



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Χωροχρονική Εξέλιξη της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης στην Ευρύτερη
Περιοχή της Πόλης της Πάτρας

ΚΑΛΑΤΖΙΔΟΥ ΑΡΙΣΤΕΑ

A.M.: 04449

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Μουστρής Κωνσταντίνος

ΑΘΗΝΑ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2022

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Μουστρής Κωνσταντίνος	
Ντούρου Κλεοπάτρα	
Τσίτσης Χρήστος	

Δήλωση Συγγραφέα Διπλωματικής Εργασίας

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Καλατζίδου Αριστέα του Βαρύτιμου, με αριθμό μητρώου 51204449 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

Καλατζίδου Αριστέα


Περίληψη

Ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα των ανεπτυγμένων περιοχών, είναι η υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα, γεγονός που οφείλεται κυρίως, στην αστικοποίηση και τη μεγάλης κλίμακας εκβιομηχάνιση.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της χωρικής και χρονικής κατανομής των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή της Πάτρας, κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 ετών.

Έτσι, έγινε επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων, των συγκεντρώσεων των αερίων ρύπων μονοξειδίου του άνθρακα (CO), διοξειδίου του θείου (SO₂), διοξειδίου του αζώτου (NO₂), όζοντος (O₃) και αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀ για το χρονικό διάστημα 2001 – 2020.

Λέξεις κλειδιά:

Ατμοσφαιρική ρύπανση, χωρική και χρονική κατανομή, CO, SO₂, NO₂, O₃, αιωρούμενα σωματίδια PM₁₀.

Abstract

One of the most important environmental problems of developed regions is the degradation of air quality, which is owed mainly, in the urbanization and big scale industrialization.

The objective of this study was the examination of the spatiotemporal evolution of air pollution levels, during the last twenty years.

For this reason, the available data of CO, SO₂, NO₂, O₃, PM₁₀ concentrations were collected and processed, for the greater area of Patra's, during the period 2001-2020.

Keywords:

Air pollution, spatial and temporal distribution, CO, SO₂, NO₂, O₃ and suspended particles PM₁₀.

Εισαγωγή

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας αποτελεί η μελέτη της χωρικής και χρονικής κατανομής των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή της Πάτρας. Η έρευνα αυτή αποσκοπεί στην εξαγωγή σημαντικών πληροφοριών για την ποιότητα του αέρα που αναπνέουν οι πολίτες.

Η παρούσα μελέτη θα εστιαστεί στον ελλαδικό χώρο, με επίκεντρο την πόλη της Πάτρας. Τα δεδομένα της αέριας ρύπανσης ελήφθησαν από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (Υ.Π.ΕΝ) και αφορούν τα τελευταία είκοσι έτη.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία συνολικά αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται μία εισαγωγή στην έννοια της ρύπανσης, του ρύπου, των τριών βασικών τύπων ρύπανσης, ενώ αναλύεται λίγο εκτενέστερα η έννοια της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μία σύντομη ιστορική αναδρομή.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναφέρονται και αναλύονται οι βασικοί ατμοσφαιρικοί ρύποι, οι οποίοι στη συνέχεια θα αποτελέσουν αντικείμενο μελέτης της εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, αναλύονται οι πηγές προέλευσης των ατμοσφαιρικών ρύπων οι οποίες διακρίνονται σε ανθρωπογενείς και φυσικές και στη συνέχεια, αναφέρονται τα βασικά χαρακτηριστικά του κάθε ένα από τους παρακάτω ρύπους:

- Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)
- Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂)
- Διοξείδιο του Θείου (SO₂)
- Όζον (O₃)
- Αιωρούμενα Σωματίδια (PM₁₀)

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύεται η μεθοδολογία και τα βήματα που χρειάστηκαν για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Συγκεκριμένα, αναφέρεται η ερευνητική υποδομή, οι παραδοχές (πληρότητα δεδομένων) και τέλος η μεθοδολογία.

Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν με τη μορφή διαγραμμάτων για τον κάθε ένα από τους εξεταζόμενους σταθμούς και ρύπους ξεχωριστά, συνοδευόμενα από ένα μικρό σχολιασμό.

Τέλος, παρουσιάζονται συνοπτικά τα συμπεράσματα της εργασίας.

Περιεχόμενα

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή.....	2
Δήλωση Συγγραφέα Διπλωματικής Εργασίας.....	3
Περίληψη.....	4
Abstract	5
Εισαγωγή.....	6
1.1 Ορισμός Ρύπανσης.....	9
1.2 Ορισμός Ρύπου.....	10
1.3 Τύποι Ρύπανσης.....	10
1.3.1 Θαλάσσια Ρύπανση – Ρύπανση των Υδάτων	10
1.3.2 Ρύπανση των Εδαφών.....	11
1.3.3 Ατμοσφαιρική Ρύπανση.....	12
1.4 Τύποι Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	14
1.4.1: Νέφος Καπνομίχλης.....	14
1.4.2: Φωτοχημικό Νέφος	14
1.5 Ιστορική Αναδρομή	15
Κεφάλαιο 2: Ατμοσφαιρικοί Ρύποι.....	17
2.1 Πηγές Προέλευσης.....	17
2.2 Βασικοί Ατμοσφαιρικοί Ρύποι	19
2.2.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα.....	20
2.2.2 Όζον.....	21
2.2.3 Διοξείδιο του Αζώτου.....	22
2.2.4 Διοξείδιο του Θείου.....	23
2.2.5 Αιωρούμενα Σωματίδια	24
Κεφάλαιο 3: Προτεινόμενη Μεθοδολογία.....	26
3.1 Ερευνητική Υποδομή.....	26
3.2 Παραδοχές.....	27
3.3 Βήματα Μεθοδολογίας	28
Κεφάλαιο 4: Μελέτη ανά Ρύπο και ανά Σταθμό.....	32
4.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα.....	32
4.2 Όζον.....	37
4.3 Διοξείδιο του Αζώτου	40
4.4 Διοξείδιο του Θείου	45
4.5 Αιωρούμενα Σωματίδια.....	50

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα	55
Βιβλιογραφία	56

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Ορισμός Ρύπανσης

Ως ρύπανση ορίζεται η ύπαρξη ή παρουσία ρύπων στο περιβάλλον σε βαθμό μεγαλύτερο του προκαθορισμένου ή του επιτρεπόμενου, τέτοιο που να το καθιστά ακατάλληλο. Οι αυξημένες αυτές τιμές των ρύπων μπορεί να αφορούν την ποσότητα, τη διάρκεια ή την συγκέντρωση, ενώ όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό, οι επιπτώσεις που προκαλούνται είναι αρνητικές τόσο για την υγεία και τους ζωντανούς οργανισμούς, όσο και για τα οικοσυστήματα και το περιβάλλον.

Ρύπανση μπορεί να προκληθεί σε όλα τα τμήματα του περιβάλλοντος, συνεπώς μερικά από τα είδη ρύπανσης που προκύπτουν είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ρύπανση των εδαφών και η θαλάσσια ρύπανση. Το κάθε είδος οφείλεται και δημιουργείται λόγω διαφορετικών φαινομένων. Έτσι για παράδειγμα η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να οφείλεται στο φωτοχημικό νέφος, η θαλάσσια ρύπανση στις διαρροές πετρελαίου και η ρύπανση των εδαφών στην πολύ μεγάλη χρήση φυτοφαρμάκων.



Με βάση τα παραπάνω, συμπεραίνουμε πως ρύπανση έχουμε όταν μεταβάλλεται η χημική σύσταση των κύριων στοιχείων του περιβάλλοντος. Ωστόσο, οι μορφές ρύπανσης που επηρεάζουν περισσότερο τη ζωή μας και προκαλούν ανακατατάξεις στα οικοσυστήματα είναι η ρύπανση της ατμόσφαιρας, των εδαφών και του νερού (θαλάσσια) και είναι αυτές που χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης.

Παλαιότερα, οι συγκεντρώσεις των ρύπων βρίσκονταν πάντα μεταξύ των επιθυμητών ορίων. Με την πάροδο του χρόνου όμως, τα μέσα μαζικής μεταφοράς αυξήθηκαν σημαντικά, ενώ παράλληλη αύξηση παρατηρήθηκε και στα καυσαέρια των εργοστασίων καθώς και στις πυρκαγιές των δασών. Όλα όσα προαναφέρθηκαν, προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας και συνεπώς αύξηση στις τιμές και τις συγκεντρώσεις των ρύπων.

1.2 Ορισμός Ρύπου

Με τον όρο «ρύπος» αναφερόμαστε στα χημικά, γεωργικά και βιομηχανικά απόβλητα που συναντώνται κυρίως στα αστικά κέντρα. Οι ρύποι μπορεί να έχουν στερεά (σωματίδια), υγρή (σταγονίδια) ή αέρια μορφή. Είναι παράγοντες που συμβάλλουν στη μόλυνση της ατμόσφαιρας και κατ' επέκταση στην καταστροφή του οικοσυστήματος. Οι κύριες κατηγορίες ρύπων είναι: Ανόργανοι ρύποι (βαρέα μέταλλα) και οργανικοί ρύποι (απλοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, εντομοκτόνα). Επίσης οι ρύποι μπορούν να διακριθούν σε αέριους, υδατοδιαλυτούς, τοξικούς κ.ά.

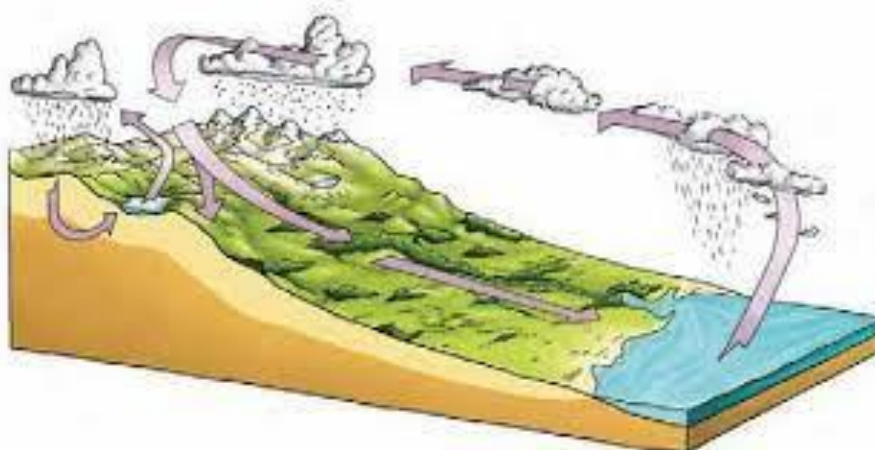
Ρύπος θεωρείται κάθε είδους ουσία, θόρυβος, ακτινοβολία ή άλλης μορφής ενέργεια, η οποία προστίθεται στην ατμόσφαιρα και προκαλεί απόκλιση από τη μέση γεωχημική της σύνθεση, προκαλώντας επιβλαβής συνέπειες στον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Συνεπώς, είναι ουσίες αέριες στερεές ή υγρές που εκπέμπονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα ή προκύπτουν μετά από αλληλεπίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας με το οικοσύστημα ή από φυσικές πηγές και οι οποίες επιφέρουν άμεσες ή έμμεσες επιπτώσεις στην άνεση, ευεξία και υγεία του ανθρώπου και όλων των έμβιων οργανισμών.

1.3 Τύποι Ρύπανσης

1.3.1 Θαλάσσια Ρύπανση – Ρύπανση των Υδάτων

Ο κύκλος του νερού είναι ένα πολύπλοκο σύστημα κατά το οποίο μεταξύ του νερού της ατμόσφαιρας και του νερού μέσα και επάνω στη γη διατηρείται ισορροπία. Στον υδρολογικό κύκλο, όπως φαίνεται και παρακάτω το νερό βρίσκεται συνέχεια σε μια σταθερή κατάσταση κινήσεως. [46]



Εικόνα 1: Ο Κύκλος του Νερού

Όλα τα υλικά που ξεπλένονται από την ξηρά και τα υγρά απόβλητα που παράγονται από διάφορες ανθρωπογενείς πηγές καταλήγουν πάντα στη θάλασσα. Συνεπώς, ως θαλάσσια ρύπανση ορίζεται η διάθεση ουσιών στη θάλασσα, από τις οποίες μπορεί να προκληθεί καταστροφή ή αλλοίωση της χλωρίδας και της πανίδας της, δημιουργία βλαβερών συνθηκών

για την υγεία του ανθρώπου και οποιαδήποτε άλλη υποβάθμιση του θαλασσινού νερού, με αποτέλεσμα αυτό να καταστεί ακατάλληλο για κάθε χρήση.

Πιο συγκεκριμένα, η ρύπανση των υδάτων δημιουργείται με την απελευθέρωση ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον, οι οποίες είτε κατακάθονται στον πυθμένα, είτε διαλύονται, δημιουργώντας όμως αλλαγές στα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των υδάτων. [47]



Εικόνα 2: Ρύπανση των Υδάτων

Μερικές από τις σημαντικότερες πηγές ρύπανσης των υδάτων είναι:

- ✓ Βιομηχανικές διαδικασίες
- ✓ Αστικά λύματα
- ✓ Γεωργικές δραστηριότητες
- ✓ Πετρελαιοειδή
- ✓ Τοξικές χημικές ουσίες
- ✓ Οξινή βροχή

Οι επιπτώσεις του συγκεκριμένου τύπου ρύπανσης όπως και όλων των τύπων ρύπανσης αφορούν τόσο το περιβάλλον όσο και την υγεία του ανθρώπου. Σε ότι αφορά το περιβάλλον, με τη ρύπανση των υδάτων προκαλείται μείωση του οξυγόνου που είναι διαλυμένο στο νερό, ευτροφισμός των υδάτων, ρύπανση υπόγειων νερών και μόλυνση των υδάτων. [48]

1.3.2 Ρύπανση των Εδαφών

Ως ρύπανση του εδάφους ορίζεται η αλλαγή που προκαλείται στη σύνθεση της επιφάνειας της γης, με τρόπο τέτοιο που να βλάπτει το οικοσύστημα και την υγεία των έμβιων οργανισμών.

Στον συγκεκριμένο τύπο ρύπανσης συμβάλλει ένα ευρύ φάσμα ρύπων το οποίο περιλαμβάνει μέταλλα, οργανικά μόρια, ραδιενεργές ουσίες, βιολογικώς ενεργά υλικά, παθογόνα κ.α.. [45]

Μόλυνση του εδάφους παρατηρείται κυρίως σε περιοχές με σημαντική βιομηχανική δραστηριότητα ή ακόμη και σε περιοχές με στρατιωτική δραστηριότητα, όπως είναι για παράδειγμα τα κέντρα εκπαίδευσης. Η ρύπανση του εδάφους οφείλεται κυρίως στη χρήση

φυτοφαρμάκων, χημικών και λιπασμάτων, στην απόρριψη και κακή διαχείριση απορριμμάτων, σε ατυχήματα που συμβαίνουν στα εργοστάσια, σε ραδιενεργές διαρροές στις μεταφορές τοξικών αποβλήτων, καθώς και στον καπνό που προέρχεται είτε από τα οχήματα κίνησης, είτε από τη βιομηχανία.[44], [46]



Εικόνα 3: Ρύπανση των Εδαφών

Παρακάτω αναφέρονται οι κύριοι τύποι ρύπανσης του εδάφους:

- ✓ Ενδογενής ή φυσική μόλυνση
- ✓ Χημική μόλυνση
- ✓ Ανθρωπολογική, εξωγενής ή ανθρώπινη μόλυνση
- ✓ Μόλυνση του εδάφους από διήθηση
- ✓ Μόλυνση του εδάφους από απόβλητα
- ✓ Ρύπανση απορροής
- ✓ Ρύπανση από εγκαταλελειμμένα κτήρια

1.3.3 Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Ατμοσφαιρική Ρύπανση ονομάζεται η εντοπισμένη εκπομπή ρυπογόνων ενώσεων και σωματιδίων στην ατμόσφαιρα που προέρχονται είτε από φυσικές πηγές είτε προκαλούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι διακρίνονται σε πρωτογενείς, οι οποίοι εκπέμπονται απευθείας στην ατμόσφαιρα και δευτερογενείς, οι οποίοι σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τους πρωτογενείς.

Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εμφανίστηκε στην Ελλάδα τα τελευταία 40-50 χρόνια και σχετίζεται άμεσα με την αστικοποίηση του πληθυσμού, η οποία έγινε απρογραμμάτιστα και ανεξέλεγκτα, έχοντας ως αποτέλεσμα η κατάσταση να φύγει εκτός ορίων, με σημαντικότερο παράδειγμα την Αθήνα. Το 1978, εφαρμόστηκαν τα πρώτα μέτρα που αποσκοπούσαν στη μείωση εκπομπών του διοξειδίου του θείου και του μολύβδου.

Σύμφωνα με τη σχετική νομοθεσία και το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, οι δείκτες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, έχουν χρόνια να περιοριστούν εντός των ορίων που

έχουν θεσπιστεί, ενώ διαφοροποιήσεις και αποκλίσεις υπάρχουν με την πάροδο των μηνών κατά τη διάρκεια του έτους.

Όπως αναφέρθηκε ήδη, η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλείται τόσο από φυσικά αίτια, όσο και από ανθρώπινες δραστηριότητες, τρεις εκ των οποίων είναι οι σημαντικότερες: η βιομηχανία (50%), τα μέσα μεταφοράς (35%) και τα νοικοκυριά (15%). Μία ακόμη ανθρωπογενής δραστηριότητα που συμβάλλει στη ρύπανση της ατμόσφαιρας είναι οι τοπικές εκπομπές από γεωργικές καύσεις και η απόθεση απορριμμάτων σε χωματερές.

Σε ότι αφορά τις φυσικές πηγές εκπομπής αέριων ρύπων τρεις είναι και πάλι οι βασικές κατηγορίες: οι εκπομπές σκόνης από την αιολική διάβρωση των εδαφών, οι ηφαιστειακές εκρήξεις και οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων και αερίων από τις δασικές πυρκαγιές.

Κατά την τρέχουσα περίοδο, για την καταπολέμηση του προβλήματος αυτού, εφαρμόζονται οι παρακάτω μέθοδοι αντιμετώπισης:

Μέθοδος απορρόφησης. Περιλαμβάνει την εγκατάσταση φίλτρων από ασβεστόλιθο, ενεργό άνθρακα, αμμωνία. Όλες αυτές οι ενώσεις έχουν την ικανότητα να απορροφούν επιβλαβή αέρια. Αυτή η μέθοδος θεωρείται μία από τις πιο συνηθισμένες, λόγω της απλότητας και του υψηλής ποιότητας καθαρισμού. Το μειονέκτημα της μεθόδου απορρόφησης (απορρόφησης) είναι ότι οι μονάδες φίλτρων είναι μεγάλες και καταλαμβάνουν πολύ χώρο. Οι δυσκολίες συνδέονται επίσης με την ανάγκη περιοδικής αντικατάστασης του υγρού καθαρισμού.

Οξειδωτική μέθοδος. Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει την "καύση" επιβλαβών ακαθαρσιών. Ωστόσο, απελευθερώνεται διοξείδιο του άνθρακα.

Καταλυτική μέθοδος. Επιτρέπει τη διέλευση τοξικών αερίων και ατμών μέσω στερεών καταλυτών, συμβάλλοντας στην επιτάχυνση του διαχωρισμού τους. Αυτή η μέθοδος είναι αρκετά αποτελεσματική, αλλά απαιτεί σημαντικό οικονομικό και ενεργειακό κόστος. Η μηχανική μέθοδος. Χρησιμοποιείται σήμερα σπάνια.

Η μηχανική μέθοδος περιλαμβάνει την τοποθέτηση τοξικών αερίων σε ειδικούς στροβίλους. Οι βίδες που υπάρχουν εκεί, δημιουργούν στροβίλους, λόγω των οποίων η διαδικασία συλλογής τοξικών ενώσεων. Αξίζει να πούμε ότι αυτή η μέθοδος απαιτεί υψηλό ενεργειακό κόστος. Η διαδικασία φιλτραρίσματος περιπλέκεται επίσης από την ανάγκη να παρέχεται συνεχής συντήρηση των φυτών. Επιπλέον, η απόδοση καθαρισμού είναι πολύ μικρή.

Μέθοδος ηλεκτροψεκασμού. Αυτή η μέθοδος θεωρείται σήμερα η πιο πρόσφατη και αποτελεσματική. Το αέριο αποστέλλεται στα πλοία και στη συνέχεια διέρχεται από ηλεκτροφόρο φλόγα. Ωστόσο, αυτή η μέθοδος έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα. Η υλοποίησή του είναι αρκετά δύσκολη.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα παγκόσμιο πρόβλημα και για την μείωση των εκπομπών έχουν υπογραφεί διάφορες διεθνείς συνθήκες.

1.4 Τύποι Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες η ατμοσφαιρική ρύπανση φτάνει σε επίπεδα τέτοια που δημιουργούν ακατάλληλες και ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης, έχει επικρατήσει ο όρος «Νέφος». Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται με δύο μορφές, οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω.

1.4.1: Νέφος Καπνομίχλης

Το νέφος καπνομίχλης (**smog** που προέρχεται από τη σύνθεση των δύο λέξεων smoke: καπνός και fog: ομίχλη), σχηματίζεται όταν συνδυάζεται στην ατμόσφαιρα σχετικά χαμηλή θερμοκρασία, υψηλά επίπεδα υγρασίας και υψηλή συγκέντρωση ρύπων, όπως το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα και τα αιωρούμενα σωματίδια.

Σύμφωνα με τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό πως το φαινόμενο αυτό είναι εντονότερο τους χειμερινούς μήνες και κυρίως κατά τις πρωινές ώρες, καθώς τότε επικρατούν οι καιρικές συνθήκες που προαναφέρθηκαν. [6]

1.4.2: Φωτοχημικό Νέφος

Το φωτοχημικό νέφος παρουσιάζεται όταν επικρατούν στην ατμόσφαιρα υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλη ηλιοφάνεια τόσο σε ένταση όσο και σε διάρκεια, χαμηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας και υψηλές συγκεντρώσεις οξειδίων του αζώτου, υδρογονανθράκων και δευτερογενών προϊόντων τους.

Το φωτοχημικό νέφος είναι ένα φαινόμενο αρκετά σύνθετο και πολύπλοκο, αφού οι πρωτογενείς ρυπαντές αντιδρούν σε ειδικές συνθήκες θερμοκρασίας και ηλιοφάνειας, δημιουργώντας δευτερογενείς ρύπους. Στη δημιουργία του συντελεί η κυκλοφορία βενζινοκίνητων οχημάτων σε συνδυασμό με την ηλιοφάνεια και τις υψηλές θερμοκρασίες. [6]



Εικόνα 4: Απεικόνιση Φωτοχημικού Νέφους

1.5 Ιστορική Αναδρομή

Στους πνεύμονες αρχαίων μουμιών βρέθηκαν ίχνη σωματιδίων αντίστοιχα με αυτά που υπάρχουν στις βιομηχανικές πόλεις σήμερα και είναι υπεύθυνα για διάφορες καρδιακές και πνευμονικές παθήσεις. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε από επιστήμονες του Πανεπιστημίου του Μάντσεστερ, οι οποίοι ανακάλυψαν πως ο αριθμός των σωματιδίων που βρέθηκαν στους μουμιοποιημένους πνεύμονες, δεν έχει μεγάλη διαφορά με αυτόν που παρατηρείται στα σύγχρονα πνευμόνια. [7]

Το έτος 1157, δημιουργήθηκε ατμοσφαιρική ρύπανση από την καύση των ξύλων, η οποία για τη σύζυγο του Βασιλιά Ερρίκου του δεύτερου της Αγγλίας αποτελούσε σοβαρή υπόθεση. Έτσι η κατάσταση αυτή την ανάγκασε να πάρει μέτρα με σκοπό την προστασία της ανθρώπινης υγείας.

