



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ
ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΕΥΡΥΤΕΡΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ**

υπό

ΓΙΟΛΔΑΣΗ ΜΑΡΙΑ

Μηχανολόγου Μηχανικού Πανεπιστημίου Πελοποννήσου 2017

ΜΙΧΑΣ ΑΝΔΡΕΑΣ-ΜΑΡΙΟΣ

Μηχανικού Περιβάλλοντος Πολυτεχνικής Σχολής Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης
2017

Μεταπτυχιακή Εργασία

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης

Βόλος, 2020

© 2020 Μαρία Γιολδάση, Ανδρέας-Μάριος Μίχας

Η έγκριση της μεταπτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)	Δρ. Ανδρίτσος Νικόλαος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δεύτερος Εξεταστής	Δρ. Μποντόζογλου Βασίλειος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τρίτος Εξεταστής	Δρ. Μηχ. Μηχ. Ζώγου Ολυμπία Διδάσκουσα, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διπλωματικής μας εργασίας, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλλαν στην εκπόνησή της.

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινείς ευχαριστίες μας στον επιβλέποντα της μεταπτυχιακής εργασίας μας, Καθηγητή κ. Ανδρίτσο Νικόλαο, για την πολύτιμη βοήθεια, επιστημονική καθοδήγησή και την υποστήριξη του κατά τη διάρκεια της υλοποίησης της εργασίας μας.

Επίσης, είμαστε ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της μεταπτυχιακής εργασίας μας, Καθηγητές κ. Μποντόζογλου Βασίλειο και Ζώγου Ολυμπία για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μας και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την Ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας GreenYourAir και ιδιαίτερα τον καθηγητή Κ. Γεώργιο Σαχαρίδη για τις πολύτιμες πληροφορίες ,δεδομένα ,εποικοδομητικές τους υποδείξεις και την συμβολή τους στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Επιπλέον, ιδιαίτερες ευχαριστίες θα θέλαμε να απευθύνουμε στον υποψήφιο Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού Γεώργιο Καλαντζή για τη συνεχή υποστήριξη και βοήθειά του, καθ' όλη τη διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας.

Τέλος, είμαστε ευγνώμων στους γονείς μας για την ολόψυχη αγάπη και ηθική υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια. Αφιερώνουμε αυτή την εργασία στην μητέρα μας και στον πατέρα μας.

ΜΕΛΕΤΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΕΥΡΥΤΕΡΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

ΜΑΡΙΑ ΓΙΟΛΔΑΣΗ
ΑΝΔΡΕΑΣ-ΜΑΡΙΟΣ ΜΙΧΑΣ

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΠΜΣ «ΑΔΕΣ», Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2020

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Νικόλαος Ανδρίτσος,
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο « ΜΕΛΕΤΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΕΥΡΥΤΕΡΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ », εκπονήθηκε από τον Σεπτέμβριο 2019 έως Ιούλιο 2020 στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Ανάλυση και Διαχείριση Ενεργειακών Συστημάτων».

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί όχι μόνο ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά ζητήματα των ανεπτυγμένων χωρών, αλλά έχει τις εμφανέστερες και αμεσότερες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία .

Παράγοντες που συμβάλουν σε μεγάλο βαθμό το συγκεκριμένο ζήτημα είναι οι βιομηχανική παραγωγή ,οι χώρες με έντονες χωρικές συγκεντρώσεις αλλά και η ρύπανση από κατοικίες , επιχειρήσεις ,μηχανισμούς μεταφοράς αέριων ρύπων και κινητικών πηγών.

Τα προβλήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην χώρα μας όπου η βιομηχανική παραγωγή είναι περιορισμένη είναι σε μεγάλο βαθμό αποτέλεσμα της ελλιπούς εφαρμογής της περιβαλλοντικής νομοθεσίας, των ανύπαρκτων περιβαλλοντικών κυρώσεων και ελέγχων

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με την αποτύπωση και η σύγκριση διαφόρων μετρήσεων αιωρούμενων σωματιδίων και ιδιαίτερα PM10 , PM2.5 στην περιοχή του Βόλου ,στους

λόγους για τους οποίους επικρατεί αυτή η κατάσταση και προτάσεις για την βελτίωση της ποιότητας του αέρα.

STUDY OF AIR POLLUTION IN THE GREATER AREA OF VOLOS

MARIA GIOLDASI

ANDREAS-MARIOS MICHAS

Department of Mechanical Engineering Postgraduate Program "AMES"

University of Thessaly, 2020

Supervisor: Dr Nikolaos Andritsos

Professor of Mechanical Engineering

Abstract

In this thesis entitled "STUDY OF AIR POLLUTION IN THE GREATER AREA OF VOLOS", was prepared from September 2019 to July 2020 in the framework of the postgraduate study program "Analysis and Management of Energy Systems".

Air pollution is not only one of the most important environmental issues in developed countries, but it has the most obvious and direct impact on human health.

Factors that contribute greatly to this issue are industrial production, countries with strong spatial concentrations but also pollution from homes, businesses, gaseous pollutants, and kinetic sources.

The problems of air pollution in our country where industrial production is limited are largely the result of insufficient implementation of environmental legislation, non-existent environmental sanctions, and controls.

The purpose of this dissertation is the analysis of air pollution by capturing and comparing various measurements of suspended particles and especially PM10, PM2.5 in the area of Volos, the reasons for this situation and proposals to improve its quality air.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ	3	
1.1.1	Ορισμός και προέλευση ρύπων	3
1.1.2	Αιωρούμενα σωματίδια – Εισαγωγή	15
1.1.3	Αιωρούμενα σωματίδια – Ιδιότητες και πηγές εκπομπών	17
1.1.4	Αιωρούμενα σωματίδια – Ταξινόμηση	24
1.1.5	PM10 και PM2,5 σωματίδια	31
1.1.6	Επιπτώσεις στην υγεία και στο περιβάλλον	35
1.1.7	Πρότυπα ποιότητας αέρα για τα αιωρούμενα σωματίδια	44
1.1.8	Γενικές οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ)	47
1.1.9	Συμπεράσματα	50
Κεφάλαιο 2. ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΗΔΙΩΝ	53	
2.1.1	Η Σταθμική μέθοδος	53
2.1.2	Αυτόματη μέθοδος καταγραφής	63
2.1.3	Πρότυπο EN 12341 για τη μέτρηση των PM10 , PM2.5	74
2.1.4	Σημεία τοποθεσίας μετρητικών οργάνων Βόλου	78
Κεφάλαιο 3. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	80	
3.1.1	Δίκτυο σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης	80
3.1.1.1	Μετρούμενοι ρύποι	83
3.1.1.2	Βαθμονόμηση αυτομάτων οργάνων	84
3.1.1.3	Εθνικό Εργαστήριο Αναφοράς για την Ποιότητα της Ατμόσφαιρας	85
3.1.2	Αποτελέσματα μετρήσεων μετρούμενων ρύπων στην Ελλάδα	86
3.1.3	Μετρήσεις αισθητήρων Purple Air	89
3.1.4	Αιθαλομίχλη	100
3.1.5	Συμπεράσματα	104
Κεφάλαιο 4. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΗΔΙΩΝ PM10 & PM2,5 ΤΟΥ ΥΠΕΝ ΣΤΟΝ ΒΟΛΟ	109	
4.1.1	Δεδομένα σταθμού μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης Ε.Δ.ΠΑ.Ρ στην πόλη του Βόλου	109
Κεφάλαιο 5. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΗΔΙΩΝ PM2.5 ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ Π.Θ. GreenYourAir	125	
5.1.1	Γενικές πληροφορίες μετρήσεων PM2.5	125
5.1.2	Αποτελέσματα μετρήσεων PM2.5	127
5.1.3	Συμπεράσματα	132
Κεφάλαιο 6. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΟΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΒΟΛΟΥ	135	
6.1.1	Ιστορικό λιμένα Βόλου	135
6.1.2	Θέση του λιμένα	137
6.1.3	Υπηρεσίες και δραστηριότητες του Ο.Λ.Β. Α.Ε.	138
6.1.4	Νομοθεσία	143
6.1.5	Διαδικασία παραλαβής	144
6.1.6	Αέριες εκπομπές	145
6.1.6.1	Καύση	145
6.1.6.2	Λειτουργία	145
6.1.6.3	Λύματα	145
6.1.6.4	Επικίνδυνα και ειδικά απόβλητα	146

6.1.6.5	Απόβλητα λιπαντικών ελαίων	146
6.1.6.6	Πετρελαιοειδή απόβλητα.....	147
6.1.7	Μέτρα προστασίας περιβάλλοντος	147
6.1.8	Τήρηση μέτρων προστασίας περιβάλλοντος.....	152
6.1.9	Μετρήσεις αέριων ρύπων στην περιοχή του Εμπορικού Λιμένα Βόλου.....	158
6.1.9.1	Σταθμός μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....	158
6.1.9.2	Δειγματοληψία και χημική ανάλυση των PM10	160
6.1.9.3	Αποτελέσματα μετρήσεων αέριων ρύπων από τον Ο.Λ.Β για τα έτη 2015-2019	
	163	
6.1.9.3.1	Αποτελέσματα μετρήσεων αέριων ρύπων 2015.....	163
6.1.9.3.2	Αποτελέσματα μετρήσεων αέριων ρύπων 2016.....	166
6.1.9.3.3	Αποτελέσματα μετρήσεων αέριων ρύπων 2016-2017.....	169
6.1.9.3.4	Αποτελέσματα μετρήσεων αέριων ρύπων 2017-2018.....	171
6.1.9.3.5	Αποτελέσματα μετρήσεων αέριων ρύπων 2018-2019.....	172
6.1.10	Συμπεράσματα	174
Κεφάλαιο 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		175
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		182

Κατάλογος Πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1.....	4
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2 :ΌΡΙΑ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΒΑΣΗ 2008/50/ΕΚ	45
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3: ΠΡΟΤΥΠΑ ΤΗΣ ΕΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ ΤΟΥ ΠΟΥ48	
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4: ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΤΗΣ Ε.Ε ΚΑΙ ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΤΟΥ ΠΟΥ.....	48
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1: ΔΙΕΥΡΥΜΕΝΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΤΥΠΗ ΜΕΘΟΔΟ . (ΠΗΓΗ: ΟΔΗΓΙΑ ΕΝ 12341:2014)	78
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΠΑΡ, ΠΟΥ ΤΗΝ ΕΥΘΥΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ ΕΧΕΙ ΤΟ ΥΠΕΝ.	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΠΑΡ, ΠΟΥ ΤΗΝ ΕΥΘΥΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ ΕΧΟΥΝ ΟΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΕΣ.	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3 : ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΟΙ ΡΥΠΟΙ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4 : ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ ΑΣ10 ΣΕ ΜG/Μ3 ΑΝΑ ΕΤΟΣ ΜΕ ΤΗΝ	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5 : ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ ΑΣ10 ΣΤΗΝ ΑΤΤΙΚΗ (24ΩΡΕΣ ΤΙΜΕΣ, ΜG/Μ3).....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6: ΗΜΕΡΕΣ ΓΙΑ ΤΟ 2018 ΜΕ ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΤΙΜΗ	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7 : ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ (ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΤΤΙΚΗΣ) ΑΣ2,5, ΣΕ ΜG/Μ3	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ(ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΛΛΑΔΑΣ) ΑΣ2,5 ΣΕ ΜG/Μ3 ΜΕ ΤΗΝ ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ.....	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9 ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗ 2015 ΒΕΝΖΟ-Α-ΠΥΡΕΝΙΟΥ	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.10 : ΤΙΜΕΣ ΡΜ2.5 ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11: ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΚΑΤΩ ΤΩΝ 10Μ (ΡΜ10), ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.12: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ.....	102
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1:ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΤΙΜΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΥΠΕΡΒΑΣΗ ΟΡΙΟΥ ΤΩΝ ΡΜ10 ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΤΑ ΕΤΗ 2013 ΕΩΣ 2019.....	121
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2:ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΤΙΜΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΥΠΕΡΒΑΣΗ ΟΡΙΟΥ ΤΩΝ ΡΜ2.5 ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΤΑ ΕΤΗ 2013 ΕΩΣ 2019.....	123
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΡΜ2.5.....	127
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1: ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΜΑΡ ΤΟΥ ΟΛΒ.....	159
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΡΜ2.5 ΥΠΕΝ-ΓΥΑ-ΟΛΒ	177

Κατάλογος Σχημάτων

ΣΧΗΜΑ 1.1 :ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SO ₂)	5
ΣΧΗΜΑ 1.2: ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΕΘΝΙΚΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ	7
ΣΧΗΜΑ 1.3: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ Η ΟΠΟΙΑ ΕΜΦΑΝΙΖΕΙ ΕΝΑ ΤΥΠΙΚΟ ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ ΣΕ ΜΙΚΡΑ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	18
ΣΧΗΜΑ 1.4 : ΚΛΑΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	32
ΣΧΗΜΑ 3.1: ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ PM _{2.5} ΣΤΗΝ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	92
ΣΧΗΜΑ 3.2: ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ PM ₁₀ ΣΤΗΝ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	92
ΣΧΗΜΑ 3.3: ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ PM _{2.5} ΣΤΑ ΙΩΑΝΝΙΝΑΣΧΗΜΑ 3.4: ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ PM _{2.5} ΣΤΑ ΙΩΑΝΝΙΝΑ ...	93
ΣΧΗΜΑ 3.5: ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ PM ₁₀ ΣΤΑ ΙΩΑΝΝΙΝΑ	94
ΣΧΗΜΑ 3.6: ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ PM _{2.5} ΣΤΗΝ ΠΑΤΡΑ	96
ΣΧΗΜΑ 3.7: ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ PM ₁₀ ΣΤΗΝ ΠΑΤΡΑ	96
ΣΧΗΜΑ 3.8: ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ PM _{2.5} ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ	97
ΣΧΗΜΑ 3.9: ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ PM ₁₀ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ	98
ΣΧΗΜΑ 3.10: ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ PM _{2.5} ΣΤΗΝ ΞΑΝΘΗ-ΚΟΜΟΤΗΝΗ -ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ	99
ΣΧΗΜΑ 3.11: ΣΥΓΚΡΙΣΗ PM _{2.5} ΣΤΙΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΧΩΡΕΣ 2012-2017	105
ΣΧΗΜΑ 3.12 : ΣΥΓΚΡΙΣΗ PM _{2.5} ΣΤΙΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΧΩΡΕΣ 2007-2016	105
ΣΧΗΜΑ 4.1: ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀ (MG/M ³) ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2013	110
ΣΧΗΜΑ 4.2: ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀ (MG/M ³) ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2014	111
ΣΧΗΜΑ 4.3 : ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀ (MG/M ³) ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2015	112
ΣΧΗΜΑ 4.4 : ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀ (MG/M ³) ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2016	113
ΣΧΗΜΑ 4.5: ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM _{2,5} (MG/M ³) ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2016	114
ΣΧΗΜΑ 4.6: ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀ (MG/M ³) ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2017	115
ΣΧΗΜΑ 4.7: ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM _{2,5} (MG/M ³) ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2017	116
ΣΧΗΜΑ 4.8: ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀ (MG/M ³) ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2018	117
ΣΧΗΜΑ 4.9: ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM _{2,5} (MG/M ³) ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2018	118
ΣΧΗΜΑ 4.10: ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀ (MG/M ³) ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2019	119
ΣΧΗΜΑ 4.11: ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM _{2,5} (MG/M ³) ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2019	120
ΣΧΗΜΑ 4.12 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ PM ₁₀ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	122
ΣΧΗΜΑ 4.13: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ PM ₁₀ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	122
ΣΧΗΜΑ 4.14: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ PM _{2,5} ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	123
ΣΧΗΜΑ 4.15: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΘΕΣΜΟΘΕΤΗΜΕΝΟΥ ΟΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ PM _{2,5}	124
ΣΧΗΜΑ 5.1 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ PM _{2.5}	128
ΣΧΗΜΑ 5.2 : ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ PM _{2.5} ΜΑΡΤΙΟΥ 2019 GREENYOURAIR	129
ΣΧΗΜΑ 5.3: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ PM _{2.5} ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2019 GREENYOURAIR	130
ΣΧΗΜΑ 5.4: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ PM _{2.5} ΜΑΪΟΥ 2019 GREENYOURAIR	130
ΣΧΗΜΑ 5.5 : ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ GREENYOURAIR – ΟΛΒ	131
ΣΧΗΜΑ 6.1 ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ NO _x , O ₃ , PM ₁₀ ΚΑΙ PM _{2.5} ΚΑΤΑ	163

ΣΧΗΜΑ 6.2: ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ PM10 ΚΑΙ PM2.5 ΚΑΤΑ ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ.	165
ΣΧΗΜΑ 6.3: ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ NOX, O3, PM10 ΚΑΙ PM2.5 ΚΑΤΑ ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΜΑΡΤΙΟΣ 2015 – ΜΑΡΤΙΟΣ 2016	166
ΣΧΗΜΑ 6.4: ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ PM10 ΚΑΙ PM2.5 ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	168
ΣΧΗΜΑ 6.5: ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ NOX, O3, PM10 ΚΑΙ PM2.5	169
ΣΧΗΜΑ 6.6: ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ NOX, O3, PM10 ΚΑΙ PM2.5	171
ΣΧΗΜΑ 6.7: ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ NOX, O3, PM10 ΚΑΙ PM2.5	172
ΣΧΗΜΑ 6.8: ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ NOX, O3, PM10 ΚΑΙ PM2.5	173
ΣΧΗΜΑ 7.1 : PM2.5 ΕΛΛΑΔΑΣ 2016-2019 ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΥΠΕΝ	175
ΣΧΗΜΑ 7.2 : PM10ΕΛΛΑΔΑΣ 2001-2019 ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΥΠΕΝ	176
ΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΟΛΒ ΕΙΝΑΙ ΤΟΥΣ ΟΚΤΩ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΔΕΚΑ ΜΗΝΕΣ 20% ΑΥΞΗΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥ ΥΠΕΝ ΛΟΓΩ ΤΗΣ ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ ΤΩΝ ΧΥΔΗΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.ΣΧΗΜΑ 7.3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ PM2.5 ΥΠΕΝ-ΓΥΑ-ΟΛΒ	177
ΣΧΗΜΑ 7.4: ΓΡΑΜΜΗ ΤΑΣΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ PM2.5 ΥΠΕΝ-ΓΥΑ-ΟΛΒ	178

Κατάλογος Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 3.1: ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ PM10 ΤΟΥ ΕΔΠΑΡ.....	81
ΕΙΚΟΝΑ 3.2: ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ PM2.5 ΤΟΥ ΕΔΠΑΡ.....	82
ΕΙΚΟΝΑ 3.3: ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ PM2.5 ΣΤΗΝ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ.....	91
ΕΙΚΟΝΑ 3.4: ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ PM2.5 ΣΤΗΝ ΠΑΤΡΑ	95
ΕΙΚΟΝΑ 3.5: ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ PM2.5 ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ	97
ΕΙΚΟΝΑ 3.6: ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ PM2.5 ΣΤΗΝ ΞΑΝΘΗ-ΚΟΜΟΤΗΝΗ -ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ.....	99
ΕΙΚΟΝΑ 3.7: ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗ ΒΟΛΟΣ 2018	100
ΕΙΚΟΝΑ 3.8: ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ ΒΑΡ.....	107
ΕΙΚΟΝΑ 5.1 : ΜΕΤΡΗΤΕΣ PM2.5 GREENYOURAIR	125
ΕΙΚΟΝΑ 5.2 : ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΗΣ	126
ΕΙΚΟΝΑ 6.1:ΣΧΕΔΙΟ ΛΙΜΕΝΟΣ ΒΟΛΟΥ.....	138
ΕΙΚΟΝΑ 6.2 :ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	143
ΕΙΚΟΝΑ 6.3: ΦΟΡΤΩΣΗ – ΕΚΦΟΡΤΩΣΗ ΣΚΡΑΠ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΒΟΛΟΥ.....	145
ΕΙΚΟΝΑ 6.4: ΛΙΜΑΝΙ ΒΟΛΟΥ 2008.....	154
ΕΙΚΟΝΑ 6.5:ΛΙΜΑΝΙ ΒΟΛΟΥ 2008.....	155
ΕΙΚΟΝΑ 6.6: Ο ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ (ΣΜΑΡ) ΤΟΥ ΟΛΒ.....	158
ΕΙΚΟΝΑ 6.7 : ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΗΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΗΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM10 ΚΑΤΑ ISO/IECEN-12341	160
ΕΙΚΟΝΑ 7.1: ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΡΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ.	180

Κεφάλαιο 1. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύουμε τους ατμοσφαιρικούς ρύπους ,τις επιπτώσεις τους στον περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου ,τις ιδιότητες τους καθώς και τις πηγές εκπομπών τους.

1.1.1 Ορισμός και προέλευση ρύπων

Ρύπος ορίζεται ως η ουσία που εκπέμπεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα ή προκύπτει από την αλληλεπίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας με το οικοσύστημά και η οποία επιφέρει άμεσες ή έμμεσες επιπτώσεις στην ευεξία και υγεία του ανθρώπου και όλων των έμβιων οργανισμών.

Στον παρακάτω πίνακα 1.1 αναφέρονται οι σημαντικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι

:

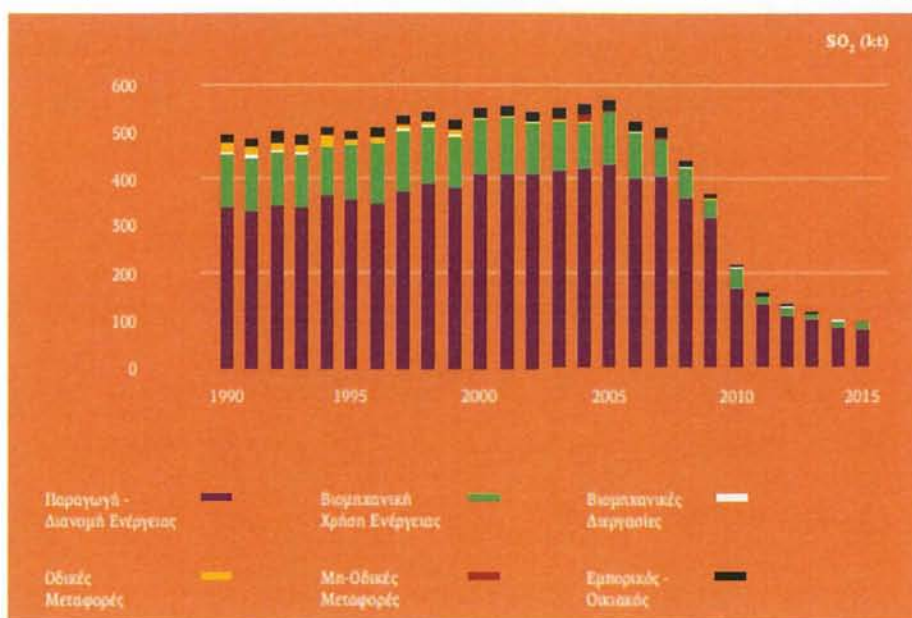
Πίνακας 1.1

Χημικός τύπος	Όνομασία	Χαρακτηριστικά
SO ₂	Διοξείδιο του θείου	Άχρωμο, διαβρωτικό, χαρακτηριστικής οσμής, διαλυτό στο νερό (H ₂ S O ₃)
SO ₃	Τριοξείδιο του θείου	Ιδιαίτερα διαβρωτικό, διαλυτό στο νερό (H ₂ S O ₃)
H ₂ S	Υδρόθειο	Χαρακτηριστική οσμή (χαλασμένου αυγού), ιδιαίτερα δηλητηριώδης
N ₂ O	Υποξείδιο του αζώτου	Άχρωμο, σχετικά αδρανές, αέριο γέλιου
NO	Οξείδιο του αζώτου	Άχρωμο, άοσμο, οξειδώνεται από O ₃ , O ₂
NO ₂	Διοξείδιο του αζώτου	Καστανόχρωμο, χαρακτηριστικής οσμής
CO	Μονοξείδιο του άνθρακα	Άχρωμο, άοσμο, άκρωστοξικό, προκαλεί ασφορία
CO ₂	Διοξείδιο του άνθρακα	Άχρωμο, άοσμο, μη τοξικό
O ₂	Όζον	Γαλαζωπό, χαρακτηριστικής οσμής, ισχυρά δραστικό
CH ₄	Μεθάνιο	Άχρωμο, άοσμο, σχετικά αδρανές
HC	Υδρογονάνθρακες	Πλήθος ενώσεων, σχετικά μικρή τοξικότητα, σημαντικό ρόλο στην ατμοσφαιρική υγεία
Σωματίδια		Πλήθος-Υγρά και στερεά διαμέτρου < 10 μm

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που κατά κύριο λόγο απασχολούν τις ανά τον κόσμο υπηρεσίες προστασίας του περιβάλλοντος είναι οι παρακάτω: το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου (κυρίως το διοξείδιο του αζώτου), οι υδρογονάνθρακες (κυρίως το βενζόλιο), το όζον, τα βαρέα μέταλλα (BM), και τα αιωρούμενα σωματίδια (κυρίως τα PM₁₀ και τα PM_{2.5}) και ο μόλυβδος:

- Το διοξείδιο του θείου είναι ανόργανη χημική ένωση με μοριακό τύπο SO₂. Το μόριό του είναι τριατομικό και δεν είναι γραμμικό. Είναι αέριο με οσμή «καίόμενου θείου», και πράγματι αποτελεί το κυριότερο προϊόν της καύσεως ουσιών που περιέχουν θείο, γεγονός με περιβαλλοντική

σημασία. Το διοξείδιο του θείου απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα κατά τις εκρήξεις των ηφαιστειών και σε μικρότερες ποσότητες από διάφορες βιομηχανίες και την καύση ορυκτών καυσίμων. Επειδή οι γαιάνθρακες (κάρβουνο) και το πετρέλαιο περιέχουν ενώσεις του θείου, αναπόφευκτα η καύση τους εκλύει διοξείδιο του θείου. Με την παρουσία υγρασίας και περισσότερο κάποιου καταλύτη όπως το διοξείδιο του αζώτου, το διοξείδιο του θείου οξειδώνεται παραπέρα σε τριοξείδιο του θείου (το οποίο διαλυόμενο στο νερό δίνει θειικό οξύ), πράγμα που όταν γίνεται στην ατμόσφαιρα δημιουργεί το φαινόμενο της όξινης βροχής.



Σχήμα 1.1 : Διαχρονική μεταβολή των εκπομπών διοξειδίου του θείου (SO₂)

Η μείωση που καταγράφεται για το 2015 σε σχέση με το έτος αναφοράς 2005 (Σχήμα 2.1), το οποίο αποτελεί το έτος βάσης για τις προβλεπόμενες μελλοντικές μειώσεις σύμφωνα με τη νέα οδηγία (ΕΕ) 2016/2284 για τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών, είναι 83%. Η οδηγία αναφέρει τη δέσμευση για μείωση εθνικών εκπομπών σε σχέση με το 2005, κατά 74% για το διάστημα 2020- 2029 και 88% για τα έτη μετά το 2030.

- Το διοξείδιο του αζώτου (nitrogen dioxide) είναι η χημική ένωση με τον χημικό τύπο NO₂. Είναι ένα από τα οξείδια του αζώτου. Το NO₂ είναι ένα

ενδιάμεσο προϊόν στη βιομηχανική σύνθεση του νιτρικού οξέος, από το οποίο παράγονται εκατομμύρια τόνοι κάθε χρόνο.

Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι μακροχρόνια έκθεση σε NO₂ σε συγκεντρώσεις πάνω από 40–100 µg/m³ μπορεί να μειώσουν τη λειτουργία των πνευμόνων και να αυξήσουν τον κίνδυνο αναπνευστικών συμπτωμάτων.

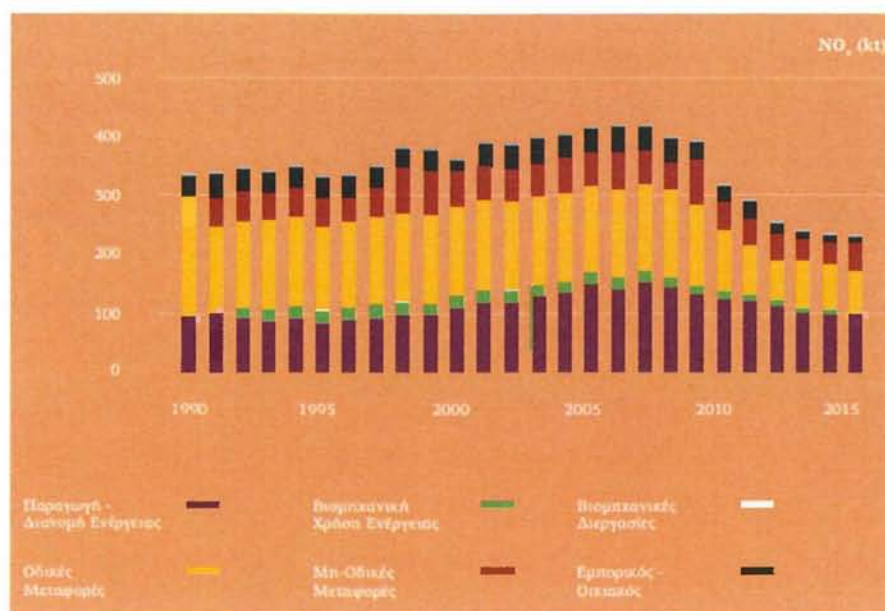
Οι πιο σημαντικές πηγές του NO₂ είναι οι μηχανές εσωτερικής καύσης, οι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί (thermal power stations) και σε μικρότερη έκταση, εργοστάσια χαρτοπολτού (pulp mills). Οι θερμάστρες γκαζιού βουτανίου και οι σόμπες είναι επίσης πηγές. Για την πλήρη καύση των καυσίμων σε αυτές τις διεργασίες απαιτείται περίσσεια αέρα που εισάγει άζωτο στις αντιδράσεις καύσης σε υψηλές θερμοκρασίες και παράγει οξειδία του αζώτου (NO_x). Ο περιορισμός της παραγωγής NO_x απαιτεί τον ακριβή έλεγχο του χρησιμοποιούμενου αέρα στην καύση. Σε κατοικίες, οι θερμάστρες κηροζίνης και γκαζιού αποτελούν τις πηγές διοξειδίου του αζώτου.

Διοξείδιο του αζώτου παράγεται επίσης με τις ατμοσφαιρικές δοκιμές πυρηνικών όπλων και είναι υπεύθυνες για το κοκκινωπό χρώμα των σύννεφων μανιταριού (mushroom clouds).

Το διοξείδιο του αζώτου είναι ένας ρύπος μεγάλης κλίμακας, με εδαφικά επίπεδα συγκεντρώσεων σε κάποιες αγροτικές περιοχές γύρω στα 30 µg/m³, όχι πολύ μακριά από τα ανθυγιεινά επίπεδα. Το διοξείδιο του αζώτου παίζει ρόλο στην ατμοσφαιρική χημεία, συμπεριλαμβανομένου του σχηματισμού τροποσφαιρικού όζοντος. Μια μελέτη ερευνητών το 2005 στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας στο Σαν Ντιέγκο, προτείνει μια συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων του NO₂ και του συνδρόμου αιφνιδίου θανάτου βρεφών (Sudden Infant Death Syndrome).

Το διοξείδιο του αζώτου παράγεται επίσης φυσικά κατά τη διάρκεια των ηλεκτρικών καταιγίδων. Ο όρος για αυτή τη διεργασία είναι «ατμοσφαιρική αζωτοδέσμευση» (atmospheric fixation of nitrogen). Η βροχή που παράγεται κατά τη διάρκεια τέτοιων καταιγίδων είναι

ιδιαίτερα καλή για τους κήπους, επειδή περιέχει ίχνη από λίπασμα. (Henry Cavendish 1784, Birkland -Eyde Process 1903, et-al).



Σχήμα 1.2: Διαχρονική μεταβολή των εθνικών εκπομπών οξειδίων

Αναφορικά με το έτος βάσης της νέας οδηγίας (ΕΕ) 2016/2284 για τα ανώτατα εθνικά όρια εκπομπών (2005), οι εκπομπές του 2015 καταγράφονται μειωμένες κατά 44% (Σχήμα 2.2). Η οδηγία αναφέρει τη δέσμευση για μείωση εθνικών εκπομπών σε σχέση με το 2005, κατά 31% για τα έτη 2020-2029 και 55% για τα έτη από το 2030 και έπειτα.

- Ενώ το στρατοσφαιρικό όζον συμβάλει αποφασιστικά στην προστασία των ανθρώπων, ζώων και φυτών από την υπεριώδη ακτινοβολία, το όζον που υπάρχει στην τροπόσφαιρα O_3 αποτελεί έναν ισχυρό και ερεθιστικό ρύπο (γι' αυτό αποκαλείται και «κακό όζον»).

Είναι αέριο άχρωμο, με έντονη οσμή και οξειδωτική δράση το οποίο βλάπτει την ανθρώπινη υγεία, τις αγροτικές καλλιέργειες ακόμη και τα δομικά υλικά. Το τροποσφαιρικό όζον αποτελεί βασικό συστατικό της φωτοχημικής καπνομίχλης και είναι αέριο του θερμοκηπίου. Παράγεται από την επίδραση της φωτοχημικής δράσης του ηλιακού φωτός σε αέριους ρύπους, όπως τα οξείδια του αζώτου και οι υδρογονάνθρακες.

Το όζον είναι ο κυριότερος ρύπος της φωτοχημικής ρύπανσης των πόλεων και γι' αυτό χρησιμοποιείται ως δείκτης της. Η χρονική κατανομή του ρύπου παρουσιάζει μέγιστη τιμή κατά τις πρώτες μεταμεσημβρινές ώρες. Το βράδυ, αντίθετα, παρουσιάζονται οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις (κυρίως, λόγω της απουσίας φωτός και συνεπώς, αδυναμίας παραγωγής όζοντος). Οι εποχικές διακυμάνσεις στα επίπεδα του όζοντος έχουν άμεση σχέση με τις αντιδράσεις σχηματισμού του και ιδιαίτερα με την απαιτούμενη ηλιακή ακτινοβολία. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται τους θερινούς μήνες, επειδή η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η διάρκεια της ημέρας είναι μεγαλύτερες.

Το όζον που εισπνέουμε έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων. Η είσοδος του όζοντος στους πνεύμονες διαμέσου της εισπνοής (σε συγκεντρώσεις > 214 μg ανά m³) προκαλεί ελάττωση των πνευμονικών λειτουργιών, βήχα, δύσπνοια και άσθμα. Σε ασθενείς με άσθμα, τα ψηλά επίπεδα όζοντος επιδεινώνουν τη νόσο. Έχουν περισσότερες κρίσεις άσθματος, μεγαλύτερη δυσκολία να αναπνεύσουν και αυξημένες ανάγκες σε φάρμακα. Η έκθεση του ατόμου σε εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει ζάλη και εμετούς.

Πολλές χώρες και διεθνείς υπηρεσίες έχουν αναπτύξει συστήματα για την παρουσίαση των ποικίλων τιμών ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε διάφορες περιοχές, καθημερινά. Στην Ελλάδα έχουμε ημερήσιο δελτίο τιμών ατμοσφαιρικής ρύπανσης, το οποίο δημοσιοποιείται καθημερινά από το ΥΠΕΧΩΔΕ και μας ενημερώνει για τα επίπεδα των ατμοσφαιρικών ρύπων (όζον) σε διάφορες περιοχές, ενημερώνοντας τους πολίτες για τα επιτρεπτά όρια.

- Οι πτητικές οργανικές ενώσεις - ΠΟΕ (VOCs=Volatile Organic Compounds) είναι οργανικές ενώσεις που σε συνήθεις θερμοκρασίες βρίσκονται σε αέρια κατάσταση ή μεταβαίνουν εύκολα σε αυτή από την υγρή φάση που βρίσκονται αρχικά. Το Βενζόλιο είναι μια από αυτές τις πτητικές οργανικές ενώσεις, ένα άχρωμο πολύ πτητικό υγρό με χαρακτηριστική μυρωδιά ("αρωματικός" χαρακτήρας). Ο μοριακός του τύπος είναι C₆H₆, αποτελεί

φυσικό συστατικό του αργού πετρελαίου (1-5%), ενώ είναι συστατικό της βενζίνης.

Οι πηγές πτητικών οργανικών ενώσεων είναι οι διαδικασίες χρήσης οργανικών διαλυτών, τα πρατήρια βενζίνης και τα αυτοκίνητα διανομής της καθώς επίσης και όλες οι μηχανές που χρησιμοποιούν βενζίνη σαν καύσιμο. Το βενζόλιο χρησιμοποιείται στην παραγωγή ουσιών όπως βαφές, υλικά επικαλύψεων, πλαστικά κλπ. Η ετήσια οριακή τιμή για το βενζόλιο είναι τα 5μg/m³ από την 1.1.2010. Η μέση ετήσια τιμή του βενζολίου υπολογίζεται ως μέσος όρος όλων των ημερήσιων μέσων τιμών του έτους και πρέπει να είναι μικρότερη της οριακής τιμής.

Οι κυριότερες εκπομπές των οργανικών πτητικών ενώσεων προέρχονται από οργανικούς διαλύτες, τα πρατήρια βενζίνης και τα αυτοκίνητα διανομής της καθώς επίσης και από μηχανές που χρησιμοποιούν βενζίνη σαν καύσιμο. Οι ΠΟΕ είναι πρόδρομες ουσίες που συμμετέχουν στη δημιουργία του όζοντος στην τροπόσφαιρα και περιλαμβάνονται στο Παράρτημα Χ της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ.

- Οι Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες-ΠΑΥ (PAHs) είναι οργανικές ενώσεις. Αποτελούνται από δύο τουλάχιστον ενωμένους αρωματικούς δακτυλίους που περιέχουν αποκλειστικά άνθρακα και υδρογόνο. Οι ΠΑΥ είναι οικογένεια χημικών ουσιών με μεγάλο αριθμό μελών, που προέρχονται από φυσικές αλλά και ανθρώπινες δραστηριότητες. Δεν διαλύονται στο νερό αλλά είναι διαλυτές σε λίπη και έλαια. Πρόκειται συνήθως για συστατικά που βρίσκονται στο οργανικό κλάσμα αιωρούμενων σωματιδίων, και συγκεντρώνουν το ενδιαφέρον των ειδικών εξαιτίας της καρκινογόνου και μεταλλαξιογόνου δράσης κάποιων από αυτά. Γνωστοί ΠΑΥ είναι τα: Βενζο[α]πυρένιο, Φλουορανθένιο, Ναφθαλίνιο και Ανθρακένιο.

Οι ΠΑΥ προέρχονται κυρίως από την καύση αργού πετρελαίου ή ορυκτών καυσίμων, από μηχανές εσωτερικής καύσης και από διαδικασίες παραγωγής πετρελαιοειδών. Τους συναντούμε επίσης στα χυτήρια σιδήρου και στις βιομηχανίες παραγωγής αλουμινίου, στις διεργασίες παραγωγής επεξεργασίας και χρήσης ασφαλτικών μιγμάτων και υλικών

και στην καύση απορριμμάτων. Στη φύση παράγονται από πυρκαγιές και ως αποτέλεσμα ηφαιστειακής δραστηριότητας.

Οι υδρογονάνθρακες εισέρχονται στο περιβάλλον λόγω της εκτεταμένης εφαρμογής τους ως καύσιμα και χημικά, καθώς επίσης και από διαρροές ή άλλα ατυχήματα (πετρελαιοκηλίδες), κατά την εξόρυξη, τη μεταφορά ή την επεξεργασία τους και την αποθήκευση. Η ανθρωπογενής ρύπανση του εδάφους και η ρύπανση των υδάτων, είναι σημαντικά παγκόσμια ζητήματα και εξαιτίας της χρόνιας παρουσίας τέτοιων ρύπων υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

- Ο όρος Βαρέα Μέταλλα-BM (HMs) χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια ομάδα μετάλλων που η πυκνότητά τους είναι πάνω από 5 g/cm³, έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο από αυτό του σιδήρου και είναι τοξικά σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Μπορούν να αποτελέσουν συστατικά Αιωρούμενων Σωματιδίων, και είναι δυνητικά τοξικά. Οριακές τιμές υπάρχουν για τα ακόλουθα Βαρέα Μέταλλα:

Αρσενικό (As), Κάδμιο (Cd), Υδράργυρος (Hg) και Νικέλιο (Ni), (Οδηγία 2004/107/ΕΚ), Μόλυβδος (Pb), (Οδηγία 2008/50/ΕΚ)

Υπάρχουν φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές Βαρέων Μετάλλων. Στις φυσικές συγκαταλέγονται οι ηφαιστειακές εκπομπές, η αποσάθρωση εδαφών, η σκόνη και τα ατμοσφαιρικά σωματίδια, τα θαλάσσια αερολύματα, οι δασικές πυρκαγιές και η πρόσληψη και απελευθέρωσή τους από φυτά. Στις ανθρωπογενείς συγκαταλέγονται η εξόρυξη και επεξεργασία ορυκτών, οι καύσεις (υγρών καυσίμων, απορριμμάτων και βιομάζας), οι εκπομπές οχημάτων, και η χρήση και απόρριψη προϊόντων μετάλλων. Οι βιομηχανικές διεργασίες παραγωγής (μεταλλουργίας και κατασκευής μεταλλικών αντικειμένων, ηλεκτρονικών, χρωμάτων και χρωστικών, υφασμάτων, χαρτιού κλπ.) αυξάνουν επίσης το φορτίο των μετάλλων στο περιβάλλον.

Δεδομένου ότι τα βαρέα μέταλλα δεν αποικοδομούνται, συσσωρεύονται στο έδαφος και τα νερά (γλυκά και αλμυρά), με αποτέλεσμα να περνούν στην τροφική αλυσίδα.

Η τοξικότητά τους εξαρτάται από το είδος του βαρέως μετάλλου, τη συγκέντρωσή του, την συνύπαρξη του με άλλα βαρέα μέταλλα, και το είδος του μεγαοργανισμού.

- Για τα αιωρούμενα σωματίδια θα μιλήσουμε αναλυτικότερα στις επόμενες ενότητες

Οι πηγές εκπεμπόμενων αερίων ρύπων χωρίζονται σε δύο κατηγορίες :

1. Ανθρωπογενείς πηγές : Παράγουν μικρότερο ποσοστό των εκπεμπόμενων αερίων ρύπων και οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων (ατμοσφαιρικά επεισόδια).

Οι ανθρωπογενείς πηγές είναι κύριες υπεύθυνες για τα περιβαλλοντικά προβλήματα λόγω :

- Ανατροπή της φυσικής ισορροπίας
- Αυξημένες συγκεντρώσεις ρύπων σε μικρές γεωγραφικές περιοχές
- Ανάμειξη με ήδη επιβεβαρυμένο αέρα
- Χημικοί μετασχηματισμοί
- Εκπομπή μη φυσικών ρύπων

Αστικές και Βιομηχανικές πηγές Παραγωγή ενέργειας:

- CO, CO₂, SO₂, NO_x, HC, VOCs, σωματίδια (τέφρα, βαρέα μέταλλα)
- Βιομηχανικές μονάδες: πλήθος αερίων ρύπων, σωματίδια
- Μεταφορές :CO, CO₂, SO₂, NO_x, HC, VOCs
- Διαδικασίες καύσεων :CO, CO₂, SO₂, NO_x, HC, VOCs, σωματίδια
- Απορρίμματα: CO, CO₂, H₂S, NH₃, CH₄, σωματίδια
- Κατασκευαστικά έργα :CO, CO₂, NO_x, HC, VOCs, σωματίδια, σκόνη



Εικόνα 1.1: Ατμοηλεκτρικός σταθμός Πτολεμαΐδας

Γεωργικές και Αγροτικές πηγές :

- Εκπομπές σκόνης
- Καύσεις για εκχέρσωση γης και καύση αγροτικών αποβλήτων: CO, CO₂, SO₂, HC, σωματίδια
- Εκπομπές εδαφών ,Αζωτούχα οξείδια
- Ψεκασμοί με αεροπλάνα
- Αποσύνθεση αποβλήτων :NH₃, CH₄ , ατμοί



Εικόνα 1.2: Εκπομπή σκόνης από καλλιέργεια γης

2. Φυσικές πηγές : Παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό των εκπεμπόμενων αερίων ρύπων και δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων (ελάχιστες εξαιρέσεις).

Οι φυσικές πηγές μπορεί να είναι :

- Αποσάθρωση από ανέμους: τέφρα, ίχνη από βαρέα μέταλλα
- Πυρκαγιές δασών :CO, CO₂, SO₂, NO_x, HC, καπνός
- Ηφαιστειακές εκρήξεις :σωματίδια, CO₂, SO₂, άλλα αέρια
- Βιογενείς εκπομπές :HC, CH₄, NH₃, γύρη, σπόροι
- Θαλάσσια σταγονίδια–Εξάτμιση : αλατούχα σωματίδια, ιχνοστοιχεία
- Μικροβιακές διεργασίες εδαφών :H₂S, CH₄, NH₃, NO
- Αποσύνθεση οργανικής ύλης: H₂S, CH₄, NH₃ Κεραυνοί NO



Εικόνα 1.3: Αμμοθύελλά στην Khartoum, Sudan



Εικόνα 1.4: Ηφαιστειακή έκρηξη στο Εκουαδόρ το 2002

1.1.2 Αιωρούμενα σωματίδια – Εισαγωγή

Ο όρος αιωρούμενα σωματίδια χρησιμοποιείται για να περιγράψει διάφορες ουσίες που υπάρχουν στον ατμοσφαιρικό αέρα σαν διακριτά σωματίδια, άλλοτε σε υγρή και άλλοτε σε στερεή μορφή. Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι από τους πιο επικίνδυνους αέριους ρύπους διότι περιέχουν καρκινογόνες ουσίες όπως ο αμίαντος (asbestos) και ο καπνός (tobacco smoke) και παράλληλα επιδεινώνουν τις βλαβερές συνέπειες άλλων αέριων ρύπων (όπως το διοξειδίου του θείου).

Αξίζει να γίνει ξεχωριστή αναφορά στον μόλυβδο ο οποίος προστίθεται ως αντικροτικό στα καύσιμά. Με τη αλλαγή της σύστασης του στόλου των αυτοκινήτων και με τη χρήση της αμόλυβδης βενζίνης παρουσιάζεται σημαντική μείωση στις συγκεντρώσεις του. Πλην των αυτοκινήτων, άλλες πηγές μολύβδου αποτελούν η χρήση γαιανθράκων, οι βαριές βιομηχανίες, τα χυτήρια μεταλλευμάτων, τα εργοστάσια μπαταριών και η καύση των απορριμμάτων.

Ανάλογα με την προέλευσή τους, είτε από πρωτογενείς πηγές, είτε από δευτερογενείς διαδικασίες, τα σωματίδια διαχωρίζονται σε πρωτογενή και δευτερογενή.

- Πρωτογενή σωματίδια

Είναι αυτά τα οποία εκπέμπονται κατ' ευθείαν από πηγές. Οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις τους είναι συνήθως ανάλογες με τις εκπεμπόμενες ποσότητες.

Μια κατηγορία πρωτογενών σωματιδίων είναι τα προερχόμενα από τη θραύση μεγαλύτερων μαζών και την επαναιώρηση των θραυσμάτων από τον αέρα. Η κύρια μάζα αυτών των πρωτογενών σωματιδίων αποτελείται από σωματίδια μεγέθους μεγαλύτερου από 1 μm όμως η κατ' αριθμό κατανομή τους παρουσιάζει μέγιστο στην περιοχή 0,1 – 1 μm.

Αυτή η κατηγορία σωματιδίων υπόκειται σε ελάχιστες διαδικασίες μετασχηματισμού μετά την εκπομπή τους. Λόγω του μεγάλου τους σχετικά μεγέθους δε

συσσωματώνονται εύκολα μεταξύ τους, αλλά αναμειγνύονται με άλλα ατμοσφαιρικά συστατικά μέσω διαδικασιών μεταφοράς μάζας στην αέρια φάση.

Μια ιδιαίτερα σημαντική κατηγορία πρωτογενών σωματιδίων είναι τα σωματίδια στοιχειακού άνθρακα που σχηματίζονται από διαδικασίες καύσης. Αρχικά έχουν μέγεθος 5 – 20 nm, αλλά συσσωματώνονται γρήγορα προς σχηματισμό μεγαλύτερων μαζών.

Κατόπιν μεταπίπτουν σε πιο σύνθετες μορφές μεγέθους πολλών δεκάδων nm με την επίδραση τριχοειδών δυνάμεων από ατμούς που συμπυκνώνονται επί αυτών.

- Δευτερογενή σωματίδια

Δευτερογενή σωματίδια ονομάζονται αυτά τα οποία σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από μετατροπή αερίων άμεσα εκπεμπόμενων από πηγές. Κύριες πρόδρομες ενώσεις για τα δευτερογενή σωματίδια είναι το διοξείδιο του θείου, η αμμωνία και τα οξείδια του αζώτου.

Ακόμα αρκετές πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) μπορούν να μετασχηματιστούν σε σωματίδια. Η πλειοψηφία αυτών των μετατροπών είναι αποτέλεσμα έντονων φωτοχημικών αντιδράσεων.

Οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις των δευτερογενών σωματιδίων δεν είναι κατ' ανάγκη ανάλογες προς τις εκπεμπόμενες ποσότητες των πρόδρομων ενώσεων, καθώς η ελάττωση του ρυθμού σχηματισμού μπορεί να καθορίζεται και από διαφορετικούς παράγοντες από την συγκέντρωση των αντιδρώντων ουσιών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το δευτερογενές νιτρικό αμμώνιο, μια ασταθής ένωση, η ισορροπία της οποίας με την αμμωνία και το νιτρικό οξύ επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία.

Παρότι η σκόνη που επαναιωρείται από το έδαφος ανήκει στα πρωτογενή σωματίδια, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό δευτερογενών σωματιδίων. Για παράδειγμα, το νιτρικό αμμώνιο που περιέχεται στα λιπάσματα είναι δυνατό να εξατμιστεί σε αμμωνία και νιτρικό οξύ, οπότε συμβάλλει στο σχηματισμό δευτερογενών σωματιδίων.

Τα δευτερογενή σωματίδια συνήθως σχηματίζονται μέσα σε λίγες ώρες και το μέγεθός τους κυμαίνεται μεταξύ 0,1 και 1 μm .

1.1.3 Αιωρούμενα σωματίδια – Ιδιότητες και πηγές εκπομπών

Οι ιδιότητες των αιωρούμενων σωματιδίων είναι δύσκολο να γενικευτούν διότι περιλαμβάνουν διάφορα σωματίδια που προκύπτουν από ένα πολύ μεγάλο εύρος δραστηριοτήτων. Η επικινδυνότητα των σωματιδίων εξαρτάται μεταξύ άλλων από τη διάμετρο τους και η πρόσφατη νομοθεσία διαφοροποιεί τα εισπνευστικά σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 10 μικρά (PM10) (PM : particulate matter) και τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 2.5 μικρά (PM2.5). Τα PM2.5 προκύπτουν από τις πηγές καύσης και από τον χημικό μετασχηματισμό αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Το αέριο διοξείδιο του θείου για παράδειγμα γρήγορα μετατρέπεται σε μικρά σωματίδια θείου μετά την απελευθέρωση του από τις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας και τα χυτήρια. Τα μικρότερα σωματίδια είναι συνήθως πιο επικίνδυνα από τα μεγαλύτερα διότι εισπνέονται πιο βαθιά στους πνεύμονες, όπου εγκαθίστανται και προκαλούν βλάβες στους ευαίσθητους ιστούς που εμπλέκονται στην ανταλλαγή του αέρα. Τα μικρότερα σωματίδια παρέχουν επίσης μεγαλύτερη συνολικά επιφάνεια (για συγκεκριμένο βάρος σωματιδίων) για την πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων, κάνοντας ευκολότερη την προσκόλληση σε αυτά τοξικών ουσιών (όπως τα ίχνη μετάλλου). Τα μικρότερα σωματίδια μπορούν να παραμείνουν στον αέρα για εβδομάδες ή μήνες και επομένως μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή τους.

Τα μεγαλύτερα σωματίδια κυρίως προέρχονται από τα μεταλλεύματα, τις κατασκευαστικές δραστηριότητες, τις πυρκαγιές και την ατμοσφαιρική σκόνη. Εναποτίθενται γρηγορότερα από τα μικρά σωματίδια και επομένως αποτελούν κίνδυνο κυρίως κοντά στην πηγή τους.

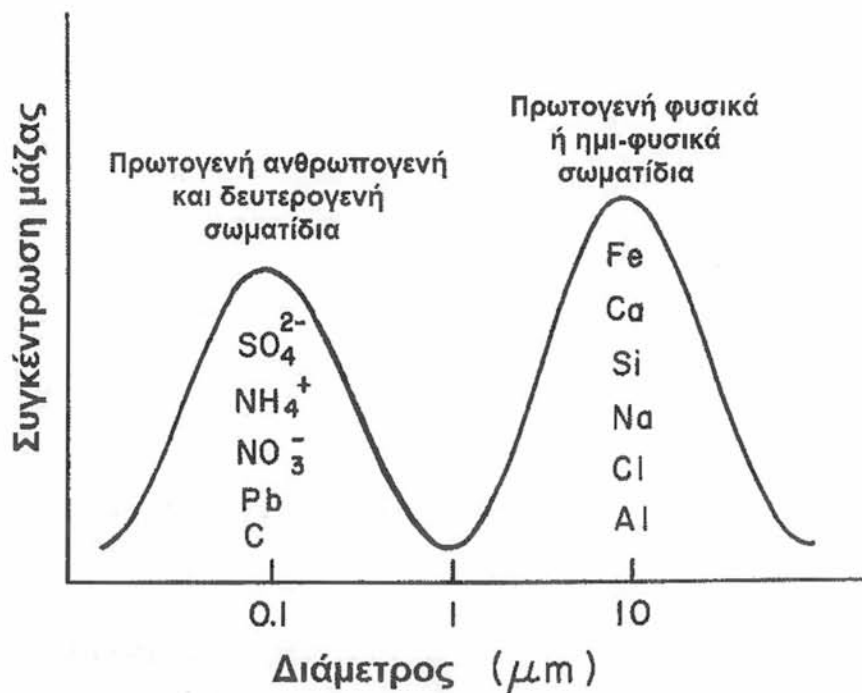
Μια άλλη ορολογία η οποία χρησιμοποιείται είναι επίσης τα «ολικά αιωρούμενα σωματίδια» (total suspended particulates) (TSP). Σε αυτή την περίπτωση τα όργανα που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση τους συλλέγουν όλα τα σωματίδια που αιωρούνται χωρίς διάκριση μμεγέθους. Για την αναγνώριση των πιο επικίνδυνων μικρών

σωματιδίων, οι καινούργιες συσκευές βοηθούν στη συλλογή μικρότερων σωματιδίων δίνοντας ακριβέστερη εκτίμηση της αναλογίας εκείνων που θεωρούνται περισσότερο επικίνδυνα.

Η χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων αποτελεί επίσης σημαντικό χαρακτηριστικό τους εξαιτίας:

- της επίδρασης των ρυπαντών στην ανθρώπινη υγεία ανάλογα με τη χημική τους συμπεριφορά και ιδιότητες, και
- της αναγνώρισης της πηγής των αερολυμάτων από τη χημική τους σύσταση.

Η κατανομή μάζας των κυριότερων συστατικών των αιωρούμενων σωματιδίων εμφανίζονται στο σχήμα 1.3.



Σχήμα 1.3: Σχηματική κατανομή της μάζας των αιωρούμενων σωματιδίων η οποία εμφανίζει ένα τυπικό καταμερισμό των χημικών ειδών σε μικρά και μεγάλα σωματίδια.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η κατανομή των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων :



Εικόνα 1.5 : Πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων στην ΕΕ σύμφωνα Με τον ΕΟΠ

1. Εκπομπές από οχήματα

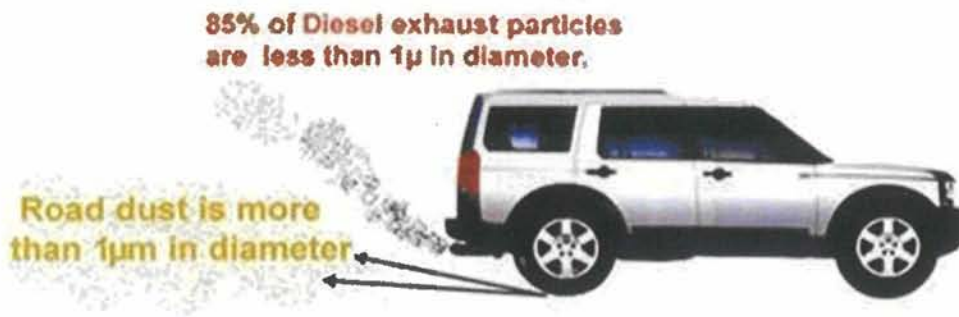
Οι κύριες πηγές εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων από τα οχήματα είναι τα καυσαέρια των οχημάτων και η φθορά από την χρήση των ελαστικών και των φρένων (Natural Resources Defense Council, 1996). Οι εκπομπές σωματιδίων από τους κινητήρες ντίζελ είναι πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές των βενζινοκινητήρων, γεγονός που είναι σύμφωνο με την γενική αρχή ότι, όσο βαρύτερο είναι το κλάσμα πετρελαίου που καίγεται, τόσο μεγαλύτερη είναι η παραγωγή σωματιδίων. Βέβαια, δεν είναι δυνατόν να αγνοηθεί η εκπομπή σημαντικών ποσοτήτων σωματιδίων από βενζινοκινητήρες και ιδιαίτερα από μη καταλυτικά οχήματα.

Οι εκπομπές από μηχανές ντίζελ περιέχουν κυρίως αιθάλη, δηλαδή σωματίδια στοιχειακού άνθρακα, πτητικές οργανικές ενώσεις και μερικά θειικά από το θείο που περιέχει το καύσιμο. Όταν οι οργανικές ενώσεις και τα θειικά διοχετεύονται από την εξάτμιση του οχήματος στο περιβάλλον, συμπυκνώνονται πάνω σε αιωρούμενα σωματίδια και κυρίως επάνω στα σωματίδια άνθρακα που βρίσκονται και αυτά μέσα στα ίδια καυσαέρια. Τα σωματίδια που σχηματίζονται με τον τρόπο αυτό έχουν μέγεθος από 0,01 έως 2,5 μm .

Η χρήση καταλυτών, αντίστοιχων με αυτούς που χρησιμοποιούνται στους βενζινοκινητήρες, αποτελεί μια λύση για την μείωση των εκπομπών σωματιδίων αλλά παρουσιάζει ουσιαστικά προβλήματα. Επίσης, είναι ενδεχόμενη η αστοχία ενός καταλυτικού συστήματος λόγω της παρουσίας σωματιδίων στα καυσαέρια και λόγω της περιεκτικότητας του καυσίμου σε θείο. Το θείο οξειδώνεται σε τριοξείδιο του θείου και σε θειικό οξύ, οδηγώντας σε όξινες εκπομπές, αλλά και σε σχηματισμό θειικών σωματιδίων. Αυτό το φαινόμενο είναι δυνατόν να οδηγήσει σε αύξηση των σωματιδιακών εκπομπών, σε περίπτωση που η περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο είναι άνω του 0,2% κ.β.

Η περιεκτικότητα ενός καυσίμου σε θείο επηρεάζει σημαντικά τις σωματιδιακές εκπομπές, λόγω της μετατροπής του σε θειικά άλατα. Η ισχύουσα προδιαγραφή των 500 ppm έχει συμβάλει σημαντικά στην μείωση των εκπομπών σωματιδίων. Πρέπει να σημειωθεί ότι η μείωση των σωματιδιακών εκπομπών από κινητήρες ντίζελ δεν είναι εύκολη, καθώς οι συνθήκες που ευνοούν την μείωση των εκπομπών σωματιδίων, αυξάνουν την παραγωγή οξειδίων του αζώτου.

Τέλος, η κίνηση των οχημάτων στους δρόμους προκαλεί την επαναιώρηση της σκόνης του δρόμου. Σωματίδια εκπέμπονται επίσης ως αποτέλεσμα της φθοράς των φρένων και των ελαστικών, κατά την χρήση τους. Τα σωματίδια αυτά εκτιμάται ότι είναι στο εύρος μεγέθους 3 – 30 μm (Wark et al., 1998).



Εικόνα 1.6 : Εκπομπές σωματιδίων από πετρελαιοκίνητα οχήματα. Παρατηρούμε ότι τα PM1 αντιστοιχούν στο 85% των συνολικών εκπεμπόμενων σωματιδίων.

2. Βιομηχανικές εκπομπές

Οι βιομηχανικές εκπομπές συνεισφέρουν στη παραγωγή αιωρούμενων σωματιδίων σε αστικές περιοχές ανάλογα με την απόσταση της βιομηχανίας από την αστική περιοχή και την τεχνολογία που εφαρμόζουν. Τα σωματίδια που προέρχονται από βιομηχανικές εκπομπές έχουν γενικά μέγεθος από 0,5 έως 100 µm, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της πηγής. Σημαντική πηγή αιωρούμενων σωματιδίων είναι οι βιομηχανίες παραγωγής ενέργειας. Η ατελής καύση ανθρακούχων ορυκτών οδηγεί σε εκπομπή σωματιδίων αιθάλης. Σε μονάδες όπου η εισαγωγή του κάρβουνου στις καμίνους γίνεται σε κονιορτοποιημένη μορφή, η καύση του είναι σχεδόν πλήρης. Στην περίπτωση αυτή, τα παραγόμενα σωματίδια συνίστανται κυρίως από την ανόργανη υπολειμματική τέφρα. Κύρια συστατικά της ιπτάμενης τέφρας είναι τα: SiO₂ (10–70%), Al₂O₃ (8–38%), Fe₂O₃ (2–50%), CaO (0,5–50%), MgO (0,3–8%), Na₂O (0,1–3%), K₂O (0,1–3%), TiO₂ (0,4–4%).

Κατά την χρήση πετρελαίου ως καύσιμο, οι σωματιδιακές εκπομπές εξαρτώνται από το είδος του. Τα ελαφρύτερα κλάσματα παράγουν σημαντικά λιγότερα σωματίδια σε σχέση με τα βαρύτερα. Για τα βαρύτερα κλάσματα, θεωρείται ότι η παραγωγή σωματιδίων είναι συνάρτηση της περιεκτικότητας του καυσίμου σε θείο. Αιτία είναι ότι, τόσο το ακατέργαστο πετρέλαιο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (λόγω προέλευσης), όσο και πετρέλαιο που έχει υποστεί διαδικασίες αποθείωσης, περιέχουν χαμηλότερα ποσοστά ασφαλτενίων και τέφρας, και έχουν μικρότερο ιξώδες, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν καλύτερα χαρακτηριστικά καύσης (AWMA, 1992).

Τέλος, όσον αφορά τις σωματιδιακές εκπομπές κατά την καύση βιομάζας, είναι σημαντικά χαμηλότερες σε σχέση με τα άλλα είδη καυσίμου. Εκτιμάται ότι η καύση

άχυρου παράγει 4 φορές λιγότερα σωματίδια σε σχέση με την καύση ανθρακούχων ορυκτών. Κατά την καύση ξύλου, περίπου το 80 – 95% των ανόργανων συστατικών του μετατρέπεται σε ιπτάμενη τέφρα στον καυστήρα. Το 10 – 30% των παραγόμενων σωματιδίων εντάσσεται στην κατηγορία των PM10. Το πρόβλημα της εκπομπής σωματιδίων γίνεται όμως σημαντικό στην περίπτωση που το καύσιμο περιέχει θαλασσινό αλάτι (για παράδειγμα κορμοί δέντρων που μεταφέρονται πάνω στο νερό) (Oihstrom et al., 2000).

Τα αιωρούμενα σωματίδια που εκπέμπονται από τις διαφορετικού τύπου βιομηχανίες παρουσιάζουν ποικίλα χαρακτηριστικά, ανάλογα με τα είδη των διεργασιών που εφαρμόζονται. Το μέγεθός τους κυμαίνεται από 0,5 έως 100 μm. Μεταξύ των βιομηχανιών που παράγουν σημαντικές ποσότητες σωματιδίων είναι (Querol et al., 2000):

- I. Οι χημικές βιομηχανίες (παραγωγή καυστικής σόδας και χλωρίνης, φωσφορικού οξέος, πολυμερών, φθαλικού ανυδρίτη, ενεργού άνθρακα, απορρυπαντικών)
- II. Οι γεωργικές βιομηχανίες και οι βιομηχανίες τροφίμων (επεξεργασία δημητριακών, καφέ, εκτροφεία ζώων, παραγωγή λιπασμάτων)
- III. Οι μεταλλουργικές βιομηχανίες (παραγωγή αλουμινίου, μεταλλουργικού κωκ, επεξεργασία χαλκού, παραγωγή ψευδαργύρου ή μολύβδου, χυτήρια, χαλυβουργεία)
- IV. Οι βιομηχανίες παραγωγής ανόργανων και ορυκτών προϊόντων (τσιμεντοβιομηχανίες, παραγωγή fiberglass, υαλουργία, λατομεία)
- V. Οι βιομηχανίες παραγωγής χημικής χαρτόμαζας
- VI. Τα διυλιστήρια πετρελαίου

3. Οικιακές εκπομπές

Η χρήση κάρβουνου μέσα στα σπίτια ήταν στο παρελθόν μια σημαντική πηγή αιωρούμενων σωματιδίων κατά τους χειμερινούς μήνες. Στην εποχή μας, μόνο σε κάποιες βόρειες ευρωπαϊκές πόλεις, όπως το Μπέλφαστ, εξακολουθεί η οικιακή χρήση κάρβουνου. Επίσης, η καύση ξύλων για οικιακή θέρμανση, αποτελεί μια επιπλέον παράμετρο σωματιδιακής ρύπανσης (αιθαλομίχλη).

