



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΧΓΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

## ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ

Παροχή υπηρεσιών μετρήσεων ατμοσφαιρικών  
ρύπων στην περιοχή του Εμπορικού Λιμένα Βόλου

## ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, Μάρτιος 2015

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

ΕΙΔΙΚΟΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΚΟΝΔΥΛΙΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ

Κτίριο ΚΕΔΕΑ, 3ης Σεπτεμβρίου,

Πανεπιστημιούπολη,

546 36 Θεσσαλονίκη

Πρόεδρος: Καθηγητής Θ. Λαόπουλος,

Αναπληρωτής Πρύτανης Έρευνας και

Συντονισμού

Τηλ. 2310 995140, Fax 2310 200392

Email: research@rc.auth.gr

ΔΙΑΠΙΣΤΕΥΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

"Εργαστήριο Ελέγχου Ρύπανσης Περιβάλλοντος-

Ομάδα Μέτρησης Αιωρούμενων Σωματιδίων,

ΕΕΡΠ-ΟΜΑΣ",

Παλαιό Χημείο, Πανεπιστημιούπολη, 541 24

Θεσσαλονίκη

Διευθύντρια: Καθηγ. Κ. Σαμαρά-Κωνσταντίνου

Τηλ. 2310 997805, Fax 2310 997747

Email: csamara@chem.auth.gr

*Τίτλος Έργου*

**Παροχή υπηρεσιών μετρήσεων ατμοσφαιρικών ρύπων  
στην περιοχή του Εμπορικού Λιμένα Βόλου**

*Χρονική Διάρκεια*

12 μήνες (24/01/2014 – 23/01/2015)

*Φορέας Χρηματοδότησης*

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΛΙΜΕΝΟΣ ΒΟΛΟΥ, Α.Ε.

*Αριθμός Συμβολαίου*

122720/09-12-2013

*Ανάδοχος*

Διαπιστευμένο Εργαστήριο "Εργαστήριο Ελέγχου Ρύπανσης  
Περιβάλλοντος-Ομάδα Μέτρησης Αιωρούμενων Σωματιδίων,  
ΕΕΡΠ-ΟΜΑΣ", Τμήμα Χημείας, Α.Π.Θ.

*Επιστημονικώς Υπεύθυνη*

Κ. Σαμαρά-Κωνσταντίνου, Καθηγήτρια Τμ. Χημείας Α.Π.Θ.

*Επιστημονικοί Συνεργάτες*

Δ. Βουτσά, Αναπλ. Καθηγήτρια Τμ. Χημείας Α.Π.Θ.

Α. Κούρας, Διδάκτωρ Χημείας, ΕΔΙΠ Τμ. Χημείας Α.Π.Θ.

Ε. Μανώλη, Διδάκτωρ Χημείας, ΕΔΙΠ Τμ. Χημείας Α.Π.Θ.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. Μεθοδολογία</b> .....	3
1.1. Σταθμός μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης .....	3
1.2. Δειγματοληψία και χημική ανάλυση των PM10 .....	5
1.2.1. PAHs .....	5
1.2.2. Μέταλλα/μεταλλοειδή.....	6
<b>2. Αποτελέσματα</b> .....	7
2.1. Συγκεντρώσεις αέριων και σωματιδιακών ρύπων .....	7
2.2. Συσχέτιση με μετεωρολογικούς παράγοντες.....	11
2.3. Σταθμικές μετρήσεις /αναλύσεις PM10 .....	18
2.3.1. PM10 .....	18
2.3.2. PAHs .....	18
2.3.3. Μέταλλα/μεταλλοειδή.....	24
2.4. Συγκριτικά δεδομένα .....	28
Βιβλιογραφία .....	32

## 1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### 1.1. Σταθμός μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Ο σταθμός μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ΣΜΑΡ) εγκαταστάθηκε σε οικίσκο που διαθέθηκε από την ΟΛΒ Α.Ε. και βρίσκεται στο δυτικό άκρο της περιοχής του λιμένα (Εικόνα 1). Ο εξοπλισμός του ΣΜΑΡ περιλαμβάνει όργανα online μέτρησης αερίων ρύπων ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$ , αρωματικών υδρογονανθράκων ΒΤΕΧ) και αιωρούμενων σωματιδίων  $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$ , μετεωρολογικό σταθμό, λογισμικό συλλογής και καταγραφής μετρήσεων, Η/Υ και δειγματολήπτη  $\text{PM}_{10}$  (Πίνακας 1, Εικόνα 2).



**Εικόνα 1.** Ο σταθμός μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ΣΜΑΡ) του ΟΛΒ

Οι αναλυτές  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$ , ΒΤΕΧ τοποθετήθηκαν στο εσωτερικό του οικίσκου, σε κλιματιζόμενο χώρο. Ο αυτόματος μετρητής  $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$  και ο δειγματολήπτης  $\text{PM}_{10}$  τοποθετήθηκαν σε ειδικά διαμορφωμένες εξωτερικές θέσεις, στο πλαϊνό και μπροστινό μέρος του οικίσκου. Τα ακροφύσια και οι κεφαλές όλων των συσκευών μέτρησης/δειγματοληψίας τοποθετήθηκαν σε κατάλληλο ύψος από το έδαφος ώστε να βρίσκονται μέσα στη ζώνη αναπνοής (1.5-3.5 m).

**Πίνακας 1.** Εξοπλισμός του ΣΜΑΡ του ΟΛΒ

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



**Εικόνα 2.**  
*Δειγματολήπτης αιωρούμενων  
σωματιδίων PM10 κατά ISO/IEC  
EN-12341*

Η βαθμονόμηση/συντήρηση των αυτόματων αναλυτών NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, BTEX γίνεται σε μηνιαία βάση από διαπιστευμένο Εργαστήριο Ι.Β. Καμπάς Ε.Π.Ε., Κέντρο Αναλυτικής Οργανολογίας & Εργαστηρίων Περιβαλλοντικών Μετρήσεων.

## 1.2. Δειγματοληψία και χημική ανάλυση των PM10

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

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

### 1.2.1. PAHs

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

Η βαθμονόμηση του συστήματος HPLC/FLD έγινε με το πρότυπο NIST Standard Reference Material 1647c που περιέχει 16 PAHs: Naphthalene (Np), Acenaphthylene (Acn), Acenaphthene (Ace), Fluorene (F), Phenanthrene (Ph), Anthracene (An), Fluoranthene (Fl), Pyrene (Py), Benzo[a]anthracene (B[a]An), Chrysene (Chry), Benzo[b]fluoranthene (B[b]Fl), Benzo[k]fluoranthene (B[k]Fl), Benzo[a]pyrene (B[a]Py), diBenzo[a,h]anthracene (dB[a,h]An), Benzo[g,h,i]perylene (B[ghi]Pe), Indeno[1,2,3-c,d]pyrene (IPy). Το Acenaphthylene έχει πολύ ασθενή φθορισμό και γι αυτό δεν μπορεί να ανιχνευθεί με HPLC/FLD. Στο κεφάλαιο 2.2.2 δίνονται αποτελέσματα για 13 PAHs (Ph-IPy) που συνήθως ανιχνεύονται στη σωματιδιακή φάση της ατμόσφαιρας.

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

ng/m<sup>3</sup>. Για τη στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων, οι συγκεντρώσεις κάτω από το όριο ανίχνευσης θεωρήθηκαν ίσες με το μισό της τιμής του ορίου.

### **1.2.2. Μέταλλα/ μεταλλοειδή**

Ο προσδιορισμός των μετάλλων/μεταλλοειδών στα δείγματα των PM10 πραγματοποιείται με την τεχνική ICP-MS μετά από διαλυτοποίηση (πέψη) των φίλτρων με μίγμα νιτρικού οξέος HNO<sub>3</sub> και υπεροξειδίου του υδρογόνου H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Ο έλεγχος ποιότητας περιλαμβάνει ανάλυση λευκών φίλτρων και αντιδραστηρίων, καθώς και επιφορτισμένων δειγμάτων (spike). Η ανάκτηση των μετάλλων από τα δείγματα των φίλτρων κυμάνθηκε μεταξύ 95.4% για το Cr και 111% για το As. Το όριο ποσοτικοποίησης (LOQ) για τα στοιχεία Pb, As, Ni, Mn, Fe, Zn και Cr είναι 0,025 μg/δείγμα, ενώ για το Cd είναι 0,0025 μg/δείγμα.

## 2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 2.1. Συγκεντρώσεις αέριων και σωματιδιακών ρύπων

Η μέση ημερήσια διακύμανση των συγκεντρώσεων BTEX, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub> κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριος 2014-Φεβρουάριος 2015 (24-01-2014 έως 28-02-2015) δίνεται στο Σχήμα 1. Όπως προκύπτει, όλοι οι πρωτογενείς ρύποι εμφανίζουν δύο μέγιστα ένα πρωινό (8:00-9:00) και ένα βραδινό (23:00-24:00), τα οποία σχετίζονται με την ημερήσια διακύμανση των πηγών εκπομπής (κυκλοφορία, οικιακή θέρμανση), αλλά και των μετεωρολογικών συνθηκών (ύψος ανάμιξης, ταχύτητα ανέμου). Όπως αναμενόταν, η ημερήσια διακύμανση του δευτερογενούς O<sub>3</sub> είναι αντίθετη με μέγιστο μεταξύ 14:00-18:00.

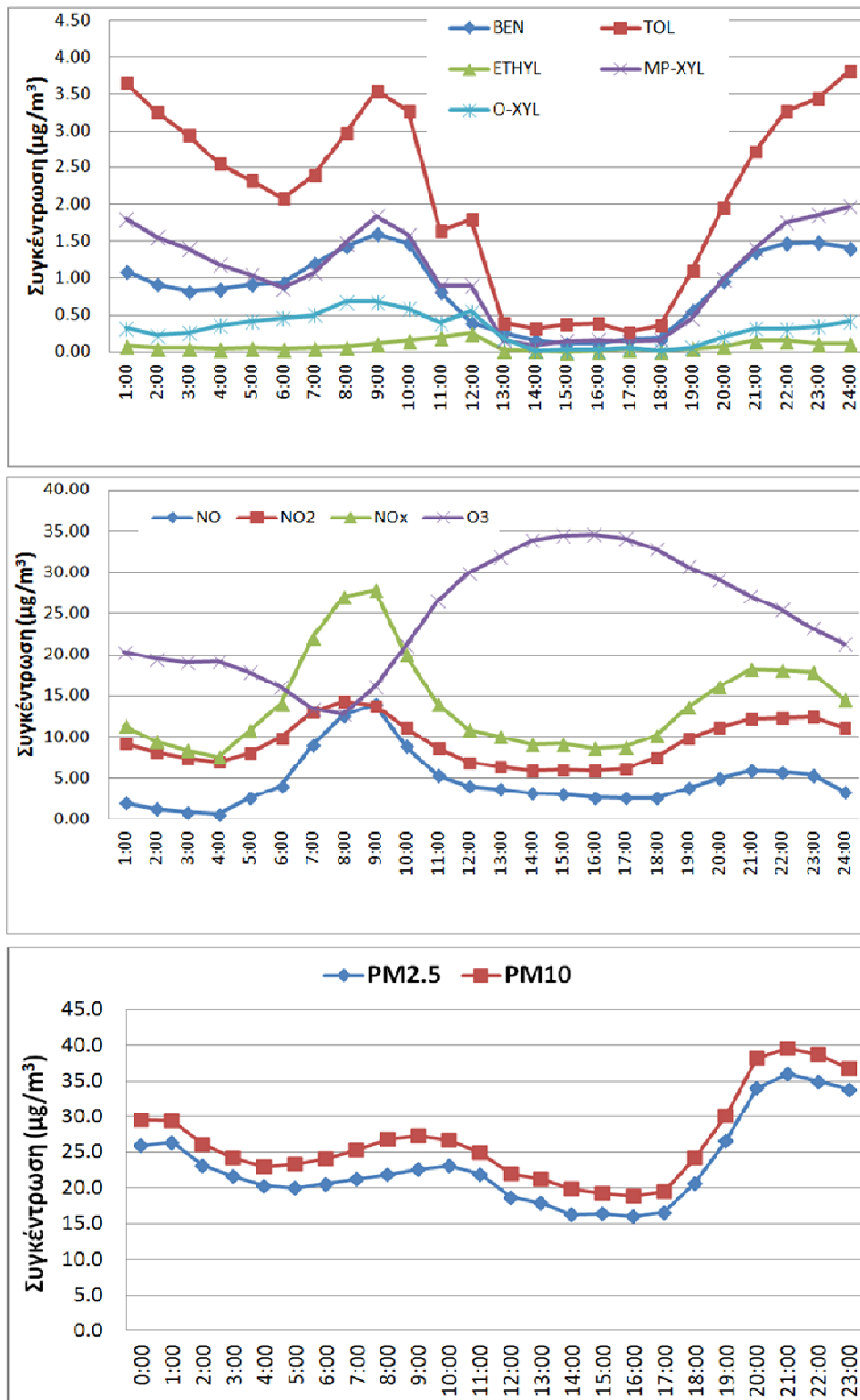
Η συνδιακύμανση που παρατηρείται μεταξύ πολλών ρύπων υποδηλώνει ότι αυτοί εκπέμπονται από τις ίδιες ανθρωπογενείς πηγές, εκτίθενται στα ίδια φαινόμενα αραίωσης μετά την εκπομπή τους στον ατμοσφαιρικό αέρα, ή ακόμη ότι υπόκεινται στους ίδιους μηχανισμούς αποδόμησης π.χ. μέσω χημικών αντιδράσεων ή φωτόλυσης.

