

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει σε ένα σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα, την ατμοσφαιρική ρύπανση. Η υποβάθμιση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα τα τελευταία χρόνια απασχολεί ιδιαίτερα την πολιτεία λόγω της σημαντικότητας του στην ποιότητα της ανθρώπινης ζωής, τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον. Στην παρούσα μελέτη επιδιώκεται με την διενέργεια μετρήσεων των συγκεντρώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων που διεξάγεται από ειδικό σταθμό καταγραφής να δοθεί μία εικόνα της κατάστασης του προβλήματος σε μια ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένη περιοχή στο κέντρο της Αθήνας.

## **ABSTRACT**

This thesis focuses on the crucial environmental problem of air pollution. Nowadays, the degradation of air quality highly concerns the state, because of its importance in human life, health and environment. The aim of this study is to give a picture of this problem, in a highly populated area in the center of Athens, through measurements of air pollutants concentrations gathered from a special recording station.

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
ABSTRACT.....	4
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	7
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	8
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ .....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΤΑΘΜΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ .....	16
2.1 Περιγραφή Οργάνου .....	16
2.2 Έλεγχος Ορθής Λειτουργίας .....	18
2.3 Μεταφορά - Εγκατάσταση .....	19
2.4 Λειτουργία .....	21
2.5 Συντήρηση.....	21
2.6 Προβλήματα.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.....	24
3.1 Γενικά Χαρακτηριστικά.....	25
3.2 Πηγές Εκπομπής .....	27
3.1.2 Όζον .....	28
3.2.2 Μονοξείδιο του άνθρακα .....	30
3.2.3 Διοξείδιο του αζώτου .....	31
3.3 Επιπτώσεις.....	32
3.3.1 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία .....	32
3.3.2 Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα .....	34
3.4 Νομοθεσία Σχετικά με την Ποιότητα της Ατμόσφαιρας.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	39
4.1. Γενικά στοιχεία περιοχής μελέτης .....	39
4.2 Στοιχεία Γεωμορφολογίας .....	39

4.3 Κλιματολογικά στοιχεία .....	43
4.4 Πολεοδομικός ιστός – Αρχιτεκτονική των κτιρίων .....	45
4.5 Χρήσεις γης .....	47
4.6 Κυκλοφορία-Μεταφορές.....	48
4.7 Η Κατάσταση της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης στην Αθήνα .....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	52
5.1 Παρουσίαση και Ανάλυση Πρωτογενών Δεδομένων Μετρήσεων .....	52
5.1.1 Μηνιαία μεταβολή των τιμών για τους μετρούμενους ρύπους .....	53
5.1.2: Ωριαία μεταβολή των συγκεντρώσεων .....	56
5.1.3 Θεσμοθετημένα όρια ατμοσφαιρικών ρύπων .....	63
5.2 Συσχέτιση με μετεωρολογικούς-κλιματικούς παράγοντες .....	64
5.3 Σύγκριση των δεδομένων με αντίστοιχα από σταθμούς του ΥΠΕΚΑ .....	68
5.3.1 Σύγκριση με μετρήσεις από σταθμούς στο κέντρο της Αθήνας .....	68
5.3.2. Σύγκριση με μετρήσεις από σταθμό στα προάστια της Αθήνας .....	74
5.4 Συμπεράσματα.....	78
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	82
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	83
Π1. Μηνιαία Διακύμανση Τιμών Ρύπων .....	84
Π2. Συσχέτιση με θεσμοθετημένα όρια .....	96
Π3. Σύγκριση με μετρήσεις από σταθμούς στο κέντρο της Αθήνας.....	108
Π4. Σύγκριση με μετρήσεις από σταθμό στο Μαρούσι .....	120

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 5.1: Μέσες μηνιαίες τιμές O <sub>3</sub> .....	53
Διάγραμμα 5.2: Μέσες μηνιαίες τιμές CO .....	54
Διάγραμμα 5.3: Μέσες μηνιαίες τιμές O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> ) ανά ώρα .....	57
Διάγραμμα 5.4: Μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> ) ανά ώρα.....	58
Διάγραμμα 5.5: Χρονική στιγμή εμφάνισης max/min τιμή O <sub>3</sub> ανά μήνα .....	58
Διάγραμμα 5.6: Μέσες μηνιαίες τιμές CO ανά ώρα.....	60
Διάγραμμα 5.7: Μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές CO (mg/m <sup>3</sup> ) .....	61
Διάγραμμα 5.8: Χρονική στιγμή εμφάνισης max/min τιμή CO ανά μήνα .....	61
Διάγραμμα 5.9: Μέσες ωριαίες τιμές NO <sub>2</sub> ανά χρονική περίοδο ορθής λειτουργίας .....	62
Διάγραμμα 5.10: Μέση, μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία σταθμού Εξαρχείων .....	65
Διάγραμμα 5.11: Τιμές O <sub>3</sub> για μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία ανά μήνα .....	65
Διάγραμμα 5.12: Τιμές CO για μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία ανά μήνα.....	66

## **ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ**

Εικόνα 2.1: Σταθμός καταγραφής αέριων ρύπων AQM 60 .....	16
Εικόνα 3.1: Κατανομή πρωτογενών ρύπων εκπεμπόμενων από ανθρωπογενείς πηγές.....	28
Εικόνα 3.2: Πηγές εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα .....	30
Εικόνα 3.4: Πηγές εκπομπής διοξειδίου του αζώτου.....	31
Εικόνα 4.1: Λόφος του Στρέφη .....	41
Εικόνα 4.2: Λυκαβηττός .....	41
Εικόνα 4.3: Πεδίον του Άρεως .....	42
Εικόνα 5.1: Θέσεις σταθμών στο κέντρο της Αθήνας .....	69

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1: Πηγές εκπομπών πρόδρομων ενώσεων .....	29
Πίνακας 3.2: Τιμές ορίων για το όζον (O <sub>3</sub> ) .....	36
Πίνακας 3.3: Τιμές ορίων για μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....	36
Πίνακας 3.4: Τιμές ορίων για το διοξείδιο του αζώτου (NO <sub>2</sub> ).....	36
Πίνακας 3.5: Όρια συναγερμού για όζον και διοξείδιο του αζώτου .....	37
Πίνακας 4.1: Κλιματικά δεδομένα για την Αθήνα (Θησείο) για τους μήνες Ιανουάριος-Ιούνιος (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 2010).....	43
Πίνακας 4.2: Κλιματικά δεδομένα για την Αθήνα (Θησείο) για τους μήνες Ιούλιος- Δεκέμβριος (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 2010).....	44
Πίνακας 5.1: Χρονικά διαστήματα μετρήσεων .....	52
Πίνακας 5.2: Μέσες τιμές NO <sub>2</sub> ανά διάστημα ορθής λειτουργίας οργάνου.....	55
Πίνακας 5.3: Αριθμός ημερών ανά μήνα που παρατηρείται υπέρβαση της οριακής τιμής για το CO και διάρκεια υπέρβασης.....	63
Πίνακας 5.4: Μέσες μηνιαίες ταχύτητες και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου ....	67
Πίνακας 5.5: Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές O <sub>3</sub> για τους τρεις σταθμούς .....	70
Πίνακας 5.6: Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές CO για τους τρεις σταθμούς .....	71
Πίνακας 5.7: Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές O <sub>3</sub> για τους δύο σταθμούς .....	75
Πίνακας 5.8: Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές CO για τους δύο σταθμούς.....	76

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ**

- Χάρτης Χώρων Πρασίνου
- Χάρτης Γενικευμένων Χρήσεων Γης
- Χάρτης Οδικού Δικτύου



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Περιβάλλον είναι το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία, την ποιότητα ζωής, την υγεία των κατοίκων, την ιστορική και πολιτιστική παράδοση και τις αισθητικές αξίες μίας περιοχής. Μεγάλη είναι η σημασία του φυσικού περιβάλλοντος (έδαφος, νερό, κλίμα, ατμόσφαιρα) για την επιβίωση του ανθρώπου και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων. Το περιβάλλον επιδρά στη σωματική, πνευματική και ψυχική διάπλαση του ανθρώπου συντελώντας στη διαμόρφωση της προσωπικότητάς του. Ως εκ τούτου η ποιότητα της ανθρώπινης ζωής εξαρτάται από το περιβάλλον, στοιχείο του οποίου είναι και ο αέρας. Ο αέρας αποτελεί ένα από τα πιο πολύτιμα φυσικά αγαθά. Αν και είναι γνωστή η μεγάλη σημασία του για τη ζωή, ωστόσο είναι συνεχής η υποβάθμιση της ποιότητάς του.

Η υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα είναι κομμάτι της περιβαλλοντικής ρύπανσης και συνδέεται άμεσα με την εξέλιξη της τεχνολογίας και της επιστήμης, η πρόοδος των οποίων εκτός από σημαντικά οφέλη που προσφέρει στην ανθρωπότητα έχει επίσης και δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και κατά συνέπεια στην υγεία των ανθρώπων. Το πρόβλημα εντοπίζεται κυρίως στα μεγάλα αστικά κέντρα, όπου και έχει αρχίσει να λαμβάνει ανησυχητικές διαστάσεις. Η διαρκής αστικοποίηση και βιομηχανοποίηση των τελευταίων δεκαετιών έχουν προκαλέσει σημαντική μεταβολή του αστικού περιβάλλοντος. Ο αστικός χώρος σήμερα χαρακτηρίζεται από μεγάλη συγκέντρωση πληθυσμού, κεφαλαίου, κτιρίων, υποδομών και εξοπλισμού. Η συγκέντρωση αυτή έχει αρνητικές συνέπειες για την ατμόσφαιρα. Οι κάτοικοι των σύγχρονων πόλεων εισπνέουν καθημερινά αέρα ο οποίος είναι μολυσμένος με επιβλαβή αέρια και άλλα σωματίδια.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση των πόλεων και οι επιπτώσεις της στην ποιότητα του αέρα και στο περιβάλλον αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα παγκοσμίως. Αποτελεί γενεσιουργό αιτία πολλών άλλων προβλημάτων και καθορίζει την υγεία της πλειοψηφίας των κατοίκων του πλανήτη. Σημαντικά προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης αντιμετωπίζουν και οι ελληνικές πόλεις. Τα προβλήματα αυτά συνδέονται κυρίως με τις εκπομπές ρύπων από διάφορες πηγές αλλά και τη γενικότερη κλιματολογία και τοπογραφία της κάθε περιοχής.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι κατά κύριο λόγο αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και οφείλεται σε τρεις βασικούς λόγους: μεταφορές, εκπομπές

από μόνιμες πηγές και εκπομπές από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.<sup>1</sup> Τη μεγαλύτερη ρύπανση προκαλούν οι μηχανές των τροχοφόρων που χρησιμοποιούνται για τις μετακινήσεις και η λειτουργία των βιομηχανιών. Αυτά εμφανίζονται κυρίως στις μεγαλουπόλεις και αυτός είναι και ο λόγος που το πρόβλημα είναι εντονότερο σε αυτές τις περιοχές.

Η αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης παρουσιάζει μεγάλες δυσκολίες λόγω του πλήθους και της ποικιλίας των ρύπων. Οι σημαντικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι μη μεθανικές οργανικές ενώσεις (NMVOCs), το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), τα οξείδια και το υπεροξείδιο του αζώτου (NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O), η αμμωνία (NH<sub>3</sub>), το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), τα βαρέα μέταλλα (HM) και οι παραμένοντες οργανικοί ρύποι (POPs) (Λαζαρίδης, 2005). Οι εκπομπές τους προκαλούν τόσο βραχυπρόθεσμες όσο και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Σε αυτές περιλαμβάνονται η υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα, η αύξηση της οξύτητας των υδάτινων αποδεκτών και κατ' επέκταση των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων, οι φθορές σε κτίρια και άλλες ανθρώπινες κατασκευές, η καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος στη στρατόσφαιρα, η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μέσω της εντατικοποίησης του φαινομένου του θερμοκηπίου, οι κλιματικές αλλαγές και τέλος η έκθεση του ανθρώπου και των οικοσυστημάτων σε επικίνδυνες χημικές ενώσεις (EMEP/EEA, 2009).

Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) στις ελληνικές πόλεις κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας οι συγκεντρώσεις του CO και του SO<sub>2</sub> μειώθηκαν σε μεγάλο ποσοστό και βρίσκονται σήμερα σε επίπεδα κάτω από τα όρια που έχει θέσει η ΕΕ για την ποιότητα της ατμόσφαιρας, στις περισσότερες περιπτώσεις. Οι συγκεντρώσεις του NO<sub>2</sub> παρουσίασαν σταθεροποίηση με μικρή ανοδική τάση, όπως άλλωστε και οι συγκεντρώσεις του O<sub>3</sub>, ιδιαίτερα σε περιοχές που είναι εκτός πολεοδομικού συγκροτήματος. Μείωση παρατηρήθηκε και για τα αιωρούμενα σωματίδια αλλά οι τιμές τους εξακολουθούν να βρίσκονται σε επίπεδα υψηλότερα από τα νέα όρια. Ωστόσο κάτω από ορισμένες συνθήκες, η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να φτάσει σε επίπεδα που μπορεί να δημιουργήσουν ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης. Επομένως, η ανάγκη περιορισμού της έκθεσης στην ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα ζήτημα ιδιαίτερης σημασίας.

---

<sup>1</sup> [http://circa.europa.eu/irc/opoce/fact\\_sheets/info/data/policies/environment.htm](http://circa.europa.eu/irc/opoce/fact_sheets/info/data/policies/environment.htm)

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί μείζον περιβαλλοντικό κίνδυνο για την υγεία. Πολλοί άνθρωποι υποφέρουν από αναπνευστικά προβλήματα εξαιτίας της αλλά και από ψυχολογικά-παθολογικά προβλήματα, όπως ατονία, ζάλη, κακή διάθεση. Ακόμα, ενδεικτικά μόνο αναφέρεται ότι 60.000 θάνατοι κάθε χρόνο στις μεγαλουπόλεις της Ευρώπης και 3.000.000 σε παγκόσμια κλίμακα οφείλονται στην μακροχρόνια έκθεση ρύπων της ατμόσφαιρας (σύμφωνα με την έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος, 2010).

Τα τελευταία χρόνια τα προβλήματα του περιβάλλοντος γίνονται όλο και πιο ορατά και απειλητικά. Νέα μέτρα είναι απολύτως απαραίτητα προκειμένου να καταπολεμηθεί η μεταβολή του περιβάλλοντος. Η προστασία του έχει καθοριστική σημασία για την ποιότητα ζωής των σημερινών και των μελλοντικών γενεών. Ευτυχώς σήμερα υπάρχει μια αυξανόμενη αναγνώριση του προβλήματος παγκοσμίως. Η Ελλάδα ακολουθεί την γενικότερη τάση που καταγράφεται για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, η οποία εκδηλώθηκε όταν οι πρώτες δυσμενείς συνέπειες από την υποβάθμισή του έκαναν την εμφάνισή τους. Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (Ν.1650/1986), η έννοια προστασία του περιβάλλοντος περιλαμβάνει τις ενέργειες και τα μέτρα που έχουν ως στόχο τη διατήρηση της φυσικής κατάστασης του περιβάλλοντος και την αποκατάσταση των ζημιών που γίνονται σε τέτοιο βαθμό ώστε να διευκολύνεται η ζωή του ανθρώπου και να του εξασφαλίζεται μία ανθρώπινη ύπαρξη.

Στην έννοια προστασία του περιβάλλοντος περιλαμβάνεται και η προστασία του ατμοσφαιρικού αέρα. Η συνεχής επιδείνωση του προβλήματος της υποβάθμισης της ποιότητας του, καθιστά επιτακτική την αναζήτηση λύσεων για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Προς την κατεύθυνση αυτή συμβάλλει η ΕΕ με την οδηγία 2008/50/ΕΚ για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, η οποία υποχρεώνει τα κράτη μέλη να λάβουν μέτρα για τη δραστική μείωση των ιδιαίτερα επικίνδυνων για την ανθρώπινη υγεία ρύπων, αποσκοπεί στην πρόληψη των επιβλαβών επιπτώσεων για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Επίσης με μία σειρά οδηγιών σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση έχουν θεσπιστεί όρια για τους διάφορους ατμοσφαιρικούς ρύπους, τα οποία αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και των οικοσυστημάτων.

Ωστόσο η αντιμετώπιση του προβλήματος απαιτεί και την συνειδητοποίηση της κατάστασης από τους πολίτες και τη συμβολή τους προς αυτή την κατεύθυνση. Όλοι πρέπει να υποστηρίζουν τα μέτρα της πολιτείας για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και να προσπαθούν να αποφεύγουν τις δραστηριότητες

που την προκαλούν. Ακόμη, πρέπει να ληφθούν μέτρα ώστε η ανάπτυξη των πόλεων και της βιομηχανίας στο μέλλον να ικανοποιεί τις αυστηρές ρυθμίσεις σχετικά με την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Η διασφάλιση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα απαιτεί τη συστηματική παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δημιουργία ενός δικτύου μετρήσεων ατμοσφαιρικών δεικτών και ρύπων με ταυτόχρονη επεξεργασία των στοιχείων που προκύπτουν για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Η εκτίμηση της ποιότητας της ατμόσφαιρας είναι απαραίτητη τόσο από την ουσιαστική άποψη της επίδρασης στη δημόσια υγεία όσο και από τη διαχειριστική άποψη της συμμόρφωσης με συγκεκριμένα πρότυπα ποιότητας της ατμόσφαιρας και της συνακόλουθης έγκαιρης ενημέρωσης των πολιτών. Η σωστή διαχείριση της ποιότητας της ατμόσφαιρας απαιτεί ακριβή κατά το δυνατόν παρακολούθηση των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων.

Η καταγραφή των αέριων εκπομπών παρέχει μία ολοκληρωμένη άποψη της ποιότητας του αέρα και αποτελεί τη βάση για όλα τα προγράμματα διαχείρισης. Επίσης η ποσοτικοποίηση των εκλυόμενων αέριων ρύπων, ο προσδιορισμός των κύριων πηγών εκπομπής και των περιοχών που παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα ρύπανσης είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την ανάπτυξη, επιλογή και υλοποίηση στρατηγικών ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης όπως μέτρα περιορισμού των εκπομπών, κατάσταση σχεδίων αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης και υπολογισμό του κόστους των διαφόρων πολιτικών για το περιβάλλον.

Προς την κατεύθυνση αυτή επιχειρεί να συμβάλει και η παρούσα μελέτη. Σκοπός της είναι η καταγραφή τριών ρύπων ( $O_3$ ,  $CO$  και  $NO_2$ ) της ατμόσφαιρας σε αστικό περιβάλλον με τη χρήση του ειδικά διαμορφωμένου σταθμού καταγραφής ατμοσφαιρικών στοιχείων AQM 60, η αξιολόγηση των μετρήσεων και η σύγκριση των παρατηρήσεων με αντίστοιχα δεδομένα.

Στο παρόν κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται μία σύντομη περιγραφή του προβλήματος της υποβάθμισης της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα σε δομημένο περιβάλλον και επισημαίνονται οι αρνητικές επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μία περιγραφή του οργάνου που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των στοιχείων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας του και παρουσιάζονται τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του.

Στο κεφάλαιο 3, παρουσιάζονται τα στοιχεία ατμοσφαιρικής ρύπανσης που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία, με ιδιαίτερη έμφαση στις πηγές, στους μηχανισμούς σχηματισμού και διάχυσης των ατμοσφαιρικών ρύπων, στις επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία και στα οικοσυστήματα, καθώς και τα ισχύοντα όρια συγκέντρωσης των ατμοσφαιρικών ρύπων.

Το κεφάλαιο 4 επικεντρώνεται στην περιοχή μελέτης καταγράφοντας τις συνθήκες που επικρατούν όσον αφορά τη γεωμορφολογία, το κλίμα, τον πληθυσμό, την πολεοδομική εξέλιξη της περιοχής, τις επικρατούσες χρήσεις γης και την κατάσταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων, γίνεται συσχέτιση με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν την χρονική περίοδο λήψης των μετρήσεων, παρουσιάζεται μία συγκριτική μελέτη των δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης με αντίστοιχα από άλλους σταθμούς σε άλλες περιοχές και αξιολογούνται τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Η περιοχή όπου έχει εγκατασταθεί ο σταθμός μέτρησης είναι τα Εξάρχεια.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΤΑΘΜΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

### 2.1 Περιγραφή Οργάνου

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των ατμοσφαιρικών παραμέτρων είναι το AQM 60 Environmental Monitor της εταιρίας Aeroqual Νέας Ζηλανδίας - AQM 60 (Εικόνα 2.1).



**Εικόνα 2.1: Σταθμός καταγραφής αέριων ρύπων AQM 60**

Το AQM 60 είναι ένα ειδικά προσαρμοσμένο σύστημα μέτρησης της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Διαθέτει μέχρι και έξι ενότητες αισθητήρων αέριων ρύπων. Στην προκειμένη περίπτωση τέθηκαν σε λειτουργία οι αισθητήρες καταγραφής των αέριων ρύπων του όζοντος ( $O_3$ ), του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και του διοξειδίου του αζώτου ( $NO_2$ ). Διαθέτει επίσης, επιλογές όπως η παρακολούθηση σωματιδίων, αισθητήρες καιρού (για την καταγραφή μετεωρολογικών παραμέτρων) και συστήματα τηλεματικής.

Η διαμόρφωση του εσωτερικού του σταθμού καθορίζεται από τις ενότητες αισθητήρων και τις επιλογές επικοινωνίας που έχει σε λειτουργία. Αυτή η αρθρωτή σχεδίαση επιτρέπει την εύκολη συντήρηση του οργάνου δεδομένου ότι οι μεμονωμένες μονάδες (αισθητήρες) μπορούν να αντικατασταθούν γρήγορα ελαχιστοποιώντας τον χρόνο διακοπής της λειτουργίας του σταθμού.

Το AQM 60 αποτελείται από ένα μεταλλικό περίβλημα που περιέχει μία μονάδα ελέγχου, μία μονάδα ισχύος, ένα σύστημα θερμικής διαχείρισης, μία μονάδα επεξεργασίας αερίων, ορισμένες ενότητες αισθητήρων αερίων ρύπων, έναν αισθητήρα σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας και τις συναφείς καλωδιακές συνδέσεις και υδραυλικές εγκαταστάσεις. Η τοποθέτηση των επιμέρους μονάδων μέσα στο περίβλημα εξαρτάται από το μέγεθος και τη μορφή του εκάστοτε αναλυτή. Η είσοδος του ατμοσφαιρικού αέρα στο σταθμό γίνεται από ένα στόμιο που βρίσκεται στο κάτω μέρος το περιβλήματος.

Μονάδα Ελέγχου: Μέσω της μονάδας ελέγχου γίνεται η διασύνδεση μεταξύ του σταθμού και του Η/Υ, όπου είναι εγκατεστημένο το λογισμικό (software), και μέσω του οποίου ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει λειτουργίες όπως η καταγραφή και αποθήκευση των δεδομένων καθώς και να επιταχύνει τη βαθμονόμηση του οργάνου. Περιλαμβάνει την οθόνη στην οποία απεικονίζονται κυλιόμενα τα στοιχεία που καταγράφει ο σταθμός, μία κάρτα δεδομένων μεγάλης χωρητικότητας στην οποία αποθηκεύονται τα στοιχεία που καταγράφονται, την υποδοχή μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η σειριακή σύνδεση για την επικοινωνία του σταθμού με άλλα συστήματα, την υποδοχή για την εσωτερική επικοινωνία του σταθμού δηλαδή της μονάδας ελέγχου με τις διαφορετικές μονάδες αισθητήρων αερίων ρύπων και μία υποδοχή για τη σύνδεση με τον αισθητήρα σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας. Επίσης, στην μονάδα ελέγχου βρίσκεται και το πλήκτρο για την έναρξη και τον τερματισμό της λειτουργίας του σταθμού.

Μονάδα Επεξεργασίας Αερίων: Στη μονάδα αυτή πραγματοποιείται ο έλεγχος του δείγματος αέρα. Ο εισερχόμενος αέρας φιλτράρεται μέσω μίας μεμβράνης διαμέτρου 5μm και εισέρχεται στη μονάδα. Κατόπιν, διανέμεται μέσω ενός συλλέκτη αλουμινίου στις μονάδες αερίων. Μία ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχει την πορεία του αέρα, ο οποίος μπορεί να μετατραπεί από ατμοσφαιρικό αέρα που έχει συλλεχθεί άμεσα σε αέρα που έχει υποστεί εσωτερική επεξεργασία, ώστε να γίνεται έλεγχος των τιμών έναρξης των ενδείξεων των αισθητήρων αερίων (έλεγχος μηδενισμού τιμών).

Μονάδες Αισθητήρων Αερίων: Στο συγκεκριμένο σταθμό έχουν τεθεί σε λειτουργία 3 μονάδες αισθητήρων αερίων, του όζοντος, του μονοξειδίου του άνθρακα και του διοξειδίου του αζώτου. Οι μονάδες αισθητήρων αερίων είναι τοποθετημένες μέσα στο σταθμό χρησιμοποιώντας 4 μπουλόνια. Σωληνώσεις εισόδου και εξόδου συνδέονται με το συλλέκτη διανομής και εξαγωγής του ατμοσφαιρικού αέρα αντίστοιχα. Η παροχή αέρα για κάθε μονάδα είναι συγκεκριμένη.

Σύστημα Θερμικής Διαχείρισης: Το σύστημα θερμικής διαχείρισης διατηρεί σταθερή την εσωτερική θερμοκρασία του οργάνου παρά τις μεταβολές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Περιλαμβάνει ένα σύστημα ψύξης, το οποίο είναι είτε ένας θερμοηλεκτρικός ψύκτης είτε μία μονάδα ψύξης αεροσυμπιεστή. Στην προκειμένη περίπτωση το όργανο που χρησιμοποιήθηκε διαθέτει έναν θερμοηλεκτρικό ψύκτη ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη μεταφορά θερμότητας από το εσωτερικό του σταθμού προς τα έξω. Περιέχει ακόμα ένα σύστημα θέρμανσης για τη διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του σταθμού σε περίπτωση ψυχρών εξωτερικών συνθηκών. Το σύστημα θερμικής διαχείρισης λειτουργεί σε κάθε περίπτωση χρησιμοποιώντας ένα από τα δύο συστήματα (ψύξης ή θέρμανσης), ανάλογα με την αναμενόμενη εξωτερική θερμοκρασία. Η μία ρύθμιση είναι κατάλληλη για εξωτερική θερμοκρασία -5 έως 55 °C , ενώ η άλλη για εξωτερική θερμοκρασία -20 έως 45 °C. Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε η πρώτη ρύθμιση. Η εναλλαγή της ρύθμισης πραγματοποιείται από έναν διακόπτη που βρίσκεται στην κορυφή της συγκεκριμένης μονάδας.

Αισθητήρας σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας: Πρόκειται για μια συσκευή η οποία περιέχει έναν πυκνωτή ανίχνευσης της σχετικής υγρασίας και έναν αισθητήρα ανίχνευσης της θερμοκρασίας. Είναι τοποθετημένη σε μία υποδοχή στη βάση του θαλάμου/περιβλήματος και συνδέεται άμεσα με την μονάδα ελέγχου. Το εύρος της σχετικής υγρασίας κυμαίνεται από 0 έως 100% RH και της θερμοκρασίας από -40 έως 120 °C.

Βοηθητική Μονάδα: Η βοηθητική μονάδα επιτρέπει την αναλογική σύνδεση με το σταθμό (μέσω διαύλου) συμπληρωματικών συσκευών και επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων προς το σταθμό, όπως η ταχύτητα του ανέμου και οι κατευθύνσεις. Μία τυπική βοηθητική μονάδα διαθέτει 4 εισόδους σύνδεσης.

Ο χειρισμός του οργάνου γίνεται μέσω του λογισμικού Aeroqual V4.0 PC που είναι εγκατεστημένο σε φορητό Η/Υ. Η σύνδεση του Η/Υ με το σταθμό πραγματοποιείται μέσω ενός καλωδίου RS232 το οποίο συνδέεται σε θύρα στη μονάδα ελέγχου του AQM 60.

## 2.2 Έλεγχος Ορθής Λειτουργίας

Η πρώτη εκκίνηση του οργάνου πραγματοποιήθηκε σε κλειστό χώρο ώστε να είναι πιο εύκολος ο χειρισμός και η βαθμονόμησή του. Επρόκειτο για μία δοκιμαστική



περίοδο λειτουργίας του οργάνου, αμέσως μετά τη συναρμολόγηση του, ώστε να γίνουν ευκολότερα οι πρώτες ρυθμίσεις που απαιτούνταν. Αφού συνδέθηκε στην πρίζα και ξεκίνησε η τροφοδοσία ενέργειας εισήχθη στην μονάδα ελέγχου η κάρτα SD και τίθεται σε λειτουργία πιέζοντας το κουμπί έναρξης και τερματισμού. Στη συνέχεια συνδέθηκε ο σταθμός με τον υπολογιστή ο οποίος φέρει το λογισμικό και πραγματοποιήθηκε η ρύθμιση των παραμέτρων λειτουργίας του. Ορίστηκε ως συχνότητα καταγραφής δεδομένων τα 2 λεπτά μέχρι να επιβεβαιωθεί η ορθότητα της λειτουργίας του οργάνου. Ρυθμίστηκε ακόμα το ρολόι του σταθμού ώστε να συγχρονιστεί με την ημερομηνία και ώρα του υπολογιστή και αμέσως μετά άρχισε η καταγραφή των στοιχείων ώστε να ελεγχθεί η επικοινωνία των αισθητήρων αερίων και η σωστή λειτουργία τους.

Μετά την πρώτη εκκίνηση και πριν τοποθετηθεί το όργανο στην τελική του θέση τέθηκε σε λειτουργία σε μία αρχική θέση με σκοπό να ελεγχθεί η ορθή λειτουργία του. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τον έλεγχο της ορθής λειτουργίας αποτελείται από μία σειρά εργασιών που αφορούν τον έλεγχο του συστήματος, το σύστημα των τιμών/αξιών, τον έλεγχο μηδενισμού των αισθητήρων αερίων και τον έλεγχο της βαθμονόμησης των αισθητήρων αερίων. Αφού πραγματοποιήθηκαν όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι και διαπιστώθηκε η ορθή λειτουργία του, το AQM 60 μεταφέρθηκε στο τελικό σημείο εγκατάστασης στην περιοχή μελέτης.

### 2.3 Μεταφορά - Εγκατάσταση

Η μεταφορά του σταθμού έγινε κάτω από ειδικές συνθήκες γιατί το AQM 60 είναι ένα ιδιαίτερα ευαίσθητο όργανο και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά τη μεταφορά του.

Το σημείο που επιλέχθηκε για την τοποθέτηση του σταθμού βρίσκεται στην ταράτσα ενός διώροφου κτιρίου, στη περιοχή των Εξαρχείων και συγκεκριμένα στη συμβολή των οδών Ζωοδόχου Πηγής και Κομνηνών. Η επιλογή της θέσης έγινε με κριτήριο την καταγραφή των συγκεκριμένων ατμοσφαιρικών ρύπων, με στόχο την παρατήρηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα σε αστικό περιβάλλον.

Ωστόσο υπήρξαν ορισμένοι περιορισμοί οι οποίοι έπρεπε να ληφθούν υπόψη καθώς ήταν δυνατόν να επηρεάσουν την ποιότητα των αποτελεσμάτων. Για τη θέση του σταθμού έπρεπε να τηρηθούν τα όρια των αποστάσεων που έχουν τεθεί, από το έδαφος, από διάφορες υποστηρικτικές δομές (τοιχοί κτιρίων, σκάλες), από τα δέντρα και από τους δρόμους αφού η ύπαρξή τους κοντά στο σταθμό μπορεί να

αλλοιώνει τις μετρήσεις των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων. Τα περιβαλλοντικά κριτήρια που τίθενται αφορούν την ελαχιστοποίηση της έκθεσης του χώρου εγκατάστασης σε σκόνη, δονήσεις, ακραίες καιρικές συνθήκες (έντονη ηλιακή ακτινοβολία, ισχυρούς ψυχρούς ανέμους) καθώς και σε συχνές διακοπές ρεύματος. Τέλος, για την επιλογή του τόπου εγκατάστασης του σταθμού έπρεπε να ληφθούν υπόψη και πιθανές εξωτερικές παρεμβολές που προκαλούνται από την ύπαρξη συγκεκριμένων εγκαταστάσεων κοντά στο σταθμό. Τέτοιες εγκαταστάσεις είναι τα εστιατόρια, τα κολυμβητήρια και οι πισίνες, οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και αποχετεύσεις, οι εγκαταστάσεις φόρτισης συσσωρευτών, τα ζυθοποιεία, οι χώροι συγκέντρωσης απορριμμάτων, οι πετροχημικές εγκαταστάσεις, τα βαφεία, τα συνεργεία αυτοκινήτων, τα πρατήρια βενζίνης, οι περιοχές με έντονη γεωθερμία και οι μονάδες ψύξης. Κάθε μία από αυτές τις εγκαταστάσεις επηρεάζει έναν ή περισσότερους από τους αισθητήρες αερίων προκαλώντας διαφοροποιήσεις στα αποτελέσματα. Η εγκατάσταση του σταθμού κοντά σε αυτούς τους χώρους επιτρέπεται μόνο σε περιπτώσεις κατά τις οποίες ο σκοπός είναι η παρακολούθηση των ατμοσφαιρικών συνθηκών σε τέτοια περιβάλλοντα.

Η τοποθέτηση του σταθμού πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη κατά το δυνατόν τα προαναφερθέντα κριτήρια αλλά και την ασφάλειά του. Αρχικά επιλέχθηκε ως καταλληλότερη θέση ένας στύλος πάνω στον οποίο τοποθετήθηκε με τη χρήση σκάλας καθώς βρισκονταν σε μεγάλο ύψος από την οροφή του κτιρίου. Η τοποθέτηση έγινε με τη βοήθεια χοντρών σιδερένιων συρμάτων με τα οποία διασφαλίστηκε η ασφάλεια του οργάνου. Όμως στην πορεία της λειτουργίας του σταθμού παρατηρήθηκε ότι στη θέση αυτή ο σταθμός ήταν ιδιαίτερα εκτεθειμένος στα διάφορα μετεωρολογικά φαινόμενα και κυρίως στην ηλιακή ακτινοβολία. Αυτός ήταν και ο λόγος της μετέπειτα μεταφοράς του σε άλλο σημείο της οροφής του ίδιου κτιρίου όπου ήταν περισσότερο προφυλαγμένο. Το σημείο τελικής εγκατάστασης δεν πληρεί στο σύνολο τους τις προαναφερθείσες προϋποθέσεις. Συγκεκριμένα, δεν τηρούνται τα όρια αποστάσεων από υποστηρικτικές δομές καθώς το όργανο βρίσκεται κρεμασμένο σε εξωτερικό τοίχο κτιρίου. Επίσης, βρίσκεται σε μικρή απόσταση από δρόμους υψηλής κυκλοφορίας και δίπλα στο κτίριο που τοποθετήθηκε λειτουργεί συνεργείο αυτοκινήτων. Τέλος, το βασικότερο πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε και αφορούσε τη θέση εγκατάστασης του οργάνου είναι η απ' ευθείας έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία για συγκεκριμένες περιόδους και ημέρες.

Μετά την τοποθέτηση και τη κατά το δυνατόν διασφάλιση της καταλληλότητας της θέσης, πραγματοποιήθηκε η σύνδεση του με παροχή ρεύματος και τέθηκε σε λειτουργία την 11<sup>η</sup> Ιουνίου 2010.

## 2.4 Λειτουργία

Μετά την εγκατάσταση του σταθμού στην τελική του θέση, πραγματοποιήθηκε η έναρξη της λειτουργίας του και η ρύθμιση κάποιων παραμέτρων. Δόθηκε ένας κωδικός στο σταθμό, ώστε να εντοπίζεται από το λογισμικό. Ορίστηκε ο αριθμός των αισθητήρων αερίων που διαθέτει το AQM 60 και ορίστηκε ως μονάδα μέτρησης των στοιχείων τα μέρη στο εκατομμύριο (ppm). Ως συχνότητα καταγραφής ορίστηκε το 10λεπτο.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως οι διάφορες επεμβάσεις στο όργανο γίνονται μέσω του λογισμικού Aeroqual V4.0 PC. Το λογισμικό αυτό είναι σχεδιασμένο ειδικά για αυτόν το σκοπό. Συγκεκριμένα μέσω αυτού γίνεται η ρύθμιση των διαφόρων παραμέτρων, η βαθμονόμηση, η καταγραφή των στοιχείων και η παρουσίαση τους σε μορφή πίνακα ή γραφικά. Τα δεδομένα εξάγονται σε υπολογιστικό φύλλο Excel καθιστώντας εύκολη την περαιτέρω επεξεργασία τους για την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Τα δεδομένα που καταγράφονται ανά 10 λεπτά είναι η τιμή του όζοντος ( $O_3$ ), του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και του διοξειδίου του αζώτου ( $NO_2$ ) της ατμόσφαιρας καθώς και οι τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία του περιβάλλοντος και η σχετική υγρασία. Τέλος, στα στοιχεία που εξάγονται στο Excel περιλαμβάνονται και η εσωτερική θερμοκρασία του σταθμού καθώς και η ημερομηνία και η ακριβής ώρα που καταγράφεται η ένδειξη. Τα στοιχεία αυτά αποθηκεύονται στο σταθμό μέχρι να διαγραφούν από τον χρήστη. Η συχνότητα καταγραφής των μετρήσεων ορίστηκε αυθαίρετα αλλά στην πορεία της λειτουργίας του σταθμού διαπιστώθηκε ότι μία τόσο συχνή λήψη δεδομένων δεν είναι απαραίτητη και το διάστημα αυξήθηκε από 10 λεπτά σε μισή ώρα.

## 2.5 Συντήρηση

Απαραίτητη για τη διασφάλιση της ορθής λειτουργίας του σταθμού είναι η τακτική συντήρησή του. Υπάρχει συγκεκριμένο πρόγραμμα συντήρησης, βασισμένο στην

εμπειρία, για φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας, το οποίο προβλέπει τη συχνότητα και τη διαδικασία που θα ακολουθηθεί για κάθε είδος ελέγχου (είσοδος φίλτρου σωματιδίων, μηδενική βαθμονόμηση των αισθητήρων αερίων, έλεγχος του αισθητήρα θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, έλεγχος της κατάστασης του περιβλήματος, έλεγχος διαρροών των υδραυλικών εγκαταστάσεων των αισθητήρων). Οι διαδικασίες που ακολουθούνται για τη διεξαγωγή των ελέγχων που αναφέρθηκαν για τη συντήρηση του σταθμού αφορούν την απομάκρυνση και αντικατάσταση μονάδων του ή την εφαρμογή δοκιμών διαρροής.

Ένας ιδιαίτερα σημαντικός έλεγχος που πρέπει να πραγματοποιείται σε τακτά χρονικά διαστήματα είναι η βαθμονόμηση του οργάνου. Η βαθμονόμηση αφορά στη διαβίβαση μέσω του οργάνου αερίου με γνωστή συγκέντρωση, του αντίστοιχου ρύπου. Όλοι οι έλεγχοι βαθμονόμησης πρέπει να πραγματοποιούνται με πρότυπο αέριο το οποίο παρασκευάζεται με μία διάταξη δυναμικής αραίωσης. Η βαθμονόμηση του οργάνου είναι προτιμότερο να γίνεται στο περιβάλλον όπου θα λειτουργήσει το σύστημα ιδιαίτερα εάν πρόκειται για ένα περιβάλλον με πολύ χαμηλή ή υψηλή υγρασία, καθώς οι αισθητήρες είναι ευαίσθητοι σε αλλαγές της απόλυτης υγρασίας. Η διαδικασία της βαθμονόμησης θα πρέπει να γίνεται με κλειστή την πόρτα του σταθμού, ώστε να διατηρείται σταθερή η εσωτερική του θερμοκρασία. Απαραίτητη είναι η εφαρμογή της και μετά από κάθε συντήρηση ή επισκευή.

Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των μετρήσεων δεν πραγματοποιήθηκε κάποια από τις διαδικασίες συντήρησης καθώς το όργανο λειτουργούσε για πρώτη φορά.

## 2.6 Προβλήματα

Κατά την τοποθέτησή και λειτουργία του σταθμού παρουσιάστηκαν αρκετά προβλήματα, ορισμένα από τα οποία αντιμετωπίστηκαν άμεσα, άλλα χρειάστηκαν μεγαλύτερη προσπάθεια και περισσότερο χρόνο και ορισμένα δεν έχουν επιλυθεί ακόμη.

Το πρώτο θέμα που έπρεπε να αντιμετωπιστεί είχε να κάνει με τη μεταφορά του σταθμού, ο οποίος είναι αρκετά ογκώδης και βαρύς και χρειάζονταν τη συνδρομή πέραν ενός ατόμου για να μεταφερθεί.

Το αρχικό σημείο τοποθέτησης του σταθμού αποδείχτηκε ότι δεν ικανοποιούσε τις απαιτήσεις σχετικά με την προστασία από έντονα καιρικά φαινόμενα. Μερικές ημέρες μετά την έναρξη της λειτουργίας του, εμφανίστηκαν προβλήματα που

αφορούσαν το μηδενισμό των αισθητήρων του O<sub>3</sub> και του NO<sub>2</sub>. Το πρόβλημα εντάθηκε έχοντας ως αποτέλεσμα οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων των συγκεκριμένων ρύπων, τις οποίες κατέγραφε ο σταθμός να μην ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Για την συνέχιση της ορθής λειτουργίας του οργάνου κρίθηκε απαραίτητη η διακοπή της λειτουργίας του και η μεταφορά του σε καταλληλότερη θέση, καθώς υπεύθυνη για την κατάσταση αυτή θεωρήθηκε η υπερβολική έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία. Η διακοπή της λειτουργίας του σταθμού πραγματοποιήθηκε στις 15/07/2010 και η επανεκκίνηση του στις 23/07/2010. Παρά την αρχική αποκατάσταση της λειτουργίας των αισθητήρων, ο αισθητήρας του O<sub>3</sub> εμφάνισε πάλι πρόβλημα μηδενικών τιμών μετά από χρονικό διάστημα τριών περίπου μηνών.

Μικρό διάστημα μετά την επανεκκίνηση του σταθμού οι τιμές των συγκεντρώσεων του NO<sub>2</sub> άρχισαν να παρουσιάζουν αύξηση, και σταδιακά έφτασαν σε επίπεδο πολύ υψηλό, το οποίο δεν ανταποκρίνονταν στην πραγματική κατάσταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης της περιοχής. Το πρόβλημα αυτό δεν έγινε δυνατό να αποκατασταθεί και για το υπόλοιπο διάστημα των μετρήσεων οι συγκεντρώσεις NO<sub>2</sub> που καταγράφει ο σταθμός δεν θεωρούνται αξιόπιστες.

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων ζητήθηκε σε κάθε περίπτωση η τεχνική υποστήριξη της κατασκευάστριας εταιρίας και του αντιπροσώπου. Κατόπιν συνεννόησης με τον υπεύθυνο της εταιρίας για τεχνικά θέματα πραγματοποιήθηκαν ορισμένες αλλαγές στις ρυθμίσεις του σταθμού, όπως η ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας, ώστε να διατηρείται σταθερή σε ένα επίπεδο για την ορθή λειτουργία των αισθητήρων αερίων. Όμως, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος ο σταθμός δυσκολεύονταν να τη διατηρήσει σταθερή στους 25 °C. Επομένως κρίθηκε αναγκαία η αύξηση της στους 30 °C. Αύξηση της εσωτερικής της θερμοκρασίας πραγματοποιήθηκε και για τους θερμικούς διαχειριστές του O<sub>3</sub> και του NO<sub>2</sub> από 20 σε 30 °C. Οι αλλαγές αυτές πραγματοποιήθηκαν μέσω του λογισμικού Aeroqual V4.0 PC και η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνονταν αναλυτικά στο εγχειρίδιο χρήσης του οργάνου.

Οι συγκεκριμένες ρυθμίσεις είχαν ως αποτέλεσμα ο αισθητήρας του O<sub>3</sub> να λειτουργήσει και πάλι ορθά. Στις επόμενες μετρήσεις που λήφθηκαν η λειτουργία του αισθητήρα του O<sub>3</sub> φάνηκε να σταθεροποιείται και οι αρνητικές τιμές που εμφανίστηκαν ήταν ελάχιστες. Οι αρνητικές αυτές τιμές ήταν πολύ κοντά στο 0 και οφείλονται σε σφάλμα στο μηδενισμό του αισθητήρα του O<sub>3</sub>. Ωστόσο οι ρυθμίσεις αυτές δεν ωφέλησαν όσον αφορά τον αισθητήρα του NO<sub>2</sub>, του οποίου η ορθή λειτουργία δεν επανήλθε ποτέ.

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (Ν.1650/1986), ατμοσφαιρική ρύπανση καλείται «η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια, που έχουν ως αποτέλεσμα την αλλοίωση της δομής, της σύστασης και των χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας». Αυτές οι αλλαγές μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και τα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για κάθε χρήση.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση μιας περιοχής εξαρτάται από το είδος των ρύπων και τη συγκέντρωση τους στην ατμόσφαιρα, που με τη σειρά της επηρεάζεται από τις μετεωρολογικές συνθήκες (υγρασία, άνεμοι, ηλιοφάνεια, αναστροφή θερμοκρασίας), τη μορφολογία του εδάφους και τη δόμηση της περιοχής. Η παρουσία ρύπων στην ατμόσφαιρα υποβαθμίζει την ποιότητα του εισπνεόμενου αέρα, ενώ η υπέρβαση της συγκέντρωσης ορισμένων από αυτούς στην ατμόσφαιρα αστικών και βιομηχανικών περιοχών προκαλεί συχνά το φαινόμενο του νέφους, με δυσμενείς συνέπειες στην υγεία των ανθρώπων και την τοπική χλωρίδα και πανίδα.

Ως ατμοσφαιρικός ρύπος ορίζεται στην Υπουργική Απόφαση Η.Π. 14122/549/Ε.103/2011 «οποιαδήποτε ουσία στην ατμόσφαιρα, η οποία θα μπορούσε, σε αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις, να βλάψει ανθρώπους, ζώα, βλάστηση ή υλικά». Υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός ατμοσφαιρικών ρύπων, οι οποίοι διαφοροποιούνται από περιοχή σε περιοχή. Οι ρύποι στην ατμόσφαιρα, αν και συνήθως είναι αόρατοι, μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στη διατήρηση των οικοσυστημάτων.

Οι συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων εκφράζονται συνήθως με δύο μονάδες συγκέντρωσης, τα  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ή  $\text{mg}/\text{m}^3$  και τα ppm (μέρη ανά εκατομμύριο όγκου). Συγκέντρωση 1 ppm σημαίνει ότι αντιστοιχεί μία μονάδα όγκου του ρύπου σε κάθε  $10^6$  μονάδες όγκου αέρα. Πολλές φορές επίσης χρησιμοποιείται και το ppb (μέρη ανά δισεκατομμύριο όγκου) για την έκφραση της συγκέντρωσης ενός ρύπου στην ατμόσφαιρα. Προκειμένου να διευκολύνεται η σύγκριση των ποσοτήτων είναι απαραίτητη η μετατροπή των ανωτέρω εκφράσεων. Η σχέση που συνδέει τα  $\text{mg}/\text{m}^3$  με τα ppm είναι η ακόλουθη <sup>2</sup> :

---

<sup>2</sup> <http://www.aerolab.mech.ntua.gr/Lessons/YM-Math/Lectures/cititotalA.pdf>

$$(ppm) = \frac{(mg / m^3) * T * P}{Mr} \quad (1)$$

όπου T: η θερμοκρασία σε βαθμούς Κ,

P: πίεση 1 atm,

Mr: το μοριακό βάρος της ουσίας

R: η παγκόσμια σταθερά των αερίων (R=0,08206 atm/(mol\*K°))

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που καταγράφει ο σταθμός και των οποίων η διακύμανση αποτελεί το αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι το όζον (O<sub>3</sub>), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>). Πρόκειται για κάποιους από τους συχνότερα παρατηρούμενους ρύπους παγκοσμίως. Στη συνέχεια θα γίνει μία συνοπτική παρουσίαση των βασικών χαρακτηριστικών τους, των αιτιών εμφάνισής τους, των κύριων πηγών εκπομπής τους καθώς και των επιπτώσεών τους στην ανθρώπινη υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς, στα οικοσυστήματα και γενικότερα στο περιβάλλον.

### 3.1 Γενικά Χαρακτηριστικά

**Όζον (O<sub>3</sub>):** Το όζον είναι μία αλλοτροπική μορφή του οξυγόνου και σχηματίζεται κατά διοχέτευση ξηρού οξυγόνου ή αέρα διαμέσου ηλεκτρικών εκκενώσεων με τάση 5000-20000 Volt<sup>3</sup>. Είναι ένα αέριο στοιχείο που παράγεται στη στρατόσφαιρα, όπου και βρίσκεται το 90% του ολικού όζοντος της ατμόσφαιρας της γης. Στη στρατόσφαιρα το όζον έχει ευεργετικό ρόλο γιατί απορροφά τις υπεριώδεις ακτινοβολίες (UV), προστατεύοντάς από τις βλαβερές ακτίνες του ηλίου. Το υπόλοιπο 10% του όζοντος βρίσκεται στο χαμηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας, την τροπόσφαιρα. Το τροποσφαιρικό όζον είναι δευτερογενής ρύπος και προκαλεί αρνητικές συνέπειες στην υγεία των ανθρώπων. Είναι αέριο άχρωμο, βαρύτερο του αέρα με δριμυία οσμή. Σε υψηλές συγκεντρώσεις έχει γαλάζιο χρώμα. Είναι ισχυρότατο οξειδωτικό.

Τα χαμηλότερα επίπεδα συγκέντρωσης παρατηρούνται κατά την ανατολή του ήλιου ενώ τα υψηλότερα το μεσημέρι και νωρίς το απόγευμα. Σημειώνεται ότι

<sup>3</sup> [http://www.air\\_quality.gr/general.php](http://www.air_quality.gr/general.php)

υψηλές τιμές όζοντος παρατηρούνται κυρίως στις περιφέρειες των αστικών κέντρων. Οι περιοχές στις οποίες επικρατούν οι δυσμενέστερες συνθήκες είναι αυτές στις οποίες υπάρχει συνδυασμός τεράστιων εκπομπών από πρρόδρομες ενώσεις (ενώσεις οι οποίες μέσω χημικών αντιδράσεων οδηγούν στο σχηματισμό του όζοντος) και ζεστού και ηλιόλουστου κλίματος.<sup>4</sup>

**Μονοξειδίο του Άνθρακα (CO):** Το μονοξειδίο του άνθρακα είναι αέριο άοσμο, άχρωμο, άγευστο, ελαφρύτερο του αέρα και διαλύεται ελάχιστα στο νερό. Είναι αναφλέξιμο και καίγεται με μπλε φλόγα.<sup>5</sup> Το μονοξειδίο του άνθρακα έχει μεγάλο συντελεστή διάχυση. Είναι ο πλέον διαδεδομένος ρύπος. Βρίσκεται στα χαμηλά στρώματα μιας ρυπασμένης ατμόσφαιρας.

Υψηλότερες συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα παρατηρούνται κατά τους χειμερινούς μήνες, λόγω των έντονων κυκλοφοριακών συνθηκών και δυσμενών συνθηκών διάχυσης. Είναι φανερό ότι όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος τόσο η ρύπανση από μονοξειδίο του άνθρακα θα αποτελεί σοβαρό πρόβλημα. Η διακύμανση του μονοξειδίου του άνθρακα ακολουθεί την αντίστοιχη διακύμανση της κυκλοφοριακής κίνησης. Ιδιαίτερα επιβαρυμένες είναι οι πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές με μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση. Υψηλές συγκεντρώσεις του εμφανίζονται επίσης σε κλειστά μέρη, όπως χώροι στάθμευσης, ελλιπώς αεριζόμενες υπόγειες διαβάσεις ή κατά μήκος των δρόμων σε περιόδους κυκλοφοριακής αιχμής. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις απαντώνται τις πρωινές και μεταμεσημβρινές ώρες.<sup>6</sup>

**Διοξειδίο του Αζώτου (NO<sub>2</sub>):** Είναι αέριο καφέ χρώματος, διαλυτό στο νερό, ισχυρό οξειδωτικό, με οξεία ερεθιστική οσμή. Εμπλέκεται και ενεργοποιεί τον φωτοχημικό κύκλο αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα και το σχηματισμό έτσι της φωτοχημικής ρύπανσης. Σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι υπεύθυνο για την καφέ όψη του αστικού ουρανού.

