



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
«ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ»

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Π.3

«Παρακολούθηση ποιότητας ατμόσφαιρας με εκπόνηση εξειδικευμένων χημικών αναλύσεων και χρήση υπολογιστικών εργαλείων προσομοίωσης διασποράς ρύπων και συνεισφοράς πηγών ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή των Δήμων Δραπετσώνας-Κερατσινίου και Ελευσίνας»

Δειγματοληψίες αέρα στα επιλεγμένα σημεία και χημικές αναλύσεις δειγμάτων – Τελική Έκθεση αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ



15 Δεκεμβρίου 2019

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ	4
2.1 Μεθοδολογία μετρήσεων	4
2.1.1 Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOC's)	4
2.1.2 Αιωρούμενα Σωματίδια	5
2.1.3 Χημική σύσταση αιωρούμενων σωματιδίων	5
2.1.4 Ανόργανοι Αέριοι ρύποι	6
2.1.5 Μετεωρολογία	9
2.2. Σημεία δειγματοληψίας	9
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΔΡΑΠΕΤΣΩΝΑ/ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ	12
3.1. Γενική εκτίμηση αέριας ρύπανσης	12
3.1.1. Μετεωρολογία	12
3.1.2. Πτητικές Οργανικές Ενώσεις	12
3.1.3 Θειούχες Πτητικές Οργανικές Ενώσεις	13
3.1.4 Αιωρούμενα σωματίδια (PM2.5)	16
3.1.5 Χημική σύσταση PM2.5 (Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες, ιόντα, βαρέα μέταλλα, οργανικός/στοιχειακός άνθρακας,)	17
3.1.6 Χημική σύσταση ολικών αιωρούμενων σωματιδίων (TSP) σε διοξίνες (PCDD/F) και πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs)	19
3.1.7 Ανόργανοι ρύποι (NO ₂ , SO ₂ , CO)	21
3.2 Συσχέτιση μετρούμενων ρύπων με αναφορές εμφάνισης οσμής	22
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΕΛΕΥΣΙΝΑ	37
4.1. Γενική εκτίμηση αέριας ρύπανσης	37
4.1.1. Μετεωρολογία	37
4.1.2. Πτητικές οργανικές ενώσεις	37
4.1.3 Θειούχες Πτητικές Οργανικές Ενώσεις	38
4.1.4 Αιωρούμενα σωματίδια (PM2.5)	40
4.1.5 Χημική σύσταση PM2.5 (Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες, ιόντα, βαρέα μέταλλα, οργανικός/στοιχειακός άνθρακας)	41

4.1.6 Χημική σύσταση ολικών αιωρούμενων σωματιδίων (TSP) σε Διοξίνες και πολυχλωριωμένα διφαινύλια	44
4.1.7 Ανόργανοι ρύποι (NO ₂ , SO ₂ , CO)	46
4.2 Συσχέτιση μετρούμενων ρύπων με αναφορές εμφάνισης οσμής	47
5. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	62
5.1 ΔΡΑΠΕΤΣΩΝΑ-ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ	62
5.2 ΕΛΕΥΣΙΝΑ	64
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	66
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	69

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο πλαίσιο υλοποίησης του έργου «**Παρακολούθηση ποιότητας ατμόσφαιρας με εκπόνηση εξειδικευμένων χημικών αναλύσεων και χρήση υπολογιστικών εργαλείων προσομοίωσης διασποράς ρύπων και συνεισφοράς πηγών ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή των Δήμων Δραπετσώνας-Κερατσινίου και Ελευσίνας**» διεξάγονται μετρήσεις ποιότητας αέρα σε 5 σημεία στην περιοχή του δήμου Δραπετσώνας-Κερατσινίου και 4 σημεία στην περιοχή του δήμου Ελευσίνας. Η δειγματοληπτική περίοδος ορίστηκε από Φεβρουάριο έως Οκτώβριο 2019.

Η ποιότητα του αέρα αποτυπώνεται από τις μετρήσεις Αιωρούμενης Σωματιδιακής Ύλης ($PM_{2,5}$), Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (αρωματικών και θειούχων: VOCs & SVOCs) Διοξειδίου του Θείου (SO_2), Μονοξειδίου του Άνθρακα (CO), Διοξειδίου του Αζώτου (NO_2). Τα δείγματα της σωματιδιακής ύλης $PM_{2,5}$ υποβάλλονται σε περαιτέρω χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό της χημικής τους σύστασης ως προς τα ιόντα (ανιόντα και κατιόντα), στοιχειακό και οργανικό άνθρακα (EC/OC), βαρέα μέταλλα και τους πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs). Τα δείγματα της αέριας και ολικής σωματιδιακής ύλης (TSP) αναλύονται για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων διοξινών και πολυχλωριωμένων διφαινυλίων.

2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

2.1 Μεθοδολογία μετρήσεων

2.1.1 Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOC's)

Η συλλογή των δειγμάτων γίνεται στο πεδίο με ειδικά σωληνάρια δειγματοληψίας (sorbet tubes) που φέρουν κατάλληλο προσροφητικό υλικό και ακολουθεί η ανάλυσή τους στα εργαστήρια με σύστημα θερμικής εκρόφησης – αέριας χρωματογραφίας (TDS-GC/FID για τα αρωματικά & TD-GC/MS για τα θειούχα). Η συλλογή δειγμάτων είναι 1h (ωριαία) και πραγματοποιείται με δειγματολήπτες χαμηλής ροής (100 ml/min).

Η δειγματοληψία των πτητικών οργανικών ενώσεων ακολουθεί το πρότυπο κατά ISO 16017-1:2001.

2.1.2 Αιωρούμενα Σωματίδια

Η δειγματοληψία των αιωρούμενων σωματιδίων $PM_{2.5}$ ακολουθεί το πρότυπο EN12341:2014 (*Ambient Air- Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM_{10} or the $PM_{2.5}$ mass concentration of suspended particulate matter*). Η συλλογή δειγμάτων είναι 24h (1 δείγμα ημερησίως) και πραγματοποιείται με δειγματολήπτες χαμηλής ροής ($2.3 \text{ m}^3/\text{h}$).

Η δειγματοληψία των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων TSP (Total Suspended Particles) ακολουθεί το πρότυπο EN12884:2000 (*Determination of PAHs-collection on sorbent backed filters with GC-MS*). Η συλλογή δειγμάτων είναι 24h (1 δείγμα ημερησίως) και πραγματοποιείται με δειγματολήπτες υψηλής ροής (TISCH) και χρήση φίλτρων quartz και PUF (πολυουρεθάνης) σε σειρά για συλλογή αέριας και σωματιδιακής φάσης.

2.1.3 Χημική σύσταση αιωρούμενων σωματιδίων

Από το σύνολο των συλλεχθέντων δειγμάτων σωματιδιακής ύλης (180), τα 90 υποβλήθηκαν σε περαιτέρω χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό της χημικής τους σύστασης σε:

- I. Πολυαρωματικούς Πολυκυκλικούς Υδρογονανθράκες (22 ενώσεις ΠΑΥ)
- II. Βαρέα μέταλλα (Pb, Cd, As, Ni, Hg, Cu, Zn)
- III. Ιόντα (νιτρικά, θειικά, φωσφορικά, χλωρικά, αμμωνίου, καλίου, νατρίου)
- IV. Οργανικό/Στοιχειακό άνθρακα (OC/EC).
- V. Διοξίνες & Πολυχλωριωμένα διφαινύλια στα ολικά σωματίδια (TSP)

Τα κριτήρια επιλογής των φίλτρων που υποβλήθηκαν σε περαιτέρω χημική ανάλυση περιλάμβαναν:

- Τις ημέρες με οσμή
- Τις προηγούμενες και τις επόμενες ημέρες των επεισοδίων οσμής (για συγκριτικούς λόγους).

- Τη χωρική και χρονική κάλυψη των σημείων δειγματοληψίας (βάσει του αριθμού των δειγμάτων που υπολείπονταν μετά την ικανοποίηση των δύο προηγούμενων κριτηρίων).

2.1.4 Ανόργανοι Αέριοι ρύποι

Πραγματοποιούνται μετρήσεις συγκέντρωσης του :

- Διοξειδίου του Θείου (SO_2)
- Μονοξειδίου του Άνθρακα (CO)
- Οξειδίων του Αζώτου (NO_x)

Η δειγματοληψία των τριών παραπάνω ανόργανων χημικών παραμέτρων γίνεται με χρήση παθητικών δειγματοληπτών σύμφωνα με το πρότυπο EN 13528-2:2002 (Ambient air quality. Diffusive samplers for the determination of concentrations of gases and vapors. Requirements and tests methods. Specific requirements and tests methods)

Πίνακας 2.1. Περιγραφή μεθόδων καταγραφής των αέριων ρύπων.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Αρχή μέτρησης	Πρότυπο μέτρησης
Πτητικές Οργανικές Ενώσεις	Χρωματογραφικά: Δειγματοληψία σε σωληνάρια Sorbent Tubes και ανάλυση σε TDS GC/FID & GC/MS	ISO 16017 – 1:2001
PM _{2.5} /TSP	Σταθμικά: Δειγματολήπτες χαμηλής /υψηλής ροής και χρήση αναλυτικού ζυγού (Mettler Toledo MX5)	EN 12341:2014/ EN 12884:2000
ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ PM _{2.5}	Πολυαρωματικοί Υδρογονάνθρακες (B[a]P)	EN 12884:2000
ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ PM _{2.5}	Βαρέα Μέταλλα (Zn, Cu, Pd, Ni, Cd, As, Hg)	XRF
ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ PM _{2.5}	Ιόντα (NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- , NH_4^+ , K^+ , Na^+)	Διαπιστευμένη μέθοδος από το ΕΣΥΔ που ανέπτυξε και εφαρμόζει το ΕΠΕΡ/ΕΚΕΦΕ «Δ»

ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ PM 2.5	Οργανικό/Στοιχειακό Άνθρακα (OC/EC)	EN 16909:2005
ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ Ολικής σωματιδιακής ύλης (TSP)	Διοξίνες, φουράνια	EN 1948-4:2010
SO ₂	Παθητικός Δειγματολήπτης	EN 13528-2:2002
CO	Παθητικός Δειγματολήπτης	EN 13528-2:2002
NO _x	Παθητικός Δειγματολήπτης	EN 13528-2:2002

Στον πίνακα 2.2 αναφέρονται οι παράμετροι, ο αριθμός μετρήσεων ανά δήμο που προβλέπεται από τη σύμβαση και ο αριθμός μετρήσεων ανά δήμο που πραγματοποιήθηκαν.

Πίνακας 2.2. Παράμετροι και ο αριθμός μετρήσεων ανά δήμο

Δραπετσώνα

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Αριθμός Μετρήσεων βάσει σύμβασης	Αριθμός Μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν
Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (ΠΟΕ)	360	375
Αιωρούμενα σωματίδια (PM _{2.5})	180	180
Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ)	90	90
Βαρέα μέταλλα (Pb, Cd, As, Ni, Hg, Cu, Zn)	90	90
Διοξίνες & Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs)	10	10

Οργανικός/Στοιχειακός άνθρακας (OC/EC)	90	90
Ιόντα	90	90
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	30	30
Οξείδια του αζώτου (NO _x)	30	30
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	30	30

Ελευσίνα

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Αριθμός Μετρήσεων βάσει σύμβασης	Αριθμός Μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν
Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (ΠΟΕ)	360	360
Αιωρούμενα σωματίδια (PM _{2.5})	180	180
Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ)	90	90
Βαρέα μέταλλα (Pb, Cd, As, Ni, Hg, Cu, Zn)	90	90
Διοξίνες & Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs)	10	10
Οργανικός/Στοιχειακός άνθρακας (OC/EC)	90	90
Ιόντα	90	90
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	30	30
Οξείδια του αζώτου (NO _x)	30	30
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	30	30

2.1.5 Μετεωρολογία

Για την περίοδο δειγματοληψίας, πραγματοποιείται συνεχής καταγραφή της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου (30λεπτη) με χρήση φορητού ανεμόμετρου (Wind Sensor System) ανά δήμο δειγματοληψίας.

2.2. Σημεία δειγματοληψίας

Με βάση τα κριτήρια που έχουν περιγραφεί αναλυτικά στο Παραδοτέο Π.1 επιλέχθηκαν συνολικά τρία σημεία δειγματοληψίας/δήμο. **Επιπλέον**, για τον δήμο Δραπετσώνας-Κερατσινίου επιλέχθηκαν δύο ακόμα σημεία (ΔΚ4, ΔΚ5) και για τον δήμο Ελευσίνας ένα ακόμη σημείο (Ε4) όπως αυτά περιγράφονται στον πίνακα 2.3. Διαπιστώθηκε κατά την διάρκεια υλοποίησης του έργου ότι τα παραπάνω σημεία εμφάνιζαν τακτικά έντονες οσμές και για το λόγο αυτό πραγματοποιείται δειγματοληψία για ανίχνευση πτητικών οργανικών ενώσεων τις ημέρες με έντονη οσμή. Τα σημεία δειγματοληψίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3, απεικονίζονται στις Εικόνες 2.1, 2.2, και 2.3 και στις φωτογραφίες του παραρτήματος Ι. Ο τρόπος προσδιορισμού των ημερών με οσμή περιλάμβανε α) η φυσική παρουσία μελών του εργαστηρίου στην περιοχή για την λήψη δειγμάτων β) η συμπλήρωση ημερολογίου με σχόλια για την παρουσία οσμών από τους διευθυντές των σχολείων όπου έχουν οριστεί ως σημεία δειγματοληψίας γ) ειδοποίηση από προσωπικό του δήμου ή της περιφέρειας που βρίσκονται στις υπό μελέτη περιοχές.

Πίνακας 2.3: Περιγραφή Σημείων Δειγματοληψίας Διάχυτων

Κωδικός Σημείου Δειγματοληψίας	Χαρακτηριστικά Σημείου Δειγματοληψίας	Περιοχή	Συντεταγμένες	
			Χ	Υ
ΔΚ 1	2ο Δημοτικό Σχολείο Δραπετσώνας	Δραπετσώνα	37° 56' 57" Β	23° 37' 25" Α
ΔΚ 2	4ο ΓΕΛ Κερατσινίου	Κερατσίνι	37° 57' 2" Β	23° 36' 41" Α
ΔΚ 3 (Υπόβαθρο)	1ο Ενιαίο Λύκειο Κερατσινίου	Κερατσίνι	37° 58' 6" Β	23° 36' 37" Α

ΔΚ 4	Οικίσκος Μετρήσεων Ατμοσφαιρικών Ρύπων (Δήμος ΚΔ)	Κερατσίνι	37° 56' 48" B	23° 36' 58" A
ΔΚ 5	(Γέφυρα)	Κερατσίνι	37° 56' 55" B	23° 37' 3" A
Ε 1	3ο Δημοτικό Σχολείο Μάνδρας	Ελευσίνα (Μάνδρα)	38° 3' 7" B	23° 31' 35" A
Ε 2	4ο Δημοτικό Σχολείο Ελευσίνας	Ελευσίνα	38° 3' 10" B	23° 31' 51" A
Ε 3 (Υπόβαθρο)	7ο Δημοτικό Σχολείο Ελευσίνας	Ελευσίνα	38° 2' 26" B	23° 32' 4" A
Ε4	Πλησίον ΕΛΠΕ	Ελευσίνα	38° 2' 33,22" B	23° 30' 24,16" A



Εικόνα 2.1: Συνολική χωρική απεικόνιση σημείων δειγματοληψίας διάχυτων (ΔΚ1, ΔΚ2, ΔΚ3, ΔΚ4, ΔΚ5, Ε1, Ε2, Ε3).



Εικόνα 2.2: Χωρική απεικόνιση σημείων δειγματοληψίας διάχυτων στον Δήμο Δραπετσώνας – Κερατσινίου (ΔΚ1, ΔΚ2, ΔΚ3, ΔΚ4, ΔΚ5).



Εικόνα 2. 3: Χωρική απεικόνιση σημείων δειγματοληψίας διάχυτων στον Δήμο Ελευσίνας (Ε1, Ε2, Ε3).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΔΡΑΠΕΤΣΩΝΑ/ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ

3.1. Γενική εκτίμηση αέριας ρύπανσης

3.1.1. Μετεωρολογία

Για την διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου στην οποία αναφέρεται η παρούσα έκθεση, η θερμοκρασία κυμάνθηκε από 10 έως 32 °C και η σχετική υγρασία από 24 έως 79 %. Επίσης, επικρατέστερη διεύθυνση του ανέμου ήταν η βορειοδυτική (NW) και η ταχύτητα του ανέμου κυμάνθηκε από 0.62 έως 3.72 m/sec.

3.1.2. Πτητικές Οργανικές Ενώσεις

Οι μέσες, ελάχιστες και μέγιστες τιμές της συγκέντρωσης των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1:

Πίνακας 3.1. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή και τυπική απόκλιση συγκέντρωσης οργανικών πτητικών ενώσεων (VOC) για την περιοχή Δραπετσώνας-Κερατσινίου.

			Benzene	Toluene	Octane	Xylene 1	Xylene 2	Xylene 3	1,2,4 Trimethylbenzene	Cyclohexane	Nonane	Isopropylbenzene	Styrene
			($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ΔΚ1	αριθμός δειγμάτων: 78	μέση τιμή	3.15	5.81	1.57	4.33	4.62	10.00	2.43	8.22	0.96	0.31	0.15
		ελάχιστη τιμή	0.25	1.38	0.50	0.85	1.75	1.10	0.39	0.38	0.22	0.05	0.03
		μέγιστη τιμή	16.73	24.07	4.74	13.97	15.70	39.97	5.50	32.63	2.29	0.77	0.63
		τυπική απόκλιση	3.90	5.13	0.63	3.19	3.37	8.57	0.62	7.26	0.46	0.13	0.12
ΔΚ2	αριθμός δειγμάτων: 73	μέση τιμή	2.04	4.03	1.33	3.98	4.26	8.64	2.32	7.88	0.82	0.27	0.13
		ελάχιστη τιμή	0.09	1.20	0.97	1.39	1.46	2.04	1.87	0.34	0.18	0.05	0.05
		μέγιστη τιμή	18.62	23.71	3.32	20.42	19.96	47.03	4.49	58.93	3.36	0.65	0.63
		τυπική απόκλιση	2.79	3.76	0.33	3.50	3.49	7.94	0.45	8.54	0.50	0.11	0.11
ΔΚ3	αριθμός δειγμάτων: 59	μέση τιμή	1.96	3.16	1.39	3.38	3.52	6.88	2.27	7.37	0.85	0.27	0.20
		ελάχιστη τιμή	0.18	1.12	1.05	1.25	1.46	1.18	1.87	0.32	0.30	0.04	0.04
		μέγιστη τιμή	22.81	15.29	5.32	16.84	13.95	36.74	3.27	71.68	2.22	1.52	2.01
		τυπική απόκλιση	3.30	2.39	0.58	2.85	2.64	6.42	0.33	10.48	0.41	0.20	0.30
ΔΚ4	αριθμός δειγμάτων: 37	μέση τιμή	36.38	20.92	8.42	10.95	9.88	19.45	4.35	38.05	1.71	0.64	1.02
		ελάχιστη τιμή	0.64	2.59	1.19	1.56	2.30	2.35	1.99	1.47	0.45	0.16	0.06
		μέγιστη τιμή	101.12	63.76	22.55	31.70	27.35	55.48	27.68	240.40	3.22	1.73	3.20
		τυπική απόκλιση	28.91	17.77	6.40	8.67	6.57	14.29	4.66	44.35	0.65	0.41	0.90
ΔΚ5	αριθμός δειγμάτων: 20	μέση τιμή	12.72	13.19	3.92	9.96	10.05	23.75	2.96	21.27	1.02	0.53	0.57
		ελάχιστη τιμή	2.18	2.00	1.40	1.47	1.64	3.58	1.94	2.48	0.30	0.16	0.09
		μέγιστη τιμή	76.73	29.86	12.71	27.51	24.87	63.62	4.73	61.33	2.29	1.10	1.54
		τυπική απόκλιση	15.90	7.44	2.49	5.81	5.75	14.05	0.80	13.36	0.51	0.25	0.38

Παρατηρείται ότι οι υψηλότερες μέσες τιμές (ειδικότερα για το βενζόλιο και τολουόλιο) παρατηρήθηκαν στα ΔΚ4, ΔΚ5 και ΔΚ1. Οι χαμηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στο ΔΚ3 (υπόβαθρο). Από το σύνολο των πτητικών οργανικών ενώσεων, θεσμοθετημένη οριακή τιμή συγκέντρωσης υπάρχει μόνο για το βενζόλιο. Καθώς όμως το όριο αυτό είναι ετήσιο και όχι ημερήσιο, πραγματοποιήθηκε **ενδεικτικά** μια σύγκριση των ημερήσιων συγκεντρώσεων κατά τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου με την ετήσια οριακή τιμή, από την οποία προέκυψαν υψηλότερες τιμές σε σχέση με την οριακή συγκέντρωση (ΦΕΚ 488/2011: 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) για 15 ημέρες στο σημείο ΔΚ1, 6

ημέρες στο ΔΚ2, 4 ημέρες στο ΔΚ3, 30 ημέρες στο σημείο ΔΚ4 και 15 ημέρες στο σημείο ΔΚ5.

3.1.3 Θειούχες Πτητικές Οργανικές Ενώσεις

Οι μέσες, ελάχιστες και μέγιστες τιμές της συγκέντρωσης των θειούχων πτητικών οργανικών ενώσεων (SVOC) για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2. Παρατηρείται ότι οι υψηλότερες μέσες τιμές συγκέντρωσης των μερκαπτανών (**Σ8mercaptans**) παρατηρήθηκαν στα ΔΚ4, ΔΚ5, ενώ οι μικρότερες τιμές παρατηρήθηκαν στο ΔΚ2. Όσον αφορά στα θειοφαίνεια (**Σ5thiophenes**), οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στο ΔΚ5, ακολουθούμενες από αυτές που σημειώθηκαν στα ΔΚ4 και ΔΚ1, ενώ οι διαφοροποιήσεις μεταξύ των σημείων ήταν μικρές. Σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις σουλφιδίων (**Σ7sulfides**) προέκυψαν στο ΔΚ4, με τη μικρότερη μέση τιμή να εμφανίζεται στο ΔΚ5. **Δεν υπάρχουν θεσμοθετημένα όρια για τις παραπάνω ενώσεις. Παρόλα αυτά, προκαλούν έντονες οσμές ακόμη και σε χαμηλά επίπεδα συγκέντρωσης και για το λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντική η ανίχνευσή τους**

Πίνακας 3.2. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή και τυπική απόκλιση συγκέντρωσης θειούχων οργανικών πτητικών ενώσεων (SVOC) για την περιοχή Δραπετσώνας-Κερατσινίου.

