιχείο αποτελεί ο μικρότερος αριθμός των χιλιομέτρων ανά όχημα (12.356 km/έτος) που διανύουν ετησίως σε σχέση με τα καταλυτικά (14.141 km/έτος). Από τη κατανομή των συγκεντρώσεων ρύπων προκύπτει ότι υπάρχει περιθώριο βελτίωσης των εκπομπών σε CO και HCs [14].

3.3.2.1. Δίτροχα

Τα δίτροχα που κυκλοφορούσαν το 1999 στη χώρα μας ήταν περίπου 1.000.000, εκ των οποίων το 67,8% είχε αγοραστεί μεταξύ 1995-1999. Παρόλο που δεν υπάρχουν δεδομένα σχετικά με τις εκπομπές των δίτροχων, το ενθαρρυντικό στοιχείο είναι η μικρή μέση ηλικία που εμφανίζει ο στόλος των δίτροχων (σχήμα 3.12) [14].



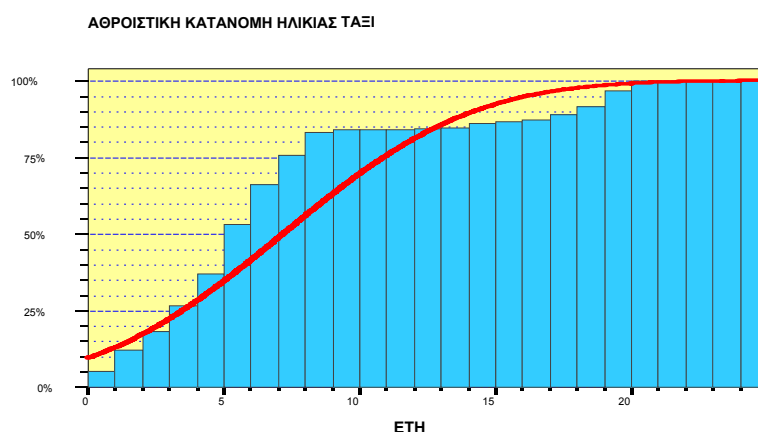
Σχήμα 3.12: Ιστόγραμμα ηλικίας δίτροχων [14].

3.3.3. Πετρελαιοκίνητα οχήματα

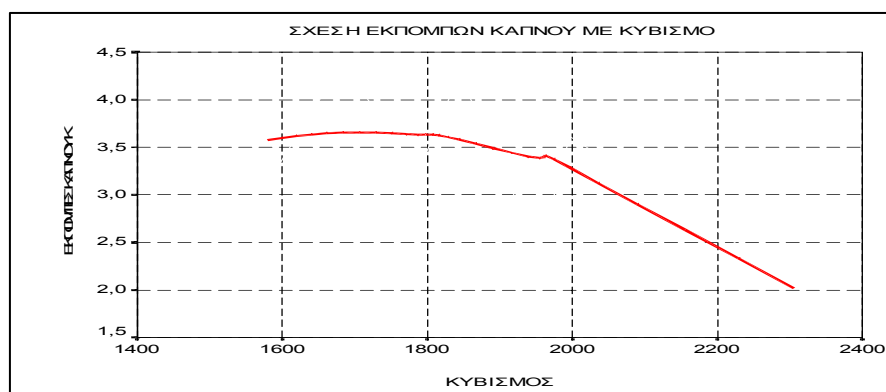
Στο σύνολο των πετρελαιοκίνητων κυκλοφορούντων οχημάτων στην Ελλάδα συγκαταλέγονται τα περισσότερα ελαφρού κυβισμού φορτηγά, όλα τα βαρέα κυβισμού φορτηγά, όλα τα λεωφορεία και τα περισσότερα ταξί. Τα μέσα μεταφοράς συνεισφέρουν σε μεγάλο βαθμό στη ρύπανση του περιβάλλοντος και έχουν σοβαρές επιπτώσεις στη κλιματική αλλαγή. Σήμερα από τις μεταφορές ελκύεται άνω του 25% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Οι ρύποι που εκπέμπουν τα οχήματα έχουν ιδιαίτερη επίπτωση στην ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα των αστικών κέντρων, προκαλούν τη φθορά της πολιτιστικής κληρονομιάς και εγείρουν σοβαρές ανησυχίες για τη δημόσια υγεία. Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία, ο τομέας των μεταφορών είναι ο μόνος κλάδος που εκπέμπει ολοένα και περισσότερα αέρια που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου όπως έχουμε αναφέρει και στο κεφάλαιο 2 [35].

3.3.3.1. Ταξί

Τα ταξί που κυκλοφορούν στην Ελλάδα στη πλειοψηφία τους είναι πετρελαιοκίνητα (το 2001 στο Λεκανοπέδιο Αττικής 84%). Παρουσιάζουν μεγάλα προβλήματα κυρίως ως προς τις εκπομπές καπνού ακόμα και τα νέας τεχνολογίας. Η μέση ηλικία των ταξί το 2001 ήταν 7,2 χρόνια. Στο σχήμα 3.13 παρουσιάζεται η αθροιστική κατανομή ηλικίας των ταξί το 2001 στη Ελλάδα. Σημαντικό στοιχείο είναι η ύπαρξη σχέσης μεταξύ κυβισμού και συγκέντρωσης εκπομπών καπνού (σχήμα 3.14).



Σχήμα 3.13: Αθροιστική κατανομή ηλικίας των ταξί [14].



Σχήμα 3.14: Σχέση εκπομπών καπνού με τον κυβισμό οχημάτων [14].

Μπορεί κανείς εύκολα να συμπεράνει ότι καθώς αυξάνονται τα κυβικά ενός αυτοκινήτου, η συγκέντρωση του καπνού μειώνεται. Επίσης η μέση τιμή των εκπομπών καπνού καθώς και το ποσοστό των οχημάτων με υπερβολικές εκπομπές καπνού είναι αρκετά υψηλό. Πρέπει να τονίσουμε εδώ ότι τα πετρελαιοκίνητα οχήματα τα οποία χαρακτηρίζονται «νέας τεχνολογίας», έχουν υψηλότερες εκπομπές καπνού σε σχέση με τα συμβατικής τεχνολογίας.

Συνοψίζοντας τα ταξί και συγκεκριμένα τα πετρελαιοκίνητα είναι η κατηγορία που έχει τα περισσότερα προβλήματα ως προς τις εκπομπές καπνού τη στιγμή που οι σωματιδιακοί ρύποι είναι οι πλέον επιβλαβείς για την υγεία του πληθυσμού. Το ποσοστό στο σύνολο των κυκλοφορούντων οχημάτων είναι μικρό, όμως στο σύνολο των ετησίων εκπομπών καπνού η συμμετοχή των ταξί είναι πολύ υψηλή λόγω του μεγάλου αριθμού χιλιομέτρων που διανύουν το χρόνο (89.259km/έτος) [14].

3.3.3.2. Φορτηγά- Λεωφορεία

Στη κατηγορία αυτή ανήκουν και τα λεωφορεία καθώς και τα φορτηγά (ελαφρά και βαρέα). Οι συγκεντρώσεις καπνού που εκπέμπονται από τα φορτηγά είναι σχετικά μικρές υπάρχει όμως μεγάλη ανάγκη για πιο λεπτομερείς μετρήσεις στη κατηγορία αυτή κυρίως για σωματίδια PM₁₀ και PM_{2,5}. Για τα λεωφορεία δεν υπάρχει αξιόπιστο στατιστικό δείγμα. Από παρατηρήσεις που έχουν γίνει, το πρόβλημα εντοπίζεται κυρίως στα λεωφορεία παλαιάς τεχνολογίας των αστικών κυρίως συγκοινωνιών. Πρέπει εδώ να τονισθεί ότι τα νέας τεχνολογίας πετρελαιοκίνητα οχήματα έχουν μεν μειωμένες τιμές καπνού, η μείωση όμως αυτή περιορίζεται αποκλειστικά σε σωματίδια με μεγάλη διάμετρο, ενώ σε σωματίδια μικρότερα από PM₁₀ δε παρατηρείται καμία μείωση, ενώ σε πολλές περιπτώσεις παρατηρείται το αντίθετο αποτέλεσμα δηλαδή αύξηση. Σημειώνεται ότι στα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 10μm αποδίδονται κυρίως οι επιπτώσεις στην υγεία. Η χρήση εναλλακτικών καυσίμων (όπως LPG-Liquified Petroleum Gas, υγραέριο) στην κατηγορία των ελαφρών φορτηγών θα πρέπει να μελετηθεί περισσότερο γιατί η φωτοχημική δραστηριότητα των εκπεμπόμενων ρύπων σε ορισμένα εναλλακτικά καύσιμα όπως LPG δεν είναι μικρότερη από αυτή της βενζίνης.

Το LPG είναι το γενικό όνομα για το εμπορικό βουτάνιο. Αυτά είναι προϊόντα υδρογονανθράκων που παράγονται από βιομηχανίες πετρελαίου και φυσικού αερίου. Το εμπορικό προπάνιο αποτελείται κυρίως από υδρογονάνθρακες που περιέχουν τρία άτομα άνθρακα. Έχει το προνόμιο να μετατρέπεται σε υγρό όταν βρεθεί στη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και να επιστρέφει στη αέρια του μορφή όταν μειωθεί αρκετά η πίεση.

Στα πετρελαιοκίνητα φορτηγά η κατάσταση είναι ικανοποιητική λόγω του ότι η ισχύουσα νομοθεσία ορίζει ακόμη υψηλά όρια. Η αλλαγή των ορίων καπνού για τα πετρελαιοκίνητα φορτηγά και λεωφορεία κρίνεται απαραίτητη για τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας. Αντίθετα το πρόβλημα εντοπίζεται κυρίως στα λεωφορεία, όπως ειπώθηκε και παραπάνω, και ιδιαίτερα γιατί είναι παλαιάς τεχνολογίας οχήματα. Η μέση ηλικία εμφανίζεται μεγάλη, λόγω του υψηλού ποσοστού μεταχειρισμένων οχημάτων που τίθενται για πρώτη φορά σε κυκλοφορία [14].

3.4. Ποιότητα της ατμόσφαιρας στην Αθήνα σήμερα από τη κίνηση των αυτοκινήτων

Η ευρύτερη περιοχή της πρωτεύουσας παρουσιάζει προβλήματα από τις εκπομπές των ρύπων λόγω του κυκλοφοριακού. Τα αίτια, τα οποία δημιουργούν τις αυξημένες εκπομπές, είναι η κυκλοφοριακή επιβάρυνση σε πολλές οδικές αρτηρίες, η κακή συντήρηση των κινητήρων, ο μεγάλος αριθμός αυτοκινήτων παλαιάς τεχνολογίας (μεταξύ όλων των άλλων, η κακή λειτουργία καταλυτών που έχουν περάσει το όριο ζωής τους και η έλλειψη χώρων στάθμευσης). Όπως προαναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2.6, τα τελευταία χρόνια εκτός από το διοξείδιο του θείου, το οποίο παρουσιάζει μια σαφή τάση μείωσης των συγκεντρώσεων του, οι περισσότεροι ρύποι (CO, NO_x, O₃) έχουν μείνει σχεδόν στάσιμοι με αυξομειώσεις, ενώ νέοι ρύποι αρκετά επικίνδυνοι για τη δημόσια υγεία όπως το βενζόλιο και άλλοι HCs και τα αιωρούμενα σωματίδια εμφανίστηκαν με μεγάλες συγκεντρώσεις. Το ανησυχητικό με τους νέους ρύπους είναι, ότι διαφαίνεται μια αδυναμία να μπορέσουν με διάφορα μέτρα να ελεγχθεί η συγκέντρωσή τους σε χαμηλότερα επίπεδα από τα όρια, τα οποία έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση με τις σχετικές οδηγίες.

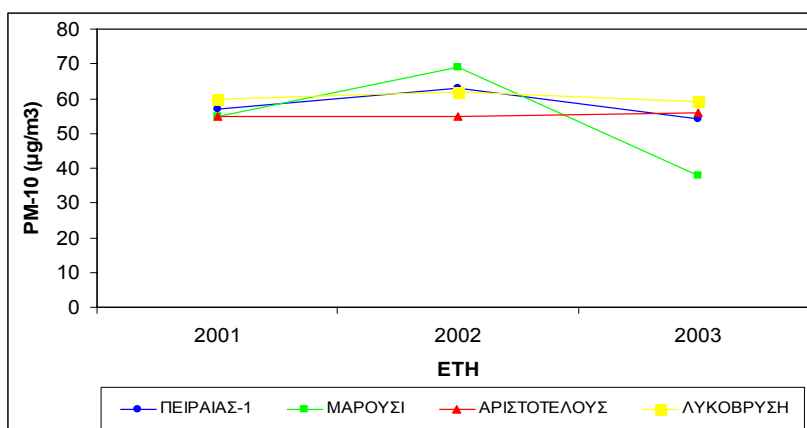
Στην προσπάθεια μελέτης των αιτιών και των αποτελεσμάτων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης το Ινστιτούτο Περιβάλλοντος του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών κατά περιόδους διεξάγει μετρήσεις σε διάφορες περιοχές του Λεκανοπεδίου των Αθηνών. Το 2004 και κατά την περίοδο των Ολυμπιακών Αγώνων το Ινστιτούτο είχε τοποθετήσει ένα

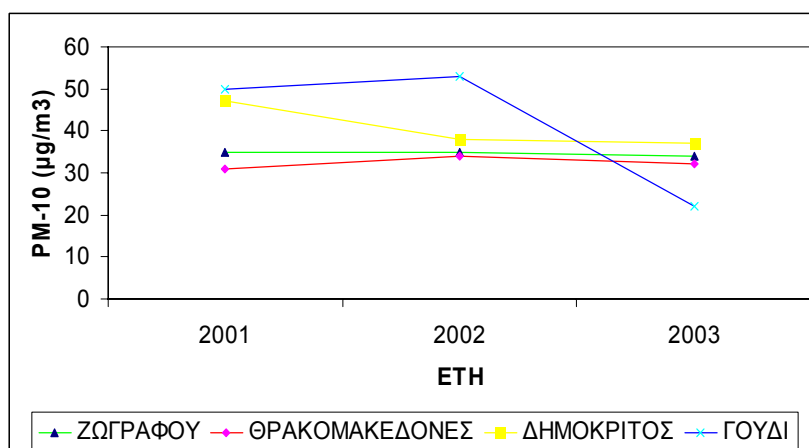
αυτόματο σταθμό μέτρησης της ρύπανσης στις εγκαταστάσεις του στην Πεντέλη σε μία δηλαδή ημιαστική περιοχή με σκοπό να μετρήσει διάφορους ρύπους όπως το διοξείδιο του θείου, τα οξείδια του αζώτου, το όζον, το μονοξείδιο του άνθρακα, τους υδρογονάνθρακες και τα αιωρούμενα σωματίδια (PM10).

Παρόλο που η περιοχή της παλαιάς Πεντέλης δεν παρουσιάζει κυκλοφοριακό φόρτο που να δικαιολογεί μεγάλες τιμές εκπομπών, οι τιμές οι οποίες κατεγράφησαν ειδικά των αιωρούμενων σωματιδίων και του όζοντος ήταν ιδιαίτερα υψηλές. Και για μεν το όζον είναι γνωστό, ότι είναι ο ρύπος των βορείων προαστίων και μεταφέρεται λόγω του ανέμου σε περιοχές όπως στο Μαρούσι, τους Θρακομακεδόνες και στη Πεντέλη. Τα αιωρούμενα όμως σωματίδια όπως διαπιστώθηκε παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλές τιμές σε αυτή την περιοχή φτάνοντας στιγμιαία την τιμή των 200 μικρογραμμάτων ανά κυβικό μέτρο. Σημειωτέον ότι οι οριακές τιμές της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας ως προς τα αιωρούμενα μικροσωματίδια (PM10) είναι 50 μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο στη μέση εικοσιτετράωρη οριακή τιμή, ενώ δεν επιτρέπονται υπερβάσεις μεγαλύτερες των 35 ημερών το έτος (σχήμα 3.15).

Οι μετρήσεις των αιωρούμενων σωματιδίων (PM10) από το Υπουργείο Περιβάλλοντος περιορίζονται χρονικά στα έτη μετά το 2001 και πραγματοποιήθηκαν μόνο σε ορισμένους αστικούς σταθμούς (στην οδό Αριστοτέλους, στον Πειραιά-1, στο Γουδί, στη περιοχή Ζωγράφου) και σε ημιαστικούς δήμους (στο Μαρούσι, στη Λυκόβρυση, στους Θρακομακεδόνες και στην Αγία Παρασκευή). Στην καταγραφή της διαχρονικής εξέλιξης κατά τα έτη 2001, 2002 και 2003 των τιμών ρύπανσης από τα αιωρούμενα σωματίδια διαφαίνεται μια τάση ελαφριάς μείωσης των μέσων ετήσιων τιμών. Εν τούτοις όμως οι υπερβάσεις είναι εξαιρετικά ανησυχητικές και ξεπερνούν την οριακή τιμή.

Στους προαναφερθέντες σταθμούς στην οδό Αριστοτέλους, στον Πειραιά-1, στο Μαρούσι, στη Λυκόβρυση, σε μετρήσεις ου έγιναν στις 1/1/2005 τα αιωρούμενα σωματίδια PM10 άγγιξαν τα $65\mu\text{g}/\text{m}^3$, $60\mu\text{g}/\text{m}^3$, $55\mu\text{g}/\text{m}^3$, $50\mu\text{g}/\text{m}^3$, $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ μέση ετήσια τιμή στις 1/1/2005 ήταν $44,8\mu\text{g}/\text{m}^3$, $43,2\mu\text{g}/\text{m}^3$, $41,6\mu\text{g}/\text{m}^3$, $40\mu\text{g}/\text{m}^3$. Όπως προαναφέρθηκε (Πίνακας 5.1), η οριακή τιμή για τα PM10 είναι $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ και δε πρέπει να υπερβαίνει περισσότερες από 35 φορές το έτος.





Σχήμα 3.14: Μέσες ετήσιες τιμές PM10 (2001- 2002- 2003) στους οκτώ εμφανιζόμενους σταθμούς μετρήσεις [40].

Με γνωστή την ιδιαίτερη βαρύτητα που δίνει η Ευρωπαϊκή Ένωση σε θέματα υγείας και ειδικά στην έκθεση μεγάλης μερίδας του πληθυσμού σε αυξημένες τιμές συγκεντρώσεων ρύπων όπως τα αιωρούμενα σωματίδια και το βενζόλιο ο καθένας μπορεί να διερωτηθεί, ποιες επιπτώσεις στην ατμοσφαιρική ποιότητα και ως εκ τούτου στην υγεία μπορεί να έχει η απελευθέρωση της κίνησης των πετρελαιοκίνητων οχημάτων στην περιοχή της πρωτεύουσας και της Θεσσαλονίκης που άρχισε να συζητείται πρόσφατα από την κυβέρνηση. Είναι γνωστό, ότι η πετρελαιοκίνηση εκπέμπει σημαντικές συγκεντρώσεις σωματιδίων και οξειδίων του αζώτου [15].

Στην προσπάθεια αναζήτησης απαντήσεων σε αυτού του είδους τα ερωτήματα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον η οργάνωση δύο επιστημονικών ημερίδων με θέμα την πετρελαιοκίνηση στην Αθήνα και την Θεσσαλονίκη από το Ecocity. Το Ecocity είναι μία μη κερδοσκοπική εταιρία και στις ημερίδες που διοργάνωσε συμμετείχαν κυρίως Ερευνητικοί, Πανεπιστημιακοί και Κυβερνητικοί φορείς από Αθήνα και Θεσσαλονίκη όπου είχαν την ευκαιρία να αναπτύξουν τον προβληματισμό τους στο συγκεκριμένο θέμα.

Η συμμετοχή φορέων με ένα μεγάλο φάσμα δραστηριοτήτων γύρω από τεχνολογικά θέματα όπως Μηχανολογίας, Καυσίμων, Εκπομπών και Ατμοσφαιρικής Χημείας επέτρεψε την σφαιρική κάλυψη του θέματος από διάφορες οπτικές γωνίες με ενδιαφέρουσες απόψεις που όλες, λίγο πολύ, συμφωνούν σε συγκεκριμένα σημεία:

► Ο πετρελαιοκινητήρας ρυπαίνει την ατμόσφαιρα περισσότερο από το βενζινοκινητήρα με μικροσωματίδια και οξείδια του αζώτου. Η Ευρωπαϊκή Ένωση γνωρίζοντας τις επιπτώσεις που θα έχει η χρήση των πετρελαιοκινητήρων στην ατμόσφαιρα έχει ζητήσει νέα αυστηρότερα μέτρα ελέγχου των εκπομπών. Ένα από αυτά είναι, ότι η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο από 01/01/2005 θα μειωθεί στα 50ppm ενώ από 01/01/2009 στα 10ppm. Η αυτοκινητοβιομηχανία γνωρίζοντας τις νέες αυστηρότερες προδιαγραφές υποστηρίζει, ότι τεχνολογικά είναι σε θέση να αντιμετωπίσει αυτό το θέμα με τη χρήση των νέας αντιρρυπαντικής τεχνολογίας πετρελαιοκινητήρων (Euro IV, βλέπε πίνακα 3.2) που διαθέτουν ειδικούς καταλύτες και τη χρήση φίλτρων μικροσωματιδίων, τα οποία μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές.

► Σε περίπτωση που η πολιτεία θέλει να εφαρμόσει μέτρα μείωσης των εκπομπών των αιωρούμενων σωματιδίων για να επιτύχει την συμμόρφωση με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το 2010, υπολογίζεται ότι η μείωση των εκπομπών πρέπει να υπερβαίνει τα 50% των σημερινών εκπομπών για να αποφευχθούν οι υπερβάσεις. Γίνεται αντιληπτό λοιπόν, ότι κυρίως η τεχνολογία καλείται να δώσει λύση σε αυτό το πρόβλημα με τη χρήση προηγμένων κινητήρων και τη χρήση φίλτρων μικροσωματιδίων.

- Η καλή ποιότητα των καυσίμων παίζει ένα βασικό ρόλο στη σωστή λειτουργία των πετρελαιοκινητήρων και ως εκ τούτου στις εκπομπές. Το κακής ποιότητας νοθευμένο καύσιμο όχι μόνο αυξάνει κατά πολύ τις εκπομπές αλλά μπορεί να προκαλέσει και βλάβη στον πετρελαιοκινητήρα. Τα διυλιστήρια έχουν τη δυνατότητα να προμηθεύουν τα πρατήρια με καύσιμα υψηλών προδιαγραφών. Παρόλα αυτά η νοθεία δηλαδή η ανάμειξη πετρελαίου κίνησης με άλλα είδη πετρελαίου, είναι μια συνηθισμένη δυστυχώς πρακτική στην Ελλάδα λόγω της χαμηλότερης τιμής του πετρελαίου τύπου ναυτιλίας και θέρμανσης.
- Η κατανάλωση καυσίμων στα πετρελαιοκίνητα οχήματα νέου τύπου θα είναι μικρότερη σε σχέση με τα βενζινοκίνητα με αποτέλεσμα η συνεισφορά τους στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ανά χιλιόμετρο να είναι χαμηλότερη. Παρόλα αυτά εκπέμπουν σε σχέση με τα βενζινοκίνητα υψηλότερα ποσοστά αιωρούμενων σωματιδίων και οξειδίων του αζώτου, τα οποία αποτελούν τα δυο πιο βλαβερά είδη ρύπων για το περιβάλλον και τον ανθρώπινο οργανισμό.

Πίνακας 3.2: Ανώτατα επιτρεπτά όρια εκπομπής ρύπων σε επιβατικά αυτοκίνητα σύμφωνα με την ισχύουσα οδηγία Euro IV.

Ρύποι	Βενζινοκίνητα	Πετρελαιοκίνητα
CO	1.000 mg/km	500mg/km
HCS	100mg/km	-
Nox	80mg/km	250mg/km
HC+ NO	-	300mg/km
Σωματίδια PM	-	25mg/km

Όπως σε κάθε νέα χρήση τεχνολογιών υπάρχουν υπέρμαχοι και πολέμιοι έτσι και στην απελευθέρωση της κυκλοφορίας πετρελαιοκίνητων ΙΧ αυτοκινήτων στην Αθήνα και Θεσσαλονίκη υπάρχουν αυτοί, οι οποίοι υποστηρίζουν ότι αν δεν βοηθήσει στην βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας τουλάχιστον δεν θα την υποβαθμίσει. Αντίθετα υπάρχουν επιστήμονες, οι οποίοι υποστηρίζουν ότι η χρήση πετρελαιοκίνητων ΙΧ αυτοκινήτων εκτός των ταξί και των λεωφορείων στην ήδη επιβαρυνόμενη ατμόσφαιρα της Αθήνας θα δημιουργήσει πολύ μεγάλα προβλήματα ειδικά σε ότι αφορά τις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων και των οξειδίων του αζώτου. Άσχετα από τις τοποθετήσεις των επιστημόνων σχετικά με την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας ή όχι από την κυκλοφορία των πετρελαιοκίνητων οχημάτων υπάρχουν δύο σημεία, στα οποία το υπεύθυνο Υπουργείο (ΥΠΕΧΩΔΕ) πρέπει να δώσει ιδιαίτερη προσοχή ανεξάρτητα από την απελευθέρωση της κυκλοφορίας των πετρελαιοκίνητων οχημάτων.

Το πρώτο αφορά την νοθεία του πετρελαίου από πρατηριούχους, δραστηριότητα η οποία αναπτύσσεται ιδιαίτερος στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια. Νοθευμένο καύσιμο σημαίνει κακή λειτουργία και βλάβη ιδιαίτερα του πετρελαιοκινητήρα νέου τύπου (Euro IV). Κακή λειτουργία και αποσυντονισμός του κινητήρα σημαίνει πολλαπλασιασμός του επιπέδου εκπομπής ρύπων στην ατμόσφαιρα με τις πολύπλευρες επιπτώσεις στη δημόσια υγεία. Κι επειδή η νοθεία στο πετρέλαιο λόγω της ειδικής φορολόγησης του αποφέρει σημαντικότερα κέρδη και σημαντικότερες εκπομπές σωματιδίων τότε εύκολα μπορεί κανένας να συμπεράνει τι μεγάλο κίνδυνο αντιμετωπίζουμε. Ήδη οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων, χωρίς την απελευθέρωση της πετρελαιοκίνησης, θεωρείται ότι είναι πολύ δύσκολο να συγκρατηθούν στα επίπεδα που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Το δεύτερο σημείο αφορά τους μηχανισμούς παρακολούθησης και επιβολής των διαφόρων μέτρων για την ποιότητα της ατμόσφαιρας σε συνδυασμό με την περιβαλλοντική συνείδηση των Ελλήνων οδηγών. Η τήρηση των διαφόρων μέτρων δεν μπορεί να βασίζεται μόνο στην αστυνόμευση αλλά πρέπει να έχει και την συνεργασία των πολιτών. Εάν οι πολίτες δεν καταλάβουν ότι απώτερος σκοπός των μέτρων είναι η προστασία της υγείας τους από τις ολέθριες συνέπειες της έκθεσης τους σε διάφορες ενώσεις (όπως είναι το βενζόλιο και τα σωματίδια), τότε είναι αμφίβολη η αποτελεσματικότητα των οποιωνδήποτε μέτρων.

Αυτή τη στιγμή αφ ενός μεν ορισμένα έργα υποδομής όπως η Αττική Οδός και το Μετρό βοήθανε σημαντικά στην βελτίωση της ατμοσφαιρικής ποιότητας στην περιοχή της πρωτεύουσας, αφ ετέρου δε είναι γεγονός ότι ένας μεγάλος αριθμός οχημάτων προστίθεται κάθε χρόνο στο στόλο των ήδη κυκλοφορούντων στην Αθήνα και ένας μεγάλος αριθμός καταλυτών γερνάει κι ενώ πρέπει να αποσυρθεί από την κυκλοφορία, εν τούτοις παραμένει και ρυπαίνει. Συγχρόνως η Ευρωπαϊκή Ένωση στην προσπάθειά της να προστατεύσει την υγεία των πολιτών θέτει όλο και πιο αυστηρά κριτήρια για τις εκπομπές από την κυκλοφορία. Είναι σημαντικό λοιπόν τόσο η πολιτεία όσο και οι ιδιώτες να αναλογιστούν τη συνολική και την ατομική ευθύνη και να προχωρήσουν σε ενέργειες για την βελτίωση της ποιότητας ζωής [15,16,40].

Κεφάλαιο 4

4.1 Εναλλακτικές τεχνολογίες για τη κίνηση του αυτοκινήτου

Αρκετές δεκαετίες ήδη πριν από την εποχή μας, η τεχνολογική έρευνα είχε αρχίσει να στρέφεται σε νέου τύπου κινητήρα. Σήμερα έχουν εξελιχθεί ήδη καινοτόμες τεχνολογίες, πολλές από τις οποίες είναι ελάχιστα ή και καθόλου ρυπογόνες.

Στη συνέχεια αναφέρονται οι σημαντικότερες εναλλακτικές τεχνολογίες στον τομέα της κίνησης του αυτοκινήτου:

- α) κινητήρες «φτωχού σε καύσιμο μίγματος» Lean- Burn
- β) κινητήρες αερίων καυσίμου π.χ. φυσικού αερίου, μεθανίου,
- γ) κινητήρες υδρογόνου που αφήνουν ως «καυσαέριο» μόνο νερό,
- δ) μορφές τεχνολογικά εξελιγμένων κινητήρων με μεγάλη απόδοση, π.χ. κινητήρας χωρίς κραδασμό με μέρη που κινούνται μόνο περιστροφικά (ένα μικρό έμβολο δημιουργεί με την κίνηση δύο θαλάμους καύσης), με ελάχιστες απώλειες ενέργειας, μεγάλη απόδοση, μικρή κατανάλωση, ελάχιστη ρύπανση,
- ε) νέες τεχνολογίες που ξεφεύγουν από τη φιλοσοφία της «θερμικής μηχανής» (παράλειψη του σταδίου της μεγάλης θερμικής απώλειας, π.χ. «κυψέλη καυσίμου» - fuel cell).

Φεύγοντας από το επίπεδο του κινητήρα, πάμε σε μια πληθώρα καθαρότερων τεχνολογικών εφαρμογών, όπως τα «υβριδικά» αυτοκίνητα που κινούνται με ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο παράγεται από έναν έστω και χημικό κινητήρα (λόγω των σταθερότερων συνθηκών λειτουργίας του καταναλώνει σημαντικά λιγότερο καύσιμο), την αποθήκευση ενέργειας κατά το φρενάρισμα από μηχανική σε ηλεκτρική, την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας (διάφοροι τύποι ηλεκτρικών οχημάτων) και τόσες πολλές άλλες ώστε σε διάφορα σημεία του κόσμου να γίνονται ως και διεθνείς εκθέσεις αυτοκινήτων με μηδενικούς ρύπους (τα λεγόμενα «οικολογικά» αυτοκίνητα) [13].

4.2. Κινητήρες Lean- Burn

Οι κινητήρες Lean- Burn είναι μια αρκετά υποσχόμενη τροποποιημένη μηχανή εσωτερικής καύσης που διαθέτει καλά σχεδιασμένη και ελεγχόμενη ανάφλεξη του καυσίμου και μάλιστα σε συνθήκες φτωχές σε καύσιμο, δηλαδή πλούσιες σε οξυγόνο. Ενώ το φτωχό σε καύσιμο μίγμα δεν αναφλέγεται, το πρόβλημα λύθηκε με την εισαγωγή αμέσως πριν την έκρηξη μιας ελάχιστης ποσότητας πλούσιου μίγματος, η οποία μεταδίδει την καύση και στο υπόλοιπο μίγμα. Έχει αποδειχθεί, ότι οι κινητήρες αυτοί έχουν μεγάλη ενεργειακή απόδοση ανά ποσότητα χρησιμοποιούμενης βενζίνης, αλλά και μειωμένη εκπομπή CO και άκαυστων υδρογονανθράκων. Τα επίπεδα όμως των εκπεμπόμενων NOx εμφανίζονται αρκετά υψηλά και το μειονέκτημα σε αυτό το σημείο είναι, ότι η υπάρχουσα τεχνολογία των τριοδικών καταλυτικών μετατροπών δεν μπορεί να αντιμετωπίσει ικανοποιητικά το πρόβλημα αυτό, αφού υφίσταται περίσσεια O₂ στα καυσαέρια που δρα ανταγωνιστικά στην αναγωγική μετατροπή των NOx σε N₂.

Η περιβαλλοντική κατάλυση αναζητεί νέους καταλυτικούς μετατροπείς που θα είναι ικανοί να λειτουργήσουν αποτελεσματικά σε τέτοιες συνθήκες. Από πειράματα που έγιναν δείχθηκε ότι η ενίσχυση των καταλυτικών ευγενών μετάλλων με αλκάλια (π.χ. Na) οδηγεί σε καταλύτες που μπορούν να λειτουργήσουν σε κάποιο βαθμό εκλεκτικά στην αναγωγή του NO και κάτω από συνθήκες παρουσίας O₂. Στα καυσαέρια των κινητήρων Lean- Burn υπάρχει μια περίσσεια O₂ της τάξης του 5%, στην οποία κανένα καταλυτικό σύστημα δεν εμφανίζει μέχρι στιγμής πλήρως ικανοποιητική συμπεριφορά [4].

4.3. Κινητήρες αερίων καυσίμων (προπάνιο, μεθάνιο, φυσικό αέριο)

Το φυσικό αέριο βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της γης, σε κοιλότητες βάθους 900 έως και 5.000 μέτρων, και αποτελείται από ελαφρούς υδρογονάνθρακες, κυρίως από μεθάνιο σε αναλογία από 75-95% ενώ σε μικρότερες ποσότητες υπάρχουν αιθάνιο, προπάνιο και βουτάνιο. Το μεθάνιο είναι αβλαβές για την ανθρώπινη υγεία και αποτελεί «πράσινη» μορφή ενέργειας αφού σε σχέση με το πετρέλαιο και τον άνθρακα παράγει κατά 1/3 και 2/3 αντίστοιχα λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα. Το συμπιεσμένο φυσικό αέριο CNG (Compressed Natural Gas) μπορεί να μετατραπεί σε υγροποιημένο LPG (Liquified Petroleum Gas) και να χρησιμοποιηθεί απευθείας στην κίνηση μέσω μεταφοράς ή να παραχθούν συνθετικά καύσιμα. Στην κατηγορία των αερίων καυσίμων (τα οποία μετά την μεταρρύθμιση στην ελληνική νομοθεσία επιτρέπονται στην εγχώρια αγορά), περιλαμβάνονται το μεθάνιο καθώς και το υγραέριο (LPG) το οποίο δεν είναι παρά συμπιεσμένο αέριο με μεγάλη περιεκτικότητα σε προπάνιο το οποίο καταλαμβάνει μόλις το 1/600 του αρχικού του όγκου.

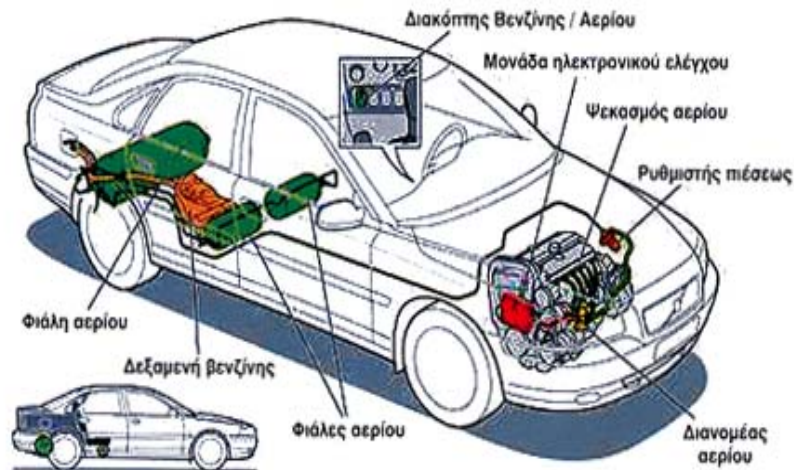
Το τελευταίο είναι εύφλεκτο καύσιμο και κατά την καύση του εκλύει χαμηλότερους ρύπους από ότι η βενζίνη και το πετρέλαιο ενώ οι εκπομπές CO₂ είναι κατά 20% λιγότερες σε σχέση με την βενζίνη. Σε σχέση με το CNG, το LPG παράγει κατά την καύση του ελάχιστα περισσότερους ρύπους επειδή τα βασικά του συστατικά είναι το βουτάνιο και το προπάνιο. Στην περίπτωση διαρροής το CNG είναι ελαφρύτερο από τον αέρα και έτσι διαφεύγει στην ατμόσφαιρα.

Αντίθετα, το LPG είναι βαρύτερο και σε κλειστούς χώρους παγιδεύεται με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι πιθανότητες ατυχήματος. Η λειτουργία αυτοκινήτων με φυσικό αέριο ξεκίνησε από τις αρχές του αιώνα και σήμερα κυκλοφορούν περισσότερα από δύομισι εκατομμύρια οχήματα δημόσιας και ιδιωτικής χρήσης στον κόσμο. Στην Ελλάδα για παράδειγμα κυκλοφορούν τα «πράσινα» λεωφορεία της ΕΘΕΛ (Εταιρεία Θερμικών Λεωφορείων)-ΟΑΣΑ (Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών Αθηνών). Στην Ευρώπη το CNG ως καύσιμη ύλη είναι διαθέσιμο στις περισσότερες χώρες. Σε περίπου 800 σταθμούς ανεφοδιασμού ενώ ο αριθμός αυτός συνεχώς αυξάνεται, ειδικά σε χώρες όπως η Ρωσία, οι ΗΠΑ, η Ιταλία, η Ολλανδία κ.α.

Το LPG είναι διαθέσιμο σε περισσότερους από 4.000 σταθμούς ανεφοδιασμού στην Ευρώπη, με τους περισσότερους από αυτούς να βρίσκονται σε χώρες όπως η Ολλανδία, η Βρετανία, η Ιταλία, το Βέλγιο και η Γαλλία. Η μετατροπή ενός αυτοκινήτου σε υγραεριοκίνητο ή κινούμενο με φυσικό αέριο είναι σχετικά απλή και αφορά μικρές σε μέγεθος αλλαγές στην κυλινδροκεφαλή, στο σύστημα εισαγωγής και μεγαλύτερες στο σύστημα αποθήκευσης (ρεζερβουάρ) [24].

4.3.1. Κινητήρες φυσικού αερίου

Η κίνηση οχημάτων ιδιωτικής και δημόσιας χρήσης με καύση φυσικού αερίου αποτελεί σήμερα μια σημαντική διέξοδο στο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των μεγαλουπόλεων, αποδίδοντας παράλληλα σημαντικά οικονομικά οφέλη για τους χρήστες.



Σχηματική παράσταση συστήματος τροφοδοσίας φυσικού αερίου

Σχήμα 4.1: Σχηματική παράσταση συστήματος τροφοδοσίας φυσικού αερίου [20].

Η τεχνολογία καύσεως φυσικού αερίου σε κινητήρες αυτοκινήτων είναι εδώ και πολλά χρόνια δόκιμη, ώριμη και ασφαλής, ενώ συνεχής είναι και η εξέλιξη της υφισταμένης τεχνολογίας στο τομέα αυτό. Η κίνηση με φυσικό αέριο στα αυτοκίνητα παρουσιάζει δύο πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την χρήση συμβατικών κινητήρων βενζίνης και diesel:

α) Πιο οικονομική λειτουργία. Οι νέοι κινητήρες αποκλειστικής καύσεως φυσικού αερίου είναι πιο αποτελεσματικοί οικονομικά από τους συμβατικούς κινητήρες βενζίνης ή diesel. Η οικονομία του φυσικού αερίου σε σχέση με τα υγρά καύσιμα επιτρέπει την ανάκτηση σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα του επιπλέον κόστους της νέας αυτής τεχνολογίας καύσης φυσικού αερίου. Το ίδιο ισχύει και για τις μετατροπές αυτοκινήτων από καύση βενζίνης ή πετρελαίου σε καύση φυσικού αερίου, η οποία γίνεται πλέον εύκολα και οικονομικά με βάση διεθνώς εγκεκριμένους κανονισμούς.

β) Μικρότερες εκπομπές αέριων ρύπων και θορύβου. Η καύση του φυσικού αερίου αποδίδει μηδενικές εκπομπές οξειδίων του θείου (SOx) σε σχέση με την καύση βενζίνης ή πετρελαίου diesel. Σαφώς μικρότερες είναι και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, μικροσωματιδίων (καπνού) και οξειδίων του αζώτου. Επιπλέον οι κινητήρες φυσικού αερίου λειτουργούν αθόρυβα και χωρίς κραδασμούς σε σχέση με τους συμβατικούς, βελτιώνοντας έτσι σημαντικά τη συνολική ποιότητα ζωής.

Η χρήση φυσικού αερίου από οχήματα είναι εφικτή με την τοποθέτηση ειδικών φιαλών στα οχήματα για την αποθήκευση του καύσιμου, οι οποίες κατασκευάζονται από υπερανθεκτικά υλικά και τοποθετούνται στα οχήματα με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος ρήξης τους ακόμα και στις πιο σφοδρές συγκρούσεις. Το φυσικό αέριο αποθηκεύεται στις φιάλες του οχήματος υπό υψηλή πίεση (250 bar) εξ' ου και αποκαλείται Συμπιεσμένο Φυσικό Αέριο (Compressed Natural Gas ή CNG).

Το ότι η αεριοκίνηση είναι επικίνδυνη λόγω της πιθανότητας εκρήξεως αποτελεί μύθο καθώς πέραν από τις υψηλές προδιαγραφές ασφαλείας που χρησιμοποιούνται, η ασφαλής λειτουργία ενισχύεται λόγω της ιδιότητας του φυσικού αερίου να αναφλέγεται μόνο σε περιορισμένο εύρος μίγματος με αέρα (5% έως 15% κατ' όγκο, ελαφρύτερα ή βαρύτερα μίγματα δεν αναφλέγονται). Ο ανεφοδιασμός των οχημάτων φυσικού αερίου γίνεται από εξειδικευμένους σταθμούς, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με το τοπικό δίκτυο παροχής φυσικού αερίου. Ο κινητήρας που χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα φυσικού αερίου είναι

παρόμοιος με τον ευρέως διαδεδομένο κινητήρα εσωτερικής καύσης για βενζίνη (με σπινθηριστή) και αυτός είναι ο λόγος που είναι εύκολη η μετατροπή ενός υφιστάμενου βενζινοκίνητου κινητήρα για καύση φυσικού αερίου με σχετικά χαμηλό κόστος.

Η πλέον διαδεδομένη χρήση της αεριοκίνησης σήμερα εφαρμόζεται στην Αθήνα στα μέσα μαζικής μεταφοράς, κυρίως στα πετρελαιοκίνητα αστικά λεωφορεία που είναι τα πιο ρυπογόνα σε αυτό το τομέα παρουσιάζονται τα σημαντικά πλεονεκτήματα του υψηλού συντελεστή χρησιμοποίησης και του σταθερού και προκαθορισμένου κυκλοφοριακού φορτίου των οχημάτων που προσδίδουν όγκο και προβλεψιμότητα στις ανάγκες ανεφοδιασμού και συνεπώς περιορίζουν την ανάγκη ύπαρξης εκτεταμένου δικτύου σταθμών ανεφοδιασμού. Τα περιθώρια αύξησης της αεριοκίνησης των αστικών λεωφορείων του ΟΑΣΑ είναι ακόμα πολύ σημαντικά, ενώ επίσης σημαντική είναι και η προοπτική της εισαγωγής της αεριοκίνησης στις δημοτικές συγκοινωνίες της Αθήνας καθώς και της εισαγωγής της στα αστικά λεωφορεία της περιφέρειας της Θεσσαλονίκης αρχικά και των λοιπών μεγάλων πόλεων της Ελλάδας σε επόμενο στάδιο. Μια άλλη κατηγορία οχημάτων, στα οποία μπορεί να εισαχθεί η χρήση φυσικού αερίου με γρήγορους ρυθμούς, είναι τα επίσης πολύ ρυπογόνα πετρελαιοκίνητα απορριμματοφόρα οχήματα που επίσης έχουν υψηλό συντελεστή ημερήσιας χρησιμοποίησης στα αστικά κέντρα και θα μπορούσαν εύκολα να ανεφοδιάζονται από τους υφιστάμενους και μελλοντικούς σταθμούς ανεφοδιασμού της ΕΘΕΛ.

Έτσι η αεριοκίνηση μπορεί να αποτελέσει τη σημαντικότερη εναλλακτική λύση για την εκπλήρωση των στόχων της Ελλάδας στα πλαίσια των διεθνών δεσμεύσεων που έχει αναλάβει με βάση το Πρωτόκολλο του Κιότο και την Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ειδικά μετά την πολύ χαλαρή αντιμετώπιση των βιομηχανικών δραστηριοτήτων από το Εθνικό Πρόγραμμα Κατανομής που κατατέθηκε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή [20].

4.3.2. Κινητήρες υγραερίου

Ως εναλλακτικό καύσιμο το υγραέριο είναι διαθέσιμο σε μεγάλες ποσότητες. Επίσης, σε ό,τι αφορά στις ωφέλειες σε σχέση με το περιβάλλον από την αύξηση της χρήσης του υγραερίου, όλοι συμφωνούν ότι πρόκειται για ένα καθαρό και αποδοτικό καύσιμο. Με τον όρο υγραέριο (ή LPG στη γλώσσα των ειδικών) αναφερόμαστε σε όλα τα υγροποιημένα αέρια, που προέρχονται από το πετρέλαιο. Το LPG είναι γνωστό από τις φιάλες, που προορίζονται για οικιακή χρήση. Το LPG που χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα είναι μίγμα προπανίου και βουτανίου. Το καύσιμο αυτό έχει υψηλό αριθμό οκτανίου και επομένως δεν είναι απαραίτητη η προσθήκη μολύβδου ή άλλων πρόσθετων. Επίσης δεν περιέχει θείο. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ελεύθερα και σε συνδυασμό με τον τριοδικό καταλύτη επιτυγχάνονται πολύ χαμηλές εκπομπές ρύπων. Αντίθετα από ό,τι πιστεύεται, το υγραέριο δεν είναι ένα τοπικά (στα διάφορα διυλιστήρια) παραγόμενο καύσιμο, αλλά αποτελεί αντικείμενο διεθνούς εμπορίου. Το 65% παράγεται κατά τη διαδικασία εξόρυξης του πετρελαίου. Το υπόλοιπο παράγεται κατά την επεξεργασία του φυσικού αερίου και την κλασματική απόσταξη του.

Όσον αφορά την κίνηση των οχημάτων με υγραέριο, πρωτοπόρος στην υγραεριοκίνηση των αστικών λεωφορείων είναι η πόλη της Βιέννης. Στην Ολλανδία και την Ιταλία το υγραέριο είναι εδώ και πολλά χρόνια διαδεδομένο σαν εναλλακτικό καύσιμο για τα αυτοκίνητα, κυρίως λόγω της ανταγωνιστικής τιμής του. Τα πρώτα χρόνια της διάδοσής τους έγινε αντιληπτό, εκτός από την οικονομία, ότι το υγραέριο ήταν ένα ιδιαίτερα καθαρό καύσιμο. Τα αυτοκίνητα, που καταναλώνουν υγραέριο, δεν είναι κατασκευασμένα έτσι από την αρχή, αλλά είναι εφοδιασμένα με ειδικές εγκαταστάσεις μετατροπής, διατηρώντας τη δυνατότητα να κινηθούν και με βενζίνη. Την εποχή της μεγάλης διάδοσης του

υγραερίου στην Ολλανδία και την Ιταλία αναπτύχθηκε μία ολόκληρη βιομηχανία ανάλογων συστημάτων.

Το πιο απλό σύστημα υγραεριοκίνησης είναι αυτό που τοποθετείται σε αυτοκίνητα με καρμπιρατέρ. Μία βαλβίδα ανοίγει ή κλείνει την παροχή υγραερίου από τη δεξαμενή προς έναν εξαερωτή, που ταυτόχρονα λειτουργεί και σαν ρυθμιστής πίεσης. Λόγω της πτητικότητας του υγραερίου δε χρειάζεται αντλία καυσίμου. Μετά την εξαέρωση, το υγραέριο περνά από έναν εναλλάκτη θερμότητας και πριν μπει στην εισαγωγή αναμιγνύεται με αέρα. Το σύστημα τροφοδοσίας βενζίνης παραμένει στη θέση του με τη μόνη διαφορά, ότι η παροχή της βενζίνης μπορεί να διακόπτεται με μία βαλβίδα. Η εκκίνηση του κινητήρα γίνεται με βενζίνη και στη συνέχεια με μια κίνηση κλείνει η βαλβίδα της βενζίνης και ανοίγει αυτή του υγραερίου. Με την ολοκληρωτική επικράτηση, όμως, των συστημάτων ψεκασμού βενζίνης στους κινητήρες των αυτοκινήτων έπρεπε να εξελιχθούν αντίστοιχα συστήματα και για το υγραέριο. Τα νέα αυτά συστήματα έχουν ήδη κάνει την εμφάνισή τους στην αγορά και τα αποτελέσματα από τη χρήση τους είναι ενθαρρυντικά.

Σήμερα δύο τέτοια συστήματα είναι τα πιο σημαντικά. Το ένα ψεκάζει το υγραέριο σε αέρια φάση και το άλλο σε υγρή φάση. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν είτε ψεκασμό μονού σημείου είτε πολλαπλού σημείου. Το σύστημα ψεκασμού του υγραερίου σε αέρια φάση ονομάζεται MEGI (Multipoint Electronic Gas Injection) και στην αγορά είναι γνωστότερο ως MEGA. Η λειτουργία του συστήματος ελέγχεται με ηλεκτρονικό υπολογιστή, όπως συμβαίνει και με τα συστήματα βενζίνης. Επειδή η πίεση του καυσίμου στη δεξαμενή δεν είναι σταθερή (μεταβάλλεται με την εξωτερική θερμοκρασία) η πίεση του ψεκαζόμενου καυσίμου ελέγχεται από ένα ρυθμιστή πίεσης. Στο σύστημα πολλαπλών σημείων το υγραέριο ψεκάζεται ακριβώς πριν από τη βαλβίδα εισαγωγής. Ένα αυτοκίνητο με σύστημα MEGI κανονικά παίρνει μπροστά με το σύστημα βενζίνης και στη συνέχεια γίνεται μία πολύ ομαλή μετάβαση από το ένα καύσιμο στο άλλο. Ο οδηγός μπορεί να επιλέξει το καύσιμο με ένα διακόπτη στον πίνακα οργάνων. Όπως ήδη είπαμε, το σύστημα MEGI έχει κεντρικό ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου, το οποίο μπορεί να συνδυαστεί με τριοδικό καταλύτη και αισθητήρα «λ», οπότε και επιτυγχάνεται μείωση των ρύπων σε επίπεδα αντίστοιχα ή και καλύτερα από αυτά των συστημάτων βενζίνης της ίδιας τεχνολογίας.

Με στοιχειομετρικό μίγμα μπορούν να επιτευχθούν σημαντικά χαμηλότερες εκπομπές των τριών βασικών ρύπων (CO, HCs και NOx). Η διαφορά είναι πιο θεαματική, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε ψυχρή εκκίνηση. Αυτό συμβαίνει, διότι σε μία τέτοια περίπτωση, όταν το καύσιμο είναι βενζίνη, απαιτείται εμπλουτισμός του μίγματος, οπότε, με δεδομένο ότι και ο καταλύτης δεν έχει αναπτύξει ακόμα τη θερμοκρασία λειτουργίας του, έχουμε κατακόρυφη αύξηση των εκπομπών. Το πρόβλημα αυτό είναι ένα από τα σημαντικότερα που πρέπει να λυθούν για τη βελτίωση του περιβάλλοντος στις πόλεις, αφού τα περισσότερα αυτοκίνητα κινούνται σε μικρές αποστάσεις με κρύο κινητήρα. Με το υγραέριο ο κινητήρας μπορεί να λειτουργεί με στοιχειομετρικό μίγμα από τη στιγμή που θα τεθεί σε λειτουργία, οπότε μένει το πρόβλημα του κρύου καταλύτη, στο οποίο οι αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν ήδη δώσει διάφορες λύσεις. Όσο για την κατανάλωση, αυτή μπορεί σε λίτρα/100 χλμ. να είναι μεγαλύτερη με το υγραέριο αλλά, αν ληφθεί υπόψη το διαφορετικό ενεργειακό περιεχόμενο των δύο καυσίμων και γίνει ο υπολογισμός, τότε η κατανάλωση ενέργειας είναι σχεδόν ίδια.

Το δεύτερο σημαντικό σύστημα υγραερίου τελευταίας γενιάς ψεκάζει το υγραέριο σε υγρή φάση. Ο ψεκασμός είναι πολλαπλών σημείων. Επειδή το υγραέριο ψεκάζεται σε υγρή φάση, ο έλεγχος της λειτουργίας του κινητήρα μπορεί να γίνεται από τη μονάδα ελέγχου του συστήματος της βενζίνης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μη μεταβάλλεται η

απόδοση του κινητήρα. Το σύστημα LPi (Low Probability of Intercept), όπως ονομάζεται, αποτελείται από μία αντλία στο εσωτερικό της δεξαμενής καυσίμου, που συμπιέζει και κυκλοφορεί το καύσιμο, εμποδίζοντάς το να εξατμιστεί πριν φτάσει στους εγχυτήρες. Ένας ρυθμιστής πίεσης διατηρεί την πίεση στο σύστημα τροφοδοσίας κατά 5 bar μεγαλύτερη από την πίεση της δεξαμενής καυσίμου. Οι εγχυτήρες τοποθετούνται στους αυλούς εισαγωγής κοντά στις βαλβίδες. Αυτό δεν είναι εύκολο σε όλα τα αυτοκίνητα, γι' αυτό και είναι υπαρκτή η ανάγκη συνεργασίας των κατασκευαστών αυτοκινήτων, έτσι ώστε να είναι εύκολη, αξιόπιστη και αποτελεσματική η τοποθέτηση τέτοιων συστημάτων σε όλα τα αυτοκίνητα. Το καύσιμο, που τελικά δεν εισέρχεται στους κυλίνδρους, επιστρέφει στη δεξαμενή μέσω του ρυθμιστή πίεσης. Η μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου του συστήματος LPi χρησιμοποιεί σαν σήμα εισόδου το σήμα που στέλνει η μονάδα του συστήματος βενζίνης στους εγχυτήρες βενζίνης. Η μοναδική άλλη είσοδος στη μονάδα του LPi είναι η πίεση του υγραερίου. Με βάση αυτές τις δύο παραμέτρους η μονάδα ελέγχου του LPi στέλνει τις αντίστοιχες εντολές ελέγχου στους εγχυτήρες του υγραερίου.

Ο ψεκασμός γίνεται διαδοχικά σε κάθε έναν από τους 4 κυλίνδρους. Όλες οι άλλες παράμετροι λειτουργίας ελέγχονται από τη μονάδα ελέγχου του συστήματος βενζίνης. Αυτό εξασφαλίζει την ίδια απόδοση του κινητήρα και εκπομπές ανάλογες με αυτές, όταν το καύσιμο είναι βενζίνη, σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, ενώ και σε αυτήν την περίπτωση δε χρειάζεται εμπλουτισμός του μίγματος στην ψυχρή εκκίνηση, οπότε υπάρχουν και εδώ τα πλεονεκτήματα του συστήματος MEGI. Η επιλογή του καυσίμου γίνεται πάλι από τον οδηγό.

Στη χειρότερη περίπτωση ένα σύγχρονο σύστημα υγραεριοκίνησης επιτυγχάνει εκπομπές ρύπων ανάλογες με αυτές ενός σύγχρονου «καταλυτικού» αυτοκινήτου και στην καλύτερη (όπου δηλαδή έχει συνεργαστεί και κάποια αυτοκινητοβιομηχανία) η μείωση των εκπομπών σε σύγκριση με τα σύγχρονα αυτοκίνητα είναι σημαντική. Σε σύγκριση με τους κινητήρες ντίζελ τα αποτελέσματα είναι ακόμα πιο θεαματικά. Με το σύστημα LPi πολλαπλών σημείων η μείωση των ρύπων σε σχέση με σύστημα βενζίνης MPi (Multi Point Injection) έχει ως εξής: CO -20,15%, HC -45,83%, NO_x -0% και CO₂ -14,75%. Η κατανάλωση υγραερίου που μετρήθηκε ήταν σε ισοδύναμα λίτρα βενζίνης περίπου η ίδια με την αντίστοιχη κατανάλωση βενζίνης. Επίσης πρέπει να πούμε ότι τα αποτελέσματα αυτά έχουν ληφθεί με τη χρησιμοποίηση κανονικού καταλύτη για βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, «παλιωμένου» κατά 2.500 χιλιόμετρα. Αν χρησιμοποιηθούν καταλύτες περισσότερο κατάλληλοι για υγραέριο, τα αποτελέσματα είναι ακόμα καλύτερα.

