



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

ΜΠΣ: Διαχείριση Αποβλήτων

Διπλωματική Εργασία

Επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων στην πόλη της Λάρισας και
μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης

Μαρία Μπεκιάρη

Επιβλέπων καθηγητής: Δημήτριος Παπαναστασίου

Λάρισα, Σεπτέμβριος, 2021

© Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2021

Η παρούσα Εργασία καθώς και τα αποτελέσματα αυτής, αποτελούν συνιδιοκτησία του ΕΑΠ και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης, αναπαραγωγής και αναδιανομής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα της Εργασίας καθώς και το όνομα του ΕΑΠ όπου εκπονήθηκε.



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

ΜΠΣ: Διαχείριση Αποβλήτων

Επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων στην πόλη της Λάρισας και
μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης

Μαρία Μπεκιάρη

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Δημήτριος Παπαναστασίου

Μέλος ΣΕΠ ΑΕΠ

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Αναστασία Πούπκου

Μέλος ΣΕΠ ΕΑΠ

Λάρισα, Σεπτέμβριος 2021

«Στη Δάφνη μου...»

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων στην πόλη της Λάρισας και μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης» πραγματοποιήθηκε στη σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου στα πλαίσια του προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διαχείριση Αποβλήτων».

Το θεωρητικό μέρος της εργασίας βασίστηκε στις βιβλιογραφικές αναζητήσεις και επιστημονικές μελέτες για την σωματιδιακή ρύπανσης και το φαινόμενο της αιθαλομίχλης.

Το πειραματικό μέρος της μελέτης στηρίζεται στη επεξεργασία των δεδομένων στοιχείων που αφορούν την μεταβολή των PM_{10} στην ατμόσφαιρα το χρονικό διάστημα 2007-2019. Επίσης, στηρίζεται στην ανάλυση των τιμών των PM_{10} της χειμερινής περιόδου το χρονικό διάστημα 2016-2019 με στόχο την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα.

Περίληψη

Η ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλείται από αιωρούμενα σωματίδια θεωρείται ένα από τα σοβαρότερα περιβαλλοντικά προβλήματα της τελευταίας δεκαετίας. Οι εκπομπές των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα προέρχονται από φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές. Στις φυσικές πηγές συμπεριλαμβάνεται η ηφαιστειακή δραστηριότητα, η πυρκαγιά κ.α. ενώ στις ανθρωπογενείς συγκαταλέγεται η κυκλοφορία των οχημάτων, η θέρμανση κ.α. Η οικονομική κρίση που βιώνει η Ελλάδα από το 2009 και η μεγάλη αύξηση των τιμών του πετρελαίου θέρμανσης, λόγω της υψηλότερης φορολόγησης, οδήγησε κυρίως τα ευάλωτα νοικοκυριά σε σε εναλλακτικούς τρόπους θέρμανσης.. Η πτώση της θερμοκρασίας που καταγράφεται από τον Νοέμβριο έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ποσότητας της βιομάζας σε τζάκια και σόμπες ευνοώντας τον σχηματισμό της αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα τις βραδινές ώρες.

Τα στοιχεία που λήφθηκαν υπόψη για την ανάλυση του πειραματικού μέρους αντλήθηκαν από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (Υ.Π.ΕΝ.), το Τμήμα της Διεύθυνση Περιβάλλοντος της Περιφέρειας Θεσσαλίας καθώς επίσης και από ευρήματα άλλων μελετών και επιστημονικών άρθρων και πηγές του διαδικτύου. Για τους υπολογισμούς των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε υπολογιστικό πρόγραμμα excel, πίνακες και διαγράμματα.

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει την διακύμανση των επιπέδων συγκέντρωσης των PM_{10} και το σχηματισμό του φαινομένου της αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα.

Ειδικότερα, στο πρώτο στάδιο εξετάζονται οι τιμές των συγκεντρώσεων των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για την πόλη της Λάρισας τη χρονική περίοδο 2007-2019. Τα αποτελέσματα αναλύονται σε ετήσια, μηνιαία, εβδομαδιαία και ημερήσια βάση. Από την ανάλυση των τιμών σχολιάζεται η μεταβολή των επιπέδων της συγκέντρωσης των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τη εξεταζόμενη χρονική περίοδο.

Στο δεύτερο στάδιο παρουσιάζονται οι ωριαίες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων συγκριτικά με τις θερμοκρασίες και τα καιρικά φαινόμενα που κατεγράφησαν στη Λάρισα τη χειμερινή περίοδο στη 2016-2019. Οι χαμηλές θερμοκρασίες και τα έντονα καιρικά φαινόμενα που σημειώθηκαν στην περιοχή είχαν ως αποτέλεσμα την αυξημένη κατανάλωση ποσότητας καύσιμων υλικών στους διάφορους τύπους θέρμανσης ευνοώντας

τον σχηματισμό της αιθαλομίχλης ιδιαίτερα τις νυχτερινές ώρες μετατρέποντας την ατμόσφαιρα σε αποπνικτική.

Λέξεις – Κλειδιά

Ατμοσφαιρική ρύπανση, αιωρούμενα σωματίδια PM_{10} , αιθαλομίχλη, οικονομική κρίση, Λάρισα



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

ΜΠΣ: Διαχείριση Αποβλήτων

Particulate matter levels in the city of Larissa, Greece, and study of
smog phenomenon

Maria Bekiari

Abstract

Air pollution caused by particulate matter is considered one of the most serious environmental problems of the last decade. Particulate matter emissions into the atmosphere come from natural and man-made sources. Natural sources include volcanic activity, fire, etc., while man-made ones include vehicle traffic, heating, etc. The economic crisis that Greece has been experiencing since 2009 and the large increase in heating oil prices, due to the very high taxation, led mainly vulnerable households to alternative ways of heating. The drop in temperature recorded since November has resulted in an increase in the amount of biomass in fireplaces and stoves favoring the formation of smog in the atmosphere in the evening hours.

The data taken into account for the analysis of the experimental part were drawn from the Ministry of Environment and Energy (Y.P.EN.), the Department of the Directorate of Environment of the Region of Thessaly as well as from findings of other studies and scientific articles and internet sources. Excel, tables and diagrams were used for the data calculations.

The present dissertation presents the variation in the concentration levels of PM₁₀ and the formation of smog in the atmosphere.

In particular, the first stage examines the values of PM₁₀ concentrations in the atmosphere for the city of Larissa during the period 2007-2019. The results are analyzed on an annual, monthly, weekly and daily basis. The analysis of the values shall comment on the change in the levels of the concentration of PM₁₀ in the atmosphere for the period under consideration.

The second stage presents the hourly values of suspended particles compared to the temperatures and weather phenomena recorded in Larissa during the winter season in 2016-2019. The low temperatures and the intense weather phenomena that occurred in the area resulted in the increased consumption of the amount of combustible materials in the various types of heating favoring the formation of smog especially at night, turning the atmosphere into suffocating.

Keywords

Air pollution, particulate matter PM₁₀, smog phenomenon, economic crisis, Larissa

Κατάλογος Περιεχομένων

Περιεχόμενα

Πρόλογος	v
Περίληψη	vi
Abstract	ix
Κατάλογος Διαγραμμάτων	xii
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	xvi
1 Αιωρούμενα σωματίδια	3
1.1 Βασικές έννοιες	3
1.2 Αιωρούμενα σωματίδια	4
1.2.1 Φυσικοχημικές ιδιότητες αιωρούμενων σωματιδίων.....	4
1.3 Ταξινόμηση αιωρούμενων σωματιδίων	5
1.3.1 Ταξινόμηση αιωρούμενων σωματιδίων με κριτήριο το μέγεθος.....	6
1.3.2 Ταξινόμηση αιωρούμενων σωματιδίων με κριτήριο τον τρόπο σχηματισμού.....	6
1.3.3 Ταξινόμηση αιωρούμενων σωματιδίων με κριτήριο την πηγή προέλευσης... ..	7
1.4 Μετεωρολογικές παράμετροι	7
1.4.1 Σχετική υγρασία	8
1.4.2 Ένταση του ανέμου	8
1.4.3 Ηλιακή ακτινοβολία	8
1.4.4 Θερμοκρασία του αέρα	8
1.5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	9
1.6 Επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό	9
2 Αιθαλομίχλη	11
2.1 Έννοια της αιθαλομίχλης.....	11
2.2 Ιστορική αναδρομή.....	11
2.3 Παράγοντες εμφάνισης της αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα	12
2.4 Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων από συσκευές θέρμανσης	12
3 Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της αιθαλομίχλης	14
3.1 Επιπτώσεις στην κοινωνία και στη δημόσια υγεία.....	14
3.2 Οικονομικές επιπτώσεις	17
4 Ατμοσφαιρική ρύπανση και αιθαλομίχλη στις ελληνικές αστικές περιοχές	18
4.1 Ατμοσφαιρική ρύπανση σε ελληνικές αστικές περιοχές.....	18
4.2 Αιθαλομίχλη σε ελληνικές αστικές περιοχές.....	21
5 Γεωγραφικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά της Λάρισας	25
5.1 Τοπογραφικά χαρακτηριστικά της Λάρισας	25
5.2 Κλιματολογικά δεδομένα	25
5.3 Σταθμός μέτρησης Λάρισας	28
5.4 Δεδομένα ρύπανσης.....	29
6 Πειραματική διαδικασία - Ανάλυση δεδομένων	31
6.1 Ταξινόμηση πηγών προέλευσης PM ₁₀ σε Λάρισα	31
6.2 Μελέτη διακύμανσης σωματιδιακής ρύπανσης για την περίοδο 2007-2019	32
6.3 Μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης	39
7 Συγκριτικά αποτελέσματα με άλλων ελληνικών πόλεων	94

7.1	Συγκριτικά αποτελέσματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης	94
7.2	Συγκριτικά αποτελέσματα αιθαλομίχλης	96
8	Προτάσεις μέτρων αντιμετώπισης ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της αιθαλομίχλης 100	
	Συμπεράσματα	102
	Βιβλιογραφία:.....	106

Κατάλογος Διαγραμμάτων

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 1 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΡΩΩΡΩΝ ΘΑΝΑΤΩΝ	16
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 2 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΥΠΕΡΒΑΣΗΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ...	16
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 3 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	26
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 4 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ	27
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 5 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ %	28
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 6 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ PM ₁₀	33
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 7 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ PM ₁₀	35
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 8 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΜΕΣΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ PM ₁₀	37
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 9 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΜΕΣΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ PM ₁₀	38
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 10 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2016	41
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 11 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2016	43
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 12 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΑΡΤΙΟΣ 2016	45
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 13 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2016	47
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 14 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2016	49
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 15 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2016	51
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 16 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2017	53
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 17 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2017	55
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 18 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΑΡΤΙΟΣ 2017	57
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 19 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2017	59
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 20 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2017	61
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 21 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2017	63
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 22 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2018	65
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 23 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2018	68
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 24 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΑΡΤΙΟΣ 2018	70

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 25 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2018.....	72
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 26 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2018.....	74
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 27 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2018.....	76
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 28 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2019.....	78
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 29 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2019.....	80
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 30 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΑΡΤΙΟΣ 2019.....	82
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 31 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2019.....	84
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 32 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019.....	86
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 33 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2019.....	88

Κατάλογος Πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΟΥ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΤΥΠΟΥ ΣΥΣΚΕΥΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ..	13
ΠΙΝΑΚΑΣ 2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ, ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.....	25
ΠΙΝΑΚΑΣ 3 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ	26
ΠΙΝΑΚΑΣ 4 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ %	27
ΠΙΝΑΚΑΣ 5 ΘΕΣΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ	29
ΠΙΝΑΚΑΣ 6 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	29
ΠΙΝΑΚΑΣ 7 ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΣΤΟΛΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΛΑΡΙΣΑΣ (ΕΛΣΤΑΤ, 2020).....	31
ΠΙΝΑΚΑΣ 8 ΌΡΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 (ΟΔΗΓΙΑ 2008/50/ΕΚ) ...	33
ΠΙΝΑΚΑΣ 9 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.....	36
ΠΙΝΑΚΑΣ 10 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ PM10 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2016.....	40
ΠΙΝΑΚΑΣ 11 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2016	42
ΠΙΝΑΚΑΣ 12 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ PM10 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2016	43
ΠΙΝΑΚΑΣ 13 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2016	44
ΠΙΝΑΚΑΣ 14 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΜΑΡΤΙΟΣ 2016 ...	45
ΠΙΝΑΚΑΣ 15 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΜΑΡΤΙΟΣ 2016	46
ΠΙΝΑΚΑΣ 16 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2016	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 17 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2016	48
ΠΙΝΑΚΑΣ 18 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2016	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 19 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2016.....	50
ΠΙΝΑΚΑΣ 20 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2016	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 21 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2016.....	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 22 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2017	53
ΠΙΝΑΚΑΣ 23 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2017	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 24 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2016.....	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 25 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2017	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 26 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΜΑΡΤΙΟΣ 2017 ...	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 27 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΜΑΡΤΙΟΣ 2017	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 28 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2017	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 29 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2017	60
ΠΙΝΑΚΑΣ 30 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2017	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 31 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2017.....	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 32 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2017	63

ΠΙΝΑΚΑΣ 33 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2017.....	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 34 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2018	65
ΠΙΝΑΚΑΣ 35 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2018	66
ΠΙΝΑΚΑΣ 36 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2018.....	67
ΠΙΝΑΚΑΣ 37 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2018	69
ΠΙΝΑΚΑΣ 38 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΜΑΡΤΙΟΣ 2018 ...	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 39 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΜΑΡΤΙΟΣ 2018	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 40 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2018	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 41 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2018	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 42 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2018	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 43 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2018.....	75
ΠΙΝΑΚΑΣ 44 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2018	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 45 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2018.....	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 46 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2019	78
ΠΙΝΑΚΑΣ 47 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2019	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 48 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2019.....	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 49 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2019	81
ΠΙΝΑΚΑΣ 50 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΜΑΡΤΙΟΣ 2019 ...	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 51 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΜΑΡΤΙΟΣ 2019	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 52 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2019	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 53 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2019	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 54 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 55 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019.....	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 56 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ PM10 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2019	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 57 ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2019.....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 58 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ PM10 MG/M3 ΑΝΑ ΕΤΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ	94

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

CO	Μονοξείδιο του άνθρακα
NO _x	Υποξείδιο του αζώτου
SO ₂	Διοξείδιο του θείου
O ₃	Όζον
PM ₁₀	Αιωρούμενα σωματίδια ($D \leq 10 \mu\text{m}$)
PM _{2.5}	Αιωρούμενα σωματίδια ($D < 2.5 \mu\text{m}$)
Υ.Π.ΕΝ.	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
ΠΟΥ	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

Εισαγωγή

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι η διαχρονική μεταβολή των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα στη περιοχή της Λάρισας.

Τα δεδομένα στοιχεία των αιωρούμενων σωματιδίων συλλέχθηκαν από το Τμήμα Διεύθυνσης Περιβάλλοντος της Περιφέρειας Θεσσαλίας και από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (Υ.Π.ΕΝ.)

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από δυο μέρη, το θεωρητικό και το πειραματικό μέρος.

Το θεωρητικό μέρος συνολικά αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο αποδίδεται ο όρος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αναλύονται τα χαρακτηριστικά στοιχεία των PM_{10} οι παράγοντες σχηματισμού, οι πηγές εκπομπής των PM_{10} και οι σημαντικές επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται το φαινόμενο της αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα, τους παράγοντες που ευνοούν τον σχηματισμό της αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα και τις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις του.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται οι κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις που επιφέρουν τόσο η σωματιδιακή ρύπανση όσο και ο σχηματισμός της αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα.

Το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει τεκμηριωμένα αποτελέσματα μελετών για τη διακύμανση των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των PM_{10} τον σχηματισμό της αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα σε άλλες ελληνικές αστικές περιοχές. Τα ευρήματα των μελετών χρησιμεύουν για τη σύγκριση με τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφονται τα γεωγραφικά και τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Στη συνέχεια ακολουθεί το πειραματικό μέρος το οποίο χωρίζεται σε δυο επί μέρους κεφάλαια.

Στο πρώτο μέρος του έκτου κεφαλαίου παρουσιάζονται η χρονική διακύμανση της σωματιδιακής ρύπανσης στη πόλη της Λάρισας το διάστημα 2007-2019. Επίσης, παρουσιάζονται τα επίπεδα των μέσων ετήσιων, μηνιαίων και εποχικών (χειμερινό –

θερινό εξάμηνο) διακυμάνσεων των αιωρούμενων σωματιδίων, για το αναφερόμενο χρονικό διάστημα.

Στη συνέχεια, στο δεύτερο μέρος του ίδιου κεφαλαίου της εξετάζονται οι τιμές της ωριαίας συγκέντρωσης των PM_{10} κατά την χειμερινή περίοδο για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα την περίοδο 2016-2019. Για την πραγματοποίηση της ανάλυσης των τιμών λήφθηκαν υπόψη τα μετεωρολογικά δεδομένα που επικρατούσαν στην πόλη.

Τέλος, παρουσιάζονται συνοπτικά τα συμπεράσματα της παρούσης εργασίας.

1 Αιωρούμενα σωματίδια

1.1 Βασικές έννοιες

Η αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης τα τελευταία χρόνια θεωρείται ένα από σημαντικότερα προβλήματα του πλανήτη.

Ως ατμοσφαιρική ρύπανση νοείται η παρουσία των ρύπων στην ατμόσφαιρα κάθε είδους ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας, σε ποσότητα, συγκέντρωση ή χρόνο παραμονής που έχουν την ικανότητα να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα, είτε σε βραχυπρόθεσμο είτε σε μακροπρόθεσμο χρόνο (Ζάνης, 2014). Κατά μια έννοια, είναι η προσθήκη οποιασδήποτε ουσίας (μοριακής ή σωματιδιακής φύσης) στην ατμόσφαιρα, που έχει ως αποτέλεσμα τη δηλητηρίαση της ζωής πάνω στον πλανήτη (Vrijheid et al, 2012). Η ποσοτική και ποιοτική μεταβολής της σύστασης του αέρα εκτός από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις επιφέρει και άμεσες συνέπειες στη δημόσια υγεία (Spyridi et al, 2014).

Ατμοσφαιρικοί ρύποι χαρακτηρίζονται όλα τα είδη των υλικών όπου εσκεμμένα ή μέσω μιας φυσικής διαδικασίας εισέρχονται στην ατμόσφαιρα (Γεντεκάκης, 2003). Οι σημαντικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα υποξείδια του αζώτου (NO_x), το διοξείδιο του θείου (SO₂), το όζον (O₃) και τα αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀, PM_{2.5}).

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στους πρωτογενείς ρύπους οι οποίοι και εκλύονται στην ατμόσφαιρα κυρίως από την ανθρώπινη δραστηριότητα με χαρακτηριστικά παραδείγματα τις βιομηχανίες, τα αυτοκίνητα, τη θέρμανση κ.ά. και στους δευτερογενείς ρύπους οι οποίοι σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα μέσα από μια σειρά χημικών αντιδράσεων μεταξύ των πρωτογενών ρύπων (Βαλκάνας, 1992). Οι πολύπλοκες χημικές αντιδράσεις μεταξύ των οξειδίων του αζώτου, του οξυγόνου και των υδρογονανθράκων, σε συνδυασμό με την επίδραση του ηλιακού φωτός, σχηματίζουν δευτερογενείς ρύπους όπως το όζον, οι αλδεΐδες, οι κετόνες κ.ά. (Riedl & Diaz-Sanchez, 2005). Η χημική σύσταση των δευτερογενών ρύπων είναι συνήθως πολύπλοκη και εξαρτάται από τη συγκέντρωση άλλων ρύπων στην ατμόσφαιρα στην εν λόγω περιοχή (Γεντεκάκης, 2010).

Οι ρύποι βρίσκονται στην ατμόσφαιρα είτε σε αέρια κατάσταση (αερίων ή ατμών) είτε σε στερεή ή υγρή κατάσταση (αιωρούμενα σωματίδια ή σταγονίδια). Αντίστοιχα, ονομάζονται αέριοι ή σωματιδιακοί ρύποι (Seinfeld & Pandis, 1998). Έχει παρατηρηθεί ότι τα αερολύματα θεωρούνται ως ένας από τους σημαντικότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους λόγω των αρνητικών επιδράσεων του στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία. Συνεπώς, η μέτρηση των επιπέδων συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων προσφέρουν πληροφορίες για την ποιότητα του αέρα των αστικών πόλεων.

1.2 Αιωρούμενα σωματίδια

Αιωρούμενα σωματίδια ή αεροζόλ ή αεροκολλοειδή συστήματα ή συστήματα διασποράς είναι κάποιοι από τους ενδεικτικούς ορισμούς που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν το μίγμα των στερεών και υγρών σωματιδίων που βρίσκονται στον αέρα (James, 1995). Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι μικροσκοπικά υγρά και στερεά σωματίδια π.χ. σκόνη, σωματίδια του άνθρακα, γύρη, τα άλατα της θάλασσας και οι μικροοργανισμοί που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα (Seinfeld & Pandis, 2006). Ταυτόχρονα, τα αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να είναι πολλών ειδών όπως επαναιωρούμενα σωματίδια του εδάφους, καπνός από παραγωγή ενέργειας, φωτοχημικής σχηματιζόμενα σωματίδια, μόρια αλατιού προερχόμενα από σταγονίδια της θάλασσας και σταγόνες νερού ή σωματίδια πάγου που βρίσκονται στα σύννεφα (Boubel et al, 1994). Τα κυριότερα προβλήματα που προκαλεί στο περιβάλλον είναι σύννεφα σκόνης, καπνός, ομίχλη, και νέφη αιθαλομίχλης. Επίσης, προκαλούν και επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό όταν τα άτομα βρίσκονται εκτεθειμένα στις υψηλές συγκεντρώσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα (Baron et al, 2005).

Η χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων αποτελείται από τα από τις παρακάτω βασικές κατηγορίες συστατικών (Λαζαρίδης, 2005): Θεϊκά, νιτρικά, αμμωνιακά, χλωριόντα, γεωργικά υλικά, στοιχειακό άνθρακα, οργανικό άνθρακα, βιολογικά υλικά, μέταλλα και ισχυρά οξέα.

1.2.1 Φυσικοχημικές ιδιότητες αιωρούμενων σωματιδίων

Οι φυσικές ιδιότητες των αιωρούμενων σωματιδίων είναι συνάρτηση του μεγέθους τους. Οι παράμετροι από τους οποίους εξαρτώνται οι φυσικές ιδιότητες είναι το μέγεθος των σωματιδίων, η ταχύτητα πτώσης, η προσρόφηση και η οπτική συμπεριφορά. Αναλυτικότερα, η ταχύτητα πτώσης αφορά σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη από την

ελεύθερη διαδρομή των αερίων. Τα σωματίδια με διάμετρο $>10\ \mu\text{m}$ έχουν σημαντική ταχύτητα πτώσης σε σταθερές ατμοσφαιρικές συνθήκες (ξηρή απόθεση), ενώ σωματίδια με $<10\ \mu\text{m}$ έχουν μικρή ταχύτητα πτώσης με αποτέλεσμα να παραμένουν στην ατμόσφαιρα για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η μεγάλη επιφάνεια ενισχύει την προσρόφηση των μορίων από την αέρια φάση και ιδίως για συστατικά με χαμηλή πτητικότητα. Συνεπώς, μέταλλα που εξατμίζονται από ηφαιστειακές ή βιολογικές διεργασίες καταλήγουν στα αερολύματα. Οι ημιπηπτικές οργανικές ενώσεις προσροφώνται στα αιωρούμενα σωματίδια και η προσρόφηση τοξικών ουσιών αυξάνει την επικινδυνότητά τους.

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι η βασική αιτία για την μείωση της ορατότητας σε πολλές περιοχές. Όταν το φως προσπίπτει στα σωματίδια λαμβάνουν χώρα δυο διαφορετικά φαινόμενα: σκεδασμός, δηλ. η επανεκπομπή του φωτός προς όλες τις κατευθύνσεις και απορρόφηση με μετατροπή της απορροφούμενης ενέργειας σε θερμότητα ή χημική ενέργεια (Malm, 1999). Τα δυο αναφερόμενα φαινόμενα εκφράζονται με το δείκτη διάθλασης. Ο σκεδασμός και η απορρόφηση εξαρτώνται κυρίως από τη σύσταση, τη συγκέντρωση και το μέγεθος των σωματιδίων. Η μεγάλη μείωση της ορατότητας οφείλεται στο σκεδασμό του φωτός από σωματίδια μεγέθους στη περιοχή του ορατού φωτός 400-800 nm (Colls, 2002).

Η χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων αποτελείται από ανόργανα και οργανικά υλικά όπως θειικά, νιτρικά, αμμώνιο, θαλασσινό αλάτι, υδρογόνο και νερό.

Οι χημικές ιδιότητες των αιωρούμενων σωματιδίων εξαρτώνται από τη στοιχειακή σύσταση, τα ανόργανα ιόντα και τις ανθρακικές χημικές ενώσεις.

1.3 Ταξινόμηση αιωρούμενων σωματιδίων

Τα αιωρούμενα σωματίδια ταξινομούνται με κριτήριο το μέγεθος τους, τον τρόπο σχηματισμού τους και την πηγή προέλευσής τους.

1.3.1 Ταξινόμηση αιωρούμενων σωματιδίων με κριτήριο το μέγεθος

Τα αιωρούμενα σωματίδια που ταξινομούνται με κριτήριο το μέγεθος τους διακρίνονται σε χονδρόκοκκα (διάμετρο μεγαλύτερη ή ίση περίπου 2.5 μm) και λεπτόκοκκα σωματίδια (διάμετρο μικρότερη ή ίση περίπου 2.5 μm).

Στα λεπτόκοκκα σωματίδια περιλαμβάνεται ο μεγαλύτερος από τον συνολικό αριθμό των σωματιδίων και ένα μέρος από την μάζα μπορεί να ταξινομηθεί σε δυο κατηγορίες. Η μία κατηγορία είναι η accumulation στην οποία περιλαμβάνονται σωματίδια διαμέτρου από 0.08 έως 1-2 μm και η άλλη κατηγορία είναι η nucleation στην οποία περιλαμβάνονται σωματίδια διαμέτρου μικρότερη των 0.08 μm (Jacobson, 2002).

Τα χονδρόκοκκα σωματίδια δημιουργούνται κυρίως από τις μηχανικές διεργασίες όπως η τριβή και η διάβρωση. Εξαιτίας των αναφερόμενων διεργασιών έχουν μεγάλο μέγεθος και αιωρούνται την ατμόσφαιρα μέσω της εναπόθεσης (Finlaysson- Pitts and Pitts, 1996).

1.3.2 Ταξινόμηση αιωρούμενων σωματιδίων με κριτήριο τον τρόπο σχηματισμού

Τα αιωρούμενα σωματίδια ταξινομούνται με βάση τον τρόπο σχηματισμού τους σε πρωτογενή και δευτερογενή σωματίδια.

Στα πρωτογενή σωματίδια περιλαμβάνονται εκείνα που εκπέμπονται άμεσα από αναγνωρισμένες πηγές. Ειδικότερα, ανήκουν και τα αιωρούμενα σωματίδια που προέρχονται από τη θραύση μεγαλύτερων μαζών και την επαναιώρηση των θραυσμάτων στον αέρα. Η αναφερόμενη μάζα αποτελείται από σωματίδια μεγέθους μεγαλύτερου από 0.1 μm . Εξαιτίας του μεγάλου μεγέθους τους τα σωματίδια αυτά δεν έχουν την ικανότητα να συσσωματωθούν μεταξύ τους αλλά μπορούν να αναμιχθούν με άλλα ατμοσφαιρικά συστατικά μέσω της διαδικασίας μεταφοράς μάζας στην αέρια φάση. Αντιθέτως, πρωτογενή σωματίδια του στοιχειακού άνθρακα τα οποία δημιουργούνται από τις διαδικασίες καύσης έχουν την δυνατότητα της γρήγορης συσσωμάτωσης για τον σχηματισμό μεγαλύτερων μαζών (Colls, 2002).

Στα δευτερογενή σωματίδια ανήκουν εκείνα που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τη μετατροπή αερίων. Βασική προϋπόθεση για την μετάπτωση της αέριας ένωσης σε υγρή ή στερεή είναι η συγκέντρωση της στη αέρια φάση. Για να καταστεί δυνατό, θα πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω διαδικασίες:

1. Ελάττωση της θερμοκρασίας η οποία οδηγεί σε ελάττωση της τάσης των ατμών

2. Χημικές αντιδράσεις που έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των αέριων ενώσεων με χαμηλές τάσεις
3. Σχηματισμός πολυδιεσπαρμένου αερολύματος

1.3.3 Ταξινόμηση αιωρούμενων σωματιδίων με κριτήριο την πηγή προέλευσης

Η ταξινόμηση των αιωρούμενων σωματιδίων με βάση την πηγή προέλευσης τους διακρίνονται σε πρωτογενή και δευτερογενή.

Στις πρωτογενείς πηγές των αιωρούμενων σωματιδίων περιλαμβάνονται τα θαλάσσια αερολύματα, την επαναιώρηση των σωματιδίων από τον άνεμο, τις εκπομπές των ηφαιστείων, την κίνηση των οχημάτων, τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τις καύσεις, τις οικοδομές, τα ορυχεία και τα λατομεία. Οι πρωτογενείς πηγές διαχωρίζονται σε φυσικές και ανθρωπογενείς (Κανελλοπούλου, 2006).

Στις φυσικές πηγές συγκαταλέγονται η ηφαιστειακή δραστηριότητα, το υδρόλυμα θαλάσσης, η μεταφορά σωματιδίων σε μεγάλες αποστάσεις και η επαναιώρηση σκόνης από το έδαφος. Στις ανθρωπογενείς πηγές ανήκουν η βιομηχανική δραστηριότητα, η οικιακή θέρμανση και η κυκλοφοριακή δραστηριότητα (Καραθανάσης, 2006).

Στις δευτερογενείς πηγές των αιωρούμενων σωματιδίων περιλαμβάνονται οι αέριες ενώσεις μέσω των ομογενών ή ετερογενών χημικών αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα.

1.4 Μετεωρολογικές παράμετροι

Εκτός από τα γεωγραφικά στοιχεία της περιοχής, τα επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων επηρεάζονται και από τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες (Papanastasiou et al, 2015). Οι υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στις Ελληνικές αστικές περιοχές σε συνδυασμό με την εκδήλωση των πυρκαγιών τους καλοκαιρινούς μήνες έχουν ως επακόλουθο την υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα (Koutsias et al, 2013). Οι παράμετροι από τους οποίους επηρεάζονται οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα είναι η επίδραση της σχετικής υγρασίας, του ανέμου, της θερμοκρασίας και η ηλιακή ακτινοβολία.

1.4.1 Σχετική υγρασία

Η σχετική υγρασία επηρεάζει τις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων μέσω της θερμοκρασίας. Επίσης, η υγρασία μεταβάλλει την απορρόφηση και τη σκέδαση της ακτινοβολίας (Nessler et al, 2005). Η υγροσκοπική αύξηση του αερολύματος επιφέρει επιπτώσεις στα οπτικά φαινόμενα όπως στο δείκτη διάθλασης και τη ανακλαστικότητα σκέδασης της ακτινοβολίας (Zieger et al, 2013).

1.4.2 Ένταση του ανέμου

Ο άνεμος μιας περιοχής σχετίζεται με τη διασπορά των σωματιδίων. Σε περιόδους άπνοιας τα αιωρούμενα σωματίδια εγκλωβίζονται στα χαμηλά στρώματα κοντά στο έδαφος και συνεπώς αυξάνονται τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Chaloulakou et al, 2003). Οι αποστάσεις που διανύουν τα αιωρούμενα σωματίδια εξαρτώνται από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, τους μηχανισμούς αποχωρισμού από την ατμόσφαιρα και τα συστήματα κυκλοφορίας του αέρα. Η διεύθυνση του ανέμου μιας περιοχής καθορίζει την πορεία της κατεύθυνσης των αιωρούμενων σωματιδίων ενώ με την ταχύτητα του ανέμου προσδιορίζεται ο χρόνος απομάκρυνσης των αιωρούμενων σωματιδίων από την πηγή εκπομπής (Μελάς, 2007).

1.4.3 Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία επηρεάζει τη συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων με δυο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος έχει σημαντικό ρόλο στις φωτοχημικές αντιδράσεις με αποτέλεσμα την μεταβολή των ρύπων που παράγονται από αυτούς (Boy & Kulmala, 2002). Ο δεύτερος τρόπος σχετίζεται με την ανάπτυξη του οριακού στρώματος. Κατά τη διάρκεια της μέρας ιδίως τις μεσημεριανές ώρες όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι αυξημένη συνεπάγεται ότι και η τύρβη είναι αυξημένη με αποτέλεσμα το οριακό στρώμα να είναι υψηλό. Αντίθετα, τις βραδινές ώρες όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι ελάχιστη έως και μηδενική η κινητική ενέργεια είναι σχεδόν μηδενική και οι στρόβιλοι μηδενίζονται συνεπώς και το οριακό στρώμα είναι μηδενικό (Pezer et al, 1999).

1.4.4 Θερμοκρασία του αέρα

Η θερμοκρασία είναι από τους βασικότερους παράγοντες που σχετίζονται άμεσα με τα επίπεδα της ρύπανσης μιας περιοχής. Οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων αυξάνονται τις περιόδους με υψηλές θερμοκρασίες. Από τις υψηλές θερμοκρασίες

ευνοούνται οι φωτοχημικές αντιδράσεις και ο σχηματισμός δευτερογενούς παραγόμενου αερολύματος (Mangold et al, 2011). Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες συνδέονται με τα βραδέως κινούμενα συστήματα πίεσης, την αδρανή κυκλοφορία και την καταβύθιση του ανωτέρου αέρα.

1.5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οι επιπτώσεις που επιφέρουν τα αιωρούμενα σωματίδια στο περιβάλλον είναι πολύ σημαντικές. Συγκεκριμένα, έχουν την ικανότητα απορρόφησης και διάχυσης της ορατής ακτινοβολίας μειώνοντας την ορατότητα της ατμόσφαιρας (Ζιώμας, 2007). Επίσης, λειτουργούν ως πυρήνες συμπύκνωσης για τη δημιουργία νεφών. Στη διάρκεια των χημικών αντιδράσεων τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν ενεργό δράση. Ωστόσο, η σημαντικότερη περιβαλλοντική επίπτωση η μετατροπή των αέριων εκπομπών σε όξινα σωματίδια τα οποία πέφτουν στη Γη μέσω της υγρής ή ξηρής εναπόθεσης (McFiggans et al, 2006).

Οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι η αυξημένη συχνότητα του φαινομένου οφείλεται στην κλιματική αλλαγή, η οποία δεν επιτρέπει μόνο την μεταφορά σκόνης αλλά και την παραγωγή της (Lie t al, 1996). Τα αιωρούμενα σωματίδια απορροφούν την υπέρυθη υπεριώδη ακτινοβολία και γι' αυτό τον λόγο η παρουσία τους μπορεί να οδηγήσει σε θέρμανση ή ψύξη του πλανήτη (Evangelopoulos et al, 2002).

1.6 Επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό

Η ρύπανση προερχόμενη από τα αιωρούμενα σωματίδια αποδείχθηκε πως είχε σημαντικές επιπτώσεις στη υγεία είτε μακροπρόθεσμα είτε βραχυπρόθεσμα ακόμη και σε χαμηλά επίπεδα (Emmanuil, 2016). Οι εισαγωγές στις νοσοκομειακές μονάδες αυξάνονται ολοένα και περισσότερο για διάφορες παθήσεις του αναπνευστικού συστήματος (WHO, 2006). Σύμφωνα με τη μελέτη του Ινστιτούτου για τα Συμπτώματα στη Υγεία των πολιτών των ΗΠΑ με τη επωνυμία National Morbidity Mortality and Air Pollution Study (NMMAPS) καταγράφηκε αύξηση 0,5% στη συνολική θνησιμότητα, εξαιρουμένη της θνησιμότητας

από ατυχήματα, σε σχέση με μια αύξηση $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ στη μέση ημερήσια τιμή για τις 90 μεγαλύτερες πόλεις των ΗΠΑ (Lazaridis & Colbeck, 2010).

Η βραχυπρόθεσμη έκθεση στις αυξημένες συγκεντρώσεις των σωματιδίων έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί στένωση των βρόγχων λόγω του ερεθισμού με χημική ή μηχανική διέγερση των νευρικών υποδοχέων που βρίσκονται στους βρόγχους (Κανελλοπούλου, 2011).

Οι ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού θεωρούνται τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι, τα άτομα με άσθμα και τα άτομα με χρόνια αναπνευστικά νοσήματα.

Τα αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από $10\mu\text{m}$ θεωρούνται περισσότερο επικίνδυνα για τον ανθρώπινο οργανισμό εξαιτίας της διεισδυτικότητας τους στις κατώτερες περιοχές του αναπνευστικού συστήματος (Τσιριγώτη, 2012).

Το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου έχει την δυνατότητα να φιλτράρει τα αιωρούμενα σωματίδια όπου το μέγεθος τους ήταν συνηθισμένο στον αέρα. Τα σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη από $10\mu\text{m}$ αποβάλλονται από τον οργανισμό από τα σημεία εισαγωγής. Ο μεγαλύτερος όγκος των χονδρόκοκκων σωματιδίων αποβάλλεται από το ανώτερο αναπνευστικό σύστημα ενώ τα λεπτόκοκκα έχουν την ικανότητα να εισχωρούν στους βρόγχους επιφέροντας βλάβες στον οργανισμό (Οργαντζή, 2012). Τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα από την εισπνοή των αιωρούμενων σωματιδίων είναι συνάρτηση του μεγέθους τους. Κατά την εισπνοή τα σωματίδια προσκολλώνται στα σημεία του βρογχικού δέντρου και ταυτόχρονα ξεκινάει η τακτική πρόσκληση έμμορφων συστατικών στο προσβεβλημένο σημείο. Στο προσβεβλημένο σημείο τα T-λεμφοκύτταρα, τα μακρόφαγα, τα ουδετερόφιλα και άλλες ομάδες ενεργοποιούνται παράγοντας χημικές ενώσεις (LT-V4, IL-8, TNF- α).

