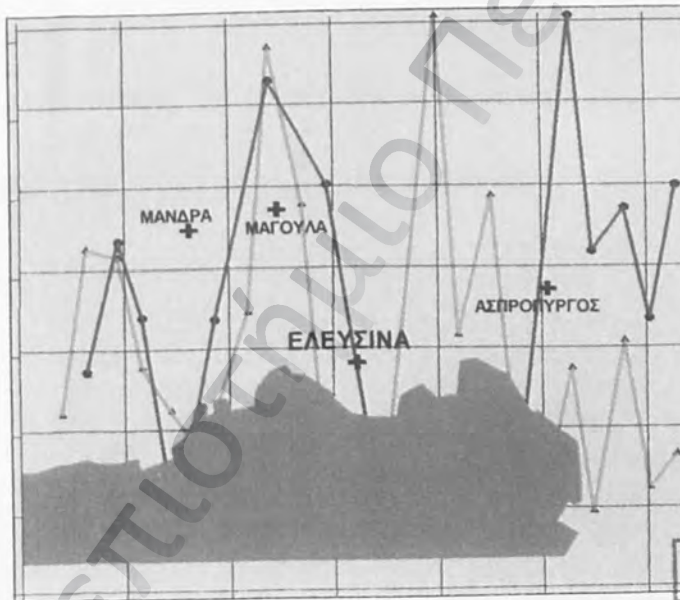


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ - ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

4

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΠΡΟΒΛΕΨΗ
ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ
ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΚΑΙ
ΤΟΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ
ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ



Διπλωματική Εργασία του
ΨΟΥΝΗ Ι. ΝΙΚΟΛΑΟΥ
Α.Μ.: 9823



00140601

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΟΣ	
ΑΡ.ΕΙΣ.	40601
ΟΟΜΡ.	24273 ή 227
ΤΑΞΙΝ.	363.73 40
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	

Επιβλέπουσα
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια
ΔΙΑΚΟΥΛΑΚΗ ΔΑΝΑΗ

ΑΘΗΝΑ - ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2002

1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο τμήμα Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας και Προστασίας του Περιβάλλοντος, υπό την καθοδήγηση και επίβλεψη της Αναπληρώτριας Καθηγήτριας κ. Δανάης Διακουλάκη και του Ερευνητή – Διδάκτορα κ. Γεωργίου Μαυρωτά.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Αναστάσιο Χρηστίδη (Δρ. Χημ. Μηχανικό) υπεύθυνο του Γραφείου Ελέγχου Ρύπανσης του Αναπτυξιακού Συνδέσμου Δήμων και Κοινοτήτων Θριασίου Πεδίου (ΑΣΔΚΘΠ) για την παραχώρηση του υλικού .

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελευσίνα είναι γνωστή από την αρχαιότητα γιατί υπήρξε ιερός τόπος τέλεσης μυστηρίων (Ελευσίνα μυστήρια).

Αποτελεί την πρωτεύουσα μιας ευρύτερης γεωγραφικής περιοχής που ονομάζεται Θριάσιο Πεδίο και αποτελείται από 3 Δήμους (Ελευσίνα, Ασπρόπυργος, Μάνδρα) και μία κοινότητα (Μαγούλα) σε απόσταση 20 km από την Αθήνα.

Αν και η συνολική έκταση των Δήμων καλύπτει μία εκτεταμένη περιοχή περίπου 344 Km², όλες οι δραστηριότητες έχουν αναπτυχθεί στην πεδινή έκταση των 100 Km².

Οι αστικές περιοχές καταλαμβάνουν 15 Km², οι βιομηχανίες 25 Km² και οι εκτάσεις που καλλιεργούνται 50 Km², ενώ άλλα 12 Km² καταλαμβάνει το στρατιωτικό αεροδρόμιο.

Η δασώδης έκταση περιλαμβάνει 120 Km² (στοιχεία του 1992).

Στην πεδινή έκταση των 100 Km² κατοικούν 60.000 κάτοικοι περίπου (ΕΣΥΕ 1991: 52831) και απασχολούνται 23.000 εργαζόμενοι.

Η πρώτη βιοτεχνική μονάδα ήταν το Σαπωνοποιείο Χαριλάου που ιδρύθηκε το 1875, ενώ το πρώτο τρένο πέρασε το 1884.

Την προπολεμική περίοδο υπήρχαν 10 αξιόλογες βιομηχανίες (Βότρυς-Τιτάν-Κρόνος κ.α.)

Η πρώτη διαμαρτυρία που αναφέρεται σε πρόβλημα ρύπανσης έχει καταγραφεί το 1930 και αφορούσε την τσιμεντόσκονη της Τιτάν - η βιομηχανία αυτή ιδρύθηκε το 1902 μέσα στον αρχαιολογικό χώρο και δημιούργησε την πρώτη σοβαρή καταστροφή της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Η ύπαρξη των βιομηχανιών σε συνδυασμό με τα ιδιαίτερα φυσικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής, διαμόρφωσε ένα σύνθετο πρόβλημα με αρκετές δυσκολίες στην επίλυσή του.

2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η μελετηθείσα περιοχή βρίσκεται δυτικά του Λεκανοπεδίου Αθηνών και σε απόσταση 20 Km περίπου, η δε λεκάνη απορροής φθάνει τα 500 Km².

Η εν λόγω περιοχή περικλείεται από τα βουνά: Αιγάλεω (ανατολικά), Πάρνηθα (βόρεια), Πατέρα (δυτικά) και προς νότο περιορίζεται από το Κόλπο της Ελευσίνας.

Η μορφολογία της περιοχής είναι στο μεγαλύτερο τμήμα της ομαλή, ελαφρώς κεκλιμένη προς την θάλασσα, με κλίση που δεν υπερβαίνει το 3%.

Περιφερειακά του λεκανοπεδίου αναπτύσσεται ανάγλυφο είτε λοφώδες, είτε ορεινό.

Η περιοχή διαρρέετε από πλήθος ρεμάτων, τα κυριότερα από τα οποία είναι: ο Σαρανταπόταμος, το ρέμα Αγίου Γεωργίου (Γιαννούλας), το ρέμα “Μεγάλο Κατερίνι”, το ρέμα “Μικρό Κατερίνι”, το ρέμα “Σούρες”, το ρέμα “Στενόν”, το ρέμα “Τσαβαρδέλλα” και το ρέμα δυτικά του Ασπροπύργου (ρέμα Γουρούνας).

Η περιοχή είναι γνωστή για την συγκέντρωση βιομηχανιών, κυρίως διυλιστηρίων πετρελαίου, χαλυβουργιών, βιομηχανιών μεταλλικών κατασκευών, χημικών βιομηχανιών, βιομηχανιών προϊόντων μη μεταλλικών ορυκτών υλών και τσιμεντοβιομηχανιών.

Ένα σημαντικό ποσοστό των κατοίκων σήμερα απασχολείται στις βιομηχανίες.

Παρ'όλο που η γεωργία παίζει πλέον δευτερεύοντα ρόλο για την περιοχή, υπάρχουν ακόμη σημαντικής έκτασης καλλιέργειες ελαιόδενδρων, καθώς και κηπευτικών που διατίθενται στην αγορά.

Τα γεωγραφικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία αυτή παραχωρήθηκαν από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, το Γραφείο Ελέγχου Ρύπανσης του Αναπτυξιακού Συνδέσμου Δήμων και Κοινοτήτων Θριασίου Πεδίου (ΑΣΔΚΘΠ) και από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία.