Με όλα τα παραπάνω συστήματα η λειτουργία του αυτοκινήτου με βενζίνη δεν επηρεάζεται από την παρουσία του συστήματος υγραερίου, αφού καμία επέμβαση δε γίνεται στο σύστημα βενζίνης. Μοναδική πιθανή ενόχληση είναι η μείωση του χώρου των αποσκευών λόγω της δεξαμενής υγραερίου. Εκτός από τα δύο παραπάνω συστήματα, που αποτελούν την αιχμή του δόρατος, στην αγορά κυκλοφορούν και διάφορα άλλα συστήματα για σύγχρονα αυτοκίνητα, τα οποία παρέχουν υγραέριο σε αέρια φάση πριν από την πεταλούδα του συστήματος τροφοδοσίας. Τα συστήματα αυτά ελέγχονται από ηλεκτρονικό υπολογιστή, ο οποίος ρυθμίζει συνεχώς την παροχή του καυσίμου για την επίτευξη των ελάχιστων δυνατών εκπομπών ρύπων, ικανοποιώντας έτσι τα όρια της σημερινής νομοθεσίας.

Πολλά υποσχόμενη είναι και η χρήση του υγραερίου ως καυσίμου βαρέων οχημάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται για διαδρομές μέσα στην πόλη. Τέτοια οχήματα είναι τα αστικά λεωφορεία, τα απορριμματοφόρα, τα διάφορα φορτηγά διανομής, τα σχολικά λεωφορεία κ.α. Στα περισσότερα από αυτά τα οχήματα, αν χρησιμοποιηθεί υγραέριο, τότε αυτό θα είναι το μοναδικό καύσιμό τους (σε αντίθεση με τα μικρά επιβατικά). Αυτό συμβαίνει, γιατί το υγραέριο σε αυτήν την περίπτωση αντικαθιστά το πετρέλαιο κίνησης, γεγονός που

συνεπάγεται τη μετατροπή του κινητήρα ντίζελ σε κινητήρα Όττο* (με αλλαγή της κυλινδροκεφαλής και μερικών ακόμα τμημάτων). Έτσι η μόνη τεχνολογία που μπορεί να εφαρμοστεί είναι αυτή των συστημάτων LPi. Η χρησιμοποίηση υγραερίου σε στόλους βαρέων οχημάτων δεν είναι καινούργια ιδέα. Από το 1963 η εταιρεία αστικών λεωφορείων της Βιέννης χρησιμοποίησε το υγραέριο ως καύσιμο για τα λεωφορεία της με τη μέθοδο εμπλουτισμού του πετρελαίου. Η μείωση του κόστους λειτουργίας, λόγω της χαμηλότερης τιμής του υγραερίου, και η μείωση του καπνού ενθάρρυναν τους ανθρώπους της εταιρείας να δρομολογήσουν το 1976 λεωφορεία με τροποποιημένους κινητήρες, που καταναλώναν μόνο υγραέριο. Ο κύριος λόγος, που τους οδήγησε σε αυτήν την απόφαση, ήταν η πλήρης απουσία του μαύρου καπνού από τα καυσαέρια. Τα αποτελέσματα από την κυκλοφορία των πρώτων αυτών υγραεριοκίνητων λεωφορείων το 1976 οδήγησαν στην απόφαση ανανέωσης του στόλου με υγραεριοκίνητα λεωφορεία το 1978. Σήμερα στη Βιέννη κυκλοφορούν περισσότερα από 370 υγραεριοκίνητα λεωφορεία με κινητήρες MAN, τα οποία αποτελούν το 70% του στόλου της αυστριακής πρωτεύουσας. Η επιτυχία της χρήσης του υγραερίου στη Βιέννη και η επικείμενη είσοδος του φυσικού αερίου στην αγορά ήταν το κίνητρο για την εξέλιξη τροποποιημένων κινητήρων ντίζελ, που καταναλώνουν υγραέριο ή φυσικό αέριο. Όλοι σχεδόν οι μεγάλοι κατασκευαστές βαρέων οχημάτων, όπως η MAN, η IVECO, η VOLVO και η DAF, έχουν σήμερα έτοιμες τις δικές τους προτάσεις.

Συγκρίνοντας μεταξύ τους τα τρία καύσιμα -βενζίνη, πετρέλαιο ντίζελ και υγραέριο- σε σχέση με τις εκπομπές των τριών κυριότερων ρύπων, η κατάταξη έχει ως εξής:

► Τις μικρότερες εκπομπές CO και HCs έχει το υγραέριο και τις μεγαλύτερες η βενζίνη.

► Τις μικρότερες εκπομπές NO_x έχει πάλι το υγραέριο και τις μεγαλύτερες το πετρέλαιο.

► Το πλεονέκτημα του υγραερίου έναντι του πετρελαίου, όμως, είναι μεγαλύτερο λόγω της απουσίας των οξειδίων του θείου και των σωματιδίων αιθάλης (καπνού).

► Από οικονομικής πλευράς, τώρα, η μετατροπή ενός επιβατικού αυτοκινήτου σε υγραεριοκίνητο κοστίζει περίπου όσο και ένα φτηνό αϊρκοντίσιον, χωρίς να χάνει το αυτοκίνητο τη δυνατότητα κατανάλωσης βενζίνης. Για να είναι συμφέρουσα η μετατροπή, πρέπει η τιμή του υγραερίου που θα διαμορφώσει η κυβέρνηση να είναι τέτοια, ώστε η απόσβεση του κόστους να γίνεται το πολύ σε 20.000 χιλιόμετρα. Η τιμή ενός λεωφορείου, που καταναλώνει υγραέριο, είναι 10% μεγαλύτερη από αυτήν ενός πετρελαιοκίνητου. Αν τοποθετηθεί στο πετρελαιοκίνητο κάποια παγίδα αιθάλης, τότε οι τιμές κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα. Οι απαιτήσεις συντήρησης είναι περίπου οι ίδιες. Η κατανάλωση υγραερίου σε σχέση με το πετρέλαιο σε πραγματικά λίτρα ανά 100 Km είναι 70-80% μεγαλύτερη, ενώ σε σχέση με τη βενζίνη είναι κατά 50-70% μεγαλύτερη. Έτσι η τιμή του υγραερίου πρέπει να είναι ανάλογα χαμηλότερη για να υπάρξει κίνητρο για τη διάδοση της χρήσης του.

Οι ειδικοί δείχνουν να προτιμούν για τις μεταφορές το υγραέριο, όπως για τις βιομηχανικές και οικιακές εφαρμογές προτιμούν το φυσικό αέριο. Το φυσικό αέριο πρέπει να αποθηκεύεται υπό πίεση 200 bar στα οχήματα. Η πίεση αυτή απαιτεί την ύπαρξη δεξαμενών με χοντρά τοιχώματα, οι οποίες πρέπει να έχουν μεγάλη χωρητικότητα για την εξασφάλιση ικανοποιητικής αυτονομίας. Αυτό από μόνο του δυσκολεύει τη χρήση φυσικού αερίου στα μικρά επιβατικά αυτοκίνητα. Στις βαριές εφαρμογές και ειδικότερα στα λεωφορεία το βάρος των δεξαμενών φτάνει τα 1.000 κιλά. Οι δεξαμενές πρέπει να τοποθετούνται για λόγους ασφαλείας στη σκεπή (επειδή το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο

* Ο τετράχρονος βενζινοκινητήρας Όττο κατασκευάστηκε από το γερμανό Nikolaus August Otto το έτος 1876 και ήταν ο πρώτος κινητήρας με ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης.

από τον αέρα), οπότε τίθεται και θέμα ενίσχυσης της δομής της υπερκατασκευής του λεωφορείου.

Το συνολικό κόστος είναι κατά 30-40% αυξημένο. Λόγω της υψηλής πίεσης αποθήκευσης του φυσικού αερίου απαιτούνται 6-8 ώρες για τον ανεφοδιασμό ενός οχήματος με καύσιμα. Ο χρόνος αυτός μπορεί να πέσει σε μερικά λεπτά της ώρας, αλλά το κόστος της εγκατάστασης υψηλής πίεσης ανεβάζει το κόστος ενός πλήρως εξοπλισμένου αμαξοστασίου στο διπλάσιο του κόστους, αν ως καύσιμο επιλεγόταν το υγραέριο. Αντίθετα το υγραέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στα επιβατικά αυτοκίνητα, η τοποθέτηση των δεξαμενών μπορεί να γίνει κάτω από το δάπεδο των βαρέων οχημάτων, δεν υπάρχουν περιορισμοί για το χρόνο ανεφοδιασμού και το κόστος επένδυσης για να γίνει συστηματική χρήση του είναι σημαντικά μικρότερο.

Όσο ελκυστικό και να είναι το υγραέριο ως εναλλακτικό καύσιμο, δεν παύει να είναι πτητικό και πολύ εύφλεκτο. Οι πραγματικοί, όμως, κίνδυνοι από αυτό δεν είναι μεγαλύτεροι από αυτούς οποιουδήποτε άλλου καυσίμου, φτάνει να λαμβάνονται τα αναγκαία μέτρα ασφαλείας. Οι κλειστοί χώροι στάθμευσης πρέπει να έχουν κοντά στο δάπεδό τους ανιχνευτές διαρροής, επειδή το υγραέριο είναι βαρύτερο από τον αέρα και σε μία πιθανή διαρροή γεμίζει έναν κλειστό χώρο από κάτω προς τα πάνω. Για τον ίδιο λόγο ο φωτισμός τέτοιων χώρων πρέπει να είναι τοποθετημένος όσο το δυνατόν πιο ψηλά και μέσα σε αεροστεγείς θαλάμους για να μειώνεται ο κίνδυνος ανάφλεξης. Επίσης προσοχή πρέπει να δίνεται στον εξαερισμό τέτοιων χώρων. Ο ανεφοδιασμός των πρατηρίων από βυτιοφόρο πρέπει να γίνεται σε σημείο απομακρυσμένο από το δρόμο και ασφαλές. Οι αντλίες του πρατηρίου πρέπει να έχουν διακόπτη, που πρέπει να είναι συνεχώς πατημένος κατά τον ανεφοδιασμό ενός αυτοκινήτου. Έτσι δε θα μπορεί να απομακρυνθεί ο χειριστής τους. Επίσης θα πρέπει το στόμιο του σωλήνα τροφοδοσίας να είναι έτσι κατασκευασμένο, ώστε να μην καταστρέφεται, αν κάποιος οδηγός φύγει αφηρημένος χωρίς να αποσυνδέσει το σωλήνα, ούτε να επιτρέπει διαρροή υγραερίου σε τέτοια περίπτωση. Τα πρατήρια πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 20 μέτρα από βιομηχανικά κτίρια και 40-80 μέτρα (ανάλογα με τη χωρητικότητα των δεξαμενών τους) από τις περιοχές κατοικίας. Στα αυτοκίνητα οι διατάξεις ασφαλείας είναι αυτές που χρησιμοποιούνται εδώ και χρόνια: Σύστημα αυτόματου γεμίσματος που διακόπτει την τροφοδοσία, όταν η δεξαμενή φτάσει το 80% της πληρότητάς της. Σύστημα διακοπής της παροχής καυσίμου μόλις σβήσει ο κινητήρας. Δείκτης στάθμης υγραερίου στον πίνακα οργάνων. Βαλβίδα εκτόνωσης για αποφυγή έκρηξης σε περίπτωση που για οποιονδήποτε λόγο αυξηθεί πολύ η εξωτερική θερμοκρασία.

Το υγραέριο λοιπόν είναι φτηνό, άμεσα χρησιμοποιήσιμο και διαθέσιμο σε άφθονες ποσότητες. Εν όψει του μεγάλου περιβαλλοντικού προβλήματος, αλλά και για να μην κλονιστεί το εύθραυστο ισοζύγιο διεθνών συναλλαγών, η Ελλάδα άρχισε να μελετά τη χρήση υγραερίου και στα επιβατικά αυτοκίνητα. Στόχος η άμεση εξυπηρέτηση όσων έχουν παλιά αυτοκίνητα. Η υγραεριοκίνηση βέβαια αφορά και τα σύγχρονα αυτοκίνητα - μειώνοντας ακόμα περισσότερο τους ρύπους- οπότε ευχή όλων είναι αυτή τη φορά να διατυπωθεί μια ολοκληρωμένη και πρακτικά εφαρμόσιμη πρόταση. Σε λίγο καιρό που θα νομιμοποιηθεί -έστω αργά και αναγκαστικά- η χρήση του, είναι θέμα δικής μας απόφασης, αν θα εκμεταλλευτούμε την ευκαιρία που μας προσφέρει να βελτιώσουμε το περιβάλλον [21].

4.3.3. Κινητήρες υδρογόνου

Το υδρογόνο είναι το απλούστερο στοιχείο του σύμπαντος αλλά και το πιο διαδεδομένο. Αποτελεί περισσότερο από το 90% των ατόμων του σύμπαντος και το 75% της μάζας του. Είναι το τρίτο πιο άφθονο στοιχείο στη Γη, παρόλο που είναι το ελαφρύτερο και βρίσκεται κυρίως υπό τη μορφή του υδροξειδίου και του νερού. Επιπλέον βρίσκεται σε αφθονία

στους υδρογονάνθρακες που έχουν τον γενικό τύπο C_xH_y . Στη φύση το υδρογόνο (H_2) βρίσκεται στα φυτά και γενικά στη βιομάζα. Ως καθαρό στοιχείο στην ατμόσφαιρα βρίσκεται μόνο σε ίχνη (0,00001%) αφού λόγω του ότι είναι ελαφρύ στοιχείο έχει την τάση να ανεβαίνει γρήγορα ψηλά και να διαφεύγει από την ατμόσφαιρα προς το διάστημα. Το υδρογόνο είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο. Η πυκνότητα του είναι 0,0899 g/l (14,4 φορές μικρότερη από τον αέρα), και βράζει στους $-252,87^\circ C$. Το υγρό υδρογόνο έχει πυκνότητα 70,99 g/l. Με τις ιδιότητες αυτές, το υδρογόνο έχει την υψηλότερη αναλογία ενέργειας προς βάρος από όλα τα καύσιμα. Έτσι 1 kg υδρογόνου καιγόμενο δίνει 119.972 kJ. Επίσης 1kg υδρογόνου περιέχει την ίδια ποσότητα ενέργειας με 2.1kg φυσικού αερίου ή 2.8 kg βενζίνης ενώ κατά την καύση του παράγεται μόνο νερό σαν προϊόν.

Το υδρογόνο θεωρείται το καύσιμο του 21ου αιώνα. Μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι αντίστοιχη της τεχνολογικής επανάστασης του κινητήρα εσωτερικής καύσης πριν 100 χρόνια. Παρόλα αυτά χρησιμοποιείται για οικιακή χρήση (γκάζι) από το έτος 1.800 καθώς και σε διαστημικά προγράμματα ή κίνηση υποβρυχίων. Τεχνολογίες υδρογόνου όπως πχ κυψέλες καυσίμου (fuel cells), έχουν αναπτυχθεί από εταιρείες υψηλής τεχνολογίας την τελευταία δεκαετία. Υπολογίζεται, ότι σε λίγα χρόνια η ενέργεια που θα έχει σχέση με τον ηλεκτρισμό θα παράγεται από κυψέλες καυσίμου. Οι βιομηχανίες οχημάτων έχουν ήδη έτοιμα δείγματα αυτοκινήτων υδρογόνου που λειτουργούν με κυψέλες καυσίμου. Υπολογίζεται, ότι μετά το 2005 θα εμφανιστούν στην αγορά αυτοκίνητα υδρογόνου, όπου ο καθένας θα εφοδιάζεται υδρογόνο από τα βενζινάδικα τα οποία θα έχουν γίνει και «υδρογονάδικα» ή θα μπορεί να παραχθεί το υδρογόνο του αυτοκινήτου ιδιωτικά στο σπίτι έχοντας στη ταράτσα φωτοβολταϊκά ή ανεμογεννήτριες που θα παρέχουν ρεύμα σε έναν «electrolysator», που όλη την ημέρα θα παράγει το υδρογόνο και θα το αποθηκεύει σε μπουκάλες με τις οποίες στη συνέχεια θα γεμίζει το ρεζερβουάρ του αυτοκινήτου.

Οι κυψέλες καυσίμου αναπτύχθηκαν θεωρητικά αρχικά στο τέλος του 19ου αιώνα. Οι πρώτες πρακτικές κυψέλες καυσίμου κατασκευάστηκαν για το διαστημικό πρόγραμμα Απόλλων για την παραγωγή νερού για τις ανάγκες (για πόσιμο νερό ή πλύσιμο) των αστροναυτών και οι κυψέλες καυσίμου εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται στο διάστημα και σήμερα. Στη γη οι κυψέλες καυσίμου χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια σε πειράματα και για την κίνηση αυτοκινήτων καθώς και για οικιακή και βιομηχανική χρήση. Οι κυψέλες καυσίμου θα χρησιμοποιούνται στο μέλλον για την κίνηση των οχημάτων και την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε συνεργασία με τη χρήση υδρογονανθράκων (φυσικό αέριο, προπάνιο, βουτάνιο, κλπ.) σε σπίτια, σε πόλεις και σε ηλεκτρικές συσκευές. Ως γνωστόν το υδρογόνο τα επόμενα χρόνια θα κατακλύσει την ζωή μας διότι αποτελεί ενέργεια που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ο ήλιος και ο αέρας και η καύση του υδρογόνου μας δίνει νερό και όχι καυσαέρια.

Το υδρογόνο υπάρχει όπου υπάρχει νερό. Το υδρογόνο υπάρχει άφθονο στην φύση στο νερό και δε θα τελειώσει ποτέ, ενώ οι υδρογονάνθρακες τελειώνουν σε 20- 30 χρόνια. Φανταστείτε ότι με ένα ποτήρι νερό μπορούμε να παράγουμε μόνοι μας στο σπίτι μας τόσο H_2 όσο χρειάζεται για να κινηθεί ένα αυτοκίνητο ή μια μοτοσυκλέτα για 50- 100 χιλιόμετρα. Στις 15 Ιουνίου 2003 η TROPICAL AEBE παρουσίασε το «GREENCITYCAR» που είναι το πρώτο στον κόσμο μικρό διαθέσιμο αυτοκίνητο υδρογόνου (fuelcells-car) που έκανε το παρθενικό του «ταξίδι» στους δρόμους της Αθήνας αφήνοντας έκπληκτους τους περαστικούς, οι οποίοι αντίκριζαν μόνο το αμάξι του αυτοκινήτου το πλαίσιο του αυτοκινήτου που στηρίζεται στους άξονες, το σασί και όχι ένα ολοκληρωμένο διαθέσιμο αυτοκίνητο. Κατασκευάστηκε με την μέθοδο «Modular» σε χρόνο ρεκόρ αφού είχε προηγηθεί έρευνα και μελέτη 5 ετών περίπου. Η μέθοδος «Modular» περιλαμβάνει το σασί του αυτοκινήτου μαζί με τους μπροστινούς και οπίσθιους κινητήριους τροχούς (στους οποίους βρίσκονται ενσωματωμένα τα ηλεκτρικά μοτέρ), την κυψέλη καυσίμου και το ρεζερβουάρ των μεταλλικών υδριδίων του υδρογόνου. Το

«modular» σασί θα κατασκευάζεται από την εταιρία TROPICAL και θα διανέμεται στους κατασκευαστές αυτοκινήτων ή δίκυκλων, οι οποίοι στη συνέχεια θα τοποθετούν πάνω στο “modular” σασί το δικό τους αμάξωμα (Modular-body) με το δικό τους design. Επίσης στις 15 Ιουνίου 2003 η TROPICAL AEBE παρουσίασε το πρώτο στον κόσμο δίκυκλο (scooter) που λειτουργεί με κυψέλες καυσίμου.

Η ενέργεια που παράγεται από την κυψέλη καυσίμου υδρογόνου που ονομάζεται tropical-greenen, είναι «πράσινη ενέργεια», δηλαδή οικολογική ενέργεια, διότι δεν γίνεται καύση του υδρογόνου για να παραχθεί καυσαέριο αλλά γίνεται ένωση υδρογόνου με το οξυγόνο για την παραγωγή νερού και ηλεκτρικού ρεύματος. Επίσης πρέπει εδώ να αναφέρουμε ότι η συσκευή αυτή δεν παράγει θόρυβο. Η διάρκεια ζωής των ενεργειακών κυψελών μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων (βλέπε και 4.3.3.1.) που θα χρησιμοποιούνται, αναμένεται ότι θα ξεπερνάει κατά πολύ τη μέση διάρκεια ζωής των υπόλοιπων εξαρτημάτων του αυτοκινήτου. Έτσι θα είναι δυνατή η ανακύκλωση των ενεργειακών κυψελών μετά το τέλος της ζωής των αυτοκινήτων. Ένα από τα πλεονεκτήματα των αυτοκινήτων με ενεργειακές κυψέλες θα είναι η κίνησή τους με ηλεκτροκινητήρα. Οι ηλεκτροκινητήρες αποδίδουν περισσότερη ροπή (άρα και ισχύ) στις χαμηλότερες ταχύτητες που χαρακτηρίζουν τις περισσότερες συνθήκες οδήγησης. Επίσης η απόκριση των ηλεκτροκινητήρων στο γκάζι είναι πιο άμεση. Αποτέλεσμα αυτών των δύο παραγόντων είναι η μεγαλύτερη ευκολία χρήσης των αυτοκινήτων με ενεργειακές κυψέλες.

Λόγω της αμεσότητας της απόκρισης και της μεγάλης ροπής από χαμηλές στροφές, είναι πιθανόν αυτά τα αυτοκίνητα να σχεδιάζονται με μικρότερη μέγιστη ισχύ που έτσι κι αλλιώς σπάνια τη χρειάζεται ο οδηγός. Για να είναι άμεσα διαθέσιμη όλη η ισχύς στην εκκίνηση και επιτάχυνση του αυτοκινήτου, θα συμπληρώνει τις ενεργειακές κυψέλες κάποιο σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας όπως μία συστοιχία από μπαταρίες, ένας σφόνδυλος ή ένας υπερπυκνωτής. Μπορεί ακόμα να χρησιμοποιείται και κάποιος συνδυασμός όπως π.χ. μπαταριών με σφόνδυλο. Το σύστημα αποθήκευσης θα «φορτώνει» από τις ενεργειακές κυψέλες και θα παρέχει στον ηλεκτροκινητήρα την ισχύ που θα απαιτείται σε κάθε περίπτωση. Επίσης, κατά το φρενάρισμα η λειτουργία του κινητήρα θα αντιστρέφεται, οπότε η κινητική ενέργεια του οχήματος θα μετατρέπεται σε ηλεκτρική (από τον κινητήρα που θα λειτουργεί σαν γεννήτρια) και θα αποθηκεύεται πάλι στο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας. Θα διαθέτουν δηλαδή μια παρόμοια τεχνολογία με των υβριδικών αυτοκινήτων (βλέπε 4.5).

Μ' αυτό τον τρόπο αναμένεται ότι θα γίνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας που σήμερα πάει χαμένη με τη μορφή θερμότητας στα φρένα. Το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας των αυτοκινήτων με ενεργειακές κυψέλες θα είναι σημαντικά μικρότερο και ελαφρύτερο από μία συστοιχία μπαταριών που κινεί ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας των ενεργειακών κυψελών είναι ότι τα αυτοκίνητα που θα τις χρησιμοποιούν θα μπορούν να ανεφοδιάζονται με καύσιμα με τρόπο και σε χρόνο ανάλογο με τα σημερινά βενζινοκίνητα αυτοκίνητα. Αυτό τους δίνει ένα σημαντικό πλεονέκτημα σε σύγκριση με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα με μπαταρίες που χρειάζεται πολλές ώρες επαναφόρτισης σε πλήρη ακινησία. Η απόσταση που θα μπορεί να διανύσει ένα αυτοκίνητο ενεργειακών κυψελών μ' ένα γέμισμα θα εξαρτάται από τον τύπο του καυσίμου. Αν το καύσιμο είναι μεθανόλη, τότε η αυτονομία είναι συγκρίσιμη με αυτήν των βενζινοκίνητων αυτοκινήτων.

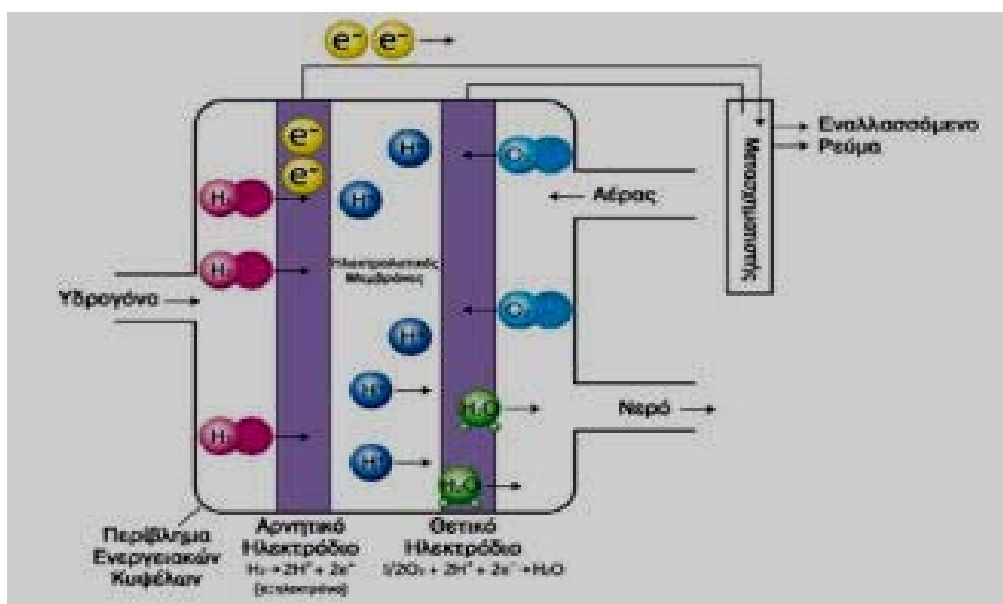
Αν το καύσιμο είναι καθαρό υδρογόνο τότε η αυτονομία είναι μικρότερη, λόγω της χαμηλότερης ενεργειακής περιεκτικότητας του καθαρού υδρογόνου. Όμως και πάλι με τη χρήση της κατάλληλης διάταξης αποθήκευσης υδρογόνου η αυτονομία θα είναι δυνατόν να φτάσει τα 400 χιλιόμετρα. Ο όγκος της δεξαμενής αποθήκευσης του καυσίμου θα είναι ο ίδιος με τον όγκο ενός σημερινού ρεζερβουάρ βενζίνης. Η αυτονομία θα είναι η ίδια,

παρά τη χαμηλή ενεργειακή περιεκτικότητα του υδρογόνου και της μεθανόλης έναντι της βενζίνης, λόγω της πολύ χαμηλότερης κατανάλωσης των ενεργειακών κυψελών (2,5 έως 3 φορές μικρότερη από τους κινητήρες εσωτερικής καύσης).

Τα κύρια μέρη ενός συστήματος ισχύος με ενεργειακές κυψέλες είναι η παροχή καυσίμου, ένα οξειδωτικό μέσο (συνήθως ατμοσφαιρικό οξυγόνο) και δύο παράλληλα ηλεκτρόδια μ' έναν ηλεκτρολύτη ανάμεσά τους. Τα δύο ηλεκτρόδια συνδέονται μ' ένα εξωτερικό κύκλωμα, στο οποίο παρεμβάλλεται το φορτίο (στην περίπτωση του αυτοκινήτου ο ηλεκτροκινητήρας). Τα μόρια του καυσίμου ελευθερώνουν ηλεκτρόνια στην άνοδο. Η έμφυτη τάση του καυσίμου να αντιδρά με το οξειδωτικό μέσο εκφράζεται σαν μία τάση (Volt) ανάμεσα στα ηλεκτρόδια, η οποία προκαλεί την κίνηση των ηλεκτρονίων μέσω του φορτίου από την άνοδο προς την κάθοδο, όπου αντιδρούν με τα μόρια του οξυγόνου προς σχηματισμό ιόντων οξυγόνου. Το κύκλωμα κλείνει με τη ροή ιόντων μέσω του ηλεκτρολύτη. Το τελικό αποτέλεσμα όλης αυτής της διαδικασίας είναι η αντίδραση του καυσίμου και του οξειδωτικού μέσου προς σχηματισμό κυρίως νερού, όπου χρησιμοποιείται H_2 σαν καύσιμο, και σε ορισμένους τύπους ενεργειακών κυψελών και διοξειδίου του άνθρακα, όπου χρησιμοποιείται CH_4 σαν καύσιμο [5,12,22].

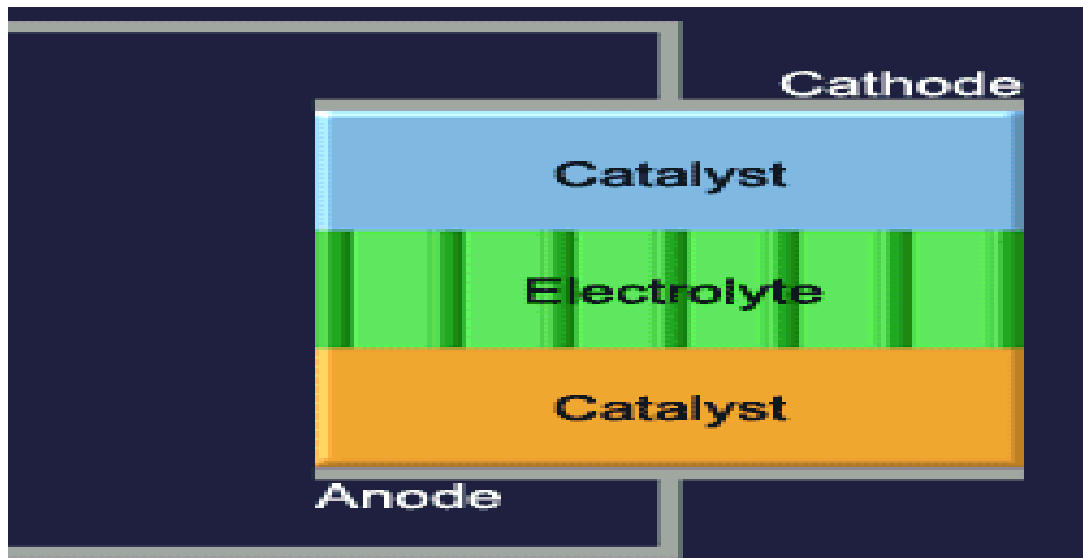
4.3.3.1. Κυψέλη καυσίμου υδρογόνου

Κελιά ή κυψέλες καύσιμου είναι ηλεκτροχημικές διατάξεις που μετατρέπουν τη χημική ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική και εν μέρει σε θερμότητα. Μια παραστατική εικόνα ενός κελιού καυσίμου που λειτουργεί με H_2 σαν καύσιμο και αέρα σαν οξειδωτικό φαίνεται στο σχήμα 4.2 [12].



Σχήμα 4.2: Τυπική αναπαράσταση ενός κελιού καυσίμου [12].

Οι κυψέλες καυσίμου έχουν μια απλή δομή. Περιέχει τρία στρώματα, το ένα δίπλα στο άλλο σχήμα 4.3. Το πρώτο στρώμα είναι η άνοδος, το δεύτερο ο ηλεκτρολύτης και το τρίτο η κάθοδος. Η άνοδος και η κάθοδος παίζουν το ρόλο του καταλύτη. Το μεσαίο στρώμα αποτελείται από ένα φορέα που απορροφάει τον ηλεκτρολύτη. Σαν ηλεκτρολύτες χρησιμοποιούνται διάφορες ουσίες, όπως υγροί ηλεκτρολύτες ή στερεοί με μεμβρανώδη δομή.



Σχήμα 4.3: Απλοποιημένη δομή μιας κυψέλης καυσίμου [23].

Η κυψέλη καυσίμου υδρογόνου είναι μια γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος, η οποία με χημικό τρόπο παράγει ηλεκτρισμό από υδρογόνο και οξυγόνο. Συνδυάζει τα αέρια του υδρογόνου και του οξυγόνου για να παράγει ζεστό νερό και ηλεκτρισμό. Τα πλεονεκτήματα μίας κυψέλης καυσίμου είναι αρκετά. Παράγει απευθείας ρεύμα σαν μια μπαταρία, αλλά σε σύγκριση με μια μπαταρία, ποτέ δεν αδειάζει και συνεχίζει να παράγει ενέργεια όσο διάστημα η κυψέλη τροφοδοτείται με υδρογόνο.

Συνολικά υπάρχουν επτά είδη ενεργειακών κυψελών, για τα οποία αυτή τη στιγμή διεξάγεται έρευνα και εξέλιξη:

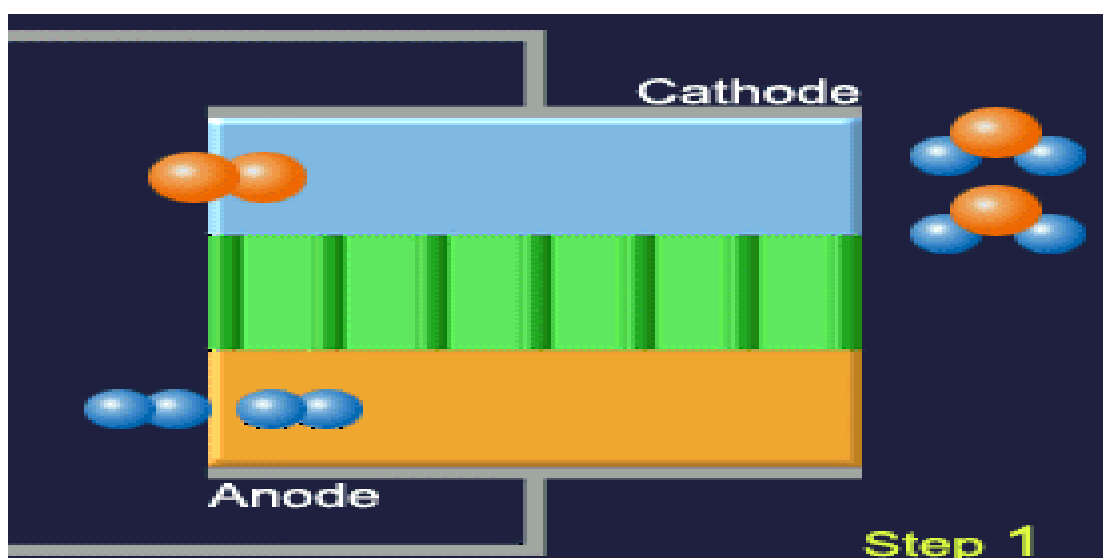
1. Κελιά καυσίμου φωσφορικού οξέος (PAFC- Phosphoric Acid Fuel Cells)
2. Κελιά καυσίμου τηγμένων ανθρακικών αλάτων (MCFC- Molten Carbonate Fuel Cells)
3. Κελιά η καυσίμου στερεού οξειδίου (SOFC- Solid Oxide Fuel Cells)
4. Αλκαλικά κελιά καυσίμου (AFC- Alkaline Fuel Cells)
5. Κελιά καυσίμου στερεού πολυμερούς (SPFC- Solid Polymer Fuel Cells) ή μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων (PEMFC- Proton Exchange Membrane Fuel Cells)
6. Κελιά καυσίμου τηγμένης ανόδου στερεού ηλεκτρολύτη (FMA/ SOFC- Fused Metal Anode Solid Oxide Fuel Cell)
7. Κελιά καυσίμου άμεσης στάθμης μεθανόλης (DMFC- Direct Methanol Fuel Cells)

Από αυτά τα είδη το πιο κατάλληλο για εφαρμογή στα αυτοκίνητα φαίνεται πως είναι το πέμπτο δηλαδή οι ενεργειακές κυψέλες στερεού πολυμερούς που ονομάζονται και κυψέλες μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων. Στις ενεργειακές κυψέλες μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων η χημική συγγένεια του υδρογόνου να αντιδρά με το οξυγόνο δημιουργεί μία τάση ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια. Στην άνοδο το καύσιμο υδρογόνο ιονίζεται. Η τάση οδηγεί τα ηλεκτρόνια που ελευθερώνονται από την άνοδο στην κάθοδο μέσω του ηλεκτροκινητήρα του αυτοκινήτου, ο οποίος λειτουργεί σαν εξωτερικό κύκλωμα. Στην κάθοδο τα ηλεκτρόνια αυτά αντιδρούν με το οξυγόνο σχηματίζοντας ιόντα οξυγόνου. Το κύκλωμα κλείνει με τη ροή των θετικών ιόντων υδρογόνου από της άνοδο προς την κάθοδο μέσω του ηλεκτρολύτη. Εκεί τα ιόντα υδρογόνου αντιδρούν με τα ιόντα οξυγόνου σχηματίζοντας νερό. Η πλατίνα στα ηλεκτρόδια λειτουργεί σαν καταλύτης που επιταχύνει τις αντιδράσεις.

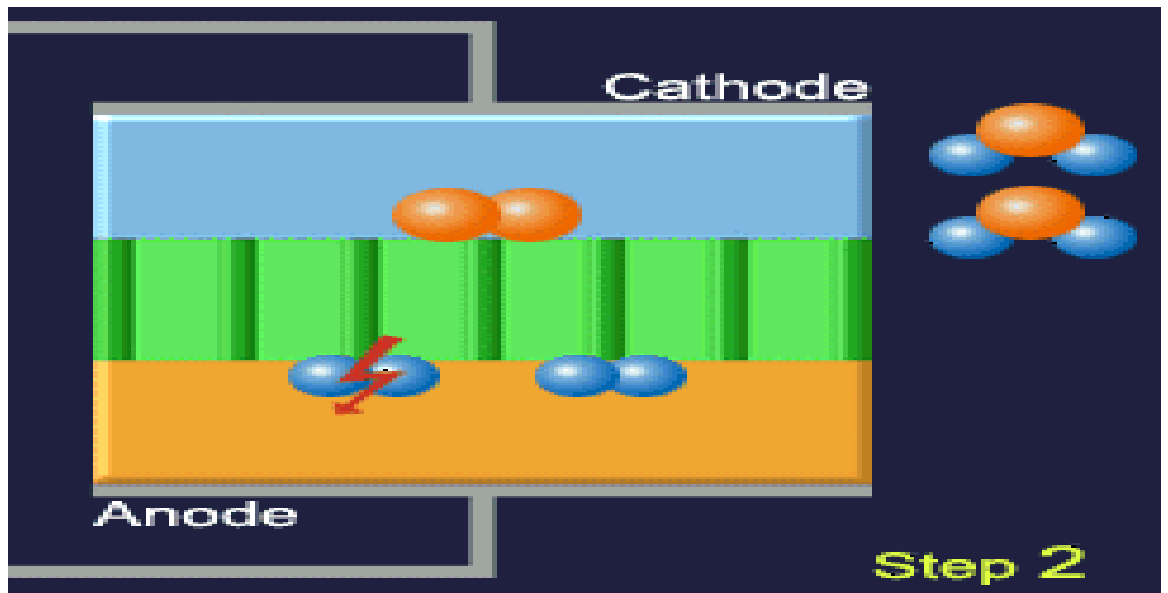
Η λειτουργία της PEMFC κυψέλης καυσίμου βασίζεται στην ηλεκτρόλυση. Δουλεύει όμως με αντίστροφο τρόπο όπως αναφέρεται αναλυτικά πιο κάτω (σχήμα 4.4 έως 4.10) :

1. Στην θετικά φορτισμένη άνοδο, τα μόρια του υδρογόνου παραδίδουν τα ηλεκτρόνια και παράγουν ιόντα υδρογόνου. Αυτή η διαδικασία γίνεται μέσω καταλύτη.

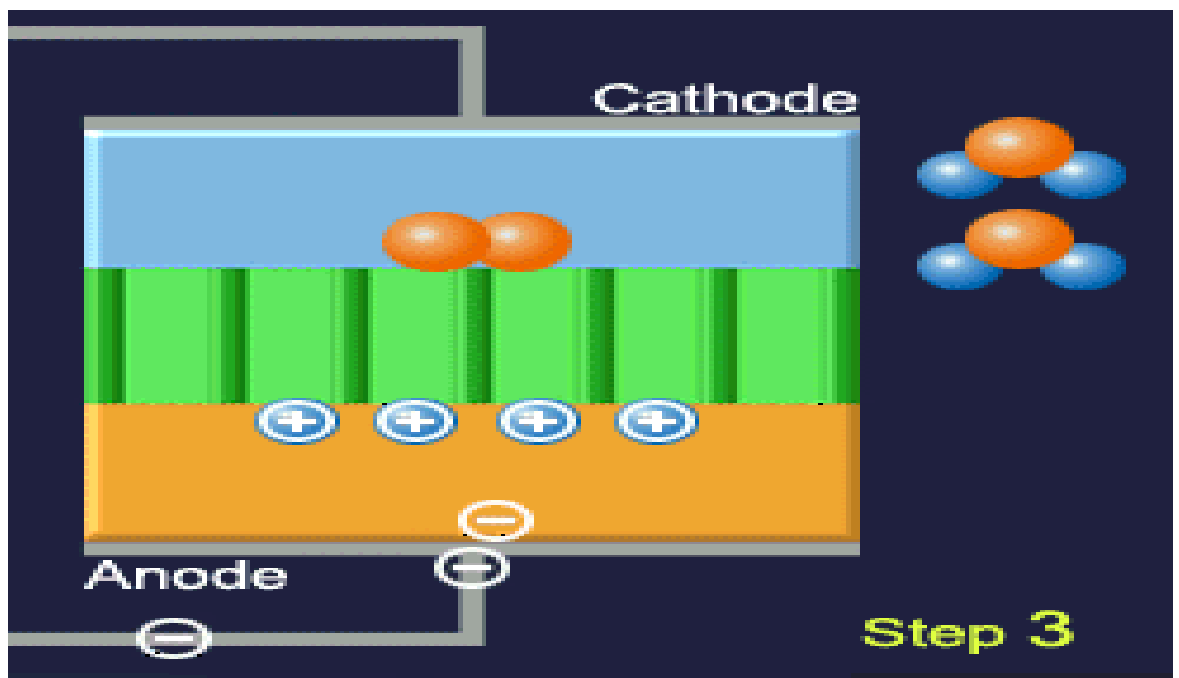
2. Στη συνέχεια τα ηλεκτρόνια ταξιδεύουν στην κάθοδο αναζητώντας τα κατιόντα του υδρογόνου μέσω ενός εξωτερικού κυκλώματος, παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτό το ρεύμα μπορεί να δώσει ενέργεια σε οποιαδήποτε ηλεκτρική συσκευή (όπως π.χ. ηλεκτρικά μοτέρ, φώτα, ανεμιστήρες, κομπιούτερ, κλπ.).
3. Η μεμβράνη ανταλλαγής πρωτονίων επιτρέπει στα πρωτόνια να τη διαπεράσουν αλλά εμποδίζει τα ηλεκτρόνια να περάσουν. Έτσι τα ηλεκτρόνια κινούνται μόνο μέσω ενός εξωτερικού κυκλώματος, ενώ τα ιόντα υδρογόνου περνούν απευθείας μέσα από την μεμβράνη ανταλλαγής πρωτονίου στην κάθοδο, όπου ενώνονται με τα μόρια του οξυγόνου και τα ηλεκτρόνια, παράγοντας νερό.
4. Με αυτόν τον τρόπο, το καύσιμο υδρογόνο οξειδώνεται παράγοντας νερό και χρησιμοποιείται για να παράγει ηλεκτρισμό και χρήσιμο έργο.
5. Δεν παράγει ρύπους και τα μόνα προϊόντα που παράγει είναι νερό και θέρμανση.
6. Οι εξισώσεις είναι ως εξής :
 Άνοδος : $2 \text{H}_2 \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$
 Κάθοδος : $4\text{e}^- + 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
 Σύνολο : $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$



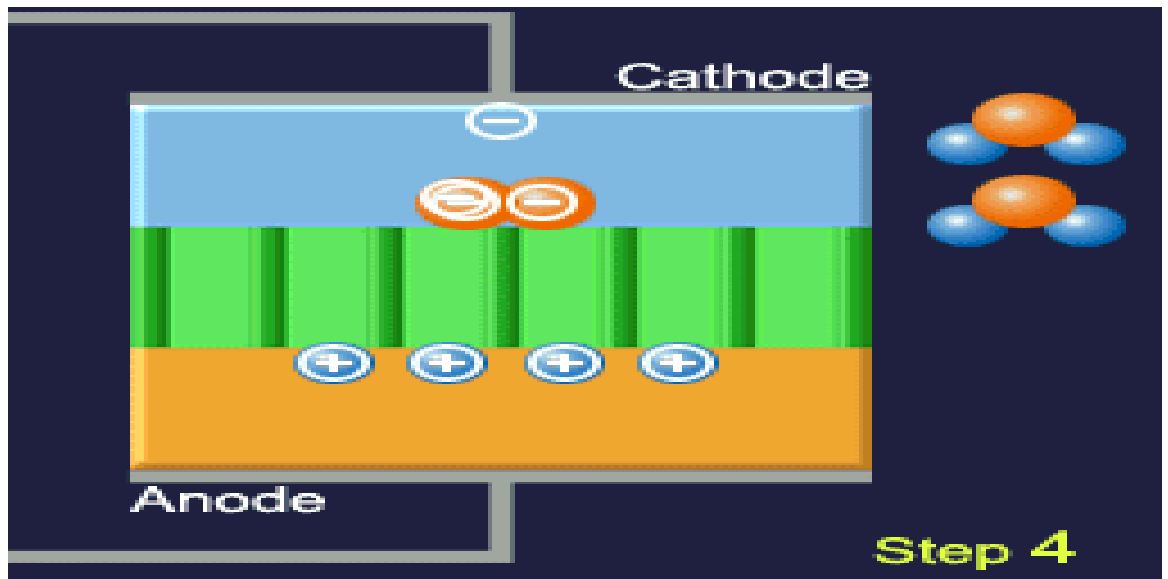
Σχήμα 4.4: 1η φάση: Αρχίζει και ρέει αέριο οξυγόνο (O_2) --πορτοκαλί χρώμα-- και αέριο υδρογόνο (H_2) --μπλε χρώμα-- στα δύο ξεχωριστά τμήματα. Έτσι έχουμε 2 άτομα οξυγόνου πάνω και 4 άτομα υδρογόνου [23].



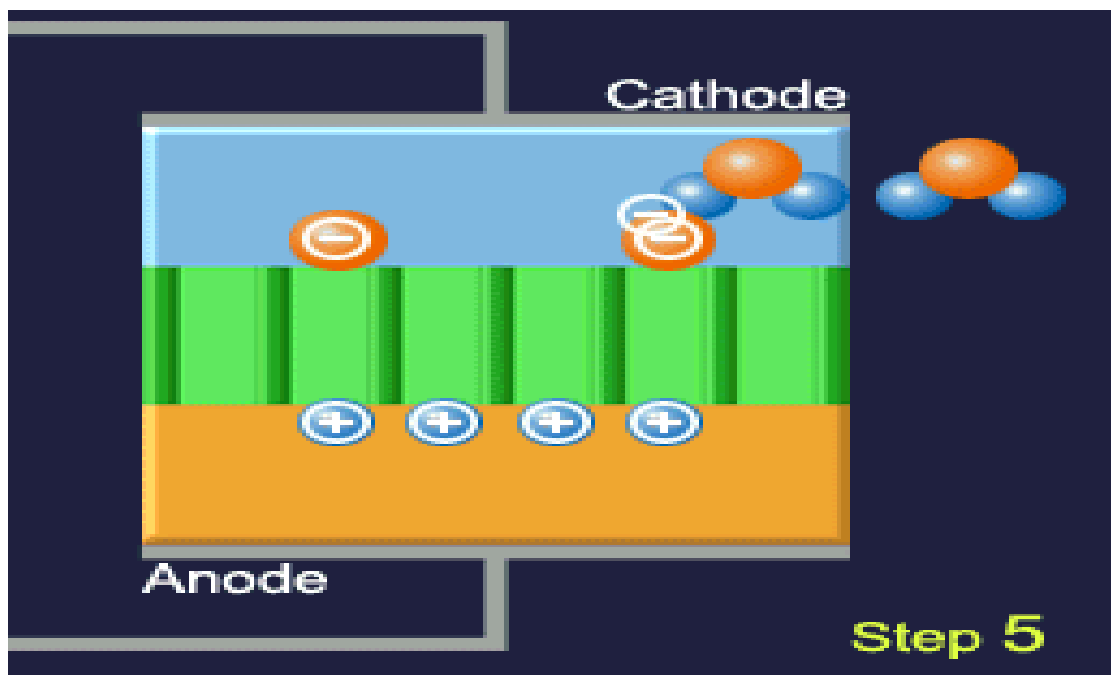
Σχήμα 4.5: 2η φάση: Όταν έρθουν σε επαφή τα δύο μόρια H_2 με τον καταλύτη ιονίζονται προς τέσσερα πρωτόνια και τέσσερα ηλεκτρόνια. Την ίδια στιγμή τα 4 ελεύθερα ηλεκτρόνια φεύγουν προς το εξωτερικό κύκλωμα, μέσω του οποίου έρχονται προς την κάθοδο [23].



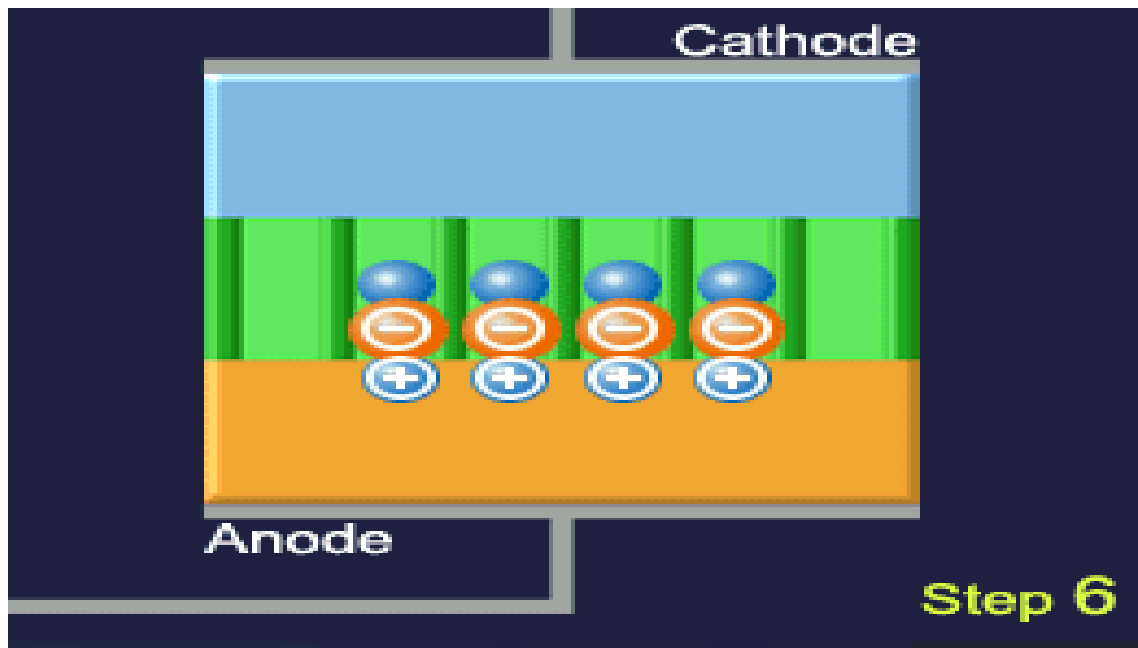
Σχήμα 4.6: 3η φάση: Τα 4 ηλεκτρόνια κινούνται από την άνοδο προς την κάθοδο και δημιουργούν έτσι ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Το κάτω μέρος έχει έλλειμμα ηλεκτρονίων (θετικός πόλος) ενώ το πάνω μέρος έχει περίσσεια ηλεκτρονίων (αρνητικός πόλος). Αυτό το ηλεκτρικό κύκλωμα μπορεί να τροφοδοτήσει μια ηλεκτρική συσκευή [23].



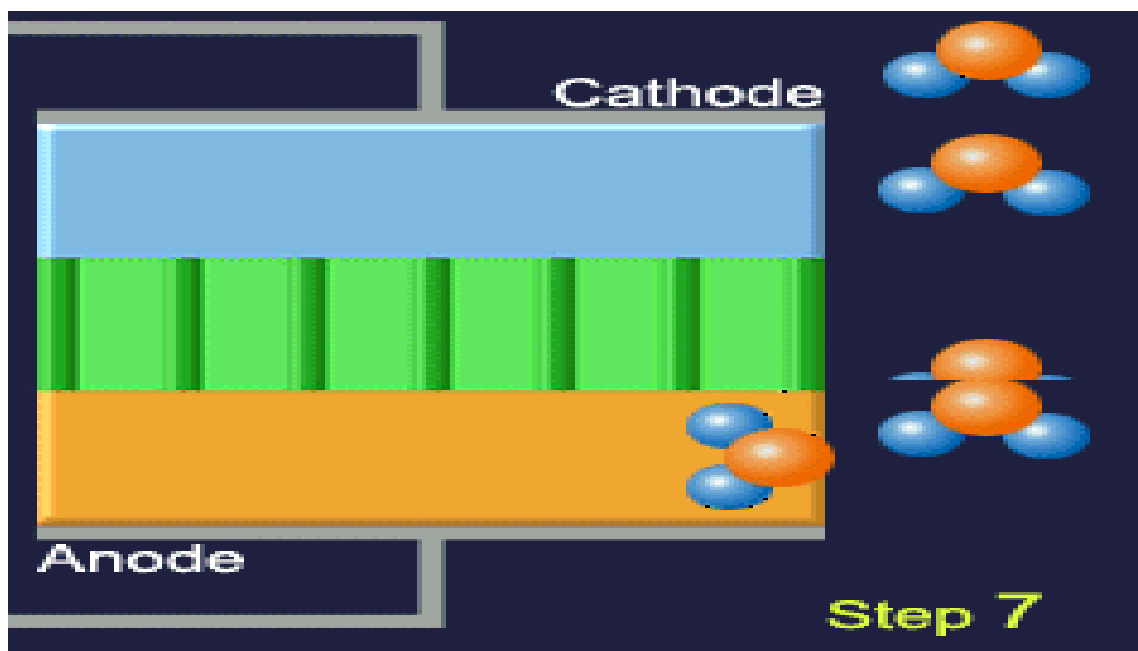
Σχήμα 4.7: 4η φάση: Εν συνεχεία τα τέσσερα ηλεκτρόνια, που βρίσκονται στην κάθοδο, ενώνονται με τα δύο άτομα οξυγόνου και τα φορτίζουν αρνητικά [23].



Σχήμα 4.8: 5η φάση: Τα δύο μόρια του νερού, που βρίσκονται ήδη στην κάθοδο (στο δεξί μέρος) ενώνονται με τα δύο ιόντα οξυγόνου (πορτοκαλί σφαίρα) σχηματίζοντας 4 ιόντα υδροξυλίου OH^- [23].



Σχήμα 4.9: 6η φάση: Αυτά τα 4 ιόντα του OH^- κινούνται μέσω του ηλεκτρολύτη (διάλυμα υδροξειδίου του καλίου) προς την άνοδο [23].



Σχήμα 4.10: 7η φάση: Τα υδροξυλιόντα αντιδρούν στην άνοδο με τα προϋπάρχοντα πρωτόνια προς δημιουργία νερού. Αυτό το νερό μερικώς οδηγείται στην εξάτμιση και μερικώς οδηγείται πίσω στην κάθοδο για να συμμετάσχει ξανά στην αντίδραση που ακολουθεί [23].