Κατά την περίοδο της Βιομηχανικής Επανάστασης, η οποία έφερε τη χρήση του ατμού στην παραγωγή ενέργειας και κατά συνέπεια στη κίνηση των μηχανών γενικότερα, προκλήθηκαν αρκετά σοβαρά προβλήματα.

Κύρια αιτία για την πρόκληση των προβλημάτων αυτών αποτελούσε ο καπνός και η αιωρούμενη τέφρα, που ήταν αποτέλεσμα της καύσης άνθρακα και πετρελαίου. [8]

Στο πλαίσιο αυτό, κατά τη διάρκεια του 19^{ου} αιώνα και συγκεκριμένα στις 5 Δεκεμβρίου του 1952 ένα επεισόδιο ατμοσφαιρική ρύπανσης κατακλίζει το Λονδίνο προκαλώντας το θάνατο περίπου 4.000 ανθρώπων.

Συγκεκριμένα, ένας αντικυκλώνας προκάλεσε μία θερμοκρασιακή αναστροφή, η οποία είχε ως αποτέλεσμα τον περιορισμό κρύου αέρα κάτω από μία θερμή μάζα αέρα. Η συνθήκη αυτή σε συνδυασμό με την ήδη αυξημένη κατανάλωση κάρβουνου, είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός δηλητηριώδους νέφους σε συνθήκες απόλυτης άπνοιας με διάρκεια 4 ημέρες (5 έως 9 Δεκεμβρίου 1952).

Κατά τη διάρκεια των ημερών διακόπηκε η λειτουργία όλων των συγκοινωνιών εκτός του μετρό, λόγω της περιορισμένης ορατότητας, ενώ ακόμη και κινηματογραφικές προβολές ακυρώθηκαν, λόγω της ομίχλης που είχε εισχωρήσει μέσα στις αίθουσες.

Όπως είναι αναμενόμενο οι θάνατοι που σημειώθηκαν αφορούσαν κυρίως ηλικιωμένα άτομα και μικρά παιδιά. [9]

Μερικά ακόμη σημαντικά επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης που έχουν σημειωθεί κατά την πάροδο των ετών είναι αυτό στη Meuse Valley, στο Βέλγιο το 1930 που από το οποίο προκλήθηκαν 60 θάνατοι, καθώς και αυτό στη Donora στην Πενσυλβάνια (Η.Π.Α.), το 1948, το οποίο προκάλεσε το θάνατο 20 ατόμων δημιουργώντας όμως σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα σε πάνω από 7.000 κατοίκους της περιοχής.

Στις 10 Ιουλίου του 1976, στην περιφέρεια της Λομβαρδίας στην Ιταλία, προκαλείται ένα βιομηχανικό ατύχημα σε ένα μικρό εργοστάσιο παραγωγής χημικών προϊόντων, το οποίο είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη γνωστή έκθεση σε 2,3,7,8-τετραχλωροδιβενζο-παραδιοξίνη (TCDD) σε πληθυσμούς κατοικημένων περιοχών. Οι συνέπειες του ατυχήματος ήταν πολλές και μέσα σε αυτές, ο θάνατος 3.300 ζώων μέσα σε λίγες μέρες από την ημέρα του ατυχήματος, η μεταφορά αρκετών παιδιών στο νοσοκομείο με φλεγμονές στο δέρμα και την εξέταση 1.600 ατόμων, εκ των οποίων τα 447 εμφάνισαν βλάβες του δέρματος. Η Ζώνη Α

της περιοχής εκκενώθηκε και δημιουργήθηκε ένα συμβουλευτικό κέντρο για τις έγκυες γυναίκες.

Η καταστροφή του Seveso έγινε η αφορμή για πολλές επιστημονικές μελέτες και για τη δημιουργία κανονισμών ασφαλείας. Οι κανονισμοί της βιομηχανικής ασφαλείας της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι γνωστοί και ως Οδηγία Seveso II. [14]

Το 1984 το βράδυ 2 προς 3 Δεκεμβρίου, στο Bhopal, σε ένα εργοστάσιο φυτοφαρμάκων (Union Carbide India Limited), πάνω από 500.000 άνθρωποι εκτέθηκαν σε ισοκυανικό μεθύλιο (MIC) του φυσικού αερίου. Το συγκεκριμένο περιστατικό διαρροής φυσικού αερίου, θεωρείται παγκοσμίως η χειρότερη βιομηχανική καταστροφή και είναι γνωστό ως η καταστροφή του Bhopal ή ως η τραγωδία του φυσικού αερίου του Bhopal.

Η διαρροή αυτή είχε ως αποτέλεσμα 2.259 επιβεβαιωμένους θανάτους ανθρώπων, ενώ αναφέρεται πως οι θάνατοι που σχετίζονται με την απελευθέρωση του αερίου είναι 3,787. Το 2006 δηλώθηκε επίσημα από την υπεύθυνη κυβέρνηση ότι οι τραυματισμοί που προκλήθηκαν από τη διαρροή αυτή ήταν 558.125, ενώ οι θάνατοι που ακολούθησαν τις επόμενες δύο εβδομάδες από την ημέρα του ατυχήματος, φτάνουν τους 8.000. [10],[11]

Κεφάλαιο 2: Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

2.1 Πηγές Προέλευσης

Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να προκληθεί τόσο από φυσικές διαδικασίες όσο και από ανθρωπογενείς.

Στις φυσικές πηγές ρύπανσης εντάσσονται οι πηγές που υπάρχουν στη φύση και δεν αποτελούν αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Στις ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης εντάσσονται οι πηγές που είναι αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας. [16]

Φυσικές Πηγές Προέλευσης Ατμοσφαιρικών Ρύπων:

Ηφαιστειακές δραστηριότητες – οι ηφαιστειακές εκρήξεις εκπέμπουν μια σειρά από τοξικά αέρια (συμπεριλαμβανομένου θείου και χλωρίου) καθώς και σωματίδια (σωματίδια τέφρας), αλλά συνήθως περιορίζονται σε εντοπισμένες περιοχές.

Άνεμοι και ρεύματα αέρα – μπορούν να μετακινήσουν τους ρύπους από το έδαφος και να τους μεταφέρουν σε μεγάλες περιοχές.

Πυρκαγιές – ελευθερώνουν μονοξείδιο του άνθρακα, καθώς και σωματίδια, στην ατμόσφαιρα.

Διεργασίες μικροβιακής αποσύνθεσης – μικροοργανισμοί που υπάρχουν σε οποιοδήποτε περιβάλλον διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις φυσικές διαδικασίες αποσύνθεσης των έμβιων οργανισμών. Αυτή η δραστηριότητα έχει ως αποτέλεσμα τη φυσική απελευθέρωση αερίων, ιδίως αερίου μεθανίου.

Διαδικασίες ραδιενεργού αποσύνθεσης – για παράδειγμα, το αέριο ραδονίου εκπέμπεται λόγω των φυσικών διεργασιών αποσύνθεσης του φλοιού της Γης, το οποίο έχει τη δυνατότητα να συσσωρεύεται σε κλειστούς χώρους, όπως τα υπόγεια.

Αύξηση της θερμοκρασίας – συμβάλλει στην αύξηση των ποσοτήτων των ρύπων που εξατμίζονται από το μολυσμένο έδαφος και το νερό στον αέρα.

Ανθρωπογενείς Πηγές Προέλευσης Ατμοσφαιρικών Ρύπων:

Εξόρυξη και τήξη – εκπέμπουν στον αέρα μια ποικιλία μετάλλων που έχουν προσροφηθεί σε σωματίδια που αιωρούνται στον αέρα λόγω σύνθλιψης και επεξεργασίας ορυκτολογικών κοιτασμάτων.

Απόρριψη ουράς ορυχείων – λόγω της λεπτής σωματιδιακής τους φύσης (που προκύπτει μετά από σύνθλιψη και επεξεργασία ορυκτών μεταλλευμάτων) αποτελούν πηγή μετάλλων στον ατμοσφαιρικό αέρα που θα μπορούσε να εξαπλωθεί από τον άνεμο σε ευρύτερες περιοχές.

Δραστηριότητες χυτηρίου – εκπέμπουν στον αέρα μια ποικιλία μετάλλων που απορροφώνται από σωματίδια που αιωρούνται στον αέρα λόγω της επεξεργασίας μεταλλικών πρώτων υλών.

Διάφορες **βιομηχανικές διεργασίες** μπορεί να εκπέμπουν τόσο οργανικούς όσο και ανόργανους ρύπους μέσω τυχαίων διαρροών και διαρροών αποθηκευμένων χημικών ουσιών ή του χειρισμού και αποθήκευσης χημικών ουσιών – ιδιαίτερα πτητικών ανόργανων χημικών ουσιών

Μεταφορά - εκπέμπει μια σειρά ατμοσφαιρικών ρύπων (αέρια - συμπεριλαμβανομένου μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του θείου και οξειδίων του αζώτου - και σωματίδια) μέσω των αερίων του σωλήνα εξάτμισης λόγω εσωτερικής καύσης διαφόρων καυσίμων (συνήθως αέρια όπως οξείδια άνθρακα, θείου, άζωτο)

Δραστηριότητες κατασκευής και κατεδάφισης – ρυπαίνουν τον αέρα με διάφορα υλικά κατασκευής . Ιδιαίτερη απειλή είναι η κατεδάφιση παλαιών κτιρίων που ενδέχεται να περιέχουν μια σειρά απαγορευμένων χημικών όπως PCB, PBDE, αμίαντο.

Σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με άνθρακα – κατά την καύση άνθρακα μπορεί να εκπέμπουν μια σειρά από αέρια καθώς και σωματίδια με μέταλλα και οργανικές ενώσεις.

Θέρμανση κτιρίων – εκπέμπει μια σειρά από αέρια και σωματίδια λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων.

Αποτέφρωση αποβλήτων – ανάλογα με τη σύνθεση των αποβλήτων, διάφορα τοξικά αέρια και σωματίδια εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα.

Πρακτικές διάθεσης χωματερών – συνήθως παράγουν μεθάνιο λόγω της εντατικοποίησης της φυσικής δραστηριότητας μικροβιακής αποσύνθεσης στην περιοχή διάθεσης.

Γεωργία – ρυπαίνουν τον αέρα συνήθως μέσω εκπομπών αερίου αμμωνίας και της εφαρμογής φυτοφαρμάκων/ζιζανιοκτόνων/εντομοκτόνων που περιέχουν τοξικές πτητικές οργανικές ενώσεις.

Έλεγχος της καύσης στη διαχείριση δασών και γεωργίας – περιλαμβάνει ελεγχόμενη καύση που θα εκπέμπει αέρια και σωματίδια (παρόμοια με τις πυρκαγιές που περιγράφονται παραπάνω)

Στρατιωτικές δραστηριότητες – μπορεί να εισάγουν τοξικά αέρια μέσω πρακτικών και εκπαίδευσης.

Κάπνισμα – εκπέμπει μια σειρά από τοξικές χημικές ουσίες, συμπεριλαμβανομένης μιας σειράς οργανικών και ανόργανων χημικών ουσιών, ορισμένες από τις οποίες είναι καρκινογόνες.

Αποθήκευση και χρήση οικιακών προϊόντων όπως μπογιές, σπρέι, βερνίκια κ.λπ. που περιέχουν οργανικούς διαλύτες που εξατμίζονται στον αέρα.

Στεγνά καθαρισμένα ρούχα - μπορεί να συγκρατούν και να εκπέμπουν στην ατμόσφαιρα μικρές ποσότητες χλωριωμένων διαλυτών (όπως PCE) ή διαλυτών πετρελαίου που έχουν χρησιμοποιηθεί από τα στεγνοκαθαριστήρια. Αυτό θα μπορούσε τελικά να δημιουργήσει κίνδυνο για την υγεία εάν τα ρούχα που επιστρέφονται από τα στεγνοκαθαριστήρια αποθηκεύονται σε κλειστούς εσωτερικούς χώρους.

2.2 Βασικοί Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

Στους βασικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους ανήκουν:

- ✓ Το μονοξείδιο του θείου (SO₂)
- ✓ Το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) και τα οξείδια του αζώτου (NO_x)
- ✓ Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- ✓ Ο μόλυβδος (Pb) λόγω της τοξικότητάς του
- ✓ Τα αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου μικρότερης των 10 μm, καθώς αυτά εισπνέονται. Οι δύο κατηγορίες που εισπνέονται είναι τα ΑΣ10 και τα ΑΣ2,5

- ✓ Το βενζόλιο, λόγω της επικινδυνότητας του αφού είναι καρκινογόνο.
- ✓ Το όζον (O₃)
- ✓ Οι Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (ΠΟΕ)- Volatile Organic Compounds (VOC)
Στην κατηγορία αυτή ανήκει και το βενζόλιο.

Στα πλαίσια αυτής της Διπλωματικής Εργασίας θα ασχοληθούμε με τους ρύπους CO, NO₂, O₃, SO₂ και PM₁₀.

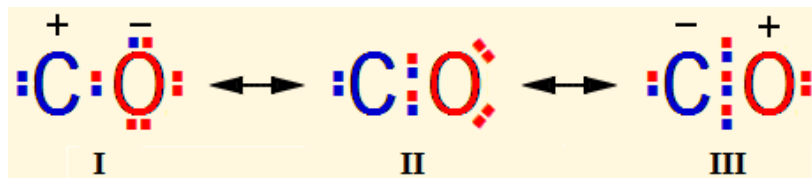
2.2.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα πολύ τοξικό άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο, το οποίο παράγεται από την ατελή καύση οποιουδήποτε υλικού μπορεί να περιέχει άνθρακα. Ορισμένα παραδείγματα τέτοιων υλικών μπορεί να είναι η βενζίνη, το ξύλο, το φυσικό αέριο, το προπάνιο, το πετρέλαιο κ.α..

Το μονοξείδιο του άνθρακα προέρχεται αρχικά από την οξείδωση του μεθανίου και έπειτα από δασικές πυρκαγιές ή ηφαιστειακές εκρήξεις. Η ποσότητα μονοξειδίου του άνθρακα που προέρχεται από αυτές τις πηγές είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από αυτήν που προέρχεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Πρόκειται για ένα εύφλεκτο αέριο με θερμοκρασία αυτανάφλεξης 609°C. Όταν η συγκέντρωση στο χώρο κυμαίνεται από 12 – 75%, αναφλέγεται και η φλόγα εμφανίζεται με ένα απαλό γαλάζιο χρώμα.

Το μονοξείδιο του άνθρακα παρουσιάζει σημείο τήξεως στους -205°C και σημείο ζέσεως στους -191,5°C. Η δομή του αποδίδεται με τρεις τρόπους που διαφοροποιούνται ανάλογα με τους ομοιοπολικούς δεσμούς όπως φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 5: Δομή CO (I) με ένα ομοιοπολικό δεσμό (II) με δύο ομοιοπολικούς δεσμούς (III) με τρεις ομοιοπολικούς δεσμούς

Το μονοξείδιο του άνθρακα παρουσιάζεται στην ατμόσφαιρα της Γης σε μικρές συγκεντρώσεις και κυρίως παράγεται από την ηφαιστειακή δραστηριότητα ή από φυσικές ή ανθρωπογενείς πυρκαγιές. Στην παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα σημαντική είναι και η συνεισφορά της καύσης των ορυκτών καυσίμων.

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου και αυξάνει τις συγκεντρώσεις του μεθανίου και του όζοντος της ατμόσφαιρας, μέσω χημικών αντιδράσεων με άλλα ατμοσφαιρικά χημικά είδη, που έχουν την τάση να τα εξουδετερώσουν.

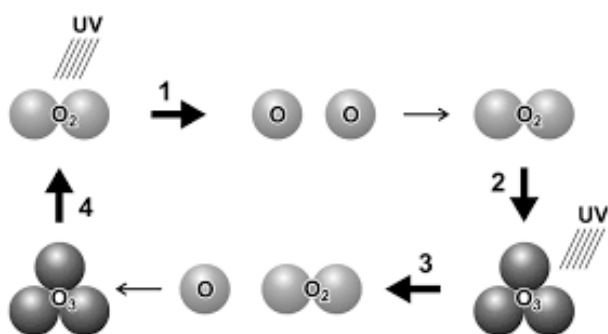
Στην ατμόσφαιρα της Αφροδίτης, το μονοξείδιο του άνθρακα αποτελεί προϊόν φωτόλυσης διοξειδίου του άνθρακα και η ηλεκτρομαγνητική του ακτινοβολία είναι μήκους κύματος μικρότερου των 169nm.

Το μονοξείδιο του άνθρακα εξαιτίας της μικρής ημιζωής του στη μέση τροπόσφαιρα, χρησιμοποιείται ως ρύπος. [18],[19],[20]

2.2.2 Όζον

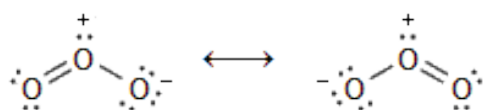
Το όζον ή αλλιώς τριοξυγόνο είναι αέριο ανοικτού κυανού χρώματος. Μπορεί να γίνει αντιληπτό μόνο σε μεγάλες συγκεντρώσεις και στρώματα, λόγω της δυσάρεστης οσμής του, η οποία θυμίζει αυτή του λευκού φωσφόρου ή του χλωρίου. Δημιουργείται μέσω μιας σειράς διαδοχικών φωτοχημικών αντιδράσεων στη Στρατόσφαιρα της Γης.

Η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει διάσπαση ενός μορίου οξυγόνου (O_2) και να δημιουργηθούν δύο ελεύθερα άτομα οξυγόνου. Στη συνέχεια τα άτομα αυτά που προέκυψαν μετά τη διάσπαση μπορούν να αντιδράσουν με ένα άλλο μόριο οξυγόνου δημιουργώντας έτσι ένα μόριο όζοντος.



Εικόνα 6: Διαδικασία Δημιουργίας Όζοντος

Ο μοριακός τύπος του όζοντος (O_3) καθιερώθηκε το 1865. Τα τρία άτομα του οξυγόνου σχηματίζουν γωνία $116,8^\circ$, ενώ το μήκος των δεσμών ισούται με $127,8\text{pm}$ (όπου $1\text{pm} = 10^{-12}\text{m}$). Η μορφή του μορίου του όζοντος είναι μη γραμμική. Η ηλεκτρονιακή του διαμόρφωση είναι δύο δομές σε συντονισμό μεταξύ τους με αντιμετάθεση απλού και διπλού δεσμού, όπως φαίνεται και στην εικόνα παρακάτω:



Η υγροποίηση του όζοντος πραγματοποιείται στους $-111,9^\circ\text{C}$, ενώ η στερεοποίηση του στους $-192,5^\circ\text{C}$. Κατά την υγροποίηση παράγεται ένα έντονο κυανό υγρό, ενώ κατά την στερεοποίηση ένα μελανοϊώδες στερεό. Το όζον τόσο στη στερεή όσο και στην υγρή μορφή του είναι εξαιρετικά ασταθές.

Η εμφάνιση του όζοντος στην ατμόσφαιρα γίνεται με δύο μορφές: ως «καλό» όζον και ως «κακό» όζον. Το «καλό» όζον εμφανίζεται στη στρατόσφαιρα και στα ανώτερα στρώματα της τροπόσφαιρας και δημιουργείται φυσικά. Σε αυτή τη μορφή του και όταν βρίσκεται στη στρατόσφαιρα, ο ρόλος του είναι προστατευτικός και συχνά αναφέρεται ως στιβάδα του όζοντος.

Το «κακό» όζον συναντάται στα χαμηλά ύψη της τροπόσφαιρας και συνήθως είναι ανθρωπογενούς προέλευσης. Σε αυτή τη μορφή του θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους, κύρια πηγή του οποίου αποτελούν οι μηχανές εσωτερικής καύσης.

Το όζον είναι ιδιαίτερα τοξικό, καθώς είναι δευτερογενής ρύπος που προέρχεται κατά κύριο λόγο από τα οξειδία του αζώτου. Στην αύξηση των επιπέδων του «κακού» όζοντος συντελούν οι καιρικές συνθήκες και οι ανθρώπινες δραστηριότητες.

Οι επιπτώσεις του όζοντος αφορούν τόσο τα υλικά και το περιβάλλον όσο και την ανθρώπινη υγεία. Σε ότι αφορά τα υλικά, όταν το όζον βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα είναι πιθανό να προκαλέσει φθορές, ρωγμώσεις, αποχρωματισμούς ή ακόμη και πρόωρη γήτταση, καθώς αποτελεί ένα δραστικό οξειδωτικό μέσο.

Οι ακόρεστοι δεσμοί είναι αυτοί που προσβάλλονται ευκολότερα, συνεπώς για την Παρασκευή ελαστικών, χρησιμοποιούνται κορεσμένες ενώσεις, ώστε να είναι πιο ανθεκτικά έναντι του όζοντος.

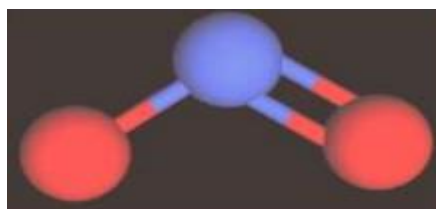
Επιπλέον, το όζον παρουσιάζει έντονη φυτοτοξική δράση μιας και μπορεί να διεισδύσει στους πόρους των φυτών. Έτσι, λόγω των οξειδωτικών του δράσεων προκαλείται μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φυτών και ως συνέπεια αυτού, ελαττώνεται η απόδοση της αγροτικής παραγωγής, ενώ πρόβλημα δημιουργείται και στην ανάπτυξη των δασών.

Το όζον επιδρά στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου. Άτομα με αναπνευστικές νόσους όπως άσθμα, ενήλικες που εργάζονται σε εξωτερικούς χώρους που ευνοούν τον σχηματισμό του όζοντος και παιδιά θεωρούνται πιο ευαίσθητες κατηγορίες.

Όσοι εργάζονται σε περιβάλλον που ο σχηματισμός του όζοντος ευνοείται, πρέπει να λαμβάνουν ιδιαίτερες προφυλάξεις. Τέτοιοι χώροι μπορεί να είναι χώροι που περιλαμβάνουν φωτοτυπικά μηχανήματα, πηγές υπεριώδους ακτινοβολίας, εκτυπωτές και μηχανήματα laser ή ακόμη και χώροι στους οποίους πραγματοποιούνται ηλεκτροσυγκολλήσεις. [22],[23],[25]

2.2.3 Διοξείδιο του Αζώτου

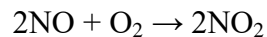
Το διοξείδιο του αζώτου εμφανίζεται με ένα κόκκινο, καστανό και κίτρινο χρώμα και χαρακτηρίζεται από έντονη οσμή. Συντελεί στη δημιουργία του φωτοχημικού νέφους και του νέφους αιθαλομίχλης, συνεπώς η παρουσία του στην ατμόσφαιρα προκαλεί μείωση της φωτεινότητας.



Εικόνα 7: Ηλεκτρονιακή Δομή Διοξειδίου του Αζώτου

Η μοριακή του μάζα είναι 46,0055, συνεπώς καθίσταται βαρύτερο από τον αέρα, η μέση μοριακή μάζα του οποίου είναι 28,8. Επιπλέον το μήκος του δεσμού μεταξύ του ατόμου του αζώτου και του ατόμου του οξυγόνου είναι 119,7pm. Το διοξείδιο του αζώτου είναι καλό οξειδωτικό και αυτό υποδηλώνεται από τον ασθενή δεσμό οξυγόνου – αζώτου.

Για την παρασκευή του διοξειδίου του αζώτου συνήθως πραγματοποιείται οξείδωση του μονοξειδίου του αζώτου από οξυγόνο στον αέρα όπως φαίνεται παρακάτω:



Το διοξείδιο του αζώτου θεωρείται τοξικό, όμως λόγω της οσμής του είναι εύκολο να εντοπιστεί με την όσφρηση ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις και να αποφευχθεί η έκθεση στην αναπνοή.