2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΘΡΙΑΣΙΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

- Οι βιομηχανίες έχουν αναπτυχθεί σε επαφή με τους οικισμούς κυρίως στην Ελευσίνα και στον Ασπρόπυργο.
- Έχουν αυξηθεί σοβαρά οι κίνδυνοι καταστροφικού ατυχήματος ολόκληρης της περιοχής.
- Οι αγροτικές καλλιέργειες υποβαθμίζονται συνεχώς.
- Διασχίζεται από δύο εθνικές οδούς και μία σιδηροδρομική γραμμή που διασπών την συνέχεια των οικισμών.
- Εξορύσσονται αδρανή υλικά από 9 μεγάλα λατομεία. Από αυτά, τα 6 λατομεία λειτουργούν στο Ποικίλο όρος και τα 3 σε μοναδικές, από πλευράς φυσικού κάλους, περιοχές πρασίνου που διαθέτει το Θριάσιο - και εντός του Εθνικού Δρυμού της Πάρνηθας - στις θέσεις Αγία Σωτήρα, Ξηρόρεμα και Καμάρι.
- Στις 13 προβλήτες της ακτής διακινούνται σε ετήσια βάση εμπορεύματα από 5500 πλοία με βάρος 2,5 φορές μεγαλύτερο του ΟΛΠ (στοιχεία του 1992).
- Από τα 15 χλμ ακτών, τα 12 έχουν καταληφθεί από λιμενικές δραστηριότητες των βιομηχανιών - βιοτεχνιών.
- Έχουν επιχωματωθεί με μεταλλουργικές σκουριές και αδρανή υλικά 1000 στρέμματα θάλασσας.
- Στα όρια του Θ.Π. λειτουργεί η χωματερή Άνω Λιοσίων (συνιδιοκτησία με τον Ασπρόπυργο), για την ταφή 1 εκ. τόνων οικιακών απορριμμάτων και 23.000 τόνων τοξικών και ελαιωδών βιομηχανικών αποβλήτων το χρόνο.
- Η λίμνη Κουμουνδούρου υποβαθμίζεται και καταστρέφεται συστηματικά, αν και αποτελεί την μόνη φυσική λίμνη της Αττικής.

Στοιχεία οδικού δικτύου

Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι με στοιχεία του 1992 σε ετήσια βάση διέρχονται μέσω της ΝΕΟΑΚ 9,5 εκατομμύρια οχήματα και μέσω της ΠΕΟΑΚ 2,5 εκατομμύρια οχήματα. δηλαδή συνολικά 12 εκατομμύρια οχήματα (85% ΕΙΧ και 10% λεωφορεία και φορτηγά). Άλλα 10 εκατ. οχήματα εισέρχονται και εξέρχονται χωρίς να διαπεράσουν το Θριάσιο (Κόμβος Σκαραμαγκά, Λεωφόρος ΝΑΤΟ). Επίσης υπολογίζεται ότι κινούνται τοπικά άλλα 8 εκατομμύρια οχήματα.

Έτσι η εκτίμηση για την συνολική κίνηση οχημάτων στο Θριάσιο Πεδίο υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 30 εκατομμύρια οχήματα τον χρόνο. Η συνεισφορά σε ρύπους (κυρίως NO_2) που εκπέμπουν τα οχήματα αυτά θεωρείται αρκετά σημαντική.

Στόχος της παρούσης εργασίας για την περιβαλλοντικά επιβαρυνόμενη περιοχή του Θριασίου Πεδίου και για την αντιμετώπιση επεισοδίων ρύπανσης για την πόλη της Ελευσίνας, είναι η προσπάθεια για την δημιουργία ενός μοντέλου πρόβλεψης των μεγίστων συγκεντρώσεων των NO_x και του O_3 . Τα δεδομένα προέρχονται από μετρήσεις που πραγματοποιεί το Γραφείο Ελέγχου Ρύπανσης και Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΓΕΡΠΠΕ), αφορούν την πόλη της Ελευσίνας και καλύπτουν την χρονική περίοδο 1993-1999. Για την επαλήθευση και την αξιοπιστία πρόβλεψης των μοντέλων χρησιμοποιούνται οι μετρήσεις του έτους 2000.

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ							
	1920	1940	1951	1961	1971	1981	1991
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	3248	9154	11190	15527	18535	20320	23041
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ	2730	4880	5855	8162	11183	12541	15405
ΜΑΝΔΡΑ	4011	3410	3908	5503	8042	8804	11642
ΜΑΓΟΥΛΑ	558	458	432	675	1214	1915	2743
ΣΥΝΟΛΟ	10727	17902	21385	29867	38974	43580	52831



Στοιχεία πληθυσμού (Πίνακας επάνω και Διάγραμμα κάτω) για το Θριάσιο Πεδίο.

Εξέλιξη του πληθυσμού στο Θριάσιο Πεδίο.

Ο πληθυσμός παρουσιάζει μια συνεχή αύξηση, με μεταβαλλόμενους όμως ρυθμούς. Το 1922 εγκαθίστανται στην Ελευσίνα πρόσφυγες από την Μικρά Ασία. Την δεκαετία 51/61 η βιομηχανική δραστηριότητα συγκεντρώνει εργαζόμενους από όλη την Ελλάδα. Ταχύτερους ρυθμούς αύξησης του πληθυσμού μετά το 1971 παρουσιάζει η Μαγούλα και η Μάνδρα με την δημιουργία εργατικών κατοικιών στα όριά της με την Ελευσίνα. Την δεκαετία 81/91 ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού διπλασιάζεται, γιατί ιδρύθηκε πλήθος μικρών μονάδων διάσπαρτων στο Θριάσιο Πεδίο με ανάλογη συγκέντρωση εργαζομένων που μεταναστεύουν από όλη την Ελλάδα. Παράλληλα σε περιοχές του Δήμου Ασπροπύργου εγκαθίστανται Έλληνες παλινοστούντες, προερχόμενοι κυρίως από περιοχές της πρώην ΕΣΣΔ. Σημαντικός είναι και ο αριθμός των ξένων μεταναστών που ζούν και εργάζονται στην περιοχή. Από το σύνολο των απασχολούμενων στο Θριάσιο, μόνο το 45% είναι μόνιμοι κάτοικοι των ΟΤΑ του Θριασίου.

3. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

3.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

Η ρύπανση του περιβάλλοντος στο Θ.Π. προέρχεται από την βιομηχανική δραστηριότητα ενώ στο Λεκανοπέδιο Αθηνών (Λ.Α.) από την αστική ζωή.

Οι ρύποι οξείδια του αζώτου (NO_x) και υδρογονάνθρακες (C_xH_y) που εκπέμπονται από τα 30 εκατ. οχήματα που διακινούνται το χρόνο στο Θ.Π. αντιστοιχούν στο 15% περίπου των εκπομπών από τις βιομηχανίες.

Οι βιομηχανίες του Θ.Π. καταναλώνουν το 52,3% της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου από τις βιομηχανίες της Αττικής. Οι βασικοί ρύποι που οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες είναι: SO_2 , NO_x , O_3 , THC , και TSP .

Διοξείδιο του Θείου SO_2

Κυρία πηγή του SO_2 είναι η καύση πετρελαίου για την θέρμανση των κτιρίων και οι βιομηχανικές δραστηριότητες. Ο χρόνος του SO_2 στην ατμόσφαιρα είναι περίπου 4 ημέρες.

3.2 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO_x) - ΟΖΟΝ (O_3) - ΦΩΤΟΛΥΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ NO_2 .

Στο γενικό τύπου NO_x περιλαμβάνονται τα δύο κύρια οξείδια που είναι παρόντα στην ατμόσφαιρα, το οξείδιο του αζώτου NO και το διοξείδιο του αζώτου NO_2 .

Το διοξείδιο του αζώτου NO_2 είναι κυρίως δευτερογενούς προελεύσεως και παράγεται στην ατμόσφαιρα με χημικές αντιδράσεις του μονοξειδίου του αζώτου NO .