Οι PEMFC κυψέλες καυσίμου είναι οι πιο κατάλληλες για μικρής κλίμακας γεννήτριες όπως για οχήματα. Η μεμβράνη ανταλλαγής πρωτονίου που χρησιμοποιείται σε μια κυψέλη καυσίμου PEMFC είναι ένα λεπτό στρώμα υλικού, το οποίο επιτρέπει στα πρωτόνια (ιόντα υδρογόνου) να την διαπεράσουν αλλά κρατάει τα ηλεκτρόνια και ολόκληρα άτομα στη μία πλευρά. Συνήθως λειτουργούν με καθαρό αέριο υδρογόνο, το οποίο μπορεί να παραχθεί από ηλιακή ενέργεια, όπως και από άλλες ανανεώσιμες πηγές

ενέργειας (ανεμογεννήτριες). Οι κυψέλες καυσίμου που λειτουργούν με υδρογόνο δεν μολύνουν το περιβάλλον, το μόνο παραπροϊόν είναι το καθαρό και ζεστό νερό. Οι κυψέλες καυσίμου έχουν βαθμό απόδοσης περίπου 80%, ενώ στις μηχανές εσωτερικής καύσης ο βαθμός απόδοσης είναι μόνο 12%-15% , και αφού δεν υπάρχουν μετακινούμενα μέρη, οι κυψέλες καυσίμου μπορούν να είναι πολύ αξιόπιστες και δεν κάνουν σχεδόν καθόλου θόρυβο.

Οι κυψέλες καυσίμου μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων έχουν το πλεονέκτημα της μεγάλης διάρκειας ζωής σε συνδυασμό με μικρές απαιτήσεις συντήρησης. Ο ηλεκτρολύτης που μεταφέρει τα ιόντα είναι μία πολύ λεπτή μεμβράνη από πολυμερές υλικό. Τα ηλεκτρόδια είναι λεπτά φύλλα από πορώδες αγώγιμο υλικό καλυμμένα από ένα καταλυτικό στρώμα πλατίνας, το οποίο επιταχύνει την ταχύτητα των χημικών αντιδράσεων. Η όλη διάταξη δεν ξεπερνά σε πάχος το ένα χιλιοστό. Η θερμοκρασία λειτουργίας αυτών των κυψελών είναι 60 με 80 βαθμοί Κελσίου και σαν καύσιμο χρησιμοποιούν υδρογόνο που αντιδρά με οξυγόνο. Τα τεχνολογικά προβλήματα που υπάρχουν είναι η ευαισθησία των πλατινένιων ηλεκτροδίων στο μονοξειδίο του άνθρακα (δηλητηριάζονται εύκολα). Γι' αυτό απαιτούνται ειδικά κράματα της πλατίνας για την κατασκευή των ηλεκτροδίων. Από οικονομική άποψη υπάρχει το πρόβλημα του υψηλού κόστους του πολυμερούς υλικού του ηλεκτρολύτη και των πλατινένιων ηλεκτροδίων. Για να κινηθεί ένα αυτοκίνητο απαιτείται μία ολόκληρη συστοιχία τέτοιων κυψελών βάρους περίπου 125 κιλών και όγκου λίγο μεγαλύτερου από το ρεζερβουάρ ενός σύγχρονου αυτοκινήτου. Μολονότι το καύσιμο αυτών των κυψελών είναι το υδρογόνο, το αυτοκίνητο μπορεί να μην εφοδιάζεται με καθαρό υδρογόνο, αλλά με κάποιον «φορέα υδρογόνου» που να μετατρέπεται σε υδρογόνο κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του αυτοκινήτου.

Στην περίπτωση όμως που πάνω στο αυτοκίνητο αποθηκεύεται καθαρό υδρογόνο, αυτό γίνεται με διάφορους τρόπους όπως με τη μορφή συμπιεσμένου αερίου, σε υγρή μορφή ή σαν υδρίδιο κάποιου μετάλλου. Εναλλακτικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μεθανόλη σαν φορέας υδρογόνου. Σε αυτή την περίπτωση ένα αέριο μίγμα υδρογόνου και διοξειδίου του άνθρακα παράγεται πάνω στο αυτοκίνητο από την αντίδραση της μεθανόλης με ατμό και τη βοήθεια ενός καταλυτικού υλικού. Από το αέριο αυτό μίγμα η κυψέλη καυσίμου παίρνει το καύσιμο υδρογόνο που χρειάζεται. Μολονότι η χρήση ενός φορέα υδρογόνου (όπως π.χ. μεθανόλης) απαιτεί πιο προηγμένη τεχνολογία, ένα τέτοιο καύσιμο μεταφέρεται και αποθηκεύεται πιο εύκολα και με μεγαλύτερη ασφάλεια από ότι το καθαρό υδρογόνο.

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του καθαρού υδρογόνου και των φορέων υδρογόνου όπως π.χ. της μεθανόλης θα αποτελέσουν αντικείμενο συζήτησης και εκτεταμένης έρευνας στο μέλλον, όταν θα διαδίδεται σιγά-σιγά η χρήση των αυτοκινήτων με κελιά καυσίμου εις βάρος αυτών με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Και τα δύο είδη καυσίμου μπορούν να παραχθούν από μία μεγάλη ποικιλία πρώτων υλών, όπως το φυσικό αέριο, τα αστικά απόβλητα, τη βιομάζα και το κάρβουνο.

Οι κυψέλες καυσίμου του τύπου φωσφορικού οξέως PAFC, είναι από τις πιο προηγμένες τεχνολογικά και εμπορικά. Μπορούν να λειτουργούν σε υψηλή θερμοκρασία και ταιριάζουν έτσι με τις συνθήκες που επικρατούν συνήθως. Το φωσφορικό οξύ είναι σε υψηλή συγκέντρωση και ενώνεται με ένα ζελ που παίζει το ρόλο του καταλύτη. Το PAFC χρησιμοποιεί επίσης ατμοσφαιρικό οξυγόνο σαν οξειδωτικό μέσο και υδρογόνο σαν αέριο καύσιμο. Υπάρχει όμως ένα μειονέκτημα. Το φωσφορικό οξύ χαλάει όταν η θερμοκρασία βρίσκεται κάτω από τους 42°. Τότε δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ενεργειακή κυψέλη.

Όταν το αέριο υδρογόνο καίγεται, αν και δεν παράγει μονοξειδίο ή διοξειδίο του άνθρακα όπως τα ανθρακούχα καύσιμα, οι υψηλές θερμοκρασίες που εκλύονται κατά τη διαδικασία παράγουν οξείδια του αζώτου, τα οποία πολλές φορές οξειδώνονται σε νιτρικό και νιτρώδες οξύ. Επίσης καίγοντας οξυγόνο σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης παράγεται μεγάλη ποσότητα θερμότητας, η οποία είναι λιγότερο επαρκής για την παραγωγή

ηλεκτρισμού σε σύγκριση με τις κυψέλες καυσίμων. Έτσι λοιπόν καίγοντας υδρογόνο σε ένα κινητήρα εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρισμού ο βαθμός απόδοσης είναι μόνο 10% , ενώ σε μια «γεννήτρια ρεύματος κυψέλης καυσίμου» ο βαθμός απόδοσης μπορεί να είναι περισσότερο από 80%. Αυτό σημαίνει ότι παράγεται περισσότερη ενέργεια για την ίδια ποσότητα υδρογόνου, ενώ ταυτόχρονα δεν υπάρχει θόρυβος από τη διαδικασία. Επίσης οι γεννήτριες κυψελών καυσίμου έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με τις μηχανές εσωτερικής καύσης (οι οποίες χρειάζονται συντήρηση, ανταλλακτικά, βενζίνη ή πετρέλαιο , κλπ).

Μερικοί υποστηρίζουν, ότι οι κυψέλες καυσίμου υδρογόνου δεν είναι ασφαλείς λόγω της αναφλεξιμότητας του υδρογόνου. Όμως στην πραγματικότητα, το υδρογόνο μπορεί να είναι πιο ασφαλές από τη βενζίνη. Το υδρογόνο είναι πολύ ελαφρύ αέριο και έτσι σε περίπτωση διαρροής, τείνει να κατευθύνεται προς τα επάνω πολύ γρήγορα και να διασκορπίζεται σε υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας όπου είναι ακίνδυνο. Το υδρογόνο είναι επίσης μη τοξικό αέριο. Η βενζίνη αντίθετα βρίσκεται σε υγρή φυσική κατάσταση και αναφλέγεται στο ύψος του εδάφους. Η βενζίνη είναι επίσης δηλητηριώδης και γι αυτό και απαιτείται ορθολογική χρήση για την αποφυγή της ρύπανσης του νερού και του εδάφους. Έτσι το υδρογόνο αν και δεν είναι απολύτως ακίνδυνο (όπως ισχύει για κάθε εύφλεκτο υλικό), είναι ένα συγκριτικά ασφαλές καύσιμο.

Τα πλεονεκτήματα των κυψελών καυσίμων σε συνδυασμό με την ηλιακή ενέργεια έναντι των συμβατικών καυσίμων είναι τόσο η απεριόριστη διαθεσιμότητα τους όσο και η φιλικότητα τους προς το περιβάλλον λόγω της μη παραγωγής ρύπων. Το υδρογόνο παράγεται από το νερό και οξειδώνεται πάλι σε νερό. Δεν υπάρχουν παραπροϊόντα, τοξικά και μη, που να παράγονται από τη διαδικασία. Έτσι δεν υπάρχει ρύπανση του περιβάλλοντος. Τα συστήματα υδρογόνου έχουν ένα αξιόπιστο ιστορικό ασφαλείας. Σε πολλές περιπτώσεις το υδρογόνο είναι ασφαλέστερο από οποιοδήποτε συμβατικό φυσικό καύσιμο.

Η βενζίνη και άλλα φυσικά καύσιμα ενώ αποτελούν μια μεγάλη πηγή ενέργειας είναι διαθέσιμα σε περιορισμένη ποσότητα και στο βαθμό που χρησιμοποιούνται στη σημερινή εποχή υπολογίζεται ότι θα εξαντληθούν μέχρι το τέλος του επόμενου αιώνα ή ίσως και νωρίτερα. Επίσης όπως είναι γνωστό η χρήση των συμβατικών καυσίμων έχει οδηγήσει όχι μόνο στη σημερινή ρύπανση της ατμόσφαιρας αλλά και στη μερική ρύπανση του εδάφους και του νερού (διαρροές πετρελαίου στη ξηρά και θάλασσα κ.α.). Έτσι λοιπόν με τη παραγωγή ηλεκτρισμού από ηλιακή ενέργεια ή άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως ο άνεμος (ανεμογεννήτριες) και με την επακόλουθη αποθήκευση της σε δεξαμενές υδρογόνου και χρήση της σε «γεννήτριες υδρογόνου» μπορεί να μειωθεί σημαντικά η απελευθέρωση ρύπων στην ατμόσφαιρα όπως και η εξάρτηση της ανθρωπότητας από την περιορισμένη προμήθεια πετρελαίου από τη γη.

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια καθαρή, σχεδόν απεριόριστη πηγή ηλεκτρισμού αλλά με το μειονέκτημα της απουσίας του κατά τη διάρκεια της νύχτας. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος κατά το παρελθόν έχουν χρησιμοποιηθεί συστήματα μεγάλων συστοιχιών μπαταριών. Δυστυχώς όμως οι μπαταρίες έχουν περιορισμένη επάρκεια αποθήκευσης, είναι πολύ βαριές, μπορεί να περιέχουν τοξικές χημικές ενώσεις και πρέπει να αντικαθίστανται σε μικρό χρονικό διάστημα. Στη θέση λοιπόν των μπαταριών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο συνδυασμός ενός συστήματος ηλεκτρόλυσης (γεννήτριες υδρογόνου) και γεννητριών ρεύματος (κυψελών καυσίμου). Έτσι λοιπόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας ηλεκτρολύτης που χρησιμοποιεί τον ηλεκτρισμό (από ηλιακά κύτταρα) για να διασπά το νερό σε άτομα υδρογόνου και οξυγόνου και στην συνέχεια τα άτομα του υδρογόνου μπορούν να αποθηκευτούν σε δεξαμενές (π.χ. δοχεία υδριδίου του μετάλλου) ώστε το υδρογόνο να μπορεί αργότερα (όταν έχει συννεφιά ή έχει δύσει ο ήλιος) να χρησιμοποιηθεί για να παράγει καθαρή και ήσυχη ηλεκτρική ενέργεια.

Οι κυψέλες καυσίμου είναι πολύ αξιόπιστες. Δεν έχουν μετακινούμενα μέρη και έτσι δεν φθείρονται. Πρέπει εδώ να αναφερθεί, ότι οι κυψέλες καυσίμου χρησιμοποιούνται ήδη στα διαστημικά προγράμματα. Ειδικότερα οι κυψέλες καυσίμου PEM είναι μια νέα υψηλή τεχνολογία που θεωρείται ο πιο κατάλληλος τύπος για χρήση σε οχήματα και για οικιακή ή βιομηχανική χρήση. Υπολογίζεται ότι έχουν χρόνο ζωής τουλάχιστον 20 χρόνια χωρίς να χρειάζονται αντικατάσταση.

Οι κυψέλες καυσίμου μετατρέπουν την χημική ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρισμό με την μεγαλύτερη απόδοση από οποιαδήποτε άλλο σύστημα ρεύματος. Ήσυχη λειτουργία. Σε κανονική λειτουργία μια κυψέλη καυσίμου είναι σχεδόν αθόρυβη. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση. Αν και οι κυψέλες καυσίμου δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα ώστε να μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια η διάρκεια ζωής τους, θεωρείται ότι έχουν συγκριτικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τις μηχανές εσωτερικής καύσης που αντικαθιστούν. Οι κυψέλες καυσίμου μπορεί να παράγονται σε οποιοδήποτε μέγεθος. Μικρές για να χωράνε σε μια βαλίτσα ή μεγάλες για να παράγουν ενέργεια για ένα σπίτι, ένα νοσοκομείο, ένα σχολείο, ένα εργοστάσιο, μια τράπεζα, ένα χωριό ή μια πόλη, μια στρατιωτική μονάδα όπως και σε χιλιάδες άλλες εφαρμογές.

Σήμερα το υδρογόνο παράγεται κυρίως από φυσικό αέριο με την επίδραση υδρατμών, αλλά η πιο φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος είναι η παραγωγή του από την ηλεκτρόλυση του νερού. Ιδιαίτερη δε σημασία έχει το γεγονός ότι, εκτός από τη δυνατότητα καύσης του σε ηλεκτρογεννήτριες, το υδρογόνο μπορεί να "τροφοδοτήσει" τις κυψέλες καυσίμου, μια από τις σημαντικότερες ενεργειακές πηγές του μέλλοντος. Η πρώτη κυψέλη καυσίμων φτιάχτηκε το 1839 από τον Sir William Grove, έναν Ουαλλέζο δικαστή και πειραματικό επιστήμονα. Όμως σοβαρό ενδιαφέρον για τη κυψέλη καυσίμων ως πρακτική γεννήτρια δεν άρχισε παρά μόνο τη δεκαετία του '60, όταν επέλεξε το διαστημικό πρόγραμμα των ΗΠΑ τις κυψέλες καυσίμων κι όχι την επικίνδυνη πυρηνική ενέργεια και την ακριβότερη ηλιακή ενέργεια. Οι κυψέλες καυσίμων εφοδίασαν ενέργεια το διαστημικό σκάφος Gemini και Apollo, και παρέχουν ακόμα ηλεκτρική ενέργεια και νερό για το Διαστημικό Λεωφορείο [12,22,23,25].

4.3.3.2. Προστασία περιβάλλοντος και ασφάλεια ενεργειακών κυψελών καυσίμου

Τα αυτοκίνητα με κυψέλες καυσίμου θα συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση των αέριων ρύπων. Αν το καύσιμο είναι καθαρό υδρογόνο, τότε το μόνο παράγωγο της λειτουργίας της ενεργειακής κυψέλης είναι καθαρό νερό. Αν πάλι χρησιμοποιηθεί κάποιος φορέας υδρογόνου όπως η μεθανόλη, τότε παράγονται και μικρές ποσότητες μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα κατά τη διάρκεια της μετατροπής του καυσίμου σε υδρογόνο. Επίσης εκπέμπονται ελάχιστοι ρύποι ανάλογοι του καυσίμου λόγω εξάτμισης του καυσίμου από το ρεζερβουάρ του.

Οι ρύποι αυτοί είναι πάρα πολύ λιγότεροι από τους ρύπους των συμβατικών αυτοκινήτων. Επίσης ελάχιστοι είναι και οι ρύποι που δημιουργούνται κατά τη διαδικασία παραγωγής του καυσίμου των ενεργειακών κυψελών. Αυτό το τελευταίο χαρακτηριστικό δίνει το προβάδισμα στις ενεργειακές κυψέλες ακόμα και έναντι των μπαταριών που κινούν τα 100% ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Και αυτό γιατί το ρεύμα που απαιτείται για τη φόρτιση των μπαταριών παράγεται όπως όλοι γνωρίζουμε με μεθόδους παραγωγής, οι οποίες μέχρι στιγμής βασίζονται στη καύση ορυκτών και υγρών ανθρακούχων καυσίμων με πολλές αέριες εκπομπές.

Υπολογίζεται, ότι αν γενικευτεί η χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, την ίδια (ή και μεγαλύτερη για τα οξείδια του αζώτου και του θείου) ρύπανση που προκαλούν σήμερα οι βενζινοκινητήρες θα την προκαλούσαν τα εργοστάσια παραγωγής ρεύματος,

λειτουργώντας πιο εντατικά για να καλύψουν την αυξημένη ζήτηση. Ακόμα κι αν χρησιμοποιηθεί πυρηνική ενέργεια, υπάρχει πάντα το πρόβλημα των πυρηνικών αποβλήτων. Φαίνεται λοιπόν, πως οι ενεργειακές κυψέλες είναι η πλέον ολοκληρωμένη οικολογική πρόταση για την κίνηση των αυτοκινήτων στο μέλλον, προσφέροντας ταυτόχρονα αυτονομία εφάμιλλη με των σημερινών κινητήρων εσωτερικής καύσης. Το ίδιο μειωμένη θα είναι και η επιβάρυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου με τη χρήση των ενεργειακών κυψελών.

Οι υπολογισμοί έδειξαν πως η άμεση επιβάρυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου από τις ενεργειακές κυψέλες θα είναι μικρότερη ακόμα και από την έμμεση -λόγω αυξημένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας- επιβάρυνση από τη χρήση μπαταριών στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Και ακόμα και αυτή η μικρή επιβάρυνση θα μπορούσε πρακτικά να μηδενιστεί με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή του καυσίμου των ενεργειακών κυψελών. Όσον αφορά το πρόβλημα της ασφάλειας του υδρογόνου από τη χρήση του σαν καύσιμο συνεπάγεται διαφορετικούς κινδύνους από αυτούς των συμβατικών καυσίμων, όχι όμως και πιο επικίνδυνους. Όλα τα καύσιμα είναι ασφαλή αν μεταφέρονται, αποθηκεύονται και χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τις προδιαγραφές ασφαλείας που ισχύουν σε κάθε περίπτωση. Αν δεν τηρηθούν οι προδιαγραφές, τότε όλα τα καύσιμα είναι επικίνδυνα.

Το κόστος των πρωτότυπων κυψελών καυσίμου είναι υψηλό και δεν μπορεί να γίνει ακόμα ασφαλής πρόβλεψη για το πόσο θα μειωθεί όταν αρχίσει η μαζική παραγωγή αυτοκινήτων με ενεργειακές κυψέλες. Παρόλα αυτά κάποιες εκτιμήσεις που γίνονται μιλούν για κόστος συγκρίσιμο με το κόστος των σημερινών αυτοκινήτων. Πρώτα απ' όλα η τιμή πώλησης των αυτοκινήτων με ενεργειακές κυψέλες θα καθοριστεί από τις οικονομίες κλίμακας που γίνονται στη μαζική παραγωγή. Το κόστος ενός μαζικά παραγόμενου προϊόντος μπορεί να εκτιμηθεί από το κόστος των πρώτων υλών και το κόστος της τεχνολογίας παραγωγής.

Πρόσφατες τεχνικές βελτιώσεις έχουν μειώσει κατά 40 περίπου φορές την ποσότητα πλατίνας που απαιτείται για την κατασκευή κυψελών καυσίμου. Από την άλλη πλευρά δεν υπάρχει ανάγκη χρήσης τριοδικού καταλύτη (που επίσης περιέχει πλατίνα) για τον καθαρισμό των καυσαερίων στα αυτοκίνητα με ενεργειακές κυψέλες και έτσι σε μεγάλο βαθμό εξισορροπείται η ποσότητα της πλατίνας που χρειάζεται, σε σχέση με τα σύγχρονα αυτοκίνητα. Υπολογίζεται πως τελικά το πρόσθετο κόστος ανά αυτοκίνητο δε θα ξεπερνά τα 200 δολάρια ΗΠΑ.

Ένα άλλο ακριβό κατασκευαστικό υλικό των κυψελών καυσίμου είναι η μεμβράνη πολυμερούς υλικού του ηλεκτρολύτη. Σήμερα το κόστος ανά αυτοκίνητο είναι αρκετές χιλιάδες δολάρια. Όμως υπολογίζεται ότι το κόστος αυτό θα μειωθεί σημαντικά αν αρχίσει η μαζική παραγωγή. Παράλληλα γίνονται συνεχώς νέες έρευνες για φτηνότερες εναλλακτικές λύσεις. Τα υπόλοιπα υλικά, από τα οποία κατασκευάζονται οι ενεργειακές κυψέλες, είναι κοινά με αυτά των συμβατικών και το κόστος τους σε μαζική παραγωγή είναι χαμηλό και μπορεί άμεσα να προβλεφθεί. Όλοι αυτοί οι υπολογισμοί δικαιολογούν την εκτίμηση, ότι τα αυτοκίνητα με κυψέλες καυσίμου θα έχουν τελικά κόστος της ίδιας τάξης μεγέθους με αυτό των σημερινών αυτοκινήτων που σε απόλυτες τιμές θα είναι βέβαια λίγο υψηλότερο αλλά όχι απαγορευτικό.

Από την άλλη πλευρά, το κόστος λειτουργίας των κυψελών καυσίμου θα είναι χαμηλότερο σε σύγκριση με το κόστος των κινητήρων εσωτερικής καύσης χάρη στη μικρότερη κατανάλωση καυσίμου και τις μικρότερες απαιτήσεις συντήρησης. Αν λοιπόν το αρχικό κόστος απόκτησης είναι συγκρίσιμο και το κόστος λειτουργίας μικρότερο, τότε το συνολικό κόστος χρήσης ενός αυτοκινήτου με ενεργειακές κυψέλες στη διάρκεια της ζωής του θα είναι μικρότερο από το κόστος ενός συμβατικού αυτοκινήτου, έστω και οριακά. Αλλά ακόμα κι αν η αρχική τιμή αγοράς είναι πολύ ακριβότερη από αυτήν που

εκτιμάται, πάλι το συνολικό κόστος των κυψελών καυσίμου θα ήταν ανταγωνιστικό, μέσα στα όρια της αγοράς.

Προϋπόθεση για τη διάδοση της χρήσης των κυψελών καυσίμου είναι η δημιουργία κατάλληλης υποδομής. Η αντικατάσταση των υαρχόντων υποδομών με αυτή των κυψελών καυσίμου σε αυτή την περίπτωση είναι απλούστερα απ' ότi με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Μετά την αναγκαία εξέλιξη των κατάλληλων καύσιμων η διάθεσή τους από τα ήδη υπάρχοντα δίκτυα διανομής μπορεί να αρχίσει. Στο χώρο των μεταφορών ο μέσος πολίτης, με τον ένα ή τον άλλο τρόπο, θα έρθει σε μερικά χρόνια σε επαφή με τις κυψέλες καυσίμου. Μέχρι το έτος 2025 μπορεί όταν μιλάμε για λεωφορεία αντιρρυπαντικής τεχνολογίας να εννοούμε λεωφορεία με κυψέλες καυσίμου που εκπέμπουν μόνο νερό.

Τα μηνύματα που έρχονται σήμερα κυρίως από τις ΗΠΑ μας επιτρέπουν να έχουμε τέτοιες ελπίδες. Το μεσοπρόθεσμο κόστος χρήσης των ενεργειακών κυψελών εκτιμάται ότι θα είναι ελαφρά μικρότερο από το κόστος των κινητήρων εσωτερικής καύσης και το κόστος των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με μπαταρίες. Μακροπρόθεσμα το κόστος χρήσης των κυψελών καυσίμου εκτιμάται, ότι θα είναι συγκρίσιμο οριακά με το κόστος των κινητήρων εσωτερικής καύσης και το κόστος των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με μπαταρίες. Το υδρογόνο ή η μεθανόλη για τις κυψέλες καυσίμου πιθανόν να παράγονται αρχικά από το φυσικό αέριο. Αργότερα σαν πρώτη ύλη θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και η βιομάζα, αν και θα παράγει περισσότερους ρύπους.

Μεσοπρόθεσμα το ενεργειακό δίκτυο που θα υποστηρίζει τα οχήματα που θα κινούνται με ενεργειακές κυψέλες θα επιβαρύνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου σημαντικά λιγότερο από τα θερμικά και τα ηλεκτρικά οχήματα. Μακροπρόθεσμα η επιβάρυνση αυτή μπορεί ακόμα και να μηδενιστεί με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή των καυσίμων [12].

4.4. Ηλεκτροκίνητες

Τα ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα είναι συστήματα μεταφοράς που χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια ως κινητήρια δύναμη. Τέτοια συστήματα μεταφοράς έχουν ήδη κάνει την εμφάνισή τους με διάφορες μορφές. Η τεχνολογία αυτή ονομάζεται μηδενικών εκπομπών (zero emission cars) και βασίζεται στην χρήση κελιών καυσίμου ή συσσωρευτών ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης ηλεκτρικά οχήματα είναι αυτά στα οποία η ισχύς κίνησης εξασφαλίζεται από μια ομάδα μπαταριών. Σ' αυτή τη κατηγορία υπάρχουν δυο διαφορετικές προσεγγίσεις: 1) η μετατροπή των σημερινών οχημάτων σε ηλεκτρικά και 2) ο σχεδιασμός ενός νέου τύπου αυτοκινήτου. Στη δεύτερη περίπτωση το βάρος του οχήματος πρέπει να είναι μικρότερο για να αντισταθμίσει το βάρος των μπαταριών. Ένα επίσης σημαντικό θέμα είναι η εξέλιξη των μπαταριών, αν και οι σημερινές μπαταρίες μολύβδου- οξέος και νικελίου- καδμίου δίνουν καλά αποτελέσματα.

Το κατά πόσο φιλική προς το περιβάλλον είναι η χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων, εξαρτάται από το πώς παράγεται το ρεύμα που καταναλώνουν. Στην παρούσα φάση τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα παρουσιάζουν πολλά σοβαρά μειονεκτήματα που καθιστούν την χρήση τους πολύ δύσκολη και τα έχουν περιορίσει σε βοηθητικούς ρόλους με κυρίως πειραματικό χαρακτήρα. Το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν είναι οι μπαταρίες που είναι υποχρεωμένα να χρησιμοποιούν. Εκτός του ότι έχουν υψηλό κόστος και χρειάζονται αντικατάσταση σε τακτά χρονικά διαστήματα είναι πολύ βαριές και ογκώδεις. Ένα άλλο πρόβλημα που θα έπρεπε να επιλυθεί, είναι η μείωση του χρόνου φόρτισης των μπαταριών. Από την άλλη όμως πλευρά τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν μηδενικές εκπομπές ρύπων εκεί που κινούνται και ο ηλεκτροκίνητος μπορεί να παρέχει το μέγιστο της ροπής του από σχεδόν μηδενικούς ρυθμούς περιστροφής. Γι αυτό το λόγο ο

ηλεκτροκινητήρας χρησιμοποιείται τόσο στα αυτοκίνητα με κυψέλες καυσίμου όσο και στα υβριδικά αυτοκίνητα [25].

4.5. Υβριδικά αυτοκίνητα



Σχήμα 4.11: Σχηματική παράσταση συστήματος τροφοδοσίας ενός υβριδικού αυτοκινήτου [24].

Το πρώτο υβριδικό αυτοκίνητο κυκλοφόρησε το 1997. Τα πρώτα υβριδικά αυτοκίνητα προτιμήθηκαν κυρίως από τους ανησυχούντες για το περιβάλλον. Το ευρύ καταναλωτικό κοινό, όμως, μάλλον το αγνόησε. Σε έρευνα που έγινε έδειξε, ότι ενώ η πλειοψηφία των αγοραστών θεωρούσε την προστασία του περιβάλλοντος ως ένα «σημαντικό» ή «πολύ σημαντικό θέμα», όταν ερχόταν η ώρα της επιλογής του νέου αυτοκινήτου η προστασία του περιβάλλοντος έπεφτε στη 13η θέση στον κατάλογο των προτεραιοτήτων του αγοραστή. Το ΥΠΕΧΩΔΕ πρόσφατα προμηθεύτηκε μερικά οχήματα υβριδικής τεχνολογίας για τις Υπηρεσίες του, ενώ υπολογίζεται ότι την κατεύθυνση αυτή θα ακολουθήσει και ο υπόλοιπος Δημόσιος Τομέας.

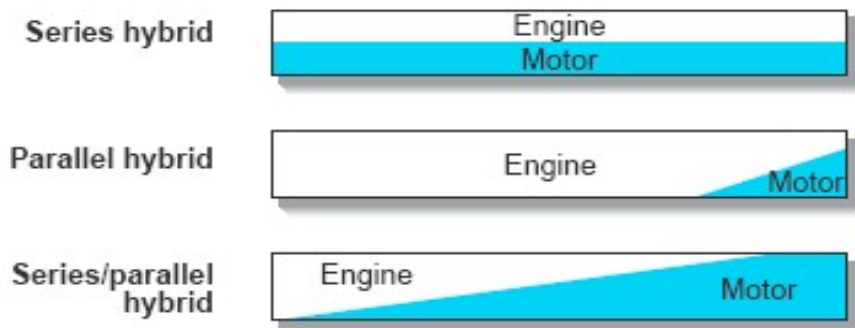
Τα υβριδικά αυτοκίνητα προσπαθούν να συνδυάσουν τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών και των συμβατικών αυτοκινήτων, με βενζινοκινητήρα ή ντίζελ. Χρησιμοποιούν μηχανή εσωτερικής καύσης και ηλεκτροκινητήρα μαζί με μία συστοιχία μπαταριών (πολύ μικρότερη βέβαια ενός καθαρά ηλεκτρικού αυτοκινήτου). Η μπαταρία φορτίζεται από τον βενζινοκινητήρα και δεν χρειάζεται να συνδέεται το αυτοκίνητο με το ηλεκτρικό δίκτυο, που είναι μια διαδικασία ιδιαίτερα χρονοβόρα και προβληματική όπως δείχνει η πείρα από την χρήση καθαρά ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων.

Η λογική της λειτουργίας των υβριδικών αυτοκινήτων είναι η χρήση του καθενός από τα συστήματα κίνησης στον τομέα όπου αυτό είναι καλύτερο. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί, ότι υπάρχουν διάφορες διατάξεις και η καθεμιά τους έχει διαφορετικούς στόχους και χρήσεις. Η γενική αρχή λειτουργίας πάντως είναι η εξής: σε χαμηλές ταχύτητες, κυρίως μέσα στην πόλη δηλαδή λειτουργεί μόνο ο ηλεκτροκινητήρας κινώντας το αυτοκίνητο αθόρυβα και χωρίς ρύπους. Αντίθετα όταν οι απαιτήσεις σε ισχύ αυξηθούν - ή πέσει η τάση στις μπαταρίες - λειτουργεί ο βενζινοκινητήρας. Όταν χρειαστεί το μέγιστο της ισχύος του αυτοκινήτου (σε ένα προσπέρασμα για παράδειγμα) συνήθως υπάρχει η δυνατότητα να δουλεύουν ταυτόχρονα και ο ηλεκτροκινητήρας και ο βενζινοκινητήρας.

Στο υβριδικό αυτοκίνητο λόγω της ύπαρξης των δυο πηγών ενέργειας, αναγκαστικά άλλαξε και το σύστημα μετάδοσης κίνησης. Αναπτύχθηκαν τρία διαφορετικά μοντέλα, το σειριακό, το παράλληλο και το σειριακό/ παράλληλο. Στο σειριακό βενζινοκινητήρας δίνει κίνηση σε μια γεννήτρια η οποία με τη σειρά της παράγει ρεύμα, το οποίο με τη βοήθεια ενός μετατροπέα διοχετεύεται στη μπαταρία φορτίζοντας την και σε ένα ηλεκτροκινητήρα. Ο τελευταίος υποστηρίζόμενος και από την μπαταρία δίνει κίνηση στους τροχούς. Όπως είναι κατανοητό, το όνομα του οφείλεται στο ότι η ενέργεια για να

φτάσει ως μηχανική στους τροχούς ακολουθεί μια συγκεκριμένη διεύθυνση. Ο κινητήρας πλέον δεν έχει πλέον καμία επαφή με την μετάδοση της κίνησης όπως γίνεται στα υπόλοιπα αυτοκίνητα. Τα πλεονεκτήματα του είναι, ότι χρησιμοποιεί κινητήρα μικρού κυβισμού με αποτέλεσμα την μείωση του βάρους του οχήματος. Στο παράλληλο σύστημα μετάδοσης της κίνησης η κίνηση στους τροχούς μπορεί να προέλθει και από τις δυο πηγές ενέργειας ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες. Δηλαδή η κίνηση μπορεί να είναι από τον βενζινοκινητήρα απευθείας, από τον ηλεκτροκινητήρα ή και από τους δυο ταυτόχρονα. Λόγω της έλλειψης της γεννήτριας ο ηλεκτροκινητήρας αναγκάζεται να πάρει τον ρόλο της και να μετατρέπει τα φορτία του βενζινοκινητήρα σε ηλεκτρική ενέργεια για τη φόρτιση της μπαταρίας. Σε αυτή την φάση σταματάει να συμμετέχει στο έργο για τη κίνηση των τροχών.

Τέλος, το σειριακό παράλληλο σύστημα είναι συνδυασμός των δυο παραπάνω. Έτσι η διάταξη των εξαρτημάτων είναι κυρίως όπως είναι στο παράλληλο, μόνο που στο συγκεκριμένο χρησιμοποιείται επιπλέον και μια γεννήτρια για τη φόρτιση της μπαταρίας. Οπότε σε αυτή τη περίπτωση υπάρχει πάντα διαθέσιμη ηλεκτρική ενέργεια. Η συμμετοχή της κάθε πηγής ενέργειας στη κίνηση του αυτοκινήτου φαίνεται καθαρά στα σχήμα 4.12 όπου: Στο σειριακό λόγω του ότι η μηχανική ενέργεια του κινητήρα μετατρέπεται σε ηλεκτρική και στη συνέχεια πάλι σε μηχανική για τη κίνηση των τροχών, ο κινητήρας και ο ηλεκτροκινητήρας έχουν το ίδιο μερίδιο συμμετοχής. Στο παράλληλο ο κινητήρας είναι ο κύριος υπεύθυνος για τη παραγωγή μηχανικής ενέργειας ενώ ο ηλεκτροκινητήρας έχει τον ρόλο του βοηθητικού. Στο σειριακό/ παράλληλο σύστημα λόγω της ύπαρξης μίας συσκευής κατανομής της ενέργειας του κινητήρα, ο ηλεκτροκινητήρας παίρνει μεγαλύτερη συμμετοχή. Όπως αποδεικνύεται και από τον σχήμα 4.13, το σειριακό/ παράλληλο σύστημα έχει τα καλύτερα χαρακτηριστικά.



Σχήμα 4.12: Συμμετοχή της κάθε πηγής ενέργειας στη κίνηση του αυτοκινήτου [34].

	Fuel economy improvement				Driving performance	
	Idling stop	Energy recovery	High-efficiency operation control	Total efficiency	Acceleration	Continuous high output
Series	●	⊙	●	●	○	○
Parallel	●	●	○	●	●	○
Series/parallel	⊙	⊙	⊙	⊙	●	●

⊙ Excellent ● Superior ○ Somewhat unfavorable

Σχήμα 4.13: Χαρακτηριστικά. σειριακού- παράλληλου συστήματος [34].

Τα οφέλη είναι πολύ περισσότερα από όσα φαίνονται εκ πρώτης όψεως. Το κυριότερο όσον αφορά την προστασία του περιβάλλοντος είναι το ότι το ρεύμα που χρησιμοποιείται παράγεται μέσα στο όχημα σε ελεγχόμενες συνθήκες ενώ ένα ηλεκτροκίνητο όχημα ίσως να έχει μηδενικές εκπομπές ρύπων αλλά να επιβαρύνει με την κατανάλωση του ένα ρυπογόνο εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Αποφεύγεται επίσης η λειτουργία του βενζινοκινητήρα κρύου και με μεγάλο φορτίο όπως συμβαίνει στα συμβατικά αυτοκίνητα κατά το ξεκίνημά τους και έτσι αποφεύγεται μεγάλο μέρος της ρύπανσης. Επειδή ο βενζινοκινητήρας δεν είναι υποχρεωμένος να λειτουργεί συνέχεια μιας και ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να ξεκινά και να σταματά σχεδόν ακαριαία, η μηχανή σβήνει στα φανάρια και γενικά όποτε το όχημα είναι σε στάση αποφεύγοντας έτσι την σπατάλη που πραγματοποιείται στα συμβατικά αυτοκίνητα. Ακόμα στα υβριδικά αυτοκίνητα είναι δυνατόν να σχεδιαστεί ο βενζινοκινητήρας για να δουλεύει σε μία μικρή περιοχή στροφών με την βέλτιστη απόδοση.

Το πιο εντυπωσιακό χαρακτηριστικό όμως των υβριδικών αυτοκινήτων (που είναι κάτι που το έχουν κληρονομήσει από τα ηλεκτροκίνητα) είναι η δυνατότητα του ηλεκτροκινητήρα να λειτουργεί κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος σαν γεννήτρια φορτίζοντας τις μπαταρίες και διευκολύνοντας το έργο των φρένων, εξοικονομώντας έτσι μεγάλα ποσά ενέργειας που αλλιώς θα πήγαιναν χαμένα.

Οι δυσκολίες στο σχεδιασμό ενός υβριδικού αυτοκινήτου είναι αρκετές. Η επιλογή και η αρχιτεκτονική της διάταξης των μηχανικών μερών ώστε να είναι η βέλτιστη για την συγκεκριμένη χρήση που προορίζεται το αυτοκίνητο είναι δύσκολη, όπως δύσκολη είναι και η εξέλιξη των συστημάτων ελέγχου των κινητήρων (σε υλικό και λογισμικό). Το δυσκολότερο κομμάτι στην σχεδίαση ενός τέτοιου οχήματος είναι ο τρόπος σύνδεσης του ηλεκτροκινητήρα με τον βενζινοκινητήρα, καθώς επίσης και το σύστημα ελέγχου τους. Εδώ οι κατασκευαστές έχουν να παρουσιάσουν διάφορες διατάξεις ανάλογα με το κόστος και το είδος χρήσης. Η πιο απλή λύση είναι η εκ των υστέρων τοποθέτηση σε ένα δίκινητο αυτοκίνητο ενός (ή καλύτερα δύο) ηλεκτροκινητήρων που να κινούν τους άλλους δύο τροχούς. Η λύση αυτή αν και δεν είναι η καλύτερη από πλευράς ενεργειακής εκμετάλλευσης είναι πολύ καλή από χωροταξική άποψη (σε σχέση με ένα συμβατικό τετρακίνητο όχημα) και φαίνεται να προτιμάται από αρκετούς κατασκευαστές στα πρωτότυπα οχήματα που παρουσιάζονται σε εκθέσεις (π.χ. Renault Koleos, Mazda MX sport tourer). Μια άλλη λύση είναι η σύνδεση του ηλεκτροκινητήρα και του βενζινοκινητήρα σε ένα κοινό σύστημα μετάδοσης όπως χρησιμοποιείται στο Toyota Prius με εντυπωσιακά αποτελέσματα όσον αφορά την κατανάλωση και την απόδοση. Ίσως ακόμα πιο εντυπωσιακά όμως είναι τα μηχανικά μέρη του Honda Insight. Εδώ χρησιμοποιείται ένας ηλεκτροκινητήρας ανάμεσα στον βενζινοκινητήρα και το κιβώτιο ταχυτήτων. Αν και έτσι ο βενζινοκινητήρας είναι σε λειτουργία συνεχώς όσο το αυτοκίνητο κινείται η οικονομία και η απόδοση του συνδυασμού αυτού είναι εντυπωσιακή. Ακόμα λόγω των μικρών διαστάσεων του είναι πολύ εύκολο να ενσωματωθεί σε ήδη υπάρχοντα μοντέλα χωρίς μεγάλες μετατροπές.

Επίσης στα υβριδικά αυτοκίνητα τα αμαξώματα πρέπει να είναι ειδικά σχεδιασμένα ώστε να εκμεταλλεύονται τις ιδιαιτερότητες και τις απαιτήσεις των αυτοκινήτων αυτών (ανάγκη χώρου για μπαταρίες, ύπαρξη ηλεκτροκινητήρα κλπ). Παρά τις σημερινές δυσκολίες στο εμπόριο στο μέλλον η τεχνολογία αυτή θα ενσωματωθεί και ίσως κάποτε να αποτελούν πλέον τον κανόνα και όχι την εξαίρεση στα αυτοκίνητα που οδηγούμε καθημερινά.

Η επανάσταση των υβριδικών οχημάτων, λοιπόν, έχει ξεκινήσει. Το που θα φτάσει, κανείς δεν το ξέρει. Υπάρχουν όμως και εξαιρετικά αισιόδοξες προβλέψεις, όπως αυτή του προέδρου της Ford, του κυρίου Bill Ford, που προβλέπει, ότι σε 25 χρόνια το 75% των αυτοκινήτων θα είναι υβριδικής τεχνολογίας, ενώ το άλλο 25% θα κινείται με την άλλη

επαναστατική τεχνολογία των κυψελών καυσίμου που χρησιμοποιούν ως καύσιμο το υδρογόνο [26,27,34].



Κεφάλαιο 5

5.1. Νομοθετικό πλαίσιο

Οι βλαπτικές για το περιβάλλον ενέργειες εκφράζονται με όρους όπως καταστροφή, μόλυνση, βλάβη, ρύπανση, υποβάθμιση κ.α. Ο ελληνικός νόμος για τη προστασία του περιβάλλοντος Ν 1650/1986, περιέχει τρεις ρητούς ορισμούς εννοιών που συνθέτουν τη γενικότερη έννοια της προσβολής του περιβάλλοντος.

α. Ρύπανση του περιβάλλοντος: η παρουσία στο περιβάλλον ρύπων, δηλαδή κάθε είδος ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας, σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα ή υλικές ζημιές και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του.

β. Μόλυνση του περιβάλλοντος: η μορφή ρύπανσης που χαρακτηρίζεται από τη παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο περιβάλλον ή δεικτών που υποδηλώνουν την πιθανότητα παρουσίας τέτοιων μικροοργανισμών.

γ. Υποβάθμιση του περιβάλλοντος: η πρόκληση από ανθρώπινες δραστηριότητες ρύπανσης ή οποιασδήποτε άλλης μεταβολής στο περιβάλλον, η οποία είναι πιθανό να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην οικολογική ισορροπία, στη ποιότητα ζωής και στην υγεία των κατοίκων, στην ιστορική και πολιτιστική κληρονομιά και στις αισθητικές αξίες.

Η αντίληψη για το μέγεθος της ρύπανσης και η εμφάνιση των αρνητικών επιπτώσεων στους ζώντες οργανισμούς και ιδιαίτερα στην υγεία των ανθρώπων προκάλεσε και προκαλεί συνεχώς διάφορες κινητοποιήσεις για τη προστασία του περιβάλλοντος. Στο Ελληνικό Σύνταγμα του 1975 αναφέρεται, ότι «η προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του κράτους». Ως συνέπεια του άρθρου αυτού, ψηφίστηκαν από την ελληνική βουλή διάφοροι νόμοι για τη προστασία του περιβάλλοντος, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι οι 1180/81 και 1650/86.

Με το όρο προστασία του περιβάλλοντος εννοούμε το σύνολο των μέτρων και των δραστηριοτήτων που αποσκοπούν στην πρόληψη και καταστολή της ρύπανσης, έτσι ώστε να βελτιώνεται η ποιότητα ζωής και να διατηρείται η ισορροπία στα μικρά και μεγάλα οικοσυστήματα. Η αρχική τάση περιβαλλοντικής πολιτικής με την υιοθέτηση της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» άρχισε να αντικαθίσταται από την αρχή της πρόληψης της ρύπανσης του περιβάλλοντος.

Στην διάρκεια της δεκαετίας του '60, οι ΗΠΑ ήταν η πρώτη χώρα που καθιέρωσε νόμους με στόχο τον περιορισμό της εκπομπής αερίων ρύπων από τα αυτοκίνητα. Από τότε πολλές χώρες καθώς και η Ε.Ε. έχουν διαμορφώσει νόμους για τον έλεγχο των επιπέδων του μονοξειδίου του άνθρακα, των οξειδίων του αζώτου και των υδρογονανθράκων που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα καθώς και για τη μείωση της ποσότητας του μολύβδου στη βενζίνη. Το αποτέλεσμα ήταν η σημαντική μείωση των ρύπων αυτών, η οποία συνεχίζεται καθώς τα παλαιά αυτοκίνητα αντικαθίστανται με νέα [2].

5.2. Όρια Ποιότητας της Ατμόσφαιρας

Για τη διασφάλιση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα έχουν θεσπιστεί από διάφορες χώρες ή οργανισμούς πρότυπα ποιότητας του αέρα, έτσι ώστε να αποκλείονται οι δυσμενείς επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον άνθρωπο, τα ζώα, τα φυτά και το υλικό περιβάλλον. Αυτά είναι νομικά θεσμοθετημένες ή προτεινόμενες τιμές συγκεντρώσεων ρύπων για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους. Τα πρότυπα αυτά εκφράζονται ως οριακές ή κατευθυντήριες τιμές. Σαν στόχο τους έχουν κυρίως την προστασία της υγείας του ανθρώπου. Η διαδικασία θεσμοθέτησης των προτύπων

ποιότητας του αέρα είναι πολύπλοκη και διαφέρει από χώρα σε χώρα. Βασικό άξονα της διαδικασίας αυτής αποτελούν τα κριτήρια ποιότητας του αέρα. Αυτά είναι τιμές συγκεντρώσεων ρύπων και χρόνοι έκθεσης σ' αυτούς, που συνδέονται με ειδικές επιδράσεις στον άνθρωπο, στα ζώα, στα φυτά και γενικά στο περιβάλλον.

Στην χώρα μας ισχύουν νομοθετημένα όρια προστασίας της ανθρώπινης υγείας για τους ρύπους διοξείδιο του θείου, καπνό, διοξείδιο του αζώτου, CO, βενζόλιο, σωματίδια, μόλυβδο και όζον σύμφωνα με τα όρια ποιότητας ατμόσφαιρας που έχουν καθιερωθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Με μία σειρά από νέες οδηγίες σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση, θεσπίστηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση, πέραν των άλλων, νέα όρια για τους διάφορους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Τα όρια αυτά αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και των οικοσυστημάτων.

Στην ΕΕ, στην παρούσα φάση, έχουν εκδοθεί οι ακόλουθες οδηγίες:

► Η οδηγία – πλαίσιο για την ατμοσφαιρική ρύπανση (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 πρώτη «θυγατρική» της οδηγία (οδηγία 1999/30/ΕΚ) για τις οριακές τιμές διοξειδίου του θείου, οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μολύβδου, στον αέρα του περιβάλλοντος. (ΦΕΚ125/Β/ 5-6-02)

► Η δεύτερη «θυγατρική» της οδηγία (οδηγία 2000/69/ΕΚ) για τις οριακές τιμές βενζολίου και μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα του περιβάλλοντος.

► Η τρίτη «θυγατρική» της οδηγία (οδηγία 2002/3/ΕΚ) σχετικά με το όζον στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Αναμένεται η έκδοση της τέταρτης «θυγατρικής» οδηγίας σχετικά με τα μέταλλα και τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες στον αέρα του περιβάλλοντος. Με βάση τις παραπάνω οδηγίες, θεσπίζονται νέα όρια για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, που έχουν ως έτος εφαρμογής το 2005 ή το 2010, ανάλογα τον ρύπο (Πίνακας 5.1 και Πίνακας 5.2).

Πίνακας 5.1: Ρύποι, όρια και έτος εφαρμογής σύμφωνα με τις Οδηγίες της Ε.Ε.

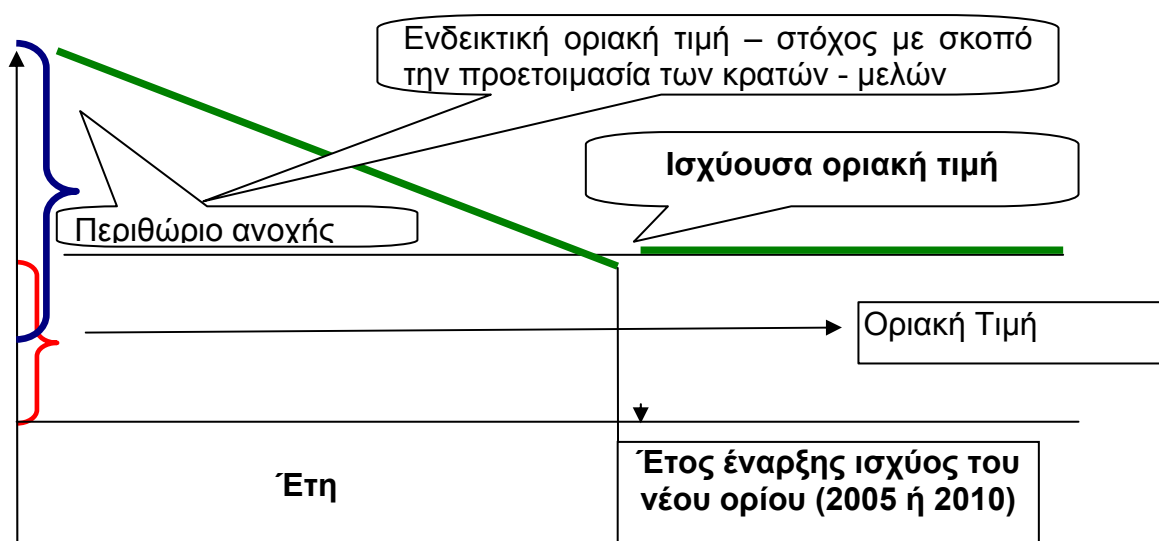
Ρύπος	Οριακή τιμή	Έτος ισχύος	Ενδεικτική οριακή τιμή για προετοιμασία			
			2002	2003	2004	2005
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	1/1/2005	16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Βενζόλιο (C ₆ H ₆)	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Μέση ετήσια τιμή	1/1/2010	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Μέση ωριαία τιμή, της οποίας δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 24 φορές ανά έτος	1/1/2005	440 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	410 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	380 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Μέση ημερήσια τιμή, της οποίας δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 3 φορές ανά έτος	1/1/2005	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Μέση ωριαία τιμή, της οποίας δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 18 φορές ανά έτος	1/1/2010	280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	270 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ μέση ετήσια τιμή	1/1/2010	56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Αιωρού-μενα σωματίδια ΑΣ ₁₀	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ μέση ημερήσια τιμή, της οποίας δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 35 φορές ανά έτος	1/1/2005	65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ μέση ετήσια τιμή	1/1/2005	44,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	43,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μόλυβδος (Pb)	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ μέση ετήσια τιμή	1/1/2005	0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Πίνακας 5.2: Όρια του όζοντος σύμφωνα με την Οδηγία 2002/3/ΕΕ.

	Παράμετρος	Όριο
Όριο ενημέρωσης	Μέση ωριαία τιμή	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Όριο συναγερμού	Μέση ωριαία τιμή για τρεις συνεχόμενες ώρες	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Τιμή – στόχος για την προστασία της ανθρώπινης υγείας Έτος ισχύος 2010	Μέγιστη ημερήσια μέση 8ωρη τιμή, της οποίας δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 25 φορές ανά έτος για διάστημα 3 ετών	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Τα όρια αυτά, δεν είναι στην παρούσα φάση δεσμευτικά για τα κράτη – μέλη, αλλά πρέπει να παρακολουθείται η πορεία εξέλιξης των τιμών ρύπανσης, έτσι ώστε να καταστεί δυνατή, κατά την ημερομηνία έναρξης ισχύος τους (2005 ή 2010 αντίστοιχα), η τήρηση των οριακών τιμών. Επιπρόσθετα, τα κράτη μέλη πρέπει να εκπονούν και να υλοποιούν σχέδια δράσης για την προετοιμασία τους όσον αφορά στην επίτευξη και τήρηση των ορίων.

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 τιμή στόχο, η οποία ισχύει ενδεικτικά στο μεσοδιάστημα έως να τεθεί σε ισχύ η οριακή τιμή. Το περιθώριο ανοχής κάθε χρόνο μειώνεται, έτσι ώστε στην ημερομηνία ισχύος του νέου ορίου να μηδενιστεί (Σχήμα 5.1).



Σχήμα 5.1: Επεξήγηση της εφαρμογής της τιμής στόχου και οριακής τιμής με βάση τις οδηγίες της Ε.Ε. [16].

5.3. Εθνικά όρια εκτάκτων μέτρων

Τα διάφορα κράτη έχουν θεσπίσει επίσης, όρια που έχουν ισχύ μόνο σε ορισμένες περιοχές και έχουν στόχο την αντιμετώπιση της τοπικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Έτσι, με την κυβερνητική ανακοίνωση «Μέτρα για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης της Αθήνας» (15/1/1982) θεσπίστηκαν όρια πάνω από τα οποία είναι αναγκαία η εφαρμογή μέτρων. Τα όρια αυτά είναι γνωστά ως «όρια επιφυλακής». Αν οι συγκεντρώσεις των ρύπων ξεπεράσουν τα «όρια συναγερμού» και τα «όρια έκτακτης ανάγκης» και συγχρόνως υπάρχει πρόβλεψη συνέχισης των συνθηκών, που συντελούν στη συσσώρευση της ρύπανσης, τότε λαμβάνονται κάποια περιοριστικά μέτρα, με σκοπό να μειωθούν οι εκπομπές των ρύπων από τις διάφορες πηγές. Τα περιοριστικά αυτά μέτρα εξαρτώνται από το ρύπο που έχει υπερβεί τα όρια. Τα μέτρα αυτά κλιμακώνονται για διάφορες περιοχές και χρονικές περιόδους της ημέρας, ανάλογα με το πόσο επείγουσα είναι η κατάσταση.

Σύμφωνα με την Κ.Υ.Α 11824/1993 τίθενται «όρια εκτάκτων μέτρων» (Πίνακας 5.3), 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 ή την επόμενη ημέρα. Τα αρχικά όρια για τη λήψη εκτάκτων μέτρων, που αναφέρονται στην παραπάνω ΚΥΑ, τροποποιήθηκαν για τους ρύπους NO₂, SO₂ και O₃ με την εφαρμογή των Οδηγιών 1999/30/ΕΚ (ενσωμάτωση στο Εθνικό Δίκαιο με την Π.Υ.Σ. 34/30.5.2002) και 2002/3/ΕΚ.

Για το CO, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/69/ΕΚ (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.

Για τα αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀) δεν προβλέπεται από την κείμενη νομοθεσία τόσο την ευρωπαϊκή όσο και την ελληνική όριο συναγερμού. Τα επικαιροποιημένα όρια λήψης εκτάκτων μέτρων που ισχύουν σήμερα για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή της Αθήνας, παρουσιάζονται παρακάτω στο πίνακα 5.3 [2,16].

Πίνακας 5.3: Όρια εκτάκτων μέτρων [16].

ΡΥΠΟΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ	ΟΡΙΟ ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΥ	ΟΔΗΓΙΑ	
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	1 ώρα	400 µg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες	1999/30/ΕΚ	
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	1 ώρα	500 µg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες	1999/30/ΕΚ	
Όζον (O ₃)	1 ώρα	240 µg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες	2002/3/ΕΚ	
ΡΥΠΟΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ	Στάδιο Προειδοποίησης (ΚΥΑ 11824/93)	Α΄ Βαθμίδα μέτρων (ΚΥΑ11824/93)	Β΄ Βαθμίδα μέτρων (ΚΥΑ11824/93)
Καπνός	24 ώρες	250 µg/m³	300 µg/m³	400 µg/m³

5.4 Πρωτόκολλο του Κιότο

Το 1997 σε συνέδριο των Ηνωμένων Εθνών στο Κιότο της Ιαπωνίας, συμφωνήθηκε μεταξύ των χωρών μελών, πρωτόκολλο αναφορικά με τη μείωση των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η προσπάθεια περιορισμού των ρύπων αυτών έγινε στην διάσκεψη του Ρίου το 1992 όπου είχαν τεθεί μη δεσμευτικά όρια που δυστυχώς δεν έχουν επιτευχθεί. Αυτή τη φορά όμως το Πρωτόκολλο του Κιότο έχει

νομική ισχύ από της 16 Φεβρουαρίου 2005 εφόσον έχουν ήδη ικανοποιηθεί οι δυο όροι που είχαν τεθεί τότε, να το έχουν υπογράψει τουλάχιστον 55 χώρες και να το υποστηρίζουν τόσες χώρες που να καλύπτει το 55% των ρύπων. Ο δεύτερος αυτός όρος ξεπεράστηκε μόλις πρόσφατα (61%), όταν η Ρωσία υπογράψε τη συμφωνία το Νοέμβριο του 2004.