Η μακροχρόνια έκθεση σε διοξείδιο του αζώτου και σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται μεταξύ $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ και $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ ενδέχεται να προκαλέσουν μείωση στη λειτουργία των πνευμόνων και ως αποτέλεσμα αυτού, αύξηση του κινδύνου αναπνευστικών συμπτωμάτων.

Οι βασικότερες πηγές προέλευσης του διοξειδίου του αζώτου είναι οι μηχανές εσωτερικής καύσης και οι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί. Επιπλέον πηγές προέλευσης μπορεί να είναι τα εργοστάσια χαρτοπολτού, οι σύμπες και οι θερμάστρες γκαζιού και κηροζίνης.



Ένας ακόμη παράγοντας ύπαρξης διοξειδίου του αζώτου στην ατμόσφαιρα, είναι και οι ατμοσφαιρικές δοκιμές πυρηνικών όπλων, στις οποίες οφείλεται και το κόκκινο χρώμα των σύννεφων μανιταριού. [30],[31]

2.2.4 Διοξείδιο του Θείου

Το διοξείδιο του θείου σε μικρές συγκεντρώσεις είναι ένα αέριο άοσμο και άχρωμο, όταν όμως βρίσκεται σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις η οσμή του μπορεί να γίνει έντονη και ερεθιστική.

Αποτελεί έναν από τους βασικούς ρύπους που εμφανίζονται στις αστικές περιοχές. Κύριες πηγές προέλευσης του συγκεκριμένου ρύπου αποτελούν οι καύσεις στερεών ή υγρών καυσίμων που περιέχουν θείο.

Οι πιο σημαντικές ανθρωπογενείς πηγές διοξειδίου του θείου είναι οι βιομηχανικές δραστηριότητες, η παραγωγή γύψου και τσιμέντου, τα χυτήρια μεταλλεύματος, οι αγροτικές δραστηριότητες, τα οχήματα, τα διυλιστήρια πετρελαίου και όλες οι βιομηχανικές κατεργασίες ενώσεων που περιέχουν θείο.

Πέρα από τις ανθρωπογενείς πηγές, υπάρχουν και οι φυσικές όπως είναι οι πυρκαγιές ή η σκόνη που προέρχεται από απογυμνωμένο έδαφος.



Εικόνα 8: Ηλεκτρονιακή Δομή Διοξειδίου του Θείου

Το διοξείδιο του θείου μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Ειδικότερα άτομα με παθήσεις στους πνεύμονες, καρδιαγγειακές παθήσεις, παιδιά και ηλικιωμένοι ανήκουν στις ευπαθείς ομάδες ή αλλιώς ομάδες υψηλού κινδύνου, στην έκθεση σε μεγάλες συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου.

Η έκθεση στο διοξείδιο του θείου για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα σε άτομα με άσθμα, όπως είναι η συστολή των αναπνευστικών αγγείων.

Οι επιπτώσεις ωστόσο αφορούν και το περιβάλλον, καθώς το διοξείδιο του θείου σε συνδυασμό με τα αιωρούμενα σωματίδια και τον καπνό συντελούν σε μεγάλο βαθμό στην ύπαρξη ή δημιουργία ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Επιπλέον ο συνδυασμός διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου προκαλεί την εμφάνιση της όξινης βροχής, με αποτέλεσμα την όξυνση του εδάφους, των θαλασσών, των λιμνών, τη μείωση της ορατότητας ή ακόμη και τη διάβρωση των κτηρίων. [31],[33],[34]

2.2.5 Αιωρούμενα Σωματίδια

Τα αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter, PM) είναι μικρού μεγέθους στερεά ή υγρά αιωρήματα που βρίσκονται διασκορπισμένα στην ατμόσφαιρα. Πρόκειται για έναν πολύπλοκο ρύπο με μεγάλη ποικιλία σε σχήμα, μέγεθος και σύσταση που έχει αρνητική επίδραση τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία. Τα αερολύματα με μικρή διάμετρο (PM_{2.5} για διάμετρο μικρότερη από 2.5μm) αλλά και με πολύ μικρή διάμετρο (PM₁ για διάμετρο μικρότερη από 1 μm) θεωρούνται ως τα πλέον επικίνδυνα για τον άνθρωπο λόγω της βαθύτερης διείσδυσης και εναπόθεσης στο ανθρώπινο σώμα. Φυσικά, δεν μπορούμε να αγνοήσουμε την επίδραση των σωματιδίων μεγαλύτερης διαμέτρου (έως 10μm, τα PM₁₀).

Στην Ελλάδα, η στροφή που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια προς την καύση ξύλου βιομάζας για οικιακή θέρμανση (χρήση τζακιών, καυστήρων pellet κ.α.) οδηγεί σε σημαντικά αυξημένες συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων τόσο σε αστικές όσο και σε υπαίθριες περιοχές κατά τους χειμερινούς μήνες. Επίσης, οι τιμές τους παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές από περιοχή σε περιοχή και εξαρτώνται από την ώρα της ημέρας και τις μετεωρολογικές συνθήκες.

Λαμβάνοντας υπόψη τις εμπειριστατωμένες μελέτες που είναι διαθέσιμες, υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις ότι ο αριθμός των ασθενών από την ατμοσφαιρική ρύπανση αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Π.Ο.Υ.), η συσχέτιση διαφόρων επιπτώσεων στην υγεία με την έκθεση στα αιωρούμενα σωματίδια είναι επιστημονικά τεκμηριωμένη

Τα αιωρούμενα σωματίδια διεισδύουν βαθιά στους πνεύμονες και εισέρχονται στην κυκλοφορία του αίματος προκαλώντας καρδιαγγειακά, εγκεφαλοαγγειακά και αναπνευστικά νοσήματα. Το 2013, ταξινομήθηκαν ως αιτία καρκίνου του πνεύμονα από τον Διεθνή Οργανισμό για την Έρευνα στον Καρκίνο (IARC) του Π.Ο.Υ.. Είναι επίσης ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος δείκτης για την εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία από την έκθεση στη ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα.

Σε παιδιά και ενήλικες, τόσο η βραχυπρόθεσμη όσο και η μακροπρόθεσμη έκθεση σε ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη πνευμονική λειτουργία, αναπνευστικές λοιμώξεις και επιδεινούμενο άσθμα. Η έκθεση της μητέρας στη ατμοσφαιρική ρύπανση σχετίζεται με δυσμενή αποτελέσματα γέννησης, όπως το χαμηλό βάρος γέννησης, η προγενέστερη γέννηση και η γέννηση μικρής ηλικίας κύησης. Νέες ενδείξεις υποδεικνύουν επίσης ότι η ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα μπορεί να επηρεάσει τον διαβήτη και τη νευρολογική ανάπτυξη στα παιδιά.

Κεφάλαιο 3: Προτεινόμενη Μεθοδολογία

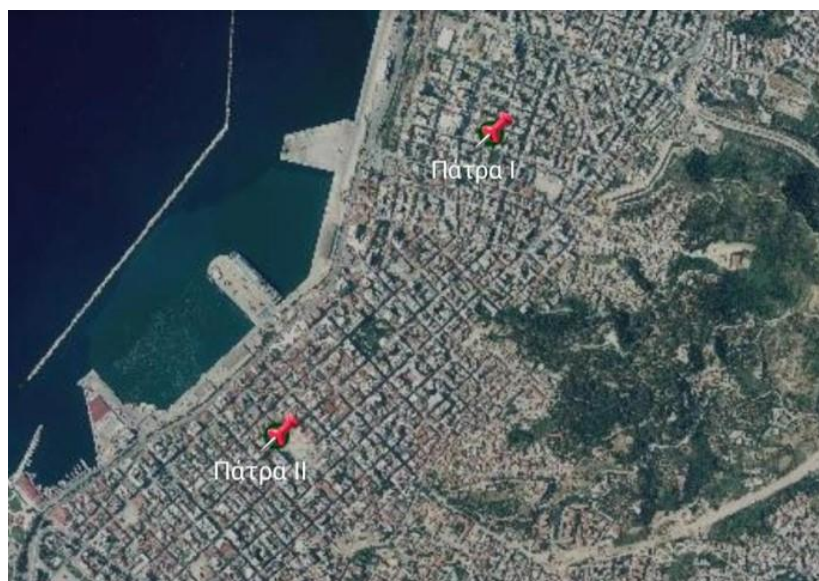
3.1 Ερευνητική Υποδομή

Κατά την μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην ευρύτερη περιοχή της Πάτρας καταγράφηκαν οι τιμές των ρύπων στους δύο σταθμούς καταγραφής αέριων ρύπων, εκ των οποίων ο ένας βρίσκεται στην Πλατεία Αγίου Γεωργίου και ο άλλος στην Πλατεία Δροσοπούλου. Για την τοποθέτηση των σταθμών στην περιοχή της Πάτρας έχουν επιλεγθεί σημεία αστικά σημεία.



Εικόνα 9: Σταθμός Μέτρησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στην ευρύτερη περιοχή της Πάτρας, υπάρχουν δύο σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η ακριβής τοποθεσία των οποίων, παρουσιάζεται παρακάτω.



Εικόνα 10: Χάρτης Θέσεων Σταθμών Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Στη συνέχεια, παρατίθενται πίνακες με την ακριβή θέση των σταθμών(γεωγραφικές συντεταγμένες), τον χαρακτηρισμό τους με βάση των τύπο τους, καθώς επίσης και Πίνακες με τους μετρούμενους ρύπους ανά σταθμό.

Πίνακας 1: Χαρακτηρισμός Σταθμών Μέτρησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Σταθμός	Τύπος Περιβάλλοντος
Πάτρα Ι	Αστικός Κυκλοφορίας
Πάτρα ΙΙ	Αστικός Κυκλοφορίας

Πίνακας 2: Μετρούμενοι Ρύποι ανά Σταθμό

Σταθμοί στην Ευρύτερη Περιοχή της Πάτρας - Μετρούμενοι Ρύποι					
Σταθμός	CO	O ₃	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀
Πάτρα Ι	✓	✓	✓	✓	✓
Πάτρα ΙΙ	✓		✓	✓	✓

Πίνακας 3: Ακριβής Θέση Σταθμών Μέτρησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Σταθμός					
Όνομα	Θέση				Υψόμετρο (m-asl)
	WGS84		ΕΓΣΑ87		
	Γεωγρ. Μήκος	Γεωγρ. Πλάτος	X (m)	Y(m)	
Περιφέρεια ΔΥΤ. ΕΛΛΑΔΑΣ					
Πάτρα-Ι	21,73818	38,25311	301940	4236030	10
Πάτρα-ΙΙ	21,73451	38,24647	301601	4235301	8

3.2 Παραδοχές

Οι μετρήσεις των ρύπων που μελετήθηκαν, καταγράφονται συνεχώς κατά τη διάρκεια της ημέρας (24 ώρες), ωστόσο οι μετρήσεις που παρουσιάζονται και τέθηκαν υπό επεξεργασία είναι οι μέσες ωριαίες τιμές. Για τα αιωρούμενα σωματίδια παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες τιμές για τα έτη 2001-2016, ενώ από το 2016 και μετά παρουσιάζονται όπως και για τους υπόλοιπους ρύπους, δηλαδή οι μέσες ωριαίες τιμές. Η πρώτη μέτρηση κάθε ημέρας καταγράφεται στη 1π.μ.. Όλοι οι ρύποι μετρούνται σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ εκτός του μονοξειδίου του αζώτου (NO₂) που δίνεται σε mg/m^3 .

Πληρότητα Ετήσιων Μετρήσεων ανά Σταθμό για τον Κάθε Ρύπο

Πληρότητα Ετήσιων Μετρήσεων για το Μονοξείδιο του Άνθρακα																				
Σταθμός	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Πάτρα I	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Πάτρα II	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Πληρότητα Ετήσιων Μετρήσεων για το Οζόν																				
Σταθμός	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Πάτρα I	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓			✓
Πάτρα II																				
Πληρότητα Ετήσιων Μετρήσεων για το Διοξείδιο του Θείου																				
Σταθμός	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Πάτρα I	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
Πάτρα II	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓						✓	✓	✓	✓
Πληρότητα Ετήσιων Μετρήσεων για το Διοξείδιο του Αζώτου																				
Σταθμός	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Πάτρα I	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Πάτρα II	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Πληρότητα Ετήσιων Μετρήσεων για τα Αιωρούμενα Σωματίδια																				
Σταθμός	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Πάτρα I	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓
Πάτρα II	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

3.3 Βήματα Μεθοδολογίας

Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης έρευνας, εξετάστηκαν οι παρακάτω ρύποι:

1. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
2. Οζόν (O₃)
3. Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)
4. Διοξείδιο του θείου (SO₂)
5. Αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀)

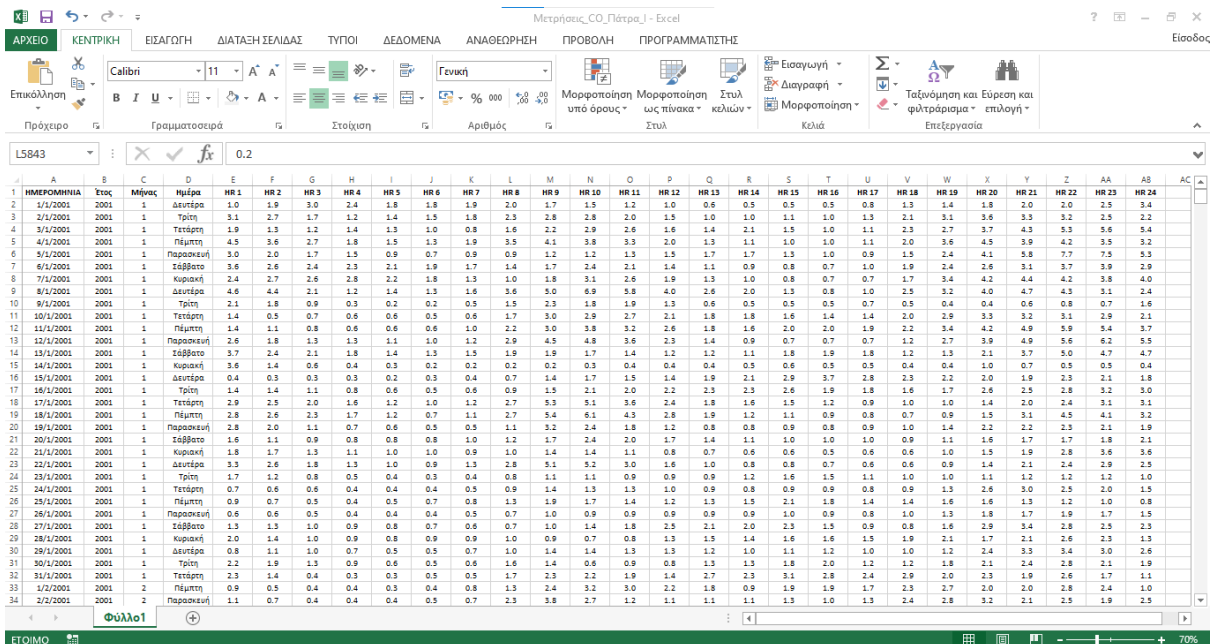
Αρχικά, για τον υπολογισμό των απαιτούμενων τιμών έπρεπε να προηγηθεί η συλλογή δεδομένων, η οποία έγινε μέσα από την ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας ακολουθώντας τα εξής βήματα:

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας → Περιβάλλον → Ποιότητα της Ατμόσφαιρας
→ Δεδομένα Μετρήσεων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Στη συνέχεια, με επιλογή του κάθε υπό μελέτη σταθμού, κατεβάζουμε τις μετρήσεις στη μορφή ενός συμπιεσμένου αρχείου. Αφού πραγματοποιηθεί αποσυμπίεση, δημιουργείται ένα αρχείο DAT, όπως αυτό που φαίνεται παρακάτω:



Για να μπορέσουμε να πραγματοποιήσουμε επεξεργασία των δεδομένων, κάνουμε αντιγραφή, επικόλληση όλων των τιμών σε ένα αρχείο Excel, διαμορφώνοντας παράλληλα τις εξής στήλες: ημερομηνία (μέρα/ μήνας/ έτος), έτος, μήνας, ημέρα, ωριαία τιμή για κάθε ώρα του εικοσιτετράωρου.



Σε ορισμένες περιπτώσεις, που δεν υπήρχαν καταγεγραμμένες τιμές για κάποιες ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας, πραγματοποιήθηκε χειροκίνητα σωστή κατανομή των μετρήσεων. Έπειτα, μέσω εργαλείων του προγράμματος Excel, έγινε αντικατάσταση των μη έγκυρων τιμών, ώστε τα κελιά να μείνουν κενά για να προκύψουν όσο το δυνατόν πιο έγκυρα αποτελέσματα.

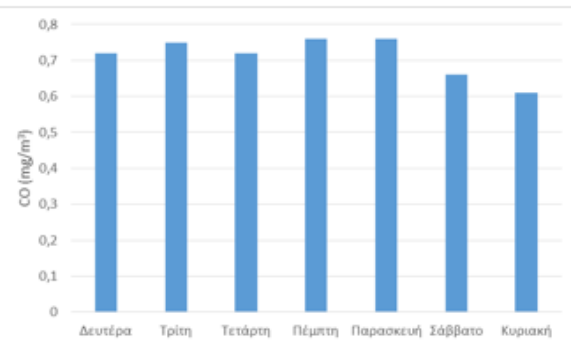
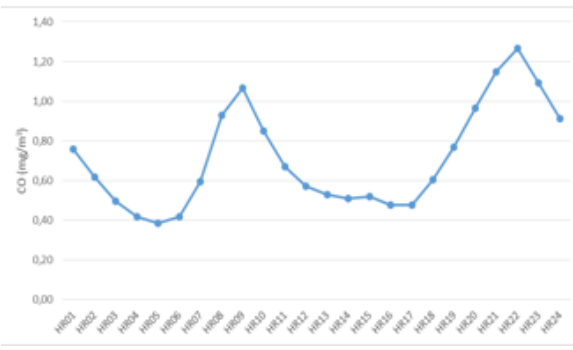
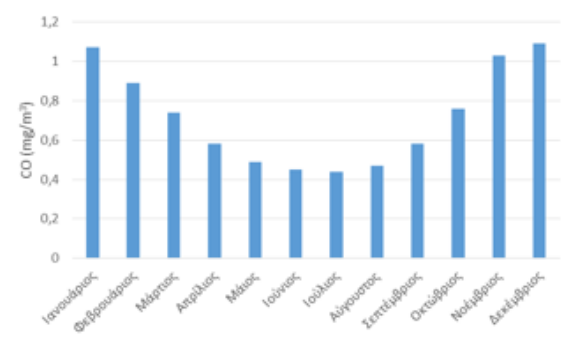
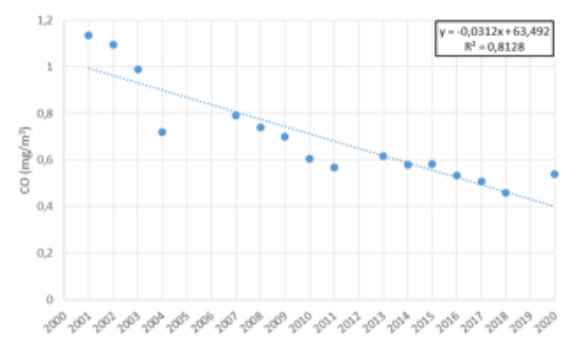
Αφού ολοκληρωθεί η αντικατάσταση, πάλι μέσω ρυθμίσεων του προγράμματος Excel, βάζουμε φίλτρο στην πρώτη γραμμή του φύλλου που θέλουμε να επεξεργαστούμε. Σκοπός είναι να υπολογιστούν οι μέσες τιμές για το κάθε έτος, τον κάθε μήνα και την κάθε ημέρα ξεχωριστά και τέλος η μέση τιμή για κάθε ώρα της ημέρας.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΗ	Έτος	Μην	Ημέρα	HR 1	HR 2	HR 3	HR 4	HR 5	HR 6	HR 7	HR 8	HR 9	HR 10	HR 11	HR 12	HR 13	HR 14	HR 15	HR 16	HR 17	HR 18	HR 19	HR 20	HR 21	HR 22	HR 23	HR 24
1/1/2001	2001	1	Δευτέρα	1.0	1.9	3.0	2.4	1.8	1.8	1.9	2.0	1.7	1.5	1.2	1.0	0.6	0.5	0.5	0.5	0.8	1.3	1.4	1.8	2.0	2.0	2.5	3.4
2/1/2001	2001	1	Τρίτη	3.1	2.7	1.7	1.2	1.4	1.5	1.8	2.3	2.8	2.8	2.0	1.5	1.0	1.0	1.1	1.0	1.3	2.1	3.1	3.6	3.3	3.2	2.5	2.2
3/1/2001	2001	1	Τετάρτη	1.9	1.3	1.2	1.4	1.3	1.0	0.8	1.6	2.2	2.9	2.6	1.6	1.4	2.1	1.5	1.0	1.1	2.3	2.7	3.7	4.3	5.3	5.6	5.4
4/1/2001	2001	1	Πέμπτη	4.5	3.6	2.7	1.8	1.5	1.3	1.9	3.5	4.1	3.8	3.3	2.0	1.3	1.1	1.0	1.0	1.1	2.0	3.6	4.5	3.9	4.2	3.5	3.2
5/1/2001	2001	1	Παρασκευή	3.0	2.0	1.7	1.5	0.9	0.7	0.9	0.9	1.2	1.2	1.3	1.5	1.7	1.7	1.3	1.0	0.9	1.5	2.4	4.1	5.8	7.7	7.5	5.3
6/1/2001	2001	1	Σάββατο	3.6	2.6	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.4	1.7	2.4	2.1	1.4	1.1	0.9	0.8	0.7	1.0	1.9	2.4	2.6	3.1	3.7	3.9	2.9
7/1/2001	2001	1	Κυριακή	2.4	2.7	2.6	2.8	2.2	1.8	1.3	1.0	1.8	3.1	2.6	1.9	1.3	1.0	0.8	0.7	0.7	1.7	3.4	4.2	4.4	4.2	3.8	4.0
8/1/2001	2001	1	Δευτέρα	4.6	4.4	2.1	1.2	1.4	1.3	1.6	3.6	5.0	6.9	5.8	4.0	2.6	2.0	1.3	0.8	1.0	2.5	3.2	4.0	4.7	4.3	3.1	2.4
9/1/2001	2001	1	Τρίτη	2.1	1.8	0.9	0.3	0.2	0.2	0.5	1.5	2.3	1.8	1.9	1.3	0.6	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.4	0.4	0.6	0.8	0.7	1.6
10/1/2001	2001	1	Τετάρτη	1.4	0.5	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	1.7	3.0	2.9	2.7	2.1	1.8	1.8	1.6	1.4	1.4	2.0	2.9	3.3	3.2	3.1	2.9	2.1
11/1/2001	2001	1	Πέμπτη	1.4	1.1	0.8	0.6	0.6	0.6	1.0	2.2	3.0	3.8	3.2	2.6	1.8	1.6	2.0	2.0	1.9	2.2	3.4	4.2	4.9	5.9	5.4	3.7
12/1/2001	2001	1	Παρασκευή	2.6	1.8	1.3	1.3	1.1	1.0	1.2	2.9	4.5	4.8	3.6	2.3	1.4	0.9	0.7	0.7	0.7	1.2	2.7	3.9	4.9	5.6	6.2	5.5
13/1/2001	2001	1	Σάββατο	3.7	2.4	2.1	1.8	1.4	1.3	1.5	1.9	1.9	1.7	1.4	1.2	1.2	1.1	1.8	1.9	1.8	1.2	1.3	2.1	3.7	5.0	4.7	4.7
14/1/2001	2001	1	Κυριακή	3.6	1.4	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	1.0	0.7	0.5	0.5	0.4
15/1/2001	2001	1	Δευτέρα	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.7	1.4	1.7	1.5	1.4	1.9	2.1	2.9	3.7	2.8	2.3	2.2	2.0	1.9	1.3	2.1	1.8
16/1/2001	2001	1	Τρίτη	1.4	1.4	1.1	0.8	0.6	0.5	0.6	0.9	1.5	2.1	2.0	2.2	2.3	2.3	2.6	1.9	1.8	1.6	1.7	2.6	2.5	2.8	3.2	3.0
17/1/2001	2001	1	Τετάρτη	2.9	2.5	2.0	1.6	1.2	1.0	1.2	2.7	3.3	5.1	3.6	2.4	1.8	1.6	1.5	1.2	0.9	1.0	1.0	1.4	2.0	2.4	3.1	3.1
18/1/2001	2001	1	Πέμπτη	2.8	2.6	2.3	1.7	1.2	0.7	1.1	2.7	5.4	6.1	4.3	2.8	1.9	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.9	1.5	3.1	4.5	4.1	3.2
19/1/2001	2001	1	Παρασκευή	2.8	2.0	1.1	0.7	0.6	0.5	0.5	1.1	3.2	2.4	1.8	1.2	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	1.0	1.4	2.2	2.2	2.3	2.1	1.9
20/1/2001	2001	1	Σάββατο	1.6	1.1	0.9	0.8	0.8	0.8	1.0	1.2	1.7	2.4	2.0	1.7	1.4	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	1.1	1.6	1.7	1.7	1.8	2.1
21/1/2001	2001	1	Κυριακή	1.8	1.7	1.3	1.1	1.0	1.0	0.9	1.0	1.4	1.4	1.1	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	1.0	1.5	1.9	2.8	3.6	3.6
22/1/2001	2001	1	Δευτέρα	3.3	2.6	1.8	1.3	1.0	0.9	1.3	2.8	3.1	5.2	3.0	1.6	1.0	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.9	1.4	2.1	2.4	2.9	2.5
23/1/2001	2001	1	Τρίτη	1.7	1.2	0.8	0.5	0.4	0.5	0.4	0.8	1.1	1.1	0.9	0.9	1.2	1.6	1.5	1.1	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0
24/1/2001	2001	1	Τετάρτη	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.9	1.4	1.3	1.3	1.0	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	1.3	2.6	3.0	2.5	2.0	1.5

Τέλος, διαμορφώνονται οι κατάλληλοι πίνακες για τον κάθε σταθμό και τον κάθε ρύπο.