Η καύση πετρελαίου, αποτελεί σημαντική πηγή αιωρούμενων σωματιδίων. Επιπλέον, η χρήση πετρελαίου θέρμανσης στην Ελλάδα επιβαρύνει ακόμη περισσότερο το περιβάλλον, καθώς το πετρέλαιο θέρμανσης περιέχει 2 φορές περισσότερα ανόργανα υλικά και 4 φορές περισσότερο θείο, από το κοινό ντίζελ κίνησης (Stournas et al., 1993).

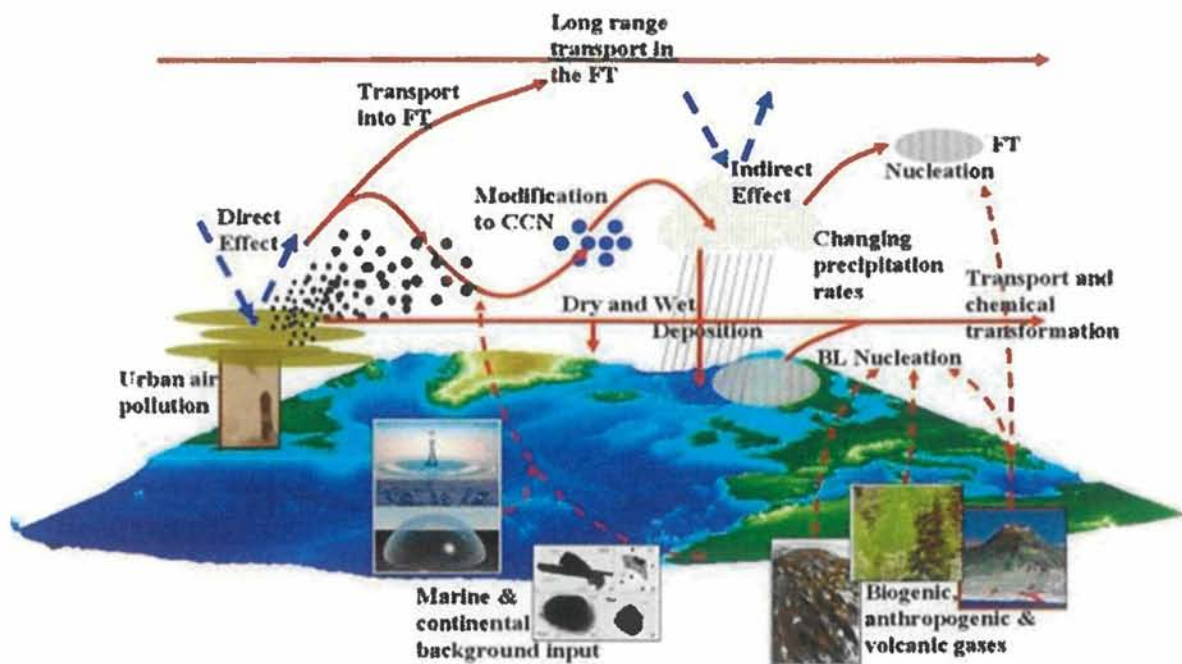
4. Καύση βιομάζας

Η καύση της βιομάζας, είτε φυσική (πυρκαγιές δασών) είτε ανθρωπογενής (κτήματα και λιβάδια που καίγονται μετά τη συγκομιδή), παράγει μεγάλες ποσότητες αερίων σωματιδίων.

Επιπλέον, τα σωματίδια αυτά εκπέμπονται μέσα στα αιωρούμενα σύννεφα και μπορεί να μεταφέρονται σε μακρινές αποστάσεις. Η φύση του καυσίμου και η αποτελεσματικότητα της καύσης είναι σημαντικές μεταβλητές για τον προσδιορισμό της ποσότητας των εξερχόμενων σωματιδίων από την καύση της βιομάζας.

Τα αερολύματα της καύσης της βιομάζας, συνίστανται από μερικώς οξυγονωμένη οργανική ύλη και απαρτίζουν το 6.5% του συνολικού οργανικού άνθρακα που απελευθερώνεται παγκοσμίως, ως αερόλυμα. Ένα πολύ μεταβλητό κλάσμα της εναπομένουσας μάζας αερολύματος, είναι ο μαύρος άνθρακας (αιθάλη), ο οποίος είναι άφθονος σε έντονες πυρκαγιές. Ακριβείς υπολογισμοί των εκπομπών είναι δύσκολο να γίνουν, αλλά θεωρείται ότι, η καιγόμενη βιομάζα ίσως είναι η βασική πηγή των αερολυμάτων μαύρου άνθρακα σε πλανητική βάση. Τα σωματίδια των αερολυμάτων μαύρου άνθρακα είναι πολύ μικρότερα των αερολυμάτων του οργανικού άνθρακα και επηρεάζουν τις ιδιότητες της ακτινοβολίας της ατμόσφαιρας και την αποτελεσματικότητα της συμπύκνωσης των νεφών (δρώντας ως πυρήνες συμπύκνωσης για τις βροχοσταγόνες).

Εκτιμάται ότι οι γεωργικές και δασικές πυρκαγιές στις τροπικές ζώνες είναι υπεύθυνες για την εκπομπή στην ατμόσφαιρα 1 Mtn/έτος χαλκού, 3 Mtn/έτος ψευδαργύρου και 2,2 Gtn/έτος στοιχειακού άνθρακα. Οι τιμές αυτές αντιπροσωπεύουν, κατά μέσο όρο, το 2%, 3% και 12% αντίστοιχα του παγκόσμιου συνόλου εκπομπών αυτών των χημικών ειδών (Yamasoe et al., 2000).



Εικόνα 1.7: Κύκλος ζωής αιωρούμενων σωματιδίων

1.1.4 Αιωρούμενα σωματίδια – Ταξινόμηση

Παρακάτω αναφέρονται και περιγράφονται οι διάφοροι όροι που έχουν χρησιμοποιηθεί για το χαρακτηρισμό των νεφών που σχηματίζονται από αιωρούμενα σωματίδια (Arqa 1991; Κουιμτζής, 1998; Seinfeld and Pandis, 1998).

α. Σκόνη (dust): Είναι τα στερεά σωματίδια μεγάλου σχετικά μεγέθους, με διάμετρο μεγαλύτερη από 1 μm , που σχηματίζονται ως αποτέλεσμα διάβρωσης ή κατακερματισμού στερεών υλών (π.χ. σκόνη εδάφους, σωματίδια φυτών κ.λ.π.).

β. Καπνός (smoke): Είναι τα λεπτότατα σωματίδια, με διάμετρο μεγαλύτερη από 0,01 μm , που σχηματίζονται κατά την ατελή καύση ουσιών που περιέχουν άνθρακα.

γ. Αιθάλη (soot): Είναι η συσσώρευση σωματιδίων που περιέχουν άνθρακα, που σχηματίζονται κατά την ατελή καύση ουσιών (οι οποίες περιέχουν άνθρακα).

δ. Ιπτάμενη τέφρα (fly ash): Είναι τα λεπτόκοκκα σωματίδια τέφρας στερεών καυσίμων, που παρασύρονται με τα καυσαέρια.

ε. Κάπνα (fume): Είναι τα στερεά σωματίδια, με διάμετρο μικρότερη από 1 μm, που σχηματίζονται δευτερογενώς στην ατμόσφαιρα από συμπύκνωση ουσιών, που βρέθηκαν λόγω ειδικών συνθηκών στην αέρια φάση.

στ. Ομίχλη (fog): Είναι τα ορατά σταγονίδια που είναι διεσπαρμένα στην ατμόσφαιρα και σχηματίζονται από τη συμπύκνωση των ατμών. Ο όρος χρησιμοποιείται συνήθως στη μετεωρολογία και η ουσία που βρίσκεται σε διασπορά είναι το νερό, με σταγονίδια μικρού σχετικά μεγέθους, σε μεγάλες συγκεντρώσεις.

ζ. Αχλύς (mist). Είναι τα μεγάλα σχετικά μεγέθους αιωρούμενα σταγονίδια της ατμόσφαιρας, με διάμετρο μεγαλύτερη από 1 μm, που βρίσκονται σε μικρές συγκεντρώσεις και σχηματίζονται από μηχανικές δράσεις ή από συμπύκνωση αερίων.

η. Καπνομίχλη (smog): Συνδυασμός καπνού και ομίχλης. Με αυτόν τον όρο χαρακτηρίζεται συχνά η εκτεταμένη ρύπανση της ατμόσφαιρας λόγω υψηλών συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων.

θ. Καταχνιά ή ξηρή αχλύς (haze): Είναι συνδυασμός σταγονιδίων νερού, σκόνης, σωματιδίων καπνού και φωτοχημικών ρύπων που μειώνουν την ορατότητα. Έχουν διάμετρο μικρότερη από 1 μm.



Εικόνα 1.8: Είδη αιωρούμενων σωματιδίων

Ταξινόμηση κατά μέγεθος :

Τα σωματίδια έχουν διάφορα σχήματα και συνεπώς είναι αδύνατη η έκφραση κοινής παραμέτρου μεγέθους, αφού πολλές ιδιότητες των σωματιδίων εξαρτώνται από το μέγεθός τους (όγκος, μάζα, ταχύτητα εναπόθεσης). Στις κατανομές κατά μέγεθος ως κριτήριο χρησιμοποιείται το μέγεθος της «ισοδύναμης διαμέτρου» του σωματιδίου. Καθώς το μέγεθος αυτό είναι μια έννοια συμβατική, υπάρχουν διαφορετικοί ορισμοί. Η ισοδύναμη διάμετρος ενός σωματιδίου μπορεί να προσδιοριστεί γεωμετρικά (με οπτική ή ηλεκτρονική μικροσκοπία) από τη σκέδαση που προκαλεί το φως και από τα φυσικά χαρακτηριστικά του, όπως είναι η ηλεκτρική ευκινησία, η ταχύτητα εναπόθεσης και η αεροδυναμική του συμπεριφορά.

Από τα παραπάνω, συνηθέστερο είναι να χρησιμοποιείται η φυσική συμπεριφορά του σωματιδίου ως κριτήριο καθορισμού της ισοδύναμης διαμέτρου. Συγκεκριμένα, συνήθως χρησιμοποιείται η διάμετρος Stokes (D_p) ή η αεροδυναμική διάμετρος (D_a). Ο ορισμός της πρώτης βασίζεται στον προσδιορισμό της αντίστασης που εμφανίζεται πάνω στο σωματίδιο όταν αυτό κινείται μέσα σε ένα ρευστό με διαφορετική ταχύτητα. Σωματίδια με ίδια διάμετρο Stokes και ίδια πυκνότητα έχουν την ίδια ταχύτητα εναπόθεσης.

Η αεροδυναμική διάμετρος εξαρτάται από την πυκνότητα του σωματιδίου και ορίζεται ως «η διάμετρος σφαίρας μοναδιαίας πυκνότητας ($\rho_p = 1 \text{ g/cm}^3$), η οποία έχει την ίδια οριακή ταχύτητα πτώσης στον ακίνητο αέρα με το υπό εξέταση σωματίδιο».

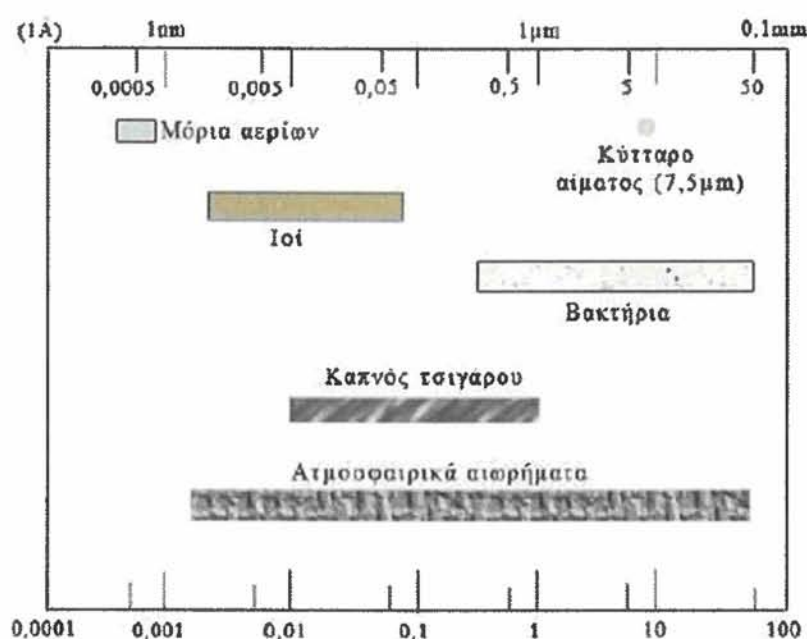
Η αεροδυναμική διάμετρος ενός σωματιδίου συσχετίζεται με τη διάμετρο Stokes προσεγγιστικά, με τον παρακάτω απλοποιημένο τύπο:

$$D_a = D_p * \rho_p^{1/2}$$

Σωματίδια με το ίδιο πρακτικό μέγεθος και σχήμα αλλά με διαφορετικές πυκνότητες θα έχουν ίδιες διαμέτρους Stokes αλλά όχι τις ίδιες αεροδυναμικές διαμέτρους. Για σωματίδια μεγαλύτερα από 0,5 μm χρησιμοποιείται η αεροδυναμική διάμετρος γιατί από αυτήν εξαρτάται η μεταφορά του σωματιδίου από αέρια ρεύματα, η συλλογή στους δειγματολήπτες και η εναπόθεση μέσα στο ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα.

Η αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη συντίθεται από σωματίδια έντονα διαφοροποιημένα ως προς το μέγεθος. Τα μικρότερα έχουν μέγεθος κάτω από 5 nm σε

διάμετρο και αποτελούνται μόνο από κάποιες δεκάδες μορίων. Αντιθέτως, τα πιο μεγάλα έχουν μέγεθος ως και 100 μm.



Εικόνα 1.9 : Εύρος μεγέθους αιωρούμενων σωματιδίων.

Τα ολικά αιωρούμενα σωματίδια ονομάζονται TSP και το μέγεθος τους κυμαίνεται από 0,01 μm έως και μερικές εκατοντάδες μm. Ωστόσο, τα σωματίδια με μέγεθος άνω των 50 μm έχουν την τάση να καθιζάνουν πολύ εύκολα.

Τα ολικά αιωρούμενα σωματίδια διακρίνονται σε δύο τύπους, οι οποίοι με τη σειρά τους ομαδοποιούνται σε επιμέρους κλάσματα .

1. Τα λεπτόκοκκα (fine mode)

Λεπτόκοκκα καλούνται τα σωματίδια με μέγεθος αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι

2,5 μm. Χωρίζονται με τη σειρά τους σε δύο κατηγορίες:

- Υποκατηγορία πυρήνα (nucleation mode)

Τα σωματίδια αυτά, με μέγεθος από 0,01 έως 0,1 μm , προέρχονται άμεσα από πηγές καύσης ή είναι συμπυκνώματα προϊόντων καύσης και έχουν μικρό χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα γιατί συσσωματώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν σωματίδια μεγαλύτερης διαμέτρου. Το μέγεθος των δευτερογενών σωματιδίων αυξάνεται επίσης καθώς λειτουργούν ως εστίες συμπύκνωσης άλλων αερίων συστατικών.

Καθώς τα σωματίδια φτάνουν σε μία διάμετρο της τάξης των 60 nm η συμπύκνωση γίνεται ελεγχόμενη από τη διάχυση και επιβραδύνεται, ενώ η συσσωμάτωση, η οποία είναι μια διαδικασία δεύτερης τάξης, τελικά σταματά, καθώς ο αριθμός των σωματιδίων μειώνεται. Εκτιμάται ότι η ανάπτυξη του μεγέθους των σωματιδίων σε 0,1 nm σε συνήθεις συνθήκες αστικής ρύπανσης, απαιτεί λιγότερο από μια μέρα .

- Υποκατηγορία συσσώρευσης (accumulation range)

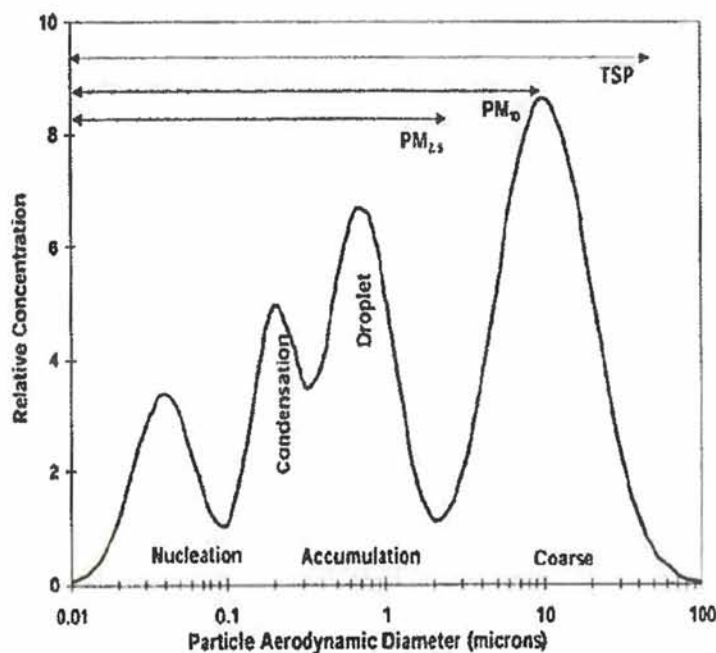
Τα σωματίδια αυτά, μεγέθους από 0,1 έως 2,5 μm , προέρχονται από συσσωματώσεις μικρότερων σωματιδίων (υποκατηγορίας πυρήνα), και από συμπυκνώσεις επιπρόσθετου υλικού στις συσσωματώσεις αυτές. Μια άλλη διαδικασία σχηματισμού των σωματιδίων της υποκατηγορίας αυτής, είναι οι χημικές αντιδράσεις που γίνονται στα σύννεφα. Αυτές συνήθως αφορούν την οξείδωση αερίων ουσιών, όπως το SO_2 , η οποία γίνεται στο υδατικό περιβάλλον των σταγόνων που σχηματίζονται γύρω από τα μικρότερα σωματίδια. Μετά την εξάτμιση της σταγόνας, η μάζα του σωματιδίου είναι αυξημένη κατά το προϊόν της οξείδωσης.

2. Τα χονδρόκοκκα (coarse mode)

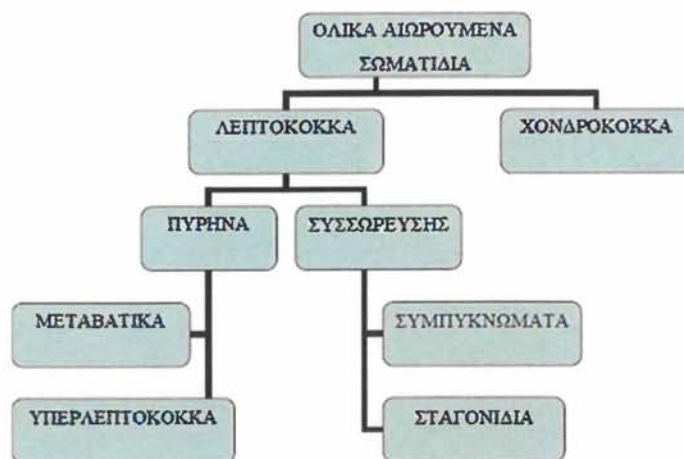
Έχουν αεροδυναμική διάμετρο μεγαλύτερη από 2,5 μm . Παράγονται συνήθως με μηχανικούς τρόπους.

Στο περιβάλλον, τα μεγαλύτερα σωματίδια, π.χ. εκείνα με διάμετρο 10 μm , είναι δυνατόν να μείνουν σε αιώρηση για 10 με 20 ώρες πριν την καθίζησή τους στο κάτω τμήμα της τροπόσφαιρας. Η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι περίπου 7 m / s συνεπώς

τα σωματίδια αυτά μπορούν να ταξιδέψουν έως 20 με 30 χιλιόμετρα, ενώ τα μικρότερα σωματίδια (διαμέτρου 0,1 έως 1 μm) μπορούν να απομακρυνθούν έως και πολλές εκατοντάδες χιλιόμετρα από το σημείο εκπομπής τους. Ένα μικρό ποσοστό των αιωρούμενων σωματιδίων μπορεί να φτάσει έως το άνω τμήμα της τροπόσφαιρας (5 – 15 χιλιόμετρα ύψος). Τα σωματίδια αυτά μπορούν να μείνουν αιωρούμενα για μεγάλους χρόνους (ως 1 έτος).



Εικόνα 1.10: Ιδανική κατανομή κατά μέγεθος αιωρούμενων σωματιδίων.



Εικόνα 1.11 : Κατηγορίες με βάση το μέγεθος αιωρούμενων σωματιδίων.

Ταξινόμηση με κριτήριο τη διεισδυτικότητα στον ανθρώπινο οργανισμό :

Η συμπεριφορά των σωματιδίων μέσα στον ανθρώπινο οργανισμό έχει απασχολήσει έντονα την επιστημονική κοινότητα και είναι ακόμα υπό μελέτη. Ωστόσο, τα μέχρι σήμερα συμπεράσματα φαίνεται να εντοπίζονται στις εξής υποομάδες των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSP):

- Εισπνεύσιμα σωματίδια (inhalable particles)

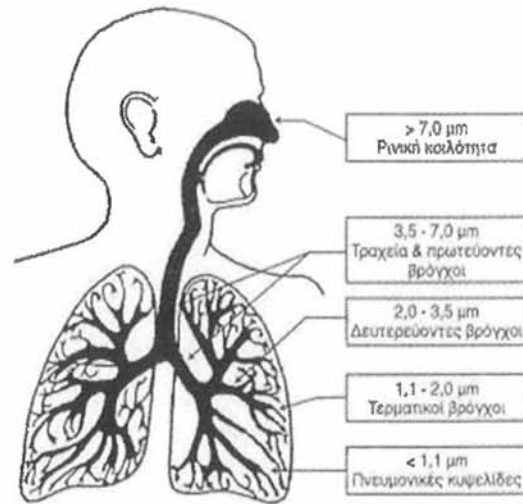
Είναι τα αιωρούμενα σωματίδια που εισέρχονται στο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα (ρινοφάρυγγας). Αυτό το κλάσμα των ολικών σωματιδίων περιλαμβάνει σωματίδια με διαμέτρους μικρότερες από 10 μm, καθώς η μεγάλη πλειοψηφία των σωματιδίων με διαμέτρους μεγαλύτερες από 10 μm κατακρατούνται στη στοματική και ρινική κοιλότητα.

- Θωρακικά σωματίδια (thoracic particles)

Είναι το κλάσμα των PM10 που καταφέρνουν να διαπερνούν το ανώτερο τμήμα της αναπνευστικής οδού (ρινοφάρυγγας). Θεωρείται ότι έχουν μέγεθος μικρότερο από 7 μm.

- Αναπνεύσιμα σωματίδια (respirable particles)

Το κλάσμα με μέγεθος αεροδυναμικής διαμέτρου έως περίπου 2,5 μm είναι το πιο σημαντικό από άποψη επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία. Τα σωματίδια αυτά καταφέρνουν γενικά να διεισδύσουν ως τα βάθη των πνευμόνων και γι' αυτό καλούνται αναπνεύσιμα.



Εικόνα 1.12 : Διεσδυτικότητα αιωρούμενων σωματιδίων στον ανθρώπινο οργανισμό.

1.1.5 PM10 και PM2,5 σωματίδια

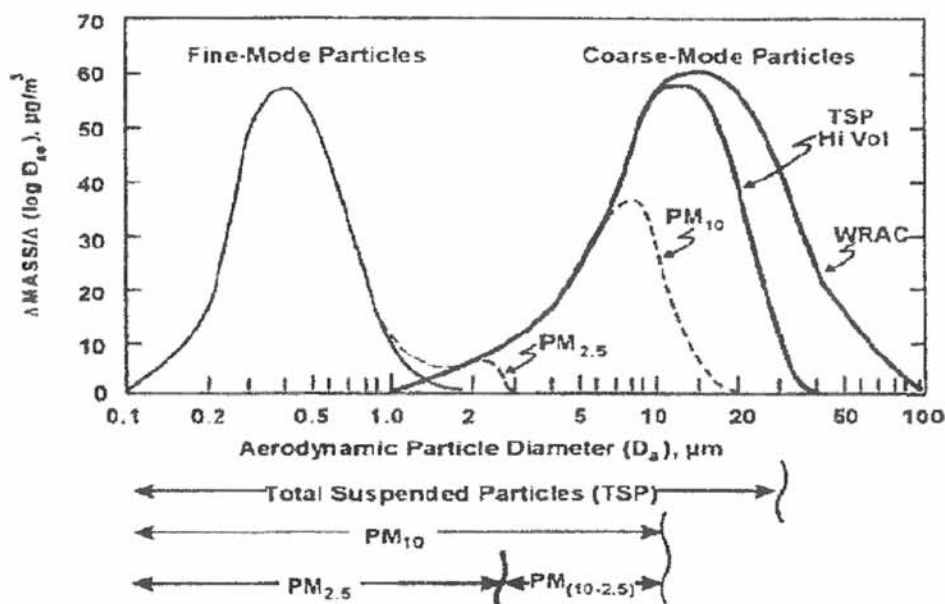
Τα αιωρούμενα σωματίδια συνιστούν ίσως τον πιο σύνθετο ατμοσφαιρικό ρύπο, καθώς αποτελούνται από πολυάριθμες χημικές ενώσεις με διαφοροποιημένες ιδιότητες και μέγεθος. Τα σωματιδιακά κλάσματα για τα οποία υπάρχουν θεσπισμένες οριακές τιμές συγκέντρωσης είναι τα PM10 και τα PM2.5 (λεπτά σωματίδια). Η διαφορά των δύο συνιστά το κλάσμα των PM10-2.5 (αδρά σωματίδια). Αντίστοιχα πολυσύνθετη όσο και η σύστασή τους, είναι και η προέλευση των σωματιδίων από πηγές άμεσης εκπομπής και δευτερογενείς διαδικασίες.

Με βάση ορισμό την ταξινόμηση των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων κατά μέγεθος (σε λεπτόκοκκα και χονδρόκοκκα) και σε συσχέτιση με τη διεσδυτικότητά τους στον ανθρώπινο οργανισμό (εισπνεύσιμα και αναπνεύσιμα), γίνεται η εισαγωγή δυο νέων ρυπαντικών παραμέτρων, των σωματιδίων PM10 και των σωματιδίων PM2,5.

Θεωρείται γενικά ότι τα PM10 ταυτίζονται με την κατηγορία των εισπνεύσιμων σωματιδίων και έχουν διάμετρο έως 10 μm. Ωστόσο, ο ορισμός αυτός δεν λαμβάνει υπόψιν του το γεγονός ότι είναι αδύνατον να κατασκευαστεί δειγματολήπτης ικανός να λειτουργεί υπό μορφή βηματικής συνάρτησης, οπότε να αποκλείει τη συλλογή των σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο παραπλήσια της επιθυμητής, ώστε να μπορούμε να προσδιορίσουμε σωματίδια μέχρι ή από μία διάμετρο και πέρα. Στην

πράξη, δηλαδή, τα PM10 περιλαμβάνουν και ένα περιορισμένο αριθμό σωματιδίων με μέγεθος μεγαλύτερο από 10 μm .

Στο παρακάτω σχήμα 1.4 παρουσιάζονται τα κυριότερα κλάσματα των αιωρούμενων σωματιδίων, όπως ορίστηκαν παραπάνω. Από το σχήμα φαίνεται ότι στα PM10 περιλαμβάνεται και ένας αριθμός σωματιδίων με διάμετρο μεγαλύτερη από 10 μm .



Σχήμα 1.4 : Κλάσματα των αιωρούμενων σωματιδίων

Για τον παραπάνω λόγο, ο αυστηρός ορισμός των PM10 όπως τον αναφέρει η Ε.Ε. στις οδηγίες της είναι:

«PM10 νοούνται τα σωματίδια που διέρχονται δια στομίου επιλεγέντος μεγέθους, το οποίο συγκρατεί το 50 % των σωματιδίων αεροδυναμικής διαμέτρου 10 μm ».

Τα PM2,5 ταυτίζονται με την κατηγορία των αναπνεύσιμων σωματιδίων και θεωρείται ότι έχουν διάμετρο έως και 2,5 μm . Ο αντίστοιχος ορισμός της Ε.Ε για τα PM2,5 είναι:

«PM_{2,5} νοούνται τα σωματίδια που διέρχονται δια στομίου επιλεγέντος μεγέθους, το οποίο συγκρατεί το 50 % των σωματιδίων αεροδυναμικής διαμέτρου 2,5 μm»

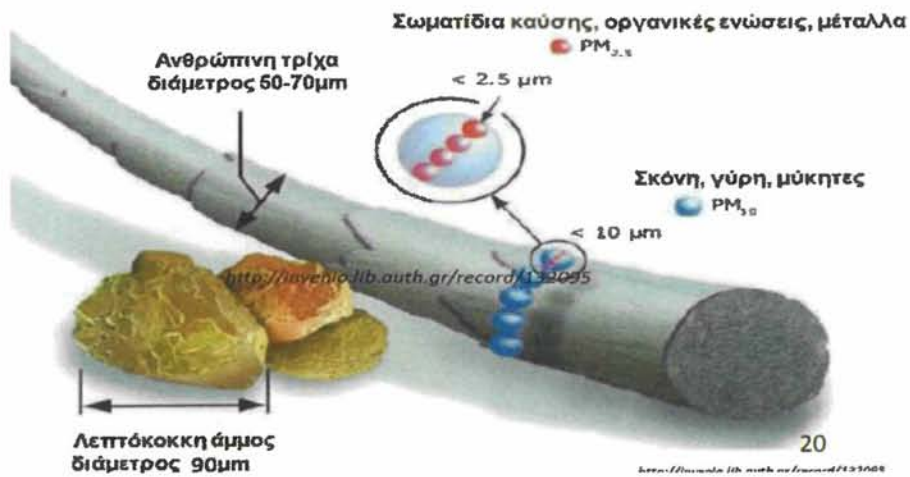
Τα αιωρούμενα σωματίδια και ιδιαίτερα οι συγκεντρώσεις των PM₁₀ και PM_{2.5} παρακολουθούνται σε δίκτυα ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα λόγω των πιθανών επιπτώσεών τους στην υγεία, το κλίμα, την ποιότητα των υδάτων κ.λπ.

Συνήθως τη σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων την χωρίζουμε σε τέσσερα κλάσματα:

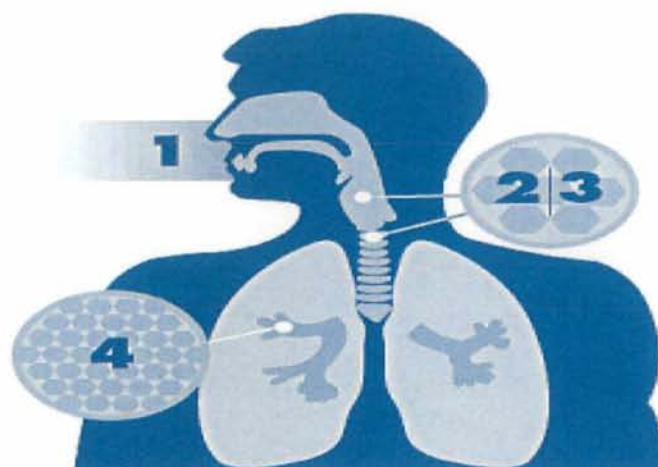
1. το ανόργανο ιοντικό κλάσμα (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^+ , Mg^{2+})
2. το ανθρακικό κλάσμα, το οποίο αποτελείται από στοιχειακό και οργανικό άνθρακα και αποτελεί μεγάλο ποσοστό των αιωρούμενων σωματιδίων. Η περιεκτικότητά του σε ευρωπαϊκές αστικές περιοχές φτάνει μέχρι το 25-40% των PM₁₀ και 30-50% των PM_{2.5}
3. το στοιχειακό κλάσμα το οποίο αποτελείται από Al, Si, Fe, Ca, K, Mg, Ti και περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά στοιχεία του φλοιού της Γης (Al, Si, Ti) καθώς και στοιχεία με μεγάλο ποσοστό στο φλοιό της Γης (Ca, Fe, K, Mg) και
4. το κλάσμα των μετάλλων σε ίχνη, στα οποία περιλαμβάνονται και τα τοξικά μέταλλα, τα οποία είναι Mn, Pb, Cu, Zn, Ni.

Τα αιωρούμενα σωματίδια, ανάλογα με το μέγεθός στις, μπορούν να εισέλθουν στον ανθρώπινο οργανισμό, μέσω των αναπνευστικών οδών. Ειδικότερα:

- >11μm: δεν διεισδύουν στην αναπνευστική οδό
- 7-11μm: εισχωρούν στην ρινική κοιλότητα
- 4.7-7μm: εισχωρούν στο φάρυγγα
- 3.3-4.7μm: εισχωρούν στην τραχεία και την αρχή των βρόγχων
- 2.1-3.3μm: εισχωρούν στο μέσο των βρόγχων
- 1.1-2.1μm: εισχωρούν στα τελευταία τμήματα των βρόγχων
- 0.65-1.1μm: εισχωρούν στα βρογχιόλια (αεραγωγοί με διάμετρο<1mm)
- 0.43-0.65μm: εισχωρούν στις κυψελίδες των πνευμόνων



Εικόνα 1.13 : Διάμετρος σωματιδίων



- 1** Τα αναρρόγμενα σωματίδια (ΑΣ) εισέρχονται αναπνευστικό μας σύστημα (πνεύμονες) μέσω της μύτης και του λαιμού
- 2|3** Τα μεγαλύτερα σωματίδια (ΑΣ10) απομακρύνονται μέσω του βήχα, του φτερνίσματος και με την κατόπση.
- 4** Τα λεπτά σωματίδια ΑΣ2,5 μπορούν να διασώσουν βαθιά στους πνεύμονες. Μπορούν να παρθώσουν με όλες τις δόσεις στις κυψελίδες, προκαλώντας προβλήματα στους πνεύμονες και την καρδιά, και τροφοδοτούν με επιβλαβείς χημικές ουσίες το κυκλοφορικό σύστημα (αίμα).

Εικόνα 1.14 : Τρόποι εισχώρησης σωματιδίων στον ανθρώπινο οργανισμό

1.1.6 Επιπτώσεις στην υγεία και στο περιβάλλον

Έρευνες δείχνουν, ότι οι κακές συνέπειες των αερολυμάτων στην υγεία εμφανίζονται ακόμη και σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις. Εκτιμάται ότι τα βραχυχρόνια επεισόδια ρύπανσης, είναι υπεύθυνα για το 7-10 % των ασθενειών του κατώτερου αναπνευστικού στα παιδιά, και ότι το ποσοστό αυτό αυξάνεται στο 20% στις ρυπασμένες αστικές περιοχές. Ακόμη, πρόσφατες εκτιμήσεις δείχνουν ότι 4-8 % των πρώιμων θανάτων, οφείλεται σε έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια. Η διαπερατότητα των κάθε είδους σωματιδίων στο ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα, είναι συνάρτηση της αεροδυναμικής τους διαμέτρου. Τα τμήματα του αναπνευστικού συστήματος που εξετάζουμε είναι ο ρινοφάρυγγας και η τραχεία, ο θώρακας και οι κυψελίδες. Τα σωματίδια που διαπερνούν την πρώτη περιοχή λέγονται αναπνεύσιμα, τη δεύτερη θωρακικά και την τρίτη εισπνεύσιμα. Με αυτό τον τρόπο, μπορούμε να διαχωρίσουμε τα σωματίδια ανάλογα με την αεροδυναμική τους διάμετρο D_{ae} και την διαπερατότητά τους στο αναπνευστικό σύστημα, σε:

- ο Αναπνεύσιμα: $10 < D_{ae} < 200 \mu m$,
- ο Θωρακικά: $4 < D_{ae} < 10 \mu m$,
- ο Εισπνεύσιμα: $D_{ae} < 4 \mu m$.

Οι επιπτώσεις στην υγεία λόγω των αιωρούμενων σωματιδίων, περιλαμβάνουν επιδείνωση της βρογχίτιδας σε ενήλικες και παιδιά με προϋπάρχοντα αναπνευστικά προβλήματα. Μπορεί να επιφέρουν μικρές αλλά και πιο σημαντικές αλλαγές στη λειτουργία των πνευμόνων σε μικρά παιδιά, αλλά μπορεί να φτάσουν ακόμη και σε αιφνίδιο θάνατο σε ηλικιωμένους με προϋπάρχοντα προβλήματα στην καρδιά και στους πνεύμονες, αν τα όρια συγκέντρωσης είναι πολύ υψηλά. Προβλήματα μπορεί να εμφανιστούν σε ασθματικούς και σε ανθρώπους με αλλεργίες, ειδικά όσον αφορά τα θειικά σωματίδια. Στα σημερινά επίπεδα συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων, η ποικιλία και η συχνότητα των συμπτωμάτων αυξάνουν με την αύξηση των αιωρούμενων σωματιδίων. Μακροπρόθεσμα, η έκθεση στα αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να προκαλέσει ζημιά στους πνευμονικούς ιστούς οδηγώντας σε χρόνια αναπνευστική πάθηση, καρκίνο, πρόωρη ασθένεια και θάνατο. Τα παιδιά που ζουν σε περιοχές με

υψηλότερες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων, εμφανίζουν συχνότερα κρυολογήματα, βήχα και άλλα συμπτώματα που δεν εμφανίζουν παιδιά που ζουν σε περιοχές με μικρότερη ρύπανση. Αιωρούμενα σωματίδια από βιομηχανικές πηγές, κυρίως κοντά σε χυτήρια, συνεισφέρουν στον υψηλό ρυθμό εμφάνισης καρκίνου του πνεύμονα. Τα συμπτώματα χρόνιας πνευμονικής πάθησης συσχετίζονται με τα επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων, ενώ οι συχνότητες των θανάτων σχετίζονται με την ρύπανση από θειικά και αιωρούμενα σωματίδια.

Με την έκθεση της EPA το 1996 (όπου βασίστηκε η CAA) αλλά και τις οδηγίες του WHO (Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας – Π.Ο.Υ.) εξετάζονταν κυρίως τα PM10.

Για τα σωματίδια PM2.5, είναι επιβεβαιωμένη η αιτιώδης σχέση της βραχυχρόνιας και μακροχρόνιας ανθρώπινης έκθεσης με την εμφάνιση καρδιαγγειακών επιπτώσεων (Brook et al., 2010; EPA, 2012). Για την αυξημένη βραχυχρόνια έκθεση, τα αποτελέσματα των επιδημιολογικών μελετών αναφέρουν αρρυθμίες, ισχαιμικά συμπτώματα και περιστατικά καρδιακής ανεπάρκειας (Cesaroni et al., 2014). Είναι επίσης θεμελιωμένη η διασύνδεση της βραχυχρόνιας και μακροχρόνιας έκθεσης σε PM2.5, με την αύξηση της θνησιμότητας (Beelen et al., 2014). Θεωρείται ισχυρά πιθανή η διασύνδεση της έκθεσης σε PM2.5 με την εμφάνιση αναπνευστικών συμπτωμάτων (Bell, 2012). Διερευνάται επίσης, η πιθανή συσχέτιση της έκθεσης σε αδρά σωματίδια (PM10-2.5) με επιπτώσεις στην υγεία (Brunekreef and Forsberg, 2005).

Το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) αποτελεί δείκτη των ολικών οξειδίων του αζώτου, τα οποία εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από κάθε διαδικασία καύσης, με σημαντικότερες για την ανθρώπινη έκθεση, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές, τις εκπομπές από την κυκλοφορία οχημάτων. Είναι επιβεβαιωμένη η αιτιώδης σχέση μεταξύ βραχυχρόνιας έκθεσης σε NO₂ και επιπτώσεων στο αναπνευστικό σύστημα, με πλέον χαρακτηριστική την ασθματική αντίδραση (EPA, 2016). Επίσης, θεωρείται ισχυρά πιθανή η συσχέτιση της μακροχρόνιας έκθεσης σε NO₂ με την πρόκληση άσθματος (Anderson et al., 2013). Καθώς το NO₂, γενικά, περιορίζεται στις αεροφόρους οδούς και δεν εισέρχεται εύκολα στο κυκλοφορικό σύστημα, η πιθανή σύνδεση του με μη αναπνευστικά συμπτώματα παραμένει υπό διερεύνηση.

Το διοξείδιο του θείου (SO₂) εκπέμπεται κατά τη χρήση καυσίμων που περιέχουν θείο, με τις καύσεις ορυκτών υλών για την παραγωγή ενέργειας να αποτελούν τη σημαντικότερη διαδικασία εκπομπής. Η βραχυχρόνια έκθεση σε SO₂ συνδέεται με την

εμφάνιση αναπνευστικών συμπτωμάτων. Χαρακτηριστικό του SO₂ αποτελεί ότι, κατά μεγάλο βαθμό, απορροφάται κατά την αναπνοή στις επιφάνειες της ρινικής κοιλότητας. Για αυτόν τον λόγο, παρά την αυξημένη χημική του δραστηριότητα, η διέλευση του προς το κυκλοφορικό σύστημα δυσχεραίνεται. Για ομάδες πληθυσμού όμως, που εμφανίζουν υψηλότερους ρυθμούς δραστηριότητας, η στοματική αναπνοή είναι εντονότερη, με αποτέλεσμα την αυξημένη διείσδυση του SO₂ στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα και την συνεπαγόμενη έξαρση αναπνευστικών συμπτωμάτων, ιδιαίτερα ασθματικού τύπου (Sunyer et al., 2003; EPA, 2017α). Αναφέρεται επίσης η σύνδεση της έκθεσης σε SO₂ με κεφαλαλγίες και αίσθημα δυσφορίας και άγχους.

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) αποτελεί προϊόν της ατελούς καύσης και η έκθεση του πληθυσμού σε αυτό πραγματοποιείται μέσω των εκπομπών που προέρχονται από την κυκλοφορία οχημάτων. Το CO κατά την εισπνοή δεσμεύεται στην αιμογλοβίνη, η οποία μεταφέρει οξυγόνο από το αναπνευστικό σύστημα στο ιστούς. Η σχηματιζόμενη καρβοξυ-αιμογλοβίνη (COHb) παρεμποδίζει τη διαδικασία οξυγόνωσης στον οργανισμό. Κύριο αποτέλεσμα της βραχυχρόνιας έκθεσης σε CO είναι η πρόκληση καρδιαγγειακής νοσηρότητας, με χαρακτηριστικότερο σύμπτωμα την ασκησιογενή στηθάγχη (EPA, 2010). Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα ενδέχεται να οδηγήσει σε βλάβες του κεντρικού νευρικού συστήματος.

Το τροποσφαιρικό όζον (O₃) αποτελεί δευτερογενή ένωση, παραγόμενη από φωτοχημικές αντιδράσεις στις οποίες συμμετέχουν πρωτογενείς ρύποι, όπως οξείδια του αζώτου, πτητικές οργανικές ενώσεις και μονοξείδιο του άνθρακα. Η έκθεση σε όζον στο αστικό περιβάλλον είναι μεγαλύτερη για κατοίκους περιοχών που βρίσκονται σε απόσταση από τις πηγές άμεσης εκπομπής πρόδρομων ενώσεων. Η παρουσία του όζοντος, μιας ισχυρά οξειδωτικής ένωσης, στο αναπνευστικό σύστημα, οδηγεί στην παραγωγή δευτερογενών προϊόντων οξείδωσης, τα οποία προκαλούν μείωση της αναπνευστικής λειτουργίας, φλεγμονή των αεραγωγών και βρογχική αντιδραστικότητα (Mudway and Kelly, 2000). Η αυξημένη βραχυχρόνια έκθεση σε όζον συνδέεται άμεσα με την παρατήρηση ευρέος φάσματος αναπνευστικών συμπτωμάτων, τόσο σε υγιείς όσο και σε ευαίσθητες υποομάδες του πληθυσμού (Samoli et al., 2017), ενώ ισχυρά πιθανή είναι η γενική και καρδιο-αναπνευστική θνησιμότητα (Katsouyanni et al., 2009). Ισχυρά πιθανή θεωρείται και η πρόκληση αναπνευστικής νοσηρότητας (Zanobetti et al., 2011)

και πιθανή η αύξηση της θνησιμότητας (Di et al., 2017), ως αποτελέσματα της μακροχρόνιας έκθεσης.

Το βενζόλιο (C₆H₆) είναι αρωματικός υδρογονάνθρακας που εκπέμπεται, κυρίως, ως παραπροϊόν της καύσης κλασμάτων του πετρελαίου και ιδίως από τις εκπομπές των οχημάτων. Το βενζόλιο στον οργανισμό έχει αιμοτοξική δράση και η χρόνια έκθεση συνδέεται με την καταστολή της λειτουργίας του μυελού των οστών. Επίσης είναι αναγνωρισμένη καρκινογόνος ένωση και πιθανά γενετοξική (EC, 1998).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση υπάρχουν θεσπισμένα πρότυπα ποιότητας της ατμόσφαιρας για μια σειρά από βαρέα μέταλλα (μόλυβδος - Pb, νικέλιο - Ni, κάδμιο - Cd και το μεταλλοειδές αρσενικό - As). Τα συγκεκριμένα στοιχεία, τα οποία με την εν μέρει εξαίρεση του αρσενικού, απαντούν στη σωματιδιακή φάση, περιέχονται κυρίως σε εκπομπές από την παραγωγή ενέργειας και τη βιομηχανική δραστηριότητα. Ο μόλυβδος έχει νευροτοξική δράση (Lanphear et al., 2005) και επίσης συνδέεται με την εμφάνιση καρδιαγγειακών, αιματολογικών και αναπαραγωγικών διαταραχών (EPA, 2013). Το αρσενικό, το κάδμιο και ορισμένες ενώσεις του νικελίου έχουν αναγνωρισμένη καρκινογόνο δράση (IARC, 2013). Στην οδηγία για τα As, Cd, Ni (2004/107/EK) περιλαμβάνεται και ο υδράργυρος (Hg) που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, ο οποίος μεταφέρεται και εναποτίθεται σε μεγάλες αποστάσεις και συσσωρεύεται στην τροφική αλυσίδα.

Στην ΕΕ προβλέπεται η παρακολούθηση των επιπέδων των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons - PAHs), με αντιπροσωπευτική ένωση για την οποία προβλέπεται τιμή-στόχος το βενζο(α) πυρένιο (B[a]P). Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα PAHs δυνητικά προκαλεί και προάγει την ανάπτυξη της κακοήθους νόσου του αναπνευστικού συστήματος (EC, 2001).



Εικόνα 1.15 : Σωματίδια και πιθανή καρκινογένεση

Η βλάστηση επηρεάζεται από ένα πλήθος αερίων και σωματιδιακών ρύπων και κλιματολογικών αλλαγών. Το τελικό αποτέλεσμα καθορίζεται από μια σειρά παραγόντων, ανάμεσά τους το είδος και η ηλικία του φυτού, η θρεπτική ισορροπία του και η υγρασία και το ποσοστό ηλιοφάνειας.

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι δυνατόν να διεισδύσουν και να επηρεάσουν στο φυτό είτε με άμεσο είτε με έμμεσο τρόπο. Άμεσα εισέρχονται στο φυτικό σύστημα μέσω της αναπνοής του φυτού, κατά τρόπο ανάλογο με την είσοδό τους στο ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα. Παράλληλα, η εναπόθεση των ρύπων στις εξωτερικές επιφάνειες των φύλλων ελαττώνει την προσπίπτουσα σε αυτό ηλιακή ακτινοβολία περιορίζοντας αναλόγως και τη φωτοσύνθεση. Έμμεσα, οι σωματιδιακοί ρύποι επιδρούν στο φυτικό σύστημα κατά την εναπόθεσή τους στο έδαφος. Εκεί αλλάζουν τη σύσταση των θρεπτικών συστατικών του εδάφους τα οποία μεταφέρονται μέσω των ριζών στο φυτό.

Οι επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στους φυτικούς οργανισμούς κυμαίνονται από ανεπαίσθητες μέχρι καταστροφικές και ταξινομούνται σε ορατά και σε μη ορατά συμπτώματα. Ορατά συμπτώματα είναι η απόκλιση από την φυσιολογική, υγιή εμφάνιση του φυλλώματος των φυτών όπως η κατάρρευση ή νέκρωση ιστών του φύλλου και η απώλεια χρώματος. Μια άλλη ορατή συνέπεια της ρύπανσης στους φυτικούς οργανισμούς είναι η μεταβολή στη φυσιολογία τους που μπορεί να προκαλέσει πρόωρη γήρανση ή και πτώση των φύλλων ενός φυτού. Στα μη ορατά αποτελέσματα

συμπεριλαμβάνονται η μλειαμένη ανάπτυξη, οι μεταβολές στις βιοχημικές διεργασίες καθώς και οι διαταραχές στον κύκλο αναπαραγωγής του φυτού.

Η σωματιδιακή ρύπανση μπορεί με διάφορους μηχανισμούς να επηρεάσει και το ευρύτερο περιβάλλον στο οποίο ζούμε.

Όσο μικρότερη είναι η διάμετρος του σωματιδίου, τόσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνειά του. Αυτό έχει ως άμεση συνέπεια να καταλύονται χημικές αντιδράσεις αφού διάφορα αέρια ή υγρά υλικά (π.χ. οργανικές ενώσεις) απορροφούνται από τις μεγάλες αυτές επιφάνειες των μικρών σωματιδίων. Αυτά έχουν σχέση με το σχηματισμό φωτοχημικού νέφους η οποία επηρεάζει τόσο την υγεία του ανθρώπου όσο και το ίδιο το περιβάλλον.

Το μέγεθος των αιωρούμενων σωματιδίων, επίσης, παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας. Σωματίδια της τάξεως των 0,1-1 μm προκαλούν τα μεγαλύτερα φαινόμενα ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας (περίπου 10%) αφού η διάμετρός τους είναι συγκρίσιμη με τα μήκη κύματος της ορατής ακτινοβολίας. Γενικά τα σωματίδια αυτά ελαττώνουν την ορατότητα καθώς και την ηλιακή ακτινοβολία μέχρι αυτή να φτάσει στη γη. Αν αυτή η θολότητα της ατμόσφαιρας αυξηθεί, τότε αναμένεται σημαντική πτώση της θερμοκρασίας της Γης τα επόμενα χρόνια.

Πέρα από τις παραπάνω δράσεις, τα αιωρούμενα σωματίδια προκαλούν επιπτώσεις και στο κλίμα. Σωματίδια τάξης μεγέθους 0,1-10 μm αποτελούν πυρήνες για το σχηματισμό σταγόνων βροχής, την αύξηση των σύννεφων και της βροχόπτωσης στις πόλεις. Αν τα σωματίδια είναι μικρότερου μεγέθους, τότε οι σταγόνες της βροχής είναι μικρότερες και δεν πέφτουν. Αυτό όμως έχει σαν συνέπεια την ελάττωση της βροχόπτωσης αλλά την αύξηση της συνεφιάς.

Οι επιπτώσεις σχετίζονται κυρίως με την εναπόθεση αέριων και σωματιδιακών ενώσεων του αζώτου και του θείου στο έδαφος και στους υδάτινους αποδέκτες. Η ξηρή ή υγρή εναπόθεση του αζώτου πραγματοποιείται κυρίως με τη μορφή αμμωνιακών και νιτρικών ενώσεων (οι οποίες παράγονται δευτερογενώς από την αμμωνία και τα οξείδια του αζώτου) και του θείου με τη μορφή θειικών ενώσεων (αντίστοιχα παραγόμενων από τη δευτερογενή μετατροπή του διοξειδίου του θείου). Καθώς οι εν λόγω ενώσεις βρίσκονται κυρίως στη σωματιδιακή φάση, τα αιωρούμενα σωματίδια συμμετέχουν εμμέσως στις διαδικασίες εναπόθεσης (Jacobson, 2002).

Ένα από τα σημαντικότερα αποτελέσματα της εναπόθεσης ατμοσφαιρικού αζώτου και θείου είναι η οξίνιση των εδαφών και των υδάτινων αποδεκτών, ο βαθμός της οποίας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η τοπογραφία, η υδρογεωχημική σύσταση και η χρήση-κάλυψη γης. Η οξίνιση του εδάφους είναι μια φυσική διαδικασία, η οποία επιταχύνεται κατά την εναπόθεση ενώσεων αζώτου και θείου, οι οποίες μπορούν να ελαττώσουν τη συγκέντρωση ατων ανταλλάξιμων κατιόντων. Η βιολογική επίδραση της οξίνισης προκύπτει ως αποτέλεσμα της περιορισμένης δυνατότητας των φυτών να προσλάβουν τα απαραίτητα κατιόντα και της αυξημένης τοξικότητας λόγω της έκλυσης τρισθενούς αργιλίου. Στα υδάτινα οικοσυστήματα, η επίδραση της εναπόθεσης αζώτου και θείου στη χημική σύσταση του νερού είναι μεγάλη, με αποτέλεσμα να απειλούνται τα είδη που έχουν αυξημένη ευαισθησία στις όξινες συνθήκες. Η μείωση του pH και της ικανότητας εξουδετέρωσης οξέων, συνεπάγεται ελάττωση των πληθυσμών ζωοπλαγκτόν, μακροασπονδύλων και ψαριών. Η χρόνια οξίνιση σχετίζεται κυρίως με την εναπόθεση ενώσεων του θείου, ενώ η εναπόθεση των ενώσεων του αζώτου αποτελεί το κύριο αίτιο επεισοδίων έντονης οξίνισης, τα οποία, παρότι είναι μικρής διάρκειας, μπορούν να επιφέρουν υπολογίσιμες μακροπρόθεσμες βιολογικές επιπτώσεις (EPA, 2017β). Λόγω των σημαντικών μειώσεων στις εκπομπές οξειδίων του θείου - τα οποία έχουν μεγαλύτερο δυναμικό οξίνισης σε σχέση με τις ενώσεις αζώτου - οι επιπτώσεις της οξίνισης στην Ευρώπη έχουν περιορισθεί σημαντικά, κατά τα τελευταία έτη (EEA, 2017).

Η εναπόθεση των αζωτούχων ενώσεων (κυρίως οξειδίων του αζώτου και αμμωνίας) έχει ως αποτέλεσμα τη διαταραχή των υδάτινων και χερσαίων οικοσυστημάτων και λόγω του εμπλουτισμού των υδάτινων αποδεκτών σε θρεπτικά άλατα του αζώτου, που υπό συνθήκες οδηγεί στην αύξηση της παραγωγής φυτοπλαγκτόν και αλγών και την εκδήλωση ευτροφισμού. Οι συνέπειες του ευτροφισμού περιλαμβάνουν τη χειροτέρευση της ποιότητας του νερού, με την εμφάνιση υποξικών ζωνών, και την αύξηση της θνησιμότητας των υδρόβιων οργανισμών (EPA, 2008).

Η εναπόθεση ατμοσφαιρικού αζώτου μεταβάλλει, επίσης, τους βιογεωχημικούς κύκλους του αζώτου και του άνθρακα στα χερσαία οικοσυστήματα, με επιπτώσεις στην αφθονία και σύνθεση των φυτικών πληθυσμών (Vallero, 2006). Σε αντίθεση με την οξίνιση, ο ευτροφισμός αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα στις ευρωπαϊκές χώρες,

καθώς εκτιμάται ότι πάνω από το 70% των οικοσυστημικών περιοχών εκτίθεται σε εναπόθεση αζωτούχων ενώσεων, που υπερβαίνει τη δυνατότητα τους να τις απορροφήσουν χωρίς αρνητικές επιπτώσεις (EEA, 2017).

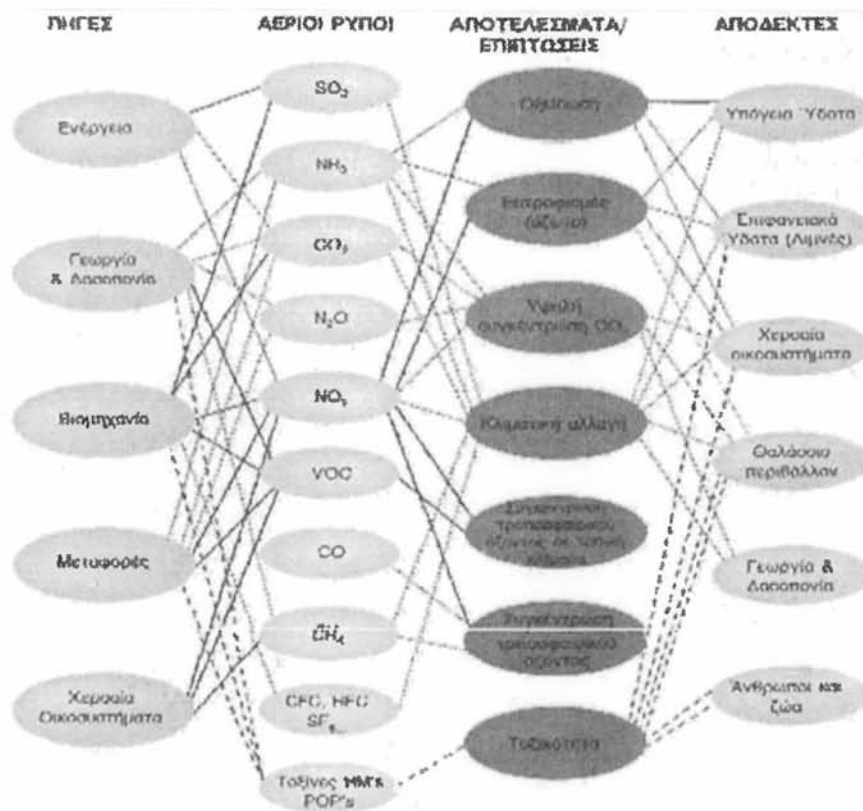
Οι έμμονοι οργανικοί ρύποι (POPs) και τα βαρέα μέταλλα (As, Cd, Pb, Hg, Ni), επίσης προξενούν σημαντικές βλάβες στα φυσικά οικοσυστήματα, λόγω της αυξημένης τοξικότητάς τους και της τάσης τους για βιοσυσσώρευση. Οι συγκεκριμένοι ρύποι δεν αποσυντίθενται κατά την εναπόθεση και μεταβολίζονται δύσκολα από τους οργανισμούς, οι οποίοι μπορούν μακροπρόθεσμα να προσλαμβάνουν μεγάλες δόσεις, έστω και αν εκτίθενται σε χαμηλά επίπεδα (EEA, 2016).

Η απόθεση αιθάλης φθείρει και προκαλεί μεγάλες ζημιές σε είδη πετρωμάτων και αλλά υλικά, συμπεριλαμβανομένων και πολύ σημαντικών πολιτιστικών αντικειμένων όπως μνημεία και αγάλματα.

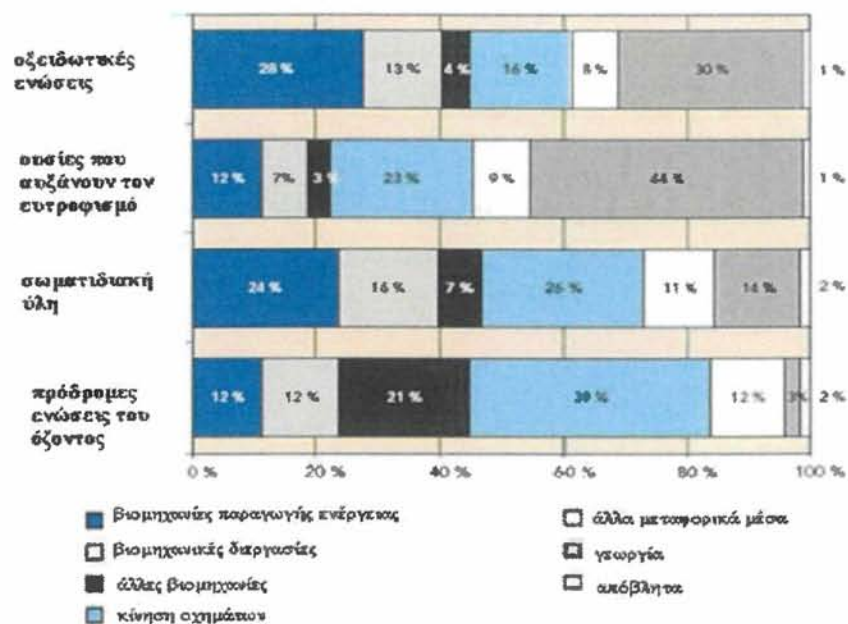
Είναι αυτονόητη η διασύνδεση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής, καθώς τα αέρια του θερμοκηπίου παράγονται σε μεγάλο βαθμό από κοινές πηγές και διαδικασίες με τους ατμοσφαιρικούς ρύπους που κυρίως εξετάζονται λόγω της επίδρασης τους στην ανθρώπινη υγεία και το φυσικό περιβάλλον. Όπως όμως προκύπτει, κάποιοι αέριοι ρύποι καθώς και βασικά χημικά συστατικά των αιωρούμενων σωματιδίων, αν και έχουν σύντομο χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα, συμμετέχουν στις διαδικασίες που συνδέονται με τις κλιματικές μεταβολές. Ρύποι που συνεισφέρουν στη θέρμανση του κλίματος είναι το τροποσφαιρικό όζον, αλλά και ο “μαύρος άνθρακας” (Black Carbon - BC), ένα από τα κύρια συστατικά των αιωρούμενων σωματιδίων. Άλλα σωματιδιακά συστατικά, όπως ο οργανικός άνθρακας και τα θειικά, νιτρικά και αμμωνιακά σωματίδια, έχουν ψυκτική επίδραση (IPCC, 2013). Επισημαίνεται επίσης και η έμμεση επίδραση των αιωρούμενων σωματιδίων στο κλίμα, καθώς επιδρούν στις μικροφυσικές ιδιότητες των νεφών, μεταβάλλοντας την ανακλαστικότητα τους καθώς και τους κύκλους των βροχοπτώσεων (EEA, 2014).

Η σχέση ατμοσφαιρικής ρύπανσης και κλιματικής αλλαγής είναι αμφίδρομη, καθώς οι κλιματικές μεταβολές προκαλούν αλλαγές των μετεωρολογικών παραμέτρων, οι οποίες επηρεάζουν τις διαδικασίες σχηματισμού, διασποράς και μεταφοράς των ρύπων στην ατμόσφαιρα. Για παράδειγμα, η αύξηση της θερμοκρασίας αναμένεται να οδηγήσει σε ενίσχυση των βιογενών εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων. Κατά συνέπεια, τα ζητήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής πρέπει

να αντιμετωπίζονται συνδυαστικά. Με αυτόν τον τρόπο θα αποφεύγεται η λήψη μέτρων που έχουν παράπλευρες αρνητικές συνέπειες για ένα εκ των δύο μερών. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν, η αυστηροποίηση των ορίων εκπομπών CO₂ από τα αυτοκίνητα χωρίς αντίστοιχη μείωση για τις εκπομπές PM και NO_x, καθώς και η προώθηση της χρήσης καύσιμης ανανεώσιμης βιομάζας, χωρίς ύπαρξη επαρκούς πλαισίου ελέγχου εκπομπών.