Ο πρωταρχικός στόχος του αναπνευστικού συστήματος είναι η δέσμευση, η απενεργοποίηση και αποβολή του ξένου σώματος. Όσο αφορά τα λεπτόκοκκα σωματίδια ο οργανισμός δεν έχει την ικανότητα να τα απομακρύνει και γι' αυτό τον λόγο δημιουργείται χρόνια φλεγμονή (Μασσάρα, 2011).

Από την άλλη μεριά η τοξικότητα των αιωρούμενων σωματιδίων εξαρτάται από τη χημική σύσταση, τη περιεκτικότητα σε ορισμένα τοξικά χημικά είδη και στη κατανομή του μεγέθους τους. Τα υπερλεπτόκοκκα σωματίδια με διάμετρο $<100\text{nm}$ έχουν ιδιαίτερη αυξημένη τοξικότητα η οποία μειώνεται όσο αυξάνεται το μέγεθος των σωματιδίων.

2 Αιθαλομίχλη

2.1 Έννοια της αιθαλομίχλης

Ο όρος αιθαλομίχλη επινοήθηκε το 1905 σε ένα έγγραφο του Δρ. Henry Antoine Des Voeux για να περιγράψει τον συνδυασμό καπνού και ομίχλης που μαστούσε το Λονδίνο εκείνη την εποχή. Η αιθαλομίχλη είναι γνωστή και ως smog όπου προέρχεται από τη συγχώνευση δυο λέξεων, καπνός και ομίχλη. Με το όρο smog περιγράφεται ο τύπος ομίχλης που έχει αιθάλη ή καπνό.

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας ο ορισμός της αιθαλομίχλης είναι ο εξής: «Η αιθαλομίχλη παρουσιάζεται όταν έχουμε υψηλή συγκέντρωση ρύπων, όπως αιωρούμενων σωματιδίων, διοξειδίου του θείου, μονοξειδίου του άνθρακα σε συνδυασμό με τη χαμηλή σχετική θερμοκρασία και τη μεγάλη σχετική υγρασία.» (Υ.Π.ΕΝ.)

2.2 Ιστορική αναδρομή

Χαρακτηριστικό παράδειγμα του φαινομένου της αιθαλομίχλης αποτελεί ο Δεκέμβριος του 1952 στο Λονδίνο. Το φαινόμενο είχε γίνει αντιληπτό εξαιτίας της δυσάρεστης οσμής και του κίτρινο-καφέ χρώματος της ομίχλης. Τη συγκεκριμένη χρονική περίοδος λόγω των έντονων χιονοπτώσεων, οι κάτοικοι για να ζεσταθούν έκαιγαν μεγάλες ποσότητες κάρβουνου με αποτέλεσμα την εμφάνιση πυκνού καπνού σε όλη την πόλη καθώς και στις ευρύτερες περιοχές (Mage&Donner , 1995). Σε συνδυασμό και με τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούσαν εκείνες τις μέρες σχηματίστηκε στην ατμόσφαιρα ένας αντικυκλώνας όπου έσπρωχνε τον αέρα προς τα κάτω, οδηγώντας στην αύξηση της θερμοκρασίας, δημιουργώντας θερμοκρασιακή αναστροφή. Οι μετεωρολογικές συνθήκες και οι αυξημένες εκπομπές των αέριων ρύπων είχε ως συνέπεια την εμφάνιση δηλητηριώδους νέφους αιθαλομίχλης, όπου διήρκεσε για 4 μέρες. Το Λονδίνο έκτοτε θέσπισε αυστηρούς κανονισμούς για την ατμοσφαιρική ρύπανση, οι οποίοι μείωσαν δραστικά τα περιστατικά καπνού στην περιοχή. Ωστόσο, η αιθαλομίχλη τύπου Λονδίνου εξακολουθεί να αποτελεί μείζον πρόβλημα σε περιοχές του κόσμου που καίνε μεγάλες ποσότητες άνθρακα για θερμότητα (Gebhart et al, 2001).

Για τις μέρες που κράτησε το στρώμα της αιθαλομίχλης στο Λονδίνο η ορατότητα περιορίστηκε στα 5 μέτρα και περίπου 4000 άνθρωποι έχασαν την ζωής του και 100000 νοσηλεύτηκαν στα νοσοκομεία με αναπνευστικά προβλήματα. Οι επιστήμονες υπολόγισαν ότι για κάθε μία μέρα που κράτησε το φαινόμενο εκλύονταν περίπου 1000 τόνοι σωματιδίων καπνού.

2.3 Παράγοντες εμφάνισης της αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα

Η εμφάνιση του φαινομένου στην ατμόσφαιρα είναι αποτέλεσμα της καύσης βιομάζας κατά την διάρκεια του χειμώνα εξαιτίας των χαμηλών θερμοκρασιών. Οι ρύποι σχηματίζονται από φυσικές και ανθρωπογενείς δραστηριότητες, ωστόσο, οι ανθρώπινοι ρύποι προκαλούν περισσότερη ανησυχία λόγω του μεγέθους των ρύπων που παράγονται από την καύση και την εξαγωγή ορυκτών καυσίμων, τα οποία είναι γνωστό ότι προκαλούν ακραίες επιπτώσεις στην υγεία.

Όταν η αιθαλομίχλη συναντά ένα στρώμα αναστροφής (που προκαλείται από ζεστές περιοχές στην ανώτερη ατμόσφαιρα), μπορεί να παραμείνει σε μια περιοχή για μεγάλο χρονικό διάστημα - εκθέτοντας τους ανθρώπους στα αποτελέσματά του για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Επιπλέον, η αιθαλομίχλη ενισχύεται από το φαινόμενο μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα που συνεισφέρει στην αύξηση των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Η μεταφορά σκόνης από την Σαχάρα αποτελείται από σωματίδια μικρής διαμέτρου και έχουν την ικανότητα να αιωρούνται για μεγάλα χρονικά διαστήματα στον αέρα, ακόμα και να μη καθιζάνουν ποτέ (Dayan et al, 1991). Η απόσταση που διανύουν τα αιωρούμενα σωματίδια όπως και η χρονική διάρκεια της εν αιώρησης εξαρτάται από την υγρασία της ατμόσφαιρας και την απόπλυσή της από την βροχή (Guerzoni, 1999).

2.4 Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων από συσκευές θέρμανσης

Οι εκπομπές των αιωρούμενων σωματιδίων ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο του συστήματος θέρμανσης, τον τρόπο λειτουργίας και τα χαρακτηριστικά του καύσιμου υλικού. Τα τζάκια και οι απλές σόμπες ξύλου εκπέμπουν υψηλές ποσότητες αιωρούμενων

σωματιδίων και γι' αυτό τον λόγο θα πρέπει η χρήση τους να είναι περιορισμένη στις αστικές περιοχές. Σε αντίθεση με τη σωστή λειτουργία των σύγχρονων λεβήτων οι οποίοι έχουν την ικανότητα να εκπέμπουν μικρότερες ποσότητες αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα (Κακαράς, 2013). Από τον Πίνακα 1 συμπεραίνεται ότι τη μικρότερη συνεισφορά στις εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα έχουν τα συστήματα θέρμανσης που χρησιμοποιούν ως καύσιμα φυσικό αέριο και πετρέλαιο, ενώ τη μεγαλύτερη τα συστήματα που χρησιμοποιούν καύσιμα στερεής βιομάζας.

Συσκευή θέρμανσης βιομάζας	Δείκτης εκπομπών PM ₁₀ (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
* Ηλεκτρικός λέβητας	223
Τζάκι κλειστού θαλάμου (ενεργειακό)	1080
Τζάκι ανοιχτού θαλάμου	2160

Πίνακας 1 Εκπομπές ρύπου για κάθε τύπου συσκευή θέρμανσης (πηγή: www.Ypeka.gr)

Η επιλογή του κατάλληλου υλικού καυσίμου στο σύστημα θέρμανσης είναι βέλτιστης σημασίας. Βασικές προϋποθέσεις καταλληλότητας υλικού είναι η υγρασία, το μέγεθος και η περιεκτικότητα σε τέφρα να είναι στα κατάλληλα επίπεδα. Για την επιλογή του συστήματος θέρμανσης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

1. Ελαχιστοποίηση των αέριων εκπομπών στην ατμόσφαιρα
2. Η επιλογή κατάλληλου καυσίμου
3. Λειτουργία βέλτιστων πρακτικών

Οι αναφερόμενοι παράγοντες και σε συνδυασμό με τις μετεωρολογικές συνθήκες ευνοούν την αύξηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων.

3 Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της αιθαλομίχλης

3.1 Επιπτώσεις στην κοινωνία και στη δημόσια υγεία

Ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα της εποχής μας είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση, όχι μόνο λόγω των επιπτώσεών της στην αλλαγή του κλίματος αλλά και λόγω των επιπτώσεών της στη δημόσια και ατομική υγεία λόγω της αυξανόμενης νοσηρότητας και θνησιμότητας. Η περιβαλλοντική ανισότητα, η έννοια ότι πιο ευάλωτα άτομα, κοινότητες και υποπληθυσμοί είναι πιο πιθανό να εκτεθούν σε υψηλότερα επίπεδα περιβαλλοντικής ρύπανσης, είναι καλά τεκμηριωμένη, ιδίως σε σχέση με την ατμοσφαιρική ρύπανση (Havard et al, 2009). Η περιβαλλοντική ανισότητα συνεπάγεται μειονεκτήματα στους υποπληθυσμούς και σε ορισμένες κοινότητες επειδή τα αυξημένα επίπεδα τόσο της έκθεσης στη ρύπανση όσο και της κοινωνικοοικονομικής στέρησης μπορεί να οδηγήσουν σε μειωμένη υγεία. (O'Neill et al, 2003).

Κοινωνικά μειονεκτικά άτομα μπορεί να αντιμετωπίσουν αυξημένη ευαισθησία στις αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση, που κυμαίνονται από καταστάσεις όπως ο αναπνευστικός ερεθισμός και οι καρδιαγγειακές παθήσεις έως τον πρόωρο θάνατο, ως αποτέλεσμα των υψηλότερων βασικών ποσοστών βασικών ασθενειών σε μειονεκτούσες κοινότητες (Clougherty et al, 2009). Ορισμένες μελέτες έχουν δείξει αυτό το φαινόμενο τροποποίησης των κινδύνων νοσηρότητας και θνησιμότητας, ιδίως για αστικές περιοχές, όπου άτομα υψηλής κοινωνικής τάξης δεν επηρεάζονται τόσο από τις αρνητικές επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία όσο και από άτομα χαμηλότερων κοινωνικών τάξεων (Forastiere et al, 2007).

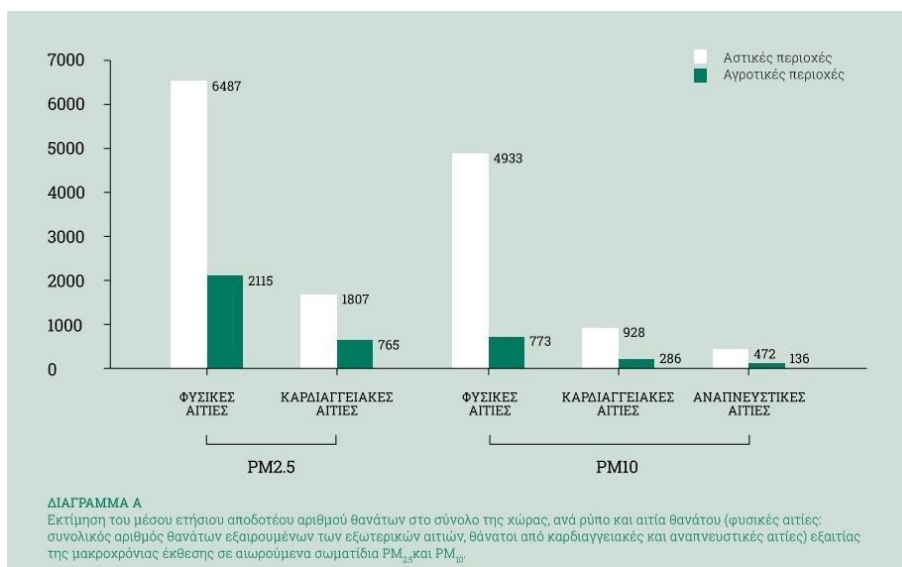
Ωστόσο, οι σχέσεις μεταξύ της γεωγραφικής κατανομής των ευάλωτων κοινοτήτων και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι πιο περίπλοκες από ό, τι συχνά υπονοείται (Fecht et al, 2015). Διαφέρουν σημαντικά ανά γεωγραφική περιοχή, ανά περιβαλλοντικό ρύπο και με την πάροδο του χρόνου. (Stroh, 2012). Τα άτομα που εκτίθενται σε υψηλές συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων βιώνουν συμπτώματα ασθένειας και καταστάσεις με μεγαλύτερη και μικρότερη σοβαρότητα (Mitchell et al, 2015). Αυτές οι επιδράσεις ομαδοποιούνται σε βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις που επηρεάζουν την υγεία.

Οι βραχυπρόθεσμες επιδράσεις είναι προσωρινές και κυμαίνονται από απλή δυσφορία, όπως ερεθισμό των ματιών, της μύτης, του δέρματος, του λαιμού, του συριγμού, του βήχα και του σφίξιμο του στήθους και δυσκολίες στην αναπνοή, έως πιο σοβαρές καταστάσεις, όπως άσθμα, πνευμονία, βρογχίτιδα και πνευμονικά και καρδιακά προβλήματα. Η βραχυπρόθεσμη έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί επίσης να προκαλέσει πονοκεφάλους, ναυτία και ζάλη (Leary et al, 2014). Αυτά τα προβλήματα μπορούν να επιδεινωθούν από την εκτεταμένη μακροχρόνια έκθεση στους ρύπους, η οποία είναι επιβλαβής για τα νευρολογικά, αναπαραγωγικά και αναπνευστικά συστήματα και προκαλεί καρκίνο και ακόμη και σπάνια θανάτους.

Οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις είναι χρόνιες, διαρκούν για χρόνια ή ολόκληρη τη ζωή και μπορούν ακόμη και να οδηγήσουν σε θάνατο. Επιπλέον, η τοξικότητα πολλών ατμοσφαιρικών ρύπων μπορεί επίσης να προκαλέσει μια ποικιλία καρκίνων μακροπρόθεσμα (Nakano, 2013). Οι ευπαθεί πληθυσμοί που πρέπει να γνωρίζουν τα μέτρα προστασίας της υγείας περιλαμβάνουν ηλικιωμένους, παιδιά και άτομα με διαβήτη και προδιάθεση για καρδιακή ή πνευμονική νόσο, ειδικά άσθμα (Bourdrel, et al, 2017).

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) προειδοποιεί ότι κάθε χρόνο πως οι πρόωροι θάνατοι, κυρίως στα αστικά κέντρα, αυξάνονται από τους ρύπους που αναπνέουμε. Σύμφωνα με επίσημες μελέτες έχει διαπιστωθεί ότι πάνω από 8000 άτομα θα γλιτώσουν τον θάνατο στην περίπτωση που η ατμοσφαιρική ρύπανση μειωθεί κατά 50%. Οι συνηθισμένες αιτίες πρόωρων θανάτων είναι τα εγκεφαλικά επεισόδια, καρδιοπάθειες, πνευμονοπάθειες, αναπνευστικές λοιμώξεις. επιπλέον, τα έμβρυα επηρεάζονται άμεσα από την ποιότητα του αέρα.

Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του ΕΚΠΙΑΑ (Περιβάλλον και Υγεία 2019) παρουσιάζονται τα στοιχεία που δείχνουν την ανάγκη για μείωση των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων και συγκεκριμένα για τα PM₁₀. Το χρονικό διάστημα 2014-2016 στη χώρα μας σημειώθηκαν 113558 θάνατοι. Έπειτα από κατανομή των στοιχείων διαπιστώθηκε ότι οφείλεται 40% καρδιαγγειακά νοσήματα, 12% αναπνευστικά, 6% καρκίνος του πνεύμονα και 3% αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ). Ειδικότερα, 6487 θάνατοι αποδίδονται στην έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια. Στο διάγραμμα 3-1 παρουσιάζονται τα επίσημα στοιχεία του ΕΚΠΙΑΑ.



Διάγραμμα 1 1 Ποσοστιαία κατανομή πρόωρων θανάτων (πηγή: Περιβάλλον και Υγεία, 2019)

Οι συνεχόμενες υπερβάσεις στις επιτρεπόμενες τιμές ορίων που έχει θέσει ο ΠΟΥ είναι από τις αιτίες που αυξάνουν τα νούμερα των πρόωρων θανάτων στη χώρα μας. Στον παρακάτω πίνακα 3-1 παρουσιάζεται ο συνολικός αριθμός ημερήσιων υπερβάσεων την περίοδο 2014-2018 σύμφωνα με τις μετρήσεις του ΥΠΕΚΑ.

ΑΣΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ	ΡΥΠΟΣ		
	PM _{2.5}	PM ₁₀	O ₃
ΑΘΗΝΑ	255 (20.3%)	284 (16%)	13 (0.7%)
ΑΜΦΙΣΣΑ	-	29 (2.7%)	-
ΒΟΛΟΣ	100 (27.6%)	134 (11.7%)	-
ΗΡΑΚΛΕΙΟ	-	61 (6.5%)	-
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	174 (34.5%)	207 (15.8%)	35 (2.4%)
ΙΩΑΝΝΙΝΑ	-	199 (13.5%)	-
ΚΑΡΠΕΝΗΣΙ	-	127 (13%)	-
ΛΑΜΙΑ	-	50 (5.5%)	-
ΛΑΡΙΣΑ	-	207 (13.8%)	59 (22.4%)
ΛΕΙΒΑΔΙΑ	-	21 (3.1%)	-
ΠΑΤΡΑ	147 (19.4%)	221 (13.5%)	125 (8%)
ΧΑΛΚΙΔΑ	-	111 (15.5%)	-

ΠΙΝΑΚΑΣ 56
Αριθμός ημερών (και ποσοστό επί των ημερών με μετρήσεις) με υπερβάσεις των συγκεντρώσεων των ρύπων από τις μετρήσεις του ΥΠΕΚΑ πάνω από τα όρια του ΠΟΥ για τις μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις των σωματιδίων και τις μέγιστες ημερήσιες συγκεντρώσεις μέσου όρου για το όζον, ανά πόλη για τα έτη 2014-2018.

Διάγραμμα 1 2 Ποσοστιαία καταγραφή υπέρβασης της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα (πηγή: Περιβάλλον και Υγεία, 2019)

3.2 Οικονομικές επιπτώσεις

Η οικονομική κρίση έχει προκαλέσει μεγάλες επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Οι μειωμένες εκπομπές των αέριων ρύπων οφείλονται στη μειωμένη κυκλοφορία των οχημάτων, στη μικρή ενεργειακή απαίτηση των βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Από την άλλη μεριά, η αυξημένη χρήσης της βιομάζας για θέρμανση έχει προκαλέσει σοβαρές επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα (Fenger et al, 2013).

Η οικονομική ύφεση επηρέασε σημαντικά και την ποιότητα του αέρα στη Ελλάδα, αυτό προκύπτει από τα στοιχεία τιμών από τις μετρήσεις των σταθμών που είναι τοποθετημένοι σε διάφορες περιοχές συγκριτικά με τα προηγούμενα έτη, κυρίως στις μεγάλες πόλεις (Gratsea et al, 2017). Το γεγονός αυτό οφείλεται στη συμπεριφορά των πολιτών για το είδος καυσίμου για θέρμανση. Η αύξηση του φόρου του πετρελαίου το 2010 είχε ως αποτέλεσμα οι πολίτες να στραφούν σε οικονομικότερους τρόπους θέρμανσης και κυρίως στη καύση των ξύλων. Όμως, η καύση του ξύλου και κυρίως τις βραδινές ώρες σε συνδυασμό με τις μετεωρολογικές συνθήκες οδηγούν σε συσσώρευση των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα (Saffari et al, 2013).

Μελέτες συνδέουν την οικονομική κρίση της Ελλάδος με τη αύξηση της καύσης της βιομάζας για θέρμανση (Zyrichidou et al, 2019). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μελετών αποδεικνύεται ότι οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων έχουν καταγράψει άνοδο την περίοδο 2012-2013 τους χειμερινούς μήνες (Valadanidis et al, 2015). Τα υψηλότερα επίπεδα συγκέντρωσης των PM_{10} παρατηρήθηκαν τις νυχτερινές μέχρι και τις πρώτες πρωινές ώρες εξαιτίας των οικονομικών δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι πολίτες αντικατέστησαν το πετρέλαιο με τα καυσόξυλα για να καλύψουν την ανάγκη του για θέρμανση (Zyrichidou et al, 2019).

Οι μελετητές Floroy et al (2016) υπολόγισαν το ποσοστό εκπομπής του οργανικού αερολύματος που προέρχεται από την καύση ξύλου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης παρατηρήθηκε ότι το ποσοστό εκπομπής οργανικού αερολύματος στη ατμόσφαιρα από την καύση ξύλου αγγίζει το 40-60%, το οποίο όμως κατά τις βραδινές και πρώτες πρωινές ώρες αγγίζει και το 90%. Σημειώνεται ότι το αναφερόμενο ποσοστό αφορά την χειμερινή περίοδο (Οκτώβριο-Μάρτιο).

4 Ατμοσφαιρική ρύπανση και αιθαλομίχλη στις ελληνικές αστικές περιοχές

4.1 Ατμοσφαιρική ρύπανση σε ελληνικές αστικές περιοχές

Παρατηρείται ότι τα τελευταία χρόνια σε πολλές αστικές περιοχές της χώρας οι συγκεντρώσεις των PM_{10} είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο η βασική αιτία της αύξησης των επιπέδων είναι η οικονομική κρίση της χώρας μας.

Τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των αστικών περιοχών καθορίζονται από τη τοπογραφία και το πολεοδομικό σχέδιο της πόλης. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται και στην μελέτη του Paramanolis (2015) μελέτησε τα κύρια χαρακτηριστικά του αστικού κλίματος και της ποιότητας του αέρα στις αστικές περιοχές. Οι παράγοντες που καθορίζουν το κλίμα της κάθε αστικής περιοχής διαμορφώνονται από τα χαρακτηριστικά του δομημένου περιβάλλοντος και τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα εκεί. Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της μελέτης τα κυριότερα χαρακτηριστικά των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις αστικές περιοχές καθορίζονται από τα πολεοδομικά χαρακτηριστικά τους και συγκεκριμένα αρχιτεκτονικά, κατασκευαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά τους.

Οι Matthaios et al (2017) μελέτησαν τα επίπεδα των PM_{10} σε πέντε πόλεις την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, την πυκνοκατοικημένη περιοχή της Θεσσαλονίκης, Πάτρα, Βόλο και Λάρισα το διάστημα από τον Ιανουάριο του 2009 έως και τον Δεκέμβριο του 2011. Τα επεισόδια της ρύπανσης από τα PM_{10} ορίστηκαν οι ημέρες όπου οι συγκεντρώσεις των PM_{10} ξεπέρασαν τα πρότυπα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για τα αποτελέσματα της μελέτης συμπεριελήφθησαν τα στοιχεία που αφορούσαν τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικράτησαν στις εξεταζόμενες περιοχές το εξεταζόμενο διάστημα. Σύμφωνα με την ανάλυση των στοιχείων διαπιστώθηκε ότι κατά το εξεταζόμενο διάστημα παρατηρήθηκαν 49 υπερβάσεις της τιμής της Ευρωπαϊκής Ένωσης τις οποίες οι πηγές ταξινομήθηκαν σε δυο κατηγορίες που είναι οι εξής:

1. Το 53% οφείλεται στην επίδραση της τοπικής πηγής
2. Το 47% προέρχεται από την μεταφορά της Αφρικάνικης σκόνης

Οι Grivas et al (2008) ερεύνησαν τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη Μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας και αξιολόγησαν τους παράγοντες και τις επιπτώσεις των μεταφορών. Η έρευνα διεξήχθη τη περίοδο 2001-2004. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας διαπιστώθηκε ότι οι ημερήσιες συγκεντρώσεις, κατά μέσο όρο καθόλη τη διάρκεια της μελέτης, κυμαίνονταν μεταξύ 32,3 και 60,9 $\mu\text{g m}^{-3}$. Επιπλέον, στη παρούσα μελέτη συσχετίστηκαν τα επίπεδα των PM_{10} με τις αντίστροφες τροχιές λαμβάνοντας υπόψη τη μεταφορά σωματιδίων μεγάλης ακτίνας για την Αθήνα. Ένα μέρος των επεισοδίων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης θα μπορούσε να αποδοθεί τη στη διασυνοριακή μεταφορά σωματιδίων, με προέλευση την μεταφορά σκόνης από την έρημο Σαχάρα.

Η πρόσφατη οικονομική κρίση στην Ελλάδα είχε ως αποτέλεσμα ένα σοβαρό χειμερινό επεισόδιο ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη Θεσσαλονίκη. Αυτή η επιδείνωση της ποιότητας του αέρα οφειλόταν κυρίως στην αυξημένη τιμή του μαζούτ, που χρησιμοποιείται συμβατικά ως πηγή ενέργειας για οικιακή θέρμανση, η οποία ενθάρρυνε τους κατοίκους της Θεσσαλονίκης να κάψουν το λιγότερο ακριβό ξύλο/βιομάζα κατά τη διάρκεια της κρύας περιόδου (Safari et al, 2013). Το αντικείμενο αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της ρύπανσης που προκαλούν τα αιωρούμενα σωματίδια στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης και κυρίως τα σωματίδια PM_{10} , δηλαδή εκείνα με αεροδυναμική διάμετρο κάτω των 10 μικρομέτρων. Η μελέτη επικεντρώνεται γύρω από τις βασικές έννοιες των αιωρούμενων σωματιδίων (κατανομή μεγέθους, χημική σύσταση, πηγές παραγωγής), στις επιπτώσεις τους στο κλίμα, το περιβάλλον και την υγεία του ανθρώπου καθώς επίσης και στις μεθόδους συλλογής και ανάλυσης τους. Μετά την συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε ότι η μέση ετήσια, μηνιαία και γενικότερα η διακύμανση της σωματιδιακής ρύπανσης με την πάροδο των ετών, η οποία δείχνει πτωτική πορεία τις τιμές των συγκεντρώσεων PM_{10} σε όλους τους σταθμούς χωρίς ωστόσο οι τιμές τους να βρίσκονται κάτω από τα θεσμοθετημένα όρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης τόσο σε ετήσια όσο και σε ημερήσια βάση (Δημητρακάκης, 2017).

Η περίπτωση του Βόλου είναι ένα ενδιαφέρον παράδειγμα, όπου κατά τις τελευταίες δεκαετίες η αστικοποίηση και η αυξημένη εκβιομηχάνιση έχουν ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα στην περιοχή. Οι μετεωρολογικοί παράγοντες διαδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ενώ και η σύνθετη τοπογραφία του Βόλου οξύνει τα επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης

(Proias et al, 2012). Η Breezometer (εταιρεία που παρέχει αναλύσεις με τα ποσοστά ρύπανσης του αέρα) χαρακτηρίζει μέτρια την ποιότητα της ατμόσφαιρας στον Βόλο βαθμολογώντας τη στο σύνολο, χειρότερα από τις άλλες μεγάλες πόλεις της Θεσσαλίας. Ακόμα μία ελληνική αστική περιοχή που κρούει των κώδικα του κινδύνου από τις αυξημένες τιμές της συγκέντρωσης των PM_{10} είναι η πόλη των Ιωαννίνων. Η ομάδα μελετών Sindosi et al (2019) μελέτησαν τις επιπτώσεις της οικονομικής κρίσης στην ποιότητα του αέρα στην πόλη των Ιωαννίνων. Στόχος της μελέτης αυτής ήταν η καταγραφή των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα χρόνια της ελληνικής οικονομικής κρίσης. Τα δεδομένα στοιχεία εξετάστηκαν ξεχωριστά για το χειμώνα και το καλοκαίρι, και επιπλέον εξετάστηκε εάν και σε ποια έκταση έχουν σημειωθεί υπερβάσεις των ορίων σύμφωνα με τα πρότυπα δεδομένα τιμών των ευρωπαϊκών οδηγιών για τα PM_{10} . Τα αποτελέσματα της έδειξαν ότι η ποιότητα του αέρα στα Ιωάννινα χαρακτηρίστηκε "Κακή" και "Πολύ Κακή" σχετικά με τα επίπεδα PM_{10} . Κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του φθινοπώρου, οι υψηλές τιμές των PM_{10} που κατεγράφησαν από τον σταθμό μέτρησης των αέριων ρύπων της περιοχής στην ατμόσφαιρα οφείλονταν κυρίως από την καύση ξύλου για οικιακή θέρμανση. Οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων δεν υπερέβησαν τα πρότυπα της ΕΕ, αλλά από το 2011 και μετά, ο αριθμός των περιπτώσεων με μέση ημερήσια συγκέντρωση PM_{10} πάνω από το όριο ξεπέρασε τον αριθμό των επιτρεπόμενων υπερβάσεων των οδηγιών της Ε.Ε.

Η Πάτρα είναι μια λιμενική πόλη μεσαίου μεγέθους που περιβάλλεται από αγροτικές και ορεινές περιοχές και βρίσκεται στο νότιο τμήμα του Πατραϊκού κόλπου (Stathopoulou et al, 2004). Το κλίμα της πόλης είναι μεσογειακό, με υγρούς χειμώνες και ζεστά, ξηρά καλοκαίρια. Η ρύπανση από το PM παρουσιάζει ένα θέμα ποιότητας αέρα για την αστική ατμόσφαιρα της Πάτρας. Η μεγαλύτερη ατμοσφαιρική ρύπανση στην πόλη προέρχεται από οδική και λιμενική κίνηση, κεντρική θέρμανση κατοικιών, σποραδικές εκπομπές λόγω βιομηχανικών επιχειρήσεων και υπηρεσιών και ατμοσφαιρική ρύπανση (Yannopoulos, 2008).

Η ομάδα μελετών Karagiannidis et al (2014) μελέτησαν τους μετεωρολογικούς παραμέτρους που επηρεάζουν τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη περιοχή της Πάτρας. Από τα αποτελέσματα της μελέτης διαπιστώθηκε ότι σημαντικές ποσότητες σωματιδίων που μεταφέρονται στον αέρα της περιοχής μέσω της κυκλοφορίας της τροπόσφαιρας. Το αυξημένο ύψος οριακού στρώματος επιτρέπει στα PM_{10} να εισέλθει

στην περιοχή της Πάτρας και να αυξήσει τις τοπικές συγκεντρώσεις (Μασσάρα, 2016). Συνεπώς, τα επίπεδα συγκέντρωσης των PM_{10} στον ατμοσφαιρικό αέρα συσχετίζεται θετικά με τη θερμοκρασία και το γεγονός μπορεί να θεωρηθεί ως έμμεση σχέση, δεδομένου ότι οι υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού τείνουν να αυξάνουν το βάθος του οριακού στρώματος.

Τα στοιχεία της Έκθεσης Ποιότητας της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης για την πόλη της Πάτρας (2017) διαπιστώθηκε ότι το 2017 η μέση ετήσιας συγκέντρωση των PM_{10} ήταν σε χαμηλά επίπεδα. Η μέση μηνιαία συγκέντρωση των PM_{10} για την ίδια χρόνια κυμαίνονταν σε υψηλές τιμές γεγονός που υποδηλώνει την συνεισφορά των ανθρωπογενών τιμών π.χ. κυκλοφορία οχημάτων, οικιακή θέρμανση.

Ολοκληρώνοντας, συμπεραίνεται ότι η αύξηση της σωματιδιακής ρύπανσης τους χειμερινούς μήνες προέρχεται από τη καύση βιομάζας για θέρμανση, την κυκλοφορία των οχημάτων, τις μετεωρολογικές συνθήκες (μεταφορά αφρικάνικης σκόνης) και την θαλάσσια αύρα σε πόλεις με λιμάνια.

4.2 Αιθαλομίχλη σε ελληνικές αστικές περιοχές

Τα τελευταία χρόνια με την εμφάνιση της οικονομικής κρίσης, μεγάλες διαστάσεις έχει πάρει το θέμα της αιθαλομίχλης (νέφος) που εμφανίζεται κατά τις νυχτερινές ώρες στη διάρκεια των χειμερινών μηνών, ιδιαίτερα όταν επικρατούν συνθήκες άπνοιας και υψηλής σχετικής υγρασίας. Αυτό δεν είναι τίποτα άλλο από αιωρούμενα σωματίδια ποικίλης διαμέτρου τα οποία αποτελούνται από ένα επικίνδυνο μείγμα αέριων ρύπων σε ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις με καταστροφικές συνέπειες στον ανθρώπινο οργανισμό, το οποίο δημιουργείται κυρίως εξαιτίας της αυξημένης καύσης άνθρακα (ξυλείας) σε τζάκια και ξυλόσομπες αλλά και συνθετικών προϊόντων ξυλείας (όπως μελαμίνες, νοβοπάν, κόντρα πλακέ), ξύλων βαμμένων ή εμποτισμένων με χημικές ουσίες (βερνίκια, κόλλες κ.λπ.), καθώς και πλαστικών ή ελαστικών υλικών, χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων και απορριμμάτων.

Οι ερευνητές Fourtziou et al (2017) ασχολήθηκαν με την μελέτη για τον εντοπισμό των ιχνηλατών που προέρχονται από την καύση της βιομάζας και συγκεκριμένα εξετάζοντας την περίπτωση της Αθήνας για την χειμερινή περίοδο 2013-2014. Οι μετρήσεις

πραγματοποιήθηκαν σε αστικό υπόβαθρο που είναι τοποθετημένος στο κέντρο της Αθήνας. Η καύση ξύλου φάνηκε να είναι η πιο κοινή επιλογή και για τους κατοίκους της Αθήνας, με αποτέλεσμα την ταχεία αύξηση των επιπέδων ρύπανσης κατά τη διάρκεια της νύχτας, με έμφαση στα σωματίδια. Η μελέτη των Gerasopoulos et al (2014) εξέτασε τις μετρήσεις των συστατικών ρύπανσης που σχετίζονται με την αιθαλομίχλη στην Αθήνα που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του χειμώνα 2013-2014, στις εγκαταστάσεις του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στο Θησείο (κέντρο της πόλης). Οι πρώτες μετρήσεις και αναλύσεις έδειξαν ότι το όριο των $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ υπερβαίνεται αρκετά συχνά τις βραδινές ώρες. Αύξηση της συχνότητας των γεγονότων αιθαλομίχλης εντοπίστηκε κυρίως τα Σαββατοκύριακα ανάλογα με τις μετεωρολογικές συνθήκες (χαμηλές θερμοκρασίες και άνεμος) εξαιτίας της αυξημένης καύσης βιομάζας.

Σύμφωνα με το άρθρο της κα. Κρικέλλας «Οι ελληνικές πόλεις που εκπέμπουν σήμα κινδύνου» αναφέρεται ότι οι μεγάλες ελληνικές πόλεις (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα) παρατηρείται ελλιπής συμμόρφωσης στις διεθνείς οδηγίες. Ειδικότερα, στην Αθήνα, η τοπογραφία, το κλίμα και η πυκνή δόμηση ευνοούν την συσσώρευση ατμοσφαιρικών ρύπων. Οι βραδινές συγκεντρώσεις των PM_{10} το 2013 έφτασαν μέχρι και τα $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στο κέντρο της Αθήνας, ενώ ξεπέρασαν τα $200\text{-}250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ σε Πάτρα, Ιωάννινα και Θεσσαλονίκη. Το 2014, ορισμένες νύχτες υπερέβησαν τα $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Η μελέτη των Dimosthenis et al (2014) ασχολείται με την εποχιακή μεταβλητότητα της έκθεσης σε PM_{10} και την επίδραση που έχει η καύση βιομάζας σε αυτήν στο αστικό περιβάλλον. Η μελέτη βασίζεται σε μετρήσεις, που πραγματοποιήθηκαν στη Θεσσαλονίκη (Ελλάδα) τη περίοδο 2011-2012. Οι μετρήσεις αναφέρονται στην αξιολόγηση της ποιότητας του εξωτερικού αέρα και την αξιολόγηση της χρήσης βιομάζας για οικιακή θέρμανση. Η αύξηση των τιμών των PM_{10} του ατμοσφαιρικού αέρα κατά τη διάρκεια του χειμώνα αποδόθηκε στη χρήση καύσης βιομάζας για θέρμανση χώρου.

Η πόλη των Ιωαννίνων χαρακτηρίζεται για τις άσχημες καιρικές συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η πτώση της θερμοκρασίας που παρατηρείται από το Νοέμβριο οδηγεί σε εκτεταμένη καύση ξύλων σε τζάκια και σόμπες με αποτέλεσμα να σημειώνονται αρκετά επεισόδια αιθαλομίχλης. Σύμφωνα με την μελέτη των Sindosi et al (2021) οι τιμές των PM_{10} καταγράφουν υπερβάσεις των πρότυπων τιμών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (μέση ημερήσια $\text{PM}_{10} < 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Κατά τη περίοδο της μελέτης που ορίζονται

τα διαστήματα 2010-2012 και 2014-2017 διαπιστώθηκε ότι η θέρμανση των κατοικιών είναι ο κύριος συντελεστής κατά την κρύα περίοδο του έτους, οδηγώντας σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) γύρω στις 10 μ.μ.