Κύριες πηγές είναι οι μηχανές εσωτερικής καύσης και μεγάλες στάσιμες μονάδες καύσης.

Ο φωτολυτικός κύκλος του NO_2 είναι μία σειρά από αλληλεπιδράσεις μεταξύ του ηλιακού φωτός (με μήκη κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας $\lambda < 380 \mu\text{m}$) και του NO_2 .

Τα βήματα αυτού του κύκλου είναι:

➤ Το NO_2 απορροφά υπεριώδη ακτινοβολία από τον ήλιο.

-
- Η απορροφηθείσα ενέργεια διασπά τα μόρια του NO_2 σε μόρια NO και άτομα οξυγόνου.
 - Το παραγόμενο ατομικό οξυγόνο είναι πολύ δραστικό.
 - Το ατομικό οξυγόνο αντιδρά με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο και παράγει O_3 σαν δευτερεύοντα ρύπο.
 - Το O_3 αντιδρά με NO και δίνει NO_2 και O_2 .

Το επιφανειακό όζον δεν πρέπει να συγχέεται με το όζον της στρατόσφαιρας, που μας προφυλάσσει από τις βλαπτικές ακτίνες του ήλιου. Το επιφανειακό όζον είναι ένας επικίνδυνος ρύπος. Μπορεί να ερεθίσει την μύτη και τον λαιμό και να προκαλέσει βήχα και πονοκέφαλο σε πολλούς ανθρώπους. Η έντονη άσκηση σε καταστάσεις επεισοδίων ρύπανσης, μπορεί να οδηγήσει σε επώδυνη ή δύσκολη αναπνοή. Τα παιδιά και τα άτομα με αναπνευστικά προβλήματα είναι τα πιο ευάλωτα. Το επιφανειακό όζον είναι το κύριο χαρακτηριστικό της φωτοχημικής αιθαλομίχλης και δεν εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα αλλά δημιουργείται από χημικές αντιδράσεις στον αέρα ανάμεσα στους υδρογονάνθρακες και στα οξείδια του αζώτου (NO_x). Υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος ευνοούνται από υψηλή ηλιοφάνεια, υψηλή θερμοκρασία και στατική αέρια μάζα. Οι συγκεντρώσεις του επιφανειακού όζοντος επηρεάζονται ισχυρά από τα μετεωρολογικά δεδομένα και γιαυτό παρουσιάζουν υψηλή μεταβλητότητα από χρόνο σε χρόνο.

Υδρογονάνθρακες (THC)

Οι υδρογονάνθρακες HC είναι πρωτογενείς ρύποι γιατί εισάγονται απευθείας στον αέρα από τις πηγές τους, όπως είναι η βιομηχανική δραστηριότητα (π.χ. διυλιστήρια) τα πρατήρια υγρών καυσίμων και οι ρύποι που οφείλονται στα αυτοκίνητα.

Ο αριθμός των υδρογονανθράκων που συμμετέχουν στην αέρια ρύπανση είναι μεγάλος.

Ανάλυση του αέρα αστικής περιοχής έδειξε 56 διαφορετικούς HC.

Οι υδρογονάνθρακες (HC) αντιδρούν με τέτοιο τρόπο ώστε ο κύκλος να μην ισορροπεί και NO μετατρέπεται σε NO₂ γρηγορότερα από ότι το NO₂ διασπάται σε NO και O.

Αυτό το γεγονός συνεπάγεται δημιουργία O₃ στην ατμόσφαιρα σαν δευτερεύοντα ρύπο.

Οι υδρογονάνθρακες HC έχουν την δυνατότητα να αντιδράσουν είτε με τα άτομα του O είτε με το O₃. Η αντίδραση μεταξύ O και HC είναι **108 φορές ταχύτερη** από αυτή μεταξύ O₃ και HC. Το προϊόν της αντίδρασης μεταξύ O και ενός HC είναι πολύ δραστικό και συμβολίζεται με RO₂ (ελεύθερες ρίζες).

Τα RO₂ αντιδρούν γρήγορα με το NO και παράγεται NO₂.

Έτσι το NO απομακρύνεται από τον κύκλο, ο συνήθης μηχανισμός για την απομάκρυνση του O₃ έχει εξαλειφθεί και η συγκέντρωση του O₃ στον αέρα αυξάνει.

Ο χρόνος παραμονής στην ατμόσφαιρα είναι 4 ημέρες.

Τα επίπεδα του NO_x και του O₃ ακολουθούν διάγραμμα εξέλιξης που σχετίζεται με την ημερήσια μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας και την κυκλοφορία των οχημάτων.

Ολικά Αιωρούμενα Σωματίδια (TSP)

Με τον όρο σωματίδια εννοούμε κάθε σώμα (υγρό ή στερεό) που βρίσκεται σε διασπορά και έχει διάμετρο μεγαλύτερη από 0,0002 μm και μικρότερη από 500 μm. Ο καπνός, η σκόνη, η ομίχλη, η αχλύς, η ιπτάμενη τέφρα θεωρούνται ως **αιωρούμενα σωματίδια**. Τα σωματίδια παραμένουν σε αιώρηση στην ατμόσφαιρα για μεγάλες χρονικές περιόδους, που καθορίζονται από το μέγεθος τους και το ειδικό τους βάρος. Από τις ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης σε σωματίδια, η καύση καυσίμων από στάσιμες πηγές συνεισφέρει το 1/3 της

ολικής συνεισφοράς. Οι βιομηχανικές διαδικασίες επίσης μετέχουν κατά το 1/3 της ολικής συνεισφοράς. Οι πηγές των αιωρούμενων σωματιδίων είναι:

1. **Φυσικές πηγές** - π.χ. θάλασσα, γύρη, πυρκαγιές κ.τ.λ..
2. **Βιομηχανική Δραστηριότητα** όπως για παράδειγμα η τέφρα και τα σωματίδια άνθρακα από καύσεις, η μεταλλουργία, τα δυλιστήρια, η βιομηχανία ορυκτών και οικοδομικών υλικών, η τσιμεντοβιομηχανία, οι χημικές βιομηχανίες και οι βιομηχανίες τροφίμων.
3. **Αστικές Δραστηριότητες.**

Ειδικά οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που ευθύνονται για την περιεκτικότητα των αιωρούμενων σωματιδίων σε **βαριά μέταλλα** είναι:

1. Στάσιμες εστίες καύσης.
2. Βιομηχανίες παραγωγής μετάλλων.
3. Παραγωγή τσιμέντου.
4. Μηχανές εσωτερικής καύσης.
5. Μονάδες αποτέφρωσης απορριμμάτων.

Όλες οι παραπάνω δραστηριότητες απαντώνται στην ευρύτερη περιοχή του Θριασίου Πεδίου.

4. ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Δίκτυο Μετρήσεων Ποιότητας της Ατμόσφαιρας.

Το δίκτυο μετρήσεων του Γραφείου Ελέγχου Ρύπανσης και Ποιότητας Περιβάλλοντος (Γ.Ε.Ρ.Π.Π.Ε.) του Αναπτυξιακού Συνδέσμου Δήμων και Κοινοτήτων Θριάσιου Πεδίου διαθέτει (κατά το έτος 2001) τέσσερεις Σταθμούς Ελέγχου Ρύπανσης (Σ.ΕΛΕ.Ρ.) για την μέτρηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων. Ο σταθμός ενδιαφέροντος βρίσκεται τοποθετημένος από το 1993 στο Δημοτικό Parking Ελευσίνας, σε απόσταση 1000 m από την θάλασσα και έχει κωδική ονομασία Σ20. Τα στοιχεία και για τους δύο εξεταζόμενους ρύπους καλύπτουν μία χρονική περίοδο επτά ετών 1993-1999.