Εικόνα 1.16 : Σχέση μεταξύ πηγών εκπομπής και αποδεκτών διαφόρων χημικών



Εικόνα 1.17 : Πηγές εκπομπής αέριων ρύπων και η συνεισφορά τους στις συνολικές

1.1.7 Πρότυπα ποιότητας αέρα για τα αιωρούμενα σωματίδια

Από την ΟΔΗΓΙΑ 2008/50/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 21ης Μαΐου 2008 για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη ,με στόχο την καταπολέμηση των εκπομπών των ρύπων για την βελτίωση της ποιότητας αέρα και την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος ,προτείνονται τα παρακάτω όρια αιωρούμενων σωματιδίων (Πίνακας 1.2) :

Πίνακας 1.2 :Όρια αιωρούμενων σωματιδίων βάση 2008/50/ΕΚ

1. Διοξείδιο του θείου

	Προστασία της υγείας	Προστασία της βλάστησης
Ανώτερο όριο εκτίμησης	60 % της εικοσιτετράωρης οριακής τιμής ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	60 % του χειμερινού κρίσιμου επιπέδου ($12 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	40 % της εικοσιτετράωρης οριακής τιμής ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	40 % του χειμερινού κρίσιμου επιπέδου ($8 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

2. Διοξείδιο του αζώτου και οξείδια του αζώτου

	Ωριαία οριακή τιμή για την προστασία της υγείας του ανθρώπου (NO_2)	Ετήσια οριακή τιμή για την προστασία της υγείας του ανθρώπου (NO_2)	Ετήσιο κρίσιμο επίπεδο για την προστασία της βλάστησης και των φυσικών οικοσυστημάτων (NO_x)
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70 % της οριακής τιμής ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	80 % της οριακής τιμής ($32 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	80 % του κρίσιμου επιπέδου ($24 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50 % της οριακής τιμής ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	65 % της οριακής τιμής ($26 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	65 % του κρίσιμου επιπέδου ($19,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

3. Σωματίδια ($\text{A}\Sigma_{10}/\text{A}\Sigma_{2,5}$)

	Μέσος όρος 24ωρών $\text{A}\Sigma_{10}$	Μέσος ετήσιος όρος $\text{A}\Sigma_{10}$	Μέσος ετήσιος όρος $\text{A}\Sigma_{2,5}$ (1)
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70 % της οριακής τιμής ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	70 % της οριακής τιμής ($28 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	70 % της οριακής τιμής ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Κατώτερο εκτίμησης	όριο	50 % της οριακής τιμής (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	50 % της οριακής τιμής (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	50 % της οριακής τιμής (12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
-----------------------	------	---	---	---

(1) Το ανώτερο όριο εκτίμησης και το κατώτερο όριο

εκτίμησης για τα ΑΣ_{2,5} δεν ισχύουν για τις μετρήσεις για την εκτίμηση της συμμόρφωσης προς το στόχο μείωσης της έκθεσης σε σωματίδια ΑΣ_{2,5} που αποσκοπεί στην προστασία της ανθρώπινης υγείας.

4. Μόλυβδος

	Ετήσιος μέσος όρος
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70 % της οριακής τιμής (0,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50 % της οριακής τιμής (0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

1. Βενζόλιο

	Ετήσιος μέσος όρος
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70 % της οριακής τιμής (3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	40 % της οριακής τιμής (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

2. Μονοξείδιο του άνθρακα

	Μέσος όρος 8 ωρών
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70 % της οριακής τιμής (7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50 % της οριακής τιμής (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

1.1.8 Γενικές οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ)

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ο σημαντικότερος περιβαλλοντικός κίνδυνος για την υγεία στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ). Στην ΕΕ, προκαλεί κάθε χρόνο περίπου 400 000 πρόωρους θανάτους, ενώ το εξωτερικό κόστος που συνεπάγεται σε ό,τι αφορά τις επιπτώσεις στην υγεία ανέρχεται σε εκατοντάδες δισεκατομμύρια ευρώ. Ιδιαίτερα εκτεθειμένοι είναι οι άνθρωποι που ζουν σε αστικές περιοχές. Τα αιωρούμενα σωματίδια, το διοξείδιο του αζώτου και το τροποσφαιρικό όζον είναι οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που ευθύνονται για τους περισσότερους από τους εν λόγω πρόωρους θανάτους.

Η οδηγία για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα του 2008 είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της πολιτικής της ΕΕ για τον καθαρό αέρα, καθώς θέτει πρότυπα για την ποιότητα του αέρα που καθορίζουν όρια συγκέντρωσης ρύπων στον αέρα που αναπνέουμε. Τις τελευταίες δεκαετίες, οι πολιτικές της ΕΕ συνέβαλαν μεν στη μείωση των εκπομπών, χωρίς όμως να έχει βελτιωθεί αντιστοίχως η ποιότητα του αέρα, με τις επιπτώσεις στη δημόσια υγεία να παραμένουν σημαντικές.

Τα πρότυπα της ΕΕ για την προστασία της υγείας, τα οποία καθορίζονται στην οδηγία ΠΑΑ, καλύπτουν τόσο βραχυπρόθεσμες όσο και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία. Θέτουν όρια στον αριθμό των φορών κατά τις οποίες οι συγκεντρώσεις μπορούν να υπερβαίνουν βραχυπρόθεσμες (ημερήσιες και ωριαίες) τιμές· απαιτούν επίσης να είναι οι ετήσιοι μέσοι όροι κατώτεροι προκαθορισμένων τιμών. Κατά την οδηγία ΠΑΑ, πρέπει να τεθούν «(...) κατάλληλο[ι] στόχο[ι] για τον ατμοσφαιρικό αέρα που να λαμβάνουν υπόψη τα αντίστοιχα πρότυπα, τις κατευθυντήριες γραμμές και τα προγράμματα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας».

Ωστόσο, τα όρια ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα της ΕΕ είναι πολύ υποδεέστερα των κατευθυντήριων γραμμών του ΠΟΥ για τα ΑΣ_{2,5} και το SO₂ και υποδεέστερα για τα ΑΣ₁₀ (ετήσιος μέσος όρος) και το όζον. Για τα ΑΣ₁₀ (ημερήσια τιμή) και το NO₂, τα πρότυπα της ΕΕ εναρμονίζονται με τις κατευθυντήριες γραμμές του ΠΟΥ και σε, μερικές περιπτώσεις, επιτρέπουν την υπέρβαση των ορίων. Στον πίνακα 2.3 παρατίθεται σύγκριση των κατευθυντήριων γραμμών του ΠΟΥ για την ποιότητα του

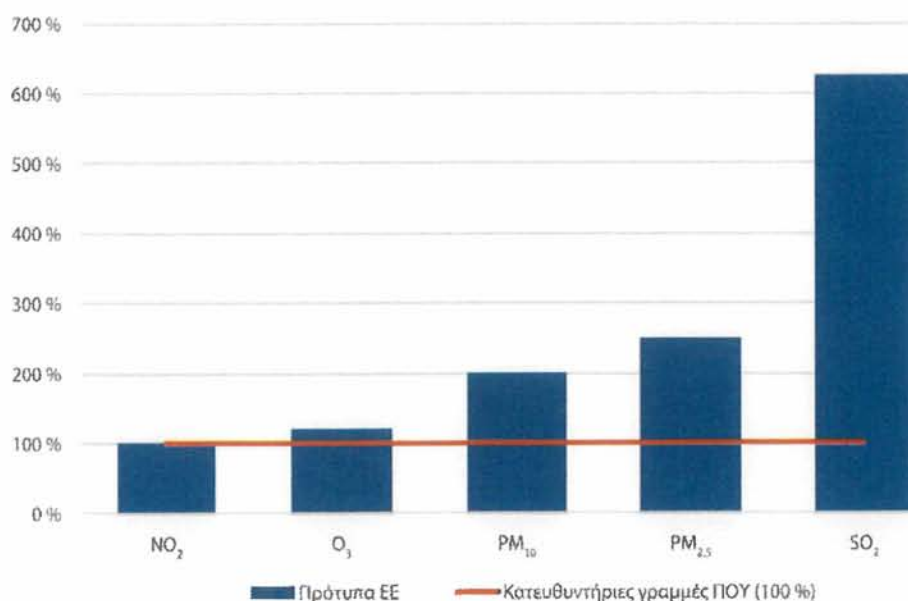
αέρα και των προτύπων της ΕΕ και στον πίνακα 2.4. εξηγείται η διαφορά μεταξύ κατευθυντήριων γραμμών και προτύπων.

Πίνακας 1.3: Πρότυπα της ΕΕ για την ποιότητα του αέρα και κατευθυντήριες γραμμές του ΠΟΥ

Ρύπος	Περίοδος	Κατευθυντήριες γραμμές ΠΟΥ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Οριακές τιμές οδηγίας ΠΑΑ της ΕΕ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αριθ. φορών ετησίως επιτρεπόμενης υπέρβασης των προτύπων της ΕΕ
NO ₂	1 έτος	40	40	-
	1 ώρα	200	200	18
O ₃	8 ώρες	100	120	25
ΑΣ ₁₀	1 έτος	20	40	-
	24 ώρες	50 ^(α)	50	35
ΑΣ _{2,5}	1 έτος	10	25	-
	24 ώρες	25	-	-
SO ₂	24 ώρες	20	125	3
	1 ώρα	-	350	24
	10 λεπτά	500	-	-

(α) Ο ΠΟΥ συνιστά να χρησιμοποιείται η εν λόγω κατευθυντήρια τιμή ως το 99ο εκατοστημόριο (3 υπεμβάσεις).

Πίνακας 1.4: Απόκλιση μεταξύ προτύπων της Ε.Ε και κατευθυντηρίων γραμμών του ΠΟΥ.



Πηγή: Κατευθυντήριες γραμμές του ΠΟΥ για την ποιότητα του αέρα (2005) και οδηγία 2008/50/ΕΚ (οδηγία ΠΑΑ).

Οι κατευθυντήριες γραμμές για την ποιότητα του αέρα βασίζονται σε επιστημονικά στοιχεία σχετικά με τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία. Τα πρότυπα –τα οποία είναι στις περισσότερες περιπτώσεις νομικά δεσμευτικά– πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τη δυνατότητα τεχνικής εφαρμογής καθώς και το κόστος και τα οφέλη της συμμόρφωσης²⁴. Στις κατευθυντήριες οδηγίες του ΠΟΥ αναφέρεται ότι το κόστος συμμόρφωσης μπορεί να μειωθεί εάν επιτρέπεται η υπέρβαση των ορίων σε ορισμένες περιπτώσεις.

Η οδηγία ΠΑΑ ήταν η πρώτη οδηγία που έθεσε οριακές τιμές για τις εκπομπές ΑΣ₂,₅, αλλά όχι η πρώτη που ρύθμιζε τις συγκεντρώσεις ΑΣ₁₀, ΝΟ₂, SΟ₂ και Ο₃. Δεν τροποποίησε τις τιμές που καθορίζονταν στις οδηγίες τις οποίες επικαιροποίησε, πράγμα που σημαίνει ότι οι οριακές τιμές για τα ΑΣ₁₀, το ΝΟ₂ και το SΟ₂ παραμένουν αμετάβλητες εδώ και σχεδόν δύο δεκαετίες και η τιμή-στόχος για το Ο₃ για περισσότερα από 15 έτη.

Κατά τον ΠΟΥ, τα ΑΣ₂,₅ είναι ο πλέον επιβλαβής ατμοσφαιρικός ρύπος. Οι κατευθυντήριες γραμμές του ΠΟΥ περιλαμβάνουν βραχυπρόθεσμη τιμή για τα ΑΣ₂,₅, όχι όμως και η οδηγία ΠΑΑ. Αυτό σημαίνει ότι το πρότυπο της ΕΕ στηρίζεται μόνο σε ετήσιο μέσο όρο και ότι οι υψηλές και επιβλαβείς εκπομπές ΑΣ₂,₅ από την οικιακή θέρμανση κατά τη διάρκεια του χειμώνα αντισταθμίζονται από τα χαμηλότερα επίπεδα κατά τη διάρκεια του θέρους). Η ετήσια οριακή τιμή που καθορίζεται στην οδηγία ΠΑΑ (25μg/m³) είναι υπερδιπλάσια της τιμής των κατευθυντήριων γραμμών του ΠΟΥ (10μg/m³). Η οδηγία ΠΑΑ πρόβλεψε δυνατότητα επικαιροποίησης της οριακής τιμής σε 20μg/m³, αλλά η Επιτροπή δεν έκανε κάποια προσαρμογή όταν εξέτασε το ζήτημα το 2013.

1.1.9 Συμπεράσματα

Το ευρωπαϊκό ελεγκτικό συνέδριο στην ειδική έκθεση 23/2018 κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η δράση της ΕΕ για την προστασία της ανθρώπινης υγείας από την ατμοσφαιρική ρύπανση δεν απέδωσε τον αναμενόμενο αντίκτυπο και πως δεν έχουν ακόμη ληφθεί στο επίπεδο της Ένωσης τα κατάλληλα μέτρα που να αντικατοπτρίζουν το σημαντικό ανθρώπινο και οικονομικό κόστος.

Παρότι η ποιότητα του αέρα βελτιώθηκε χάρη στη μείωση των εκπομπών, η υγεία των πολιτών εξακολουθεί να θίγεται σε μεγάλο βαθμό από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Αρκετά από τα πρότυπα της ΕΕ για την ποιότητα του αέρα είναι υποδεέστερα αυτών που υποδεικνύουν τα στοιχεία σχετικά με τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία. Τα κράτη μέλη συχνά δεν συμμορφώνονται με τα πρότυπα αυτά και δεν έχουν λάβει επαρκή αποτελεσματικά μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Η παρακολούθηση και η επακόλουθη επιβολή της εφαρμογής από την Επιτροπή δεν επέφεραν αποτελεσματική αλλαγή. Διαπιστώσαμε ότι ορισμένες πολιτικές της ΕΕ δεν αντικατοπτρίζουν ακόμη επαρκώς τη σημασία της βελτίωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αλλά επισημαίνουμε παράλληλα ότι η χρηματοδότηση της ΕΕ παρέχει ουσιαστική στήριξη. Οι πολίτες μπορούν να διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην παρακολούθηση της εφαρμογής της οδηγίας ΠΑΑ από τα κράτη μέλη, όπως προκύπτει από τις επιτυχημένες προσφυγές στα δικαστήρια σε αρκετά κράτη μέλη, η δε ευαισθητοποίηση και ενημέρωση του κοινού αυξάνονται. Στα επόμενα σημεία εκτίθενται αναλυτικά τα κύρια συμπεράσματά μας και οι αντίστοιχες συστάσεις.

Παρότι η κατάσταση βελτιώνεται, τα περισσότερα κράτη μέλη εξακολουθούν να μην συμμορφώνονται με τα πρότυπα της ΕΕ για την ποιότητα του αέρα. Διαπιστώσαν ότι τα κράτη μέλη δεν έλαβαν αρκετά αποτελεσματικά μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα όσο το δυνατόν ταχύτερα. Συνολικά, η ποιότητα των σχεδίων των κρατών μελών για την ποιότητα του αέρα ήταν ανεπαρκής και τα σχέδια περιλάμβαναν ελλιπώς στοχοθετημένα μέτρα. Η διακυβέρνηση των σχεδίων ήταν συχνά αδύναμη (παραδείγματος χάριν, δεν υπήρχε συντονισμός μεταξύ εθνικών και τοπικών αρχών), το κόστος τους δεν είχε αποτιμηθεί ή δεν χρηματοδοτούνταν, και τα σχέδια δεν παρείχαν

πληροφορίες σχετικά με τον πραγματικό αντίκτυπο των ληφθέντων μέτρων στην ποιότητα του αέρα. Η οδηγία ΠΑΑ δεν υποχρεώνει τα κράτη μέλη να ενημερώνουν την Επιτροπή σχετικά με τις επιδόσεις των σχεδίων τους. Η ανεπαρκής πρόοδος όσον αφορά τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα καταδεικνύει την αναγκαιότητα για Αποτελεσματικότερα μέτρα.

Η Επιτροπή αντιμετωπίζει περιορισμούς όσον αφορά την παρακολούθηση των επιδόσεων των κρατών μελών. Τα κράτη μέλη δεν υποχρεούνται να υποβάλλουν εκθέσεις σχετικά με την εφαρμογή των σχεδίων για την ποιότητα του αέρα. Μερικές φορές η τήρηση των διατάξεων της οδηγίας είναι δύσκολο να επαληθευτεί και η Επιτροπή λαμβάνει εκατοντάδες σχέδια για την ποιότητα του αέρα και εκτενή σύνολα δεδομένων για έλεγχο. Διαπιστώσαμε ότι η Επιτροπή προσέφυγε κατά κρατών μελών ενώπιον του Δικαστηρίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης όταν έκρινε ότι αυτά διέπραξαν σοβαρή παράβαση της οδηγίας). Ωστόσο, αυτά τα μέτρα επιβολής είναι χρονοβόρα και παρά την εξασφάλιση αρκετών αποφάσεων υπέρ της Επιτροπής, τα όρια ποιότητας του αέρα εξακολουθούν να παραβιάζονται συχνά έως και σήμερα.

Κεφάλαιο 2. ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσουμε τις μεθόδους παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσω της απευθείας μέτρησης των αιωρούμενων σωματιδίων υπό την μορφή PM10 και PM2,5 καθώς και την αξιοπιστία των μετρητικών οργάνων.

2.1.1 Η Σταθμική μέθοδος

Η σταθμική μέθοδος για τον προσδιορισμό της μάζας αιωρούμενων σωματιδίων στηρίζεται στη διαβίβαση γνωστού όγκου ατμοσφαιρικού αέρα διαμέσω κατάλληλου φίλτρου, η ακριβής ζύγιση του φίλτρου πριν και μετά την δειγματοληψία μας δίνει την μάζα των αιωρούμενων σωματιδίων . Από τη διαφορά των ζυγίσεων προκύπτει η μάζα των αποτιθέμενων στο φίλτρο σωματιδίων. Στη συνέχεια, διαιρώντας τη μάζα των σωματιδίων με τον όγκο του δείγματος εξαγάγουμε τη συγκέντρωση των PM σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ο όγκος του δείγματος προκύπτει από το γινόμενο της ταχύτητας ροής με το χρόνο δειγματοληψίας.

Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση των σωματιδίων δίνεται από τον τύπο :

$$C = \frac{m(l) - m(u)}{F t}$$

όπου :

C : η συγκέντρωση σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

m(l) : η μάζα σε μg του επιφορτισμένου φίλτρου

m(u) : η μάζα σε μg του μη επιφορτισμένου φίλτρου

F : η ογκομετρική ροή σε συνθήκες περιβάλλοντος σε m^3/h

t : ο χρόνος δειγματοληψίας σε h

Στην μέθοδο αυτή για τη συλλογή κατάλληλου δείγματος χρησιμοποιούνται δειγματολήπτες μεγάλου όγκου . Η αντλία απορροφά τον αέρα , όπου ο όγκος προσδιορίζεται από το μετρητή ροής . Στην συνέχεια περνά μέσω ενός κατάλληλου θερμαινόμενου φίλτρου όπου και κατακρατούνται τα αιωρούμενα σωματίδια. Συνήθως

η δειγματοληψία διαρκεί 24 ώρες ,όμως σε πολύ επιβαρυνμένες ατμοσφαιρικά περιοχές ο χρόνος αυτός μπορεί να μειωθεί στις 6 με 8 ώρες.

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος κατακράτησης της σωματιδιακή ύλης καθορίζεται από πολλούς παράγοντες όπως διάμετρος των σωματιδίων, οι φυσικοχημικές τους ιδιότητες και παρουσία άλλων τοξικών αερίων. Οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για την κατακράτηση των σωματιδίων μπορούν να χωρισθούν στις παρακάτω πέντε κατηγορίες ανάλογα με την διάμετρο (d) των σωματιδίων :

1. Μέθοδοι βαρύτητας - θάλαμοι βαρύτητας ($d > 50 \mu\text{m}$):

Είναι απλούστερη τεχνική κατακράτησης σωματιδιακής ύλης. Οι θάλαμοι βαρύτητας αποτελούνται από ένα μεγάλο θάλαμο μέσα στον οποίο, όταν εισέρχονται τα σωματίδια, ελαττώνεται απότομα ταχύτητά τους με αποτέλεσμα την κατακάθισή τους με την επίδραση της βαρύτητας. Σαν τεχνική είναι πολύ απλή και έχει χαμηλό κόστος κατασκευής.

2. Μέθοδοι φυγοκεντρικού διαχωρισμού - κυκλώνες ($d > 1 \mu\text{m}$):

Οι κυκλώνες θεωρούνται τα πιο διαδεδομένα συστήματα κατακράτησης σωματιδίων. Λειτουργία τους στηρίζεται στην ανάπτυξη φυγοκεντρικών δυνάμεων που αναπτύσσονται στα σωματίδια τα οποία επιταχύνονται μέσω των πολλαπλάσιων κυκλικών ακροφυσίων και απομακρύνονται από το μέσο μεταφοράς τους.

3. Μέθοδοι υγρής δέσμησης - πύργοι έκλυσης ψεκασμού ($d > 0,05 \mu\text{m}$) :

Μια ακόμη μέθοδος που χρησιμοποιείται για την κατακράτηση σωματιδιακής ύλης είναι και οι πύργοι έκλυσης ψεκασμού. Μια απλή κατασκευή αποτελείται από ένα πύργο άδειο γεμάτο με κατάλληλο πληρωτικό υλικό. Από την κορυφή του πύργου ψεκάζεται το κατάλληλο υγρό (κατά κανόνα νερό) ενώ από το κάτω μέρος του πύργου εισάγονται τα καυσαέρια. Με την επαφή των δυο φάσεων τα σωματίδια μεταφέρονται από την αέρια στην υγρή φάση. Έτσι, τα καυσαέρια βγαίνουν καθαρά στην ατμόσφαιρα, ενώ υγρή φάση που βγαίνει από το κάτω μέρος του πύργου συγκεντρώνεται σε ειδικούς χώρους. μεταφορά των σωματιδίων από την αέρια στην υγρή φάση

επιτελείται με πολλούς μηχανισμούς όπως κατακάθιση λόγω βαρύτητας, πρόσκρουση λόγω αδράνειας, ανάσχεση, διάχυση, ηλεκτροστατική καθίζηση, συμπύκνωση πάνω στα σωματίδια και διάλυση.

4. Μέθοδοι διήθησης (φιλτραρίσματος) - σακκόφιλτρα ($d > 0,01\mu\text{m}$) :

Μια άλλη τεχνική που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό των καυσαερίων από τα σωματίδια είναι τα σακκόφιλτρα. αρχή πάνω στην οποία στηρίζεται συλλογή των σωματιδίων από τα σακκόφιλτρα είναι απλή. Τα καυσαέρια αναγκάζονται να περάσουν μέσα από ένα φίλτρο (από ύφασμα από άλλο υλικό), που συγκρατεί τη σκόνη και αφήνει να περάσουν τα αέρια. Πάνω στο φίλτρο σχηματίζεται ένα στρώμα σκόνης, που στη συνέχεια επενεργεί κι αυτό σαν φίλτρο για παραπέρα συλλογή σωματιδίων μικρότερης διαμέτρου, όπως γενικά συμβαίνει στη διήθηση. Με την πάροδο του χρόνου το στρώμα σκόνης αυξάνει σημαντικά και δημιουργεί προβλήματα στη δίοδο των αερίων. Έτσι λοιπόν πρέπει μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα σκόνη που συγκεντρώνεται στα φίλτρα να απομακρύνεται.

5. Μέθοδοι ηλεκτροστατικής καθίζησης - ηλεκτροστατικά φίλτρα($d > 0,005 \mu\text{m}$) :

Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα σε αντίθεση με τις άλλες τεχνικές κατακρατούν τα σωματίδια ανεξάρτητα από το μέγεθος τους. Θεωρούνται τα πιο αποτελεσματικά μέσα καθαρισμού καυσαερίων έχουν όμως μεγάλο κόστος κατασκευής και ιδιαίτερα λειτουργίας. Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα αποτελούνται από δυο ηλεκτρόδια Το ένα ηλεκτρόδιο (το αρνητικό) είναι λεπτό, μικρής επιφάνειας και ονομάζεται ηλεκτρόδιο εκκένωσης. Το δεύτερο ηλεκτρόδιο (το θετικό) έχει μεγάλη επιφάνεια και ονομάζεται ηλεκτρόδιο συλλογής. Το σχήμα του έχει συνήθως τη μορφή πλάκας κυλίνδρου. Ανάμεσα στα δυο ηλεκτρόδια αναπτύσσεται υψηλή τάση 20 - 40 KV. Όταν τα καυσαέρια βρεθούν στο ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο τα μόρια των αερίων ιονίζονται αρνητικά και με την επίδραση του πεδίου κινούνται προς το θετικό ηλεκτρόδιο συλλογής. Στη διαδρομή τους πολλά από αυτά

προσκολλώνται στα αιωρούμενα σωματίδια, τα οποία και φορτίζονται αρνητικά. Τα φορτισμένα σωματίδια με την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου οδηγούνται στο θετικό ηλεκτρόδιο συλλογής, όπου και προσκολλώνται. Στη συνέχεια αποφορτίζονται και απομακρύνονται από το ηλεκτρόδιο συλλογής με κατάλληλο τρόπο. Έτσι απομακρύνονται σχεδόν όλα τα σωματίδια ανεξάρτητα από το μέγεθος τους.

Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται σε σειρά δύο διαφορετικές τεχνικές.

Η συγκεκριμένη μέθοδος δειγματοληψίας παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα.

Συγκεκριμένα, σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί η αναλυτική διαδικασία εξαγωγής των αποτελεσμάτων, η οποία είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα, αφού απαιτούνται αρκετές ημέρες έως την ολοκλήρωσή της. Επιπλέον, είναι αναγκαία η απασχόληση προσωπικού καθημερινά, γεγονός που ανεβάζει τον προϋπολογισμό του πειράματος.

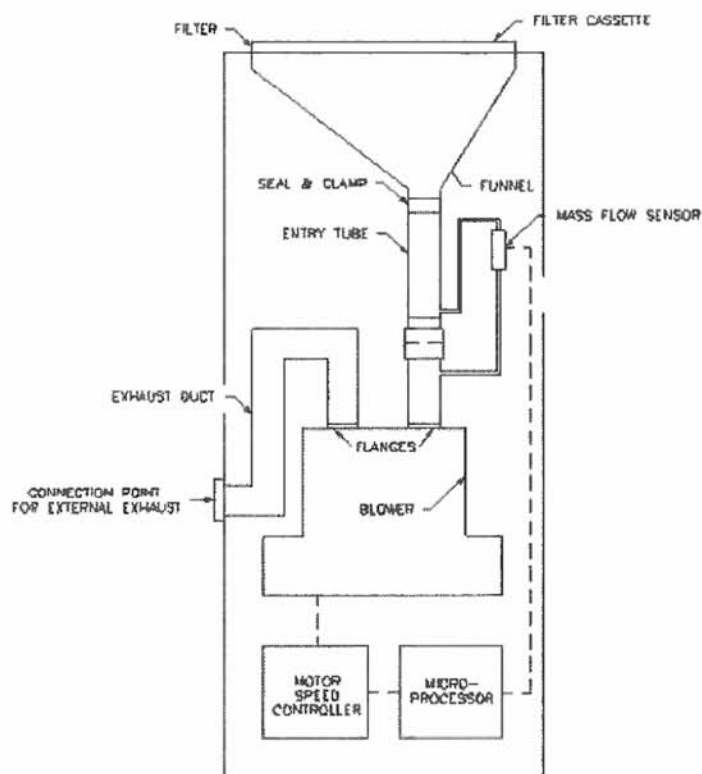
Βέβαια, υπάρχουν όργανα μέτρησης που έχουν τη δυνατότητα να δεχτούν περισσότερα του ενός φίλτρα (sequential sampling systems), έτσι, ώστε να πραγματοποιούν συνεχόμενες μετρήσεις χωρίς την απομάκρυνση των προηγούμενων χρησιμοποιημένων φίλτρων. Έχει παρατηρηθεί, όμως, συχνά το φαινόμενο να «παγιδεύεται» κάποιο φίλτρο κατά την εναλλαγή του και να διακόπτεται όλη η δειγματοληπτική διαδικασία.

Ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει αρνητικά την τελική αξιολόγηση της μεθόδου είναι πως τα φίλτρα είναι εκτεθειμένα κατά τη μεταφορά τους σε απώλεια ή προσρόφηση υγρασίας, απορρόφηση οργανικών αερίων (Kirchstetter et al., 2001) , απορρόφηση και εξάτμιση ημιπτητικών οργανικών και ανόργανων συστατικών (Chow et al., 2002), που θα αλλοιώσουν τη μάζα τους.

Παρακάτω αναφέρονται μερικά μετρητικά όργανα που υπάρχουν στο εμπόριο :

- Δειγματολήπτης Μεγάλου Όγκου (High Volume Sampler), (Μοντέλο : HIVOL 3000 HIGH VOLUME AIR SAMPLER) :

ο δειγματολήπτης μεγάλου όγκου μπορεί να είναι εξοπλισμένος με είσοδο TSP, απορροφητήρες PM10 ή PM2.5. Οι εισοδοί μπορούν να αντικατασταθούν εύκολα εάν απαιτείται. Τα κάλυπτρα εισόδου μπορούν να αναγνωριστούν εύκολα - η είσοδος TSP έχει σχήμα πυραμίδας και ο τύπος του μεγέθους των σωματιδίων έχει κυλινδρικό σχήμα. Το μέγεθος των σωματιδίων θα αναγνωρίζεται ως PM10 ή PM2.5. Τα αιωρούμενα σωματίδια που διέρχονται από την είσοδο συλλέγονται σε ζυγισμένο φίλτρο, κατά τη διάρκεια μιας προκαθορισμένης περιόδου δειγματοληψίας που προγραμματίζεται από τον χειριστή στο HiVol. Το φίλτρο συλλέγει τα αιωρούμενα σωματίδια για μετέπειτα ανάλυση. Το HiVol ελέγχει τον ρυθμό ροής και καταγράφει τη διάρκεια δειγματοληψίας και τον όγκο του αέρα στον οποίο έχει ληφθεί δείγμα. Αφού ολοκληρωθεί η περίοδος δειγματοληψίας, αφαιρείται το φίλτρο και ζυγίζεται ξανά για να προσδιοριστεί η συγκέντρωση ή / και η σύνθεση των αιωρούμενων σωματιδίων. Τα αποτελέσματα της συγκέντρωσης εκφράζονται τυπικά σε μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) αέρα δειγματοληψίας υπό συνθήκες τυπικής θερμοκρασίας και πίεσης (STP).



Εικόνα 2.1 : Διάγραμμα ροής

Ο αισθητήρας ροής (mass flow sensor) είναι ένας αισθητήρας ροής μάζας ακριβείας - ο οποίος "διαβάζει" τον ρυθμό ροής και τον μετατρέπει σε ένα ηλεκτρονικό σήμα. Αυτό συνδέεται με το περίβλημα ηλεκτρονικών, από όπου το σήμα του αισθητήρα ροής εκτελεί δύο λειτουργίες. Ο ένας είναι να υποδείξει την τρέχουσα παροχή αέρα μέσω της οθόνης LCD και η άλλη να παρέχει ανατροφοδότηση στο κύκλωμα ελέγχου ροής.

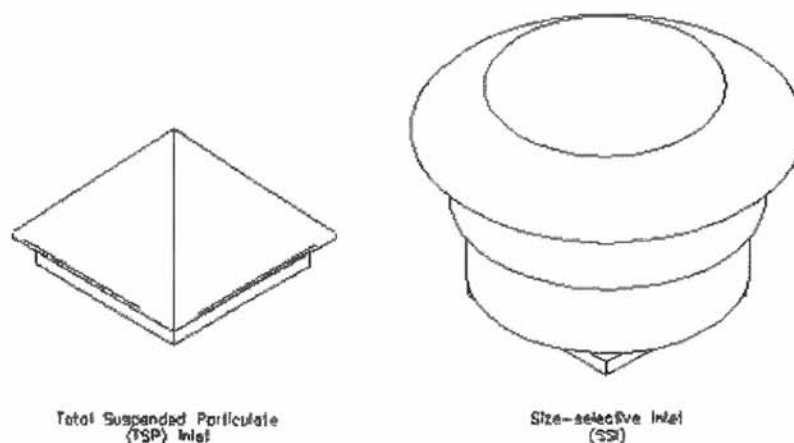
Ο έλεγχος της ροής επιτυγχάνεται με μια μονάδα μεταβλητής ταχύτητας (VSD) (μερικές φορές αποκαλείται μετατροπέας συχνότητας). Ο ηλεκτροκινητήρας ρυθμίζει την ταχύτητα του κινητήρα του ανεμιστήρα με βάση ένα σήμα από τον μικροεπεξεργαστή. Ο ηλεκτροκινητήρας διορθώνει αυτόματα τον ρυθμό ροής του αέρα έτσι ώστε όταν το φίλτρο φορτώνεται με σωματίδια, ο ρυθμός ροής παραμένει σταθερός. Ο χρόνος που απαιτείται για να επιτευχθεί η σωστή ροή είναι συνήθως λιγότερο από 15 δευτερόλεπτα.

Κατά την αρχική εκκίνηση, το HiVol μπορεί να διαρκέσει έως ένα λεπτό για να επιτευχθεί η σωστή παροχή.

Στο περίβλημα ηλεκτρονικών οργάνων υπάρχουν τα περισσότερα ηλεκτρονικά εξαρτήματα. Η οθόνη LCD, ο ελεγκτής και ο κινητήρας μεταβλητής ταχύτητας βρίσκονται σε αυτό το περίβλημα, το οποίο έχει στεγανοποίηση. Αυτό το κουτί είναι σφραγισμένο και μπορεί να έχει πρόσβαση μόνο εξειδικευμένο προσωπικό σέρβις.

Η κασέτα φίλτρου αποτελείται από μια βάση οθόνης με πλέγμα και το επάνω πλαίσιο κάλυψης. Με το φίλτρο τοποθετημένο σωστά στην κασέτα, ο αέρας δειγματοληψίας θα περάσει μόνο μέσω του φίλτρου για να εισέλθει στον δειγματολήπτη. Η χρήση της κασέτας επιτρέπει αλλαγές φίλτρων κατά τη διάρκεια δυσμενών καιρικών συνθηκών. Η κασέτα φίλτρου μπορεί να αφαιρεθεί σε προστατευμένη θέση, το εκτεθειμένο φίλτρο έχει αφαιρεθεί, ένα νέο φίλτρο έχει εγκατασταθεί και η κασέτα μπορεί να επιστραφεί στη θέση δειγματοληψίας για να τοποθετηθεί στον δειγματολήπτη.

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας βρίσκεται μέσα στο πλαίσιο και συνδέεται απευθείας στον σωλήνα εισόδου. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας μετρά τη θερμοκρασία της ροής του αερίου, χρησιμοποιώντας τα για έλεγχο ογκομετρικής ροής.



Εικόνα 2.2 : Καλύπτρα εισόδου , δεξιά για TSP , αριστερά για PM10 , PM2.5

➤ BGI PQ200 Ambient Air Particulate Sampler

Το όργανο στηρίζεται στην λειτουργία του κυκλώνα.

Η κασέτα φίλτρου έχει άνω και κάτω τμήματα τα οποία συγκρατούν μεταξύ τους. Αυτά τα άνω κάτω τμήματα αποτελούνται από ένα μονό φίλτρο 47 mm και από ανοξείδωτο χάλυβα το οποίο χρησιμεύει ως πλάκα υποστήριξης για το φίλτρο.

Το σύστημα ροής του οργάνου απεικονίζεται σχηματικά στο σχήμα 3.3 . Από τη θήκη φίλτρου, ο αέρας ρέει διαμέσου ενός διαχωριστή νερού παρεμπόδισης. Ο διαχωριστής είναι εφοδιασμένος με ένα διαυγές ελαστομερη σωλήνα που βρίσκεται στο δεξί, πίσω μέρος του κιβωτίου οργάνων πίσω από τη θήκη φίλτρου. Ο πυθμένας αυτού του σωλήνα είναι εφοδιασμένος με βαλβίδα ώθησης στο κάτω μέρος / έξω από την θήκη για να επιτρέψει την αποστράγγιση του νερού που συλλέγεται στον διαυγή σωλήνα. Η ροή του αέρα κατευθύνεται μέσω του αισθητήρα ροής μάζας και στη συνέχεια σε έναν όγκο υγρασίας παλμών.. Πριν από την αντλία, ο αέρας διέρχεται μέσω της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας. Ο μοναδικός σκοπός αυτής της βαλβίδας είναι να παράσχει ένα μέσο σφράγισης του μακρύτερου άκρου του συστήματος όταν ενεργοποιείται η λειτουργία αυτόματης διαρροής.

Η αντλία είναι μια μονάδα διπλού διαφράγματος κατασκευασμένη από Mesa, ειδικά σχεδιασμένη για αυτό το όργανο.

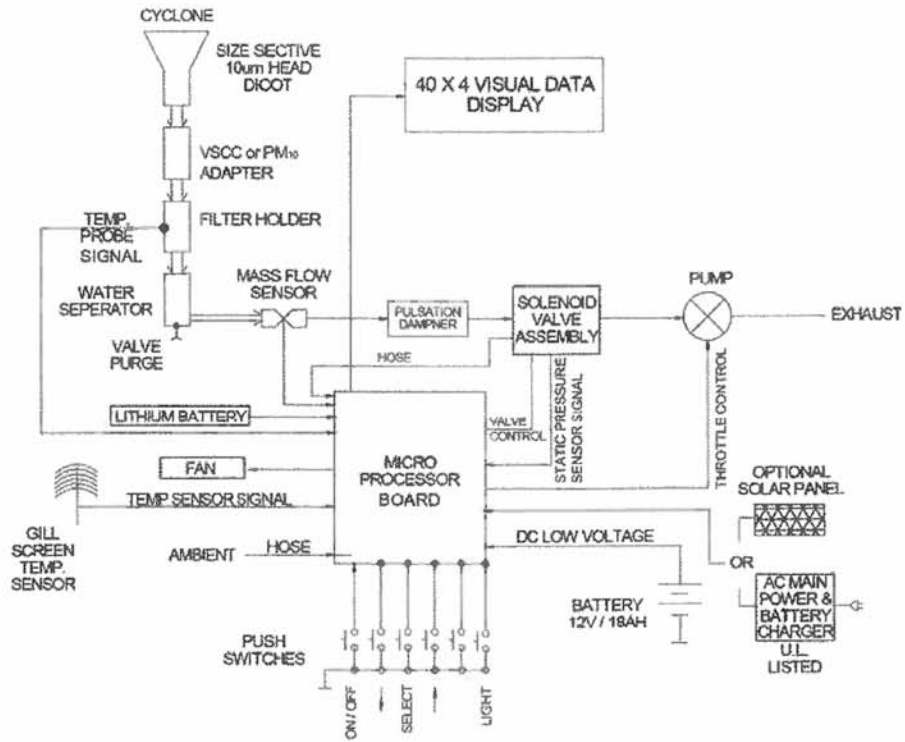
Ένας μικροεπεξεργαστής ελέγχει το σύστημα ροής. Ο αισθητήρας ροής μάζας ανιχνεύει τον ρυθμό ροής μάζας μέσω της μονάδας, από τον οποίο ο μικροεπεξεργαστής υπολογίζει έπειτα τον ογκομετρικό ρυθμό ροής που χρησιμοποιεί την τρέχουσα βαρομετρική πίεση και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Ενώ ο αισθητήρας ανιχνεύει τη μάζα του αέρα που ρέει, η συσκευή βαθμονόμησης που χρησιμοποιείται είναι ογκομετρική. Ο μικροεπεξεργαστής καταγράφει μια ροή μάζας μαζί με τη βαρομετρική πίεση και τη θερμοκρασία κατά τη στιγμή της βαθμονόμησης. Το λογισμικό του μικροεπεξεργαστή υπολογίζει ένα ογκομετρικό ρυθμό ροής με βάση τις τρέχουσες πραγματικές συνθήκες. Αυτή η ρύθμιση

υπολογισμού και ελέγχου ενημερώνεται κάθε 200 χιλιοστά του δευτερολέπτου.

Ο κυκλώνας (VSCCTM) σχεδιάστηκε από το BGI ως αντικατάσταση για τον διαχωρισμό PM_{2.5}. Το VSCC μπορεί να χρησιμοποιείται σε οποιαδήποτε συσκευή FRM ως επιλογή μεγέθους σωματιδίων PM_{2.5}. Κατά τη δειγματοληψία ΑΣ10, το ΑΣ10 πρέπει να χρησιμοποιηθεί προσαρμογέας στη θέση του VSCCTM.

Το αεροζόλ PM₁₀ εισέρχεται εφάπτομενικά αφού προηγουμένως διαχωριστεί από την είσοδο FRM. Τα σωματίδια μεγαλύτερα από τα σωματίδια PM_{2.5} αφαιρούνται στο δοχείο ανάμιξης πλευρά του δείγματος VSCC και του δείγματος AM_{2.5} διοχετεύεται μέσω του διαχωριστή κυκλώνα στον υποδοχέα φίλτρου. Οι επιτόπιες και οι εργαστηριακές δοκιμές υποδεικνύουν ότι το VSCC μπορεί να λειτουργήσει μέχρι και 90 ημέρες μεταξύ των συχνοτήτων καθαρισμού, ακόμη και σε μεγάλες αστικές περιοχές φόρτωσης.



Εικόνα 2.3 : Απεικόνιση συστήματος



Εικόνα 2.4: Απεικόνιση μετρητή BGI PQ200 Ambient Air Particulate Sampler

2.1.2 Αυτόματη μέθοδος καταγραφής

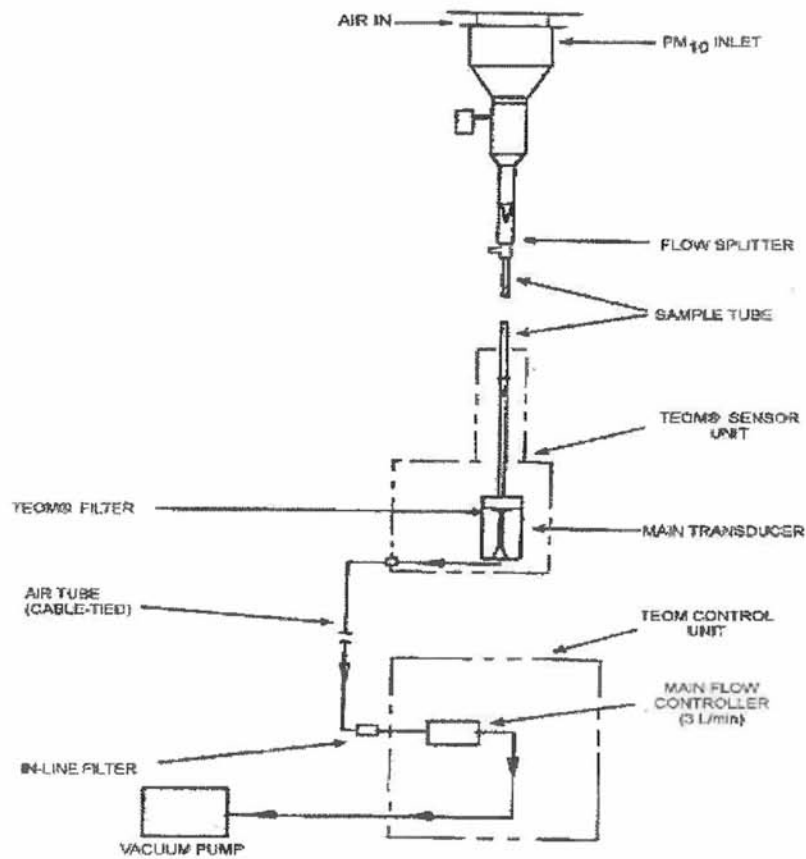
Το κυριότερο πλεονέκτημα των αυτόματων μεθόδων συνεχούς καταγραφής και προσδιορισμού των ΡΜ είναι ότι μπορούν να δώσουν τη συγκέντρωση των ΡΜ σε συνάρτηση με το χρόνο. Επιπλέον δίνουν τα αποτελέσματα σε συντομότερο χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα την άμεση ενημέρωση του κοινού και την άμεση λήψη μέτρων – όταν αυτό είναι αναγκαίο -, δεν χρειάζονται συνεχή ενασχόληση του προσωπικού και έχουν χαμηλότερο λειτουργικό κόστος.

Οι πιο ευρέως διαδεδομένες αυτόματες μέθοδοι είναι :

1. Παλμικός μικροζυγός κωνικού στοιχείου, που αναφέρεται και ως μέθοδος ταλάντωσης χορδής (Tapered Element Oscillating Microbalance, TEOM) :

Η αρχή της μεθόδου ταλάντωσης χορδής (Tapering Element Oscillating Microbalance, TEOM) βασίζεται στη μεταβολή της συχνότητας ταλάντωσης του συστήματος οπότε καθορίζεται η μεταβολή της μάζας των αιωρούμενων σωματιδίων που έχουν συλλεχθεί. Το όργανο TEOM μπορεί να δίνει μετρήσεις κάθε 10 λεπτά έως 24 ώρες και το εύρος μέτρησης κυμαίνεται από 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ως το επίπεδο μερικών g/m^3 .

Όπως φαίνεται στη σχηματική απεικόνιση του οργάνου TEOM στην εικόνα 3.5, ο ατμοσφαιρικός αέρας οδηγείται διαμέσου της κεφαλής στο φίλτρο συλλογής των αιωρούμενων σωματιδίων, διαμέτρου 13mm, που είναι προσαρμοσμένο στο σύστημα ταλάντωσης, το οποίο είναι συνδεδεμένο με τον ανιχνευτή και τον καταγραφέα.



Εικόνα 2.5 : Σχηματική απεικόνιση μετρητή TEOM.



Εικόνα 2.6 : Διατομή TOEM

Το σύστημα ταλάντωσης (εικόνα 3.6) βασίζεται στη διέλευση του αέρα διαμέσου ενός κοίλου γυάλινου σωλήνα μήκους 100-150mm. Στην είσοδο του, η οποία είναι στενή και ελεύθερη, προσαρμόζεται η γυάλινη βάση του φίλτρου ενώ η έξοδος του σωλήνα είναι ευρεία και σταθερή. Το ρεύμα αέρα περνάει από το φίλτρο και εισέρχεται στον γυάλινο σωλήνα, με παροχή 0,5 έως 5 L/min. Εκατέρωθεν του γυάλινου σωλήνα εφαρμόζεται ηλεκτρικό πεδίο και το γυαλί ταλαντώνεται εγκάρσια, όπως ένας αρμονικός ταλαντωτής. Οι εξισώσεις που περιγράφουν την ταλάντωση του γυάλινου σωλήνα είναι οι παρακάτω:

$$\omega = \left(\frac{k}{m}\right)^{0.5}$$

Όπου :

ω = η γωνιακή συχνότητα,

k = η σταθερά βαθμονόμησης και

m = η μάζα που ταλαντώνεται.

Για να προσδιορίσουμε τη σταθερά βαθμονόμησης τοποθετούμε ένα πρότυπο βάρος στο φίλτρο και καταγράφουμε τη διαφορά στη συχνότητα ταλάντωσης λόγω της γνωστής πρότυπης μάζας. Άλλη έκφραση της σχέσης 1 είναι :

$$\Delta m = k \left(\frac{1}{f_f^2} - \frac{1}{f_i^2} \right)$$

όπου:

Δm : η ποσότητα της μάζας των αιωρούμενων σωματιδίων που συγκρατείται

στο φίλτρο

f_i : Αρχική συχνότητα ταλάντωσης

f_f : Τελική συχνότητα ταλάντωσης

k : Σταθερά βαθμονόμησης

Η μάζα των σωματιδίων που συλλέγεται στο φίλτρο μειώνει τη συχνότητα ταλάντωσης του γυαλιού. Η διαφορά στη συχνότητα ταλάντωσης του γυαλιού ανιχνεύεται ηλεκτρονικά, μετατρέπεται σε συγκέντρωση μάζας και εμφανίζεται στην οθόνη του οργάνου.

Το ρεύμα αέρος καθώς εισάγεται στο όργανο θερμαίνεται συνήθως στους 500 C προκειμένου να απομακρυνθεί η ατμοσφαιρική υγρασία. Αυτό γίνεται για να μην επηρεάζουν οι μεταβολές της ατμοσφαιρικής υγρασίας τις μετρήσεις. Πρέπει όμως να έχουμε υπόψη ότι στη θερμοκρασία των 500 C εξατμίζονται οι περισσότεροι από τους πτητικούς αέριους ρύπους (VOC's) όπως το NH_4NO_3 , οπότε μπορούμε να ρυθμίσουμε τη θερμοκρασία στους 30ο -35ο C.

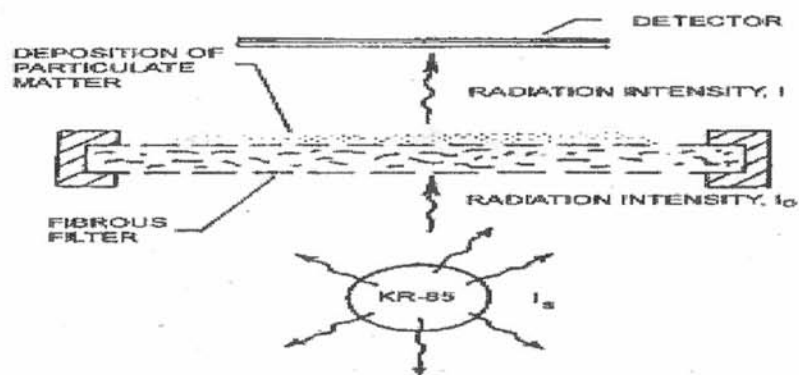
Ταυτόχρονα, όμως, η μέθοδος TEOM παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα. Αρχικά, δεν είναι δυνατή η ημερήσια χημική ανάλυση των αποτιθέμενων σωματιδίων, αφού το ίδιο φίλτρο φορτίζεται επί σειρά ημερών.

Όπως αναφέρθηκε η βασική αρχή της μεθόδου είναι η μεταβολή της συχνότητας ταλάντωσης του συστήματος λόγω της μάζας των PM που συλλέγονται. Για αυτό το λόγο πρέπει να τοποθετείται σε μέρη όπου δεν υπάρχει μηχανικός θόρυβος ή μεγάλα αντικείμενα τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν το όργανο.

Το ρεύμα αέρα που εισέρχεται θα πρέπει να έχει όσο γίνεται πιο σταθερή θερμοκρασία. Μεγάλες και απότομες μεταβολές στη θερμοκρασία του αέρα που εισέρχεται (7ο – 8ο C/min) μειώνει την ακρίβεια της μέτρησης καθώς δεν προλαβαίνει να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία.

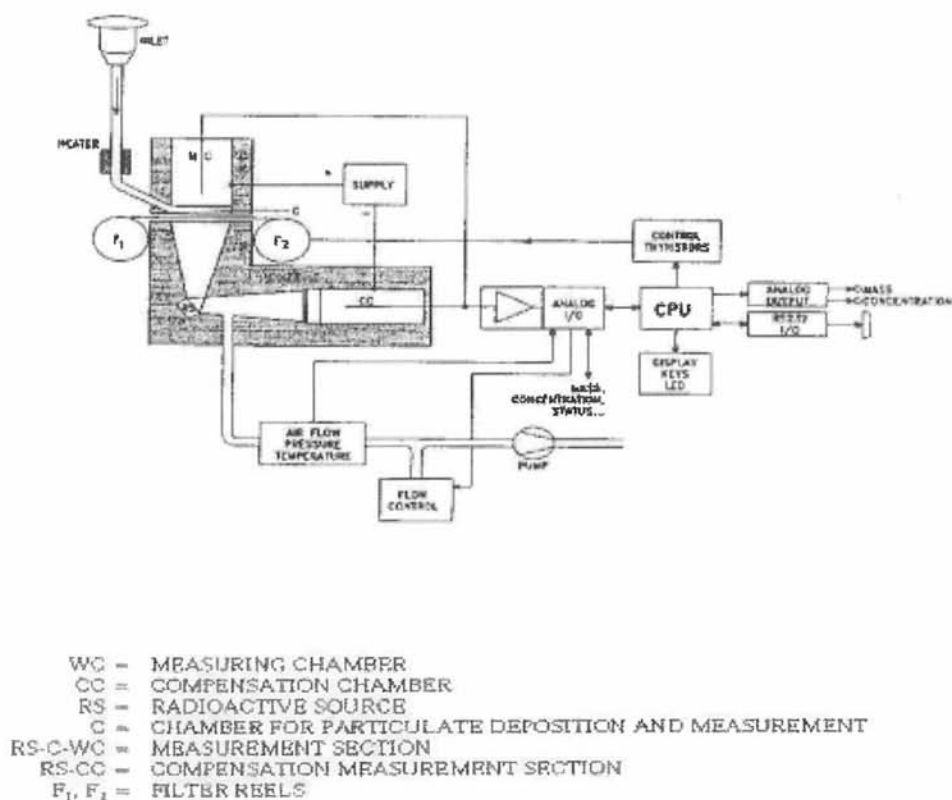
2. Μέθοδος απορρόφησης β-ακτινοβολίας :

Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στη μεταβολή της β- ακτινοβολίας, που εκπέμπεται από μία ραδιενεργό πηγή, κατά τη διέλευση της μέσα από τη σωματιδιακή ύλη που εναποτίθεται στο φίλτρο (Εικόνα 2.7).



Εικόνα 2.7 : Αρχή λειτουργίας μεθόδου απορρόφησης β-ακτινοβολίας

Όπως φαίνεται στην εικόνα 2.8 ένα όργανο β-ακτινοβολίας για τον προσδιορισμό των αιωρούμενων σωματιδίων αποτελείται από: α) την εισαγωγή του αέρα, β) το κύριο μέρος του οργάνου μέτρησης, γ) την (αναρροφητική) αντλία κενού, και, δ) τα παρελκόμενα.



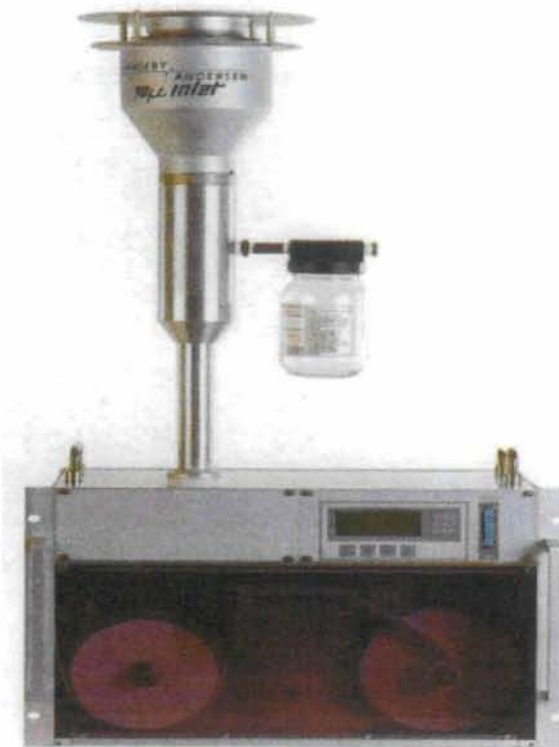
Εικόνα 2.8 : Σχηματική απεικόνιση μετρητή μάζας αιωρούμενων σωματιδίων με β-ακτινοβολία.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας εξαναγκάζεται να διέλθει από την κεφαλή PM με ταχύτητα ροής 16,7 L/min. Η κεφαλή (εικόνα 2.8) αποτελείται από μία σειρά από προσκρουστήρες προκειμένου να διαχωριστούν κατά μέγεθος τα αιωρούμενα σωματίδια και να απομακρυνθούν οι ατμοσφαιρικές παρεμποδίσσεις όπως π.χ. έντομα και σταγονίδια βροχής. Το κλάσμα των PM

οδηγείται στο κύριο μέρος του οργάνου μέτρησης.

Τα PM εναποτίθενται σε φίλτρο που είναι φτιαγμένο από υαλονήματα και σε μορφή ταινίας (glass fiber filter tape) η οποία κινείται σε προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, συνήθως ανά 24 hrs. Μία ραδιενεργός πηγή, συνήθως αέριο Kr-85, εκπέμπει β-ακτινοβολία προς δύο θαλάμους ιονισμού τον θάλαμο μέτρησης και τον θάλαμο αναφοράς. Ο θάλαμος μέτρησης είναι απέναντι από τη ραδιενεργό πηγή και ανάμεσα τους βρίσκεται το επιφορτισμένο φίλτρο, ενώ ο θάλαμος αναφοράς είναι στο πλάι της ραδιενεργού πηγής και ανάμεσα τους βρίσκεται το κενό φίλτρο υαλονημάτων.

Κατά τη διάρκεια της μέτρησης η ραδιενεργός πηγή εκπέμπει β-ακτινοβολία χαμηλής έντασης – 50 mCi – προς τους δύο θαλάμους ιονισμού. Στο θάλαμο μέτρησης η απορρόφηση της β-ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη εξαιτίας των αιωρούμενων σωματιδίων που συλλέγονται πάνω στο φίλτρο. Η διαφορά δυναμικού που παρατηρείται μεταξύ των δύο θαλάμων είναι ανάλογη της μάζας των PM₁₀ πάνω στο φίλτρο και το σήμα μετατρέπεται μέσω υπολογιστή σε συγκέντρωση PM₁₀ στον ατμοσφαιρικό αέρα.



Εικόνα 2.9 : Μετρητής μάζας αιωρούμενων σωματιδίων με β-ακτινοβολία

Σε περιοχές με υψηλή υγρασία και βροχερό κλίμα μπορεί να αποτεθεί νερό στο φίλτρο με αποτέλεσμα να έχουμε ψευδείς υψηλότερες τιμές για τα PM. Για το λόγο αυτό σε περιοχές με ζεστό και υγρό κλίμα, που το όργανο είναι τοποθετημένο σε κλιματιζόμενο χώρο, ο σωλήνας εισαγωγής πρέπει να είναι μονωμένος για να μην έχουμε συμπύκνωση της ατμοσφαιρικής υγρασίας. Για να αποφύγουμε την είσοδο υγρασίας σε περιοχές με βροχερό κλίμα η εισαγωγή του αέρα θερμαίνεται ώστε τα σταγονίδια της βροχής να είναι σε αέρια φάση, θα πρέπει όμως η θερμοκρασία να είναι τέτοια ώστε να μην έχουμε εξάτμιση των ημιπτητικών αέριων ρύπων.

Το όργανο είναι ευαίσθητο εκτός από την υγρασία, σε μεταβολές της θερμοκρασίας και της πίεσης. Το όργανο διαθέτει σύστημα για την αντιστάθμιση των θερμοκρασιακών μεταβολών του περιβάλλοντος εφόσον δεν υπερβαίνουν το εύρος καλής λειτουργίας του οργάνου (-20o έως 40o C).

3. Πιεζοηλεκτρική ταλάντωση :

Στη μέθοδο αυτή που μοιάζει με τη μέθοδο ταλάντωσης χορδής τα αιωρούμενα σωματίδια αποτίθενται σε πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους είτε λόγω πρόσκρουσης είτε λόγω ηλεκτροστατικών δυνάμεων. Συγκεκριμένα οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι ταλαντώνονται με την εφαρμογή εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου. Έτσι καταγράφουμε τη μεταβολή στη συχνότητα ταλάντωσης ενός πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου λόγω της εναπόθεσης των αιωρούμενων σωματιδίων και τη συγκρίνουμε με έναν άλλο κρύσταλλο και μπορούμε να υπολογίσουμε τη μάζα των ΡΜ.

Συνήθως χρησιμοποιούνται κρύσταλλοι quartz οι οποίοι έχουν υψηλή ευαισθησία, της τάξης των εκατοντάδων hertz/μg. Αυτή η ευαισθησία έχει ως αποτέλεσμα να μπορούμε συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων 100 μg/m³ σε λιγότερο από ένα λεπτό.

4. Μέθοδος σκεδασμού του φωτός :

Η μέθοδος στηρίζεται στην ιδιότητα των αιωρούμενων σωματιδίων να προκαλούν σκεδασμό του φωτός. Η σχέση που συνδέει τον σκεδασμό με το σωματιδιακό φορτίο εξαρτάται από το μέγεθος των σωματιδίων. Γενικά, η μάζα των αιωρούμενων σωματιδίων σε μια τυπική ατμόσφαιρα κατοικημένης περιοχής μπορεί να εκφραστεί από το σκεδασμό χωρίς σημαντικά σφάλμα.

Για τον προσδιορισμό των σωματιδίων με βάση την παραπάνω μέθοδο χρησιμοποιείται το ολοκληρωτικό νεφελόμετρο.

Στην ίδια αρχή στηρίζεται και η λειτουργία των οργάνων καταμέτρησης σωματιδίων (optical particle counters), τα οποία προσδιορίζουν τον αριθμό των σωματιδίων ανάλογα με το μέγεθος τους. Τα όργανα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως σε καθαρούς χώρους, όπου υπάρχουν περιορισμοί όχι μόνο για το συνολικό σωματιδιακό φορτίο, αλλά και για το μέγεθος των σωματιδίων. (integrating nefelometer).

Είναι ευνόητο ότι με τη μέθοδο σκεδασμού του φωτός γίνεται απλώς μέτρηση του σωματιδιακού φορτίου, χωρίς να υπάρχει δυνατότητα περαιτέρω ανάλυσης της χημικής του σύστασης.

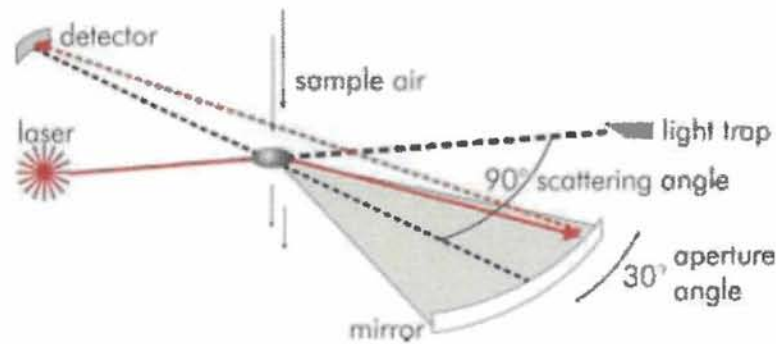
Νεότερα, όμως, συστήματα σκεδασμού φωτός δε καταγράφουν μόνο, αλλά και κατηγοριοποιούν τα αιωρούμενα σωματίδια ανάλογα με το μέγεθός τους. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι ένας μόνο αναλυτής που χρησιμοποιεί κεφαλή TSP (δηλ. ολικών αιωρούμενων σωματιδίων) μπορεί να καταγράψει ταυτόχρονα διάφορα κλάσματα αιωρούμενων σωματιδίων, συμπεριλαμβανομένων των PM₁₀, PM_{2.5} και PM₁.

Μία τέτοια μέθοδος είναι η GRIMM (optical dust measurement system) που ανήκει στις οπτικές μεθόδους προσδιορισμού αιωρούμενων σωματιδίων.

Πρόκειται για μία φορητή συσκευή μέτρηση συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων της ατμοσφαιράς. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα αυτόνομο και ανεξάρτητο σύστημα μέτρησης και είναι ικανό να μετράει ταυτόχρονα συγκεντρώσεις σωματιδίων διαφορετικής αεροδυναμικής διαμέτρου (PM₁₀-PM_{2,5}-PM_{1,0}). Ως μονάδα μέτρησης χρησιμοποιεί τα μικρογραμμάρια σωματιδίων ανά κυβικό μέτρο μg/m³. Η διακριτική του ικανότητα είναι 1 μg/m³ με ρυθμό ροής αέρα 72 lpm. Ο συνεχής ρυθμός ροής διατηρείται μέσω του αυτομάτου ελέγχου της εσωτερικής αντλίας του οργάνου. Όλα τα σωματίδια που περιέχονται στο μετρούμενο όγκο αέρα, συλλέγονται στο κύριο φίλτρο σκόνης του GRIMM.

Η αρχή λειτουργίας του GRIMM έγκειται στην φυσική αρχή σκέδασης του φωτός. Στο εισερχόμενο στο όργανο δείγμα αέρα προσπίπτει κάθετα μία ακτίνα μονοχρωματικής ακτινοβολίας (laser). Η σκεδαζόμενη από τα αιωρήματα ακτινοβολία συλλέγεται από διάταξη κατόπτρων και τελικά οδηγείται σε 90° από έναν καθρέφτη και μεταφέρεται στον ανιχνευτή. Εκεί, μία δίοδος- αποδέκτης το μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα. Το σήμα της δίοδου καταλήγει, μετά από κατάλληλη ενίσχυση, σε έναν πολυκάναλο ταξινομητή όπου διακρίνεται το μέγεθος των σωματιδίων. Η

επεξεργασία του σήματος (ύψους του ηλεκτρικού παλμού) οδηγεί τελικά στον υπολογισμό της συγκέντρωσης μάζας σωματιδίων ανάλογα με την αεροδυναμική τους διάμετρο τα οποία περιέχονται στον μετρούμενο όγκο αέρα.



Εικόνα 2.10 : Σχηματική αναπαράσταση μεθόδου GRIMM

5. Ηλεκτροκινητική μέθοδος :

Οι δειγματολήπτες - αναλυτές αυτής της κατηγορίας βρίσκουν εφαρμογή σε σωματίδια διαμέτρου μικρότερης από 1 μm. Οι αναλυτές αυτής της κατηγορίας αποτελούνται από :

- α) ένα ηλεκτρικό πεδίο για να φορτιστούν τα σωματίδια,
 - β) ένα διαχωριστή για το διαχωρισμό των σωματιδίων ανάλογα με τη μάζα και το φορτίο τους, και,
 - γ) έναν ανιχνευτή για την ανίχνευση και καταγραφή των σωματιδίων.
- Στην κατηγορία αυτή ανήκει ο Ηλεκτρικός Αναλυτής Αερολυμάτων (Electrical Aerosol Analyzer, EAA), ο οποίος χρησιμοποιείται για την καταμέτρηση σωματιδίων μεγέθους 0.01 έως 1.0 μm μέσα σε λίγα λεπτά της ώρας. Έχουν εφαρμογή στη καταμέτρηση των πυρήνων συμπύκνωσης νεφών (CCN).