Οι Grivas et al (2004) μελέτησαν την μεταβολή της σωματιδιακής ρύπανσης στο Βόλο. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων μέτρησης 2009-2010 δείχνει μια αρνητική συσχέτιση των PM_{10} με τη θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης και μια ισχυρή θετική συσχέτιση με τη σχετική υγρασία σε υψηλά επίπεδα υγρασίας. Αυξημένες εμφανίζονται οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων τις βραδινές ώρες της ημέρας, ιδιαίτερα όταν επικρατούν συνθήκες άπνοιας και υψηλής σχετικής υγρασίας στη περιοχή του Βόλου. Οι πιο ακραίες τιμές σημειώθηκαν κατά τους χειμερινούς μήνες υποδηλώνοντας πως στις πηγές έκλυσης συμβάλλει αισθητά και η θέρμανση των κατοικιών. Το έτος 2010 σημειώθηκαν οι περισσότερες συνεχόμενες νυχτερινές υπερβάσεις των τιμών των PM_{10} με την πιο ακραία τιμή συγκέντρωσης όλων των ετών στα $475,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ η οποία και σημειώθηκε Σάββατο, γεγονός που επαληθεύει έρευνες (Papanastasiou et al, 2007, Fuller et al, 2002).

Οι Dimitriou et al (2016) μελέτησαν τις ημερήσιες μετρήσεις συγκέντρωσης των PM_{10} σε δύο πόλεις της κεντρικής Ελλάδας το Καρπενήσι και τη Λαμία σε σχέση με τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στις περιοχές. Οι χαμηλές θερμοκρασίες αποδείχθηκαν βασικό στοιχείο που συνδέθηκε με την αύξηση των επιπέδων PM_{10} και στις δύο πόλεις, λόγω της εντατικής χρήσης των οικιακών συστημάτων θέρμανσης, ειδικά στο Καρπενήσι που έχει μεγάλο υψόμετρο. Λόγω της οικονομικής κρίσης στην Ελλάδα τα τελευταία οκτώ χρόνια, η κατανάλωση φθηνότερων καυσίμων και κυρίως ξύλου σε σόμπες και τζάκια ήταν η μόνη λύση για τα νοικοκυριά προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες τους στον τομέα της θέρμανσης. Ωστόσο, το υψηλό ποσοστό εκπομπών Αιωρούμενων Σωματιδίων αυτών των ξεπερασμένων συσκευών θέρμανσης ήταν υπεύθυνο για την παραγωγή επεισοδίων αιθαλομίχλης.

Η εξέταση των προτύπων ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας συνέδεσε σαφώς την επίδραση των αντικυκλονικών συστημάτων υψηλής πίεσης με την ενεργοποίηση υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου PM_{10} της Ε.Ε. κατά τις ψυχρές περιόδους, λόγω της στασιμότητας του αέρα και της συσσώρευσης εκπομπών. Ο ετήσιος αριθμός των ημερήσιων υπερβάσεων PM_{10} για το 2016 ήταν πολύ υψηλότερος στο Καρπενήσι απ' ό,τι στη Λαμία και

παραβίασε το όριο των 35 υπερβάσεων ετησίως που καθορίζεται από τη νομοθεσία της Ε.Ε. Το εύρημα αυτό αποδόθηκε στις αυξημένες εκπομπές από τις συσκευές θέρμανσης στο Καρπενήσι.

Στη περιοχή της Θεσσαλονίκης παρατηρούνται αυξημένες συγκεντρώσεις των PM_{10} κατά τη χειμερινή περίοδο προερχόμενη από την καύση της βιομάζας ειδικότερα τις απογευματινές και βραδινές ώρες. Σύμφωνα με έρευνα του Εργαστηρίου Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής του ΑΠΘ, η οποία υλοποιείται σε συνεργασία με το Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος, τα Σαββατοκύριακα οι τιμές της χειμερινής περιόδου 2014-15 παρουσιάζονται αυξημένες σε σύγκριση με την αντίστοιχη περίοδο 2013-14. Παρόλο την πτώση της τιμής του πετρελαίου θέρμανσης, η καύση ξύλου και βιομάζας ως πρώτης ύλης για θέρμανση εξακολουθεί να συνεχίζεται στη Θεσσαλονίκη.

Η ομάδα μελετών Gaidajis et al, (2014) μελέτησαν τις χειμερινές συγκεντρώσεις σωματιδιακών μαζών στο αστικό περιβάλλον και ο αντίκτυπος της οικονομικής κρίσης. Στόχος της συγκεκριμένης μελέτης είναι να συζητηθεί ο αντίκτυπος της οικονομικής κρίσης στην ποιότητα του αέρα σε Καβάλα και Δράμα όσο αφορά τις συγκεντρώσεις PM_{10} . Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στη χειμερινή περίοδο 2012, 2013 και 2014. Η ανάλυση της ημερήσιας συγκέντρωσης των PM_{10} έδειξε ότι κατά το διάστημα 19:00-22:00 μ.μ. οι μετρήσεις ήταν σε υψηλές τιμές συνδέθηκαν με τη βασική ανάγκη της θέρμανσης βασικές ανάγκες το βράδυ. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στη συγκεκριμένη μελέτη υποστηρίζουν ότι η σημαντική αλλαγή στην ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα στην Ελλάδα οφείλεται στη οικονομική κρίση και της συστηματικής αύξησης της καύσης προϊόντων βιομάζας για θέρμανση κατοικιών.

5 Γεωγραφικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά της Λάρισας

5.1 Τοπογραφικά χαρακτηριστικά της Λάρισας

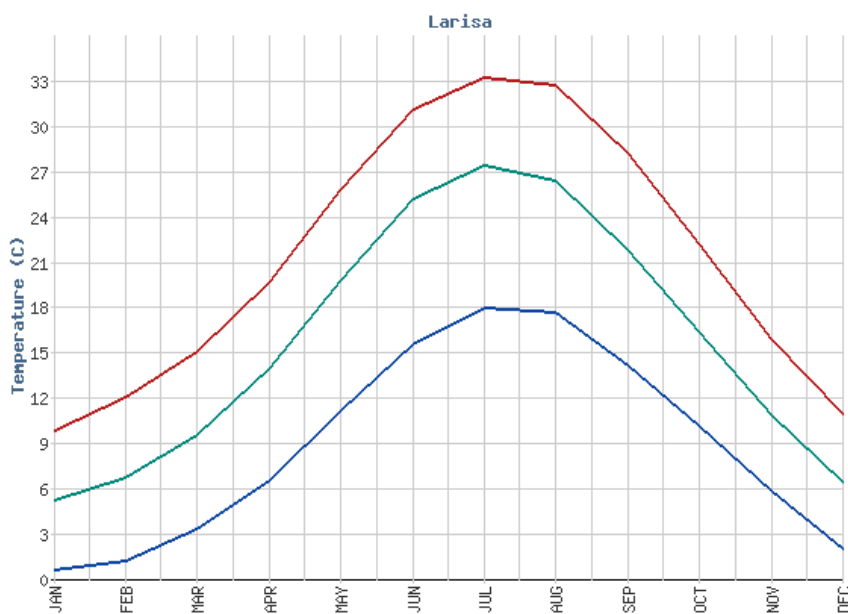
Ο δήμος της Λάρισας έχει έκταση 335,12 τ.χλμ σε Γ. Μήκος (Lon) 22ο27' / Γ. Πλάτος (Lat) 39ο38'45''/ και σε Ύψος 72,72μ. πάνω από τη θάλασσα. Έχει έκταση 19000 στρέμματα και διατρέχεται από τον Πηνειό ποταμό. Η Λάρισα συνορεύει Βόρεια συνορεύει με τους νομούς Πιερίας και Κοζάνης, δυτικά με τους νομούς των Γρεβενών, των Τρικάλων, της Καρδίτσας, νότια με τους νομούς Φθιώτιδος και Μαγνησίας και ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος σε μήκος 70 περίπου km. Σύμφωνα με την τελευταία καταγραφή της ΕΛΕΣΤΑΤ ο πληθυσμός της Λάρισας ανέρχεται στους 162.591 μόνιμους κατοίκους.

5.2 Κλιματολογικά δεδομένα

Η περιοχή είναι ευρέως γνωστή για το μεγάλο θερμομετρικό εύρος μεταξύ χειμώνα και καλοκαίρι (<http://culture.larissa-dimos.gr>). Στον Πίνακα 4-1 παρουσιάζονται οι τιμές ελάχιστης, μέσης και μέγιστης θερμοκρασίας ανά μήνα με βάση των κλιματολογικών δεδομένων της περιόδου 1955-2010 των στοιχείων της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	0,7	1.3	3.4	6.6	11.2	15.6	18.1	17.7	14.2	10.2	5.9	2.1
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	5.3	6.8	9.6	14.0	19.9	25.3	27.5	26.5	21.9	16.4	10.9	6.5
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	9.9	12.1	15.1	19.8	25.9	31.2	33.3	32.8	28.3	22.3	15.9	11.0

Πίνακας 2 Δεδομένα στοιχεία ελάχιστης, μέσης και μέγιστης μηνιαίας θερμοκρασίας

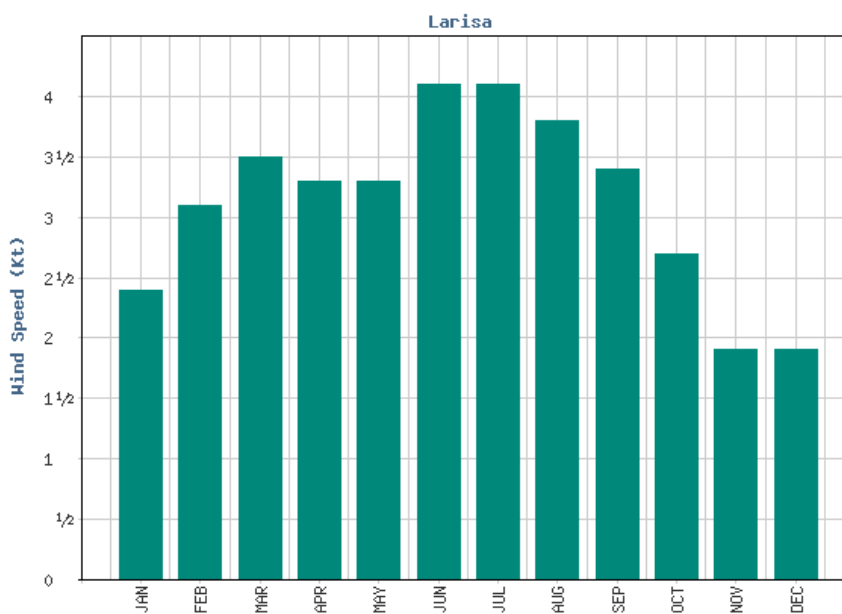


Διάγραμμα 1 3 Διακύμανση μέσης μηνιαίας ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Μετεωρολογικού Σταθμού Λάρισας οι επικρατούντες άνεμοι στην περιοχή ανήκουν στον ανατολικό τομέα, ακολουθούμενοι από βόρειους και δυτικούς ανέμους. Η μέση ένταση των ανέμων είναι 2-4 Beaufort και το ποσοστό ετήσιας νηνεμίας ξεπερνά το 55% (Ε.Μ.Υ., 2019).

	ΙΑΝ	ΦΕΡ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμου	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμου	2.4	3.1	3.5	3.3	3.3	4.1	4.1	3.8	3.4	2.7	1.9	1.9

Πίνακας 3 Καταγραφή μέσης μηνιαίας έντασης του ανέμου

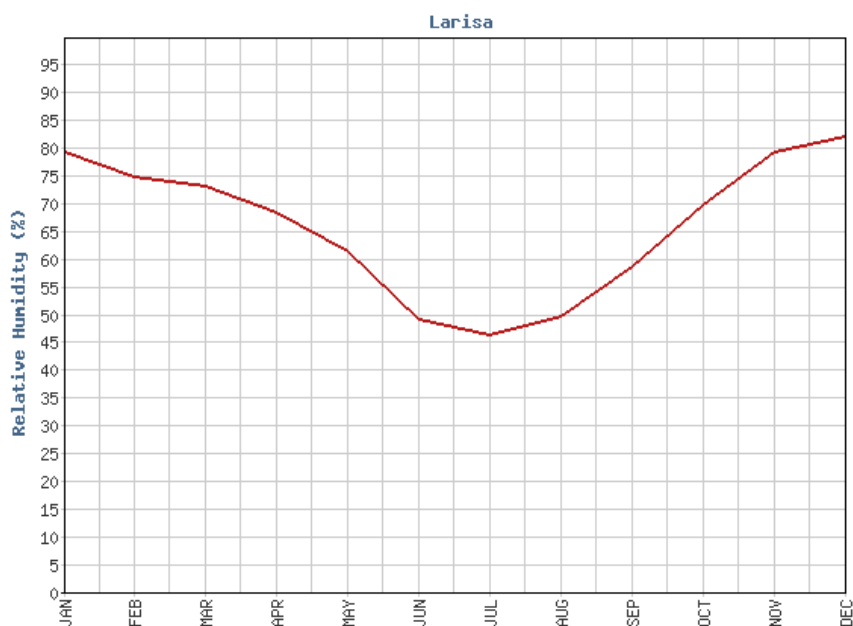


Διάγραμμα 1 4 Διακύμανση μέσης μηνιαίας έντασης του ανέμου

Σημαντικές διακυμάνσεις καταγράφονται καθόλη της διάρκειας του έτους και στο ποσοστό της μέσης υγρασίας.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Υγρασία (%)	79.9	74.8	72.2	68.0	60.6	48.8	46.2	49.9	59.4	70.4	79.5	82.3

Πίνακας 4 Καταγραφή μέσης μηνιαίας υγρασίας %



Διάγραμμα 1 5 Διακύμανση μηνιαίας ποσοστιαίας υγρασίας %

5.3 Σταθμός μέτρησης Λάρισας

Ο σταθμός μέτρησης των αέριων ρύπων χαρακτηρίζεται ως Αστικός Κυκλοφορίας με κωδικό ονομασίας (ΛΑΡ) και βρίσκεται τοποθετημένος σε δώμα του κτιρίου της Περιφέρειας Θεσσαλίας. Την ευθύνη λειτουργίας του σταθμού την έχει η Περιφέρεια Θεσσαλίας. Ο σταθμός μέτρησης εγκαταστάθηκε το 2001 από το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ).

Στη περιοχή της Λάρισας από το Ιούλιο του 2009 τέθηκε σε λειτουργία μια ακόμα μονάδα μέτρησης αέριων ρύπων. αρχικά ο σταθμός μέτρησης ήταν εγκατεστημένος στο κτήριο του ΤΕΕ και στη συνέχεια μεταφέρθηκε στο Ομορφοχώρι Λάρισας. Την τελευταία διετία ο σταθμός βρίσκεται εγκατεστημένος σε οικόπεδο της οδού Σαρίμβη και λειτουργεί ως Αστικός Κυκλοφορίας. Υπεύθυνος φορέας λειτουργίας του σταθμού είναι η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης – Αποχέτευσης Λάρισας (ΔΕΥΑΛ).

Φορέας Λειτουργίας	Γεωγραφικό μήκος	Γεωγραφικό ό πλάτος	Ρύποι που καταγράφονται	Συχνότητα μέτρησης
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ (ΕΔΠΑΡ)	367186.232	4391710.61 4	CO-PM10	ΩΡΙΑΙΑ
ΔΕΥΑ ΛΑΡΙΣΑΣ	362567.08	4388383.06	SO ₂ , NO _x , NO, NO ₂ , CO, O ₃ , PM10, PM _{2.5} C ₆ H ₆	24-ωρο

Πίνακας 5 Θέση σταθμών μέτρησης Λάρισας

5.4 Δεδομένα ρύπανσης

Τα δεδομένα μετρήσεων των αιωρούμενων σωματιδίων αποτελούνται από ημερήσιες και μηνιαίες τιμές για το χρονικό διάστημα 2007-2019. Ειδικότερα, τα στοιχεία που συλλέχθηκαν για το διάστημα 2007-2015 περιλαμβάνουν την μέση μηνιαία συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων, ενώ τη περίοδο 2016-2019 αναφέρουν την ημερήσια συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Η πληρότητα των μετρήσεων της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα για κάποια έτη είναι ελλείπει γεγονός που οφείλεται στη δυσλειτουργία του σταθμού μέτρησης. Στον Πίνακα 5-5 παρουσιάζεται το ποσοστό της πληρότητας των μετρήσεων των PM₁₀ για την χρονική περίοδο 2007-2019.

Έτος	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ποσοστό πληρότητας μετρήσεων	65%	82%	40%	37%	88%	32%	94%	97%	43%	29%	74%	95%	96%

Πίνακας 6 Ποσοστιαία πληρότητα μετρήσεων

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν ελλείψεις στα στοιχεία των μετρήσεων γεγονός που οφείλεται σε βλάβη του σταθμού μέτρησης. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση του πειραματικού μέρους της διπλωματικής

εργασίας συλλέχθηκαν από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (Υ.Π.ΕΝ.) και το Τμήμα της Διεύθυνσης Περιβάλλοντος της Περιφέρειας Θεσσαλίας.

6 Πειραματική διαδικασία - Ανάλυση δεδομένων

6.1 Ταξινόμηση πηγών προέλευσης PM₁₀ σε Λάρισα

Η αναζήτηση εναλλακτικών τρόπων θέρμανσης από τους κατοίκους της Λάρισας έχει ενταθεί τα τελευταία χρόνια, εξαιτίας της αύξησης στην τιμή του πετρελαίου θέρμανσης κατά 30-40%. Σύμφωνα με την άποψη των πολιτών, το 2011 το 70% περίπου των πολιτών χρησιμοποιούσε πετρέλαιο ως βασική πηγή θέρμανσης. Το 2012, το ποσοστό μειώθηκε στο 35%. Οι πολίτες κατέφυγαν σε τζάκια και σόμπες (9%), κλιματιστικά (16%), ηλεκτρικά σώματα (16%) και σε φυσικό αέριο (21%). Πολλοί επέλεξαν να περιορίσουν την κατανάλωση κάθε μέσου θέρμανσης. Σύμφωνα με στοιχεία του υπουργείου Οικονομικών, την περίοδο Οκτώβριος 2012 – Φεβρουάριος 2013, η κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης μειώθηκε κατά 68% και ταυτόχρονα αυξήθηκε κατά 80% η αγορά ξυλόσομπας.

Ένας ακόμα παράγοντας που θεωρείται υπεύθυνος για την αύξηση της σωματιδιακής ρύπανσης είναι η έντονη κυκλοφορία των οχημάτων τις ώρες αιχμής. Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ (2020) ο συνολικός αριθμός στόλου οχημάτων κυκλοφορίας για την πόλη της Λάρισας είναι 63.050 κάτοικοι. Στον Πίνακα 7 αναλύεται ο συνολικός αριθμός κυκλοφορίας για κάθε τύπου οχήματος.

Τύπος οχήματος	Συνολικός αριθμός κυκλοφορίας
Οχήματα ιδιωτικής χρήσης	39190
Οχήματα δημόσιας χρήσης	93
Λεωφορεία	428
Μοτοσυκλέτες επιβατικές	22360
Φορτηγά ιδιωτικής χρήσης	46
Φορτηγά δημόσιας χρήσης	96

Πίνακας 7 Συνολικός στόλος οχημάτων κυκλοφορίας Λάρισας (ΕΛΣΤΑΤ, 2020)

Με βάση την τελευταία απογραφή του 2020 ο συνολικός πληθυσμός για την πόλη της Λάρισας ήταν 281.033 κάτοικοι οι οποίοι κατατάσσονται ως εξής (ΕΛΣΤΑΤ, 2020) :

1. Άτομα ηλικίας 0-14 αντιστοιχεί το 14,3 % του συνολικού πληθυσμού
2. Άτομα ηλικίας 15-64 αντιστοιχεί το 63,6% του συνολικού πληθυσμού
3. Άτομα ηλικίας 65 και άνω αντιστοιχεί το 22,1% του συνολικού πληθυσμού

Υποθέτοντας ότι το ποσοστό των κατοίκων που είναι κάτοχοι διπλώματος είναι περίπου το 40% της 2^{ης} και 3^{ης} κατηγορίας τότε προκύπτει ότι για κάθε άτομο αντιστοιχεί περίπου ένα (1) όχημα.

Στον υπολογισμό δεν συμπεριλήφθηκαν τα οχήματα δημόσιας κυκλοφορίας.

Το παρόν κεφάλαιο απαρτίζεται από δυο ενότητες. Το πρώτο μέρος περιλαμβάνει την ανάλυση των στοιχείων με στόχο την παρουσίαση της μεταβολής της σωματιδιακής ρύπανσης στη ατμόσφαιρα στην πόλη της Λάρισας τη χρονική περίοδο 2007-2019. Μέσα από την επεξεργασία των δεδομένων υπάρχει η δυνατότητα χαρακτηρισμού της ποιότητας του αέρα. Οι παράμετροι που λήφθηκαν υπόψη για τη διακύμανση της συγκέντρωσης των PM₁₀ στην ατμόσφαιρα ήταν η θερμοκρασία και η κυκλοφορία των οχημάτων.

Στη δεύτερη ενότητα επεξεργάζονται τα δεδομένα στοιχεία για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης της διάρκειας 2016-2019. Τα στοιχεία που λήφθηκαν υπόψη για την μελέτη της αιθαλομίχλης αφορούν την κρύα περίοδο (Οκτώβριος-Μάρτιος). Έπειτα της εξέτασης των δεδομένων διαπιστώνεται τις ώρες που σημειώνονται οι μέγιστες υπερβάσεις της ημερήσιας οριακής τιμής των PM₁₀ κατά τη διάρκεια του 24-ώρου με αποτέλεσμα να ευνοείται ο σχηματισμός της αιθαλομίχλης στη ατμόσφαιρα. Οι παράμετροι που λήφθηκαν υπόψη για την εμφάνιση της αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα ήταν η χειμερινή θερμοκρασία.

6.2 Μελέτη διακύμανσης σωματιδιακής ρύπανσης για την περίοδο 2007-2019

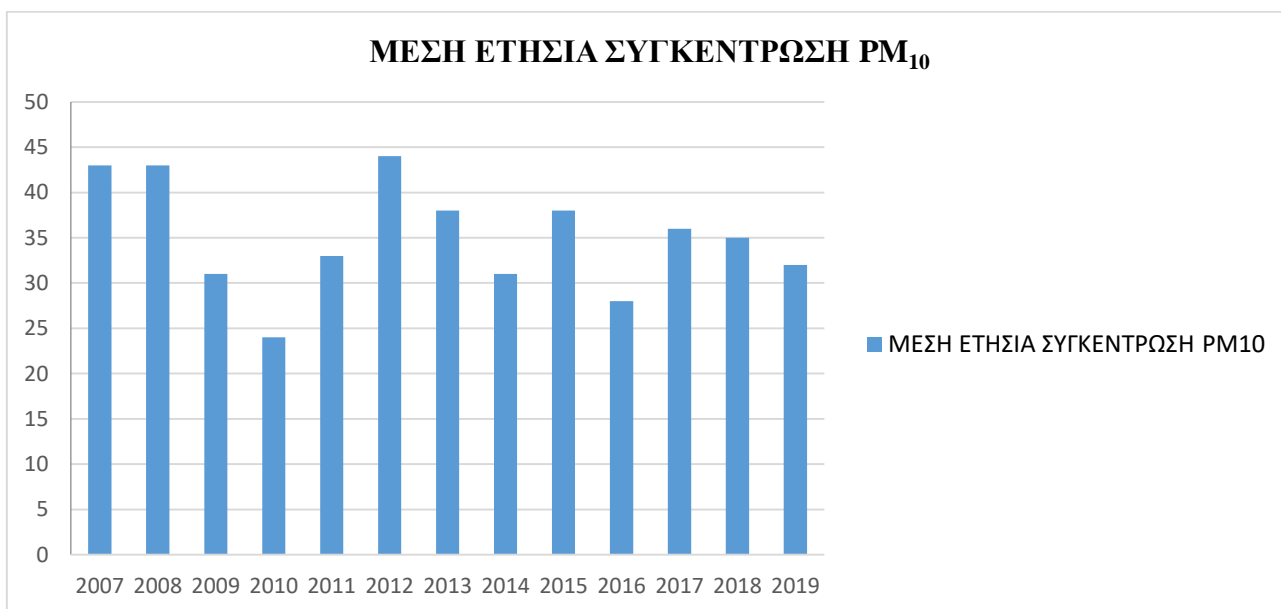
Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/50/EK για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη έχει θεσπιστεί το ανώτερο και κατώτερο όριο εκτίμησης του μέσου όρου του έτους και του 24ώρου (Πίνακας8)

	Μέσος όρος 24ώρου συγκέντρωσης PM ₁₀	Μέσος ετήσιος όρος PM ₁₀
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70% της οριακής τιμής (35 μg/m ³ δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	70% της οριακής τιμής (28μg/m ³)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50% της οριακής τιμής (25μg/m ³ δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	50% της οριακής τιμής (20μg/m ³)

Πίνακας 8 Όρια εκτίμησης συγκέντρωσης PM₁₀ (Οδηγία 2008/50/EK)

Στα διαγράμματα που ακολουθούν απεικονίζονται η μεταβολή της μέσης ετήσιας, μηνιαίας, εβδομαδιαίας και ωριαίας συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων για το διάστημα 2007-2019.

Στο διάγραμμα 1 6 παρουσιάζεται η διακύμανση της μέσης ετήσιας συγκέντρωσης των PM₁₀ στην ατμόσφαιρα.



Διάγραμμα 1 6 Διακύμανση μέσης ετήσιας συγκέντρωσης των PM₁₀

Η διαχρονική μείωση των επιπέδων των PM₁₀ οφείλεται από τη στιγμή όπου ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας καταχώρησε στη λίστα των επικινδύνων καρκινογόνων

Διπλωματική Εργασία

ουσιών τα αιωρούμενα σωματίδια. Επιπλέον, έχει βελτιωθεί ποιότητα των καυσίμων των οχημάτων και τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί το σύστημα της υγραεροκίνησης στα οχήματα που συνδυάζει την οικονομία στα καύσιμα και την μείωση των εκπεμπόμενων αιωρούμενων σωματιδίων. Ένα ακόμα παράγοντας που έχει συμβάλλει στην μείωση των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των PM_{10} είναι ο συστηματικός έλεγχος και η συντήρηση των οχημάτων μέσω του ελέγχου του μέσω της κάρτας καυσαερίων από το ΚΤΕΟ (Κελέσης κ.α., 2016).

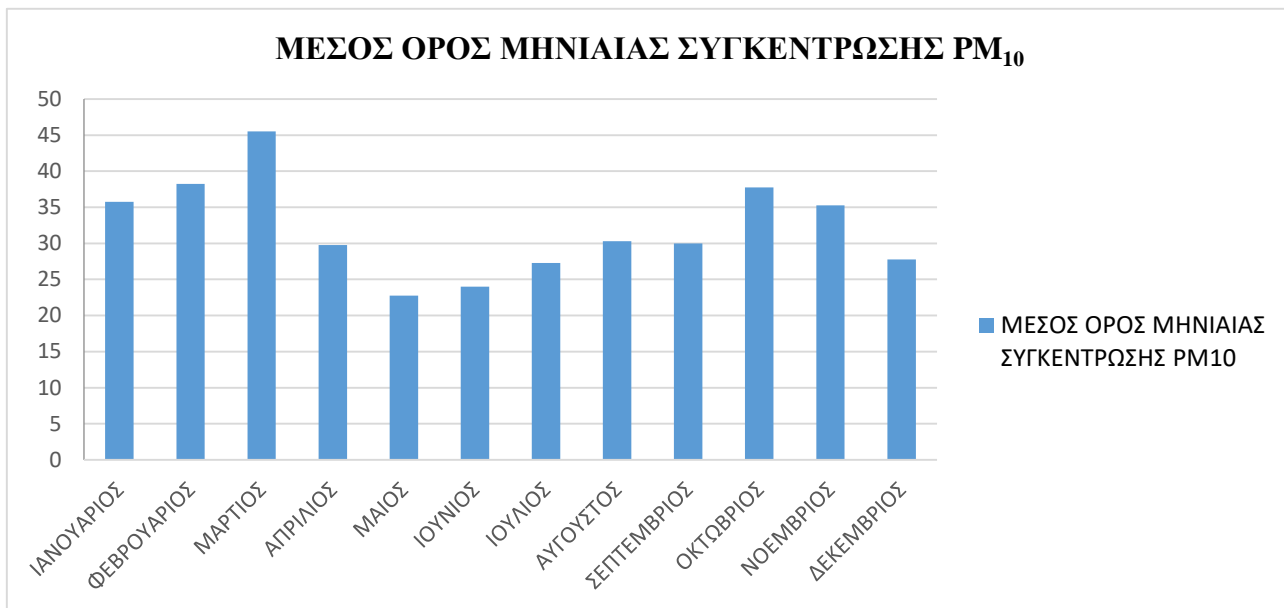
Η χρήση του φυσικού αερίου ως θερμαντικό μέσο έχει συμβάλλει στην μείωση των τιμών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Επιπλέον, στα κτίρια έχει καθιερωθεί η απαραίτητη υποχρέωση του ελέγχου και της συντήρησης των καυστήρων της κεντρικής θέρμανσης (Ευαγγελόπουλος κ.α., 2017) .

Ο σταθμός μέτρησης των αέριων ρύπων στην Λάρισα είναι τοποθετημένος σε κεντρικό σημείο της πόλης συνεπώς είναι αποδέκτης της καθημερινής έντονης κυκλοφορίας των οχημάτων και της θέρμανσης των κατοικιών και λοιπών χώρων (Vouitsis et al, 2015).

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα 6 1τα ετήσια επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των PM_{10} παρουσιάζουν αυξομειώσεις τιμών το διάστημα 2007-2019. Τα έτη 2007 και 2008 η συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα παρατηρήθηκε σε αρκετά υψηλά επίπεδα με αποτέλεσμα υποβαθμιστεί η ποιότητα του αέρα. Τα έτη 2011, 2013, 2014, 2017, 2018 και 2019 τα επίπεδα της ρύπανσης των PM_{10} σημειώθηκαν σε τιμές ανάμεσα των 30- 40 $\mu g/m^3$.

Ωστόσο όμως, τις χρονιές 2009, 2010, 2012, 2015 και 2016 τα αποτελέσματα δεν είναι ασφαλή διότι το πλήθος των ημερήσιων μετρήσεων δεν επαρκεί για την εξέταση των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για την ακριβή εξέταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των PM_{10} θα πρέπει να έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις τουλάχιστον το 75% του συνολικού ημερολογιακού έτους.

Στο διάγραμμα 1 7 αναλύεται η διακύμανση της μέσης μηνιαίας συγκέντρωσης των PM_{10}



Διάγραμμα 1 7 Διακύμανση μέσης μηνιαίας συγκέντρωσης των PM₁₀

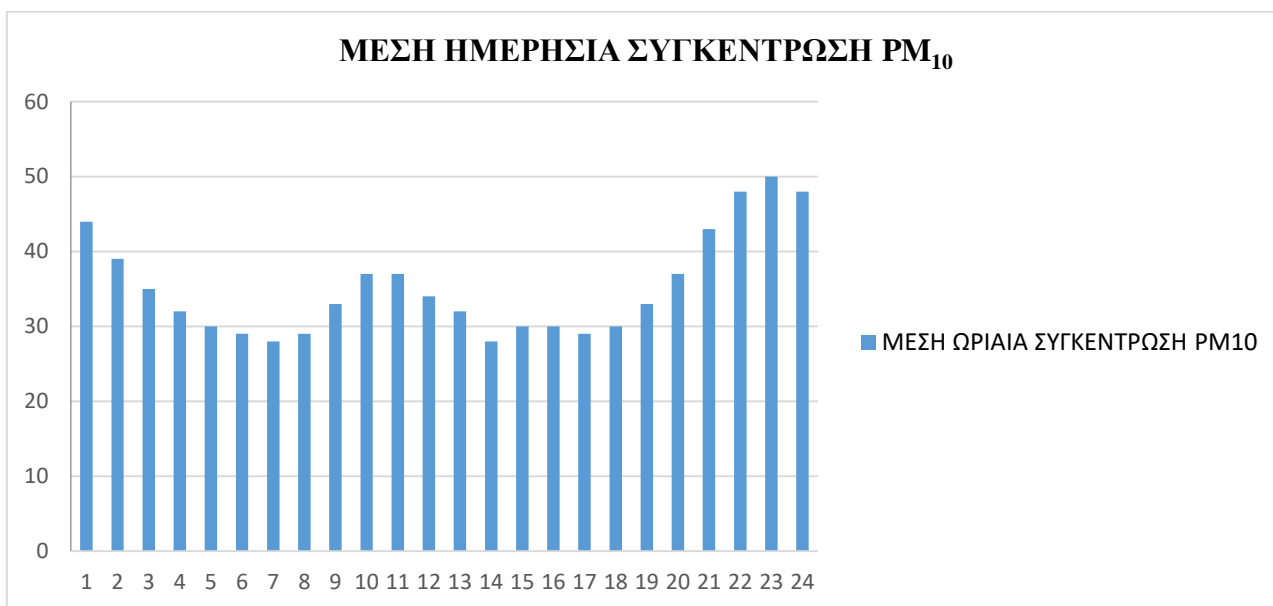
Οι παράγοντες που οφείλονται για την εποχιακή διακύμανση των PM₁₀ είναι κυρίως η θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες, η πυκνή κυκλοφορία των οχημάτων μέσα στην πόλη, σε αντίθεση με τους καλοκαιρινούς μήνες όπου παρατηρείται ύφεση των δραστηριοτήτων στην πόλη (Samara et al, 2015). Η επίδραση των οικονομικών μέτρων είχε ως αποτέλεσμα την επιλογή των ρυπογόνων τρόπων θέρμανσης. Την θερμή περίοδο τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης παρατηρούνται σε μειωμένες τιμές αλλά εξακολουθούν να παραμένουν σε υψηλά επίπεδα. Η αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με την υψηλό ποσοστό της υγρασίας έχουν ως αποτέλεσμα τα αιωρούμενα σωματίδια να παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στον αέρα (Diaprouli et al, 2017). Την άνοιξη και συγκεκριμένα από αρχές Μαρτίου έως και αρχές Ιουνίου οι μέση μηνιαία συγκέντρωση των PM₁₀ εξακολουθεί να καταγράφεται σε σημαντικά επίπεδα εξαιτίας της μεταφοράς της αφρικάνικης σκόνης (Israelevich et al, 2002). Μελέτη έχει αναδείξει ότι η μεταφορά σκόνης από την Αφρική ευθύνεται για 10-20% της συνολικής σωματιδιακής ρύπανσης ετησίως, στις Μεσογειακές χώρες (Goudie & Middleton, 2006). Η συνεισφορά της μεταφερόμενης σκόνης, κατά τη διάρκεια επεισοδίων μεταφοράς, στη συνολική συγκέντρωση των PM₁₀ σε μεσογειακές χώρες, μπορεί να ξεπεράσει το 60% (Querol, 2009).

Όπως προκύπτει από την ανάλυση των στοιχείων η εποχιακή διακύμανση της σωματιδιακής ρύπανσης εξαρτάται από τις επικρατούσες θερμοκρασίες της περιοχής. Τους χειμερινούς μήνες (Οκτώβριο-Μάρτιο) εξαιτίας των χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στην περιοχή της Λάρισας (βλέπε Πίνακα 9) η τιμή της μέσης μηνιαίας συγκέντρωσης των PM_{10} σημειώνεται σε υψηλά επίπεδα γεγονός που οφείλεται κυρίως στην αυξημένη ποσότητα της καύσης της βιομάζας. Με την άνοδο της θερμοκρασίας που καταγράφεται κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου η τιμή της μέσης μηνιαίας συγκέντρωσης των PM_{10} σημειώνονται σε χαμηλότερα όμως διατηρούνται σε σημαντικά επίπεδα. Η μεταφορά της αφρικάνικης σκόνης που παρατηρείται στην περιοχή και κυρίως τις πρωινές ώρες ευνοούν την αιώρηση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το αποτέλεσμα είναι η κάλυψη της πόλης από κιτρινωπό νέφος.

	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία	-7	+0.1	+5.1	+14	+19	+24	+25	+26	+19	+10	+15	+20
Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία	0	+5	+10	+20	+25	+29	+30	+30	+27	+15	+20	+25

Πίνακας 9 Παρουσίαση μέσης μηνιαίας ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας

Στο διάγραμμα 1 8 παρουσιάζεται η ημερήσια διακύμανση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των PM_{10} .



Διάγραμμα 1 8 Διακύμανση μέσης ημερήσιας συγκέντρωσης των PM₁₀

Στο διάγραμμα 1 8 προβάλλεται η ημερήσια διακύμανση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των αιωρούμενων σωματιδίων. Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του διαγράμματος τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης παρουσιάζουν διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του 24ώρου.