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις διοξειδίου του αζώτου παρατηρούνται σε εξωτερικούς χώρους και ιδιαίτερα τις ώρες 6:00-9:00 περίπου. Σε αστικές περιοχές τα επίπεδα συγκέντρωσης είναι εκατοντάδες φορές μεγαλύτερα σε σχέση με εξοχικές περιοχές. Έχει παρατηρηθεί ότι η έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις για μικρά

---

<sup>4</sup> <http://www.lap.physics.auth.gr/atmdiasp/chapter2.pdf>

<sup>5</sup> [http://el.wikipedia.org/wiki/Μονοξειδίο\\_του\\_άνθρακα](http://el.wikipedia.org/wiki/Μονοξειδίο_του_άνθρακα)

<sup>6</sup> <http://www.lap.physics.auth.gr/atmdiasp/chapter2.pdf>



χρονικά διαστήματα είναι πιο επικίνδυνα από την μακροχρόνια έκθεση σε σταθερά χαμηλές συγκεντρώσεις.<sup>7</sup>

### 3.2 Πηγές Εκπομπής

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι με βάση τον τρόπο παραγωγής τους διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς ρύπους. Πρωτογενείς ονομάζονται οι ρύποι που σχηματίζονται στις πηγές ρύπανσης ενώ δευτερογενείς αυτοί που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τους πρωτογενείς με χημικές αντιδράσεις.<sup>8</sup> Το μονοξείδιο του άνθρακα ανήκει στους πρωτογενείς ρύπους ενώ το όζον και το διοξείδιο του αζώτου στους δευτερογενείς.

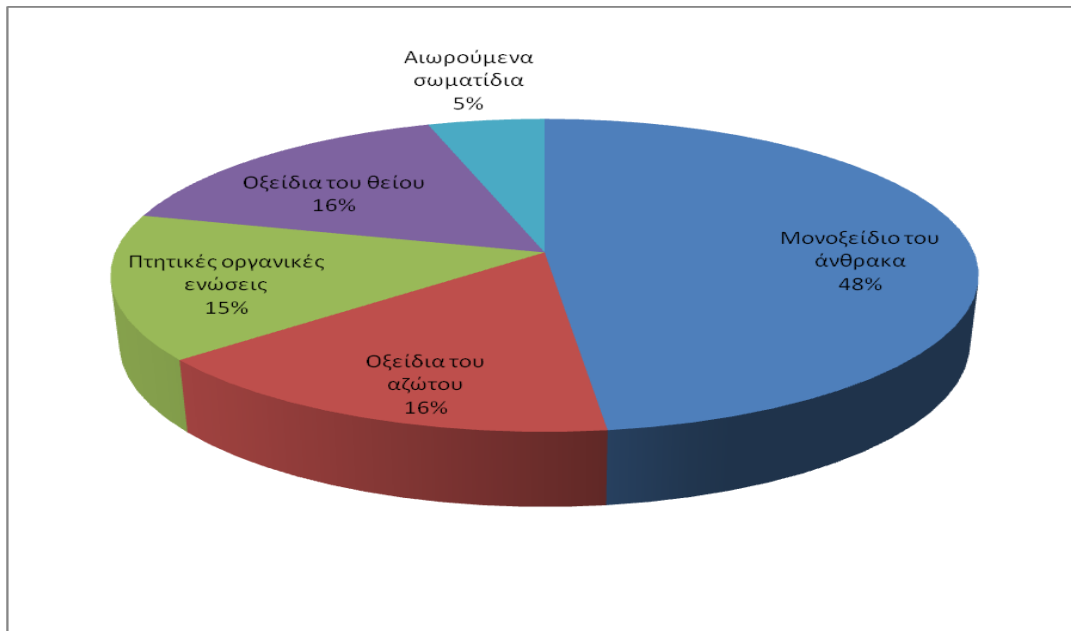
Οι πηγές εκπομπής των ρύπων διακρίνονται σε φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές. Φυσικές πηγές είναι το έδαφος, τα ηφαίστεια, οι πυρκαγιές, οι ωκεανοί και η βιολογική αποσύνθεση των φυτών και των ζώων. Ως κύριες ανθρωπογενείς πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης θεωρούνται ο τομέας της παραγωγής ενέργειας, η βιομηχανική δραστηριότητα, η θέρμανση και οι μεταφορές<sup>9</sup>. Άλλες πηγές αλλά όχι ασήμαντες αποτελούν τα απορρίμματα, τα κατασκευαστικά έργα και οι γεωργικές δραστηριότητες. Οι φυσικές πηγές παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό των εκπεμπόμενων αερίων ρύπων αλλά δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων, με ελάχιστες εξαιρέσεις (πυρκαγιές, ηφαίστεια). Οι ανθρωπογενείς πηγές αντίθετα παράγουν μικρότερο ποσοστό των εκπεμπόμενων αερίων ρύπων αλλά οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων (ατμοσφαιρικά επεισόδια). Αυτό οφείλεται κυρίως στη συγκέντρωση των εκπομπών από ανθρωπογενείς πηγές σε μικρές γεωγραφικές περιοχές (αστικές περιοχές ή βιομηχανικές ζώνες). Αντίθετα, η διασπορά των φυσικών πηγών σε όλη τη γη επιτρέπει την ανάμιξη των ρύπων με καθαρό αέρα και επομένως την εξασθένιση της έντασης τους. Στην εικόνα 3.1 παρουσιάζονται τα ποσοστά των πρωτογενών ρύπων που εκπέμπονται από ανθρωπογενείς πηγές.

---

<sup>7</sup> <http://www.lap.physics.auth.gr/atmdiasp/chapter2.pdf>

<sup>8</sup> [http://www.users.auth.gr/~zanis/upload/AIR\\_POLLUTION\\_ZANHS\\_SHMEIOSEIS.pdf](http://www.users.auth.gr/~zanis/upload/AIR_POLLUTION_ZANHS_SHMEIOSEIS.pdf)

<sup>9</sup> [http://www.air\\_quality.gr/general.php](http://www.air_quality.gr/general.php)



**Εικόνα 3.1: Κατανομή πρωτογενών ρύπων εκπεμπόμενων από ανθρωπογενείς πηγές<sup>10</sup>**

Στη συνέχεια αναλύονται οι κύριες πηγές εκπομπής για κάθε έναν από τους εξεταζόμενους στην παρούσα μελέτη ρύπους.

### 3.1.2 Όζον

Το όζον είναι ένας ρύπος που δεν εκπέμπεται απευθείας από τις πηγές ρύπανσης (οχήματα, θέρμανση, βιομηχανία). Σχηματίζεται στην κατώτερη ατμόσφαιρα (τροπόσφαιρα) ως αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων μεταξύ του οξυγόνου, των οξειδίων του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) και των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) που εκπέμπονται από τα οχήματα, βιομηχανικές δραστηριότητες, χημικά διαλυτικά αλλά και την αποθήκευση και διανομή βενζίνης στα πρατήρια καυσίμων.<sup>11</sup> Για να πραγματοποιηθούν οι αντιδράσεις αυτές απαιτείται τόσο η ηλιακή ακτινοβολία όσο και υψηλές θερμοκρασίες, δηλαδή συνθήκες που επικρατούν συνήθως στην Ελλάδα. Στον ακόλουθο πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι κύριες πηγές προέλευσης των πρόδρομων ενώσεων που οδηγούν στο σχηματισμό του όζοντος.

<sup>10</sup> [http://www.users.auth.gr/~zanis/upload/AIR\\_POLLUTION\\_ZANHS\\_SHMEIOSEIS.pdf](http://www.users.auth.gr/~zanis/upload/AIR_POLLUTION_ZANHS_SHMEIOSEIS.pdf)

<sup>11</sup> <http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/chapter2.pdf>

<b>ΠΗΓΕΣ</b>	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΠΡΟΔΡΟΜΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ</b>
Μεταφορικά μέσα	39%
Στάσιμες πηγές καύσης	32%
Βιομηχανικές δραστηριότητες	22%
Μη βιομηχανική χρήση οργανικών διαλυτών	4%
Άλλες πηγές	3%

**Πίνακας 3.1:** Πηγές εκπομπών πρόδρομων ενώσεων<sup>12</sup>

Υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος παρατηρούνται στις περισσότερες πόλεις με μεγάλο πληθυσμό. Συνήθως όμως οι υψηλότερες τιμές του εμφανίζονται στις περιφέρειες των αστικών κέντρων, δηλαδή στα προάστια και σε αγροτικές περιοχές γύρω από μεγαλουπόλεις. Το φαινόμενο αυτό εξηγείται επειδή στο κέντρο των πόλεων υπάρχει συνεχής εκπομπή μονοξειδίου του αζώτου (NO) εξαιτίας της κυκλοφορίας των οχημάτων, οπότε ευνοείται η καταστροφή του σχηματιζόμενου όζοντος, ενώ αντίθετα στα προάστια δεν υπάρχουν σημαντικές πηγές εκπομπής μονοξειδίου του αζώτου λόγω της χαμηλής κυκλοφορίας οχημάτων, οπότε το όζον που παράγεται είναι περισσότερο από αυτό που καταστρέφεται. Ένας άλλος λόγος που δικαιολογεί την εμφάνιση μεγαλύτερων τιμών συγκέντρωσης όζοντος στα προάστια σε σχέση με το κέντρο της πόλης είναι η μεταφορά από τον άνεμο των πρωτογενών ρύπων μακριά από το κέντρο της πόλης. Η μεταφορά αυτή γίνεται πριν ολοκληρωθούν οι αντιδράσεις παραγωγής όζοντος, οπότε το όζον που σχηματίζεται επιβαρύνει περισσότερο την ατμόσφαιρα των προαστίων και των περιαστικών περιοχών.

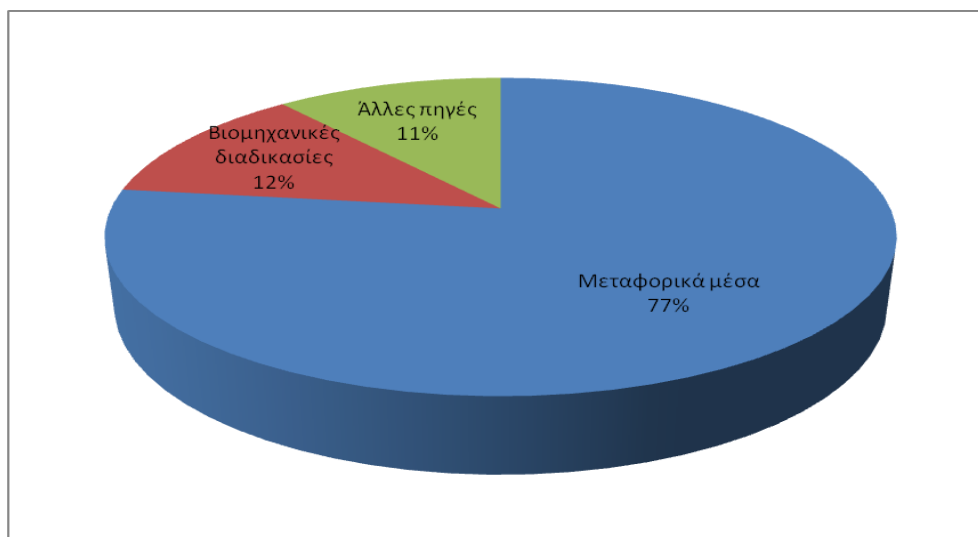
Υψηλές τιμές όζοντος παρατηρούνται και σε περιοχές υποβάθρου (περιοχές που είναι απομακρυσμένες από αστικές δραστηριότητες). Οι συγκεντρώσεις υποβάθρου του όζοντος, κυρίως ανθρωπογενούς προέλευσης, κυμαίνονται από 40-70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , αλλά δύνανται να ανέλθουν σε επίπεδα 120-140  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  σε ωριαία βάση. Στην

<sup>12</sup> <http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/chapter2.pdf>

Ευρώπη η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση όζοντος δύναται να υπερβεί τα  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  σε αγροτικές περιοχές και τα  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  σε αστικές περιοχές. (Λαζαρίδης, 2005)

### 3.2.2 Μονοξείδιο του άνθρακα

Η κυριότερη πηγή του είναι η ατελής καύση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων γενικότερα. Το 80% περίπου του παγκόσμια παραγόμενου μονοξειδίου του άνθρακα προέρχεται από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων, ιδιαίτερα σε κλειστούς χώρους στάθμευσης ή κατά μήκος δρόμων σε περίπτωση κυκλοφοριακής αιχμής.<sup>13</sup> Άλλες πηγές προέλευσης του μονοξειδίου του άνθρακα είναι οι εξατμίσεις πάσης φύσεως μηχανών όταν συντελείται ατελής καύση, η καύση ελαστικών σε ανοιχτούς χώρους, τα ηφαιίστεια, οι πυρκαγιές στα δάση και διάφορες βακτηριακές δράσεις. Στην εικόνα 3.2 παρουσιάζεται η συνεισφορά των διαφόρων πηγών εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα στην συγκέντρωση του στην ατμόσφαιρα.



**Εικόνα 2.2: Πηγές εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα<sup>14</sup>**

Οι παγκόσμιες συγκεντρώσεις υποβάθρου μονοξειδίου του άνθρακα κυμαίνονται μεταξύ  $0,06 \text{ mg}/\text{m}^3$  και  $0,14 \text{ mg}/\text{m}^3$  ( $0,05$ - $0,12 \text{ ppm}$ ). Σε ευρωπαϊκές πόλεις με κυκλοφοριακό φόρτο η οκτάωρη μέση συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα είναι μικρότερη από  $20 \text{ mg}/\text{m}^3$  ( $17 \text{ ppm}$ ) με μικρές αυξήσεις της τιμής αυτής σε  $60 \text{ mg}/\text{m}^3$  ( $53 \text{ ppm}$ ). Η συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα εντός των τροχοφόρων είναι μεγαλύτερη από αυτή του ατμοσφαιρικού αέρα. Σε υπόγεια, πολυόροφα γκαράζ αυτοκινήτων, τούνελ και άλλους κλειστούς χώρους, όπου

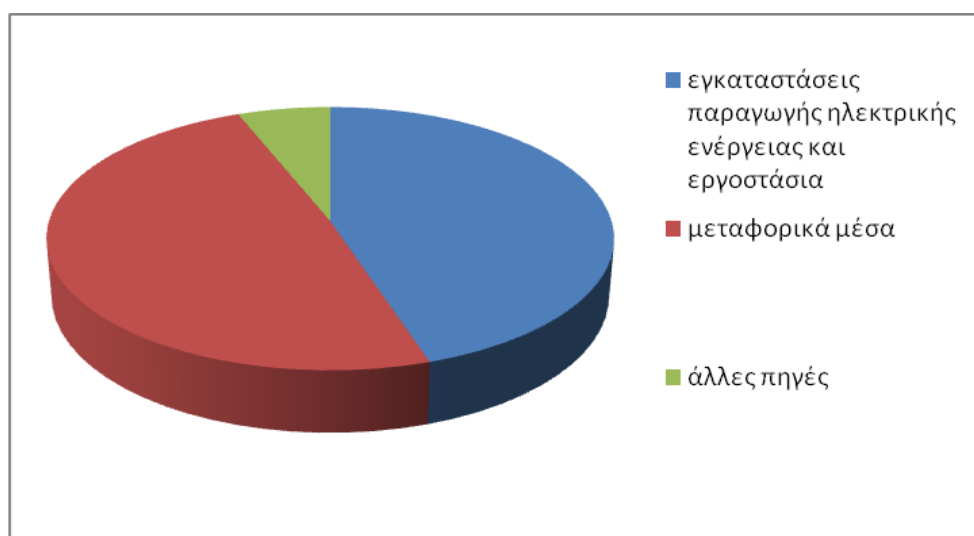
<sup>13</sup> <http://www.air-quality.gr/co.php>

<sup>14</sup> <http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/chapter2.pdf>

χρησιμοποιούνται τροχοφόρα με μη επαρκή εξαερισμό των χώρων αυτών, τα μέσα επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα ανέρχονται σε  $115 \text{ mg/m}^3$  (100 ppm) για μερικές ώρες με στιγμιαίες αυξήσεις της συγκέντρωσης. Σε κατοικίες με παροχή αερίου οι συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα κυμαίνονται από  $60\text{-}115 \text{ mg/m}^3$ . Ο καπνός του τσιγάρου σε κατοικίες, γραφεία, οχήματα και εστιατόρια δύναται να αυξήσει την οκτάωρη συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα σε επίπεδα  $23\text{-}46 \text{ mg/m}^3$ . (Λαζαρίδης, 2005)

### 3.2.3 Διοξείδιο του αζώτου

Η καύση ορυκτών κυρίως σε αυτοκίνητα, σε ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς και κεντρικές θερμάνσεις παράγουν μεταξύ άλλων και μονοξείδιο του αζώτου (NO). Αυτό με διάφορες χημικές αντιδράσεις που ενισχύονται με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας και του όζοντος συμβάλλει στη μετατροπή του σε διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>). Στην ακόλουθη εικόνα 3.3 παρουσιάζονται οι κυριότερες αιτίες παραγωγής διοξειδίου του αζώτου παγκοσμίως.



**Εικόνα 3.3: Πηγές εκπομπής διοξειδίου του αζώτου<sup>15</sup>**

Οι φυσικές μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις υποβάθρου του διοξειδίου του αζώτου κυμαίνονται από  $0,4\text{-}9,4 \text{ μg/m}^3$ . Σε αστικές περιοχές οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι της τάξης των  $20\text{-}90 \text{ μg/m}^3$  με μέγιστες ωριαίες τιμές που κυμαίνονται από  $75\text{-}1015 \text{ μg/m}^3$ . Τα επίπεδα διοξειδίου

<sup>15</sup> <http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/chapter2.pdf>

του αζώτου σε εξωτερικούς χώρους ανέρχονται σε 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , όταν δεν υπάρχει εξαερισμός παρουσία συσκευών καύσης φυσικού αερίου. Η μέγιστη τιμή για περίοδο μίας ώρας μπορεί να φτάσει τα 2000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Λαζαρίδης, 2005)

### 3.3 Επιπτώσεις

#### 3.3.1 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία

Με σκοπό την προστασία της δημόσιας υγείας από την αέρια ρύπανση έχουν καθορισθεί κριτήρια για τα επιτρεπόμενα όρια που πρέπει να έχουν οι αέριοι ρύποι στο εξωτερικό περιβάλλον και κυρίως σε αστικές περιοχές. Τα όρια αυτά καθορίστηκαν βάσει της επικινδυνότητας που έχουν οι ρύποι στη δημόσια υγεία. Πρέπει να αναφερθεί, ότι για την εφαρμογή κάποιας τιμής συγκέντρωσης αερίου ρύπου ως επιτρεπόμενο όριο από την Ευρωπαϊκή Ένωση, πρέπει να εξεταστούν πολλοί παράγοντες, όπως η τεχνική της επίτευξης των ορίων, οι οικονομικοί και κοινωνικοί παράγοντες καθώς και η στρατηγική επίτευξης των ορίων αυτών, (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, 2000).

**Όζον ( $\text{O}_3$ ):** Το όζον σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να ερεθίσει το αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας βήχα, αίσθημα ξηρότητας στο λαιμό και πόνο στο στήθος, φλεγμονή στους πνεύμονες και πιθανή επιδεκτικότητα σε μολύνσεις του αναπνευστικού. Η υγεία των ατόμων που υποφέρουν από άσθμα μπορεί να επιδεινωθεί.<sup>16</sup> Αυτά τα επεισόδια είναι σημαντικά σε υγιείς ενήλικες για συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  και για χρόνο έκθεσης τουλάχιστον 6,6 ωρών. Ένα ποσοστό της τάξης των 10% παρουσιάζουν ευαισθησία και αναπνευστικά προβλήματα σε έκθεση μεταξύ 4-5 ωρών. (Λαζαρίδης, 2005)

**Όρια Ασφαλείας:** Η επιλογή και κατ' επέκταση η πρόταση ενός ορίου ασφαλείας για τη συγκέντρωση του όζοντος στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι πολύπλοκη δεδομένου, ότι οι αναφερόμενες επιδράσεις παρουσιάζονται για συγκεντρώσεις ίσες ή λίγο μεγαλύτερες των συγκεντρώσεων υποβάθρου. Η πρώτη έκδοση των ορίων ποιότητας του αέρα για την Ευρώπη αναφέρει το όριο των 150-200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  για έκθεση μίας ώρας.

**Μονοξειδίο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ):** Το μονοξειδίο του άνθρακα είναι ένας ρύπος που επηρεάζει σε τυπικά επίπεδα κατά κύριο λόγο τον άνθρωπο. Διαχέεται ταχέως στους πνεύμονες, στα τριχοειδή αγγεία και στις ζωτικές μεμβράνες. Περίπου το 80-

<sup>16</sup> [http://www.users.auth.gr/~zanis/upload/AIR\\_POLLUTION\\_ZANHS\\_SHMEIOSEIS.pdf](http://www.users.auth.gr/~zanis/upload/AIR_POLLUTION_ZANHS_SHMEIOSEIS.pdf)

90% του απορροφημένου μονοξειδίου του άνθρακα ενώνεται με την αιμογλοβίνη. Η ένωση του μονοξειδίου του άνθρακα με την αιμογλοβίνη μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο σε βασικούς ιστούς του οργανισμού, επιδρώντας κυρίως στο καρδιαγγειακό και νευρικό σύστημα. Υψηλές συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα προκαλούν ζαλάδες, πονοκεφάλους και κόπωση. Υγιή άτομα εκτεθειμένα σε υψηλά επίπεδα, μπορεί να υποστούν προσωρινή μείωση της πνευματικής τους διαύγειας καθώς και της όρασης τους. Ιδιαίτερα ευάλωτοι είναι άνθρωποι με καρδιακές και πνευμονικές δυσλειτουργίες, τα έμβρυα και τα νήπια, άτομα με χρόνια βρογχίτιδα και εμφύσημα ή αναιμία.

Όρια Ασφάλειας: Σε υγιή άτομα η ενδογενής παραγωγή καρβόξυαιμογλοβίνης είναι της τάξης των 0,4-0,7%. Κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης τα επίπεδα καρβόξυαιμογλοβίνης ανέρχονται σε 0,7-2,5%. Μη καπνιστές που όμως λόγω επαγγέλματος εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα ( οδηγοί, αστυνομικοί, τροχονόμοι, εργαζόμενοι σε χώρους στάθμευσης και σε τούνελ, πυροσβέστες, υπάλληλοι διοδίων) παρουσιάζουν μακροχρόνιες συγκεντρώσεις καρβόξυαιμογλοβίνης στο αίμα της τάξης του 5% και οι καπνιστές παρουσιάζουν επίπεδα της τάξης του 10%. Σε εξωτερικά παγοδρόμια πρόσφατα έχουν αναφερθεί περιστατικά δηλητηρίασης από μονοξείδιο του άνθρακα. (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, 2000)

Ακολουθούν τα όρια έκθεσης ανάλογα με το χρόνο έκθεσης έτσι ώστε να μην υπερβεί η καρβόξυαιμογλοβίνη το επίπεδο των 2,5% (Λαζαρίδης, 2005):

- 100 mg/m<sup>3</sup> για 15 λεπτά
- 60 mg/m<sup>3</sup> για 30 λεπτά
- 30 mg/m<sup>3</sup> για 1 ώρα
- 10 mg/m<sup>3</sup> για 8 ώρες

**Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>):** Οι κύριες επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση των ανθρώπων σε διοξείδιο του αζώτου που έχουν αναφερθεί είναι:

- στη λειτουργία των πνευμόνων και στην αναπνοή σε ανθρώπους που πάσχουν από άσθμα και από χρόνια πνευμονολογικά προβλήματα,
- στην αύξηση των αναπνευστικών προβλημάτων σε παιδιά ηλικίας 5-12 ετών που εκτέθηκαν σε συγκεντρώσεις της τάξης των 30 μg/m<sup>3</sup> (για 2 εβδομάδες) σε εσωτερικό χώρο (Λαζαρίδης, 2005)

### 3.3.2 Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα

**Όζον (O<sub>3</sub>):** Η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος ενισχύει το φαινόμενο του θερμοκηπίου αφού απορροφά τη γήινη υπέρυθρη ακτινοβολία. Το τροποσφαιρικό όζον είναι ένας ρύπος που συνδέεται με επεισόδια φωτοχημικού νέφους σε αστικά κέντρα και γύρω από αυτά και χρησιμοποιείται ως δείκτης της φωτοχημικής ρύπανσης.<sup>17</sup>

Οι επιπτώσεις του όζοντος στα ζώα είναι παρόμοιες με αυτές στους ανθρώπους. Προκαλεί δηλαδή μείωση της ικανότητας των πνευμόνων για αναπνοή και μείωση της ελαστικότητας τους. Το όζον επίσης έχει αρνητικές επιπτώσεις και στη βλάστηση. Οδηγεί στην υποβάθμιση των αγροτικών εδαφών, στη μείωση της παραγωγικότητας με ταυτόχρονη αύξηση των ασθενειών των φυτών και στην εμφάνιση εντόμων. Καταστρέφει το φύλλωμα των δέντρων και έτσι την αισθητική των δασών και των πάρκων.<sup>18</sup> Σύμφωνα με την U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency)<sup>19</sup> η ρύπανση από το όζον προκαλεί καταστροφές στη σοδειά που αντιστοιχεί σε μείωση της αγροτικής παραγωγής πάνω από 0,5 δισεκατομμύριο δολάρια κάθε έτος σε εθνικό επίπεδο.

Σοβαρές είναι οι επιπτώσεις που προκαλεί το όζον και σε πολλά υλικά. Μπορεί να αποχρωματίσει και να διαβρώσει κτίρια, αρχαιολογικά και ιστορικά μνημεία, έργα τέχνης και προσωπικά υλικά. Επίσης, το όζον καταστρέφει τα ελαστικά και συνθετικά υλικά, το νάιλον, τον πολυεστέρα, καθώς και άλλα υφάσματα, αποχρωματίζει τα υλικά και τις εικόνες.

**Διοξειδίο του αζώτου (NO<sub>2</sub>):** Η έκθεση των ζώων σε υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του αζώτου προκαλεί σοβαρές βλάβες στη λειτουργία του πνεύμονα τους και αλλαγές στη δομή του. Τα αποτελέσματα αυτά στηρίζονται σε επιδημιολογικές μελέτες που έγιναν σε ζώα.

Η αυξημένη συγκέντρωση διοξειδίου του αζώτου στην ατμόσφαιρα έχει επίσης σοβαρές οικολογικές συνέπειες, κυρίως λόγω του νιτρικού οξέως. Συνδράμει στη δημιουργία του όζοντος στην τροπόσφαιρα και της όξινης βροχής, επηρεάζοντας έτσι αρνητικά στη βλάστηση και προκαλεί όξινη των υδάτων με αρνητικές συνέπειες στους πληθυσμούς τους.

---

<sup>17</sup> [http://www.chem.uoa.gr/courses/organiki\\_1/oikotoxikologia.pdf](http://www.chem.uoa.gr/courses/organiki_1/oikotoxikologia.pdf)

<sup>18</sup> <http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/chapter2.pdf>

<sup>19</sup> <http://www.epa.gov/oar/oaqps/gooduphigh/>



### 3.4 Νομοθεσία Σχετικά με την Ποιότητα της Ατμόσφαιρας

Στην Ελλάδα ισχύουν θεσμοθετημένα όρια και στόχοι για τους ρύπους όζον ( $O_3$ ), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και διοξείδιο του αζώτου ( $NO_2$ ) σύμφωνα με αυτά που έχουν καθιερωθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα όρια και οι στόχοι αυτοί αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και των οικοσυστημάτων. Είναι βέβαια αδύνατο να επιτευχθεί η ιδανική κατάσταση σε σχέση με την αέρια ρύπανση, στην οποία δεν θα υπάρχει κανένα πρόβλημα στη δημόσια υγεία και στα οικοσυστήματα. Αυτό που επιχειρείται είναι η μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων αφενός μέσω της θέσπισης και εφαρμογής της κατάλληλης νομοθεσίας αλλά και αφετέρου μέσω τεχνολογικών μέτρων.

Οι οδηγίες που έχουν εκδοθεί μέχρι σήμερα και αφορούν στην ποιότητα της ατμόσφαιρας σχετικά με τους καταγεγραμμένους ρύπους είναι:

- η Οδηγία 1996/62/EK για την εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος (ΚΥΑ 3277/209/2000, ΦΕΚ 180/Β/17-2-2000).
- η Οδηγία 1999/30/EK για τις οριακές τιμές διοξειδίου του θείου, οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μολύβδου, στον αέρα του περιβάλλοντος (ΠΥΣ 34/30.5.2002, ΦΕΚ 125/Α/ 5-6-02).
- η Οδηγία 2000/69/EK για τις οριακές τιμές βενζολίου και μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα του περιβάλλοντος (ΚΥΑ 9238/332, ΦΕΚ 405Β/27.2.05).
- η Οδηγία 2002/3/EK σχετικά με το όζον στον ατμοσφαιρικό αέρα (ΚΥΑ ΗΠ 38638/2006, ΦΕΚ 1334Β/21.9.05).
- η Οδηγία 2008/50/EK για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη, η οποία συσσωματώνει την 1996/62/EK και τις τρεις θυγατρικές της (1999/30/EK, 2000/69/EK και 2002/3/EK), όπως και την απόφαση 97/101/EK για την καθιέρωση διαδικασίας για την αμοιβαία ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης από μεμονωμένους σταθμούς και δίκτυα.

Με τις οδηγίες αυτές για κάθε ρύπο ορίζεται μία οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, με το αντίστοιχο έτος έναρξης ισχύος της. Παράλληλα, δίνεται και ένα περιθώριο ανοχής, το οποίο αθροίζεται στην οριακή τιμή, δίνοντας έτσι την ενδεικτική οριακή τιμή, η οποία ισχύει στο μεσοδιάστημα έως το έτος που τίθεται σε ισχύ η οριακή τιμή. Το περιθώριο ανοχής κάθε χρόνο μειώνεται, έτσι ώστε στην

ημερομηνία ισχύος του νέου ορίου να μηδενιστεί. Επιπρόσθετα, τα κράτη μέλη πρέπει να εκπονούν και να υλοποιούν σχέδια δράσης με σκοπό την επίτευξη και τήρηση των ορίων. Η ημερήσια μέγιστη τιμή θωρου της συγκέντρωσης επιλέγεται εξετάζοντας τους τρέχοντες θωρους μέσους όρους, οι οποίοι υπολογίζονται από τις ωριαίες μέσες τιμές. Ο πρώτος μέσος όρος θωρου μιας ημέρας υπολογίζεται από τις ωριαίες μέσες τιμές από τις 17:00 της προηγούμενης ημέρας έως και τις 01:00 της ημέρας αυτής, ενώ ο τελευταίος μέσος όρος της θωρου μίας ημέρας υπολογίζεται από τις ωριαίες μέσες τιμές από τις 16:00 έως και τις 24:00 της ημέρας αυτής. Οι οριακές τιμές για κάθε ρύπο από αυτούς που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Όριο ενημέρωσης (μέση ωριαία τιμή)	<b>180 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
Τιμή-στόχος για την προστασία της ανθρώπινης υγείας Έτος ισχύος 2010 (μέγιστη ημερήσια μέση θωρη τιμή, της οποίας δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 25 φορές ανά έτος για διάστημα 3 ετών)	<b>120 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>

**Πίνακας 3.2:** Τιμές ορίων για το όζον ( $\text{O}_3$ )

	Οριακή τιμή
Μέγιστη ημερήσια θωρη τιμή	<b>10 <math>\text{mg}/\text{m}^3</math></b>

**Πίνακας 3.3:** Τιμές ορίων για μονοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}$ )

Μέση ωριαία τιμή, να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές το χρόνο	<b>200 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
Μέση ετήσια τιμή	<b>40 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>

**Πίνακας 3.4:** Τιμές ορίων για το διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2$ )

Αντιμετώπιση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης: Με την ΚΥΑ 11824/1993 θεσμοθετείται σχέδιο δράσης για την αντιμετώπιση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τίθενται «όρια έκτακτων μέτρων», για τον περιορισμό της ρύπανσης σε περιπτώσεις που κυρίως λόγω εξαιρετικά δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών, αναμένεται αύξηση των τιμών ρύπανσης. Τα μέτρα λαμβάνονται όταν οι μετρούμενες τιμές υπερβούν ή προσεγγίσουν τα όρια έκτακτων 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 έκτακτων μέτρων, που αναφέρονται στην παραπάνω ΚΥΑ, τροποποιήθηκαν για τους ρύπους NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> και O<sub>3</sub> με την εφαρμογή των Οδηγιών 1999/30/ΕΚ (ενσωμάτωση στο Εθνικό Δίκτυο με την Π.Υ.Σ. 34/30.5.2002) και 2002/3/ΕΚ (ΚΥΑ ΗΠ 38638/2016, ΦΕΚ 1334Β/21.9.05). Για το μονοξείδιο του άνθρακα (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 έκτακτων μέτρων που αναφέρονται στο CO καταργούνται.

Τα επικαιροποιημένα όρια λήψης έκτακτων μέτρων που ισχύουν σήμερα για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή της Αθήνας, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

ΡΥΠΟΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ	ΟΡΙΟ
Διοξείδιο του αζώτου (NO <sub>2</sub> )	1 ώρα	Όριο συναγερμού: <b>400 µg/m<sup>3</sup></b> υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες
Όζον (O <sub>3</sub> )	1 ώρα	Όριο συναγερμού: <b>240 µg/m<sup>3</sup></b> υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες

**Πίνακας 3.5:** Όρια συναγερμού για όζον και διοξείδιο του αζώτου

Ως τιμή στόχος ορίζεται το επίπεδο της συγκέντρωσης που καθορίζεται με σκοπό την μακροπρόθεσμη αποφυγή επιβλαβών επιδράσεων στην ανθρώπινη υγεία ή/και το εν γένει περιβάλλον και πρέπει να επιτευχθεί όπου είναι δυνατόν εντός δεδομένης χρονικής περιόδου.

Ως όριο ενημέρωσης ορίζεται το επίπεδο της συγκέντρωσης πέραν του οποίου η βραχύχρονη έκθεση εγκυμονεί, για ιδιαίτερα ευαίσθητες ομάδες πληθυσμού, κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία.

Ως όριο συναγερμού ορίζεται το επίπεδο της συγκέντρωσης πέραν του οποίου η βραχύχρονη έκθεση εγκυμονεί, για τον εν γένει πληθυσμό, κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και στο οποίο τα κράτη μέλη λαμβάνουν άμεσα μέτρα.

Για τις τιμές-στόχους είχε τεθεί ως ημερομηνία έναρξης της ισχύος τους η 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2010, ενώ αντίστοιχα οι μακροπρόθεσμοι στόχοι αναφέρονται στην 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2020.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ**

### 4.1. Γενικά στοιχεία περιοχής μελέτης

Η περιοχή μελέτης αφορά το κέντρο της Αθήνας και ειδικότερα την περιοχή των Εξαρχείων. Βρίσκεται στους πρόποδες του λόφου του Στρέφη και συνορεύει με το λόφο του Λυκαβηττού. Τα Εξάρχεια είναι συνοικία του Δήμου Αθηναίων και ανήκει στο 1<sup>ο</sup> Διαμέρισμα του δήμου. Οριοθετείται από τις οδούς Σόλωνος, Ιπποκράτους, Πατησίων και Αλεξάνδρας, ενώ ανατολικά συνορεύει με το Κολωνάκι. Επίσης συνορεύει, αν και δεν διαχωρίζεται πλήρως, με τις περιοχές του Μουσείου και της Νεάπολης.<sup>20</sup>

Η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού του λεκανοπεδίου την τελευταία εκατονταετία είχε ως αποτέλεσμα την συνεχή άναρχη επέκταση του αστικού ιστού και την ανάμειξη λειτουργιών στον ίδιο χώρο. Το φαινόμενο αυτό εντοπίζεται σε όλες της συνοικίες του Δήμου Αθηναίων, όπως είναι και η περιοχή αναφοράς, τα Εξάρχεια. Παράλληλα έντονη ήταν η υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος. Οι ανθρώπινες επεμβάσεις στο φυσικό τοπίο σε συνδυασμό με τις φυσικές παραμέτρους (τοπογραφία, κλίμα, υδρογραφία) συνέβαλαν στην ένταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

### 4.2 Στοιχεία Γεωμορφολογίας

Η Αθήνα είναι απλωμένη στην κεντρική πεδιάδα της Αττικής (λεκανοπέδιο) η οποία περιβάλλεται από το βουνό Αιγάλεω στα δυτικά, το όρος της Πάρνηθας στα βόρεια, την Πεντέλη στα βορειανατολικά, το όρος Υμηττό στα ανατολικά και τον Σαρωνικό κόλπο στα νοτιοδυτικά. Το έδαφος του λεκανοπεδίου είναι πετρώδες και όχι και τόσο εύφορο (Αθηναϊκός σχιστόλιθος, ασβεστολιθικές μάζες στους λόφους).

Η γεωμορφολογία και τοπογραφία των ορεινών όγκων και κυρίως της Πάρνηθας, αλλά και ο βαθμός δασοκάλυψης τους, έχουν τεράστια σημασία για τις παραμέτρους του κλίματος του λεκανοπεδίου και επομένως για την ατμοσφαιρική ρύπανση και την ποιότητα ζωής των κατοίκων του. Η παρουσία ορεινών όγκων, σε συνδυασμό με την γειτνίαση με τη θάλασσα ευνοεί την ανάπτυξη τοπικών παλινδρομικών συστημάτων κυκλοφορίας του αέρα, γεγονός που δυσχεραίνει την

---

<sup>20</sup> <http://el.wikipedia.org/wiki/Εξάρχεια>

δυνατότητα καθαρισμού της ατμόσφαιρας, με τους μηχανισμούς διάχυσης και μεταφοράς.<sup>21</sup>

Η ύπαρξη πρασίνου μέσα στην πόλη σε οποιαδήποτε μορφή είναι ευεργετική τόσο στο μικροκλίμα όσο και στον αυτοκαθαρισμό της ατμόσφαιρας. Η βελτίωση του αστικού κλίματος επιτυγχάνεται με την επίδραση που έχουν τα φυτά στη μετρίαση της θερμοκρασίας, στην εξισορρόπηση της υγρασίας, στη βελτίωση του φωτεινού καθεστώτος, στη δέσμευση της σκόνης και των αέριων ρύπων και στη ρύθμιση της κυκλοφορίας του αέρα. Πράσινο στις πόλεις υπάρχει με τη μορφή αλσών, πλατειών, δεντροστοιχιών, δασυλλίων, πάρκων και λόφων. Πλησίον της περιοχής μελέτης συναντώνται σημαντικοί χώροι πρασίνου, οι οποίοι αποτελούν μία ανάσα στην πυκνή δόμηση του κέντρου της πόλης. Πρόκειται για το λόφο του Στρέφη, το λόφο του Λυκαβηττού, το Πεδίον του Άρεως, το μικρό άλσος του Αγίου Νικολάου. (Χάρτης χώρων πρασίνου)

Ο λόφος του Στρέφη (Εικόνα 4.1) αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της συνοικίας των Εξαρχείων. Συγκεκριμένα, περιβάλλεται από τις οδούς Εμμανουήλ Μπενάκη, Ανεξαρτησίας, Πουλχερίας και Ειρήνης Αθηναίας. Αποτελεί τον βασικό πνεύμονα πρασίνου της περιοχής των Εξαρχείων, παρά την μικρή του έκταση. Το παλαιότερο όνομα του ήταν Αγχεσμός και ανήκε στην οικογένεια Στρέφη από την οποία μετέπειτα ονομάστηκε και λόφος του Στρέφη, μετά τη δωρεά του στο δήμο Αθηναίων το 1963. Για αρκετά χρόνια κατά το 19<sup>ο</sup> και 20<sup>ο</sup> αιώνα λειτούργησε εκεί λατομείο, το οποίο όμως ανέστειλε τη λειτουργία του την δεκαετία του 1920, οπότε και άρχισε η δενδροφύτευση του λόφου. Αναπλάστηκε το 1985. Εκτείνεται σε 48 στρέμματα και έχει υψόμετρο 168 μέτρα. Κυρίαρχο στοιχείο της βλάστησης του είναι το πεύκο.<sup>22</sup>

Σήμερα η κατάσταση στην οποία έχει περιέλθει ο λόφος του Στρέφη είναι απογοητευτική. Είναι γεμάτος με σκουπίδια και μπάζα που πετούν οι διερχόμενοι, ενώ ο καθαρισμός του από τα συνεργεία του δήμου Αθηναίων είναι ανεπαρκής. Επίσης, τα δέντρα παραμένουν χωρίς φροντίδα, ενώ πολλά από αυτά έχουν κοπεί. Την συντήρηση του χώρου έχουν αναλάβει οι κάτοικοι της περιοχής, χωρίς ιδιαίτερη βοήθεια από το δήμο.

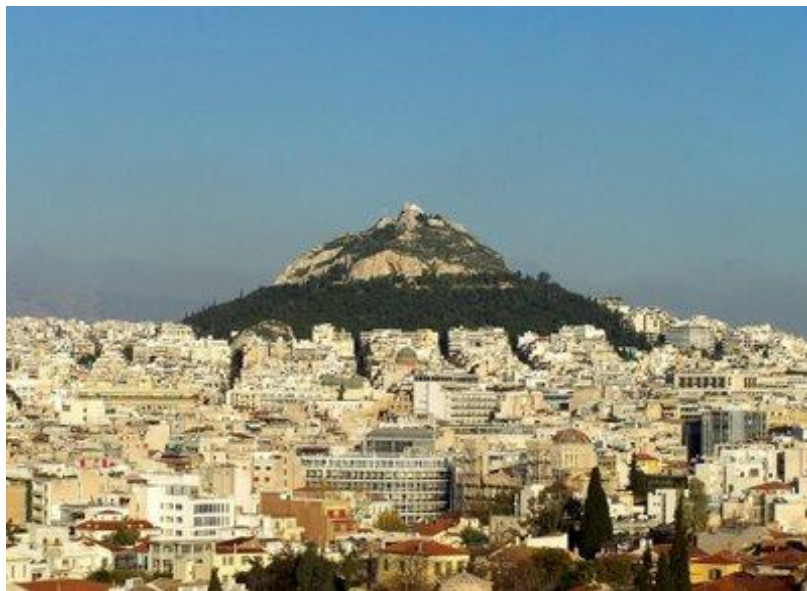
---

<sup>21</sup> <http://www.nagref.gr/journals/ethg/images/33/ethg33p4-8.pdf>

<sup>22</sup> <http://www.attiko-prasino.gr/default.aspx?tabid=1099&language>



**Εικόνα 4.1: Λόφος του Στρέφη** <sup>23</sup>



**Εικόνα 4.2: Λυκαβηττός** <sup>24</sup>

---

<sup>23</sup> <http://www.google.com/img=http://exarchia.pblogs.gr/files/123772>

<sup>24</sup> <http://www.google.com/imgres?imgurl=http://1.bp.blogspot.com>

Πλησίον της περιοχής αναφοράς εντοπίζεται και ο λόφος του Λυκαβηττού (Εικόνα 4.2), ο οποίος διαμορφώνει το όριο της Νεάπολης. Πρόκειται για τον ψηλότερο λόφο της πρωτεύουσας, καθώς έχει υψόμετρο 227 μέτρα. Ο λόφος είναι πευκόφυτος και αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους πνεύμονες πρασίνου στο κέντρο της Αθήνας.<sup>25</sup>

Το Πεδίον του Άρεως (Εικόνα 4.3), με έκταση 230 στρέμματα, αποτελεί τον μεγαλύτερο κήπο στο κέντρο της Αθήνας. Σχεδιάστηκε το 1934 με σκοπό να τιμηθούν οι ήρωες της Επανάστασης του 1821, για αυτό και είναι διακοσμημένο με τις προτομές των ηρώων κατά μήκος της κεντρικής οδού του πάρκου. Το Πεδίον του Άρεως χαρακτηρίζεται από καθαρά αστικό πράσινο με φυτά ελληνικής και μεσογειακής προέλευσης, κυρίως καλλωπιστικά. Περιλαμβάνει πάνω από 70 είδη δέντρων ενώ το 99% του συνόλου των φυτών είναι αυτοφυή.<sup>26</sup>



**Εικόνα 4.3: Πεδίον του Άρεως** <sup>27</sup>

Η παρουσία των χώρων αυτών πλησίον της περιοχής αναφοράς, εφόσον αυτοί αξιοποιηθούν σωστά και συντηρηθούν, μπορεί να οδηγήσει στη βελτίωση του μικροκλίματος της περιοχής, της κατάστασης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της

<sup>25</sup> <http://www.attiko-prasino.gr/Default.aspx?tabid=1112&language=el-GR>

<sup>26</sup> <http://www.attiko-prasino.gr/Default.aspx?tabid=106&language=el-GR>

<sup>27</sup> <http://www.google.com/imgres?imgurl=http://1.bp.blogspot.com>



αισθητικής της πόλης και καθιστώντας τα Εξάρχεια μία από τις λιγότερο επιβαρυσμένες περιοχές του κέντρου. Η βλάστηση δρα ως παράγοντας απορρύπανσης της ατμόσφαιρας. Για τον λόγο αυτό η ανάγκη δημιουργίας επιπλέον χώρων πρασίνου είναι επιτακτική, όπως και η προστασία των ήδη υπαρχόντων. Τροχοπέδη προς την κατεύθυνση αυτή αποτελεί η έλλειψη αδόμητων εκτάσεων, που θα μπορούσαν να διαμορφωθούν σε ελεύθερους χώρους πρασίνου.

#### 4.3 Κλιματολογικά στοιχεία

Το αττικό κλίμα είναι ξηρό και έχει ως αποτέλεσμα τα χαμηλά ποσοστά υγρασίας το καλοκαίρι, ενώ το χειμώνα συνηθίζονται οι βροχές. Τα ακόλουθα κλιματολογικά δεδομένα αναφέρονται στο μετεωρολογικό σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στην Αθήνα για το έτος 2010 (πίνακας 4.1 και πίνακας 4.2).

<b>ΑΘΗΝΑ</b>	<b>ΙΑΝ</b>	<b>ΦΕΒ</b>	<b>ΜΑΡ</b>	<b>ΑΠΡ</b>	<b>ΜΑΙ</b>	<b>ΙΟΥΝ</b>
Ατμοσφαιρική Πίεση (hPa)	1004,5	1003	1002,5	1000,5	1001	1000,4
Μέση θερμοκρασία (°C)	9,3	9,8	11,7	15,5	20,2	24,6
Μέση μέγιστη θερμοκρασία (°C)	12,9	13,6	16	20,3	25,3	29,8
Μέση ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	6,5	6,9	8,4	11,6	15,4	20,1
Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία (°C)	22,6	25,3	26,9	29,9	35,5	41,7
Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	-4,5	-4	-2	4,3	7,7	11,8
Μέση σχετική υγρασία (%)	72	71	68	62	58	52
Μέση βροχόπτωση (mm)	45	48	43	28	17	10
Μέσος αριθμός ημερών με βροχή μεγαλύτερη από 1 mm	5	6	6	4	2	1
Μέση ένταση ανέμου (m/s)	2,1	2,1	2	1,8	1,6	1,8

**Πίνακας 4.1:** Κλιματικά δεδομένα για την Αθήνα (Θησείο) για τους μήνες Ιανουάριος-Ιούνιος (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 2010)

<b>ΑΘΗΝΑ</b>	<b>ΙΟΥΛ</b>	<b>ΑΥΓ</b>	<b>ΣΕΠΤ</b>	<b>ΟΚΤ</b>	<b>ΝΟΕ</b>	<b>ΔΕΚ</b>
Ατμοσφαιρική Πίεση (hPa)	999,7	1000	1002,9	1005,2	1005,2	1004,2
Μέση θερμοκρασία (°C)	27	26,6	23,3	18,3	14,4	11,1
Μέση μέγιστη θερμοκρασία (°C)	32,6	32,3	28,9	23,1	18,6	14,7
Μέση ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	22,5	22,3	19,2	14,9	11,4	8,3
Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία (°C)	42,8	40,7	38,6	33,5	27,3	22,1
Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	16	16,1	11,8	5,9	0,9	-2,7
Μέση σχετική υγρασία (%)	48	49	56	66	73	73
Μέση βροχόπτωση (mm)	4	5	12	48	51	67
Μέσος αριθμός ημερών με βροχή μεγαλύτερη από 1 mm	1	1	1	4	5	7
Μέση ένταση ανέμου (m/s)	2,1	2,2	1,9	2	1,8	2

**Πίνακας 4.2:** Κλιματικά δεδομένα για την Αθήνα (Θησείο) για τους μήνες Ιούλιος-Δεκέμβριος (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 2010)

Ο πιο θερμός μήνας του χρόνου είναι ο Ιούλιος ενώ ο ψυχρότερος είναι ο Ιανουάριος. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία που σημειώθηκε για το 2010 είναι 32,6°C ενώ η μέση ελάχιστη είναι 9,3°C. Το μέσο ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος είναι 23,3°C. Ο ξηρότερος μήνας είναι ο Αύγουστος ενώ ο υγρότερος ο Δεκέμβριος. Πτώση χιονιού παρατηρείται σπάνια στο κέντρο της Αθήνας τους χειμερινούς μήνες.

Στο λεκανοπέδιο επικρατούν κυρίως οι Β, ΒΑ, ΒΔ και Α άνεμοι και η διάρκειά τους ανέρχεται στο 70% περίπου του συνολικού χρόνου. Το μεγάλο αυτό χρονικό διάστημα επικράτησης των ανέμων αυτών έχει ιδιαίτερη σημασία για το λεκανοπέδιο, αφού επηρεάζουν ανάλογα και τη θερμοκρασία αέρος του και απομακρύνουν ή αραιώνουν τους ρύπους που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα.

Η υψηλή ηλιοφάνεια και οι υψηλές θερμοκρασίες που παρατηρούνται στην Αθήνα, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες, είναι συνθήκες που ευνοούν ιδιαίτερα τη φωτοχημική ρύπανση. Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των επιπέδων ρύπανσης διαδραματίζει και η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου. Η χαμηλή ταχύτητα του ανέμου, που παρατηρείται στις ενδιάμεσες εποχές του έτους, αποτρέπει τη διασπορά των ρύπων.

Το λεκανοπέδιο της Αττικής λόγω της φυσικής του διάταξης έχει μία τάση προς καιρούς αναστροφής. Θερμοκρασιακή αναστροφή είναι το φαινόμενο κατά το οποίο η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται τοπικά με το ύψος, αντί να μειώνεται όπως συμβαίνει κανονικά. Η θερμοκρασιακή αναστροφή παίζει σημαντικό ρόλο στην ευστάθεια της ατμόσφαιρας καθώς και στη μεταφορά και διασπορά των ρύπων της ατμόσφαιρας. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι θερμοκρασιακής αναστροφής. Ένας τύπος είναι και αυτός που λαμβάνει χώρα τη νύχτα σε κοιλάδες, όταν κρύος αέρας ρέει από τις πλαγιές προς τον πυθμένα της κοιλάδας λόγω βαρύτητας.<sup>28</sup> Αυτός ο τύπος θερμοκρασιακής αναστροφής συναντάται και στην Αθήνα και έχει ιδιαίτερη σημασία για την εξέλιξη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Στην Αττική σχεδόν κάθε δεύτερη ημέρα του έτους παρατηρείται το πρωί θερμοκρασιακή αναστροφή. Η αναστροφή ιδίως τον χειμώνα ενδέχεται να μεταβληθεί ακόμα και σε σταθερό φαινόμενο, οπότε και παρατηρούνται εντονότερα φαινόμενα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, εξαιτίας και της κεντρικής θέρμανσης.<sup>29</sup> Η θετική γενική μετεωρολογική κατάσταση τον Αύγουστο, σε συνδυασμό με την απουσία πολλών κατοίκων και τον περιορισμένο αριθμό των τροχοφόρων, έχει ως επακόλουθο τον μήνα αυτό να παρατηρούνται κατά κανόνα ελάχιστες ημέρες με αυξημένες τιμές ρύπων. Στην Αθήνα το φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής είναι ιδιαίτερα αισθητό όταν επικρατούν νότιοι άνεμοι.

#### 4.4 Πολεοδομικός ιστός – Αρχιτεκτονική των κτιρίων

Η συνοικία μεταξύ Ζωοδόχου Πηγής και Θεμιστοκλέους, κτίστηκε αυθαίρετα το 1840 από κυκλαδίτες μάστορες και εργάτες οι οποίοι εργάζονταν στην ανοικοδόμηση της Αθήνας μετά την απελευθέρωση. Η πολεοδομική συγκρότηση της περιοχής χαρακτηρίστηκε από στενά και ακανόνιστα δρομάκια, τα οποία διατηρήθηκαν στην αρχική τους μορφή και μετά την ένταξη της περιοχής στο σχέδιο πόλεως του 1865.

