



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ & ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μετρήσεις των σωματιδιακών ρύπων
PM₁₀ στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου
Μαγνησίας

Εκπόνηση: Σουμπέκας Δημήτριος, Σπυρίδης Παναγιώτης
Επιβλέπων: Σταπουντζής Ερρίκος, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΒΟΛΟΣ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2004



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 4051/1
Ημερ. Εισ.: 26-10-2004
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΜΒ
2004
ΣΟΥ

Αφιερώνεται
στις οικογένειές μας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρώτα απ' όλα, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μας, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Ερρίκο Σταπουντζή, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μας. Επίσης, οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μας, Καθηγητή κ. Αναστάσιο Σταματέλλο και Καθηγητή κ. Ανδρίτσο για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μας και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

«Ευχαριστώ τους φίλους μου για την ηθική υποστήριξή τους. Πάνω απ' όλα, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Γεώργιο και Αναστασία Σουμπέκα, στην αδελφή μου Υπάτη και στην κοπέλα μου Φωτεινή, για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.»(Σουμπέκας Δημήτριος)

«Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Νικόλαο και Σοφία Σπυρίδη, για την συμπαράστασή, όλους μου τους φίλους και την κοπέλα μου Χρύσα για την ενθάρρυνση και τη βοήθειά τους.»(Σπυρίδης Παναγιώτης)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---|----|
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 11 |
| 1.1. ΓΕΝΙΚΑ..... | 11 |
| 1.2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ..... | 12 |
| 1.3. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ..... | 13 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ..... | 15 |
| 2.1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΡΜ10;..... | 15 |
| 2.2. ΠΗΓΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ..... | 16 |
| 2.3. ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ..... | 17 |
| 2.4. ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΩΝ ΡΜ10..... | 19 |
| 2.5. ΑΛΛΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ..... | 24 |
| 2.5.1. Θάλαμοι Βαρύτητας..... | 25 |
| 2.5.3. Κύκλωνες..... | 25 |
| 2.5.4. Πύργοι έκπλυσης και ψεκασμού..... | 25 |
| 2.5.4. Σακκόφιλτρα..... | 26 |
| 2.5.5. Ηλεκτροστατικά φίλτρα..... | 26 |
| 2.6. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΕΡΑ ΓΙΑ ΤΑ ΡΜ10..... | 28 |
| 2.6.1. Νομοθεσία..... | 29 |
| 2.6.2. Ελληνική νομοθεσία..... | 30 |
| 2.6.3. Προεδρικό Διάταγμα 307/1986..... | 30 |
| 2.6.4. Προεδρικό Διάταγμα 77/1993..... | 30 |
| 2.6.5. Προεδρικό Διάταγμα 90/1999..... | 32 |
| 2.6.6. Προεδρικό Διάταγμα 339/2001..... | 33 |
| 2.6.7. Σωματιδιακή ύλη και περιβαλλοντικός αέρας..... | 33 |
| 2.7. ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΣΤΑ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ..... | 34 |
| 2.8. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΠΟΛΕΙΣ..... | 38 |
| 2.8. ΑΘΗΝΑ..... | 38 |
| 2.9. ΔΙΚΤΥΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ..... | 58 |
| 2.9.1. Σταθμοί Μέτρησης..... | 58 |
| 2.9.2. Μετρήσεις Αέριων Ρύπων..... | 61 |
| 2.9.3. Πίνακας Ορίων Συγκεντρώσεων Αέριων Ρύπων..... | 70 |
| 2.10. ΒΟΛΟΣ..... | 71 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ..... | 75 |
| 3.1. ΑΝΕΜΟΜΕΤΡΟ Global Water..... | 75 |
| 3.1.1. Wind Direction Sensor WE570..... | 75 |
| 3.1.2. Wind Speed Sensor WE550..... | 76 |
| 3.1.3. Humidity Sensor WE600..... | 76 |
| 3.2. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΑΝΕΜΟΜΕΤΡΟΥ..... | 77 |
| 3.3. Global Water Software..... | 79 |
| 3.4. ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ..... | 80 |
| 3.4.1. Περιγραφή του οργάνου μέτρησης DustTrak..... | 80 |
| 3.4.2. Αρχή λειτουργίας..... | 81 |

| | |
|---|-----|
| 3.4.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά | 82 |
| 3.4.4. TrakPro Data Analysis Software | 83 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ | 85 |
| 4.1. ΓΕΝΙΚΑ | 85 |
| 4.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ | 86 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ | 89 |
| 5.1. ΓΕΝΙΚΑ | 89 |
| 5.2. 1 ^{ΟΣ} ΚΥΚΛΟΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ | 89 |
| 5.3. 2 ^{ΟΣ} ΚΥΚΛΟΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ | 105 |
| 5.4. 3 ^{ΟΣ} ΚΥΚΛΟΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ | 113 |
| 5.4. ΦΥΤΟΚΟ | 158 |
| 5.5. 23 ^ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ | 164 |
| 5.6. ΚΥΛΙΚΕΙΟ | 167 |
| 5.7. ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΟ 304 | 169 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 173 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ | 175 |

ΣΧΗΜΑΤΑ – ΠΙΝΑΚΕΣ

| | |
|--|----|
| Σχήμα 2.1. Σύγκριση των αιωρούμενων σωματιδίων σε σχέση με μια ανθρώπινη τρίχα..... | 15 |
| Σχήμα 2.2. Αθήνα..... | 38 |
| Σχήμα 2.3. Χάρτης της περιοχής Αθηνών που εμφανίζονται οι θέσεις μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι αλλαγές που έγιναν στη θέση του σταθμού ΛΙΟΣΙΑ αναφέρονται στο κείμενο..... | 40 |
| Σχήμα 2.4. Γραφική παράσταση καπνού στην Αθήνα..... | 41 |
| Σχήμα 2.5. Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών καπνού, σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 42 |
| Σχήμα 2.6. Μέσες μηνιαίες τιμές καπνού στο σταθμό Πατησίων για το έτος 2001 .. | 42 |
| Σχήμα 2.7. Συχνότητες, επί τοις εκατό (%) των διευθύνσεων του ανέμου στο σταθμό Πατησίων για το έτος 2001..... | 43 |
| Σχήμα 2.8. Μέση ταχύτητα ανά διεύθυνση ανέμου, στο σταθμό Πατησίων για το έτος 2001..... | 44 |
| Σχήμα 2.9. Σχεδιάγραμμα των ετήσιων οριακών τιμών που πρέπει να ακολουθήσει η κάθε χώρα με σκοπό την σύγκλιση στην οριακή τιμή που θα ισχύει από το 2005 | 46 |
| Σχήμα 2.10. Σύγκριση τιμών καπνού (διάμεσος έτους) για όλους τους σταθμούς μέτρησης και για την περίοδο 1984-02 με το αντίστοιχο Εθνικό όριο ποιότητας ατμόσφαιρας..... | 48 |
| Σχήμα 2.11. Σύγκριση τιμών καπνού (διάμεσος χειμώνα) για όλους τους σταθμούς μέτρησης και για την περίοδο 1984-02 με το αντίστοιχο Εθνικό όριο ποιότητας ατμόσφαιρας..... | 48 |
| Σχήμα 2.12. Σύγκριση τιμών καπνού (τιμή 98% έτους) για όλους τους σταθμούς μέτρησης και για την περίοδο 1984-02 με το αντίστοιχο Εθνικό όριο ποιότητας ατμόσφαιρας..... | 49 |
| Σχήμα 2.13. Διαχρονική μεταβολή των μέσων ετήσιων τιμών αιωρούμενων σωματιδίων (TSP)..... | 50 |
| Σχήμα 2.14. Διαχρονική μεταβολή των μέσων ετήσιων τιμών μολύβδου για την περίοδο 1987-1999..... | 51 |
| Σχήμα 2.15. Μέσες ετήσιες τιμές μολύβδου για το 2001..... | 52 |
| Σχήμα 2.16. Μέσες ετήσιες τιμές PM_{10} και αριθμός ημερών με υπέρβαση του ορίου των $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ για το 2001..... | 52 |
| Σχήμα 2.17. Θεσσαλονίκη..... | 58 |

| | |
|---|----|
| Σχήμα 2.18.Ετήσια διακύμανση των αιωρούμενων σωματιδίων ΑΣ10 σε όλους τους σταθμούς..... | 62 |
| Σχήμα 2.19.Μέσοι αριθμητικοί όροι συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων ΑΣ10 για το έτος 2002, στις ίδιες κατά εβδομάδα ημέρες, σε όλους τους σταθμούς..... | 62 |
| Σχήμα 2.20.Ωριαία μεταβολή των αιωρούμενων σωματιδίων ΑΣ10 στον σταθμό Ελ. Κορδελιού για το έτος 2002 | 63 |
| Σχήμα 2.21.Σχετικές συχνότητες εμφάνισης των ωριαίων τιμών των αιωρούμενων σωματιδίων ΑΣ10 στον σταθμό Ελ. Κορδελιού..... | 63 |
| Σχήμα 2.22. Συχνότητες επί τοις εκατό (%) των διευθύνσεων του ανέμου στο σταθμό του ΑΠΘ για το έτος 2002 | 66 |
| Σχήμα 2.23. Μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση, στον σταθμό του ΑΠΘ για το έτος 2002..... | 66 |
| Σχήμα 2.24 Συχνότητες επί τοις εκατό (%) των διευθύνσεων του ανέμου στο σταθμό του Ελευθερίου-Κορδελιού για το έτος 2002 | 67 |
| Σχήμα 2.25. Μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση, στον σταθμό του Ελευθερίου-Κορδελιού για το έτος 2002 | 67 |
| Σχήμα 2.26. Συχνότητες επί τοις εκατό (%) των διευθύνσεων του ανέμου στο σταθμό του Πανοράματος για το έτος 2002..... | 68 |
| Σχήμα 2.27. Μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση, στον σταθμό του Πανοράματος για το έτος 2002..... | 68 |
| Σχήμα 2.28. Μέσες τιμές ΑΣ10 σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στον σταθμό του Ελευθερίου- Κορδελιού για το έτος 2001 για κάθε διεύθυνση ανέμου | 69 |
| Σχήμα 2.29.Μετρήσεις το μήνα Μάιο..... | 72 |
| Σχήμα 2.30.Μετρήσεις το μήνα Ιούνιο | 72 |
| Σχήμα 2.31.Μετρήσεις το μήνα Σεπτέμβριο..... | 73 |
| Σχήμα 2.32.Μετρήσεις το μήνα Οκτώβριο | 73 |
| Σχήμα 3.1.Γραφική παράσταση ταχύτητας ανεμομέτρου-ταχύτητας που μετρείται με τον σωλήνα Pitot..... | 78 |
| Σχήμα 3.2. Global Water Software | 79 |
| Σχήμα 3.3.DustTrak Aerosol Monitor, Model 8520..... | 80 |
| Σχήμα 3.4.Αρχή λειτουργίας του DustTrak Aerosol Monitor..... | 82 |
| Σχήμα 3.5.Επιλογή του υπομενού Time Constants | 83 |
| Σχήμα 3.6.TrakPro Data Analysis Software | 84 |
| Σχήμα 4.1. Επιλογή του υπομενού Receive, Export | 87 |
| Σχήμα 4.2. Επιλογή του Get History Data..... | 88 |
| Σχήμα 4.3. Επιλογή του Save to File | 88 |

| | |
|--|-----|
| Σχήμα 5.1. Μέσες τιμές PM10 σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου στις 6 Νοεμβρίου 2003 για κάθε διεύθυνση ανέμου..... | 147 |
| Σχήμα 5.2. Μέσες τιμές PM10 σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου στις 7 Νοεμβρίου 2003 για κάθε διεύθυνση ανέμου..... | 147 |
| Σχήμα 5.3. Μέσες τιμές PM10 σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου στις 8 Νοεμβρίου 2003 για κάθε διεύθυνση ανέμου..... | 148 |
| | |
| Πίνακας 2.1.Επιτρεπόμενα όρια PM10 | 20 |
| Πίνακας 2.1.Μέθοδος μέτρησης ανάλογα με το ρύπο | 41 |
| Πίνακας 2.2.Αριθμός ημερών (σε απόλυτο αριθμό και επί τοις εκατό) ανά σταθμό και ανά ρύπο όπου η ρύπανση χαρακτηρίζεται χαμηλή, μέτρια, υψηλή ή πολύ υψηλή, το 2001 | 45 |
| Πίνακας 2.3. Ενδεικτική οριακή τιμή για προετοιμασία | 47 |
| Πίνακας 2.4.Αριθμός ημερών με υπέρβαση του ορίου σε κάθε σταθμό μέτρησης | 53 |
| Πίνακας 2.5.Μετρήσεις σε κάθε σταθμό | 53 |
| Πίνακας 2.6.Μηνιαίες μετρήσεις σε κάθε σταθμό | 54 |
| Πίνακας 2.7.Ταξινόμηση μετρήσεων ανά σταθμό | 55 |
| Πίνακας 2.8.Υπερβάσεις του ορίου σε κάθε σταθμό | 55 |
| Πίνακας 2.9.Ρύποι και μέθοδοι μέτρησης ανά σταθμό | 60 |
| Πίνακας 2.10.Αναπνεύσιμα αιρούμενα σωματίδια (ΑΣ10) – τιμές σε ωριαία βάση ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 64 |
| Πίνακας 2.11.Αριθμός ημερών που η μέση ημερήσια συγκέντρωση ΑΣ10 υπερέβη την 24ωρη οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ανά σταθμό, για το 2002 | 65 |
| Πίνακας 2.12.Οριακές τιμές για αιωρούμενα σωματίδια όπως μετρήθηκαν με την μέθοδο μαύρου καπνού εκφρασμένες σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 70 |

ΣΥΜΒΟΛΑ

| | |
|-------------------------|---|
| ΑΣ | Αέρια Σωματίδια |
| ΔΗ | η διαφορά ύψους στο σωλήνα Pitot |
| μg/m³ | Μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο |
| μ.ο. | μέσος όρος |
| ρ_α | η πυκνότητα του αέρα 1.193 kg/m ³ στους 25 °C |
| ρ_κ | η πυκνότητα της κηροζίνης 787 kg/m ³ |
| υ | ταχύτητα στην αεροσήραγγα |
| CO | Μονοξείδιο του άνθρακα |
| EPA | Environmental Protection Agency |
| HC | Υδρογονάνθρακες |
| NAAQS | National Ambient Air Quality Standards |
| NO_x | Οξειδία του αζώτου |
| PM | Particulate matters |
| PM10 | PM με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη από 10 μg/m ³ |
| PM2,5 | PM με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη από 2,5 μg/m ³ |
| SO₂ | Διοξείδιο του θείου |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Ο γενικότερος σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η μέτρηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Για την πραγματοποίηση της διπλωματικής χρησιμοποιήθηκε ένα όργανο μέτρησης της συγκέντρωσης των PM10 και ένα ανεμόμετρο. Επίσης για τις μετακινήσεις χρησιμοποιήθηκε δικό μας ιδιωτικό αυτοκίνητο.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε πολλές περιοχές ώστε να καλύψουν μια μεγάλη σε έκταση περιοχή για πιο ασφαλή συμπεράσματα. Οι μετρήσεις καταγράφονταν από το όργανο και στη συνέχεια εισάγονταν με κατάλληλο πρόγραμμα σε Η/Υ όπου γινόταν η επεξεργασία των δεδομένων.

Οι μετρήσεις των αιωρούμενων σωματιδίων (PM10) διεξήχθησαν στην περιοχή της Μαγνησίας σε 3 φάσεις, σε μια περίοδο κατά την οποία ολοκληρώθηκαν τα ολυμπιακά έργα στην πόλη. Οι 2 από αυτές πραγματοποιήθηκαν στην πόλη του Βόλου και η άλλη στην βιομηχανική περιοχή. Επίσης έγιναν κάποιες μετρήσεις σε επιλεγμένους χώρους όπως το 23^ο Δημοτικό Σχολείο Βόλου, το στρατόπεδο 304, το τμήμα Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Φυτόκου, στον χώρο του κυλικείου του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή Παπαστράτου αλλά και στον χώρο του Πανεπιστημίου όπου στεγάζεται το τμήμα Μηχανολόγων

Μηχανικών. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε το όργανο Dust Track που έχει την δυνατότητα να μετράει συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη από 10 μm και όπου ήταν απαραίτητο έγινε η χρήση ανεμομέτρου. Από τις μετρήσεις διαπιστώθηκε ότι οι ρύποι των αυτοκινήτων εκτός από τις γνωστές αρνητικές επιπτώσεις που έχουν στο περιβάλλον αποτελούν και μία από τις βασικές πηγές αιωρούμενων σωματιδίων.

Η σωματιδιακή ύλη είναι μια νέα σχετικά κατηγορία αέριου ρύπου και θεωρείται οποιοδήποτε διασκορπισμένο υλικό, στερεής ή υγρής κατάστασης, στο οποίο τα μεμονωμένα σωματίδια έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από απλά μόρια, περίπου $2 \cdot 10^{-4}$ μm , αλλά μικρότερη από περίπου $5 \cdot 10^2$ μm . Στην διεθνή βιβλιογραφία συνήθως ονομάζεται με τον γενικό όρο "Particulate Matter" και συμβολίζεται ως PM. Ως κατηγορία ρύπου υπήρχε πάντοτε στην ατμόσφαιρα. Τα τελευταία χρόνια όμως, διεθνείς περιβαλλοντικές οργανώσεις και επιστήμονες διαφορετικών τομέων (ιατροί, περιβαλλοντολόγοι, μηχανολόγοι και χημικοί μηχανικοί) μελετούν την επίδρασή τους στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Ιατρικά ευρήματα και επιδημιολογικές μελέτες συσχετίζουν το ποσοστό συγκέντρωσης της σωματιδιακής ύλης στον εισπνεόμενο αέρα με συγκεκριμένες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Για το σκοπό αυτό, το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης με την κοινοτική οδηγία 1999/30/ΕΚ και οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, μέσω των National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) του Environmental Protection Agency (EPA) έχουν θεσπίσει οριακές τιμές για τη συγκέντρωση σωματιδιακής ύλης στον αέρα του περιβάλλοντος.

1.2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν να διαπιστωθεί η ποσότητα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀ στην ευρύτερη

περιοχή του Βόλου. Για αυτό επιλέχθηκαν καίρια σημεία για την εξαγωγή χρήσιμων αποτελεσμάτων. Η μελέτη ασχολήθηκε με τον εντοπισμό πηγών αιωρούμενων σωματιδίων και την επίδρασή τους στην ανθρώπινη υγεία. Στην εργασία γίνεται ακόμα σύγκριση των συγκεντρώσεων PM10 στο Βόλο με αντίστοιχες μετρήσεις που έγιναν σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη. Επίσης περιλαμβάνει προτάσεις για τον περιορισμό της ρύπανσης που θα μπορούσαν να μειώσουν την εκπομπή αιωρούμενων σωματιδίων.

1.3. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η δομή των κεφαλαίων της διπλωματικής εργασίας είναι η εξής:

Στο Κεφάλαιο 1 γίνεται εισαγωγή στο αντικείμενο της μελέτης.

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται ανάλυση της προέλευσης και δημιουργίας των PM10, παρουσίαση των σύγχρονων απόψεων σχετικά με τη σωματιδιακή ύλη και αναφορά στη νομοθεσία που σχετίζεται με την υγιεινή και ασφάλεια. Επίσης γίνεται παρουσίαση άλλων παρόμοιων μετρήσεων σε άλλες πόλεις με τα αποτελέσματά τους. Ακόμα παρουσιάζονται εναλλακτικά όργανα μέτρησης PM10 που κυκλοφορούν στο εμπόριο.

Στο Κεφάλαιο 3 αναφέρονται τα μετρητικά όργανα που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο Κεφάλαιο 4 αναπτύσσεται η μεθοδολογία και ο προγραμματισμός των μετρήσεων.

Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται παρουσίαση και ανάλυση των πειραματικών μετρήσεων και σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

Στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα τελικά συμπεράσματα.

Στο Κεφάλαιο 7 υποδεικνύονται προληπτικά μέτρα.

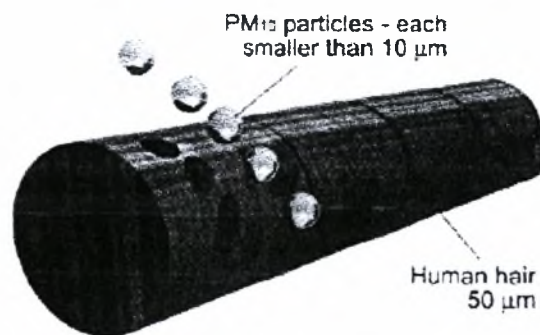
Στη Βιβλιογραφία αναφέρονται συγγράμματα και δικτυακές τοποθεσίες, στην ελληνική και αγγλική γλώσσα, όπου ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει για την πολύπλευρη ενημέρωσή του πάνω στα θέματα που διαπραγματεύεται η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ PM10;

PM10 ορίζεται το μικροσωματίδιο (PM) με μέση αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη από 10 μικρόμετρα (μm) και μεγαλύτερη από 0,1 μικρόμετρα. Ως αεροδυναμική διάμετρος νοείται η διάμετρος ενός σφαιρικού σωματιδίου με πυκνότητα $1 \text{ gr} / \text{cm}^3$ το οποίο κινείται σε σχέση με τον ατμοσφαιρικό αέρα στο πεδίο βαρύτητας με την ίδια ταχύτητα με το θεωρούμενο σωματίδιο.



Σχήμα 2.1. Σύγκριση των αιωρούμενων σωματιδίων σε σχέση με μια ανθρώπινη τρίχα

Το PM10 είναι ο όρος για τα στερεά ή τα υγρά μόρια που βρίσκονται στον αέρα. Μερικά μόρια είναι αρκετά μεγάλα για να θεωρηθούν ως αιθάλη ή καπνός. Άλλα είναι τόσο μικρά που μπορούν να ανιχνευθούν μόνο με ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

2.2. ΠΗΓΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Τα αερομεταφερόμενα PM10 δεν είναι ένας ενιαίος ρύπος, αλλά ένα μίγμα πολλών ρύπων από πολλά διαφορετικά υλικά. Τα PM10 εμφανίζονται ως λεπτά και χονδροειδή μόρια που διαφέρουν στο μέγεθος, στους μηχανισμούς σχηματισμού, στη φυσική και χημική σύνθεση και στις πηγές. Τα πιο λεπτά μόρια (PM1.0-PM2.5) από τα πιο χονδροειδή μόρια (PM2.5-PM10) έχουν διαφορετική συμπεριφορά στην ατμόσφαιρα και γενικά στις ευδιάκριτες πηγές. Ο μηχανισμός σχηματισμού του μορίου έχει επιπτώσεις στο τελικό μέγεθος του. Τα PM10 εκπέμπονται από τις εξατμίσεις μηχανοκίνητων οχημάτων, την καύση καυσίμων και από τις βιομηχανικές διαδικασίες. Επίσης εκπέμπονται από φυσικές πηγές και διαμορφώνονται στην ατμόσφαιρα από ποικίλες φυσικές και χημικές διαδικασίες.

Ποικίλες ακόμα δραστηριότητες συμβάλλουν στην εκπομπή αιωρούμενων σωματιδίων όπως η αποτέφρωση αποβλήτων, η καύση άνθρακα και αργού πετρελαίου για παραγωγή ενέργειας ή η επεξεργασία μετάλλων και άλλων υλικών. Επιπλέον, οι γεωργικές εργασίες αποτελούν σημαντική πηγή παραγωγής σωματιδίων ειδικά στην καλλιέργεια ξηρού εδάφους. Στις αστικές περιοχές, η κυκλοφορία οχημάτων στους δρόμους, οι εργασίες κατασκευής και κατεδάφισης είναι επίσης σημαντικές πηγές δημιουργίας σωματιδιακής ύλης. Τέλος, οι πυρκαγιές αποτελούν σημαντική πηγή εκπομπής αερομεταφερόμενων σωματιδίων, όπως οι πυρκαγιές για το καθάρισμα του εδάφους για καλλιέργεια, το κάψιμο των απορριμμάτων και οι δασικές πυρκαγιές αν και οι τελευταίες θεωρούνται συνήθως ως φυσική (μη ανθρωπογενής) πηγή.

Οι πηγές εκπομπής σωματιδίων διακρίνονται σε ανθρωπογενείς και φυσικές πηγές. Οι μεν πρώτες αναφέρονται σε διεργασίες που πραγματοποιούνται ηθελημένα με ανθρώπινη παρέμβαση με σκοπό την παραγωγή έργου, ενώ οι δεύτερες αναφέρονται σε τυχαίες

συνήθως διεργασίες που πραγματοποιούνται με φυσικό τρόπο στην ατμόσφαιρα.

Οι ανθρωπογενείς πηγές μπορούν περαιτέρω να διαιρεθούν σε σταθερές και κινητές πηγές. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται διεργασίες όπως η καύση ορυκτών καυσίμων για παραγωγή ενέργειας, η κεντρική θέρμανση κατοικιών και χώρων εργασίας, οι βιομηχανικές διεργασίες, η επεξεργασία μετάλλων, ορυκτών και πετροχημικών, οι εργασίες κατασκευής και κατεδάφισης, οι γεωργικές εργασίες ιδιαίτερα σε ξερά και διαβρωμένα εδάφη, η διάθεση και ανακύκλωση αποβλήτων. Οι κινητές πηγές εκπομπής σωματιδίων περιλαμβάνουν τις άμεσες εκπομπές σωματιδιακής ύλης από οδικά και μη οχήματα όπως αυτοκίνητα, τρένα, πλοία, αεροπλάνα.

Ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής τους, οι ρύποι διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς:

Οι **πρωτογενείς ρύποι** εκπέμπονται απευθείας από τις διάφορες πηγές στην ατμόσφαιρα και οι σημαντικότεροι είναι τα αιωρούμενα σωματίδια [σκόνη, καπνός, σωματίδια βαρέων μετάλλων, όπως μολύβδου (Pb) και νικελίου (Ni)], το διοξείδιο του θείου (SO_2), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι υδρογονάνθρακες, το χλώριο (Cl_2) και το φθόριο (F_2).

Οι **δευτερογενείς ρύποι** σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τους πρωτογενείς με χημικές αντιδράσεις που γίνονται είτε μεταξύ τους είτε με τα φυσικά συστατικά της ατμόσφαιρας με συμμετοχή του ηλιακού φωτός, της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Σημαντικότεροι είναι το μονοξείδιο του αζώτου (NO), το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) και το όζον (O_3).

2.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

Όπως αναφέρθηκε στον ορισμό της σωματιδιακής ύλης το μέγεθος, η φυσική κατάσταση και η χημική σύνθεση των σωματιδίων

που τη συνιστούν ποικίλουν και επομένως αποτελούν κριτήρια για την κατηγοριοποίησή της. Με βάση τη φυσική κατάσταση, η σωματιδιακή ύλη διακρίνεται σε:

- Σκόνη – Dust: σωματίδια στερεής κατάστασης που προέρχονται από διεργασίες λείανσης ή θραύσης αρκετά μεγάλης διαμέτρου, περίπου 100 μm.
- Καπνός – Fumes: σωματίδια στερεής κατάστασης που προέρχονται από συμπύκνωση ατμών μικρής διαμέτρου, περίπου 0,03 έως 0,3 μm.
- Ομίχλη – Mist (ή πιο γενικά με τον όρο Fog): σωματίδια υγρής κατάστασης που διαμορφώνονται από τη συμπύκνωση ατμών και διαμέτρου που κυμαίνεται από 0,5 έως 3,0 μm.
- Αιθάλη – Soot: σωματίδια στερεής κατάστασης που αποτελούνται κυρίως από άνθρακα και προκύπτουν από ατελή καύση.
- Σταγονίδια – Spray: σωματίδια υγρής κατάστασης που διαμορφώνονται από τη διάσπαση σε απλούστερα στοιχεία μιας αρχικής ένωσης σε υγρή μορφή.

Στη γενική κατάσταση, η σωματιδιακή ύλη εμφανίζεται με ποικίλες και συχνά ανώμαλες μορφές. Εντούτοις, το μέγεθος των σωματιδίων μπορεί να περιγραφεί με τη βοήθεια της ισοδύναμης αεροδυναμικής διαμέτρου. Το μέγεθος των σωματιδίων καθορίζει την φυσική τους συμπεριφορά και με βάση αυτό διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Εξαιρετικά λεπτά σωματίδια – Ultra fine particles: σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 0,1 μm. Αποτελούνται από τα προϊόντα καύσης, τους πυρήνες θαλασσινών αλάτων και τα τελικά προϊόντα των χημικών αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα που περιλαμβάνουν το όζον και τις πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC). Τα μικρότερα σωματίδια πλησιάζουν το μέγεθος των μορίων μεγάλων αερίων ενώσεων.

- Λεπτά σωματίδια - Fine particles: σωματίδια που η διάμετρός τους κυμαίνεται από 0,1 μm έως 2,5 μm. Αποτελούνται κυρίως από τα σωματίδια καπνού και σκόνης.
- Χονδροειδή σωματίδια - Coarse particles: σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη από 2,5 μm. Αποτελούνται κυρίως από τους σπόρους μυκήτων, τη γύρη και τα σωματίδια που παράγονται μέσω φυσικών διαδικασιών όπως η διάβρωση από τον αέρα και η ηφαιστειακή δραστηριότητα.

Μια περαιτέρω διάκριση γίνεται με βάση την τροποποίηση της χημικής τους σύστασης και κατάστασης. Έτσι, η σωματιδιακή ύλη διακρίνεται σε:

- Πρωτεύοντα σωματίδια.
- Δευτερεύοντα σωματίδια.

Τα πρωτεύοντα σωματίδια εισάγονται άμεσα στην ατμόσφαιρα ενώ τα δευτερεύοντα διαμορφώνονται από χημικές αντιδράσεις μεταξύ των πρωτευόντων σωματιδίων και άλλων στοιχείων της ατμόσφαιρας. Για παράδειγμα, όταν αντιδρά το όζον με τις ακόρεστες πτητικές οργανικές ενώσεις, παράγονται νέες ενώσεις οι οποίες είτε κατακάθονται στα υπάρχοντα σωματίδια είτε δημιουργούν νέα, διαμορφώνοντας έτσι δευτερεύουσα σωματιδιακή ύλη.

2.4. ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΩΝ PM10

Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην αναπνοή και να προκαλέσουν ζημιά στους πνεύμονες και ενδεχομένως πρόωρο θάνατο. Ειδικά τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι και οι άνθρωποι με ασθένεια στη καρδιά ή στα πνευμόνια διατρέχουν μεγάλο κίνδυνο.

Είναι γνωστό ότι πολλοί από τους κύριους ρύπους παράγονται από τις καύσεις των αυτοκινήτων όπως είναι CO, NO_x, οι

υδρογονάνθρακες, και τα αιωρούμενα σωματίδια. Το CO προέρχεται από την ατελή καύση προϊόντων. Από την καύση επίσης παράγεται μίγμα NO₂ και NO, του οποίου περισσότερο από 90% είναι υπό μορφή NO. Από τα μηχανοκίνητα οχήματα μέσω διάφορων διαδικασιών εκπέμπονται υδρογονάνθρακες (π.χ. βενζόλιο, τολουόλιο, αιθάνιο, αιθυλένιο, πεντάνιο, κ.τ.λ.). Το CO είναι ένας ασφυξιογόνος ρύπος που μειώνει τη δυνατότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο στα διαφορετικά όργανα (Burnett et al, 1998). Επομένως, ακόμα και η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις CO έχει σοβαρό αντίκτυπο στην υγεία. Η μακροπρόθεσμη έκθεση του ανθρώπου σε βενζόλιο αυξάνει τον κίνδυνο για την εμφάνιση καρκίνου (Cicoletta, 1997). Επιπλέον, η έκθεση σε αέρια όπως NO₂ μπορεί να προκαλέσει διάφορες βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία.

EPA NAAQS:

| | PM10 Standard | PM2.5 Standard |
|--------------|-----------------------|-----------------------|
| 24-ωρος μ.ο. | 50 μ g/m ³ | 35 μ g/m ³ |
| Ετήσιος μ.ο. | 40 μ g/m ³ | 15 μ g/m ³ |

Πίνακας 2.1. Επιτρεπόμενα όρια PM10

1) Επιπτώσεις στην υγεία: Οι μελέτες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία έχουν συνδέσει τα αιωρούμενα σωματίδια με διάφορες σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία, όπως την αυξανόμενη θνησιμότητα και την επιδείνωση της υπάρχουσας αναπνευστικής και καρδιαγγειακής πάθησης.

Οι επιπτώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στην υγεία σχετίζονται με τη δυνατότητά τους να διαπεράσουν το αναπνευστικό σύστημα. Γενικά, οι αναπνευστικοί αμυντικοί μηχανισμοί είναι σε θέση να αφαιρέσουν 99 τοις εκατό των μορίων μεγαλύτερων από τα 10 μm από το εισπνεόμενο ρεύμα αέρα. Τα μικρότερα μόρια (>2,5 μm), που αποκαλούνται "εσπνεύσιμα" μπορούν να προσκολληθούν σε βλεννώδεις ουσίες και να αφαιρεθούν στο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα ενώ άλλα μπορούν να εισαχθούν στους πνεύμονες και να καταλήξουν στα τριχοειδή αγγεία των πνευμόνων.

Στους πνεύμονες, τα μόρια επιβραδύνουν την ανταλλαγή του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα στο αίμα, προκαλώντας δυσλειτουργία στην αναπνοή. Έτσι η καρδιά πρέπει να δουλέψει περισσότερο για να αντισταθμίσει την απώλεια οξυγόνου. Οι εργαστηριακές μελέτες δείχνουν ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων προκαλούν επίμονο βήχα, φλέματα κ.α.

Οι απορροφημένες ουσίες περιλαμβάνουν τα οξειδία θείου (SO_x), τους χλωριωμένους υδρογονάνθρακες, τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες και τα βαριά μέταλλα όπως ο μόλυβδος, το κάδμιο, ο ψευδάργυρος και ο υδράργυρος. Η αιθάλη, η τέφρα και τα μόρια που εκπέμπονται από το αυτοκίνητο και την εξάτμιση diesel περιέχουν πολλές από αυτές τις ενώσεις. Αρκετές από αυτές είναι γνωστές καρκινογόνες ουσίες.

Η σωματιδιακή ύλη ως αέριος ρύπος επηρεάζει κυρίως το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου. Τα εισπνεόμενα σωματίδια κατακάθονται στην αναπνευστική οδό και τους πνεύμονες με πέντε διαφορετικούς μηχανισμούς εναπόθεσης:

- Πρόσκρουση λόγω αδράνειας.

- Ιζηματώθεση λόγω βαρύτητας.
- Διάχυση.
- Ηλεκτροστατική εναπόθεση.
- Ανάσχεση.

Συγκεκριμένα, τα σωματίδια μεγάλων διαστάσεων προσκρούουν στα επιφανειακά τοιχώματα του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος ξεφεύγοντας από το ρεύμα του εισπνεόμενου αέρα ή εναποθέτονται ιζηματικά λόγω βαρύτητας στους κατώτερους αναπνευστικούς αγωγούς. Οι μηχανισμοί της διάχυσης είναι σημαντικοί για την εναπόθεση των μικρών σωματιδίων βαθύτερα στους πνεύμονες. Σωματίδια με μέγεθος 10 μm ή μεγαλύτερο τείνουν να συγκρατηθούν στη μύτη, στην τραχεία και τις βρογχικές περιοχές του αναπνευστικού συστήματος. Στη συνέχεια μπορούν να απομακρυνθούν με το βήχα ή το φτέρνισμα. Τα μικρότερα σωματίδια που δεν συγκρατούνται και καταλήγουν στο τραχειοβρογχικό σύστημα μπορούν να κατακρατηθούν από τη βλέννα και να απομακρυνθούν με την κατάποση ή το φτύσιμο. Εντούτοις, σωματίδια με μέγεθος μικρότερο από 10 μm, συχνά καταφέρνουν να διαπεράσουν τους καμπύλους και πολύπλοκους αγωγούς του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος χωρίς να κατακρατηθούν από τη βλεννώδη επένδυσή τους και καταλήγουν στους πνεύμονες. Ανάλογα με το μέγεθός τους, ορισμένα σωματίδια τείνουν να ακολουθήσουν το ρεύμα του εκπνεόμενου αέρα και εξέρχονται από τον ανθρώπινο οργανισμό ενώ άλλα παραμένουν στην πνευμονική περιοχή όπου κατακρατούνται από τις μικροσκοπικές κυψελίδες των πνευμόνων.

Τα τελευταία χρόνια, η έκθεση στα λεπτά και στα εξαιρετικά λεπτά σωματίδια έχει προσδιοριστεί ως σημαντικός παράγοντας που έχει επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας – Π.Ο.Υ (World Health Organization, WHO) από το 1997 έχει αναθεωρήσει τα μέχρι τότε δεδομένα για τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία της σωματιδιακής ύλης. Η έκθεση της WHO

κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι παρατηρούμενες επιπτώσεις συνδέονται κυρίως με τα λεπτά σωματίδια και όχι με τα χονδροειδή. Αυτή η έκθεση πρόσθεσε ότι οι μελλοντικοί κανονισμοί και διαδικασίες ελέγχου πρέπει να δώσουν έμφαση στις κατηγορίες των λεπτών και των εξαιρετικά λεπτών σωματιδίων. Τέλος, η έκθεση κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ των επιπτώσεων στην υγεία και του επιπέδου έκθεσης καθημερινά (σε μέσο όρο) σε σωματιδιακή ύλη.

2) Οικολογικά αποτελέσματα: Τα PM10 προκαλούν ζημιά στα υλικά και είναι μια σημαντική αιτία της εξασθένησης της διαφάνειας σε πολλές περιοχές. Ορισμένα μόρια, όπως τα θειικά άλατα και τα νιτρικά άλατα αυξάνονται στο μέγεθος καθώς η υγρασία αυξάνεται, καθιστώντας τα, αποτελεσματικότερα για την εξασθένηση της διαφάνειας. Οι όροι διαφάνειας ποικίλλουν σε ολόκληρη τη χώρα. Ένα μεγάλο μέρος των αγροτικών περιοχών έχει τη φτωχότερη διαφάνεια λόγω της υψηλότερης συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων καθώς επίσης και την υψηλότερη μέση υγρασία.

Τα μικροσωματίδια μπορούν να βλάψουν τη βλάστηση και άμεσα και έμμεσα. Η σκόνη στα φύλλα των δέντρων και των θάμνων εμποδίζει τη φωτοσύνθεση και την αύξηση των φυτών. Τα PM10 που δημιουργούνται από τα βαριά μέταλλα μπορούν να μολύνουν το χώμα και τη βλάστηση στις αστικές περιοχές.

Ένα από τα πιο ορατά αποτελέσματα των αιωρούμενων σωματιδίων είναι το λέκιασμα των κτηρίων και των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Τα PM10 μπορούν επίσης να προκαλέσουν την καταστροφή του χρώματος, με συνέπεια τη διάβρωση των μεταλλικών αντικειμένων.

2.5. ΑΛΛΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Οι πρόσφατες έρευνες για την επίδραση των αιωρούμενων σωματιδίων στον ανθρώπινο οργανισμό έκαναν επιτακτική την ανάγκη για έλεγχο της εκπομπής σωματιδίων από τις ανθρωπογενείς πηγές και την εύρεση και χρήση κατάλληλων συστημάτων για την κατακράτησή τους. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται και θα αναφερθούν παρακάτω εφαρμόζονται κυρίως στη βιομηχανία, στον καθαρισμό των καυσαερίων, καθώς επίσης και στις εξατμίσεις των αυτοκινήτων όπως τα φίλτρα αιθάλης. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος κατακράτησης της σωματιδιακή ύλης καθορίζεται από πολλούς παράγοντες όπως η διάμετρος των σωματιδίων, οι φυσικοχημικές τους ιδιότητες και η παρουσία άλλων τοξικών αερίων. Οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για την κατακράτηση των σωματιδίων μπορούν να χωρισθούν στις παρακάτω πέντε κατηγορίες:

- Μέθοδοι βαρύτητας – θάλαμοι βαρύτητας ($d > 50 \mu\text{m}$).
- Μέθοδοι φυγοκεντρικού διαχωρισμού – κυκλώνες ($d > 1 \mu\text{m}$).
- Μέθοδοι υγρής δέσμευσης – πύργοι έκπλυσης ή ψεκασμού ($d > 0,05 \mu\text{m}$).
- Μέθοδοι διήθησης (φιλτραρίσματος) – σακκόφιλτρα ($d > 0,01 \mu\text{m}$).
- Μέθοδοι ηλεκτροστατικής καθίζησης – ηλεκτροστατικά φίλτρα ($d > 0,005 \mu\text{m}$).

Στις παρενθέσεις δίνεται η διάμετρος των σωματιδίων μέχρι την οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί η κάθε μέθοδος. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται σε σειρά δυο διαφορετικές τεχνικές.

2.5.1. Θάλαμοι Βαρύτητας

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

2.5.3. Κύκλωνες

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

2.5.4. Πύργοι έκπλυσης και ψεκασμού

Μια ακόμη μέθοδος που χρησιμοποιείται για την κατακράτηση σωματιδιακής ύλης είναι και οι πύργοι έκπλυσης ή ψεκασμού. Μια απλή κατασκευή αποτελείται από ένα πύργο άδειο ή γεμάτο με κατάλληλο πληρωτικό υλικό. Από την κορυφή του πύργου ψεκάζεται το κατάλληλο υγρό (κατά κανόνα νερό) ενώ από το κάτω μέρος του πύργου εισάγονται τα καυσαέρια. Με την επαφή των δυο φάσεων τα σωματίδια μεταφέρονται από την αέρια στην υγρή φάση. Έτσι, τα καυσαέρια βγαίνουν καθαρά στην ατμόσφαιρα, ενώ η υγρή φάση που βγαίνει από το κάτω μέρος του πύργου συγκεντρώνεται σε ειδικούς χώρους. Η μεταφορά των σωματιδίων από την αέρια στην υγρή φάση επιτελείται με πολλούς μηχανισμούς όπως η κατακάθιση λόγω βαρύτητας, η πρόσκρουση λόγω αδράνειας, η ανάσχεση, η διάχυση, η ηλεκτροστατική καθίζηση, η συμπύκνωση πάνω στα σωματίδια και η διάλυση.

2.5.4. Σακκόφιλτρα

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

2.5.5. Ηλεκτροστατικά φίλτρα

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

πεδίου οδηγούνται στο θετικό ηλεκτρόδιο συλλογής, όπου και προσκολλώνται. Στη συνέχεια αποφορτίζονται και απομακρύνονται από το ηλεκτρόδιο συλλογής με κατάλληλο τρόπο. Έτσι απομακρύνονται σχεδόν όλα τα σωματίδια ανεξάρτητα από το μέγεθός τους.

Παρακάτω αναφέρουμε μερικά όργανα μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων που κυκλοφορούν στο εμπόριο και αναφέρουμε τον τρόπο λειτουργίας τους .

Air Sampling & Monitoring High Volume Dust Samplers:

Σκοπός του οργάνου είναι να δέχεται ακριβείς όγκους αέρα μέσω ενός φίλτρου γνωστού βάρους, για μια καθορισμένη χρονική περίοδο. Το φίλτρο ξαναζυγίζεται μετά από καθορισμένο χρονικό διάστημα και υπολογίζονται τα αιωρούμενα σωματίδια (σε mg/m^3) που συλλέχθηκαν. Το περιεχόμενο του φίλτρου επίσης εξετάζεται και αναλύεται. Η κεφαλή PM10 ξεχωρίζει τα μόρια που είναι μικρότερα από 10 μικρά, από εκείνα που είναι μεγαλύτερα από 10 μικρά. Τα μόρια μεγαλύτερα από 10 μικρά μένουν στον θάλαμο ενσφήνωσης, και αφαιρούνται κατά τη διάρκεια του καθαρισμού ή της συντήρησης. Τα μόρια που είναι μικρότερα από 10 μικρά κινούνται προς τα πάνω με την ροή του αέρα και εγκαθίστανται στο φίλτρο ινών χαλαζία.

PM10 Environmental Air Sampler SystemsStaplex® PM10:

Το όργανο στηρίζεται στην λειτουργία του κυκλώνα. Τα αιωρούμενα σωματίδια συγκεντρώνονται σε έναν κολπίσκο και επιταχύνονται από κυκλικά ακροφύσια. Τα PM10 μόρια που είναι μικρότερα από 10 μικρά κατευθύνονται κάθετα προς τα πάνω από τη ροή του αέρα στο φίλτρο ινών χαλαζία όπου και συλλέγονται. Τα μεγάλα μόρια παραμένουν στην αίθουσα συλλογής και αφαιρούνται κατά τη διάρκεια των προβλεπόμενων περιόδων συντήρησης. Το

φίλτρο ινών χαλαζία ζυγίζεται πριν και μετά από τη δειγματοληψία. Η αύξηση βάρους είναι η μάζα των μορίων μικρότερων από 10 μικρά. Η μαζική συγκέντρωση των PM10 μορίων (μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο) καθορίζεται με τη διαίρεση της μοριακής μάζας (μικρογραμμάρια) από τον επιλεγέντα όγκο αέρα (κυβικοί μετρητές).

Staplex®Αριθ.Ρm10-ssi:

Όπως και το παραπάνω το όργανο αυτό στηρίζεται στη λειτουργία του κυκλώνα. Διαθέτει έναν κολπίσκο δειγματοληψίας που ξεχωρίζει τα μόρια που έχουν διάμετρο μικρότερη από 10 μικρά. Χρησιμοποιείται για τη δειγματοληψία μεγάλης ποσότητας αέρα και ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές του EPA .

2.6. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΑ PM10

- Η 24-ωρη μέση τιμή να μην υπερβαίνει τα 150 μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο του αέρα ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) περισσότερες από τρεις φορές σε τρία έτη.
- Ένας ετήσιος αριθμητικός μέσος όρος για να μην υπερβεί 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Το EPA αναθεωρεί αυτήν την περίοδο τις πρόσφατες μελέτες επιπτώσεων στην υγεία για τα λεπτά μόρια και μπορεί να αναθεωρήσει τα όρια για να εστιάσει στα μόρια μικρότερα από δέκα μικρά. Επιπλέον, το EPA εξετάζει τα πρότυπα για την εξασθένιση διαφάνειας και την περιφερειακή ελαφριά ομίχλη, οι οποίες μπορούν να είναι αιτία των PM10.

2.6.1. Νομοθεσία

Στις παραγράφους που ακολουθούν θα παρουσιαστούν διεξοδικά οι οριακές τιμές ρύπων στο περιβάλλον όπως αυτές ορίζονται με βάση την κοινοτική νομοθεσία αλλά και αυτήν στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής καθώς και τη προσκείμενη νομοθεσία για την υγιεινή και ασφάλεια στους χώρους εργασίας. Στην Ελλάδα, η υγιεινή και ασφάλεια στους χώρους εργασίας είναι τομέας που από κρατικής πλευράς υπάγεται στις αρμοδιότητες του Υπουργείου Εργασίας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων. Η προσκείμενη νομοθεσία περιλαμβάνει μια σειρά νόμων και προεδρικών διαταγμάτων με τελευταία αναθεώρηση το Προεδρικό Διάταγμα 90/1999. Στην νομοθεσία αυτή ορίζονται διάφορες έννοιες ενώ επιπλέον καθορίζονται οι οριακές τιμές έκθεσης σε διάφορους χημικούς παράγοντες. Το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης με την κοινοτική οδηγία 1999/30/ΕΚ έχει θεσπίσει οριακές τιμές για την συγκέντρωση σωματιδιακής ύλης στον αέρα του περιβάλλοντος. Αντίστοιχα, στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, το Environmental Protection Agency (EPA) έχει θεσπίσει οριακές τιμές για τη συγκέντρωση σωματιδιακής ύλης με αεροδυναμική διάμετρο 2,5 μm (PM_{2,5}) και 10 μm (PM₁₀) στον αέρα του περιβάλλοντος μέσω των National Ambient Air Quality Standards (NAAQS).

Είναι λογικό οι οριακές τιμές για την συγκέντρωση σωματιδιακής ύλης στον αέρα του περιβάλλοντος να είναι πολύ πιο αυστηρές σε σχέση με τα όρια έκθεσης στους χώρους εργασίας αφού σε αυτούς περιλαμβάνονται και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Σχεδόν το σύνολο των επιδημιολογικών ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί για τη μελέτη της επίδρασης σωματιδιακής ύλης στον ανθρώπινο οργανισμό λαμβάνουν υπ' όψιν την έκθεση του ανθρώπου σε περιβαλλοντικές συνθήκες, δηλαδή σε συγκεντρώσεις σωματιδίων μικρότερες από αυτές που είναι νομοθετικά αποδεκτές στους χώρους εργασίας.

2.6.2. Ελληνική νομοθεσία

Ο νόμος που καθορίζει το πλαίσιο για την "Υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων" είναι ο 1568/1985. Αποτελείται από έξι κεφάλαια και συνολικά σαράντα άρθρα στα οποία ορίζονται τα θεσμικά όργανα που είναι υπεύθυνα για τη βελτίωση των συνθηκών εργασίας, καθορίζονται οι κτιριολογικές απαιτήσεις, ρυθμίζονται κανόνες για την πρόληψη κινδύνου από μηχανές και από έκθεση σε φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς παράγοντες. Μία σειρά από προεδρικά διατάγματα που εκδόθηκαν μετά το 1985 αναθεωρούν ή αντικαθιστούν ορισμένες διατάξεις του ενώ με το ΠΔ 289/1986 επεκτείνεται η εφαρμογή του Ν. 1568/1985 στο πολιτικό προσωπικό των χώρων εργασίας που εποπτεύονται από το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας.

2.6.3. Προεδρικό Διάταγμα 307/1986

Το πρώτο προεδρικό διάταγμα στο οποίο γίνονται εννοιολογικοί προσδιορισμοί και θεσπίζονται οριακές τιμές χημικών παραγόντων είναι το Π.Δ 307/1986. Μεταγενέστερα προεδρικά διατάγματα έχουν αλλάξει τους αρχικούς ορισμούς και αναθεωρήσει τους πίνακες οριακών τιμών.

2.6.4. Προεδρικό Διάταγμα 77/1993

Στο Π.Δ 77/1993 περιέχονται οι παρακάτω εννοιολογικοί προσδιορισμοί:

- Έκθεση σε χημικό παράγοντα νοείται το ατομικό επίπεδο έκθεσης του εργαζομένου σε χημικό παράγοντα που υπάρχει στον αέρα του χώρου εργασίας.

- Σκόνη (κονιορτός) νοούνται στερεά σωματίδια αιωρούμενα στον αέρα, παραγόμενα με μηχανικές μεθόδους ή με στροβιλισμό.
- Καπνός νοούνται στερεά σωματίδια σε λεπτό διαμερισμό αιωρούμενα στον αέρα, παραγόμενα με θερμικές και / ή χημικές μεθόδους.
- Ομίχλη νοούνται σταγονίδια υγρού σε λεπτό διαμερισμό αιωρούμενα στον αέρα, παραγόμενα με τη συμπύκνωση αερίων ή με τη διασκόρπιση υγρών.
- Εισπνεύσιμο κλάσμα αιωρούμενων σωματιδίων νοείται το σύνολο των αιωρούμενων στερεών σωματιδίων το οποίο μπορεί να προσληφθεί από τον εργαζόμενο με εισπνοή από τη μύτη και / ή το στόμα.
- Αναπνεύσιμο κλάσμα αιωρούμενων σωματιδίων νοείται το σύνολο των σωματιδίων από το εισπνεύσιμο κλάσμα που φθάνει στις κυψελίδες των πνευμόνων.
- Αεροδυναμική διάμετρος αιωρούμενου στερεού σωματιδίου νοείται η διάμετρος νοητής σφαίρας, μοναδιαίας πυκνότητας (1gr/cm^3), η οποία έχει ίση με το υπόψη σωματίδιο οριακή ταχύτητα πτώσεως στον αέρα.

Επιπλέον, για τους χημικούς παράγοντες που βρίσκονται στον αέρα του χώρου εργασίας ως σκόνη και εφόσον δεν περιλαμβάνονται στους χημικούς παράγοντες του πίνακα των οριακών τιμών έκθεσης, καθορίζονται τα εξής:

- Για σκόνη που περιέχει ελεύθερο κρυσταλλικό διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) η "Οριακή Τιμή Έκθεσης" υπολογίζεται ως εξής:

$$\square \text{ Για το αναπνεύσιμο κλάσμα της σκόνης } T = \frac{10}{X_1 + 2} \text{ mg/m}^3$$

$$\square \text{ Για το εισπνεύσιμο κλάσμα της σκόνης } T = \frac{30}{X_2 + 3} \text{ mg/m}^3$$

όπου, T είναι η κατά περίπτωση οριακή τιμή έκθεσης, X_1 είναι η περιεκτικότητα (%) του ελεύθερου κρυσταλλικού διοξειδίου του

πυριτίου στην ποσότητα του αναπνεύσιμου κλάσματος της σκόνης, X_2 είναι η περιεκτικότητα (%) του ελεύθερου κρυσταλλικού διοξειδίου του πυριτίου στην ποσότητα του εισπνεύσιμου κλάσματος της σκόνης.

- Για σκόνη αδρανή ή απλώς ενοχλητική η "Οριακή Τιμή Έκθεσης" είναι:
 - Για το αναπνεύσιμο κλάσμα αιωρουμένων σωματιδίων 5 mg/m^3 .
 - Για το εισπνεύσιμο κλάσμα αιωρουμένων σωματιδίων 10 mg/m^3 .

2.6.5. Προεδρικό Διάταγμα 90/1999

Σκοπός του Π.Δ 90/1999 είναι η προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας περί υγιεινής και ασφάλειας των εργαζομένων προς τις διατάξεις των οδηγιών 91/322/ΕΟΚ και 96/94/ΕΚ. Ουσιαστικά αναθεωρεί τον πίνακα με τις "Οριακές Τιμές Έκθεσης" και θεσπίζει νέο ο οποίος περιλαμβάνει περίπου 650 χημικά στοιχεία και ενώσεις. Ο νέος πίνακας, όπως και οι προηγούμενοι, δεν κατατάσσει τη σωματιδιακή ύλη σε αυτόνομη κατηγορία ρύπων (σε αντίθεση με τους πίνακες οριακών τιμών συγκέντρωσης στο περιβάλλον) αλλά θεωρεί ότι περιλαμβάνεται σε συγκεκριμένους χημικούς παράγοντες, θεώρηση λανθασμένη με βάση τον ορισμό της σωματιδιακής ύλης. Οι κανονισμοί του Π.Δ 77/1993 για τους χημικούς παράγοντες που βρίσκονται στον αέρα του χώρου εργασίας ως σκόνη συνεχίζουν να ισχύουν ενώ ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η οριακή τιμή έκθεσης σε άνθρακα (σκόνη με $< 5\%$ χαλαζία) είναι 2 mg/m^3 (αναπνεύσιμη).

2.6.6. Προεδρικό Διάταγμα 339/2001

Στο Π.Δ 339/2001 αναθεωρούνται παλαιότεροι εννοιολογικοί ορισμοί και αντικαθιστούνται από τους εξής:

- Οριακή τιμή έκθεσης σε χημικό παράγοντα:

Η τιμή την οποία δεν επιτρέπεται να ξεπερνά η μέση 8ωρη χρονικά σταθμισμένη έκθεση του εργαζόμενου στον χημικό παράγοντα, μετρημένη στον αέρα της ζώνης αναπνοής του, κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε 8ωρης ημερήσιας και 40ωρης εβδομαδιαίας εργασίας του."

- Ανώτατη οριακή τιμή έκθεσης σε χημικό παράγοντα:

Η τιμή την οποία δεν επιτρέπεται να ξεπερνά η μέση χρονικά σταθμισμένη έκθεση του εργαζόμενου στον χημικό παράγοντα, μετρημένη στον αέρα της ζώνης αναπνοής του, κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε δεκαπεντάλεπτης περιόδου μέσα στο χρόνο εργασίας του, έστω και αν τηρείται η οριακή τιμή έκθεσης".

2.6.7. Σωματιδιακή ύλη και περιβαλλοντικός αέρας

Το ελληνικό κράτος έχει υπογράψει και αποδεχθεί την κοινοτική οδηγία 99/30/ΕΚ που καθορίζει τις ελάχιστες οριακές τιμές για τη συγκέντρωση αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Στο Άρθρο 2 της κοινοτικής οδηγίας ορίζονται τα AS_{10} και $AS_{2,5}$ (PM_{10} και $PM_{2,5}$ αντίστοιχα στη διεθνή ορολογία) ως ξεχωριστές κατηγορίες ρύπων, ενώ στο Άρθρο 5 καθορίζεται ως ετήσια οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας τα $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ή $0,040 \text{mg}/\text{m}^3$. Σε δεύτερο στάδιο καθορίζεται η τιμή των $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ή $0,020 \text{mg}/\text{m}^3$, στόχος που πρέπει να επιτευχθεί μέχρι τον Ιανουάριο του 2010.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, η Environmental Protection Agency (EPA) έχει θεσπίσει οριακές τιμές για τη συγκέντρωση έξι συνολικά αέριων ρύπων, μεταξύ των οποίων η

σωματιδιακή ύλη με αεροδυναμική διάμετρο 10 μm (PM_{10}) και 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$), στον αέρα του περιβάλλοντος μέσω των National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). Συγκεκριμένα, έχει καθοριστεί ως ετήσια οριακή τιμή τα 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ή 0,050 mg/m^3 για τα σωματίδια PM_{10} και τα 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ή 0,015 mg/m^3 για τα σωματίδια $\text{PM}_{2,5}$.

2.7. ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΣΤΑ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

Η εφημερίδα Πρώτη κυκλοφόρησε στις 16/1/2003 σε άρθρο της που αφορούσε την μόλυνση από σκόνη της ατμόσφαιρας με τίτλο «Δίωξη για ρύπανση περιβάλλοντος ασκήθηκε σε βάρος της ΑΓΕΤ». Όπως αναφέρει η εφημερίδα στην άσκηση της ποινικής δίωξης σε βαθμό πλημμελήματος σε βάρος υπευθύνων της ΑΓΕΤ, για ρύπανση περιβάλλοντος στην πόλη του Βόλου προχώρησε ο προϊστάμενος της Εισαγγελίας Πλημμελειοδικών Βόλου κ. Σταμάτης Δασκαλόπουλος. Σύμφωνα με όσα αναφέρονται στο δημοσίευμα η τσιμεντόσκονη έχει "πνίξει" την πόλη του Βόλου, ενώ στην συνοικία της Νέας Δημητριάδας το σύννεφο σκόνης για τρεις βδομάδες εμφανιζόταν τις βραδινές και τις πρωινές ώρες στο πολεοδομικό συγκρότημα Βόλου.

Η εφημερίδα Βήμα την Κυριακή 4 Μαΐου 2003 δημοδίευσε άρθρο της με τίτλο «Το νέφος πνίγει τη Θεσσαλονίκη». Το άρθρο έκανε αναφορά στις τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} που ξεπερνούσαν σε ποσοστό 80% το ημερήσιο όριο των 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Επίσης, σύμφωνα με το άρθρο, οι μέσες συγκεντρώσεις PM_{10} υπερβαίνουν το ετήσιο όριο των 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ που βάσει της κοινοτικής οδηγίας πρέπει να ισχύσει από το 2005. Οι κύριες πηγές που είναι υπεύθυνες για την σωματιδιακή ρύπανση στην περιοχή της Θεσσαλονίκης είναι τα αυτοκίνητα με συνολική συμμετοχή 47%-

64%, η σκόνη του δρόμου (19%-22%) και η καύση πετρελαίου (8%-27%).

Σε άλλο άρθρο της εφημερίδας Απόψεις που κυκλοφόρησε την Κυριακή 9 Νοεμβρίου έχουμε πάλι αναφορά στις υψηλές τιμές των σωματιδίων. Σύμφωνα με την εφημερίδα «Τα αποτελέσματα παλαιότερης έρευνας του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης κατατάσσει το Βόλο στο ίδιο περίπου επίπεδο με αυτό της Πτολεμαΐδας σε ότι αφορά τα αναπνευστικά προβλήματα σε παιδιά εξαιτίας της αερορύπανσης.».

Το Σάββατο 1 Νοεμβρίου 2003 στο site της τοπικής εφημερίδας Θεσσαλία είχαμε αναφορά στην έρευνα που έγινε από την επιστημονική ομάδα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με επικεφαλής τον καθηγητή του ΕΜΠ κ. Νικ. Μαρκάτο για την ατμοσφαιρική ρύπανση του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Βόλου-Ν.Ιωνίας με συνολικό προϋπολογισμό του προγράμματος 1.770.000 ευρώ. «Ο πλήρης τίτλος του προγράμματος είναι "Ανάπτυξη επιχειρησιακών σχεδίων για την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της οδηγίας 96/62 της Ευρωπαϊκής "Ένωσης". Η επιστημονική επιτροπή του ΥΠΕΧΩΔΕ που συνέταξε το επιχειρησιακό σχέδιο προβληματίστηκε αρκετά για το που θα πραγματοποιηθούν οι ενδεχόμενες μετρήσεις. Ο προβληματισμός έγκειται στο γεγονός αν οι εργασίες για την καταγραφή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έπρεπε να γίνουν μόνο στην πόλη του Βόλου ή και σε ολόκληρο το Πολεοδομικό Συγκρότημα. Ωστόσο η Βιομηχανική περιοχή που βρίσκεται δίπλα στην πόλη αλλά και η λειτουργία της τσιμεντοβιομηχανίας της ΑΓΕΤ Ηρακλής οδήγησαν τα μέλη της επιτροπής να αποφασίσουν ότι το επιχειρησιακό σχέδιο για την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης θα πραγματοποιηθεί τόσο στον αστικό ιστό του Πολεοδομικού Συγκροτήματος όσο και περιστασιακά αλλά και στην βιομηχανική περιοχή.».

Την Τρίτη 4 Νοεμβρίου 2003 είχαμε στο ίδιο site την εξής αναφορά για την έρευνα : «Σε αναμονή του κειμένου των τελικών συμπερασμάτων και των προτάσεων που θα υποβληθούν για την αντιμετώπιση της ρύπανσης, οι επιστήμονες κάνουν λόγο για ατμοσφαιρική επιβάρυνση την οποία δεν ανέμεναν σε μια πόλη μεγέθους του Βόλου. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η διαπίστωση των επιστημόνων πως στο Βόλο και την Ν. Ιωνία καταγράφεται και ρύπανση μεταφερόμενη από άλλες περιοχές. Δεν αναφερόμαστε επισημαίνει ο Νικ. Μαρκάτος σε αέριους ρύπους που μεταφέρονται από κοντινές ζώνες με βιομηχανική δραστηριότητα αλλά σε διάφορους αέριους ρύπους που μεταφέρονται στην ατμόσφαιρα του Πολεοδομικού Συγκροτήματος από πιο μακρινές περιοχές. Μια τέτοια παράμετρος προβληματίζει τους επιστήμονες καθώς η αντιμετώπιση μεταφερόμενων, προϋποθέτει τον εντοπισμό των πηγών τους και τον περιορισμό τους στα σημεία εκπομπής και όχι στις περιοχές όπου μεταφέρεται η αέρια ρύπανση.

Η μοναδική υπέρβαση που έχει καταγραφεί μέχρι σήμερα από τους μετρητές της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Μαγνησίας αφορά την αστική σκόνη, δηλαδή τα αιωρούμενα σωματίδια της σκόνης που έχουν διάμετρο μικρότερη των 10 μm και θεωρούνται αναπνεύσιμα. Από τις μετρήσεις του σταθμού της Νομαρχίας προκύπτει το 2002, σημαντική υπέρβαση των περιθωρίων ανοχής των αιωρούμενων σωματιδίων καθώς και ο στόχος της μέσης ετήσιας τιμής 44,8 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ ξεπεράστηκε φθάνοντας στα 51 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ (μέση ετήσια τιμή).

Αντίστοιχα το 2001 το περιθώριο ανοχής ήταν 46,4 και η μέση ετήσια τιμή 44. Το 2002, μόνο τέσσερις μήνες και συγκεκριμένα τον Μάιο, τον Ιούλιο, τον Αύγουστο και τον Οκτώβριο τα αιωρούμενα σωματίδια (TSP), βρίσκονταν εντός των περιθωρίων ανοχής (44,8). Συμφωνα με τα ίδια στοιχεία η μέγιστη τιμή που καταγράφηκε πέρυσι ήταν 143 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ ενώ ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας θέτει όριο τα 110 $\mu\text{gr}/\text{m}^3/\mu\text{έρα}$ και η Κοινοτική Οδηγία 99/13/EK ακόμη πιο χαμηλά περιθώρια ανοχής. Κύριες πηγές παραγωγής των

αιωρούμενων αναπνεύσιμων σωματιδίων είναι οι φυσικές πηγές εκπομπής (έδαφος, γύρη κ.α.), τα πετρελαιοκίνητα οχήματα, οι μεγάλες και ειδικές βιομηχανίες(τσιμέντα κ.α.)».

Στις 5 Νοεμβρίου 2003 στο ίδιο site η Περιβαλλοντική Πρωτοβουλία Μαγνησίας εξέδωσε την παρακάτω ανακοίνωση: «Ανησυχητικά τα πρώτα στοιχεία της έρευνας του Μετσοβίου Πολυτεχνείου για την αέρια ρύπανση στον Βόλο, που πραγματοποιείται αυτό το διάστημα στις Ολυμπιακές πόλεις. Γίνεται δε πιο ανησυχητικό αν συνδυαστεί με παλιότερη έρευνα του πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης που βρήκε, σε ένα μεγάλο δείγμα παιδιών στο Π.Σ., αναπνευστικά προβλήματα, σε ποσοστό εφάμιλλο με την Πτολεμαίδα και την Δυτική Θεσσαλονίκη. Υπάρχουν ακόμα πληροφορίες για αυξημένα κρούσματα παιδικού καρκίνου.»

Την Κυριακή 2 Νοεμβρίου στην εφημερίδα Βήμα είχαμε το παρακάτω άρθρο σχετικά με τα αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα των σχολείων της Αθήνας: «Οι συγκεντρώσεις μικροσωματιδίων - τα οποία συνδέονται με σοβαρά προβλήματα για την δημόσια υγεία - συχνά ξεπερνούν τα όρια που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Μάλιστα έχει διαπιστωθεί ότι αυτά τα επικίνδυνα σωματίδια συγκεντρώνονται ευκολότερα στους πνεύμονες των παιδιών σε σύγκριση με τους ενήλικους, κατά την έκθεσή τους σε μολυσμένη ατμόσφαιρα. Συγκεκριμένα σε δημοτικό σχολείο επί της οδού Σπύρου Μερκούρη στο Παγκράτι η συγκέντρωση των επικίνδυνων για την υγεία αιωρούμενων σωματιδίων (PM10) στο εσωτερικό μιας τάξης κατά τις ώρες διδασκαλίας μετρήθηκε σε τιμές υψηλότερες από τη μέση ημερήσια έκθεση που θέτει ως όριο η Ευρωπαϊκή Ένωση: δηλαδή τα 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Στις αρχές του περασμένου καλοκαιριού, πριν από το τέλος της σχολικής περιόδου, ο μέσος όρος συγκέντρωσης κυμάνθηκε μεταξύ 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Στα ίδια επίπεδα ήταν και η ρύπανση στο προαύλιο.

Αντίστοιχες μετρήσεις στην Νίκαια έδειξαν υψηλές συγκεντρώσεις στα γραφεία των καθηγητών, όπου πολλοί από

αυτούς κάπνιζαν κατά τακτά χρονικά διαστήματα . Οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων κυμάνθηκαν από 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ως και 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$!Μάλιστα η μέση τιμή για διάστημα μόλις δύο ωρών μετρήθηκε ίση προς 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Επιδημιολογικές μελέτες συνδέουν την ύπαρξη αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα με προβλήματα στην υγεία ιδιαίτερα στις ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού, δηλαδή τα μικρά παιδιά και τους ηλικιωμένους. Και επειδή τα παιδιά περνούν το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου τους στο σπίτι και στο σχολείο, η έκθεσή τους σε αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να εκτιμηθεί μόνο μέσω του προσδιορισμού των επιπέδων ρύπανσης σε αντίστοιχους χώρους».

2.8.ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΠΟΛΕΙΣ

2.8. ΑΘΗΝΑ



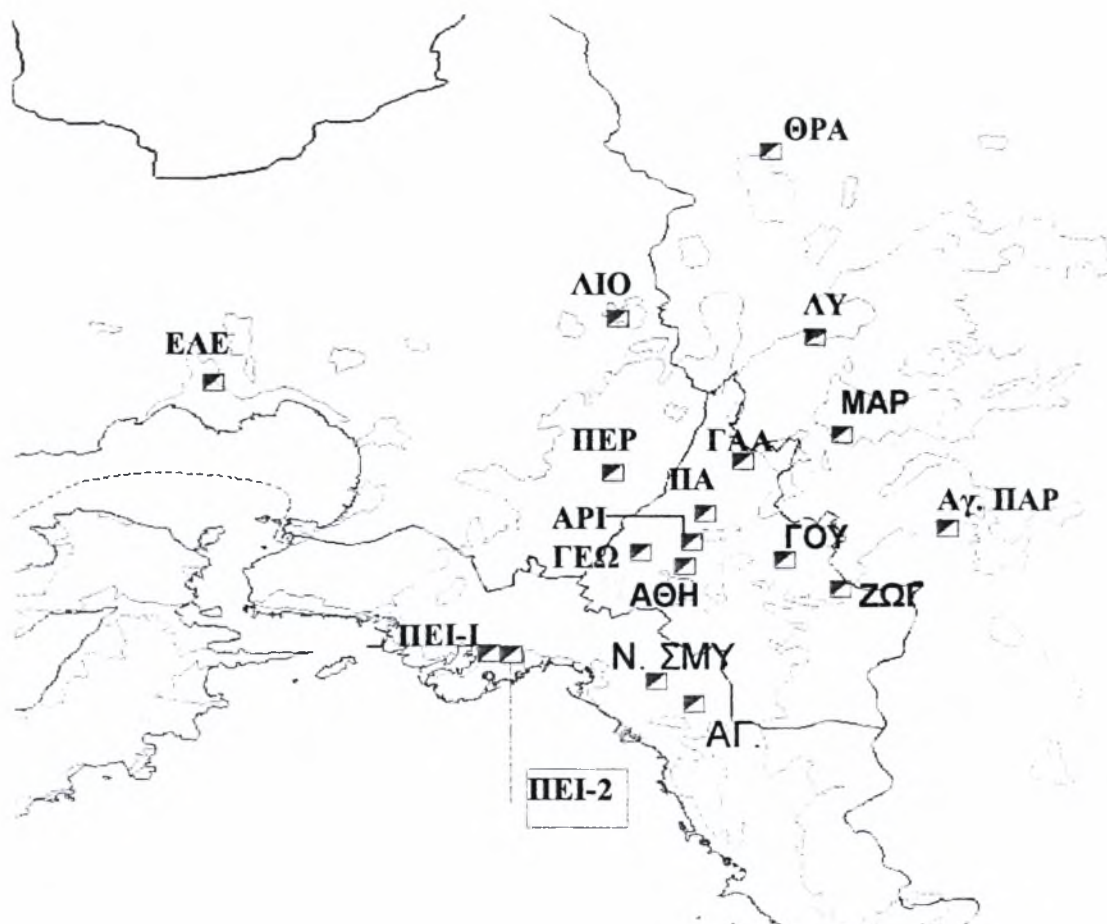
Σχήμα 2.2.Αθήνα

Ανθυγιεινή 274 ημέρες το χρόνο είναι η Αθήνα, καθώς περισσότερες από τις μισές ημέρες του χρόνου η ατμόσφαιρα της πρωτεύουσα είναι "δηλητήριο" για τις ευπαθείς ομάδες (παιδιά, ηλικιωμένοι), μία στις επτά ημέρες είναι επικίνδυνη για όλους τους κατοίκους της, ενώ μόνο 91 ημέρες το χρόνο οι Αθηναίοι μπορούν

να αναπνέουν ελεύθερα. Σύμφωνα με τα στοιχεία έρευνας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, η περιοχή με τη μεγαλύτερη ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ο Πειραιάς, αφού εμφανίζει αυξημένη συχνότητα ημερών οι οποίες κατατάσσονται ως ανησυχητικές. Ακολουθούν οι περιοχές της Λυκόβρυσης και του Αμαρουσίου, στις οποίες οι ρύποι που ευθύνονται περισσότερο για την αποπνικτική ατμόσφαιρα είναι το όζον και τα αιωρούμενα σωματίδια. Ειδικότερα, στη Λυκόβρυση περίπου 260 ημέρες το χρόνο οι συγκεντρώσεις μικροσωματιδίων (PM10) κρίνονται ανθυγιεινές για τις ευαίσθητες ομάδες των κατοίκων. Στο Μαρούσι, για περίπου 55 ημέρες το χρόνο τα επίπεδα όζοντος είναι ανθυγιεινά για όλο τον πληθυσμό, ενώ για περίπου 15 ημέρες επικίνδυνα.

Συνολικά, στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, τις ημέρες που εμφανίζονται πολύ υψηλά επίπεδα ρύπανσης (PSI άνω από 150), δηλαδή ατμόσφαιρα ανθυγιεινή ή επικίνδυνη για όλο τον πληθυσμό, κύριος παράγοντας είναι οι υψηλές τιμές όζοντος.

Πάντως, ως πλέον επικίνδυνα κρίνονται τα μικροσωματίδια, καθώς από αυτά διαμορφώνεται ένας ανθυγιεινός δείκτης PSI πάνω από 100 για το μεγαλύτερο ποσοστό των ημερών του έτους. Για την παρουσίαση και συγκρισιμότητα των αποτελεσμάτων παραθέτουμε στον Σχήμα 3.3 τα στοιχεία των σταθμών αυτών.

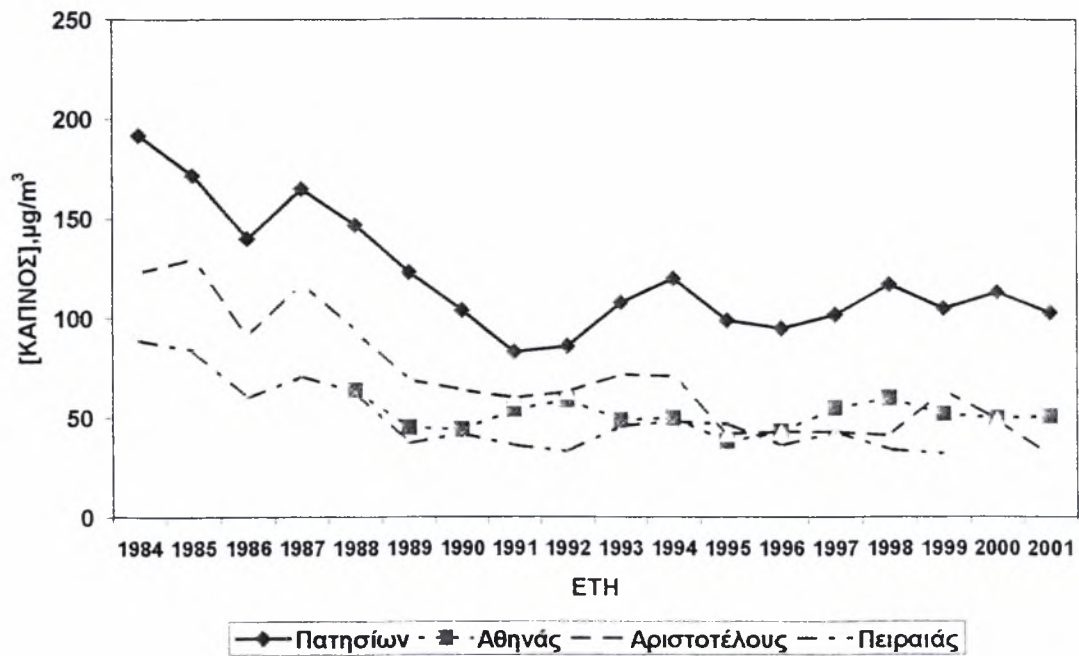


Σχήμα 2.3.Χάρτης της περιοχής Αθηνών που εμφανίζονται οι θέσεις μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι αλλαγές που έγιναν στη θέση του σταθμού ΛΙΟΣΙΑ αναφέρονται στο κείμενο.