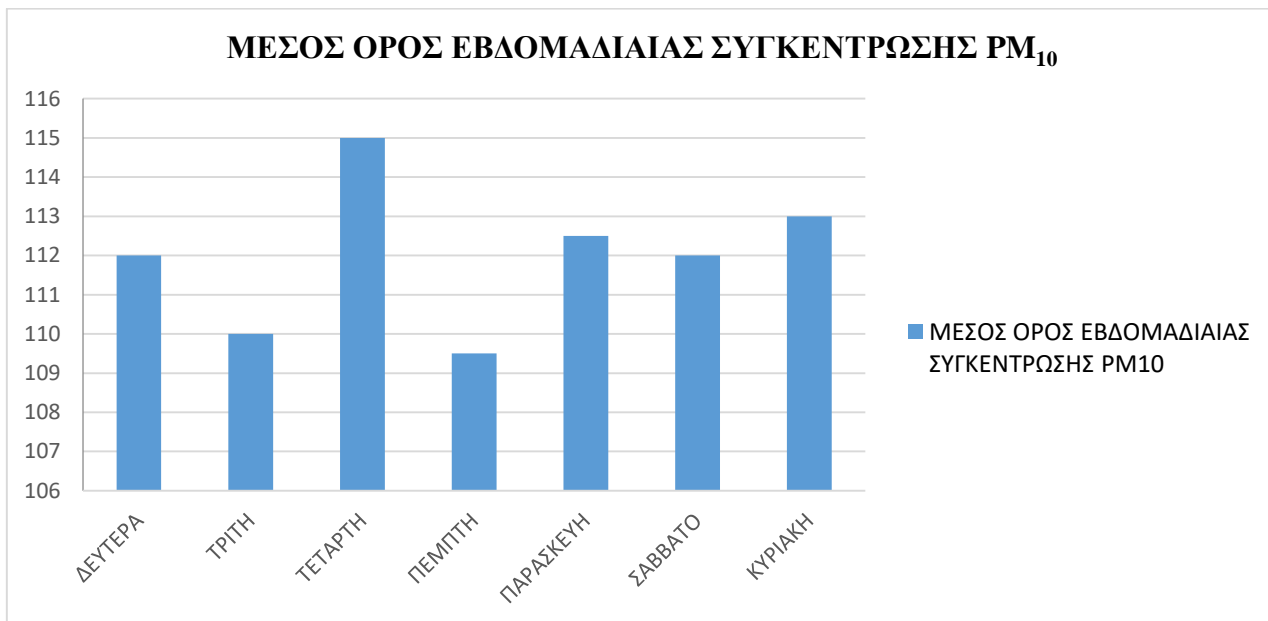
Η πυκνή κυκλοφορία των ιδιωτικών οχημάτων και των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς αποτελεί μια καθημερινή συνήθεια των κατοίκων της πόλης για την εξυπηρέτησή τους για την μετακίνησή τους (Grivas et al, 2008). Οι μεγάλες τιμές των PM₁₀ που σημειώνονται τη χρονική περίοδο 09:00-11:00 π.μ. και 20:00-22:00 μ.μ. που οφείλονται στο ωράριο λειτουργίας των εμπορικών καταστημάτων και λοιπών δραστηριοτήτων.

Η καύση μη πιστοποιημένων ορυκτών καυσίμων και βιομάζας για θέρμανση σε κατοικίες, γραφεία και λοιποί εσωτερικοί χώροι κατά την χειμωνιάτικη περίοδο δημιουργούν αρνητικές επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της ημέρας (Κανελλοπούλου κ.α. 2017). Η ατμόσφαιρα εμφανίζεται επιβαρυνμένη από τις αυξημένες συγκεντρώσεις των PM₁₀ που έχουν σημειωθεί στη μέρα τις ώρες μεταξύ 20:00-03:00 μ.μ.

Ευνοϊκές συνθήκες για την μεταφορά Αφρικανικής σκόνης παρατηρούνται κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη αυξημένη θερμοκρασία που επικρατεί στη περιοχή κατά τη διάρκεια της ημέρας με αποτέλεσμα την ανάπτυξη τυρβωδών κινήσεων του ατμοσφαιρικού αέρα που οδηγούν σε αιώρηση των σωματιδίων σκόνης (Ben-Ami, 2010). Συνεπώς, οι αυξημένες συγκεντρώσεις των PM₁₀ που

καταγράφονται τις πρωινές ώρες και συγκεκριμένα το διάστημα 09:00-11:00 π.μ. μπορούν να αποδοθούν και στην μεταφορά αφρικάνικης σκόνης στην περιοχή.

Στο διάγραμμα 1 9 παρουσιάζεται η μέση εβδομαδιαία μεταβολή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των PM_{10} .



Διάγραμμα 1 9 Διακύμανση μέσης εβδομαδιαίας συγκέντρωσης των PM_{10}

Σύμφωνα με τα στοιχεία του διαγράμματος 6 4 παρουσιάζεται μεταβολή των συγκεντρώσεων των PM_{10} σε εβδομαδιαία βάση. Τις μέρες Δευτέρα, Τετάρτη και Παρασκευή οι τιμές των συγκεντρώσεων των PM_{10} καταγράφονται σε υψηλά επίπεδα. Η έντονη μετακίνηση των κατοίκων με οχήματα και τα ΜΜΜ που καταγράφεται τις συγκεκριμένες μέρες αποδίδεται στο διευρυμένο ωράριο λειτουργίας των εμπορικών καταστημάτων της πόλης.

Την Τρίτη και την Πέμπτη τα επίπεδα των PM_{10} σημειώνονται σε χαμηλότερες τιμές. Η κίνηση των οχημάτων στην πόλη παρατηρείται σε μικρότερο επίπεδο που οφείλεται στο κλείσιμο της εμπορικής δραστηριότητας νωρίτερα σε σχέση με τις προαναφερόμενες.

Επιπλέον, τις συγκεκριμένες ημέρες ο χρόνος λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης είναι μικρότερος λόγω των κλειστών εμπορικών καταστημάτων της περιοχής κατά τις απογευματινές ώρες.

Η καύση των ρυπογόνων ουσιών παρατηρείται σε μεγαλύτερη ποσότητα το Σάββατο και την Κυριακή λόγω του μεγαλύτερου χρόνου παραμονής των κατοίκων στις κατοικίες τους.

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα διαπιστώνεται ότι η τιμή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εμφανίζει διακύμανση σε ετήσια, μηνιαία, ημερήσια και εβδομαδιαία επίπεδα. Η ύπαρξη πρόσθετων πηγών ενέργειας όπως για παράδειγμα στη οικιακή θέρμανση, στις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες και στην κυκλοφορία των οχημάτων (Manousakas et al, 2013) συνεπάγεται στις υψηλές εκπομπές των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται διακύμανση των τιμών ανάμεσα στη κρύα και θερμή περίοδο (Grivas et al., 2018). Η αυξημένη κυκλοφορία των οχημάτων σε συνδυασμό με τη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης και των δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών (Katragkou et al, 2009), όπως η άπνοια και οι θερμοκρασιακές αναστροφές, ευνοείται η συσσώρευση των αιωρούμενων σωματιδίων το χειμώνα. Η ένταση και η διεύθυνση του ανέμου είναι από τους κυριότερους μετεωρολογικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ατμοσφαιρική ρύπανση (Paliatsos and Amatidis, 1994) δηλ. επηρεάζει καθοριστικά τον ρυθμό αραίωσης των ρύπων, με συνέπεια η άπνοια και οι άνεμοι χαμηλής έντασης να είναι μετεωρολογικές συνθήκες που δεν ευνοούν την διασπορά των ρύπων, οπότε και συντελούν στην αύξηση των επιπέδων ρύπανσης (Kassomenos et al, 1995).

6.3 Μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης

Στη παρούσα ενότητα μελετάτε η εμφάνιση του φαινομένου της αιθαλομίχλης στη ατμόσφαιρα για το χρονικό διάστημα 2016-2019. Για την περιοχή της Λάρισας οι τιμές των σωματιδίων υπερβαίνουν το όριο σχεδόν τις μισές μέρες από κάθε μήνα. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι κατά τους χειμερινούς μήνες η ανάγκη για θέρμανση είναι μεγάλη. Για την μελέτη της αιθαλομίχλης χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία της χειμερινής περιόδου του διαστήματος 2016-2019. Η παράμετρος που λήφθηκε υπόψη για ήταν η μέση ημερήσια θερμοκρασία που καταγράφηκε το συγκεκριμένο διάστημα.

Η πτώση θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των εκπομπών των σε αύξηση των αερολυμάτων μέσω της αύξησης των ψυχρών εκπομπών των οχημάτων και των

οικιακών καύσεων για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης. Τις ημέρες που σημειώνονται χαμηλές θερμοκρασίες το ύψος ανάμιξης μειώνεται αισθητά λόγω των θερμοκρασιακών αναστροφών γεγονός που συμβάλλει στην αύξηση των συγκεντρώσεων (Paliatsos and Amatidis, 1994). Ο σχολιασμός των διαγραμμάτων όπου παρουσιάζεται η διακύμανση της μέσης μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το Κλιματικό Δελτίο της Ε.Μ.Υ.

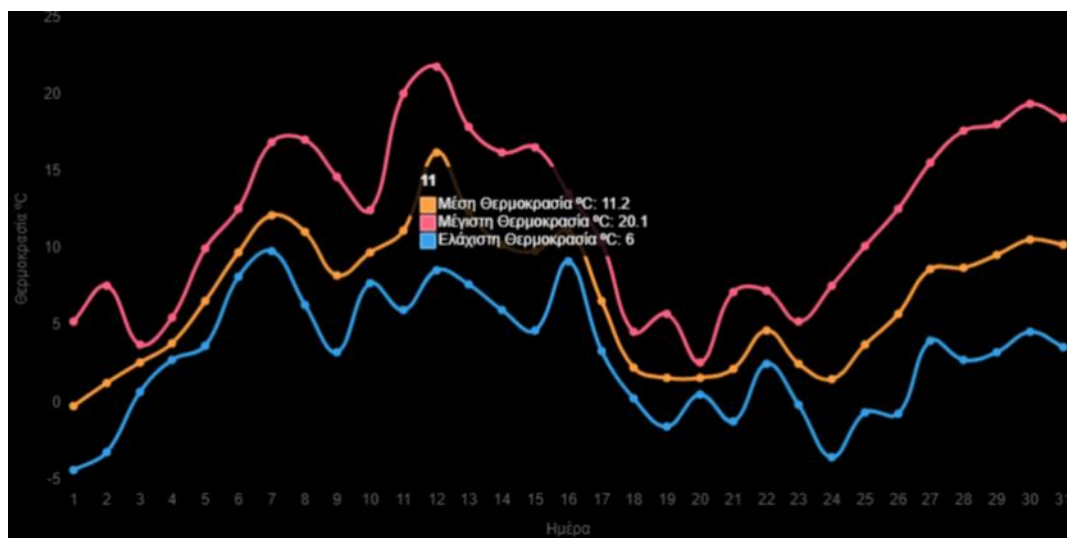
Ιανουάριος 2016: Ο Ιανουάριος είχε εναλλαγές ψυχρών και θερμών διαστημάτων. Ωστόσο το κύριο χαρακτηριστικό ήταν οι ισχυρές βροχές και οι χιονοπτώσεις κατά διαστήματα από τις 18/1 έως τις 26/1. Στο προαναφερόμενο διάστημα επικράτησαν αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες σημειώνοντας ακόμα και αρνητικές τιμές. Διαπιστώνεται ότι καθόλη τη διάρκεια του μήνα η μέση ωριαία συγκέντρωση των PM_{10} στη ατμόσφαιρα σημειώθηκαν σε υψηλές τιμές και κυρίως το χρονικό διάστημα 21:00-03:00 μ.μ.

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Ιανουάριο του 2016 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	36	32	34	27	22	22	20	18	21	24	27	24	23	23	22	27	28	33	33	38	44	51	47	46
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	104	82	64	54	54	46	44	46	49	53	55	54	47	42	40	40	39	45	59	71	94	105	101	101

Πίνακας 10 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης των PM_{10} Ιανουάριος 2016

Στο διάγραμμα 1 10 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Ιανουάριο του 2016.



Διάγραμμα 1 10 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Ιανουάριος 2016

Στον Πίνακα 11 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Ιανουάριο του 2016 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

Ω ρα	1-Ιαν		12-Ιαν		24-Ιαν		31-Ιαν	
	ΘΕΡΜΟΚΡ ΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣ Η PM ₁₀	ΘΕΡΜΟΚΡ ΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣ Η PM ₁₀	ΘΕΡΜΟΚΡ ΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣ Η PM ₁₀	ΘΕΡΜΟΚΡ ΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣ Η PM ₁₀
1	-4	29	10	23	-3	32	6	32
2		13		24	-4	23	4	32
3	-3	21	7	50	-3	34	2	43
4	-4	19	12	23	-3	32	2	33
5	-4	14	14	7	-6	21	2	30
6	-6	6	14	7	-5	30	1	19
7	-6	10	14	7	-7	23	1	20
8	-8	16	13	7	-5	27	0	13
9	-7	14	14	6	-2	25	4	19
10	-6	26	16	13	1	28	6	21
11	0	35	19	21	3	26	8	21
12	2	33	20	13	4	18	11	34
13	3	20	22	26	5	24	14	4
14	4	22	21	22	5	19	15	15
15	4	23	21	16	5	18	16	17
16	4	22	21	12	5	28	17	22
17	3	26	20	10	5	21	16	28
18	0	36	19	16	3	34	13	39
19	0	23	17	9	2	33	11	24
20	-2	28	16	7	2	57	11	47
21	-3	54	15	14	0	80	11	28
22	-4	47	14	1	0	69	11	17
23	-4	48	15	1	-1	82	12	7
24	-4	38	14	1	-1	53	11	16

Πίνακας 11 Γεγονότα αιθαλομίχλης Ιανουάριος 2016

Φεβρουάριος 2016: : Ο Φεβρουάριος ήταν ο πιο θερμός μήνας των τελευταίων 50 ετών. Ωστόσο όμως το 2^ο και το 3^ο δεκάημερο του μήνα επικράτησαν έντονες καταιγίδες. από τα δεδομένα προκύπτει ότι δεν καταγράφηκε υπέρβαση της μέσης ωριαίας συγκέντρωσης

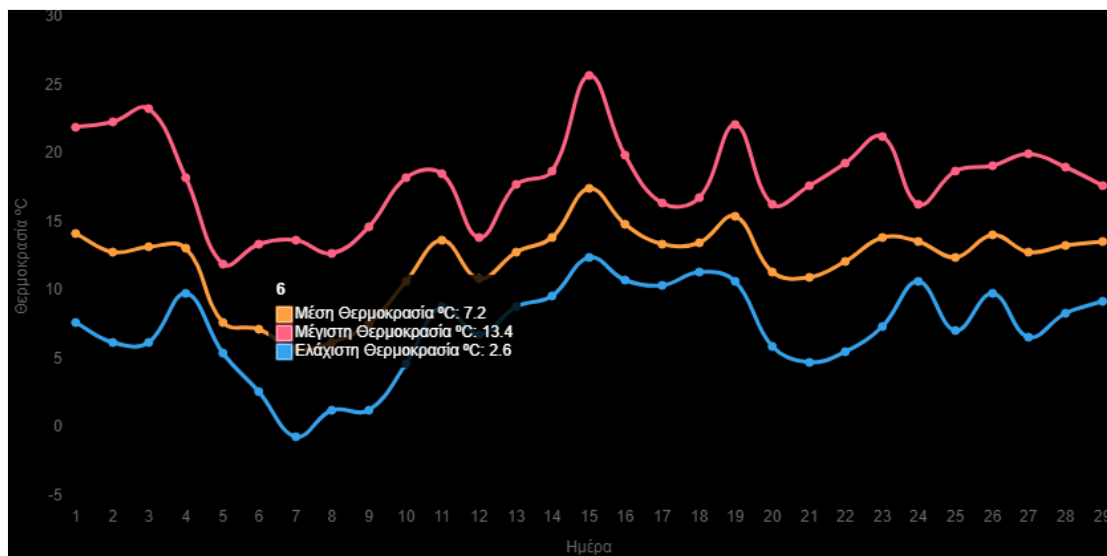
των PM_{10} στην ατμόσφαιρα. ταυτόχρονα η μέση μέγιστη ωριαία συγκέντρωση των PM_{10} σημείωσαν αρκετά υψηλές τιμές σε όλη τη διάρκεια του μήνα.

Στον Πίνακα 12 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Φεβρουάριο του 2016 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας .

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	26	20	18	19	18	1	16	14	17	18	17	19	22	20	19	19	21	26	21	23	23	24	28	28
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	93	105	67	74	47	64	69	45	55	45	80	60	60	60	64	65	78	68	96	125	178	163	175	143

Πίνακας 12 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης των PM_{10} Φεβρουάριος 2016

Στο διάγραμμα 1 11 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Φεβρουάριο του 2016.



Διάγραμμα 1 11 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Φεβρουάριος 2016

Στον Πίνακα 13 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Φεβρουάριο του 2016 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	2-Φεβ		17-Φεβ		26-Φεβρ	
	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀
1	7	31	11	22		14
2	5	8	10	19		11
3	5	12	10	2		3
4	6	19	9	21	10	18
5	6	18	8	12	9	17
6	5	21	8	17		17
7	7	18	7	15		20
8	3	24	8	14	8	15
9	7	23	9	19		18
10	12	30	10	30		14
11	14	15	12	36	15	11
12	16	22	13	38		10
13	18	38	14	34		25
14	19	29	15	39		27
15	21	19	16	42		21
16	21	15	16	36		20
17		29	15	21		29
18		51	14	22		33
19		26	13	11		8
20		33	13	17	12	10
21		35	12	27	13	12
22	11	40	11	21		7
23	8	38		54	11	8
24	8	50	11	34	9	4

Πίνακας 13 Γεγονότα αιθαλομίχλης Φεβρουάριος 2016

Μάρτιος 2016: Τον Μάρτιο εμφανίζεται μείωση των επιπέδων της συγκέντρωσης των PM₁₀ στην ατμόσφαιρα. όπως φαίνεται και από το διάγραμμα η αύξηση της ημερήσιας θερμοκρασίας και ιδιαίτερα της ελάχιστης θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα την μείωση

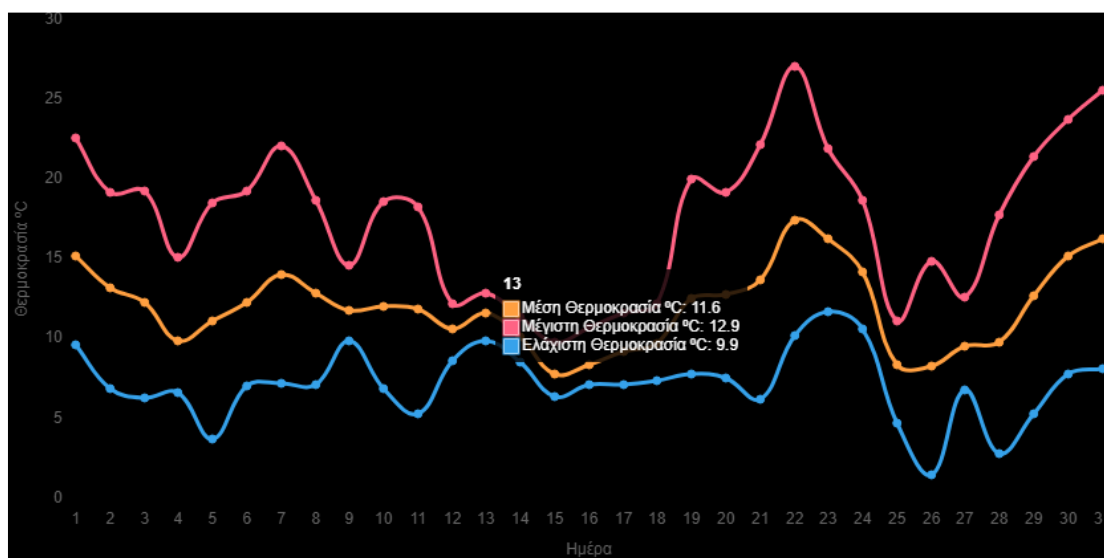
του χρόνου της λειτουργίας της θέρμανσης. Η υπέρβαση της καθιερωμένης τιμής των 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ είναι σχεδόν ελάχιστη.

Στον Πίνακα 14 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Μάρτιο του 2016 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	12	10	16	14	11	11	11	12	12	13	14	13	11	12	12	15	19	19	18	10	10	11	13	15
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	27	27	38	31	26	22	22	28	23	31	26	43	54	57	47	33	137	111	34	27	25	33	38	43

Πίνακας 14 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Μάρτιος 2016

Στο διάγραμμα 12 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Μάρτιο του 2016.



Διάγραμμα 12 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Μάρτιος 2016

Στον Πίνακα 15 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Μάρτιο του 2016 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

Ωρα	3-Μαρ		16-Μαρ		25-Μαρτ	
	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀
1	3	10	10	21	-3	9
2	4	14		9	-4	10
3	3	13	7	33	-3	25
4	3	12	12	20	-3	8
5	4	5	14	21	-6	10
6	3	10	14	9	-5	8
7	6	7	14	13	-7	9
8	9	10	13	12	-5	16
9	13	20	14	15	-2	7
10	14	19	16	12	1	7
11	16	19	19	7	3	8
12	17	8	20	12	4	7
13	18	8	22	1	5	4
14	17	7	21	4	5	12
15	16	8	21	9	5	15
16	16	23	21	7	5	3
17	15	8	20	8	5	12
18	13	4	19	15	3	19
19	12	8	17	15	2	9
20	11	8	16	20	2	10
21	11	2	15	21	0	15
22	9	3	14	18	0	14
23	9	10	15	20	-1	27
24		7	14	28	-1	17

Πίνακας 15 Γεγονότα αιθαλομίχλης Μάρτιος 2016

Οκτώβριος 2016: Τον Οκτώβριο οι θερμοκρασίες κυμάνθηκαν σε κανονικές τιμές για την εποχή επίπεδα με αποτέλεσμα ο μέσος όρος των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM₁₀ να καταγράφονται σε επιθυμητές τιμές. Η μέση ωριαία συγκέντρωση των PM₁₀

Διπλωματική Εργασία

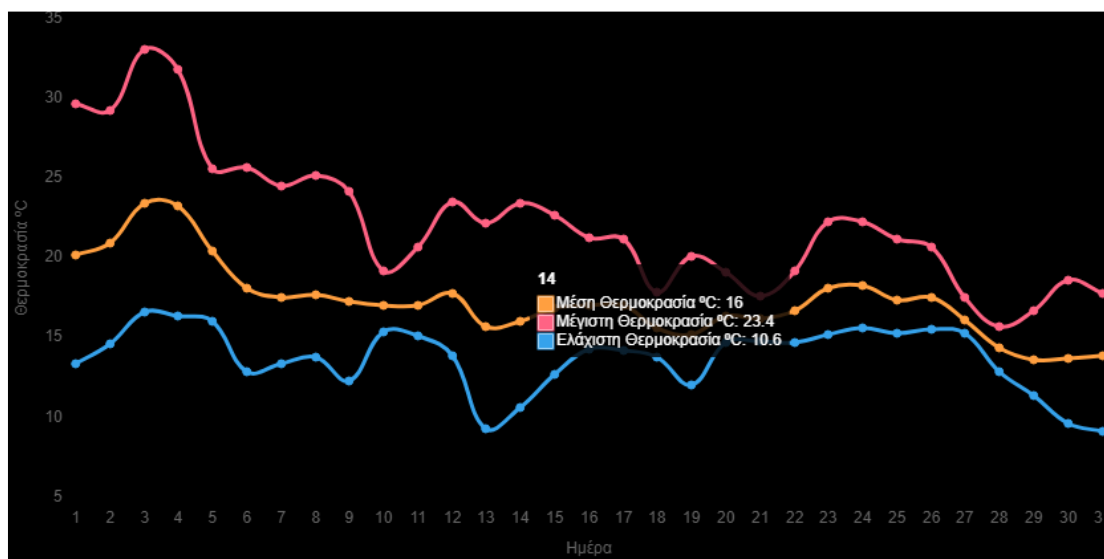
σημειώθηκαν σε υψηλά επίπεδα το χρονικό διάστημα 21:00-24:00 μ.μ. Η μέση μέγιστη ωριαία συγκέντρωση των PM_{10} παρατηρήθηκε σε αρκετά υψηλές τιμές σε όλη τη διάρκεια του μήνα.

Στον Πίνακα 16 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Οκτώβριο του 2016 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	30	27	26	24	23	24	26	29	32	31	30	27	24	22	22	20	21	23	28	32	36	37	38	34
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	68	58	55	57	57	53	47	54	65	70	75	65	48	42	47	49	48	51	57	52	77	65	81	99

Πίνακας 16 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Οκτώβριος 2016

Στο διάγραμμα 1 13 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Οκτώβριο του 2016.



Διάγραμμα 1 13 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Οκτώβριος 2016

Στον Πίνακα 17 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Οκτώβριο του 2016 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	Οκτ		18-Οκτ		23-Οκτ	
	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM ₁₀
1	18	68	15	10		22
2	18	54		12		19
3	15	49	15	11	15	19
4	15	46	15	10		23
5	15	44	14	9		19
6	14	51	14	11	14	17
7	14	47	14	18		18
8	14	52		18		20
9	17	65	14	15		26
10	23	70	14	15	15	21
11	25	75	15	18	18	21
12	18	65	16	17	20	19
13	18	48	16	15	20	17
14	15	28	16	14	22	17
15	15	27	17	15	22	15
16	15	16	17	14	22	12
17	14	11	16	11	22	15
18	14	15	15	12	21	14
19	14	26	14	14	18	22
20	17	52	14	21	17	26
21	23	48	14	18	17	31
22	25	56	14	20	17	42
23	18	67	13	22	17	29
24	18	74	12	13	17	34

Πίνακας 17 Γεγονότα αιθαλομίχλης Οκτώβριος 2016

Νοέμβριος 2016: Το κύριο χαρακτηριστικό του Νοεμβρίου ήταν κακοκαιρία της περιόδου 26-29/11 που επηρέασε την περιοχή. Η ψυχρή εισβολή αερίων μαζών στην περιοχή στο τέλος του μήνα είχε σαν αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας που

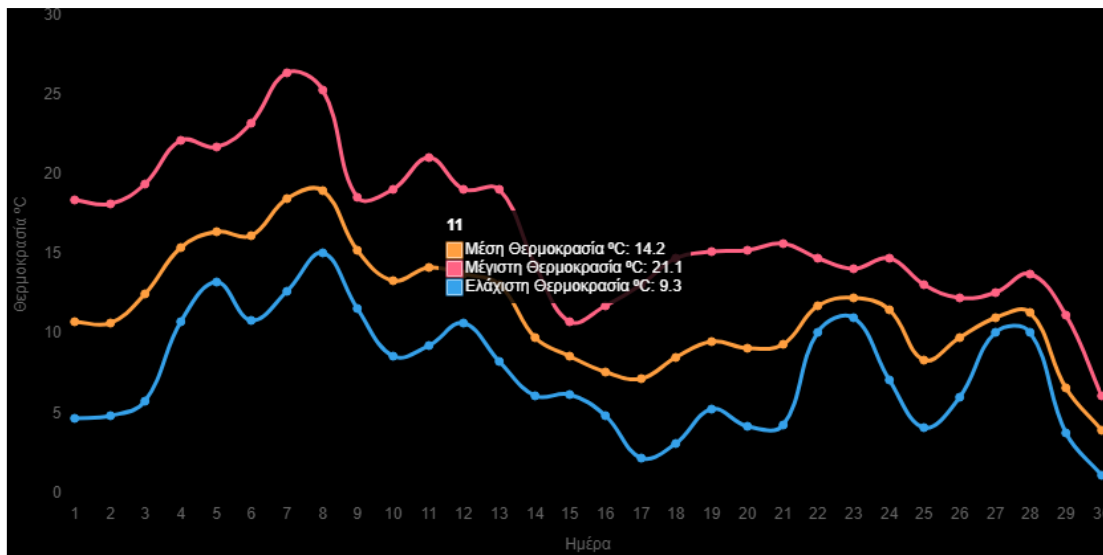
επικράτησαν τις νυχτερινές ώρες έχουν άμεση σχέση με τις υψηλές συγκεντρώσεις των PM_{10} στην ατμόσφαιρα. Το διάστημα που εμφανίζεται αυξημένος ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων των PM_{10} στην ατμόσφαιρα είναι 20:00-03:00 μ.μ. Από τα δεδομένα στοιχεία προκύπτει ότι η τιμή της μέσης μέγιστης ωριαίας συγκέντρωσης των PM_{10} κατέγραψε υπέρβαση της οριακής τιμής καθόλη τη διάρκεια του μήνα.

Στον Πίνακα 18 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Νοέμβριο του 2016 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	68	59	45	39	35	34	32	35	39	45	44	39	33	35	29	29	29	30	42	54	62	98	74	69
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	190	160	106	89	78	76	70	69	75	90	98	95	71	122	60	63	66	62	84	129	144	184	151	138

Πίνακας 18 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Νοέμβριος 2016

Στο διάγραμμα 14 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Νοέμβριο του 2016.



Διάγραμμα 14 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Νοέμβριος 2016

Στον Πίνακα 19 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Νοέμβριο του 2016 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	22-Νοε		28-Νοε		30- Νοε	
Ωρα	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}
1	9	76	10	60	3	15
2	10	86	10	47	3	12
3	10	59	10	34	3	9
4	9	61	10	36	3	7
5	9	55	9	33	3	7
6	9	54	9	36	3	4
7	9	51	9	36	4	5
8	9	50	9	35	3	4
9	9	57	10	43	4	5
10	10	72	11	42	5	10
11	11	79	13	37	5	18
12	12	73	13	32	5	14
13	13	59	14	38	5	14
14	14	48	13	29	5	17
15	14	46	11	25	4	16
16	14	40	11	20	4	14
17	13	37	11	25	4	19
18	10	36	11	27	3	23
19	10	49	11	40	2	24
20	9	69	11	46	2	27
21	9	70	10	39	0	38
22	10	85	10	29	0	46
23	10	99	10	22	0	62
24	10	78	10	35	0	53

Πίνακας 19 Γεγονότα αιθαλομίχλης Νοέμβριος 2016

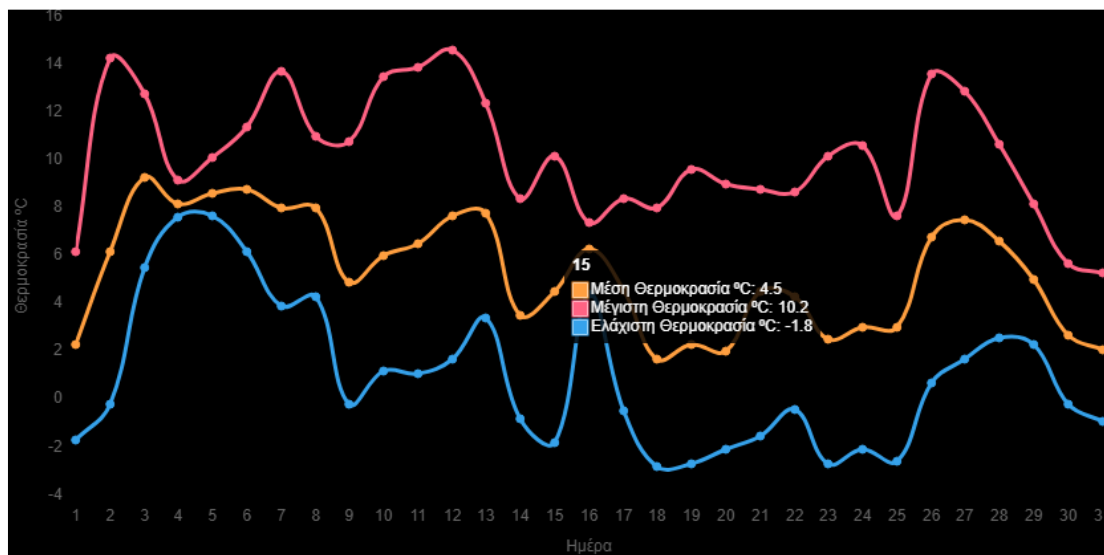
Τον Δεκέμβριο τα στοιχεία παρουσιάζουν διαφορετική εικόνα. Οι καιρικές συνθήκες (χιονοπτώσεις, αρνητικές θερμοκρασίες) που επικράτησαν το αναφερόμενο μήνα είχε ως αποτέλεσμα της αύξηση του χρόνου λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης και της κατανάλωσης καυσίμων. Το γεγονός αυτό είχε άμεση συσχέτιση με την καταγραφή των υψηλών ωριαίων τιμών της συγκέντρωσης των PM_{10} στην ατμόσφαιρα σε όλη τη διάρκεια του 24 -ώρου.

Στον Πίνακα 20 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Δεκέμβριο του 2016 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	104	82	64	54	54	46	44	46	49	53	55	54	47	42	40	40	39	45	59	71	94	105	101	101
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	310	254	199	119	121	101	120	113	100	117	122	121	122	103	93	121	129	130	149	163	218	287	376	268

Πίνακας 20 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Δεκέμβριος 2016

Στο διάγραμμα 1 15 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Δεκέμβριο του 2016.



Διάγραμμα 1 15 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Δεκέμβριος 2016

Στον Πίνακα 21 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Δεκέμβριο του 2016 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	10-Δεκ		25-Δεκ		31-Δεκ	
Ωρα	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ₁₀	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}
1	0	142	-4	192	3	55
2	0	254	-4	143	3	54
3	0	199	-5	123	3	32
4	0	119	-6	99	3	20
5	-1	98	-5	92	3	22
6	-1	91	-5	85	3	19
7	-2	78	-7	120	4	21
8	-1	43	-6	113	3	26
9	0	47	-4	86	4	21
10	6	60	-1	112	5	30
11	9	85	3	122	5	41
12	11	74	6	99	5	38
13	12	51	7	122	5	33
14	13	48	8	103	5	22
15	9	49	7	90		
16	11	51	7	79	4	21
17	12	57	6	77	4	31
18	13	66	5	106	3	30
19	9	111	3	149	2	34
20	8	116	3	142	2	44
21	8	121	3	205	0	48
22	4	187	3	259	0	53
23	2	117	3	147	0	80
24	1	140	1	156	0	92

Πίνακας 21 Γεγονότα αιθαλομίχλης Δεκέμβριος 2016

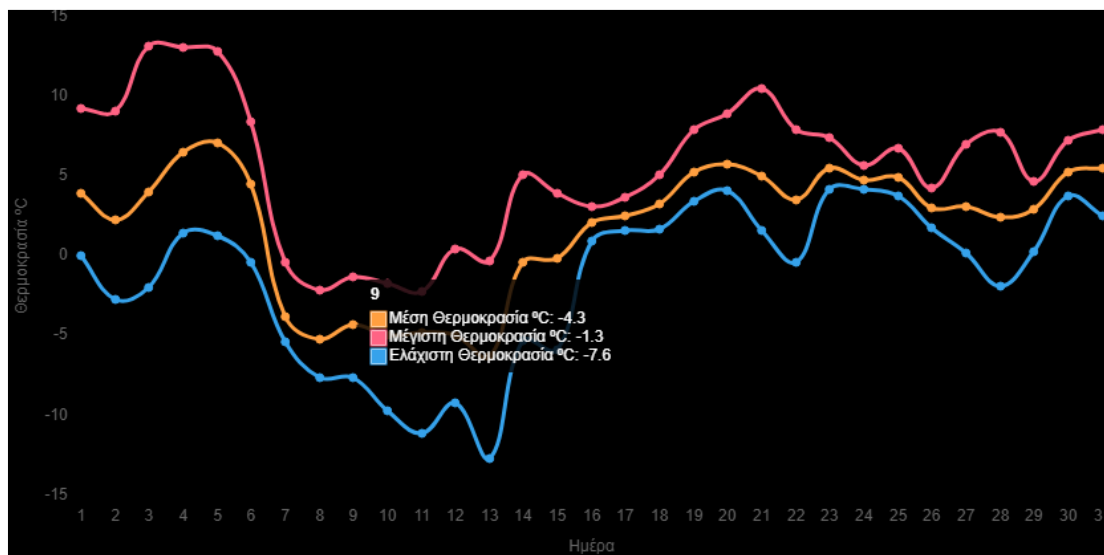
Ιανουάριος 2017: Τον Ιανουάριο λόγω την επιδείνωσης του καιρού οδήγησε σε περαιτέρω αύξηση της ωριαίας συγκέντρωσης. Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία η θερμοκρασία στην περιοχή παρουσίασε σημαντική πτώση αγγίζοντας ακόμα και τους -17 °C. Η ωριαία συγκέντρωση των PM₁₀ στην ατμόσφαιρα καταγράφηκε έως και 8 φορές παραπάνω από την επιτρεπόμενη οριακή τιμή σε όλη τη διάρκεια του 24 -ώρου.

Στον Πίνακα 22 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM₁₀ στην ατμόσφαιρα για τον Ιανουάριο του 2016 κατά τη διάρκεια του 24-ώρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM ₁₀	129	123	102	93	91	61	113	115	116	120	123	118	112	90	86	88	87	88	102	122	129	139	147	137
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM ₁₀	372	441	295	204	227	230	186	206	191	195	210	182	181	253	237	244	221	255	306	358	378	354	491	380

Πίνακας 22 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM10 Ιανουάριος 2017

Στο διάγραμμα 1 16 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Ιανουάριο του 2016.



Διάγραμμα 1 16 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Ιανουάριος 2017

Στον Πίνακα 23 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Ιανουάριο του 2016 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

Ωρα	1- Ιαν		10- Ιαν		31-Ιαν	
	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}
1	1	98	-9	38	4	39
2	2	134	-9	45	4	32
3		66	-9	34	4	29
4		63	-8	30	3	37
5	1	66	-9	29	3	28
6	0	41	-9	28	3	26
7	-1	44	-10	27	3	31
8	-2	42	-8	30	3	37
9		55	-6	27	4	46
10	2	42	-2	33	5	58
11	5	61	-3	37	5	52
12	6	45	-2	31		46
13	6	34	-2	32	7	38
14	7	28	-1	43	7	29
15	9	23	-2	42	8	28
16	9	24	-2	37	8	34
17	8	29	-3	36	7	32
18	5	37	-3	38	6	38
19	3	61	-4	56	3	34
20	1	73	-4	65	2	46
21		109	-5	87		66
22	-1	153	-5	99	2	67
23	-2	228	-5	106	1	68
24	-3	161	-6	106	1	57

Πίνακας 23 Γεγονότα αιθαλομίχλης Ιανουάριος 2017

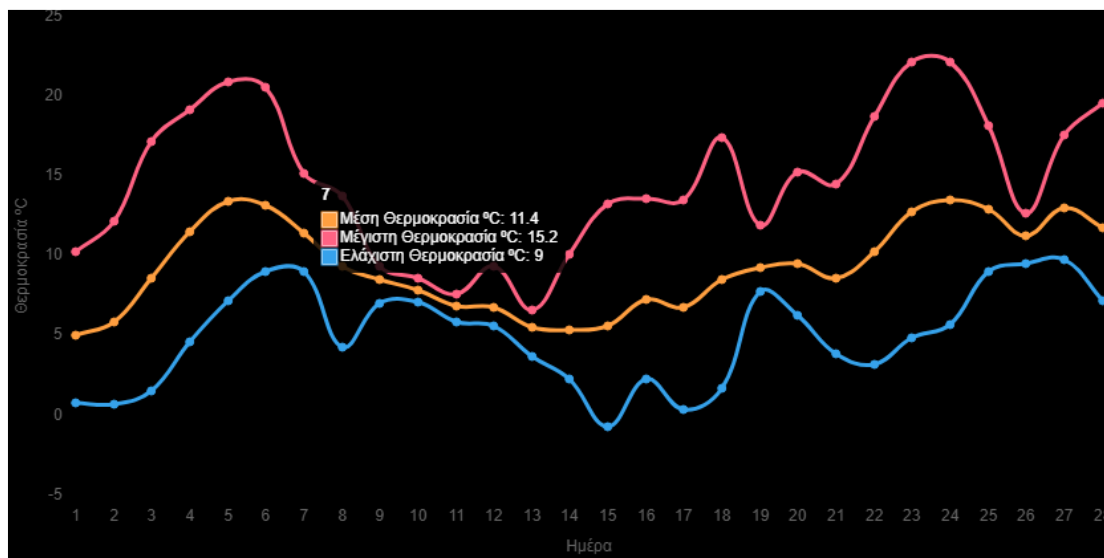
Φεβρουάριος 2017: Τον Φεβρουάριο επικράτησαν κανονικές θερμοκρασίες για την εποχή. Από τα μέσα του μήνα υπήρξε βελτίωση του καιρού εξαιτίας της επικράτησης των νότιων ανέμων. Παρόλα αυτά οι ωριαίες συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων παρέμειναν σε σημαντικά επίπεδα. Το πλήθος υπέρβασης της ανώτερης οριακής τιμής των $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ παρατηρήθηκε σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Στον Πίνακα 24 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Φεβρουάριο του 2017 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	64	59	56	49	40	39	36	40	53	63	61	56	49	40	36	33	30	30	36	46	53	65	69	71
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	133	178	159	117	80	83	77	76	106	164	151	143	109	82	86	60	72	78	80	104	101	156	171	144

Πίνακας 24 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Φεβρουάριος 2016

Στο διάγραμμα 1 17 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Φεβρουάριο του 2017.



Διάγραμμα 1 17 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Φεβρουάριος 2017

Στον Πίνακα 25 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Φεβρουάριο του 2017 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	5-Φεβ		9-Φεβ		14-Φεβ	
Ωρα	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ10	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}
1	9	43	8	88	3	38
2	9	33	7	47	3	28
3	9	34	6	35	3	33
4	7	26	4	36	3	32
5	8	16	4	28	2	36
6	6	38	5	28	2	34
7	7	35	5	17	2	22
8	5	47	6	36	2	24
9	7	70	7	56		
10	12	92			3	47
11	15	78			4	44
12	18	75			6	35
13			8	35	7	29
14	20	54	8	24	8	34
15	20	54	9	23	9	33
16	19	39	9	24	10	26
17	18	41	9	19	9	23
18	17	41	9	22	9	27
19	16	20	8	23	7	25
20	15	38	8	24	4	45
21			8	21	2	55
22	14	45	8	30	1	71
23	11	43	8	32	0	87
24	11	68	8	26	0	105

Πίνακας 25 Γεγονότα αιθαλομίχλης Φεβρουάριος 2017

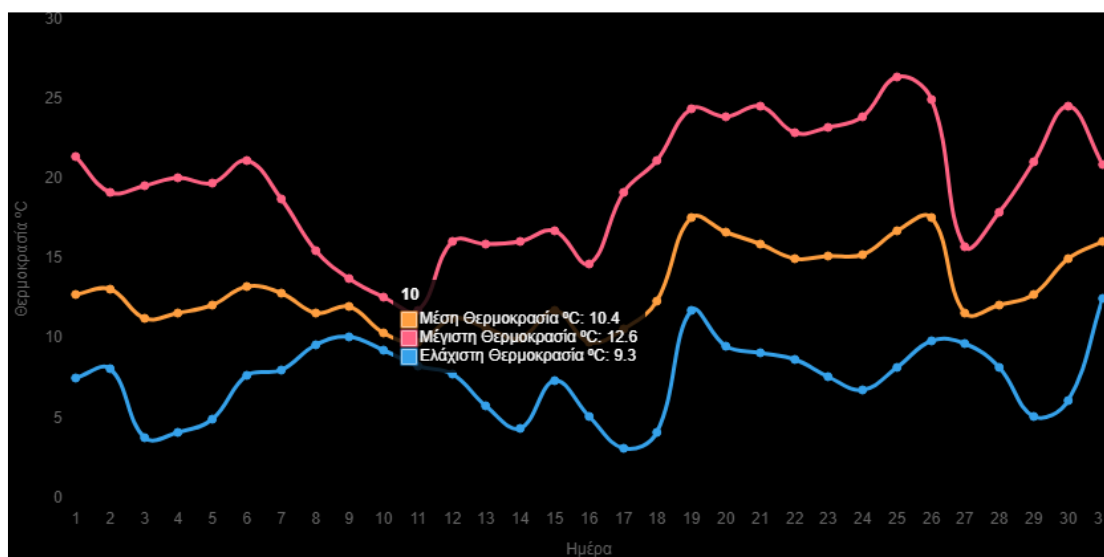
Μάρτιος 2017: Τον Μάρτιο η εικόνα παρουσιάζει μια σχετική βελτίωση. Η ημερήσια θερμοκρασία κυμαινόταν σε υψηλότερη επίπεδα για την εποχή έκτος από περιόδους με έντονες βροχοπτώσεις. Ο μέσος όρος της διακύμανσης της ωριαίας συγκέντρωσης των PM₁₀ σημειώνει πτωτικές τιμές όμως εξακολουθεί να παραμένει σε υψηλά επίπεδα και συγκεκριμένα το διάστημα 21:00-03:00μ.μ.

Στον Πίνακα 26 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM₁₀ στην ατμόσφαιρα για τον Μάρτιο του 2017 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM ₁₀	46	41	39	33	29	28	28	29	39	44	40	34	45	28	25	23	23	24	27	33	36	39	45	47
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM ₁₀	100	90	108	75	58	58	56	64	73	98	87	76	89	95	77	37	41	39	43	85	62	79	105	117

Πίνακας 26 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM₁₀ Μάρτιος 2017

Στο διάγραμμα 1 18 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Μάρτιο του 2017.



Διάγραμμα 1 18 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Μάρτιος 2017

Στον Πίνακα 27 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Μάρτιο του 2017 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	4-Μάρ		5-Μάρ	
Ωρα	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}
1			7	53
2			7	45
3			7	31
4			6	25
5			6	20
6			6	18
7			6	21
8			6	34
9			8	46
10			11	50
11	9	29	13	46
12	11	24		
13	10	16		
14	12	18		
15				
16				
17	11	24		
18	10	21		
19	10	20		
20	9	25		
21	8	23		
22	8	26		
23	7	26		
24	7	20		

Πίνακας 27 Γεγονότα αιθαλομίχλης Μάρτιος 2017

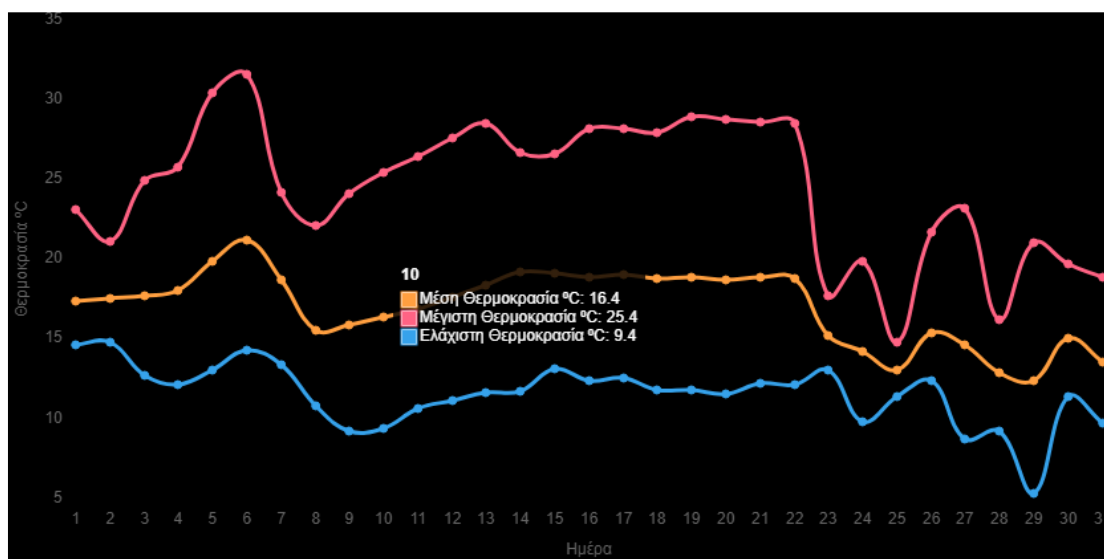
Οκτώβριος 2017: Ο Οκτώβριος ήταν χαρακτηριστικός για τις αυξομειώσεις τις θερμοκρασίας. Το 1^ο και το 2^ο δεκαήμερο οι ημερήσιες θερμοκρασίες κυμάνθηκαν σε κανονικά για την εποχή επίπεδα όμως το 3^ο δεκαήμερο καταγράφηκε μείωση της θερμοκρασίας και κυρίως της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας. Το γεγονός αυτό δημιούργησε την ανάγκη θέρμανσης και συνεπώς η μέση ωριαία συγκέντρωση των PM₁₀ να σημειώνεται σε υψηλότερα επίπεδα. Το μέγιστο πλήθος της τιμής παρατηρήθηκε τις ώρες 21:00-02:00 μ.μ.

Στον Πίνακα 28 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM₁₀ στην ατμόσφαιρα για τον Οκτώβριο του 2017 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM ₁₀	30	37	36	24	23	24	26	29	32	31	30	27	24	25	22	20	21	24	28	32	36	37	38	34
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM ₁₀	68	58	55	57	57	53	47	54	65	70	75	65	48	42	47	49	48	51	57	52	77	65	81	99

Πίνακας 28 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM₁₀ Οκτώβριος 2017

Στο διάγραμμα 1 19 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Οκτώβριο του 2017.



Διάγραμμα 1 19 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Οκτώβριος 2017

Στον Πίνακα 29 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Οκτώβριο του 2017 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	1-Οκτ		21-Οκτ		31-Οκτ	
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ10	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}
1	14	53	13	21		
2	14	45	12	20	13	18
3	14	35	11	25	12	15
4	14	42	9	20	12	14
5	14	42	10	21	12	18
6	14	53	10	24	11	17
7	13	46	9	30	12	18
8	13	54	8	31	13	18
9	14	51	11	30	14	22
10	16	50	15	32	15	23
11	18	45	19	34	15	22
12	19	37	22	30	16	24
13	19	39	24	22	16	25
14	20	37	25	23	17	17
15	20	40	27	24	17	15
16	21	38	27	26	14	17
17	21	36	28	28	11	20
18	18	35	27	26	10	23
19	17	47	23	25	8	22
20	16	52	20	30	9	24
21	15	63	19	38	9	26
22	15	63	17	43	9	34
23	15	81	15	47	9	38
24	15	99	15	44	9	36

Πίνακας 29 Γεγονότα αιθαλομίχλης Οκτώβριος 2017

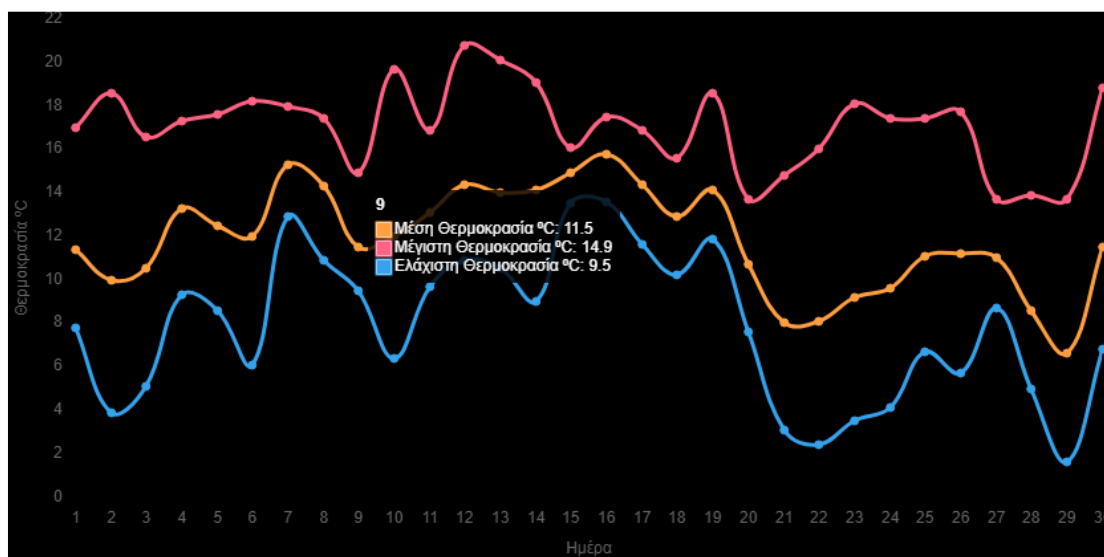
Νοέμβριος 2017: Ο Νοέμβριος ήταν χαρακτηριστικός για τις έντονες βροχοπτώσεις στην περιοχή. Η ημερήσια θερμοκρασία σημειώθηκε σε κανονικές τιμές χωρίς να επηρεάζεται από τα καιρικά φαινόμενα. Παρόλα αυτά οι χαμηλές θερμοκρασίες που κυρίως τις νυχτερινές ώρες είχαν άμεση σχέση με τις αυξημένες ωριαίες συγκεντρώσεις των PM_{10} στην ατμόσφαιρα. Οι μέγιστες ωριαίες συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων καταγράφηκαν το διάστημα 19:00-04:00μ.μ.

Στον Πίνακα 30 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Νοέμβριο του 2017 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	69	62	56	47	41	35	34	32	36	43	42	39	36	30	29	29	30	31	43	52	65	70	75	73
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	136	130	111	106	83	73	68	61	70	89	80	72	71	63	62	64	77	73	97	119	170	145	167	137

Πίνακας 30 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Νοέμβριος 2017

Στο διάγραμμα 1 20 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Νοέμβριο του 2017.



Διάγραμμα 1 20 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Νοέμβριος 2017

Στον Πίνακα 31 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Νοέμβριο του 2017 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	8-Νοε		22-Νοε		27-Νοε	
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ10	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}
1	15	36	2	20	10	77
2	15	34	2	17	10	84
3	15	31	1	15	10	98
4	15	30	1	15	9	99
5	15	35	1	13	9	79
6	14	42	1	12	9	73
7	14	44	1	13	9	56
8	13	39	0	13	9	49
9	13	33	5	26	10	51
10	14	30	7	45	11	57
11	14	21	11	27	11	58
12	13	19	12	17	13	64
13	13	14	15	16	13	68
14	16	16	15	13	11	59
15	15	9	16	19	10	40
16	14	14	16	14	10	33
17	13	22	15	11	8	37
18	12	23	10	9	8	49
19	11	27	9	25	8	62
20	10	38	8	48	6	73
21	9	44	7	66	7	150
22	9	75	6	102	7	145
23	8	70	4	110	7	116
24	8	52	5	79	7	114

Πίνακας 31 Γεγονότα αιθαλομίχλης Νοέμβριος 2017

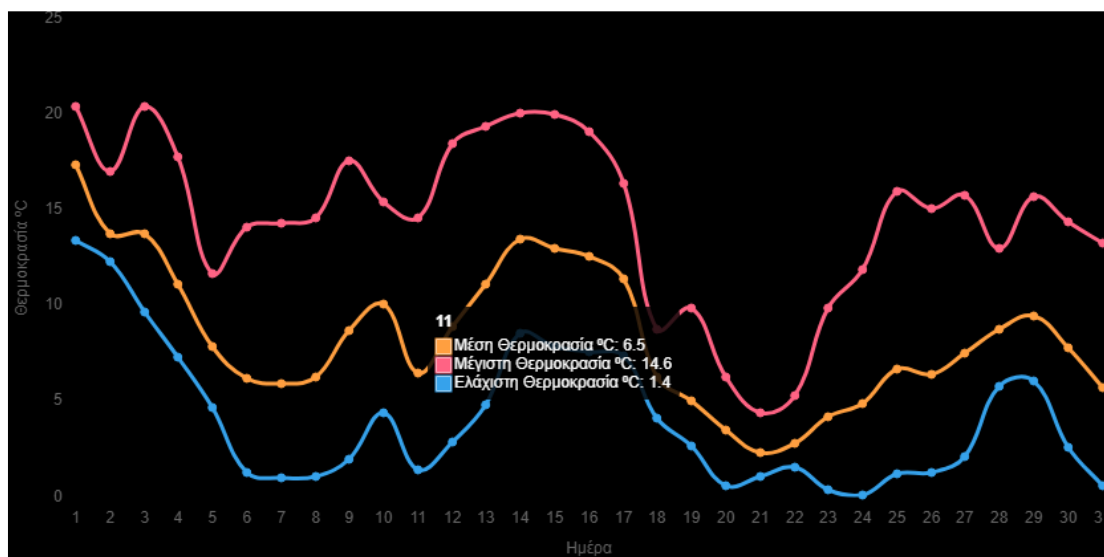
Δεκέμβριος 2017: Τον Δεκέμβριο δεν επικράτησαν ακραία καιρικά φαινόμενα αλλά αντιθέτως ήταν ζεστός για την εποχή του. Ωστόσο, οι χαμηλές θερμοκρασίες που σημειώθηκαν κατά τις απογευματινές και βραδινές ώρες είχαν ως αποτέλεσμα τον αυξανόμενο χρόνο της λειτουργίας των καυστήρων και των καύσιμων υλικών. Το μέγιστο πλήθος υπέρβασης του μέσου όρου της ωριαίας συγκέντρωσης των PM_{10} ήταν μεταξύ 18:00-05:00μ.μ.

Στον Πίνακα 32 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Δεκέμβριο του 2017 κατά τη διάρκεια του 24-ώρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	68	58	49	41	38	32	28	29	33	38	39	39	36	29	24	24	23	25	37	51	61	64	72	80
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	157	147	117	95	105	87	92	85	65	80	90	99	93	58	46	59	58	61	79	128	221	166	205	172

Πίνακας 32 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Δεκέμβριος 2017

Στο διάγραμμα 1 21 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Δεκέμβριο του 2017.



Διάγραμμα 1 21 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Δεκέμβριος 2017

Στον Πίνακα 33 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM₁₀ κατά τον Δεκέμβριο του 2017 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	13-Δεκ		25-Δεκ		30-Δεκ	
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ10	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10
1	3	88	0	114	5	95
2	3	72	0	90	4	47
3	3	66	-1	57	3	47
4	2	74	-1	53	2	59
5	1	77	-2	39	2	58
6	1	49	-2	31	2	53
7	3	44	-3	24	1	22
8	1	53	-2	28	0	28
9	5	61	0	31	1	21
10	7	51	5	37	5	39
11	11	70	7	42	7	31
12	14	43	9	39	10	46
13	16	28	11	38	11	26
14	17	29	13	45	13	19
15	18	14	13	43	14	19
16	17	18	14	37	13	20
17	16	22	12	40	11	16
18	14	30	8	28	8	9
19	12	69	6	55	7	25
20	12	124	6	90	5	37
21	11	124	4	86	5	51
22	10	82	3	166	3	45
23	10	97	1	205	4	55
24	10	100	1	172	4	63

Πίνακας 33 Γεγονότα αιθαλομίχλης Δεκέμβριος 2017

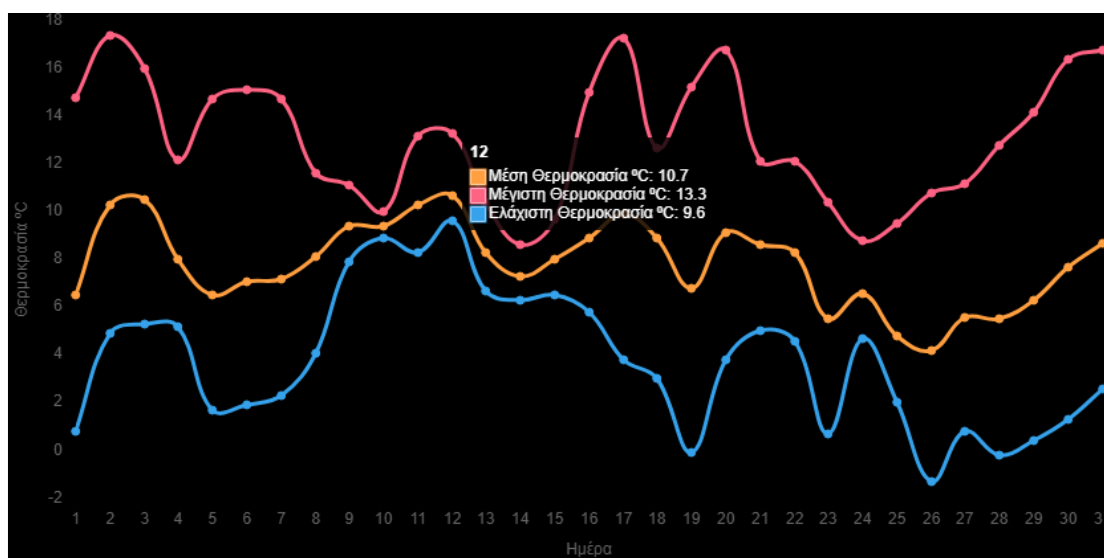
Ιανουάριος 2018: Τον Ιανουάριο οι χαμηλές θερμοκρασίες που επικράτησαν στην περιοχή οφείλονταν κυρίως στις έντονες βροχοπτώσεις κατά την διάρκεια του μήνα. Εξαιτίας του ιδιαίτερου κρύου οι κάτοικοι διευρύναν τον χρόνο λειτουργίας των εγκαταστάσεων θέρμανσης και της καύσης υλικών σε τζάκια και σόμπες με αποτέλεσμα οι ωριαίες συγκεντρώσεις των PM_{10} να σημειώνονται σε αυξητικά επίπεδα σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Στον Πίνακα 34 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Ιανουάριο του 2018 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	83	74	57	50	44	38	37	37	39	46	48	51	47	40	35	32	30	31	39	52	68	82	91	93
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	251	231	135	129	113	88	91	84	90	113	132	133	120	100	76	76	75	80	95	140	203	198	231	240

Πίνακας 34 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Ιανουάριος 2018

Στο διάγραμμα 1 22 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Ιανουάριο του 2018.



Διάγραμμα 1 22 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Ιανουάριος 2018

Στον Πίνακα 35 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM₁₀ κατά τον Ιανουάριο του 2018 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	2-Ιαν		10-Ιαν		18-Ιαν	
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ10	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10
1	4	136	7	56	9	48
2	4	131	8	62	8	38
3	3	89	7	47	9	26
4	2	123	7	47	6	13
5	4	100	7	49	5	11
6	4	87	7	49	6	17
7	3	72	8	47	6	22
8	3	44	7	49	7	25
9	4	48	8	48	8	26
10	7	35	8	55	9	43
11	13	65	9	63	10	48
12	15	64	9	76	10	52
13	15	45	8	78	10	23
14	16	38	9	64	9	17
15		33	9	65	8	7
16	15	30	9	76	6	8
17	13	30	8	70	6	8
18	10	38	8	80	3	13
19	11	89	8	86	3	21
20	11	127	8	80	0	44
21	9	203	7	64	0	70
22	8	198	7	69	0	101
23	7	136	7	69	0	116
24	4	180	7	86	9	141

Πίνακας 35 Γεγονότα αιθαλομίχλης Ιανουάριος 2018

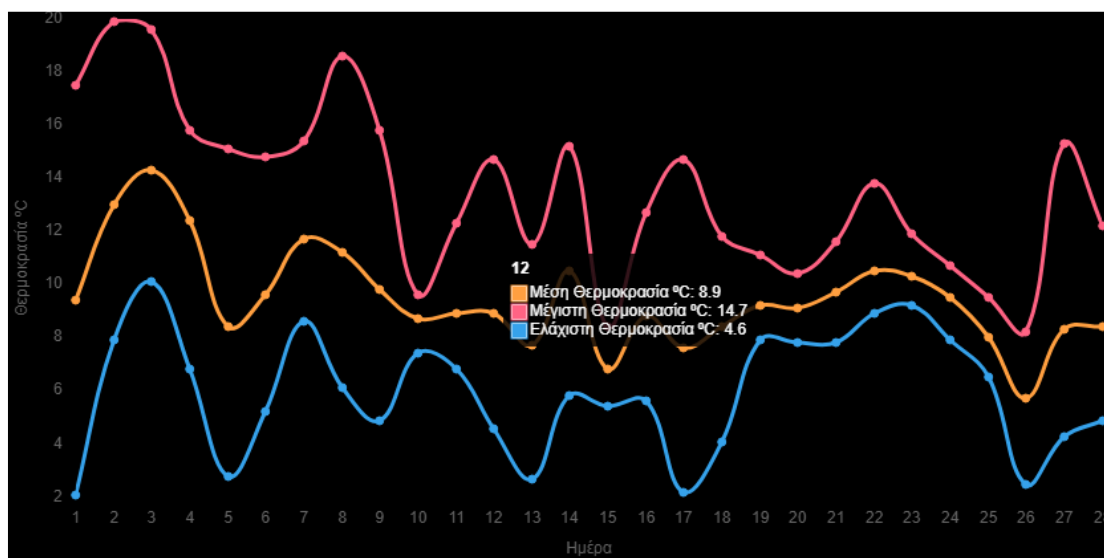
Φεβρουάριος 2018: Τον Φεβρουάριο η μέση ωριαία τιμή των PM_{10} στην ατμόσφαιρα παρουσιάζει μια σχετική βελτίωση όμως εξακολουθούν να παραμένουν σε σημαντικά επίπεδα λόγω των μετεωρολογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή. Οι χιονοπτώσεις στα ορεινά της περιοχής μειώνουν την θερμοκρασία και οδηγούν σε μεγαλύτερο χρόνο της χρήσης της θέρμανσης. Οι περισσότερες υπερβάσεις της μέσης ωριαίας συγκέντρωσης των PM_{10} παρατηρήθηκαν κυρίως το διάστημα 10:00-02:00μ.μ.

Στον Πίνακα 36 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Φεβρουάριο του 2018 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	41	40	35	30	27	24	22	22	27	34	27	38	35	31	27	28	25	24	27	31	34	41	42	44
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	95	122	106	110	90	54	53	58	65	84	105	96	100	72	50	56	52	47	49	53	73	76	103	104

Πίνακας 36 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Φεβρουάριος 2018

Στο διάγραμμα 1 23 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Φεβρουάριο του 2018.



Διάγραμμα 1 23 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Φεβρουάριος 2018

Στον Πίνακα 37 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Φεβρουάριο του 2018 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	28-Φεβ	
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10
1		19
2		20
3	6	11
4	6	9
5	6	9
6	4	7
7	4	7
8	5	11
9	8	12
10	9	19
11	9	23
12	10	39
13	10	18
14	11	12
15	10	13
16	10	18
17	10	13
18	7	13
19	5	13
20	5	16
21	3	16
22	3	19
23	1	25
24	4	24

Πίνακας 37 Γεγονότα αιθαλομίχλης Φεβρουάριος 2018

Μάρτιος 2018: Η σταδιακή άνοδος της θερμοκρασίας και η εξασθένηση των καιρικών συνθηκών που σημειώθηκαν τους προηγούμενους μήνες συνέβαλλαν στην μείωση του

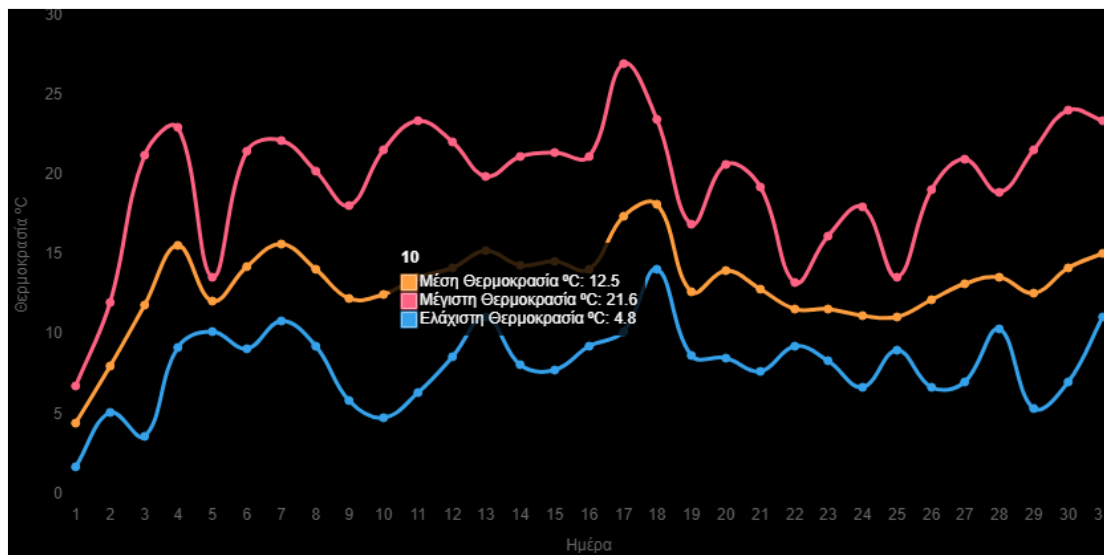
χρόνου χρήσης των συστημάτων θέρμανσης και στην ποσότητα των καύσιμων υλικών με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιηθούν και οι τιμές των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} στην ατμόσφαιρα. Μεταξύ 22:00-02:00 μ.μ. παρατηρήθηκε το μέγιστο πλήθος των υπερβάσεων της επιτρεπόμενης οριακής τιμής των $35\mu g/m^3$.

Στον Πίνακα 38 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Μάρτιο του 2018 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	32	30	26	26	30	28	24	27	31	33	31	30	27	24	22	21	21	21	22	27	30	35	37	38
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	87	82	54	55	192	173	103	119	68	57	62	70	57	60	48	43	59	55	50	61	68	83	93	98

Πίνακας 38 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Μάρτιος 2018

Στο διάγραμμα 1 24 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Μάρτιο του 2018.



Διάγραμμα 1 24 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Μάρτιος 2018

Στον Πίνακα 39 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Μάρτιο του 2018 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	4-Μαρ		15-Μαρ		29-Μαρ	
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ10	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10
1	8	43	8	11	5	26
2	8	54	12	10	5	28
3	9	46	12	9	5	28
4	8	29	11	15	5	21
5	7	30	7	12	4	24
6	6	38	4	9	4	27
7	7	31	3	8	6	25
8	9	25	6	14	6	28
9	12	27	10	23	5	27
10	14	27	14	23	8	31
11	17	34	16	23	11	29
12	19	21	17	17	14	39
13	20	14	18	10	17	36
14	21	11	19	9	18	23
15	22	8	20	10	18	22
16	21	8	20	8	18	19
17	20	12	19	8	18	15
18	18	11	18	7	15	13
19	16	17	14	14	13	18
20	15	22	13	23	11	29
21	14	32	13	22	9	33
22	13	83	10	23	8	37
23	11	78	9	18	9	36
24	11	70	7	22	9	38

Πίνακας 39 Γεγονότα αιθαλομίχλης Μάρτιος 2018

Οκτώβριος 2018: Η καλοκαιρία που σημειώθηκε στο μεγαλύτερο διάστημα του Οκτωβρίου ενίσχυσε την αναστολή της χρήσης θέρμανσης. Όμως τη τελευταία εβδομάδα του μήνα που παρατηρήθηκε σημαντική πτώση της θερμοκρασίας προκάλεσαν τα υψηλά

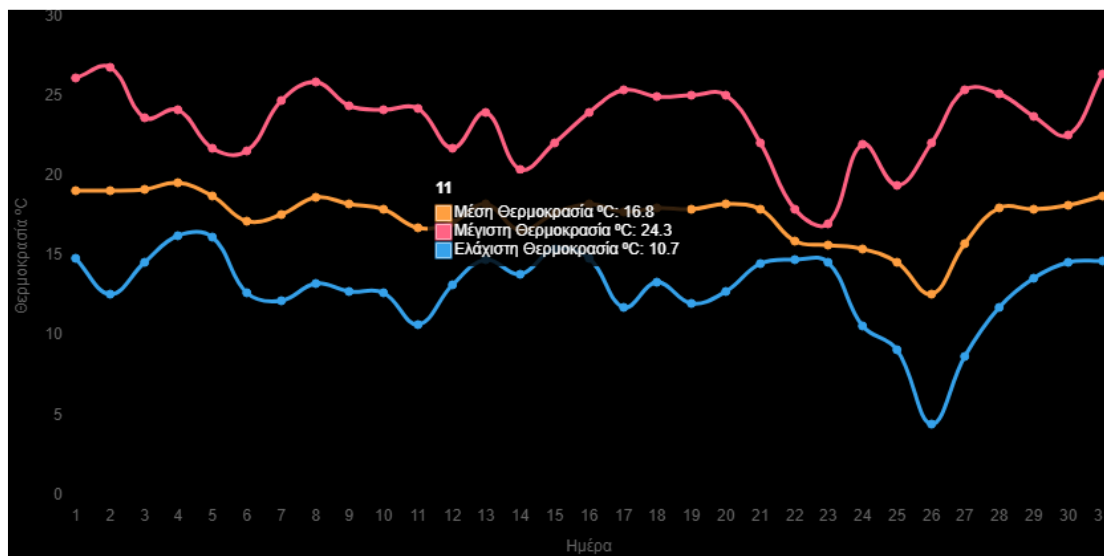
επίπεδα των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} στην ατμόσφαιρα. Η πληθώρα υπέρβασης της ανωτέρας τιμής παρατηρήθηκε σχεδόν σε όλη τη διάρκεια του 24-ώρου.

Στον Πίνακα 40 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Οκτώβριο του 2018 κατά τη διάρκεια του 24-ώρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	48	45	42	38	36	35	33	35	39	46	43	41	38	36	35	36	36	36	38	43	49	52	53	53
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	97	89	89	82	82	82	74	79	78	83	83	78	80	81	81	79	80	83	90	125	130	101	97	107

Πίνακας 40 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Οκτώβριος 2018

Στο διάγραμμα 1 25 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Οκτώβριο του 2018.



Διάγραμμα 1 25 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Οκτώβριος 2018

Στον Πίνακα 41 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Οκτώβριο του 2018 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	4-Οκτ		16-Οκτ		26-Οκτ	
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ10	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10
1	16	48	13	46	6	64
2	15	41	14	47	4	53
3	15	33	12	47	4	49
4	15	33	14	41	2	38
5	15	37	14	35	3	34
6	14	37	14	37	2	39
7	14	34	14	39	2	33
8	14	34	14	34	1	34
9	17	35	15	39	3	41
10	18	45	16	53	9	41
11	21	43	17	47	12	30
12	24	40	19	45	15	28
13	24	30	21	43	16	34
14	24	28	22	39	19	35
15	24	24	23	39	21	37
16	23	26	23	37	22	32
17	22	26	24	34	22	25
18	20	24	23	32	21	26
19	19	23	22	35	17	39
20	18	34	19	39	16	42
21	17	38	17	72	14	41
22	15	40	16	59	12	38
23	15	48	14	62	10	44
24	15	51	13	65	8	39

Πίνακας 41 Γεγονότα αιθαλομίχλης Οκτώβριος 2018

Νοέμβριος 2018: Οι χαμηλές θερμοκρασίες που επικράτησαν τον Νοέμβριο προήλθαν από τις χιονοπτώσεις που επικράτησαν στα ορεινά της περιοχής. Εξαιτίας του κρύου αυξήθηκε η καύσιμη ποσότητα στα συστήματα θέρμανσης και το γεγονός αυτό

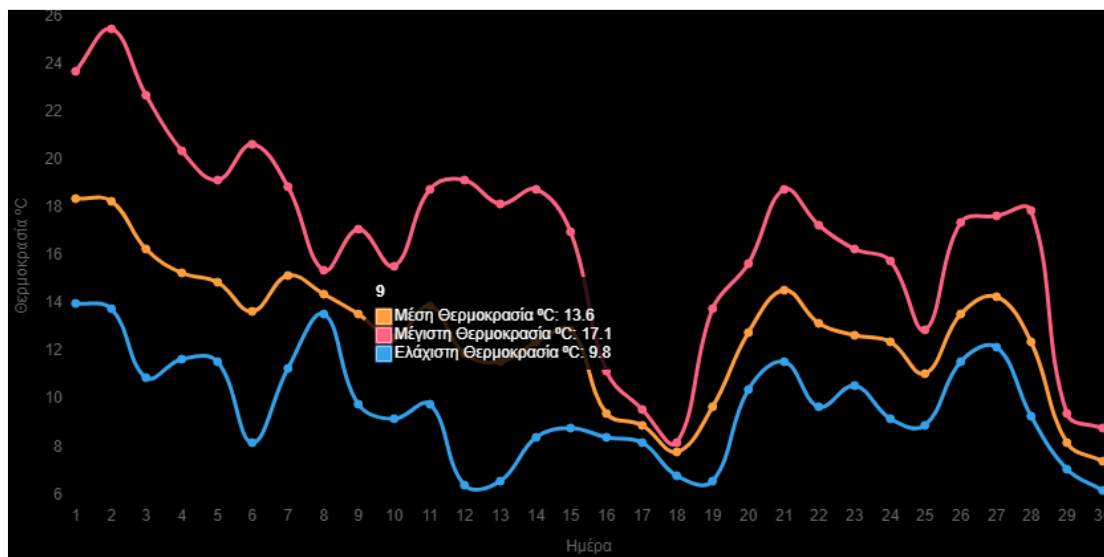
προκάλεσε και τη καταγραφή των υψηλών επιπέδων της μέσης ωριαίας συγκέντρωσης των PM_{10} στην ατμόσφαιρα. το μέγιστο πλήθος υπέρβασης της τιμής των $35\mu g/m^3$ παρατηρήθηκε το διάστημα 19:00-03:00 μ.μ.

Στον Πίνακα 42 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Νοέμβριο του 2018 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	48	43	37	32	26	25	24	26	31	36	38	34	29	27	26	28	28	30	36	40	46	51	51	57
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	102	115	85	69	59	60	54	59	63	73	81	76	71	60	52	68	53	59	64	74	78	89	93	126

Πίνακας 42 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Νοέμβριος 2018

Στο διάγραμμα 1 26 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Νοέμβριο του 2018.



Διάγραμμα 1 26 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Νοέμβριος 2018

Στον Πίνακα 43 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Νοέμβριο του 2018 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	9-Νοε		15-Νοε		25-Νοε	
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ10	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10
1	12	18	9	84	8	57
2	12	16	11	63	8	52
3	12	20	12	38	2	60
4	10	20	12	32	8	51
5	8	19	9	31	8	36
6	8	15	7	29	8	48
7	8	14	7	31	8	41
8	10	18	6	31	8	38
9	12	23	9	40	9	38
10	15	25	13	61	10	39
11	16	36	15	43	11	47
12	16	19	17	33	12	60
13	16	15	17	26	12	36
14	16	27	17	25	12	34
15	16	20	17	24	12	51
16	15	22	17	33	12	68
17	14	18	15	32	12	51
18	13	14	14	35	11	48
19	13	17	12	49	11	53
20	12	22	11	65	11	74
21	12	34	9	62	11	61
22	12	38	10	80	11	63
23	10	47	10	38	11	72
24	12	62	10	32	11	61

Πίνακας 43 Γεγονότα αιθαλομίχλης Νοέμβριος 2018

Δεκέμβριος 2018: Στο 1^ο 15νθήμερο του Δεκεμβρίου οι θερμοκρασίες ήταν σε υψηλότερα επίπεδα για την εποχή όμως από το 2^ο 15νθήμερο η κατάσταση άλλαξε. Η

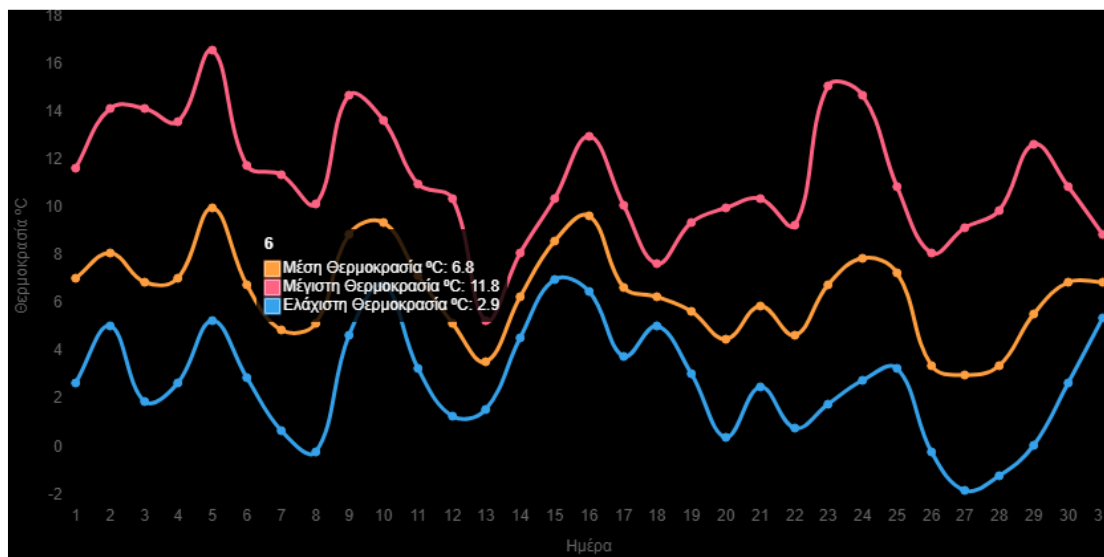
απότομη πτώση της θερμοκρασίας ήταν αποτέλεσμα από τις χιονοπτώσεις στα ορεινά την περιοχής. Η τιμή της ωριαίας συγκέντρωσης των PM_{10} ήταν σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα ξεπερνώντας την ανωτέρα τιμή σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Στον Πίνακα 44 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Δεκέμβριο του 2018 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	77	73	51	50	39	38	36	37	39	46	49	49	41	37	33	33	34	35	47	62	43	77	84	85
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	198	289	152	258	111	145	126	157	129	110	125	110	94	90	75	87	90	89	104	131	172	181	289	321

Πίνακας 44 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Δεκέμβριος 2018

Στο διάγραμμα 1 27 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Δεκέμβριο του 2018.



Διάγραμμα 1 27 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Δεκέμβριος 2018

Στον Πίνακα 45 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Δεκέμβριο του 2018 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	3-Δεκ		13-Δεκ		26-Δεκ	
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10
1	1	57	1	70	3	23
2	1	50	-1	57	3	25
3	1	52	0	37	0	18
4	1	39	0	49	0	19
5	0	46	0	42	0	22
6	-1	39	0	33	-1	17
7	0	35	0	41	-1	16
8	2	29	1	34	2	17
9	4	48	2	34	5	18
10	7	71	2	29	6	23
11	10	47	2	28	7	19
12	11	40	3	30	7	16
13	12	32	4	23	7	13
14	12	31	4	26	8	14
15	12	24	4	33	6	9
16	12	29	4	29	4	12
17	8	33	4	21	1	10
18	8	33	4	25	0	16
19	7	59	4		2	28
20	4	76	4		0	54
21	3	90	4		-1	46
22	3	121	4		-1	52
23	3	88	4		-1	72
24	3	104	4		-1	69

Πίνακας 45 Γεγονότα αιθαλομίχλης Δεκέμβριος 2018

Ιανουάριος 2019: Το 1^ο 10 ήμερο του Ιανουαρίου καταγράφηκαν αρνητικές θερμοκρασίες λόγω των καιρικών συνθηκών που επικράτησαν στην περιοχή. Το 2^ο και μέχρι τα μισά του 3^ο 10ημέρου η θερμοκρασία παρουσίασε αυξομειώσεις σημειώνοντας

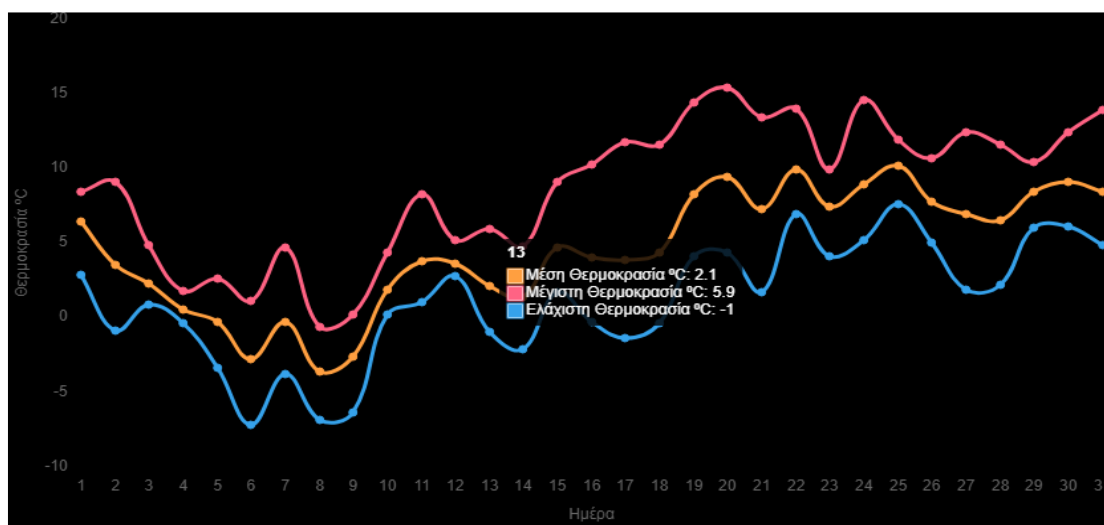
κατά διαστήματα και θερμοκρασία κάτω του μηδενός. Το κρύο που οδήγησε στην αύξηση της κατανάλωσης καύσιμων υλικών με αποτέλεσμα να παρατηρηθούν υψηλές ποσότητες εκπομπών PM_{10} στην ατμόσφαιρα. Τα επίπεδα της μέσης ωραίας συγκέντρωσης των PM_{10} σημειώθηκαν σε υψηλές τιμές σε όλη της διάρκεια του 24-ώρου.

Στον Πίνακα 46 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Ιανουάριο του 2019 κατά τη διάρκεια του 24-ώρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	70	56	49	45	36	33	34	35	39	47	50	46	44	40	38	38	35	36	44	54	70	76	81	82
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	174	116	119	122	75	70	72	71	81	101	127	92	124	132	117	96	89	81	103	149	164	161	225	183

Πίνακας 46 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Ιανουάριος 2019

Στο διάγραμμα 1 28 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Ιανουάριο του 2019.



Διάγραμμα 1 28 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Ιανουάριος 2019

Στον Πίνακα 47 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Ιανουάριο του 2019 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	2-Ιαν		13-Ιαν		31-Ιαν	
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ10	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10
1	0	35	1	39	6	54
2	0	25	0	34	4	35
3	0	45	0	36	3	27
4	-1	35	0	37	2	36
5	-2	31	-1	33	2	40
6	-3	26	-2	35	3	32
7	-4	27	-3	33	4	41
8	-2	34	-3	35	5	30
9	-2	49	-2	34	5	27
10	2	59	1	49	6	24
11	4	66	2	39	7	28
12	5	43	4	36	9	24
13	7	25	5	32	10	25
14	8	23	5	35	11	18
15	8	18	5	32	13	19
16	8	19	4	32	12	19
17	7	25	3	33	12	18
18	5	25	1	35	10	15
19	2	37	-1	42	10	10
20	2	55	-1	66	9	14
21	1	67	-1	95	8	20
22	-1	84	-1	71	7	25
23	-1	125	-1	83	7	34
24	1	183	-1	160		

Πίνακας 47 Γεγονότα αιθαλομίχλης Ιανουάριος 2019

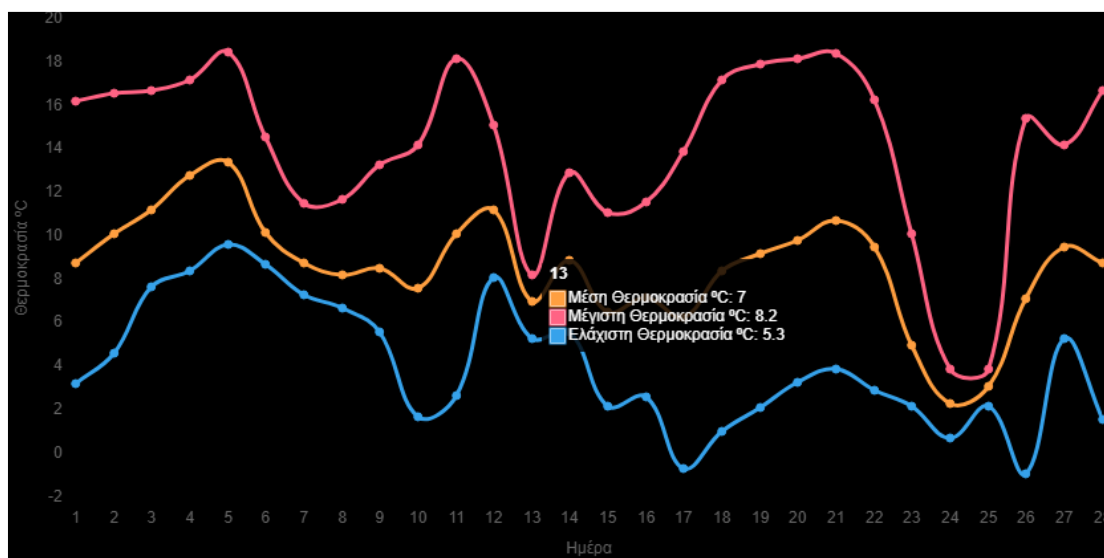
Φεβρουάριος 2019: Τον Φεβρουάριο δεν παρατηρήθηκε καμία μεταβολή στις τιμές της θερμοκρασίας και των συγκεντρώσεων των PM_{10} . Οι χαμηλές ημερήσιες θερμοκρασίες που καταγράφηκαν στον αναφερόμενο μήνα ενίσχυσαν το αίσθημα της ανάγκης ζέστης με αποτέλεσμα οι ωριαίες συγκεντρώσεις να εξακολουθούν να παραμένουν σε υψηλές τιμές. Τα διαστήματα που παρατηρήθηκε υπέρβαση της ανωτέρας τιμής ήταν 10:00-13:00 μ.μ. και 20:00-05:00 μ.μ.

Στον Πίνακα 48 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Φεβρουάριο του 2019 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκεντρώσης PM_{10}	53	48	43	42	35	30	29	33	40	45	47	38	32	31	30	31	29	28	32	42	48	56	65	62
Μέση μέγιστη συγκεντρώση PM_{10}	140	84	91	98	70	62	55	64	86	93	109	72	67	60	63	59	58	53	53	75	84	108	145	130

Πίνακας 48 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Φεβρουάριος 2019

Στο διάγραμμα 1 29 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Φεβρουάριο του 2019.



Διάγραμμα 1 29 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Φεβρουάριος 2019

Στον Πίνακα 49 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Φεβρουάριο του 2019 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	3-Φεβ		12-Φεβ		20-Φεβ	
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10
1	7	140	12	40	3	87
2	7	65	11	27	3	81
3	7	54	9	13	2	62
4	7	98	9	11	2	62
5	6	58	8	9	1	56
6	6	32	9	9	1	53
7	8	32	9	13	-1	45
8	7	31	5	20	0	52
9	9	26	8	54	4	75
10	12	36	12	65	7	79
11	14	40	12	43	10	59
12	14	45	14	19	12	47
13	14	57	13	14	15	43
14	14	57	15	16	16	52
15	15	63	14	14	17	51
16	15	59	12	16	18	57
17	13	58	11	18	17	46
18	12	53	10	20	14	44
19	10	48	9	26	11	51
20	10	52	9	26	10	66
21	9	54	8	21	9	74
22	9	76	8	19	8	76
23	8	102	8	16	6	99
24	8	63	7	15	6	98

Πίνακας 49 Γεγονότα αιθαλομίχλης Φεβρουάριος 2019

Μάρτιος 2019: Η άνοδος της θερμοκρασίας που παρατηρήθηκε τον Μάρτιο οφείλονταν στους νότιους ανέμους που επικράτησαν στην περιοχή. Η αύξηση της ελάχιστης και

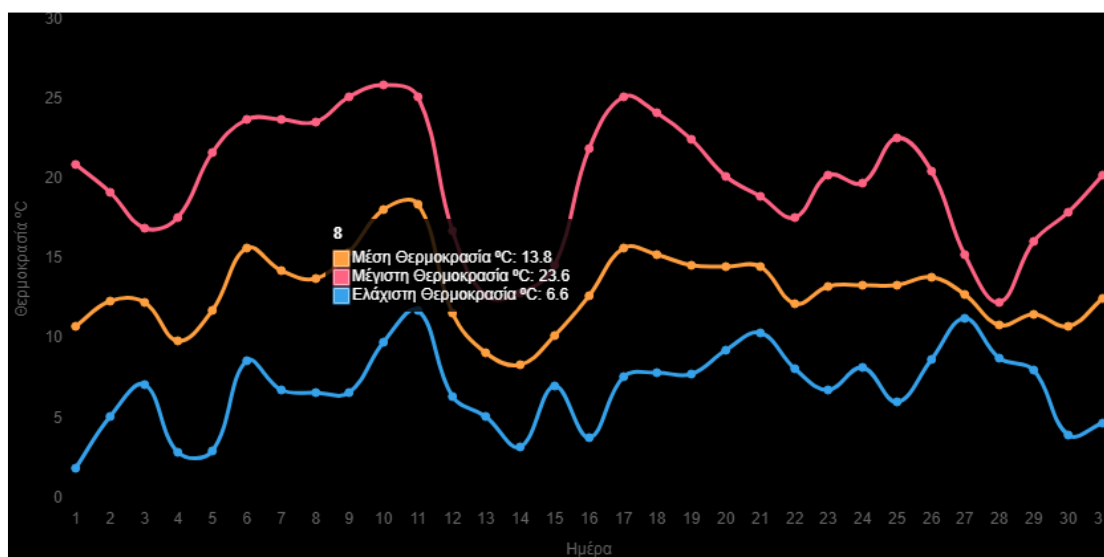
μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας βοήθησαν στην ελαχιστοποίηση του χρόνου λειτουργίας της θέρμανσης μειώνοντας ταυτόχρονα και την ποσότητα των εκπομπών των PM_{10} στην ατμόσφαιρα. Το διάστημα της ημέρας που καταγράφηκαν οι μέγιστες υπερβάσεις της οριακής τιμής ήταν μεταξύ 20:00-02:00 μ.μ.

Στον Πίνακα 50 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Μάρτιο του 2019 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	44	37	32	30	28	27	26	30	33	34	32	29	28	25	26	26	27	74	62	39	36	38	41	43
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	105	65	86	70	63	50	60	69	63	65	70	61	50	38	45	43	46	39	42	144	100	96	109	99

Πίνακας 50 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Μάρτιος 2019

Στο διάγραμμα 1 30 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Μάρτιο του 2019.



Διάγραμμα 1 30 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Μάρτιος 2019

Στον Πίνακα 51 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Μάρτιο του 2019 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	3-Μαρ	
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}
1		47
2	13	26
3	12	18
4	11	15
5	11	21
6	10	21
7	6	17

Πίνακας 51 Γεγονότα αιθαλομίχλης Μάρτιος 2019

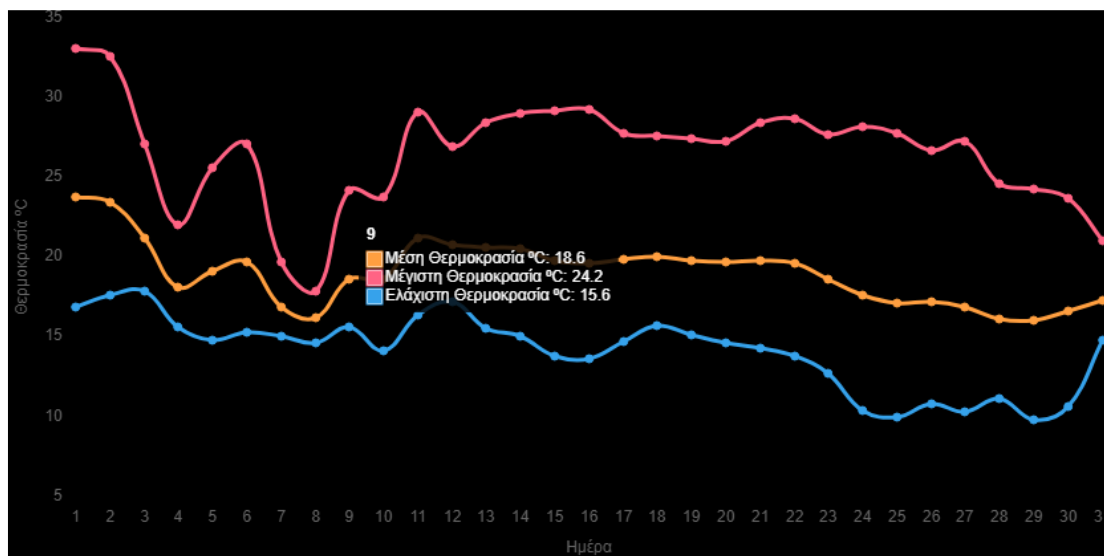
Οκτώβριος 2019: Η απότομη πτώση της ημερήσιας θερμοκρασίας που σημειώθηκε μετά το 1^ο δεκαήμερο του Οκτωβρίου είχε άμεση σχέση με την αύξηση των συγκεντρώσεων των PM_{10} στην ατμόσφαιρα. Η μέση ωριαία συγκέντρωση των PM_{10} παρατηρήθηκε σε τιμή λίγο παραπάνω από την καθιερωμένη τιμή των $35\mu g/m^3$ σε όλη τη διάρκεια του μήνα.

Στον Πίνακα 52 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Οκτώβριο του 2019 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	49	45	42	43	43	41	40	39	42	48	51	46	40	38	37	36	33	32	34	41	42	43	50	53
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	85	80	74	97	99	83	82	75	85	92	85	80	80	76	81	87	72	78	82	85	75	73	92	89

Πίνακας 52 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Οκτώβριος 2019

Στο διάγραμμα 1 31 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Οκτώβριο του 2019.



Διάγραμμα 1 31 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Οκτώβριος 2019

Στον Πίνακα 53 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Οκτώβριο του 2019 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	6-Οκτ		16-Οκτ		28-Οκτ	
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10
1	17	23	15	47	12	59
2	14	17	14	47	12	58
3	15	16	11	38	9	68
4	13	12	12	43	9	67
5	13	14	12	41	9	72
6	13	13	11	40	9	64
7	13	10	10	42	8	64
8	12	13	10	39	11	60
9	15	16	12	44	12	62
10	21	22	20	43	13	67
11	22	20	21	35	15	76
12	23	17	23	34	18	74
13	24	13	25	36	21	58
14	25	14	27	37	22	61
15	26	10			23	58
16	25	14			23	58
17	24	10			23	67
18	21	9			20	78
19	19	12	20	39	17	82
20	18	20	18	42	15	73
21	17	22	18	47	15	75
22	17	23	17	41	13	73
23	16	23	17	45	13	92
24	16	22	16	39	10	77

Πίνακας 53 Γεγονότα αιθαλομίχλης Οκτώβριος 2019

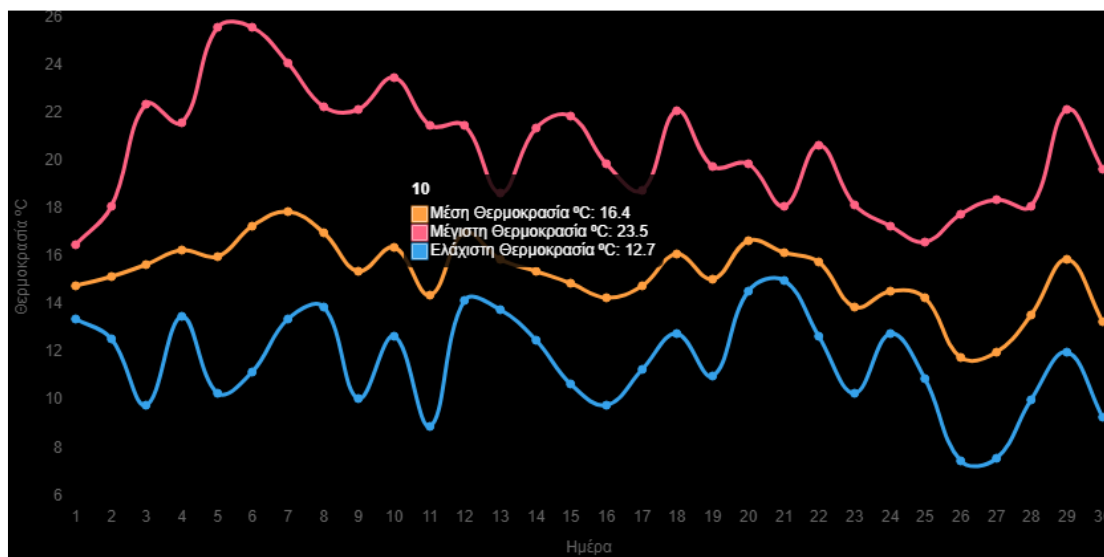
Νοέμβριος 2019: Τον Νοέμβριο τα επίπεδα της ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας σημειώθηκαν σε υψηλές τιμές για την εποχή. Το γεγονός αυτό ευνόησε την αναστολή του χρόνου λειτουργίας της θέρμανσης με αποτέλεσμα οι μέγιστες υπερβάσεις να περιοριστούν στο χρονικό διάστημα 19:00-02:00 μ.μ.

Στον Πίνακα 54 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM₁₀ στην ατμόσφαιρα για τον Νοέμβριο του 2019 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM ₁₀	45	37	31	29	25	24	22	23	27	32	32	30	28	25	26	27	26	30	41	46	43	45	48	46
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM ₁₀	102	115	85	69	59	60	54	59	63	73	81	76	71	60	52	68	53	59	64	74	78	89	93	126

Πίνακας 54 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM₁₀ Νοέμβριος 2019

Στο διάγραμμα 1 32 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Νοέμβριο του 2019.



Διάγραμμα 1 32 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Νοέμβριος 2019

Στον Πίνακα 55 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} κατά τον Νοέμβριο του 2019 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	1-Νοε		10-Νοε		28-Νοε	
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM_{10}
1	15	32			8	65
2	15	24			9	46
3	14	22			9	50
4	14	21			8	51
5	13	22	12	17	8	39
6	13	26			9	46
7	13	26			9	40
8	13	25	12	17	9	33
9	13	29	13	21	10	37
10	13	22	14	37	12	40
11	13	19	16	31	13	38
12	14	19	19	29	16	33
13	15	17	20	21	17	39
14	15	12	21	25	17	35
15	16	13	22	26	17	34
16	16	11	22	27	16	31
17	16	14	20	25	16	32
18	15	12	18	28	14	47
19	15	22	16	56	14	55
20	14	23	15	47	14	63
21	14	20	14	28	14	81
22	14	21	13	33	14	91
23	13	23	11	33	14	73
24	13	25	9	49	12	70

Πίνακας 55 Γεγονότα αιθαλομίχλης Νοέμβριος 2019

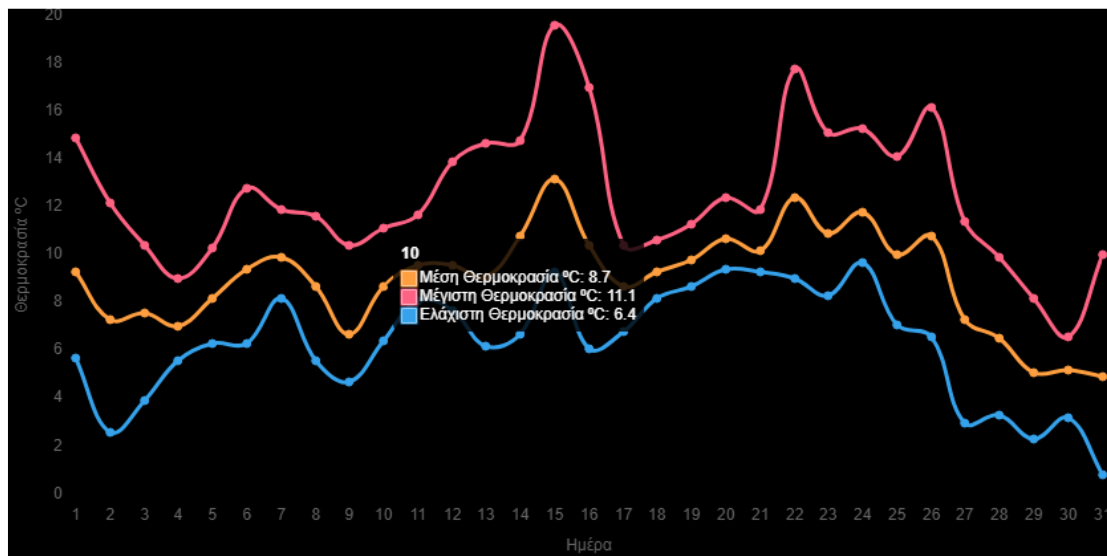
Δεκέμβριος 2019: Ο Δεκέμβριος διατηρήθηκε ζεστός εξαιτίας της επικράτησης των νότιων ανέμων στο μεγαλύτερο διάστημα του. Ωστόσο όμως το ψυχρό κύμα που παρατηρήθηκε στην περιοχή σε συνδυασμό με την απότομη πτώση της ημερήσιας θερμοκρασίας ενίσχυσε τι αίσθημα της θέρμανσης με αποτέλεσμα να αυξηθούν οι εκπομπές των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα από τους διάφορους τύπους θέρμανσης. Παρόλο αυτά η πληθώρα των υπερβάσεων της ανώτερης τιμής παρατηρήθηκε το διάστημα 20:00-02:00μ.μ.

Στον Πίνακα 56 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η μέση μέγιστη συγκέντρωση των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για τον Δεκέμβριο του 2019 κατά τη διάρκεια του 24-ωρου όπως καταγράφηκε από το Σταθμό Μέτρησης της Λάρισας.

Ωρα	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μέσος όρος συγκέντρωσης PM_{10}	46	37	29	24	21	21	19	21	25	31	31	30	29	32	24	23	23	24	32	40	47	50	54	53
Μέση μέγιστη συγκέντρωση PM_{10}	143	108	73	69	65	59	50	50	52	63	76	69	78	160	63	57	73	64	76	85	139	163	145	135

Πίνακας 56 Στατιστικά στοιχεία συγκέντρωσης PM_{10} Δεκέμβριος 2019

Στο διάγραμμα 1 33 παρουσιάζεται η μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας όπως καταγράφηκε τον Δεκέμβριο του 2019.



Διάγραμμα 1 33 Διακύμανση ημερήσιας θερμοκρασίας Δεκέμβριος 2019

Στον Πίνακα 57 περιλαμβάνονται ενδεικτικές ημερομηνίες για την απόδοση των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM₁₀ κατά τον Δεκέμβριο του 2019 για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

	9-Δεκ		17-Δεκ		24-Δεκ	
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM10
1	3	143	5	100	7	97
2	4	108	6	88	10	90
3	4	54	6	47	9	73
4	4	26	6	35	9	69
5	4	23	6	28	9	57
6	5	19	7	42	10	56
7	5	22	6	44	9	48
8	4	20	6	34	11	49
9	4	27	7	36	11	47
10	4	31	7	50	12	54
11	4	45	8	52	13	62
12	5	38	9	46	14	62
13	6	30	9	54	13	78
14	7	58	10	64	13	55
15	7	56	10	50	13	35
16	7	49	10	39	11	37
17	7	52	10	29	10	31
18			10	23	9	19
19			9	25	9	13
20			9	34	6	19
21			9	40	5	14
22			9	40	6	17
23			9	30	6	24
24	6	83	9	27	6	45

Πίνακας 57 Γεγονότα αιθαλομίχλης Δεκέμβριος 2019

Τα τελευταία χρόνια οι κάτοικοι της πόλης βρίσκονται αντιμέτωποι με το πρόβλημα της αιθαλομίχλης. Η οικονομική κρίση που υπέστη η Ελλάδα σε συνδυασμό με την απότομή αύξηση του φόρου του πετρελαίου θέρμανσης ανάγκασαν τους κατοίκους να στραφούν σε οικονομικότερες λύσεις θέρμανσης (Gailajis et al, 2014). Η αιθαλομίχλη είναι αποτελεστική μορφή ατμοσφαιρικής ρύπανσης η οποία προκαλείται από την καύση στερεών καυσίμων και αποτελείται από σωματίδια αιθάλης (Boman et al, 2005). Οι καιρικές συνθήκες συμβάλλουν σημαντικά στις τιμές των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Το φαινόμενο παρουσιάζεται έντονα, όταν η υγρασία στην ατμόσφαιρα είναι ιδιαίτερα υψηλή (Czarnecka & Nidzgorska-Lencewicz, 2011).

Προβλήματα με την αιθαλομίχλη στην περιοχή της Λάρισας εντοπίζει την χειμερινή εποχή ο Σταθμός Μέτρησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης της περιοχής, όπου καταγράφει αυξημένες συγκεντρώσεις σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Σύμφωνα με ενημέρωση της Περιφέρειας Θεσσαλίας, οι αυξημένες συγκεντρώσεις σωματιδίων παρουσιάζονται, κυρίως, τις βραδινές ώρες (από 20:00 έως 04:00), ιδιαίτερα όταν επικρατούν συνθήκες άπνοιας και υψηλής σχετικής υγρασίας, ενώ τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας οι τιμές κυμαίνονται σε κανονικά επίπεδα (Athanasopoulou et al, 2017). Σύμφωνα με την Περιφέρεια Θεσσαλίας, αυτό οφείλεται στις καύσεις για την θέρμανση των κτιρίων και, κυρίως, στη χρήση του ξύλου ως καυσίμου στα τζάκια και στις σόμπες των κατοικιών.

Ανάλυση αποτελεσμάτων:

Ο χειμώνας του 2016 χαρακτηρίστηκε για τις ψυχρές αέριες μάζες που επικράτησαν στο 2^ο και 3^ο δεκαήμερο του μήνα. Οι αρνητικές θερμοκρασίες που κατεγράφησαν τον Ιανουάριο του 2016 ανάγκασαν τους κατοίκους της πόλης να λειτουργούν τα συστήματα θέρμανσης στις κατοικίες τους ολόκληρο το 24-ωρο. Η καταγραφή των υψηλών συγκεντρώσεων των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα αποδόθηκαν στην θέρμανση δημιουργώντας νέφος ομίχλης στην περιοχή.

Η σταδιακή άνοδος της θερμοκρασίας που σημειώθηκε στην περιοχή τον Φεβρουάριο και τον Μάρτιο οδήγησαν σε μείωση των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Οι χαμηλές θερμοκρασίες που σημειώθηκαν στη διάρκεια της νύχτας είχα ως αποτέλεσμα την αύξηση των τιμών των PM₁₀ για περιορισμένο χρονικό διάστημα.

Ο Οκτώβριος του 2016 ήταν αρκετά ζεστός για την εποχή του περιορίζοντας τη χρήση της θέρμανσης για μεγάλο βαθμό. Οι υψηλές θερμοκρασίες που σημειώθηκαν τις βραδινές ώρες συνέβαλλαν στις μειωμένες τιμές των PM_{10} στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα τα γεγονότα αιθαλομίχλης που σημειώθηκαν ήταν ελάχιστα.

Η κακοκαιρία που επικράτησε στην περιοχή το τελευταία δεκαήμερο τον Νοέμβριο του 2016 προκάλεσε την ανάγκη της θέρμανσης. Οι τιμές των PM_{10} παρατηρήθηκαν στην ατμόσφαιρα αυξημένες τις ώρες μεταξύ 21:00-03:00 μ.μ. που αποδόθηκαν κυρίως στη χρήση θέρμανσης.

Επιδείνωση της εικόνας παρουσιάστηκε το Δεκέμβριο του 2016 εξαιτίας της κακοκαιρίας που επικράτησε στο μεγαλύτερο διάστημα του μήνα. Οι έντονες χιονοπτώσεις και οι αρνητικές θερμοκρασίες δημιούργησαν το αίσθημα της θέρμανσης σε όλη τη διάρκεια του 24-ώρου με αποτέλεσμα οι τιμές των PM_{10} στην ατμόσφαιρα να είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Η παρουσία της αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα ήταν αισθητή σε ολόκληρο το διάστημα της ημέρας.

Παρόμοια εικόνα σημειώθηκε και το Ιανουάριο του 2017. Η κακοκαιρία που συνεχίστηκε στην πόλη είχε άμεση σχέση με τις αυξημένες συγκεντρώσεις των PM_{10} στην ατμόσφαιρα που αποδόθηκαν στην θέρμανση των κατοικιών.

Οι κανονικές καιρικές συνθήκες που επικράτησαν τον Φεβρουάριο, τον Μάρτιο και τον Οκτώβριο του 2017 είχαν αποτέλεσμα την καταγραφή των μειωμένων τιμών των συγκεντρώσεων των PM_{10} στην ατμόσφαιρα περιορίζοντας τα γεγονότα της αιθαλομίχλης στο ελάχιστο. Το αίσθημα της αιθαλομίχλης τους αναφερόμενους μήνες ήταν ορατό τις ώρες μεταξύ 21:00-03:00 μ.μ.

Η σταδιακή πτώση της θερμοκρασίας που σημειώθηκε τον Νοέμβριο του 2017 στη πόλη προκάλεσε στους κατοίκους το αίσθημα της θέρμανσης. Το γεγονός αυτό διαπιστώθηκε από τις αυξημένες τιμές των PM_{10} που παρατηρήθηκαν κυρίως τις βραδινές ώρες. Η παρουσία της αιθαλομίχλης ήταν αισθητή την χρονική περίοδο 21:00-04:00 μ.μ.

Ο Δεκέμβριος του 2017 ήταν σε γενικά επίπεδα αρκετά ζεστός για την εποχή του γεγονότος που ευνόησε και στις χαμηλές τιμές των συγκεντρώσεων των PM_{10} στην ατμόσφαιρα. Τα γεγονότα αιθαλομίχλης που παρατηρήθηκαν τον συγκεκριμένο μήνα ήταν τις ώρες μεταξύ 20:00-05:00 μ.μ.

Η απότομη αλλαγή του καιρού που παρατηρήθηκε στο 1^ο δεκαήμερο τον Ιανουάριο του 2018 προκάλεσε την ανάγκη θέρμανσης στους κατοίκους της πόλης. Ο αυξημένος χρόνος των καύσιμων προϊόντων στους διάφορους τύπους θέρμανσης αύξησε τις τιμές των συγκεντρώσεων των PM_{10} έχοντας άμεση επίπτωση στη ατμόσφαιρα. Τα γεγονότα αιθαλομίχλης που παρατηρήθηκαν στην πόλη ήταν το χρονικό διάστημα 20:00-04:00 μ.μ.

Βελτίωση της εικόνας παρουσιάζεται τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο και Οκτώβριο του 2017. Η καλύτερευση των μετεωρολογικών συνθηκών που σημειώθηκαν στην πόλη είχε ως επακόλουθο την ελαχιστοποίηση των συγκεντρώσεων των PM_{10} στην ατμόσφαιρα περιορίζοντας τα γεγονότα αιθαλομίχλης στο ελάχιστο.

Οι χαμηλές θερμοκρασίες που επικράτησαν τις απογευματινές ώρες τον Νοέμβριο του 2017 στη Λάρισα ενίσχυσαν την καύση της βιομάζας για θέρμανση. Οι συγκεντρώσεις των PM_{10} παρατηρήθηκαν αυξημένες κυρίως τις νυχτερινές ώρες και συγκεκριμένα το διάστημα 20:00-03:00 μ.μ. Κατά το ίδιο χρονικό διάστημα παρατηρήθηκαν τα γεγονότα της αιθαλομίχλης.

Οι αυξημένες θερμοκρασίες που σημειώθηκαν για την εποχή το Δεκέμβριο του 2018 συνέβαλλαν στην διατήρηση των συγκεντρώσεων των PM_{10} σε ικανοποιητικές τιμές. Οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων παρατηρήθηκαν σε υψηλές τιμές τις ώρες μεταξύ 20:00-02:00 μ.μ. Η παρουσία της αιθαλομίχλης καταγράφηκε σε συγκεκριμένο διάστημα του 24-ώρου, ιδιαίτερα τις βραδινές ώρες.

Οι αρνητικές θερμοκρασίες που σημειώθηκαν τις βραδινές μέχρι και τις πρώτες πρωινές ώρες τον Ιανουάριο του 2019 δημιούργησαν την ανάγκη της θέρμανσης με αποτέλεσμα να παρατηρούνται οι συγκεντρώσεις των PM_{10} σε υψηλότερες τιμές στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Το πλήθος των υψηλών τιμών των PM_{10} καταγράφηκε τις ώρες 20:00-02:00 μ.μ.

Λόγω της βελτίωσης των μετεωρολογικών συνθηκών που παρατηρήθηκαν τον Φεβρουάριο, τον Μάρτιο και τον Οκτώβριο του 2019 στην πόλη οδήγησαν σε μείωση της θέρμανσης παρά μόνο τις βραδινές ώρες με την πτώση της θερμοκρασίας. Η παρουσία της αιθαλομίχλης τους αναφερόμενους μήνες είναι ελάχιστη έως και ανύπαρκτη.

Ο Νοέμβριος του 2018 ήταν ιδιαίτερα ζεστός στην πόλη της Λάρισας γεγονός που περιορίσε τη λειτουργία της θέρμανσης κατά το μεγαλύτερο διάστημα της μέρας. Οι συγκεντρώσεις των PM_{10} παρατηρήθηκαν σε ανοδικές τιμές κατά τις νυχτερινές ώρες και

συγκεκριμένα το διάστημα μεταξύ 21:00-02:00 μ.μ. τα γεγονότα της αιθαλομίχλης καταγράφηκαν τις βραδινές ώρες που αποδόθηκαν στην καύση της βιομάζας για θέρμανση.

Οι αυξημένες θερμοκρασίες που επικράτησαν τον Δεκέμβριο του 2019 στη Λάρισα δημιούργησε την μειωμένη ανάγκη της θέρμανσης των κατοίκων γεγονός που αποδεικνύεται και από τις τιμές των PM_{10} στην ατμόσφαιρα. Η παρουσία της αιθαλομίχλης είναι ορατή τις νυχτερινές ώρες και συγκεκριμένα το διάστημα μεταξύ 20:00-03:00 μ.μ.

Συμπέρασμα, τα μέγιστα γεγονότα αιθαλομίχλης παρατηρήθηκαν στην πόλη της Λάρισας τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο. Τα έντονα καιρικά φαινόμενα σε συνδυασμό με τις ψυχρές μάζες που παρατηρήθηκαν στην πόλη τους αναφερόμενους μήνες δημιούργησαν το αίσθημα της ανάγκης της θέρμανσης στους κατοίκους οδηγώντας σε αύξηση της ποσότητας των καύσιμων υλικών. Η οικονομική ύφεση έχει πλήξει τα ευάλωτα νοικοκυριά της Λάρισας με αποτέλεσμα να έχουν αντικαταστήσει το πετρέλαιο θέρμανσης με άλλους είδους καύσιμη ύλη και αυτό διαπιστώνεται από τις ωριαίες συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Οι συνεχόμενες υπερβάσεις των ωριαίων τιμών των αιωρούμενων σωματιδίων προκαλούν άμεση αρνητική επίπτωση στη ατμόσφαιρα καλύπτοντας την πόλη με νέφος ομίχλης.

Από τις ενδεικτικές ημερομηνίες που επιλέχθηκαν για την μελέτη του φαινομένου της αιθαλομίχλης διαπιστώθηκε ότι οι τιμές των PM_{10} παρουσιάστηκαν αυξημένες Σάββατο, Κυριακή και αργίες. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στο μεγάλο χρόνο παραμονής των κατοίκων στις κατοικίες με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο χρόνος λειτουργίας της θέρμανσης.

Για τους υπόλοιπους χειμερινούς μήνες (Φεβρουάριο, Μάρτιο, Οκτώβριο και Νοέμβριο) η σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας και τη αύξηση του διαστήματος της ηλιοφάνειας που παρατηρείται κατά τη διάρκεια της ημέρας συμβάλλουν στο περιορισμό της χρήσης θέρμανσης. Η πτώση της θερμοκρασίας που σημειώνεται τις απογευματινές ώρες μέχρι και λίγο μετά τα μεσάνυχτα δημιουργούν το αίσθημα της ανάγκης θέρμανσης και το γεγονός αυτό αποδεικνύεται από τις ωριαίες συγκεντρώσεις των PM_{10} στην ατμόσφαιρα. Η αιθαλομίχλη τους αναφερόμενους μήνες είναι ορατή στην ατμόσφαιρα σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα και ιδιαίτερα τις ώρες μεταξύ 20:00-03:00 μ.μ.

7 Συγκριτικά αποτελέσματα με άλλων ελληνικών πόλεων

7.1 Συγκριτικά αποτελέσματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Ακολουθώντας στο Πίνακα 58 παρουσιάζονται οι διαχρονικές μεταβολές των μέσων ετήσιων τιμών των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} , για ενδεικτικές περιοχές της Ελλάδας κατά το χρονικό διάστημα 2007-2019 με βάση την ετήσια έκθεση του ΥΠΕΚΑ, 2019.

Πίνακας 58 Σύγκριση μέσων ετήσιων τιμών AS_{10} σε $\mu g/m^3$ ανά έτος με την οριακή τιμή

	ΑΓΣ	ΚΟΡ	ΠΑΝ	ΚΑΛ	ΣΙΝ	ΝΕΟ	ΠΑ1	ΠΑ2	ΒΟΛ	ΛΑΡ	ΗΡΑ	ΧΑΝ	ΙΩ1	ΙΩ2
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)	24**		30(4)	
2015	22(3)	27(4)	26*(4)		32(4)			39(6)	32(5)	38(4)	28 (9)*		37(4)	
2016	33(4)	37(5)	23*(2)		40(2)	24*(2)	27*(2)	39(5)	25(4)	28(4)	25 (11)**		31(4)	
2017	43**(4)	36(4)	22(4)		36(4)	25(4)	28(4)	32(3)	33(4)	36(4)	24 (4)	30 (5)	32(3)	
2018	43(6)	38(6)	18(4)		34(4)	24(6)	34(10)	37(9)	32(7)	35(7)	43 (14)	45 (17)**	32(8)	
2019	42(5)	35(4)	18(4)		32(4)		31*(4)	29(4)	29(5)	32(4)	33 (6)	32** (4)	30(4)	29(5)

Πίνακας 58 Σύγκριση μέσων ετήσιων τιμών PM_{10} $\mu g/m^3$ ανά έτος με την οριακή τιμή (www.Ypeka.gr)

*Μικρή πληρότητα μετρήσεων

**Δεν μπορεί να αξιολογηθεί καθώς αφορά μικρή πληρότητα μη ομοιόμορφα κατανεμημένη εντός τους έτους Με κόκκινη γραφή σημειώνονται οι υπερβάσεις της οριακής τιμής

Στις παρενθέσεις εμφανίζεται η εκτιμώμενη συνεισφορά μεταφοράς σκόνης σε $\mu g/m^3$ από απομακρυσμένες ξηρές περιοχές (π.χ. Σαχάρα) στη μετρούμενη συγκέντρωση της μέσης τιμής AS_{10}

Ειδικότερα, οι Varotsos et al (2021) διεξήγαγαν έρευνα για την αναμετάδοση των επεισοδίων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και συγκεκριμένα για την περίπτωση της Αθήνας. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε το χρονικό διάστημα 2000-2018 και σύμφωνα με τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι η ο μέσος χρόνος αναμονής μεταξύ διαδοχικών τιμών ακραίων συγκεντρώσεων των PM_{10} υπολογιζόταν σε 29 ημέρες.

Ακόμη, οι μελετητές Zervas et al (2012) μελέτησαν την ατμοσφαιρική ρύπανση στη περιοχή του Βόλου το διάστημα 2001-2010. Από την ανάλυση των τιμών διαπιστώθηκε ότι το διάστημα 2007-2008 η μέση ετήσια συγκέντρωση ήταν στα $43 \mu g/m^3$ ξεπερνώντας το όριο των $40 \mu g/m^3$. Με βάση τη μελέτη της Zogou (2012) αναλύθηκαν οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων των PM_{10} για την πόλη του Βόλου κατά τη χρονική περίοδο 2005-2010. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης διαπιστώθηκε ότι οι συγκεντρώσεις των PM_{10} σημείωσαν πτωτική πορεία από το 2007 και στο γεγονός αυτό συνέβαλλαν οι κάτωθι παράγοντες (Johansson et al, 2007) :

1. Μείωση της βιομηχανικής παραγωγής μεγάλων τοπικών βιομηχανιών, από το τέλος του 2007, λόγω οικονομικής ύφεσης και σημαντικής μείωσης της τοπικής βιομηχανικής παραγωγής
2. Η σταδιακή αντικατάσταση θέρμανσης με φυσικό αέριο
3. αντικατάσταση του στόλου των οχημάτων

Η διαχρονική εξέλιξη της μέσης ετήσιας τιμής της συγκέντρωσης των PM_{10} της Λάρισας συγκριτικά με άλλες πόλεις δείχνει ότι υπάρχει μια πτωτική τάση στους σταθμούς μέτρησης των αέριων ρύπων, που μπορεί να αποδοθεί και ως αποτέλεσμα των μέτρων που έχουν ληφθεί για τη μείωση της αέριας ρύπανσης καθώς και τη βελτίωση των κινητήρων των οχημάτων, της ηλικίας των οχημάτων, της ποιότητας των καυσίμων, της αύξησης της χρήσης του φυσικού αερίου για τη θέρμανση χώρων και την παραγωγή ενέργειας στη βιομηχανία, κ.τ.λ. Σημαντική είναι και η συμβολή της οικονομικής κρίσης των τελευταίων χρόνων στην Ελλάδα καθώς οδήγησε σε μείωση εμπορικής και παραγωγικής δραστηριότητας. (Cusack, 2012). Οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στις αναφερόμενες περιοχές, επηρεάζουν τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Larissi et al, 2010). Από μελέτες έχει αποδειχθεί ότι κλιματολογικές συνθήκες συσχετίζονται με τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις ελληνικές αστικές περιοχές (Pateraki et al, 2010b). Σε συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών αυξάνονται οι εκπομπές των αιωρούμενων σωματιδίων από την καύση βιομάζας για την κάλυψη της θέρμανσης (Mangold et al, 2010).
Διπλωματική Εργασία

2011). Η αυξανόμενη ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται και η αερομεταφερόμενη σκόνη που απομακρύνεται από τον αέρα επομένως μειώνεται η συγκέντρωση των PM_{10} λόγω της διασποράς όμως παράλληλα ευνοείται η επαναιώρηση της σκόνης του δρόμου ιδιαίτερα σε ζεστά και ξηρά περιβάλλοντα και ως εκ τούτου η αύξηση της συγκέντρωσης των PM_{10} (Kassomenos et al, 2012). Ενώ για μικρές ταχύτητες ανέμου ευνοούνται οι συνθήκες θερμοκρασιακής αναστροφής σε συνδυασμό και με την τοπογραφία της περιοχής εγκλωβίζοντας τους ρύπους στο κέντρο της πόλης (Remoundaki et al, 2011).

7.2 Συγκριτικά αποτελέσματα αιθαλομίχλης

Με την πτώση των θερμοκρασιών από τα μέσα Δεκεμβρίου παρατηρήθηκε εκτεταμένη καύση ξύλων σε τζάκια και ξυλόσομπες με αποτέλεσμα να σημειωθούν αρκετά επεισόδια «αιθαλομίχλης» σε πολλές πόλεις της Ελλάδας (Santamouri, 2013). Για την παρακολούθηση των επιπέδων της χειμερινής ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τη μελέτη της συνεισφοράς διαφορετικών πηγών σε αυτά, πραγματοποιήθηκαν κατά το διάστημα 10 Ιανουαρίου – 10 Φεβρουαρίου 2013 λεπτομερείς μετρήσεις τόσο των αιωρούμενων σωματιδίων στις πέντε μεγαλύτερες Ελληνικές πόλεις.

Μετρήσεις έγιναν στο Θησείο, στην Αγ. Παρασκευή και στην Πεντέλη για την Αθήνα (από το Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας, το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, το Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. Δημόκριτος", τα Πανεπιστήμια Κρήτης και Αιγαίου), στη Θεσσαλονίκη (από το Πανεπιστήμιο Αιγαίου), στην Πάτρα (από το Πανεπιστήμιο Πατρών), στο Ηράκλειο (από το Πανεπιστήμιο Κρήτης) και στα Ιωάννινα (από τα Πανεπιστήμια Ιωαννίνων και Κρήτης). Παράλληλα έγιναν μετρήσεις και στους απομακρυσμένους σταθμούς υποβάθρου "Φινοκαλιά" στο Λασίθι (από το Πανεπιστήμιο Κρήτης) και στο "NEO- Navarino Environmental Observatory" στη Μεσσηνία (από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και την Ακαδημία Αθηνών). Τα κυριότερα συμπεράσματα από τις τιμές των μετρήσεων ήταν ότι οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων τις κρύες νύχτες με άπνοια έφτασαν σε πολύ υψηλά επίπεδα (Florou et al, 2013). Για παράδειγμα οι μέγιστες ωριαίες συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν στο Θησείο ήταν περίπου $300 \mu g/m^3$ και στο κέντρο της Πάτρας πάνω από $200 \mu g/m^3$. Οι υψηλές συγκεντρώσεις παρατηρούνταν από περίπου τις 7 το βράδυ μέχρι και τις 3 το πρωί, με μέγιστο λίγο πριν τα μεσάνυχτα. Η καύση ξύλων

ήταν υπεύθυνη σχεδόν αποκλειστικά (άνω του 80% συνεισφορά) για τις υψηλές συγκεντρώσεις τις νυχτερινές ώρες. Στις υπόλοιπες Ελληνικές πόλεις όπου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, παρουσιάστηκαν παρόμοια προβλήματα. Για παράδειγμα στην Πάτρα οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων ξεπέρασαν τα $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ δώδεκα νύχτες κατά τη διάρκεια του μήνα των μετρήσεων. Σε πέντε από αυτές τις νύχτες ξεπέρασαν και τα $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Παρόμοια εικόνα και στα Ιωάννινα, με τα επίπεδα των ανθρωπογενούς προέλευσης σωματιδίων να ξεπερνούν τα $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ σε δεκαεννέα περιπτώσεις κατά την διάρκεια του μήνα των μετρήσεων και σε πέντε από αυτές και τα $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Με τη μέχρι στιγμής εικόνα, ο μικρότερος αριθμός υπερβάσεων παρατηρήθηκε στο Ηράκλειο Κρήτης όπου και οι θερμοκρασίες είναι γενικώς υψηλότερες. Ταυτόχρονα με τις υψηλές συγκεντρώσεις σωματιδίων, σε συγκεκριμένες νύχτες μετρήθηκαν και σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις αερίων αρωματικών ενώσεων (τολουόλιο, ξυλόλια, κλπ όπου αποδεικνύει την καύση επεξεργασμένων ξύλων και άλλων υλικών. Οι συγκεντρώσεις αυτών των τοξικών ενώσεων τη νύχτα ήταν διπλάσιες ή και τριπλάσιες από τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις τους κατά τις ώρες κυκλοφοριακής αιχμής.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις του σταθμού της ΔΕΥΑΜΒ οι περισσότερες υπερβάσεις καταγράφονται τις νυχτερινές ώρες στη διάρκεια των χειμερινών μηνών, ιδιαίτερα όταν επικρατούν συνθήκες άπνοιας και υψηλής σχετικής υγρασίας. Αυτό οφείλεται στα αιωρούμενα σωματίδια (PM_{10}) εξαιτίας της αυξημένης καύσης άνθρακα (ξύλειας) σε τζάκια και ξυλόσομπες αλλά και συνθετικών προϊόντων ξυλείας (όπως μελαμίνες, νοβοπάν, κόντρα πλακέ), ξύλων βαμμένων ή εμποτισμένων με χημικές ουσίες (βερνίκια, κόλλες κ.λπ.), καθώς και πλαστικών ή ελαστικών υλικών, χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων και απορριμμάτων (Laumbach et al , 2012). Ο Βόλος αντιμετωπίζει έντονα το πρόβλημα της αιθαλομίχλης.

Κατά την οικονομική κρίση της τελευταίας πενταετίας στην Ελλάδα, οι συνθήκες ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι μεγάλες οι πόλεις άλλαξαν. Η αύξηση του ποσοστού της ανεργίας και της τιμής του φόρου πετρελαίου θέρμανσης ανάγκασαν τους κατοίκους των μεγάλων αστικών περιοχών να καίνε καύσιμα χαμηλής ποιότητας όπως ξύλο και απορρίμματα (Casasso et al, 2019). Ειδικά κατά τους χειμερινούς μήνες των ετών 2012 και 2013 η κεντρική θέρμανση σε πολλές αστικές περιοχές αυξήθηκε σημαντικά. Κάποιες

ελληνικές οικογένειες επέλεξαν φθηνότερους τρόπους θέρμανσης, όπως τζάκια με ξυλόσομπες. Το διάστημα δύο μηνών χειμώνα 2012 και πάλι το χειμώνα 2013, τα δείγματα από μεγάλες ελληνικές πόλεις διαπιστώνεται αύξηση τιμών των αιωρούμενων σωματιδίων προκαλώντας επίπτωση στη ατμόσφαιρα (ομίχλη καπνού, PM_{10} και μικρότερη). Μελέτη που πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του χειμώνα 2012 και 2013 σε δύο από τις μεγαλύτερες ελληνικές πόλεις (Αθήνα και Πάτρα). Τον Φεβρουάριο του 2012, σημαντική αύξηση των αιωρούμενων σωματιδίων παρατηρήθηκαν κάθε βράδυ μετά τις 6 το απόγευμα στην Πάτρα. Οι συγκεντρώσεις PM_{10} ξεπερνούσαν συνήθως τα $80 \mu g/m^3$ (ορισμένες τιμές ήταν πάνω από $150 \mu g/m^3$). Στην Πάτρα οι αυξημένες συγκεντρώσεις PM_{10} παρατηρήθηκαν κατά τους χειμερινούς μήνες που συνδέθηκαν με τη καύση της βιομάζας τους ψυχρούς μήνες (Φλώρου,).

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της μελέτης της Λάρισα με τα αναφερόμενα στοιχεία διαπιστώνεται ότι το φαινόμενο της αιθαλομίχλης πλήττει αρκετές ελληνικές πόλεις. Οι τιμές για το πετρέλαιο θέρμανσης, η χρήση ξύλου και αποβλήτων βιομάζας για θέρμανση, ο σχηματισμός θολών καπνού τους χειμερινούς μήνες στα μεγάλα αστικά κέντρα επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα (Sindosi et al, 2019). Οι τιμές του μαζούτ για κεντρική θέρμανση επηρεάστηκαν από τις διεθνείς τιμές και τα καύσιμα. Αναπόφευκτα, τα φτωχά νοικοκυριά χρησιμοποιούν ξύλο και βιομάζα (κομμάτια ξύλου από πόρτες και έπιπλα και άλλα απορρίμματα) για την κάλυψη της ανάγκης της θέρμανσης τους τον χειμώνα (Lekakis & Kousis, 2013). Όπως αποδεικνύεται από τα δείγματα των μετρήσεων τα μεγάλα αστικά κέντρα παρουσιάζουν ανησυχητική αύξηση των συγκεντρώσεων των PM_{10} τους χειμερινούς μήνες (Florou et al, 2013).

Οι χαμηλές θερμοκρασίες και τα έντονα καιρικά φαινόμενα που επικρατούν την κρύα περίοδο στις ελληνικές πόλεις αποδείχθηκαν βασικό στοιχείο που συνδέθηκε με αύξηση των τιμών των PM_{10} (Dimitriou & Kassomenos, 2014).

Ολοκληρώνοντας, το νέφος ομίχλης που σχηματίζεται στην ατμόσφαιρα κατά τις νυχτερινές ώρες στη διάρκεια των χειμερινών μηνών, ιδιαίτερα όταν επικρατούν συνθήκες άπνοιας και υψηλής σχετικής υγρασίας αποδίδονται στις υψηλές τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων οι οποίες καταγράφονται κυρίως εξαιτίας της αυξημένης καύσης άνθρακα (ξύλειας) σε τζάκια και ξυλόσομπες αλλά και συνθετικών προϊόντων ξυλείας (όπως

μελαμίνες, νοβοπάν, κόντρα πλακέ), ξύλων βαμμένων ή εμποτισμένων με χημικές ουσίες (βερνίκια, κόλλες κ.λπ.), καθώς και πλαστικών ή ελαστικών υλικών, και απορριμμάτων.

8 Προτάσεις μέτρων αντιμετώπισης ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της αιθαλομίχλης

Για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των αιωρούμενων σωματιδίων και του φαινομένου της αιθαλομίχλης κρίνεται αναγκαίο η λήψη και η εφαρμογή μέτρων. Κύρια έμφαση για το σχεδιασμό αποδοτικών μέτρων για την μείωση της συγκέντρωσης των PM₁₀ για τη περιοχή της Λάρισας θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις κυριότερες πηγές εκπομπής (θέρμανση, μεταφορές). Τα μέτρα διαχωρίζονται σε δυο κατηγορίες: σε μέτρα μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και σε μέτρα αντιμετώπισης του φαινομένου της αιθαλομίχλης.

Μέτρα μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

1. Ο συστηματικός έλεγχος των αέριων εκπομπών από τις βιομηχανίες , τις κεντρικές θερμάνσεις των κτιρίων και τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα,
2. Η αντικατάσταση του φυσικού αερίου για θέρμανση κτιρίων και η ταυτόχρονη μείωση των θερμικών αναγκών με χρήση μόνωσης , αυτοματισμών και ηλιακών,
3. Η συστηματική παρακολούθηση των PM₁₀ με δίκτυο σταθμών,
4. Ο περιορισμός της χρήσης του αυτοκινήτου στο κέντρο της πόλης
5. Οι δέντροφυτεύεις
6. Ο περιορισμός καύσης στερεών καυσίμων σε περιόδους υψηλής σωματιδιακής ρύπανσης

Μέτρα αντιμετώπισης του φαινομένου της αιθαλομίχλης (Κρικέλλα, 2013):

1. Μείωση του φόρου πετρελαίου θέρμανσης και ενίσχυση του επιδόματος θέρμανσης (πετρέλαιο, φυσικό αέριο)
2. Η δυνατότητα χρήσης καυσόξυλων και βιομάζας στα μεγάλα αστικά κέντρα.
3. Όσοι πολίτες χρησιμοποιούν εστίες καύσης ξύλου, θα πρέπει να καίνε καθαρό ξύλο και να αποφεύγουν την καύση βαμμένης ή επεξεργασμένης ξυλείας (νοβοπάν, φορμάικας, κόλλας, πλαστικού κ.λπ.)
4. Να μετατραπούν τα διακοσμητικά τζάκια σε ενεργειακά αυξημένης ενεργειακής απόδοσης, εφόσον αποτελούν κύριο μέσο θέρμανσης της κατοικίας
5. Επιδοτούμενα προγράμματα σε οικονομικά ευάλωτες πολίτες για την αντικατάσταση του συστήματος θέρμανσης

6.Συστηματικός έλεγχος από αρμόδιους φορείς που αφορά την συντήρηση των καυστήρων και την ποιότητα των υλικών προς καύση

7.Συνεχείς και τακτική ενημέρωση από την Περιφέρεια Θεσσαλίας για τα επίπεδα τιμών των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για την αποφυγή της άσκοπης μετακίνησης των κατοίκων

8. Τα άτομα με προβλήματα υγείας που ανήκουν σε ευπαθείς ομάδες, πρέπει να παρακολουθούν τις οδηγίες των υπηρεσιών Υγείας, ιδίως σε περιόδους αυξημένης σωματιδιακής ρύπανσης και να αποφεύγουν την κυκλοφορία σε εξωτερικούς χώρους, όταν οι ρύποι ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια

Για την ορθή και τακτική εφαρμογή των μέτρων απαιτείται και η συνεισφορά από την μεριά των κατοίκων με στόχο τα άμεσα αποτελέσματα στην αλλαγή της ποιότητας του αέρα και την δημόσια υγεία των κατοίκων.

Συμπεράσματα

Η σωματιδιακή ρύπανση και η αιθαλομίχλη συμβάλλουν στην μεταβολή της ποιότητας του αέρα στην ατμόσφαιρα. Οι εκπομπές των αιρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα προέρχονται από ανθρωπογενείς και φυσικές πηγές. Για την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από τα αιωρούμενα σωματίδια ευθύνεται κατά κύριο λόγο η βιολογική ανάγκη των ανθρώπων για θέρμανση.

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν τα επίπεδα της σωματιδιακής ρύπανσης και το σχηματισμό της αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα για την πόλη της Λάρισας. Στη μελέτη αυτή τα στοιχεία που εξετάστηκαν για την σωματιδιακή ρύπανση αφορούσαν την περίοδο 2007-2019 και για την αιθαλομίχλη χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα της περιόδου 2016-2019.

Η διαχρονική εξέλιξη των PM_{10} για τη χρονική περίοδο 2007-2019 δείχνει μια πτωτική κατεύθυνση των τιμών για την πόλη της Λάρισας τα τελευταία χρόνια. Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης των στοιχείων της εξεταζόμενης περιόδου παρατηρήθηκε μια σταθεροποίηση των επιπέδων των PM_{10} .

Η μηνιαία μεταβολή των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} , παρουσιάζει τις μέγιστες συγκεντρώσεις τους χειμερινούς μήνες, στη Λάρισα, λόγω των μετεωρολογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή οδηγώντας στη ανάγκη για θέρμανση, αλλά και σχετικά έντονη κυκλοφορία των οχημάτων. Αντιθέτως, τους καλοκαιρινούς μήνες η κατάσταση παρουσιάζει βελτίωση λόγω των ευνοϊκότερων μετεωρολογικών συνθηκών και στη μείωση της κυκλοφορίας.

Κατά τη θερινή περίοδο οι τιμές της σωματιδιακής ρύπανσης παραμένουν σε σημαντικά επίπεδα που πιθανότατα να οφείλονται στη μεταφορά σκόνης από την έρημο τη Σαχάρα και σε συνδυασμό με τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες να ευνοείται η αιώρηση τους στην ατμόσφαιρα για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η εβδομαδιαία διακύμανση της σωματιδιακής ρύπανσης, παρουσιάζει μέγιστες συγκεντρώσεις τις μέρες όπου εμπορική δραστηριότητα είναι αυξημένη στη πόλη (Δευτέρα, Τετάρτη και Παρασκευή). Το Σάββατο και την Κυριακή οι τιμές των PM_{10} παραμένουν με υψηλά επίπεδα εξαιτίας του αυξημένου χρόνου λειτουργίας των εγκαταστάσεων θέρμανσης.

Η ημερήσια μεταβολή της σωματιδιακής ρύπανσης παρουσιάζει διακυμάνσεις τιμών. Το διάστημα 09:00-11:00 οι τιμές των PM_{10} παραμένουν σε υψηλά επίπεδα γεγονός που οφείλεται κυρίως στην πυκνή κυκλοφορία των οχημάτων στο κέντρο της πόλης. Τη χρονική περίοδο 12:00-19:00 μ.μ. οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων κινούνται σε κανονικά και προς χαμηλότερα επίπεδα των τιμών. Ιδιαίτερα αυξημένες παρουσιάζονται οι τιμές των PM_{10} τις ώρες 20:00-03:00 μ.μ. γεγονός που οφείλεται στην λειτουργία της οικιακής θέρμανσης και στην αυξημένη μετακίνηση των κατοίκων της πόλης.

Από τη μελέτη προέκυψε ότι για την πόλη της Λάρισας η μέση ημερήσια συγκέντρωση των PM_{10} ήταν σε κανονικές έως και χαμηλές τιμές από την προβλεπόμενη οριακή τιμή κατά την διάρκεια της ημέρας. Σε αντίθεση με τις βραδινές ώρες όπου σημειώθηκαν και οι περισσότερες υπερβάσεις της τιμής των $50 \mu g/m^3$ έως η οποία δεν θα πρέπει να ξεπερνάει τις 35 φορές το χρόνο.

Μεταβολή της μέσης ετήσιας τιμής της συγκέντρωσης των PM_{10} παρατηρείται και σε άλλες αστικές περιοχές. Οι κυριότεροι παράγοντες που έχουν συμβάλει στην πτώση των ετήσιων συγκεντρώσεων των PM_{10} είναι η αντικατάσταση των παλαιών τύπων οχημάτων, η βελτίωση της ποιότητας των καυσίμων υλικών και η αυξημένη χρήση του φυσικού αερίου για θέρμανση. Παρόλα αυτά η τιμή της μέσης ετήσιας συγκέντρωσης των PM_{10} σε αρκετές αστικές περιοχές συνεχίζουν να παραμένουν σε σημαντικά επίπεδα γεγονός που αποδίδεται στις μετεωρολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Η κυκλοφορία των οχημάτων και η λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης στη διάρκεια της χειμερινής περιόδου συμβάλλουν στα αυξημένα επίπεδα των μέσων μηνιαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} . Οι αυξημένες τιμές των μέσων μηνιαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} στη διάρκεια της θερινής περιόδου αποδίδονται στη μεταφορά αφρικάνικης σκόνης που παρατηρείται σε αρκετές ελληνικές πόλεις και κυρίως τις πρωινές ώρες.

Συγκριτικά, η τιμή της μέσης ετήσιας συγκέντρωσης των PM_{10} σε Λάρισα με αντίστοιχα στοιχεία άλλων πόλεων όπως Βόλου, Αθήνας κ.α. καταγράφονται σε παρόμοια επίπεδα. παρόλο την μείωση των τιμών που σημειώνονται τα τελευταία χρόνια ο ατμοσφαιρικός αέρας χαρακτηρίζεται «Μέτριας» έως και «Κακής» ποιότητας σε πολλές αστικές περιοχές.

Η εμφάνιση της αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα άρχισε να γίνεται εντονότερη από το 2010. Η οικονομική κρίση που βιώνει η χώρα μας τα τελευταία χρόνια έχει επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα του αέρα πολλών αστικών περιοχών. Η Λάρισα συμπεριλαμβάνεται στις πόλεις αυτές.

Η οικονομική κρίση επηρέασε σε μεγάλο βαθμό τα εύαλωτα νοικοκυριά γεγονός που ανάγκασε τους κατοίκους της πόλης να οδηγηθούν σε φθηνότερες λύσεις θέρμανσης. Όπως παρατηρείται τα τελευταία χρόνια η χρήση του πετρελαίου θέρμανσης αντικαταστάθηκε με άλλα προϊόντα για την καύση βιομάζας όπως είναι τα καυσόξυλα, pellet, παλέτες κ.α. με αποτέλεσμα να εκπέμπονται αυξημένες ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων από τους τύπους θέρμανσης προκαλώντας αρνητικές επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα όπως τον σχηματισμό της αιθαλομίχλης.

Η μελέτη της αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα στηρίχθηκε στην εξέταση των στοιχείων που αφορούσαν τις συγκεντρώσεις των PM_{10} κατά τη χρονική διάρκεια της χειμερινής περιόδου, Οκτώβριο-Μάρτιο το διάστημα 2016-2019.

Ο σχηματισμός της αιθαλομίχλης στη ατμόσφαιρα προέρχεται από τις συνεχόμενες υπερβάσεις της ανωτέρας τιμής των PM_{10} τις νυχτερινές ώρες. Τους χειμερινούς μήνες η μέση συγκέντρωση των PM_{10} παρατηρείται σε αρκετά υψηλές τιμές τις ώρες μεταξύ 20:00-03:00 μ.μ. που συνδέεται με την οικιακή θέρμανση.

Τα έντονα καιρικά φαινόμενα σε συνδυασμό με τις χαμηλές θερμοκρασίες που επικρατούν τους κρύους μήνες και συγκεκριμένα Δεκέμβριο και Ιανουάριο στη περιοχή έχουν ως επακόλουθο την αυξανόμενη λειτουργία των διαφόρων τύπων θέρμανσης με αποτέλεσμα την καταγραφή των συνεχόμενων υπερβάσεων της οριακής τιμής των PM_{10} ευνοώντας τον σχηματισμό νέφους καπνού και μετατρέποντας την ατμόσφαιρα σε αποπνικτική.

Αναλυτικότερα, το διάστημα Οκτώβριο-Νοέμβριο στην περιοχή της Λάρισας επικράτησαν υψηλές τιμές ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας για την εποχή με αποτέλεσμα να μην είναι απαραίτητη η χρήση της θέρμανσης για το μεγαλύτερο διάστημα της ημέρας παρά μόνο τις βραδινές ώρες με την πτώση της θερμοκρασίας.

Αντίθετη εικόνα παρατηρήθηκε την περίοδο Δεκέμβριο-Ιανουάριο στη Λάρισα. Τα έντονα καιρικά φαινόμενα που επικράτησαν στη Λάρισα είχαν άμεση σχέση με την

αύξηση της ποσότητας και του χρόνου της καύσιμης ύλης που οδήγησαν σε υψηλές εκπομπές των PM_{10} στην ατμόσφαιρα.

Καθόλη την διάρκεια της αναφερόμενης περιόδου η μέση ωριαία συγκέντρωση των PM_{10} κυμάνθηκε σε αρκετά υψηλά επίπεδα σε ολόκληρο το διάστημα του 24-ώρου. Η πληθώρα των υπερβάσεων της επιτρεπόμενης οριακής τιμής των $35\mu g/m^3$ συνέβαλλε στην εμφάνιση της αιθαλομίχλης για μεγάλο χρονικό διάστημα μετατρέποντας την ατμόσφαιρα σε αποπνικτική.

Τους μήνες Φεβρουάριο-Μάρτιο η κατάσταση παρουσιάζει βελτίωση με τις τιμές των ωριαίων συγκεντρώσεων των PM_{10} στην ατμόσφαιρα να ελαττώνονται. Η σταδιακή αύξηση της ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του χρόνου θέρμανσης στη διάρκεια της ημέρας. Το πλήθος υπέρβασης της οριακής τιμής της ωριαίας συγκέντρωσης των PM_{10} στην ατμόσφαιρα περιορίζεται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα της ημέρας δηλ. 21:00-03:00 μ.μ. ενισχύοντας τη εμφάνιση της αιθαλομίχλης.

Εκτός από την πόλη της Λάρισας το φαινόμενο της αιθαλομίχλης απασχολεί και άλλες αστικές περιοχές. Μία από αυτές που έρχεται σοβαρά αντιμέτωπη με την αιθαλομίχλη είναι η πόλη του Βόλου. Η αντικατάσταση του καύσιμου υλικού, οι καιρικές συνθήκες που επικράτησαν στην περιοχή και η οικονομική κρίση που υπέστη ο Βόλος οδήγησαν σε αύξηση των συγκεντρώσεων των PM_{10} στην ατμόσφαιρα για μεγάλα διαστήματα στη διάρκεια της κρύας περιόδου.

Από την σύγκριση των στοιχείων που αφορά την μέση ημερήσια συγκέντρωση των PM_{10} σε Λάρισα και Βόλο την κρύα περίοδο του 2017 διαπιστώθηκε ότι οι τιμές κυμάνθηκαν σε παρόμοια επίπεδα. Το μέγιστο πλήθος υπέρβασης της καθιερωμένης τιμής των $35\mu g/m^3$ στις συγκρινόμενες πόλεις παρατηρήθηκαν τους μήνες Δεκέμβριο-Ιανουάριο που διήρκησε σχεδόν σε ολόκληρο το 24-ώρου εξαιτίας του μέγιστου χρόνου λειτουργίας της θέρμανσης λόγω των έντονων καιρικών συνθηκών.

Ολοκληρώνοντας, το φαινόμενο της αιθαλομίχλης στη ατμόσφαιρα είναι προϊόν της ατελούς καύσης των υλικών (ξύλα, πέλλετ κ.α.) σε τζάκια και σε σόμπες που εκπέμπονται σε μεγάλες ποσότητες στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα να καλύπτονται οι περιοχές από το σύννεφο της καπνομίχλης.

Βιβλιογραφία:

- Βαλκανάς, Γ. (1992). Ρύπανση Περιβάλλοντος – Επιστήμη και Αθήνα.
- Γεντεκάκης, Ι. (2003). *Ατμοσφαιρική Ρύπανση: Επιπτώσεις, Έλεγχος και Εναλλακτικές τεχνολογίες*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.
- Γεντεκάκης, Ι. (2010). *Ατμοσφαιρική ρύπανση: επιπτώσεις, έλεγχος & εναλλακτικές τεχνολογίες*. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Δασκάλου, Β. (2008). *Μελέτη των Οπτικών Ιδιοτήτων των Αερολυμάτων που Μετρήθηκαν στο Σταθμό της Φινοκαλιάς Ηρακλείου Κρήτης* (Μεταπτυχιακή Διατριβή). Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Δημητρακάκης, Π., (2017). *Μελέτη αιωρούμενων σωματιδίων PM10 στην περιοχή της Θεσσαλονίκης* (Διπλωματική Εργασία) Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Μετεωρολογίας και κλιματολογίας. ΑΠΘ.
- EEA, (2017). European Environment Agency. Ανάκτηση από www.eea.europa.eu.
- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
- ΕΚΠΑ. <https://necca.gov.gr/>
- Ελληνική Νομοθεσία, Ν.1650/1986 «Για την προστασία του περιβάλλοντος». Αριθμ. 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.»
- Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, ΕΛΟΤ EN 12341 (1999-02-03). Ελληνικό Πρότυπο. Ποιότητα αέρα- Προσδιορισμός κλάσματος PM10 της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης. Μέθοδος αναφοράς και διαδικασία δοκιμής στο πεδίο για την απόδειξη της ισοδυναμίας αναφοράς των μεθόδων μέτρησης.
- ΕΛΣΤΑΤ. <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SME18>.
- Επιχειρησιακός Σχεδιασμός Δήμου Βόλου για την Βιώσιμη Αστική Ανάπτυξη (ΒΑΑ) στο πλαίσιο των ολοκληρωμένων χωρικών επενδύσεων (ΟΧΕ) του ΠΕΠ Θεσσαλίας (2014-2020). Έκδοση ΙΙΙ (2017).

Ευαγγελόπουλος, Β., Λιτού, Φ., Κελέσης, Α., Κασσωμένος, Π., Ζώρας, Σ. Σωτηρόπουλος, Δ., Πετράκης, Μ.Ι. (2017). Διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων σε περιοχές της Δυτικής Μακεδονίας. *6^ο Περιβαλλοντικό Συνέδριο Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, 5-7 Μαΐου 2017.*

Ζάνης, Π. (2014). Σημειώσεις για την ρύπανση και χημεία της ατμόσφαιρας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Ζιώμας, Γ. (2007). Ατμόσφαιρα –Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Κακαράς, Σ. Κ. (2013). Δείκτες εκπομπών ανά τύπο καυσίμου & τεχνολογία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα. Ανάκτηση από <http://www.ypeka.gr>.

Κανελλοπούλου, Π.Μ., (2011). *Εκτίμηση της έκθεσης πεζών σε αέρια σωματιδιακή ρύπανση (PM10, PM2.5, PM1) σε οδούς πυκνής κυκλοφορίας σε περιοχή των κατοίκων της Αθήνας.*(Διπλωματική Εργασία). Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας. Πανεπιστήμιο Πειραιά. Ε.Μ.Π.

Κανελλοπούλου, Π.Μ., Κελέσης, Α., Μαλέα, Π., Πετρακάκης, Μ.Ι., Κασσωμένος, Π., Τζουμάκα, Π. (2017). Η ποιότητα της ατμόσφαιρας της Θεσσαλονίκης για μια περίοδο οκτώ ετών 2006-2013. *6^ο Περιβαλλοντικό Συνέδριο Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, 5-7 Μαΐου 2017.*

Καραθανάσης, Σ. (2006). *Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Ορισμός, Επιπτώσεις, Πηγές από Βιομηχανικές και Βιοτεχνικές Δραστηριότητες, Τεχνολογία Αντιμετώπισης, Νομοθεσία.* Θεσσαλονίκη:Τζιόλα.

Κατσουγιάννη, Κ., Σαμόλη, Ε., Σ. Ζαφειράτου, Ζ., Στεργιοπούλου, Α., Κάσδαγλη, Μ., Δ. Ευαγγελόπουλος, Δ. (2019). Επιδράσεις στην υγεία από την ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ελλάδα. Ιατρική Σχολή. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Κελέσης, Α., Λιτού, Φ., Ευαγγελόπουλος, Β., Κασσωμένος, Π., Ζώρας, Σ., Σωτηρόπουλος, Δ., Πετράκης, Μ.Ι. (2016). Τα επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων PM10 και PM2,5 σε αστικές και αγροτικές περιοχές στο λεκανοπέδιο της Κοζάνης – Πτολεμαΐδας. *22^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Χημείας «Χημεία: Έρευνα και Εκπαίδευση με στόχο τη Βιώσιμη Ανάπτυξη» (CD), Θεσσαλονίκη, 2-4 Δεκεμβρίου 2016.*

Κρικέλλα, Α. (2014). Οι ελληνικές πόλεις εκπέμπουν σήμα κινδύνου. Ανάκτηση από:
<http://iatroiergasias.gr/wpcontent/uploads/2014/03/%CE%91%CE%99%CE%98%CE%91%CE%9B%CE%9F%CE%9C%CE%99%CE%A7%CE%9B%CE%97.pdf>.

Κωνσταντοπούλου, Μ. (2006). *Μελέτη ανακλασιμότητας φίλτρων αιωρούμενων σωματιδίων (PM10/PM2,5) στην ατμόσφαιρα της Αθήνας* (Πτυχιακή εργασία). Πανεπιστήμιο Πειραιά, Αθήνα.

Λαζαρίδης Μ.(2005). *Ατμοσφαιρική ρύπανση με στοιχεία μετεωρολογίας*. Θεσσαλονίκη:Εκδόσεις Τζιόλα.

Μασσάρα, Β. (2011), *Αιωρούμενα σωματίδια στη ατμόσφαιρα της Πάτρας* (Μεταπτυχιακή Εργασία). Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Βιολογίας. Πανεπιστήμιο Πατρών.

Μελάς, Δ. (2007). *Ατμοσφαιρική διάχυση και διασπορά. Σημειώσεις Μαθήματος. Τμήμα Φυσικής. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη*. Ανάκτηση από:<http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/simeiwseis/chapter3.pdf>

Οργάντζη, Μ. (2012). *Επιδημιολογικά Χαρακτηριστικά του Πληθυσμού στο Νομό Κοζάνης – Συσχέτιση με τα Επίπεδα Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης στην Περιοχή*(Διπλωματική Εργασία). ΕΑΠ. Πάτρα.

Τσιριγώτη, Παρασκευή., (2012). Χρόνιες επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Λάρισα.

Φλώρου, Κ. Παπαναστασιου, Δ., Λουβάρης, Ε., Πανδής, Σ.Ν., Πικριδάς, Μ. (2013). *Ατμοσφαιρική ρύπανση την χειμερινή περίοδο και η Ελληνική οικονομική κρίση. 9^ο ΠΕΣΧΜ: Η συμβολή της χημικής μηχανικής στην αειφόρο ανάπτυξη. Αθήνα. 23-25/05/2013.*

Ξενόγλωσση:

Athanasopoulou, E., Tombrou, M., Pandis, S.N., Rusell, A.G. (2008). The role of sea-salt emissions and heterogeneous chemistry in the air quality of polluted coastal areas. *Atmos. Chem. Phys.* Vol 8 (No19). pp 5755-5769.

Baron, P.A., Kulkarni , P., Willeke , K. (2005). *Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications*. Ανακτήθηκε από:

<https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=ETvXooNW4->
Διπλωματική Εργασία

EC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Baron,+P.A.,+Kulkarni+,+P.,+Willeke+,+K.+(2006).+Aerosol
+Measurement:+Principles,+Techniques,+and+Applications.&ots=Go0qyJOXOt&sig=cT
QUo2xcEiSg31aQJOgeOtMxIME&redir_esc=y#v=onepage&q=Baron%2C%20P.A.%2C
%20Kulkarni%20%2C%20P.%2C%20Willeke%20%2C%20K.%20(2006).%20Aerosol%
20Measurement%3A%20Principles%2C%20Techniques%2C%20and%20Applications.&f
=false

Ben-Ami Y., Koren I., Rudich Y., Artaxo P., Martin S.T. and Andreae M.O. (2010).
*Transport of Saharan dust from the Bodele Depression to the Amazon Basin: a case
study* Atmos. Chem. Phys. Discuss., Vol 10, pp 4345–4372. Ανακτήθηκε από:
<https://acp.copernicus.org/preprints/10/4345/2010/acpd-10-4345-2010.pdf>

Boubel R.W., Fox D.L., Turner D.B., Stern A.C. (1994). Fundamentals of Air Pollutions.
3rd Ed Academi Press. Ανακτήθηκε από:
[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5464081/mod_book/chapter/23386/Fundamentals
%20of%20Air%20Pollution.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5464081/mod_book/chapter/23386/Fundamentals%20of%20Air%20Pollution.pdf).

Bourdrel, T. Bind, M.A., Béjot, Y., Morel, O., Argacha, J.F. (2017). *Cardiovascular
effects of air pollution*. Arch Cardiovasc Dis 11 pp 634-642. doi:
10.1016/j.acvd.2017.05.003

Boy, M., and Kulmala, M. (2002). *Nucleation events in the continental boundary layer:
Influence of physical and meteorological parameters*. Typeset by Charon Tec Ltd (A
Macmillan Company). Ανακτήθηκε από :
[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5464081/mod_book/chapter/23386/Fundamentals
%20of%20Air%20Pollution.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5464081/mod_book/chapter/23386/Fundamentals%20of%20Air%20Pollution.pdf)

Casasso, A., Capodaglio, P., Simonetto, F., & Sethi, R. (2019). Environmental and
Economic Benefits from the Phase-out of Residential Oil Heating: A Study from the Aosta
Valley Region (Italy). *Journals Sustainability Vol 11* (No 13). doi.org/10.3390/su11133633

Chaloukakou, A., Kassomenos, P., Spyrellys, N., Demokritou, P. (2003). *Measurements of
PM10 and PM2.5 particle concentrations in Athens, Greece. Ambient Particle Health
Effects* 5pp 649-660. doi:10.1016/S1352-2310(02)00898-1

Clougherty, J.E, Kubzansky, L.D. (2009). *A framework for examining social stress and susceptibility to air pollution in respiratory health. Environ Health Perspect.* pp1351–1358. doi: [10.1289/ehp.0900612](https://doi.org/10.1289/ehp.0900612)

Colls, J. (2002). *Air Pollution*. SponPress, 2nd Ed. London and New York. Ανακτήθηκε από: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780203476024/air-pollution-jeremy-colls>

Czarnecka, M., Nidzgorska-Lencewicz, J. (2011). *Impact of weather conditions on winter and summer air quality. March 2011 International Agrophysics Vol 25 (No1)* pp 7-12.

Ανακτήθηκε από :

https://www.researchgate.net/publication/289427511_Impact_of_weather_conditions_on_winter_and_summer_air_quality

Dayan, U., Miller, J., and Gutman, G. (1991). *Dust intrusion events into the Mediterranean basin. J. Appl. Meteorol.* 30 pp 1185-1199. doi: 10.1175/1520-0450(1991)030<1185:DIEITM>0.2.CO;2

Diapouli, E., Manousakas, M., Vratolis, S., Vasilatou, V., Maggos, Th., Saraga, D., Grigoratos, Th., Argyropoulos, G., Voutsas, D., Samara, C., Eleftheriadis, K. (2017). *Evolution of air pollution source contributions over one decade, derived by PM₁₀ and PM_{2.5} source apportionment in two metropolitan urban areas in Greece. Atmospheric Environment. Elsevier* 164 pp 416- 430. doi: 10.1016/j.atmosenv.2017.06.016

Dimitriou, K., Kassomenos, P. (2018). A meteorological analysis of PM₁₀ episodes at a high altitude city and a low altitude city in central Greece – The impact of wood burning heating devices. *Atmospheric Research*

Vol 214, 1, pp 329-337. Ανακτήθηκε από :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809518308135>

Dimosthenis, A., Sarigiannis, S., Karakitsios, P., Marianthi Kermenidou, M., Nikolakia, S., Zikopoulos, D., Semelidis, S., Papagiannakis, A., Tzimou, R. (2014). *Total exposure to airborne particulate matter in cities: The effect of biomass combustion. Vol 493*, 15 pp 795-805. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.055>. Ανακτήθηκε από : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969714009115>

- Emmanuil, C. (2016). *Study on particulate matter air pollution, source origin, and human health risk based of PM10 metal content in Volos City, Greece. Toxicological & Environmental Chemistry. Vol 99, (No 4) pp 691-709.*
- Evangelopoulos, V.G., Kiros, E. S., Triantafyllou, A.G. (2002). Respirable particulate matter at an urban and nearby industrial location: Concentration and variability and synoptic weather conditions during high pollution episodes. *Journal of Air and Waste Management Association 52.*
- Fecht, D., Fischer, P., Fortunato, L., Hoek, G., de Hoogh, K., Marra, M. (2015). *Associations between air pollution and socioeconomic characteristics, ethnicity and age profile of neighbourhoods in England and the Netherlands. Environ Pollut 198 pp 201–10. doi: 10.1016/j.envpol.2014.12.014*
- Fenger, M., Sorensen, L.L., Kristensen, K., Jensen, B., Nguyen, Q.T., Nojgaard, J.K., Massling, A., Skov H., Becker, T., and Glasius, M. (2013). *Sources of anions in aerosols in northeast Greenland during late winter. Vol 13 (No3) pp 1569–1578*
- Ανακτήθηκε από: <https://acp.copernicus.org/articles/13/1569/2013/>
- Finlayson-Pitts, B. J., Pitts, J. N. Jr.(1986). *Atmospheric Chemistry. Fundamentals and Experimental Techniques.* John Wiley & Sons. doi.org/10.1029/EO068i049p01643-01
- Florou, K.K., Pikridas M., Pandis S.N., (2013). *Wintertime Air Pollution and the Greek Financial Crisis . EGU General Assembly, Smithsonian Astrophysical Observatory Vol. 15.* Ανακτήθηκε από :<http://adsabs.harvard.edu/abs/2013EGUGA..15.7091F>
- Floroy, K., Papanastasiou, D., Pikridas, M., Kaltsounidis, Ch., Louvaris, E., Gatzelis, G.I., Patoulas, D., Mihalopoulos, N., Pandis S. (2016). The contribution of wood burning and other pollution sources to wintertime organic aerosol levels in two Greek cities. Ανακτήθηκε από: <https://www.iersd.noa.gr/publications/florou-k-papanastasiou-d-k-pikridas-m-kaltsounidis-c-louvaris-e-gkatzelis-g-i-patoulas-d-mihalopoulos-n-and-pandis-s-n-the-contribution-of-wood-burning-and-other-pollution-sources/>
- Forastiere, F., Stafoggia, M., Tasco, C., Picciotto, S., Agabiti, N., Cesaroni, G. (2007). *Socioeconomic status, particulate air pollution, and daily mortality: differential exposure or differential susceptibility. Am J Ind Med, 50 pp 208–16. doi.org/10.1002/ajim.20368*

Fourtziou, L., Liakakou, E., Stavroulas I., Theodosi, C., Zarnpas, P., Psiloglou, B., Sciare, I., Maggos, T., Bairachtari, K., Bougiatioti, E., Gerasopoulos, R., Sarda-Estevé, N., Bonnaire, A., Mihalopoulos, N. (2017). *Multi-tracer approach to characterize domestic wood burning in Athens (Greece) during wintertime*. Vol 148, pp 89-101.

Ανακτήθηκε από:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231016308081>

Fuller, G.W., Carslaw, D.C., & Lodge, H.W., (2002). *An empirical approach for the prediction of daily mean PM₁₀ concentrations*. *Atmospheric Environment*, Vol 36 (No 9), pp 1431-1441.

Gaidajis, G., Angelakoglou, K., Aktsoglou, D. (2014). *Wintertime particulate mass concentrations in urban environment and the impact of economic crisis*. *J. Environ. Sci. Health*. A.49 pp 1653-1660. doi: [10.1080/10934529.2014.951221](https://doi.org/10.1080/10934529.2014.951221)

Gebhart, K.A., Kreidenweis, S.M. & Malm, W.C. (2001). *Back-trajectory analyses of fine particulate matter measured at Big Bend National Park in the historical database and the 1996 scoping study*. *Science of the Total Environment*. Vol 276, (No 1-3), pp 185-204.

Ανακτήθηκε από:

<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10473289.2004.10470927>

Gerasopoulos, E., Liakakou, E., Psiloglou, V., Stavroulas, J., Fourtziou, L., Roukounakis, N., Lianou, M., Kappos, N., Zarnpas, P., Kambezidis, H., Sciare, J., Mihalopoulos, N. (2014). *Smog events over Athens during winter 2013-2014: Pollution measurements and chemical characterization*. EGU General Assembly 2014, held 27 April - 2 May, 2014 in Vienna, Austria, id.12764.

Ανακτήθηκε από: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2014EGUGA..1612764G/abstract>

Gratsea, M., Liakakou, E., Mihalopoulos, N., Adamopoulos A. (2017). *The combined effect of reduced fossil fuel consumption and increasing biomass combustion on Athens' air quality, as inferred from long term CO measurements*. pp 115-120. doi: [10.1016/j.scitotenv.2017.03.045](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.045)

Grivas G., Chaloulakou A., Samara C., Spyrellis N., (2004). *Spatial and temporal variation of PM₁₀ mass concentrations within the greater area of Athens, Greece*, *Water, Air, and Soil Pollution* 158, pp 357-371.

Ανακτήθηκε από: https://www.researchgate.net/profile/Constantini-Samara/publication/227270474_Spatial_and_Temporal_Variation_of_PM10_Mass_Concentrations_within_the_Greater_Area_of_Athens_Greece/links/0c960531d68825228f000000/Spatial-and-Temporal-Variation-of-PM10-Mass-Concentrations-within-the-Greater-Area-of-Athens-Greece.pdf

Grivas, G., Chaloulakou, A., Kassomenos, P. (2008). *An overview of the PM10 pollution problem, in the Metropolitan Area of Athens, Greece. Assessment of controlling factors and potential impact of long range transport. Vol 389, (No 1)*. Ανακτήθηκε από :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969707009060>

Grivas, G., Cheristanidis, S., Chaloulakou, A., Koutrakis, P., & Mihalopoulos, N., (2018). *Elemental composition and source apportionment of fine and coarse particles at traffic and urban background locations in Athens, Greece. Aerosol Air Quality Research, Vol 18 (7)*, pp 1642–1659. Ανακτήθηκε από: <https://aaqr.org/articles/aaqr-17-12-2017aac-0567>

Guerzoni, S., Chester, R., Dulac, F., Herut, B. Loÿe-Pilot, M.D., Measures, C., Migon, C., Molinaroli, E., Moulin, C., Rossini, P., Saydam, C., Soudine, A. and Ziveri, P. (1999). *The role of atmospheric deposition in the biogeochemistry of the Mediterranean Sea. Istituto di Geologia Marina, CNR/via Gobetti, 101/40129 Bologna, Italy. Vol. 44, 1-3*, pp. 147-190.

Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencebase.gov/catalog/item/5053fad4e4b097cd4fcf9447>

Cusack, M., Alastuey, A., Pérez, N., Pey, J., and . Querol, X., (2012). Trends of particulate matter (PM2.5) and chemical composition at a regional background site in the Western Mediterranean over the last nine years (2002–2010). *Atmos. Chem. Phys.*, 12, pp 8341–8357. doi.org/10.5194/acp-12-8341-2012

Goudie, A.S. and Middleton, N.J., (2001). *Saharan dust storms: nature and consequences, Earth-Science Reviews Vol 56 1-4*. pp 179–204

Ανακτήθηκε από: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-9b0cccb7-c4a0-30c4-a247-cbfde5985a24>

Havard, S., Deguen, S., Zmirou-Navier, D., Schillinger, C., Bard, D. (2009). *Traffic-related air pollution and socioeconomic status a spatial autocorrelation study to assess environmental equity on a small-area scale. Epidemiology 20* pp 223–230.

doi.org/10.1097/EDE.0b013e31819464e1.

Jacobson, M.Z. (2002). *Atmospheric Pollution*. Cambridge University Press.

Johansson, C., Norman, M. and Gidhagen, L. (2007). *Spatial & temporal variations of PM10 and particle number concentrations in urban air. Environ Monit Assess* 127pp 477–487. doi: 10.1007/s10661-006-9296-4.

Jorga, S., Florou, K., Kaltsonoudis, C., Kodros, J., Vasilakopoulou, C., Cirtog, M., Fouqueau, A., Picquet-Varrault, B., Nenes, A., and Pandis, S. (2021). *Night-time chemistry of biomass burning emissions in urban areas: A dual mobile chamber study.* doi.org/10.5194/acp-2021-284

Ανακτήθηκε από : <https://acp.copernicus.org/preprints/acp-2021-284/>

Israelevich, P. L., Levin, Z., Joseph, J. H., & Ganor, E., (2002). *Desert aerosol transport in the Mediterranean region as inferred from the TOMS aerosol index. Journal of Geophysical Research Atmospheres* 4801(21). doi:10.1029/2001JD002011

Karagiannidis, A.F., Poupkou, A., Giannaros, C., Giannaros, Th., Dimopoulos, S., Liora, N., Melas, D., Argiriou, A.A.(2014). *Meteorological parameters affecting the air pollution of the city of Patras. Atmospheric Environment. Vol.1019 (No.C) pp 82-93.* Ανακτήθηκε από:

https://www.researchgate.net/publication/265085959_Meteorological_parameters_affecting_the_air_pollution_of_the_city_of_Patras.

Kassomenos, P., Kotroni, V., Kallos, G., (1995). *Analysis of climatological and air quality observations from greater Athens area. Atmospheric Environment* 29, pp 3671-3688. [doi.org/10.1016/1352-2310\(94\)00358-R](https://doi.org/10.1016/1352-2310(94)00358-R)

Kassomenos, P.A, Vardoulakis, S., Chaloulakou, A., Grivas, G., Borge, R. & Lumbreras, J., (2012). *Levels, sources and seasonality of coarse particles (PM10-PM2.5) in three European capitals e implications for particulate pollution control.* *Atmospheric. Environment, Vol. 54*, pp 337-347. Ανακτήθηκε από:

<https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-d3a774cb-da9f-361e-b3c1-52f78e51eeae>

- Katragkou, E., Kazadzis, S., Amiridis, V., Papaioanou, V., Karathanasis, S., Melas, D. (2009). *PM10 regional transport pathways in Thessaloniki Greece. Atmos. Environ*43, pp 1079-1085. doi; 10.1.1.704.1109&rep=rep1&type=pdf
- Koutsias, N., Xanthopoulos, G., Founda, D., Xystrakis, F., Nioti, F., Pleniou, M., Mallinis, G. & Arianoutsou, M. (2013). *On the relationships between forest fires and weather conditions in Greece from long-term national observations (1894-2010). International Journal of Wildland Fire, Vol. 22*, pp493-507. Ανακτήθηκε από:
<https://nhess.copernicus.org/preprints/1/4777/2013/nhessd-1-4777-2013.pdf>
- Larissi, I.K., Antoniou, A., Nastos, P.T. & Paliatsos, A.G., (2010). *The role of wind in the configuration of the ambient air quality in Athens, Greece. Fresenius Environmental Bulletin, Vol. 19*, pp 1989-1996.
Ανακτήθηκε από:
http://scholar.uoa.gr/sites/default/files/nastos/files/fresen_environ_bull_2010.pdf
- Laumbach R.J., Kipen H.M. (2012). *Respiratory health effects of air pollution: update on biomass smoke and traffic pollution. J Allergy Clin Immunol* Vol 129 (No1) pp 3-11.
Ανακτήθηκε από: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22196520/>
- Lazaridis, M., Colbeck, I. (2010). *Human Exposure to Pollutants via Dermal Absorption and Inhalation*. Springer Science and Business Media B.V., Dordrecht. Ανακτήθηκε από:
<http://repository.essex.ac.uk/id/eprint/2134>
- Leary, P.J., Kaufman, J.D., Barr, R.G., Bluemke, D.A., Curl, C.L., Hough, C.L. (2014). *Traffic-related air pollution and the right ventricle the multi-ethnic study of atherosclerosis. Am J Respir Crit Care Med. 189* pp 1093–100. doi: [10.1164/rccm.201312-2298OC](https://doi.org/10.1164/rccm.201312-2298OC)
- Lekakis, J.N., Kousis M. (2013). *Economic crisis, troika and the environment in Greece. South Europ Soc Politics* 18(3) pp 305-331. doi.org/10.1080/13608746.2013.799731
- Li, X., Maring, H., Savoie, D., Voss, K., Prospero J.M., (1996). *Dominance of mineral dust in aerosol light-scattering in the North Atlantic trade winds. Nature* 380, pp 416–419. doi: [10.1038/380416a0](https://doi.org/10.1038/380416a0)

- Mage, D.T., Donner E.M. (1995). A genetic hypothesis for cause of death during the 1952 london fog. *Medical Hypotheses*. Vol 45, (No 5), pp 481-485. Ανακτήθηκε από:
<https://translate.google.com/translate?hl=el&sl=en&tl=el&u=https%3A%2F%2Fpubmed.ncbi.nlm.nih.gov%2F27650473%2F&anno=2&prev=search>.
- Malm, W. C. (1999). *Introduction to Visibility*. Colorado State University.
- Mangold, A., De Backer, H., De Paepe, B., Dewitte, S., Chiapello, I., Derimian, Y., Kacenenbogen, M., Leon, J.F., Huneus, N., Schulz, M., Ceburnis, D., O'Dowd, C., Flentje, H., Kinne, S., Benedetti A., Morcrette J.-J., and Boucher O. (2011). Aerosol analysis and forecast in the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Integrated Forecast System: 3. Evaluation by means of case studies, *Journal. Geophys. Res.*, 116. doi:10.1029/2010JD014864.
- Manousakas, M., Eleftheriadis, K., Papaefthymiou, H. (2013). *Characterization of PM10 sources and ambient air concentration levels at Megalopolis City (Southern Greece) located in the vicinity of lignite-fired plants. Aerosol. Air. Qual. Vol13*, pp804-817. Ανακτήθηκε από: <https://www.semanticscholar.org/paper/Characterization-of-PM10-Sources-and-Ambient-Air-at-Manousakas-Eleftheriadis/261439f503ed88025c6fbf552c5f460d4d4d473d/figure/4>
- Matthaios, V., Triantafyllou, A., Koutrakis, P., (2017). *PM(10) episodes in Greece: Local sources versus long-range transport-observations and model simulations*. pp 105-126. doi.org/10.1080/10962247.2016.1231146
- McFiggans, G., Artaxo, P., Baltensperger, U., Coe, H., Facchini, M. C., Feingold, G., Fuzzi, S., Gysel, M., Laaksonen, A., Lohmann, U, Mentel, T.F., Murphy, D. M., O'Dowd, C. D., Snider, J. R. & Weingartner, E. (2006). *The effect of aerosol composition and properties on warm cloud droplet activation. Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. 6pp 2593-2649. Ανακτήθηκε από: <https://acp.copernicus.org/articles/6/2593/2006/>
- Mitchell, G., Norman, P., Mullin, K. (2015). *Who benefits from environmental policy. An environmental justice analysis of air quality change in Britain, 2001–2011. Environmental Research Letters Vol 10* (No 10). Ανακτήθηκε από:
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/10/105009/meta>

Nakano, T., Otsuki, T. (2013). *Environmental air pollutants and the risk of cancer.*

(Japanese). *GanTo Kagaku Ryoho*. 40pp1441–14455. Ανακτήθηκε από:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24231697/>

Nessler, R., Weingartner, E. & Baltensperger U. (2005). *Effect of humidity on aerosol light absorption and its implications for extinction and the single scattering albedo illustrated for a site in the lower free troposphere. Journal of Aerosol Science, Vol. 36(No8), pp 958-972. doi:10.1016/j.jaerosci.2004.11.012*

Remoundaki, E., Bourliva, A., Kokkalis, P., Mamouri, R.E., Papayannis, A., Grigoratos, T., Samara, C. & Tsezos, M. (2011). *PM10 composition during an intense Saharan dust transport event over Athens (Greece). Science of the Total Environment, 409, pp 4361–4372.* Ανακτήθηκε από:

<https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/geosociety/article/view/11809/0>

Riedl, M. & Diaz-Sanchez, D. (2005). *Biology of diesel exhaust effects on respiratory function. J Allergy Clin Immunol, Vol 115pp. 221-228.* Ανακτήθηκε από:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15696072/>

O'Neill, M.S., Jerrett, M., Kawachi, L., Levy, J.L., Cohen, A.J., Gouveia, N. (2003).

Health, wealth, and air pollution advancing theory and methods. Environ Health Perspect 111, pp 1861–70. doi: 10.1289/ehp.6334

Paliatsos, A.G. and Amanatidis, G.T. (1994). Smoke concentrations in Athens. Greece trends and strong episodes. *The Science of the Total Environment, Vol 144 (No2) pp137-144.* Ανακτήθηκε από:

http://scholar.uoa.gr/sites/default/files/nastos/files/global_nest_j_1999.pdf

Papamanolis, N. (2015). *The main characteristics of the urban climate and the air quality in Greek cities. Vol12pp 49-64.* Ανακτήθηκε

από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221209551400087X>.

Papanastasiou, D.K., Melas, D. & Kioutsoukis, I., (2007). *Development and Assessment of Neural Network and Multiple Regression Models in Order to Predict PM10 Levels in a Medium-sized Mediterranean City. Water Air Soil Pollution. pp 325-334.* doi:

10.1007/s11270-007-9341-0.

Papanastasiou, D.K. & Melas, D. (2010). *Application of PM₁₀'s Statistical Distribution to Air Quality Management—A Case Study in Central Greece*. *Water, Air, and Soil Pollution*. Vol 207, (No 1), pp115-122. Ανακτήθηκε από:

https://www.researchgate.net/publication/226901977_Application_of_PM10's_Statistical_Distribution_to_Air_Quality_Management-A_Case_Study_in_Central_Greece

Perez-Bendito D., Rubio S. (1999). *Comprehensive Analytical Chemistry*, Volume 32, Elsevier Science B.V., ISBN 0-444-82205-4.

Pateraki, St., Asimakopoulos, D.N., Maggos, Th., Flocas, H.A. & Vasilakos,

Ch., (2010b). *The role of wind, temperature and relative humidity on PM fractions in a suburban Mediterranean region*, *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 19,

pp 2013-2018. Ανακτήθηκε από:

https://www.researchgate.net/publication/285515574_The_role_of_wind_temperature_and_relative_humidity_on_PM_fractions_in_a_suburban_mediterranean_region

Petavratzi, E., Kingman, S. & Lowndes, I. (2005). *Particulates from mining operations: A review of sources, effects and regulations*, *Nottingham Mining and Minerals Centre*, 3 pp. 11851197. doi.org/10.1080/08327823.2000.11688431

Proias, G., Moustiris, K., Larissi, I., Nastos, P., and Paliatsos, A., (2012). *Ambient PM₁₀ concentrations and the impact of wind at an urban site in central Greece*. *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol 21(No 7a) pp 1935-1941. Ανακτήθηκε από:
<http://estia.hua.gr/file/lib/default/data/23607/theFile>

Querol, X., Pey, J., Pandolfi, M., Alastuey, A., Cusack, M., Perez, N. (2009). *African dust contributions to mean ambient PM₁₀ mass-levels across the Mediterranean Basin*. *Atmospheric Environment*, Vol 43(No28), pp 4266–4277. Ανακτήθηκε από:
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093351763>

Saffari, A., Daher, N., Samara, C., Kouras, A., Manoli, E., Karagkiozidou, O., Vlackokostas, C., Moussiopoulos, N., Shafer, M., Schauer, J., Sioutas C. (2013). *Increased Biomass Burning Due to the Economic Crisis in Greece and Its Adverse Impact on Wintertime Air Quality in Thessaloniki*. *Environ. Sci. Technol*, pp 47, 23, 13313–13320. doi.org/10.1021/es403847h

Saffari, A. D. (2013). *Environmental Science and Technology. Increased Biomass Burning Due to the Economic Crisis in Greece and Its Adverse Impact on Wintertime Air Quality in Thessaloniki*, 47, pp13313–13320. doi.org/10.1021/es403847h

Samara, C, Kouras, A., Kaidoglou, K., Emmanouil-Nikoloussi, E. N., Simou, C, Bousnaki, M., Kelessis, A.(2015). *Ultrastructural alterations in the mouse lung caused by real-life ambient PM10 at urban traffic sites. Science of the Total Environment. Elsevier. Vol532 5 pp327–336.* Ανακτήθηκε από: <https://ur.booksc.eu/book/44967751/1a3d87>

Santamouris M, Paravantis JA, Foundra D, et al. Financial crisis and energy consumption: A household survey in Greece. *Energy & Buildings* 65 pp477-487. doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.06.024

Seinfeld, J.H., & Pandis, S.N. (1998). *Atmospheric chemistry and physics. From air pollution to climate change.*, New York: John Wiley & Sons. exposure of workers to dust., CSIR, Miningtek, South Africa.

Seinfeld, J. H., Pandis, S. N., (2006). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*, 2nd Ed. John Wiley & Sons, Inc.

Sindosi, O., Markozannes, G., Rizos, E., Ntzani, E. (2019). *Effects of economic crisis on air quality in Ioannina. J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 54, pp 768-781 doi: [10.1080/10934529.2019.1592534](https://doi.org/10.1080/10934529.2019.1592534)

Sindosi, O. A., Hatzianastassiou, N., Markozannes, G., Rizos, E.C., Ntzani, E., Bartzokas A. (2021). PM10 Concentrations in a Provincial City of Inland Greece in the Times of Austerity and Their Relationship with Meteorological and Socioeconomic Conditions. *Water, Air, & Soil Pollution* Vol 232, (No 77).

Stathopoulou, M., Cartalis, C., and I. Keramitsoglou, I.(2004). *Mapping micro-urban heat islands using NOAA/AVHRR images and CORINE Land Cover: An application to coastal cities of Greece. Int. J. Remote Sensing* 25pp 2301–2316. doi:10.1080/01431160310001618725

Stroh, E., Oudin, A., Gustafsson, S., Pilesjö P., Harrie, L., Strömberg, U., (2005). *Are associations between socio-economic characteristics and exposure to air pollution a question of study area size. An example from Scania, Sweden. Int J Health Geogr* 4doi:10.1186/1476-072X-4-30

- Spyridi D., Vlachokostas Ch., Michailidou A.V., Sioutas C. and Moussiopoulos N. (2014). Strategic planning for climate change mitigation and adaptation: the case of Greece, *International Journal of Climate Change Strategies and Management* (in press).
- Tsikrika, S., Pappa, S., Kotina, E., Zygoura, A., Togia, A., Mitrou, S., Gatsouli, M., Pyrros, D. (2014). Smog related emergencies calls for respiratory health problems in Athens, Greece. Vol 44 (No 58). Ανακτήθηκε από :
https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/373695/hit-greece-eng.pdf
- Valadanidis, A., Vlachogianni, Th., Flotakis, C., Loridas, S. (2015). Atmospheric Pollution in Urban Areas of Greece and Economic Crisis. Trends in Air Quality and Atmospheric Pollution Data, Research and Adverse Health Effects. Ανακτήθηκε από:
http://www.chem.uoa.gr/wp-content/uploads/epistimonika_themata/atmosph_pollut_greece.pdf
- Varotsos, C., Mazei, Y., Saldaev, D., Efstathiou, M., Voronova, T., Xuo, Y. (2021). *Nowcasting of air pollution episodes in megacities: A case study for Athens, Greece. Vol 12*(No7) 7. Ανακτήθηκε από:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1309104221001653>
- Vrijheid, M., Martinez, D., Aguilera, I., Ballester, F., Basterrechea, M., Esplugues, A. (2012). *Socioeconomic status and exposure to multiple environmental pollutants during pregnancy: evidence for environmental inequity. J Epidemiol Community Health* 66pp106–13. doi.org/ 10.1136/jech.2010.117408
- Vouitsis, I., Amanatidis, S., Ntziachristos, L., Kelessis, A., Petrakakis, M., Stamos, I., Mitsakis, E., Samaras, Z. (2015) .*Daily and seasonal variation of traffic related aerosol pollution in Thessaloniki, Greece, during the financial crisis. Atmospheric Environment . Elsevier. Vol122* Ανακτήθηκε από :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231015304271>
- WHO, (2006). Health risks of particulate matter from long range transboundary air pollution.
- Yannopoulos P.C. (2008). *Long-term assessment of airborne particulate concentrations in Patras, Greece. Fresenius Environ. Bull.* 17 pp608–616. doi.org/10.1080/10962247.2016.1231146

- Zervas, E. (2016). Atmospheric pollution in Volos and Larissa cities.(In Greek).
Conference: 1st Env. Thessaly At: Skiathos,Greece.
- Zieger, P., Fierz-Schmidhauser, R., E. Weingartner, E., and Baltensperger, U. (2013). Effects of relative humidity on aerosol light scattering: results from different European sites.*Atmos. Chem. Phys.*, 13, pp10609–10631. doi.org/10.5194/acp-13-10609-2013
- Zogou, O., Stamatelos, A., (2012). Analysis of Data From Ambient PM10 Concentration Monitoring in Volos in the Period 2005-2010.*American Journal of Environmental Engineering* 2:97-108. doi:10.5923/j.ajee.20120204.05
- Zychiridou, E., Balis, D., Koukouli, M., Drosoglou, Th. (2019). *Adverse results of the economic crisis: A study on the emergence of enhanced formaldehyde (HCHO) levels seen from satellites over Greek urban sites.* Vol 224, pp42-51. Ανακτήθηκε από:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809518306227>

Υπέθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.