Στο Π.Δ. για την έγκριση του Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου Δήμου Αθηναίων, το 1988, στο οποίο ονομάζονται οι συνοικίες της Αθήνας, αναφέρεται η ενότητα Μουσείο – Εξάρχεια – Νεάπολη, ορίζονται χρήσεις γης και περιγράφονται στοιχεία

---

<sup>28</sup> [http://el.wikipedia.org/wiki/Θερμοκρασιακή\\_αναστροφή](http://el.wikipedia.org/wiki/Θερμοκρασιακή_αναστροφή)

<sup>29</sup> <http://www.nagref.gr/journals/ethg/images/33/ethg33p4-8.pdf>

συγκρότησης του ιστού, κοινωνικού εξοπλισμού, καθώς και δημόσιων χώρων και πράσινου, με έμφαση στην προσέγγισή τους ως δικτύων απρόσκοπτης κίνησης πεζών.<sup>30</sup>

Αν και το κτιριακό απόθεμα αποτελείται στη πλειοψηφία του από κτίρια που κατασκευάστηκαν την περίοδο 1960-1980 εντούτοις περιλαμβάνει πολλά νεοκλασικά που έχουν αναπλαστεί και βρίσκονται κυρίως σε πεζόδρομους της πόλης. Στα Εξάρχεια σώζονται ακόμα όλα τα είδη του ελληνικού λαϊκού κλασικισμού σε μονώροφα ή διώροφα κτίρια κατοικίας, μονοκατοικίες ή διπλοκατοικίες που αντλούν από την επίσημη κλασικιστική αρχιτεκτονική, όσον αφορά στην αυστηρή διαμόρφωση της όψης στο δρόμο.

Στην εικοσαετία 1900-1919 και πολύ περισσότερο στην εικοσαετία 1920-1939 οικοδομούνται πολυώροφα κτίρια κατοικίας στην Αθήνα. Με τον Οικοδομικό Κανονισμό του 1929 και τη δυνατότητα σύστασης οριζόντιας ιδιοκτησίας κτίζονται στις κεντρικές περιοχές οι νέες πολυκατοικίες που απευθύνονται σε μεσαία και ανώτερα αστικά στρώματα.

Σήμερα η συνοικία των Εξαρχείων - Νεάπολης είναι μια πλούσια αρχιτεκτονικά και πολεοδομικά γειτονιά της Αθήνας, με έντονη κοινωνική και πολιτική ζωή. Χαρακτηρίζεται από τη διαφορετικότητα που υπάρχει στο προφίλ των επιμέρους γειτονιών της. Παρατηρείται επίσης μία πολυμορφία διαφορετικών τύπων κατοικίας στην περιοχή. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται τόσο στη σταδιακή διαμόρφωση του πολεοδομικού ιστού όσο και στην κοινωνική σύνθεση του πληθυσμού, που αποτελείται ταυτόχρονα από χαμηλά και μεσαία αστικά στρώματα, καθώς και ορισμένους επιφανείς ενοίκους. Στα Εξάρχεια και ευρύτερα τη Νεάπολη κατοικούν σήμερα πολλοί φοιτητές.

Η πυκνότητα του πληθυσμού στα Εξάρχεια είναι ελαφρώς χαμηλότερη από το μέσο όρο του κέντρου της πόλης, λόγω των χώρων πρασίνου αλλά και των παλαιών μονοκατοικιών, αλλά ακόμα και έτσι εξακολουθούν να είναι μία πυκνοκατοικημένη περιοχή.<sup>31</sup>

---

<sup>30</sup> <http://www.anoihtipoli.gr/arhra/eksarcheia-mia-polymorfi-geitonia>

<sup>31</sup> <http://www.cityofathens.gr>

#### 4.5 Χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης που συναντώνται είναι οικιστικές. Τα Εξάρχεια χαρακτηρίζονται ως περιοχή «γενικής κατοικίας» που σημαίνει συνύπαρξη της κατοικίας με χρήσεις συμβατές και μη οχλούσες, κυρίως εμπορίου, πολιτισμού και αναψυχής. (Χάρτης χρήσεων γης)

Στα Εξάρχεια συναντώνται δύο από τους ελάχιστους θερινούς κινηματογράφους της Αθήνας –το Βόξ και η Ριβιέρα– αρκετά θέατρα, πολλά βιβλιοπωλεία, εκδοτικοί οίκοι και τυπογραφεία καθώς και αρκετοί χώροι αναψυχής/διασκέδασης. Με όλη αυτή την αλληλεπίδραση χρήσεων και την παρουσία διαφορετικών κοινωνικών ομάδων, τα Εξάρχεια χαρακτηρίζονται από κοινωνικό, ηλικιακό, λειτουργικό και αρχιτεκτονικό πλούτο.

Για την περιοχή των Εξαρχείων/Νεάπολης έχει θεσμοθετηθεί ο καθορισμός ειδικών χρήσεων γης (ΦΕΚ 1075Δ/3.9.93) με σκοπό την αναχαίτιση των προβλημάτων αλλοίωσης και υποβάθμισης της περιοχής και ανάδειξης της ιστορικής - αρχιτεκτονικής φυσιογνωμίας της και την αποκατάσταση της ισορροπίας των χρήσεων με ιδιαίτερη έμφαση στην επιστροφή της κατοικίας και στο χαρακτηρισμό διατηρητέων κτιρίων. Ειδικότερα καθορίστηκαν:

- Ειδικές χρήσεις γης με επιβολή περιοχών αμιγούς κατοικίας, γενικής κατοικίας σε περιορισμένη κλίμακα κλπ. (ΦΕΚ 1075Δ/1.11.93) με απομάκρυνση οχλουσών χρήσεων
- Εξειδίκευση των όρων και περιορισμών δόμησης με μείωση των υψών.
- Κήρυξη κτιρίων (200) ως διατηρητέων (ΦΕΚ 311Δ/92 - 48 κτίρια), (ΦΕΚ 959Δ/93 - 18 κτίρια), (ΦΕΚ 150Δ/93 - 42 κτίρια), (ΦΕΚ 1196Δ/94 - 54 κτίρια).

Τέλος, μελετήθηκε η κυκλοφοριακή οργάνωση της περιοχής από την οποία προέκυψε ένα δίκτυο πεζοδρόμων το οποίο και θεσμοθετήθηκε (ΦΕΚ 833Δ/9.8.94).<sup>32</sup>

Όσον αφορά τη δημόσια φροντίδα για την πόλη και τις κοινωνικές λειτουργίες, τα Εξάρχεια έχουν τα ίδια προβλήματα με όλες σχεδόν τις υπόλοιπες γειτονίες της Αθήνας. Είναι γνωστά τα προβλήματα της ρύπανσης, της κυκλοφοριακής ασφυξίας, της ανεπάρκειας ελεύθερων και πράσινων δημόσιων χώρων καθώς και

---

<sup>32</sup> <http://www.minenv.gr/4/41/4103/g410317.html>

δημόσιων χώρων υγιεινής, της έλλειψης έργων ανάδειξης του Λόφου του Στρέφη, της αδιαφορίας τού Δήμου για την καθαριότητα και την ευπρέπεια της περιοχής.

#### 4.6 Κυκλοφορία-Μεταφορές

Τα Εξάρχεια όπως κάθε συνοικία του δήμου Αθηναίων αντιμετωπίζουν τα κυκλοφοριακά προβλήματα που εμφανίζονται σε όλο το κέντρο της πόλης. Τα προβλήματα αυτά αφορούν την κυκλοφοριακή συμφόρηση, την έλλειψη χώρων στάθμευσης και την δυσκολία στις μετακινήσεις πεζών και ποδηλάτων. Οι επιπτώσεις των προβλημάτων αυτών έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα που αναπνέουν οι κάτοικοι της περιοχής.

Συγκεκριμένα, η περιοχή των Εξαρχείων βρίσκεται ανάμεσα σε πρωτεύουσες οδικές αρτηρίες, όπως η Λεωφόρος Αλεξάνδρας και η Πατησίων και τη διασχίζουν δευτερεύουσες οδικές αρτηρίες, όπως η Χαριλάου Τρικούπη και η Ιπποκράτους. Το οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης, όπως και του δήμου Αθηναίων γενικότερα, αποτελείται στην πλειοψηφία του από οδούς μονής κατεύθυνσης. Το μεγαλύτερο ποσοστό των μονοδρόμων έχει μία λωρίδα κυκλοφορίας. Το φαινόμενο της παρόδιας στάθμευσης που παρατηρείται μειώνει ακόμη περισσότερο τη διαθέσιμη χωρητικότητα των οδών, δεδομένου ότι σε οδούς με μία λωρίδα κυκλοφορίας δεν υπάρχει δυνατότητα προσπέρασης και η κυκλοφορία καθυστερεί λόγω στάσεων λεωφορείων ή ελιγμών στάθμευσης.

Οι πρωτεύοντες και δευτερεύοντες οδικοί άξονες εξυπηρετούν καθημερινά μεγάλο αριθμό οχημάτων. Σύμφωνα με στοιχεία του Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας της Τροχαίας Αθηνών οι αιχμές της κυκλοφορίας στην Αθήνα παρατηρούνται στο χρονικό διάστημα 7:00-9:00 και 14:00-16:00.<sup>33</sup> Ωστόσο, η περιοχή μελέτης ανήκει στην περιοχή του δακτυλίου όπου η κυκλοφορία διατηρείται σε υψηλά επίπεδα από τις 8:00 έως τις 21:00 χωρίς σαφείς αιχμές, χαρακτηριστικό γνώρισμα μίας κυκλοφορικά κορεσμένης περιοχής.

Ο τομέας των μεταφορών αποτελεί τη βασική πηγή εκπομπών πρωτογενών ατμοσφαιρικών ρύπων. Η κυκλοφορία επιβαρύνει την ατμόσφαιρα κυρίως με διοξείδιο του άνθρακα και μονοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub> και CO) καθώς και με τον καπνό (TSP). Ανάμεσα στους οδικούς άξονες της Αθήνας με τις υψηλότερες τιμές εκπομπής διοξειδίου και μονοξειδίου του άνθρακα είναι η Λ. Κηφισού, η Λ.

---

<sup>33</sup> <http://www.cityofathens.gr>

Κηφισίας, η Λ. Μεσογείων, η Λ. Αλεξάνδρας, η Λ. Βασ. Σοφίας, σύμφωνα με στοιχεία που προκύπτουν από μετρήσεις του ΥΠΕΚΑ.

#### 4.7 Η Κατάσταση της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης στην Αθήνα

Η ατμοσφαιρική ρύπανση του λεκανοπεδίου αποτελεί ένα από τα σοβαρότερα περιβαλλοντικά του προβλήματα. Η κατάσταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Αθήνα δεν διαφέρει ιδιαίτερα από περιοχή σε περιοχή λόγω της κλειστής τοπογραφίας του Λεκανοπεδίου. Το κέντρο και τα προάστια είναι εξίσου επιβαρυμένα, με ίδιους ή διαφορετικούς ρύπους, ανάλογα με τις συνθήκες και το μικροκλίμα τους. Στο κέντρο της Αθήνας παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και διοξειδίου του αζώτου (NO<sub>2</sub>) ενώ στα προάστια παρατηρούνται αυξημένες οι τιμές του όζοντος (O<sub>3</sub>), όπως καταγράφεται στις εκθέσεις του ΥΠΕΚΑ για την ατμοσφαιρική ρύπανση τα τελευταία χρόνια.

Η Αθήνα καταλαμβάνει την τρίτη χειρότερη θέση από πλευράς ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε σύνολο 25 ευρωπαϊκών μεγαλουπόλεων, όπως προκύπτει από τα στοιχεία του τριετούς διευρωπαϊκού προγράμματος για τις επιπτώσεις στην υγεία των Ευρωπαίων των αιωρούμενων μικροσωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Σύμφωνα με την έρευνα αυτή, ο άνω των 30 χρόνων Αθηναίος θα μπορούσε να ζήσει σχεδόν 13 μήνες περισσότερο, αν η μακρόχρονη έκθεση του στην ατμοσφαιρική ρύπανση μειωνόταν στα 10 μg/m<sup>3</sup>, όπως συνιστά ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας.

Τα επεισόδια ρύπανσης που παρατηρούνται στο κέντρο της Αθήνας πολλές φορές δεν προκαλούνται από μεταβολές στις εκπομπές των ρύπων, αλλά από δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες, οι οποίες περιορίζουν τη διάχυση των ρύπων στην ατμόσφαιρα. Το φαινόμενο αυτό σε συνδυασμό με την ιδιαίτερη τοπογραφία της πόλης επιτείνουν το πρόβλημα.

Έχει παρατηρηθεί ότι μεγάλες τιμές ρύπανσης παρουσιάζονται με διευθύνσεις ανέμου του νοτίου και δυτικού τομέα, με ταχύτητα ανέμου μικρότερη από 5 m/s και όταν επικρατούν συνθήκες θερμοκρασιακής αναστροφής. Αντίθετα, οι μικρότερες τιμές ρύπανσης για όλους τους ρύπους παρατηρούνται με ανέμους του βορειοανατολικού τομέα. Αυτό αποδίδεται:

- στην τοπογραφία της περιοχής που δυσχεραίνει τη διάχυση των αερίων μαζών λόγω της ύπαρξης ορεινών όγκων, εκτός από την περίπτωση των βορείων-βορειοανατολικών ανέμων.
- στη μεγαλύτερη μέση ταχύτητα των ανέμων του βόρειου τομέα.
- στους ανέμους του νότιου τομέα, που ευνοούν σε πολλές περιπτώσεις την ανάπτυξη θερμοκρασιακών αναστροφών λόγω μεταφοράς θερμών αερίων μαζών. (Έκθεση ΥΠΕΚΑ για την ατμοσφαιρική ρύπανση, 2010)

Η ατμοσφαιρική ρύπανση παρακολουθείται βάσει της συγκέντρωσης συγκεκριμένων ρύπων. Στο νομό Αττικής λειτουργούν δεκαπέντε σταθμοί μέτρησης των συγκεντρώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων, οι τέσσερις από τους οποίους βρίσκονται στο δήμο Αθηναίων. Την ευθύνη για τη λειτουργία τους έχει το Τμήμα Ποιότητας της Ατμόσφαιρας και συγκεκριμένα η Διεύθυνση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου (ΕΑΡΘ) του ΥΠΕΚΑ. Οι ρύποι που βρίσκονται υπό παρακολούθηση είναι το μονοξείδιο του άνθρακα, το όζον, το μονοξείδιο και το διοξείδιο του αζώτου, το διοξείδιο του θείου, τα αιωρούμενα σωματίδια και το βενζόλιο.

Με βάση τις διαχρονικές μετρήσεις του ΥΠΕΚΑ μπορεί να εκτιμηθεί η κατάσταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Αθήνα. Οι συγκεντρώσεις  $SO_2$ , Pb και CO κινούνται σε επίπεδα αρκετά χαμηλότερα των οριακών τιμών, ενώ οι συγκεντρώσεις βενζολίου, παρότι δεν υπερβαίνουν την ενδεικτική τιμή, κινούνται σε επίπεδα που προϊδεάζουν για υπερβάσεις των νέων οριακών τιμών που θα ισχύσουν από το έτος 2010. Στις συγκεντρώσεις  $O_3$  καταγράφονται υπερβάσεις του ορίου ενημέρωσης και συναγερμού, κατά κύριο λόγο στα προάστια. Στις συγκεντρώσεις  $NO_2$  παρουσιάζονται υπερβάσεις της ενδεικτικής μέσης ετήσιας τιμής και, εάν δεν μειωθούν οι συγκεντρώσεις, αναμένεται υπέρβαση και των ορίων του 2010. Τα αιωρούμενα σωματίδια με μέση αεροδυναμική διάμετρο έως  $10 \mu m$  ( $PM_{10}$ ) παρουσιάζουν υπερβάσεις των ορίων της νέας Οδηγίας στην πλειονότητα των σημείων μέτρησης.

Ως προς τις διαχρονικές τάσεις στην εξέλιξη της ποιότητας του αέρα, διαφαίνονται αργά αλλά σταθερά βήματα βελτίωσης. Παρά τις αυξομειώσεις των μέσων ετήσιων τιμών ρύπανσης στις διάφορες θέσεις, η εξέλιξη είναι γενικά πτωτική ή παρουσιάζει τάση σταθεροποίησης, ανάλογα με τον ρύπο. Η εξέλιξη αυτή μπορεί να αποδοθεί μεταξύ άλλων και στη λειτουργία των μέσων σταθερής τροχιάς αλλά και την διευκόλυνση της κυκλοφορίας των μέσων μαζικής μεταφοράς.



Για τα Εξάρχεια η ατμοσφαιρική ρύπανση κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, με πιο πολλές όμως υπερβάσεις στις μετρήσεις για το διοξείδιο του αζώτου. Τα οξειδία του αζώτου προέρχονται από καύσιμα αυτοκινήτων, κεντρικές θερμάνσεις, βιομηχανίες. Οι πηγές αυτές εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης. Τα Εξάρχεια είναι μια πυκνοκτισμένη περιοχή κατοικίας της Αθήνας, μια γειτονιά με ψηλά κτίρια και πολλούς κατοίκους. Ταυτόχρονα, αποτελούν κομμάτι του κέντρου της πόλης, γεγονός που συνεπάγεται τη συγκέντρωση δραστηριοτήτων που προσελκύουν μια πληθώρα επισκεπτών όλες τις μέρες και ώρες. Η ύπαρξη μεγάλων οδικών αρτηριών στην ευρύτερη περιοχή των Εξαρχείων διευκολύνει την πρόσβαση των πολιτών αλλά επιδεινώνει το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### 5.1 Παρουσίαση και Ανάλυση Πρωτογενών Δεδομένων Μετρήσεων

Η έναρξη της λειτουργίας του σταθμού AQM60 πραγματοποιήθηκε στις 11 Ιουνίου 2010. Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων O<sub>3</sub>, CO και NO<sub>2</sub> που καταγράφηκαν για το διάστημα 12/06/2010 μέχρι 31/05/2011. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια του 24ωρου και τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέχρι το Δεκέμβριο με χρονικό βήμα 10 λεπτών και στη συνέχεια 30 λεπτών. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες περιόδους για τις οποίες δεν υπάρχουν δεδομένα λόγω προβλημάτων στη λειτουργία του οργάνου. Τα συμπεράσματα που θα προκύψουν προέρχονται από τις μετρήσεις/παρατηρήσεις που θεωρούνται αξιόπιστες. Στον πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τα χρονικά διαστήματα ορθής λειτουργίας του κάθε αισθητήρα καταγραφής για τον αντίστοιχο ρύπο, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα στην περιοχή μελέτης, τα Εξάρχεια.

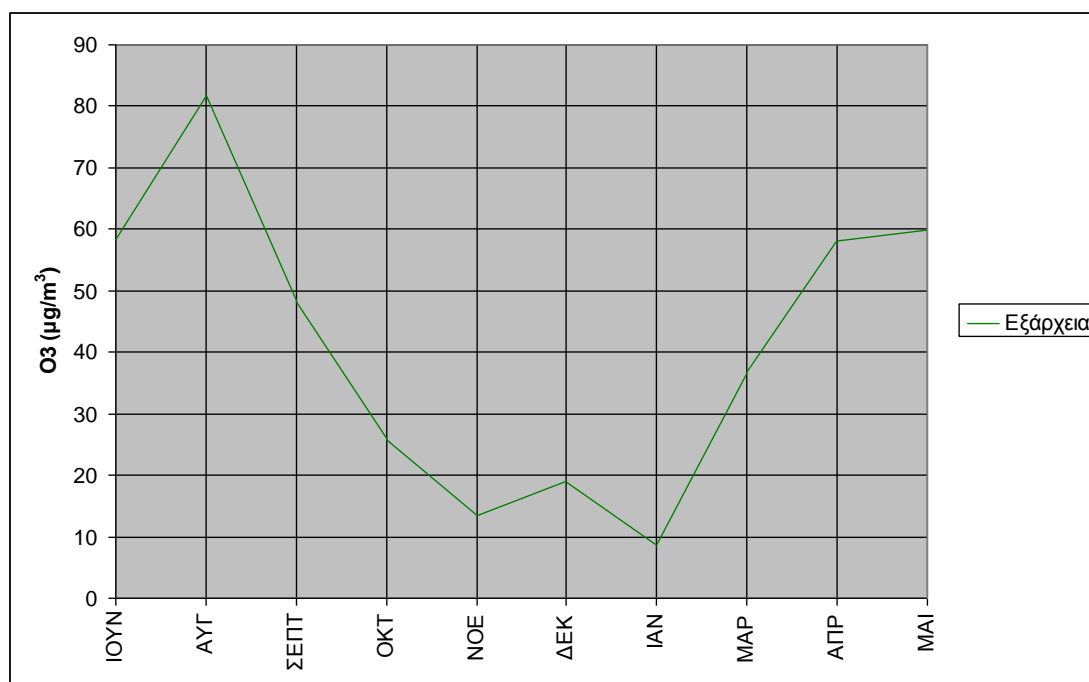
Αισθητήρες αερίων ρύπων	Περίοδος ορθής λειτουργίας	
Αισθητήρας O <sub>3</sub>	12-24 Ιουνίου	24-31 Δεκεμβρίου
	7-31 Αυγούστου	1-18 Ιανουαρίου
	Σεπτέμβριος	Μάρτιος
	Οκτώβριος	Απρίλιος
	1-28 Νοεμβρίου	Μάιος
Αισθητήρας CO	12-24 Ιουνίου	Δεκέμβριος
	Αύγουστος	1-24 Ιανουαρίου
	Σεπτέμβριος	18-28 Φεβρουαρίου
	Οκτώβριος	Μάρτιος
	Νοέμβριος	Απρίλιος και Μάιος
Αισθητήρας NO <sub>2</sub>	12-24 Ιουνίου	24 Ιουλίου - 6 Αυγούστου

**Πίνακας 5.1:** Χρονικά διαστήματα μετρήσεων

Αναλυτικά τα αποτελέσματα των συνεχών μετρήσεων παρουσιάζονται στο ηλεκτρονικό παράρτημα. Τα διαγράμματα στα οποία φαίνεται η μηνιαία διακύμανση των τιμών για κάθε ρύπο παρατίθενται στο παράρτημα Π1.

### 5.1.1 Μηνιαία μεταβολή των τιμών για τους μετρούμενους ρύπους

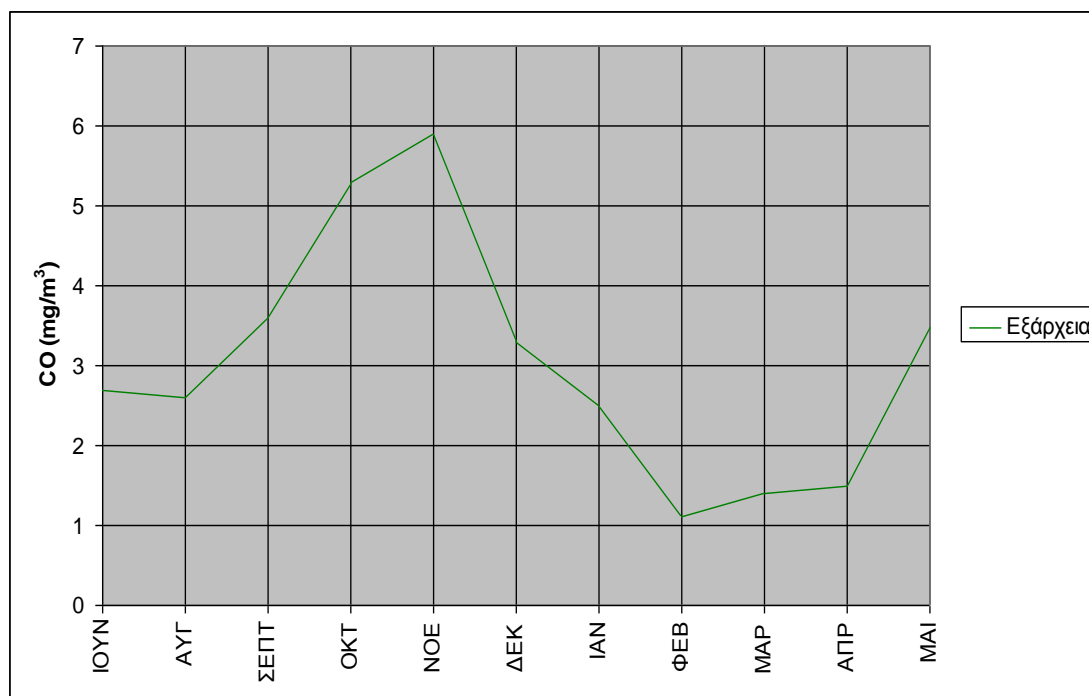
Στα επόμενα διαγράμματα 5.1 και 5.2, καθώς και στον πίνακα 5.2, παρουσιάζεται η μηνιαία μεταβολή των μέσων τιμών των μετρούμενων ρύπων, όπως προέκυψαν από την επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων.



**Διάγραμμα 5.1:** Μέσες μηνιαίες τιμές O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

Παρατηρώντας το διάγραμμα 5.1 διαπιστώνεται ότι η μεγαλύτερη τιμή O<sub>3</sub> εντοπίζεται τον Αύγουστο ενώ η μικρότερη τον Ιανουάριο. Γενικά, οι συγκεντρώσεις του O<sub>3</sub> στον ατμοσφαιρικό αέρα εμφανίζονται αυξημένες κατά τους θερινούς μήνες (Ιούνιο, Αύγουστο, Μάιο). Τους μήνες αυτούς επικρατούν συνθήκες οι οποίες ευνοούν την αύξηση των τιμών του συγκεκριμένου ρύπου, όπως η αυξημένη ηλιοφάνεια και οι αυξημένες θερμοκρασίες. Το O<sub>3</sub> χαρακτηρίζεται ως δευτερογενής ρύπος που σχηματίζεται από φωτοχημικές διεργασίες στις οποίες καθοριστικός παράγοντας είναι η ηλιοφάνεια. Τους χειμερινούς μήνες οι τιμές O<sub>3</sub> που κατέγραψε ο σταθμός είναι πολύ χαμηλότερες. Μία μικρή αύξηση που παρατηρείται για το μήνα Δεκέμβριο οφείλεται στο γεγονός

ότι η μέση τιμή του O<sub>3</sub> το μήνα αυτό προέκυψε από μετρήσεις διαστήματος μόλις οχτώ ημερών (24 Δεκεμβρίου έως τέλος του μήνα). Την περίοδο αυτή επικρατούσαν ιδιαίτερα καλές καιρικές συνθήκες με αρκετή ηλιοφάνεια και υψηλή θερμοκρασία.



**Διάγραμμα 5.2:** Μέσες μηνιαίες τιμές CO (mg/m<sup>3</sup>)

Το CO υπάρχει οπουδήποτε λαμβάνουν χώρα σημαντικές καύσεις. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του παρατηρούνται στον αέρα μέσα αλλά και γύρω από τους δρόμους της πόλης και τους αυτοκινητόδρομους, καθώς η κύρια πηγή εκπομπής CO είναι η ατελείς καύσεις που συντελούνται στις μηχανές των οχημάτων. Το σημείο εγκατάστασης του σταθμού βρίσκεται ανάμεσα σε σημαντικές οδικές αρτηρίες, οι οποίες εξυπηρετούν πλήθος πολιτών σε καθημερινή βάση. Επομένως είναι αναμενόμενες οι υψηλές τιμές που καταγράφονται. Η περιοχή μελέτης είναι μία περιοχή όπου η κύρια χρήση γης είναι η κατοικία. Επομένως, κατά τους μήνες λειτουργίας της η κεντρική θέρμανση συμβάλλει καθοριστικά στην αύξηση των εκπομπών CO στην ατμόσφαιρα. Η συμβολή της λειτουργίας τις κεντρικής θέρμανσης στην αύξηση των συγκεντρώσεων των ρύπων αποτυπώνεται ιδιαίτερα στις τιμές του CO για το μήνα Νοέμβριο, που είναι η περίοδος έναρξης της λειτουργίας της και πραγματοποιείται η συντήρηση των καυστήρων.

Σύμφωνα με το διάγραμμα 5.2 οι υψηλότερες τιμές CO για την περίοδο διεξαγωγής των μετρήσεων εντοπίζονται τους μήνες Σεπτέμβριος-Δεκέμβριος. Για το Νοέμβριο και το Δεκέμβριο το γεγονός αυτό αποδίδεται στο συνδυασμό της αυξημένης κυκλοφορίας των αυτοκινήτων και τις χειρότερες συνθήκες λειτουργίας των μηχανών με στην λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης. Αντίθετα, οι αυξημένες συγκεντρώσεις του CO για το Σεπτέμβριο και Οκτώβριο οφείλονται στις υψηλές τιμές που καταγράφηκαν από το σταθμό κάποιες μέρες των μηνών αυτών (τρεις μέρες για το Σεπτέμβριο και πέντε για τον Οκτώβριο). Οι τιμές του CO τις ημέρες αυτές πλησίαζαν ή ξεπερνούσαν τα  $20 \text{ mg/m}^3$ , που αποτελεί ιδιαίτερα υψηλή συγκέντρωση του συγκεκριμένου ρύπου στον αέρα με αρνητικές συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία. Η απότομη αυτή αύξηση των επιπέδων συγκέντρωσης οφείλεται είτε σε κάποιο τυχαίο γεγονός που έλαβε χώρα στην περιοχή είτε σε σφάλμα στη λειτουργία του οργάνου. Οι χαμηλές συγκεντρώσεις CO στον ατμοσφαιρικό αέρα της περιοχής που παρατηρούνται τον Φεβρουάριο οφείλονται πιθανά στις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούσαν στην Αθήνα την περίοδο αυτή και συγκεκριμένα στην ύπαρξη ανέμων. Η δράση των ανέμων είναι ευεργετική για τον καθαρισμό της ατμόσφαιρας καθώς απομακρύνουν τους ρύπους.

<b>Χρονικό διάστημα</b>	<b>Μέση μηνιαία τιμή</b>
12-24 Ιουνίου	82,7
24 Ιουλίου – 6 Αυγούστου	88,8

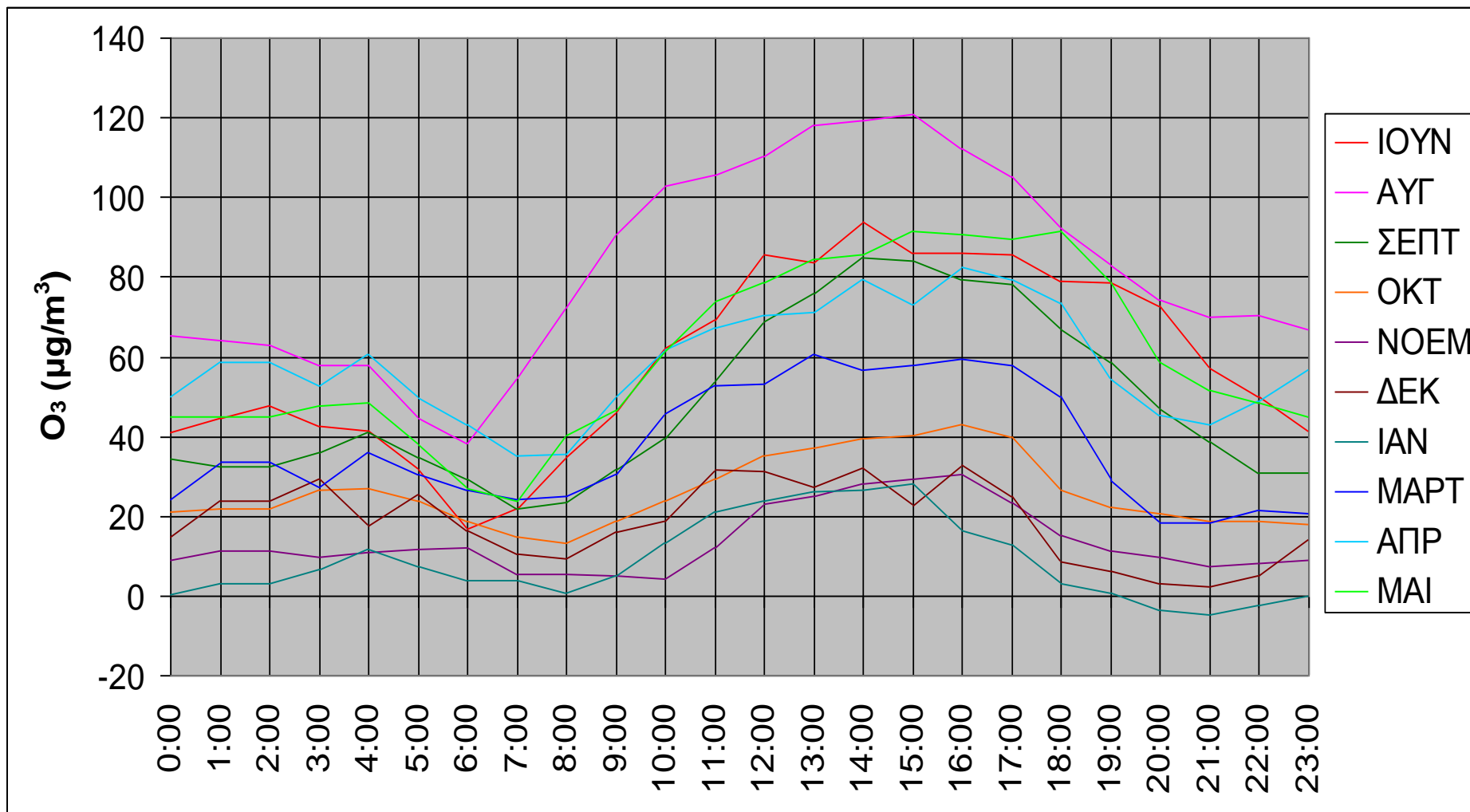
**Πίνακας 5.2:** Μέσες τιμές  $\text{NO}_2$  ( $\mu\text{g/m}^3$ ) ανά διάστημα ορθής λειτουργίας οργάνου

Η κύρια πηγή  $\text{NO}_2$  είναι η οξειδωση του μονοξειδίου του αζώτου, NO. Σχηματίζεται μέσω χημικών αντιδράσεων οι οποίες ενισχύονται με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας. Επομένως αυξημένες συγκεντρώσεις  $\text{NO}_2$  παρατηρούνται κατά την θερινή περίοδο αλλά και σε περιόδους αυξημένης κυκλοφορίας, οπότε και εκλύεται στην ατμόσφαιρα μεγάλη ποσότητα NO. Όταν οι συνθήκες αυτές συμπίπτουν χρονικά η συγκέντρωση  $\text{NO}_2$  στον αέρα μιας περιοχής φτάνει στις υψηλότερες τιμές της. Δεν είναι δεδομένο ότι αυτό συμβαίνει κάποια συγκεκριμένη περίοδο του έτους. Γενικά, για το  $\text{NO}_2$  δεν παρατηρείται σαφής μηνιαία διακύμανση των συγκεντρώσεων του. Οι μέσες μηνιαίες τιμές συγκέντρωσης για το διάστημα

διεξαγωγής των μετρήσεων θεωρούνται σχετικά υψηλές και οφείλονται κυρίως στην έντονη κυκλοφορία οχημάτων στην περιοχή μελέτης.

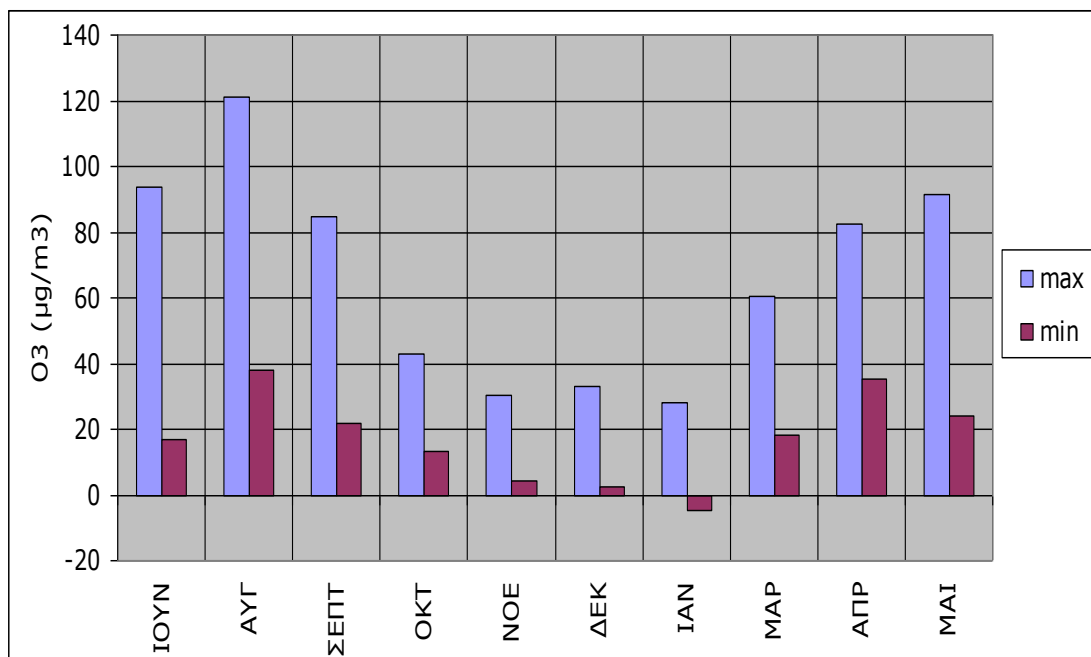
#### 5.1.2: Ωριαία μεταβολή των συγκεντρώσεων

Μετά την επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε η ωριαία διακύμανση των τιμών του  $O_3$  για κάθε μήνα, η οποία παρουσιάζεται στο ακόλουθο διάγραμμα 5.3. Από το διάγραμμα αυτό προκύπτει ότι οι μέσες τιμές του  $O_3$  ανά ώρα ακολουθούν την ίδια τάση όλους τους μήνες διεξαγωγής των μετρήσεων. Οι μέγιστες τιμές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους παρατηρούνται τις μεσημβρινές και μεταμεσημβρινές ώρες ενώ οι ελάχιστες τις νυχτερινές και τις πρώτες πρωινές ώρες. Οι συγκεντρώσεις του  $O_3$  μειώνονται από τους θερινούς προς τους χειμερινούς μήνες.

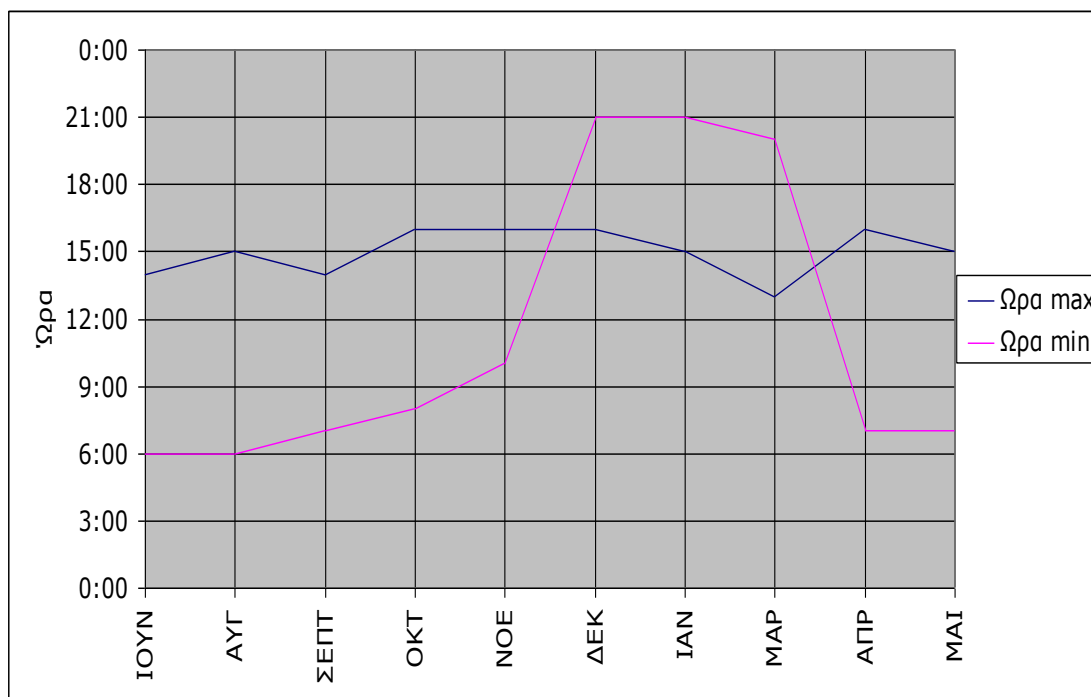


Διάγραμμα 5.3: Μέσες μηνιαίες τιμές O<sub>3</sub>(µg/m<sup>3</sup>) ανά ώρα

Με βάση την επεξεργασία των μετρήσεων στα διαγράμματα 5.4 και 5.5 παρουσιάζονται οι μέγιστες και ελάχιστες μέσες τιμές του O<sub>3</sub> ανά ώρα για κάθε μήνα καθώς και τα χρονικά διαστήματα της ημέρας στα οποία εμφανίζονται οι τιμές αυτές.



**Διάγραμμα 5.4:** Μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>) ανά ώρα

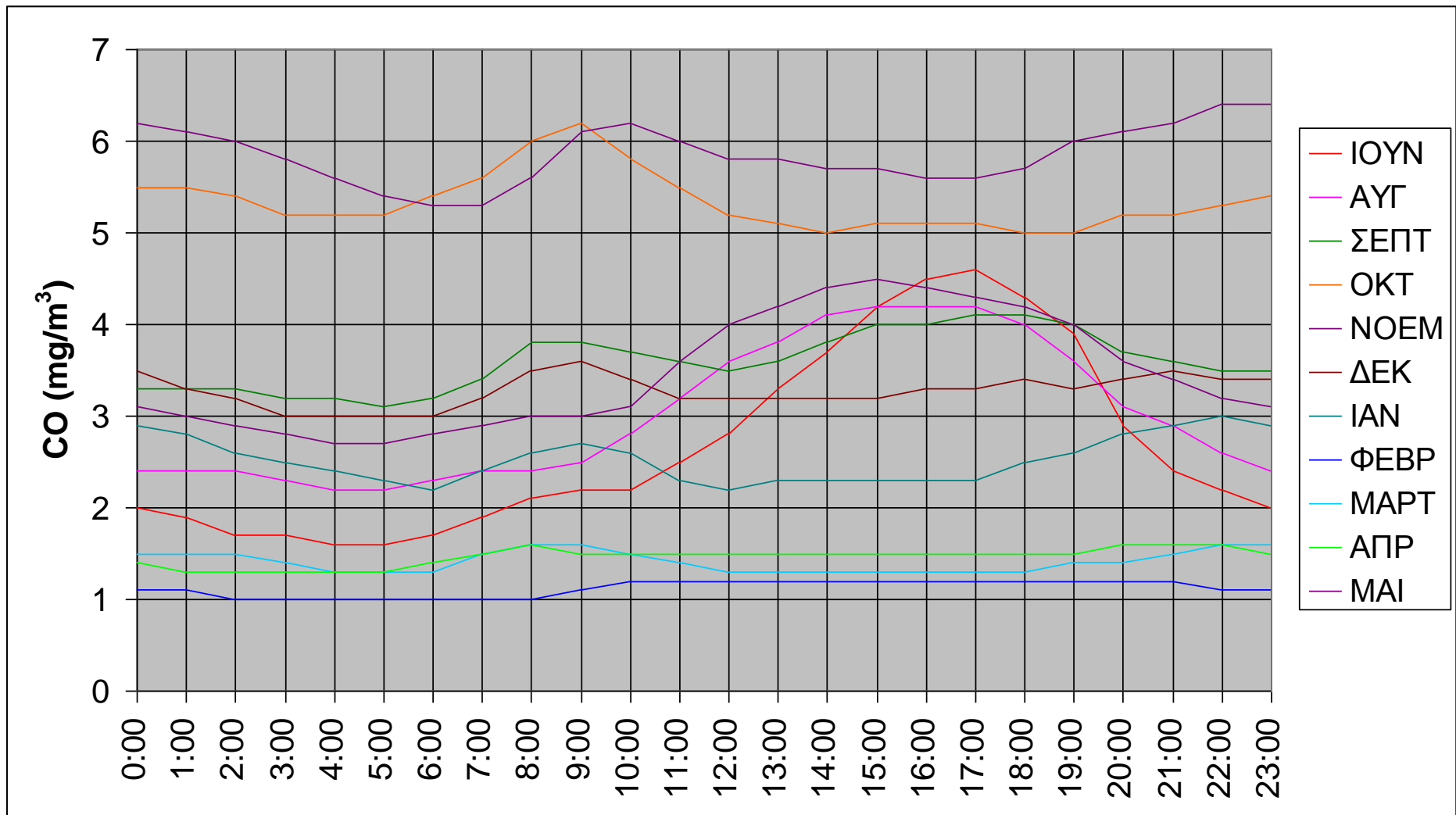


**Διάγραμμα 5.5:** Χρονική στιγμή εμφάνισης max/min τιμή O<sub>3</sub> ανά μήνα

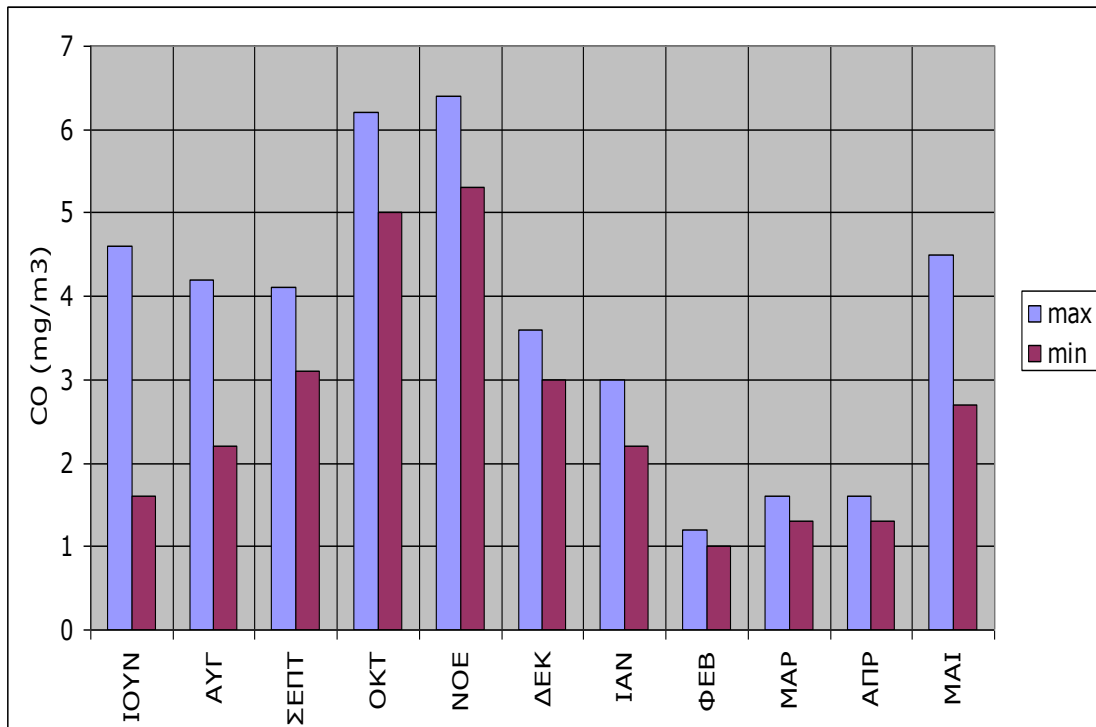


Από τα παραπάνω διαγράμματα 5.4 και 5.4. γίνεται φανερό ότι οι μεγαλύτερες τιμές για το  $O_3$  εντοπίζονται μέσα στο διάστημα 13:00 μέχρι 16:00 όλους τους μήνες του χρόνου. Ο συνδυασμός της αυξημένης ηλιοφάνειας τις ώρες αυτές με την αυξημένη κίνηση των αυτοκινήτων που εκπέμπουν τις πρόδρομες ενώσεις (οξειδία του αζώτου και πτητικές οργανικές ενώσεις) για το σχηματισμό του επιφέρουν την αύξηση της συγκέντρωσης στην ατμόσφαιρα αυτού του ρύπου. Μειωμένα επίπεδα  $O_3$  στην ατμόσφαιρα της περιοχής μελέτης παρατηρούνται είτε τις πολύ πρωινές ώρες 6:00-9:00 είτε τις βραδυνές 20:00-21:00, δηλαδή τις ώρες της ανατολής ή της δύσης του ηλίου. Οι αρνητικές τιμές που παρατηρούνται οφείλονται σε σφάλμα στο μηδενισμό του οργάνου. Οι τιμές αυτές είναι πολύ χαμηλές, κοντά στο 0.

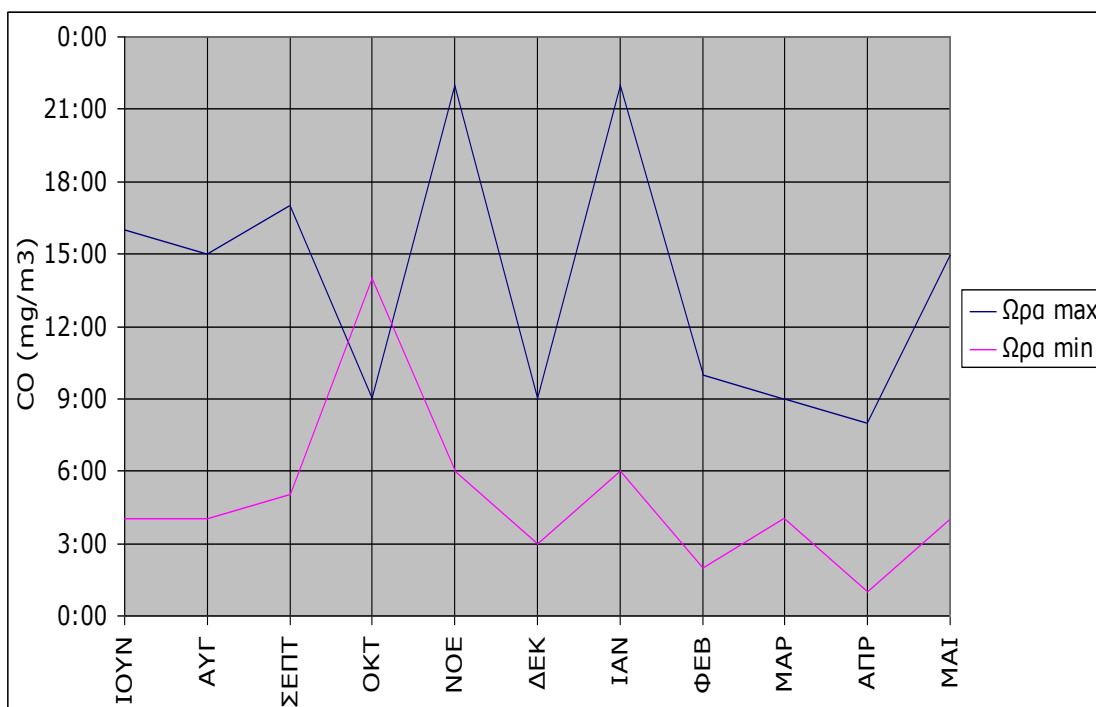
Στο διάγραμμα 5.6 παρουσιάζονται οι ωριαίες μεταβολές του CO για κάθε μήνα και στα αντίστοιχα διαγράμματα 5.7 και 5.8 οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές για κάθε μήνα καθώς και τα χρονικά διαστήματα της ημέρας στα οποία εμφανίζονται αυτές.