Έτος	Συγκέντρωση	Μήνας	Συγκέντρωση	Ημέρα	Συγκέντρωση	Ώρα	Συγκέντρωση	
2001	1,135					HR01	0,76	
2002	1,094					HR02	0,62	
2003	0,989					HR03	0,50	
2004	0,719					HR04	0,42	
2005						HR05	0,39	
2006						HR06	0,42	
2007	0,79					HR07	0,59	
2008	0,741					HR08	0,93	
2009	0,701	Ιανουάριος	1,07			HR09	1,07	
2010	0,605	Φεβρουάριος	0,89			HR10	0,85	
2011	0,568	Μάρτιος	0,74			HR11	0,67	
2012		Απρίλιος	0,58			HR12	0,57	
2013	0,616	Μάιος	0,49			HR13	0,53	
2014	0,579	Ιούνιος	0,45		Δευτέρα	0,72	HR14	0,51
2015	0,583	Ιούλιος	0,44		Τρίτη	0,75	HR15	0,52
2016	0,533	Αύγουστος	0,47		Τετάρτη	0,72	HR16	0,48
2017	0,508	Σεπτέμβριος	0,58		Πέμπτη	0,76	HR17	0,48
2018	0,46	Οκτώβριος	0,76		Παρασκευή	0,76	HR18	0,60
2019		Νοέμβριος	1,03		Σάββατο	0,66	HR19	0,77
2020	0,539	Δεκέμβριος	1,09		Κυριακή	0,61	HR20	0,97
							HR21	1,15
							HR22	1,26
							HR23	1,09
							HR24	0,91

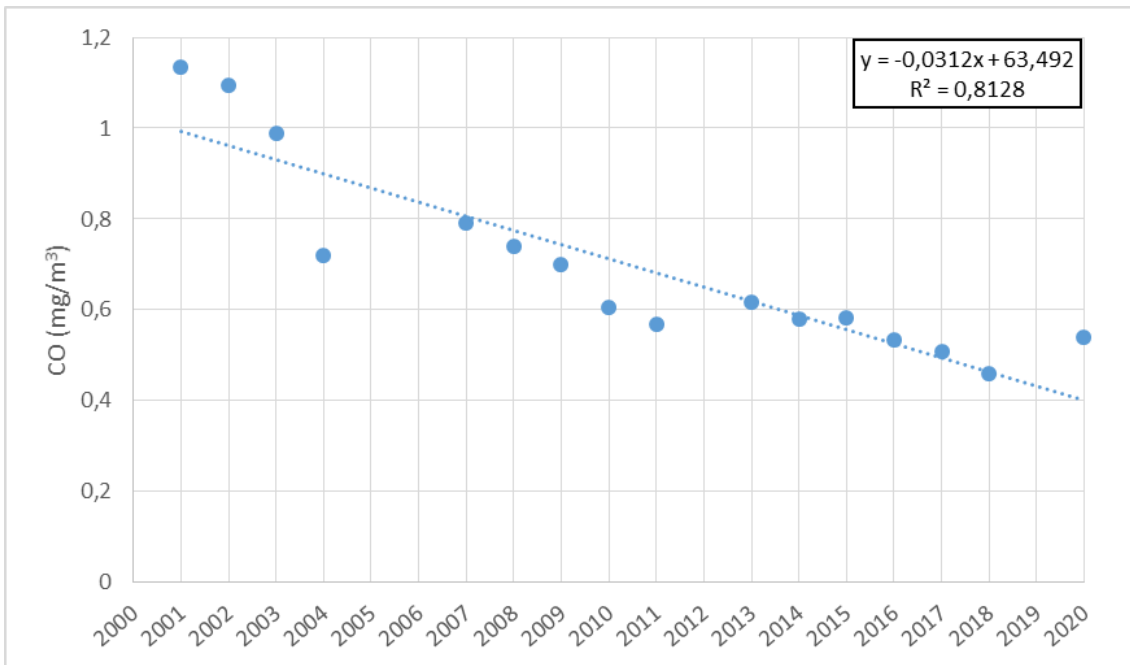
Μετά τη διαμόρφωση όλων των Πινάκων, φτιάχνουμε τα αντίστοιχα διαγράμματα. Όπως φαίνεται και παρακάτω το διάγραμμα συγκεντρώσεων – έτη εμφανίζεται με τη μορφή διασποράς, προσθέτοντας την γραμμή τάσης, την εξίσωση περιγραφής αυτής και τον συντελεστή αξιοπιστίας. Τα διαγράμματα συγκεντρώσεων – μήνα και συγκεντρώσεων – ημέρα παρουσιάζονται ως ιστογράμματα, ενώ για το διάγραμμα συγκεντρώσεων – ώρα έχουμε επιλέξει την γραμμή με κουκκίδες.



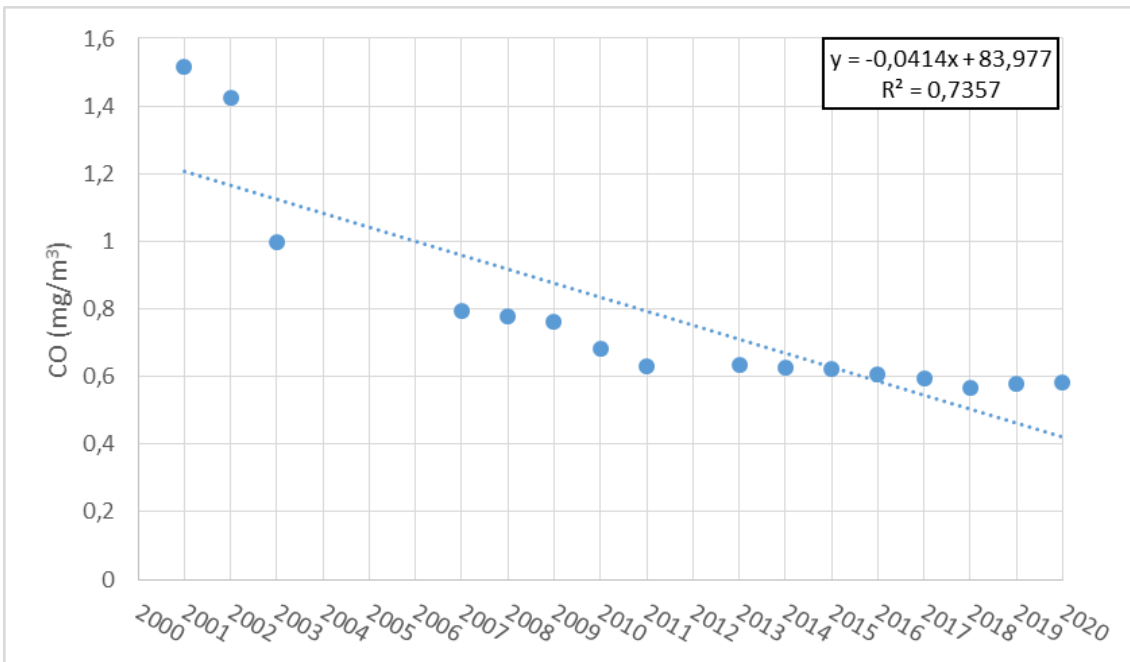
Κεφάλαιο 4: Μελέτη ανά Ρύπο και ανά Σταθμό

4.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά έτος για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Έτους):



Διάγραμμα 1: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Ετήσια Κλίμακα



Διάγραμμα 2: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Ετήσια Κλίμακα

Παρατηρώντας τα διαγράμματα που προέκυψαν μετά τη συλλογή δεδομένων για τους δύο εξεταζόμενους σταθμούς και για το μονοξείδιο του άνθρακα που μελετάται στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι καμπύλες παρουσιάζουν μία πτωτική πορεία κατά την πάροδο των ετών.

Πιο συγκεκριμένα για τον σταθμό Πάτρα I, η συγκέντρωση του ρύπου εμφανίζει μείωση κατά $0,0312\text{mg}/\text{m}^3$, ενώ ο συντελεστής συσχέτισης είναι $R = 0,81$, άρα η αξιοπιστία των μετρήσεων μπορεί να χαρακτηριστεί καλή.

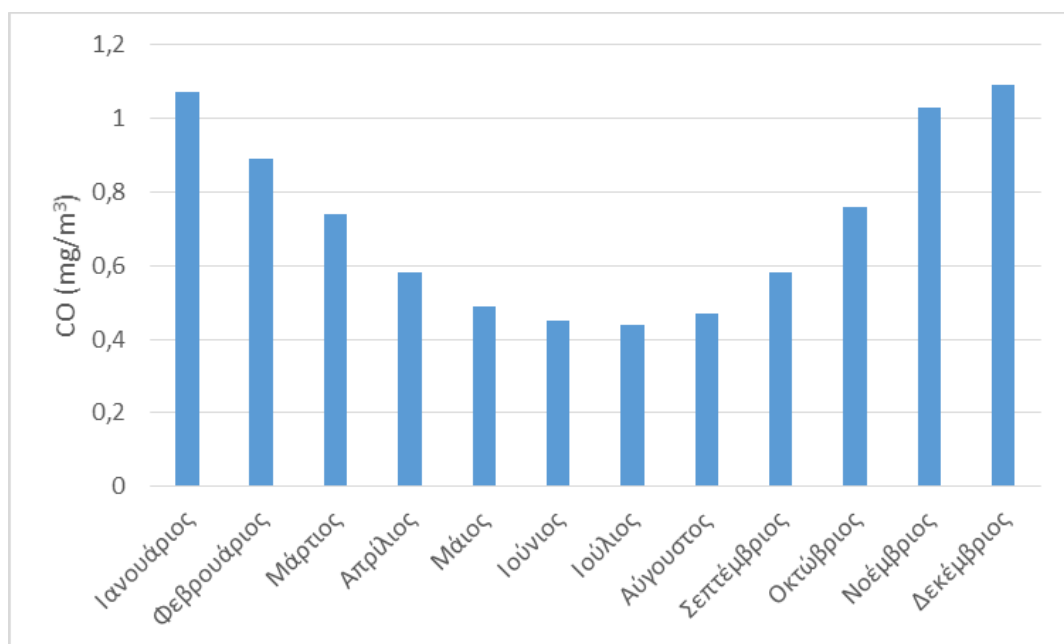
Για τον σταθμό Πάτρα II, η συγκέντρωση του ρύπου εμφανίζει μείωση κατά $0,0414\text{mg}/\text{m}^3$, ενώ ο συντελεστής συσχέτισης είναι $R = 0,74$ άρα η αξιοπιστία των μετρήσεων μπορεί να χαρακτηριστεί καλή.

Για την παραγωγή και την ύπαρξη μονοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αρκετά σημαντικός είναι ο ρόλος των βιομηχανιών. Ήδη από το 2007, αλλά ακόμη πιο έντονα από το 2009 και μετά, οι συγκεντρώσεις του συγκεκριμένου ρύπου φαίνεται να μειώνονται σημαντικά.

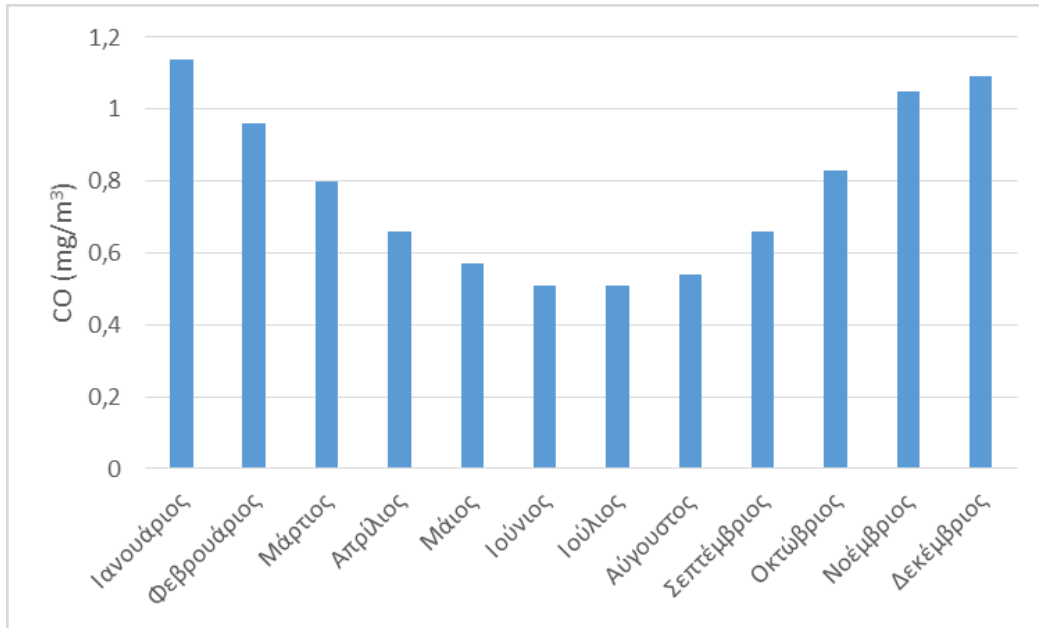
Βασικό παράγοντα αποτελεί η οικονομική κρίση, λόγω της οποίας μειώθηκε η ζήτηση και ως συνέπεια αυτής και η παραγωγή, ενώ παράλληλα εφαρμόστηκαν ορισμένα μέτρα και πιο βιώσιμες μεθόδους που αποσκοπούσαν στη μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων, μιας και η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα.

Έτσι, κατά την παραγωγική διαδικασία εφαρμόζονται μέτρα πρόληψης και συνεχής μετρήσεις των εκπομπών. Αντίστοιχα μέτρα εφαρμόζονται και στα θερμοκήπια, ενώ τα αγροτικά υπολείμματα πλέον αντιμετωπίζονται ορθότερα συμβάλλοντας στη μείωση των εκπομπών και κατά συνέπεια στην πτώση των συγκεντρώσεων.

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά μήνα για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Μήνα):



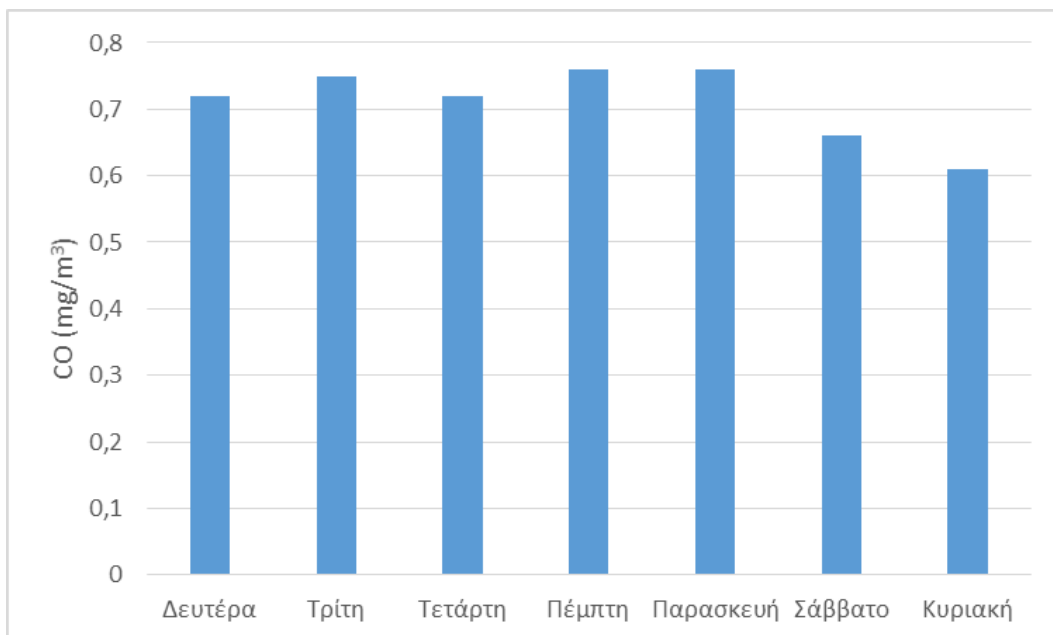
Διάγραμμα 3: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Μηνιαία Κλίμακα



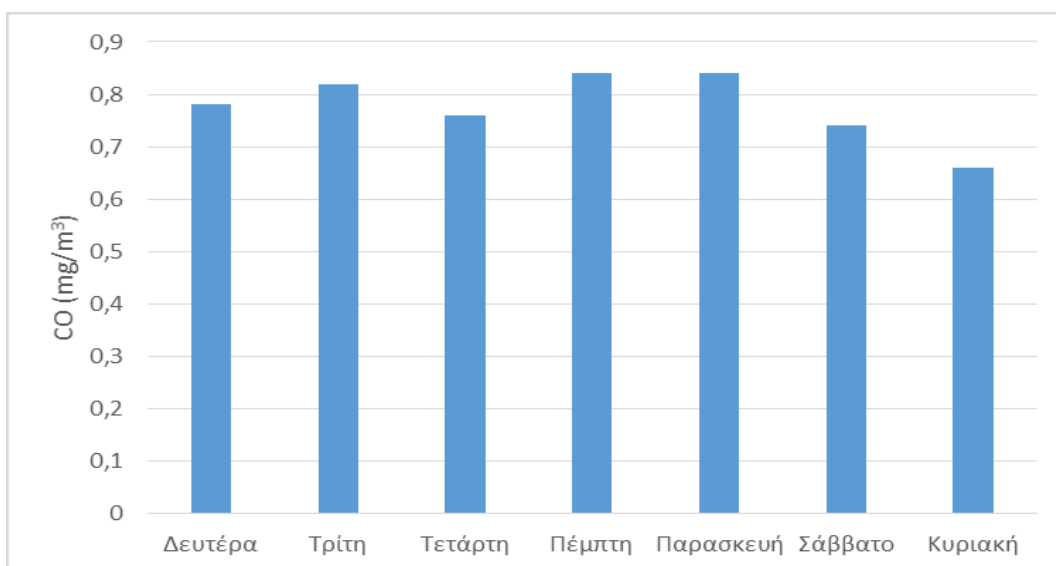
Διάγραμμα 4: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Μηνιαία Κλίμακα

Και τα δύο διαγράμματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των μετρήσεων παρουσιάζουν μία εποχικότητα. Συγκεκριμένα οι τιμές που προκύπτουν για τους θερινούς μήνες φαίνεται να είναι αρκετά χαμηλότερες σε σχέση με αυτές των χειμερινών. Το αποτέλεσμα αυτό είναι λογικό μιας και οι ανάγκες για θέρμανση τον χειμώνα είναι μεγαλύτερες λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν, συνεπώς, η εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα είναι μεγαλύτερη.

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά ημέρα για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Ημέρας):



Διάγραμμα 5: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Εβδομαδιαία Κλίμακα

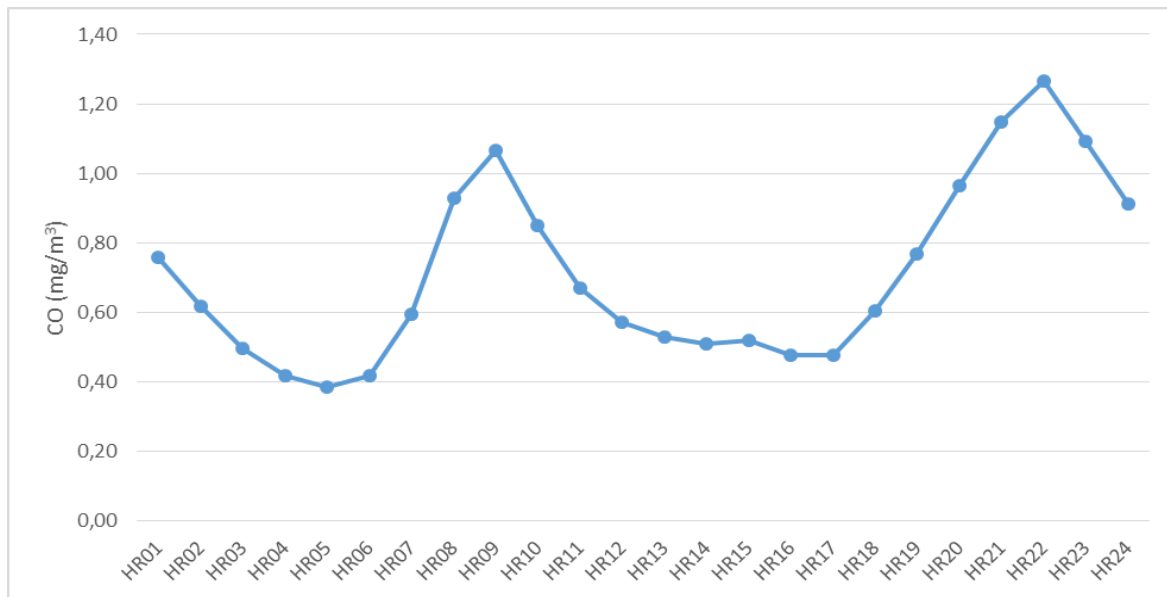


Διάγραμμα 6: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Εβδομαδιαία Κλίμακα

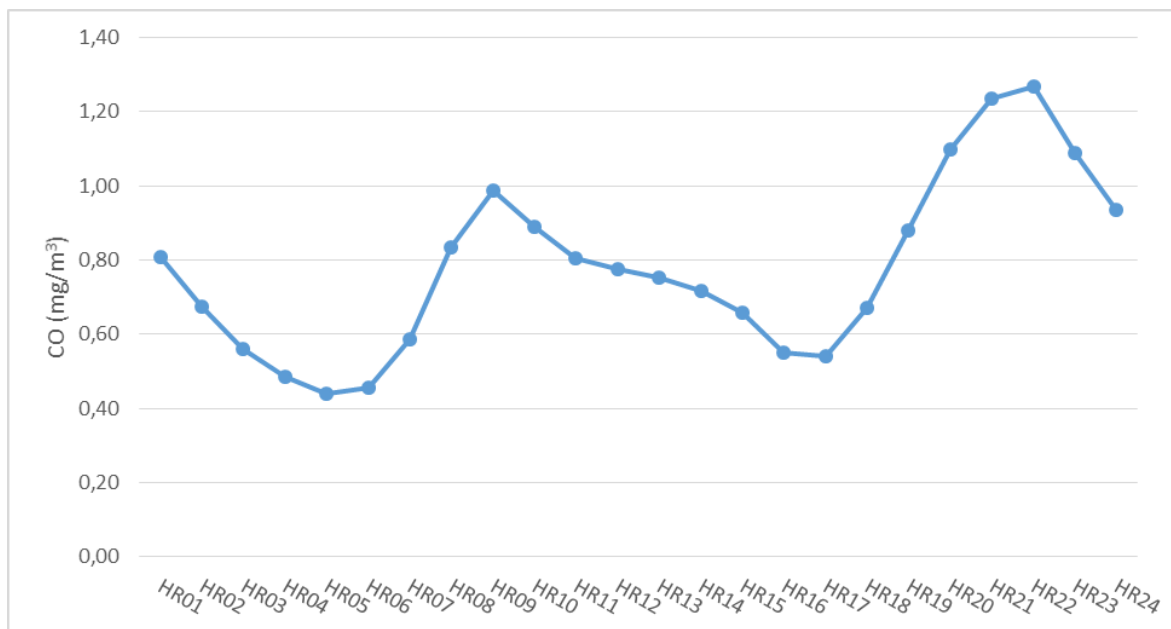
Παρατηρώντας την ημερήσια διακύμανση, βλέπουμε πως παρουσιάζονται υψηλότερες τιμές κατά τις πρώτες ημέρες της εβδομάδας (καθημερινές) και χαμηλότερες το Σάββατο και την Κυριακή.