Η εβδομαδιαία και μηνιαία διακύμανση των συγκεντρώσεων των BTEX, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub> δίνονται στα Σχήματα 2 και 3, αντίστοιχα. Όπως προκύπτει, οι συγκεντρώσεις όλων των πρωτογενών ρύπων είναι σχετικά υψηλότερες κατά τις εργάσιμες ημέρες σε σύγκριση με το Σαββατοκύριακο, και σημαντικά υψηλότερες κατά τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους θερινούς. Οι υψηλότερες τιμές της χειμερινής περιόδου οφείλονται τόσο στις εκπομπές από εποχικές πηγές (οικιακή θέρμανση, αυξημένες εκπομπές από την κυκλοφορία ή/και τη βιομηχανία), όσο και στις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες (χαμηλότερο ύψος ανάμιξης, πιο συχνές άπνοιες και θερμοκρασιακές αναστροφές) που δεν ευνοούν τη διασπορά. Αντίθετη είναι η εβδομαδιαία και μηνιαία διακύμανση του δευτερογενούς O<sub>3</sub>.

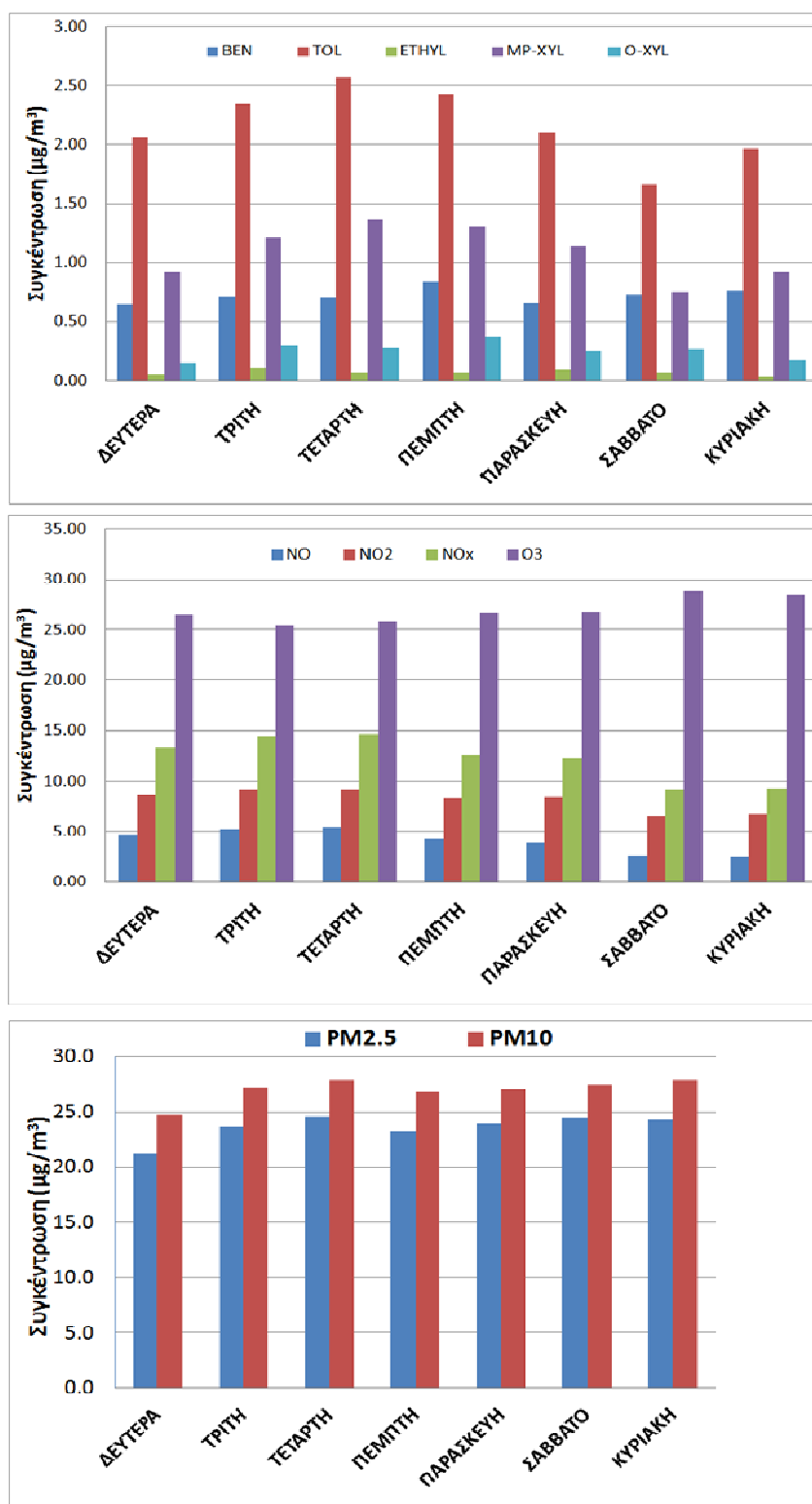
Σε σύγκριση με τα όρια της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ «για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη», η μέση ωριαία τιμή του NO<sub>2</sub> για το χρονικό διάστημα των μετρήσεων ήταν 9 μg/m<sup>3</sup>, κατά πολύ μικρότερη από το ετήσιο όριο (40 μg/m<sup>3</sup>), ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία υπέρβαση του ωριαίου ορίου των 200 μg/m<sup>3</sup>. Αντίστοιχα, η μέση τιμή του βενζολίου για το ίδιο χρονικό διάστημα ήταν 0.9 μg/m<sup>3</sup>, επίσης κατά πολύ μικρότερη του ετήσιου ορίου (5 μg/m<sup>3</sup>).

Η μέση ετήσια τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM<sub>10</sub> ήταν 26 μg/m<sup>3</sup>, μικρότερη του αντίστοιχου ετήσιου ορίου (40 μg/m<sup>3</sup>), ενώ ο αριθμός των υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των 50 μg/m<sup>3</sup> ήταν 25 (με τιμές μεταξύ 51-72 μg/m<sup>3</sup>), μικρότερος του ανώτατου επιτρεπτού αριθμού των 35 υπερβάσεων/έτος. Τέλος, η μέση ετήσια τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM<sub>2.5</sub> ήταν 22 μg/m<sup>3</sup>, μικρότερη του ετήσιου ορίου (25 μg/m<sup>3</sup>).

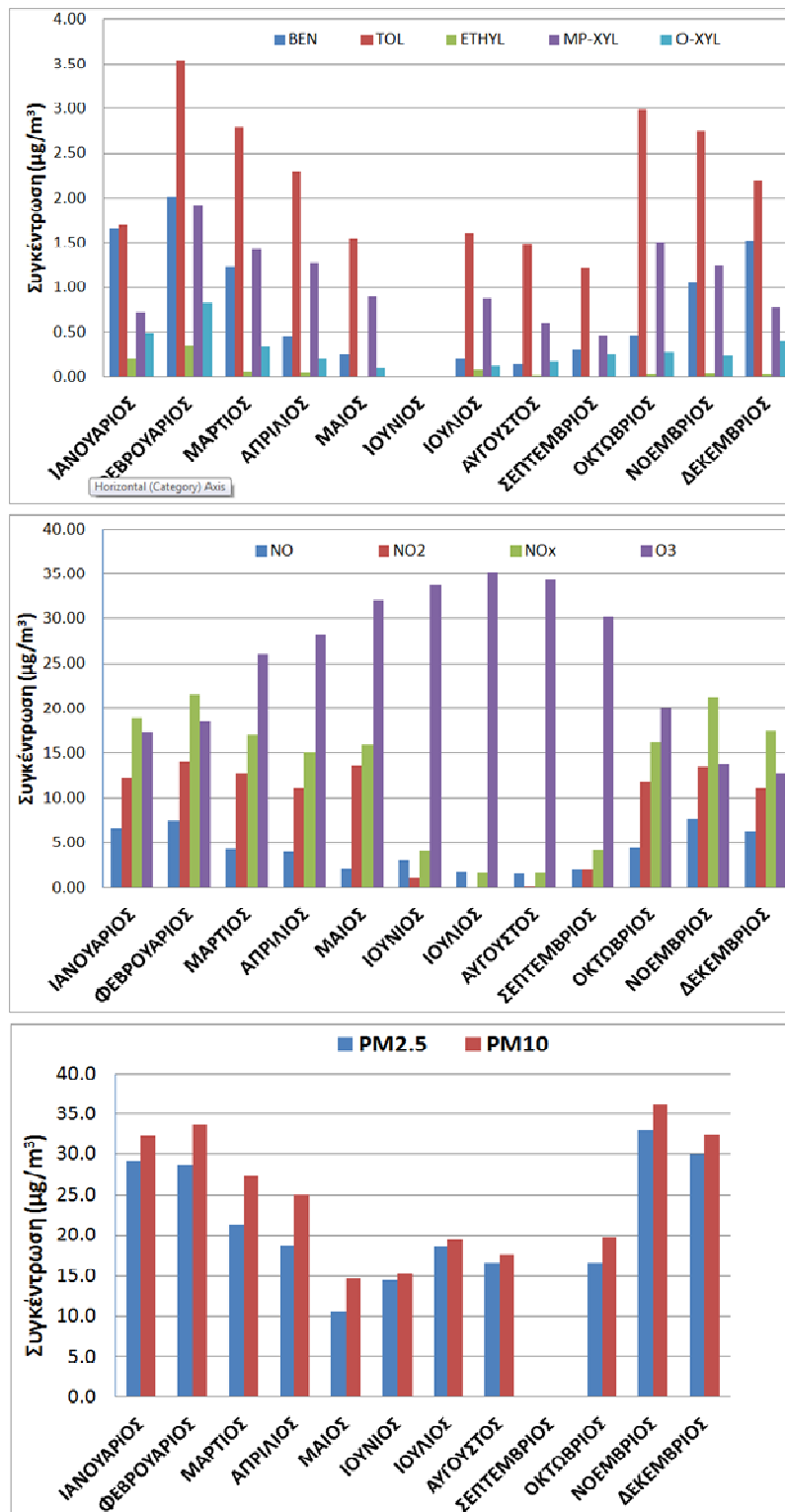




**Σχήμα 1.** Μέση ημερήσια διακύμανση των συγκεντρώσεων BTEX, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub> κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριος 2014-Φεβρουάριος 2015