Διάγραμμα 5.6: Μέσες μηνιαίες τιμές CO ανά ώρα

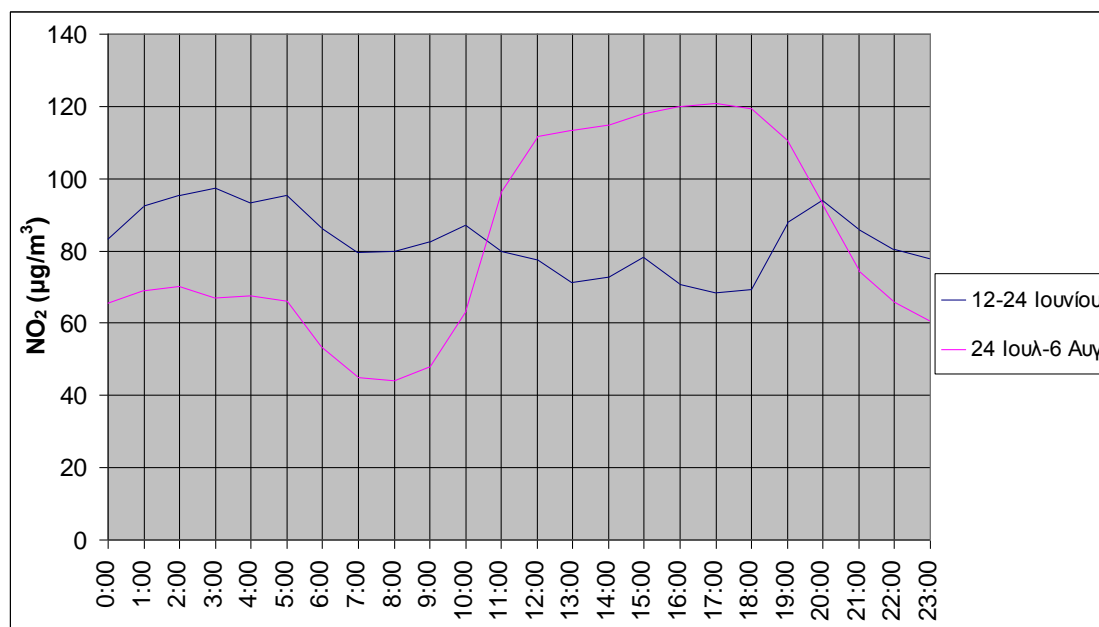


**Διάγραμμα 5.7:** Μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές CO (mg/m<sup>3</sup>)



**Διάγραμμα 5.8:** Χρονική στιγμή εμφάνισης max/min τιμή CO ανά μήνα

Από τα διαγράμματα προκύπτει ότι οι μεγαλύτερες τιμές για το CO παρουσιάζονται κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες τις πρωινές ώρες (8:00 έως 10:00) και τις βραδινές ώρες (21:00 – 23:00). Τα χρονικά αυτά διαστήματα συμπίπτουν με την κυκλοφοριακή αιχμή, με τη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης, ενώ συμβάλλουν σημαντικά και οι δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν και οι οποίες περιορίζουν σημαντικά την ικανότητα της ατμόσφαιρας να αραιώσει τους ρύπους. Τους καλοκαιρινούς μήνες οι μέγιστες τιμές εντοπίζονται τις μεταμεσημβρινές ώρες (15:00-16:00), χρονική περίοδο κατά την οποία συνδυάζονται οι αυξημένες εκπομπές CO από τα οχήματα που κυκλοφορούν στις μεγάλες οδικές αρτηρίες πλησίον της περιοχής μελέτης με τις μετεωρολογικές συνθήκες άπνοιας που επικρατούν. Οι μικρότερες τιμές εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της νύχτας, οπότε και οι εκπομπές CO από τις ανθρώπινες δραστηριότητες είναι περιορισμένες.



**Διάγραμμα 5.9:** Μέσες ωριαίες τιμές NO<sub>2</sub> ανά χρονική περίοδο ορθής λειτουργίας

Σύμφωνα με το διάγραμμα 5.9 παρατηρείται ότι δεν παρουσιάζεται σαφή ωριαία διακύμανση για τις τιμές του NO<sub>2</sub> για τον Ιούνιο. Οι συγκεντρώσεις του συγκεκριμένου ρύπου στον αέρα της περιοχής αναφοράς κινούνται στα ίδια επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας χωρίς να παρουσιάζονται μεγάλες μέγιστες ή ελάχιστες τιμές. Για τον Αύγουστο η κατάσταση είναι διαφορετική. Το εύρος των τιμών αυξάνει σημαντικά. Διαπιστώνετε μία απότομη αύξηση της συγκέντρωσης του NO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα από τις 11:00 μέχρι 20:00 περίπου. Πιθανά αυτό οφείλεται στις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν τις ώρες

εκείνες και συγκεκριμένα στην αυξημένη ηλιοφάνεια, η οποία ενισχύει τις χημικές αντιδράσεις σχηματισμού του NO<sub>2</sub>.

### 5.1.3 Θεσμοθετημένα όρια ατμοσφαιρικών ρύπων

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει οριακές τιμές συγκεντρώσεων οι οποίες δεν πρέπει να υπερβαίνονται. Το όριο ενημέρωσης για το O<sub>3</sub> είναι 180 μg/m<sup>3</sup> και η τιμή στόχος για την προστασία της ανθρώπινης υγείας είναι 120 μg/m<sup>3</sup>. Για το CO η μέγιστη ημερήσια 8ωρη τιμή δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 10 mg/m<sup>3</sup> ενώ για το NO<sub>2</sub> η μέση ωριαία τιμή την οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει η συγκέντρωση του ρύπου στον αέρα είναι τα 200 μg/m<sup>3</sup>.

Σε ότι αφορά τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή μελέτης η υπέρβαση της τιμής στόχου των 120 μg/m<sup>3</sup> για το O<sub>3</sub>, παρατηρήθηκε τον Αύγουστο τρεις φορές, στις 12/08, 13/08 και 25/08 και πάντα κατά τις μεταμεσημβρινές ώρες. Σημειώνεται ότι πρόκειται για τη μέση 8ωρη τιμή. Επίσης, υπέρβαση του ορίου ενημέρωσης (180 μg/m<sup>3</sup>) για το O<sub>3</sub> σημειώνεται μία μόνο μέρα τον Αύγουστο, και συγκεκριμένα στις 13/08 για διάρκεια μίας μόλις ώρας. Υψηλές συγκεντρώσεις παρατηρούνται αρκετές ημέρες του Αυγούστου, με τιμές που πλησιάζουν το όριο ενημέρωσης. Τους υπόλοιπους μήνες οι τιμές του O<sub>3</sub> είναι πολύ χαμηλότερες από τις οριακές τιμές.

Η τιμή του CO μετρήθηκε αρκετές φορές μεγαλύτερη του ορίου των 10μg/m<sup>3</sup> τους μήνες Σεπτέμβριο, Οκτώβριο και Νοέμβριο. Στον πίνακα 5.3 παρουσιάζεται ο αριθμός των ημερών για τους μήνες αυτούς καθώς και η διάρκεια υπέρβασης της οριακής τιμής.

<b>Μήνας</b>	<b>Αριθμός ημερών</b>	<b>Διάρκεια υπέρβασης (μέσες 8ωρες τιμές)</b>
Σεπτέμβριος	2	2 (8-ωρα)
Οκτώβριος	3	3 (8-ωρα)
Νοέμβριος	2	1 (8-ωρα)

**Πίνακας 5.3:** Αριθμός ημερών ανά μήνα που παρατηρείται υπέρβαση της οριακής τιμής για το CO και διάρκεια υπέρβασης

Κατά το μήνα Σεπτέμβριο και Οκτώβριο οι υπερβάσεις της οριακής τιμής ήταν πολύ μεγάλες. Υπερέβησαν κατά πολύ το όριο των 10 mg/m<sup>3</sup>. Συγκεκριμένα ξεπέρασαν

και τα  $20 \text{ mg/m}^3$ . Αυτό πιθανά οφείλεται σε κάποιο τυχαίο γεγονός που προκάλεσε απότομη αύξηση της συγκέντρωσης του συγκεκριμένου ρύπου στην περιοχή. Για τον Νοέμβριο οι υπερβάσεις ήταν πολύ μικρές, ούτε  $1 \text{ mg/m}^3$  πάνω από την οριακή τιμή. Οι τιμές του CO για το μήνα αυτό κυμαινόταν σταθερά σε υψηλά επίπεδα από τις 9/11 μέχρι το τέλος του μήνα. Το φαινόμενο αυτό ίσως σχετίζεται με την έναρξη της λειτουργίας των κεντρικών θερμάνσεων.

Για το NO<sub>2</sub> παρατηρήθηκε υπέρβαση της οριακής τιμής των  $200 \text{ μg/m}^3$  στις 22/6 για χρονικό διάστημα μίας ώρας.

Στο παράρτημα Π2 παρατίθενται τα διαγράμματα στα οποία φαίνεται η μηνιαία διακύμανση των τιμών για κάθε ρύπο σε σχέση με τα θεσμοθετημένα όρια συγκέντρωσης.

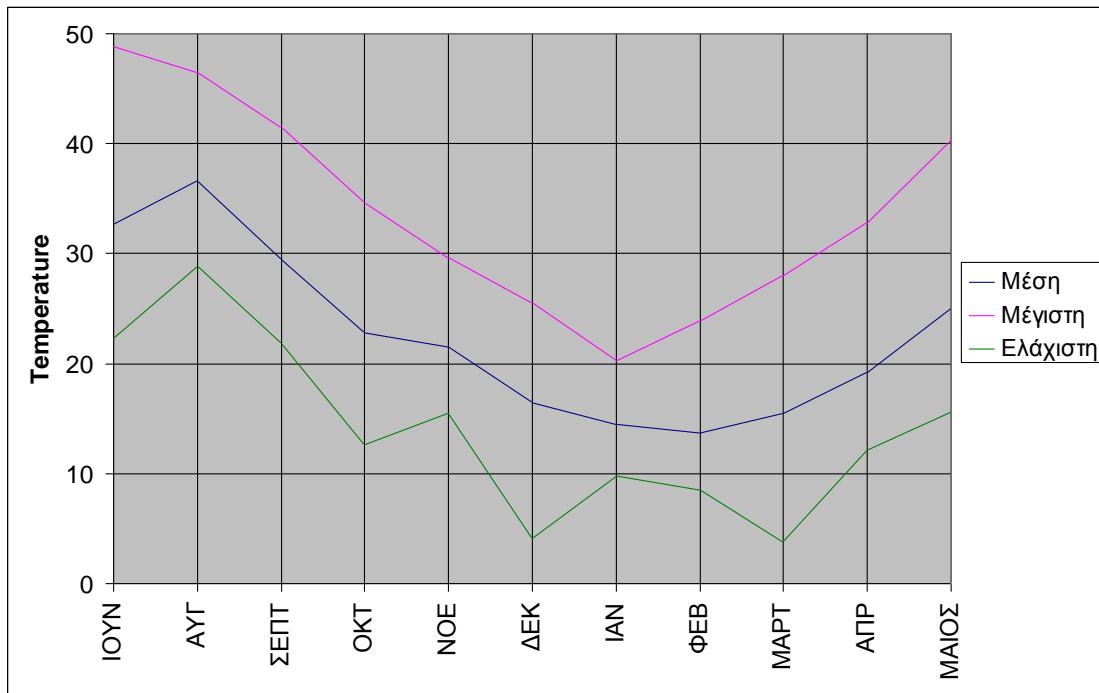
## 5.2 Συσχέτιση με μετεωρολογικούς-κλιματικούς παράγοντες

Οι μετεωρολογικοί παράμετροι που παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι:

- η διεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου,
- η ευστάθεια της ατμόσφαιρας,
- η ηλιοφάνεια,
- η βροχόπτωση,
- η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας,
- η θερμοκρασία (έμμεσα).

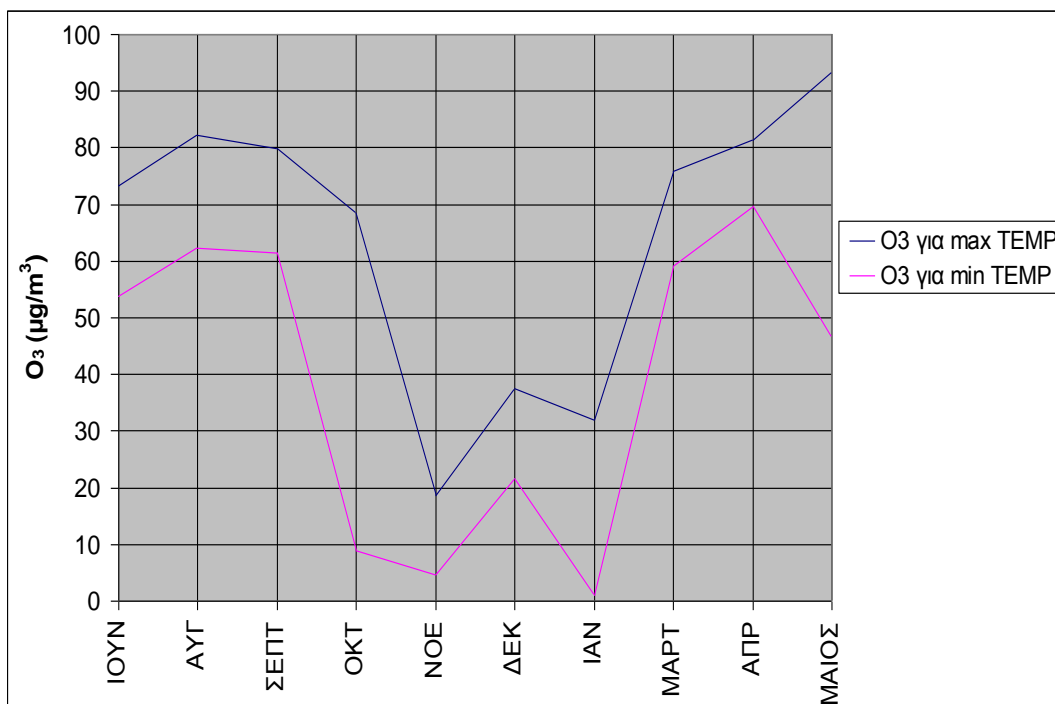
Ο σταθμός AQM 60 περιλαμβάνει αισθητήρα καταγραφής της θερμοκρασίας. Τα θερμοκρασιακά δεδομένα που συλλέχθηκαν από το σταθμό συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Παρατηρήθηκε μία διαφορά στη θερμοκρασία της τάξης των  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Οι υψηλές τιμές που καταγράφηκαν από το σταθμό οφείλονται στο γεγονός ότι είναι εγκατεστημένος σε εξωτερικό χώρο και δεν προστατεύεται πλήρως από την ηλιακή ακτινοβολία.

Στο διάγραμμα 5.10 παρουσιάζονται η μέση, η μέγιστη και η ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία όπως καταγράφηκε από το σταθμό. Οι τιμές της θερμοκρασίας όπως είναι αναμενόμενο παρουσιάζονται αυξημένες τους θερινούς μήνες ενώ μειώνονται κατά τους χειμερινούς.

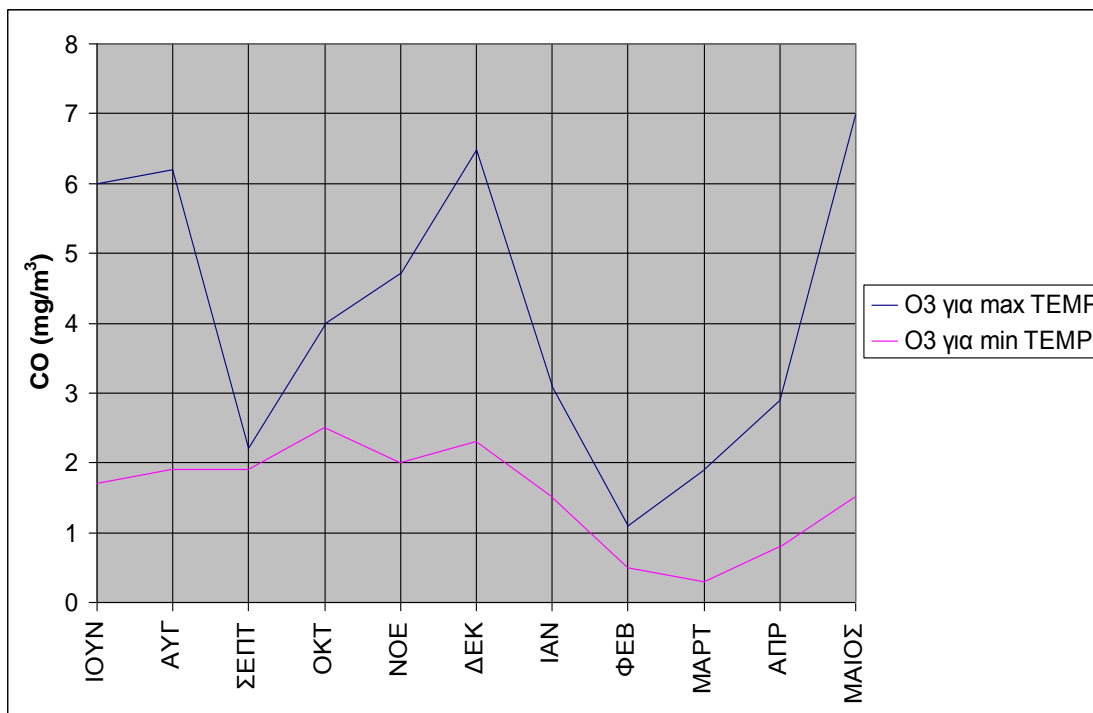


**Διάγραμμα 5.10:** Μέση, μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία σταθμού Εξαρχείων

Προκειμένου να υπάρχει μία εικόνα της επίδρασης της θερμοκρασίας στην συγκέντρωση των ρύπων στην ατμόσφαιρα παρατίθενται τα διαγράμματα 5.11 και 5.12, τα οποία δείχνουν τις τιμές του O<sub>3</sub> και του CO την ώρα που η θερμοκρασία του αέρα παίρνει τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές της.



**Διάγραμμα 5.11:** Τιμές O<sub>3</sub> για μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία ανά μήνα



**Διάγραμμα 5.12:** Τιμές CO για μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία ανά μήνα

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα διαγράμματα 5.8 και 5.9 η θερμοκρασία του αέρα επηρεάζει κυρίως τις τιμές του O<sub>3</sub>. Οι τιμές του συγκεκριμένου ρύπου ακολουθούν την πορεία της θερμοκρασίας. Αυξημένες συγκεντρώσεις O<sub>3</sub> παρατηρούνται κατά τους θερινούς μήνες και μειωμένες κατά τους χειμερινούς. Οι υψηλές θερμοκρασίες εμφανίζονται σε περιόδους έντονης ηλιοφάνειας. Η έντονη ηλιοφάνεια ευνοεί ιδιαίτερα την ανάπτυξη φωτοχημικής ρύπανσης. Ο σχηματισμός του O<sub>3</sub> εξαρτάται καθοριστικά από τη ροή της ηλιακής ακτινοβολίας. Η ηλιοφάνεια όμως δεν μπορεί να μετρηθεί άμεσα και εκφράζεται μέσω της θερμοκρασίας. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η θερμοκρασία επηρεάζει έμμεσα τη διακύμανση των τιμών του O<sub>3</sub>. Οι τιμές του CO δεν επηρεάζονται ιδιαίτερα από την θερμοκρασία καθώς το CO σχηματίζεται από την ατελή καύση του άνθρακα και οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του παρατηρούνται τις χρονικές περιόδους που υπάρχουν αυξημένες εκπομπές από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των επιπέδων ρύπανσης διαδραματίζει η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου. Στο πίνακα 5.4 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες ταχύτητες (m/s) και οι επικρατούσες διευθύνσεις του ανέμου για το διάστημα διεξαγωγής των μετρήσεων. Τα δεδομένα προέρχονται από μετρήσεις που διεξήγαγε το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.



<b>Μήνας</b>	<b>Μέση ταχύτητα ανέμου</b>	<b>Επικρατούσα διεύθυνση ανέμου</b>
Ιούνιος	2,7	NΔ
Ιούλιος	3,1	NΔ
Αύγουστος	3,1	NΔ
Σεπτέμβριος	2,8	BA
Οκτώβριος	2,8	BA
Νοέμβριος	3,1	NΔ
Δεκέμβριος	2,8	N
Ιανουάριος	2,5	BA
Φεβρουάριος	3,7	BA
Μάρτιος	3,7	BA
Απρίλιος	3,9	BA
Μάιος	3,2	NΔ

**Πίνακας 5.4:** Μέσες μηνιαίες ταχύτητες και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου

Την χρονική περίοδο Φεβρουάριος μέχρι Απρίλιος παρατηρούνται οι υψηλότερες τιμές μέσης ταχύτητας ανέμου. Πρόκειται για ανέμους βόρειου-βορειοανατολικού τομέα. Οι άνεμοι αυτοί διευκολύνουν την ανακύκλωση του αέρα στην περιοχή μελέτης που έχει ως αποτέλεσμα να καταγράφονται για την περίοδο αυτή μικρότερες τιμές ρύπων στην ατμόσφαιρα. Η χαμηλή ταχύτητα του ανέμου, που παρατηρείται για όλο το διάστημα διεξαγωγής των μετρήσεων, αποτρέπει τη διασπορά των ρύπων. Διασπορά ρύπων ονομάζεται η διαδικασία εξάπλωσης και μεταφοράς των ρύπων που εκπέμπονται από κάποια πηγή στην ατμόσφαιρα. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι όταν εκπέμπονται από την πηγή τους είναι κατά κανόνα θερμότεροι από τον περιβάλλοντα αέρα. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την αρχική ορμή που έχουν τα καυσαέρια, έχει ως αποτέλεσμα οι ρύποι να ανυψώνονται και κατόπιν να μεταφέρονται μακριά από την πηγή από το μέσο

άνεμο. Η οριζόντια μεταφορά των ρύπων αποτελεί τον πλέον σημαντικό μηχανισμό απομάκρυνσης και αραίωσης τους.<sup>34</sup>

### 5.3 Σύγκριση των δεδομένων με αντίστοιχα από σταθμούς του ΥΠΕΚΑ

Το Ελληνικό κράτος είναι υποχρεωμένο βάσει της εθνικής και κοινοτικής νομοθεσίας να παρακολουθεί την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Για το σκοπό αυτό έχει δημιουργηθεί το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ) με την εγκατάσταση και λειτουργία σταθμών σε όλη την επικράτεια. Το 2010 στην περιοχή της Αττικής λειτούργησαν 15 σταθμοί. Οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται υπό την εποπτεία του Τμήματος Ποιότητας Ατμόσφαιρας του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ). Από αυτούς επιλέχθηκαν οι σταθμοί στην οδό Αθηνάς και στη Λεωφόρο Πατησίων καθώς επίσης και ο σταθμός που βρίσκεται στο Μαρούσι για να γίνει μία συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων τους για την αντίστοιχη περίοδο με την περιοχή μελέτης. Οι μετρήσεις των ρύπων σε κάθε σταθμό είναι ωριαίες και τα αρχεία παρέχονται από τους σταθμούς αυτοματοποιημένα και είναι της μορφής txt files, τα οποία επεξεργάστηκαν ώστε να είναι συγκρίσιμα με τα δεδομένα των μετρήσεων από την περιοχή μελέτης. Τα συγκριτικά διαγράμματα των μετρήσεων στην περιοχή μελέτης με τις αντίστοιχες μετρήσεις στους άλλους σταθμούς παρατίθενται στο παράρτημα Π.3.

#### 5.3.1 Σύγκριση με μετρήσεις από σταθμούς στο κέντρο της Αθήνας

Αρχικά παρουσιάζεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων στην περιοχή μελέτης με αυτά των σταθμών του ΥΠΕΚΑ που βρίσκονται στο κέντρο της Αθήνας, δηλαδή με τους σταθμούς στις οδούς Αθηνάς και Πατησίων (Εικόνα 5.1). Οι περιοχές αυτές ανήκουν στο δήμο Αθηναίων και φαινομενικά παρουσιάζουν αρκετές ομοιότητες με τα Εξάρχεια. Πρόκειται για αστικές περιοχές, πυκνά δομημένες, με αυξημένη κίνηση και έντονα προβλήματα κυκλοφορίας οχημάτων. Ωστόσο, τα Εξάρχεια αποτελούν μία περιοχή όπου η επικρατούσα χρήση γης είναι η κατοικία σε αντίθεση με τις άλλες περιοχές όπου είναι κυρίως το εμπόριο. Επομένως, το είδος των δραστηριοτήτων που εντοπίζονται σε κάθε μία από αυτές διαφέρει. Τα Εξάρχεια αποτελούν κομβικό σημείο καθώς διασχίζονται από τους οδικούς άξονες

---

<sup>34</sup> [http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/DISPERSION\\_A.pdf](http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/DISPERSION_A.pdf)

που συνδέουν τα δύο τμήματα του κέντρου της Αθήνας. Διαφορές συνεπώς εμφανίζονται και στην ποιότητα της ατμόσφαιρας μεταξύ των περιοχών αυτών, η οποία εκφράζεται μέσω των συγκεντρώσεων των ρύπων στον αέρα. Οι διαφορές αυτές ποσοτικοποιούνται στην παρούσα μελέτη και παρουσιάζονται γραφικά.

Συγκεκριμένα, στους πίνακες 5.5 και 5.6 που ακολουθούν παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές καθώς και οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές των ρύπων για κάθε μήνα όπως αυτές καταγράφηκαν στους τρεις σταθμούς. Σημειώνεται ότι με έντονο χρώμα επισημαίνονται οι υπερβάσεις των θεσμοθετημένων ορίων για τη συγκέντρωση των συγκεκριμένων ρύπων στον ατμοσφαιρικό αέρα. Στο παράρτημα Π3 παρατίθενται τα μηνιαία διαγράμματα διακύμανσης των συγκεντρώσεων των ρύπων για τους τρεις σταθμούς.



**Εικόνα 5.1:** Θέσεις σταθμών στο κέντρο της Αθήνας

Μήνας	Μέση Τιμή O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> )			Μέγιστη Τιμή O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> )			Ελάχιστη Τιμή O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> )		
	Εξάρχεια	Αθηνάς	Πατησίων	Εξάρχεια	Αθηνάς	Πατησίων	Εξάρχεια	Αθηνάς	Πατησίων
Ιούνιος	58,3	42,4	18,6	140,8	136	107	-27,0	3	0
Αύγουστος	81,8	39,5	36,6	<b>190,5</b>	118	113	-9,8	3	1
Σεπτέμβριος	48,1	24,4	25	143,7	108	100	2,6	2	1
Οκτώβριος	25,8	17,6	19,3	106,7	79	100	2	2	1
Νοέμβριος	13,5	18,7	10	72,3	63	59	-16,1	1	2
Δεκέμβριος	19	17,6	11,6	76,1	64	50	-36	2	2
Ιανουάριος	8,6	8,6	8,5	65,8	58	60	-38,8	2	3
Μάρτιος	36,8	33	24,5	134	116	84	-22,5	2	1
Απρίλιος	58,1	46,1	40,9	137,1	122	103	-10,1	2	1
Μάιος	59,8	43,8	26,9	139,7	125	92	-17,9	1	1

Πίνακας 5.5: Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές O<sub>3</sub> για τους τρεις σταθμούς

Μήνας	Μέση Τιμή CO (mg/m <sup>3</sup> )			Μέγιστη Τιμή CO (mg/m <sup>3</sup> )			Ελάχιστη Τιμή CO (mg/m <sup>3</sup> )		
	Εξάρχεια	Αθηνάς	Πατησίων	Εξάρχεια	Αθηνάς	Πατησίων	Εξάρχεια	Αθηνάς	Πατησίων
Ιούνιος	2,7	1	1,7	8,6	4,7	6,7	0,8	0,2	0,1
Αύγουστος	2,6	1	1	9,1	3,9	3,9	0,5	0,3	0,1
Σεπτέμβριος	3,6	1,4	1,6	<b>21,8/4,9*</b>	4,5	5,1	0,6	0,3	0,2
Οκτώβριος	5,3	1,6	1,7	<b>24,3/ 9,7*</b>	5,8	8,1	1,4	0,3	0,1
Νοέμβριος	5,9	1,9	2,4	<b>12,4</b>	8,1	<b>11</b>	1,8	0,2	0,1
Δεκέμβριος	3,3	1,7	1,8	7,6	10	8,6	0,6	0,3	0,1
Ιανουάριος	2,5	2,2	2,2	6,4	6,7	6,8	0,3	0,4	0,1
Φεβρουάριος	1,1	1,2	0,9	1,8	8,4	<b>10,1</b>	0,3	0,3	0,1
Μάρτιος	1,4	1,4	1,5	3,7	5,6	5,3	0,1	0,3	0,1
Απρίλιος	1,5	1,1	1,1	3,7	4,3	5,4	0,8	0,2	0,2
Μάιος	3,5	1,1	1,4	8,5	3,4	4,1	0,5	0,3	0,1

Πίνακας 5.6: Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές CO για τους τρεις σταθμούς

\* Δεύτερη μέγιστη τιμή

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων από τους τρεις σταθμούς σε γενικές γραμμές ακολουθούν την ίδια τάση αλλά δεν ταυτίζονται πλήρως. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι διαφορές των μετρήσεων είναι αρκετά μεγάλες. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται είτε στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης του είτε σε κάποιο τυχαίο επεισόδιο. Η μορφολογία της περιοχής, το μικροκλίμα, οι κυκλοφοριακές συνθήκες πλησίον της θέσης εγκατάστασης των σταθμών, η δόμηση της περιοχής, η ίδια η θέση του σταθμού καθώς και το είδος των δραστηριοτήτων στην περιοχή μελέτης αποτελούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τα οποία επιφέρουν αποκλίσεις στις μετρήσεις. Ως τυχαίο επεισόδιο θεωρείται η διαφοροποίηση ενός εκ των ανωτέρω χαρακτηριστικών λόγω της ύπαρξης κάποιας σημειακής πηγής ρύπανσης, η οποία λαμβάνει χώρα συστηματικά ή τυχαία για ένα μικρό χρονικό διάστημα και αλλοιώνει τα χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας με αύξηση της συγκέντρωσης των ρύπων. Πιο συγκεκριμένα στα Εξάρχεια παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις και των δύο ρύπων σχεδόν σε όλο το διάστημα των μετρήσεων από τις αντίστοιχες των σταθμών του ΥΠΕΚΑ. Αυτό μπορεί να οφείλεται στα ακόλουθα:

- Το σημείο εγκατάστασης του οργάνου στα Εξάρχεια είναι σε εξωτερικό χώρο όχι πλήρως προστατευμένο από τα διάφορα μετεωρολογικά φαινόμενα. Οι σταθμοί του ΥΠΕΚΑ βρίσκονται σε κλειστούς αεριζόμενους χώρους. Επομένως η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία σε συνδυασμό με την αυξημένη θερμοκρασία κάτω από την οποία λειτουργεί το AQM60 αποτελούν σημαντικούς παράγοντες, οι οποίοι μπορεί να επηρεάζουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων δίνοντας αυξημένες τιμές για τους ρύπους. Επίσης, η λειτουργία των σταθμών του ΥΠΕΚΑ παρακολουθείται από καταρτισμένο προσωπικό, το οποίο είναι σε θέση να αντιμετωπίζει τα προκύπτοντα προβλήματα άμεσα και αποτελεσματικά, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η επίδραση τους στις τιμές των μετρούμενων ρύπων.
- Στα Εξάρχεια το όργανο είναι εγκατεστημένο στην κορυφή ενός διώροφου κτιρίου, το οποίο περιβάλλεται από ψηλότερα κτίρια. Αυτό προκαλεί εμπόδια στην κυκλοφορία των αέριων μαζών με αποτέλεσμα να μην υπάρχει σωστή ανακύκλωση του αέρα πάνω από την περιοχή (στασιμότητα). Οι ρύποι συσσωρεύονται στο σημείο αυτό και εγκλωβίζονται. Αυτός είναι ένας πιθανός λόγος για τον οποίο παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση σε σχέση με τους άλλους σταθμούς. Αυτό συνδυαζόμενο και με κλιματολογικές συνθήκες άπνοιας ή ασθενών ανέμων,

οι οποίες επικρατούν το μεγαλύτερο διάστημα του χρόνου στην Αθήνα, επιβαρύνει ακόμη περισσότερο την κατάσταση.

- Οι αυξημένες τιμές των ρύπων οφείλονται σε μεγάλο βαθμό και στη θέση του οργάνου, καθώς αυτό είναι εγκατεστημένο σε εξωτερικό τοίχο κτιρίου. Επίσης, το κτίριο στο οποίο είναι τοποθετημένος ο σταθμός βρίσκεται δίπλα σε συνεργείο αυτοκινήτων. Επομένως, οι τιμές του CO είναι πιθανό να είναι αυξημένες λόγω των εκπομπών από τα αυτοκίνητα τα οποία δεν κινούνται αλλά οι μηχανές τους τίθενται επαναλαμβανόμενα σε λειτουργία.
- Οι εκπομπές CO προέρχονται σε μεγάλο βαθμό από τη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης. Τα Εξάρχεια αποτελούν μία οικιστική περιοχή με πυκνή δόμηση. Άμεσο αποτέλεσμα είναι οι συγκεντρώσεις CO να είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες των άλλων περιοχών, οι οποίες δεν έχουν ως αποκλειστική χρήση γης την κατοικία. Το φαινόμενο αυτό δείχνει να είναι πιο έντονο τους μήνες Νοέμβριο έως Ιανουάριο για το διάστημα διεξαγωγής των μετρήσεων.
- Η κυκλοφορία των οχημάτων αποτελεί τη σημαντικότερη πηγή εκπομπής CO. Η Λεωφόρος Αλεξάνδρας αποτελεί έναν από τους οδικούς άξονες της πόλης των Αθηνών με τις υψηλότερες τιμές εκπομπών. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί συνδυασμό του κυκλοφοριακού φόρτου με τις ταχύτητες των οχημάτων. Οι ταχύτητες κυκλοφορίας των οχημάτων στη Λ. Αλεξάνδρας είναι πολύ μικρές ιδιαίτερα κατά τις ώρες αιχμής (8:00-10:00 και 14:00-16:00). Στις υψηλές συγκεντρώσεις CO στα Εξάρχεια συμβάλλει και η μεγάλη κυκλοφορία λεωφορείων που κινούνται με μικρές ταχύτητες, όπως επίσης και η παρουσία σημαντικών οδικών αξόνων με έντονη κυκλοφορία, όπως η οδός Χαριλάου Τρικούπη, Πατησίων και Ιπποκράτους.

### 5.3.2. Σύγκριση με μετρήσεις από σταθμό στα προάστια της Αθήνας

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση του Αμαρουσίου όσον αφορά την ποιότητα του αέρα του. Το Μαρούσι αποτελεί ένα σύγχρονο αστικό κέντρο των βορείων προαστίων. Θεωρείται μία σχετικά πυκνοκατοικημένη περιοχή και αποτελεί σημαντικό επιχειρηματικό κόμβο της Αττικής. Τα διοικητικά όρια του δήμου απλώνονται από τα Τουρκοβούνια μέχρι τις παρυφές του Πεντελικού στο Δάσος Συγγρού. Εντάσσεται γεωμορφολογικά στο ευρύτερο πεδίο ανάπτυξης του Κηφισού ποταμού μεταξύ της Πάρνηθας και του Πεντελικού όρους. Το Μαρούσι διχοτομεί κάθετα η Λεωφόρος Κηφισίας, ένας από τους μεγαλύτερους οδικούς άξονες της πόλης. Την Λεωφόρο Κηφισίας τέμνει οριζοντίως ο διερχόμενος αυτοκινητόδρομος της Αττικής Οδού στον Παράδεισο. Οι αυτοκινητόδρομοι αυτοί εξυπηρετούν μεγάλο αριθμό οχημάτων, καθώς η περιοχή αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα κέντρα εργασίας στο λεκανοπέδιο της Αττικής. Ο μεγάλος αριθμός αυτοκινήτων που εισέρχονται καθημερινά στην περιοχή είναι ένας από τους παράγοντες που συμβάλλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Άλλες βασικές αιτίες είναι η αυξανόμενη δόμηση, η αποψίλωση του πρασίνου καθώς και η ιδιαίτερη τοπογραφία της περιοχής. Το Μαρούσι αναπτύσσεται ανάμεσα σε βουνά, με αποτέλεσμα να καθίσταται δύσκολη η ανανέωση του αέρα στην περιοχή και να προκαλείται συσσώρευση ατμοσφαιρικών ρύπων. Επιπλέον επιβάρυνση προκαλεί η αύξηση της θερμοκρασίας, στην οποία συμβάλλουν τα πολλά γυάλινα κτίρια και η οποία συμβάλλει στο σχηματισμό του φωτοχημικού νέφους. Το νέφος αυτό παραμένει πάνω από το δήμο για μεγάλο χρονικό διάστημα λόγω της κλειστής τοπογραφίας της περιοχής και των νότιων ανέμων που επικρατούν συνήθως δυσχεραίνοντας τον αυτοκαθαρισμό του ατμοσφαιρικού αέρα.

Με βάση τα παραπάνω το Μαρούσι αποτελεί πλέον μία καθαρά αστική περιοχή στην οποία εντοπίζονται υψηλές συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων, γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με την αντίληψη που επικρατεί για λιγότερο επιβαρυσμένη περιοχή λόγω της μεγάλης του απόστασης από το κέντρο της Αθήνας. Επομένως, είναι χρήσιμο να παρουσιαστεί η σύγκριση των δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης του Αμαρουσίου με των Εξαρχείων, δεδομένου ότι οι δύο περιοχές εμφανίζουν ομοιότητες όσον αφορά την τοπογραφία τους.

Ακολουθούν οι πίνακες 5.7 και 5.8 όπου παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές καθώς και οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές του  $O_3$  και του  $CO$  για την περίοδο Ιούνιος 2010 έως Μάιος 2011. Αναλυτικά τα αποτελέσματα της σύγκρισης των δεδομένων των 2 σταθμών υπάρχουν στο αντίστοιχο παράρτημα Π4.



Μήνας	Μέση Τιμή O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> )		Μέγιστη Τιμή O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> )		Ελάχιστη Τιμή O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	
	Εξάρχεια	Μαρούσι	Εξάρχεια	Μαρούσι	Εξάρχεια	Μαρούσι
Ιούνιος	58,3	76,7	140,8	227	-27,0	1
Αύγουστος	81,8	79,4	<b>190,5</b>	165	-9,8	5
Σεπτέμβριος	48,1	61,9	143,7	169	2,6	1
Οκτώβριος	25,8	47,7	106,7	108	2	1
Νοέμβριος	13,5	27	72,3	91	-16,1	1
Δεκέμβριος	19	30,8	76,1	76	-36	1
Ιανουάριος	8,6	24,5	65,8	66	-38,8	1
Μάρτιος	36,8	56,1	134	133	-22,5	1
Απρίλιος	58,1	78,1	137,1	119	-10,1	5
Μάιος	59,8	66,8	139,7	149	-17,9	5

Πίνακας 5.7: Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές O<sub>3</sub> για τους δύο σταθμούς

Μήνας	Μέση Τιμή CO (mg/m <sup>3</sup> )		Μέγιστη Τιμή CO (mg/m <sup>3</sup> )		Ελάχιστη Τιμή CO (mg/m <sup>3</sup> )	
	Εξάρχεια	Μαρούσι	Εξάρχεια	Μαρούσι	Εξάρχεια	Μαρούσι
Ιούνιος	2,7	0,5	8,6	2,1	0,8	0,2
Αύγουστος	2,6	0,4	9,1	1,3	0,5	0,2
Σεπτέμβριος	3,6	0,5	<b>21,8/4,9*</b>	3,4	0,6	0,2
Οκτώβριος	5,3	0,5	<b>24,3/ 9,7*</b>	3,2	1,4	0,2
Νοέμβριος	5,9	0,8	<b>12,4</b>	4,6	1,8	0,1
Δεκέμβριος	3,3	0,9	7,6	4,6	0,6	0,2
Ιανουάριος	2,5	0,9	6,4	5,9	0,3	0,2
Φεβρουάριος	1,1	0,6	1,8	1,3	0,3	0,1
Μάρτιος	1,4	0,7	3,7	3,5	0,1	0,2
Απρίλιος	1,5	0,4	3,7	2,5	0,8	0,2
Μάιος	3,5	0,4	8,5	1,7	0,5	0,2

**Πίνακας 5.8:** Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές CO για τους δύο σταθμούς

\* Δεύτερη μέγιστη τιμή

Η συγκέντρωση του O<sub>3</sub> στον ατμοσφαιρικό αέρα στο Μαρούσι κυμαίνεται στα ίδια και λίγο υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με την αντίστοιχη συγκέντρωση στα Εξάρχεια. Οι μέγιστες τιμές O<sub>3</sub> για τους δύο σταθμούς εμφανίζονται τον Ιούνιο και τον Αύγουστο και οι ελάχιστες τον Νοέμβριο και Δεκέμβριο. Οι τιμές του O<sub>3</sub> θεωρούνται υψηλές και τους θερινούς μήνες παρατηρούνται υπερβάσεις τόσο της προτεινόμενης τιμής-στόχου για την προστασία της ανθρώπινης υγείας από την Ευρωπαϊκή Ένωση (120 μg/m<sup>3</sup>), όσο και του ορίου ενημέρωσης του κοινού (180 μg/m<sup>3</sup>). Από την ανάλυση των μετρήσεων επαληθεύεται ότι η ατμόσφαιρα στα προάστια της Αθήνας, ιδιαίτερα τα βόρεια, είναι πιο επιβαρυνμένη σε O<sub>3</sub> σε σχέση με το ίδιο το κέντρο της πόλης. Αυτό οφείλεται στο συνδυασμό του γεωγραφικού ανάγλυφου της πρωτεύουσας με την ανεξέλεγκτη ανάπτυξη της πόλης. Συγκεκριμένα, τα βουνά που περικλείουν την Αθήνα λειτουργούν σαν ένα τεράστιο θερμοκήπιο, συγκρατώντας τους ρύπους εντός του. Ιδιαίτερα όταν φυσάει θαλάσσια αύρα το πρόβλημα εντείνεται. Ταυτόχρονα, η αστικοποίηση των προαστίων και η διαμόρφωση μεγάλων συγκοινωνιακών αξόνων επιβαρύνουν ακόμα περισσότερο την ατμόσφαιρα. Το Μαρούσι αποτελεί χαρακτηριστική περίπτωση βορείου προαστίου που πλήττεται από την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Για το CO η κατάσταση είναι τελείως διαφορετική. Οι συγκεντρώσεις CO στο Μαρούσι είναι πολύ χαμηλότερες από τις αντίστοιχες στα Εξάρχεια. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στη διαφορετικότητα των κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών των δύο περιοχών. Η βασική πηγή εκπομπής CO είναι οι εξατμίσεις των αυτοκινήτων. Το Μαρούσι παρά την ανάπτυξη που υφίσταται τα τελευταία χρόνια, δεν παρουσιάζει ακόμα τόσο μεγάλο κυκλοφοριακό πρόβλημα όσο το κέντρο της Αθήνας. Η διέλευση των αυτοκινήτων είναι εύκολη λόγω των μεγάλων οδικών αρτηριών και αποφεύγονται τα προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης, τα οποία αυξάνουν τις εκπομπές CO. Επίσης, το Μαρούσι αποτελεί μία λιγότερο δομημένη περιοχή με περισσότερους χώρους πρασίνου. Η παρουσία βλάστησης συμβάλλει στον καθαρισμό της ατμόσφαιρας από το CO.

#### 5.4 Συμπεράσματα

Η παρακολούθηση και διασφάλιση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα αποτελεί βασική συνιστώσα της προσπάθειας που καταβάλλεται παγκοσμίως για την προστασία του περιβάλλοντος. Στα πλαίσια αυτής της προσπάθειας θεωρήθηκε ότι αποτελεί ένα ενδιαφέρον θέμα μελέτης η καταγραφή και αξιολόγηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο δομημένο περιβάλλον της Αθήνας. Στη διάρκεια του 20<sup>ου</sup> αιώνα η Αθήνα υπήρξε παθητικός δέκτης του συνόλου των εξελίξεων και των παρεμβάσεων, που υπαγορεύτηκαν από τη συσσώρευση μεγάλου αριθμού κατοίκων στην πρωτεύουσα, την ένταση του κυκλοφοριακού προβλήματος και την καταπάτηση ανοιχτών χώρων πρασίνου. Οι αλλαγές αυτές στον αστικό ιστό αποτυπώνονται και στην ποιότητα του αέρα της πρωτεύουσας.

Στα πλαίσια της παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των Εξαρχείων, με την μέτρηση των συγκεντρώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων  $O_3$ ,  $CO$  και  $NO_2$  διαπιστώθηκε ότι τα Εξάρχεια αποτελούν μία από τις πιο επιβαρυνμένες ατμοσφαιρικά περιοχές της Αθήνας. Τα επίπεδα συγκέντρωσης των δύο ρύπων στην ατμόσφαιρα φτάνουν σε αρκετά υψηλά επίπεδα, ανάλογα και με τις συνθήκες που επικρατούν ανά περίοδο.

Οι βασικοί παράγοντες για τους οποίους εμφανίζονται υψηλές τιμές συγκέντρωσης ρύπων στην περιοχή μελέτης είναι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής καθώς και η συγκέντρωση πολλών πηγών εκπομπής αερίων ρύπων. Οι μετεωρολογικές συνθήκες (αυξημένη ηλιοφάνεια, μικρής έντασης άνεμοι) αποτελούν έναν παράγοντα που συμβάλλει αποφασιστικά στη συγκέντρωση των ρύπων στον αέρα της περιοχής. Εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι και τα γεωμορφολογικά της χαρακτηριστικά. Ιδιαίτερα, στην περίπτωση των Εξαρχείων η τοπογραφία της περιοχής παίζει καθοριστικό ρόλο στις αυξημένες τιμές ρύπων που καταγράφονται. Οι λόφοι του Λυκαβηττού και του Στρέφη αποτελούν εμπόδια στην κίνηση του αέρα με αποτέλεσμα να μην γίνεται σωστή ανακύκλωσή του και να συσσωρεύονται ρύποι στην περιοχή. Ακόμα, οι εκπομπές που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η κυκλοφορία των οχημάτων και η λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης, είναι ιδιαίτερα αυξημένες στα Εξάρχεια λόγω της υπερσυγκέντρωσης πληθυσμού και δραστηριοτήτων.

Συγκεκριμένα για το  $O_3$ , είναι έντονη η μεταβολή των τιμών των συγκεντρώσεων του στην ατμόσφαιρα ανάλογα με την εποχή και την ώρα της ημέρας. Αυξημένες τιμές  $O_3$  καταγράφονται σε περιόδους μεγάλης ηλιοφάνειας, καθώς το  $O_3$  αποτελεί έναν δευτερογενή ρύπο που σχηματίζεται μέσω φωτοχημικών διεργασιών. Όταν η

αυξημένη ηλιοφάνεια συμπίπτει με αυξημένη κίνηση οχημάτων τότε το O<sub>3</sub> παρουσιάζει τις μέγιστες τιμές συγκέντρωσης.

Οι τιμές του O<sub>3</sub> συγκρίνονται αρκετά ικανοποιητικά με τις αντίστοιχες από τους σταθμούς του ΥΠΕΚΑ. Τα αποτελέσματα των συγκρίσεων δίνουν μία εκτίμηση του μεγέθους των αποκλίσεων που παρατηρούνται, οι οποίες οφείλονται τόσο στη διαφορετική θέση των δύο σταθμών όσο και στη διαφορετική αρχή λειτουργίας των οργάνων μέτρησης. Σε κάθε περίπτωση πάντως παρατηρείται ότι ο συγκεκριμένος ρύπος επιβαρύνει ιδιαίτερα την ατμόσφαιρα των περιαστικών περιοχών λόγω των συνθηκών που επικρατούν σε αυτές καθώς και των μηχανισμών μεταφοράς του στην ατμόσφαιρα.

Για το CO οι υψηλές συγκεντρώσεις που παρατηρούνται οφείλονται κατά κύριο λόγο στις εκπομπές καυσαερίων από τα οχήματα που διασχίζουν καθημερινά τους μεγάλους οδικούς άξονες της περιοχής. Πρόκειται για περιοχή υψηλής κυκλοφορίας οχημάτων. Οι ώρες κατά τις οποίες εντοπίζονται οι υψηλότερες τιμές είναι οι ώρες κυκλοφοριακής αιχμής δηλαδή το πρωί και το μεσημέρι. Σημαντικά συνεισφέρει στην υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα στην περιοχή και η λειτουργία της κεντρική θέρμανσης κατά την περίοδο λειτουργίας της, η οποία εντείνει το πρόβλημα. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που οδηγεί στη συσσώρευση ρύπων στην περιοχή είναι η αδυναμία ανακύκλωσης του αέρα, γεγονός για το οποίο ευθύνονται οι ασθενείς άνεμοι που επικρατούν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και η περικύκλωση της περιοχής από λόφους. Για τους λόγους αυτούς οι τιμές των συγκεντρώσεων που καταγράφονται στα Εξάρχεια είναι αυξημένες συγκριτικά με τις αντίστοιχες των άλλων σταθμών που λειτουργούν στο κέντρο της πόλης.

Βάσει των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των τελευταίων χρόνων που διεξάγονται στην Αθήνα, η βελτίωση της ποιότητας του αέρα κρίνεται αναγκαία για τη διασφάλιση της ζωής του ανθρώπου και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων. Αυτή μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς τρόπους. Δραστικές, βιώσιμες λύσεις θα πρέπει να βασίζονται στην μείωση των εκπομπών των ρύπων που προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές. Τα τελευταία χρόνια παρά τις υψηλές τιμές ατμοσφαιρικής ρύπανσης που καταγράφονται, παρατηρείται μία τάση μείωσης ή σταθεροποίησης των συγκεντρώσεων των περισσότερων ρύπων.

Η παρατηρούμενη μείωση των επιπέδων των ατμοσφαιρικών ρύπων είναι το αποτέλεσμα της περιβαλλοντικής πολιτικής, που περιλαμβάνει ένα συνδυασμό

μέτρων και παρεμβάσεων που υλοποιήθηκαν και συνεχίζουν να υλοποιούνται, όπως:

- η ανανέωση του στόλου των παλαιών συμβατικών Ι.Χ. αυτοκινήτων με καινούργια καταλυτικής τεχνολογίας (σήμερα, πλέον του 60% των οχημάτων είναι νέας τεχνολογίας),
- η ανανέωση των πετρελαιοκινήτων οχημάτων (κυρίως λεωφορείων και ταξί),
- η διαχρονική βελτίωση της ποιότητας των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στα οχήματα, τη θέρμανση και τη βιομηχανία και ιδίως η διαχρονική μείωση της περιεκτικότητας των καυσίμων σε θείο,
- τα συστήματα αντιρρύπανσης στο βιομηχανικό τομέα,
- η σταδιακή διείσδυση του φυσικού αερίου στη βιομηχανία και στα κτίρια,
- οι κυκλοφοριακές επεμβάσεις (π.χ. λεωφορειολωρίδες, νέοι σταθμοί αυτοκινήτων κλπ),
- η ρύθμιση και συντήρηση των οχημάτων (εφαρμογή της Κάρτας Ελέγχου Καυσαερίων),
- η ρύθμιση και συντήρηση των καυστήρων κεντρικής θέρμανσης.

Στα πλαίσια διαφόρων μελετών που έγιναν σε ελληνικές πόλεις, διαμορφώθηκαν διάφορα σενάρια, που καλύπτουν έργα οδικών υποδομών, σταθμούς αυτοκινήτων και δράσεις προώθησης των δημόσιων συγκοινωνιών. Με βάση τα παραπάνω εκτιμήθηκε ότι οι εκπομπές όλων σχεδόν των ατμοσφαιρικών ρύπων αναμένεται να εμφανίσουν μια συνεχή διαχρονική μείωση στους σημαντικότερους δρόμους των πόλεων, οφειλόμενη καθοριστικά στη βελτίωση των κυκλοφοριακών φόρτων και της ταχύτητας των οχημάτων, που θα επιφέρουν τα διάφορα έργα και παρεμβάσεις σύμφωνα με τα σχεδιαζόμενα σε κάθε σενάριο.