Η Ελλάδα μαζί με την υπόλοιπη Ε.Ε. το επικύρωσε το Μάιο του 2002. Αυτή τη συμφωνία την έχουν υπογράψει μέχρι τώρα 141 χώρες ενώ οι Ηνωμένες Πολιτείες αρνούνται να υπογράψουν με τη δικαιολογία ότι θα τους στοιχίσει πολλά λεφτά και ότι έπρεπε να περιληφθούν και οι πιο φτωχές χώρες. Με συμφωνία που έγινε το 2001, οι χώρες που θα ξεπεράσουν τα όρια που θα τους τεθούν μέχρι το 2012, θα πρέπει όχι μόνο να κάνουν αυτό που υποσχέθηκαν, αλλά να μειώσουν τους ρύπους τους ακόμη 30% την περίοδο μετά το 2013. Η συμφωνία δεν περιλαμβάνει χρηματικό ποσό.

Ενώ υπάρχει συνολικός στόχος μείωσης των εκπομπών στο 5,2% αυτών που υπήρχαν το 1990, η κάθε χώρα έχει διαπραγματευτεί τα δικά της ποσά, με τα σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης να στοχεύει μείωση των ρύπων κατά 8% πιο χαμηλό από αυτό που ίσχυε το 1990. Άλλες 39 ανεπτυγμένες χώρες έχουν διαπραγματευτεί και συμφωνήσει τα δικά τους επίπεδα μείωσης. Λόγω της κατάρρευσης της Σοβιετικής Ένωσης και των προβλημάτων της βιομηχανίας οι πρώην ανατολικές χώρες έχουν μειώσει τις εκπομπές κατά 38,5% σε σύγκριση με αυτές του 1990. Αντίθετα σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, η ΗΠΑ, η Πορτογαλία και η Ισπανία έχουν αυξήσει κατά 13,1%.

Η συμφωνία του Κιότο περιλαμβάνει τις εκπομπές των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τα οποία είναι:

- α. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) που προέρχεται κυρίως από την καύση πετρελαίου, βενζίνης και γκαζιού
- β. Το μεθάνιο (CH_4) που προέρχεται κυρίως από την γεωργία, τις χωματερές και τους σκουπιδότοπους
- γ. Το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) που προέρχεται κυρίως από τη χρήση λιπασμάτων
- δ. και τρία βιομηχανικά αέρια υδρογονοφθοράνθρακες (HFC), υπερφθορανθρακες (PFC) και εξαφθοριούχο θείο (SF_6) που χρησιμοποιούνται σε ψυκτικά συστήματα και θερμομονωτικά υλικά.

Με ορίζοντα τους στόχους του Κιότο, η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε σε εφαρμογή τον Ιανουάριο του 2005 ένα νέο σύστημα «εμπορίας» αερίων, μέσα στα πλαίσια του οποίου τέθηκαν όρια σε 12.000 εργοστάσια και ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς. Με το νέο σύστημα «εμπορίας» επιτρέπεται στις εταιρείες που υπερβαίνουν τα όρια τους να αγοράσουν επιπλέον δικαίωμα, διαφορετικά θα πληρώσουν πρόστιμο. Αντίθετα, όσοι είναι κάτω από το όριο τους μπορούν να πωλούν τη διαφορά. Η τιμή κυμαίνεται στις μέρες μας στα 7,7 ευρώ ανά τόνο διοξειδίου του άνθρακα (CO_2). Ακόμη ένα σύστημα που υπάρχει, επιτρέπει σε χώρες που δε θα καταφέρουν να μειώσουν τους ρύπους, να εφαρμόσουν σε αντίστοιχο ποσοστό εναλλακτικές πηγές ενέργειας όπως ηλιακή και αιολική ενέργεια. Άλλη επιλογή που δίνεται είναι η φύτευση τέτοιας έκτασης δασών ανάλογη με την εκπομπή των αερίων [18,28,32].

5.4.1. Ευέλικτοι μηχανισμοί του πρωτοκόλλου του Κιότου

Μία χώρα μπορεί να πετύχει τους στόχους που της ορίζει το Πρωτόκολλο είτε μειώνοντας τις εκπομπές της, είτε, εναλλακτικά, χρησιμοποιώντας παράλληλα και κάποιους από τους λεγόμενους “ευέλικτους μηχανισμούς” που διαθέτει το Πρωτόκολλο. Συνοπτικά, οι μηχανισμοί αυτοί είναι οι εξής τρεις:

i. Διαπραγμάτευση δικαιωμάτων εκπομπών

Μία βιομηχανικά αναπτυγμένη χώρα που έχει μειώσει τις εκπομπές της πέραν των αρχικών στόχων που προβλέπει το Πρωτόκολλο, μπορεί να “πουλήσει” αυτή την

επιπλέον μείωση σε άλλη χώρα που αντιμετωπίζει δυσκολίες στο να πετύχει το στόχο της.

ii. Δημιουργία ενός “Μηχανισμού Καθαρής Ανάπτυξης”

Ο τελικός στόχος αυτού του μηχανισμού είναι οι αναπτυσσόμενες χώρες να αναπτύξουν καθαρές τεχνολογίες για να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης παρέχει κίνητρα έτσι ώστε οι βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες να χρηματοδοτήσουν προγράμματα για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις αναπτυσσόμενες χώρες. Έτσι, μια βιομηχανικά αναπτυγμένη χώρα, αντί να μειώσει τις δικές της εκπομπές, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών σε κάποια φτωχότερη χώρα όπου η μείωση αυτή είναι ευκολότερη και φθηνότερη.

iii. Εφαρμογή προγραμμάτων από κοινού

Παρεμφερές εργαλείο με τον Μηχανισμό Καθαρής Ανάπτυξης. Σε αντίθεση όμως μ' αυτόν αφορά όχι τις αναπτυσσόμενες χώρες, αλλά μόνο εκείνες που έχουν δεσμευτεί σε μειώσεις μέσω του Πρωτοκόλλου του Κιότο (όπως π.χ. οι χώρες της Ανατολικής Ευρώπης) [17].

5.4.2. Εφαρμογή στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στην Ελλάδα

Αν και ο συνολικός στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η μείωση των εκπομπών κατά 8%, ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων ανάμεσα στα κράτη μέλη παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις. Στην Ελλάδα έχει επιτραπεί να αυξήσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά 25% μέχρι το 2010 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Όμως, σύμφωνα με στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, μέχρι το 2000 οι εκπομπές της χώρας μας είχαν ήδη αυξηθεί κατά 23,4%, ενώ σύμφωνα με τις προβλέψεις, η αύξηση των εκπομπών κατά το 2010 θα ανέρχεται στο +35,8%. Η μη τήρηση των στόχων θα έχει οδυνηρές συνέπειες για τη χώρα μας, αφού σε μία τέτοια περίπτωση προβλέπονται αυστηρά πρόστιμα. Γι' αυτό και είναι επιτακτική η ανάγκη να προωθηθούν μέτρα που θα συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, στην ταχεία ανάπτυξη των καθαρών πηγών ενέργειας και εν τέλει στη μείωση των επικίνδυνων αερίων που αποσταθεροποιούν την ατμόσφαιρα της Γης και πυροδοτούν τις κλιματικές αλλαγές.

Με την απόφαση 2063 για την έγκριση εξ ονόματος Ευρωπαϊκής κοινότητας του πρωτοκόλλου του Κιότο και την τήρηση εκ μέρους της Ελλάδας των σχετικών δεσμεύσεων η Ελλάδα υποχρεούται στον περιορισμό της αύξησης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά την περίοδο 2008 έως 2012 στο 25% σε σχέση με τις εκπομπές του έτους αναφοράς. Ως έτος αναφοράς για τις εκπομπές CO₂, CH₄ και N₂O λαμβάνεται το 1990 ενώ για τα PFCs, HFCs και SF₆ λαμβάνεται το 1995. Με βάση τα πλέον πρόσφατα αποτελέσματα της απογραφής εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου οι εκπομπές αναφοράς για την Ελλάδα υπολογίζονται σε 110.212,31 kt CO₂ eq.

Η μελέτη σχετικά με τις υπάρχουσες δραστηριότητες και τις αντίστοιχες εκπομπές στην Ελλάδα καθώς επίσης και τις τάσεις που επικρατούν για το επόμενο χρονικό διάστημα μαζί με την μεθοδολογία καταγραφής περιέχονται μέσα στο «Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών για την περίοδο 2005-2007» του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. που αποτελεί και τον «οδηγό» βάσει του οποίου η Ελλάδα θα προσπαθήσει να εφαρμόσει το Πρωτόκολλο του Κιότο.

Σε σχέση με τις εκπομπές αναφοράς οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα το 2002 έχουν αυξηθεί κατά ποσοστό 21%. Η συνολική μέγιστη ποσότητα εκπομπών της Ελλάδας για την πρώτη περίοδο δέσμευσης του πρωτοκόλλου του Κιότο δηλαδή την περίοδο 2008 έως 2012 υπολογίζεται από τις εκπομπές αναφοράς της χώρας

και σε συνδυασμό με το ποσοστιαίο στόχο περιορισμού των εκπομπών 25%, σε μια ποσότητα που δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 688.826 kt CO₂ eq.

Η πρόβλεψη σχετικά με τις τάσεις εξέλιξης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου συμπεριλαμβάνεται στο δεύτερο Εθνικό πρόγραμμα για τις κλιματικές αλλαγές. Πρόσθετα στοιχεία τα οποία διαφοροποιούν βασικές παραδοχές και εκτιμήσεις σχετικές με τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου έχουν συμπεριληφθεί στους τελικούς υπολογισμούς μέσω της επικαιροποίησης του Εθνικού προγράμματος Κλιματικών αλλαγών.

Οι προβλέψεις για τις τάσεις εξέλιξης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου έγιναν με το πρόγραμμα ENPEP (Energy and Power Evaluation program) ενώ για τους μη ενεργειακούς τομείς οι υπολογισμοί έγιναν βάσει μοντέλων, τα οποία χρησιμοποιούν δεδομένα δραστηριότητας και συντελεστές εκπομπών ανά τομέα, αντίστοιχα αυτών που εφαρμόστηκαν στην ετήσια καταγραφή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για τους ενεργειακούς τομείς. Οι υπολογισμοί αυτοί έγιναν με βασικές παραδοχές για τη διαμόρφωση των σεναρίων όπως εξελίξεις, οι οποίες αφορούν δημογραφικά χαρακτηριστικά, μακροοικονομικά μεγέθη, κλιματολογικές συνθήκες, καθώς επίσης τιμές και φορολογία καυσίμων.

Οι εκτιμήσεις από τα αποτελέσματα του ενεργειακού μοντέλου ENPEP για τον ενεργειακό τομέα της χώρας είναι, ότι η συνολική ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας στην Ελλάδα αναμένεται, ότι θα αυξάνει συνεχώς και από 23,9 Mtoe το 1995 σε 34,9 Mtoe το 2010 και 41,4 Mtoe το 2020 με ετήσιο ρυθμό αύξησης 2,2%. Παρόλο που το μεγαλύτερο μέρος της ζήτησης για ενέργεια αφορά τα υγρά καύσιμα εν τούτοις η συμμετοχή τους μειώνεται από 60% το 1995 σε 54% το 2010 και σε 53% το 2020.

Η ζήτηση στερεών καυσίμων παρουσιάζει μια αύξηση της τάξης του 14% για το χρονικό διάστημα 1995 ως 2020 ενώ η συμμετοχή τους πέφτει από 35% το 1995 σε 23% το 2020. Ένα μέρος της ενεργειακής ζήτησης έρχεται να καλυφθεί από το φυσικό αέριο σε ποσοστό 14% για το 2010 και σε 19% για το 2020. Ενδιαφέροντα συμπεράσματα βγαίνουν από τη συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας. Ενώ αυξάνεται η διείσδυσή τους στον ενεργειακό σχεδιασμό εν τούτοις τα ποσοστά συμμετοχής μειώνονται από 4,8% το 1995 σε 4,3% το 2010 και 4,2% το 2020. Η εξέλιξη της τελικής κατανάλωσης στην Ελλάδα ανά καύσιμο σε Ktoe φαίνεται στο πίνακα 5.4.

Πίνακας 5.4: Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα ανά καύσιμο (ktoe) [29].

	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Στερεά Καύσιμα	972	818	810	768	777	816
Υγρά Καύσιμα	11225	13711	14962	15197	17347	18655
Ηλεκτρισμός	3063	3840	4498	5178	5881	6614
Θερμική Ενέργεια	0	55	87	199	316	337
ΑΠΕ	825	909	871	855	867	936
Φυσικό Αέριο	43	319	982	1503	2067	2356
Σύνολο	16128	19682	22210	24799	27254	29767

Οι προβλέψεις για τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου για το 2020 δείχνουν μια αύξηση της τάξης του 57,6% σε σχέση με τον χρόνο αναφοράς ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για το 2010 είναι της τάξης του 39,2%. Με αυτές τις προβλέψεις για το 2010 και χωρίς

διορθωτικές κινήσεις βγαίνει το αβίαστο συμπέρασμα ότι η Ελλάδα δεν είναι δυνατόν να επιτύχει το στόχο περιορισμού της αύξηση των εκπομπών κατά την περίοδο 2008-2012 (25% του έτους αναφοράς) χωρίς διορθωτικές κινήσεις. Η επίτευξη του στόχου προς περιορισμό των εκπομπών περνάει μέσα από ένα σωστό προγραμματισμό με την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της χρήσης του φυσικού αερίου στον ενεργειακό τομέα, και ειδικά στις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής.

Η απογραφή των βιομηχανιών και των εκπομπών τους στον Ελλαδικό χώρο βασίζεται σε στοιχεία, τα οποία παρέχουν οι υπόχρεοι και τα οποία δεν είναι δυνατόν αυτή τη στιγμή να επαληθευθούν λόγω του ότι δεν υπάρχει θεσμικό πλαίσιο επιθεώρησης και επαλήθευσης των στοιχείων. Ιστορικά στοιχεία από τη δραστηριότητα βιομηχανιών και τις εκπομπές τους χρησιμοποιήθηκαν σαν βάση για τον υπολογισμό και εκτίμηση των εκπομπών σε διάφορες χρονικές περιόδους στο εγγύς μέλλον. Από τον προσδιορισμό της συνεισφοράς των διαφόρων βιομηχανιών και εγκαταστάσεων στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου προκύπτει, ότι τα συνολικά δικαιώματα εκπομπών προς κατανομή την τριετία 2005 έως 2007 υπολογίστηκαν σε 223.266.053 t CO₂. Τα δικαιώματα αυτά σύμφωνα με την οδηγία της Ε.Ε. κατανέμονται στο σύνολό τους δωρεάν δηλαδή δεν προβλέπονται δυνατότητες δημοπράτησης για την περίοδο 2005 έως 2007.

Η Ελλάδα βρίσκεται σε μία κρίσιμη καμπή του δρόμου προς την ανάπτυξη. Πρέπει να συνδυάσει την αύξηση σε ενεργειακούς δείκτες, που σχετίζονται με την ανάπτυξη, με την ταυτόχρονη μείωση ή σταθεροποίηση των εκπομπών από αυτές τις δραστηριότητες. Ο χρόνος θα δείξει αν θα μπορέσουμε να πετύχουμε το στόχο μας με την σωστή αναπτυξιακή στρατηγική ή θα κοροϊδέσουμε για μία ακόμη φορά τον εαυτό μας με τις γνωστές συνέπειες για το περιβάλλον και τον πλανήτη [17,32,33].

Κεφάλαιο 6

Όσον αφορά τον υπολογισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχουν αναπτυχθεί μια σειρά υπολογιστικών προγραμμάτων. Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα προγράμματα στην Ε.Ε. είναι τα ακόλουθα:

- 1) Η βάση δεδομένων εκπομπής αέριων ρύπων UNECE/EMEP και
- 2) Το πρόγραμμα Copert III.

Ο υπολογισμός της εκπομπής αέριων ρύπων από τη κυκλοφορία των οχημάτων στο Copert III πραγματοποιείται από την υπολογιστική επιλογή road transport, που συμβολίζεται στο πρόγραμμα ως Snap 7 ή αλλιώς S7. Στη συγκεκριμένη εργασία θα αναφερθούμε συνοπτικά στο πρόγραμμα Copert III και το road transport, ενώ η βάση δεδομένων UNECE/EMEP θα εφαρμοστεί για τον καθορισμό των αέριων εκπομπών που προέρχονται από τα μέσα μεταφοράς στην πόλη των Χανίων.

6.1. Το υπολογιστικό πρόγραμμα Copert III

Το Copert III είναι ένα υπολογιστικό πρόγραμμα (λογισμικό) σε περιβάλλον MS-Windows που αναπτύχθηκε και συνεχίζει να ανανεώνεται ως Ευρωπαϊκό εργαλείο για τον υπολογισμό των εκπομπών από τον τομέα των οδικών μεταφορών. Η ανάπτυξη του Copert έχει χρηματοδοτηθεί από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (EEA- European Environment Agency) (<http://www.eea.eu.int/>), στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του ευρωπαϊκού κέντρου με θεματική ενότητα τον αέρα και την αλλαγή του κλίματος (<http://air-climate.eionet.eu.int/>). Σε γενικές γραμμές το Copert έχει αναπτυχθεί για χρήση από τους εθνικούς εμπειρογνώμονες για να υπολογίσει τις εκπομπές από τις οδικές μεταφορές, οι οποίες θα συμπεριληφθούν στους επίσημους ετήσιους εθνικούς καταλόγους. Εντούτοις είναι διαθέσιμο και ελεύθερο για χρήση για οποιεσδήποτε άλλες επιστημονικές και ακαδημαϊκές έρευνες και εφαρμογές. Το Copert III θεωρείται μέρος του προγράμματος CORINAIR (<http://air-climate.eionet.eu.int/tools>). Το πρόγραμμα CORINAIR, υποστηρίζεται επίσης και αναπτύσσεται από τον EEA. Αποτελείται από ένα σύνολο υπολογιστικών εργαλείων και υποστηρίζει τις ευρωπαϊκές χώρες στη σύνταξη των ετήσιων καταλόγων εκπομπής αερίων από όλες τις πηγές εκπομπής. Αυτά τα εργαλεία επιτρέπουν μια διαφανή, τυποποιημένη και ως εκ τούτου συνεπή και συγκρίσιμη συλλογή στοιχείων όσον αφορά τις εκπομπές αέριων ρύπων σύμφωνα με τις απαιτήσεις των διεθνών συμβάσεων και πρωτοκόλλων και της νομοθεσίας της Ε.Ε.

Το πρόγραμμα Copert είναι εξειδικευμένο για τον υπολογισμό των αερίων εκπομπών από τις διάφορες μηχανές εσωτερικής καύσης στα μέσα οδικής μεταφοράς. Οι εκπομπές που υπολογίζονται περιλαμβάνουν τόσο τους ελεγχόμενους (CO, NO_x, VOC, PM) όσο και τους ανεξέλεγκτους ρύπους (N₂O, NH₃, SO₂, διαφορετικά είδη NMVOC κ.α.). Επίσης υπολογίζεται και η αντίστοιχη κατανάλωση καυσίμων.

Τα νέα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της νεότερης έκδοσης του προγράμματος Copert III περιλαμβάνουν έναν εκτεταμένο κατάλογο ρύπων, την επίδραση της ηλικίας των οχημάτων (απόσταση σε μίλια) στις εκπομπές, την επιλογή αμόλυβδης ή μη βενζίνης, την κατανομή βενζίνης στα συμβατικά και καταλυτικά οχήματα και αλλά. Για τη σύνταξη των ετήσιων εθνικών καταλόγων δεν είναι απαραίτητα όλα αυτά τα στοιχεία. Εντούτοις είναι πολύ σημαντικά εργαλεία για τον υπολογισμό των αέριων εκπομπών σε διαφορετικά σενάρια και περιπτώσεις που είναι υπό μελέτη.

Όπως προαναφέρθηκε, το Copert υπολογίζει τις εκπομπές όλων των ρυθμιζόμενων στα Κέντρα Τεχνολογικού Ελέγχου Οχημάτων (ΚΤΕΟ) ατμοσφαιρικών ρύπων (CO, NO_x, VOC, PM) που παράγονται από τις διαφορετικές κατηγορίες οχημάτων (επιβατικά

αυτοκίνητα, ελαφριά και βαρέα υπηρεσιακά οχήματα, μοτοποδήλατα και μοτοσυκλέτες) καθώς επίσης και τις εκπομπές του CO₂ βάσει της κατανάλωσης καυσίμων. Επιπλέον υπολογίζονται οι εκπομπές ενός εκτεταμένου καταλόγου μη ρυθμιζόμενων στα ΚΤΕΟ ρύπων, συμπεριλαμβανομένων των CH₄, N₂O, NH₃, SO₂, βαρέων μετάλλων, πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (PAHs) και σταθερών συσσωρευμένων στο περιβάλλον οργανικών ρύπων (POPs). Τέλος το λογισμικό υπολογίζει τις εκπομπές και μερικών ενώσεων που ανήκουν στις μη μεθανικές οργανικές ενώσεις (NMVOC). Οι εκπομπές που υπολογίζονται διακρίνονται γενικά σε τρεις κατηγορίες:

- 1) Εκπομπές που παράγονται κατά τη διάρκεια της θερμικά σταθεροποιημένης λειτουργίας των μηχανών (καυτές εκπομπές)
- 2) Εκπομπές που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της έναρξης μηχανών από την περιβαλλοντική θερμοκρασία (αποτελέσματα κρύας έναρξης και προθέρμανσης) και
- 3) Εκπομπές NMVOC λόγω της εξάτμισης καυσίμων.

Οι συνολικές εκπομπές που υπολογίζονται είναι προϊόν των στοιχείων δραστηριότητας που παρέχονται από το χρήστη του προγράμματος και τους από την ταχύτητα κίνησης των οχημάτων εξαρτώμενους παράγοντες εκπομπής που υπολογίζονται από το λογισμικό.

Παρόλο που η εφαρμογή της μεθοδολογίας Corept έχει αναπτυχθεί για τη σύνταξη των εθνικών καταλόγων σε ετήσια βάση, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί με έναν ικανοποιητικό βαθμό βεβαιότητας και σε ένα πλέγμα υψηλότερης ανάλυσης όπως π.χ. για τη σύνταξη αστικών καταλόγων εκπομπής σε ένα ευαίσθητο χωρικό πλέγμα με κυψέλες 1x1km² και ένα χρονικό διάστημα 1 ώρας. Μια πρόσθετη και χωριστή ενότητα λογισμικού υπολογίζει τις εκπομπές εξάτμισης ρύπων από τις μηχανές εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούνται σε συνορεύουσες με τη κυκλοφορία των οχημάτων εφαρμογές (γεωργία, δασονομία, κατοικίες, βιομηχανία, υδάτινοι οδοί και σιδηρόδρομοι).

6.1.1. Το πρωτόκολλο NFR01

Το NFR01 είναι το πρωτόκολλο υπολογισμού εθνικών συνόλων συν τις εκπομπές που αναφέρονται στο NFR 11 (άλλες πηγές και καταβόθρες) συν οποιαδήποτε εκπομπή που βρίσκεται εκτός της περιοχής του EMEP. Ο καθορισμός της περιοχής EMEP αναφέρετε στην ιστοσελίδα <http://www.emep.int/grid/grid50.pdf>. Υπερπόντιες εκπομπές έξω από τη περιοχή EMEP συνεισφέρουν στις εκπομπές της περιοχής EMEP.

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ: Οι εκπομπές ανά χώρα που ρυθμίζονται από τα αντίστοιχα πρωτόκολλα τους στη Συνθήκη της διασυννοριακής ατμοσφαιρικής ρύπανσης μακροχρόνιας σειράς.

6.1.2. Το πρωτόκολλο NFR02

Το πρωτόκολλο NFR02 περιλαμβάνει:

- 1) Τη νομοθεσία ολικής προβολής ρύπων. Εδώ τα αναφερόμενα στοιχεία προβολής παρουσιάζουν την αναμενόμενη μελλοντική εξέλιξη μιας ρυπογόνου δραστηριότητας και των εκπομπών με βάση τις εθνικές παραδοχές σχετικά με τα προβαλλόμενα επίπεδα και εξετάζοντας όλους τους νομικούς κανονισμούς ή άλλα μέτρα που βρίσκονται σε ισχύ.
- 2) Τη συνολική προβολή της μείωσης. Εδώ, κάθε συμβαλλόμενο μέλος πρέπει να υποβάλει έκθεση σχετικά με τα τρέχοντα σχέδια μείωσης λαμβάνοντας υπόψη τις υποχρεώσεις σύμφωνα με τα πρωτόκολλα. Οι τρέχουσες προβολές νομοθεσίας μπορούν να παρεκκλίνουν από τα τρέχοντα σχέδια μείωσης σε καθεμία κατεύθυνση ανάλογα με την κατάσταση της νομοθεσίας και των προβαλλόμενων μελλοντικών επιπέδων δραστηριότητας.

6.1.3. Υπολογιστική επιλογή SNAP

Το SNAP (Selected Nomenclature for reporting Air Pollutants, Επιλεγμένη ονοματολογία για την υποβολή έκθεσης ατμοσφαιρικών ρύπων) είναι μια υπολογιστική επιλογή του Copert III που περιλαμβάνει τις συνηθέστερες αιτίες ρύπανσης της ατμόσφαιρας χωρισμένες σε επτά ομάδες και χρησιμοποιείται στο EMEP/ CORINAIR για τον υπολογισμό των ρύπων που εκλύονται στην ατμόσφαιρα από αυτές τις διαδικασίες. Παρακάτω παρουσιάζονται οι επτά ομάδες όπως παρουσιάζονται στο πρόγραμμα.

S1 Combustion in energy and transformation industries (stationary sources) (καύση στις βιομηχανίες ενέργειας και μετασχηματισμού (στατικές πηγές)

S2 Non-industrial combustion plants (stationary sources) (μη βιομηχανικές εγκαταστάσεις καύσης (στατικές πηγές)

S3 Combustion in manufacturing industry (stationary sources) (καύση στη βιομηχανία κατασκευών (στατικές πηγές))

S4 Production processes (stationary sources) (διαδικασίες παραγωγής (στατικές πηγές))

S5 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy (εξαγωγή και διανομή των απολιθωμένων καυσίμων και της γεωθερμικής ενέργειας

S6 Solvent use and other product use (χρήση διαλυτών και άλλη χρήση προϊόντων

S7 Road transport (οδικές μεταφορές)

S8 Other mobile sources and machinery (άλλες κινητές πηγές και μηχανήματα)

S9 Waste treatment and disposal (επεξεργασία και διάθεση αποβλήτων)

S10 Agriculture (γεωργία)

S11 Other sources and sinks (άλλες πηγές και καταβόθρες)

Στη παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το S7 Road transport (οδικές μεταφορές).

6.1.3.1 Η υπολογιστική επιλογή Road transport

Η υπολογιστική επιλογή road transport (Snap 7 ή S7) παρέχει τη μεθοδολογία, τους συντελεστές εκπομπής και τις παραμέτρους που σχετίζονται με τον υπολογισμό των εκπομπών που παράγονται από την έξοδο των καυσαερίων των οδικών οχημάτων. Οι εκπομπές που υπολογίζονται περιλαμβάνουν όλους τους σημαντικότερους ρύπους από τις οδικές μεταφορές: CO, PM, NO_x, NMVOC, αέρια θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, N₂O), ουσίες που επηρεάζουν την οξύτητα (NH₃, SO₂), καρκινογόνες ενώσεις (PAHs & POPs), τοξικές ουσίες (διοξίνες και φουράνια) και βαρέα μέταλλα (Pb). Επίσης οι αριθμοί κατανάλωσης καυσίμων (ενέργεια) μπορούν να υπολογιστούν. Όσον αφορά τις NMVOC παρέχεται η δυνατότητα επιλογής 68 διαφορετικών χημικών ενώσεων.

Η υπολογιστική επιλογή road transport έχει τη δυνατότητα υπολογισμού των αέριων εκπομπών από συμβατικά, καταλυτικά και διπλής ανάφλεξης βενζινοκίνητα οχήματα καθώς και από ντίζελ και υγραεριοκίνητα οχήματα τόσο σε κίνηση σε εθνικές οδούς όσο και σε αγροτικούς και αστικούς δρόμους. Η σημερινή μεθοδολογία Snap7 είναι η τρίτη αναπροσαρμογή της αρχικής έκδοσης της που αναπτύχθηκε για το κατάλογο εκπομπών του CORINAIR το 1985 [41], η οποία ενημερώθηκε επίσης το 1991 για το κατάλογο του CORINAIR 1990 [42]. Αυτή συμπεριλήφθηκε στην πρώτη έκδοση του οδηγού καταλόγων εκπομπής EMEP/ CORINAIR του 1996. Η δεύτερη αναπροσαρμογή της μεθοδολογίας βασίζεται στη δουλειά των Ahlvik et Al, 1997 [44], όπου εισήχθη το εργαλείο λογισμικού COPERT II [44] και προετοιμάστηκε η αναπροσαρμογή του οδηγού το 1997. Η παρούσα μεθοδολογία ενσωματώνεται πλήρως στο εργαλείο λογισμικού COPERT III [45] που είναι διαθέσιμο και στην ιστοσελίδα <http://vergina.eng.auth.gr/mech/lat/copert/copert.htm>.

Οι προαναφερθείσες πηγές [41-45] έχουν χρησιμοποιηθεί ως εισαγωγή στη μεθοδολογία του road transport. Τα στοιχεία και οι διάφοροι συντελεστές εκπομπής για τα παλαιότερα οχήματα παραμένουν χωρίς τροποποιήσεις από την πρώτη έκδοση. Η προηγούμενη έκδοση του σημερινού road transport (Snap7) εισήγαγε διάφορες μεθοδολογικές αναθεωρήσεις, συμπεριλαμβανομένης της εκτεταμένης ταξινόμησης οχημάτων και της κάλυψης του ρύπου, των συντελεστών εκπομπής και τις διορθώσεις για την κλίση των δρόμων, των βαρέων οχημάτων με επιπλέον βαγόνια κ.α. Η νεότερη έκδοση (Αύγουστος 2002) εισήγαγε επίσης και τα επιπλέον στοιχεία υπολογισμού.

6.2. Εισαγωγή στη βάση δεδομένων EMEP

Η βάση δεδομένων εκπομπής ρύπων UNECE/EMEP (Co-operative programme for monitoring and evaluation of long range transmission of air pollution in Europe) είναι ένα πρόγραμμα του ευρωπαϊκού παραρτήματος των Ηνωμένων Εθνών (UNECE), το οποίο μέσα από τη συνεργασία των ευρωπαϊκών κρατών παρακολουθεί και αξιολογεί την μετάδοση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μεγάλες αποστάσεις. Ο έλεγχος των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων και της απόθεσης είναι από τους βασικούς στόχους του EMEP.

Η Συνθήκη προσδιορίζει διάφορα ζητήματα, όπου η στενή συνεργασία των συμβαλλόμενων μελών της είναι σημαντική για να επιτύχει τους στόχους της. Υποχρέωση των μελών είναι ο προσδιορισμός και η προώθηση στο EMEP των δεδομένων των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων, των μετεωρολογικών και φυσικοχημικών δεδομένων που σχετίζονται με τις διαδικασίες παραγωγής και τη διάρκεια της μεταφοράς των ρύπων καθώς και της χρήσης τυποποιημένων πρότυπων μεθόδων μέτρησης των ρύπων, έτσι ώστε οι τιμές να είναι συγκρίσιμες και να μπορούν να γίνουν προτάσεις για τον έλεγχο των εκπομπών.

Το EMEP στην εικοστή έβδομη σύνοδό του το 2003 ζήτησε από τα συνεργαζόμενα κέντρα του EMEP μια περαιτέρω στενή συνεργασία με τους εθνικούς εμπειρογνώμονες για την διαμόρφωση στρατηγικής ελέγχου, η οποία θα αποτελεί τη βάση για το πρόγραμμα μέτρησης EMEP μέσα στα ερχόμενα έτη (2004-2009).

Το EMEP καλείται να παρέχει στα συμβαλλόμενα μέλη πληροφορίες για τις συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων, την μεταφορά και απόθεση τους ξεχωριστά ανά πηγή εκπομπής, τις διασυννοριακές ροές σχετικά με την οξίνιση, τον ευτροφισμό, τις φωτοοξειδωτικές ενώσεις, τα PM, τα βαρέα μέταλλα και τους επίμονους οργανικούς ρύπους. Αυτές οι πληροφορίες είναι μια σημαντική βάση δεδομένων που χρησιμεύει για τις στρατηγικές ελέγχου εκπομπής. Οι πληροφορίες παρέχονται λεπτομερώς ανά περιοχή χωρισμένη σε πλέγματα, ανά έτος και ανά ρύπο.

Οι παρατηρήσεις του EMEP και οι πρότυποι υπολογισμοί είναι σημαντικά στοιχεία που καθιερώνουν την πληροφόρηση για την περιφερειακή κατάσταση ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ευρώπη και την σύνδεση της τόσο σε διηπειρωτική όσο και σε αστική κλίμακα. Η διασυννοριακή μετάδοση των ατμοσφαιρικών ρύπων εξετάζεται επίσης και από άλλες συμβάσεις, οργανισμούς και ιδρύματα. Η στρατηγική του EMEP για το 2004-2009 δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης των παρατηρήσεων του EMEP την παροχή πληροφοριών για λήψη μέτρων ελέγχου και από άλλους αρμόδιους οργανισμούς.

Οι κύριοι στόχοι του EMEP είναι:

(α) να παρέχει τα δεδομένα από τις συγκεντρώσεις των ρύπων, την απόθεσης τους, τις πηγές εκπομπής τους και τις διασυννοριακές ροές σε περιφερειακή κλίμακα έτσι ώστε να προσδιορίζει τη διασυννοριακή ρύπανση

(β) να προσδιορίζει τις πηγές εκπομπής και των αποθέσεων ρύπανσης και να αξιολογεί τα αποτελέσματα των αλλαγών στις εκπομπές

(γ) να βελτιώνει την κατανόηση χημικών και φυσικών διεργασιών σχετικών με την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των ατμοσφαιρικών ρύπων στα οικοσυστήματα και την ανθρώπινη υγεία προκειμένου να υποστηριχθεί η ανάπτυξη οικονομικότερων και αποδοτικότερων στρατηγικών μείωσης τους και

(δ) να ερευνεί τις περιβαλλοντικές συγκεντρώσεις των νέων χημικών ενώσεων που ίσως παραχθούν και θα απαιτούν την προσοχή της Συνθήκης του EMEP στο μέλλον.

Στη συνέχεια θα γίνει παρουσίαση του περιβάλλοντος εργασίας της βάσης δεδομένων του EMEP.

6.2.1 Παρουσίαση περιβάλλοντος εργασίας του EMEP

Ανοίγοντας τη ιστοσελίδα του EMEP (<http://webdab.emep.int>) παρουσιάζονται τα «περιεχόμενα» του προγράμματος. Στη παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η έκδοση WebDab 5th version. Στη συνέχεια ανοίγοντας την ενότητα αυτή αρχικά παρουσιάζονται κάποια ιστορικά στοιχεία για το πρόγραμμα. Στη σελίδα αυτή αλλά και σε όλες τις άλλες παρουσιάζονται οι συνδέσεις με τις εξής πέντε ιστοσελίδες: Official Emission (Επίσημες εκπομπές), Activity Data (στοιχεία δραστηριότητας), Expert Emission (εκπομπές εμπειρογνομώνων), User guide (οδηγός χρηστών) και Intro Page (εισαγωγική σελίδα WebDab) (σχήμα 6.1). Κάθε μια από αυτές τις επιλογές περιγράφεται λεπτομερώς στη συνέχεια.

OFFICIAL EMISSION	ACTIVITY DATA	EXPERT EMISSION	USER GUIDE
----------------------	------------------	--------------------	------------

Σχήμα 6.1: Αρχική σελίδα στην ιστοσελίδα του EMEP.

6.2.2. Παράθυρα καταλόγων (List boxes)

Για την παροχή των στοιχείων από τις τρεις ιστοσελίδες (επίσημες εκπομπές, στοιχεία δραστηριότητας και εκπομπές εμπειρογνομώνων) πρέπει να απευθυνθούμε στα εξής παράθυρα καταλόγων και να επιλέξουμε: χώρα ή περιοχή (Country/ Area), έτος (Years), είδος ρύπου (Pollutants), τους τομείς (sectors), τρόπο παρουσίασης των αποτελεσμάτων (type and format) και τέλος HTML table options. Για να επιλεγεί μια ή περισσότερες καταχωρήσεις σε κάθε παράθυρο καταλόγων (είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί μόνο ένα από τα παράθυρα ρύπανσης), διαλέγοντας τα ζητούμενα στοιχεία. Σε όλα τα παράθυρα καταλόγων επιτρέπεται η πολλαπλή επιλογή, δηλαδή υπάρχει δυνατότητα να επιλεγεί από ένα, μέχρι και όλα. Στα παράθυρα καταλόγων υπάρχει η επιλογή 'All', δηλαδή όλα, η οποία χρησιμοποιείται για να πάρει όλα τα στοιχεία που υπάρχουν στο κατάλογο. Μερικά παράθυρα καταλόγων έχουν και άλλες τέτοιες συλλογικές καταχωρήσεις που χρησιμοποιούνται για να επιλέξουν διάφορα στοιχεία πατώντας πάνω τους. Η χρήση αυτών των καταχωρήσεων προορίζεται μόνο για να διευκολύνει το χρήστη από το να πρέπει να τσεκάρει κάθε στοιχείο ξεχωριστά. Το αποτέλεσμα που φαίνεται στην οθόνη θα είναι το ίδιο σαν να επιλέχτηκε κάθε στοιχείο χωριστά. Τα στοιχεία μέσα στις αγκύλες [] είναι μόνο δομικού χαρακτήρα (τίτλοι), και είναι άχρηστα για την επιλογή.

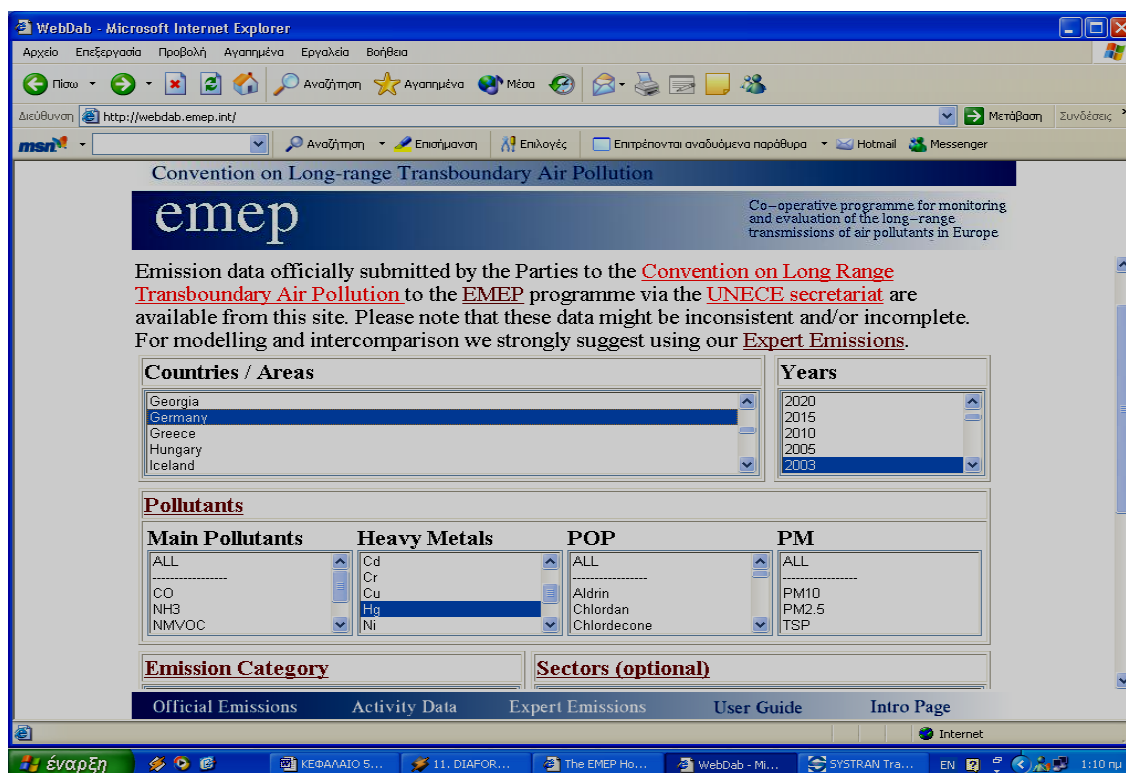
6.2.3. Μονάδες (Units)

Η μονάδα για τα δεδομένα των ρύπων που δεν είναι καταχωρημένα σε πλέγματα είναι $Gg = 10^9 g$. Για τα καταχωρημένα σε πλέγματα δεδομένα η μονάδα είναι $Mg = 10^6 g$.

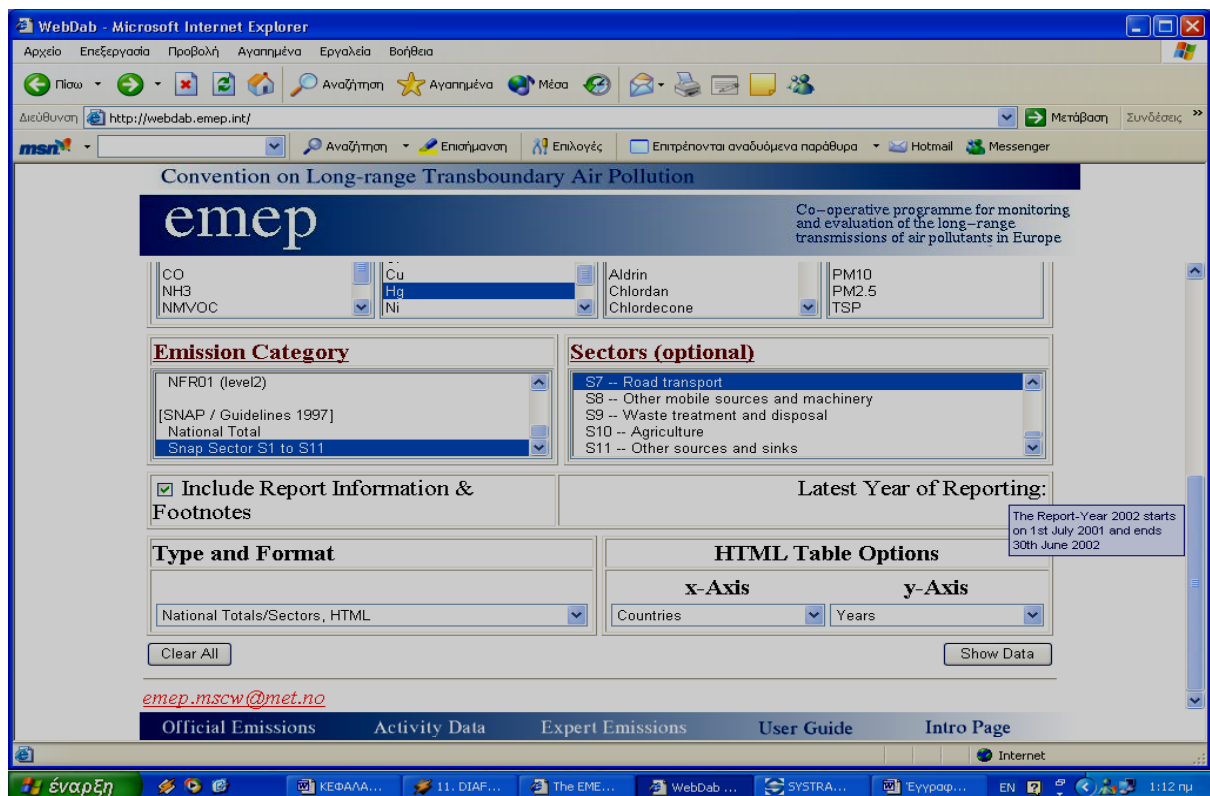
Περαιτέρω τα SO_x δίνονται ως ισοδύναμα σε SO₂, τα NO_x ως ισοδύναμα σε NO₂, οι NMVOC ως ισοδύναμα σε CH_{1,85}, ενώ οι υπόλοιπες ενώσεις ως έχουν.

6.2.4. Επίσημες εκπομπές (Official Emissions)

Τα επίσημα στοιχεία εκπομπής που υποβάλλονται από τα συμβαλλόμενα μέλη στη Συνθήκη CLRTAP (Convention on Long Range Transboundary Air Pollutants), δηλαδή στη Συνθήκη για τους μεγάλων αποστάσεων διασυνοριακούς ατμοσφαιρικούς ρύπους, στο πρόγραμμα EMEP μέσω της γραμματείας του UNECE, είναι διαθέσιμα από αυτήν την περιοχή. Πρέπει εδώ να σημειωθεί, ότι αυτά τα στοιχεία μπορεί να είναι ασυνεχή ή και ελλιπή. Για το λόγο αυτό συνιστάται η χρήση της επιλογής «expert emissions», όταν πρόκειται για χρήση μοντέλων προσομοίωσης. Για να ξεκινήσει το πρόγραμμα πρέπει να επιλεγεί ένα ή περισσότερα στοιχεία από κάθε ένα από τα παράθυρα καταλόγων που περιγράφονται παρακάτω. Η επιλογή από το «sector box» είναι προαιρετική. Η ιστοσελίδα που εμφανίζεται, όταν ανοίγεται αυτή η επιλογή φαίνεται το επάνω μέρος της στο σχήμα 6.2 και το κάτω μέρος της στο σχήμα 6.3.



Σχήμα 6.2: Άνω μέρος της ιστοσελίδας των «official emissions» της βάσης δεδομένων EMEP.



Σχήμα 6.3: Κάτω μέρος της ιστοσελίδας των «official emissions» της βάσης δεδομένων EMEP.

Επιλογές:

Χώρες/ Περιοχές (Countries/Areas)

Περιέχει έναν κατάλογο όλων των χωρών που υποβάλλουν έκθεση στην UN- ECE. Επάνω από τη διακεκομμένη γραμμή (- - -) υπάρχουν τέσσερις συλλογικές καταχωρήσεις: ALL, EU15, EU18 (δηλ. EU15 συν την Ισλανδία, τη Νορβηγία και το Λιχτενστάιν) και EU25 (δηλ. EU15 συν την Εσθονία, την Κύπρο, τη Λετονία, τη Λιθουανία, τη Μάλτα, την Πολωνία, τη Σλοβακία, τη Σλοβενία, την Τσεχία και την Ουγγαρία).

Έτη (Years)

Έτη για τα οποία οι συμμετέχοντες στη Συνθήκη CLRTAP έχουν εκθέσει τις εκπομπές και τις γραφικές παραστάσεις, δηλ. εκπομπές για τα έτη 1980-2002 και τις γραφικές παραστάσεις για το 2000, 2010, 2015 και 2020. Να σημειωθεί, ότι σύμφωνα με τις οδηγίες για τον υπολογισμό και την υποβολή εκθέσεων των στοιχείων εκπομπής δεν υπάρχει υποχρέωση να αναφερθούν οι εκπομπές των PM πριν από το έτος 2000 ενώ για τα βαρέα μέταλλα (HMs) και POPs υποχρεούνται να αναφέρονται από το 1990 και μετά.

Ρύποι (Pollutants)

Ένας κατάλογος διαθέσιμων ρύπων, συμπεριλαμβανομένου ενός επεξηγηματικού κειμένου, μπορεί να ληφθεί με ένα κράτημα του κουμπιού CTRL και να τσεκάρει τους ρύπους. Οι ρύποι διαιρούνται σε τέσσερις διαφορετικούς καταλόγους:

* Κύριοι ρύποι: Αν επιλέξουμε "ALL" επιλέγονται όλοι οι ρύποι που βρίσκονται σε αυτόν τον κατάλογο.

* Βαρέα μέταλλα: Όπως, αρσενικό (As), κάδμιο (Cd), χρώμιο (Cr), χαλκός (Cu), υδράργυρος (Hg), νικέλιο (Ni), μόλυβδος (Pb), σελήνιο (Se) και ψευδάργυρος (Zn). Αν επιλέξουμε "ALL" επιλέγονται όλοι οι ρύποι που βρίσκονται σε αυτόν τον κατάλογο.

* POP : Επίμονοι οργανικοί ρύποι. Αν επιλέξουμε "ALL" επιλέγονται όλοι οι ρύποι που βρίσκονται σε αυτόν τον κατάλογο.

* PM: Σωματιδιακοί ρύποι. PM₁₀, PM_{2.5}, ολικά αιωρούμενα σωματίδια (TSP). Αν επιλέξουμε "ALL" επιλέγονται όλοι οι ρύποι που βρίσκονται σε αυτόν τον κατάλογο.

Κατηγορία εκπομπής (Emission Category)

Υπάρχουν τρεις ευδιάκριτα διαφορετικές κατηγορίες εκπομπής που συνδέονται με τρεις οδηγίες του UNECE για τον υπολογισμό και την υποβολή των εκθέσεων των στοιχείων εκπομπής, το NFR02/ Guidelines 2002, το NFR01, NFR01/ Guidelines 2001 και το Snap/Guidelines 1997. Για τους χρήστες που δεν είναι εξοικειωμένοι με τις διάφορες κατηγορίες συστήνεται ιδιαίτερα να επισκεφτούν τις ανωτέρω συνδέσεις πριν αρχίσουν να ζητούνται τα στοιχεία από το WebDab.

Τομείς (προαιρετικοί)(Sectors)

Ένας κατάλογος με όλους τους διαθέσιμους τομείς (πηγές εκπομπής ρύπων) που βρίσκονται στο WebDab, μαζί με ένα επεξηγηματικό κείμενο, που εμφανίζεται όταν επιλέξει κανείς τους τομείς. Η επιλογή των τομέων είναι προαιρετική. Οι κατηγορίες των τομέων είναι οι ακόλουθες και φαίνονται αναλυτικά και πιο κάτω: Τομέας NFR02 (το επίπεδο 1) (01, 02a, 02b, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09 και natural (φυσικός)) αναφέρεται έμμεσα. Όλες οι άλλες εκπομπές ανά τομέα είναι όπως επίσημα αναφέρονται από συμβαλλόμενα μέλη στη Συνθήκη CLRTAP.

NFR02 (level 1) (This level is derived for non-gridded data. See user guide)

01 Combustion in Power Plants and Industry

02a Transport above 1000m

02b Transport below 1000m

03 Commercial, Residential and Other Stationary Combustion

04 Fugitive Emissions From Fuels

05 Industrial Processes

06 Solvent and Other Product Use

07 Agriculture

08 Waste

09 Other (included in National Total)

Natural Natural

Να συμπεριληφθούν πληροφορίες & υποσημειώσεις εκθέσεων (Include report information and footnotes)

Για να εκτυπωθούν οι πληροφορίες και τα σχόλια από τα επίσημα αναφερόμενα στοιχεία εκπομπής όπως προβλέπεται από την συνθήκη για τα συμβαλλόμενα μέλη, πρέπει να επιλεγεί η επιλογή ή «Include report information and footnotes». Ένας εσωτερικός κώδικας εκθέσεων Msc-W (Meteorological Synthesizing Centre- West) (παραδείγματος χάριν ο U-AMO2-V) μαζί με την ημερομηνία που οι εκπομπές παραλήφθηκαν από το UNECE (π.χ 2001-12-26) εμφανίζονται πάντα. Εάν επιλέγει η προβολή σε πίνακες HTML, ο κώδικας εκθέσεων, η ημερομηνία λήψης και τα σχόλια που αναφέρθηκαν από τα συμβαλλόμενα μέλη θα εμφανιστούν ως υποσημείωση στο κατώτατο σημείο των πινάκων HTML. Εάν επιλεγεί η εκτύπωση των αρχείων σε στήλες χωρισμένων με άνω τελεία, ο κώδικας εκθέσεων (και η ημερομηνία λήψης), μαζί με ένα σχόλιο εκθέσεων (σχόλια των

συμβαλλόμενων μελών) θα εμφανιστούν στον τίτλο (που χωρίζεται με δίσηση (#)), μπροστά από κάθε έκθεση από την οποία λαμβάνεται το στοιχείο. Ο χρήστης πρέπει να αναφερθεί στον κώδικα έκθεσης εάν έχει ερώτηση σε ένα ορισμένο σύνολο στοιχείων.

Τελευταίο έτος υποβολής έκθεσης (Latest Year of Reporting)

Οι μη καταχωρημένες σε πλέγμα εκπομπές πρέπει να αναφέρονται από τις συμβαλλόμενες χώρες στο EMEP ετησίως. Τα στοιχεία εκπομπής για το πραγματικό έτος υποβολής έκθεσης βρίσκονται, αν αφαιρεθούν δύο έτη (δηλ. για τις εκπομπές του έτους 2000, αναφερόμαστε στο 2002). Οι καταχωρημένες σε πλέγμα εκπομπές (και στοιχεία δραστηριότητας), πρέπει να αναφέρονται στο EMEP κάθε πέμπτο έτος, αρχίζοντας από τις εκπομπές του έτους 1990 (που αναφέρονται στο έτος 1992).

Εάν επιλεγεί το τρέχον έτος ως το "τελευταίο έτος υποβολής έκθεσης", θα ανακτηθούν τα πιο ενημερωμένα στοιχεία εκπομπής που είναι διαθέσιμα στη βάση δεδομένων για το επιλεγμένο έτος εκπομπής και την κατηγορία εκπομπής. Εάν έχουν επιλεγεί διαφορετικές κατηγορίες εκπομπής, θα ανακτηθούν (εάν υπάρχουν) εκπομπές ανά έτος για καθεμία από τις κατηγορίες που έχουν επιλεγεί. Αυτό σημαίνει, ότι μπορούν να ανακτηθούν στοιχεία εκπομπής για ένα ορισμένο έτος, περιοχή και για ορισμένους ρύπους, μέχρι τρεις φορές και μέχρι η βάση δεδομένων να περιέχει τα στοιχεία που αναφέρονται στις τρεις διαφορετικές οδηγίες NFRO1, NFRO2 και SNAP. Οι προβολές υπάρχουν για το έτος 2000.

Τρόπος παρουσίασης αποτελεσμάτων (Type and Format)

Τρεις επιλογές είναι δυνατές, ανάλογα με τον τύπο των στοιχείων: 1) μη καταχωρημένα σε πλέγματα στοιχεία (σύνολα/ τομείς) στο HTML, 2) στοιχεία του σχήματος χωρισμένα με άνω και κάτω τελεία και 3) καταχωρημένα σε πλέγματα στοιχεία.

Δυνατότητες προβολής του HTML πίνακα (HTML table Options)

Εδώ μπορεί να επιλεγεί η σχεδίαση του πίνακα HTML ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη.

Παρουσιάστε στοιχεία (Show data)

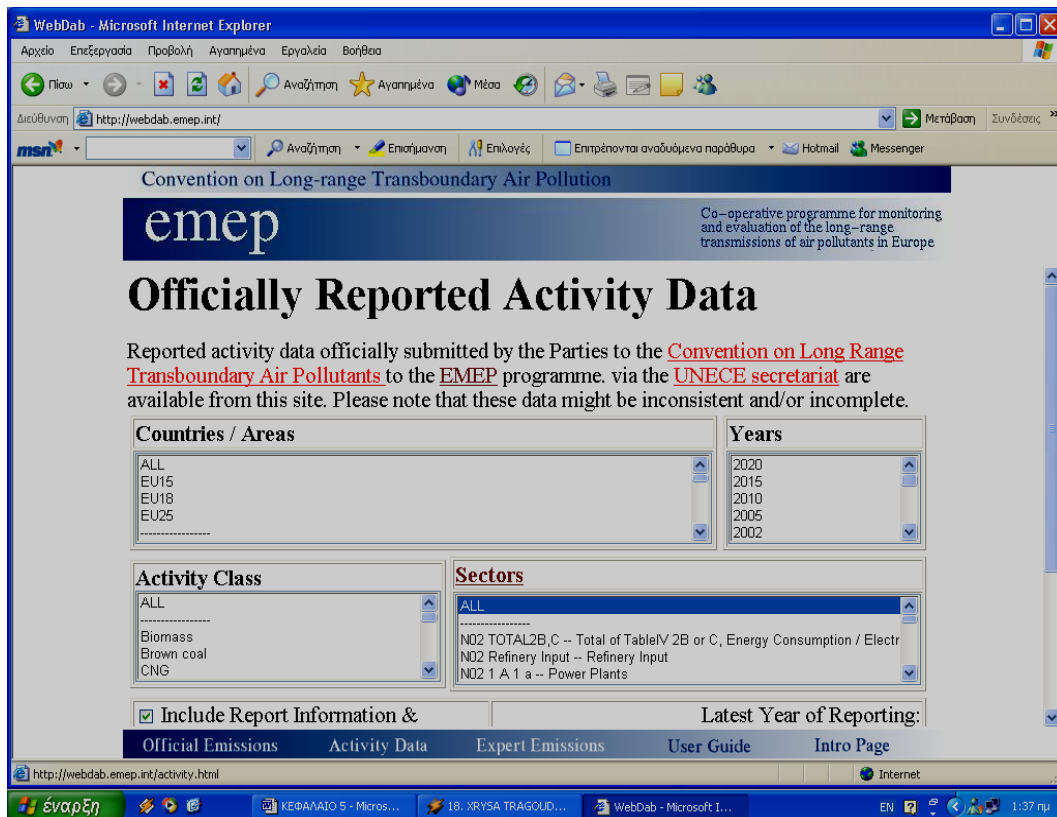
Οι προβολές είναι χαρακτηρισμένες με κόκκινο χρώμα στους πίνακες HTML και το πρόθεμα "p" προστίθεται στο έτος εκπομπής που χωρίζει τα αρχεία με άνω τελεία (i.e.2000p).

Παραπομπή (Citation)

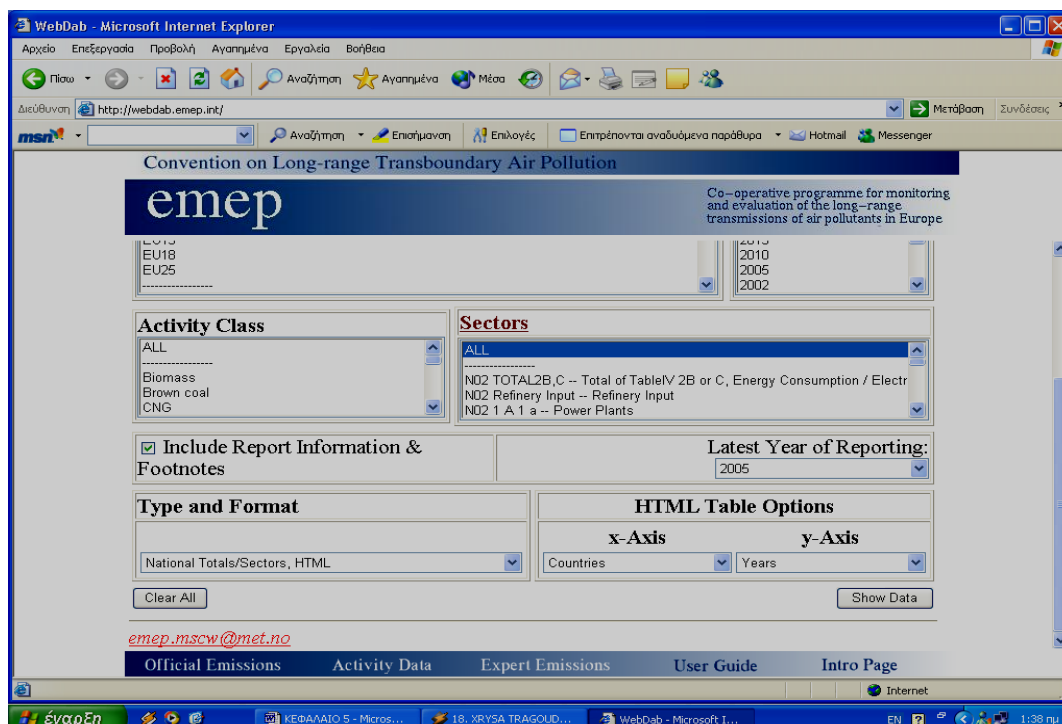
Τα επίσημα αναφερόμενα στοιχεία εκπομπής είναι τεκμηριωμένα και πρέπει να αναφέρονται σε δημοσιεύσεις με πηγή την UNECE (2003) παρούσα κατάσταση των στοιχείων εκπομπής (EB.Air/GE.1/2004/10).

6.2.5. Επίσημα αναφερόμενα στοιχεία δραστηριότητας (Officially Reported Activity Data)

Τα επίσημα αναφερόμενα στοιχεία δραστηριότητας περιλαμβάνουν τα επίσημα στοιχεία που υποβάλλονται επίσημα στο EMEP από τους συμμετέχοντες στη Συνθήκη CLRTAP και αυτά τα στοιχεία μπορεί να είναι ασυνεχή και ελλιπή. Για να ξεκινήσει η παρουσίαση πρέπει να επιλεγθούν ένα ή περισσότερα στοιχεία από κάθε ένα από τα παράθυρα καταλόγων που περιγράφονται παρακάτω. Η ιστοσελίδα που εμφανίζεται όταν ανοίγεται αυτή η επιλογή φαίνεται στο σχήμα 6.4 (άνω μέρος) και 6.5 (κάτω μέρος).



Σχήμα 6.4: Άνω μέρος της ιστοσελίδας των «Officially Reported Activity Data» της βάσης δεδομένων EMEP.



Σχήμα 6.5: Κάτω μέρος της ιστοσελίδας των «Officially Reported Activity Data» της βάσης δεδομένων EMEP.

Επιλογές:

Οι επιλογές είναι παρόμοιες με τις επιλογές στο «Officially reported activity data» (βλέπε 6.2.4.).

Χώρες/ Περιοχές (Countries/Areas)

Περιέχει έναν κατάλογο όλων των χωρών που υποβάλλουν έκθεση στην UN-ECE. Επάνω από τις διακεκομμένες γραμμές (- - -) υπάρχουν τέσσερις συλλογικές καταχωρήσεις: ALL, EU15, EU18 (δηλ. EU15 συν την Ισλανδία, τη Νορβηγία και το Λιχτενστάιν) και EU25 (δηλ. EU15 συν την Εσθονία, την Κύπρο, τη Λετονία, τη Λιθουανία, τη Μάλτα, την Πολωνία, τη Σλοβακία, τη Σλοβενία, την Τσεχία και την Ουγγαρία).

Έτη (Years)

Τα στοιχεία δραστηριότητας από το 1990-2002 και τα στοιχεία δραστηριότητας για τα έτη 2005, 2010, 2015 και 2020 είναι διαθέσιμα. Πρέπει εδώ να σημειωθεί, ότι η υποβολή έκθεσης των στοιχείων δραστηριότητας ζητείται μόνο κάθε πέμπτο έτος, αρχίζοντας από την υποβολή έκθεσης των στοιχείων δραστηριότητας για το έτος 1990. Επιπλέον πρέπει να παρουσιαστεί ένα στοιχείο δραστηριότητας για το έτος 2005, 2010, 2015 και 2020 γιατί ζητείται.

Τμήμα δραστηριότητας (Activity Class)

Εδώ μπορεί να επιλεγθεί ο τύπος καυσίμων (βιομάζα, κάρβουνο, CNG, LPG, N, ακατέργαστο πετρέλαιο, diesel, παραγόμενα αέρια, ηλεκτρική ενέργεια, άλλα υγρά καύσιμα, άλλα στερεά καύσιμα, βενζίνη, σκληρός άνθρακας, θερμότητα, πετρέλαιο βαριών καυσίμων, υδρογόνο, φυσικό αέριο, ανανεώσιμο, πυρηνικό), λιπασμάτων ή και ζωικών δραστηριοτήτων που επιθυμεί να εξεταστεί.

Τομείς (προαιρετικοί)(Sectors)

Πρέπει εδώ να τονιστεί, ότι οι τομείς πρέπει να επιλεγούν σε αυτή την σελίδα. Προκειμένου να είναι σε θέση να επιλέξει τους σωστούς τομείς ο χρήστης, πρέπει να αναφερθεί στο [NFR02/ Guidelines 2002](#)

NFR02 activity data

N02 TOTAL2B,C Total of TableIV 2B or C, Energy Consumption / Electricity and Heat Production and Consumption

N02 Refinery Input

N02 1 A 1 a Power Plants

N02 1 A 1 b,c Conversion

N02 1 A 2a-f Industry

N02 1 A 4a,bi,ci Residential/Commercial

N02 1A3aii,b,c,dii,eii+1A4bii,cii,ciii+1A5b Transport

N02 Non-energy use

N02 Gross production

N02 Own use and losses

N02 Import w/o Export

N02 Total of Table IV 2D, Energy Consumption for Transport Sector

N02 1 A 3bi-iv Road Transportation

N02 1 A 3c,eii + 1A4bii,cii + 1 A 5b Off-road

N02 1 A 3aii Civil Aviation

N02 1 A 3dii + 1 A 4ciii National Shipping

N02 1 A 3bi Passenger Cars

N02 1 A 3bii Light Duty Vehicles

N02 1 A 3biii Heavy Duty Vehicles
 N02 1 A 3biv Mopeds and Motorcycles
 N02 1 A 3c Railways
 N02 1 A 3eii + 1A4bii,cii + 1 A 5b Other Off-road
 N02 4 B 1 a Dairy Cattle
 N02 4 B 1 b Non-Dairy Cattle
 N02 4 B 3,4 Sheep and Goats
 N02 4 B 6,7,13 Horses, Mules and Asses, Other
 N02 4 B 8 Swine
 N02 4 B 9 Poultry
 N02 4 D I N-fertilizer
 N02 4 B 1 a (i) Dairy Cattle; Slurry-based system
 N02 4 B 1 a (ii) Dairy Cattle; Straw-based system
 N02 4 B 1 b (i) Non-Dairy Cattle; Slurry-based system
 N02 4 B 1 b (ii) Non-Dairy Cattle; Straw-based system
 N02 4 B 3 Sheep
 N02 4 B 4 Goats
 N02 4 B 6 Horses
 N02 4 B 7 Mules and Asses
 N02 4 B 8 (i) Swine; Slurry-based system
 N02 4 B 8 (ii) Swine; Straw-based system
 N02 4 B 9 (i) Laying Hens
 N02 4 B 9 (ii) Broiler
 N02 4 B 9 (iii) Turkeys
 N02 4 B 9 (iv) Other Poultry
 N02 4 B 13 Other Animals
 N02 4 D i (i) N-fertilizer use - Urea
 N02 4 D i (ii) N-fertilizer use - other N-fertilizers

Να συμπεριληφθούν πληροφορίες & υποσημειώσεις εκθέσεων (Include report information and footnotes)

Για να εκτυπωθούν οι πληροφορίες και τα σχόλια από τα επίσημα αναφερόμενα στοιχεία εκπομπής όπως προβλέπεται από την συνθήκη για τα συμβαλλόμενα μέλη, πρέπει να επιλεγεί η επιλογή ή «Include report information and footnotes». Ένας εσωτερικός κώδικας εκθέσεων Msc-W (Meteorological Synthesizing Centre- West) (παραδείγματος χάριν ο U-AMO2-V) μαζί με την ημερομηνία που οι εκπομπές παραλήφθηκαν από το UNECE (π.χ 2001-12-26) εμφανίζονται πάντα. Εάν επιλεγεί προβολή σε πίνακες HTML, ο κώδικας εκθέσεων, η ημερομηνία λήψης και τα σχόλια που αναφέρθηκαν από τα συμβαλλόμενα μέλη θα εμφανιστούν ως υποσημείωση στο κατώτατο σημείο των πινάκων HTML. Εάν επιλεγεί η εκτύπωση των αρχείων σε στήλες χωρισμένων με άνω τελεία, ο κώδικας εκθέσεων (και η ημερομηνία λήψης), μαζί με ένα σχόλιο εκθέσεων (σχόλια των συμβαλλόμενων μελών) θα εμφανιστεί στον τίτλο (που χωρίζεται με δίσηση (#)), μπροστά από κάθε έκθεση από την οποία λαμβάνεται το στοιχείο. Ο χρήστης πρέπει να αναφερθεί στον κώδικα έκθεσης εάν έχει ερώτηση σε ένα ορισμένο σύνολο στοιχείων.

Τελευταίο έτος υποβολής έκθεσης (Latest Year of Reporting)

Τα στοιχεία δραστηριότητας, που έχουν αναφερθεί είναι μόνο για τα έτη 2003 και 2004. Έτσι αυτές είναι οι μόνες πιθανές επιλογές.

Τρόπος παρουσίασης αποτελεσμάτων (Type and Format)

Δύο είναι οι δυνατές επιλογές παρουσίασης των αποτελεσμάτων. Είτε σαν HTML σχήματα, είτε δεδομένα χωρισμένα με άνω και κάτω τελεία.

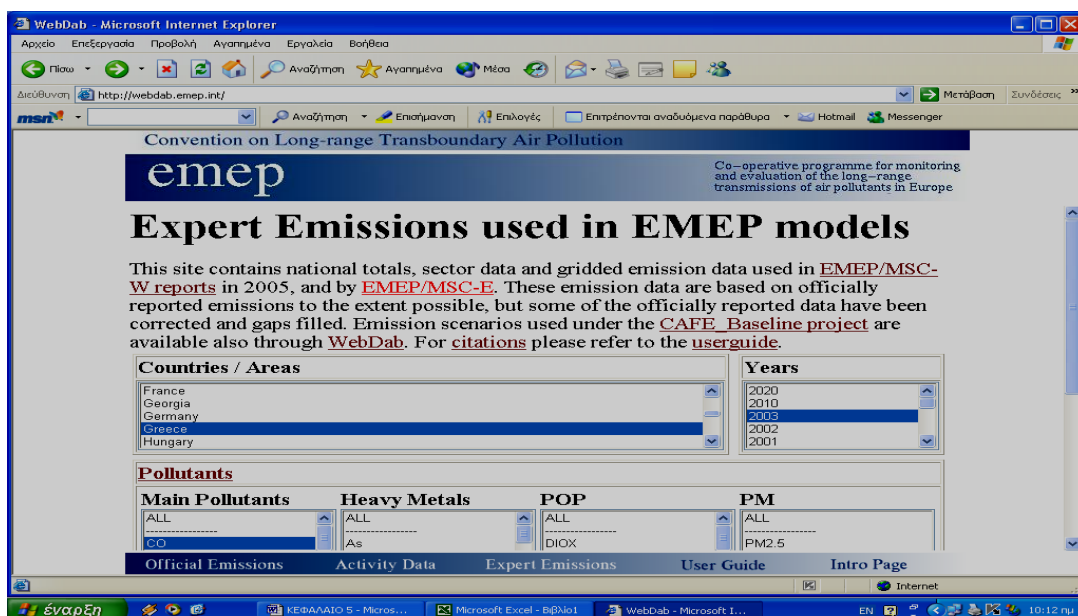
Δυνατότητα παρουσίασης του HTML πίνακα (HTML Table options)

Εδώ μπορεί να σχεδιαστεί ο πίνακας HTML ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη.

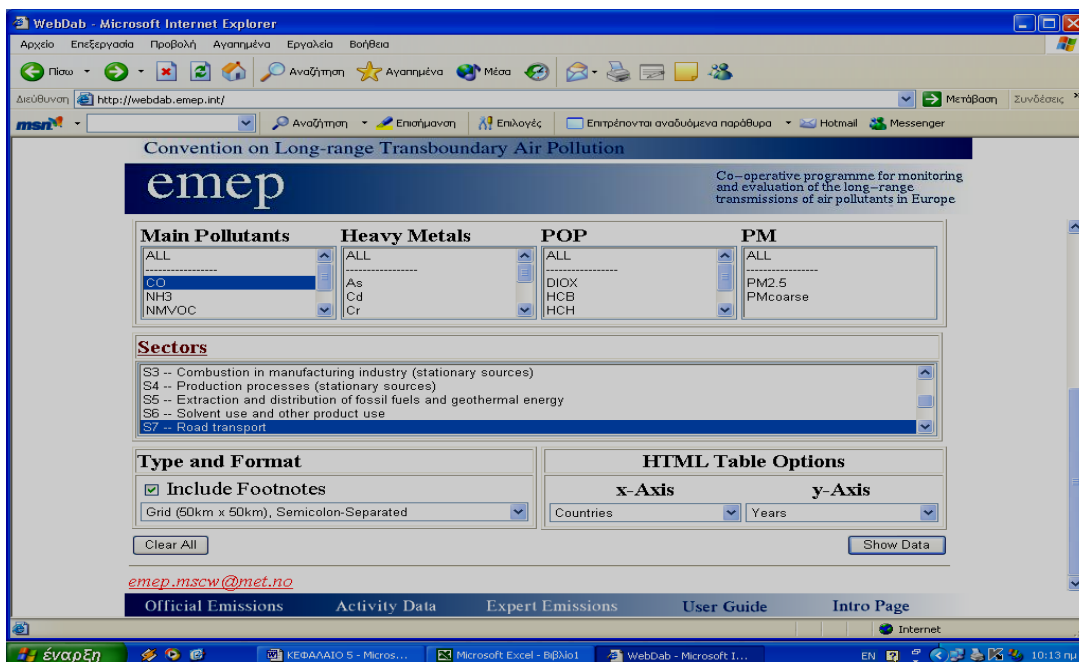
6.2.6. Εκπομπές εμπειρογνομόνων (Expert Emissions)

Αυτή η ιστοσελίδα (σχήμα 6.6 και 6.7) περιέχει τα εθνικά σύνολα, τα δεδομένα ανά τομέα και τα καταχωρημένα σε πλέγμα δεδομένα εκπομπών που χρησιμοποιούνται σε μοντέλα προσομοίωσης για λόγους διαμόρφωσης στο MSC-W (Meteorological Synthesizing Centre-West) και το MSC-E (Meteorological Synthesizing Centre-East). Η ιστοσελίδα περιέχει επίσης τα σενάρια που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια του προγράμματος CAFE (Clear Air For Europe). Τα στοιχεία εκπομπής είναι βασισμένα στις επίσημα από τα συμβαλλόμενα μέλη αναφερόμενες εκπομπές στο μέτρο του δυνατού, αλλά μερικά από τα επίσημα αναφερόμενα στοιχεία έχουν διορθωθεί και τα κενά έχουν καλυφθεί. Τα προσομοιωμένα με μοντέλα κέντρα του EMEP χρησιμοποιούν το ανθρωπογενές μέρος των εκπομπών στη δραστηριότητα διαμόρφωσής τους. Ο τομέας των εκπομπών (αυτό σημαίνει οι τομείς 1-10, βιογενείς φυσικές εκπομπές) αναφέρονται στον τομέα 11. Οι εκπομπές σκαφών κρατούνται σταθερές για όλα τα έτη λόγω έλλειψης των ειδικών εκτιμήσεων.

Η γεωγραφική διανομή των εκπομπών είναι η ίδια για τους κύριους ρύπους για τα έτη 1985, 1995-1998. Μια περιγραφή του πλέγματος EMEP (EMEP grid), μαζί με ένα αρχείο: emep50official_country_grid_fraction.txt έχει αναρτηθεί στην ιστοσελίδα του EMEP. Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι συγκρίνοντας τα στοιχεία εκπομπών για τα έτη 2000 και 2001 το Αζερμπαϊτζάν συμπεριλαμβάνεται ως χωριστή χώρα φέτος. Για τα έτη 1980, 1990, 1999-2002, 2010, 2020, μια νέα μεθοδολογία χρησιμοποιείται, η οποία έχει λάβει υπόψη της τα ειδικά στοιχεία LPS, που έχουν χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσουν τις ειδικές καταχωρημένες σε πλέγμα εκπομπές ανά τομέα. Αυτή η μέθοδος αναπτύχθηκε περαιτέρω το 2004.



Σχήμα 6.6: Άνω μέρος της ιστοσελίδας των «Expert Emissions» της βάσης δεδομένων EMEP.



Σχήμα 6.7: Κάτω μέρος της ιστοσελίδας των «Expert Emissions» της βάσης δεδομένων EMEP.

Επιλογές:

Χώρες/ Περιοχές (Countries/Areas)

Περιέχει έναν κατάλογο όλων των χωρών που υποβάλλουν έκθεση στην UN-ECE. Επίσης περιλαμβάνονται άλλες περιοχές όπου οι τιμές εκπομπής είναι μόνο εκτιμήσεις των εμπειρογνομόνων (εκπομπές σκαφών, φυσικές θαλάσσιες εκπομπές, Βόρεια Αφρική και ασιατικές περιοχές). Επάνω από τις διακεκομμένες γραμμές (- - -) υπάρχουν τέσσερις συλλογικές καταχωρήσεις: ALL, EU15, EU18 (δηλ. EU15 συν την Ισλανδία, τη Νορβηγία και το Λιχτενστάιν), EU25 και εκπομπές σκαφών.

Έτη (Years)

Τα έτη, για τα οποία τα κεντρικά μοντέλα προσομοίωσης του EMEP έχουν ολοκληρωθεί είναι μέχρι το 2004. Οι κύριοι ρύποι είναι διαθέσιμοι για τα έτη 1980, 1985, 1990, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2010 και 2020. Τα PMs είναι διαθέσιμα για τα έτη 2000, 2001, 2002, 2010 και 2020, τα HMs είναι διαθέσιμα μόνο για το έτος 1990, ενώ τα POPs είναι διαθέσιμα για τα έτη 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995. Τα προβαλλόμενα στοιχεία εκπομπής για τα έτη 2010 και 2020 έχουν παραχωρηθεί ευγενικά από το CIAM (Centre for Integrated Assessment Modeling, δηλαδή από το κέντρο για την ολοκληρωμένη εκτίμηση των μοντέλων) τον Ιούνιο του 2004.

Ρύποι (Pollutants)

Ένας κατάλογος διαθέσιμων ρύπων, συμπεριλαμβανομένου ενός επεξηγηματικού κειμένου, μπορεί να ληφθεί με ένα κράτημα του κουμπιού CTRL και να τσεκάρει τους ρύπους. Οι ρύποι διαιρούνται σε τέσσερις διαφορετικούς καταλόγους:

* Κύριοι ρύποι: Αν επιλέξουμε "ALL" επιλέγονται όλοι οι ρύποι που βρίσκονται σε αυτόν τον κατάλογο.

* Βαρέα μέταλλα: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se και Zn. Αν επιλέξουμε "ALL" επιλέγονται όλοι οι ρύποι που βρίσκονται σε αυτόν τον κατάλογο.

* POP : Επίμονοι οργανικοί ρύποι. Αν επιλέξουμε "ALL" επιλέγονται όλοι οι ρύποι που βρίσκονται σε αυτόν τον κατάλογο.

* PM: Σωματιδιακοί ρύποι. PM₁₀, PM_{2.5}, ολικά αιωρούμενα σωματίδια (TSP). Αν επιλέξουμε "ALL" επιλέγονται όλοι οι ρύποι που βρίσκονται σε αυτόν τον κατάλογο.

Τομείς (προαιρετικοί)(Sectors)

Εδώ πρέπει να γίνει γνωστό, ότι η επιλογή του τομέα ή των τομέων είναι υποχρεωτική και όχι προαιρετική όπως για τις «επίσημες εκπομπές». Όλοι οι διαθέσιμοι τομείς αναφέρονται στο SNAP (Selected Nomenclature for reporting of Air Pollutants. Τα σύνολα των τομέων είναι το άθροισμα, των σε πλέγματα καταχωρημένων στοιχείων στους τομείς S1- S10.

Τρόπος παρουσίασης αποτελεσμάτων (Type and Format)

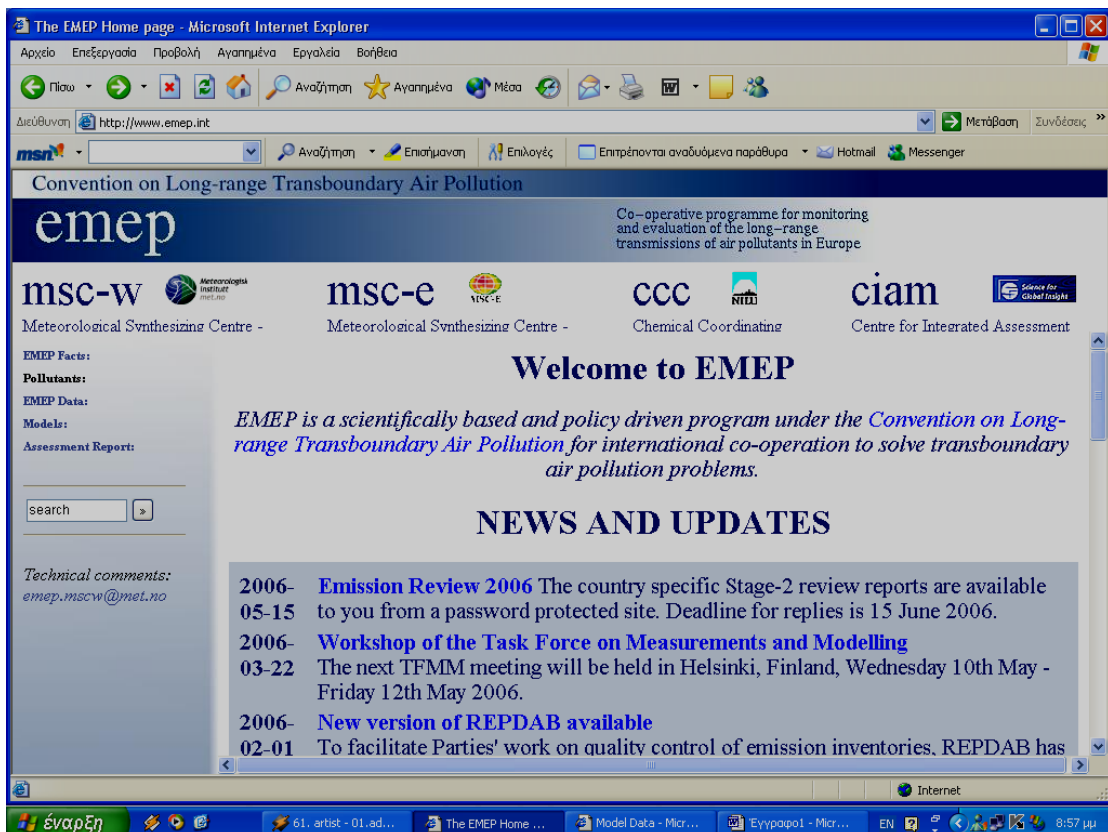
Ομοίως όπως στις προαναφερθείσες «επίσημες εκπομπές».

Δυνατότητες παρουσίασης του HTML πίνακα (HTML Table options)

Ομοίως όπως στις προαναφερθείσες «επίσημες εκπομπές».

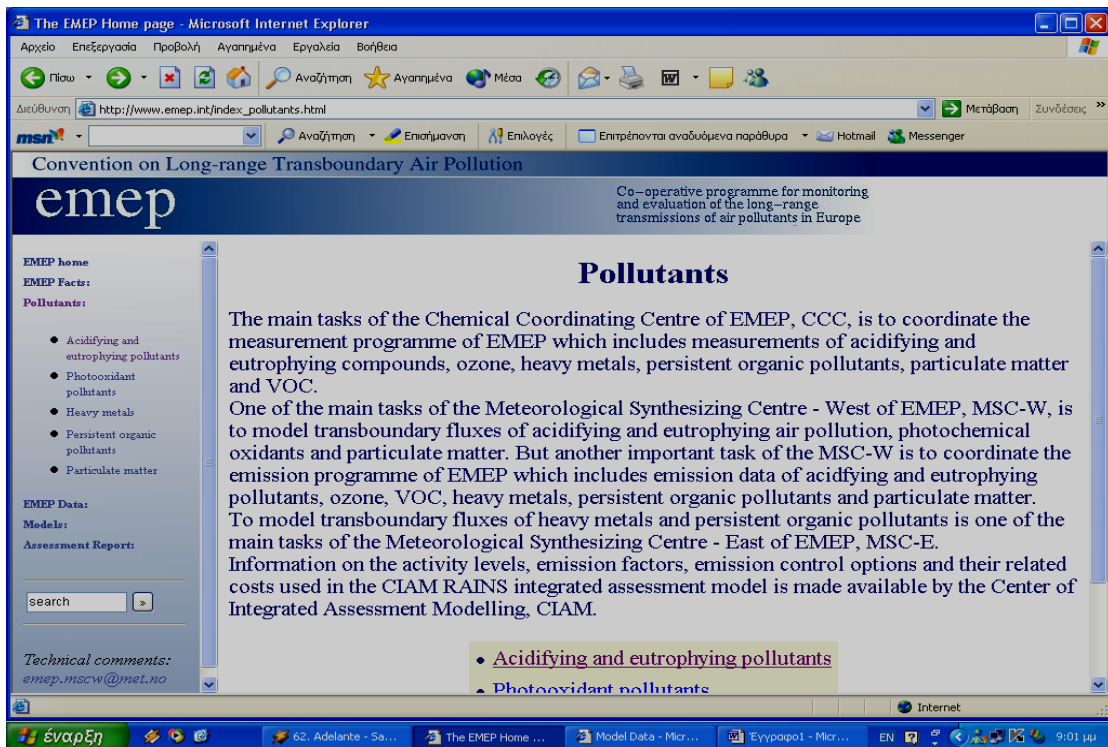
6.2.7. Ετήσιες συγκεντρώσεις αερίων ρύπων (Yearly Data)

Για την εξεύρεση των ετήσιων μέσων όρων των ατμοσφαιρικών ρύπων πρέπει να επιλεγεί η επιλογή «Yearly Data» στη βάση δεδομένων EMEP. Ανοίγοντας τη ιστοσελίδα του EMEP (www.emep.int) παρουσιάζεται η αρχική σελίδα που φαίνεται στο σχήμα 6.8.



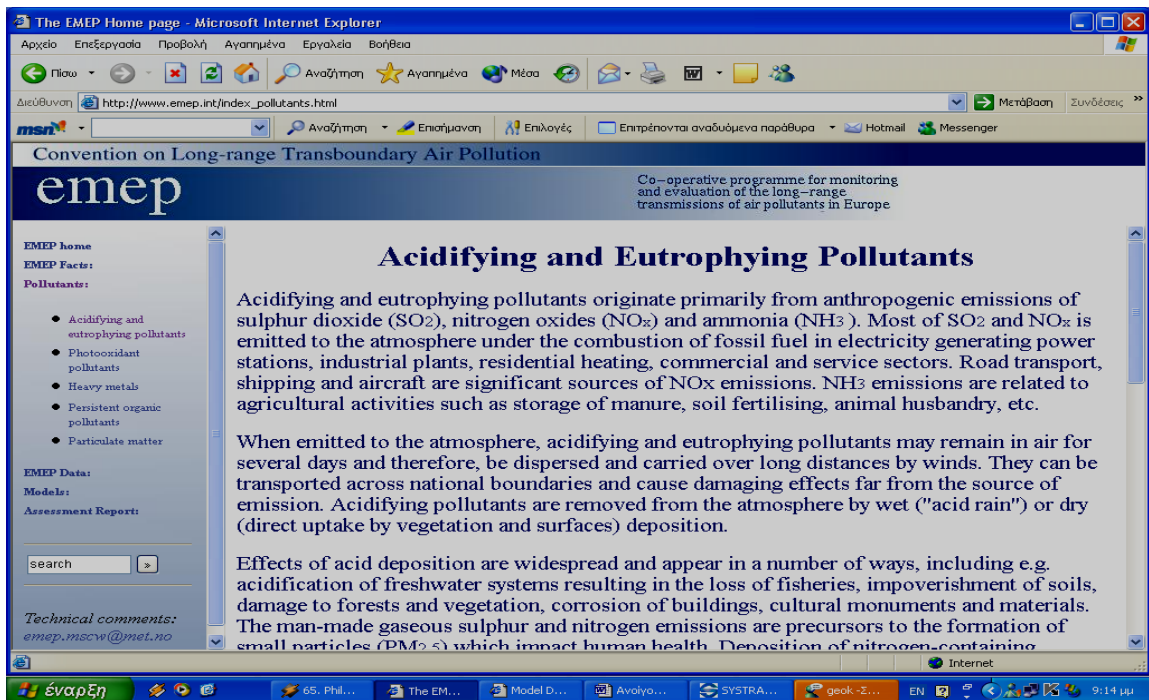
Σχήμα 6.8: Αρχική σελίδα EMEP.

Για να υπολογιστούν με τη βοήθεια του προγράμματος οι ετήσιες συγκεντρώσεις θα ακολουθηθεί η εξής διαδικασία. Στην αρχική σελίδα του EMEP (σχήμα 6.8) διαλέγεται η επιλογή «Pollutants». Επιλέγοντας τη ανοίγει το παρακάτω περιβάλλον εργασίας (σχήμα 6.9).

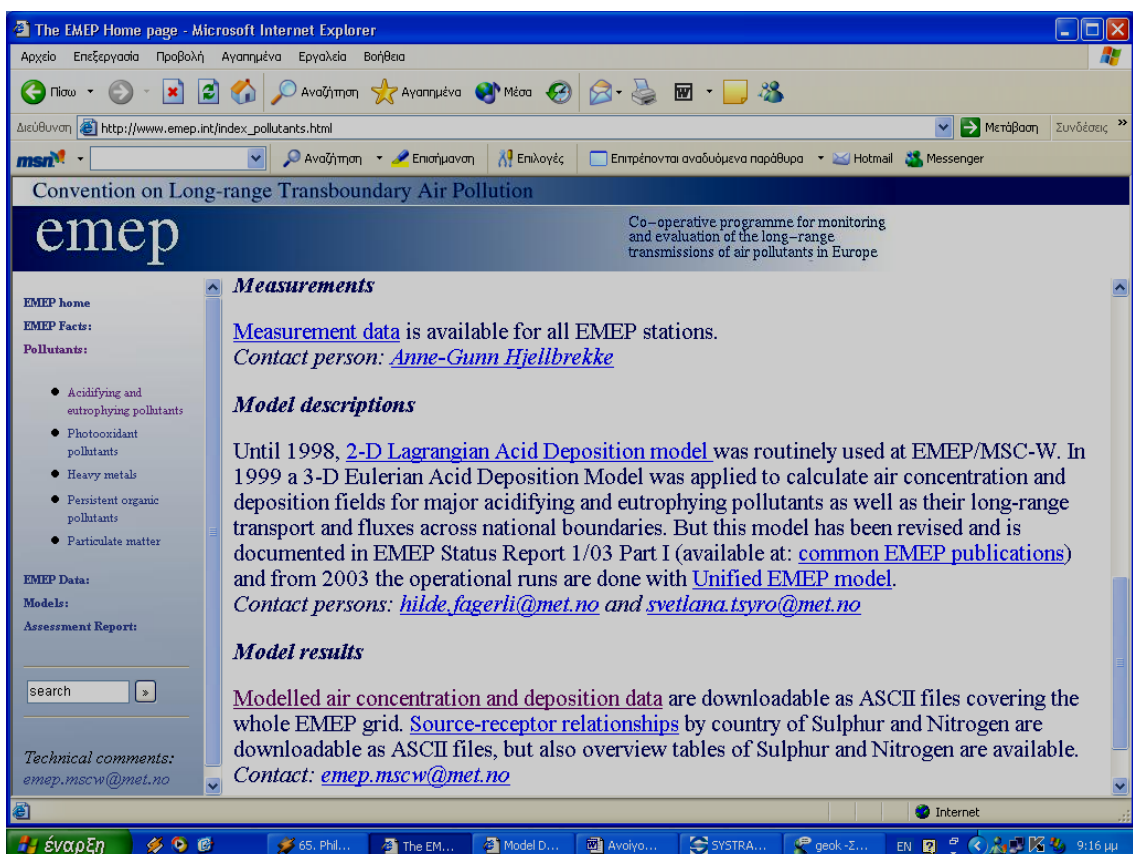


Σχήμα 6.9: Περιβάλλον εργασίας Pollutants στη βάση δεδομένων EMEP.

Εκεί γίνεται μια σύντομη περιγραφή των κυρίων στόχων του Χημικού Συντονιστικού Κέντρου του EMEP (CCC- Chemical Coordinating Centre), το οποίο συντονίζει το πρόγραμμα μέτρησης EMEP διαχειρίζεται τις μετρήσεις των ενώσεων που επηρεάζουν την οξύτητα και τον ευτροφισμό, του όζοντος, των βαρέων μετάλλων, των επίμονων οργανικών ρύπων, των σωματιδιακών ρύπων και των VOC. Στη συνέχεια επιλέγοντας την επιλογή «Acidifying and Eutrophying Pollutants» ανοίγει η παρακάτω σελίδα (σχήμα 6.10 και 6.11).



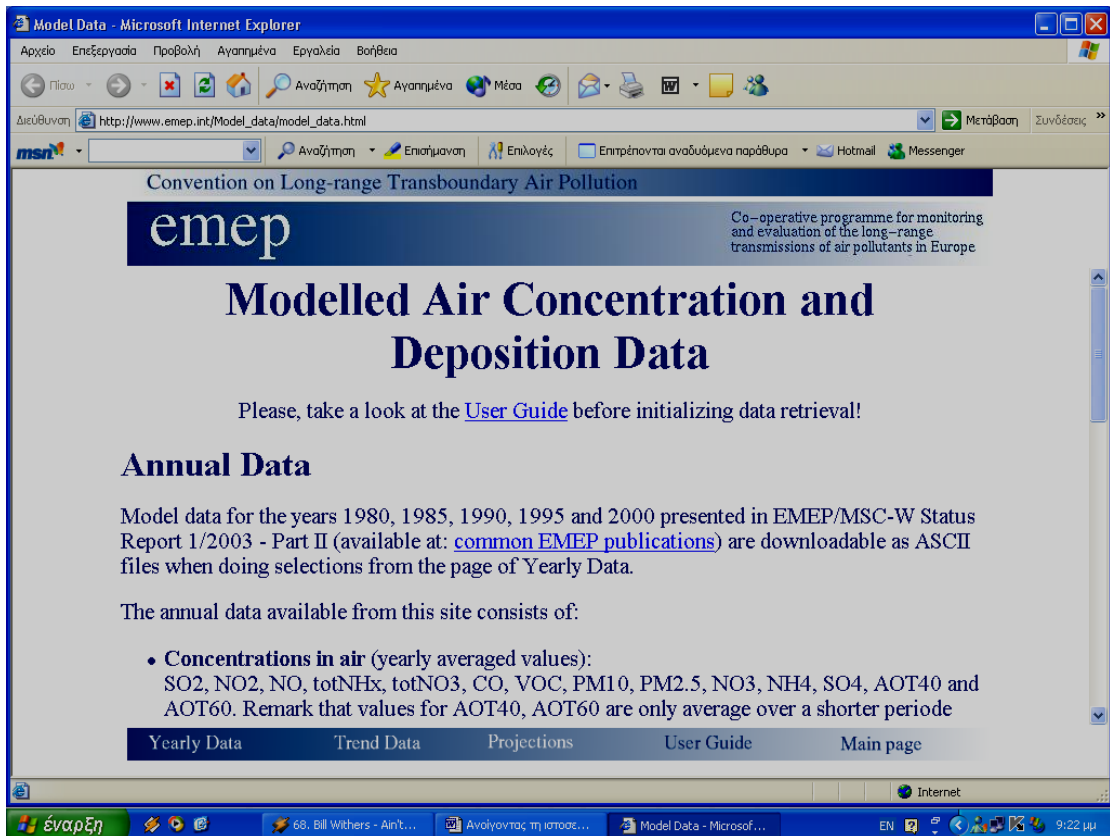
Σχήμα 6.10: Άνω μέρος της ιστοσελίδας «Acidifying and Eutrophying Pollutants» στη βάση δεδομένων EMEP.



Σχήμα 6.11: Κάτω μέρος της ιστοσελίδας «Acidifying and Eutrophying Pollutants» στη βάση δεδομένων EMEP.

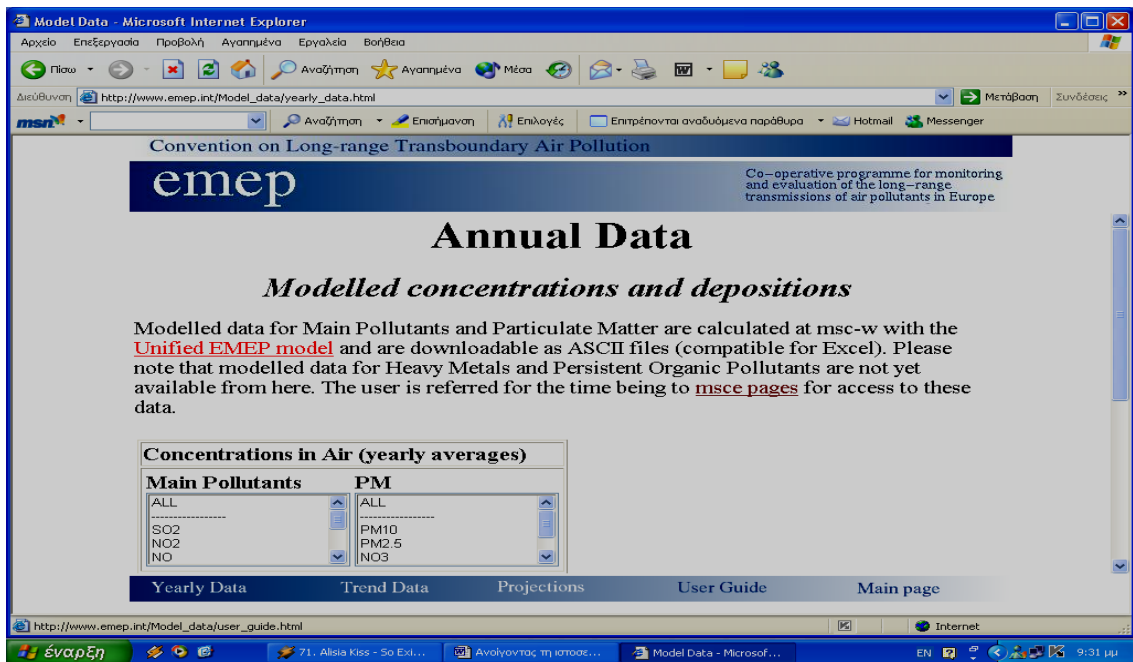
Ανάλογα μπορούν να επιλεγούν αντί για την επιλογή «Acidifying and Eutrophying Pollutants», οι επιλογές «Photooxidant pollutants, Heavy metals, Persistent organic pollutants και Particulate matter»

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.11 στο κάτω μέρος της ιστοσελίδας υπάρχει η επιλογή «Modelled air concentration and deposition data», η οποία και επιλέγεται. Στη συνέχεια εμφανίζονται στο κάτω μέρος της σελίδας που ανοίγει (σχήμα 6.12) οι πέντε επιλογές: Yearly Data, Trend Data, Projection, User Guide και Main Page.

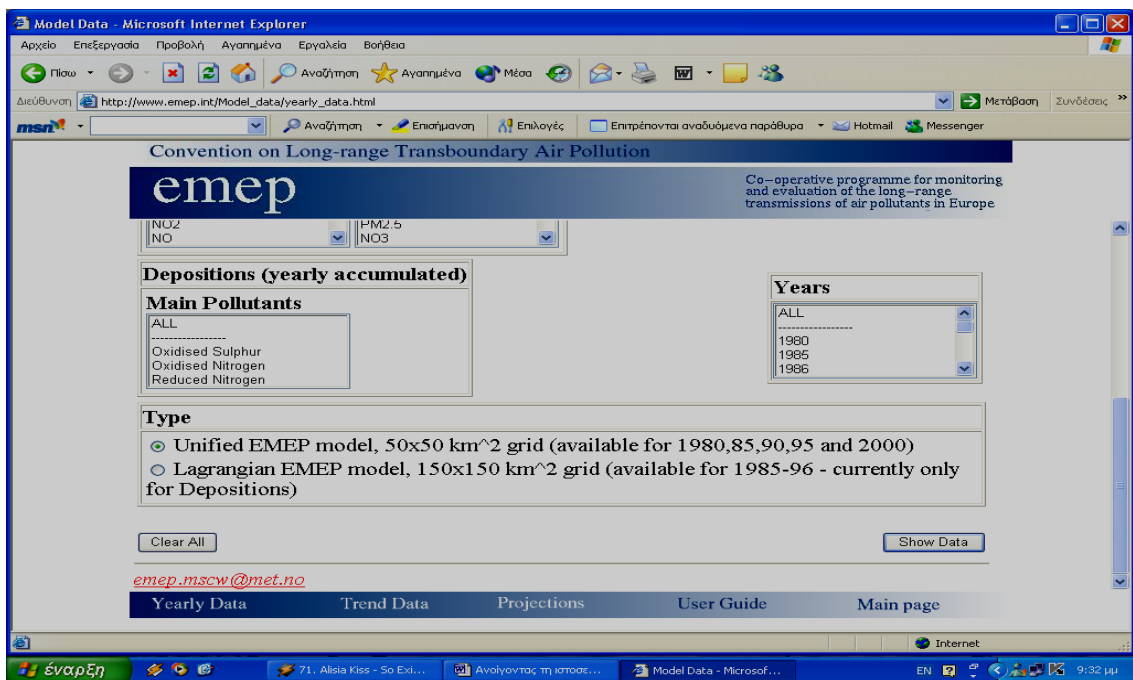


Σχήμα 6.12: Αρχική σελίδα της επιλογής «Modelled air concentration and deposition data» της βάσης δεδομένου EMEP.

Για να υπολογιστούν οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των ρύπων με βάση προγράμματα προσομοίωσης επιλέγεται η πρώτη επιλογή «Yearly Data» και εμφανίζεται το περιβάλλον εργασίας του σχήματος 6.13 και 6.14.



Σχήμα 6.13: Άνω μέρος της ιστοσελίδας «Yearly Data» στη βάση δεδομένων EMEP.



Σχήμα 6.14: Κάτω μέρος της ιστοσελίδας «Yearly Data» στη βάση δεδομένων EMEP.

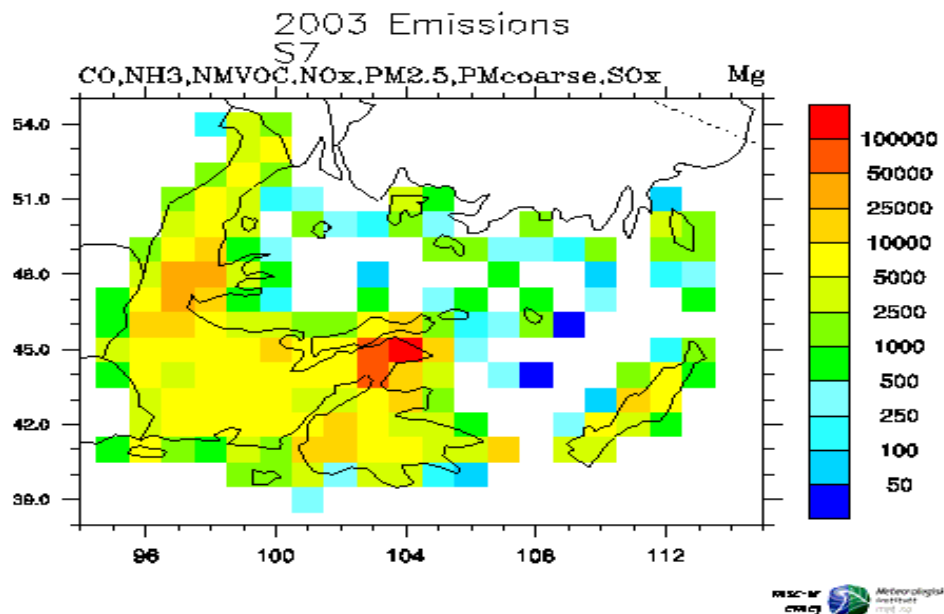
Για την εξεύρεση των μέσων ετησίων συγκεντρώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων το 2003 στο Νόμο Χανίων επιλέχθηκαν οι ρύποι CO, NMVOC, SO₂, NO₂, NO_x, NO₃, NH₄, PM_{2,5}, στην επιλογή «Concentrations in Air», για το έτος 2003 «Years», στη μορφή «Type» επιλέχθηκε η επιλογή «Unified EMEP model, 50Km² grid (available for 1980, 85, 90, 95 and 2000)».

6.3. Αποτελέσματα αναζήτησης στο EMEP

6.3.1. Εκπομπές ρύπων από τη βάση δεδομένων EMEP στο νομό Χανίων

Στη παρουσία εργασία αναζητήθηκαν δεδομένα μόνο από την επιλογή «Expert emissions» όσον αφορά τους ρύπους που παράγονται από τις οδικές μεταφορές στην Ελλάδα. Στην επιλογή «Country» επιλέχθηκε «Greece», στο έτος επιλέχθηκε το 2000 και το 2003, ενώ στους ρύπους επιλέχθηκε στη αρχή το «ALL» από κάθε κουτί για να παραχθεί ένας αρχικός χάρτης (σχήμα 6.15). Στο Sectors επιλέχθηκε το S7 που είναι ο τομέας για τις οδικές μεταφορές (Road transport). Στη συνέχεια προσδιορίστηκαν οι κυψελίδες 50Km x 50Km, στις οποίες βρίσκεται ο Νομός Χανίων στον χάρτη του σχήματος 6.15. Αυτές είναι τρεις και οι συντεταγμένες που αντιστοιχούν στο κέντρο κάθε μιας από αυτές τις κυψελίδες είναι τα ζεύγη 42/110, 41/110 και 41/109. Όσον αφορά τις συνολικές εκπομπές στο νομό Χανίων ανά ρύπο πρέπει να προστεθούν οι τιμές από τα τρία ζεύγη αυτών των συντεταγμένων.

Ο χάρτης αυτός δημιουργήθηκε πατώντας στην επιλογή «Type and Format» την επιλογή «Grid (50km x 50Km) Graphic Map». Στη συνέχεια από την ίδια επιλογή επιλέχθηκε η εντολή «Grid (50km x 50Km) Semicolon- Separated», με την οποία εμφανίστηκαν οι εκπομπές της Ελλάδας. Έπειτα από τις συντεταγμένες βρέθηκαν οι εκπομπές των ρύπων στο Ν. Χανίων. Οι πίνακες από τα αποτελέσματα της αναζήτησης στο «Expert emissions» του EMEP βρίσκονται στο Παράρτημα (πίνακες 1 έως 6 για το έτος 2003 και 7 έως 12 για το έτος 2000).

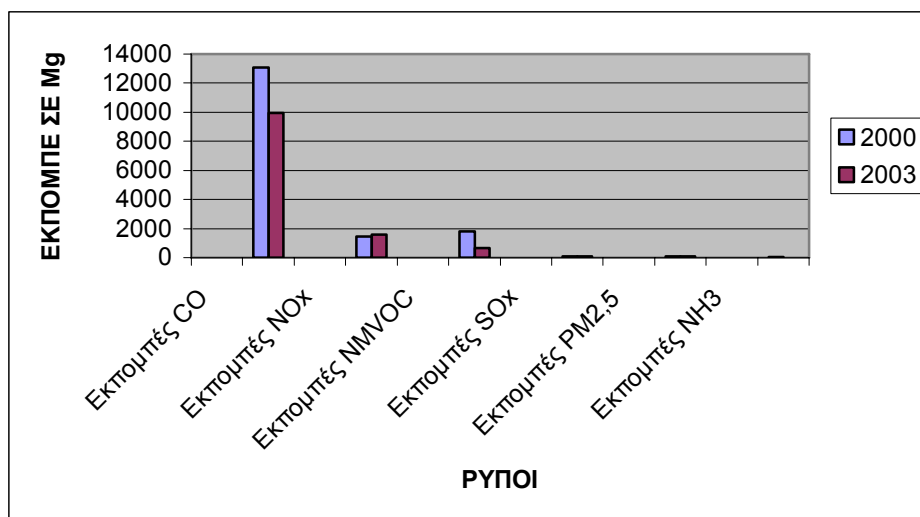


Σχήμα 6.15: Χάρτης της Ελλάδας χωρισμένος σε πλέγματα 50km x 50Km με τιμές συνολικών εκπομπών από τις οδικές μεταφορές από τη βάση δεδομένων EMEP (Expert emissions).

Άρα από τους πίνακες 1 έως 12 από το παράρτημα προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα για το νομό Χανίων για τα έτη 2000 και 2003 που παρουσιάζονται στο πίνακα 6.1. και στο σχήμα 6.16.

Πίνακας 6.1: Συνολικές εκπομπές από τις οδικές μεταφορές για το Ν. Χανίων σε Mg από τη βάση δεδομένων EMEP (expert emissions) για τα έτη 2000, 2003.

	2000	2003
Εκπομπές CO	13.057,95 Mg	9.970,44 Mg
Εκπομπές NOx	1.449,33 Mg	1571,92 Mg
Εκπομπές NMVOC	1.820,48 Mg	674,83 Mg
Εκπομπές SOx	66,51 Mg	69,91 Mg
Εκπομπές PM_{2,5}	79,43 Mg	81,99 Mg
Εκπομπές NH₃	28,99 Mg	29 Mg



Σχήμα 6.16: Εκπομπές ρύπων από τις οδικές μεταφορές σε Mg για το νομό Χανίων για τα έτη 2000 και 2003. Δεδομένα από τη βάση δεδομένων του EMEP (expert emissions).

Για να υπολογιστούν οι εκπομπές των παραπάνω ρύπων για την πόλη των Χανίων έγινε αναγωγή στους κατοίκους της πόλης των Χανίων σε σχέση με το Νομό Χανίων (κάτοικοι Ν. Χανίων 150.387 και κάτοικοι στη πόλη 53.373 σύμφωνα με απογραφή που έγινε το 2001).

Παραδείγματος χάριν:

► Στους 150.387 κατοίκους οι εκπομπές των CO ήταν 13.057,95Mg
 Στους 53.373 x :

$$x = 4.634,32 \text{ Mg CO}$$

Ομοίως υπολογίστηκαν και οι υπόλοιπες εκπομπές για την πόλη των Χανίων σε Mg. Οι εκπομπές για τη πόλη των Χανίων το έτος 2000 και 2003 παρουσιάζονται στο πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2: Οι υπολογισμένες εκπομπές για τη πόλη των Χανίων σε Mg σύμφωνα με το EMEP για τα έτη 2000 και 2003.

	2000	2003
Εκπομπές CO	4.634,32 Mg	3.538,55 Mg
Εκπομπές NO_x	514,37 Mg	557,88 Mg
Εκπομπές NMVOC	646,09 Mg	239,5 Mg
Εκπομπές SO_x	23,6 Mg	24,81 Mg
Εκπομπές PM_{2,5}	28,19 Mg	29,09 Mg
Εκπομπές NH₃	10,28 Mg	10,29 Mg

Για να υπολογιστούν οι εκπομπές ανά ημέρα και στη συνέχεια ανά ώρα διαιρέθηκαν οι συνολικές εκπομπές κάθε ρύπου δια 365 ημέρες και στη συνέχεια δια 24 ώρες (πίνακας 6.3).

Πίνακας 6.3: Εκπομπές ρύπων από τις οδικές μεταφορές στη πόλη των Χανίων με βάση τα δεδομένα από το EMEP (expert emissions) για τα έτη 2000 και 2003 ανά ημέρα και ανά ώρα.