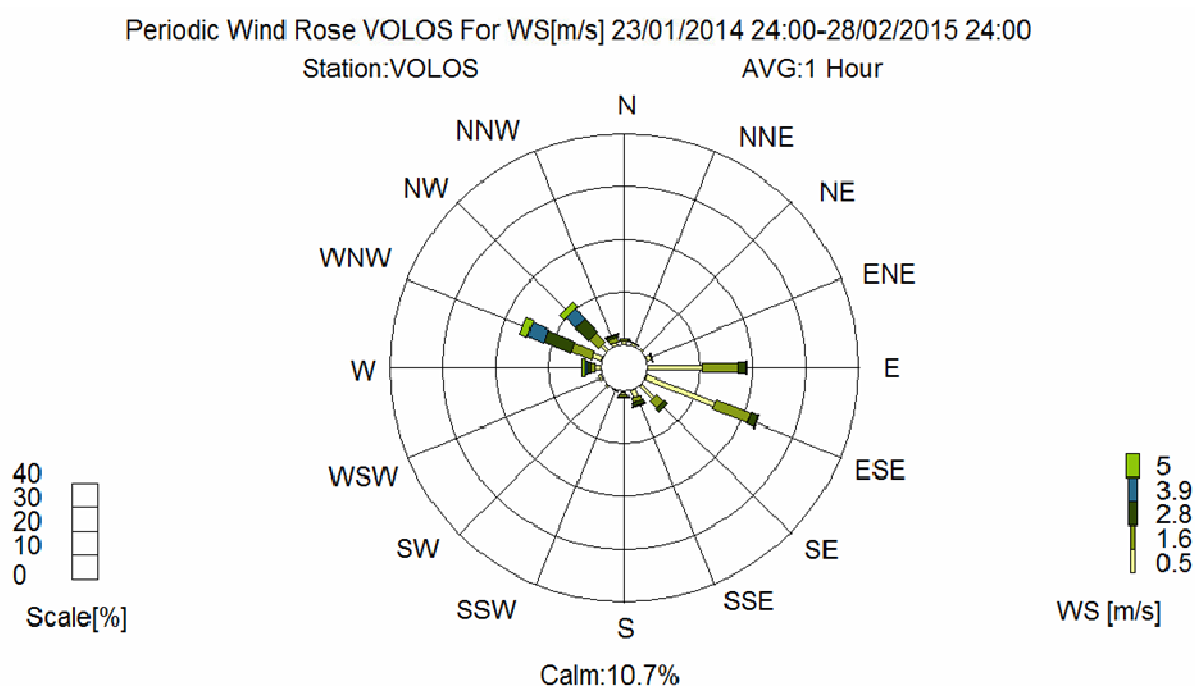
**Σχήμα 2.** Μέση εβδομαδιαία διακύμανση των συγκεντρώσεων BTEX, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub> κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριος 2014-Φεβρουάριος 2015



Σχήμα 3. Μέση μηνιαία διακύμανση των συγκεντρώσεων BTEX, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub> κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριος 2014-Φεβρουάριος 2015

## 2.2. Συσχέτιση με μετεωρολογικούς παράγοντες

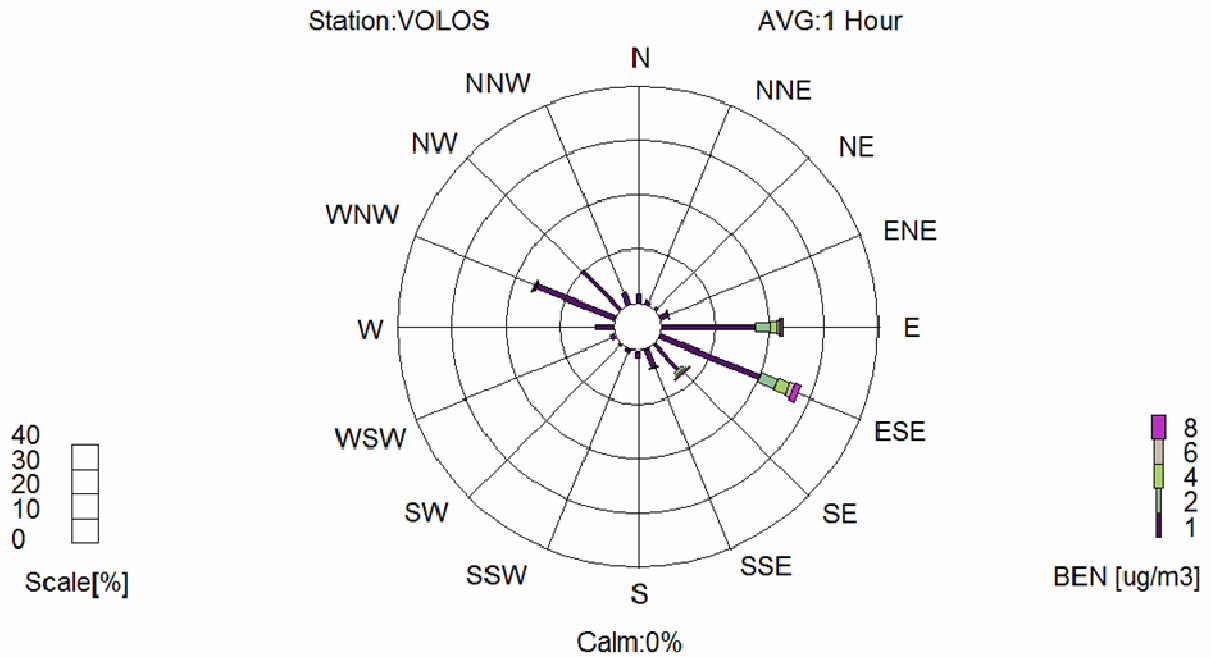
Η συχνότητα εμφάνισης των επικρατούντων ανέμων κατά τη διάρκεια της περιόδου των μετρήσεων δίνεται στο ροδόγραμμα του Σχήματος 4. Είναι εμφανές ότι κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, στην περιοχή επικρατούσε άπνοια σε ποσοστό περίπου 11%, άνεμοι νοτιοανατολικοί-ανατολικοί ασθενείς (με ταχύτητα < 2 m/s) σε ποσοστό περίπου 40% και άνεμοι δυτικοί-βορειοδυτικοί, πιο ισχυροί (με ταχύτητα μέχρι και 5 m/s), σε ποσοστό περίπου 30%.



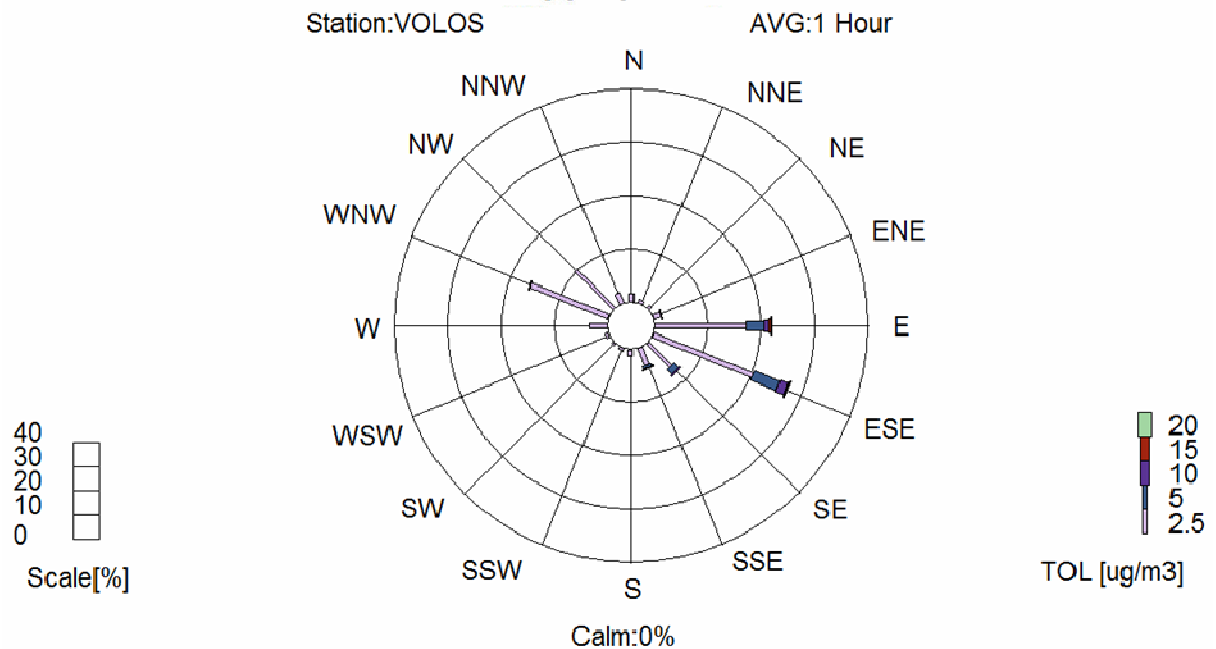
**Σχήμα 4.** Ροδόγραμμα επικρατούντων ανέμων κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριος 2014-Φεβρουάριος 2015

Τα αντίστοιχα ροδογράμματα των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων και των αιωρούμενων σωματιδίων PM10 και PM2.5 δίνονται στα Σχήματα 5-7. Όπως φαίνεται, όλοι σχεδόν οι ρύποι εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις τους με νοτιοανατολικούς και ανατολικούς ανέμους, γεγονός που υποδηλώνει επιδράσεις από την κίνηση των πλοίων, πιθανή μεταφορά από αστικές και βιομηχανικές χερσαίες δραστηριότητες από την περιοχή ανατολικά του λιμανιού, ενώ υπογραμμίζει και το σημαντικό ρόλο της θαλάσσιας αύρας, η οποία μπορεί να ανακυκλώνει τους ρύπους που εκπέμπονται κατά τη διάρκεια της νύχτας στην ατμόσφαιρα της πόλης.

Periodic Pollution Rose VOLOS For BEN[ug/m3] 23/01/2014 24:00-28/02/2015 24:00



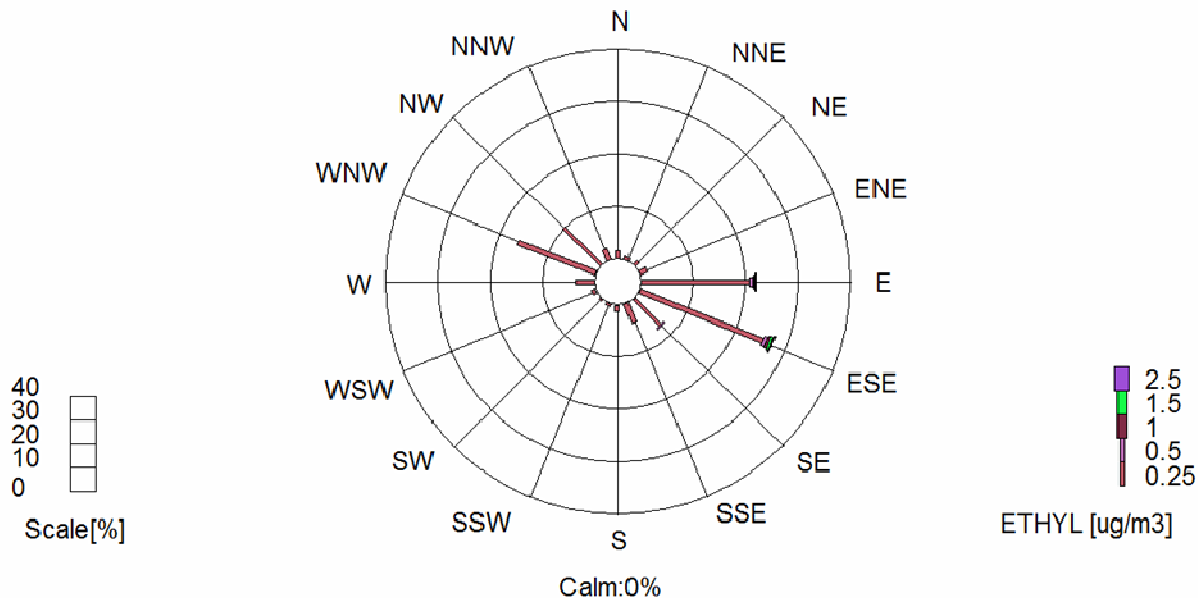
Periodic Pollution Rose VOLOS For TOL[ug/m3] 23/01/2014 24:00-28/02/2015 24:00



**Σχήμα 5.** Ροδογράμματα των συγκεντρώσεων των αρωματικών υδρογονανθράκων BTEX κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριος 2014-Φεβρουάριος 2015