Ο ακίνητος ΣΕΛΕΡ πραγματοποιεί μετρήσεις από το 1993 και βρίσκεται εγκατεστημένος στην θέση Δημοτικό Parking Ελευσίνας (κωδικός Σ20).

Ο κινητός ΣΕΛΕΡ πραγματοποιεί μετρήσεις από το 1985 σε 22 επιλεγμένες θέσεις. Οι θέσεις δειγματοληψίας και μετρήσεων του κινητού Σ.ΕΛΕ.Ρ. καλύπτουν όλο το Θριάσιο Πεδίο (οικιστικό ιστό και βιομηχανική περιοχή). Μέχρι και το 1992 ο κινητός σταθμός πραγματοποιούσε σε κάθε θέση μετρήσεις για ένα μήνα. Από το 1993, που άρχισαν μετρήσεις και με το δεύτερο σταθμό, ο ένας παραμένει σε μια σταθερή θέση και ο άλλος μετακινείται ανά έτος. Και στους δύο σταθμούς τα στοιχεία από τα όργανα στέλνονται ανά 30 sec και καταγραφή των μέσων τιμών ανά 1h σε ένα υπολογιστή που βρίσκεται μέσα στον κάθε σταθμό. Το πρόγραμμα του υπολογιστή υπολογίζει και εκτυπώνει τις μέσες ωριαίες τιμές καθώς και τις μέσες 24h τιμές και τις μέγιστες και ελάχιστες ωριαίες τιμές του 24h. Για τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές εκτυπώνεται η ώρα στην οποία συνέβησαν καθώς και οι μετεωρολογικές συνθήκες.

α/α	Θέσεις μετρήσεων κινητού Σ.ΕΛΕ.Ρ. - Περιγραφή Θέσεως
1	ΠΛΑΤΕΙΑ ΗΡΩΩΝ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ
2	ΣΥΜΙΑΚΑ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ
3(=21)	ΕΡΓΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ ΜΑΝΔΡΑΣ
4	ΠΛΑΤΕΙΑ ΜΑΝΔΡΑΣ (ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ)
5	ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΜΑΓΟΥΛΑΣ
6	ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ
7	ΠΑΡΑΛΙΑ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ
8	ΓΗΠΕΔΟ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ
9	ΠΑΡΑΔΕΙΣΟΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ (9ο ΔΗΜ.ΣΧΟΛ.)
10	ΠΑΡΑΛΙΑ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ
11	ΠΛΑΤΕΙΑ ΝΕΟΛΑΙΑΣ ΑΝΩ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ
12	ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΑ Δ.ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ
13	ΝΕΟΚΤΙΣΤΑ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ
14	ΤΕΛΩΝΕΙΟ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ
15	ΚΑΛΥΜΠΑΚΙ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ
16	ΚΟΜΒΟΣ Ν.Ε.Ο.Α.Κ.-ΕΛ.ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ
17	ΜΠΛΟΚΟ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ (ΚΛΕΙΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΤΗΡΙΟ)
18	ΧΩΜΑΤΕΡΗ ΜΑΝΔΡΑΣ (ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ Δ.Μ.)
19	ΠΛΑΤΕΙΑ ΚΟΥΝΤΟΥΡΙΩΤΩΝ ΜΑΝΔΡΑΣ
20	ΔΗΜΟΤΙΚΟ PARKING ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ
22	ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ
30	ΝΕΑ ΠΕΡΑΜΟΣ

Μέθοδοι μέτρησης ατμοσφαιρικών ρύπων.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι μέθοδοι μέτρησης των ατμοσφαιρικών ρύπων και οι τύποι οργάνων, που χρησιμοποιούνται στους δύο Σταθμούς Ελέγχου Ρύπανσης (Σ.ΕΛΕ.Ρ.) του Αναπτυξιακού Συνδέσμου Δήμων και Κοινοτήτων Θριασίου Πεδίου.

ΡΥΠΟΣ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
SO ₂	Υπεριώδης φθορισμός
NO _x	Χημειοφωταύγεια
HC	Ανίχνευση ιονισμού φλόγας
O	Απορρόφηση υπεριώδους
TSP	Απορρόφηση ακτινοβολίας β

Όργανο Μέτρησης	Περιοχή Μέτρησης	Όριο ανίχνευσης	Zero Drift	Span Drift	Επαναληπτικότητα
APSA-300E-SO ₂ (Horiba) 4108-SO ₂ (Dasibi)	0 - 5 ppm 0 - 2 ppm	0,01 ppm 0,001 ppm	± 0,01 ppm 0 (Auto Zero)	±2% FS/24h <± 0,5 % / week	0,01 ppm 0,001 ppm
APNA-300E-NO _x (Horiba) 2108-NO _x (Dasibi)	0 - 2 ppm 0 - 4 ppm	0,004 ppm 0,002 ppm	± 0,004 ppm 0 (Auto Zero)	±2% FS/24h ±1%FS/24h	0,004 ppm ±1%
APHA-300E-HC (Horiba) TNMH 450 (Dani)	0 - 50 ppm 0 - 100 ppm	0,1 ppm 0,01 ppm	±0,1 ppm C <0,01 ppm/1 2h	±2% FS/24h < 0,02 ppm	±1% FS/24h 0,03 ppm
APOA-300E-O ₃ (Horiba) 1008RS O ₃ (Dasibi)	0 - 2 ppm 0 - 1 ppm	0,01 ppm 0,001 ppm	±0,01 ppm 0	±2% FS/24h 0	0,01 ppm 0,001 ppm
FH62.I - TSP (FAG) 7001 - TSP (Dasibi)	0,005-24 mg/m ³ 0 - 10 mg/m ³				

Οι περιοχές μέτρησης των μετεωρολογικών οργάνων των Σ.ΕΛΕ.Ρ. είναι :

Ταχύτητα ανέμου	0-40 m/sec
Διεύθυνση ανέμου	0-360 ⁰
Θερμοκρασία	(-10)-(+50) ⁰ C
Υγρασία	0-100%

Ένας από τους παράγοντες που ευθύνονται για την αυξημένη ρύπανση της περιοχής, είναι το ποσοστό (%) που εμφανίζουν οι άπνοιες, που για τους μήνες από Νοέμβριο έως και Μάιο υπερβαίνει το 40%, σε αντίθεση με το ποσοστό που εμφανίζουν κατά τους μήνες Ιούνιο έως και Οκτώβριο, που είναι μικρότερο του 38%.

Ο μήνας με το μεγαλύτερο ποσοστό άπνοιας είναι ο Νοέμβριος (50,8%) και ο μήνας με το μικρότερο ποσοστό άπνοιας είναι ο Ιούλιος (23%).

Η κύμανση που εμφανίζουν οι άπνοιες, συνδυάζεται πολύ καλά με τις υψηλές ημερήσιες και ωριαίες συγκεντρώσεις που παρατηρούνται για το ρύπο **NOx** τους ψυχρούς μήνες (δηλ. από Νοέμβριο έως και Απρίλιο).

Γενικά μειωμένη ρύπανση έχουμε για ταχύτητες ανέμου $V_{αέρα} > 4 \text{ m/sec}$, όπως υποδεικνύουν και άλλες μελέτες που αφορούν την ευρύτερη περιοχή.

Η κύμανση που εμφανίζουν οι άπνοιες συνδυάζεται πολύ καλά με τις υψηλές ημερήσιες και ωριαίες συγκεντρώσεις που παρατηρούνται για του ρύπου SO₂, NO₂, τους ψυχρούς μήνες και για το O₃ τους θερμούς μήνες.

Το ύψος των αναστροφών είναι:

- Χαμηλότερο από το ύψος κορυφής του χαμηλότερου λόφου που περιβάλλει την ευρύτερη περιοχή του Θριασίου Πεδίου και του Κόλπου της Ελευσίνας.
- Συγκρίσιμο με το ύψος των υψηλότερων καμινάδων των μεγάλων βιομηχανιών π.χ. ΧΑΛΥΨ, ΕΛΔΑ, ΤΙΤΑΝ, ΠΙΕΤΡΟΛΑ κ.τ.λ..

Αυτό έχει σαν συνέπεια την παγίδευση των ρύπων σε χαμηλό ύψος και τις υψηλές τιμές ημερήσιες ή ωριαίες που καταγράφονται για τους διάφορους ρυπαντές.

5. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

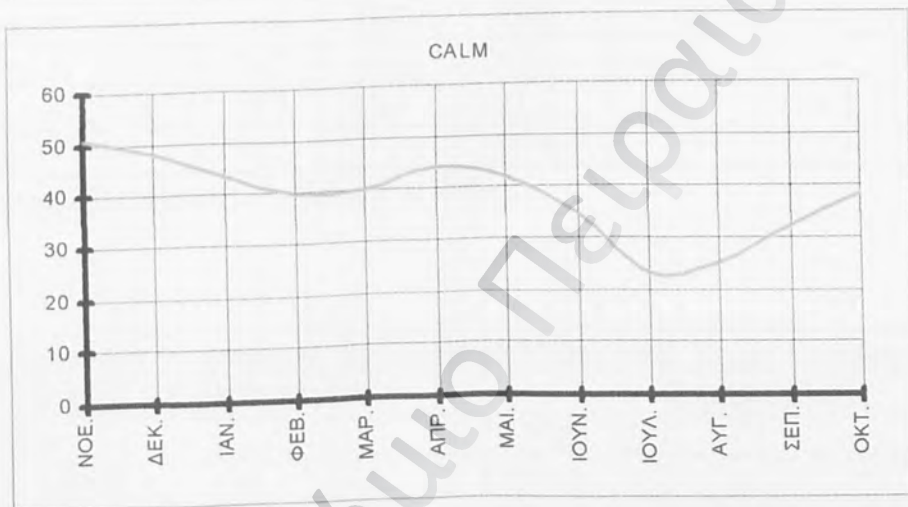
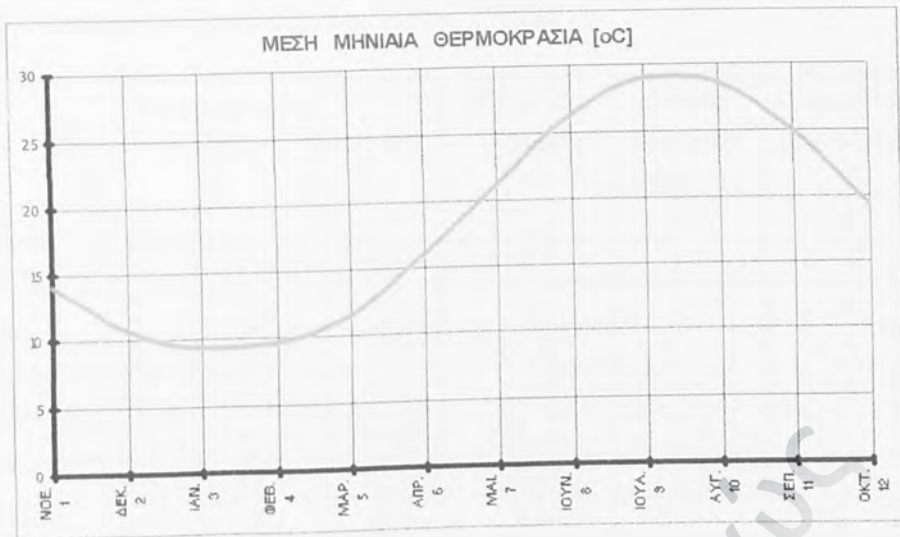
Μετεωρολογικά Δεδομένα του Θριασίου Πεδίου

Τα μετεωρολογικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν σ' αυτήν την εργασία δόθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Διεύθυνση Κλιματολογίας - Τμήμα Στατιστικής) και αντλήθηκαν από την Κλιματολογική Βάση Δεδομένων DATCLIM. Η χρησιμοποίησή τους έγινε για να έχουμε μια πληρέστερη αντίληψη των επικρατούντων μετεωρολογικών συνθηκών.

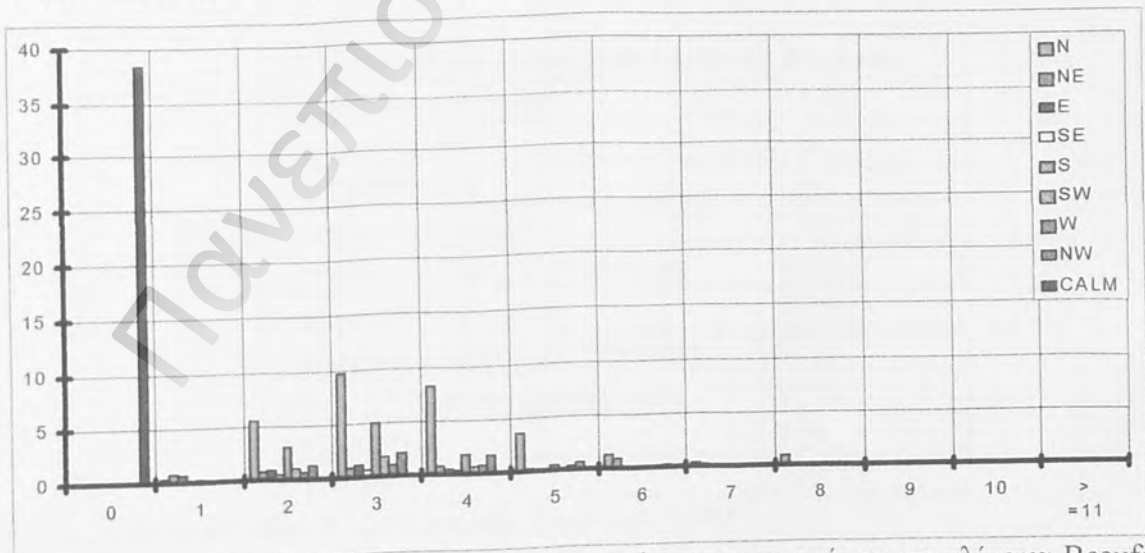
Ο σταθμός της Ελευσίνας έχει κωδικό αριθμό 718, βρίσκεται εγκατεστημένος στο στρατιωτικό αεροδρόμιο, με πλάτος $38^{\circ} 04' N$, μήκος $23^{\circ} 33' E$ και ύψος βαρομέτρου 31.1 μέτρα.

Τα μετεωρολογικά στοιχεία ήταν :

- 1) Η μέση θερμοκρασία μηνός για τα έτη 1958 έως 1996 σε $[^{\circ}C]$.
- 2) Η μέση μέγιστη και η μέση ελάχιστη θερμοκρασία μηνός σε $[^{\circ}C]$.
- 3) Η μέση συχνότητα (%) της διεύθυνσης και ταχύτητας του ανέμου σε κλίμακα Beaufort από παρατηρήσεις στις 06H, 12H και 18H GMT.
- 4) Η σχετική υγρασία σε ποσοστό (%).
- 5) Η μέση νέφωση σε όγδοα.
- 6) Η συνολική βροχόπτωση σε [mm].
- 7) Η μέγιστη βροχόπτωση 24h σε [mm].



Ετήσια κύμανση της θερμοκρασίας στη περιοχή του Θριασίου Πεδίου (επάνω) και η κύμανση για τις άπνοιες την ψυχρή (Νοε-Απρ) και θερμή (Μαι-Οκτ) εποχή (κάτω).



Μέση συχνότητα [%] της διεύθυνσης και ταχύτητας του ανέμου σε κλίμακα Beaufort όπως καταγράφονται από τον σταθμό της ΕΜΥ στην Ελευσίνα.

Οι άπνοιες κυριαρχούν με συντριπτικό ποσοστό!

Στοιχεία Κλίματος Θριασίου Πεδίου (1958 - 1992)

Μήνας	Θερμοκρασία (°C)			Σχετική Υγρασία (%)	Μέση Νέφωση (όγδοα)	Βροχόπτωση (mm)	
	Μεγίστη - Μέση - Ελάχιστη					Συνολική - Μέγιστη 24h	
Ιανουάριος	9,2	13	5,4	72,5	4,7	44,1	49,2
Φεβρουάριος	9,7	13,6	5,6	70,7	4,7	41,3	61
Μάρτιος	12	16	7,3	68	4,5	41,9	51,6
Απρίλιος	16	20,2	10,2	61,9	4	26,6	51,1
Μάιος	21,3	25,6	14,8	54,4	3,2	19,5	38,8
Ιούνιος	26,1	30,5	19,3	47,4	2,1	9,4	35,9
Ιούλιος	28,6	32,9	22,2	43,6	1,1	6,1	36
Αύγουστος	28,2	32,6	22,1	45	1	5,3	45,5
Σεπτέμβριος	24,3	28,8	18,7	53,3	1,8	12	33,5
Οκτώβριος	19	23,2	14,5	63,3	3,2	44	83,3
Νοέμβριος	14,6	18,7	10,5	71,4	4,1	59,8	90,5
Δεκέμβριος	11	14,7	7,2	73,4	4,7	64,5	65,5

(Πηγή: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 1995)

Κατανομή Πληθυσμού του Θριασίου Πεδίου ανά Δήμο / Κοινότητα	
ΔΗΜΟΣ ή ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	22793
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ	17715
ΜΑΝΔΡΑ	11343
ΜΑΓΟΥΛΑ	2663

(Πηγή: Απογραφή Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας 1991)

Μορφωτικό επίπεδο πληθυσμού στο Θριάσιο	
Έχουν Μεταπτυχιακό	0,1 %
Πτυχιούχοι ΑΕΙ	3 %
Πτυχιούχοι ΤΕΙ	1 %
Φοιτούν στη 3βάθμια	2 %
Απόφοιτοι Μέσης Εκπαίδευσης	19 %
Απόφοιτοι Γυμνασίου	11 %
Απόφοιτοι Βασικής Εκπαίδευσης	42 %
Χωρίς Στοιχειώδη Εκπαίδευση	12 %
Αγράμματοι	9 %
ΣΥΝΟΛΟ	100 %

(Πηγή: Απογραφή Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας 1991)

Κατανομή πληθυσμού Θριασίου ανά κλάδο απασχόλησης	
ΚΛΑΔΟΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ %
Γεωργία, κτηνοτροφία, θήρα, δασοκομία και αλιεία.	9.5
Ορυχεία και λατομεία.	0.5
Μεταποιητικές βιομηχανίες.	23.8
Παροχή ηλεκτρισμού ρεύματος, φυσικού αερίου και νερού.	0.6
Κατασκευές.	10.1
Εμπόριο, επισκευές, ξενοδοχεία και εστιατόρια.	15.1
Μεταφορές, αποθήκευση και επικοινωνίες.	7.9
Ενδιάμεσοι χρηματοπιστωτικοί οργανισμοί.	1.1
Λοιπές Υπηρεσίες.	15.1
“Νέοι”.	5.2
Δεν δήλωσαν κλάδο οικονομικής δραστηριότητας.	11.1
Σύνολο	100

(Πηγή: Απογραφή Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας 1991)

ΚΩΔΙΚΟΣ Ε.Σ.Υ.Ε.	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ
01	ΓΕΩΡΓΙΑ
02	ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ
14	ΛΑΤΟΜΕΙΑ
15	ΛΟΙΠΑ ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ - ΛΑΤΟΜΕΙΑ
20	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΕΙΔΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
21	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΟΤΩΝ
23	ΥΦΑΝΤΙΚΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ
24	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΕΙΔΩΝ ΥΠΟΔΗΣΕΩΣ, ΕΝΔΥΜΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΙΔΩΝ ΕΚ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ
25	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΞΥΛΟΥ ΚΑΙ ΦΕΛΛΟΥ
26	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΕΠΙΠΛΟΥ ΚΑΙ ΕΙΔΩΝ ΕΠΙΠΛΩΣΕΩΣ
27	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΧΑΡΤΙΟΥ
29	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΔΕΡΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΓΟΥΝΑΡΙΚΩΝ, ΕΚΤΟΣ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ ΕΝΔΥΣΕΩΣ ΚΑΙ ΥΠΟΔΗΣΕΩΣ
31	ΧΗΜΙΚΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ
32	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΑΝΘΡΑΚΟΣ
33	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΕΚ ΜΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΕΚΤΟΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΑΝΘΡΑΚΟΣ
34	ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΚΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ
35	ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΤΕΛΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΕΚ ΜΕΤΑΛΛΩΝ, ΕΚΤΟΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
36	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΩΝ, ΕΚΤΟΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΟΙΠΩΝ ΕΙΔΩΝ
37	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ, ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΛΟΙΠΩΝ ΕΙΔΩΝ
38	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ
39	ΛΟΙΠΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ
50	ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ
61	ΧΟΝΔΡΙΚΟ ΕΜΠΟΡΙΟ
62	ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ, ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ
64	ΛΙΑΝΙΚΟ ΕΜΠΟΡΙΟ
66	ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΑ ΚΑΙ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ
71	ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ
72	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΕΙΣ, ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ
83	ΔΙΕΚΠΕΡΑΙΩΣΕΙΣ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ
90	ΧΩΡΟΙ ΣΥΝΕΣΤΙΑΣΕΩΣ
93	ΣΧΟΛΕΣ ΕΝ ΓΕΝΕΙ
95	ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΚΑΙ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ
97	ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΑΝΑΨΥΧΗΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ
98	ΠΡΟΣΩΠΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ - ΛΟΙΠΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ

6. ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ

6.1 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ.

Πριν την ανάλυση των κατανομών των αέριων ρυπαντών πρέπει να αναφέρουμε τα παρακάτω στοιχεία για τις μετεωρολογικές συνθήκες, αλλά και τις ώρες που παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων.

Έτσι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις για τους ρύπους SO_2 , NO_x εμφανίζονται την ψυχρή περίοδο κατά την διάρκεια των μηνών Νοέμβριο έως και Απρίλιο, και με συνθήκες άπνοιας. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις για το Όζον (O_3) εμφανίζονται κατά τους θερμούς μήνες του έτους.

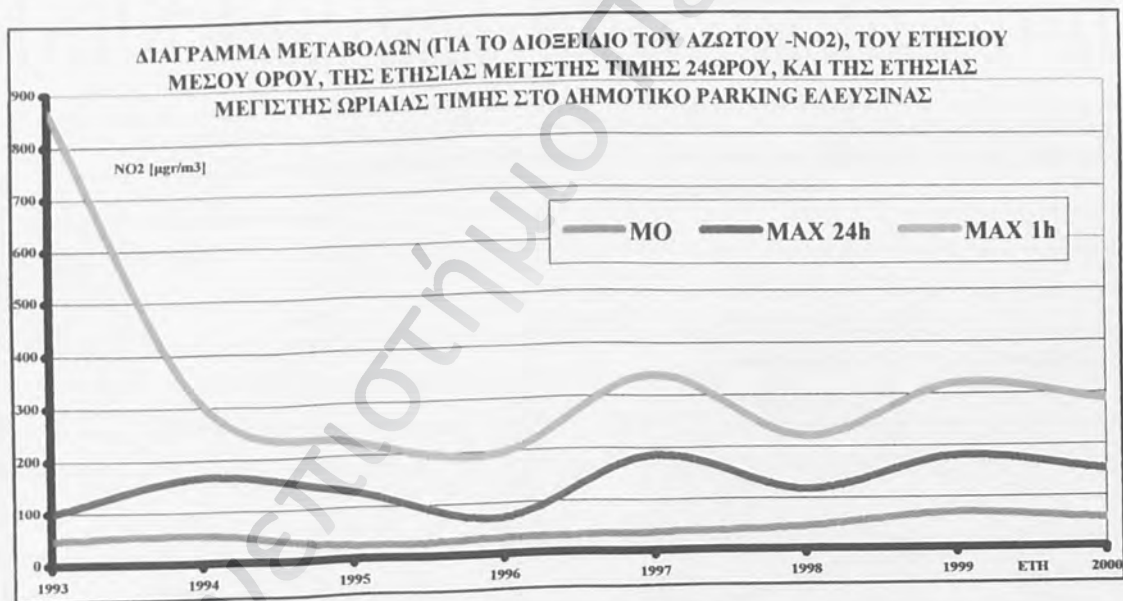
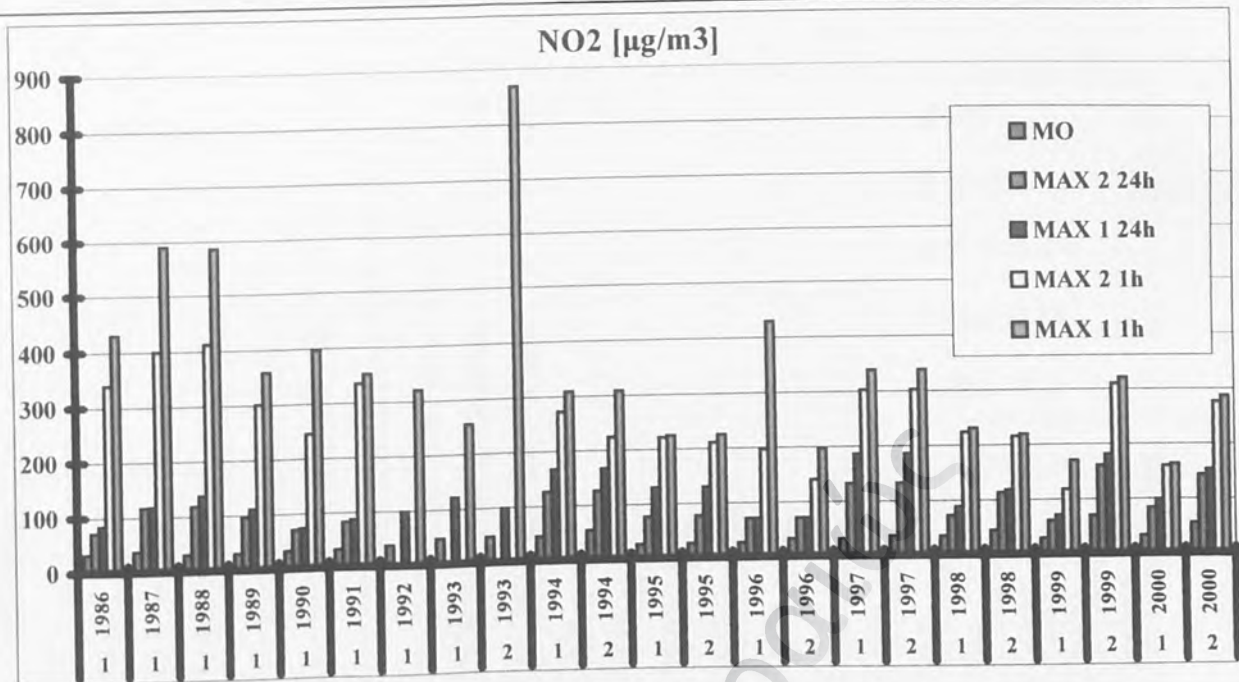
Όζον O_3

Το όζον σαν δευτερογενής ρύπος που είναι παρουσιάζει μία αρκετά διαφορετική κατανομή από αυτή των υπόλοιπων ρύπων και δεν ταυτίζεται άμεσα με κάποιες πηγές, είτε πρόκειται για βιομηχανική περιοχή είτε για το οδικό δίκτυο.

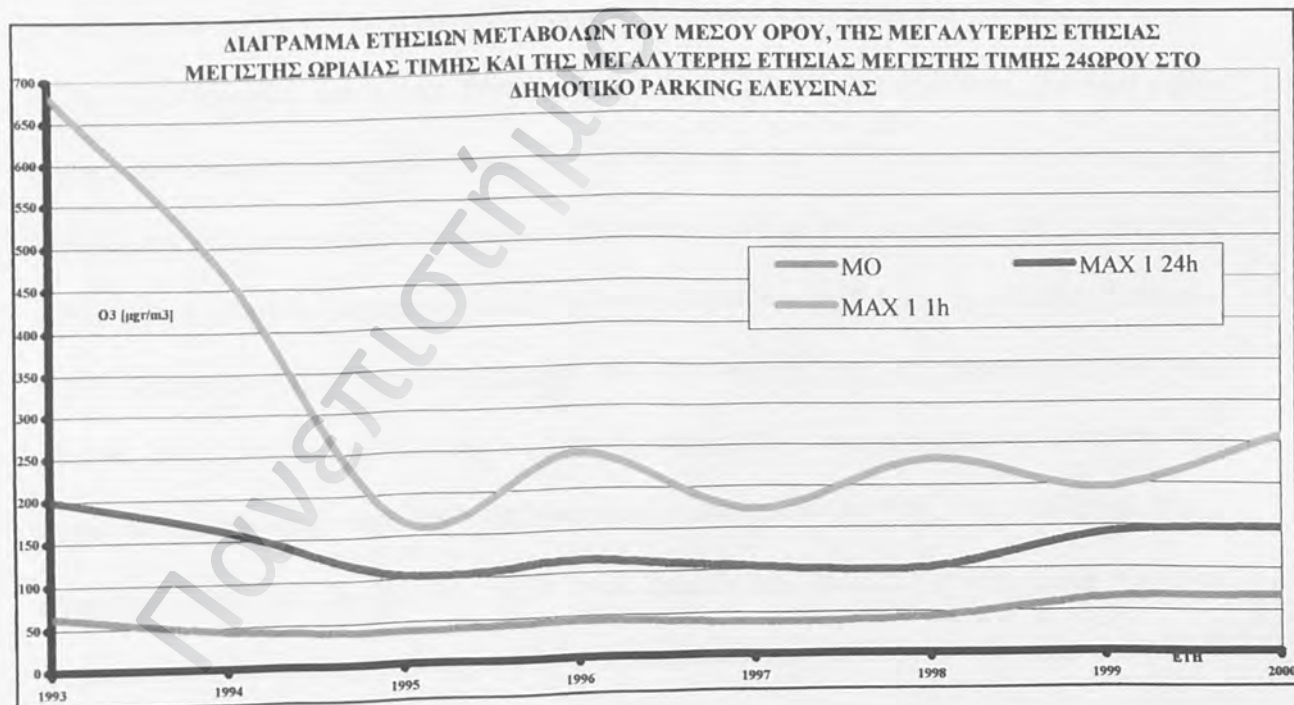
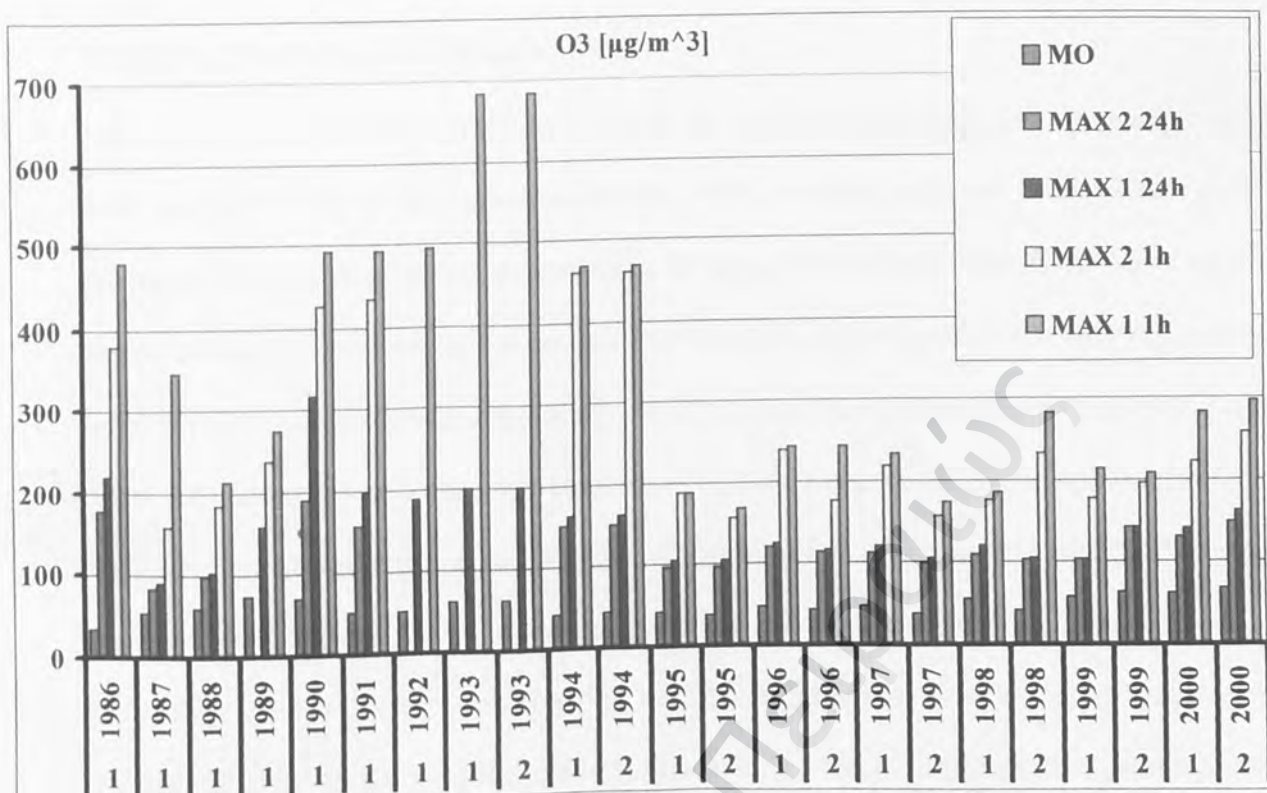
Ρόλο στην κατανομή του όζοντος παίζει ο προσανατολισμός του Θριασίου Πεδίου, Β.Α. - Ν.Δ. και η θαλάσσια αύρα που αναπτύσσεται και πνέει από Νότια - Ν.Δ. διεύθυνση.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι υψηλές τιμές να εντοπίζονται προς το κέντρο του Θ.Π..