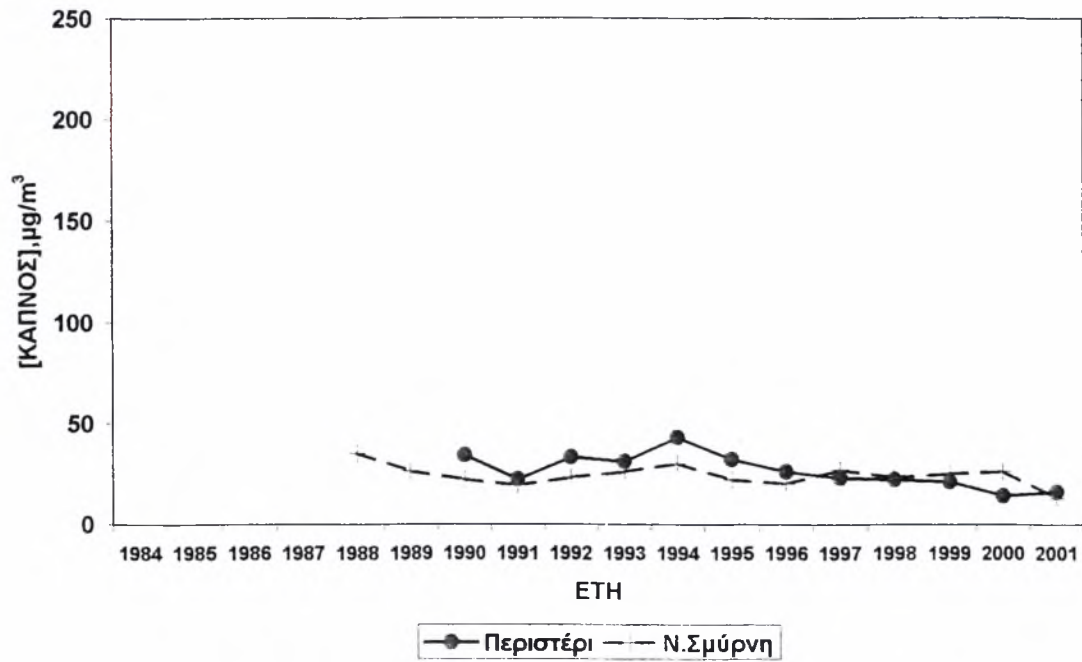
Ο σταθμός ΛΙΟΣΙΩΝ λειτούργησε προσωρινά (9/97-9/99) σε θέση 3Κm βόρεια από τον παλιό, ενώ από το τέλος του 2000 λειτουργεί σε θέση 2Κm νοτιοδυτικά του παλαιού σταθμού. Ο σταθμός Ν. ΣΜΥΡΝΗΣ από το τέλος του 2000, λειτουργεί σε νέα θέση 300 μέτρα ΝΔ του παλιού σταθμού.

| Ρύπος | Χρονική βάση μετρήσεων | Μέθοδος μέτρησης |
|--|------------------------|---------------------------|
| Καπνός (BS) | 24 ώρες | Μέθοδος OECD |
| Μόλυβδος (Pb) | 24 ώρες | Ατομική απορρόφηση |
| Αιωρούμενα σωματίδια (PM ₁₀ -TSP) | 1 ώρα | Απορρόφηση β ακτινοβολίας |

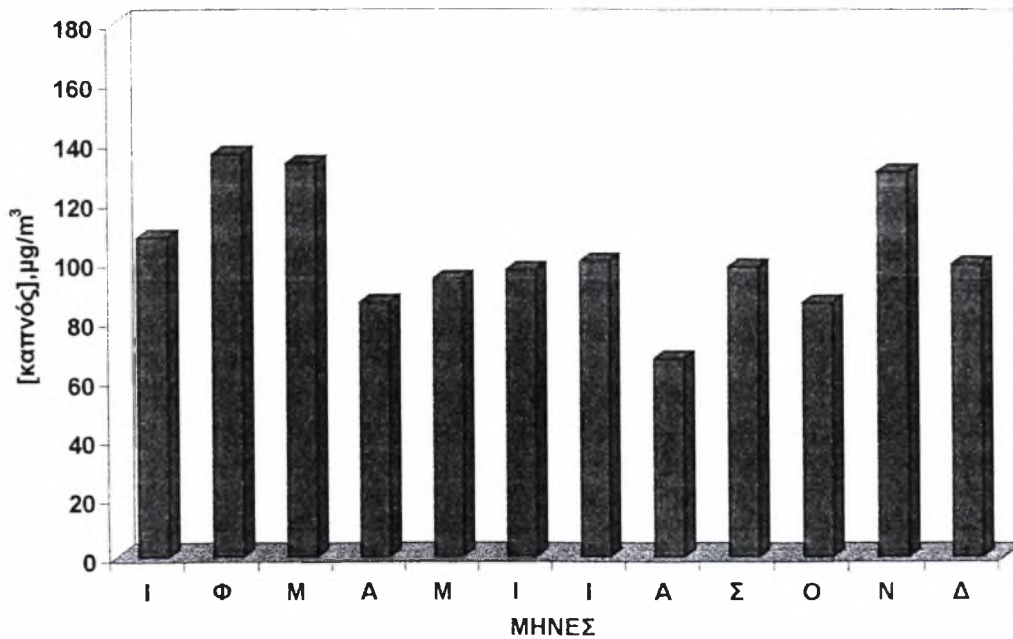
Πίνακας 2.1. Μέθοδος μέτρησης ανάλογα με το ρύπο



Σχήμα 2.4. Γραφική παράσταση καπνού στην Αθήνα



Σχήμα 2.5. Διαχρονική μεταβολή μέσω ετήσιων τιμών καπνού, σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$



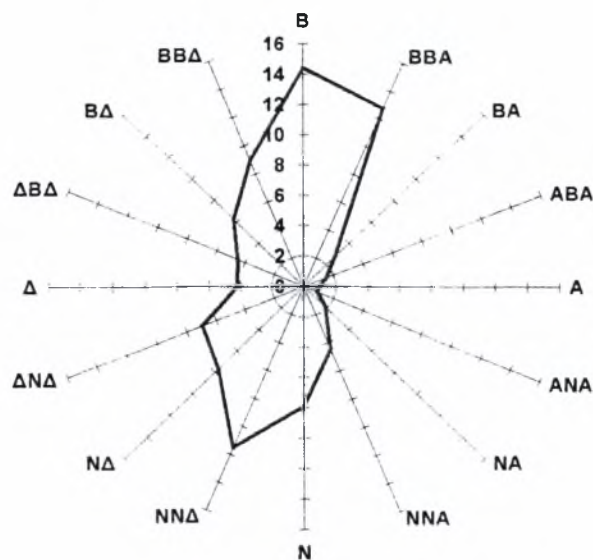
Σχήμα 2.6. Μέσες μηνιαίες τιμές καπνού στο σταθμό Πατησίων για το έτος 2001

Από τα παραπάνω σχήματα παρατηρούμε ότι οι τιμές του καπνού στο σταθμό του κέντρου (Πατήσια) μέχρι το 1990 ήταν αρκετά πάνω από

τα όρια ενώ στη συνέχεια υπήρξε σημαντική μείωση. Αντίθετα στους σταθμούς της περιφέρειας της πόλης οι μετρήσεις είναι κάτω από τα όρια. Στο σχήμα 3.5. φαίνονται οι μέσες μηνιαίες τιμές καπνού στο σταθμό Πατησίων για το 2001 και όπως μπορούμε να δούμε τους χειμωνιάτικους έχουμε αρκετά μεγαλύτερες τιμές συγκεντρώσεων απ' ότι τους καλοκαιρινούς μήνες.

ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟ ΑΝΕΜΟΥ

Ποσοστό (%) συχνοτήτων ανά διεύθυνση

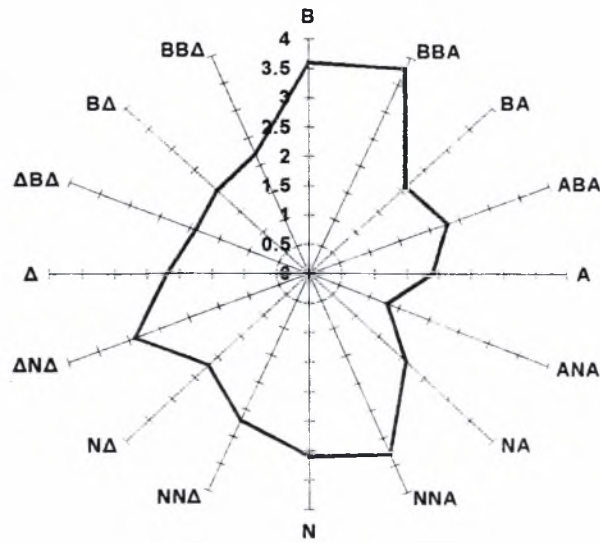


Ποσοστό άπνοιας 2,2 %.

Σχήμα 2.7. Συχνότητες, επί τοις εκατό (%) των διευθύνσεων του ανέμου στο σταθμό Πατησίων για το έτος 2001

ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟ ΑΝΕΜΟΥ

Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s) ανά διεύθυνση



Σχήμα 2.8. Μέση ταχύτητα ανά διεύθυνση ανέμου, στο σταθμό Πατησίων για το έτος 2001

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω σχήματα στο σταθμό Πατησίων η διεύθυνση του ανέμου παρουσιάζει εμμονή για δυο αντιδιαμετρικούς τομείς, το νότιο-νοτιοδυτικό με τα βόρειο-βορειοανατολικό και η ταχύτητα του ανέμου παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές όταν ο άνεμος πνέει από το βόρειο μέχρι το βόρειο-βορειοανατολικό τομέα.

Καπνός

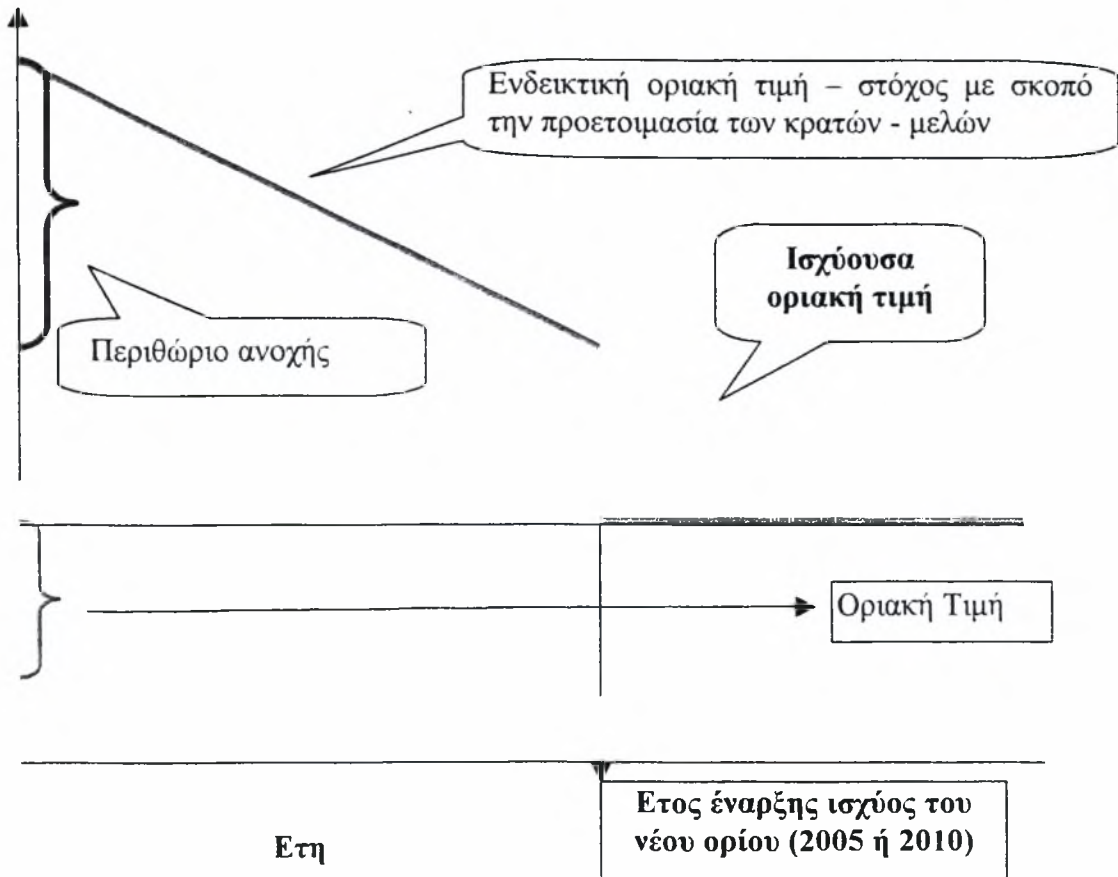
| Σταθμός μέτρησης | Αριθμός ημερών που η ρύπανση χαρακτηρίζεται ως: | | | |
|---------------------------|---|----------|----------|------------|
| | Χαμηλή | Μέτρια | Υψηλή | Πολύ υψηλή |
| Πατησίων | 356 (99.4%) | 2 (0.6%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| Αριστοτέλους | 209 (100.0%) | 0 (0.0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| Αθηνάς | 298 (100.0%) | 0 (0.0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| Ν. Σμύρνη | 223 (100.0%) | 0 (0.0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| Περιστερί | 204 (100.0%) | 0 (0.0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| Στο σύνολο των σταθμών | 363 (99.5%) | 2 (0.5%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |

Πίνακας 2.2.Αριθμός ημερών (σε απόλυτο αριθμό και επί τοις εκατό) ανά σταθμό και ανά ρύπο όπου η ρύπανση χαρακτηρίζεται χαμηλή, μέτρια, υψηλή ή πολύ υψηλή, το 2001

Η φιλοσοφία εφαρμογής των νέων ορίων είναι συνοπτικά η ακόλουθη:

Για κάθε ρύπο ορίζεται μία **οριακή τιμή** για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, με το αντίστοιχο έτος έναρξης ισχύος της (2005 ή 2010). Παράλληλα δίνεται και ένα **περιθώριο ανοχής**, το οποίο αθροίζεται στην οριακή τιμή, δίνοντας έτσι την τιμή στόχο, η οποία ισχύει ενδεικτικά στο μεσοδιάστημα έως την θέση σε ισχύ της οριακής τιμής. Το περιθώριο ανοχής κάθε χρόνο μειώνεται, έτσι ώστε στην ημερομηνία ισχύος του νέου ορίου να μηδενιστεί.

Σχηματικά, η νέα μορφή ορίων φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα:



Σχήμα 2.9. Σχεδιάγραμμα των ετήσιων οριακών τιμών που πρέπει να ακολουθήσει η κάθε χώρα με σκοπό την σύγκλιση στην οριακή τιμή που θα ισχύει από το 2005

Με βάση το ανωτέρω σκεπτικό, οι οριακές τιμές για τους διάφορους ρύπους δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

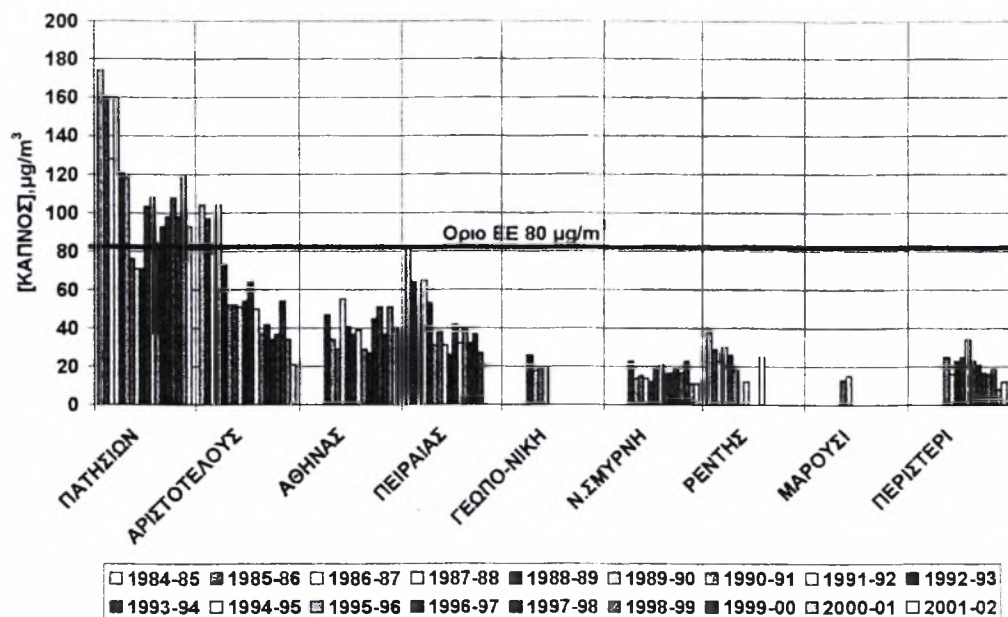
| Ρύπος | Οριακή τιμή | Έτος ισχύος | Ενδεικτική οριακή τιμή για προετοιμασία | | | |
|--|--|-------------|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
| Αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ ₁₀ | 50 μg/m ³ μέση ημερήσια τιμή, των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 35 φορές ανά έτος | 1/1/2005 | 70 μg/m ³ | 65 μg/m ³ | 60 μg/m ³ | 55 μg/m ³ |
| | 40 μg/m ³ μέση ετήσια τιμή | 1/1/2005 | 46,4 μg/m ³ | 44,8 μg/m ³ | 43,2 μg/m ³ | 41,6 μg/m ³ |
| Μόλυβδος (Pb) | 0,5 μg/m ³ μέση ετήσια τιμή | 1/1/2005 | 0,9 μg/m ³ | 0,8 μg/m ³ | 0,7 μg/m ³ | 0,6 μg/m ³ |

Πίνακας 2.3. Ενδεικτική οριακή τιμή για προετοιμασία

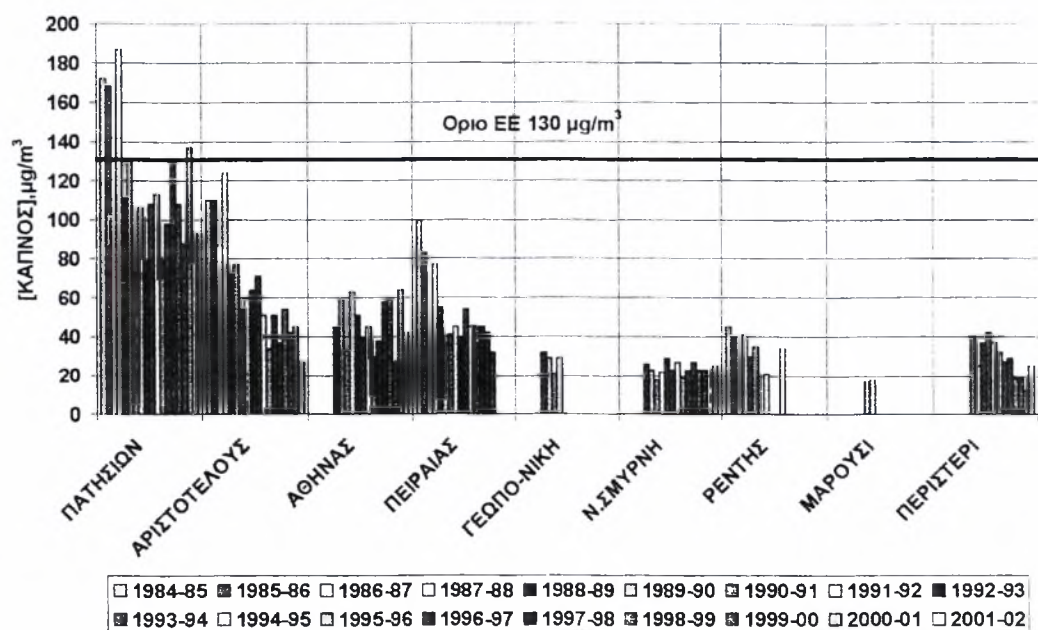
Στις επόμενες παραγράφους δίνεται η διαχρονική πορεία των τιμών ρύπανσης για την περίοδο 1984-2001 σε σχέση με τα όρια και τους στόχους για κάθε ρύπο για τους «παλιούς» σταθμούς.

Καπνός

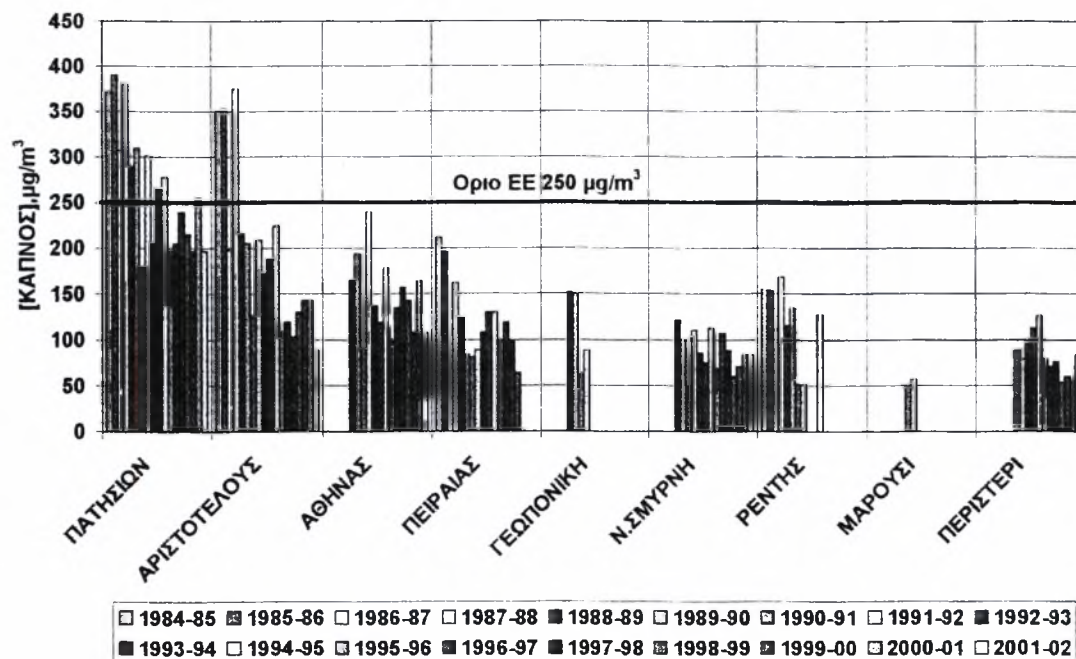
Οι τιμές του ρύπου αυτού είναι κάτω από τα όρια για τους σταθμούς της περιφέρειας της πόλης. Σε έναν από τους σταθμούς του κέντρου (Πατησίων) ενώ μέχρι το 1990 οι τιμές καπνού ήταν σημαντικά πάνω από τα όρια στη συνέχεια υπήρξε μείωση οπότε οι υπερβάσεις έχουν περιοριστεί σημαντικά (υπέρβαση υπάρχει μόνο ως προς τη διάμεση τιμή έτους).



Σχήμα 2.10. Σύγκριση τιμών καπνού (διάμεσος έτους) για όλους τους σταθμούς μέτρησης και για την περίοδο 1984-02 με το αντίστοιχο Εθνικό όριο ποιότητας ατμόσφαιρας



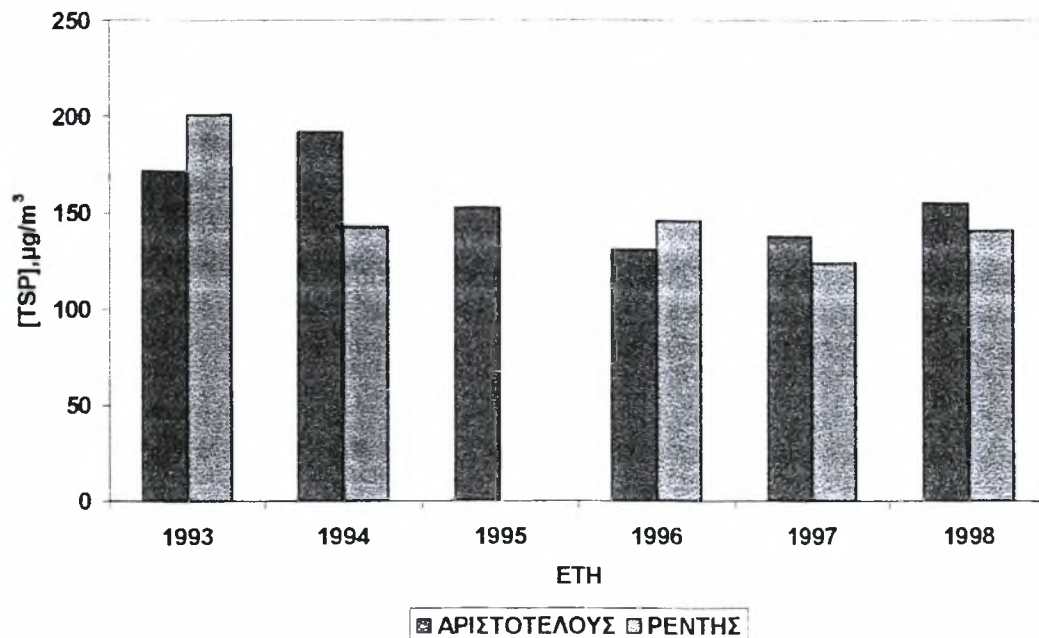
Σχήμα 2.11. Σύγκριση τιμών καπνού (διάμεσος χειμώνα) για όλους τους σταθμούς μέτρησης και για την περίοδο 1984-02 με το αντίστοιχο Εθνικό όριο ποιότητας ατμόσφαιρας



Σχήμα 2.12. Σύγκριση τιμών καπνού (τιμή 98% έτους) για όλους τους σταθμούς μέτρησης και για την περίοδο 1984-02 με το αντίστοιχο Εθνικό όριο ποιότητας ατμόσφαιρας

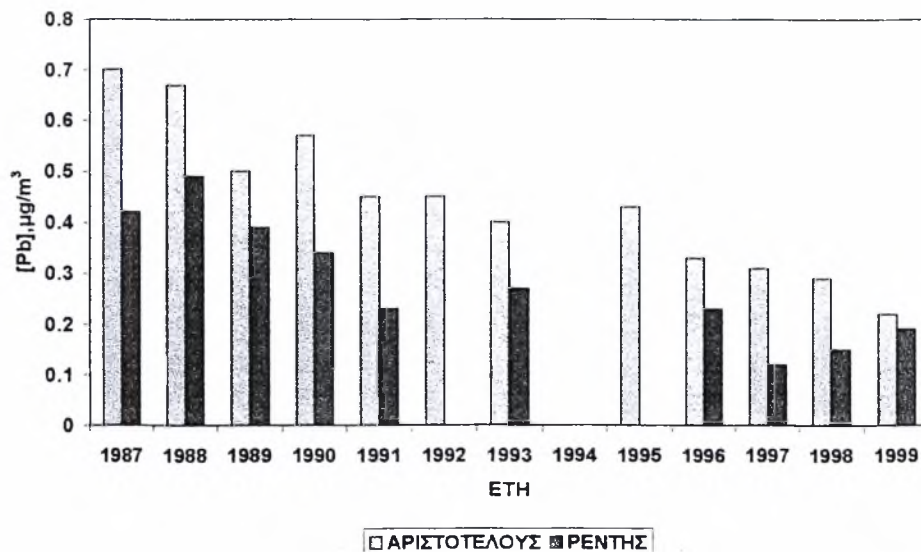
Μόλυβδος – Αιωρούμενα σωματίδια

Ο μόλυβδος προσδιορίζεται στα συνολικά αιωρούμενα σωματίδια που μετρώνται σε δύο θέσεις (Αριστοτέλους και Ρέντη). Τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις των σωματιδίων και για την περίοδο 1993-98 δίνονται στο Σχήμα 3.10.



Σχήμα 2.13. Διαχρονική μεταβολή των μέσων ετήσιων τιμών αιωρουμένων σωματιδίων (TSP)

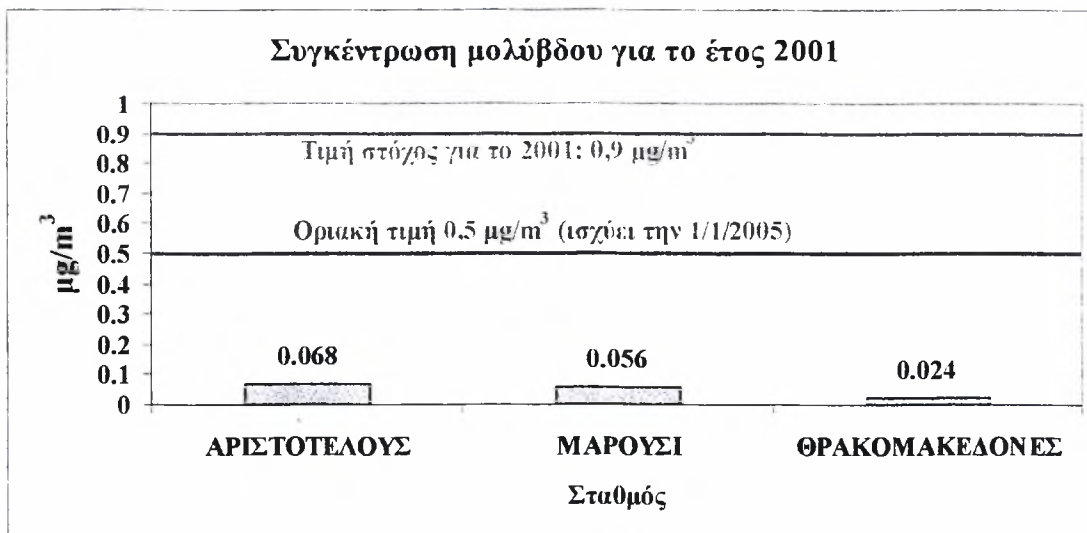
Στο σχήμα 2.13 φαίνεται η διαχρονική μεταβολή των μέσων ετησίων τιμών μολύβδου για την περίοδο 1987-1999 σε δύο σταθμούς μέτρησης. Παρατηρείται μείωση των τιμών μολύβδου, που αποδίδεται κυρίως στη χρήση της αμόλυβδης βενζίνης. Επίσης για όλα τα έτη οι τιμές του ρύπου αυτού είναι πολύ κάτω από το όριο που έχει καθορίσει η ΕΕ.



Σχήμα 2.14. Διαχρονική μεταβολή των μέσων ετήσιων τιμών μολύβδου για την περίοδο 1987-1999.

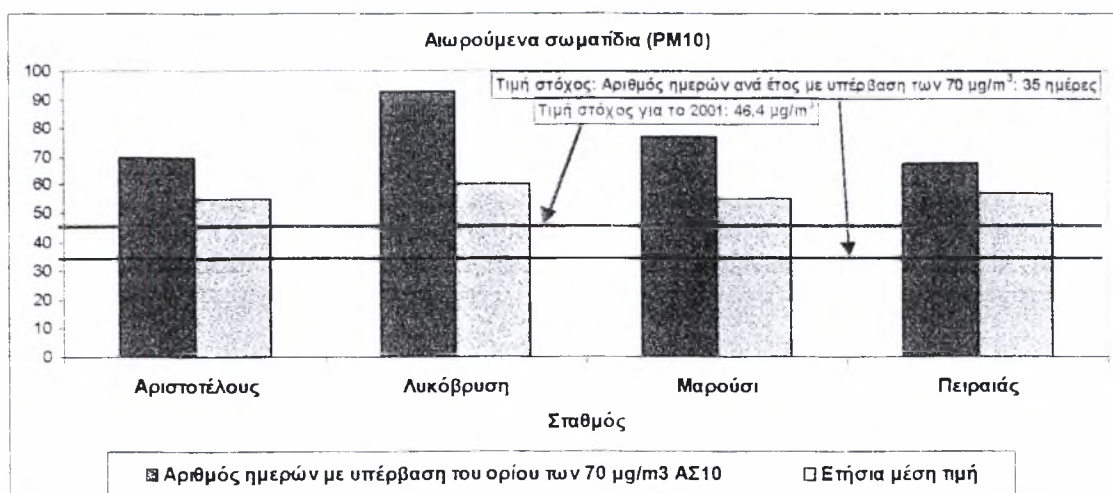
Μέχρι το 1999, μετρήσεις μολύβδου πραγματοποιούνταν με την ανάλυση των φίλτρων των δειγματοληπτών μεγάλου όγκου (High Volume) όπου συλλεγόταν το σύνολο των αιωρούμενων σωματιδίων (TSP). Από το 2001, σε εφαρμογή της νέας κοινοτικής οδηγίας (οδηγία 30/1999/ΕΚ, 22-4-1999), ο μόλυβδος μετριέται με ανάλυση των φίλτρων συλλογής των αιωρούμενων σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο έως 10µm (PM₁₀).

Τα αποτελέσματα των ενδεικτικών αναλύσεων μολύβδου για το 2001, έδειξαν πολύ χαμηλές τιμές και για τις τρεις θέσεις μέτρησης (σχήμα 3.12).



Σχήμα 2.15. Μέσες ετήσιες τιμές μολύβδου για το 2001.

Από το 2001, έχουν ξεκινήσει μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων με τη χρήση αυτόματων αναλυτών. Οι μετρήσεις αφορούν στα ολικά αιωρούμενα σωματίδια (TSP) και στα αιωρούμενα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο έως 10 µm (PM₁₀). Η κατανομή των μέσων ετήσιων τιμών καθώς και του αριθμού ημερών με υπέρβαση του ορίου (όπως αυτό καθορίζεται από την νέα συναφή οδηγία 1999/30/ΕΚ) δίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 2.16. Μέσες ετήσιες τιμές PM₁₀ και αριθμός ημερών με υπέρβαση του ορίου των 70 µg/m³ για το 2001.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.13, οι μέσες ετήσιες τιμές αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) για όλους τους σταθμούς μέτρησης υπερέβησαν την τιμή στόχο για το έτος 2001. Παράλληλα, σε όλους τους σταθμούς παρατηρήθηκε υπέρβαση του ανώτατου επιτρεπόμενου αριθμού ημερών ανά έτος με μέση ημερήσια συγκέντρωση μεγαλύτερη των $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Τα αναλυτικά στοιχεία δίνονται στον ακόλουθο πίνακα

| Σταθμός μέτρησης | Αριθμός ημερών με υπέρβαση του ορίου των $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} |
|------------------|--|
| Αριστοτέλους | 70 |
| Λυκόβρυση | 93 |
| Μαρούσι | 77 |
| Πειραιάς | 68 |

Πίνακας 2.4. Αριθμός ημερών με υπέρβαση του ορίου σε κάθε σταθμό μέτρησης
Όσον αφορά τις υπερβάσεις της μέσης ετήσιας οριακής τιμής, τα αποτελέσματα δίνονται στον ακόλουθο πίνακα

| Σταθμός | Μέση ετήσια τιμή ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Μέγιστη τιμή ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Διάμεσος τιμή ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 98% των τιμών < από | Πληρότητα % |
|--------------|---|---|--|---------------------|-------------|
| Πειραιάς | 57 | 140 | 55 | 102 | 82,2 |
| Μαρούσι | 55 | 135 | 53 | 113 | 92,3 |
| Αριστοτέλους | 55 | 181 | 50 | 115 | 92,1 |
| Λυκόβρυση | 60 | 171 | 58 | 116 | 90,7 |

Πίνακας 2.5. Μετρήσεις σε κάθε σταθμό

Από τον παραπάνω πίνακα είναι προφανές ότι σε όλους τους σταθμούς, κατά το 2001, σημειώθηκε **υπέρβαση της μέσης ετήσιας οριακής τιμής στόχου (46,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)**

| Μήνας | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| Σταθμός | Ιαν. | Φεβ. | Μαρ. | Απρ. | Μαϊ. | Ιουν. | Ιουλ. | Αυγ. | Σεπ. | Οκτ. | Νοε. | Δεκ. |
| ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 24 | 28 | 43 | 31 | 40 | 41 | 45 | 41 | 34 | 39 | 27 | 20 |
| ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝ ΕΣ | 23 | 26 | 44 | 30 | 35 | 33 | 36 | 34 | 34 | 34 | 26 | 16 |
| ΑΓ_ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 30 | 33 | 62 | 40 | 55 | 55 | 60 | 73 | 51 | 53 | 26 | 23 |
| ΓΟΥΔΙ | 39 | 48 | 57 | 43 | 53 | 52 | 55 | 50 | 55 | 60 | 51 | 38 |

Πίνακας 2.6.Μηνιαίες μετρήσεις σε κάθε σταθμό

Αιωρούμενα σωματίδια (PM_{10})

Τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν έναν από τους «νέους» μετρούμενους ρύπους, η αυτόματη μέτρηση των οποίων ξεκίνησε στα τέλη του 2000. Συνεπώς δεν είχαν θεσπιστεί όρια κατηγοριοποίησης των τιμών. Η ακόλουθη κατηγοριοποίηση γίνεται στην βάση της οριακής τιμής των $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (όριο μέσης ημερήσιας τιμής που θα ισχύει από την 1/1/2005, και του οποίου δεν επιτρέπεται υπέρβαση πάνω από 35 ημέρες το χρόνο) και της τιμής στόχου των $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (που ισχύει για το 2001, και του οποίου δεν επιτρέπεται υπέρβαση πάνω από 35 ημέρες το χρόνο)

| Σταθμοί | Χαμηλή [0-50], μg/m ³ | Μέτρια (50-70], μg/m ³ | Υψηλή (70-100], μg/m ³ | Πολύ υψηλή > 100 μg/m ³ |
|----------------|--|---|---|--|
| ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 183 (83,6%) | 24 (11,0%) | 11 (5,0%) | 1 (0,5%) |
| ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ | 232 (88,2%) | 20 (7,6%) | 10 (3,8%) | 1 (0,4%) |
| ΑΓ_ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 110 (64,3%) | 29 (17,0%) | 24 (14,0%) | 8 (4,7%) |
| ΓΟΥΔΙ | 113 (50,2%) | 77 (34,2%) | 31 (13,8%) | 4 (1,8%) |
| Σύνολα | 162 (55,7%) | 77 (26,5%) | 42 (14,4%) | 10 (3,4%) |

Πίνακας 2.7. Ταξινόμηση μετρήσεων ανά σταθμό

Υπερβάσεις του ορίου για τα αιωρούμενα σωματίδια

Σύμφωνα με την οδηγία 2000/69/ΕΚ, θεσπίζονται δύο όρια για τα αιωρούμενα σωματίδια. Οι υπερβάσεις των ορίων αυτών στους νέους σταθμούς φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

| Σταθμός | Ποσοστό 24ωρων τιμών PM ₁₀ , με υπέρβαση των 70 μg/m ³ . Όριο αριθμού ημερών: 35. Στην παρένθεση ο απόλυτος αριθμός ημερών που σημειώθηκε υπέρβαση | Μέση ετήσια τιμή PM ₁₀ . μg/m ³ Τιμή στόχος για το 2001, 46,4 μg/m ³ |
|----------------|--|---|
| ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 3,87% (13) | 35 |
| ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ | 3,71% (13) | 31 |
| ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 15,72% (47) | 47 |
| ΓΟΥΔΙ | 14,88% (50) | 50 |

Πίνακας 2.8. Υπερβάσεις του ορίου σε κάθε σταθμό

Σημειώνεται ότι η τιμή στόχος για το 2001 των **70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερες από **35 φορές το έτος**. Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα, κατά το 2001 στους νέους σταθμούς του δικτύου μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης, σημειώθηκαν σημαντικές υπερβάσεις της τιμής στόχου στους σταθμούς Αγ. Παρασκευής και Γουδιού).

Συμπεράσματα

Η περιοχή της Αθήνας όπως και όλες οι μεγάλες πόλεις στον κόσμο παρουσιάζει προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα προβλήματα αυτά επιδεινώνονται λόγω της κακής ρυμοτομίας της περιοχής και της υπερσυγκέντρωσης του πληθυσμού και δραστηριοτήτων. Επίσης, επιβαρυντικοί παράγοντες για τη ρύπανση και ιδιαίτερα της φωτοχημικής είναι η τοπογραφία της περιοχής (περικύκλωση της πόλης από βουνά) και οι κλιματολογικές συνθήκες (έντονη ηλιοφάνεια, συχνή σχετικά παρουσία αναστροφών, υψηλές θερμοκρασίες). Τα βασικά συμπεράσματα σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

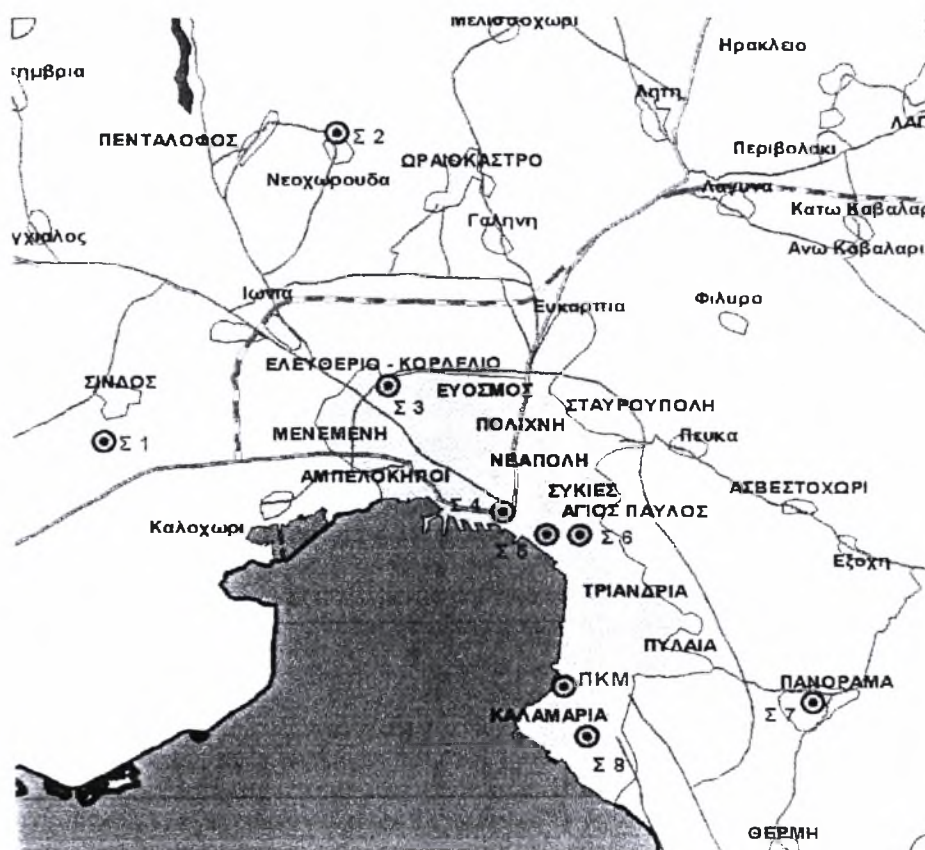
1. Σημαντικό πρόβλημα αποτελούν τα αιωρούμενα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο έως 10 μm (PM₁₀). Οι συγκεντρώσεις αυτών, για το 2001, υπερέβησαν την οριακή τιμή, σε 6 από τους συνολικά 8 σταθμούς μέτρησης, τόσο ως προς την μέση ημερήσια τιμή όσο και ως προς την μέση ετήσια τιμή.
2. Στη διάρκεια του Σαββατοκύριακου, οι τιμές των ρύπων εκτός του όζοντος παρουσιάζουν μικρή μείωση.
3. Μεγάλες τιμές ρύπανσης παρουσιάζονται με διευθύνσεις ανέμου του νοτίου και δυτικού τομέα, με ταχύτητα ανέμου μικρότερη από 5m/s (συνθήκες θαλάσσιας αύρας) και όταν επικρατούν συνθήκες θερμοκρασιακής αναστροφής.

Αυτά τα σωματίδια PM10 ενοχοποιούνται για σειρά ασθενειών - κυρίως του αναπνευστικού και του καρδιαγγειακού συστήματος- και την πρόκληση πρόωρων θανάτων σε ολόκληρο τον κόσμο. Στην έκθεση του ΠΕΡΠΑ για το 2001 στο Λεκανοπέδιο τα στοιχεία που προκύπτουν είναι χαρακτηριστικά: Η μέση συγκέντρωση PM10 κυμάνθηκε από 30,8 mg/κυβικό μέτρο έως και 59,7 mg/κυβικό μέτρο (η μέση ετήσια οριακή τιμή-στόχος για το 2001 είχε ορισθεί στα 46,4 mg/κυβικό μέτρο) ενώ οι υψηλές συγκεντρώσεις, που δεν θα έπρεπε να ξεπερνούν συνολικά τις 35 μέρες τον χρόνο, τα υπερέβησαν κατά πολύ μιας και παρατηρήθηκε συγκέντρωση PM10 (σε ορισμένες περιπτώσεις όπως λ.χ. στη Λυκόβρυση άνω των 70 mg/κυβικό μέτρο) επί 93 ημέρες. Η σχετική οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης θέτει τα όρια περιεκτικότητας των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα στα 40 mg/κυβικό μέτρο αέρα, με χρονικό ορίζοντα το 2005, σύμφωνα όμως με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας επικίνδυνες θεωρούνται ακόμη και συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα της τάξης των 10 mg/κυβικό μέτρο. Σημειωτέον ότι ενώ στην Αθήνα οι μετρήσεις των αιωρούμενων σωματιδίων άρχισαν το 2000 και από τον περασμένο Οκτώβριο τα αποτελέσματα των μετρήσεων στους σταθμούς της Αττικής συμπεριλαμβάνονται στο Δελτίο Τιμών Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης που εκδίδει το ΠΕΡΠΑ, στη Θεσσαλονίκη, με ευθύνη του δήμου, οι τιμές μετρώνται την τελευταία δεκαετία ενώ από το ΥΠΕΧΩΔΕ μελετάται η επέκταση σταθμών μέτρησης και σε αστικά κέντρα της περιφέρειας.

2.9. ΔΙΚΤΥΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

2.9.1. Σταθμοί Μέτρησης

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (Ν.2647/98) για την μεταβίβαση αρμοδιοτήτων στις Περιφέρειες και την Αυτοδιοίκηση, η αρμοδιότητα των σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχει μεταβιβασθεί στις Περιφέρειες. Για την περιοχή της Θεσσαλονίκης η αρμοδιότητα μεταβιβάσθηκε από το Υπουργείο Μακεδονίας-Θράκης στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Το δίκτυο που λειτουργεί στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας αποτελείται από 8 σταθμούς. Ο σταθμός της Πλ. Δημοκρατίας δεν λειτουργήσε το 2001. Η χωρική κατανομή τους παρουσιάζεται στον παρακάτω χάρτη:



Σχήμα 2.17. Θεσσαλονίκη

Σ1: Σίνδος

Σ2: Νεοχωρούδα

Σ3: Ελευθέριο-Κορδελιό

Σ4: Πλ. Δημοκρατίας

Σ5: Πλ. Αγ. Σοφίας

Σ6: Α.Π.Θ.

Σ7: Πανόραμα

Σ8: Καλαμαριά

ΠΚΜ: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι θέσεις των σταθμών, ο χαρακτηρισμός της θέσης, οι μετρούμενοι ρύποι ανά σταθμό και η μέθοδος μέτρησης.

| Ρύπος | Μέθοδοι μέτρησης | Σταθμός | | | | | | |
|--|----------------------------|---------|--------------------------|-----------|------------|------------|---------------|----------------------------|
| | | ΑΠΘ | Ελευθέριο Κορδελιό | Καλαμαριά | Νεοχωρούδα | Πανόραμα | Πλ.Αγ. Σοφίας | Σίνδος |
| | | Αστικός | Αστικός/ Βιομηχανικός | | Αγροτικός | Περιστικός | Αστικός | Αγροτικός/ Βιομηχανικός |
| Αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ ₁₀) | Απορρόφηση β' ακτινοβολίας | | ✓ | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Αιωρούμενα σωματίδια (TSP) | Απορρόφηση β' ακτινοβολίας | | ✓ | | | | ✓ | |

Πίνακας 2.9. Ρύποι και μέθοδοι μέτρησης ανά σταθμό

Όλοι οι παραπάνω αναλυτές είναι συνεχούς λειτουργίας και καταγράφουν μία τιμή κάθε λεπτό. Στην συνέχεια μέσω ενός επεξεργαστή υπολογίζονται οι μέσες ωριαίες τιμές, οι οποίες μέσω modem μεταβιβάζονται στον κεντρικό υπολογιστή της Υπηρεσίας.

Μετεωρολογικά δεδομένα (ταχύτητα /διεύθυνση ανέμου, θερμοκρασία και υγρασία) καταγράφονται από όλους τους σταθμούς εκτός του σταθμού της Πλ. Αγίας Σοφίας.

Τα όργανα βαθμονομούνται κατά τακτά χρονικά διαστήματα με σκοπό τον έλεγχο της καλής λειτουργίας τους ή την ρύθμιση τους.

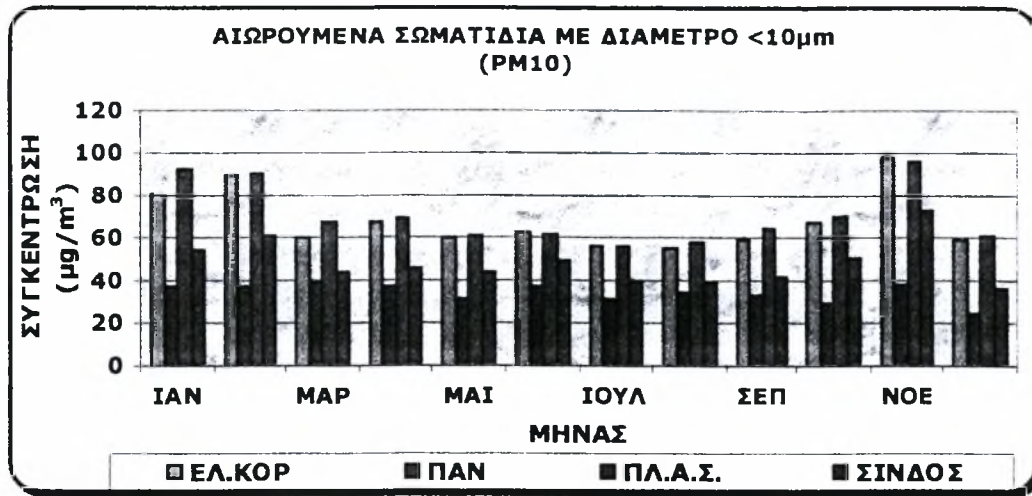
2.9.2. Μετρήσεις Αέριων Ρύπων

Διαχρονική μεταβολή συγκεντρώσεων αερίων ρύπων

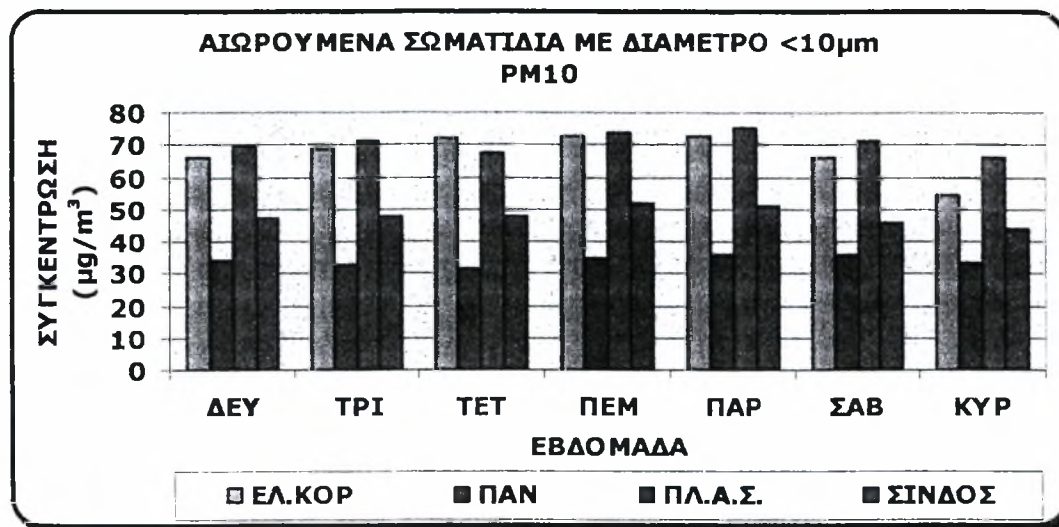
Για την διαχρονική μεταβολή της μέσης ετήσιας συγκέντρωσης των ρύπων χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία των σταθμών του ΥΜΑΘ, επειδή οι σταθμοί αυτοί ήταν στην αρμοδιότητα του ΥΜΑΘ μέχρι τις 31/12/2000. Οι θέσεις των σταθμών Αγίας Σοφίας, Καλαμαριάς και Πλ. Δημοκρατίας παρέμειναν οι ίδιες, ενώ ο σταθμός του Ελευθερίου-Κορδελιού μετακινήθηκε περίπου 700 μ. βόρεια της παλαιάς θέσης, στα όρια της περιφερειακής οδού.

Αναπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ10)

Στην ετήσια διακύμανση της συγκέντρωσης αναπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων (ΑΣ10 ή ΡΜ10) του Σχήματος 3.16. φαίνεται ότι υψηλότερες συγκεντρώσεις μετρήθηκαν τους χειμερινούς μήνες σε σχέση με τους θερινούς. Επιπλέον, οι συγκεντρώσεις ΑΣ10 ήταν υψηλότερες στην Πλ. Αγ. Σοφίας και στο Ελευθέριο-Κορδελιό από αυτές στη Σίνδο και στο Πανόραμα.

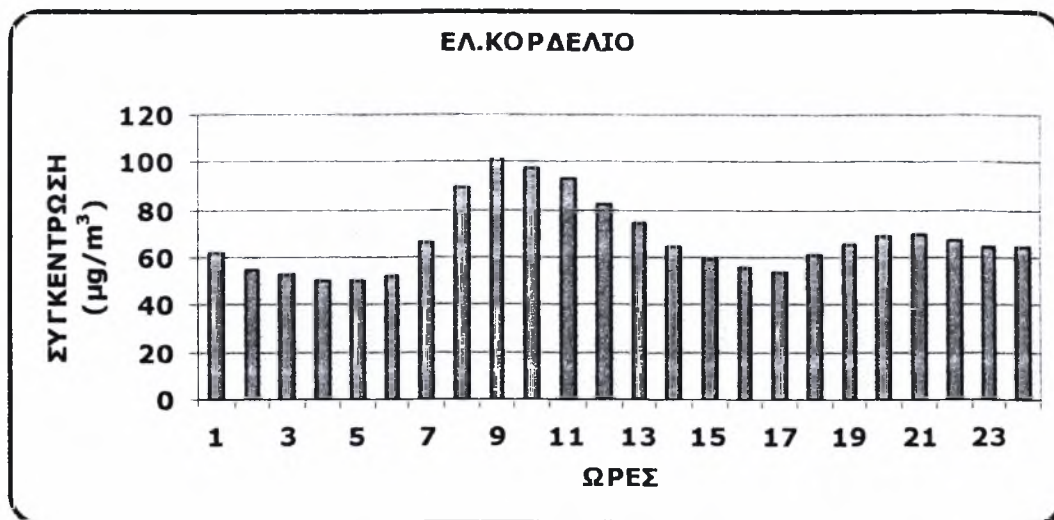


Σχήμα 2.18.Ετήσια διακύμανση των αιωρούμενων σωματιδίων ΑΣ10 σε όλους τους σταθμούς



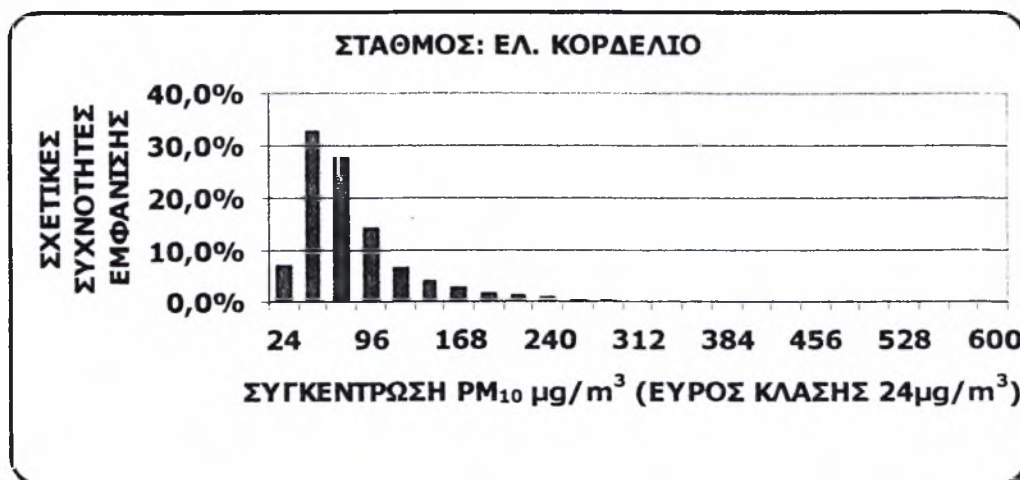
Σχήμα 2.19.Μέσοι αριθμητικοί όροι συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων ΑΣ10 για το έτος 2002, στις ίδιες κατά εβδομάδα ημέρες, σε όλους τους σταθμούς

Η μέση ημερήσια συγκέντρωση των ΑΣ10 την Κυριακή κυρίως, και λιγότερο το Σάββατο, ήταν χαμηλότερη από εκείνη τις καθημερινές (Σχήμα 3.17).



Σχήμα 2.20.Ωριαία μεταβολή των αιωρούμενων σωματιδίων ΑΣ10 στον σταθμό Ελ. Κορδελιού για το έτος 2002

Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις ΑΣ10 παρατηρήθηκαν τις πρωινές και βραδινές ώρες στο σταθμό Ελευθερίου-Κορδελιού (Σχήμα 3.18). Παρόμοια διακύμανση παρατηρήθηκε και στους υπόλοιπους σταθμούς.



Σχήμα 2.21.Σχετικές συχνότητες εμφάνισης των ωριαίων τιμών των αιωρούμενων σωματιδίων ΑΣ10 στον σταθμό Ελ. Κορδελιού

Από το Σχήμα 3.19 φαίνεται ότι η υψηλότερη συχνότητα στις μετρήσεις στο Ελευθέριο-Κορδελιό κυμαίνεται από 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ έως 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Το 90% των ωριαίων μετρήσεων είναι χαμηλότερο από 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

| Σταθμός | ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ | ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ | 98^ο εκατο- στημόριο¹ | Πληρότητα μετρήσεων (%) |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|---|--|
| ΕΛ. ΚΟΡΔΕΛΙΟ | 512 | 67 | 221 | 96.7 |
| ΠΑΝΟΡΑΜΑ | 309 | 34 | 89 | 96.1 |
| ΠΛ. ΑΓ. ΣΟΦΙΑΣ | 431 | 71 | 185 | 98.2 |
| ΣΙΝΔΟΣ | 434 | 48 | 134 | 97.2 |

Πίνακας 2.10. Αναπνεύσιμα αιρούμενα σωματίδια (ΑΣ10) – τιμές σε ωριαία βάση ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις ΑΣ10 (Πίνακας 3.10) ήταν υψηλές σε όλους τους σταθμούς. Η μέση ετήσια συγκέντρωση ήταν υψηλότερη από την ετήσια οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας για το 2002 (44.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) στους σταθμούς της Πλ. Αγίας Σοφίας, Ελ. Κορδελιού και Σίνδου. Ο αριθμός ημερών που η μέση ημερήσια συγκέντρωση ΑΣ10 ξεπέρασε την 24ωρη οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας ανά σταθμό, για το 2002, δίνεται στο Πίνακα 3.11. Η οριακή τιμή είναι 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 35 φορές ανά ημερολογιακό έτος.

¹ 98% όλων των ημερήσιων τιμών που μετρήθηκαν όλο το χρόνο

| Σταθμός | Ημέρες υπερβάσεων |
|--------------------------------|----------------------|
| ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ- ΚΟΡΔΕΛΙΟ | 164 |
| ΠΑΝΟΡΑΜΑ | 9 |
| ΠΛ. ΑΓ. ΣΟΦΙΑΣ | 179 |
| ΣΙΝΔΟΣ | 66 |

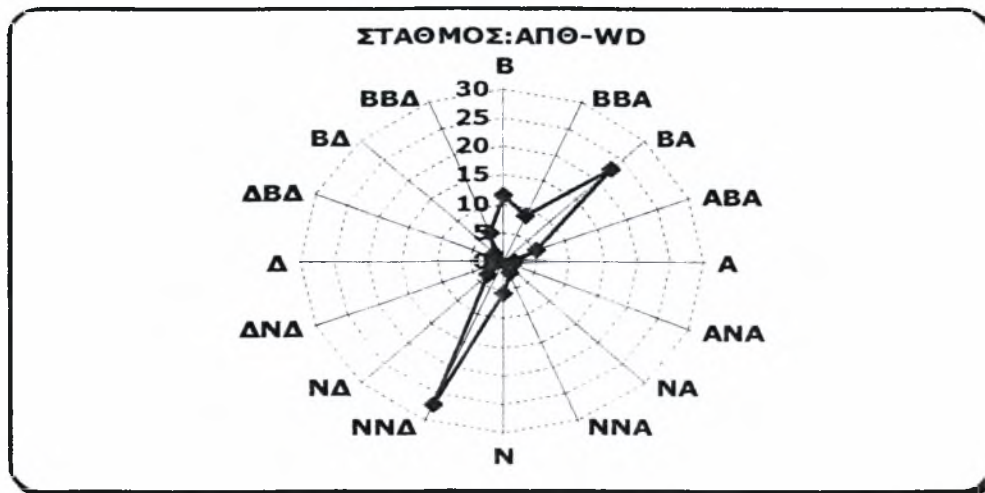
Πίνακας 2.11.Αριθμός ημερών που η μέση ημερήσια συγκέντρωση ΑΣ10 υπερέβη την 24ωρη οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ανά σταθμό, για το 2002

Επίδραση μετεωρολογικών παραμέτρων στη ρύπανση

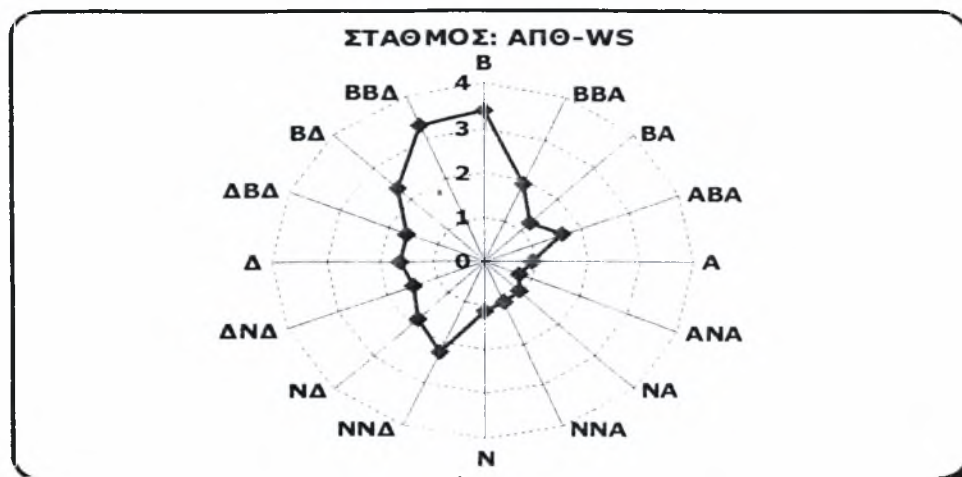
Οι μετεωρολογικοί παράμετροι που επηρεάζουν τη διαμόρφωση των επιπέδων ρύπανσης είναι η διεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου, η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας, η θερμοκρασία και η ηλιοφάνεια.

Από τους σταθμούς του Δικτύου στο κέντρο της πόλης της Θεσσαλονίκης βρίσκονται μόνο ο σταθμός της πλατεία Αγίας Σοφίας και του Α.Π.Θ. Ο σταθμός της πλατεία Αγίας Σοφίας βρίσκεται μέσα σε οδική χαράδρα που επηρεάζει πολύ ισχυρά το πεδίου του ανέμου, με αποτέλεσμα να μην είναι αντιπροσωπευτικό της ευρύτερης περιοχής. Για αυτό το λόγο και δεν μετρούνται οι μετεωρολογικές παράμετροι σε αυτόν τον σταθμό. Έτσι οι μόνες μετρήσεις της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου που μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικές για το κέντρο της Θεσσαλονίκης προέρχονται από το σταθμό του Α.Π.Θ. Παρατηρούμε ότι η διεύθυνση του ανέμου παρουσιάζει μεγάλη εμμονή για δύο αντιδιαμετρικούς σχεδόν τομείς, το νότιο νότιο-δυτικό και το βόριο-

ανατολικό (σχήμα 2.22), αντίθετα η ταχύτητα του ανέμου παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές όταν ο άνεμος πνέει από το βόρειο-δυτικό μέχρι το βόρειο τομέα (σχήμα 2.23).



Σχήμα 2.22. Συχνότητες επί τοις εκατό (%) των διευθύνσεων του ανέμου στο σταθμό του ΑΠΘ για το έτος 2002



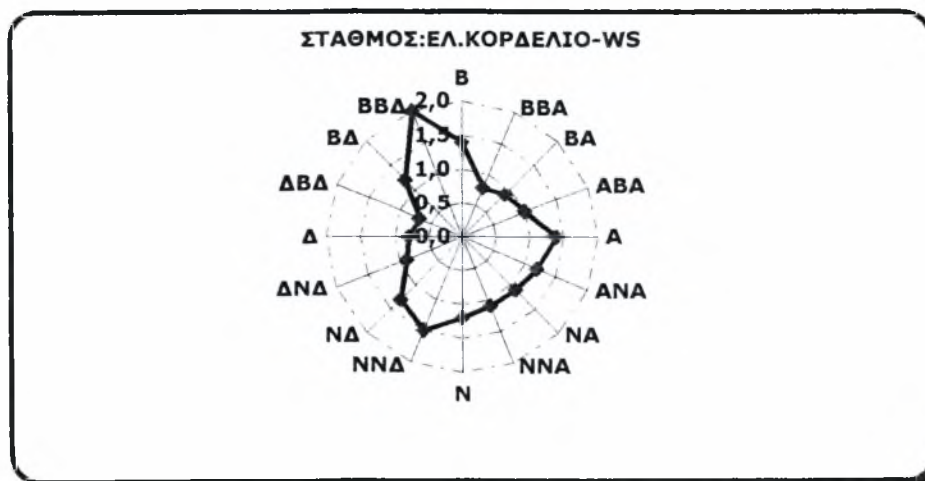
Σχήμα 2.23. Μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση, στον σταθμό του ΑΠΘ για το έτος 2002

Στο σταθμό του Ελευθερίου-Κορδελιού παρατηρούμε ότι ο άνεμος πνέει με μεγαλύτερη ταχύτητα από τρεις κυρίως διευθύνσεις που είναι κατά προσέγγιση και οι διευθύνσεις με τη μεγαλύτερη

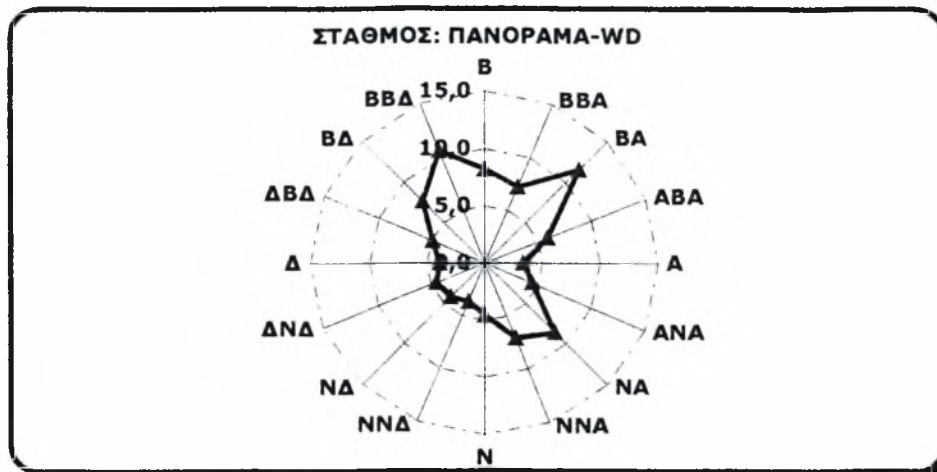
συχνότητα ανέμων (σχήματα 2.24 και 2.25). Αντίθετα, στο σταθμό του Πανοράματος ο άνεμος πνέει με μεγαλύτερη ταχύτητα από το βόρειο βόρειο-δυτικό τομέα, τον ένα από τους τρεις τομείς που παρουσιάζουν με τη μεγαλύτερη συχνότητα ανέμων (σχήματα 2.26 και 2.27).



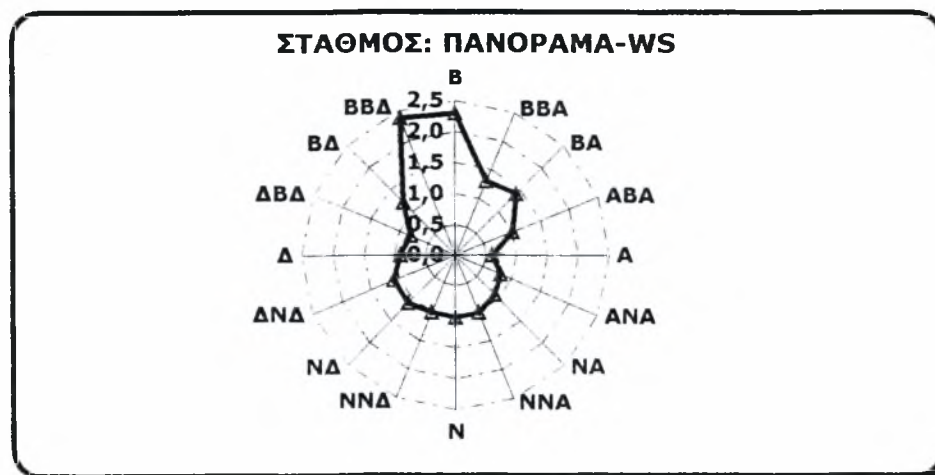
Σχήμα 2.24 Συχνότητες επί τοις εκατό (%) των διευθύνσεων του ανέμου στο σταθμό του Ελευθερίου-Κορδελιού για το έτος 2002



Σχήμα 2.25. Μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση, στον σταθμό του Ελευθερίου-Κορδελιού για το έτος 2002

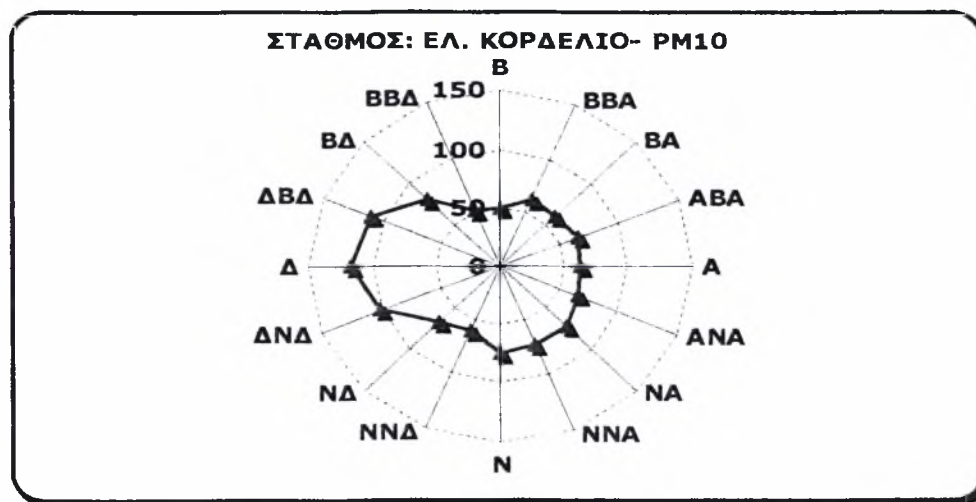


Σχήμα 2.26. Συχνότητες επί τοις εκατό (%) των διευθύνσεων του ανέμου στο σταθμό του Πανοράματος για το έτος 2002



Σχήμα 2.27. Μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση, στον σταθμό του Πανοράματος για το έτος 2002

Στον σταθμό του Ελευθερίου-Κορδελιού εμφανίζονται κατά κανόνα και οι μεγαλύτερες τιμές $A\Sigma_{10}$. Υψηλές τιμές των συγκεντρώσεων αυτών των ρύπων παρουσιάζονται και στον σταθμό της πλατείας Αγίας Σοφίας, αλλά η έλλειψη μετρήσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων δε επιτρέπει την ανάλυσή τους. Έχοντας υπόψη τα παραπάνω η εξάρτηση των συγκεντρώσεων των ρύπων που εμφανίζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι στους σταθμούς Ελευθερίου-Κορδελιού, Α.Π.Θ. και Πανοράματος.



Σχήμα 2.28. Μέσες τιμές $A\Sigma_{10}$ σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στον σταθμό του Ελευθερίου- Κορδελιού για το έτος 2001 για κάθε διεύθυνση ανέμου

2.9.3. Πίνακας Ορίων Συγκεντρώσεων Αερίων Ρύπων

| Περίοδος αναφοράς | Τιμές ορίων για αιωρούμενα σωματίδια |
|---|---|
| ΕΤΟΣ (1 ΑΠΡ.-31 ΜΑΡΤ) | 80 (διάμεσος ημερησίων μέσων τιμών από όλο το έτος) |
| ΧΕΙΜΩΝΑΣ (1 ΟΚΤ.-31ΜΑΡΤ) | 130 (διάμεσος ημερησίων μέσων τιμών από όλο το χειμώνα) |
| ΕΤΟΣ (αποτελείται από μονάδες 24ωρων περιόδων μετρήσεως) | 250 (98% όλων των ημερησίων μέσων τιμών που λήφθηκαν όλο το έτος) |

Πίνακας 2.12.Οριακές τιμές για αιωρούμενα σωματίδια όπως μετρήθηκαν με την μέθοδο μαύρου καπνού εκφρασμένες σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Συμπεράσματα

Η ατμοσφαιρική ρύπανση στο Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης για το 2002 κυμάνθηκε στα ίδια με το 2001, χαμηλά επίπεδα. Υπερβάσεις των οριακών συγκεντρώσεων των αερίων ρύπων παρατηρήθηκαν κυρίως στα αναπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ10) σε σταθμούς που βρίσκονται σε αστικές περιοχές (Πλ. Αγ. Σοφίας και Ελευθέριο-Κορδελιό) και σε μικρότερη έκταση, στο σταθμό Σίνδου. Σχετικά αυξημένες ήταν οι συγκεντρώσεις όζοντος σε σταθμούς που βρίσκονται σε περιαστικές περιοχές. Πιο συγκεκριμένα οι υπερβάσεις ανακεφαλαιώνονται παρακάτω:

Αναπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ10)

Η συγκέντρωση των ΑΣ10 στους 3 από τους 4 σταθμούς που γίνονται μετρήσεις ήταν αρκετές φορές υψηλότερη από το όριο που δίνεται στο Πίνακα 3.12. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση των ΑΣ10 ξεπέρασε την οριακή μέση ημερήσια συγκέντρωση στον σταθμό του Ελ. Κορδελιού 164 ημέρες το χρόνο, στον σταθμό Πλ. Αγίας Σοφίας 179 ημέρες και στον σταθμό Σίνδου 66 ημέρες. Επιπλέον, σε όλους τους παραπάνω σταθμούς η μέση ετήσια συγκέντρωση των ΑΣ10 ήταν μεγαλύτερη από το όριο που δίνεται στον Πίνακα 3.12.