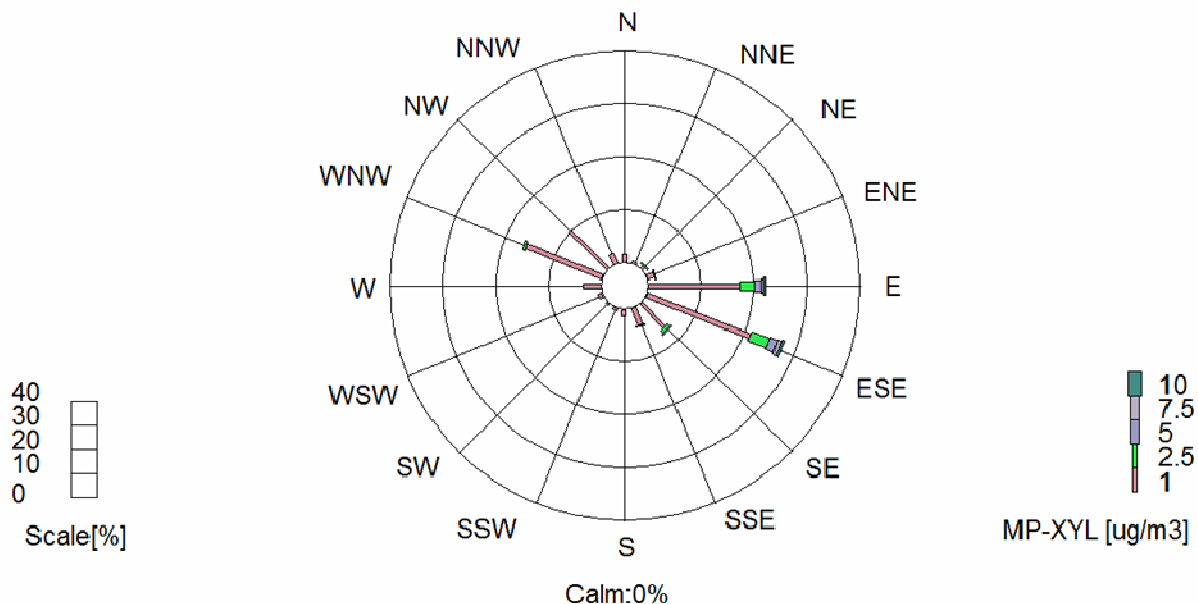
Periodic Pollution Rose VOLOS For ETHYL[ug/m3] 23/01/2014 24:00-28/02/2015 24:00

Station:VOLOS AVG:1 Hour



Periodic Pollution Rose VOLOS For MP-XYL[ug/m3] 23/01/2014 24:00-28/02/2015 24:0

Station:VOLOS AVG:1 Hour

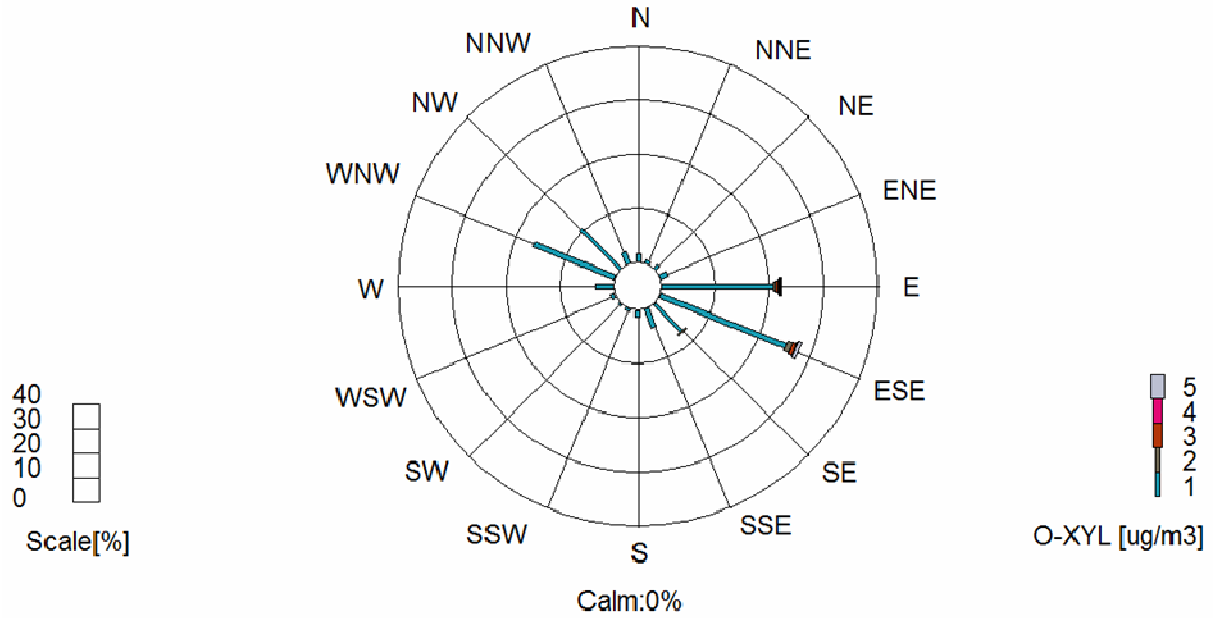


**Σχήμα 5 (συνέχεια).** Ροδογράμματα των συγκεντρώσεων των αρωματικών υδρογονανθράκων BTEX κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριος 2014-Φεβρουάριος 2015

Periodic Pollution Rose VOLOS For O-XYL[ug/m3] 23/01/2014 24:00-28/02/2015 24:00

Station:VOLOS

AVG:1 Hour

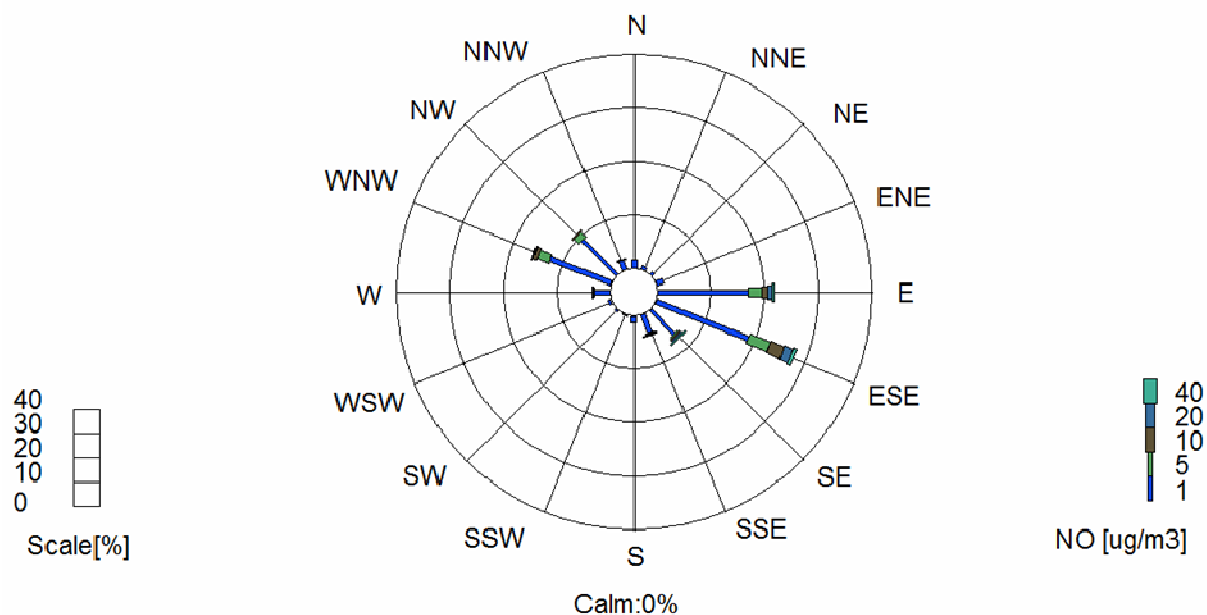


**Σχήμα 5 (συνέχεια).** Ροδογράμματα των συγκεντρώσεων των αρωματικών υδρογονανθράκων BTEX κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριος 2014-Φεβρουάριος 2015

Periodic Pollution Rose VOLOS For NO<sub>2</sub>[ug/m<sup>3</sup>] 23/01/2014 24:00-28/02/2015 24:00

Station:VOLOS

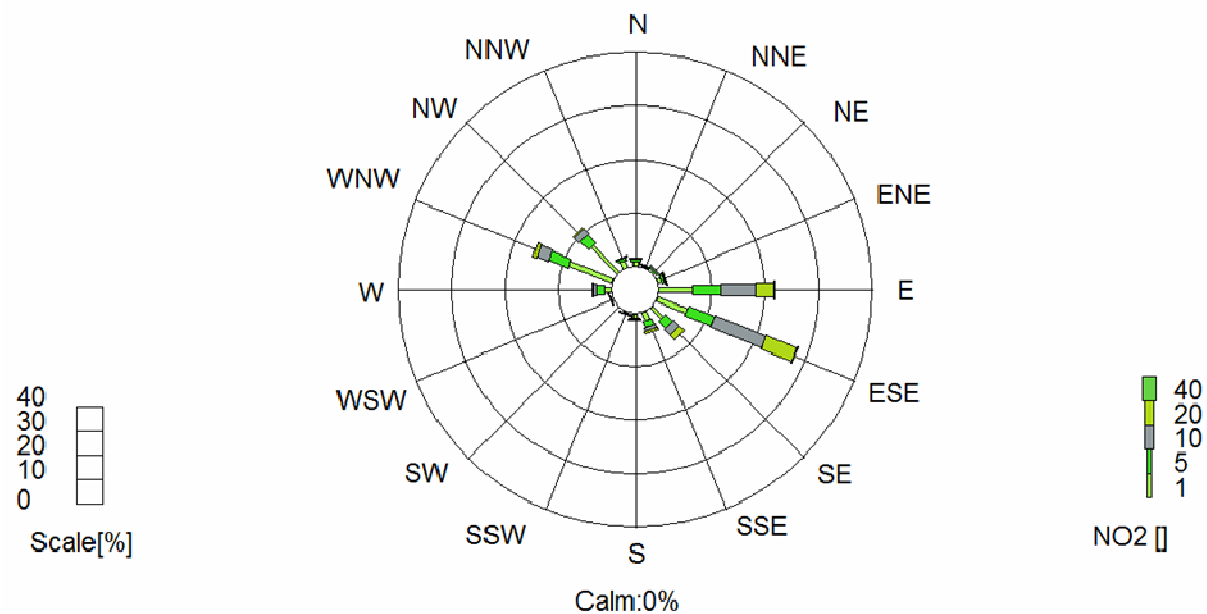
AVG:1 Hour



Periodic Pollution Rose VOLOS For NO<sub>2</sub> 23/01/2014 24:00-28/02/2015 24:00

Station:VOLOS

AVG:1 Hour



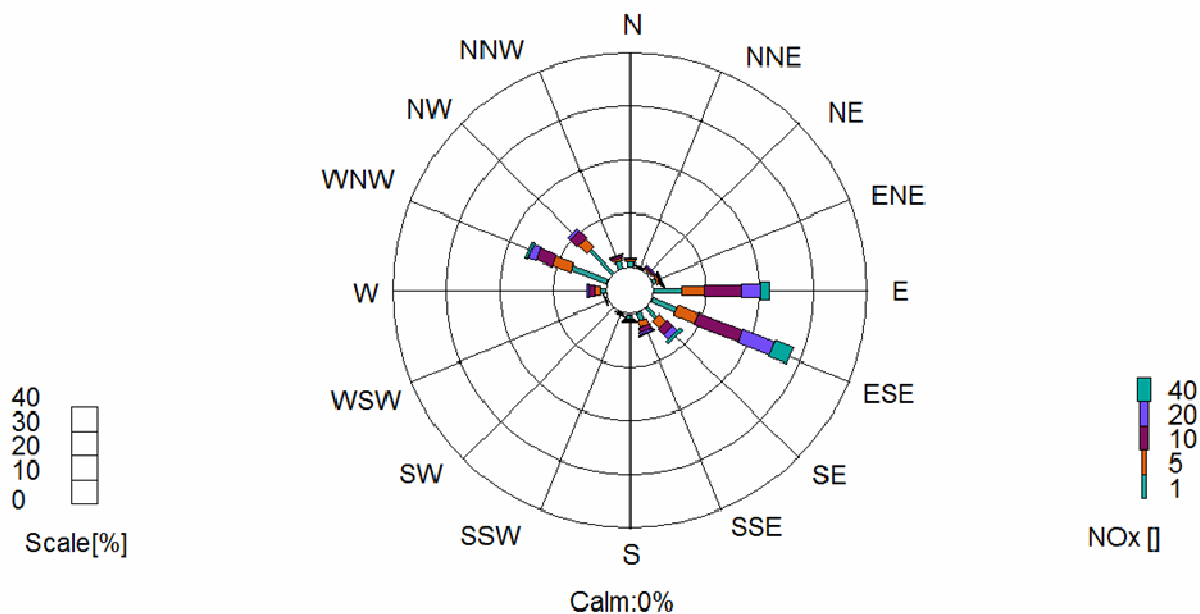
**Σχήμα 6.** Ροδογράμματα των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριος 2014-Φεβρουάριος 2015