6. Μεταβολή της πίεσης στο φίλτρο (Pressure Drop Tape Sampler, CAMMS)

:

Η αρχή της λειτουργίας ενός αναλυτή συνεχούς καταγραφής της σωματιδιακής μάζας της ατμόσφαιρας (CAMMS, continuous ambient mass monitor system), στηρίζεται στη μέτρηση της πτώσης της πίεσης στην επιφάνεια ενός φίλτρου Fluoropore (το φίλτρο Fluoropore αποτελείται από ένα φίλτρο Teflon με επίστρωση πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας). Η πίεση μειώνεται γραμμικά σε συνάρτηση με τη μάζα που αποτίθεται στην επιφάνεια του φίλτρου.

Ο αναλυτής αποτελείται από:

- α) ένα φίλτρο συλλογής των αιωρούμενων σωματιδίων Fluoropore σε μορφή ταινίας,
- β) ένα σύστημα περιστροφής της ταινίας προκειμένου να έχουμε συνεχή καταγραφή,
- γ) σύστημα μέτρησης της μεταβολής της πίεσης πάνω στο φίλτρο ,
- δ) σύστημα για την απομάκρυνση της υγρασίας , και,
- ε) αντλία κενού.

Η ταινία περιστρέφεται κάθε 20 με 60 λεπτά. Η εξάτμιση και η προσρόφηση ελαχιστοποιούνται καθώς οι μετρήσεις γίνονται σε συνθήκες περιβάλλοντος και για μικρό χρονικό διάστημα. Οι δειγματολήπτες αυτής της κατηγορίας μπορούν να υπολογίσουν συγκεντρώσεις έως και 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ σε μέση ωριαία μέτρηση.

2.1.3 Πρότυπο EN 12341 για τη μέτρηση των PM10 , PM2.5.

Η θυγατρική οδηγία (1999/30/ΕΚ) καθορίζει ότι μετρήσεις των PM10 θα πρέπει να πραγματοποιούνται με τη μέθοδο αναφοράς, όπως ορίζονται στο Ευρωπαϊκό πρότυπο EN12341/1999. Κατόπιν αυτό συμπληρώθηκε και με το πρότυπο EN14907/2006. Τέλος τα παραπάνω πρότυπα αντικαταστάθηκαν από ένα πιο σύγχρονο (από όπου προέρχονται και οι αναφορές) το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN12341/20148.

Το πρότυπο περιγράφει μια μέθοδο υπολογισμού των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων στον αέρα (PM10 ή τα PM2,5) μέσα από δειγματοληψία με φίλτρα και ζύγιση σε ισορροπία.

Οι μετρήσεις γίνονται από δειγματολήπτες με σχέδια εισαγωγής, όπως καθορίζεται στο παράρτημα Α της οδηγίας (βλ.εικ.4.2), που λειτουργούν σε ονομαστική ροή 2,3 m³/h, σε μια περίοδο δειγματοληψίας ονομαστική 24 ωρών. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων εκφράζονται σε µg/m³, όπου ο όγκος του αέρα είναι ο όγκος σε συνθήκες περιβάλλοντος κοντά στην είσοδο (inlet) κατά τη στιγμή της δειγματοληψίας.

Ο δειγματολήπτης συνδέεται άμεσα με ένα φίλτρο υπόστρωμα (substrate) και ελεγκτή ρυθμιζόμενης ροής. Μετά την ολοκλήρωση της περιόδου δειγματοληψίας διάρκειας περίπου 24 ωρών, η μάζα PM10 που συλλέγεται στο φίλτρο προσδιορίζεται δια ζυγίσεως σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Φυσικά η ζύγιση του φίλτρου έχει προηγηθεί στις ίδιες συνθήκες και πριν την τοποθέτηση .

Η εφαρμογή του προτύπου είναι από περίπου 1 µg/m³ (δηλαδή το όριο ανίχνευσης της μεθόδου και εκφράζεται ως αβεβαιότητα) μέχρι και 150 µg/m³ για τα PM10 ή τα 120 µg/m³ για τα PM2,5.

Αυτό το Ευρωπαϊκό πρότυπο περιγράφει τις διαδικασίες και δίνει τις απαιτήσεις για τη χρήση των λεγόμενων διαδοχικών δειγματοληπτών (Sequential Samplers), εξοπλισμένο με έναν εναλλάκτη φίλτρων (filter changer). Διαδοχικοί δειγματολήπτες χρησιμοποιούνται συνήθως σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση για τη μέτρηση των συγκεντρώσεων στον ατμοσφαιρικό αέρα. Ωστόσο, αυτό το Ευρωπαϊκό πρότυπο δεν αποκλείει τη χρήση μονού (single) φίλτρου δειγματολήπτη 9.

Η ροή του δειγματολήπτη που αναπτύσσεται είναι 2,3 m³/h και περιλαμβάνει περιορισμούς σχετικά με τη θερμοκρασία του φίλτρου τόσο κατά τη διάρκεια όσο και

μετά τη δειγματοληψία και τη δυνατότητα παρακολούθησης της, σε κρίσιμα σημεία στο σύστημα δειγματοληψίας.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η μέτρηση της συγκέντρωσης των PM10 με τη μέθοδο αναφοράς δεν είναι ένα απόλυτο μέτρο της μάζας των PM10 στην ατμόσφαιρα. Η μέθοδος αναφοράς έχει και θετικά και αρνητικά (για παράδειγμα, στα θετικά λαμβάνεται η αύξηση του particle-bound water ενώ στα αρνητικά η απώλεια των ημιπηκτικών ενώσεων στη διάρκεια της δειγματοληψίας). Γενικά παράγοντες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα της μέτρησης μπορεί να είναι:

- Απώλειες απόθεσης κλάσματος μέσα στις σωληνώσεις ανάμεσα στην είσοδο και στο φίλτρο.
- Μη ελεγχόμενες απώλειες, λόγω πτητικότητας τόσο ανάμεσα στις σωληνώσεις μεταξύ εισόδου και φίλτρου, όσο και πάνω στο φίλτρο σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή μεταξύ συλλογής και ζύγισης.
- Πιθανές αλλαγές στη μάζα των φίλτρων εξαιτίας του προσροφούμενου νερού, λανθασμένης απώλειας ή προσθήκης υλικού, άνωση ή στατικού ηλεκτρισμού.
- Ταχύτητα ροής.

Παρακάτω παρατίθενται κάποιες χαρακτηριστικές ενότητες της οδηγίας.

- Επαλήθευση/ έλεγχος ποιότητας (QA/QC)(Quality Assurance / Quality Control):

Για την επίτευξη καλύτερων και πιο αξιόπιστων αποτελεσμάτων μέτρησης πρέπει να ακολουθούνται κάποιες διαδικασίες είτε σε κάθε μέτρηση είτε περιοδικά. Αυτές είναι:

Καθημερινές διαδικασίες :

- Χειρισμό και εγκλιματισμό (conditioning) του φίλτρου.
- Έλεγχος των συνθηκών του δωματίου ζύγισης.
- Έλεγχο ορθής λειτουργίας των οργάνων ζύγισης,
- Χρήση λευκών φίλτρων (blank).

Συχνές διαδικασίες:

- Χρήση μη επιφορτισμένων φίλτρων στο εσωτερικό της LVS(Low Volume System) δίπλα σε αντλία (φίλτρα πεδίου) .
- Τον έλεγχο και τη διακρίβωση ροής.

- Τη διακρίβωση ζυγού .
- Τη συντήρηση και τον έλεγχο του συστήματος δειγματοληψίας.

➤ Low Volume Systems, LVS:

Στα συστήματα δειγματοληψίας μικρού όγκου (LVS), η μέθοδος αναφοράς περιλαμβάνει έναν εισαγωγέα συλλογής PM συνδεδεμένο απευθείας με ένα υπόστρωμα φίλτρου και μια συσκευή ρυθμιζόμενης ροής, ενώ ακολουθεί σταθμικός προσδιορισμός των PM που συλλέγονται στο φίλτρο. Η κεφαλή πρέπει να είναι ανθεκτική στις καιρικές συνθήκες και να κατασκευάζεται από ανοξείδωτο ατσάλι. Ο αέρας εισέρχεται με ταχύτητα 2,3 m³/h (ή 38 L/min) από το κενό που υπάρχει μεταξύ του κυλινδρικού σώματος της κεφαλής και του καλύμματος που υπάρχει πάνω από αυτό. Το κάλυμμα προστατεύει την εισαγωγή από τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις και από άλλες πηγές. Όταν ο αέρας εισέλθει στη συσκευή, τα οκτώ ακροφύσια επιτάχυνσης διαχωρίζουν τα σωματίδια αφού τα μεγαλύτερα με διάμετρο > 10μm παραμένουν στο φίλμ συλλογής ενώ τα PM₁₀ οδηγούνται στο φίλτρο.

➤ Σύστημα ελέγχου ροής:

Η ογκομετρική ροή κατά την είσοδο είναι ελεγχόμενη και πρέπει ο δειγματοζόμενος όγκος αέρα σε συνθήκες περιβάλλοντος ανά μονάδα χρόνου να είναι σταθερός. Με βάση τα πρότυπα, η ροή οφείλει να είναι σε μια τιμή 2,3 m³/h (ή 38 L/min). Επιπλέον η μέση ταχύτητα ροής (average flowrate) κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας οφείλει να είναι στο 2% της ονομαστικής τιμής της, ενώ όλες οι στιγμιαίες ταχύτητες ροής (instantaneous value) κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας, πρέπει να παραμένουν μέσα στο 5% της ονομαστικής ταχύτητας ροής. Η ταχύτητα ροής ανάγεται σε συνθήκες περιβάλλοντος σύμφωνα με τον νόμο των ιδανικών αερίων.

➤ Φίλτρα / Υποδοχείς φίλτρων:

Η επιλογή των φίλτρων εξαρτάται κάθε φορά από το είδος της μελέτης που θέλουμε να κάνουμε και από τα υπάρχοντα όργανα που έχουμε στο εργαστήριο μας. Για δειγματοληψία μεγάλου όγκου PM₁₀ πρέπει να χρησιμοποιηθούν φίλτρα με χαμηλή αντίσταση ροής ώστε να διατηρηθεί η απαιτούμενη ροή.

Τα προς χρήση φίλτρα είναι από υαλονήματα (glass fiber), ίνες quartz, PTFE ή υαλονήματα με επικάλυψη PTFE όπως τα ENFAB. Η επιλογή του κατάλληλου φίλτρου

γίνεται με βάση το είδος της χημικής ανάλυσης στην οποία πρόκειται ενδεχομένως να υποβληθεί το δείγμα ή των απαιτήσεων του προγράμματος για το οποίο γίνονται οι μετρήσεις (όπως σύγκριση φίλτρων που έχει έμμεσα και το δικό μας πρόγραμμα). Τα φίλτρα έχουν διαχωριστική ικανότητα τουλάχιστον 99,5% για σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο 0,3 μm.

Τέλος οι επιδράσεις από θερμικές πηγές, όπως ηλιακή ακτινοβολία ή τις ηλεκτρικές συσκευές (π.χ. την αντλία δειγματοληψίας), αλλά και τα ψυκτικά στοιχεία όπως ο κλιματισμός πρέπει να ελαχιστοποιούνται. Κατά τη διάρκεια περιόδων με μέση ωριαία θερμοκρασία περιβάλλοντος πάνω από 20°C, η θερμοκρασία του δείγματος φίλτρου δεν θα πρέπει να διαφέρει περισσότερο από 5°C από τη θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα γύρω από το δειγματολήπτη.

➤ Δειγματοληψία και ζύγιση:

Οι ζυγίσεις λαμβάνουν χώρα σε έναν ειδικά διαμορφωμένο χώρο/δωμάτιο με ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να υπάρχει μία μονάδα κλιματισμού μόνιμα εγκατεστημένη για τον εγκλιματισμό των φίλτρων (conditioning). Οι τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας είναι συνεχώς υπό παρακολούθηση ώστε να είναι μεταξύ των 19°C με 20°C και 45% με 50% RH αντίστοιχα. Στο θάλαμο για την ζύγιση θα είναι τοποθετημένος και ένας ζυγός ακριβείας με διακριτική ικανότητα 10-6g=1μg.

➤ Διάρκεια δειγματοληψίας:

Η χρονική διάρκεια της μέτρησης θα είναι 24h±1h και πρέπει να καταγράφονται οι τιμές με ακρίβεια +/- 5min.

➤ Πηγές αβεβαιότητας στη συλλεγμένη σωματιδιακή μάζα :

- Μεταβολές στη μάζα επειδή η απόδοση της επιλογής μεγέθους σωματιδίων διαφέρει από τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού .
- Απώλειες λόγω απόθεσης σωματιδίων στις σωληνώσεις και ικανότητας συλλογής του φίλτρου.
- Απώλειες ημιπτητικής σωματιδιακής ύλης (semi-volatile particulate matter) από το φίλτρο μεταξύ της διαδικασίας συλλογής και ζύγισης .
- Αλλαγές στη μάζα των φίλτρων μεταξύ των ζυγίσεων μη επιφορτισμένων και επιφορτισμένων φίλτρων εξαιτίας του περιεχομένου νερού .

- Μεταβολές στη μάζα της σωματιδιακής ύλης εξαιτίας του περιεχομένου νερού.
 - Αλλαγές στην άνωση μεταξύ φορτισμένων και μη φίλτρων.
 - Ακρίβεια του ζυγού, μετατόπιση του μηδενός (zero drift) και επίδραση στατικού ηλεκτρισμού κατά τη ζύγιση.
 - Επικάθιση ή απώλεια ύλης μεταξύ των ζυγίσεων των φορτισμένων και μη φίλτρων .
 - Διευρυμένη (expanded) αβεβαιότητα σε σχέση με τους στόχους ποιότητας δεδομένων της Ευρωπαϊκής Ένωσης :
- Στον πίνακα (2.1) δίνονται οι διευρυμένες αβεβαιότητες των ημερησίων και ετησίων οριακών τιμών από την πρότυπη μέθοδο και τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής ένωσης.

Πίνακας 2.1: Διευρυμένες αβεβαιότητες με την πρότυπη μέθοδο . (Πηγή: Οδηγία EN 12341:2014)

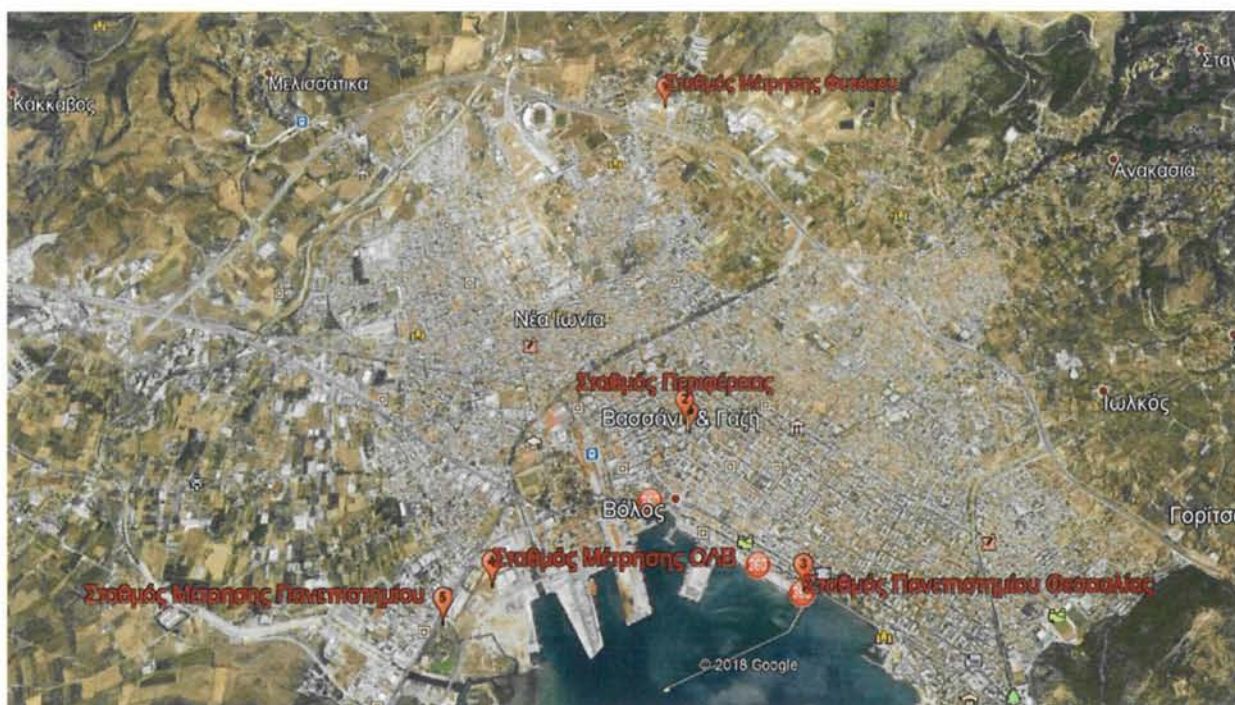
Limit value	EU uncertainty requirement %	Expanded relative uncertainty %
<i>PM₁₀</i>		
– daily: 50 µg/m ³	25	7,7
– annual: 40 µg/m ³	-	7,1
<i>PM_{2,5}</i>		
– daily: 30 µg/m ³ ^a	25	11,6
– annual: 25 µg/m ³	25	10,1

2.1.4 Σημεία τοποθεσίας μετρητικών οργάνων Βόλου

Μετά από σχετική έρευνα όσων αφορά την παρουσία σταθμών μετρήσεων αιωρούμενων σωματιδίων PM10 & PM2,5 στην πόλη του Βόλου διαπιστώθηκε πως υπάρχουν πέντε σταθμοί μετρήσεων τοποθετημένοι από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,

την Περιφέρεια Θεσσαλίας, τον ΟΛΒ και παρουσιάζεται παρακάτω ορθοφωτοχάρτης με τα σημεία τοποθέτησης των σταθμών μέτρησης καθώς και λίστα για τον κάθε ένα σχετικά με την μέθοδο μέτρησης που ακολουθεί.

ΟΡΘΟΦΩΤΟΧΑΡΤΗΣ



A/A	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΟΡΓΑΝΩΝ	ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
1	ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΚΕΔΑΣΗΣ
2	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ Β
3	ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΚΕΔΑΣΗΣ
4	ΟΛΒ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΚΕΔΑΣΗΣ

Κεφάλαιο 3. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετηθούν οι μετρήσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα δίκτυα σταθμών μέτρησης σε όλη την Ελλάδα, που την ευθύνη λειτουργίας τους έχει το ΥΠΕΝ (ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ)

3.1.1 Δίκτυο σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Σύμφωνα με την εθνική και κοινοτική νομοθεσία, η λειτουργία δικτύου σταθμών μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αποτελεί υποχρέωση της χώρας. Για το σκοπό αυτό, στο πλαίσιο του επιχειρησιακού προγράμματος «Περιβάλλον» το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ) ως Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) υλοποίησε μια σειρά δράσεων και έργων με κύριους στόχους (Χρονόπουλος, 2005):

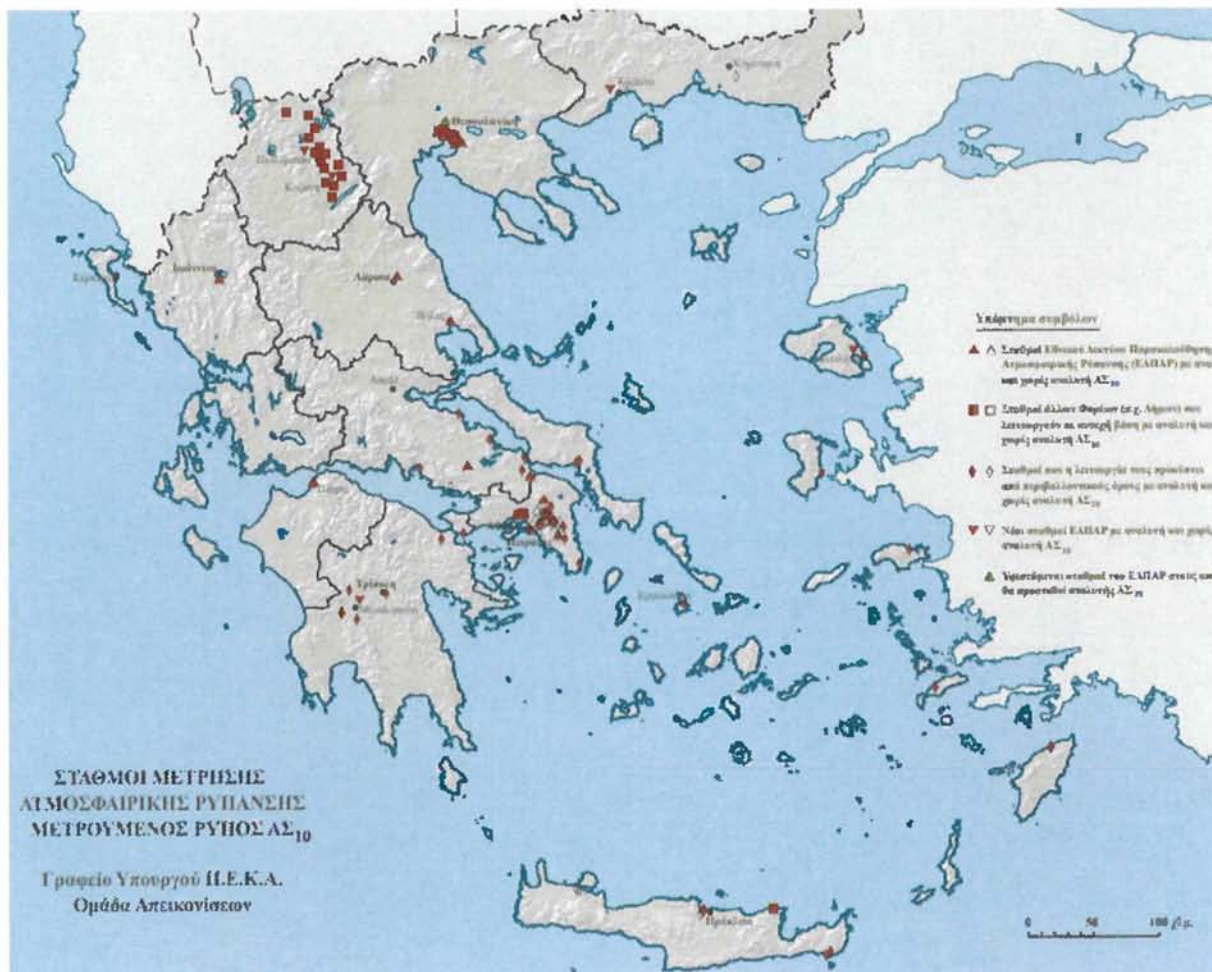
- Την επέκταση του δικτύου παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον Ελλαδικό χώρο
- Την παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης ρύπων που δεν μετρούνταν στο παρελθόν
- Την αναβάθμιση των διαδικασιών επεξεργασίας-ανάλυσης και διάδοσης της σχετικής πληροφορίας προς τους αρμόδιους εθνικούς και διεθνείς φορείς (ΕΕ, ΕΕΑ), όπως επίσης και προς το κοινό.

Το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ) ξεκίνησε να λειτουργεί στα τέλη του 2000. Στην παρούσα φάση (2019), αποτελείται από 39 σταθμούς, εκ των οποίων οι 20 είναι εγκατεστημένοι και λειτουργούν στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, 7 στην περιοχή της Θεσσαλονίκης και 12 στην υπόλοιπη χώρα.

Τα τελευταία χρόνια, εκτός από τους «συμβατικούς» ρύπους (οξειδία του αζώτου, μονοξειδίου του άνθρακα, διοξείδιο του θείου, όζον, μαύρος καπνός), έχουν εγκατασταθεί και λειτουργούν μετρητικές διατάξεις της συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀, PM_{2,5}), καθώς και πτητικών οργανικών ενώσεων (βενζόλιο, τολουόλιο, αιθυλοβενζόλιο, ξυλόλια).

Την ευθύνη για τη λειτουργία του δικτύου μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας έχει το Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας, το οποίο

ανήκει στη Διεύθυνση Κλιματικής Αλλαγής και Ποιότητας Ατμόσφαιρας (ΚΑΠΑ) του ΥΠΕΝ. Για τους υπόλοιπους σταθμούς του ΕΔΠΑΡ, υπεύθυνες είναι οι αντίστοιχες Περιφερειακές διοικήσεις της χώρας.



Εικόνα 3.1: Σταθμοί μέτρησης PM10 του ΕΔΠΑΡ



Εικόνα 3.2: Σταθμοί μέτρησης PM2.5 του ΕΔΠΑΡ

Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΕΔΠΑΡ, που την ευθύνη λειτουργίας τους έχει το ΥΠΕΝ.

Όνομα	Σταθμός					Χαρακτηρισμός	Μετρούμενοι ρύποι						
	Θέση		ΕΓΣΑ87		Υψόμετρο (m -asl)		SO ₂	NO _x	CO	O ₃	ΑΣ ₁₀	ΑΣ _{2.5}	C ₂ H ₄
	Γεωγρ. Μήκος	Γεωγρ. Πλάτος	X (m)	Y(m)									
Αθήνας (ATH)	23° 43' 30",56	37° 58' 32",19	475861,4	4203144,21	75	Αστικός-Κυκλοφοριαός	v	v	v	v			
Αριστοτέλους (ARI)	23° 43' 33",34	37° 59' 07",87	475932,35	4204237,61	75	Αστικός-Κυκλοφοριαός	v	v			v	v	
Γεωπονική (GEO)	23° 42' 12",44	37° 58' 53",42	473957,7	4203804,36	40	Περιαστικός-Βιομηχανικός		v	v	v			
Λιάσια (LIO)	23° 41' 45",93	38° 04' 26",92	473344,48	4214085,13	165	Περιαστικός-Υποβάθρου				v	v		
Λυκόβρυσσ* (LYK)	23° 47' 14",24	38° 03' 54",72	481341,08	4213070,48	234	Περιαστικός-Υποβάθρου				v	v	v	
Μαρούσι (MAR)	23° 47' 08",41	38° 01' 41",68	481189,53	4208970,47	170	Αστικός-Κυκλοφοριαός		v	v	v	v		
Νέα Σμύρνη (SMY)	23° 42' 40",77	37° 55' 45",83	474630,7	4198020,95	50	Αστικός-Υποβάθρου		v	v	v	v		v
Πατησίων (PAT)	23° 43' 52",87	37° 59' 49",17	476412,51	4205515,17	105	Αστικός-Κυκλοφοριαός	v	v	v	v			v
Πειραιός I* (PIR)	23° 38' 36",75	37° 56' 31",40	468679,3	4199445,93	4	Αστικός-Κυκλοφοριαός	v	v	v	v	v	v	v
Περσέτρα (PER)	23° 41' 12",01	38° 01' 05",56	472497,21	4207882,04	80	Αστικός-Υποβάθρου				v	v		
Αγ. Παρασκευή (AGP)	23° 49' 03",82	37° 59' 33",05	483995,32	4205000,11	290	Περιαστικός-Υποβάθρου		v		v	v	v	
Ελευσίνα (ELE)	23° 32' 12",27	38° 02' 55",39	459353,92	4211321,8	20	Περιαστικός-Βιομηχανικός	v	v		v	v	v	v
Θρακομα (THR) κεδόνες	23° 45' 23",37	38° 08' 27",34	478661,66	4221479,46	550	Περιαστικός-Υποβάθρου				v	v	v	
Κορυπί (KOR)	23° 52' 38",40	37° 53' 55",36	489215,4	4194584,06	140	Περιαστικός-Υποβάθρου	v	v		v	v		
Οινόφυτα (OIN)	23° 38' 14",22	38° 18' 12",85	468286,03	4239559,63	100	Περιαστικός-Βιομηχανικός	v	v		v	v		
Αλιάρτος (ALI)	23° 06' 31",02	38° 22' 21",68	422136,04	4247542,97	110	Υποβάθρου	v	v		v	v	v	
Παλιότεροι σταθμοί													
Ζωγράφου (PAN)	23° 47' 06",26	37° 58' 01",37	481121,43	4202180,74	245	Περιαστικός-Υποβάθρου		v		v	v		
Γουδή (GOU)	23° 45' 58",41	37° 58' 53",90	479421,17	4203803,65	155	Αστικός-Κυκλοφοριαός		v			v	v	
Γαλάτσι (GAL)	23° 44' 49",08	38° 01' 11",60	477790,29	4208051,96	154	Περιαστικός-Υποβάθρου	v	v		v			
Πειραιός II (BIO)	23° 39' 03",80	37° 56' 21",80	469338,25	4199147,56	25	Αστικός-Υποβάθρου	v	v		v			

*Από τον Απρίλιο του 2011 ο σταθμός λειτουργεί σε νέα θέση ** Από το Σεπτέμβριο του 2012 ο σταθμός λειτουργεί σε νέα θέση

Πίνακας 3.2: Χαρακτηριστικά σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΕΔΠΑΡ, που την ευθύνη λειτουργίας τους έχουν οι Περιφέρειες.

Όνομα	Σταθμός					Χαρακτηρισμός	Μετρούμενοι ρύποι						
	WGS84		ΕΓΣΑ87		Υψόμετρο (m -asl)		SO ₂	NO _x	CO	O ₃	ΑΣ ₁₀	ΑΣ _{2,5}	C ₆ H ₆
	Γεωγρ. Μήκος	Γεωγρ. Πλάτος	X (m)	Y(m)									
Περιφέρεια ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ													
Αγ. Σοφία (AGS)	22° 56' 43",04	40° 38' 01",58	410561,40	4496347,47	12	ΑΣΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Α.Π.Θ. (APT)	22° 57' 16",27	40° 37' 52",00	411584,29	4496333,52	55	ΑΣΤΙΚΟΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ	✓	✓		✓			
Γιαννάρια (PAO)	23° 01' 47",84	40° 35' 10",77	417908,23	4493268,98	363	ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ		✓		✓	✓	✓	
Καλαμαριά (KAL)	22° 57' 27",19	40° 34' 34",76	411768,50	4492248,79	80	ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ	✓	✓	✓	✓	✓		
Κορόιλο (KOD)	22° 53' 29",33	40° 40' 15",10	406308,78	4502611,43	30	ΑΣΤΙΚΟΣ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Σίνδος (SIN)	22° 48' 01",88	40° 39' 18",90	398589,74	4501179,30	14	ΑΣΤΙΚΟΣ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Νεοχώρουδα (NEO)	22° 52' 27",55	40° 44' 13",97	404952,51	4510195,38	229	ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ		✓		✓	✓		
Περιφέρεια ΔΥΤ. ΕΛΛΑΔΑΣ													
Γάτρα-1 (PAJ)	21° 44' 11",55	38° 15' 01",74	301939,99	4236030,01	10	ΑΣΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	✓	✓	✓	✓	✓		
Γάτρα-2 (PAJ)	21° 43' 58",33	38° 14' 37",84	301800,77	4235301,14	8	ΑΣΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Περιφέρεια ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ													
Βόλος (VOS)	22° 56' 28",38	39° 21' 50",80	408788,77	4357718,20	31	ΑΣΤΙΚΟΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ			✓		✓	✓	
Λάρισα (LAR)	22° 24' 48",29	39° 37' 58",51	383798,13	4388219,71	85	ΑΣΤΙΚΟΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ		✓	✓	✓	✓		
Περιφέρεια ΚΡΗΤΗΣ													
Ηράκλειο (IRA)	25° 06' 01",05	35° 19' 50",52	803029,58	3910306,83	60	ΑΣΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ			✓		✓		
Περιφέρεια ΗΠΕΙΡΟΥ													
Ιωάννινα (IOA)	20° 51' 02",10	39° 39' 00",74	229774,41	4393878,36	520	ΑΣΤΙΚΟΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ		✓		✓	✓	✓	✓
Περιφέρεια ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ & ΘΡΑΚΗΣ													
Καβάλα (KAV)	24° 24' 15",08	40° 56' 00",41	534027,12	4531447,61	2	ΑΣΤΙΚΟΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ							✓
Περιφέρεια ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ													
Λαμία (LAM)	22° 25' 48",10	38° 53' 58",42	363857,85	4306802,30	105	ΑΣΤΙΚΟΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ					✓		
Χαλκίδα (HAL)	23° 36' 37",16	38° 28' 02",22	489005,44	4257734,91	12	ΑΣΤΙΚΟΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ					✓		
Λεβαθιά (LEI)	22° 52' 33",03	38° 26' 16",82	401890,30	4255012,84	140	ΑΣΤΙΚΟΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ					✓		
Αμφισσα (AMF)	22° 22' 43",49	38° 31' 32",72	358876,38	4265306,98	180	ΑΣΤΙΚΟΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ					✓		
Καρπενήσι (KAR)	21° 47' 24",58	38° 54' 50",29	308404,85	4309551,15	980	ΑΣΤΙΚΟΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ					✓		

3.1.1.1 Μετρούμενοι ρύποι

Η μέτρηση των ρύπων γίνεται σε συνεχή βάση καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Ο χρόνος απόκρισης των αυτομάτων αναλυτών είναι της τάξης του ενός λεπτού, δηλ. ο κάθε αναλυτής δίνει μια τιμή περίπου κάθε λεπτό. Με ένα μικροεπεξεργαστή, που βρίσκεται σε κάθε αυτόματο σταθμό και που είναι συνδεδεμένος με τους αυτόματους αναλυτές, υπολογίζονται κάθε ώρα οι μέσες ωριαίες τιμές ρύπανσης. Οι τιμές αυτές μεταβιβάζονται στον κεντρικό υπολογιστή της Υπηρεσίας, μέσω τηλεφωνικής γραμμής και με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης της περιοχής.

Πίνακας 3.3 : Μετρούμενοι ρύποι και μέθοδοι μέτρησης

Ρύπος	Μέθοδος μέτρησης
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Απορρόφηση στο υπέρυθρο (NDIR)
Οξείδια του αζώτου (NO,NO ₂)	Χημειοφωταύγεια
Όζον (O ₃)	Απορρόφηση στο υπεριώδες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	Φθορισμομετρία
Αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ ₁₀ -ΑΣ _{2,5})	Απορρόφηση β ακτινοβολίας (εκτός από την Ελευσίνα όπου χρησιμοποιείται η σταθμική)
Βενζόλιο (C ₆ H ₆)	Αέρια χρωματογραφία (GC)
Βαρέα Μέταλλα	Ατομική Απορρόφηση

3.1.1.2 Βαθμονόμηση αυτομάτων οργάνων

Η επιτόπια βαθμονόμηση των αυτόματων αναλυτών πραγματοποιείται με δυναμική αραίωση κάθε μήνα και μετά από κάθε επισκευή ενώ επίσης ενδιάμεσοι έλεγχοι πραγματοποιούνται σύμφωνα με τα σχετικά τεχνικά πρότυπα EN. Τα ροόμετρα των βαθμονομητικών συστημάτων με τα οποία εφαρμόζεται η δυναμική αραίωση διακριβώνονται ετησίως στο Εθνικό Εργαστήριο Αναφοράς για την Ποιότητα της Ατμόσφαιρας. Μεταξύ άλλων, πραγματοποιείται έλεγχος γραμμικότητας, ολίσθησης μηδενός και επαναληψιμότητας στους αναλυτές σύμφωνα με τα τεχνικά πρότυπα EN. Για την επιτόπια βαθμονόμηση των αναλυτών χρησιμοποιούνται φιάλες γνωστής συγκέντρωσης αερίου σε άζωτο οι οποίες έχουν διακριβωθεί ως προς τη συγκέντρωση με τη μονάδα στατικής αραίωσης του Εργαστηρίου. Το Εργαστήριο είναι διαπιστευμένο κατά EN ISO 17025, μεταξύ άλλων, για τη διακρίβωση ροόμετρών ως προς τη ροή αέρα, τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης αερίων σε μείγματα με τη μέθοδο στατικής αραίωσης και τον έλεγχο αναλυτών όζοντος με χρήση προτύπου φωτόμετρου Α' βαθμίδας. Η επιτόπια βαθμονόμηση των αναλυτών όζοντος στους σταθμούς πραγματοποιείται με μεταφερόμενο πρότυπο Β' βαθμίδας το οποίο έχει βαθμονομηθεί από το πρότυπο φωτόμετρο στο Εργαστήριο. Η βαθμονόμηση των αναλυτών αιωρούμενων σωματιδίων βασίζεται στην απορρόφηση της β-ακτινοβολίας από πρότυπο δείγμα γνωστής συγκέντρωσης.

3.1.1.3 Εθνικό Εργαστήριο Αναφοράς για την Ποιότητα της Ατμόσφαιρας

Πρόκειται για εργαστήριο αναφοράς για διακριβώσεις και μετρήσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης που καλύπτει με τον πρότυπο εξοπλισμό του τις απαιτήσεις σε διακριβώσεις, βαθμονομήσεις Α΄ βαθμίδας και ελέγχους το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ). Είναι διαπιστευμένο εργαστήριο διακριβώσεων και δοκιμών (αρ. πιστοπ. 960) κατά ΕΛΟΤ EN ISO 17025 από τον εθνικό φορέα διαπίστευσης, το ΕΣΥΔ.

Τα πεδία διαπίστευσης αφορά τις εξής διακριβώσεις:

- Προσδιορισμός της σύστασης αερίων μιγμάτων (CO, NO, SO₂) σε φιάλες αερίων με τη μέθοδο της στατικής αραιώσης (ΕΛΟΤ EN ISO 6143 και ΕΛΟΤ EN ISO 6144)
- Ροή αερίου (ΕΛΟΤ EN ISO 6145-1) Τα πεδία διαπίστευσης αφορά τις εξής δοκιμές:
 - Βαθμονόμηση αναλυτών όζοντος και μεταφρερόμενων προτύπων με τη φωτομετρική μέθοδο αναφοράς (ISO 13964)
 - Δειγματοληψία και προσδιορισμός των κλασμάτων PM₁₀ και PM_{2,5} των αιωρούμενων σωματιδίων (ΕΛΟΤ EN 12341)

3.1.2 Αποτελέσματα μετρήσεων μετρούμενων ρύπων στην Ελλάδα

Πίνακας 3.4 : Σύγκριση μέσων ετήσιων τιμών ΑΣ10 σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ανά έτος με τη

	ΛΑΜ	ΧΑΛ	ΛΕΙ	ΑΜΦ	ΚΑΡ
2016	25(4)	35(5)	22(4)	22(4)	29(5)
2017	24(4)	36(4)	18(4)	20(4)	30(4)
2018	26(8)		28*(10)	22(7)	28(7)

	ΑΓΣ	ΚΟΡ	ΠΑΝ	ΚΑΛ	ΣΙΝ	ΝΕΟ	ΠΑ1	ΠΑ2	ΒΟΛ	ΛΑΡ	ΗΡΑ	ΙΩΑ
2001	64	69	37		51		52	48	45	52	42	
2002	71	67	34		48		52	50	49	51	42	
2003	64	65	33		51		45	51	49		62	
2004		64	32		43		42	44	54		57	
2005		61			44		38		50		39	
2006		68(0)	30		50(0)				55(3)			
2007	43(2)	57(1)	26	47(2)	49(1)		44(2)	46(3)	44(2)	43(2)		
2008	56(4)	51(2)		35	47(2)		44(3)	48(4)	42(3)	43(1)		40
2009	43(2)	44(3)	23*(0)	31(1)	40*(2)		36(2)	42(3)	36(2)	31*(0)		
2010	46(3)	42(3)		28(1)			37(3)	42(5)	37(4)	24*(3)		28(3)
2011	41(1)	37(1)	37(0)	34*(0)	45(0)		24*(1)	31(1)	35*(1)	33(0)		
2012	41(1)	33(0)	32(0)	32(1)	41(1)				31(1)	44*(1)		
2013	22(3)	42(9)	23(5)	31(4)	26(3)	19(4)	39(6)	40(5)	33(5)	38(4)		
2014	25(4)	42*(5)	23*(4)		28*(4)	18*(4)			39(5)	31(5)	33(5)	30(4)
2015	22(3)	27(4)	26*(4)		32(4)			39(6)	32(5)	38(4)		37(4)
2016	33(4)	37(5)	23*(2)		40(2)	24*(2)	27*(2)	39(5)	25(4)	28(4)		31(4)
2017	43*(4)	36(4)	22(4)		36(4)	25(4)	28(4)	32(3)	33(4)	36(4)		32(3)
2018	43(6)	38(6)	18(4)		34(4)	24(6)	34(10)	37(9)	32(7)	35(7)		32(8)

1

Πίνακας 3.5 : Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών ΑΣ10 στην Αττική (24ωρες τιμές, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	ΠΕΙ-1	ΜΑΡ	ΖΩΓ	ΛΥΚ	ΑΓ.ΠΑΡ	ΑΡΙ	ΓΟΥ	ΘΡΑ	ΚΟΡ	ΕΛΕ	ΣΜΥ	ΛΙΟ	ΠΕΡ
2001	58	55	35	60	47	55	51	31					
2002	62		35	62	38	54	53	34					
2003			34	58	37	56		32					
2004		29	33	63	40	58		33					
2005		46	29	53	41	53		33					
2006		48	26	59	34	57	34	27					
2007	47	48	30	55	28	51	38	21					
2008	33	48		55	28	57		27	42				
2009	35	43		43	26	49		30	32	47*			
2010	44	41		39	28	49		37	36	48*			
2011	44	42		30	23	42		30	22	31*			
2012	39	31		37	23	31		27	27	37*			
2013	37	35		42	26	40		29		38*			
2014	34	30		30	21	34							
2015	45	33		32	21	41		21	29	27	34	35	30
2016	43	32		29	22	41		21	31	31	30	34	35
2017	41	26		25	17	36		17	27	26	28	29	31
2018	39	30		27	20	36		20	31	29	31	34	30

2

¹ *Μικρή πληρότητα μετρήσεων

**Δεν μπορεί να αξιολογηθεί καθώς αφορά μικρή πληρότητα μη ομοιόμορφα κατανομημένη εντός τους έτους

Με κόκκινη γραφή σημειώνονται οι υπερβάσεις της οριακής τιμής

Στις παρενθέσεις εμφανίζεται η εκτιμώμενη συνεισφορά μεταφοράς σκόνης σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ από απομακρυσμένες ξηρές περιοχές (π.χ. Σαχάρα) στη μετρούμενη συγκέντρωση της μέσης τιμής ΑΣ10

² ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ, ΠΕΙΡΑΙΑΣ, ΖΩΓΡΑΦΟΥ, ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ, Ν. ΣΜΥΡΝΗ, ΛΙΟΣΙΑ, ΜΑΡΟΥΣΙ, ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ, ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ, ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ, ΕΛΕΥΣΙΝΑ, ΚΟΡΩΠΙ

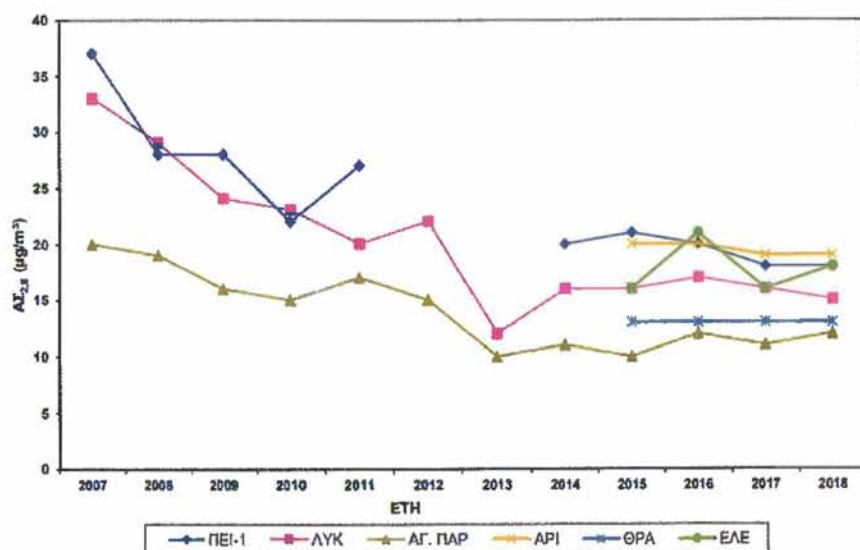
Πίνακας 3.6: Ημέρες για το 2018 με μέση ημερήσια τιμή

	ΑΓΣ	ΚΟΡ	ΠΑΝ	ΣΙΝ	ΠΑ2	ΒΟΛ	ΛΑΡ	ΙΩΑ
2018	65(22)	53(16)	3(2)	30(10)	48(25)	36(12)	40(10)	36(11)
	ΠΑ1	ΝΕΟ	ΛΑΜ	ΧΑΛ	ΛΕΙ	ΑΜΦ	ΚΑΡ	
	28(15)	2(2)	14(4)		6(5)	11(9)	43(16)	

ΑΣ10 μεγαλύτερη από 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Με κόκκινο χρώμα σχεδιάζονται οι περιπτώσεις στις οποίες σημειώθηκε υπέρβαση του ορίου-δηλαδή περισσότερο από 35 ημέρες).

Στις παρενθέσεις εμφανίζεται η εκτιμώμενη συνεισφορά μεταφοράς σκόνης σε αριθμό ημερών από απομακρυσμένες ξηρές περιοχές

Πίνακας 3.7 : Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών (Περιοχές Αττικής) ΑΣ_{2,5}, σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Πίνακας 3.8 Σύγκριση μέσων ετήσιων τιμών(Περιοχές Ελλάδας) ΑΣ_{2,5} σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με την οριακή τιμή.

	ΑΓΣ	ΠΑΝ	ΠΑ2	ΒΟΛ
2015	22,8		24,5	28
2016	28	15	19	22
2017	26	15	17	21
2018	22,8	12	24,5	19

Πίνακας 3.9 Ετήσια μέτρηση 2015 Βενζο-α-πυρένιου

Βενζο-α-πυρένιο (BaP)	
ΠΟΛΗ / ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	Μέση ετήσια τιμή, ng m ⁻³
Αριστοτέλους	0,5
Ν. Σμύρνη	0,4
Αγρίνιο	0,9
Λαμία	1,0
Θήβα	0,6
Πάτρα	1,0
Καλαμάτα	0,3
Μεγαλόπολη	0,5
Ηράκλειο	0,3
Κέρκυρα	1,2
Ερμούπολη	0,2
Ιωάννινα	2,8
Λάρισα	1,8
Βόλος	2,2
Αλεξανδρούπολη	0,6
Καβάλα	0,5
Φλώρινα	1,2
Πτολεμαΐδα	0,4
Αγία Σοφία	0,9
Σίνδος	0,7

Το βενζο[α]πυρένιο είναι ο πλέον μελετημένος καρκινογόνος πολυκυκλικός αρωματικός υδρογονάνθρακας (ΠΑΥ) και ο τύπος του αποτελεί το "σήμα κατατεθέν" αυτής της τάξης των οργανικών ενώσεων.

Οι ΠΑΥ είναι μια τάξη ενώσεων ανθρωπογενούς και φυσικής προέλευσης. Γενικά, αναμένεται η παραγωγή ΠΑΥ σε κάθε περίπτωση ατελούς καύσης οργανικής ύλης. Οι κυριότερες φυσικές πηγές εκπομπής ΠΑΥ είναι οι δασικές πυρκαγιές, όπως και η ηφαιστειακή δραστηριότητα. Ωστόσο, οι ανθρωπογενείς πηγές ΠΑΥ είναι πολύ περισσότερες και σ' αυτές περιλαμβάνονται η για κάθε σκοπό, καύση πετρελαίου και των προϊόντων τους, διάφορες βιομηχανικές διαδικασίες (διύλιση πετρελαίου, παραγωγή κωκ, χαλυβουργία, παραγωγή αλουμινίου), όπως και η αποτέφρωση απορριμμάτων.

Η μέση ετήσια τιμή στόχος του βενζο[α]πυρένιου είναι 1 ng m^{-3} και συγκεκριμένα στον Βόλο παραβιάζεται με τιμή $2,2 \text{ ng m}^{-3}$.

3.1.3 Μετρήσεις αισθητήρων Purple Air

Οι αισθητήρες PurpleAir χρησιμοποιούνται από μια ευρεία ποικιλία ατόμων και ομάδων από τις κυβερνητικές αεροπορικές περιοχές, τη σχολική συνοικία και τα πανεπιστήμια έως τη βιομηχανική και εμπορική χρήση για οικιακούς λάτρεις και ενδιαφερόμενους πολίτες.

Χρησιμοποιώντας μια νέα γενιά μετρητών σωματιδίων λέιζερ για την παροχή μέτρησης σε πραγματικό χρόνο των PM1.0, PM2.5 και PM10. Οι αισθητήρες PurpleAir είναι εύκολο να εγκατασταθούν και χρειάζονται μόνο μια πρίζα και WiFi. Χρησιμοποιούν WiFi για την αναφορά σε πραγματικό χρόνο στο χάρτη PurpleAir.

Οι αισθητήρες PurpleAir μετρούν τα αιωρούμενα σωματίδια (PM). Τα σωματίδια περιγράφουν στερεά σωματίδια αιωρούμενα στον αέρα, συμπεριλαμβανομένης της σκόνης, του καπνού και άλλων οργανικών και ανόργανων σωματιδίων. Οι αισθητήρες PurpleAir χρησιμοποιούν μετρητές σωματιδίων λέιζερ για να μετρήσουν τον αριθμό των σωματιδίων με σωματίδια μεγέθους 0,3, 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 μm και χρησιμοποιούν τα δεδομένα μέτρησης για να υπολογίσουν τις συγκεντρώσεις μάζας των PM1,0, PM2,5 και PM10.

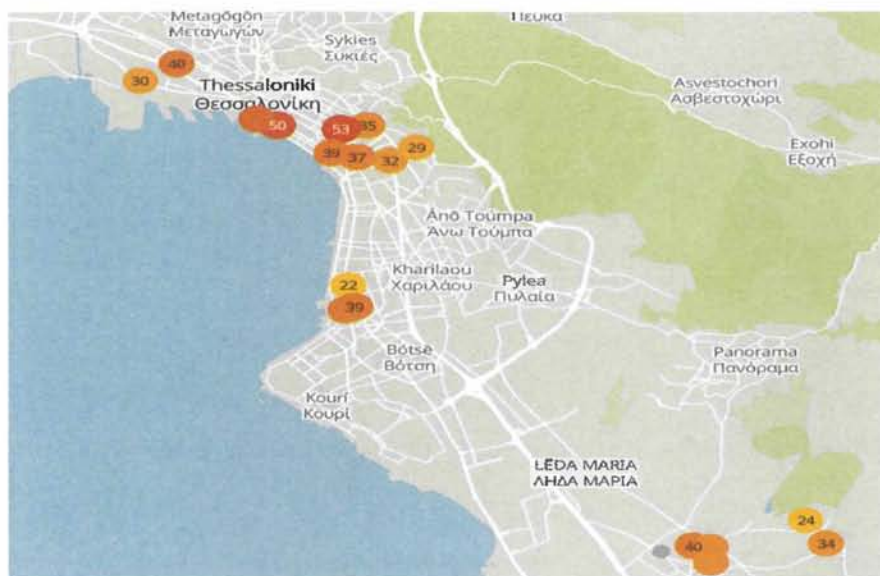
Οι αισθητήρες χρησιμοποιούν μετρητές λέιζερ για τη μέτρηση σωματιδίων σε πραγματικό χρόνο. Ένας μετρητής λέιζερ χρησιμοποιεί έναν ανεμιστήρα για να τραβήξει ένα δείγμα αέρα πέρα από μια ακτίνα λέιζερ. Οποιοδήποτε σωματίδιο στον αέρα θα αντικατοπτρίζει κάποιο φως από τη δέσμη λέιζερ πάνω σε μια πλάκα ανίχνευσης, όπως η σκόνη που τρεμοπαίζει σε έναν ήλιο. Η αντανάκλαση μετράτε ως παλμός από την πλάκα ανίχνευσης και το μήκος του παλμού καθορίζει το μέγεθος του σωματιδίου και ο αριθμός των παλμών προσδιορίζει τον αριθμό των σωματιδίων. Οι συγκεντρώσεις μάζας PM1.0, PM2.5 και PM10 υπολογίζονται από αυτούς τους αριθμούς σωματιδίων.

Παρακάτω θα δείξουμε μετρήσεις του 2019 σε διάφορες περιοχές τις χώρας :

Πίνακας 3.10 : Τιμές PM2.5 και επιπτώσεις στον άνθρωπο

Τιμή PM2.5 (μg/m ³)	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ
0-12 μg/m ³	Η ποιότητα του αέρα θεωρείται ικανοποιητική και η ατμοσφαιρική ρύπανση παρουσιάζει μικρό ή καθόλου κίνδυνο.
12-35 μg/m ³	Η ποιότητα του αέρα είναι αποδεκτή. Ωστόσο, εάν εκτίθενται 24 ώρες, μπορεί να υπάρξει μέτρια ανησυχία για την υγεία για ένα πολύ μικρό αριθμό ατόμων που είναι ασυνήθιστα ευαίσθητα στην ατμοσφαιρική ρύπανση.
35-55 μg/m ³	Τα μέλη ευαίσθητων ομάδων ενδέχεται να έχουν επιπτώσεις στην υγεία εάν εκτίθενται για 24 ώρες. Το ευρύ κοινό δεν είναι πιθανό να επηρεαστεί με 24 ώρες έκθεσης.
55-150 μg/m ³	Ο καθένας μπορεί να αρχίσει να παρουσιάζει επιπτώσεις στην υγεία εάν εκτίθεται για 24 ώρες. τα μέλη ευαίσθητων ομάδων μπορεί να έχουν πιο σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία με 24 ώρες έκθεσης.
150-250 μg/m ³	Προειδοποίηση για την υγεία: Όλοι μπορούν να έχουν πιο σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία εάν εκτίθενται για 24 ώρες.
250-500+ μg/m ³	Προειδοποιήσεις για την υγεία των συνθηκών έκτακτης ανάγκης εάν εκτίθενται για 24 ώρες. Όλος ο πληθυσμός είναι πιο πιθανό να επηρεαστεί με 24 ώρες έκθεσης.

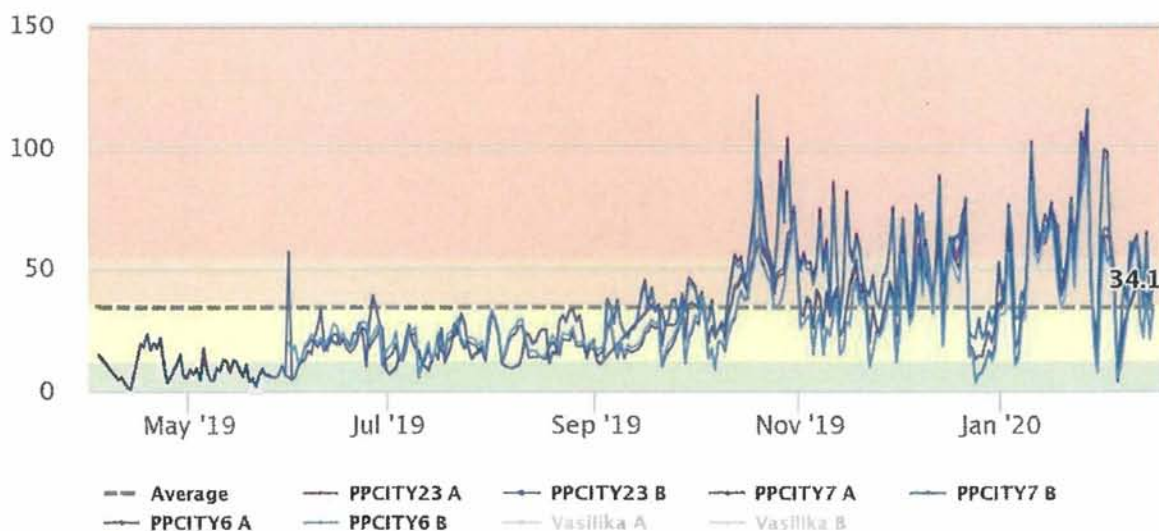
1. Θεσσαλονίκη – Χαλκιδική



Εικόνα 3.3: Αισθητήρες PM2.5 στην Θεσσαλονίκη



Raw PM2.5 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ One Day Average

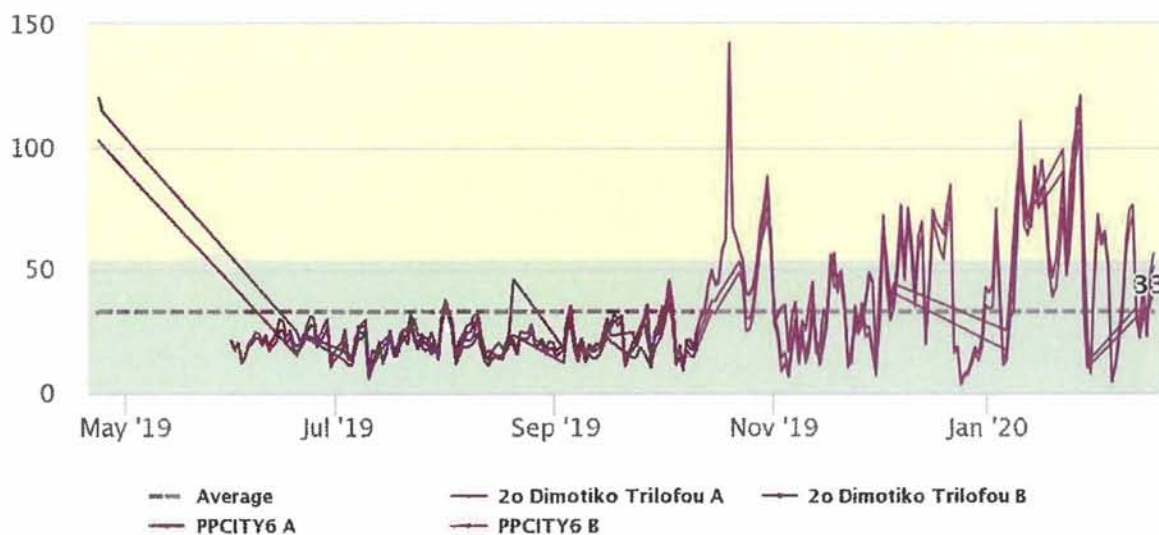


PurpleAir.com

Σχήμα 3.1: Ημερήσιες τιμές PM2.5 στην Θεσσαλονίκη



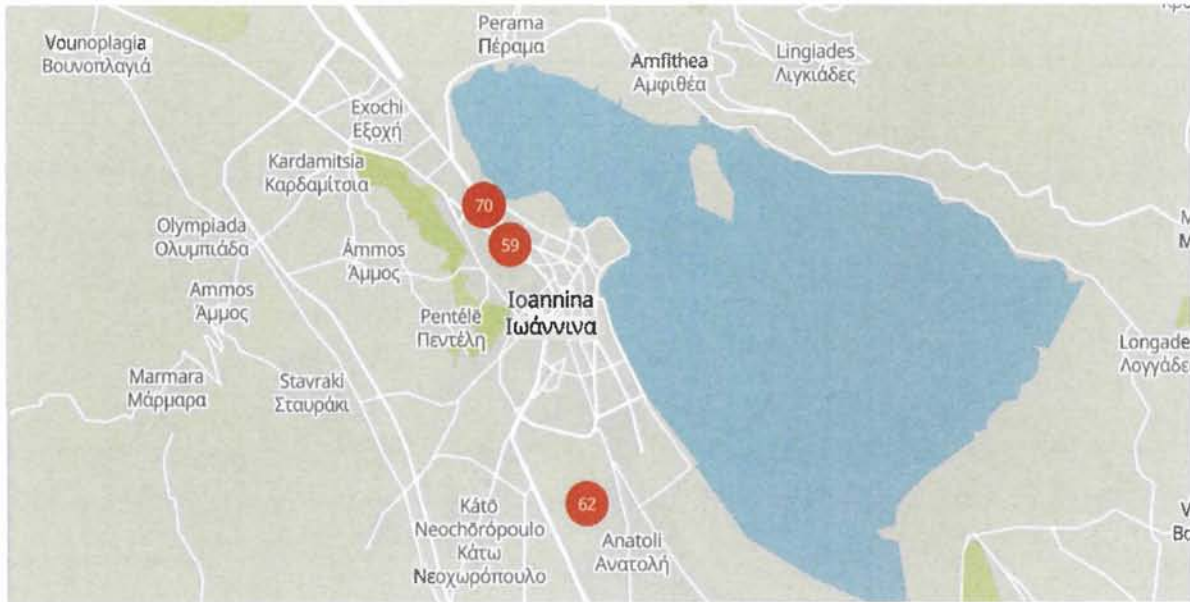
Raw PM10 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ One Day Average