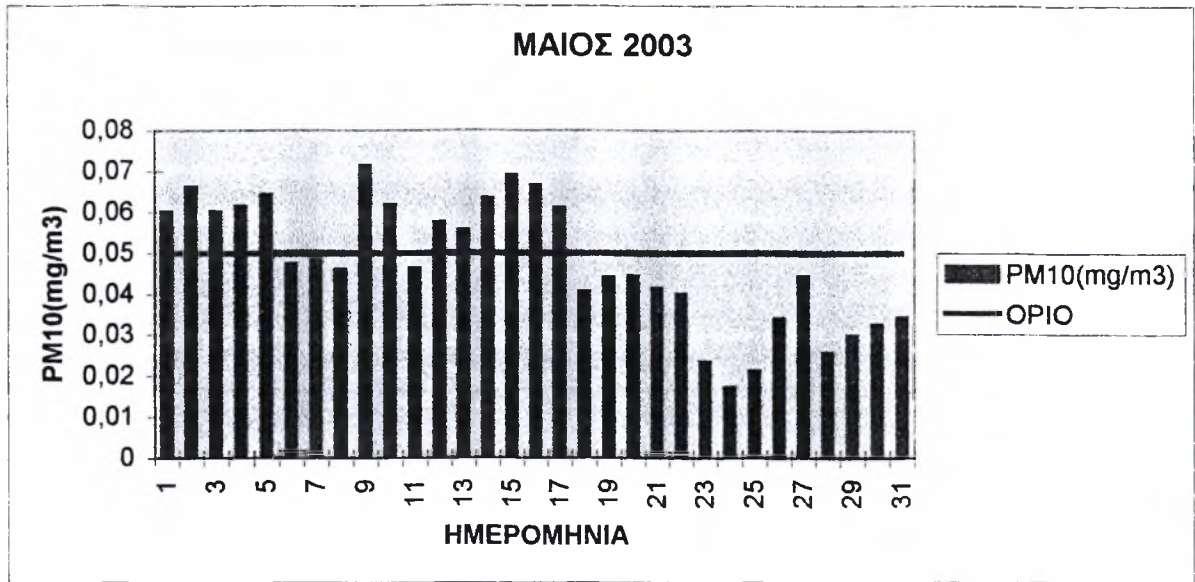
2.10. ΒΟΛΟΣ

Μετρήσεις στην περιοχή του Βόλου διεξήγοντο και από την Νομαρχία Μαγνησίας οι μετρήσεις των οποίων έδειξαν για τον μήνα Μάιο του 2003 μέσο όρο της συγκέντρωσης σωματιδίων ίση με 47,81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και υψηλότερη μέτρηση στα 226,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Από τα στοιχεία προκύπτει ότι το 38,5% των μετρήσεων ήταν πάνω από το όριο που θέτει το ΕΡΑ των 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Όσον αφορά τον Ιούνιο του 2003 ο μέσος όρος των PM_{10} ήταν 40,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με υψηλότερη μέτρηση 386 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Το ποσοστό των μετρήσεων που ήταν πάνω από 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ είναι 30,2% .

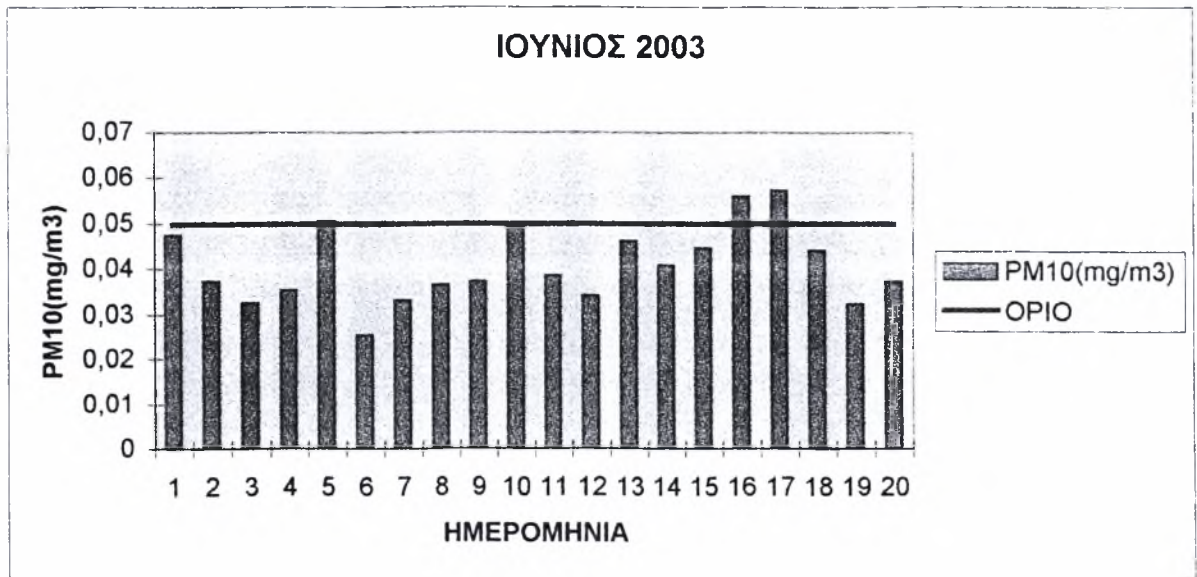
Τον Σεπτέμβρη του 2003 ο μέσος όρος της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων ήταν 54,51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με υψηλότερη μέτρηση 157,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Αντίθετα τον Οκτώβριο του 2003 ο μέσος όρος των σωματιδίων έπεσε πάλι στα 44,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με υψηλότερη μέτρηση 173,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Παρακάτω έχουμε τους μέσους όρους των συγκεντρώσεων PM_{10} κάθε ημέρας

Για τον μήνα Μάιο παρατηρούμε ότι 13 από τις 31 ημέρες η συγκέντρωση των σωματιδίων πέρασε τα επιτρεπτά όρια που έχει θέσει το ΕΠΑ.



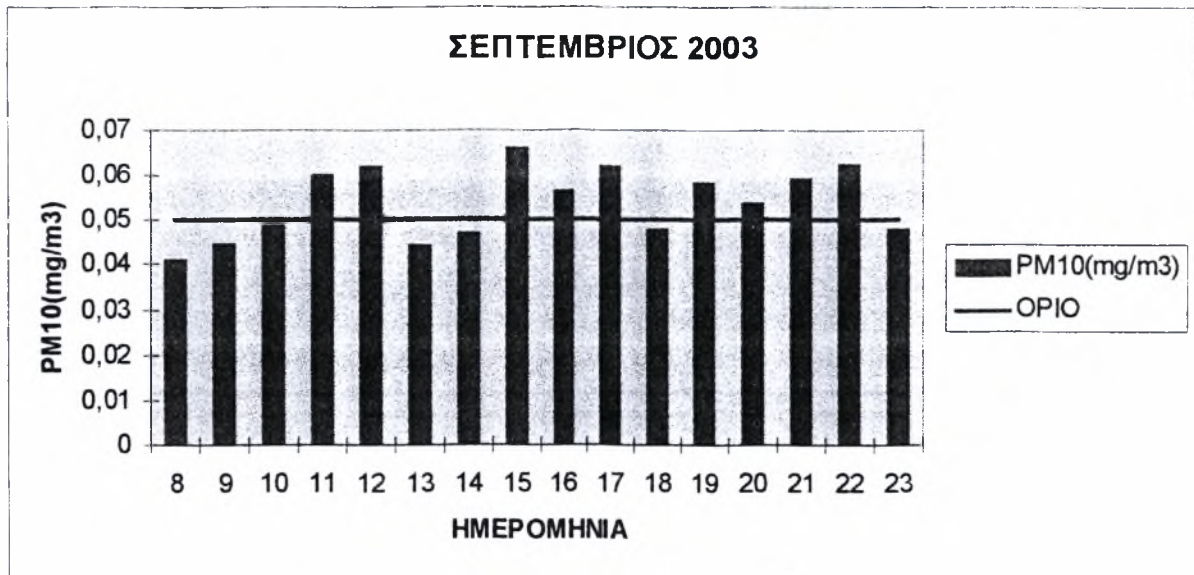
Σχήμα 2.29.Μετρήσεις το μήνα Μάιο

Τον μήνα Ιούνιο είχαμε 20 ημέρες μετρήσεων από το μηχάνημα της Νομαρχίας και 3 από αυτές ήταν πάνω από το όριο.



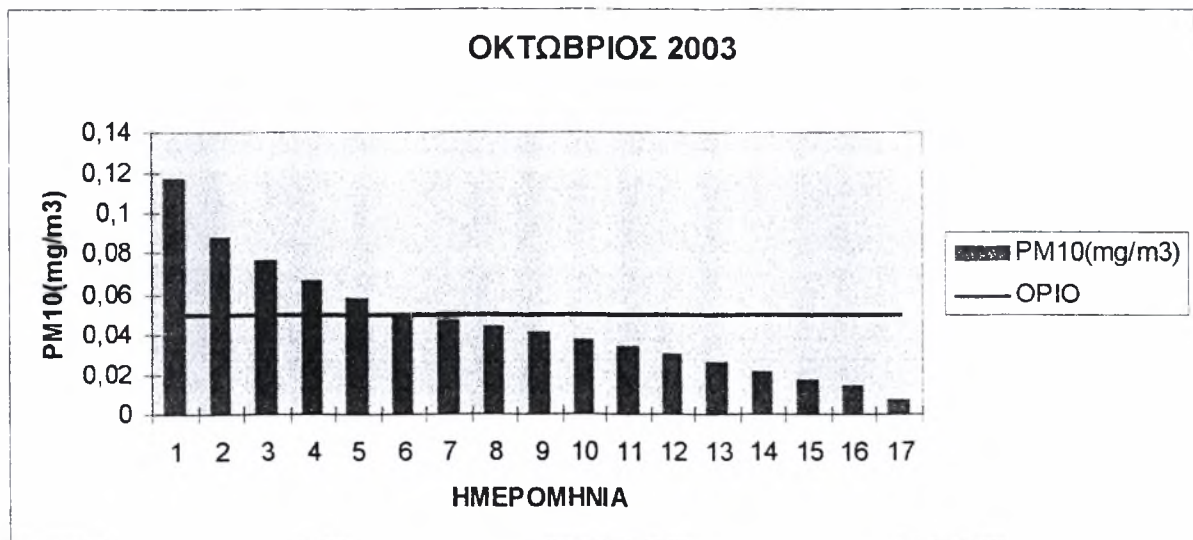
Σχήμα 2.30.Μετρήσεις το μήνα Ιούνιο

Για τον μήνα Σεπτέμβριο είχαμε 23 ημέρες μετρήσεων από τις οποίες οι 9 ήταν πάνω από τα όρια που έχει θέσει το ΕΡΑ.



Σχήμα 2.31.Μετρήσεις το μήνα Σεπτέμβριο

Τον μήνα Οκτώβριο είχαμε μετρήσεις μόνο για 17 ημέρες γιατί το μηχάνημα της Νομαρχίας παρουσίασε σφάλματα τις υπόλοιπες μέρες. Μπορούμε όμως να διαπιστώσουμε ότι 6 από αυτές ήταν πάνω από το όριο των 0,05 mg/m³.



Σχήμα 2.32.Μετρήσεις το μήνα Οκτώβριο

Γνωρίζοντας ότι από 1/1/2005 ότι η μέση ημερήσια τιμή θα πρέπει να είναι $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 35 φορές ανά έτος διαπιστώνουμε ότι σε 91 ημέρες είχαμε 31 φορές υπέρβαση του ορίου!

Εάν πάλι θέσουμε σαν όριο μέσης ημερήσιας τιμής τα $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, που ήταν το όριο προετοιμασίας ως το 2005 που θα ίσχυε το όριο των $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, τότε θα παρατηρήσουμε ότι από τις 91 ημέρες έχουμε 20 φορές υπέρβαση του ορίου. Δηλαδή πάλι είχαμε ένα μεγάλο αριθμό ημερών πάνω από το όριο.

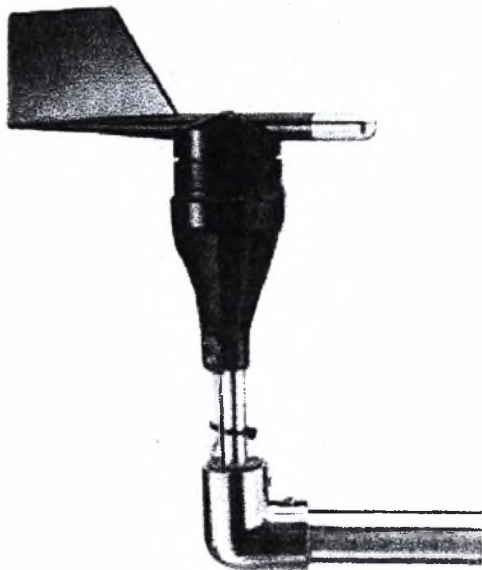
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

3.1.ΑΝΕΜΟΜΕΤΡΟ GLOBAL WATER

Οι μετρήσεις των ανεμολογικών στοιχείων πραγματοποιήθηκαν με το ανεμόμετρο Global Water. Το Global Water είναι ένα όργανο το οποίο μετράει και καταγράφει την διεύθυνση και την ταχύτητα του άνεμου, όπως επίσης την υγρασία και την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

3.1.1. Wind Direction Sensor WE570



Ο δείκτης κατεύθυνσης αέρα δείχνει τη κατεύθυνση με τον ανεμοδείκτη που συνδέεται με ένα ποτενσιόμετρο το οποίο μετατρέπει το σήμα σε ρεύμα 4-20 mA. Η ακρίβεια του οργάνου είναι 1% στις 360°.

3.1.2. Wind Speed Sensor WE550



Το ανεμόμετρο με 3 κοίλα μπορεί να μετρήσει ταχύτητες αέρα μέχρι 110 mph. Ο αισθητήρας μέτρησης της ταχύτητας αέρα ανταποκρίνεται στις λεπτές αλλαγές της ταχύτητας αέρα και ακρίβεια του οργάνου είναι 2 MPH στην κλίμακα των 11 με 55 MPH.(50 m/s=110 MPH)

3.1.3. Humidity Sensor WE600



Ο αισθητήρας υγρασίας έχει ακρίβεια 2% RH στην κλίμακα 0-100% RH. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας έχει ακρίβεια 0,1 °C σε κλίμακα (-50)-(+50) °C.

3.2. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΑΝΕΜΟΜΕΤΡΟΥ

Το ανεμόμετρο παρατηρήσαμε ότι δεν έδειχνε σωστές ενδείξεις και αναγκαστήκαμε να το κάνουμε βαθμονόμηση. Τοποθετήσαμε το ανεμόμετρο στην αεροσήραγγα και με σταθερή και γνωστή την ταχύτητα του ανέμου πήραμε τις τιμές του ανεμομέτρου. Χρησιμοποιήσαμε τις τιμές του σωλήνα Pitot για να βρούμε τις ταχύτητες της αεροσήραγγας θεωρώντας το, πιο αξιόπιστο.

Από την σχέση $\Delta P = \rho_k \cdot g \cdot \Delta H$ (1)

όπου ΔH η διαφορά ύψους στο σωλήνα Pitot

όπου ρ_k η πυκνότητα της κηροζίνης 787 kg/m^3

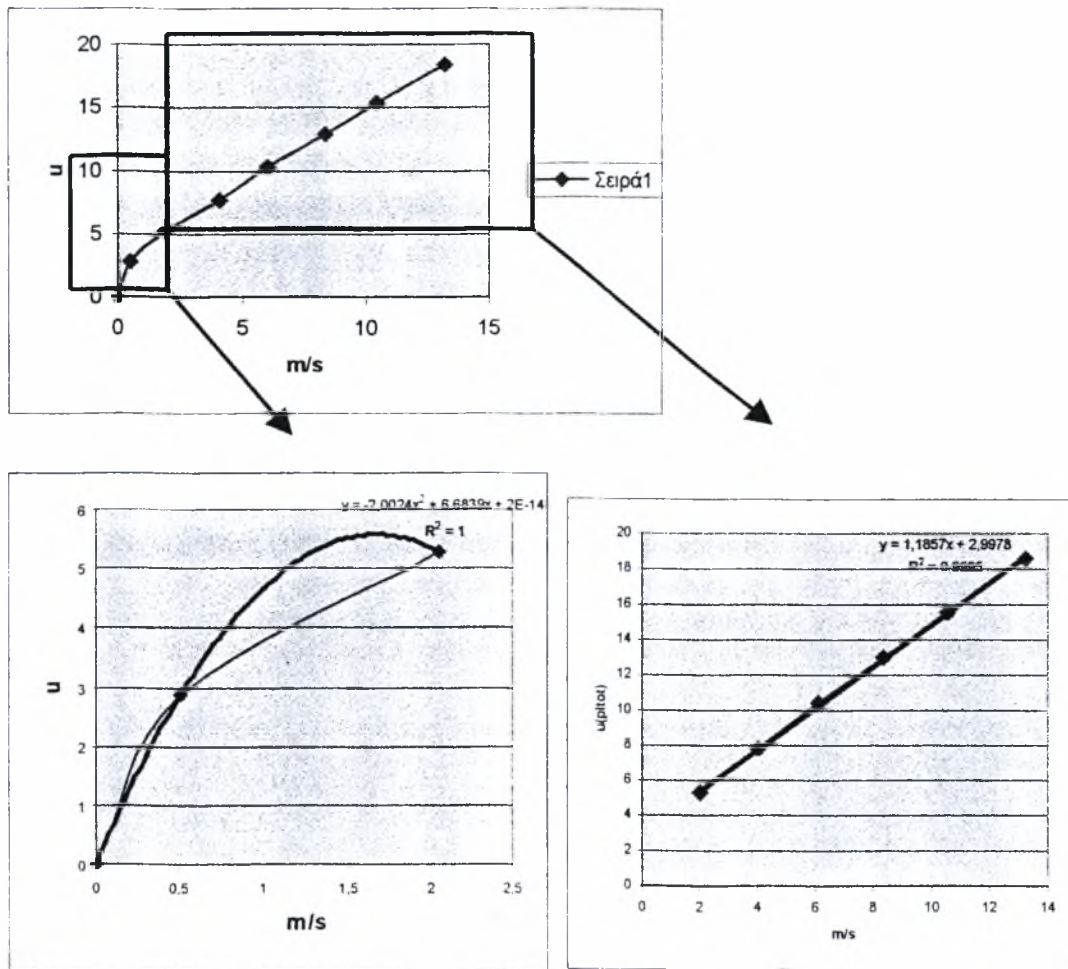
$$\text{και } u = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_a}} \quad (2)$$

όπου ρ_a η πυκνότητα του αέρα 1.193 kg/m^3 στους $25 \text{ }^\circ\text{C}$

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει $u = 3,603 \cdot \sqrt{\Delta H}$

Με αυτόν τον τρόπο προέκυψαν οι τιμές των ταχυτήτων στην αεροσήραγγα τις οποίες συγκρίναμε με τις τιμές που μας έδινε το ανεμόμετρο. Έπειτα με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων μέσων σημείων, χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση: $y = b + C_1x + C_2x^2 + C_3x^3 + \dots + C_6x^6$ όπου b και C_1, \dots, C_6 είναι σταθερές ανεμομέτρου βρήκαμε την συνάρτηση που μετατρέπει τις ενδείξεις του ανεμομέτρου στις σωστές τιμές.

Παρακάτω βλέπουμε ποιες εξισώσεις μας βοήθησαν να υπολογίσουμε τις τιμές ταχύτητας.



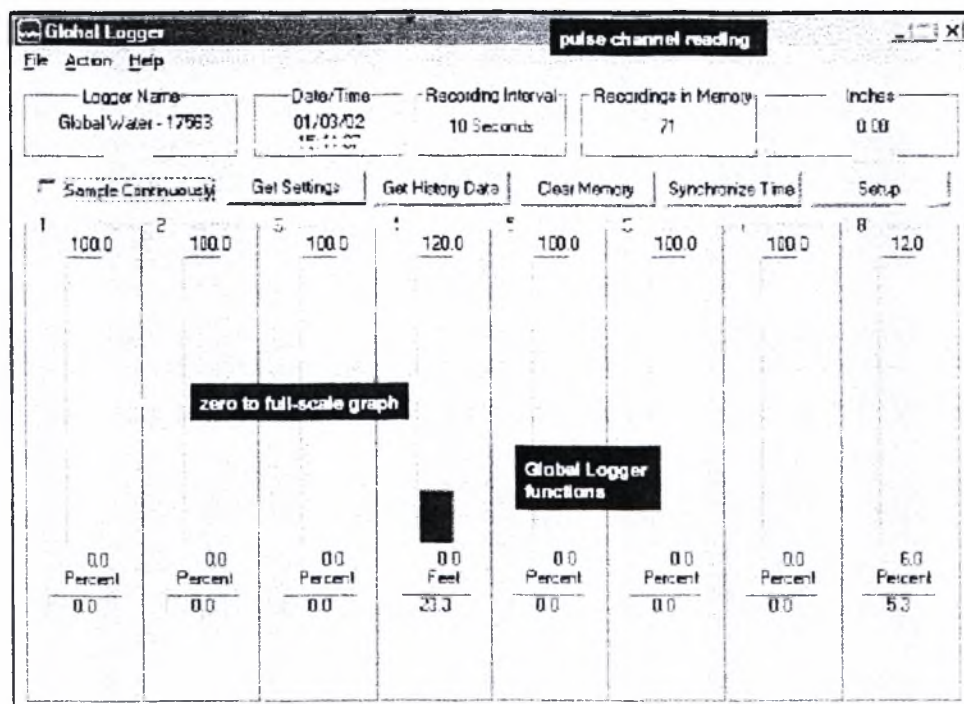
Σχήμα 3.1.Γραφική παράσταση ταχύτητας ανεμομέτρου-ταχύτητας που μετρείται με τον σωλήνα Pitot

Παρατηρούμε ότι το ανεμόμετρο ακολουθεί γραμμικά τις τιμές της ταχύτητας όπως προκύπτουν από τον σωλήνα Pitot. Μόνο στις χαμηλές ταχύτητες βλέπουμε ότι οι τιμές δεν είναι γραμμικές. Γι' αυτό προτείνουμε για τιμές ταχύτητας του ανεμομέτρου από 0-1 m/s να χρησιμοποιούμε την εξίσωση $y = -2.0024x^2 + 6.6839x$. Για ταχύτητες από 1 m/s και πάνω οι τιμές μεταβάλλονται γραμμικά και η σχέση που διορθώνει τις ταχύτητες του ανεμομέτρου είναι $y = 1.1857x + 2.9978$, όπου x η ταχύτητα του ανεμομέτρου και y η ταχύτητα που θα έδινε ο σωλήνας Pitot.

3.3.GLOBAL WATER SOFTWARE

Οι πραγματοποιημένες μετρήσεις αποθηκεύονται στη μνήμη του οργάνου και στη συνέχεια τα αποθηκευμένα δεδομένα μπορούν να επεξεργαστούν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή με τη χρήση του Global Water Software. Συγκεκριμένα, είναι δυνατός ο προγραμματισμός των παραμέτρων λειτουργίας του οργάνου, η μεταφορά των μετρήσεων που είναι αποθηκευμένες από το όργανο στον υπολογιστή, η επεξεργασία και η γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων. Η σύνδεση του οργάνου με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή πραγματοποιείται μέσω καλωδίου με τη σειριακή θύρα.

Το βασικό 'παράθυρο' λειτουργίας του λογισμικού Global Water Software παρουσιάζεται στο σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2. Global Water Software

3.4. ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

3.4.1. Περιγραφή του οργάνου μέτρησης DustTrak

Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης σωματιδιακής ύλης πραγματοποιήθηκαν με το DustTrak Aerosol Monitor – Model 8520 της εταιρείας TSI. Το DustTrak είναι ένα laser το οποίο μετράει και καταγράφει τις συγκεντρώσεις της σωματιδιακής ύλης σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών χώρων και διεργασιών, από εσωτερικούς χώρους κατοικιών και γραφείων έως βιομηχανικούς χώρους και εξωτερικό περιβάλλον. Οι πραγματοποιήσιμες μετρήσεις της συγκέντρωσης εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο στην ψηφιακή οθόνη του οργάνου ενώ παράλληλα αποθηκεύονται στη μνήμη του. Τα αποθηκευμένα δεδομένα μπορούν στη συνέχεια να επεξεργαστούν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή με τη χρήση του TrakPro Data Analysis Software. Το μετρητικό όργανο παρουσιάζεται στο σχήμα 3.3.

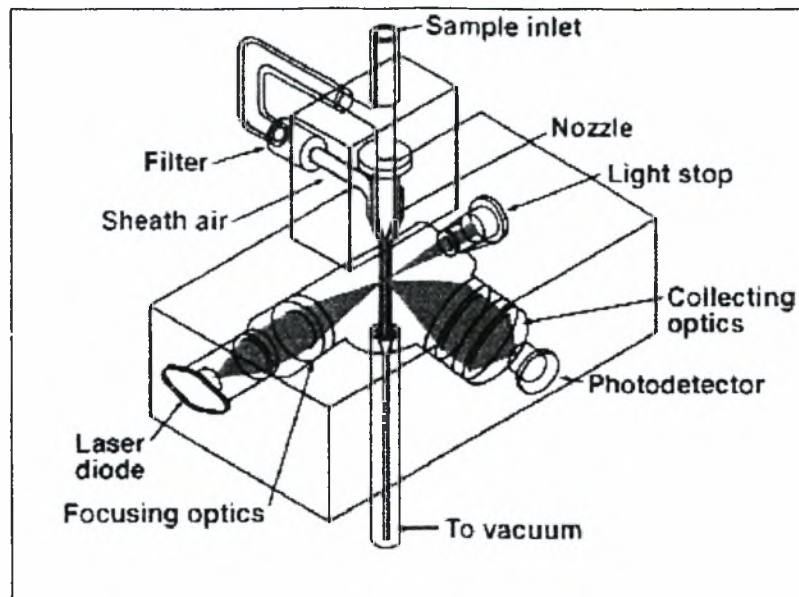


Σχήμα 3.3. DustTrak Aerosol Monitor, Model 8520

3.4.2. Αρχή λειτουργίας

Το DustTrak Aerosol Monitor – Model 8520 χρησιμοποιεί την τεχνολογία της σκέδασης του φωτός για να υπολογίσει μαζικές συγκεντρώσεις της σωματιδιακής ύλης σε πραγματικό χρόνο. Μέσω ενός ακροφυσίου εισέρχεται στο θάλαμο ανίχνευσης με συνεχή αναρρόφηση δείγμα του αέρα του περιβάλλοντος. Μια συσκευή εκπομπής δέσμης ακτινών laser σαρώνει το δείγμα του αέρα με αποτέλεσμα τα σωματίδια που περιέχονται σ' αυτό να σκεδάζουν το φως προς κάθε κατεύθυνση. Ένας φακός σε γωνία 90° συλλέγει και κατευθύνει το φως που έχει σκεδαστεί σ' ένα ανιχνευτή φωτός. Το κύκλωμα ανίχνευσης μετατρέπει το φως σε ηλεκτρική τάση. Αυτή η τάση είναι ανάλογη της ποσότητας του φωτός που έχει σκεδαστεί και η οποία είναι κατ' επέκταση ανάλογη της μαζικής συγκέντρωσης της σωματιδιακής ύλης στο αέριο δείγμα. Η ηλεκτρική τάση αναλύεται από τον επεξεργαστή του οργάνου και αφού πολλαπλασιαστεί με μια σταθερά βαθμονόμησης εμφανίζεται στην ψηφιακή οθόνη η τιμή της μαζικής συγκέντρωσης σε μονάδες μάζας ανά όγκο (mg/m^3).

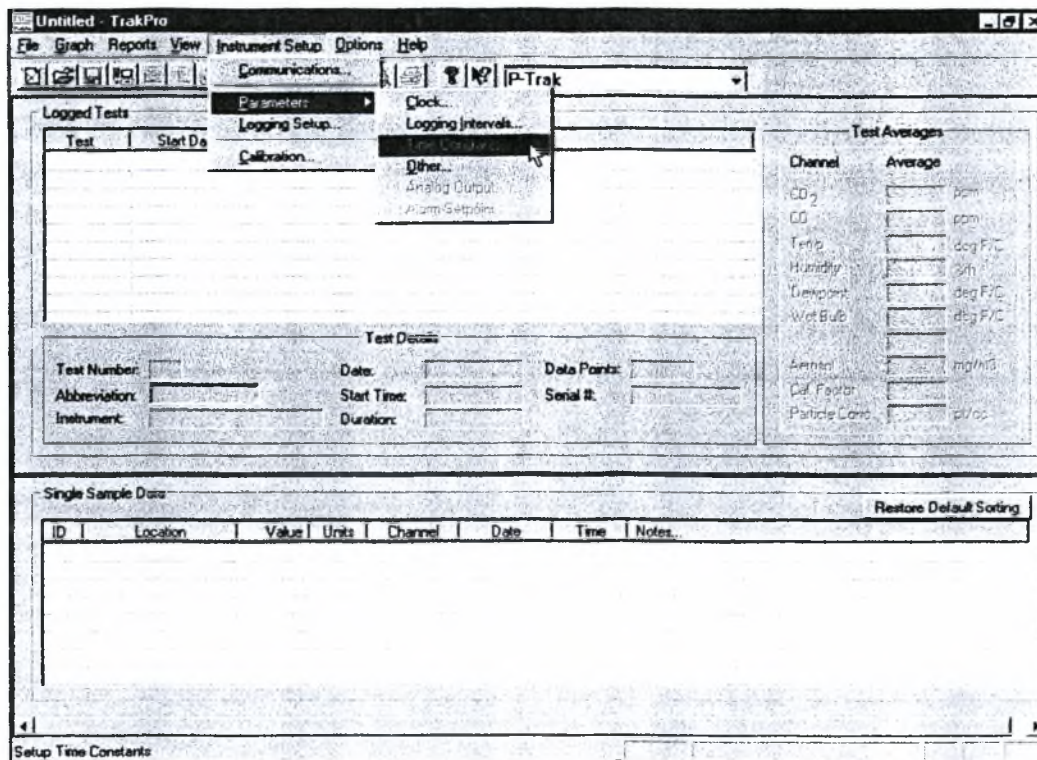
Τα οπτικά όργανα μέτρησης του DustTrak διατηρούνται καθαρά καθώς περιβάλλονται από ένα περίβλημα καθαρού, φιλτραρισμένου αέρα. Συγκεκριμένα, μια μικρή ποσότητα αέρα αναρροφάται από το κύριο ρεύμα του αέριου δείγματος, φιλτράρεται και στη συνέχεια επανεισάγεται στο θάλαμο ανίχνευσης δημιουργώντας ένα περίβλημα που προστατεύει τα οπτικά όργανα από επικαθίσεις σωματιδιακής ύλης. Αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι η εξασφάλιση της ακρίβειας και της άμεσης απόκρισης του μετρητικού οργάνου στις μεταβολές της συγκέντρωσης στο αέριο δείγμα. Η αρχή λειτουργίας του οργάνου γραφικά παριστάνεται στο σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.4. Αρχή λειτουργίας του DustTrak Aerosol Monitor

3.4.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά

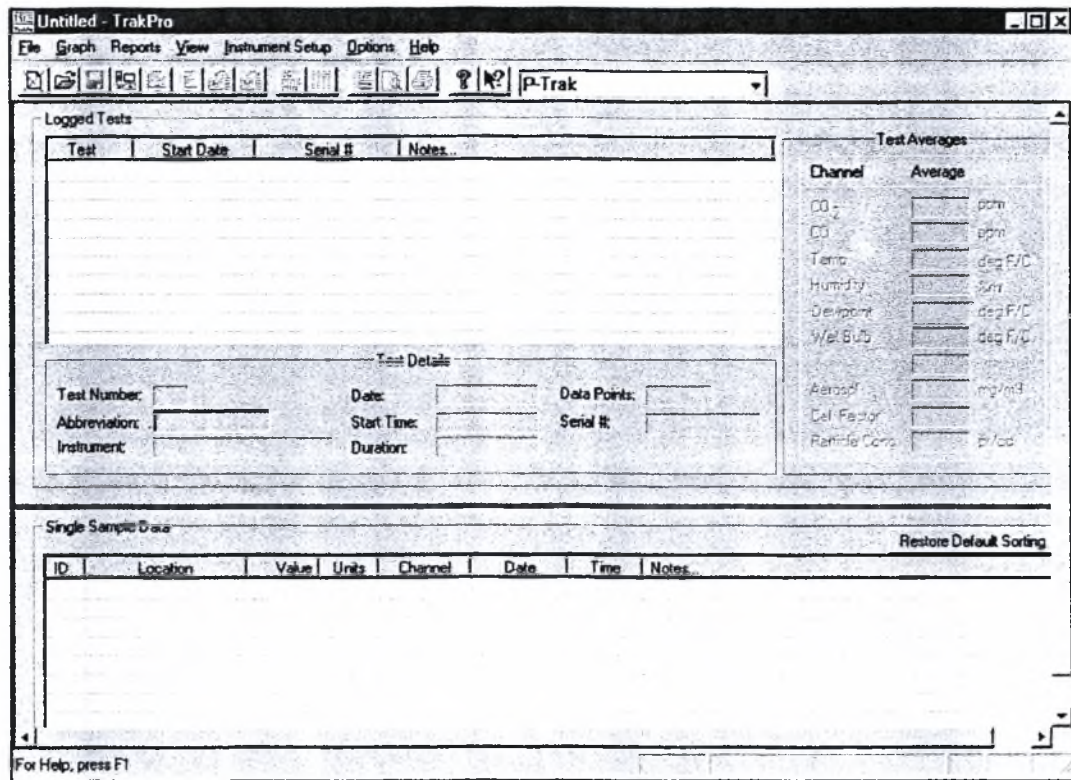
Η πηγή εκπομπής δέσμης ακτινών laser του οργάνου DustTrak έχει μήκος κύματος 780 nm που ορίζει το μικρότερο ανιχνεύσιμο μέγεθος σωματιδιακής ύλης στα 0,1 μm. Το μέγεθος αυτό καθορίζεται με βάση του θεωρία του Mie για την σκέδαση του φωτός. Το εύρος του μεγέθους των σωματιδίων που μετρούνται είναι από 0,1 μm έως 10μm, ενώ το εύρος της μαζικής τους συγκέντρωσης είναι από 0,001 mg/m³ έως 100 mg/m³. Η παροχή του συστήματος αναρρόφησης του ατμοσφαιρικού αέρα κυμαίνεται από 1,4 L/min έως 2,4 L/min με κύρια τιμή λειτουργίας τα 1,7 L/min. Η σταθερά χρόνου του οργάνου κυμαίνεται από 1 sec έως 60 sec. Στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιήθηκε σταθερά χρόνου τα 10 sec και ορίστηκε μέσω του TrakPro Data Analysis Software.



Σχήμα 3.5.Επιλογή του υπομενού Time Constants

3.4.4.TrakPro Data Analysis Software

Το TrakPro Data Analysis Software είναι ένα λογισμικό πρόγραμμα ανεπτυγμένο σε περιβάλλον Windows το οποίο συνεργάζεται με το μετρητικό όργανο DustTrak Aerosol Monitor – Model 8520. Συγκεκριμένα, είναι δυνατός ο προγραμματισμός των παραμέτρων λειτουργίας του οργάνου, η μεταφορά των μετρήσεων που είναι αποθηκευμένες από το όργανο στον υπολογιστή, η επεξεργασία και η γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων. Η επικοινωνία του οργάνου με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή πραγματοποιείται μέσω καλωδίου από τη θύρα USB. Το βασικό “παράθυρο” λειτουργίας του λογισμικού παρουσιάζεται στο σχήμα 3.6.



Σχήμα 3.6. TrakPro Data Analysis Software

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Για την διπλωματική εργασία χρειάσθηκαν δύο φοιτητές γιατί οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν με φορητό όργανο σημαντικής οικονομικής αξίας και οι μετακινήσεις γίνονταν με ιδιωτικά αυτοκίνητα. Το όργανο δειγματοληπούσε για αρκετές (προδιαγεγραμμένες) ώρες και ημέρες εν στάσει αλλά και εν κινήσει. Σε κάποιες περιπτώσεις οι μετρήσεις διεξήγοντο με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, βροχή και γενικά με συνθήκες που δεν επέτρεπαν πεζοπορία αλλά χρήση μεταφορικού και συνεργασία τουλάχιστον δύο ατόμων. Για μερικές μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε και ανεμόμετρο το οποίο ήταν δύσκολο στην μεταφορά του. Οι μετρήσεις αφορούσαν την δημόσια υγεία και την ποιότητα του περιβάλλοντος της ευρύτερης περιοχής (κατοικημένη περιοχή, βιομηχανία) και εφόσον η διπλωματική εργασία είναι δημόσιο έγγραφο, το περιεχόμενο της θα μπορούσε να προκαλέσει κάποια ανησυχία, αμφισβήτηση αν όχι και προσφυγή στην δικαιοσύνη από τυχόν θιγόμενους. Για λόγους λοιπόν επιστημονικής δεοντολογίας ήταν κρίσιμο οι συγκεκριμένες

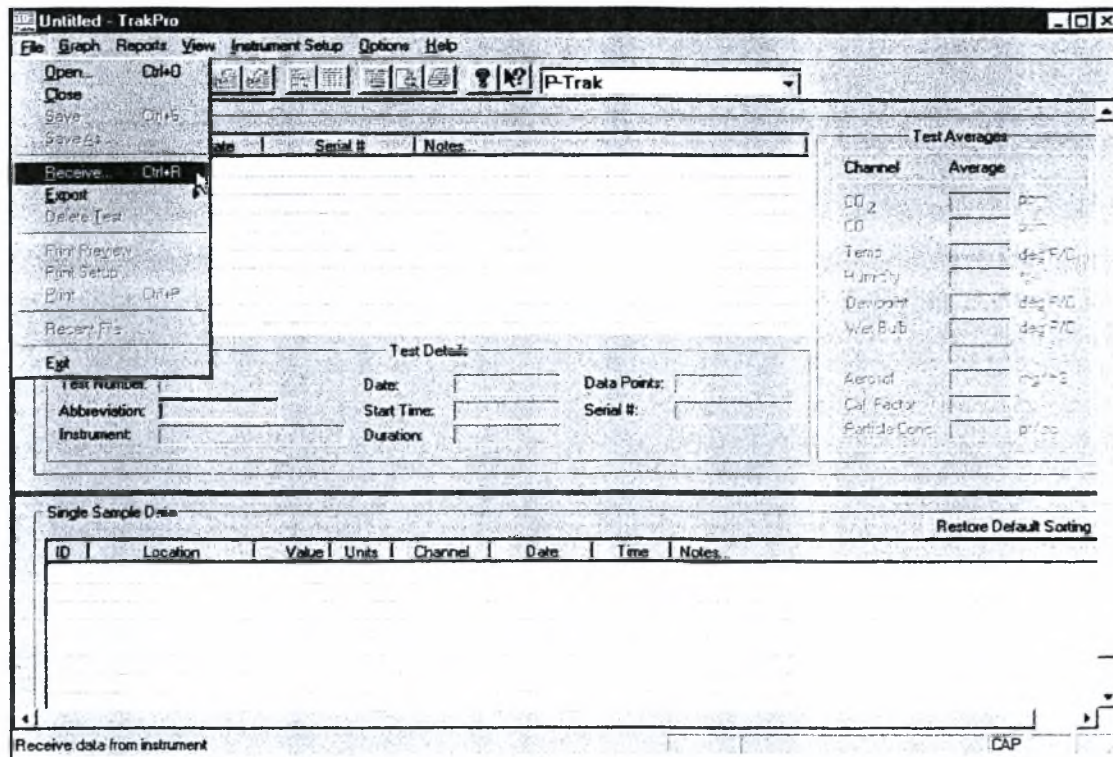
μετρήσεις να υφίστανται έλεγχο επί τόπου από διαφορετικούς χρήστες πριν καταγραφούν ως πραγματικά συμβάντα.

Στόχος των μετρήσεων ήταν ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων PM10 αλλά και των πηγών ρύπανσης στο πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο κέντρο του Βόλου αλλά και σε περιστασιακά σημεία με σκοπό να καλύψουμε μια μεγάλη σε έκταση περιοχή. Επίσης πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου ώστε να έχουμε μετρήσεις σε μια περιοχή όπου υπάρχουν αρκετές πηγές ρύπανσης. Τέλος καταγράψαμε μετρήσεις και σε κλειστούς χώρους (Δημοτικό, Κυλικείο) που σκοπό είχαν να εξετάσουμε τα επίπεδα ρύπανσης όχι μόνο στο περιβάλλον αλλά και σε χώρους όπου συνωστίζονται παιδιά και φοιτητές. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του DustTrak Aerosol Monitor – Model 8520 της εταιρείας TSI και μόνο στο 3^ο κύκλο οδήγησης αλλά και στο Φυτόκο όπου οι μετρήσεις έγιναν σε «ανοιχτές» περιοχές χρησιμοποιήθηκε το ανεμόμετρο Global Water. Το όργανο Global Water μπορεί να μετρήσει, εκτός από την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου, την θερμοκρασία και την υγρασία. Έτσι χρησιμοποιήθηκε για να συσχετίσουμε τις τιμές των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων με τις παραπάνω παραμέτρους.

4.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης σωματιδιακής ύλης πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του DustTrak Aerosol Monitor – Model 8520 της εταιρείας TSI και αποθηκεύθηκαν στη μνήμη του οργάνου. Για την επεξεργασία των μετρήσεων έγινε μεταφορά των δεδομένων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή συνδέοντας το όργανο δια

μέσω καλωδίου με τη σειριακή θύρα του υπολογιστή και με τη χρήση του λογισμικού TrakPro Data Analysis Software. Η διαδικασία μεταφοράς των μετρήσεων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή απεικονίζεται στο Σχήμα 4.1.

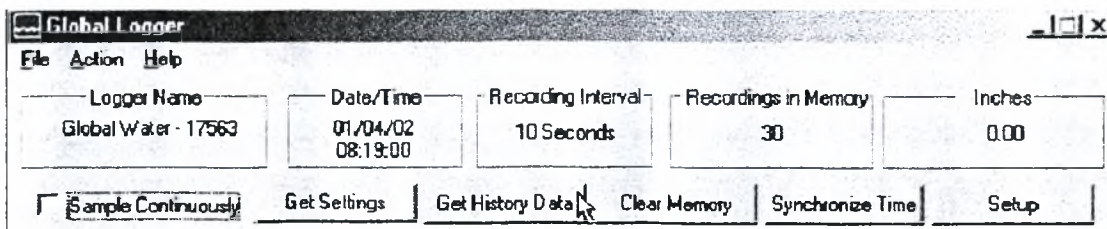


Σχήμα 4.1. Επιλογή του υπομενού Receive, Export

Με τη χρήση του υπομενού "Receive" δίνεται η εντολή για την μεταφορά των μετρήσεων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, ενώ με τη χρήση του υπομενού "Export" τα δεδομένα μετατρέπονται σε αρχεία ".txt" ή ".xls". Η επεξεργασία των μετρήσεων και οι γραφικές παραστάσεις της συγκέντρωσης της σωματιδιακής ύλης σε συνάρτηση με το χρόνο έγινε με το λογισμικό Excel του Microsoft Office.

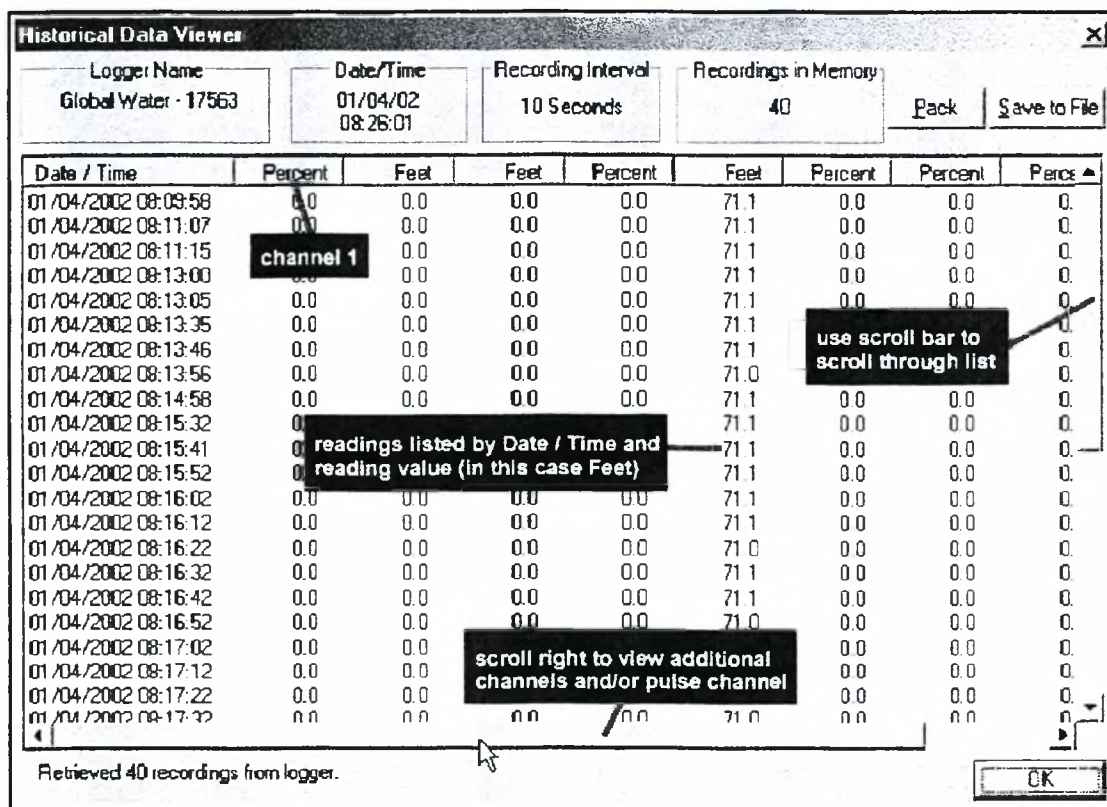
Με το όργανο Global Water έγιναν μετρήσεις θερμοκρασίας, υγρασίας, ταχύτητας και κατεύθυνσης του αέρα. Η διαδικασία

μεταφοράς των μετρήσεων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή απεικονίζεται στο Σχήμα 4.2.



Σχήμα 4.2. Επιλογή του Get History Data

Επιλέγοντας “Get History Data” βλέπουμε τα δεδομένα και έπειτα τα αποθηκεύουμε επιλέγοντας το “Save to File” όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα :



Σχήμα 4.3. Επιλογή του Save to File

Τα δεδομένα αποθηκεύονται σαν αρχεία “.csv” τα οποία έπειτα επεξεργάζονται με το λογισμικό Excel του Microsoft Office αλλά και το Microcal Origin 6.0.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

5.1. ΓΕΝΙΚΑ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται παρουσίαση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων και απεικονίζονται γραφικά οι μετρήσεις της σωματιδιακής συγκέντρωσης σε συνάρτηση με το χρόνο σε διάφορα σημεία μέτρησης, όπως υπολογίζονται με τη χρήση του Dust Trak Aerosol Monitor – Model 8520 της εταιρείας TSI, καθώς και οι μετρήσεις της ταχύτητας, διεύθυνσης, υγρασίας και θερμοκρασίας του αέρα στον 3^ο κύκλο οδήγησης και στο Φυτόκο. Ο κύριος όγκος των αποτελεσμάτων αναφέρεται στις μετρήσεις της σωματιδιακής συγκέντρωσης που πραγματοποιήθηκαν με σκοπό τον προσδιορισμό των επιπέδων ρύπανσης στο πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου.

5.2. 1^{ΟΣ} ΚΥΚΛΟΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή του Βόλου κατά την περίοδο 15.5.2003 έως 29.5.2003. Στις μετρήσεις

χρησιμοποιήθηκε το όργανο Dust Track και πραγματοποιήθηκαν 10 στάσεις όπου πάρθηκαν μετρήσεις κατά την διαδρομή :

Πεδίο Άρεως-> Σίδερα τρένου-> Τέλος Ιάσωνος-> Τέλος Πολυμέρη->ΠεριοχήΑστέρια->Αγριά->Κολυμβητήριο->Αναλήψεως-Κασσαβέτη->Παγασών-2αςΝοεμβρίου->Πεδίο Άρεως

διάρκειας 10 λεπτών η κάθε μία. Παρακάτω θα δούμε τα διαγράμματα που προκύπτουν για κάθε στάση.

Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του πανεπιστημίου στο Πεδίο του Άρεως. Όπως μπορούμε να δούμε από τις γραφικές παραστάσεις ο μέσος όρος των μετρήσεων ήταν πάνω από το όριο των $0,050 \text{ mg/cm}^3$. Μάλιστα στην 21.5.2003 (time 9:45) έχουμε την υψηλότερη μέτρηση, $0,350 \text{ mg/cm}^3$, επτά φορές πάνω από το όριο. Οι υψηλές μετρήσεις στο χώρο του πανεπιστημίου μπορούν να δικαιολογηθούν εάν αναλογιστούμε τις χωματοургικές εργασίες που γίνονται στο χώρο του πανεπιστημίου οι οποίες επιβαρύνουν σίγουρα την ατμόσφαιρα.

Η δεύτερη μέτρηση έγινε στην αρχή του λιμανιού του Βόλου στο σημείο από όπου περνούν οι σιδηροδρομικές γραμμές του τρένου. Εύκολα παρατηρεί κάποιος ότι όλες σχεδόν οι μετρήσεις ήταν πάνω από το όριο με υψηλότερη μέτρηση στις 23.5.2003 (time 9:46), $0,550 \text{ mg/cm}^3$. Είναι ένα σημείο με συχνά μποτιλιαρίσματα και πέρασμα αρκετών φορτηγών που σίγουρα ευθύνονται για τις υψηλές συγκεντρώσεις σωματιδίων.

Η τρίτη στάση του πρώτου κύκλου μετρήσεων έγινε στο τέλος της Ιάσωνος στο σημείο όπου συναντιέται με την Πολυμέρη. Είναι εύκολα αντιληπτό ότι και εδώ οι περισσότερες μετρήσεις ήταν πάνω από το όριο των $0,050 \text{ mg/cm}^3$ με υψηλότερη στις 16.5.2004 (time 9:37), $0,190 \text{ mg/cm}^3$. Οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων δεν ήταν τόσο υψηλές όσο και οι προηγούμενες κυρίως γιατί το μποτιλιάρισμα των αυτοκινήτων δεν ήταν τόσο έντονο. Παρόλα αυτά οι μετρήσεις ήταν υψηλές και συνάμα μας έδειξαν ότι η ατμόσφαιρα απειλείται.

Η τέταρτη στάση έγινε στο τέλος της οδού Πολυμέρη και οι μετρήσεις ήταν πάλι πάνω από το όριο, κατανοητό αν σκεφτούμε ότι από εκεί διέρχονται αρκετά οχήματα μεταξύ των οποίων και αστικά αφού κοντά στο σημείο βρίσκεται η αρχή του Αναύρου. Η υψηλότερη μέτρηση ήταν στα $0,160 \text{ mg/cm}^3$ στις 29/5/2004 (time 10:37).

Η πέμπτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε στην περιοχή Αστέρια όπου θεωρητικά από την αρχή πιστεύαμε ότι θα είχαμε υψηλές μετρήσεις. Τελικά επιβεβαιωθήκαμε και όπως φαίνεται από τις γραφικές παραστάσεις σχεδόν όλες οι μετρήσεις ήταν πάνω από το όριο των $0,050 \text{ mg/cm}^3$. Η υψηλότερη μέτρηση παρατηρούμε ότι έγινε στις 26/5/2004 (time 10:10) και ήταν $0,270 \text{ mg/cm}^3$, πέντε φορές δηλαδή πάνω από το όριο.

Η έκτη μέτρηση που έγινε στην περιοχή της Αγριάς έδειξε ότι και εκεί οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων ήταν υψηλές και οπωσδήποτε πάνω από τα όρια με μεγαλύτερη την μέτρηση στις 29/5/2004 (time 10:58) με συγκέντρωση $0,180 \text{ mg/cm}^3$. Οι υψηλές μετρήσεις για την περιοχή της Αγριάς οφείλονται σε μεγάλο ποσοστό σε σωματίδια που μεταφέρθηκαν με τον αέρα από την πόλη του Βόλου αλλά και την περιοχή Αστέρια.

Η επόμενη στάση ήταν στην πόλη του Βόλου και στο δρόμο κοντά στο κολυμβητήριο. Οι μετρήσεις ήταν υψηλές φθάνοντας στην μεγαλύτερη τιμή τους στις 27/5/2004 (time 10:46) $0,450 \text{ mg/cm}^3$. Κύρια αιτία των υψηλών συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων ήταν η αυξημένη κίνηση φορτηγών από την περιοχή.

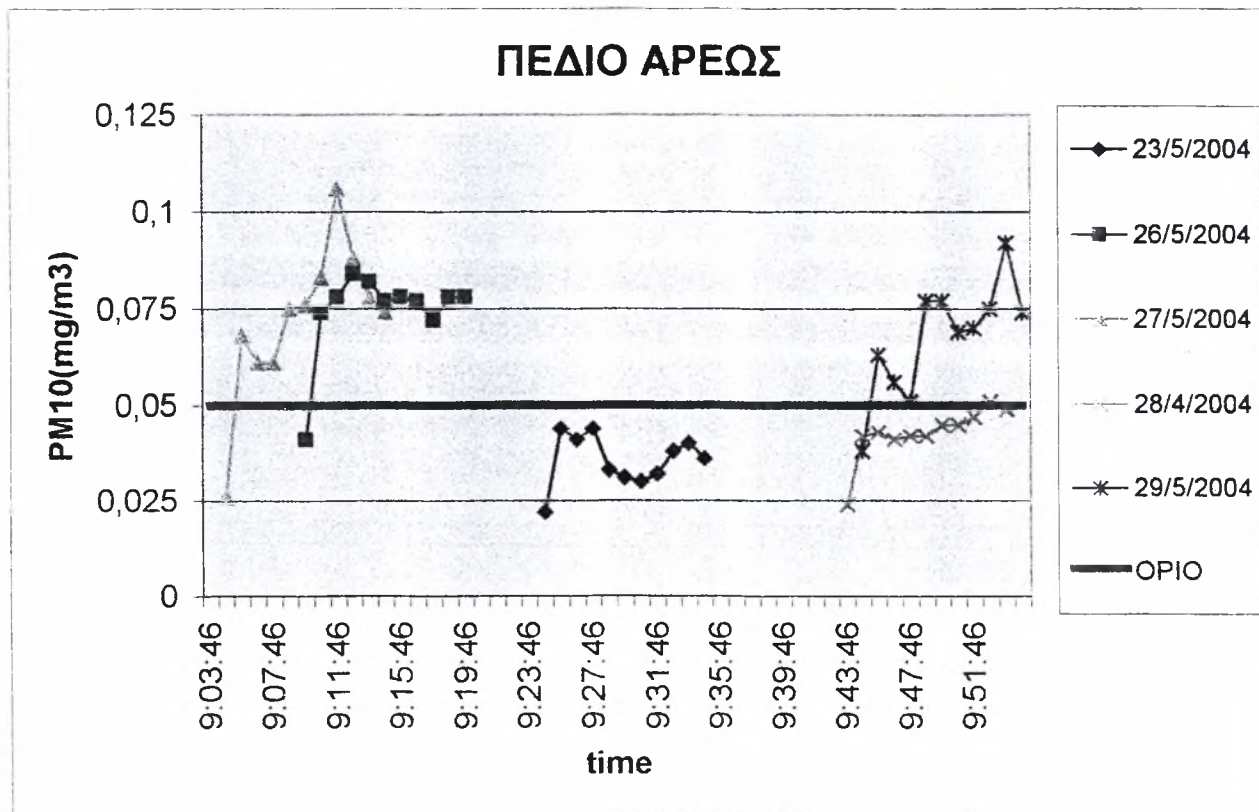
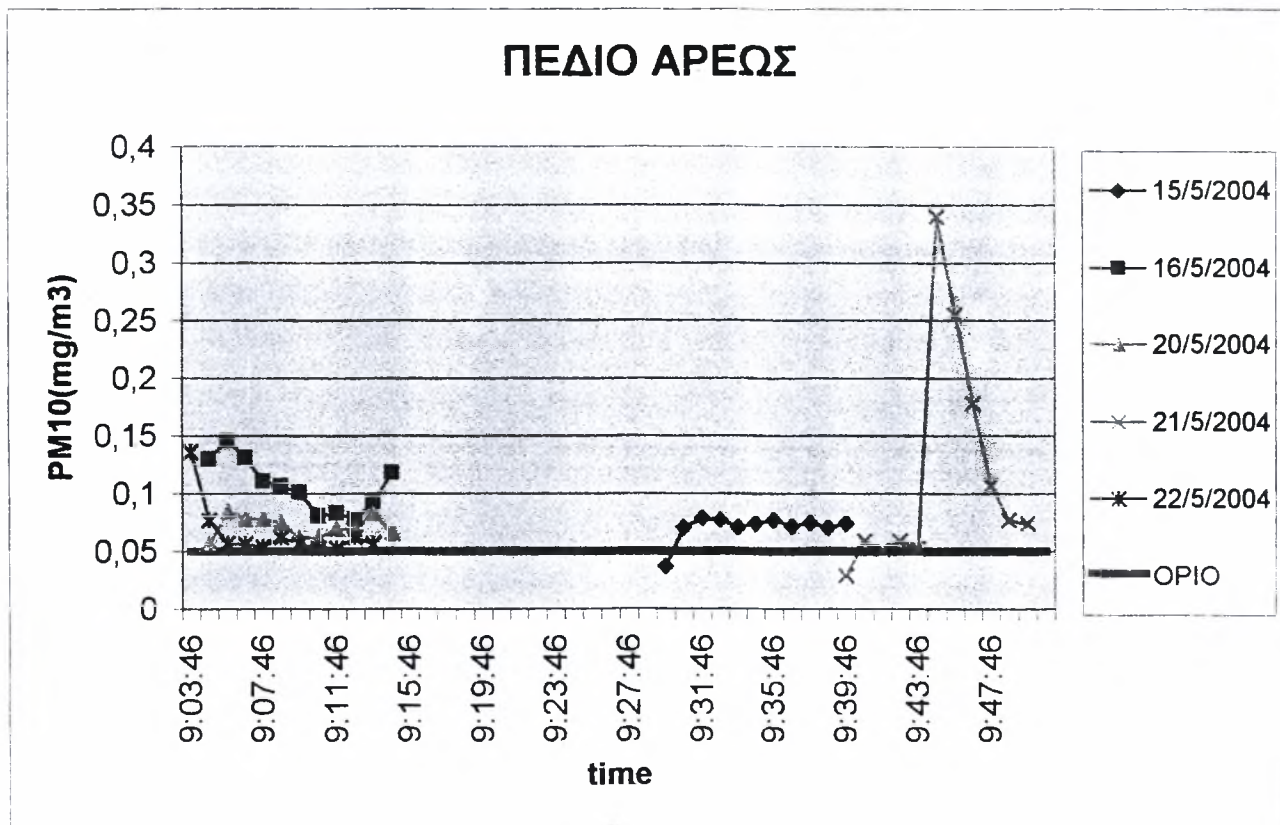
Η όγδοη στάση έγινε στην διασταύρωση των δρόμων Αναλήψεως με Κασσαβέτη. Το σημείο εκείνο έχει μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση με αποτέλεσμα οι μετρήσεις ήταν ιδιαίτερα υψηλές και σχεδόν όλες πάνω από το όριο των $0,050 \text{ mg/cm}^3$. Η υψηλότερη από αυτές ήταν στις 29/5/2004 (time 11:26) $0,150 \text{ mg/cm}^3$.

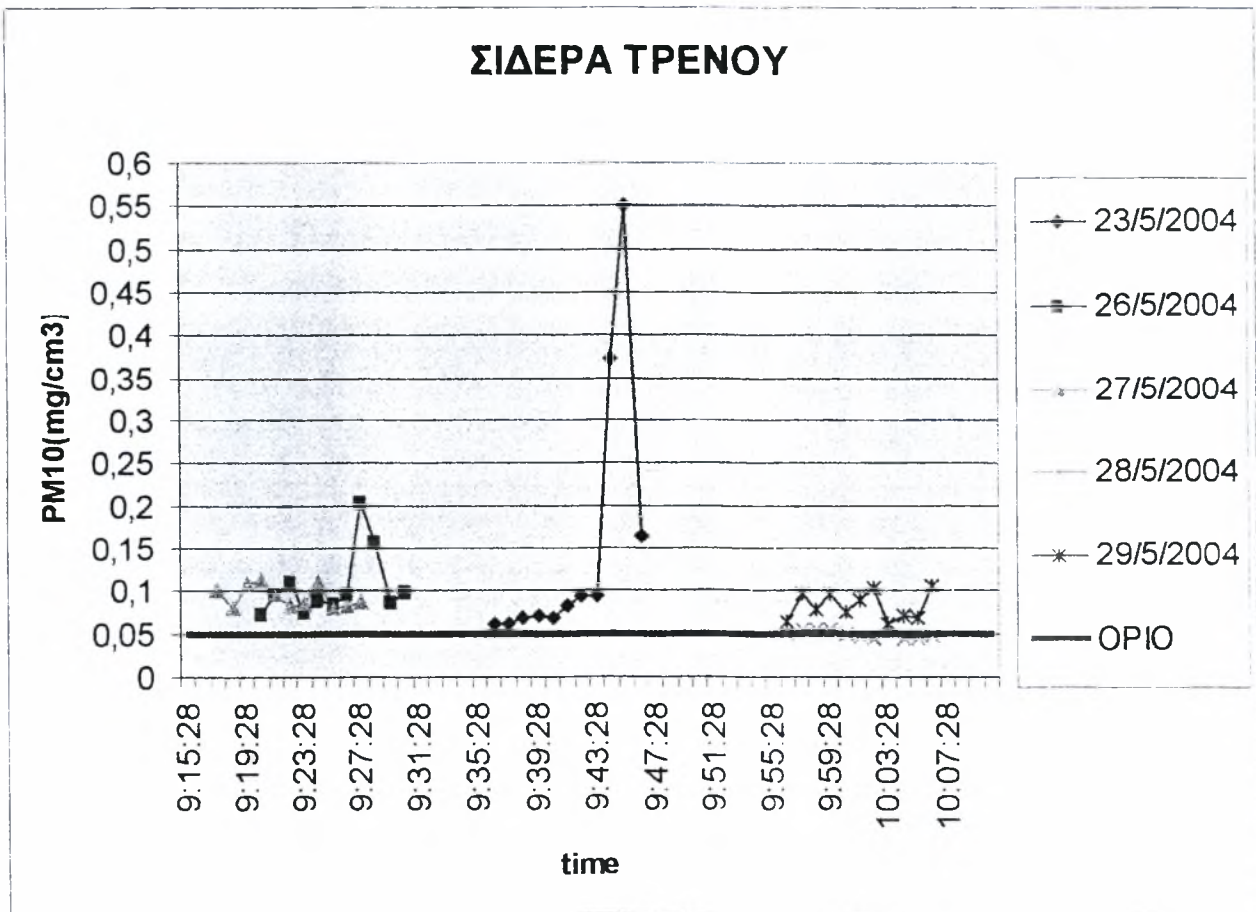
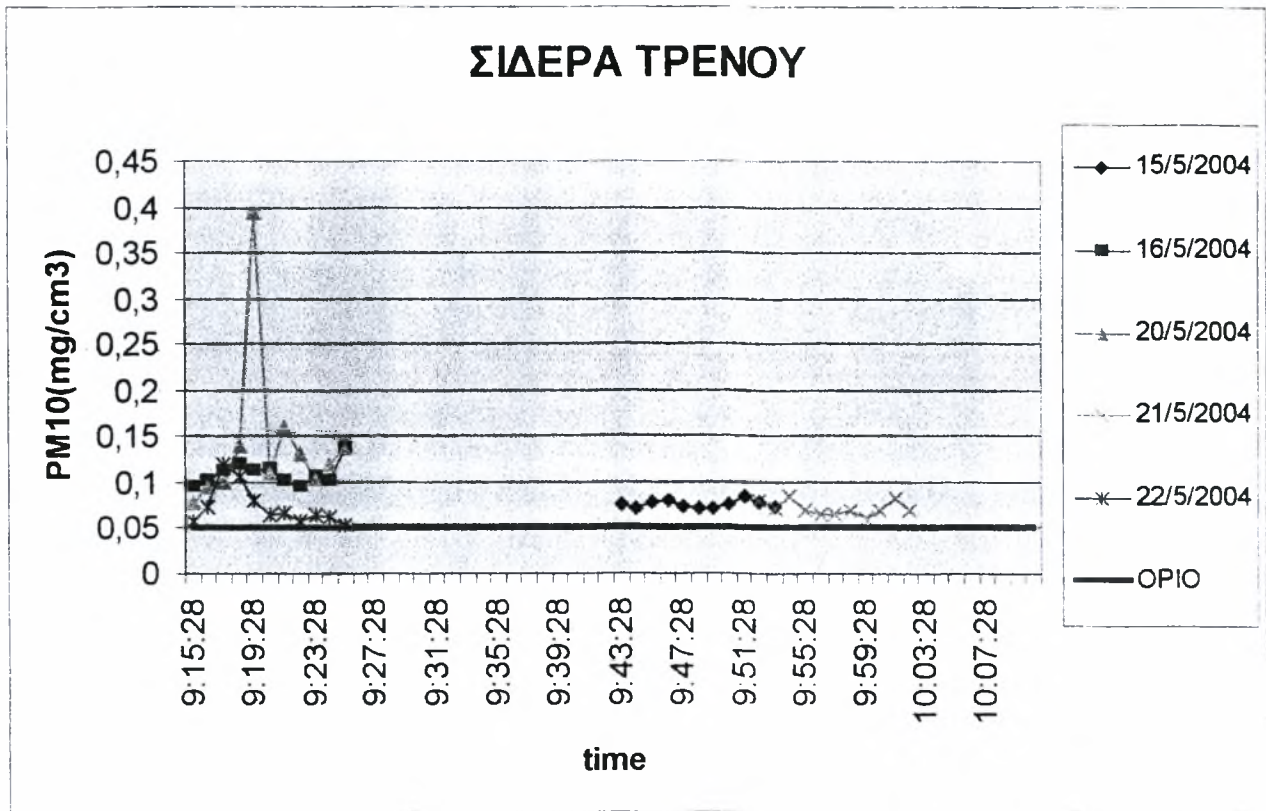
Ένατη στάση στην διασταύρωση Παγασών με 2ας Νοεμβρίου. Ίσως η περιοχή με το μεγαλύτερη κίνηση αυτοκινήτων και φορτηγών στην πόλη του Βόλου. Οι μετρήσεις ήταν όλες υψηλές με μεγαλύτερη τιμή στις 23/5/2004 (time 11:26) $0,385 \text{ mg/cm}^3$.

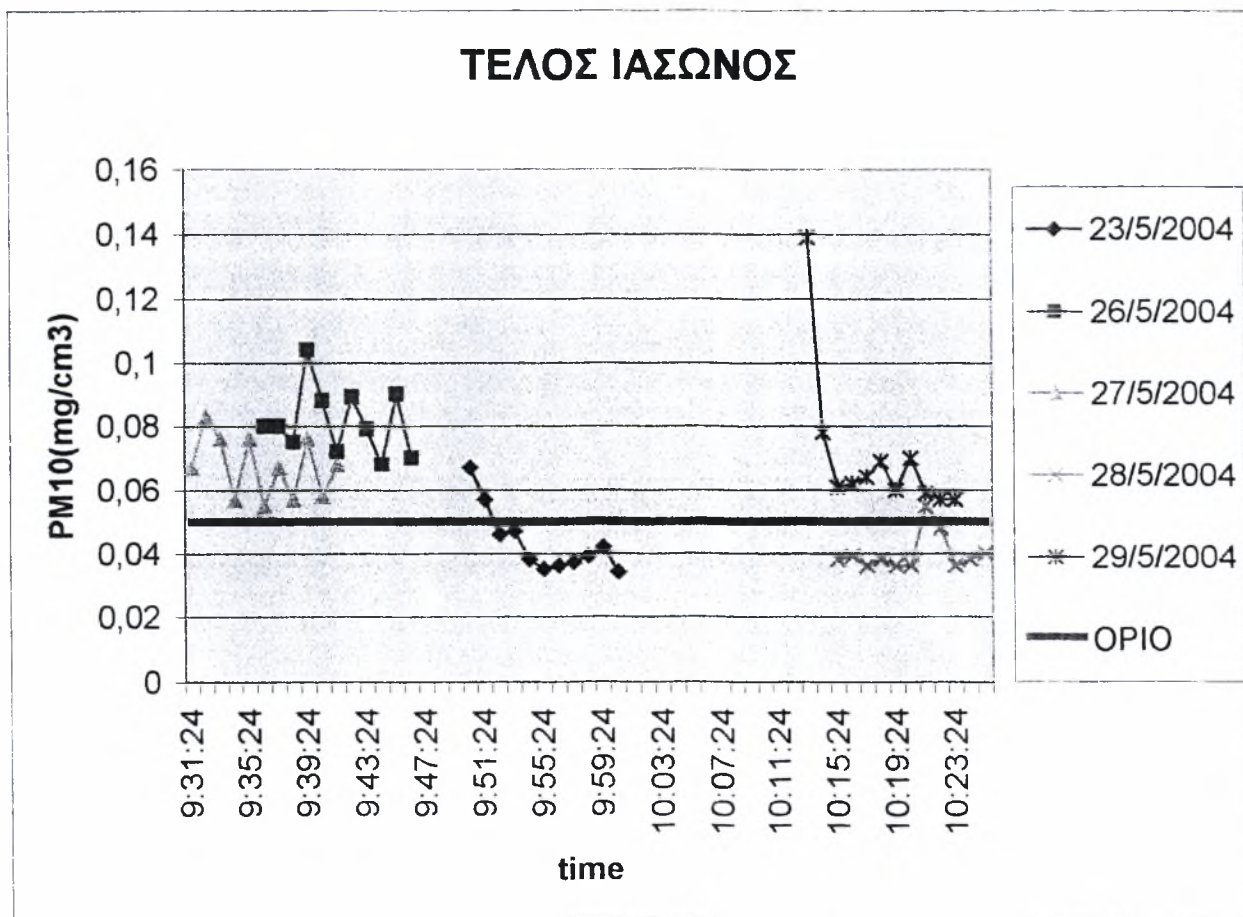
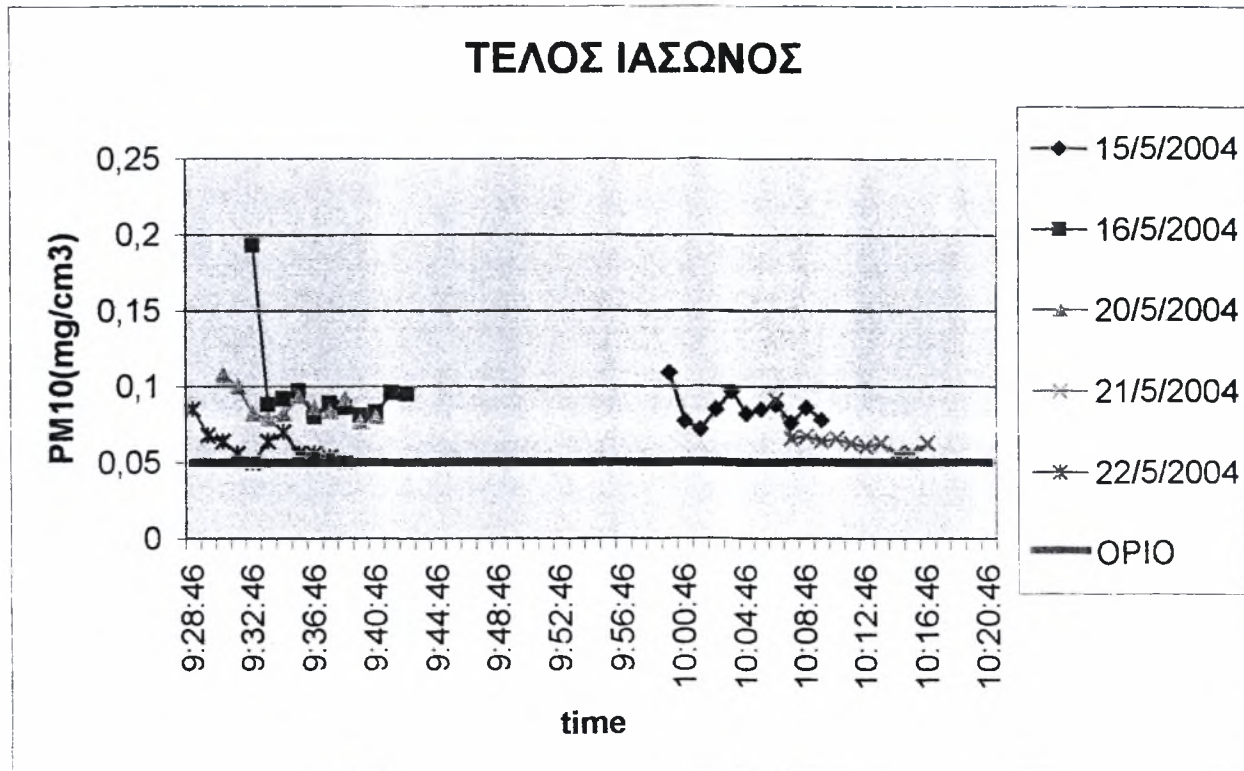
Τέλος είχαμε ακόμα μία μέτρηση στο πεδίο του Άρεως όπου διαπιστώσαμε πάλι ότι οι περισσότερες μετρήσεις ήταν υψηλές με υψηλότερη τιμή στις 16/5/2004 (time 11:19) $0,325 \text{ mg/cm}^3$.