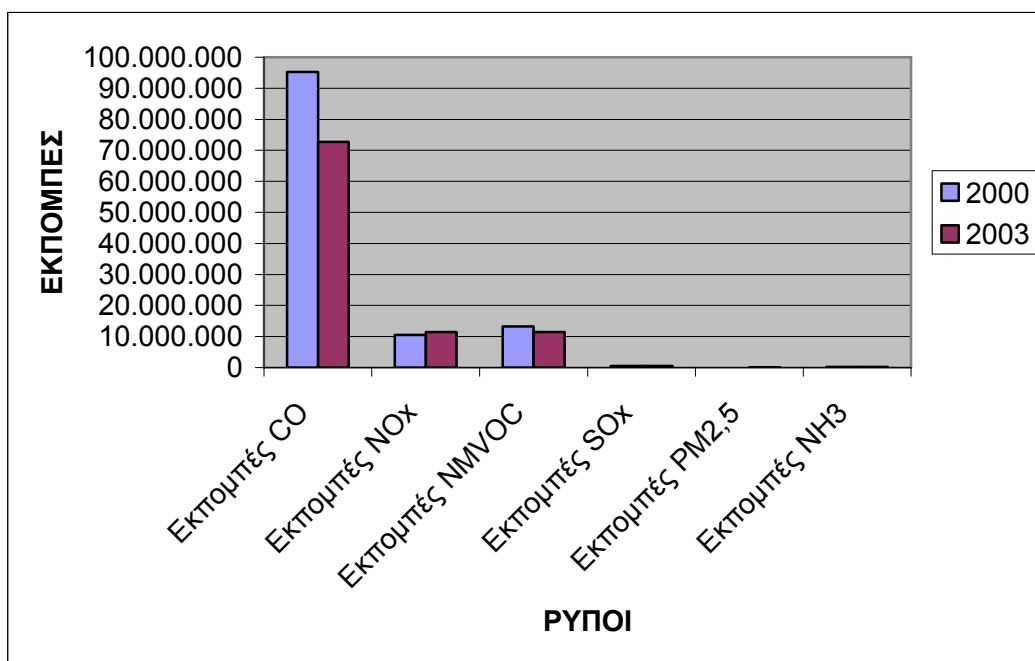
Εκπομπές Ρύπων	[Mg/d] ρύπου 2000	[Mg/h] ρύπου 2000	[Mg/d] ρύπου 2003	[Mg/h] ρύπου 2003
CO	12,69	0,53	9,69	0,403
NO_x	1,40	0,058	1,52	0,063
NMVOC	1,77	0,073	0,656	0,027
SO_x	0,064	$2,66 \cdot 10^{-3}$	0,067	$2,79 \cdot 10^{-3}$
PM_{2,5}	0,077	$3,20 \cdot 10^{-3}$	0,079	$3,29 \cdot 10^{-3}$
NH₃	0,028	$1,16 \cdot 10^{-3}$	0,028	$1,16 \cdot 10^{-3}$

6.3.2. Εκπομπές ρύπων από τη βάση δεδομένων EMEP στην Ελλάδα

Συγκριτικά υπολογίστηκαν για όλη την Ελλάδα οι εκπομπές των παραπάνω ρύπων σε Gg από τις οδικές μεταφορές για όλη την Ελλάδα για τα έτη 2000, 2003, οι οποίες φαίνονται στο πίνακα 6.4 όπως επίσης και στο σχήμα 6.17.

Πίνακας 6.4: Εκπομπές ρύπων από τις οδικές μεταφορές σε Gg για όλη την Ελλάδα για τα έτη 2000 και 2003. Δεδομένα από το από τη βάση δεδομένων του EMEP (expert emissions).

	2000	2003
Εκπομπές CO	952 Gg	726,9 Gg
Εκπομπές NO_x	105,66 Gg	114,6 Gg
Εκπομπές NMVOC	132,72 Gg	114,48 Gg
Εκπομπές SO_x	4,84 Gg	5,09 Gg
Εκπομπές PM_{2,5}	5,79 Gg	5,97 Gg
Εκπομπές NH₃	2,11 Gg	2,11 Gg



Σχήμα 6.17: Εκπομπές ρύπων από τις οδικές μεταφορές σε Gg για όλη την Ελλάδα για τα έτη 2000 και 2003. Δεδομένα από το από τη βάση του EMEP (expert emissions).

6.3.3. Συγκεντρώσεις ρύπων από τη βάση δεδομένων EMEP στο νομό Χανίων

Από την επιλογή «Yearly Data» στη βάση δεδομένων EMEP προσδιορίστηκαν οι προσομοιωμένες μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των ρύπων CO, SO₂, NO₂, NO και PM_{2,5} στο νόμο Χανίων για το έτος 2000 με υπολογισμό του μέσου όρου των τιμών των τριών συντεταγμένων 109/41, 110/41 και 110/42 (βλέπε πίνακα 16 στο παράρτημα). Το 2000 ήταν το τελευταίο έτος καταχώρησης στο EMEP και οι NMVOC δεν είχαν καταχωρηθεί. Οι συγκεντρώσεις αυτές παρουσιάζονται στο πίνακα 6.5. Η συγκέντρωση του CO δίνεται από

το EMEP σε ppb, η συγκέντρωση του SO₂ σε µgS/m³, οι συγκεντρώσεις των NO και NO₂ σε µgN/m³ και τέλος η συγκέντρωση των PM_{2,5} σε µg/m³.

Πίνακας 6.5: Μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων προσομοιωμένες σύμφωνα με τη βάση δεδομένων EMEP (Yearly data- Modeled Air Concentrations) για το έτος 2000 και το νομό Χανίων στις συντεταγμένες 109/41, 110/41 και 110/42.

Ρύποι	Συγκεντρώσεις	Συγκεντρώσεις [µg/m ³]	Συγκεντρώσεις [ppm]
CO	111,36 ppb	127,5	0,1113
NO	0,041 µgN/m ³	0,088	0,0716*10 ⁻³
NO ₂	0,432 µgN/m ³	0,131	0,069*10 ⁻³
SO ₂	1,099 µgS/m ³	2,198	0,83*10 ⁻³
PM _{2,5}	6,889 µg/m ³	6,889	-
PM ₁₀	8,03 µg/m ³	8,03	-

$$MB_{CO} = 28 \text{ g/mol}, MB_{NO} = 30 \text{ g/mol}, MB_{NO_2} = 46 \text{ g/mol}, MB_{SO_2} = 64 \text{ g/mol}$$

Η μετατροπή σε µg/m³ έγινε με βάση τον παρακάτω τύπο, που ισχύει μόνο σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

$$\text{Συγκέντρωση ρύπων σε ppm} = 40,9 * MB_{\text{ρύπου}} \text{ σε } \mu\text{g/m}^3$$

Στο πίνακα 6.6 παρουσιάζονται οι συντελεστές μετατροπής των μονάδων μέτρησης της συγκέντρωσης των συχνότερων ατμοσφαιρικών ρύπων.

Πίνακας 6.6: Συντελεστές μετατροπής των μονάδων μέτρησης της συγκέντρωσης διάφορων ατμοσφαιρικών ρύπων [4].

Ρύποι	Μετατροπή από: ppm(vol) σε µg/m ³ πολ/ασε με	Μετατροπή από: µg/m ³ σε ppm(vol) πολ/ασε με
CO	1145	0,87*10 ⁻³
CO ₂	1800	0,56*10 ⁻³
NH ₃	695	1,44*10 ⁻³
Cl ₂	2900	0,34*10 ⁻³
NO ₂	1880	0,53*10 ⁻³
NO	1230	0,81*10 ⁻³
SO ₂	2620	0,38*10 ⁻³
CH ₄	655	1,53*10 ⁻³
O ₃	1960	0,51*10 ⁻³

Κεφάλαιο 7

7.1. Εικόνα στόλου οχημάτων νομού και πόλης Χανίων

Ο αριθμός των ΙΧ αυτοκινήτων είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με την οικονομική ευρωστία της κοινωνίας και αποτελεί ένα βασικό παράγοντα που καθορίζει την κυκλοφορία και την στάθμευση σε κάθε πόλη. Με βάση τα στοιχεία του 2000 ο δείκτης ιδιοκτησίας Ι.Χ./1000 κατοίκους στα Χανιά ήταν πολύ υψηλότερος από την Αθήνα και άλλες ελληνικές πόλεις και έφτανε το 350 Ι.Χ./1000 κατοίκους, συμπεριλαμβανομένων και των ημιφορτηγών [30]. Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν οι εξής κατηγορίες οχημάτων:

Επιβατικά οχήματα

Παρατηρήθηκε, ότι από το 1994-2003 είχαν μια αρκετά μεγάλη αύξηση. Στις 31 Δεκεμβρίου 2003 κυκλοφορούσαν στο νομό Χανίων 45.543 επιβατικά οχήματα όπου τα 45.186 ήταν ιδιωτικής χρήσης και 357 δημοσίας. Στις αρχές του 2005 ο αριθμός των ΙΧ, των αγροτικών, μεταχειρισμένων και καινούργιων επιβατικών οχημάτων αυξήθηκαν σε 88.500 στο νομό Χανίων. Σε αυτό τον αριθμό δεν συμπεριλαμβάνεται ο αυξημένος αριθμός ενοικιαζόμενων αυτοκινήτων κατά την τουριστική περίοδο (Μάιο έως Οκτώβριο) [31,46].

Μοτοσυκλέτες με κυβισμό άνω των 55cc

Ο αριθμός των μοτοσυκλετών το διάστημα από το 1994-2003 αυξάνονταν σταδιακά με αποτέλεσμα στις 31 Δεκεμβρίου 2003 να κυκλοφορούν στο νομό Χανίων 19.262, αριθμός που στις αρχές του 2005 αγγίζει περίπου τις 23.000 στο νομό. Η χρήση μηχανοκίνητων δικύκλων εξαπλώνεται με έντονο ρυθμό στα Χανιά. Το φαινόμενο αυξάνεται κυρίως στη τουριστική περίοδο (Μάιο έως Οκτώβριο) λόγω των ενοικιαζόμενων από τους τουρίστες δικύκλων. Το πρόβλημα που προκαλείται εστιάζεται πέραν από τον αυξανόμενο αριθμό ατυχημάτων με συμμετοχή μοτοσυκλετών, στη κατάληψη του χώρου των πεζοδρομίων, που συνεπάγεται μείωση της ασφάλειας και άνεσης των πεζών και στη μεγάλη αισθητική ρύπανση. Η αστυνόμευση είναι προφανώς ελλιπής λόγω της μεγάλης έκτασης, όπου παρουσιάζει το πρόβλημα [31,46].

Λεωφορεία

Τα λεωφορεία, αστικά και υπεραστικά, κατά το διάστημα 1994-2003 παρουσιάζουν μια μικρή αύξηση. Στις 31 Δεκεμβρίου 2003 κυκλοφορούσαν στο νομό Χανίων 308 λεωφορεία. Ο αριθμός τους στις αρχές του 2005 έχει μειωθεί. Έτσι στο νομό Χανίων κυκλοφορούν το 2005, 260 λεωφορεία. Από αυτά τα 120 είναι τουριστικά, τα 40 αστικά και τα 100 υπεραστικά. Ένα από τα αντικείμενα της συλλογής στοιχείων και διερεύνησης αποτέλεσαν οι δημόσιες αστικές συγκοινωνίες. Οι δημόσιες συγκοινωνίες αστικών και υπεραστικών λεωφορείων εκτελούνται αποκλειστικά από το ΚΤΕΛ του νομού Χανίων. Τα αστικά λεωφορεία εκτελούν 15 δρομολόγια που καλύπτουν και περιοχές εκτός του Δήμου Χανίων, όπως την παραλιακή ζώνη. Το σύνολο του δικτύου διαθέτει στάσεις ανά 300-400μ., ενώ οι αφετηρίες βρίσκονται διασπαρμένες σε μικρή ακτίνα στο κέντρο της πόλης των Χανίων (γύρω από τη Δημοτική Αγορά) και είναι στα εξής σημεία:

- Εθνική Τράπεζα Χανίων
- Πλατεία Κοτζάμπαση
- Δημοτική Αγορά
- Πλατεία 1866

- Αρχή οδού Αποκορώνου [30,31,46]

Φορτηγά

Τα φορτηγά οχήματα, βαρέα και ελαφρά, το διάστημα 1994-2003 αυξήθηκαν. Στις 31 Δεκεμβρίου 2003 στο νομό Χανίων κυκλοφορούσαν συνολικά 22.429. Τα φορτηγά δημοσίας χρήσης μέχρι 31 Δεκεμβρίου 2003 ήταν 463 και ιδιωτικής χρήσης 21.966. Στις αρχές του 2005 τα φορτηγά δημοσίας χρήσεως έχουν μειωθεί και έχουν φτάσει τα 350 [31,46].

Ταξί

Στις αρχές του 2005 ο αριθμός των ταξί που κυκλοφορούν στο νομό Χανίων είναι 300. Τα ταξί είναι μια ιδιαίτερη κατηγορία αφού στη πλειοψηφία τους είναι πετρελαιοκίνητα. Τα ταξί έχουν ιδιαίτερες «πιάτσες» που είναι: στη πλατεία 1866, στη πλατεία Νομαρχίας, έξω από τα ΚΤΕΛ, στην οδό Δημοκρατίας και έξω από το Διοικητήριο της Αστυνομίας [30,46].

Στο τέλος του 2003 ο συνολικός αριθμός των οχημάτων που κυκλοφορούσαν στο νομό Χανίων έφταναν τα 87.539, ενώ στις αρχές του 2005 ήταν 85.500. Στοιχεία σχετικά με το στόλο των κυκλοφορούντων οχημάτων στο Νομό Χανίων ελήφθησαν από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία για τα έτη 1994-2003 [31]. Λόγω έλλειψης στοιχείων σχετικά με τον στόλο των κυκλοφορούντων οχημάτων στη πόλη των Χανίων έγινε αναγωγή των οχημάτων που έχουν καταχωρηθεί στο Νομό Χανίων στα οχήματα που κυκλοφορούν στη πόλη ανάλογα με τον πληθυσμό. Με βάση την τελευταία απογραφή πληθυσμού το 2001 οι κάτοικοι του νομού Χανίων ήταν 150.387, ενώ της πόλης Χανίων ήταν 53.373. Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα 7.1.

Πίνακας 7.1: Αριθμός αυτοκίνητων στο Ν. Χανίων και την πόλη των Χανίων το έτος 2003 [31]. Οι αριθμοί των κυκλοφορούντων οχημάτων στη πόλη των Χανίων υπολογίστηκαν με αναγωγή στους κατοίκους που υπάρχουν στη πόλη των Χανίων.

Οχήματα	Ν. Χανίων	Πόλη Χανίων
Επιβατικά:		
ΙΧ	45.186	16.036
ΔΧ	357	127
Φορτηγά (4.000cc- 6.000cc)		
ΙΧ	21.966	7.795
ΔΧ	463	165
Λεωφορεία	308	109
Δίκυκλα	19.262	6.836
Ταξί	352	124

Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα 7.1 βλέπουμε ότι το 2003 η σύνθεση των οχημάτων στο νομό Χανίων ήταν κατά μέσο όρο η ακόλουθη: 52,05% επιβατικά, 25,6% φορτηγά, 22% μοτοσικλέτες και 0,35% λεωφορεία.

7.2. Συντελεστές εκπομπής αέριων ρύπων

Η εξέταση των περιβαλλοντικών συνθηκών από τη κυκλοφορία των αυτοκινήτων στο Νομό των Χανίων εντοπίζεται σε δυο κύριους παράγοντες, το θόρυβο και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Η στάθμη θορύβου από τη κυκλοφορία εξαρτάται από τον αριθμό και τη ταχύτητα των ιδιαίτερα θορυβωδών οχημάτων όπως είναι τα λεωφορεία, τα φορτηγά, τα μηχανοκίνητα δίκυκλα και τρίκυκλα, που προκαλούν διπλάσιο θόρυβο από τα επιβατικά αυτοκίνητα. Όμως στη παρούσα εργασία μας ενδιέφερε η μελέτη και η εκτίμηση των συνολικών εκπομπών των τριών κύριων κατηγοριών αέριων ρύπων που οφείλονται στη κυκλοφορία των αυτοκινήτων που είναι: μονοξειδίο του άνθρακα (CO), υδρογονάνθρακες (HCs) και οξείδια του αζώτου (NOx).

Το ΥΠΕΧΩΔΕ για την αξιολόγηση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από τους ρύπους που εκπέμπουν τα οχήματα, χρησιμοποιεί συντελεστές εκπομπής κάθε ρύπου όπως παρουσιάζονται στη μελέτη «Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης Στην Περιοχή Της Αθήνας» του ΥΠΕΧΩΔΕ, Δ/ση ΕΑΡΘ (1989) [30]. Οι συντελεστές αυτής της έκθεσης αφορούν στις εκπομπές ρύπων ενός τυπικού οχήματος για κάθε χιλιόμετρο που διανύει και είναι ανεξάρτητοι της ταχύτητας και της επιτάχυνσης του και παρατίθενται ως πρότυπα (Πίνακας 7.2).

Πίνακας 7.2: Εκπομπές ρύπων ανά κατηγορία οχημάτων [30].

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	CO (gr/km)	HCs (gr/Km)	NOx (gr/km)
Βενζινοκίνητα ΙΧ	45,8	4	1,62
Δίκυκλα	21,4	3,4	0,47
Ταξί			
LPG	11,8	3,6	1,9
Diesel	1,36	1,81	0,69
Αστικά & Υπεραστικά Λεωφορεία	19,2	5,2	9,5
Φορτηγά			
< 4000cc	6,5	2,8	3,2
4000cc - 6.000cc	10	3,6	5,3
> 6.000	19,2	5,2	9,5

Στους συντελεστές του πίνακα 7.2 θα βασιστούμε και εμείς για να εκτιμήσουμε τις συνολικές εκπομπές των αέριων ρύπων που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα στην πόλη των Χανίων, λαμβάνοντας σαν παραδοχή ότι κάθε όχημα διανύει 10.000 Km το χρόνο. Έτσι λοιπόν για να υπολογιστούν οι συνολικές εκπομπές των ρύπων αρχικά θα πολλαπλασιαστούν οι συντελεστές με τον συνολικό αριθμό των οχημάτων και στη συνέχεια θα πολλαπλασιαστούν με τα χιλιόμετρα που κάνει κατά μέσο όρο ένα αυτοκίνητο το χρόνο που ορίστηκαν στη παρούσα εργασία 10.000 χλμ/έτος. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 7.3.

Πίνακας 7.3: Εκπομπές ανά κατηγορία οχημάτων στο Ν. Χανίων το έτος 2003 σε Mg με βάση τους συντελεστές εκπομπές του πίνακα 7.2 και για μέσο όρο διανυθέντων χιλιομέτρων 10.000.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	CO (Mg)	HCs (Mg)	NOx(Mg)
Επιβατικά:			
IX	20.695,18	1.807,4	732
ΔX	163,5	12,14	5,78
Φορτηγά (4.000cc- 6.000cc):			
IX	2.196,6	790,77	1.164,19
ΔX	46,3	16,67	24,54
Λεωφορεία	59,13	16,01	29,26
Δίκυκλα	4.122	654,9	90,53
Ταξί	4,78	6,37	2,42
Σύνολο	27.287,49	3.304,26	2.048,73

Για τον προαναφερθέντα υπολογισμό θεωρήθηκε, ότι όλα τα επιβατικά οχήματα είναι βενζινοκίνητα, όλα τα φορτηγά ήταν κυβισμού 4.000cc-6.000cc και ότι όλα τα ταξί ήταν πετρελαιοκίνητα.

7.3. Μετρήσεις πεδίου αερίων ρύπων

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με πολυανιχνευτή αερίων στα κεντρικότερα σημεία της πόλης των Χανίων, όπως στη κεντρική Αγορά, στη πλατεία 1866, στο Ενετικό λιμάνι κ.α. σε ώρες αιχμής. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των κάτωθι αερίων ρύπων πραγματοποιήθηκαν με πολυανιχνευτή αερίων. Πολυανιχνευτής Αερίων (Multi-Gas Detector, G 750 Polytektor II, Εταιρεία GfG Γερμανίας) εφοδιασμένος με αισθητήρες O₂ (0-25%), CO (0-500ppm), CO₂ (0-5%), NO (0-100 ppm), NO₂ (0-50 ppm), CH₄ (0-100% LEL – Lower Explosion Limit, 100% LEL = 5% vol όπου 1% vol = 10.000 ppm), SO₂ (0-20 ppm), H₂S (0-100 ppm), HCN (0-100 ppm) και Data Logger με το αντίστοιχο λογισμικό (Polypc, Version 2.60c) (Σχήματα 7.1 και 7.2). Μετρήσεις λαμβάνονταν ανά λεπτό. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων των προαναφερθέντων αερίων ρύπων πραγματοποιήθηκαν και μετρήσεις θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας με ένα φορητό όργανο (Preservation Equipment Ltd, England).

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε τρεις διαφορετικές ημέρες του Αυγούστου του έτους 2005, οι οποίες επιλέχθηκαν τόσο λόγω των επικρατούντων υψηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος όσο και λόγω της αυξημένης κυκλοφορίας των αυτοκινήτων κατά το μήνα Αύγουστο, όπου στο στόλο των κυκλοφορούντων οχημάτων προστίθεται ένας μεγάλος αριθμός ενοικιαζόμενων αυτοκινήτων και δικύκλων. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν το μεσημέρι και το βράδυ κατά την ώρα λειτουργίας και κλεισίματος των εμπορικών καταστημάτων όπου παρατηρείται αυξημένη κίνηση στους δρόμους. Αυτό έχει επιβεβαιωθεί από την μελέτη κυκλοφοριακής οργάνωσης και στάθμευσης του πολεοδομικού συγκροτήματος Χανίων και Σούδας [30], η οποία εμφανίζεται ότι τον Νοέμβριο του 2000 κινούνταν κατά την πρωινή ώρα αιχμής (8:00- 9:00) και μεσημεριανή ώρα αιχμής (14:00- 15:00) το 1/3 των ΙΧ της πόλης ανά ώρα αιχμής [30].

Στο παρακάτω σχήμα 7.3 φαίνεται το κέντρο της πόλης των Χανίων καθώς και η πορεία που ακολουθήθηκε σε κάθε μέτρηση.



Σχήμα 7.1: Multi-Gas Detector, G 750 Polytektor II [50].



Σχήμα 7.2: Οθόνη Multi-Gas Detector, G 750 Polytektor II [50].

Σχήμα 7.3: Χάρτης του κέντρου της πόλης των Χανίων με τις τρεις πορείες

7.3.1. Πρώτη Μέτρηση Πεδίου

Η πρώτη μέτρηση έγινε 1 Αυγούστου 2005. Η ώρα που ξεκίνησε ήταν 12:19 π.μ από το πάρκο Ειρήνης και Φιλίας. Η πεζοπορική διαδρομή που ακολουθήθηκε (σχήμα 7.3) είναι η εξής:

Από το πάρκο Ειρήνης και Φιλίας μέσω της οδού Δημοκρατίας οδηγηθήκαμε στην οδό Τζανακάκη και από εκεί στη οδό Χατζημιγάλη Γιάνναρη (στο ύψος του Γερμανού). Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στη πλατεία 1866 και μέσω της οδού Κυδωνίας κατευθυνθήκαμε στα ΚΤΕΛ. Από εκεί κατευθυνθήκαμε στη πλατεία 1866, περάσαμε από την οδό Χάληδων και μέσω του ενετικού λιμανιού φτάσαμε στα Νεώρια. Από τα Νεώρια ανεβήκαμε στο 1ο Γυμνάσιο που βρίσκεται στην οδό Δασκαλογιάννη και μέσω της οδού Δημοκρατίας επιστρέψαμε πάλι στο πάρκο Ειρήνης και Φιλίας, όπου στις 15:00μμ ολοκληρώθηκαν οι μετρήσεις. Στο παρακάτω πίνακα 7.4 παρουσιάζονται οι τιμές

θερμοκρασία και σχετικής υγρασίας που επικρατούσαν την ημέρα εκείνη ανά μισή ώρα σε συγκεκριμένα σημεία δειγματοληψίας.

Πίνακας 7.4: Τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που επικρατούσαν στο κέντρο της πόλης των Χανίων την 1η Αυγούστου 2005.

Ωρα	Θερμοκρασία °C	Σχετική Υγρασία (%)
11	27	80
11:30	27	78
12	28	75
12:30	28	69
13	29- 30	67
13:30	30	64
14:00	30	64

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 7.4 η θερμοκρασία περιβάλλοντος κυμάνθηκε από 27-30 °C και η σχετική υγρασία από 64-80%.

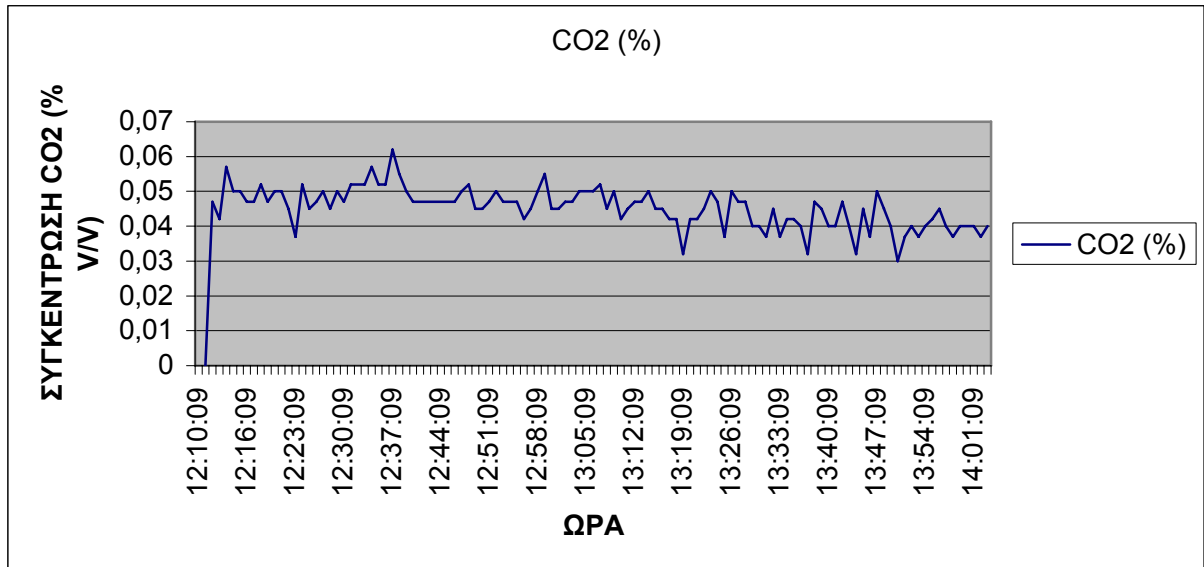
Πίνακας 7.5: Συγκεντρώσεις αερίων στην ατμόσφαιρα σε ύψος 1m από το έδαφος κατά την 01-08-05.

Ωρα- Σημείο	O ₂	CO ₂	CO	NO	SO ₂	H ₂ S	CH ₄
12:25 Πάρκο Ειρήνης και Φιλίας	20,9%	0,05%	2ppm	3,5ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL
12:41 Εθνική Τράπεζα	20,9%	0,05%	3ppm	2ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL
12:53 Χατζημιχάλη Γιάνναρη	20,9%	0,05%	4- 5ppm	2ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL
13:05 Πλατεία 1866	20,9%	0,05%	3- 4ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL
13:13 ΚΤΕΛ	20,9%	0,05%	4ppm	1- 5ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL
*13:25 Πλατεία 1866	20,9%	0,05%	7ppm	2ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL
13:35 Λιμάνι (Αλυσίδες)	20,9%	0,05%	5ppm	3,5ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL
13:42 Δίπλα στη θάλασσα στο Λιμάνι	20,9%	0,05%	5ppm	3,5ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL
14:07 Δημοκρατίας	20,9%	0,05%	6ppm	2,5ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL

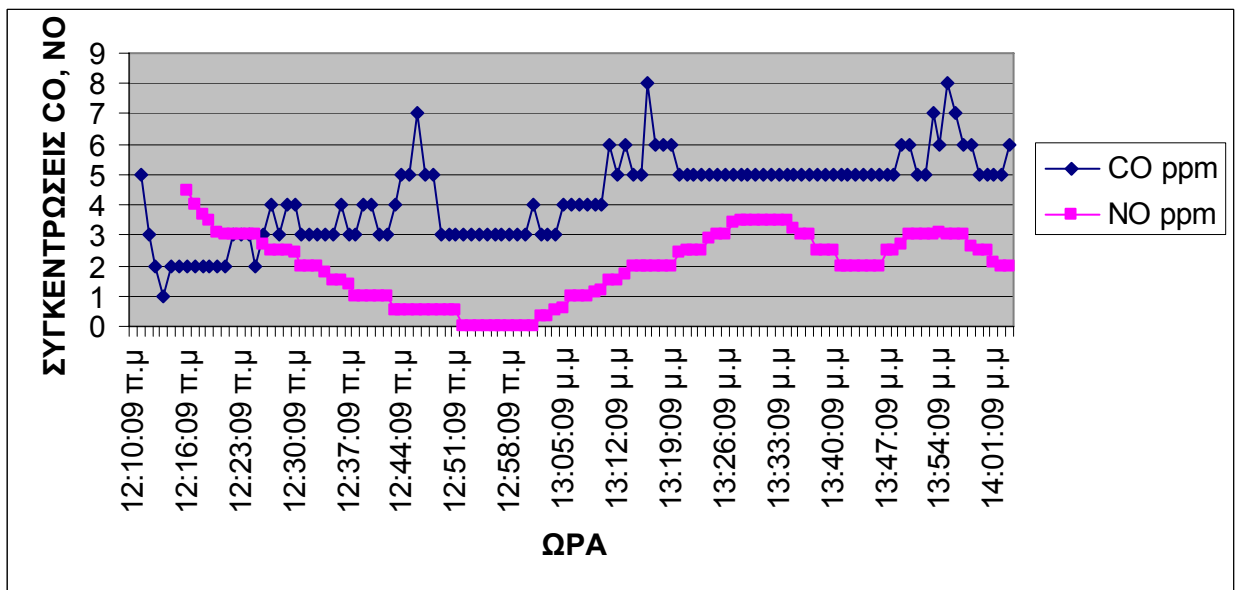
*Στη διάβαση που υπάρχει στη πλατεία 1866 προς την οδό Χάληδων έξω από το κατάστημα Everest παρατηρήθηκε η μέγιστη τιμή για το CO.

Στον πίνακα 7.5 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των αερίων που μετρήθηκαν σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σημεία της πεζοπορικής πορείας που ακολούθηθηκε. Οι αναλυτικές συγκεντρώσεις όλων των ανά λεπτό μετρηθέντων αερίων κατά την 01-08-06 παρουσιάζονται στον πίνακα 13 στο παράρτημα. Οι τιμές των αερίων μέσα στο πάρκο Ειρήνης και Φιλίας θεωρήθηκαν σαν τιμές υπόβαθρου. Έτσι η συγκέντρωση του O₂ όπως αναμένονταν ήταν σταθερή στα 20,9% (v/v) καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Επίσης

δεν προσδιορίστηκαν σε κανένα σημείο δειγματοληψίας συγκεντρώσεις SO_2 , H_2S και CH_4 . Η συγκέντρωση του CO_2 που παρουσιάζεται στο σχήμα 7.4 εμφανίζει μικρές μεταβολές και κυμαίνεται περίπου στο 0,05%. Η ελάχιστη συγκέντρωση (0,04%) μετρήθηκε δίπλα στη θάλασσα. Είναι δηλαδή ελαφρά υψηλότερη από τη μέση συγκέντρωση που παρατηρείται στην καθαρή ατμόσφαιρα 0,03% [4]. Η συγκέντρωση του NO και του CO παρουσιάζονται στο σχήμα 7.5. Η συγκέντρωση του CO αυξάνεται στα σημεία όπου υπάρχει αυξημένη κυκλοφορία, όπως π.χ. στη πλατεία 1866, όπου σημειώνεται και το μέγιστο. Αντίθετα το NO μειώνεται στα ίδια σημεία, ίσως λόγω οξειδωσης του σε NO_2 ή και συμμετοχής του σε άλλες φωτοχημικές αντιδράσεις ή ύπαρξης άλλων καταβόθρων.



Σχήμα 7.4: Συγκέντρωση CO_2 σε % (v/v) ανά λεπτό κατά την 01-08-05 α σημεία δειγματοληψίας στη πεζοπορική πορεία που αναφέρεται στο σχήμα 7.3.



Σχήμα 7.5: Συγκέντρωση CO , NO σε ppm ανά λεπτό κατά την 01-08-05 στα σημεία δειγματοληψίας στη πεζοπορική πορεία που αναφέρεται στο σχήμα 7.3.

7.3.2. Δεύτερη Μέτρηση Πεδίου

Η δεύτερη σειρά μετρήσεων έγινε την 4η Αυγούστου 2005. Η ώρα που ξεκίνησε ήταν 19:48μ.μ από τη οδό Κριτοβουλίδου. Η πεζοπορική διαδρομή που ακολουθήθηκε φαίνεται στο σχήμα 7.3 και είναι η εξής:

Από το πίσω μέρος του πάρκου Ειρήνης και Φιλίας οδηγηθήκαμε στην οδό Τζανακάκη και μετά στην οδό Βολουδάκηδων μέχρι την οδό Αποκορώνου. Στη συνέχεια διαμέσου των οδών Μουσούρων και Τσουδερών κατευθυνθήκαμε στο ενετικό λιμάνι περνώντας από την Χάληδων και από εκεί στην Αγορά. Στο παρακάτω πίνακα 7.6 παρουσιάζονται οι τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που επικρατούσαν την ημέρα εκείνη ανά μισή ώρα σε συγκεκριμένα σημεία δειγματοληψίας.

Πίνακας 7.6: Τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που επικρατούσαν στο κέντρο της πόλης των Χανίων την 4η Αυγούστου 2005.

Ώρα	Θερμοκρασία °C	Σχετική Υγρασία (%)
19:30	28	70
20:00	28	70
20:30	27	73
21:00	26	76
21:30	25	76
22:00	25	78

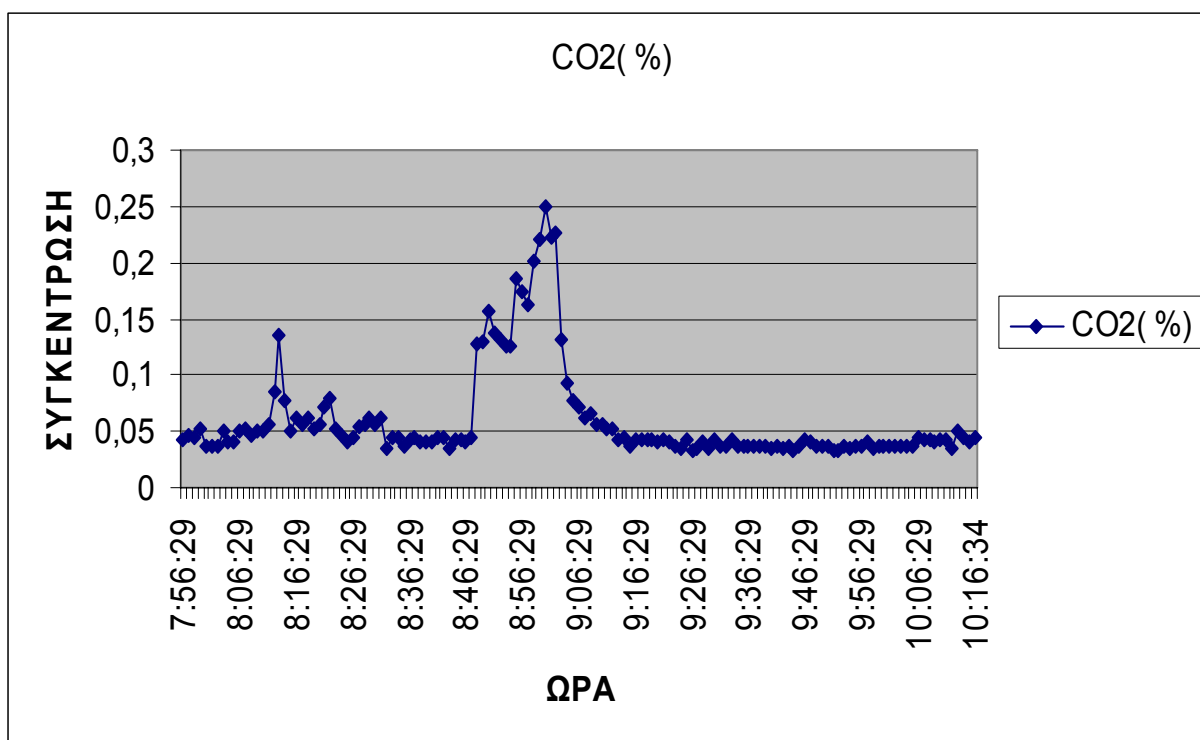
Όπως φαίνεται από τον πίνακα 7.6 η θερμοκρασία περιβάλλοντος κυμάνθηκε από 25-28 °C και η σχετική υγρασία από 70-78%.

Πίνακας 7.7: Συγκεντρώσεις αερίων στην ατμόσφαιρα σε ύψος 1m από το έδαφος κατά την 04-08-05.

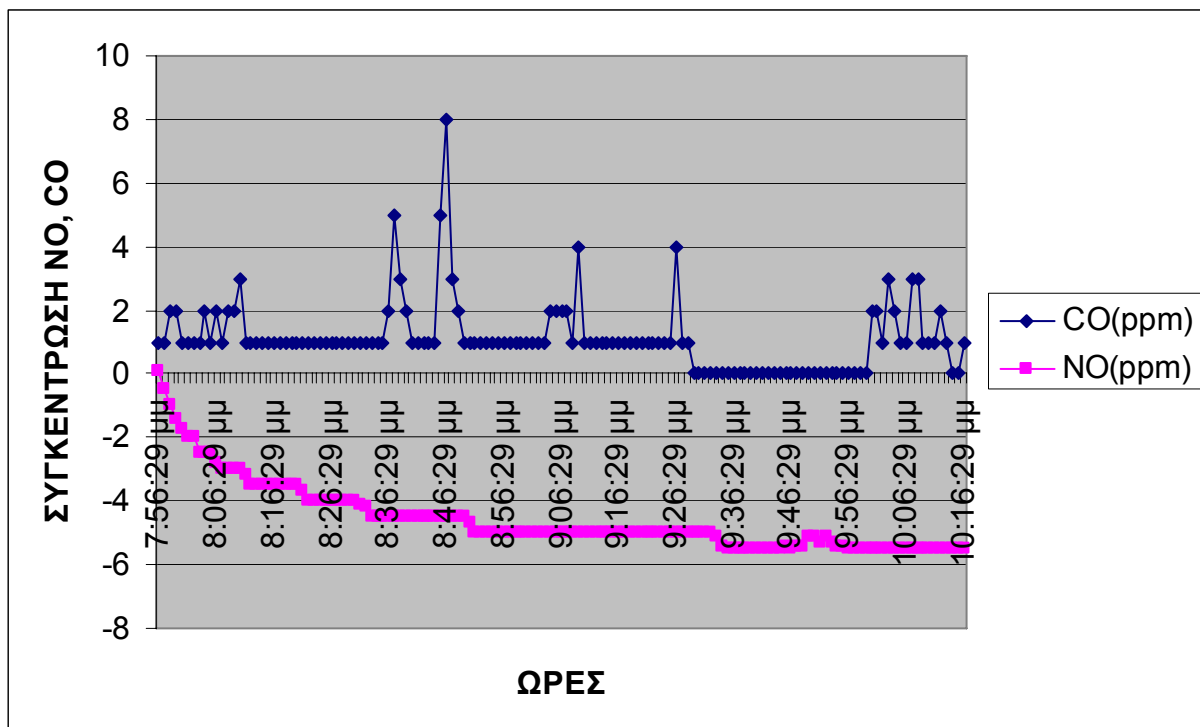
Ώρα- Σημείο	O ₂	CO ₂	CO	NO	SO ₂	H ₂ S	CH ₄
19:48 Κριτοβουλίδου	20,9%	0,05%	3ppm	0,5ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL
20:00 Τζανακάκη	20,9%	0,05%	2ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL
20:15 Βολουδακηδων	20,9%	0,05%	1ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL
20:30 Αποκορώνου	20,9%	0,05%	2-4ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL
20:57 Μουσούρων και Τσουδερών	20,9%	0,05%	2-4ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL
21:23 Λιμάνι(μέσω Χάληδων)	20,9%	0,05%	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL
22:00 Αγορά	20,9%	0,05%	6ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0,0LEL

Στον πίνακα 7.7 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των αερίων που μετρήθηκαν σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σημεία της πεζοπορικής πορείας που ακολουθήθηκε. Οι αναλυτικές συγκεντρώσεις όλων των ανά λεπτό μετρηθέντων αερίων κατά την 04-08-06 παρουσιάζονται στον πίνακα 14 στο παράρτημα. Οι τιμές των αερίων στην οδό Κριτοβουλίδου θεωρήθηκαν σαν τιμές υπόβαθρου. Έτσι η συγκέντρωση του O₂ όπως αναμένονταν ήταν σταθερή στα 20,9% (v/v) καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Επίσης δεν προσδιορίστηκαν σε κανένα σημείο δειγματοληψίας συγκεντρώσεις NO, SO₂, H₂S και CH₄. Η συγκέντρωση του CO₂ που παρουσιάζεται στο σχήμα 7.6 εμφανίζει δυο μέγιστα. Το πρώτο σημειώνεται από τις 20:12 έως 20:14, ενώ το δεύτερο από τις 20:48 έως 21:08. Τα μέγιστα αυτά σημειώθηκαν στα σημεία Αποκορώνου και Μουσούρων και Τσουδερών.

Η παρακολούθηση της συγκέντρωσης του NO και του CO παρουσιάζεται στο σχήμα 7.7. Η συγκέντρωση του CO παρόλο που στο σύνολο της είναι σε χαμηλότερα επίπεδα από τη πρωινή δειγματοληψία, αυξάνεται σημειακά στα μέρη όπου υπάρχει αυξημένη κυκλοφορία, όπως π.χ. στην οδό Αποκορώνου, όπου σημειώνεται η μέγιστη τιμή των 8ppm στις 20:34 ή στην οδό Μουσούρων και Τσουδερών (4 ppm στις 20:54) και στην οδό Χάληδων (4 ppm στις 21:15). Στην κεντρική αγορά σημειώνεται επίσης αύξηση (3ppm) στις 22:00 στην διάβαση πεζών δίπλα από εξάτμιση ενός δίκυκλου. Αντίθετα το NO έχει μηδενικές τιμές σε αυτή τη βραδινή σειρά μετρήσεων.



Σχήμα 7.6: Συγκέντρωση CO₂ σε % (v/v) ανά λεπτό κατά την 04-08-05 στα σημεία δειγματοληψίας στη πεζοπορική πορεία που αναφέρεται στο σχήμα 7.3.



Σχήμα 7.7: Συγκέντρωση CO, NO σε ppm ανά λεπτό κατά την 04-08-05 στα σημεία δειγματοληψίας στη πεζοπορική πορεία που αναφέρεται στο σχήμα 7.3.

7.3.3. Τρίτη Μέτρηση Πεδίου

Η τρίτη μέτρηση έγινε την 9η Αυγούστου 2005. Η ώρα που ξεκίνησε ήταν 13:00 π.μ από την οδό Κριτοβουλίδου. Η πεζοπορική διαδρομή που ακολουθήθηκε φαίνεται στο σχήμα 7.3 και είναι η εξής:

Από την οδό Κριτοβουλίδου και μέσω της οδού Τζανακάκη μπροστά από το ταχυδρομείο οδηγηθήκαμε στην οδό Χατζημιχάλη Γιάνναρη στο ύψος του Γερμανού μέσω της πλατείας Κοτσάμπαση. Στη συνέχεια κατευθυνθήκαμε στη πλατεία 1866 και μέσω της οδού Κυδωνιάς στα ΚΤΕΛ. Από εκεί κατευθυνθήκαμε στην οδό Παρθενίου Κελαϊδή έξω από το ΚΤΕΛ και από εκεί στην οδό Σκαλίδη στο ύψος του Κωτσόβολου. Πέρασαμε από την οδό Χάληδων και φτάσαμε στο ενετικό λιμάνι (στις Αλυσίδες). Στη συνέχεια κατευθυνθήκαμε μέσω της οδού Χάληδων στην αγορά και καταλήξαμε στην οδό Κριτοβουλίδου μέσω της οδού Τζανακάκη. Στην τρίτη σειρά μετρήσεων δεν προσδιορίστηκαν τα αέρια SO₂ και H₂S τα οποία στις προηγούμενες δυο δειγματοληψίες είχαν μηδενικές τιμές. Αντ' αυτού προσδιορίστηκαν NO₂ και HCN, που δεν είχαν προσδιοριστεί στις προηγούμενες δυο δειγματοληψίες. Στο παρακάτω πίνακα 7.8 παρουσιάζονται οι τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που επικρατούσε την ημέρα εκείνη ανά μισή ώρα σε συγκεκριμένα σημεία δειγματοληψίας.

Πίνακας 7.8: Τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που επικρατούσαν στο κέντρο της πόλης των Χανίων την 9η Αυγούστου 2005.

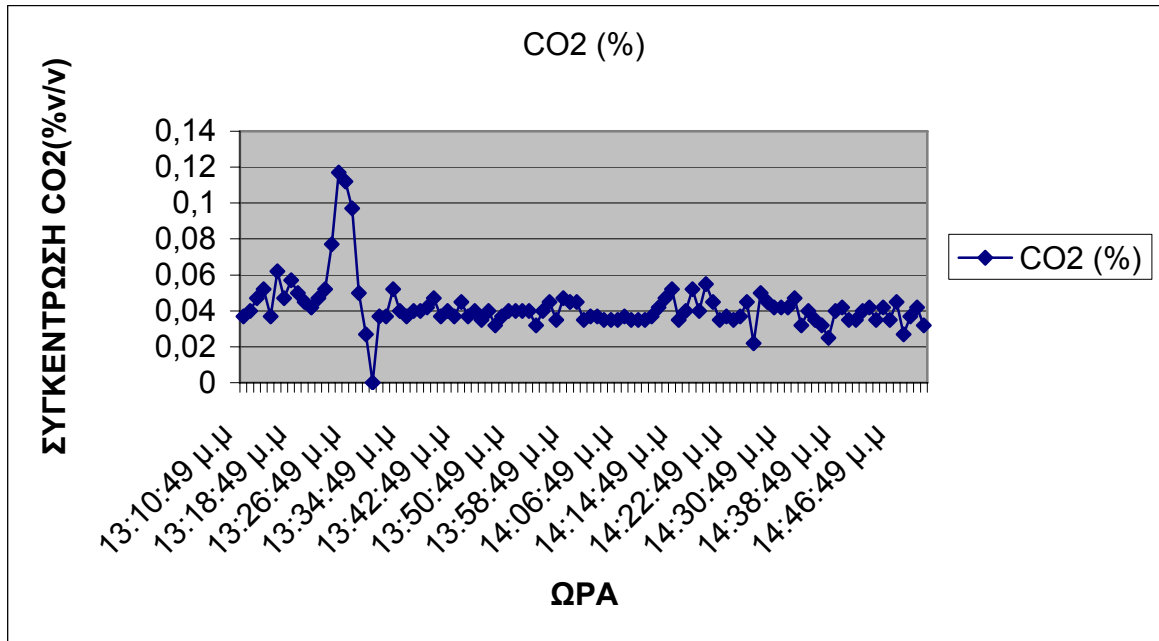
ΩΡΑ	Θερμοκρασία °C	Σχετική Υγρασία (%)
13:00	31,9	60
13:34	31,1	47
14:01	31,9	51
14:28	31,9	46

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 7.8 η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 31,9 °C και η σχετική υγρασία κυμαινόταν από 46 μέχρι 60%. Στη συνέχεια στον πίνακα 7.9 παρουσιάζονται οι μετρηθέντες ατμοσφαιρικοί ρύποι σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σημεία της πεζοπορικής πορείας που ακολουθήθηκε κατά την 09-08-05.

Πίνακας 7.9: Συγκεντρώσεις αερίων στην ατμόσφαιρα σε ύψος 1m από το έδαφος κατά την 09-08-05.

Ωρα- Σημείο	O ₂	CO ₂	NO ₂	CH ₄	HCN
13:00 Κριτοβουλίδου	20,9%	0,05%	0ppm	0,0LEL	0ppm
13:16 Τζανακακη	20,9%	0,047%	0ppm	0,0LEL	0ppm
13:24 Χατζημιγάλη Γιάνναρη	20,9%	0,117%	0ppm	0,0LEL	0ppm
13:34 Πλατεία 1866	20,9%	0,037%	0ppm	0,0LEL	0ppm
13:44 ΚΤΕΛ	20,9%	0,04%	0ppm	0,0LEL	0ppm
14:01 Σκαλίδη	20,9%	0,037%	0ppm	0,0LEL	0ppm
14:10 Λιμάνι Αλυσίδες	20,9%	0,037%	0ppm	0,0LEL	0ppm
14:28 Αγορά	20,9%	0,042%	0ppm	0,0LEL	0ppm

Οι αναλυτικές συγκεντρώσεις όλων των ανά λεπτό μετρηθέντων αερίων κατά την 09-08-06 παρουσιάζονται στον πίνακα 15 στο παράρτημα. Οι τιμές των αερίων στην οδό Κριτοβουλίδου θεωρήθηκαν σαν τιμές υπόβαθρου. Έτσι και σε αυτή την δειγματοληψία η συγκέντρωση του O₂ όπως αναμένονταν ήταν σταθερή στα 20,9% (v/v) καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Επίσης οι συγκεντρώσεις NO₂, HCN και CH₄ ήταν μηδενικές σε όλα τα σημεία μέτρησης. Η συγκέντρωση του CO₂ που παρουσιάζεται στο σχήμα 7.8 εμφανίζει μικρές μεταβολές και σημείωσε μέγιστες τιμές μεταξύ 13:23 και 13:26 στην οδό Χατζημιγάλη Γιάνναρη όπου η υψηλότερη ήταν 0,117% (v/v) στις 13:24.



Σχήμα 7.8: Συγκέντρωση CO₂ σε % (v/v) ανά λεπτό κατά την 09-08-05 στα σημεία δειγματοληψίας στη πεζοπορική πορεία που αναφέρεται στο σχήμα 7.3.

Κεφάλαιο 8

Συμπεράσματα

► Η ατμοσφαιρική ρύπανση των πόλεων είναι ένα από τα μεγαλύτερα σημερινά παγκόσμια προβλήματα. Αποτελεί γενεσιουργό αιτία πολλών άλλων προβλημάτων και καθορίζει την υγεία της συντριπτικής πλειοψηφίας των κατοίκων του πλανήτη. Οι σημαντικότερες επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εμφανίζονται στην υγεία των ανθρώπων και ιδιαίτερα σε συγκεκριμένες ευπαθείς ομάδες. Στην Ελλάδα, η ατμοσφαιρική ρύπανση των πόλεων δεν αφορά μόνο την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη αλλά και τις περισσότερες πρωτεύουσες των νομών. Οι ελληνικές πόλεις παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης που συνδέονται με τις εκπομπές ρύπων από διάφορες πηγές και τη γενικότερη κλιματολογία και τοπογραφία της περιοχής τους. Οι στενοί δρόμοι με ψηλά κτίρια και με ελάχιστους ανοικτούς χώρους, συνδυαζόμενοι με κλιματολογικές συνθήκες άπνοιας ή ασθενών ανέμων, παράλληλα με τις εκπομπές ρύπων από τα οχήματα, τις βιομηχανίες και τις κεντρικές θερμάνσεις, συμβάλλουν γενικά στη συσσώρευση ρύπων στην ατμόσφαιρα [37].

► Οι οδικές μεταφορές παίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύπανση της ατμόσφαιρας. Αυτό οφείλεται στο ότι οι ρύποι που εκπέμπονται από τις οδικές μεταφορές, ενδεικτικά αναφέρουμε το διοξείδιο (CO₂), το μονοξείδιο (CO) του άνθρακα και τα αζείδια του αζώτου (NO_x) που εκπέμπονται από όλα τα οχήματα όπως επίσης και τα οξειδία του θείου (SO_x) και τα αιωρούμενα σωματίδια που εκπέμπονται κυρίως από τα πετρελαιοκίνητα οχήματα, συμβάλουν κατά 60% στη ρύπανση της ατμοσφαιράς. Αυτό έχει ως συνέπεια την επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου και άλλων φαινομένων που είναι επιβλαβή για τη γη. Ελπιδοφόρα όμως μηνύματα σχετικά με το περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μπορούν να φέρουν τόσο η χρήση νέων τεχνολογιών στο τομέα της μηχανοκίνησης και αντιρρύπανσης όσο και η χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας αλλά και η θέσπιση νόμων και διεθνών συμβάσεων.

► Οι σημερινοί βενζινοκινητήρες για οχήματα έχουν βαθμό απόδοσης (χημική σε μηχανική ενέργεια) 20%-30%. Μια σημαντική αιτία όπου ο βαθμός απόδοσης αυτός μειώνεται είναι οι τριβές στα μηχανικά μέρη του οχήματος και των ελαστικών στο έδαφος. Για το λόγο αυτό, πρέπει να βρεθούν τρόποι βελτίωσης των κινητήρων ώστε να έχουν βαθμό απόδοσης μεγαλύτερο από 30% και να ελαχιστοποιηθούν οι τριβές.

► Οι μετακινήσεις ανά μεταφορικό μέσο στις πόλεις έχουν αλλάξει σε σημαντικό βαθμό την τελευταία δεκαετία. Η σημαντικότερη αλλαγή που επηρεάζει καθοριστικά τις κυκλοφοριακές συνθήκες και τη συνεπαγόμενη ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η μετατόπιση σημαντικού ποσοστού μετακινήσεων από τα μέσα μαζικής μεταφοράς και τα ταξί, σε μετακινήσεις με ΙΧ. Συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο ποσοστό των μετακινήσεων στην αρχή της δεκαετίας κατείχαν αθροιστικά τα μέσα μαζικής μεταφοράς και τα ταξί, ενώ σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό κατέχουν οι μετακινήσεις με ΙΧ. Η εμφάνιση υψηλών τιμών ρύπανσης στους δρόμους των πόλεων, δεν ερμηνεύεται μόνο με τον κυκλοφοριακό φόρτο, αλλά αποτελεί συνδυασμό διαφόρων παραγόντων όπως: ο κυκλοφοριακός φόρτος, οι μετεωρολογικές συνθήκες, το πλάτος της οδού, η ταχύτητα των οχημάτων, το ύψος των κτιρίων και η πυκνή δόμηση. Η εμφάνιση του φαινομένου της "οδικής χαράδρας" σε δρόμους της πόλης καθορίζει επίσης τις εμφανιζόμενες υψηλές τιμές ρύπανσης.

► Πρωτοπόροι σε ευρωπαϊκό επίπεδο αναδεικνύονται οι Έλληνες στη χρήση του ΙΧ ακόμη και για διαδρομές μικρότερες του ενός χιλιομέτρου, όσο και για τις μετακινήσεις τους. Έτσι παρά την όξυνση του κυκλοφοριακού προβλήματος οι Έλληνες επιμένουν «να πηγαίνουν ακόμη και για τσιγάρα στο περίπτερο με το αυτοκίνητό τους». Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στην Ειδική Μόνιμη Επιτροπή Προστασίας Περιβάλλοντος της Βουλής, ο μέσος αριθμός διαδρομών μικρότερων του 1χλμ. ανά εβδομάδα με χρήση ΙΧ είναι 9 για τη

χώρα μας και ακολουθούν οι Ιταλοί με 4, οι Πορτογάλοι, οι Ολλανδοί και οι Βέλγοι με 2 και οι υπόλοιποι με 1 διαδρομή. Όσον αφορά τις μετακινήσεις τους ανά εβδομάδα, οι Έλληνες εμφανίζονται να χρησιμοποιούν το ΙΧ τους 7 φορές σε αντίθεση με τους Ιταλούς, τους Γάλλους και τους Ισπανούς που το χρησιμοποιούν 4 φορές και τους Βρετανούς, Γερμανούς, Πορτογάλους, Ολλανδούς και Βέλγους που το επιλέγουν 3 φορές. Είναι ενδεικτικό ότι καθημερινά γίνονται με τα μέσα ατομικής μετακίνησης 8.000.000 μετακινήσεις, ενώ οι επιστήμονες εκτιμούν ότι τα επόμενα 5 χρόνια θα αυξηθούν σε 10.000.000 μετακινήσεις, από τις οποίες το 40%-45% θα αφορά διαδρομές από και προς την εργασία των πολιτών. Έτσι, σήμερα το μερίδιο αγοράς που κατέχουν τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς εκτιμάται περί το 41%, ενώ την ίδια στιγμή στο Λεκανοπέδιο Αττικής κυκλοφορούν πάνω από 2.000.000 ΙΧ [49].