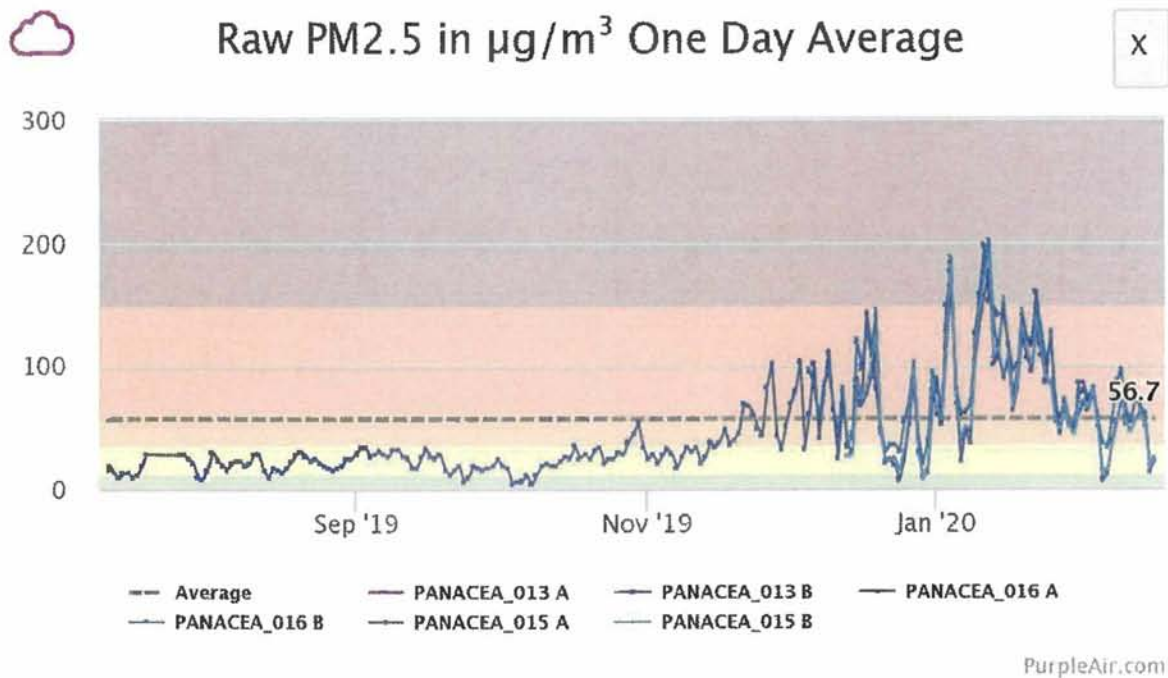
PurpleAir.com

Σχήμα 3.2: Ημερήσιες τιμές PM10 στην Θεσσαλονίκη

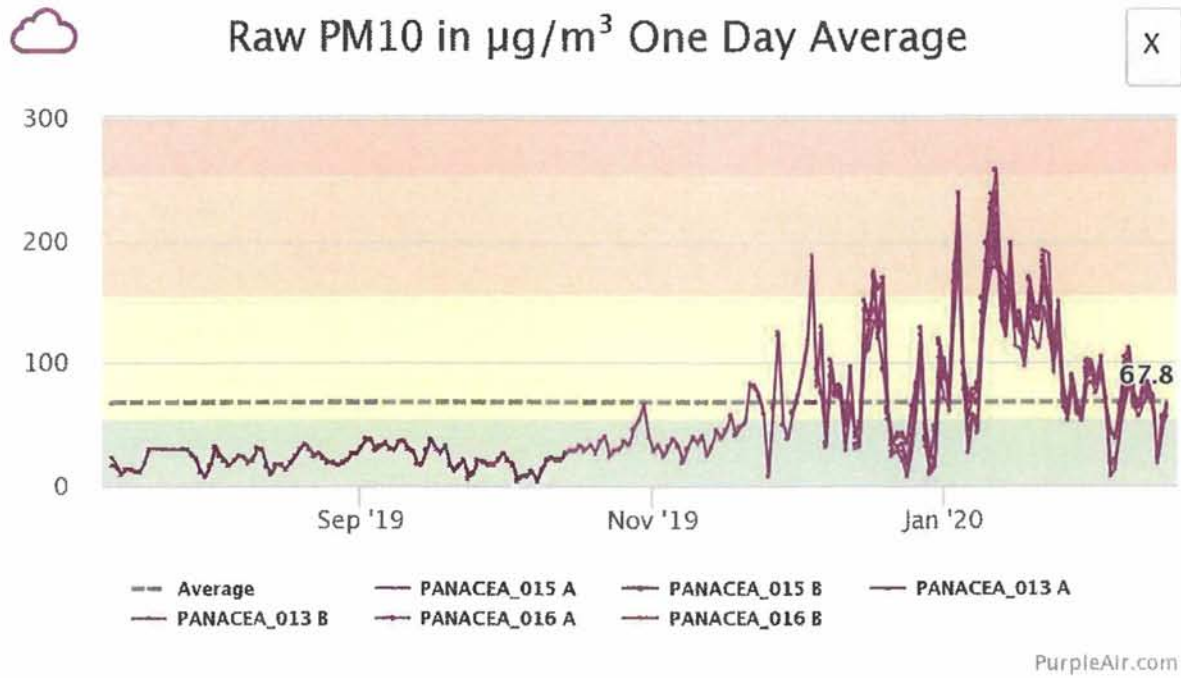
2. Ιωάννινα



Σχήμα 3.3: Αισθητήρες PM2.5 στα Ιωάννινα



Σχήμα 3.4: Ημερήσιες τιμές PM2.5 στα Ιωάννινα



Σχήμα 3.5: Ημερήσιες τιμές PM10 στα Ιωάννινα

3. Πάτρα

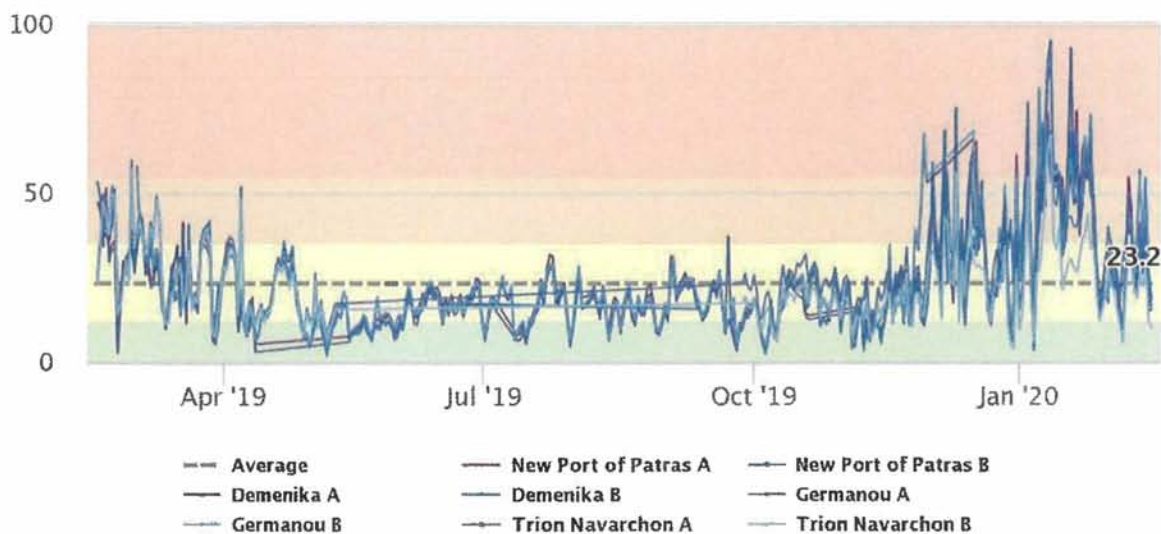


Εικόνα 3.4: Αισθητήρες PM2.5 στην Πάτρα



Raw PM2.5 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ One Day Average

X



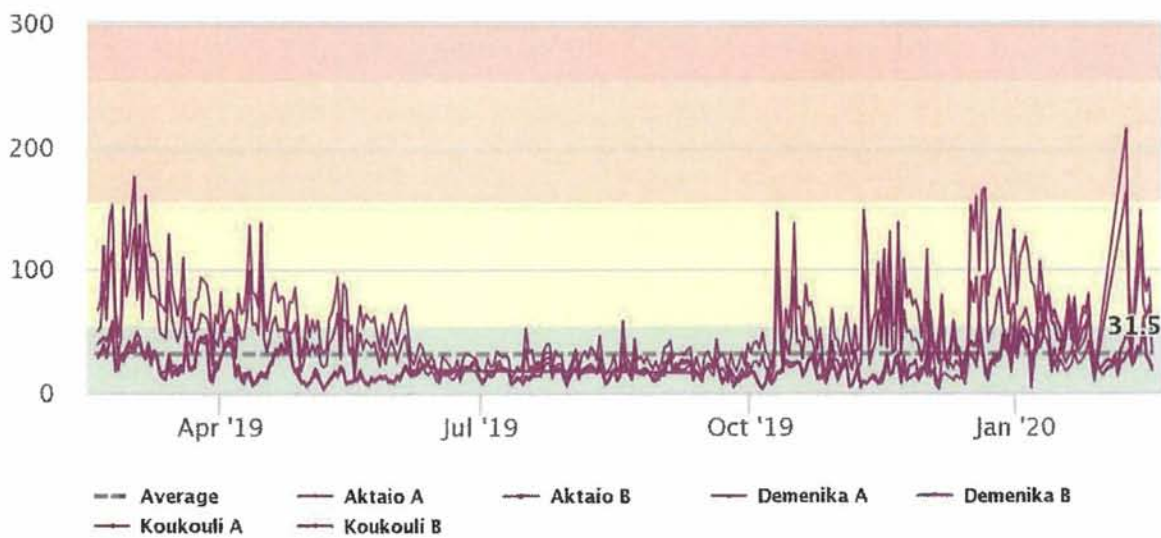
PurpleAir.com

Σχήμα 3.6: Ημερήσιες τιμές PM2.5 στην Πάτρα



Raw PM10 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ One Day Average

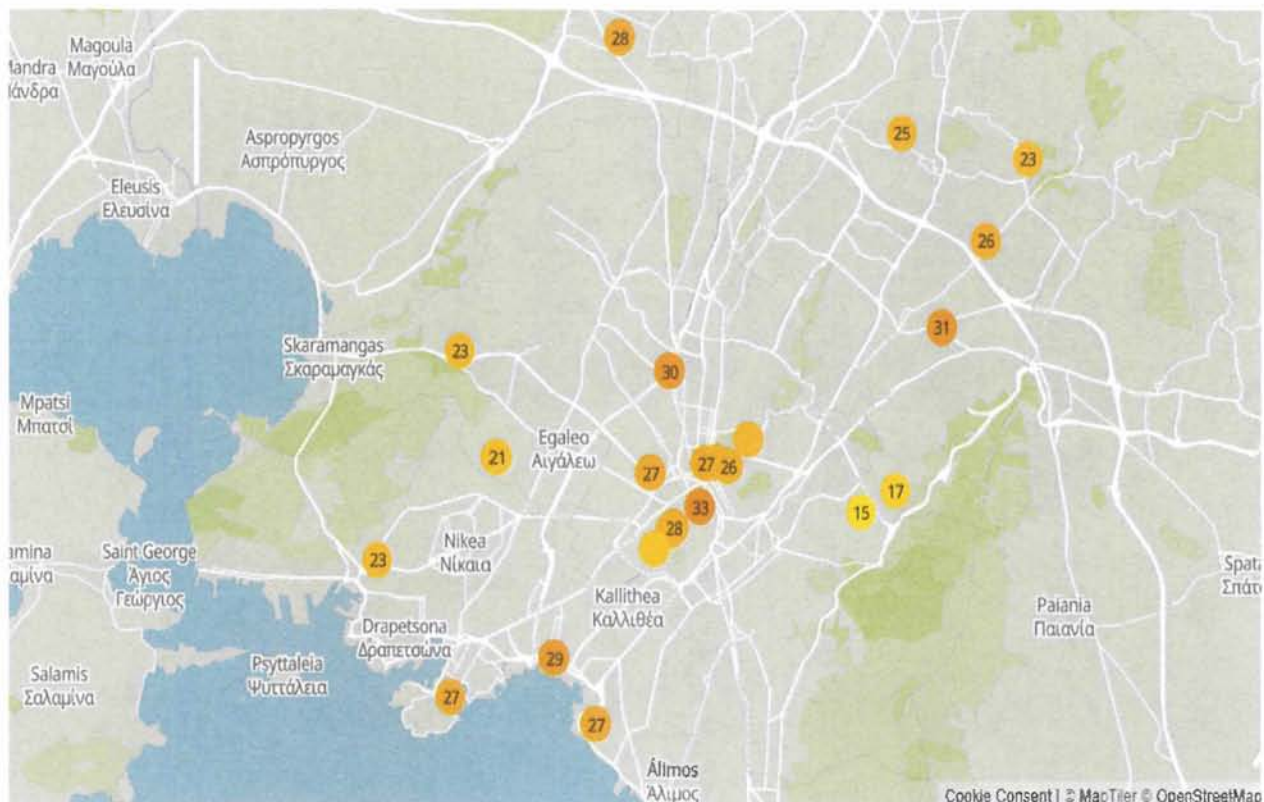
X



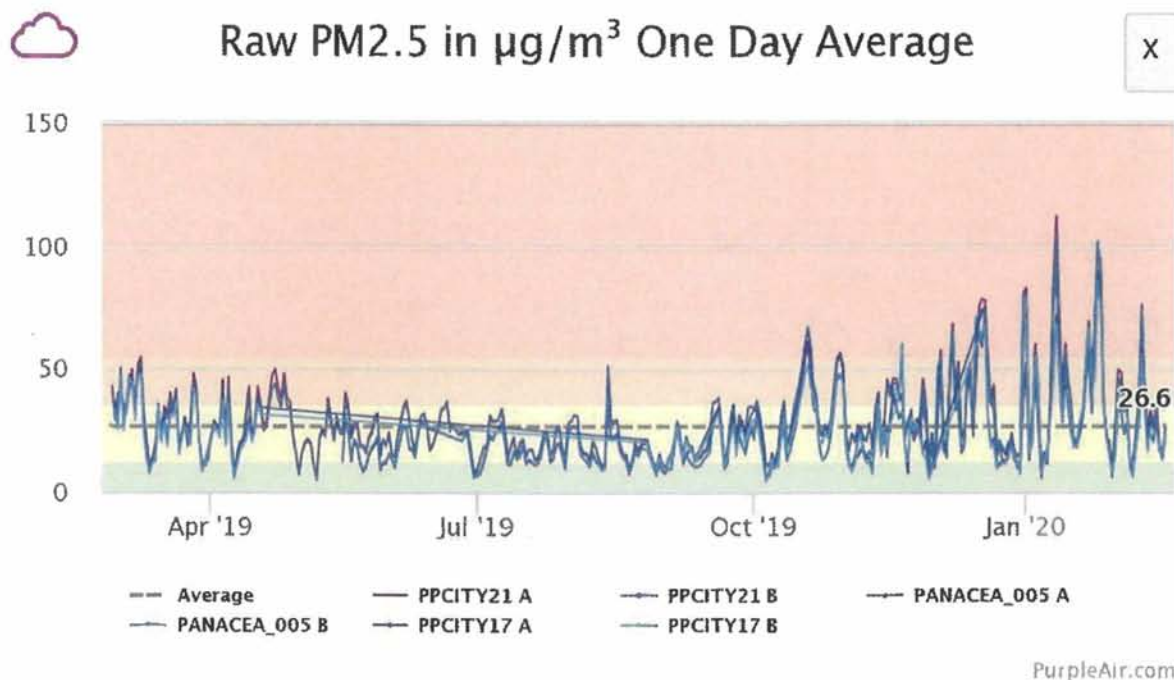
PurpleAir.com

Σχήμα 3.7: Ημερήσιες τιμές PM10 στην Πάτρα

4. Αθήνα



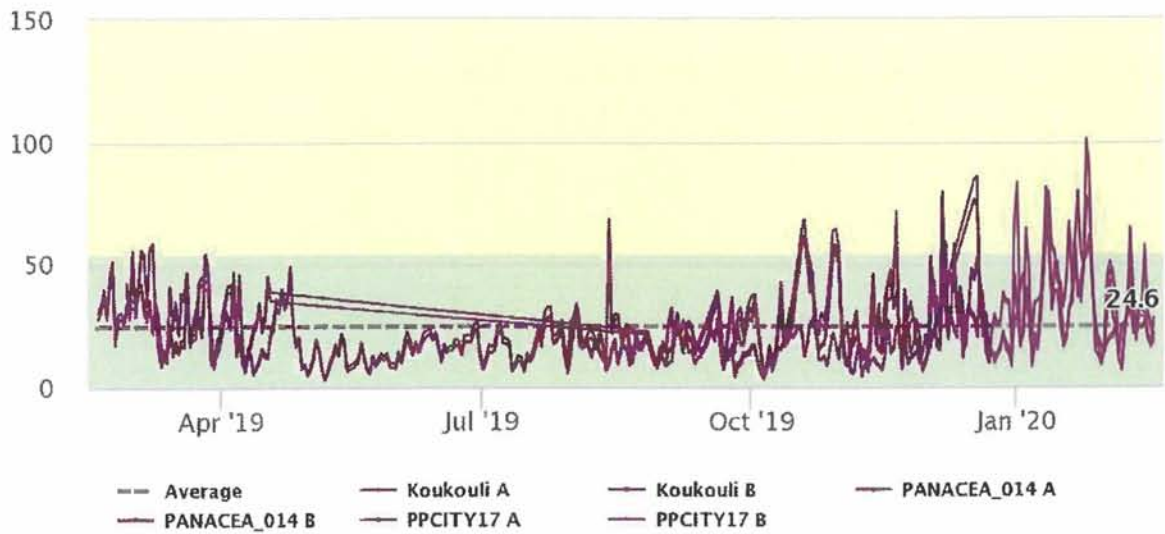
Εικόνα 3.5: Αισθητήρες PM2.5 στην Αθήνα



Σχήμα 3.8: Ημερήσιες τιμές PM2.5 στην Αθήνα



Raw PM10 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ One Day Average



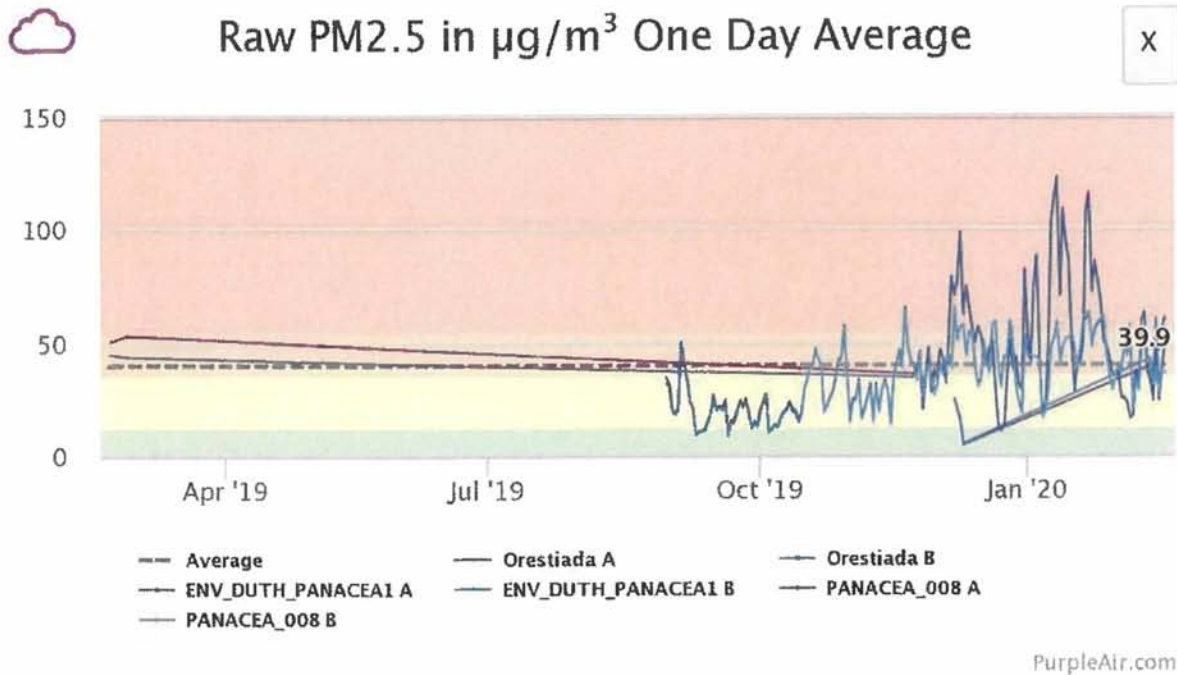
PurpleAir.com

Σχήμα 3.9: Ημερήσιες τιμές PM10 στην Αθήνα

5. Ξάνθη-Κομοτηνή -Αλεξανδρούπολη



Εικόνα 3.6: Αισθητήρες PM2.5 στην Ξάνθη-Κομοτηνή -Αλεξανδρούπολη



Σχήμα 3.10: Ημερήσιες τιμές PM2.5 στην Ξάνθη-Κομοτηνή -Αλεξανδρούπολη

3.1.4 Αιθαλομίχλη

Η Αιθαλομίχλη είναι το είδος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που παρουσιάζεται όταν έχουμε υψηλή συγκέντρωση ρύπων, όπως αιωρούμενων σωματιδίων (κυρίως αιθάλης), διοξειδίου του θείου, μονοξειδίου του άνθρακα σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και μεγάλη σχετική υγρασία. Στην αγγλική γλώσσα ο όρος είναι SMOG (σύνθετη λέξη που προέρχεται από SMOke και foG).

Όταν σε μια περιοχή υπάρχουν αυξημένες εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων σε συνδυασμό με μετεωρολογικές και τοπογραφικές συνθήκες που εμποδίζουν τη φυσική διάχυση της ρύπανσης, τότε οι ρύποι εγκλωβίζονται στην περιοχή με αποτέλεσμα την αύξηση των συγκεντρώσεων ρύπων και τη δημιουργία αιθαλομίχλης.

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι μικρά τεμάχια ύλης σε στερεή ή υγρή φάση, που μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τέτοια σωματίδια είναι η σκόνη, η αιθάλη (καπνός), διάφορα μέταλλα κλπ. Σαν αιθάλη (καπνός) αναφέρονται τα μικρά σωματίδια τα οποία προέρχονται από ατελείς καύσεις, είναι μαύρου χρώματος και αποτελούνται κυρίως από άνθρακα.



Εικόνα 3.7: Αιθαλομίχλη Βόλος 2018

Οι κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων είναι οι κάθε είδους καύσεις (για παραγωγή ενέργειας, για θέρμανση κλπ.) οι διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες, η κυκλοφορία οχημάτων και κάθε είδους μεταφορικών μέσων.

Το χρησιμοποιούμενο σύστημα θέρμανσης σε ένα κτίριο, παίζει καθοριστικό ρόλο στη δημιουργία του νέφους αιθαλομίχλης, δεδομένου ότι οι ποσότητες των αιωρούμενων σωματιδίων που εκλύονται στην ατμόσφαιρα εξαρτώνται άμεσα από το σύστημα θέρμανσης. Η εκτεταμένη χρήση βιομάζας εντός αστικών περιοχών σε υποκατάσταση υφιστάμενων τεχνολογιών θέρμανσης, μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες συγκεντρώσεις σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Η ένταση του φαινομένου αναμένεται να είναι πολλαπλάσια όταν γίνεται εκτεταμένη χρήση τζακιών ανοιχτού τύπου. Στον παρακάτω Πίνακα 3.11 παρουσιάζονται οι δείκτες εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου κάτω των 10μ (PM10), ανά τύπο καυσίμου και τεχνολογία θέρμανσης. Έχει γίνει ταξινόμηση από τις μικρότερες προς τις μεγαλύτερες εκπομπές.

Πίνακας 3.11: Δείκτες εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου κάτω των 10μ (PM10), ανά τύπο καυσίμου και τεχνολογία θέρμανσης.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	Δείκτης εκπομπών PM10 (mg/kWh _{th})
Λέβητας ΦΑ Συμπύκνωσης	1,8
Λέβητας ΦΑ Συνήθης	2,1
Συνήθης λέβητας πετρελαίου	13,1
*Αντλία θερμότητας Ζώνη Β	74,3
*Αντλία θερμότητας Ζώνη Γ	81,1
Λέβητας βιομάζας (Pellet ξύλου)	144,0
*Ηλεκτρικός λέβητας	223,0
Τζάκι κλειστού θαλάμου (ενεργειακό)	1080,0
Τζάκι ανοικτού θαλάμου	2160,0

3

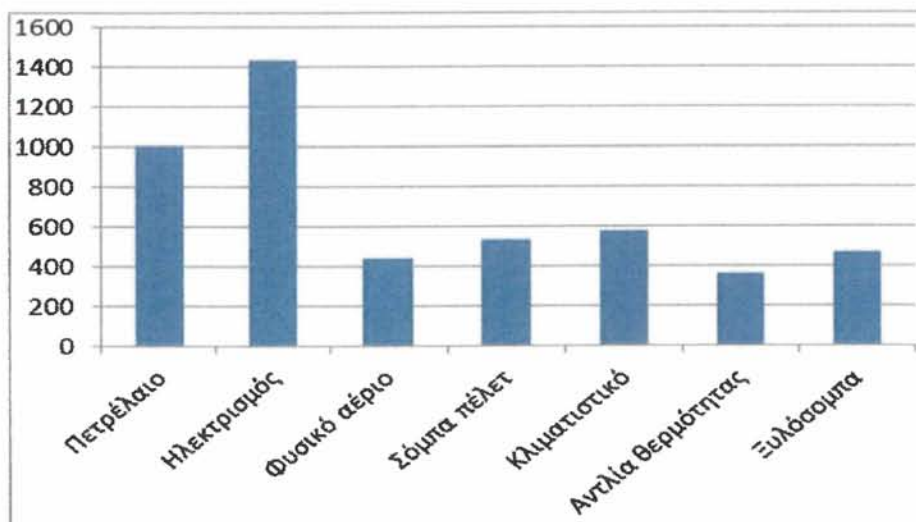
Από τον παραπάνω πίνακα γίνεται φανερό ότι τη μικρότερη συνεισφορά στις εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, την έχουν τα συστήματα θέρμανσης που χρησιμοποιούν ως καύσιμα φυσικό αέριο και τη μεγαλύτερη τα συστήματα που χρησιμοποιούν καύσιμα στερεής βιομάζας.

³ * Για τις συσκευές αυτές που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, θεωρήθηκε ότι κάθε kWh_{el} παράγεται στο διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρισμού της χώρας

Παρακάτω, θα συγκρίνουμε το κόστος θέρμανσης των διάφορων συστημάτων για μία κατοικία, που θερμαίνεται μέχρι σήμερα με πετρέλαιο, από κεντρικό σύστημα και ξοδεύει 1.000 € το χρόνο. Στον Πίνακα 3.12 εμφανίζεται συνοπτικά το ετήσιο κόστος θέρμανση για κάθε πηγή θέρμανσης.

Πίνακας 3.12: Σύγκριση κόστους θέρμανσης από διάφορες τεχνολογίες

Είδος καυσίμου	Τύπος θέρμανσης	
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	Κεντρική θέρμανση	1.000
	Σόμπα ή τοπικός λέβητας πετρελαίου	944
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	Ηλεκτρικός λέβητας, ηλεκτρικά σώματα, πάνελ υπέρυθρων, σόμπες αλογόνου, θερμοπομποί.	1.430
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	Ατομικός Λέβητας συμπυκνώματος (ΒΕΑ=97%)	437
	Κεντρικός λέβητας	471
ΠΕΛΕΤ	Κεντρική θέρμανση	596
	Σόμπα	530
ΑΝΤΑΝΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	Κλιματιστικό	572
	Αντλία θερμότητας	357
ΞΥΛΟ	Κλασική σόμπα	463
	Ενεργειακό τζάκι, αερόθερμη σόμπα	397
	Κλασικό τζάκι (ΒΕΑ=25%)	1.111



Οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (ενώσεις άνθρακα και υδρογόνου) που εκπέμπονται από την καύση του ξύλου, έχει αποδειχθεί ότι είναι καρκινογόνες ουσίες. Ακόμη, έχει διαπιστωθεί πως η καύση της βιομάζας συνδέεται με υψηλά επίπεδα εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων PM2.5 (σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 2.5 μm). Αναφορικά με μετρήσεις εκπομπών PM2.5 σε διάφορα συστήματα θέρμανσης κατοικιών που χρησιμοποιούν διαφορετικά είδη καυσίμου (φυσικό αέριο, διάφορα λάδια – παράγωγα του πετρελαίου και pellets), βρέθηκε ότι τα pellets και το ξύλο

παρουσιάζουν τις υψηλότερες εκπομπές PM_{2.5} σε σχέση με τα άλλα καύσιμα. Το φυσικό αέριο παρουσιάζει τις μικρότερες εκπομπές. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι το ξύλο έχει μικρότερο ενεργειακό/θερμικό περιεχόμενο σε σχέση με το πετρέλαιο και άλλες μορφές καυσίμου. Ενδεικτικά, σε 1 λίτρο πετρελαίου (περίπου 0.832 κιλά) αντιστοιχούν περίπου 3,5 κιλά ξύλου. Συνεπώς, για να πάρουμε το ίδιο ποσό θερμότητας με ξύλα θα πρέπει να κάψουμε αρκετά μεγαλύτερη ποσότητα. Το φυσικό αέριο αντίθετα, ανά κιλό καυσίμου, περιέχει περίπου το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με το πετρέλαιο. Αυτό που παρατηρείται κατά την καύση ενός καυσίμου, ο άνθρακας που περιέχεται στο καύσιμο οξειδώνεται προς διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Έτσι, για την ίδια ποσότητα ενέργειας το ξύλο θα παράγει περισσότερο CO₂ από το πετρέλαιο. Η χρήση καθαρής ξυλείας ή πελετών από καθαρό ξύλο μειώνει στο ελάχιστο τις εκπομπές αυτού του είδους, σε αντίθεση με τη χρήση νοθευμένου ξύλου ή άλλων ειδών βιομάζας στην περίπτωση των οποίων οι εκπομπές μπορεί να αυξηθούν έως και 1000.

Τα κυριότερα μέτρα που έχει λάβει η πολιτεία για την αντιμετώπιση της αιθαλομίχλης, είναι :

- Εκδόθηκε η ΚΥΑ «Βραχυπρόθεσμα σχέδια δράσης για την αντιμετώπιση ατμοσφαιρικής ρύπανσης από αιωρούμενα σωματίδια» (ΦΕΚ 3272B/23-12-13).

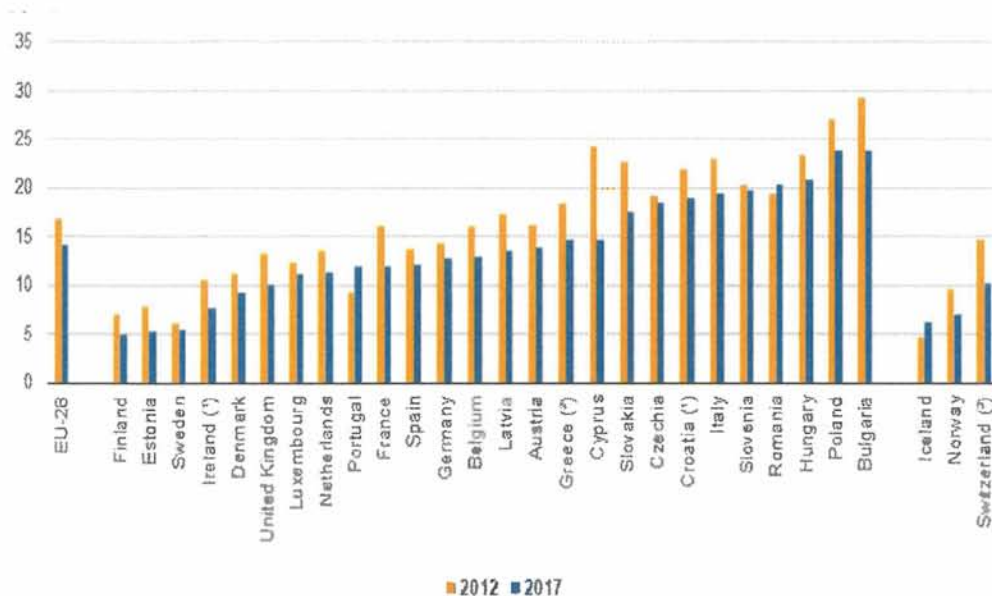
- Παροχή κινήτρων προς τους πολίτες για χρήση συστημάτων θέρμανσης με ηλεκτρική ενέργεια τις ημέρες που εμφανίζονται επεισόδια αιθαλομίχλης, με βάση τις ΚΥΑ Δ5/ΗΛ/Β/Φ29/οικ. 23823/ΦΕΚ 3274/Β/23-12-13 και Δ5/ΗΛ/Β/Φ29/οικ. 238/ΦΕΚ 5/Β/3-1-14.

Με βάση την Απόφαση του Ανώτατου Χημικού Συμβουλίου (198/30.9.2013-ΦΕΚ 2499/4-10-13) για την καθιέρωση αναλυτικών προδιαγραφών όλων των καυσίμων στερεής βιομάζας για μη βιομηχανική χρήση, πραγματοποιούνται έλεγχοι της αγοράς βιοκαυσίμων σε επίπεδο χώρας. · Οι διάφορες συσκευές θέρμανσης, όπως σόμπες, εντοιχιζόμενα τζάκια, οικιακοί ανεξάρτητοι λέβητες με στερεά καύσιμα έως 50 kW (πλην των κεντρικών λεβήτων στερεής βιομάζας), έχουν υποχρέωση συμμόρφωσης με τις προδιαγραφές CE που καθορίζονται στην ΚΥΑ 6690/15-6-2012 αρμοδιότητας της Γενικής Γραμματείας Βιομηχανίας του Υπουργείου Ανάπτυξης. Έλεγχοι της αγοράς για την εφαρμογή της προαναφερόμενης ΚΥΑ, διενεργούνται από το Σύστημα Εποπτείας της αγοράς βιομηχανικών προϊόντων, που λειτουργεί στη Γενική Γραμματεία Βιομηχανίας. ·

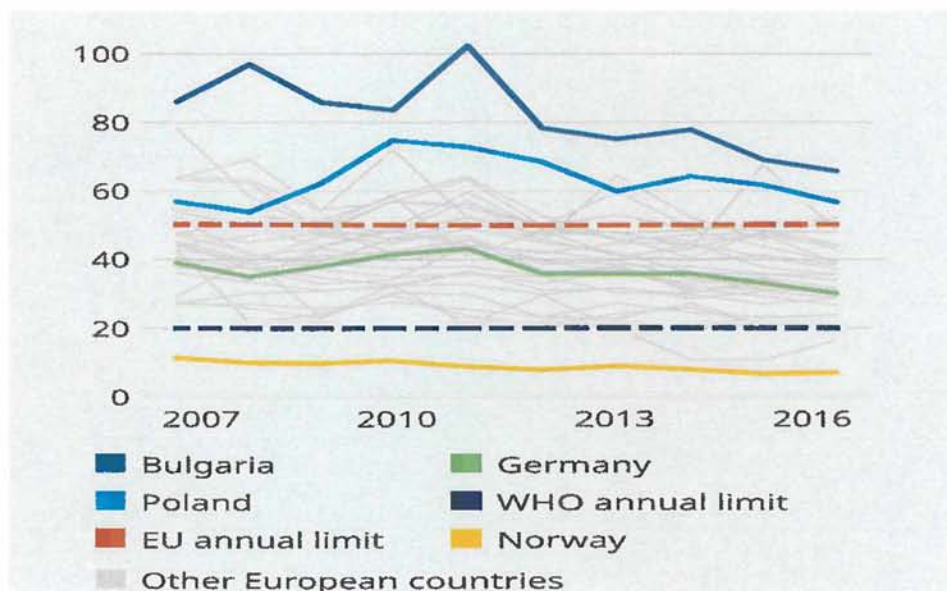
Έχει εκδοθεί από τη Γενική Γραμματεία Εμπορίου του Υπουργείου Ανάπτυξης, ο «Οδηγός για τη διακίνηση καυσόξυλων».

3.1.5 Συμπεράσματα

Το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης στην Ελλάδα παρουσιάζει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά: Η χώρα μας, παρά το ότι ποτέ δεν έφτασε τα επίπεδα εκβιομηχάνισης άλλων χωρών, δεν απέφυγε τις προηγούμενες δεκαετίες τα, χαρακτηριστικά για μεγαλουπόλεις του ανεπτυγμένου κόσμου, έντονα προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε πόλεις όπως η Αθήνα, η Θεσσαλονίκη κ.α., μόλις λίγα χρόνια πριν.



Σχήμα 3.11: Σύγκριση PM2.5 στις Ευρωπαϊκές χώρες 2012-2017



Σχήμα 3.12 : Σύγκριση PM2.5 στις Ευρωπαϊκές χώρες 2007-2016

Όπως παρατηρούμε από τα Σχήματα (3.11 , 3.12) η Ελλάδα παρουσιάζει μείωση τιμών PM10 , ΡΠ2.5 αλλά όχι μεγαλύτερη από το μέσο όρο της ευρωπαϊκής ένωσης .

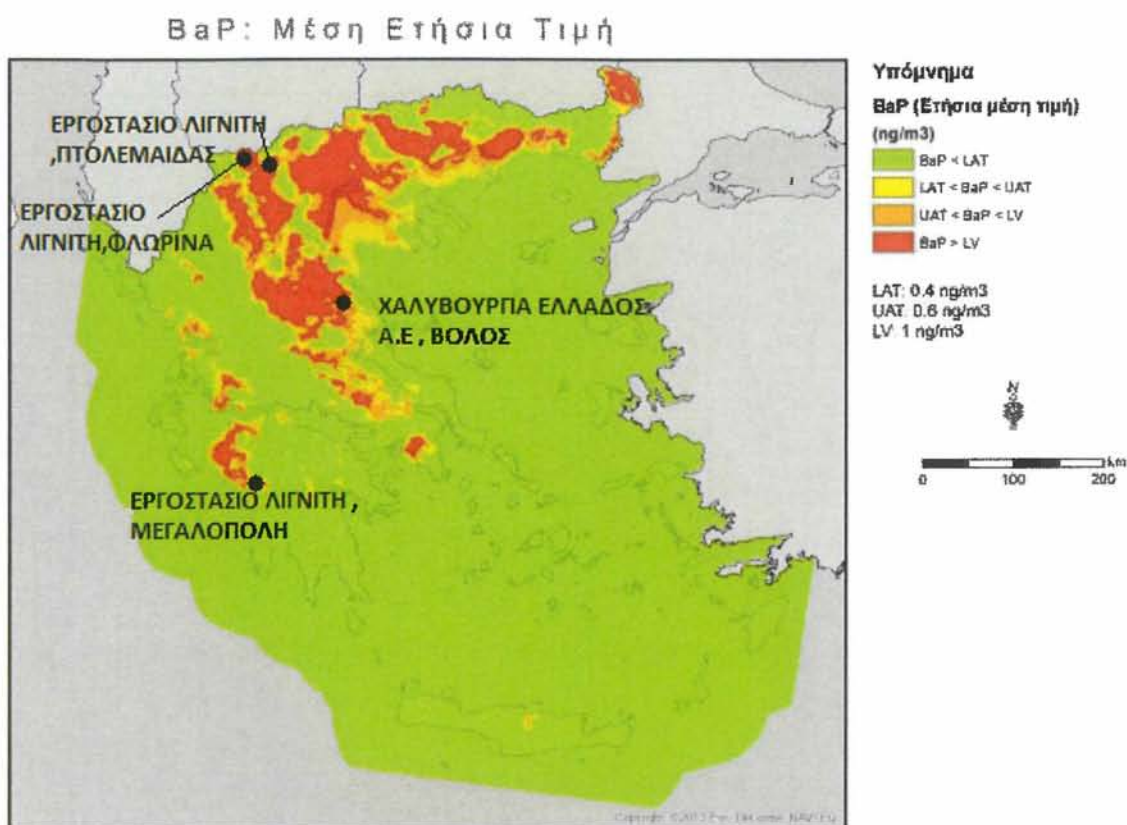
Συγκεκριμένα μια χώρα με τεράστια εκβιομηχάνιση και οκταπλάσιο πληθυσμό ,όπως είναι η Γερμανία (4^η παγκοσμίως) , παρουσιάζει πολύ μικρότερες τιμές αέριας ρύπανσης από την Ελλάδα (40^η παγκοσμίως) . Άρα θα πρέπει να μας προβληματίζουν οι προαναφερθείσες τιμές , καθώς δεν συμβαδίζουν με το πληθυσμό και την ανταγωνιστικότητα του βιομηχανικού κλάδου , οποίες έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου καθώς σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος

(European Environment Agency) έχουμε 12.900 χιλιάδες πρόωρους θανάτους αποδοτέους στα PM2.5 ,2.200 χιλιάδες πρόωρους θανάτους από NO2 και 640 πρόωρους θανάτους από O2 .

Επιπρόσθετα οι μέσες ημερήσιες τιμές PM10 , PM2.5 διαφέρουν κατά πολύ ανάμεσα στις μετρήσεις του ΥΠΕΝ και της Purple Air. Συγκεκριμένα οι τιμές PM2.5 των μετρήσεων της Purple Air υπερβαίνουν τη οριακή τιμή ,γεγονός που σημαίνει πως έχουμε μεγάλη ατμοσφαιρική ρύπανση που μπορεί να φέρει επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Όμως οι μετρήσεις του ΥΠΕΝ παρουσιάζουν μείωση και όχι υπέρβαση των προαναφερθέντων τιμών .

Από τα παραπάνω δεδομένα είναι αδύνατον να καταλήξουμε ποια αποτελέσματα είναι αληθές και αξιόπιστα ,όμως μπορούμε να προβληματιστούμε στο γεγονός ότι η διαφορά των αποτελεσμάτων είναι μεγάλη (σχεδόν διπλάσιες τιμές) και να παραδεχτούμε πως στην χώρα μας υπάρχει ατμοσφαιρική ρύπανση με τιμές που δεν συμβαδίζουν με τα δεδομένα του πληθυσμού και της βιομηχανίας της Ελλάδας. Αν μιλήσουμε με βάση στατιστικών δεδομένων , ανάμεσα σε δύο διαφορετικά αποτελέσματα , η αλήθεια βρίσκεται πάντα κάπου στην μέση.

Επιπλέον αυτό που θα πρέπει να μας ανησυχεί σαν χώρα είναι το ποσοστό βενζο[α]πυρένιου όπου είναι καρκινογόνος πολυκυκλικός αρωματικός υδρογονάνθρακας και έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Σύμφωνα με την μέση ετήσια τιμή (εικόνα 3.8) μπορούμε να συμπεράνουμε πως κύριοι υπεύθυνοι είναι η βιομηχανία λιγνίτη και χαλυβουργίας από την καύση άνθρακα και παραγωγή αλουμινίου.



Εικόνα 3.8: Μέση ετήσια τιμή BaP

Τέλος ένας άλλος μεγάλος παράγοντας που συμβάλλει στην αέρια ρύπανση της χώρας είναι η αιθαλομίχλη όπου οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες .

Από την χρονιά που ξέσπασε η οικονομική κρίση στην Ελλάδα οι περισσότεροι άνθρωποι έκαναν χρήση βιομάζας εντός αστικών περιοχών σε υποκατάσταση υφιστάμενων τεχνολογιών θέρμανσης που οδήγησε σε αυξημένες συγκεντρώσεις σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Η ένταση του φαινομένου αναμένεται να είναι πολλαπλάσια όταν γίνεται εκτεταμένη χρήση τζακιών ανοιχτού τύπου. Η καύση ακατάλληλης ξυλείας, απορριμμάτων και άλλων ακατάλληλων καυσίμων θα πρέπει να αποφεύγεται σε οικιακές εστίες διότι ενδέχεται να οδηγήσει σε αύξηση των εκπεμπόμενων συγκεντρώσεων ρυπαντών όπως PAH, PCDD/Fs.

Πέρα από τις γνωστές επιπτώσεις της ρύπανσης του αέρα, υπάρχει και μια διάσταση του ζητήματος η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη χώρα μας, ωστόσο μέχρι τώρα δεν έχει διερευνηθεί σε βάθος: Ο λόγος για τις επιπτώσεις της στα αρχαία μνημεία και την πολιτιστική κληρονομιά γενικότερα.

Τα μνημεία μαυρίζουν από το διοξείδιο του θείου και τους ρύπους, αλλά και από τη σκόνη που επικαθόταν, καθώς δεν είναι μόνο οι διαβρωτικοί ρύποι, αλλά και οι ρύποι από τη σκόνη. Το κυριότερο πρόβλημα είναι τα οξείδια του αζώτου και του θείου, που επιβαρύνουν τα αρχαία. Με την υγρασία δίνουν τα αντίστοιχα οξέα, νιτρικό οξύ και θειικό οξύ, τα οποία διαβρώνουν μάρμαρο, μέταλλα, κλπ- γίνεται αποσύνθεση του μαρμάρου προς τον γύψο, έχουμε γυψοποίηση.

Συνήθως οι ώρες αιχμής τις αέριας ρύπανσης από ανθρωπογενείς δραστηριότητες είναι το πρωί από το κυκλοφοριακό πρόβλημα των οχημάτων και αργά το βράδυ από την καύση βιομάζας.

Κεφάλαιο 4. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΗΔΙΩΝ PM10 & PM2,5 ΤΟΥ ΥΠΕΝ ΣΤΟΝ ΒΟΛΟ

4.1.1 Δεδομένα σταθμού μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης Ε.Δ.ΠΑ.Ρ στην πόλη του Βόλου.

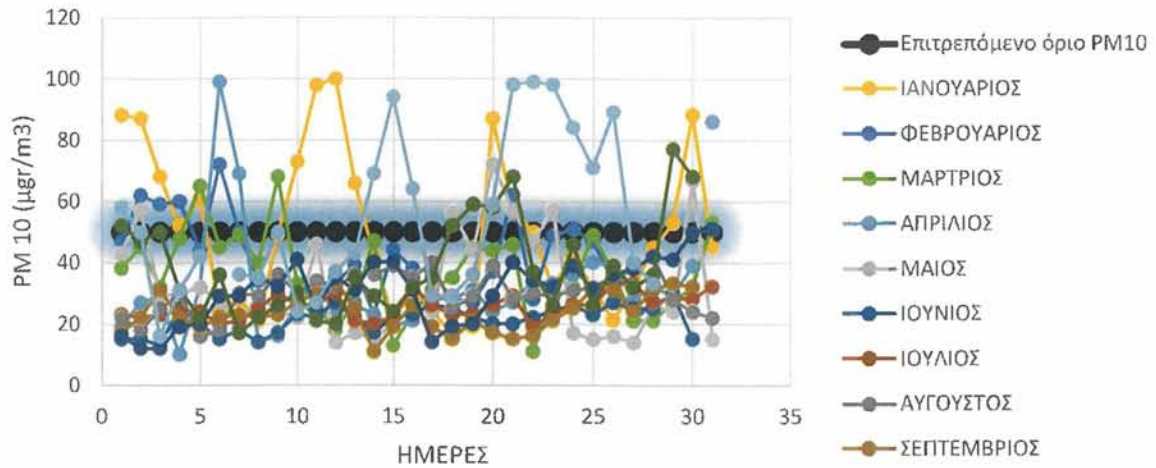
Ο σταθμός μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης της Περιφέρειας Θεσσαλίας στην πόλη του Βόλου παρέχει δεδομένα για αιωρούμενα σωματίδια (PM10) για το έτος 2013 και μετά καθώς και για αιωρούμενα σωματίδια (PM2,5) από το 2016 μέχρι σήμερα. Από την έρευνα των προσφερόμενων στοιχείων για το συγκεκριμένο σταθμό για το χρονικό διάστημα 2013 έως και 2019 προκύπτει:

➤ Για το έτος 2013

Το 2013 η μέση ετήσια τιμή συγκέντρωσης των PM10 είναι 34,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, τιμή που υπερβαίνει το όριο της μέσης ετήσιας τιμής των 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και καταγράφονται ακόμη 50 υπερβάσεις του ορίου της μέσης ημερήσιας τιμής των 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, αριθμός που είναι επίσης πάνω από το ετήσιο όριο συχνότητας που σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία είναι οι 35 φορές/έτος.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά διαγράμματα (Σχήμα 4.1) με τις ημερήσιες συγκεντρώσεις PM10 για το έτος 2013:

2013

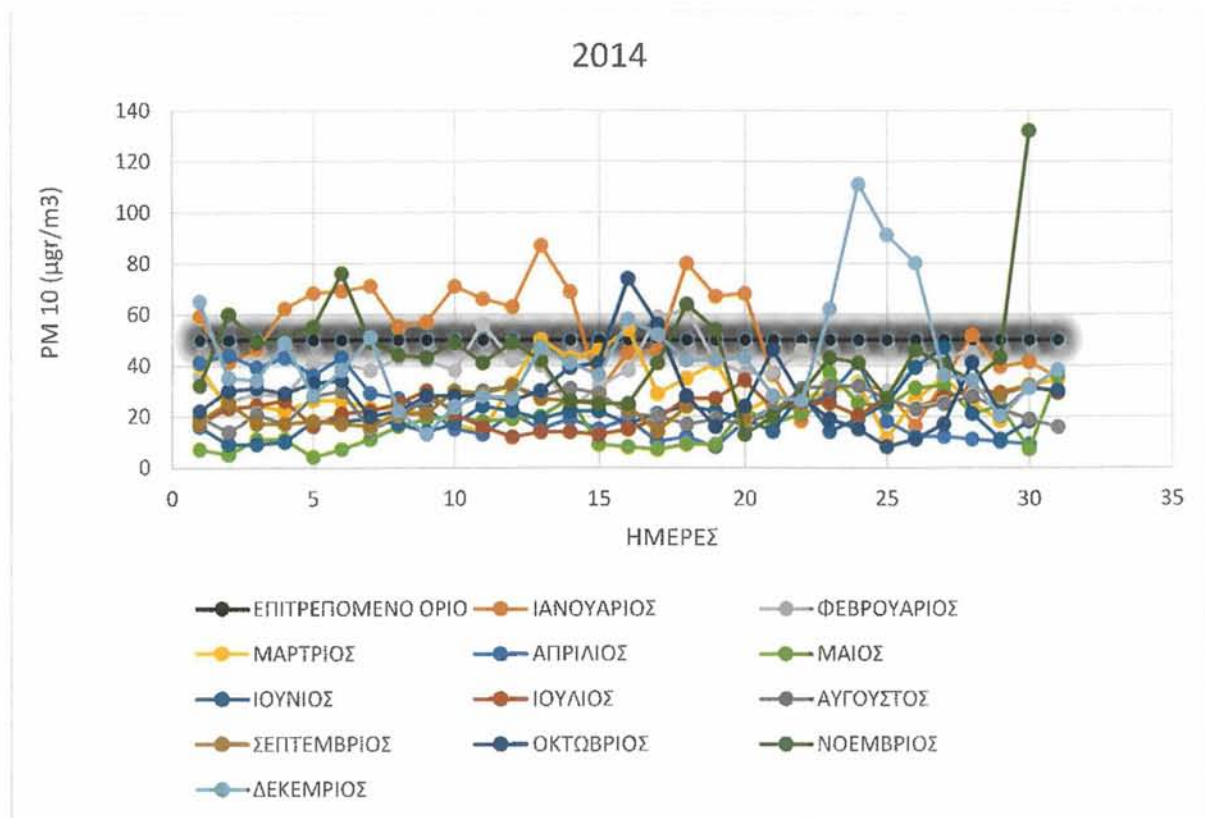


Σχήμα 4.1: Ημερήσια συγκέντρωση PM10 (µg/m³) για το έτος 2013

➤ Για το έτος 2014

Αντίστοιχα, το 2014 η μέση ετήσια τιμή συγκέντρωσης των PM10 είναι 30,5 µg/m³ και καταγράφονται 36 υπερβάσεις του ορίου της μέσης ημερήσιας τιμής των 50 µg/m³ (πάνω από το ετήσιο όριο συχνότητας των 35 υπερβάσεων/έτος)

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά διαγράμματα (Σχήμα 5.2) με τις ημερήσιες συγκεντρώσεις PM10 για το έτος 2014:

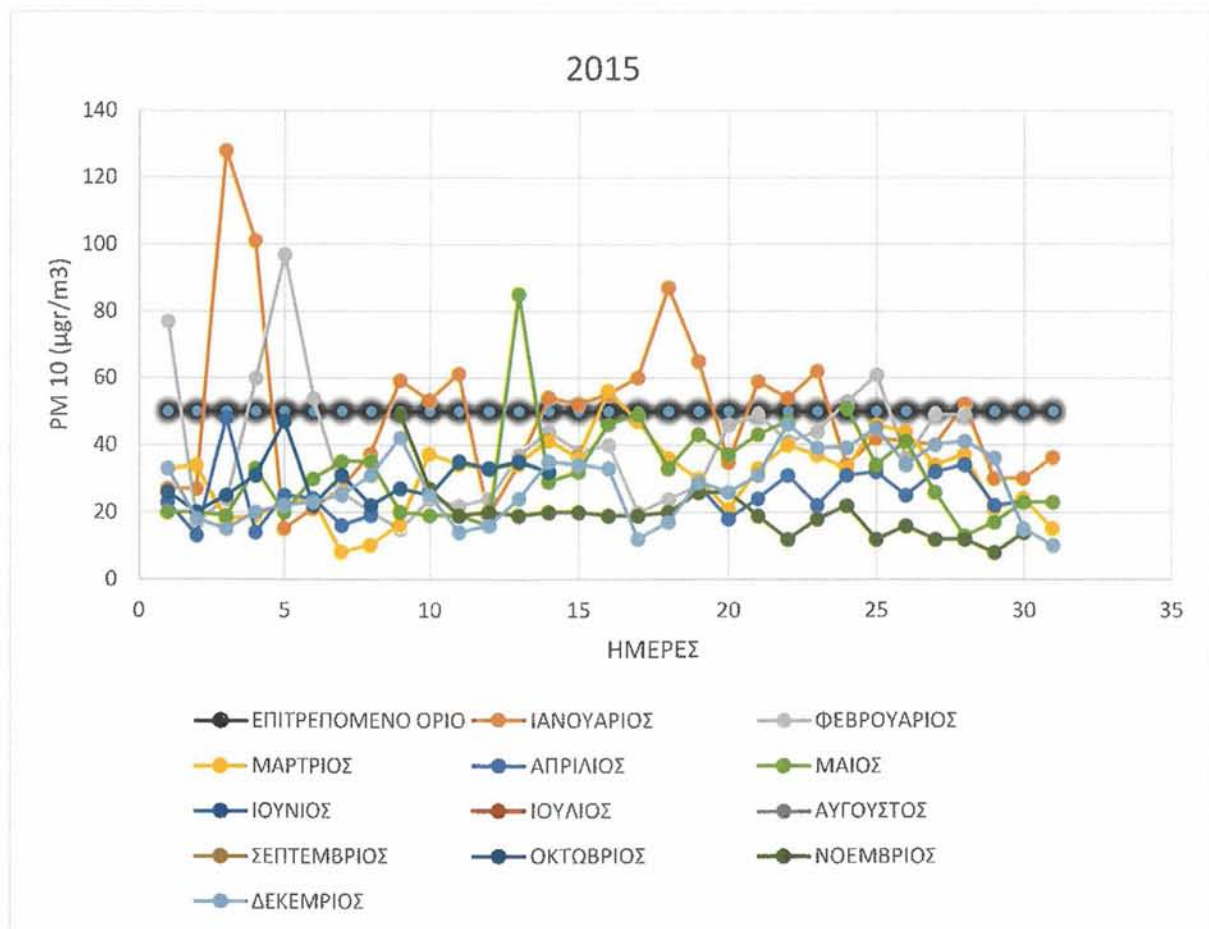


Σχήμα 4.2: Ημερήσια συγκέντρωση PM₁₀ (μg/m³) για το έτος 2014

➤ Για το έτος 2015

Το 2015 η μέση ετήσια τιμή συγκέντρωσης των PM10 είναι 31,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και καταγράφονται 24 υπερβάσεις του ορίου της μέσης ημερήσιας τιμής των 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι δεν έχουμε αποτελέσματα κατά τους μήνες Ιούνιο(από 15/6 μέχρι 30/6), Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, και τις 10 πρώτες ημέρες του Νοεμβρίου.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά διαγράμματα (Σχήμα 5.3) με τις ημερήσιες συγκεντρώσεις PM10 για το έτος 2015:

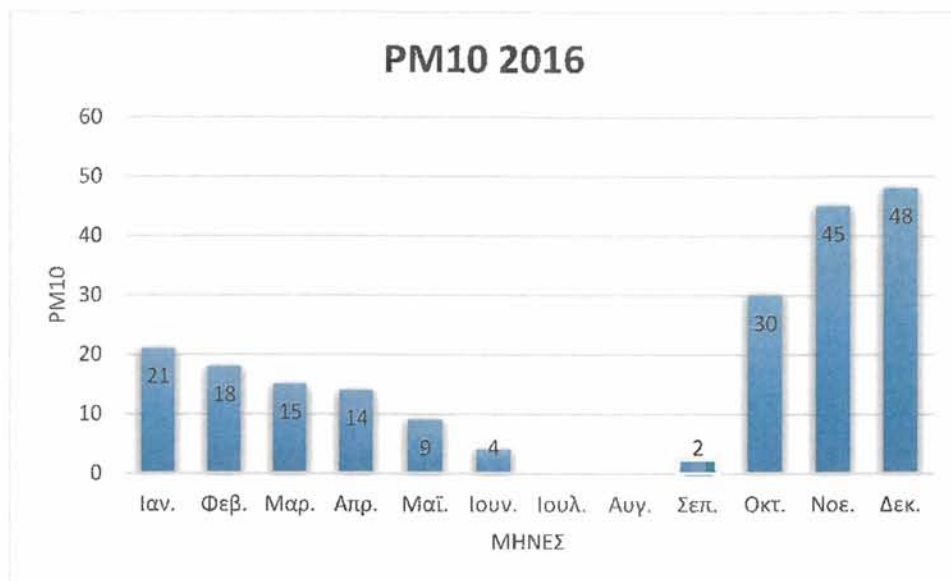


Σχήμα 4.3 : Ημερήσια συγκέντρωση PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) για το έτος 2015

➤ Για το έτος 2016

Αιωρούμενα Σωματίδια PM10

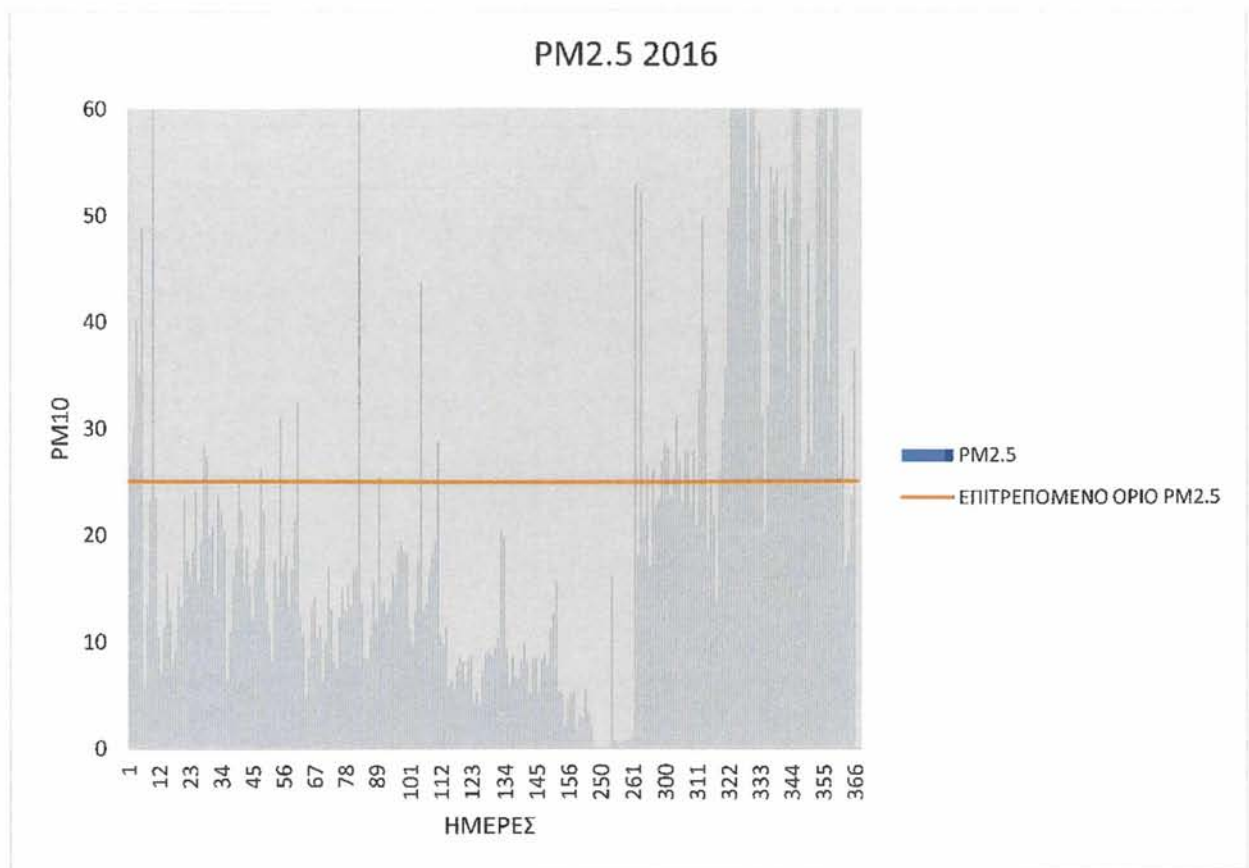
Το 2016 η μέση ετήσια τιμή συγκέντρωσης των PM10 είναι 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και καταγράφονται 15 υπερβάσεις του ορίου της μέσης ημερήσιας τιμής των 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (πάνω από το ετήσιο όριο συχνότητας των 35 υπερβάσεων/έτος).



Σχήμα 4.4 : Ημερήσια συγκέντρωση PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) για το έτος 2016

Αιωρούμενα Σωματίδια PM2,5

Το έτος 2016 έχουμε και τις πρώτες μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων PM2,5 με μετατροπή του μετρητή της Περιφέρειας. Μετά από μελέτη των δεδομένων καταλήγουμε στο αποτέλεσμα ότι η μέση ετήσια συγκέντρωση των PM2,5 είναι 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και παρουσιάζει την μέγιστη ημερήσια συγκέντρωση στις 12/12/2016 που είναι ίση με 88,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Καταγράφονται επίσης 75 υπερβάσεις του ορίου της μέσης ημερήσιας τιμής των 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ακολουθεί παρακάτω αναλυτικό διάγραμμα (Σχήμα 5.5) με τις ημερήσιες συγκεντρώσεις PM2,5 για το έτος 2016:

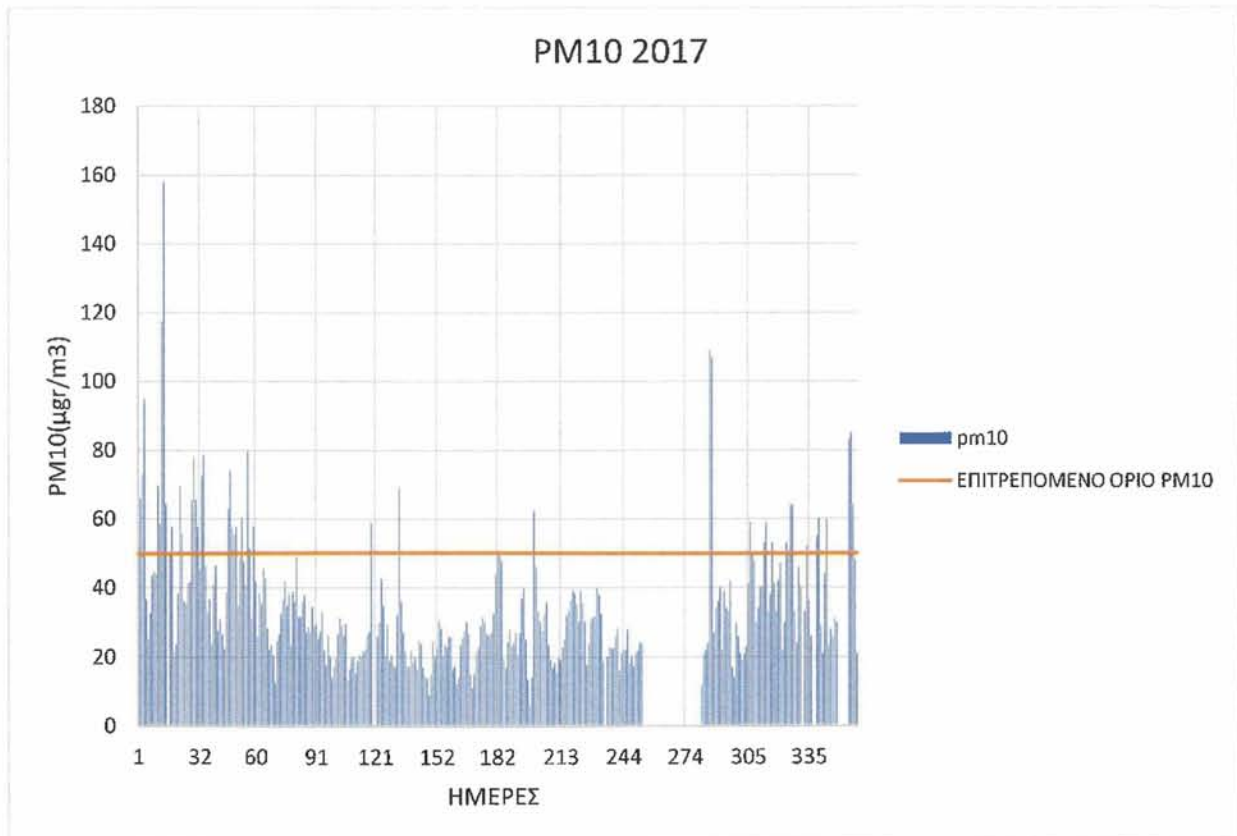


Σχήμα 4.5: Ημερήσια συγκέντρωση PM2,5 (µg/m³) για το έτος 2016

➤ Για το έτος 2017

Αιωρούμενα Σωματίδια PM10

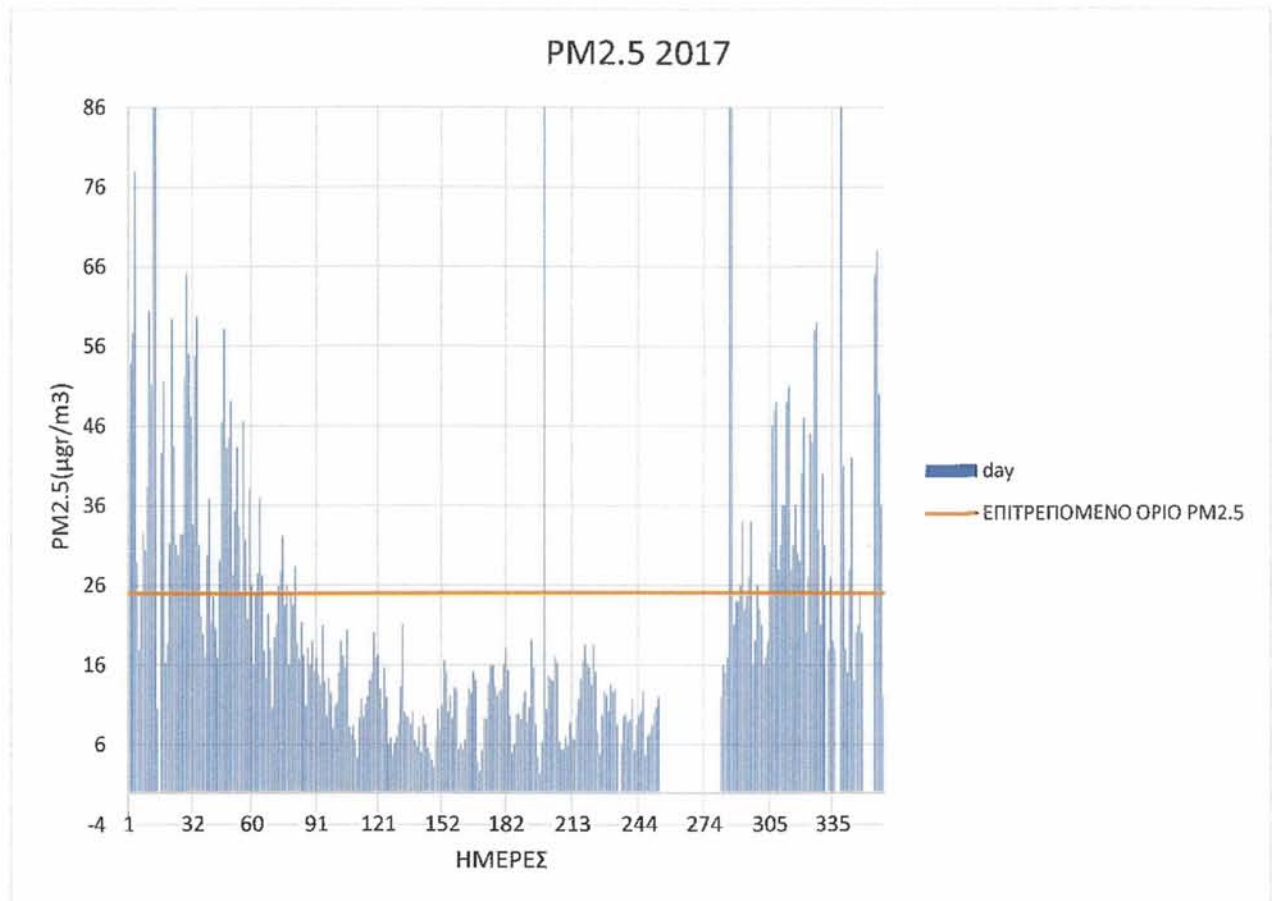
Το 2017 η μέση ετήσια τιμή συγκέντρωσης των PM10 είναι 33,97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και καταγράφονται 46 υπερβάσεις του ορίου της μέσης ημερήσιας τιμής των 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ όπως φαίνεται και παρακάτω στο αναλυτικό διάγραμμα (Σχήμα 5.6).



Σχήμα 4.6: Ημερήσια συγκέντρωση PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) για το έτος 2017

Αιωρούμενα Σωματίδια PM2,5

Το 2017 η μέση ετήσια τιμή συγκέντρωσης των PM2,5 είναι 22,36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και καταγράφονται 96 υπερβάσεις του ορίου της μέσης ημερήσιας τιμής των 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ όπως φαίνεται και παρακάτω στο αναλυτικό διάγραμμα (Σχήμα 5.7).



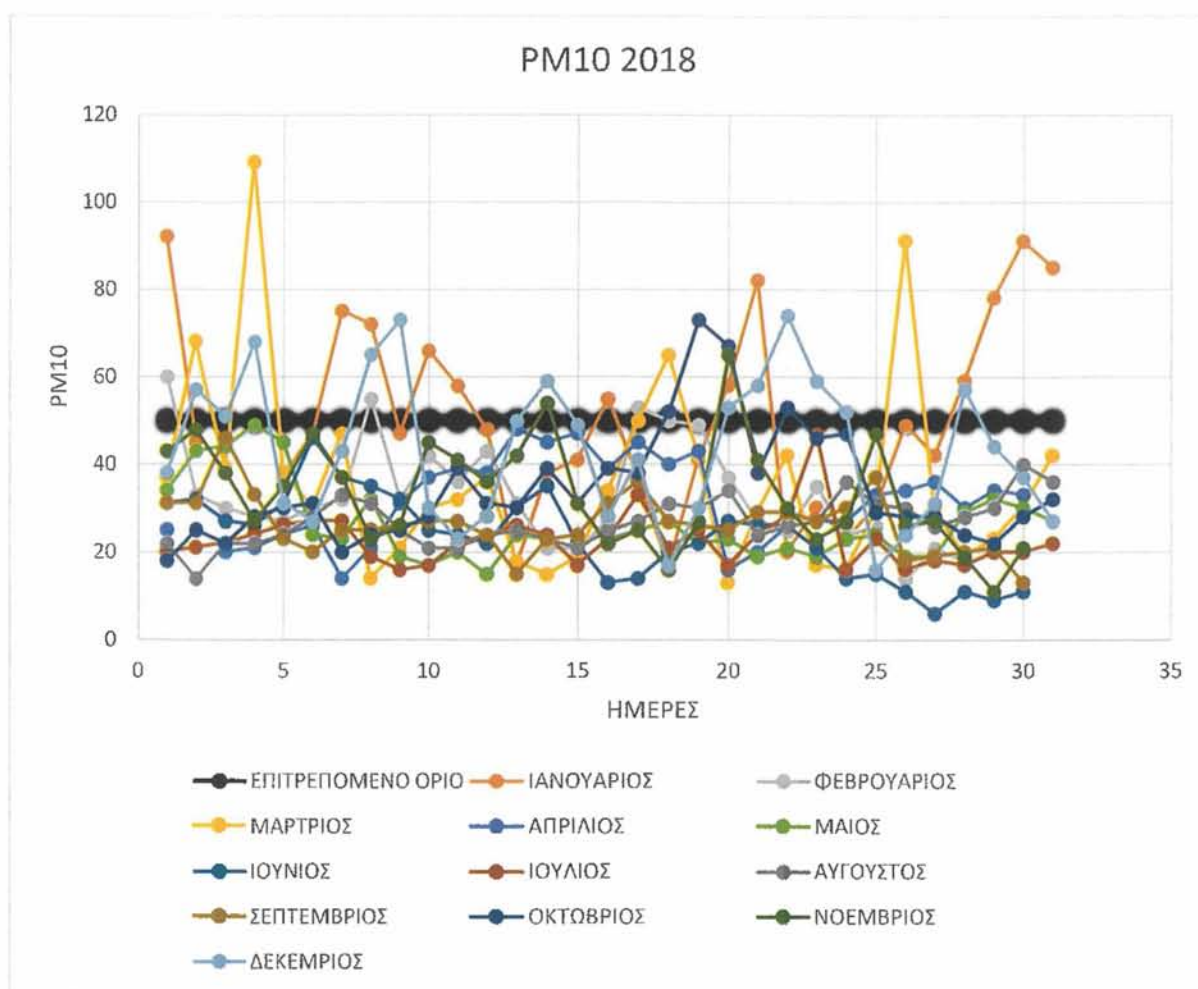
Σχήμα 4.7: Ημερήσια συγκέντρωση PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) για το έτος 2017

➤ Για το έτος 2018

Αιωρούμενα Σωματίδια PM10

Το 2018 η μέση ετήσια τιμή συγκέντρωσης των PM10 είναι 32,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και καταγράφονται 37 υπερβάσεις του ορίου της μέσης ημερήσιας τιμής των 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

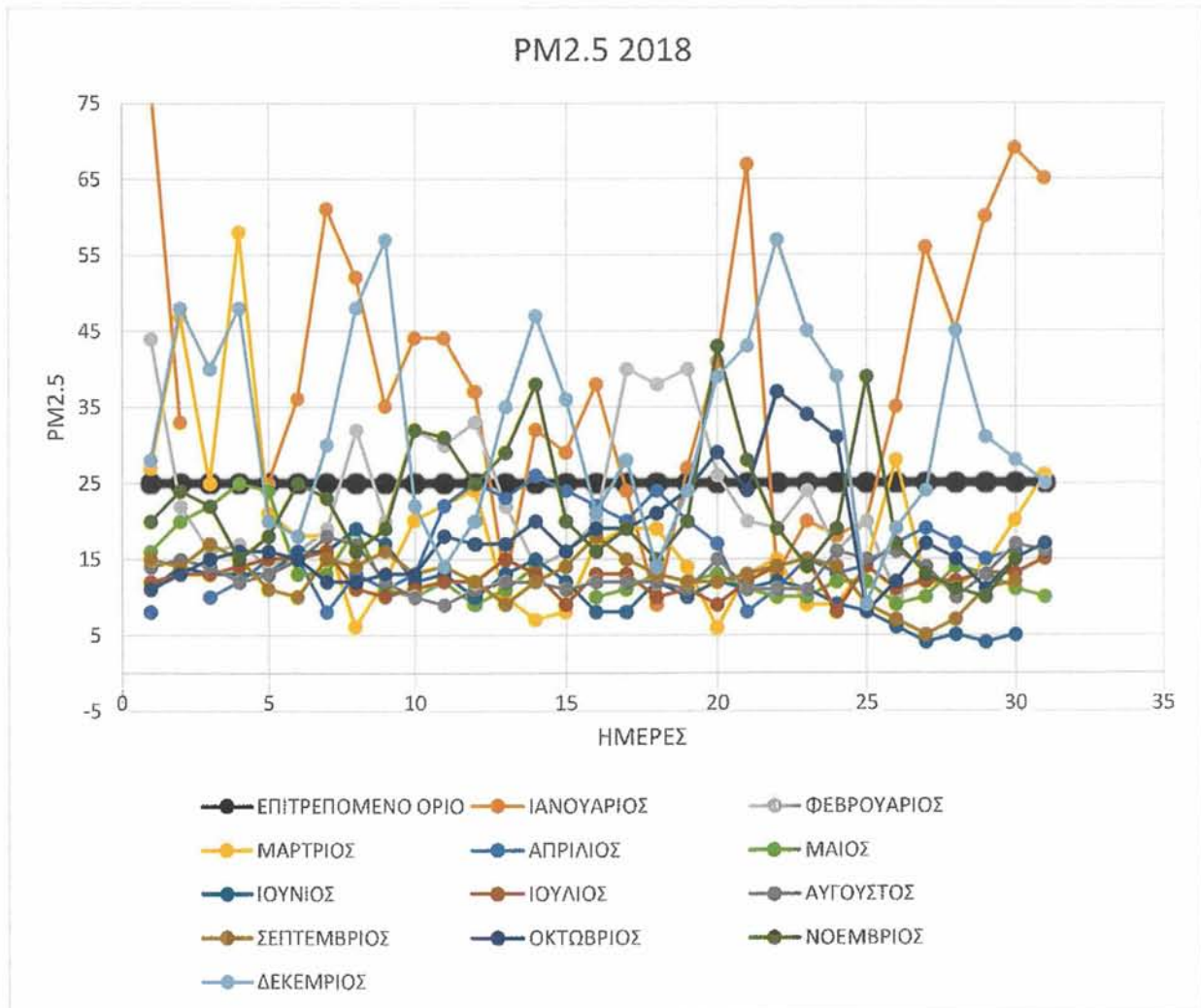
Ακολουθεί αναλυτικό διάγραμμα με τις ημερήσιες συγκεντρώσεις PM10 για το έτος 2018:



Σχήμα 4.8: Ημερήσια συγκέντρωση PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) για το έτος 2018

Αιωρούμενα Σωματίδια PM2,5

Το 2018 η μέση ετήσια τιμή συγκέντρωσης των PM2,5 είναι 19,26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και καταγράφονται 66 υπερβάσεις του ορίου της μέσης ημερήσιας τιμής των 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ όπως φαίνεται και παρακάτω στο αναλυτικό διάγραμμα (Σχήμα 5.9).



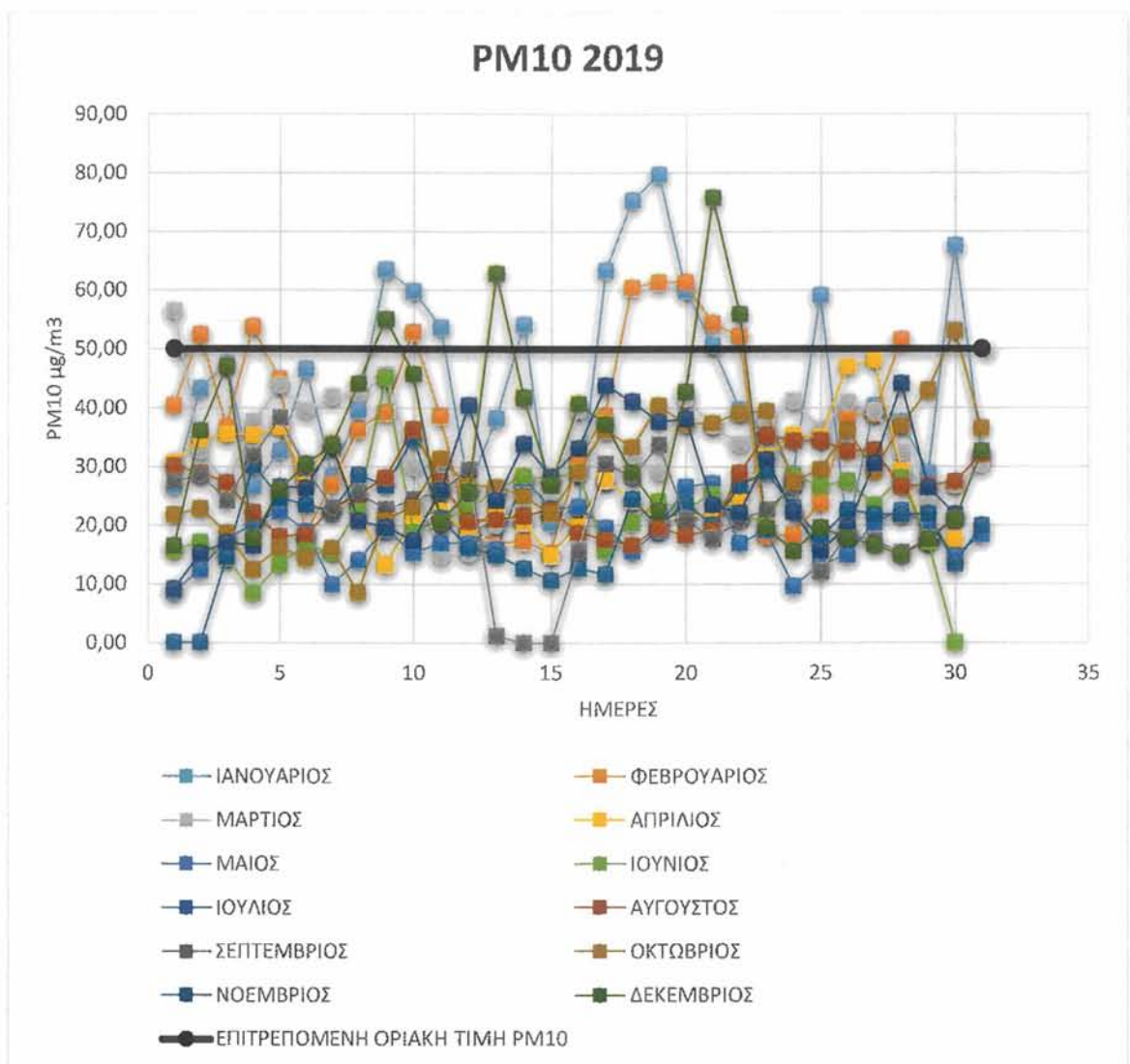
Σχήμα 4.9: Ημερήσια συγκέντρωση PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) για το έτος 2018

➤ Για το έτος 2019

Αιωρούμενα Σωματίδια PM10

Τέλος για το έτος 2019 η μέση ετήσια τιμή συγκέντρωσης των PM10 είναι 27.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και καταγράφονται 26 υπερβάσεις ημερήσιες του ορίου της μέσης ημερήσιας τιμής των 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

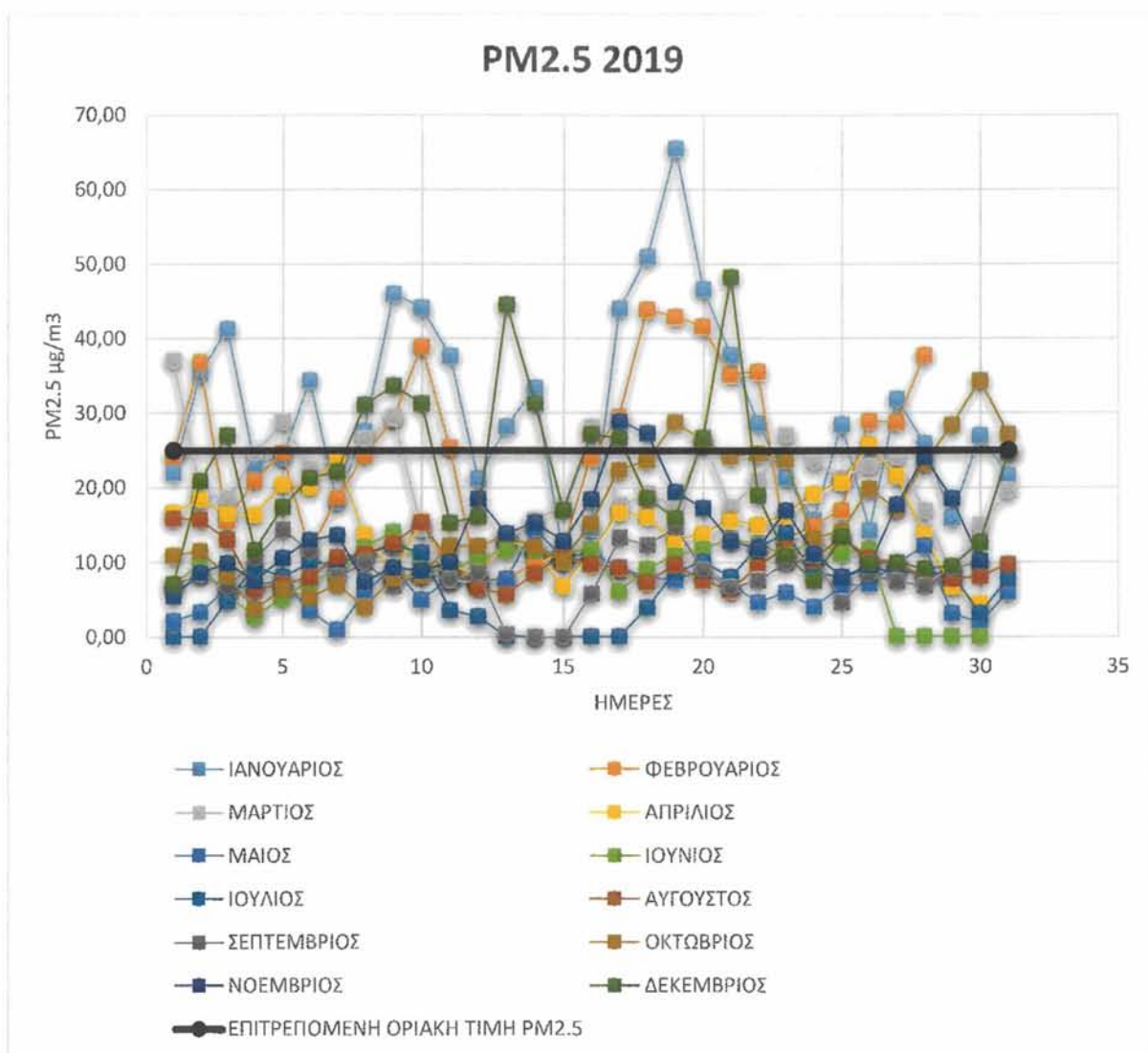
Ακολουθεί αναλυτικό διάγραμμα (Σχήμα 4.10) με τις ημερήσιες συγκεντρώσεις PM10 για το έτος 2019:



Σχήμα 4.10: Ημερήσια συγκέντρωση PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) για το έτος 2019

Αιωρούμενα Σωματίδια PM2,5

Το 2019 η μέση ετήσια τιμή συγκέντρωσης των PM2,5 είναι 15.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και καταγράφονται 57 ημερήσιες υπερβάσεις του ορίου της μέσης ημερήσιας τιμής των 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ όπως φαίνεται και παρακάτω στο αναλυτικό διάγραμμα (Σχήμα 4.11).



Σχήμα 4.11: Ημερήσια συγκέντρωση PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) για το έτος 2019

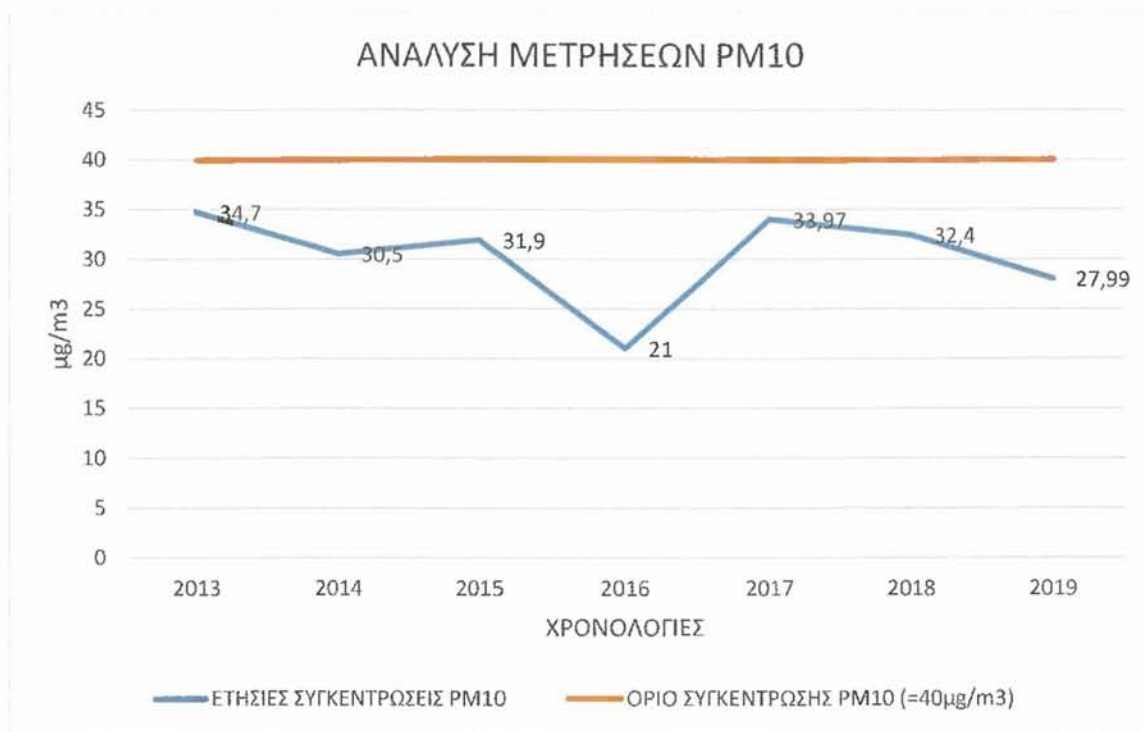
Επίσης να επισημανθεί πως για τα προαναφερόμενα χρονικά διαστήματα φαίνεται ότι:

- Τα ελάχιστα των μέσων μηνιαίων τιμών για τα αιωρούμενα σωματίδια PM10, εμφανίζονται κυρίως τους θερινούς μήνες και κατά κύριο λόγο τον Αύγουστο.
- Τα ελάχιστα των μέσων ημερήσιων τιμών για τα αιωρούμενα σωματίδια PM10, εμφανίζονται κατά κύριο λόγο το Σαββατοκύριακο.
- Τα μέγιστα της συγκέντρωσης των PM10 ανά ώρα εμφανίζονται τις πρώτες πρωινές ώρες.
- Τα μέγιστα της συγκέντρωσης των PM10 εμφανίζονται με διεύθυνση ανέμων που προέρχονται από τη θάλασσα, ενώ τα ελάχιστα με διεύθυνση ανέμων που προέρχονται από τη στεριά.

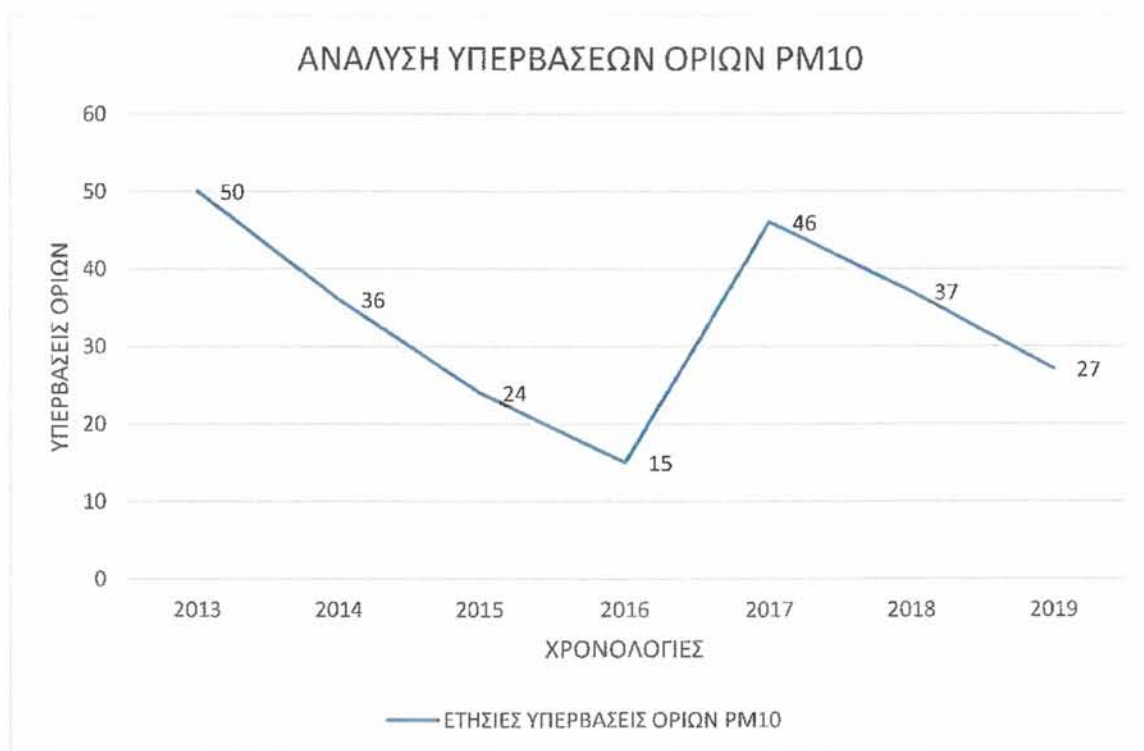
Με χρήση των τιμών ρύπανσης σωματιδίων PM10 & PM2.5 με τα θεσμοθετημένα όρια για κάθε έτος, προκύπτει το Σχήμα 4.12, 4.13 & Σχήμα 4.14 με χρήση των οποίων παράγονται τα τρία ακόλουθα διαγράμματα.

Πίνακας 4.1: Διακύμανση μέσης ετήσιας τιμής συγκέντρωσης και υπέρβαση ορίου των PM10 στο σταθμό της πόλης του Βόλου τα έτη 2013 έως 2019

ΕΤΟΣ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ PM10 (μg/m ³)	ΟΡΙΟ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 50 μg/m ³	ΥΠΕΡΒΑΣΗ ΟΡΙΟΥ 50 μg/m ³
2013	34,7	50	50
2014	30,5	50	36
2015	31,9	50	24
2016	21	50	15
2017	33,97	50	46
2018	32,4	50	37
2019	27,99	50	27



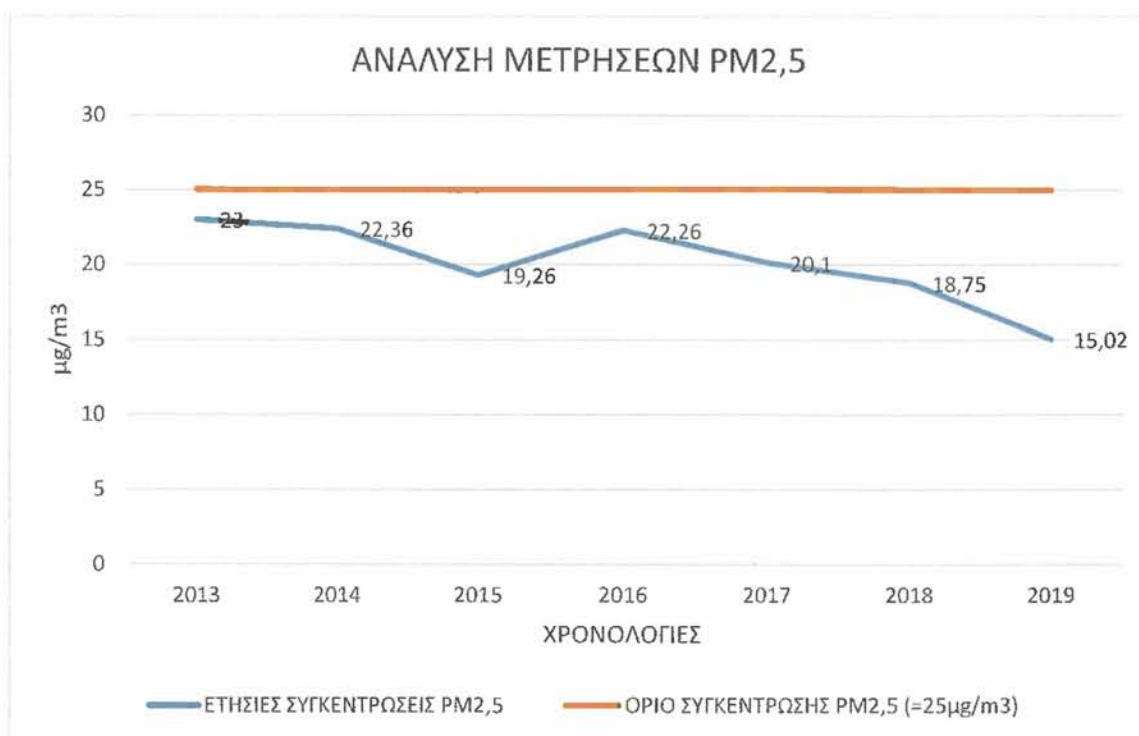
Σχήμα 4.12 Ανάλυση ετήσιων συγκεντρώσεων PM10 σωματιδίων



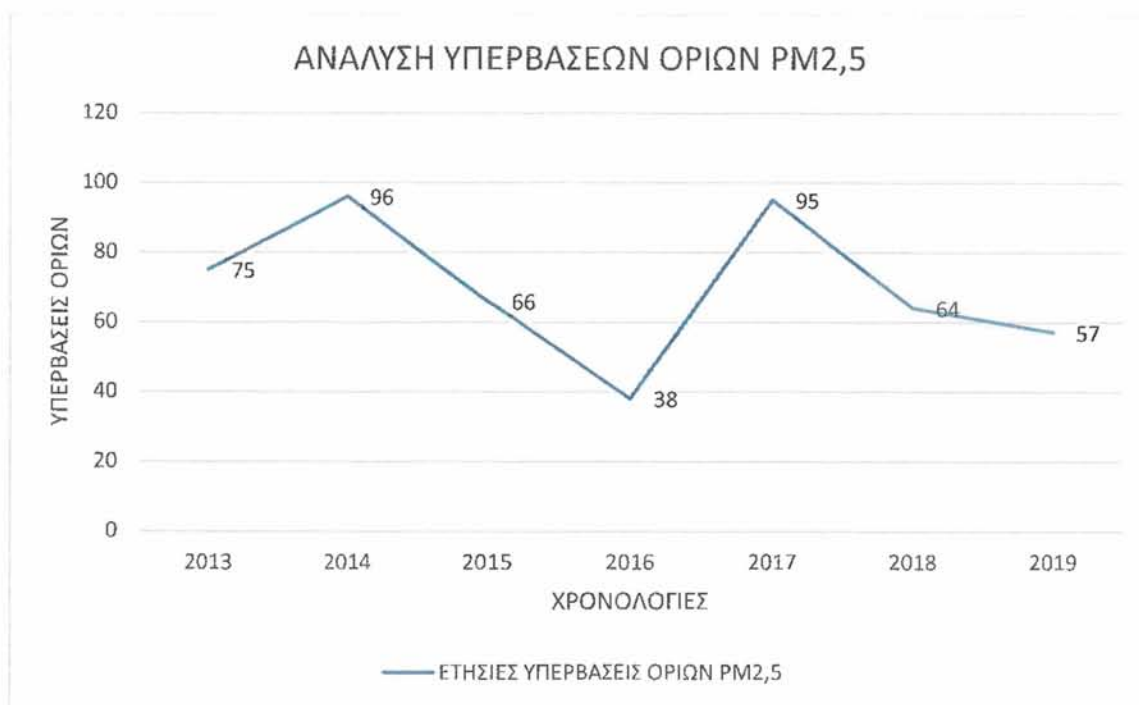
Σχήμα 4.13: Ανάλυση ετήσιων συγκεντρώσεων PM10 σωματιδίων

Πίνακας 4.2: Διακύμανση μέσης ετήσιας τιμής συγκέντρωσης και υπέρβαση ορίου των PM2.5 στο σταθμό της πόλης του Βόλου τα έτη 2013 έως 2019

ΕΤΟΣ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ PM2.5 (μg/m ³)	ΟΡΙΟ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ 25 μg/m ³	ΥΠΕΡΒΑΣΗ ΟΡΙΟΥ 25 μg/m ³
2013	23	25	75
2014	22.36	25	96
2015	19.26	25	66
2016	22.26	25	38
2017	20.1	25	95
2018	18.75	25	64
2019	15.02	25	57



Σχήμα 4.14: Ανάλυση ετήσιων συγκεντρώσεων PM2,5 σωματιδίων



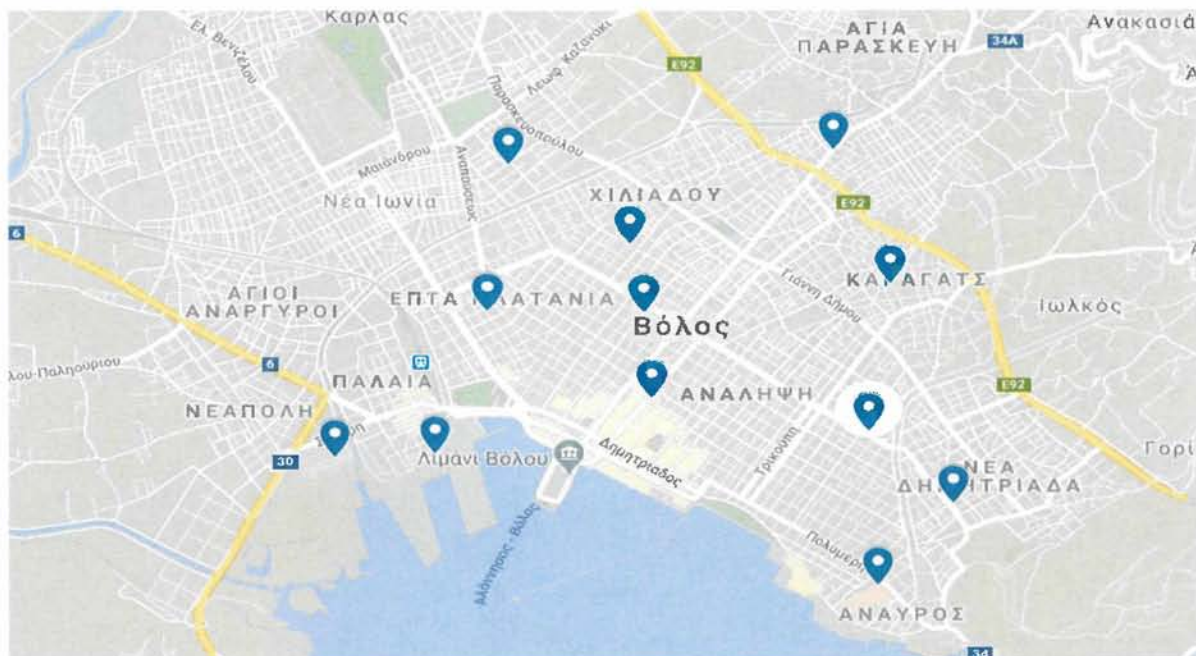
Σχήμα 4.15: Ανάλυση ετήσιων υπερβάσεων θεσμοθετημένου ορίου για τα σωματίδια PM2,5

Κεφάλαιο 5. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM2.5 ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ Π.Θ. GreenYourAir

5.1.1 Γενικές πληροφορίες μετρήσεων PM2.5

Η ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας GreenYourAir με επιστημονικούς υπεύθυνους τον Αναπληρωτή Καθηγητή Γεώργιο Κ.Δ. Σαχαρίδη του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και τον Καθηγητή Κωνσταντίνο Γουργουλιάνη Διευθυντή της Πανεπιστημιακής Πνευμονολογικής Κλινικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κατέγραψαν την ποιότητα του αέρα στην πόλη του Βόλου μετρώντας τα αιωρούμενα σωματίδια PM2.5 για τον χρονικό διάστημα από τον Μάρτιο 2019 έως τον Φεβρουάριο 2020 .

Η μέθοδος των μετρήσεων είναι η scattering method (μέθοδος σκέδασης) και υπάρχουν 12 μετρητές τοποθετημένοι σε διαφορετικά σημεία ώστε να καλύπτουν ένα μεγάλο ποσοστό του Δήμου Βόλου.



Εικόνα 5.1 : Μετρητές PM2.5 GreenYourAir

Το όργανο μέτρησης αποτελεί μια κινητή μονάδα, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 7.2 ,με περίβλημα από ανοξείδωτο χάλυβα, με ενσωματωμένη οπτική μονάδα όπου μετράει τα PM2.5. Η μέθοδος σκέδασης φωτός είναι από τις πιο ακριβείς και διαδεδομένες σε χαμηλό κόστος. Η λειτουργία της βασίζεται σε ροή αέρα μέσω ενός θαλάμου όπου συνυπάρχει μια ισχυρή ακτίνα laser. Τα σωματίδια σκεδάζουν την ακτίνα η οποία προσκρούει στα τοιχώματα υπό γωνία και έτσι μετράτε η συγκέντρωση αλλά και το μέγεθος σωματιδίων.



Εικόνα 5.2 : Δειγματολήπτης

Ο αισθητήρας μετρά εκτός από PM2.5 φορμαλδεΐδη θερμοκρασία και υγρασία. Λειτουργεί με τη μέθοδο σκέδασης φωτός υπολογίζοντας τη συγκέντρωση σωματιδίων από τη γωνία πρόσκρουσης στα τοιχώματα μετά τη σκέδαση. Είναι εργαλείο με πολλές χρήσεις και εφαρμογές σε δραστηριότητες περιβαλλοντικού χαρακτήρα με ακρίβεια και φιλικό προς τον χρήστη. Η ελάχιστη διάμετρος σωματιδίων που εντοπίζει είναι 0.3 μικρόμετρα σε αληθινό χρόνο.

Ο δειγματολήπτης αποτελείτε από την οθόνη όπου μας δείχνει όλα τα στοιχεία που χρειαζόμαστε (π.χ παροχές) και τα φίλτρα .

Τα δεδομένα των μετρήσεων στέλνονται στην βάση μέσω ασύρματου ίντερνετ (WiFi ή με ενσύρματο καλώδιο ethernet από τον μικροεπεξεργαστή όπου είναι προγραμματισμένος σε C++ . Ο χρόνος μέτρησης είναι ανά 2-3 δευτερόλεπτα.

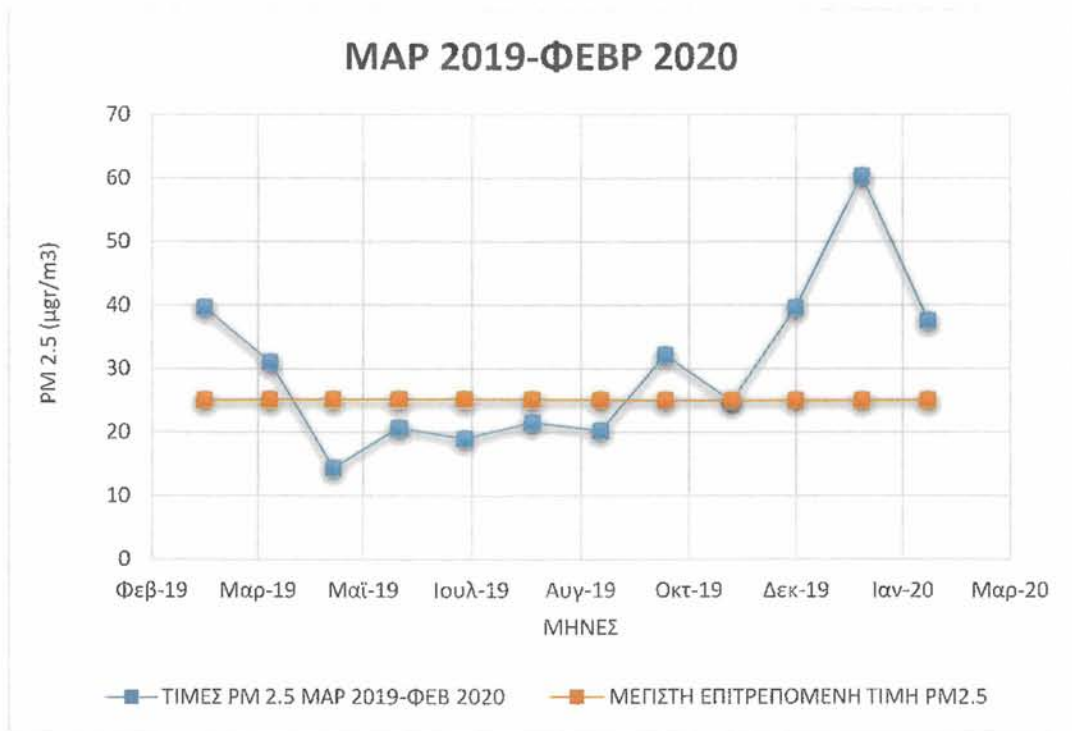
Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω .

5.1.2 Αποτελέσματα μετρήσεων PM2.5

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα ανά μήνα για την περίοδο Μάρτιου 2019- Φεβρουάριου 2020.

ΜΗΝΑΣ	Μ.Ο ΜΗΝΑ	ΥΠΕΡΒΑΣΕΙΣ	ΥΠΕΡΒΑΣΗ %
ΜΑΡΤΙΟΣ 2019	39.58	27	87.1
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2019	30.96	21	70
ΜΑΙΟΣ 2019	14.27	2	6.45
ΙΟΥΝΙΟΣ 2019	20.55	7	23.33
ΙΟΥΛΙΟΣ 2019	18.93	4	12.9
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2019	21.44	7	22.58
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2019	20.17	6	20
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2019	32.12	20	64.52
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	24.73	11	36.67
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2019	39.52	21	67.74
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2020	60.3	29	93.55
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2020	37.48	23	79.31

Πίνακας 5.1 : Αποτελέσματα μετρήσεων PM2.5



Σχήμα 5.1 : Αποτελέσματα μετρήσεων PM2.5

Ο μέσος όρος των αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου έως 2,5 μικρόμετρα (PM2.5) για την δωδεκάμηνη περίοδο από 01/03/2019 ως και 29/02/2020 ανήλθε σε 30,03 µg/m³, με ετήσιο όριο βάση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας τα 10 µg/m³ και με ετήσιο όριο βάση της ελληνικής νομοθεσίας τα 25 µg/m³. Αυτό μεταφράζεται σε μια υπέρβαση 200,3% σε ότι αφορά τα όρια που έχει θεσπίσει ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας και 20,12% σε ότι αφορά τα όρια που έχει θεσπίσει η ελληνική νομοθεσία.

Ο αριθμός των ημερών που η μέση ημερήσια τιμή των PM2.5 ήταν πάνω από τα 25 µg/m³ (το ημερήσιο όριο του παγκόσμιου οργανισμού υγείας – η ελληνική νομοθεσία δεν έχει ημερήσιο όριο) είναι ίσος με 178, που αντιστοιχεί στο 48.63% του χρόνου.

Κατά την διάρκεια της καραντίνας παρατηρήθηκαν τα εξής:

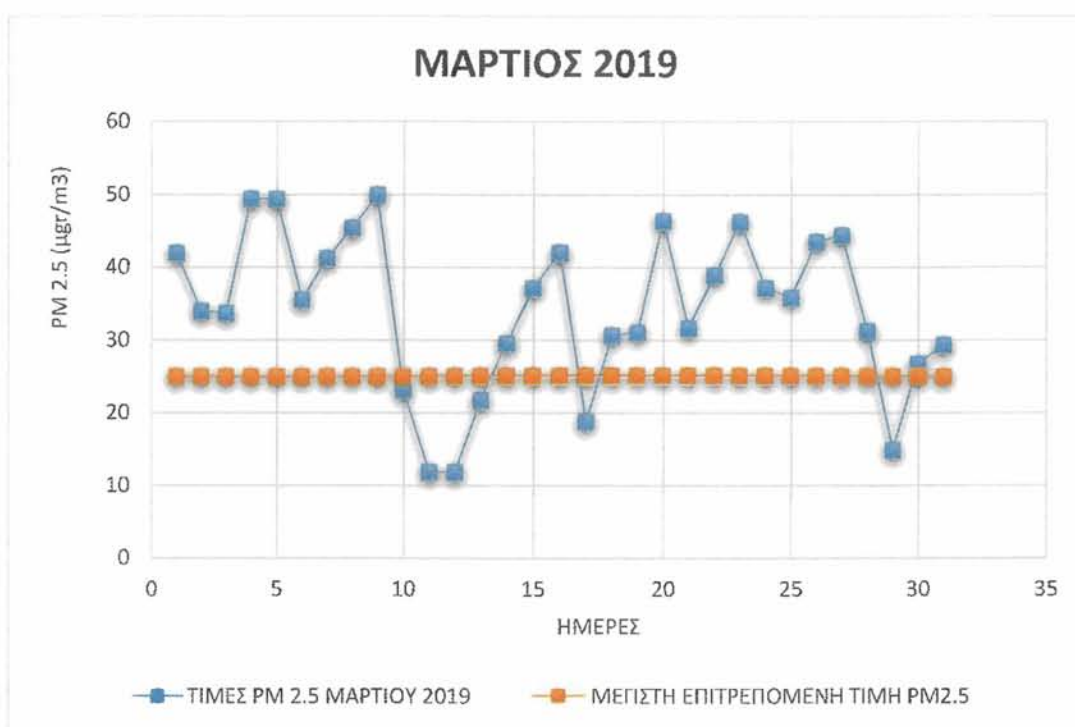
Μείωση ρύπων σε σύγκριση με τις ίδιες περσινές μέρες κατά 35.86% για τις ημέρες της καραντίνας όπου κατά μέσο όρο είχαμε μια διαφορά στην μέση θερμοκρασία και υγρασία των ημερών αυτών ίση με 2.67% και 1,05% αντίστοιχα.

Μείωση ρύπων σε σύγκριση με τις ίδιες περσινές μέρες κατά 27.07% για τις ημέρες της καραντίνας όπου κατά μέσο όρο είχαμε μια διαφορά στην μέση θερμοκρασία και υγρασία των ημερών ίση με 8% και 4% αντίστοιχα ενώ παράλληλα έχει

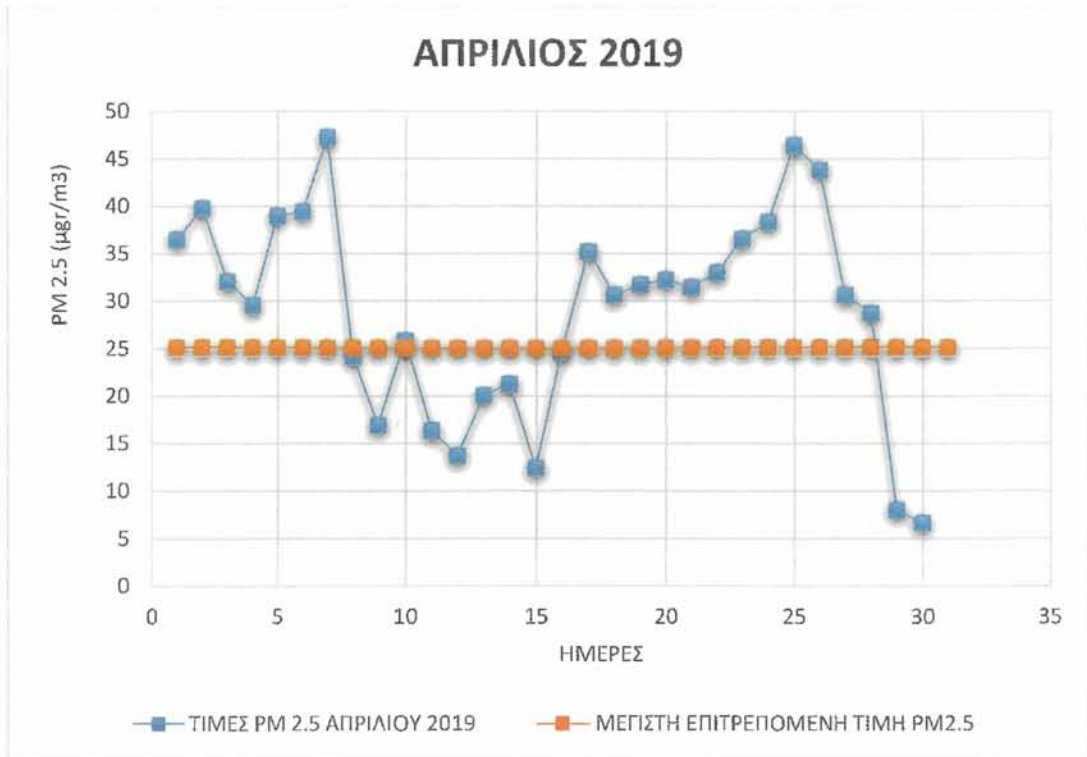
συνυπολογιστεί το φαινόμενο της βροχής (έχουν επιλεγεί ημέρες που είτε δεν έβρεχε είτε έβρεχε και το 2019 και το 2020).

Μειώσει ρύπων σε σύγκριση με τις ίδιες περσινές μέρες κατά 44,58% για τις ημέρες της καραντίνας όπου κατά μέσο όρο είχαμε μια διαφορά στην μέση θερμοκρασία και υγρασία των ημερών ίση με 6,9% και 5,93% αντίστοιχα ενώ παράλληλα έχει συνυπολογιστεί το φαινόμενο του ανέμου (παρόμοιες συνθήκες ανέμου το 2019 και το 2020) και της βροχής (έχουν επιλεγεί ημέρες που είτε δεν έβρεχε είτε έβρεχε και το 2019 και το 2020).

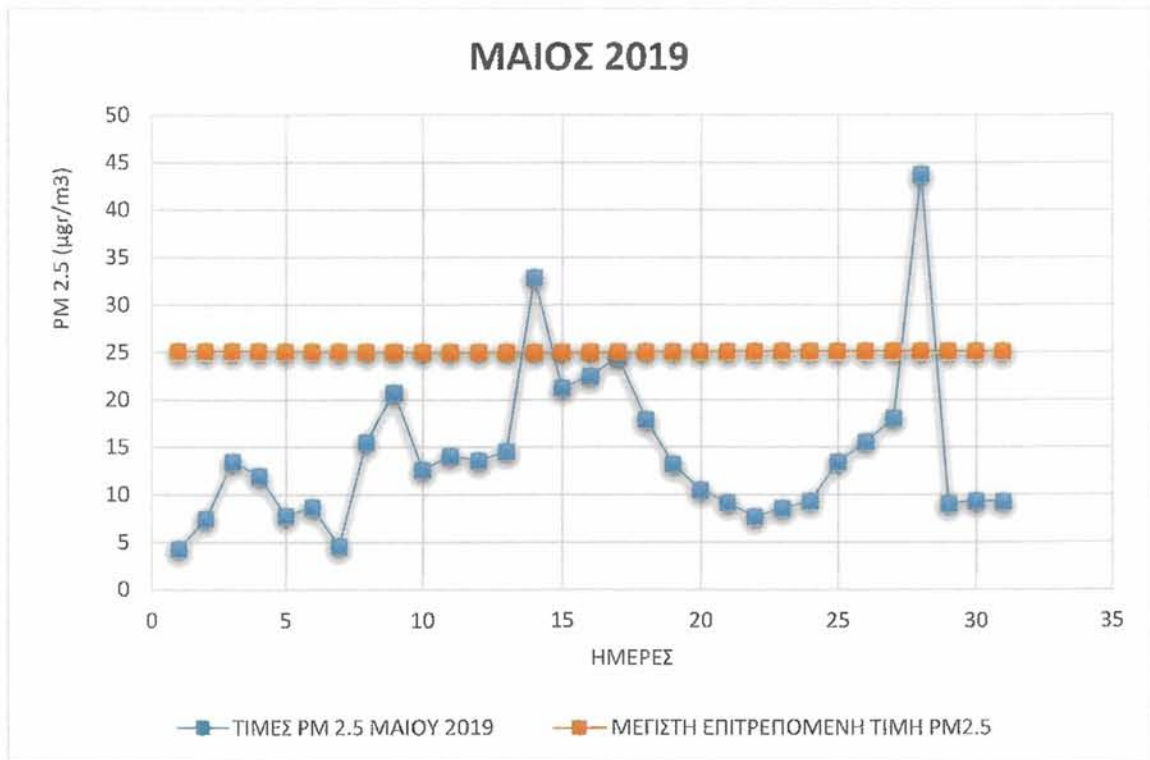
Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα ανά μέρα των μετρήσεων PM2.5 από τους μήνες Μάρτιο 2019, Απρίλιο 2019 , Μάιο 2019 από τον μετρητή που βρίσκεται στην περιοχή των Παλαιών Βόλου και γίνετε σύγκριση με τις μετρήσεις τις του Ο.Λ.Β όπου ο μετρητής τους είναι τοποθετημένος στην ίδια περιοχή.



Σχήμα 5.2 : Μετρήσεις PM2.5 Μαρτίου 2019 GreenYourAir



Σχήμα 5.3:Μετρήσεις PM2.5 Απριλίου 2019 GreenYourAir

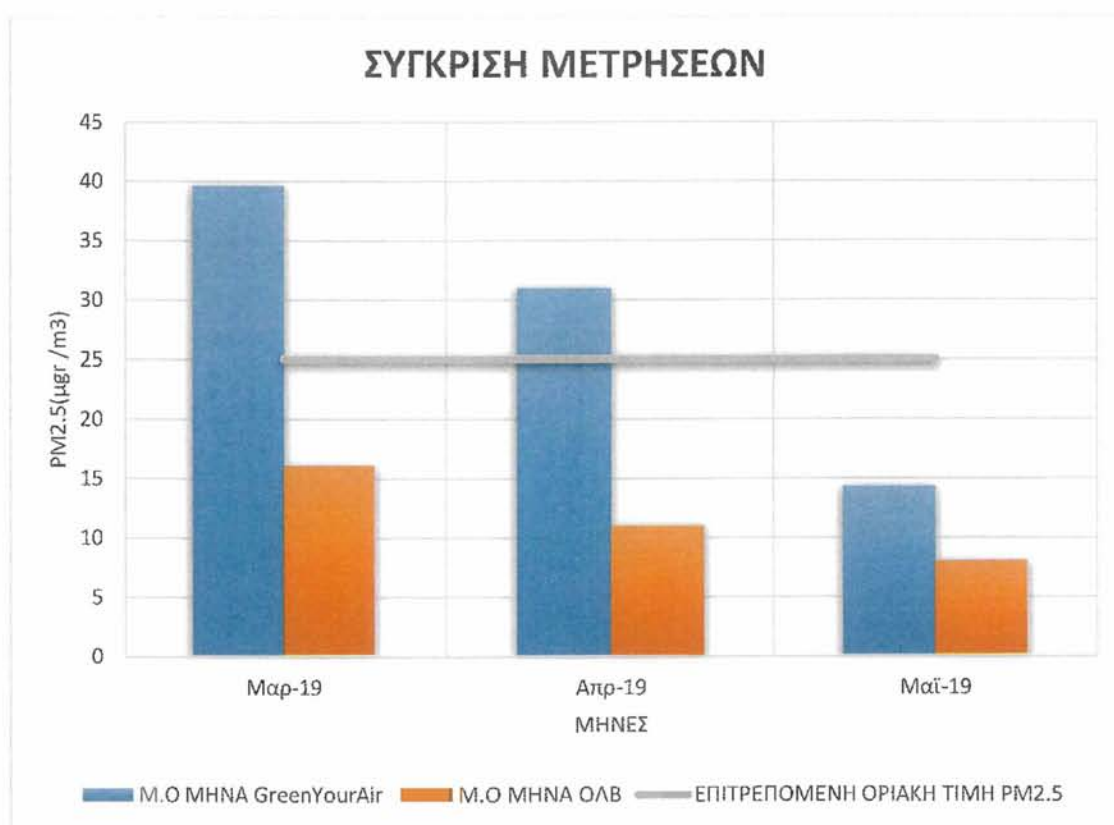


Σχήμα 5.4:Μετρήσεις PM2.5 Μαΐου 2019 GreenYourAir

Σε σύγκριση με τα όρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ) , η μέση ημερήσια τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM2.5 ξεπέρασε το ημερήσιο όριο των 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ τις 25 ημέρες από τις 31 του μήνα Μαρτίου , τις 20 ημέρες από τις 30 του μήνα Απριλίου και τις 2 ημέρες από τις 30 του μήνα Μαΐου.

Ο μέσος όρος PM2.5 του μήνα Μαρτίου ήταν 34,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, του Απριλίου 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και του Μαΐου 14,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα οι τιμές των PM2.5 είναι ανώτερες από το επιτρεπόμενο όριο των 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 6.5) θα συγκρίνουμε τις μετρήσεις του ΟΛΒ και τις προαναφερόμενες ανά μήνα για τυχόν ομοιότητες ή διαφορές .



Σχήμα 5.5 : Σύγκριση μετρήσεων GreenYourAir – ΟΛΒ

Από την σύγκριση των δύο αποτελεσμάτων όπου η θέση και των δύο μετρητών βρίσκεται στην ίδια περιοχή των Παλαιών προκύπτουν μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ των δύο μετρήσεων καθώς τα αποτελέσματα της GreenYourAir ξεπερνούν το επιτρεπόμενο όριο των 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο .

5.1.3 Συμπεράσματα

Στην συνοικία των Παλαιών , σχεδόν καθημερινά η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι 20 % ανώτερη από το κέντρο του Βόλου όπως προκύπτει από τον Πίνακα 7.1 στο Κεφάλαιο 7 λόγω της φορτοεκφόρτωσης των χύδην προϊόντων (σκραπ) όπου σύμφωνα με τους κατοίκους τις περιοχής οι περιβαλλοντικοί όροι δεν τηρούνται.

Όταν οι μετρήσεις του ΟΛΒ ήταν πάνω από το επιτρεπόμενο όριο(Δεκέμβριος ,Ιανουάριος ,Φεβρουάριος) τις απέδιδε στην χειμερινή περίοδο δηλ, στις εκπομπές από εποχικές πηγές (οικιακή θέρμανση, αυξημένες εκπομπές από την κυκλοφορία ή/και τη βιομηχανία) και στις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες (χαμηλότερο ύψος ανάμιξης, πιο συχνές άπνοιες και θερμοκρασιακές αναστροφές) που δεν ευνοούν τη διασπορά.

Κατά τα αποτελέσματα μετρήσεων της GreenYourAir βλέπουμε πως και τους μη-χειμερινούς μήνες Μάρτιο – Απρίλιο οι τιμές είναι πολύ πιο πάνω από το επιτρεπόμενο όριο κάτι που δεν συμβαδίζει με τα αποτελέσματα του ΟΛΒ.

Η ερευνητική ομάδα GreenYourAir μάς προσκόμισε όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες και δεδομένα που ήταν αναγκαία για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας , ενώ ο ΟΛΒ αρνήθηκε να μας δώσει οποιαδήποτε πληροφορία σχετικά με την αέρια ρύπανση με την δικαιολογία πως είναι απόρρητα.

Λόγω αυτών των συνθηκών δεν μπορούμε να συγκρίνουμε με απόλυτη βεβαιότητα τα δυο αποτελέσματα, ούτε να αναλύσουμε τους παράγοντες που οφείλονται στην μεγάλη τους διαφορά, εξαιτίας έλλειψης στοιχείων, όμως μπορούμε να επιβεβαιώσουμε πως σύμφωνα με την νομοθεσία (Αριθμ. Η.Π. 14122/549/Ε.103, Αρ. Φύλλου 488, 2011: Μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2008/50/ΕΚ «για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 21ης Μαΐου 2008) οι υπόχρεοι να διεξάγουν μετρήσεις μπορούν είτε να χρησιμοποιούν την μέθοδο αναφοράς, η οποία περιγράφεται στο ευρωπαϊκό πρότυπο EN 14907:2005, είτε οποιαδήποτε άλλη μέθοδο, της οποίας μπορεί να αποδειχθεί η ισοδυναμία της (προς επαλήθευση δείτε Παράρτημα VI, μέρος Β της εν λόγω ΚΥΑ). Δηλαδή, η ίδια η νομοθεσία

δίνει το δικαίωμα μετρήσεων με οποιοδήποτε επιστημονικά τεκμηριωμένο τρόπο. Άρα οποιαδήποτε μέτρηση γίνεται επιστημονικά τεκμηριωμένα μπορεί να θεωρηθεί ακριβής και έγκυρη.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω εμείς μπορούμε να προβούμε στο συμπέρασμα πως το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης έχει σχέση με τη λειτουργία συστημάτων θέρμανσης και έντονης υγρασίας (τους καλοκαιρινούς μήνες).

Η κατάσταση στο κέντρο είναι επιβαρυμένη λόγω κίνησης, παλαιών οχημάτων και ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, ενώ στην περιοχή των Παλαιών λόγω φορτοεκφόρτωσης των χύδην προϊόντων (σκραπ).

Κεφάλαιο 6. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΟΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΒΟΛΟΥ

6.1.1 Ιστορικό λιμένα Βόλου

Από το τέλος της Βυζαντινής περιόδου το λιμάνι του Βόλου μετεγκαθίσταται στη σημερινή του θέση, νότια του κάστρου, από τις Παγασές στη συνοικία των Παλαιών. Ο Βόλος περιοριζόταν μέσα στο κάστρο του Βόλου. Ο κύριος σκοπός του λιμανιού ήταν η εξαγωγή φυσικών και βιοτεχνικών προϊόντων από το Πήλιο και δημητριακών από την Θεσσαλία.

Η πρώτη εμφάνιση οικισμών γύρω από το κάστρο και κοντά στο λιμάνι έγινε στη δεκαετία του 1830.

Αμέσως μετά την προσάρτηση της Θεσσαλίας στο Ελληνικό κράτος (1881) ιδρύθηκε η Λιμενική Επιτροπή και το Λιμενικό Ταμείο Βόλου. Ο Βόλος γρήγορα έγινε ένα από τα σημαντικά λιμάνια της εποχής του, με δυνατότητα να προσελκύει μεγάλα πλοία. Συγχρόνως άρχισαν έργα υποδομής με αποτέλεσμα τη σύνδεση του λιμανιού μέσω οδικών και σιδηροδρομικών δικτύων με την ενδοχώρα.

Το 1888 με μηχανικό Λιμανιού τον Γάλλο Trebouville ξεκίνησε η τοπογράφηση για την κατασκευή νέας αποβάθρας στο βόρειο μέρος του Λιμανιού. Λόγω των σημαντικών δυσκολιών του εγχειρήματος η Λιμενική Επιτροπή κάλεσε το 1889 τον γνωστό αρχιμηχανικό λιμενικών έργων της Μασσαλίας Eduard Quellenec, που βρισκόταν στην Ελλάδα ως μέλος της Γαλλικής αποστολής Δημοσίων Έργων. Κατά την σύντομη παραμονή του μελέτησε επίσης τη θεμελίωση της σιδηροδρομικής γέφυρας του Κραυσίδωνα για λογαριασμό των Θεσσαλικών Σιδηρόδρομων. Για την εξέταση της πορείας των έργων, το 1890 προσκλήθηκε ο μηχανικός Mipuit μέλος επίσης της Γαλλικής αποστολής. Το έργο συνεχίστηκε με μηχανικό λιμένα τον Αριστείδη Έσσλιν και μέχρι το 1908 έγινε η οριστική διευθέτηση της κοίτης του Αναύρου ενώ εκείνη του Κραυσίδωνα ολοκληρώθηκε αργότερα.

Το 1939, παραμονές του πολέμου, ο Βόλος αποτελούσε το τρίτο κατά σειρά σπουδαιότητας λιμάνι της χώρας, μετά τον Πειραιά και τη Θεσσαλονίκη, διακινώντας ετησίως 250.000 τόνους εμπορευμάτων και 50.000 επιβάτες. Διατηρούσε την ενδοχώρα

του, δηλαδή ολόκληρη τη Θεσσαλία και τμήματα της Ηπείρου και της Δυτικής Μακεδονίας που εξυπηρετούντο από το σιδηροδρομικό δίκτυο.

Κατά την διάρκεια του πολέμου το λιμάνι υπέστη σοβαρές βλάβες από βομβαρδισμούς. Η αποκατάσταση των ζημιών ξεκίνησε το 1947.

Το μεγάλο εμπορικό λιμάνι διαμορφώθηκε μετά την προβλήτα του Σιλό, με 4 μεγάλους προβλήτες (πρώτη παραλλαγή) ή τρεις (δεύτερη παραλλαγή), που θα αναπτύσσονταν μέχρι τα άκρα Πευκάκια. Οι νέοι προβλήτες θα εξοπλίζονταν με 7 μεγάλες αποθήκες και θα εξυπηρετούνταν από πυκνό σιδηροδρομικό και οδικό δίκτυο, με άνετη σύνδεση με τις μεγάλες οδικές αρτηρίες της περιοχής. Πίσω από την επέκταση του λιμανιού, ανάμεσα στον περιμετρικό δρόμο του λιμανιού και την οδό Βόλου-Αλμυρού, θα συγκεντρώνονταν σε ενιαίο κτιριακό συγκρότημα όλες οι υπηρεσίες που σχετίζονται με την λιμενική κίνηση. Τα έργα θα κλιμακώνονταν μέσα σε 35 χρόνια (έως το 2000) και το κόστος κατασκευής τους υπολογίστηκε σε 700 εκατομμύρια δρχ.

Η μελέτη άρχισε να εφαρμόζεται σε τμήμα της, αυτό του προβλήτα II, μετά από αναθεώρησή της από τους τοπικούς φορείς. Έως το 1981 είχε αρχίσει η κατασκευή του προβλήτα II καθώς και η σιδηροδρομική σύνδεση από την μεριά της Μπουρμπουλήθρας. Επίσης είχε κατασκευαστεί μόλος μήκους 450 m στα Πευκάκια για εξυπηρέτηση των οχηματαγωγών του πολεμικού ναυτικού.

Το 1986 ο Βόλος επιλέχθηκε ως έδρα του Διεθνούς Ερευνητικού Κέντρου Ανατολικής Μεσογείου για τις Μεταφορές (ΔΕΚΑΜΜ) που ιδρύθηκε το 1986 υπό την αιγίδα του ΟΗΕ.

Από το 1988 μέχρι και σήμερα ο λιμένας Βόλου διατηρεί την τρίτη θέση μεταξύ των Ελληνικών λιμένων στη διακίνηση εμπορευμάτων. Ο λιμένας βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 39^ο, 20', 26'' και γεωγραφικό μήκος 22^ο, 51', 03''.

Από το 1881 έως το 1973 φορέας διοίκησης του λιμένα Βόλου ήταν το Λιμενικό Ταμείο Βόλου. Το Λιμενικό Ταμείο Βόλου, όπως και τα υπόλοιπα Λιμενικά Ταμεία, λειτουργούσε ως Νομικό Πρόσωπο Δημοσίου Δικαίου, υπό την εποπτεία του ΥΕΝ. Το 1973 ενοποιήθηκε με το Λιμενικό Ταμείο Σκοπέλου υπό την κοινή ονομασία «Λιμενικό Ταμείο Μαγνησίας». Με τον Ν. 2932/2001 το Λιμενικό Ταμείο Μαγνησίας διαιρέθηκε εκ νέου σε Λιμενικό Ταμείο Βόλου και Λιμενικό Ταμείο Σκοπέλου.

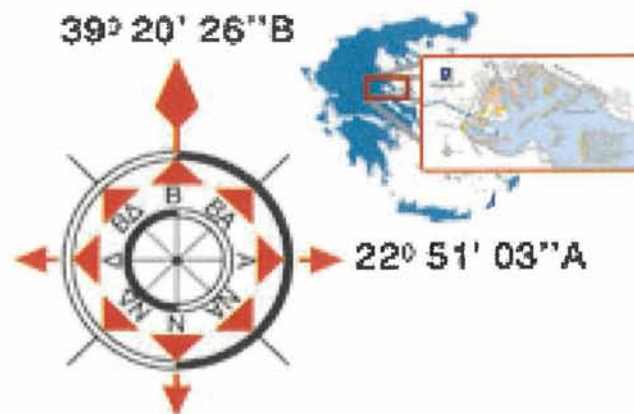
Με τον ίδιο Νόμο, το Λιμενικό Ταμείο Βόλου καταργήθηκε και έδωσε τη θέση του στην Ανώνυμη Εταιρεία «Οργανισμός Βόλου (Ο.Λ.Β. Α.Ε.)» ως φορέα διοίκησης και

διαχείρισης του λιμένα Βόλου, η οποία υπεισέρχεται σε όλα τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις του καταργηθέντος Λιμενικού Ταμείου. Η Ο.Λ.Β. Α.Ε. ιδρύθηκε ως Ανώνυμη Εταιρεία Κοινής Ωφέλειας με μοναδικό μέτοχο το Ελληνικό Δημόσιο.

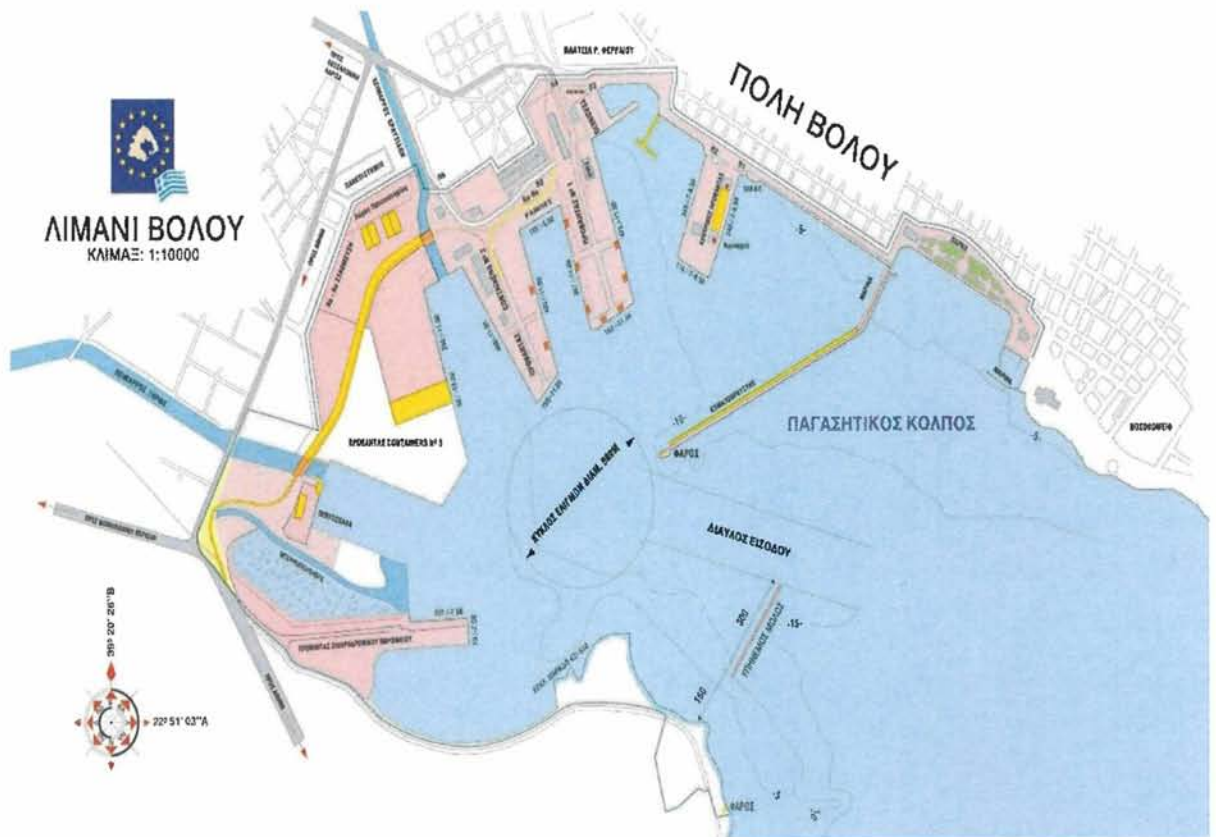
Οι πάσης φύσεως εγκαταστάσεις του λιμένα Βόλου παραχωρήθηκαν στην Ο.Λ.Β. Α.Ε. από το Ελληνικό Δημόσιο μέσω σχετικής σύμβασης που υπογράφηκε το Νοέμβριο 2002. Σύμφωνα με τη σύμβαση, η διάρκεια της παραχώρησης ορίζεται σε σαράντα (40) χρόνια, με δυνατότητα επέκτασης κατά δέκα (10) χρόνια το μέγιστο.

6.1.2 Θέση του λιμένα

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ :



Στην παρακάτω Εικόνα 7.1 μπορείτε να δείτε το σημερινό σχέδιο του λιμένος Βόλου :



Εικόνα 6.1: Σχέδιο λιμένος Βόλου

6.1.3 Υπηρεσίες και δραστηριότητες του Ο.Λ.Β. Α.Ε.

Στοιχεία λειτουργίας και δυναμικότητας Ο.Λ.Β. :

1. Διακίνηση ανθρώπων από και προς τα επιβατικά πλοία (Κεντρική Προβλήτα).
2. Διακίνηση εμπορευμάτων (χύδην ή συσκευασμένων) από και προς τα πλωτά μέσα (Προβλήτες 1,2,3 και προβλήτας σιδηροδρομικού πορθμείου).
3. Αποθήκευση εμπορευμάτων (χύδην ή συσκευασμένων).
4. Συντήρηση μηχανολογικού εξοπλισμού του Ο.Λ.Β.
5. Παραλαβή και διάθεση αποβλήτων πλοίων με τις ακόλουθες κατηγορίες αποβλήτων:
 - Oily bilge water – Σεντινόναρα
 - Oily residues (sludge) – κατάλοιπα πετρελαίου (κατακαθήματα)
 - Oily tank washings (slops) – Πετρελαιοειδή αποπλύματα δεξαμενών

- Dirty ballast water – Ακάθαρτο έρμα
- Scale and sludge from tanker cleaning – Υπολείμματα καθαρισμού δεξαμενών
- Oily mixtures containing chemicals – Πετρελαιοειδή μείγματα που περιέχουν επιβλαβείς χημικές ουσίες
- Chemical/NLS – Επικίνδυνες και επιβλαβείς υγρές χημικές ουσίες (κατηγορίες X, Y, Z)
- Sewage – Λύματα
- Garbage – Απορρίμματα
- Ozone-depleting substances – Ουσίες που καταστρέφουν το όζον
- Exhaust gas-cleaning residues – Υπολείμματα καθαρισμού αερίων

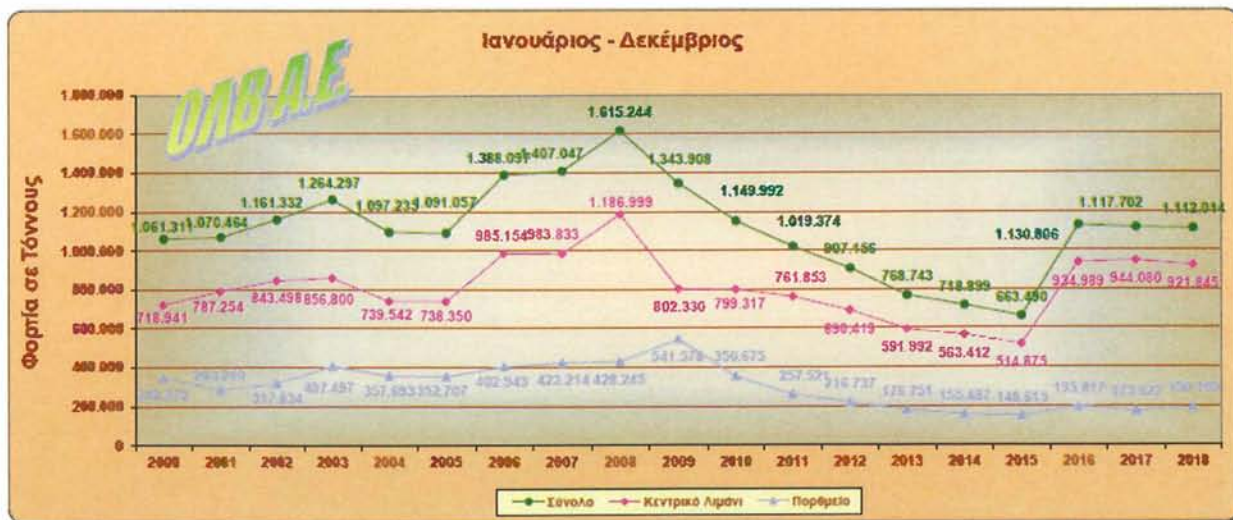
6. Διάθεση χώρου πρόσδεσης για εργασίες επισκευής εσωτερικών χώρων πλοίων .
7. Ενοικίαση χώρων φιλοξενίας επαγγελματικών δραστηριοτήτων .
8. Ελλιμενισμός σκαφών αναψυχής με παροχή νερού και ηλεκτρικού ρεύματος (μαρίνα).
9. Διάθεση χώρου ανέλκυσης σκαφών αναψυχής .
10. Διάθεση χώρων ελεγχόμενης στάθμευσης οχημάτων.

Η δυναμικότητα του λιμένα Βόλου περιγράφεται στην ετήσια έκθεση διακίνησης του Γραφείου Στατιστικής του Ο.Λ.Β. , το χρονικό διάστημα 2000-2018 :

**ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ ΒΟΛΟΥ & ΠΟΡΘΕΜΙΟΥ
ΓΙΑ ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2000 - 2018 (ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ - ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ)**

ΕΤΗ	ΙΑΝΟΥΑΡ.		ΦΕΒΡΟΥΑΡ.		ΜΑΡΤΙΟΣ		ΑΠΡΙΛΙΟΣ		ΜΑΪΟΣ		ΙΟΥΝΙΟΣ		ΙΟΥΛΙΟΣ		ΑΥΓΟΥΣΤ.		ΣΕΠΤΕΜΒ.		ΟΚΤΩΒΡ.		ΝΟΕΜΒΡ.		ΔΕΚΕΜΒΡ.		ΣΥΝΟΛΟ	ΓΕΝΙΚΟ	
	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΠΟΡΘΕΜΙΟ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΠΟΡΘΕΜΙΟ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΠΟΡΘΕΜΙΟ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΠΟΡΘΕΜΙΟ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΠΟΡΘΕΜΙΟ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΠΟΡΘΕΜΙΟ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΠΟΡΘΕΜΙΟ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΠΟΡΘΕΜΙΟ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΠΟΡΘΕΜΙΟ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΠΟΡΘΕΜΙΟ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΠΟΡΘΕΜΙΟ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΠΟΡΘΕΜΙΟ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΠΟΡΘΕΜΙΟ	
2000	62.400	27.910	87.769	37.380	60.492	43.380	59.404	42.790	89.718	41.430	44.204	32.100	54.332	22.250	31.039	24.300	53.526	20.150	71.828	16.190	69.261	20.220	66.970	14.360	718.941	342.370	1.061.311
2001	88.638	25.420	72.622	21.980	69.571	28.080	44.252	19.500	49.140	27.850	65.983	29.950	60.551	34.900	36.133	22.990	44.839	23.350	97.913	24.325	85.172	17.050	84.040	8.916	787.264	283.210	1.070.464
2002	95.774	17.610	50.696	22.337	65.838	29.200	93.283	34.778	81.991	36.742	52.978	30.175	70.016	22.250	44.207	17.600	63.461	34.310	79.135	32.050	82.759	27.050	93.402	26.740	843.486	317.834	1.161.322
2003	85.956	39.350	71.878	23.170	64.730	30.500	83.548	34.190	64.028	47.550	65.313	39.790	62.983	39.535	49.243	33.118	76.519	22.563	62.719	36.684	102.247	26.697	68.766	37.420	866.800	407.497	1.264.297
2004	60.080	40.634	54.081	25.937	76.955	35.449	82.381	32.798	94.559	41.503	69.778	39.704	48.896	21.569	32.200	18.905	61.005	20.129	56.069	27.128	74.383	30.373	86.216	25.606	738.542	357.693	1.097.235
2005	34.631	30.976	34.717	26.851	52.067	30.442	73.281	37.528	98.229	43.891	68.482	30.640	47.140	9.826	81.557	9.080	51.896	26.631	80.043	34.699	52.343	37.431	66.976	39.333	738.350	352.707	1.091.057
2006	83.614	28.461	73.724	42.021	66.916	34.803	88.028	62.941	62.069	79.425	50.786	47.328	78.945	20.833	76.380	8.598	61.590	16.688	99.509	23.153	74.337	26.690	129.368	31.404	966.154	402.943	1.388.097
2007	104.644	37.179	52.628	32.251	80.150	49.949	79.910	45.433	62.634	56.521	66.209	29.546	83.737	21.377	78.668	21.920	73.907	32.380	105.942	37.704	80.611	26.630	74.596	32.028	963.833	423.214	1.407.047
2008	83.951	23.856	122.660	32.203	109.296	39.413	107.311	38.288	112.246	25.990	117.114	45.480	123.779	29.187	83.604	12.950	60.936	36.960	96.406	39.750	75.017	66.966	82.486	41.054	1.186.999	426.245	1.615.244
2009	69.965	44.777	56.028	37.259	63.340	55.123	79.317	40.012	89.819	57.272	76.049	60.320	80.738	54.444	48.266	43.456	47.189	37.013	96.431	46.382	49.218	49.434	47.977	22.096	802.330	541.578	1.343.908
2010	47.444	36.787	58.548	31.101	89.431	45.923	62.213	31.980	73.002	45.399	65.442	32.905	65.988	20.805	46.057	10.778	41.109	25.937	47.714	25.306	67.084	34.809	127.804	13.938	799.317	350.675	1.149.992
2011	95.189	15.477	43.052	19.436	81.634	20.823	69.627	21.729	60.972	26.034	62.000	32.744	68.990	13.093	29.483	11.132	69.706	25.987	61.264	24.537	63.463	21.048	67.743	25.493	761.853	257.521	1.019.374
2012	60.781	19.963	56.406	14.661	77.762	23.744	45.437	19.795	39.983	25.665	67.424	19.502	54.641	16.774	46.364	3.827	53.997	10.968	52.184	24.847	58.701	19.935	66.739	17.096	680.419	216.737	907.156
2013	46.459	16.930	41.095	11.464	46.995	12.126	43.083	18.964	46.622	12.078	33.018	22.280	53.439	14.060	23.673	3.936	27.222	16.170	144.764	18.386	31.348	20.260	66.374	11.118	591.992	176.751	768.743
2014	41.810	10.313	50.778	7.935	69.468	14.404	62.458	13.136	37.639	20.961	37.278	16.423	47.572	12.316	26.522	7.066	29.383	8.954	47.535	14.654	65.669	13.384	35.200	16.938	563.412	155.487	718.899
2015	59.063	4.671	42.202	7.523	59.644	11.999	49.524	10.622	38.913	19.399	34.605	18.964	48.202	8.903	26.448	4.466	44.436	15.020	29.673	12.253	42.054	18.064	41.149	17.031	514.975	149.615	663.490
2016	57.040	11.233	96.993	18.368	59.420	19.370	50.665	21.648	39.791	19.295	67.862	22.217	65.778	14.538	43.882	9.275	48.021	10.469	63.126	15.664	53.887	16.086	288.524	17.664	934.989	195.817	1.130.806
2017	103.636	6.881	65.802	20.067	72.790	14.911	72.752	20.328	74.207	22.005	78.837	25.053	63.412	7.090	40.504	6.921	57.712	8.778	78.765	16.340	162.043	15.044	73.418	10.204	944.080	173.622	1.117.702
2018	74.503	12.262	106.129	11.699	95.180	21.205	69.097	13.311	55.952	20.888	91.089	21.605	69.062	14.902	82.804	10.591	76.346	10.389	86.066	19.316	65.760	24.463	58.787	10.648	921.845	190.189	1.112.034

**ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ ΒΟΛΟΥ & ΠΟΡΘΕΜΙΟΥ
ΓΙΑ ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2000 - 2018 (ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ - ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ)**



**ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΚΟΝΤΕΪΝΕΡ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ ΒΟΛΟΥ
ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2000- 2018**

ΦΟΡΤΙΟ	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	ΣΥΝΟΛΟ	ΕΥΡΩΛΟ	ΣΥΝΟΛΟ	ΕΥΡΩΛΟ	ΣΥΝΟΛΟ	ΕΥΡΩΛΟ	ΣΥΝΟΛΟ	ΕΥΡΩΛΟ	ΕΥΡΩΛΟ	ΣΥΝΟΛΟ	ΕΥΡΩΛΟ	ΣΥΝΟΛΟ	ΕΥΡΩΛΟ	ΣΥΝΟΛΟ	ΕΥΡΩΛΟ	ΣΥΝΟΛΟ	ΕΥΡΩΛΟ	ΣΥΝΟΛΟ	ΕΥΡΩΛΟ
ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΚΟΝΤΕΪΝΕΡ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ
ΓΕΜΑΤΑ 20'	1.117	2.096	4.038	4.879	2.686	3.690	6.639	5.231	8.412	4.827	6.246	6.738	7.387	4.633	6.059	6.344	7.110	6.095	
ΓΕΜΑΤΑ 40'	365	935	2.172	3.264	1.440	2.793	3.970	3.193	6.119	3.944	4.344	3.779	5.251	4.299	3.591	3.347	4.592	3.337	
ΣΥΝΟΛΟ ΓΕΜΑΤΑ	1.482	3.031	6.210	8.143	4.126	6.483	10.609	8.424	14.531	8.771	10.590	10.517	12.638	8.932	9.650	9.691	11.702	9.432	
ΚΕΝΑ 20'	813	1.040	1.491	1.947	1.851	1.401	2.280	3.638	2.055	2.898	1.592	738	1.122	1.201	1.393	2.516	3.486	3.130	
ΚΕΝΑ 40'	52	345	491	871	614	733	855	1.917	825	688	1.638	589	2.408	1.642	1.422	1.746	2.521	1.559	
ΣΥΝΟΛΟ ΚΕΝΑ	865	1.388	1.982	2.818	2.465	2.134	3.135	5.555	2.881	3.586	3.230	1.327	3.530	2.843	2.815	4.262	6.007	4.689	
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ	2.347	4.419	8.192	10.961	6.591	8.617	13.744	13.979	17.412	12.357	13.820	11.844	16.168	11.775	12.465	13.953	17.709	14.121	

**ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΚΟΝΤΕΪΝΕΡ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ ΒΟΛΟΥ
ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2000- 2018**

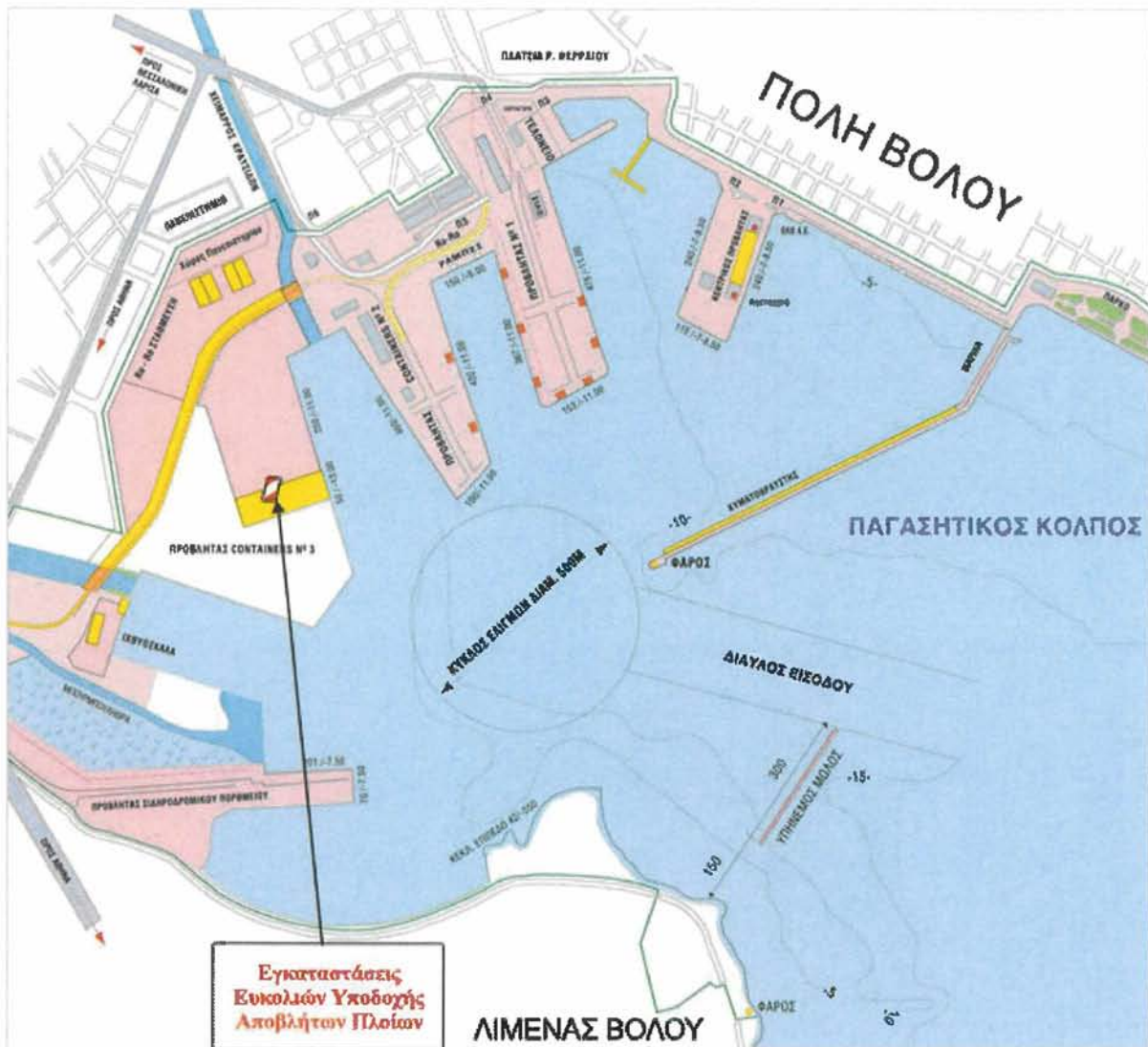


Η έκταση και η χωρητικότητα των εγκαταστάσεων του λιμένα Βόλου είναι τα εξής :

- Το εμβαδόν των χερσαίων λιμενικών εγκαταστάσεων από τον κυματοθραύστη έως την προβλήτα του σιδηροδρομικού πορθμείου είναι 896.748 m²,
- Το εμβαδόν της κεντρικής προβλήτας είναι 28.347 m²,
- Το εμβαδόν της προβλήτας N1 είναι 62.873,50 m²,

- Το εμβαδόν της προβλήτας N2 είναι 63.815,07 m²
- Το εμβαδόν της προβλήτας N3 είναι 60.205,97 m²,
- Το εμβαδόν της προβλήτας του σιδηροδρομικού πορθμείου είναι 1.589.50 m²,
- Το συνολικό εμβαδόν των αποθηκών είναι 11.545 m²,
- Η συνολική χωρητικότητα των 46 κυψελών του σιλό είναι 14.220.00 kg,
- Οι προβλήτες που εξυπηρετούν το εμπορικό τμήμα του λιμανιού διαθέτουν περίπου 12 θέσεις ελλιμενισμού , ανάλογα με το μέγεθος των πλοίων .

Ο Ο.Λ.Β. καταναλώνει ετησίως περίπου 50000 lt πετρέλαιο κίνησης και 18000 lt πετρέλαιο θέρμανσης , ενώ η ηλεκτρική ισχύς του εξοπλισμού του είναι 4.500 kWh κατά δήλωση των υπευθύνων .



Εικόνα 6.2 :Θέση των εγκαταστάσεων παραλαβής αποβλήτων

6.1.4 Νομοθεσία

Η εφαρμογή της διεθνούς συμβάσεως για την αποφυγή ρυπάνσεως της θαλάσσης από πλοία, 1973, όπως τροποποιήθηκε με το σχετικό προς αυτή πρωτόκολλο του 1978 (Μαρπρί 73/78) ρυθμίζει τους τύπους αποβλήτων που μπορούν να απορρίπτονται στο θαλάσσιο περιβάλλον από πλοία και επιβάλλει στα συμβαλλόμενα κράτη την υποχρέωση να εξασφαλίζουν την ύπαρξη επαρκών εγκαταστάσεων παραλαβής στους λιμένες. Όλα τα κράτη μέλη έχουν κυρώσει τη σύμβαση Μαρπρί 73/78.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, αντιλαμβανόμενη το μέγεθος του προβλήματος και των κινδύνων για το κοινοτικό θαλάσσιο περιβάλλον, προχώρησε ακόμη περισσότερο

νομοθετικά θεσπίζοντας την Οδηγία 2000/59/ΕΚ, η οποία καθιστά υποχρεωτική σε όλους τους ευρωπαϊκούς λιμένες την ύπαρξη εγκαταστάσεων παραλαβής αποβλήτων πλοίων, εισάγοντας, μεταξύ άλλων, και κριτήρια τιμολόγησης των υπηρεσιών παραλαβής και διαχείρισης των αποβλήτων.

Η Ελλάδα εναρμονίστηκε πλήρως με την ανωτέρω Οδηγία, βάσει της ΚΥΑ 3418/07/2002.

6.1.5 Διαδικασία παραλαβής

Ο οργανισμός Λιμένος Βόλου Α.Ε., σε πλήρη συμμόρφωση με το ανωτέρω νομοθετικό πλαίσιο και με αίσθημα περιβαλλοντικής ευθύνης και ευαισθητοποίησης, (α) συνέταξε το «Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων Πλοίων» και (β) ανέδειξε, μέσω δημόσιου ανοικτού διαγωνισμού, ανάδοχο για την ολοκληρωμένη παροχή ευκολιών υποδοχής αποβλήτων πλοίων στον λιμένα του Βόλου.

Οι πλοίαρχοι των πλοίων/σκαφών, πλην των αλιευτικών σκαφών και των σκαφών αναψυχής με άδεια μεταφοράς 12 επιβατών το πολύ, που πρόκειται να καταπλεύσουν στους λιμένες, συμπληρώνουν και υποβάλλουν το «Έντυπο Κοινοποίησης Στοιχείων» στην NORTH AEGEAN SLOPS, στον Οργανισμό Λιμένος Βόλου και στο Κεντρικό Λιμεναρχείο Βόλου, (α) τουλάχιστον 24 ώρες πριν την άφιξη του πλοίου στον λιμένα, εάν είναι γνωστό ότι το πλοίο θα καταπλεύσει στον λιμένα, ή (β) μόλις γίνει γνωστό ότι το πλοίο θα καταπλεύσει στην περιοχή αρμοδιότητας του λιμένα, εάν η πληροφορία αυτή είναι διαθέσιμη σε λιγότερες από 24 ώρες πριν την άφιξη, ή (γ) το αργότερο κατά την αναχώρηση του πλοίου από τον προηγούμενο λιμένα, εάν η διάρκεια του ταξιδιού είναι μικρότερη από 24 ώρες. Η συμπλήρωση και υποβολή του «Εντύπου» από τους πλοίαρχους γίνεται ανεξάρτητα του εάν επιθυμούν να παραδώσουν απόβλητα στις διαθέσιμες για το σκοπό αυτό λιμενικές εγκαταστάσεις.

6.1.6 Αέριες εκπομπές

6.1.6.1 Καύση

Οι κτιριακές μονάδες του Ο.Λ.Β Α.Ε. που βρίσκονται στην Κεντρική προβλήτα θερμαίνονται με καυστήρα πετρελαίου .

6.1.6.2 Λειτουργία

Αέριοι ρύποι. προκύπτουν από τη διαδικασία φορτοεκφόρτωσης χύδην φορτίων (κυρίως αιωρούμενα σωματίδια) και από την κίνηση των οχημάτων .Τα φορτία που διακινούνται από τον Λιμένα Βόλου σε χύδην μορφή είναι σκραπ , κάρβουνο, λιπάσματα και δημητριακά. Κατά δήλωση των υπευθύνων, τα τελευταία 2-3 χρόνια έχουν ληφθεί και εφαρμόζονται μέτρα για την αποφυγή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης .



Εικόνα 6.3: Φόρτωση – εκφόρτωση σκραπ στο Λιμάνι Βόλου

6.1.6.3 Λύματα

Η Κεντρική Προβλήτας(εξυπηρέτηση ακτοπλοΐας, κτίριο Ο.Λ.Β., λιμεναρχείο) είναι συνδεδεμένος με τα αποχετευτικό δίκτυο του Δήμου Βόλου.

Στους υπόλοιπους χώρους του λιμένα υπάρχουν 5 βόθροι που δέχονται τα λύματα 150 περίπου εργαζομένων και εκκενώνονται όποτε προκύπτει σχετική ανάγκη, κατά δήλωση των υπευθύνων.

6.1.6.4 *Επικίνδυνα και ειδικά απόβλητα*

Η διαχείριση των επικινδύνων και ειδικών αποβλήτων γίνεται από την «North Aegean Slops – Ηλίας Ορφανίδης», που κατέχει «Άδεια Συλλογής & Μεταφοράς Επικίνδυνων Αποβλήτων» – Απόφαση ΥΠΕΚΑ/ΓΔ Περιβάλλοντος/Δνση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού/Τμήμα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων οικ. 125524/2484/13-04-2011 .

Σε όλο το στάδιο διαχείρισης των επικινδύνων και ειδικών αποβλήτων θα τηρούνται όλες οι προβλεπόμενες από την σχετική νομοθεσία διαδικασίες:

- Καταγραφή είδους και ποσότητας.
- Αναγνώριση επικινδυνότητας, χημική ανάλυση, χαρακτηρισμός αποβλήτων ή υλικών.
- Ενέργειες και εξοπλισμός παραλαβής, τήρηση όρων ασφαλείας, μέσα προστασίας εργαζομένων, εξοπλισμός άμεσης επέμβασης.
- Συσκευασία, σήμανση, επισήμανση και προσωρινή αποθήκευση.
- Κριτήρια καταλληλότητας και επιλογής των χώρων διάθεσης.
- Έκδοση απαιτούμενων αδειών, αδειών αποστολής ή μεταφοράς σε εγκεκριμένες εγκαταστάσεις ή εργαστήρια της Ελλάδας ή του εξωτερικού.
- Τήρηση του πλαισίου τεχνικών χαρακτηριστικών των μέσων μεταφοράς ή αποστολής.
- Τήρηση όρων προστασίας της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος.
- Τελική διάθεση και αξιοποίηση των αποβλήτων Η τελική διάθεση των επικίνδυνων αποβλήτων μπορεί να γίνεται στην Ελλάδα ή/και σε εγκαταστάσεις χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σύμφωνα με τους όρους και τις προϋποθέσεις της Σύμβασης της Βασιλείας για την διασυνοριακή μεταφορά αποβλήτων.

6.1.6.5 *Απόβλητα λιπαντικών ελαίων*

Εντός του λιμένος παράγονται 3000 lt ΑΛΕ ετησίως τα οποία παραδίδονται στο συλλογικό σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων λιπαντικών ελαίων ΕΛ.ΤΕ.ΠΕ Α.Ε.

Η συλλογή των αποβλήτων διενεργείται είτε μέσω των αντλιών του πλοίου είτε μέσω των αντλιών του βυτιοφόρου οχήματος. Σε κάθε περίπτωση υπάρχει αυτόματος κρουσμός διακοπής της παροχής, για να μην υπάρξει υπερχειλίση. Επίσης γίνεται γείωση του εξοπλισμού άντλησης. Μετά το τέλος της διαδικασίας συλλογής (χωρίς να γίνεται προσωρινή αποθήκευση), τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια που συγκεντρώθηκαν στο βυτιοφόρο όχημα παραδίδονται σε αναγνωρισμένο σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης ΑΛΕ.

6.1.6.6 Πετρελαιοειδή απόβλητα

Η παραλαβή των πετρελαιοειδών αποβλήτων μπορεί να γίνει σε όλες τις λιμενικές εγκαταστάσεις από τη θέση παραβολής και πρυμνοδέτησης του σκάφους, μέσω κατάλληλου βυτιοφόρου οχήματος. Επιπρόσθετα, σε κάθε εγκατάσταση (εκτός Λιμένα Βόλου, LAFARGE, ΕΚΟ ΑΒΕΕ και ΕΛΙΝΟΪΛ ΑΕ που εξυπηρετούν πλοία) θα τοποθετηθεί και μία φορητή δεξαμενή κατάλληλη για τη συλλογή πετρελαιοειδών αποβλήτων, η οποία θα εξυπηρετεί τα μικρά σκάφη και ειδικές περιπτώσεις.

Συλλογή και μεταφορά με βυτιοφόρο όχημα Η παραλαβή των πετρελαιοειδών αποβλήτων μπορεί να γίνεται από τη θέση αγκυροβόλησης του σκάφους/πλοίου στους λιμένες Βόλου, LAFARGE, ΕΚΟ ΑΒΕΕ και ΕΛΙΝΟΪΛ ΑΕ, μέσω κατάλληλου βυτιοφόρου οχήματος.

6.1.7 Μέτρα προστασίας περιβάλλοντος

Έχουν αποφασιστεί από τον Ο.Λ.Β. το 2005 τα ακόλουθα μέτρα προστασίας περιβάλλοντος κατά την διάρκεια φόρτωσής – εκφόρτωσης στο λιμένα ανά κατηγορία μεταφερόμενου φορτίου :

1. Σιτηρά (Σιλό)

Προέκταση του σωλήνα φορτώσεως έως το βάθος (πάτο) του αμπαριού και κάλυψη του ανοίγματος του ,(αμπαριού) με κάλυμμα για να μην εξέρχεται η σκόνη στην ατμόσφαιρα.

Το κάλυμμα αυτό παρέχεται από τον φορέα εκμετάλλευσης του λιμένα (ΟΛΒ/ΑΕ) , με μέριμνα του οποίου θα γίνει προμήθεια ικανού αριθμού , σε διάφορα μεγέθη, τα οποία θα διατίθενται στους υπεύθυνους του πλοίου για κάλυψη του ανοίγματος των αμπαριών .

2. Λιπάσματα

Εκφορτώνονται από πλοίο σε αποθήκες της ΟΛΒ/ΑΕ ή από πλοίο σε Φ/Γ οχήματα.

Τα ληπτέα μέτρα θα πρέπει να είναι η χρήση χοάνης με πλευρική κάλυψη κάτω τμήματος από λαμαρίνες για την συγκράτηση της σκόνης , καθαρισμός του χώρου εκφόρτωσης, με μέριμνα των λιμενεργατών και χρήση αναρροφητικής σκούπας ΟΛΒ/ΑΕ.

3. Ζωοτροφές

Κατά την διακίνηση των ζωοτροφών (χύδην και με κοντέινερ) θα πρέπει να γίνεται χρήση χοάνης με πλευρική κάλυψη και ρίψη από χαμηλό ύψος, καθαρισμός του χώρου εκφόρτωσης με μέριμνα των λιμενεργατών και χρήση αναρροφητικής σκούπας ΟΛΒ/ΑΕ.

4. Κάρβουνο

Κατά την διακίνηση του κάρβουνου (χύδην και συσκευασμένο) θα πρέπει να γίνεται χρήση χοάνης με πλευρική κάλυψη και ρίψη από χαμηλό ύψος, καθαρισμός του χώρου εκφόρτωσης με μέριμνα των λιμενεργατών και χρήση αναρροφητικής σκούπας ΟΛΒ/ΑΕ.

5. Σκραπ

Κατά την εκφόρτωση του σκραπ από πλοίο με αρπάγες και την εναπόθεση τους στην προβλήτα θα πρέπει να ληφθούν τα εξής μέτρα :

- Διαβροχή του φορτίου ενώ βρίσκεται στα αμπάρια του πλοίου

- Διαβροχή του φορτίου κατά τη διάρκεια της μεταφόρτωσης του από την προβλήτα στο Φ/Γ όχημα
- Απόρριψη από τις αρπάγες του φορτίου σκραπ στο Φ/Γ όχημα από χαμηλό ύψος
- Υποχρεωτική κάλυψη Φ/Γ οχημάτων που μεταφέρουν φορτίο σκραπ με ειδικό κάλυμμα (από τις διατάξεις της παρ. 3 άρθρου 32 του ΚΟΚ Ν.2696/99(ΦΕΚ 57^Α/23-03-99)

6. Καθαριότητα

Καθαριότητα των δαπέδων των προβλητών καθ' όλη τη διάρκεια των φορτοεκφορτώσεων .

7. Κυκλοφορία φορτηγών

Οι οδοί εσωτερικής κυκλοφορίας θα πρέπει να μετακινούνται στην μεγαλύτερη δυνατή απόσταση από την συνοικίας του παλαιού λιμεναρχείου που βρίσκεται 50 μέτρα από τον εσωτερικό λιμένα .

Το 2011, το ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ επέβαλε περιβαλλοντικούς όρους για την λειτουργία του λιμένα Βόλου που αφορούσαν :

1. Είδος και μέγεθος δραστηριότητας
Το έργο αφορά στην λειτουργία του συνόλου του λιμένα, όπως περιγράφεται στη ΜΠΕ (κείμενο, σχέδια), με τους όρους και περιορισμούς που τίθενται με την απόφαση αυτή.
2. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές εκπομπής ρυπαντικών φορτίων και συγκεντρώσεων στους αποδέκτες σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις.

Οι οριακές και κατευθυντήριες τιμές ποιότητας της ατμόσφαιρας αναφέρονται στις ακόλουθες διατάξεις :

- i. Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου (ΠΥΣ) 34/30.5.2002 «Οριακές και κατευθυντήριες τιμές ποιότητας της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του θείου,

διοξειδίο του αζώτου και οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μολύβδου»(ΦΕΚ 125B/A/5.6.2002).

ii. ΚΥΑ με αριθ. Η.Π. 9238/332/26.2.2004 «Οριακές και κατευθυντήριες τιμές ποιότητας της ατμόσφαιρας σε βενζόλιο και μονοξειδίο του άνθρακα» (ΦΕΚ 405B'/27.2.2004).

iii. ΚΥΑ με αριθ. Η.Π. 38638/2016/21.9.2005 (ΦΕΚ 1334/B) με την οποία καθορίζονται οριακές και κατευθυντήριες τιμές για τις συγκεντρώσεις όζοντος στον ατμοσφαιρικό αέρα σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2002/3/ΕΚ «Σχετικά με το όζον στον ατμοσφαιρικό αέρα» του Συμβουλίου της 12^{ης} Φεβρουαρίου 2002 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

iv. ΚΥΑ με αριθ. Η.Π. 22306/1075/Ε103/29.5.2007 (ΦΕΚ 920/B), με την οποία καθορίζονται τιμές – στόχοι και όρια εκτίμησης των συγκεντρώσεων του αρσενικού, του καδμίου, του υδραργύρου, του νικελίου και των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων στον ατμοσφαιρικό αέρα, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2004/107/ΕΚ «Σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα» του Συμβουλίου της 15ης Δεκεμβρίου 2004 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων»

Για τα υγρά απόβλητα να τηρηθούν τα όρια διάθεσης που αναφέρονται στις οικείες Νομαρχιακές Αποφάσεις και πάντως να μην ξεπερνούν τα αναφερόμενα στην ΚΥΑ 5673/400/5.3.1997 (Οδηγία 91/271/ΕΟΚ).

3. Ειδικές οριακές τιμές στάθμης θορύβου.

Ο θόρυβος από τις εγκαταστάσεις του λιμένα θα πρέπει να συμμορφώνεται στα προβλεπόμενα στο Π.Δ. 1180/81 (ΦΕΚ 293/A/81) «Περί ρυθμίσεως θεμάτων αναγομένων εις τα της ιδρύσεως και λειτουργίας βιομηχανιών, βιοτεχνιών, πάσης φύσεως μηχανολογικών

εγκαταστάσεων και αποθηκών και της εκ τούτων διασφάλισης περιβάλλοντος εν γένει»

4. Τεχνικά έργα και μέτρα αντιρρύπανσης ή γενικότερα αντιμετώπισης της υποβάθμισης του περιβάλλοντος, που επιβάλλεται να κατασκευασθούν ή να ληφθούν,

ΕΙΔΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΗ SCRAP

- Να γίνεται συνεχής διαβροχή του scrap κατά την διαδικασία φόρτωσης και εκφόρτωσης του, μέσω κατάλληλου συστήματος διαβροχής.
- Η διαδικασία της φορτοεκφόρτωσης του υλικού θα γίνεται μόνο εφόσον το σύστημα διαβροχής λειτουργεί αποτελεσματικά και σύμφωνα με τις προδιαγραφές κατά την εγκατάσταση του.
- Σε τακτά χρονικά διαστήματα θα πρέπει να ελέγχεται και να συντηρείται το σύστημα διαβροχής.
- Να κατασκευαστεί σύστημα συλλογής, επεξεργασίας και ανακύκλωσης των απόνερων της διαβροχής του scrap, το οποίο θα περιλαμβάνει σύστημα στραγγιστηρίων αγωγών, δεξαμενή καθίζησης / διαύγασης και εφόσον απαιτείται δεξαμενή χημικής επεξεργασίας.
- Το σύστημα διαβροχής του scrap και το σύστημα συλλογής και επεξεργασίας των απόνερων της διαβροχής του να υλοποιηθεί τόσο στον προβλήτα 1 που πραγματοποιείται στην παρούσα φάση η δραστηριότητα φορτοεκφόρτωσης του scrap, αλλά και στον προβλήτα 3 που προβλέπεται να μεταφερθεί η δραστηριότητα φορτοεκφόρτωσης του scrap όταν ολοκληρωθούν τα έργα του προβλήτα 3.

6.1.8 Τήρηση μέτρων προστασίας περιβάλλοντος

Έπειτα από αυτοψίες που πραγματοποιήθηκαν το 2005, 2008 και 2013 στην χερσαία ζώνη του λιμένα διαπιστώθηκαν τα εξής :

1. Κατά την αυτοψία του 2005 (σύμφωνα με την απόφαση υπ' αριθμόν 980 ,πρακτικό 95/21-11-2005 από το διοικητικό συμβούλιο του ΟΛΒ/ΑΕ) ο τότε δήμαρχος Βόλου κ. Μήτρου Κυριάκος διαπίστωσε πως :

- Η διαβροχή του σκραπ είναι περιορισμένη
- Δεν τηρείται η καθαριότητα των δαπέδων για να μην πάει η σιδηρόσκονη στην θάλασσα και προκληθεί ρύπανση ,
- Τα αυτοκίνητα είναι υπερφορτωμένα και το υλικό ξεχειλίζει με αποτέλεσμα να γεμίζει τους δρόμους.

Ο τότε πρόεδρος του ΟΛΒ/ΑΕ επισήμανε ότι είναι απαραίτητο να εκπονηθεί μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων και να εγκριθούν περιβαλλοντικοί όροι .

Αρνητικοί στην εκπόνηση μια μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων ήταν οι εργαζόμενοι του ΟΛΒ διότι κατά τα λεγόμενα τους θα ήταν δεσμευτικοί για την Υπηρεσία και δεν γνώριζαν κατά πόσο θα είναι εφαρμόσιμη.

2. Κατά την αυτοψία του 2008 από την Νομαρχία Μαγνησίας παρατηρήθηκαν τα εξής :

- Τα φορτία σκραπ εκφορτώνονται στο κρηπίδωμα του δυτικού τμήματος της Προβλήτας 1, σε έκταση περίπου 15 στρεμμάτων, όπου γίνεται και η διαβροχή του.

Απορριπτόταν από τις αρπάγες στο φορτηγό όχημα από χαμηλό ύψος. Δεν γίνεται διαβροχή του φορτίου ενώ βρίσκεται στα αμπάρια του πλοίου.

- Στα χύδην φορτία (λιπάσματα) τα φορτηγά φορτώνονται με τη χρήση χοάνης (hopper) και η αρπάγη του γερανού απελευθερώνει

το φορτίο πολύ κοντά στο χείλος της χοάνης. Από τη κουπαστή του πλοίου που εκφορτώνεται μέχρι το κρηπίδωμα είχε απλωθεί μουσαμάς, προκειμένου να αποφευχθεί η διαφυγή φορτίου στη θάλασσα.

- Μεταφέρθηκε η γεφυροπλάστιγγα και έτσι οι ζυγίσεις γίνονται μακριά από την κατοικημένη περιοχή.
- Ο καθαρισμός των διαδρόμων κυκλοφορίας των φορτηγών αυτοκινήτων και γενικά όλος ο χώρος της προβλήτας, είναι πλημμελής, με αποτέλεσμα από την κίνηση αυτών, καθώς και από τους επικρατούντες ανέμους να εκλύονται σημαντικές ποσότητες σκόνης που μεταφέρονται στη γύρω περιοχή.
- Δεν έχει εγκριθεί από την αρμόδια υπηρεσία ΥΠΕΧΩΔΕ η Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων που αφορά στην εφαρμογή μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος από τις δραστηριότητες του λιμένα .
- Δεν τηρήθηκαν τα αναφερόμενα στην Β της Αρ. Πρωτ.3588/04-12-2007 απόφασης του νομάρχη Μαγνησίας , με την οποία επιβλήθηκαν κυρώσεις σε βάρος του ΟΛΒ και τέθηκε προθεσμία τεσσάρων μηνών μέχρι 04-04-2008 , εντός της οποίας θα πρέπει να ολοκληρωθεί η διαδικασία έγκρισης της υποβληθείσα Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων .
- Για την φόρτωση των σιτηρών, προβλέπεται η προέκταση του σωλήνα φόρτωσης έως το βάθος (πάτος) του αμπαριού και κάλυψη του ανοίγματος του αμπαριού για να μην εξέρχεται σκόνη στην ατμόσφαιρα. Ο ΟΛΒ δεν έχει προχωρήσει στην προμήθεια τέτοιων συστημάτων.
- Έλεγχος της συγκέντρωσης φωσφίνης των σιτηρών που εισάγονται. Δεν τηρούνται οι διεθνώς δόκιμες μέθοδοι από υπαλλήλους του ΟΛΒ που αφορούν στο χρόνο διεξαγωγής πριν την είσοδο του φορτίου στο λιμένα Βόλου.

- Δεν έχει γίνει προμήθεια από τον ΟΛΒ αναρροφητικής σκούπας ,ούτε πλυντηρίου οδών , για την κάλυψη των αναφερόμενων παραγράφων .



Εικόνα 6.4: Λιμάνι Βόλου 2008



Εικόνα 6.5:Λιμάνι Βόλου 2008

3. Κατά την αυτοψία του 2013 από την επιστολή του αντιδημάρχου πολεοδομίας και βιώσιμης ζωής Νίκου Μόσχου από την Νομαρχία Μαγνησίας παρατηρήθηκαν τα εξής :

Παρόλες τις αναμφισβήτητες περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι χαρακτηριστικό ότι έως τον Μάιο του 2011, η φορτοεκφόρτωση όλων των προϊόντων, αλλά και η γενικότερη λειτουργία του λιμανιού του Βόλου, γινόταν κατά τρόπο προδήλως παράνομο, αφού δεν υπήρχε προηγούμενη Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων κατά παράβαση του Ν. 1650/1986 όπως τροπ. με το Ν. 3010/2002 και τις κατ' εξουσιοδότηση εκδιδόμενες ΚΥΑ. Το Λιμάνι του Βόλου λειτουργούσε χωρίς να έχει προηγηθεί η περιβαλλοντική διαδικασία που προβλέπει ο ανωτέρω νόμος, δηλ. την σύνταξη Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, τη λήψη των προβλεπόμενων γνωμοδοτήσεων και την Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων. Τελικώς η Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) του Λιμανιού του Βόλου εγκρίθηκε με την

ΚΥΑ 199737/31.5.2011 και ορίζει τα όσα αναφέρονται σ' αυτήν. Με την με αρ. 199467/15.6.2012 ΚΥΑ τροποποιήθηκε η ως άνω ΚΥΑ Ε.Π.Ο. ως προς τους όρους 29 και 38 και τον χρονικό διάστημα υλοποίησης αυτών.

Παρόλες τις επισημάνσεις από διάφορους φορείς, περιβαλλοντικές οργανώσεις, τους κατοίκους του Π. Λιμεναρχείου για μια πλημμελή Μ.Π.Ε., η έκδοση της απόφασης Ε.Π.Ο. ικανοποίησε μεγάλο μέρος της τοπικής κοινωνίας, αφού επιτέλους για πρώτη φορά το λιμάνι θα υποχρεωνόταν να τηρεί συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς όρους. Θεωρούνταν αυτονόητο ότι το λιμάνι δια του Ο.Λ.Β. ΑΕ θα συμμορφωνόταν με την ως άνω Κ.Υ.Α.

Ωστόσο έως και σήμερα δεν έχουν γίνει οι εξής ενέργειες σε εφαρμογή της ανωτέρω απόφασης Ε.Π.Ο.:

- Δεν έχει συγκροτηθεί ο Μηχανισμός Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης, όπως προβλέπει η παρ. 4 των Γενικών Όρων
- Δεν έχει γίνει η κατάλληλη δεντροφύτευση για τη δημιουργία κατά το δυνατόν «φράκτη» θορύβου κατά μήκος της περιφράξης του λιμένα που συνορεύει με κατοικίες, σύμφωνα με τον όρο 18.
- Δεν γίνεται συνεχής διαβροχή του scrap κατά την διαδικασία φόρτωσης και εκφόρτωσης του μέσω κατάλληλου συστήματος διαβροχής σύμφωνα με τον όρο 25 στον υφιστάμενο σημείο.
- Δεν έχει δοθεί ακόμη στη χρήση η νέα πύλη του Λιμένα.
- Δεν γίνεται συνεχής διαβροχή του scrap κατά την διαδικασία φόρτωσης και εκφόρτωσης μέσω κατάλληλου συστήματος διαβροχής σύμφωνα με τον όρο 25
- Δεν έχει κατασκευαστεί σύστημα συλλογής, επεξεργασίας και ανακύκλωσης των απόνερων της διαβροχής του scrap σύμφωνα με τον όρο 28.
- Δεν έχουν τοποθετηθεί προσωρινά πετάσματα ύψους τουλάχιστον 6 μ. κατάλληλου μήκους εγκάρσια στον πόδα του προβλήτα 1 για τη δημιουργία «φράκτη θορύβου» και για τον περιορισμό της διασποράς της σκόνης, σύμφωνα με το όρο 32.

Όπως μάλιστα αναφέρεται θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν κενά εμπορευματοκιβώτια όπως προτείνεται στην ΜΠΕ.

- Δεν έχει γίνει η διαμόρφωση υπόστεγων για την εκφόρτωση δημητριακών, από τα φορτηγά αυτοκίνητα στις χοάνες παραλαβής, με την παράλληλη εγκατάσταση συστήματος αποκονίωσης όπως προτείνεται στην ΜΠΕ, σύμφωνα με τον όρο 34.
- Τα οχήματα μεταφοράς των χύδην υλικών δεν σκεπάζονται με κάλυμμα μέχρι τον τελικό προορισμό τους, σύμφωνα με τον όρο 41.
- Δεν πραγματοποιείται επικάλυψη των σωρών των αδρανών υλικών στον προβλήτα του σιδηροδρομικού πορθμείου, από ειδικό ανθεκτικό υλικό, σύμφωνα με τον όρο 42.
- Τα οχήματα μεταφοράς των υλικών δεν σκεπάζονται με κάλυμμα μέχρι τον τελικό προορισμό τους σύμφωνα με τον όρο 43
- Δεν γίνεται συχνή διαβροχή ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες του χώρου γύρω από το χώρο φόρτωσης αδρανών

Τέλος το έτος 2009 δικάστηκε για παράνομη έκδοση και έγκρισης μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων γνωρίζοντας την περιβαλλοντική υποβάθμιση ο Διευθύνων σύμβουλος του Ο.Λ.Β. Α.Ε. Αλέξιος Βαλασσάς . Ειδικότερα κατηγορήθηκε για την φορτοεκφόρτωση σκραπ, πετ κοκ, ανθρακίτη, κάρβουνου, λιπασμάτων, σιτηρών, ζωοτροφών ή άλλων μη συσκευασμένων προϊόντων στο Λιμάνι του Βόλου χωρίς την διαβροχή τους και τον καθαρισμό των ανοιχτών χώρων του λιμένα , ως αποτέλεσμα τ υλικά που επικάθισαν να μη διαχέονται εκ νέου στην ατμόσφαιρα με τη δύναμη του ανέμου .

Επιπλέον , η προσέγγιση στο λιμένα πλοίων που μεταφέρουν σιτηρά προκαλεί μόλυνση της ατμόσφαιρας από την ουσία φουστοξίνη, η οποία χρησιμοποιείται για την απεντόμωση .

Ο κατηγορούμενος αθώθηκε λόγο ελλιπών στοιχείων .

6.1.9 Μετρήσεις αέριων ρύπων στην περιοχή του Εμπορικού Λιμένα Βόλου

6.1.9.1 Σταθμός μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Ο σταθμός μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ΣΜΑΡ) εγκαταστάθηκε σε οικίσκο που διατέθηκε από την ΟΛΒ Α.Ε. και βρίσκεται στο δυτικό άκρο της περιοχής του λιμένα (Εικόνα 1). Ο εξοπλισμός του ΣΜΑΡ περιλαμβάνει όργανα online μέτρησης αέριων ρύπων (NOX, O3, αρωματικών υδρογονανθράκων ΒΤΕΧ) και αιωρούμενων σωματιδίων PM10/PM2.5, μετεωρολογικό σταθμό, λογισμικό συλλογής και καταγραφής μετρήσεων, Η/Υ και δειγματολήπτη PM10 (Πίνακας 6.1, Εικόνα 6.3).



Εικόνα 6.6: Ο σταθμός μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ΣΜΑΡ) του ΟΛΒ

Οι αναλυτές NOX, O3, ΒΤΕΧ τοποθετήθηκαν στο εσωτερικό του οικίσκου, σε κλιματιζόμενο χώρο. Ο αυτόματος μετρητής PM10/PM2.5 και ο δειγματολήπτης PM10

τοποθετήθηκαν σε ειδικά διαμορφωμένες εξωτερικές θέσεις, στο πλαϊνό και μπροστινό μέρος του οικίσκου. Τα ακροφύσια και οι κεφαλές όλων των συσκευών μέτρησης/δειγματοληψίας

τοποθετήθηκαν σε κατάλληλο ύψος από το έδαφος ώστε να βρίσκονται μέσα στη ζώνη αναπνοής (1.5-3.5 m).

Εξοπλισμός	Τύπος
Αναλυτής NO _x	AC32M, ENVIRONMENT SA
Αναλυτής O ₃	O341M, ENVIRONMENT SA
Αναλυτής αρωματικών υδρογονανθράκων BTEX	VOC71M, ENVIRONMENT SA
Μετρητής PM10/PM2.5	DUSTTRAK™ DRX Aerosol Monitor, TSI
Μετεωρολογικός σταθμός με	LSI-LASTEM
<ul style="list-style-type: none"> - αισθητήριο ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου - αισθητήριο θερμοκρασίας και υγρασίας - αισθητήριο βαρομετρικής πίεσης 	
Λογισμικό συλλογής και καταγραφής μετρήσεων	ENVIDAS For Windows της Envitech LTD
Δειγματολήπτης PM10	LVS Ingenieur Derenda, Berlin με κεφαλή PM10 και παροχή 2.3 m ³ /h σε συμφωνία με το πρότυπο ISO/IEC EN-12341

Πίνακας 6.1: Εξοπλισμός του ΣΜΑΡ του ΟΛΒ



Εικόνα 6.7 : Δειγματολήπτης αιωρούμενων Δειγματολήπτης αιωρούμενων σωματιδίων PM10 κατά ISO/IECEN-12341

Η βαθμονόμηση/συντήρηση των αυτόματων αναλυτών NO_x, O₃, BTEX γίνεται σε μηνιαία βάση από διαπιστευμένο Εργαστήριο I.B. Καμπάς Ε.Π.Ε., Κέντρο Αναλυτικής Οργανολογίας & Εργαστηρίων Περιβαλλοντικών Μετρήσεων.

6.1.9.2 Δειγματοληψία και χημική ανάλυση των PM10

Η δειγματοληψία των PM10 γίνεται με συχνότητα περίπου 1 δείγμα ανά 8 ημέρες σε προζυγισμένο φίλτρο quartz (Tissuquartz Pall, Φ 47 mm). Η διάρκεια των δειγματοληψιών είναι 24 ώρες. Τα φορτισμένα φίλτρα μεταφέρονται στο Εργαστήριο Ελέγχου Ρύπανσης Περιβάλλοντος για προσδιορισμό της συγκέντρωσης των PM10 και περαιτέρω χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό των καρκινογόνων συστατικών Β[α]Ρ, As, Cd, Ni σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 2004/107/ΕΚ. Η δειγματοληψία, χειρισμός και ζύγιση των φίλτρων γίνονται σύμφωνα με το πρότυπο ISO/IEC EN-12341.

Μετά την τελική ζύγιση, τα φίλτρα κόβονται ακριβώς στη μέση και το ένα μισό χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του Β[α]Ρ και άλλων PAHs, ενώ το άλλο μισό για τον προσδιορισμό Ni, Cd, As και άλλων βαρέων μετάλλων.

➤ PAHs

Η εκχύλιση των PAHs από τα φίλτρα πραγματοποιήθηκε σε συσκευή μικροκυμάτων με μίγμα dichloromethane:n-hexane (3:2 v/v). Μετά τη συμπύκνωση των εκχυλισμάτων αρχικά σε περιστροφικό εξατμιστήρα κενού και στη συνέχεια με ήπιο ρεύμα N₂, έγινε επαναδιάλυση του υπολείμματος σε 1 mL acetonitrile. Οι PAHs προσδιορίστηκαν με την τεχνική της υγρής χρωματογραφίας υψηλής πίεσης με προγραμματιζόμενο φθορισμομετρικό ανιχνευτή (HPLC/FLD) σύμφωνα με βελτιστοποιημένες διαδικασίες του Εργαστηρίου Ελέγχου Ρύπανσης Περιβάλλοντος (Manoli et al., 2002; Manoli et al., 2004; Manoli et al., 2015).

Η βαθμονόμηση του συστήματος HPLC/FLD έγινε με το πρότυπο NIST Standard Reference Material 1647c που περιέχει 16 PAHs: Naphthalene (Np), Acenaphthylene (Acn), Acenaphthene (Ace), Fluorene (F), Phenanthrene (Ph), Anthracene (An), Fluoranthene (Fl), Pyrene (Py), Benzo[a]anthracene (B[a]An), Chrysene (Chry), Benzo[b]fluoranthene (B[b]Fl), Benzo[k]fluoranthene (B[k]Fl), Benzo[a]pyrene (B[a]Py), diBenzo[a,h]anthracene (dB[a,h]An), Benzo[g,h,i]perylene (B[ghi]Pe), Indeno[1,2,3-c,d]pyrene (IPy). Το Acenaphthylene έχει πολύ ασθενή φθορισμό και γι' αυτό δεν μπορεί να ανιχνευθεί με HPLC/FLD.

Ο έλεγχος ποιότητας περιλαμβάνει ανάλυση λευκών φίλτρων και αντιδραστηρίων, καθώς και επιφορτισμένων δειγμάτων (spike). Η ανάκτηση των χαμηλού MB PAHs (Np, Ace και F) είναι συνήθως σχετικά χαμηλή και με μεγάλες διακυμάνσεις (48–71%) λόγω της υψηλής τους πτητικότητας και για το λόγο αυτό δεν δίνονται αποτελέσματα για αυτές τις ενώσεις. Η ανάκτηση των υπόλοιπων PAHs ήταν σχεδόν ποσοτική (87–108%) και η επαναληψιμότητα της μέτρησής τους (εκφραζόμενη ως σχετική τυπική απόκλιση του ύψους κορυφής) καλύτερη από 10%. Τα όρια ανίχνευσης (LOD) των διαφόρων PAHs κυμάνθηκαν μεταξύ 0.001 και 0.077 ng/m³. Για τη στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων, οι συγκεντρώσεις κάτω από το όριο ανίχνευσης θεωρήθηκαν ίσες με το μισό της τιμής του ορίου.

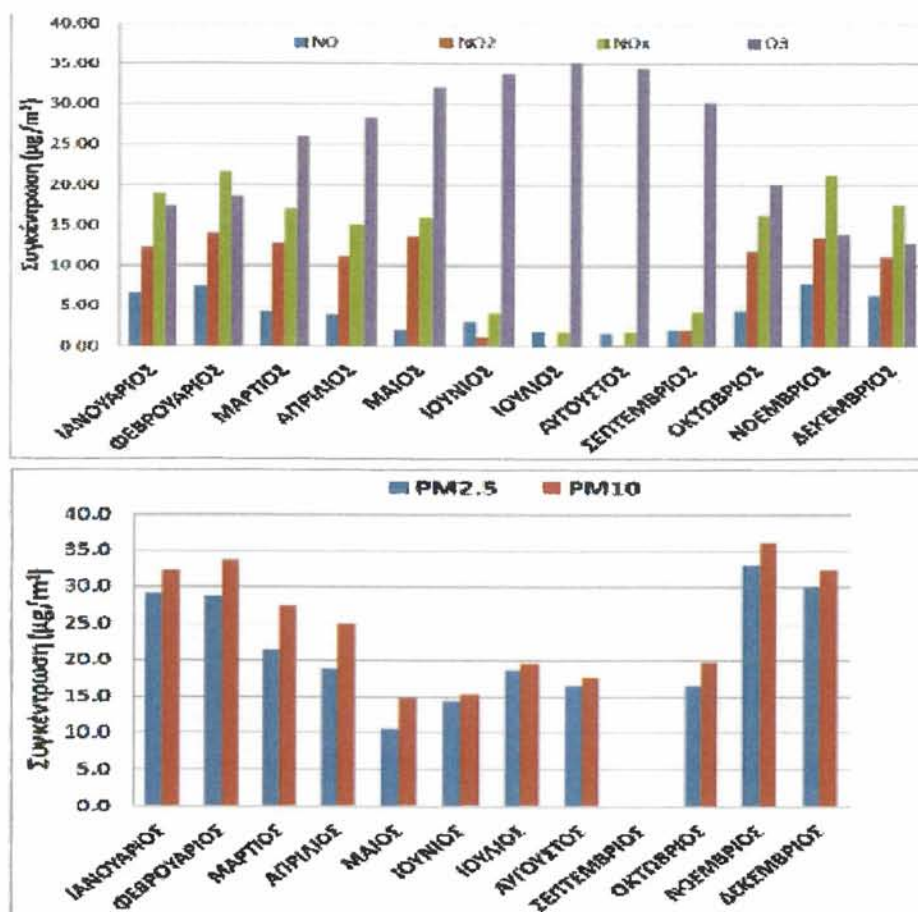
➤ Μέταλλα/ μεταλλοειδή

Ο προσδιορισμός των μετάλλων/μεταλλοειδών στα δείγματα των PM₁₀ πραγματοποιείται με την τεχνική ICP-MS μετά από διαλυτοποίηση (πέψη) των φίλτρων με μίγμα νιτρικού οξέος HNO₃ και υπεροξειδίου του υδρογόνου H₂O₂. Ο έλεγχος ποιότητας περιλαμβάνει ανάλυση λευκών φίλτρων και αντιδραστηρίων, καθώς και

επιφορτισμένων δειγμάτων (spike). Η ανάκτηση των μετάλλων από τα δείγματα των φίλτρων κυμάνθηκε μεταξύ 95.4% για το Cr και 111% για το As. Το όριο ποσοτικοποίησης (LOQ) για τα στοιχεία Pb, As, Ni, Mn, Fe, Zn και Cr είναι 0,025 μg/δείγμα, ενώ για το Cd είναι 0,0025 μg/δείγμα.