Periodic Pollution Rose VOLOS For NOx[] 23/01/2014 24:00-28/02/2015 24:00

Station:VOLOS

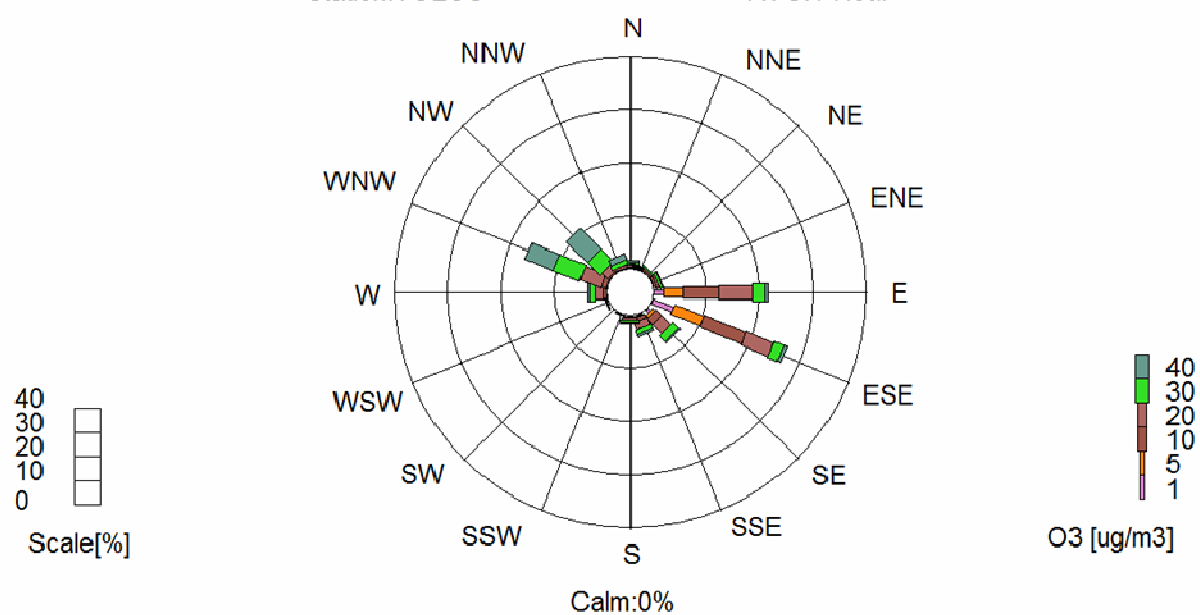
AVG:1 Hour



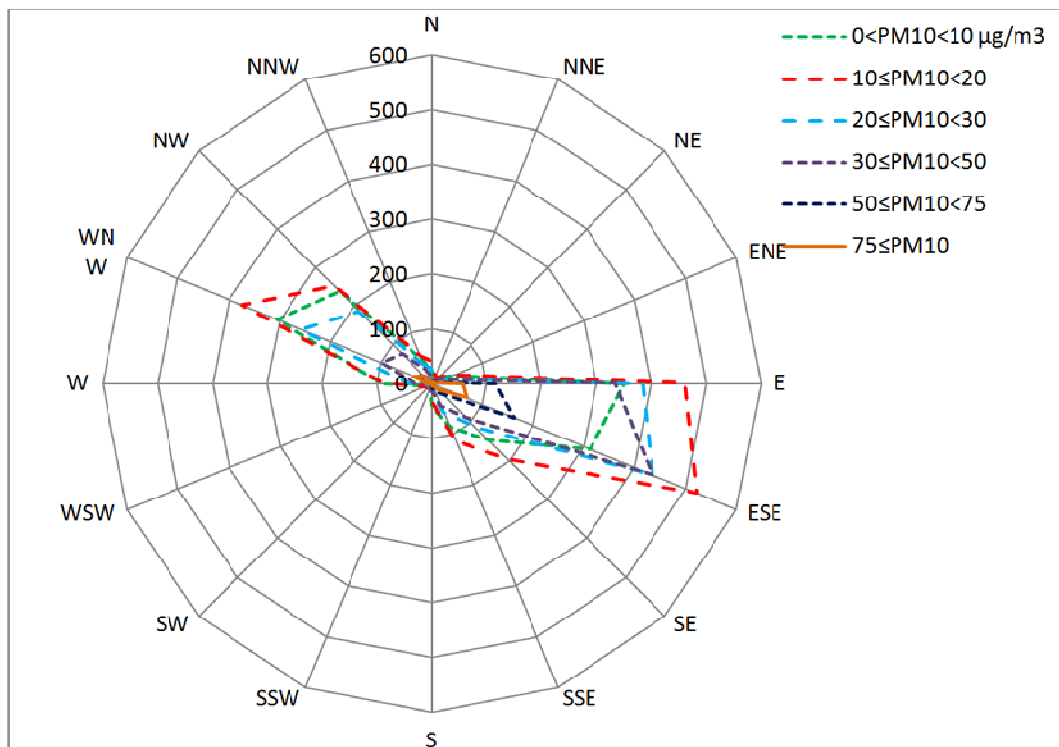
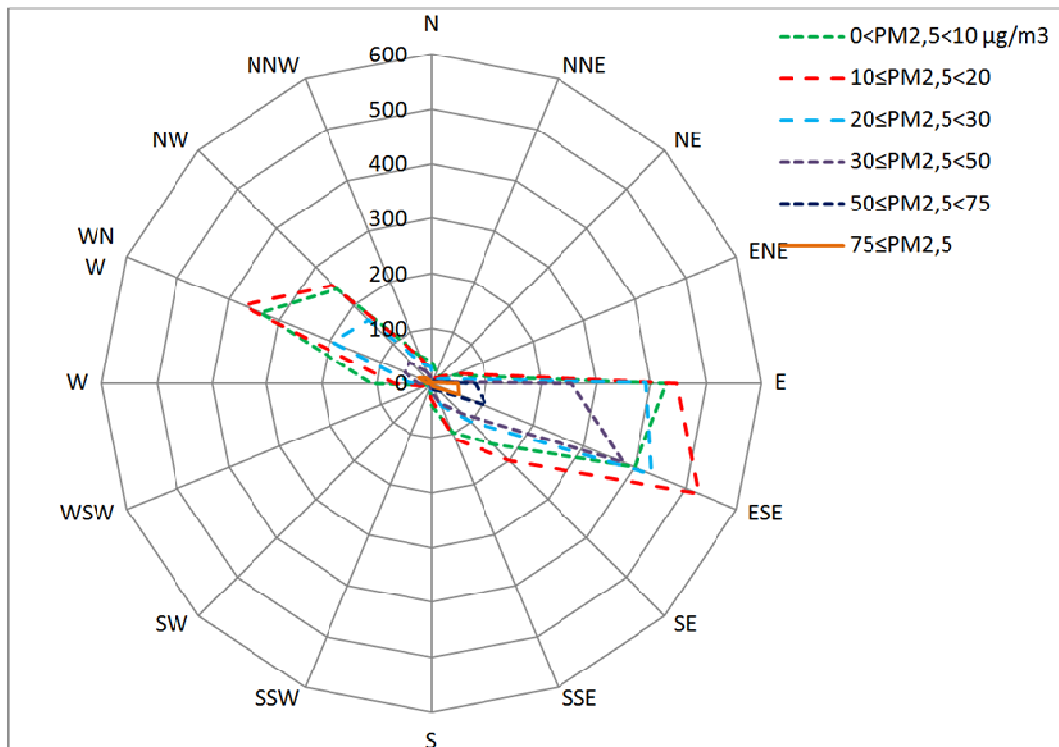
Periodic Pollution Rose VOLOS For O3[ug/m<sup>3</sup>] 23/01/2014 24:00-28/02/2015 24:00

Station:VOLOS

AVG:1 Hour



**Σχήμα 6 (συνέχεια).** Ροδογράμματα των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριος 2014-Φεβρουάριος 2015

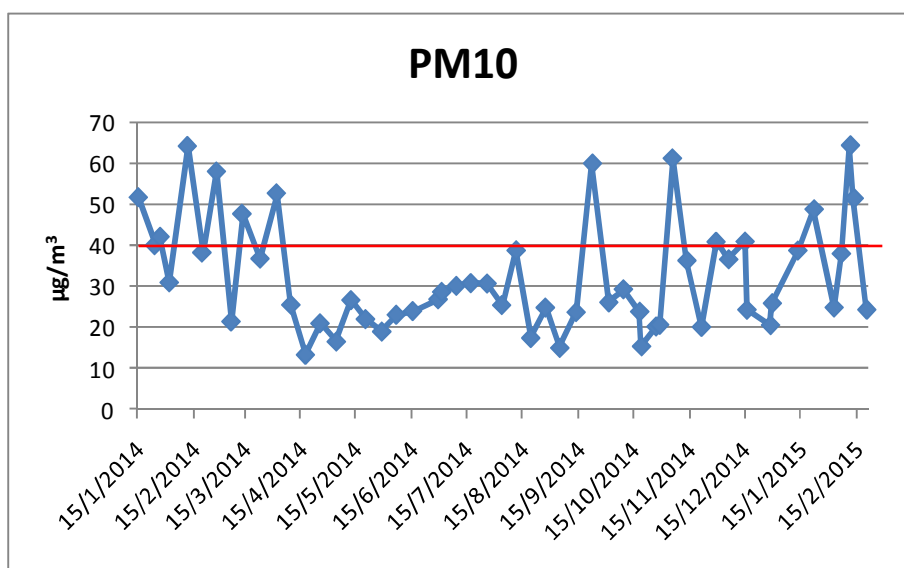


**Σχήμα 7.** Ροδογράμματα των συγκεντρώσεων PM10 και PM2.5 κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριος-Νοέμβριος 2014

## 2.3. Σταθμικές μετρήσεις/αναλύσεις PM10

### 2.3.1. PM10

Οι συγκεντρώσεις των PM10 που συλλέχθηκαν από 24/1/14 μέχρι και 20/2/2015 σε φίλτρο quartz για χημική ανάλυση και προσδιορίστηκαν σταθμικά, κυμάνθηκαν μεταξύ 13,4 και 64,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Σχήμα 8).



**Σχήμα 8.** Συγκεντρώσεις των PM10 στα δείγματα που υποβλήθηκαν σε χημική ανάλυση

### 2.3.2. PAHs

Οι συγκεντρώσεις των 13 PAHs που προσδιορίστηκαν στα δείγματα PM10 δίνονται στον Πίνακα 2. Στο Σχήμα 9 απεικονίζονται οι χρονικές διακυμάνσεις της αθροιστικής συγκέντρωσης των 13 PAHs ( $\Sigma 13\text{PAHs}$ ) και του Β[a]Pγ. Τέλος, στο Σχήμα 10 απεικονίζεται η μέση ετήσια τιμή των 13 PAHs ( $\Sigma 13\text{PAHs}$ ) και του Β[a]Pγ.

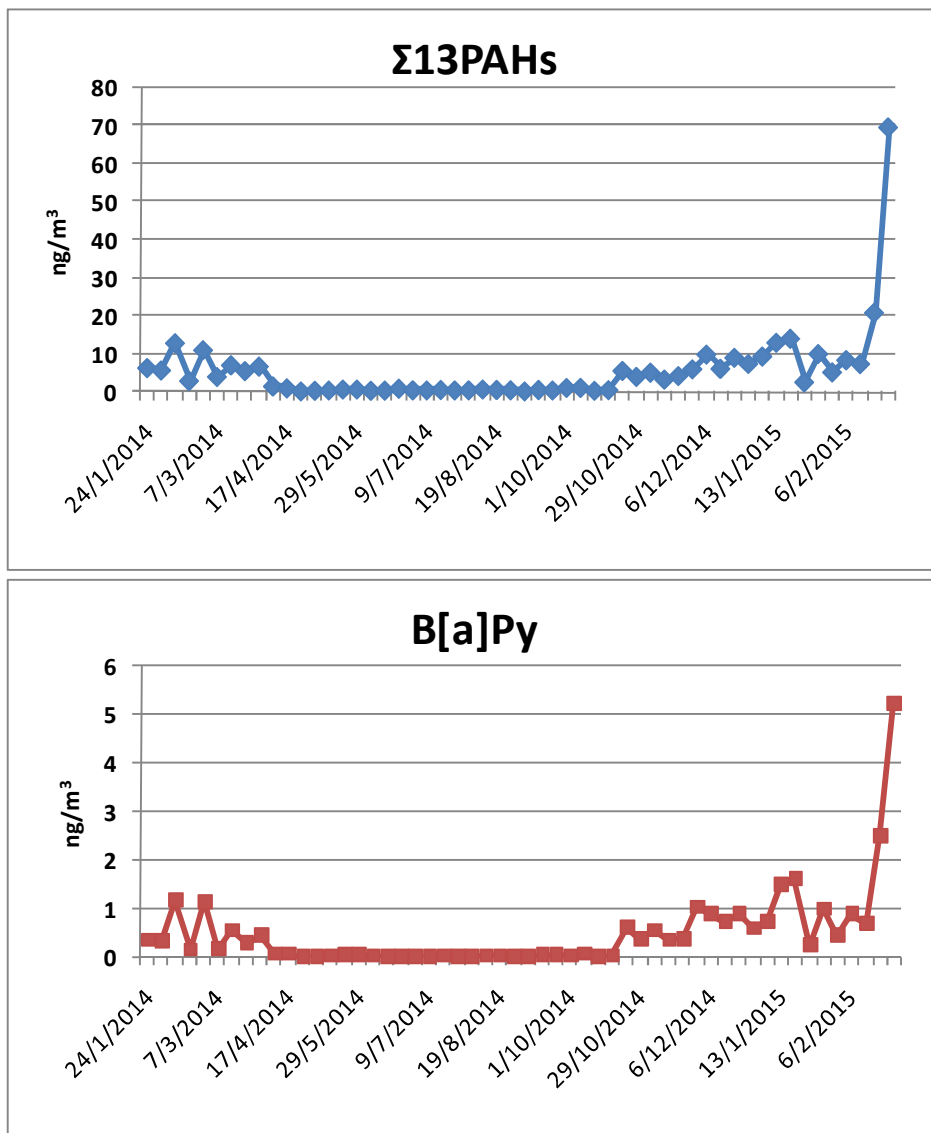
**Πίνακας 2.** Συγκεντρώσεις ΡΑΗs στα PM10 (ng/m<sup>3</sup>)