			Carbonyl sulfide	Methyl mercaptan	Ethyl mercaptan	Dimethyl sulfide	Carbon disulfide	2-Propanethiol	tert-Butyl mercaptan	1-Propanethiol	Ethyl methyl sulfide	sec-butyl mercaptan	Thiophene	Isobutyl mercaptan	n-Butyl mercaptan	Dimethyl disulfide	2-methyl-thiophene	3-methyl-thiophene	Tetrahydrothiophene	Diethyl disulfide	3-Methylbenzothiophene	Diphenyl sulfide	Σ8mercaptans	Σ5thiophenes	Σ7sulfides
			(μg/m ³)																						
ΔΚ1	αριθμός δειγμάτων: 28	μέση τιμή	0.3883	0.0092	0.0397	0.0131	0.0794	NA	0.1612	0.1160	0.0295	0.5203	0.0074	0.0024	0.0538	0.0116	0.0173	0.0035	0.0009	0.0011	0.0109	0.0110	0.7022	0.0140	0.4384
		ελάχιστη τιμή	0.0085	0.0036	0.0035	0.0017	0.0229	NA	0.0046	0.0139	0.0295	0.0973	0.0001	0.0011	0.0047	0.0023	0.0036	0.0005	0.0007	0.0007	0.0109	0.0010	0.0877	0.0045	0.0155
		μέγιστη τιμή	1.7667	0.0301	0.1554	0.0343	0.5408	NA	0.9172	0.6870	0.0295	1.8396	0.0374	0.0037	0.3652	0.0414	0.0507	0.0091	0.0011	0.0014	0.0109	0.0649	2.7674	0.0524	2.0607
		τυπική απόκλιση	0.4531	0.0062	0.0409	0.0093	0.1257	NA	0.2171	0.1304	NA	0.5398	0.0099	0.0018	0.0786	0.0121	0.0146	0.0025	0.0003	0.0002	NA	0.0146	0.6824	0.0127	0.5300
ΔΚ2	αριθμός δειγμάτων: 24	μέση τιμή	0.2869	0.0072	0.0286	0.0141	0.0404	NA	0.0958	0.1103	0.0368	0.5142	0.0116	0.0017	0.0334	0.0089	0.0482	0.0040	NA	0.0011	NA	0.0075	0.6686	0.0100	0.3446
		ελάχιστη τιμή	0.0300	0.0023	0.0035	0.0026	0.0229	NA	0.0046	0.0158	0.0368	0.1034	0.0015	0.0010	0.0050	0.0038	0.0060	0.0010	NA	0.0001	NA	0.0022	0.0563	0.0050	0.0448
		μέγιστη τιμή	1.4287	0.0154	0.0853	0.0514	0.2324	NA	0.4164	0.3821	0.0368	3.0753	0.0359	0.0025	0.1889	0.0164	0.3132	0.0144	NA	0.0034	NA	0.0220	3.6485	0.0580	1.7101
		τυπική απόκλιση	0.3283	0.0036	0.0236	0.0099	0.0483	NA	0.1085	0.0777	NA	0.6875	0.0129	0.0007	0.0424	0.0043	0.1072	0.0036	NA	0.0009	NA	0.0064	0.7808	0.0112	0.3678
ΔΚ3	αριθμός δειγμάτων: 9	μέση τιμή	0.5004	0.0114	0.0271	0.0150	0.0773	NA	0.1190	0.1181	NA	0.6110	0.0032	0.0021	0.0494	0.0111	0.0189	0.0050	NA	0.0011	NA	0.0189	0.7156	0.0139	0.5900
		ελάχιστη τιμή	0.1150	0.0029	0.0091	0.0069	0.0229	NA	0.0266	0.0470	NA	0.1089	0.0003	0.0021	0.0099	0.0032	0.0080	0.0030	NA	0.0004	NA	0.0017	0.1615	0.0050	0.1460
		μέγιστη τιμή	1.7508	0.0310	0.0546	0.0235	0.1931	NA	0.2662	0.2655	NA	2.4205	0.0099	0.0021	0.1499	0.0246	0.0332	0.0092	NA	0.0024	NA	0.0529	2.7758	0.0446	2.0108
		τυπική απόκλιση	0.5556	0.0093	0.0196	0.0056	0.0844	NA	0.0715	0.0679	NA	0.9001	0.0034	NA	0.0464	0.0069	0.0106	0.0029	NA	0.0009	NA	0.0247	0.7953	0.0128	0.6306
ΔΚ4	αριθμός δειγμάτων: 26	μέση τιμή	0.9527	0.0154	0.0809	0.0179	0.1435	NA	0.4915	0.2051	0.1066	4.2818	0.0091	0.0048	0.3456	0.0106	0.0423	0.0018	0.0010	0.0011	0.0076	0.0062	5.3800	0.0212	1.1271
		ελάχιστη τιμή	0.0453	0.0038	0.0111	0.0028	0.0229	NA	0.0046	0.0384	0.0103	0.2162	0.0022	0.0022	0.0159	0.0007	0.0029	0.0014	0.0010	0.0003	0.0065	0.0010	0.4199	0.0050	0.0953
		μέγιστη τιμή	2.5430	0.0446	0.5285	0.0592	0.7752	NA	2.6836	0.8723	0.3432	25.137	0.0258	0.0083	1.4575	0.0274	0.1492	0.0026	0.0010	0.0024	0.0087	0.0334	26.1533	0.1614	3.0457
		τυπική απόκλιση	0.7272	0.0121	0.1122	0.0125	0.1780	NA	0.7230	0.2161	0.1583	5.8759	0.0076	0.0031	0.3535	0.0076	0.0468	0.0007	NA	0.0008	0.0016	0.0072	6.3052	0.0322	0.8268
ΔΚ5	αριθμός δειγμάτων: 18	μέση τιμή	0.3491	0.0080	0.0960	0.0136	0.0412	NA	0.1613	0.1680	0.0463	0.6868	0.0134	0.0035	0.1537	0.0096	0.0494	0.0025	0.0029	0.0011	0.0038	0.0050	1.1381	0.0215	0.3274
		ελάχιστη τιμή	0.0351	0.0040	0.0083	0.0015	0.0229	NA	0.0046	0.0078	0.0463	0.1158	0.0012	0.0035	0.0067	0.0026	0.0005	0.0014	0.0016	0.0005	0.0037	0.0019	0.2964	0.0050	0.0025
		μέγιστη τιμή	1.5383	0.0144	0.6474	0.0614	0.1163	NA	0.9353	1.3194	0.0463	2.4375	0.0521	0.0035	0.5226	0.0256	0.1295	0.0036	0.0042	0.0021	0.0038	0.0079	3.2507	0.1379	1.7313
		τυπική απόκλιση	0.4850	0.0036	0.1680	0.0135	0.0328	NA	0.2350	0.3281	NA	0.6595	0.0193	NA	0.1429	0.0072	0.0518	0.0016	0.0019	0.0007	0.0000	0.0017	0.8906	0.0345	0.4811

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε:

Για τις πτητικές οργανικές ενώσεις (αρωματικές και θειούχες), οι οποίες αποτελούν και τους σημαντικότερους παράγοντες εμφάνισης των οσμών, **η συγκέντρωσή τους στα σημεία δειγματοληψίας ακολουθεί τη σειρά:**

Αρωματικές: ΔΚ4>ΔΚ5>ΔΚ1>ΔΚ2>ΔΚ3

Μερκαπτάνες: ΔΚ4>ΔΚ5>ΔΚ3>ΔΚ1>ΔΚ2

Θειοφαίνεια: ΔΚ5>ΔΚ4>ΔΚ1>ΔΚ3>ΔΚ2

Σουλφίδια: ΔΚ4>ΔΚ3>ΔΚ1>ΔΚ2>ΔΚ5

Η παραπάνω σειρά των συγκεντρώσεων των πτητικών οργανικών ενώσεων στα σημεία μέτρησης, ακολουθεί στις πλειοψηφία τους τη σειρά έντασης και αριθμού εμφάνισης των οσμών που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών.

Εκτός από τα σημεία δειγματοληψιών που παρατίθενται παραπάνω, πραγματοποιήθηκαν επιπρόσθετες μετρήσεις σε επιμέρους σημεία τις ημέρες κατά τις οποίες σημειώθηκαν έντονα επεισόδια οσμών, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3.

Πίνακας 3.3. Συγκέντρωση θειούχων οργανικών πτητικών ενώσεων (SVOC) στα επιπλέον σημεία δειγματοληψίας στην περιοχή Δραπετσώνας-Κερατσινίου.

		Carbonyl sulfide	Methyl mercaptan	Ethyl mercaptan	Dimethyl sulfide	Carbon disulfide	2-Propanethiol	tert-Butylmercaptan	1-Propanethiol	Ethyl methyl sulfide	sec-butyl mercaptan	Thiophene	Isobutyl mercaptan	n-Butyl mercaptan	Dimethyl disulfide	2-methyl-thiophene	3-methyl-thiophene	Tetrahydrothiophene	Diethyl disulfide	3-Methylbenzothiothiophene	Diphenyl sulfide	Σ8mercaptans	Σ5thiophenes	Σ7sulfides
Εθνικής Αντιστάσεως 171	30/7/2019	0.7936	0.0068	N.D.	0.0931	0.0595	N.D.	0.3251	0.0828	>LOD	0.5268	0.0022	N.D.	0.1007	>LOD	N.D.	N.D.	N.D.	0.0013	N.D.	>LOD	1.0423	0.0050	0.9475
Κοντόπουλου 80 (Τσιμέντα)	30/7/2019	0.5982	0.0281	N.D.	0.0325	0.0583	N.D.	0.2024	0.0801	>LOD	0.4325	0.0007	N.D.	0.1269	0.0143	N.D.	N.D.	N.D.	0.0012	N.D.	0.0016	0.8701	0.0050	0.7060
Ανδρέα Μιαούλη 108	31/7/2019	0.1484	0.0157	0.0175	0.0272	>LOD	N.D.	0.2484	0.0479	>LOD	0.2268	0.0021	N.D.	0.0445	0.0059	N.D.	>LOD	N.D.	N.D.	>LOD	N.D.	0.6007	0.0050	0.1814

Οι παραπάνω τιμές είναι αντίστοιχες των τιμών που εμφανίζονταν στα επιλεγμένα σημεία δειγματοληψίας (ΔΚ1 έως ΔΚ5) τις ημέρες που είχαμε εμφάνιση οσμών. Αξίζει να σημειωθεί ότι **στις 30/7 που παρατηρήθηκαν επεισόδια οσμής στα παραπάνω σημεία, έντονη οσμή σημειώθηκε και στο σημείο ΔΚ1 ενώ ο άνεμος έπνεε ΔΝΔ**, όπου τα επίπεδα των μερκαπτανών (Σ8mercaptans) και των θειοφαινίων (Σ5thiophenes) βρέθηκαν συγκρίσιμα με αυτά που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3, με συγκεντρώσεις 0.916 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και 0.005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, αντίστοιχα, ενώ οι συγκεντρώσεις των σουλφιδίων βρέθηκαν μικρότερες (0.333 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Επίσης, **στις 31/7 που σημειώθηκε επεισόδιο οσμής στην οδό Ανδρέα Μιαούλη, έντονη οσμή παρατηρήθηκε και στο σημείο ΔΚ1, με τη διεύθυνση του ανέμου να είναι πάλι ΔΝΔ**, όπου τα επίπεδα των

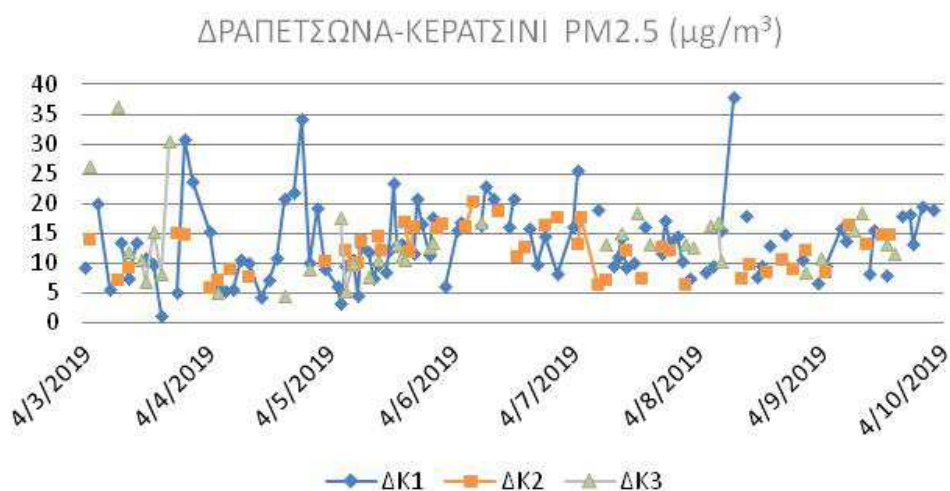
μερκαπτανών (Σ8mercaptans) και των θειοφαινείων (Σ5thiophenes) βρέθηκαν ελαφρώς μικρότερα από αυτά που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3, με συγκεντρώσεις $0.425 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και $0.022 \mu\text{g}/\text{m}^3$, αντίστοιχα, ενώ οι συγκεντρώσεις των σουλφιδίων βρέθηκαν ελαφρώς υψηλότερες ($0.2898 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Όσον αφορά στη διεύθυνση του ανέμου, ήταν ΔΝΔ και για τις δύο ημέρες.

3.1.4 Αιωρούμενα σωματίδια (PM2.5)

Οι μέσες, ελάχιστες και μέγιστες τιμές συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων PM2.5 για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.4. Επίσης, η ημερήσια διακύμανση των PM2.5 στα τρία σημεία δειγματοληψίας στον δήμο Δραπετσώνας-Κερατσινίου απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1.

Πίνακας 3.4. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή και τυπική απόκλιση συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων PM2.5 για την περιοχή Δραπετσώνας-Κερατσινίου.

PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	ΔΚ1	ΔΚ2	ΔΚ3
	αριθμός δειγμάτων: 95	αριθμός δειγμάτων: 48	αριθμός δειγμάτων: 37
μέση τιμή	13.3	12.1	13.5
ελάχιστη τιμή	1.1	5.9	4.5
μέγιστη τιμή	37.9	20.4	36.4
τυπική απόκλιση	6.4	3.8	6.5



Σχήμα 3.1. Ημερήσια διακύμανση των PM2.5 στα τρία σημεία δειγματοληψίας στον δήμο Δραπετσώνας-Κερατσινίου.

Σημειώνεται ότι η υψηλότερη μέση τιμή συγκέντρωσης των PM2.5 παρατηρήθηκε στο ΔΚ3, χωρίς όμως σημαντικές διαφορές από τα άλλα σημεία. Πραγματοποιήθηκε **ενδεικτικά** μια σύγκριση των ημερήσιων συγκεντρώσεων PM2.5 κατά τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου με την ετήσια οριακή τιμή, από την οποία προέκυψαν υψηλότερες τιμές **4 ημέρες στο ΔΚ1 και 3 ημέρες στο ΔΚ3** (ετήσιο όριο 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ΦΕΚ 488/2011).

3.1.5 Χημική σύσταση PM2.5 (Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες, ιόντα, βαρέα μέταλλα, οργανικός/στοιχειακός άνθρακας,)

Οι μέσες, ελάχιστες και μέγιστες τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων στα PM2.5 για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5.

Πίνακας 3.5. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή και τυπική απόκλιση συγκέντρωσης ιόντων στα PM2.5 για την περιοχή Δραπετσώνας-Κερατσινίου.

			Nitrate ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sulfate ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sodium ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ammonium ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Potassium ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Magnesium ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Calcium ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ΔΚ1	αριθμός δειγμάτων: 54 (ανιόντα: 53, κατιόντα: 54)	μέση τιμή	1.053	4.083	0.466	4.82	0.072	0.090	0.929
		ελάχιστη τιμή	0.040	0.981	0.052	0.125	0.003	0.025	0.113
		μέγιστη τιμή	7.808	7.721	3.540	51.5	0.560	0.539	2.701
		τυπική απόκλιση	1.359	1.650	0.556	9.71	0.089	0.082	0.519
ΔΚ2	αριθμός δειγμάτων: 21 (ανιόντα: 21, κατιόντα: 21)	μέση τιμή	0.436	3.446	0.221	2.30	0.063	0.043	0.633
		ελάχιστη τιμή	0.036	0.990	0.016	0.050	0.0002	0.004	0.048
		μέγιστη τιμή	1.290	6.849	0.805	7.7	0.233	0.200	2.157
		τυπική απόκλιση	0.425	1.669	0.196	2.02	0.057	0.043	0.485
ΔΚ3	αριθμός δειγμάτων: 15 (ανιόντα: 15, κατιόντα: 14)	μέση τιμή	0.689	3.489	0.288	3.45	0.070	0.046	0.617
		ελάχιστη τιμή	0.107	0.791	0.034	0.060	0.002	0.002	0.015
		μέγιστη τιμή	2.452	6.310	0.617	10.8	0.181	0.088	1.460
		τυπική απόκλιση	0.610	1.854	0.185	3.60	0.060	0.028	0.468

Σημειώνεται ότι η **υψηλότερη μέση τιμή συγκέντρωσης για όλα τα ιόντα παρατηρήθηκε στο σημείο ΔΚ1**. Μεταξύ των σημείων ΔΚ2 και ΔΚ3 δεν υπήρξαν αξιοσημείωτες διαφορές.

Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία του οργανικού (OC) και στοιχειακού (EC) άνθρακα στα PM2.5 για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παραθέτονται στον Πίνακα 3.6. **Ομοίως με τα ιόντα, η υψηλότερη μέση τιμή συγκέντρωσης και για τα δύο κλάσματα άνθρακα παρατηρήθηκε στο σημείο ΔΚ1, ακολουθούμενη από αυτές των ΔΚ 3 και ΔΚ 2.**

Πίνακας 3.6. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή και τυπική απόκλιση συγκέντρωσης οργανικού και στοιχειακού άνθρακα (OC-EC) στα PM_{2.5} για την περιοχή Δραπετσώνας-Κερατσινίου.

			OC (μg/m ³)	EC (μg/m ³)
ΔΚ1	αριθμός δειγμάτων: 54	μέση τιμή	4.85	0.99
		ελάχιστη τιμή	2.04	0.25
		μέγιστη τιμή	21.07	4.28
		τυπική απόκλιση	3.17	0.72
ΔΚ2	αριθμός δειγμάτων: 21	μέση τιμή	2.88	0.57
		ελάχιστη τιμή	1.17	0.21
		μέγιστη τιμή	4.49	1.29
		τυπική απόκλιση	1.00	0.28
ΔΚ3	αριθμός δειγμάτων: 15	μέση τιμή	3.28	0.75
		ελάχιστη τιμή	1.40	0.22
		μέγιστη τιμή	7.93	2.28
		τυπική απόκλιση	1.63	0.50

Οι μέσες, ελάχιστες και μέγιστες τιμές της συγκέντρωσης των μετάλλων στα PM_{2.5} για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.7. **Ομοίως με τα ιόντα και τον άνθρακα, η υψηλότερη μέση τιμή συγκέντρωσης των μετάλλων παρατηρήθηκε στο σημείο ΔΚ1 εκτός του Pb που εμφάνισε την υψηλότερη μέση τιμή στο ΔΚ2. Γενικότερα,** μεταξύ των σημείων ΔΚ2 και ΔΚ3 δεν υπήρξαν ιδιαίτερα σημαντικές διαφορές. Επίσης σημειώνεται ότι τα μέταλλα αρσενικό υδράργυρος και κάδμιο δεν ανιχνεύτηκαν σε κανένα από τα τρία σημεία.

Πίνακας 3.7. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή και τυπική απόκλιση συγκέντρωσης μετάλλων στα PM_{2.5} για την περιοχή Δραπετσώνας-Κερατσινίου.

			Ni (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Hg (ng/m ³)
ΔΚ1	αριθμός δειγμάτων: 54	μέση τιμή	8.06	20.77	19.79	7.66	NA	NA	NA
		ελάχιστη τιμή	1.30	0.87	1.08	4.55	NA	NA	NA
		μέγιστη τιμή	18.65	76.82	48.34	12.57	NA	NA	NA
		τυπική απόκλιση	4.90	15.40	11.24	2.57	NA	NA	NA
ΔΚ2	αριθμός δειγμάτων: 21	μέση τιμή	5.62	13.92	13.17	8.97	NA	NA	NA
		ελάχιστη τιμή	1.30	6.48	1.30	4.32	NA	NA	NA
		μέγιστη τιμή	16.85	27.44	25.32	18.15	NA	NA	NA
		τυπική απόκλιση	4.09	6.95	6.61	4.68	NA	NA	NA
ΔΚ3	αριθμός δειγμάτων: 15	μέση τιμή	5.38	12.16	17.59	6.88	NA	NA	NA
		ελάχιστη τιμή	1.30	3.04	2.17	5.22	NA	NA	NA
		μέγιστη τιμή	11.23	20.36	47.20	9.53	NA	NA	NA
		τυπική απόκλιση	2.95	5.88	15.42	1.95	NA	NA	NA

Οι μέσες, ελάχιστες και μέγιστες τιμές της συγκέντρωσης των πολυαρωματικών υδρογονανθράκων στα PM_{2.5} για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.8. Ως **ΣΡΑΗ** ορίζεται το άθροισμα των acenaphthylene, 1,2-dimethylnaphthalene, 2,6-dimethylnaphthalene, acenaphthene, 2,3,5-trimethylnaphthalene, fluorine, phenanthrene, 1-methylphenanthrene, 3,6-dimethyl phenanthrene, anthracene, fluoranthrene, pyrene, benz(a)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(e)pyrene, benzo(a)pyrene, perylene, indeno(1,2,3-c,d)pyrene, dibenzo(a,h)anthracene και benzo(ghi)perylene. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο **benzo(a)pyrene**, τον πλέον μελετημένο και πιο γνωστό από τους πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες, για τον οποίο λόγω της επικινδυνότητας του έχει θεσμοθετηθεί ανώτατο όριο 1ng/m³ στα PM₁₀ (ΦΕΚ 920/2007). **Η υψηλότερη μέση τιμή για τα ΣΡΑΗ αλλά και το benzo(a)pyrene παρατηρήθηκε στο ΔΚ1.**

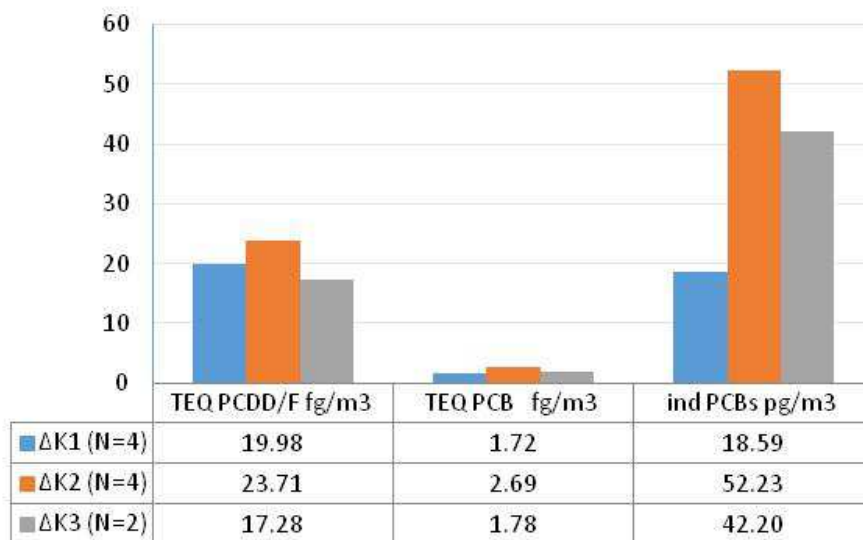
Πίνακας 3.8. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή και τυπική απόκλιση συγκέντρωσης ΣΡΑΗ και benzo(a)pyrene στα PM_{2.5} για την περιοχή Δραπετσώνας-Κερατσινίου.

			B(a)P (ng/m ³)	ΣΡΑΗ (ng/m ³)
ΔΚ1	αριθμός δειγμάτων: 54	μέση τιμή	0.033	1.96
		ελάχιστη τιμή	0.004	0.75
		μέγιστη τιμή	0.188	4.24
		τυπική απόκλιση	0.034	0.68
ΔΚ2	αριθμός δειγμάτων: 21	μέση τιμή	0.024	1.59
		ελάχιστη τιμή	0.004	0.86
		μέγιστη τιμή	0.087	2.45
		τυπική απόκλιση	0.022	0.49
ΔΚ3	αριθμός δειγμάτων: 15	μέση τιμή	0.027	1.62
		ελάχιστη τιμή	0.006	1.00
		μέγιστη τιμή	0.061	2.61
		τυπική απόκλιση	0.020	0.40

3.1.6 Χημική σύσταση ολικών αιωρούμενων σωματιδίων (TSP) σε διοξίνες (PCDD/F) και πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs)

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του προσδιορισμού των συγκεντρώσεων διοξινών και πολυχλωριωμένων διφαινυλίων των συλλεχθέντων δειγμάτων της αέριας και ολικής σωματιδιακής ύλης και οι τιμές συγκέντρωσης ανά σημείο παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.2. Το κάθε δείγμα χαρακτηρίζεται από την συνολική τοξικότητα (Σύνολο TEQ , Total Toxic Equivalency) για διοξίνες και "παρόμοια με διοξίνες" PCBs που προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της συγκέντρωσης κάθε ενός από τα 29 τοξικά ισομερή με το αντίστοιχο παράγοντα τοξικής ισοδυναμίας TEF (Toxic Equivalency Factor 2005). Για τον

προσδιορισμό των μη παρόμοιων με τις διοξίνες PCBs μετράται το άθροισμα των έξι PCB “δεικτών PCBs” (indicator PCBs), PCB 28, 52, 101, 138, 153 και 180, που περιλαμβάνει περίπου το ήμισυ των συνολικών μη παρόμοιων με τις διοξίνες PCB που υπάρχουν σε ένα δείγμα. Το σύνολο αυτό θεωρείται κατάλληλος δείκτης για τον προσδιορισμό των μη παρόμοιων με τις διοξίνες PCB και την έκθεση του ανθρώπου σε αυτά (EN 1948.04/2013).



Σχήμα 3.2. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του προσδιορισμού των συγκεντρώσεων διοξινών και πολυχλωριωμένων διφαινυλίων για την περιοχή Δραπετσώνας-Κερατσινίου.

Όσον αφορά στις συγκεντρώσεις των διοξινών, κυμάνθηκαν σε κανονικά επίπεδα για αστική περιοχή (από 7.41 έως 40.72 fg/m³ TEQ PCDD/F) [1,2,3], **με τις υψηλότερες μέσες τιμές να καταγράφονται στα σημεία ΔΚ2 και ΔΚ1.**

Όσον αφορά στα πολυχλωριωμένα διφαινύλια, οι μέσες τιμές συνολικής τοξικότητας για “παρόμοια με τις διοξίνες” PCBs (TEQ PCBs) κυμάνθηκαν από 1.3 έως 3.61 fg/m³ PCB, **με τις υψηλότερες μέσες τιμές να καταγράφονται στο ΔΚ2**, ενώ στα υπόλοιπα σημεία οι τιμές βρέθηκαν μικρότερες. Οι μέσες τιμές συνολικής συγκέντρωσης indicators PCBs κυμάνθηκαν από 2.98 έως 74.91 pg/m³, **με τις υψηλότερες μέσες τιμές να καταγράφονται στο Σημείο ΔΚ2.**

Σημειώνεται ότι δεν υπάρχουν θεσμοθετημένα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια για τα επίπεδα των διοξινών και των παρόμοιων με τις διοξίνες PCBs σε ατμοσφαιρικό αέρα. Οι τιμές συνολικής τοξικότητας για τις διοξίνες, για

“παρόμοια με τις διοξίνες” PCBs (TEQ PCBs) και συνολικής συγκέντρωσης indicator PCBs που μετρήθηκαν στην παρούσα μελέτη, βρέθηκαν σε κανονικά επίπεδα για αστική περιοχή.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε:

Για τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{2.5} η συγκέντρωσή τους στα σημεία δειγματοληψίας ακολουθεί τη σειρά:

$\Delta K3 > \Delta K1 > \Delta K2$

Όμως, σε αντίθεση με τη συγκέντρωσή τους, οι χημικοί παράγοντες που αποτελούν μέρος της χημικής τους σύστασης (PAHs, OC-EC, ιόντα, βαρέα μέταλλα και διοξίνες) ακολουθούν κυρίως τη σειρά:

$\Delta K1 > \Delta K3 > \Delta K2$

Η παραπάνω διαφοροποίηση οφείλεται στις πιθανές διαφορετικές πηγές προέλευσης τους. Για τον λόγο αυτό και παρά το γεγονός ότι δεν αποτελούν οσημέρες ενώσεις **ο προσδιορισμός τους κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικός καθώς θα χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα εισαγωγής σε **στατιστικά μοντέλα εντοπισμού πηγών (Source Apportionment)**.**

3.1.7 Ανόργανοι ρύποι (NO₂, SO₂, CO)

Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία της συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου, του διοξειδίου του αζώτου καθώς και του μονοξειδίου του άνθρακα για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παρατίθενται στον Πίνακα 3.9. **Οι υψηλότερες μέσες τιμές του διοξειδίου του θείου και του μονοξειδίου του άνθρακα παρατηρήθηκαν στο σημείο ΔΚ1**, ενώ όσον αφορά στο διοξείδιο του αζώτου, η υψηλότερη μέση τιμή συγκέντρωσης καταγράφηκε στο **ΔΚ2**.