6.1.9.3 Αποτελέσματα μετρήσεων αέριων ρύπων από τον Ο.Λ.Β για τα έτη 2015-2019

6.1.9.3.1 Αποτελέσματα μετρήσεων αέριων ρύπων 2015



Σχήμα 6.1 Μέση μηνιαία διακύμανση των συγκεντρώσεων NOx, O3, PM10 και PM2.5 κατά

Η μηνιαία διακύμανση των συγκεντρώσεων των NOx, O3, PM10 και PM2.5 δίνονται στο Σχήμα 7.1. Όπως προκύπτει, οι συγκεντρώσεις όλων των πρωτογενών ρύπων είναι σημαντικά υψηλότερες κατά τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους θερινούς. Οι υψηλότερες τιμές της χειμερινής περιόδου οφείλονται τόσο στις εκπομπές από εποχικές πηγές (οικιακή θέρμανση, αυξημένες εκπομπές από την κυκλοφορία ή/και τη βιομηχανία), όσο και στις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες (χαμηλότερο ύψος ανάμιξης, πιο συχνές άπνοιες και θερμοκρασιακές αναστροφές) που δεν ευνοούν τη διασπορά. Αντίθετη είναι η μηνιαία διακύμανση του δευτερογενούς O3.

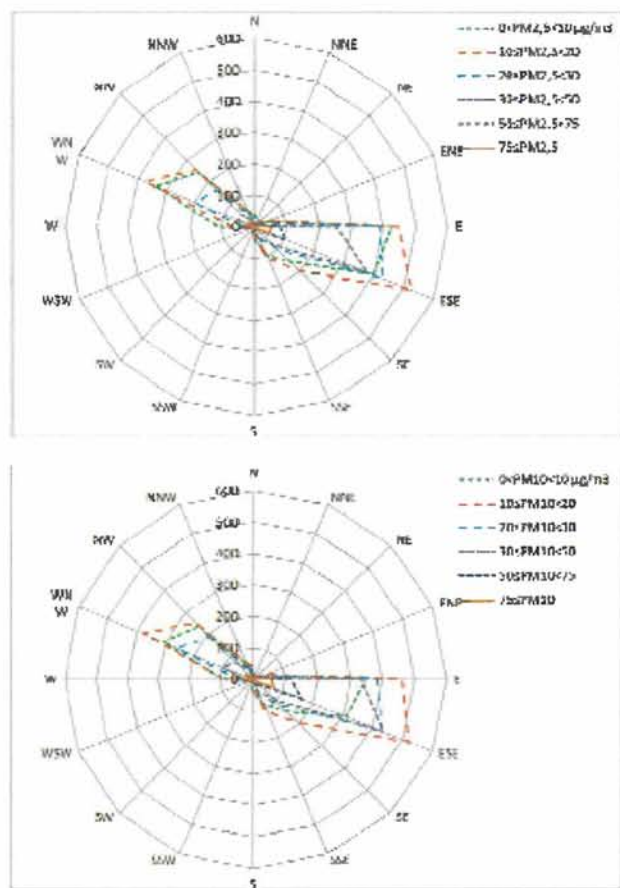
Σε σύγκριση με τα όρια της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ «για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη», η μέση ωριαία τιμή του

NO₂ για το χρονικό διάστημα των μετρήσεων ήταν 9 µg/m³, κατά πολύ μικρότερη από το ετήσιο όριο (40 µg/m³), ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία υπέρβαση του ωριαίου ορίου των 200 µg/m³.

Η μέση ετήσια τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM₁₀ ήταν 26 µg/m³, μικρότερη του αντίστοιχου ετήσιου ορίου (40 µg/m³), ενώ ο αριθμός των υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των 50 µg/m³ ήταν 25 (με τιμές μεταξύ 51-72 µg/m³), μικρότερος του ανώτατου επιτρεπτού αριθμού των 35 υπερβάσεων/έτος. Τέλος, η μέση ετήσια τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM_{2.5} ήταν 22 µg/m³, μικρότερη του ετήσιου ορίου (25 µg/m³).

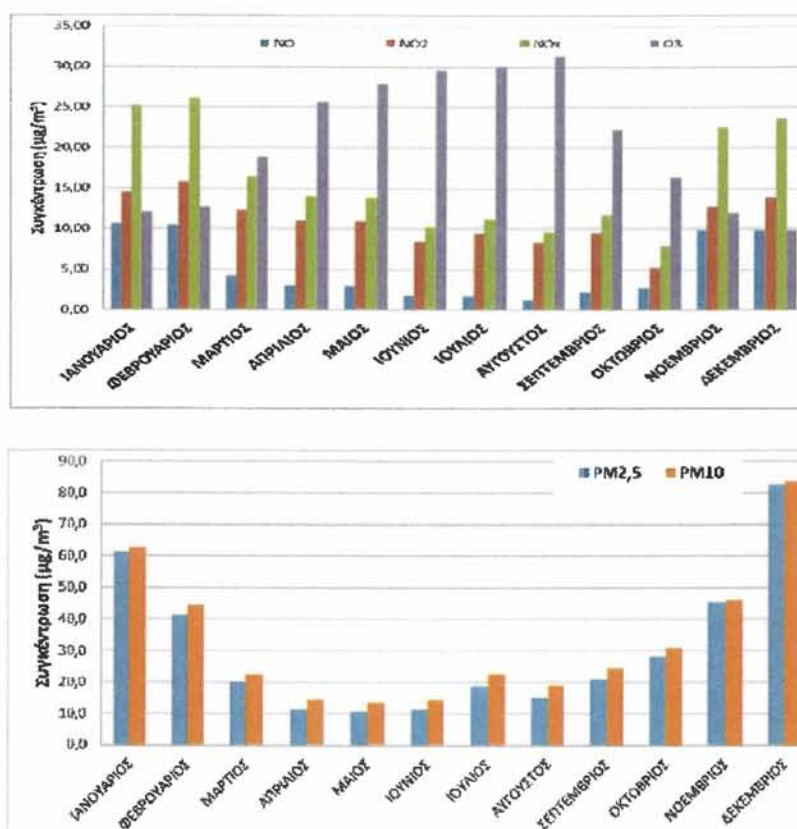
Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, στην περιοχή επικρατούσε άπνοια σε ποσοστό περίπου 11%, άνεμοι νοτιοανατολικοί-ανατολικοί ασθενείς (με ταχύτητα < 2 m/s) σε ποσοστό περίπου 40% και άνεμοι δυτικοί-βορειοδυτικοί, πιο ισχυροί (με ταχύτητα μέχρι και 5 m/s), σε ποσοστό περίπου 30%.

Τα αντίστοιχα ροδογράμματα των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων και των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀ και PM_{2.5} δίνονται στο σχήμα 7.2. Όπως φαίνεται, όλοι σχεδόν οι ρύποι εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις τους με νοτιοανατολικούς και ανατολικούς ανέμους, γεγονός που υποδηλώνει επιδράσεις από την κίνηση των πλοίων, πιθανή μεταφορά από αστικές και βιομηχανικές χερσαίες δραστηριότητες από την περιοχή ανατολικά του λιμανιού, ενώ υπογραμμίζει και το σημαντικό ρόλο της θαλάσσιας αύρας, η οποία μπορεί να ανακυκλώνει τους ρύπους που εκπέμπονται κατά τη διάρκεια της νύχτας στην ατμόσφαιρα της πόλης.



Σχήμα 6.2: Ροδογράμματα των συγκεντρώσεων PM10 και PM2.5 κατά το χρονικό διάστημα

6.1.9.3.2 Αποτελέσματα μετρήσεων αέριων ρύπων 2016



Σχήμα 6.3: Μέση μηνιαία διακύμανση των συγκεντρώσεων NOx, O3, PM10 και PM2.5 κατά το χρονικό διάστημα Μάρτιος 2015 – Μάρτιος 2016

Η συνδιακύμανση που παρατηρείται μεταξύ πολλών ρύπων υποδηλώνει ότι αυτοί εκπέμπονται από τις ίδιες ανθρωπογενείς πηγές, εκτίθενται στα ίδια φαινόμενα αραίωσης μετά την εκπομπή τους στον ατμοσφαιρικό αέρα, ή ακόμη ότι υπόκεινται στους ίδιους μηχανισμούς αποδόμησης π.χ. μέσω χημικών αντιδράσεων ή φωτόλυσης.

Μηνιαία διακύμανση των συγκεντρώσεων των NOx, O3, PM10 και PM2.5 δίνονται στο Σχήμα 7.3. Όπως προκύπτει, οι συγκεντρώσεις όλων των πρωτογενών ρύπων είναι σημαντικά υψηλότερες κατά τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους θερινούς. Οι υψηλότερες τιμές της χειμερινής περιόδου οφείλονται τόσο στις εκπομπές από εποχικές πηγές (οικιακή θέρμανση, αυξημένες εκπομπές από την κυκλοφορία ή/και τη βιομηχανία), όσο και στις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες (χαμηλότερο ύψος ανάμιξης, πιο συχνές άπνοιες και θερμοκρασιακές αναστροφές) που δεν ευνοούν τη

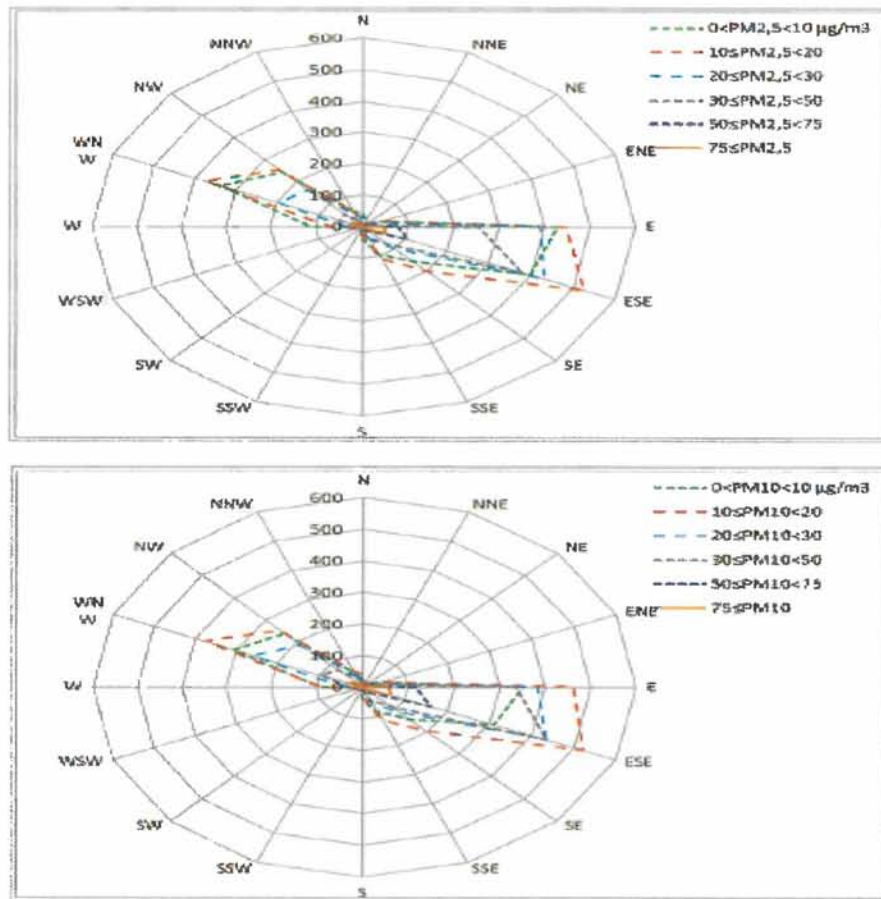
διασπορά. Αντίθετη είναι η εβδομαδιαία και μηνιαία διακύμανση του δευτερογενούς O₃.

Σε σύγκριση με τα όρια της Οδηγίας 2008/50/EK «για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη», η μέση ωριαία τιμή του NO₂ για το χρονικό διάστημα των μετρήσεων ήταν 11 μg/m³, κατά πολύ μικρότερη από το ετήσιο όριο (40 μg/m³), ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία υπέρβαση του ωριαίου ορίου των 200 μg/m³. Αντίστοιχα, η μέση τιμή του βενζολίου για το ίδιο χρονικό διάστημα ήταν 1.2 μg/m³, επίσης κατά πολύ μικρότερη του ετήσιου ορίου (5 μg/m³).

Η μέση ετήσια τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM₁₀ ήταν 33 μg/m³, μικρότερη του αντίστοιχου ετήσιου ορίου (40 μg/m³), ενώ ο αριθμός των υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των 50 μg/m³ ήταν 69 (με τιμές μεταξύ 51-172 μg/m³), μεγαλύτερος του ανώτατου επιτρεπτού αριθμού των 35 υπερβάσεων/έτος. Τέλος, η μέση ετήσια τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM_{2.5} ήταν 31 μg/m³, μικρότερη του ετήσιου ορίου (25 μg/m³).

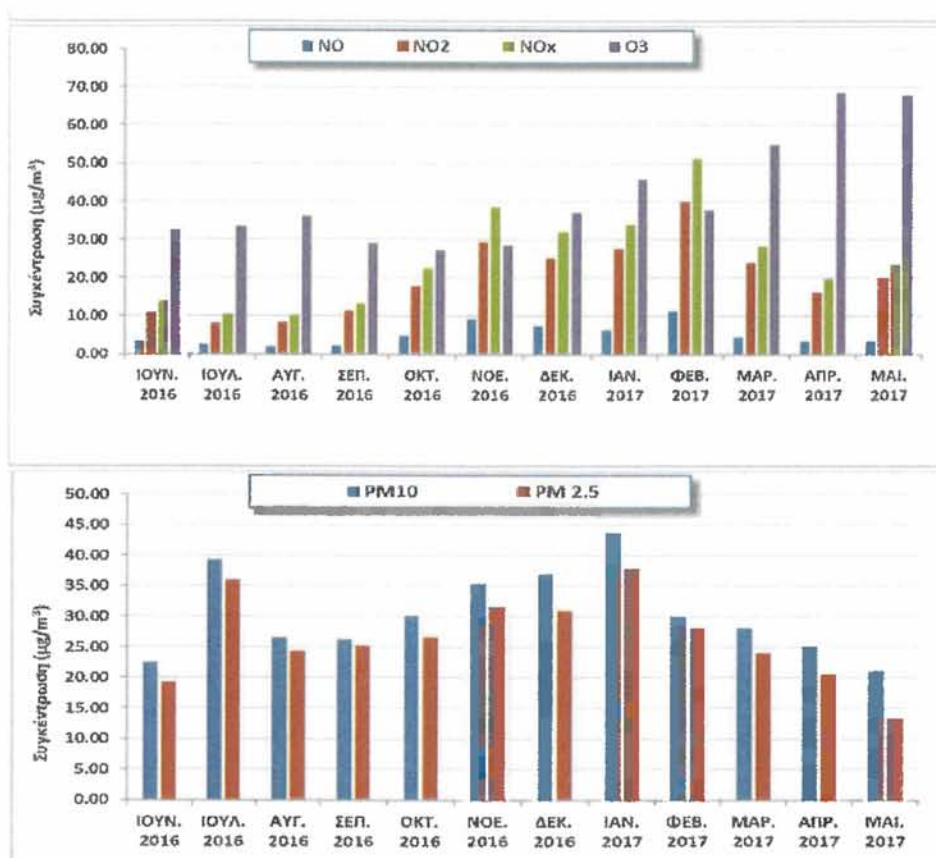
Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, στην περιοχή επικρατούσε άπνοια σε ποσοστό περίπου 11%, άνεμοι νοτιοανατολικοί-ανατολικοί ασθενείς (με ταχύτητα < 2 m/s) σε ποσοστό περίπου 50% και σε μικρότερο ποσοστό άνεμοι δυτικοί-βορειοδυτικοί, πιο ισχυροί (με ταχύτητα μέχρι και 5 m/s).

Τα αντίστοιχα ροδογράμματα των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων και των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀ και PM_{2.5} δίνονται στο Σχήμα 7.4. Όπως φαίνεται, όλοι σχεδόν οι ρύποι εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις τους με νοτιοανατολικούς και ανατολικούς ανέμους, γεγονός που υποδηλώνει επιδράσεις από την κίνηση των πλοίων, πιθανή μεταφορά από αστικές και βιομηχανικές χερσαίες δραστηριότητες από την περιοχή ανατολικά του λιμανιού, ενώ υπογραμμίζει και το σημαντικό ρόλο της θαλάσσιας αύρας, η οποία μπορεί να ανακυκλώνει τους ρύπους που εκπέμπονται κατά τη διάρκεια της νύχτας στην ατμόσφαιρα της πόλης.



Σχήμα 6.4: Ροδογράμματα των συγκεντρώσεων PM10 και PM2.5 κατά την περίοδο των μετρήσεων

6.1.9.3.3 Αποτελέσματα μετρήσεων αέριων ρύπων 2016-2017



Σχήμα 6.5: Μέση μηνιαία διακύμανση των συγκεντρώσεων NO_x, O₃, PM₁₀ και PM_{2.5}

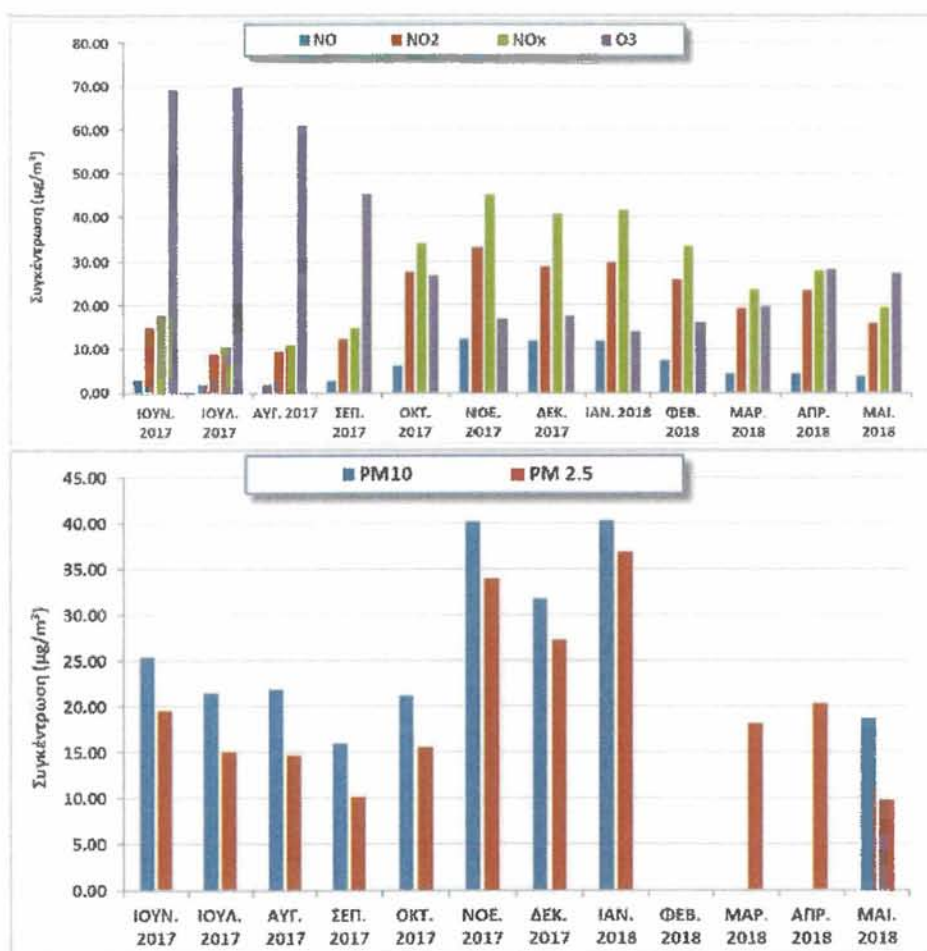
Η Συνδιακύμανση που παρατηρείται μεταξύ πολλών ρύπων υποδηλώνει ότι αυτοί εκπέμπονται από τις ίδιες ανθρωπογενείς πηγές, εκτίθενται στα ίδια φαινόμενα αραίωσης μετά την εκπομπή τους στον ατμοσφαιρικό αέρα, ή ακόμη ότι υπόκεινται στους ίδιους μηχανισμούς αποδόμησης π.χ. μέσω χημικών αντιδράσεων ή φωτόλυσης.

Η μηνιαία διακύμανση των συγκεντρώσεων των δίνονται στο Σχήμα 7.5. Μεγαλύτερη είναι η μηνιαία διακύμανση με υψηλότερες γενικά συγκεντρώσεις κατά τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους θερινούς για όλους τους πρωτογενείς ρύπους. Αντίθετα, το O₃ παρουσιάζει υψηλότερες συγκεντρώσεις κατά τους θερμούς μήνες. Οι υψηλότερες τιμές της χειμερινής περιόδου οφείλονται τόσο στις εκπομπές από εποχικές πηγές (οικιακή θέρμανση, αυξημένες εκπομπές από την κυκλοφορία ή/και τη βιομηχανία), όσο και στις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες (χαμηλότερο ύψος

ανάμιξης, πιο συχνές άπνοιες και θερμοκρασιακές αναστροφές) που δεν ευνοούν τη διασπορά.

Σε σύγκριση με τα όρια της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ «για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη», η μέση ωριαία τιμή του NO₂ για το χρονικό διάστημα των μετρήσεων ήταν 25 µg/m³, κατά πολύ μικρότερη από το ετήσιο όριο (40 µg/m³), ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία υπέρβαση του ωριαίου ορίου των 200 µg/m³. Η μέση ετήσια τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM₁₀ ήταν 30 µg/m³, μικρότερη του αντίστοιχου ετήσιου ορίου (40 µg/m³), ενώ ο αριθμός των υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου για τα PM₁₀ (50 µg/m³) ήταν 28, εντός του ανώτατου επιτρεπτού αριθμού των 35 υπερβάσεων/έτος. Η μέγιστη ημερήσια τιμή PM₁₀ που καταγράφηκε ήταν 70 µg/m³. Τέλος, η μέση ετήσια τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM_{2.5} ήταν 26 µg/m³, πολύ κοντά στο ετήσιο όριο (25 µg/m³).

6.1.9.3.4 Αποτελέσματα μετρήσεων αέριων ρύπων 2017-2018

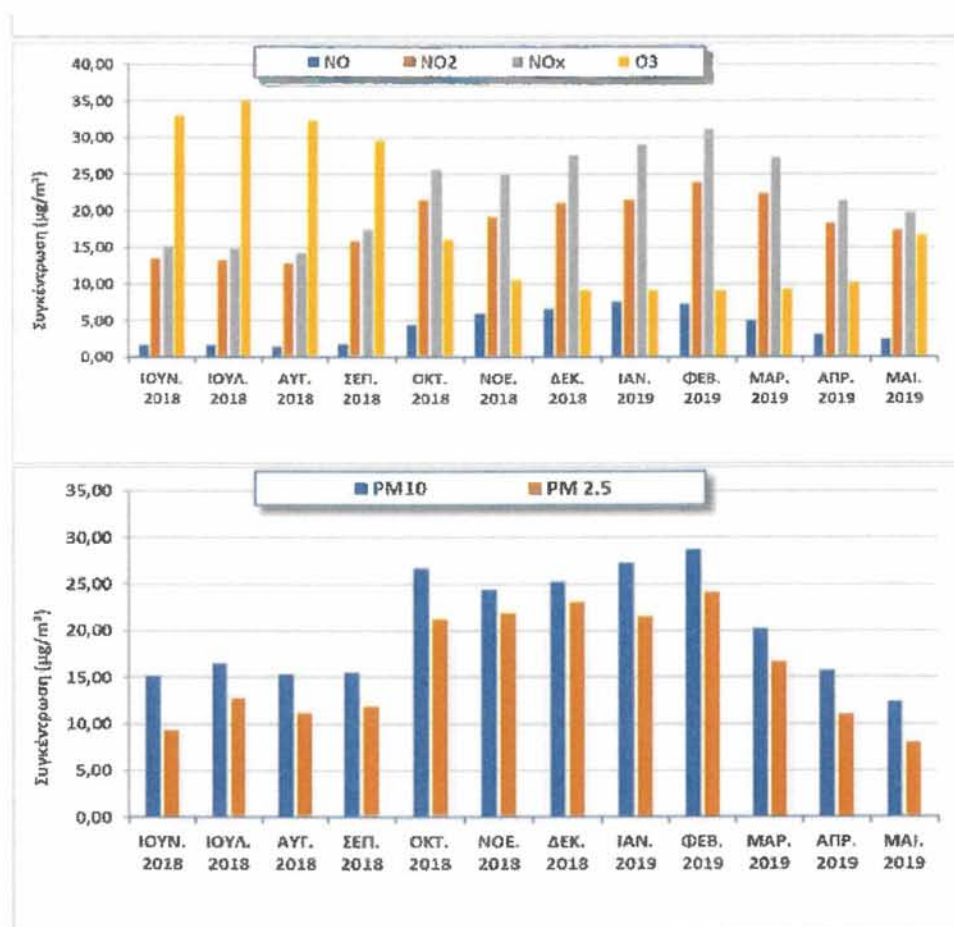


Σχήμα 6.6: Μέση μηνιαία διακύμανση των συγκεντρώσεων NO_x, O₃, PM₁₀ και PM_{2.5}

Σε σύγκριση με τα όρια της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ «για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη», η μέση ωριαία τιμή του NO₂ για το χρονικό διάστημα των μετρήσεων ήταν 21 µg/m³, κατά πολύ μικρότερη από το ετήσιο όριο (40 µg/m³), ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία υπέρβαση του ωριαίου ορίου των 200 µg/m³. Η μέση ετήσια τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM₁₀ ήταν 27 µg/m³, μικρότερη του αντίστοιχου ετήσιου ορίου (40 µg/m³), ενώ ο αριθμός των υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου για τα PM₁₀ (50 µg/m³) ήταν 19, εντός του ανώτατου επιτρεπτού αριθμού των 35 υπερβάσεων/έτος. Η μέγιστη ημερήσια τιμή PM₁₀ που καταγράφηκε ήταν 84 µg/m³. Τέλος, η μέση ετήσια τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM_{2.5} ήταν 21 µg/m³, κάτω από το ετήσιο όριο (25 µg/m³).

Οι υψηλότερες τιμές της χειμερινής περιόδου οφείλονται τόσο στις εκπομπές από εποχικές πηγές (οικιακή θέρμανση, αυξημένες εκπομπές από την κυκλοφορία ή/και τη βιομηχανία), όσο και στις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες (χαμηλότερο ύψος ανάμιξης, πιο συχνές άπνοιες και θερμοκρασιακές αναστροφές) που δεν ευνοούν τη διασπορά.

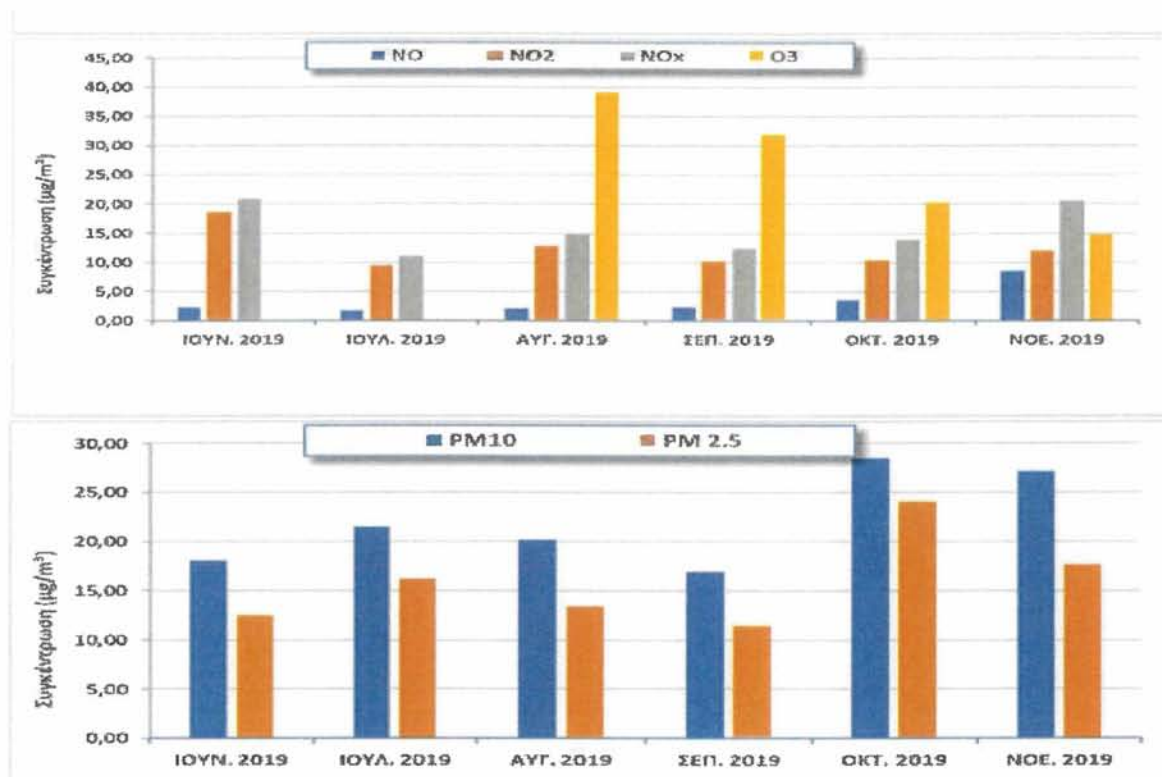
6.1.9.3.5 Αποτελέσματα μετρήσεων αέριων ρύπων 2018-2019



Σχήμα 6.7: Μέση μηνιαία διακύμανση των συγκεντρώσεων NO_x, O₃, PM₁₀ και PM_{2.5}

Σε σύγκριση με τα όρια της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ «για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη», η μέση ωριαία τιμή του NO₂ για το χρονικό διάστημα των μετρήσεων ήταν 20 µg/m³, κατά πολύ μικρότερη από το ετήσιο όριο (40 µg/m³), ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία υπέρβαση του ωριαίου ορίου των 200 µg/m³. Η μέση ετήσια τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού

κλάσματος PM10 ήταν 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, μικρότερη του αντίστοιχου ετήσιου ορίου (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ενώ ο αριθμός των υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου για τα PM10 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ήταν 5, εντός του ανώτατου επιτρεπτού αριθμού των 35 υπερβάσεων/έτος. Η μέγιστη ημερήσια τιμή PM10 που καταγράφηκε ήταν 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Τέλος, η μέση ετήσια τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM2.5 ήταν 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, κάτω από το ετήσιο όριο (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Σχήμα 6.8: Μέση μηνιαία διακύμανση των συγκεντρώσεων NOx, O3, PM10 και PM2.5

Σε σύγκριση με τα όρια της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ «για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη»: Η μέση ωριαία τιμή του NO2 για το χρονικό διάστημα των μετρήσεων ήταν 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, κατά πολύ μικρότερη από το ετήσιο όριο (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία υπέρβαση του ωριαίου ορίου των 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση τιμή του βενζολίου ήταν 0,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, επίσης κατά πολύ μικρότερη του ετήσιου ορίου (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Η μέση τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM10 ήταν 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, μικρότερη του ετήσιου ορίου (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ενώ παρατηρήθηκε μία υπέρβαση του ημερήσιου ορίου για τα PM10 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) στις 21/11/19 (58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Η μέση τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM2.5 ήταν 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, κάτω από το ετήσιο όριο (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

6.1.10 Συμπεράσματα

Ο λιμένας Βόλου έως το 2011 λειτουργούσε χωρίς εγκεκριμένη Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων ,καθώς ούτε τα μέτρα από Δ.Σ του Ο.Λ.Β. δεν μπορούν να υποκαταστήσουν τη περιβαλλοντική διαδικασία της υποβολής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και της έκδοσης έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων και αφετέρου εφαρμόζονταν με τρόπο πλημμελή .

Η λειτουργία του λιμανιού εκείνη την χρονική περίοδο δημιουργούσε μεγάλο πρόβλημα την ατμοσφαιρική ρύπανση ολόκληρου του Δήμου Βόλου από την φορτοεκφόρτωση των προαναφερθέντων φορτίων ,σύμφωνα με μελέτη και μετρήσεις από το ΑΠΘ για τα βαρέα μέταλλα στην περιοχή που παλαιού λιμεναρχείου, όπου διαπίστωσαν πως τα PM10 έχουν μεγαλύτερα περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές του Βόλου , γεγονός που υποδηλώνει ότι επηρεάζονται περισσότερο από μεταλλουργικές δραστηριότητες ,δηλ. φορτοεκφόρτωση σκραπ.

Από το 2014 έως σήμερα σύμφωνα με τις μετρήσεις του ΟΛΒ/ΑΕ έχουν μειωθεί τα βαρέα μέταλλα ,διότι μειώθηκε η παραγωγή και οι φορτοεκφορτώσεις σκραπ .

Σύμφωνα με τους κατοίκους τις περιοχής οι περιβαλλοντικοί όροι δεν τηρούνται μέχρι και σήμερα καθώς πολλές φορτοεκφορτώσεις/μεταφορές με χύδην προϊόντα γίνετε χωρίς προστατευόμενο κάλυμμά ,δεν υπάρχει τακτική καθαριότητα και συνεχής διαβροχή του σκραπ.

Επιπλέον η μεταφορά και δημιουργία υποδομών στην τρίτη προβλήτα ,κυρίως για την φορτοεκφόρτωση σκραπ και σιτηρών ,θα έπρεπε να έχει υλοποιηθεί από το 2012 (με Αριθμό Απόφασης 420/2012 από τον τότε Δήμαρχο Βόλου),καθώς επιβάλλονταν και από τους περιβαλλοντικούς όρους λειτουργίας του λιμανιού ενώ το ελληνικό κράτος πληρώνει εκατομμύρια σε πρόστιμα από τη χαλυβουργική δραστηριότητα γενικότερα όταν δεν πληρούνται οι περιβαλλοντικοί όροι.

Τέλος , να επισημάνουμε πως οι περισσότερες πληροφορίες και επίσημα έγγραφα μας δόθηκαν από τον «Εξωραϊστικό Σύλλογο Παλαιού Λιμεναρχείου» , καθώς ο ΟΛΒ/ΑΕ μας αρνήθηκε κάθε πληροφορία και τις μετρήσεις PM10, PM2.5 αναλυτικά με την δικαιολογία πως είναι απόρρητο υλικό . Για αυτό τον λόγο δεν μπορούμε να έχουμε ένα ξεκάθαρο συμπέρασμα όσον αναφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση την χρονική περίοδο 2014-2019.

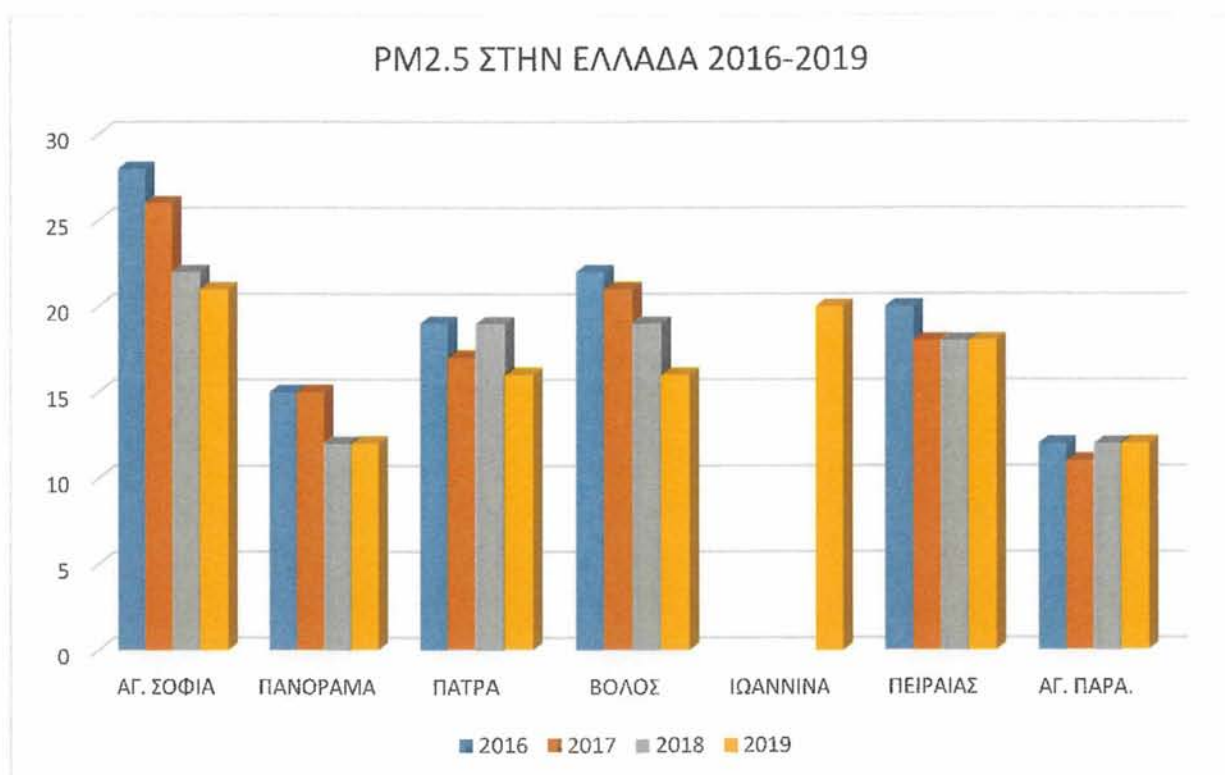
Κεφάλαιο 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο βασικός στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάλυση των μετρήσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον Βόλο και στις ευρύτερες περιοχές, καθώς και ο προσδιορισμός των πηγών ρύπανσης.

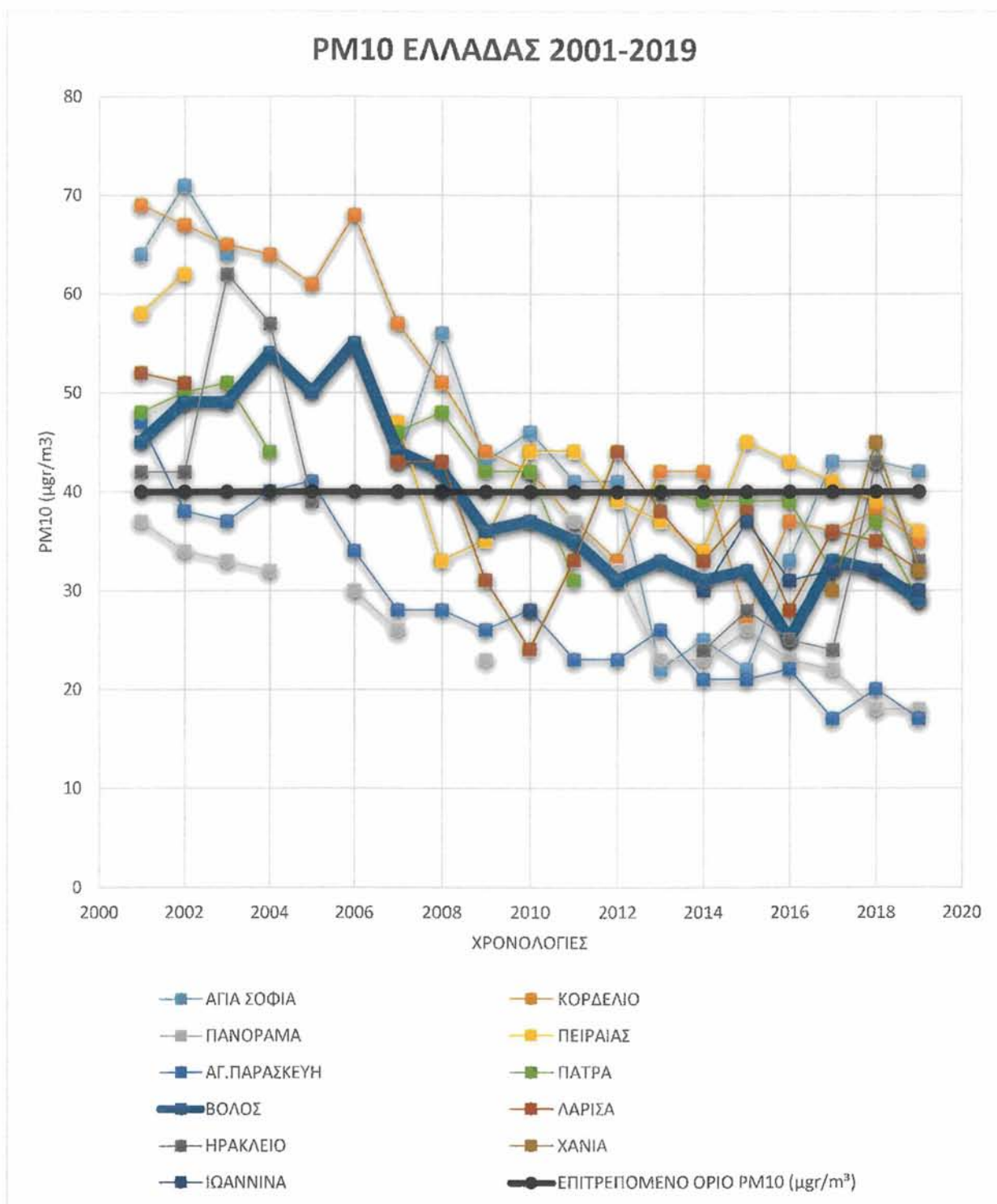
Από τα δεδομένα που συλλέξαμε καταλήξαμε στα εξής συμπεράσματα:

- Ο Βόλος σύμφωνα και με τα Σχήματα 7.1 & 7.2 κατέχει υψηλή θέση στις πόλεις τις Ελλάδας όπου έχουν συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων PM10 και PM2.5 σύμφωνα με το ΥΠΕΝ.

Στις συγκεκριμένες μετρήσεις παρατηρούμε πως στις τιμές ρύπανσης τα τελευταία χρόνια υπάρχει βελτίωση όπου είναι σύμφωνες με το ευρωπαϊκό πρότυπο «για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη».



Σχήμα 7.1 : PM2.5 Ελλάδας 2016-2019 σύμφωνα με ΥΠΕΝ



Σχήμα 7.2 : PM10Ελλάδας 2001-2019 σύμφωνα με ΥΠΕΝ

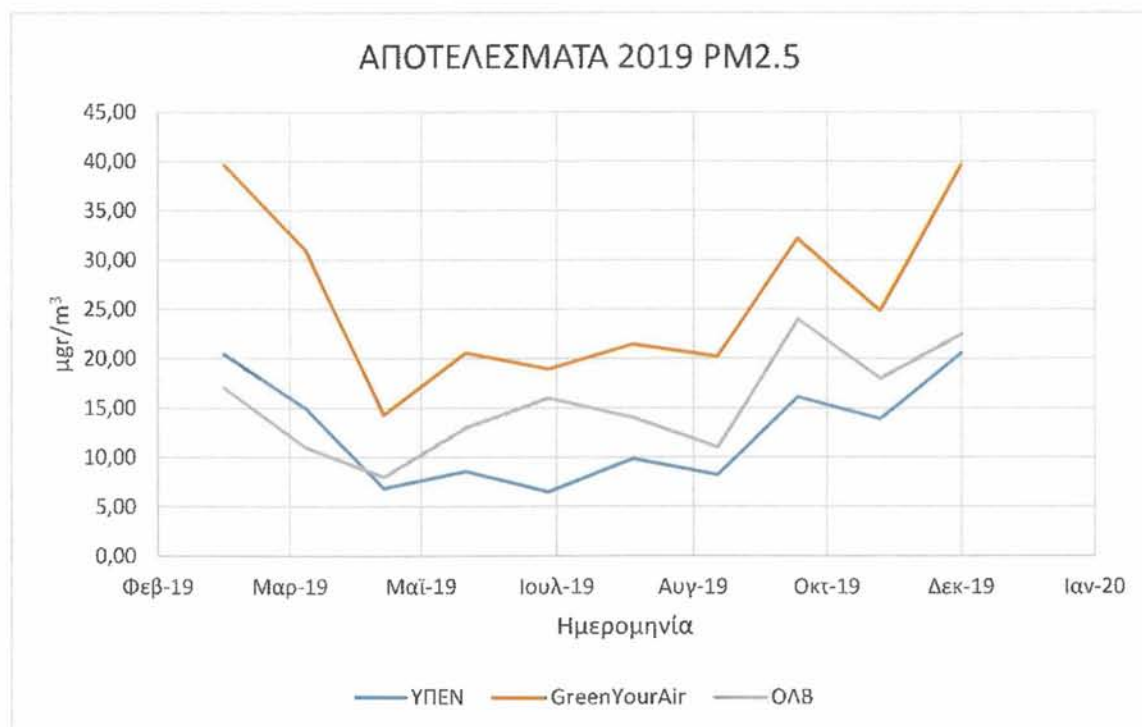
Πίνακας 7.1 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ PM2.5 ΥΠΕΝ-ΓΥΑ-ΟΛΒ

ΜΗΝΕΣ	ΥΠΕΝ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΜΗΝΑ(μgr/m ³)	
		GreenYourAir	ΟΛΒ
Μαρ-19	20.40	39.58	17
Απρ-19	14.93	30.96	11
Μαΐ-19	6.79	14.27	8
Ιουν-19	8.55	20.55	13
Ιουλ-19	6.48	18.93	16
Αυγ-19	9.82	21.44	14
Σεπ-19	8.17	20.17	11
Οκτ-19	16.07	32.12	24
Νοε-19	13.85	24.73	18
Δεκ-19	20.56	39.52	22.5
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	12.56	30.03	15.45

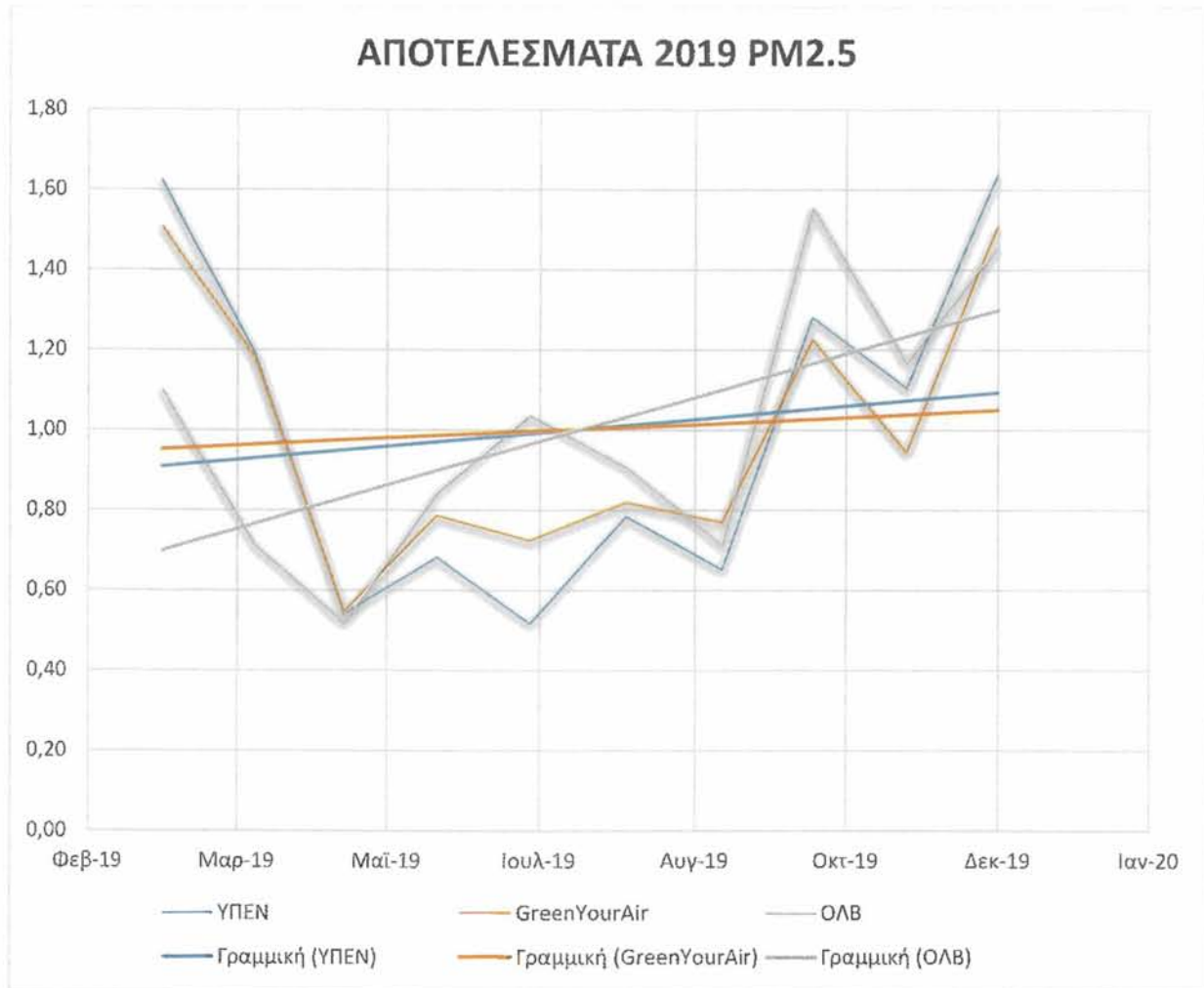
- Στον Πίνακα 7.1 απεικονίζονται οι μετρήσεις για Μάρτιο 2019-Δεκέμβριο 2019 και από τους τρεις οργανισμούς.

Παρατηρούμε πως οι μετρήσεις τις ερευνητικής ομάδας GreenYourAir είναι σχεδόν διπλάσιες από των υπόλοιπων δύο, καθώς και ο ετήσιος μέσος όρος ξεπερνάει το επιτρεπόμενο όριο των PM2.5 , τα 25 μgr/m³.

Οι μετρήσεις του ΟΛΒ είναι τους οκτώ από τους δέκα μήνες 20% αυξημένες από του ΥΠΕΝ λόγω της φορτοεκφόρτωσης των χύδην προϊόντων.



Σχήμα 7.3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ PM2.5 ΥΠΕΝ-ΓΥΑ-ΟΛΒ



Σχήμα 7.4: ΓΡΑΜΜΗ ΤΑΣΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ PM2.5 ΥΠΕΝ-GYA-ΟΛΒ

Στο Σχήμα 7.4 απεικονίζετε η γραμμή τάσης των δειγματοληψιών που πραγματοποιήθηκαν . Η γραμμή τάσης μας φανερώνει αν υπάρχει συσχέτιση και εξάρτηση ανάμεσα στα δεδομένα με συνάρτηση με τους μήνες και την μελλοντική πορεία των αποτελεσμάτων.

Όπως παρατηρούμε οι γραμμές τάσεις του GreenYourAir και του ΥΠΕΝ παρουσιάζουν μεγαλύτερη συσχέτιση μεταξύ των τιμών καθώς και μεγάλες διακυμάνσεις ανάμεσα στους μήνες ,όπου αυτό οφείλετε στις ανθρώπινες ανάγκες καύσεις λόγω θέρμανσης από την απότομη αλλαγή κλίματος και μετεωρολογικών φαινομένων εκείνης της περιόδου .

Σύμφωνα με τον Πίνακα 7.1 καθώς και το Σχήμα 7.4 θεωρούμε πως τα αποτελέσματα της ερευνητικής ομάδας GreenYourAir είναι αυτά που αντιπροσωπεύουν

σε ένα μεγάλο βαθμό την πόλη του Βόλου κατά την χρονική περίοδο Μάρτιος 2019- Δεκέμβριος 2020 ,διότι οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν από δώδεκα μετρητές και σε διάφορα σημεία της πόλης μας .

- Από τις κύριες πηγές ρύπανσής παραμένει ο ίδιος ο άνθρωπος. Οι καύσεις λόγω θέρμανσης, οι ανθρώπινες δραστηριότητες καθώς και η κίνηση παλαιών οχημάτων συμβάλουν σε αυτή την κατάσταση, όμως δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε τον ΟΛΒ και την βιομηχανική δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής (π.χ. Χαλυβουργία Ελλάδος, ΑΓΕΤ).

- Η Χαλυβουργία Ελλάδος Α.Ε. ευθύνεται σύμφωνα με την Περιφερειακή Ενότητα Μαγνησίας & Σποράδων για τις μεγάλες ποσότητες καπναερίου που διαφεύγουν και για την δυσοσμία που παρατηρείται στην ευρύτερη περιοχή της πόλης του Βόλου κατά τις βραδινές και τις πρωινές ώρες. Επιπλέον όπως υποχρεούνται, αυτής της κλίμακας βιομηχανίες, να παρουσιάζουν μετρήσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης από το ΥΠΕΝ συνεχώς κατά την λειτουργία τους, η εν λόγω βιομηχανία δεν έχει προσκομίσει έκθεση μέτρησης αέριων ρύπων μέχρι στιγμής γεγονός που εγείρει ερωτήματα.

- Ο ΟΛΒ ευθύνεται για την φορτοεκφόρτωση των χύδην προϊόντων (σκραπ) όπου σύμφωνα με τους κατοίκους της περιοχής οι περιβαλλοντικοί όροι δεν τηρούνται.

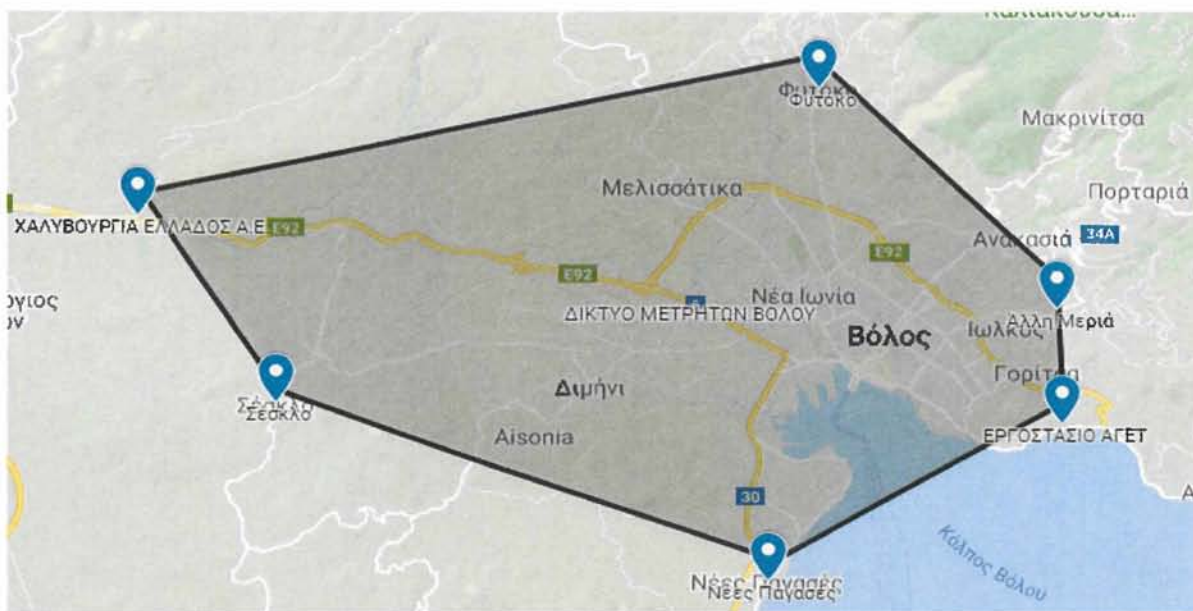
- Υπάρχουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου καθώς σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (European Environment Agency) έχουμε 12.900 χιλιάδες πρόωρους θανάτους αποδοτέους στα PM2.5, 2.200 χιλιάδες πρόωρους θανάτους από NO₂ και 640 πρόωρους θανάτους από O₃ για το έτος 2019 σε όλη την Ελλάδα.

Επιπλέον να επισημάνουμε πως οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων PM2.5 & PM10 συγκρίνονται με βάση τα ετήσια επιτρεπόμενα όρια της ελληνικής νομοθεσίας όπου είναι τα 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα PM2.5 και 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα PM10 . Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει οριοθετήσει τα 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα PM2.5 και 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα PM10.

Τέλος, για να εξαχθούν τα σωστά συμπεράσματα στο πρόβλημα της αέριας ρύπανσης θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί προσέγγιση από επιστήμονες που έχουν την κατάλληλη εξειδικευμένη επιστημονική και τεχνική κατάρτιση.

Από τα τρία διαφορετικά αποτελέσματα τιμών αιωρούμενων σωματιδίων PM2.5 που αναλύσαμε ,του ΥΠΕΝ, του ΟΛΒ και από την GreenYourAir, δεν μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα για το ποιες από τις μετρήσεις είναι ακριβέστερες, καθώς ο ΟΛΒ αρνήθηκε να μας δώσει οποιαδήποτε πληροφορία διότι θεωρεί πως είναι απόρρητες αλλά μπορούμε να θεωρήσουμε πιο αξιόπιστη μέτρηση της GreenYourAir λόγω ότι αποτελούνταν από δώδεκα μετρητές και όχι έναν όπως οι υπόλοιπες καθώς και κατείχαν πιο σύγχρονα όργανα μετρήσεων από τους υπόλοιπους οργανισμούς.

Να τονίσουμε πως οι στιγμιαίες μετρήσεις δεν μπορούν να εξαγάουν κανένα έγκυρο επιστημονικά συμπέρασμα για την ποιότητα του αέρα στην πόλη του Βόλου. Για να βγουν σωστά επιστημονικά συμπεράσματα πρέπει να γίνονται μετρήσεις σε ετήσια βάση ανά λεπτό, σε όλες τις περιοχές του Δήμου Βόλου και από ένα δίκτυο τουλάχιστον πενήντα μετρητών το οποίο πρέπει να είναι ικανό να καλύψει έκταση περίπου 90 km², όπως απεικονίζετε στην Εικόνα 7.1.



Εικόνα 7.1: Προτεινόμενο δίκτυο μετρητών στην περιοχή του Βόλου.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Εμμανουέλλα Ρεμουντάκη (2010) *Αέρας και ατμοσφαιρική ρύπανση*. Ελλάδα, Αθήνα [www.wwf.gr].
- [2] European Environment Agency (EEA) *Air quality in Europe — 2019 report No 10/2019*. [https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2019, ανακτήθηκε 21/10/2019].
- [3] PurpleAir, Δεδομένα μετρήσεων PM10, PM2.5 2020. [https://www2.purpleair.com]
- [4] ΟΛΒ, Γενικές πληροφορίες για το περιβάλλον και τον ΟΛΒ 2015-2019. [https://www.port-volos.gr]
- [5] Εξωραϊστικός Σύλλογος Παλαιού Λιμεναρχείου Βόλου, Όλα τα επίσημα έγγραφα σε ότι αναφορά το κεφάλαιο με την ρύπανση του ΟΛΒ/ΑΕ στην πόλη του Βόλου. 2005-2020
- [6] ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΥΠΕΚΑ) *Ετήσια Έκθεση Ποιότητας της Ατμόσφαιρας, 2018*, [http://www.ypeka.gr, ανακτήθηκε 5/2019]
- [7] Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο (ΕΕΣ), *Ειδική έκθεση αριθ. 23/2018: Ατμοσφαιρική ρύπανση: Η προστασία της υγείας μας παραμένει ανεπαρκής*. [https://www.eca.europa.eu, αναρτήθηκε 02/05/2019]
- [8] Σουμπέκας Δημήτριος, Σπυρίδης Παναγιώτης (2004) Μετρήσεις των σωματιδιακών ρύπων PM10 στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου Μαγνησίας, Διπλωματική, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- [9] Χρυσικού Λ., Αργυρόπουλος Γ., Φλαρούντζου Α., Τερζή Ε., Κούρας Α., Σοφωνίου Μ., Σαμαρά, Κ., Νικολάου Κ. και Βαβατζανίδης Α. (2005) "Αιωρούμενα σωματίδια PM2.5 και PM10 στην ατμόσφαιρα της Θεσσαλονίκης: Επίπεδα συγκεντρώσεων-Χημική σύσταση, Θεσσαλονίκη. [https://www.researchgate.net]
- [10] Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, Greece - Air pollution country fact sheet 2013-2017. [https://www.eea.europa.eu]
- [11] Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, "Οδηγία 2008/50/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 21ης Μαΐου 2008, για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη".
- [12] ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ, Άριθμ. Η.Π. 14122/549/Ε.103 Μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2008/50/ΕΚ «για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 21ης Μαΐου 2008'.
- [13] Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης (Ε.Κ.Π.Α.Α.) ,Ποιότητα Ατμόσφαιρας 2018. [www.ekpa.ypeka.gr]
- [14] Statista-Global data platform ,[https://www.statista.com/]
- [15] Konstantinos P. Moustiris, George T. Proias, Ioanna K. Larissi, Panagiotis T. Nastos, Konstantinos V. Koukouletsos & Athanasios G. Paliatsos(2015), " Health impacts due to particulate air pollution in Volos City, Greece".
- [16] The newspaper.gr, (28 Αυγούστου 2019)"Επιστολή Κολυνδρίνη στους βουλευτές για τη δυσσομία στον Βόλο – «Δείχνει» Χαλυβουργία και ΑΓΕΤ", [https://www.thenewspaper.gr/]
- [17] Ρεπορτάζ δημοσιογράφου Τάσου Τέλλογλου (11 Φεβρουαρίου 2020) στην εκπομπή «Special Report» με θέμα «Η ατμοσφαιρική ρύπανση στο Βόλο»

- [18] Frank Raes, Rita van Dingenen, Elisabetta Vignani, Julian Wilson, Jean Phillippe Putaud, John S. Seinfeld, Peter Adams, "Formation and cycling of aerosols in the global troposphere", *Atmospheric Environment*, 34(2000): 4215-4240
- [19] Chow Judith C. (1995), "Measurement methods to determine compliance with ambient air quality standards for suspended particles", *J. Air & Waste Management Assoc.*, 45,3/1995 :320-382.
- [20] Environmental Protection Agency's (EPA) Office of Reaserch and Development (ORD), "Air Quality Criteria for Particulate matter", (EPA/600/P-95/001aF-cF), Federal Register 61(89): 20522, 5/7/96
- [21] Wark K., Warher C.F., Davis W.T., "Air pollution: its origin and control", Addison Weslwy Longman, 1998.
- [22] Dr Paterson Kurt (1995), "CE352 Air Particulate Laboratory: Analysis of second hand smoke, Types of Air Particulate, Representatives sizes of air particulate" http://www.bic.ac.civil.mtu.edu/public_html/classes/cd352/labs/particulates.html First prototype Internet Laboratory of the MTU Environment Course Ware Series
- [23] Natural Resources Defense Council, "Danger in the Air: Thousands of early deaths could be averted with cleaner air standard" (Based on BREATH- TAKING: Premature Mortality Due to Particulate Air Pollution in 239 American Cities, a May 1996 report by the Natural Resources Defense Council), <http://www.nrdc.org/find/aibresum.html>
- [24] Berico M, Luciani A., Formignani M., "Atmospheric aerosol in an urban area- Measurements of TSP and PM10 standards and pulmonary deposition assessments, *Atmospheric Environment*, 31(1997): 3659- 3665.
- [25] Hartier Kevin L. and Weitz Mark A.(1998), "A comparison of filter types in the collection and gravimetric determination of airborne particulate matter less than 2,5 microns (PM2,5)", *J Air & Waste Management Association*, Vol. 48, Dec.1998 :1199-1203.
- [26] Merrifield Tom M., Anderson Graseby , "Fine particulate matter (PM2,5)-The new challenge", *Environmental Manager*, April 1997 :35-36.
- [27] Ruprecht & Patashnick Co.Inc(1996), "OPERATING MANUAL: PARTISOL MODEL 2000 AIR SAMPLER", Revision A, May 1996
- [28] Paterson K., "CE352 Air Particulate Laboratory: Analysis of Second Hand Smoke, Types of Air Particulate, Representative Sizes of Air Particulate", First Prototype Internet Laboratory of the MTU Environment Course Ware Series, 1995. http://www.bic.ac.civil.mtu.edu/public_html/classes/cd352/labs/particulates
- [29] <http://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/aeqg/ch5.pdf>
- [30] Kulkarni, P. Baron, P. Willeke, K. (2011). *Aerosol Measurement. Principles, Techniques and Applications*, Willey J.
- [31] Jaklevic, J.M. Gatti, R.C. Goulding, F.S. Loo, B.W. (1981). A beta-gauge method applied to aerosol samples, *Environmental Science and Technology*, 15, 680-686.
- [32] Watson, J.G. Chow, J.C. Chen, L.-W.A. Kohl, S.D. Casuccio, G. S. Lersch, T.L. Langston, R. (2012). Elemental and morphological analyses of filter tape deposits from a beta attenuation monitor, *Atmospheric Research*, 106, 181-189.
- [33] Thomas W.Kirchstetter (March 2001), "*Laboratory and field investigation of the adsorption of gaseous organic compounds onto quartz filters*".
- [34] Watson, J.G. and Chow, J.C. (2011). *Ambient Aerosol Sampling, In Aerosol Measurement: Principles, Techniques and Applications, Third Edition, 3, Kulkarni, P.,*

Baron, P.A. and Willeke, K. (Eds.), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, p. 591–614.

[35] Ερευνητική ομάδα του GreenYourAir [<http://greenyourair.org/>]