Ημερομηνία	Ph	An	Fl	Py	B[a]An	Chry	B[b]Fl	B[k]Fl	B[a]Py	dB[a,h]An	B[ghi]Pe	IPy	Σ13ΡΑΗs
24/1/2014	0,201	0,223	0,566	0,151	0,220	0,416	1,273	0,691	0,351	0,155	0,807	1,343	6,395
1/2/2014	0,228	0,445	0,051	0,077	0,363	0,601	1,200	0,584	0,324	0,149	0,623	1,103	5,748
11/2/2014	0,383	0,528	0,786	0,129	0,820	1,083	2,527	1,189	1,172	0,337	1,401	2,520	12,88
19/2/2014	0,056	0,152	0,191	0,042	0,083	0,162	0,678	0,335	0,142	0,104	0,359	0,690	2,992
27/2/2014	0,370	0,366	0,744	0,099	0,911	1,286	1,909	1,029	1,142	0,281	1,018	1,899	11,05
7/3/2014	0,206	0,225	0,283	0,143	0,116	0,245	0,870	0,333	0,157	0,134	0,731	0,618	4,061
13/3/2014	0,286	0,214	0,409	0,174	0,341	0,624	1,584	0,005	0,549	0,246	1,329	1,349	7,111
23/3/2014	0,336	0,193	0,467	0,204	0,170	0,353	1,009	0,460	0,291	0,163	1,079	0,854	5,580
1/4/2014	0,271	0,163	0,644	0,412	0,272	0,473	1,098	0,490	0,457	0,211	1,307	0,962	6,759
9/4/2014	0,096	0,028	0,128	0,093	0,038	0,120	0,263	0,127	0,064	0,071	0,315	0,239	1,584
17/4/2014	0,087	nd	0,025	0,096	0,032	0,076	0,164	0,028	0,065	0,038	0,218	0,233	1,063
25/4/2014	0,043	nd	0,031	0,057	0,027	0,026	0,014	0,018	nd	0,010	0,003	0,058	0,284
4/5/2014	0,150	nd	0,062	0,045	0,009	0,020	0,012	0,016	0,010	0,005	0,079	0,048	0,445
12/5/2014	0,095	nd	0,054	0,064	0,025	0,050	0,065	0,037	0,028	0,007	0,009	0,080	0,505
20/5/2014	0,087	nd	0,052	0,109	nd	0,066	0,076	0,034	0,041	0,019	0,136	0,130	0,757
29/5/2014	0,103	0,007	0,034	0,102	0,009	0,041	0,103	0,038	0,036	0,013	0,163	0,118	0,767
6/6/2014	0,064	0,007	0,052	0,055	0,010	0,035	0,025	0,025	0,024	0,011	0,088	0,054	0,450
15/6/2014	0,102	0,012	0,052	0,017	0,008	0,033	0,063	0,023	0,019	0,009	0,031	0,117	0,435
29/6/2014	0,165	nd	0,085	0,029	nd	0,040	0,193	0,064	0,019	0,025	0,086	0,274	0,967
1/7/2014	0,140	0,016	0,079	0,041	nd	0,036	0,080	0,008	0,004	0,038	0,055	0,059	0,502
9/7/2014	0,175	0,023	0,065	0,041	0,013	0,048	0,048	0,017	0,001	0,035	0,029	0,053	0,518
17/7/2014	0,186	0,031	0,089	0,024	0,012	0,034	0,077	0,034	0,023	0,012	0,033	0,098	0,621
26/7/2014	0,208	0,034	0,060	0,017	0,008	0,024	0,046	0,018	0,012	0,007	0,017	0,094	0,518

3/8/2014	0,186	0,020	0,073	0,028	0,012	0,026	0,052	0,021	0,017	0,006	0,034	0,083	0,507
11/8/2014	0,259	0,045	0,085	0,036	nd	0,026	0,075	0,033	0,022	0,010	0,055	0,130	0,728
19/8/2014	0,264	nd	0,066	0,032	0,011	0,027	0,057	0,027	0,022	0,009	0,032	0,077	0,569
27/8/2014	0,038	0,047	nd	0,034	0,011	nd	0,075	0,044	nd	0,024	0,156	0,127	0,556
4/9/2014	0,066	0,017	0,039	0,044	nd	0,016	0,033	0,009	0,009	0,007	0,040	nd	0,237
13/9/2014	0,050	0,055	0,063	0,056	0,015	0,032	0,051	0,001	0,049	0,025	0,134	0,127	0,658
22/9/2014	0,047	0,022	0,042	0,047	0,020	0,029	0,029	0,032	0,050	0,016	0,131	0,072	0,539
1/10/2014	0,110	0,027	0,039	0,119	0,030	0,024	0,155	0,029	0,035	0,036	0,295	0,274	1,173
9/10/2014	0,077	0,030	0,014	0,090	0,021	0,027	0,197	0,054	0,072	0,044	0,307	0,257	1,189
18/10/2014	0,211	0,019	0,055	0,043	0,012	0,025	0,002	0,020	0,019	0,013	0,014	0,015	0,449
19/10/2014	0,146	0,022	0,004	0,069	0,005	0,037	0,074	0,034	0,030	0,024	0,107	0,068	0,621
27/10/2014	0,121	0,228	0,215	0,159	0,208	0,368	1,117	0,417	0,604	0,116	1,002	1,083	5,638
29/10/2014	0,225	0,002	0,011	0,143	0,049	0,154	0,798	0,363	0,361	0,015	0,973	0,979	4,071
5/11/2014	0,182	0,165	0,183	0,118	0,167	0,372	0,893	0,374	0,555	0,158	1,051	0,957	5,174
13/11/2014	0,211	0,000	0,007	0,119	0,157	0,208	0,637	0,263	0,354	0,096	0,596	0,735	3,383
21/11/2014	0,513	0,000	0,012	0,182	0,211	0,368	0,723	0,311	0,381	0,123	0,680	0,813	4,318
29/11/2014	0,327	0,000	0,049	0,162	0,348	0,536	1,279	0,521	1,035	0,150	0,660	1,003	6,071
6/12/2014	0,271	0,000	0,047	0,321	0,483	0,784	2,016	0,762	0,889	0,262	1,737	2,330	9,902
15/12/2014	0,195	0,000	0,153	0,300	0,452	0,694	1,080	0,481	0,739	0,136	1,064	0,895	6,191
16/12/2014	0,118	0,000	0,626	0,676	0,702	1,064	1,440	0,590	0,889	0,115	1,324	1,528	9,072
29/12/2014	0,475	0,000	0,699	0,840	0,385	0,741	1,049	0,782	0,595	0,064	0,771	1,059	7,461
30/12/2014	0,261	0,050	0,386	0,360	0,900	1,728	1,676	0,683	0,740	0,169	1,243	1,200	9,395
13/1/2015	0,268	0,000	0,656	0,577	1,257	1,886	1,751	0,961	1,487	0,381	1,940	1,828	12,99
15/1/2014	0,197	0,318	0,937	0,779	1,150	1,789	2,195	0,878	1,607	0,378	1,763	2,054	14,05
22/1/2015	0,254	0,007	0,183	0,135	0,092	0,184	0,473	0,168	0,245	0,025	0,444	0,442	2,652
27/1/2014	0,094	0,276	0,498	0,339	0,692	1,007	1,818	0,786	1,000	0,230	1,580	1,729	10,05

2/2/2015	0,144	0,179	0,243	0,213	0,422	0,594	0,785	0,388	0,459	0,046	0,846	0,943	5,261
6/2/2015	0,024	0,277	0,373	0,294	0,689	0,990	1,482	0,585	0,900	0,158	1,139	1,524	8,435
11/2/2015	0,175	0,186	0,499	0,344	0,707	1,038	1,117	0,474	0,697	0,145	0,911	1,131	7,427
13/2/2015	0,204	0,317	1,164	0,658	2,061	3,573	2,705	1,210	2,507	0,385	2,916	3,119	20,82
20/2/2015	0,001	0,578	4,083	3,924	3,861	5,364	4,649	2,017	5,244	0,808	4,115	34,643	69,29
<b>Μέση τιμή</b>	<b>0,181</b>	<b>0,104</b>	<b>0,306</b>	<b>0,249</b>	<b>0,345</b>	<b>0,548</b>	<b>0,812</b>	<b>0,350</b>	<b>0,492</b>	<b>0,116</b>	<b>0,703</b>	<b>1,375</b>	<b>5,581</b>

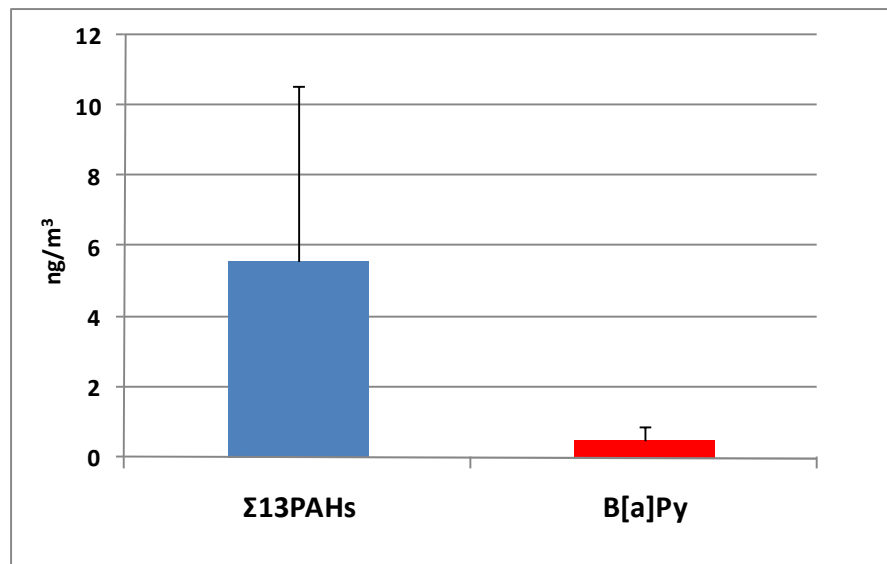
Όπως φαίνεται στο Σχήμα 9, κατά τη θερινή περίοδο οι συγκεντρώσεις όλων των PAHs είναι πολύ χαμηλές εξαιτίας ενός συνδυασμού παραγόντων, όπως: (α) οι χαμηλότερες εκπομπές από πηγές καύσης, (β) η δραστικότητα πολλών PAHs, οι οποίοι διασπώνται από το ηλιακό φως ή αντιδρούν με το όζον, (γ) οι μετεωρολογικές συνθήκες της θερινής περιόδου που ευνοούν τη διασπορά των σωματιδίων (μεγαλύτερο ύψος ανάμιξης, σπανιότερες θερμοκρασιακές αναστροφές).



**Σχήμα 9.** Χρονικές διακυμάνσεις των ημερήσιων συγκεντρώσεων Σ13PAHs και B[a]Py

Η αθροιστική συγκέντρωση των 13 PAHs (Σ13PAHs) κυμάνθηκε μεταξύ 0,292 και 69,29  $\text{ng}/\text{m}^3$  με μέση ετήσια τιμή τα 5,581  $\text{ng}/\text{m}^3$  (Σχήμα 10). Αντίστοιχα, οι συγκεντρώσεις του καρκινογόνου B[a]Py κυμάνθηκαν από μη ανιχνεύσιμα επίπεδα μέχρι 5,244  $\text{ng}/\text{m}^3$  με μέση ετήσια τιμή ίση με 0,492  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Η μέγιστη συγκέντρωση Σ13PAHs και B[a]Py παρατηρήθηκε στις 20/2/2015 και πιθανόν να οφείλεται σε τυχαίο περιστατικό επίδρασης κάποιας τοπικής πηγής.

Η μέση ετήσια συγκέντρωση του B[a]Py είναι χαμηλότερη της τιμής-στόχου της Οδηγίας 2004/107/ΕΚ (1  $\text{ng}/\text{m}^3$  ως μέση ετήσια τιμή). Επίσης, η μέση ετήσια συγκέντρωση B[a]Py στο λιμάνι του Βόλου είναι σχετικά μικρότερη από αυτή που βρέθηκε στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης (0,73  $\text{ng}/\text{m}^3$ , Tolis et al., 2014) και πιο κοντά στις συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν σε αστικές περιοχές της Θεσσαλονίκης (0,547  $\text{ng}/\text{m}^3$  στο κέντρο της πόλης και 0,312  $\text{ng}/\text{m}^3$  σε θέση αστικού υποβάθρου, Manoli et al., 2015).



**Σχήμα 10.** Μέση τιμή και τυπική απόκλιση της συνολικής συγκέντρωσης των PAHs (Σ13PAHs) και B[a]Py στα PM10



### 2.3.3. Μέταλλα/ μεταλλοειδή

Οι συγκεντρώσεις των μετάλλων/ μεταλλοειδών που προσδιορίστηκαν στα δείγματα PM10 από 24/1/14 μέχρι και 20/2/2015 δίνονται στον Πίνακα 3. Από τα νομοθετημένα στοιχεία, το As και το Ni κυμάνθηκαν από μη ανιχνεύσιμα επίπεδα μέχρι 5,49 ng/m<sup>3</sup> και 38,7 ng/m<sup>3</sup>, αντίστοιχα. Οι συγκεντρώσεις του Pb, επίσης, κυμάνθηκαν μεταξύ 2,78 και 98,3 ng/m<sup>3</sup>. Τέλος, το Cd, κυμάνθηκε από μη ανιχνεύσιμα επίπεδα μέχρι 1,81 ng/m<sup>3</sup> παρουσιάζοντας όμως μία ιδιαίτερα υψηλή συγκέντρωση (1348 ng/m<sup>3</sup>) στις 22/9/2014.

Η διακύμανση των συγκεντρώσεων μετάλλων/μεταλλοειδών δίνεται στο Σχήμα 11 από το οποίο δεν φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση των συγκεντρώσεων με τη φορτοεκφόρτωση scrap (S).

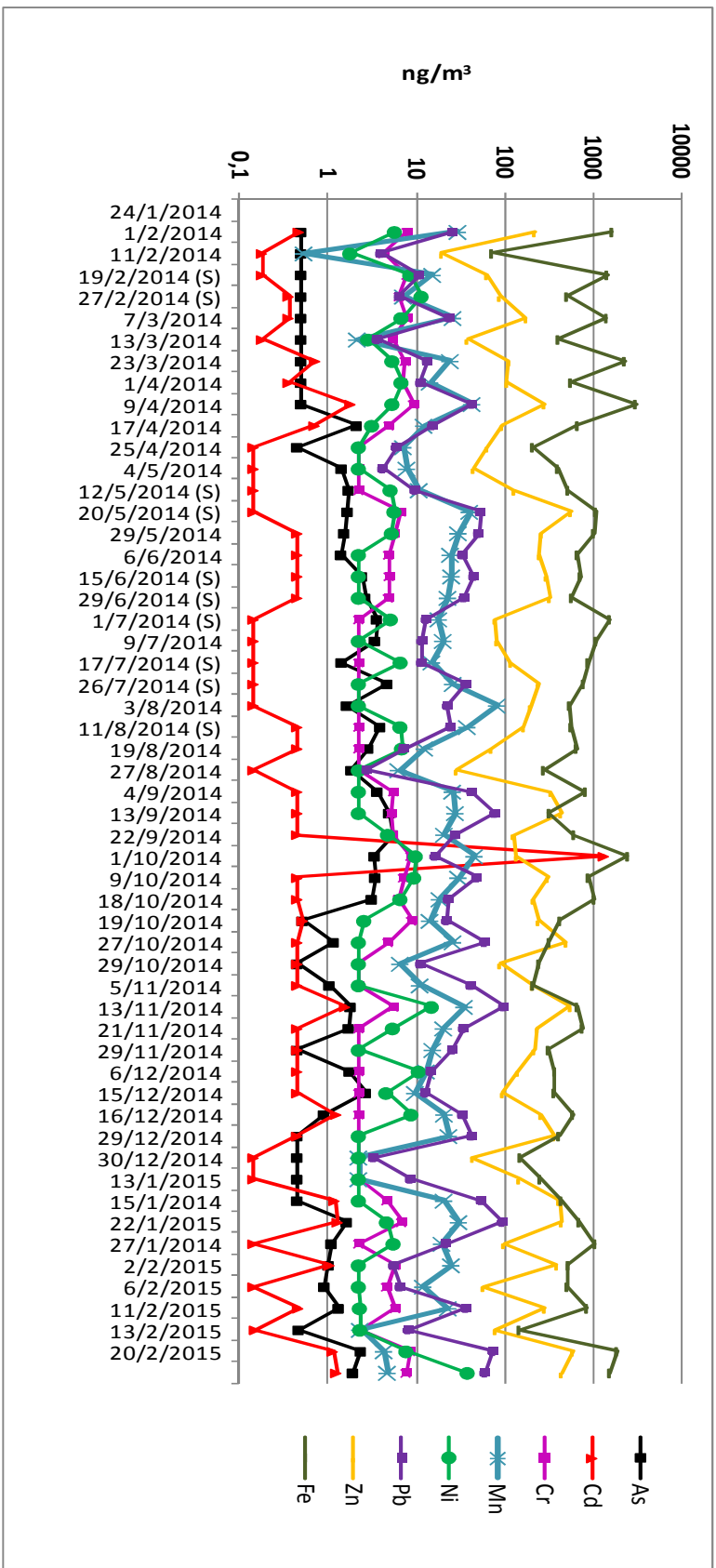
Από το Σχήμα 12 προκύπτει ότι η μέση ετήσια τιμή των συγκεντρώσεων των νομοθετημένων μετάλλων/μεταλλοειδών είναι χαμηλότερη των αντίστοιχων ορίων της Οδηγίας 2004/107/ΕΚ (6, 5, 20 και 500 ng/m<sup>3</sup> για As, Cd, Ni, Pb, ως μέση ετήσια τιμή).

**Πίνακας 3.** Συγκεντρώσεις μετάλλων/μεταλλοειδών στα PM10 (ng/m<sup>3</sup>)

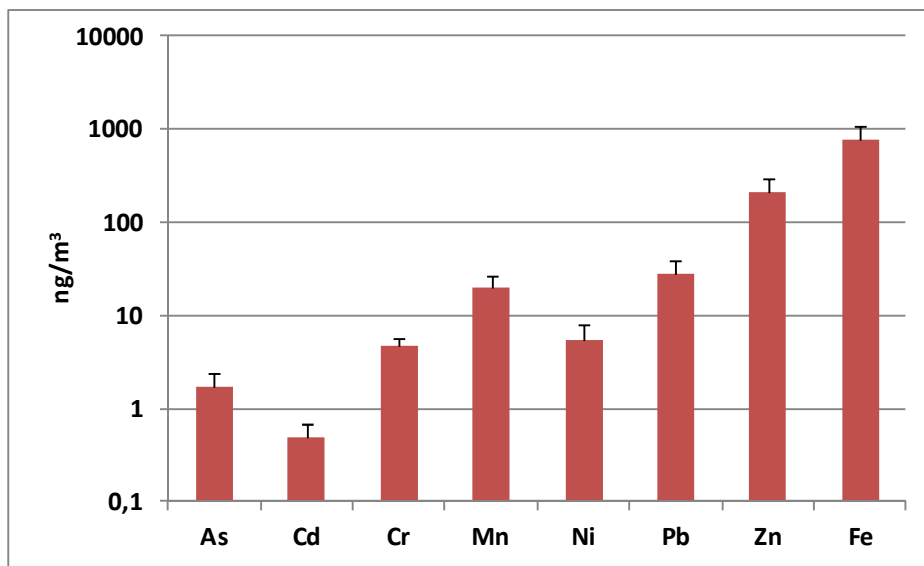
Ημερομηνία	As	Cd	Ni	Cr	Mn	Pb	Zn	Fe
24/1/2014	nd	0,47	5,78	7,95	30,0	26,0	220	1659
1/2/2014	nd	0,18	1,81	4,34	0,54	3,98	19,5	72,3
11/2/2014	nd	0,18	8,67	7,95	15,5	10,8	63,2	1460
19/2/2014	nd	0,36	11,6	6,50	7,23	6,50	88,2	510
27/2/2014	nd	0,36	6,87	7,95	26,4	23,9	177	1442
7/3/2014	nd	0,18	2,89	5,42	2,17	3,61	37,9	408
13/3/2014	nd	0,72	5,42	7,59	24,6	13,4	113	2306
23/3/2014	nd	0,36	6,87	6,87	14,5	11,2	107	567
1/4/2014	nd	1,81	5,42	9,40	43,4	43,0	284	3079
9/4/2014	2,13	0,71	3,19	4,97	12,4	15,3	93,7	678
17/4/2014	nd	nd	nd	nd	7,23	5,96	64	210
25/4/2014	1,44	nd	nd	nd	7,91	4,19	44	401
4/5/2014	1,73	nd	5,17	nd	10,9	9,72	129	528
12/5/2014	1,68	nd	5,71	6,83	40,8	53,5	564	1084
20/5/2014	1,54	0,45	5,35	5,64	30,4	51,0	264	1026
29/5/2014	1,42	0,45	nd	4,91	24,7	33,7	250	672
6/6/2014	2,45	0,45	nd	4,99	25,4	45,2	300	726
15/6/2014	2,66	0,45	nd	4,88	23,1	34,9	325	578
29/6/2014	3,61	nd	5,20	nd	18,2	13,0	78	1561

1/7/2014	3,43	nd	nd	nd	20,4	11,6	82	1095
9/7/2014	1,44	nd	6,72	nd	15,2	11,5	119	885
17/7/2014	4,73	nd	nd	nd	26,5	36,5	242	788
26/7/2014	1,66	nd	nd	nd	83,4	22,7	198	549
3/8/2014	3,94	0,45	6,69	nd	38,3	24,7	166	571
11/8/2014	2,87	0,45	6,97	nd	12,6	7,23	71	654
19/8/2014	1,86	nd	nd	nd	6,40	2,78	29	279
27/8/2014	3,65	0,45	nd	5,60	26,1	42,6	338	831
4/9/2014	4,99	0,45	nd	5,31	28,1	77,7	437	323
13/9/2014	5,49	0,45	4,84	5,38	21,1	27,9	126	614
22/9/2014	3,41	1348	9,97	8,82	46,3	16,4	137	2512
1/10/2014	3,46	0,45	9,58	7,26	30,4	48,8	308	896
9/10/2014	3,16	0,45	6,69	6,32	18,8	23,1	213	1048
18/10/2014	0,52	0,52	2,60	8,93	14,5	22,1	243	428
19/10/2014	1,17	0,45	2,26	4,84	26,4	59,6	502	322
27/10/2014	0,45	0,45	2,26	2,26	6,69	11,2	89	246
29/10/2014	1,05	0,45	2,26	2,26	11,2	41,9	207	210
5/11/2014	1,81	1,58	15,1	5,60	35,5	98,3	560	669
13/11/2014	1,73	0,45	5,49	2,26	20,7	34,3	237	766
21/11/2014	0,45	0,45	2,26	2,26	15,6	26,0	217	315
29/11/2014	1,77	0,45	10,8	2,26	13,2	14,7	142	376
6/12/2014	2,71	0,45	4,63	2,26	9,87	12,8	96	365
15/12/2014	0,91	1,25	8,89	2,26	21,1	33,5	260	596
16/12/2014	0,45	0,45	2,26	2,26	23,7	42,6	365	416
29/12/2014	0,45	0,14	2,26	2,26	2,26	3,29	44	151
30/12/2014	0,45	0,14	2,26	2,26	2,26	8,60	146	254
13/1/2015	0,45	1,19	2,26	4,70	20,9	54,9	416	441
15/1/2015	1,64	1,30	4,70	6,90	30,7	94,7	444	701
22/1/2015	1,11	0,14	5,59	2,25	19,8	21,9	98	1071
27/1/2015	1,02	1,05	2,26	5,82	25,3	5,57	394	531
2/2/2015	0,92	0,14	2,26	4,66	12,1	6,58	57	517
6/2/2015	1,33	0,46	2,32	5,90	23,3	36,7	286	862
11/2/2015	0,47	0,15	2,34	2,34	2,34	8,14	79	148
13/2/2015	2,38	1,14	7,82	8,70	4,37	74,1	595	1879
20/2/2015	1,93	1,25	38,7	7,73	4,77	60,4	444	1568
<b>Μέση τιμή</b>	<b>1,72</b>	<b>0,49*</b>	<b>5,33</b>	<b>4,64</b>	<b>20,1</b>	<b>28,4</b>	<b>215</b>	<b>793</b>

\*διάμεση τιμή



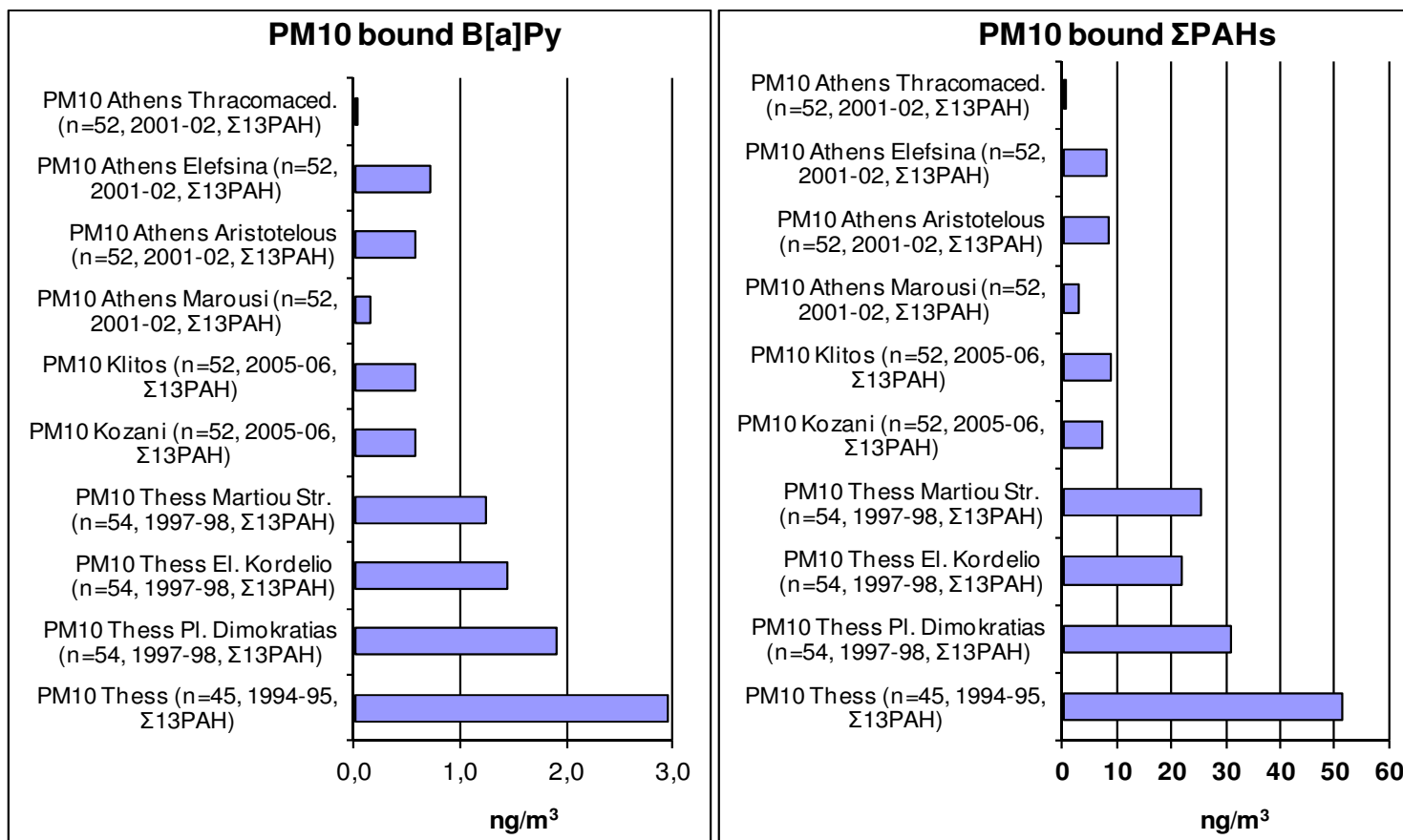
**Σχήμα 11. Διακύμανση των συγκεντρώσεων μετάλλων/μεταλλοειδών  
 στα PM10 κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριος 2014 – Φεβρουάριος 2015  
 (S): φορτοεκφόρτωση scrap**



**Σχήμα 12.** Μέση τιμή και τυπική απόκλιση των συγκεντρώσεων μετάλλων/μεταλλοειδών στα PM10 (στη μέση τιμή του Cd δεν έχει ληφθεί υπόψη η ακραία τιμή που βρέθηκε στο δείγμα της 22/9/14)

## **2.4. Συγκριτικά δεδομένα**

Στο Σχήμα 13 δίνονται συγκριτικά δεδομένα από τη βιβλιογραφία για τις συγκεντρώσεις B[a]Py και Σ13PAHs στα PM10 άλλων περιοχών της Ελλάδας. Επίσης, στους Πίνακες 4 και 5 δίνονται συγκριτικά δεδομένα για τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων/μεταλλοειδών στα PM10 άλλων περιοχών της Ελλάδας.



**Σχήμα 13.** Συγκεντρώσεις B[a]Py και Σ13PAHs στα PM10 διαφόρων περιοχών της Ελλάδας κατά την περίοδο 1994-2002 (Manoli et al., 2011)

**Πίνακας 4.** Μέσες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων PM10 και μετάλλων/μεταλλοειδών στην περιοχή του Βόλου <sup>α</sup>

Παράμετρος	Μονάδες	Κέντρο Βόλου <sup>β</sup> Ιούν-Ιούλ 2007 & Ιαν-Φεβ 2008	Ν. Ιωνία Βόλου <sup>β</sup> Ιούν-Ιούλ 2007 & Ιαν-Φεβ 2008	Ν. Δημητριάδα Βόλου <sup>β</sup> Ιούν-Ιούλ 2007 & Ιαν-Φεβ 2008	Παλαιά Βόλου <sup>γ</sup> Ιούν-Ιούλ 2008
<b>PM10</b>	<b>μg/m<sup>3</sup></b>	<b>69</b>	<b>51</b>	<b>69</b>	<b>35</b>
As	ng/m <sup>3</sup>	15	10	9,2	10
Ni	ng/m <sup>3</sup>	11	11	9,8	8,0
Cd	ng/m <sup>3</sup>	10	15	11	11
Cr	ng/m <sup>3</sup>	20	18	18	13
Mn	ng/m <sup>3</sup>	53	46	41	40
Fe	ng/m <sup>3</sup>	1579	1149	1007	1012
Zn	ng/m <sup>3</sup>	403	290	193	192
Pb	ng/m <sup>3</sup>	74	62	46	47

<sup>α</sup> Ολικές συγκεντρώσεις όπως προσδιορίστηκαν με ED-XRF

<sup>β</sup> Πρόγραμμα «Προσδιορισμός της συμβολής πηγών στην ατμοσφαιρική ρύπανση του Βόλου και σχεδιασμός ιεραρχημένης περιβαλλοντικής πολιτικής για την αναβάθμιση της ποιότητας της ατμόσφαιρας», Τεχνική Έκθεση Ν.Α.Μ., 2008.

<sup>γ</sup> Πρόγραμμα «Προσδιορισμός της συμβολής του λιμανιού στην ατμοσφαιρική ρύπανση του Δήμου Βόλου (συνοικία Παλαιών) από αιωρούμενα σωματίδια (PM10)», Τεχνική Έκθεση Ν.Α.Μ., 2008, Τεχνική Έκθεση Δήμος Βόλου, 2010

**Πίνακας 5.** Μέσες συγκεντρώσεις μετάλλων/μεταλλοειδών της Οδηγίας 2004/17/ΕΚ που μετρήθηκαν σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας στο πλαίσιο του LIFE+ACEPT-AIR Project

Παράμετρος	Αθήνα, Αγ. Παρασκευή		Αθήνα, Νέα Σμύρνη		Θεσσαλονίκη, Εγνατία		Θεσσαλονίκη, Επταπύργιο		Βόλος, Πανεπιστήμιο <sup>γ</sup>	
	Καλοκαίρι 2011	Χειμώνας 2012	Καλοκαίρι 2011	Χειμώνας 2012	Καλοκαίρι 2011	Χειμώνας 2012	Καλοκαίρι 2011	Χειμώνας 2012	Καλοκαίρι 2011	Χειμώνας 2012
<b>PM10</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>44</b>	<b>48</b>	<b>53</b>	<b>28</b>	<b>37</b>	<b>28</b>	<b>72</b>
As (ng/m <sup>3</sup> ) <sup>α</sup>	19,3	2,8	2,2	0,5	7,3	14,5	2,1	8,1	1,7	8,3
Cd (ng/m <sup>3</sup> ) <sup>α</sup>	0,3	0,1	0,9	0,4	1,2	0,4	0,9	0,2	0,1	0,3
Ni (ng/m <sup>3</sup> ) <sup>β</sup>	6,5	4,3	5,5	9,1	9,4	10,6	5,8	6,3	7,6	9,2

<sup>α</sup> Προσδιορισμός με AAS σε διαλυτοποιημένο φίλτρο

<sup>β</sup> Προσδιορισμός με ED-XRF

<sup>γ</sup> Diarouli et al., 2015



## Βιβλιογραφία

- Diapouli E., Grigoratos Th., Proias G., Vasilatou V., Maggos Th., Samara C., Kungolos A., Eleftheriadis K., 2015. PM chemical composition and sources in the greater area of Volos during the LIFE+ACEPT-AIR Project (submitted).
- Manoli E., Kouras A., Samara C., 2011. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the Greek atmospheric environment, 16th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, 24-27 Sept 2011, Ioannina, Greece.
- Manoli E., Kouras A., Karagkiozidou O., Argyropoulos G., Voutsas D., Samara C., 2015. Wood burning causes equal wintertime health risks due to particle-phase polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) at traffic and non-traffic sites in Thessaloniki, northern Greece (submitted).
- Tolis I E, Saraga E. D., Filiou F. K., Tziavos I. N., Tsiaousis P. Ch., Dinas A. Bartzis G. J., 2014. One-year intensive characterization on PM<sub>2.5</sub> nearby port area of Thessaloniki, Greece. *Environ Sci Pollut Res*, DOI 10.1007/s11356-014-3883-7.
- Tzoumaka N. P., Kelessis G. A., Petrakakis J. M., Samara C., Papagiannopoulos M. N. Zoumakis M. N., Tzourelis G., 2008. Experimental measurements of C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> and C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub> in urban area of Thessaloniki, Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17 (10A), 1594-1600.
- Voutsas D., Samara C., Kouimtzi Th., Ochsenkuhn K., 2002. Elemental composition of airborne particulate matter in the multi-impacted urban area of Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Environment*, 36, 4453-4462.
- Wang X., Chancellor G., Evenstad J., Farnsworth E.J., Hase A., Olson M. G., Sreenath A., and Agarwal K. J., 2009. A Novel Optical Instrument for Estimating Size Segregated Aerosol Mass Concentration in Real Time. *Aerosol Science and Technology*, 43, 939-950.
- Γρηγοράτος Θ., Αργυρόπουλος Γ., Νικολάου Κ., Κουμπαρέλος Γ. και Σαμαρά Κ., 2012. Αιωρούμενα Σωματίδια PM<sub>10</sub> στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου: Επίπεδα συγκεντρώσεων - Χημική σύσταση - Πηγές, 1ο Περιβαλλοντικό Συνέδριο Θεσσαλίας, 8-10 Σεπτεμβρίου, Σκιάθος, Πρακτικά σελ. 8.