Αυτό ίσως οφείλεται στην κίνηση των μέσων μεταφοράς που τις καθημερινές είναι εντονότερη σε σχέση με τα Σαββατοκύριακα ή τη γενικότερη κίνηση των οχημάτων στους δρόμους που σε καθημερινή βάση μπορεί να χαρακτηριστεί αναγκαία για την κάλυψη των υποχρεώσεων.

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά ώρα για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Ωρας):



Διάγραμμα 7: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Ωριαία Κλίμακα

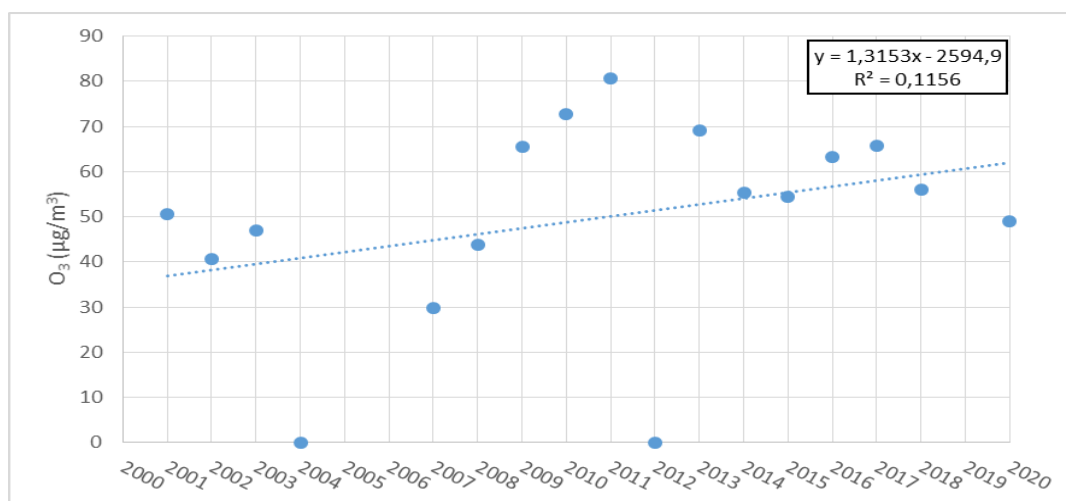


Διάγραμμα 8: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Ωριαία Κλίμακα

Όπως φαίνεται στα δύο παραπάνω γραφήματα οι υψηλότερες τιμές συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα παρατηρείται κατά τις πρωινές ώρες μεταξύ 7π.μ. και 10π.μ. που είναι ώρες κατά τις οποίες υπάρχει κίνηση στους δρόμους λόγω εργασίας και τις βραδινές ώρες μεταξύ 6μ.μ. και 10μ.μ.. Η αύξηση των τιμών κατά τις βραδινές ώρες πέρα από την κίνηση των οχημάτων στους δρόμους ενδέχεται να οφείλεται και στη θέρμανση, λόγω της θερμοκρασίας που μειώνεται.

4.2 Όζον

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά έτος για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Έτους):

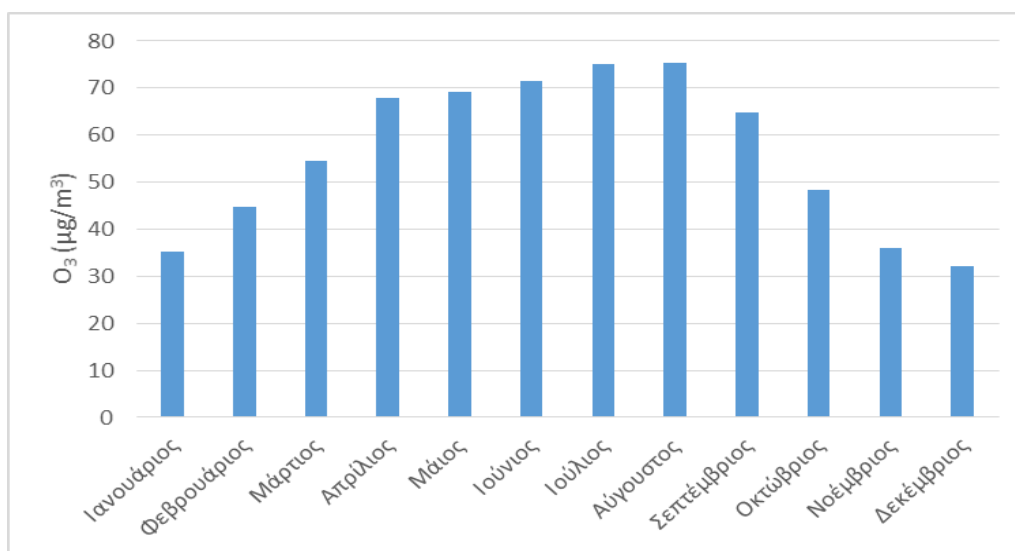


Διάγραμμα 9: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Ετήσια Κλίμακα

Παρατηρώντας το διαγράμματα που προέκυψε μετά τη συλλογή δεδομένων για τον εξεταζόμενο σταθμό Πάτρα I και για το όζον που μελετάται στη συγκεκριμένη περίπτωση, η καμπύλη παρουσιάζει μία πτωτική πορεία κατά την πάροδο των πρώτων ετών (2001-2007) και στη συνέχεια μία αύξηση μέχρι το 2011 όπου και αρχίζει ξανά η πτώση. Ωστόσο, κατά τα έτη 2016-2017 παρουσιάζεται και πάλι μία μικρή αύξηση των τιμών

Πιο συγκεκριμένα για τον σταθμό Πάτρα I, η συγκέντρωση του ρύπου εμφανίζει αύξηση κατά $1,3153 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ ο συντελεστής συσχέτισης είναι $R = 0,12$, άρα η αξιοπιστία των μετρήσεων μπορεί να χαρακτηριστεί κακή.

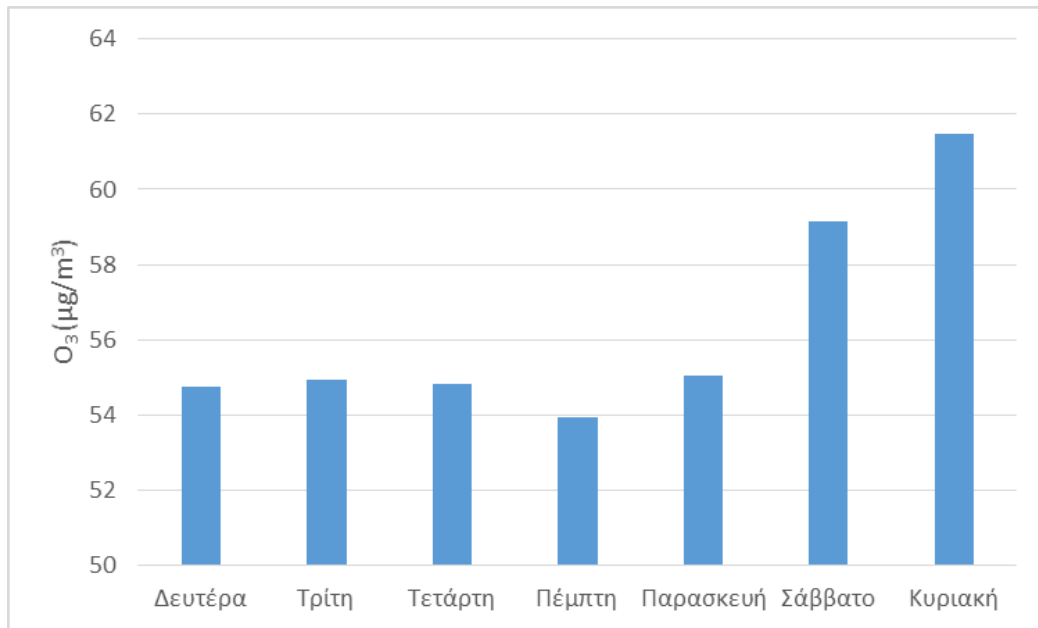
Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά μήνα για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Μήνα):



Διάγραμμα 10: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Μηνιαία Κλίμακα

Το όζον παρουσιάζει χαμηλές τιμές συγκέντρωσης τους χειμερινούς μήνες και αύξηση των τιμών παράλληλα με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά τους εαρινούς μήνες. Αυτό είναι αναμενόμενο, μιας και το όζον είναι ένας δευτερογενής ρύπος που δημιουργείται κατά την αντίδραση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου με άλλους ρύπους, παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία είναι εντονότερη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

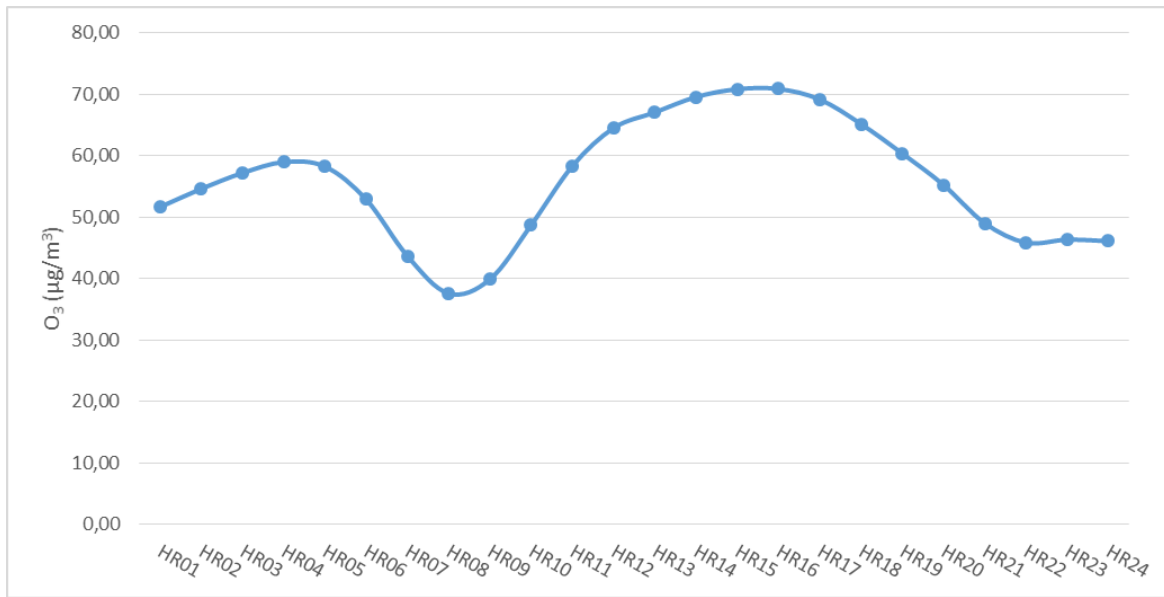
Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά ημέρα για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Ημέρας):



Διάγραμμα 11: Σταθμός I – Εξέλιξη Ρύπου σε Ημερήσια Κλίμακα

Τα ημερήσια αποτελέσματα του συγκεκριμένου ρύπου παρουσιάζουν μικρές μεταβολές στις τιμές που προκύπτουν κατά τη διάρκεια της εβδομάδας, ενώ το Σάββατο και την Κυριακή, οι τιμές είναι αρκετά υψηλότερες. Η αύξηση που παρατηρείται τις τελευταίες ημέρες της εβδομάδας, μπορεί να οφείλεται στη λειτουργία των σταθμών επεξεργασίας λυμάτων, λόγω των δρομολογίων των απορριμματοφόρων, ή ακόμη και στην οικιακή καθαριότητα κατά την οποία χρησιμοποιούνται χημικά που εκλύουν όζον.

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά ώρα για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Ωρας):

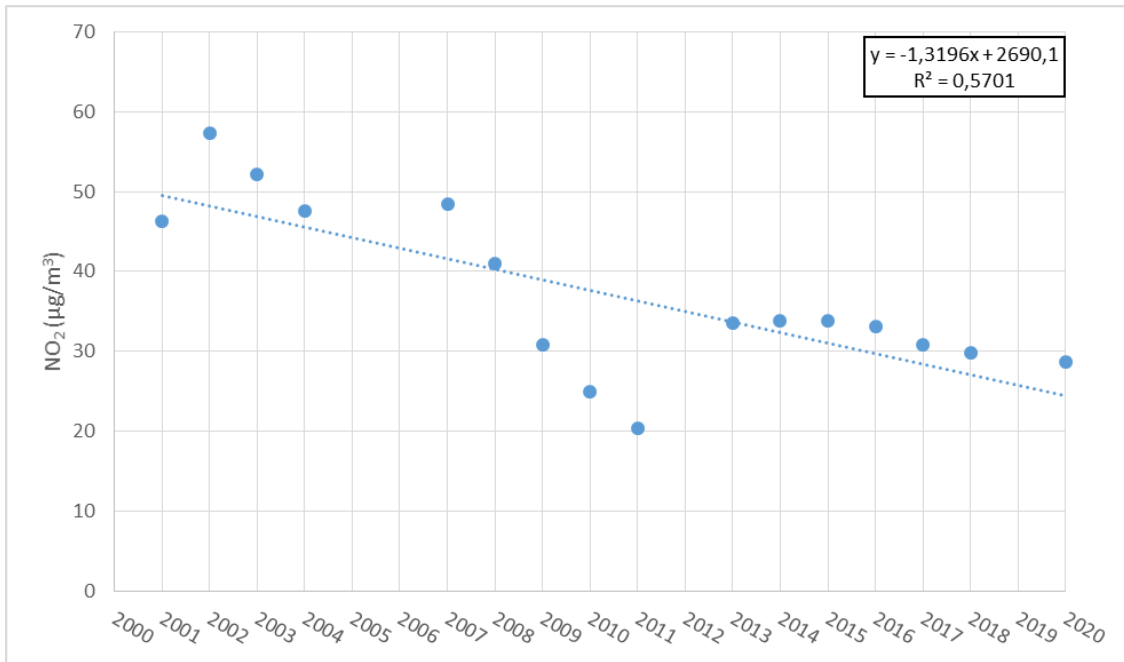


Διάγραμμα.12: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Ωριαία Κλίμακα

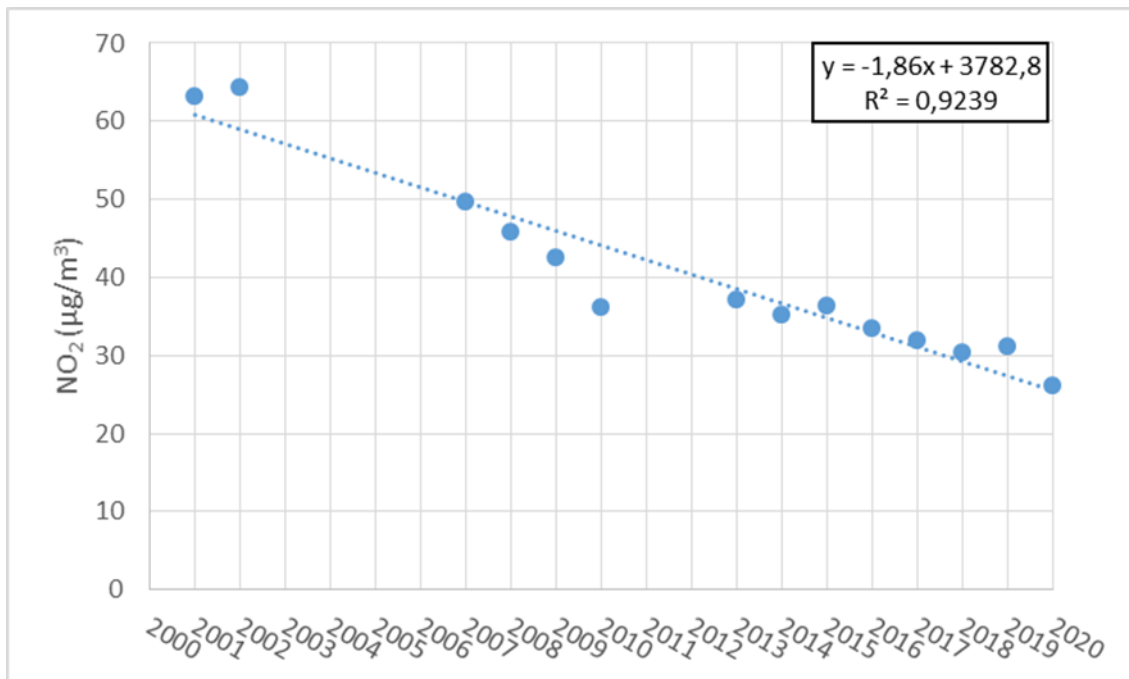
Όπως φαίνεται παραπάνω, οι συγκεντρώσεις του όζοντος κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου παρουσιάζει σημαντικές διαφορές και διακυμάνσεις. Αναλυτικότερα, κατά τις πρωινές ώρες και συγκεκριμένα μεταξύ 10π.μ. και 6μ.μ. παρουσιάζει αύξηση ενώ κατά τις βραδινές ώρες (7μ.μ.-6π.μ.) παρουσιάζει πτώση. Η συμπεριφορά αυτή είναι λογική καθώς όπως αναφέρθηκε ήδη παραπάνω για τη δημιουργία του όζοντος είναι απαραίτητη η ύπαρξη ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία είναι εντονότερη κατά τη διάρκεια της ημέρας.

4.3 Διοξείδιο του Αζώτου

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά έτος για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Έτους):



Διάγραμμα 13: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Ετήσια Κλίμακα



Διάγραμμα 14: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Ετήσια Κλίμακα

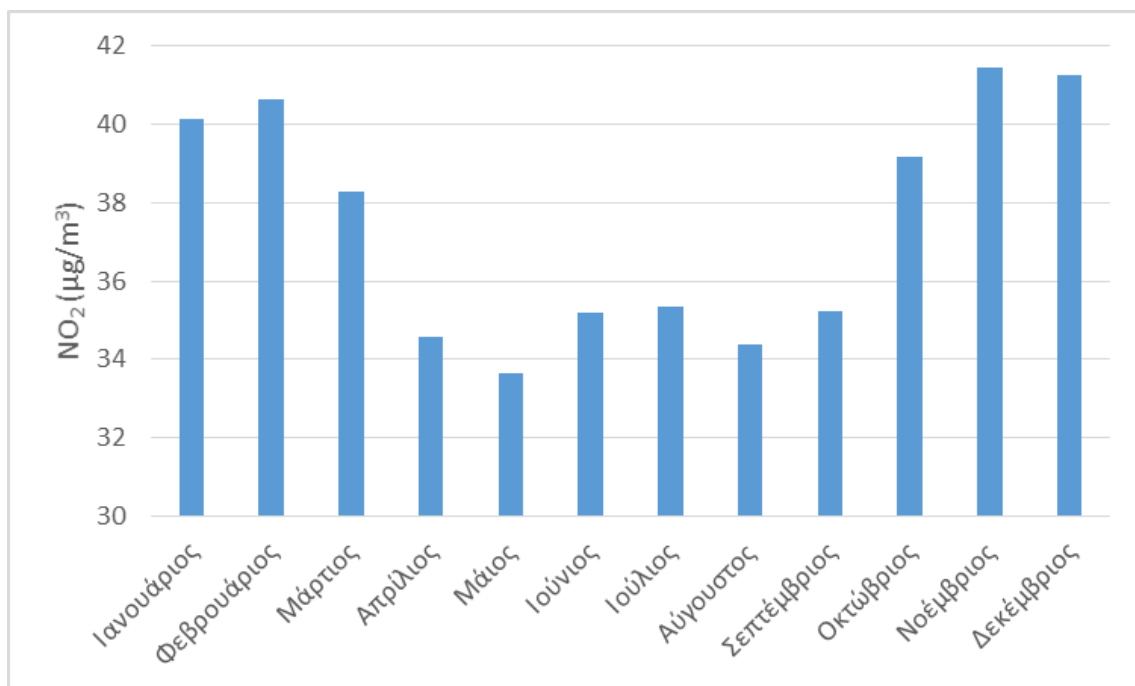
Παρατηρώντας τα διαγράμματα που προέκυψαν μετά τη συλλογή δεδομένων για τους δύο εξεταζόμενους σταθμούς και για το διοξείδιο του αζώτου που μελετάται στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι καμπύλες παρουσιάζουν μία πτωτική πορεία κατά την πάροδο των ετών.

Πιο συγκεκριμένα για τον σταθμό Πάτρα I, η συγκέντρωση του ρύπου εμφανίζει μείωση κατά $1,3196\mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ ο συντελεστής συσχέτισης είναι $R = 0,57$, άρα η αξιοπιστία των μετρήσεων μπορεί να χαρακτηριστεί μέτρια.