Σχεδιασμός λοιπόν μιας αποτελεσματικής περιβαλλοντικής πολιτικής για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των πόλεων υπάρχει σε πολλές περιπτώσεις. Το ζητούμενο είναι η εφαρμογή του. Και η εφαρμογή χρειάζεται πρωτίστως την υποστήριξη των απλών πολιτών της Αθήνας, οι οποίοι αντιλαμβανόμενοι τη σημασία του ατμοσφαιρικού αέρα για τη ζωή τους θα τον προστατεύσουν και θα πιέσουν τους αρμόδιους φορείς για την επιβολή και τήρηση μέτρων για τον περιορισμό των εκπομπών. Οποιαδήποτε παρέμβαση προς αυτή την κατεύθυνση είναι σημαντική, καθώς κάθε μία μικρή αλλαγή είναι δυνατόν να

σημαίνει ένα μεγάλο βήμα μακροπρόθεσμα για την ανάκτηση της αξίας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος του Λεκανοπεδίου. Οι μικρές αλλαγές μπορούν να φέρουν μεγαλύτερες και πιο σημαντικές.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Γκλαβάς Σωτήριος, Εισαγωγή στην Ατμοσφαιρική Χημεία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2002
2. Ζάνης Πρόδρομος, Σημειώσεις για τη Ρύπανση και Χημεία της Ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη 2008
3. Λαζαρίδης Μιχάλης, Ατμοσφαιρική Ρύπανση με Στοιχεία Μετεωρολογίας, Εκδόσεις Τζιόλα,
4. Μιχαλοπούλου Χαρίκλεια, Νομοθεσία για το Περιβάλλον, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 2004

Οι διαδικτυακοί τόποι:

<http://www.attico-prasino.gr>

<http://www.cityofathens.gr>

<http://www.eea.europa.eu>

<http://el.wikipedia.org>

<http://www.elinyae.gr>

<http://www.epa.gov>

<http://lap.physics.auth.gr>

<http://www.minenv.gr>

<http://www.nagref.gr>

<http://www.noa.gr>

<http://www.ypeka.gr>

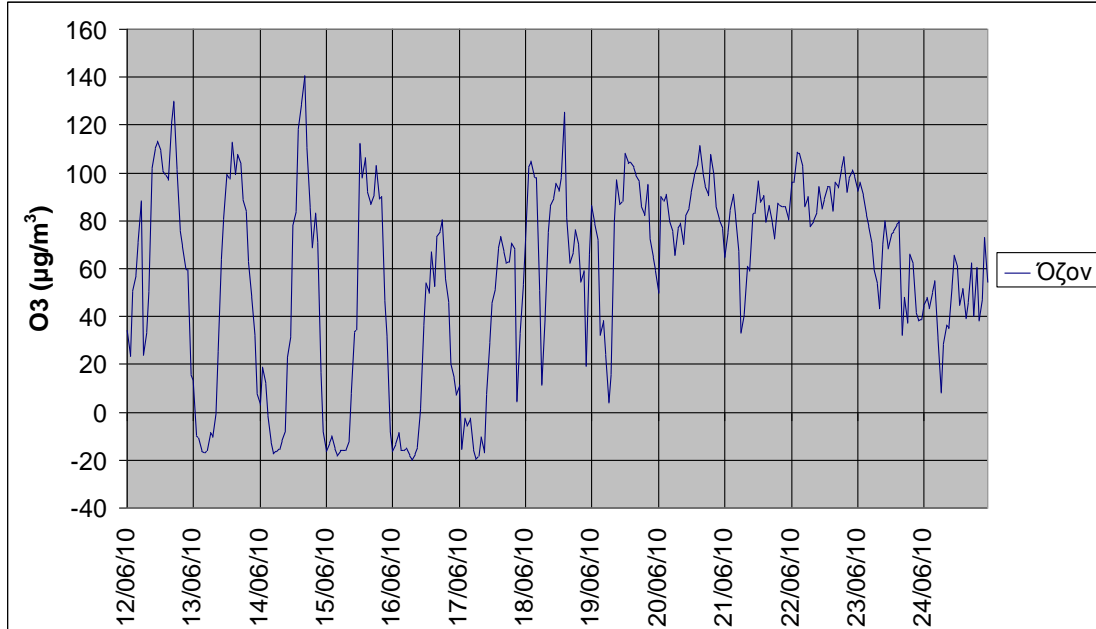


## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

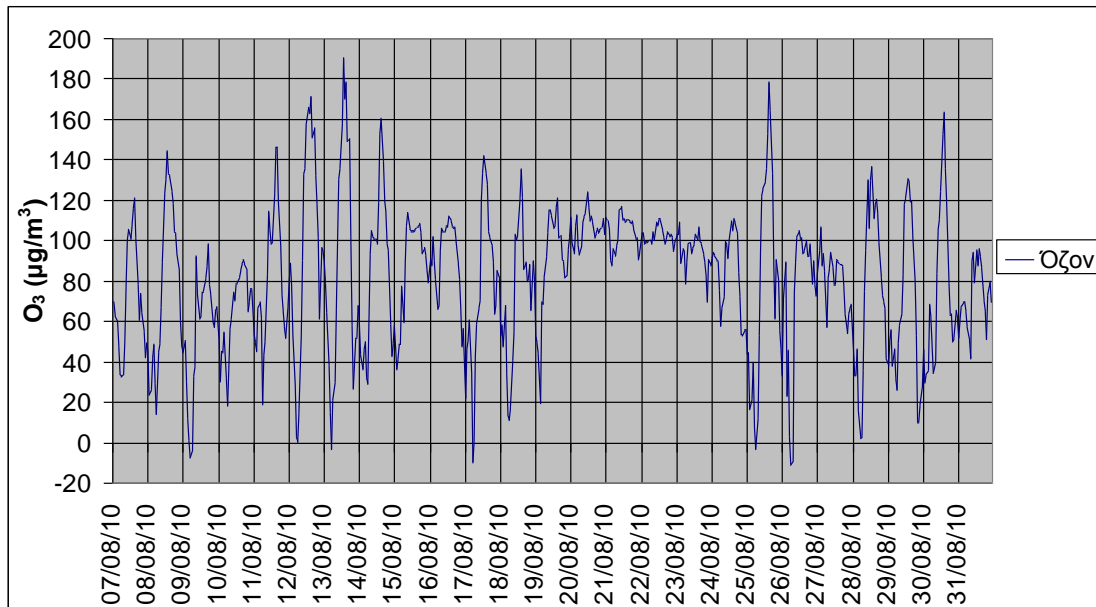
## Π1. Μηνιαία Διακύμανση Τιμών Ρύπων

### ΟΖΟΝ

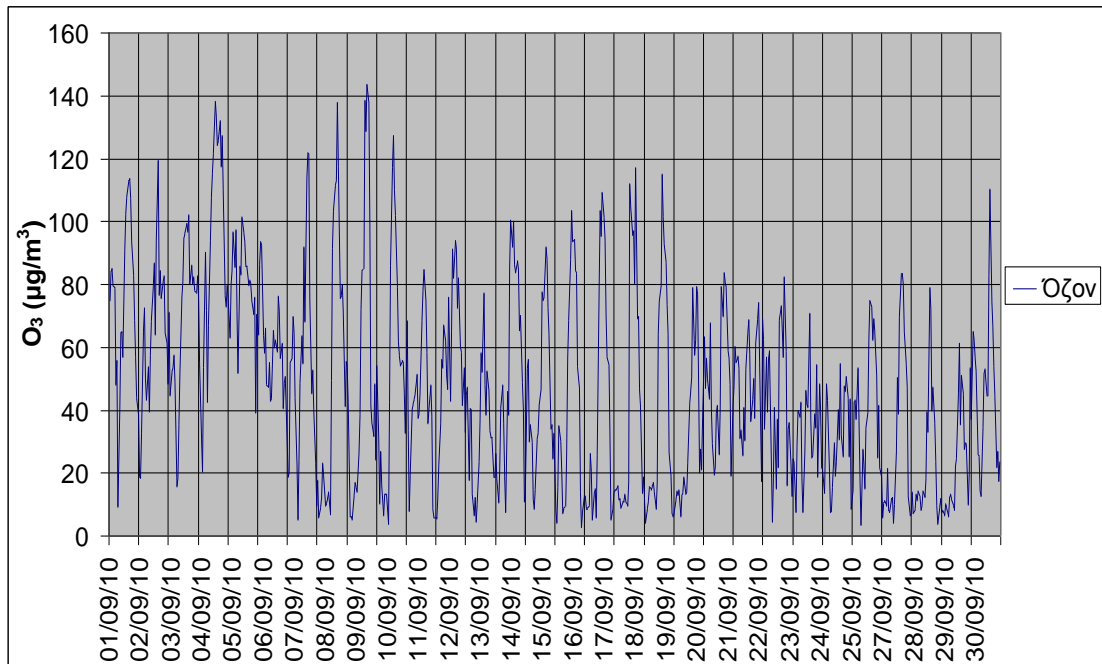
Ιούνιος:



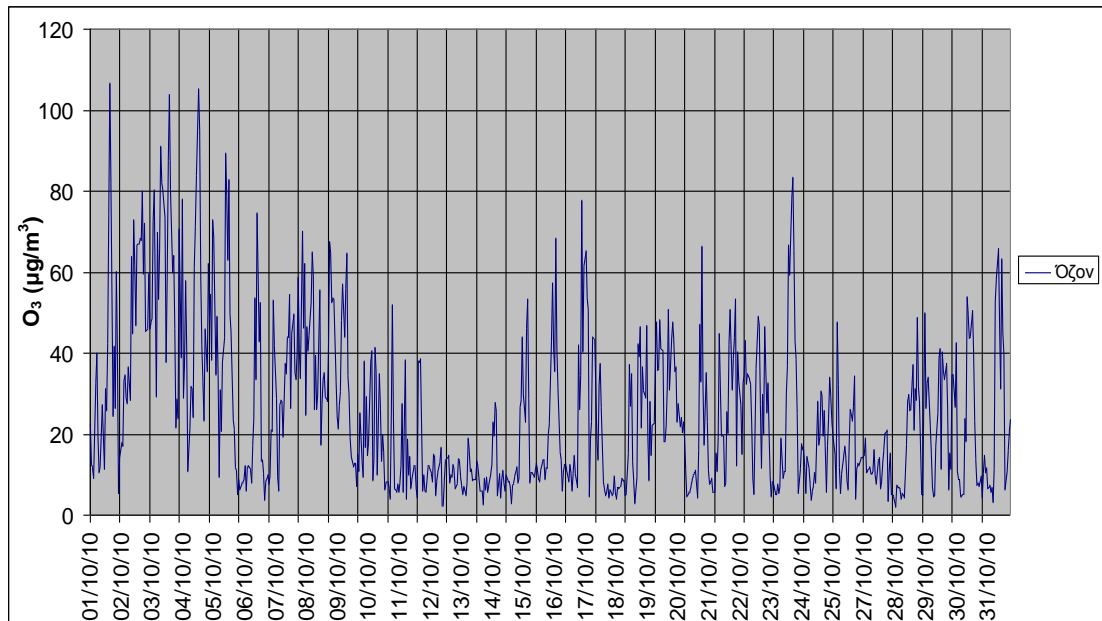
Αύγουστος:



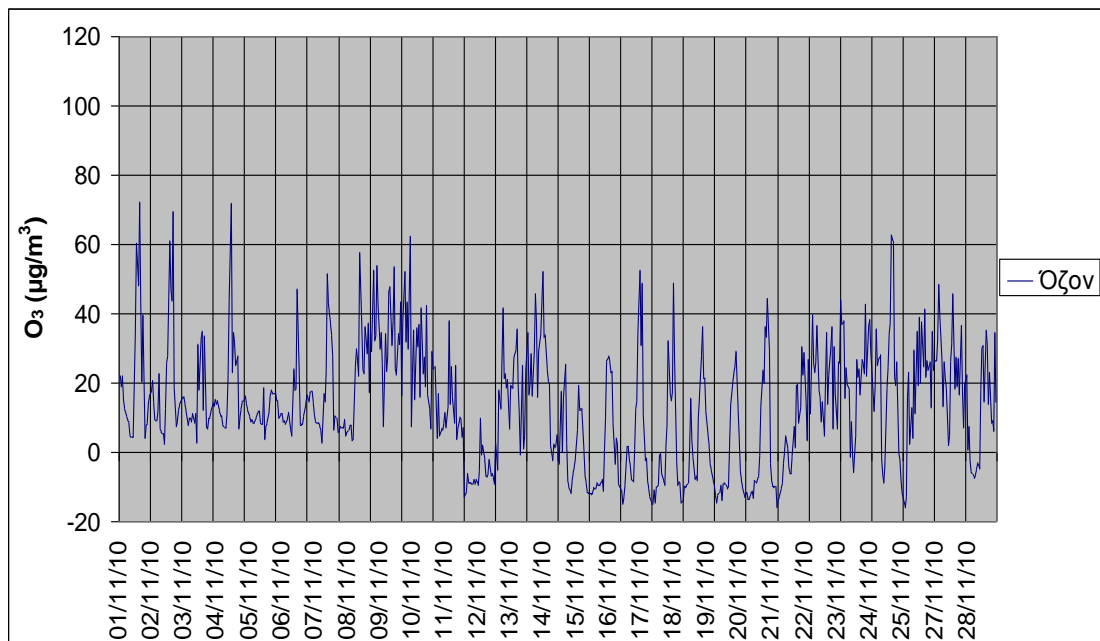
Σεπτέμβριος:



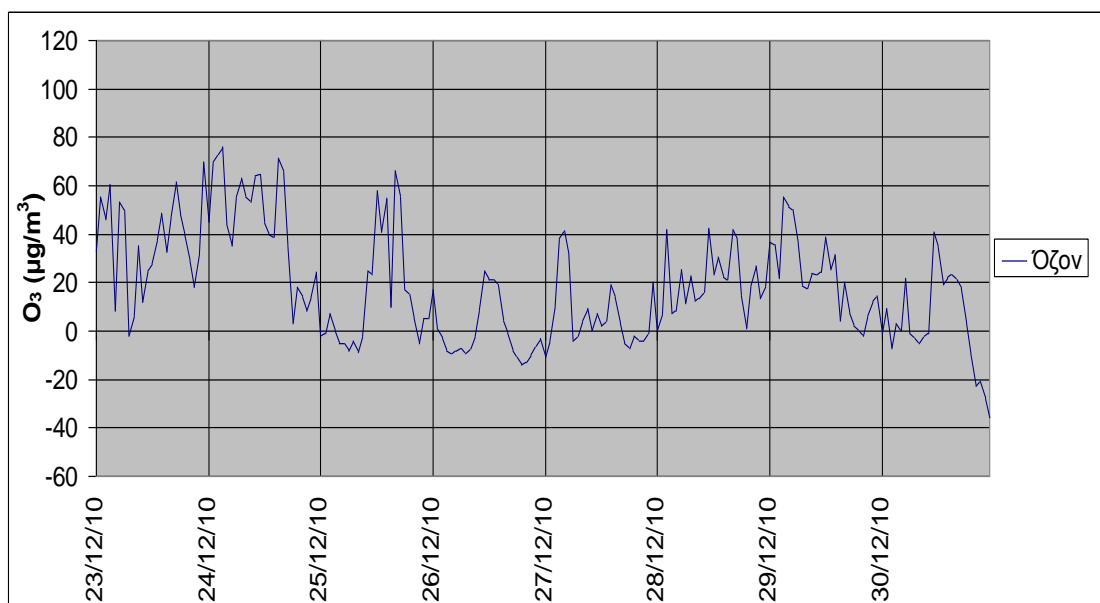
Οκτώβριος:



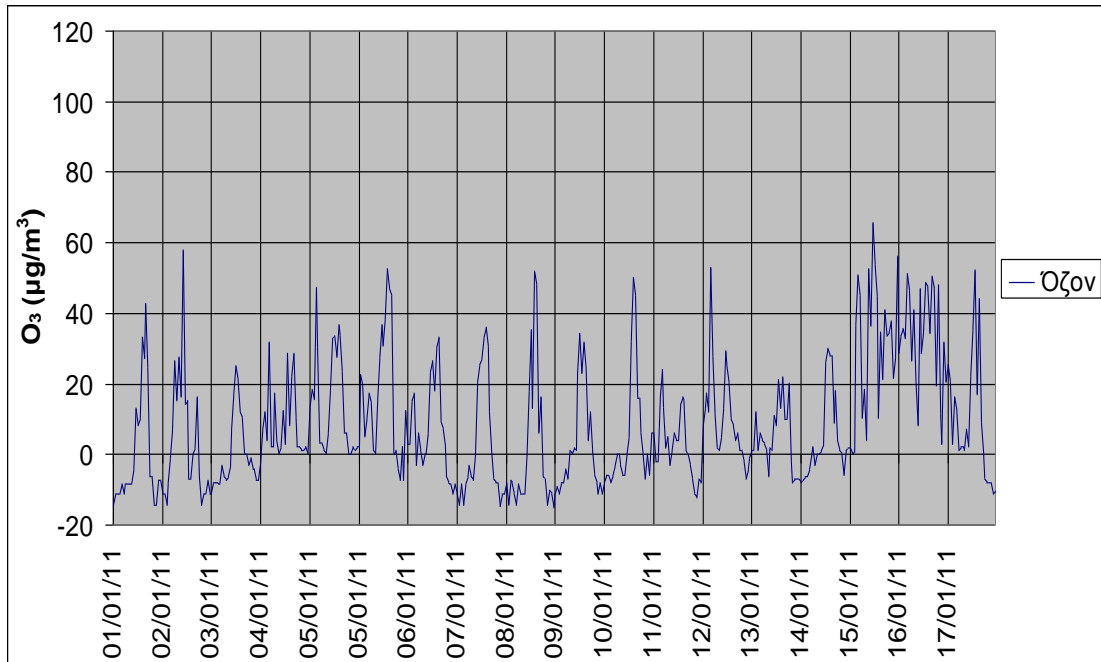
Νοέμβριος:



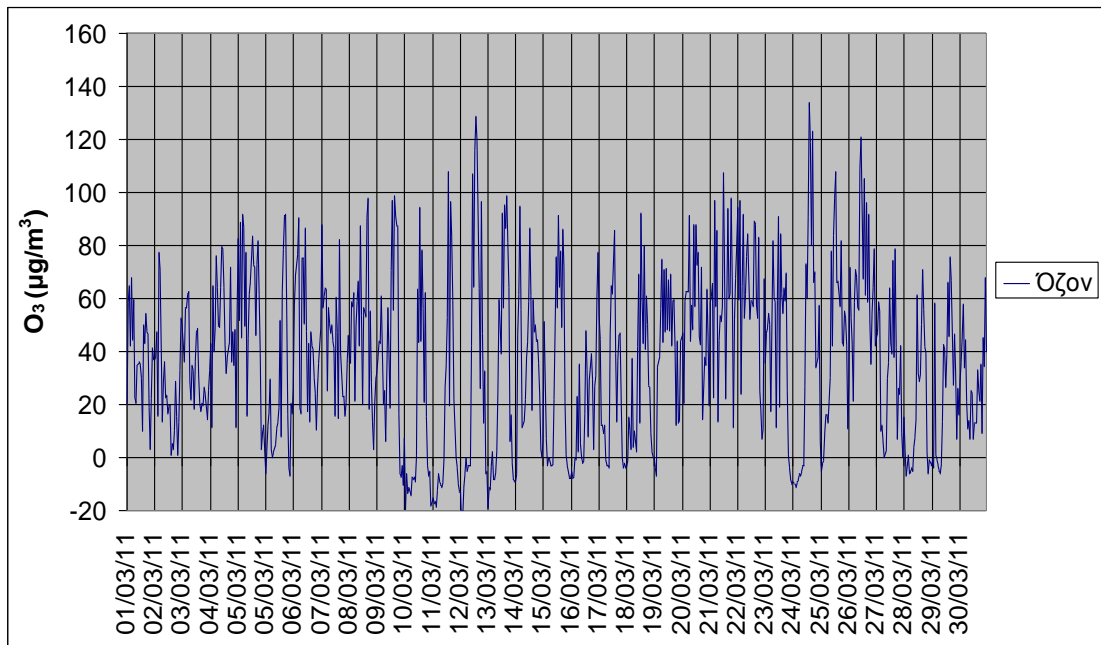
Δεκέμβριος:



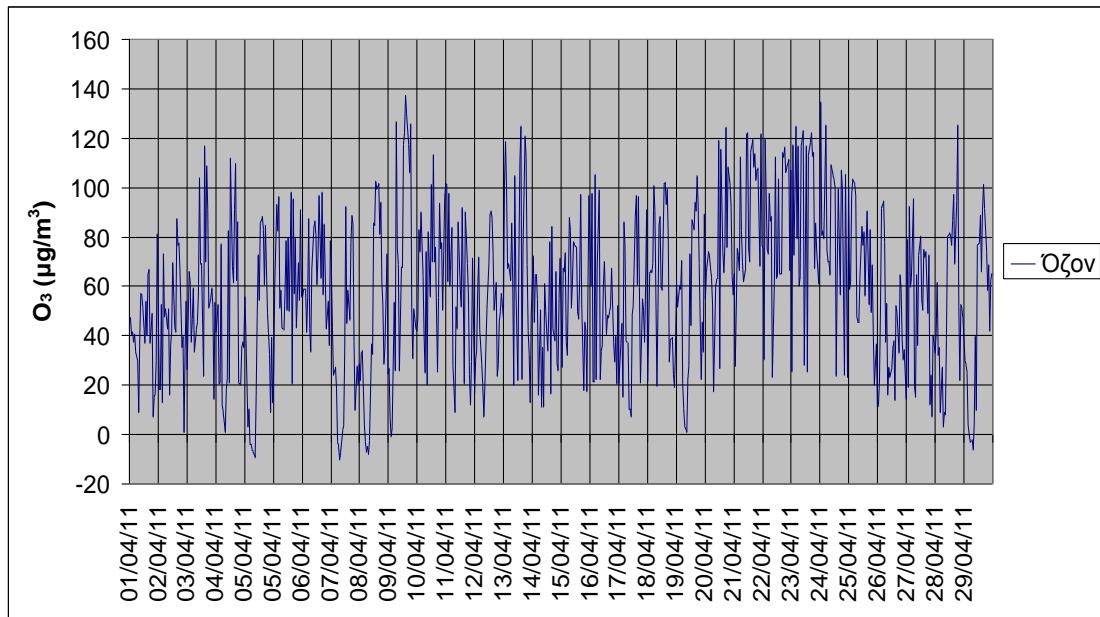
Ιανουάριος:



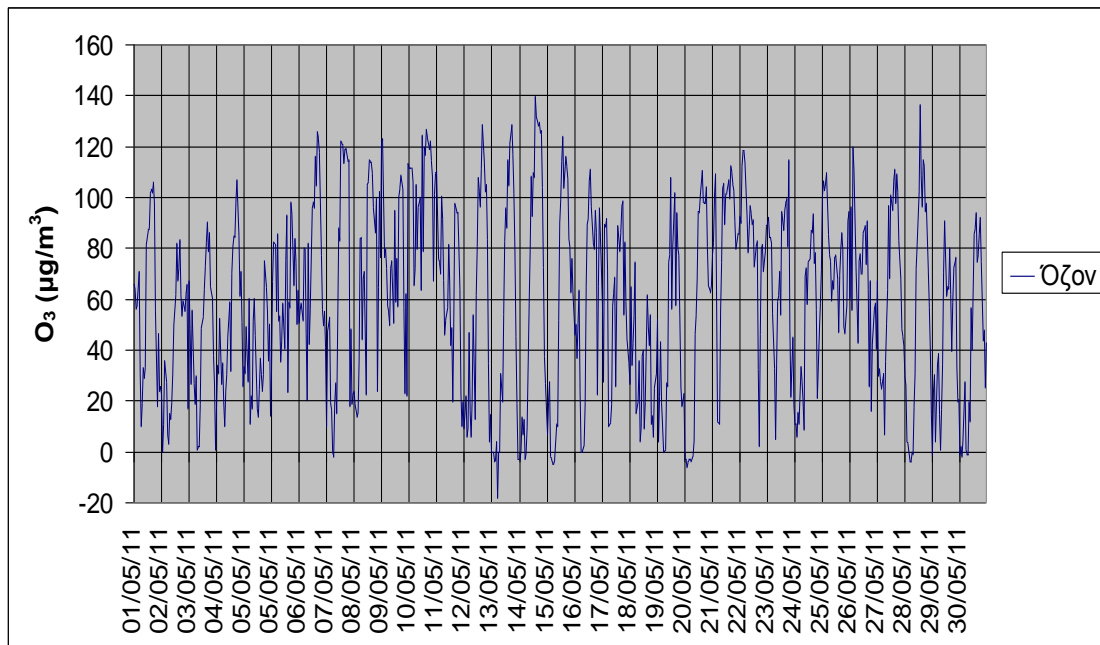
Μάρτιος:



Απρίλιος:

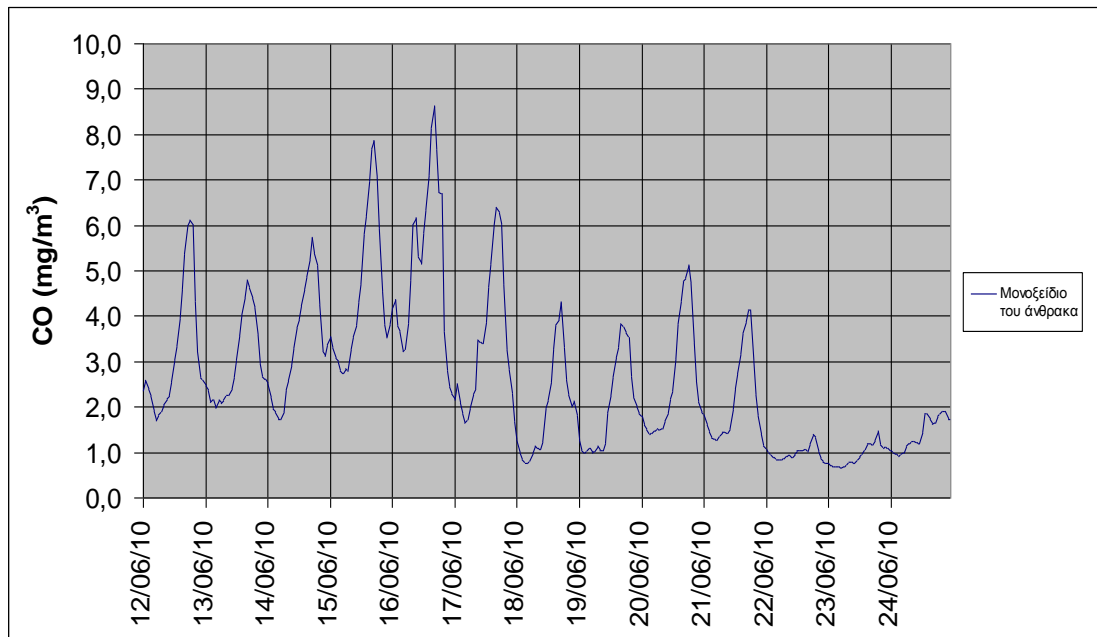


Μάιος:

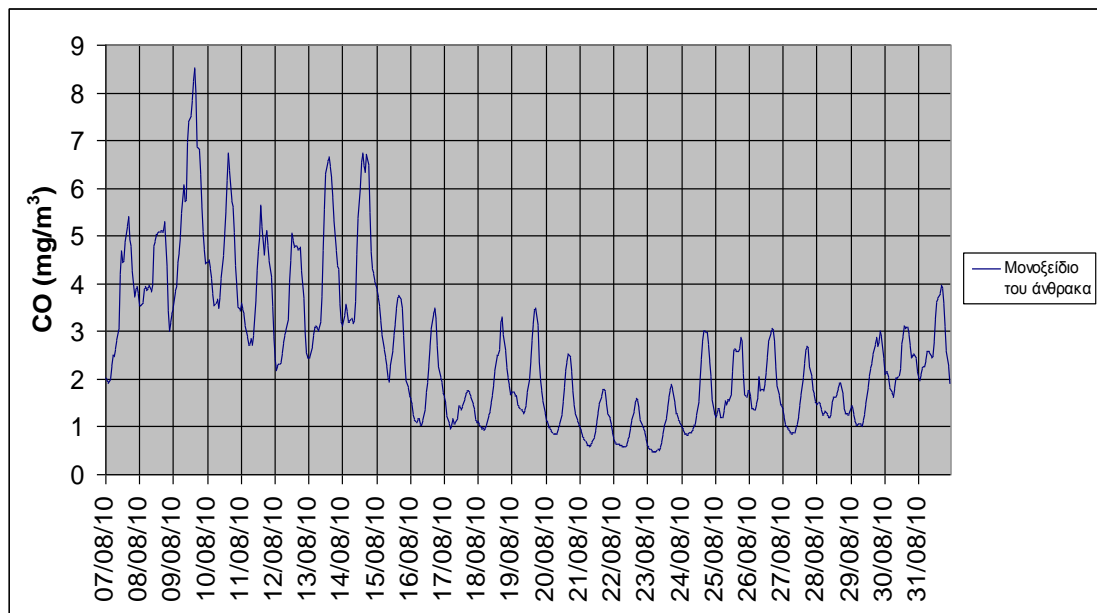


## ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

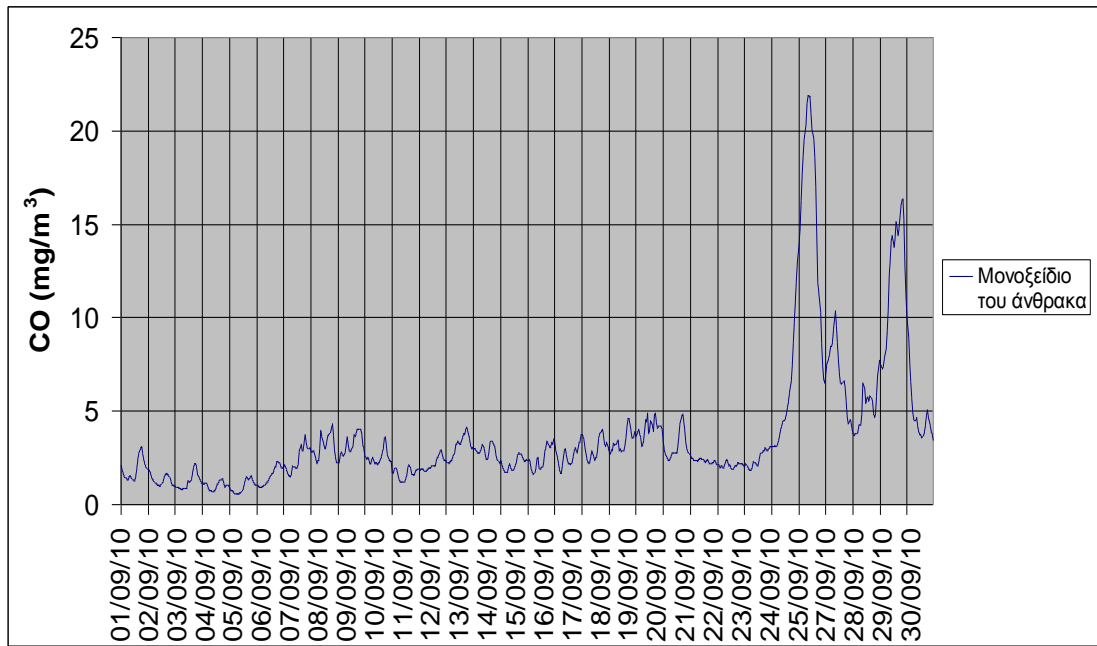
Ιούνιος:



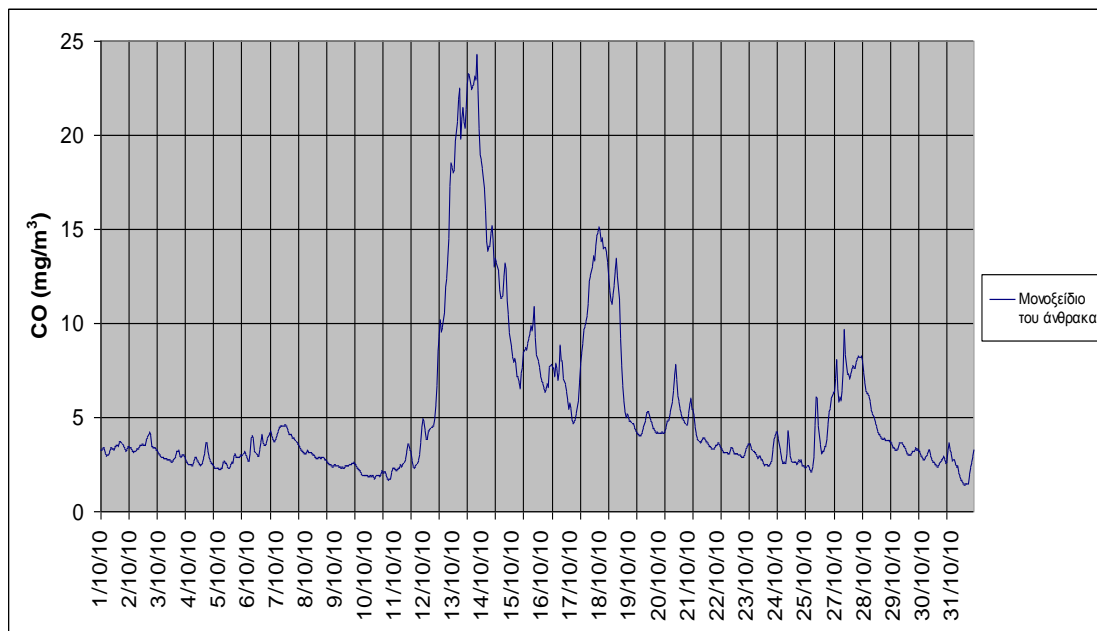
Αύγουστος:



Σεπτέμβριος:

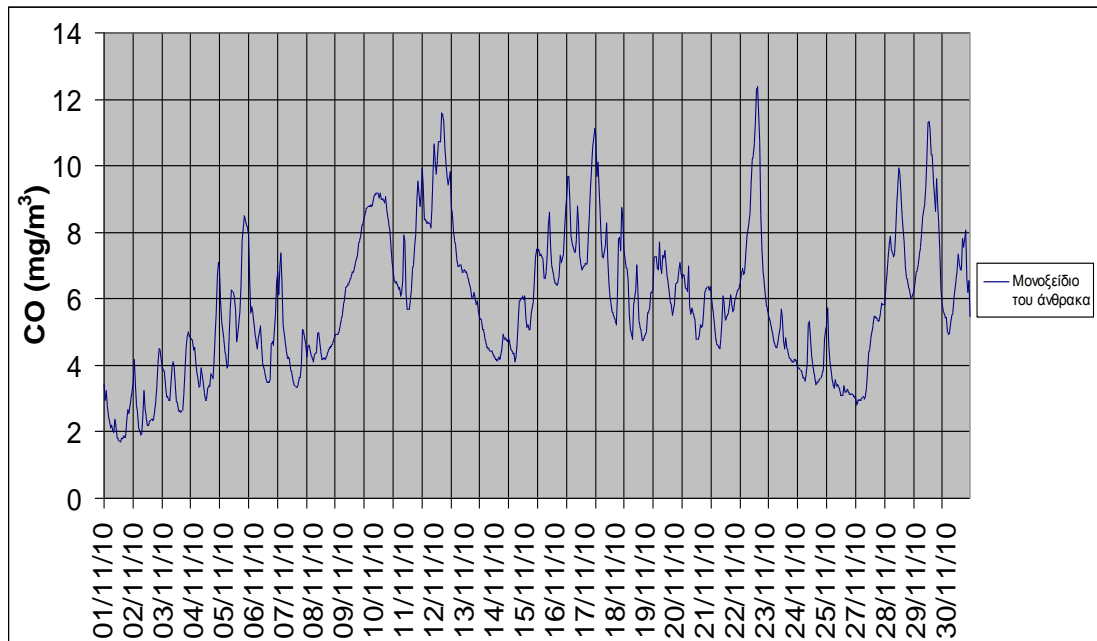


Οκτώβριος:

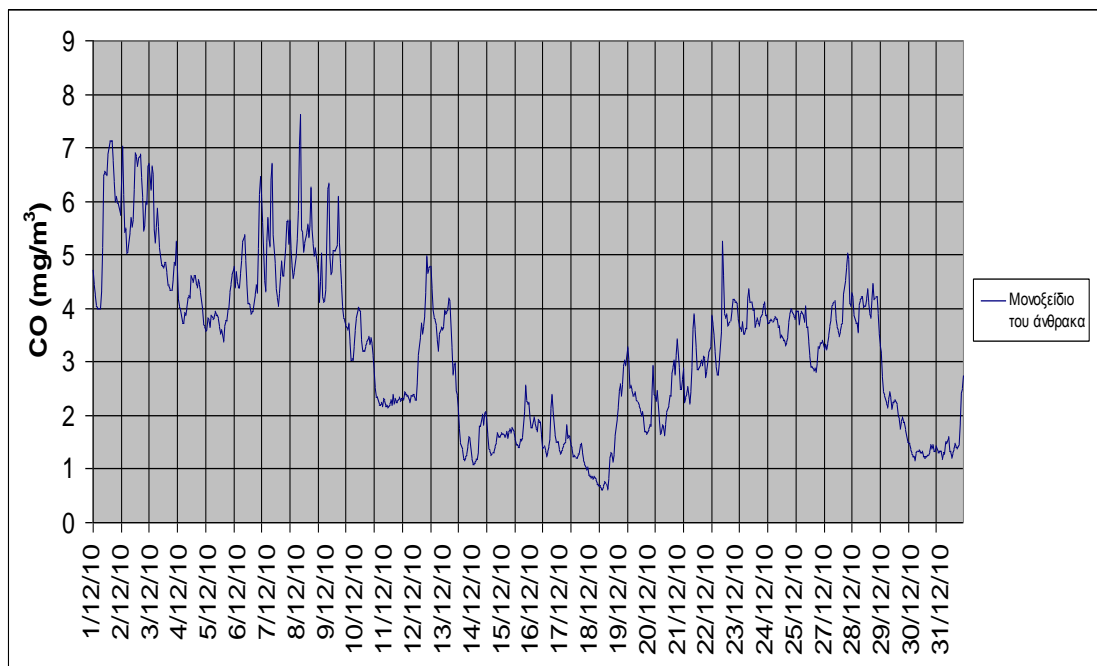




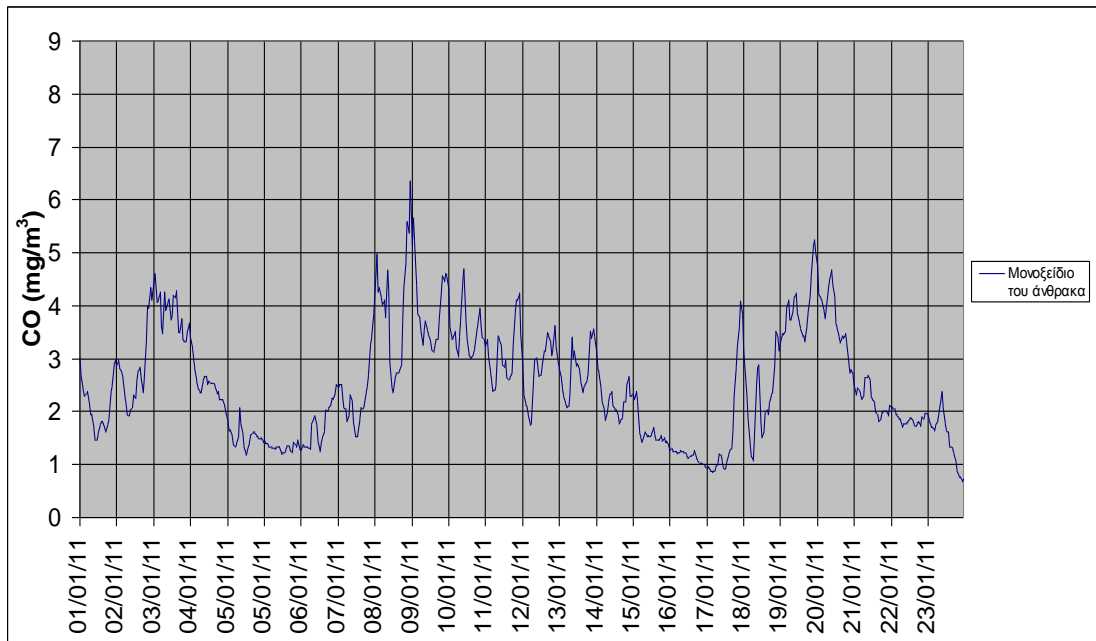
Νοέμβριος:



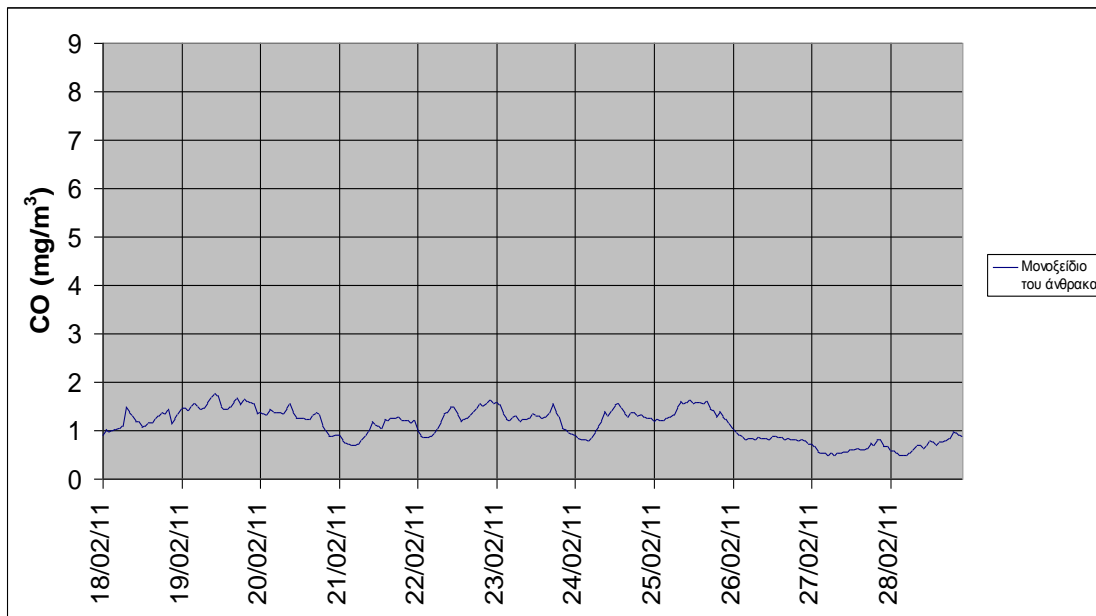
Δεκέμβριος:



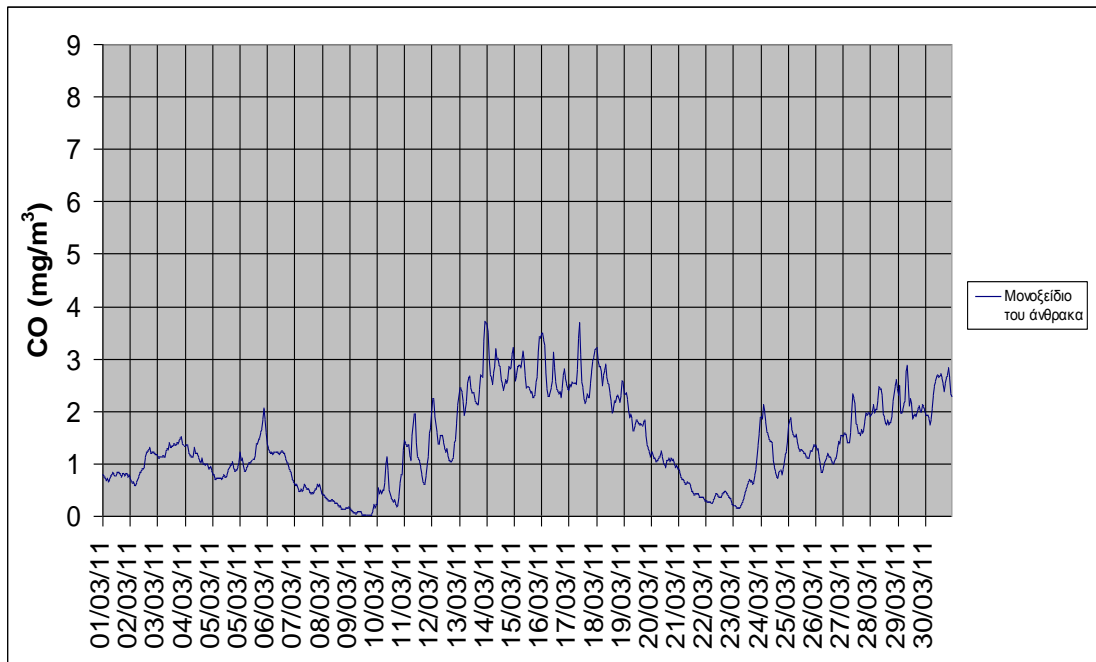
Ιανουάριος:



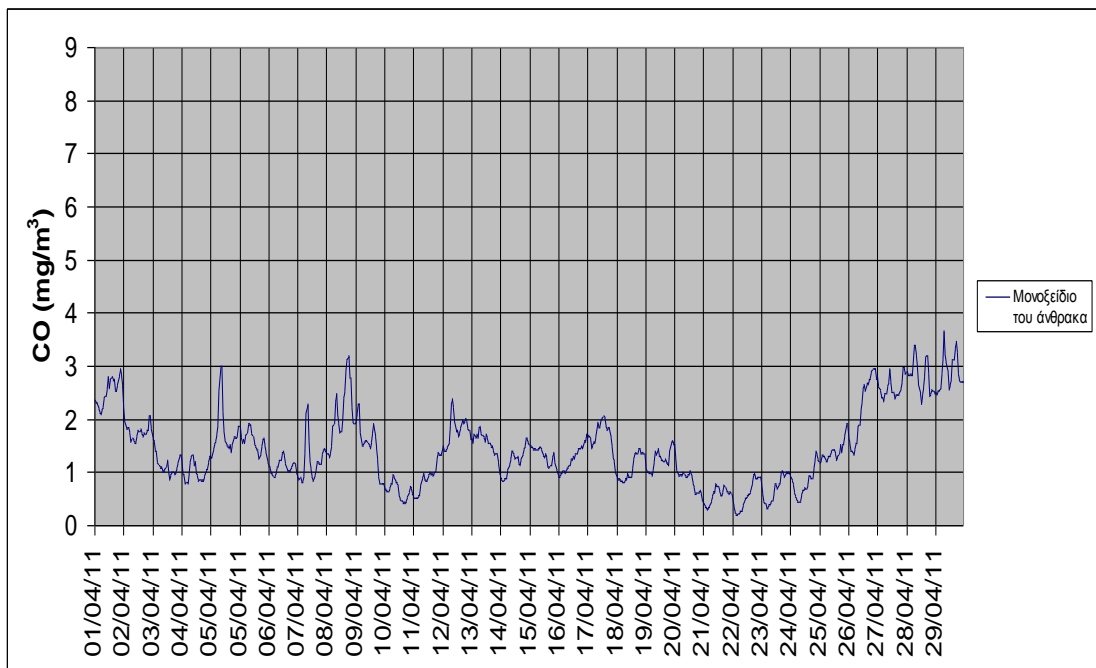
Φεβρουάριος:



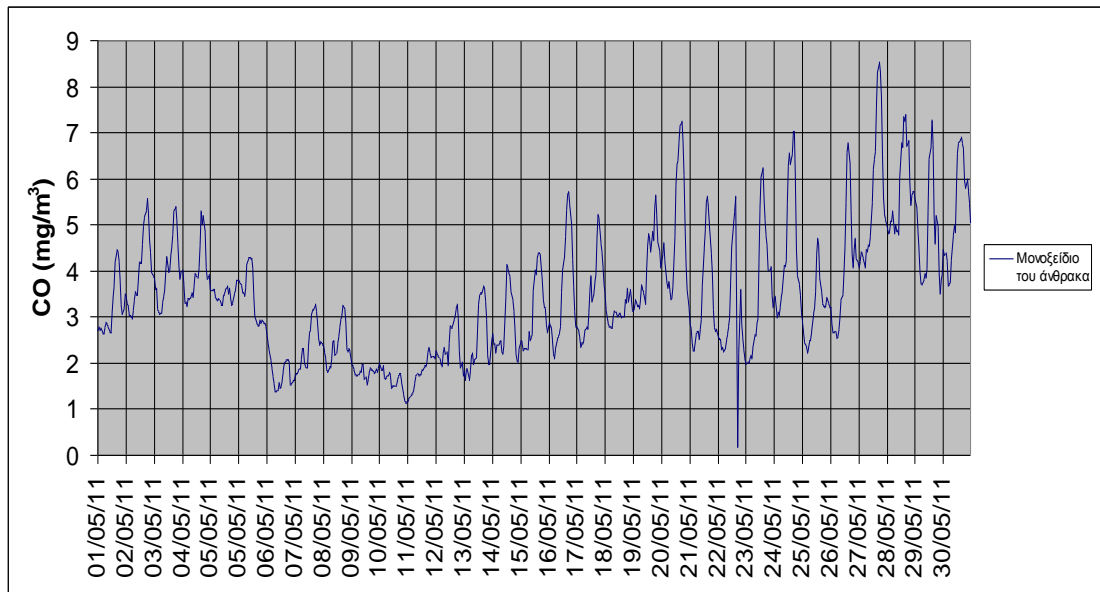
Μάρτιος:



Απρίλιος:

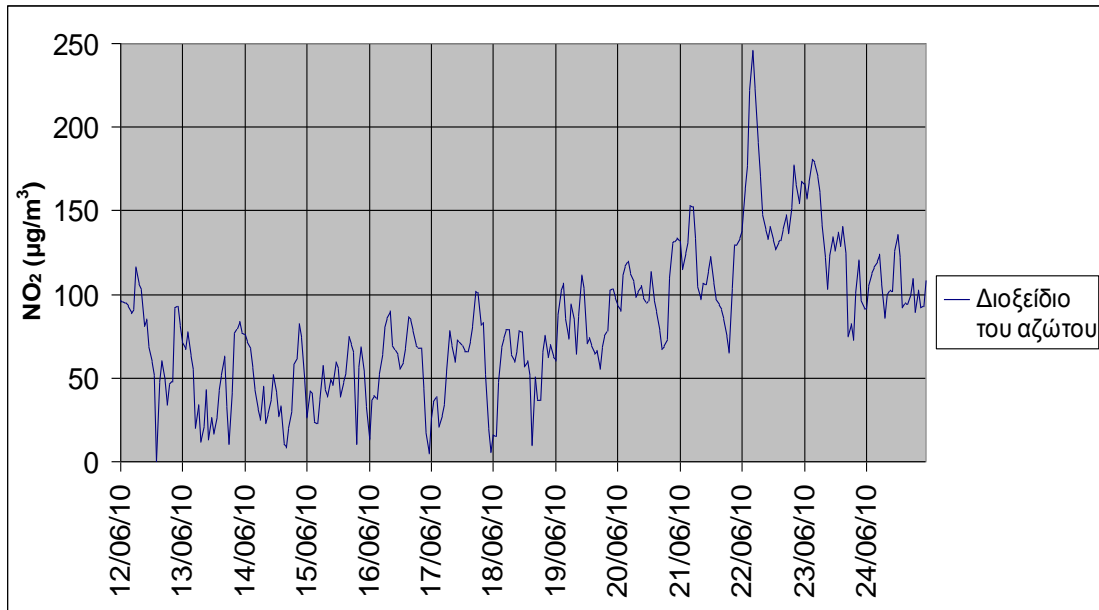


Μάιος:

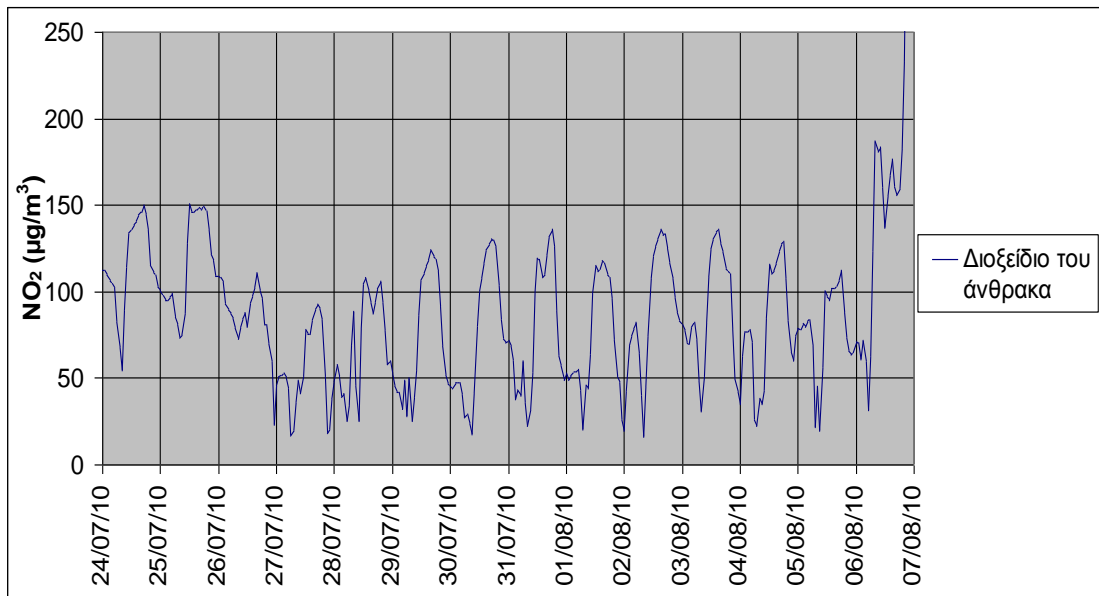


## ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Ιούνιος:



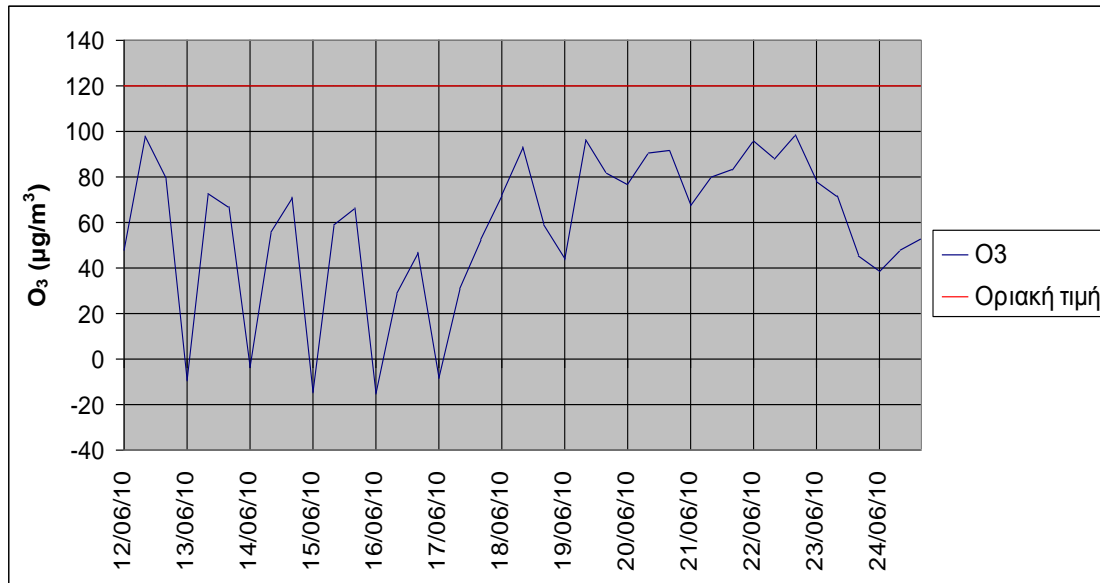
Ιούλιος-Αύγουστος:



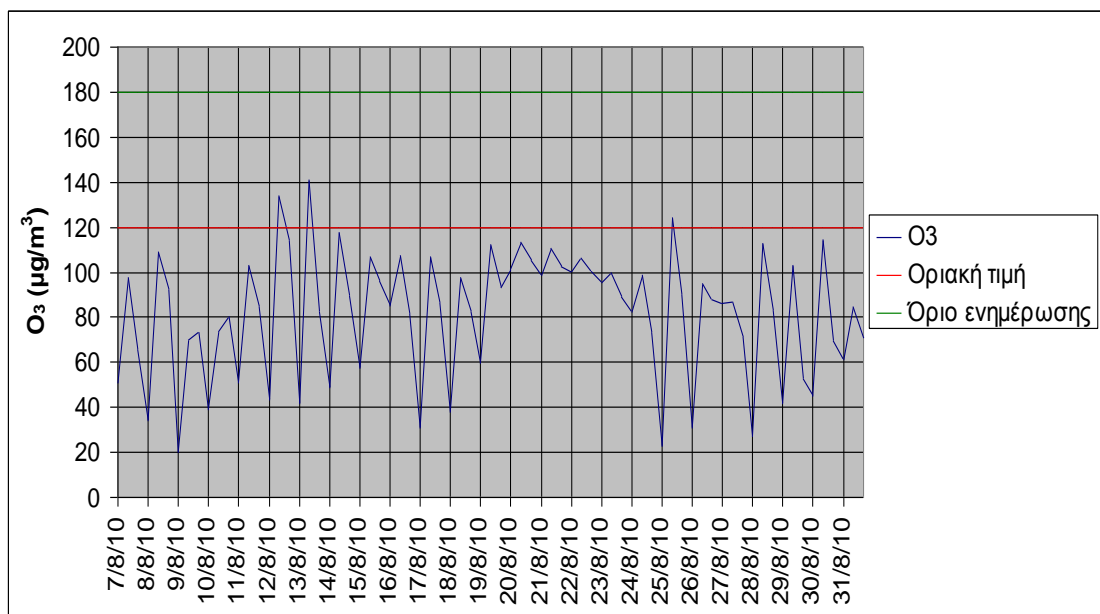
## Π2. Συσχέτιση με θεσμοθετημένα όρια

### ΟΖΟΝ

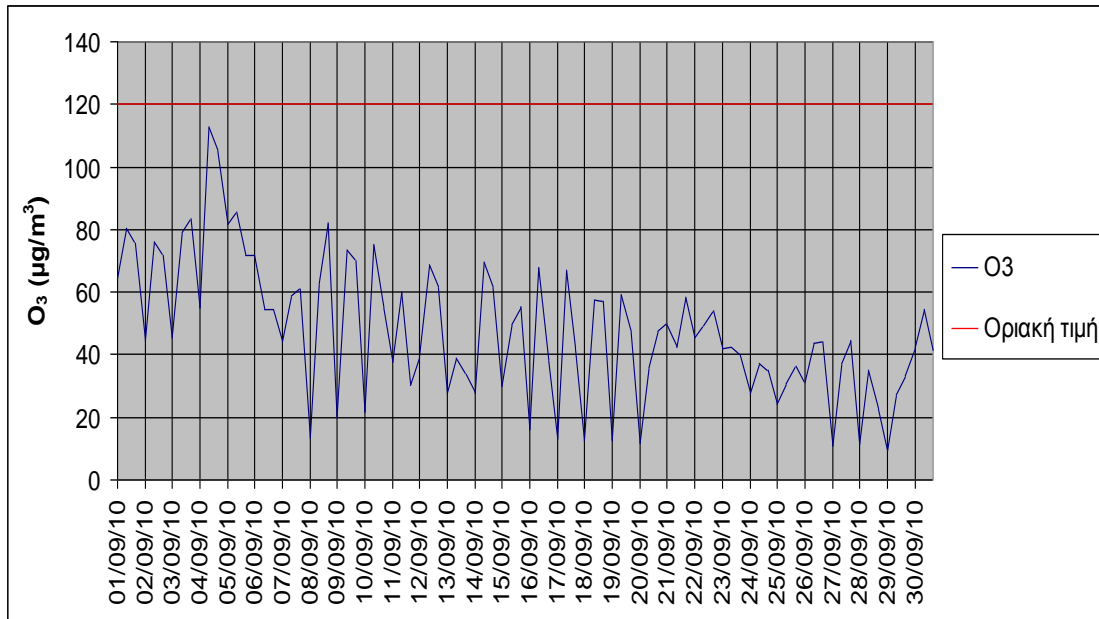
Ιούνιος:



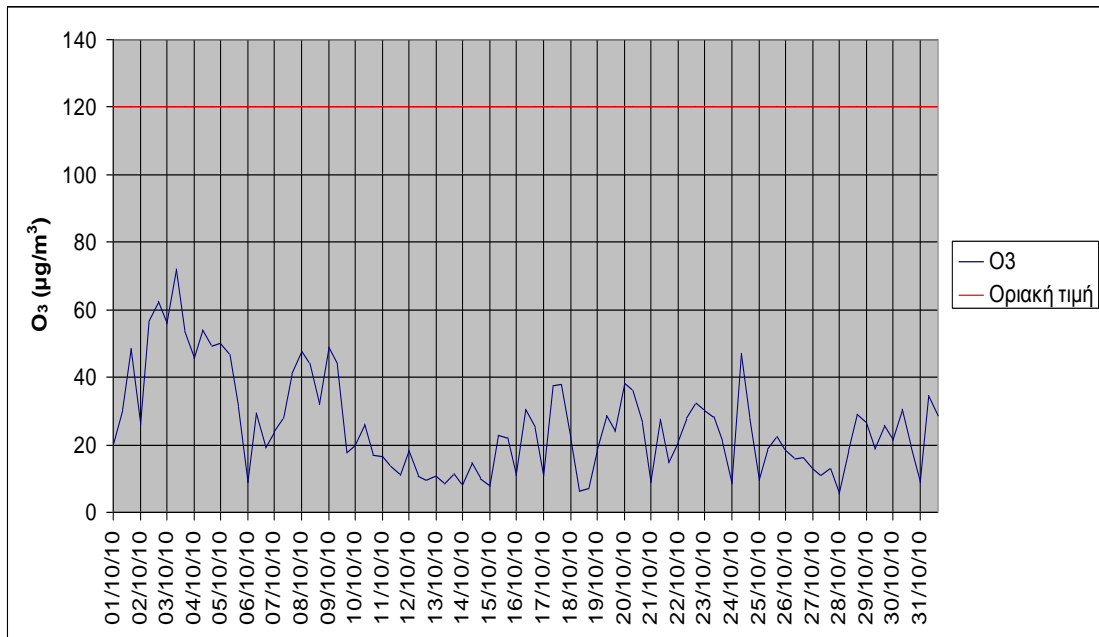
Αύγουστος



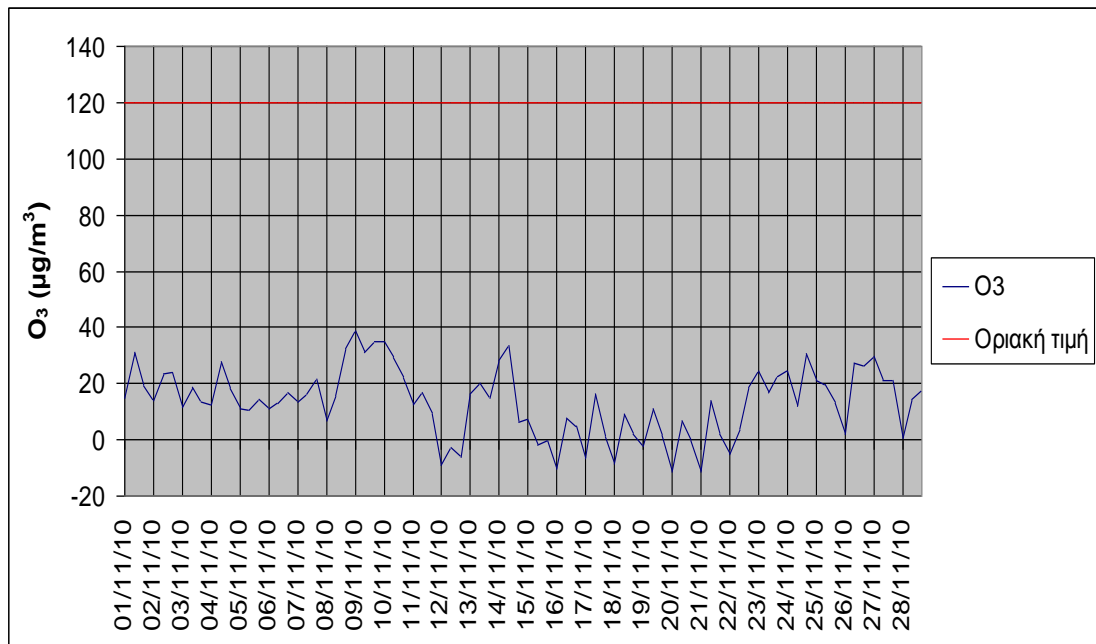
Σεπτέμβριος:



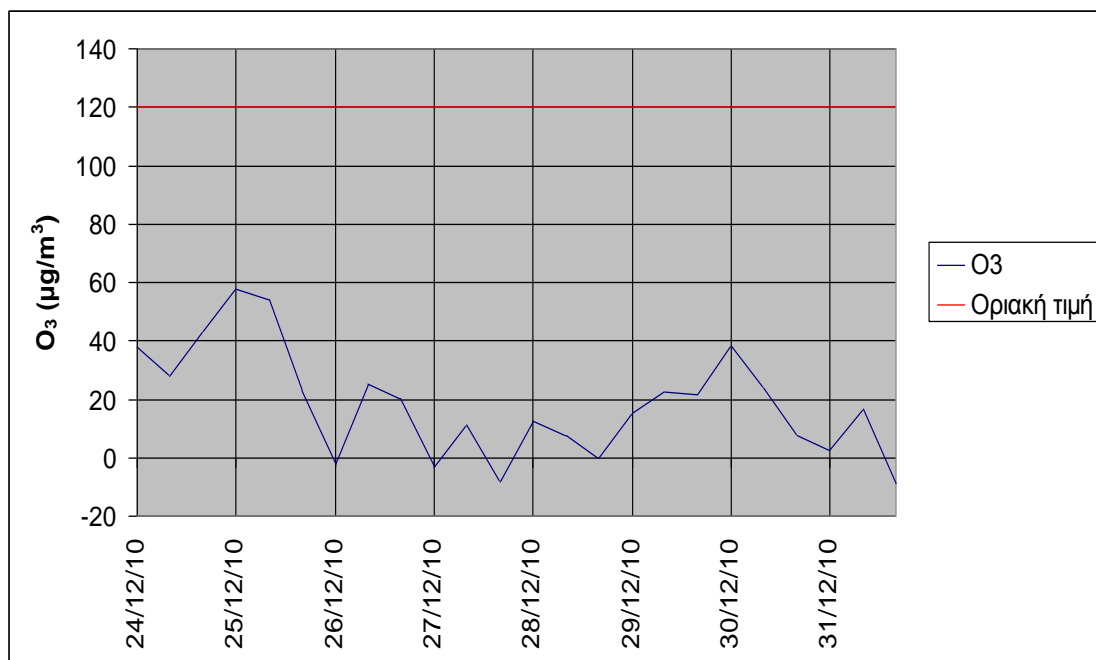
Οκτώβριος:



Νοέμβριος:

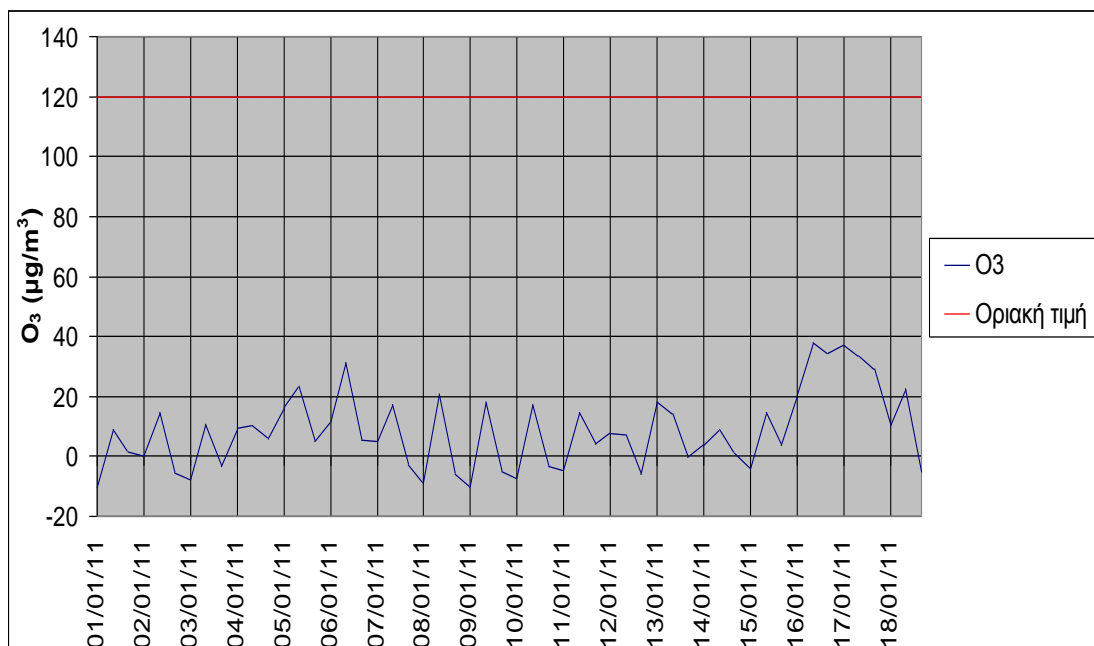


Δεκέμβριος:

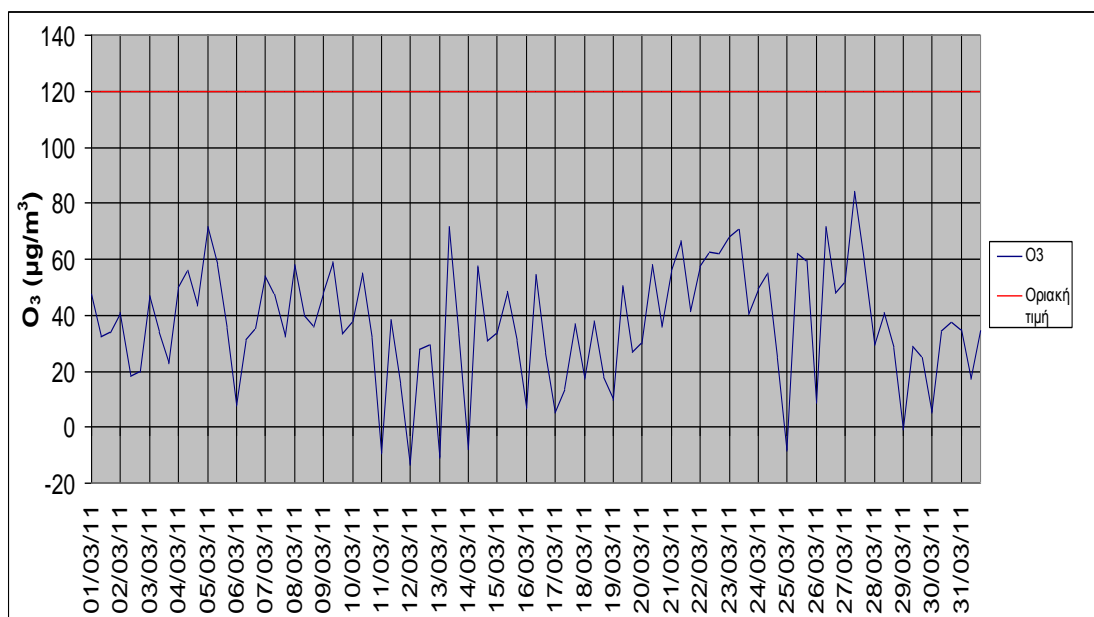




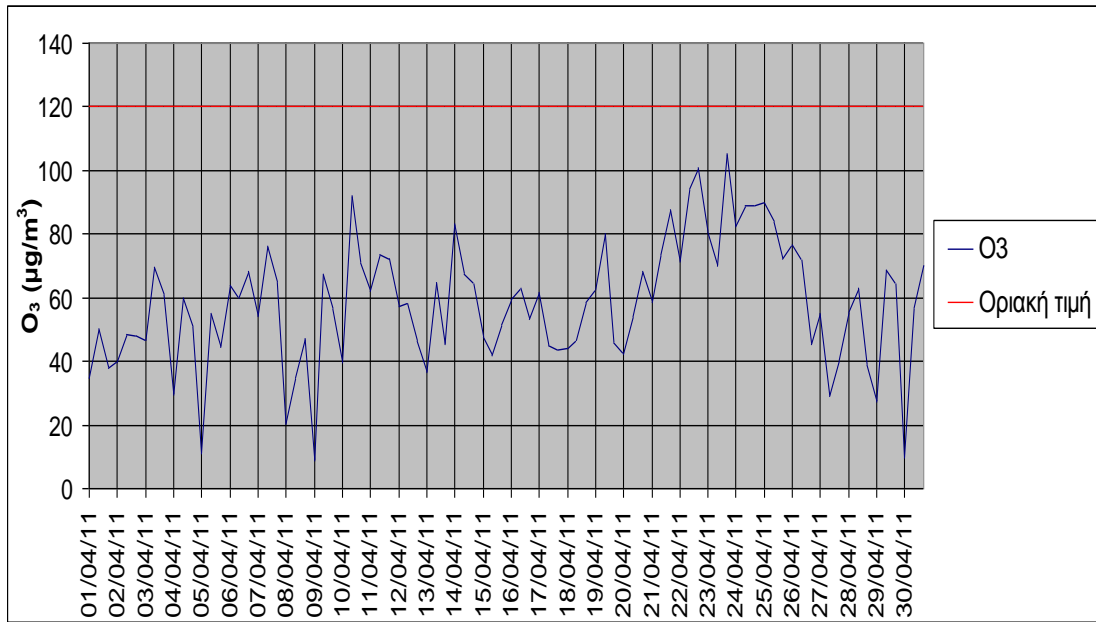
Ιανουάριος:



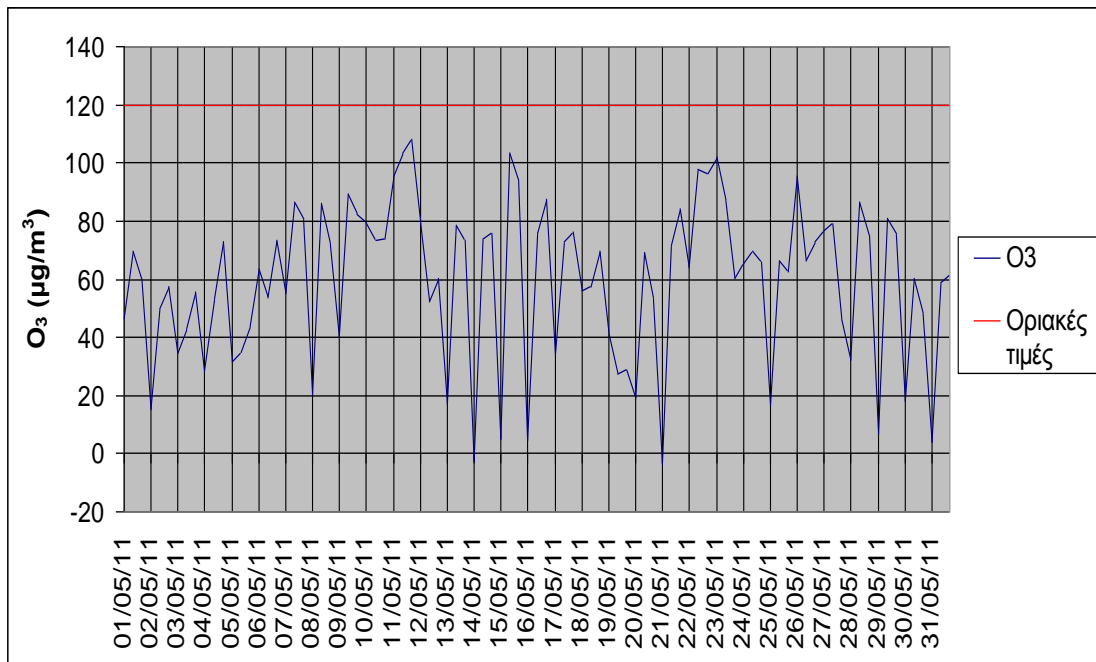
Μάρτιος:



Απρίλιος:

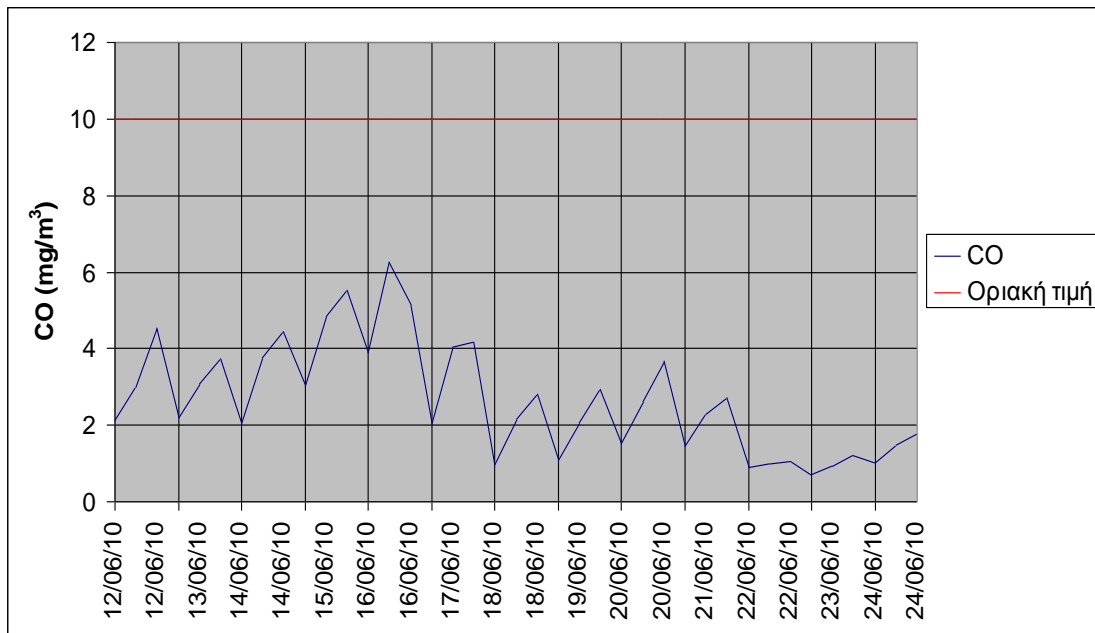


Μάιος:

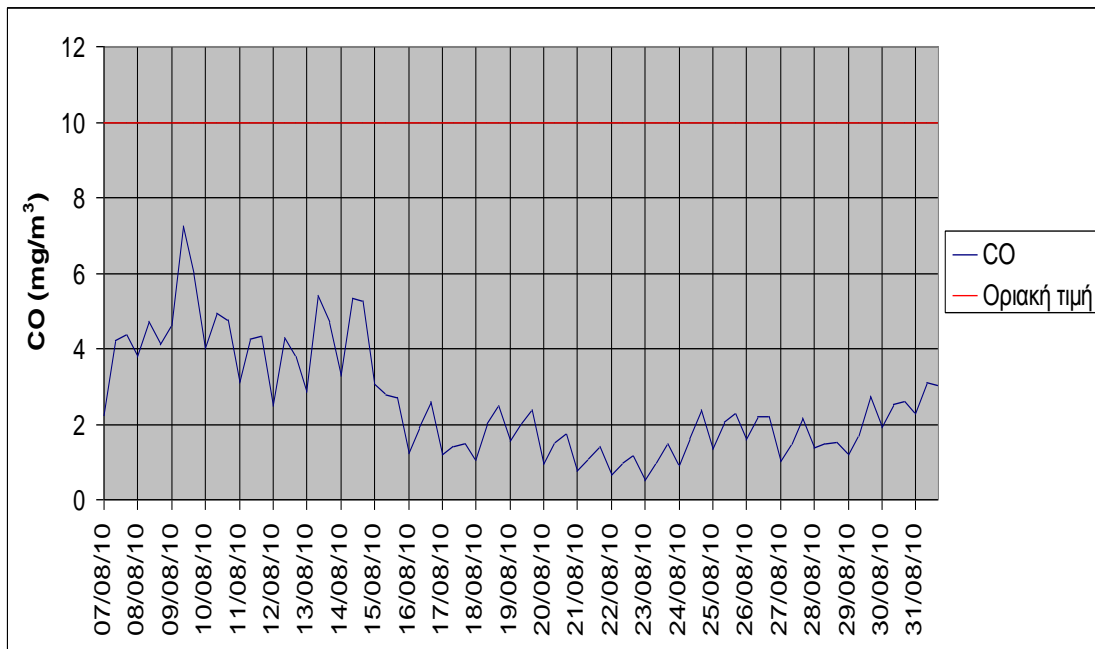


## ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

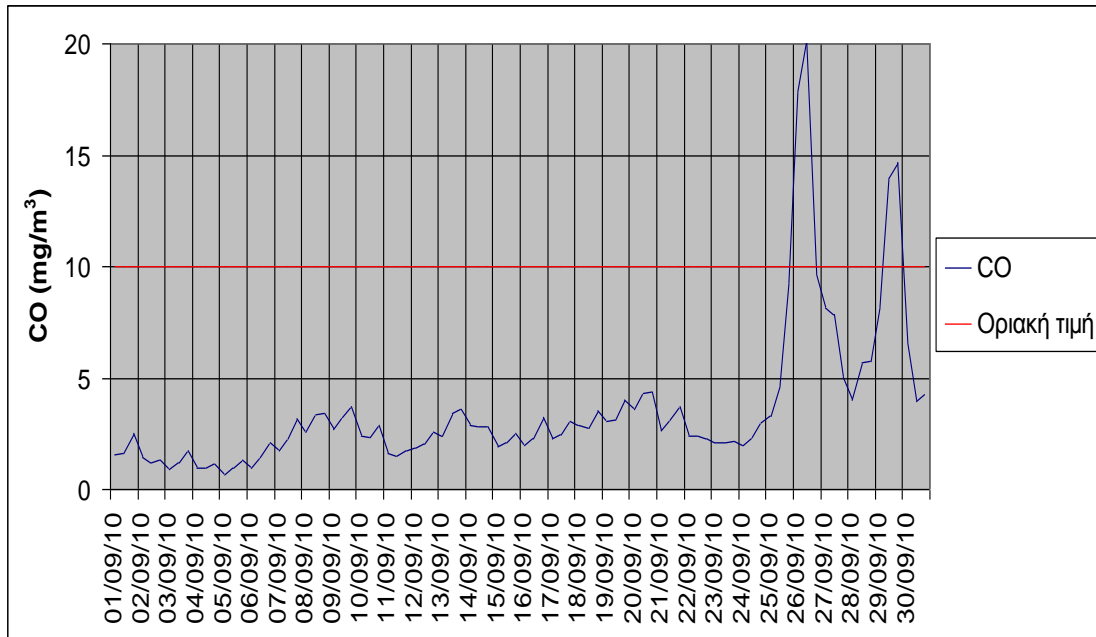
Ιούνιος:



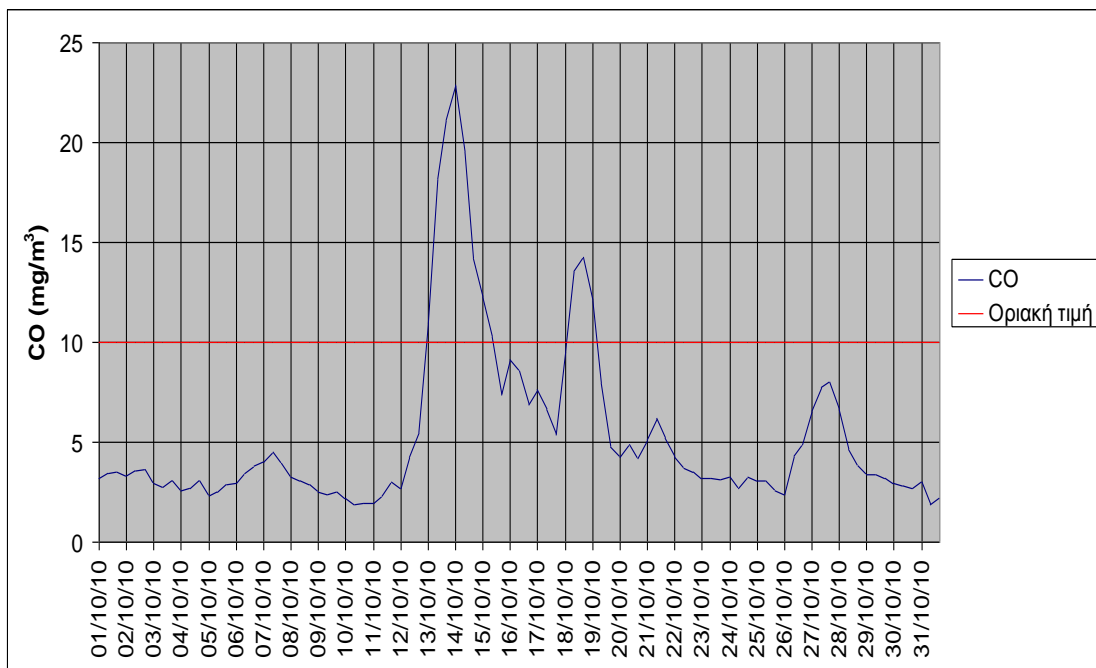
Αύγουστος:



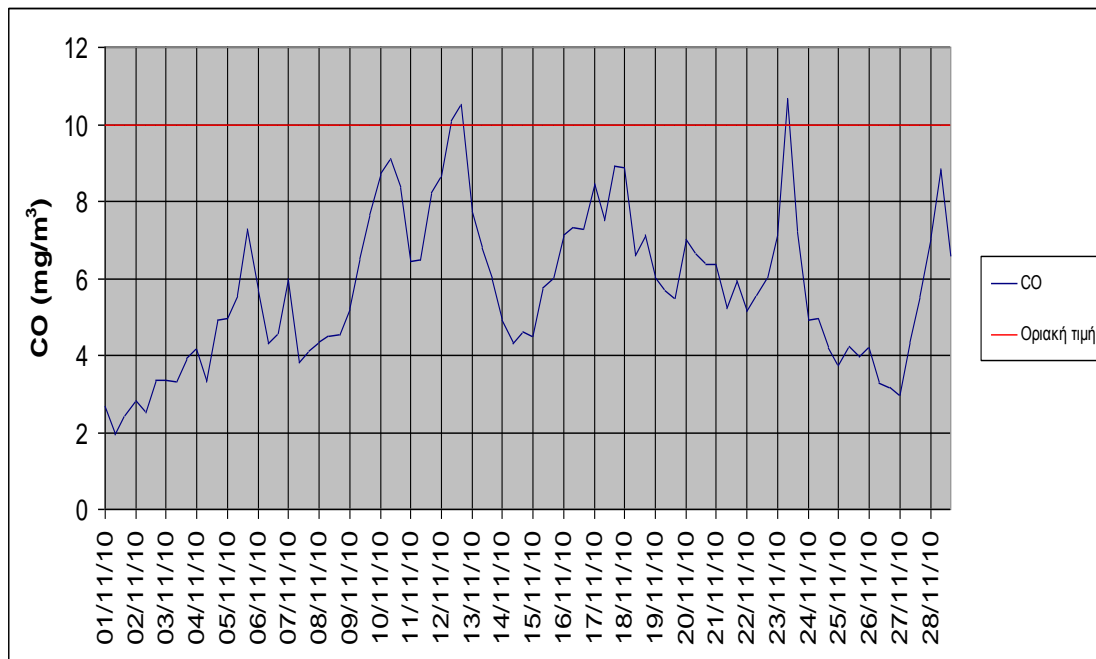
Σεπτέμβριος:



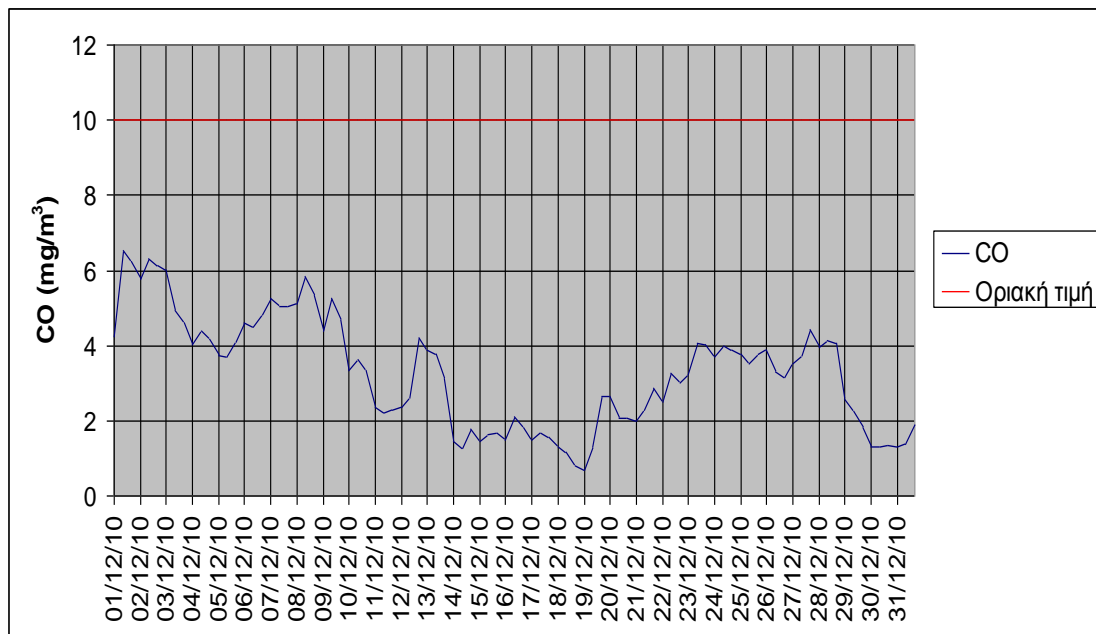
Οκτώβριος:



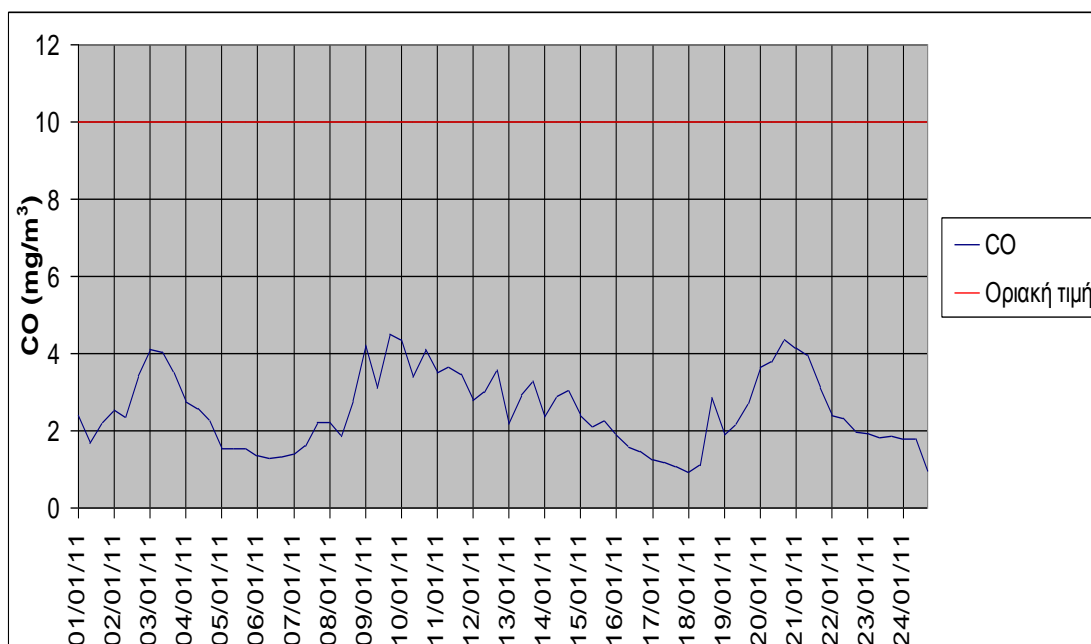
Νοέμβριος:



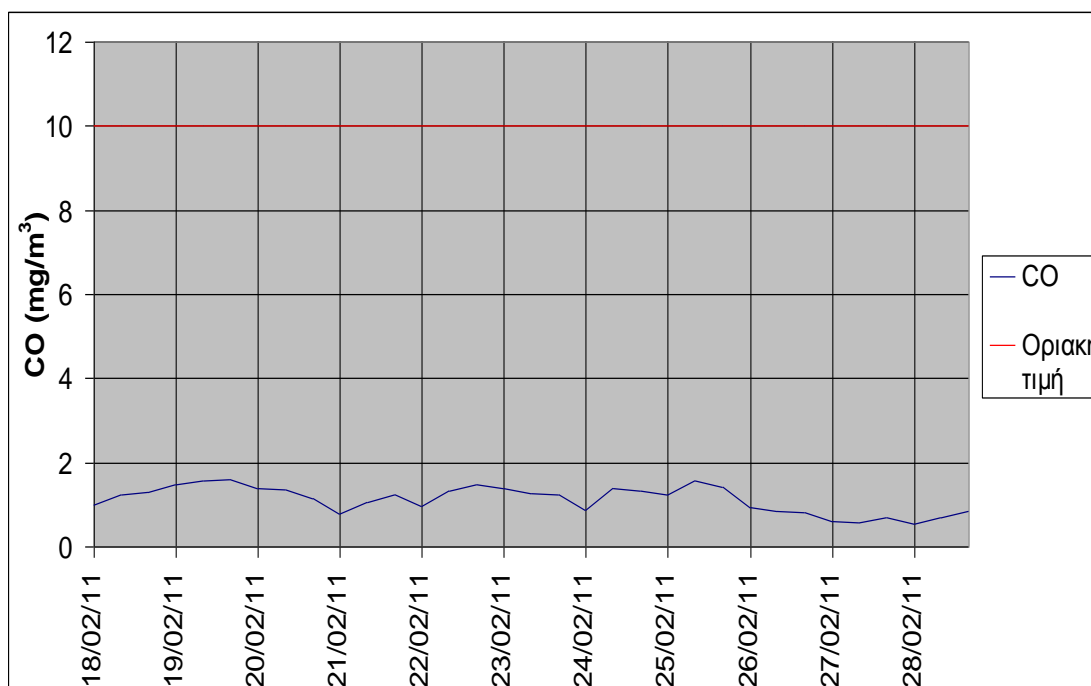
Δεκέμβριος:



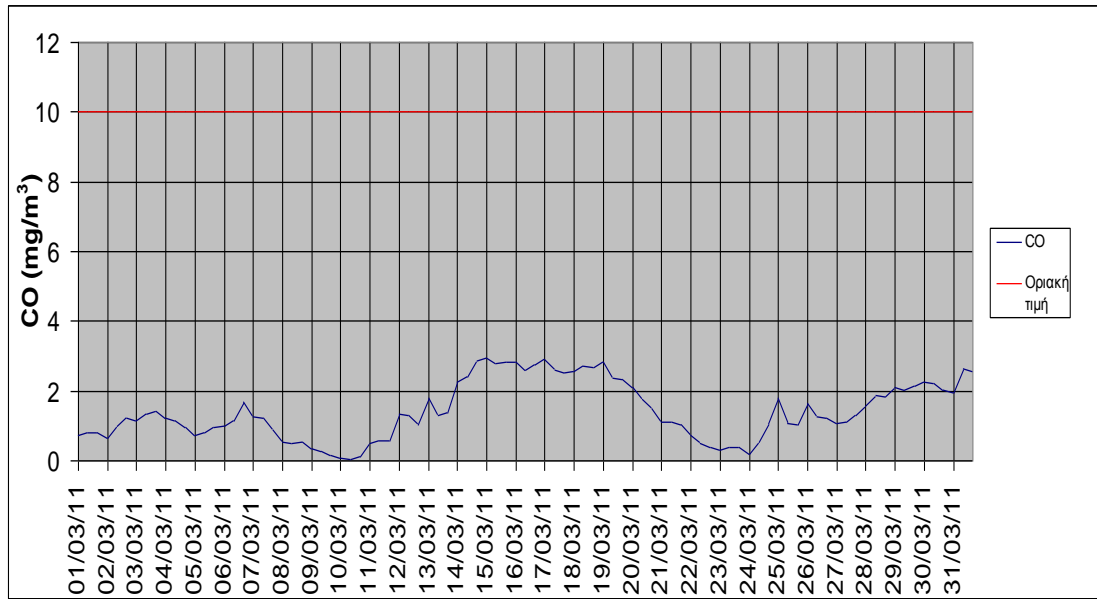
Ιανουάριος:



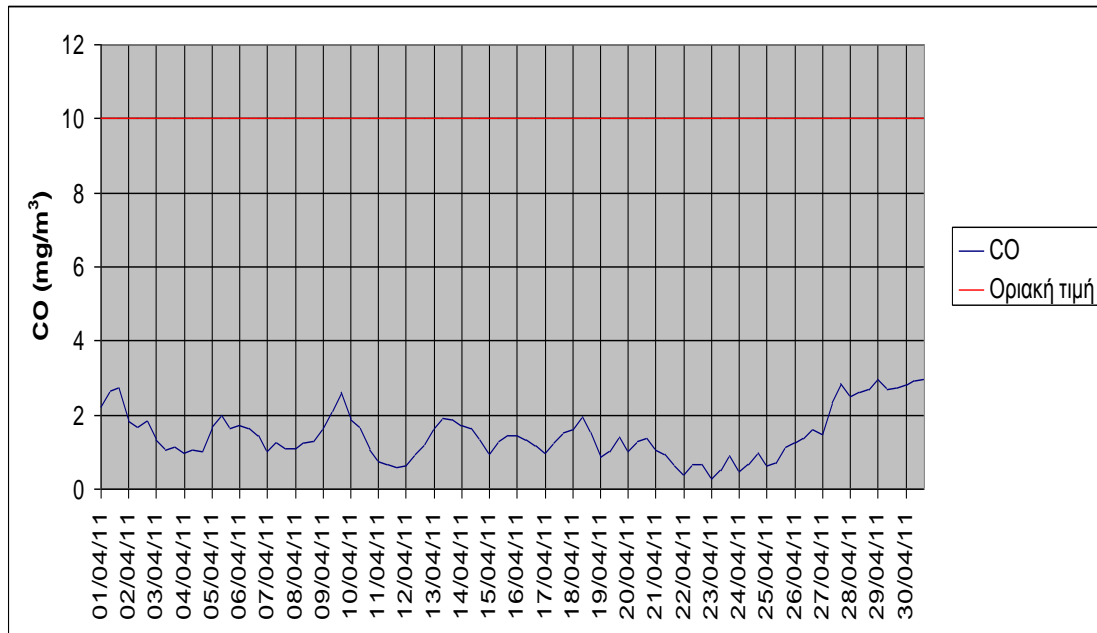
Φεβρουάριος:



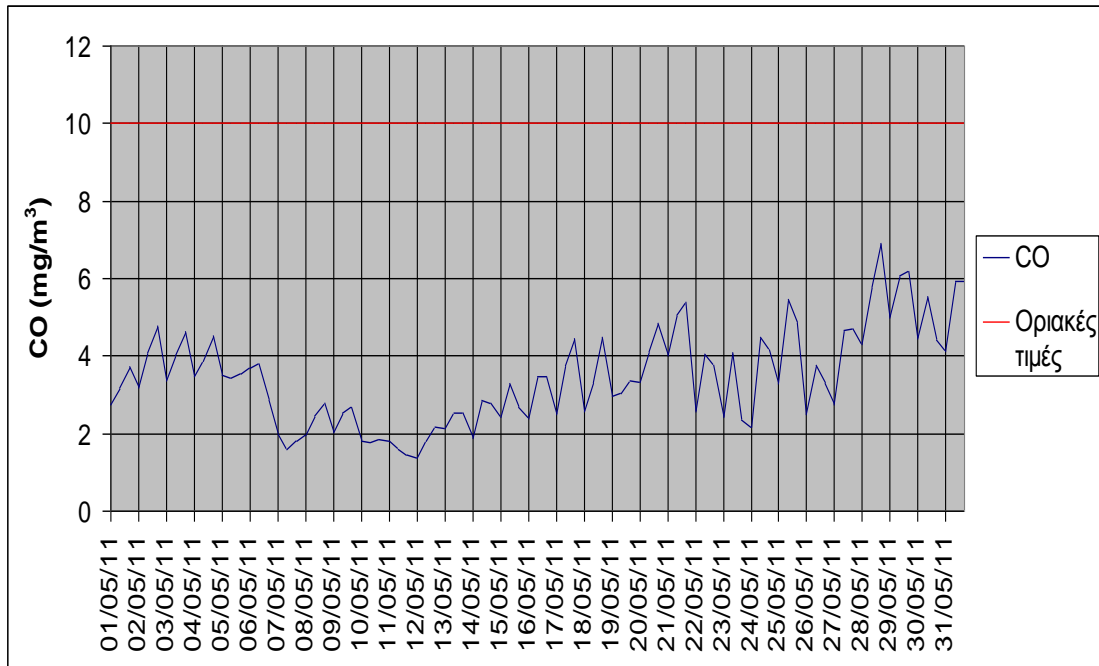
Μάρτιος:



Απρίλιος:



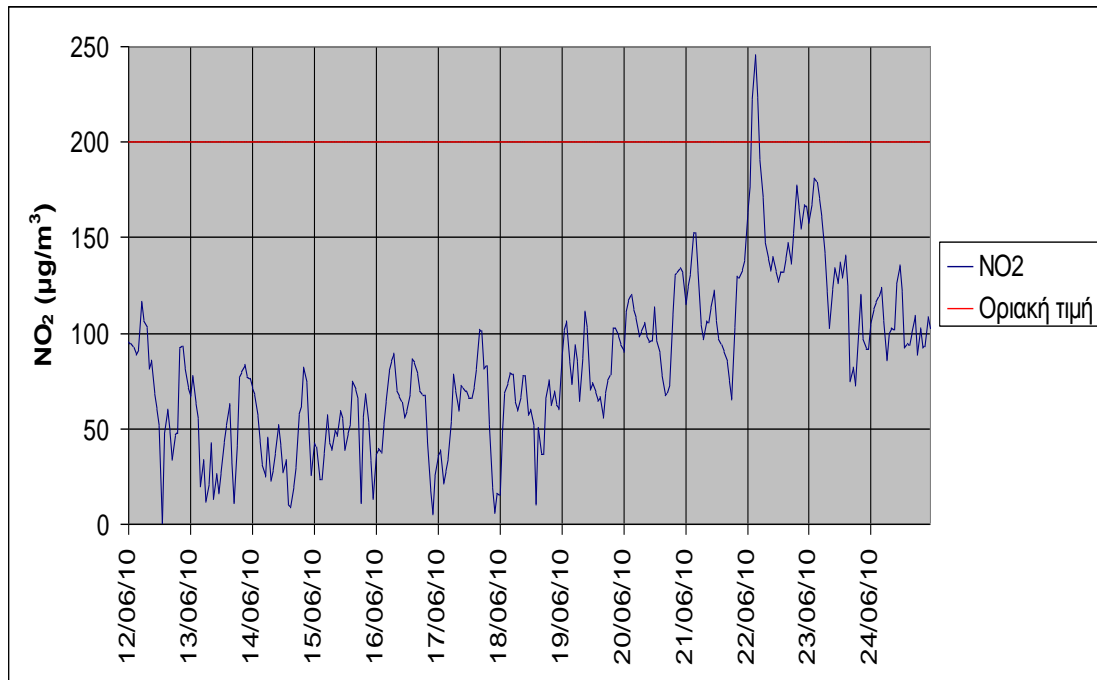
Μάιος:



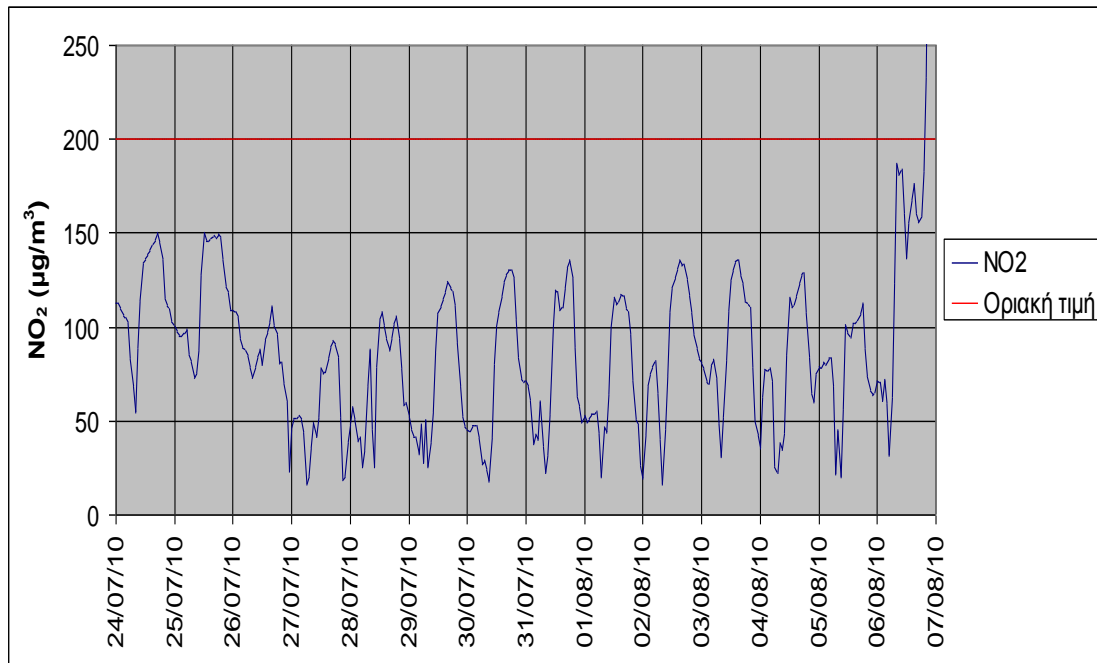


## ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Ιούνιος:



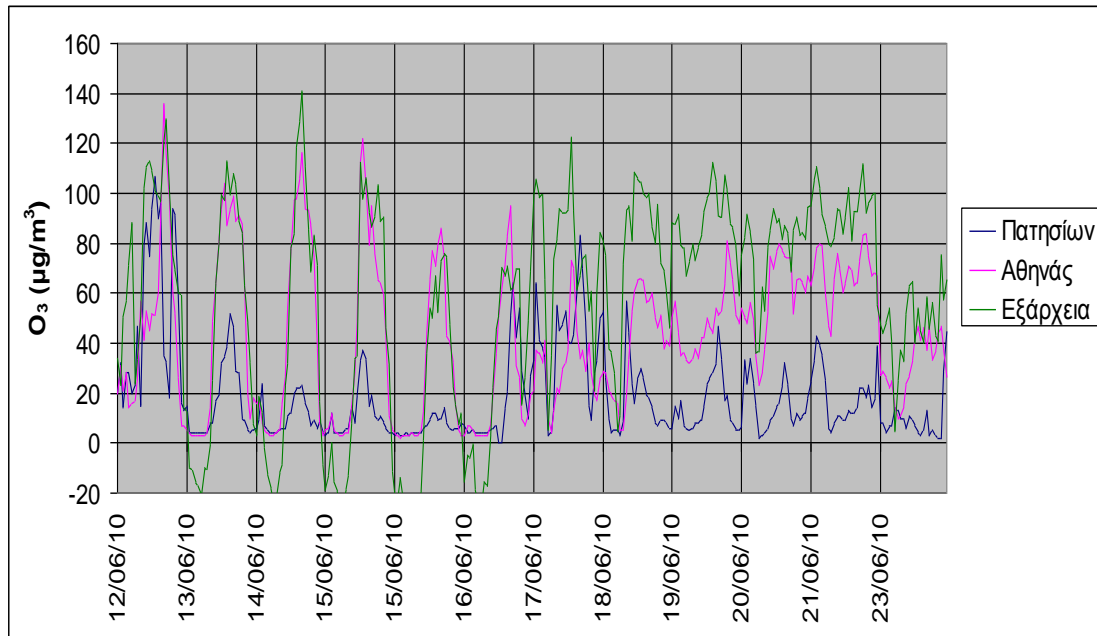
Ιούλιος-Αύγουστος:



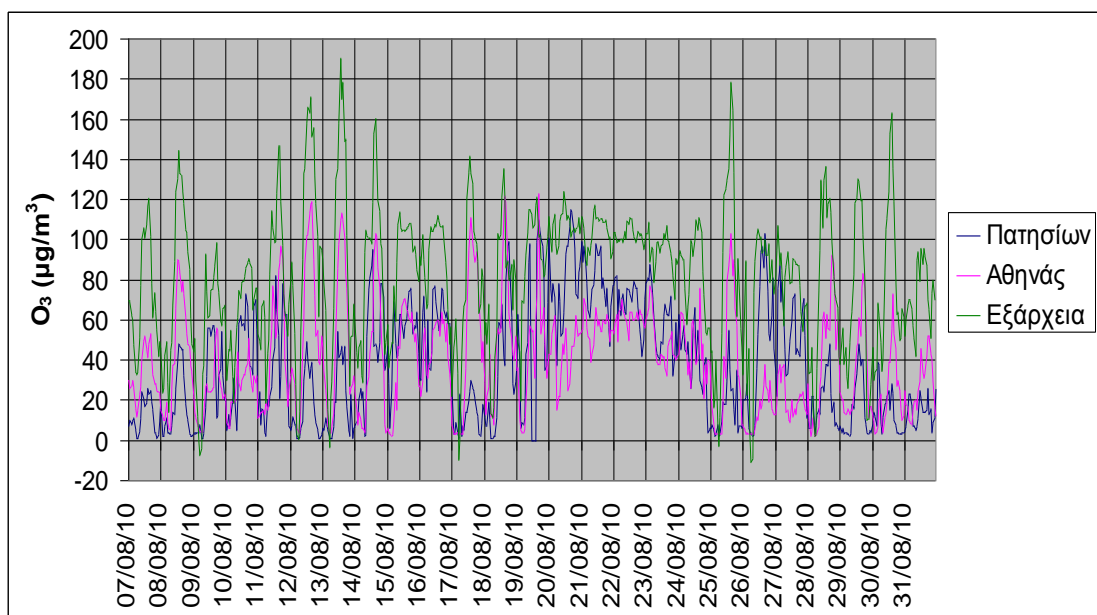
### Π3. Σύγκριση με μετρήσεις από σταθμούς στο κέντρο της Αθήνας

#### **ΟΖΟΝ**

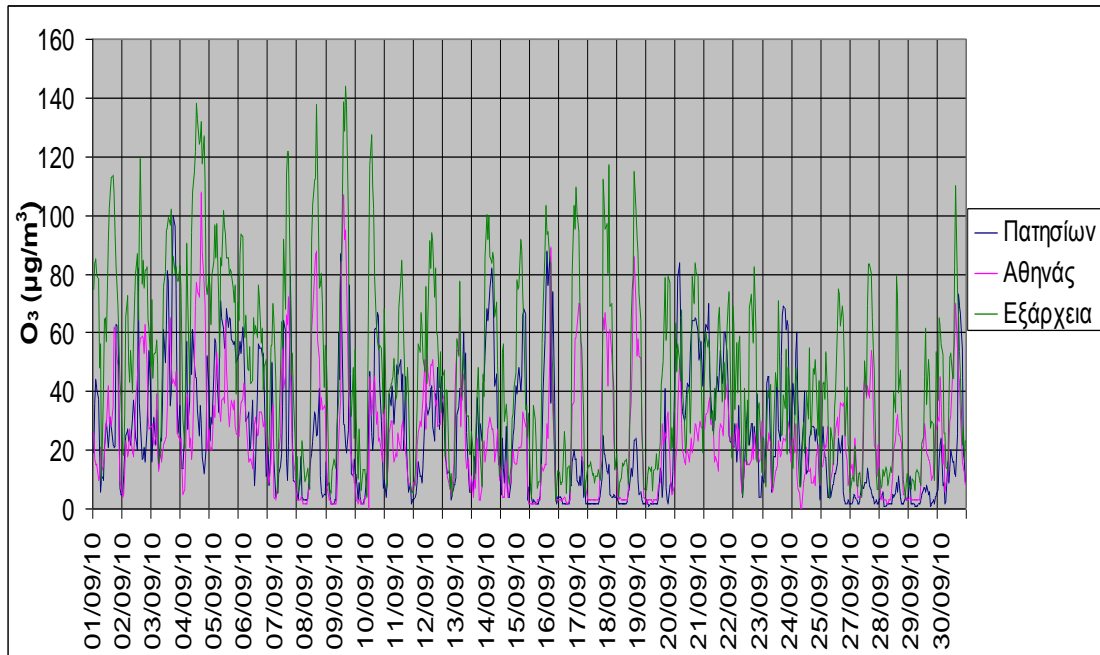
Ιούνιος:



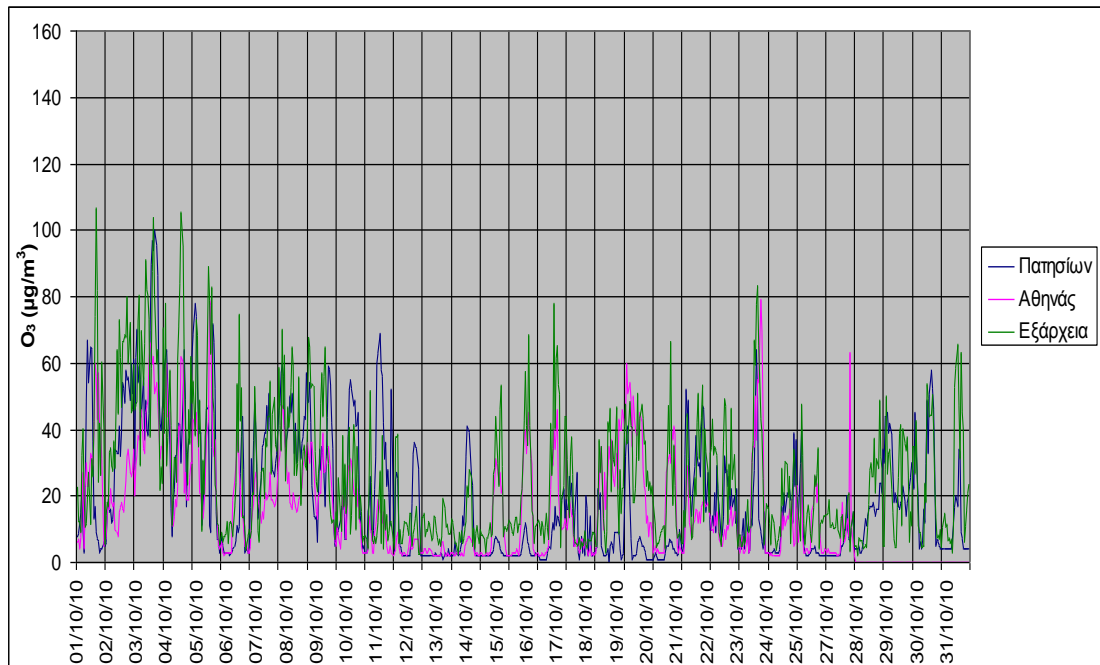
Αύγουστος:



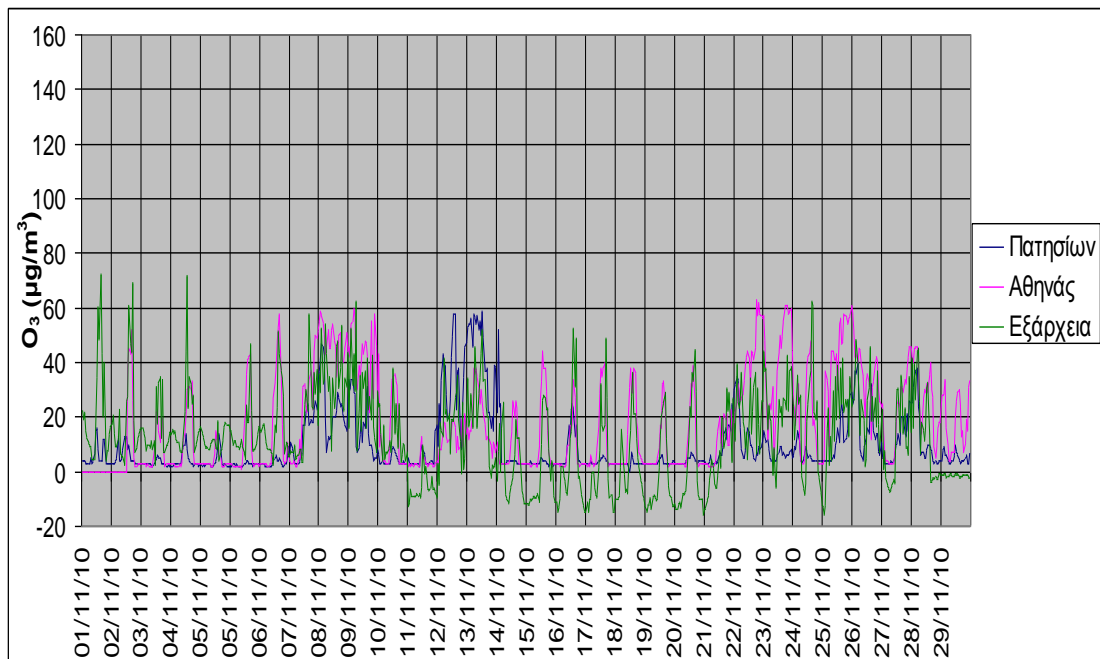
Σεπτέμβριος:



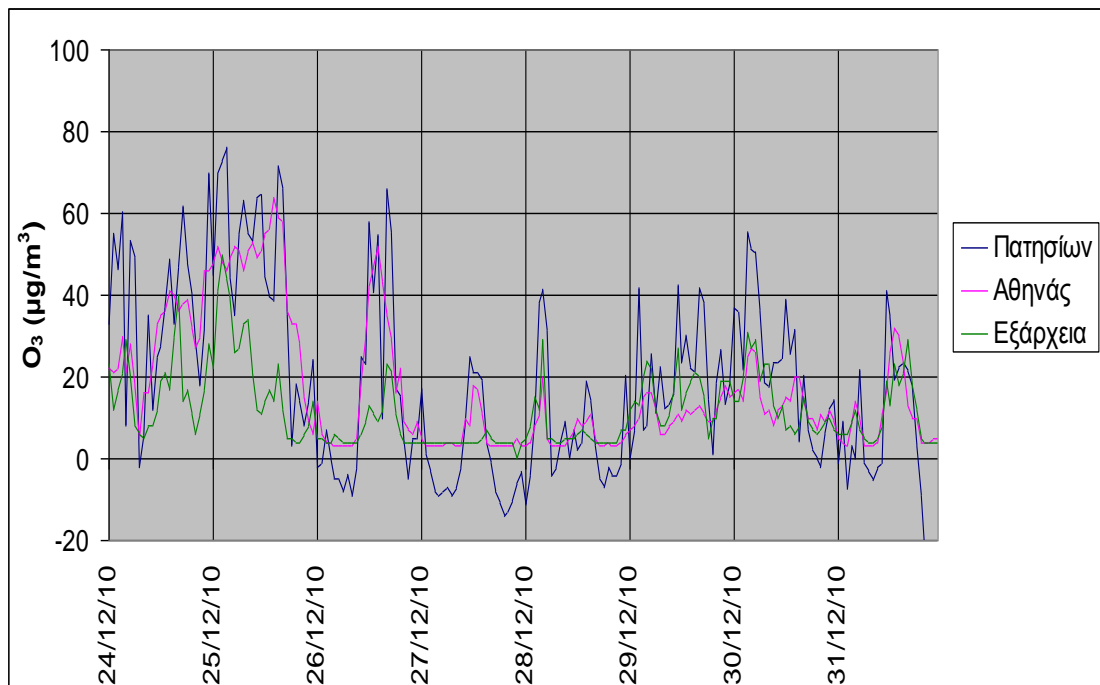
Οκτώβριος:



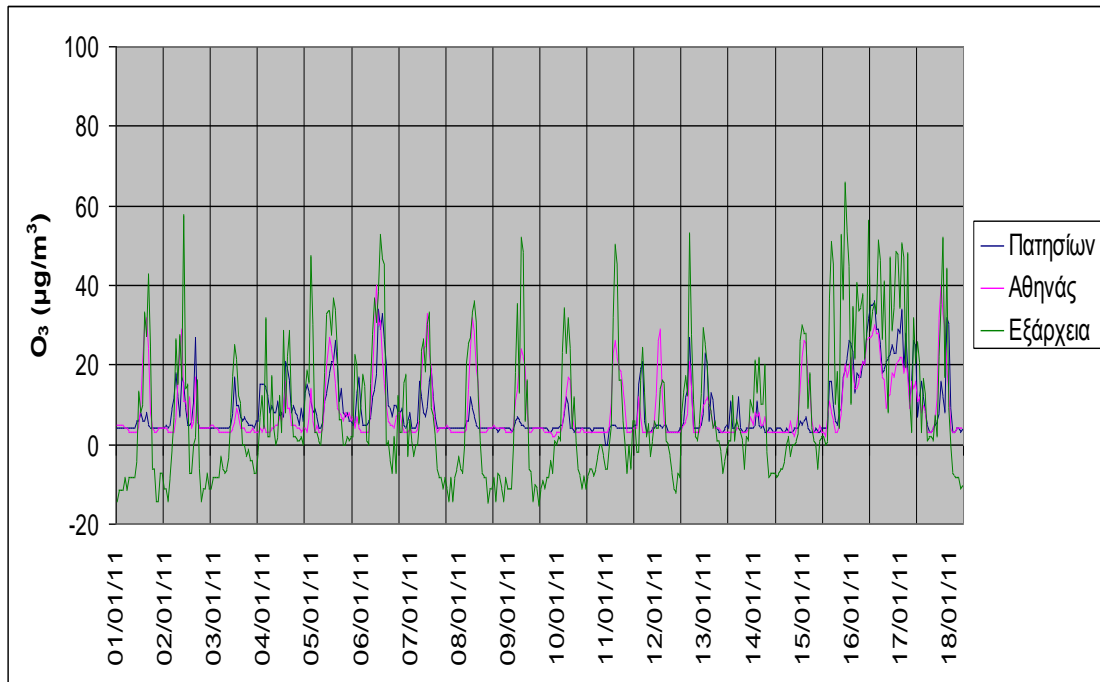
Νοέμβριος:



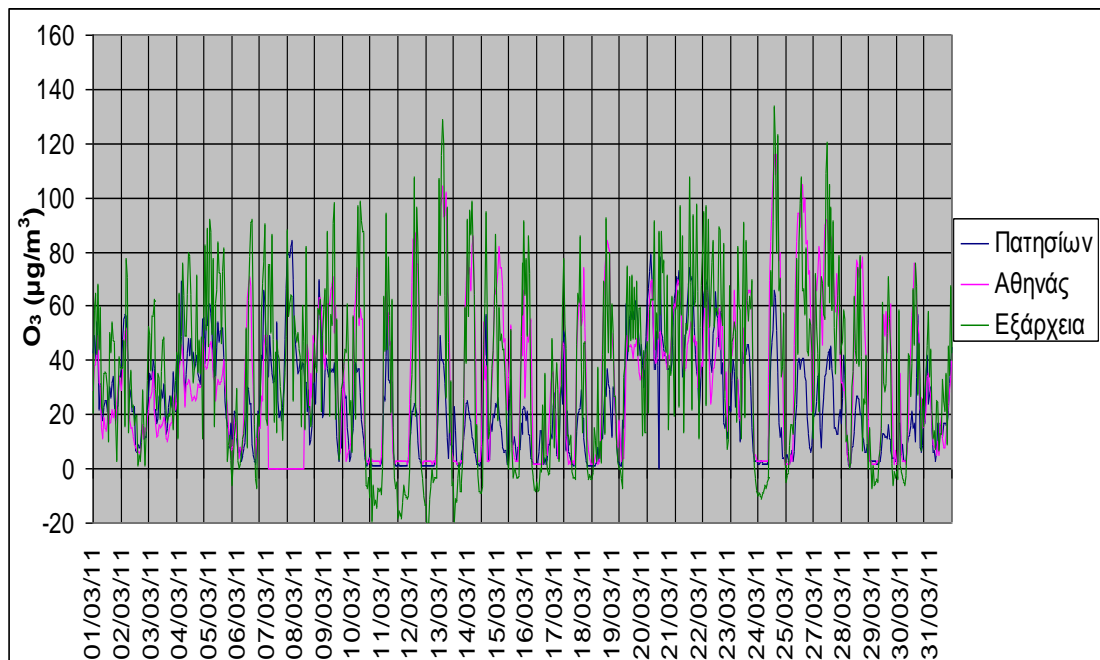
Δεκέμβριος:



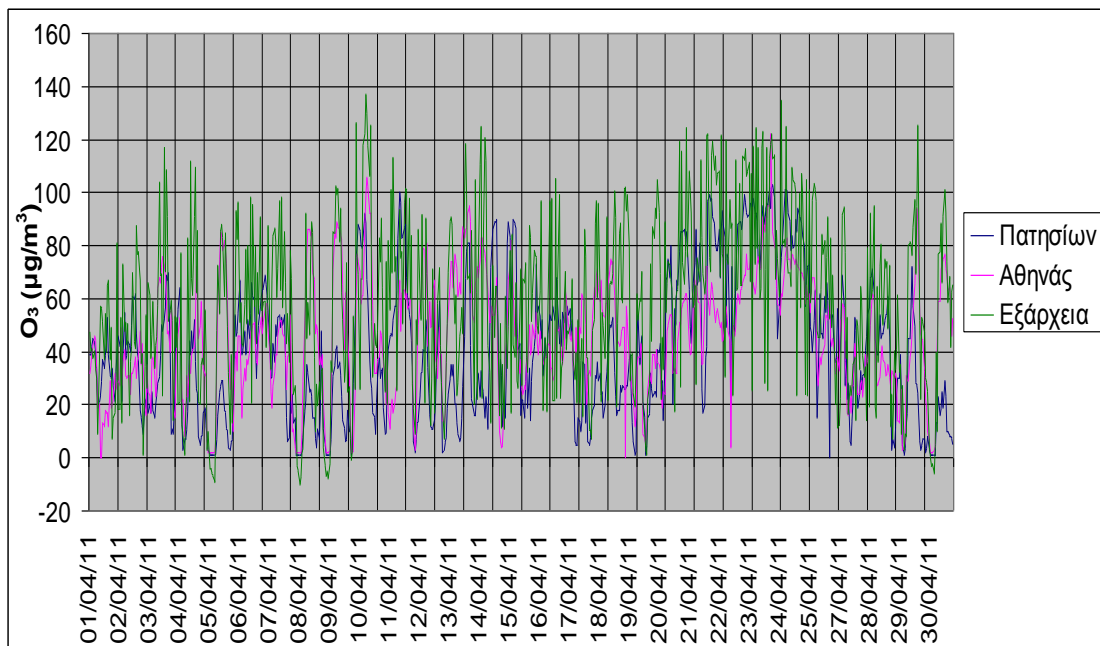
Ιανουάριος:



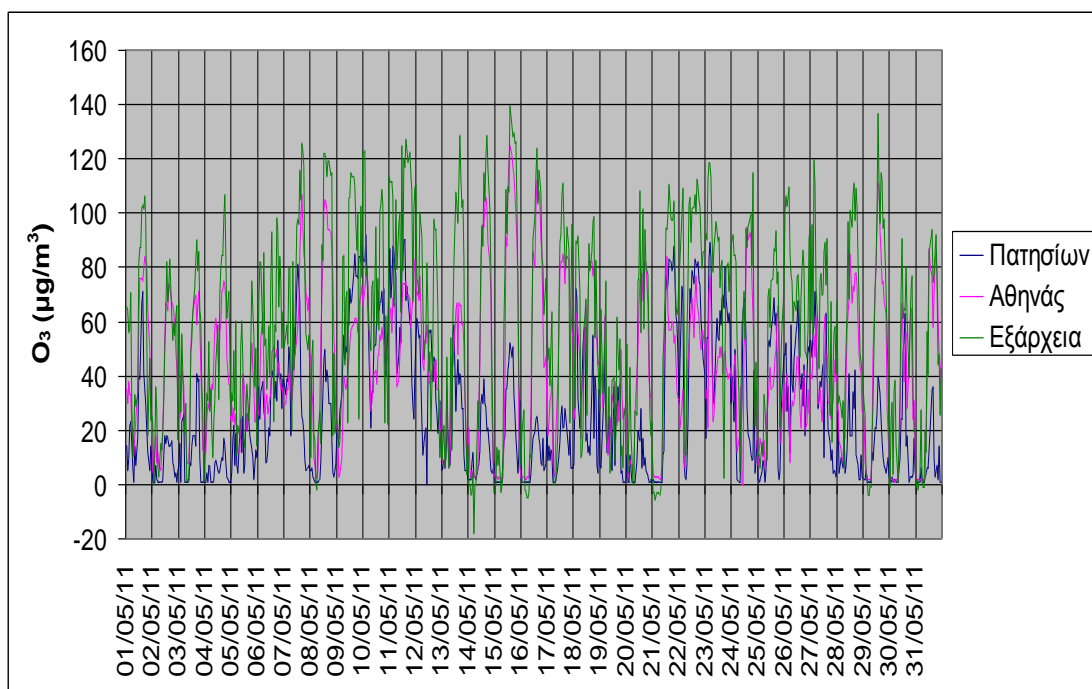
Μάρτιος:



## Απρίλιος

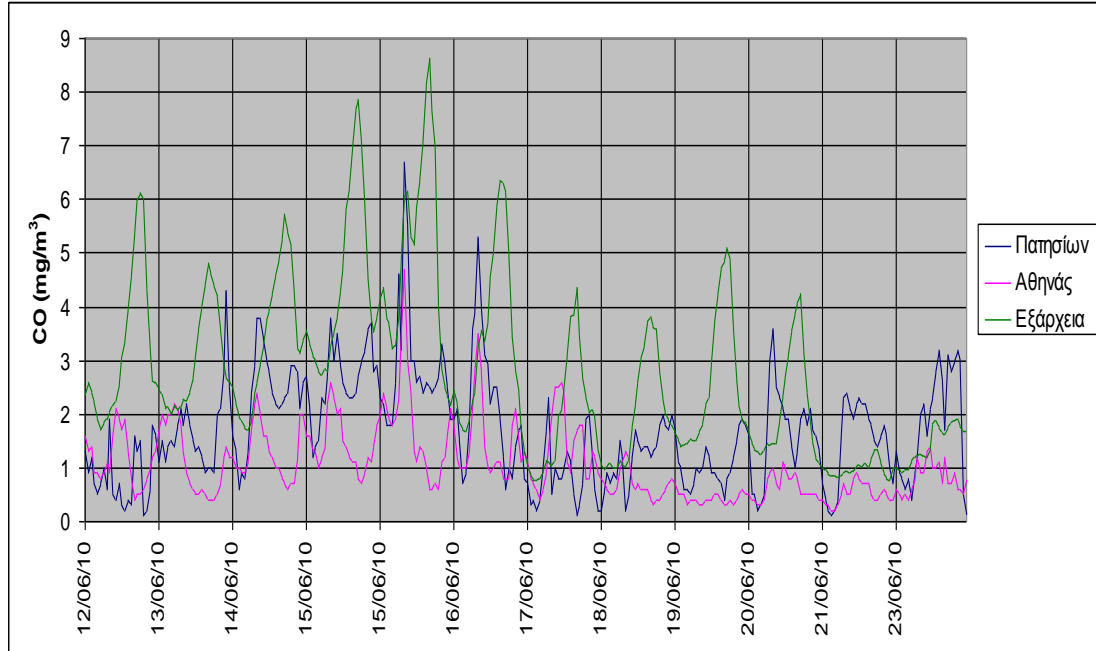


## Μάιος

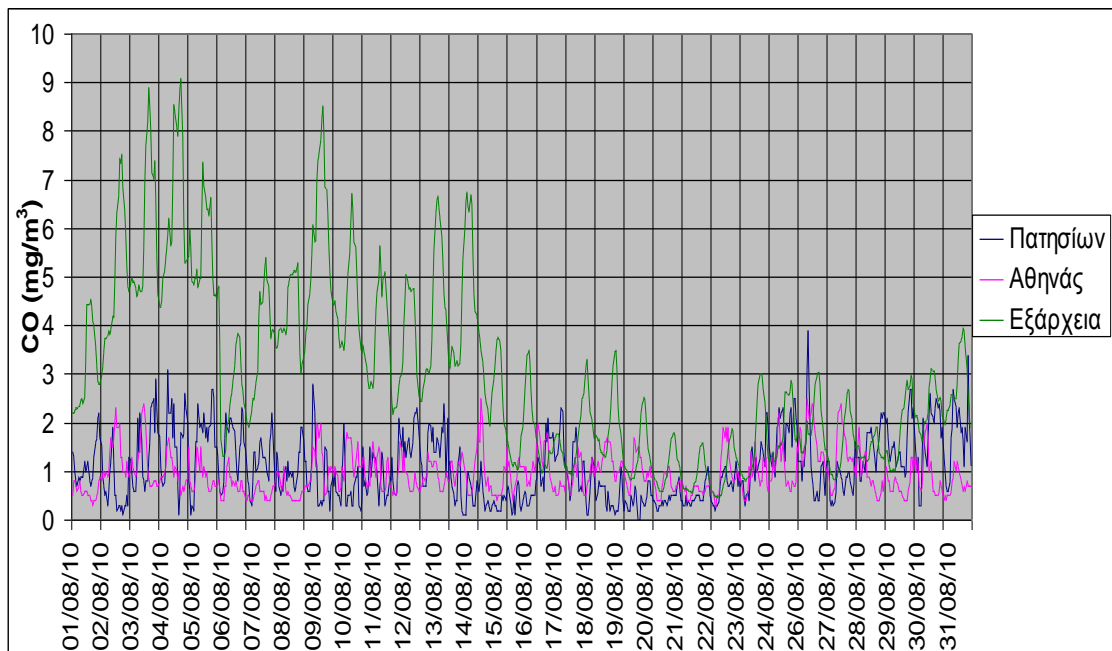


## ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

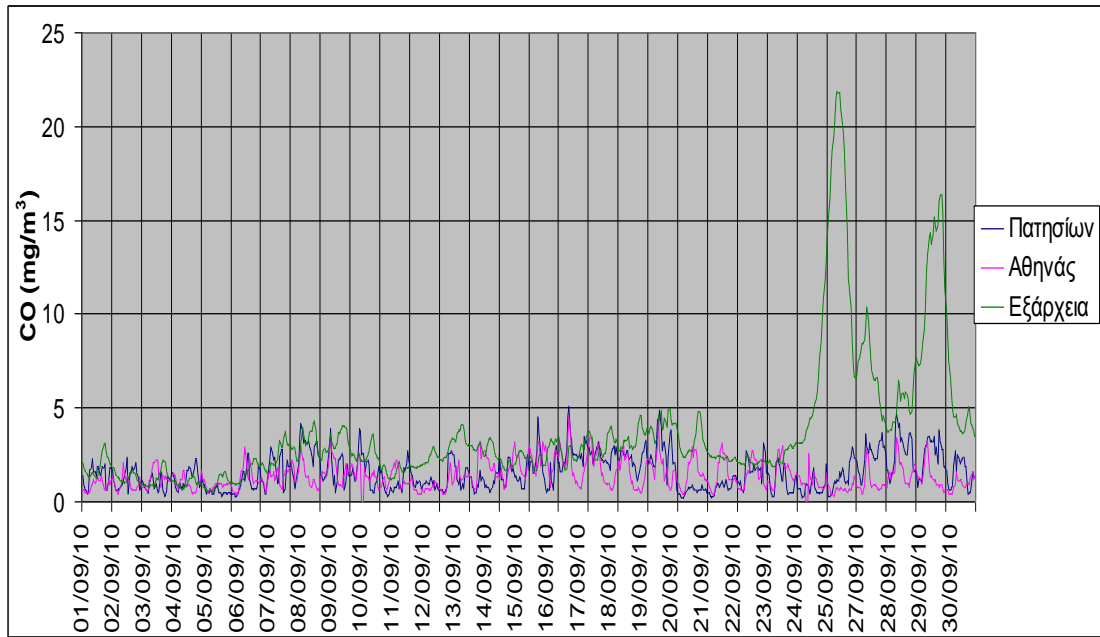
Ιούνιος:



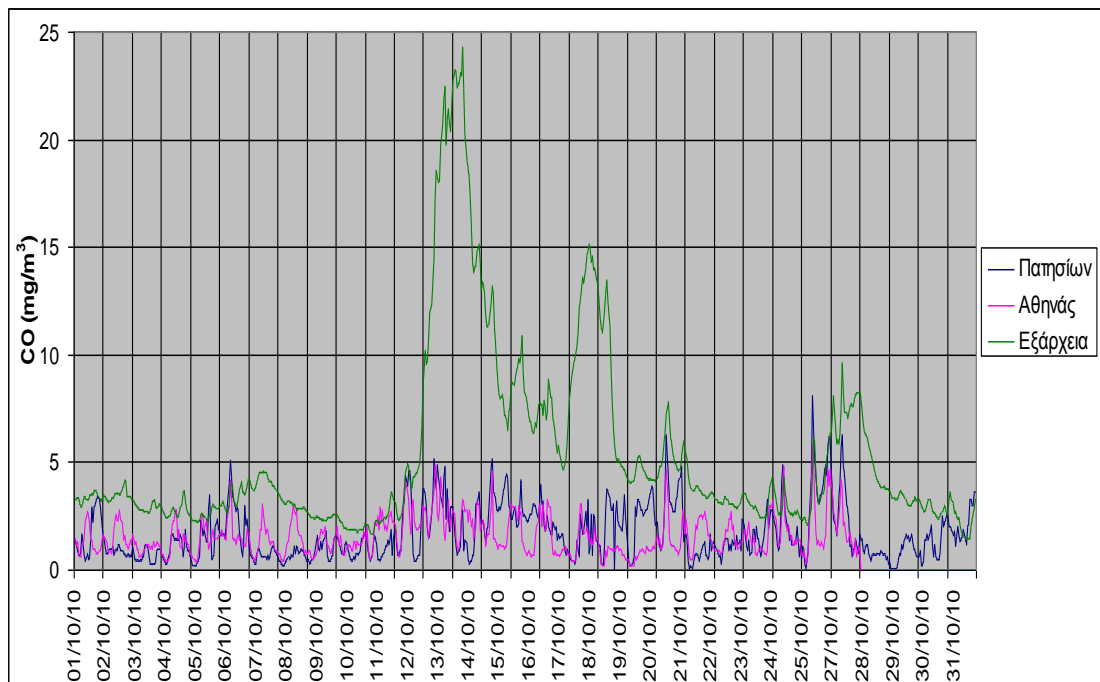
Αύγουστος:



Σεπτέμβριος:

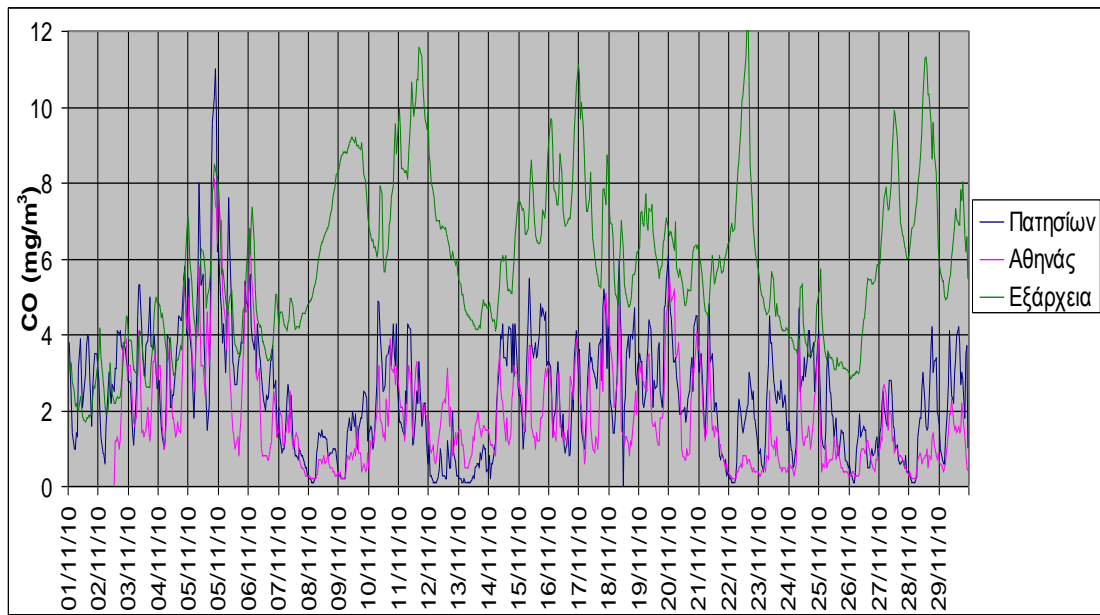


Οκτώβριος:

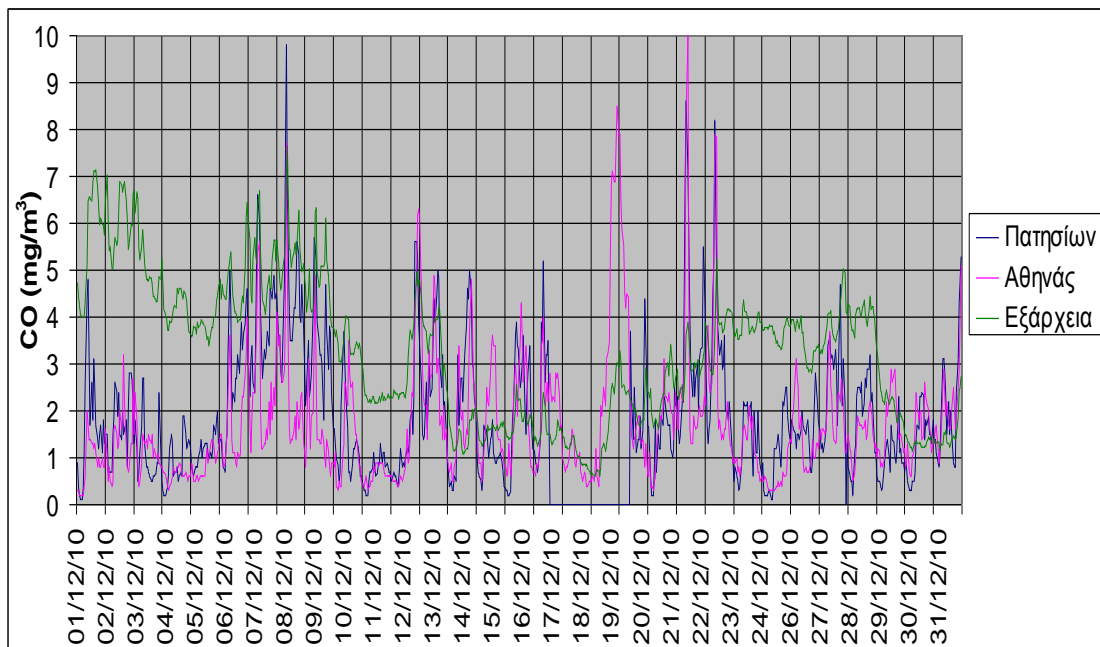




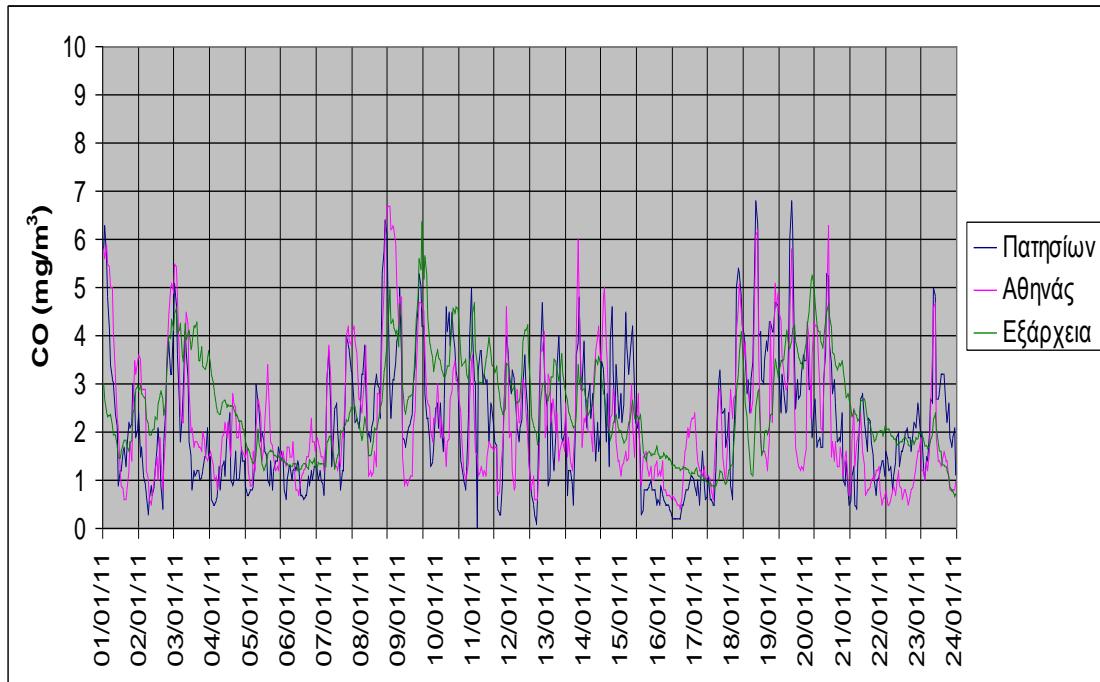
Νοέμβριος:



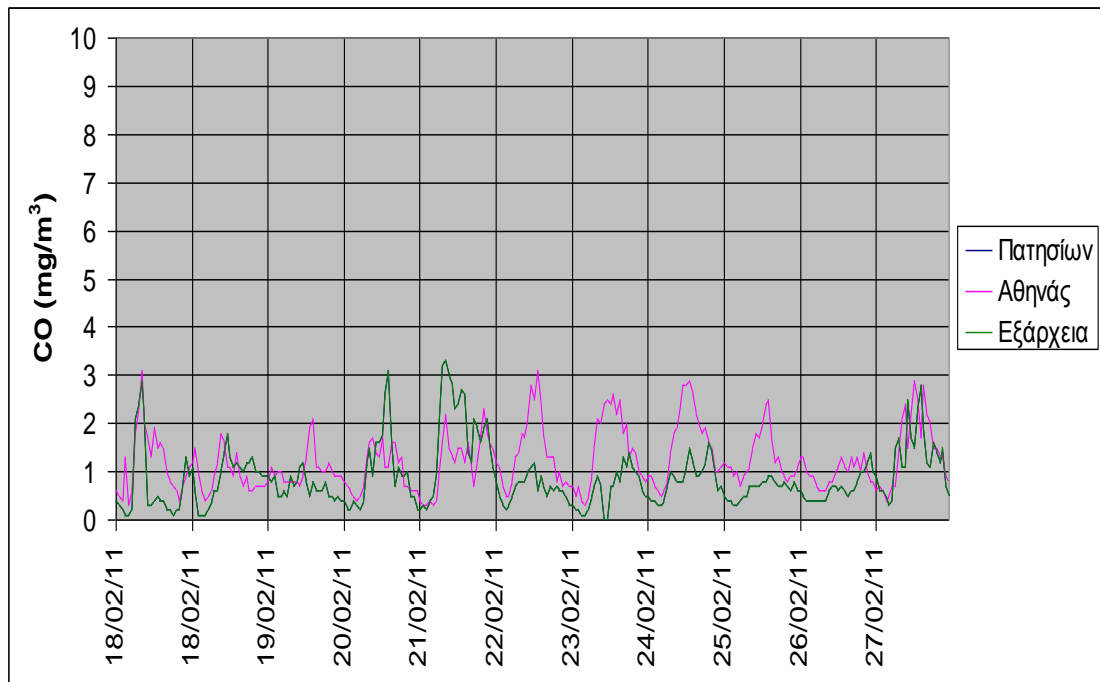
Δεκέμβριος:



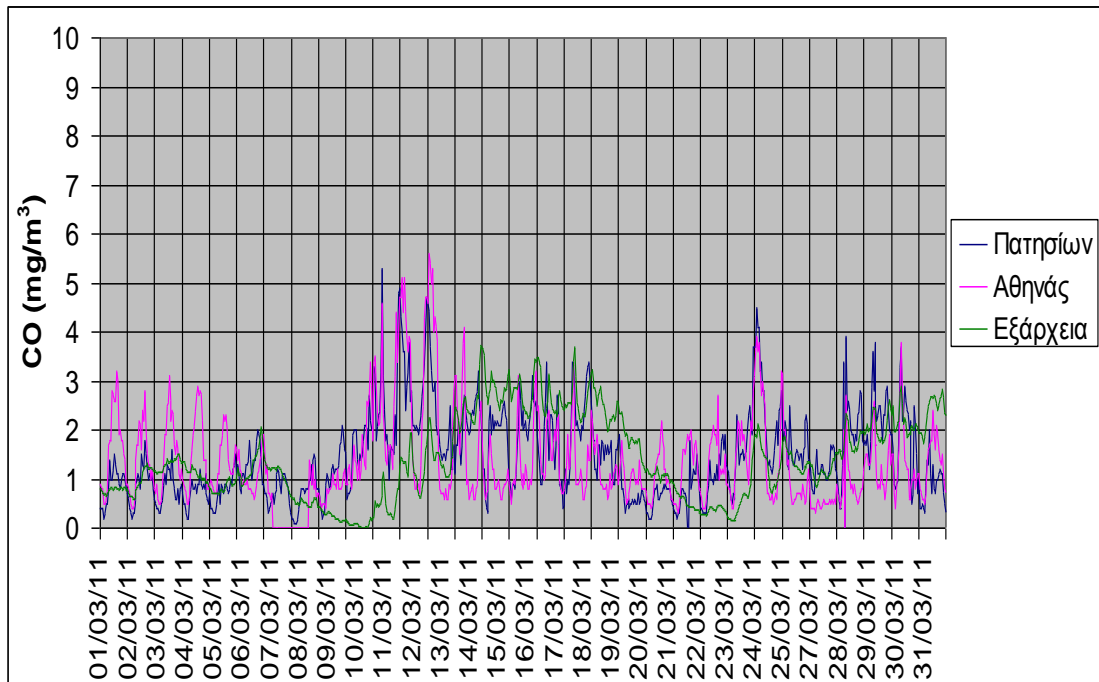
Ιανουάριος:



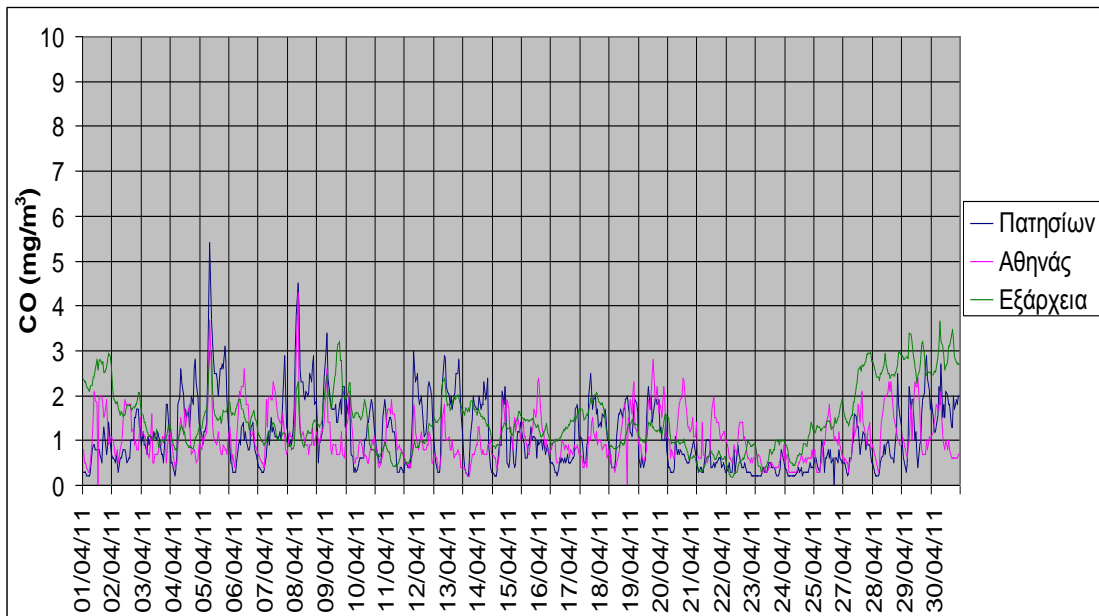
Φεβρουάριος:



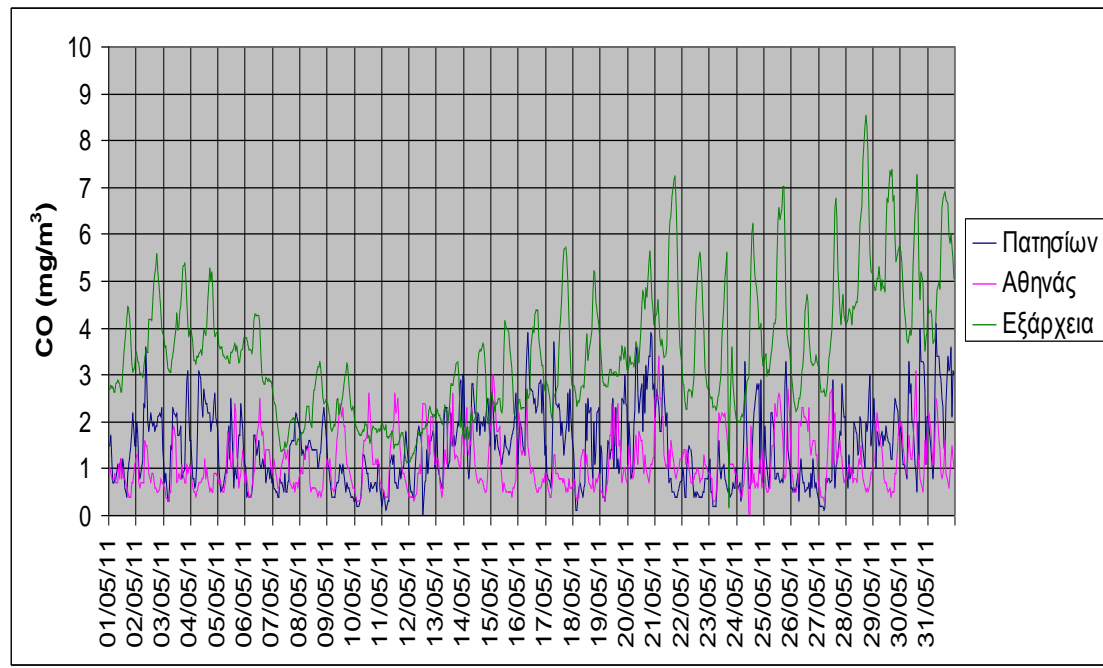
Μάρτιος:



Απρίλιος

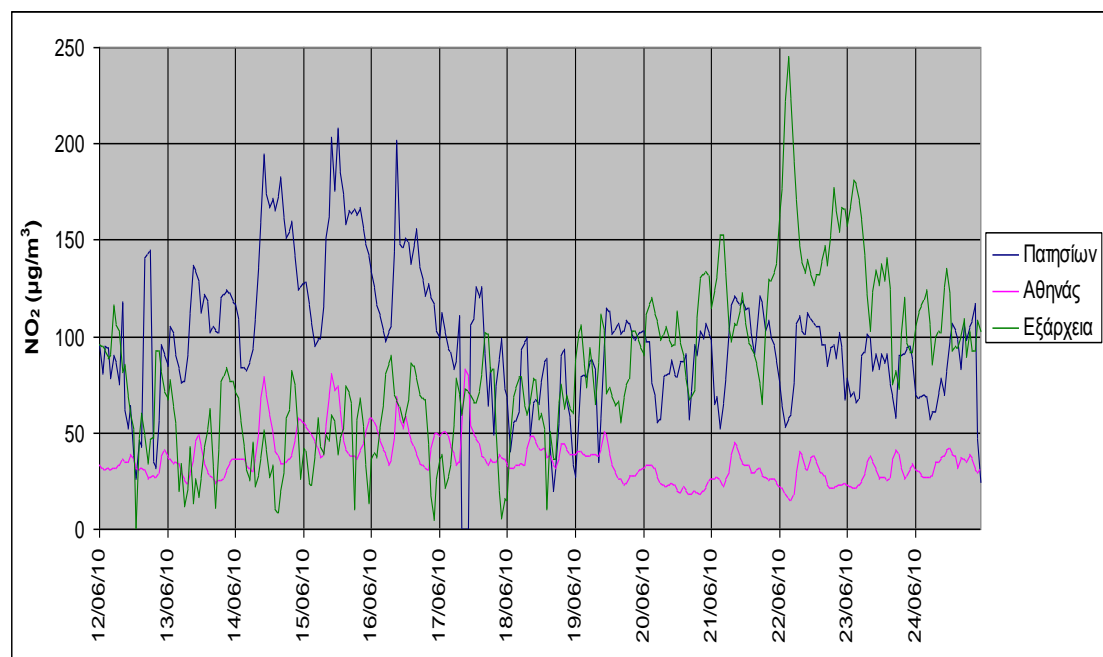


Μάιος

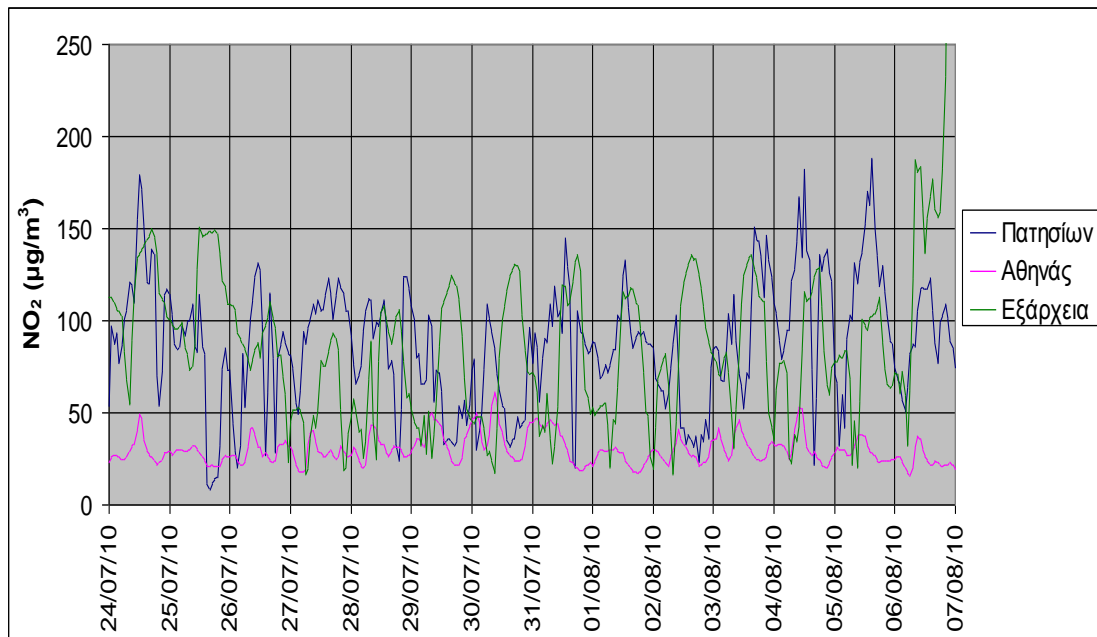


ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Ιούνιος:



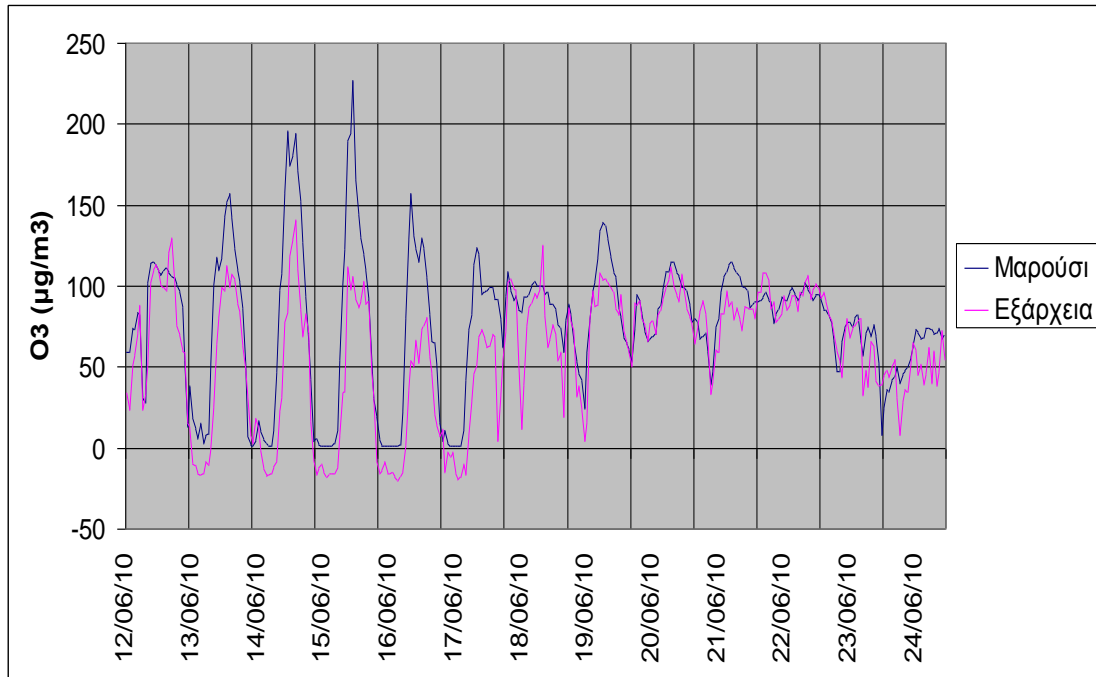
Ιούλιος-Αύγουστος:



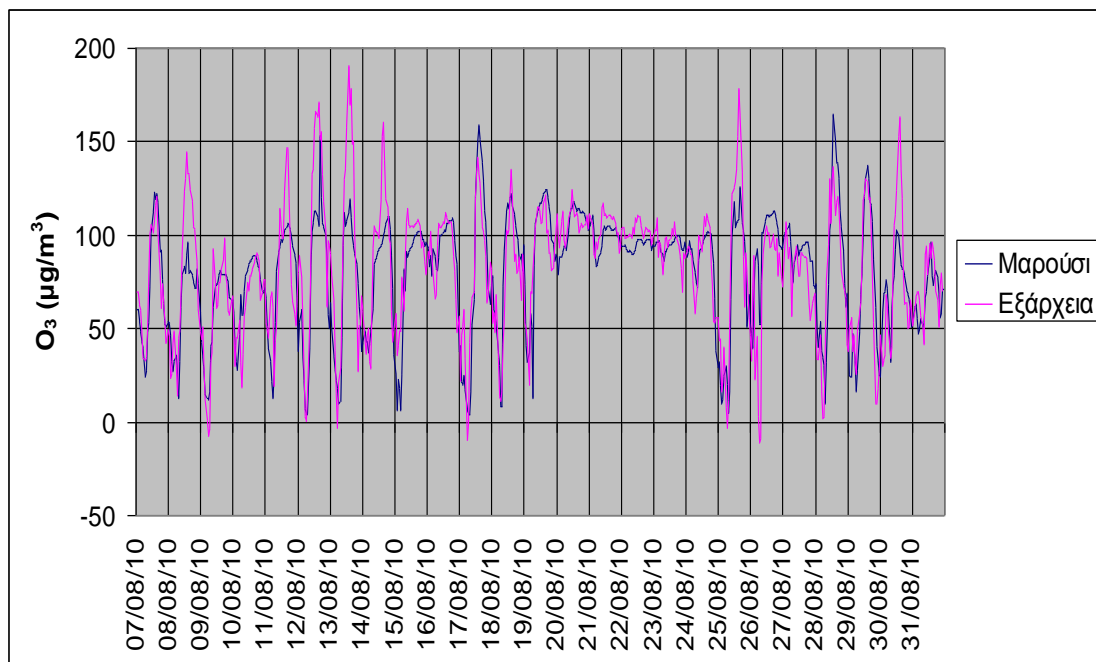
#### Π4. Σύγκριση με μετρήσεις από σταθμό στο Μαρούσι

##### ΟΖΟΝ

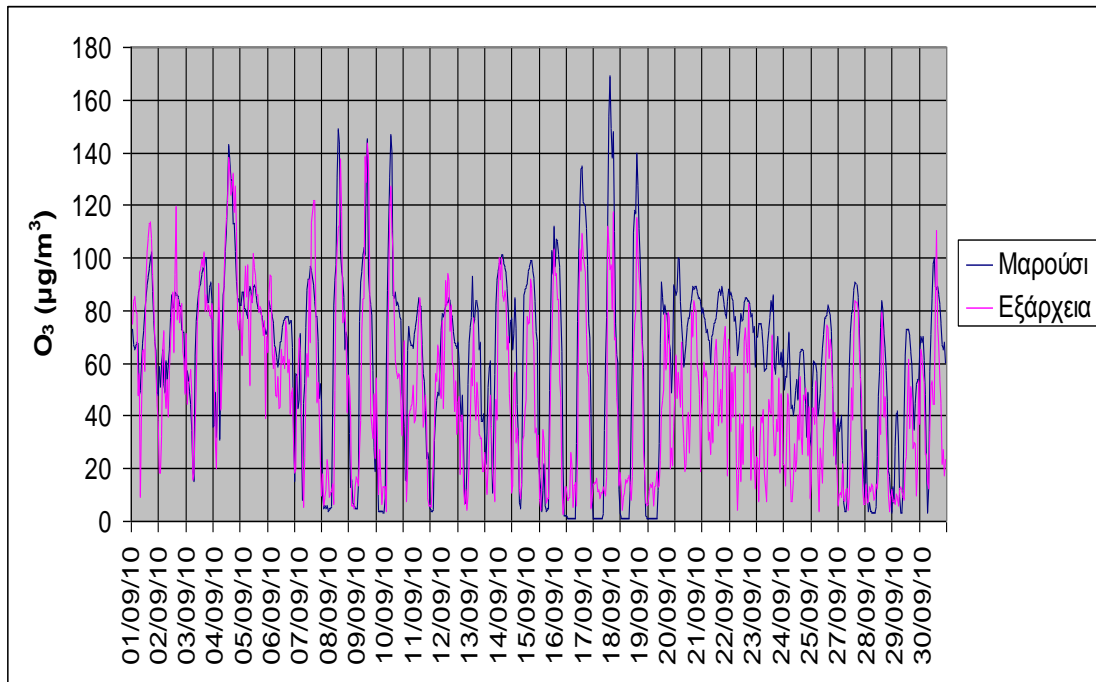
Ιούνιος:



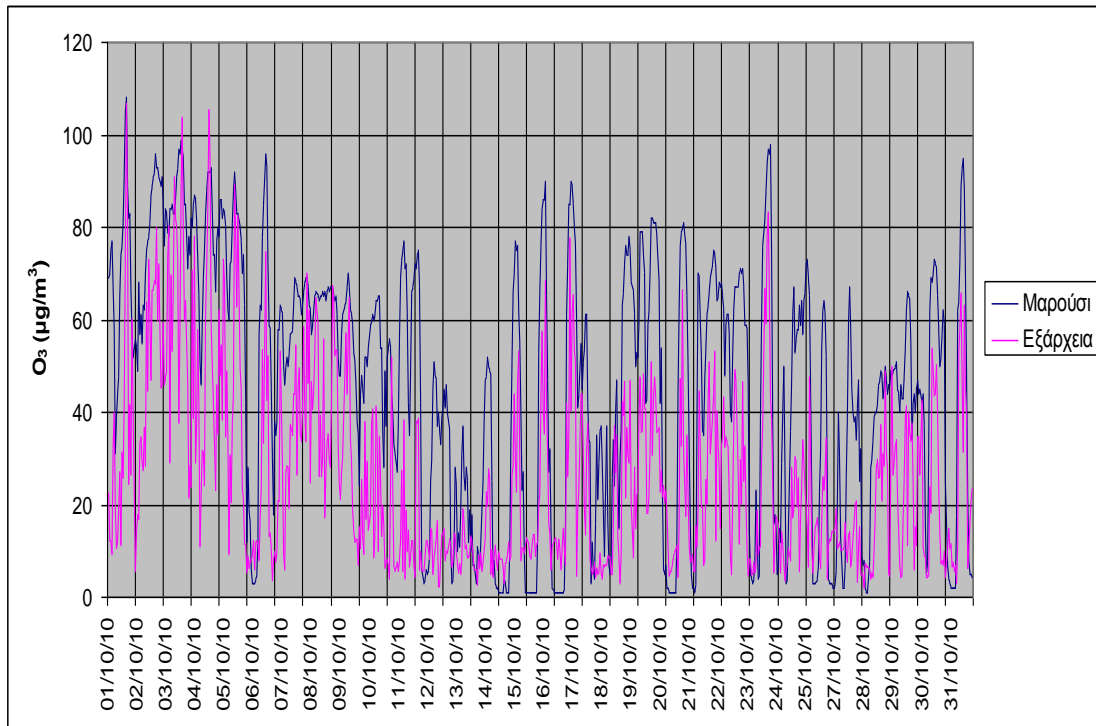
Αύγουστος:



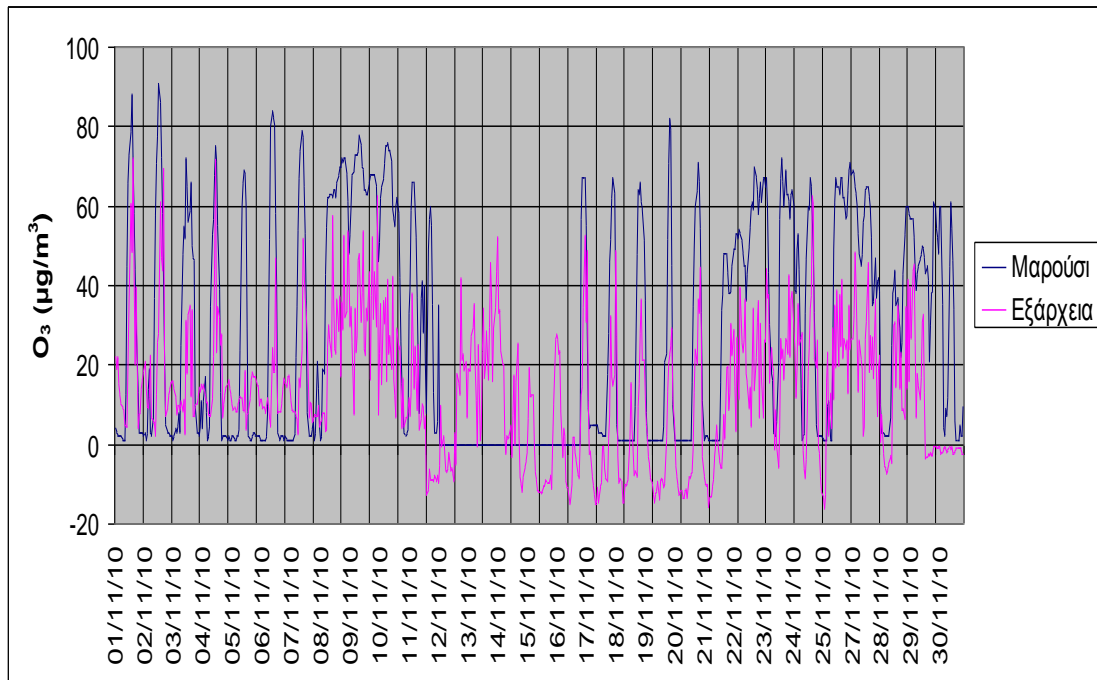
Σεπτέμβριος:



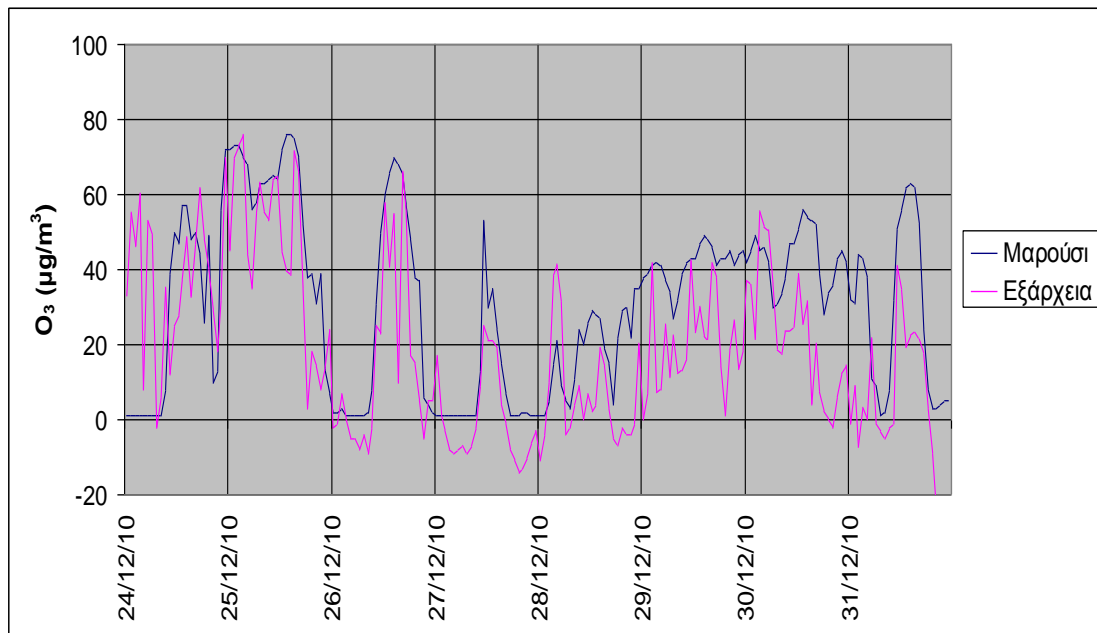
Οκτώβριος:



Νοέμβριος:

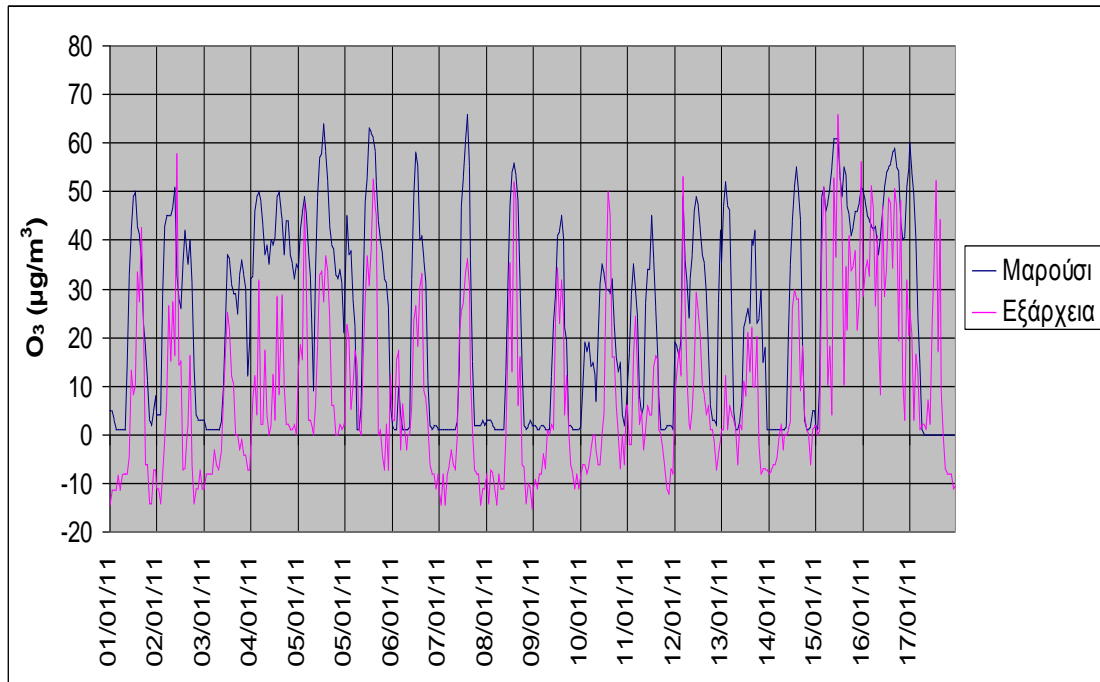


Δεκέμβριος:

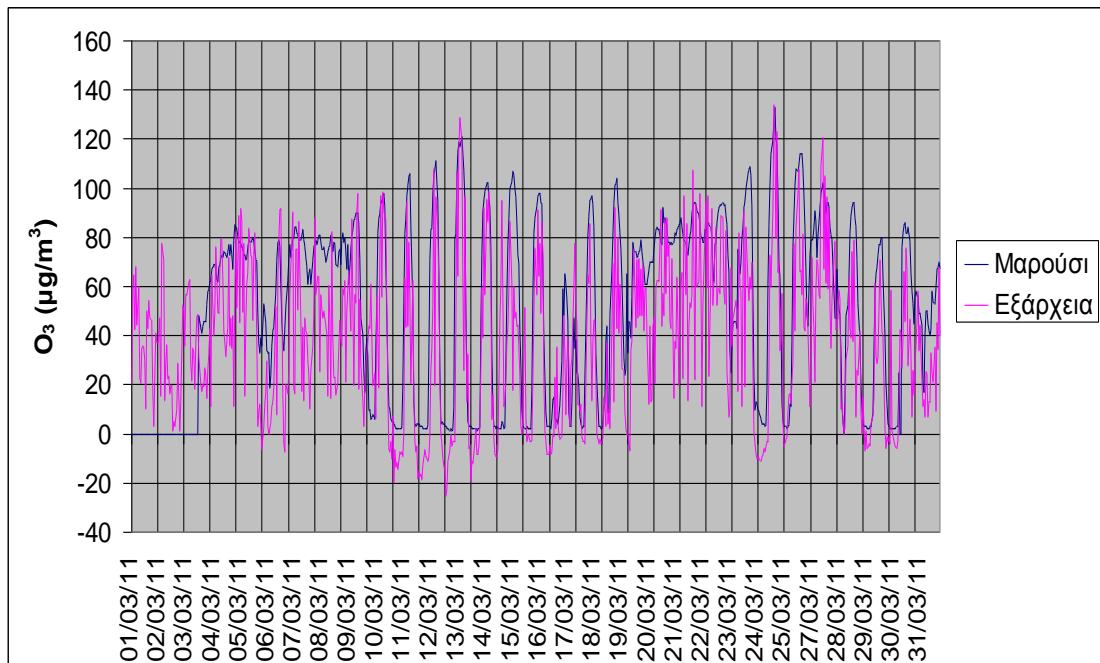




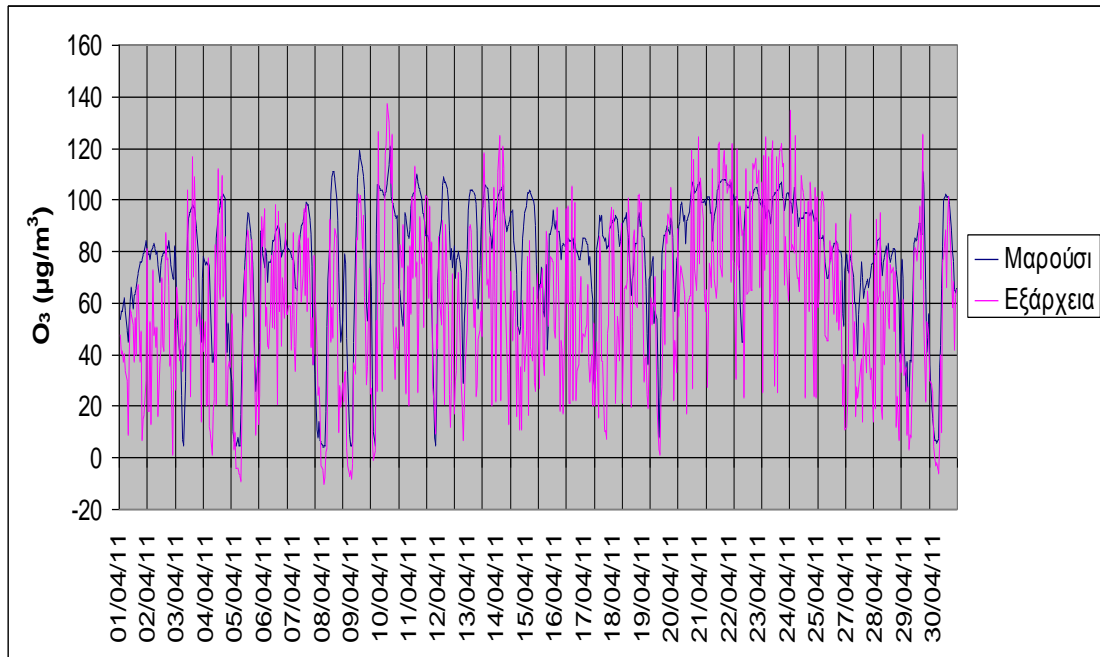
Ιανουάριος:



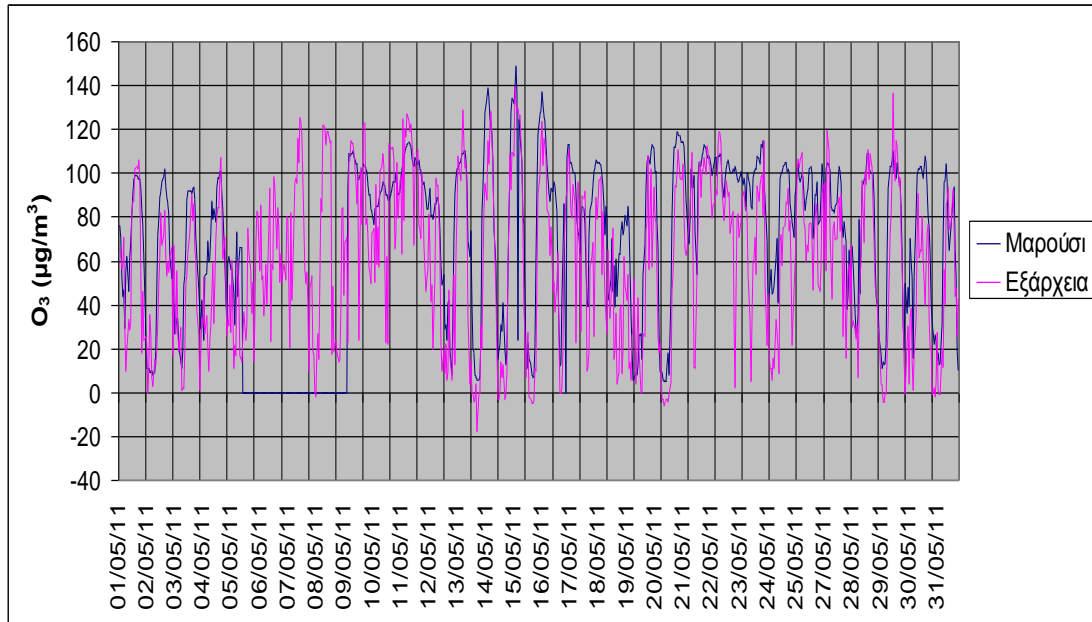
Μάρτιος:



Απρίλιος:

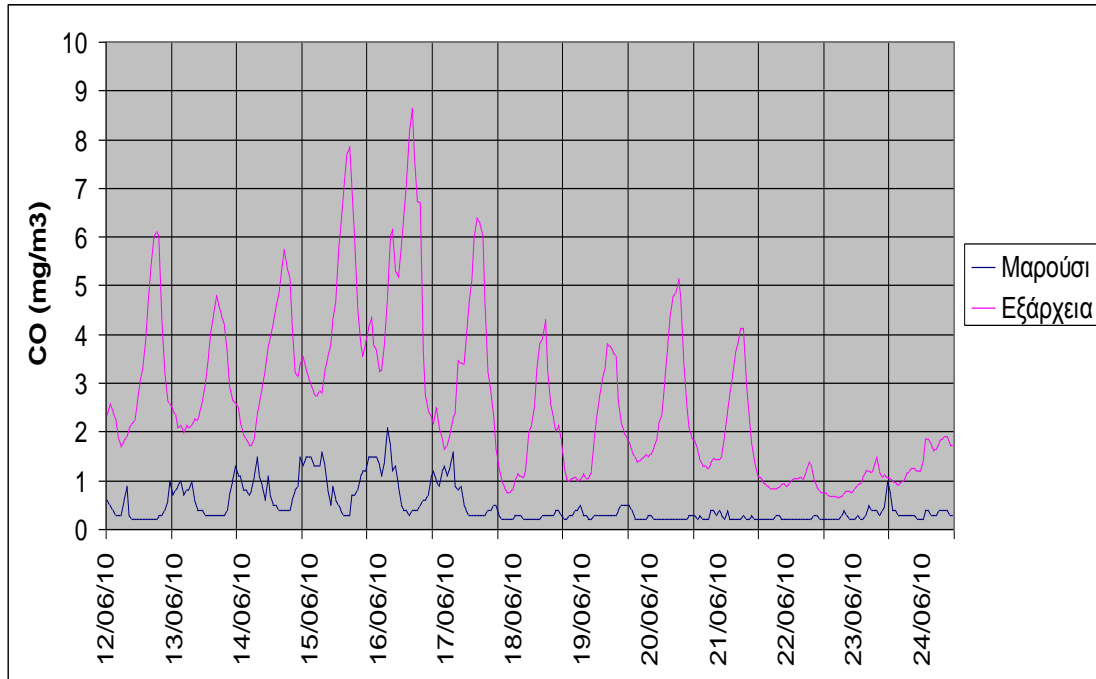


Μάιος:

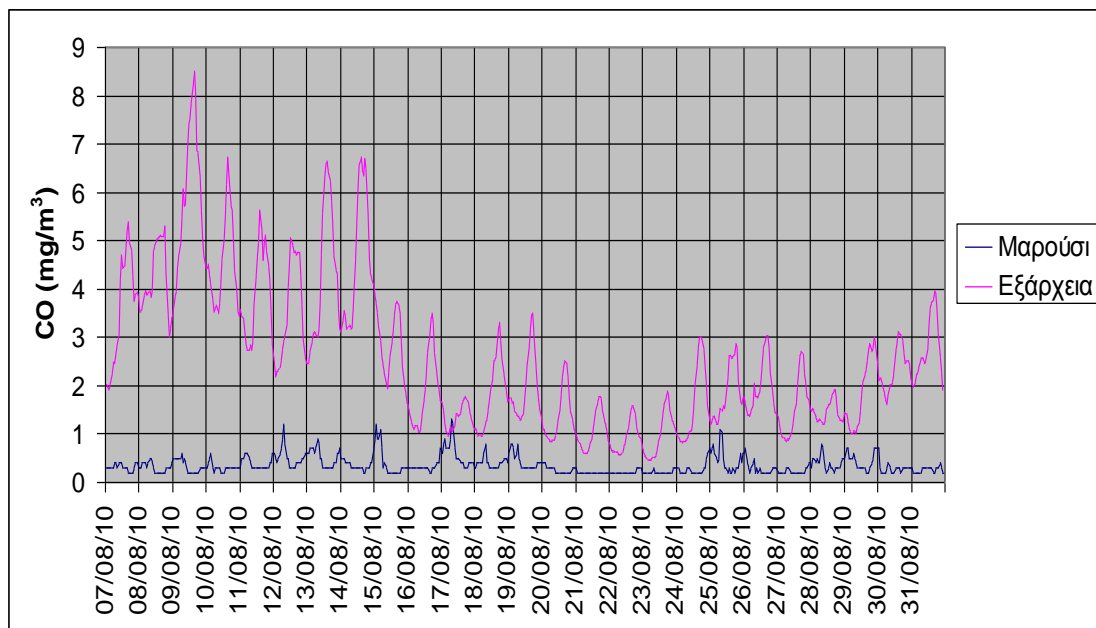


## ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

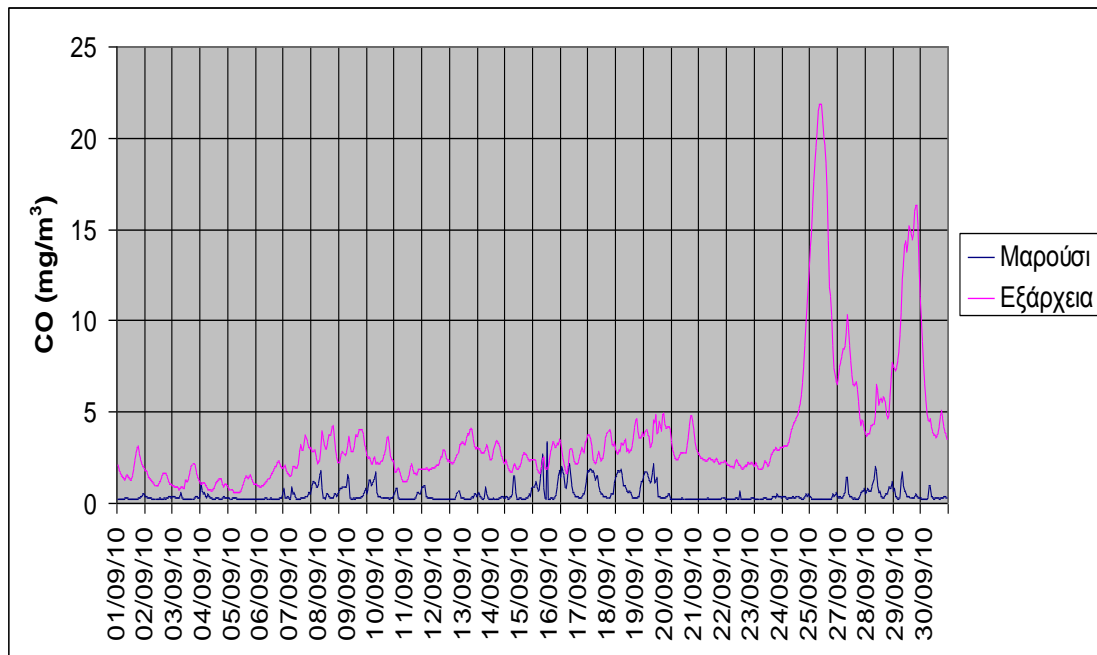
Ιούνιος:



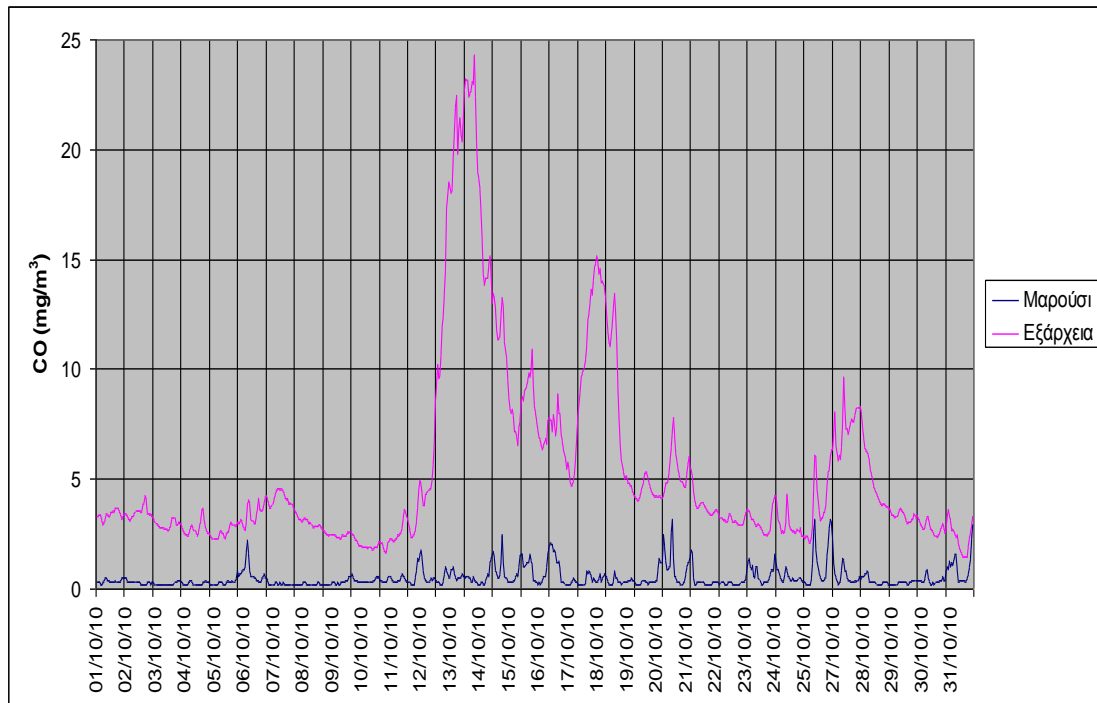
Αύγουστος:



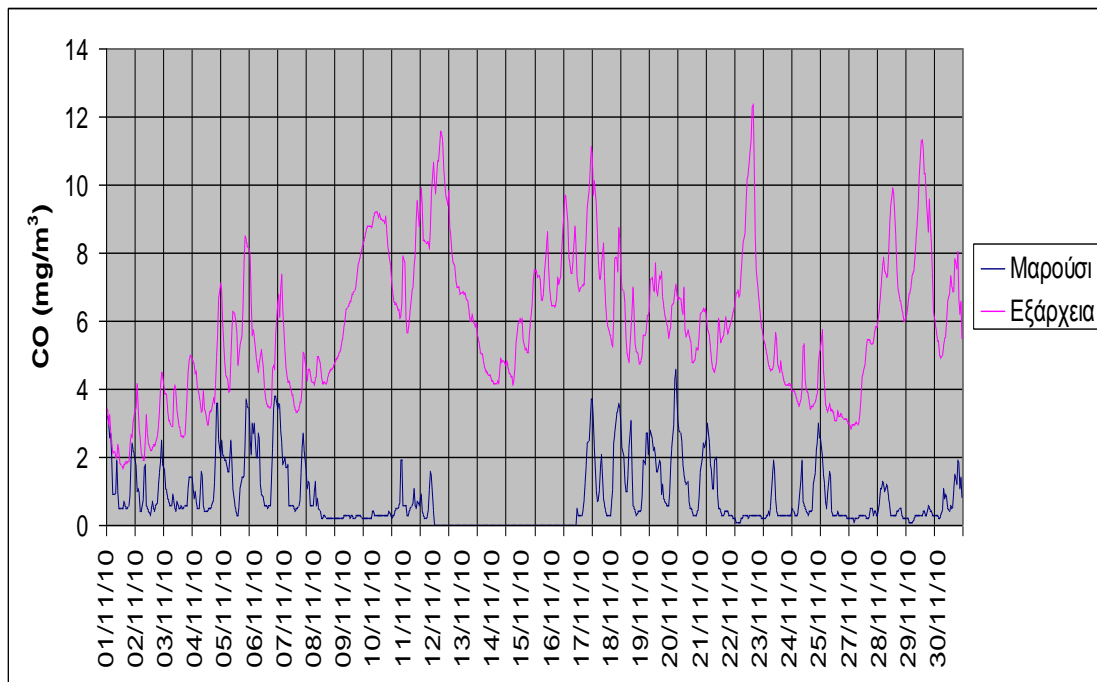
Σεπτέμβριος:



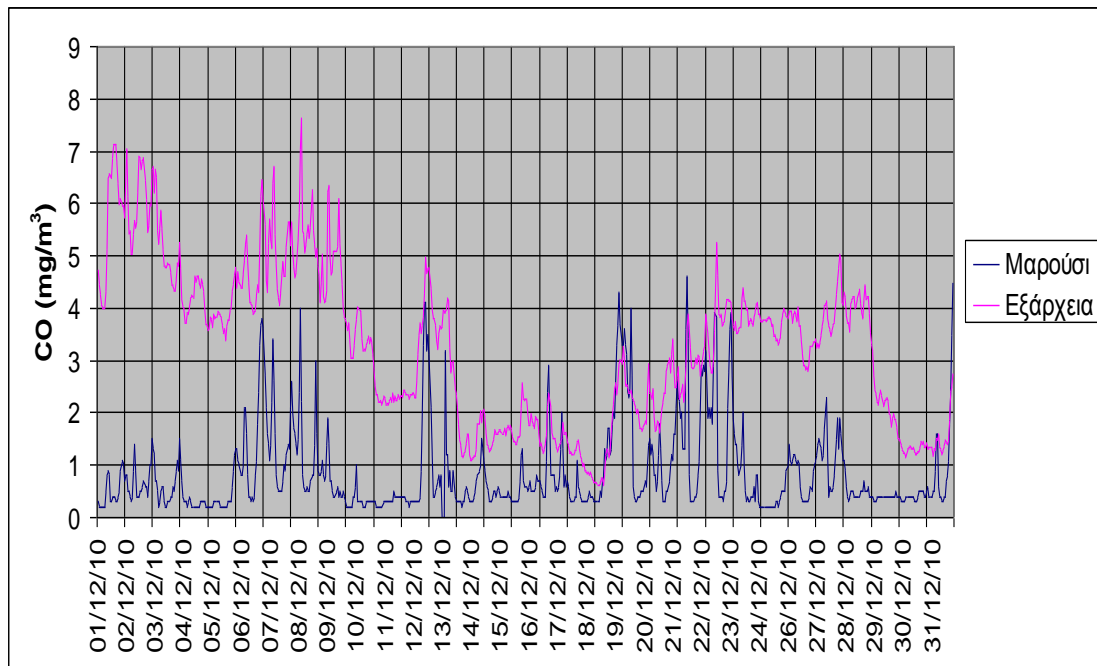
Οκτώβριος:



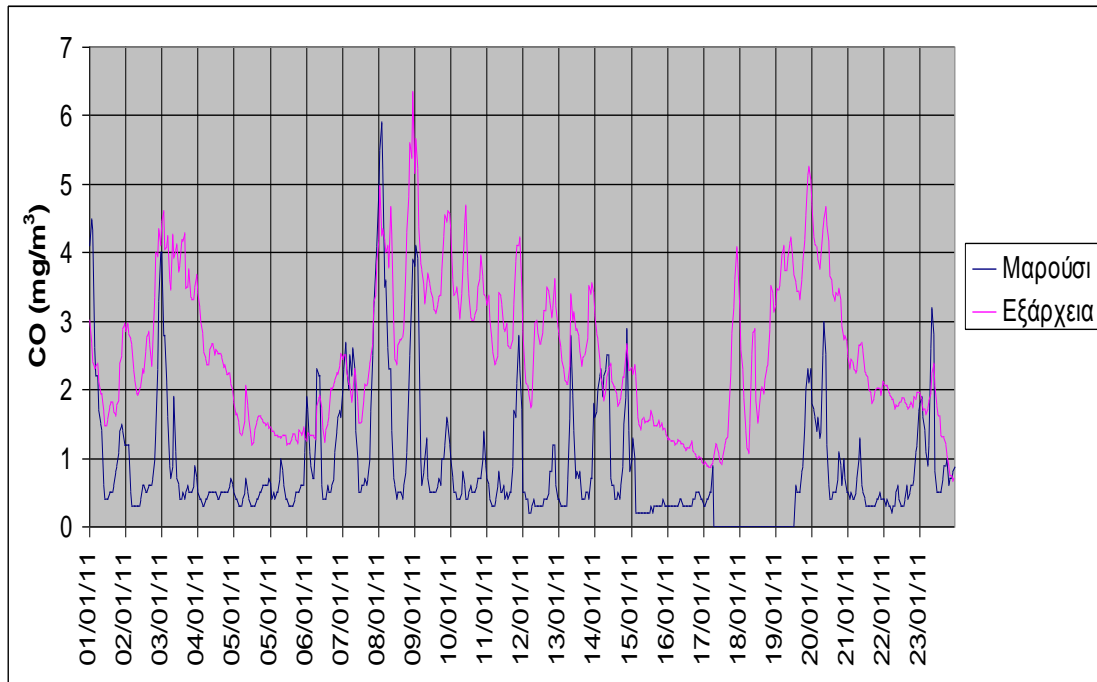
Νοέμβριος:



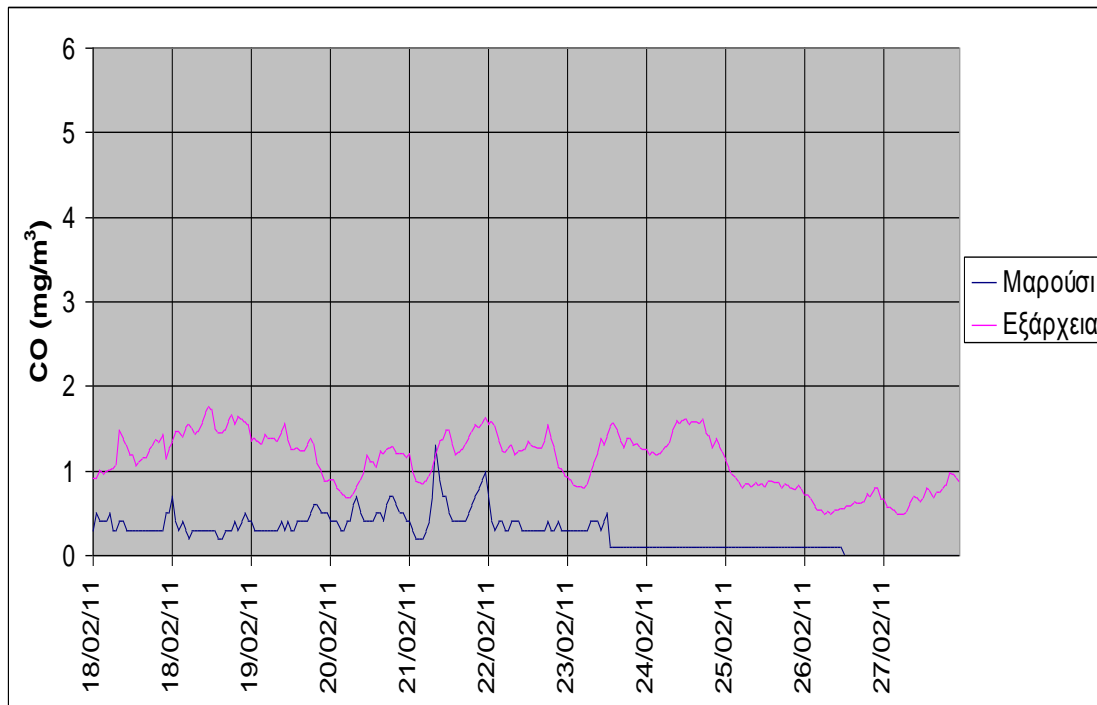
Δεκέμβριος:



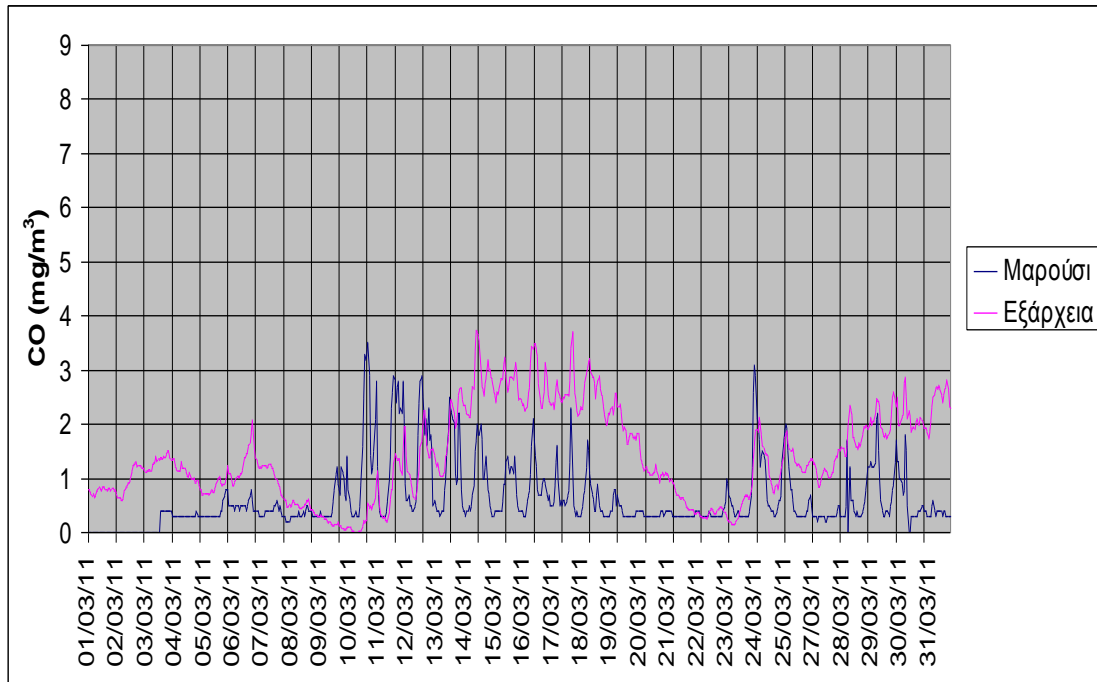
Ιανουάριος:



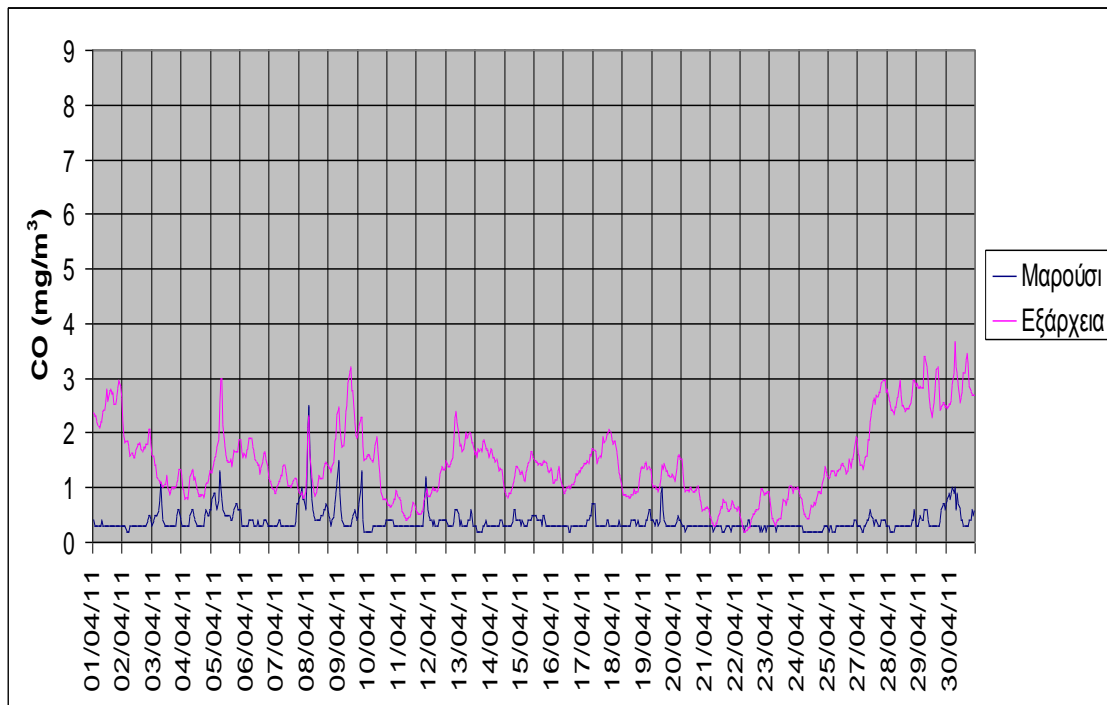
Φεβρουάριος:



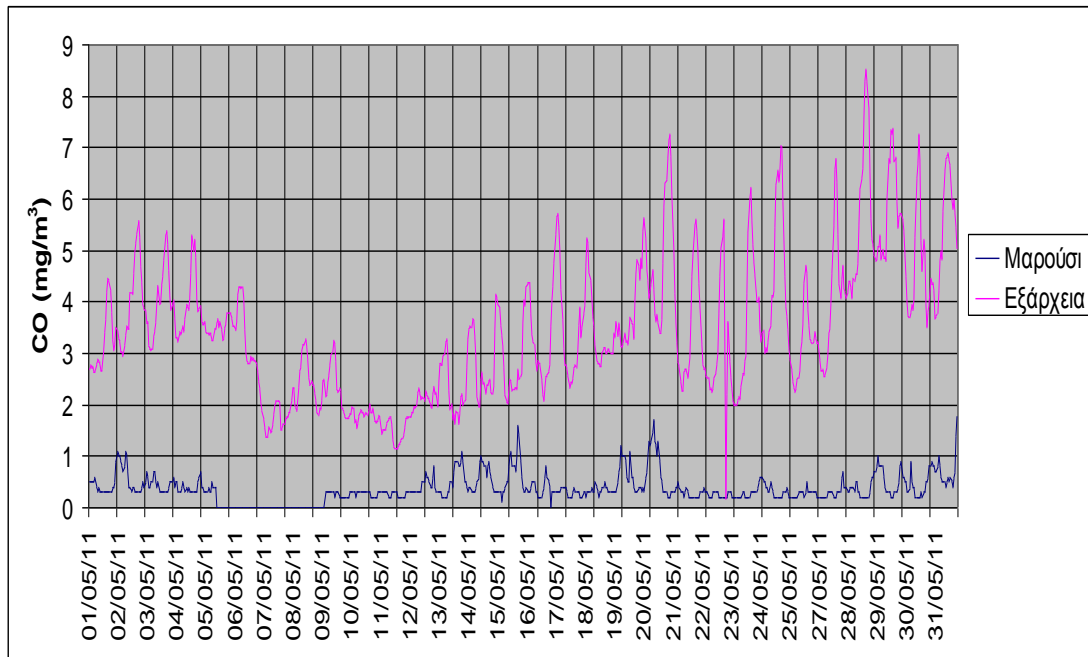
Μάρτιος:



Απρίλιος:

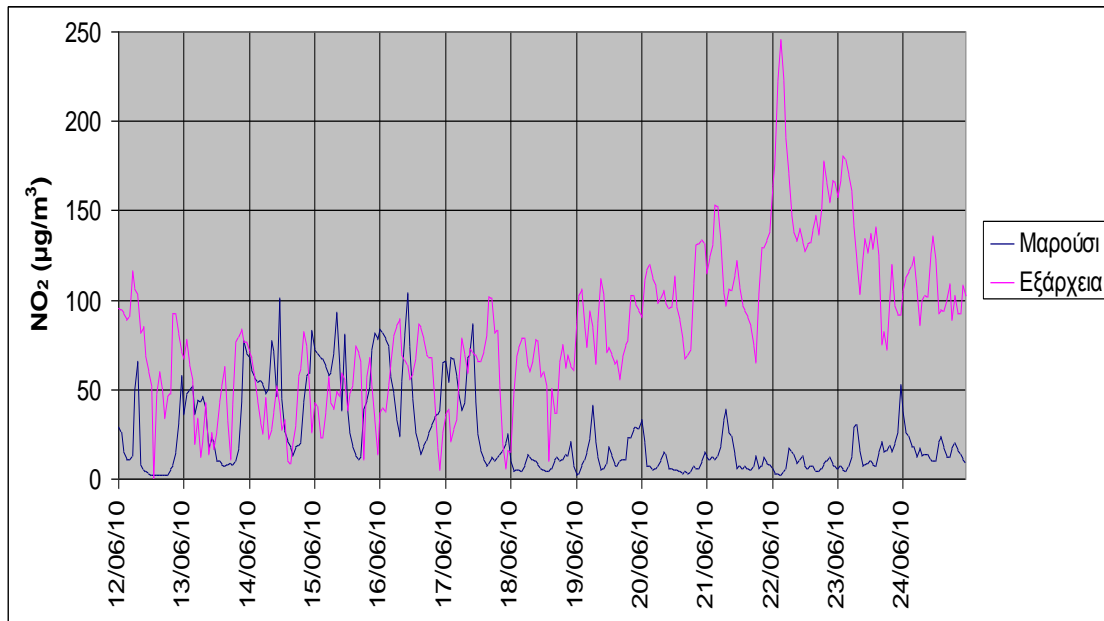


Μάιος:



ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Ιούνιος:





Ιούλιος-Αύγουστος:

