



# ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΠΛΑΤΑΝΙΑ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΤΟΥ  
ΠΟΛΥΒΙΟΥ ΓΕΡΕΟΥΔΑΚΗ**

Χανιά, 03/09/2021



# ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΠΛΑΤΑΝΙΑ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΟΛΥΒΙΟΥ ΓΕΡΕΟΥΔΑΚΗ

### Τριμελής Επιτροπή :

1. Θ. Τσούτσος (Καθ.) (Επιβλέπων)
2. Δ. Διμέλλη (Αν. Καθ.)
3. Τ. Δάρας (Αν. Καθ.)

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης.

## Περίληψη

Στη συγκεκριμένη ερευνητική εργασία, εξετάζεται και αξιολογείται η βιώσιμη κινητικότητα, σε ένα αστικό- νησιωτικό κέντρο , σε Μεσογειακή νήσο. Το υπό μελέτη αστικό κέντρο, είναι ο τουριστικός προορισμός του Πλατανιά, στην Περιφερειακή ενότητα Χανίων, της Κρήτης. Σκοπός αυτής της έρευνας, είναι να αξιολογήσει αυτόν τον προορισμό, προκειμένου να καταγραφεί η υφιστάμενη κατάσταση και να εντοπιστούν τυχόν προβλήματα, περιβαλλοντικής φύσεως, τα οποία επιβαρύνουν πρωτίστως τους εποχιακούς παραθεριστές και κατά δεύτερον το μόνιμο πληθυσμό. Στα πλαίσια της εργασίας, δημιουργήθηκε ένα πρωτόκολλο καταγραφής δεδομένων, το οποίο συνδύασε την καταγραφή σωματιδιακής ύλης ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ), ατμοσφαιρικών ρύπων ( $NO$ ,  $CO$ ,  $NO_2$ ,  $CO_2$ ,  $PID$ ), ηχορύπανσης (επίπεδα  $dBA$ ), κυκλοφοριακού φόρτου (Ταχύτητα, Μήκος, Κατεύθυνση) αλλά και περιβαλλοντικών παραμέτρων (Θερμοκρασία, Υγρασία, Ταχύτητα Ανέμου). Για την καταγραφή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν εξειδικευμένα μηχανήματα, τα οποία εκτέλεσαν μια τρίλεπτη (3 min) καταγραφή σε τρεις διαφορετικούς σταθμούς, έναν στην είσοδο του Πλατανιά (ΕΛΤΑ), έναν στην έξοδο (Δημαρχείο) και έναν στο μεσοδιάστημα το οποίο σύνδεε τον Πλατανιά με τον περιφερειακό **BOAK** (Γέφυρα). Ο δυναμικός χαρακτήρας του πρωτοκόλλου εξασφαλίστηκε με την επανάληψη των μετρήσεων, μέσα σε δυο (2) εποχές (Χειμώνας, Άνοιξη) και σε τρεις (3) φορές την εβδομάδα, για δυο (2) εβδομάδες κάθε εποχής (Τετάρτη, Παρασκευή, Κυριακή). Κατά την ανάλυση των δεδομένων, προέκυψε μια ανησυχία αναφορικά με τα επίπεδα σωματιδιακών ρύπων τα οποία παρουσίασαν μέγιστο  $(PM_{10})_{max}=0.030 \text{ mg/m}^3$  και  $(PM_{2.5})_{max}=0.019 \text{ mg/m}^3$  το χειμώνα, και  $(PM_{10})_{max}= 0.042 \text{ mg/m}^3$  και  $(PM_{2.5})_{max}=0.011 \text{ mg/m}^3$  την άνοιξη. Ταυτόχρονα, ανησυχητικά παραμένουν τα επίπεδα θορύβου, με το  $L_{50}= 60.3 \text{ dBA}$  και  $L_{90}= 72.7 \text{ dBA}$  το χειμώνα , και  $L_{50}= 58.4 \text{ dBA}$  και  $L_{90}= 70.6 \text{ dBA}$  την άνοιξη. Αντίστοιχα εκτός ορίων, βρίσκονται και οι τιμές των  $L_{eq}$ , οι οποίες υπολογίστηκαν για όλες τις ημέρες των δυο εποχών. Οι τιμές του θορύβου, βάση της ελληνικής νομοθεσίας, είναι εκτός ορίων και επιτάσσουν στρατηγικές ρύθμισης, καθώς επηρεάζουν την ποιότητα ζωής των κατοίκων αλλά και την ποιότητα διαμονής των παραθεριστών. Αντίστοιχα, οι τιμές των συγκεντρώσεων  $PM_{2.5}$  και  $PM_{10}$ , δεν είναι εκτός ορίων, αλλά είναι οριακά αποδεκτές βάση των ορίων που θέτει ο Διεθνής Οργανισμός Υγείας (**WHO**), και χρήζουν άμεσης προσοχής με προτεραιότητα, καθώς πρόκειται για ρύπους που επηρεάζουν αρνητικά την υγεία του ανθρώπου. Τέλος, αναφορικά με τις κοινές περιβαλλοντικές συνθήκες , δεν παρουσιάστηκε κάποια ιδιαίτερη διακύμανση, η οποία αποκλίνει από το τυπικό μοντέλο μιας νησιωτικής μεσογειακής πόλης.

## Abstract

In this particular research project, the urban sustainable mobility of a Mediterranean tourism destination, is placed under the microscope. The insular urban centre that is examined, is Platanias, one of the major tourist attractions in the region of Chania. The purpose of this research is to evaluate the destination, by monitoring the current environmental status, pinpointing issues and environmental situations that can affect the tourist identity of the destination or affect the everyday life of the local populace. In order to achieve that, a data recording protocol was constructed, that included Particulate Matter data (**PM<sub>1</sub>**, **PM<sub>2.5</sub>**, **PM<sub>10</sub>**), Atmospheric Pollutants Data (**NO**, **CO**, **NO<sub>2</sub>**, **CO<sub>2</sub>**, **PID**), Noise Pollution Data (**dBA Levels**), Traffic Load Data (**Speed**, **Length**, **Direction**) and Environmental Parameters (**Temperature**, **Humidity** and **Air Velocity**). In order to record the mentioned data, specialized field equipment was utilized, that operated for a three (3) minute period, in three different field stations, across the span of two seasons (**Winter**, **Late Spring**), thrice a week, for two weeks in each season, thus giving the proper dynamic characteristic in the protocol. The first station was located in the entrance of Platanias (**ELTA**), the second one in the intersection with the local freeway (**Bridge**) and the last one at the borders of Platanias (**Municipality**). During the data analysis, increased concentrations of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> were observed, such as (PM<sub>10</sub>)<sub>max</sub>=0.030 mg/m<sup>3</sup> and (PM<sub>2.5</sub>)<sub>max</sub>=0.019 mg/m<sup>3</sup> during winter and (PM<sub>10</sub>)<sub>max</sub>= 0.042 mg/m<sup>3</sup> and (PM<sub>2.5</sub>)<sub>max</sub>=0.011 mg/m<sup>3</sup> during late spring, that can be characterised as concerning. The same alerting profile, was detected during the sound data analysis, with L<sub>50</sub>= 60.3 dBA and L<sub>90</sub>= 72.7 dBA during winter, L<sub>50</sub>= 58.4 dBA and L<sub>90</sub>= 70.6 dBA during late spring, and L<sub>eq</sub> way above 50 dBA (Proposed Limit for an Urban Scene, by the Hellenic Republic) for the two seasons. The presented sound profile of the city, mandates urgent redevelopment of the urban scenery, in order to follow guidelines and be more enjoyable for the forthcoming visitors. The same can be said for the particulate matter levels, which may be within limits, but still raise concerns about their fluctuation according to the 2018 WHO initiative. Lastly, concerning the environmental data analysis, there is not a particular deviation from the expected results for an insular Mediterranean urban centre.

## Πρόλογος

Η παρούσα εργασία αποτελεί το εναρκτήριο βήμα για την τακτική καταγραφή και δημιουργία βάσης (δεδομένων) για περιβαλλοντικά δεδομένα, στο αστικό νησιωτικό κέντρο του Πλατανιά. Υλοποιήθηκε υπό την καθοδήγηση του Εργαστηρίου Ανανεώσιμων και Βιώσιμων Ενεργειακών Συστημάτων της Σχολής Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, του Πολυτεχνείου Κρήτης, υπό την αιγίδα του προγράμματος **SUM PLUS CIVITAS 2020**, με σκοπό την παροχή επιστημονικής αρωγής στο Δήμο Πλατανιά στην προσπάθεια του για αστική ανάπλαση της περιοχής.

Αρχικά, θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω το διευθυντή του ReSEI και επιβλέποντα καθηγητή μου, Θ. Τσούτσο για την καθοδήγηση που μου παρείχε στα επιμέρους στάδια της εργασίας καθώς και για τη συνεισφορά του στη συγκρότηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω την ερευνήτρια του Εργαστηρίου Ανανεώσιμων και Βιώσιμων Ενεργειακών Συστημάτων, της Σχολής Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Μαρία Αρυμπλιά, για την πολύτιμη βοήθεια της με τη διαχείριση του πειραματικού εξοπλισμού, καθώς και την υπομονή της για τη δρομολόγηση των πειραματικών μετρήσεων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον υποψήφιο διδάκτορα Νικόλαο Σηφάκη για την αρωγή που παρείχε, τόσο κατά το σχεδιασμό της διπλωματικής εργασίας, όσο και κατά την εκπόνηση και παρουσίαση της, καθώς και για την αναλυτική και βηματική καθοδήγηση του.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Δ. Διμέλλη, της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών και τον Αναπληρωτή Καθηγητή Τ. Δάρα της Σχολής Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, οι οποίοι διετέλεσαν μέλη της τριμελούς επιτροπής μου.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στη- συνάδελφο Χημικό Μηχανικό & Μηχανικό Περιβάλλοντος, Αλεξία Βασιλοπούλου, στο συνάδελφο Χημικό Μηχανικό & Μηχανικό Περιβάλλοντος, Εμμανουήλ Λουπάση και στον φοιτητή του τμήματος Επιστήμης των Υπολογιστών, Χρυσόπουλο Γεώργιο, καθώς λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών που επικρατούσαν, η εκπόνηση των πειραματικών μετρήσεων, και κατά συνέπεια της διπλωματικής εργασίας, δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την ανεκτίμητη συνεισφορά τους.

# Περιεχόμενα

Περίληψη.....	4
Abstract .....	5
Πρόλογος .....	6
Κατάλογος Πινάκων.....	9
Κατάλογος Εικόνων .....	10
Κατάλογος Διαγραμμάτων .....	11
Πίνακας Συντομογραφιών.....	13
1 Εισαγωγή .....	14
1.1 Αντικείμενο Μελέτης.....	14
1.2 Υφιστάμενο Πρόβλημα & Σκοπός της Εργασίας .....	14
1.3 Διεθνής Βιβλιογραφία .....	15
1.4 Επίπεδα Ήχου .....	15
1.5 Ποιότητα Αέρα.....	16
1.6 Αστική Κινητικότητα .....	21
1.7 Νομοθετικά Όρια.....	23
2 Μεθοδολογία .....	24
2.1 Μετρήσεις Πεδίου .....	24
2.1.1 Μετρήσεις Περιόδου Χειμώνα .....	27
2.1.2 Μετρήσεις Περιόδου Άνοιξης .....	30
2.3 Διαδικασία Μέτρησης: .....	31
2.4 Μεθοδολογία Επεξεργασίας Δεδομένων.....	31
2.4.1 Επεξεργασία Δεδομένων Ήχου.....	32
2.4.2 Συγκεντρωτικά Διαγράμματα Διακύμανσης .....	36
2.4.3 Συσχετίσεις Μεγεθών .....	36
2.4.4 Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων .....	36
3 Αποτελέσματα .....	37
3.1 Αποτελέσματα Χειμώνα .....	38
3.1.1 Μεμονωμένα Μεγέθη .....	38
3.1.2 Συνδυαστικά Αποτελέσματα Χειμώνα .....	54
3.1.3 Μετρήσεις Ήχου .....	65
3.1.4 Μετρήσεις Κυκλοφοριακού Φόρτου.....	67
3.2 Αποτελέσματα Άνοιξης.....	74
3.2.1 Μεμονωμένα Μεγέθη .....	74
3.2.2 Συνδυαστικά Μεγέθη Άνοιξης.....	89

3.2.3 Μετρήσεις Ήχου .....	98
3.3 Στατιστική Ανάλυση Αποτελεσμάτων .....	100
3.3.1 Μέθοδος Ανάλυσης Διασποράς: ANOVA.....	100
3.3.2 Μέθοδος Ανάλυσης Ανεξαρτήτων Δειγμάτων: T-Test .....	109
4 Συζήτηση.....	114
5 Συμπεράσματα .....	119
6 Βιβλιογραφία.....	123
7 Παραρτήματα .....	126
7.1 Παράρτημα Περιβαλλοντικών Δεδομένων .....	126
7.2 Παράρτημα Κυκλοφοριακών Δεδομένων .....	127
7.3 Παράρτημα Μετρήσεων Σωματιδιακής Ύλης.....	141
7.4 Παράρτημα Εξοπλισμού Μέτρησης .....	148
7.4.1 Μετρητής Περιβαλλοντικών Δεδομένων: Kestrel 4500 Pocket Weather Tracker .....	148
7.4.2 Μέτρηση Ήχου: MASTECH MS6701 Digital Sound Level Meter .....	150
7.4.3 Μετρητής Ατμοσφαιρικών Ρύπων: MX6 iBrid <sup>®</sup> Μετρητής NO, NO <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , PID.....	152
7.4.4 Μετρητής Σωματιδιακών Ρύπων: DustTrak™ II Aerosol Monitor 8534 .....	154
7.4.5 Μετρητής Κυκλοφοριακού Φόρτου: Software Defined Radio (SDR) radar traffic classifier. ....	156



## Κατάλογος Πινάκων

<b>Πίνακας 2.1:</b> Μετρήσεις Νοεμβρίου .....	27
<b>Πίνακας 2.2:</b> Μετρήσεις Δεκεμβρίου .....	27
<b>Πίνακας 2.3:</b> Μετρήσεις Ιανουαρίου .....	28
<b>Πίνακας 2.4:</b> Μετρήσεις Φεβρουαρίου .....	28
<b>Πίνακας 2.5:</b> Μετρήσεις Μαρτίου .....	29
<b>Πίνακας 2.6:</b> Μετρήσεις Χειμώνα .....	29
<b>Πίνακας 7:</b> Μετρήσεις Μαΐου .....	30
<b>Πίνακας 2.8:</b> Ενδεικτική Δομή Καταγραφής Ημέρας .....	33
<b>Πίνακας 2.9:</b> Ενδεικτική Δομή Καταγραφής Δεδομένων .....	33
<b>Πίνακας 2.10:</b> Ενδεικτική Δομή Καταγραφής Δεδομένων σε συνδυασμό με κυκλοφοριακό φόρτο .....	34
<b>Πίνακας 2.11:</b> Ενδεικτική Δομή Συγκεντρωτικού Πίνακα Δεδομένων : Διακύμανση $PM_{10}$ συναρτήσει ώρας και ημέρας, ανά σταθμό .....	35
<b>Πίνακας 3. 1</b> Αποτελέσματα $PM_{2.5}$ για την περίοδο του χειμώνα .....	38
<b>Πίνακας 3. 2</b> Αποτελέσματα $PM_{10}$ για την περίοδο του χειμώνα .....	38
<b>Πίνακας 3. 3</b> Αποτελέσματα Θερμοκρασίας, για την περίοδο του χειμώνα .....	39
<b>Πίνακας 3. 4</b> Αποτελέσματα Υγρασίας, για την περίοδο του χειμώνα .....	39
<b>Πίνακας 3. 5</b> Αποτελέσματα Ταχύτητας Ανέμου, για την περίοδο του χειμώνα .....	40
<b>Πίνακας 3. 6</b> Συνδυαστικά Δεδομένα Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, για την ημέρα Τετάρτη .....	54
<b>Πίνακας 3. 7</b> Συνδυαστικά Δεδομένα Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, για την ημέρα Παρασκευή. ....	54
<b>Πίνακας 3. 8</b> Συνδυαστικά Δεδομένα Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, για την ημέρα Κυριακή. ....	55
<b>Πίνακας 3.9</b> Ενδεικτικά δεδομένα ήχου και δείκτες $L_{10}$ , $L_{50}$ , $L_{90}$ για το χειμώνα. ....	65
<b>Πίνακας 3.10</b> Ημερήσια $Leq$ για την εποχή του Χειμώνα.....	65
<b>Πίνακας 3. 11</b> Δεδομένα Κυκλοφοριακού Φόρτου , Ενδεικτικός Σταθμός : Γέφυρα.....	67
<b>Πίνακας 3.12</b> Αποτελέσματα $PM_{2.5}$ για την Άνοιξη. ....	74
<b>Πίνακας 3.13</b> Αποτελέσματα $PM_{10}$ για την Άνοιξη. ....	74
<b>Πίνακας 3.14</b> Αποτελέσματα Θερμοκρασίας, για την Άνοιξη. ....	75
<b>Πίνακας 3. 15</b> Αποτελέσματα Υγρασίας, για την Άνοιξη. ....	75
<b>Πίνακας 3.16</b> Αποτελέσματα Ταχύτητας Ανέμου, για την Άνοιξη. ....	76
<b>Πίνακας 3.17</b> Ενδεικτικά δεδομένα ήχου και δείκτες $L_{10}$ , $L_{50}$ , $L_{90}$ για την άνοιξη.....	98
<b>Πίνακας 3.18</b> Ημερήσια $Leq$ για την εποχή της Άνοιξης. ....	98
<b>Πίνακας 3.19</b> Πίνακας Descriptives για τις μετρήσεις $PM_{2.5}$ της Άνοιξης .....	100
<b>Πίνακας 3.20</b> Αποτελέσματα Test Levene για την ισότητα των διασπορών στις μετρήσεις $PM_{2.5}$ της Άνοιξης.....	101
<b>Πίνακας 3.21</b> Αποτελέσματα ανάλυσης ANOVA για τη συγκέντρωση $PM_{2.5}$ την Άνοιξη.....	101
<b>Πίνακας 3. 22</b> Αποτελέσματα Τεστ Πολλαπλών Δοκιμών για τα $PM_{2.5}$ την Άνοιξη .....	103
<b>Πίνακας 3.23</b> Πίνακας Descriptives των $PM_{10}$ για την Άνοιξη.....	103
<b>Πίνακας 3.24</b> Αποτελέσματα Test Levene για την ισότητα των διασπορών στις μετρήσεις $PM_{10}$ της Άνοιξης.....	104
<b>Πίνακας 3.25</b> Αποτελέσματα ανάλυσης ANOVA για τη συγκέντρωση $PM_{10}$ την Άνοιξη.....	105

<b>Πίνακας 3.26</b> Πίνακας Descriptives για τις μετρήσεις PM <sub>2.5</sub> του Χειμώνα .....	106
<b>Πίνακας 3.27</b> Αποτελέσματα Test Levene για την ισότητα των διασπορών στις μετρήσεις PM <sub>2.5</sub> του Χειμώνα.....	106
<b>Πίνακας 3.28</b> Αποτελέσματα ανάλυσης ANOVA για το Χειμώνα.....	107
<b>Πίνακας 3.29</b> Πίνακας Descriptives των PM <sub>10</sub> για το Χειμώνα.....	108
<b>Πίνακας 3.30</b> Αποτελέσματα Test Levene για την ισότητα των διασπορών στις μετρήσεις PM <sub>10</sub> του Χειμώνα .....	108
<b>Πίνακας 3.31</b> Αποτελέσματα ανάλυσης ANOVA για τη συγκέντρωση PM <sub>10</sub> τον Χειμώνα...	109
<b>Πίνακας 3.32</b> Πίνακας Descriptives για τα δεδομένα PM <sub>10</sub> της Άνοιξης .....	109
<b>Πίνακας 3.33</b> Πίνακας Test Levene για την ισότητα των διασπορών και αποτελέσματα t-test, για τη συγκέντρωση PM <sub>10</sub> της Άνοιξης.....	110
<b>Πίνακας 3.34</b> Πίνακας Descriptives για τα δεδομένα PM <sub>2.5</sub> της Άνοιξης .....	110
<b>Πίνακας 3.35</b> Πίνακας test Levene για την ισότητα των διασπορών και αποτελέσματα T-test, για τη συγκέντρωση PM <sub>2.5</sub> της Άνοιξης .....	111
<b>Πίνακας 3.36</b> Πίνακας Descriptives για τα δεδομένα PM <sub>10</sub> του Χειμώνα .....	111
<b>Πίνακας 3.37</b> Πίνακας test Levene για την ισότητα των διασπορών και αποτελέσματα T-test, για τη συγκέντρωση PM <sub>10</sub> του Χειμώνα .....	112
<b>Πίνακας 3.38</b> Πίνακας Descriptives για τα δεδομένα PM <sub>2.5</sub> του Χειμώνα.....	112
<b>Πίνακας 3.39</b> test Levene για την ισότητα των διασπορών και αποτελέσματα T-test, για τη συγκέντρωση PM <sub>2.5</sub> του Χειμώνα.....	113

## **Κατάλογος Εικόνων**

<b>Εικόνα 2.1:</b> Περιοχή Μελέτης .....	25
<b>Εικόνα 2.2:</b> Μετρητής Kestrel PWT.....	148
<b>Εικόνα 2.3:</b> Μετρητής MASTECH MS6701 (DSLIM).....	150
<b>Εικόνα 2.4:</b> Μετρητής MX6 iBrid .....	152
<b>Εικόνα 2.5:</b> Μετρητής DustTrak™ II.....	154
<b>Εικόνα 2.6:</b> Μετρητής SDR.....	156

## Κατάλογος Διαγραμμάτων

<b>Διάγραμμα 3.1</b> Κατανομή $PM_{2.5}$ ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη. ....	40
<b>Διάγραμμα 3.2</b> Κατανομή $PM_{2.5}$ ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή. ....	41
<b>Διάγραμμα 3.3</b> Κατανομή $PM_{2.5}$ ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή. ....	42
<b>Διάγραμμα 3.4</b> Κατανομή $PM_{10}$ ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη. ....	42
<b>Διάγραμμα 3.5</b> Κατανομή $PM_{10}$ ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή. ....	43
<b>Διάγραμμα 3.6</b> Κατανομή $PM_{10}$ ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή. ....	44
<b>Διάγραμμα 3.7</b> Διακύμανση Θερμοκρασίας, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη. ....	45
<b>Διάγραμμα 3.8</b> Διακύμανση Θερμοκρασίας, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή. ....	45
<b>Διάγραμμα 3.9</b> Διακύμανση Θερμοκρασίας, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή. ..	46
<b>Διάγραμμα 3.10</b> Διακύμανση Υγρασίας, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη. ....	47
<b>Διάγραμμα 3.11</b> Διακύμανση Υγρασίας, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή. ....	48
<b>Διάγραμμα 3.12</b> Διακύμανση Υγρασίας, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή. ....	49
<b>Διάγραμμα 3.13</b> Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη. ....	51
<b>Διάγραμμα 3.14</b> Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή. ....	52
<b>Διάγραμμα 3.15</b> Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή. ....	53
<b>Διάγραμμα 3.16</b> Διακύμανση Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη. ....	56
<b>Διάγραμμα 3.17</b> Διακύμανση Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή. ....	57
<b>Διάγραμμα 3.18</b> Διακύμανση Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή. ....	58
<b>Διάγραμμα 3.19</b> Διακύμανση Υγρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη. ....	59
<b>Διάγραμμα 3.20</b> Διακύμανση Υγρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή. ....	60
<b>Διάγραμμα 3.21</b> Διακύμανση Υγρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή. ....	61
<b>Διάγραμμα 3.22</b> Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη. ....	62
<b>Διάγραμμα 3.23</b> Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή. ....	63
<b>Διάγραμμα 3.24</b> Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή. ....	64
<b>Διάγραμμα 3.25</b> Διάγραμμα Κατανομής $Leq$ για τον Χειμώνα. ....	66
<b>Διάγραμμα 3.26</b> Διακύμανση Συγκεντρώσεων $PM$ και Διακύμανσης Κυκλοφοριακού Φόρτου, για την 10/03/2021: 13:00 μμ. ....	68
<b>Διάγραμμα 3.27</b> Συνολική Διακύμανση κυκλοφορίας στο σταθμό του Δημαρχείου. ....	69
<b>Διάγραμμα 3.28</b> Συνολική Διακύμανση κυκλοφορίας στο σταθμό της Γέφυρας. ....	70
<b>Διάγραμμα 3.29</b> Ημερήσια Διακύμανση κυκλοφορίας στο σταθμό της γέφυρας. ....	71
<b>Διάγραμμα 3.30</b> Συνολική Διακύμανση κυκλοφορίας στο σταθμό ΕΛΤΑ. ....	72
<b>Διάγραμμα 3.31</b> Ημερήσια Διακύμανση κυκλοφορίας στο σταθμό ΕΛΤΑ. ....	73

<b>Διάγραμμα 3.32</b>	Διακύμανση Συγκεντρώσεων $PM_{2.5}$ , για την ημέρα Τετάρτη. ....	77
<b>Διάγραμμα 3.33</b>	Διακύμανση Συγκεντρώσεων $PM_{2.5}$ , για την ημέρα Παρασκευή.....	78
<b>Διάγραμμα 3.34</b>	Διακύμανση Συγκεντρώσεων $PM_{2.5}$ , για την ημέρα Κυριακή. ....	79
<b>Διάγραμμα 3.35</b>	Διακύμανση Συγκεντρώσεων $PM_{10}$ , για την ημέρα Τετάρτη.....	80
<b>Διάγραμμα 3.36</b>	Διακύμανση Συγκεντρώσεων $PM_{10}$ , για την ημέρα Παρασκευή. ....	81
<b>Διάγραμμα 3.37</b>	Διακύμανση Συγκεντρώσεων $PM_{10}$ , για την ημέρα Κυριακή. ....	82
<b>Διάγραμμα 3.38</b>	Διακύμανση Θερμοκρασίας, για την ημέρα Τετάρτη.....	83
<b>Διάγραμμα 3.39</b>	Διακύμανση Θερμοκρασίας, για την ημέρα Παρασκευή. ....	84
<b>Διάγραμμα 3.40</b>	Διακύμανση Υγρασίας, για την ημέρα Παρασκευή .....	85
<b>Διάγραμμα 3.41</b>	: Διακύμανση Υγρασίας, για την ημέρα Κυριακή. ....	86
<b>Διάγραμμα 3.42</b>	Διακύμανση Ταχύτητας Ανέμου, για την ημέρα Τετάρτη.....	87
<b>Διάγραμμα 3.43</b>	Διακύμανση Ταχύτητας Ανέμου, για την ημέρα Παρασκευή .....	88
<b>Διάγραμμα 3.44</b>	Διακύμανση Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη .....	89
<b>Διάγραμμα 3.45</b>	Διακύμανση Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή.....	90
<b>Διάγραμμα 3.46</b>	Διακύμανση Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή.....	91
<b>Διάγραμμα 3.47</b>	Διακύμανση Υγρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη. ....	92
<b>Διάγραμμα 3.48</b>	Διακύμανση Υγρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή. ....	93
<b>Διάγραμμα 3.49</b>	Διακύμανση Υγρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή .....	94
<b>Διάγραμμα 3.50</b>	Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη. ....	95
<b>Διάγραμμα 3.51</b>	Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή. ....	96
<b>Διάγραμμα 3.52</b>	Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή.....	97
<b>Διάγραμμα 3.53</b>	Διάγραμμα κατανομής $Leq$ για την Άνοιξη.....	99

**Πίνακ  
ας  
Συντο  
μογρα  
φιών**

DfT	<b>Department for Transportation</b>
KNN	<b>K-Nearest Neighbours</b>
PDS	<b>Public Data Source</b>
WHO	<b>World Health Organisation</b>
EU-SILC	<b>European Union Statistics on Income and Living Conditions</b>
SWAQMN	<b>Sensor Based Wireless Air Quality Monitoring Network</b>
MMM	<b>Μέσα Μαζικής Μεταφοράς</b>
LSPP	<b>Liverpool Smart Pedestrian Project</b>
SARS-CoV-2	<b>Severe Acute Respiratory Syndrome Corona Virus 2</b>
DSDR	<b>Data of Software Defined Radio</b>
DWS	<b>Data of Weather Station</b>
DSL	<b>Data of Sound Levels</b>
DPM	<b>Data of Particulate Matter</b>
DAQ	<b>Data of Air Quality</b>
ANOVA	<b>Analysis of Variance</b>

# 1 Εισαγωγή

## 1.1 Αντικείμενο Μελέτης

Στη συγκεκριμένη εργασία εξετάζεται το αστικό νησιωτικό κέντρο του Πλατανιά, ως προς τις επικρατούσες συνθήκες του, αναφορικά με το ρυπαντικό φορτίο του και τις περιβαλλοντικές συνθήκες, κατά τις περιόδους του χειμώνα και της άνοιξης. Από τις διακυμάνσεις που παρατηρούνται στα μετρούμενα μεγέθη, εξάγονται τα συμπεράσματα για την τυχόν μεταξύ τους συσχέτιση αλλά και για τα πιθανά αίτια πίσω από τη διακύμανση αυτή, κατά μήκος του κεντρικού οδικού άξονα. Τα συμπεράσματα που εξάγονται, χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της περιοχής μελέτης, προκειμένου να ενισχυθεί στο βέλτιστο βαθμό ο τουριστικός χαρακτήρας της περιοχής, ωφελώντας έμμεσα και το μόνιμο πληθυσμό.

## 1.2 Υφιστάμενο Πρόβλημα & Σκοπός της Εργασίας

Με αφορμή τη σύγχρονη «τάση» που ακολουθούν όλοι οι μεγάλοι τουριστικοί προορισμοί, να μετατρέπονται σε πιο βιώσιμους προορισμούς, προκειμένου να επιβαρύνουν λιγότερο το περιβάλλον, άρχισε να μελετάται η ιδέα της εφαρμογής βιώσιμων στρατηγικών ανάπτυξης στα πλαίσια του δήμου Πλατανιά. Για να γίνει ορθά αυτό, και με τη μέγιστη εφικτή επιστημονική ακρίβεια, απαιτούνταν η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων/αναφοράς, πάνω στην οποία θα στηριζόταν οι προτάσεις αστικής ανάπλασης και τα μέτρα αντιμετώπισης των τυχόν δυσμενών περιβαλλοντικών καταστάσεων.

Για το σκοπό αυτό, δημιουργήθηκε αρχικά ένα πρωτόκολλο καταγραφής των δεδομένων το οποίο εκτεινόταν σε δυο διαφορετικές περιόδους/εποχές (Χειμώνας, Άνοιξη) και το οποίο περιελάμβανε την καταγραφή των σημαντικότερων ρύπων (**Σωματιδιακή ύλη, Ηχορύπανση, Ατμοσφαιρικοί Ρύποι**). Οι δυο διαφορετικές εποχές διασφάλισαν την κάλυψη της έντονης εποχιακής τουριστικής διακύμανσης. Στη συνέχεια, τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τις μετρήσεις πεδίου, χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή πινάκων και διαγραμμάτων τα οποία απεικονίζουν την ‘ταυτότητα’ του κεντρικού οδικού άξονα της πόλης. Τέλος, τμήμα από τα παραγόμενα διαγράμματα χρησιμοποιήθηκε για τη συσχέτιση των καταγεγραμμένων δεδομένων (περιβαλλοντικά δεδομένα & συγκέντρωση PM, κυκλοφοριακός φόρτος & συγκέντρωση PM), προκειμένου να αναζητηθεί πιθανή σχέση εξάρτησης μεταξύ αυτών.

### **1.3 Διεθνής Βιβλιογραφία**

Αναφορικά με την υφιστάμενη βιβλιογραφία, εντοπίστηκαν μεμονωμένες παρεμφερείς μελέτες, οι οποίες μελετούν αντικείμενα παρόμοια με αυτό της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Ακολουθούν μελέτες από την διεθνή βιβλιογραφία, οι οποίες προσεγγίζουν με διαφορετικό τρόπο τις θεματικές ενότητες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε αστικό επίπεδο, της ηχορύπανσης σε αστικό επίπεδο και της μελέτης της αστικής κινητικότητας.

### **1.4 Επίπεδα Ήχου**

Αναφορικά με τα επίπεδα ήχου, μια μελέτη των Like και Nellthorp που διεκπεραιώθηκε για τον οργανισμό συγκοινωνιών του Ηνωμένου Βασιλείου (**DfT UK**) το 2019, συμπέρανε ότι ο κυριότερος ήχος που εντοπίζονται σε ένα αστικό περιβάλλον, είναι αυτός που προέρχεται από τα μέσα μεταφοράς (ιδιωτικά & δημόσια) ([Like & Nellthorp, 2020](#)). Παράλληλα στη δημοσίευση αναφέρεται η ύπαρξη μέσων για την καταγραφή παραμέτρων ήχου, με την ταυτόχρονη έλλειψη εθνικής μεθοδολογίας για την εκτίμηση της επίπτωσης του ήχου από τις συγκεκριμένες πηγές τόσο τους ανθρώπους όσο και στο ίδιο το αστικό κέντρο. Η συγκεκριμένη μελέτη επικεντρώνεται στον άνθρωπο ως αποδέκτη του ήχου και ως καταναλωτή που καθορίζει την κίνηση των αγορών σε ένα αστικό περιβάλλον, επηρεασμένος από την ηχορύπανση.

Σε μία δεύτερη μελέτη, που πραγματοποιήθηκε από την ερευνητική ομάδα των Kuen Wai Ma, Cheuk Ming Mak και Hai Ming Wong, το 2020 στο πάρκο του Σα Τιν (**Sha Tin Park**), στην περιοχή του Χόνγκ Κόνγκ (**Hong Kong**), αναγνωρίζεται ο καθοριστικός ρόλος που έχει η εμπειρία που προσφέρει ένας αστικός χώρος, στη βελτίωση του ίδιου του χώρου ([Kuen , et al., 2021](#)). Αυτή η εμπειρία, η οποία προσφέρεται στους επισκέπτες είναι άμεσα συνδεδεμένη με τα επίπεδα του ήχου. Το αποτέλεσμα της έρευνας έδειξε ότι η αντίληψη του θορυβώδους περιβάλλοντος και του ικανοποιητικού περιβάλλοντος είναι συνδεδεμένες με τα μέγιστα επίπεδα ήχου, με τα υψηλότερα επίπεδα ικανοποίησης από ένα αστικό περιβάλλον να συνδέονται με τα χαμηλότερα επίπεδα ήχου. Τέλος, από τα ευρήματα της έρευνας, προέκυψε ότι το “μίγμα” ήχων στο αστικό περιβάλλον, περιλαμβάνει ήχους των κατηγοριών : «Φυσικοί Ήχοι», «Ανθρωπογενείς Ήχοι» και «Μηχανικοί Ήχοι», εκ των οποίων οι «Φυσικοί Ήχοι» ήταν συνδεδεμένοι με τα μεγαλύτερα επίπεδα ικανοποίησης και επισκεψιμότητας.

Τέλος, η μελέτη που πραγματοποιήθηκε από την Ε. Τσαλέρα, τον Α. Παπαδάκη και την Μ. Σαμαράκου το 2020, ασχολείται με την καταγραφή και την κατηγοριοποίηση των επιπέδων ήχου, με τη χρήση του αλγορίθμου KNN, προκειμένου να γίνει ποιοτική περιγραφή του ηχητικού αστικού περιβάλλοντος (Tsalera, et al., 2020). Με τη χρήση οκτώ (8) χρονικών, έντεκα (11) χωρικών και τεσσάρων (4) αντιληπτικών παραμέτρων, αλλά και οκτώ (8) κατηγοριών ανεπιθύμητων ήχων αστικού περιβάλλοντος, προκύπτουν εννέα (9) διαφορετικά μοντέλα, τα οποία επιτυγχάνουν την επιθυμητή περιγραφή με απόδοση από 70% έως 85%. Τα δεδομένα ήχου προήλθαν από δημόσια βάση δεδομένων (UrbanSound8K **PDS**) ενώ ο αλγόριθμος KNN προσαρμόστηκε για να επιτρέπει από έναν (1) μέχρι τρεις (3) γείτονες.

### **1.5 Ποιότητα Αέρα**

Αναφορικά με την ποιότητα αέρα σε νησιώτικό αστικό περιβάλλον, τόσο αναφορικά με τη σωματιδιακή ύλη όσο και με τη χημική σύσταση της ατμόσφαιρας, η βιβλιογραφία είναι πιο περιορισμένη και διαφοροποιημένη σε σύγκριση με τη μελέτη της συγκεκριμένης εργασίας. Αυτό συμβαίνει, καθώς η παρούσα εργασία δεν επικεντρώνεται στην καταμέτρηση ενός ρύπου, αλλά στη σφαιρική καταγραφή και απεικόνιση της διακύμανσης, πολλών ταυτόχρονων μεγεθών.

Στην πρώτη σχετική μελέτη, που πραγματοποιήθηκε από την ερευνητική ομάδα του D.Castaneda το 2019, διεκπεραιώθηκε μια αξιολόγηση των επιπέδων ενός ατμοσφαιρικού ρύπου, του NO<sub>2</sub>, συναρτήσει του κυκλοφοριακού φορτίου, σε ένα νησιωτικό αστικό κέντρο της Καραϊβικής (Castaneda, et al., 2020). Με τη χρήση εκατό τριάντα επτά (137) **στάσιμων** παθητικών σωλήνων διάχυσης, και μια περίοδο δειγματοληψίας δυο (2) εβδομάδων, καθώς και φασματοφωτομέτρου, προέκυψε μια μέση συγκέντρωση  $19.92 \pm 11.50 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Όπως ήταν αναμενόμενο, από τη συσχέτιση της κατανομής NO<sub>2</sub> με τον κυκλοφοριακό φόρτο, προέκυψε ότι η υψηλότερη συγκέντρωση ταυτίζεται με την αυξημένη κίνηση. Στην ανάλυση των αποτελεσμάτων, για την αξιολόγηση της επικινδυνότητας του περιβάλλοντος στην υγεία, έγινε σύγκριση με διεθνή θεσπισμένα όρια (**WHO**) αλλά και τα αντίστοιχα τοπικά. Στόχος της καθιέρωσης αυτού του πρωτοκόλλου, είναι η συστηματική παρακολούθηση και καταπολέμηση του ρύπου NO<sub>2</sub>.



Στην συνέχεια, σε μια διασυννοριακή μελέτη που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια δράσης της ΕΕ από τους B.Chiarini, A. D'Agostino, E. Marzano και A. Regoli το 2019, μελετήθηκε μεμονωμένα η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε διάφορα αστικά κέντρα της ΕΕ (Chiarini, et al., 2021). Σε αυτήν την έρευνα, η ποιότητα του αέρα, αναγνωρίζεται ως μεμονωμένος παράγοντας αξιολόγησης της ποιότητας αστικού περιβάλλοντος. Μελετάται η συσχέτιση μεταξύ αντικειμενικών και υποκειμενικών μέσων αξιολόγησης της ατμοσφαιρικής ποιότητας, με κύριο αντικειμενικό δείκτη τη συγκέντρωση σωματιδιακής ύλης  $PM_{2.5}$ . Οι υποκειμενικοί δείκτες είναι αποτέλεσμα συσχέτισης ατομικών δεικτών από την **EU-SILC**. Οι υπό μελέτη χώρες, κατηγοριοποιήθηκαν σε ομογενείς ομάδες, έπειτα από ομαδοποιημένες αναλύσεις, βάση των παραγόμενων προαναφερθέντων δεικτών. Το αποτέλεσμα είναι μια θεωρητική, στατιστική προσέγγιση στην ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα, η οποία λειτουργεί σαν εργαλείο σύγκρισης μεταξύ χωρών, η οποία περιστασιακά μπορεί να παράγει μια πλήρη εικόνα της ζητούμενης ποιότητας.

Η επόμενη μελέτη, των S. Gulia, P. Prasad, S.K. Goyal και R. Kumar το 2020, πραγματοποιήθηκε στο Δελχί Ινδίας, μια πόλη περίπου δεκαεννέα (19) εκατ. κατοίκων. Αυτό το οποίο παρουσιάστηκε και σε αυτή την περίπτωση, κοινό με αυτή τη διπλωματική εργασία, ήταν η μεμονωμένη διαχείριση της ποιότητας του αστικού περιβαλλοντικού αέρα, μέσω της διαρκούς παρακολούθησης του από ένα δίκτυο με σένσορες **SWAQMN** (Sunil, et al., 2020). Μέσω της παρακολούθησης, ζωντανού χρόνου, των συγκεντρώσεων  $PM_{10}$  &  $PM_{2.5}$ , παράχθηκε ένα δυναμικό μοντέλο ποιότητας αέρα, το οποίο αποτέλεσε μέτρο σύγκρισης των ήδη υφισταμένων δομών παρακολούθησης. Η τοποθέτηση των αισθητήρων έγινε αναλογικά με την κατανομή χρήσης γης και δραστηριοτήτων στα πλαίσια της πόλης, δίνοντας έτσι εννέα (9) σημεία καταγραφής. Τα αποτελέσματα, όπως και στην παρούσα διπλωματική εργασία, περιλάμβαναν και την εποχιακή διακύμανση των δεδομένων.

Σε άλλη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Ινδία, από την ερευνητική ομάδα του S. Nagendra το 2017, η τοποθέτηση έξυπνων «προσωπικών» συστημάτων παρακολούθησης αέρα (SPAMS) (Nagendra, et al., 2019), εμφάνισε τη σχέση εξάρτησης ανάμεσα στον κυκλοφοριακό φόρτο και την ποιότητα αέρα, σε ένα αστικό τοπίο. Μέσα από την καταμέτρηση σε πεζόδρομους, σε διαδρομές MMM, αλλά και εντός των ίδιων των MMM, εξήχθησαν τα αποτελέσματα για την ποιότητα αέρα. Μετά από μία εβδομάδα μετρήσεων, η μέγιστη συγκέντρωση των  $PM$  ταυτίστηκε με τις ώρες κυκλοφορικής αιχμής ενώ οι συγκεντρώσεις των  $CO$  και  $NO_2$  εμφάνισαν αιχμή τις πρωινές ώρες.

Σε παρεμφερή δημοσίευση, από την ομάδα του G. Gualtieri το 2020 σχετικά με την ποιότητα αστικού αέρα, από μελέτη που έγινε σε πόλεις τις Ιταλίας, μελετήθηκε η επίδραση του κυκλοφορικού φόρτου στην ατμοσφαιρική ποιότητα, όλα μέσα από το πρίσμα της εξελισσόμενης πανδημίας SARS-CoV-2 (Gualtieri, et al., 2020). Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν μια συγκριτική πτώση των επιπέδων NO<sub>2</sub> και των PM<sub>10</sub>, καθώς και των PM<sub>2.5</sub> σε μικρότερη κλίμακα. Κατά τη χειμερινή περίοδο, πάλι υπό το καθεστώς των απαγορευτικών (lockdown), παρατηρήθηκε μια αύξηση στα προαναφερθέντα επίπεδα, η οποία όμως καταλογίστηκε στις αυξημένες ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση. Τα αποτελέσματα αυτής έρευνας αφορούν το χειμερινό διάστημα 24/02/2020 έως και 30/04/2020.

Στη συνέχεια, σε μια ερευνητική αναφορά των J.C. Cerro, V. Cerda και J. Pey το 2014, η οποία χρησιμοποίησε μια βάση δεδομένων δεκατριών (13) ετών, στις Βαλεαρίδες Νήσους (Balearic Islands, Spain), μελετήθηκε η εξέλιξη των ρύπων NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> και PM<sub>10</sub>, σε νησιωτικό αστικό περιβάλλον (Cerro, et al., 2015). Σε καθημερινό επίπεδο, οι διακυμάνσεις των ρύπων ήταν άμεσα συνδεδεμένες με τις διακυμάνσεις του κυκλοφορικού φόρτου, χωρίς όμως τα οχήματα να είναι η μοναδική συνεισφέρουσα πηγή (οι άλλες πηγές εξαρτώνται από την ταυτότητα του νησιωτικού αστικού κέντρου). Στη διάρκεια αυτών των ετών παρουσιάστηκε μια γενική μείωση στους ρύπους, η οποία βάση της έρευνας, οφείλεται στις πετυχημένες πολιτικές για τη μείωση των ρύπων από την ΕΕ, οι οποίες βελτιώνουν τη συνολική ποιότητα αέρα και σε γειτονικές περιοχές. Αρωγή στη συγκεκριμένη βελτίωση είναι και το φαινόμενο της Βόρειας Ατλαντικής Ταλάντωσης (NAO) το οποίο συμβάλει θετικά στη συγκεκριμένη περιοχή.

Αναφορικά με την ενίσχυση της μετακίνησης με ποδήλατα, η έρευνα που διεξήχθη στη Μπογκοτά (Bogota) της Λατινικής Αμερικής το 2019, από τους M.A. Hernandez, O. Ramirez, J.A. Benavides και J.F. Franco, μελέτησε την έκθεση των ποδηλατών σε αέριους Ρύπους, PM και μαύρο άνθρακα (BC) (Hernandez, et al., 2021). Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι ένας ποδηλάτης που χρησιμοποιεί το κεντρικό οδικό δίκτυο εκτίθεται σε αέριους ρύπους, ενδεικτικά για την περιοχή Ca, Fe, Al, Mg, έως και 36.0 μg/m<sup>3</sup>. Συμπερασματικά η έρευνα καταλήγει στην επικινδυνότητα που προκαλείται από αυτούς τους ρύπους σε ένα αστικό περιβάλλον, για έναν ποδηλάτη, και στην ανάγκη για τον έλεγχο της ποιότητας αέρα στα σενάρια αστικών τροποποιήσεων.

Στο επόμενο άρθρο, από τους A.Y. Bigazzi και M. Rouleau το 2017, γίνεται μια βιβλιογραφική αναδρομή προκειμένου να αξιολογηθεί η δραστηριότητα των στρατηγικών διαχείρισης κυκλοφορίας στη βελτίωση την ποιότητας αέρα σε αστικό τοπίο (Bigazzi & Rouleau, 2017). Στα πλαίσια αυτής της αναφοράς παρουσιάζεται μια έλλειψη δεδομένων αναφορικά με την επίπτωση αυτών των στρατηγικών στην ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος αλλά και στην ανθρώπινη υγεία. Τονίζεται η ανάγκη για καλύτερη μελέτη του συγκεκριμένου τομέα καθώς και ο εμπλουτισμός της διεθνούς βιβλιογραφίας με ανάλογα δεδομένα.

Στην επόμενη αναφορά, από τους H. Di He και O. Gao το 2020, γίνεται διερεύνηση στην έκθεση των πεζών από τους ρύπους που προκύπτουν από την κυκλοφορία οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα, μελετά συγκριτικά την έκθεση των πεζών ανάμεσα στο πεζοδρόμιο και τις διαβάσεις, συσχετίζοντας έτσι την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, την κυκλοφορία οχημάτων και την επιρροή τους στην δημόσια υγεία, στα πλαίσια ενός αστικού περιβάλλοντος (di He & Gao, 2021). Στο συγκεκριμένο παράδειγμα προς μελέτη, εξετάστηκε η περίπτωση μιας διασταύρωσης, μετρώντας τις συγκεντρώσεις σωματιδιακής ύλης, με σταθερούς σταθμούς καταμέτρησης, συναρτήσει της παρατηρούμενης κίνησης. Ταυτόχρονα, πραγματοποιήθηκαν και 'κινητές' μετρήσεις, οι οποίες προσομοίωναν τις πιθανές διαδρομές ενός πεζού, καθώς αυτός αλληλεπιδρά με μια διασταύρωση. Το τελικό αποτέλεσμα, ήταν ένας συσχετισμός ανάμεσα στις δυνατές διαδρομές ενός πεζού, τις συγκεντρώσεις διαφορετικών σωματιδιακών ρύπων, καθώς και τις περιβαλλοντικές συνθήκες, παράγοντας έτσι ένα εργαλείο το οποίο θα παρέχει αρωγή στην καταπολέμηση των σωματιδιακών ρύπων σε αστικές διασταυρώσεις, υπογραμμίζοντας την αρνητική τους επίδραση.

Σε επόμενη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Πόλη του Κάνσας των ΗΠΑ, από την ερευνητική ομάδα του P. Deshmukh το 2019, αξιολογήθηκε η χρήση κινητών συστημάτων παρακολούθησης ρύπων, για τη χρήση των δεδομένων σε στρατηγικές αστικής αναδόμησης (Deshmukh, et al., 2020). Στο πλαίσιο της έρευνας, μετρήθηκαν οι ποσότητες NO<sub>2</sub>, Μαύρου άνθρακα BC αλλά και Σωματίδια Υπερτραφίνης (UFP), με τη χρήση κινητών μονάδων καταγραφής, προκειμένου να χαρακτηριστεί η χωρική κατανομή των ρύπων. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν τη διαφοροποίηση που εμφανίζουν οι ρύποι ανάμεσα στις γειτονικές περιοχές, υποδεικνύοντας την μεταξύ τους σχέση αλληλεπίδρασης.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Αυστραλία, από την ερευνητική ομάδα του R. Smit το 2019, για τον έλεγχο των διαφορετικών πρωτοκόλλων καταγραφής περιβαλλοντικών δεδομένων (χημικά και PM), προέκυψε το συμπέρασμα για την ανάγκη της εξειδίκευσης των εργαλείων για τη βέλτιστη εφαρμογή βάσει του τοπικού χαρακτήρα (Smit, et al., 2019). Ενώ και τα δυο μετρούμενες κατηγορίες μεγεθών, ήταν εντός των προτεινόμενων ορίων από τον WHO, προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση ότι η μεθοδολογία, η οποία είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, δεν καθίσταται ιδανική για εφαρμογή στην περιοχή της Αυστραλίας. Έτσι προκύπτει η ανάγκη για «βαθμονόμηση» των μεθόδων προκειμένου να συμπεριλαμβάνουν όλες τις τοπικές παραμέτρους.

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην πόλη του Ρεθύμνου, Κρήτη, από τον Ν. Σηφάκη το 2020, μελετήθηκε η επίπτωση της πανδημίας SARS-CoV-2 στην ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα στα πλαίσια του αστικού κέντρου. Τα πρώτα αποτελέσματα της έρευνας, έδειξαν μια σημαντική μείωση της μέσης συγκέντρωσης των ατμοσφαιρικών ρύπων, και ποιο συγκεκριμένα των CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>. Στα πλαίσια της έρευνας, αξιολογήθηκαν οι στρατηγικές καταπολέμησης του SARS-CoV-2 αναφορικά με την επίδραση τους στον κυκλοφοριακό φόρτο και στην ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα, με τα αποτελέσματα να υποδεικνύουν μια γενική βελτίωση της ποιότητας αέρα κατά τις περιόδους των απαγορεύσεων (lockdowns), με τη μεγαλύτερη πτώση να παρατηρείται στα επίπεδα NO<sub>x</sub>. (Sifakis, et al., 2021)

Τέλος, αναφορικά με την ποιότητα αέρα, μελετήθηκε η επίδραση της κινητικότητας στον αστικό ατμοσφαιρικό αέρα, στα πλαίσια του προγράμματος 'έξυπνων' πεζών της πόλης του Liverpool AU: **LSPP**, από την ομάδα του N. Verstaevel το 2020 (Verstaevel, et al., 2020). Σε σχέση με τις προηγούμενες αναφορές, η συγκεκριμένη είναι πιο απλοϊκή, καθώς μελετά τη χρήση χαμηλού κόστους **IoT** (Internet of Things) μετρητών, οι οποίοι καταγράφουν ταυτόχρονα ροή οχημάτων, ροή πεζών και συγκεντρώσεις σωματιδιακών ρύπων. Η συγκεκριμένη μελέτη, έρχεται αρκετά κοντά στη μελέτη της παρούσας διπλωματικής, καθώς συσχετίζει την ποιότητα ενός αστικού περιβάλλοντος με τη ροή οχημάτων και την ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα, και παράγει ένα εργαλείο το οποίο θα μπορεί να παραγάγει μια δυναμική απεικόνιση του αστικού χώρου.

## **1.6 Αστική Κινητικότητα**

Η τελευταία θεματική ενότητα, με την οποία ασχολείται η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά την μελέτη της αστικής κινητικότητας.

Η πρώτη παρεμφερής αναφορά, των I. Κούγια, A. Νικήτας, C. Thiel και S. Szabo το 2019, διερευνά τους συμμετέτοχους με τη μέθοδο “Q”, σε μονοπάτια καθαρής ενέργειας και μεταφοράς σε νησιωτικό περιβάλλον ([Kougias, et al., 2020](#)). Αυτή η μελέτη, αναγνωρίζει τα απομονωμένα νησιά, από το κεντρικό δίκτυο ενέργειας (μέχρι και 05/2021 η Κρήτη ανήκει σε αυτή την κατηγορία νησιού), ως ιδανικά πεδία δοκιμών, καθώς οι σχετικά περιορισμένες αποστάσεις και διαδρομές τα καθιστούν ικανά να φιλοξενήσουν μια πληθώρα δοκιμών πάνω στην ένταξη ηλεκτρονικών οικολογικών συστημάτων μετακίνησης. Η συγκεκριμένη μελέτη, συνυπολόγισε σαράντα τέσσερις (44) διαφορετικούς συμμετέτοχους, οι οποίοι σχετίζονται τόσο θεωρητικά όσο και πρακτικά με το ενεργειακό προφίλ του νησιωτικού τοπίου. Από την ανάλυση των συμμετέτοχων, ξεχωρίζονται τρεις κατηγορίες: «Ενθουσιασμένοι με την Τεχνολογία», «Υποστηρικτές της προτεραιότητας των Μεταφορών» και «Στελέχη Δημοσιονομικού Ενδιαφέροντος», οι οποίοι με την προσέγγισή τους αποδέχονται την ανάγκη για ενσωμάτωση και προώθηση οικολογικών προσεγγίσεων καθώς και τα πιθανά επενδυτικά οφέλη από την πιλοτική εφαρμογή τέτοιων προγραμμάτων.

Η επόμενη μελέτη, από την N. May το 2016, αξιολόγησε την ενσωμάτωση ηλεκτρικών οχημάτων στους στόλους των MMM. Η συγκεκριμένη έρευνα διεξάχθηκε στην πόλη της Δρέσδης, στην Γερμανία (Dresden), αναλύοντας τις δυνατότητες και τις επιπτώσεις της ενσωμάτωσης ηλεκτρικών οχημάτων σε κάποιες από τις είκοσι οκτώ (28) γραμμές λεωφορείου. Μέσα από τη συνεκτίμηση χωρικών αναλύσεων, στατιστικών μεθόδων αλλά και της περιβαλλοντικής ελάφρυνσης, αξιολογήθηκε ότι δυο (2) γραμμές ήταν συμβατές για την αναβάθμιση, ενώ τονίστηκε τόσο ο περιβαλλοντικός όσο και ο οικονομικός χαρακτήρας της επένδυσης. ([May, 2018](#))

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο νησί της Κρήτης, στις πόλεις Χανιά και Ρέθυμνο, από την Δ. Ταρασή το 2020, τέθηκαν υπό μελέτη οι μεταφορές κατά τη διάρκεια των ιδιαίτερων συνθηκών της πανδημίας SARS-CoV-2. Σε αυτή τη μελέτη, εξετάσθηκαν αναλυτικά οι προτιμήσεις των πολιτών για τη μετακίνηση τους εντός των αστικών πλαισίων. Οι δυο υπό μελέτη πόλεις, αποτελούν δυο τουριστικά κέντρα με έντονη εποχιακή δραστηριότητα αλλά και δυο ξεχωριστά ακαδημαϊκά κέντρα. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι ο αριθμός των ατόμων που άλλαξε συνήθειες αναφορικά με τη μεταφορά του, ήταν σημαντικός. Τα άτομα που προτίμησαν εναλλακτικό τρόπο μεταφοράς (ποδήλατο, περπάτημα, MMM) κατά την περίοδο της πανδημίας, διπλασιάστηκαν. Ταυτόχρονα όμως, η χρήση ιδιωτικών μέσων μεταφοράς παρέμεινε σημαντική, ιδιαίτερα κατά τις περιόδους κορύφωσης της πανδημίας. (Tarasi, et al., 2021).

## **1.7 Νομοθετικά Όρια**

Σύμφωνα με έκθεση του Διεθνούς Οργανισμού Υγείας (WHO), τα προτεινόμενα όρια για τους υπό μελέτη ατμοσφαιρικούς ρύπους, τίθενται τα εξής (ΕΚ, 2008), (Ελληνική Δημοκρατία, 2011), (WHO, 2018) :

1. Fine Particulate Matter **PM<sub>2.5</sub>**: Μέση Ετήσια Τιμή: **10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ή 0.010  $\text{mg}/\text{m}^3$** , Μέση Ημερήσια Τιμή: **25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ή 0.025  $\text{mg}/\text{m}^3$**
2. Coarse Particulate Matter **PM<sub>10</sub>**: Μέση Ετήσια Τιμή: **20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ή 0.020  $\text{mg}/\text{m}^3$** , Μέση Ημερήσια Τιμή: **50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ή 0.050  $\text{mg}/\text{m}^3$** .
3. **NO<sub>2</sub>**: Μέση Ετήσια Τιμή: **40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , Μέση Ημερήσια Τιμή: **200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Βάσει αυτών των τιμών, προσδιορίζονται τα ρυπαντικά όρια τα οποία δεν επιφέρουν δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, και συνεπώς αποτελούν κοινή γραμμή πλεύσης για την αστική χωροθέτηση.

Σύμφωνα με την Ελληνική Δημοκρατία, τα νομοθετημένα όρια για την ηχορύπανση είναι τα εξής (Ελληνική Δημοκρατία, 06.10.1981) (μέγιστα επίπεδα ήχου) :

1. Βιομηχανικές Περιοχές : **70 dBA**
2. Περιοχές επι τον Πλείστων Βιομηχανικές : **65 dBA**
3. Περιοχές Βιομηχανικές και Αστικές : **55 dBA**
4. Περιοχές Αστικές : **50 dBA**

Τέλος, αναφορικά με τα νομοθετημένα όρια ταχύτητας εντός αστικής κατοικημένης περιοχής, ως ανώτατο όριο ταχύτητας ορίζονται τα **50 km/h** για όλα τα αυτοκίνητα οχήματα (Ελληνική Δημοκρατία, 2021).

## 2 Μεθοδολογία

Στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε στις μετρήσεις πεδίου, καθώς και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε, για την καταγραφή των δεδομένων που αναφέρονται στην παράγραφο 0 (**περιβαλλοντικά δεδομένα, δεδομένα κυκλοφοριακού φόρτου, δεδομένα ατμοσφαιρικής ρύπανσης**). Πιο συγκεκριμένα, αναλύονται οι τρόποι μέτρησης και καταγραφής των δεδομένων θερμοκρασίας, υγρασίας, ταχύτητας αέρα, επιπέδων NO, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, PID, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, επιπέδων ήχου, καθώς και δεδομένα κυκλοφοριακού φόρτου.

### 2.1 Μετρήσεις Πεδίου

Οι μετρήσεις πεδίου πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή του αστικού Πλατανιά. Η περιοχή έχει έκταση συνολικά 1.62 km<sup>2</sup> και βρίσκεται στο Νομό Χανίων, Κρήτη. Στην περιοχή επικρατεί εύκρατο Μεσογειακό κλίμα, με ήπιους χειμώνες και έντονα καλοκαίρια. Ο μόνιμος πληθυσμός του ευρύτερου δήμου υπολογίζεται στους 16,874 κατοίκους ([ΕΛΣΤΑΤ, 2011](#)), ενώ από αυτούς στην περιοχή μελέτης υπολογίζεται ότι βρίσκονται 6,549 κάτοικοι ([Municipality of Platanias, 2011](#)).

Κατά την εφαρμογή του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου, χρησιμοποιήθηκαν τα κάτωθι σημεία, **ανά εποχή**, για την πραγματοποίηση των πειραματικών μετρήσεων :

**Αριθμός σημείων μέτρησης :** Τρία (3):

1. **Είσοδος:** ΕΛΤΑ
2. **Ενδιάμεσο:** Γέφυρα (σημείο κόμβος με κεντρικό οδικό δίκτυο νομού Χανίων-BOAK)
3. **Έξοδος:** Δημαρχείο Πλατανιά

**Αριθμός ατόμων στο Πεδίο :** Δυο (2)

**Ημέρες Μέτρησης :** Τετάρτη, Παρασκευή, Κυριακή (: 2 Χειμώνα, 2 Άνοιξης)

**Εναλλακτική Ημέρα :** Δευτέρα, Χρήση Εναλλακτικής Ημέρας : **Καμία**

Στην συνέχεια παρουσιάζεται η κάτοψη της περιοχής μελέτης, με τα σημεία των μετρήσεων να ξεχωρίζουν με κόκκινη προσήμανση :





**Εικόνα 2.1:** Περιοχή Μελέτης

### Ώρες Μέτρησης :

1. 9:00-10:00 πμ
2. 14:00-15:00 μμ
3. 17:00-18:00 μμ

Παρακάτω, συναντώνται οι εξής τύποι μετρήσεων για το πρότυπο πρωτόκολλο που εφαρμόζεται:

1. Μέτρηση SDR (**DSDR**) : Δεδομένα Κυκλοφοριακού Φόρτου συναρτήσει χρόνου και διερχόμενης κυκλοφορίας.
2. Μέτρηση Κινητής Μετεωρολογικής Μονάδας Χειρός (**DWS**) : Μετρήσεις θερμοκρασίας, ταχύτητας αέρα και υγρασίας συναρτήσει χρόνου.
3. Μέτρηση Επιπέδων Θορύβου (**DSL**) : Μετρήσεις επιπέδων ήχου (dBA) συναρτήσει χρόνου.
4. Μέτρηση Σωματιδιακών Ρύπων (**DPM**) : Μετρήσεις συγκέντρωσης  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{1.0}$ ,  $PM_{10}$  συναρτήσει χρόνου.
5. Μέτρηση Ποιότητας Ατμόσφαιρας (**DAQ**) : Μετρήσεις συγκεντρώσεων  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$  και  $PID$  συναρτήσει χρόνου.

### **2.1.1 Μετρήσεις Περιόδου Χειμώνα**

#### **2.1.1.1 Νοέμβριος**

Κατά τον μήνα Νοέμβριο πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες πιλοτικές μετρήσεις, με τα εξής αποτελέσματα :

**Πίνακας 2.1:** Μετρήσεις Νοεμβρίου

Ημέρα	DSDR	DWS	DSL	DPM	DAQ
Κυριακή 29/11/2020	X	✓	✓	X	X

- **Χρώμα κόκκινο με ένδειξη X :** Η μέτρηση δεν πραγματοποιήθηκε
- **Χρώμα πράσινο με ένδειξη ✓ :** Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε

Για το μήνα Νοέμβριο, οι μετρήσεις SDR, PM & AQ δεν έγιναν λόγω επισκευών/βαθμονόμησης των συσκευών.

#### **2.1.1.2 Δεκέμβριος**

Κατά το μήνα Δεκέμβριο πραγματοποιήθηκαν οι εξής μετρήσεις :

**Πίνακας 2.2:** Μετρήσεις Δεκεμβρίου

Ημέρα	DSDR	DWS	DSL	DPM	DAQ
Παρασκευή 04/12/2020	X	✓	✓	X	X
Τετάρτη 09/12/2020	X	X	X	X	X
Παρασκευή 11/12/2020	X	✓	✓	X	X
Κυριακή 13/12/2020	X	✓	✓	X	X

Κατά το μήνα Δεκέμβριο, οι μετρήσεις SDR, PM & AQ δεν έγιναν λόγω επισκευών/βαθμονόμησης, ενώ την Τετάρτη 09/12 έντονες βροχοπτώσεις απέτρεψαν τις μετρήσεις.

#### **2.1.1.3 Ιανουάριος**

Κατά το μήνα Ιανουάριο πραγματοποιήθηκαν οι εξής μετρήσεις :

**Πίνακας 2.3:** Μετρήσεις Ιανουαρίου

Ημέρα	DSDR	DWS	DSL	DPM	DAQ
Παρασκευή 29/01/2021	✓	✓	✓	✓	✓

Για το μήνα Ιανουάριο, οι μετρήσεις DSDR που εμφανίζονται είναι πιλοτικές καθώς διήρκεσαν μερικά λεπτά.

#### **2.1.1.4 Φεβρουάριος**

Κατά το μήνα Φεβρουάριο πραγματοποιήθηκαν οι εξής μετρήσεις :

**Πίνακας 2.4:** Μετρήσεις Φεβρουαρίου

Ημέρα	DSDR	DWS	DSL	DPM	DAQ
Τετάρτη 03/02/2021	✓	✓	✓	✓	✓
Παρασκευή 06/02/2021	✓	✓	✓	✓	✓
Κυριακή 07/02/2021	✓	✓	✓	✓	✓

Κατά το μήνα Φεβρουάριο, δεν προέκυψαν ιδιαιτερότητες στη δειγματοληψία.

### **2.1.1.5 Μάρτιος**

Κατά το μήνα Μάρτιο πραγματοποιήθηκαν οι εξής μετρήσεις :

**Πίνακας 2.5:** Μετρήσεις Μαρτίου

Ημέρα	DSDR	DWS	DSL	DPM	DAQ
Τετάρτη 10/03/2021	✓	✓	✓	✓	✓

Κατά το μήνα Μάρτιο, δεν προέκυψαν ιδιαιτερότητες στη δειγματοληψία.

### **2.1.1.6 Σύνοψη Περιόδου Χειμώνα**

**Πίνακας 2.6:** Μετρήσεις Χειμώνα

Ημέρα	Πλήθος Μετρήσεων	Τήρηση Πρωτοκόλλου
Τετάρτη	2	Μερική, Αδυναμία μέτρησης 9:00
Παρασκευή	4	Πλήρης
Κυριακή	3	Πλήρης

## **2.1.2 Μετρήσεις Περιόδου Άνοιξης**

### **2.1.2.1 Μάιος**

Κατά το μήνα Μάιο πραγματοποιήθηκαν οι εξής μετρήσεις :

**Πίνακας 7:** Μετρήσεις Μαΐου

Ημέρα	DSDR	DWS	DSL	DPM	DAQ
Τετάρτη 05/05/2021	X	✓	✓	✓	✓
Παρασκευή 07/05/2021	X	✓	✓	✓	✓
Κυριακή 09/05/2021	X	✓	✓	✓	✓
Τετάρτη 19/05/2021	X	✓	✓	✓	✓
Παρασκευή 21/05/2021	X	✓	✓	✓	✓
Κυριακή 23/05/2021	X	✓	✓	✓	✓

Κατά το μήνα Μάιο, οι μετρήσεις στις 19/05 και 21/05 ήταν ελλιπείς λόγω έργων στο οδόστρωμα. Σε αυτές τις μέρες, απουσίαζαν οι μετρήσεις του τρίτου σταθμού μέτρησης των ΕΛΤΑ.

### **2.3 Διαδικασία Μέτρησης:**

Κατά την διαδικασία της δειγματοληψίας ακολουθήθηκαν συγκεκριμένα βήματα σε κάθε σταθμό. Αρχικά, μετά την ενεργοποίηση των συσκευών καταγραφής, τοποθετούνταν ο φορητός μετεωρολογικός σταθμός (**Kestrel PWS**) από τον οποίο γινόταν χειροκίνητη καταγραφή δεδομένων **κάθε δέκα (10) δευτερόλεπτα**. Ο σταθμός αυτός τοποθετούνταν σε φορά παράλληλα με το κύριο οδικό δίκτυο. Στην συνέχεια, ενεργοποιούνταν η συσκευή καταγραφής ήχου (**MASTECH MS6701 DSLM**), η οποία τοποθετούνταν σε ανοιχτό χώρο και μακριά από σημειακές πηγές ηχορύπανσης. Η συσκευή αυτή κατέγραφε μετρήσεις ήχου, **ανά δευτερόλεπτο**. Ταυτόχρονα, ξεκινούσαν την καταγραφή τα μηχανήματα καταγραφής ποιότητας ατμοσφαιρικού αέρα για σωματιδιακούς ρύπους (**DustTrak™ II**) και χημική σύσταση (**MX6 iBrid®**), με τις δυο συσκευές να πραγματοποιούν μετρήσεις **ανά δευτερόλεπτο**. Σε κάθε σταθμό πραγματοποιούνταν μια μέτρηση συνολικά τριών (3) λεπτών. Τέλος, για ένα συνεχόμενο διάστημα δυο (2) εβδομάδων οι μετρητές **SDR** μετρούσαν και στους τρεις σταθμούς επί εικοσιτετράωρου βάσεως.

### **2.4 Μεθοδολογία Επεξεργασίας Δεδομένων**

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων ακολουθήθηκαν δυο διαφορετικές μεθοδολογίες, μία για τα μετρούμενα επίπεδα ήχου και μια για τα υπόλοιπα μεγέθη.



### 2.4.1 Επεξεργασία Δεδομένων Ήχου

Για τη μεθοδολογία του ήχου, έγινε χρήση των παραμέτρων  $L_{10}$  ,  $L_{50}$  και  $L_{90}$ . Αρχικά, συλλέχθηκαν όλα τα καταγεγραμμένα δεδομένα σε υπολογιστικά φύλλα του Excel και χωρίστηκαν στις δυο εποχές καταμέτρησης : **Χειμώνας**, **Άνοιξη**. Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν τα  $L_{10}$ ,  $L_{50}$  και  $L_{90}$ , με τη χρήση της κατάλληλης εντολής:

$$= \text{Percentile}(\text{data}, k) \text{ (Microsoft Corporation, 2016) (2.4.1.1)}$$

Όπου :

- **$L_{10}$ :** Η τιμή των ντεσιμπέλ (dBA), για την οποία το 10% του πλήθους των μετρήσεων είναι **ίση ή μικρότερη**.
- **$L_{50}$ :** Η τιμή των ντεσιμπέλ (dBA), για την οποία το 50% του πλήθους των μετρήσεων είναι **ίση ή μικρότερη**.
- **$L_{90}$ :** Η τιμή των ντεσιμπέλ (dBA), για την οποία το 90% του πλήθους των μετρήσεων είναι **ίση ή μικρότερη**.
- **data:** Το εύρος των κελιών που περιέχουν τις μετρήσεις θορύβου.
- **k:** Σταθερά που συμβολίζει το επιθυμητό ποσοστό:
  - Για 90%,  $k=0.9$
  - Για 50%,  $k=0.5$
  - Για 10%,  $k=0.1$

Τέλος, έγινε και ο υπολογισμός του δείκτη  $L_{eq}$  (dBA) , μέσου του οποίου υπολογίζεται η τιμή των dBA που είναι αντιπροσωπευτικά για την ημέρα μέτρησης, κανονικοποιώντας ουσιαστικά το μέσο όρο των μετρήσεων. Αυτή η διαδικασία γίνεται με τον εξής απλοποιημένο μαθηματικό τύπο :

$$L_{eq} = 10 * \log \left( \frac{\sum_{i=1}^n 10^{\frac{(SL)_i}{10}}}{n} \right) \text{ (Καρνάρη, 2012) (2.4.1.2)}$$

Όπου :

- $(SL)_i$ : Μέτρηση ήχου (dBA)
- n: Πλήθος μετρήσεων



Για τα υπόλοιπα μεγέθη ακολουθήθηκε η εξής μεθοδολογία. Αρχικά, όλα τα δεδομένα διαχωρίστηκαν βάσει της εποχής καταγραφής, δίνοντας έτσι δυο κεντρικά υπολογιστικά φύλλα με την εξής δομή :

#### **2.4.2 Χρονική Ταυτότητα Ημέρας**

**Πίνακας 2.8:** Ενδεικτική Δομή Καταγραφής Ημέρας

Date	Day	Station	Time	Hour	Minute	Second
05/05/2021 - 23/05/2021	Wednesday Friday Sunday	Δημαρχείο Γέφυρα ΕΛΤΑ	09:00:00 – 17:00:00	9	0	0

#### **2.4.3 Μετρούμενα Μεγέθη**

**Πίνακας 2.9:** Ενδεικτική Δομή Καταγραφής Δεδομένων

Μετρούμενο Μέγεθος	Ενδεικτική Τιμή
PM <sub>1</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	0.007
PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	0.011
PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	0.023
Temperature (°C)	20.5
Humidity (%)	58.3
Air Velocity (m/sec)	0.2
NO <sub>2</sub> (ppm)	0.00
NO (ppm)	0.00
CO (ppm)	0.00
CO <sub>2</sub> (%)	0.03
PID (ppm)	0.00

Κατά το μήνα Μάιο, υπήρξε η ανάγκη χρήσης του μόνιμου μετεωρολογικού σταθμού Πλατανιά (Meteo Station, elev. 12m) από τον οποίο οι μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας ήταν ο μέσος όρος της ημέρας, ενώ η ταχύτητα αέρα υπολογίστηκε ως εξής: (Κολοκοτσά, et al., 2016) :

$$v_{0.8} = \left( \frac{1,000}{3,600} \right) * \left( \frac{\ln \left( \frac{z_1}{z_0} \right)}{\ln \left( \frac{z_2}{z_0} \right)} \right) \frac{m}{sec} \quad (2.4.1.3)$$

Όπου :

- $v_{0.8}$ : Ταχύτητα αέρα μετρούμενη με το όργανο χειρός, στα 0.8 m από το έδαφος.
- $v_{12}$ : Ταχύτητα αέρα μετρημένη από το μετεωρολογικό σταθμό, στα 12 m από το έδαφος.
- $z_1$ : Ύψος οργάνου χειρός (0.8 m)
- $z_2$ : Ύψος μετεωρολογικού σταθμού (12 m)
- $z_0$ : Μέτρο Τραχύτητας για αστικό περιβάλλον (0.5)

#### **2.4.4 Μετρούμενα Μεγέθη & Κυκλοφοριακό Φορτίο**

Για την μια ημέρα του χειμώνα, η οποία περιελάμβανε και δεδομένα κυκλοφοριακού φόρτου μαζί με περιβαλλοντικά δεδομένα, το τελικό υπολογιστικό φύλλο είχε την εξής μορφή :

**Πίνακας 2.10:** Ενδεικτική Δομή Καταγραφής Δεδομένων σε συνδυασμό με κυκλοφοριακό φόρτο

Μετρούμενο Μέγεθος	
Direction (Lane)	1
Length (m)	4.3
Speed (km/h)	44.0
PM <sub>1</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	0.013
PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	0.018
PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	0.028
Temperature (°C)	22.3
Humidity (%)	55.0
Air Velocity (m/sec)	0.6
NO <sub>2</sub> (ppm)	0.00
NO (ppm)	0.00
CO (ppm)	0.00
CO <sub>2</sub> (%)	0.03
PID (ppm)	0.00

#### **2.4.5 Ημερήσια “Ταυτότητα”**

Για τη δημιουργία ημερήσιας ταυτότητας του κάθε σταθμού, αναφορικά με την κάθε μετρούμενη ποσότητα, έγινε χρήση του συστήματος Συγκεντρωτικών Πινάκων και Διαγραμμάτων (**Pivot Tables & Pivot Charts**) του λογισμικού Excel. Αρχικά, αφού τα δεδομένα τοποθετηθούν με τη δομή που προαναφέρθηκε παραπάνω, δημιουργείται το γενικό συγκεντρωτικό πίνακα:

**Πίνακας 2.11:** Ενδεικτική Δομή Συγκεντρωτικού Πίνακα Δεδομένων : Διακύμανση PM<sub>10</sub> συναρτήσει ώρας και ημέρας, ανά σταθμό

Μέση Τιμή Συγκέντρωσης of PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Σταθμός/Μέγεθος		
Ημέρα/Ωρα			
Τετάρτη	Δημαρχείο	Γέφυρα	ΕΛΤΑ
9	0.021	0.019	0.020
14	0.013	0.010	0.013
17	0.010	0.008	0.011
Παρασκευή			
9	0.027	0.012	0.024
14	0.008	0.010	0.011
17	0.009	0.008	0.012
Κυριακή			
14	0.014	0.016	0.018
17	0.011	0.018	0.017

Με την αξιοποίηση του δυναμικού τρόπου επεξεργασίας που προσφέρουν οι συγκεντρωτικοί πίνακες, προκύπτουν από το γενικό πίνακα, αντίστοιχοι πίνακες για όλα τα μετρούμενα μεγέθη συναρτήσει του κάθε σταθμού, ημέρας και ώρας μέτρησης. Η ανάλυση φτάνει μέχρι και σε επίπεδο διακύμανσης δευτερολέπτου. Τέλος η δυνατότητα καταγραφής που δίνει αυτός ο πίνακας, εκτός των επιπλέον μαθηματικών συναρτήσεων (πχ μέγιστο, ελάχιστο κλπ.) , είναι μέσος όρος μετρήσεων, άθροισμα και πλήθος.

#### **2.4.6 Συγκεντρωτικά Διαγράμματα Διακύμανσης**

Ακολουθώντας την ίδια μεθοδολογία με τους συγκεντρωτικούς πίνακες, δημιουργούνται τα συγκεντρωτικά διαγράμματα τα οποία έχουν τον ίδιο δυναμικό χαρακτήρα. Με τη δημιουργία ενός γενικού διαγράμματος διακύμανσης, το οποίο παρουσιάζει την ημερήσια διακύμανση της μετρούμενης ποσότητας ανά σταθμό και ώρα, προκύπτουν τα αντίστοιχα παράγωγα διαγράμματα για κάθε ξεχωριστή ημέρα καταγραφής, ανά εποχή.

#### **2.4.7 Συσχετίσεις Μεγεθών**

Κατά την επεξεργασία των μεγεθών, προέκυψαν γραφικές συσχετίσεις. Στις γραφιστικές συσχετίσεις, έγινε η γραφική απεικόνιση δυο μεγεθών, σε συνδυαστικό διάγραμμα, παρατηρώντας τη χρονική διακύμανση τους ανά σταθμό μέτρησης. Σκοπός αυτών των διαγραμμάτων, ήταν ο ποιοτικός προσδιορισμός του κάθε σταθμού μέτρησης και ο ταυτόχρονος σχολιασμός των συνθηκών που επικρατούν.

#### **2.4.8 Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων**

Προκυμμένον να επιβεβαιωθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την οπτική παρατήρηση των παραγόμενων διαγραμμάτων, χρησιμοποιήθηκαν δυο διαφορετικές στατιστικές μέθοδοι. Αρχικά για τη σύγκριση των δεδομένων, σε κάθε σταθμό για την ίδια ημέρα, χρησιμοποιήθηκε η Ανάλυση Διασποράς (**ANOVA method**). Τέλος για τη σύγκριση των δεδομένων για δυο διαφορετικές ημέρες στον ίδιο σταθμό, έγινε η χρήση της δοκιμής T (**T-test method**).

### 3 Αποτελέσματα

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα κυριότερα αποτελέσματα από τις μετρήσεις που προέκυψαν στις δυο εποχές, Χειμώνα και Άνοιξη, στους τρεις διαφορετικούς σταθμούς μέτρησης. Τυχόν αποκλίσεις από το πρωτόκολλο μετρήσεων, αλλά και ιδιαιτερότητες στα αποτελέσματα, παρουσιάζονται εκτενέστερα στη συζήτηση.

Τα κυριότερα αποτελέσματα που παρουσιάζονται είναι :

1. **Σωματιδιακή Ύλη**:  $PM_{2.5}$  &  $PM_{10}$ . Τα  $PM_{2.5}$  αποτελούν σωματίδια που προκαλούν προβλήματα στην υγεία και πιο συγκεκριμένα στο αναπνευστικό σύστημα καθώς έχουν την τάση να συσσωρεύονται σε βαθύτερα σημεία των πνευμόνων, αυξάνοντας τις πιθανότητες για νοσηλεία με προβλήματα του αναπνευστικού ([Bell & HEI Helath Review Committee, 2012](#)). Για τον ίδιο λόγο επιλέγονται και οι ρύποι  $PM_{10}$  καθώς χρόνια έκθεση σε αυτούς, μπορούν να προκαλέσουν πρόωρη θνησιμότητα και σοβαρές ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος ([Medina, et al., 2004](#)) .
2. **Περιβαλλοντικές Παράμετροι**: Θερμοκρασία ( $^{\circ}C$ ), Υγρασία (%) και Ταχύτητα Ανέμου (m/sec). Επιλέγονται τα συγκεκριμένα μεγέθη καθώς αλλαγές σε αυτά μπορούν να μεταβάλλουν τα επίπεδα ικανοποίησης των μόνιμων κατοίκων και των παραθεριστών, καθιστώντας τις συνθήκες στο αστικό κέντρο ιδανικές ή ακατάλληλες.
3. **Επίπεδα Θορύβου**: Ήχος (dBA). Τα επίπεδα ήχου επηρεάζουν άμεσα τη θέληση των κατοίκων και των παραθεριστών να κινούνται μέσα στο αστικό κέντρο και επομένως επηρεάζει όχι μόνο περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά τους ενδιαφερόμενους. Τυχόν στρατηγικές αστικής ανάπλασης θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν τα επίπεδα ήχου.
4. **Κυκλοφοριακός Φόρτος**: Στα δεδομένα του χειμώνα περιλαμβάνεται και η καταμέτρηση κυκλοφοριακού φόρτου ή οποία δείχνει τη διακύμανση της κυκλοφορίας οχημάτων σε συνδυασμό με την κατεύθυνση αλλά και το μήκος του οχήματος.

### **3.1 Αποτελέσματα Χειμώνα**

#### **3.1.1 Μεμονωμένα Μεγέθη**

Για τη σωματιδιακή ύλη, και τα περιβαλλοντικά μεγέθη, για τις ημέρες Τετάρτη, Παρασκευή και Κυριακή, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα :

**Πίνακας 3. 1** Αποτελέσματα PM<sub>2.5</sub> για την περίοδο του χειμώνα

Μέση Τιμή PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Σταθμός/ Μέτρηση		
Ημέρα/Ωρα	Δημαρχείο	Γέφυρα	ΕΛΤΑ
Τετάρτη			
9 πμ	-	-	-
14 μμ	0.012	0.011	0.005
17 μμ	0.005	0.005	0.007
Παρασκευή			
9 πμ	0.011	0.014	0.010
14 μμ	0.006	0.005	0.004
17 μμ	0.007	0.011	0.010
Κυριακή			
9 πμ	0.013	0.006	0.017
14 μμ	0.007	0.007	0.007
17 μμ	0.018	0.019	0.018

**Πίνακας 3. 2** Αποτελέσματα PM<sub>10</sub> για την περίοδο του χειμώνα

Μέση Τιμή PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Σταθμός/ Μέτρηση		
Ημέρα/Ωρα	Δημαρχείο	Γέφυρα	ΕΛΤΑ
Τετάρτη			
9 πμ	-	-	-
14 μμ	0.023	0.021	0.014
17 μμ	0.015	0.015	0.015
Παρασκευή			
9 πμ	0.018	0.022	0.015
14 μμ	0.010	0.012	0.007
17 μμ	0.011	0.018	0.015
Κυριακή			
9 πμ	0.013	0.006	0.017
14 μμ	0.007	0.007	0.007
17 μμ	0.018	0.019	0.018

**Πίνακας 3. 3** Αποτελέσματα Θερμοκρασίας, για την περίοδο του χειμώνα

Μέση Τιμή Θερμοκρασίας (°C)	Σταθμός/ Μέτρηση		
Ημέρα/Ωρα	Δημαρχείο	Γέφυρα	ΕΛΤΑ
Τετάρτη			
9 πμ	-	-	-
14 μμ	19.7	22.4	16.6
17 μμ	21.5	21.5	19.6
Παρασκευή			
9 πμ	15.9	16.6	18.2
14 μμ	16.5	18.1	18.5
17 μμ	16.7	16.1	16.2
Κυριακή			
9 πμ	17.1	17.3	19.2
14 μμ	20.5	19.1	16.6
17 μμ	17.4	16.8	17.0

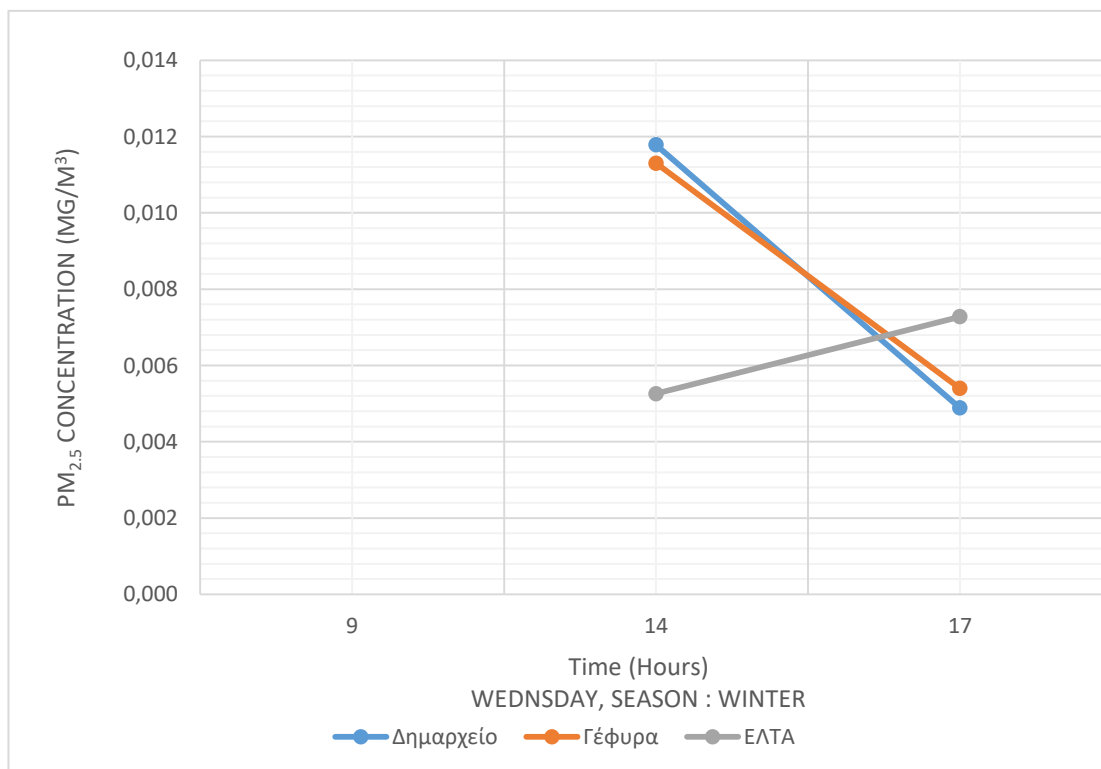
**Πίνακας 3. 4** Αποτελέσματα Υγρασίας, για την περίοδο του χειμώνα

Μέση Τιμή Υγρασίας (%)	Σταθμός/ Μέτρηση		
Ημέρα/Ωρα	Δημαρχείο	Γέφυρα	ΕΛΤΑ
Τετάρτη			
9 πμ	-	-	-
14 μμ	66.9	60.5	75.9
17 μμ	61.3	59.8	60.3
Παρασκευή			
9 πμ	64.5	68.2	68.9
14 μμ	55.3	63.3	61.5
17 μμ	67.9	74.7	74.0
Κυριακή			
9 πμ	57.1	59.5	57.0
14 μμ	59.0	72.0	76.4
17 μμ	74.5	77.3	79.4

**Πίνακας 3. 5** Αποτελέσματα Ταχύτητας Ανέμου, για την περίοδο του χειμώνα

Μέση Τιμή Ταχύτητας Ανέμου (m/sec)	Σταθμός/ Μέτρηση		
Ημέρα/Ωρα	Δημαρχείο	Γέφυρα	ΕΛΤΑ
Τετάρτη			
9 πμ	-	-	-
14 μμ	0.4	0.4	1.6
17 μμ	0.4	0.0	0.0
Παρασκευή			
9 πμ	0.6	1.1	0.8
14 μμ	1.4	1.6	1.0
17 μμ	1.7	1.4	0.9
Κυριακή			
9 πμ	0.2	1.3	0.3
14 μμ	0.4	0.2	0.8
17 μμ	0.4	0.5	0.0

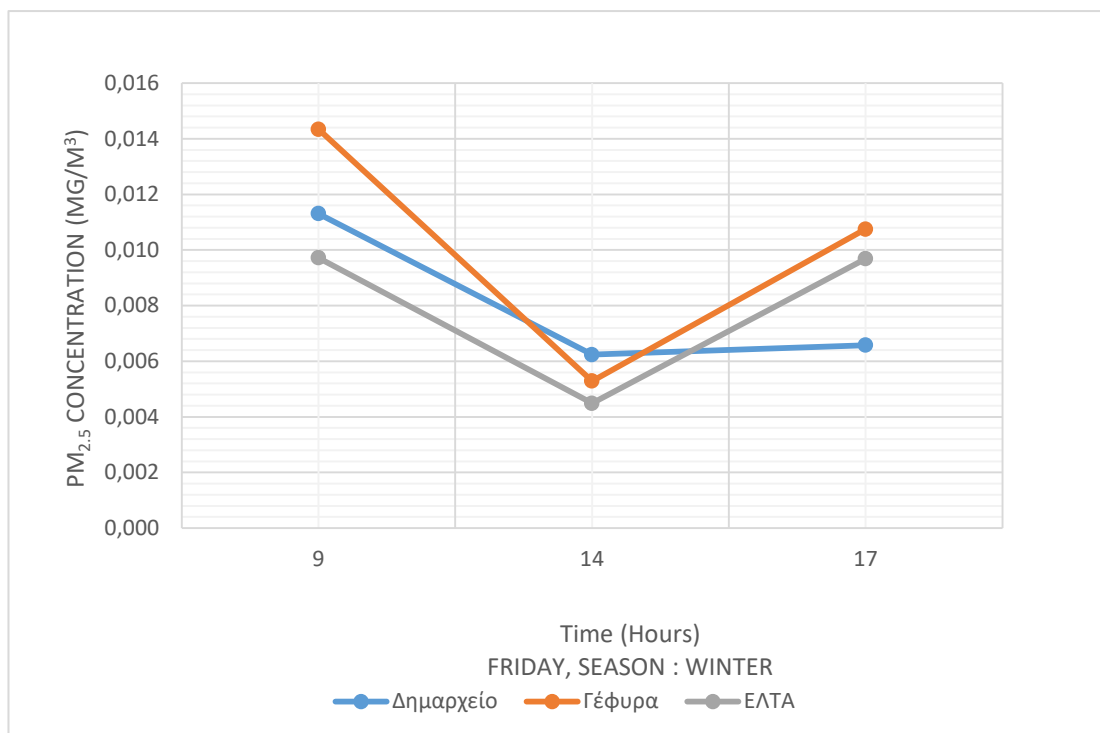
Από τα παραπάνω δεδομένα δημιουργούνται και τα αντίστοιχα διαγράμματα διακύμανσης :



**Διάγραμμα 3.1** Κατανομή PM<sub>2.5</sub> ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη.

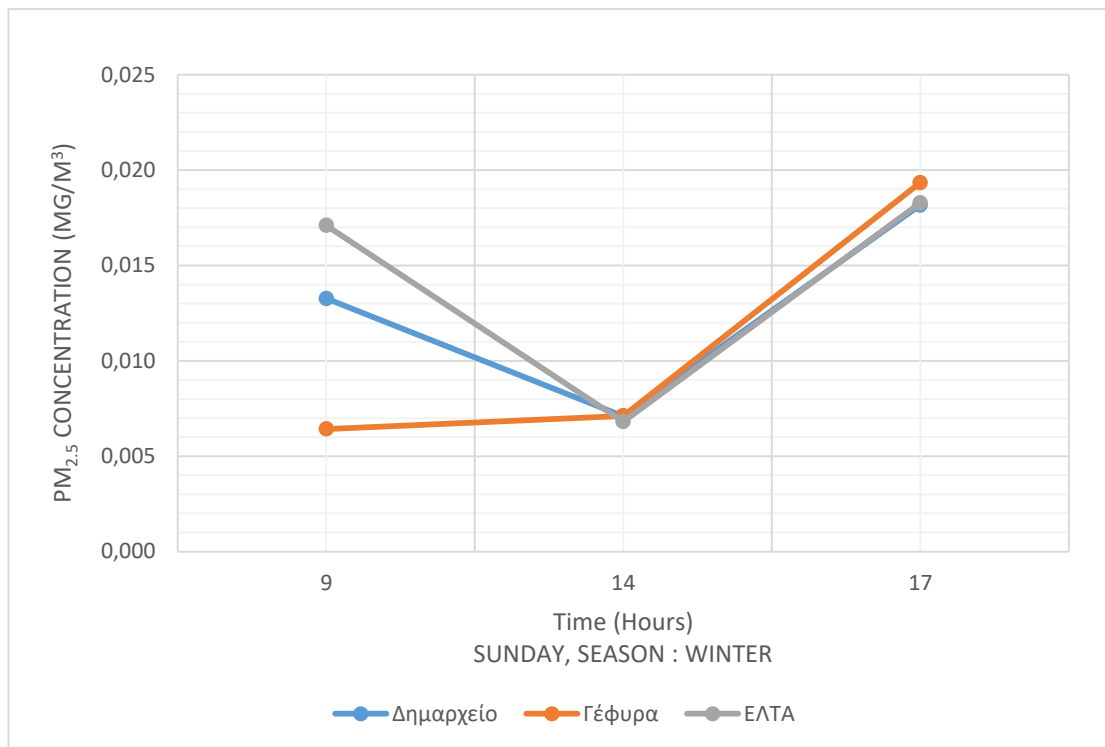
Στο συγκεκριμένο διάγραμμα, (**Διάγραμμα 3.1**), για την ημέρα Τετάρτη, παρουσιάζεται μια αύξηση της συγκέντρωσης PM<sub>2.5</sub> στον σταθμό ΕΛΤΑ, με την ταυτόχρονη μείωση στους άλλους δυο σταθμούς.





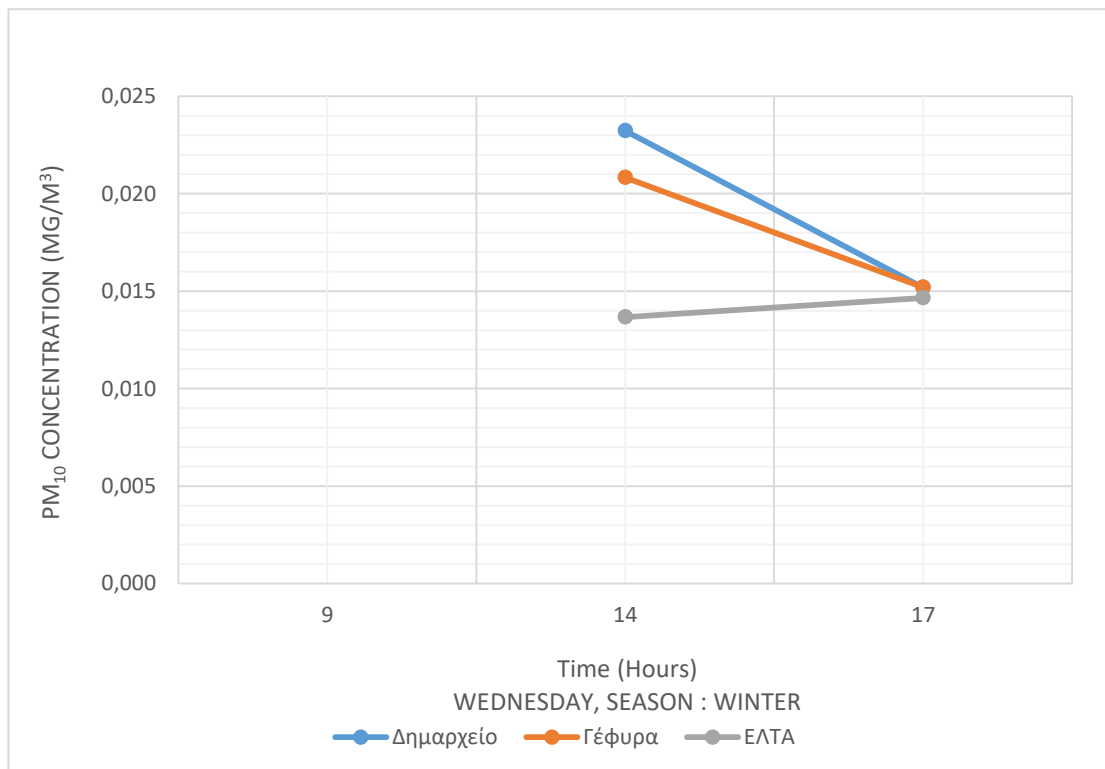
**Διάγραμμα 3.2** Κατανομή PM<sub>2.5</sub> ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή.

Για την ημέρα Παρασκευή, (**Διάγραμμα 3.2**), παρατηρείται μια γενική πτώση των επιπέδων PM<sub>2.5</sub> από τις πρωινές μέχρι τις μεσημεριανές ώρες. Αντιθέτως, εμφανίζεται μια γενική αύξηση έως τις απογευματινές, η οποία πιθανώς να οφείλεται στην αύξηση της κίνησης.



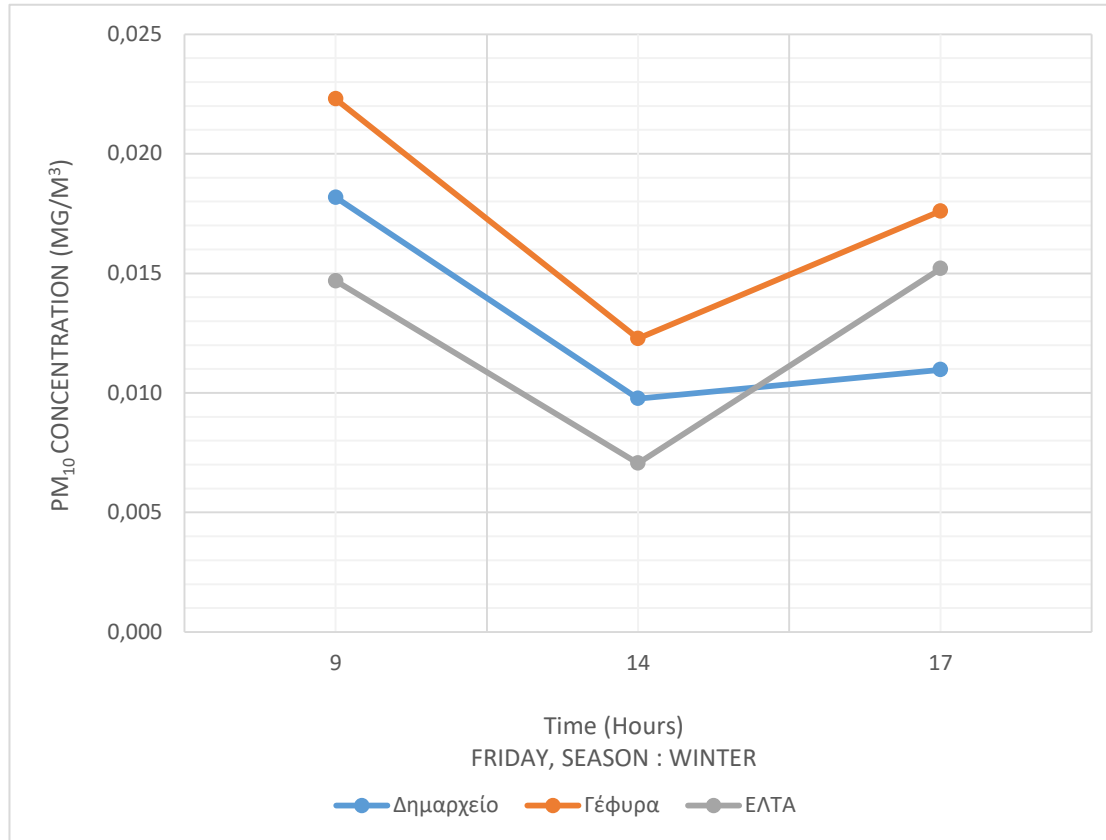
**Διάγραμμα 3.3** Κατανομή  $PM_{2.5}$  ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή.

Για την ημέρα Κυριακή, (Διάγραμμα 3.3), η γενική μείωση που εμφανίζεται τις πρωινές ώρες αλλάζει σε γενική αύξηση της συγκέντρωσης κατά τις απογευματινές ώρες.



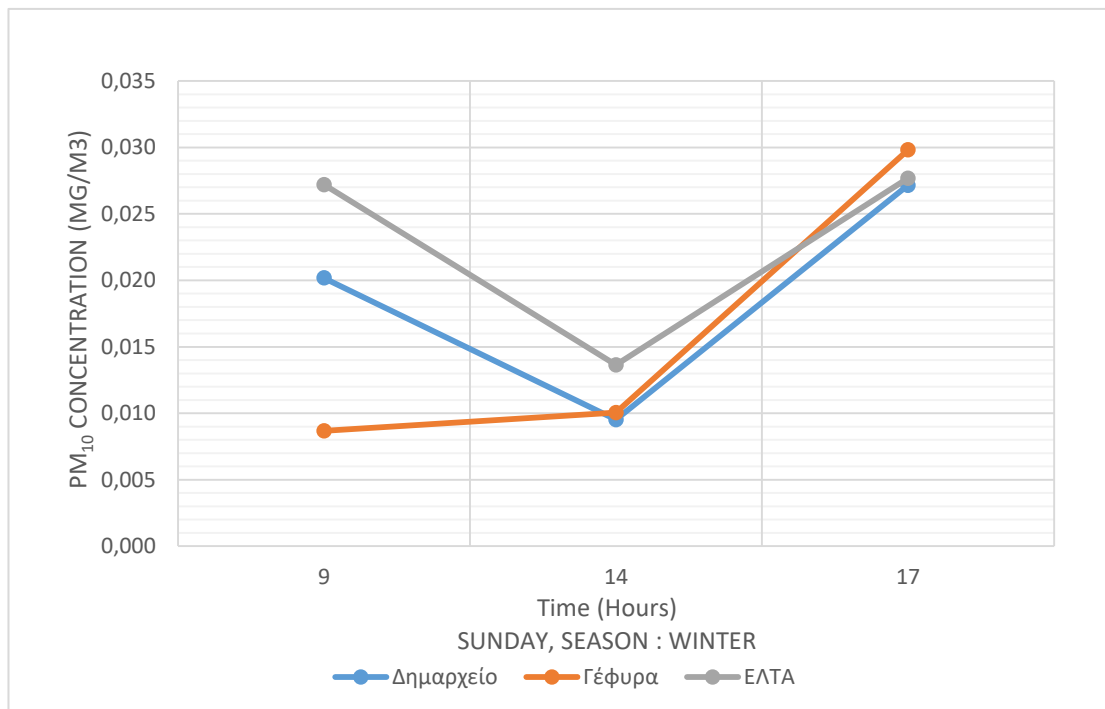
**Διάγραμμα 3.4** Κατανομή  $PM_{10}$  ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη.

Αναφορικά με τα  $PM_{10}$ , (**Διάγραμμα 3.4**), για την ημέρα Τετάρτη, εμφανίζεται ένα προφίλ γενικής πτώσης για τους σταθμούς Δημαρχείο και Γέφυρα. Αυτό είναι αντίθετο με το ανοδικό προφίλ του σταθμού ΕΛΤΑ.



**Διάγραμμα 3.5** Κατανομή  $PM_{10}$  ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή.

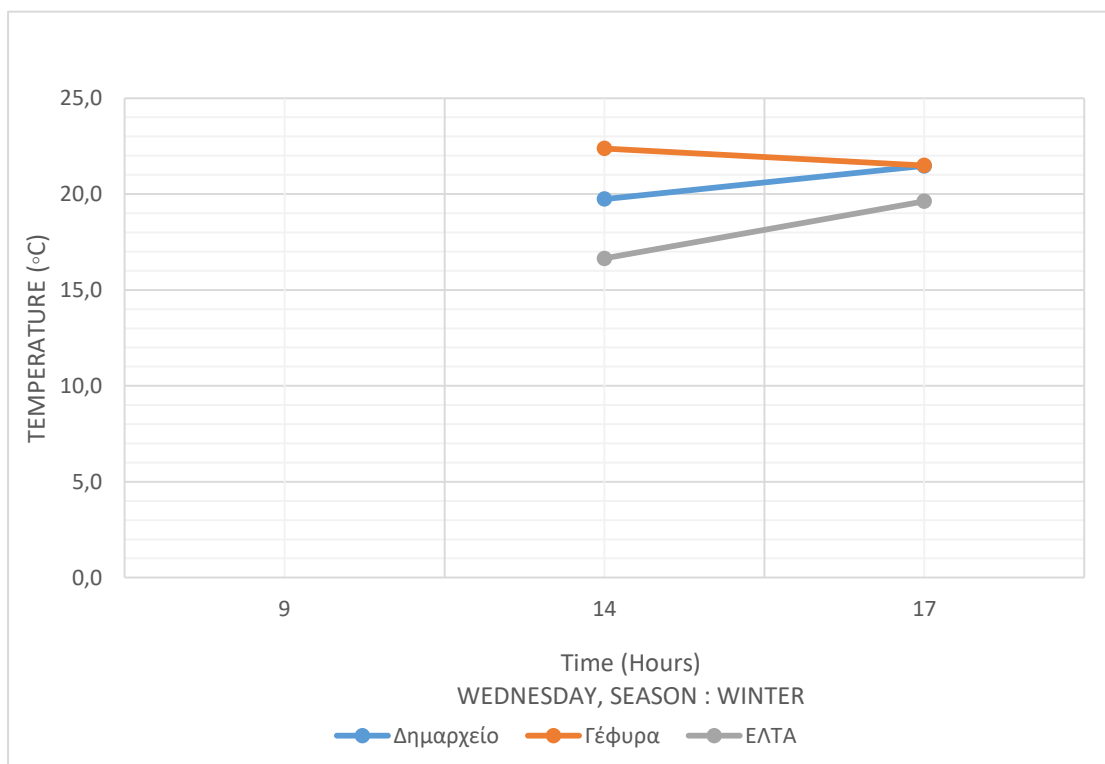
Για την ημέρα Παρασκευή, (**Διάγραμμα 3.5**), παρουσιάζεται μείωση της συγκέντρωσης στις πρωινές ώρες, με τις απογευματινές ώρες να χαρακτηρίζονται από αύξηση της συγκέντρωσης  $PM_{10}$ . Χαρακτηριστική είναι η αύξηση στον σταθμό ΕΛΤΑ.



**Διάγραμμα 3.6** Κατανομή PM<sub>10</sub> ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή.

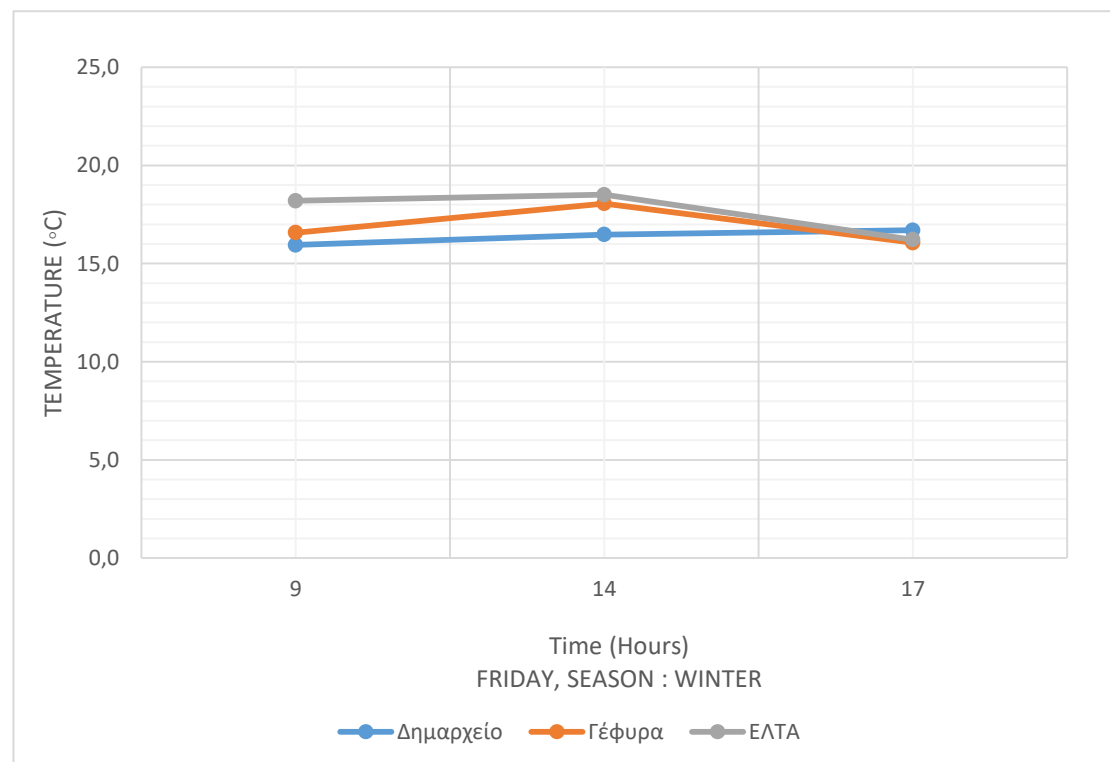
Ανάλογο προφίλ με αυτό της Παρασκευής, (Διάγραμμα 3.6), εμφανίζεται και για την ημέρα της Κυριακής, με τις συγκεντρώσεις κατά τις απογευματινές ώρες να αυξάνονται ραγδαία.

Αντίστοιχα, για τις περιβαλλοντικές παραμέτρους , προκύπτουν τα εξής γραφήματα :



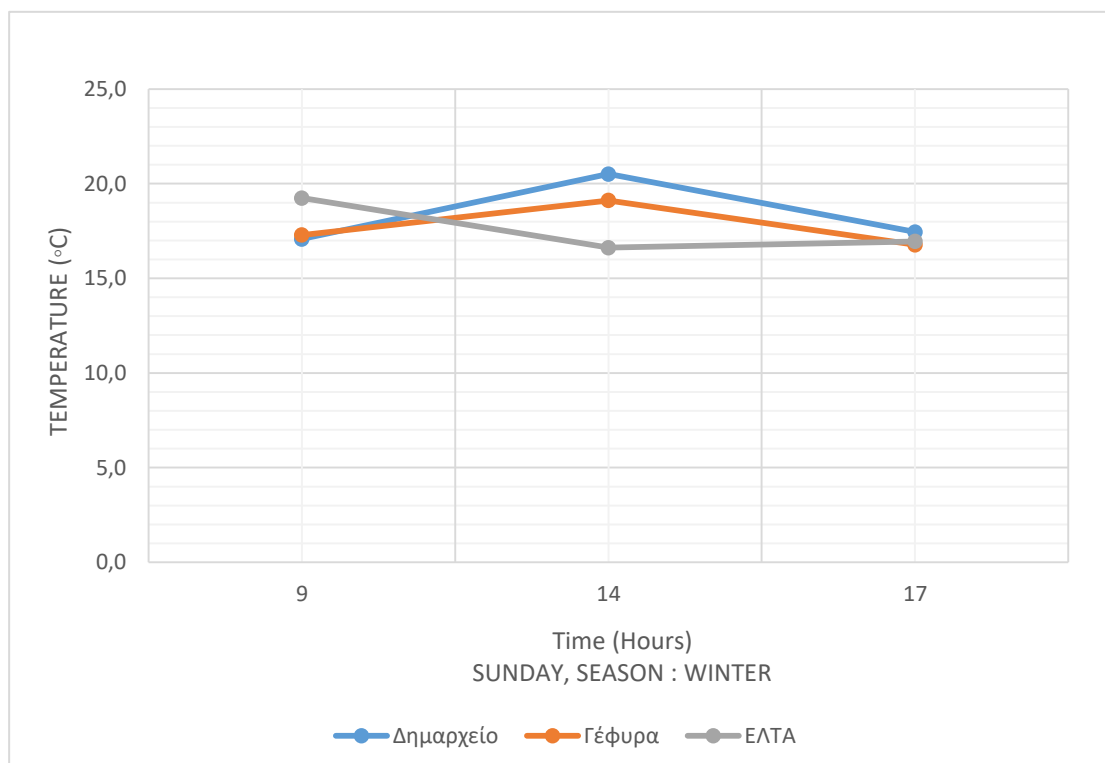
**Διάγραμμα 3.7** Διακύμανση Θερμοκρασίας, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη.

Για την ημέρα Τετάρτη, (**Διάγραμμα 3.7**), εμφανίζεται μια τυπική κατανομή της θερμοκρασίας, με τις απογευματινές ώρες να είναι θερμότερες των πρωινών.



**Διάγραμμα 3.8** Διακύμανση Θερμοκρασίας, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή.

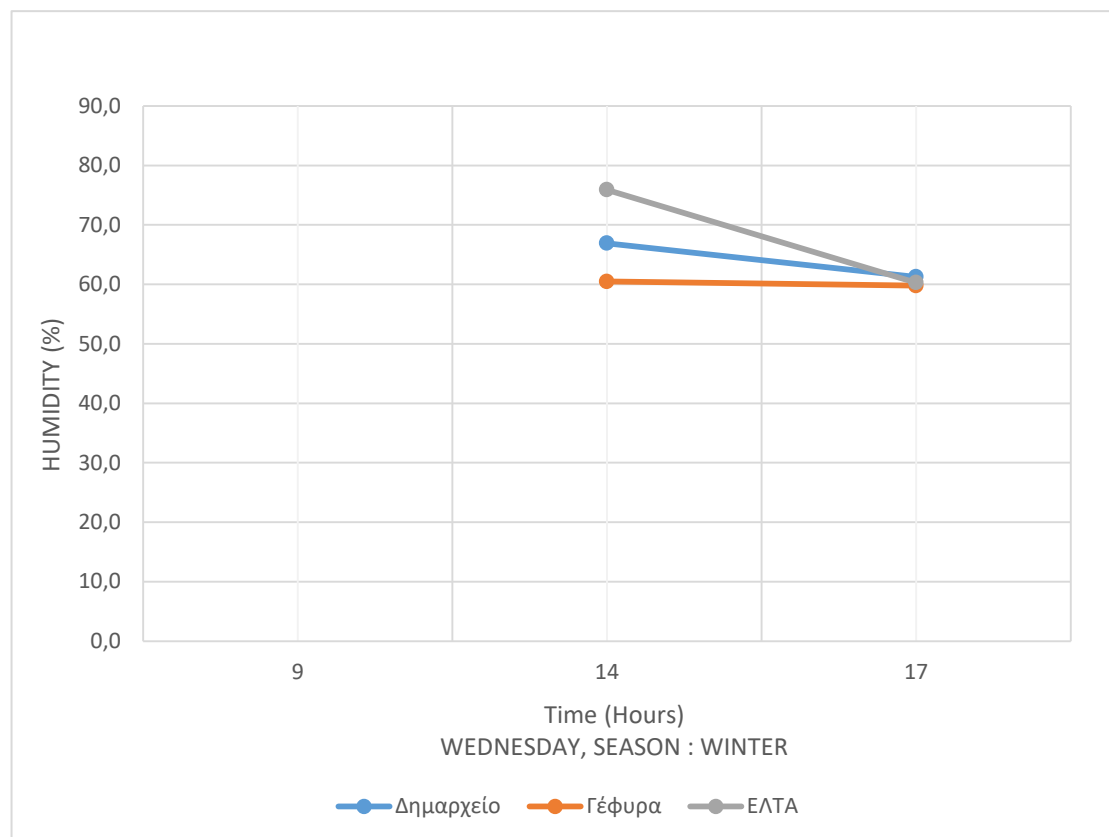
Μικρή διαφοροποίηση εμφανίζεται κατά την ημέρα της Παρασκευής, (**Διάγραμμα 3.8**), όπου τις απογευματινές ώρες η θερμοκρασία φαίνεται να μειώνεται σε όλους τους σταθμούς πλην του Δημαρχείου.



**Διάγραμμα 3.9** Διακύμανση Θερμοκρασίας , ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή.

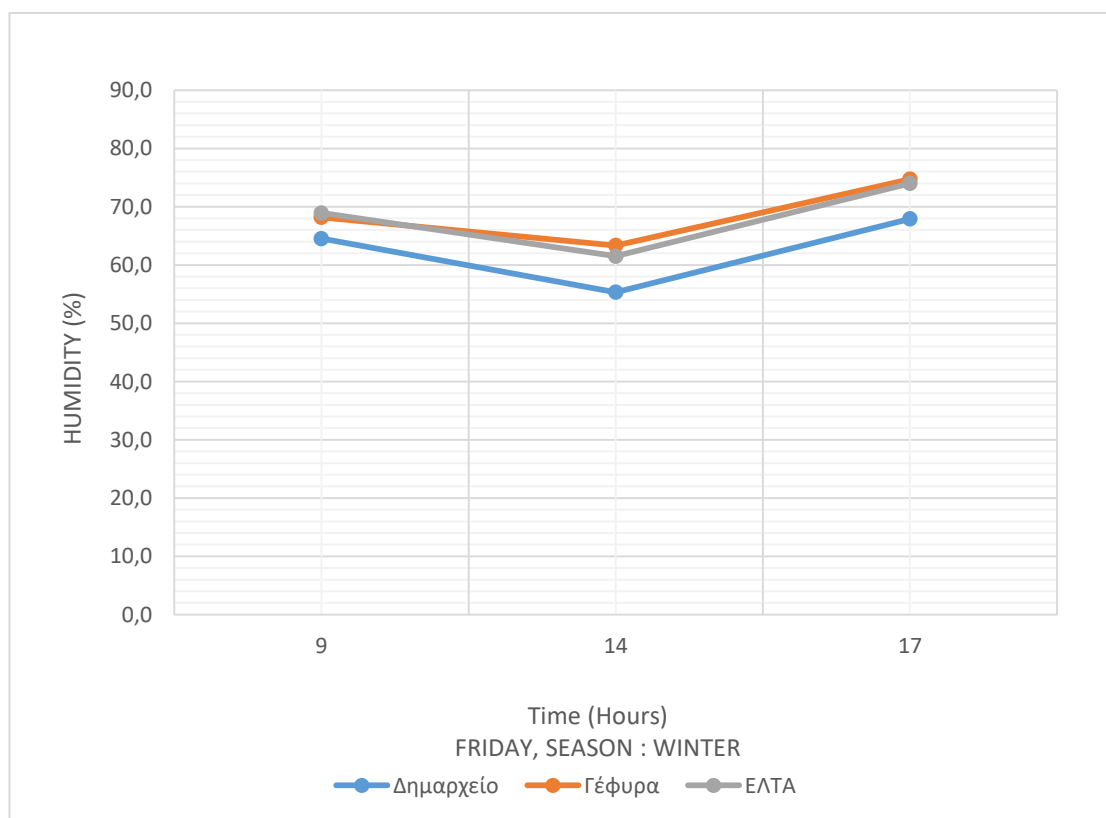
Για την ημέρα Κυριακή, (**Διάγραμμα 3.9**), εμφανίζεται ένα πιο σύνθετο προφίλ. Στον σταθμό των ΕΛΤΑ η θερμοκρασία εμφανίζει μια μείωση στις πρωινές ώρες, η οποία

αντικαθίσταται με ελαφρά αύξηση κατά τις απογευματινές. Οι άλλοι δυο σταθμοί παρουσιάζουν το ακριβώς αντίθετο προφίλ, με πρωινή αύξηση και απογευματινή μείωση.



**Διάγραμμα 3.10** Διακύμανση Υγρασίας, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη.

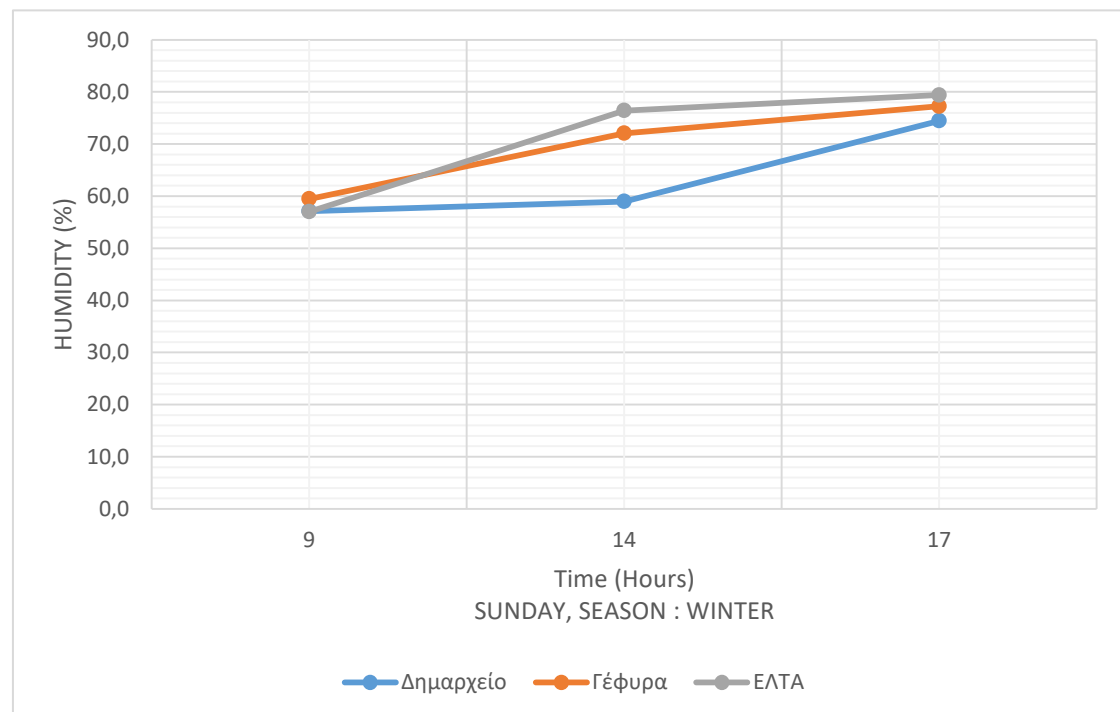
Αναφορικά με το ποσοστό υγρασίας για την Τετάρτη, (Διάγραμμα 3.10), εμφανίζεται ένα προφίλ γενικής πτώσης κατά τη διάρκεια της ημέρας.



**Διάγραμμα 3.11** Διακύμανση Υγρασίας, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή

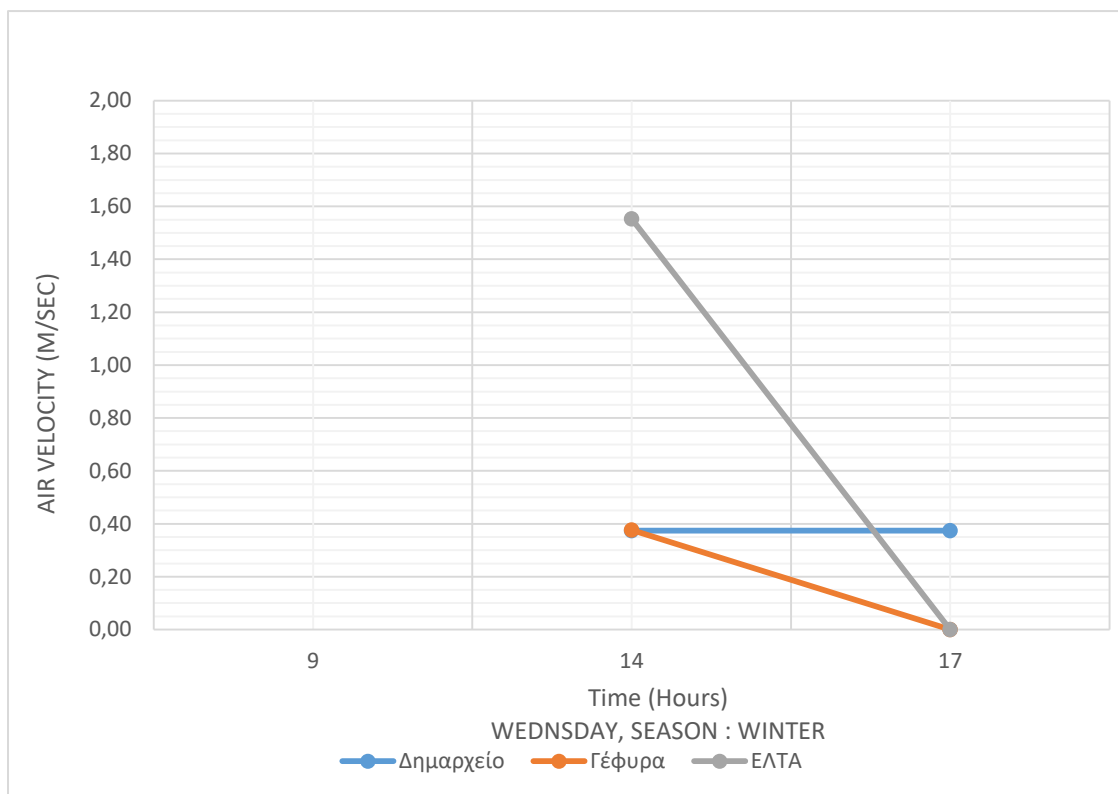


Αναφορικά με την Παρασκευή, (**Διάγραμμα 3.11**), παρουσιάζεται μια διακύμανση η οποία εμφανίζει το ελάχιστο ποσοστό υγρασίας κατά τις μεσημεριανές ώρες και το μέγιστο κατά τις απογευματινές.



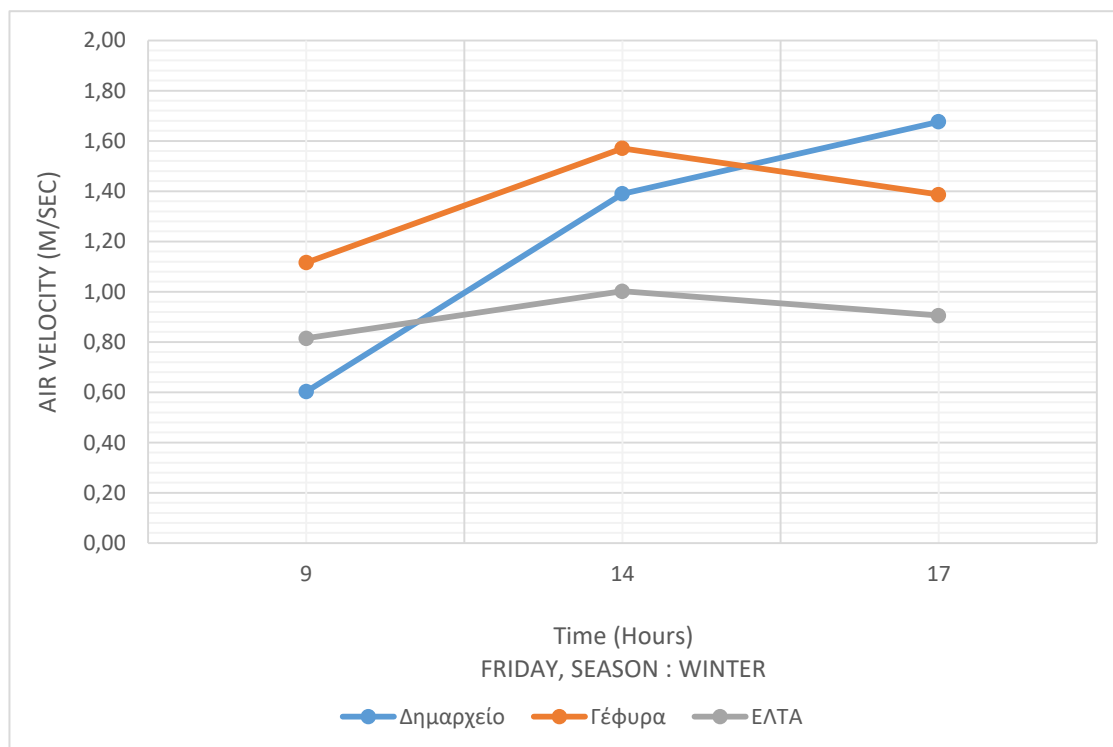
**Διάγραμμα 3.12** Διακύμανση Υγρασίας, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή.

Για την ημέρα της Κυριακής, (**Διάγραμμα 3.12**), εμφανίζεται ένα γενικό αυξητικό προφίλ, με το σταθμό του Δημαρχείου να διατηρεί σχετικά σταθερή υγρασία έως τις μεσημεριανές ώρες.



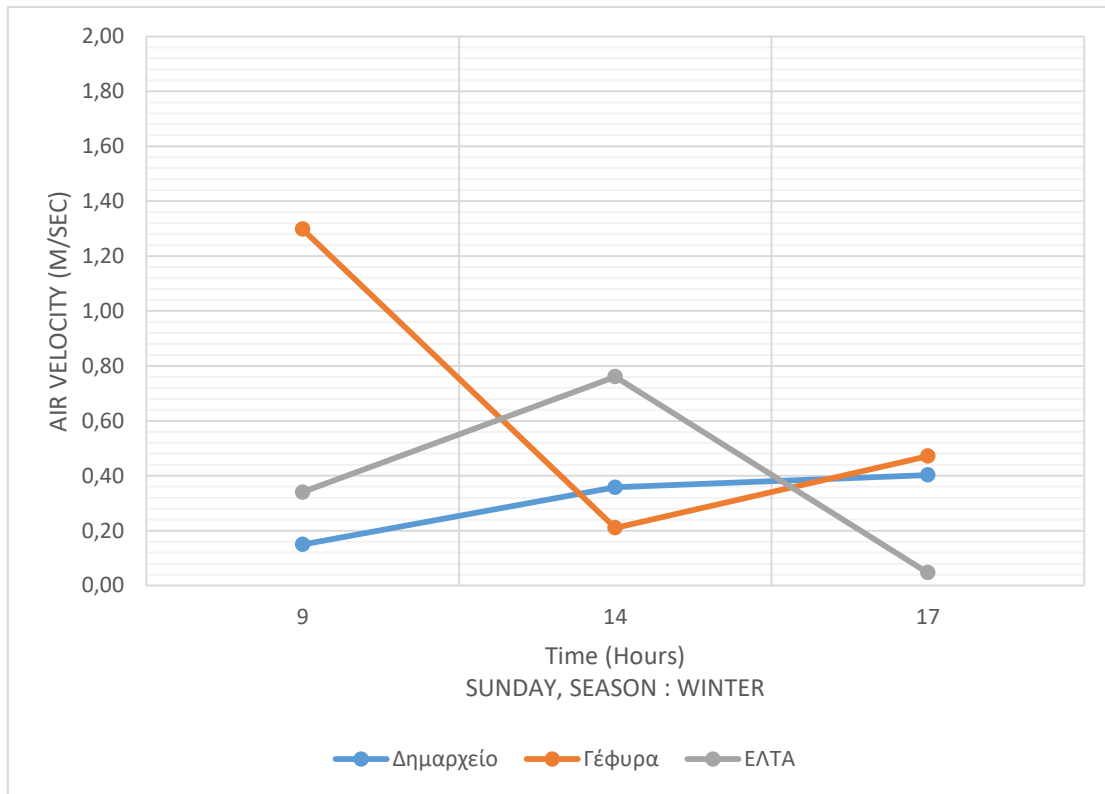
**Διάγραμμα 3.13** Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη.

Αναφορικά με την ταχύτητα του αέρα, (**Διάγραμμα 3.13**), δεν εμφανίζεται- προφίλ με ομαλή διακύμανση. Αυτό οφείλεται κυρίως στους τοπικούς (χρονικά και χωρικά) παράγοντες οι οποίοι επηρέαζαν τη μετρούμενη ταχύτητα ανέμου. Έτσι για την Τετάρτη, εμφανίζεται σταθερή τιμή για το Δημαρχείο, ενώ στους άλλους δύο σταθμούς επικρατούσε γενική άπνοια, με τις διελεύσεις των οχημάτων να προκαλούν ριπές ανέμου.



**Διάγραμμα 3.14** Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή.

Αναφορικά με την ημέρα Παρασκευή, (**Διάγραμμα 3.14**), εμφανίζεται μια σχετική ομαλότητα, με τις μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου για τους σταθμούς Γέφυρα και ΕΛΤΑ να εμφανίζονται στις απογευματινές ώρες. Η ταχύτητα στο σταθμό Δημαρχείο, εμφανίζει μια σταθερή άνοδο κατά τη διάρκεια της ημέρας.



**Διάγραμμα 3.15** Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή

Για την ημέρα Κυριακή, (**Διάγραμμα 3.15**), εμφανίζεται παρόμοιο ασταθές προφίλ διακύμανσης με την ημέρα Τετάρτη. Οι μόνες μετρήσεις που εμφανίζουν μια σχετική σταθερότητα είναι αυτές του Δημαρχείου, που έχουν μια αυξητική τάση.

### 3.1.2 Συνδυαστικά Αποτελέσματα Χειμώνα

Στα παρακάτω συνδυαστικά διαγράμματα παρουσιάζονται οι σημειακές μετρήσεις της σωματιδιακής ύλης, καθώς και οι μετρήσεις θερμοκρασίας, υγρασίας και ταχύτητας ανέμου, προκειμένου να εξετασθούν οι πιθανές σχέσεις εξάρτησης.

**Πίνακας 3. 6** Συνδυαστικά Δεδομένα Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, για την ημέρα Τετάρτη.

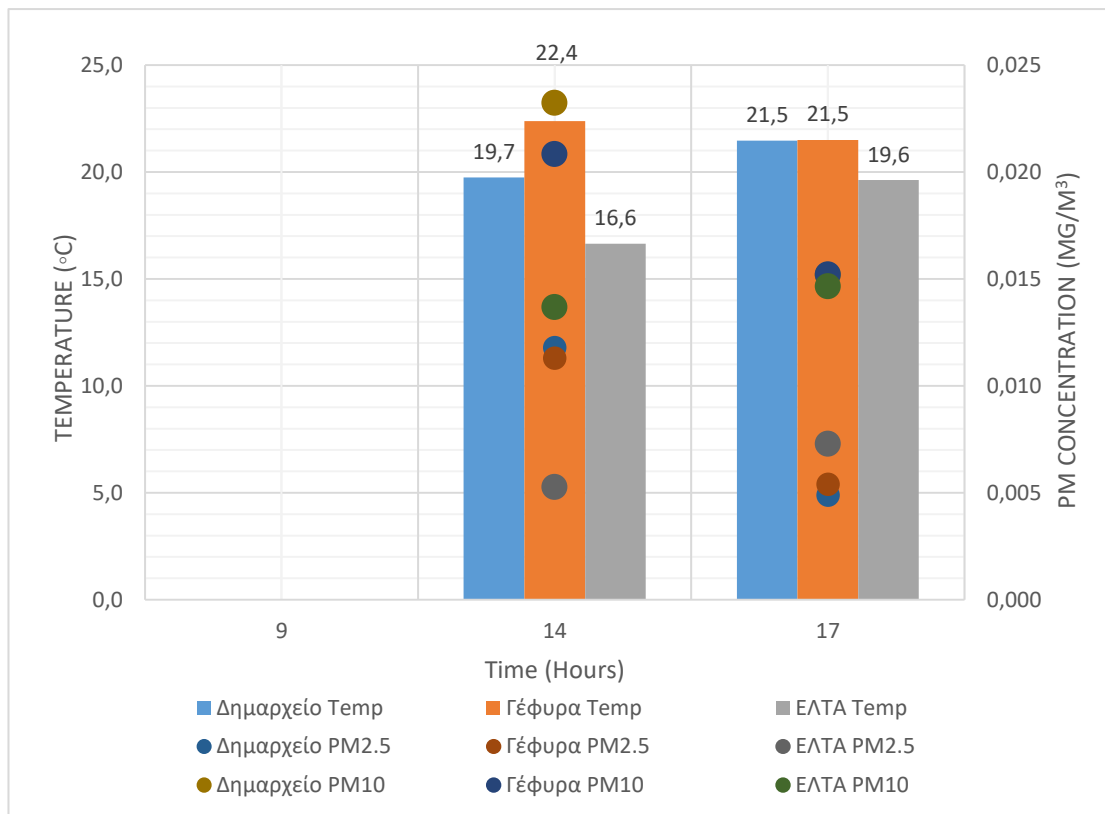
Χρόνος (h)	Δημαρχείο					
Τετάρτη	PM <sub>1</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)	Ταχύτητα Ανέμου
9	-	-	-	-	-	-
14	0.0089	0.012	0.023	19.7	66.9	0.37
17	0.0022	0.0049	0.015	21.5	61.3	0.37
Γέφυρα						
9	-	-	-	-	-	-
14	0.0086	0.011	0.021	22.4	60.5	0.38
17	0.0026	0.0054	0.015	21.5	59.8	0.00
ΕΛΤΑ						
9	-	-	-	-	-	-
14	0.002	0.005	0.014	16.6	75.9	1.55
17	0.005	0.007	0.015	19.6	60.3	0.00

**Πίνακας 3. 7** Συνδυαστικά Δεδομένα Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, για την ημέρα Παρασκευή.

Χρόνος (h)	Δημαρχείο					
Παρασκευή	PM <sub>1</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)	Ταχύτητα Ανέμου
9	0.0091	0.011	0.018	15.9	64.5	0.60
14	0.0054	0.006	0.010	16.5	55.3	1.39
17	0.0047	0.007	0.011	16.7	67.9	1.68
Γέφυρα						
9	0.012	0.014	0.022	16.6	68.2	1.12
14	0.004	0.005	0.012	18.1	63.3	1.57
17	0.009	0.011	0.018	16.1	74.7	1.39
ΕΛΤΑ						
9	0.0074	0.0097	0.015	18.2	68.9	0.81
14	0.0038	0.0045	0.007	18.5	61.5	1.00
17	0.0077	0.0097	0.015	16.2	74.0	0.91

**Πίνακας 3. 8** Συνδυαστικά Δεδομένα Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, για την ημέρα Κυριακή.

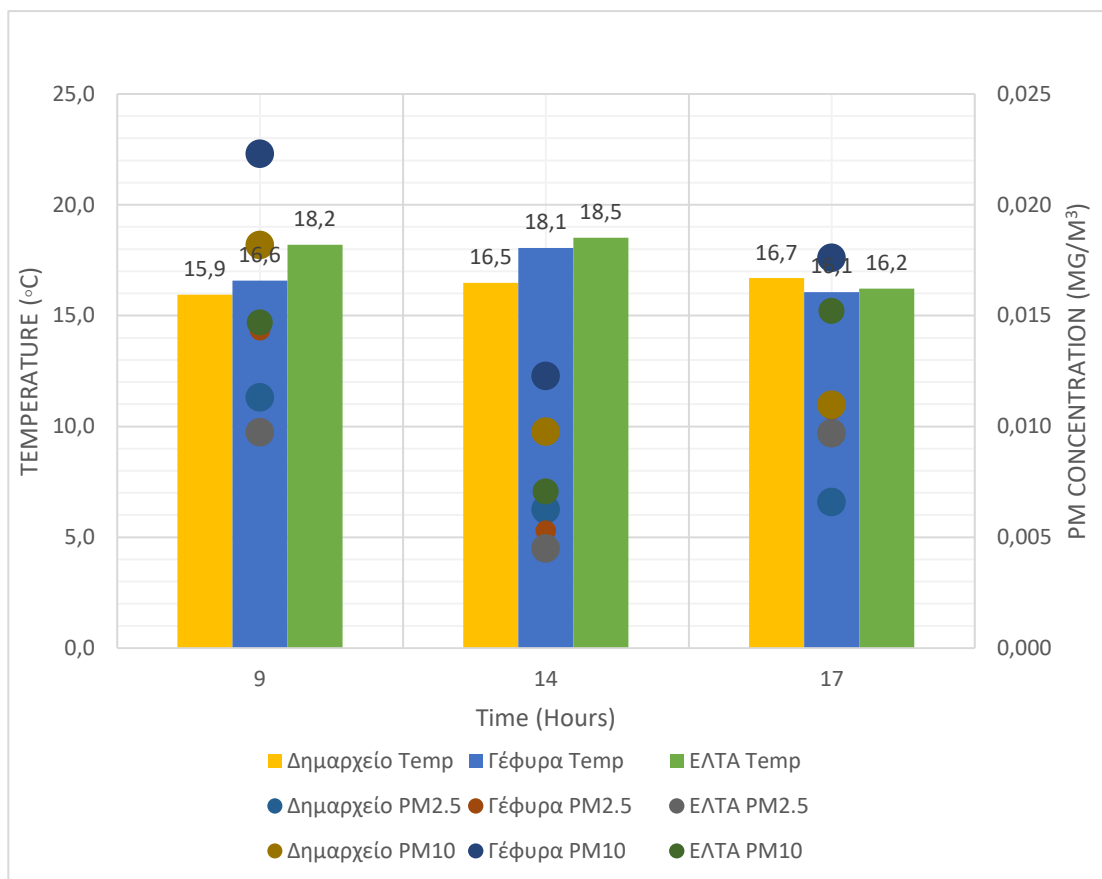
Χρόνος (h)	Δημαρχείο					
Κυριακή	PM <sub>1</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)	Ταχύτητα Ανέμου
9	0.013	0.013	0.020	17.1	57.1	0.15
14	0.006	0.007	0.010	20.5	59.0	0.36
17	0.016	0.018	0.027	17.4	74.5	0.40
Γέφυρα						
9	0.006	0.006	0.009	17.3	59.5	1.30
14	0.006	0.007	0.010	19.1	72.0	0.21
17	0.018	0.019	0.030	16.8	77.3	0.47
ΕΛΤΑ						
9	0.016	0.017	0.027	19.2	57.0	0.34
14	0.006	0.007	0.014	16.6	76.4	0.76
17	0.017	0.018	0.028	17.0	79.4	0.05



**Διάγραμμα 3.16** Διακύμανση Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη.

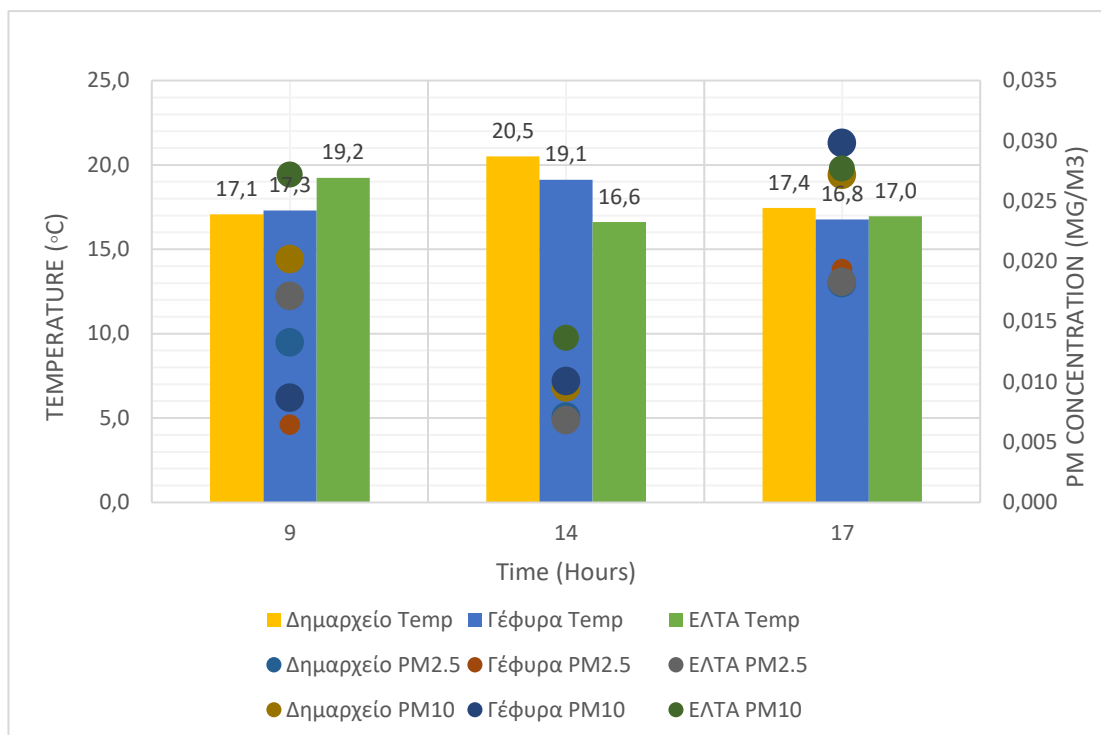
Στο συνδυαστικό διάγραμμα Θερμοκρασίας – Συγκέντρωσης, για την ημέρα Τετάρτη, (Διάγραμμα 3.16), εμφανίζεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση, αυτή των  $PM_{10}$ , η οποία πιθανώς να μην είναι άμεσα εξαρτώμενη με τη μέγιστη θερμοκρασία. Η μέγιστη τιμή των  $PM_{10}$ , εντοπίζεται στο Δημαρχείο τις μεσημεριανές ώρες και στη γέφυρα τις απογευματινές. Αντίθετα η θερμοκρασία παρουσιάζει μέγιστες τιμές στη γέφυρα.





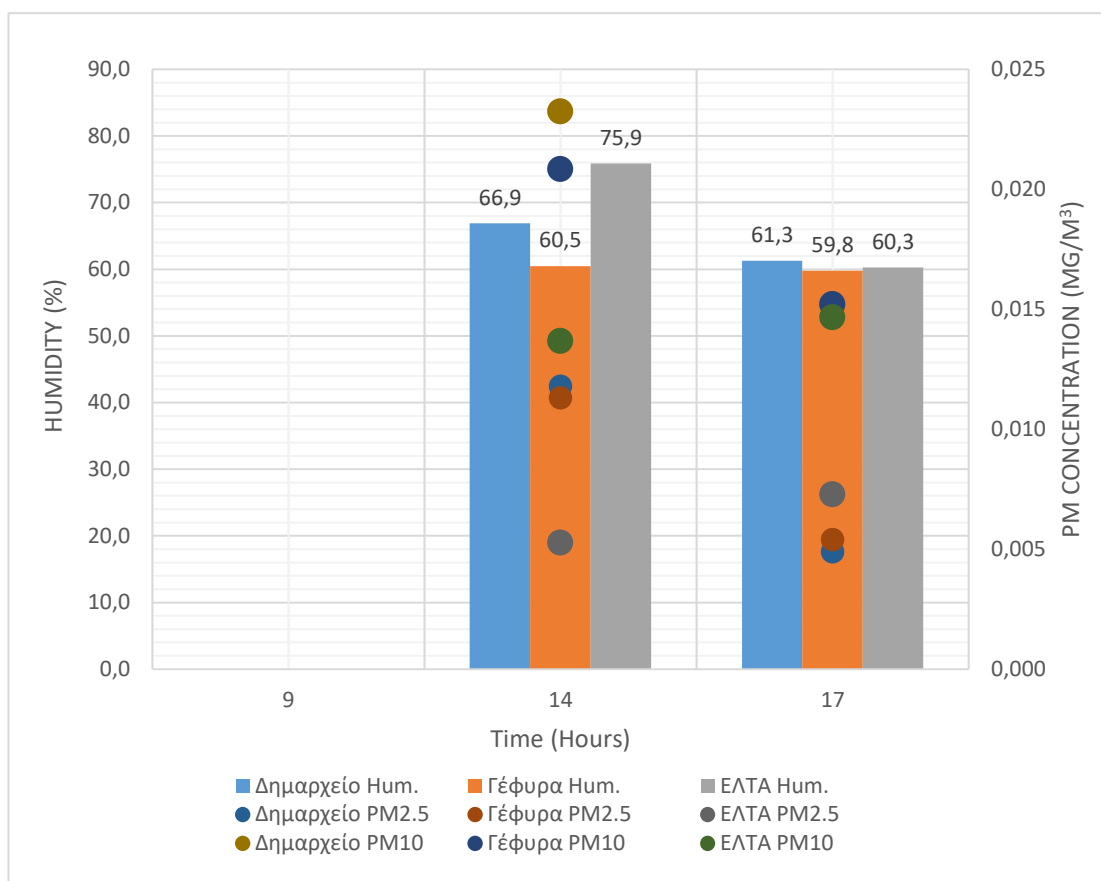
**Διάγραμμα 3.17** Διακύμανση Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή.

Στο συνδυαστικό διάγραμμα Θερμοκρασίας – Συγκέντρωσης, (**Διάγραμμα 3.17**), για την ημέρα Παρασκευή, εμφανίζεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση, η οποία είναι αυτή των  $PM_{10}$ , η οποία και δεν είναι άμεσα εξαρτώμενη με τη μέγιστη θερμοκρασία. Η μέγιστη τιμή των  $PM_{10}$ , εντοπίζεται στη γέφυρα κατά τη διάρκεια όλης της ημέρας. Αντίθετα η θερμοκρασία παρουσιάζει μέγιστες τιμές στα ΕΛΤΑ.



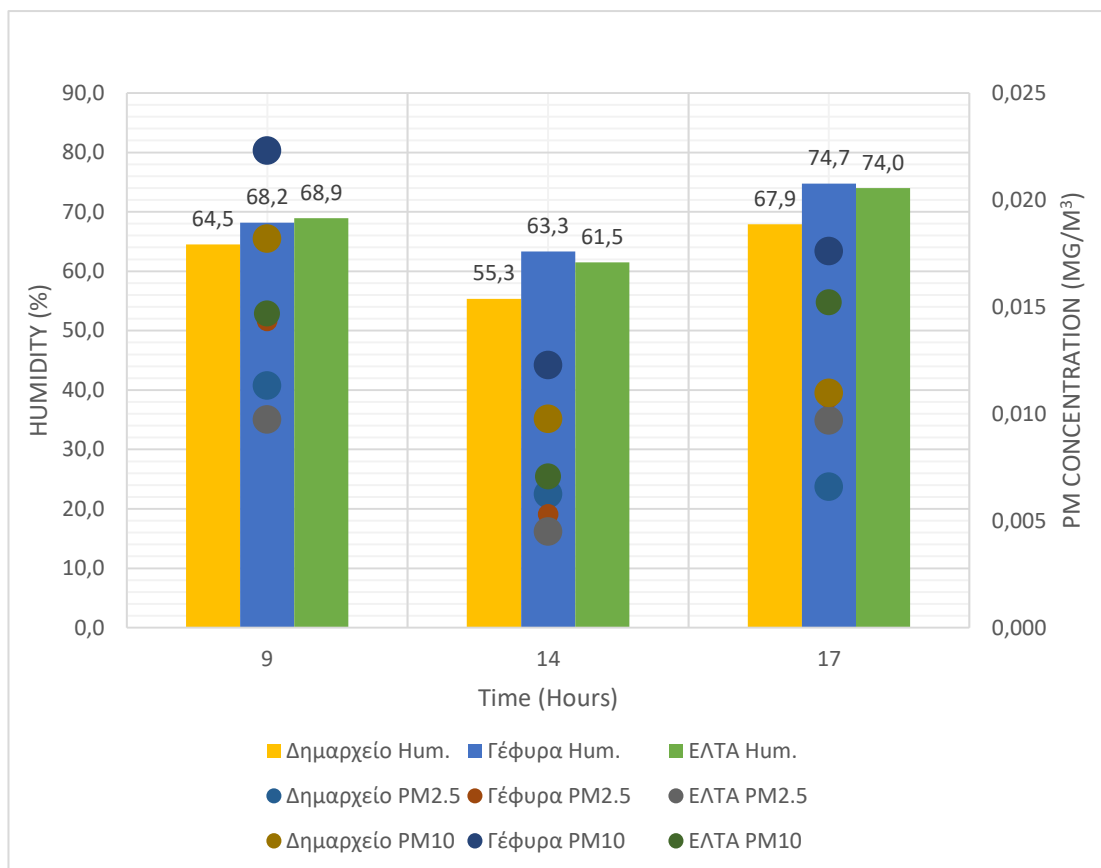
**Διάγραμμα 3.18** Διακύμανση Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή

Στο συνδυαστικό διάγραμμα Θερμοκρασίας – Συγκέντρωσης, (**Διάγραμμα 3.18**), για την ημέρα Κυριακή, εμφανίζεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση, η οποία είναι αυτή των PM<sub>10</sub>, η οποία και δεν είναι άμεσα εξαρτώμενη με τη μέγιστη θερμοκρασία. Η μέγιστη τιμή των PM<sub>10</sub>, εντοπίζεται στη γέφυρα κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες, ενώ τις μεσημεριανές εμφανίζεται στα ΕΛΤΑ. Αντίθετα η θερμοκρασία παρουσιάζει μέγιστες τιμές στα ΕΛΤΑ τις πρωινές ώρες και στο Δημαρχείο για το υπόλοιπο της ημέρας.



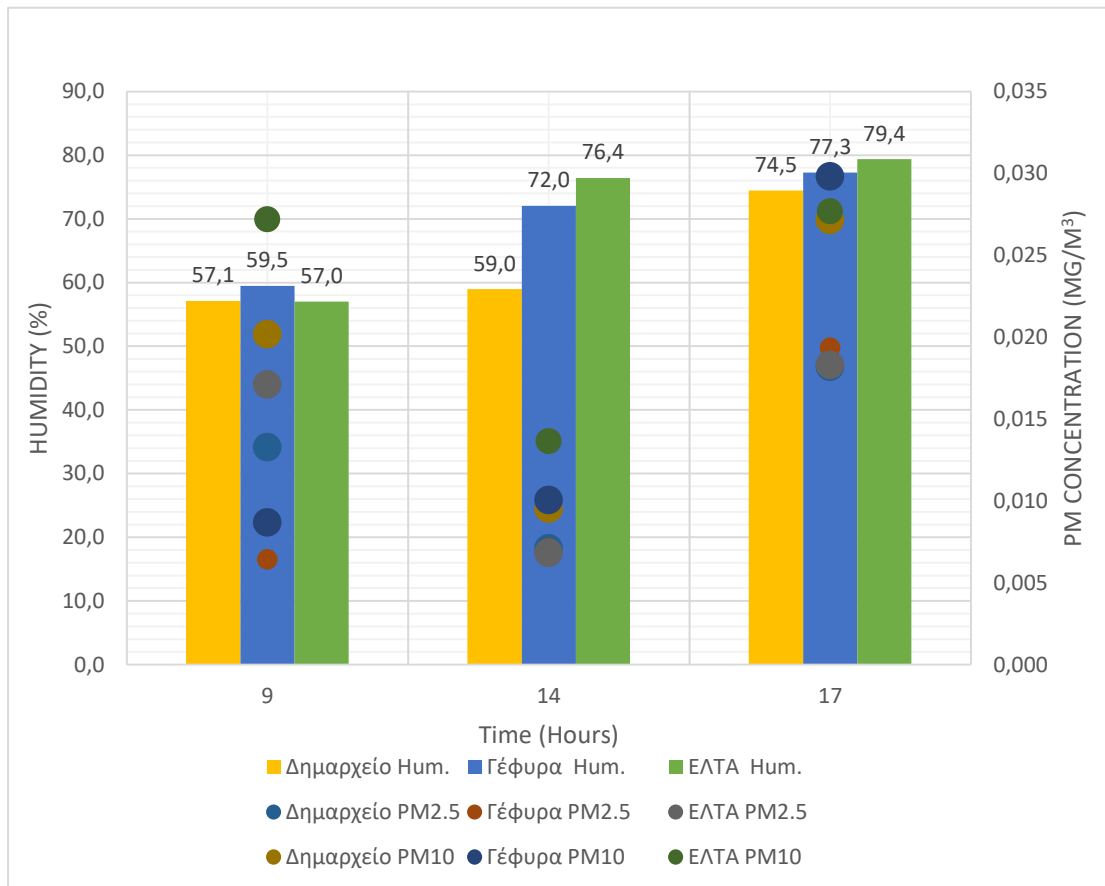
**Διάγραμμα 3.19** Διακύμανση Υγρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη

Στο συνδυαστικό διάγραμμα Υγρασίας – Συγκέντρωσης, (Διάγραμμα 3.19), για την ημέρα Τετάρτη, εμφανίζεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση, η οποία είναι αυτή των  $PM_{10}$ , η οποία δεν εμφανίζεται να έχει κάποια άμεση συσχέτιση με τα μέγιστα ποσοστά υγρασίας. Η μέγιστη τιμή των  $PM_{10}$ , εντοπίζεται στο Δημαρχείο κατά τις μεσημεριανές ώρες, χωρίς να συμβαίνει το ίδιο με την μέγιστη υγρασία και στις απογευματινές ώρες, εντοπίζεται στην γέφυρα. Αντίθετα, η υγρασία παρουσιάζει μέγιστες τιμές στα ΕΛΤΑ τις μεσημεριανές ώρες, ενώ τις απογευματινές παρουσιάζει όμοια διακύμανση σε όλους τους σταθμούς.



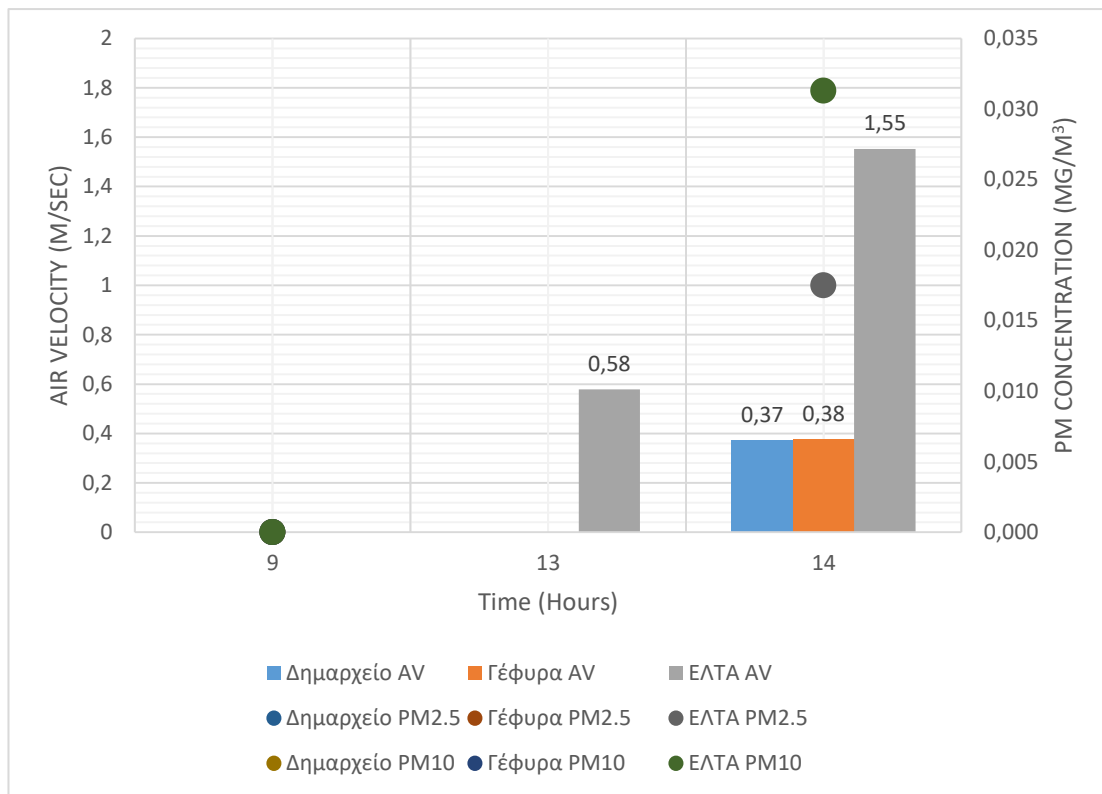
**Διάγραμμα 3.20** Διακύμανση Υγρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή.

Στο συνδυαστικό διάγραμμα Υγρασίας – Συγκέντρωσης, (**Διάγραμμα 3.20**), για την ημέρα Παρασκευή, εμφανίζεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση, η οποία είναι αυτή των  $PM_{10}$ , η οποία εμφανίζεται να έχει κάποια άμεση συσχέτιση με τα μέγιστα ποσοστά υγρασίας. Η μέγιστη τιμή των  $PM_{10}$ , εντοπίζεται στη γέφυρα κατά τη διάρκεια όλης της ημέρας, ενώ ταυτόχρονα σε αυτόν το σταθμό εντοπίζονται υψηλά ποσοστά υγρασίας.



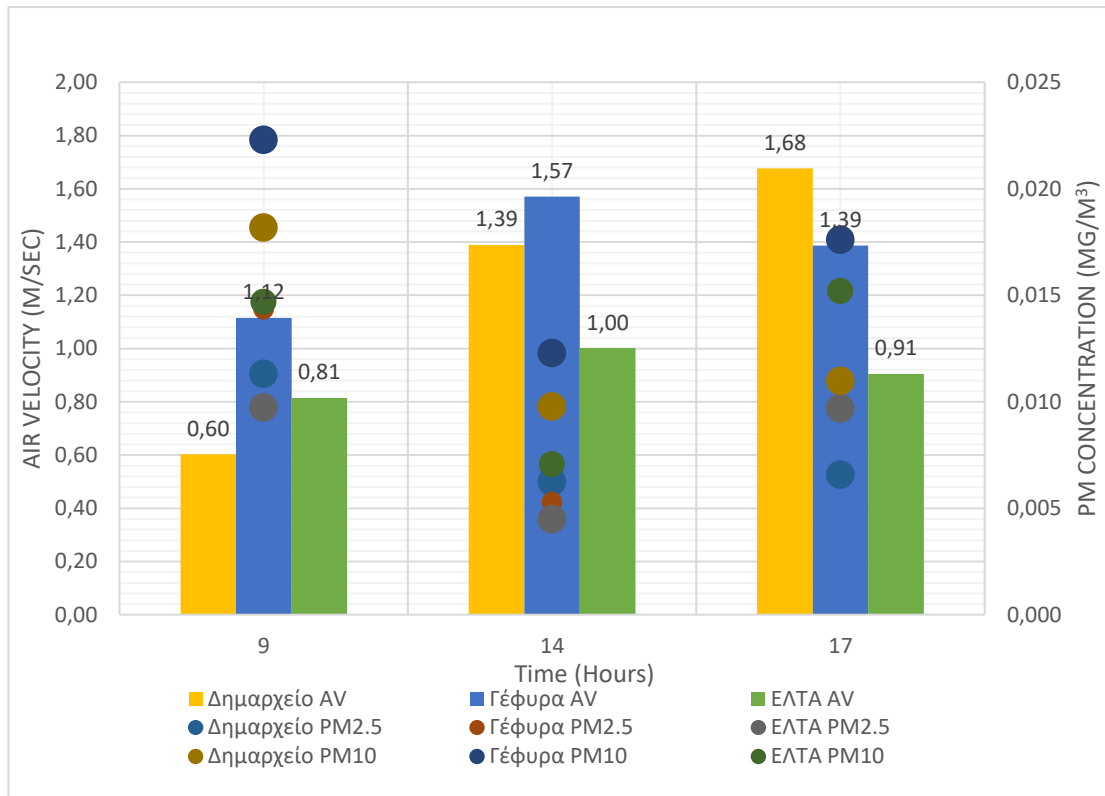
**Διάγραμμα 3.21** Διακύμανση Υγρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή.

Στο συνδυαστικό διάγραμμα Υγρασίας – Συγκέντρωσης, (Διάγραμμα 3.21), για την ημέρα Κυριακή, εμφανίζεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση, η οποία είναι αυτή των  $PM_{10}$ , η οποία δεν εμφανίζεται να έχει κάποια άμεση συσχέτιση με τα μέγιστα ποσοστά υγρασίας. Η μέγιστη τιμή των  $PM_{10}$ , εντοπίζεται στα ΕΛΤΑ κατά τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες. Τέλος, κατά τις απογευματινές ώρες η μέγιστη συγκέντρωση  $PM_{10}$ , εντοπίζεται στην γέφυρα.



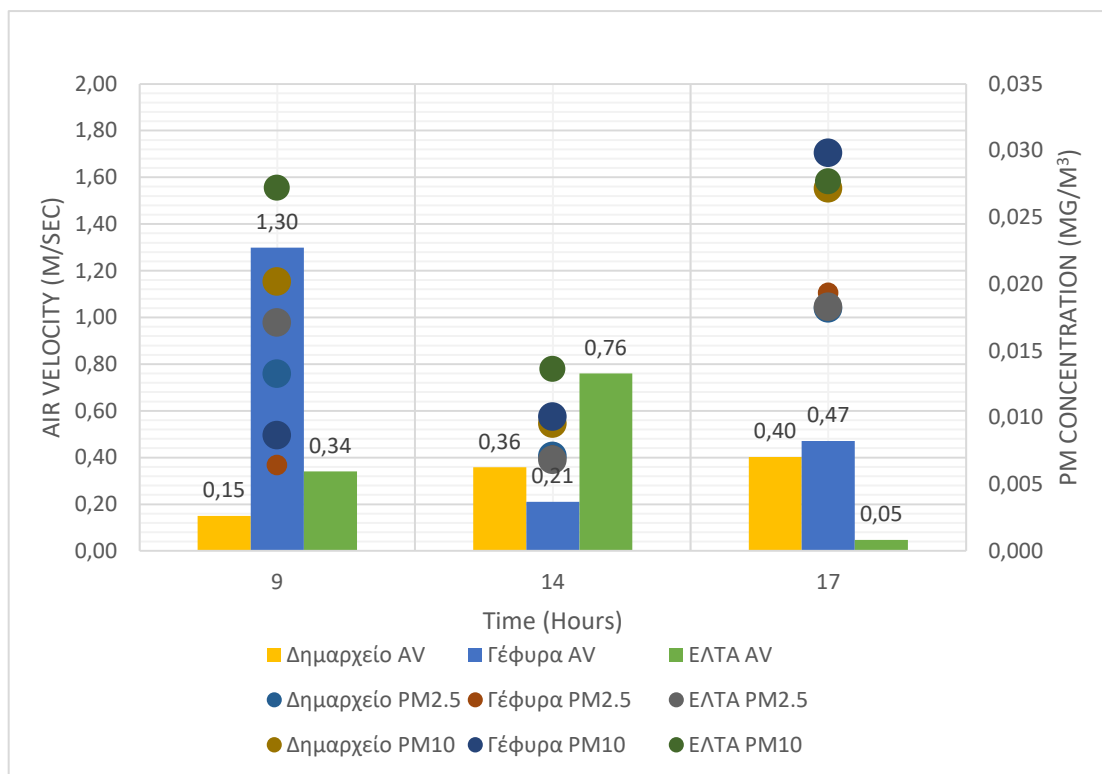
**Διάγραμμα 3.22** Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη

Στο συνδυαστικό διάγραμμα Ταχύτητας Ανέμου – Συγκέντρωσης, (**Διάγραμμα 3.22**), για την ημέρα Τετάρτη, εμφανίζεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση, η οποία είναι αυτή των  $PM_{10}$ , η οποία δεν εμφανίζεται να έχει κάποια άμεση συσχέτιση με τη μέγιστη ταχύτητα ανέμου. Η μέγιστη τιμή των  $PM_{10}$ , εντοπίζεται στο Δημαρχείο κατά τις μεσημεριανές ώρες και στη γέφυρα κατά τις απογευματινές. Η μέρα χαρακτηρίζεται από γενική άπνοια.



**Διάγραμμα 3.23** Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή.

Στο συνδυαστικό διάγραμμα Ταχύτητας Ανέμου – Συγκέντρωσης, (Διάγραμμα 3.23), για την ημέρα Παρασκευή, εμφανίζεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση, η οποία είναι αυτή των  $PM_{10}$ , η οποία εμφανίζεται να έχει εν μέρη κάποια άμεση συσχέτιση με τη μέγιστη ταχύτητα ανέμου. Η μέγιστη τιμή των  $PM_{10}$ , εντοπίζεται στη γέφυρα σε όλη τη διάρκεια της ημέρας, με τις πρωινές και απογευματινές ώρες να ταυτίζονται με την μέγιστη ταχύτητα ανέμου. Η ημέρα χαρακτηρίζεται από έντονους ανέμους.



**Διάγραμμα 3.24** Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή.

Στο συνδυαστικό διάγραμμα Ταχύτητας Ανέμου – Συγκέντρωσης, (Διάγραμμα 3.24), για την ημέρα Κυριακή, εμφανίζεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση, η οποία είναι αυτή των  $PM_{10}$ , η οποία δεν εμφανίζεται να έχει κάποια άμεση συσχέτιση με τη μέγιστη ταχύτητα ανέμου. Η μέγιστη τιμή των  $PM_{10}$ , εντοπίζεται στα ΕΛΤΑ κατά τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες, και στη γέφυρα κατά τις απογευματινές. Η μέρα χαρακτηρίζεται από ήπια πνοή ανέμου.



### **3.1.3 Μετρήσεις Ήχου**

Για την περίοδο του **χειμώνα**, αφού ακολουθήθηκε η μεθοδολογία που αναφέρεται στην παράγραφο **2.4.1**, προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα :

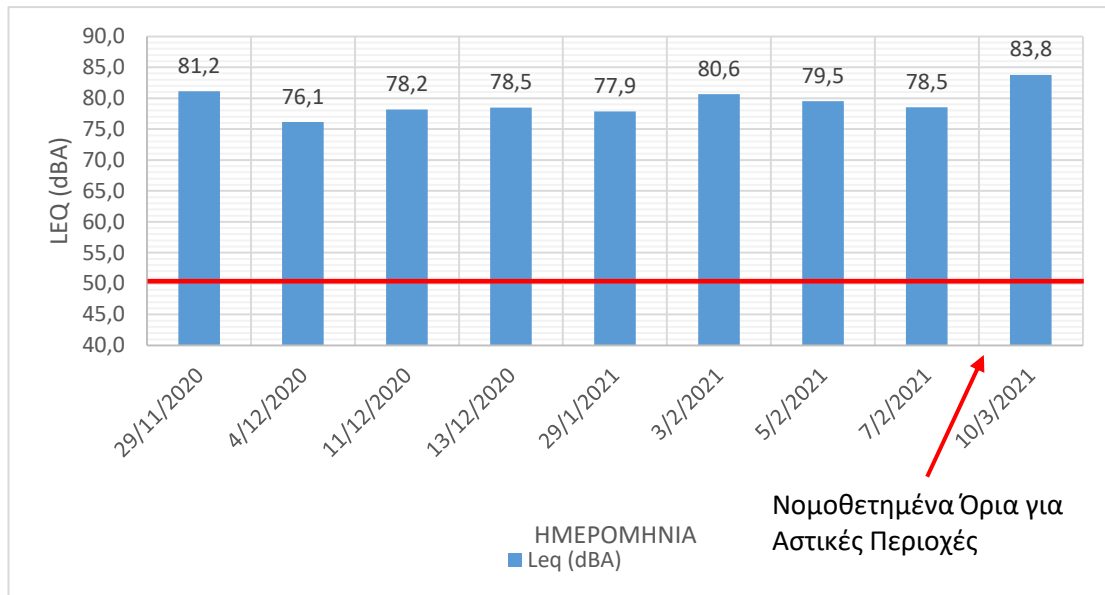
**Πίνακας 3.9** Ενδεικτικά δεδομένα ήχου και δείκτες  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  για το χειμώνα.

Καταγραφόμενο Μέγεθος	Εύρος Τιμών	Αποτέλεσμα
Ημερομηνία	29/11/2020 – 10/03/2021	
Μήνας	Νοέμβριος - Μάρτιος	
Ημέρα	Τετάρτη/Παρασκευή/Κυριακή	
Σταθμός	Δημαρχείο/Γέφυρα/ΕΛΤΑ	
Ώρα	09:00:00 - 17:00:00	
Εύρος (dBA)	40 - 90	
Τιμή (dBA)	40 - 90	
$L_{10}$ (dBA)		48.7
$L_{50}$ (dBA)		60.3
$L_{90}$ (dBA)		72.7

Με τη χρήση του μαθηματικού τύπου που αναφέρεται στην παράγραφο **2.4.1** Επεξεργασία Δεδομένων Ήχου, υπολογίστηκαν οι ημερήσιοι δείκτες  $L_{eq}$ , για το χειμώνα :

**Πίνακας 3.10** Ημερήσια  $L_{eq}$  για την εποχή του Χειμώνα

Ημερομηνία	$L_{eq}$ (dBA)
29/11/2020	81.2
04/12/2020	76.1
11/12/2020	78.2
13/12/2020	78.5
29/01/2021	77.9
03/02/2021	80.6
05/02/2021	79.5
07/02/2021	78.5
10/03/2021	83.8



**Διάγραμμα 3.25** Διάγραμμα Κατανομής Leq για τον Χειμώνα

Σε όλες τις μετρήσεις του χειμώνα, η απλοποιημένη μορφή του  $L_{eq}$ , δίνει αποτελέσματα τα οποία βρίσκονται εκτός των νομοθετημένων ορίων των 50 dBA, (Διάγραμμα 3.25) με την μέγιστη υπέρβαση να φτάνει τα 26.2 dBA.

### **3.1.4 Μετρήσεις Κυκλοφοριακού Φόρτου**

Κατά τη διάρκεια των χειμερινών μετρήσεων, πραγματοποιήθηκε μια ταυτόχρονη μέτρηση των περιβαλλοντικών δεδομένων με τα δεδομένα κυκλοφοριακού φόρτου. Αυτή η μέτρηση έγινε την Τετάρτη 10/03/2021, ενώ ταυτόχρονα οι τρεις μετρητές SDR καταμετρούσαν την διακύμανση της κυκλοφορίας για το διάστημα 24/02/2021 με 12/03/2021. Συνολικά συλλέχθηκαν 60,000 με 80,000 δεδομένα κυκλοφορίας για τον κάθε σταθμό. Λόγω του όγκου των δεδομένων παρουσιάζονται ενδεικτικά δεδομένα για τον σταθμό μέτρησης **Γέφυρα** (Πίνακας 3.11):

**Πίνακας 3. 11** Δεδομένα Κυκλοφοριακού Φόρτου , Ενδεικτικός Σταθμός : Γέφυρα

Μετρούμενο Μέγεθος	Εύρος Τιμών
Ημερομηνία	28/02/2021 – 10/03/2021
Μήνας	Φεβρουάριος, Μάρτιος
Αριθμός Μήνα	2,3
Εβδομάδα	1,2,3
Ημέρα	Καθημερινά
Αριθμός Ημέρας	28, 1 – 10
Ωρα	00:00:00 – 23:59:59
Direction (Κατεύθυνση)	1, 2
Length (Μήκος) (m)	0.5 – 25.5
Speed (Ταχύτητα) (km/h)	6.0 – 125.0
Speeding Vehicles (Εκτός ορίου Ταχύτητας)	0, 1

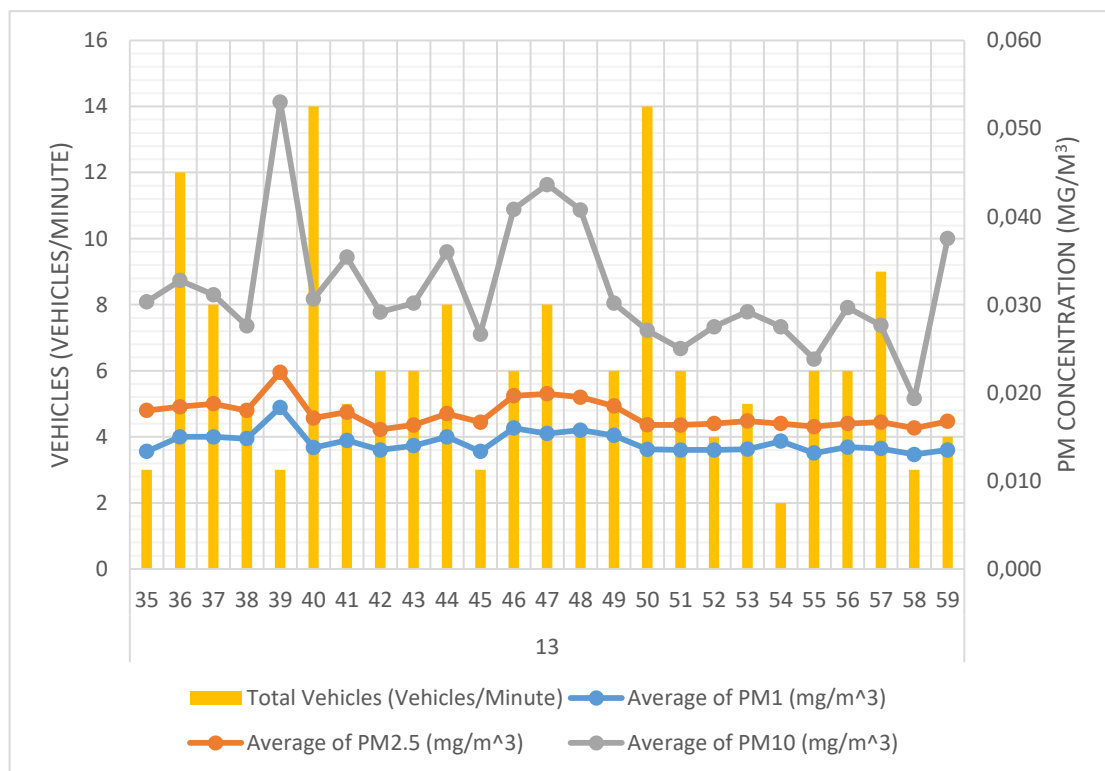
Η παραπάνω δομή ακολουθήθηκε και για τους σταθμούς **Δημαρχείο** και **ΕΛΤΑ**.

#### **Διευκρινίσεις Πίνακα :**

- **Direction:** Κατεύθυνση Οχήματος, βάση παραδοχής ορίζεται ως **Direction 1:** κατεύθυνση εξερχόμενων οχημάτων από τον αστικό Πλατανιά, **Direction 2:** κατεύθυνση εισερχόμενων οχημάτων στον αστικό Πλατανιά.
- **Length :** Μήκος του καταγεγραμμένου οχήματος σε μέτρα (m).
- **Speed :** Ταχύτητα του καταγεγραμμένου οχήματος σε χλμ./ώρα (km/h).

- **Speeding Vehicles :** Οχήματα που υπερβαίνουν το όριο ταχύτητας, το οποίο από την ελληνική νομοθεσία και τον κώδικα οδικής κυκλοφορίας , για κατοικημένη περιοχή, ορίζεται στα **50 km/h** (Ελληνική Δημοκρατία, 2021)
  - 0 : Το καταγεγραμμένο όχημα δεν υπερβαίνει το όριο ταχύτητας.
  - 1 : Το καταγεγραμμένο όχημα υπερβαίνει το όριο ταχύτητας.

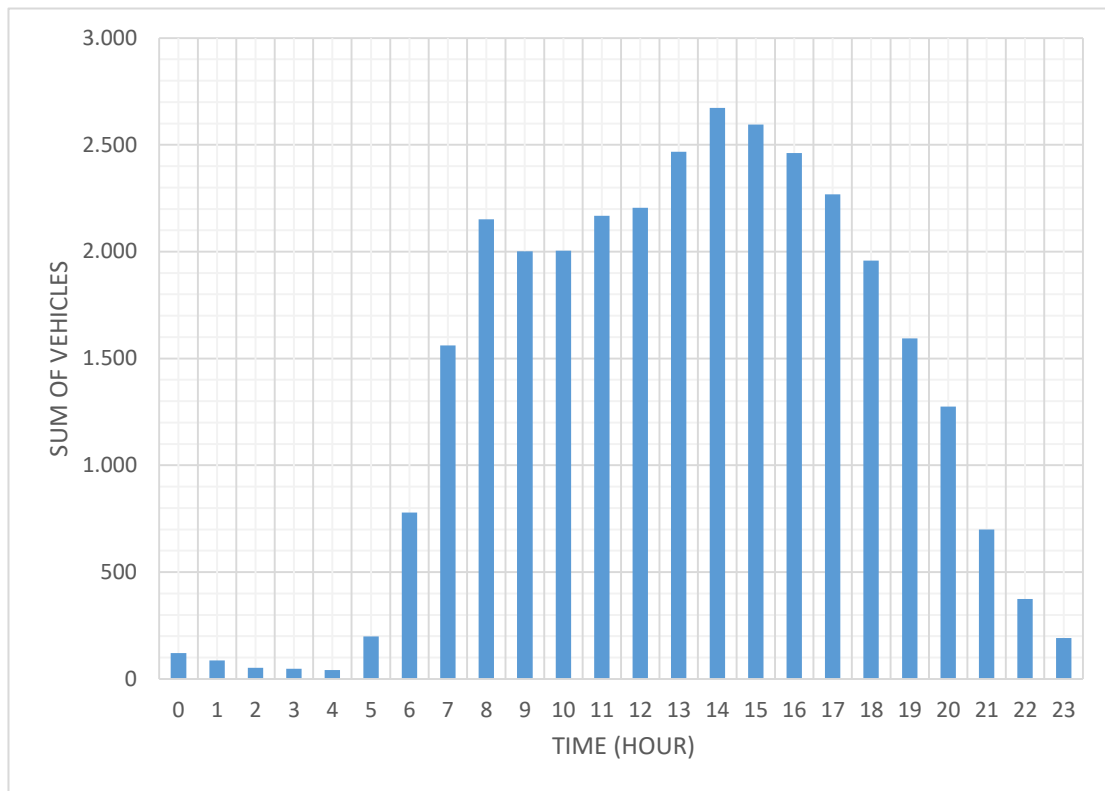
Με τα δεδομένα του κυκλοφοριακού φόρτου και τις καταγεγραμμένες συγκεντρώσεις  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , οι οποίες πιθανώς να επηρεάζονται άμεσα από την διακύμανση της κυκλοφορίας, προέκυψε το παρακάτω συνδυαστικό διάγραμμα:



**Διάγραμμα 3.26** Διακύμανση Συγκεντρώσεων PM και Διακύμανσης Κυκλοφοριακού Φόρτου, για την 10/03/2021: 13:00 μμ.

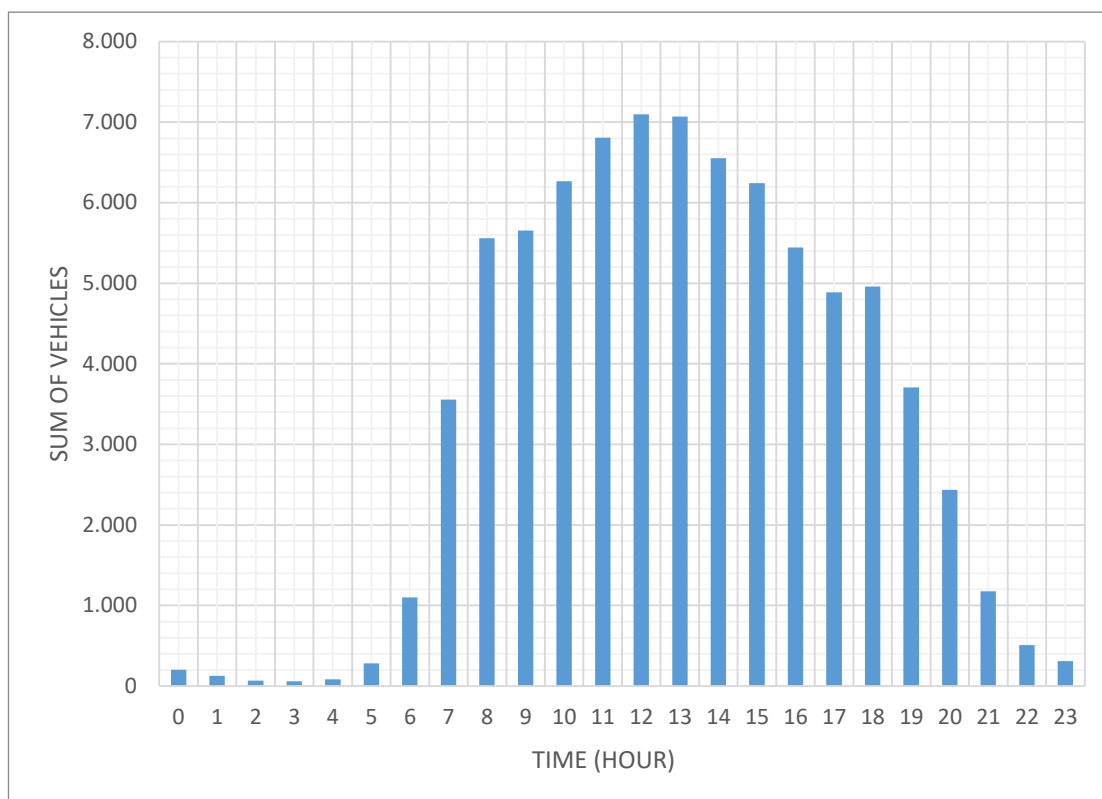
Παρατηρώντας το συνδυαστικό διάγραμμα μιας πλήρης ώρας, (Διάγραμμα 3.26), εμφανίζεται η συσχέτιση των συγκεντρώσεων σωματιδιακής ύλης με τον κυκλοφοριακό φόρτο. Όλες οι συγκεντρώσεις PM, εμφανίζουν μέγιστα (spikes) μερικά λεπτά από τα μέγιστα του κυκλοφοριακού φόρτου. Ιδιαίτερα υψηλές, με πιθανή ύπαρξη τοπικών εστιών, εμφανίζονται οι συγκεντρώσεις των  $PM_{10}$ .

Για καθένα από τους τρεις σταθμούς, παρατηρείται η παρακάτω διακύμανση του κυκλοφοριακού φόρτου :



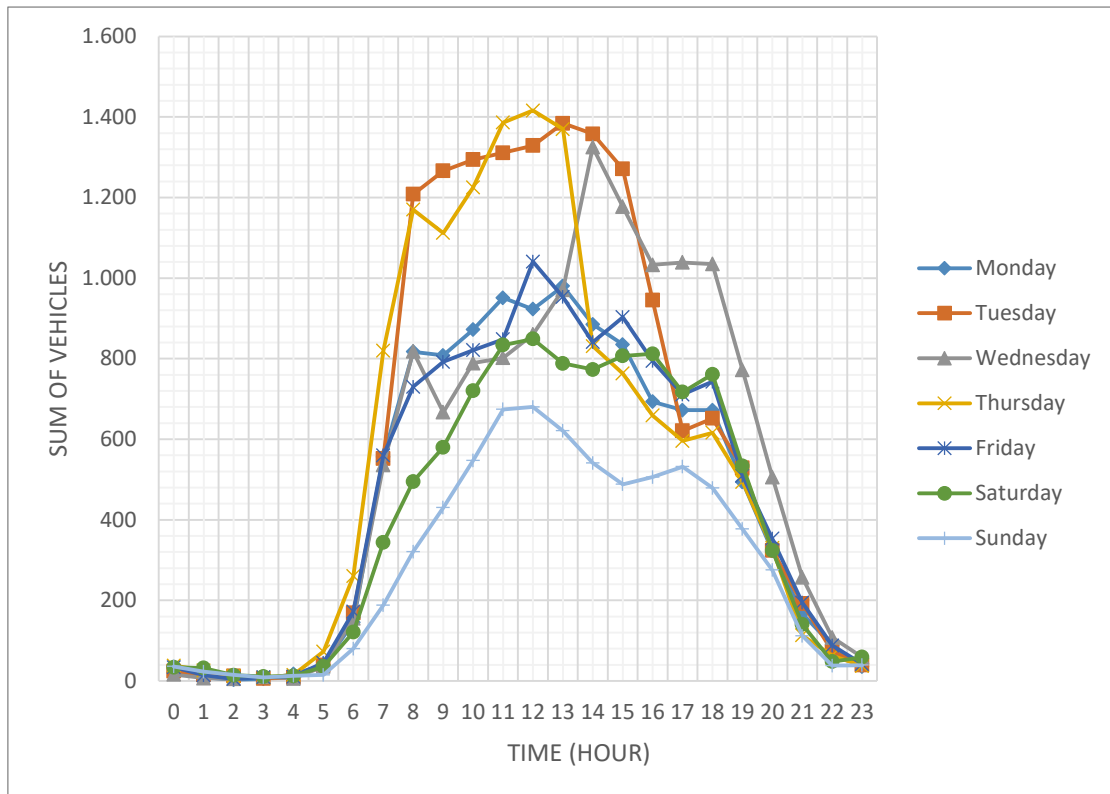
**Διάγραμμα 3.27** Συνολική Διακύμανση κυκλοφορίας στο σταθμό του Δημαρχείου

Από το διάγραμμα κυκλοφοριακού φόρτου για το Δημαρχείο, (**Διάγραμμα 3.27**), εντοπίζονται οι ώρες αιχμής του χειμώνα, οι οποίες είναι από τις 12:00 πμ μέχρι και τις 17:00 μμ, με τη μέγιστη κινητικότητα να εντοπίζεται στις 14:00 μμ.



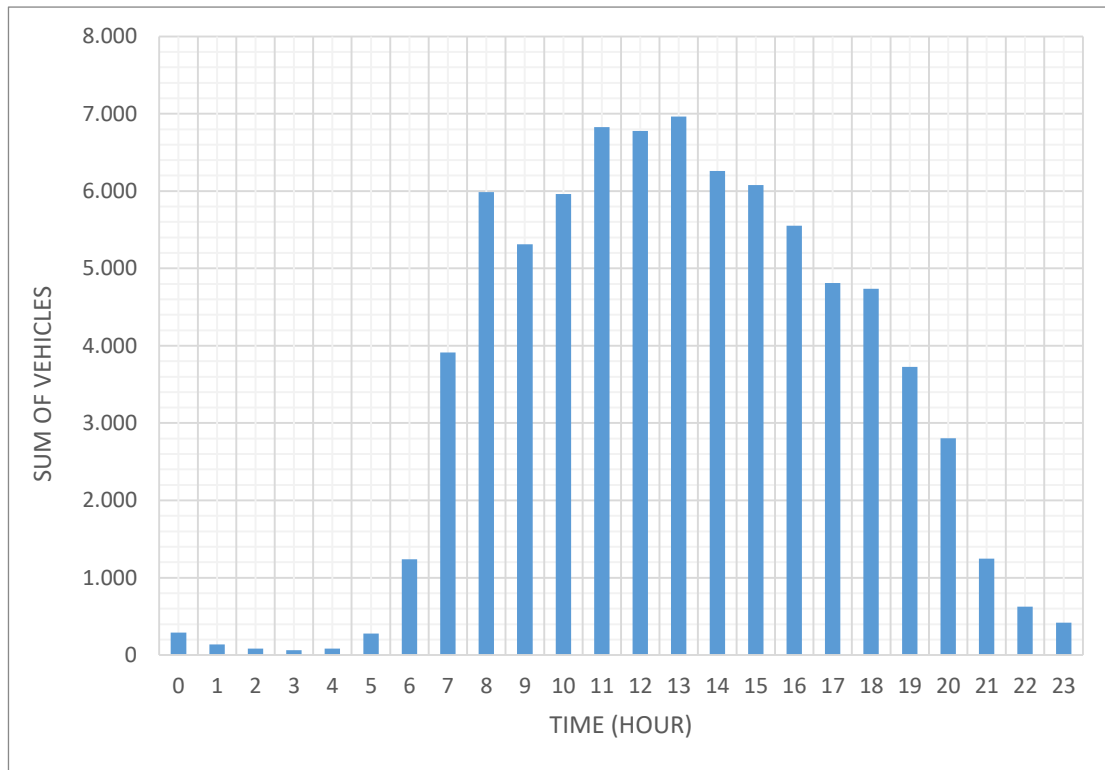
**Διάγραμμα 3.28** Συνολική Διακύμανση κυκλοφορίας στο σταθμό της Γέφυρας

Από το διάγραμμα κυκλοφοριακού φόρτου για τη γέφυρα, (**Διάγραμμα 3.28**), εντοπίζονται οι ώρες αιχμής του χειμώνα, οι οποίες είναι από τις 10:00 πμ μέχρι και τις 15:00 μμ, με τη μέγιστη κινητικότητα να εντοπίζεται στις 12:00 πμ.



**Διάγραμμα 3.29** Ημερήσια Διακύμανση κυκλοφορίας στο σταθμό της γέφυρας

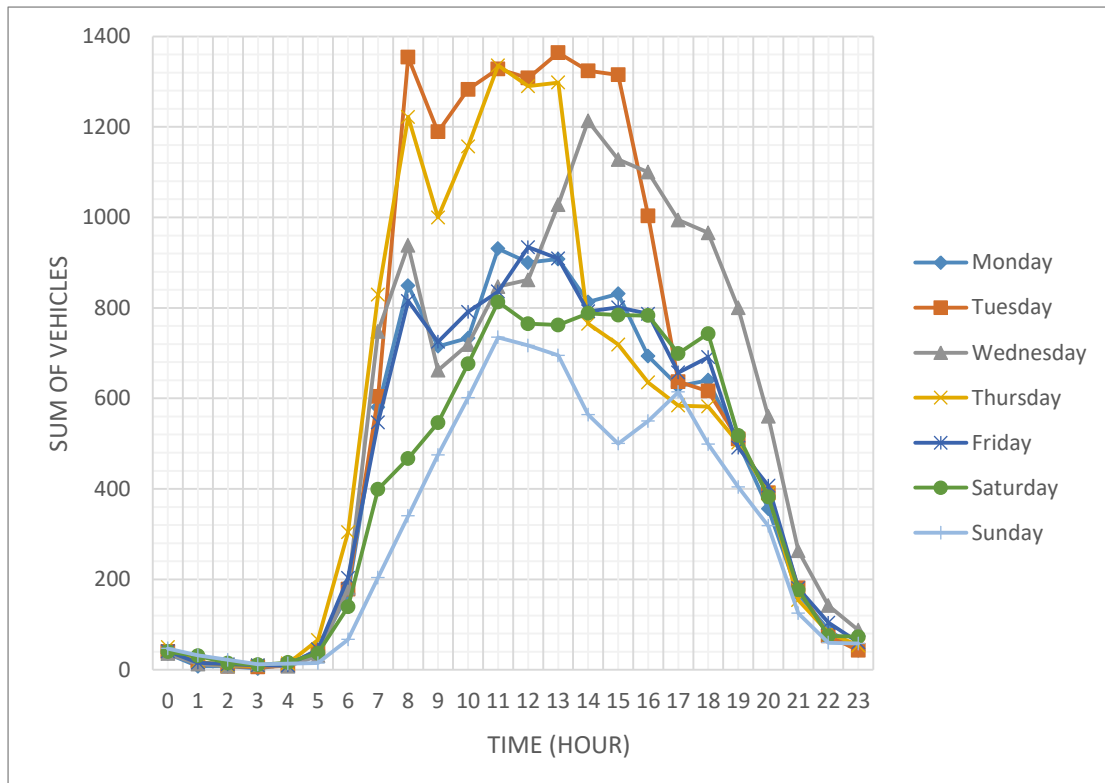
Από το διάγραμμα κυκλοφοριακού φόρτου για τη γέφυρα, (**Διάγραμμα 3.29**), εντοπίζονται οι ημέρες και ώρες αιχμής του χειμώνα. Η Πέμπτη εμφανίζεται να είναι η ημέρα με τη μεγαλύτερη κυκλοφοριακή δραστηριότητα, ενώ οι ώρες που εμφανίζεται αυτό το φαινόμενο είναι ανάμεσα στις 10:00 πμ και 13:00 μμ.



**Διάγραμμα 3.30** Συνολική Διακύμανση κυκλοφορίας στο σταθμό ΕΛΤΑ

Από το διάγραμμα κυκλοφοριακού φόρτου, (**Διάγραμμα 3.30**), το οποίο παρουσιάζει τον συνολικό αριθμό διερχόμενων οχημάτων, για τα ΕΛΤΑ, εντοπίζονται ώρες αιχμής του χειμώνα. Το μεγαλύτερο πλήθος οχημάτων (από τα 20,566 συνολικά οχήματα που καταμετρήθηκαν) , πέρασε από το σταθμό ΕΛΤΑ στο διάστημα 11:00 πμ με 13:00 μμ.





**Διάγραμμα 3 31** Ημερήσια Διακύμανση κυκλοφορίας στο σταθμό ΕΛΤΑ

Από το διάγραμμα κυκλοφοριακού φόρτου για τα ΕΛΤΑ, (**Διάγραμμα 3 31**), εντοπίζονται οι ημέρες και ώρες αιχμής του χειμώνα. Η Τρίτη και η Πέμπτη εμφανίζονται να είναι οι μέρες με τη μεγαλύτερη κυκλοφοριακή δραστηριότητα, ενώ οι ώρες που εμφανίζεται αυτό το φαινόμενο είναι ανάμεσα στις 07:00 πμ και 15:00 μμ.

### **3.2 Αποτελέσματα Άνοιξης**

#### **3.2.1 Μεμονωμένα Μεγέθη**

Για την σωματιδιακή ύλη , καθώς και τις περιβαλλοντικές παραμέτρους, για τις ημέρες Τετάρτη, Παρασκευή και Κυριακή, κατά την μέτρηση της Άνοιξης, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα :

Μέση Τιμή PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Σταθμός/ Μέτρηση		
Ημέρα/Ωρα	Δημαρχείο	Γέφυρα	ΕΛΤΑ
Τετάρτη			
9 μμ	0.0073	0.0085	0.0068
14 μμ	0.0058	0.0044	0.0071
17 μμ	0.0029	0.0024	0.0108
Παρασκευή			
9 μμ	0.0097	0.0046	0.0103
14 μμ	0.0030	0.0044	0.0066
17 μμ	0.0040	0.0035	0.0073
Κυριακή			
9 μμ	-	-	-
14 μμ	0.0080	0.0069	0.0079
17 μμ	0.0049	0.0071	0.0077

**Πίνακας 3.12** Αποτελέσματα PM<sub>2.5</sub> για την Άνοιξη.

**Πίνακας 3.13** Αποτελέσματα PM<sub>10</sub> για την Άνοιξη.

Μέση Τιμή PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Σταθμός/ Μέτρηση		
Ημέρα/Ωρα	Δημαρχείο	Γέφυρα	ΕΛΤΑ
Τετάρτη			
9 μμ	0.0209	0.0187	0.0194
14 μμ	0.0135	0.0100	0.0168
17 μμ	0.0096	0.0078	0.0214
Παρασκευή			
9 μμ	0.0273	0.0122	0.0418
14 μμ	0.0085	0.0103	0.0134
17 μμ	0.0086	0.0077	0.0242
Κυριακή			
9 μμ	0.0135	0.0161	0.0237

14 μμ	0.0109	0.0176	0.0219
17 μμ	0.0135	0.0161	0.0237

Μέση Τιμή Θερμοκρασίας (°C)	Σταθμός/ Μέτρηση		
Ημέρα/Ωρα	Δημαρχείο	Γέφυρα	ΕΛΤΑ
Τετάρτη			
9 πμ	21.7	21.6	21.6
14 μμ	21.6	21.7	20.5
17 μμ	21.7	21.6	21.6
Παρασκευή			
9 πμ	19.3	19.3	19.0
14 μμ	19.6	19.3	19.0
17 μμ	19.3	19.3	19.0
Κυριακή			
9 πμ	-	-	-
14 μμ	19.3	19.3	19.3
17 μμ	19.3	19.3	19.3

**Πίνακας 3.14** Αποτελέσματα Θερμοκρασίας, για την Άνοιξη.

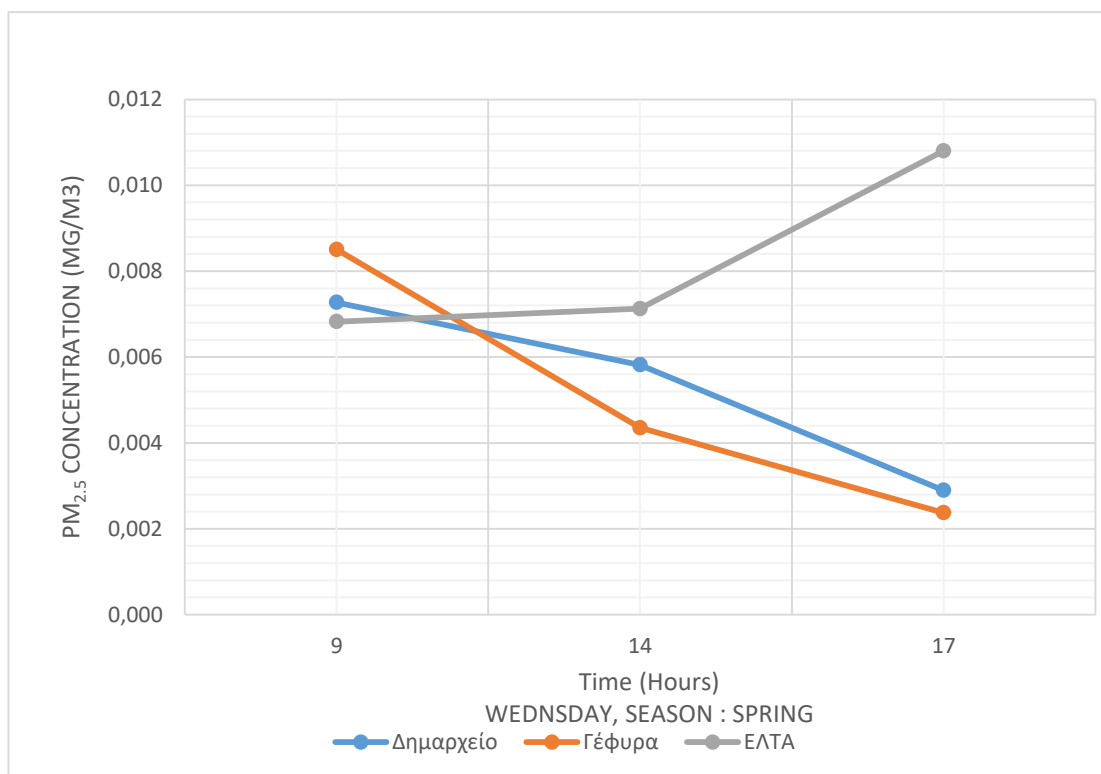
Μέση Τιμή Υγρασίας (%)	Σταθμός/ Μέτρηση		
Ημέρα/Ωρα	Δημαρχείο	Γέφυρα	ΕΛΤΑ
Τετάρτη			
9 πμ	58.6	58.6	58.6
14 μμ	58.6	58.6	58.3
17 μμ	58.6	58.6	58.6
Παρασκευή			
9 πμ	62.4	62.3	60.3
14 μμ	64.5	62.4	60.3
17 μμ	62.4	62.3	60.3
Κυριακή			
9 πμ	-	-	-
14 μμ	19.3	19.3	19.3
17 μμ	19.3	19.3	19.3

**Πίνακας 3. 15** Αποτελέσματα Υγρασίας, για την Άνοιξη.

Μέση Τιμή Ταχύτητας Ανέμου (m/sec)	Σταθμός/ Μέτρηση		
Ημέρα/Ωρα	Δημαρχείο	Γέφυρα	ΕΛΤΑ
Τετάρτη			
9 πμ	0.3	0.3	0.3
14 μμ	0.3	0.3	0.2
17 μμ	0.3	0.3	0.3
Παρασκευή			
9 πμ	0.5	0.5	0.6
14 μμ	0.5	0.5	0.6
17 μμ	0.5	0.5	0.6
Κυριακή			
9 πμ	-	-	-
14 μμ	0.3	0.3	0.3
17 μμ	0.3	0.3	0.3

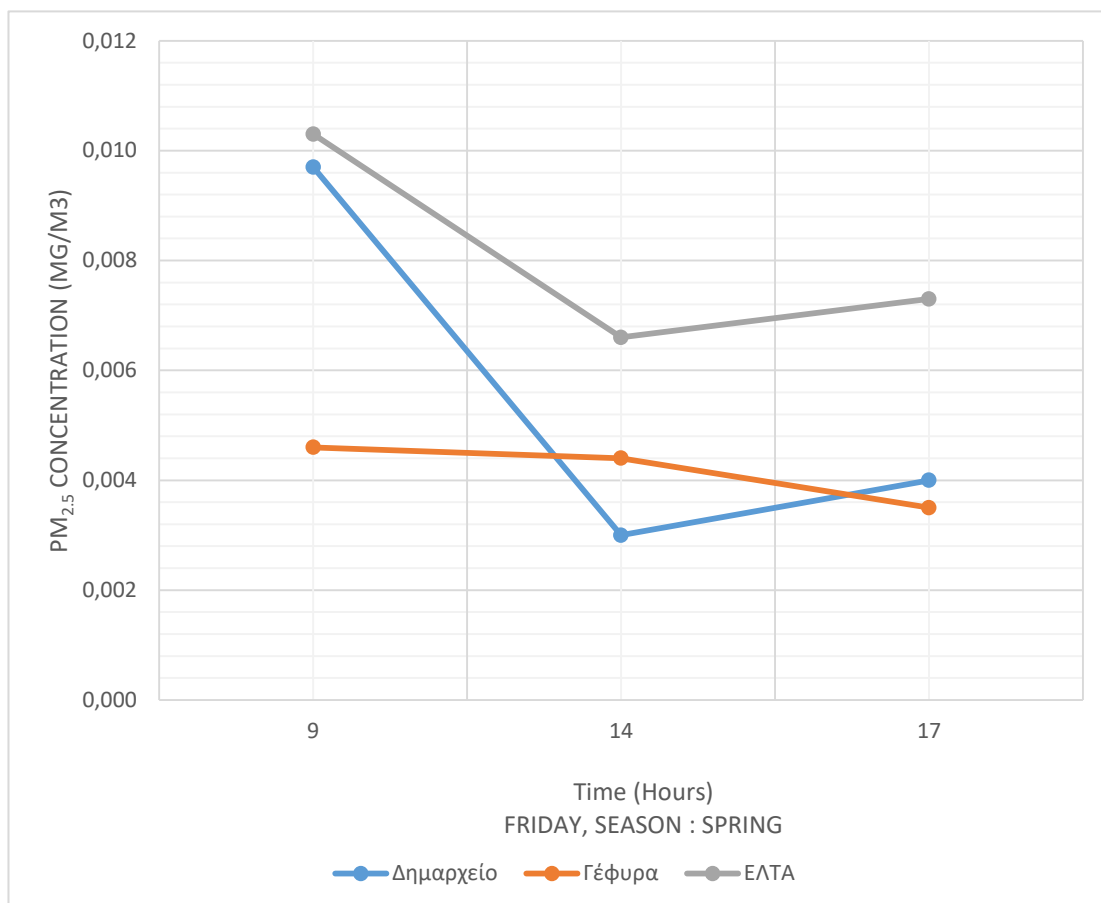
**Πίνακας 3.16** Αποτελέσματα Ταχύτητας Ανέμου, για την Άνοιξη.

Τα παραπάνω δεδομένα, δίνουν αντίστοιχα τα παρακάτω διαγράμματα :



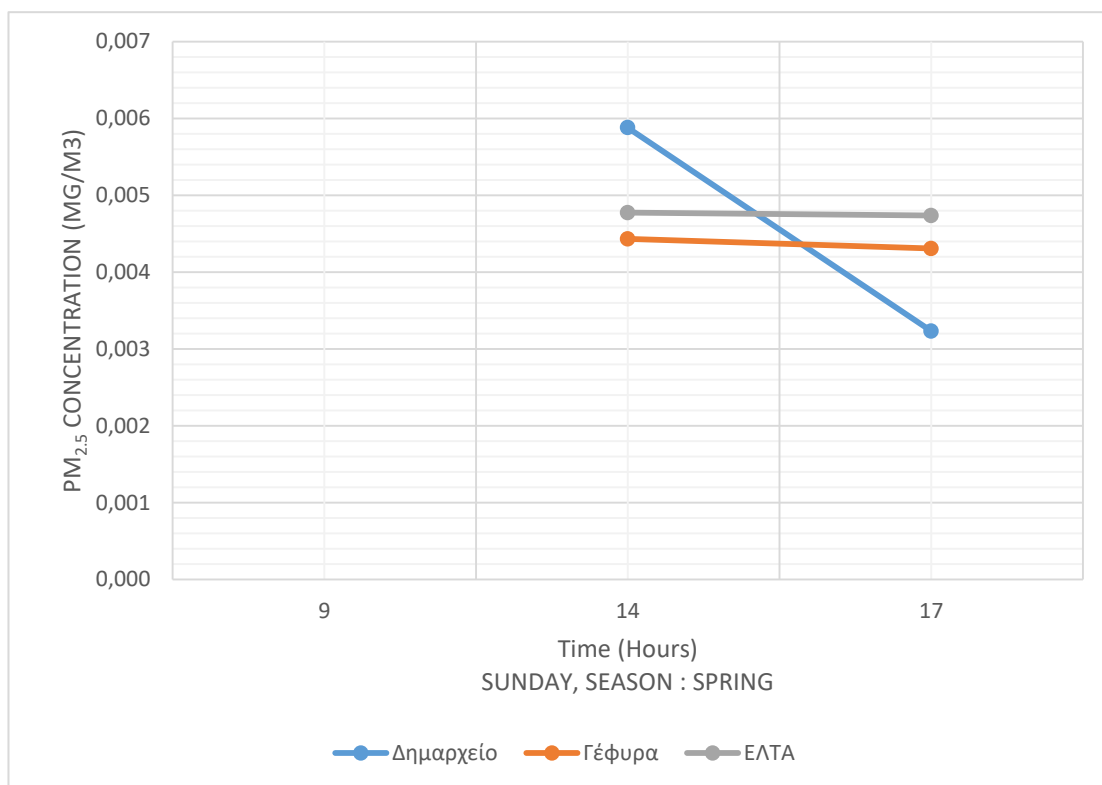
**Διάγραμμα 3.32** Διακύμανση Συγκεντρώσεων PM<sub>2.5</sub>, για την ημέρα Τετάρτη.

Στο συγκεκριμένο διάγραμμα, για την ημέρα Τετάρτη, (**Διάγραμμα 3.32**), παρουσιάζεται η έντονη αύξηση της συγκέντρωσης PM<sub>2.5</sub> στο σταθμό ΕΛΤΑ, με την ταυτόχρονη μείωση στους άλλους δυο σταθμούς.



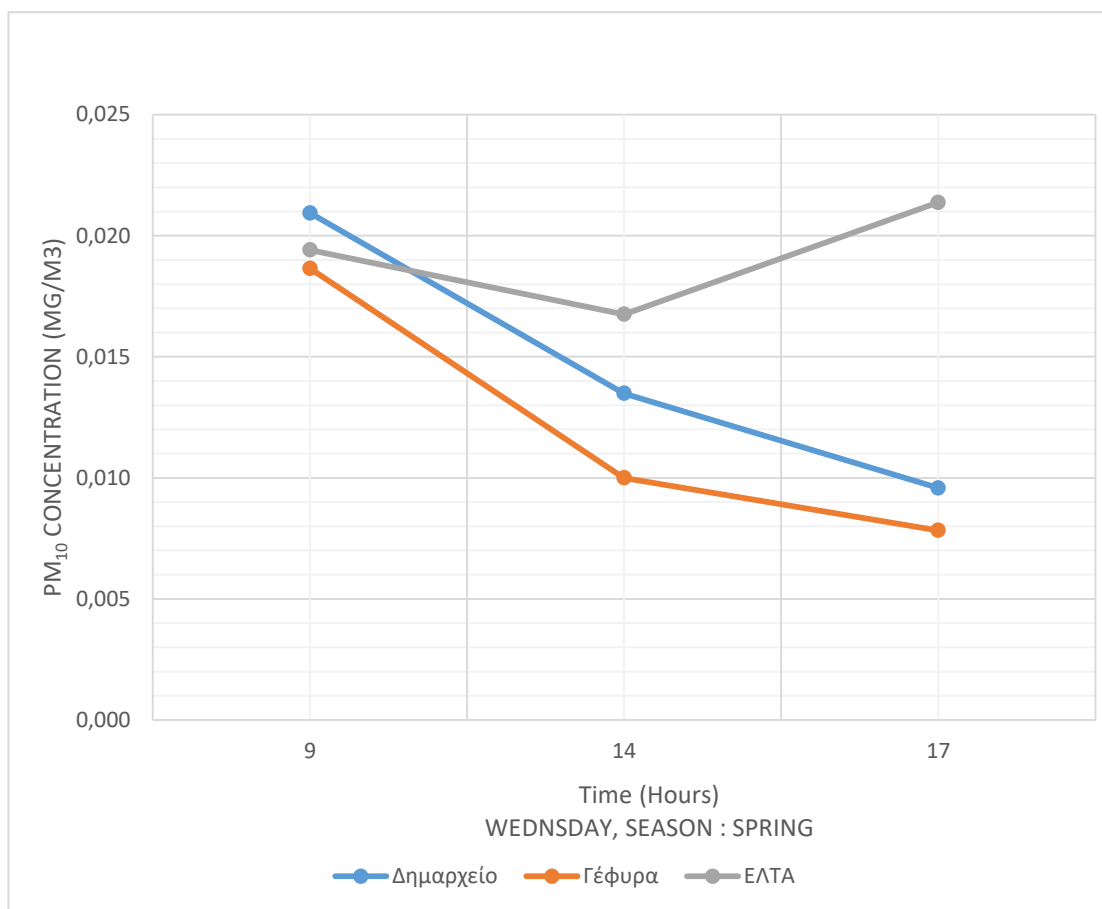
**Διάγραμμα 3.33** Διακύμανση Συγκεντρώσεων  $PM_{2.5}$ , για την ημέρα Παρασκευή.

Στο συγκεκριμένο διάγραμμα, για την ημέρα Παρασκευή, (**Διάγραμμα 3.33**), παρουσιάζεται η μείωση της συγκέντρωσης  $PM_{2.5}$  τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες στους σταθμούς ΕΛΤΑ και Δημαρχείο, η οποία ακολουθείται με αύξηση για τις απογευματινές ώρες. Η συγκέντρωση στο σταθμό γέφυρα είναι φθίνουσα για όλη την ημέρα.



**Διάγραμμα 3.34** Διακύμανση Συγκεντρώσεων PM<sub>2.5</sub>, για την ημέρα Κυριακή.

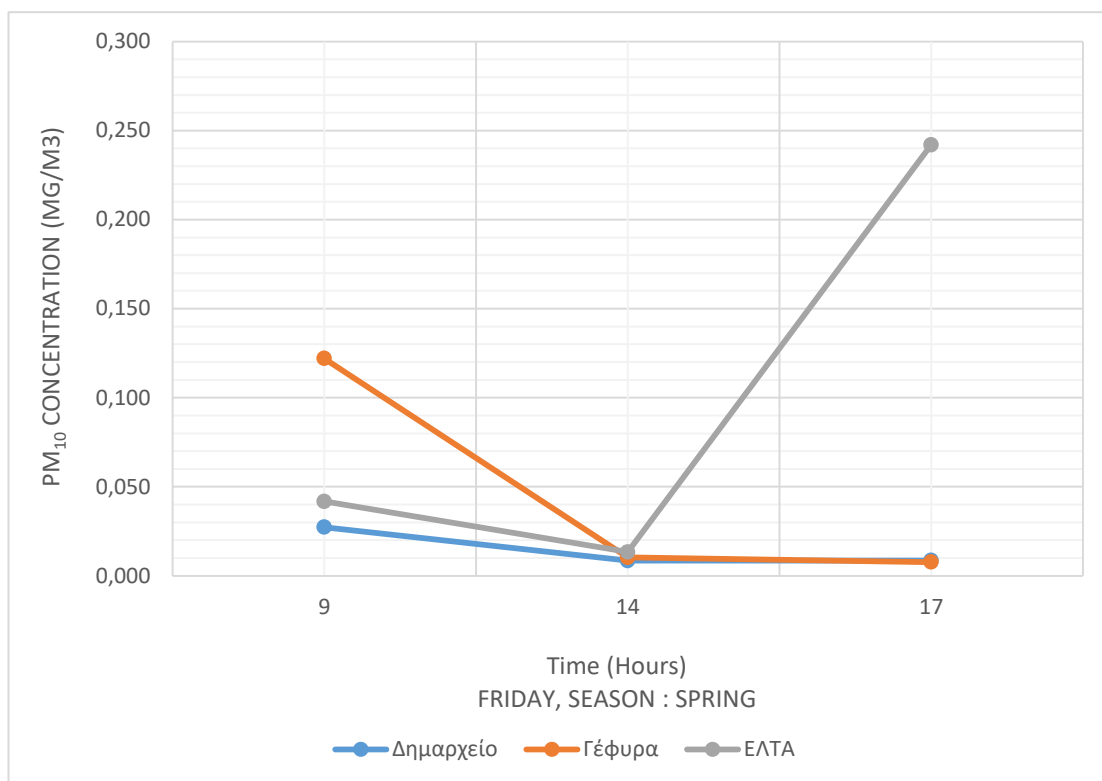
Στο συγκεκριμένο διάγραμμα, για την ημέρα Κυριακή, (Διάγραμμα 3.34), παρουσιάζεται η μείωση της συγκέντρωσης PM<sub>2.5</sub> τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες στο σταθμό Δημαρχείο. Για τις αντίστοιχες ώρες, οι άλλοι δύο σταθμοί παρουσιάζουν χαμηλή διακύμανση.



**Διάγραμμα 3.35** Διακύμανση Συγκεντρώσεων PM<sub>10</sub>, για την ημέρα Τετάρτη.

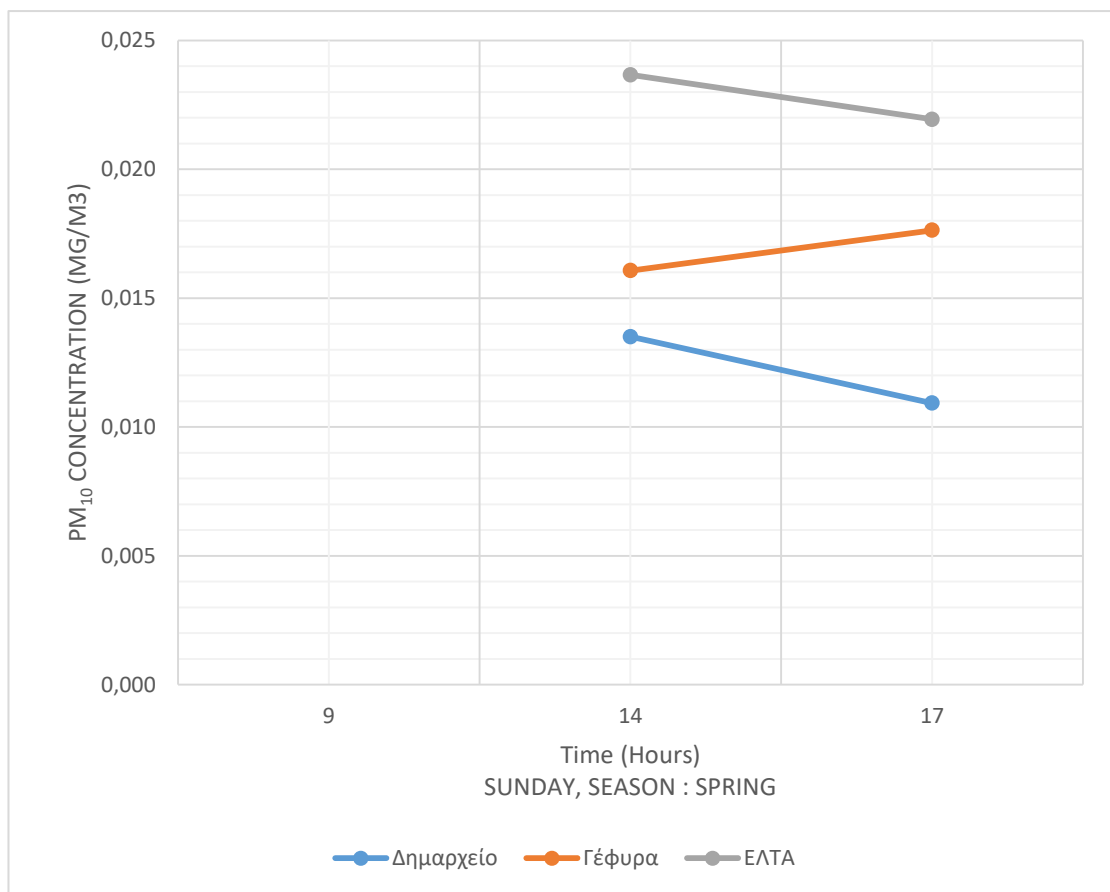
Στο συγκεκριμένο διάγραμμα, για την ημέρα Τετάρτη, (**Διάγραμμα 3.35**), παρουσιάζεται η μείωση της συγκέντρωσης PM<sub>10</sub>, για τους σταθμούς Δημαρχείο και Γέφυρα. Ταυτόχρονα, παρουσιάζεται μια μείωση τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες στο σταθμό ΕΛΤΑ, οι οποίες ακολουθούνται από μια απότομη αύξηση.





**Διάγραμμα 3.36** Διακύμανση Συγκεντρώσεων  $PM_{10}$ , για την ημέρα Παρασκευή.

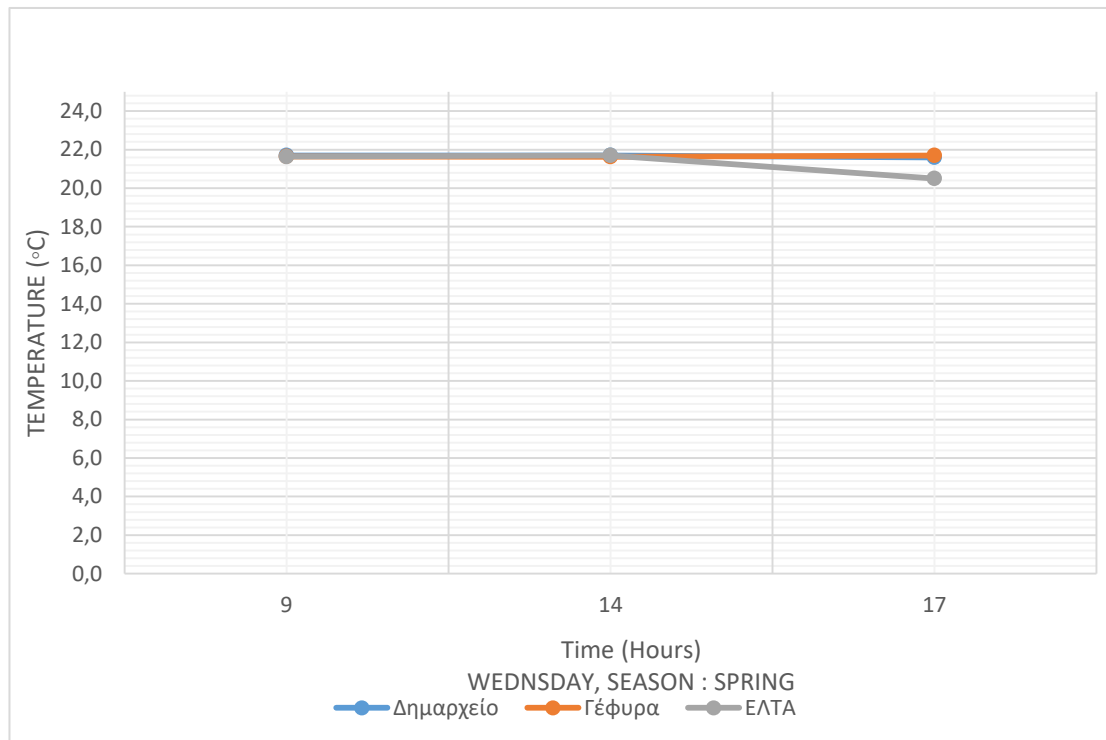
Στο συγκεκριμένο διάγραμμα, για την ημέρα Παρασκευή, (Διάγραμμα 3.36), παρουσιάζεται η μείωση της συγκέντρωσης  $PM_{10}$ , για τους σταθμούς Δημαρχείο και Γέφυρα. Ταυτόχρονα, παρουσιάζεται μια μείωση τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες στον σταθμό ΕΛΤΑ, οι οποίες ακολουθούνται από μια ραγδαία αύξηση.



**Διάγραμμα 3.37** Διακύμανση Συγκεντρώσεων PM<sub>10</sub>, για την ημέρα Κυριακή.

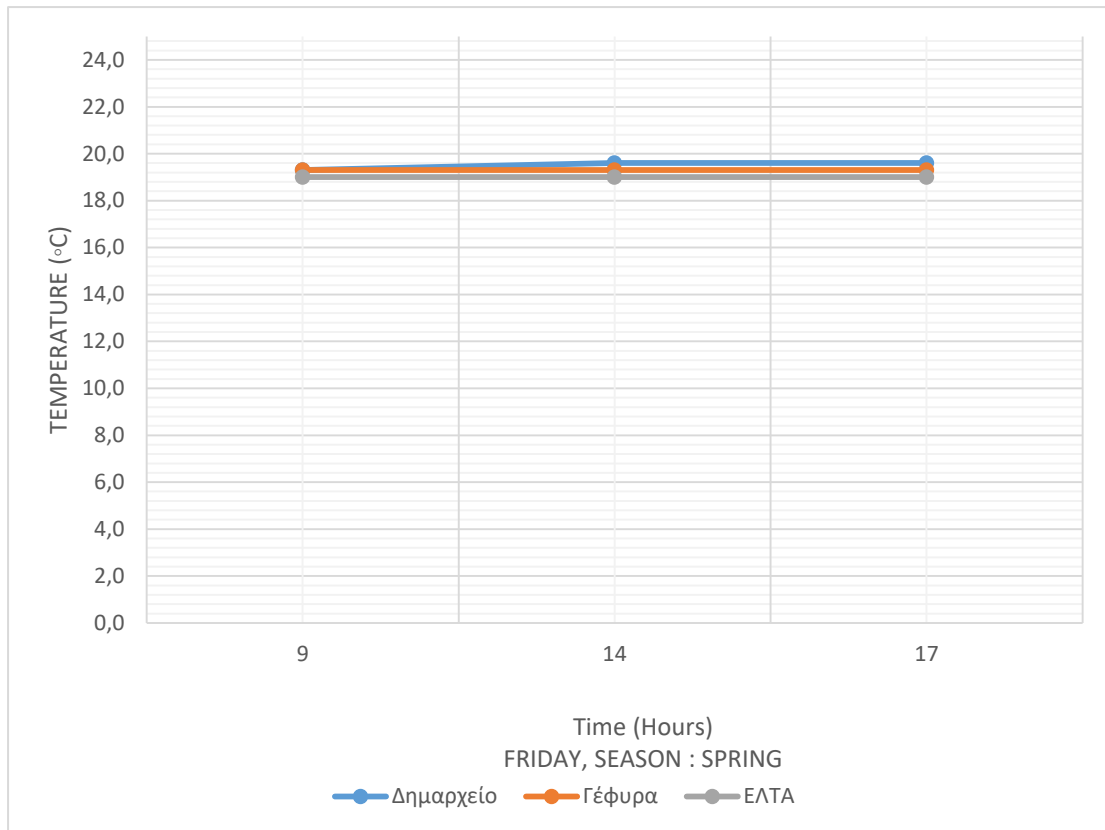
Στο συγκεκριμένο διάγραμμα, για την ημέρα Κυριακή, (**Διάγραμμα 3.37**), παρουσιάζεται η μείωση της συγκέντρωσης PM<sub>10</sub>, για τους σταθμούς ΕΛΤΑ και Δημαρχείο. Ταυτόχρονα, παρουσιάζεται αύξηση στο σταθμό Γέφυρα.

Αντίστοιχα για τις περιβαλλοντικές παραμέτρους :



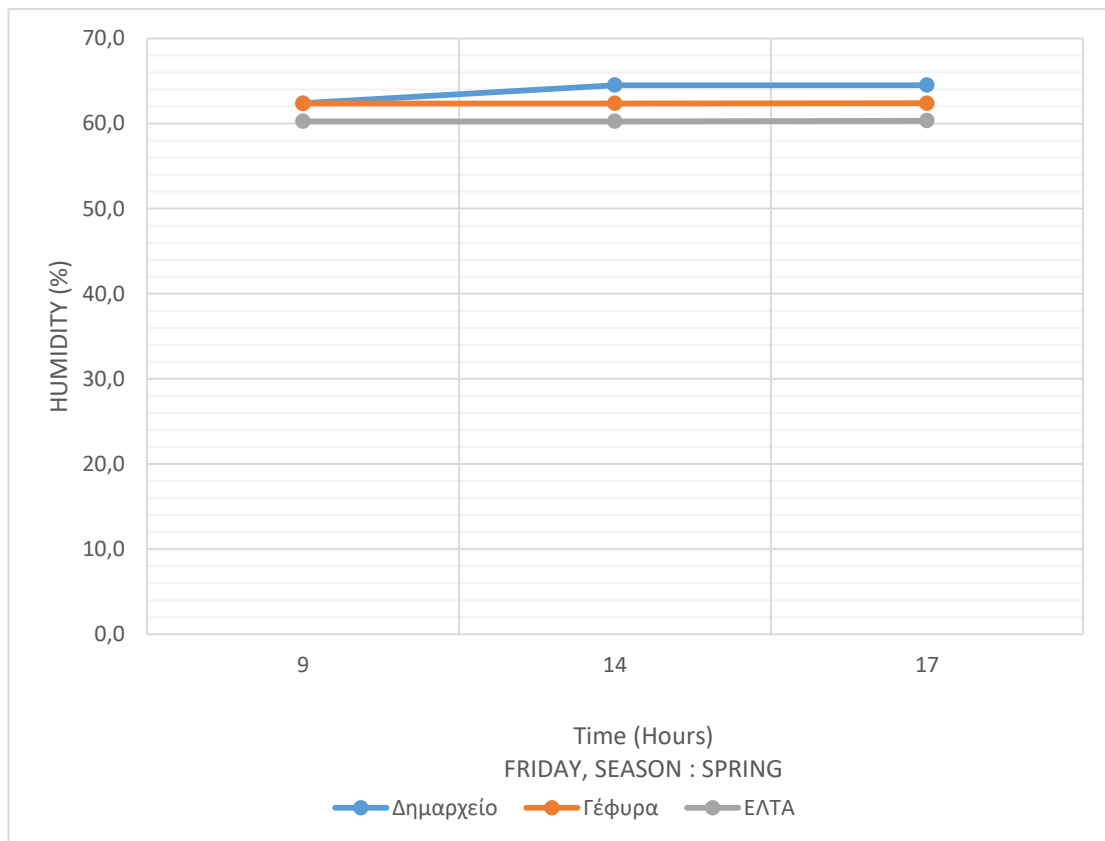
**Διάγραμμα 3.38** Διακύμανση Θερμοκρασίας, για την ημέρα Τετάρτη.

Για την ημέρα Τετάρτη, (Διάγραμμα 3.38), εμφανίζεται μια καθολική σταθερότητα στις μετρούμενες τιμές της θερμοκρασίας.



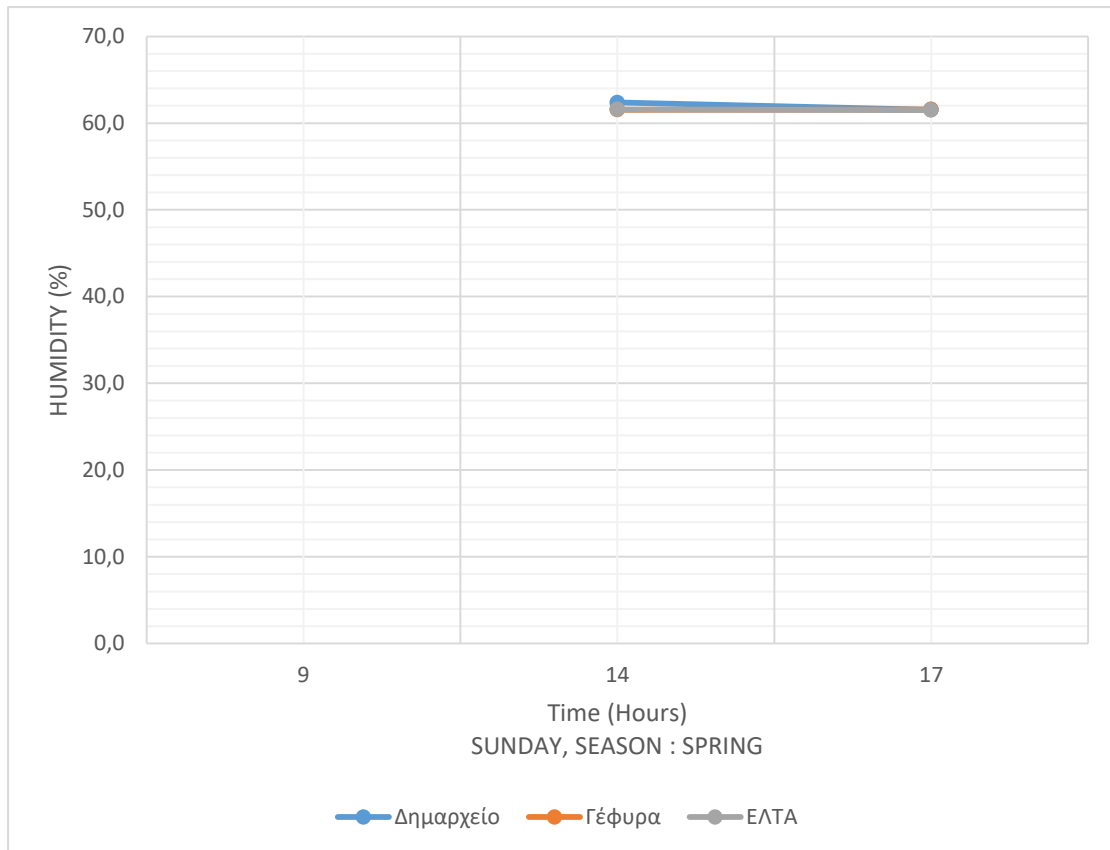
**Διάγραμμα 3.39** Διακύμανση Θερμοκρασίας, για την ημέρα Παρασκευή.

Για την ημέρα Παρασκευή, (**Διάγραμμα 3.39**), εμφανίζεται μια καθολική σταθερότητα στις μετρούμενες τιμές της θερμοκρασίας.



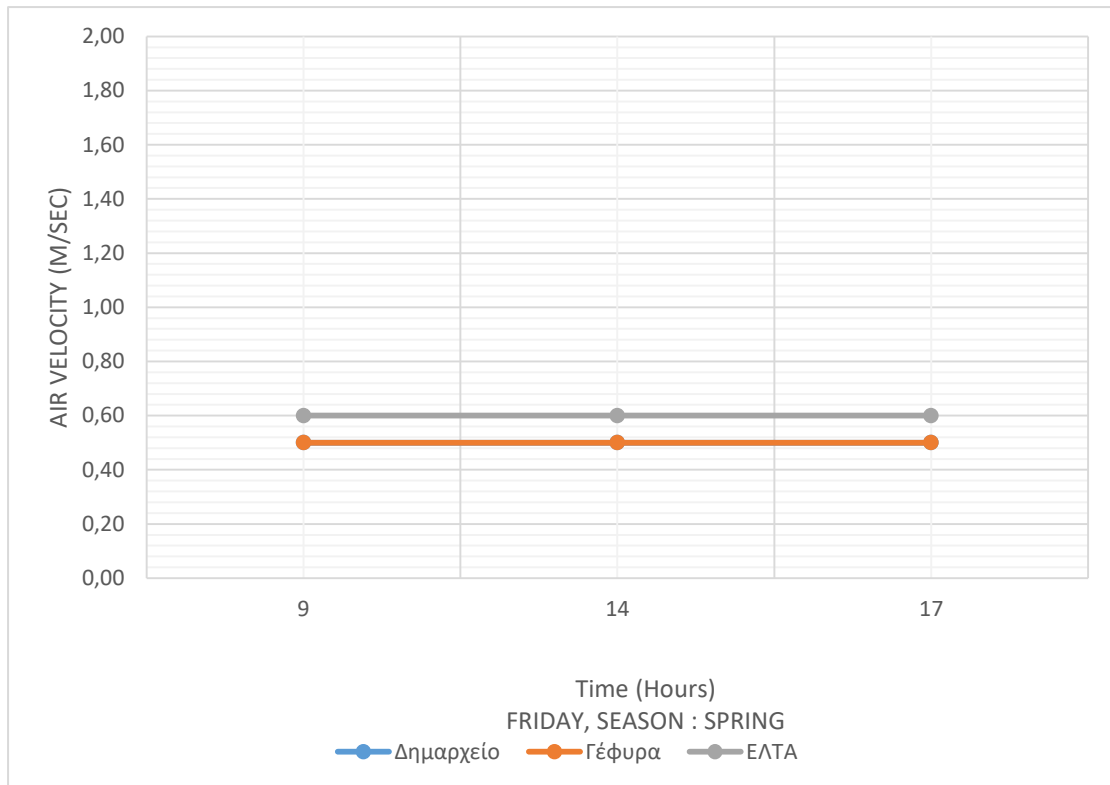
**Διάγραμμα 3.40** Διακύμανση Υγρασίας, για την ημέρα Παρασκευή

Για την ημέρα Παρασκευή, (**Διάγραμμα 3.40**), εμφανίζεται μια σχετική σταθερότητα στις μετρούμενες τιμές της υγρασίας, η οποία αυξάνεται κατά τις μεσημεριανές ώρες.



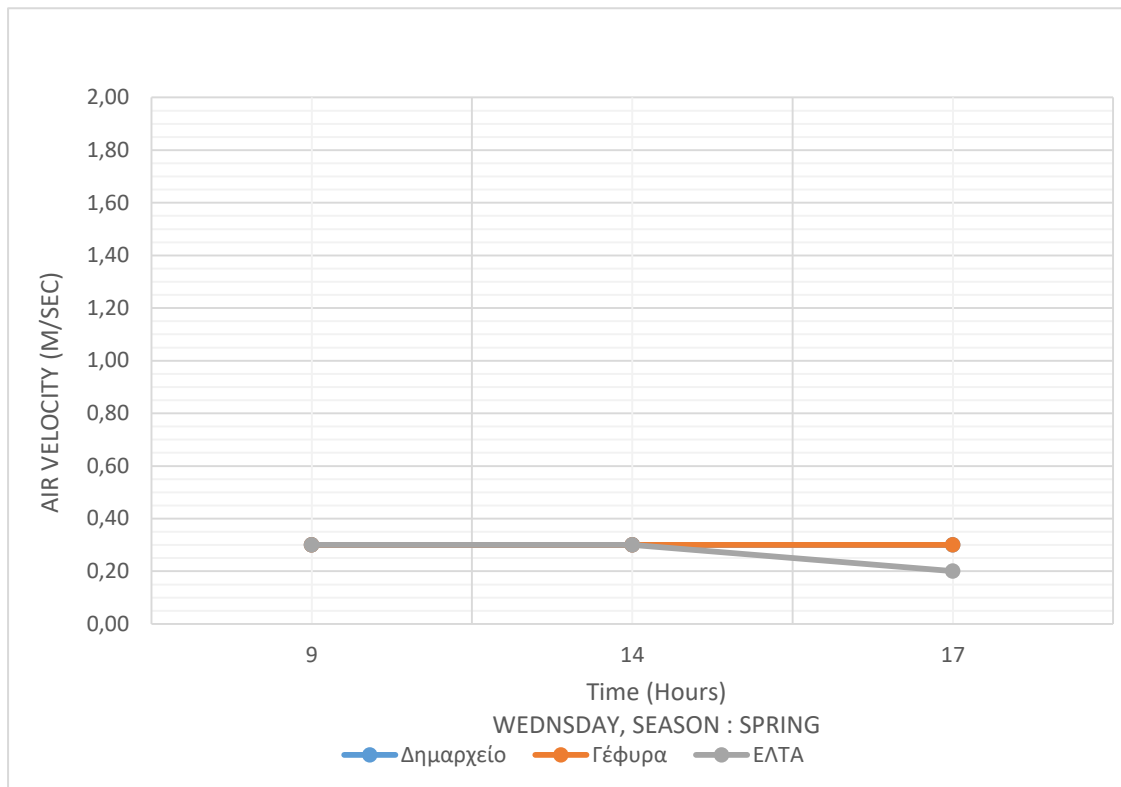
**Διάγραμμα 3.41 :** Διακύμανση Υγρασίας, για την ημέρα Κυριακή.

Για την ημέρα Κυριακή, (**Διάγραμμα 3.41**), εμφανίζεται μια καθολική σταθερότητα στις μετρούμενες τιμές ποσοστού υγρασίας.



**Διάγραμμα 3.42** Διακύμανση Ταχύτητας Ανέμου, για την ημέρα Τετάρτη

Για την ημέρα Τετάρτη, (**Διάγραμμα 3.42**), εμφανίζεται μια καθολική σταθερότητα στις μετρούμενες τιμές ταχύτητας ανέμου. Η ημέρα χαρακτηρίζεται με ήπιους ανέμους. Οι μετρήσεις της Γέφυρας συμπίπτουν, αριθμητικά, με αυτές του Δημαρχείου.



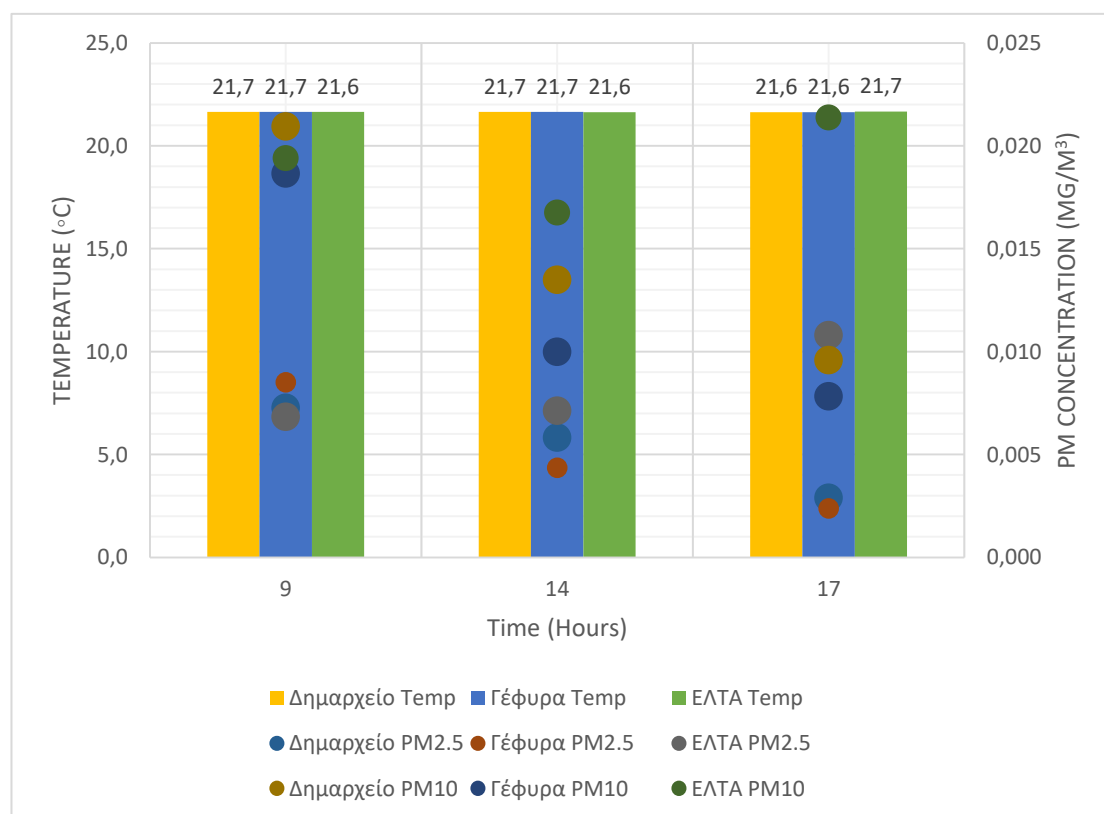
**Διάγραμμα 3.43** Διακύμανση Ταχύτητας Ανέμου, για την ημέρα Παρασκευή

Για την ημέρα Παρασκευή, (Διάγραμμα 3.43), εμφανίζεται μια σχετική σταθερότητα στις μετρούμενες τιμές ταχύτητας ανέμου, με την ταχύτητα να μειώνεται στα ΕΛΤΑ κατά τις απογευματινές ώρες. Η ημέρα χαρακτηρίζεται με άπνοια.



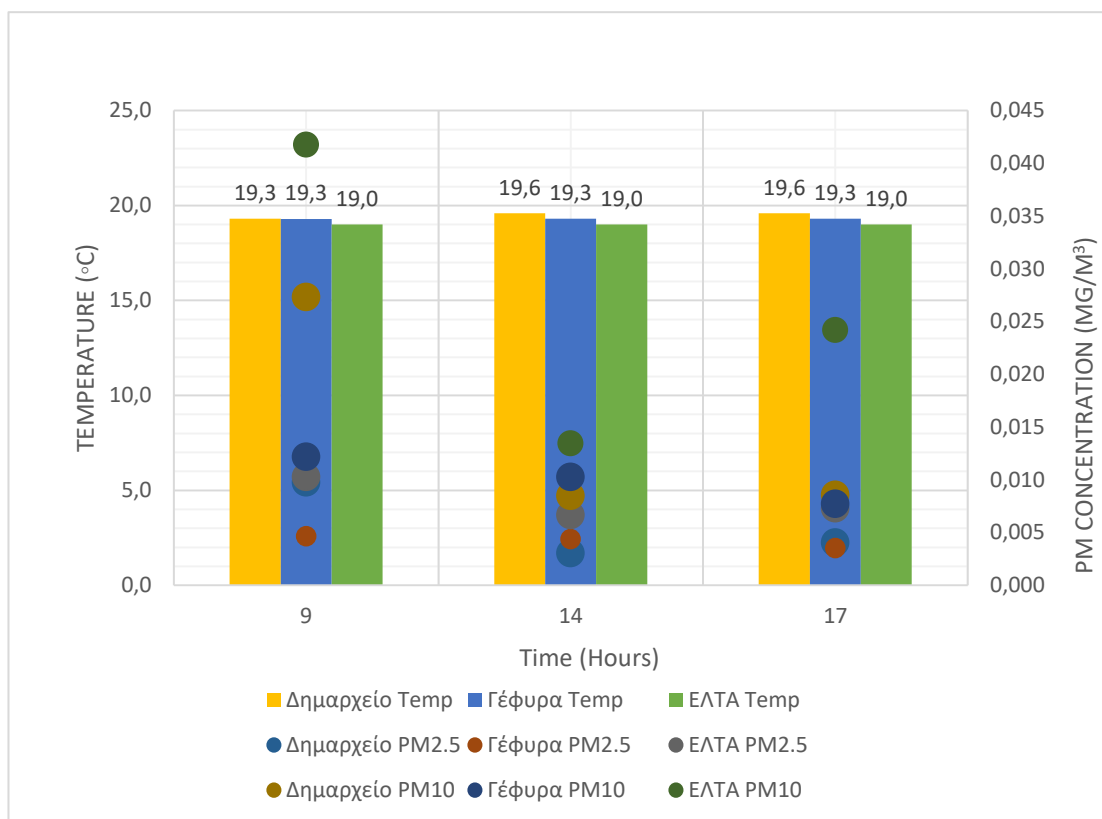
### 3.2.2 Συνδυαστικά Μεγέθη Άνοιξης

Στα παρακάτω συνδυαστικά διαγράμματα παρουσιάζονται οι σημειακές μετρήσεις της σωματιδιακής ύλης, καθώς και οι μετρήσεις θερμοκρασίας, υγρασίας και ταχύτητας ανέμου, προκειμένου να εξετασθούν οι πιθανές σχέσεις εξάρτισης.



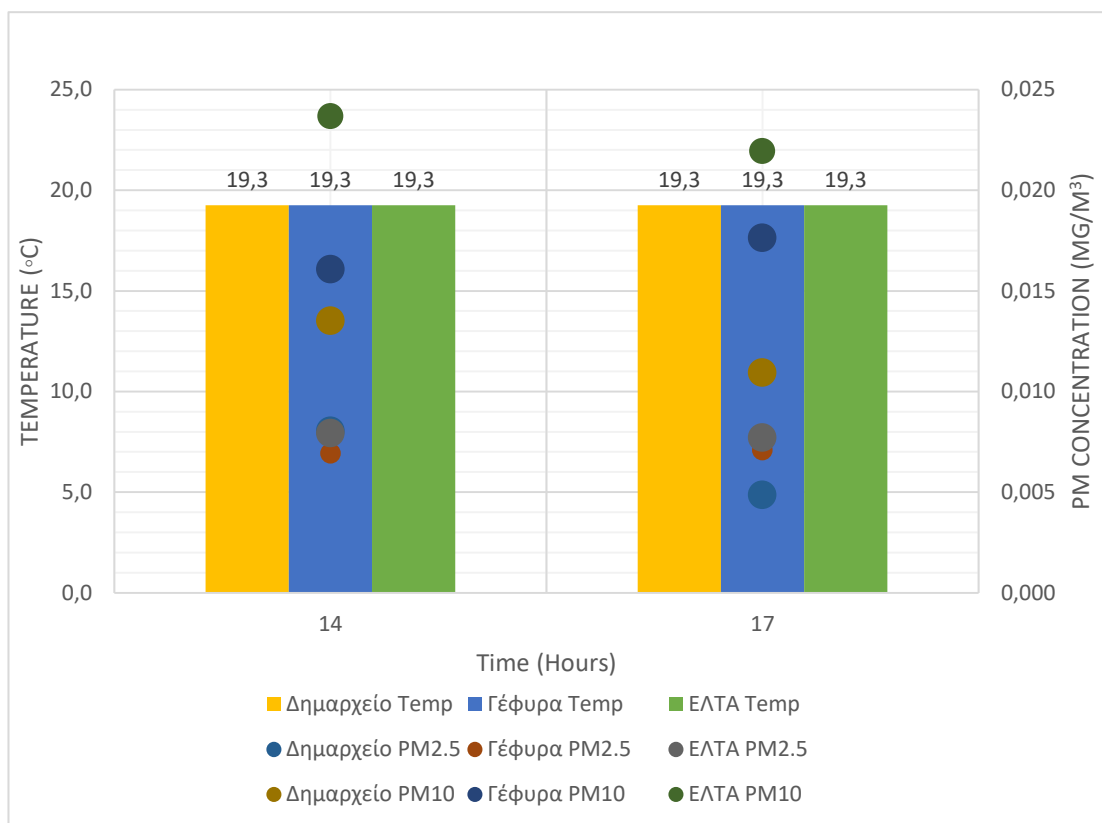
**Διάγραμμα 3.44** Διακύμανση Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη

Παρατηρώντας τα συνδυαστικά διαγράμματα, (**Διάγραμμα 3.44**), εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων, συναρτήσει των σταθερών τιμών θερμοκρασίας. Στις πρωινές ώρες εμφανίζεται μέγιστη συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στο Δημαρχείο, ενώ τις υπόλοιπες μέγιστη συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στο σταθμό ΕΛΤΑ.



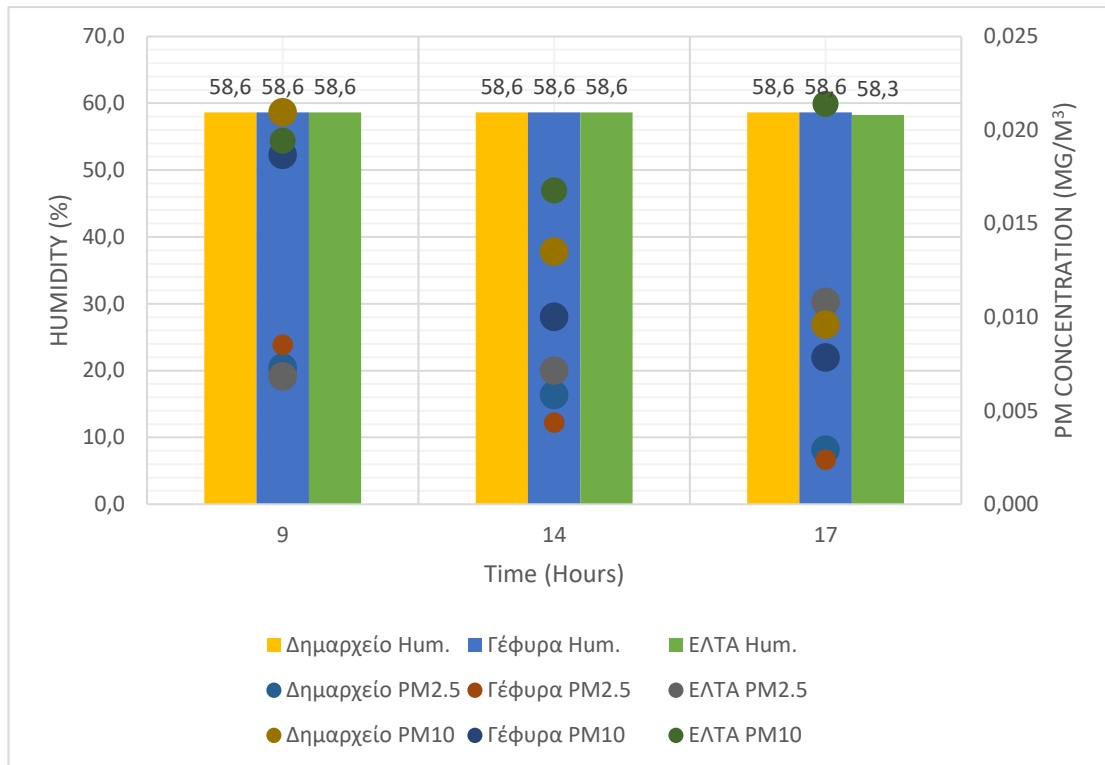
**Διάγραμμα 3.45** Διακύμανση Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή.

Παρατηρώντας τα συνδυαστικά διαγράμματα, (**Διάγραμμα 3.45**), εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων, συνάρτηση των σχετικά σταθερών τιμών θερμοκρασίας. Η μέγιστη συγκέντρωση που εμφανίζεται, είναι η συγκέντρωση  $PM_{10}$  στα ΕΛΤΑ.



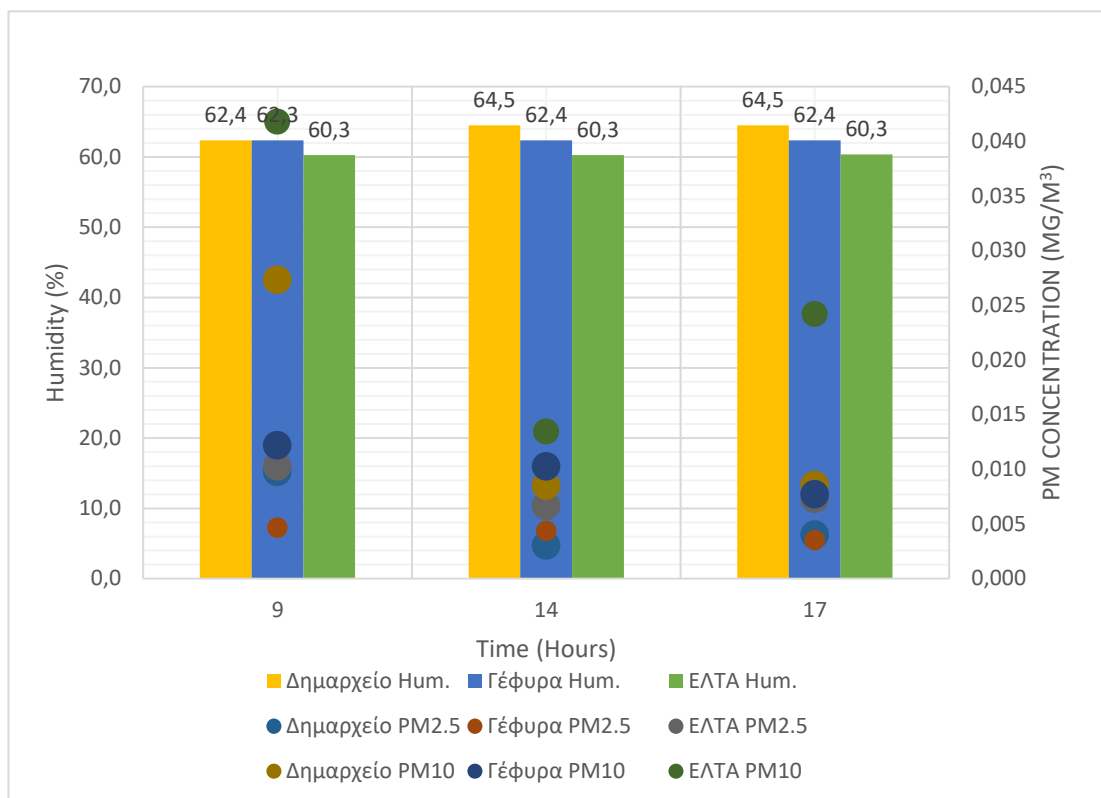
**Διάγραμμα 3.46** Διακύμανση Θερμοκρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή.

Παρατηρώντας τα συνδυαστικά διαγράμματα, (**Διάγραμμα 3.46**), εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων, συνάρτηση των σταθερών τιμών θερμοκρασίας. Η μέγιστη συγκέντρωση που εμφανίζεται, είναι η συγκέντρωση  $PM_{10}$  στα ΕΛΤΑ.



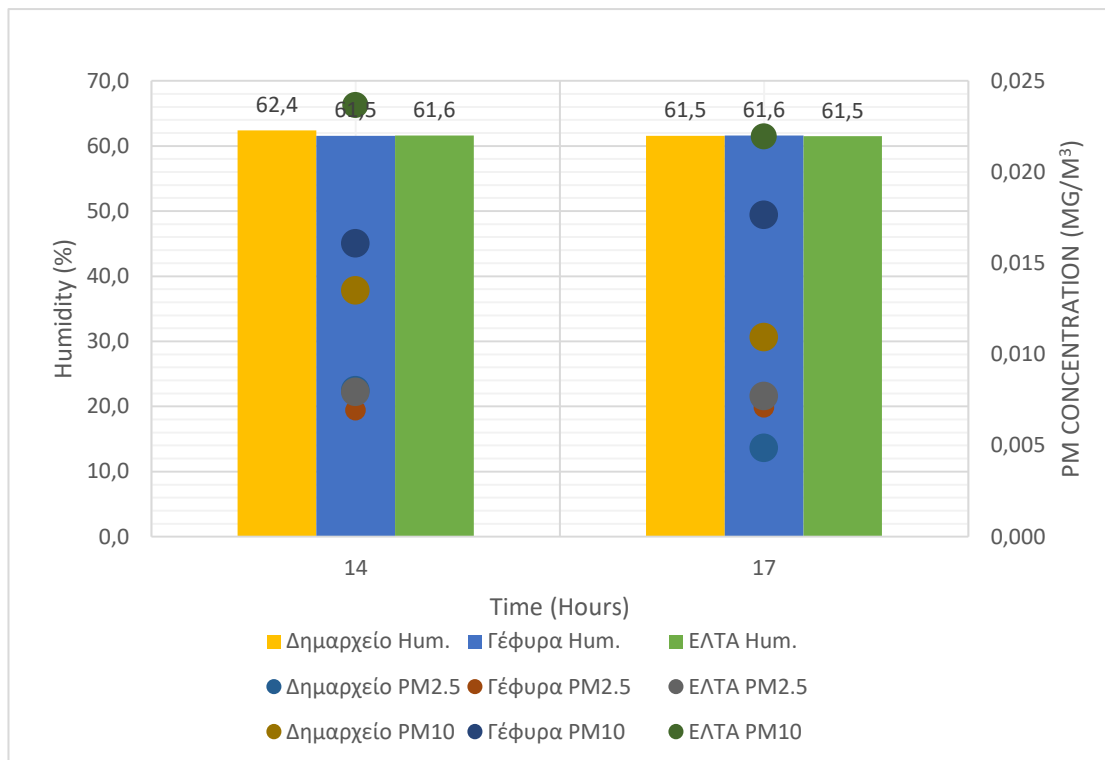
**Διάγραμμα 3.47** Διακύμανση Υγρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη.

Παρατηρώντας τα συνδυαστικά διαγράμματα, (**Διάγραμμα 3.47**), εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων, συνάρτηση των σταθερών τιμών υγρασίας. Η μέγιστη συγκέντρωση που εμφανίζεται, είναι η συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στα ΕΛΤΑ.



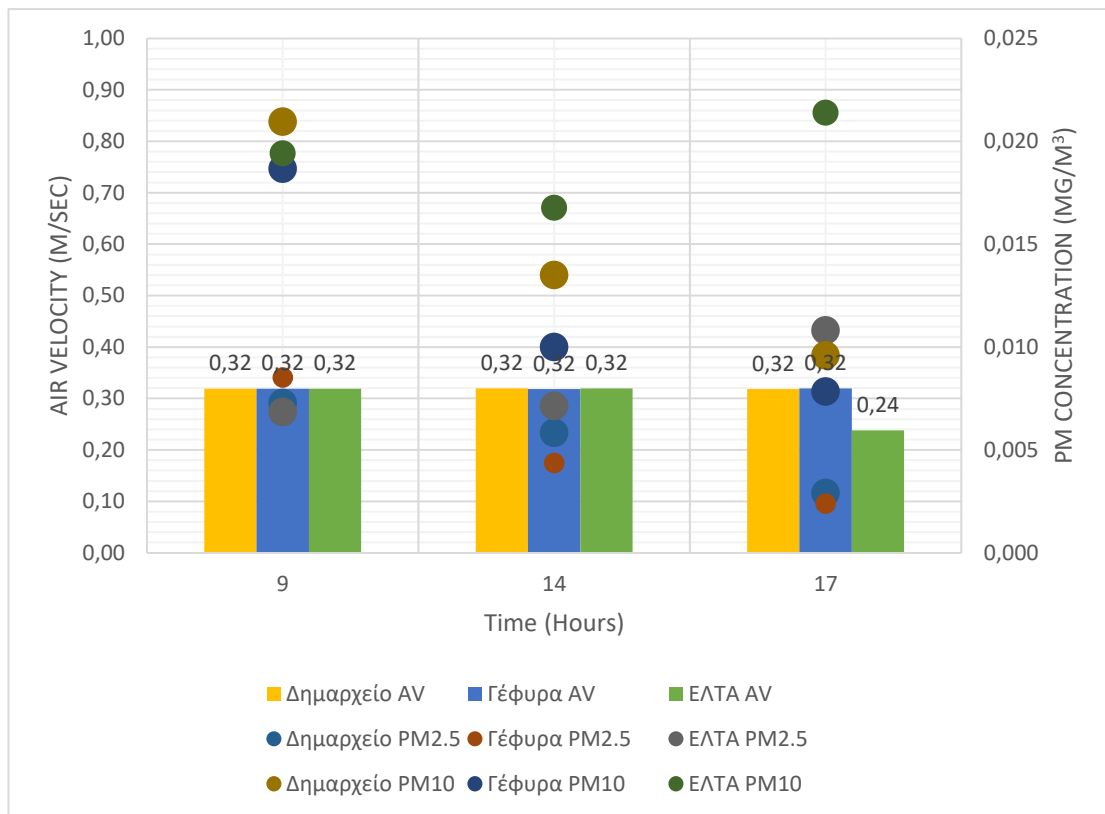
**Διάγραμμα 3.48** Διακύμανση Υγρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή.

Παρατηρώντας τα συνδυαστικά διαγράμματα, (**Διάγραμμα 3.48**), εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων, συνάρτηση των σταθερών τιμών υγρασίας. Η μέγιστη συγκέντρωση που εμφανίζεται, είναι η συγκέντρωση  $PM_{10}$  στα ΕΛΤΑ.



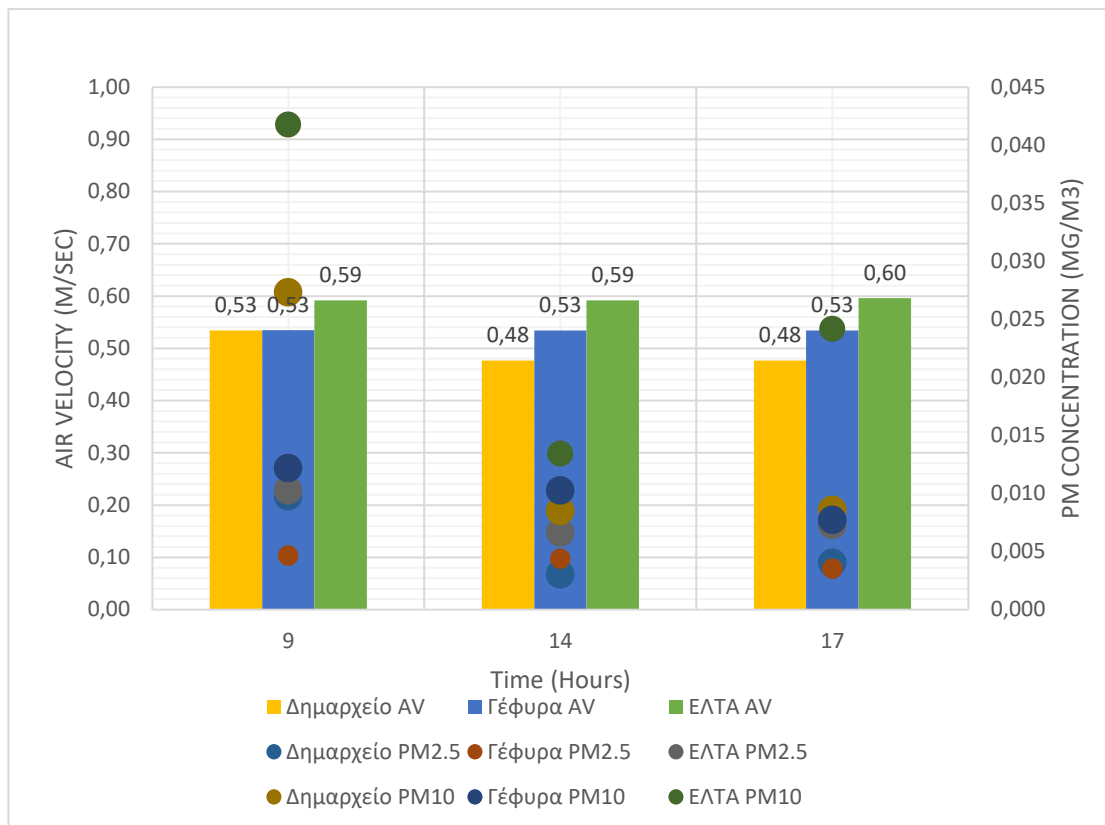
**Διάγραμμα 3.49** Διακύμανση Υγρασίας και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή

Παρατηρώντας τα συνδυαστικά διαγράμματα, (Διάγραμμα 3.49), εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων, συνάρτηση των σταθερών τιμών υγρασίας. Η μέγιστη συγκέντρωση που εμφανίζεται, είναι η συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στα ΕΛΤΑ.



**Διάγραμμα 3.50** Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Τετάρτη.

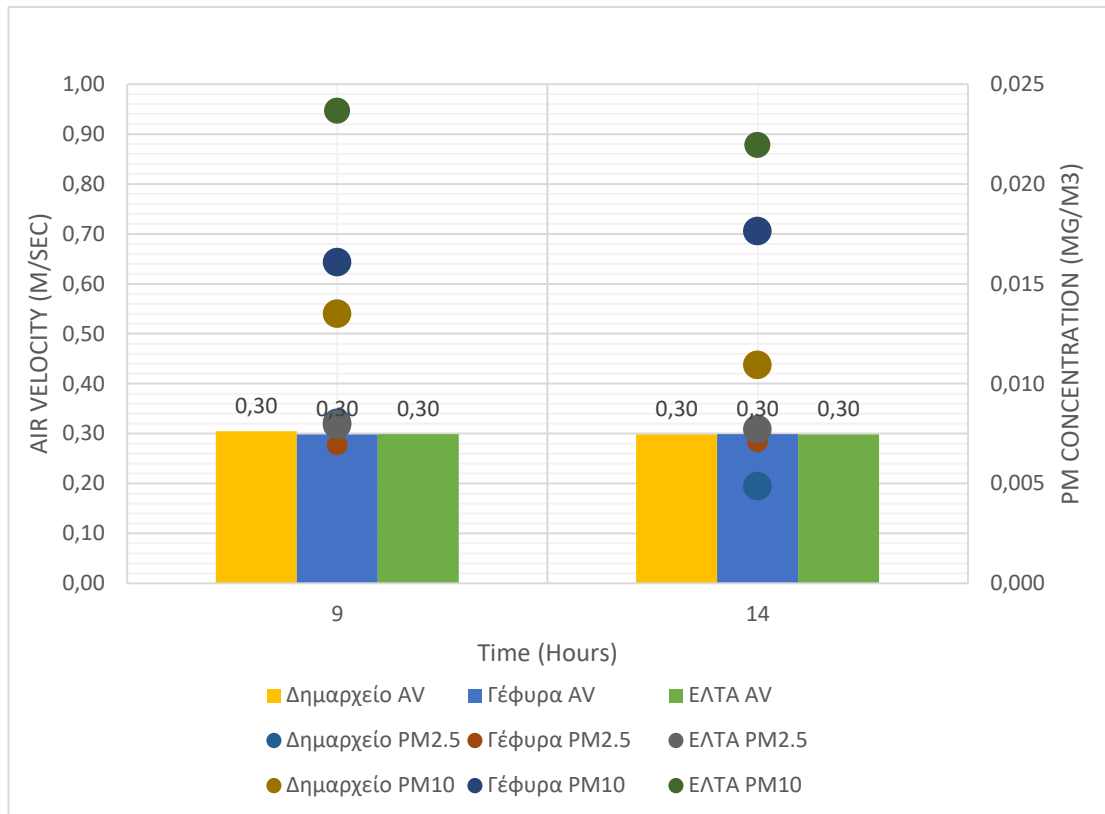
Παρατηρώντας τα συνδυαστικά διαγράμματα, (**Διάγραμμα 3.50**), εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων, συνάρτηση των σταθερών τιμών ταχύτητας ανέμου. Η μέγιστη συγκέντρωση που εμφανίζεται κατά τις πρωινές ώρες, είναι η συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στο Δημαρχείο, ενώ κατά τις μεσημεριανές και απογευματινές είναι η αντίστοιχη στα ΕΛΤΑ.



**Διάγραμμα 3.51** Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Παρασκευή.

Παρατηρώντας τα συνδυαστικά διαγράμματα, (**Διάγραμμα 3.51**), εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων, συνάρτηση των τιμών ταχύτητας ανέμου. Η μέγιστη συγκέντρωση που εμφανίζεται είναι η συγκέντρωση  $PM_{10}$  στα ΕΛΤΑ, όπου εμφανίζονται και οι μέγιστες τιμές ανέμου.





**Διάγραμμα 3.52** Διακύμανση Ταχύτητας Αέρα και Σωματιδιακής Ύλης, ανά σταθμό και ώρα, για την ημέρα Κυριακή.

Παρατηρώντας τα συνδυαστικά διαγράμματα, (**Διάγραμμα 3.52**), εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων, συνάρτηση των σταθερών τιμών ταχύτητας ανέμου. Η μέγιστη συγκέντρωση που εμφανίζεται είναι η συγκέντρωση  $PM_{10}$  στα ΕΛΤΑ.

### **3.2.3 Μετρήσεις Ήχου**

Για την περίοδο της άνοιξης, αφού ακολουθήθηκε η μεθοδολογία που αναφέρεται στην παράγραφο, **2.4.1 Επεξεργασία Δεδομένων Ήχου**, προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα :

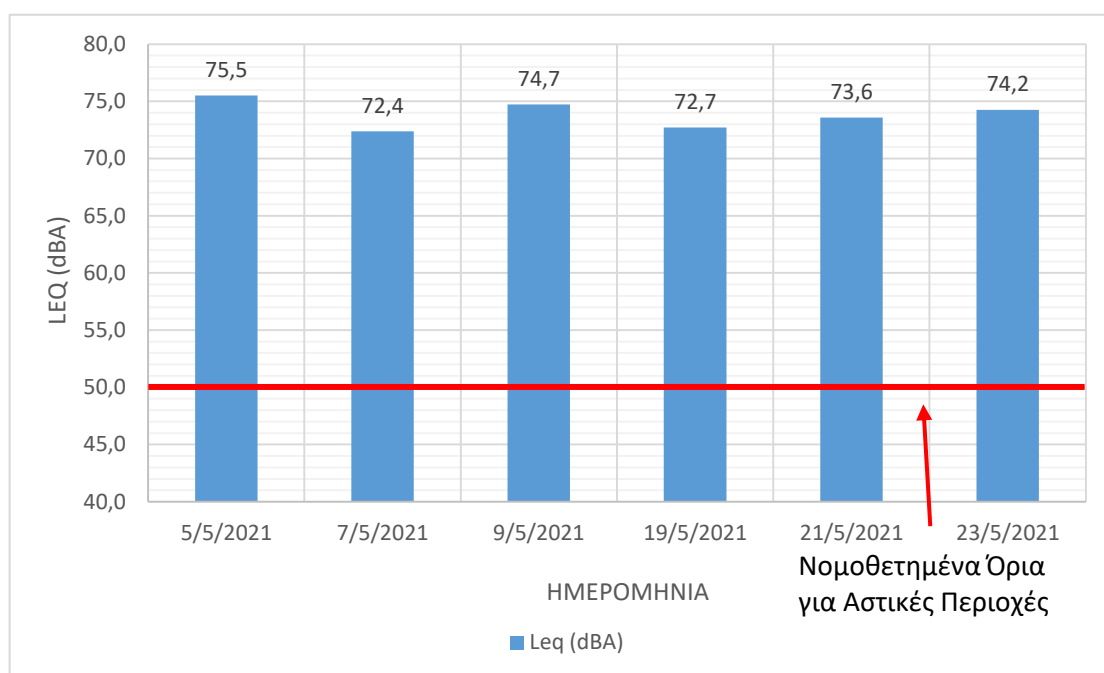
**Πίνακας 3.17** Ενδεικτικά δεδομένα ήχου και δείκτες  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  για την άνοιξη.

Καταγραφόμενο Μέγεθος	Εύρος Τιμών	Αποτέλεσμα
Ημερομηνία	05/05/2021 – 23/05/2021	
Μήνας	Νοέμβριος - Μάρτιος	
Ημέρα	Τετάρτη/Παρασκευή/Κυριακή	
Σταθμός	Δημαρχείο/Γέφυρα/ΕΛΤΑ	
Ώρα	09:00:00 - 17:00:00	
Εύρος (dBA)	40 - 90	
Τιμή (dBA)	40 – 89.3	
$L_{10}$ (dBA)		46.8
$L_{50}$ (dBA)		58.4
$L_{90}$ (dBA)		70.6

Με τη χρήση της μαθηματικής φόρμουλας που αναφέρεται στην παράγραφο **2.4.1 Επεξεργασία Δεδομένων Ήχου**, υπολογίστηκαν οι ημερήσιοι δείκτες  $L_{eq}$ , για την άνοιξη :

**Πίνακας 3.18** Ημερήσια  $L_{eq}$  για την εποχή της Άνοιξης.

Ημερομηνία	$L_{eq}$ (dBA)
05/05/2021	75.5
07/05/2021	72.4
09/05/2021	74.7
19/05/2021	72.7
21/05/2021	73.6
23/05/2021	74.2



**Διάγραμμα 3.53** Διάγραμμα κατανομής Leq για την Άνοιξη

Σε όλες τις μετρήσεις της άνοιξης, η απλοποιημένη μορφή του  $L_{eq}$ , (Διάγραμμα 3.53) δίνει αποτελέσματα τα οποία βρίσκονται εκτός των νομοθετημένων ορίων των 50 dBA, με τη μέγιστη υπέρβαση να φτάνει τα 25.5 dBA.

### **3.3 Στατιστική Ανάλυση Αποτελεσμάτων**

Οι δυο μέθοδοι που ακολουθούν (ANOVA, T-Test), πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του προγράμματος : IBM SPSS

#### **3.3.1 Μέθοδος Ανάλυσης Διασποράς: ANOVA**

Με την ανάλυση διασποράς, θα μελετηθεί η ύπαρξη τυχόν (στατιστικά) σημαντικής διαφοράς, στην μετρούμενη συγκέντρωση, ανάμεσα στα τρία σημεία μέτρησης (ΕΛΤΑ, ΓΕΦΥΡΑ, ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ), για τις δυο εποχές μέτρησης (Άνοιξη, Χειμώνας).

##### **3.3.1.1 Άνοιξη**

Αρχικά, τοποθετώντας τα δεδομένα στο υπολογιστικό φύλλο του SPSS και ξεκινώντας της ανάλυση ANOVA, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Descriptives								
PM2.5 Spring Value								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ΕΛΤΑ	8	,008063	,0015991	,0005653	,006726	,009399	,0066	,0108
ΓΕΦΥΡΑ	8	,005225	,0020617	,0007289	,003501	,006949	,0024	,0085
ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ	8	,005700	,0024646	,0008714	,003640	,007760	,0029	,0097
Total	24	,006329	,0023510	,0004799	,005336	,007322	,0024	,0108

**Πίνακας 3.19** Πίνακας Descriptives για τις μετρήσεις PM<sub>2.5</sub> της Άνοιξης

Από τον παραπάνω πίνακα, είναι φανερό ότι η μέση συγκέντρωση των σωματιδίων PM<sub>2.5</sub> είναι: ΕΛΤΑ 0.08063 mg/m<sup>3</sup>, ΓΕΦΥΡΑ 0.005225 mg/m<sup>3</sup> και ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ

0.0057 mg/m<sup>3</sup>. Από αυτά τα αποτελέσματα είναι εμφανές ότι ο σταθμός των ΕΛΤΑ έχει αρκετά μεγαλύτερη συγκέντρωση από τους δυο άλλους σταθμούς.

Προκυμμένου να μπορέσει να εφαρμοστεί η ANOVA, επιβεβαιώνοντας έτσι την ύπαρξη σημαντικής στατιστικής διαφοράς των μετρήσεων, πρέπει να πληρείται η προϋπόθεση της ισότητας των διασπορών των συγκεντρώσεων (**Test of Homogeneity of Variances**) στις 3 τοποθεσίες, το οποίο εξετάζεται με το τεστ

Test of Homogeneity of Variances				
	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Based on Mean	1,085	2	21	,356
Based on Median	,900	2	21	,422
PM2.5 Spring Value Based on Median and with adjusted df	,900	2	20,556	,422
Based on trimmed mean	1,144	2	21	,338

Lavene, δίνοντας τα παρακάτω αποτελέσματα :

**Πίνακας 3.20** Αποτελέσματα Test Levene για την ισότητα των διασπορών στις μετρήσεις PM<sub>2.5</sub> της Άνοιξης

Παρατηρώντας την πρώτη γραμμή του πίνακα, προέκυψε p-value (Sig.) 0.356 >0.05, πράγμα που υποδηλώνει ότι ικανοποιείται η ζητούμενη ισότητα των διασπορών και η

#### ANOVA

PM2.5 Spring Value

ανάλυση ANOVA μπορεί να εκτελεστεί. Έτσι, από την ανάλυση ANOVA προκύπτει :

**Πίνακας 3.21** Αποτελέσματα ανάλυσης ANOVA για τη συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> την Άνοιξη

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,000	2	,000	4,303	,027
Within Groups	,000	21	,000		
Total	,000	23			

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: PM2.5 Spring Value

Bonferroni

(I) Stations	(J) Stations	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound

Από την ανάλυση προέκυψε p-value (Sig.)  $0.027 < 0.005$ , το οποίο υποδηλώνει την ύπαρξη σημαντικής στατιστικής διαφοράς στις μέσες τιμές συγκεντρώσεων  $PM_{2.5}$  των τριών τοποθεσιών. Από τον **Πίνακα 3.19 Πίνακας Descriptives για τις μετρήσεις  $PM_{2.5}$  της Άνοιξης**, εκτιμάται ότι η μεγαλύτερη , στατιστικά, διαφορά βρίσκεται στο σημείο των ΕΛΤΑ.

Έτσι, δεδομένης της ύπαρξης σημαντικής στατιστικής διαφοράς, γίνεται περαιτέρω ανάλυση για τον εντοπισμό της διαφοράς. Αυτό γίνεται μέσω των τεστ πολλαπλών συγκρίσεων (**Multiple Comparisons Tests**). Τα αποτελέσματα αυτών παρουσιάζονται παρακάτω:

ΕΛΤΑ	ΓΕΦΥΡΑ	,0028375*	,0010361	,037	,000142	,005533
	ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ	,0023625	,0010361	,099	-,000333	,005058
ΓΕΦΥΡΑ	ΕΛΤΑ	-,0028375*	,0010361	,037	-,005533	-,000142
	ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ	-,0004750	,0010361	1,000	-,003170	,002220
ΔΗΜΑΡΧ ΕΙΟ	ΕΛΤΑ	-,0023625	,0010361	,099	-,005058	,000333
	ΓΕΦΥΡΑ	,0004750	,0010361	1,000	-,002220	,003170

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**Πίνακας 3. 22** Αποτελέσματα Τεστ Πολλαπλών Δοκιμών για τα PM<sub>2.5</sub> την Άνοιξη

Παρατηρώντας τις τιμές του p-value (Sig.), διαπιστώνουμε ότι ανάμεσα στον σταθμό ΕΛΤΑ και ΓΕΦΥΡΑ, ισχύει p-value  $0.037 < 0.05$ , πράγμα που σημαίνει ότι η συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> (mg/m<sup>3</sup>) για την άνοιξη, διαφέρει (στατιστικά) σημαντικά ανάμεσα στις δυο τοποθεσίες. Το ίδιο δεν ισχύει για τους σταθμούς ΓΕΦΥΡΑ & ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ και ΕΛΤΑ & ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ.

Επαναλαμβάνοντας την παραπάνω διαδικασία για τη συγκέντρωση των PM<sub>10</sub>, προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα :

**Πίνακας 3.23** Πίνακας Descriptives των PM<sub>10</sub> για την Άνοιξη

#### Descriptives

PM10 Spring Value

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimu m	Maximu m
					Lower	Upper		
					Bound	Bound		

ΕΛΤΑ	9	,023589	,0082498	,002749 9	,017248	,029930	,0134	,0418
------	---	---------	----------	--------------	---------	---------	-------	-------

#### ANOVA

ΓΕΦΥΡΑ	9	,012944	,0042559	,001418 6	,009673	,016216	,0077	,0187
ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ	9	,027533	,0407830	,013594 3	-,003815	,058882	,0085	,1350
Total	27	,021356	,0240356	,004625 7	,011847	,030864	,0077	,1350

Από τον παραπάνω πίνακα, είναι φανερό ότι η μέση συγκέντρωση των σωματιδίων PM<sub>10</sub> είναι: ΕΛΤΑ 0.023589 mg/m<sup>3</sup>, ΓΕΦΥΡΑ 0.0012944 mg/m<sup>3</sup> και ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ 0.027533 mg/m<sup>3</sup>. Από αυτά τα αποτελέσματα είναι εμφανές ότι ο σταθμός ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ έχει αρκετά μεγαλύτερη συγκέντρωση από τους δυο άλλους σταθμούς.

**Πίνακας 3.24** Αποτελέσματα Test Levene για την ισότητα των διασπορών στις μετρήσεις PM<sub>10</sub> της Άνοιξης

#### Tests of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
PM <sub>10</sub> Spring Value	Based on Mean	3.173	2	24	.060
	Based on Median	1.004	2	24	.381
	Based on Median and with adjusted df	1.004	2	8.445	.406
	Based on trimmed mean	2.013	2	24	.156

Η πρώτη γραμμή του παραπάνω πίνακα, p-value (Sig.) 0.60 > 0.05, επιβεβαιώνει τη δυνατότητα εφαρμογής της ανάλυσης ANOVA.



PM10 Spring Value					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,001	2	,001	,879	,428
Within Groups	,014	24	,001		
Total	,015	26			

**Πίνακας 3.25** Αποτελέσματα ανάλυσης ANOVA για τη συγκέντρωση PM<sub>10</sub> την Άνοιξη

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το συμπέρασμα ότι, παρόλο την διαφορά στις συγκεντρώσεις, δεν προκύπτει ουσιώδης στατιστική διαφορά p-value (Sig.) 0.428 > 0.05).

### **3.3.1.2 Χειμώνας**

Αρχικά, τοποθετώντας τα δεδομένα στο υπολογιστικό φύλλο του SPSS και ξεκινώντας της ανάλυση ANOVA, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

### Descriptives

PM<sub>2.5</sub> Winter

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ΕΛΤΑ	8	.009750	.0052304	.0018492	.005377	.014123	.0040	.0180
ΓΕΦΥΡΑ	8	.009750	.0049785	.0017602	.005588	.013912	.0050	.0190
ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ	8	.009875	.0044219	.0015634	.006178	.013572	.0050	.0180
Total	24	.009792	.0046716	.0009536	.007819	.011764	.0040	.0190

**Πίνακας 3.26** Πίνακας Descriptives για τις μετρήσεις PM<sub>2.5</sub> του Χειμώνα

Από τον παραπάνω πίνακα, είναι φανερό ότι η μέση συγκέντρωση των σωματιδίων PM<sub>2.5</sub> είναι: ΕΛΤΑ 0.009750 mg/m<sup>3</sup>, ΓΕΦΥΡΑ 0.009750 mg/m<sup>3</sup> και ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ 0.009875 mg/m<sup>3</sup>. Από αυτά τα αποτελέσματα είναι εμφανές ότι ο σταθμός ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση από τους δυο άλλους σταθμούς.

Προκειμένου να μπορέσει να εφαρμοστεί η ANOVA, επιβεβαιώνοντας έτσι την ύπαρξη σημαντικής στατιστικής διαφοράς των μετρήσεων, πρέπει να πληρείται η προϋπόθεση της ισότητας των διασπορών των συγκεντρώσεων (**Test of Homogeneity of Variances**), το οποίο εξετάζεται με το τεστ Lavene, δίνοντας τα παρακάτω αποτελέσματα :

**Πίνακας 3.27** Αποτελέσματα Test Levene για την ισότητα των διασπορών στις μετρήσεις PM<sub>2.5</sub> του Χειμώνα

### Tests of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
PM <sub>2.5</sub> Winter	Based on Mean	.056	2	21	.946
	Based on Median	.048	2	21	.953
	Based on Median and with adjusted df	.048	2	19.359	.953
	Based on trimmed mean	.056	2	21	.946

Παρατηρώντας την πρώτη γραμμή του πίνακα, προέκυψε p-value (Sig.)  $0.946 > 0.05$ , πράγμα που υποδηλώνει ότι ικανοποιείται η ισότητα των διασπορών και η ανάλυση ANOVA είναι εφαρμόσιμη. Έτσι, από την ανάλυση ANOVA προκύπτει :

**Πίνακας 3.28** Αποτελέσματα ανάλυσης ANOVA για το Χειμώνα

ANOVA					
PM2.5 Winter					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	2	.000	.002	.998
Within Groups	.001	21	.000		
Total	.001	23			

Από την ανάλυση προέκυψε p-value (Sig.)  $0.998 > 0.005$ , το οποίο υποδηλώνει απουσία σημαντικής στατιστικής διαφοράς στις τιμές PM<sub>2.5</sub> των τριών τοποθεσιών, παρόλο την διαφορά στις συγκεντρώσεις.

Επαναλαμβάνοντας την παραπάνω διαδικασία για την συγκέντρωση των PM<sub>10</sub>, προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα :

**Πίνακας 3.29** Πίνακας Descriptives των PM<sub>10</sub> για το Χειμώνα

Descriptives								
PM10 Winter								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ΕΛΤΑ	8	.013500	.0042088	.0014880	.009981	.017019	.0070	.0180
ΓΕΦΥΡΑ	8	.015000	.0061412	.0021712	.009866	.020134	.0060	.0220
ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ	8	.014375	.0051807	.0018316	.010044	.018706	.0070	.0230
Total	24	.014292	.0050431	.0010294	.012162	.016421	.0060	.0230

Από τον παραπάνω πίνακα, είναι φανερό ότι η μέση συγκέντρωση των σωματιδίων PM<sub>10</sub> είναι: ΕΛΤΑ 0.01350 mg/m<sup>3</sup>, ΓΕΦΥΡΑ 0.01500 mg/m<sup>3</sup> και ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ 0.01437 mg/m<sup>3</sup>. Από αυτά τα αποτελέσματα είναι εμφανές ότι ο σταθμός ΓΕΦΥΡΑ έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση από τους δυο άλλους σταθμούς.

**Πίνακας 3.30** Αποτελέσματα Test Levene για την ισότητα των διασπορών στις μετρήσεις PM<sub>10</sub> του Χειμώνα

Tests of Homogeneity of Variances					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
PM <sub>10</sub> Winter	Based on Mean	.829	2	21	.450
	Based on Median	.999	2	21	.385
	Based on Median and with adjusted df	.999	2	20.278	.386
	Based on trimmed mean	.865	2	21	.436

Η πρώτη γραμμή του παραπάνω πίνακα, p-value (Sig.) 0.450 > 0.05, επιβεβαιώνει την εγκυρότητα της ανάλυσης ANOVA.

**Πίνακας 3.31** Αποτελέσματα ανάλυσης ANOVA για τη συγκέντρωση PM<sub>10</sub> τον Χειμώνα

ANOVA					
PM10 Winter					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	2	.000	.166	.848
Within Groups	.001	21	.000		
Total	.001	23			

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το συμπέρασμα ότι, παρόλο την διαφορά στις συγκεντρώσεις, δεν προκύπτει ουσιώδης στατιστική διαφορά p-value (Sig.) 0.848 > 0.05).

### **3.3.2 Μέθοδος Ανάλυσης Ανεξαρτήτων Δειγμάτων: T-Test**

#### **3.3.2.1 Άνοιξη**

Στη συνέχεια θα γίνει έλεγχος για την ύπαρξη σημαντικής διαφοράς στην συγκέντρωση σωματιδίων PM<sub>10</sub>, για το σταθμό των ΕΛΤΑ, ανάμεσα στις ημέρες Τετάρτη και Κυριακή. Ο έλεγχος που θα πραγματοποιηθεί είναι ο στατιστικός έλεγχος για δυο ανεξάρτητα δείγματα : t-test.

**Πίνακας 3.32** Πίνακας Descriptives για τα δεδομένα PM<sub>10</sub> της Άνοιξης

Group Statistics					
	Day	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PM <sub>10</sub> Spring Value	Wednesday	6	.013650	.0039139	.0015979
	Sunday	6	.021150	.0026689	.0010896

Από τον παραπάνω πίνακα, προκύπτει ότι στο σταθμό ΕΛΤΑ, η συγκέντρωση των PM<sub>10</sub> την Τετάρτη είναι 0.01365 mg/m<sup>3</sup> ενώ την Κυριακή 0.02115 mg/m<sup>3</sup>, η οποία είναι αρκετά μεγαλύτερη.

**Πίνακας 3.33** Πίνακας Test Levene για την ισότητα των διασπορών και αποτελέσματα t-test, για τη συγκέντρωση PM<sub>10</sub> της Άνοιξης

Independent Samples Test							
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	Sig.	t	df	Significance	
						One-Sided p	Two-Sided p
PM <sub>10</sub> Spring Value	Equal variances assumed	.084	.778	-3.878	10	.002	.003
	Equal variances not assumed			-3.878	8.823	.002	.004

Παρατηρώντας την πρώτη γραμμή του πίνακα, προέκυψε το p-value (two sided p)  $0.003 < 0.05$ , το οποίο δηλώνει την ύπαρξη σημαντικής διαφοράς συγκεντρώσεων. Επομένως την Κυριακή, η μέση τιμή των συγκεντρώσεων των σωματιδίων PM<sub>10</sub> είναι αρκετά μεγαλύτερη από αυτή της Τετάρτης.

Αντίστοιχα, για τη συγκέντρωση των σωματιδίων PM<sub>2.5</sub>, στις ίδιες ημέρες και στην ίδια τοποθεσία, παρατηρείται ότι η συγκέντρωση κατά τη διάρκεια της Τετάρτης είναι  $0.006783 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ενώ κατά τη διάρκεια της Κυριακής είναι  $0.007125 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

**Πίνακας 3.34** Πίνακας Descriptives για τα δεδομένα PM<sub>2.5</sub> της Άνοιξης

Group Statistics					
	Day	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PM <sub>2.5</sub> Spring Value	Wednesday	6	.006783	.0025514	.0010416
	Sunday	4	.007125	.0014886	.0007443

**Πίνακας 3. 35** Πίνακας test Levene για την ισότητα των διασπορών και αποτελέσματα T-test, για τη συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> της Άνοιξης

Independent Samples Test							
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	Sig.	t	df	Significance One-Sided p	Two-Sided p
PM <sub>2.5</sub> Spring Value	Equal variances assumed	.270	.617	-.239	8	.409	.817
	Equal variances not assumed			-.267	7.954	.398	.796

Παρόλο τη διαφορά τους, προκύπτει ότι οι συγκεντρώσεις αυτές δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά αφού υπολογίστηκε p-value (two sided p)  $0.817 > 0.05$ .

### 3.3.2.2 Χειμώνας

Στη συνέχεια θα γίνει έλεγχος για την ύπαρξη σημαντικής διαφοράς στην συγκέντρωση σωματιδίων PM<sub>10</sub>, για το σταθμό των ΕΛΤΑ, ανάμεσα στις ημέρες Τετάρτη και Κυριακή.

**Πίνακας 3.36** Πίνακας Descriptives για τα δεδομένα PM<sub>10</sub> του Χειμώνα

Group Statistics					
	Day	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PM <sub>10</sub> Winter	Wednesday	4	.016750	.0041932	.0020966
	Sunday	6	.013333	.0052409	.0021396

Από τον παραπάνω πίνακα, προκύπτει ότι στο σταθμό ΕΛΤΑ, η συγκέντρωση των PM<sub>10</sub> την Τετάρτη είναι  $0.016750 \text{ mg/m}^3$  ενώ την Κυριακή  $0.013333 \text{ mg/m}^3$ , η οποία είναι μικρότερη.

**Πίνακας 3.37** Πίνακας test Levene για την ισότητα των διασπορών και αποτελέσματα T-test, για τη συγκέντρωση PM<sub>10</sub> του Χειμώνα

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	Sig.	t	df	Significance One-Sided p	Two-Sided p
PM <sub>10</sub> Winter Wednesday _Sunday	Equal variances assumed	.731	.417	1.086	8	.155	.309
	Equal variances not assumed			1.141	7.574	.144	.289

Παρατηρώντας την πρώτη γραμμή του πίνακα, προέκυψε το p-value (two sided p)  $0.309 > 0.05$ , το οποίο δηλώνει την απουσία σημαντικής διαφοράς συγκεντρώσεων. Επομένως την Κυριακή, η μέση τιμή των συγκεντρώσεων των σωματιδίων PM<sub>10</sub> είναι στατιστικά παρόμοια με αυτή της Τετάρτης.

Αντίστοιχα, για τη συγκέντρωση των σωματιδίων PM<sub>2.5</sub>, στις ίδιες ημέρες και στην ίδια τοποθεσία, παρατηρείται ότι η συγκέντρωση κατά τη διάρκεια της Τετάρτης είναι  $0.00725 \text{ mg/m}^3$  ενώ κατά τη διάρκεια της Κυριακής είναι  $0.013333 \text{ mg/m}^3$ .

**Πίνακας 3.38** Πίνακας Descriptives για τα δεδομένα PM<sub>2.5</sub> του Χειμώνα

Group Statistics					
	Day	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PM <sub>2.5</sub> Winter Wednesday _Sunday	Wednesday	4	.007250	.0033040	.0016520
	Sunday	6	.013333	.0052409	.0021396



**Πίνακας 3. 39** test Levene για την ισότητα των διασπορών και αποτελέσματα T-test, για τη συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> του Χειμώνα

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	Sig.	t	df	Significance	
						One- Sided p	Two- Sided p
PM <sub>2.5</sub> Winter Wednesday _Sunday	Equal variances assumed	2.113	.184	-2.044	8	.038	.075
	Equal variances not assumed			-2.250	8.000	.027	.055

Παρόλο τη διαφορά τους, προκύπτει ότι οι συγκεντρώσεις αυτές δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά αφού υπολογίστηκε p-value (two sided p)  $0.075 > 0.05$ . Επομένως την Κυριακή, η μέση τιμή των συγκεντρώσεων των σωματιδίων PM<sub>2.5</sub> είναι στατιστικά παρόμοια με αυτή της Τετάρτης.

## 4 Συζήτηση

Κατά τη συλλογή των πειραματικών δεδομένων, αλλά και την επεξεργασία τους, προέκυψαν τροποποιήσεις και εμπόδια τα οποία χρήζουν επεξήγηση προκειμένου να διασφαλιστεί η εγκυρότητα τυχόν συμβάσεων και αλλαγών που έγιναν.

### 1. Περίοδος Μέτρησης :

Οι ημερομηνίες και οι ώρες μετρήσεων επηρεάστηκαν άμεσα από τις περιοριστικές διατάξεις για την καταπολέμηση της πανδημίας του SARS-CoV-2. Κατά τη διάρκεια ορισμένων μετρήσεων, υπήρξαν ορισμένες αποκλίσεις στην ώρα δειγματοληψίας. Οι αποκλίσεις αυτές, οφείλονταν κυρίως σε θέματα που προέκυψαν κατά τη μετακίνηση μέχρι τα σημεία δειγματοληψίας. Για την καταπολέμηση αυτού, το αρχικό πρωτόκολλο τροποποιήθηκε κατάλληλα ώστε η ώρα μέτρησης να μετατραπεί σε χρονικό εύρος μέτρησης. Για παράδειγμα η ώρα μέτρησης 9:00 πμ, έγινε μέτρηση στο εύρος 9:00-9:30 πμ. Παράλληλα, μετά τη χειμερινή περίοδο, το επιβαρυνόμενο επιδημιολογικό φορτίο της χώρας, προκάλεσε την επιδείνωση των περιοριστικών διατάξεων, με αποτέλεσμα η εποχή του καλοκαιριού να αποκλειστεί από το πρωτόκολλο των μετρήσεων, μιας και η μετακίνηση προς τα σημεία μέτρησης ήταν αδύνατη. Έτσι, μετά από τις τελικές τροποποιήσεις που προαναφέρθηκαν, οι εποχές μετρήσεις περιορίστηκαν στις δυο (2): Χειμώνας, Άνοιξη, με την άνοιξη να αποτελείται από έξι (6) μετρήσεις στις αρχές του μήνα Μαΐου.

### 2. Σημεία Μέτρησης :

Τα σημεία μέτρησης, δεν τροποποιήθηκαν με κάποιο τρόπο όπως αυτά αναφέρονται στο πρωτόκολλο. Κατά την περίοδο της άνοιξης, απροειδοποίητα έργα, απέκλεισαν το κεντρικό οδικό δίκτυο του Πλατανιά από το σταθμό του Δημαρχείου μέχρι και το σταθμό του ΕΛΤΑ, καθιστώντας τις μετρήσεις εκείνης της εβδομάδας ελλιπείς. Η πρώτη εβδομάδα του Μαΐου περιείχε ολοκληρωμένες μετρήσεις.

### **3. Μετρήσεις Ποιότητας Ατμοσφαιρικού Αέρα**

Στην αρχική εκδοχή του πρωτοκόλλου, όπως αναφέρεται και στις ενότητες **1.1**, **2.1**, **2.2**, υπήρχε η καταγραφή συγκεντρώσεων NO, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, PID, με το μηχάνημα της iBrid®. Το εν λόγω μηχάνημα, σύμφωνα με τον κατασκευαστή του, είναι σχεδιασμένο και βαθμονομημένο για την μέτρηση των παραπάνω συγκεντρώσεων, σε περιβάλλον βιομηχανικών εγκαταστάσεων, το οποίο συνεπάγεται με υψηλές τιμές των προαναφερθέντων συγκεντρώσεων. Κατά τις μετρήσεις πεδίου στο αστικό κέντρο παρατηρήθηκε μια σταθερότητα στις διακυμάνσεις των τιμών και ποιο συγκεκριμένα ήταν όλες μηδενικές, εκτός από τη συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> που ήταν 0.03 %vol και του PID που ήταν -0.03 ppm. Δεδομένου ότι οι εκλύσεις NO<sub>2</sub>, έχουν κύρια πηγή την καύση καύσιμου για τα οχήματα, αποκλείεται αυτομάτως η διακύμανση του να είναι σταθερή με μηδενική τιμή, σε όλες τις μετρήσεις και στις δυο εποχές. Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω, οι μετρήσεις NO, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, PID θεωρήθηκαν μη αντιπροσωπευτικές και δεν περιλήφθηκαν στην περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων.

### **4. Μετρήσεις Κυκλοφοριακού Φόρτου**

Κατά την τοποθέτηση των μηχανημάτων **SDR**, τα οποία έμειναν ενεργοποιημένα για ένα πιλοτικό διάστημα τριών (3) εβδομάδων, έγινε η ταυτόχρονη οπτική επιβεβαίωση της εγκυρότητας καταγραφής τους. Η τοποθέτηση έγινε στα τέλη του μήνα Φεβρουαρίου. Πριν από αυτήν, είχαν προηγηθεί μετρήσεις πεδίου, τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο οι οποίες συνδυάστηκαν με την ταυτόχρονη μέτρηση κυκλοφοριακού φόρτου με μια δοκιμαστική συσκευή **d-SDR (demo-SDR)**. Κατά τη διάρκεια αυτών των μετρήσεων, ο μετρητής **d-SDR**, τοποθετήθηκε σε ύψος ~0.80 – 0.90 cm από το έδαφος και κατέγραφε τη διερχόμενη κυκλοφορία. Ταυτόχρονα, γινόταν η χειροκίνητη καταγραφή των διερχόμενων οχημάτων, προκειμένου να επιβεβαιωθεί ότι ο μετρητής καταγράφει ορθά. Η διάρκεια αυτών των μετρήσεων ήταν περίπου μισή ώρα (30 min), πράγμα που απέκλεισε τις συγκεκριμένες μετρήσεις από τα υπόλοιπα δεδομένα, λόγω μικρής χρονικής διάρκειας. Οι συγκεκριμένες μετρήσεις βρίσκονται στα παραρτήματα. Παράλληλα, στα παραρτήματα βρίσκονται και εκτενέστερα διαγράμματα για τον ποιοτικό χαρακτηρισμό της κυκλοφορίας.

## **5. Μετρήσεις Περιβαλλοντικών Δεδομένων**

Κατά τη χειμερινή περίοδο των μετρήσεων, οι μετρήσεις περιβαλλοντικών δεδομένων ήταν σταθερές και δεν περιείχαν αποκλίσεις από το πρωτόκολλο. Εξαίρεση αποτελούσαν οι πρώτες μετρήσεις του χειμώνα, οι οποίες έγιναν με ελλειμματικό εξοπλισμό και σε ακανόνιστα διαστήματα, συγκριτικά με το πρωτόκολλο. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων της άνοιξης, το μηχάνημα καταγραφής (**Kestrel 4500 PWT**), υπέστη αδιευκρίνιστη βλάβη και τέθηκε εκτός λειτουργίας. Συνεπώς, χρησιμοποιήθηκε η δεύτερη εναλλακτική, η οποία ήταν ο μετεωρολογικό σταθμός της **Meteo.gr**, που είναι τοποθετημένος στα 12 m από το επίπεδο του εδάφους, πάνω στην οροφή του Δημαρχείου, από ερευνητική ομάδα της Σχολής Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, του Πολυτεχνείου Κρήτης. Το πρόβλημα που προέκυψε με τη χρήση του σταθμού, ήταν οι μετρήσεις του. Ο σταθμός είναι προγραμματισμένος να εξάγει ημερησίως μια μέση τιμή για τη θερμοκρασία, την υγρασία και την ταχύτητα ανέμου της ευρύτερης περιοχής. Εκτός από το σφάλμα που προκύπτει με τη χρήση ενός μέσου όρου για να καλυφθεί ολόκληρο το εύρος των σταθμών και των ωρών μέτρησης, προκύπτει και σφάλμα κατά την αναγωγή των μετρήσεων ταχύτητας ανέμου από τα 12 m στο 1 m (επίπεδο δρόμου), μέσω της μαθηματικής εξίσωσης που αναφέρεται στην ενότητα **2.4.2.1**.

## **6. Μετρήσεις Σωματιδιακής Ύλης**

Κατά τις μετρήσεις σωματιδιακής ύλης, μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις των  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  και  $PM_{10}$ . Από αυτές περαιτέρω ανάλυση, υπέστησαν οι μετρήσεις  $PM_{2.5}$  και  $PM_{10}$ , καθώς έχουν χαρακτηριστεί από τον **WHO** ως **επιβλαβείς** για την ανθρώπινη υγεία. Παρατηρώντας τα αριθμητικά αποτελέσματα, αλλά και τα παραγόμενα διαγράμματα, εμφανίζεται μια αυξητική τάση των  $PM_{10}$ , κατά μήκος του οδικού άξονα προς το κέντρο του Πλατανιά. Η κορυφή (**peak**) εμφανίζεται στον τρίτο σταθμό μέτρησης, τα **ΕΛΤΑ**. Η οπτική παρατήρηση του σημείου, εμφανίζει μερικούς από τους πιθανούς λόγους, που εμφανίζεται μια επαναλαμβανόμενη αύξηση αυτών των ρύπων. Στο σημείο των **ΕΛΤΑ**, υπάρχει μια **σχετική στένωση** του δρόμου, η οποία με την ταυτόχρονη πολλαπλή στάθμευση στον πεζόδρομο δημιουργεί μια πιθανή σημειακή πηγή  $PM_{10}$ . Ταυτόχρονα, έναντι του σταθμού μέτρησης, βρίσκεται μια επιχείρηση η οποία χρησιμοποιεί μια **μίξη χρώματος** και

**χοντρόκοκκου χαλικιού ως επίστρωμα** του δαπέδου της, δίνοντας έτσι μια δεύτερη πιθανή πηγή PM<sub>10</sub>, καθώς στους ρύπους PM<sub>10</sub> κατατάσσονται σκόνες, σωματίδια από χώμα κλπ. Τέλος, η **αυξημένη ταχύτητα** των οχημάτων, σε συνδυασμό με τη **διέλευση βαρέων οχημάτων** και οχημάτων οικοδομής, δίνουν μια τρίτη πιθανή εξήγηση στα αυξημένα επίπεδα των PM<sub>10</sub>, καθώς τέτοιες διελεύσεις προκαλούν αιωρήσεις των σωματιδίων που έχουν καθιζάνει, αυξάνοντας έτσι τα μετρούμενα μεγέθη.

Παράλληλα θα πρέπει να μελετηθεί η αντιπροσωπευτικότητα αυτών των μετρήσεων. Όπως προαναφέρθηκε και στην αρχή της συζήτησης, οι μετρήσεις των δυο εποχών, έγιναν κάτω από το ιδιαίτερο καθεστώς των περιοριστικών διατάξεων και απαγορεύσεων που εφαρμόστηκαν στην επικράτεια, λόγω της πανδημίας του COVID-19. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι ανθρωπογενείς ρύποι, όπως το μεγαλύτερο ποσοστό της σωματιδιακής ύλης, να εμφανίζουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Έχοντας αυτό υπόψιν, θα πρέπει να γίνει η υπόθεση ότι υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, όπως αυτές παρουσιάστηκαν τα έτη πριν την πανδημία (2019, 2018 κλπ.), τα μετρούμενα επίπεδα PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>10</sub>, θα εμφάνιζαν υψηλότερες μέγιστες τιμές, οι οποίες πιθανόν να ξεπερνούσαν κατά πολύ τα προτεινόμενα όρια του **WHO**. Για να επιβεβαιωθεί αυτή η υπόθεση, θα πρέπει να γίνει **μελλοντική επαναληπτική μέτρηση**, εντός περιόδου κανονικότητας, για να επιβεβαιώσει την παρατηρούμενη τάση.

## **7. Μετρήσεις Επιπέδου Θορύβου**

Κατά τη διαδικασία της μέτρησης των επιπέδων ήχου, δεν παρουσιάστηκε κάποια ιδιαίτερη συνθήκη η οποία να επηρεάσει τα δεδομένα ήχου. Τόσο στις μετρήσεις του χειμώνα, όσο και στις μετρήσεις της άνοιξης, υπάρχουν αρκετές μετρήσεις που παρουσιάζουν αυξημένες τιμές θορύβου, ενώ δεν έλειπαν και αυτές που ξεπέρασαν το όριο των μετρούμενων dBA (NL<sub>max</sub>=90 dBA, NL<sub>min</sub>=40 dBA). Σε συνδυασμό με την οπτική παρατήρηση που γινόταν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, οι πηγές που προκαλούσαν αυτές τις αυξήσεις στις τιμές ήταν τρεις. Αρχικά, υψηλά επίπεδα θορύβου παρουσίαζαν τα οχήματα παλαιότερου τύπου, λόγω παλαιώσης. Στη συνέχεια, ανάλογα επίπεδα θορύβου προκαλούσαν τα οχήματα με εξατομικευμένα εξαρτήματα, τα οποία ήταν αρκετά σε πλήθος. Τέλος, με σημαντική συχνότητα εμφάνισης, ήταν τα οχήματα βαρέων τύπων και τα λεωφορεία κατηγορίας II

(υπεραστικά/αστικά), τα οποία εκτός από υψηλό ηχορυπαντικό φορτίο προκαλούσαν και οδική συμφόρηση σε κομβικά σημεία. Αναφορικά με την αξιολόγηση της ηχορύπανσης στον αστικό Πλατανιά, έγινε χρήση των μεγεθών L. Για το χειμώνα υπολογίστηκε το  $L_{90}$  ίσο με 72.7 dBA, υποδεικνύοντας ότι το 90% των μετρήσεων βρίσκεται στο εύρος [0, 72.7]. Ταυτόχρονα υπολογίστηκε το  $L_{10}$  και  $L_{50}$  ίσα με 48.7 dBA και 60.3 dBA αντίστοιχα, υποδεικνύοντας ότι στην πραγματικότητα η μειοψηφία των μετρήσεων (10%) βρισκόταν έως τα 48.7 dBA, ενώ το 50% από αυτές ήταν έως τα 60.3 dBA. Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα από αυτούς τους δείκτες δείχνουν ότι τα επίπεδα θορύβου στο αστικό κέντρο είναι εκτός νομοθετικών ορίων, το οποίο χρήζει άμεσης προσοχής, πρωτίστως για την υγεία των μόνιμων κατοίκων αλλά και δευτερευόντως για τις συνθήκες παραμονής των παραθεριστών.

#### **8. Παρεμφερείς Ερευνητικές Εργασίες**

Από της βιβλιογραφικές αναφορές, που αναφέρονται στην εισαγωγή, μπορεί να εξαχθεί ένα συμπέρασμα για την πρότυπη εφαρμογή της συγκριμένης εργασίας. Ενώ το πρωτόκολλο μετρήσεων, διαιρεμένο στα επιμέρους του κομμάτια, έχει ξανα-εφαρμοστεί σε διαφορετικές περιπτώσεις, δεν υπάρχουν βιβλιογραφικές αναφορές για την ταυτόχρονη καταμέτρηση σωματιδιακών και χημικών ρύπων, ηχορύπανσης και κυκλοφοριακού φόρτου. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα δυναμικό μοντέλο, το οποίο μπορεί να παραγάγει μια πλήρης ετήσια εικόνα για το αστικό κέντρο του Πλατανιά, καθώς και να αξιολογήσει τη λειτουργικότητα των δυνατών μέτρων που μπορούν να εφαρμοστούν.

## 5 Συμπεράσματα

Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω αριθμητικά αποτελέσματα, αλλά και παρατηρώντας τα γραφήματα που προέκυψαν, μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα για την αξιολόγηση του τουριστικού αστικού κέντρου του Πλατανιά :

### 1. Περιβαλλοντικές Συνθήκες :

Αναφορικά με τις περιβαλλοντικές συνθήκες: θερμοκρασία, υγρασία και ταχύτητα ανέμου, δεν παρατηρείται κάτι ασυνήθιστο για τα δεδομένα ενός αστικού κέντρου, σε Μεσογειακή νήσο. Οι θερμοκρασίες ακολουθούν την αναμενόμενη κατανομή κατά την οποία η μεγαλύτερη θερμοκρασία συναντάται τις μεσημεριανές ώρες 14:00-15:00. Τα επίπεδα υγρασίας βρίσκονται σε φυσιολογικά επίπεδα, δεδομένης της ύπαρξης ενός ποταμού αλλά και δεδομένου του παραθαλάσσιου χαρακτήρα της πόλης. Τέλος, παίρνοντας υπόψιν τη δομή της πόλης, τη σχετικά μικρή απόσταση ανάμεσα στις δυο πλευρές του δρόμου και την πυκνή δόμηση, τα επίπεδα της ταχύτητας ανέμου κυμαίνονται στα φυσιολογικά όρια, με εξαίρεση τη διέλευση βαρέων οχημάτων και οχημάτων που έχουν επιταχύνει σε μεγάλο βαθμό, τα οποία προκαλούν μια τοπική αύξηση (**spike**) των ταχυτήτων αέρα.

### 2. Επίπεδα Ήχου :

Από τις μετρήσεις στις δυο εποχές, υπολογίστηκαν τρία ενδεικτικά μεγέθη για να εκφράσουν τα επίπεδα του ήχου. Κατά την περίοδο του χειμώνα υπολογίστηκε το  $L_{10} = 48.7$  dBA , το οποίο είναι οριακά εντός των νομοθετημένων ορίων και τα  $L_{50}=60.3$  dBA και  $L_{90}= 72.7$  dBA τα οποία τα υπερβαίνουν. Αντίστοιχα, στην περίοδο της άνοιξης, υπολογίστηκαν:  $L_{10} = 46.8$  dBA, το οποίο παραμένει οριακά εντός των νομοθετημένων ορίων και τα  $L_{50}=58.4$  dBA και  $L_{90}= 70.6$  dBA, τα οποία παραμένουν εκτός ορίων. Τέλος, για τις δυο εποχές υπολογίστηκαν οι ημερήσιοι δείκτες  $L_{eq}$  όλοι εκ των οποίων, παραμένουν εκτός ορίων. Παίρνοντας υπόψιν αυτά τα έξι (6) δεδομένα, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι ο κύριος οδικός άξονας του αστικού Πλατανιά, **χρήζει αναδιαμόρφωσης**, καθώς **οι συνθήκες θορύβου** που επικρατούν

**δεν συνάδουν με τον αστικό - τουριστικό του χαρακτήρα.** Ταυτόχρονα, τα επίπεδα θορύβου, θέτουν την περιοχή του αστικού Πλατανιά εκτός νομοθετημένων ορίων.

### **3. Ποιότητα Ατμοσφαιρικού Αέρα – Σωματιδιακή Ύλη :**

Αναφορικά με τις συγκεντρώσεις τις σωματιδιακής ύλης θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή καθώς, όπως επεξηγήθηκε και στη συζήτηση, τα αποτελέσματα δεν είναι πλήρως αντιπροσωπευτικά, αλλά έχουν ελαττωμένες τιμές. Αναφορικά με το χειμώνα, καμιά μέτρηση δεν παρουσιάζεται εκτός των επιτρεπτών ορίων, όπως αυτά ορίζονται από τον WHO, καθώς είναι οριακά αποδεκτές. Οι μεγαλύτερες μετρήσεις είναι :

- $(PM_{2.5})_{\max} = 0.019 \text{ mg/m}^3$  , Ημέρα Κυριακή , στον Σταθμό : Γέφυρα
- $(PM_{10})_{\max} = 0.030 \text{ mg/m}^3$  , Ημέρα Κυριακή , στον Σταθμό : Γέφυρα

Αναφορικά με την άνοιξη , οι μετρήσεις παραμένουν αντίστοιχα εντός ορίων, όπως αυτά ορίζονται από τον WHO, με τις μεγαλύτερες μετρήσεις να είναι :

- $(PM_{2.5})_{\max} = 0.011 \text{ mg/m}^3$  , Ημέρα Παρασκευή , στον Σταθμό : ΕΛΤΑ
- $(PM_{10})_{\max} = 0.042 \text{ mg/m}^3$  , Ημέρα Παρασκευή , στον Σταθμό : ΕΛΤΑ

Αναφορικά με την περεταίρω ανάλυση της ομοιογένειας των αποτελεσμάτων, μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα :

- **Αναφορικά με την συγκέντρωση  $PM_{2.5}$  κατά την περίοδο της άνοιξης :**  
Από την ανάλυση ANOVA, προέκυψε ότι υπήρχε σημαντική στατιστική διαφορά στις μετρήσεις του σταθμού ΕΛΤΑ. Παράλληλα με την δοκιμή T-Test, προέκυψε ότι από την ημέρα Τετάρτη μέχρι και Κυριακή, δεν παρουσιάζεται κάποια ιδιαίτερη στατιστική διαφορά ανάμεσά στον σταθμό ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ και ΕΛΤΑ.
- **Αναφορικά με την συγκέντρωση  $PM_{10}$  κατά την περίοδο της άνοιξης :**  
Από την ανάλυση ANOVA, δεν προέκυψε σημαντική στατιστική διαφορά στις μετρήσεις των σταθμών. Παράλληλα με την δοκιμή T-Test, προέκυψε ότι από την ημέρα Τετάρτη μέχρι και Κυριακή, παρουσιάζεται ιδιαίτερη



στατιστική διαφορά την ημέρα Κυριακή, ανάμεσά στον σταθμό ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ και ΕΛΤΑ.

- **Αναφορικά με την συγκέντρωση  $PM_{2.5}$  κατά την περίοδο του χειμώνα :**  
Από την ανάλυση ANOVA, δεν προέκυψε σημαντική στατιστική διαφορά στις μετρήσεις των σταθμών. Παράλληλα με την δοκιμή T-Test, προέκυψε ότι από την ημέρα Τετάρτη μέχρι και Κυριακή, δεν παρουσιάζεται ιδιαίτερη στατιστική διαφορά στις μετρήσεις, ανάμεσά στον σταθμό ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ και ΕΛΤΑ.
- **Αναφορικά με την συγκέντρωση  $PM_{10}$  κατά την περίοδο του χειμώνα :**  
Από την ανάλυση ANOVA, δεν προέκυψε σημαντική στατιστική διαφορά στις μετρήσεις των σταθμών. Παράλληλα με την δοκιμή T-Test, προέκυψε ότι από την ημέρα Τετάρτη μέχρι και Κυριακή, δεν παρουσιάζεται ιδιαίτερη στατιστική διαφορά στις μετρήσεις, ανάμεσά στον σταθμό ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ και ΕΛΤΑ.

Συνολικά, οι συνθήκες που επικρατούν αναφορικά με τη σωματιδιακή ύλη, με τις διακυμάνσεις των  $PM_{2.5}$  και  $PM_{10}$  να είναι οριακά εντός των επιτρεπτών τιμών, καθιστούν την ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα :

- Ποιότητα Ατμοσφαιρικού Αέρα : **Οριακά Αποδεκτή**, δεδομένου του τουριστικού χαρακτήρα της περιοχής.
- Επικινδυνότητα : **Μεσαίου Επιπέδου**, ειδική προσοχή για άτομα ευπαθών ομάδων, **συνίσταται μειωμένη έκθεση (EPA, 2018).**
- Δείκτης Ποιότητας Ατμοσφαιρικού Αέρα (**AQI**) : Μεσαίος (**Moderate**) : 50-100 (**EPA, 2018**)

#### **4. Προτάσεις για το Μέλλον**

Η παρούσα εργασία, αποτελεί τα πρώτα βήματα για τη συστηματική καταγραφή των απαραίτητων δεδομένων, τα οποία θα αποτελέσουν τη μελλοντική βάση δεδομένων του αστικού Πλατανιά. Μέσα από αυτά τα δεδομένα, μετά το πέρας ικανού χρονικού διαστήματος, θα μπορέσει να εκτιμηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η υφιστάμενη κατάσταση του αστικού κέντρου, αναφορικά με την υφιστάμενη ρύπανση, την διακύμανση των περιβαλλοντικών παραμέτρων και τις κυκλοφοριακές διακυμάνσεις. Αυτή η εκτίμηση με τη σειρά της, θα μπορέσει να παρέχει την απαραίτητη αρωγή κατά την ανάπτυξη σχεδίων βιώσιμης αστικής κινητικότητας, προκειμένου το παραγόμενο αποτέλεσμα να είναι το βέλτιστο. Σε αυτά τα πλαίσια, οι προτεινόμενες κινήσεις για το μέλλον, περιλαμβάνουν νέες σειρές μετρήσεων, όπως αυτές περιγράφονται στην παρούσα εργασία, οι οποίες θα καλύπτουν τις τέσσερις εποχές (Φθινόπωρο, Χειμώνας, Άνοιξη, Καλοκαίρι). Τέλος, προκειμένου να είναι ολοκληρωμένη η εικόνα που θα παράγεται από το πρωτόκολλο, συνίσταται η χρήση κατάλληλου εξοπλισμού για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, έτσι ώστε να είναι έγκυρη η καταγραφή των συγκεντρώσεων NO, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, PID.



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ  
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE  
SCHOOL OF CHEMICAL AND  
ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY  
SYSTEMS LABORATORY

## 6 Βιβλιογραφία

Bell, M. L. & HEI Helath Review Committee, 2012. *Assessment of the health impacts of particulate matter characteristics*. s.l., Res. Rep. Health Eff. Inst..

Bigazzi, A. Y. & Rouleau, M., 2017. Can traffic management strategies improve urban air quality? A review of the evidence. *Journal of Transport & Health*, Volume 7, pp. 111-124.

Castaneda, D. A. et al., 2020. Assessment of the NO<sub>2</sub> distribution and relationship with traffic load in the Caribbean coastal city. *Science of the Total Environment*, Volume 720.

Cerro, J. C., Cerda, V. & Pey, J., 2015. Trends of air pollution in the Western Mediterranean Basin from a 13-year database: A research considering regional, suburban and urban environments in Mallorca (Balearic Islands). *Atmospheric Environment*, Volume 103, pp. 138-146.

Chiarini, B., D'Agostino, A., Marzano, E. & Regoli, A., 2021. Air quality in urban areas: Comparing objective and subjective indicators in European countries. *Ecological Indicators*, Volume 121.

Daras, T., Tarasi, D., Tournaki, S. & Tsoutsos, T., 2021. Transportation in the Mediterranean during the COVID-19 pandemic era. *Global Transitions*, Volume 3, pp. 55-71.

Deshmukh, P. et al., 2020. Identifying air pollution source impacts in urban communities using mobile monitoring. *Science of The Total Environment*, Volume 715.

di He, H. & Gao, O. H., 2021. Particulate matter exposure at a densely populated urban traffic intersection and crosswalk. *Environmental Pollution*, Volume 268.

EPA, 2018. *Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – The Air Quality Index (AQI)*, Research Triangle Park, NC: EPA.

Gualtieri, G. et al., 2020. Quantifying road traffic impact on air quality in urban areas: A Covid19-induced lockdown analysis in Italy. *Environmental Pollution*, Volume 267.

Hernandez, M. A., Ramirez, O., Benavides, J. A. & Franco, J. F., 2021. Urban cycling and air quality: Characterizing cyclist exposure to particulate-related pollution. *Urban Climate*, Volume 36.

Kougias, I., Nikitas, A., Thiel, C. & Szabo, S., 2020. Clean energy and transport pathways for islands: A stakeholder analysis using Q method. *Transportation Research Part D Transport and Environment*, Volume 78.

Kuen, M. W., Cheuk, M. M. & Wong, M. M., 2021. Effects of Environmental Sound Quality on Soundscape Preference in a Public Urban Space. *Applied Acoustics*, Volume 171.

Like, J. & Nellthorp, J., 2020. Valuating Transport Noise Impacts in public urban spaces in the UK : Gaps, opportunities and challenges. *Applied Acoustics*, Volume 166.

May, N., 2018. Local environmental impact assessment as decision support for the introduction of electromobility in urban public transport systems. *Transportation Research Part D : Transport and Environment*, Volume 64, pp. 192-203.

May, N., 2018. Local environmental impact assessment as decision support for the introduction of electromobility in urban public transport systems. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 64, pp. 192-203.

Medina, S., Plasencia, A. & Ballester, F., 2004. Public health impact of PM10 in 19 European cities. *Journal of Epidemiology & Community Health*, Volume 58, pp. 831-836.

Microsoft Corporation, 2016. *Microsoft Excel 2016*, s.l.: Microsoft.

Municipality of Platanias, 2011. *Δήμος Πλατανιάς- Municipality of Platanias*. [Online] Available at: <http://archive.platanias.gr/sightseeing/platania/index.html> [Accessed 2011].

Nagendra, S. S. et al., 2019. Mobile monitoring of air pollution using low cost sensors to visualize spatio-temporal variation of pollutants at urban hotspots. *Sustainable Cities and Society*, Volume 44, pp. 520-535.

Sifakis, N. et al., 2021. The impact of COVID-19 pandemic in Mediterranean urban air pollution and mobility. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*.

Smit, R. et al., 2019. Monitoring on-road air quality and measuring vehicle emissions with remote sensing in an urban area. *Atmospheric Environment*, Volume 218.

Sunil, G., Prasad, P., Gival, S. K. & Rakesh, K., 2020. Sensor-based Wireless Air Quality Monitoring Network (SWAQMN) - A smart tool for urban air quality management,. *Atmospheric Pollution Research*, 11(9), pp. 1588-1597.

Tarasi, D., Tryfon, D., Tournaki, S. & Tsoutsos, T., 2021. Transportation in the Mediterranean during the COVID-19 pandemic era. *Global Transitions*, Volume 3, pp. 55-71.

Tsalera, E., Papadakis, A. & Samarakou, M., 2020. Monitoring, profiling and classification of urban environmental noise using sound characteristics and the KNN algorithm. *Energy Reports*, 6(6), pp. 223-230.

Verstaeevel, N. et al., 2020. Assessing the effects of mobility on air quality: The Liverpool Smart Pedestrian project. *Transportation Research Procedia*, Volume 48, pp. 2197-2206.

WHO, 2018. *Ambient (Outdoor) Air Pollution*, s.l.: WHO.

EK, 2008. *Οδηγία 50/2008/EK*, s.l.: EK.

Ελληνική Δημοκρατία, 06.10.1981. *ΦΕΚ*, Α(293), p. Αρ.2 Παρ 5.

Ελληνική Δημοκρατία, 2011. *ΦΕΚ 488/Β/2011*, s.l.: Ελληνική Δημοκρατία.

Ελληνική Δημοκρατία, 2021. Νόμος 4784/2021. *ΦΕΚ*, Α(40), p. Άρθρο 16.

Ελληνική Δημοκρατία, 2021. *Νόμος 4784/2021, Μέρος Β, Κεφάλαιο Α, Άρθρο 16, Παράγραφος#1*, s.l.: Ελληνική Δημοκρατία.

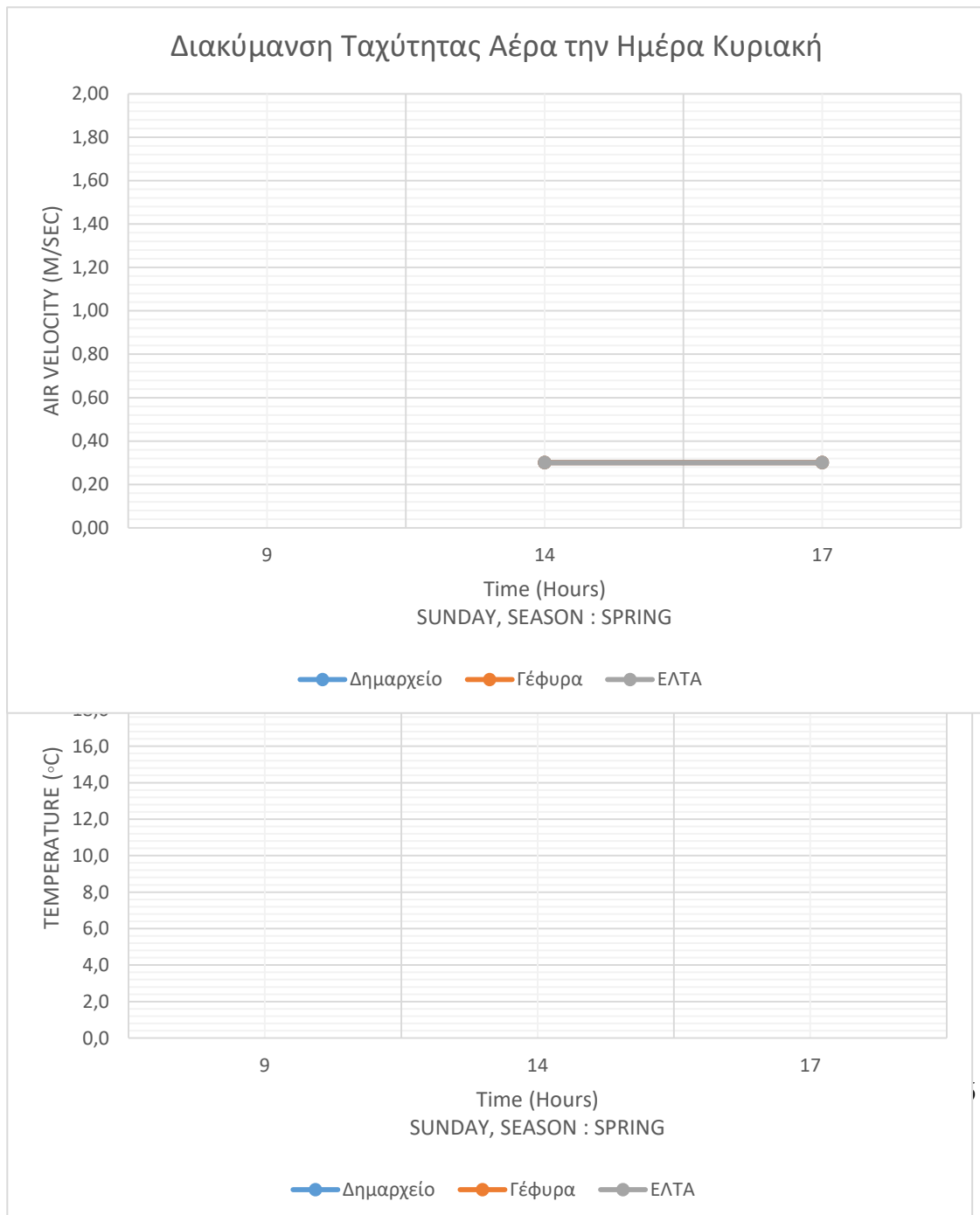
ΕΛΣΤΑΤ, 2011. *Απογραφή Μόνιμου Πληθυσμού 2011*, s.l.: ΦΕΚ Β/698/20.03.2014.

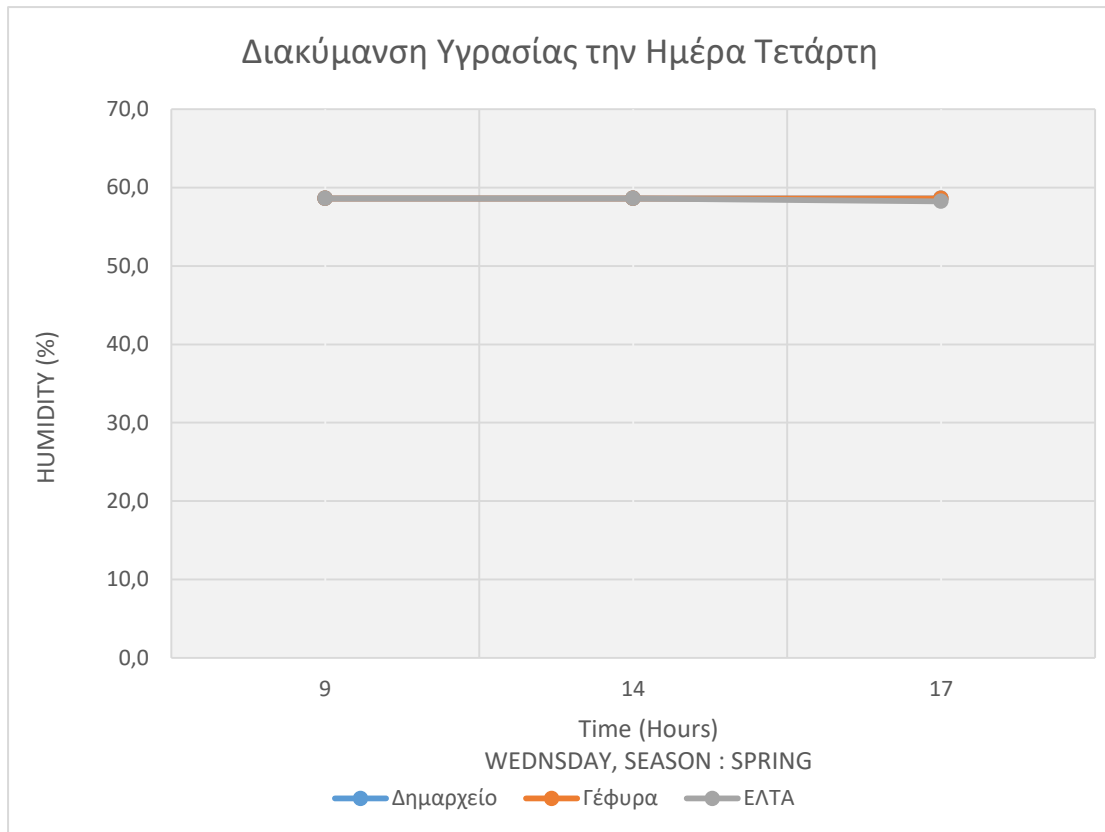
Καρνάρη, Ε. Γ., 2012. *Ηχομονωτική Ικανότητα Κτιριακών Προσώψεων Σύγχρονης Τεχνολογίας-Δικέλυφες Όψεις*, s.l.: s.n.

Κολοκοτσά, Δ., Σπυριδάκη, Α. & Γλυτσός, Θ., 2016. *Εκπόνηση Μελέτης Αιολικού Δυναμικού*. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος.

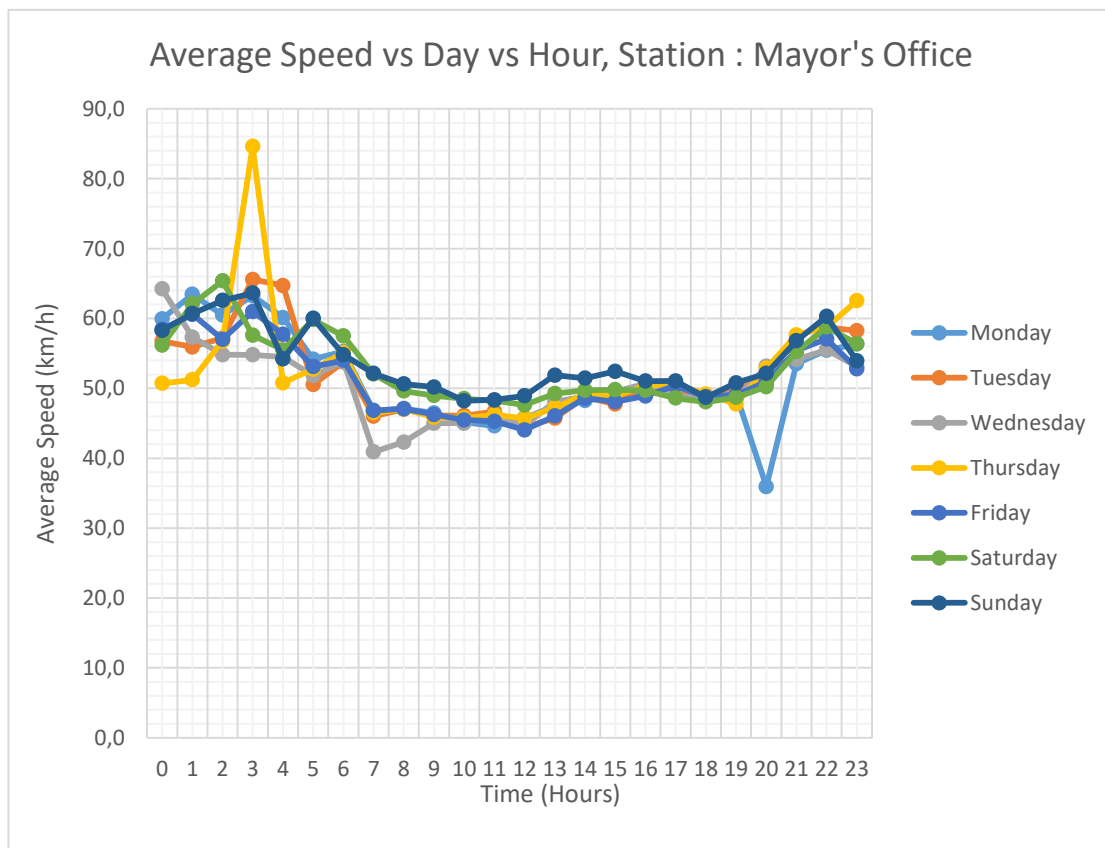
## 7 Παραρτήματα

### 7.1 Παράρτημα Περιβαλλοντικών Δεδομένων

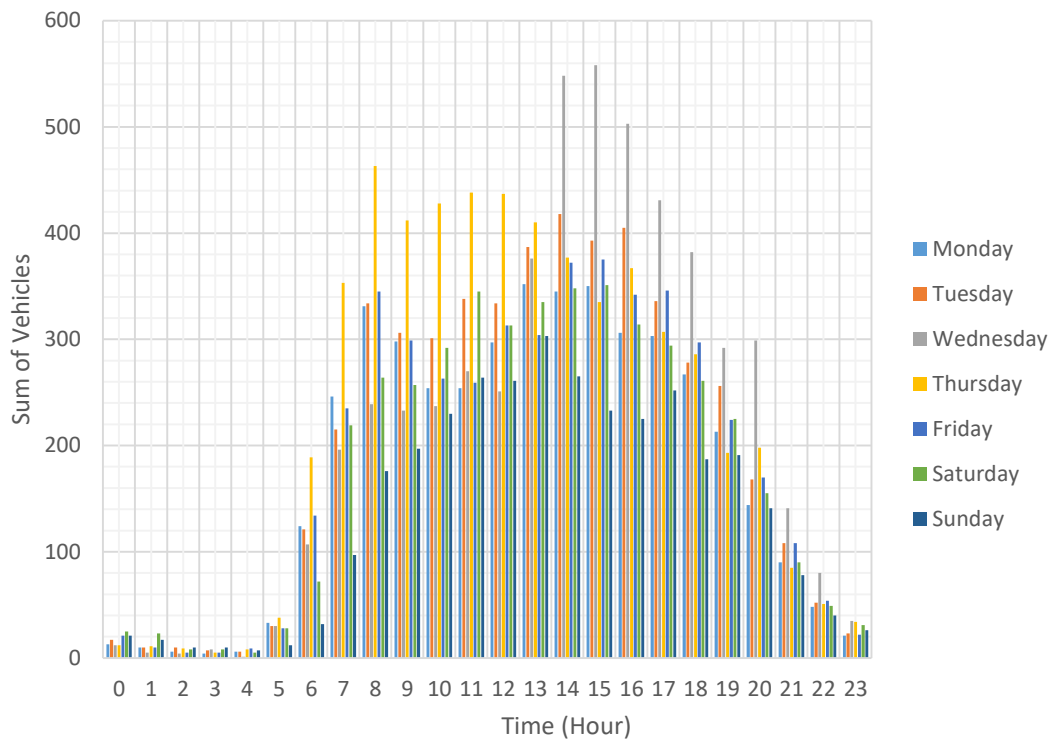




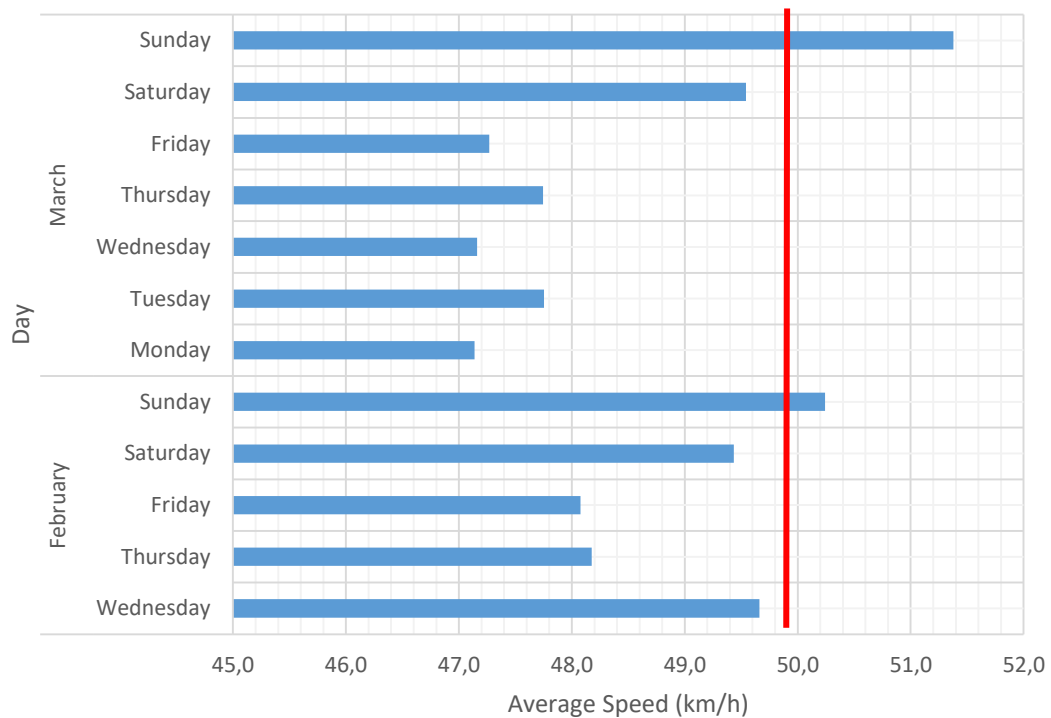
## 7.2 Παράρτημα Κυκλοφοριακών Δεδομένων



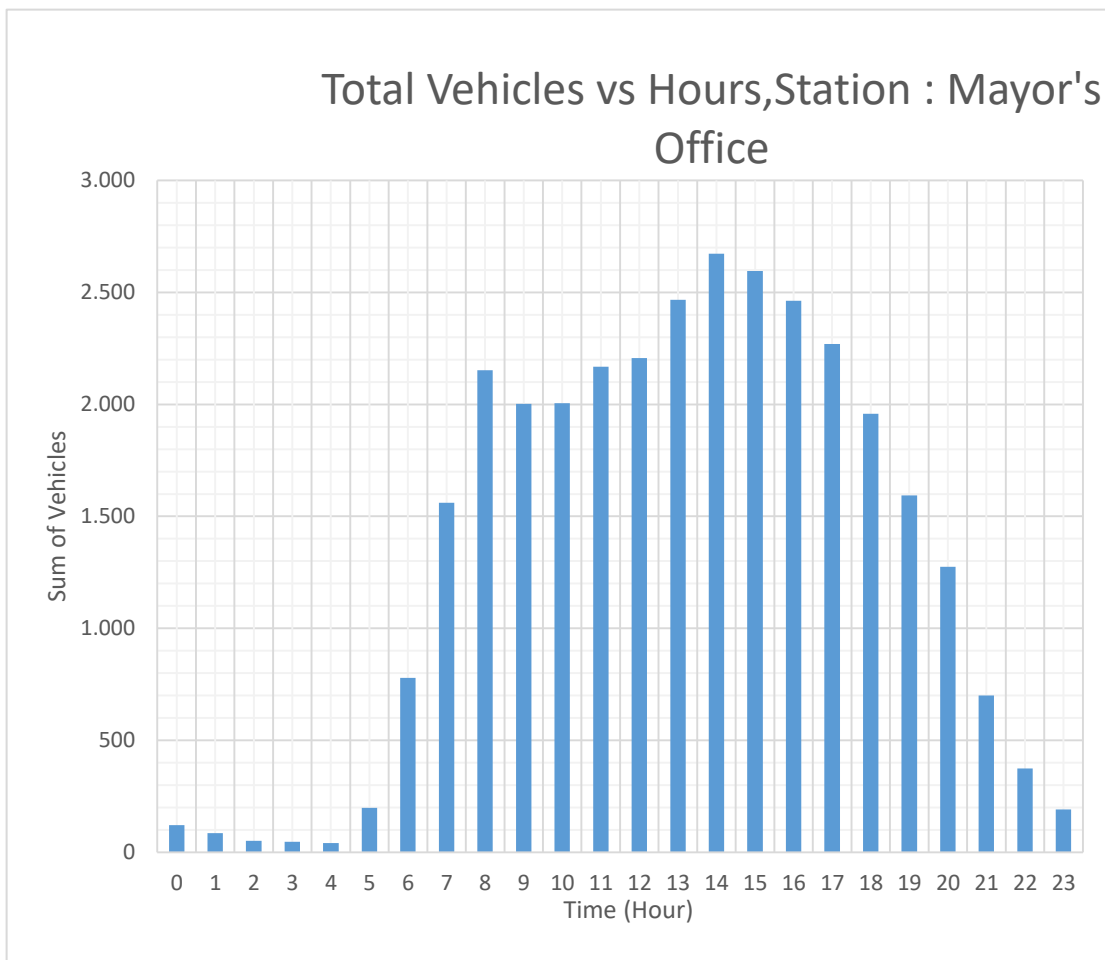
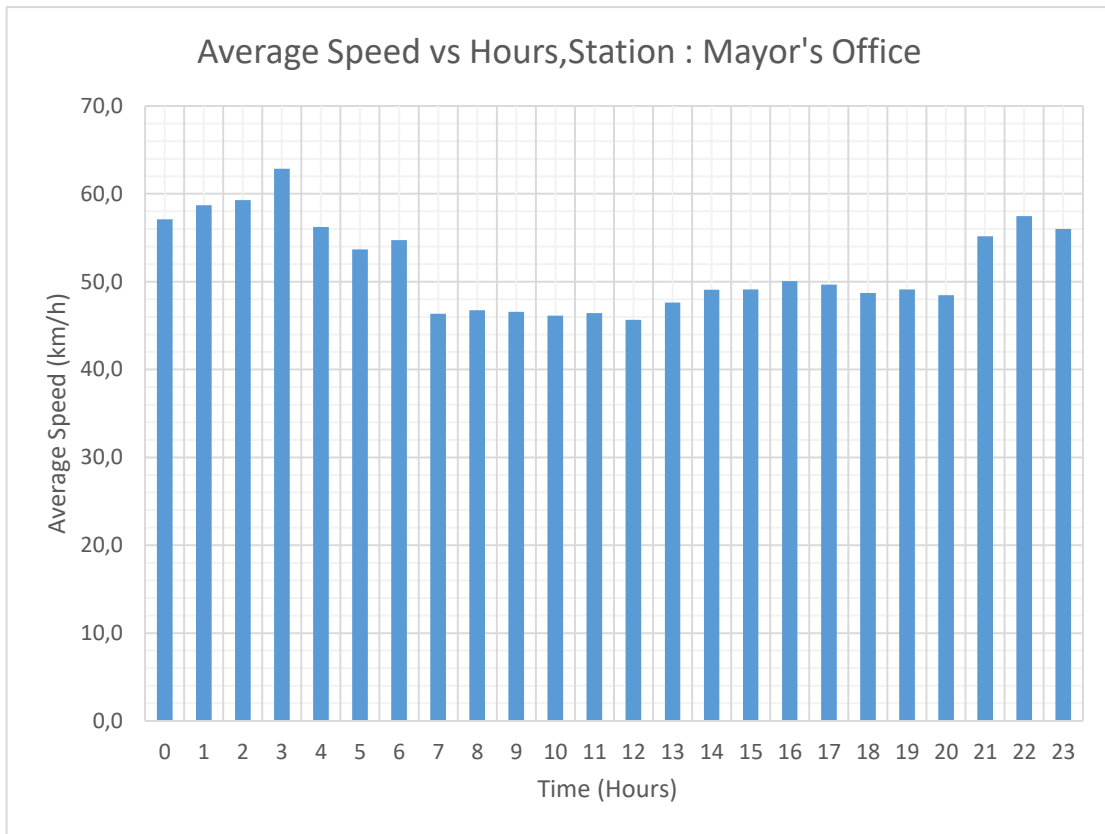
## Sum of Speeding Vehicles (over 50 km/h) vs Day vs Time, Station : Mayor's Office



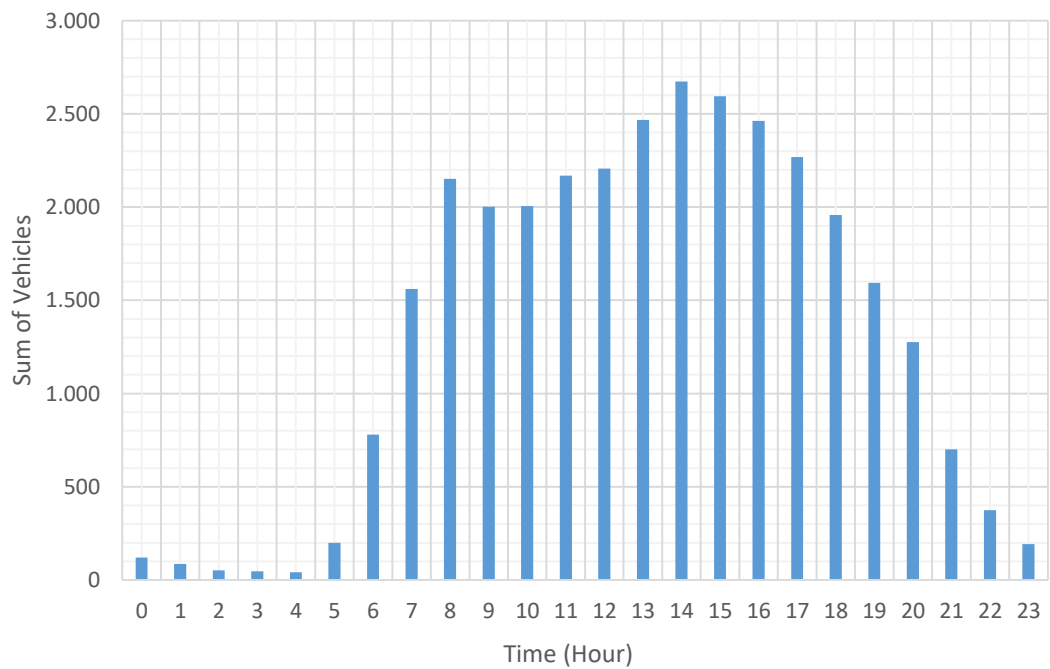
## Average Speed Vs Day, Station : Mayor's Office



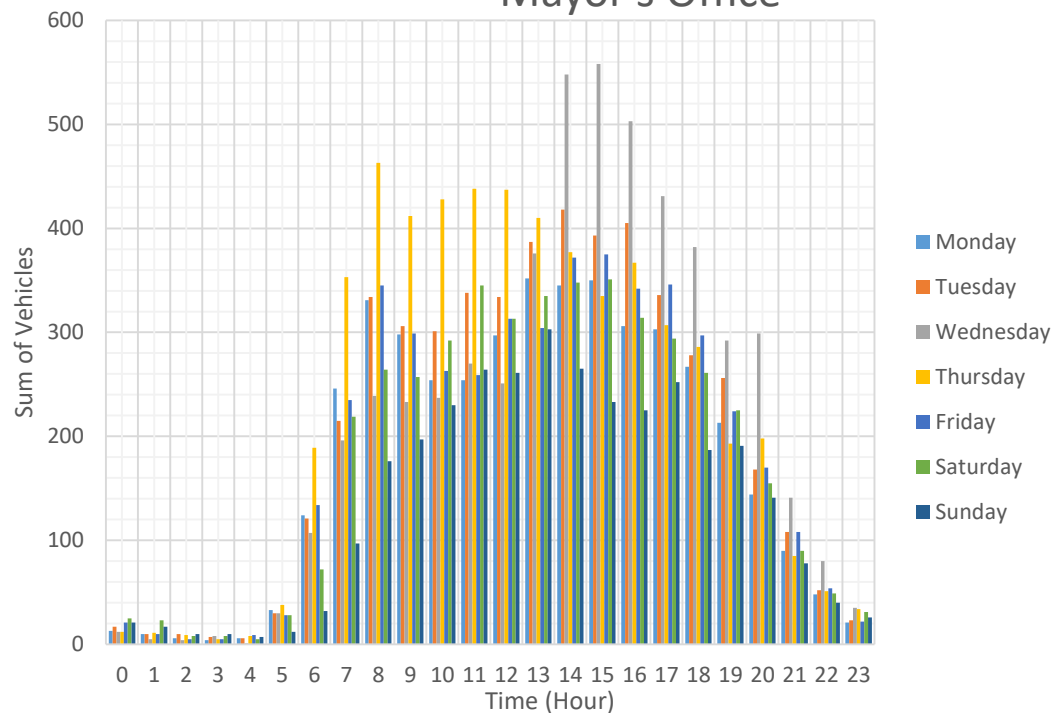


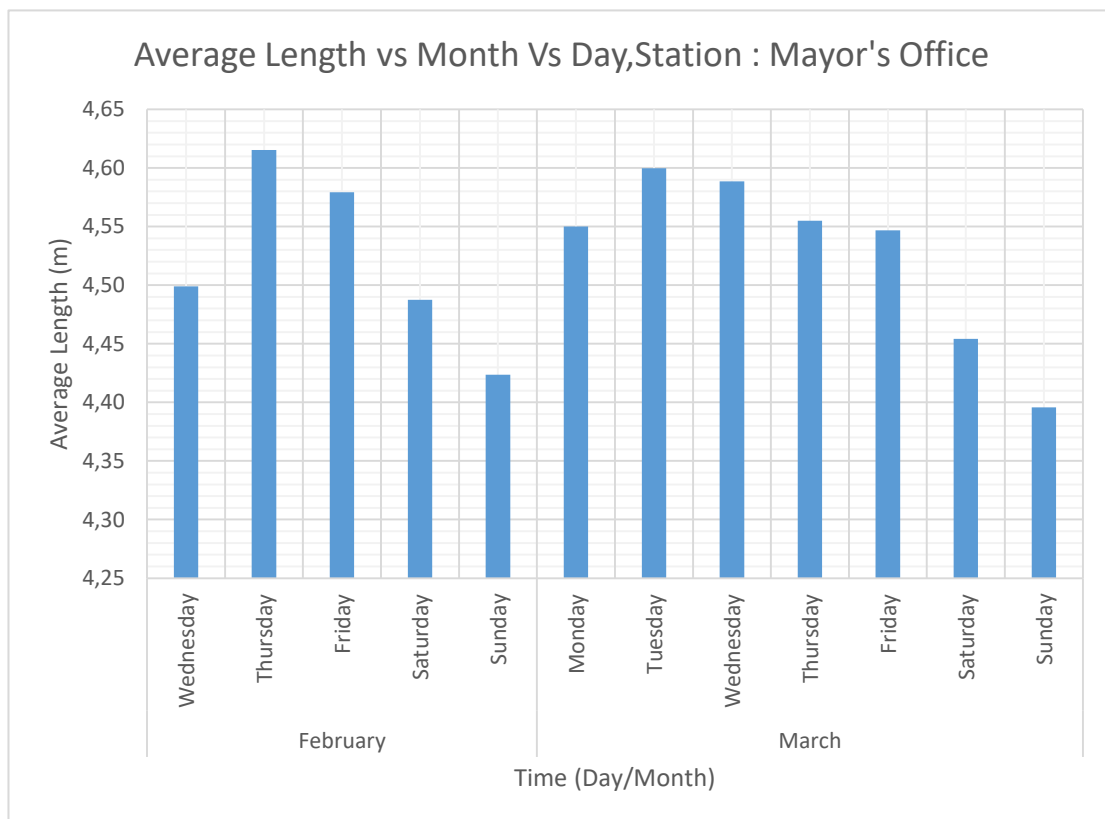
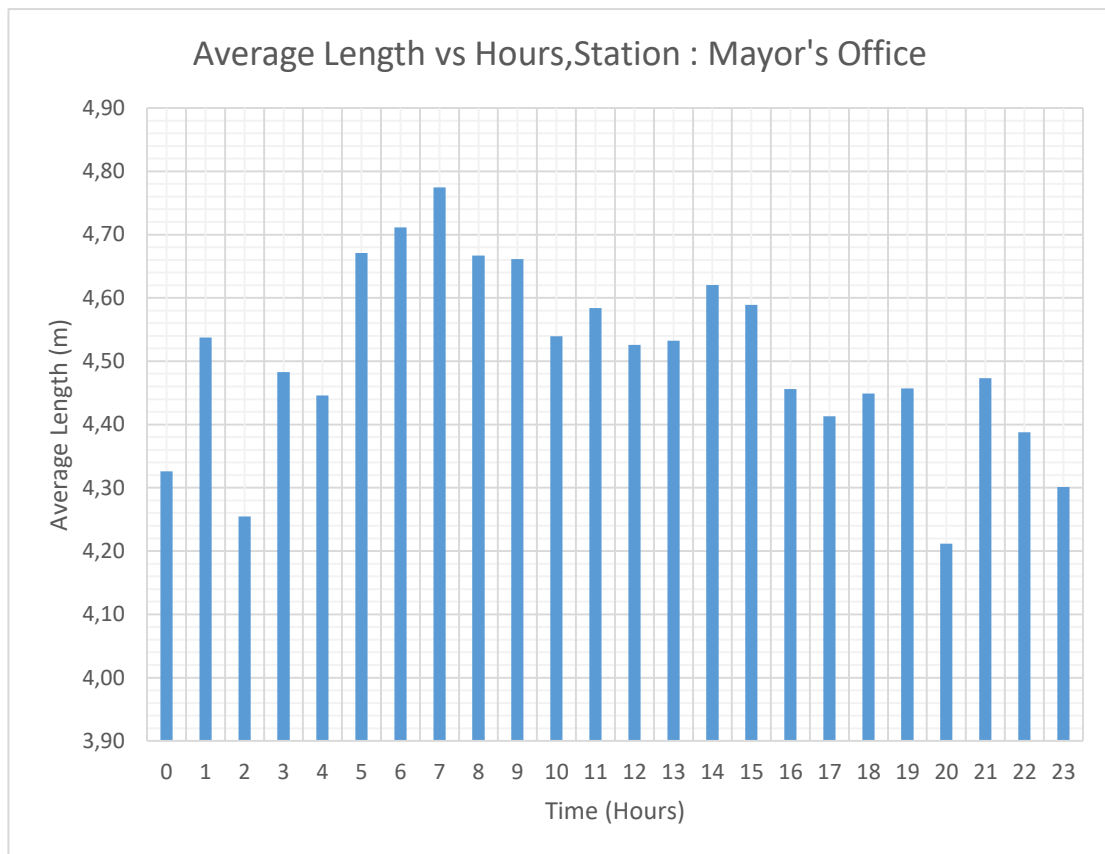


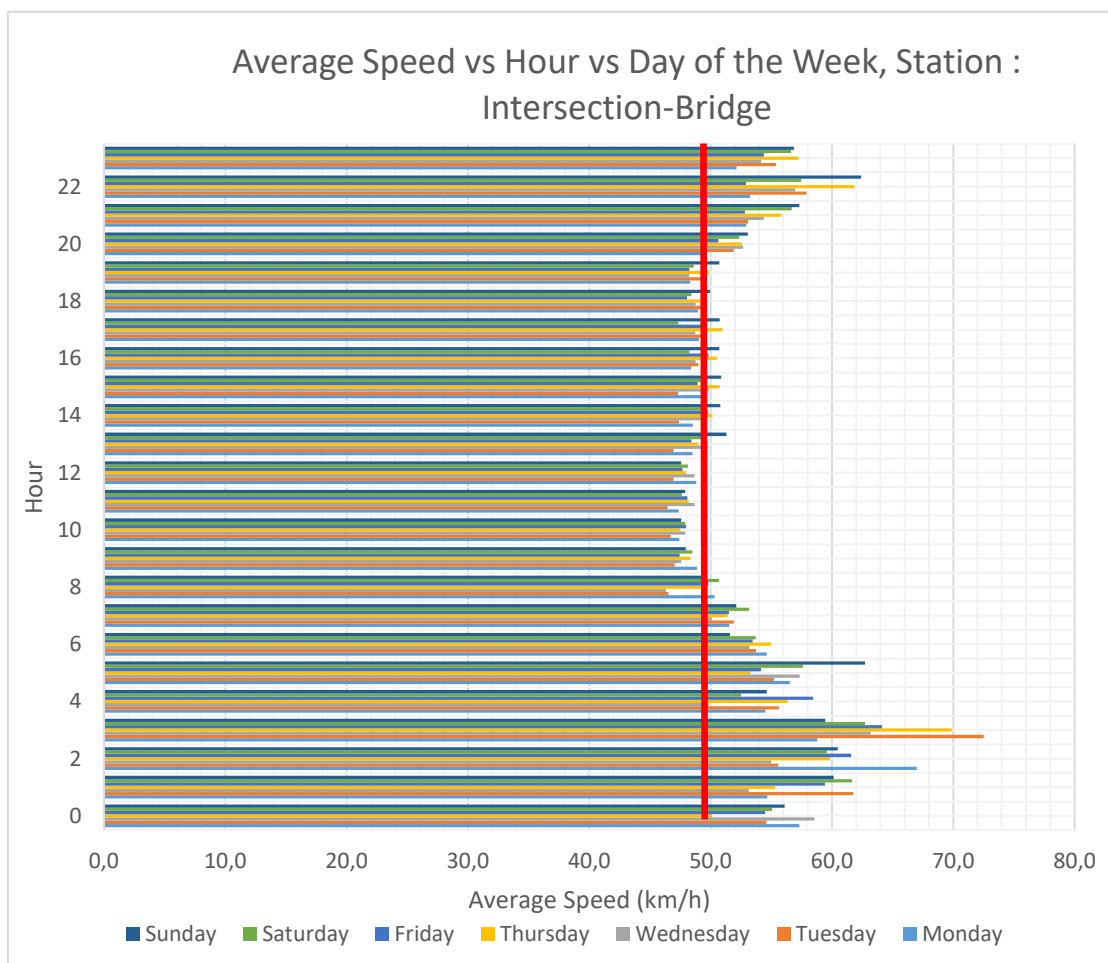
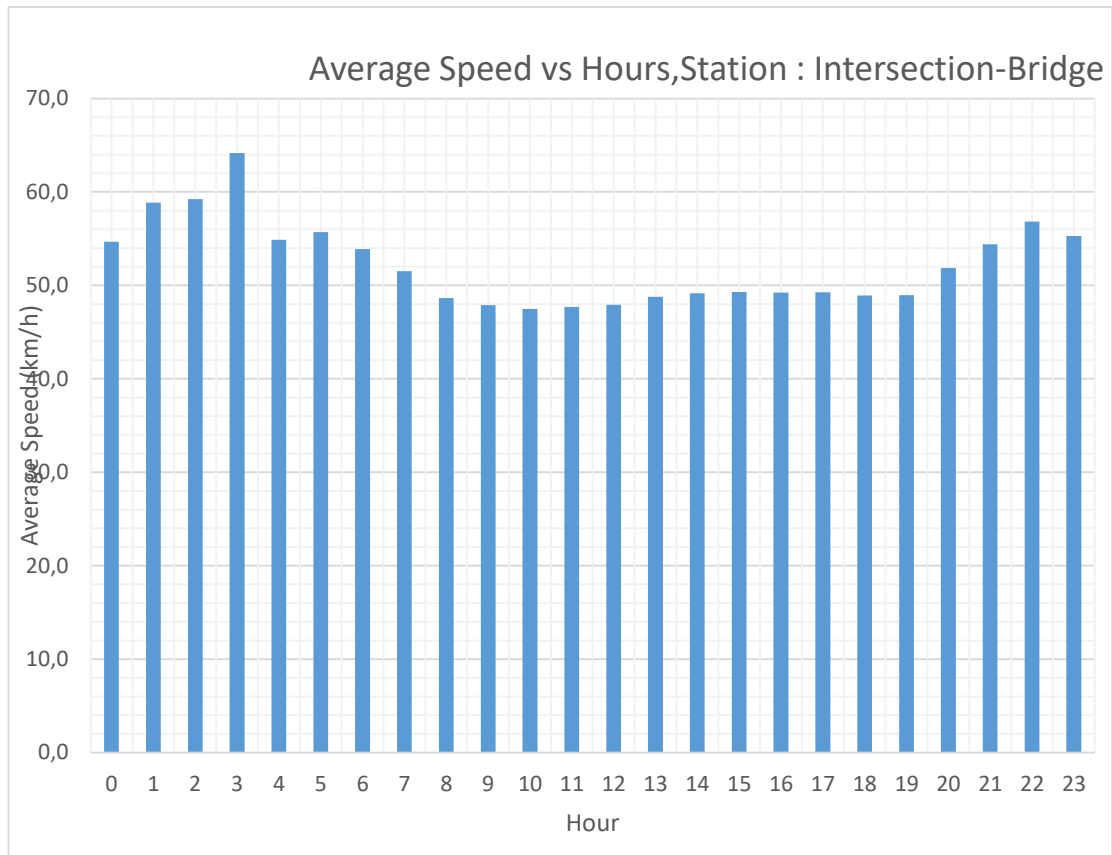
### Sum of Speeding Vehicles (over 50 km/h) vs Hours, Station : Mayor's Office



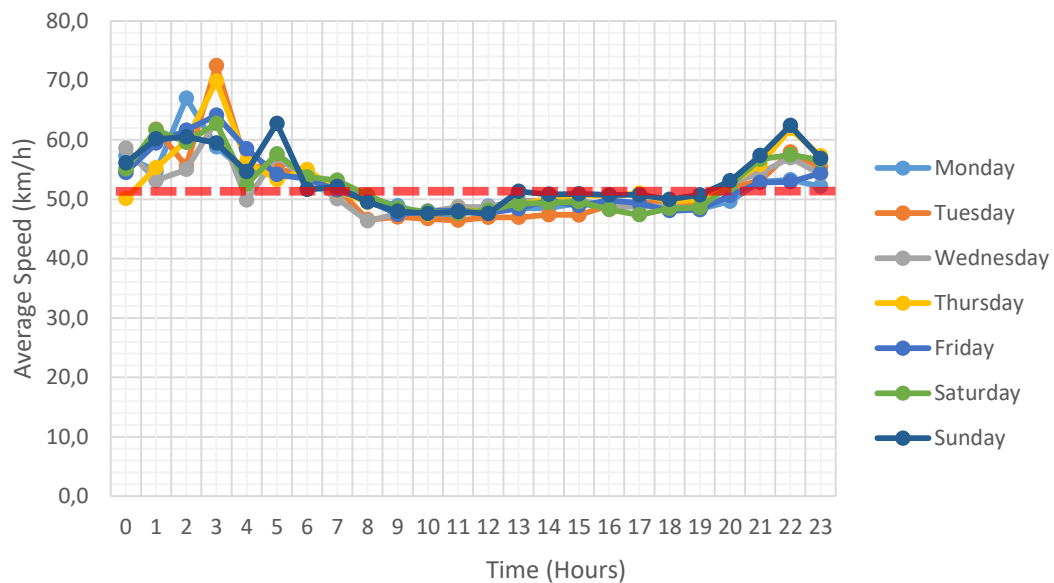
### Vehicle Sum vs Day vs Time, Station : Mayor's Office



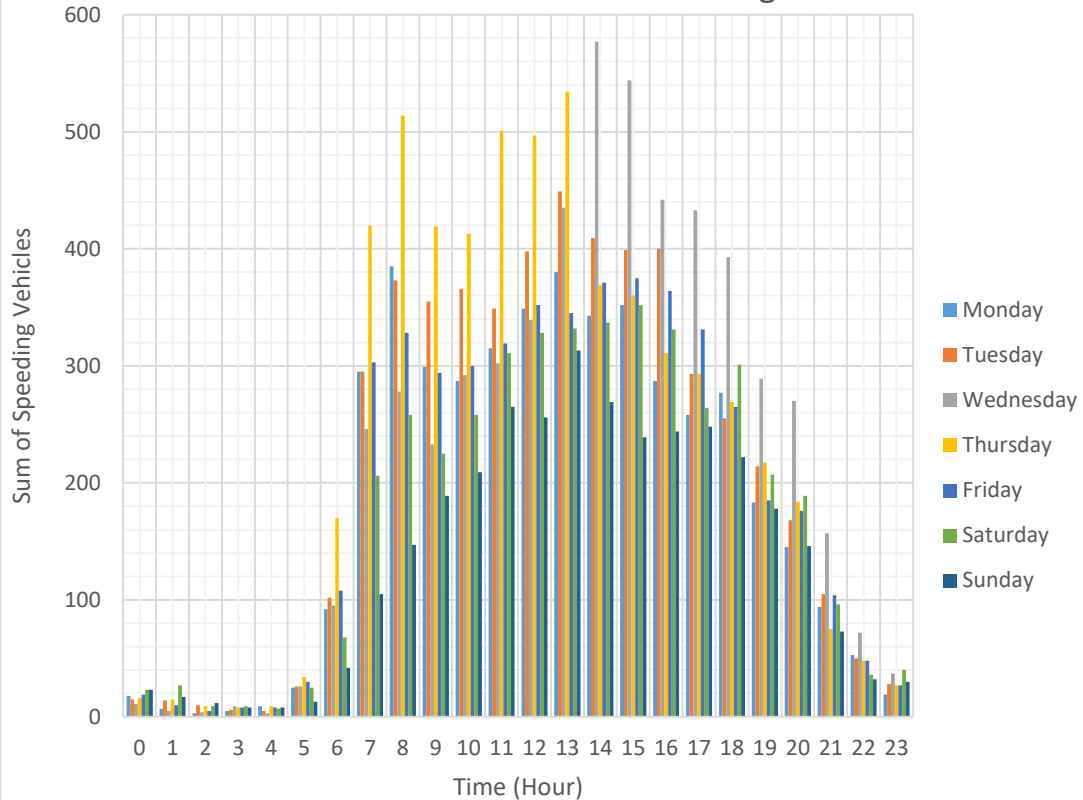




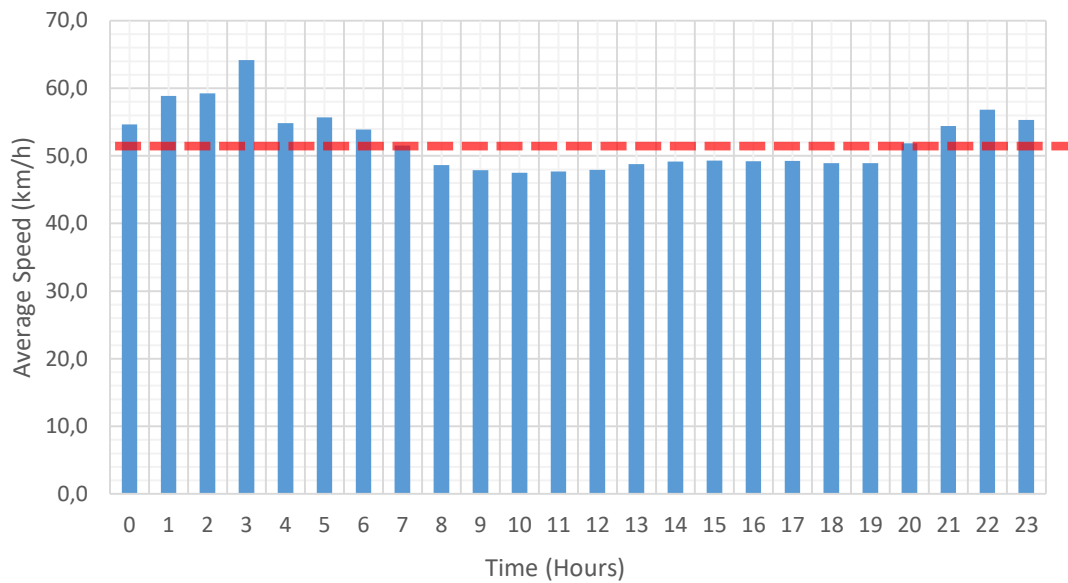
### Average Speed vs Day vs Time, Station : Intersection-Bridge



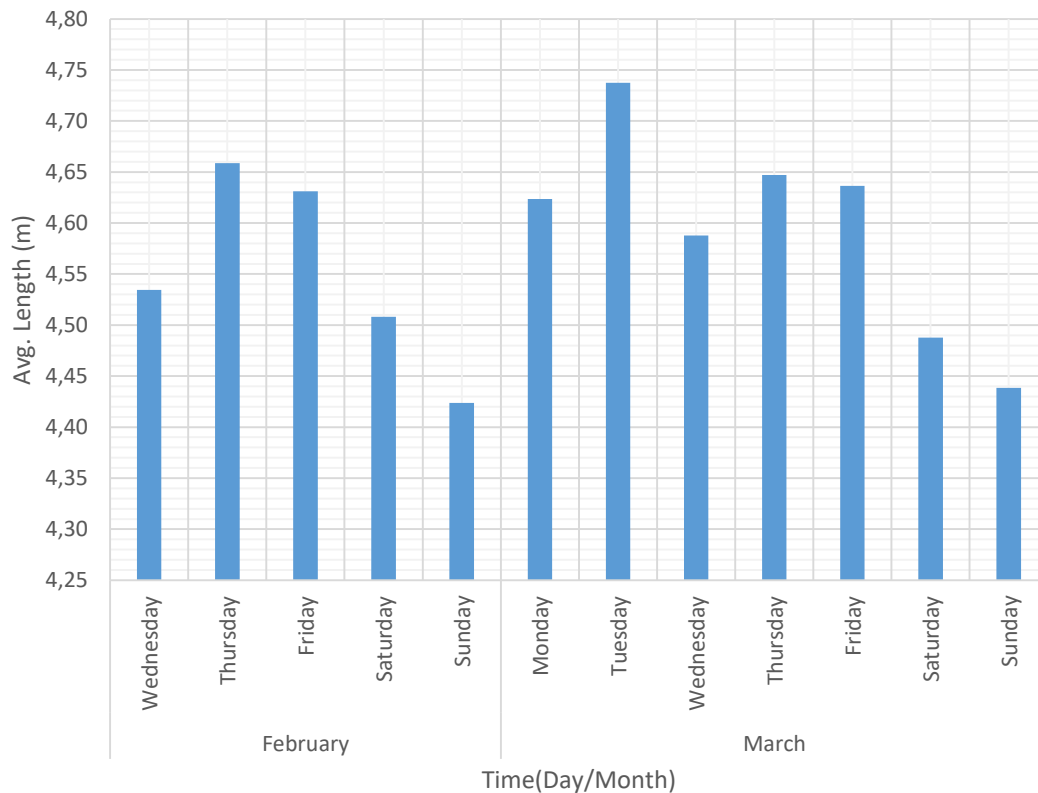
### Sum of Speeding Vehicles (over 50 km/h) vs Day vs Time, Station : Intersection-Bridge

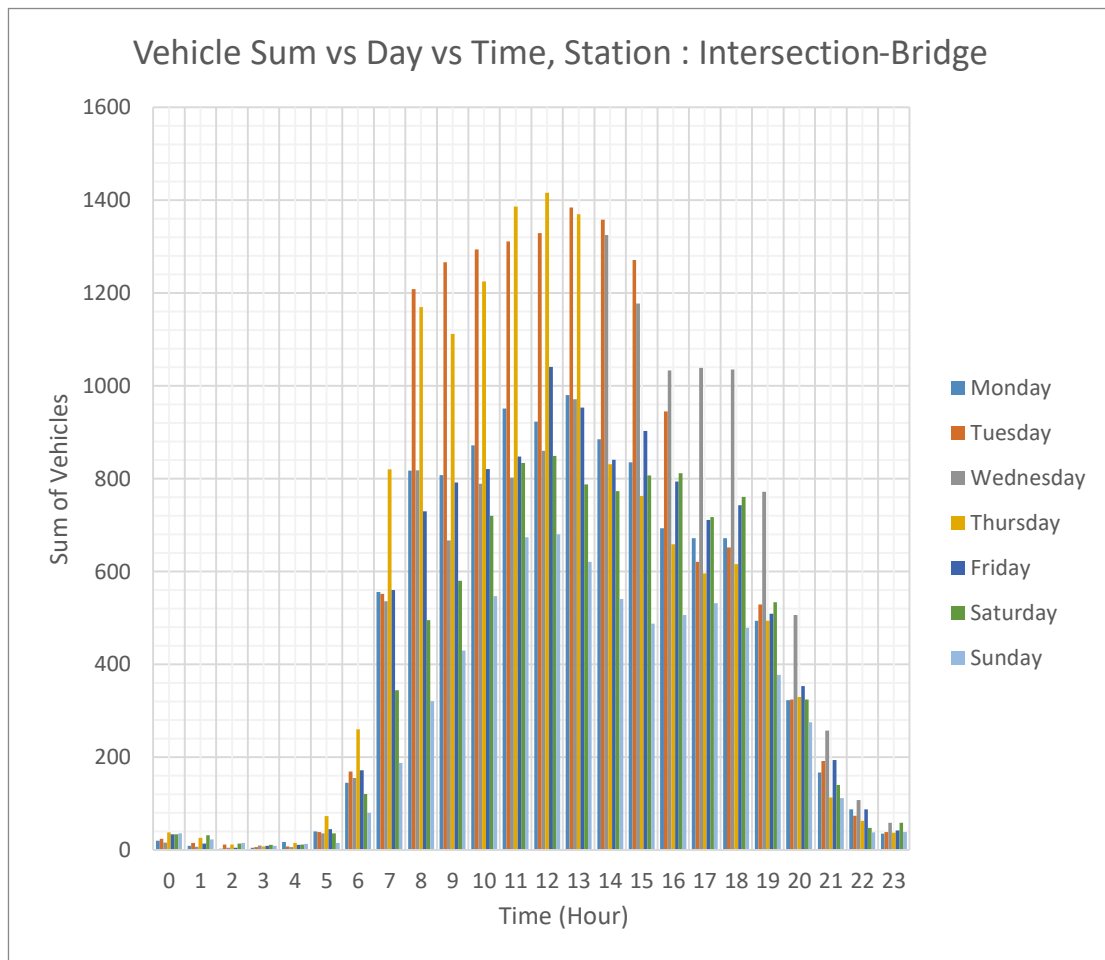
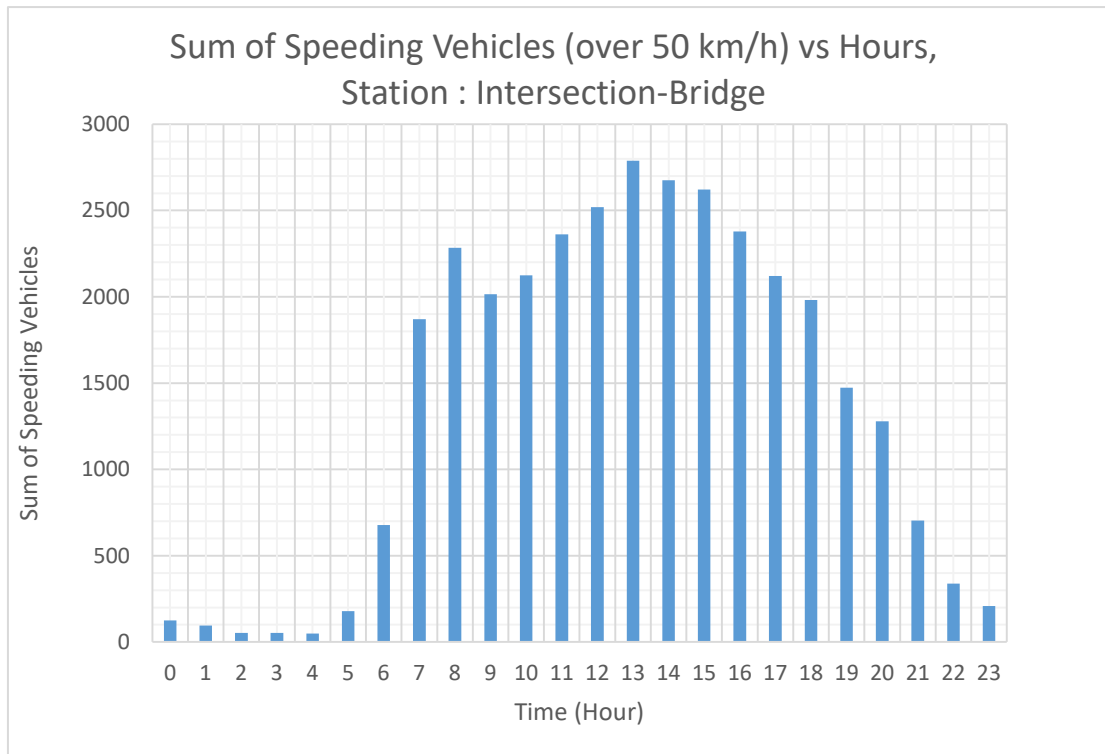


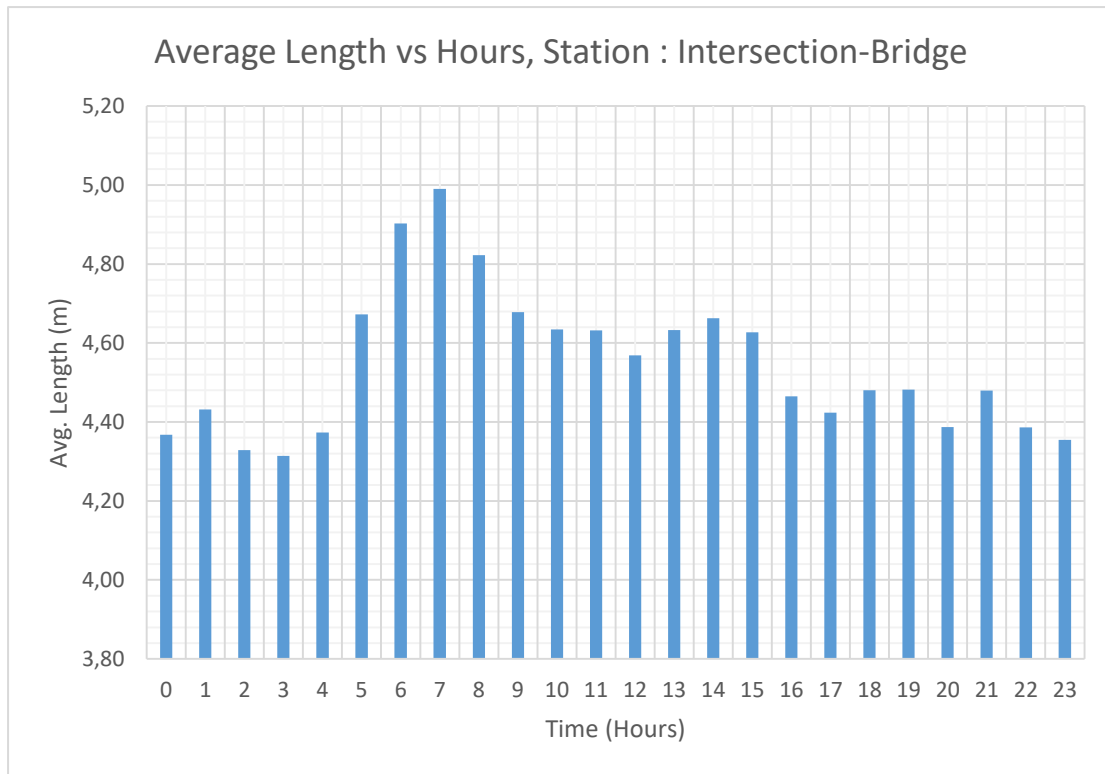
Average Speed vs Hours, Station :  
Intersection-Bridge



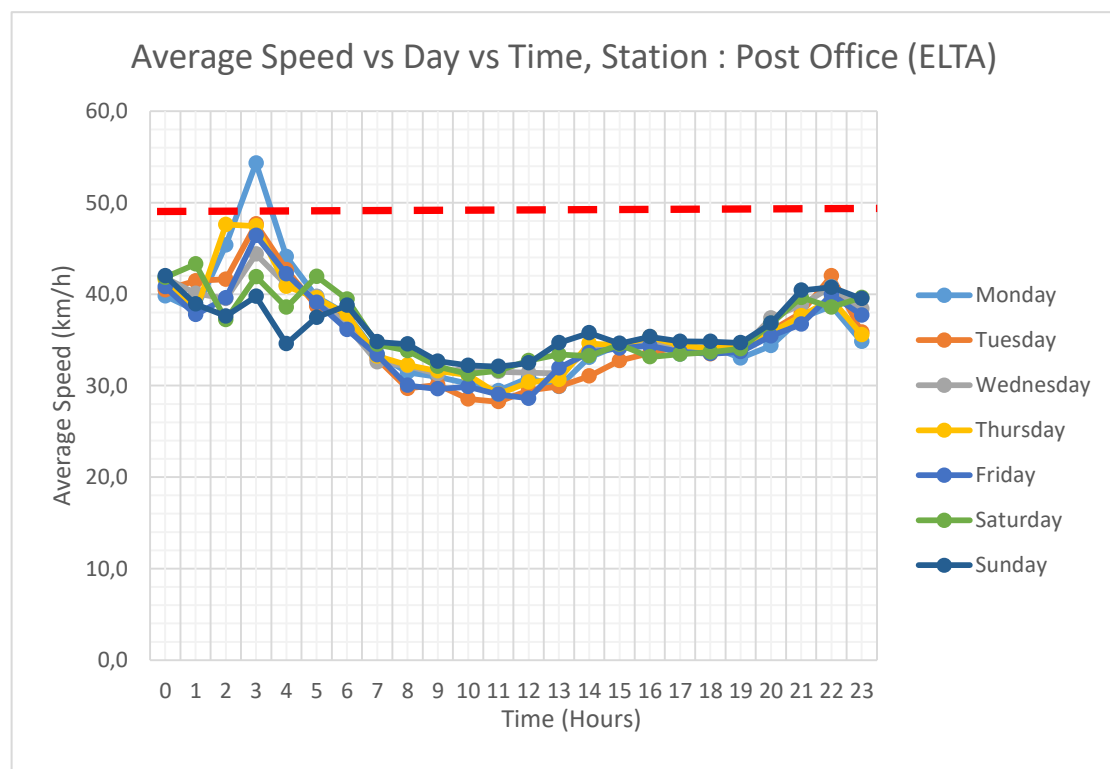
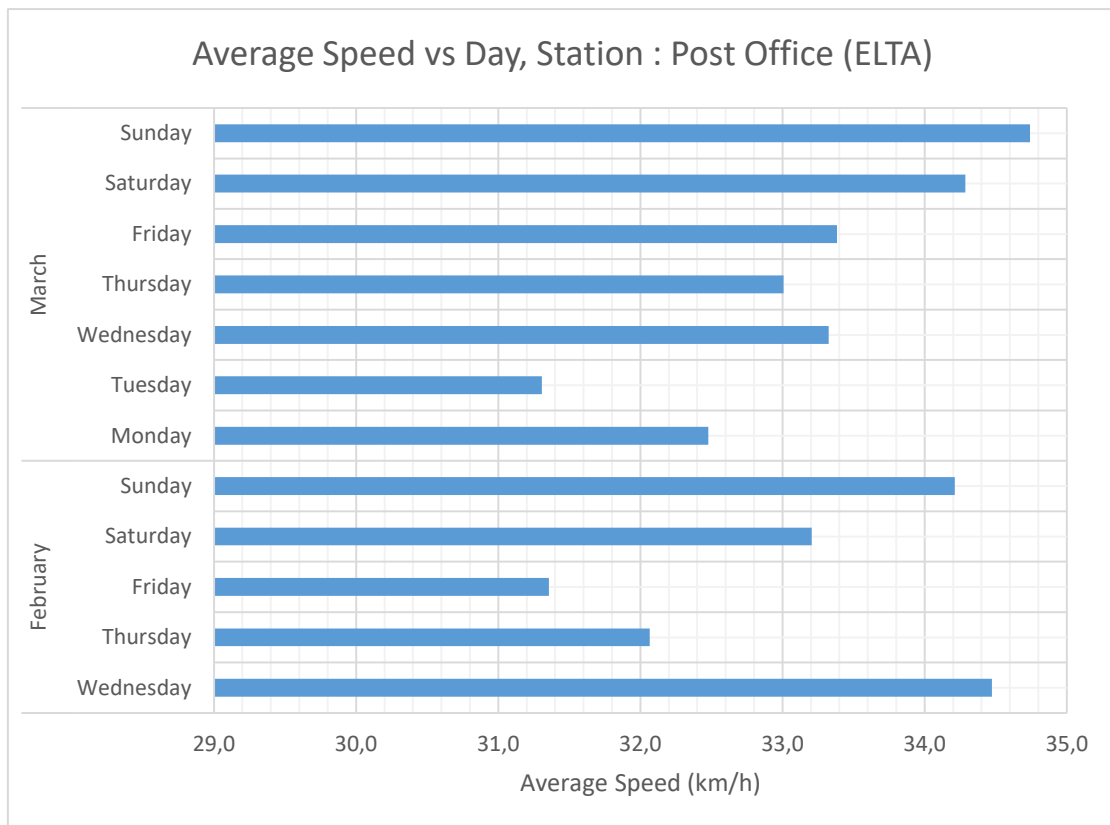
Average Length vs Month vs Day, Station : Intersection-  
Bridge



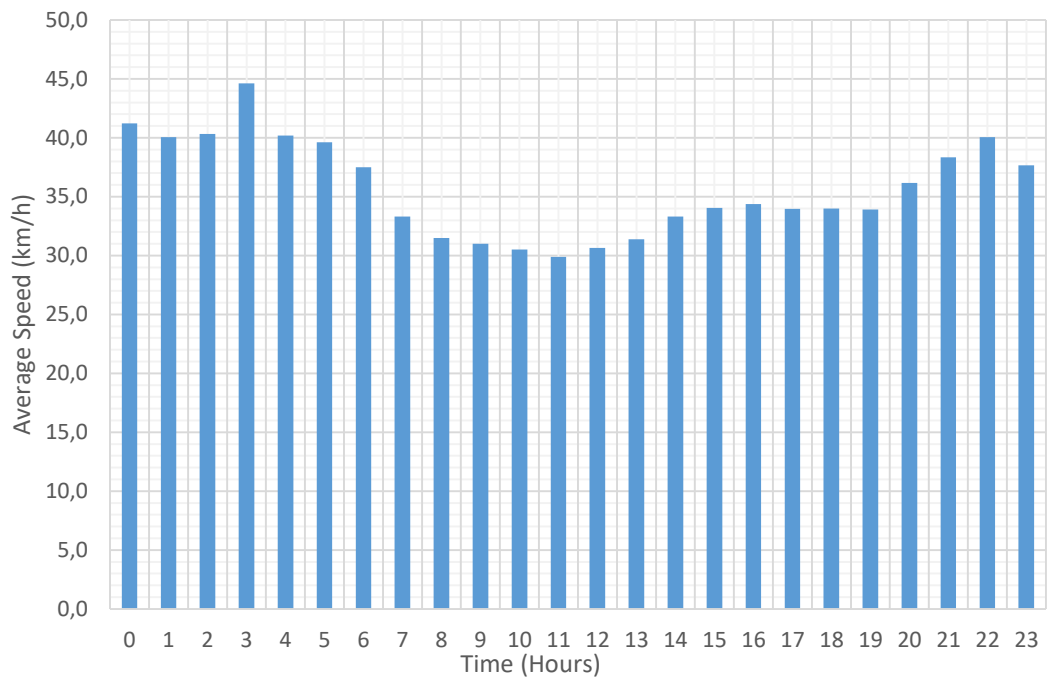




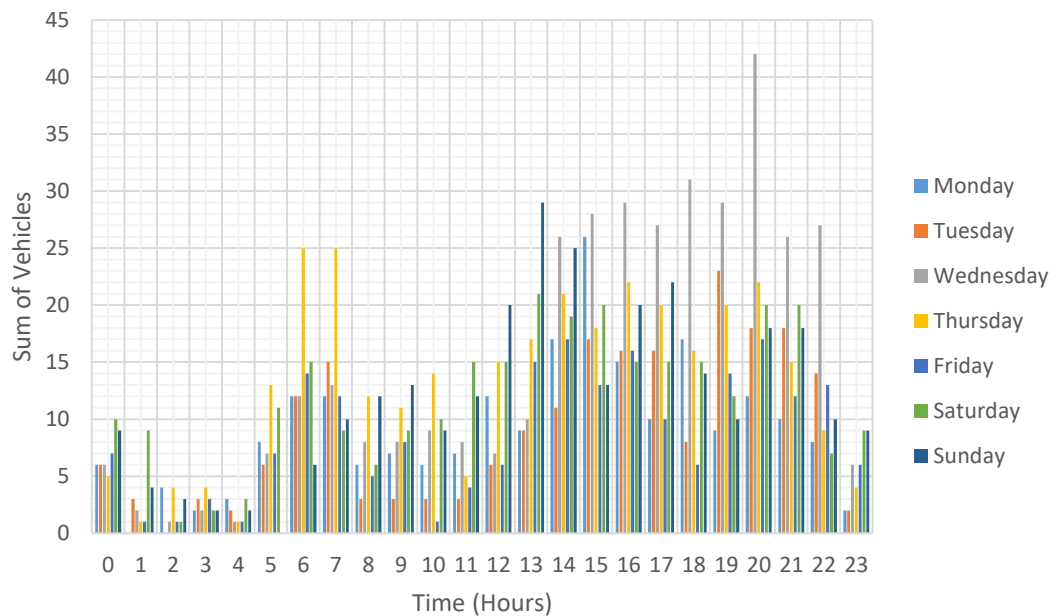




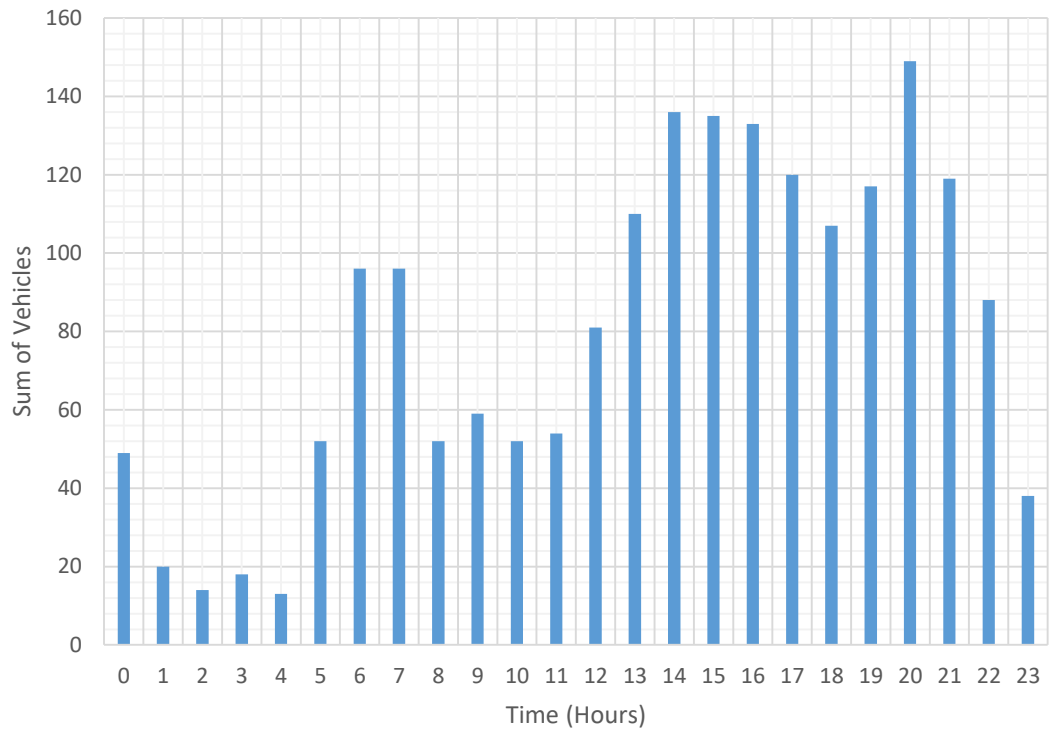
Average Speed vs Hour, Station : Post Office (ELTA)



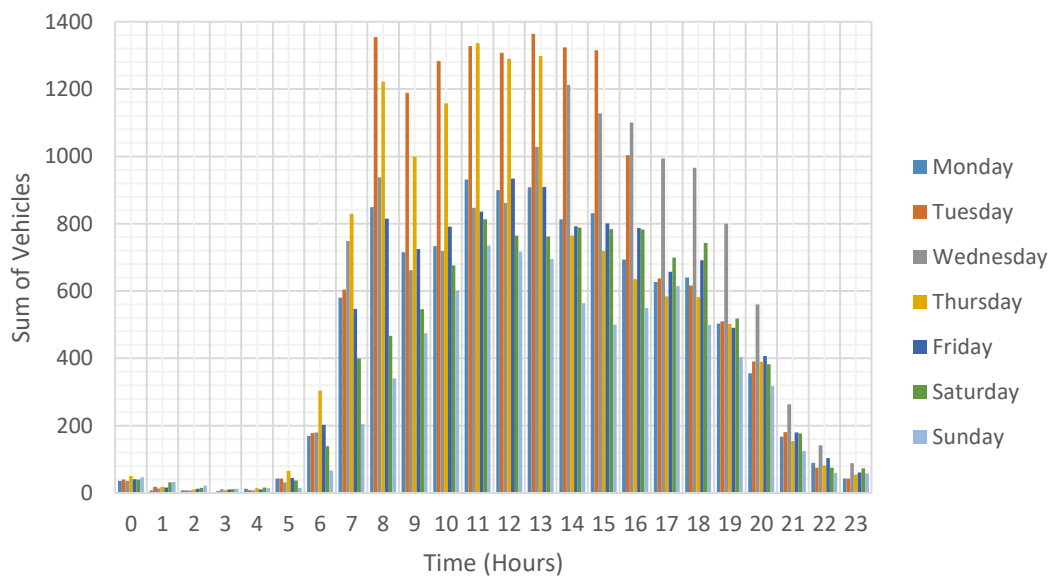
Speeding Vehicles vs Day vs Hour, Station : Post Office (ELTA)

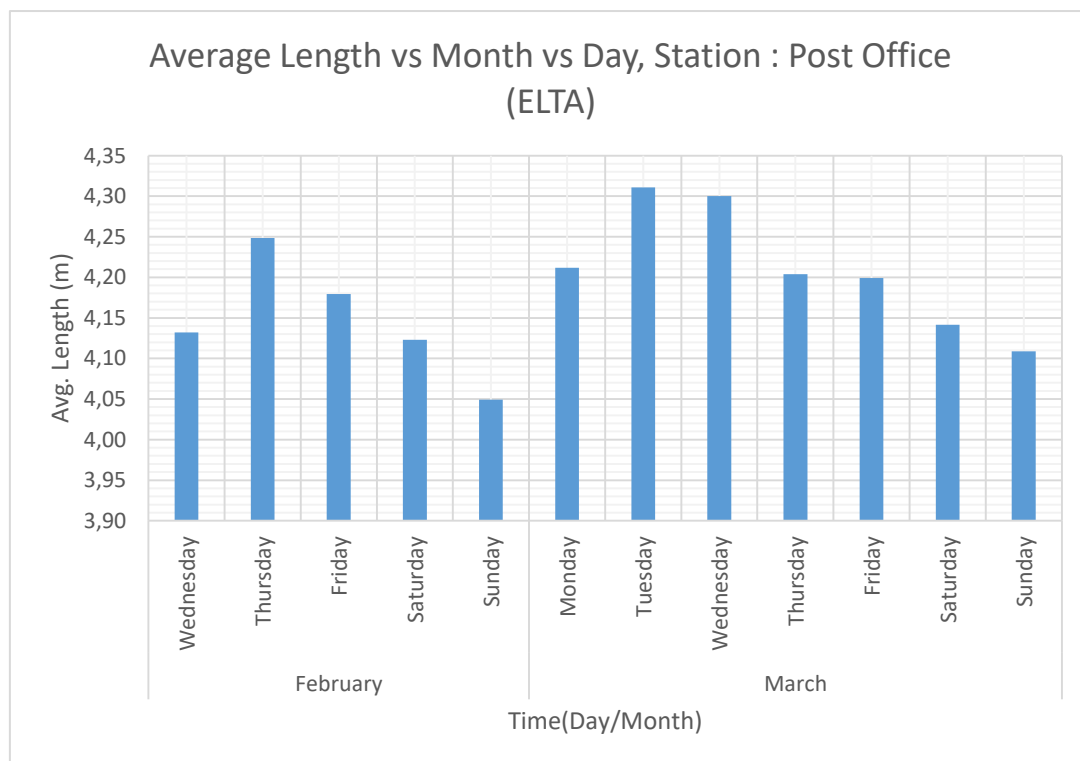
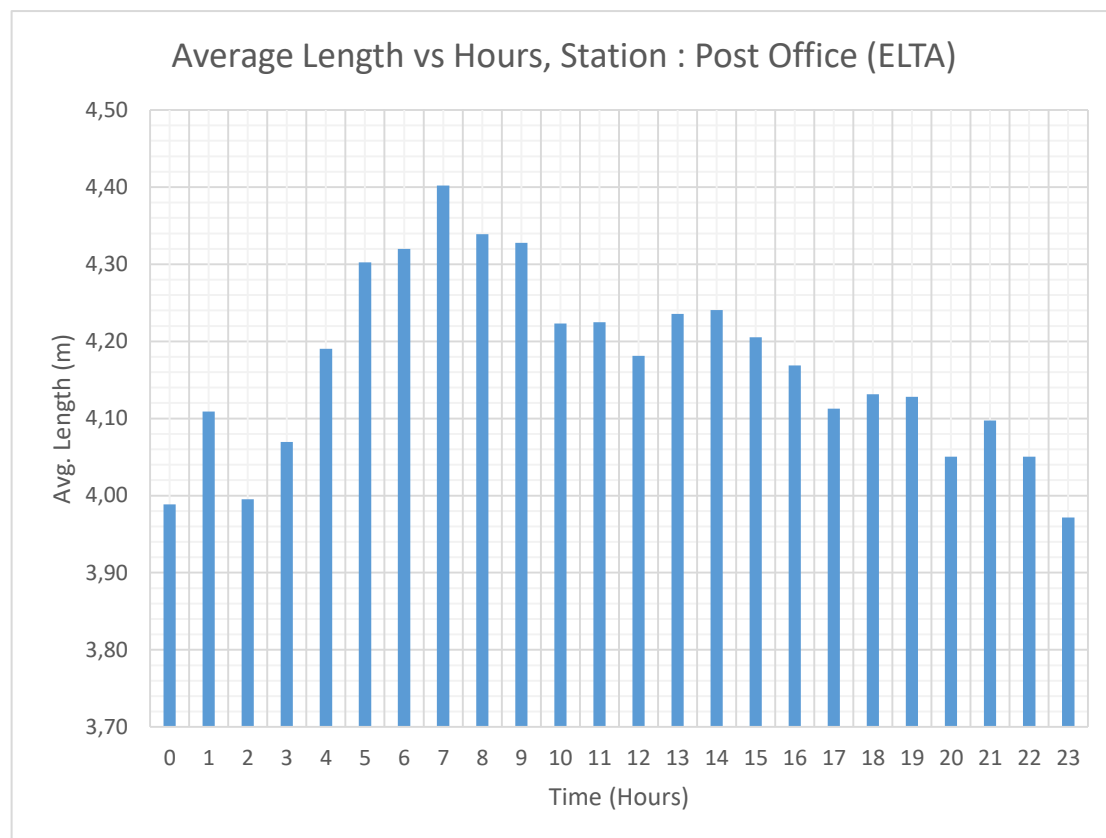


Speeding Vehicles vs Hour, Station : Post Office (ELTA)

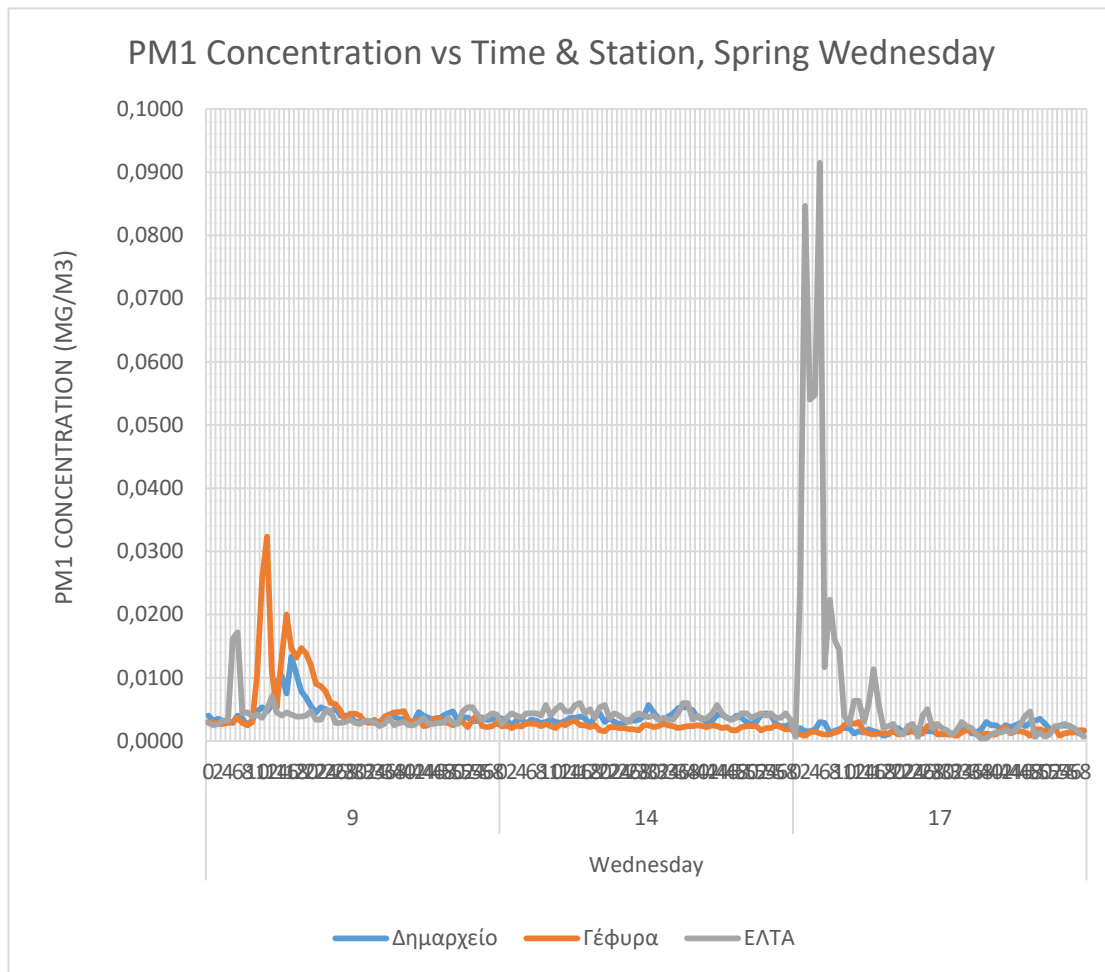


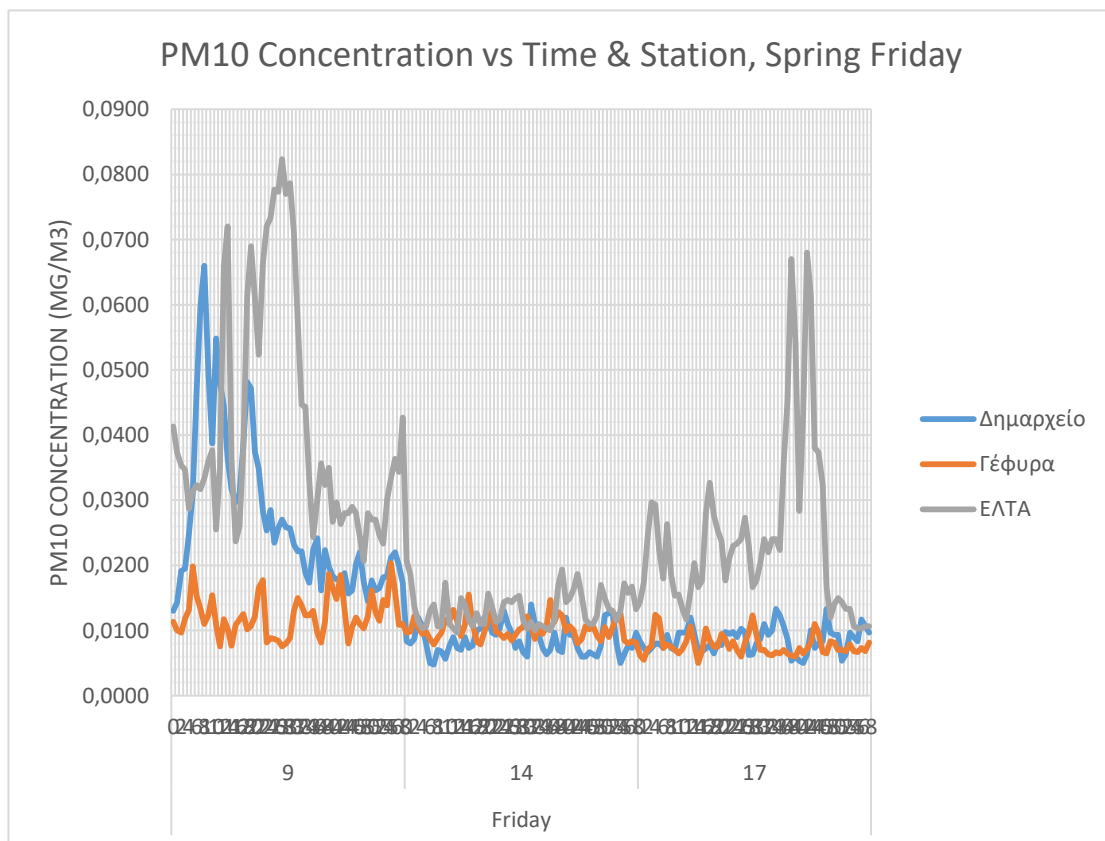
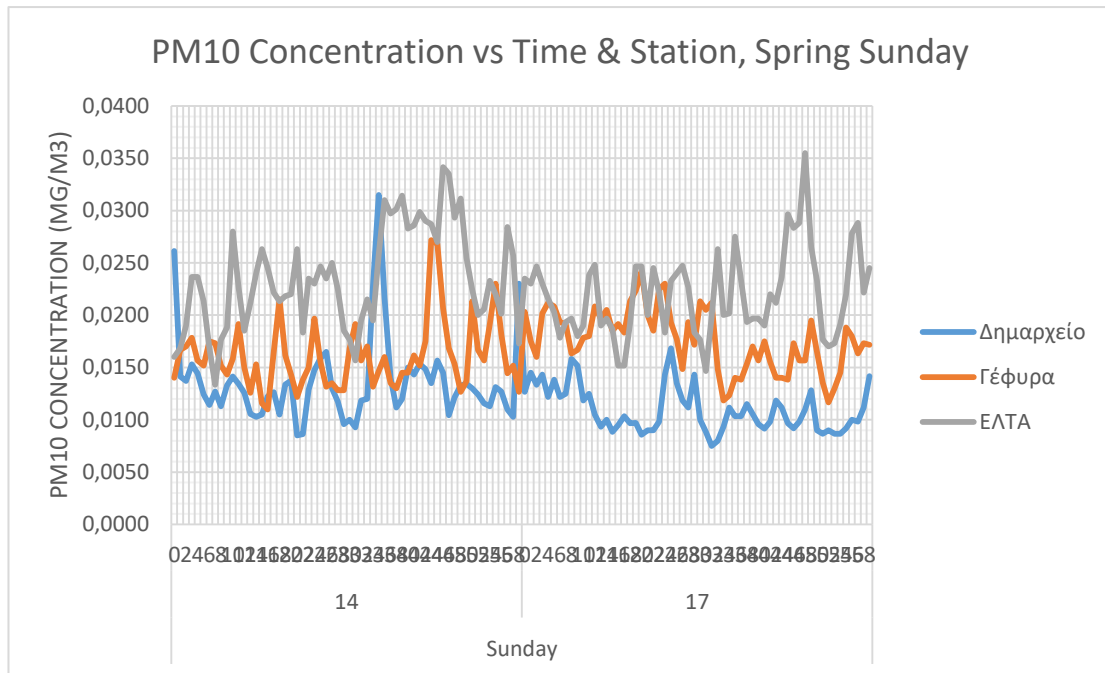
Vehicle Sum vs Day vs Time, Station : Post Office (ELTA)

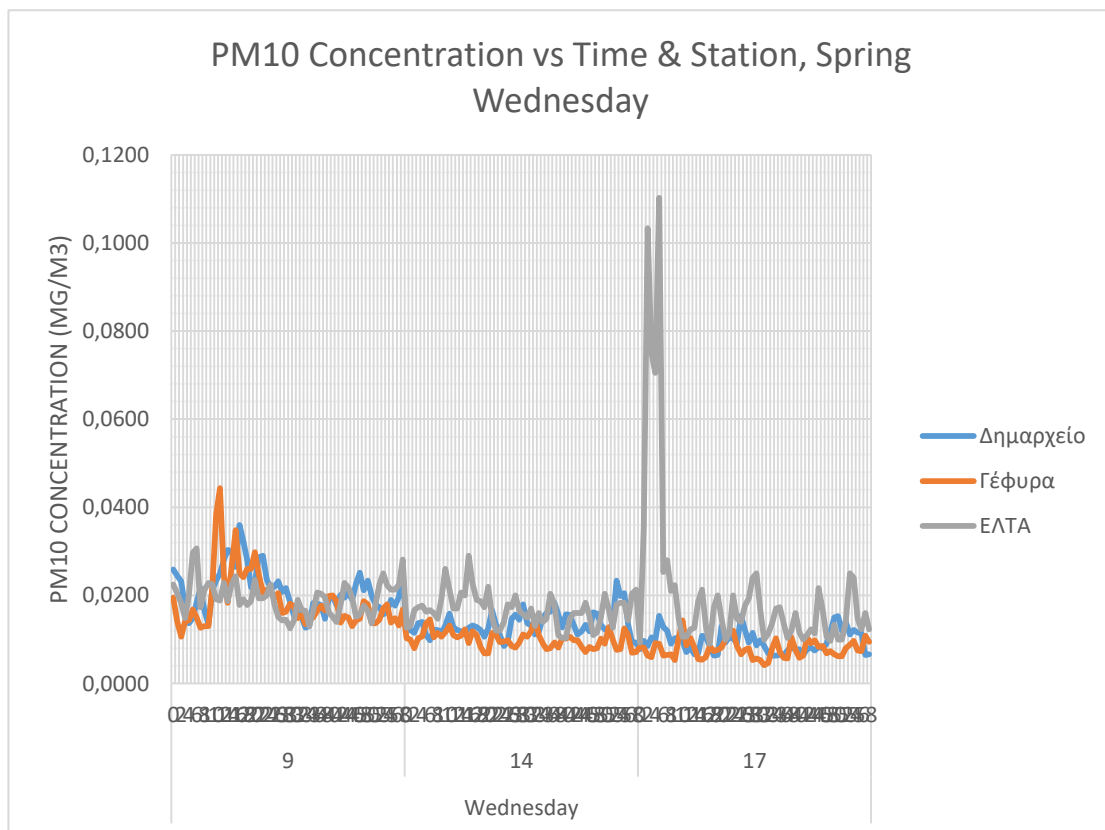
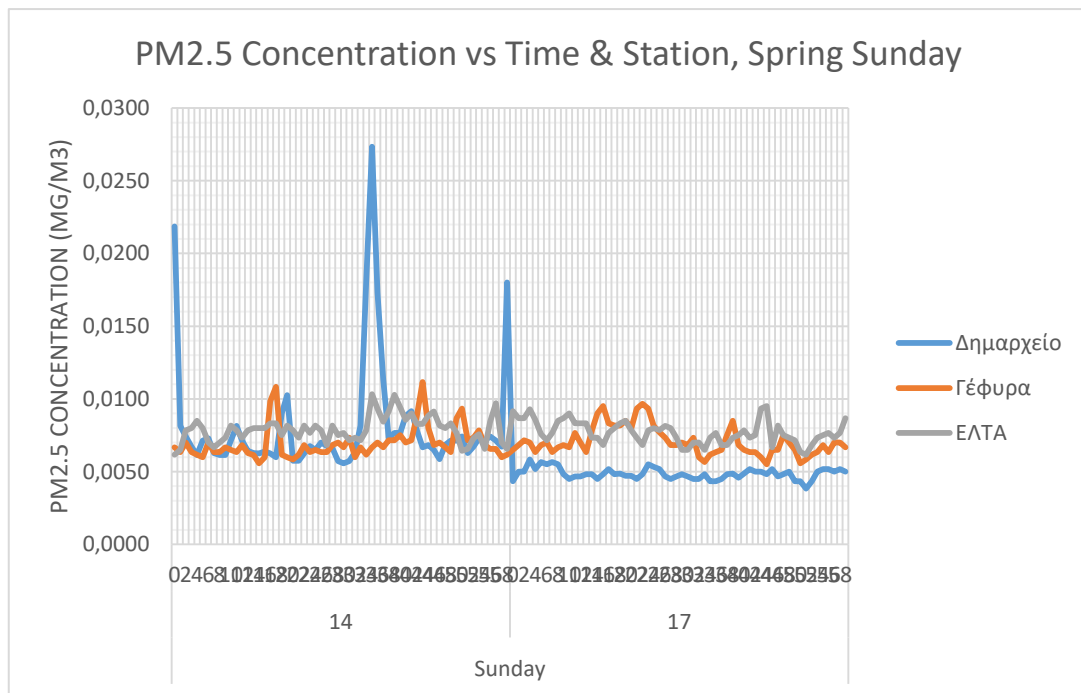


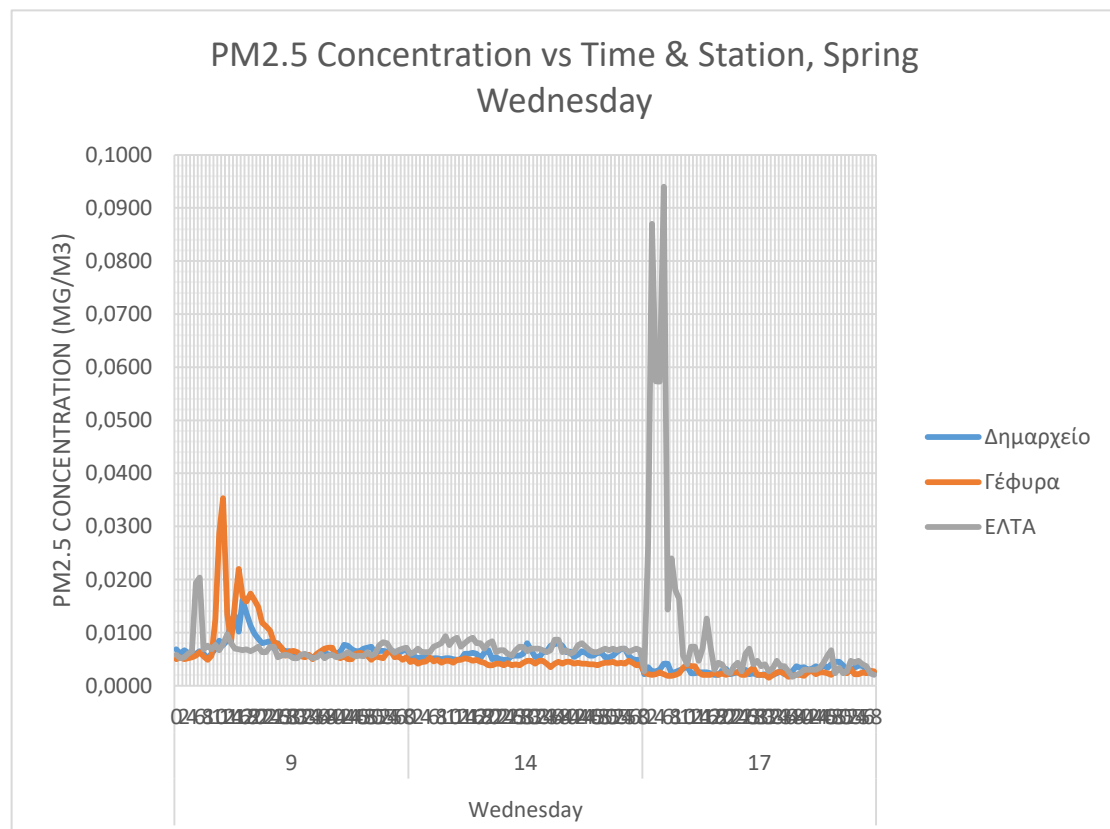
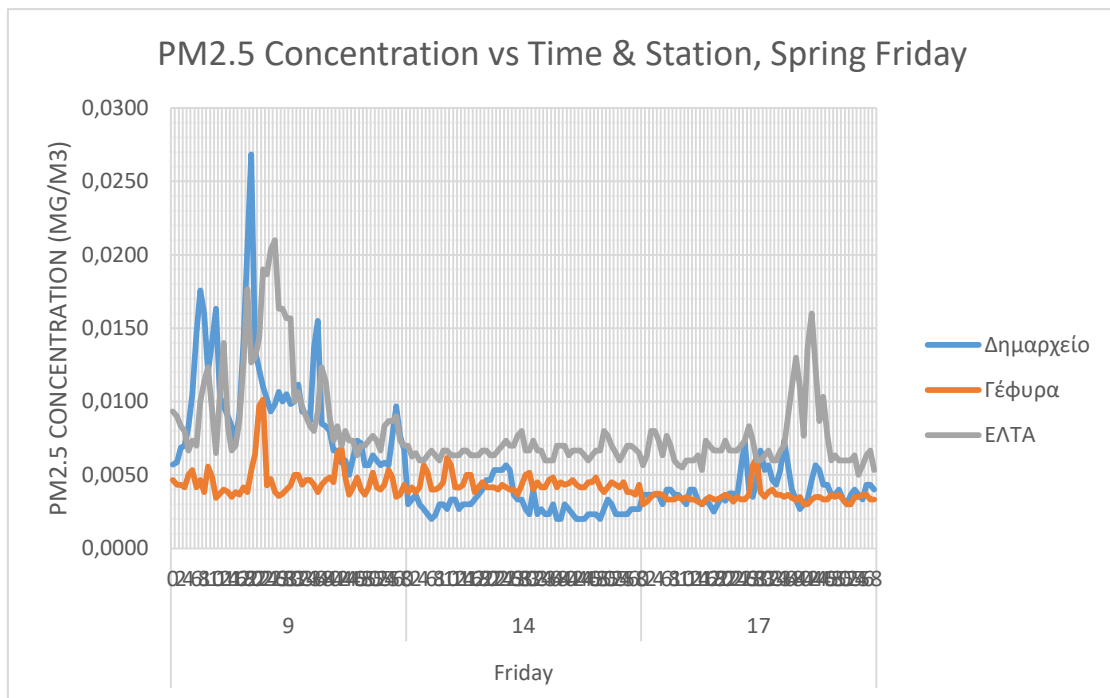


### 7.3 Παράρτημα Μετρήσεων Σωματιδιακής Ύλης

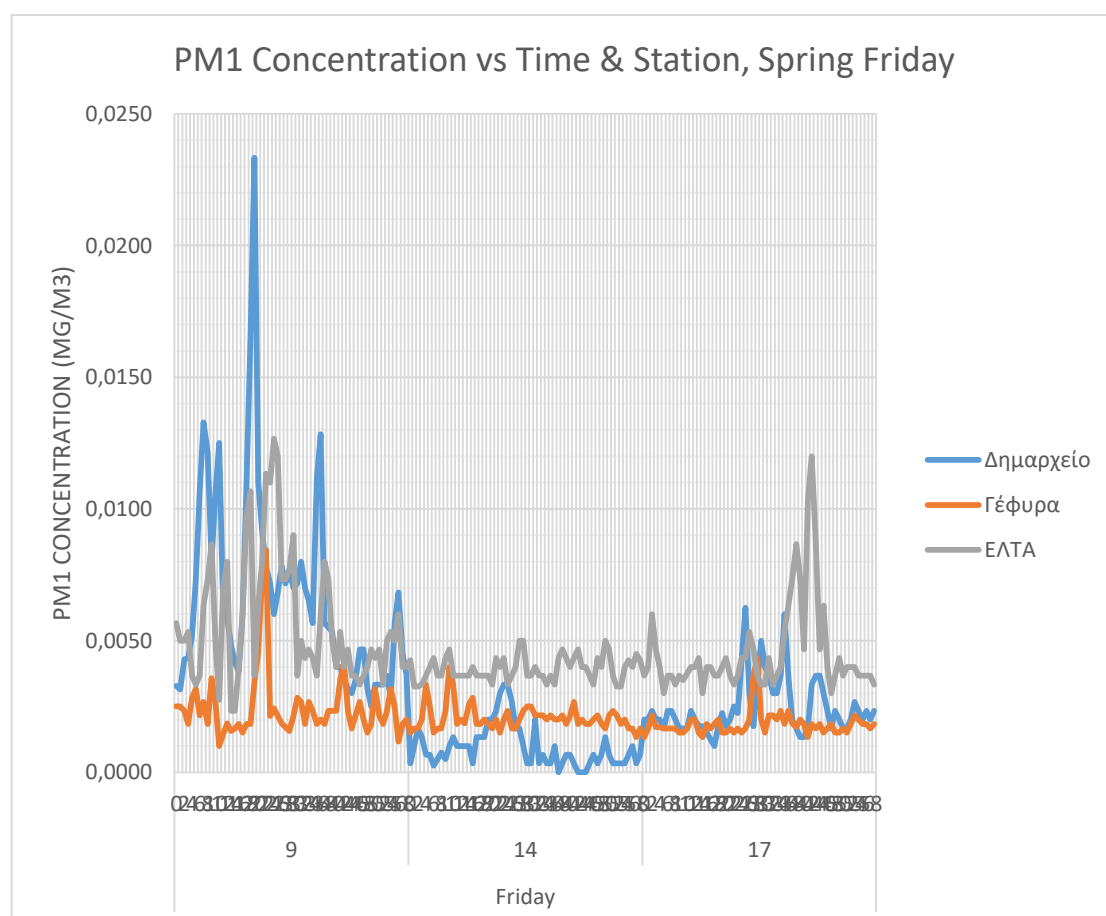
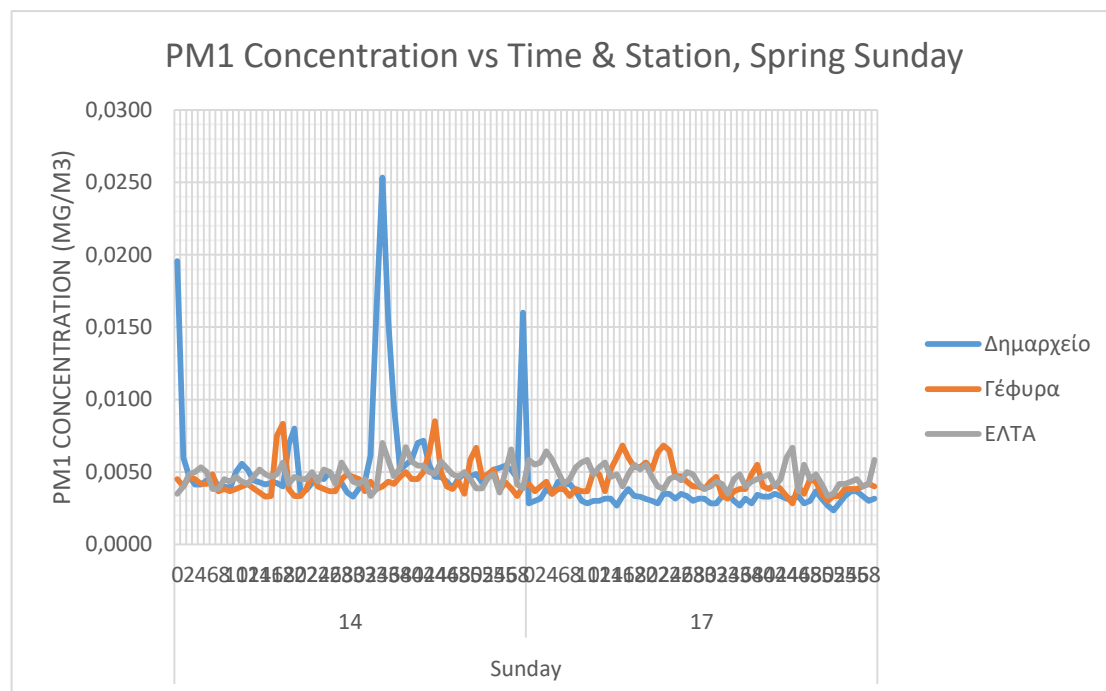




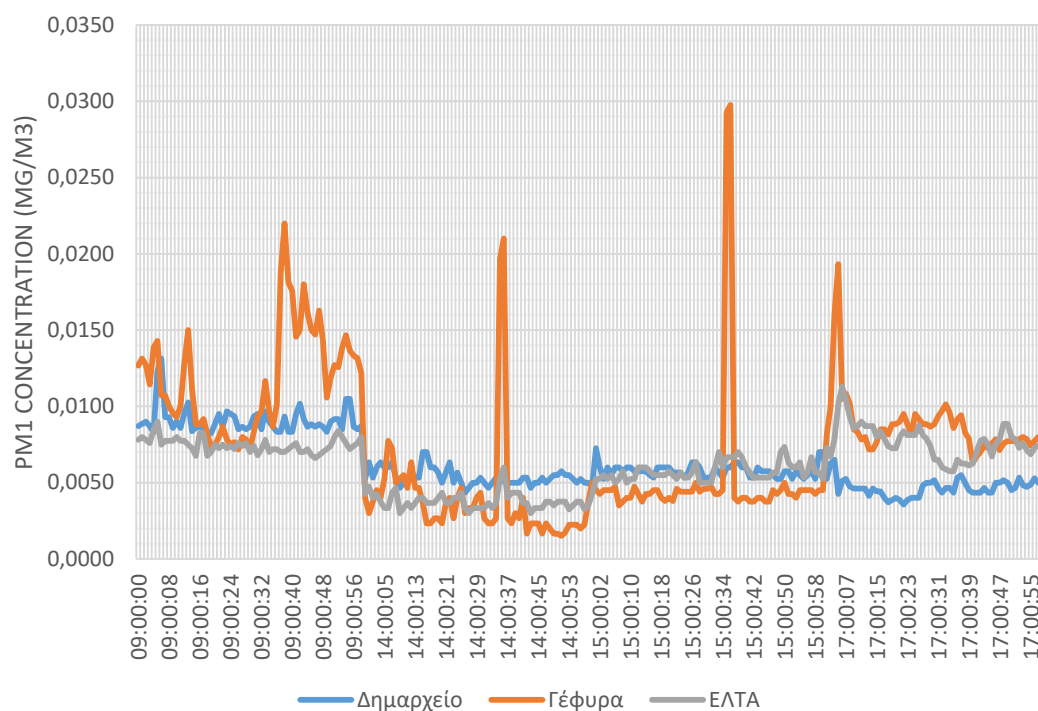




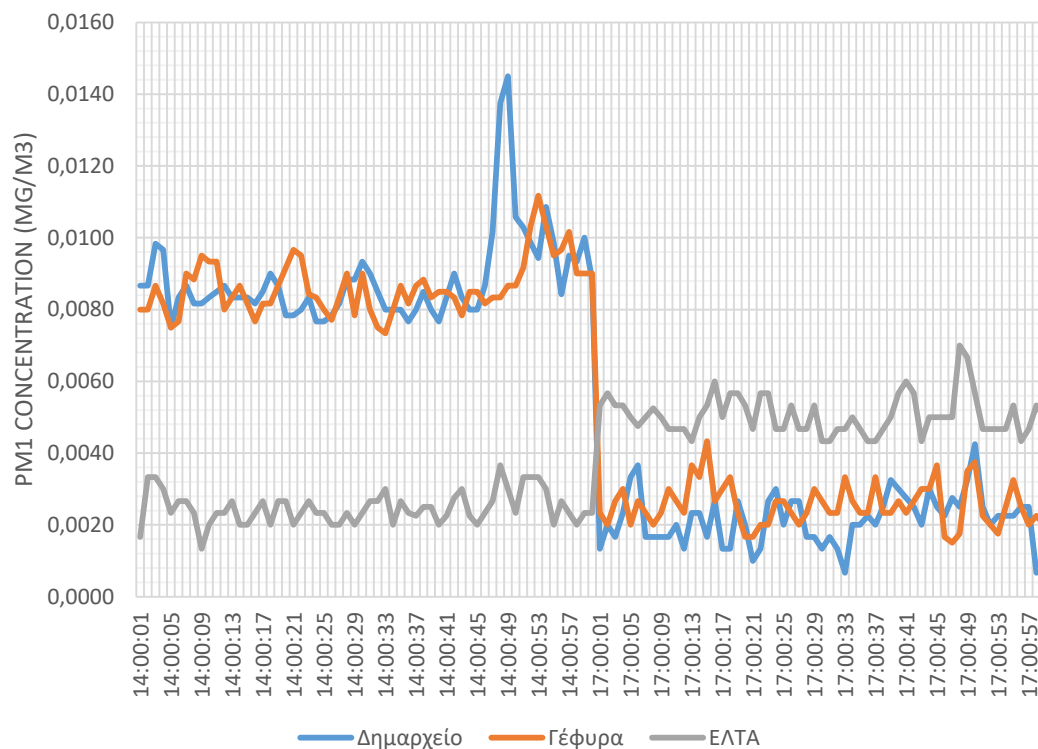


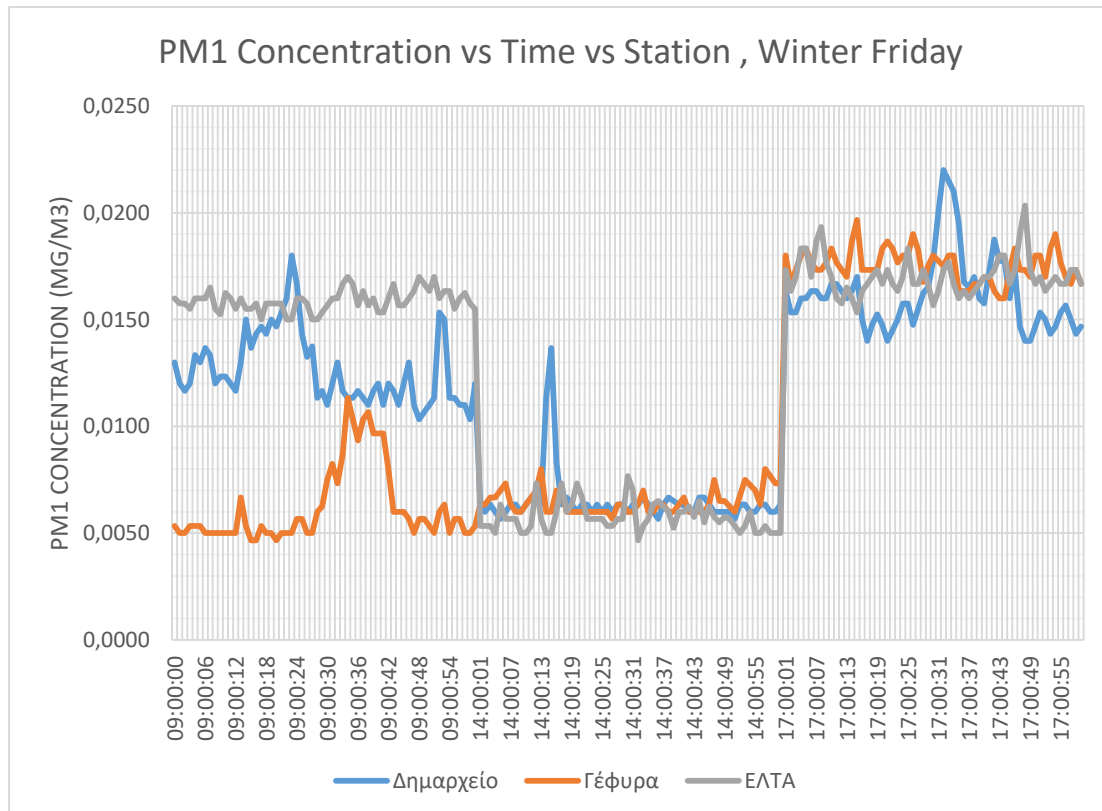
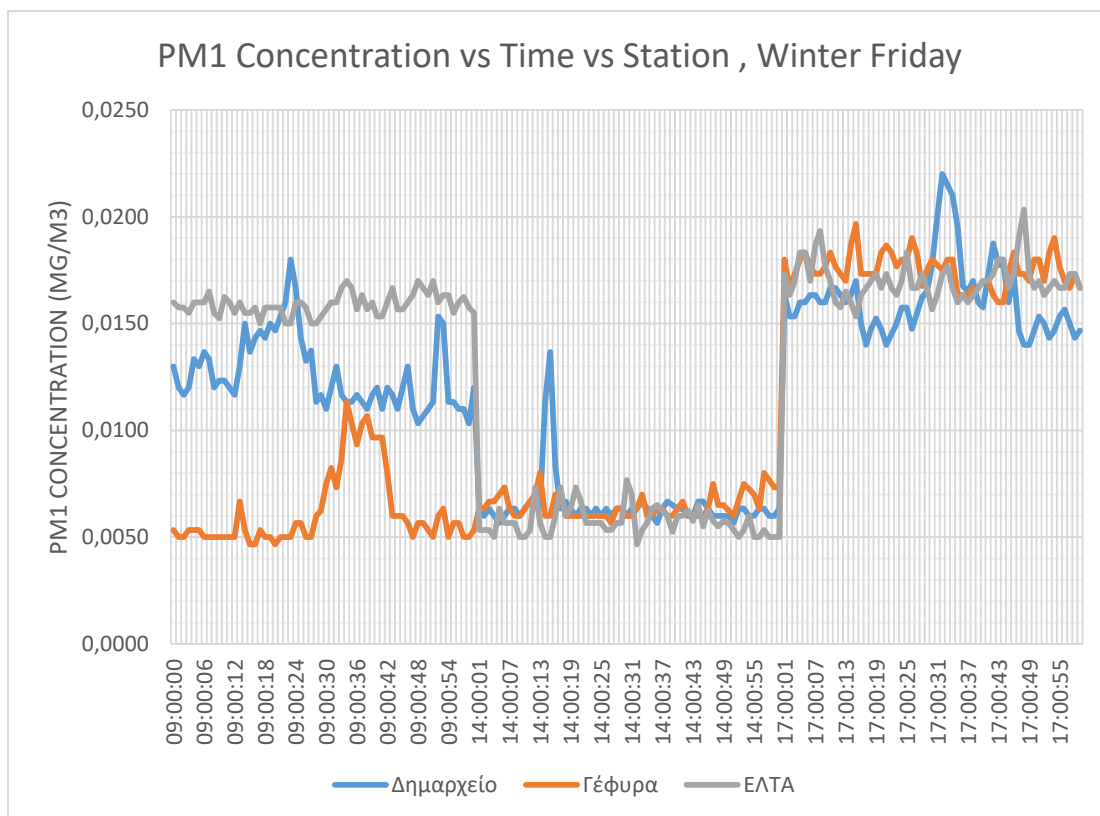


PM1 Concentration vs Time vs Station , Winter Friday



PM1 Concentration vs Time vs Station , Winter Wednesday

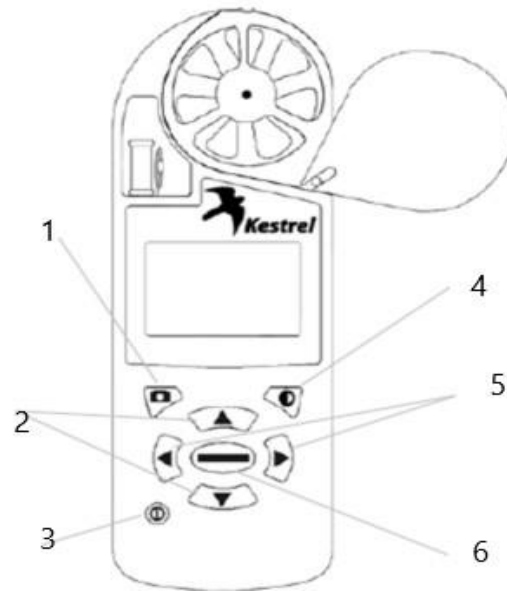




## **7.4 Παράρτημα Εξοπλισμού Μέτρησης**

Για την καταγραφή των δεδομένων πεδίου, έγινε χρήση του παρακάτω εξοπλισμού :

### **7.4.1 Μετρητής Περιβαλλοντικών Δεδομένων: Kestrel 4500 Pocket Weather Tracker**



**Εικόνα 2.2:** Μετρητής Kestrel PWT

#### **7.4.1.1 Υπόμνημα**

1. **Κουμπί Καταγραφής** : Με το πάτημα του κουμπιού αποθηκεύονται στη μνήμη του οργάνου οι ενδείξεις που φαίνονται στην οθόνη εκείνη τη στιγμή, με παράλληλη καταγραφή ώρας & ημερομηνίας. Η συλλογή δεδομένων επεξηγείται παρακάτω.
2. **Κουμπιά Πλοήγησης** : Για την εναλλαγή οθονών : Ανάμεσα σε μετεωρολογικά δεδομένα & Οθόνη Βεληνεκούς, για την πλοήγηση στο μενού ρυθμίσεων.
3. **Κουμπί Λειτουργίας** : Ένα Πάτημα : Ενεργοποίηση, Δυο Πατήματα : Απενεργοποίηση.
4. **Κουμπί Λειτουργίας Φωτισμού** : Ενεργοποίηση/Απενεργοποίηση Φωτισμού Οθόνης.
5. **Κουμπιά Πλοήγησης** : Για την εναλλαγή οθονών : Ανάμεσα σε μετεωρολογικά δεδομένα & Οθόνη Βεληνεκούς, για την πλοήγηση στο μενού ρυθμίσεων.
6. **OK**

#### **7.4.1.2 Καταγραφή δεδομένων**

Η καταγραφή δεδομένων στην παρούσα έκδοση της συσκευής γίνεται με δυο τρόπους : χειροκίνητη καταγραφή, ψηφιακή καταγραφή

#### **7.4.1.3 Χειροκίνητη Καταγραφή**

Κατά τη χειροκίνητη καταγραφή, καταγράφονται σε χαρτί οι ενδείξεις που εμφανίζονται στην οθόνη ανά χρονικό διάστημα το οποίο ορίζεται από το πρωτόκολλο μετρήσεων που ακολουθείται.

#### **7.4.1.4 Ψηφιακή Καταγραφή**

Κατά την ψηφιακή καταγραφή γίνεται η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή με τα εξής βήματα :

1. Εγκατάσταση προγραμμάτων οδηγών από την επίσημη ιστοσελίδα της **Kestrel**.
2. Σύνδεση υπολογιστή συσκευής με χρήση **Bluetooth**.
3. Συλλογή Δεδομένων-Στιγμιότυπων μέσω **User Interface Software (UIS)**, το οποίο προμηθεύεται από την επίσημη ιστοσελίδα της Kestrel.

#### **7.4.1.5 Λειτουργία**

Ο μετρητής Kestrel 4500 Pocket Weather Tracker χρησιμοποιεί δυο (2) μπαταρίες τύπου AAA, οι οποίες τοποθετούνται στο κάτω μέρος της συσκευής.

#### **7.4.1.6 Σημειώσεις**

Ανάλογα με την έκδοση λειτουργικού στον υπολογιστή αλλά και στο ίδιο το όργανο , πιθανόν η σύνδεση να μην είναι πραγματοποιήσιμη. Σε αυτή την περίπτωση συνίσταται η χειροκίνητη καταγραφή και **όχι η αλλαγή firmware** του οργάνου.

#### **7.4.2 Μέτρηση Ήχου: MASTECH MS6701 Digital Sound Level Meter**



**Εικόνα 2.3:** Μετρητής MASTECH MS6701 (DSLM)

##### **7.4.2.1 Υπόμνημα**

1. Προστατευτικό κάλυμμα οργάνου.
2. Θύρα Υπέρυθρων για σύνδεση με ηλεκτρονικό υπολογιστή.
3. Κουμπιά Level Up/Down: **Παρατεταμένο πάτημα Up** : ενεργοποίηση λειτουργίας καθαρισμού μνήμης (Οθόνη: **CLA**), **παρατεταμένο πάτημα Down**: εκκαθάριση μνήμης (Οθόνη: **CLA**, παλλόμενο), **Απλό πάτημα Up/Down**: εναλλαγή ακροτάτων μέτρησης.
4. Illuminate: Ενεργοποίηση φωτισμού οθόνης
5. Fast/Slow/Record: **Παρατεταμένο πάτημα**: έναρξη ενεργοποίησης καταγραφής μετρήσεων στη μνήμη, **Απλό Πάτημα**: Εναλλαγή γρήγορης και αργής καταγραφής.
6. A/C: **Παρατεταμένο Πάτημα**: Αποστολή Δεδομένων (memo) στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.
7. MAX: Εναλλαγή ανώτερου ακρότατου.
8. Power: Κουμπί Λειτουργίας.

#### **7.4.2.2 Περιεχόμενα Συσκευασίας**

1. Συσκευή MS6701 DSLM
2. Καλώδιο VGA (F) - USB (M)
3. Καλώδιο Υπέρυθρων (M) – VGA (M)

#### **7.4.2.3 Καταγραφή δεδομένων**

Η καταγραφή δεδομένων στην παρούσα έκδοση της συσκευής γίνεται με ψηφιακή καταγραφή.

#### **7.4.2.4 Ψηφιακή Καταγραφή**

Για την ψηφιακή καταγραφή ακολουθούνται τα εξής βήματα :

1. Εγκατάσταση προγραμμάτων οδηγών & UIS (**SoundLevelMeter**) από την επίσημη ιστοσελίδα της MASTECH.
2. Εκκαθάριση μνήμης από προηγούμενη μέτρηση. Με αυτόν τον τρόπο δεν θα συγχωνευτούν δεδομένα από διαφορετικές μετρήσεις.
3. Ρύθμιση ακροτάτων και ρυθμού καταγραφής.
4. Έναρξη Καταγραφής.
5. Σύνδεση μέσω καλωδίων I & II στον υπολογιστή.
6. Εντοπισμός της σωστής θύρας **COM** , συνήθως είναι η **θύρα 3** ή **5**. Σε περίπτωση που δεν εντοπίζεται η συσκευή ανατρέξετε στους οδηγούς του λειτουργικού του υπολογιστή, για την ρύθμιση θυρών **COM**.
7. Αποστολή Δεδομένων.

#### **7.4.2.4 Λειτουργία**

Ο μετρητής MASTECH MS6701 DSLM χρησιμοποιεί πέντε (5) μπαταρίες τύπου **AA**, οι οποίες τοποθετούνται στο πίσω μέρος της συσκευής.

#### **7.4.2.5 Σημειώσεις**

- Τα απεσταλμένα δεδομένα είναι σε μορφή **Comma-Separated Values (CSV)**, συνίσταται η μεταφορά σε λογιστικό φύλλο **excel**.
- Η διεύθυνση (**path**) για τα εισερχόμενα αρχεία δεν είναι τυπική και ακολουθεί την ακόλουθη δομή :  
C:\Users\User\_Name\AppData\Local\VirtualStore\Program Files  
(X86)\SoundLevelMeter

### **7.4.3 Μετρητής Ατμοσφαιρικών Ρύπων: MX6 iBrid<sup>®</sup> Μετρητής NO, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, PID**



**Εικόνα 2.4:** Μετρητής MX6 iBrid

#### **7.4.3.1 Υπόμνημα**

1. Προστατευτικό κάλυμμα Αντλίας.
2. Οθόνη ένδειξης μετρήσεων: Ανάλογα με τη ρύθμιση του οργάνου μετρούνται διαφορετικά μεγέθη.
3. Κουμπιά Πλοήγησης στο Μενού.
4. Ένδειξη Μπαταρίας.

#### **7.4.3.2 Περιεχόμενα Συσκευασίας**

1. Συσκευή MX6 iBrid<sup>®</sup>.
2. Βάση Φόρτισης.
3. Βάση μεταφοράς Δεδομένων **DataLink**.
4. CD με τους οδηγούς και το UIS του οργάνου.



#### **7.4.3.3 Καταγραφή δεδομένων**

Η καταγραφή δεδομένων στην παρούσα έκδοση της συσκευής γίνεται με δυο τρόπους: χειροκίνητη καταγραφή, ψηφιακή καταγραφή

#### **7.4.3.4 Χειροκίνητη Καταγραφή**

Κατά τη χειροκίνητη καταγραφή, καταγράφονται σε χαρτί οι ενδείξεις που εμφανίζονται στην οθόνη ανά χρονικό διάστημα το οποίο ορίζεται από το πρωτόκολλο μετρήσεων που ακολουθείται. Σε περιβάλλον πεδίου, **η αναμενόμενη διακύμανση δεν είναι μεγάλη.**

#### **7.4.3.5 Ψηφιακή Καταγραφή**

Κατά τη ψηφιακή καταγραφή γίνεται η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή με τα εξής βήματα :

1. Εγκατάσταση προγραμμάτων οδηγών & UIS από το CD.
2. Σύνδεση υπολογιστή συσκευής με χρήση **DataLink**.
3. Αποστολή Καταγεγραμμένων πρακτικών μετρήσεων (**Logs**).

#### **7.4.3.6 Λειτουργία**

Ο μετρητής MX6 iBrid<sup>®</sup> χρησιμοποιεί, επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, οι οποίες φορτίζονται μέσα από την βάση φόρτισης του.

#### **7.4.3.7 Σημειώσεις**

- Η αφαίρεση της προστατευτικής θήκης συνίσταται μόνο στην κατάσταση φόρτισης.
- Η χαμηλή ακρίβεια του οργάνου **σε εξωτερικό περιβάλλον** θα επηρεάσει την διακύμανση των μετρήσεων. Για μεγαλύτερη ακρίβεια συνίσταται η μείωση της απόστασης από την εκτιμώμενη πηγή των ρύπων.
- Σε περίπτωση που κατά τη διάρκεια της μέτρησης αρχίσουν να παράγονται προειδοποιητικοί ήχοι και να αναβοσβήνουν τα κόκκινα λαμπάκια LED, αυτό συνεπάγεται ότι έχουν ξεπεραστεί τα όρια των μετρούμενων χημικών ενώσεων και το περιβάλλον κρίνεται επικίνδυνο.
- Κατά την έναρξη θα απαιτηθεί να φράσσεται προσωρινά η αντλία για την εκτέλεση **Fail Safe Test**. Μετά η αντλία επανενεργοποιείται.

#### **7.4.4 Μετρητής Σωματιδιακών Ρύπων: DustTrak™ II Aerosol Monitor 8534**



**Εικόνα 2.5:** Μετρητής DustTrak™ II

##### **7.4.4.1 Υπόμνημα**

1. Οθόνη Αφής: Συνίσταται χρήση της ειδικής γραφίδας.
2. Κουμπί Λειτουργίας.
3. Θύρες Συσκευής : 1 X **Type B**, 1 X **Power Supply**.

##### **7.4.4.2 Περιεχόμενα Συσκευασίας**

1. Συσσκευή DustTrak™ II.
2. Καλώδιο Type B (M) – USB A (M).
3. Γραφίδα Οθόνης.
4. Φορτιστής.
5. Calibration Kit.

##### **7.4.4.3 Καταγραφή δεδομένων**

Η καταγραφή δεδομένων στην παρούσα έκδοση της συσκευής γίνεται με ψηφιακή καταγραφή.

#### **7.4.4.4 Ψηφιακή Καταγραφή**

Κατά την ψηφιακή καταγραφή γίνεται η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή με τα εξής βήματα :

1. Εγκατάσταση προγραμμάτων οδηγών & **UIS** από το CD ή από την επίσημη ιστοσελίδα της TSI.
2. Ενεργοποίηση Συσκευής.
3. Ρύθμιση Ώρας & Ημερομηνίας από το μενού ρυθμίσεων.
4. Από το αρχικό μενού Έναρξη καταγραφής.
5. Τερματισμός Καταγραφής.
6. Σύνδεση υπολογιστή συσκευής με χρήση Καλωδίου Type B (M) – USB A (M).
4. Άνοιγμα UIS : **TSI TrakPro**.
5. Σύνδεση με συσκευή.
6. Αποστολή μεμονωμένου δείγματος ή πληθώρας δειγμάτων.

#### **7.4.4.5 Λειτουργία**

Ο μετρητής DustTrak™ II χρησιμοποιεί, επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, οι οποίες φορτίζονται με τον φορτιστή του.

#### **7.4.4.6 Σημειώσεις**

- Η διαδικασία της δειγματοληψίας έχει σαν προκαθορισμένο όριο τα **δεκαπέντε (15) λεπτά**, για τυχόν τροποποίηση ανατρέξετε στο αναλυτικό εγχειρίδιο της συσκευής.
- Το UIS παράγει αποτελέσματα σε μορφή report **και** excel spreadsheet, καθώς και προσαρμοζόμενα διαγράμματα.

#### **7.4.5 Μετρητής Κυκλοφοριακού Φόρτου: Software Defined Radio (SDR) radar traffic classifier**



**Εικόνα 2.6:** Μετρητής SDR

##### **7.4.5.1 Υπόμνημα**

1. Σένσορας SDR.
2. Καλώδιο Τροφοδοσίας.
3. Μπαταρία Συσκευής.
4. LED Ενδείξεις Λειτουργίας.

##### **7.4.5.2 Περιεχόμενα Συσκευασίας**

1. Συσκευή SDR.
2. Μπαταρία Τροφοδοσίας.
3. Καλώδιο Τροφοδοσίας.
4. Ιμάντας Προστασίας.
5. Προστατευτική Συσκευασία.
6. Συσκευή Ρύθμισης Κλίσης SDR.

#### **7.4.5.3 Καταγραφή δεδομένων**

Η καταγραφή δεδομένων σε αυτή την συσκευή γίνεται **μόνο** με ψηφιακή καταγραφή.

#### **7.4.5.4 Ψηφιακή Καταγραφή**

1. Σύνδεση Καλωδίου τροφοδοσίας στην θύρα του SDR.
2. Αναμονή έως απενεργοποίησης των ενδείξεων LED.
3. Τοποθέτηση της συσκευής στο σημείο καταγραφής.
4. Εγκατάσταση της εφαρμογής DC-SDR σε συσκευή Android ή iOS.
5. Σύνδεση με την συσκευή SDR μέσω Bluetooth.
6. Λήψη Καταγραφών μέσω της DC-SDR.
7. Σύνδεση συσκευής Android ή iOS με ηλεκτρονικό υπολογιστή.
8. Αντιγραφή αρχείου καταγραφής .sdr
9. Μετάβαση στον ιστότοπο [www.mytrafficdata.com](http://www.mytrafficdata.com) .
10. Επεξεργασία δεδομένων και παραγωγή **report & .xls**

#### **7.4.5.5 Λειτουργία**

Ο μετρητής SDR II χρησιμοποιεί, την επαναφορτιζόμενη μπαταρία του, η οποία του δίνει αυτονομία για περίπου μία (1) εβδομάδα.

#### **7.4.5.6 Σημειώσεις**

- Η ακρίβεια της μέτρησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ορθή τοποθέτηση της συσκευής, συνίστανται τουλάχιστον τρία (3) μέτρα κατακόρυφα, και μέγιστη απόσταση από τον δρόμο δέκα (10) μέτρα, καθώς και γωνία 45ο σε σχέση με τον υπό μελέτη δρόμο.
- Τα δεδομένα της τοποθεσίας της συσκευής, καθώς και των χαρακτηριστικών του δρόμου τοποθετούνται στην πλατφόρμα του [www.mytrafficdata.com](http://www.mytrafficdata.com), από εκεί υπολογίζεται αυτόματα η βέλτιστη κλίση του SDR.
- Στην συσκευή Android ή iOS τα αρχεία βρίσκονται στην διεύθυνση :  
Data\DataCollect\serial\_number\_SDR