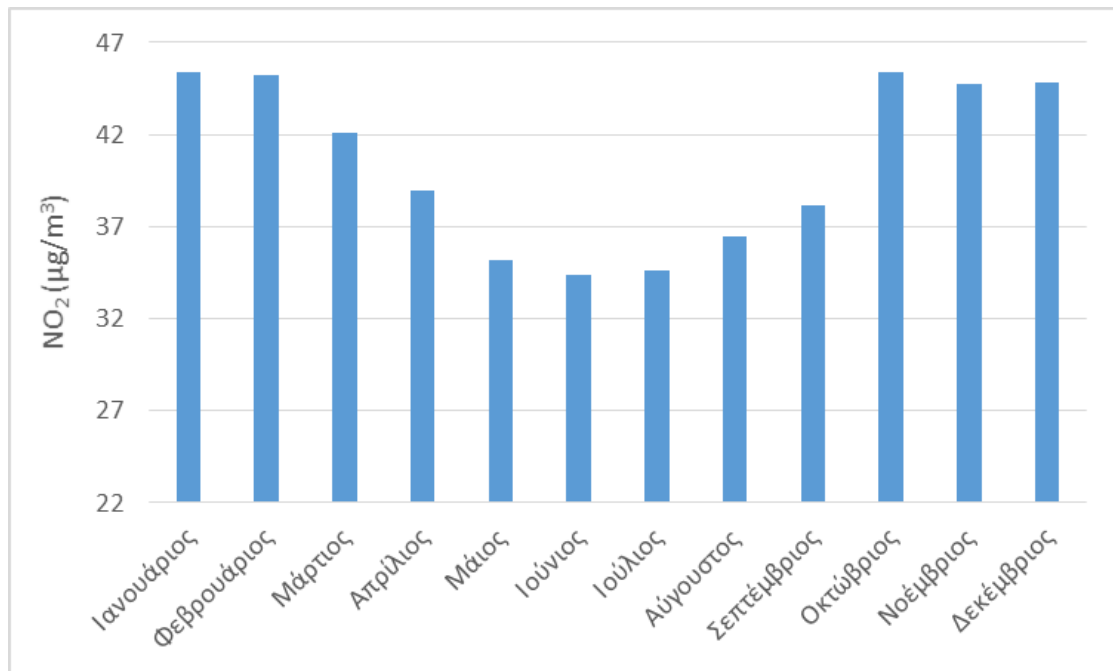
Για τον σταθμό Πάτρα II, η συγκέντρωση του ρύπου εμφανίζει μείωση κατά $1,86\mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ ο συντελεστής συσχέτισης είναι $R = 0,92$ άρα η αξιοπιστία των μετρήσεων μπορεί να χαρακτηριστεί καλή.

Πέρα από τις βιομηχανίες που συμβάλλουν σημαντικά στην ύπαρξη αυτών των αποτελεσμάτων, βασική πηγή διοξειδίου του αζώτου είναι και οι ηλεκτρικές καταγίδες. Κάποιες καταγίδες που έχουν καταγραφεί για την περιοχή της Πάτρας είναι στις 25 Οκτωβρίου 2010 και στις 10 Ιουλίου 2015.

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά μήνα για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Μήνα):



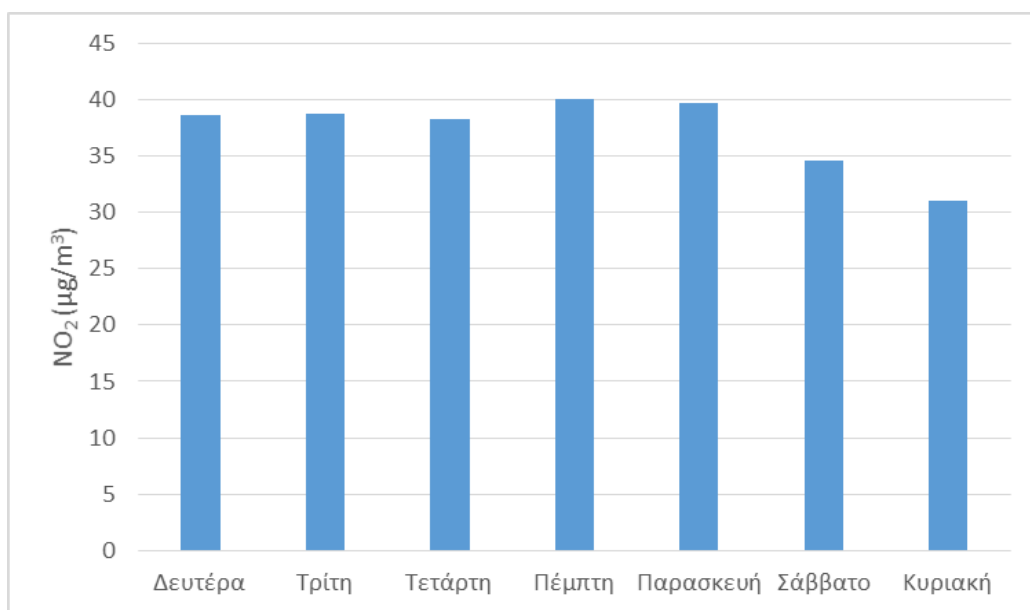
Διάγραμμα 15: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Μηνιαία Κλίμακα



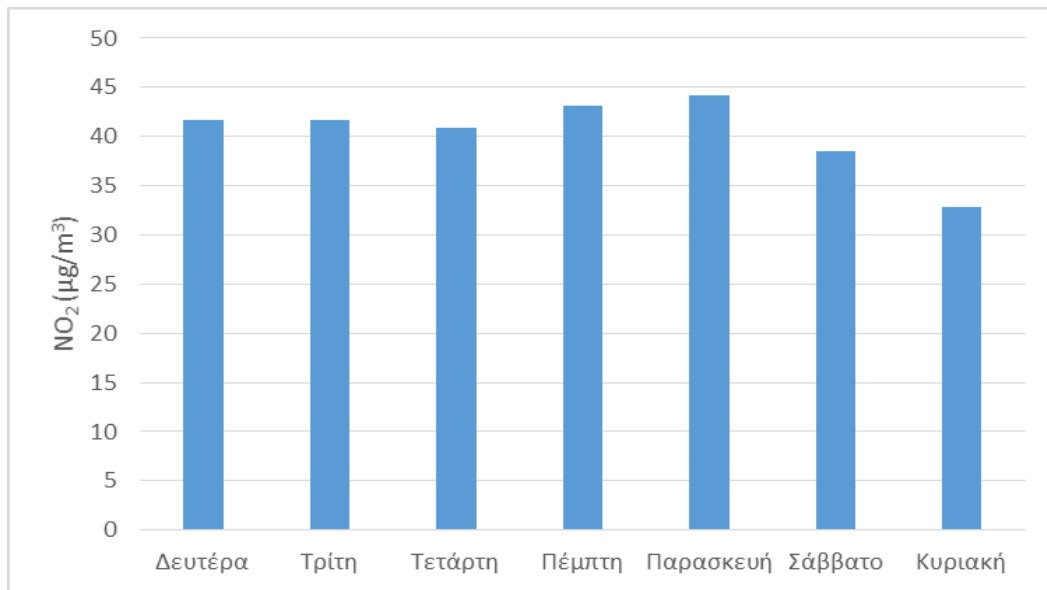
Διάγραμμα 16: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Μηνιαία Κλίμακα

Η μηνιαία διακύμανση και στην περίπτωση του διοξειδίου του αζώτου, παρουσιάζει μία εποχικότητα, αντίστοιχη με αυτή του μονοξειδίου του άνθρακα. Φαίνεται δηλαδή πως κατά τους χειμερινούς μήνες οι τιμές των συγκεντρώσεων του συγκεκριμένου ρύπου είναι υψηλότερες σε σχέση με τις τιμές που εμφανίζονται κατά τους εαρινούς μήνες και για τους δύο σταθμούς της περιοχής της Πάτρας.

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά ημέρα για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Ημέρας):



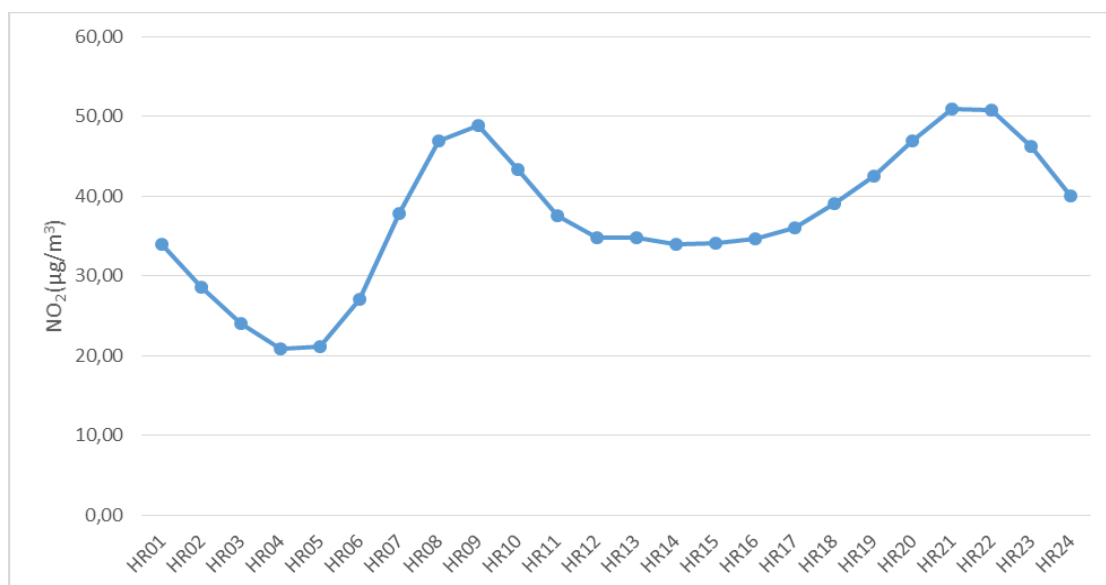
Διάγραμμα 17: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Ημερήσια Κλίμακα



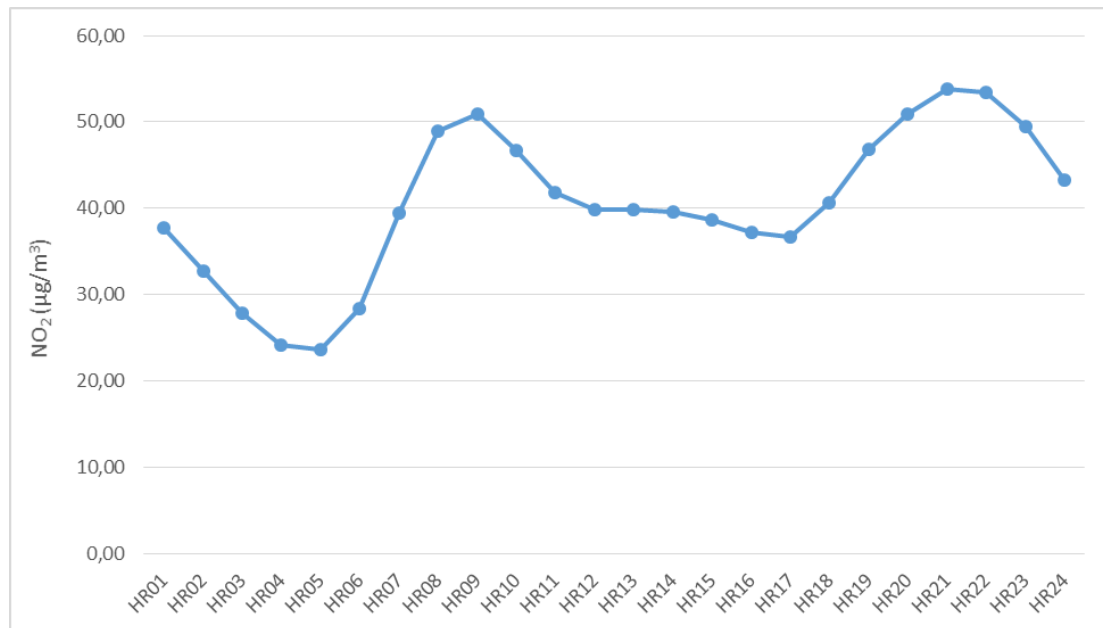
Διάγραμμα 18: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Ημερήσια Κλίμακα

Αντίστοιχα, στην ημερήσια διακύμανση παρατηρούνται χαμηλές τιμές συγκεντρώσεων το Σάββατο και την Κυριακή και υψηλότερες τις υπόλοιπες ημέρες της εβδομάδας. Πέρα από την πτώση που παρατηρείται τις δύο τελευταίες ημέρες της εβδομάδας, τις καθημερινές (Δευτέρα – Παρασκευή) οι τιμές δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες μεταβολές. Η πτώση των τιμών μπορεί να οφείλεται στα περιορισμένα δρομολόγια των μέσων μεταφοράς και των οχημάτων τα σαββατοκύριακα σε σχέση με τις καθημερινές, μιας και οι μηχανές εσωτερικής καύσης αποτελούν πηγή προέλευσης του συγκεκριμένου ρύπου.

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά ώρα για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Ωρας):



Διάγραμμα 19: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Ωριαία Κλίμακα



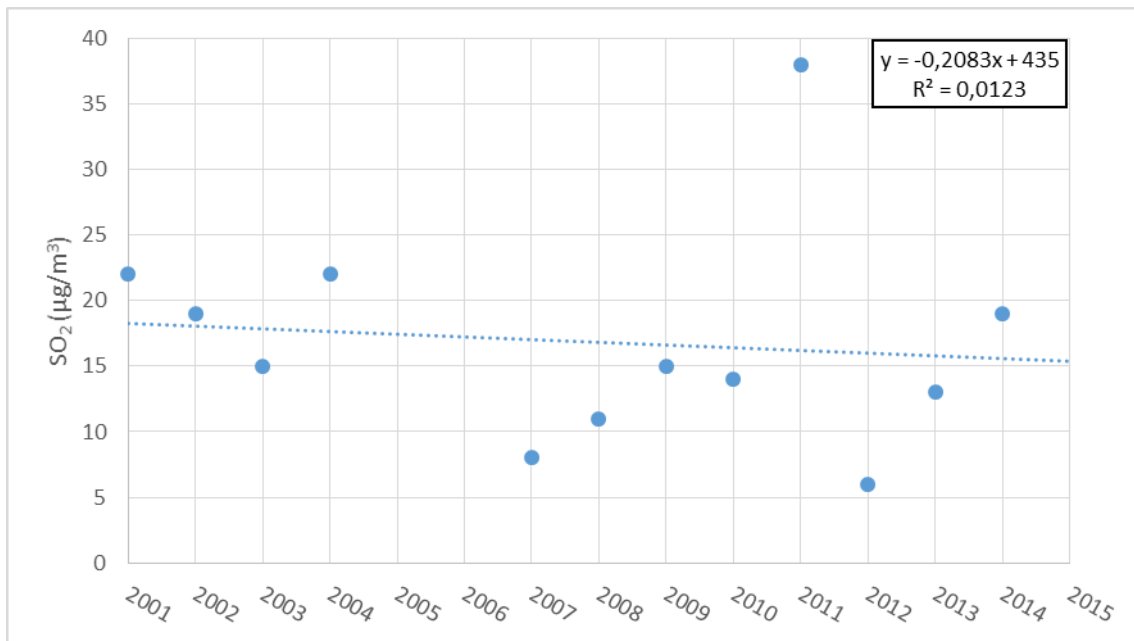
Διάγραμμα 20: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Ωριαία Κλίμακα

Και για τους δύο σταθμούς παρατηρείται ύφεση από τις 8π.π έως τις 10μ.μ και πτώση κατά τις βραδινές και τις πρώτες πρωινές ώρες. Τα αποτελέσματα αυτά είναι λογικά μιας και οι ώρες που οι τιμές είναι υψηλές συμπίπτουν με τις ώρες λειτουργίας της βιομηχανίας, την εκτέλεση εργασιών και την κίνηση οχημάτων που παράγουν διοξείδιο του αζώτου.

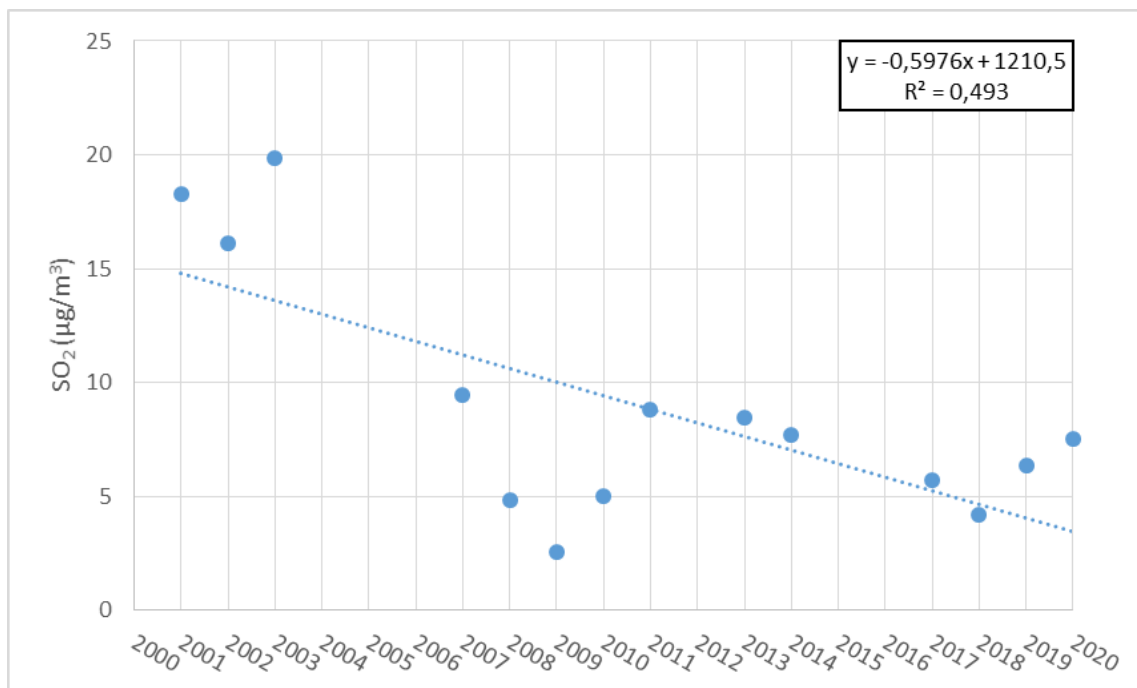
Ωστόσο η κίνηση των οχημάτων σε ένα βαθμό παραμένει και τις νυχτερινές ώρες, είναι όμως λογικό οι τιμές να είναι χαμηλότερες σε σύγκριση με τις πρωινές.

4.4 Διοξείδιο του Θείου

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά έτος για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Έτους):



Διάγραμμα 21: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Ετήσια Κλίμακα



Διάγραμμα 22: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Ετήσια Κλίμακα

Παρατηρώντας τα διαγράμματα που προέκυψαν μετά τη συλλογή δεδομένων για τους δύο εξεταζόμενους σταθμούς και για το διοξείδιο του θείου που μελετάται στη συγκεκριμένη

περίπτωση, οι καμπύλες παρουσιάζουν μία σχετικά πτωτική πορεία κατά την πάροδο των ετών.

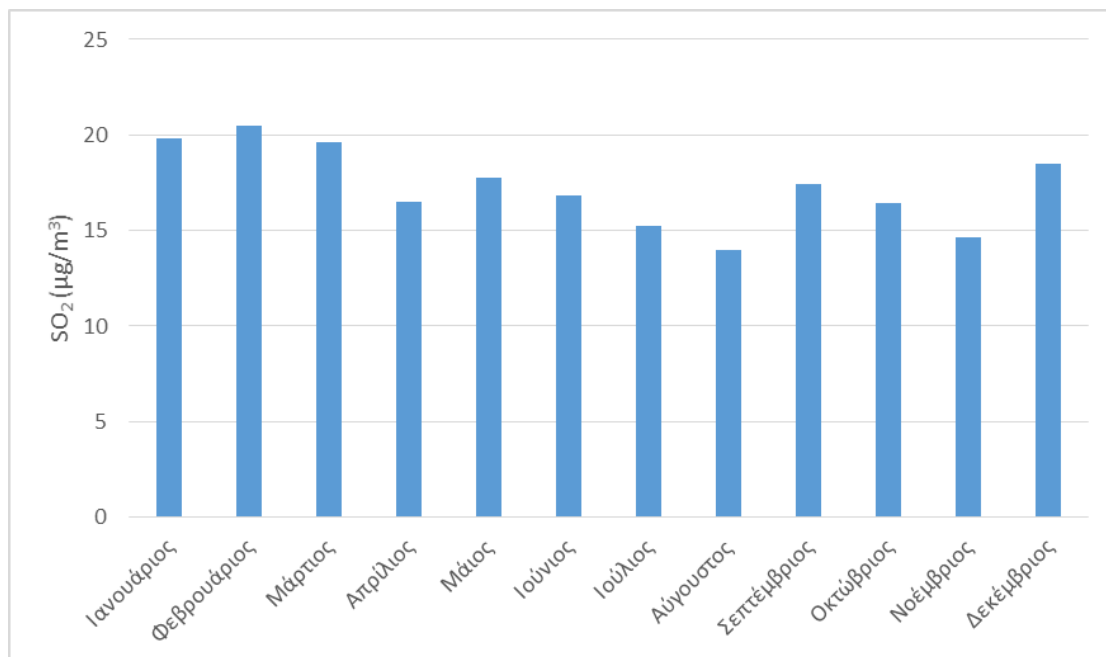
Πιο συγκεκριμένα για τον σταθμό Πάτρα I, η συγκέντρωση του ρύπου εμφανίζει μείωση κατά $0,2083\mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ ο συντελεστής συσχέτισης είναι $R = 0,01$, άρα η αξιοπιστία των μετρήσεων μπορεί να χαρακτηριστεί κακή.

Για τον σταθμό Πάτρα II, η συγκέντρωση του ρύπου εμφανίζει μείωση κατά $0,5976\mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ ο συντελεστής συσχέτισης είναι $R = 0,49$ άρα η αξιοπιστία των μετρήσεων μπορεί να χαρακτηριστεί μέτρια.

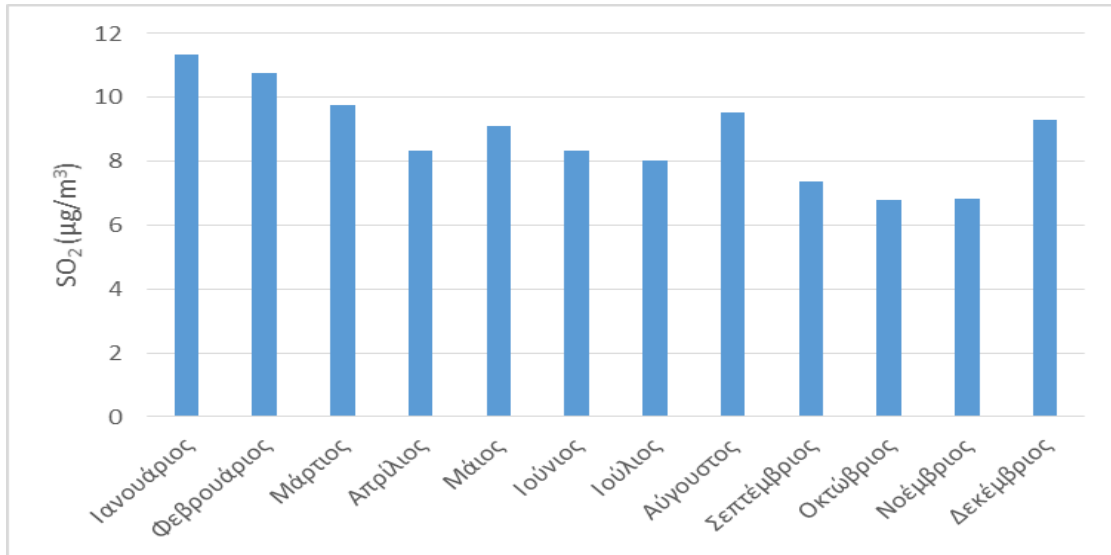
Για τον σταθμό Πάτρα I, το έτος 2011, η τιμή της συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου φαίνεται να είναι πολύ υψηλή, έχοντας μεγάλη απόκλιση από τις υπόλοιπες.