Πίνακας 3.9. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή ανόργανων ρύπων για την περιοχή Δραπετσώνας-Κερατσινίου.

			SO ₂	NO ₂	CO
			(μg/m ³)	(μg/m ³)	(μg/m ³)
ΔΚ1	αριθμός δειγμάτων: (SO ₂ : 23, NO ₂ :25, CO:27)	μέση τιμή	9.9	49.1	854
		ελάχιστη τιμή	2.7	34.2	568
		μέγιστη τιμή	21.2	67.2	1695
		τυπική απόκλιση	4.8	7.5	261
ΔΚ2	αριθμός δειγμάτων: (SO ₂ : 4, NO ₂ : 3, CO: 2)	μέση τιμή	8.0	62.6	788
		ελάχιστη τιμή	3.7	53.9	649
		μέγιστη τιμή	11.9	73.4	927
		τυπική απόκλιση	3.5	9.9	197
ΔΚ3	αριθμός δειγμάτων: (SO ₂ : 3, NO ₂ :2, CO: 1)	μέση τιμή	8.6	47.9	<500
		ελάχιστη τιμή	6.9	42.6	<500
		μέγιστη τιμή	11.8	53.2	<500
		τυπική απόκλιση	2.8	7.5	<500

Οι μέσες τιμές συγκέντρωσης του διοξειδίου του αζώτου στα σημεία ΔΚ1 (49.1 μg/m³) , ΔΚ2 (62.6 μg/m³) και ΔΚ3 (47.9 μg/m³) την περίοδο δειγματοληψίας, υπερέβησαν την Ευρωπαϊκή οδηγία για τις ημερήσιες τιμές, (Οδηγία 2008/50/EC: 40 μg/m³). Όσον αφορά στους υπόλοιπους ανόργανους ρύπους σε κανένα από τα σημεία δειγματοληψίας δεν παρατηρήθηκε υπέρβαση των οριακών τιμών, όπως αυτές ορίζονται στην οδηγία 2008/50/EC.

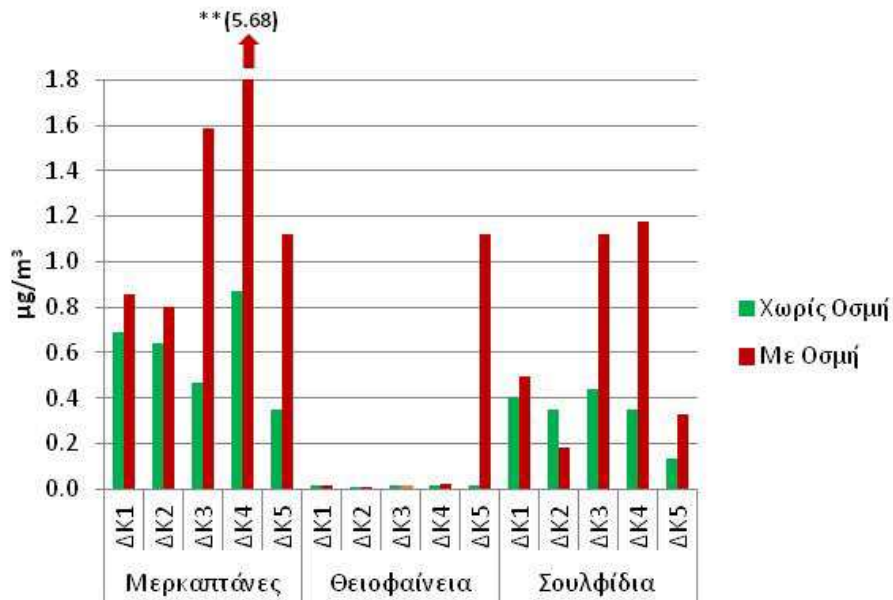
3.2 Συσχέτιση μετρούμενων ρύπων με αναφορές εμφάνισης οσμής

Με στόχο τον εντοπισμό των χημικών ενώσεων που διαφοροποιούνται τις ημέρες που παρατηρούνται οσμές αλλά και την συσχέτισή τους με την κατεύθυνση του ανέμου, πραγματοποιήθηκε κατηγοριοποίηση των ημερών δειγματοληψίας σε οσμηρές και μη.

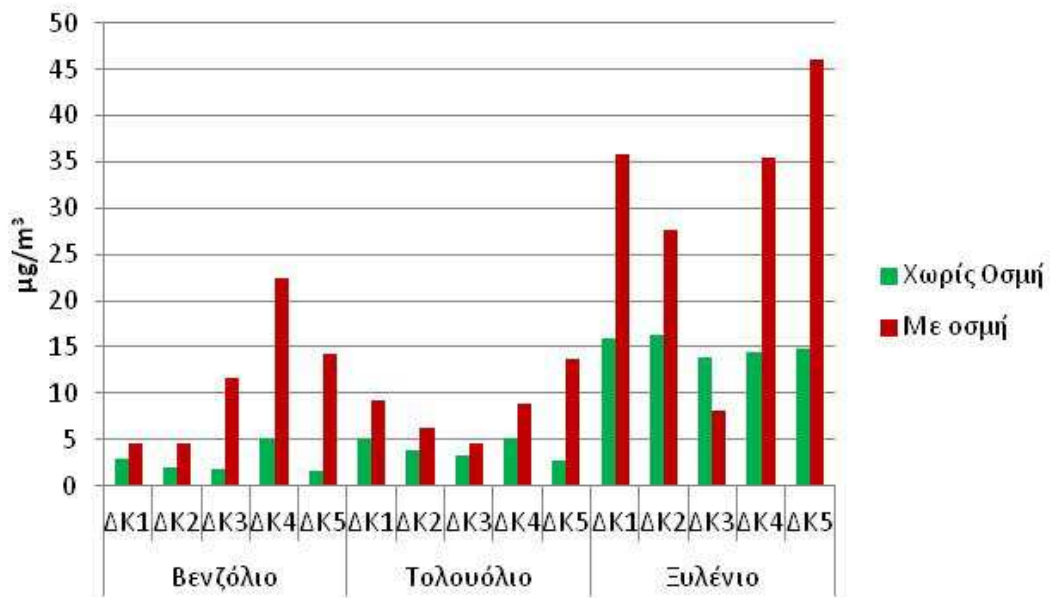
Η συσχέτιση με την μετεωρολογία βοηθάει στον χωρικό προσδιορισμό των πιθανών πηγών προέλευσης ενώ η συσχέτιση των συγκεντρώσεων με την παρουσία οσμής στον εντοπισμό των πιθανών ενώσεων που προκαλούν τις οσμές και κατ' επέκταση των δραστηριοτήτων από τις οποίες εκλύονται.

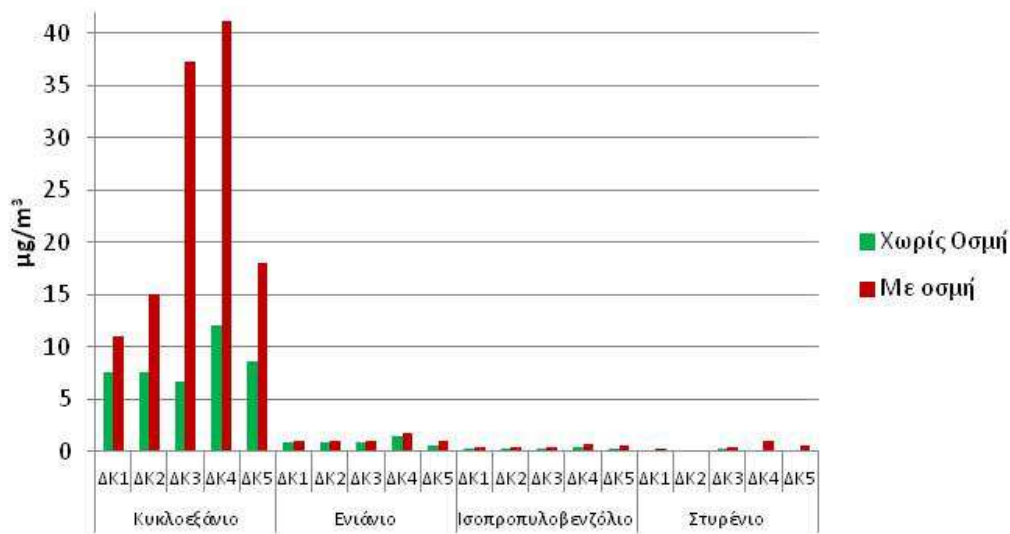
Κατά την διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου εντοπίστηκαν 19 (δεκαεννέα) ημέρες με οσμές στο ΔΚ5 (γέφυρα), 35 (τριανταπέντε) στο ΔΚ4 (οικίσκος), 10 (δέκα) στο ΔΚ1, 2 (δυο) στο ΔΚ2 και 3 (τρεις) ημέρες στο ΔΚ3. Στα Σχήματα 3.3 και 3.4 α.β παρατηρούμε την μεταβολή των συγκεντρώσεων των πτητικών οργανικών ενώσεων με βάση την κατηγοριοποίηση σε οσμηρές και μη ημέρες. Σημειώνεται ότι στα σημεία ΔΚ 4 (οικίσκος) και ΔΚ 5 (γέφυρα) οι δειγματοληψίες πραγματοποιούνταν κατά τις ημέρες τις οποίες παρατηρούνταν επεισόδια οσμών, ενώ παράλληλα διεξάγονταν μετρήσεις και

στα σημεία ΔΚ 1 και ΔΚ 2 (τις ίδιες ημέρες), όπου δεν υπήρχαν οσμές για συγκριτικούς λόγους.



Σχήμα 3.3 Συγκεντρώσεις SVOCs στα σημεία δειγματοληψίας για οσμηρές και μη ημέρες.





Σχήμα 3.4 α.β Συγκεντρώσεις VOCs στα σημεία δειγματοληψίας για οσμηρές και μη ημέρες.

Είναι εμφανής η αύξηση των οσμηρών θειούχων ενώσεων (μερκαπτάνες, θειοφαίνια και σουλφίδια) καθώς και των αρωματικών πτητικών οργανικών ενώσεων τις ημέρες εμφάνισης των οσμών.

Πιο συγκεκριμένα, από το σύνολο των θειούχων ενώσεων, οι συγκεντρώσεις των ενώσεων **Carbonyl sulfide, Methyl mercaptan, Dimethyl sulfide, 1-Propanethiol, sec-butylmercaptan, n-Butylmercaptan, Dimethyl disulfide, 2-methyl-thiophene, Diethyl disulfide, Diphenyl-sulfide** βρέθηκαν αυξημένες κατά τη διάρκεια των οσμηρών ημερών σε σχέση με τις αντίστοιχες που προέκυψαν τις μη οσμηρές ημέρες. Ιδιαίτερα για τις ενώσεις **2-methyl-thiophene** (ημέρες με οσμή: 0.0347, ημέρες χωρίς οσμή: 0.0134 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, $P=0.015$) και **sec-butylmercaptan** (ημέρες με οσμή: 0.7754, ημέρες χωρίς οσμή: 0.4582 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, $P=0.033$) **οι διαφορές προέκυψαν στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05**, ενώ για την ένωση **Methyl mercaptan** η διαφορά προέκυψε σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας **0.1** (ημέρες με οσμή: 0.0126, ημέρες χωρίς οσμή: 0.0087 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, $P=0.076$).

Όσον αφορά στις **αρωματικές πτητικές οργανικές ενώσεις**, οι συγκεντρώσεις **όλων όσων μετρήθηκαν βρέθηκαν αυξημένες** κατά τη διάρκεια των οσμηρών ημερών σε σχέση με τις αντίστοιχες που προέκυψαν τις μη οσμηρές ημέρες. Ιδιαίτερα για **τα ξυλόλια** (ημέρες με οσμή: 32.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ημέρες χωρίς οσμή: 16.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, $P=0.076$), το **ισοπροπυλοβενζόλιο** (ημέρες με οσμή: 0.41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ημέρες χωρίς οσμή: 0.30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, $P=0.009$) και το

στυρένιο (ημέρες με οσμή: 0.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ημέρες χωρίς οσμή: 0.145 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, $P=0.044$) η διαφοροποίηση βρέθηκε και στατιστικά σημαντική (t-test).

Τα κύρια χαρακτηριστικά των παραπάνω ενώσεων είναι τα εξής:

Μερκαπτάνες

Οι μερκαπτάνες είναι συστατικά του φυσικού αερίου και έχουν ισχυρή, δυσάρεστη οσμή. Το ακατέργαστο πετρέλαιο περιέχει μερκαπτάνες όπως, μέθυλο-μερκαπτάνη (CH_3SH), αιθυλο-μερκαπτάνη ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SH}$) και πρόπυλο-μερκαπτάνη ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SH}$) [4].

Η sec-butyl mercaptan η οποία εμφάνισε τις υψηλότερες τιμές τις οσμηρές ημέρες, είναι μία άχρωμη ένωση με έντονη και βαριά οσμή. Είναι διαλυτή στο νερό και χρησιμοποιείται ως πρόσθετο στο φυσικό αέριο προκειμένου να του δώσει έντονη οσμή ώστε να είναι ανιχνεύσιμο σε περίπτωση διαρροής μια και το ίδιο είναι άοσμο. Μελέτες έχουν συνδέσει την οσμή στην ατμόσφαιρα με την ένωση αυτή. Ο γενικός πληθυσμός μπορεί να εκτεθεί στη sec-butyl mercaptan μέσω της εισπνοής αέρα στο περιβάλλον κοντά σε διυλιστήρια φυσικού αερίου και σε εργασίες που οφείλονται στη χρήση της ως πρόσθετο φυσικού αερίου [5, 6, 7].

Μία άλλη ένωση αυτής της κατηγορίας, η μέθυλο-μερκαπτάνη, έχει μυρωδιά σαν σάπιο λάχανο. Η μέθυλο-μερκαπτάνη απελευθερώνεται από την αποσυντιθέμενη οργανική ύλη, είναι παρούσα στο φυσικό αέριο ορισμένων περιοχών, στη λιθανθρακόπισσα και σε ορισμένα ακατέργαστα έλαια. Επίσης, απελευθερώνεται ως προϊόν αποσύνθεσης του ξύλου σε χαρτοπολτού [8].

Θειοφαίνια

Στο αργό πετρέλαιο οι ενώσεις που περιέχουν θείο περιλαμβάνουν σουλφίδια, θειόλες, θειοφένια, υποκατεστημένα βενζο- και διβενζοθειοφαινικά (BT και DBT), βενζοναφθο-θειοφαίνη (BNT) και πολλά σημαντικά πιο πολύπλοκα μόρια [9]. **Το θειοφαίνιο** είναι μία πολύ γνωστή κατηγορία ενώσεων που εμφανίζεται συνήθως, στο κλάσμα βενζολίου των αποσταγμάτων λιθανθρακόπισσας. Μετά την απόσταξη, οι μερκαπτάνες, τα σουλφίδια και τα θειοφένια συγκεντρώνονται στα προϊόντα βενζίνης [10].

Σουλφίδια

Τα σουλφίδια είναι ενώσεις που περιέχουν άτομα θείου και περιλαμβάνει κυρίως οξείδια του θείου και έναν άλλο αριθμό ενώσεων που είναι δύσσομες. Οι πιο πολλές είναι διαλυτές στο νερό. Σουλφίδια παράγονται κατά την επεξεργασία και καύση ορυκτών καυσίμων, όπως ο άνθρακας και το πετρέλαιο [11].

Βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλόλια (ο-, m- and p) βρίσκονται σε φυσική μορφή στο αργό πετρέλαιο, το ντίζελ και τη βενζίνη, έτσι ώστε να απελευθερώνονται στο περιβάλλον ανεξάρτητα από το εάν αυτά τα καύσιμα καίγονται ή όχι [12].

Το κυκλοεξάνιο υπάρχει φυσιολογικά στο ακατέργαστο πετρέλαιο, και πιθανόν, απελευθερώνεται στο περιβάλλον κατά την αποθήκευση, χρήση και εξευγενισμό των προϊόντων πετρελαίου. Μια άλλη μεγάλη πηγή εκπομπών είναι από τα καυσαέρια των κινητήρων καύσης για τη μετακίνηση. Ο άνθρωπος μπορεί να εκτεθεί στην ένωση αυτή κυρίως μέσω της εισπνοής, ιδιαίτερα σε περιοχές με υψηλή κυκλοφοριακή κίνηση, καθώς και εκεί που χρησιμοποιούνται προϊόντα πετρελαίου [13].

Το εννεάνιο είναι ένα συστατικό στο κλάσμα παραφίνης του ακατέργαστου πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Αυτό απελευθερώνεται στο περιβάλλον κατά την παρασκευή, χρήση και διάθεση προϊόντων που σχετίζονται με τη βιομηχανία πετρελαίου και βενζίνης [13].

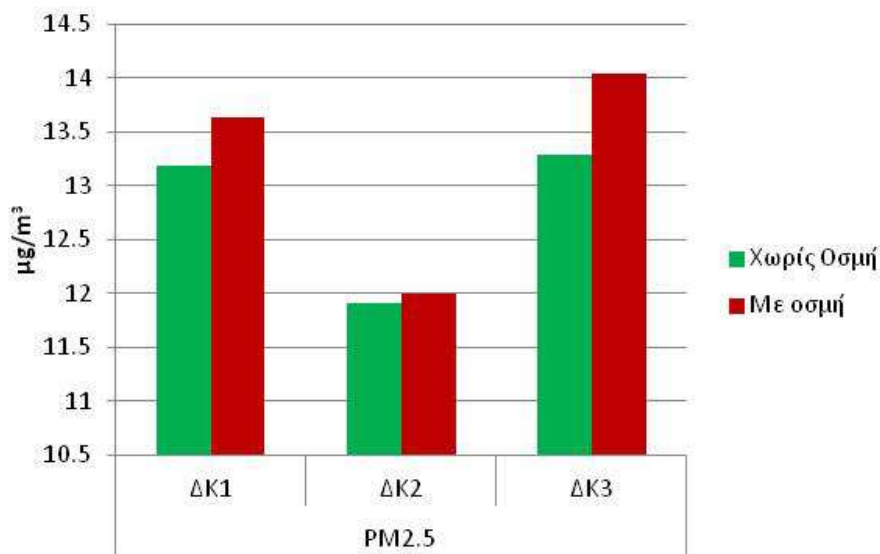
Το ισοπροπυλοβενζόλιο ή αλλιώς κουμένιο είναι ένα φυσικό συστατικό του αργού πετρελαίου και μπορεί να απελευθερωθεί στο περιβάλλον από διάφορες ανθρωπογενείς πηγές, συμπεριλαμβανομένων των επεξεργασμένων καυσίμων υδρογονανθράκων. Οι πρωτογενείς πηγές εκπομπής του κουμένιου περιλαμβάνουν τις απώλειες στα λύματα και τις ανεξέλεγκτες εκπομπές από εγκαταστάσεις παραγωγής και χρήσης και πετροχημικά διυλιστήρια, τυχαίες διαρροές τελικών προϊόντων καυσίμων κατά τη μεταφορά ή μεταποίηση, σταθμών και μηχανοκίνητων οχημάτων [14].

Το στυρένιο μπορεί να εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα από τη βιομηχανική παραγωγή, τη λειτουργία των οχημάτων, τις διαδικασίες καύσης, τα δομικά υλικά και τα καταναλωτικά προϊόντα. Τυπικές πηγές βιομηχανικών εκπομπών στυρενίου είναι εκείνες οι εγκαταστάσεις που παράγουν στυρένιο, πολυστυρένιο, άλλα πλαστικά, συνθετικό καουτσούκ και ρητίνες [15]. Ακόμη, το στυρένιο έχει αναγνωριστεί ως συστατικό των εκπομπών των **οχημάτων από κινητήρες βενζίνης και πετρελαίου** [16].

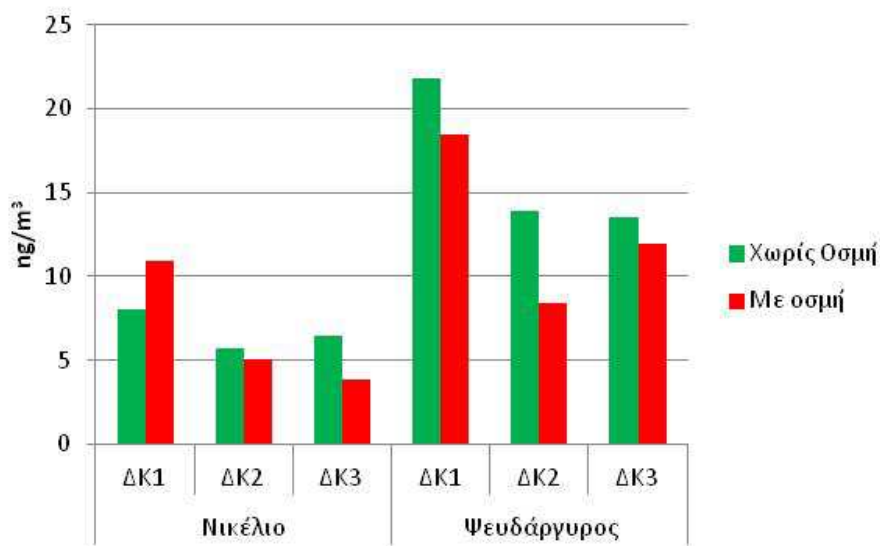
Παρά το γεγονός ότι τα ΒΤΧ στις συγκεντρώσεις που ανιχνεύθηκαν δεν είναι οσμηρά το γεγονός ότι ακολουθούν την αυξητική τάση των οσμηρών ενώσεων τις ημέρες που παρατηρούνται έντονες δυσοσμίες υποδηλώνει πιθανή κοινή προέλευση αυτών.

Παρόλο που τα σωματίδια δεν αποτελούν οσμηρούς παράγοντες, παρουσιάζουν αυξητική τάση κατά τη διάρκεια των οσμηρών ημερών (Σχήμα 3.5). Αναφορικά με τη χημική τους σύσταση (μέταλλα, πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες, οργανικός και στοιχειακός άνθρακας και ιόντα), (Σχήματα 3.6, 3.7, 3.8, 3.9), σε γενικές γραμμές δεν παρατηρείται

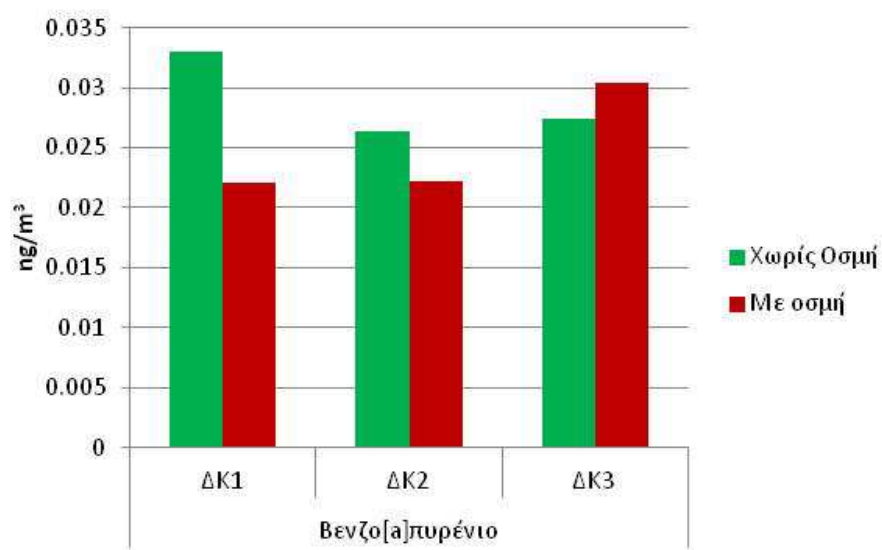
κάποια σαφής σύνδεση των συγκεντρώσεων με την εμφάνιση οσμών. Όπως όμως έχει ήδη αναφερθεί **ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των σωματιδίων και της χημικής τους σύστασης απαιτείται για την εισαγωγή τους στα μαθηματικά μοντέλα προσδιορισμού πηγών και όχι λόγω της οσμηρότητας τους.**



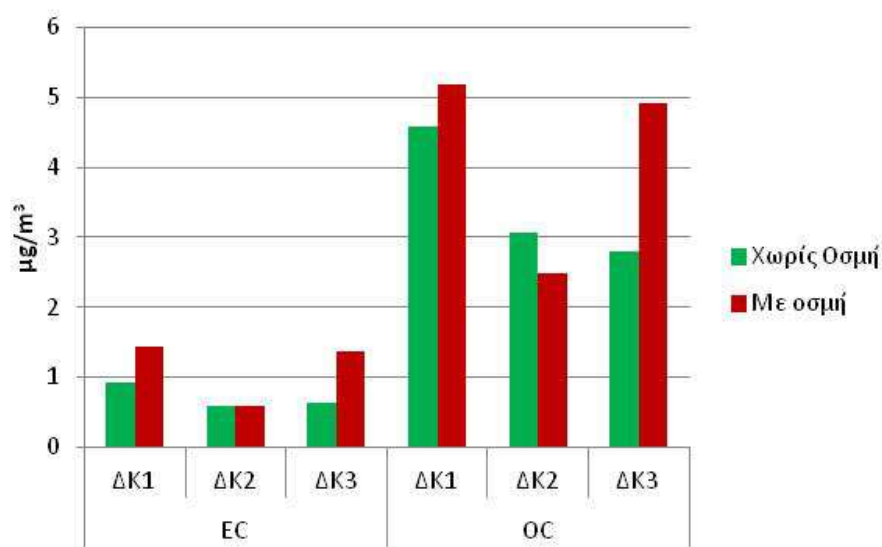
Σχήμα 3.5 Συγκεντρώσεις $PM_{2.5}$ στα σημεία δειγματοληψίας για οσμηρές και μη ημέρες.



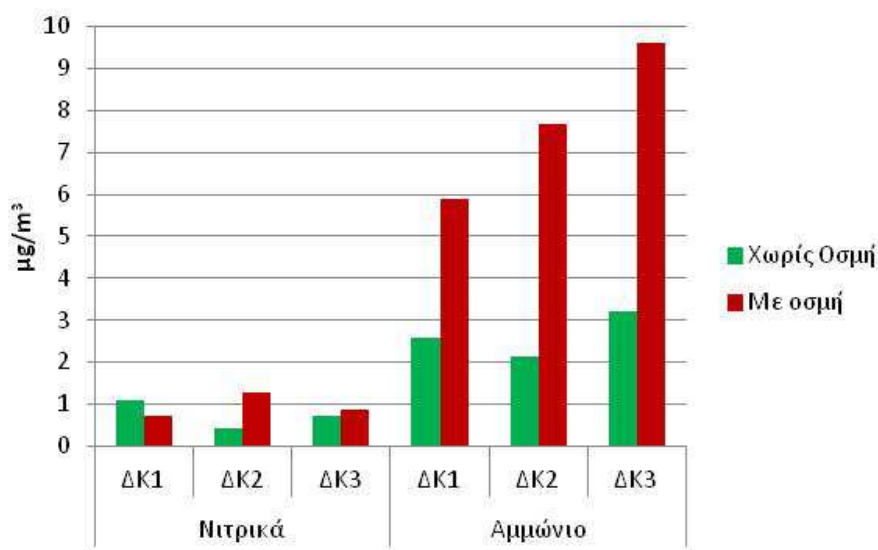
Σχήμα 3.6 Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα σημεία δειγματοληψίας για οσμηρές και μη ημέρες.



Σχήμα 3.7 Συγκεντρώσεις B[a]P στα σημεία δειγματοληψίας για οσμηρές και μη ημέρες.



Σχήμα 3.8 Συγκεντρώσεις EC και OC στα σημεία δειγματοληψίας για οσμηρές και μη ημέρες.

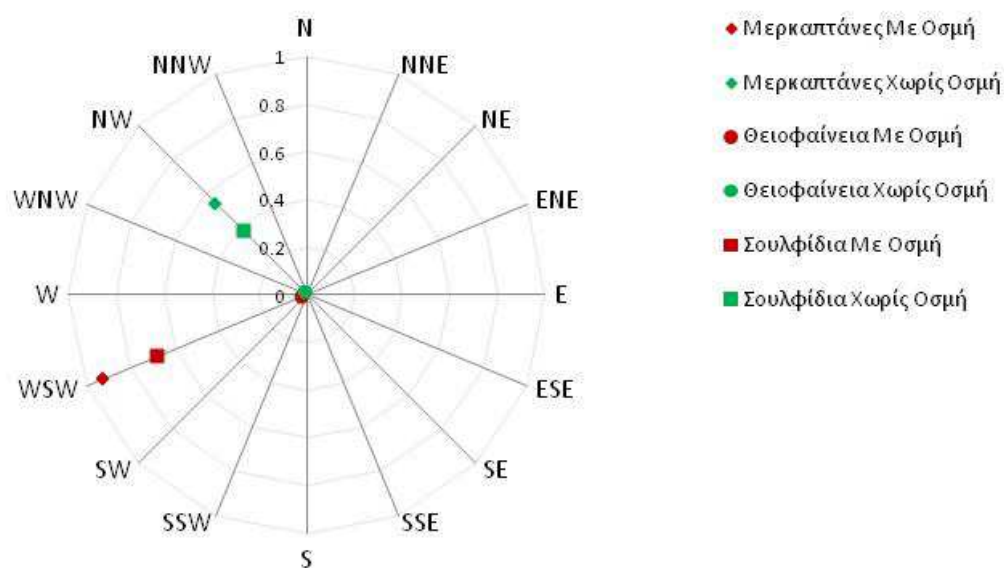


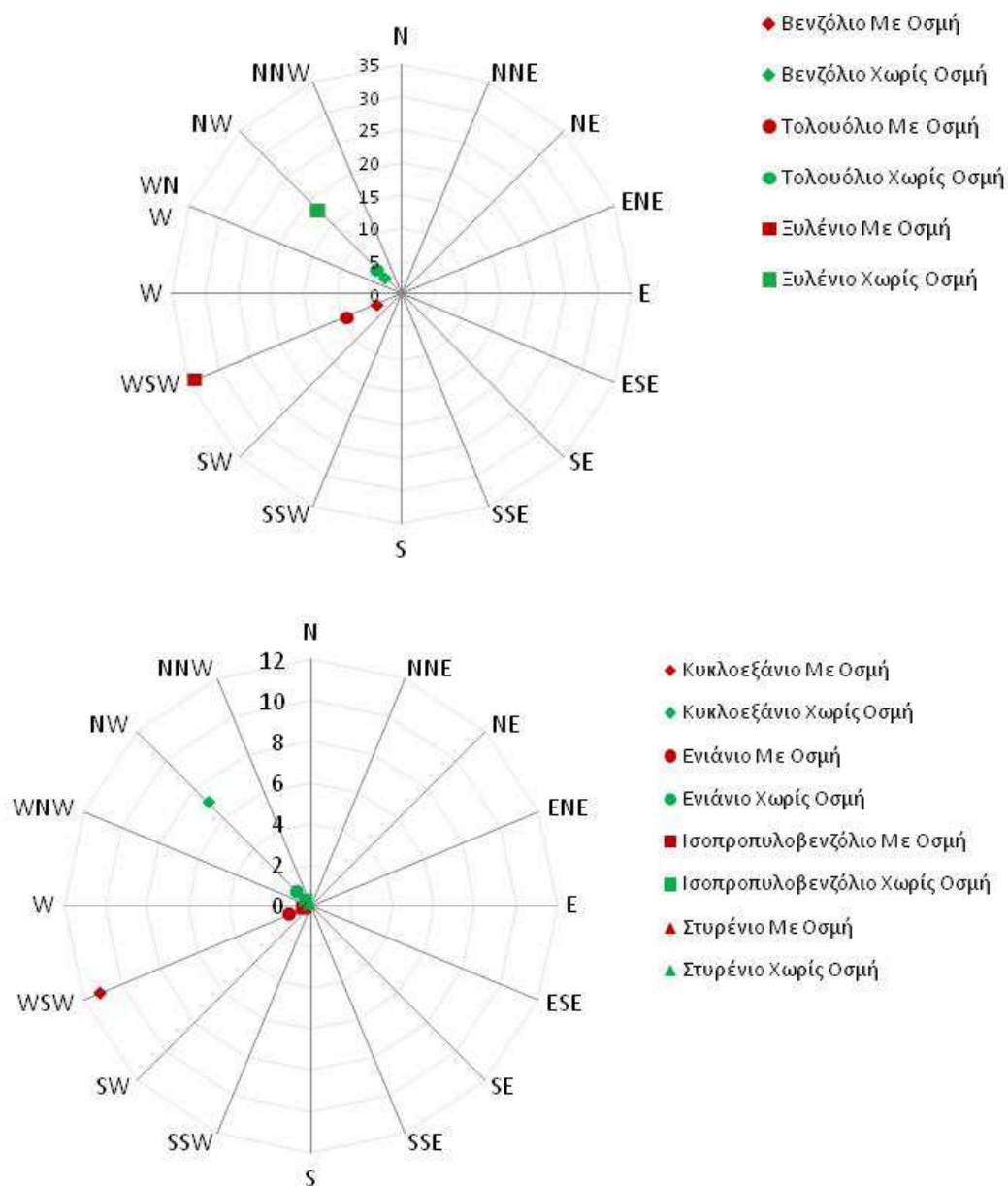
Σχήμα 3.9 Συγκεντρώσεις νιτρικών και αμμωνίου στα σημεία δειγματοληψίας για οσμηρές και μη ημέρες.

Στα Σχήματα 3.10 έως 3.14 παρουσιάζεται **η συσχέτιση των συγκεντρώσεων με την διεύθυνση του ανέμου τις ημέρες με οσμή και τις ημέρες χωρίς οσμή.**

ΔΚ1

Για το **ΔΚ1 προκύπτει ότι οι ημέρες με οσμή εμφανίζονται όταν έχουμε ΔΝΔ διεύθυνση ανέμου** ενώ **στις μη οσμηρές ημέρες η διεύθυνση του ανέμου είχε κατά μέσο όρο ΒΔ κατεύθυνση (Σχήμα 3.10).**

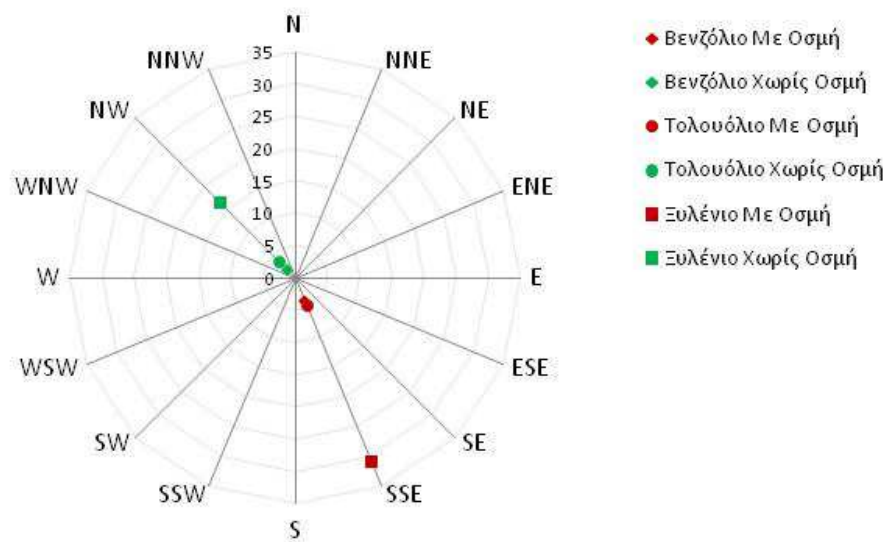
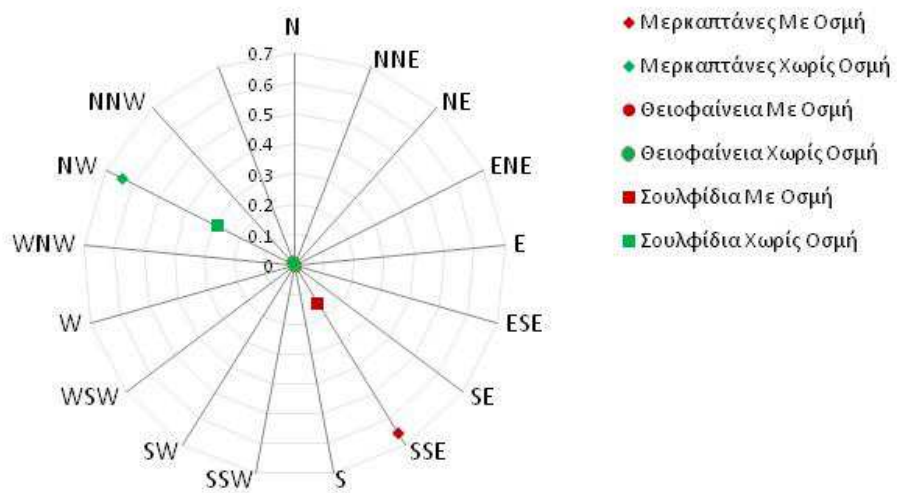


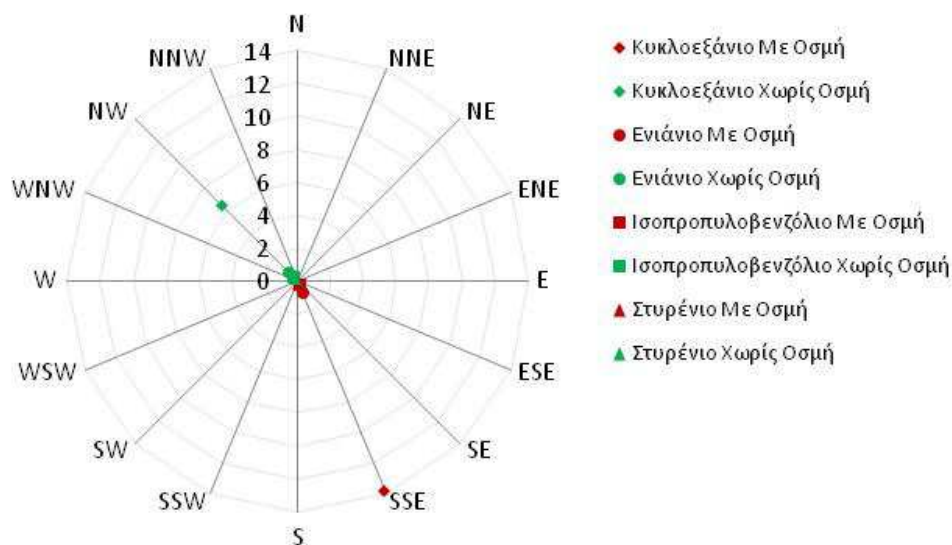


Σχήμα 3.10 α.β.γ. Συσχέτιση επικρατέστερης διεύθυνσης ανέμου με συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων τις ημέρες με και χωρίς οσμή στο ΔΚ1.

ΔΚ2

Αντίστοιχα, **στο ΔΚ2 υψηλές συγκεντρώσεις κατά τη διάρκεια των οσμηρών ημερών παρουσιάζονται όταν επικρατεί ΝΝΑ** άνεμος, με τις συγκεντρώσεις να είναι χαμηλότερες τις μη οσμηρές ημέρες με επικρατέστερους τους ΒΔ ανέμους (Σχήμα 3.12 α,β,γ).

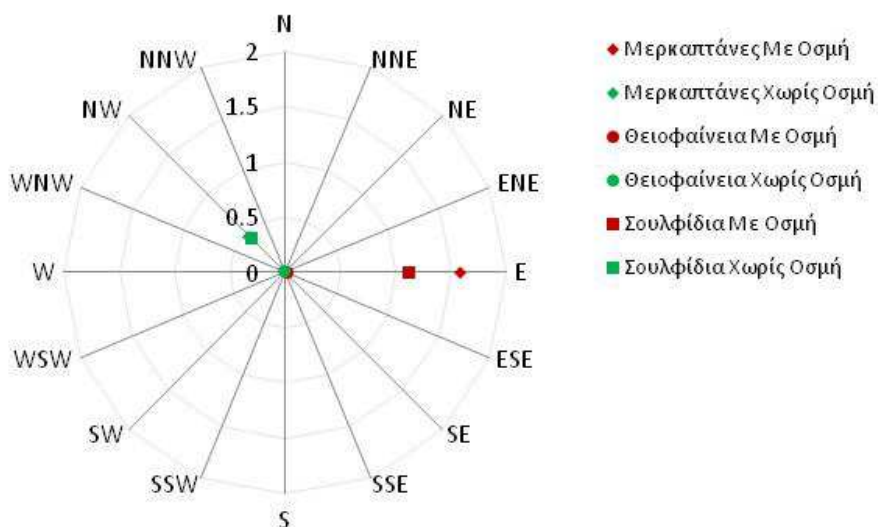


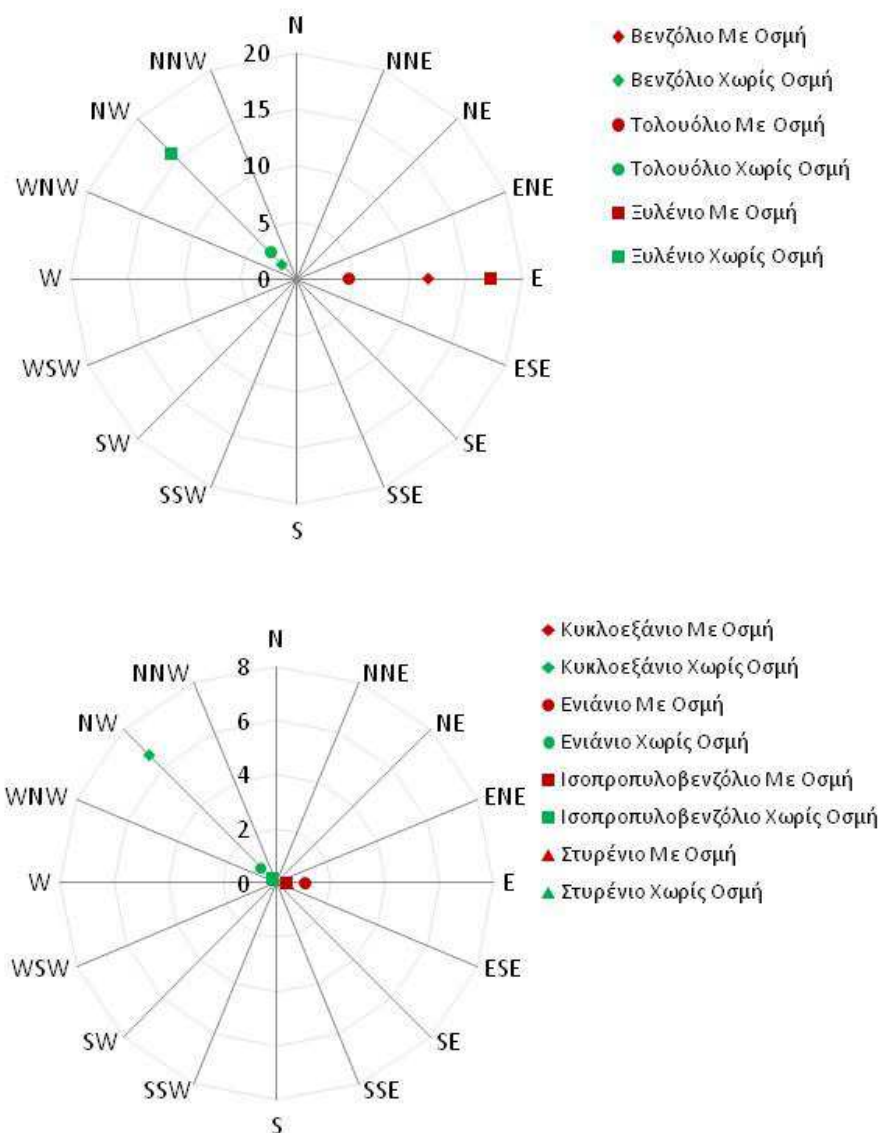


Σχήμα 3.11 α,β,γ. Συσχέτιση επικρατέστερης διεύθυνσης ανέμου με συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων τις ημέρες με και χωρίς οσμή στο ΔΚ2.

ΔΚ3

Όσον αφορά στο ΔΚ3, τις ημέρες κατά τις οποίες παρατηρήθηκαν ασθενέστερα επεισόδια οσμής (λίγη οσμή), ο άνεμος έπνεε Α, ενώ τις ημέρες στις οποίες δεν παρατηρούνταν οσμές, επικρατέστερος ήταν ο ΒΔ άνεμος.

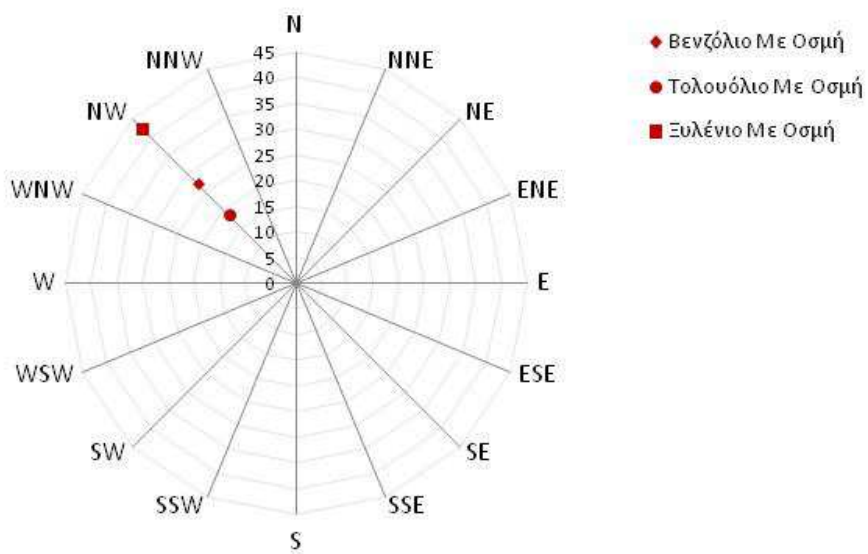
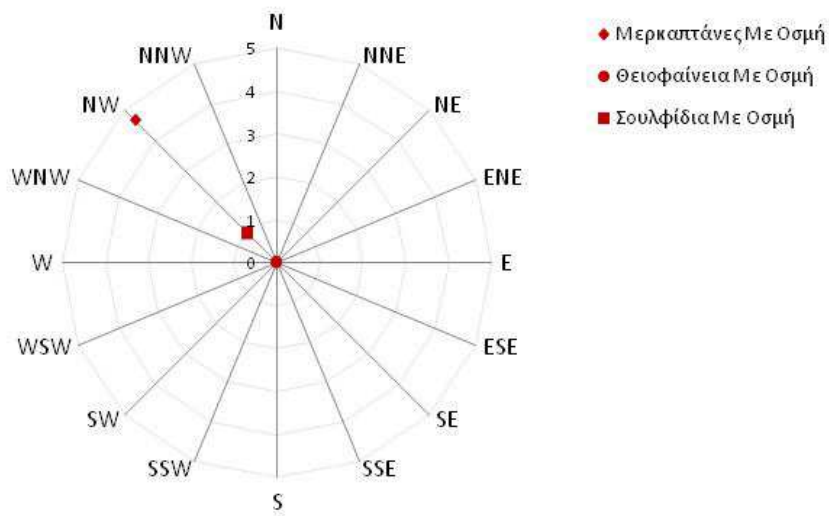


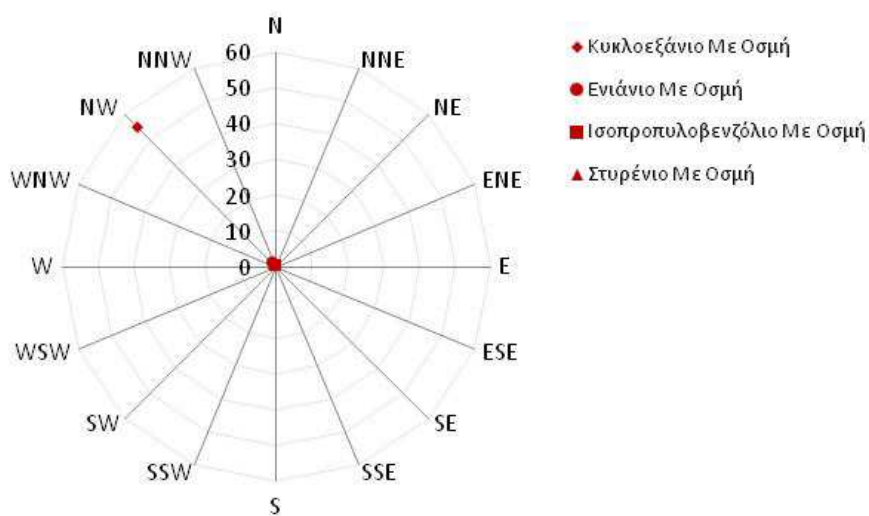


Σχήμα 3.12 α,β,γ. Συσχέτιση επικρατέστερης διεύθυνσης ανέμου με συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων τις ημέρες με και χωρίς οσμή στο ΔΚ3.

Υπενθυμίζεται ότι στα ΔΚ4 και ΔΚ5 λαμβάνονταν δείγματα μόνο κατά τη διάρκεια επεισοδίων οσμών και όπως προκύπτει από τα Σχήματα 3.13 α,β,γ και 3.14 α,β,γ **για το ΔΚ4 (οικίσκος), οι οσμές εμφανίζονταν όταν επικρατούσαν ΒΔ άνεμοι, ενώ στο ΔΚ5 (γέφυρα) όταν επικρατούσαν ΔΝΔ.** Επίσης παρατηρούμε ότι οι συγκεντρώσεις των ενώσεων που μετρώνται στα 2 αυτά σημεία είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με τις συγκεντρώσεις των αντίστοιχων ημερών με οσμή στα ΔΚ1 και ΔΚ2.

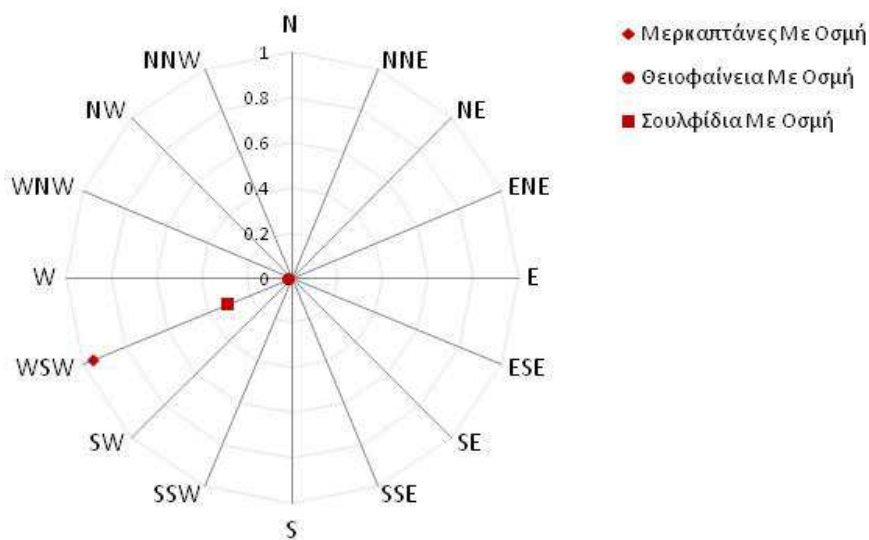
ΔΚ4 (ΟΙΚΙΣΚΟΣ)

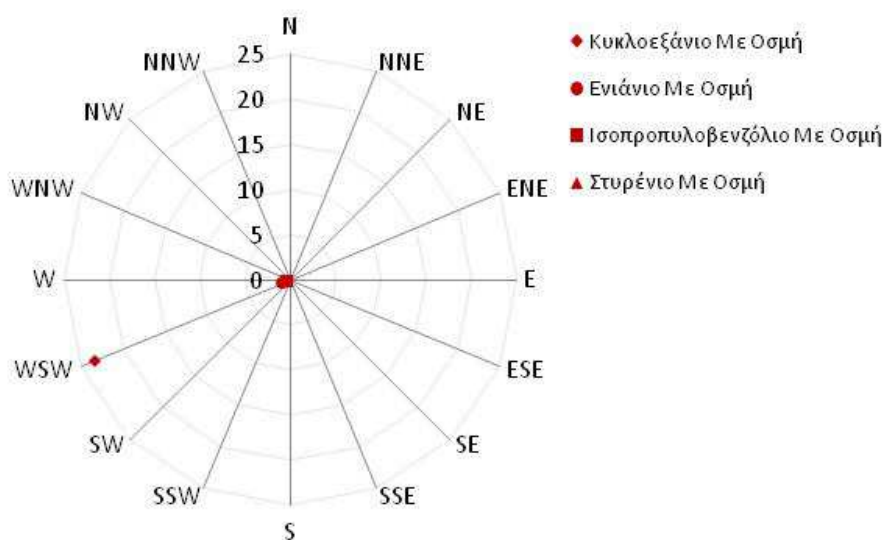
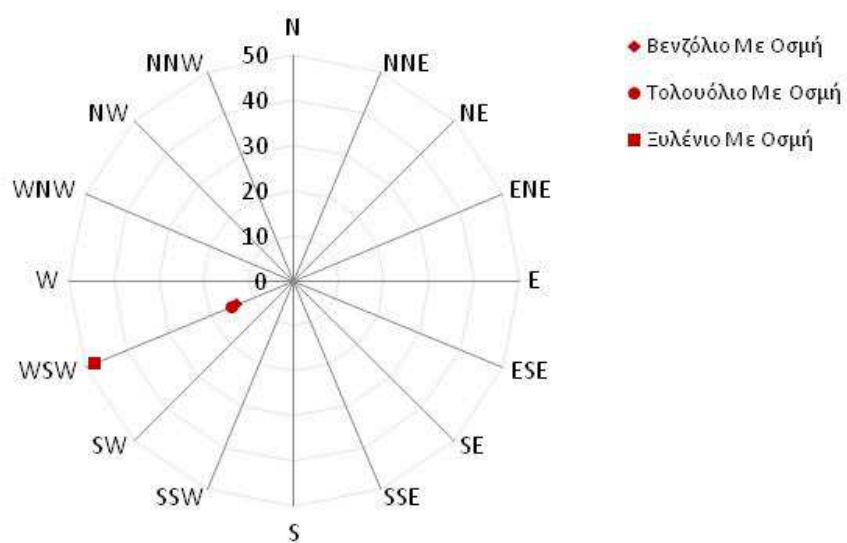




Σχήμα 3.13 α,β,γ. Συσχέτιση επικρατέστερης διεύθυνσης ανέμου με συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων τις ημέρες με και χωρίς οσμή στο ΔΚ4.

ΔΚ5 (ΓΕΦΥΡΑ)





Σχήμα 3.14 α,β,γ. Συσχέτιση επικρατέστερης διεύθυνσης ανέμου με συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων τις ημέρες με και χωρίς οσμή στο ΔΚ5.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΕΛΕΥΣΙΝΑ

4.1. Γενική εκτίμηση αέριας ρύπανσης

4.1.1. Μετεωρολογία

Για την διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου στην οποία αναφέρεται η παρούσα έκθεση, η θερμοκρασία κυμάνθηκε από 5 έως 31 °C και η σχετική υγρασία από 42 έως 88 %. Επίσης, επικρατέστερη διεύθυνση του ανέμου ήταν η δυτική-βορειοδυτική (WNW) και η ταχύτητα του ανέμου κυμάνθηκε από 0.70 έως 4.07 m/sec.

4.1.2. Πτητικές οργανικές ενώσεις

Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1:

Πίνακας 4.1. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή και τυπική απόκλιση συγκέντρωσης οργανικών πτητικών ενώσεων (VOC) για την περιοχή της Ελευσίνας.

			Benzene	Toluene	Octane	Xylene 1	Xylene 2	Xylene 3	1,2,4 Trimethylbenzene	Cyclohexane	Nonane	Isopropylbenzene	Styrene
			(μg/m ³)	(μg/m ³)	(μg/m ³)	(μg/m ³)	(μg/m ³)	(μg/m ³)	(μg/m ³)	(μg/m ³)	(μg/m ³)	(μg/m ³)	(μg/m ³)
E1	αριθμός δειγμάτων: 123	μέση τιμή	1.50	3.78	1.43	3.63	2.96	7.53	2.35	7.52	0.76	0.29	0.19
		ελάχιστη τιμή	0.05	0.28	1.02	0.19	0.01	1.07	1.86	0.00	0.20	0.05	0.04
		μέγιστη τιμή	15.32	47.34	6.12	17.08	14.17	33.06	4.38	43.49	2.22	0.89	0.93
		τυπική απόκλιση	2.11	4.79	0.67	2.71	2.39	6.02	0.52	8.61	0.42	0.17	0.19
E2	αριθμός δειγμάτων: 115	μέση τιμή	1.50	3.87	1.42	3.12	2.87	8.48	2.31	7.48	0.79	0.30	0.18
		ελάχιστη τιμή	0.07	0.23	0.97	0.11	0.01	1.82	1.89	0.26	0.22	0.07	0.03
		μέγιστη τιμή	15.49	35.42	5.66	33.26	31.28	84.66	6.06	75.68	2.40	1.14	1.33
		τυπική απόκλιση	2.46	4.69	0.64	3.34	3.35	10.91	0.57	10.52	0.43	0.17	0.20
E3	αριθμός δειγμάτων: 84	μέση τιμή	1.15	3.04	1.30	2.48	2.45	6.59	2.23	6.56	0.77	0.31	0.16
		ελάχιστη τιμή	0.09	0.20	0.80	0.13	0.01	0.51	0.27	0.40	0.20	0.05	0.04
		μέγιστη τιμή	10.57	29.03	2.57	17.68	17.88	39.51	3.89	40.24	3.10	0.86	0.62
		τυπική απόκλιση	1.59	4.07	0.28	2.45	2.70	6.54	0.43	7.49	0.44	0.14	0.12
E4	αριθμός δειγμάτων: 8	μέση τιμή	29.8	22.6	21.8	29.5	18.3	41.3	5.03	23.88	2.41	1.27	2.48
		ελάχιστη τιμή	5.26	3.94	2.80	5.88	4.39	9.72	2.74	7.64	1.44	0.70	0.91
		μέγιστη τιμή	58.7	54.5	58.2	74.8	43.0	84.7	9.40	51.43	4.07	2.29	6.95
		τυπική απόκλιση	20.9	18.4	22.0	24.3	13.2	26.4	2.55	16.60	1.17	0.62	2.26

Προκύπτει ότι οι υψηλότερες μέσες τιμές συγκέντρωσης για όλες τις πτητικές οργανικές ενώσεις παρατηρήθηκαν στο σημείο E4, ενώ οι μικρότερες σημειώθηκαν στο E3 (υπόβαθρο). Από το σύνολο των πτητικών οργανικών ενώσεων, θεσμοθετημένη οριακή τιμή συγκέντρωσης υπάρχει μόνο για το βενζόλιο. Καθώς όμως το όριο αυτό είναι ετήσιο και όχι ημερήσιο, πραγματοποιήθηκε **ενδεικτικά** μια σύγκριση των ημερήσιων συγκεντρώσεων κατά τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου με την ετήσια οριακή τιμή, από την οποία προέκυψαν υψηλότερες τιμές σε σχέση με την οριακή συγκέντρωση (ΦΕΚ 488/2011: 5 μg/m³) για 5 (πέντε) ημέρες στο E1, 7 (επτά) ημέρες στο σημείο E2, σε 2 (δύο) ημέρες στο σημείο E3 και 8 (οκτώ) ημέρες στο E4 (όλες τις ημέρες δειγματοληψίας).

4.1.3 Θειούχες Πτητικές Οργανικές Ενώσεις

Οι μέσες, ελάχιστες και μέγιστες τιμές της συγκέντρωσης των θειούχων πτητικών οργανικών ενώσεων (SVOC) για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2:

Πίνακας 4.2. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή και τυπική απόκλιση συγκέντρωσης θειούχων οργανικών πτητικών ενώσεων (SVOC) για την περιοχή της Ελευσίνας.

			Carbonyl sulfide	Methyl mercaptan	Ethyl mercaptan	Dimethyl sulfide	Carbon disulfide	2-Propanethiol	tert-Butylmercaptan	1-Propanethiol	Ethyl methyl sulfide	sec-butyl mercaptan	Thiophene	Isobutyl mercaptan	n-Butyl mercaptan	Dimethyl disulfide	2-methyl-thiophene	3-methyl-thiophene	Tetrahydrothiophene	Diethyl disulfide	3-Methylbenzothiophene	Diphenyl sulfide	Σ8mercaptans	Σ5thiophenes	Σ7sulfides
			(μg/m ³)																						
E1	αριθμός δειγμάτων: 11	μέση τιμή	0.1507	0.0102	0.0146	0.0096	0.0229	NA	0.0520	0.0715	NA	0.2496	0.0024	NA	0.0420	0.0086	0.0181	0.0060	NA	0.0009	NA	0.0103	0.2924	0.0110	0.1639
		ελάχιστη τιμή	0.0723	0.0040	0.0078	0.0007	0.0229	NA	0.0046	0.0338	NA	0.0478	0.0024	NA	0.0050	0.0023	0.0085	0.0028	NA	0.0007	NA	0.0032	0.0437	0.0050	0.0046
		μέγιστη τιμή	0.2270	0.0398	0.0274	0.0188	0.0229	NA	0.0865	0.1318	NA	0.7396	0.0024	NA	0.1073	0.0189	0.0378	0.0105	NA	0.0011	NA	0.0311	0.8874	0.0378	0.2627
		τυπική απόκλιση	0.0449	0.0121	0.0069	0.0052	NA	NA	0.0306	0.0327	NA	0.2331	NA	NA	0.0348	0.0068	0.0138	0.0035	NA	0.0003	NA	0.0104	0.2415	0.0098	0.0822
E2	αριθμός δειγμάτων: 8	μέση τιμή	0.2284	0.0083	0.0764	0.0147	0.0229	NA	0.1208	0.0806	NA	0.4783	0.0040	0.0012	0.1885	0.0211	0.0013	0.0041	NA	NA	0.0041	0.0171	0.7410	0.0062	0.2341
		ελάχιστη τιμή	0.0649	0.0030	0.0074	0.0065	0.0229	NA	0.0046	0.0292	NA	0.1442	0.0022	0.0012	0.0038	0.0085	0.0013	0.0015	NA	NA	0.0041	0.0049	0.0924	0.0050	0.0521
		μέγιστη τιμή	0.3303	0.0150	0.3543	0.0231	0.0229	NA	0.2431	0.1413	NA	1.2233	0.0055	0.0012	0.7240	0.0318	0.0013	0.0087	NA	NA	0.0041	0.0353	1.6197	0.0130	0.4131
		τυπική απόκλιση	0.1082	0.0054	0.1368	0.0067	0.0000	NA	0.1011	0.0332	NA	0.4136	0.0017	NA	0.2745	0.0119	NA	0.0040	NA	NA	NA	0.0135	0.5723	0.0028	0.1549
E3	αριθμός δειγμάτων: 3	μέση τιμή	0.1970	0.0050	0.0187	0.0146	0.0229	NA	0.0610	0.0386	NA	0.4746	0.0033	NA	0.0133	0.0080	0.0207	NA	NA	0.0012	NA	0.0071	0.2419	0.0113	0.2297
		ελάχιστη τιμή	0.0716	0.0050	0.0128	0.0058	0.0229	NA	0.0610	0.0235	NA	0.4746	0.0033	NA	0.0133	0.0077	0.0207	NA	NA	0.0012	NA	0.0015	0.0602	0.0050	0.0789
		μέγιστη τιμή	0.4297	0.0050	0.0277	0.0310	0.0229	NA	0.0610	0.0478	NA	0.4746	0.0033	NA	0.0133	0.0083	0.0207	NA	NA	0.0012	NA	0.0127	0.5535	0.0240	0.5058
		τυπική απόκλιση	0.2017	NA	0.0079	0.0142	NA	NA	NA	0.0132	NA	NA	NA	NA	NA	0.0004	NA	NA	NA	NA	NA	0.0079	0.2710	0.0110	0.2394
E4	αριθμός δειγμάτων: 8	μέση τιμή	0.2123	0.0163	0.0197	0.0192	0.0302	NA	0.7264	0.0775	NA	2.1469	0.0085	NA	0.5590	0.0973	0.0261	0.0971	NA	NA	0.0042	0.0339	3.4568	0.0216	0.3355
		ελάχιστη τιμή	0.0294	0.0054	0.0073	0.0100	0.0229	NA	0.1772	0.0448	NA	0.3614	0.0059	NA	0.1723	0.0145	0.0058	0.0971	NA	NA	0.0042	0.0055	1.6071	0.0042	0.0887
		μέγιστη τιμή	0.5599	0.0344	0.0400	0.0237	0.0593	NA	1.7118	0.1208	NA	10.8470	0.0119	NA	1.3831	0.2311	0.0518	0.0971	NA	NA	0.0042	0.1172	12.0704	0.1297	0.7184
		τυπική απόκλιση	0.1962	0.0102	0.0139	0.0048	0.0163	NA	0.4783	0.0246	NA	3.5630	0.0023	NA	0.4629	0.0926	0.0235	NA	NA	NA	NA	0.0555	3.5204	0.0437	0.2371

Παρατηρείται ότι οι υψηλότερες μέσες τιμές συγκέντρωσης των **Σ8mercaptans** παρατηρήθηκαν στο σημείο E4, ακολουθούμενες από αυτές που σημειώθηκαν στο E2, ενώ οι χαμηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στο E3 (υπόβαθρο). Για τα **Σ5thiophenes** και τα **Σ7sulfides**, η υψηλότερη μέση τιμή εμφανίζεται στο E4, ακολουθούμενες από αυτές των E2 και E3, χωρίς όμως σημαντικές διαφοροποιήσεις. **Σημειώνεται ότι δεν υπάρχουν θεσμοθετημένα όρια για τις παραπάνω ενώσεις. Παρόλα αυτά, προκαλούν έντονες οσμές ακόμη και σε χαμηλά επίπεδα συγκέντρωσης και για το λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντική η ανίχνευσή τους.**

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε:

Για τις πτητικές οργανικές ενώσεις (αρωματικές και θειούχες), οι οποίες αποτελούν και τους σημαντικότερους παράγοντες εμφάνισης των οσμών, η συγκέντρωσή τους στα σημεία δειγματοληψίας ακολουθεί για τα περισσότερα τη σειρά:

$$E4 > E2 > E1 > E3$$

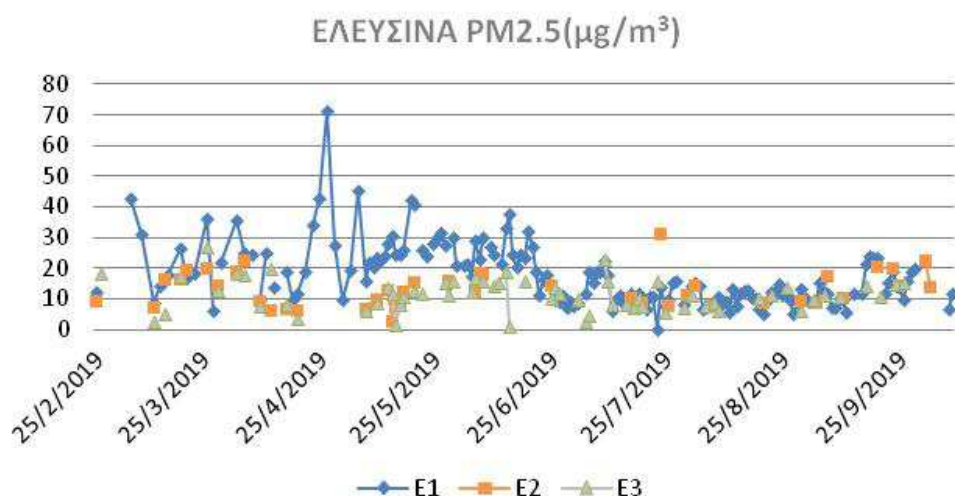
Η παραπάνω σειρά των συγκεντρώσεων των πτητικών οργανικών ενώσεων στα σημεία μέτρησης, ακολουθεί τη σειρά έντασης και αριθμού εμφάνισης των οσμών που παρατηρήθηκαν στη διάρκεια των δειγματοληψιών.

4.1.4 Αιωρούμενα σωματίδια (PM2.5)

Οι μέσες, ελάχιστες και μέγιστες τιμές της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων PM2.5 για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3. Επίσης, η ημερήσια διακύμανση των PM2.5 στα τρία σημεία δειγματοληψίας στον δήμο Ελευσίνας απεικονίζεται στο Σχήμα 4.1.

Πίνακας 4.3. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή και τυπική απόκλιση συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων PM2.5 για την περιοχή της Ελευσίνας.

PM 2.5 (μg/m ³)			
	E1	E2	E3
	αριθμός δειγμάτων: 93	αριθμός δειγμάτων: 44	αριθμός δειγμάτων: 43
μέση τιμή	19.2	13.0	11.0
ελάχιστη τιμή	5.1	2.7	1.8
μέγιστη τιμή	71.3	31.0	27.2
τυπική απόκλιση	11.3	5.7	5.5



Σχήμα 4.1. Ημερήσια διακύμανση των PM2.5 στα τρία σημεία δειγματοληψίας στον δήμο Ελευσίνας.

Σημειώνεται ότι η υψηλότερη μέση τιμή συγκέντρωσης των PM2.5 παρατηρήθηκε στο E1, ακολουθούμενη από αυτές που σημειώθηκαν στα E2 και E3. Πραγματοποιήθηκε **ενδεικτικά** μια σύγκριση των ημερήσιων συγκεντρώσεων PM2.5 κατά τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου με την ετήσια οριακή τιμή, από την οποία προέκυψαν υψηλότερες τιμές **29 (εικοσιεννέα) ημέρες στο E1, 1 (μία) ημέρα στο E2 και 1 (μία) ημέρα στο E3** (ετήσιο όριο 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ΦΕΚ 488/2011).

4.1.5 Χημική σύσταση PM2.5 (Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες, ιόντα, βαρέα μέταλλα, οργανικός/στοιχειακός άνθρακας)

Οι μέσες, ελάχιστες και μέγιστες τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων στα PM2.5 για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή και τυπική απόκλιση συγκέντρωσης ιόντων στα PM_{2.5} για την περιοχή της Ελευσίνας.

			Nitrate	Sulfate	Sodium	Ammonium	Potassium	Magnesium	Calcium
			($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
E1	αριθμός δειγμάτων: 43 (ανιόντα: 43, κατιόντα: 43)	μέση τιμή	1.481	3.567	0.561	4.98	0.083	0.122	1.750
		ελάχιστη τιμή	0.052	1.037	0.075	0.026	0.002	0.016	0.157
		μέγιστη τιμή	4.938	9.232	2.164	50.8	0.283	0.329	7.799
		τυπική απόκλιση	1.253	1.431	0.491	11.84	0.068	0.089	1.615
E2	αριθμός δειγμάτων: 22 (ανιόντα: 22, κατιόντα: 22)	μέση τιμή	0.679	3.297	0.329	5.36	0.049	0.049	0.661
		ελάχιστη τιμή	0.021	0.939	0.021	0.048	0.0004	0.007	0.069
		μέγιστη τιμή	1.752	7.810	2.518	27.66	0.154	0.156	2.016
		τυπική απόκλιση	0.519	1.682	0.525	8.16	0.044	0.033	0.518
E3	αριθμός δειγμάτων: 25 (ανιόντα: 25, κατιόντα: 25)	μέση τιμή	0.549	3.142	0.275	14.47	0.063	0.044	0.614
		ελάχιστη τιμή	0.031	1.246	0.018	0.042	0.009	0.010	0.050
		μέγιστη τιμή	2.019	6.682	1.696	93.48	0.188	0.100	1.189
		τυπική απόκλιση	0.555	1.387	0.334	29.47	0.046	0.025	0.302

Σημειώνεται ότι οι **υψηλότερες μέσες τιμές συγκέντρωσης για όλα τα ιόντα παρατηρήθηκαν στο σημείο E1** (εκτός του αμμωνίου που παρατηρήθηκε στο E3).

Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία της συγκέντρωσης του οργανικού (OC) και στοιχειακού (EC) άνθρακα στα PM_{2.5} για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.5. **Δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές στις μέσες τιμές των συγκεντρώσεων στα τρία σημεία.**

Πίνακας 4.5. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή και τυπική απόκλιση συγκέντρωσης οργανικού και στοιχειακού άνθρακα (OC-EC) στα PM_{2.5} για την περιοχή της Ελευσίνας.

			OC	EC
			($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
E1	αριθμός δειγμάτων: 43	μέση τιμή	3.69	0.68
		ελάχιστη τιμή	1.33	0.19
		μέγιστη τιμή	9.05	2.42
		τυπική απόκλιση	1.71	0.49
E2	αριθμός δειγμάτων: 22	μέση τιμή	3.16	0.62
		ελάχιστη τιμή	1.45	0.21
		μέγιστη τιμή	7.22	1.80
		τυπική απόκλιση	1.65	0.40
E3	αριθμός δειγμάτων: 25	μέση τιμή	3.76	0.79
		ελάχιστη τιμή	1.40	0.20
		μέγιστη τιμή	8.28	2.92
		τυπική απόκλιση	2.21	0.72

Οι μέσες, ελάχιστες και μέγιστες τιμές της συγκέντρωσης των μετάλλων στα PM2.5 για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.6. **Όμοια με τα ιόντα, η υψηλότερη μέση τιμή συγκέντρωσης των μετάλλων παρατηρήθηκε στο σημείο E1** (εκτός από τον χαλκό που παρατηρήθηκε στο E3). Επίσης σημειώνεται ότι τα μέταλλα αρσενικό, κάδμιο και υδράργυρος δεν ανιχνεύτηκαν σε κανένα από τα τρία σημεία.

Πίνακας 4.6. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή και τυπική απόκλιση συγκέντρωσης μετάλλων στα PM2.5 για την περιοχή της Ελευσίνας.

			Ni	Cu	Zn	Pb	As	Cd	Hg
			(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)
E1	αριθμός δειγμάτων: 43	μέση τιμή	5.20	12.17	21.92	8.27	NA	NA	NA
		ελάχιστη τιμή	1.51	1.08	1.08	3.90	NA	NA	NA
		μέγιστη τιμή	9.72	21.39	86.84	16.85	NA	NA	NA
		τυπική απόκλιση	2.20	5.15	16.01	3.57	NA	NA	NA
E2	αριθμός δειγμάτων: 22	μέση τιμή	3.30	7.63	14.80	8.03	NA	NA	NA
		ελάχιστη τιμή	1.30	1.94	1.94	4.56	NA	NA	NA
		μέγιστη τιμή	7.38	18.78	53.61	12.16	NA	NA	NA
		τυπική απόκλιση	1.77	5.20	11.29	3.84	NA	NA	NA
E3	αριθμός δειγμάτων: 25	μέση τιμή	4.63	13.69	17.48	7.80	NA	NA	NA
		ελάχιστη τιμή	0.79	2.05	3.17	4.12	NA	NA	NA
		μέγιστη τιμή	8.76	52.97	40.12	13.78	NA	NA	NA
		τυπική απόκλιση	2.40	13.06	9.90	3.01	NA	NA	NA

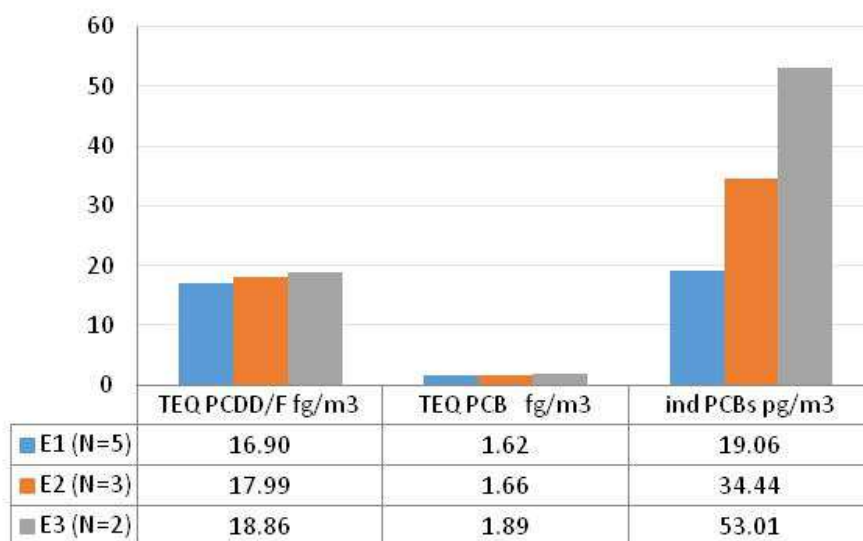
Οι μέσες, ελάχιστες και μέγιστες τιμές της συγκέντρωσης των πολυαρωματικών υδρογονανθράκων στα PM2.5 για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.7. Ως **ΣΡΑΗ** ορίζεται το άθροισμα των acenaphthylene, 1,2-dimethylnaphthalene, 2,6-dimethylnaphthalene, acenaphthene, 2,3,5-trimethylnaphthalene, fluorine, phenanthrene, 1-methylphenanthrene, 3,6-dimethyl phenanthrene, anthracene, fluoranthrene, pyrene, benz(a)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(e)pyrene, benzo(a)pyrene, perylene, indeno(1,2,3-c,d)pyrene, dibenzo(a,h)anthracene και benzo(ghi)perylene. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο **benzo(a)pyrene**, για τον οποίο λόγω της επικινδυνότητας του έχει θεσμοθετηθεί ανώτατο όριο 1ng/m³ στα PM10 (ΦΕΚ 920/2007). **Οι υψηλότερες μέσες τιμές για τα ΣΡΑΗ παρατηρήθηκαν στα σημεία E2 και E3 (χωρίς σημαντική διαφορά μεταξύ τους).** Όσον αφορά στο benzo(a)pyrene, δεν υπάρχει αξιοσημείωτη διαφορά στις μέσες τιμές μεταξύ των τριών σημείων.

Πίνακας 4.7. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή και τυπική απόκλιση συγκέντρωσης ΣΡΑΗ και benzo(a)pyrene στα PM2.5 για την περιοχή της Ελευσίνας.

			B(a)P	ΣΡΑΗ
			(ng/m ³)	(ng/m ³)
E1	αριθμός δειγμάτων: 43	μέση τιμή	0.047	1.92
		ελάχιστη τιμή	0.004	0.82
		μέγιστη τιμή	0.256	4.29
		τυπική απόκλιση	0.053	0.80
E2	αριθμός δειγμάτων: 22	μέση τιμή	0.070	2.45
		ελάχιστη τιμή	0.005	0.83
		μέγιστη τιμή	0.297	4.57
		τυπική απόκλιση	0.075	0.97
E3	αριθμός δειγμάτων: 25	μέση τιμή	0.061	2.78
		ελάχιστη τιμή	0.005	0.27
		μέγιστη τιμή	0.488	16.12
		τυπική απόκλιση	0.104	3.28

4.1.6 Χημική σύσταση ολικών αιωρούμενων σωματιδίων (TSP) σε Διοξίνες και πολυχλωριωμένα διφαινύλια

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του προσδιορισμού των συγκεντρώσεων διοξινών και πολυχλωριωμένων διφαινυλίων των συλλεχθέντων δειγμάτων της αέριας και ολικής σωματιδιακής ύλης και οι τιμές συγκέντρωσης ανά σημείο παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.2. Το κάθε δείγμα χαρακτηρίζεται από την συνολική τοξικότητα (Σύνολο TEQ , Total Toxic Equivalency) για διοξίνες και "παρόμοια με διοξίνες" PCBs που προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της συγκέντρωσης κάθε ενός από τα 29 τοξικά ισομερή με το αντίστοιχο παράγοντα τοξικής ισοδυναμίας TEF (Toxic Equivalency Factor 2005). Για τον προσδιορισμό των μη παρόμοιων με τις διοξίνες PCBs μετράται το άθροισμα των έξι PCB "δεικτών PCBs" (indicator PCBs), PCB 28, 52, 101, 138, 153 και 180, που περιλαμβάνει περίπου το ήμισυ των συνολικών μη παρόμοιων με τις διοξίνες PCB που υπάρχουν σε ένα δείγμα. Το σύνολο αυτό θεωρείται κατάλληλος δείκτης για τον προσδιορισμό των μη παρόμοιων με τις διοξίνες PCB και την έκθεση του ανθρώπου σε αυτά (EN 1948.04/2013).



Σχήμα 4.2. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του προσδιορισμού των συγκεντρώσεων διοξινών και πολυχλωριωμένων διφαινυλίων για την περιοχή της Ελευσίνας.

Όσον αφορά στις διοξίνες, βρέθηκαν σε κανονικά επίπεδα για αστική περιοχή κυμαινόμενες από 6.71 έως 34.77 fg/m³ TEQ PCDD/F [1,2,3], **με τις υψηλότερες μέσες τιμές να καταγράφονται στο σημείο E3.**

Όσον αφορά στα πολυχλωριωμένα διφαινύλια, οι μέσες τιμές συνολικής τοξικότητας για "παρόμοια με τις διοξίνες" PCBs (TEQ PCBs) κυμάνθηκαν από 0.68 έως 2.67 fg/m³ PCB, **με τις υψηλότερες μέσες τιμές να καταγράφονται στο E3,** ενώ στα υπόλοιπα σημεία παρατηρήθηκαν μικρότερες τιμές. Οι μέσες τιμές συνολικής συγκέντρωσης indicators PCBs κυμάνθηκαν από 7.01 έως 70.98 pg/m³, **με τις υψηλότερες μέσες τιμές να καταγράφονται στο Σημείο E3.**

Σημειώνεται ότι δεν υπάρχουν θεσμοθετημένα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια για τα επίπεδα των διοξινών και των παρόμοιων με τις διοξίνες PCBs σε ατμοσφαιρικό αέρα. Οι τιμές συνολικής τοξικότητας για τις διοξίνες, για "παρόμοια με τις διοξίνες" PCBs (TEQ PCBs) και συνολικής συγκέντρωσης indicator PCBs που μετρήθηκαν στην παρούσα μελέτη βρέθηκαν σε κανονικά επίπεδα για αστική περιοχή.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε:

Για τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{2.5} η συγκέντρωσή τους στα σημεία δειγματοληψίας ακολουθεί τη σειρά:

E1>E2>E3

Οι χημικοί παράγοντες που αποτελούν μέρος της χημικής τους σύστασης (PAHs, OC-EC, ιόντα, βαρέα μέταλλα και διοξίνες) ακολουθούν παρόμοια σειρά με λίγες εξαιρέσεις οι οποίες πιθανό να οφείλονται στις διαφορετικές πηγές προέλευσης τους. Για τον λόγο αυτό και παρά το γεγονός ότι δεν αποτελούν οσμηρές ενώσεις **ο προσδιορισμός τους κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικός** καθώς θα χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα εισαγωγής σε **στατιστικά μοντέλα εντοπισμού πηγών (Source Apportionment)**.

4.1.7 Ανόργανοι ρύποι (NO₂, SO₂, CO)

Οι μέσες, ελάχιστες και μέγιστες τιμές της συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου, του διοξειδίου του αζώτου καθώς και του μονοξειδίου του άνθρακα για την περίοδο δειγματοληψίας Φεβρουάριος-Οκτώβριος 2019 παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.8. **Αυξημένες συγκεντρώσεις για όλους τους ανόργανους ρύπους παρατηρήθηκαν στο σημείο E1. Οι τιμές που καταγράφηκαν στα E2 και E3 δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους .**

Πίνακας 4.8. Μέση, ελάχιστη, μέγιστη τιμή ανόργανων ρύπων για την περιοχή Ελευσίνας.

			SO ₂	NO ₂	CO
			(μg/m ³)	(μg/m ³)	(μg/m ³)
E1	αριθμός δειγμάτων: (SO ₂ : 23, NO ₂ :22, CO:24)	μέση τιμή	8.4	44.4	1188
		ελάχιστη τιμή	1.8	33.4	523
		μέγιστη τιμή	20.2	59.2	1930
		τυπική απόκλιση	3.4	8.0	447
E2	αριθμός δειγμάτων: (SO ₂ : 4, NO ₂ :4, CO:4)	μέση τιμή	4.9	32.6	692
		ελάχιστη τιμή	2.3	7.4	512
		μέγιστη τιμή	7.0	44.0	871
		τυπική απόκλιση	2.5	17.0	254
E3	αριθμός δειγμάτων: (SO ₂ : 3, NO ₂ :4, CO:2)	μέση τιμή	3.4	35.0	576
		ελάχιστη τιμή	1.9	30.9	542
		μέγιστη τιμή	5.6	38.2	610
		τυπική απόκλιση	1.9	3.7	48

Η μέση τιμή συγκέντρωσης του διοξειδίου του αζώτου στο σημείο E1 την περίοδο δειγματοληψίας κυμάνθηκε από 33.4 έως 59.2 μg/m³, υπερβαίνοντας την ημερήσια Ευρωπαϊκή οδηγία, (Οδηγία 2008/50/EC: 40 μg/m³). Υπερβάσεις στο διοξείδιο του αζώτου που κυμάνθηκε από 7.4 έως 44.0 μg/m³, σημειώθηκαν και στο σημείο E2. Όσον αφορά στους υπόλοιπους ανόργανους ρύπους **σε κανένα από τα σημεία δειγματοληψίας δεν παρατηρήθηκε υπέρβαση των οριακών τιμών, όπως αυτές ορίζονται στην οδηγία 2008/50/EC.**

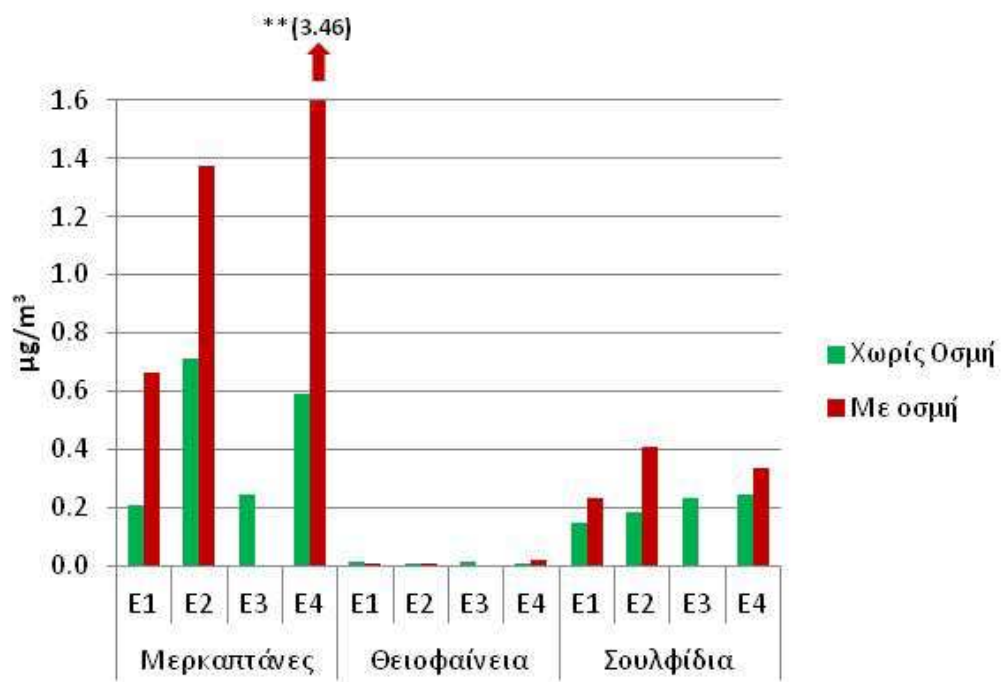
4.2 Συσχέτιση μετρούμενων ρύπων με αναφορές εμφάνισης οσμής

Με στόχο τον εντοπισμό των χημικών ενώσεων που διαφοροποιούνται τις ημέρες που παρατηρούνται οσμές αλλά και την συσχέτισή τους με την κατεύθυνση του ανέμου, πραγματοποιήθηκε κατηγοριοποίηση των ημερών δειγματοληψίας σε οσμηρές και μη.

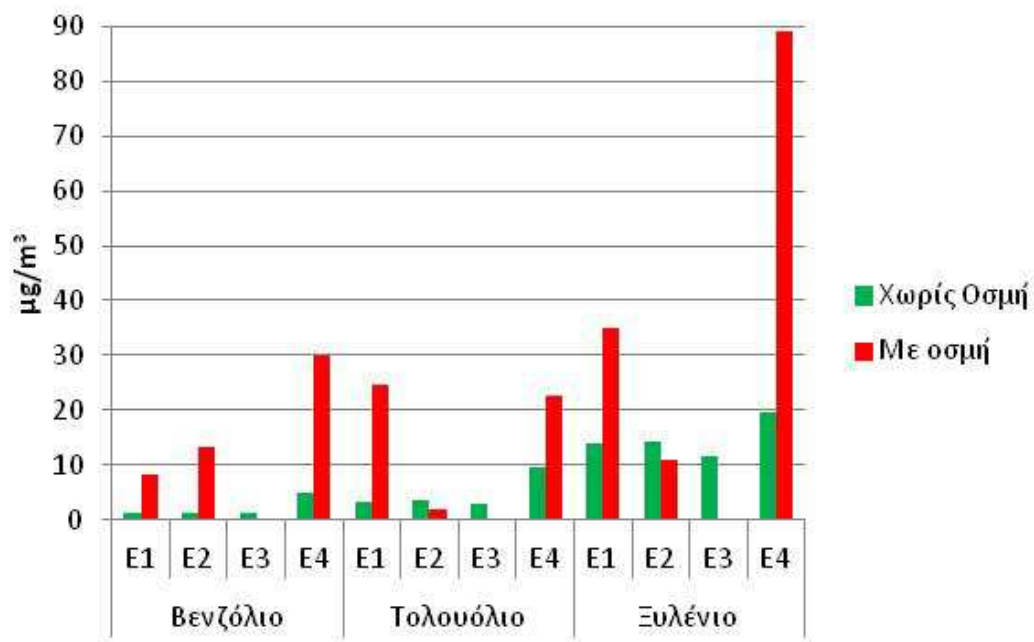
Η συσχέτιση με την μετεωρολογία βοηθάει στον χωρικό προσδιορισμό των πιθανών πηγών προέλευσης ενώ η συσχέτιση των συγκεντρώσεων με την παρουσία οσμής στον εντοπισμό των πιθανών ενώσεων που προκαλούν τις οσμές και κατ' επέκταση των δραστηριοτήτων από τις οποίες εκλύονται.

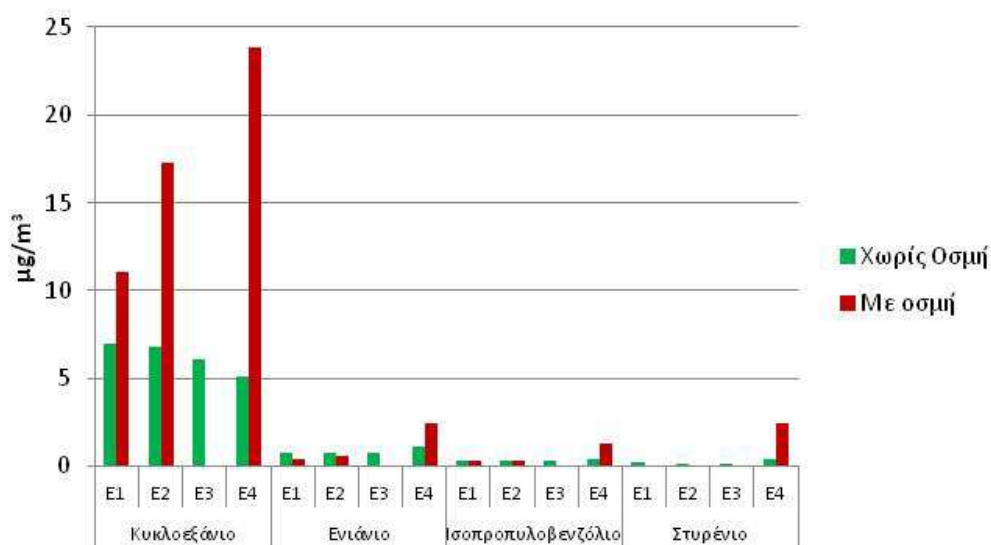
Θα πρέπει να τονίσουμε ότι κατά την διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου εντοπίστηκαν και χαρακτηρίστηκαν μόλις 11 ημέρες με οσμές. Πιο συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν 2 (δυο) ημέρες με οσμές στο E1, μια (1) στο E2, καμία στο E3 (αναμενόμενο ως σημείο υποβάθρου) και 8 (οκτώ) στο E4 . **Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχουμε περιορισμένες ενδείξεις και τάσεις προέλευσης και χαρακτηρισμού των οσμών.**

Στα Σχήματα 4.3 και 4.4 α,β παρουσιάζεται η μεταβολή των συγκεντρώσεων των πτητικών οργανικών ενώσεων (θειούχων και αρωματικών αντίστοιχα) βάσει της κατηγοριοποίησης σε οσμηρές και μη ημέρες. **Είναι εμφανής η αύξηση των συγκεντρώσεων των περισσότερων πτητικών οργανικών ενώσεων** (με εξαίρεση αυτές του ενιανίου και του στυρενίου στα σημεία E1 και E2) κατά την διάρκεια των οσμηρών ημερών).



Σχήμα 4.3 Συγκεντρώσεις SVOCs στα σημεία δειγματοληψίας για οσμηρές και μη ημέρες.





Σχήμα 4.4 α.β. Συγκεντρώσεις VOCs στα σημεία δειγματοληψίας για οσμηρές και μη ημέρες.

Πιο συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις **όλων των θειούχων οργανικών ενώσεων** βρέθηκαν αυξημένες κατά τη διάρκεια των οσμηρών ημερών σε σχέση με τις αντίστοιχες που προέκυψαν τις μη οσμηρές ημέρες. Ιδιαίτερα για τις ενώσεις **tert-Butylmercaptan** (ημέρες με οσμή: 0.726 , ημέρες χωρίς οσμή: 0.061 µg/m³, P=0.000), **n-Butyl mercaptan** (ημέρες με οσμή: 2.147, ημέρες χωρίς οσμή: 0.174 µg/m³, P=0.000), **3-methyl-thiophene** (ημέρες με οσμή: 0.097, ημέρες χωρίς οσμή: 0.006 µg/m³, P=0.013), και **Diphenyl sulfide** (ημέρες με οσμή: 0.034 , ημέρες χωρίς οσμή: 0.011 µg/m³, P=0.002) **οι διαφορές προέκυψαν στατιστικά σημαντικές (t-test) σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, ενώ για την ένωση sec-butyl mercaptan η διαφορά προέκυψε σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 0.1** (ημέρες με οσμή: 2.147 , ημέρες χωρίς οσμή: 0.174 µg/m³, P=0.083).

Όσον αφορά στις **αρωματικές πτητικές οργανικές ενώσεις βρέθηκαν σημαντικά αυξημένες κατά τη διάρκεια των οσμηρών ημερών** σε σχέση με τις αντίστοιχες που προέκυψαν τις μη οσμηρές ημέρες, **με διαφορές στατιστικά σημαντικές (P<0.05)**. Πιο συγκεκριμένα, η μέση τιμή συγκέντρωσης του βενζολίου τις ημέρες με οσμή βρέθηκε 23.4 έναντι της 1.59 µg/m³ (P=0.000) που παρατηρήθηκε κατά τις μη οσμηρές ημέρες, η μέση τιμή συγκέντρωσης του τολουολίου τις ημέρες με οσμή βρέθηκε 21.2 έναντι της 3.88 µg/m³ (P=0.000) που παρατηρήθηκε κατά τις μη οσμηρές ημέρες, η μέση τιμή συγκέντρωσης του ξυλενίου τις ημέρες με οσμή βρέθηκε 72.2 έναντι της 15.1 µg/m³ (P=0.000) που παρατηρήθηκε κατά τις μη

οσμηρές ημέρες η μέση τιμή συγκέντρωσης του ισοπροπυλοβενζολίου τις ημέρες με οσμή βρέθηκε 0.41 έναντι της 0.30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($P=0.009$) που παρατηρήθηκε κατά τις μη οσμηρές ημέρες και η μέση τιμή συγκέντρωσης του στυρενίου τις ημέρες με οσμή βρέθηκε 0.22 έναντι της 0.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($P=0.0044$) που παρατηρήθηκε κατά τις μη οσμηρές ημέρες. Όσον αφορά στις συγκεντρώσεις του κυκλοεξανίου (ημέρες με οσμή: 11.1, ημέρες χωρίς , οσμή: 7.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και του ενιανίου (ημέρες με οσμή: 1.01, ημέρες χωρίς οσμή: 0.93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), βρέθηκαν αυξημένες κατά τη διάρκεια των οσμηρών ημερών, χωρίς όμως η διαφορά να προκύψει στατιστικά σημαντική.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των παραπάνω ενώσεων είναι τα εξής:

Μερκαπτάνες

Οι μερκαπτάνες είναι συστατικά του φυσικού αερίου και έχουν ισχυρή, δυσάρεστη οσμή. Το ακατέργαστο πετρέλαιο μπορεί να περιέχει μερκαπτάνες όπως, μέθυλο-μερκαπτάνη ή μεθανοθειόλη (CH_3SH), αιθυλο-μερκαπτάνη ή αιθανοθειόλη ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SH}$) και πρόπυλο-μερκαπτάνη ή προπανοθειίλη ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SH}$) [4].

Η sec-butyl mercaptan η οποία εμφάνισε τις υψηλότερες τιμές τις οσμηρές ημέρες, είναι μία άχρωμη ένωση με έντονη και βαριά οσμή. Είναι διαλυτή στο νερό και χρησιμοποιείται ως πρόσθετο στο φυσικό αέριο προκειμένου να του δώσει έντονη οσμή ώστε να είναι ανιχνεύσιμο σε περίπτωση διαρροής μια και το ίδιο είναι άοσμο. Μελέτες έχουν συνδέσει την οσμή στην ατμόσφαιρα με την ένωση αυτή. Ο γενικός πληθυσμός μπορεί να εκτεθεί στη sec-butyl mercaptan μέσω της εισπνοής αέρα στο περιβάλλον κοντά σε διυλιστήρια φυσικού αερίου και σε εργασίες που οφείλονται στη χρήση της ως πρόσθετο φυσικού αερίου [5, 6, 7].

Μία άλλη ένωση αυτής της κατηγορίας, η μέθυλο-μερκαπτάνη, έχει μυρωδιά σαν σάπιο λάχανο. Η μέθυλο-μερκαπτάνη απελευθερώνεται από την αποσυντιθέμενη οργανική ύλη, είναι παρούσα στο φυσικό αέριο ορισμένων περιοχών, στη λιθανθρακόπισσα και σε ορισμένα ακατέργαστα έλαια. Επίσης, απελευθερώνεται ως προϊόν αποσύνθεσης του ξύλου σε χαρτοπολτού [8].

Θειοφαίνια

Στο αργό πετρέλαιο οι ενώσεις που περιέχουν θείο περιλαμβάνουν σουλφίδια,θειόλες, θειοφένια, υποκατεστημένα βενζο- και διβενζοθειοφαινικά (BT και DBT), βενζοναφθο-θειοφαίνη (BNT) και πολλά σημαντικά πιο πολύπλοκα μόρια [9].

Το θειοφαίνιο είναι μία πολύ γνωστή κατηγορία ενώσεων που εμφανίζεται συνήθως, στο κλάσμα βενζολίου των αποσταγμάτων λιθανθρακόπισσας. Μετά

την απόσταξη, οι μερκαπτάνες, τα σουλφίδια και τα θειοφένια συγκεντρώνονται στα προϊόντα βενζίνης [10].

Σουλφίδια

Τα σουλφίδια είναι ενώσεις που περιέχουν άτομα θείου και περιλαμβάνει κυρίως οξείδια του θείου και έναν άλλο αριθμό ενώσεων που είναι δύσσομες. Οι πιο πολλές είναι διαλυτές στο νερό. Σουλφίδια παράγονται κατά την επεξεργασία και καύση ορυκτών καυσίμων, όπως ο άνθρακας και το πετρέλαιο [11].

Βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλόλια (ο-, m- and p) βρίσκονται σε φυσική μορφή στο αργό πετρέλαιο, το ντίζελ και τη βενζίνη, έτσι ώστε να απελευθερώνονται στο περιβάλλον ανεξάρτητα από το εάν αυτά τα καύσιμα καίγονται ή όχι [12].

Το κυκλοεξάνιο υπάρχει φυσιολογικά στο ακατέργαστο πετρέλαιο, και πιθανόν, απελευθερώνεται στο περιβάλλον κατά την αποθήκευση, χρήση και εξευγενισμό των προϊόντων πετρελαίου. Μια άλλη μεγάλη πηγή εκπομπών είναι από τα καυσαέρια των κινητήρων καύσης για τη μετακίνηση. Ο άνθρωπος μπορεί να εκτεθεί στην ένωση αυτή κυρίως μέσω της εισπνοής, ιδιαίτερα σε περιοχές με υψηλή κυκλοφοριακή κίνηση, καθώς και εκεί που χρησιμοποιούνται προϊόντα πετρελαίου [13].

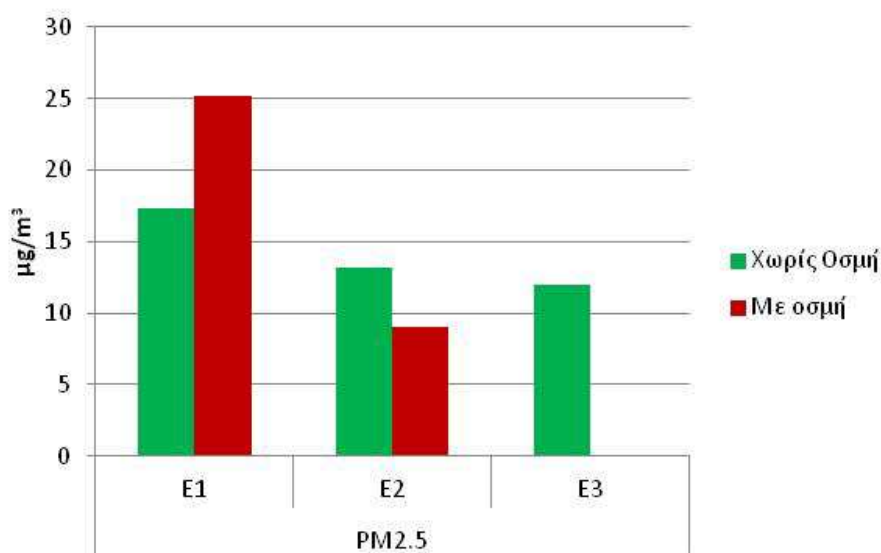
Το εννεάνιο είναι ένα συστατικό στο κλάσμα παραφίνης του ακατέργαστου πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Αυτό απελευθερώνεται στο περιβάλλον κατά την παρασκευή, χρήση και διάθεση προϊόντων που σχετίζονται με τη βιομηχανία πετρελαίου και βενζίνης [13].

Το ισοπροπυλοβενζόλιο ή αλλιώς κουμένιο είναι ένα φυσικό συστατικό του αργού πετρελαίου και μπορεί να απελευθερωθεί στο περιβάλλον από διάφορες ανθρωπογενείς πηγές, συμπεριλαμβανομένων των επεξεργασμένων καυσίμων υδρογονανθράκων. Οι πρωτογενείς πηγές εκπομπής του κουμενίου περιλαμβάνουν τις απώλειες στα λύματα και τις ανεξέλεγκτες εκπομπές από εγκαταστάσεις παραγωγής και χρήσης και πετροχημικά διυλιστήρια, τυχαίες διαρροές τελικών προϊόντων καυσίμων κατά τη μεταφορά ή μεταποίηση, σταθμών και μηχανοκίνητων οχημάτων [14].

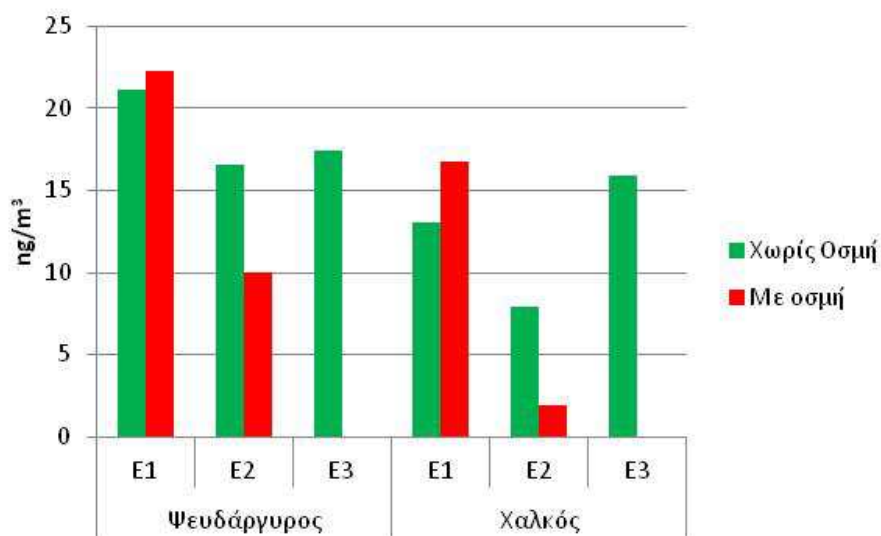
Το στυρένιο μπορεί να εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα από τη βιομηχανική παραγωγή, τη λειτουργία των οχημάτων, τις διαδικασίες καύσης, τα δομικά υλικά και τα καταναλωτικά προϊόντα. Τυπικές πηγές βιομηχανικών εκπομπών στυρενίου είναι εκείνες οι εγκαταστάσεις που παράγουν στυρένιο, πολυστυρένιο, άλλα πλαστικά, συνθετικό καουτσούκ και ρητίνες [15]. Ακόμη, το στυρένιο έχει αναγνωριστεί ως συστατικό των εκπομπών των **οχημάτων από κινητήρες βενζίνης και πετρελαίου** [16].

Παρά το γεγονός ότι τα ΒΤΧ στις συγκεντρώσεις που ανιχνεύθηκαν δεν είναι οσμηρά το γεγονός ότι ακολουθούν την αυξητική τάση των οσμηρών ενώσεων τις ημέρες που παρατηρούνται έντονες δυσσομίες υποδηλώνει πιθανή κοινή προέλευση αυτών.

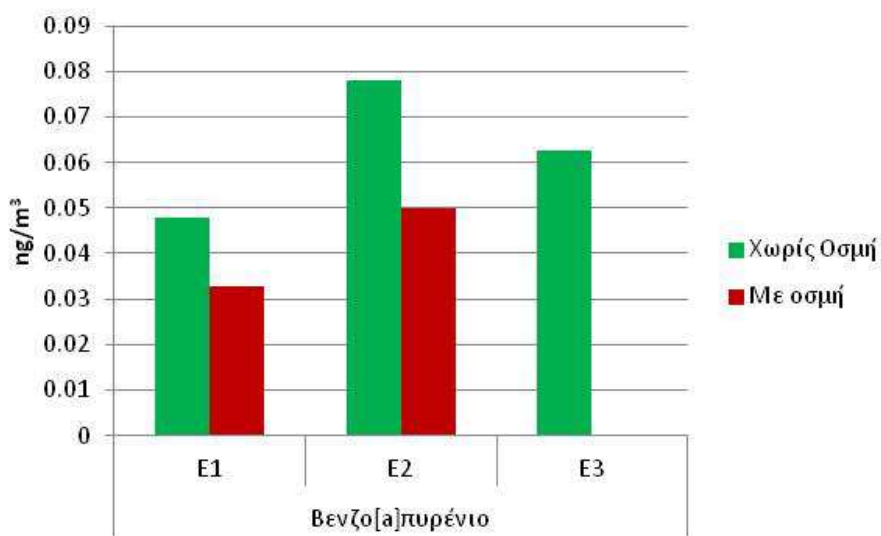
Παρόλο που τα αιωρούμενα σωματίδια δεν αποτελούν οσμηρούς παράγοντες, παρουσιάζουν αυξητική τάση τις οσμηρές ημέρες στο Ε1, ενώ στο Ε2 μειώνονται (Σχήμα 4.5). Αλλά μόνο από 1 δείγμα δεν μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα. Όπως όμως έχει ήδη αναφερθεί **ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των σωματιδίων και της χημικής τους σύστασης απαιτείται για την εισαγωγή τους στα μαθηματικά μοντέλα προσδιορισμού πηγών και όχι λόγω της οσμηρότητας τους.**



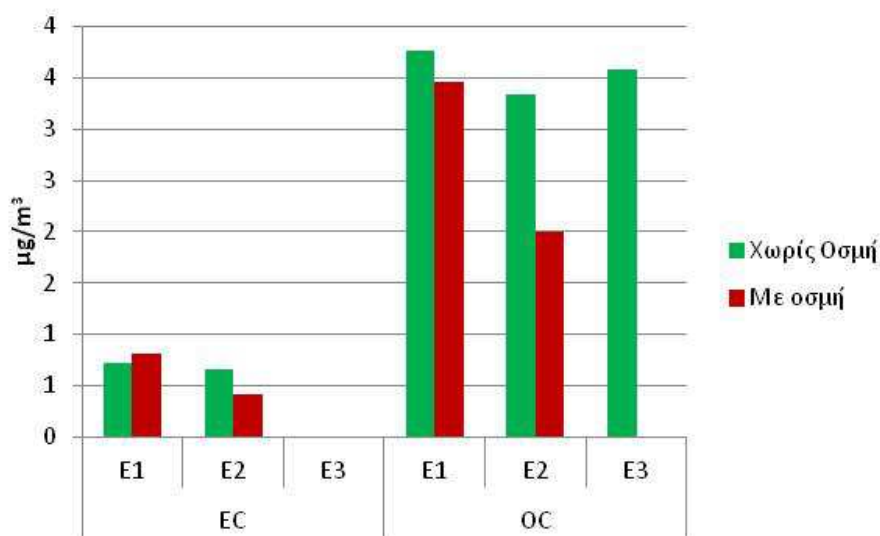
Σχήμα 4.5 Συγκεντρώσεις $\text{PM}_{2.5}$ στα σημεία δειγματοληψίας για οσμηρές και μη ημέρες.



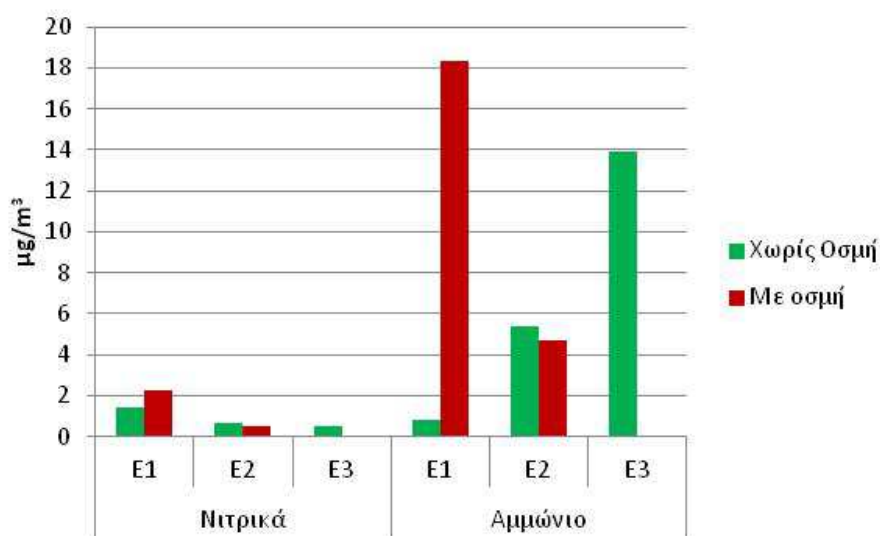
Σχήμα 4.6 Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα σημεία δειγματοληψίας για οσμηρές και μη ημέρες.



Σχήμα 4.7 Συγκεντρώσεις B[a]P στα σημεία δειγματοληψίας για οσμηρές και μη ημέρες.



Σχήμα 4.8 Συγκεντρώσεις EC και OC στα σημεία δειγματοληψίας για οσμηρές και μη ημέρες.

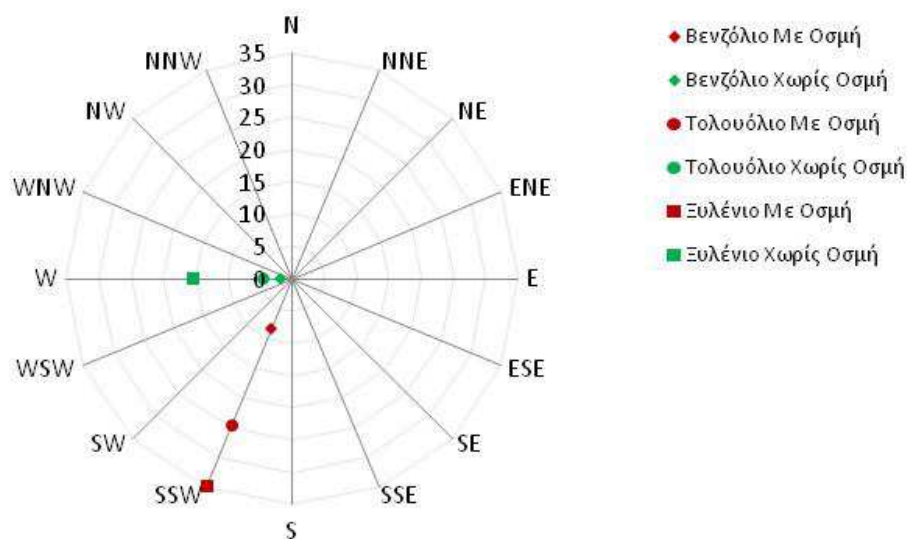
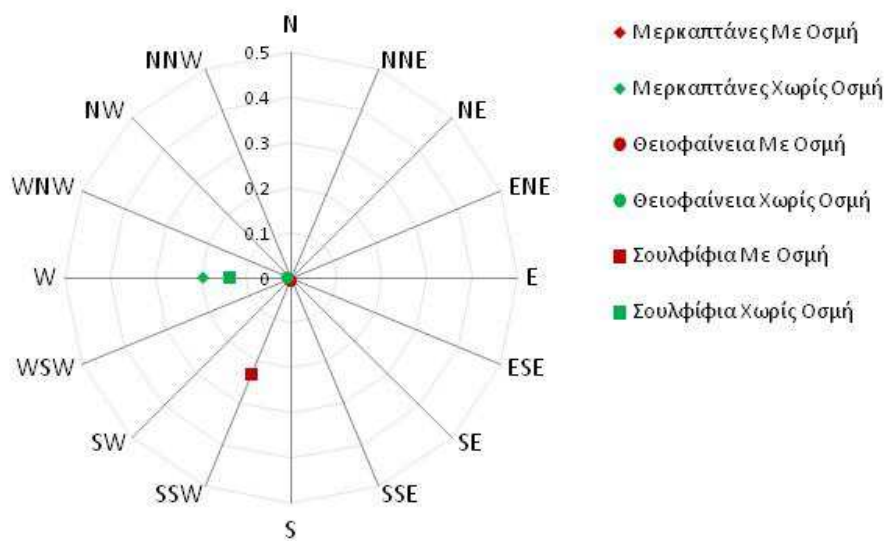


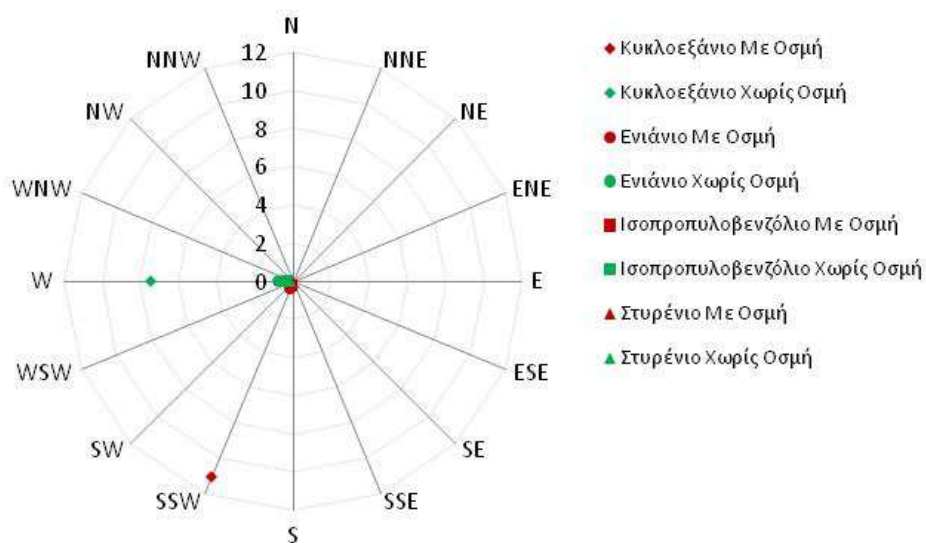
Σχήμα 4.9 Συγκεντρώσεις νιτρικών και αμμωνίου στα σημεία δειγματοληψίας για οσμηρές και μη ημέρες.

Στα σχήματα 4.10 α,β,γ, 4.11 α,β,γ, 4.12 α,β,γ και 4.13 α,β,γ **παρουσιάζεται η συσχέτιση των συγκεντρώσεων με την διεύθυνση του ανέμου τις ημέρες με οσμή και τις ημέρες χωρίς οσμή.**

Όπως προκύπτει, **στο E1 και E2 οι ημέρες με οσμή εμφανίζονται όταν έχουμε ΝΝΔ διεύθυνση ανέμου,** ενώ στις μη οσμηρές ημέρες η επικρατέστερη διεύθυνση του ανέμου ήταν Δ, τόσο για το E1, όσο και για το E2.

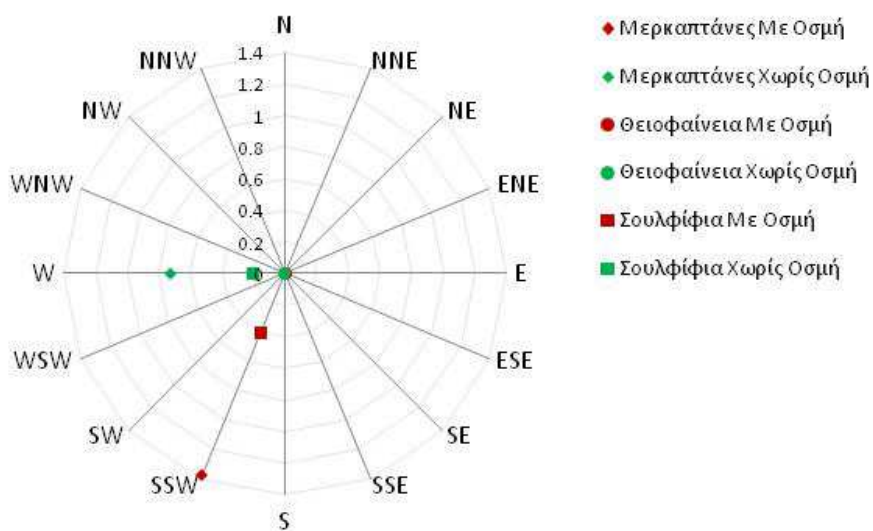
E1

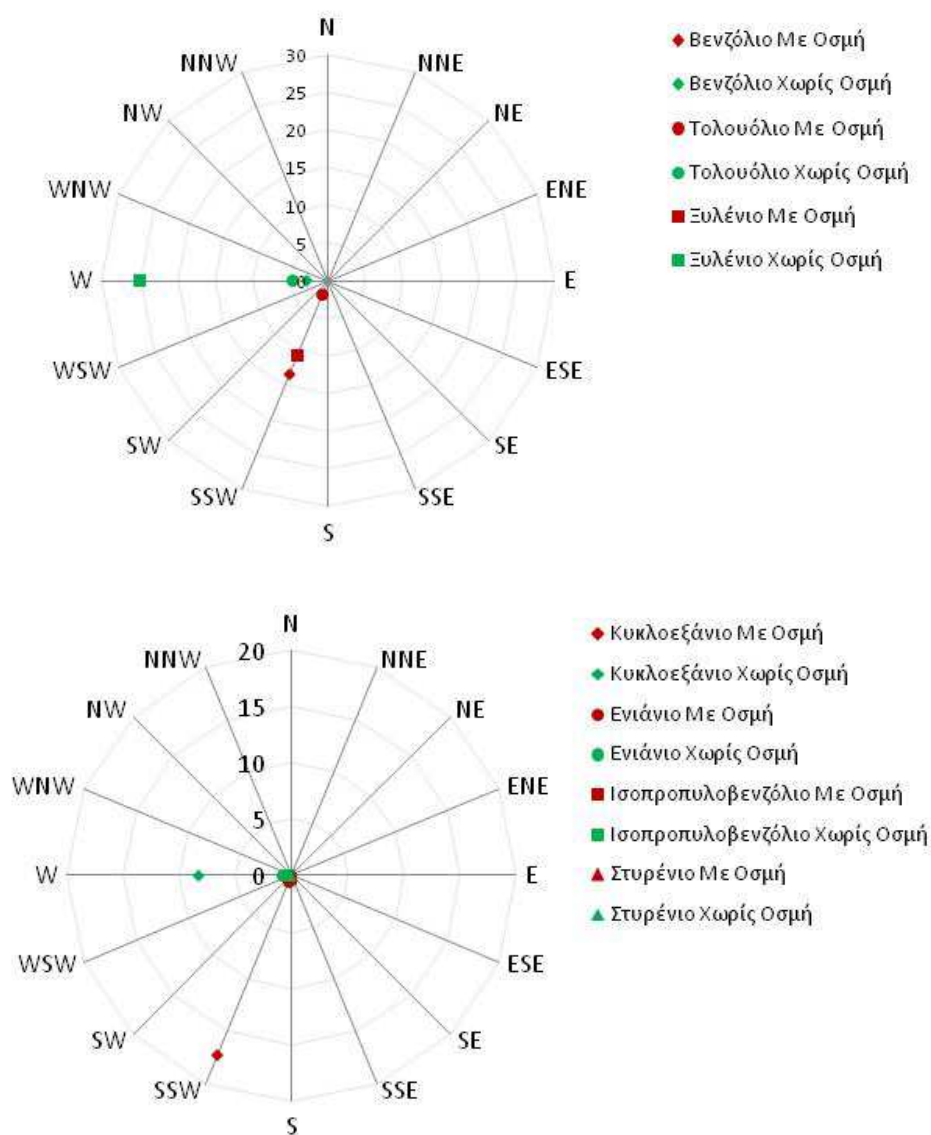




Σχήμα 4.10 α,β,γ. Συσχέτιση επικρατέστερης διεύθυνσης ανέμου με συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων τις ημέρες με και χωρίς οσμή στο E1.

E2

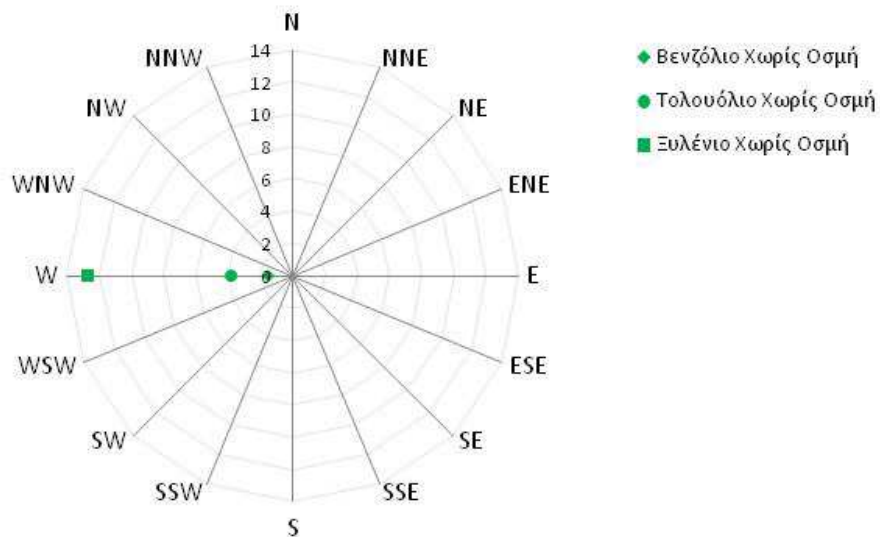
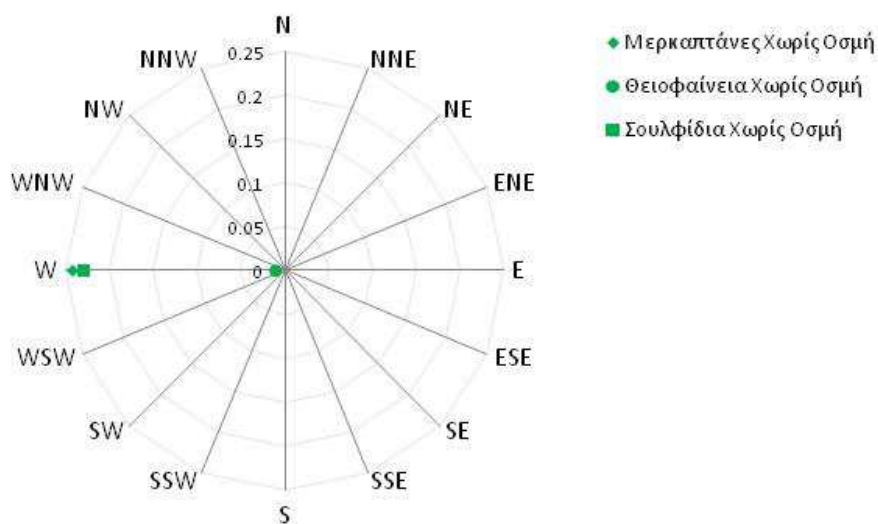


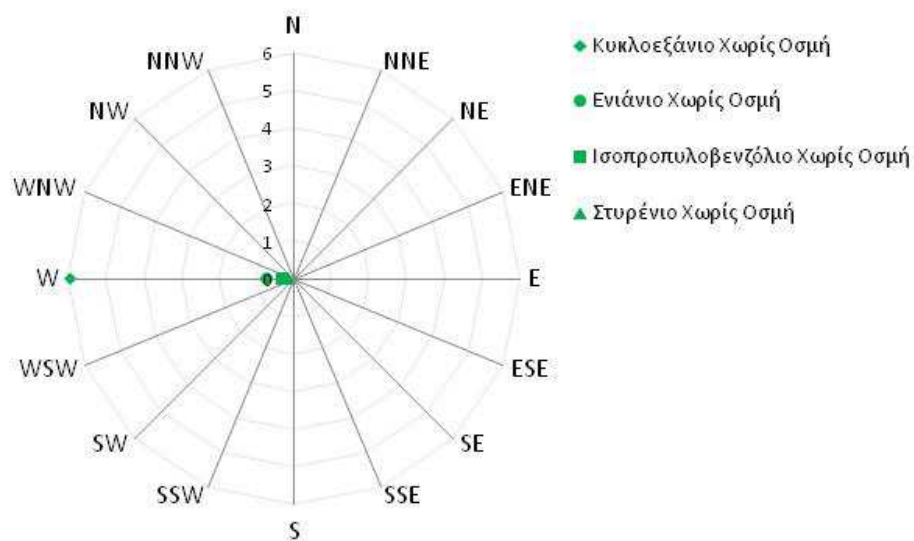


Σχήμα 4.11 α,β,γ. Συσχέτιση επικρατέστερης διεύθυνσης ανέμου με συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων τις ημέρες με και χωρίς οσμή στο E2.

E3

Στο E3, όπου δεν παρατηρήθηκε οσμή καμία από τις ημέρες τις δειγματοληψίας ο επικρατέστερος άνεμος ήταν Δ

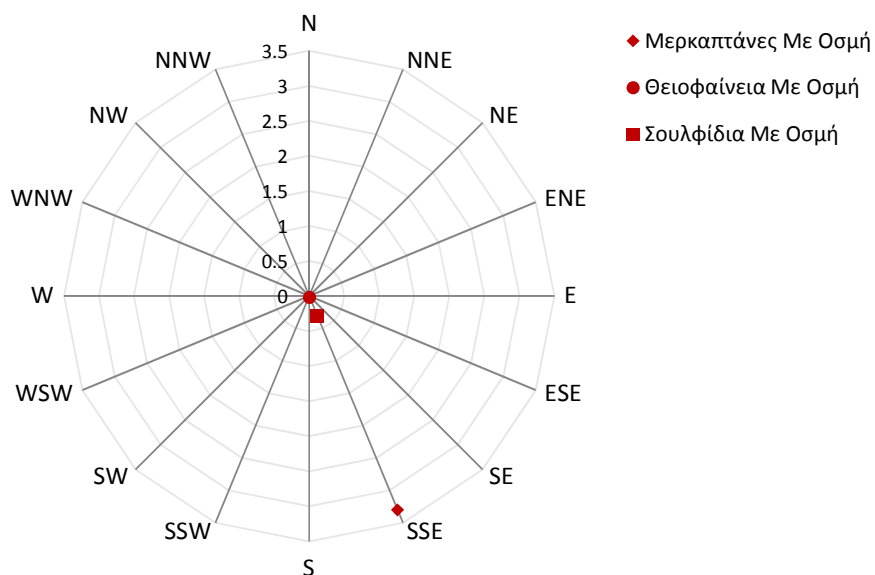


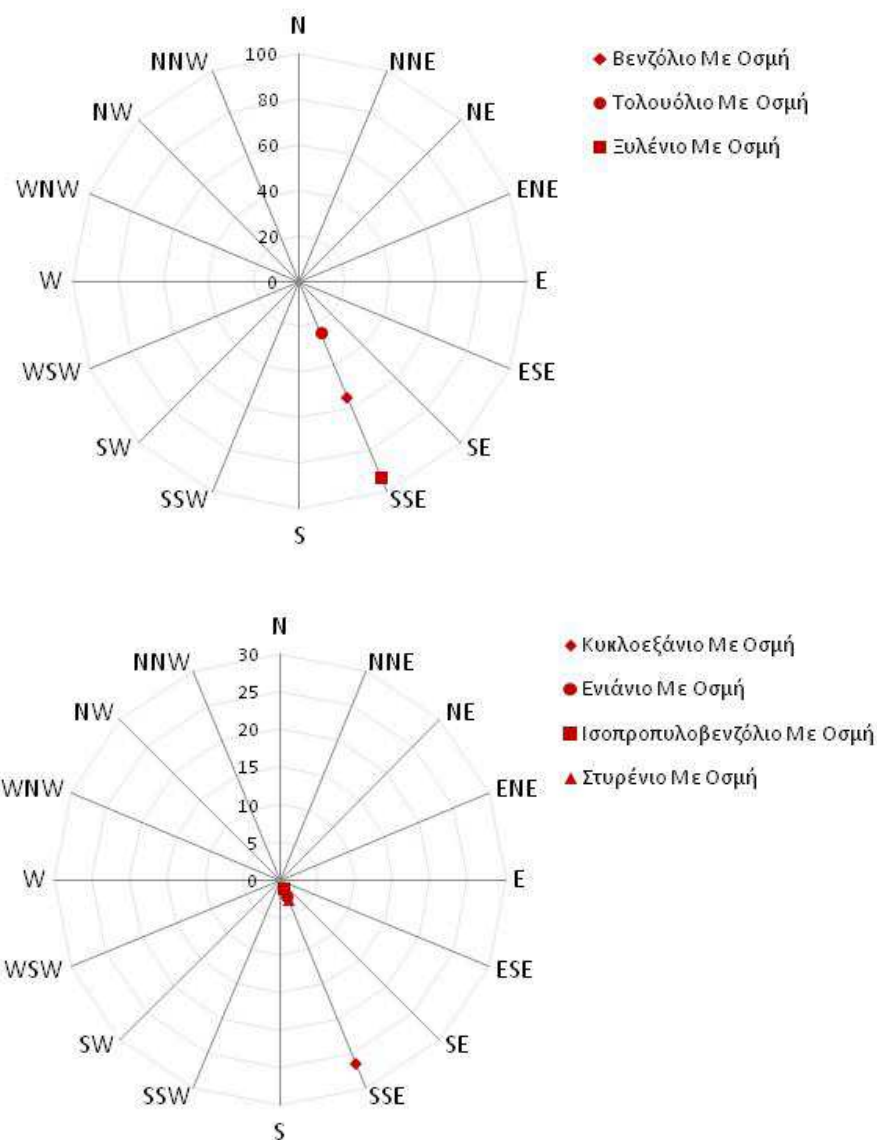


Σχήμα 4.12 α,β,γ. Συσχέτιση επικρατέστερης διεύθυνσης ανέμου με συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων τις ημέρες με και χωρίς οσμή στο E3.

E4

Αναφορικά με το E4, επικρατέστερος άνεμος είναι ο NNA τις ημέρες κατά τις οποίες παρατηρούνται επεισόδια οσμών.



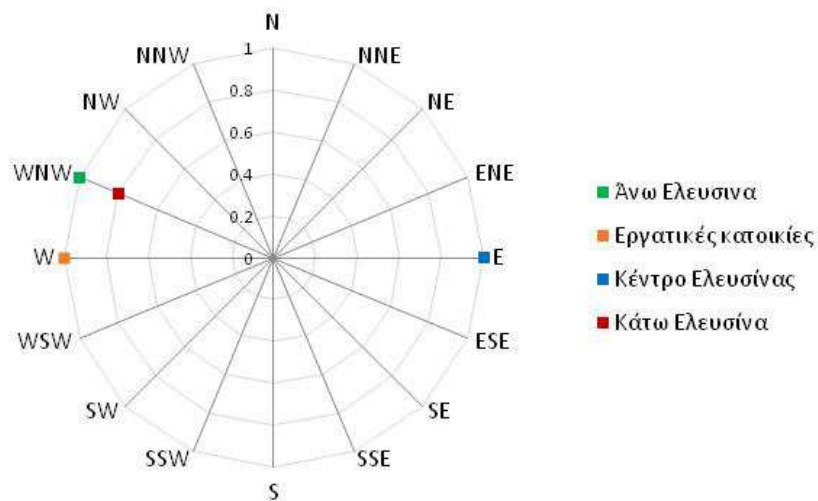


Σχήμα 4.13 α,β,γ. Συσχέτιση επικρατέστερης διεύθυνσης ανέμου με συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων τις ημέρες με και χωρίς οσμή στο Ε4.

- **Άνεμος ανά περιοχή τις ημέρες οσμών (ημερολόγιο καταγραφής οσμής)**

Στο Σχήμα 4.14 παρουσιάζεται η επικρατέστερη διεύθυνση του ανέμου ανά περιοχή, όπως προέκυψε από ημερολόγιο καταγραφής επεισοδίων από κατοίκους της περιοχής. Όπως προκύπτει, όταν ο άνεμος πνέει ΔΒΔ παρουσιάζεται οσμή στην Άνω και Κάτω Ελευσίνα, όταν ο άνεμος είναι δυτικός

εμφανίζεται οσμή στις εργατικές κατοικίες, ενώ όταν επικρατέστερος είναι ο Ε, παρατηρείται οσμή στο κέντρο της Ελευσίνας.



Σχήμα 4.14. Συσχέτιση επικρατέστερης διεύθυνσης ανέμου ανά περιοχή, σύμφωνα με ημερολόγιο καταγραφής επεισοδίων οσμής.

5. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 ΔΡΑΠΕΤΣΩΝΑ-ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ

Γενικό σχόλιο: Δεν παρουσιάστηκε σημαντικός αριθμός ημερών με οσμές στα 3 σημεία δειγματοληψίας που είχαν επιλεγεί. Για το λόγο αυτό προστέθηκαν άλλα 2 σημεία δειγματοληψίας σε σημεία που εμφάνιζαν συχνότερα και εντονότερα το φαινόμενο ώστε να συγκεντρωθεί ικανός αριθμός δειγμάτων που θα μπορούσε να χαρακτηρίσει το χημικό αποτύπωμα των οσμών.

- **Για τις πτητικές οργανικές ενώσεις (αρωματικές και θειούχες),** οι οποίες αποτελούν και τους σημαντικότερους παράγοντες εμφάνισης των οσμών, **η συγκέντρωσή τους** στα σημεία δειγματοληψίας ακολουθεί **τη σειρά:**

Αρωματικές: ΔΚ4>ΔΚ5>ΔΚ1>ΔΚ2>ΔΚ3

Μερκαπτάνες: ΔΚ4>ΔΚ5>ΔΚ3>ΔΚ1>ΔΚ2

Θειοφαίνεια: ΔΚ5>ΔΚ4>ΔΚ1>ΔΚ3>ΔΚ2

Η παραπάνω σειρά των συγκεντρώσεων των πτητικών οργανικών ενώσεων στα σημεία μέτρησης, ακολουθεί τη σειρά έντασης και αριθμού εμφάνισης των οσμών που παρατηρήθηκαν στη διάρκεια των δειγματοληψιών.

- **Συγκρινόμενες ενδεικτικά με την ετήσια οριακή τιμή οι ημερήσιες συγκεντρώσεις του βενζολίου** (ΦΕΚ 488/2011: 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν για 15 ημέρες στο σημείο ΔΚ1, 6 ημέρες στο ΔΚ2, 4 ημέρες στο ΔΚ3, 30 ημέρες στο σημείο ΔΚ4 και 15 ημέρες στο σημείο ΔΚ5.
- **Για τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{2.5} η συγκέντρωσή τους** στα σημεία δειγματοληψίας ακολουθεί **τη σειρά:**
 - **ΔΚ3>ΔΚ1>ΔΚ2**
- Πραγματοποιήθηκε **ενδεικτικά** μια σύγκριση των ημερήσιων συγκεντρώσεων PM_{2.5} κατά τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου με την ετήσια οριακή τιμή, από την οποία προέκυψαν υψηλότερες τιμές **4 ημέρες στο ΔΚ1 και 3 ημέρες στο ΔΚ3** (ετήσιο
- **Για την χημική σύσταση των PM_{2.5}** (PAHs, OC-EC, ιόντα, βαρέα μέταλλα και διοξίνες) **οι συγκεντρώσεις τους** στα σημεία δειγματοληψίας ακολουθεί **τη σειρά:**

ΔΚ1>ΔΚ3>ΔΚ2

Η διαφοροποίηση της σειράς των χημικών συστατικών των αιωρούμενων σωματιδίων σε σχέση με τη συγκέντρωση των PM_{2.5} οφείλεται στις πιθανές διαφορετικές πηγές προέλευσης τους. Για τον λόγο αυτό και παρά το γεγονός ότι δεν είναι οσμηρές, ο προσδιορισμός τους κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικός καθώς θα χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα εισαγωγής σε στατιστικά μοντέλα εντοπισμού πηγών (Source Apportionment).

- Παρατηρείται **αύξηση των οσμηρών θειούχων ενώσεων** (μερκαπτάνες, θειοφαίνια και σουλφίδια) κατά τη διάρκεια των **οσμηρών ημερών σε σχέση με τις αντίστοιχες που προέκυψαν τις μη οσμηρές ημέρες και κυρίως των ενώσεων Carbonyl sulfide, Methyl mercaptan, Dimethyl sulfide, 1-Propanethiol, sec-butylmercaptan, n-Butylmercaptan, Dimethyl disulfide, 2-methyl-thiophene, Diethyl disulfide, Diphenyl-sulfide**. Ενώ η διαφορά στην αύξηση των συγκεντρώσεων τις οσμηρές ημέρες **είναι στατιστικά σημαντική (t-test) για τις ενώσεις 2-methyl-thiophene sec-butylmercaptan και Methyl mercaptan**.
- Οι συγκεντρώσεις όλων των **πτητικών οργανικών ενώσεων** βρέθηκαν αυξημένες κατά τη διάρκεια των ημερών με οσμή, με την διαφορά των ξυλολίων, του ισοπροπυλ-βενζολίου και του στυρενίου μεταξύ των οσμηρών και μη ημερών να είναι στατιστικά σημαντική (t-test).
- Παρόλο που τα αιωρούμενα σωματίδια δεν αποτελούν οσμηρούς παράγοντες, **φαίνεται να παρουσιάζουν αυξητική τάση κατά τη διάρκεια των οσμηρών ημερών**.
- Σε ότι αφορά στη **χημική τους σύσταση δεν φαίνεται να υπάρχει για όλα μια συγκεκριμένη τάση**. Η διαφοροποίηση οφείλεται στις πιθανές διαφορετικές πηγές προέλευσης τους.
Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των σωματιδίων και της χημικής τους σύστασης (ιόντα, ΠΑΥ, OC/EC, βαρέα μέταλλα) απαιτείται για την εισαγωγή τους στα μαθηματικά μοντέλα προσδιορισμού πηγών και όχι λόγω της οσμηρότητας τους.
- **Στο ΔΚ1 οι ημέρες με οσμή εμφανίζονται όταν έχουμε επικρατέστερη διεύθυνση ανέμου την ΔΝΔ, με τις θειούχες (κυρίως**

μερκαπτάνες) και αρωματικές πτητικές οργανικές ενώσεις να αυξάνουν τις συγκεντρώσεις τους.

- Στο ΔΚ2 υψηλές συγκεντρώσεις με οσμηρές ημέρες παρουσιάζονται όταν επικρατούν ΝΝΑ, με τις θειούχες (κυρίως μερκαπτάνες) και αρωματικές πτητικές οργανικές ενώσεις να αυξάνουν τις συγκεντρώσεις τους.
- Στο ΔΚ3, τις ημέρες κατά τις οποίες παρατηρήθηκαν επεισόδια οσμής ο άνεμος έπνεε Α.
- Για το ΔΚ4 (οικίσκος), οι οσμές εμφανίζονται όταν επικρατούν ΒΔ άνεμοι, ενώ στο ΔΚ5 (γέφυρα) όταν επικρατούν ΔΝΔ, με τις θειούχες (κυρίως μερκαπτάνες) και αρωματικές πτητικές οργανικές ενώσεις να αυξάνουν τις συγκεντρώσεις τους.

5.2 ΕΛΕΥΣΙΝΑ

Γενικό σχόλιο: Δεν παρουσιάστηκε σημαντικός αριθμός ημερών με οσμές στα 3 σημεία δειγματοληψίας που είχαν επιλεγεί. Για το λόγο αυτό προστέθηκε άλλο 1 σημείο δειγματοληψίας σε περιοχή που εμφάνιζε συχνότερα και εντονότερα το φαινόμενο ώστε να συγκεντρωθεί ικανός αριθμός δειγμάτων που θα μπορούσε να χαρακτηρίσει το χημικό αποτύπωμα των οσμών.

- Για τις πτητικές οργανικές ενώσεις (αρωματικές και θειούχες), οι οποίες αποτελούν και τους σημαντικότερους παράγοντες εμφάνισης των οσμών, **η συγκέντρωσή τους** στα σημεία δειγματοληψίας ακολουθεί **για τα περισσότερα τη σειρά:**

E4>E2>E1>E3

Η παραπάνω σειρά των συγκεντρώσεων των πτητικών οργανικών ενώσεων στα σημεία μέτρησης, ακολουθεί τη σειρά έντασης και αριθμού εμφάνισης των οσμών που παρατηρήθηκαν στη διάρκεια των δειγματοληψιών.

- Συγκρινόμενες ενδεικτικά με την ετήσια οριακή τιμή οι ημερήσιες συγκέντρωσης του βενζολίου (ΦΕΚ 488/2011: 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν για 5 (πέντε) ημέρες στο E1, 7 (επτά) ημέρες στο σημείο E2, σε 2 (δύο) ημέρες στο σημείο E3 και 8 (οκτώ) ημέρες στο E4 (όλες τις ημέρες δειγματοληψίας).

- **Για τα αιωρούμενα σωματίδια PM2.5 η συγκέντρωσή τους στα σημεία δειγματοληψίας ακολουθεί τη σειρά:**
 - **$E1 > E2 > E3$**
- Πραγματοποιήθηκε **ενδεικτικά** μια σύγκριση των ημερήσιων συγκεντρώσεων PM2.5 κατά τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου με την ετήσια οριακή τιμή, από την οποία προέκυψαν υψηλότερες τιμές **29 (εικοσιεννέα) ημέρες στο E1, 1 (μία) ημέρα στο E2 και 1 (μία) ημέρα στο E3** (ετήσιο όριο 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ΦΕΚ 488/2011).
- **Για την χημική τους σύσταση** (PAHs, OC-EC, ιόντα, βαρέα μέταλλα και διοξίνες) **οι συγκεντρώσεις τους** στα σημεία δειγματοληψίας ακολουθούν παρόμοια σειρά με την συγκέντρωση των PM2.5 δηλ. **$E1 > E2 > E3$** , με ελάχιστες εξαιρέσεις οι οποίες πιθανό να οφείλονται στις διαφορετικές πηγές προέλευσης τους.

Για τον λόγο αυτό και παρά το γεγονός ότι δεν είναι οσμηρές ο προσδιορισμός τους κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικός καθώς θα χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα εισαγωγής σε στατιστικά μοντέλα εντοπισμού πηγών (Source Apportionment).

- Παρατηρείται **αύξηση των οσμηρών θειούχων ενώσεων** (μερκαπτάνες, θειοφαίνια και σουλφίδια) **και των αρωματικών υδρογονανθράκων τις ημέρες εμφάνισης των οσμών.**

Πιο συγκεκριμένα **οι συγκεντρώσεις όλων των μελετώμενων θειούχων ενώσεων βρέθηκαν αυξημένες κατά τη διάρκεια των οσμηρών ημερών** σε σχέση με τις αντίστοιχες που προέκυψαν τις μη οσμηρές ημέρες. Ιδιαίτερα για τις ενώσεις **tert-Butylmercaptan, n-Butyl mercaptan, 3-methyl-thiophene και Diphenyl sulfide οι διαφορές προέκυψαν στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05**, ενώ για την ένωση **sec-butyl mercaptan η διαφορά προέκυψε σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 0.1 (t-test)**

- Οι συγκεντρώσεις του συνόλου σχεδόν των **πτητικών οργανικών ενώσεων** βρέθηκαν αυξημένες κατά τη διάρκεια των ημερών με οσμή, με την διαφορά σχεδόν όλων των ενώσεων (εξαιρέση αποτέλεσαν το κυκλοεξάνιο και το ενιάνιο) να είναι στατιστικά σημαντική (t-test).

- Τα αιωρούμενα σωματίδια, αν και δεν πρόκειται για οσμηρούς παράγοντες, δείχνουν να εμφανίζουν αυξητική τάση τις οσμηρές ημέρες στο Ε1.
- Σε ότι αφορά στη χημική τους σύσταση, δεν φαίνεται να υπάρχει για όλα μια συγκεκριμένη τάση για τις ημέρες που εμφανίστηκαν οσμές.
- Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των σωματιδίων και της χημικής τους σύστασης απαιτείται για την εισαγωγή τους στα μαθηματικά μοντέλα προσδιορισμού πηγών και όχι λόγω της οσμηρότητας τους.
- Στο Ε1 και Ε2 οι ημέρες με οσμή εμφανίζονται όταν έχουμε ΝΝΔ διεύθυνση ανέμου ενώ στο Ε4 ΝΝΑ, με τις θειούχες (κυρίως мерκαπτάνες) και τις αρωματικές να αυξάνουν τις συγκεντρώσεις τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1.Céline Degrendele, Heide Lore Fiedler, [Anton Kočan](#), Petr Kukučka, Petra Přibyllová, Roman Prokeš, Jana Klánová, Gerhard Lammel. Multiyear levels of PCDD/Fs, dl-PCBs and PAHs in background air in central Europe and implications for deposition, [Chemosphere Volume 240](#), February 2020, 124852
2. Peter Bruckmann, Ernst Hiester, Marcel Klees, [Cornelius Zetzsch](#). Trends of PCDD/F and PCB concentrations and depositions in ambient air in Northwestern Germany [Chemosphere Volume 93, Issue 8](#), November 2013, Pages 1471-1478
3. [Manolis Mandalakis](#), [Manolis Tsapakis](#), [Athanasia Tsoga](#), [Euripides G. Stephanou](#). Gas-particle concentrations and distribution of aliphatic hydrocarbons, PAHs, PCBs and PCDD/Fs in the atmosphere of Athens (Greece) [Atmospheric Environment Volume 36, Issue 25](#), September 2002, Pages 4023-4035

4. <https://www.sciencedirect.com/book/9780123970220/corrosion-control-in-the-oil-and-gas-industry>
5. O'Neil, M.J. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. 13th Edition, Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 2001., p. 266
6. Beilstein; MDL Information Systems. Available from, as of Jun 21, 2005: <http://www.stn-international.de/stndatabases/databases/beilstei.html>
7. Ruth, M. F., Radoslaw, J. B., H. Suffet, James E.H., Richard, M.S., Framework for the use of odour wheels to manage odours throughout wastewater biosolids processing. Science of The Total Environment (2018), 214-223, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.352>
8. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), <https://www.cdc.gov/niosh/pel88/108-98.html>
9. Yu, B., Xu, P., Shi, Q., Ma, C., Deep Desulfurization of Diesel Oil and Crude Oils by a Newly Isolated Rhodococcus erythropolis Strain, Appl Environ Microbiol. 2006 Jan; 72(1): 54–58. doi: [10.1128/AEM.72.1.54-58.2006](https://doi.org/10.1128/AEM.72.1.54-58.2006)
10. Patenta US2450658A, Production of thiophene, United States.
11. Sulfur in the Atmosphere, Edited by R.B. HUSAR, J.P. LODGE, JR. and D.J. MOORE, Proceedings of the International Symposium Held in Dubrovnik, Yugoslavia, 7–14 September 1977. (1978), Pages 241-253, ISBN: 978-0-08-022932-4, <https://doi.org/10.1016/C2013-0-03024-1>
12. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Interaction profile for: Benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes (BTEX). US Dep. of Health and Human Services; 2004.
13. Handbook of Environmental Fate and Exposure Data For Organic Chemicals. P.H. Howard, Lewis Publishers, CRC Press, ISBN 0-87371-204-8, (1990) 120-128 pp., Vol. https://books.google.gr/books?id=MwH48Ct3sFEC&pg=PA121&lpg=PA121&dq=cyclohexane+source+atmosphere&source=bl&ots=MI9zliNfRd&sig=ACfU3U3IRdrGvI9f hRIIruvwDPiDHL6V_A&hl=el&sa=X&ved=2ahUKEwj2I-xyd_mAhWuwAIHHcq-DaIQ6AEwDXoECAoQAQ#v=onepage&q=cyclohexane%20source%20atmosphere&f=false
14. US EPA (1987) Health and environmental effects document for cumene. Prepared by the Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office, US Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, for the Office of Solid Waste and Emergency Response, US Environmental Protection Agency, Washington, DC, dated August 1987. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/2000SK9D.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1986%20Thru%201990&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5C>

[ZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C86THRU90%5CTXT%5C00000013%5C2000SK9D.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1](#)

15. NIOSH, 1983 <https://www.cdc.gov/niosh/docs/83-119/default.html>

16. C.V. Hampton, W.R. Pierson, T.M. Harvey, W.S. Updegrave, and R.S. Marañón **Hydrocarbon Gases Emitted from Vehicles on the Road. 1. A Qualitative Gas Chromatography/Mass Spectrometry Survey** Environ. Sci. Technol. (1982), 16, 287-298.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Σημείο Δειγματοληψίας : ΔΚ1 , 2^ο Δημοτικό Σχολείο Δραπετσώνας



Σημείο Δειγματοληψίας : ΔΚ2 , 4^ο ΓΕΛ Κερατσινίου



**Σημείο Δειγματοληψίας : ΔΚ3 (Υπόβαθρο) , 1^ο Ενιαίο Λύκειο
Κερατσινίου**



Σημείο Δειγματοληψίας : ΔΚ4 (Οικίσκος - λιπάσματα)



Σημείο Δειγματοληψίας : ΔΚ5 (Γέφυρες)



Σημείο Δειγματοληψίας : Ε1 , 3^ο Δημοτικό Σχολείο Μάνδρας



Σημείο Δειγματοληψίας : Ε2, 4^ο Δημοτικό Σχολείο Ελευσίνας



**Σημείο Δειγματοληψίας : Ε3 (Υπόβαθρο), 7^ο Δημοτικό Σχολείο
Ελευσίνας**



Σημείο Δειγματοληψίας : Ε4 (πλησίον ΕΛΠΕ)