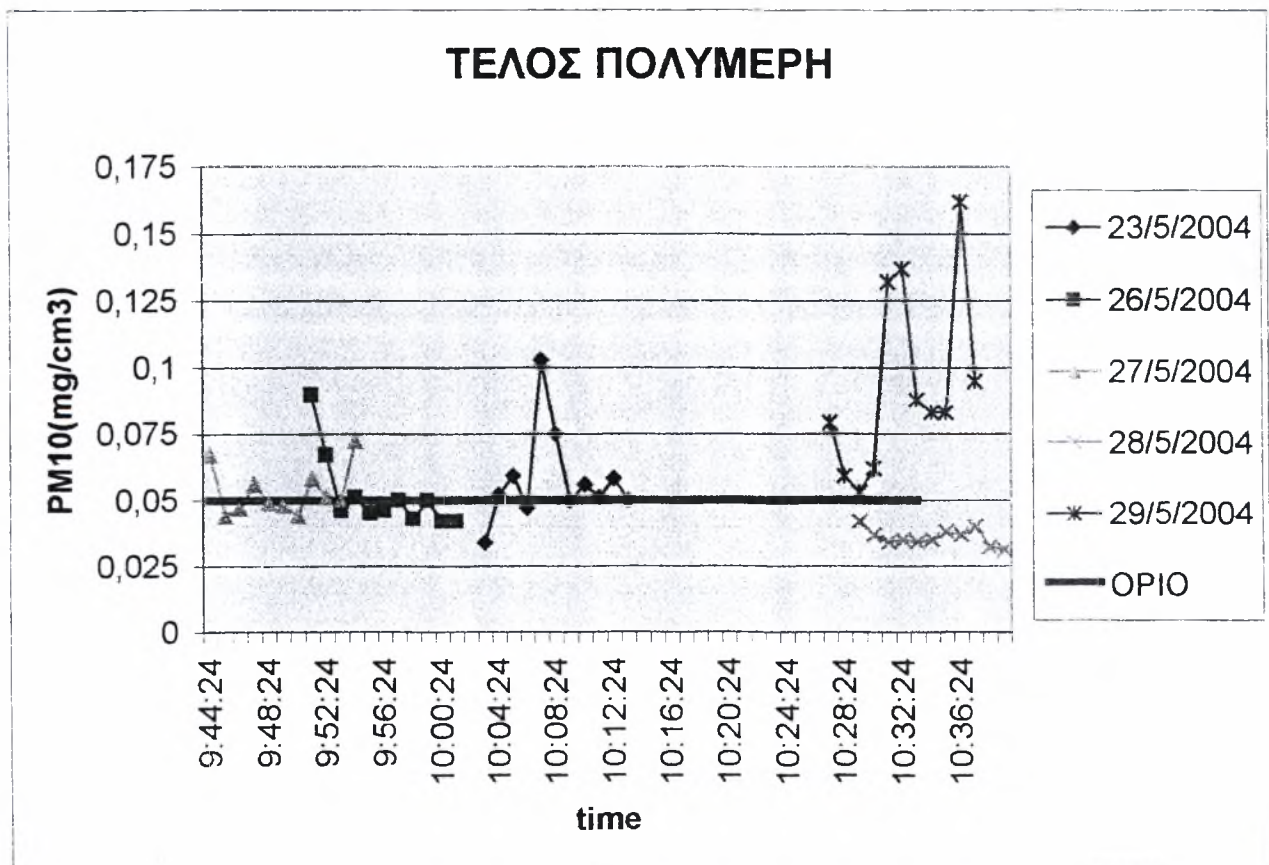
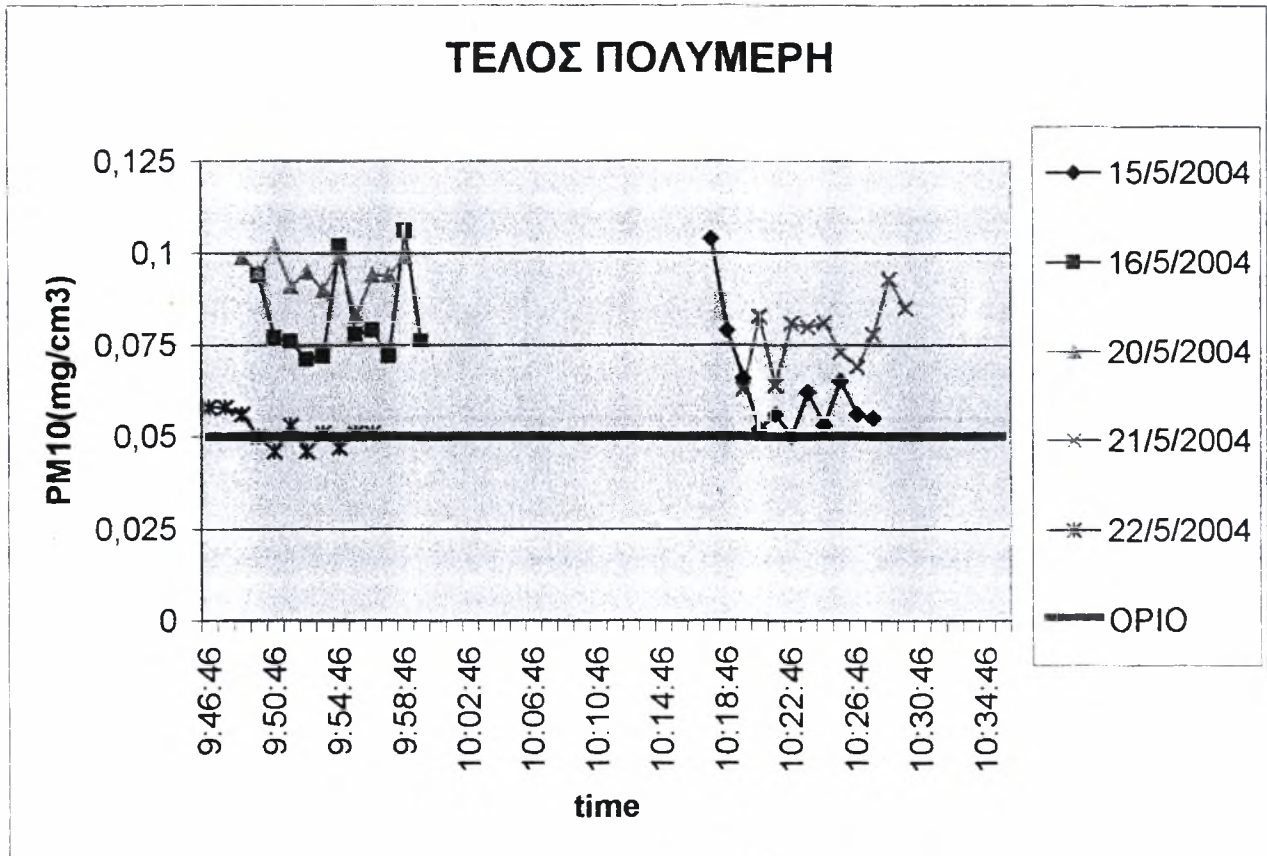
Για την καλύτερη κατανόηση των γραφικών παραστάσεων πρέπει να αναφέρουμε τα εξής:

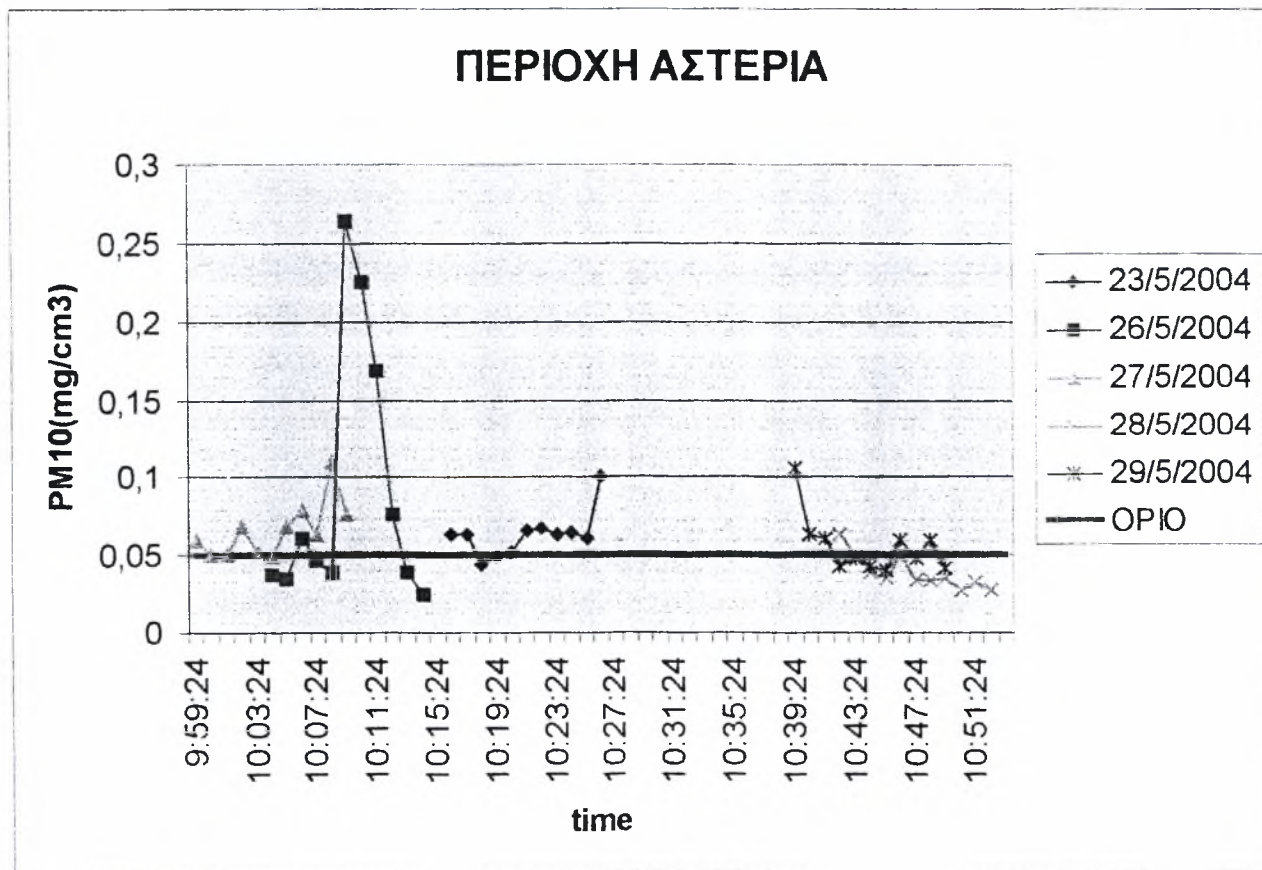
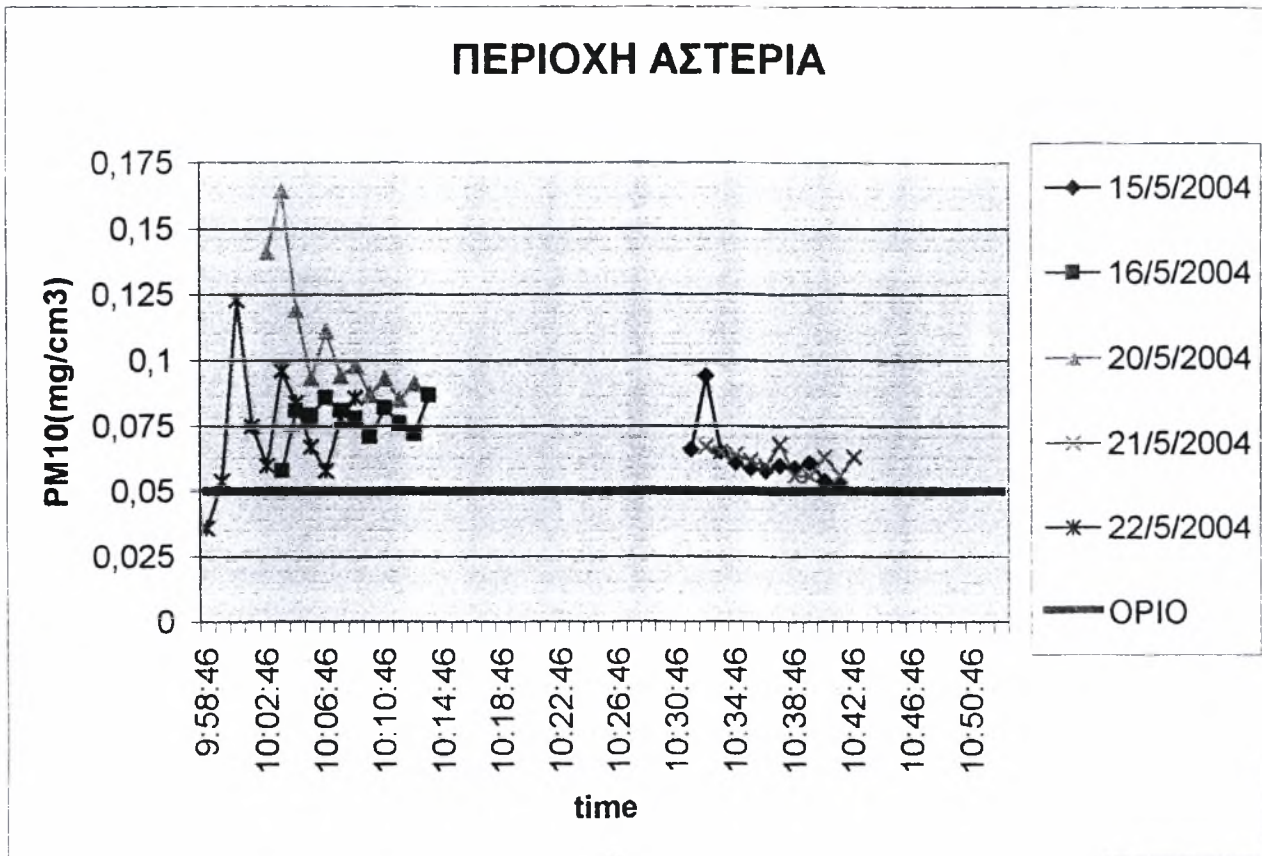
- Η δειγματοληψία με το όργανο Dust Track γίνεται κάθε 1 sec, ενώ η σταθερά χρόνου είναι 10 sec.
- Οι μετρήσεις στον 1^ο κύκλο οδήγησης είχαν διάρκεια εκατό λεπτά (6000 sec).
- Οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις παρουσιάζουν τις συγκεντρώσεις των PM10 για κάθε στάση ξεχωριστά ανά πέντε μέρες.

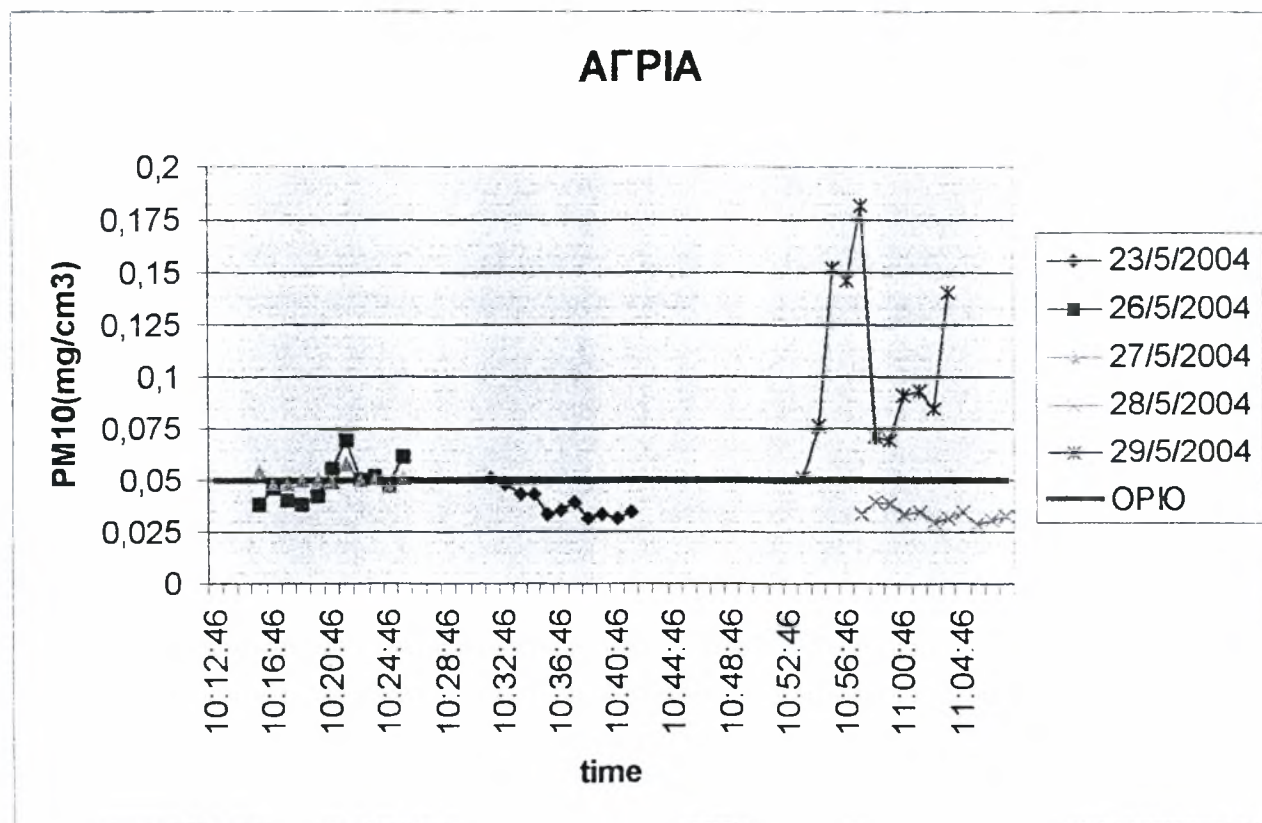
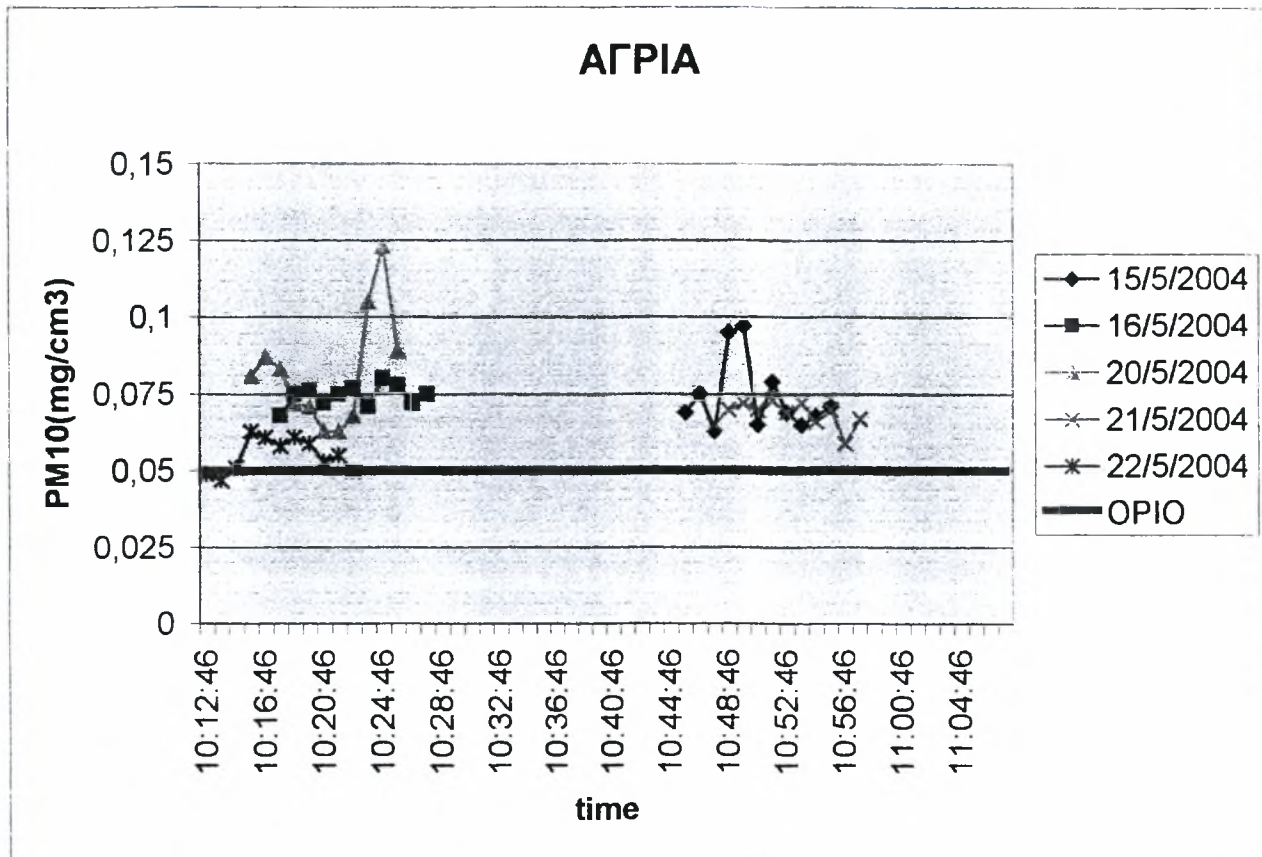


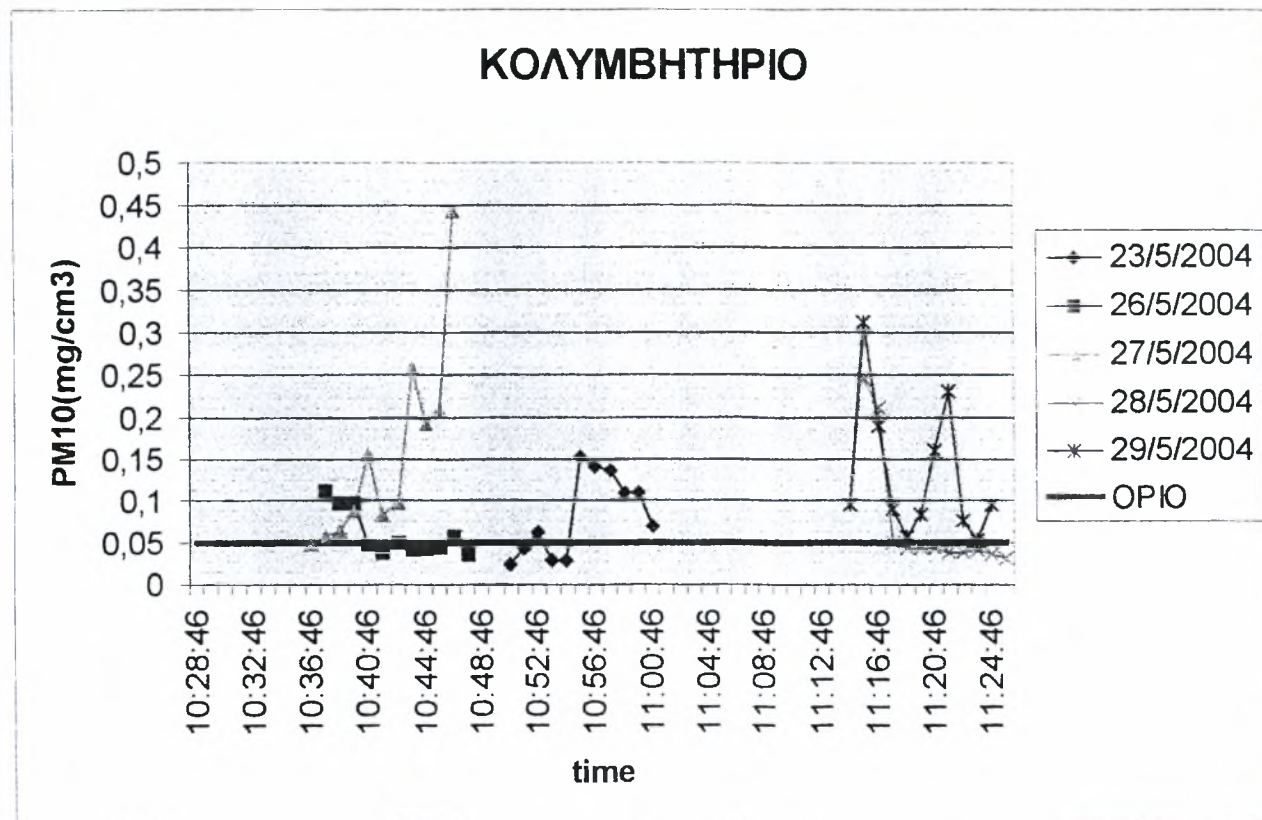
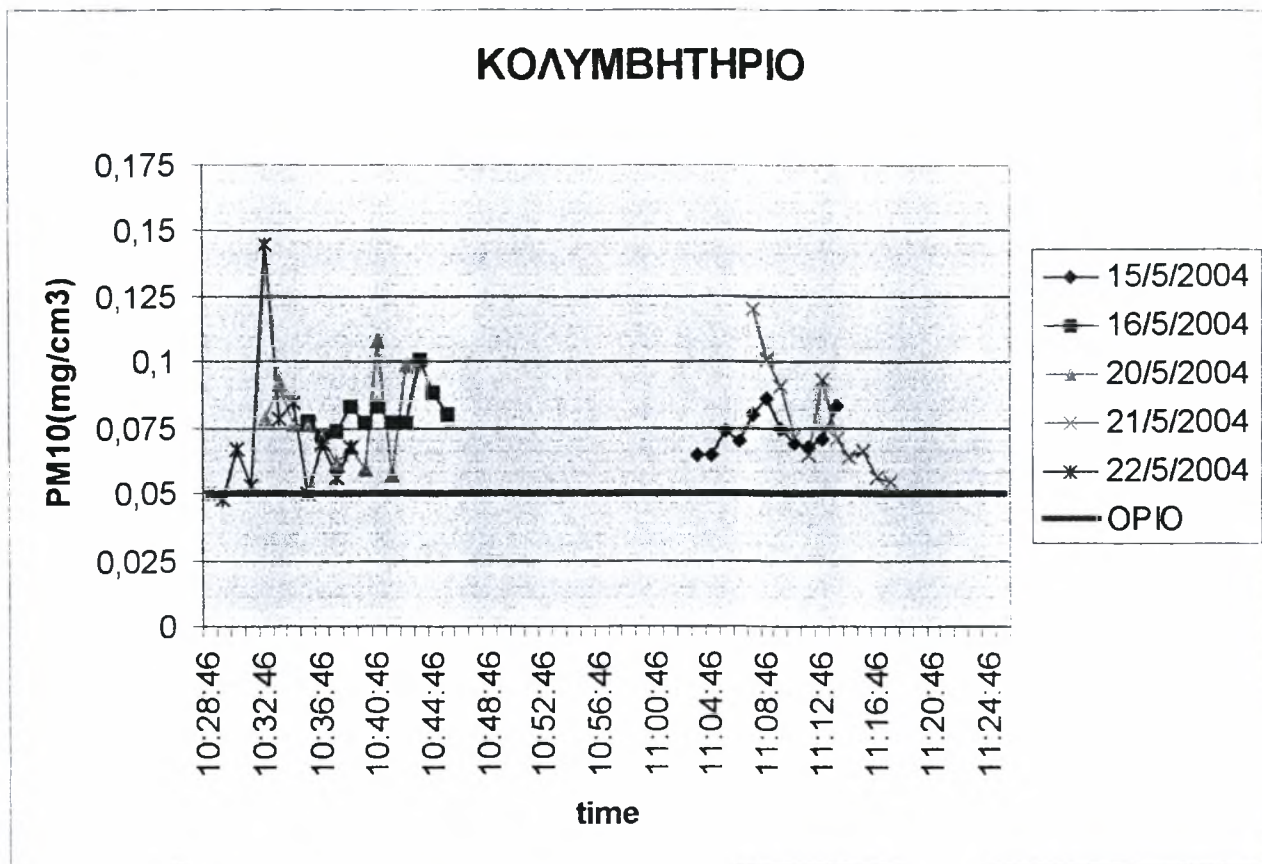


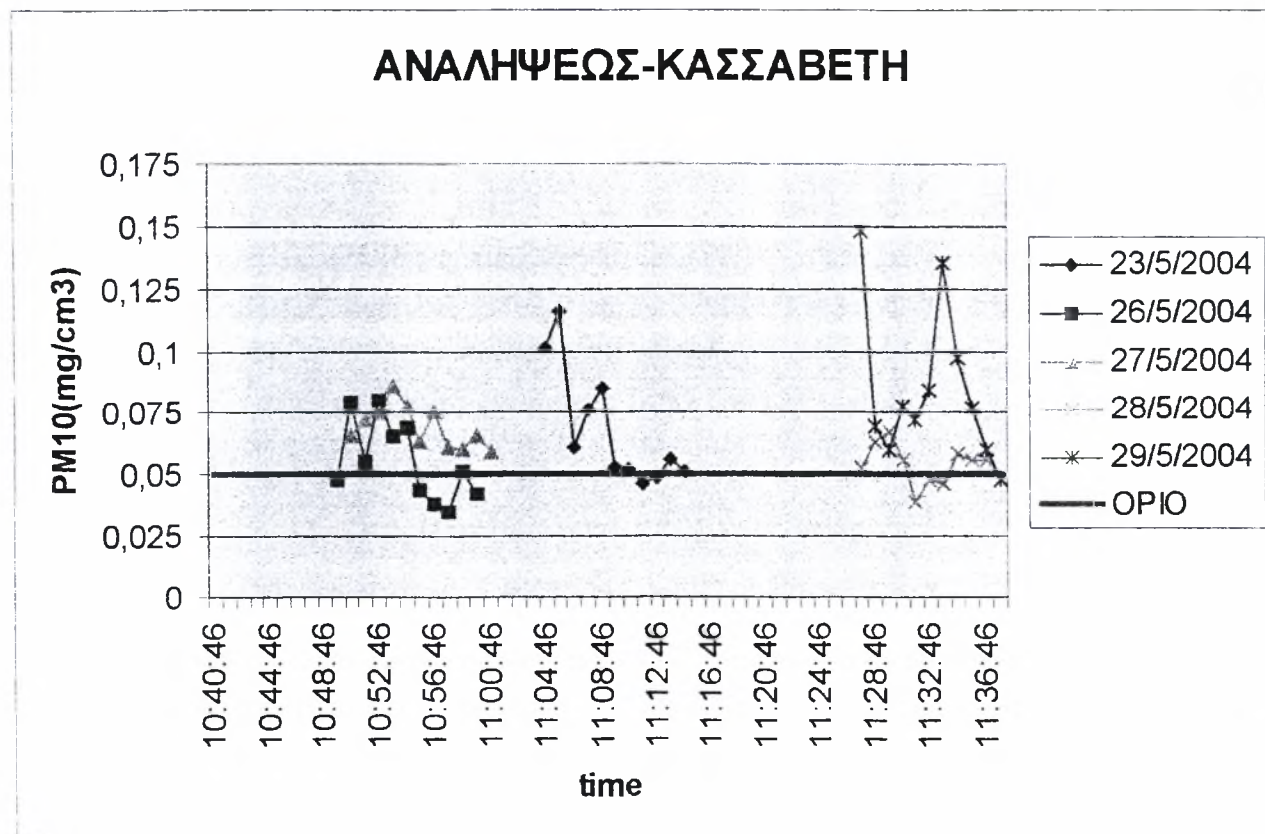
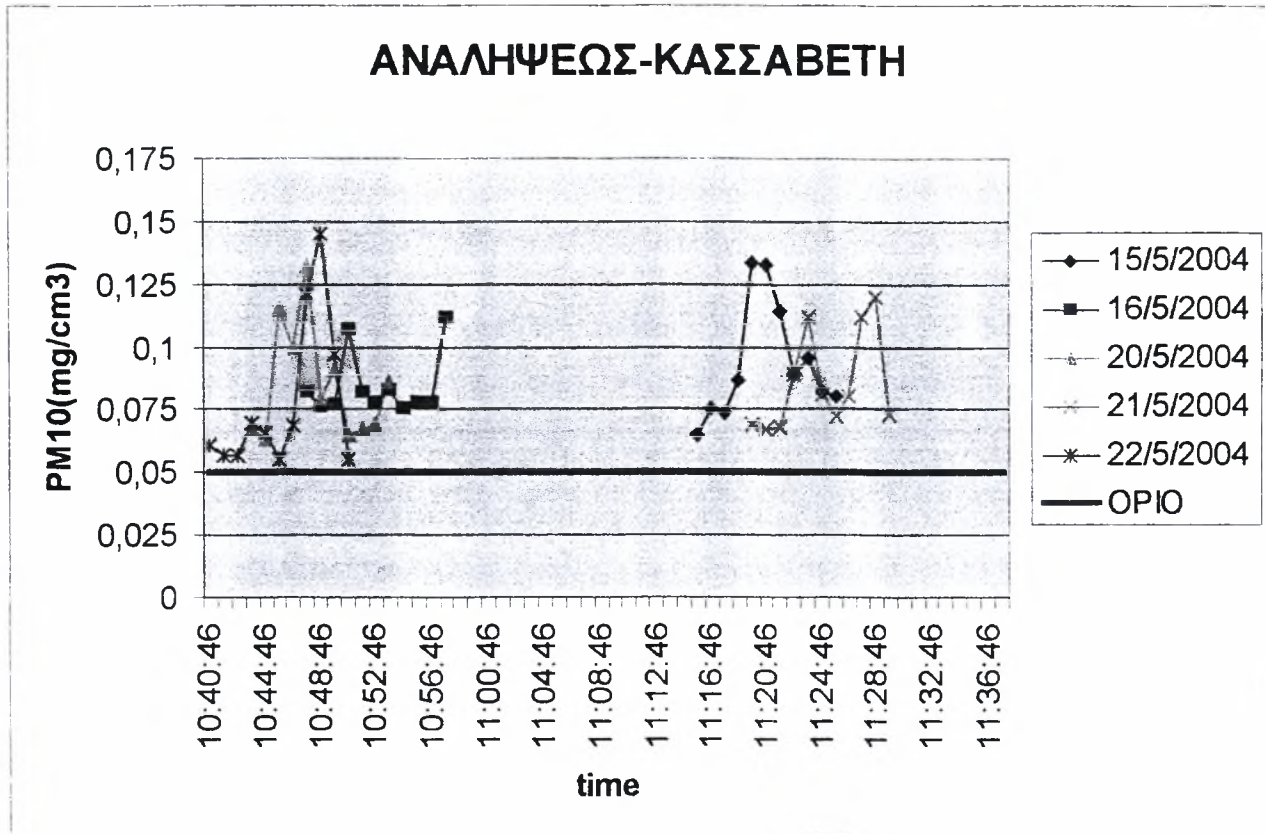


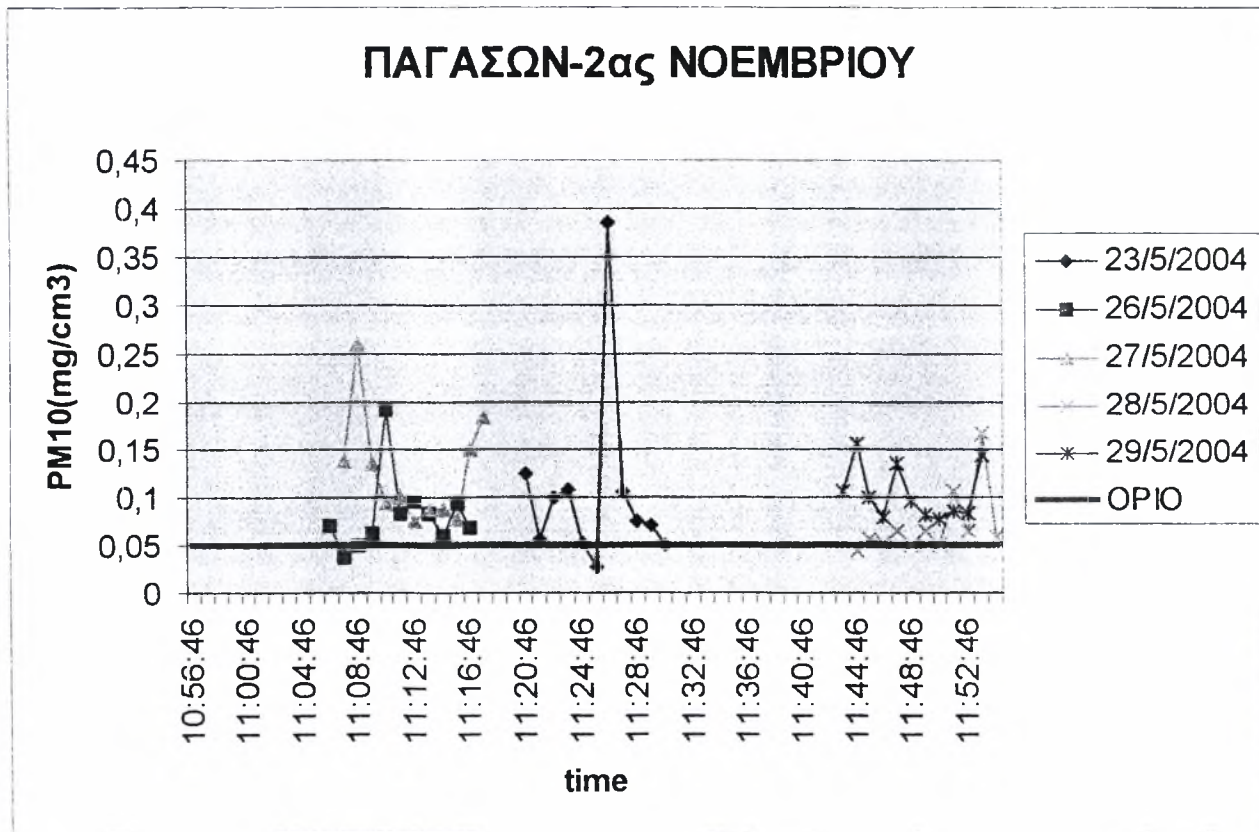
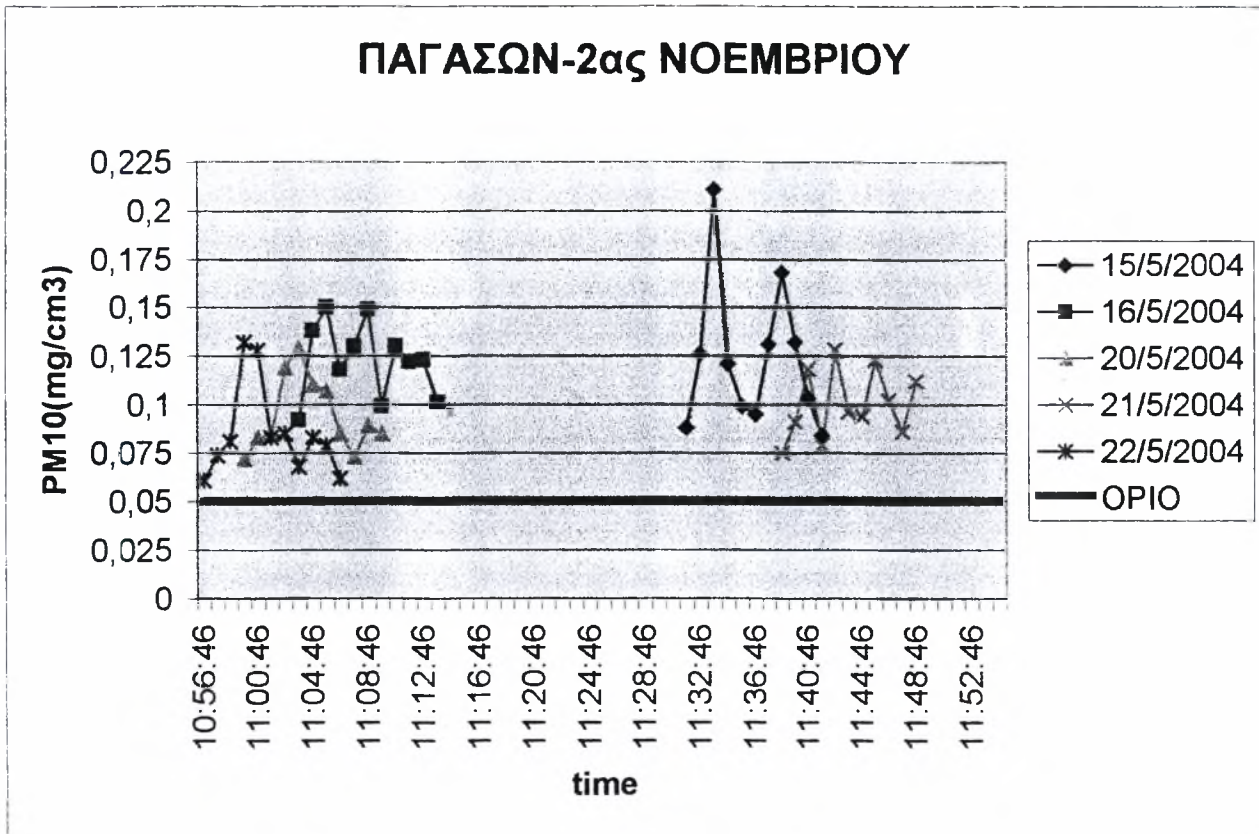


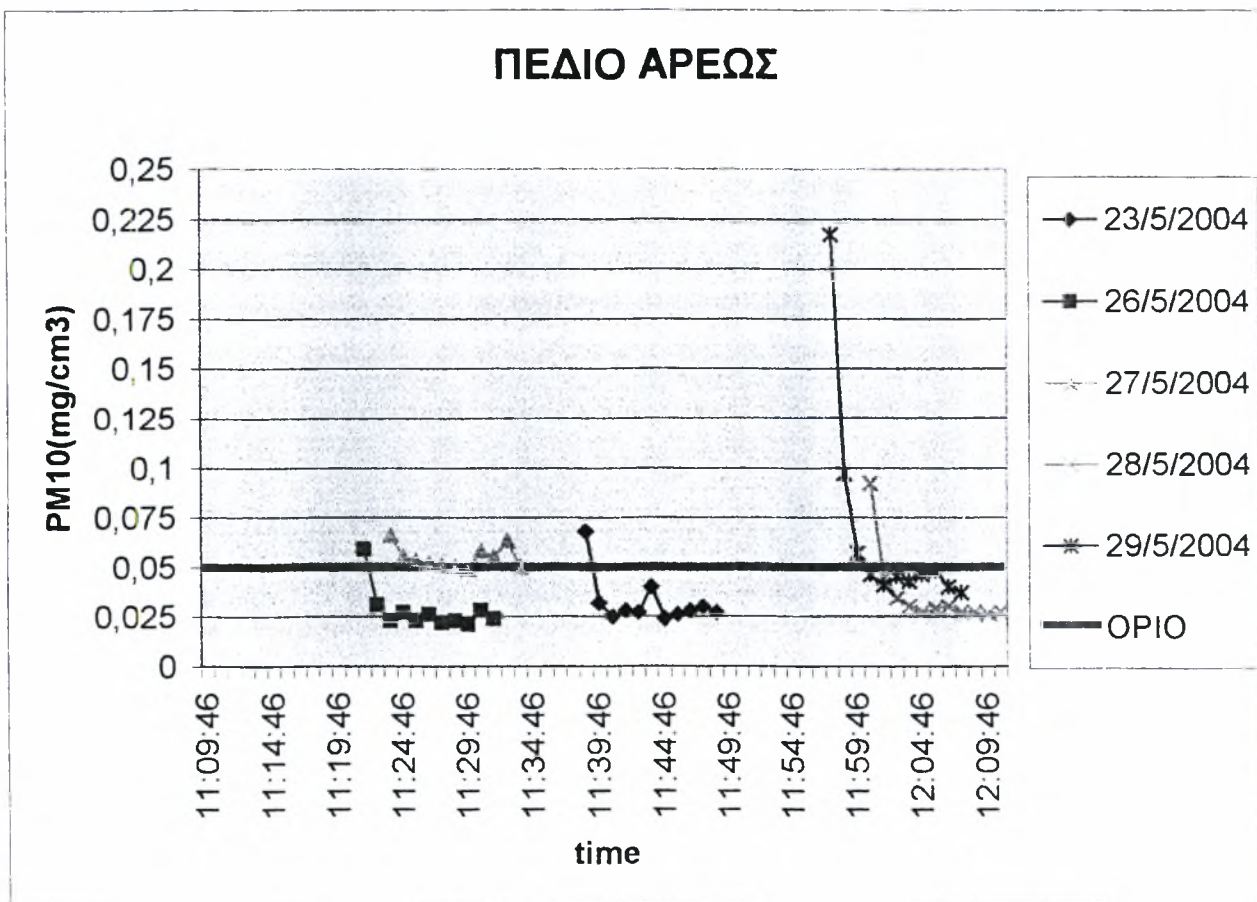
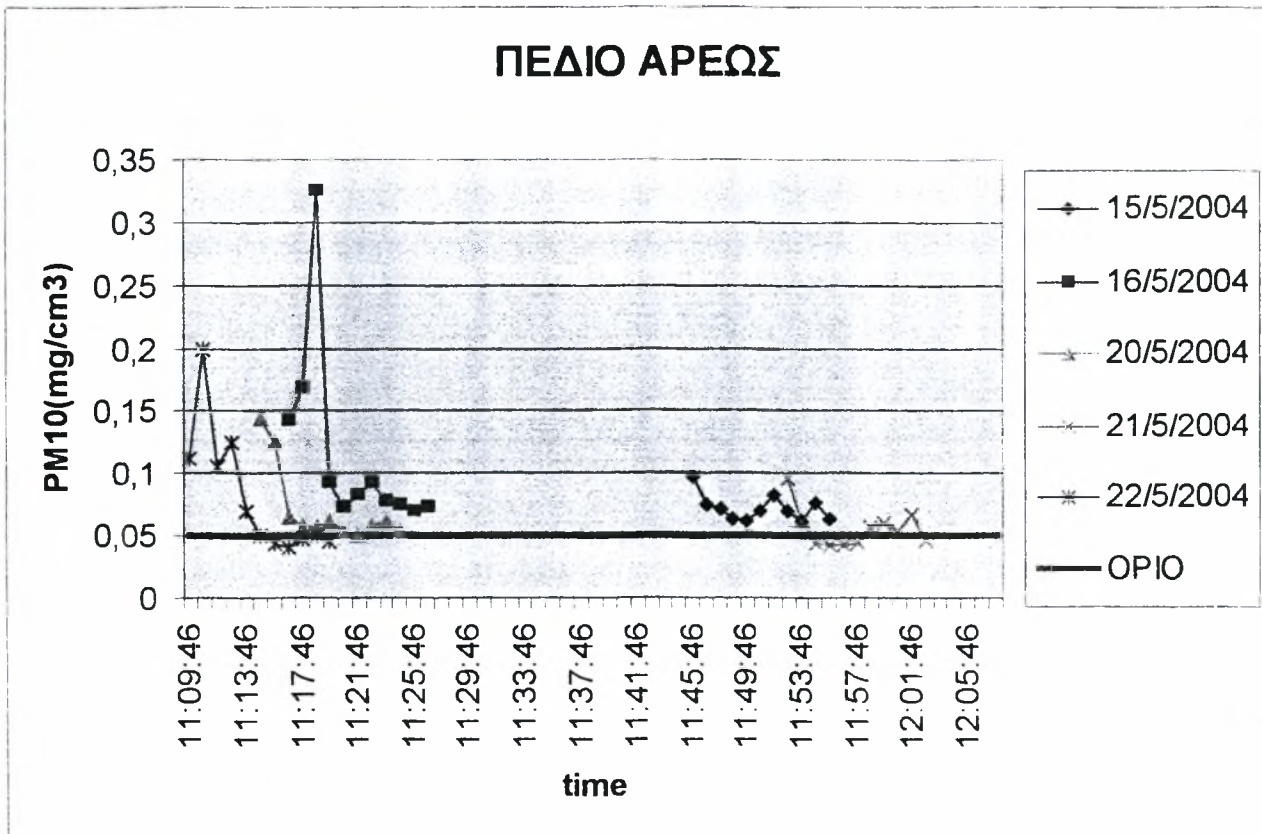




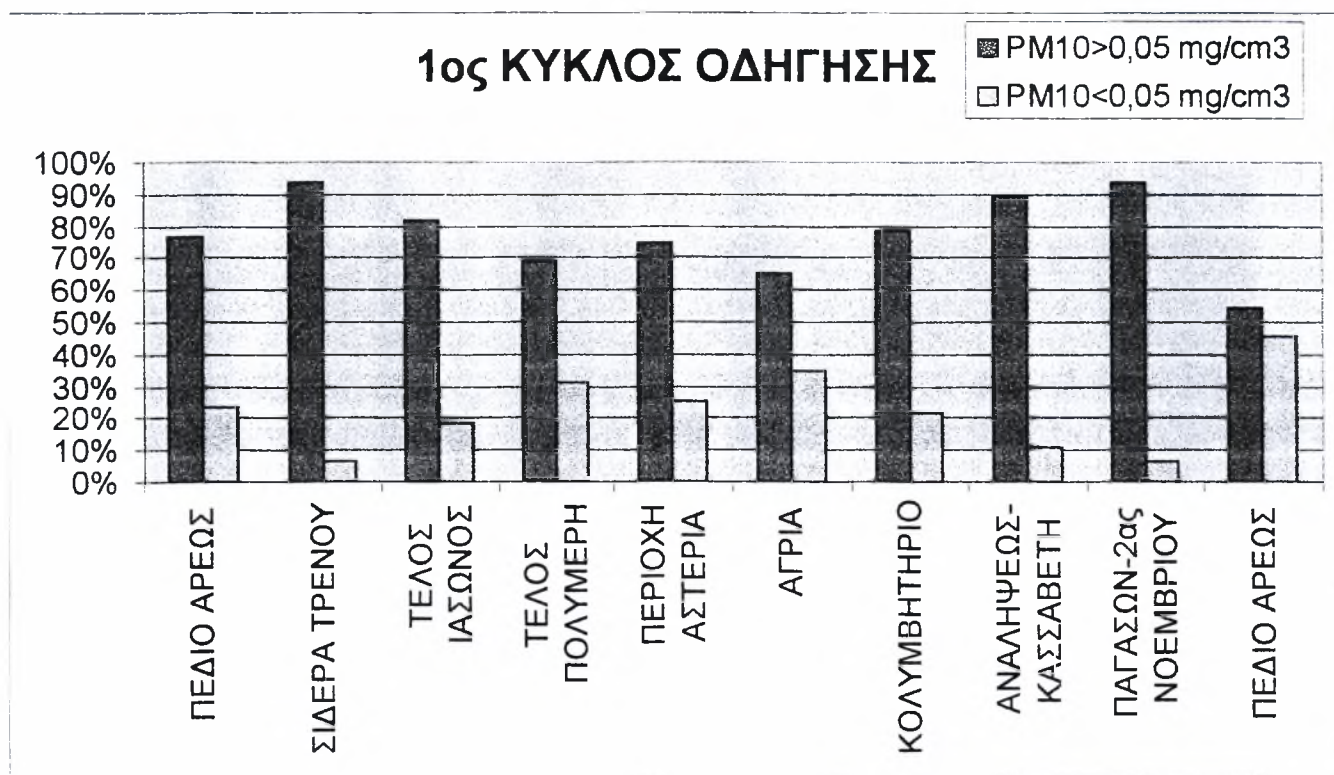








Παρατηρούμε ότι οι περισσότερες μετρήσεις του 1^{ου} Κύκλου Οδήγησης ήταν πάνω από τα όρια συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Το μεγαλύτερο ποσοστό μετρήσεων κυμαινόταν από 0,05 mg/m³ έως 0,100 mg/m³. Οι πολλές διακυμάνσεις στις τιμές των μετρήσεων που υπάρχουν στα σημεία Κολυμβητήριο, Κασσαβέτη - Αναλήψεως και Παγασών- 2ας Νοεμβρίου οφείλονται στα φανάρια σήμανσης που υπάρχουν σε αυτές τις περιοχές και προκαλούν την συγκέντρωση αρκετών οχημάτων ανά τακτά χρονικά διαστήματα με αποτέλεσμα να έχουμε μεγαλύτερη έκλυση καυσαερίων σε μικρό χρονικό διάστημα. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται κάποια συγκεντρωτικά αποτελέσματα των μετρήσεων του 1^{ου} Κύκλου Οδήγησης.



Προκύπτει λοιπόν ότι κατά την διαδρομή του 1^{ου} κύκλου οδήγησης περισσότερο από το 50% των μετρήσεων σε κάθε στάση ήταν πάνω από το όριο των 0,05 mg/m³ που θέτει το ΕΡΑ. Μάλιστα σε κάποιες στάσεις μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το ποσοστό των

συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων που είναι πάνω από το όριο φτάνει μέχρι και το 92%! Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι στάσεις Σίδερα Τρένου και Παγασων-2ας Νοεμβρίου, δύο στάσεις δηλαδή με μεγάλη κυκλοφοριακή κίνηση. Εκεί οφείλονται και οι υψηλές μετρήσεις PM10.

Στο πεδίο του Άρεως παρατηρούμε ότι το 76% των μετρήσεων ήταν πάνω από το όριο του ΕΡΑ με περισσότερες από αυτές να κυμαίνονται μεταξύ 0,05 και 0,150 mg/m³. Οι υψηλές τιμές των μετρήσεων είναι πιθανό να οφείλονται στις χωματοургικές εργασίες που πραγματοποιούνταν εκείνη την περίοδο. Μπορούμε επίσης να δούμε ότι στην ίδια περιοχή τις μεσημεριανές ώρες μόλις το 54% των μετρήσεων ήταν πάνω από το όριο. Αυτή η σημαντική μείωση οφείλεται στο γεγονός ότι τις μεσημεριανές ώρες οι εργάτες σταματούσαν τις εργασίες όπως επίσης και στην μειωμένη κυκλοφοριακή κίνηση εκείνες τις ώρες.

Στα υπόλοιπα σημεία των μετρήσεων είχαμε υψηλές μετρήσεις που οφείλονται στην διέλευση αρκετών φορτηγών και επιβατικών οχημάτων αφού η κυκλοφοριακή κίνηση ήταν ιδιαίτερα αυξημένη στα περισσότερα σημεία.

5.3. 2^{ΟΣ} ΚΥΚΛΟΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Ο 2ος κύκλος οδήγησης πραγματοποιήθηκε από 1/9/2003 έως 10/9/2003 και περιελάμβανε πέντε δεκάλεπτες στάσεις στην διαδρομή: Πεδίο Άρεως->Καρτάλη-Αναλήψεως->Τέρμα Βενιζέλου->Άνω Βόλος->Πεδίο Άρεως. Για τις μετρήσεις της συγκέντρωσης σωματιδίων χρησιμοποιήθηκε το όργανο Dust Track.

Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε στο Πεδίο του Άρεως και έδειξε όπως και οι προηγούμενες μετρήσεις στην ίδια περιοχή ότι ο μέσος όρος των μετρήσεων ήταν πάνω από το όριο των 0,050 mg/cm³. Μεγαλύτερη μέτρηση πραγματοποιήθηκε στις 4/9/2004 (time 9:30) και ήταν 0,235 mg/cm³.

Η δεύτερη στάση έγινε στην διασταύρωση των οδών Καρτάλη με Αναλήψεως όπου είχαμε μεγάλες συγκεντρώσεις σωματιδίων με μεγαλύτερη τιμή στις 2/9/2003 (time 9:50) 0,460 mg/cm³.

Η τρίτη στάση ήταν στο τέρμα της οδού Βενιζέλου όπου παρατηρήσαμε μια πτώση στο μέσο όρο της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων. Η μειωμένη κυκλοφορία των οχημάτων θεωρείται η σημαντικότερη αιτία για τις μικρότερες τιμές στις μετρήσεις. Η μεγαλύτερη τιμή μετρήθηκε στις 10/9/2003 (time 9:45) 0,150 mg/cm³.

Τέταρτη στάση στον Άνω Βόλο(στροφή για Κουκουράβα) και παρατηρούμε ότι όσο απομακρυνόμαστε από την πόλη του Βόλου τόσο μειώνεται ο μέσος όρος των μετρήσεων. Η μεγαλύτερη μέτρηση έγινε στις 9/9/2003 (time 9:50) και στις 10/9/2003 (time 10:03) και ήταν 0,090 mg/cm³, αρκετά χαμηλότερη από όλες τις προηγούμενες μέγιστες τιμές.

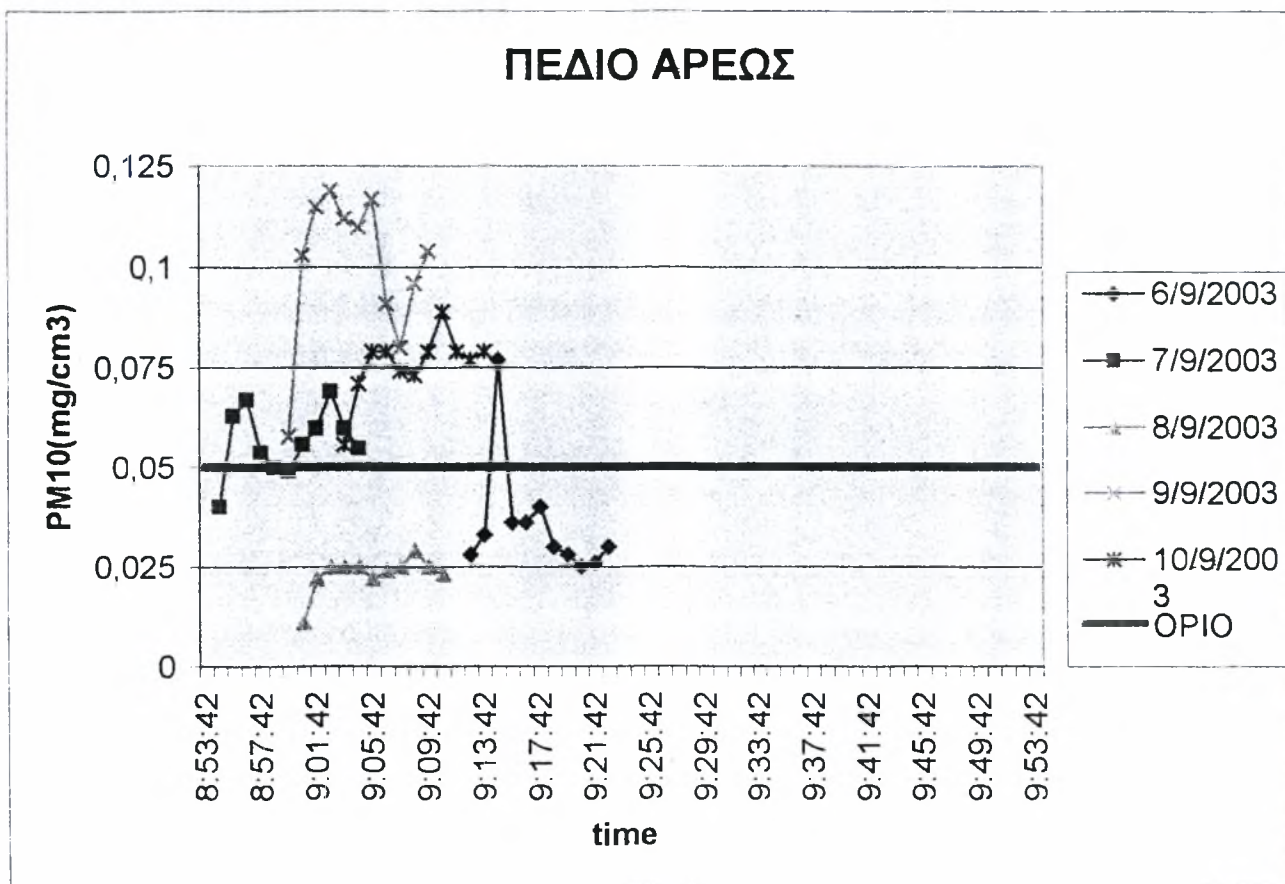
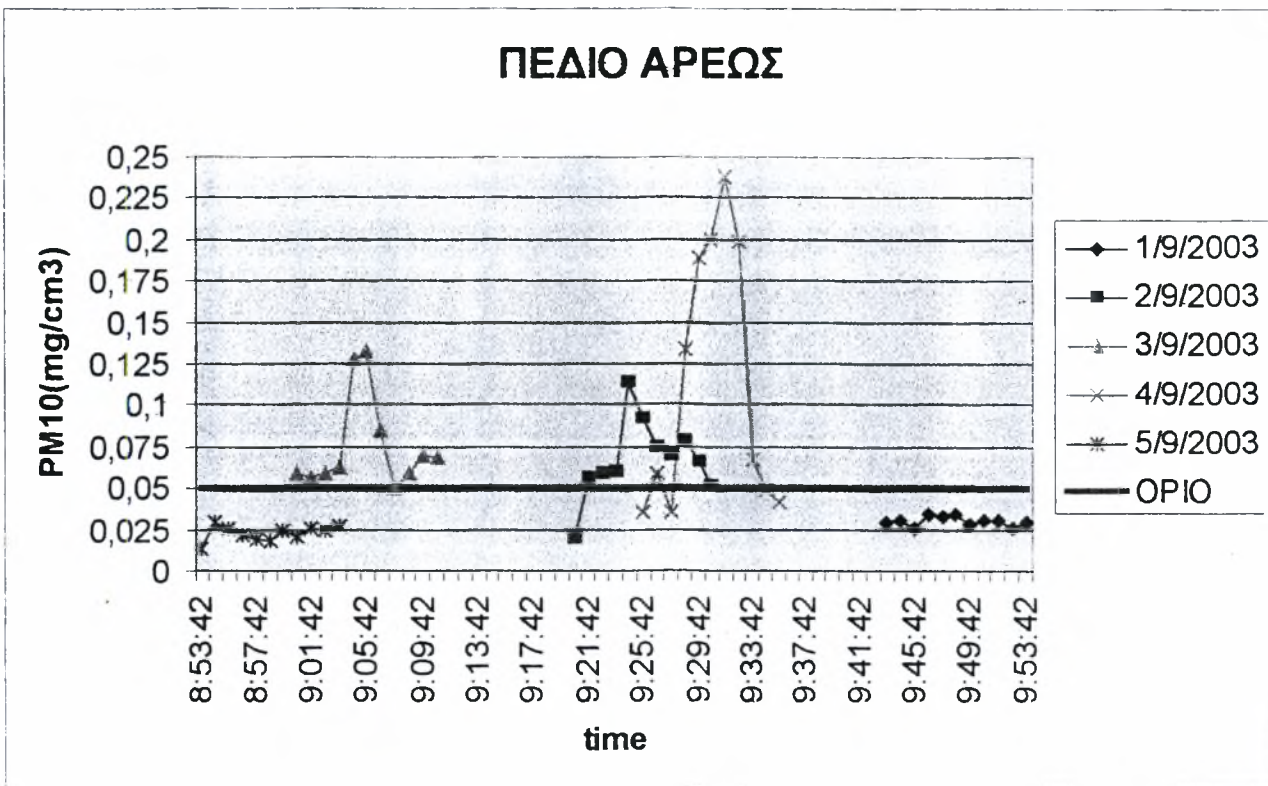
Τελευταία στάση και σε αυτόν τον κύκλο οδήγησης ήταν στο πεδίο του Άρεως. Οι μετρήσεις μολονότι στις πρώτες πέντε μέρες ήταν σχετικά χαμηλές στις επόμενες πέντε ήταν υψηλότερες με μεγαλύτερη τιμή στις 9/9/2003 (time 10:11) 0,160 mg/cm³. Οι χωματοургικές εργασίες στην περιοχή δικαιολογούν τις τιμές αυτές

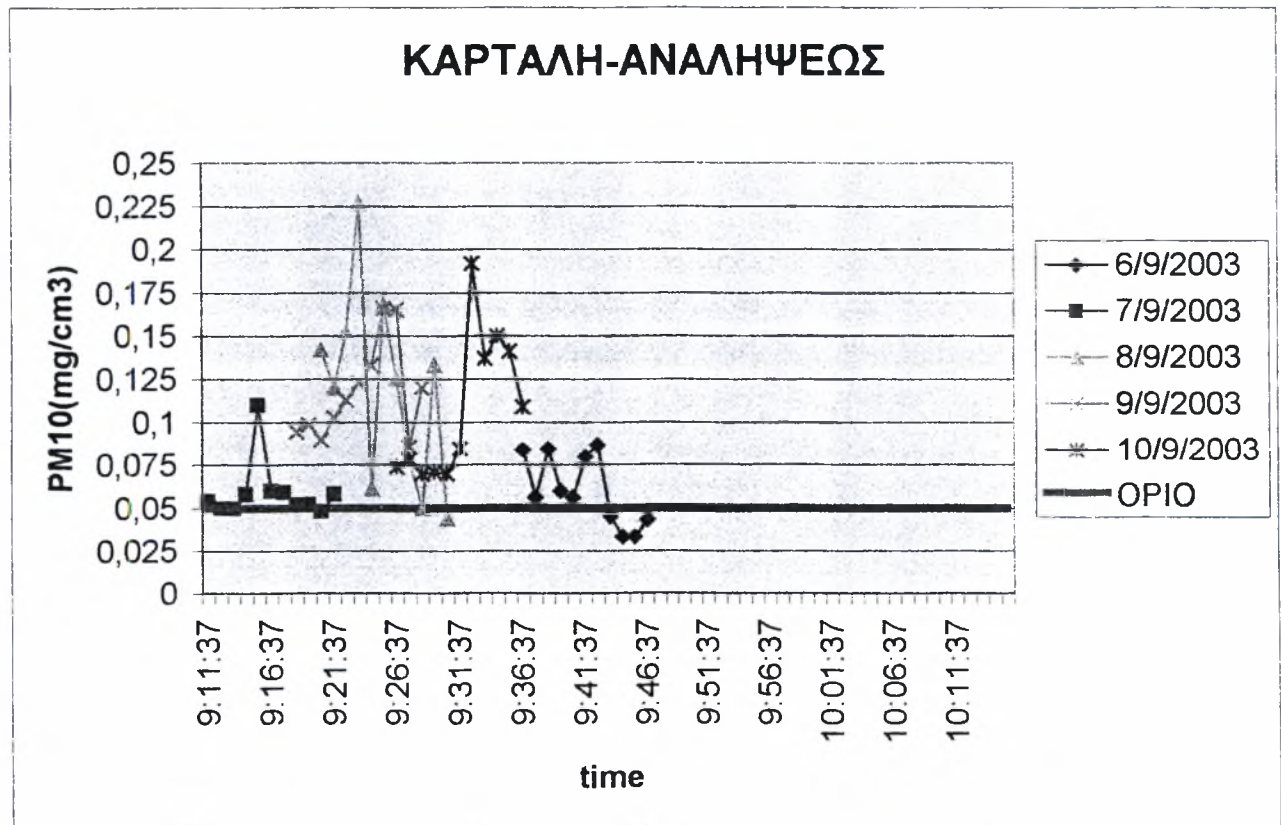
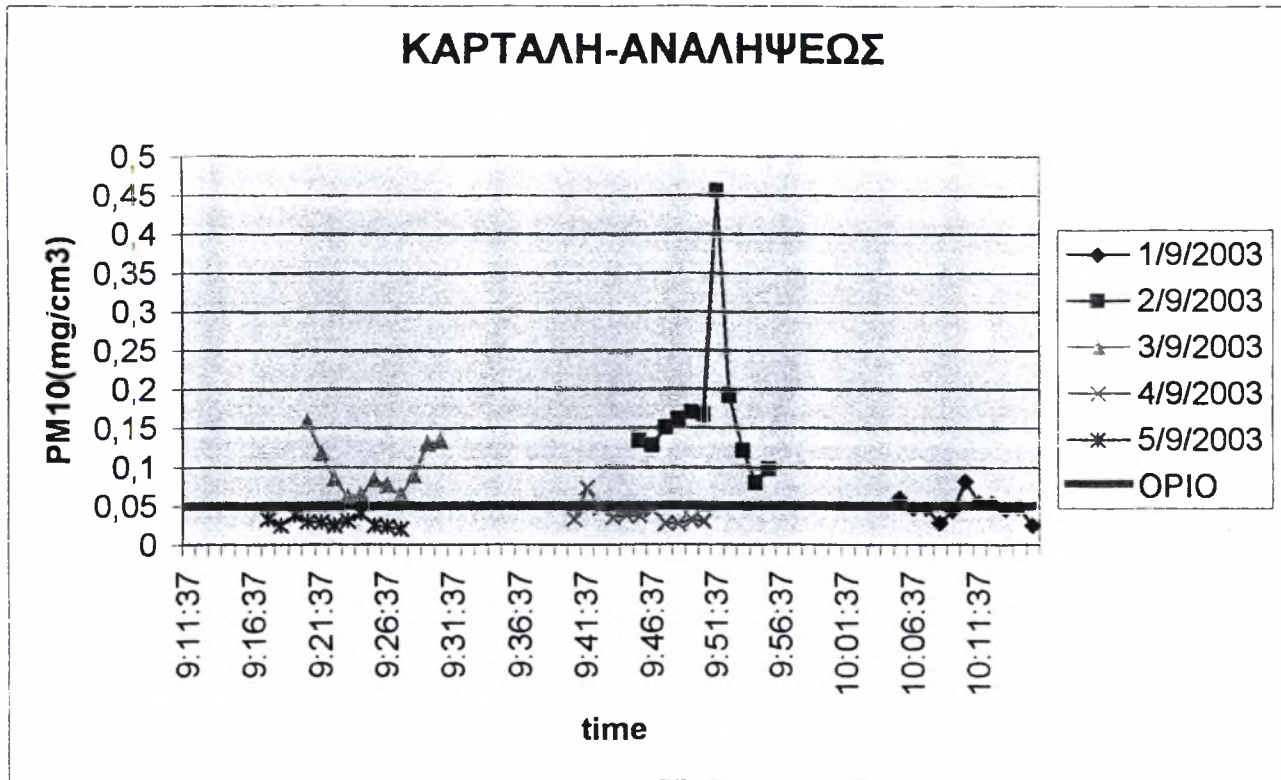
αφού κάποιες μέρες αναστέλλονταν και κάποιες άλλες συνεχίζονταν με πιο έντονους ρυθμούς.

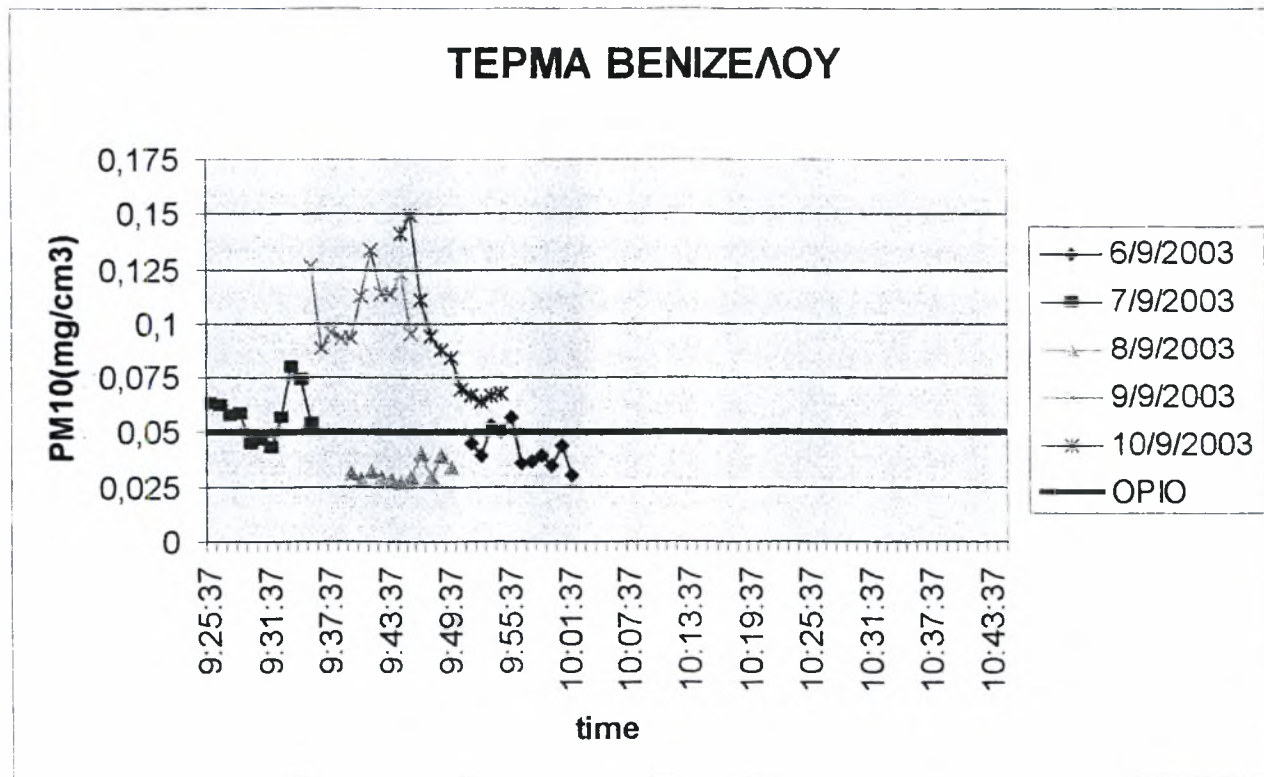
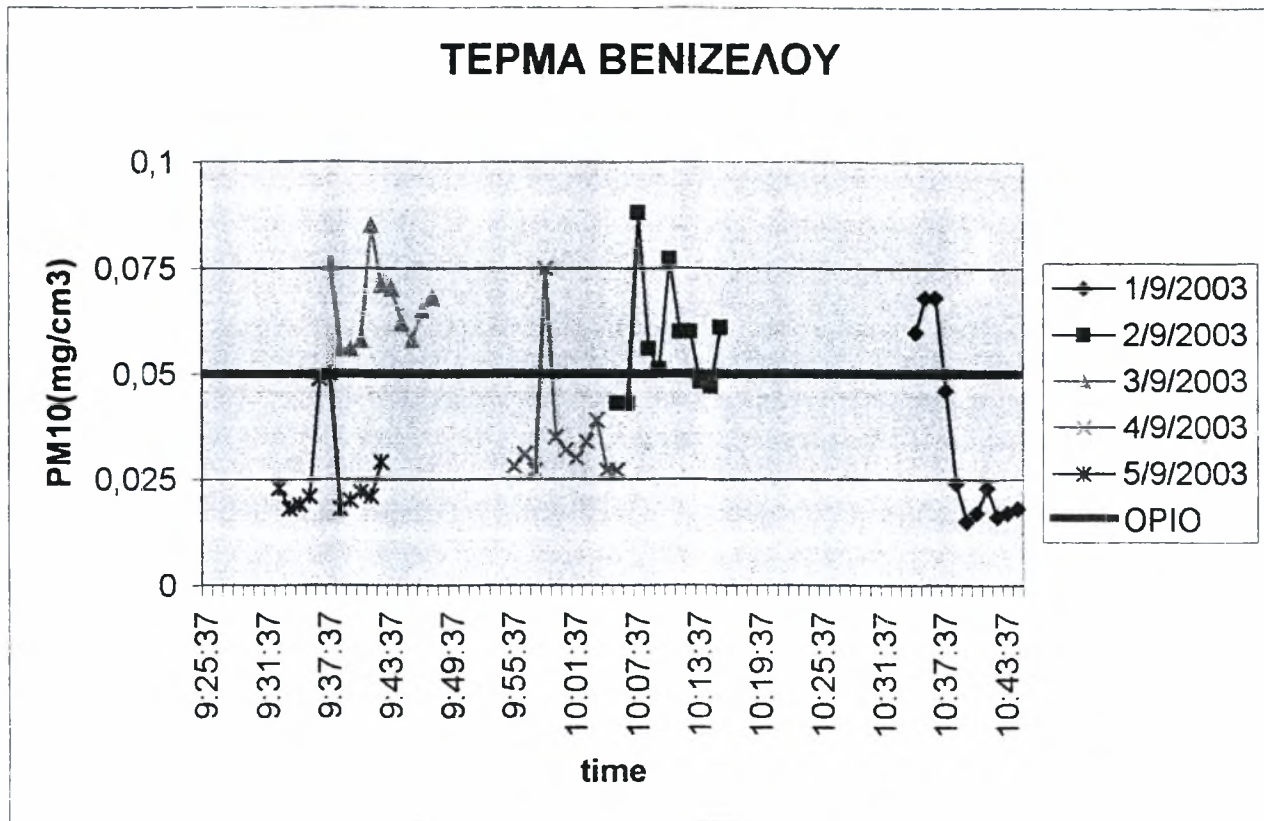
Για την καλύτερη κατανόηση των γραφικών παραστάσεων πρέπει να αναφέρουμε τα εξής:

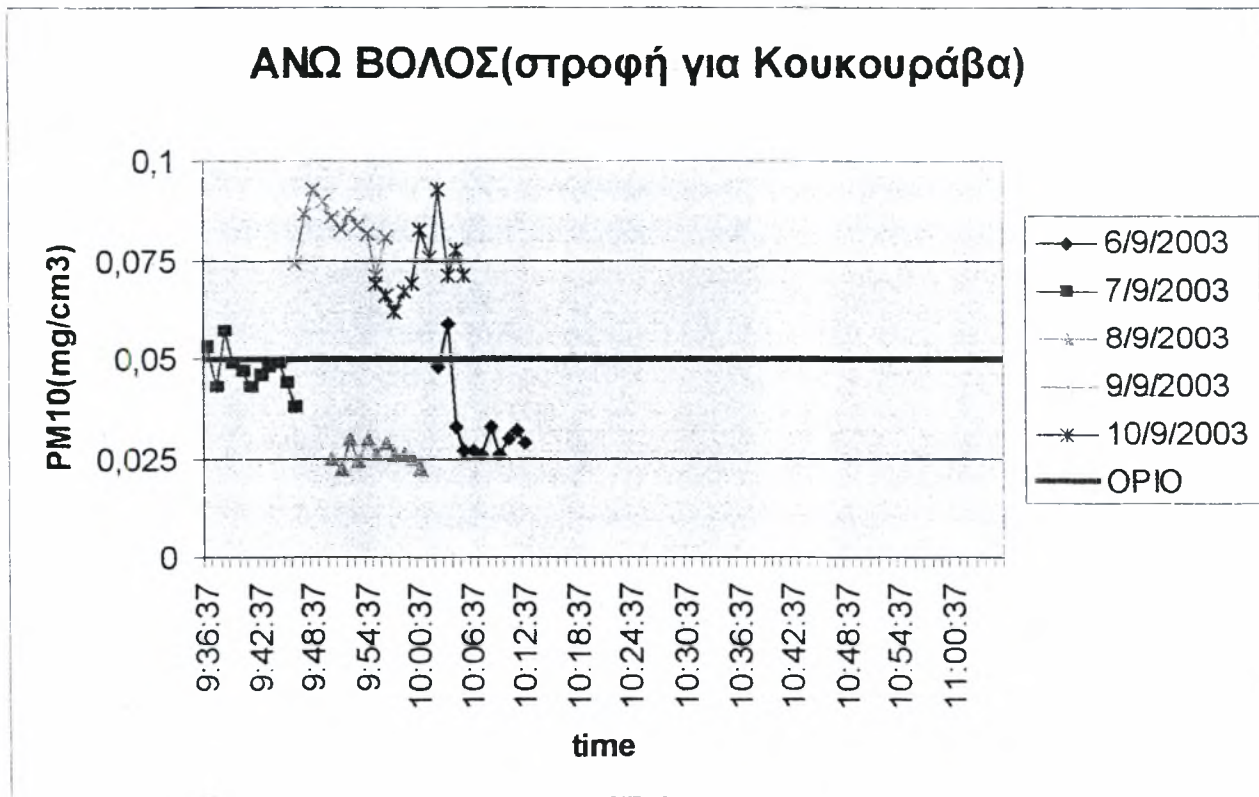
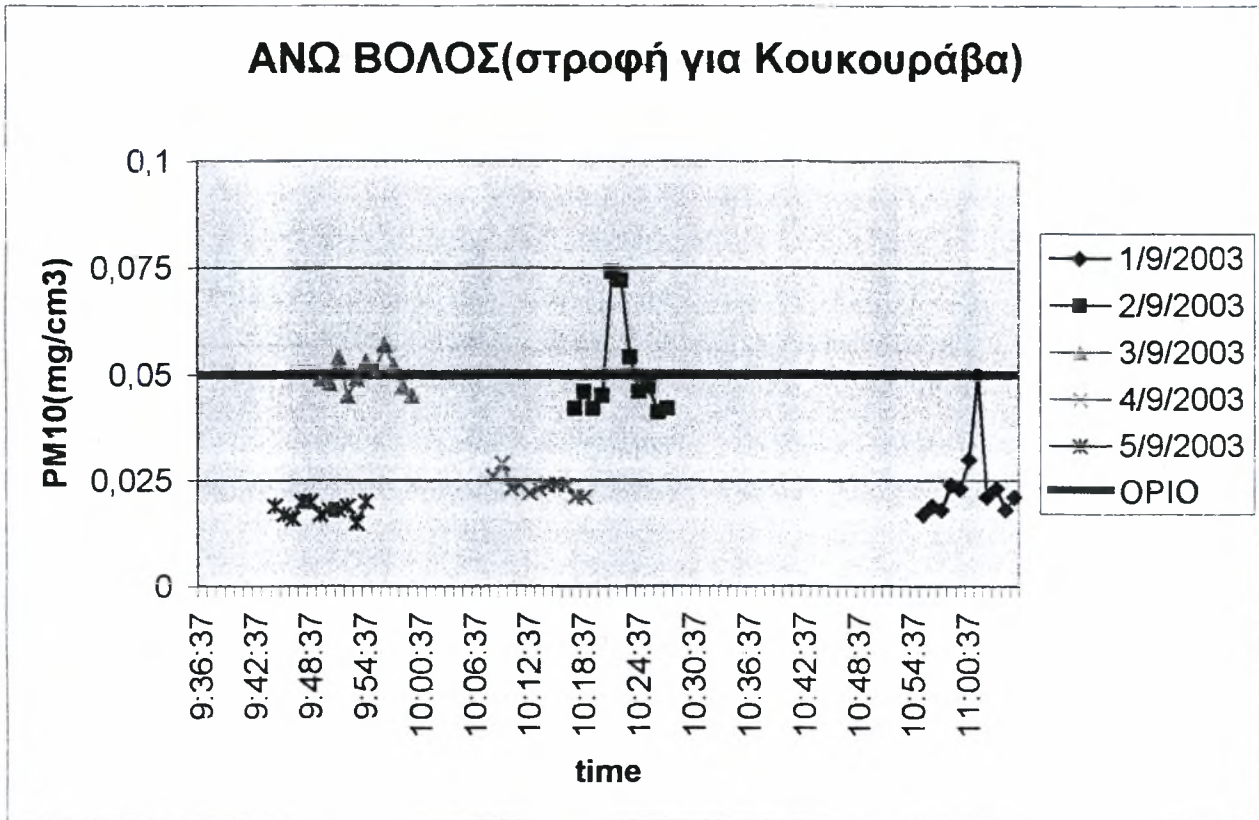
- Η δειγματοληψία με το όργανο Dust Track γίνεται κάθε 1 sec, ενώ η σταθερά χρόνου είναι 10 sec.
- Οι μετρήσεις στον 2^ο κύκλο οδήγησης είχαν διάρκεια πενήντα λεπτά (3000 sec).