Στα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά την επεξεργασία των καταγεγραμμένων τιμών, σημαντικός είναι ο ρόλος της βιομηχανίας, των δασικών πυρκαγιών και της όξινης βροχής

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά μήνα για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Μήνα):



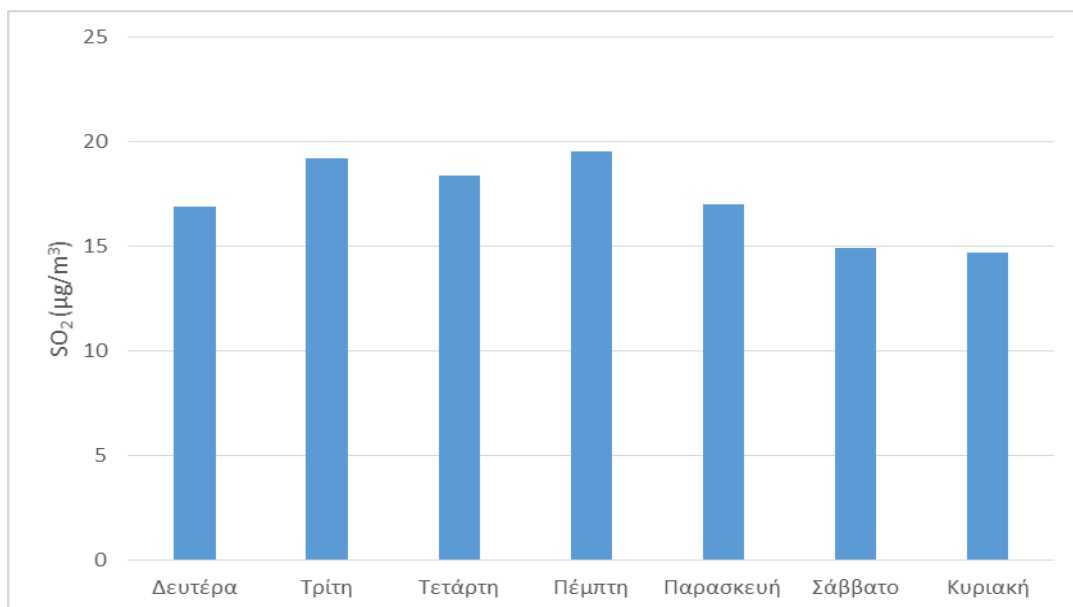
Διάγραμμα 23: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Μηνιαία Κλίμακα



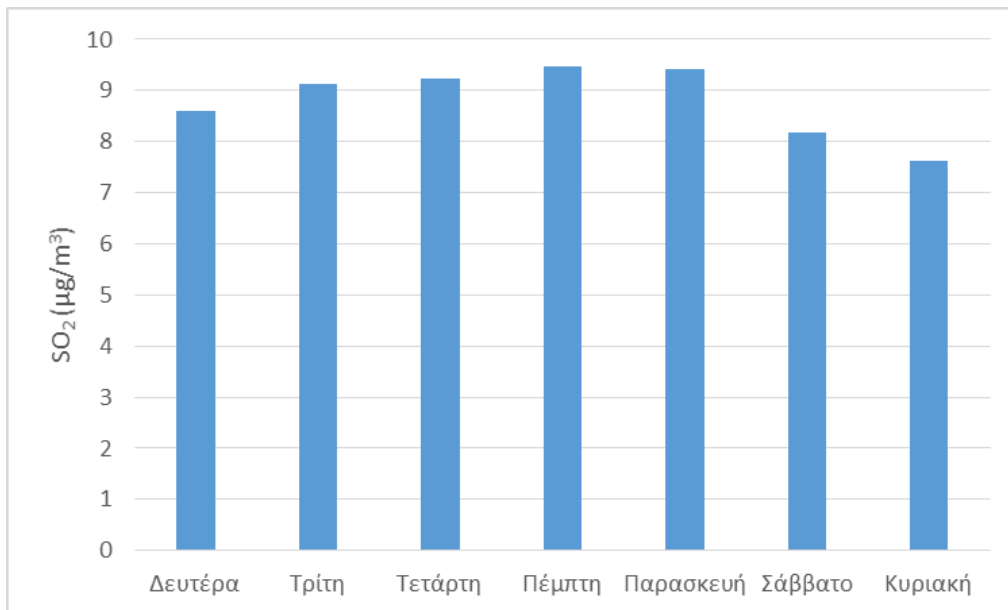
Διάγραμμα 24: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Μηνιαία Κλίμακα

Και για τους δύο σταθμούς, παρατηρείται μία μικρή πτώση των τιμών των συγκεντρώσεων κατά τους εαρινούς μήνες και μία αύξηση των τιμών τους χειμερινούς. Ωστόσο, η διαφοροποίηση αυτή που προκύπτει, είναι δικαιολογημένη καθώς κατά τους χειμερινούς μήνες που η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη κάλυψης θερμικών αναγκών, άρα οι εκπομπές διοξειδίου του θείου είναι περισσότερες.

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά ημέρα για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Ημέρας):



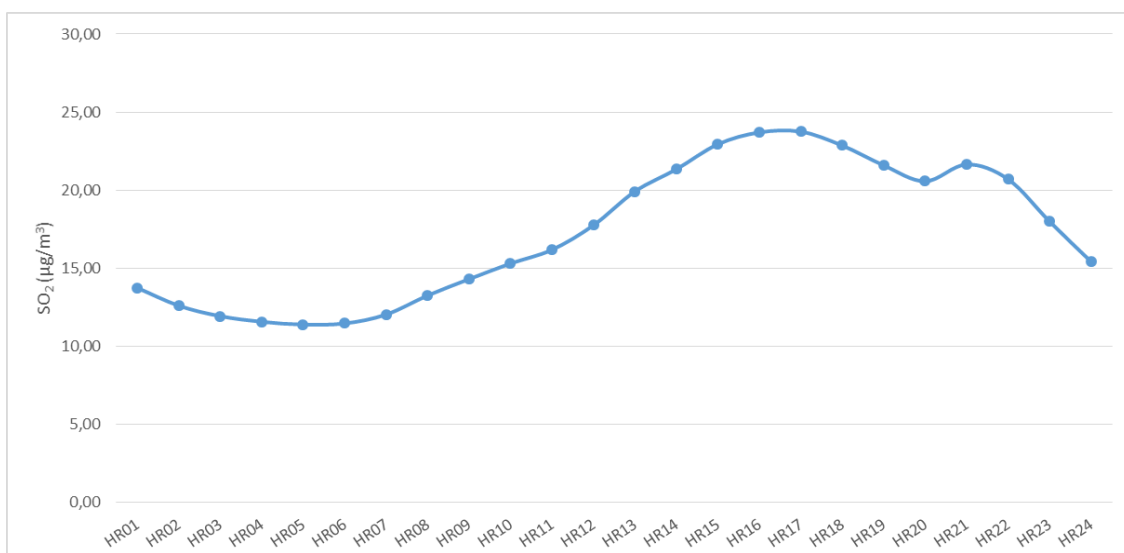
Διάγραμμα 25: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Ημερήσια Κλίμακα



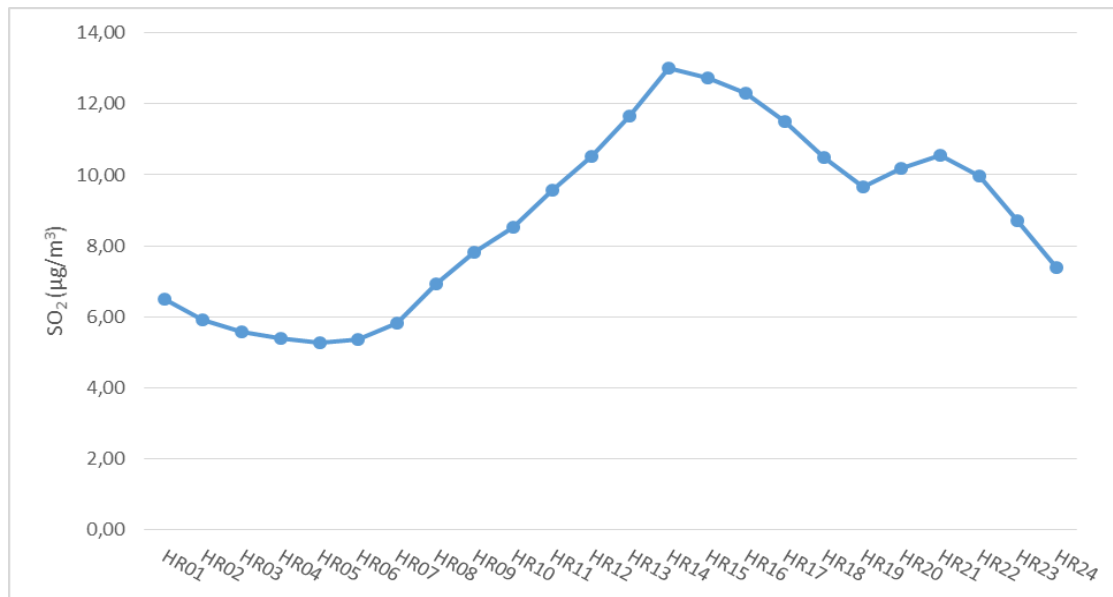
Διάγραμμα 26: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Ημερήσια Κλίμακα

Η ημερήσια διακύμανση, παρουσιάζει υψηλότερες τιμές κατά τις πρώτες ημέρες της εβδομάδας και χαμηλότερες το Σάββατο και την Κυριακή. Τα αποτελέσματα αυτά ήταν αναμενόμενα, μιας και προς το τέλος της εβδομάδας, η κίνηση των οχημάτων είναι μικρότερη, γεγονός που συνδέεται άμεσα με το τέλος των εργασιακών υποχρεώσεων.

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά ώρα για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Ωρας):



Διάγραμμα 27: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Ωριαία Κλίμακα



Διάγραμμα 28: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Ωριαία Κλίμακα

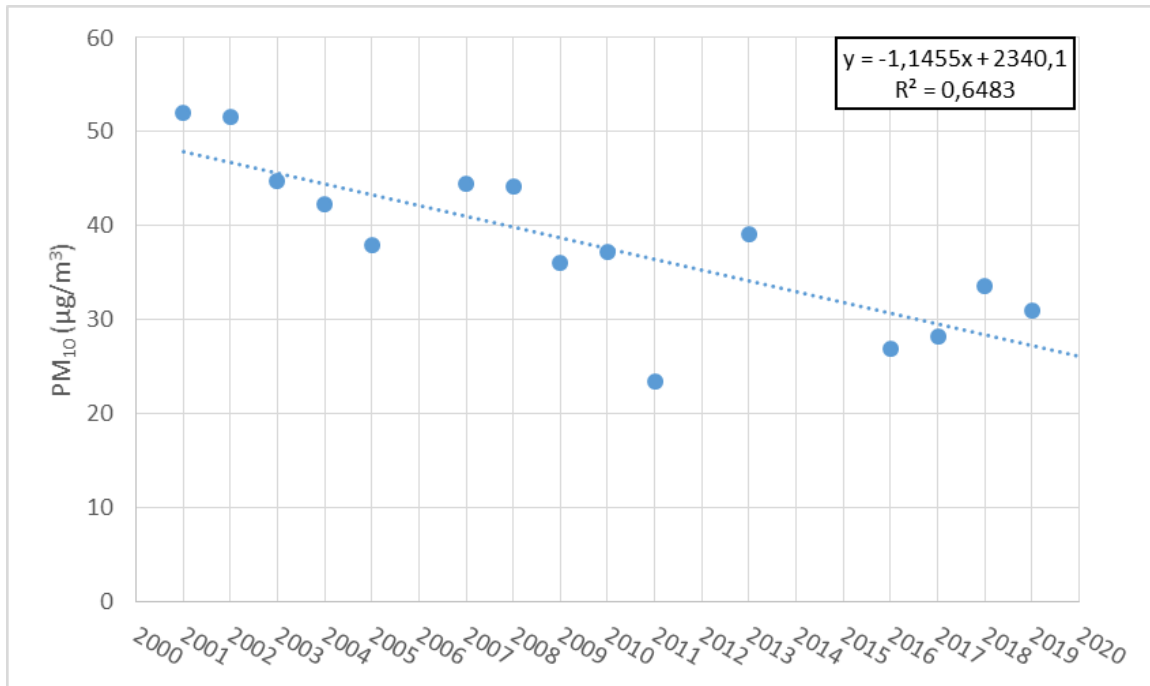
Στον Σταθμό Πάτρα I, κατά τις βραδινές ώρες και συγκεκριμένα μεταξύ 12π.μ. και 7π.μ. φαίνεται να υπάρχει μία σχετικά σταθερή πορεία στις συγκεντρώσεις των τιμών του διοξειδίου του θείου, ενώ στη συνέχεια οι τιμές των συγκεντρώσεων αυξάνονται σταδιακά.

Στον σταθμό Πάτρα II, παρατηρείται ύφεση μεταξύ 8π.μ. και 6μ.μ. ενώ από τις 7μ.μ. και μετά παρατηρείται πτώση των συγκεντρώσεων.

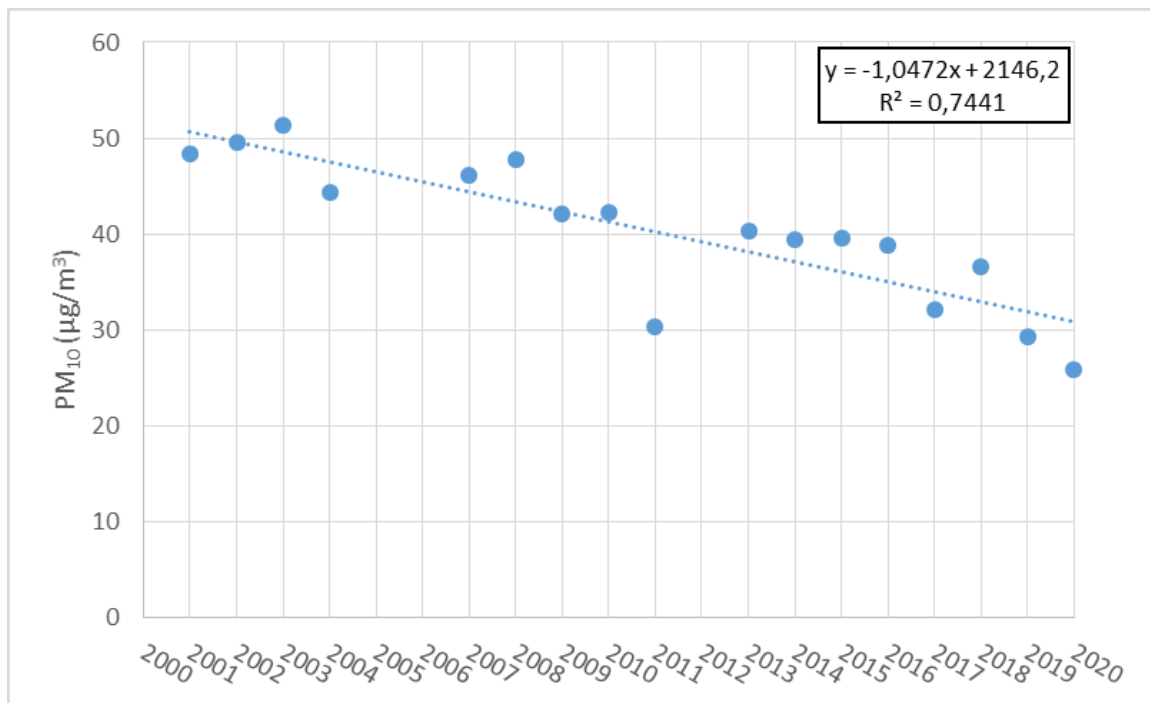
Η αύξηση αυτή στις ώρες που εμφανίζεται πιθανότατα οφείλεται στην κίνηση των οχημάτων στους δρόμους, ή στη λειτουργία των βιομηχανιών και των παραγωγικών διαδικασιών.

4.5 Αιωρούμενα Σωματίδια

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά έτος για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Έτους):



Διάγραμμα 29: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Ετήσια Κλίμακα



Διάγραμμα 30: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Ετήσια Κλίμακα

Παρατηρώντας τα διαγράμματα που προέκυψαν μετά τη συλλογή δεδομένων για τους δύο εξεταζόμενους σταθμούς και για τα αιωρούμενα σωματίδια που είναι ο ρύπος που μελετάται στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι καμπύλες παρουσιάζουν μία πτωτική πορεία κατά την πάροδο των ετών.

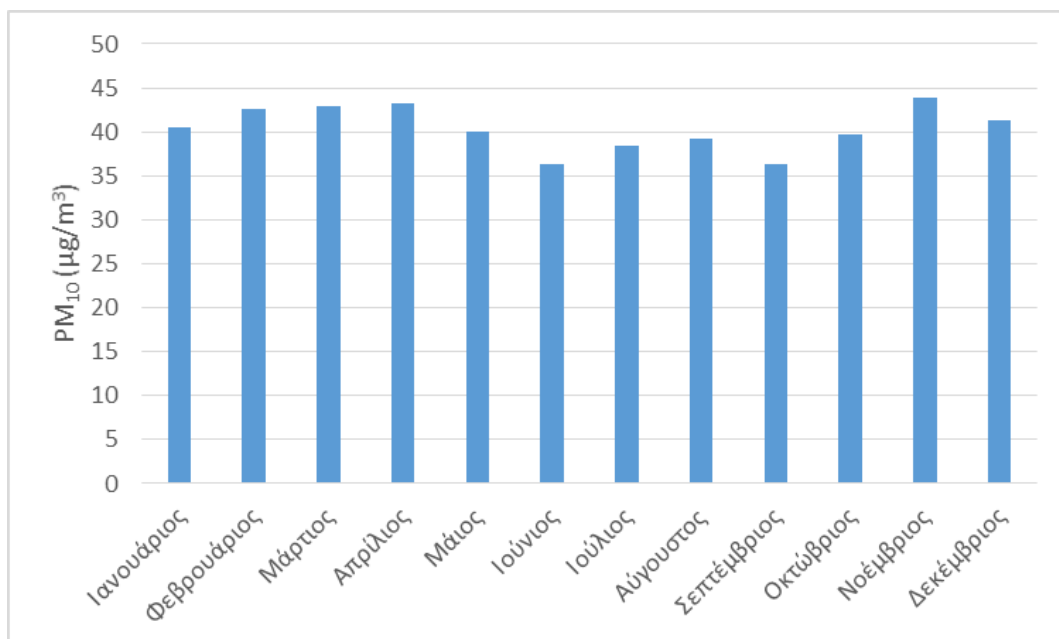
Πιο συγκεκριμένα για τον σταθμό Πάτρα I, η συγκέντρωση του ρύπου εμφανίζει μείωση κατά $1,1455\mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ ο συντελεστής συσχέτισης είναι $R = 0,65$, άρα η αξιοπιστία των μετρήσεων μπορεί να χαρακτηριστεί καλή.

Για τον σταθμό Πάτρα II, η συγκέντρωση του ρύπου εμφανίζει μείωση κατά $1,0472\mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ ο συντελεστής συσχέτισης είναι $R = 0,74$ άρα η αξιοπιστία των μετρήσεων μπορεί να χαρακτηριστεί καλή.

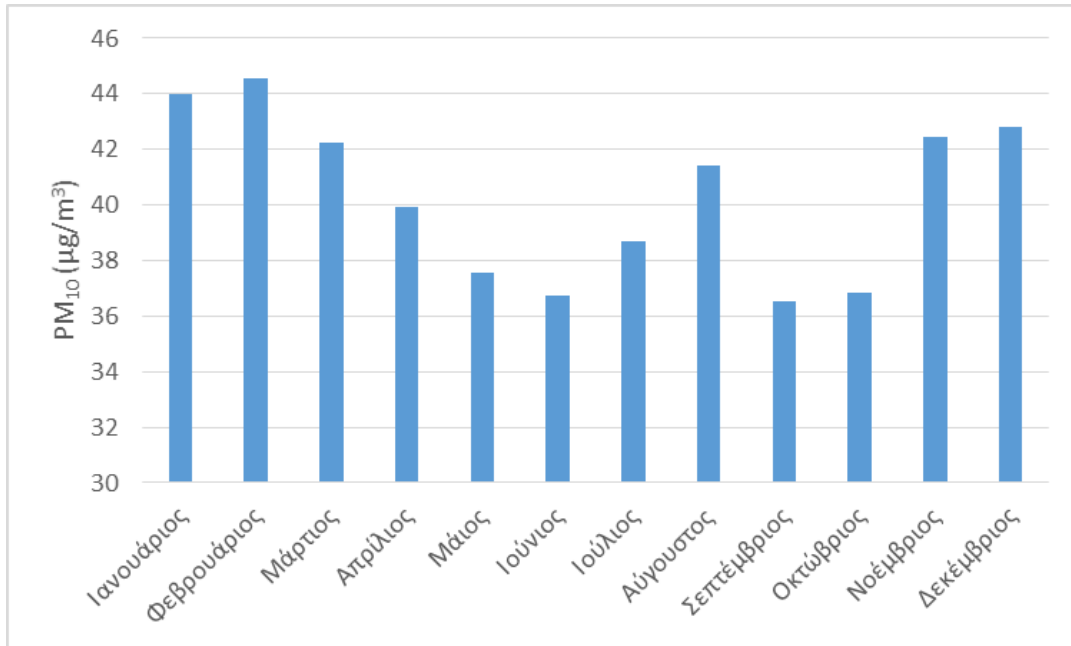
Για την παραγωγή και την ύπαρξη αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα αρκετά σημαντικός είναι ο ρόλος των βιομηχανιών και της κίνησης οχημάτων. Ήδη από το 2009, αλλά ακόμη πιο έντονα από το 2011 και μετά, οι συγκεντρώσεις του συγκεκριμένου ρύπου φαίνεται να μειώνονται σημαντικά.

Βασικό παράγοντα αποτέλεσαν τα μέτρα που εφαρμόστηκαν καθώς και κάποιες πιο βιώσιμες μέθοδοι που αποσκοπούσαν στη μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων, μιας και η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα. Έτσι, κατά την παραγωγική διαδικασία εφαρμόζονται μέτρα πρόληψης και συνεχής μετρήσεις των εκπομπών.