► Οι σημαντικότερες επεμβάσεις και τα μέτρα που λήφθηκαν, κατά τη διάρκεια των 20 τελευταίων περίπου ετών, που λειτουργούν οι Υπηρεσίες Περιβάλλοντος για τη βελτιστοποίηση της ποιότητας των καυσίμων είναι:

- η μείωση του μόλυβδου στην ατμόσφαιρα, η περιεκτικότητα του οποίου στη βενζίνη έγινε 0,15 gr/lit.
- η περιεκτικότητα του θείου στο μαζούτ που χρησιμοποιείται στο λεκανοπέδιο Αθηνών, μειώθηκε στο 0,7% κατά βάρος.
- η περιεκτικότητα του θείου στο πετρέλαιο ντίζελ, σε ολόκληρη τη χώρα μειώθηκε στο 0,2% κατά βάρος.
- επιβλήθηκε η χρήση ειδικού ντίζελ για την κίνηση των λεωφορείων.
- έγινε διαχωρισμός του ντίζελ σε δύο τύπους, κίνησης - θέρμανσης, με σκοπό τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.
- παράγεται βενζίνη χωρίς μόλυβδο (αμόλυβδη), που διατίθεται πλέον από όλα τα πρατήρια σε όλη τη χώρα.
- γίνονται έλεγχοι τήρησης των προδιαγραφών όλων των τύπων καυσίμων, με δειγματοληψίες και εργαστηριακές αναλύσεις, έτσι ώστε να καλύπτονται η διάθεση, η διακίνηση, η εμπορία και η χρήση.
- μειώθηκε η περιεκτικότητα της βενζίνης σε βενζόλιο.

Όσον αφορά τα αυτοκίνητα οι σημαντικότερες επεμβάσεις που έγιναν είναι:

- προωθήθηκαν αυτοκίνητα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας με καταλυτικούς μετατροπείς.
- προωθείται η αντικατάσταση των πετρελαιοκίνητων ταξί παλαιάς τεχνολογίας.
- καθιερώθηκε ο περιοδικός τεχνικός έλεγχος οδικών οχημάτων από τα Κέντρα Τεχνικού Ελέγχου Οχημάτων (ΚΤΕΟ).
- εφαρμόζεται η κάρτα ελέγχου καυσαερίων για όλα τα οχήματα [48].

► Το εύλογο ερώτημα «γιατί οι εναλλακτικές μη ρυπογόνες τεχνολογίες κίνησης των αυτοκινήτων δεν εφαρμόζονται στη πράξη;» έχει ήδη απαντηθεί. Οι εξελίξεις στις μαζικές τεχνολογίες όπως στην αυτοκινητοβιομηχανία καθορίζονται από οικονομικά κριτήρια (στον κόσμο κυκλοφορούν 700 εκατομμύρια αυτοκίνητα και η τάση είναι ανοδική). Ένα αυτοκίνητο κοστίζει όχι μόνο κατά την αγορά του αλλά και κατά τη χρήση του. Όπως συμβαίνει σήμερα με όλα τα καταναλωτικά προϊόντα, παρόλο που η πρόοδος της τεχνολογίας επιτρέπει μια ολοένα και ανθεκτικότερη κατασκευή αυτοκινήτου, υπάρχει από τις βιομηχανίες η τάση για το λεγόμενο «αυτοκίνητο περιορισμένης χρήσης». Είναι γνωστό ότι η κατασκευή όλων των βιομηχανικών ειδών γίνεται πλέον με ελεγχόμενο «χρονικό ορίζοντα ωφέλιμης χρήσης». Ο βενζινοκινητήρας δίνει όχι μόνο τους μέγιστους ρύπους αλλά και τη μέγιστη ισχύ (τα «πολλά άλογα»). Μπορεί κανείς να φανταστεί μια εμπορικά «πετυχημένη» διαφήμιση ενός αυτοκινήτου που δεν «γίνεται καπνός» μπροστά στην κάμερα; Αξίζει επίσης να αναρωτηθεί κανείς πόσο θα κόστιζε στην αγορά του ΙΧ αυτοκινήτου μια πραγματική αναβάθμιση των μαζικών μέσων μεταφοράς. Οι εταιρείες

αυτοκινήτων, καυσίμων κλπ. είναι σήμερα γνωστό ότι ακολουθούν ενιαία και οργανωμένη (κερδοσκοπική) πολιτική [13].

► Ωστόσο πιστεύεται ότι στην επόμενη δεκαετία οι κατασκευαστές αυτοκινήτων θα έχουν τη δυνατότητα να αρχίσουν τη διάθεση μίας νέας γενιάς αυτοκινήτων, πολύ οικονομικών και σχεδόν καθόλου ρυπογόνων. Το καύσιμο που θα χρησιμοποιούν δε θα είναι ένα και μοναδικό, αλλά θα υπάρχει η δυνατότητα επιλογής από μία σειρά εναλλακτικών και ασφαλών για το περιβάλλον καυσίμων (βλέπε κεφάλαιο 4). Τα αυτοκίνητα αυτά θα έχουν όλα τα χαρακτηριστικά των σημερινών βενζινοκίνητων αυτοκινήτων, θα προσφέρουν την ίδια ευχαρίστηση όταν οδηγούνται και η χρήση τους θα κοστίζει περίπου το ίδιο [12].

► Το Πρωτόκολλο του Κιότο έχει σχεδιαστεί ως ένα πρώτο βήμα στον δρόμο της ριζικής μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που απαιτείται για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών. Αυτή τη στιγμή είναι το μόνο διεθνές νομικό εργαλείο που κινείται στη σωστή κατεύθυνση. Δεν πρέπει να ξεχνάμε βέβαια ότι, ακόμη κι αν εφαρμοστεί στο ακέραιο το Πρωτόκολλο του Κιότο στη σημερινή του μορφή, θα περιορίσει την αναμενόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά $0,06^{\circ}\text{C}$ ως το 2050, όταν στο ίδιο διάστημα η αναμενόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας θα είναι 1°C με 2°C . Ενδεικτική είναι η προειδοποίηση των Ηνωμένων Εθνών, σύμφωνα με την οποία για να εξλειφθεί η απειλή των κλιματικών αλλαγών απαιτείται μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 50-70% περίπου μέσα στις επόμενες δεκαετίες. Είναι σαφές λοιπόν ότι το Πρωτόκολλο αυτό δεν είναι παρά ένα πρώτο αναγκαίο βήμα προς την εξεύρεση μιας λύσης. Ο δρόμος όμως είναι ακόμη μακρύς [32].

► Για την ατμοσφαιρική ρύπανση των ελληνικών πόλεων προκύπτει ότι κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας οι συγκεντρώσεις

- του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), του μολύβδου (Pb) και του διοξειδίου του θείου (SO_2) μειώθηκαν σε πολύ μεγάλο ποσοστό και βρίσκονται σήμερα σε επίπεδα κάτω από τα όρια ποιότητας της ατμόσφαιρας της Ε.Ε. στις περισσότερες των περιπτώσεων.
- των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων (TSP) μειώθηκαν σε κάποιο βαθμό, αλλά εξακολουθούν να βρίσκονται σε επίπεδα υψηλότερα από τα ισχύοντα νέα όρια. Το ίδιο ισχύει και για τα PM_{10} , δηλαδή τα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των $10\ \mu\text{m}$.
- του διοξειδίου του αζώτου (NO_2) παρουσίασαν σταθεροποίηση με μικρή ανοδική τάση και τείνουν να έχουν υπερβάσεις των νέων ορίων.
- του όζοντος (O_3) παρουσίασαν σταθεροποίηση με μικρή ανοδική τάση, ιδίως στις περιοχές, που είναι εκτός πολεοδομικού συγκροτήματος [48].

► Στα πλαίσια διαφόρων μελετών που έγιναν σε ελληνικές πόλεις, διαμορφώθηκαν διάφορα σενάρια, που καλύπτουν έργα οδικών υποδομών, σταθμούς αυτοκινήτων εκτός πόλης και δράσεις προώθησης των δημόσιων συγκοινωνιών με σκοπό την μείωση των κυκλοφοριακών φόρτων και της ταχύτητας των οχημάτων. Με βάση τα παραπάνω εκτιμήθηκε ότι οι εκπομπές όλων σχεδόν των ατμοσφαιρικών ρύπων από τις οδικές μεταφορές αναμένεται να εμφανίσουν μια συνεχή διαχρονική μείωση στους σημαντικότερους δρόμους των πόλεων [40].

► Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά την μελέτη της επίδρασης της κυκλοφορίας στη ρύπανση της ατμόσφαιρας στη πόλη των Χανίων η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίστηκε στον υπολογισμό και στην επεξεργασία δεδομένων σχετικών με τους εκπεμπόμενους ρύπους από τις οδικές μεταφορές από τη ευρωπαϊκή βάση δεδομένων EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) καθώς και σε μετρήσεις πεδίου με έναν πολυανιχνευτή αερίων στα κεντρικότερα σημεία της πόλης των Χανίων (όπως π.χ. στην κεντρική Αγορά) και σε ώρες

αιχμής (όπως π.χ. το μεσημέρι και το απόγευμα κατά το κλείσιμο των καταστημάτων), όπου παρατηρείται αυξημένη κυκλοφορία αυτοκινήτων.

► Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκε στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής (πίνακας 8.1), ότι σύμφωνα με τη βάση δεδομένων EMEP οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των CO, NO, NO₂, SO₂ και PM_{2,5} που υπολογίστηκαν για το νομό Χανίων ήταν πολύ χαμηλότερες από τις ανώτατες οριακές τιμές που έχουν θεσπιστεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η συγκέντρωση του CO ήταν 78 φορές χαμηλότερη της οριακής. Σε συμφωνία με αυτά τα δεδομένα διαπιστώθηκε ότι στις μετρήσεις πεδίου που πραγματοποιήθηκαν δεν παρατηρήθηκαν υπερβάσεις στις συγκεντρώσεις των ρύπων NO, NO₂ και SO₂, ενώ αντίθετα η συγκέντρωση του CO υπερέβαινε μερικές φορές στις ώρες και στα σημεία δειγματοληψίας την ανώτατη οριακή τιμή.

Πίνακας 8.1: Σύγκριση μετρηθέντων και προσομοιωμένων συγκεντρώσεων ατμοσφαιρικών ρύπων με τις ανώτατες νομοθετημένες οριακές τιμές στη ΕΕ.

Ρύποι	Μέγιστα- Ελάχιστα μετρηθέντων συγκεντρώσεων [ppm]	Μέγιστα- Ελάχιστα μετρηθέντων συγκεντρώσεων [μg/m ³] σε Κ.Σ.	Μέσες ετήσιες Προσομοιωμένες Συγκεντρώσεις [μg/m ³] σε Κ.Σ.	Μέση ημερήσια οριακή τιμή στην ΕΕ [μg/m ³]
CO	8-0	9315,3-0	127,5	10
NO	4,5-0	5614,1- 0	0,088	-
NO ₂	0	0	1,47	200
SO ₂	0	0	2,198	125
PM _{2,5}	δ.π	δ.π	6,889	-
PM ₁₀	δ.π	δ.π	8,03	40

Κ.Σ.: Κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας

Για τη μετατροπή από ppm σε μg/m³: 1 (ppm) = 40,9*MB (μg/m³) και $V_{KΣ} = V \times (273+T/273+25)$

δ.π = δεν προσδιορίστηκε

► Στη συγκεκριμένη εργασία ακολουθήθηκαν δυο διαφορετικές μεθοδολογίες για τον υπολογισμό των προερχόμενων από την κυκλοφορία των αυτοκινήτων εκπομπών αερίων ρύπων. Η μία περιλάμβανε τον υπολογισμό των αερίων εκπομπών από τις οδικές μεταφορές από τη βάση δεδομένων του EMEP για τα έτη 2000 και 2003, ενώ η άλλη τον υπολογισμό των εκπομπών με βάση ειδικούς συντελεστές εκπομπής και τον στόλο των κυκλοφορούντων οχημάτων στον νομό και στην πόλη των Χανίων για τα έτη 2003 και 2005.

► Στο τέλος του 2003 ο συνολικός αριθμός των οχημάτων που κυκλοφορούσε στο νομό Χανίων ήταν 87.539, αριθμός που στις αρχές του 2005 μειώθηκε στα 85.500.

► Από τη σύγκριση των εκπομπών από τις οδικές μεταφορές του έτους 2000 και 2003 από τη βάση δεδομένων EMEP (πίνακας 6.4) παρατηρούμε, ότι στο Ν. Χανίων οι εκπομπές του CO και των NMVOC το 2003 μειώθηκαν σημαντικά, σε αντίθεση όμως οι εκπομπές NO_x, SO_x, PM_{2,5} και NH₃ που αυξήθηκαν ελαφρά. Η παρατηρούμενη μείωση των εκπομπών των CO και των NMVOC είναι αποτέλεσμα της περιβαλλοντικής πολιτικής, που περιλαμβάνει ένα συνδυασμό μέτρων και παρεμβάσεων που υλοποιήθηκαν ή και συνεχίζουν να υλοποιούνται. Το πιο σημαντικό από αυτά είναι η ανανέωση του στόλου των παλαιών συμβατικών Ι.Χ. αυτοκινήτων με καινούργια καταλυτικής τεχνολογίας. Επίσης η ανανέωση των μερικών πετρελαιοκινήτων οχημάτων (κυρίως λεωφορείων και ταξί), η διαχρονική βελτίωση της ποιότητας των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στα οχήματα, οι κυκλοφοριακές επεμβάσεις και η ρύθμιση και συντήρηση των οχημάτων (εφαρμογή της Κάρτας Ελέγχου Καυσαερίων) βοηθούν σημαντικά στη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων.

Ωστόσο όμως η χρήση των νέων μέτρων δεν είναι ακόμα ευρέως αποδεκτή όπως επίσης και η αντικατάσταση των πετρελαιοκίνητων οχημάτων καθώς και βελτίωση της υπάρχουσας καταλυτικής αντιρρυπαντικής τεχνολογίας και αυτό δικαιολογεί τις υψηλότερες εκπομπές των ρύπων NO_x, SO_x, PM_{2,5} και NH₃ σε σχέση με το 2000.

► Από τη σύγκριση των εκπομπών από τις οδικές μεταφορές του έτους 2000 και 2003 (από τη βάση δεδομένων EMEP) (πίνακας 6.4) παρατηρήθηκε, ότι στο Ν. Χανίων οι εκπομπές του CO και των NMVOC το 2003 μειώθηκαν σημαντικά σε σύγκριση με το έτος 2000. Αντίθετα οι εκπομπές των NO_x, SO_x, PM_{2,5} και NH₃ αυξήθηκαν ελαφρά το 2003 σε σχέση με το 2000. Η παρατηρούμενη μείωση των εκπομπών του CO και των NMVOC ίσως είναι αποτέλεσμα της περιβαλλοντικής πολιτικής, που περιλαμβάνει ένα συνδυασμό μέτρων και παρεμβάσεων που υλοποιήθηκαν ή και συνεχίζουν να υλοποιούνται. Το πιο σημαντικό από αυτά είναι η ανανέωση του στόλου των παλαιών συμβατικών Ι.Χ. αυτοκινήτων με καινούργια καταλυτικής τεχνολογίας. Επίσης η ανανέωση μερικών πετρελαιοκίνητων οχημάτων (κυρίως λεωφορείων και ταξί), η σταδιακή βελτίωση της ποιότητας των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στα οχήματα, οι κυκλοφοριακές επεμβάσεις και η ρύθμιση και συντήρηση των οχημάτων (εφαρμογή της Κάρτας Ελέγχου Καυσαερίων) βοηθούν σημαντικά στη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων. Ωστόσο όμως η χρήση των νέων μέτρων δεν είναι ακόμα ευρέως αποδεκτή όπως επίσης και η αντικατάσταση των πετρελαιοκίνητων οχημάτων καθώς και η βελτίωση της υπάρχουσας καταλυτικής αντιρρυπαντικής τεχνολογίας και αυτό πιθανόν μπορεί να δικαιολογήσει τις ελαφρά υψηλότερες εκπομπές των ρύπων NO_x, SO_x, PM_{2,5} και NH₃ το έτος 2003 σε σχέση με το έτος 2000.

► Συγκρίνοντας τις εκπομπές από τις οδικές μεταφορές με την πρώτη μεθοδολογία (από τη βάση δεδομένων EMEP, πίνακας 6.2) και τις υπολογισμένες από την δεύτερη μεθοδολογία (για 10.000 χλμ ετησίως εκπομπές με συντελεστές εκπομπής, (πίνακας 6.2) για το έτος 2003 παρατηρούμε, ότι οι εκπομπές του CO στη βάση δεδομένων EMEP είναι 7,7 φορές χαμηλότερες από αυτές που υπολογίσθηκαν με τους συντελεστές εκπομπής, ενώ οι εκπομπές των NO_x είναι 3,7 φορές χαμηλότερες και οι εκπομπές των HCs 13,8 φορές χαμηλότερες. Η διαφορά στα αποτελέσματα των υπολογισθέντων από την βάση δεδομένων του EMEP εκπομπών με αυτές που υπολογίσθηκαν με βάση τους συντελεστές εκπομπής σύμφωνα με τον στόλο των οχημάτων μπορεί να οφείλονται αφενός στο μέσο όρο χιλιομέτρων που ορίστηκαν στη παρούσα εργασία (10.000χλμ ετησίως) και αφετέρου στο ότι οι συντελεστές εκπομπής που χρησιμοποιήθηκαν πιθανόν δεν είναι αντιπροσωπευτικοί για όλες τις κατηγορίες οχημάτων. Όσον αφορά τη μεγάλη διαφορά που διαπιστώθηκε μεταξύ των εκπομπών από την βάση δεδομένων του EMEP και των υπολογισμών με τους συντελεστές για τις εκπομπές των HCs μπορεί να οφείλεται και στο γεγονός ότι στους υπολογισμούς με συντελεστές θεωρήθηκε, ότι όλα τα επιβατικά οχήματα θεωρήθηκαν βενζινοκίνητα, ενώ όλα τα φορτηγά θεωρήθηκαν κυβισμού 4.000cc-6.000cc και όλα τα ταξί πετρελαιοκίνητα.

► Επίσης συγκρίνοντας τις συνολικές εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων όσον αφορά τις οδικές μεταφορές του νομού Χανίων με τις συνολικές εκπομπές όλης της Ελλάδας (πρώτη μεθοδολογία, (πίνακας 6.4) διαπιστώθηκε, ότι οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων που εκπέμπονται στο νομό Χανίων αντιστοιχούν στο 1,37% των συνολικών ελληνικών εκπομπών για το έτος 2003, το οποίο αντιστοιχεί στο ποσοστό του πληθυσμού που διαμένει στο νομό Χανίων (150.387 κάτοικοι) σε σχέση με τον πληθυσμό όλης της Ελλάδας (10.964.020 κάτοικοι) (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, απογραφή 2001). Ενδεικτικά στο νομό Χανίων οι εκπομπές CO από οδικές μεταφορές φτάνουν μόλις τα 4.634,32 Mg από τα 952.000Mg που είναι για όλη την Ελλάδα. Παρόλα αυτά είναι ένα αξιόλογο ποσοστό και παίζει σημαντικό ρόλο στην ολική ρύπανση, που όμως αν εφαρμοστούν κάποια απλά μέτρα (όπως π.χ. η αντικατάσταση των παλαιάς τεχνολογίας οχημάτων, η μείωση της χρήσης του αυτοκινήτου για διαδρομές μικρότερες του 1 χιλιομέτρου κ.α), μπορεί να μειωθεί σημαντικά.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ

AFC= Alkaline Fuel Cells
As= αρσενικό
C= άνθρακας (βρίσκεται υπό μορφή αιθάλης στην ατμόσφαιρα)
Cd= κάδμιο
CFCs= χλωροφθοράνθρακες
CH₄= μεθάνιο
C₆H₆= βενζόλιο
CO₂= διοξείδιο του άνθρακα
CO= μονοξείδιο του άνθρακα
Cr= χρώμιο
Cu= χαλκός
ΔΕΑΡΘ = Διεύθυνσης Ελέγχου και Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου
DMFC=Direct Methanol Fuel Cells
ΔX= δημοσίας χρήσης
ΕΑΑ= Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
ΕΕ= Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΘΕΛ= Εταιρεία Θερμικών Λεωφορείων
EMEP= Co- operative programme for monitoring and evaluation of long range transmission of air pollution in Europe
ENPEP= Energy and Power Evaluation Programme)
ΕΟΠ= Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος
FMA/ SOFC= Fused Metal Anode Solid Oxide Fuel Cell
GNG= Compressed Natural Gas= συμπιεσμένο φυσικό αέριο
Zn= ψευδάργυρος
HCFCs= υδρογονοχλωροφθορανθρακες
HCs= υδρογονάνθρακες
HFCs= υδρογονοφθοράνθρακες
Hg= υδράργυρος
HMs= heavy metals, βαρέα μέταλλα
HNO₃ = νιτρικό οξύ
H₂S = υδρόθειο
Cs ή ΥΑ = υδρογονάνθρακες
IX = ιδιωτικής χρήσης
ΚΤΕΟ: Κέντρο Τεχνολογικού Ελέγχου Οχημάτων
LPG = Liquefied Petroleum Gas= υγραέριο
LPi= Low Probability of Intercept
M= συμβολισμός ενός μορίου σε αντιδράσεις ατμοσφαιρικής χημείας
MB= Μοριακό Βάρος
MEGI= Multipoint Electronic Gas Injection
MCFC= Molten Carbonate Fuel Cells
MPi= Multi Point Injection
ΟΑΣΑ= Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών Αθηνών
NH₃= αμμωνία
Ni= νικέλιο
N₂O = υποξείδιο του αζώτου
NO_x = οξείδια του αζώτου
NMVOC= non methone volatile organic compound= μη μεθανικές πτητικές οργανικές ενώσεις

O₃ = όζον
PAN= Peroxycityl nitrate, νιτρικό υπεροξυακετύλιο
ΠΑΥ ή PAHs = πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες
PAFC= Phosphoric Acid Fuel Cells
PAHs= πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες
PEM= Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFC)
Pb = μόλυβδος
PFC = πλήρως φθοριομένοι υδρογονάνθρακες, υπερφθοράνθρακες
PM= αιωρούμενα σωματίδια, particulate matters
POPs= επίμονοι οργανικοί ρύποι
ΠΟΥ = Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
Se= σελήνιο
SF₆ = εξαφθοριούχο θείο
SNAP= Selected Nomenclature for reporting of Air Pollutants
SOFC= Solid Oxide Fuel Cells
SO₂= διοξείδιο του θείου
SPFC= Solid Polymer Fuel Cells)ή μεμβράνης
VOCs ή ΠΟΕ = πτητικές οργανικές ενώσεις
Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε= Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και
Δημοσίων Έργων
UNECE= United Nations Economic Commission for Europe

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] 2 ΤΕΕ Ζωγράφου, "Ο πλανήτης γη. Ατμόσφαιρα της γη. Τι είναι ρύπανση. Ποιοι είναι οι ρύποι. Πηγές των ρύπων στο αυτοκίνητο. Αέρια εκπεμπόμενα από τεχνικές δραστηριότητες στην Ευρώπη." [online] Διαθέσιμο από: <http://2tee-zograf.att.sch.gr/ergas1/pol.html> [προσβάσιμο στις 2/07/2005]
- [2] Κουιμτζής Θ. "Χημεία Περιβάλλοντος". Εκδόσεις Ζήτα Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών, Θεσσαλονίκη 1998
- [3] Δερμετζάκης Μ.- Λέκκας Σ. "Διερευνώντας τη γη, εισαγωγή στη γενική γεωλογία". Αθήνα 1993
- [4] Γεντεκάκης Ι. "Ατμοσφαιρική Ρύπανση". Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 1999
- [5] "Ποιοι είναι οι βασικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι, ποιες οι πηγές τους και ποιες οι επιδράσεις τους στο ανθρωπογενές περιβάλλον". [online] Διαθέσιμο από: www.minerv.gr [προσβάσιμο στις 28/07/2005]
- [6] "Volatile Organic Compounds (VOCs)". [online] Διαθέσιμο από: http://www.essc.psu.edu/~lampsey/geog_507/node_7.html [προσβάσιμο στις 28/07/2005]
- [7] "Τι είναι ο αμίαντος; Γιατί είναι τόσο επικίνδυνος; Τι νοσήματα". [online] Διαθέσιμο από: http://www.e-telescope.gr/gr/cat04/art04_030601.html [προσβάσιμο στις 2/07/2005]
- [8] Καραλής Σ., "Ο αμίαντος «κυκλοφορεί» ακόμη παντού! Χωρίς πολιτική διαχείρισης του και χωρίς έλεγχο, παρά την απαγόρευση εμπορίας και χρήσης και τον διπλασιασμό των θυμάτων του". [online] Διαθέσιμο από: http://www.kathimerini.gr/4dcgi/w_articles_ell_21041_17/04/2005_140788 [προσβάσιμο στις 19/06/2005]
- [9] "Ατμοσφαιρική Ρύπανση". [online] Διαθέσιμο από: http://www.nilu.no/web/apnee/greech/about_airpollution.html [προσβάσιμο στις 2/07/2005]
- [10] Τσιουρής Σ. "Θέματα Προστασίας Περιβάλλοντος". Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη 2001
- [11] Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, "Η ποιότητα του αέρα στον ελλαδικό χώρο". [online] Διαθέσιμο από: http://www.gsrt.gr/default.asp?V_ITEM_ID=3690 [προσβάσιμο στις 2/07/2005]
- [12] Σακελάρη Π, "Ενεργειακές Κυψέλες, η ανατολή του μέλλοντος". [online] διαθέσιμο από: <http://library.techlink.gr/4t/article-maimasp?mag=1&issue=89&article=2342> [προσβάσιμο στις 20/12/2005]
- [13] "Η μαζική χρήση του αυτοκινήτου". [online] Διαθέσιμο από: http://www.oiken.gr/selides_car1.html [προσβάσιμο στις 2/07/2005]

- [14] Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε, Γενική Διεύθυνσης Περιβάλλοντος, Διεύθυνση Ελέγχου, Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου (Δ.Ε.Α.Ρ.Θ), Τμήμα Αυτοκινήτων και Εξωτερικών Καύσεων, "Απολογιστική Έκθεση 1994- 2001". [online] διαθέσιμο από: http://www.minenv.gr/ek_a/g000.html# [προσβάσιμο στις 26/2/2005]
- [15] Πετράκης Μ. Κ., "Νέφος και Πετρελαιοκίνηση". [online] Διαθέσιμο από: www.ecocity.gr/pages/content.asp?/cntID=489.catID=6 [προσβάσιμο στις 20/12/2005]
- [16] Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε, Γενική Διεύθυνσης Περιβάλλοντος, Διεύθυνση Ε.Α.Ρ.Θ "Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Αθήνα. Έκθεση 2003", Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας, Ιούνιος 2004.
- [17] Πηγή Greenpeace.gr, "Πρωτόκολλο του Κιότο, τι είναι, τι προβλέπει; ". [online] Διαθέσιμο από:[http:// www.e-telescope.gr/gr/cat08/art08_030901.html](http://www.e-telescope.gr/gr/cat08/art08_030901.html) [προσβάσιμο στις 4/10/2005]
- [18] "Τι πρέπει να γνωρίζετε για το Πρωτόκολλο του Κιότο". [online] Διαθέσιμο από: <http://www.google.com.gr/search?q=%C3%BA%CF%85%C3%BF%CF%84%CE%BF&hl=el&start=&sart=10&sa=N> [προσβάσιμο στις 14/10/2005]
- [19] <http://www.ecocity.gr/pages/content.asp?/cntID=489.catID=424&catID=6>
- [20] "Η ΠΡΟΜΗΘΕΑΣ GAS Α.Ε. στην αεριοκίνηση οχημάτων". [online] Διαθέσιμο από:<http://www.prometheusgas.gr/view.asp?pid=502&cid=40&sid=41&ssid=0&lang=2> [προσβάσιμο στις 2/10/2005]
- [21] Σακελλαρίου Π., "Ενεργειακές Κυψέλες". [online] Διαθέσιμο από: [http:// library.techlink.gr/4t/article-main asp?mag=1&issue=261&article_6498](http://library.techlink.gr/4t/article-main.asp?mag=1&issue=261&article_6498) [προσβάσιμο στις 2/10/2005]
- [22] Λάγιος Γ., "Υδρογόνο το καύσιμο του μέλλοντος". [online] Διαθέσιμο από: [http:// www.tropical.gr/pages/view_doc.php?view-doc=8](http://www.tropical.gr/pages/view_doc.php?view-doc=8) [προσβάσιμο στις 2/10/2005]
- [23] Πηγή: SCIENTIFIC AMERICAN, 31 Αυγούστου 2005, "Πως λειτουργεί η ενεργειακή κυψέλη υδρογόνου".[online] Διαθέσιμο από: <http://www.physics4u.gr/faq/fuelcellhydro.html> [προσβάσιμο στις 2/10/2005]
- [24] Μαρινόπουλος Ν., "Εναλλακτικές μορφές αυτοκίνησης CNG, LNG & LPG".[online] Διαθέσιμο από: <http://www.in.gr/auto/tech/tech.asp?IngTechID=40807&IngArticleID=40874>[προσβάσιμο στις 2/10/2005]
- [25] Μαρινόπουλος Ν., "Εναλλακτικές μορφές αυτοκίνησης. Ενεργειακές κυψέλες".[online] Διαθέσιμο από: <http://www.in.gr/auto/tech/tech.asp?IngTechID=40807&IngArticleID=40882> [προσβάσιμο στις 2/10/2005]
- [26] Ερρίπης Γ., "Υβριδικά Αυτοκίνητα". [online] Διαθέσιμο από: [http:// www.cars.gr/hybrid/p.html](http://www.cars.gr/hybrid/p.html) [προσβάσιμο στις 2/10/2005]

[27] "Η επανάσταση των υβριδικών αυτοκινήτων". [online] Διαθέσιμο από: <http://www.ecocity.gr/pages/content.asp?cntID=158&catID=6> [προσβάσιμο στις 2/10/2005]

[28] Σταυρογιάννη Λ., "Φιλί ζωής στο πλανήτη με την επικύρωση του Πρωτοκόλλου του Κυτό από τη Ρωσία", Περιοδικό Περιβάλλον21, 11-12-04, σελ. 12

[29] 'Εθνικές υποχρεώσεις της Ελλάδος, το πρωτόκολλο του Κιότο', [online] Διαθέσιμο από: <http://www.ecocity.gr/pages/content.asp?cntid=424&catid=6> [προσβάσιμο στις 4/10/2005]

[30] ΥΠΕΧΩΔΕ- ΔΜΕΟ και συμπράττοντα γραφεία Φρατζεσκάκης, Δοκουμετζιδης, Ρέντζος 'Μελέτη κυκλοφοριακής οργάνωσης και στάθμευσης του πολεοδομικού συγκροτήματος Χανίων και Σούδας'. Α' φάση. Ιούλιος 2001.

[31] Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος. 'Στατιστικές μεταφορών, επικοινωνιών ειδική ενημερωτική έκδοση'. Αθηνά 2004.

[32] Αναλυτής Β., "Το πρωτόκολλο του Κιότο". [online] Διαθέσιμο από: <http://www.mxd.gr/article.php?sid=536> [προσβάσιμο στις 4/10/2005]

[33] "Εθνικές Υποσχέσεις της Ελλάδας, το πρωτόκολλο του Κιότο". [online] Διαθέσιμο από: <http://www.ecocity.gr/pages/content.asp?cntID=4248&catID=6> [προσβάσιμο στις 4/10/2005]

[34] "Διατάξεις συστήματος μετάδοσης κίνησης". [online] Διαθέσιμο από: <http://www.vaggelis.net/Files/hybtid.html> [προσβάσιμο στις 2/10/2005]

[35] "Τα μέσα μεταφοράς συνεισφέρουν σε μεγάλο βαθμό στη ρύπανση του περιβάλλοντος". [online] Διαθέσιμο από: http://www.europa.eu.int%00/comm/environment/news/efe/20/article-2440_el.html [προσβάσιμο στις 25/12/2005]

[36] "Τα αέρια του θερμοκηπίου συσσωρεύονται πιο αργά απ' ό τι πριν", Από σελίδα NASA, 15 Ιανουαρίου 2002. [online] Διαθέσιμο από: www.physics4u.gr/news/2002/scnews441.html [προσβάσιμο στις 8/05/2006]

[37] Μελάς Δ., "Ατμοσφαιρική Ρύπανση". [online] Διαθέσιμο από: http://lap.physics.auth.gr/pms/upload/WEB_POLLUTION.DOC [προσβάσιμο στις 8/05/2006]

[38] "What Is Soot?". [online] Διαθέσιμο από: <http://njp.org/NJ.asp?id2=12784&id3=NJ&> [Προσβάσιμο στις 14/05/2006]

[39] Γεωργιοπούλου Τ., "Οι μετακινήσεις Ρυπαίνουν", εφημερίδα "Η Καθημερινή", 30- 4- 2006

[40] Χρονόπουλος Γ., "Παρακολούθηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος- Διαχρονική εξέλιξη της ρύπανσης". [online] Διαθέσιμο από: www.minerv.gr. Προσβάσιμο στις [14/05/2006]

- [41] Eggleston S., N. Gorißen, R. Joumard, R.C. Rijkeboer, Z. Samaras and K.-H. Zierock (1989), *CORINAIR Working Group on Emissions Factors for Calculating 1985 Emissions from Road Traffic*. Volume 1: Methodology and Emission Factors, Final Report Contract No.88/6611/0067, EUR 12260 EN.
- [42] Eggleston S., D. Gaudioso, N. Gorißen, R. Joumard, R.C. Rijkeboer, Z. Samaras and K.-H. Zierock (1993), *CORINAIR Working Group on Emissions Factors for Calculating 1990 Emissions from Road Traffic*. Volume 1: Methodology and Emission Factors. Final Report, Document of the European Commission ISBN 92-826-5571-X.
- [43] Ahlvik P., S. Eggleston, N. Gorissen, D. Hassel, A.-J. Hickman, R. Joumard, L. Ntziachristos, R. Rijkeboer, Z. Samaras and K.-H. Zierock, (1997) *COPERT III Methodology and Emission Factors*, Technical Report No. 6, ETC/AEM, European Environment Agency, <http://themes.eea.eu.int/binary/t/tech06.pdf>, p.85.
- [44] Ntziachristos L. and Z. Samaras (1999), *Amendment of COPERT II for the compilation of the ACEA Forecasts in the Framework of Auto Oil II Programme*, Final report to the ACEA, Thessaloniki, Greece.
- [45] Ntziachristos L. and Samaras Z. (2000) *COPERT III Computer programme to calculate emissions from road transport*, Technical Report 49, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark, p.86.
- [46] Κώστας Γ., "Τα Χανιά πρώτη πόλη στη κυκλοφορία αυτοκινήτων", Εφημερίδα Χανιώτικα Νέα, Μάιος 2005
- [47] "Ατμοσφαιρική Ρύπανση", Καταναλωτικά Βήματα, Τεύχος Μαΐου- Ιουνίου 2003. Διαθέσιμο από: <http://www.kepka.org/Grk/Info/Inveroment/inv007.htm> [προσβάσιμο στις 31/05/2006]
- [48] Νικολάου Κ., "Ατμοσφαιρική Ρύπανση των πόλεων". Διαθέσιμο από: <http://www.oikoen.gr/oiko71.htm> [προσβάσιμο στις 31/05/2006]
- [49] "Πρωταθλητές οι Έλληνες στη χρήση I.X.". Διαθέσιμο από: <http://www.ecocity.gr/main.php?cat=27&art=100> [προσβάσιμο στις 31/05/2006]
- [50] "G750 Polytector", Διαθέσιμο από: http://gfg-inc.com/englisch/produkte/pdf/Portable/Brochures_or_sell_sheets/G750.pdf [προσβάσιμο στις 31/05/2006]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

Πίνακας 1: Εκπομπές NOx προερχόμενες από τη βάση δεδομένων ΕΜΕΡ (expert emission) στις συντεταγμένες των αξόνων x και y στην Ελλάδα για το έτος 2003.

		2003 31.03.06 για το έτος 2003			
Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές NOx	Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές NOx
95	41	93,48Mg	103	45	7632,53
95	44	72,42	103	46	922,47
95	45	330,14	103	47	97,57
95	46	88,02	103	48	10,04
95	47	59,31	103	50	21,01
96	41	742,23	104	39	0
96	42	322,03	104	40	479,55
96	43	532,09	104	41	775,71
96	44	790,22	104	42	447,44
96	45	767,2	104	43	2327,71
96	46	1257,59	104	44	1293,51
96	47	826,92	104	45	13860,66
96	48	465,85	104	46	1227,87
96	49	266,93	104	50	244,68
97	41	230,55	104	51	532,62
97	42	748,53	105	40	23,56
97	43	748,27	105	41	379,05
97	44	464,44	105	42	346,11
97	45	947,89	105	43	143,77
97	46	1719,7	105	44	569
97	47	3527,82	105	45	2004,43
97	48	3213,73	105	46	138,7
97	49	1000,13	105	47	55,58
97	50	483,97	105	48	0
97	51	205,2	105	49	244,92
98	41	73,3	105	50	39,33
98	42	1080,83	105	51	80,11
98	43	1033,38	106	40	9,25
98	44	887,12	106	41	404,87
98	45	1143,39	106	42	112,17
98	46	919,59	106	43	0
98	47	1745,61	106	44	0
98	48	4473,47	106	45	33,55
98	49	1186,35	106	50	0

98	50	973,84	107	41	2247,06
98	51	989,48	107	42	0
98	52	164,32	107	43	0
98	54	20,3	107	44	55,18
99	39	0	107	45	0
99	40	148,13	107	46	55,27
99	41	406,84	107	47	0
99	42	868,07	107	48	98,28
99	43	605,08	107	49	51,3
99	44	1131,29	108	41	0
99	45	1091,47	108	44	5,51
99	46	529,94	108	45	0
99	47	102,81	108	46	148.19
99	48	308,41	108	47	84.69
99	49	72,18	108	48	0
99	50	341,14	108	49	39.13
99	51	490,4	108	50	223.45
99	52	801,39	109	40	0
99	53	416,71	109	41	509,84
99	54	567,45	109	42	51.4
100	39	0	109	45	0
100	40	265,22	109	46	2.31
100	41	206.6	109	47	0
100	42	927.13	109	48	0
100	43	657.07	109	49	16,86
100	44	920.43	109	50	0
100	45	1293.8	110	40	0
100	46	528.87	110	41	435.32
100	47	14.81	110	42	626.76
100	48	87.65	110	43	9.63
100	49	53.1	110	46	0
100	51	18.1	110	47	55.88
100	52	255.02	110	48	9.88
100	53	637.14	110	49	200.64
100	54	149.14	111	41	0
101	39	33.44	111	42	462.15
101	40	377.23	111	43	1419.25
101	41	1197.22	111	44	132.5
101	42	1126.59	111	47	0
101	43	440,11	111	48	0
101	44	727.65	111	49	0
101	45	689.15	111	50	0

101	46	270.55	112	42	109,63
101	47	0	112	43	1088.96
101	48	0	112	44	931.57
101	49	0	112	45	17.83
101	50	200.81	112	47	0
101	51	40.26	112	48	20.14
101	52	0	112	49	122.1
102	39	0	112	50	538.91
102	40	44.89	112	51	7.27
102	41	1378.88	113	44	60.78
102	42	1718.99	113	45	294.37
102	43	582.4	113	46	0
102	44	925.04	113	47	112.99
102	45	620.66	113	48	44,96
102	46	279.05	113	49	200.49
102	47	0	113	50	122.33
102	48	0	114	52	0
102	49	0	114	53	0
102	50	30.76			
103	40	494.33			
103	41	955.03			
103	42	698,1			
103	43	1103.71			
103	44	6737,9			

Πίνακας 2: Εκπομπές NH₃ προερχόμενες από τη βάση δεδομένων EMEP (expert emission) στις συντεταγμένες των αξόνων x και y στην Ελλάδα για το έτος 2003.

2003 31.03.06 για
το έτος 2003

Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές NH ₃	Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές NH ₃
95	41	1.73Mg	103	45	140,77
95	44	1,34	103	46	17,01
95	45	6,09	103	47	1,8
95	46	1,62	103	48	0,19
95	47	1,09	103	50	0,38
96	41	13,69	104	39	0
96	42	5,94	104	40	8,85
96	43	9,82	104	41	14,3
96	44	14,57	104	42	8,25
96	45	14,15	104	43	42,94
96	46	23,19	104	44	23,86
96	47	15,25	104	45	255,66
96	48	8,6	104	46	55,65

96	49	4,92	104	50	4,51
97	41	4,25	104	51	9,82
97	42	13,8	105	40	0,44
97	43	13,8	105	41	6,99
97	44	8,57	105	42	6,38
97	45	17,49	105	43	2,65
97	46	31,71	105	44	10,5
97	47	65,07	105	45	36,97
97	48	59,27	105	46	2,56
97	49	18,44	105	47	1,02
97	50	8,93	105	48	0
97	51	3,78	105	49	4,51
98	41	1,35	105	50	0,73
98	42	19,93	105	51	1,47
98	43	19,05	106	40	0,17
98	44	16,36	106	41	7,47
98	45	21,09	106	42	2,07
98	46	16,96	106	43	0
98	47	3219	106	44	0
98	48	82,51	106	45	0,62
98	49	21088	106	46	0,25
98	50	17,97	106	47	1,78
98	51	18,25	106	49	4,76
98	52	3,03	106	50	0
98	54	0,37	107	41	41,44
99	39	0	107	44	1,02
99	40	2,73	107	45	0
99	41	7,51	107	46	1,02
99	42	16,02	107	47	0
99	43	11,16	107	48	1,82
99	44	20,87	107	49	0,94
99	45	20,13	108	41	0
99	46	9,78	108	44	0,11
99	47	1,9	108	45	0
99	48	5,69	108	46	2,73
99	49	1,33	108	47	1,57
99	50	6,29	108	49	0,72
99	51	9,05	108	50	4,13
99	52	14,78	109	40	0
99	53	7,68	109	41	9,41
99	54	10,47	109	42	0,94
100	39	0	109	45	0
100	40	4,9	109	46	0,04
100	41	3,81	109	47	0
100	42	17,1	109	48	0
100	43	12,11	109	49	0,31
100	44	16,97	109	50	0
100	45	23,86	109	45	0

100	46	9,75	110	40	0
100	47	0,28	110	41	8,03
100	48	1,62	110	42	11,56
100	49	0,98	109	43	0,17
100	51	0,33	110	46	0
100	52	4,7	110	47	1,14
100	53	11,76	110	48	0,19
100	54	2,75	110	49	3,7
101	39	0,61	111	41	0
101	40	6,95	111	42	8,52
101	41	22,08	111	43	26,18
101	42	20,78	110	44	2,44
101	43	8,12	110	47	0
101	44	13,42	111	48	0
101	45	12,71	111	49	0
101	46	4,99	111	50	0
101	47	0	112	42	2,02
101	50	3,7	112	43	20,09
101	51	0,74	112	44	17,18
101	52	0	112	45	0,33
102	40	0,82	112	48	0,37
102	41	25,44	112	49	2,26
102	42	31,7	112	50	9,94
102	43	10,75	112	51	0,13
102	44	17,06	113	44	1,11
102	45	11,45	113	45	5,43
102	46	5,15	113	46	0
102	47	0	113	47	2,08
102	48	0	113	48	0,82
102	49	0	113	49	3,7
102	50	0,57	113	50	2,26
103	40	9,12	114	52	0
103	41	17,62	114	53	0
103	42	12,87			
103	43	20,36			
103	44	124,28			

Πίνακας 3: Εκπομπές NMVOC προερχόμενες από τη βάση δεδομένων EMEP (expert emission) στις συντεταγμένες των αξόνων x και y στην Ελλάδα για το έτος 2003.

2003 31.03.06 για
το έτος 2003

Αξονας X	Αξονας Ψ	Εκπομπές NMVOC	Αξονας X	Αξονας Ψ	Εκπομπές NMVOC
95	41	93,38Mg	103	45	7624,73
95	44	72,35	103	46	921,52
95	45	329,81	103	47	97,48
95	46	87,92	103	48	10,03
95	47	59,25	103	50	20,98
96	41	741,47	104	39	0
96	42	321,7	104	40	479,05
96	43	531,54	104	41	774,92
96	44	789,41	104	42	446,98
96	45	766,42	104	43	2325,33
96	46	1256,3	104	44	1292,19
96	47	826,08	104	45	13846,49
96	48	465,37	104	46	1226,61
96	49	266,66	104	50	244,43
97	41	230,31	104	51	532,08
97	42	747,77	105	40	23,54
97	43	747,51	105	41	378,66
97	44	463,97	105	42	345,76
97	45	946,92	105	43	143,62
97	46	1717,94	105	44	568,42
97	47	3524,22	105	45	2002,39
97	48	3210,44	105	46	138,56
97	49	999,11	105	47	55,52
97	50	483,48	105	48	0
97	51	204,99	105	49	244,66
98	41	73,23	105	50	39,29
98	42	1079,72	105	51	80,03
98	43	1032,33	106	40	9,24
98	44	886,21	106	41	404,46
98	45	1142,22	106	42	112,06
98	46	918,65	106	43	0
98	47	1743,83	106	44	0
98	48	4468,9	106	45	33,51
98	49	1185,14	106	46	13,53
98	50	972,84	106	47	96,02
98	51	988,47	106	49	257,68
98	52	164,15	106	50	0
98	54	20,28	107	41	2244,77
99	39	0	107	44	0
99	40	147,98	107	45	0
99	41	406,42	107	46	55,12

99	42	867,19	107	47	0
99	43	604,46	107	48	55,23
99	44	1130,13	107	49	0
99	45	1090,35	108	41	98,19
99	46	529,4	108	44	51,24
99	47	102,7	108	45	0
99	48	308,09	108	46	5,51
99	49	72,12	108	47	0
99	50	340,79	108	49	148,05
99	51	489,89	108	50	84,61
99	52	800,57	109	40	0
99	53	416,28	109	41	39,09
99	54	566,87	109	42	223,21
100	39	0	109	45	0
100	40	264,95	109	46	509,32
100	41	206,38	109	47	51,53
100	42	926,18	109	48	0
100	43	656,4	109	49	16,84
100	44	919,48	109	50	0
100	45	1292,48	109	45	0
100	46	528,34	110	40	434,88
100	47	14,79	110	41	626,12
100	48	87,56	110	42	9,62
100	49	53,04	109	43	0
100	51	18,08	110	46	55,82
100	52	254,76	110	47	9,87
100	53	636,5	110	48	200,44
100	54	148,99	110	49	0
101	39	0	111	41	461,68
101	40	44,85	111	42	1417,8
101	41	1377,47	111	43	132,36
101	42	1717,23	110	44	0
101	43	581,81	110	47	0
101	44	924,09	111	48	0
101	45	620,03	111	49	0
101	46	278,76	111	50	109,52
101	47	0	112	42	1087,85
101	50	0	112	43	930,62
101	51	0	112	44	17,81
101	52	200,61	112	45	0
102	40	40,21	112	48	20,13
102	41	0	112	49	121,98
102	42	0	112	50	538,36
102	43	44,85	112	51	7,26
102	44	1377,47	113	44	60,72
102	45	1717,23	113	45	294,07
102	46	581,81	113	46	0
102	47	924,09	113	47	112,87

102	48	620,03	113	48	44,92
102	49	278,76	113	49	200,28
102	50	30,73	113	50	122,21
103	40	493,83	114	52	0
103	41	954,06	114	53	0
103	42	697,39			
103	43	1102,58			
103	44	6731,01			

Πίνακας 4: Εκπομπές SO_x προερχόμενες από τη βάση δεδομένων EMEP (expert emission) στις συντεταγμένες των αξόνων x και y στην Ελλάδα για το έτος 2003.

		2003 31.03.06 για το έτος 2003			
Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές SO _x	Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές SO _x
95	41	4,16Mg	103	45	339.49
95	44	3.22	103	46	41.03
95	45	14,69	103	47	4.34
95	46	3,91	103	48	0.45
95	47	2.64	103	50	0.94
96	41	33,01	104	39	0
96	42	14.33	104	40	21.33
96	43	23.66	104	41	34.51
96	44	35.14	104	42	19.9
96	45	34.12	104	43	103.54
96	46	55.94	104	44	57.53
96	47	36,78	104	45	616.51
96	48	20.72	104	46	54,62
96	49	11,87	104	50	10.88
97	41	10.25	104	51	23,69
97	42	33.29	105	40	1.04
97	43	33.28	105	41	16.86
97	44	20.66	105	42	15.39
97	45	42.16	105	43	6.4
97	46	76.49	105	44	25.31
97	47	156.92	105	45	89.16
97	48	142,95	105	46	6.17
97	49	44.48	105	47	2.47
97	50	21.52	105	48	0
97	51	9,12	105	49	10.89
98	41	3.26	105	50	1.75
98	42	48.08	105	51	3,56
98	43	45.96	106	40	0.42
98	44	39.46	106	41	18
98	45	50.86	106	42	4.99
98	46	40.9	106	43	0
98	47	77.64	106	44	0

98	48	198.97	106	45	1.49
98	49	52.77	106	46	0,61
98	50	43.32	106	47	4.27
98	51	44.01	106	49	11.47
98	52	7.31	106	50	0
98	54	0.91	107	41	99.95
99	39	0	107	42	0
99	40	6.59	107	43	0
99	41	18.1	107	44	2.45
99	42	38.61	107	45	0
99	43	26.92	107	46	2.46
99	44	50.32	107	47	0
99	45	48.54	107	48	4.37
99	46	23.57	107	49	2.28
99	47	4.57	108	41	0
99	48	13.72	108	44	0.25
99	49	3.21	108	45	0
99	50	15.17	108	46	6,59
99	51	21.81	108	47	3,76
99	52	35,65	108	48	0
99	53	18.54	108	49	1,74
99	54	25,24	108	50	9,93
100	39	0	109	40	0
100	40	11.8	109	41	22,67
100	41	9.19	109	42	2,29
100	42	41.24	109	45	0
100	43	29.23	109	46	0,11
100	44	40.94	109	47	0
100	45	57.55	109	48	0
100	46	23.53	109	49	0,75
100	47	0.66	109	50	0
100	48	3.9	110	40	0
100	49	2.37	110	41	19,36
100	51	0.81	110	42	27,88
100	52	11.34	110	43	0,43
100	53	28.34	110	46	0
100	54	6.63	110	47	2,48
101	39	1.49	110	48	0,44
101	40	16.78	110	49	8,92
101	41	53.26	111	41	0
101	42	50,11	111	42	20,55
101	43	19.57	111	43	63,13
101	44	32.36	111	44	5,89
101	45	30.66	111	47	0
101	46	12.03	111	48	0
101	47	0	111	49	0
101	48	0	111	50	0
101	49	0	112	42	4,87

101	50	8.93	112	43	48,44
101	51	1.79	112	44	41,43
101	52	0	112	45	0,79
102	39	0	112	47	0
102	40	1.99	112	48	0,9
102	41	61.34	112	49	5,43
102	42	76.46	112	50	23,97
102	43	25.9	112	51	0,32
102	44	41.15	113	44	2,71
102	45	27.61	113	45	13,09
102	46	12.41	113	46	0
102	47	0	113	47	5,02
102	48	0	113	48	2
102	49	0	113	49	8,92
102	50	1.36	113	50	5,44
103	40	21.99	114	52	0
103	41	42.48	114	53	0
103	42	31.05			
103	43	49.09			
103	44	299.7			

Πίνακας 5: Εκπομπές CO προερχόμενες από τη βάση δεδομένων EMEP (expert emission) στις συντεταγμένες των αξόνων x και y στην Ελλάδα για το έτος 2003.

		2003 31.03.06 για το έτος 2003			
Αξονας X	Αξονας Ψ	Εκπομπές CO	Αξονας X	Αξονας Ψ	Εκπομπές CO
95	41	592.94Mg	103	45	48411.93
95	44	459,35	103	46	5851.05
95	45	2094,07	103	47	618.89
95	46	558,27	103	48	63.68
95	47	376,24	103	50	133.21
96	41	4707,87	104	39	0
96	42	2042,54	104	40	3041.68
96	43	3374,96	104	41	4920.2
96	44	5012,22	104	42	2838.07
96	45	4866,29	104	43	14764.29
96	46	7976,67	104	44	8204.55
96	47	5245,04	104	45	87915.96
96	48	2954,8	104	46	7788.19
96	49	1693,11	104	50	1551.96
97	41	1462,33	104	51	3378.36
97	42	4747,8	105	40	149.45
97	43	4746,14	105	41	2404.3
97	44	2945,9	105	42	2195.34
97	45	6012,29	105	43	911.92

97	46	10907,82	105	44	3609.1
97	47	22346,44	105	45	12713.82
97	48	20384,17	105	46	879.77
97	49	6343,66	105	47	352.57
97	50	3069,77	105	48	0
97	51	1301,54	105	49	1553.47
98	41	464.92	105	50	249.42
98	42	6855.5	105	51	508.14
98	43	6554.62	106	40	58.63
98	44	5626.85	106	41	2568.01
98	45	7252.31	106	42	711.5
98	46	5832,82	106	43	0
98	47	11072,13	106	44	0
98	48	28374,52	106	45	212.79
98	49	7524,84	106	46	85.94
98	50	6176,94	106	47	609,66
98	51	6276,14	106	49	1636.08
98	52	1042,27	106	50	0
98	54	128,79	107	41	14252.77
99	41	2580.5	107	42	0
99	42	5506.07	107	43	0
99	43	3837.92	107	44	350
99	44	7175.6	107	45	0
99	45	6923.02	107	46	350.63
99	46	3361.35	107	47	0
99	47	652.08	107	48	623.4
99	48	1956.17	107	49	325.37
99	49	457.87	108	41	0
99	50	2163.82	108	44	34.97
99	51	3110.48	108	45	0
99	52	5083.09	108	46	940
99	53	2643.09	108	47	537.18
99	54	3599.24	108	48	0
100	39	0	108	49	248.22
100	40	1682.23	108	50	1417.25
100	41	1310.39	109	40	0
100	42	5880.62	109	41	3233.84
100	43	4167.67	109	42	326.06
100	44	5838.12	109	45	0
100	45	8206.38	109	46	14.64
100	46	3354.58	109	47	0
100	47	93.92	109	48	0
100	48	555.96	109	49	106.9
100	49	336.76	109	50	0
100	51	114.82	110	40	0

100	52	1617.59	110	41	2761.16
100	53	4041.31	110	42	3975.44
100	54	945.99	110	43	61.08
101	39	212.1	110	46	0
101	40	2392.74	110	47	354.44
101	41	7593.77	110	48	62.68
101	42	7145.77	110	49	1272.63
101	43	2791.57	111	41	0
101	44	4615.39	111	42	2931.36
101	45	4371.17	111	43	9002.07
101	46	1716.05	111	44	840.4
101	47	0	111	47	0
101	48	0	111	48	0
101	49	0	111	49	0
101	50	1273.71	111	50	0
101	51	255.32	112	42	695.36
101	52	0	112	43	6907.11
102	39	0	112	44	5908.86
102	40	284.76	112	45	113.08
102	41	8746.04	112	47	0
102	42	10903.31	112	48	127.8
102	43	3694.07	112	49	774.47
102	44	5867.37	112	50	3418.24
102	45	3936.77	112	51	46.1
102	46	1769.93	113	44	385.5
102	47	0	113	45	1867.15
102	48	0	113	46	0
102	49	0	113	47	716.69
102	50	195.06	113	48	285.19
103	40	3135.49	113	49	1271.68
103	41	6057.64	113	50	775.92
103	42	4427.94	114	52	0
103	43	7000.65	114	53	0
103	44	42737.43	114	50	775.92

Πίνακας 6: Εκπομπές PM_{2,5} προερχόμενες από τη βάση δεδομένων EMEP (expert emission) στις συντεταγμένες των αξόνων x και y στην Ελλάδα για το έτος 2003.

Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές PM _{2,5}	Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές PM _{2,5}
95	41	4,88Mg	104	42	23.34
95	44	3.78	104	43	121.41
95	45	17.22	104	44	67.47
95	46	4.59	104	45	722.96
95	47	3.09	104	46	64.05
96	41	38.72	104	50	12.76
96	42	16.8	104	51	27.79
96	43	27.75	105	40	1.23
96	44	41.22	105	41	19.77
96	45	40.01	105	42	18,05
96	46	65.59	105	43	7.5
96	47	43.13	105	44	29.68
96	48	24.3	105	45	104.55
96	49	13,92	105	46	7.23
97	41	12.02	105	47	2.9
97	42	39.04	105	48	0
97	43	39.03	105	49	12.77
97	44	24.22	105	50	2.06
97	45	49.44	105	51	4.18
97	46	89,7	106	40	0.48
97	47	184.01	106	41	21.12
97	48	167.63	106	42	5.85
97	49	52.17	106	43	0
97	50	25.25	106	44	0
97	51	10.71	106	45	1.75
98	41	3.82	106	46	0.71
98	42	56.37	106	47	5.01
98	43	53.9	106	49	13.45
98	44	46.27	106	50	0
98	45	59.64	107	41	117.21
98	46	47.97	107	42	0
98	47	91.05	107	43	0
98	48	233.33	107	44	2.88
98	49	61.88	107	45	0
98	50	50.79	107	46	2,89
98	51	51.62	107	47	0
98	52	8.57	107	48	5,13
98	54	1.06	107	49	2,67
99	39	0	108	41	0
99	40	7.73	108	44	0,29
99	41	21.22	108	45	0
99	42	45.28	108	46	7,73
99	43	31,56	108	47	4,42

99	44	59	108	48	0
99	45	56.93	108	49	2,04
99	46	27.64	108	50	11,65
99	47	5.36	109	40	0
99	48	16.08	109	41	26,59
99	49	3.76	109	42	2,68
99	50	17,8	109	45	0
99	51	25,58	109	46	0,12
99	52	41,8	109	47	0
99	53	21,73	109	48	0
99	54	29,59	109	49	0,88
100	39	0	109	50	0
100	40	13.83	110	40	0
100	41	10.78	110	41	22.71
100	42	48.36	110	42	32.69
100	43	34.27	110	43	0.5
100	44	48.01	110	46	0
100	45	67.48	110	47	2.92
100	46	27.59	110	48	0.51
100	47	0.77	110	49	10.46
100	48	4.57	111	41	0
100	49	2.76	111	42	24.11
100	51	0.95	111	43	74,03
100	52	13.3	111	44	6.92
100	53	33.23	111	47	0
100	54	7.78	111	48	0
101	39	1.75	111	49	0
101	40	19.68	111	50	0
101	41	62.45	112	42	5.71
101	42	58,76	112	43	56.79
101	43	22.96	112	44	48.59
101	44	37.96	112	45	0.92
101	45	35.94	112	47	0
101	46	14.11	112	48	1.05
101	47	0	112	49	6.37
101	48	0	112	50	28.1
101	49	0	112	51	0.38
101	50	10,47	113	44	3.18
101	51	2,1	113	45	15.35
101	52	0	113	46	0
102	39	0	113	47	5.9
102	40	2,34	113	48	2.34
102	41	71,92	113	49	10,46
102	42	89,66	113	50	6,38
102	43	30,38	114	52	0
102	44	48,24	114	53	0
102	45	32,37			
102	46	14,55			

102	47	0
102	48	0
102	49	0
102	50	1,6
103	40	25,78
103	41	49,82
103	42	36,42
103	43	57,56
103	44	351,44
103	45	398,1
103	46	48,11
103	47	5,09
103	48	0,52
103	50	1,1
104	39	0
104	40	25,01
104	41	40,46

Πίνακας 7: Εκπομπές NOx προερχόμενες από τη βάση δεδομένων ΕΜΕΡ (expert emission) στις συντεταγμένες των αξόνων x και y στην Ελλάδα για το έτος 2000.

		20/06/06 για το έτος 2000			
Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές NOx	Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές NOx
95	41	86,19 Mg	103	45	7037,32 Mg
95	44	66,77	103	47	850,53
95	45	304,4	103	48	89,96
95	46	81,15	103	49	9,26
95	47	54,69	103	50	19,36
96	41	684,35	104	39	0
96	42	296,91	104	40	442,15
96	43	490,59	104	41	715,22
96	44	728,59	104	42	412,55
96	45	707,38	104	43	2146,18
96	46	1159,52	104	44	1192,64
96	47	762,44	104	45	12779,74
96	48	429,52	104	46	1132,12
96	49	246,12	104	50	225,6
97	41	212,57	104	51	491,09
97	42	691,16	105	40	21,7
97	43	689,91	105	41	349,5
97	44	428,23	105	42	319,12
97	45	873,97	105	43	132,56
97	46	1585,6	105	44	524,63
97	47	3252,71	105	45	1848,12
97	48	2963,11	105	46	127,89
97	49	922,14	105	47	51,25
97	50	446,23	105	48	0

97	51	189,2	105	49	225,82
98	41	67,58	105	50	36,26
98	42	996,54	105	51	73,87
98	43	952,8	106	40	8,52
98	44	817,94	106	41	373,29
98	45	1054,22	106	42	103,43
98	46	847,88	106	43	0
98	47	1609,48	106	44	0
98	48	4124,61	106	45	30,93
98	49	1093,83	106	46	12,49
98	50	897,9	106	47	88,62
98	51	912,32	106	49	237,83
98	52	151,51	106	50	0
98	54	18,72	107	41	2071,83
99	39	0	107	42	0
99	40	136,58	107	43	0
99	41	375,11	107	44	50,88
99	42	800,38	107	45	0
99	43	557,89	107	46	50,97
99	44	1043,07	107	47	0
99	45	1006,35	107	48	90,62
99	46	488,62	107	49	47,3
99	47	94,79	108	41	0
99	48	284,35	108	44	5,08
99	49	66,56	108	45	0
99	50	314,54	108	46	136,64
99	51	452,15	108	47	78,09
99	52	738,89	108	48	0
99	53	384,21	108	49	36,08
99	54	523,2	108	50	206,02
100	39	0	109	40	0
100	40	244,53	109	41	470,08
100	41	190,48	109	42	47,4
100	42	845,83	109	45	0
100	43	605,83	109	46	2,13
100	44	848,65	109	47	0
100	45	1192,91	109	48	0
100	46	487,63	109	49	15,54
100	47	13,65	109	50	0
100	48	80,82	110	40	0
100	49	48,95	110	41	401,37
100	51	16,69	110	42	577,88
100	52	235,14	110	43	8,88
100	53	587,46	110	46	0
100	54	137,51	110	47	51,52
101	39	30,83	110	48	9,11
101	40	347,82	110	49	184,99
101	41	1103,86	111	41	0

101	42	1038,73	111	42	426,11
101	43	405,79	111	43	1308,57
101	44	670,91	111	44	122,16
101	45	635,41	111	47	0
101	46	249,45	111	48	0
101	47	0	111	49	0
101	48	0	111	50	0
101	49	0	112	42	101,08
101	50	185,15	112	43	1004,04
101	51	37,11	112	44	858,93
101	52	0	112	45	16,44
102	39	0	112	47	0
102	40	41,39	112	48	18,58
102	41	1271,35	112	49	112,58
102	42	1584,94	112	50	496,89
102	43	536,98	112	51	6,7
102	44	852,9	113	44	56,04
102	45	572,26	113	45	271,42
102	46	257,28	113	46	0
102	47	0	113	47	104,18
102	48	0	113	48	41,46
102	49	0	113	49	184,86
102	50	28,36	113	50	112,79
103	40	455,79	114	52	0
103	41	880,56	114	53	0
103	42	643,66			
103	43	1017,64			
103	44	6212,45			

Πίνακας 8: Εκπομπές NH₃ προερχόμενες από τη βάση δεδομένων EMEP (expert emission) στις συντεταγμένες των αξόνων x και y στην Ελλάδα για το έτος 2000.

20/06/06 για το έτος 2000					
Αξονας X	Αξονας Ψ	Εκπομπές NH ₃	Αξονας X	Αξονας Ψ	Εκπομπές NH ₃
95	41	1,72 Mg	103	45	140,77 Mg
95	44	1,34	103	46	17,01
95	45	6,09	103	47	1,8
95	46	1,62	103	48	0,19
95	47	1,09	103	50	0,39
96	41	13,69	104	39	0
96	42	5,94	104	40	8,84
96	43	9,81	104	41	14,31
96	44	14,57	104	42	8,25
96	45	14,15	104	43	42,93
96	46	23,19	104	44	23,86
96	47	15,25	104	45	255,65

96	48	8,59	104	46	22,65
96	49	4,92	104	50	4,51
97	41	4,25	104	51	9,82
97	42	13,81	105	40	0,43
97	43	13,8	105	41	6,99
97	44	8,57	105	42	6,38
97	45	17,48	105	43	2,65
97	46	31,72	105	44	10,49
97	47	65,07	105	45	36,97
97	48	59,27	105	46	2,56
97	49	18,45	105	47	1,03
97	50	8,93	105	48	0
97	51	3,78	105	49	4,52
98	41	1,35	105	50	0,73
98	42	19,93	105	51	1,48
98	43	19,06	106	40	0,17
98	44	16,36	106	41	7,47
98	45	21,09	106	42	2,07
98	46	16,96	106	43	0
98	47	32,2	106	44	0
98	48	82,51	106	45	0,62
98	49	21,88	106	46	0,25
98	50	17,96	106	47	1,77
98	51	18,25	106	49	4,76
98	52	3,03	106	50	0
98	54	0,37	107	41	41,44
99	39	0	107	44	1,02
99	40	2,73	107	45	0
99	41	7,5	107	46	1,02
99	42	16,01	107	47	0
99	43	11,16	107	48	1,81
99	44	20,87	107	49	0,95
99	45	20,13	108	41	0
99	46	9,77	108	44	0,1
99	47	1,9	108	45	0
99	48	5,69	108	46	2,73
99	49	1,33	108	47	1,56
99	50	6,29	108	49	0,72
99	51	9,04	108	50	4,12
99	52	14,78	109	40	0
99	53	7,69	109	41	9,4
99	54	10,47	109	42	0,95
100	39	0	109	45	0
100	40	4,89	109	46	0,04
100	41	3,81	109	47	0
100	42	17,1	109	48	0
100	43	12,12	109	49	0,31
100	44	16,98	109	50	0

100	45	23,86	110	40	0
100	46	9,75	110	41	8,03
100	47	0,27	110	42	11,56
100	48	1,62	110	43	0,18
100	49	0,98	110	46	0
100	51	0,33	110	47	1,03
100	52	4,7	110	48	0,18
100	53	11,75	110	49	3,7
100	54	2,75	111	41	0
101	39	0,62	111	42	8,52
101	40	6,96	111	43	26,18
101	41	22,08	111	44	2,44
101	42	20,78	111	47	0
101	43	8,12	111	48	0
101	44	13,42	111	49	0
101	45	12,71	111	50	0
101	46	4,99	112	42	2,02
101	47	0	112	43	20,08
101	50	3,7	112	44	17,18
101	51	0,74	112	45	0,33
101	52	0	112	48	0,37
102	39	0	112	49	2,25
102	40	0,83	112	50	9,94
102	41	25,43	112	51	0,13
102	42	31,7	113	44	1,12
102	43	10,74	113	45	5,43
102	44	17,06	113	46	0
102	45	11,45	113	47	2,08
102	46	5,15	113	48	0,83
102	47	0	113	49	3,7
102	48	0	113	50	2,26
102	49	0	113	52	0
102	50	0,57	113	53	0
103	40	9,12			
103	41	17,61			
103	42	12,88			
103	43	20,36			
103	44	124,27			

Πίνακας 9: Εκπομπές NMVOC προερχόμενες από τη βάση δεδομένων ΕΜΕΡ (expert emission) στις συντεταγμένες των αξόνων x και y στην Ελλάδα για το έτος 2000.

		20/06/06 για το έτος 2000			
Άξονας Χ	Άξονας Ψ	Εκπομπές NMVOC	Άξονας Χ	Άξονας Ψ	Εκπομπές NMVOC
95	41	108,26 Mg	103	45	8839,43 Mg
95	44	83,87	103	46	1068,33
95	45	382,35	103	47	113
95	46	101,93	103	48	11,63
95	47	68,7	103	50	24,32
96	41	859,6	104	39	0
96	42	372,94	104	40	555,37
96	43	616,23	104	41	898,37
96	44	915,17	104	42	518,2
96	45	888,52	104	43	2695,78
96	46	1456,44	104	44	1498,05
96	47	957,68	104	45	16052,4
96	48	539,51	104	46	1422,03
96	49	309,14	104	50	283,37
97	41	267	104	51	616,85
97	42	866,89	105	40	27,29
97	43	866,59	105	41	439
97	44	537,88	105	42	400,84
97	45	1097,77	105	43	166,51
97	46	1991,63	105	44	658,98
97	47	4085,66	105	45	2321,39
97	48	3721,9	105	46	160,63
97	49	1158,28	105	47	64,37
97	50	560,5	105	48	0
97	51	237,65	105	49	283,64
98	41	84,89	105	50	45,54
98	42	1251,73	105	51	92,78
98	43	1196,79	106	40	10,71
98	44	1027,39	106	41	468,89
98	45	1324,18	106	42	129,91
98	46	1065	106	43	0
98	47	2021,64	106	44	0
98	48	5180,84	106	45	38,85
98	49	1373,94	106	46	15,69
98	50	1127,83	106	47	111,32
98	51	1145,95	106	49	298,73
98	52	190,31	106	50	0
98	54	23,51	107	41	2602,38
99	39	0	107	42	0
99	40	171,55	107	43	0
99	41	471,17	107	44	63,91

99	42	1005,34	107	45	0
99	43	700,76	107	46	64,02
99	44	1310,18	107	47	0
99	45	1264,06	107	48	113,82
99	46	613,74	107	49	59,41
99	47	119,06	108	41	0
99	48	357,17	108	44	6,39
99	49	83,6	108	45	0
99	50	395,09	108	46	171,63
99	51	567,94	108	47	98,08
99	52	928,11	108	48	0
99	53	482,6	108	49	45,32
99	54	657,18	108	50	258,77
100	39	0	109	40	0
100	40	307,15	109	41	590,46
100	41	239,26	109	42	59,53
100	42	1073,73	109	45	0
100	43	760,97	109	46	2,67
100	44	1065,97	109	47	0
100	45	1498,39	109	48	0
100	46	612,5	109	49	19,52
100	47	17,15	109	50	0
100	48	101,51	110	40	0
100	49	61,49	110	41	504,15
100	51	20,96	110	42	725,87
100	52	295,35	110	43	11,15
100	53	737,89	110	46	0
100	54	172,73	110	47	64,72
101	39	38,73	110	48	11,44
101	40	436,88	110	49	232,37
101	41	1386,53	111	41	0
101	42	1304,73	111	42	535,23
101	43	509,71	111	43	1643,67
101	44	842,71	111	44	153,54
101	45	798,12	111	47	0
101	46	313,33	111	48	0
101	47	0	111	49	0
101	48	0	111	50	0
101	49	0	112	42	126,96
101	50	232,56	112	43	1261,15
101	51	46,62	112	44	1078,88
101	52	0	112	45	20,65
102	39	0	112	47	0
102	40	51,99	112	48	23,33
102	41	1596,92	112	49	141,41
102	42	1990,81	112	50	624,13
102	43	674,49	112	51	8,42
102	44	1071,31	113	44	70,39

102	45	718,81	113	45	340,92
102	46	323,17	113	46	0
102	47	0	113	47	130,86
102	48	0	113	48	52,07
102	49	0	113	49	232,19
102	50	35,62	113	50	141,67
103	40	572,5	113	52	0
103	41	1106,05	113	53	0
103	42	808,49			
103	43	1278,23			
103	44	7803,33			

Πίνακας 10: Εκπομπές SO_x προερχόμενες από τη βάση δεδομένων ΕΜΕΡ (expert emission) στις συντεταγμένες των αξόνων x και y στην Ελλάδα για το έτος 2000.

		20/06/06 για το έτος 2000			
Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές SO _x	Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές SO _x
95	41	3,95 Mg	103	45	322,9 Mg
95	44	3,06	103	47	39,03
95	45	13,97	103	48	4,13
95	46	3,72	103	49	0,42
95	47	2,51	103	50	0,89
96	41	31,4	104	39	0
96	42	13,62	104	40	20,29
96	43	22,51	104	41	32,82
96	44	33,43	104	42	18,93
96	45	32,46	104	43	98,47
96	46	53,2	104	44	54,72
96	47	34,98	104	45	586,38
96	48	19,71	104	46	51,95
96	49	11,29	104	50	10,35
97	41	9,75	104	51	22,53
97	42	31,67	105	40	0
97	43	31,66	105	41	16,04
97	44	19,65	105	42	14,64
97	45	40,1	105	43	6,08
97	46	72,75	105	44	24,07
97	47	149,25	105	45	84,4
97	48	135,96	105	46	5,87
97	49	42,31	105	47	2,35
97	50	20,47	105	48	0
97	51	8,68	105	49	10,36
98	41	3,1	105	50	1,66
98	42	45,72	105	51	3,39
98	43	43,72	106	40	0,39
98	44	37,53	106	41	17,13
98	45	48,37	106	42	4,75

98	46	38,9	106	43	0
98	47	73,85	106	44	0
98	48	189,25	106	45	1,42
98	49	50,19	106	46	0,57
98	50	41,2	106	47	4,07
98	51	41,86	106	49	10,91
98	52	6,95	106	50	0
98	54	0,86	107	41	95,06
99	39	0	107	42	0
99	40	6,27	107	43	0
99	41	17,21	107	44	2,33
99	42	36,72	107	45	0
99	43	25,6	107	46	2,34
99	44	47,86	107	47	0
99	45	46,17	107	48	4,16
99	46	22,42	107	49	2,17
99	47	4,35	108	41	0
99	48	13,05	108	44	0,23
99	49	3,05	108	45	0
99	50	14,43	108	46	6,27
99	51	20,75	108	47	3,58
99	52	33,9	108	48	0
99	53	17,63	108	49	1,66
99	54	24,01	108	50	9,45
100	39	0	109	40	0
100	40	11,22	109	41	21,57
100	41	8,74	109	42	2,17
100	42	39,22	109	45	0
100	43	27,8	109	46	0,1
100	44	38,94	109	47	0
100	45	54,73	109	48	0
100	46	22,37	109	49	0,71
100	47	0,63	109	50	0
100	48	3,71	110	40	0
100	49	2,25	110	41	18,42
100	51	0,77	110	42	26,52
100	52	10,79	110	43	0,41
100	53	26,95	110	46	0
100	54	6,31	110	47	2,36
101	39	1,41	110	48	0,42
101	40	15,96	110	49	8,49
101	41	50,65	111	41	0
101	42	47,66	111	42	19,55
101	43	18,62	111	43	60,04
101	44	30,78	111	44	5,61
101	45	29,15	111	47	0
101	46	11,45	111	48	0
101	47	0	111	49	0

101	48	0	111	50	0
101	49	0	112	42	4,64
101	50	8,5	112	43	46,07
101	51	1,7	112	44	39,41
101	52	0	112	45	0,75
102	39	0	112	47	0
102	40	1,9	112	48	0,85
102	41	58,33	112	49	5,17
102	42	72,72	112	50	22,8
102	43	24,64	112	51	0,31
102	44	39,13	113	44	2,57
102	45	26,26	113	45	12,45
102	46	11,8	113	46	0
102	47	0	113	47	4,78
102	48	0	113	48	1,9
102	49	0	113	49	8,48
102	50	1,3	113	50	5,18
103	40	20,91	114	52	0
103	41	40,4	114	53	0
103	42	29,53			
103	43	46,69			
103	44	285,05			

Πίνακας 11: Εκπομπές CO προερχόμενες από τη βάση δεδομένων EMEP (expert emission) στις συντεταγμένες των αξόνων x και y στην Ελλάδα για το έτος 2000.

		20/06/06 για το έτος 2000			
Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές CO	Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές CO
95	41	776,56 Mg	103	45	63403,48 Mg
95	44	601,6	103	47	7662,92
95	45	2742,53	103	48	810,54
95	46	731,15	103	49	83,4
95	47	492,75	103	50	174,46
96	41	6165,74	104	39	0
96	42	2675,04	104	40	3983,58
96	43	4420,07	104	41	6443,82
96	44	6564,64	104	42	3716,92
96	45	6373,21	104	43	19336,29
96	46	10446,78	104	44	10745,22
96	47	6869,25	104	45	115140,57
96	48	3869,8	104	46	10199,93
96	49	2217,41	104	50	2032,55
97	41	1915,17	104	51	4424,52
97	42	6218,04	105	40	195,73
97	43	6215,86	105	41	3148,83
97	44	3858,14	105	42	2875,16

97	45	7874,1	105	43	1194,31
97	46	14285,6	105	44	4726,72
97	47	29305,67	105	45	16650,86
97	48	26696,46	105	46	1152,2
97	49	8308,08	105	47	461,75
97	50	4020,37	105	48	0
97	51	1704,58	105	49	2034,53
98	41	608,89	105	50	326,66
98	42	8978,42	105	51	665,5
98	43	8584,36	106	40	76,79
98	44	7369,29	106	41	3363,24
98	45	9498,1	106	42	931,83
98	46	7639,05	106	43	0
98	47	14500,8	106	44	0
98	48	37161,16	106	45	278,68
98	49	9855,03	106	46	112,55
98	50	8089,73	106	47	798,45
98	51	8219,65	106	49	2142,72
98	52	1365,03	106	50	0
98	54	168,67	107	41	18666,37
99	39	0	107	42	0
99	40	1230,52	107	43	0
99	41	3379,59	107	44	458,38
99	42	7211,11	107	45	0
99	43	5026,39	107	46	459,21
99	44	9397,64	107	47	0
99	45	9066,84	107	48	816,44
99	46	4402,25	107	49	426,12
99	47	854,01	108	41	0
99	48	2561,93	108	44	45,8
99	49	599,66	108	45	0
99	50	2833,88	108	46	1231,08
99	51	4073,69	108	47	703,53
99	52	6657,15	108	48	0
99	53	3461,57	108	49	325,09
99	54	4713,81	108	50	1856,12
100	39	0	109	40	0
100	40	2203,16	109	41	4235,25
100	41	1716,18	109	42	427,03
100	42	7701,65	109	45	0
100	43	5458,26	109	46	19,18
100	44	7645,99	109	47	0
100	45	10747,62	109	48	0
100	46	4393,38	109	49	140
100	47	123,01	109	50	0
100	48	728,12	110	40	0
100	49	441,04	110	41	3616,2
100	51	150,37	110	42	5206,5

100	52	2118,5	110	43	79,99
100	53	5292,77	110	46	0
100	54	1238,93	110	47	464,2
101	39	277,78	110	48	82,09
101	40	3133,69	110	49	1666,72
101	41	9945,31	111	41	0
101	42	9358,58	111	42	3839,1
101	43	3656,02	111	43	11789,71
101	44	6044,62	111	44	1100,65
101	45	5724,77	111	47	0
101	46	2247,45	111	48	0
101	47	0	111	49	0
101	48	0	111	50	0
101	49	0	112	42	910,69
101	50	1668,14	112	43	9046,01
101	51	334,39	112	44	7738,63
101	52	0	112	45	148,1
102	39	0	112	47	0
102	40	372,94	112	48	167,37
102	41	11454,4	112	49	1014,3
102	42	14279,7	112	50	4476,75
102	43	4838	112	51	60,37
102	44	7684,3	113	44	504,88
102	45	5155,86	113	45	2445,35
102	46	2318,02	113	46	0
102	47	0	113	47	938,62
102	48	0	113	48	373,51
102	49	0	113	49	1665,48
102	50	255,47	113	50	1016,19
103	40	4106,45	114	52	0
103	41	7933,49	114	53	0
103	42	5799,13			
103	43	9168,52			
103	44	55971,78			

Πίνακας 12: Εκπομπές PM_{2,5} προερχόμενες από τη βάση δεδομένων EMEP (expert emission) στις συντεταγμένες των αξόνων x και y στην Ελλάδα για το έτος 2000.

		20/06/06 για το έτος 2000			
Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές PM _{2,5}	Άξονας X	Άξονας Ψ	Εκπομπές PM _{2,5}
95	41	4.72 Mg	103	45	385,68 Mg
95	44	3,66	103	47	46,61
95	45	16,68	103	48	4,93
95	46	4,45	103	49	0,51
95	47	3	103	50	1,06

96	41	37,51	104	39	0
96	42	16,27	104	40	24,23
96	43	26,89	104	41	39,2
96	44	39,93	104	42	22,61
96	45	38,77	104	43	117,62
96	46	63,55	104	44	65,36
96	47	41,79	104	45	700,38
96	48	23,54	104	46	62,05
96	49	13,49	104	50	12,36
97	41	11,65	104	51	26,91
97	42	37,82	105	40	1,19
97	43	37,81	105	41	19,15
97	44	23,47	105	42	17,49
97	45	47,9	105	43	7,26
97	46	86,9	105	44	28,75
97	47	178,26	105	45	101,29
97	49	50,54	105	46	7,01
97	50	24,46	105	47	2,81
97	51	10,37	105	48	0
98	41	3,7	105	49	12,38
98	42	54,62	105	50	1,99
98	43	52,22	105	51	4,05
98	44	44,83	106	40	0,47
98	45	57,78	106	41	20,46
98	46	46,47	106	42	5,67
98	47	88,21	106	43	0
98	48	226,05	106	44	0
98	49	59,95	106	45	1,7
98	50	49,21	106	46	0,68
98	51	50	106	47	4,86
98	52	8,3	106	49	13,03
98	54	1,03	106	50	0
99	39	0	107	41	113,55
99	40	7,49	107	42	0
99	41	20,56	107	43	0
99	42	43,86	107	44	2,79
99	43	30,58	107	45	0
99	44	57,17	107	46	2,79
99	45	55,15	107	47	0
99	46	26,78	107	48	4,97
99	47	5,19	107	49	2,59
99	48	15,58	108	41	0
99	49	3,65	108	44	0,28
99	50	17,24	108	45	0
99	51	24,78	108	46	7,49

99	52	40,5	108	47	4,28
99	53	21,06	108	48	0
99	54	28,67	108	49	1,98
100	39	0	108	50	11,29
100	40	13,4	109	40	0
100	41	10,44	109	41	25,76
100	42	46,84	109	42	2,6
100	43	33,2	109	45	0
100	44	46,51	109	46	0,12
100	45	65,38	109	47	0
100	46	26,72	109	48	0
100	47	0,75	109	49	0,85
100	48	4,43	109	50	0
100	49	2,68	110	40	0
100	51	0,91	110	41	22
100	52	12,89	110	42	31,67
100	53	32,2	110	43	0,49
100	54	7,54	110	46	0
101	39	1,69	110	47	2,82
101	40	19,06	110	48	0,5
101	41	60,5	110	49	10,14
101	42	56,93	111	41	0
101	43	22,24	111	42	3,35
101	44	36,77	111	43	71,72
101	45	34,82	111	44	6,7
101	46	13,67	111	47	0
101	47	0	111	48	0
101	48	0	111	49	0
101	49	0	111	50	0
101	50	10,15	112	42	5,54
101	51	2,03	112	43	55,03
101	52	0	112	44	47,07
102	39	0	112	45	0,9
102	40	2,27	112	47	0
102	41	69,68	112	48	1,02
102	42	86,86	112	49	6,17
102	43	29,43	112	50	27,23
102	44	46,74	112	51	0,37
102	45	31,36	113	44	3,07
102	46	14,1	113	45	14,87
102	47	0	113	46	0
102	48	0	113	47	5,71
102	49	0	113	48	2,27
102	50	1,55	113	49	10,13

103	40	24,98	113	50	6,18
103	41	48,26	114	52	0
103	42	35,28	114	53	0
103	43	55,77			
103	44	340,47			

Πίνακας 13: Μετρήσεις αερίων κατά την 01-08-05.

DATE	TIME	O ₂ ppm	CO ₂ (%)	CO ppm	NO ppm	SO ₂ ppm	H ₂ Sppm	CH ₄ (%LEL)
1/8/2005	12:10:09 π.μ							
1/8/2005	12:10:09 π.μ	20,9	0	5		0	0	0
1/8/2005	12:11:09 π.μ	20,9	0,047	3		0	0	0
1/8/2005	12:12:09 π.μ	20,9	0,042	2		0	0	0
1/8/2005	12:13:09 π.μ	20,9	0,057	1		0	0	0
1/8/2005	12:14:09 π.μ	20,9	0,05	2		0	0	0
1/8/2005	12:15:09 π.μ	20,9	0,05	2		0	0	0
1/8/2005	12:16:09 π.μ	20,9	0,047	2	4,5	0	0	0
1/8/2005	12:17:09 π.μ	20,9	0,047	2	4	0	0	0
1/8/2005	12:18:09 π.μ	20,9	0,052	2	3,7	0	0	0
1/8/2005	12:19:09 π.μ	20,9	0,047	2	3,5	0	0	0
1/8/2005	12:20:09 π.μ	20,9	0,05	2	3,1	0	0	0
1/8/2005	12:21:09 π.μ	20,9	0,05	2	3	-0,3	0	0
1/8/2005	12:22:09 π.μ	20,9	0,045	3	3	-0,3	0	0
1/8/2005	12:23:09 π.μ	20,9	0,037	3	3	-0,3	0	0
1/8/2005	12:24:09 π.μ	20,9	0,052	3	3	-0,3	0	0
1/8/2005	12:25:09 π.μ	20,9	0,045	2	3	-0,3	0	0
1/8/2005	12:26:09 π.μ	20,9	0,047	3	2,7	-0,3	0	0
1/8/2005	12:27:09	20,9	0,05	4	2,5	-0,3	0	0

	π.μ							
1/8/2005	12:28:09	20,9	0,045	3	2,5	-0,3	0	0
1/8/2005	12:29:09	20,9	0,05	4	2,5	-0,4	0	0
1/8/2005	12:30:09	20,9	0,047	4	2,4	-0,3	0	0
1/8/2005	12:31:09	20,9	0,052	3	2	-0,3	0	0
1/8/2005	12:32:09	20,9	0,052	3	2	-0,4	0	0
1/8/2005	12:33:09	20,9	0,052	3	2	-0,3	0	0
1/8/2005	12:34:09	20,9	0,057	3	1,8	-0,3	0	0
1/8/2005	12:35:09	20,9	0,052	3	1,5	-0,3	0	0
1/8/2005	12:36:09	20,9	0,052	4	1,5	-0,4	0	0
1/8/2005	12:37:09	20,9	0,062	3	1,4	-0,4	0	0
1/8/2005	12:38:09	20,9	0,055	3	1	-0,4	0	0
1/8/2005	12:39:09	20,9	0,05	4	1	-0,3	0	0
1/8/2005	12:40:09	20,9	0,047	4	1	-0,4	0	0
1/8/2005	12:41:09	20,9	0,047	3	1	-0,4	0	0
1/8/2005	12:42:09	20,9	0,047	3	1	-0,4	0	0
1/8/2005	12:43:09	20,9	0,047	4	0,5	-0,4	0	0
1/8/2005	12:44:09	20,9	0,047	5	0,5	-0,4	0	0
1/8/2005	12:45:09	20,9	0,047	5	0,5	-0,4	0	0
1/8/2005	12:46:09	20,9	0,047	7	0,5	-0,4	0	0
1/8/2005	12:47:09	20,9	0,05	5	0,5	-0,4	0	0
1/8/2005	12:48:09	20,9	0,052	5	0,5	-0,4	0	0
1/8/2005	12:49:09	20,9	0,045	3	0,5	-0,4	0	0
1/8/2005	12:50:09	20,9	0,045	3	0,5	-0,4	0	0
1/8/2005	12:51:09	20,9	0,047	3	0,5	-0,4	0	0

1/8/2005	12:52:09 π.μ	20,9	0,05	3	0	-0,4	0	0
1/8/2005	12:53:09 π.μ	20,9	0,047	3	0	-0,4	0	0
1/8/2005	12:54:09 π.μ	20,9	0,047	3	0	-0,4	0	0
1/8/2005	12:55:09 π.μ	20,9	0,047	3	0	-0,4	0	0
1/8/2005	12:56:09 π.μ	20,9	0,042	3	0	-0,4	0	0
1/8/2005	12:57:09 π.μ	20,9	0,045	3	0	-0,4	0	0
1/8/2005	12:58:09 π.μ	20,9	0,05	3	0	-0,4	0	0
1/8/2005	12:59:09 π.μ	20,9	0,055	3	0	-0,4	0	0
1/8/2005	13:00:09 μ.μ	20,9	0,045	3	0	-0,4	0	0
1/8/2005	13:01:09 μ.μ	20,9	0,045	4	0	-0,4	0	0
1/8/2005	13:02:09 μ.μ	20,9	0,047	3	0,3	-0,5	0	0
1/8/2005	13:03:09 μ.μ	20,9	0,047	3	0,3	-0,5	0	0
1/8/2005	13:04:09 μ.μ	20,9	0,05	3	0,5	-0,5	0	0
1/8/2005	13:05:09 μ.μ	20,9	0,05	4	0,6	-0,5	0	0
1/8/2005	13:06:09 μ.μ	20,9	0,05	4	1	-0,5	0	0
1/8/2005	13:07:09 μ.μ	20,9	0,052	4	1	-0,5	0	0
1/8/2005	13:08:09 μ.μ	20,9	0,045	4	1	-0,5	0	0
1/8/2005	13:09:09 μ.μ	20,9	0,05	4	1,1	-0,5	0	0
1/8/2005	13:10:09 μ.μ	20,9	0,042	4	1,2	-0,5	0	0
1/8/2005	13:11:09 μ.μ	20,9	0,045	6	1,5	-0,5	0	0
1/8/2005	13:12:09 μ.μ	20,9	0,047	5	1,5	-0,5	0	0
1/8/2005	13:13:09 μ.μ	20,9	0,047	6	1,7	-0,5	0	0
1/8/2005	13:14:09 μ.μ	20,9	0,05	5	2	-0,5	0	0
1/8/2005	13:15:09 μ.μ	20,9	0,045	5	2	-0,5	0	0
1/8/2005	13:16:09 μ.μ	20,9	0,045	8	2	-0,5	0	0

1/8/2005	13:17:09 μ.μ	20,9	0,042	6	2	-0,5	0	0
1/8/2005	13:18:09 μ.μ	20,9	0,042	6	2	-0,5	0	0
1/8/2005	13:19:09 μ.μ	20,9	0,032	6	2	-0,5	0	0
1/8/2005	13:20:09 μ.μ	20,9	0,042	5	2,4	-0,5	0	0
1/8/2005	13:21:09 μ.μ	20,9	0,042	5	2,5	-0,5	0	0
1/8/2005	13:22:09 μ.μ	20,9	0,045	5	2,5	-0,5	0	0
1/8/2005	13:23:09 μ.μ	20,9	0,05	5	2,5	-0,5	0	0
1/8/2005	13:24:09 μ.μ	20,9	0,047	5	2,9	-0,5	0	0
1/8/2005	13:25:09 μ.μ	20,9	0,037	5	3	-0,5	0	0
1/8/2005	13:26:09 μ.μ	20,9	0,05	5	3	-0,5	0	0
1/8/2005	13:27:09 μ.μ	20,9	0,047	5	3,4	-0,5	0	0
1/8/2005	13:28:09 μ.μ	20,9	0,047	5	3,5	-0,5	0	0
1/8/2005	13:29:09 μ.μ	20,9	0,04	5	3,5	-0,6	0	0
1/8/2005	13:30:09 μ.μ	20,9	0,04	5	3,5	-0,6	0	0
1/8/2005	13:31:09 μ.μ	20,9	0,037	5	3,5	-0,6	0	0
1/8/2005	13:32:09 μ.μ	20,9	0,045	5	3,5	-0,6	0	0
1/8/2005	13:33:09 μ.μ	20,9	0,037	5	3,5	-0,6	0	0
1/8/2005	13:34:09 μ.μ	20,9	0,042	5	3,5	-0,6	0	0
1/8/2005	13:35:09 μ.μ	20,9	0,042	5	3,2	-0,6	0	0
1/8/2005	13:36:09 μ.μ	20,9	0,04	5	3	-0,6	0	0
1/8/2005	13:37:09 μ.μ	20,9	0,032	5	3	-0,6	0	0
1/8/2005	13:38:09 μ.μ	20,9	0,047	5	2,5	-0,6	0	0
1/8/2005	13:39:09 μ.μ	20,9	0,045	5	2,5	-0,6	0	0
1/8/2005	13:40:09 μ.μ	20,9	0,04	5	2,5	-0,6	0	0
1/8/2005	13:41:09	20,9	0,04	5	2	-0,6	0	0

	μ.μ							
1/8/2005	13:42:09	20,9	0,047	5	2	-0,6	0	0
	μ.μ							
1/8/2005	13:43:09	20,9	0,04	5	2	-0,6	0	0
	μ.μ							
1/8/2005	13:44:09	20,9	0,032	5	2	-0,6	0	0
	μ.μ							
1/8/2005	13:45:09	20,9	0,045	5	2	-0,6	0	0
	μ.μ							
1/8/2005	13:46:09	20,9	0,037	5	2	-0,6	0	0
	μ.μ							
1/8/2005	13:47:09	20,9	0,05	5	2,5	-0,6	0	0
1/8/2005	13:48:09	20,9	0,045	5	2,5	-0,6	0	0
1/8/2005	13:49:09	20,9	0,04	6	2,7	-0,6	0	0
1/8/2005	13:50:09	20,9	0,03	6	3	-0,6	0	0
1/8/2005	13:51:09	20,9	0,037	5	3	-0,6	0	0
1/8/2005	13:52:09	20,9	0,04	5	3	-0,6	0	0
1/8/2005	13:53:09	20,9	0,037	7	3	-0,6	0	0
1/8/2005	13:54:09	20,9	0,04	6	3,1	-0,6	0	0
1/8/2005	13:55:09	20,9	0,042	8	3	-0,6	0	0
1/8/2005	13:56:09	20,9	0,045	7	3	-0,6	0	0
1/8/2005	13:57:09	20,9	0,04	6	3	-0,6	0	0
1/8/2005	13:58:09	20,9	0,037	6	2,6	-0,6	0	0
1/8/2005	13:59:09	20,9	0,04	5	2,5	-0,6	0	0
1/8/2005	14:00:09	20,9	0,04	5	2,5	-0,6	0	0
1/8/2005	14:01:09	20,9	0,04	5	2,1	-0,6	0	0
1/8/2005	14:02:09	20,9	0,037	5	2	-0,6	0	0
1/8/2005	14:03:09	20,9	0,04	6	2	-0,6	0	0

Πίνακας 14: Μετρήσεις αερίων κατά την 04-08-05

DATE	TIME	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO(ppm)	NO(ppm)	SO ₂ (ppm)	H ₂ S (ppm)	CH ₄ (ppm)
4/8/2005	7:56:29 μμ	20,9	0,042	1	0,1	0	0	0
4/8/2005	7:57:29 μμ	20,9	0,047	1	-0,5	0	0	0
4/8/2005	7:58:29 μμ	20,9	0,045	2	-1	0	0	0
4/8/2005	7:59:29 μμ	20,9	0,052	2	-1,4	0	0	0
4/8/2005	8:00:29 μμ	20,9	0,037	1	-1,7	0	0	0
4/8/2005	8:01:29 μμ	20,9	0,037	1	-2	0	0	0

4/8/2005	8:02:29 μμ	20,9	0,037	1	-2	0	0	0
4/8/2005	8:03:29 μμ	20,9	0,05	1	-2,5	0	0	0
4/8/2005	8:04:29 μμ	20,9	0,04	2	-2,5	0	0	0
4/8/2005	8:05:29 μμ	20,9	0,04	1	-2,5	0	0	0
4/8/2005	8:06:29 μμ	20,9	0,05	2	-2,8	0	0	0
4/8/2005	8:07:29 μμ	20,9	0,052	1	-3	0	0	0
4/8/2005	8:08:29 μμ	20,9	0,047	2	-3	0	0	0
4/8/2005	8:09:29 μμ	20,9	0,05	2	-3	0	0	0
4/8/2005	8:10:29 μμ	20,9	0,05	3	-3	0	0	0
4/8/2005	8:11:29 μμ	20,9	0,057	1	-3,2	0	0	0
4/8/2005	8:12:29 μμ	20,9	0,085	1	-3,5	0	0	0
4/8/2005	8:13:29 μμ	20,9	0,135	1	-3,5	0	0	0
4/8/2005	8:14:29 μμ	20,9	0,077	1	-3,5	0	0	0
4/8/2005	8:15:29 μμ	20,9	0,05	1	-3,5	0	0	0
4/8/2005	8:16:29 μμ	20,9	0,062	1	-3,5	0	0	0
4/8/2005	8:17:29 μμ	20,9	0,057	1	-3,5	0	0	0
4/8/2005	8:18:29 μμ	20,9	0,062	1	-3,5	0	0	0
4/8/2005	8:19:29 μμ	20,9	0,052	1	-3,5	0	0	0
4/8/2005	8:20:29 μμ	20,9	0,057	1	-3,5	0	0	0
4/8/2005	8:21:29 μμ	20,9	0,072	1	-3,7	0	0	0
4/8/2005	8:22:29 μμ	20,9	0,08	1	-4	0	0	0
4/8/2005	8:23:29 μμ	20,9	0,052	1	-4	0	0	0
4/8/2005	8:24:29 μμ	20,9	0,047	1	-4	0	0	0
4/8/2005	8:25:29 μμ	20,9	0,04	1	-4	0	0	0
4/8/2005	8:26:29 μμ	20,9	0,045	1	-4	0	0	0
4/8/2005	8:27:29 μμ	20,9	0,055	1	-4	0	0	0
4/8/2005	8:28:29 μμ	20,9	0,057	1	-4	0	0	0
4/8/2005	8:29:29 μμ	20,9	0,062	1	-4	0	0	0
4/8/2005	8:30:29 μμ	20,9	0,057	1	-4	0	0	0
4/8/2005	8:31:29 μμ	20,9	0,062	1	-4,1	0	0	0
4/8/2005	8:32:29 μμ	20,9	0,035	1	-4,2	0	0	0
4/8/2005	8:33:29 μμ	20,9	0,045	1	-4,5	0	0	0

4/8/2005	8:34:29 μμ	20,9	0,045	1	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:35:29 μμ	20,9	0,037	1	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:36:29 μμ	20,9	0,042	2	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:37:29 μμ	20,9	0,045	5	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:38:29 μμ	20,9	0,04	3	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:39:29 μμ	20,9	0,04	2	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:40:29 μμ	20,9	0,04	1	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:41:29 μμ	20,9	0,045	1	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:42:29 μμ	20,9	0,045	1	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:43:29 μμ	20,9	0,035	1	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:44:29 μμ	20,9	0,042	1	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:45:29 μμ	20,9	0,042	5	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:46:29 μμ	20,9	0,04	8	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:47:29 μμ	20,9	0,045	3	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:48:29 μμ	20,9	0,127	2	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:49:29 μμ	20,9	0,13	1	-4,5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:50:29 μμ	20,9	0,157	1	-4,7	-0,3	0	0
4/8/2005	8:51:29 μμ	20,9	0,137	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:52:29 μμ	20,9	0,132	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:53:29 μμ	20,9	0,125	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:54:29 μμ	20,9	0,125	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:55:29 μμ	20,9	0,185	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:56:29 μμ	20,9	0,175	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:57:29 μμ	20,9	0,162	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:58:29 μμ	20,9	0,202	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	8:59:29 μμ	20,9	0,22	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:00:29 μμ	20,9	0,25	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:01:29 μμ	20,9	0,222	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:02:29 μμ	20,9	0,227	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:03:29 μμ	20,9	0,132	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:04:29 μμ	20,9	0,092	2	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:05:29 μμ	20,9	0,077	2	-5	-0,3	0	0

4/8/2005	9:06:29 μμ	20,9	0,072	2	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:07:29 μμ	20,9	0,062	2	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:08:29 μμ	20,9	0,065	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:09:29 μμ	20,9	0,057	4	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:10:29 μμ	20,9	0,057	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:11:29 μμ	20,9	0,052	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:12:29 μμ	20,9	0,052	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:13:29 μμ	20,9	0,042	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:14:29 μμ	20,9	0,045	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:15:29 μμ	20,9	0,037	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:16:29 μμ	20,9	0,042	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:17:29 μμ	20,9	0,042	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:18:29 μμ	20,9	0,042	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:19:29 μμ	20,9	0,042	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:20:29 μμ	20,9	0,04	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:21:29 μμ	20,9	0,042	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:22:29 μμ	20,9	0,04	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:23:29 μμ	20,9	0,037	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:24:29 μμ	20,9	0,035	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:25:29 μμ	20,9	0,042	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:26:29 μμ	20,9	0,032	4	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:27:29 μμ	20,9	0,035	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:28:29 μμ	20,9	0,04	1	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:29:29 μμ	20,9	0,035	0	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:30:29 μμ	20,9	0,042	0	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:31:29 μμ	20,9	0,037	0	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:32:29 μμ	20,9	0,037	0	-5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:33:29 μμ	20,9	0,042	0	-5,1	-0,3	0	0
4/8/2005	9:34:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,4	-0,3	0	0
4/8/2005	9:35:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:36:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:37:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,5	-0,3	0	0

4/8/2005	9:38:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:39:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:40:29 μμ	20,9	0,035	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:41:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:42:29 μμ	20,9	0,035	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:43:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:44:29 μμ	20,9	0,032	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:45:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,4	-0,3	0	0
4/8/2005	9:46:29 μμ	20,9	0,042	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:47:29 μμ	20,9	0,04	0	-5,4	-0,3	0	0
4/8/2005	9:48:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,4	-0,3	0	0
4/8/2005	9:49:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,1	-0,3	0	0
4/8/2005	9:50:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,1	-0,3	0	0
4/8/2005	9:51:29 μμ	20,9	0,032	0	-5,3	-0,3	0	0
4/8/2005	9:52:29 μμ	20,9	0,032	0	-5,1	-0,3	0	0
4/8/2005	9:53:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,3	-0,3	0	0
4/8/2005	9:54:29 μμ	20,9	0,035	0	-5,4	-0,3	0	0
4/8/2005	9:55:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,4	-0,3	0	0
4/8/2005	9:56:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:57:29 μμ	20,9	0,04	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:58:29 μμ	20,9	0,035	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	9:59:29 μμ	20,9	0,037	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:00:29 μμ	20,9	0,037	2	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:01:29 μμ	20,9	0,037	2	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:02:29 μμ	20,9	0,037	1	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:03:29 μμ	20,9	0,037	3	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:04:29 μμ	20,9	0,037	2	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:05:29 μμ	20,9	0,037	1	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:06:29 μμ	20,9	0,045	1	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:07:29 μμ	20,9	0,042	3	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:08:29 μμ	20,9	0,042	3	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:09:29 μμ	20,9	0,04	1	-5,5	-0,3	0	0

4/8/2005	10:10:29 μμ	20,9	0,042	1	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:11:29 μμ	20,9	0,042	1	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:12:29 μμ	20,9	0,035	2	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:13:29 μμ	20,9	0,05	1	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:14:29 μμ	20,9	0,045	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:15:29 μμ	20,9	0,04	0	-5,5	-0,3	0	0
4/8/2005	10:16:29 μμ	20,9	0,045	1	-5,5	-0,3	0	0

Πίνακας 15: Μετρήσεις αερίων κατά την 09-08-05.

Date	Time	HCN (ppm)	CO ₂ (%)	CH ₄ (%LEL)	O ₂ (%)	NO ₂
9/8/2005	13:10:49 μ.μ	-3,5	0,037	0	20,9	0
9/8/2005	13:11:49 μ.μ	-3,5	0,04	0	20,9	0
9/8/2005	13:12:49 μ.μ	-3,5	0,047	0	20,9	0
9/8/2005	13:13:49 μ.μ	-3,5	0,052	0	20,9	0
9/8/2005	13:14:49 μ.μ	-3,5	0,037	-2,5	20,9	0
9/8/2005	13:15:49 μ.μ	-3,5	0,062	-2,5	20,9	0
9/8/2005	13:16:49 μ.μ	-3,5	0,047	-3	20,9	0
9/8/2005	13:17:49 μ.μ	-3,5	0,057	-3	20,9	0
9/8/2005	13:18:49 μ.μ	-3,5	0,05	-3	20,9	0
9/8/2005	13:19:49 μ.μ	-3,5	0,045	-3	20,9	0
9/8/2005	13:20:49 μ.μ	-3,5	0,042	-2,5	20,9	0
9/8/2005	13:21:49 μ.μ	-3,5	0,047	-3	20,9	0
9/8/2005	13:22:49 μ.μ	-3,5	0,052	-3	20,9	0

9/8/2005	13:23:49 μ.μ	-3,5	0,077	-2,5	20,9	-0,4
9/8/2005	13:24:49 μ.μ	-3,5	0,117	-2,5	20,9	0
9/8/2005	13:25:49 μ.μ	-3,5	0,112	-2,5	20,9	0
9/8/2005	13:26:49 μ.μ	-3,5	0,097	-3	20,9	0
9/8/2005	13:27:49 μ.μ	-3,5	0,05	-3	20,9	0
9/8/2005	13:28:49 μ.μ	-3,5	0,027	-3	20,9	0
9/8/2005	13:29:49 μ.μ	-3,5	0	-3	20,9	0
9/8/2005	13:30:49 μ.μ	-3,5	0,037	-3	20,9	0
9/8/2005	13:31:49 μ.μ	-3,5	0,037	-3	20,9	0
9/8/2005	13:32:49 μ.μ	-3,5	0,052	-3	20,9	0
9/8/2005	13:33:49μ.μ	-3,5	0,04	-3	20,9	0
9/8/2005	13:34:49 μ.μ	-3,5	0,037	-2,5	20,9	0
9/8/2005	13:35:49 μ.μ	-3,5	0,04	-2,5	20,9	0
9/8/2005	13:36:49 μ.μ	-3,5	0,04	-2,5	20,9	0
9/8/2005	13:37:49 μ.μ	-3	0,042	-3	20,9	0
9/8/2005	13:38:49 μ.μ	-3,5	0,047	-3	20,9	0
9/8/2005	13:39:49 μ.μ	-3,5	0,037	-3	20,9	0
9/8/2005	13:40:49 μ.μ	-3,5	0,04	-3	20,9	0
9/8/2005	13:41:49 μ.μ	-3,5	0,037	-3	20,9	0
9/8/2005	13:42:49 μ.μ	-3,5	0,045	-3	20,9	0
9/8/2005	13:43:49 μ.μ	-3,5	0,037	-3	20,9	0

9/8/2005	13:44:49 μ.μ	-3,5	0,04	-3	20,9	0
9/8/2005	13:45:49 μ.μ	-3,5	0,035	-3	20,9	0
9/8/2005	13:46:49 μ.μ	-3,5	0,04	-3	20,9	0
9/8/2005	13:47:49 μ.μ	-3,5	0,032	-3	20,9	0
9/8/2005	13:48:49 μ.μ	-3,5	0,037	-3	20,9	0
9/8/2005	13:49:49 μ.μ	-3,5	0,04	-3	20,9	0
9/8/2005	13:50:49 μ.μ	-3,5	0,04	-3	20,9	0
9/8/2005	13:51:49 μ.μ	-3,5	0,04	-3	20,9	0
9/8/2005	13:52:49 μ.μ	-3,5	0,04	-3	20,9	0
9/8/2005	13:53:49 μ.μ	-3,5	0,032	-3	20,9	0
9/8/2005	13:54:49 μ.μ	-3,5	0,04	-3	20,9	0
9/8/2005	13:55:49 μ.μ	-3,5	0,045	-3	20,9	0
9/8/2005	13:56:49 μ.μ	-3,5	0,035	-3	20,9	0
9/8/2005	13:57:49 μ.μ	-3,5	0,047	-2,5	20,9	0
9/8/2005	13:58:49 μ.μ	-3,5	0,045	-3	20,9	0
9/8/2005	13:59:49 μ.μ	-3,5	0,045	-3	20,9	0
9/8/2005	14:00:49 μ.μ	-3,5	0,035	-3	20,9	0
9/8/2005	14:01:49 μ.μ	-3	0,037	-3	20,9	0
9/8/2005	14:02:49 μ.μ	-3,5	0,037	-3	20,9	0
9/8/2005	14:03:49 μ.μ	-3,5	0,035	-3	20,9	0
9/8/2005	14:04:49 μ.μ	-3,5	0,035	-3	20,9	0

9/8/2005	14:05:49 μ.μ	-3,5	0,035	-3	20,9	0
9/8/2005	14:06:49 μ.μ	-3,5	0,037	-3	20,9	0
9/8/2005	14:07:49 μ.μ	-3,5	0,035	-3	20,9	0
9/8/2005	14:08:49 μ.μ	-3,5	0,035	-3	20,9	0
9/8/2005	14:09:49 μ.μ	-3,5	0,035	-3	20,9	0
9/8/2005	14:10:49 μ.μ	-3,5	0,037	-3	20,9	0
9/8/2005	14:11:49 μ.μ	-3,5	0,042	-3	20,9	0
9/8/2005	14:12:49 μ.μ	-3,5	0,047	-3	20,9	0
9/8/2005	14:13:49 μ.μ	-3	0,052	-3	20,9	0
9/8/2005	14:14:49 μ.μ	-3	0,035	-3	20,9	0
9/8/2005	14:15:49 μ.μ	-3,5	0,04	-3	20,9	0
9/8/2005	14:16:49 μ.μ	-3,5	0,052	-3	20,9	0
9/8/2005	14:17:49 μ.μ	-3,5	0,04	-3	20,9	0
9/8/2005	14:18:49 μ.μ	-3,5	0,055	-3	20,9	0
9/8/2005	14:19:49 μ.μ	-3	0,045	-3	20,9	0
9/8/2005	14:20:49 μ.μ	-3,5	0,035	-3	20,9	0
9/8/2005	14:21:49 μ.μ	-3,5	0,037	-3	20,9	0
9/8/2005	14:22:49 μ.μ	-3	0,035	-3	20,9	0
9/8/2005	14:23:49 μ.μ	-3,5	0,037	-3	20,9	0
9/8/2005	14:24:49 μ.μ	-3,5	0,045	-3	20,9	0
9/8/2005	14:25:49 μ.μ	-3	0,022	-3	20,9	0

9/8/2005	14:26:49 μ.μ	-3	0,05	-3	20,9	0
9/8/2005	14:27:49 μ.μ	-3,5	0,045	-3	20,9	0
9/8/2005	14:28:49 μ.μ	-3	0,042	-3,5	20,9	0
9/8/2005	14:29:49 μ.μ	-3,5	0,042	-3	20,9	0
9/8/2005	14:30:49 μ.μ	-3,5	0,042	-3,5	20,9	0
9/8/2005	14:31:49 μ.μ	-3,5	0,047	-3,5	20,9	0
9/8/2005	14:32:49 μ.μ	-3,5	0,032	-3,5	20,9	0
9/8/2005	14:33:49 μ.μ	-3,5	0,04	-3,5	20,9	0
9/8/2005	14:34:49 μ.μ	-3,5	0,035	-3	20,9	0
9/8/2005	14:35:49 μ.μ	-3,5	0,032	-3,5	20,9	0
9/8/2005	14:36:49 μ.μ	-3,5	0,025	-3,5	20,9	0
9/8/2005	14:37:49 μ.μ	-3,5	0,04	-3	20,9	0
9/8/2005	14:38:49 μ.μ	-3,5	0,042	-3	20,9	0
9/8/2005	14:39:49 μ.μ	-3	0,035	-3,5	20,9	0
9/8/2005	14:40:49 μ.μ	-3,5	0,035	-3,5	20,9	0
9/8/2005	14:41:49 μ.μ	-3	0,04	-3	20,9	0
9/8/2005	14:42:49 μ.μ	-3	0,042	-3	20,9	0
9/8/2005	14:43:49 μ.μ	-3,5	0,035	-3	20,9	0
9/8/2005	14:44:49 μ.μ	-3,5	0,042	-3	20,9	0
9/8/2005	14:45:49 μ.μ	-3,5	0,035	-3	20,9	0
9/8/2005	14:46:49 μ.μ	-3,5	0,045	-3	20,9	0

9/8/2005	14:47:49 μ.μ	-3,5	0,027	-3	20,9	0
9/8/2005	14:48:49 μ.μ	-3,5	0,037	-3	20,9	0
9/8/2005	14:49:49 μ.μ	-3	0,042	-3	20,9	0
9/8/2005	14:50:49 μ.μ	-3,5	0,032	-3	20,9	0

Πίνακας 16: Συγκεντρώσεις αέριων ρύπων για το έτος 2000 στις συντεταγμένες του Ν. Χανίων από τη βάση δεδομένων του EMEP (Yearly data- Modeled Air Concentrations).

Συγκεντρώσεις Ρύπου	Συντεταγμένες			Μέσος Ορός Ν. Χανίων
	109/41	110/41	110/42	
CO [ppb]	112,3	109,4	112,4	111,36
NO [μg N/m ³]	0,045	0,033	0,046	0,041
NO ₂ [μg N/m ³]	0,494	0,382	0,42	0,432
SO _x [μg S/m ³]	1,226	1,033	1,038	1,099
PM _{2,5} [μg /m ³]	7,075	6,884	6,709	6,889
PM ₁₀ [μg /m ³]	8,37	7,86	7,87	8,03