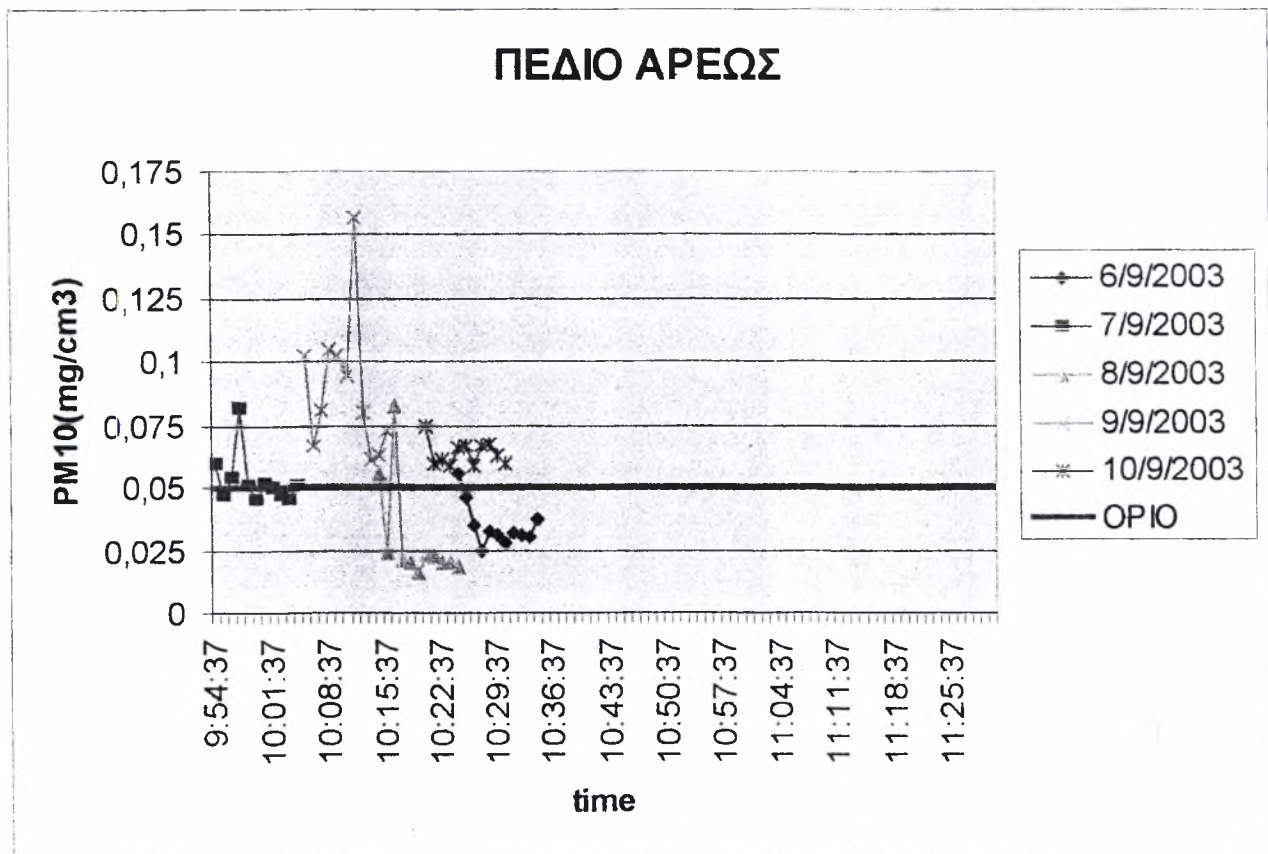
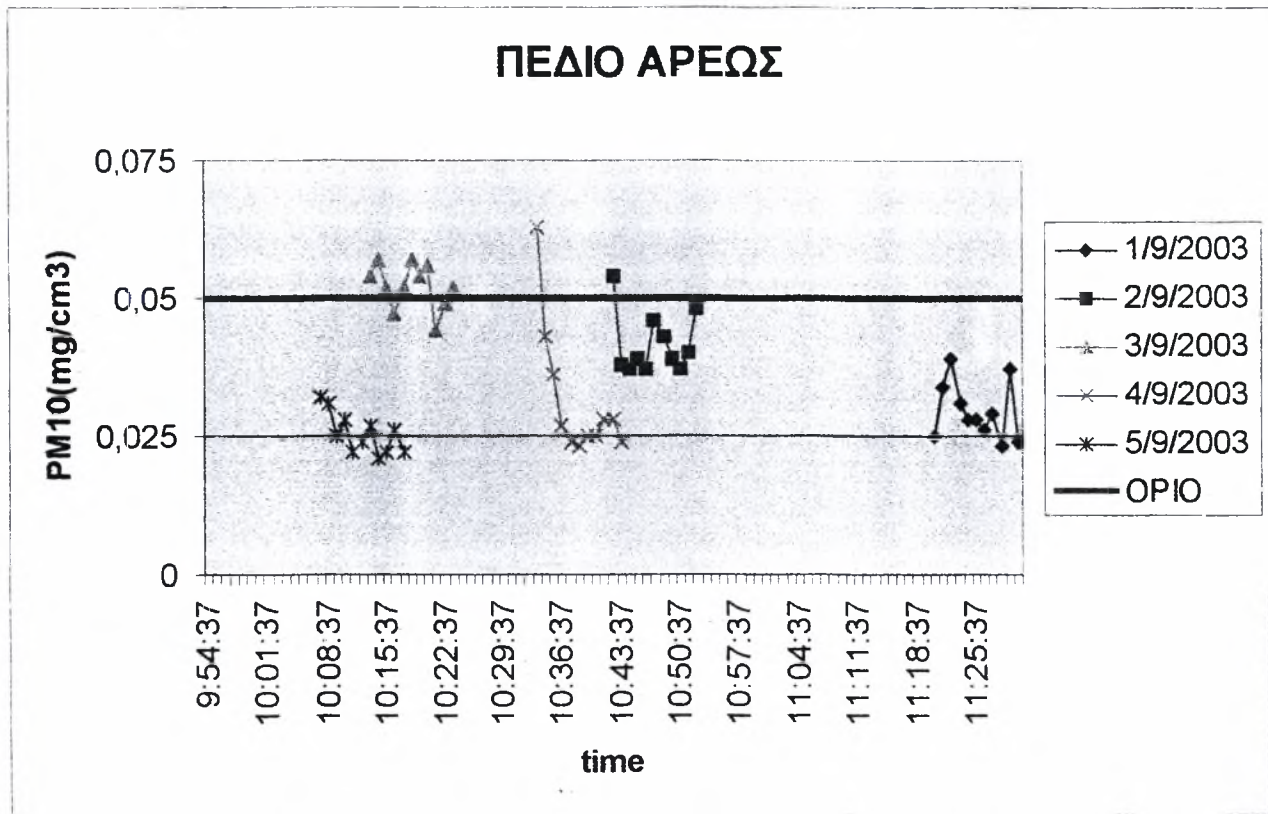
Οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις παρουσιάζουν τις συγκεντρώσεις των PM10 για κάθε στάση ξεχωριστά ανά πέντε μέρες.



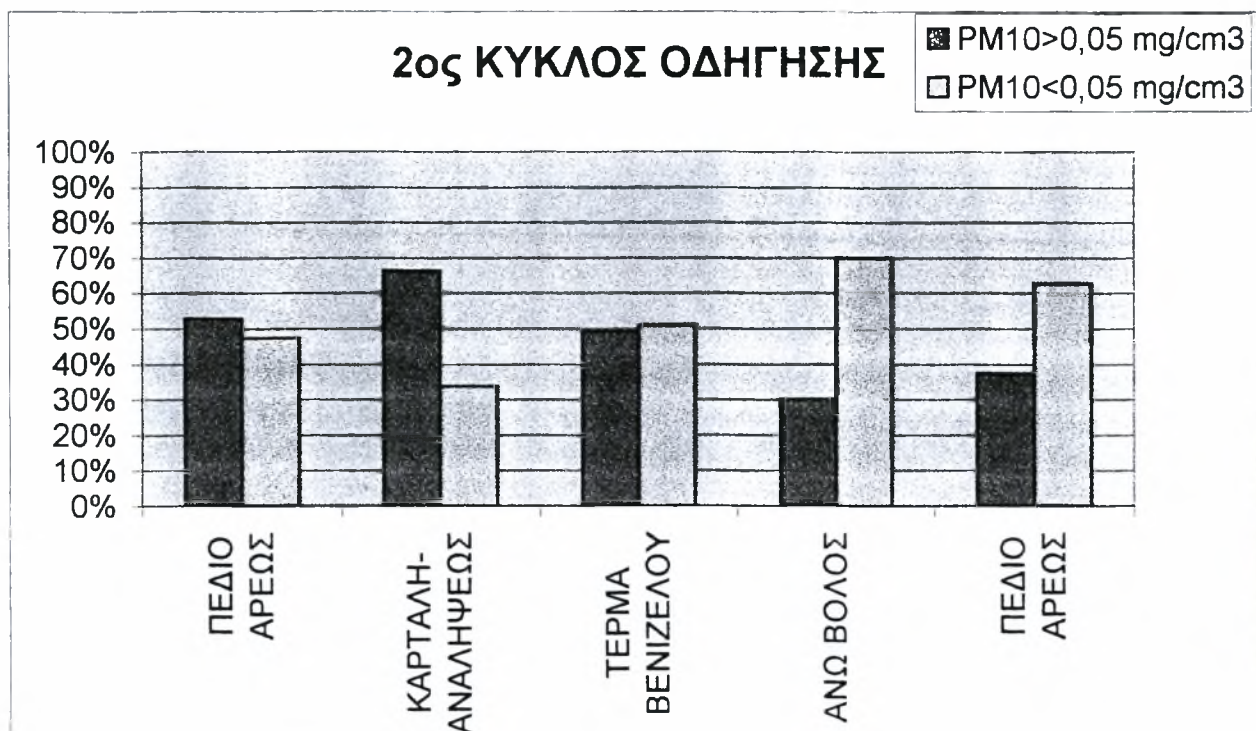








Στο παρακάτω γράφημα φαίνονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του 2ου κύκλου οδήγησης ώστε να έχουμε μια καλύτερη άποψη για τις μετρήσεις σε κάθε σημείο μέτρησης.



Στις μετρήσεις του 2ου κύκλου οδήγησης παρατηρούμε ότι όσο βρισκόμαστε κοντά στην κίνηση της πόλης οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων είναι υψηλές ενώ όταν απομακρυνόμαστε από την πόλη του Βόλου πέφτουν οι συγκεντρώσεις. Οφείλεται και στο γεγονός ότι απομακρυνόμαστε από το κέντρο του Βόλου και επομένως μακριά από την κυκλοφοριακή συμφόρηση που πλήττει το κέντρο, αλλά και στην απομάκρυνση από τις πολυκατοικίες που βρίσκονται στο κέντρο και εγκλωβίζουν τα αιωρούμενα σωματίδια δημιουργώντας έτσι εστίες συγκέντρωσης των αέριων ρύπων.

5.4. 3^{ος} ΚΥΚΛΟΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Ο 3ος κύκλος οδήγησης πραγματοποιήθηκε με έξι μετρήσεις κατά την περίοδο από τις 6/11/2003 έως 28/11/2003 και περιελάμβανε πέντε τριαντάλεπτες στάσεις στην Α' Βιομηχανική περιοχή. Διαπιστώσαμε ότι η βιομηχανική δραστηριότητα στην περιοχή ήταν αρκετά μειωμένη. Για αυτό τον λόγο οι μετρήσεις δεν ήταν όσο υψηλές θα περιμέναμε. Από τα ροβδογράμματα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι στις 6/11/2003 οι μετρήσεις ήταν κάτω από το όριο των 0,05 mg/cm³ με υψηλότερο όριο τα 0,042 mg/cm³ και ανέμους κυρίως βορειοανατολικούς. Στις 7/11/2003 είχαμε κυρίως βόρειους ανέμους και οι μετρήσεις ήταν πάλι κάτω από το όριο που έχει θέσει η ΕΠΑ. Στις 8/11/2003 είχαμε υπέρβαση του ορίου των 0,05 mg/cm³ αλλά πάλι οι τιμές δεν ήταν ιδιαίτερα μεγάλες. Το 80% των ανέμων ήταν βόρειοι. Στις 11/11/2003 οι τιμές ήταν πάλι πάνω από το όριο και οι άνεμοι ήταν βορειοανατολικοί. Στις 20/11/2003 οι τιμές ήταν ιδιαίτερα υψηλές και η κατεύθυνση των ανέμων ήταν βόρεια. Τέλος στις 28/11/2003 είχαμε πάλι υψηλές τιμές και οι άνεμοι είχαν νοτιοανατολική κατεύθυνση. Για την καλύτερη κατανόηση των γραφικών παραστάσεων πρέπει να αναφέρουμε τα εξής:

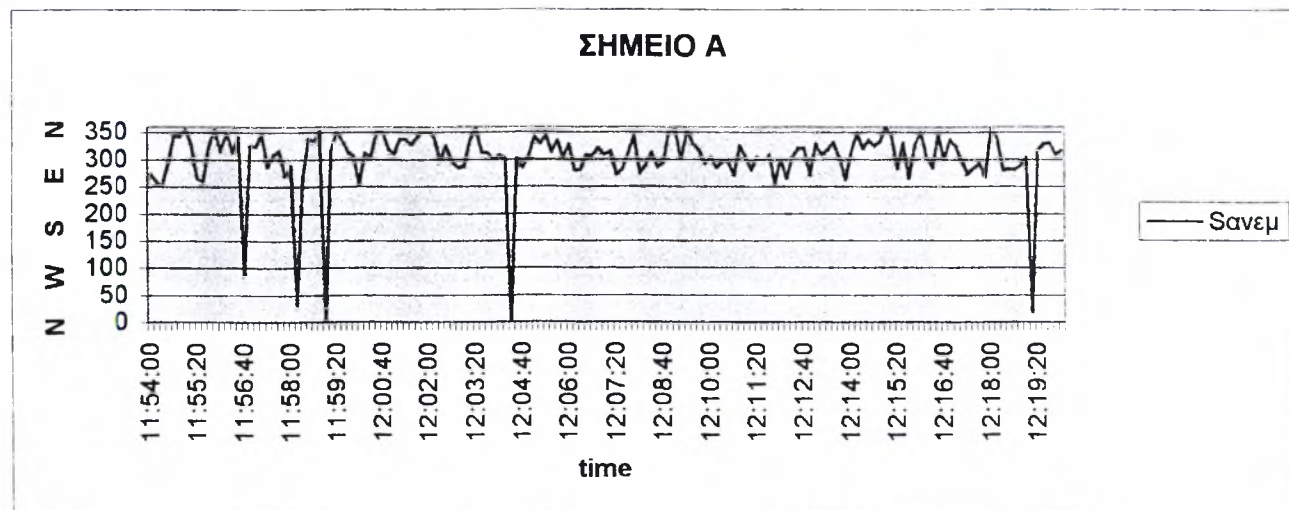
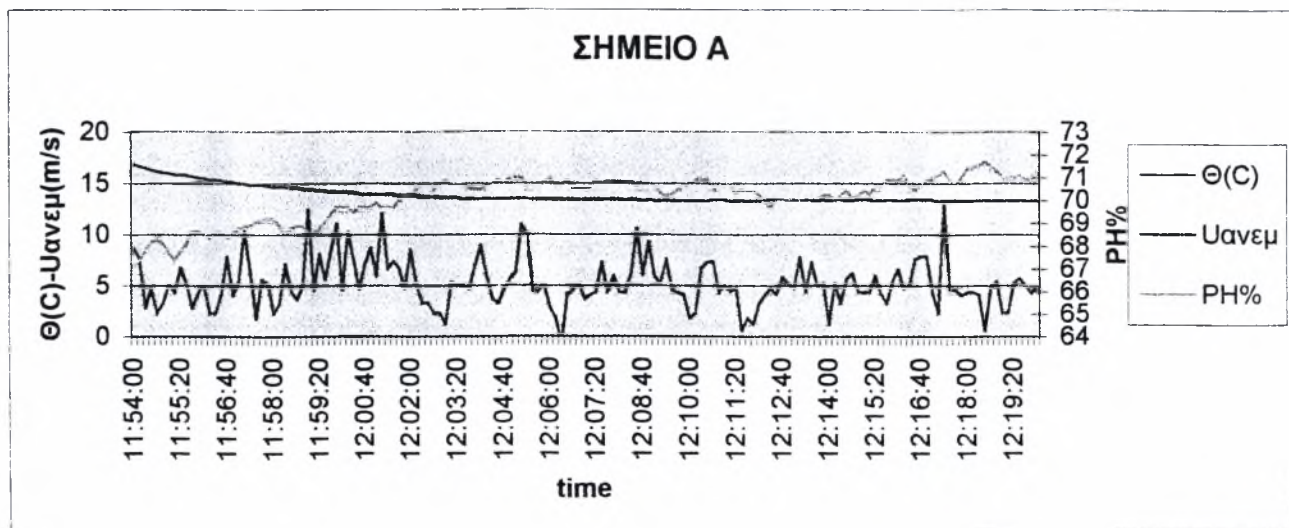
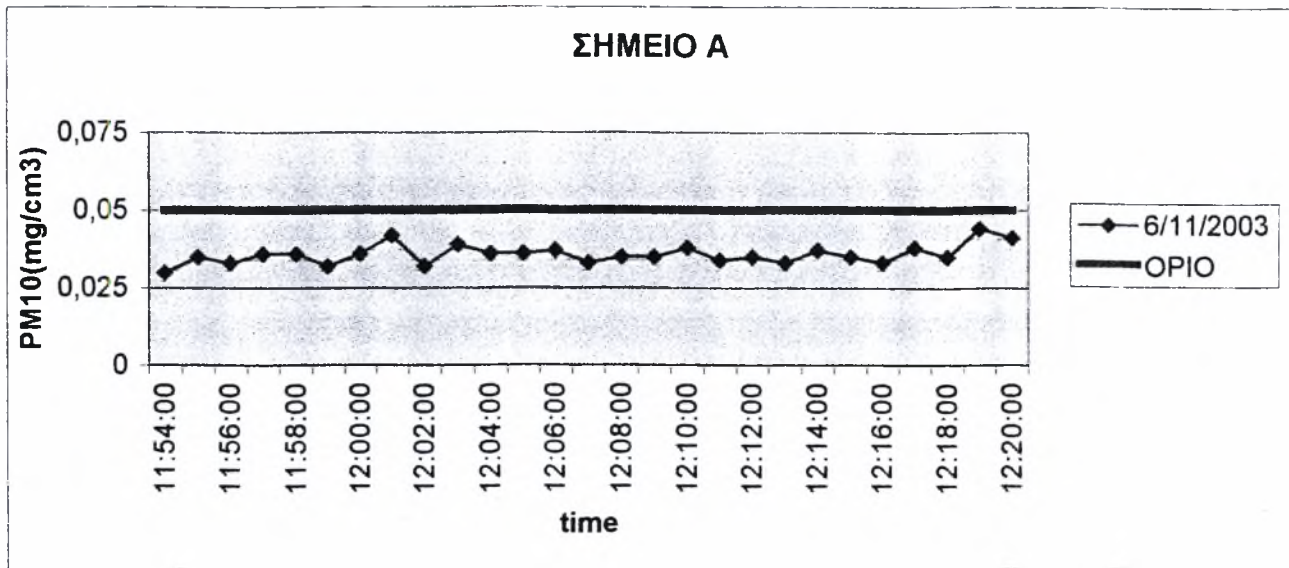
- Η δειγματοληψία με το όργανο Dust Track γίνεται κάθε 1 sec, ενώ η σταθερά χρόνου είναι 10 sec.
- Οι μετρήσεις στον 3^ο κύκλο οδήγησης είχαν διάρκεια εκατό πενήντα λεπτά (9000 sec).
- Η δειγματοληψία του ανεμομέτρου γίνεται κάθε 1 sec, ενώ η σταθερά χρόνου είναι 10 sec.

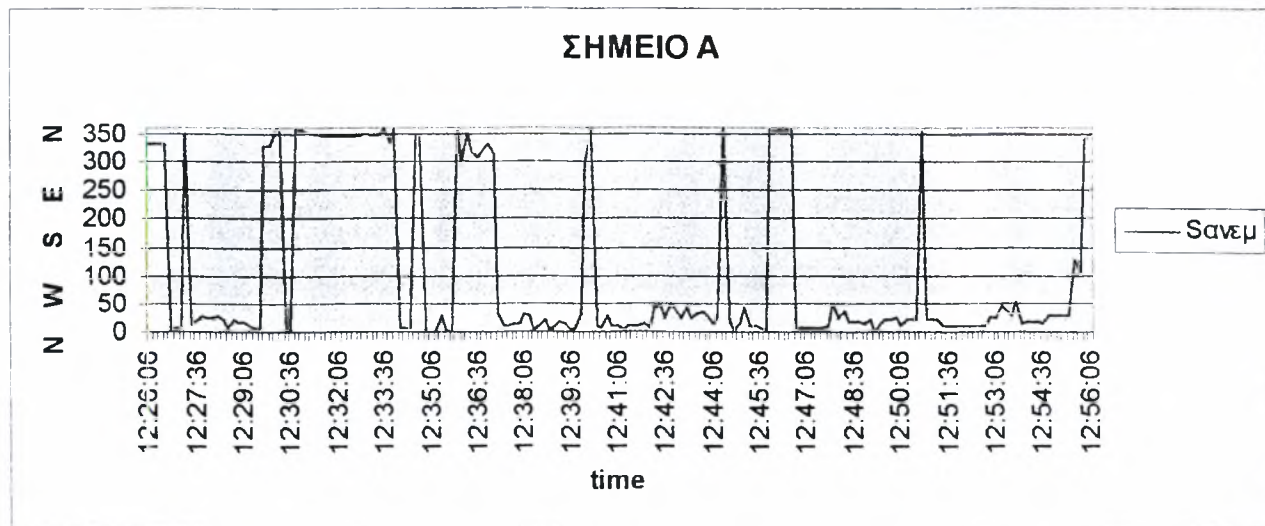
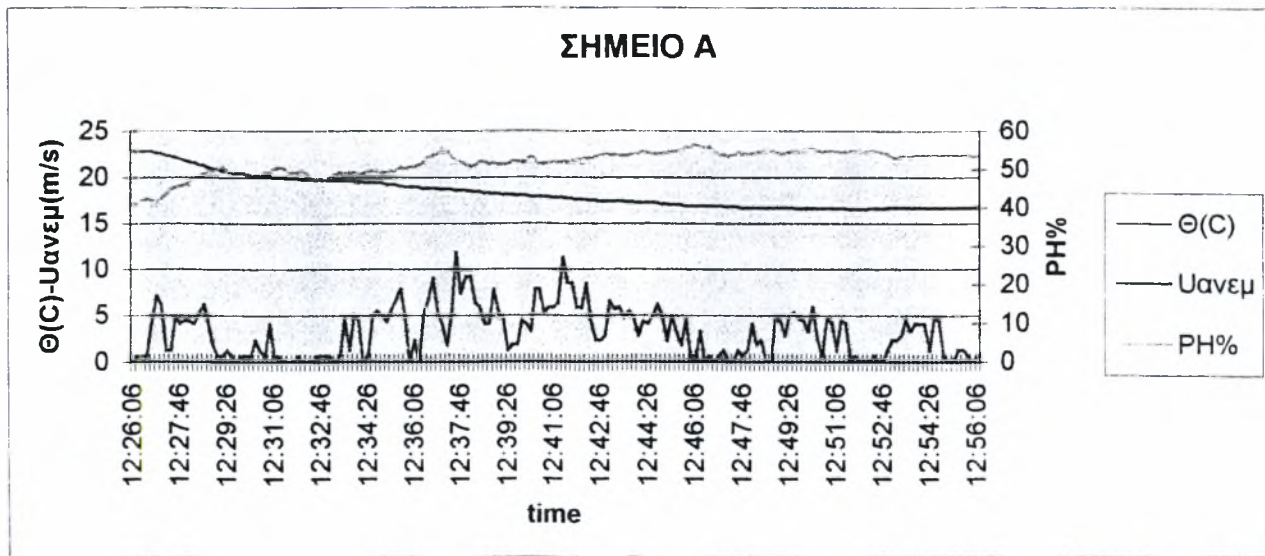
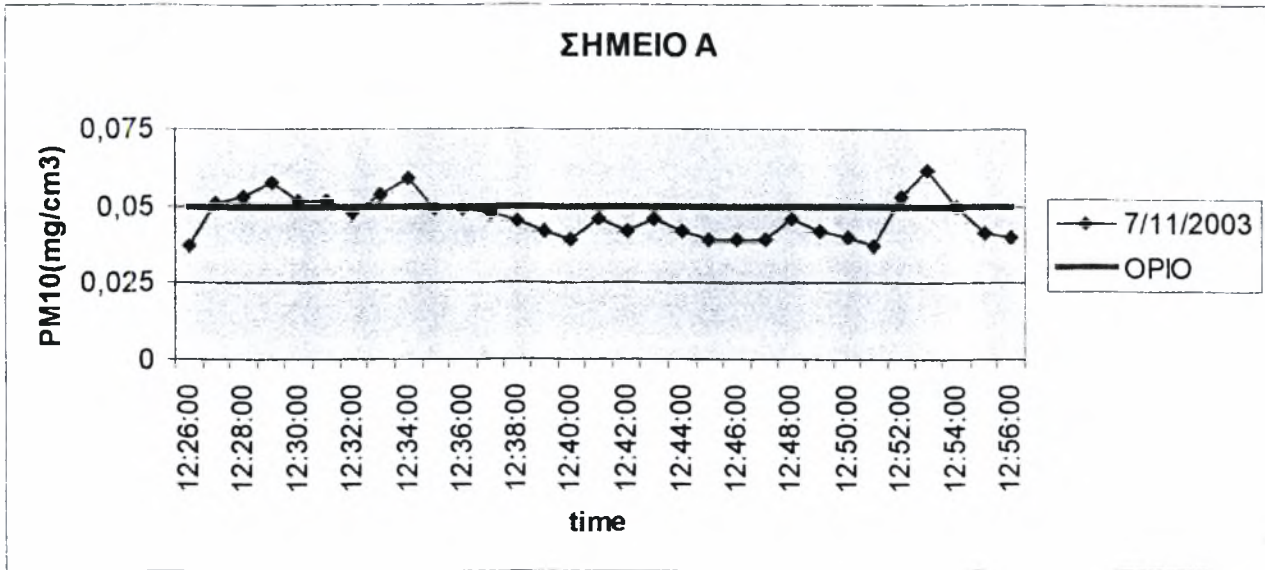
Οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις παρουσιάζουν τις συγκεντρώσεις των PM₁₀ μαζί με τα ανεμολογικά δεδομένα για κάθε σημείο μέτρησης ξεχωριστά:

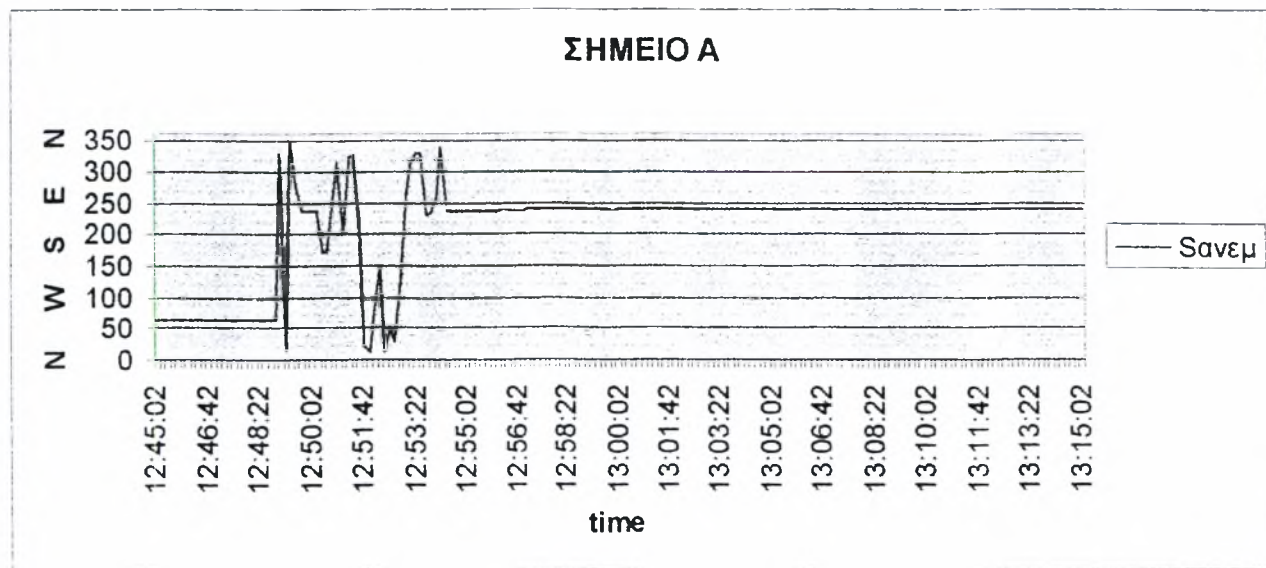
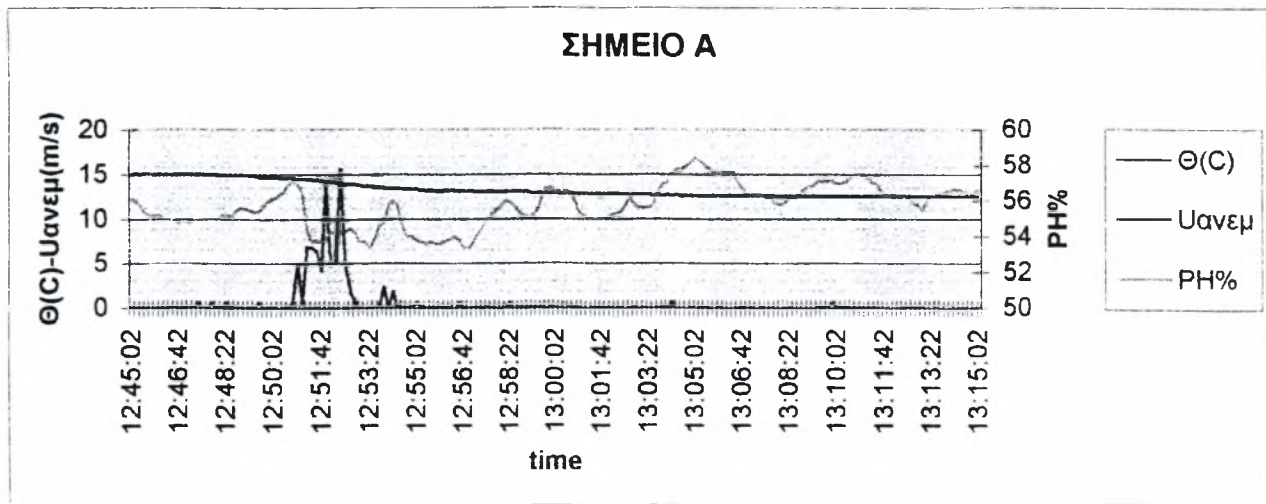
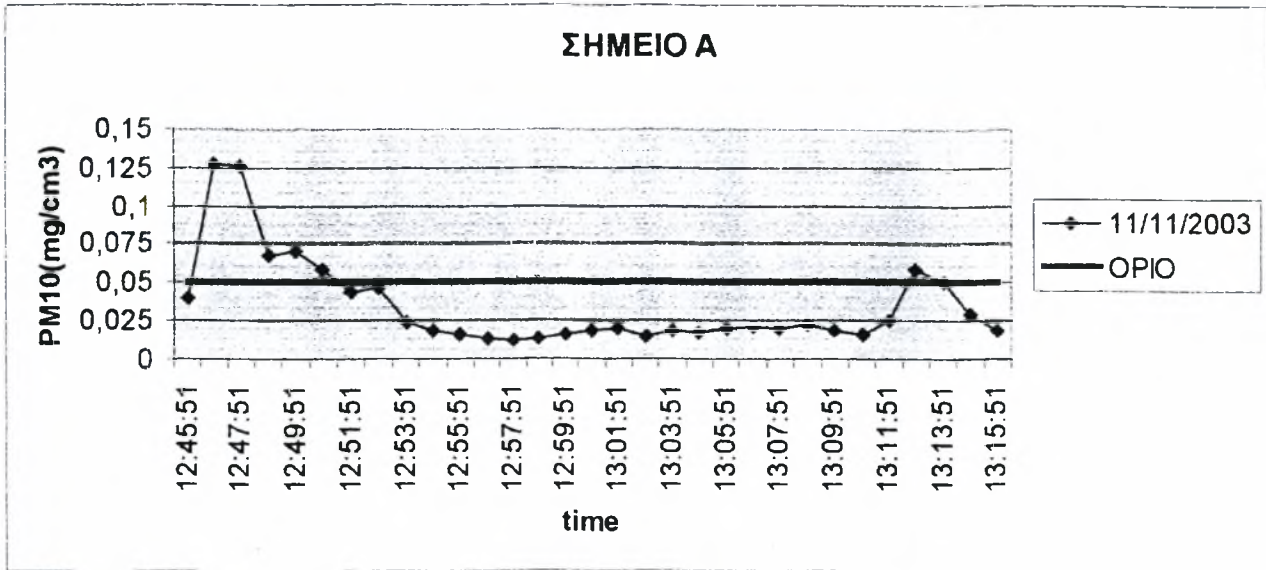


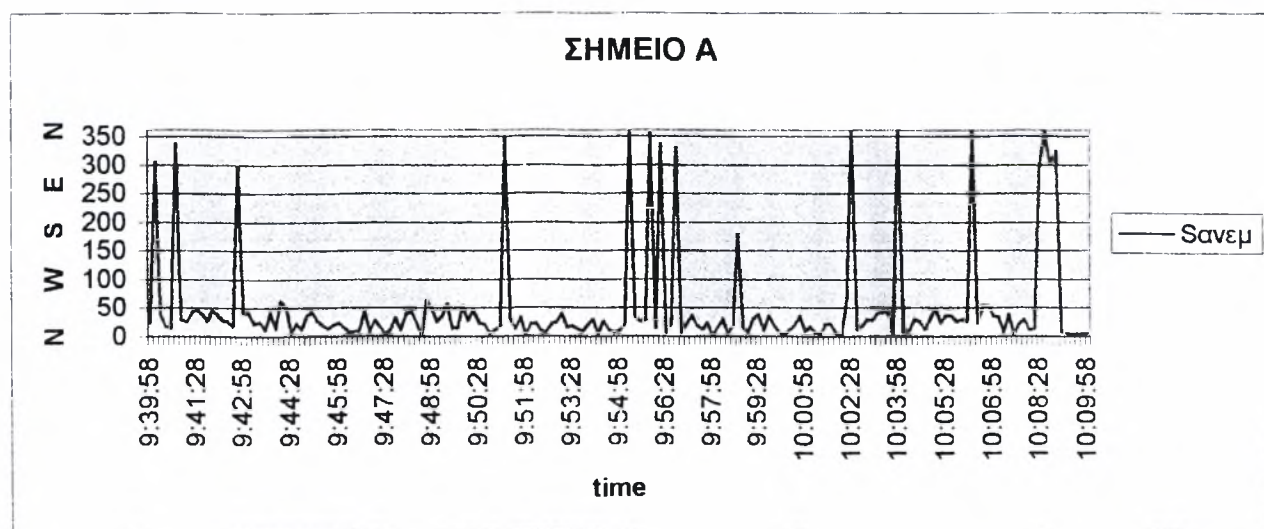
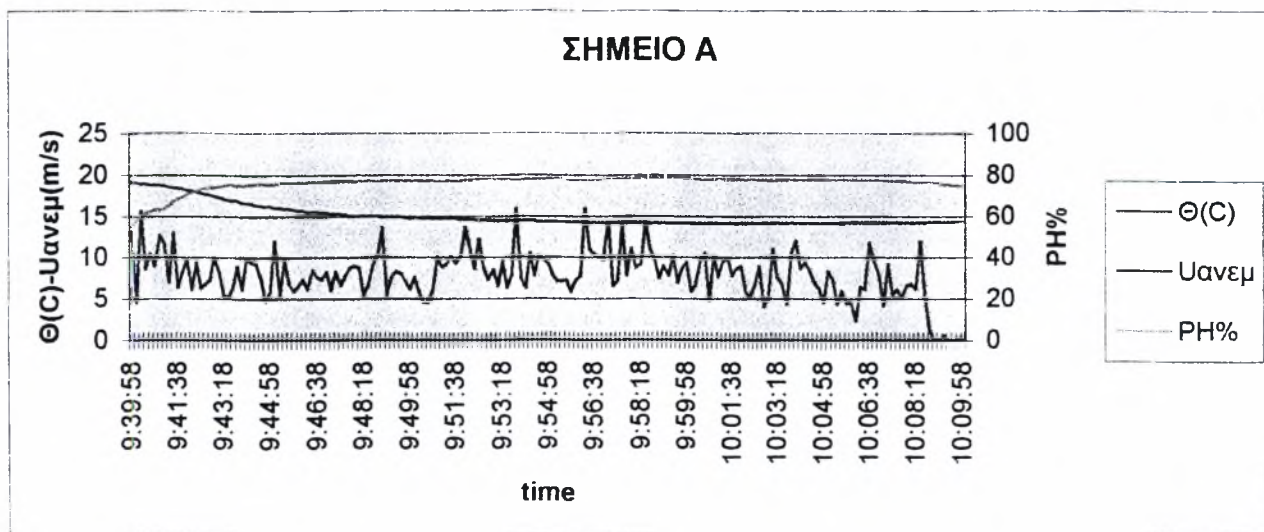
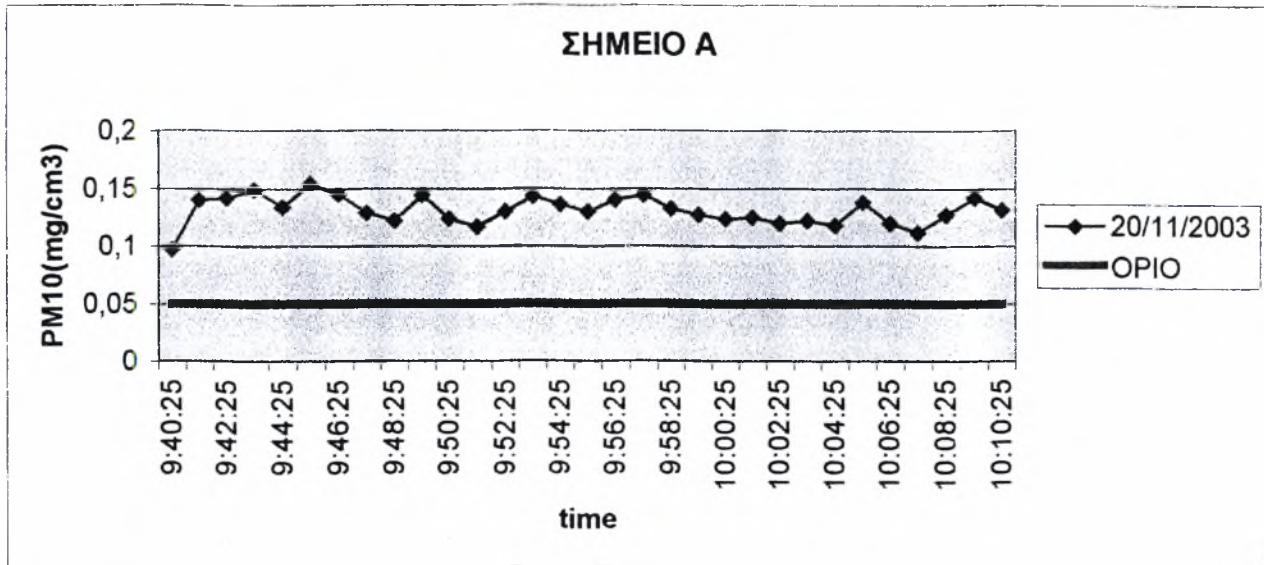
PLAN A-1
S. 20022 2nd Avenue, S.W.
1/2 Block 10th Avenue, S.W.
BIRMINGHAM, ALABAMA
1948

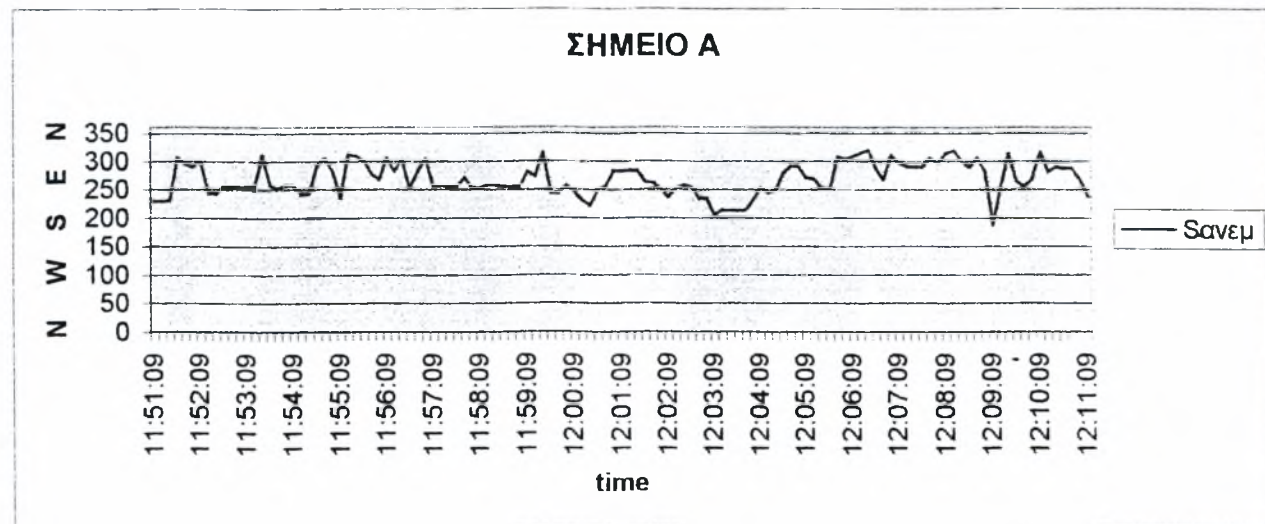
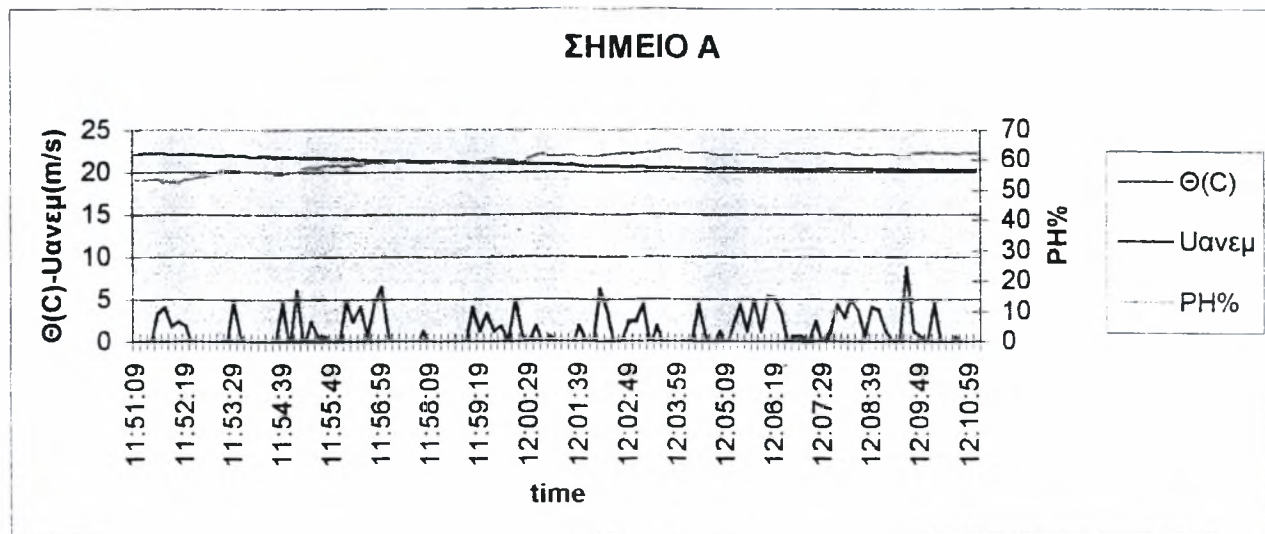
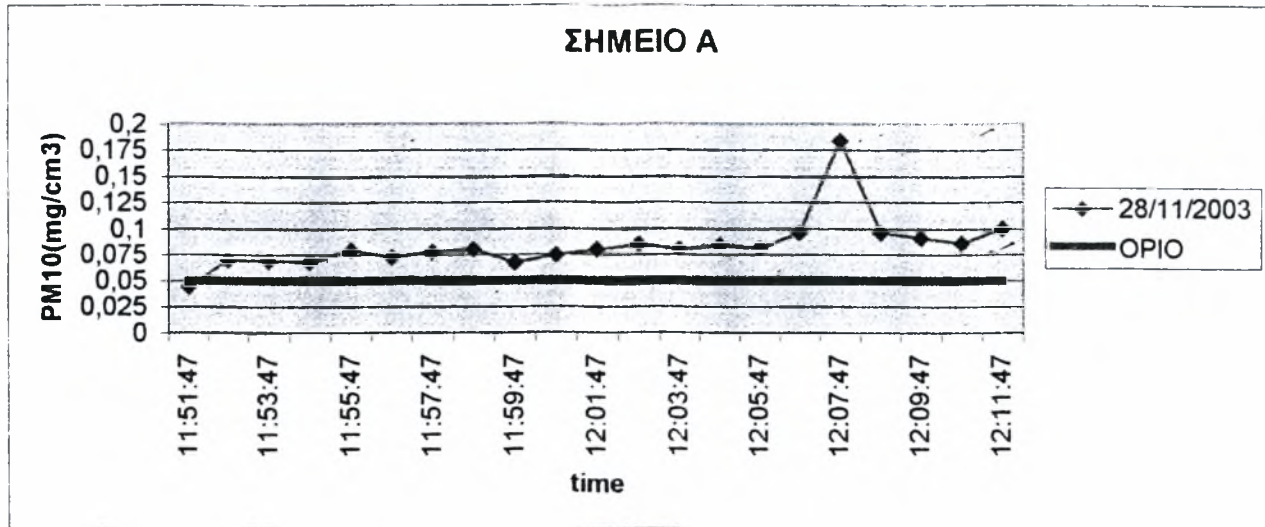


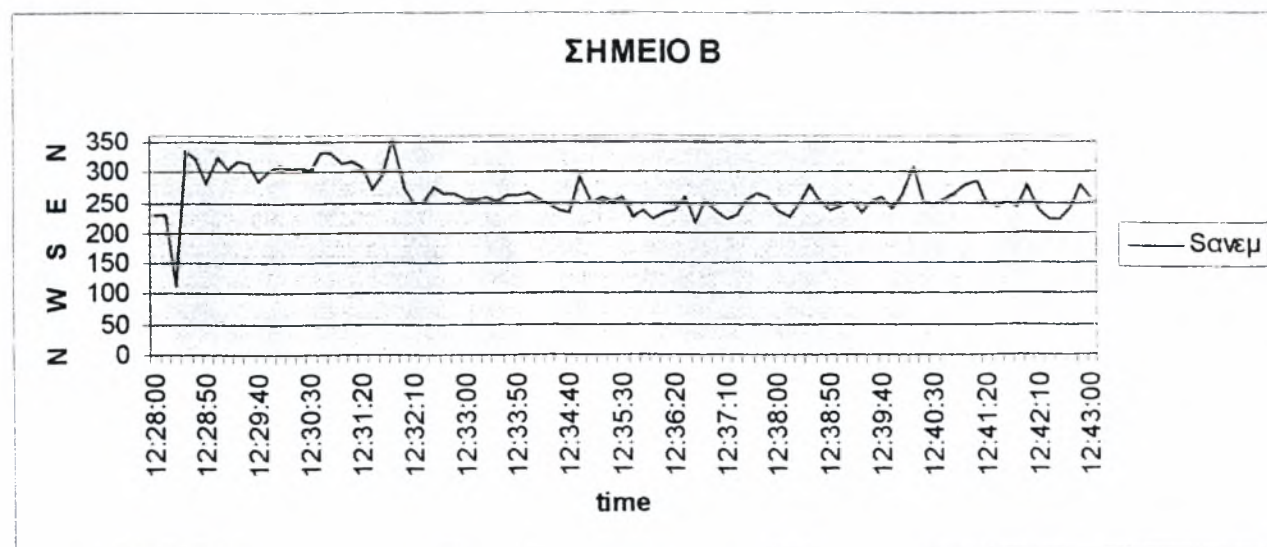
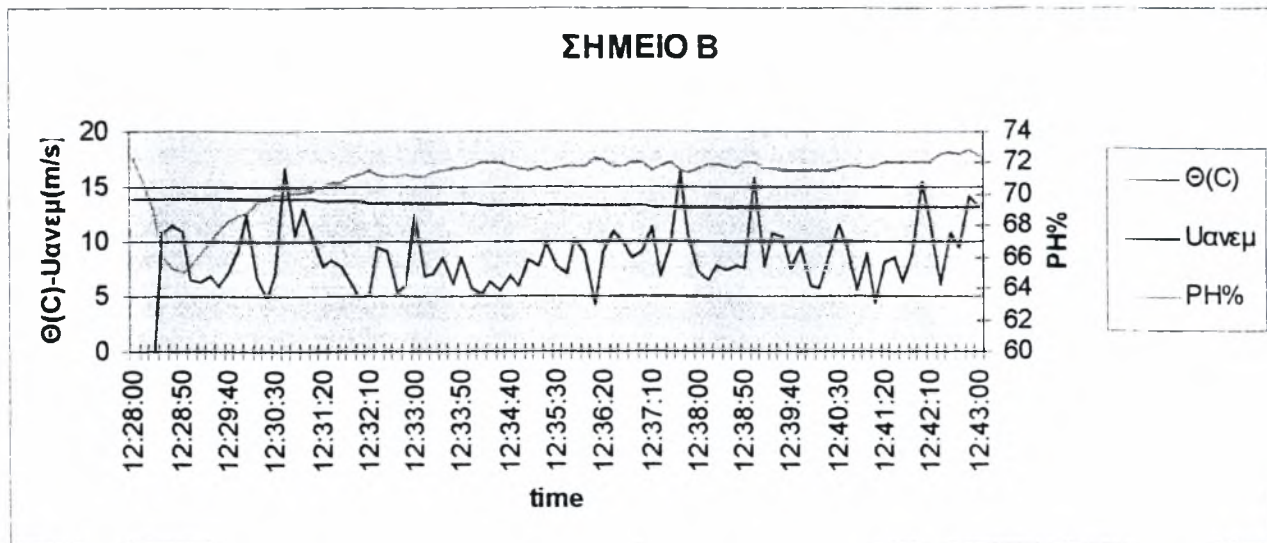
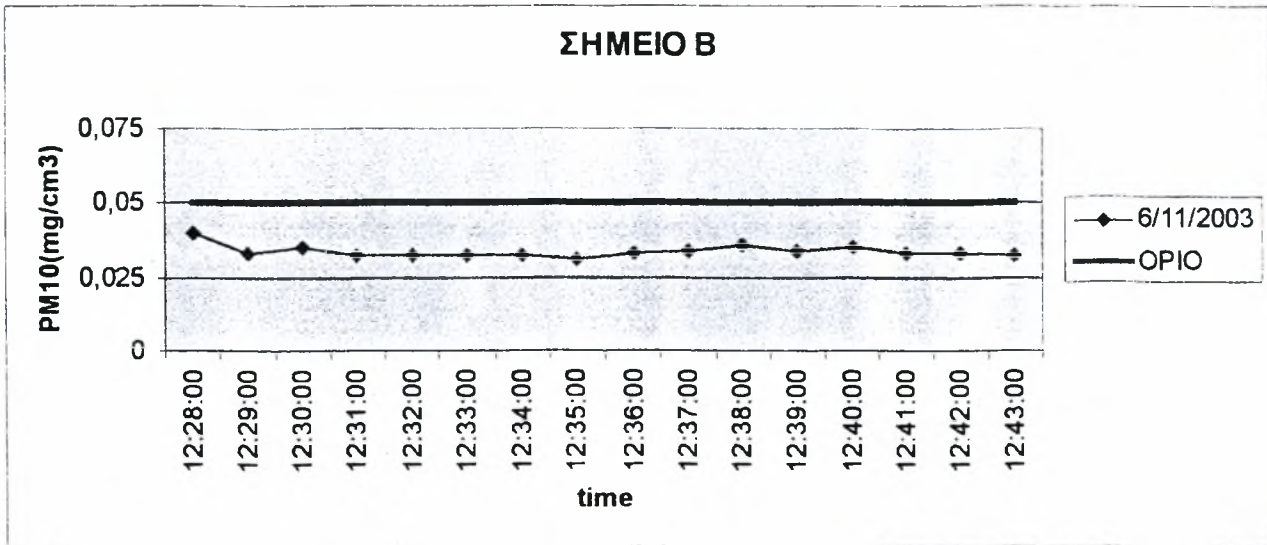


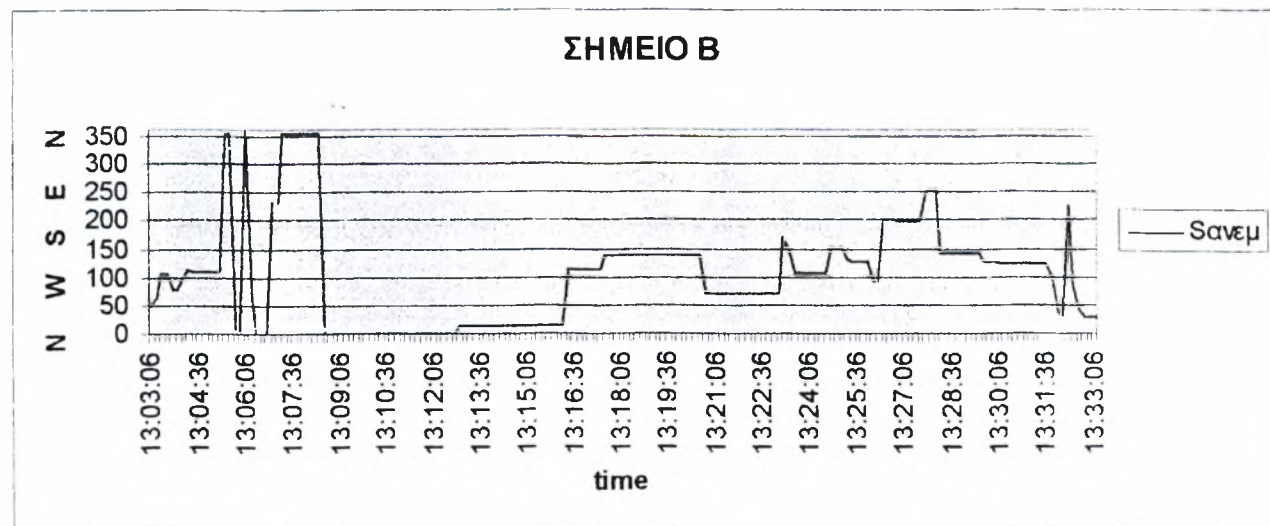
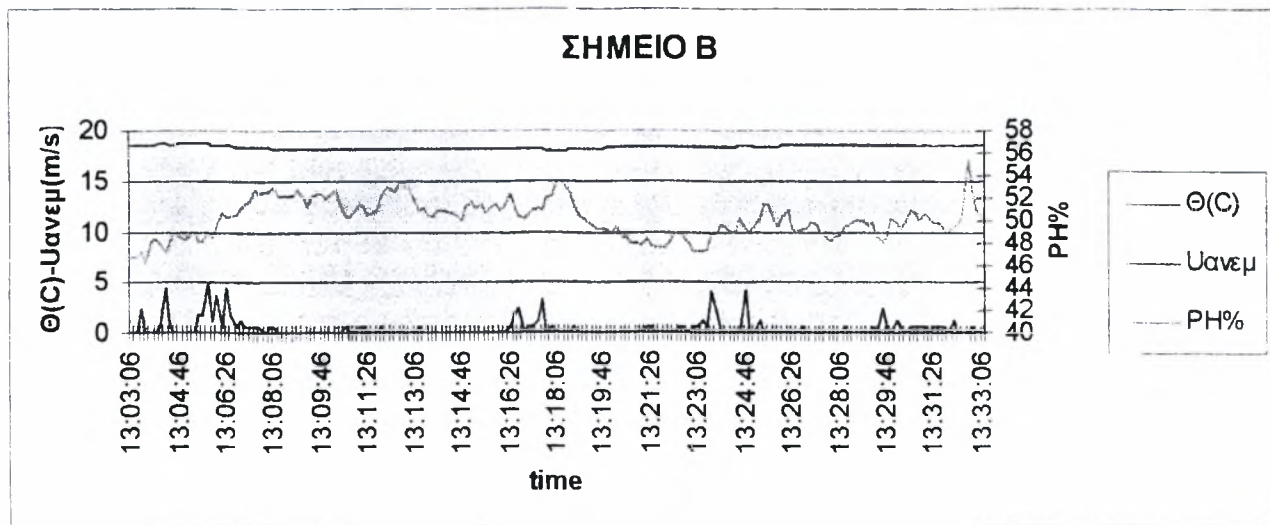
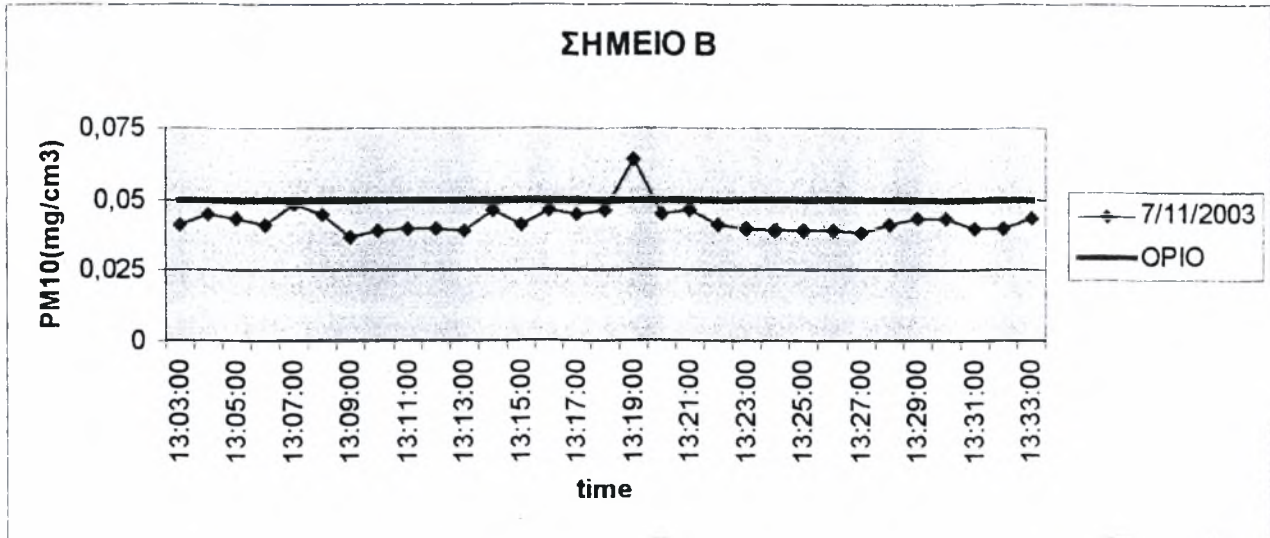


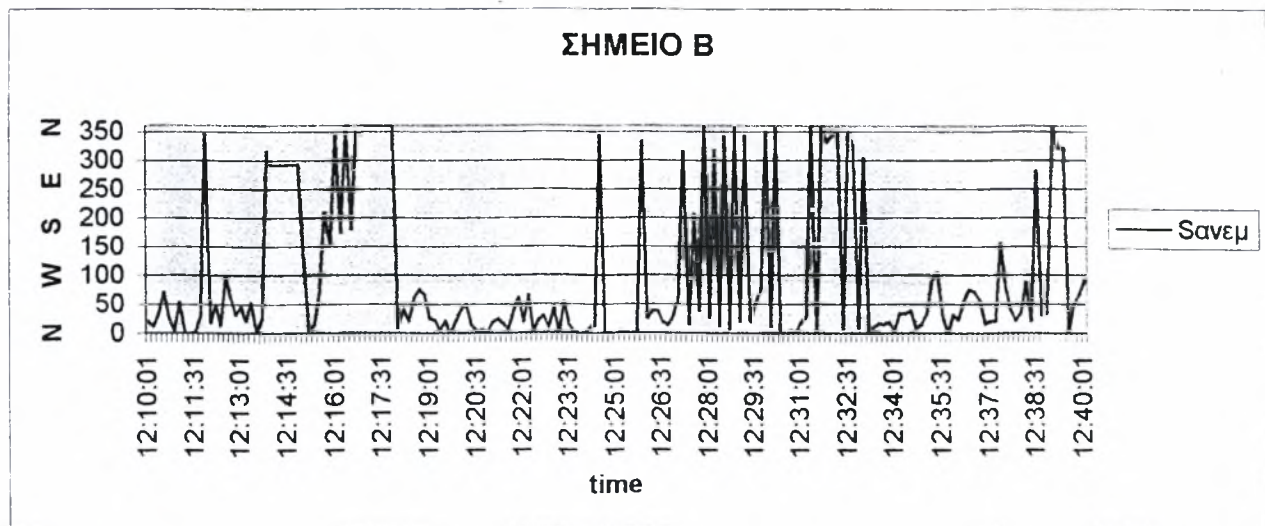
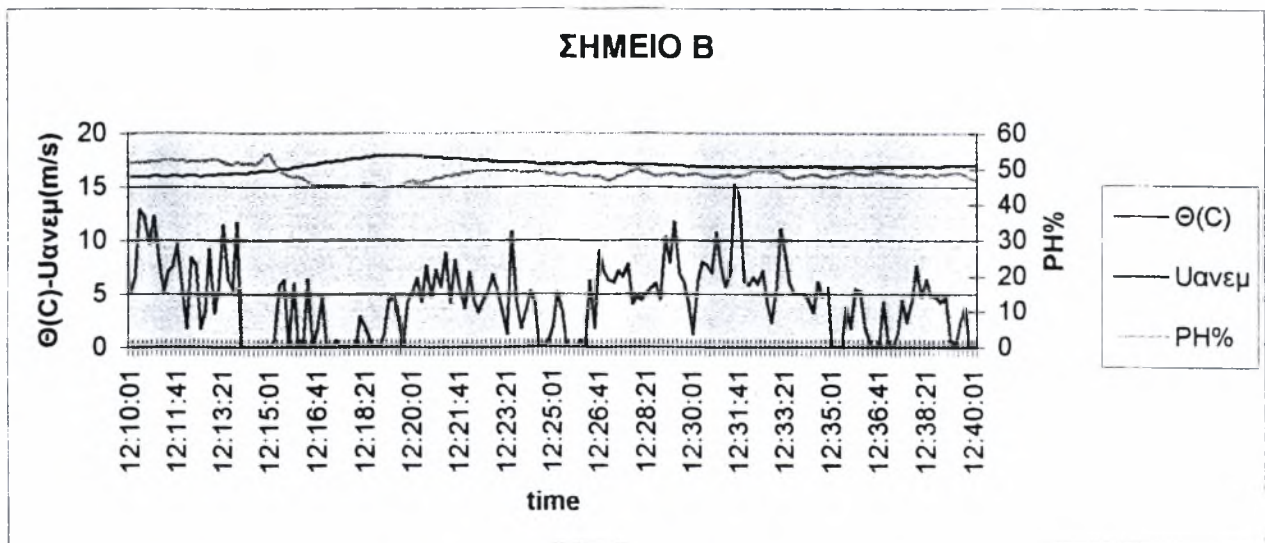
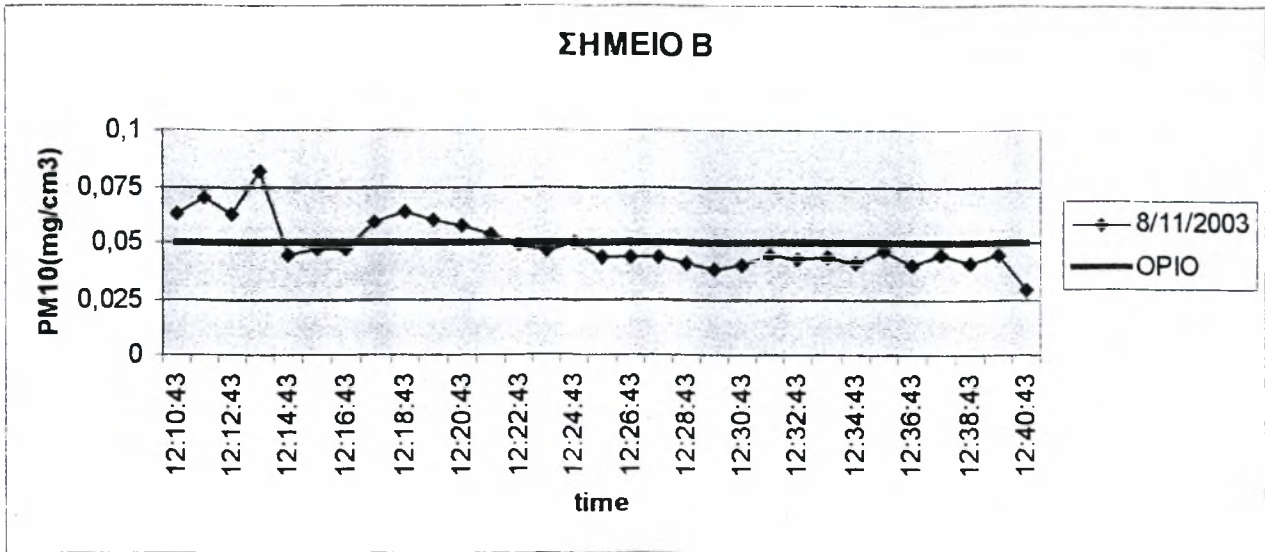


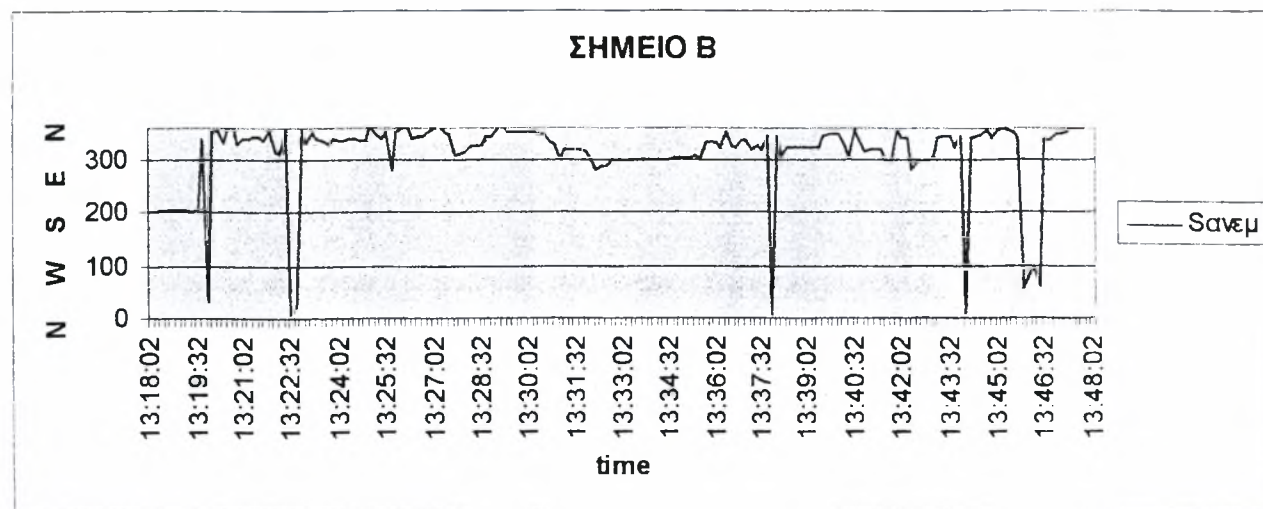
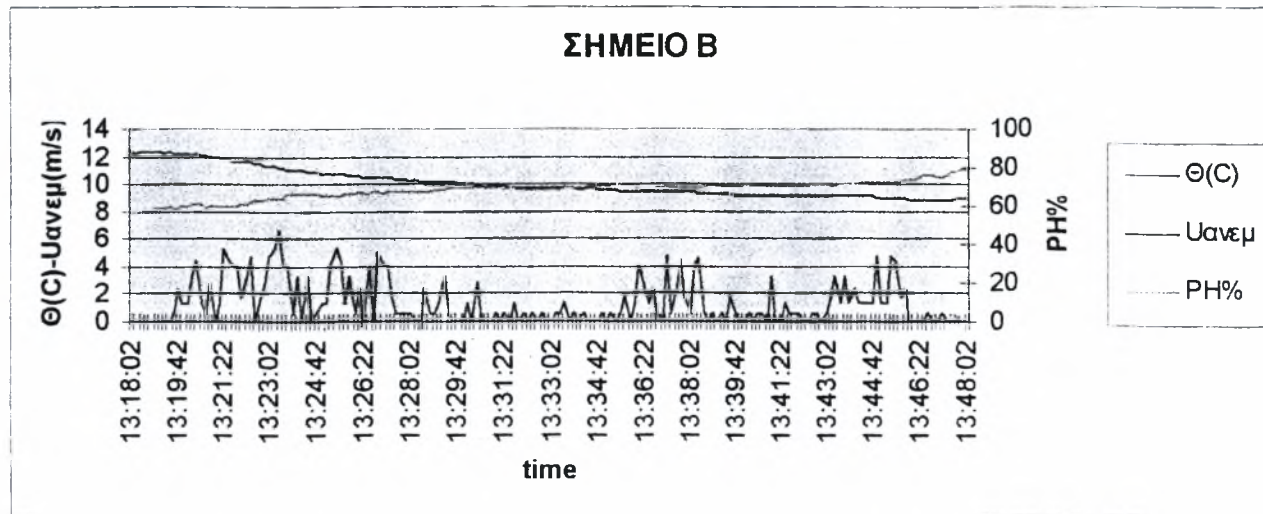
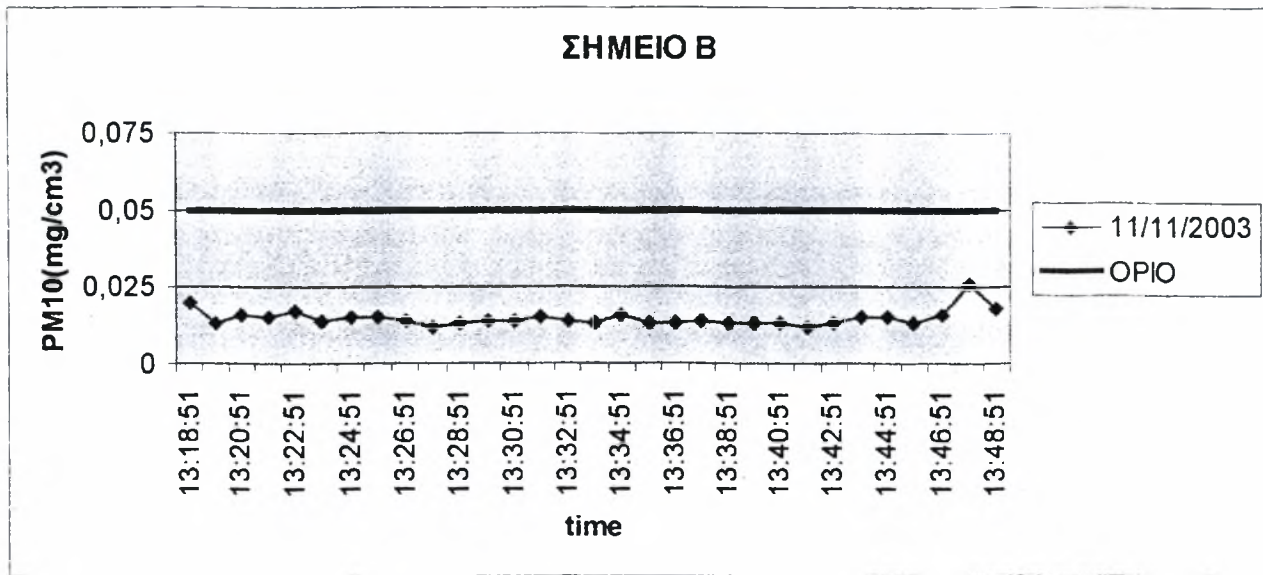


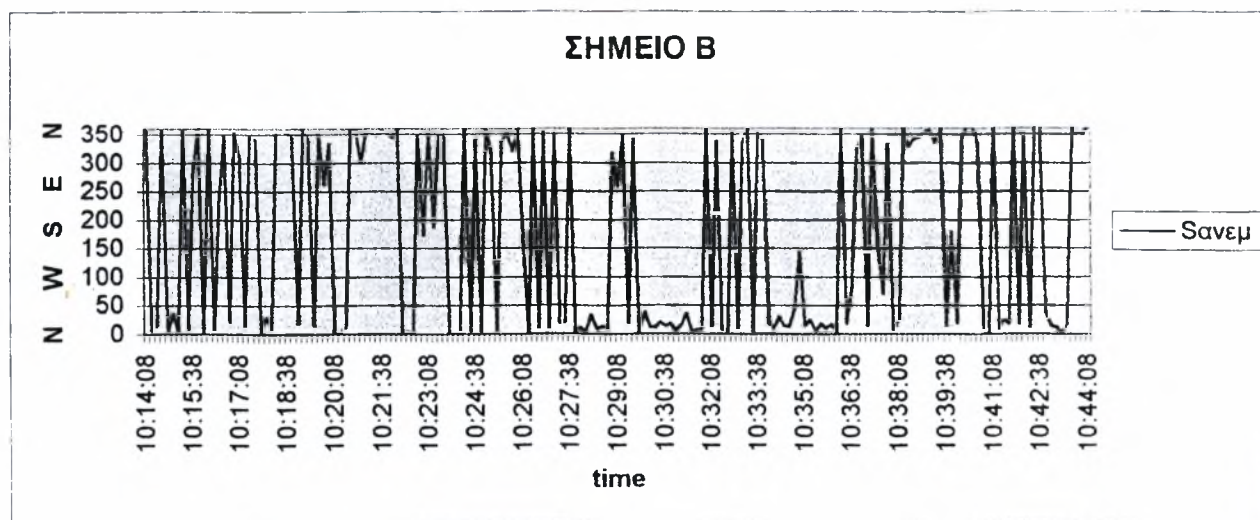
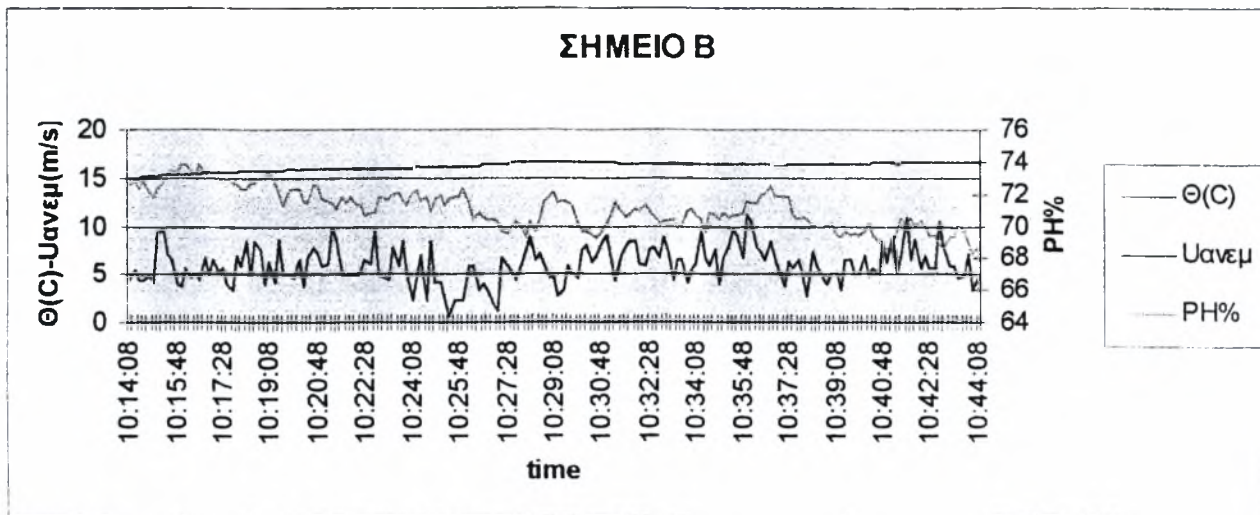
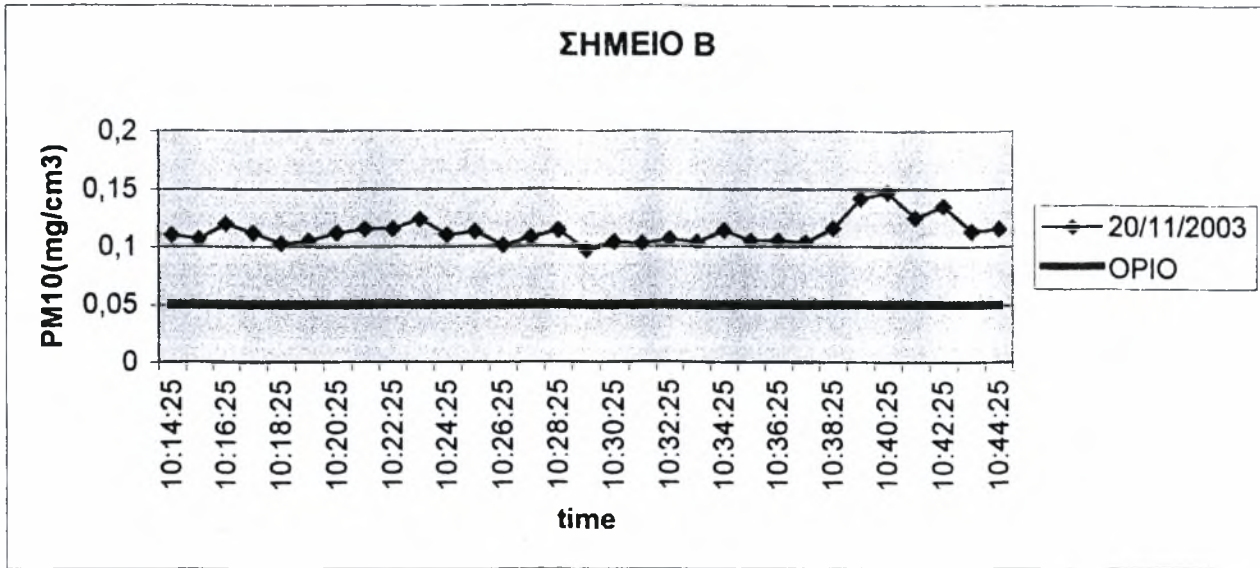


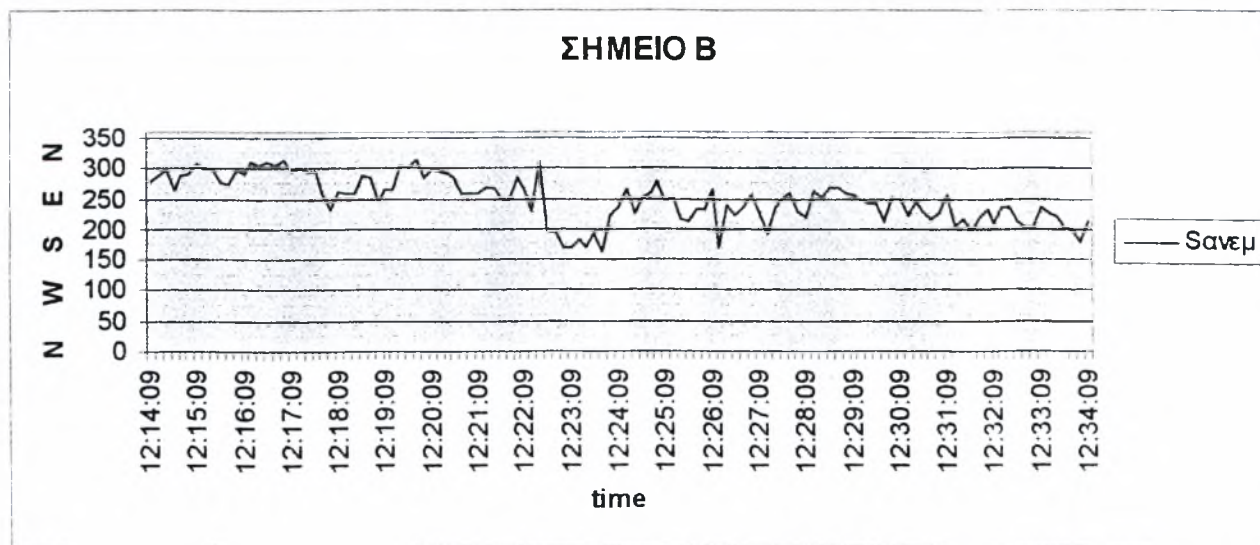
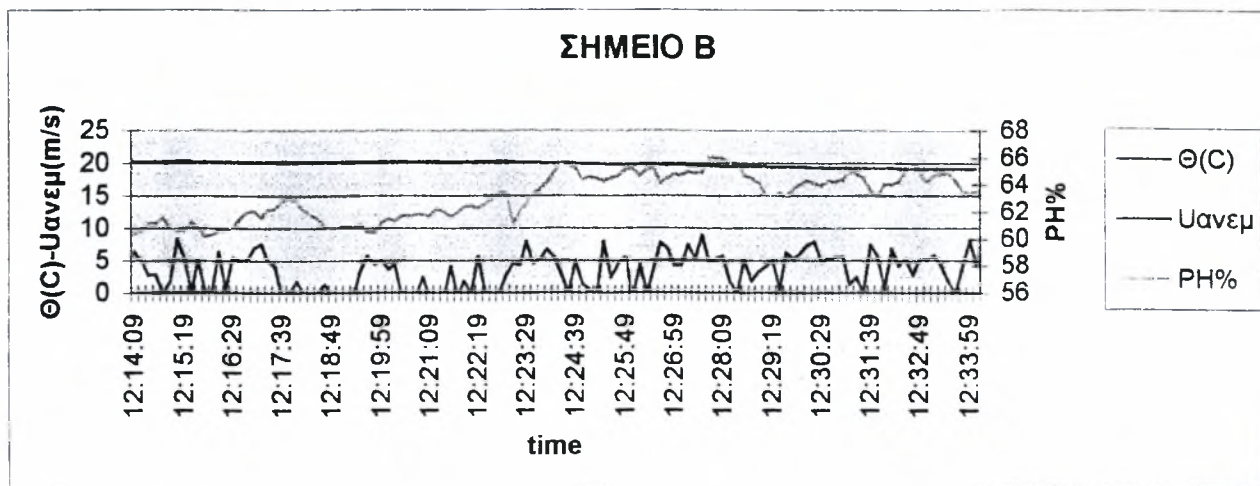
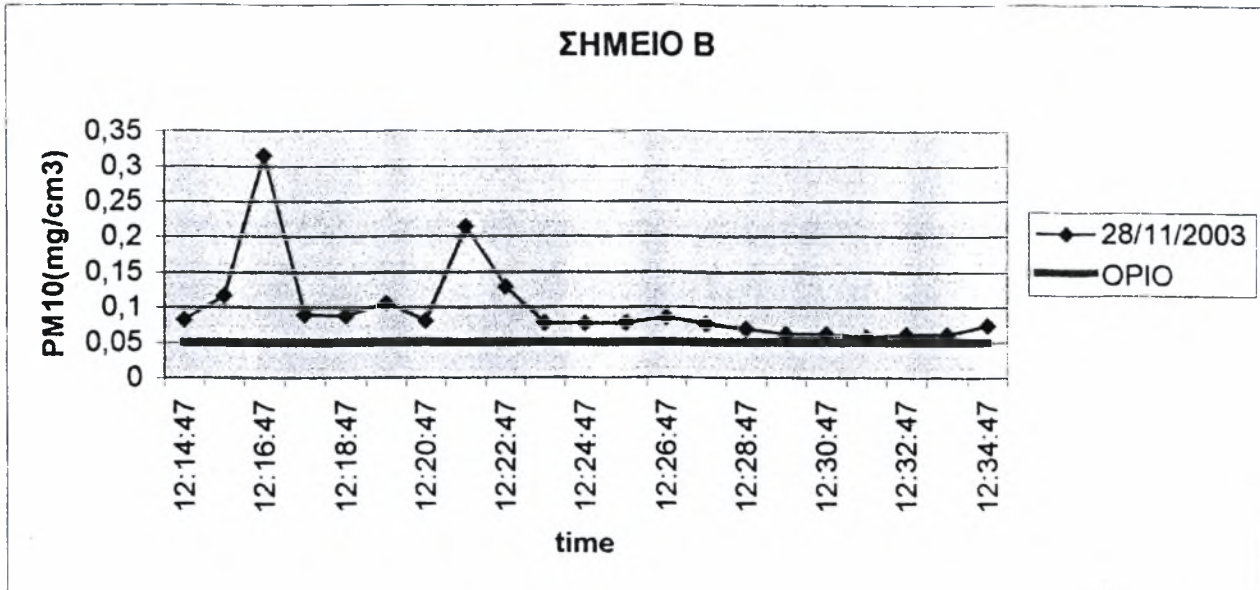


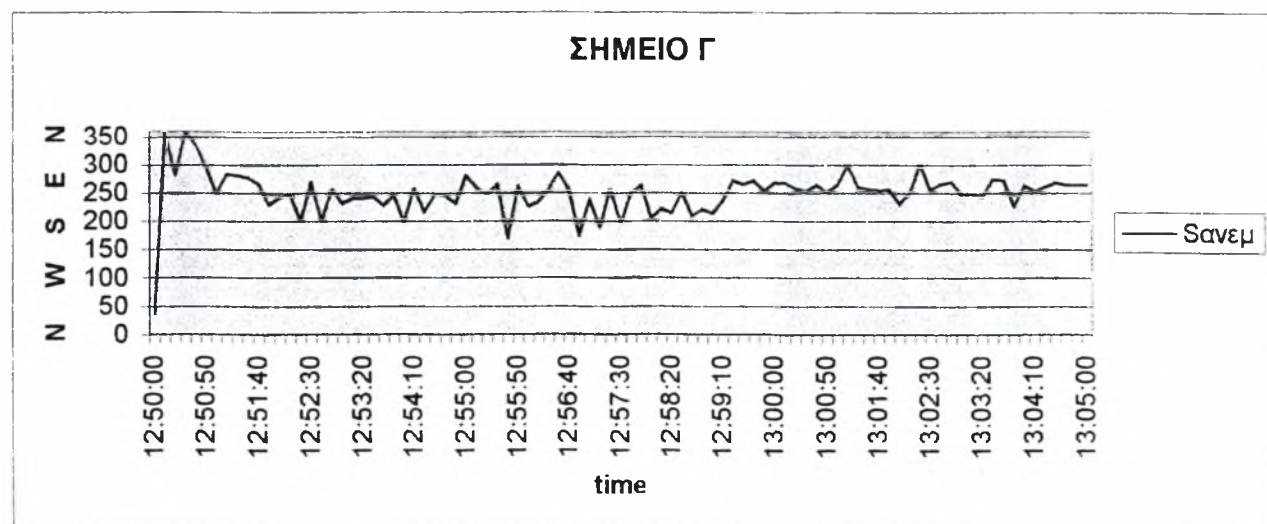
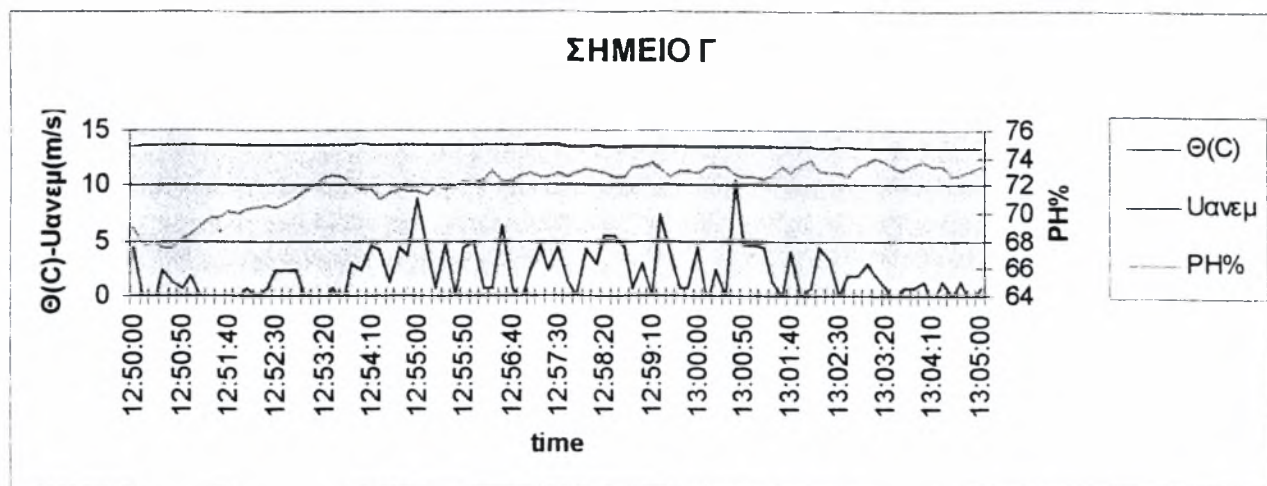
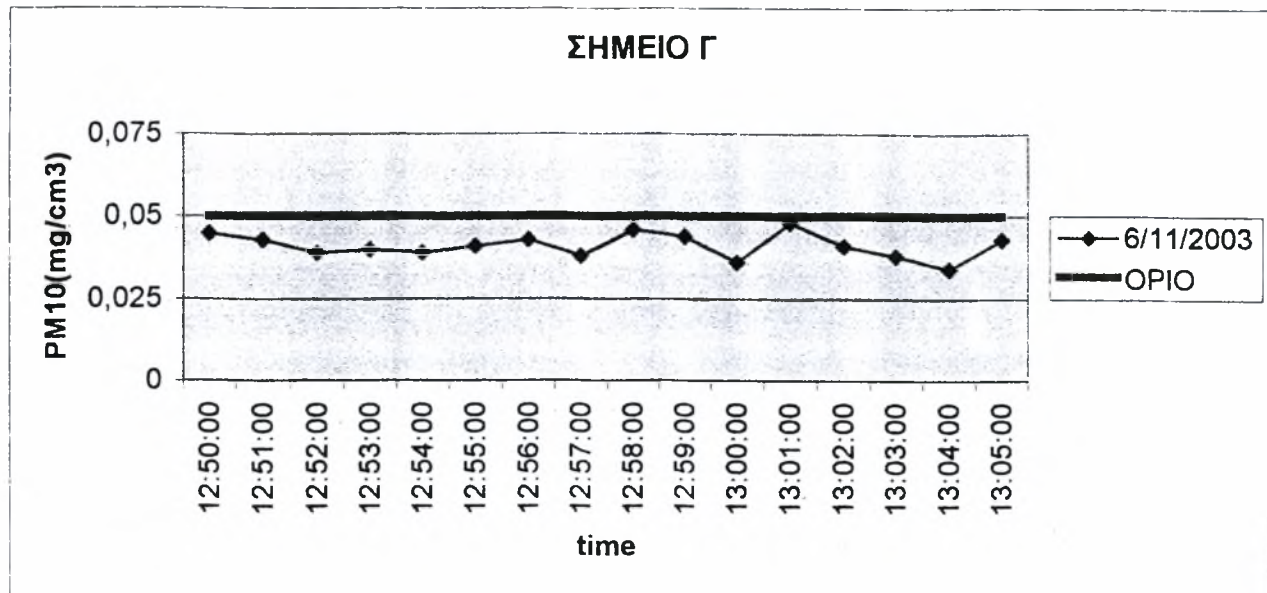


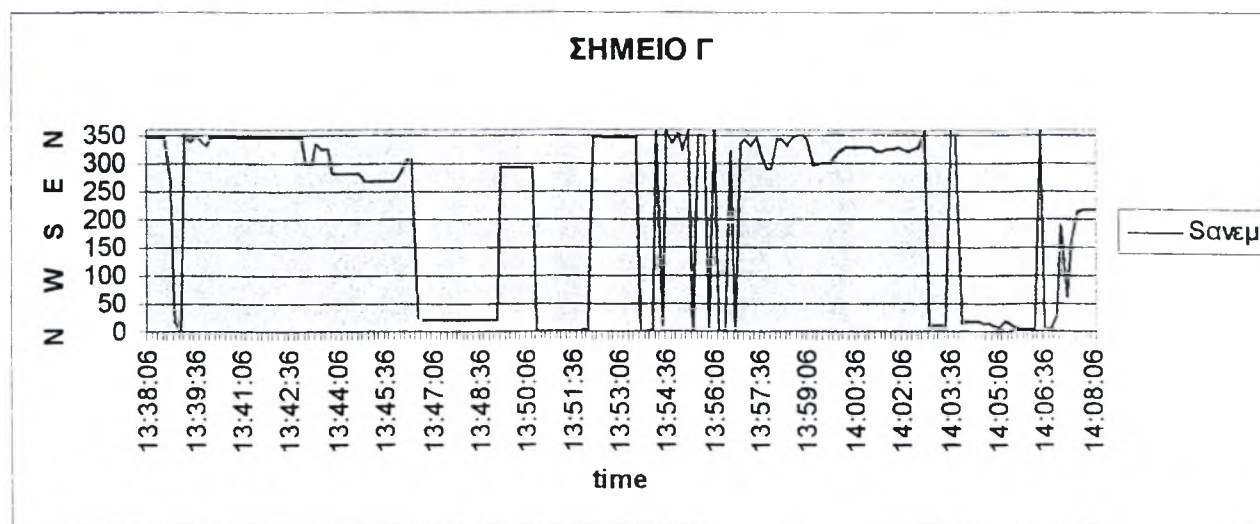
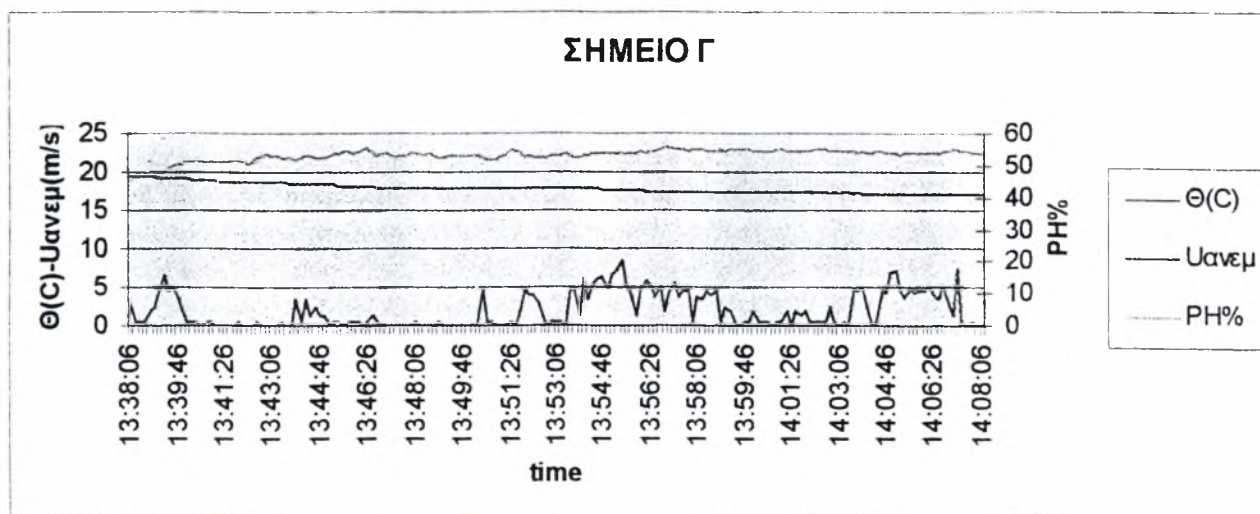
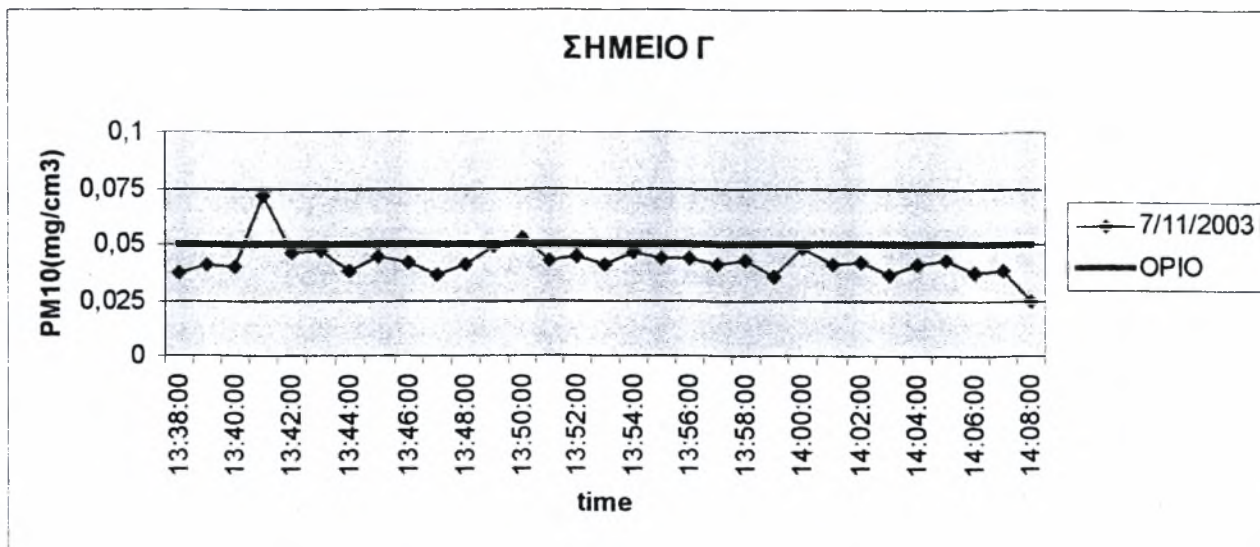


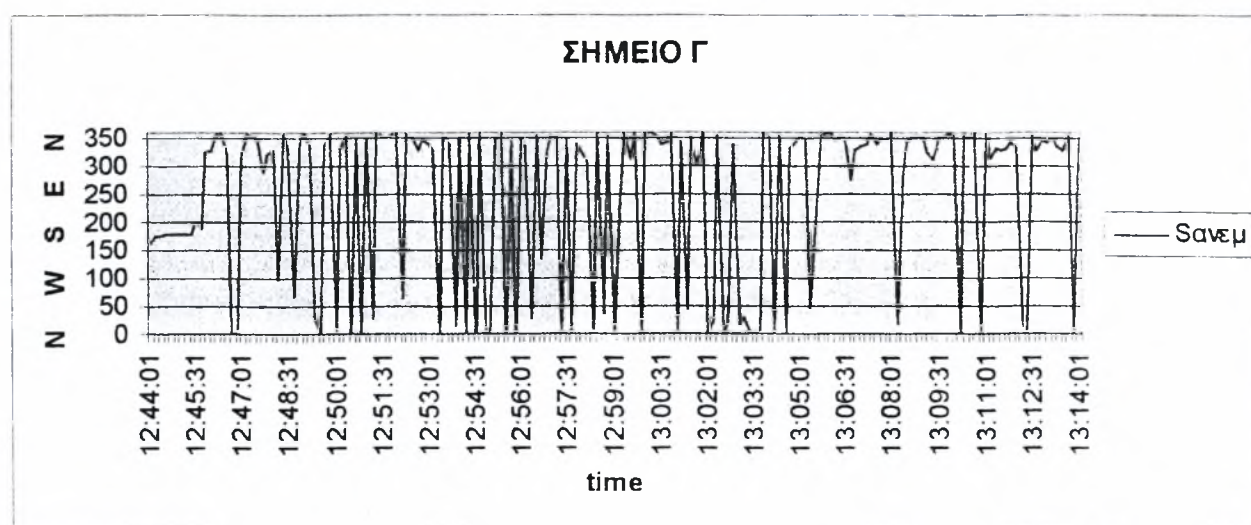
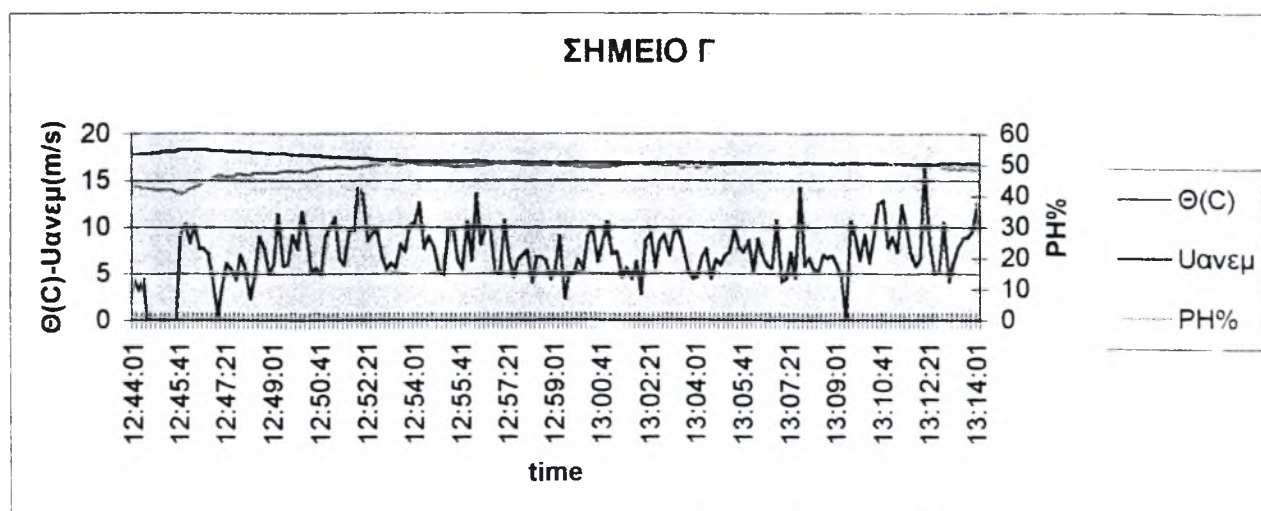
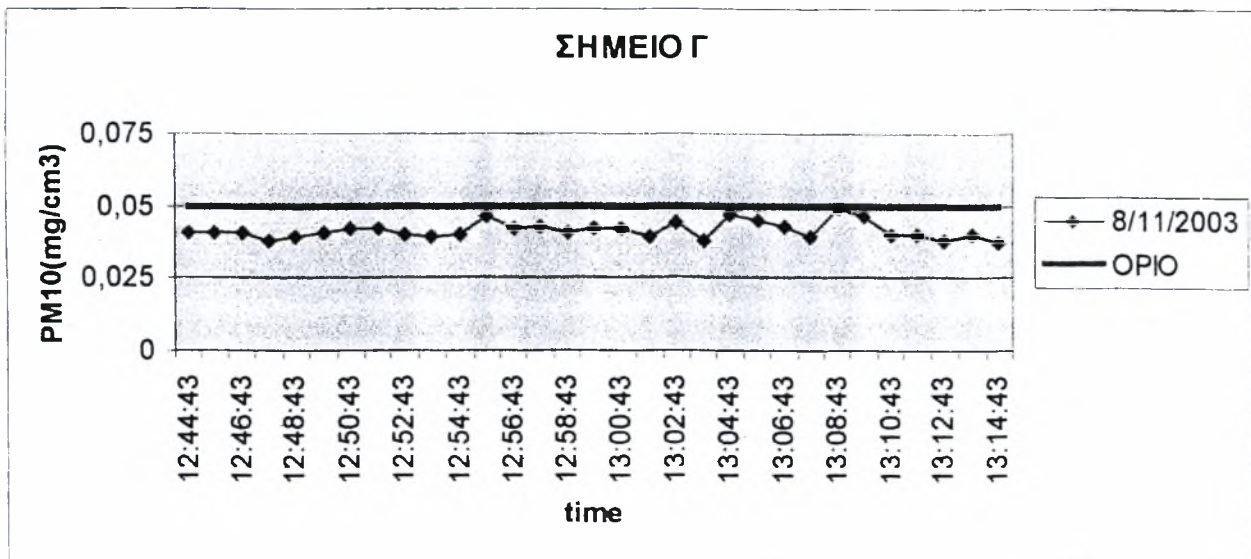


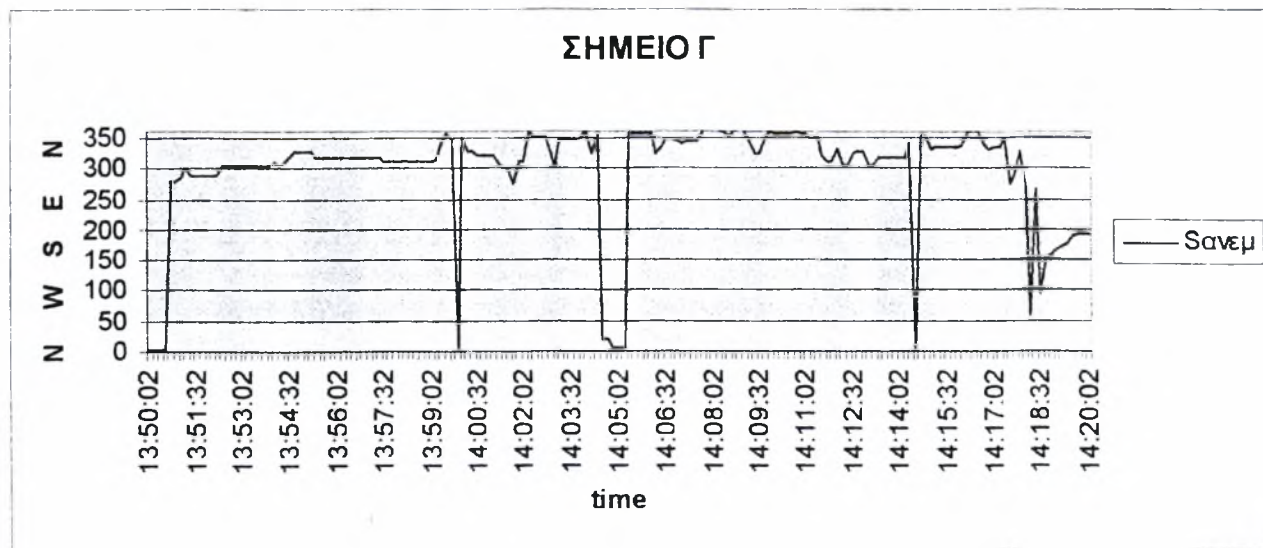
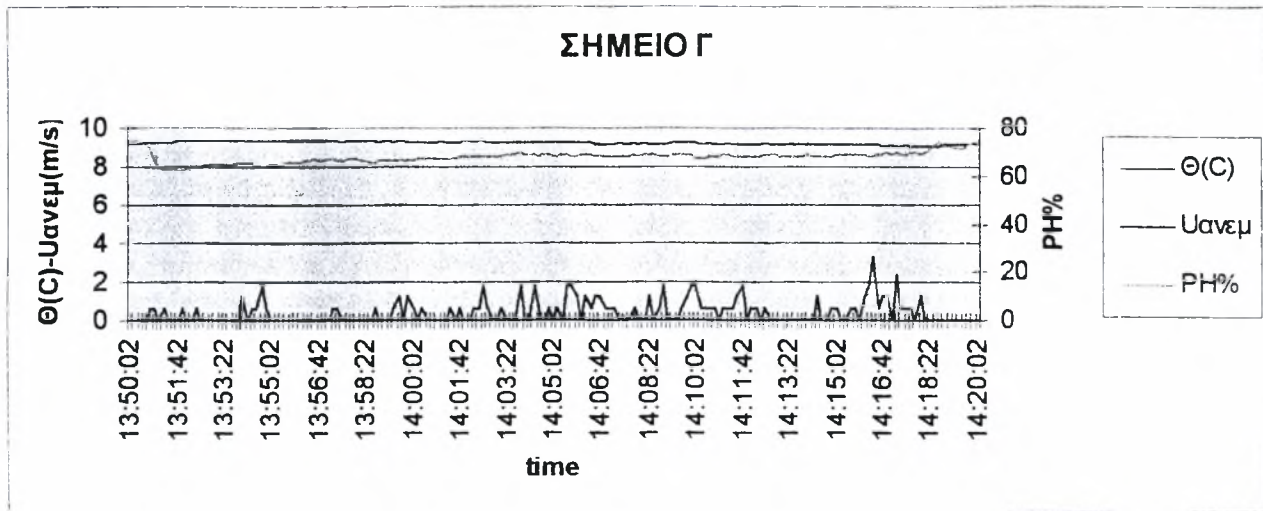
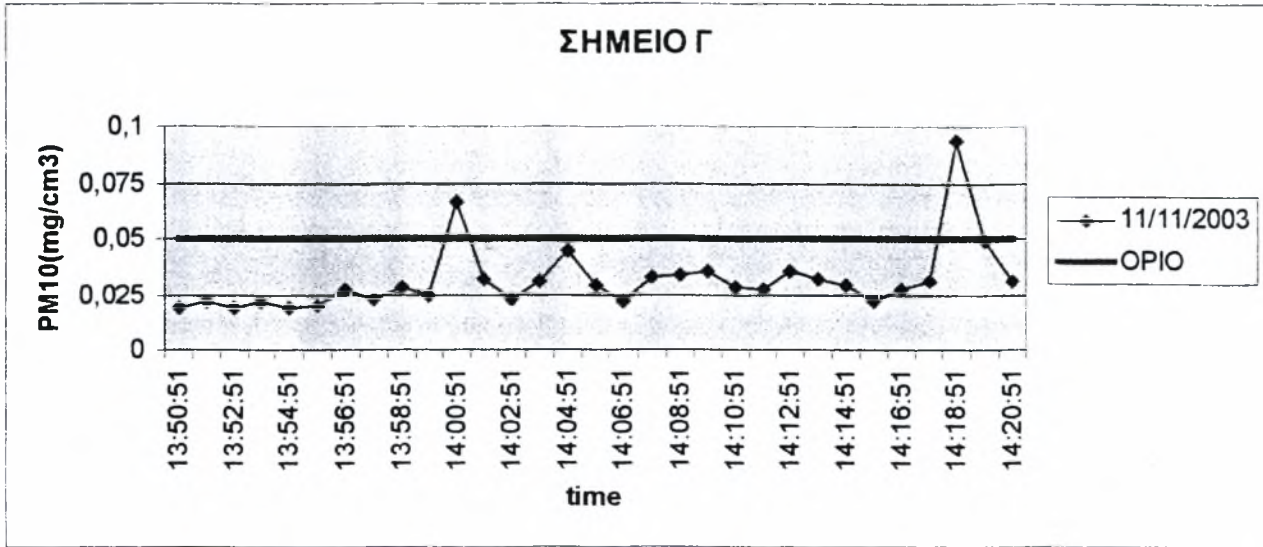


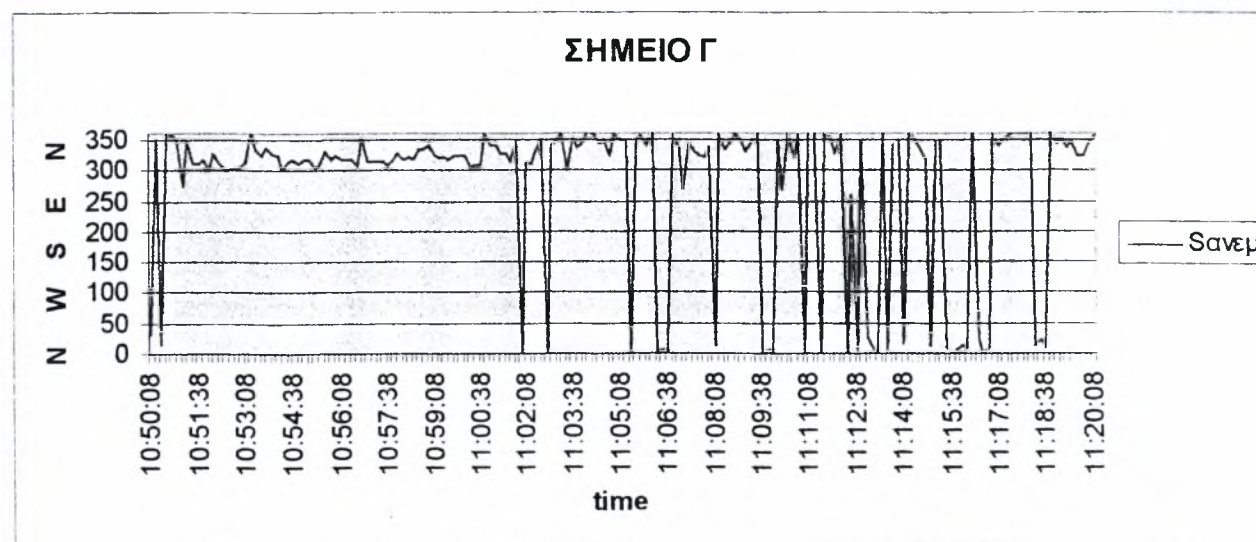
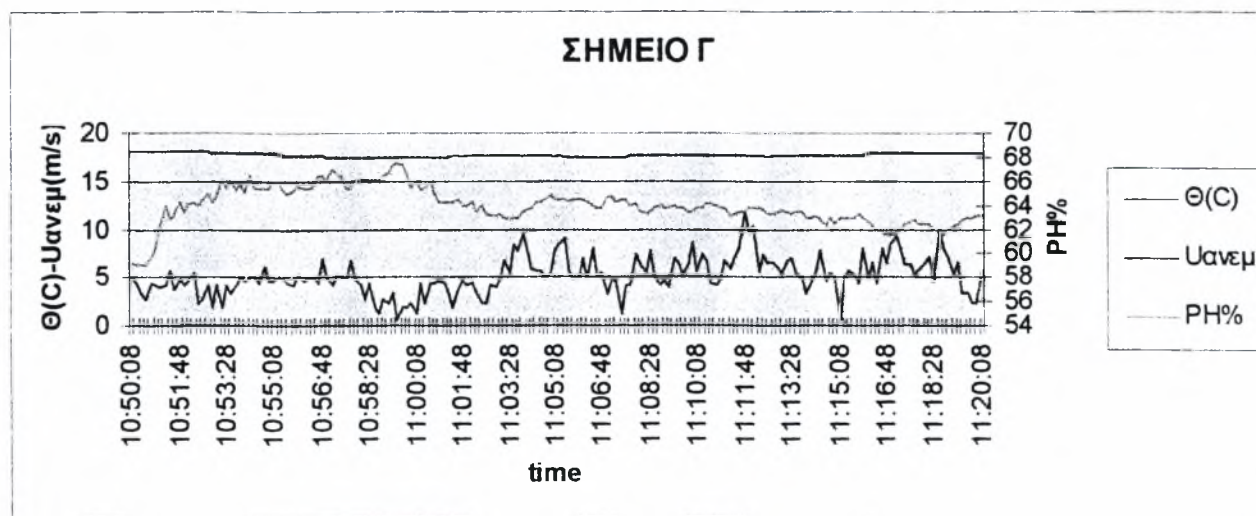
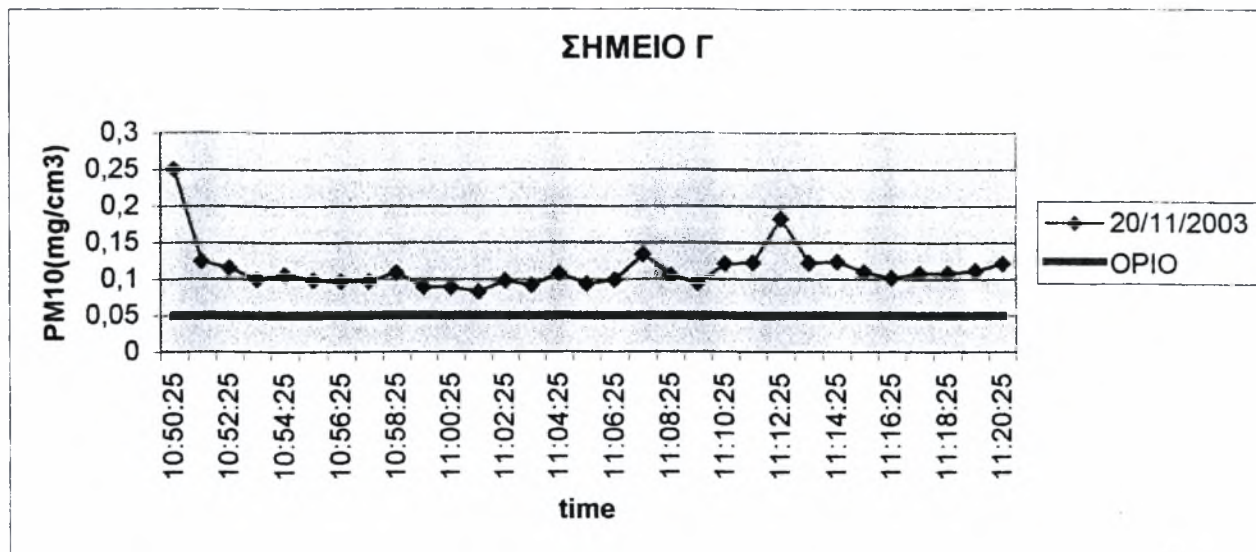


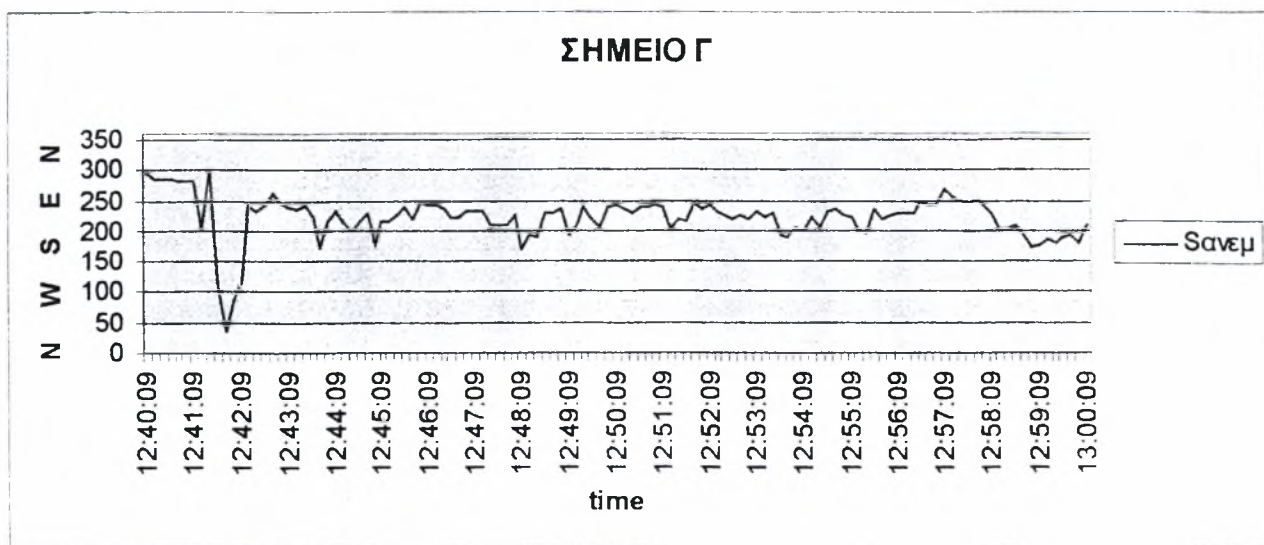
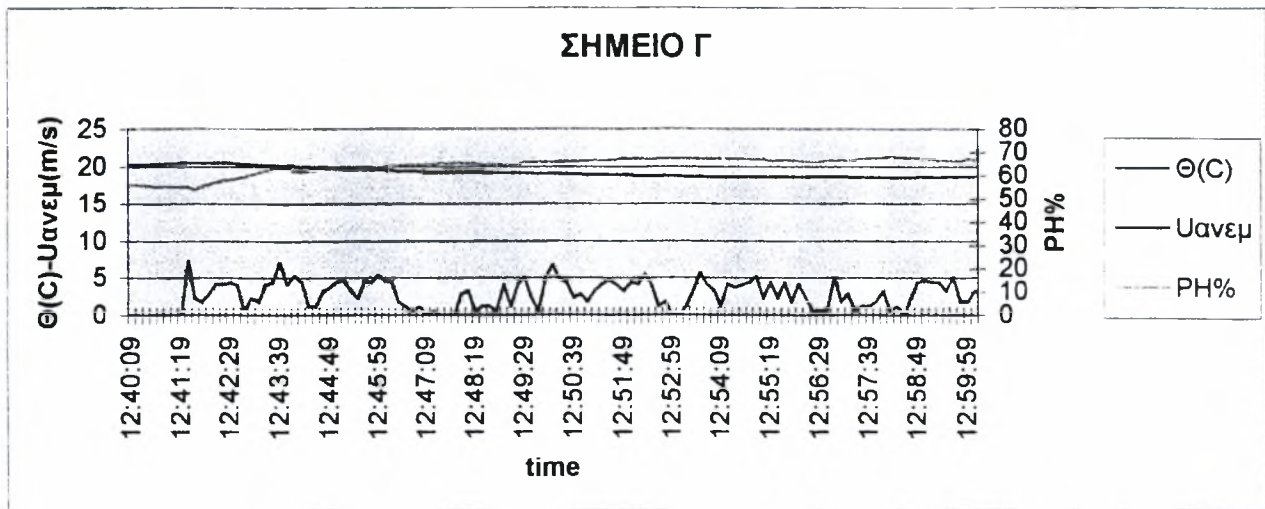
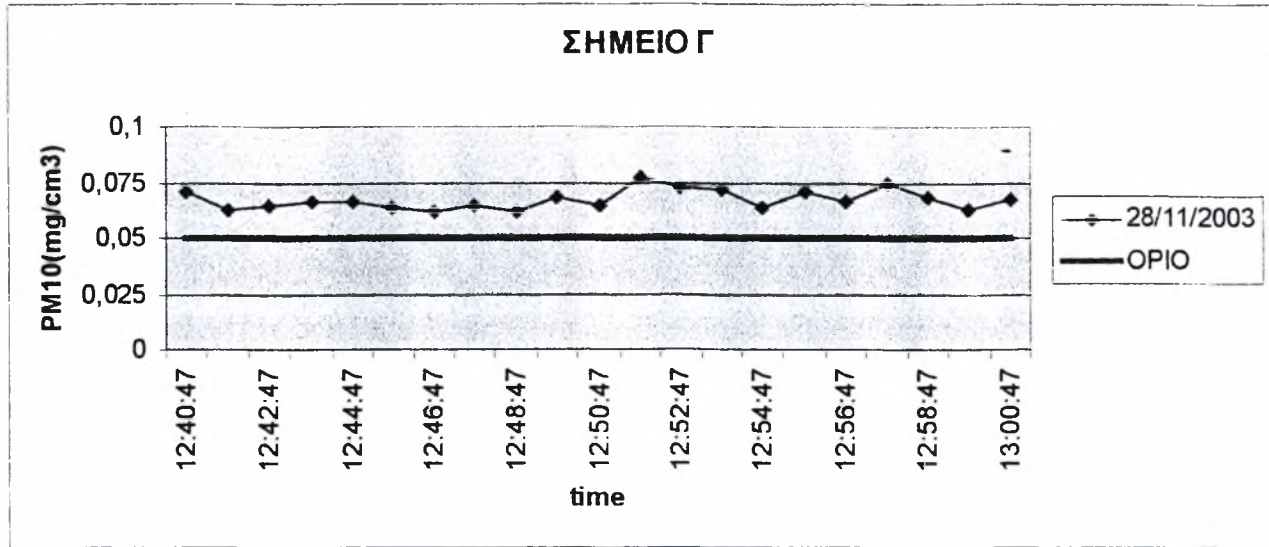


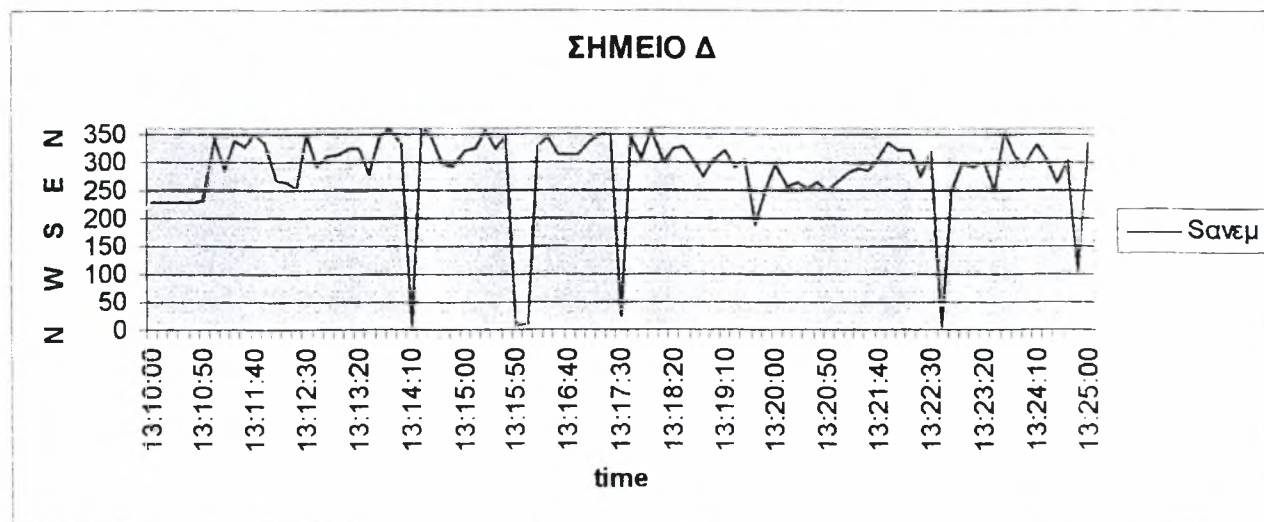
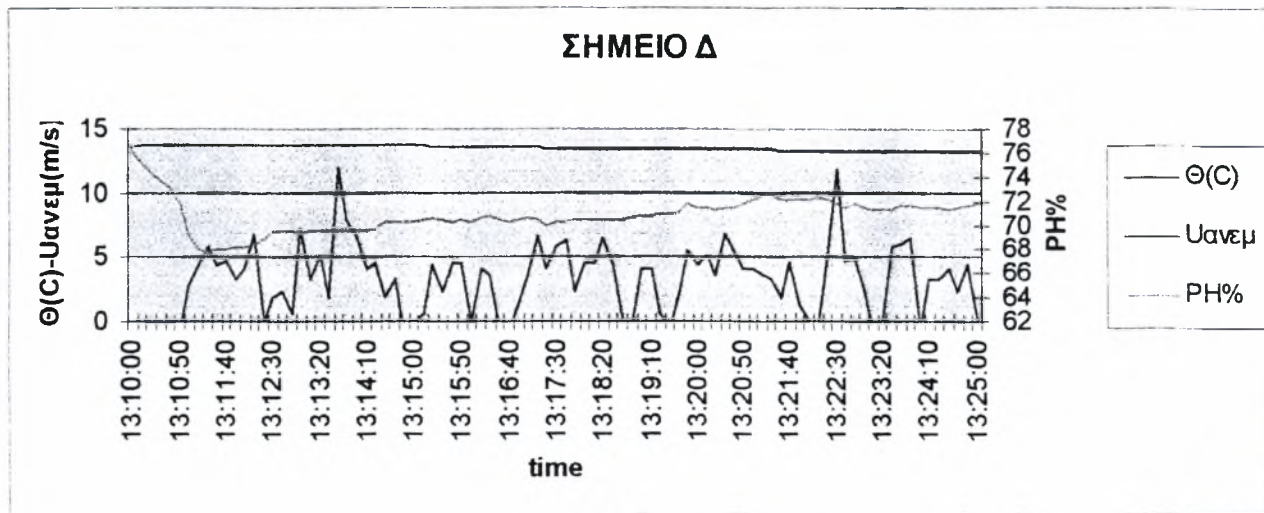
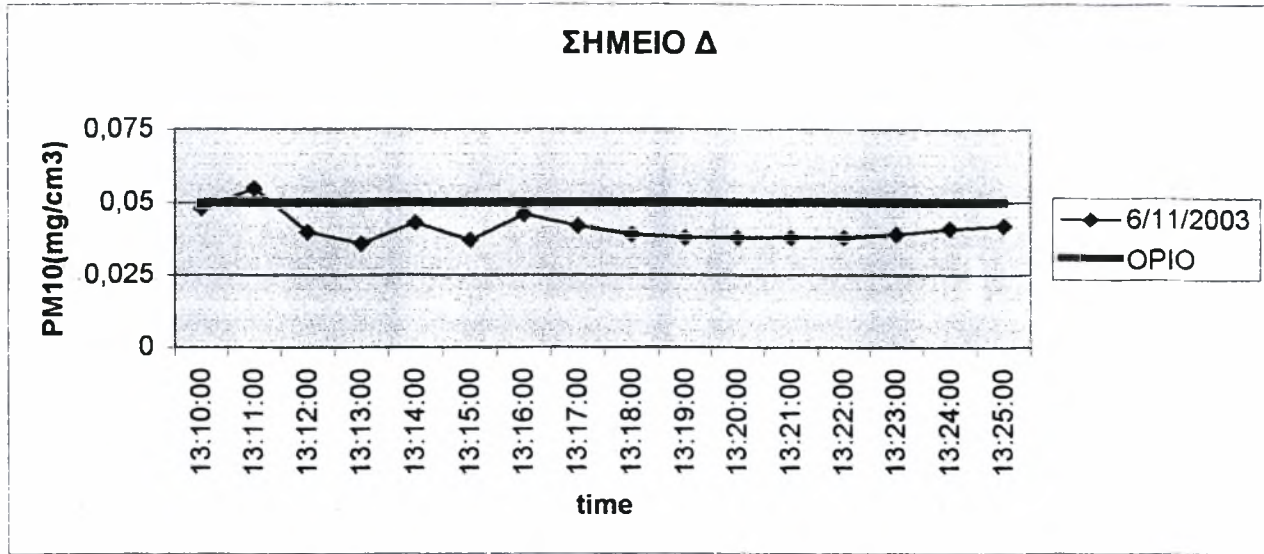


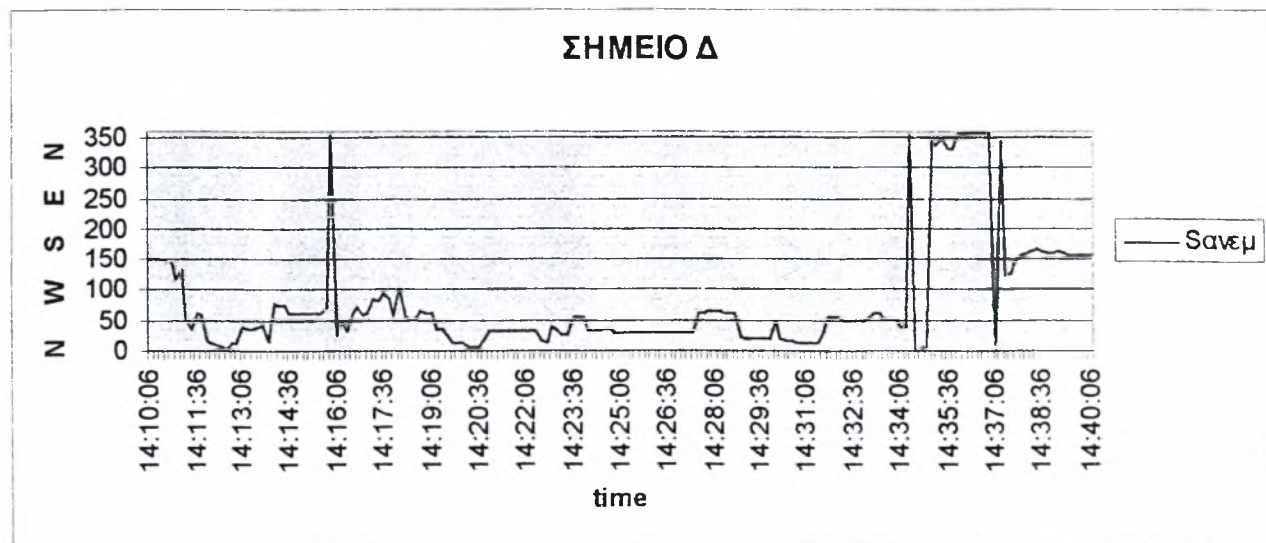
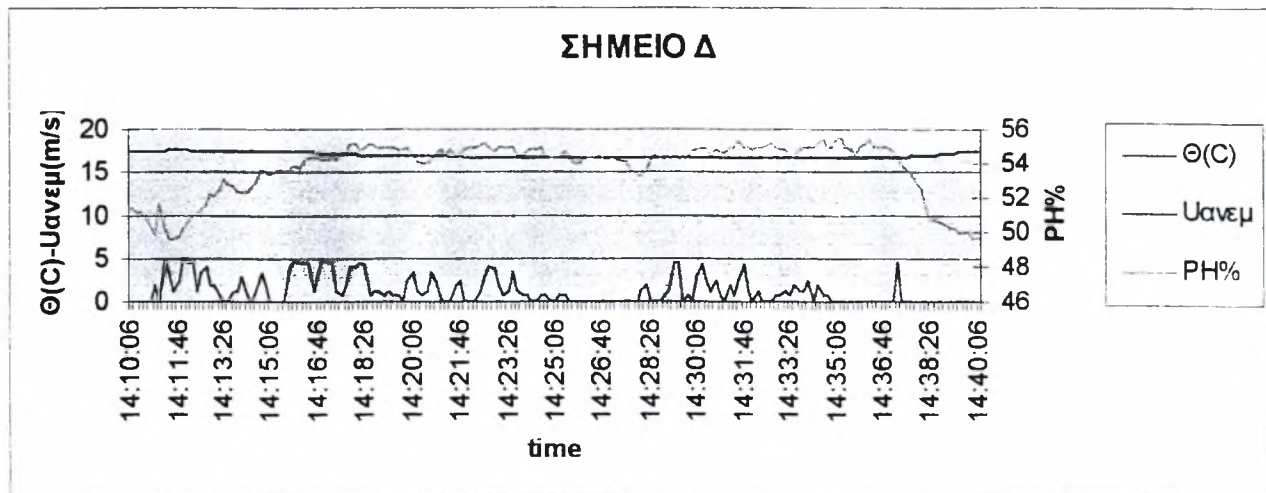
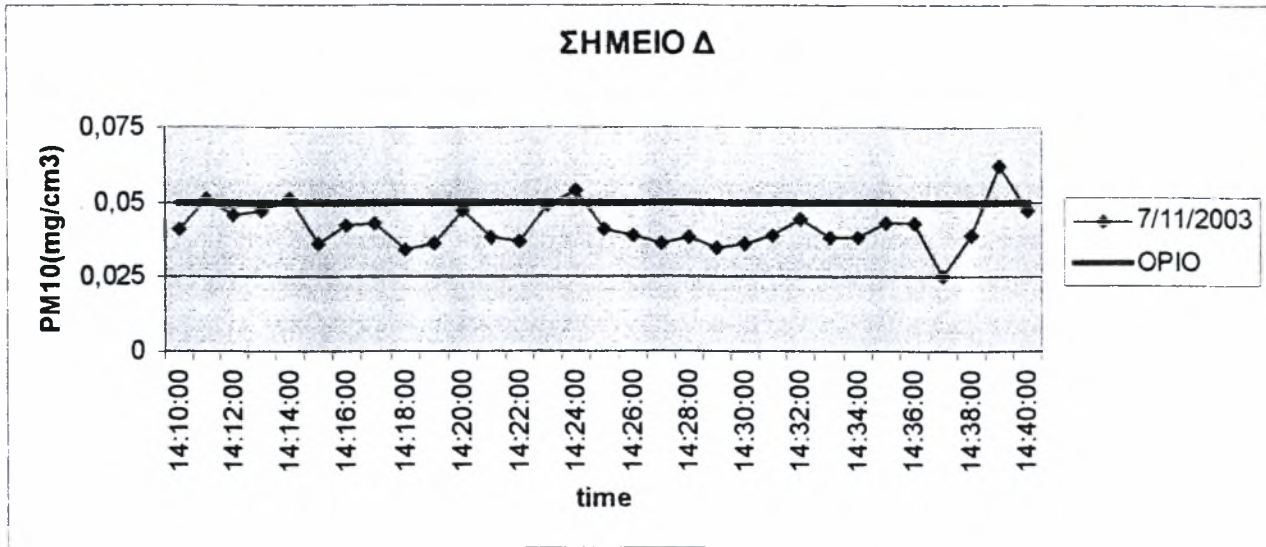


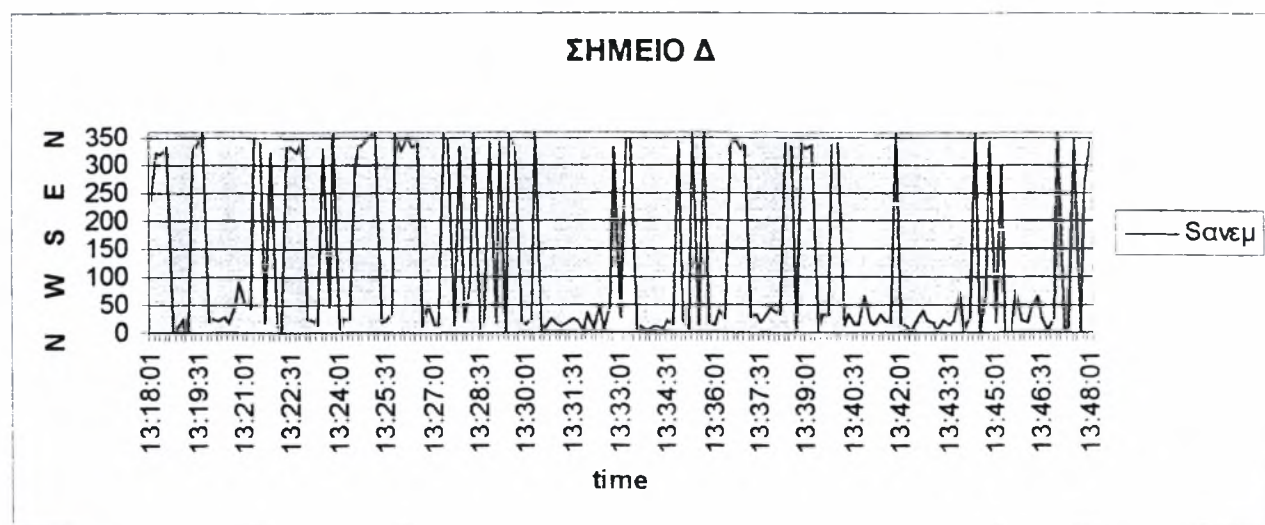
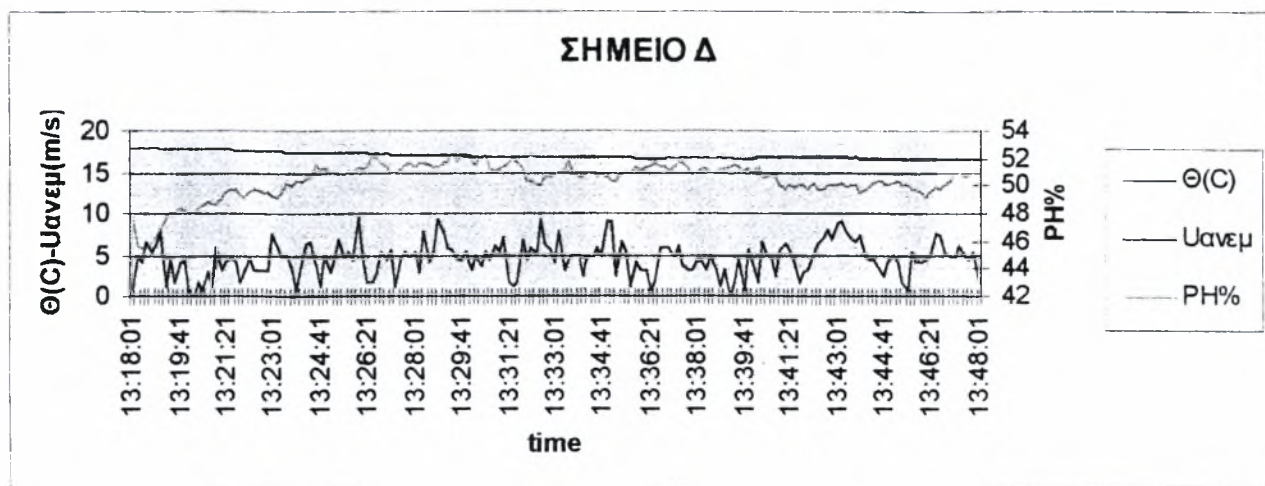
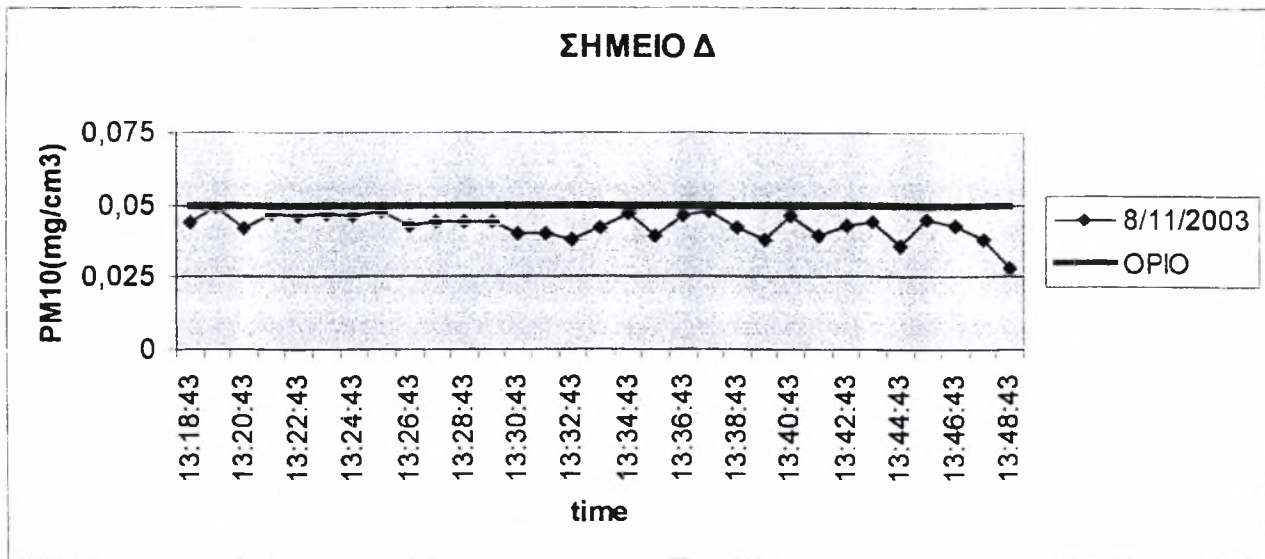


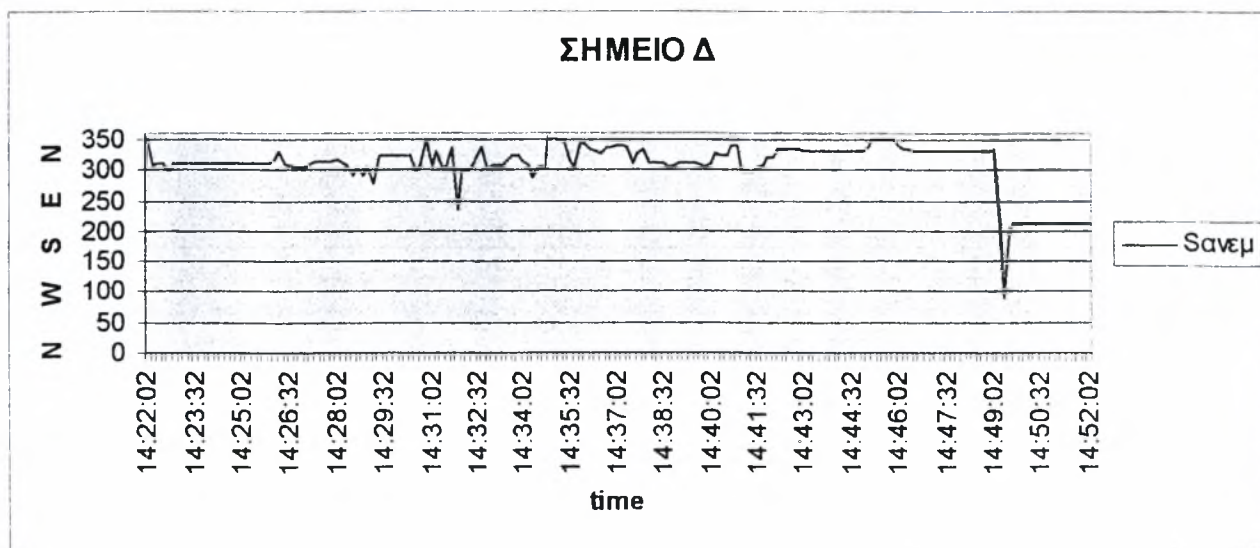
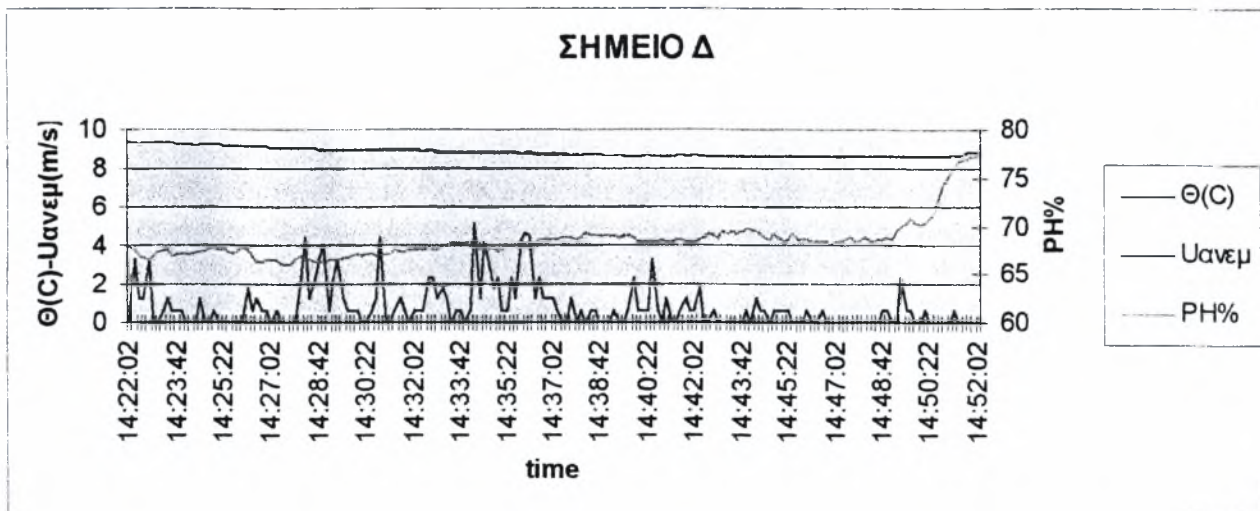
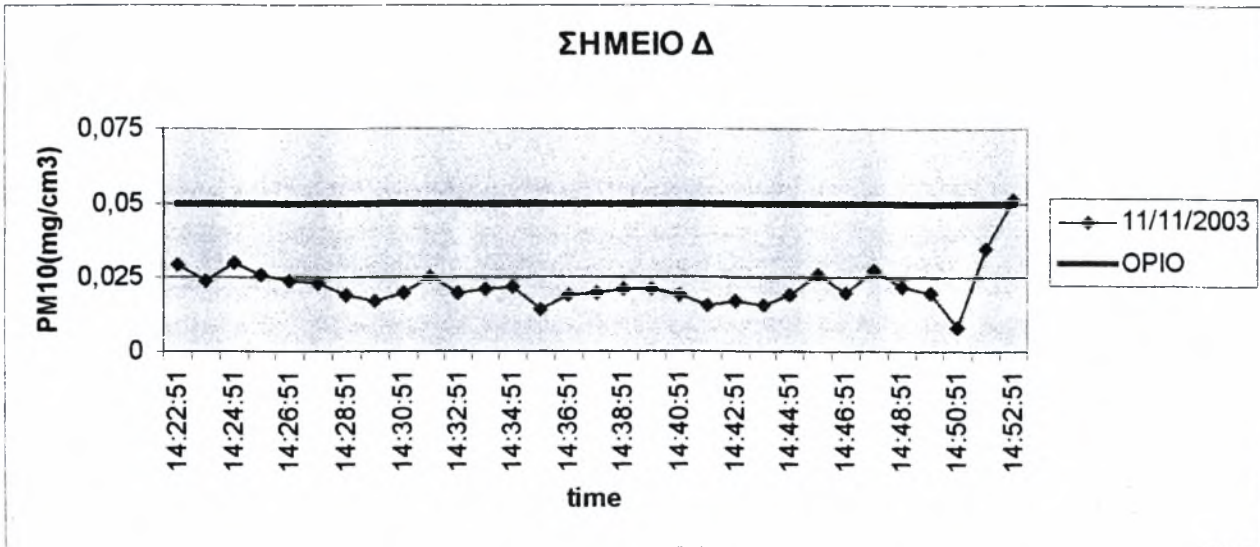


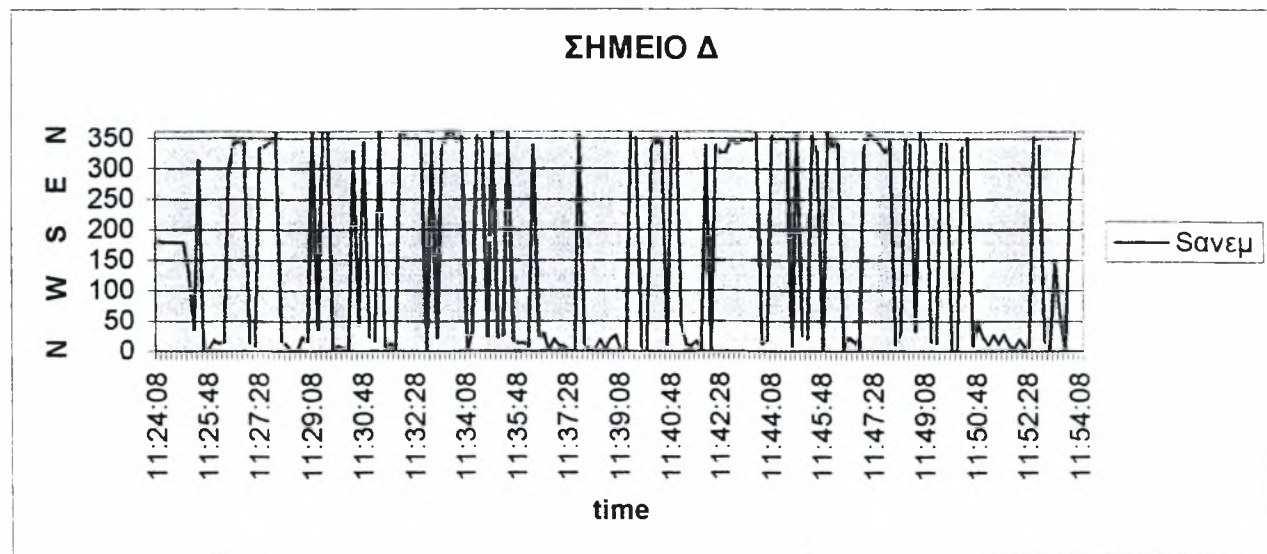
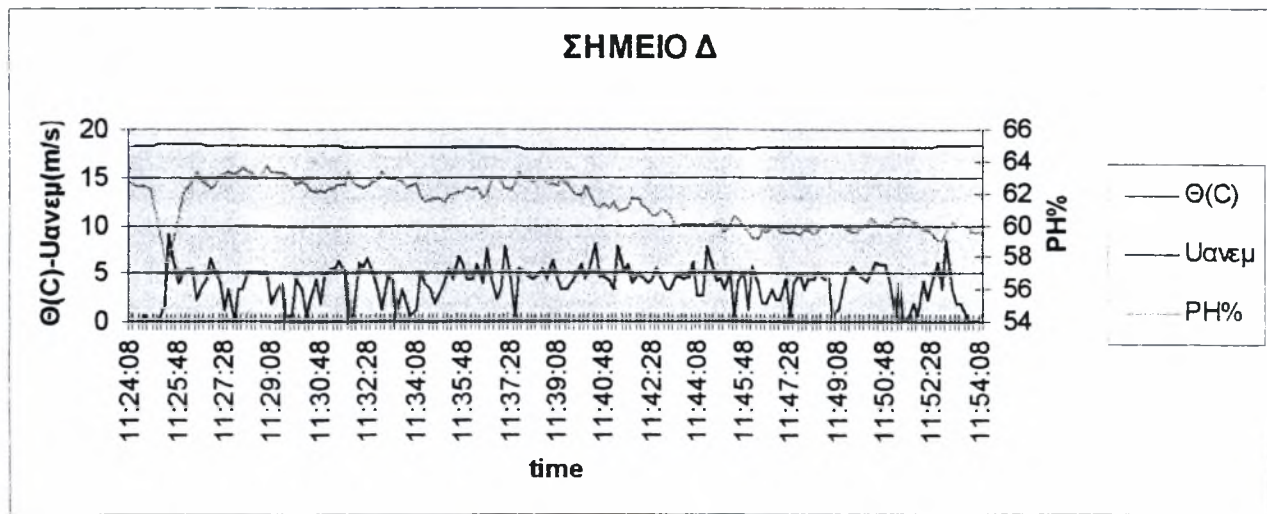
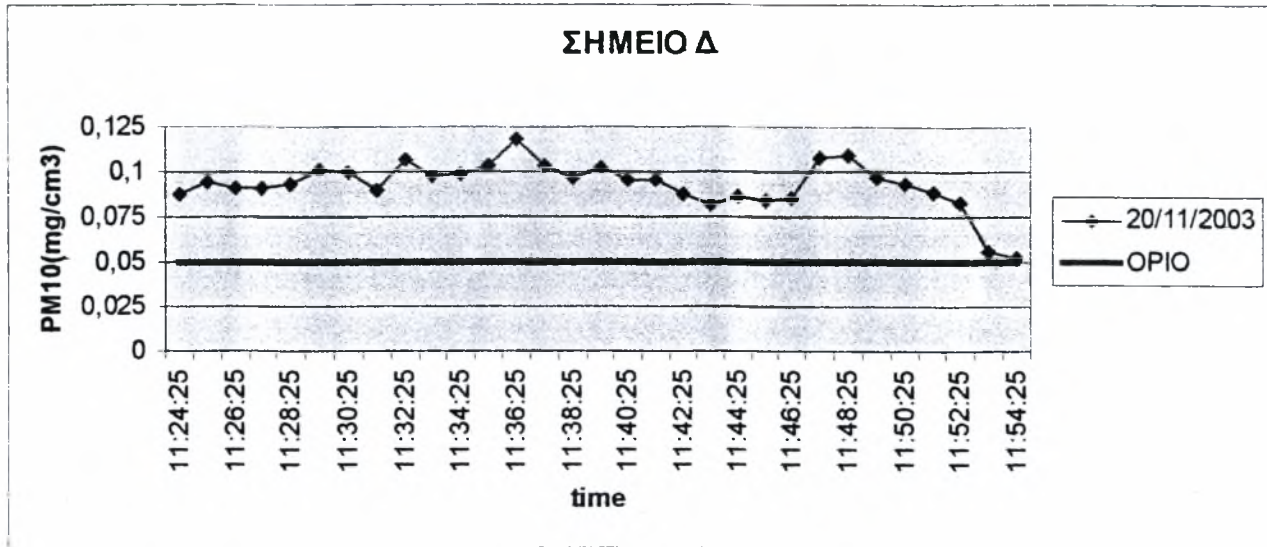


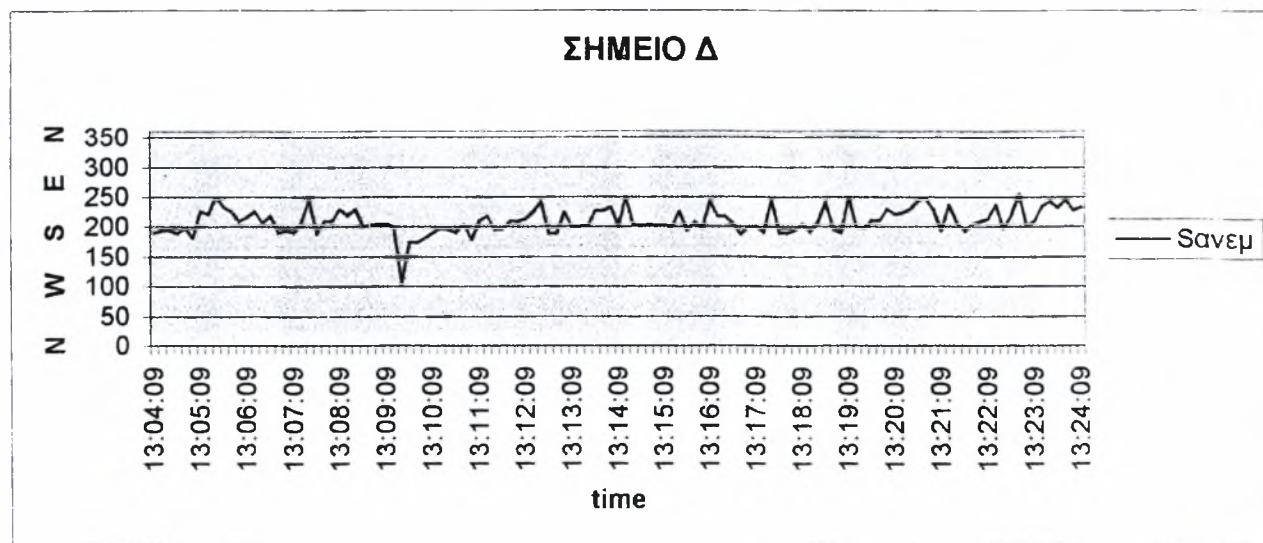
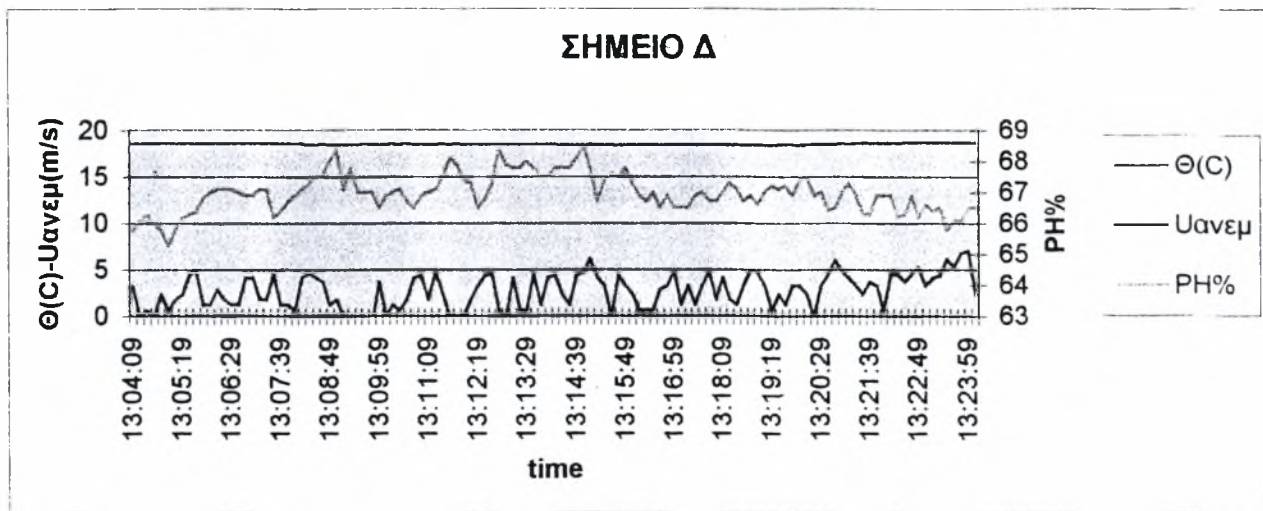
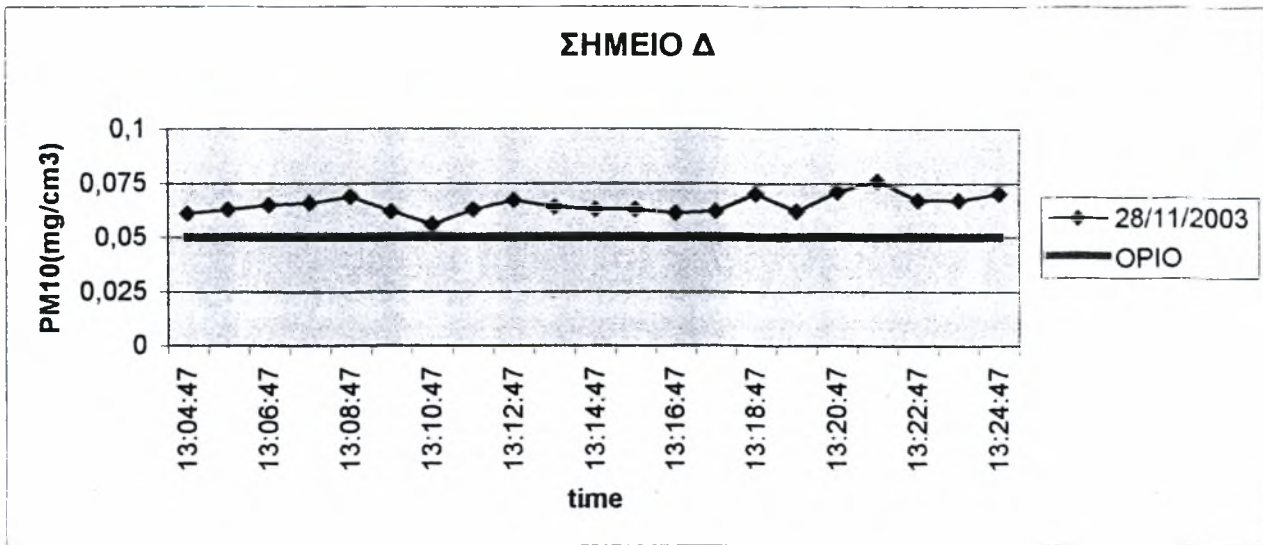


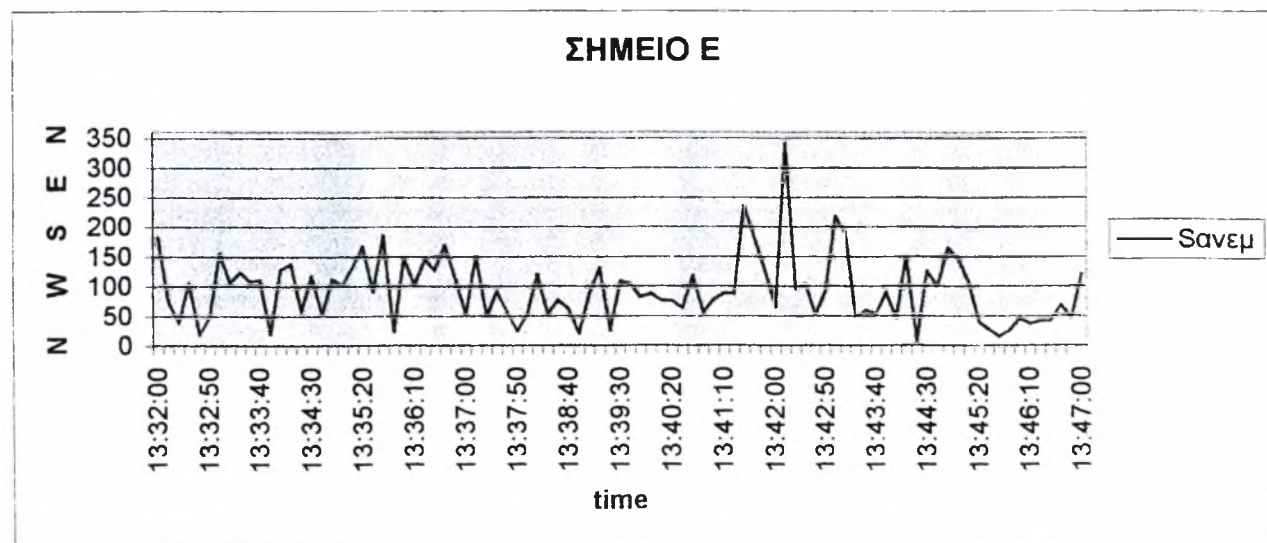
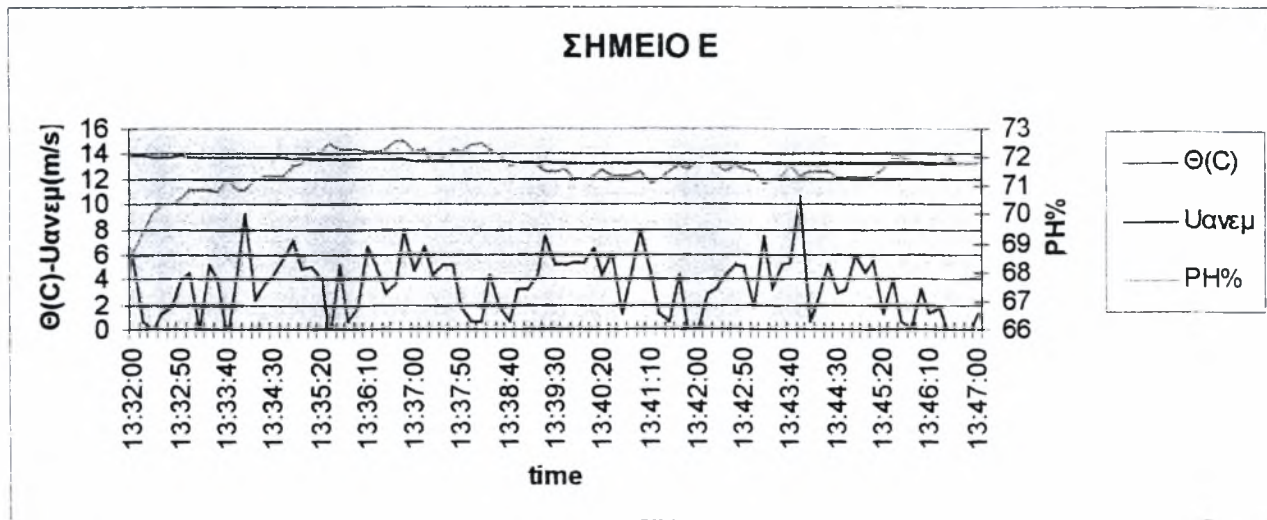
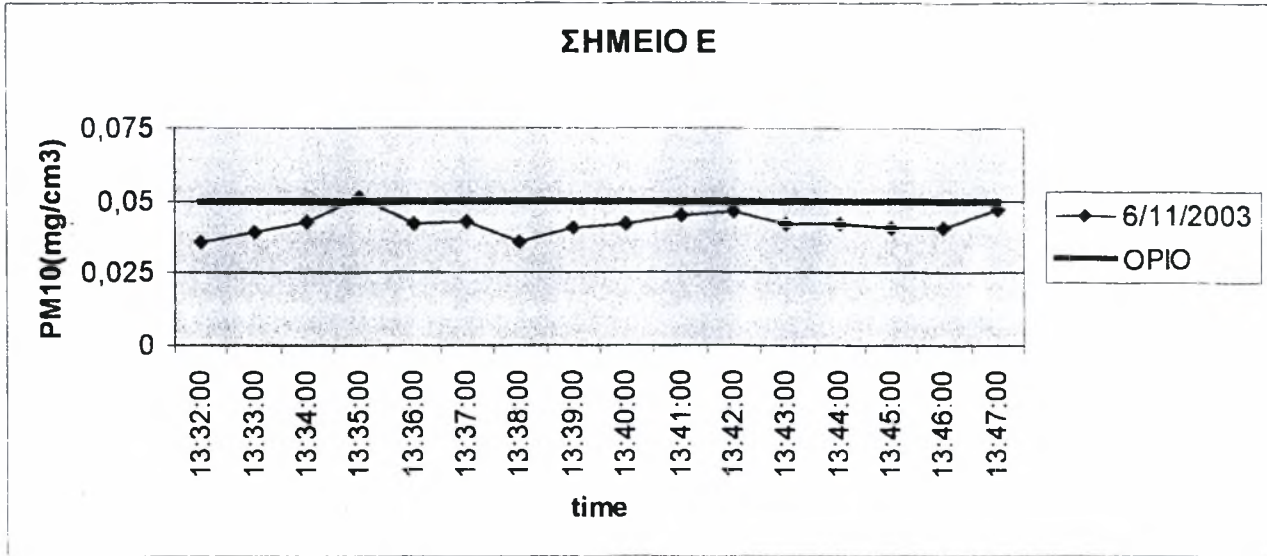


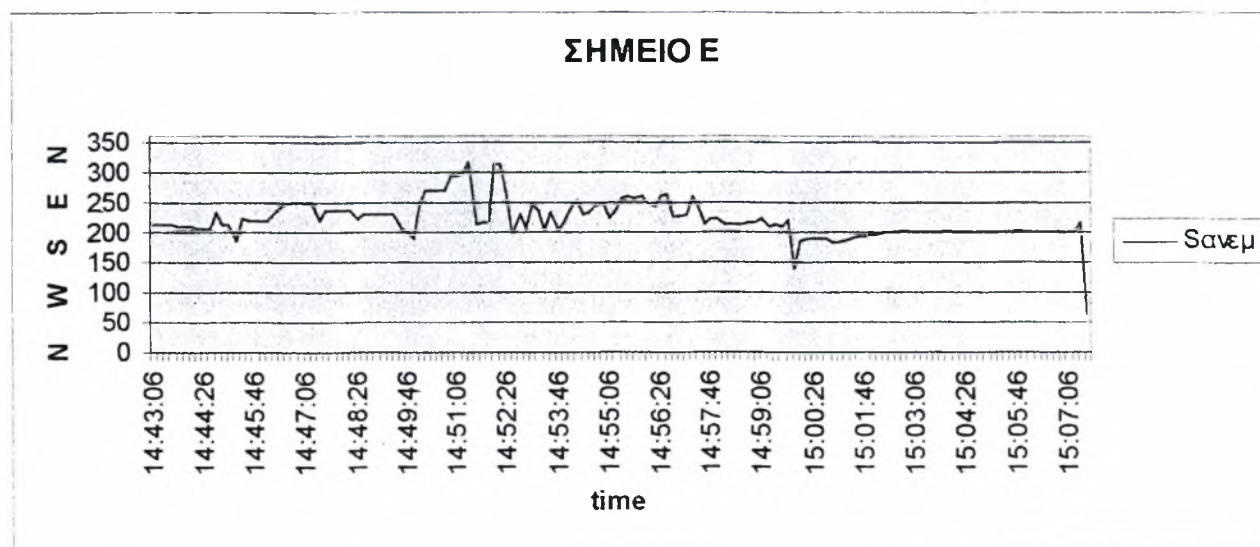
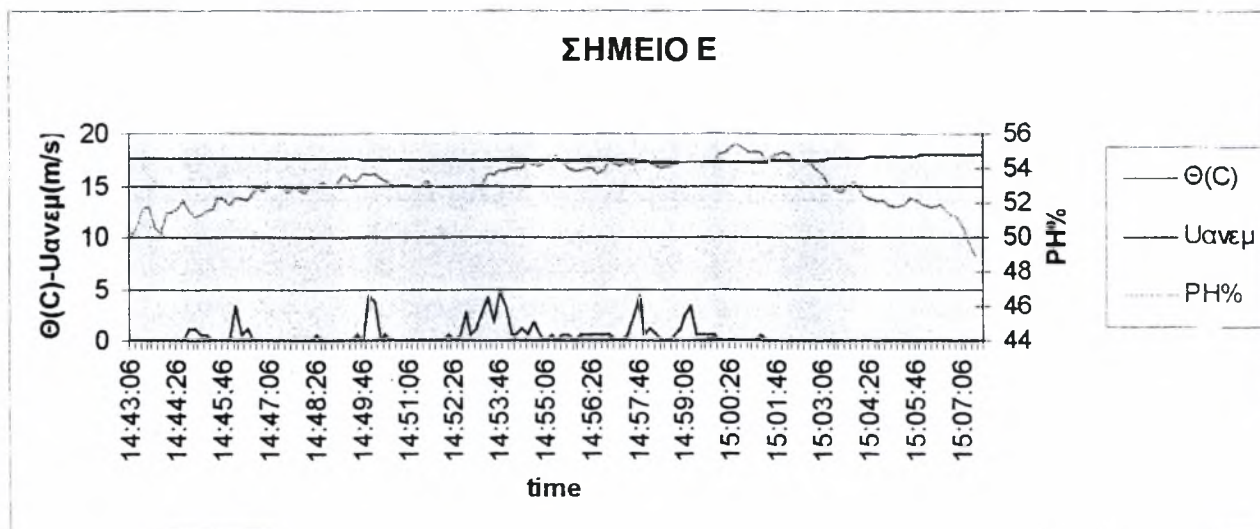
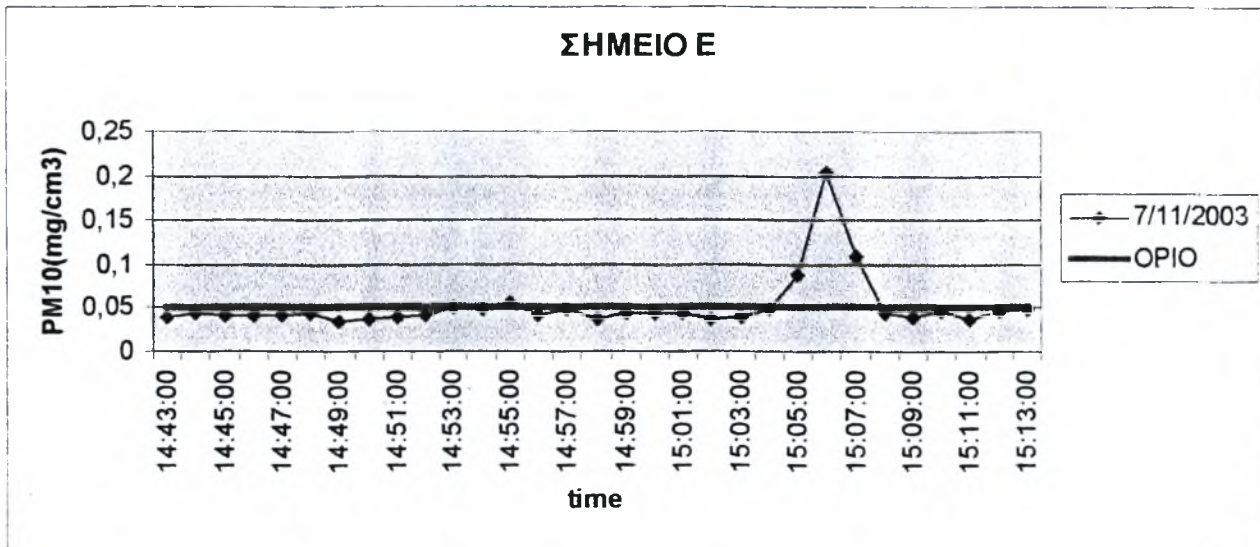


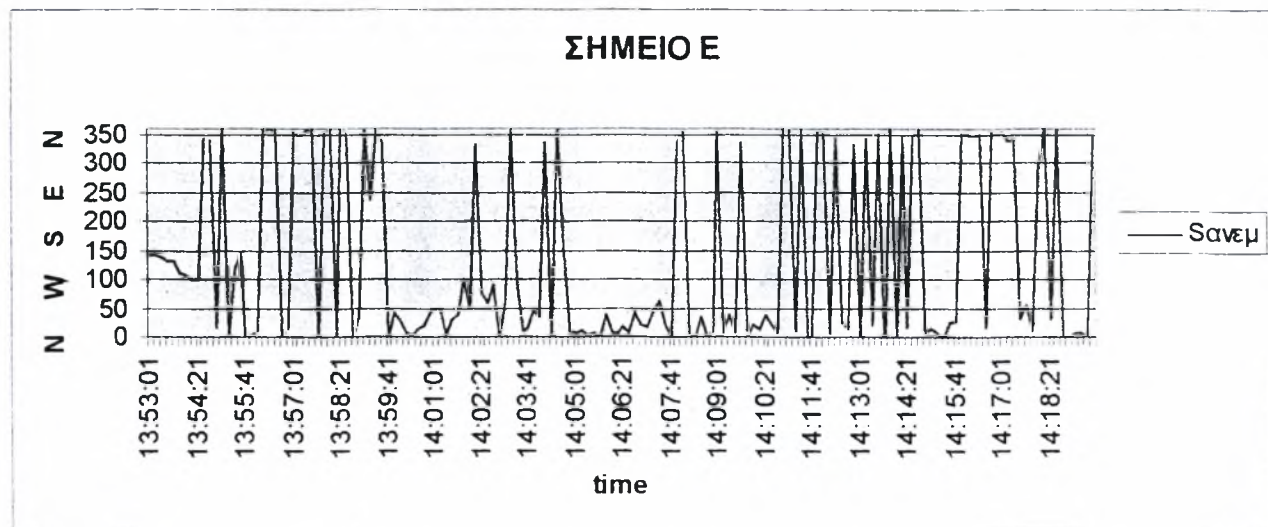
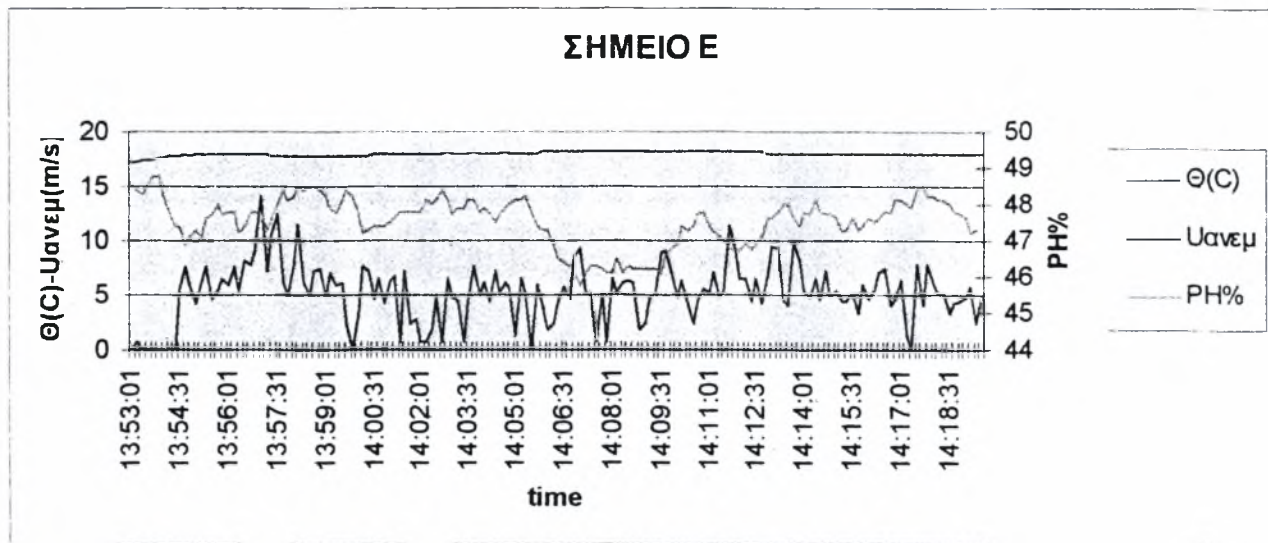
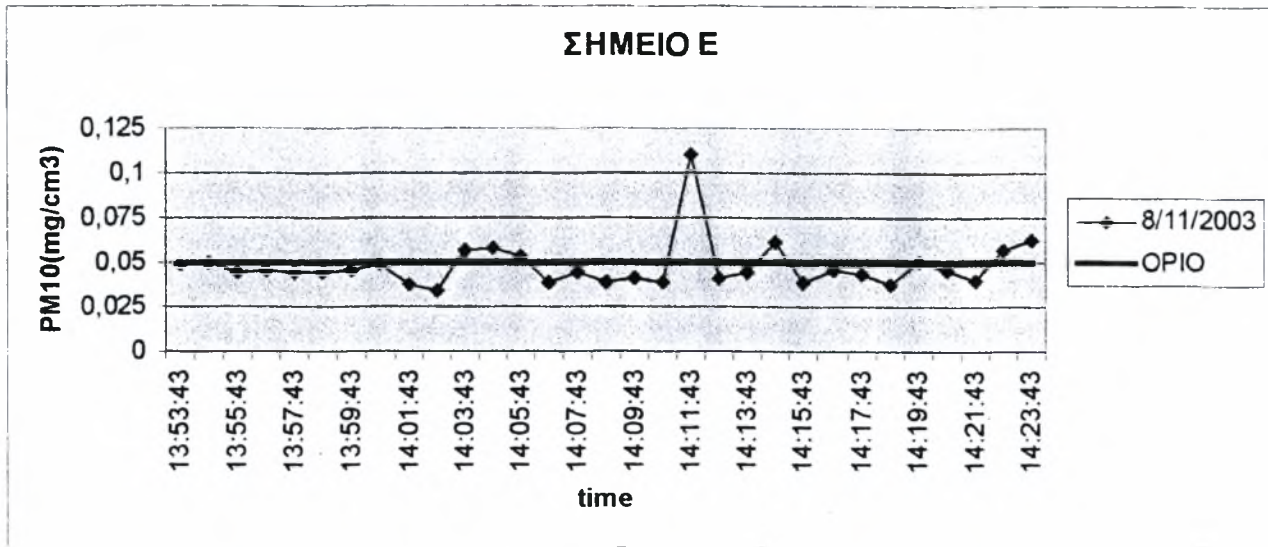


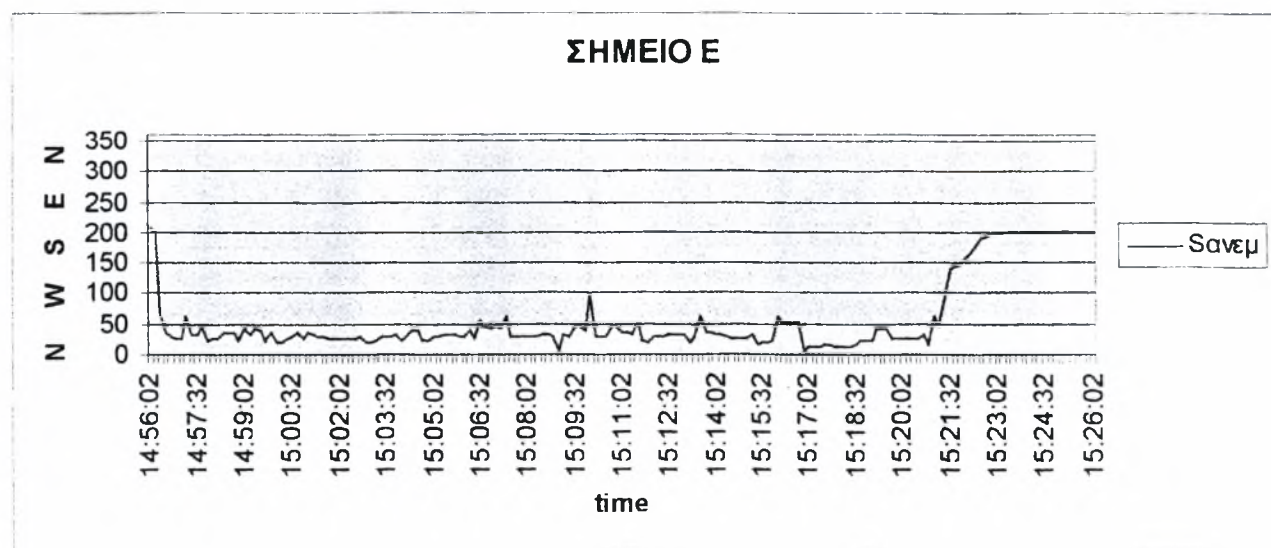
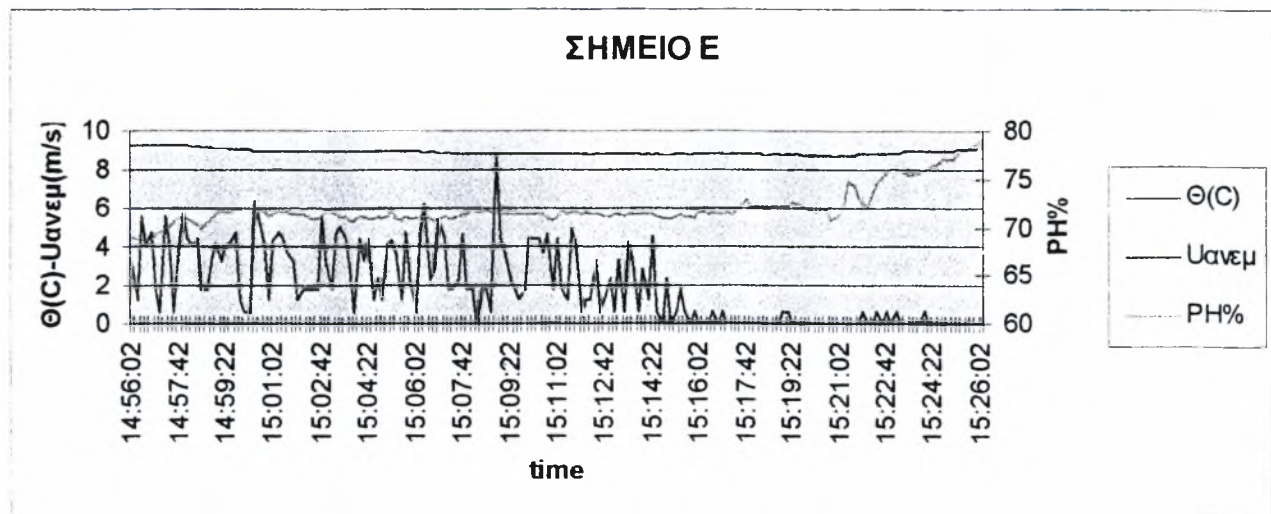
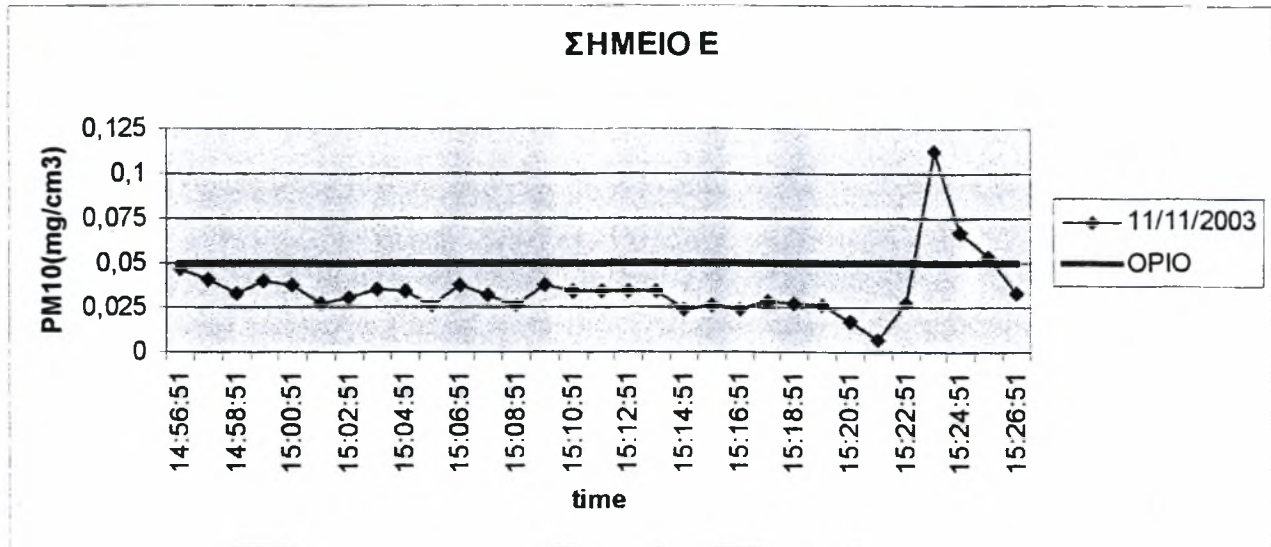


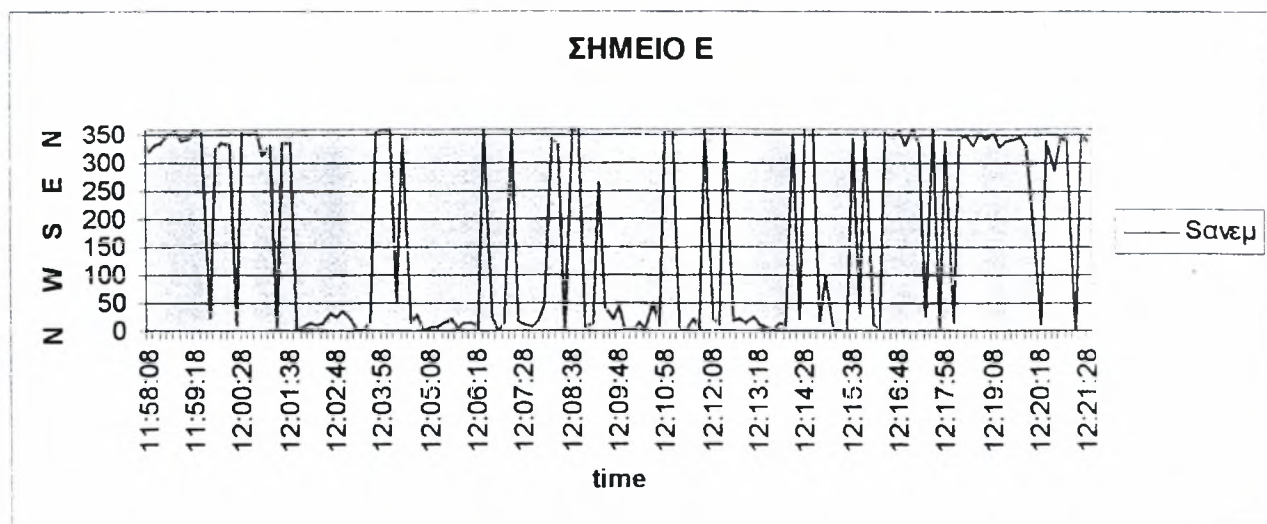
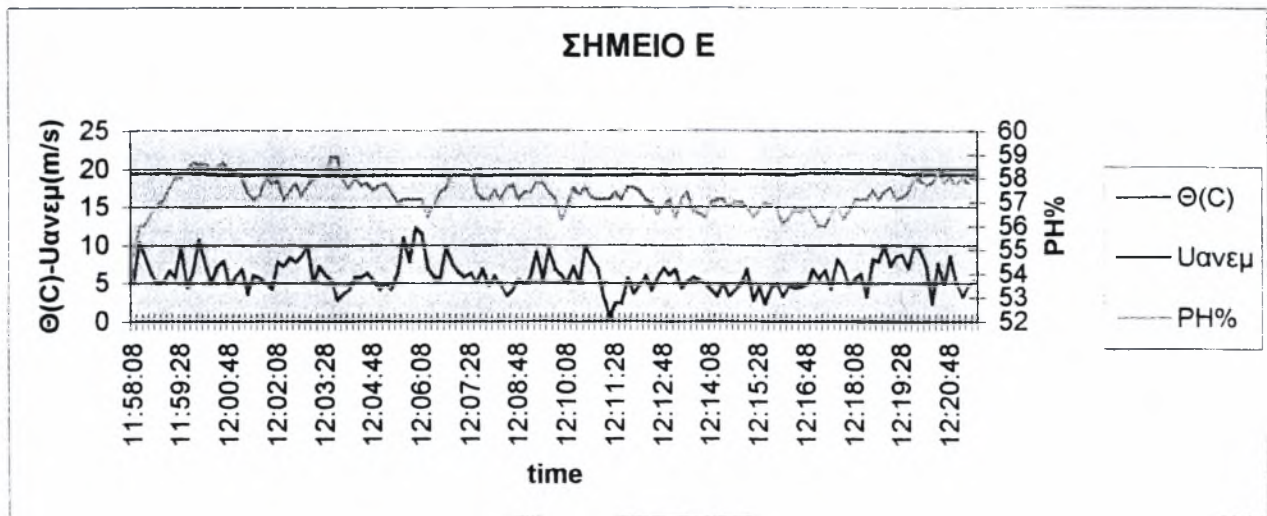
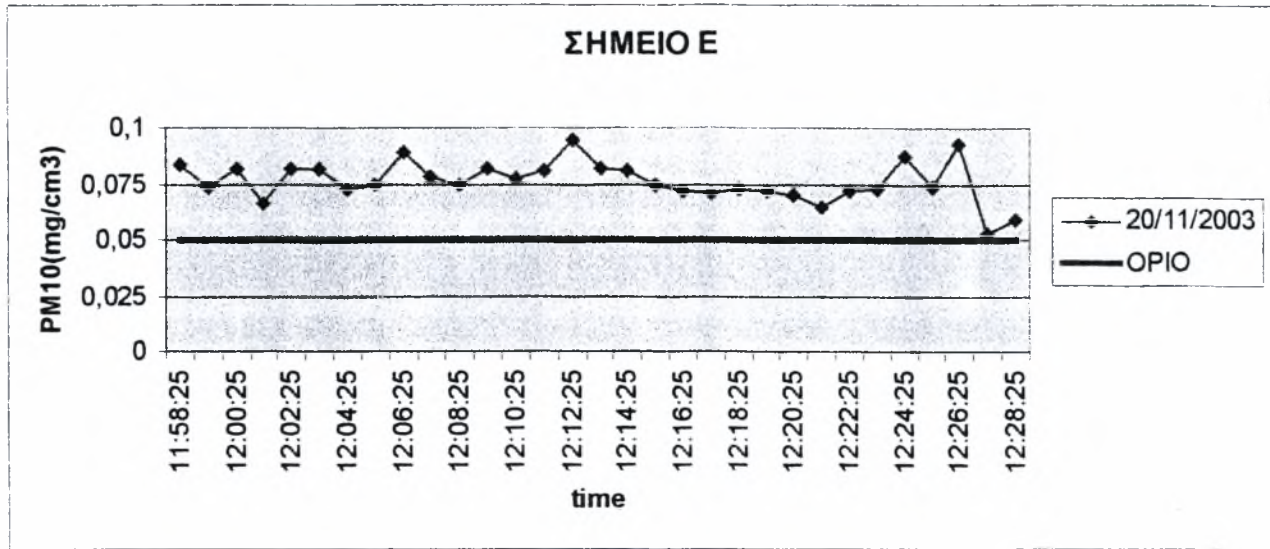


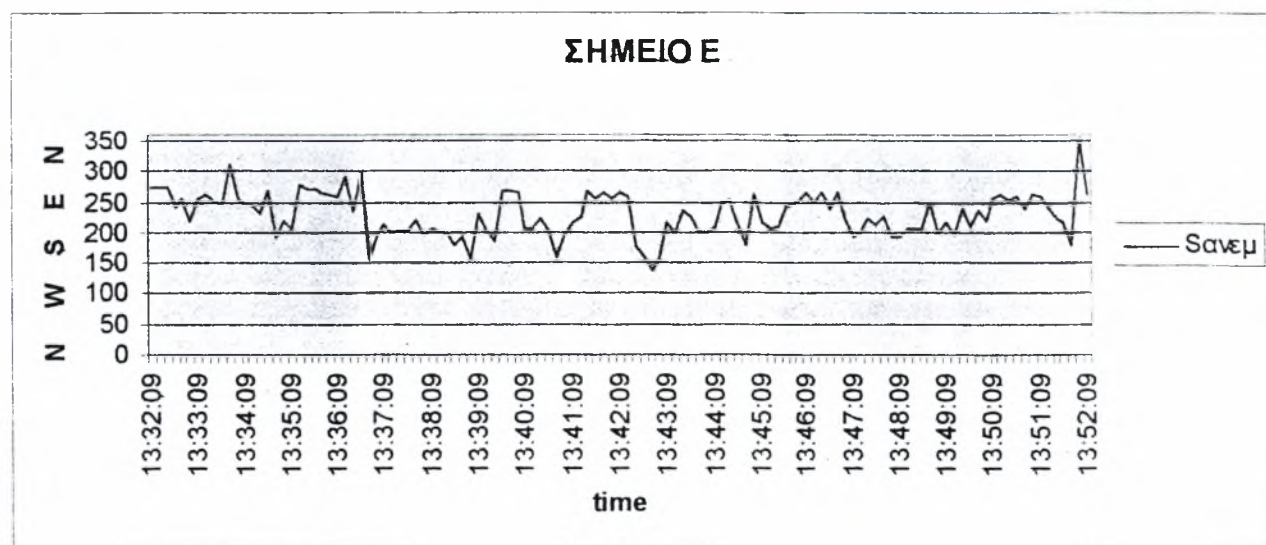
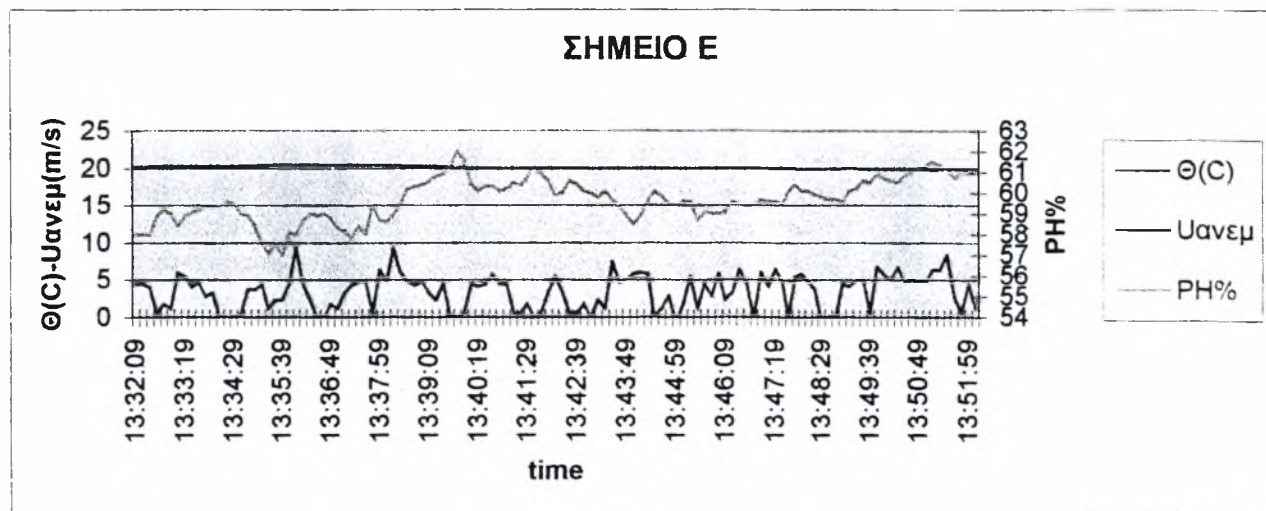
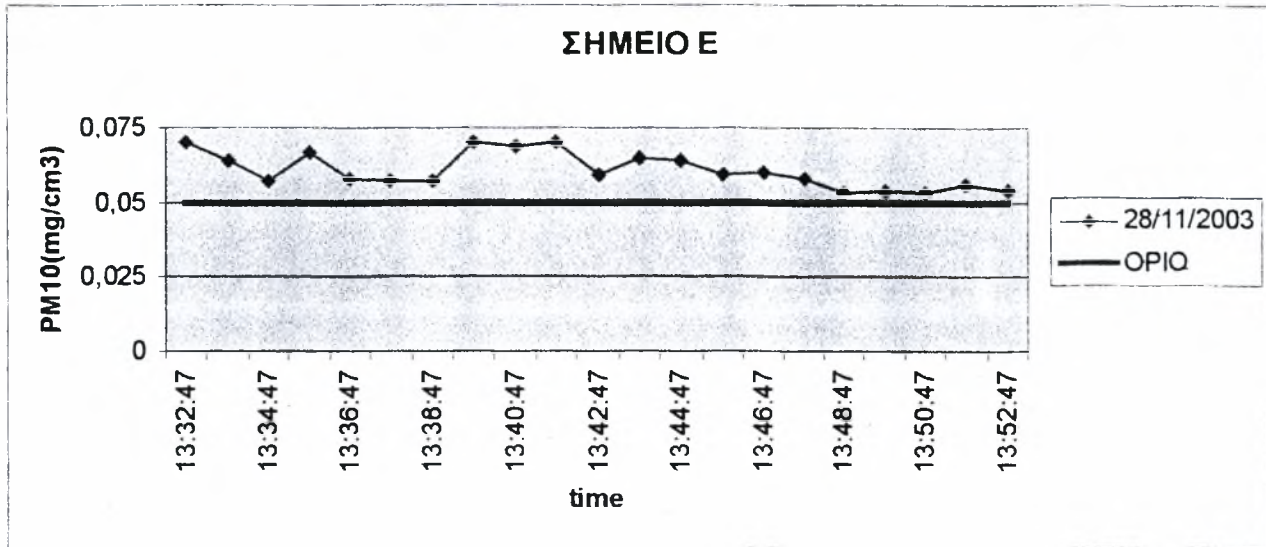








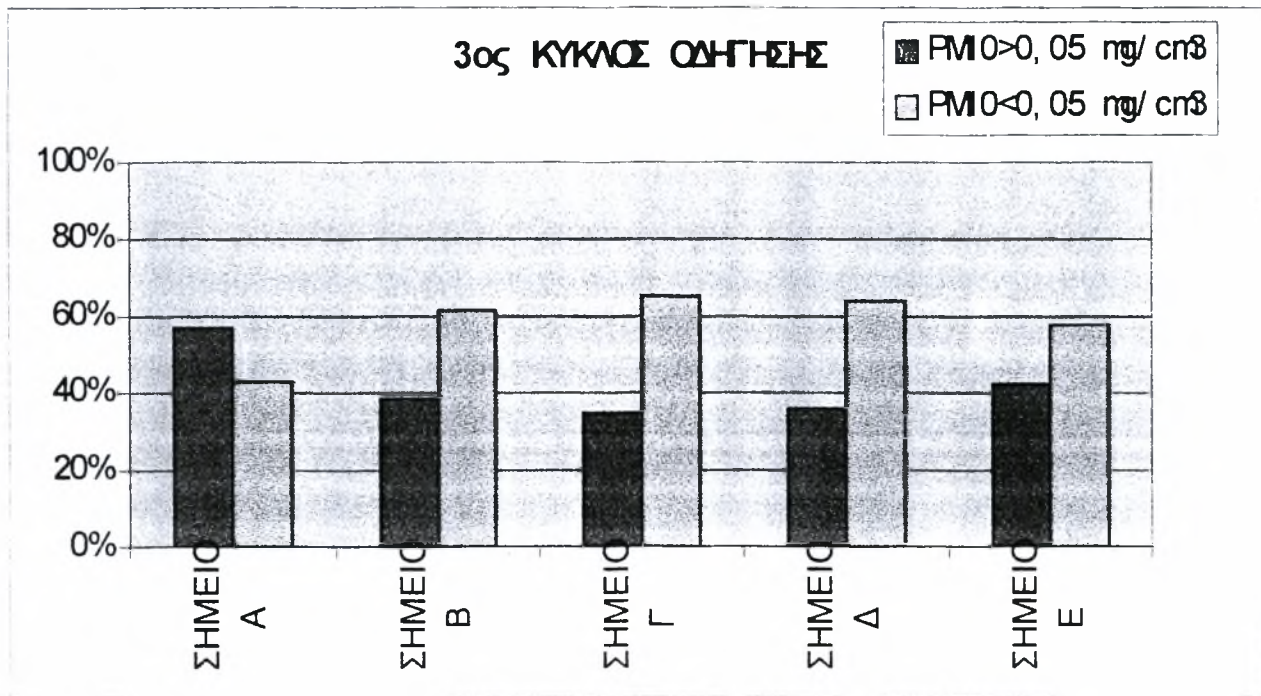




Όπως μπορούμε να καταλάβουμε από τα περισσότερα διαγράμματα υπάρχει μια άμεση σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας της υγρασίας και της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων. Εύκολα μπορεί λοιπόν να παρατηρήσει κάποιος ότι όταν έχουμε πτώση της θερμοκρασίας και άνοδο της υγρασίας τότε η συγκέντρωση των PM10 μειώνεται. Αντίθετα τις ζεστές και ξερές μέρες παρατηρούμε ότι οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων είναι υψηλότερες.

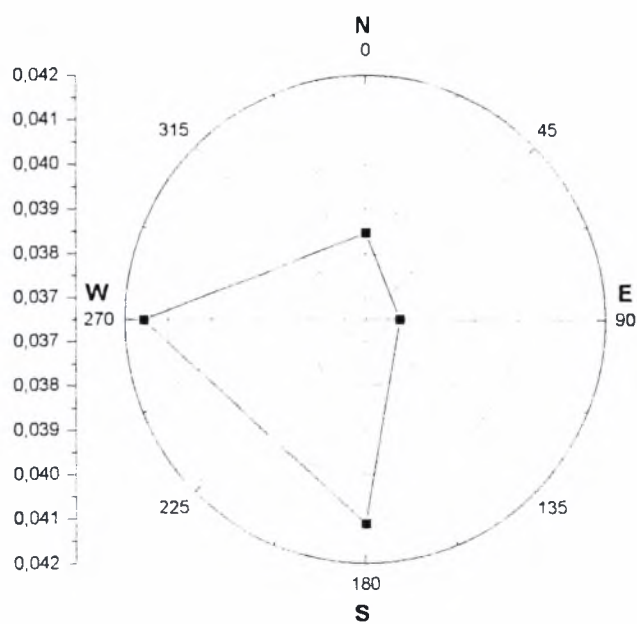
Για παράδειγμα βλέπουμε ότι στις 6.11.2003 στο σημείο A με $\theta=14$ °C και RH=70-71% είχαμε τον μ.ο. των PM10 ίσο με 0,035 mg/m³, ενώ στις 7.11.2003 με $\theta=16$ °C και RH=50-55% είχαμε μ.ο. των PM10 ίσο με 0,045-0,05 mg/m³. Επίσης στις 20.11.2003 έχουμε για $\theta=15$ °C και RH=80%, δηλαδή ιδιαίτερα υψηλή υγρασία, συγκέντρωση PM10= 0,1-0,15 mg/m³ ενώ στις 28.11.2003 είχαμε πάλι υψηλές συγκεντρώσεις PM10 αλλά αυτή την φορά λόγω της θερμοκρασίας που ήταν 20 °C ενώ η υγρασία ήταν 60%. Γίνεται φανερό λοιπόν πόσο μεγάλη σημασία που έχει για την καθαρότητα της ατμόσφαιρας η υγρασία και η θερμοκρασία.

Στο γράφημα που ακολουθεί φαίνονται συνολικά οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην βιομηχανική περιοχή

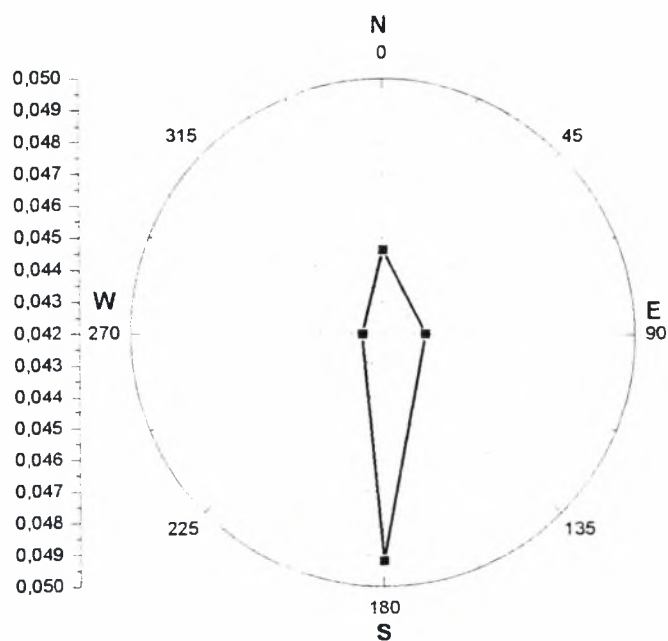


Παρατηρούμε ότι στον 3^ο κύκλο δεν είχαμε σε μεγάλα ποσοστά μετρήσεις πάνω από το όριο που θέτει το ΕΡΑ. Μόνο στο Σημείο Α είχαμε σε ποσοστό 58% των μετρήσεων πάνω από το όριο. Αυτό δεν σημαίνει βέβαια ότι η βιομηχανική περιοχή είναι καθαρή από συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων αφού μπορεί αρκετές μετρήσεις να ήταν για λίγο κάτω από το όριο των 0,05 mg/m³. Χαρακτηριστικό παράδειγμα το Σημείο Ε όπου το 58% των μετρήσεων ήταν κάτω από το όριο αλλά ο μέσος όρος της συγκέντρωσης των PM10 ήταν 0,052 mg/m³ δηλαδή πάνω από το όριο που θέτει το ΕΡΑ. Επίσης στο ίδιο σημείο από τις 6 μέρες των μετρήσεων οι τρεις μέρες ήταν πάνω από το 0,05 mg/m³ με μεγαλύτερη μέτρηση στις 20.11.2003 όπου η συγκέντρωση των PM10 ήταν 0,076 mg/m³. Γίνεται φανερό λοιπόν ότι στην Βιομηχανική περιοχή του Βόλου ασφαλώς και οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων ήταν μικρότερες σε σχέση με τους άλλους δύο κύκλους οδήγησης αλλά δεν σημαίνει ότι ήταν κάτω από το όριο του ΕΡΑ. Η χαμηλή βιομηχανική δραστηριότητα της περιοχής σε συνδυασμό με την τοποθεσία που βοηθάει στην απομάκρυνση των ρύπων είχαν αυτό το αποτέλεσμα.

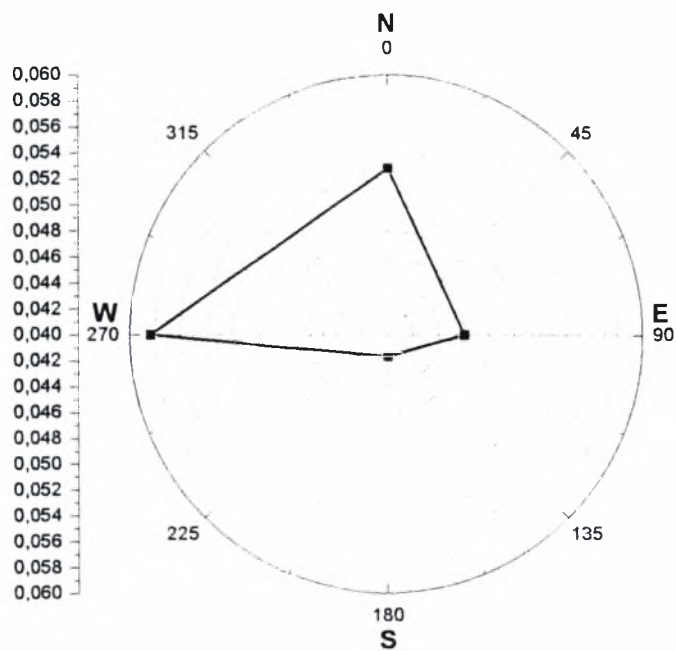
Παρακάτω ακολουθούν τα ροδογράμματα από όπου φαίνονται οι μέσες τιμές PM10 σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ κάθε μέρας για κάθε διεύθυνση ανέμου αλλά και οι συχνότητες των διευθύνσεων του ανέμου με την μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση. Για την κατασκευή των παρακάτω ροδογραμμάτων επιλέξαμε ότι θα κατατάσουμε τις διευθύνσεις του σε 4 τομείς, μόνο N,E,S και W. Το ανεμόμετρο είχε τοποθετηθεί έτσι ώστε οι 0 μοίρες να αντιστοιχούν σε βόρειους ανέμους. Επομένως κάθε διεύθυνση ανέμου που βρίσκεται μεταξύ -45 και 45 μοίρες λαμβάνεται ως βόρεια. Από το όργανο Dust Track σημειώνουμε τις τιμές των συγκεντρώσεων PM10 μαζί με τον χρόνο τους πχ. $11:23:10=T_{\beta}$. Έπειτα από το αρχείο που έχει τις τιμές του ανεμομέτρου Global Water βρίσκουμε την διεύθυνση του ανέμου την χρονική στιγμή T_{β} , η αλλιώς το χρονικό διάστημα στο οποίο ανήκει το T_{β} . Επαναλαμβάνεται το ίδιο και για την επόμενη χρονική στιγμή. Όλα αυτά τα δεδομένα συγκεντρώνονται και ταξινομούνται ανάλογα με την διεύθυνση του ανέμου. Έπειτα αθροίζουμε όλες τις τιμές των συγκεντρώσεων PM10 που προέρχονται από την ίδια διεύθυνση και βρίσκουμε τον μέσο όρο διαιρώντας τα με το σύνολο τους. Ομοίως ενεργούμε και για τις υπόλοιπες διευθύνσεις. Εάν θέλουμε να έχουμε τα αποτελέσματα συνολικά για τις 6 μέρες αθροίζουμε τους μέσους όρους κάθε ημέρας και διαιρούμε με τον αριθμό των ημερών (6). Έπειτα με τη χρήση του λογισμικού Microcal Origin 6.0 δημιουργήθηκαν τα παρακάτω ροδογράμματα για τις μέσες τιμές PM10 σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ κάθε μέρας για κάθε διεύθυνση ανέμου. Με τον ίδιο τρόπο προέκυψαν και οι συχνότητες των διευθύνσεων του ανέμου με την μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση.



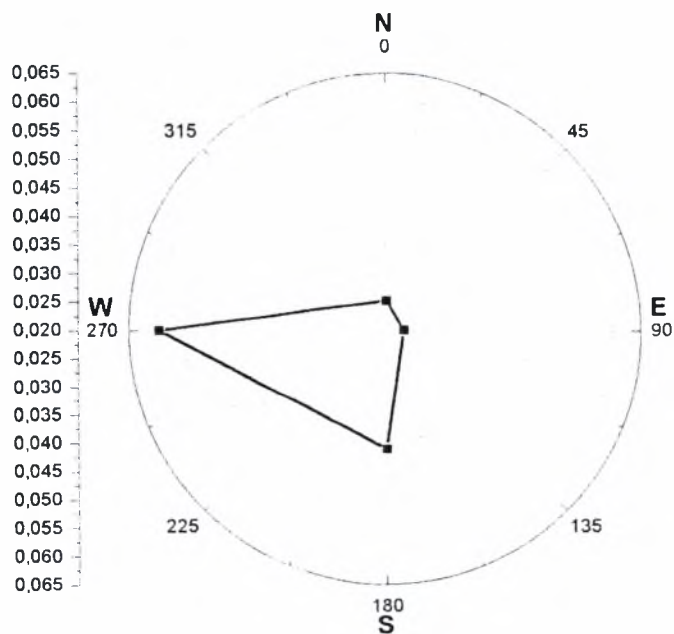
Σχήμα 5.1. Μέσες τιμές PM10 σε mg/m^3 στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου στις 6 Νοεμβρίου 2003 για κάθε διεύθυνση ανέμου



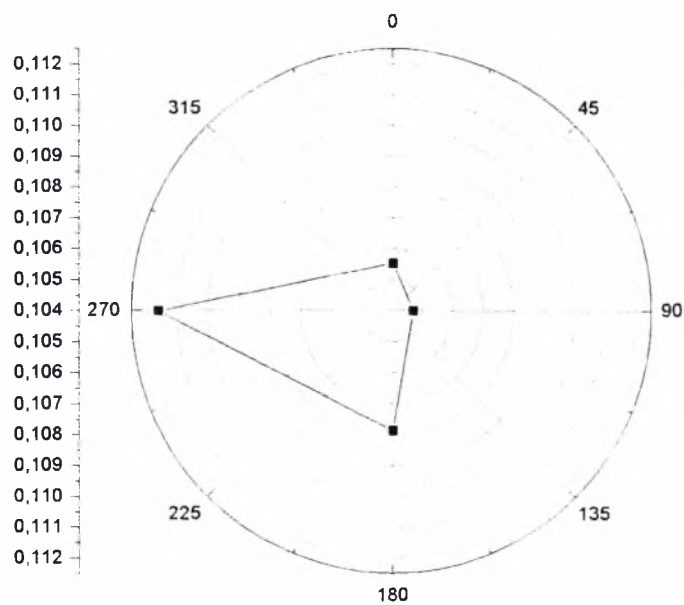
Σχήμα 5.2. Μέσες τιμές PM10 σε mg/m^3 στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου στις 7 Νοεμβρίου 2003 για κάθε διεύθυνση ανέμου



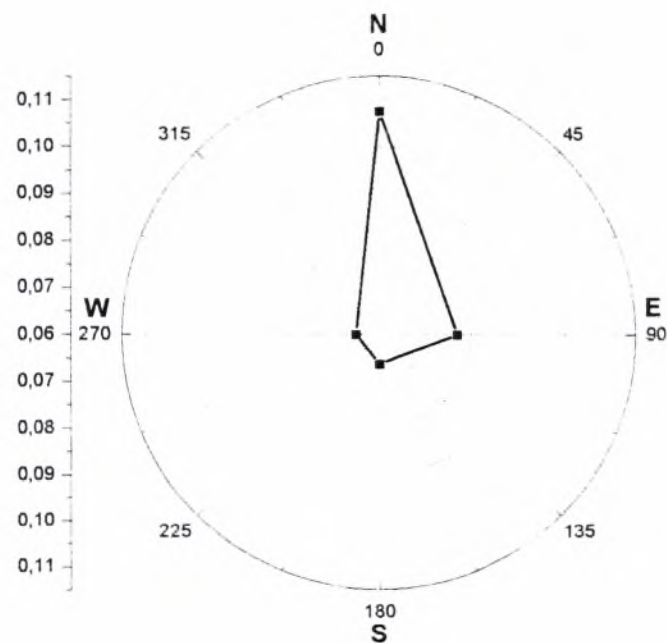
Σχήμα 5.3. Μέσες τιμές PM10 σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου στις 8 Νοεμβρίου 2003 για κάθε διεύθυνση ανέμου



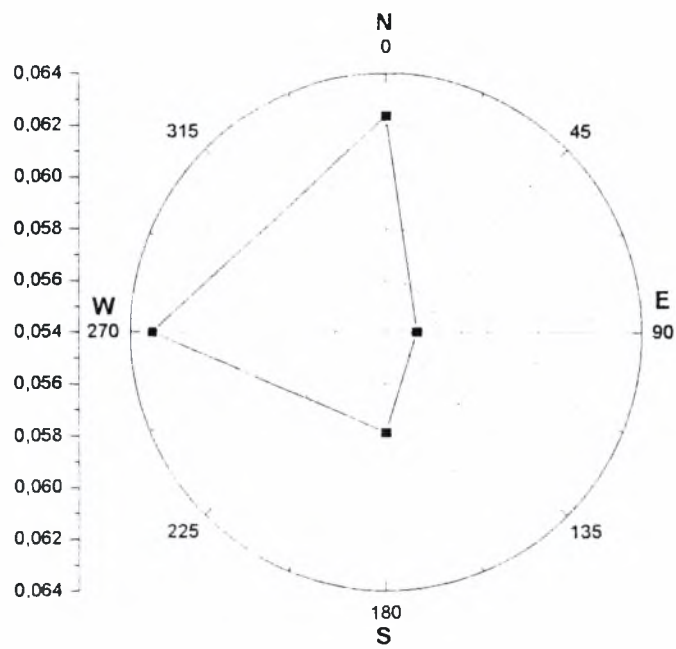
Σχήμα 5.4. Μέσες τιμές PM10 σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου στις 11 Νοεμβρίου 2003 για κάθε διεύθυνση ανέμου



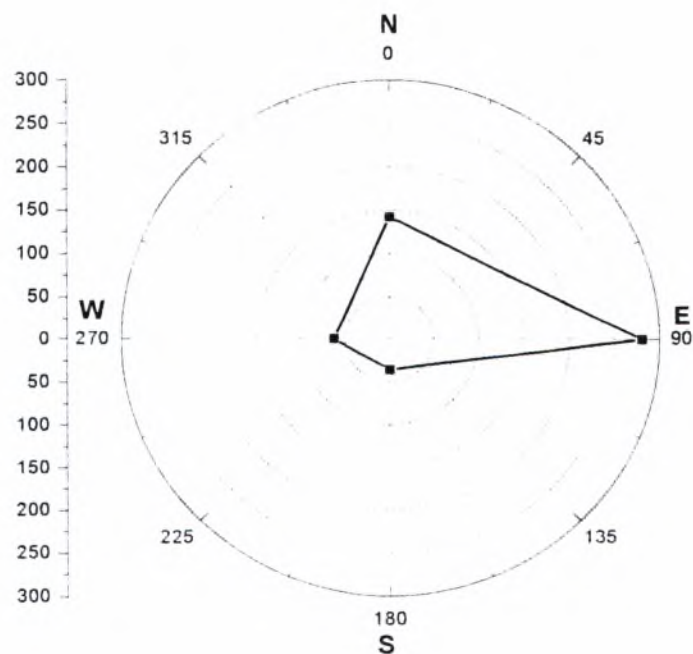
Σχήμα 5.5. Μέσες τιμές PM10 σε mg/m^3 στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου στις 20 Νοεμβρίου 2003 για κάθε διεύθυνση ανέμου



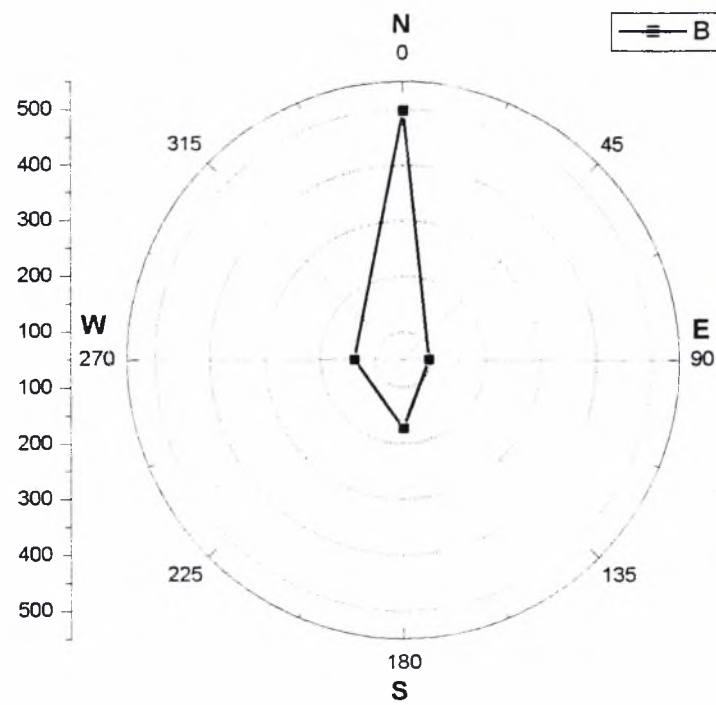
Σχήμα 5.6. Μέσες τιμές PM10 σε mg/m^3 στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου στις 28 Νοεμβρίου 2003 για κάθε διεύθυνση ανέμου



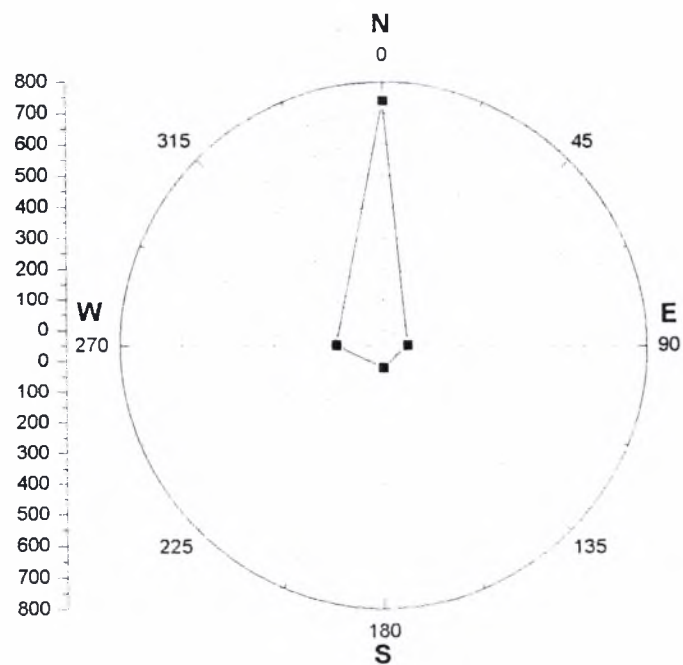
Σχήμα 5.7. Μέσος όρος για τις τιμές PM10 σε mg/m^3 στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου στις έξι ημέρες μέτρησης για κάθε διεύθυνση ανέμου



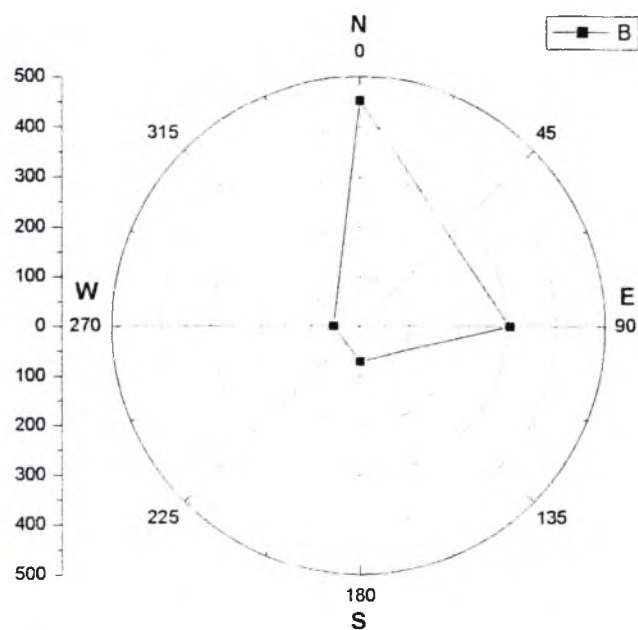
Σχήμα 5.8. Συχνότητες των διευθύνσεων του ανέμου στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου για 6 Νοεμβρίου 2003



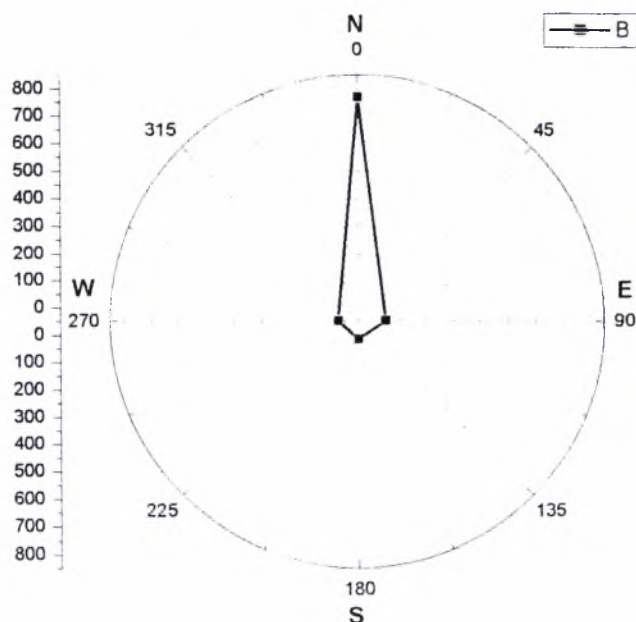
Σχήμα 5.9. Συχνότητες των διευθύνσεων του ανέμου στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου για 7 Νοεμβρίου 2003



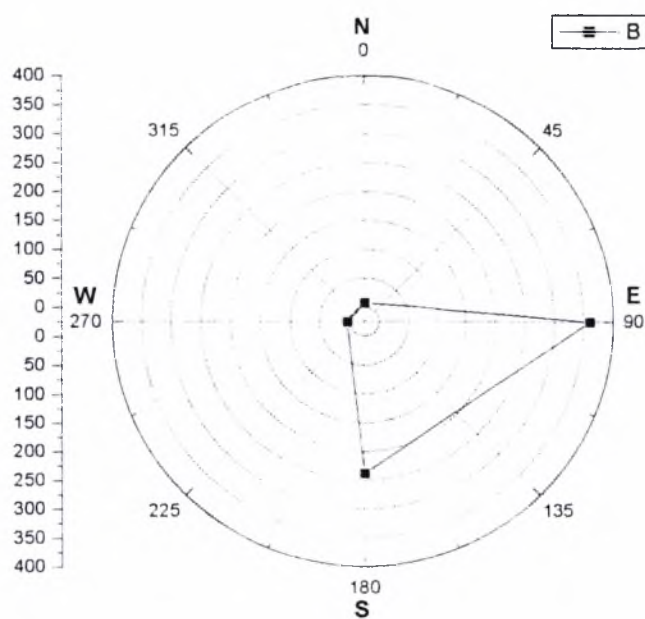
Σχήμα 5.10. Συχνότητες των διευθύνσεων του ανέμου στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου για 8 Νοεμβρίου 2003



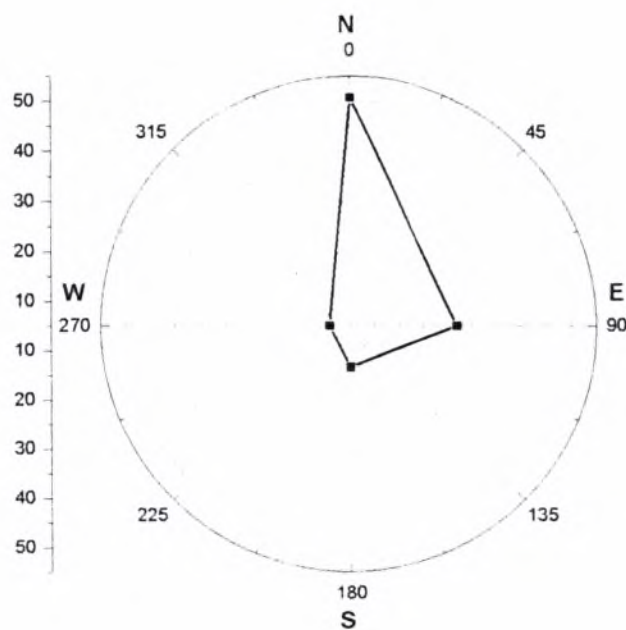
Σχήμα 5.11. Συχνότητες των διευθύνσεων του ανέμου στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου για 11 Νοεμβρίου 2003



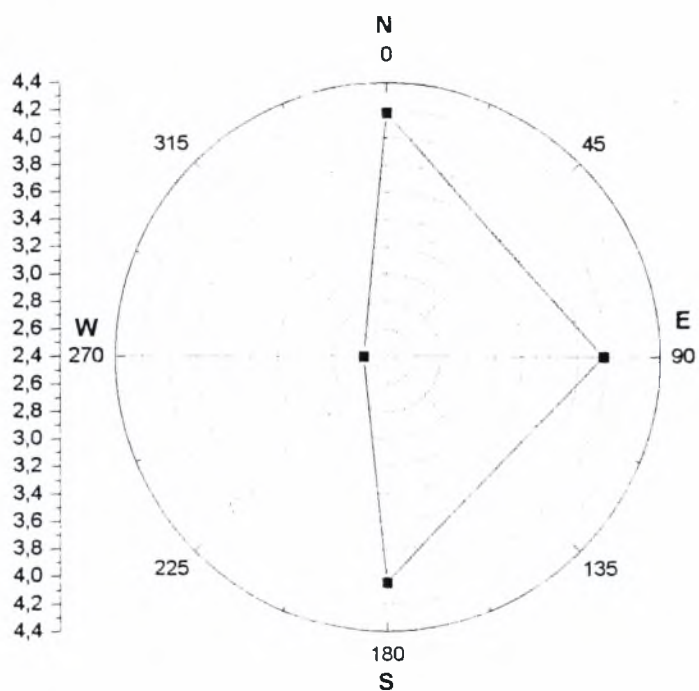
Σχήμα 5.12. Συχνότητες των διευθύνσεων του ανέμου στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου για 20 Νοεμβρίου 2003



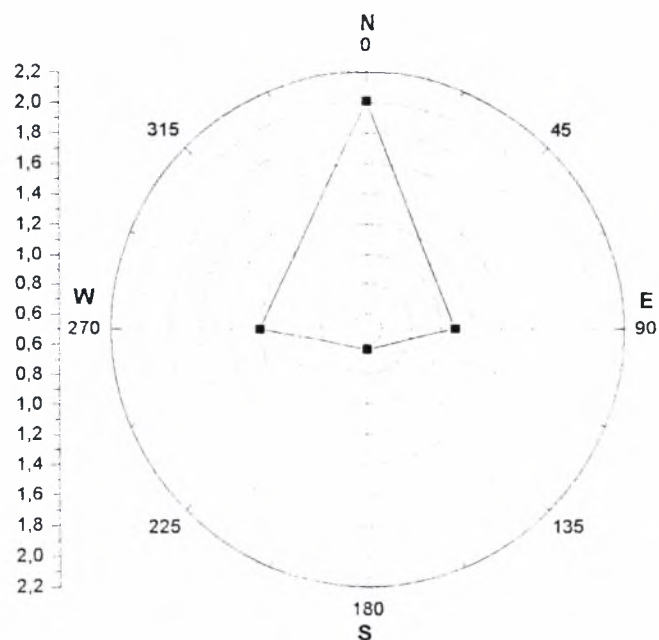
Σχήμα 5.13. Συχνότητες των διευθύνσεων του ανέμου στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου για 28 Νοεμβρίου 2003



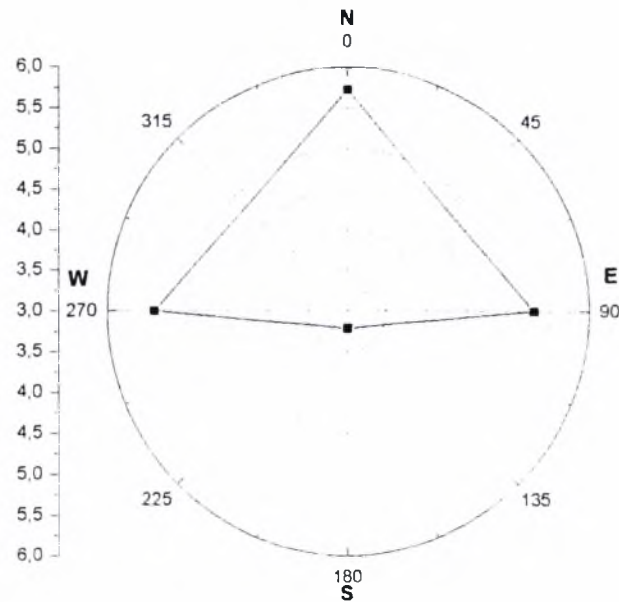
Σχήμα 5.14. Μέσος όρος των συχνοτήτων επί τοις εκατό (%) των διευθύνσεων στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου για τις έξι μέρες



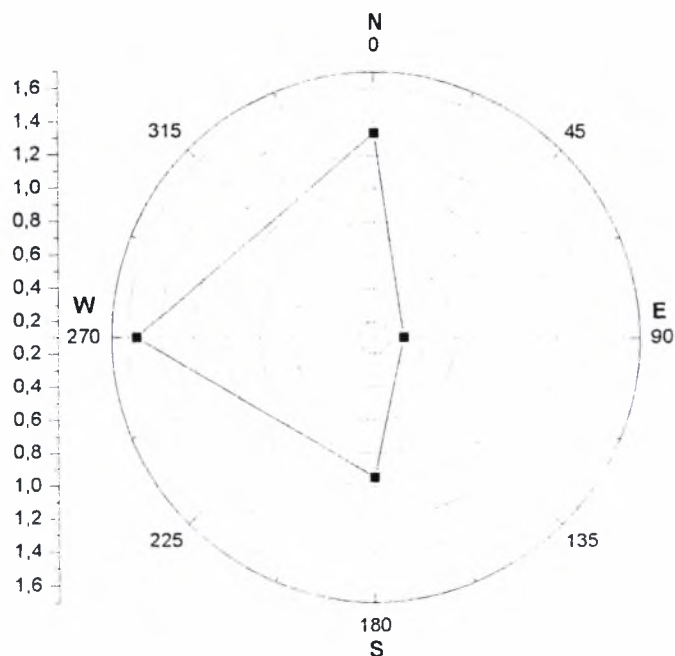
Σχήμα 5.15. Μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση, στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου για τις 6 Νοεμβρίου 2003



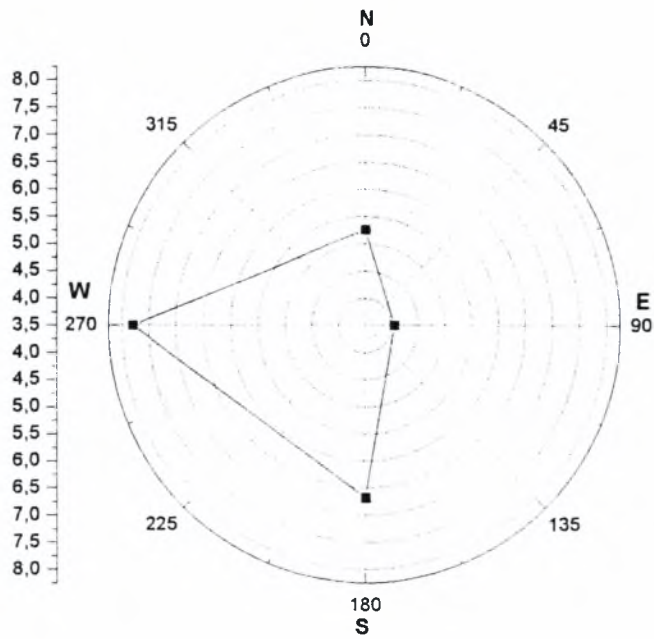
Σχήμα 5.16. Μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση, στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου για τις 7 Νοεμβρίου 2003



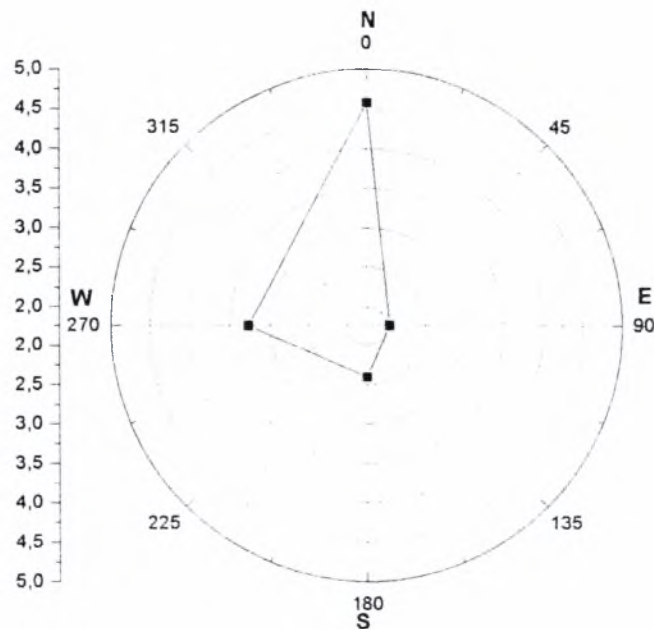
Σχήμα 5.17. Μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση, στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου για τις 8 Νοεμβρίου 2003



Σχήμα 5.18. Μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση, στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου για τις 11 Νοεμβρίου 2003



Σχήμα 5.19. Μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση, στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου για τις 20 Νοεμβρίου 2003



Σχήμα 5.20. Μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση, στην βιομηχανική περιοχή του Βόλου για τις 28 Νοεμβρίου 2003

Παρατηρούμε ότι στις 6 Νοεμβρίου η κατεύθυνση του ανέμου ήταν βορειοανατολική στις περισσότερες μετρήσεις μας αλλά όπως βλέπουμε στο σχήμα οι υψηλότερες τιμές των PM10 εμφανίζονται όταν οι άνεμοι έχουν κατεύθυνση νοτιοδυτική.

Στις 7 Νοεμβρίου η κατεύθυνση του ανέμου ήταν στο μεγαλύτερο ποσοστό βόρεια. Πάλι οι υψηλότερες τιμές όπως βλέπουμε στο σχήμα παρουσιάζονται όταν οι άνεμοι είναι νότιοι.

Στις 8 Νοεμβρίου η κατεύθυνση του ανέμου ήταν στο μεγαλύτερο ποσοστό βόρεια. Οι υψηλότερες τιμές όπως βλέπουμε στο σχήμα παρουσιάζονται όταν οι άνεμοι είναι βόρειοι. Στο σχήμα 3 βλέπουμε ότι έχουμε αυξημένες τιμές των PM10 από ανέμους δυτικούς αλλά δεν θεωρείται αξιόπιστες γιατί η συχνότητα των δυτικών ανέμων ήταν ελάχιστη.

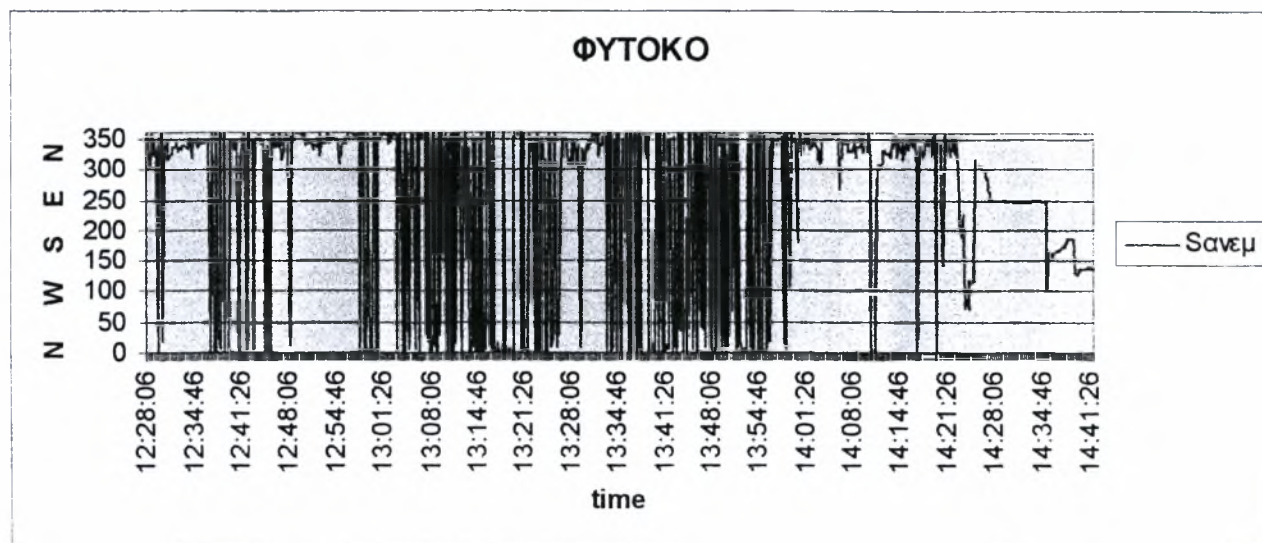
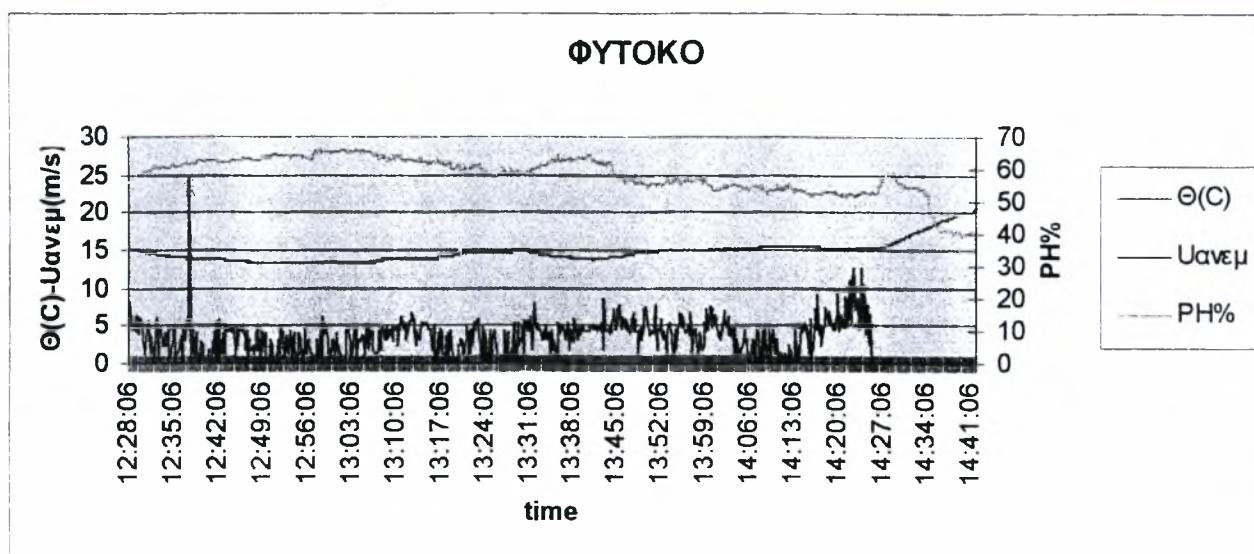
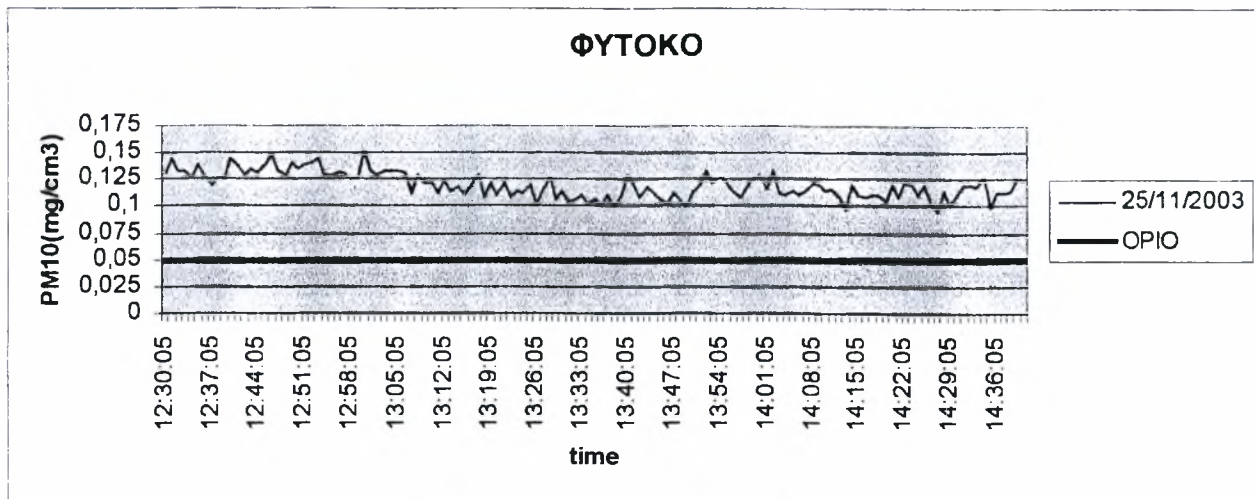
Στις 11 Νοεμβρίου η κατεύθυνση του ανέμου ήταν στο μεγαλύτερο ποσοστό βορειοανατολική. Οι υψηλότερες τιμές όπως βλέπουμε στο σχήμα παρουσιάζονται όταν οι άνεμοι είναι νοτιοδυτικοί αλλά πάλι ο αριθμός τους δεν θεωρείται ικανός για ασφαλή συμπεράσματα . Επιπλέον οι ταχύτητες ήταν αρκετά χαμηλές.

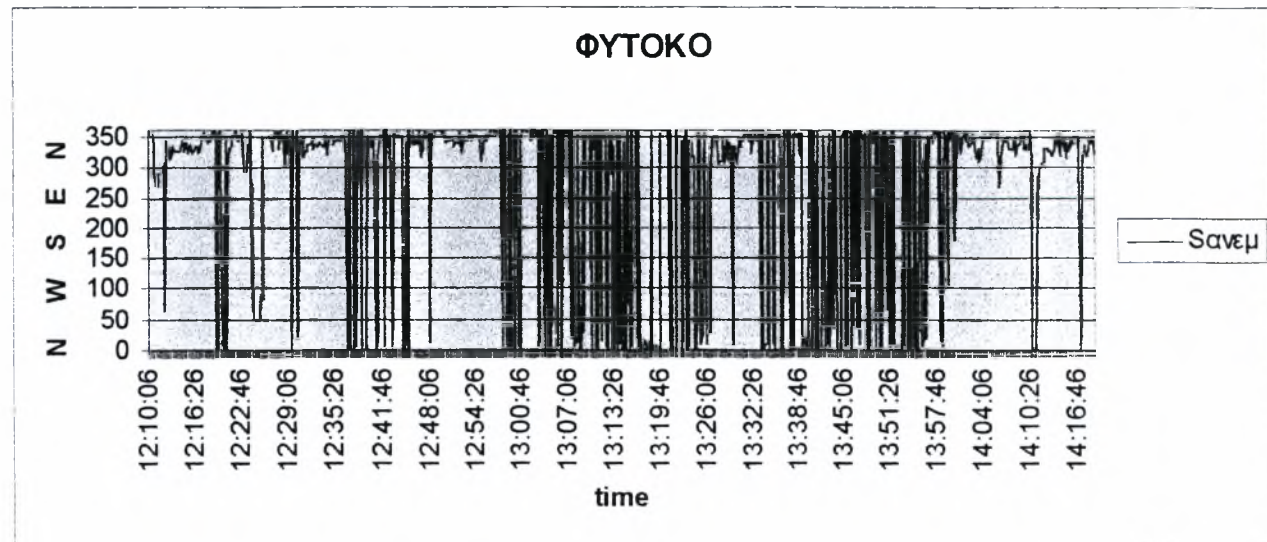
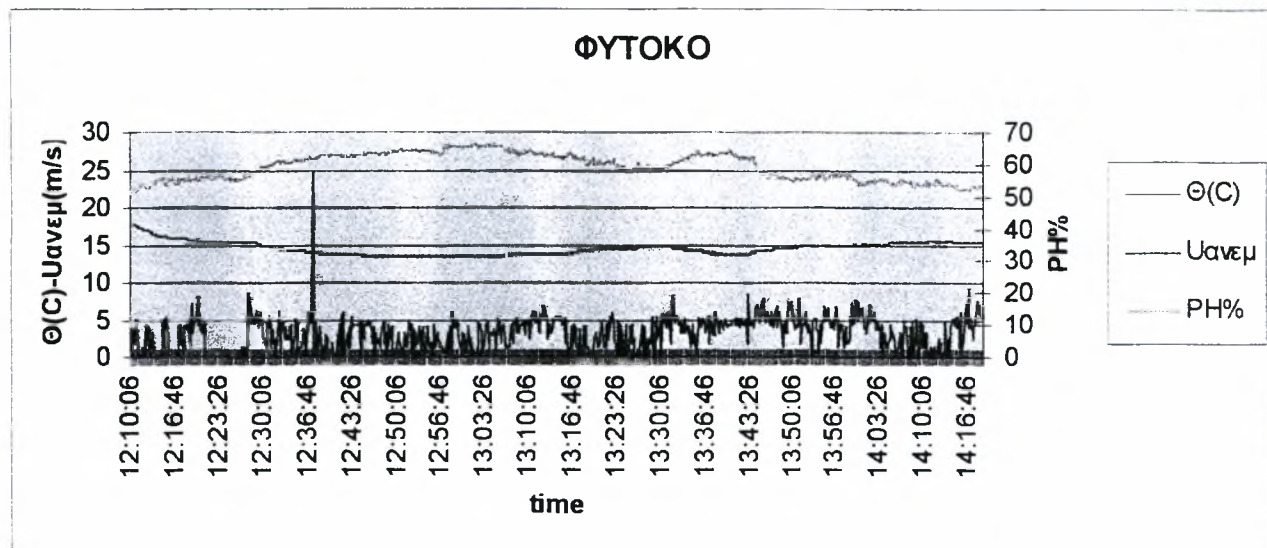
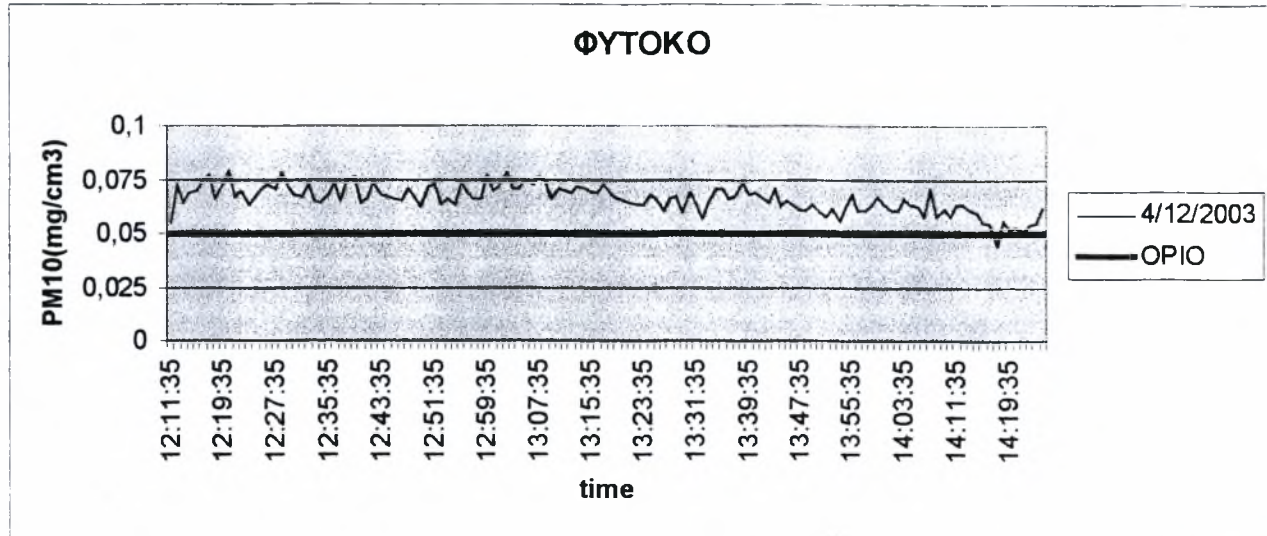
Στις 20 Νοεμβρίου η κατεύθυνση του ανέμου ήταν στο μεγαλύτερο ποσοστό βόρειοι. Πάλι οι υψηλότερες τιμές όπως βλέπουμε στο σχήμα παρουσιάζονται όταν οι άνεμοι είναι νοτιοδυτικοί με μικρές διαφορές στις μέσες τιμές των PM10 και αρκετά πάνω από το όριο που θέτει η ΕΠΑ. Αυτό μπορεί να οφείλεται στις ταχύτητες που ήταν αρκετά υψηλές, πάνω από 5 m/s.

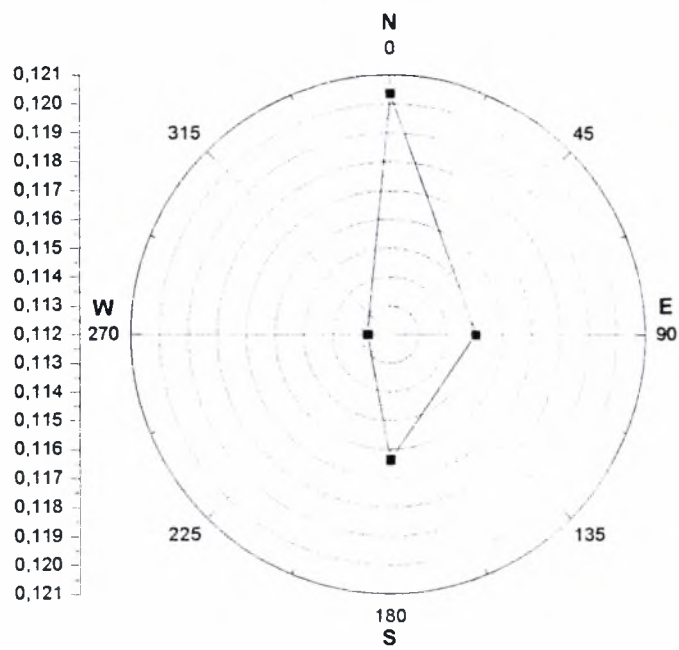
Τέλος στις 28 Νοεμβρίου για πρώτη φορά η κατεύθυνση του ανέμου ήταν στο μεγαλύτερο ποσοστό νοτιοανατολικοί. Την μέρα αυτή οι υψηλότερες τιμές όπως βλέπουμε στο σχήμα παρουσιάζονται όταν οι άνεμοι είναι νοτιοανατολικοί με υψηλές μέσες τιμές των PM10 πάνω από το όριο που θέτει η ΕΠΑ.

5.4. ΦΥΤΟΚΟ

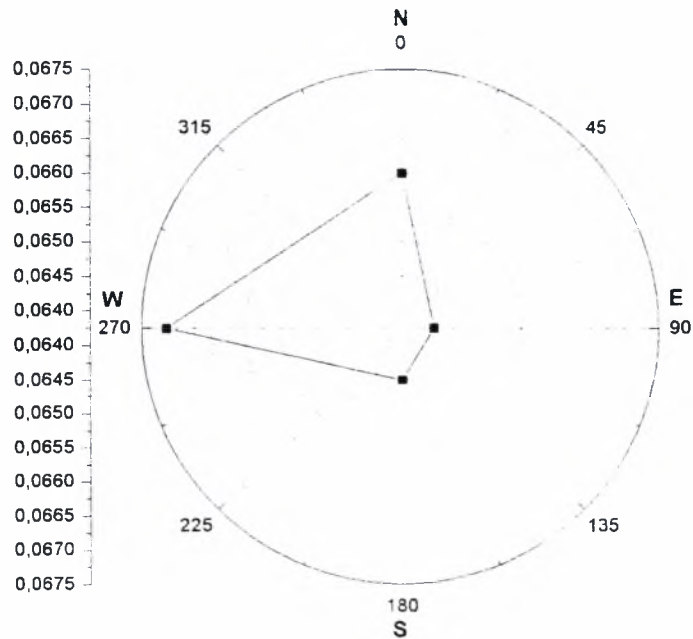
Στις 25 Νοεμβρίου 2003 και 4 Δεκεμβρίου 2003 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στη περιοχή Φυτόκο Βόλου. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια του οργάνου Dust Track και του ανεμομέτρου και για κάθε μέρα είχαν διάρκεια δύο ώρες. Το σημείο που στήθηκε το πείραμα παρουσιάζει ενδιαφέρον γιατί σε κοντινή απόσταση γίνονταν εργασίες για τον περιφερειακό δρόμο του Βόλου. Διαπιστώσαμε λοιπόν ότι οι εργασίες αυτές είχαν σαν αποτέλεσμα και τις δυο μέρες οι τιμές των PM10 καθ όλη την διάρκεια της μέτρησης να κυμαίνονται πάνω από το επιτρεπόμενο όριο των PM10 με μέγιστη τιμή 0,150 στις 25 Νοεμβρίου 2003 και μέγιστη τιμή 0,080 στις 4 Δεκεμβρίου 2003. Οι άνεμοι στην περιοχή του Φυτόκου ήταν κυρίως βόρειοι με μικρές ταχύτητες.



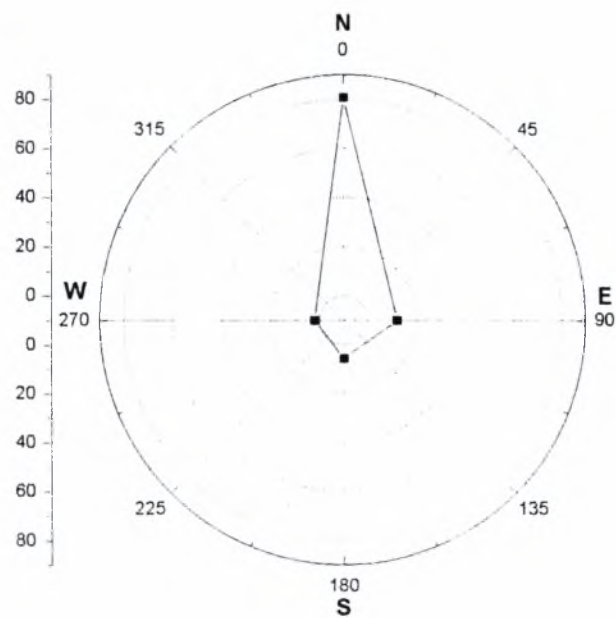




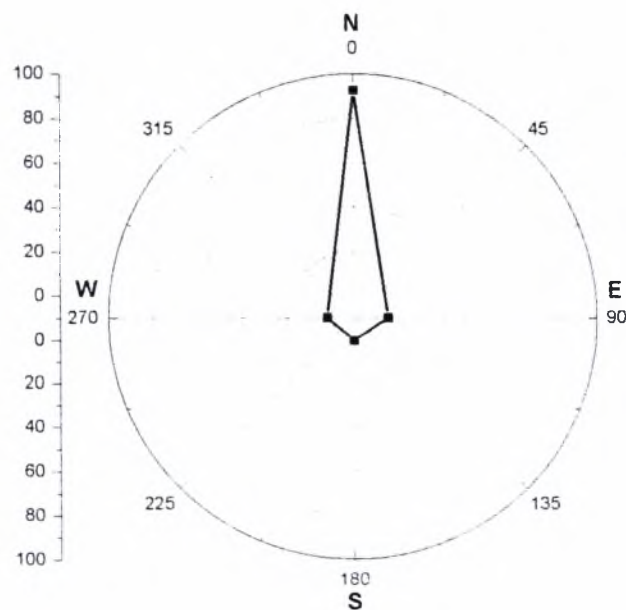
Σχήμα 5.21. Μέσες τιμές PM10 σε mg/m^3 στο Φυτόκο στις 25 Νοεμβρίου 2003 για κάθε διεύθυνση ανέμου



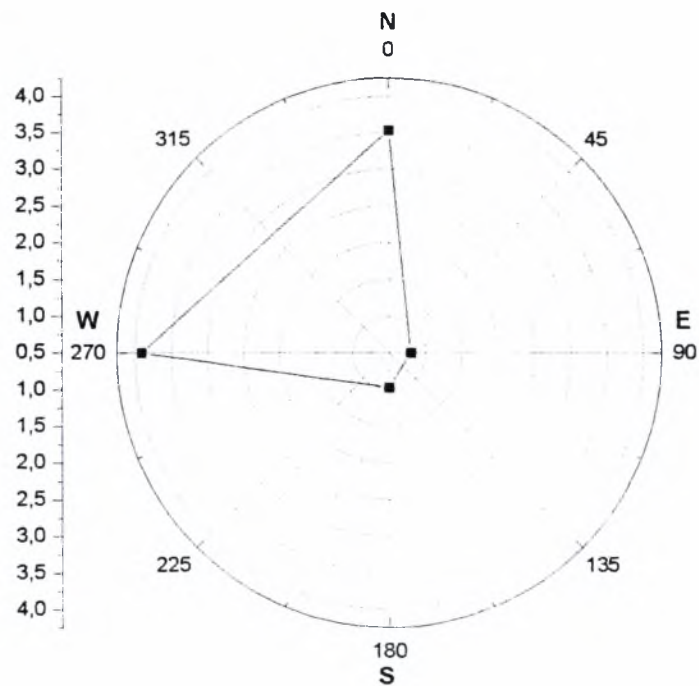
Σχήμα 5.22. Μέσες τιμές PM10 σε mg/m^3 στο Φυτόκο στις 4 Δεκεμβρίου 2003 για κάθε διεύθυνση ανέμου



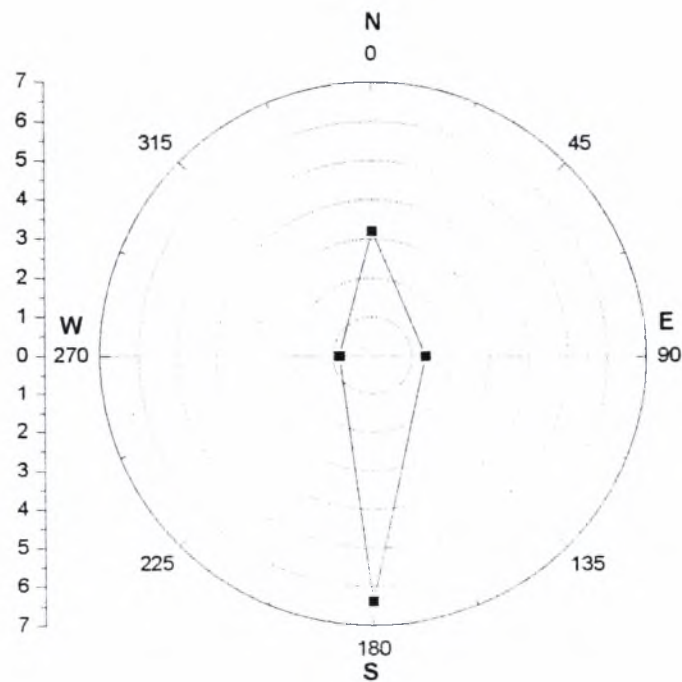
Σχήμα 5.23. Συχνότητες επί τοις εκατό (%) των διευθύνσεων του ανέμου στο Φυτόκο στις 25 Νοεμβρίου 2003



Σχήμα 5.24. Συχνότητες επί τοις εκατό (%) των διευθύνσεων του ανέμου στο Φυτόκο στις 4 Δεκεμβρίου 2003



Σχήμα 5.25. Μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση, στο Φυτόκο για τις 25 Νοεμβρίου 2003



Σχήμα 5.26. Μέση ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) ανά διεύθυνση, στο Φυτόκο για τις 4 Δεκεμβρίου 2003

5.5. 23^ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

Στις 27 Νοεμβρίου 2003 και 3 Δεκεμβρίου 2003 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο 23^ο δημοτικό σχολείο Βόλου. Παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον να δούμε την ποσότητα των αιωρούμενων σωματιδίων PM10 σε ένα τέτοιο περιβάλλον στο οποίο περνούν τις περισσότερες ώρες τους μικρά παιδιά. Το όργανο και στις δυο μετρήσεις έμεινε μέσα στην τάξη καθ όλη την διάρκεια της καθημιάς σχολικής μέρας. Δυστυχώς διαπιστώσαμε ότι οι τιμές των PM10 ξεπερνούσαν το καθορισμένο ανώτατο όριο σε όλη την διάρκεια της μέρας και για τις δυο μέρες. Παρατηρούμε επίσης ότι οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν συνήθως στο τέλος των διαλειμμάτων και ιδιαίτερα στις 27 Νοεμβρίου 2003 η μέγιστη τιμή ήταν 0,733 την ώρα 10:59. Αντίστοιχα στις 3 Δεκεμβρίου 2003 η μέγιστη τιμή ήταν 0,163 την ώρα 9:55. Για να κατανοήσει καλύτερα ο αναγνώστης την διακύμανση των PM10 κατά την διάρκεια μιας σχολικής μέρας παραθέτουμε παρακάτω το πρόγραμμα μαθήματος – διαλειμμάτων:

Ώρα Εκκίνησης : 08:00

1^ο Διάλειμμα : 09:45 - 10:00

2^ο Διάλειμμα : 10:45 - 11:05

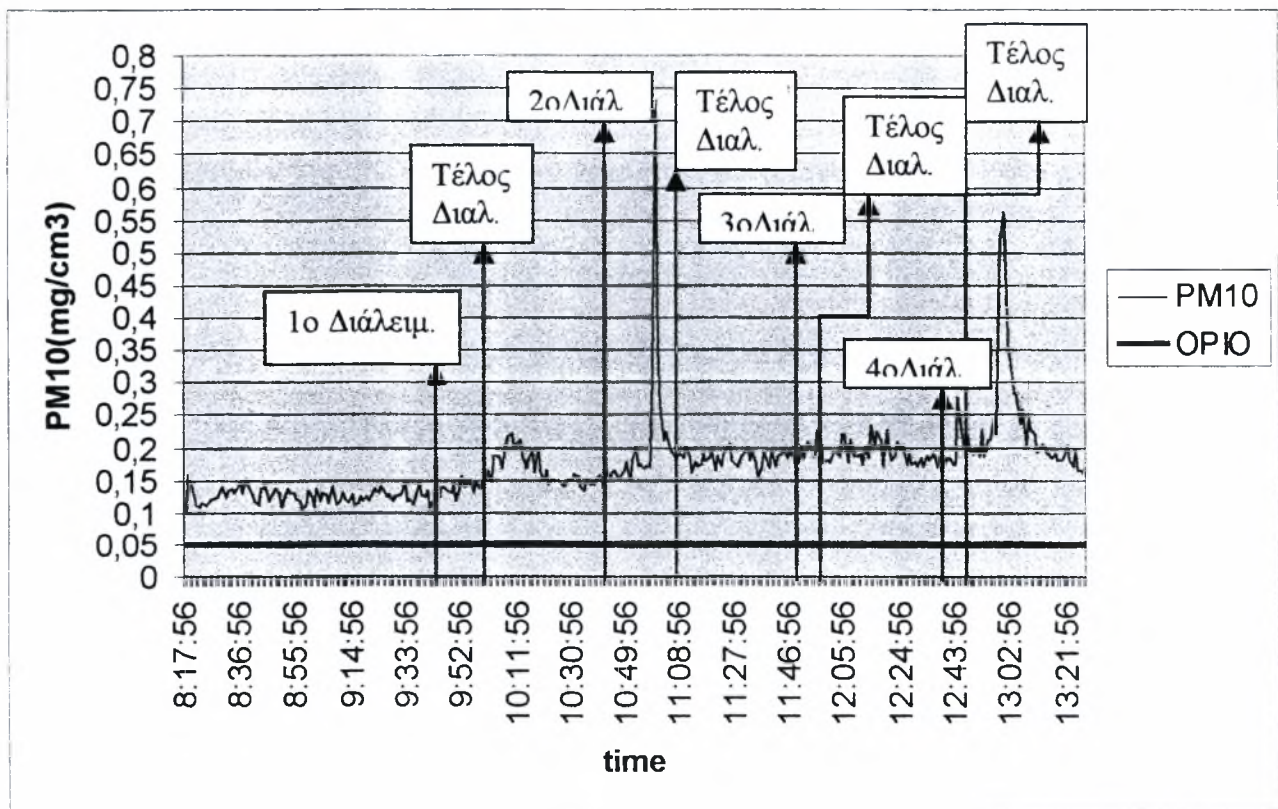
3^ο Διάλειμμα : 11:50 - 11:55

4^ο Διάλειμμα : 12:40 - 12:45

Ώρα Λήξης : 13:30

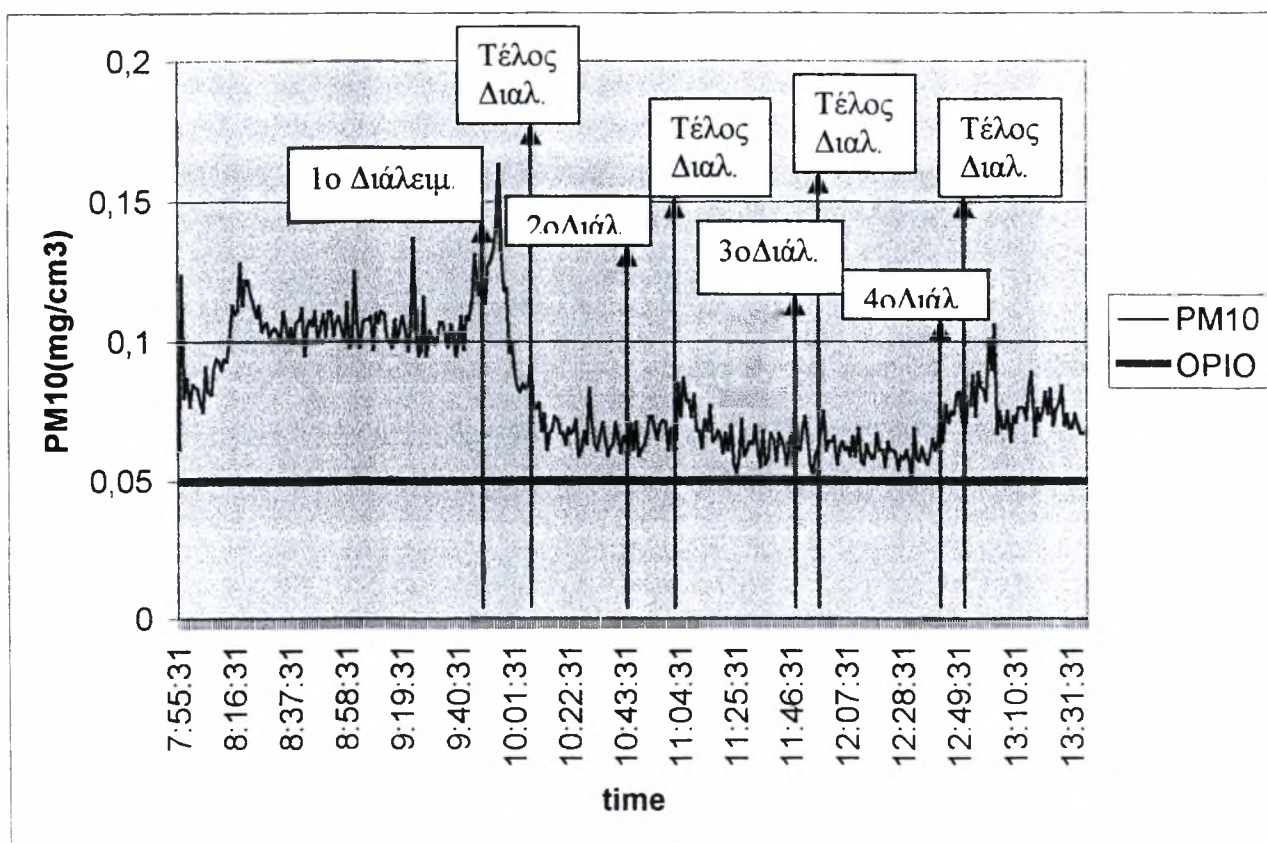
27 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2003

| | | | |
|----------------------------|-------------|----------------------|-------------------|
| Start Time: | 8:16:56 πμ | End of Time | 13:47:00 πμ |
| Duration (dd:hh:mm:ss): | 00:05:11:00 | Number of points: | 311 |
| Average: | 0,038 | Units: | mg/m ³ |
| Minimum: | 0,101 | Maximum: | 0,733 |
| Time of Minimum: | 8:17:56 πμ | Time of Maximum: | 10:59:56 πμ |
| Celsius | - | RH% | - |



3 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2003

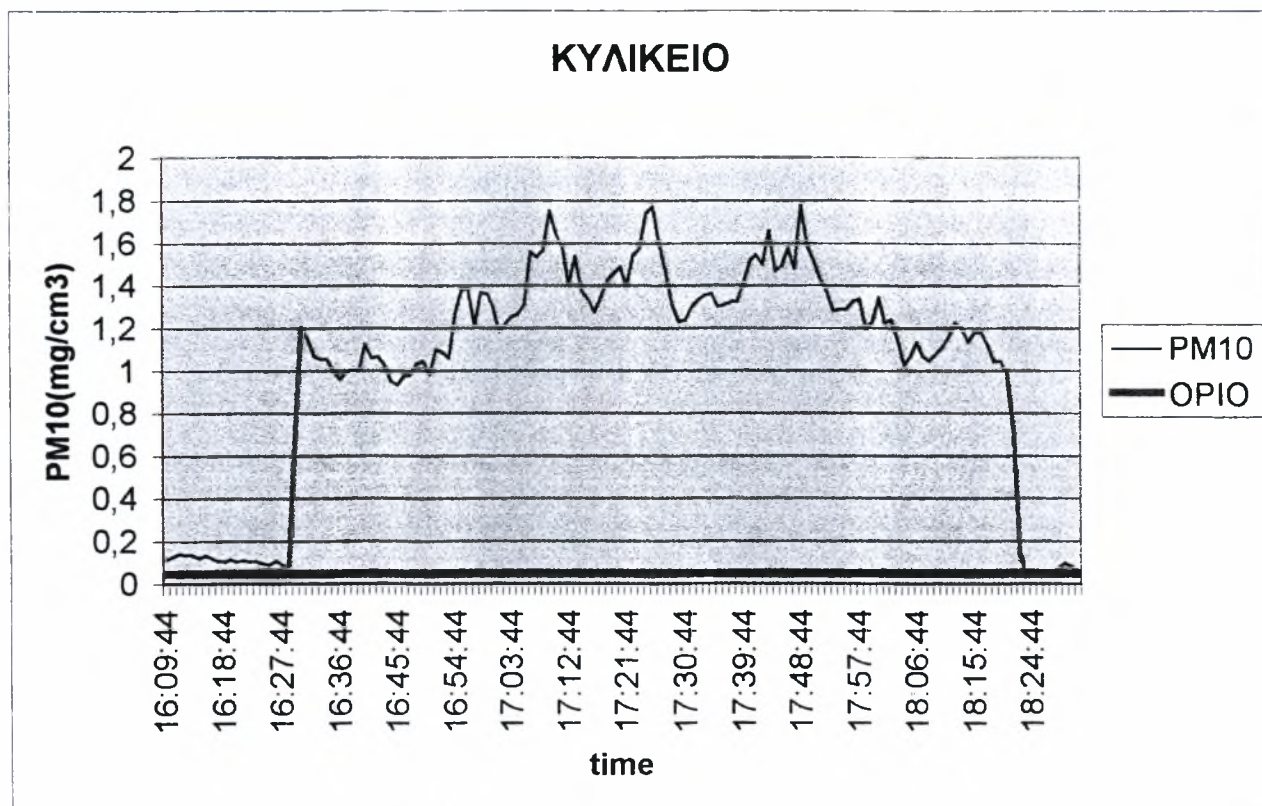
| | | | |
|----------------------------|-------------|----------------------|-------------------|
| Start Time: | 7:54:31 πμ | End of Time | 13:35:00 |
| Duration (dd:hh:mm:ss): | 00:05:42:00 | Number of points: | 342 |
| Average: | 0,082 | Units: | mg/m ³ |
| Minimum: | 0,05 | Maximum: | 0,163 |
| Time of Minimum: | 12:31:31 μμ | Time of Maximum: | 9:55:31 πμ |
| Celsius | - | RH% | - |



5.6. ΚΥΛΙΚΕΙΟ

Από διάφορες συστηματικές αλλά και τυχαίες παρατηρήσεις διαπιστώσαμε ότι οι κλειστοί χώροι στους οποίους επιτρέπεται το κάπνισμα εμφανίζουν μεγάλες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων PM10. Γι' αυτό και εμείς αποφασίσαμε να πραγματοποιήσουμε μια μέτρηση στο κυλικείο του πανεπιστημίου Παπαστράτου για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων αλλά και την ενημέρωση της πανεπιστημιακής κοινότητας. Η μέτρηση αυτή έγινε στις 12 Οκτωβρίου 2003 με διάρκεια δυόμισι ωρών. Σ όλη την μέτρηση οι τιμές των PM10 ήταν υπερβολικά πάνω από το όριο με μέγιστη τιμή αυτή των $1,782 \text{ mg/cm}^3$. Μάλιστα φαίνεται καθαρά από το διάγραμμα ότι την στιγμή εισόδου μας στο κυλικείο, στις 16:27, αυξάνεται σημαντικά η συγκέντρωση των PM10 και παραμένει σε υψηλές τιμές ως τις 18:15 που αποχωρήσαμε από τον χώρο του κυλικείου.

| | | | |
|----------------------------|-------------|----------------------|-------------------|
| Start Time: | 4:08:44 μμ | End of Time | 18:26:00 |
| Duration (dd:hh:mm:ss): | 00:02:23:00 | Number of points: | 143 |
| Average: | 1,026 | Units: | mg/m ³ |
| Minimum: | 0,041 | Maximum: | 1,782 |
| Time of Minimum: | 6:24:44 μμ | Time of Maximum: | 5:48:44 μμ |
| Celsius | - | RH% | - |



5.7. ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΟ 304

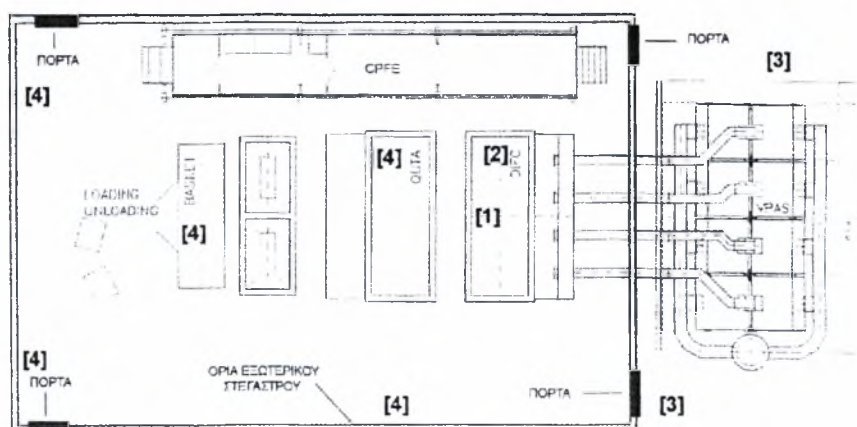
Η μέτρηση αυτή πραγματοποιήθηκε στο στρατόπεδο 304 στις 8 Οκτωβρίου του 2003. Στις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε το όργανο Dust Track καθώς και ανεμόμετρο. Σκοπός της μέτρησης ήταν να διαπιστωθούν οι τιμές που κινούνται τα αιωρούμενα σωματίδια σε μια στρατιωτική βιομηχανική μονάδα.

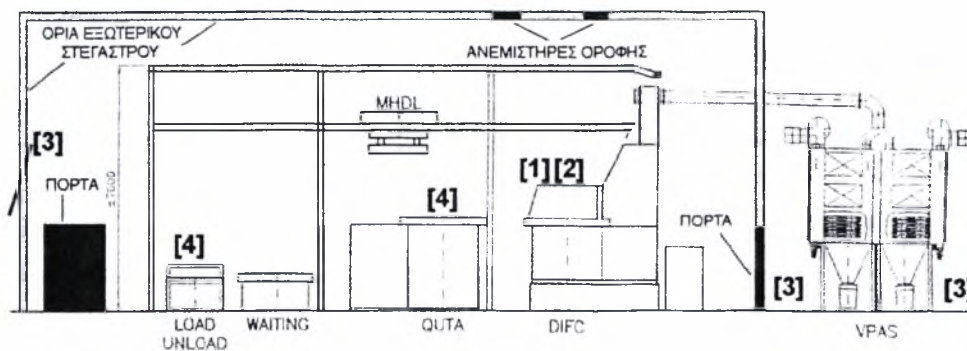
Κατά την εισαγωγή και εξαγωγή των μεταλλικών εξαρτημάτων στη ρευστομηχανική κλίνη η κεντρική θύρα παραμένει ανοιχτή. Στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, ο θάλαμος καύσης μπορεί να θεωρηθεί σαν πηγή θερμότητας στον εσωτερικό χώρο της εγκατάστασης, αφού είναι εκτεθειμένος στον περιβάλλοντα χώρο. Η θερμοκρασία του θαλάμου καύσης είναι περίπου 450 °C ενώ του περιβάλλοντος κυμαίνεται μεταξύ 15 - 25 °C. Η θερμοκρασιακή διαφορά δημιουργεί σημαντικά ανωστικά ρεύματα μπροστά από το θάλαμο καύσης προκαλώντας την κίνηση αερίων μαζών συνολικά στον κλειστό χώρο της εγκατάστασης. Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας πραγματοποιήθηκαν με θερμοστοιχείο με στόχο να αποτυπωθεί ένα σχετικό μέτρο των ανωστικών ρευμάτων που δημιουργεί η θερμοκρασιακή διαφορά και αποτέλεσαν την εναλλακτική προσέγγιση του ζητήματος. Τα ανωστικά ρεύματα εμφανίζονται σε έντονο βαθμό μόνο μπροστά από το μέτωπο του θαλάμου καύσης όπου η υψηλή θερμοκρασία και η διαμόρφωση του χώρου καθιστούν αδύνατη τη μέτρηση της ταχύτητας του αέρα με σωλήνα Pitot ή ανεμόμετρο.

Η ώρα εκκίνησης της μέτρησης είναι 10:00 π.μ. με τον αποβουλκανισμό δηλαδή καίγοντας στη ρευστομηχανική κλίνη το λάστιχο της ερπίστριας και την παραμονή μόνο του μετάλλου. Η φόρτιση γίνεται ανά δυο ερπίστριες. Η ενέργεια της ρευστομηχανικής κλίνης προέρχεται από το υγραέριο. Μετά την καύση το πέταλο ψύχεται με νερό. Τον αποβουλκανισμό στους 450 C διαδέχεται ένας θάλαμος μετάκαυσης στους 850 C για την απομάκρυνση του

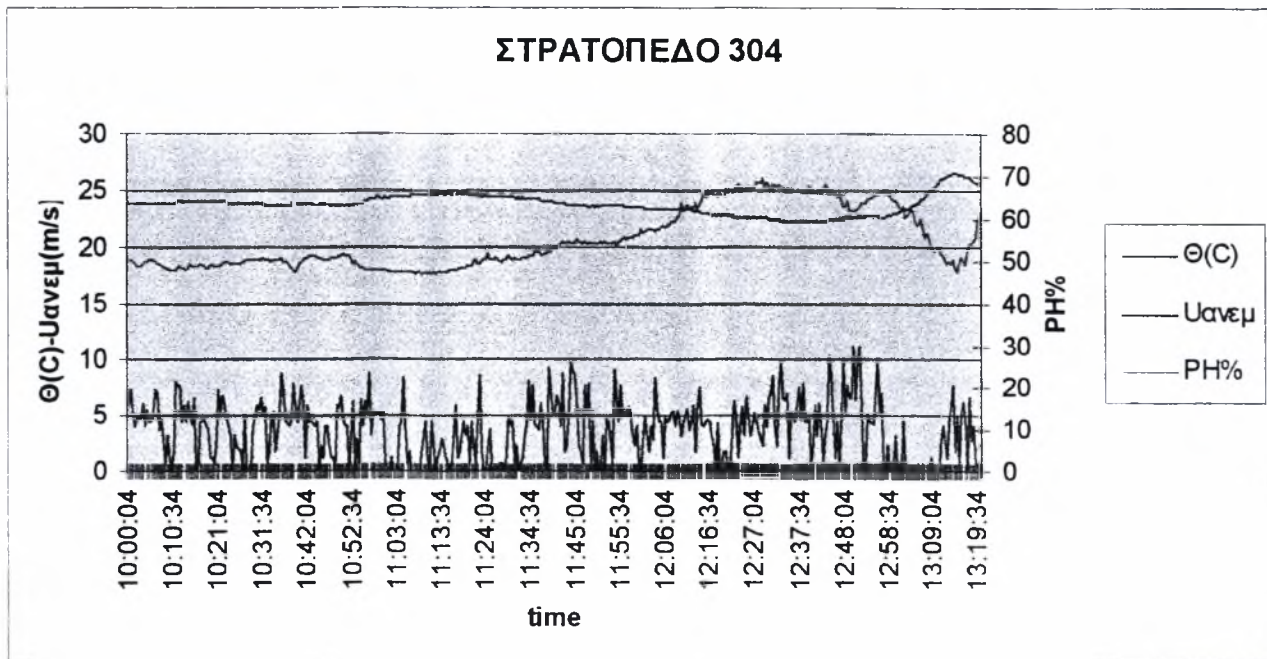
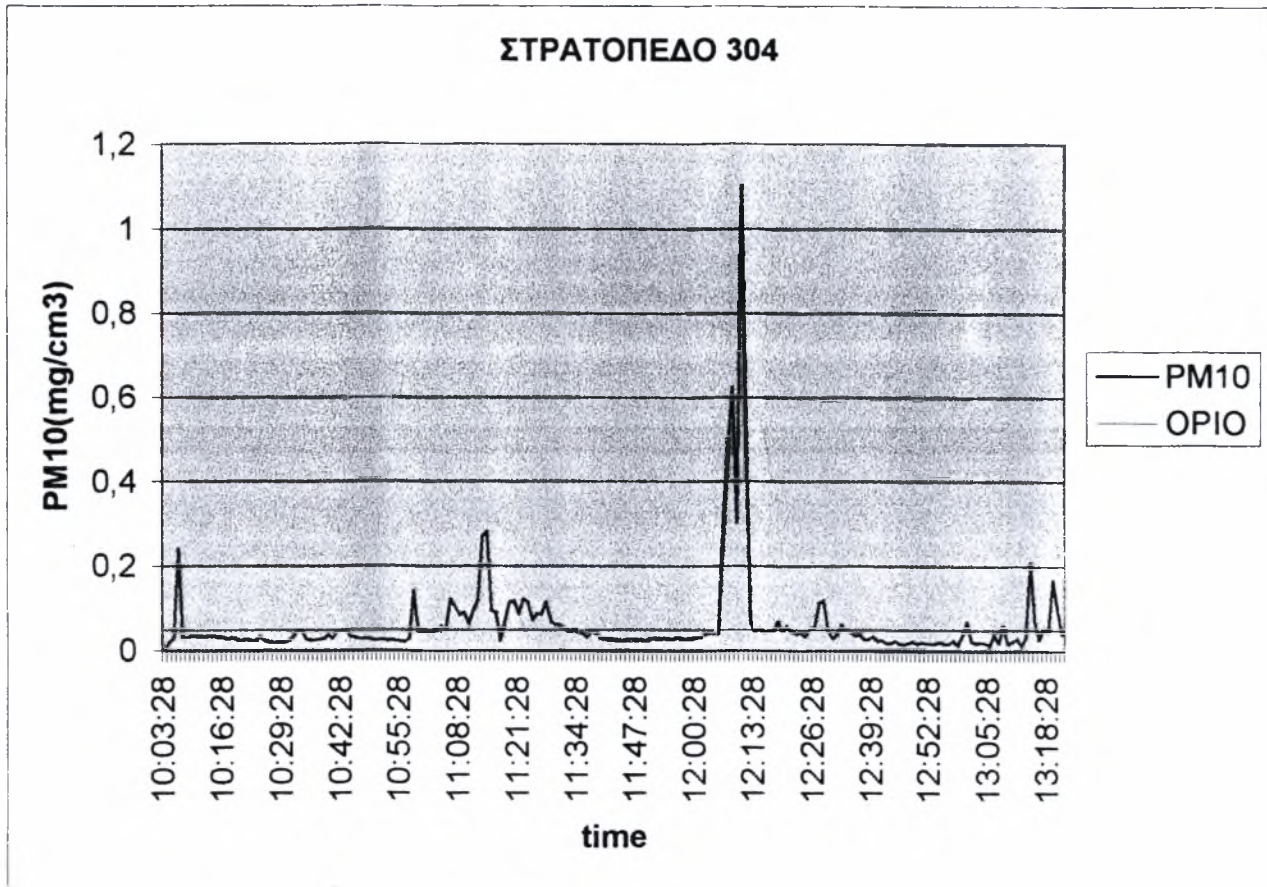
μονοξειδίου του άνθρακα καίγοντας καυσαέρια. Στις 10:10 και 10:16 παρουσιάστηκαν ρεύματα αέρα που μπορεί να επηρέασαν τις μετρήσεις μας. Στη συνέχεια της διαδικασίας τροφοδοτείται με ασβέστη για την εξουδετέρωση του θείου. Στις 10:17 κλείνουν οι θύρες και στις 10:24 αρχίζει η τοποθέτηση στην ρευστομηχανική κλίνη με την καύση να διαρκεί 13 λεπτά. Το μετρητικό όργανο τοποθετείται δίπλα στο θάλαμο ψύξης και στις 11:04 παίρνει μέτρηση κατά την εξαγωγή των καλαθιών. 11:25 λαμβάνεται μέτρηση επάνω στην κλίνη. Η θερμοκρασία κατά το άνοιγμα της πόρτας είναι περίπου στους 400 C. Στις 12:05 ανοίγει η πόρτα κλίνης και στη συνέχεια μπαίνει το λάστιχο. Έτσι επαναλαμβάνεται η διαδικασία. Στις 12:13 βγαίνουν τα μέταλλα από το νερό και στις 12:25 μετράμε στη διαλογή μετάλλων. Τέλος στις 12:32 εγκαταλείπουμε το κτίριο. Συμπερασματικά βλέπουμε ότι οι τιμές των PM10 σε αυτήν την στρατιωτική μονάδα κινούνται πάνω κάτω στο επιτρεπόμενο όριο PM10 με εξαίρεση την τιμή 1,101 στις 12:10.

Σχήμα 5.24– Απεικόνιση των σημείων μέτρησης της συγκέντρωσης της σωματιδιακής ύλης





| | | | |
|----------------------------|-------------|----------------------|-------------------|
| Start Time: | 10:02:28 πμ | End of Time | 13:12:00 |
| Duration (dd:hh:mm:ss): | 00:03:19:00 | Number of points: | 199 |
| Average: | 0,062 | Units: | mg/m ³ |
| Minimum: | 0,005 | Maximum: | 1,101 |
| Time of Minimum: | 10:03:28 πμ | Time of Maximum: | 12:10:28 μμ |
| Celsius | - | RH% | - |



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1 ο βασικός σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η μέτρηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου και ο προσδιορισμός των πηγών ρύπανσης. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων της συγκέντρωσης της σωματιδιακής ύλης εξήχθησαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στην περιοχή του Βόλου ξεπέρασαν κατά πολύ τις οριακές μέσες συγκεντρώσεις που έχει ορίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση στις μετρήσεις μας όπως και στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από τη νομαρχία.
- Οι μέγιστες συγκεντρώσεις σωματιδίων παρατηρούνται σε σταθμούς με έντονο κυκλοφοριακό φόρτο. Αυτό αποτελεί μια ένδειξη που μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως το αυτοκίνητο συνεισφέρει σημαντικά στην παραγωγή αιωρούμενων σωματιδίων.
- Η ελάχιστη συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων παρατηρείται σε περιοχές μακριά από το κέντρο της πόλης αλλά και σε ώρες όπου η αστική δραστηριότητα είναι περιορισμένη. Υψηλές τιμές συγκεντρώσεων παρατηρούνται σε ώρες αιχμής δηλαδή 7:00 με 11:00 το πρωί σύμφωνα με τις δικές μας

μετρήσεις και 8:00 με 10:00 το βράδυ σύμφωνα με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από τους καθηγητές Ερρίκο Σταπουντζή και Αναστάσιο Σταματέλλο.

- Οι υψηλές θερμοκρασίες και η χαμηλή υγρασία ευνοούν τις υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων.
- Κύριες πηγές παραγωγής των αιωρούμενων σωματιδίων είναι τα πετρελαιοκίνητα οχήματα, οι μεγάλες και ειδικές βιομηχανίες (τσιμέντα κ.α.) και οι φυσικές πηγές εκπομπής (έδαφος, γύρη κ.α.). Αν θέλαμε να τα κατατάξουμε ανάλογα με συμμετοχή που έχει το καθένα θα λέγαμε ότι την μεγαλύτερη συνεισφορά στα εσπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια έχουν τα αυτοκίνητα με συνολική συμμετοχή 50%-60%, η σκόνη του δρόμου 15%-20% και η καύση πετρελαίου 8%-20%.
- Υψηλές συγκεντρώσεις καταγράψαμε και σε μετρήσεις που έγιναν σε κλειστούς χώρους (Δημοτικό, Κυλικείο). Η σωματιδιακή ρύπανση στους χώρους αυτούς οφείλεται κυρίως στην σκόνη των αιθουσών αλλά και στο καπνό του τσιγάρου.
- Παρατηρήσαμε από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην πόλη της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης ότι ήταν ιδιαίτερα υψηλές. Οι τιμές των συγκεντρώσεων PM10 που προέκυψαν από την παρούσα διπλωματική εργασία σε κάποια σημεία του Βόλου ήταν ανάλογες με τις μέγιστες τιμές σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη που έγιναν από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.
- Κοινό χαρακτηριστικό των τριών πόλεων ήταν ότι οι περιοχές με κυκλοφοριακό φόρτο παρουσίαζαν τις υψηλότερες τιμές αιωρούμενων σωματιδίων ενώ στις περιαστικές περιοχές εμφανίστηκαν οι χαμηλότερες τιμές αυτών. Επίσης και στις τρεις πόλεις οι μετρήσεις ήταν ιδιαίτερα ανησυχητικές αφού οι τιμές των PM10 ξεπερνούσαν κατά πολύ τα όρια που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Για την αντιμετώπιση από τα αιωρούμενα σωματίδια που είναι βλαβερά για τον άνθρωπο και το περιβάλλον προτείνονται τα εξής:

- Παρεμβάσεις τόσο στο αυτοκίνητο όσο και στις υπόλοιπες πηγές πρωτογενών σωματιδίων (ενίσχυση του θεσμού της Κάρτας Ελέγχου Καυσαερίων)
- Μείωση περιεκτικότητας σε θείο των καυσίμων και χρήση εναλλακτικών καυσίμων, λιγότερο βλαβερών προς το περιβάλλον.
- Κυκλοφοριακές ρυθμίσεις (π.χ. περιβαλλοντικές ζώνες όπου για να εισέλθουν οχήματα θα πρέπει να καλύπτουν συγκεκριμένες προδιαγραφές καυσαερίων)
- Πρέπει να γίνει προσπάθεια μετακίνησης και με άλλα μέσα.
- Προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας ώστε να έχουμε λιγότερους ρύπους προς το περιβάλλον.
- Να μην καπνίζουμε σε εσωτερικούς χώρους.
- Λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων μακριά από τις αστικές περιοχές και τακτικοί έλεγχοι της χρήσης φίλτρων για την μείωση της ρύπανσης.
- Αντικατάσταση του πετρελαίου θέρμανσης με το φυσικό αέριο, καύσιμο που είναι πιο φιλικό στο περιβάλλον.

-
- Δημιουργία μόνιμων σταθμών μέτρησης σε καίρια σημεία με καθημερινό δελτίο ρύπανσης για τον συνεχή έλεγχο των πηγών μόλυνσης.
 - Ενημέρωση των πολιτών για την σοβαρότητα του προβλήματος και την συνεισφορά τους στην αντιμετώπιση του. Πρέπει να ενημερώνουμε τον τοπικό τύπο όπως και τους εκλεγμένους αντιπροσώπους που υποστηρίζουν τη δράση για καθαρότερο αέρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Victor Streeter, E. Benjamin Wylie, "Μηχανική Ρευστών", 1999
- [2] Σταπουντζής Ε., "Σημειώσεις Μηχανικής Ρευστών ΙΙ", ΠΘ, ΤΜΜΒ, 2000
- [3] Σταπουντζής Ε., "Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων από Μετρήσεις", ΠΘ, ΤΜΜΒ, 2002
- [4] United States Environmental Protection Agency "Third External Review Draft of Air Quality Criteria for Particulate Matter (April, 2002)", Volume I, Volume II, 2002
- [5] Ted Russell "Particulate Matter Modeling: Including Nanoparticles" 2001
- [6] Sotiris Vardoulakis, Bernard E.A. Fisher, Koulis Pericleous, Norbert Gonzalez-Flesca "Modelling air quality in street canyons", σελ 155-182, 2002
- [7] European Environment Agency "Indicator Fact Sheet Signals 2001 - Air Pollution", 2001
- [8] Stedman JR "The Secondary Particle Contribution to Elevated PM₁₀ Concentrations in the UK", σελ. 87-93, 1998
- [9] Dockery DW et al "An Association Between Air Pollution and Mortality in Six US Cities", σελ. 1753-1759, 1993
- [10] C. Samara, Th. Kouimtzis, R. Tsitouridou, G. Kaniias, V. Simeonov "Chemical mass balance source apportionment of PM₁₀ in an industrialized urban area of Northern Greece", σελ 41-54, 2003
- [11] Hildemann, L.M., Markowski, "Chemical composition of emissions from urban sources of fine organic aerosol", Environmental Science and Technology 25, σελ 744-759, 1991

-
- [12] Samara C., Voutsas D., Kouimtzis Th., Bournis N., Tsani E., "Characterization of airborne particulate matter in Thessaloniki, Greece." Part I, σελ. 107-119, 1990.
- [13] Mihalis Lazaridis, Arne Semb and Øystein Hov, "Long-range transport of Aerosol Particles", σελ. 5-15, 1999
- [14] Arizona Department of Health Services, "Information Sheet: Fine Particulate Matter (PM 10)", Σεπτέμβριος 2000
- [15] U.S. Environmental Protection Agency, "Guidelines on Air Quality Models", EPA-450/2-78-027R. U.S. EPA, Research Triangle Park, NC, 1986
- [16] Εφημερίδα ΠΡΩΤΗ σελ. 9, 16.1.2003
- [17] Εφημερίδα ΒΗΜΑ ΤΗΣ ΚΥΡΙΑΚΗΣ σελ. Α34, 4.5.2003
- [18] Εφημερίδα ΑΠΟΨΕΙΣ σελ. 20, 9.11.2003
- [19] Εφημερίδα Θεσσαλία: <http://www.thessalia.gr/>
- [20] Κούγκολος Αθ. & Σαμαράς Π. "Τεχνολογία Βιομηχανικής Αντιρρύπανσης", σελ. 9-31, ΠΘ, ΤΜΜΒ, 2003
- [21] Περιοδικό ΤΕΕ, σελ. 45, 2.1.2003
- [22] Fourth External Review Draft of Air Quality Criteria for Particulate Matter, Volume I, Environmental Protection Agency, 2003.
- [23] Fourth External Review Draft of Air Quality Criteria for Particulate Matter, Volume II, Environmental Protection Agency, 2003.
- [24] Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας: <http://www.elinyae.gr/>
- [25] Environmental Protection Agency (EPA): <http://epa.gov/>
- [26] European Union (EU): <http://europa.eu.int/>

-
- [27] National Ambient Air Quality Standards (NAAQS):
<http://www.epa.gov/ttn/naaqs/>
- [28] National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): <http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html>
- [29] Occupational Safety and Health Administration (OSHA) of the U.S. Department of Labour (USDOL): <http://www.osha.gov/>



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074182