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά μήνα για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Μήνα):



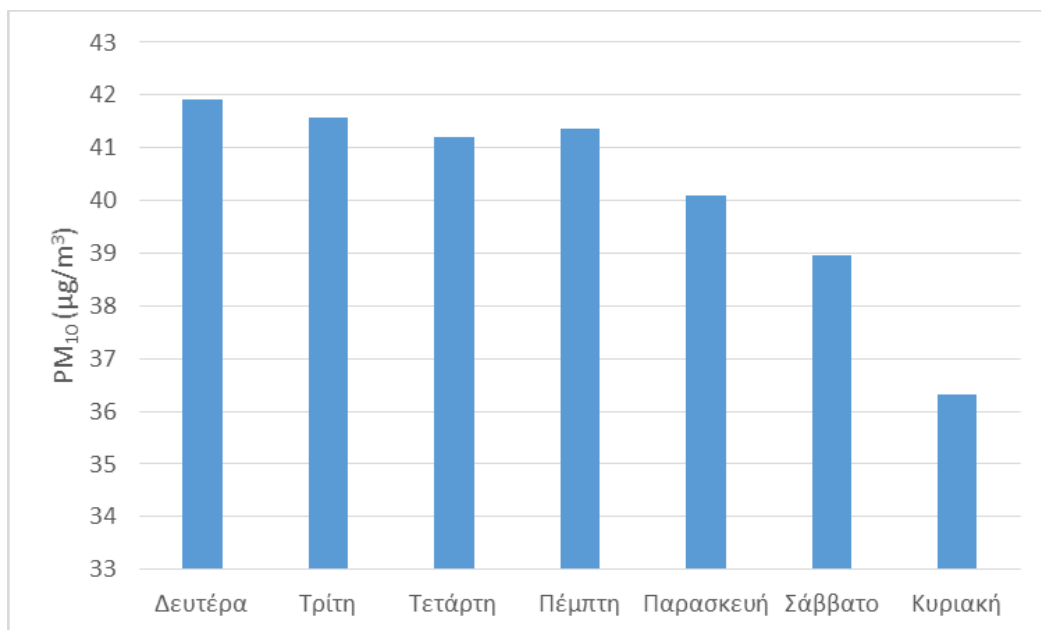
Διάγραμμα 31: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Μηνιαία Κλίμακα



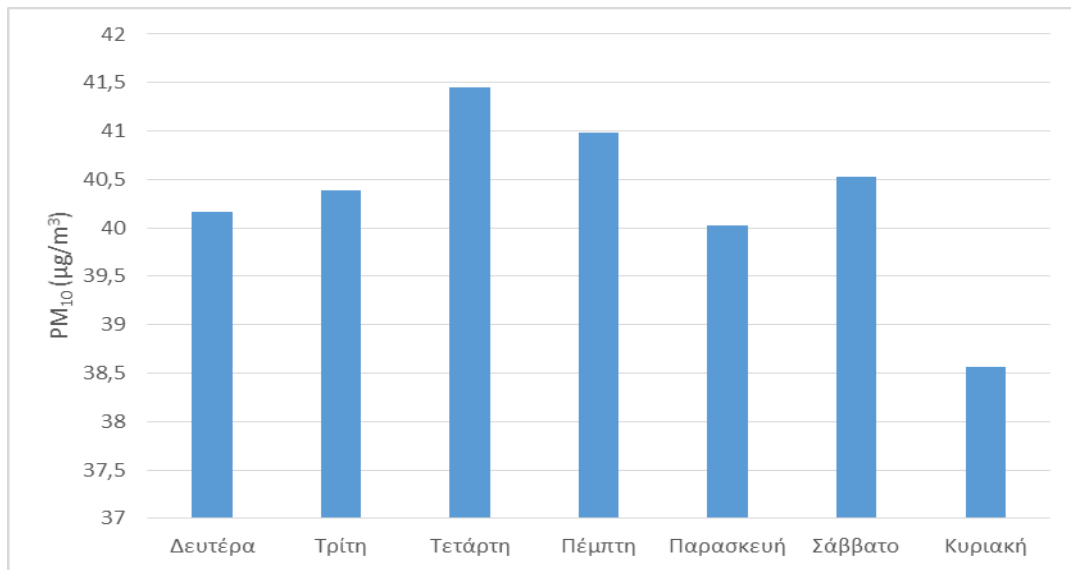
Διάγραμμα 32: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Μηνιαία Κλίμακα

Όπως και για όλους τους προηγούμενους ρύπους, με εξαίρεση το όζον, και στην περίπτωση των αιωρούμενων σωματιδίων, παρατηρείται μία εποχικότητα. Συγκεκριμένα οι τιμές των συγκεντρώσεων κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι υψηλότερες, ενώ όσο οι θερμοκρασία αυξάνεται οι τιμές των συγκεντρώσεων μειώνονται. Ωστόσο, για τον δεύτερο υπό μελέτη σταθμό, παρατηρείται μία σχετική αύξηση κατά τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο.

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά ημέρα για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Ημέρας):



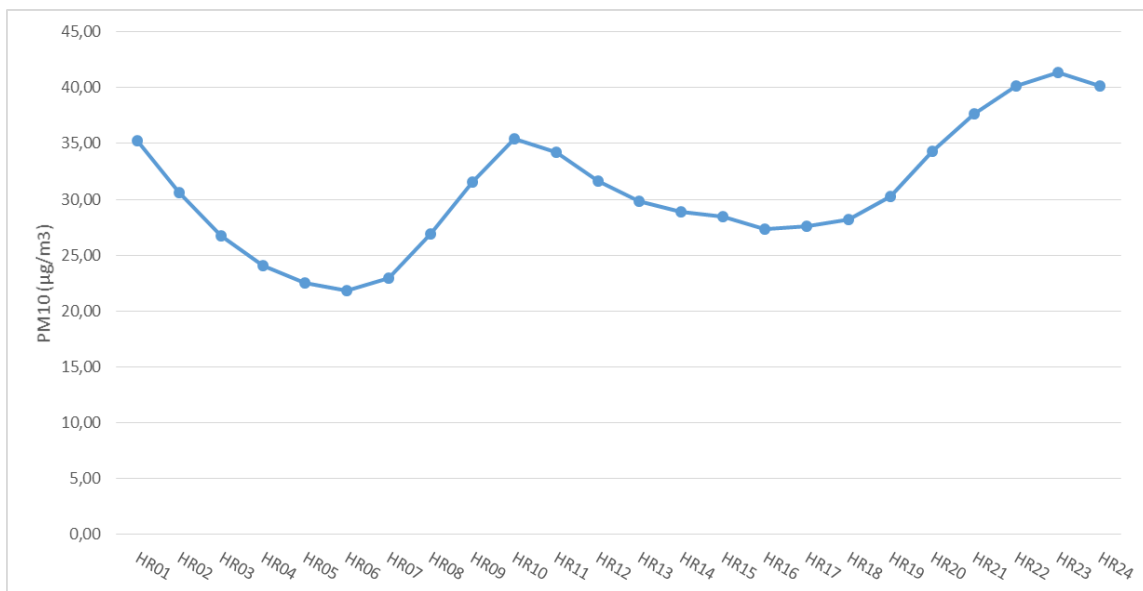
Διάγραμμα 33: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Ημερήσια Κλίμακα



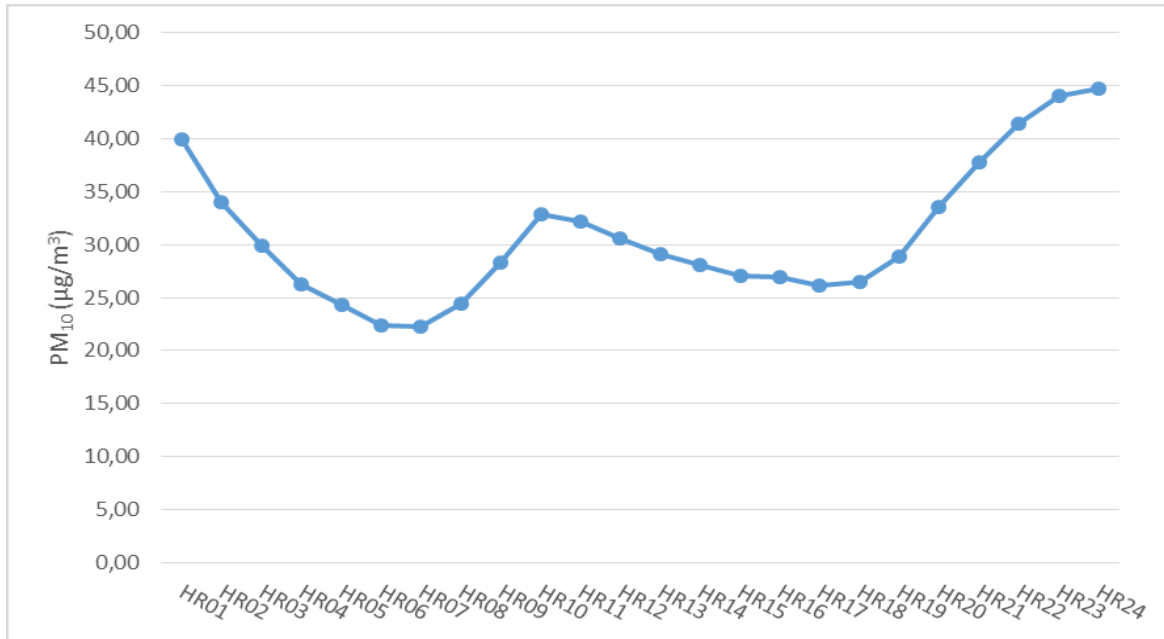
Διάγραμμα 34: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Ημερήσια Κλίμακα

Και στους δύο σταθμούς της Πάτρας, παρατηρούνται ορισμένες μεταβολές στην εβδομαδιαία διακύμανση των τιμών των συγκεντρώσεων. Όπως και σε όλους τους προηγούμενους ρύπους οι τιμές για τις ημέρες του Σαββάτου και της Κυριακής είναι μειωμένες σε σχέση με τις υπόλοιπες, όμως ειδικά για τον δεύτερο σταθμό, οι τιμές της Τετάρτης και της Πέμπτης εμφανίζονται ιδιαίτερα αυξημένες σε σχέση με τις υπόλοιπες ημέρες.

Διαχρονική εξέλιξη του ρύπου ανά ώρα για τον κάθε σταθμό (Διάγραμμα Συγκέντρωσης – Ωρας):



Διάγραμμα 35: Σταθμός I - Εξέλιξη Ρύπου σε Ωριαία Κλίμακα



Διάγραμμα 36: Σταθμός II - Εξέλιξη Ρύπου σε Ωριαία Κλίμακα

Για τον σταθμό Πάτρα I παρατηρείται ύφεση από τις 8π.π έως τις 10μ.μ και πτώση κατά τις βραδινές και τις πρώτες πρωινές ώρες. Τα αποτελέσματα αυτά είναι λογικά μιας και οι ώρες που οι τιμές είναι υψηλές συμπίπτουν με τις ώρες λειτουργίας της βιομηχανίας, την εκτέλεση εργασιών και την κίνηση οχημάτων που παράγουν διοξείδιο του αζώτου.

Για τον σταθμό Πάτρα II η διακύμανση των τιμών των συγκεντρώσεων για τα αιωρούμενα σωματίδια είναι αντίστροφη από αυτή του πρώτου σταθμού. Συγκεκριμένα, υπάρχει ύφεση μεταξύ 6μ.μ. και 2π.μ. και πτώση κατά τη διάρκεια της ημέρας. Μία μικρή αύξηση σημειώνεται ξανά από τις 8π.μ. μέχρι τις 11π.μ. εμφανίζοντας όμως και πάλι χαμηλότερες τιμές από αυτές που καταγράφονται κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα

Στη συγκεκριμένη εργασία αναπτύχθηκε ολοκληρωμένη μεθοδολογία για τη διερεύνηση των μεθόδων περιορισμού και αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Αρχικά, μετά από τη μελέτη των μετρήσεων, παρουσιάστηκαν τα ανάλογα διαγράμματα στα οποία φαίνεται η διαχρονική μεταβολή των μέσων ετήσιων τιμών των συγκεντρώσεων των ρύπων για τους δύο σταθμούς της περιοχής της Πάτρας.

Παραπάνω φαίνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν ύστερα από την επεξεργασία των μετρήσεων. Όπως φαίνεται στα διαγράμματα, με το πέρασμα των ετών οι συγκεντρώσεις των ρύπων παρουσιάζουν μία σταδιακή μείωση ή σταθεροποίηση, γεγονός το οποίο είναι θετικό. Παρόλα αυτά, είναι αρκετά σημαντικό να εστιάσουμε στα ήδη υπάρχοντα μέτρα για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και στη συνέχεια, ίσως να προτείνουμε και ορισμένα νέα. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να δώσουμε έμφαση σε μέτρα που αφορούν κυρίως τις μετακινήσεις και τη βιομηχανία.

Σε συνέχεια αυτών, και αφού παρατηρήσαμε τις διακυμάνσεις των τιμών, αναφερόμαστε στους τρόπους αντιμετώπισης που αφορούν κυρίως τους τομείς των μεταφορών και της βιομηχανίας, καθώς αναφερόμαστε σε ένα αστικό κέντρο.

Ο καθένας σε ατομικό επίπεδο, θα μπορούσε να ξεκινήσει να χρησιμοποιεί σε μεγαλύτερο βαθμό τα μέσα μαζικής μεταφοράς, ή ακόμη να στραφεί στη χρήση ποδηλάτου. Επίσης, αρκετά σημαντική είναι και η επιλογή οχημάτων βάσει της μικρότερης κατανάλωσης καυσίμων και εκπομπής αέριων ρύπων, καθώς επίσης και η κατάργηση της πετρελαιοκίνησης στα ταξί. Μία ακόμη λύση στον τομέα των μεταφορών που συνεχώς αναπτύσσεται είναι η χρήση υβριδικών οχημάτων τα οποία χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση και λιγότερες εκπομπές αέριων ρύπων. Γενικά, πρέπει να εστιάσουμε περισσότερο στη χρήση βιοκαυσίμων στις μεταφορές, τα οποία εντάσσονται στη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και είναι το πιο κατάλληλο διαθέσιμο υποκατάστατο της βενζίνης και του ντίζελ.

Σε ότι αφορά τη βιομηχανία, έχουν θεσπιστεί νέα μέτρα από το 2016, τα οποία είναι πολύ πιο αυστηρά από όσα ίσχυαν έως τότε, που αποσκοπούν στον περιορισμό της εκπομπής ρύπων και στην τήρηση των ορίων που έχουν θεσπιστεί. Προαιρετική είναι και πάλι η χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, οι οποίες συνεισφέρουν στη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και των βασικών ρύπων.

Ίδια σημασία με τα μέτρα αντιμετώπισης, έχουν και οι τεχνολογίες ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ειδικά για τον τομέα της βιομηχανίας. Βασικότερες μεθόδους περιορισμού αποτελούν οι κυκλώνες, οι πολλαπλοί κυκλώνες, τα σακκόφιλτρα και τα πλυντήρια αερίων.

Ως συμπέρασμα όλων των παραπάνω, τα ήδη υπάρχοντα μέτρα συνεχώς αλλάζουν και βελτιώνονται, γεγονός που θεωρείται αναμενόμενο, καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται σε καθημερινή βάση. Έτσι, έχοντας ως στόχο ένα πιο βιώσιμο μέλλον, η προσοχή μας στρέφεται στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και τα Υβριδικά Συστήματα Κίνησης, καθώς και στην προσωπική προσπάθεια του κάθε πολίτη.

Βιβλιογραφία

1. Ρύπανση, Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΠ), 2021. URL: <https://www.eea.europa.eu/el/simata-eop-2010/simata-2020/grafikes-plirofories/ti-einai-i-rypansi/view>
2. Ποιότητα της Ατμόσφαιρας, Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος (ΥΠΕΝ). URL: <https://ypen.gov.gr/perivallon/poiotita-tis-atmosfairas/>
3. Μελά Δ., Ατμοσφαιρική Ρύπανση, ΑΠΘ. URL: http://pms.physics.auth.gr/lap/wp-content/uploads/sites/4/2017/10/WEB_POLLUTIONsm.pdf
4. Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΠ), (2008) URL: <https://www.eea.europa.eu/el/themes/air/intro>
5. Εμμανουέλα Ρεμουντάκη Επικ. Καθηγήτρια Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, (Αθήνα 2010), Οδηγός για το Περιβάλλον: Αέρας και ατμοσφαιρική ρύπανση WWF, URL: <https://www.contentarchive.wwf.gr/images/pdfs/WWF%20Ellas%20Odigos%20gia%20to%20perivallon%20Aeras.pdf>
6. Η Επίδραση της Ποιότητας του Αέρα στη Δημόσια Υγεία κατά τη διάρκεια των κυμάτων καύσωνα του θέρους 2007 στην Αθήνα, Διπλωματική Εργασία, 2011. URL: <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/1324252/theFile>
7. Ατμοσφαιρική Ρύπανση και στην Αρχαιότητα, 2011. URL: <http://www.iefimerida.gr/news/8736/ατμοσφαιρική-ρύπανση-και-στην-αρχαιότητα>
8. Γεντεκάκης Ι.Β., 1999. Ατμοσφαιρική Ρύπανση. Επιπτώσεις, Έλεγχος & Εναλλακτικές Τεχνολογίες. Εκδόσεις Τζιόλα. ISBN 960-8050-01-4
9. Πάνω από 12.000 θανάτους προκάλεσε το “Great Smog of '52”, 2013. URL: <http://www.lifo.gr/team/sansimera/34206>
10. Bhopal trial: Eight convicted over India gas disaster". BBC News. 7 June 2010. Archived from the original on 7 June 2010. Retrieved 7 June 2010
11. Madhya Pradesh Government : Bhopal Gas Tragedy Relief and Rehabilitation Department, Bhopal". Mp.gov.in. Retrieved 28 August 2012
12. AK Dubey (21 June 2010). "Bhopal Gas Tragedy: 92% injuries termed "minor"". First14 News. Archived from the original on 26 June 2010
13. Eckerman, Ingrid (2005). The Bhopal Saga—Causes and Consequences of the World's Largest Industrial Disaster. India: Universities Press. doi:10.13140/2.1.3457.5364. ISBN 81-7371-515-7
14. Brenda Eskenazi; Paolo Mocarelli, Marcella Warner, Larry Needham, Donald G. Patterson, Jr., Steven Samuels, Wayman Turner, Pier Mario Gerthoux, and Paolo Brambilla (January 2004). "Relationship of Serum TCDD Concentrations and Age at Exposure of Female Residents of Seveso, Italy". Environmental Health Perspectives 112 (1): 22–7. doi:10.1289/ehp.6573. PMC 1241792.PMID 14698926
15. Τσιλιγκρίδης Γ., Πηγές Ρύπανσης, ΕΜΠ, 2015. URL: <http://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS284/%ce%a0%ce%97%ce%93%ce%95%ce%a3%20%ce%a1%ce%a5%ce%a0%ce%91%ce%9d%ce%a3%ce%97%ce%a3%2015.pdf>
16. Πηγές Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης στην Ευρώπη. URL: <https://www.eea.europa.eu/el/simata-eop-2010/simata-2013/grafikes-plirofories/piges-atmosfairikis-rypansis-stin-eyropi-2/view>

17. Environmental Pollution Centers, Air Pollution Causes. URL: <https://www.environmentalpollutioncenters.org/air/causes/>
18. Βαλαβανίδης, Θ., Ευσταθίου, Κ. (2012). Η Χημική Ένωση του Μήνα. Μονοξείδιο του Άνθρακα. URL: http://195.134.76.37/chemicals/chem_carbonmonoxide.htm
19. Σιμιτσίς Δ. (2013). Μονοξείδιο του Άνθρακα: «Ο Σιωπηλός Δολοφόνος». Αθήνα. URL: <https://www.eaps.gr/wp-content/uploads/2013/11/CO-simitsis.pdf>
20. Sigel, Astrid and Sigel, Roland K. O. (2009). Metal-Carbon Bonds in Enzymes and Cofactors. Royal Society of Chemistry.
21. Pommier, M., Law, K. S., Clerbaux, C., Turquety, S., Hurtmans, D., Hadji-Lazaro, J., Coheur, P.-F., Schlager, H. και άλλοι. (2010). «IASI carbon monoxide validation over the Arctic during POLARCAT spring and summer campaigns». *Atmospheric Chemistry and Physics*
22. Ζάνης Π., Τροποσφαιρικό Όζον: Αστικό ή Παγκόσμιο Πρόβλημα Ρύπανσης;. URL: http://pms.physics.auth.gr/lap/wp-content/uploads/sites/4/2017/10/Tropo_o3.pdf
23. Τμήμα Περιβάλλοντος, Προστασία Στιβάδας Όζοντος. URL: http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environmentnew.nsf/page55_gr/page55_gr?OpenDocument
24. Βαλαβανίδης, Θ., Ευσταθίου, Κ. (2009). Η Χημική Ένωση του Μήνα. Όζον. URL: http://195.134.76.37/chemicals/chem_ozone.htm
25. Holleman, A. F.; Wiberg, E. "Inorganic Chemistry" Academic Press: San Diego, 2001.
26. Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide. World Health Organization. (2003). URL: [Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Oxide \(who.int\)](http://www.who.int/health-topics/air-pollution)
27. Son, Busoon, Wonho Yang, Patrick Breysse, Taewoong Chung and Youngshin Lee. (2004). «Estimation of occupational and nonoccupational nitrogen dioxide exposure for Korean taxi drivers using a microenvironmental model». URL: https://web.archive.org/web/20110405044843/http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6WDS-49WMV2W-1&user=432163&rdoc=1&fmt=&orig=search&sort=d&view=c&acct=C000020718&version=1&urlVersion=0&userid=432163&md5=1568528cb723b88921f97d88ebddd336
29. Μουστρής Κ., 2009. Πρόγνωση ποιότητας της ατμόσφαιρας στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών με τη χρήση νευρωνικών δικτύων. Διδακτορική Διατριβή. Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ.
30. S.J. Smith, J. van Aardenne, Z. Klimont, R.J. Andres, A. Volke and S. Delgado Arias, 2004. Anthropogenic sulfur dioxide emissions: 1850–2005. *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 1101–1116
31. Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Bernsten, T., Betts, R., Fahey, D. W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D. C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M., and van Dorland, R., 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing, In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B. M., Tignor, M., and Miller, H. L., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 129–234

32. Ατμοσφαιρικοί ρύποι και κλίμακες διασποράς. URL: <http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/simeiwseis/chapter2.pdf>
33. Samet J. and Krewski D., 2007. Health Effects Associated with Exposure to Ambient Air Pollution. Journal of Toxicology and Environment Health
34. Dockery D.W., Pope C.A., Xiping Xu X., Spengler J.D, Ware J.H., Fay M.E., Ferris B.G., Speizer F.E., 1993. An Association between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities. The New England Journal of Medicine
35. Βαλαβανίδης Α., Ατμοσφαιρική Ρύπανση Αστικών Περιοχών στην Ελλάδα και Οικονομική Κρίση, 2015. URL: http://www.chem.uoa.gr/wp-content/uploads/epistimonika_themata/atmosph_pollut_greece.pdf
36. Μουσιόπουλος Ν., Ντζιαχρήστος Λ., Σλίνη Θ., Ατμοσφαιρική Ρύπανση, 2015. URL: <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/1016>
37. Ατμοσφαιρική ρύπανση, European Space Agency (ESA), (2013) URL: https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Global_GR/SEM03T4SZLG_0.html
38. Παπαχατζής Π., Ατμοσφαιρική Ρύπανση και Ελληνική Ακτοπλοΐα, 2010. URL: <https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/4666/Papachatzis.pdf?sequence=2>
39. Λεβέντη Α., Διαχρονική Εξέλιξη της ποιότητας του αέρα στην ευρύτερη περιοχή του Λεκανοπεδίου Αθηνών: Ρύπου, τύποι περιβάλλοντος, επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης, 2015. URL: <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/1316771/theFile>
40. National Geographic (2013), Εγκυκλοπαίδεια του Περιβάλλοντος για νέους, Εκδόσεις Σελένα URL: <https://www.inedivim.gr/images/ng-egkykpolaideia/ng-egkykpolaideia-perivalon-5-ripansi.pdf>
41. Καραπαναγιώτη Χ., Χημεία Περιβάλλοντος, Ρύπανση, 2015. URL: <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CHEM2003/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CE%AD%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CF%82/OPEN/%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%204.pdf>
42. Ζιώμας Ι., Περιβαλλοντική Επιστήμη, Ατμόσφαιρα – Ατμοσφαιρική Ρύπανση, 2007. URL: https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CHEMENG134/Atmosfaira_Atm_osphairikh%20kai%20rypansh.pdf
43. Ρύπανση του Εδάφους. URL: http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2206/Chimeia_B-Gymnasiou_html-empl/index4_2.html
44. Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΠ), Ρύπανση Εδάφους: η κληρονομιά της βιομηχανοποίησης που προκαλεί ανησυχία, 2019. URL: <https://www.eea.europa.eu/el/simata-eop-2010/simata-2019/arthra/synenteyksi-2014-rypansi-toy-edafous>
45. Ρύπανση του Εδάφους: αιτίες, συνέπειες και λύσεις. URL: <https://el.green-ecolog.com/15338840-soil-pollution-causes-consequences-and-solutions>
46. Μέτρα Προστασίας των Νερών από τη Ρύπανση. URL: Prostasia_ton_neron_apo_ti_ripansi.pdf
47. Η ρύπανση του Νερού. URL: εργασία_Η_ΡΥΠΑΝΣΗ_ΤΟΥ_ΝΕΡΟΥ.pdf
48. Ζαχαρίας Ι., Παράκτια Ωκεανογραφία, Θαλάσσια Ρύπανση. URL: ΘΑΛΑΣΣΙΑ_ΡΥΠΑΝΣΗ.pdf