Πίνακας με τα Όρια Εκτάκτων Μέτρων						
Ρύπος	Χρονική βάση (ώρες)	Όρια ΠΟΥ	Όρια ΠΕΡΠΑ (ΕΑΡΘ)	Στάδιο Προειδοποίησης	Στάδιο λήψης μέτρων Α! βαθμίδας	Στάδιο λήψης μέτρων Β! βαθμίδας
SO ₂ (μg/m ³)	1 ώρα	350		250	300	400
SO ₂ (μg/m ³)	24 ώρες	125	200	250	400	500
NO ₂ (μg/m ³)	1 ώρα	400	200	400	500	700
NO						
THC						
CH ₄						
NMHC						
H ₂ S (μg/m ³)	24 ώρες	150				
O ₃ (μg/m ³)	1 ώρα	150	180	250	300	500
TSP (μg/m ³)	24 ώρες		120		400;	600;



Διαγράμματα μεταβολών του Μέσου Όρου, των Μεγίστων Ημερήσιων και των Μεγίστων Ωριαίων τιμών των συγκεντρώσεων του Διοξειδίου του Αζώτου (NO₂) για την χρονική περίοδο 1986-2000 όπως μετρήθηκαν: από το δίκτυο των ΣΕΛΕΡ 1 και 2 (επάνω) και μόνο από τον ΣΕΛΕΡ 2 (κάτω), ο οποίος βρίσκεται μόνιμα εγκαταστημένος στη θέση Δημοτικό Parking Ελευσίνας.

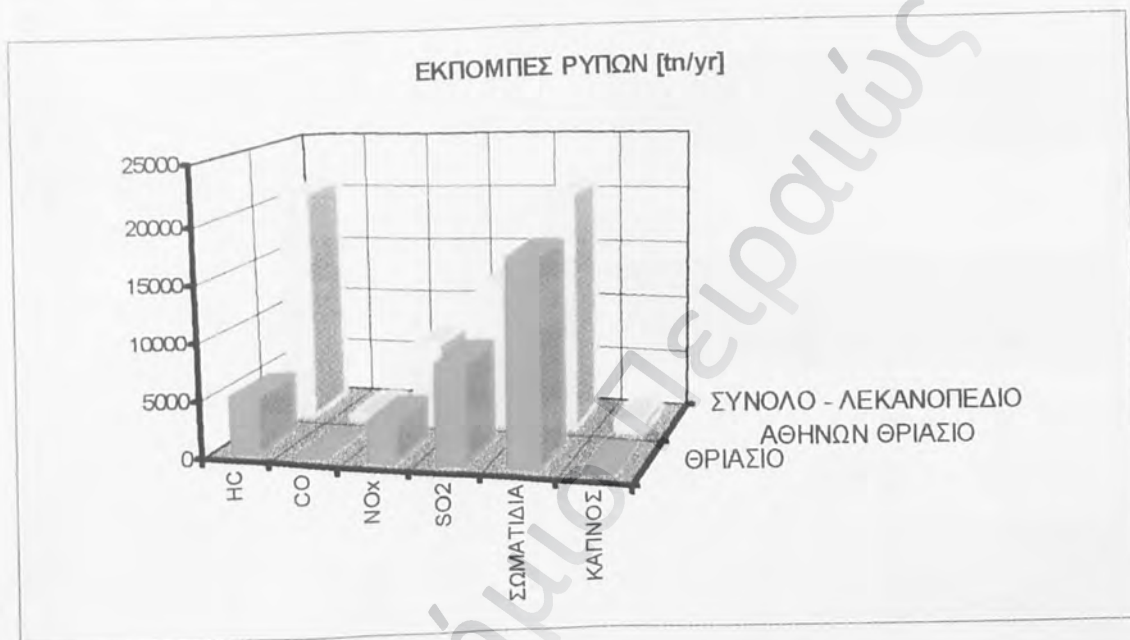


Διαγράμματα μεταβολών του Μέσου Όρου, των Μεγίστων Ημερήσιων και των Μεγίστων Ωριαίων τιμών των συγκεντρώσεων του Όζοντος (O₃) για την χρονική περίοδο 1986-2000 όπως μετρήθηκαν: από το δίκτυο των ΣΕΛΕΡ 1 και 2 (επάνω) και μόνο από τον ΣΕΛΕΡ 2 (κάτω), ο οποίος βρίσκεται μόνιμα εγκαταστημένος στη θέση Δημοτικό Parking Ελευσίνας.

6.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΟ ΘΡΙΑΣΙΟ ΠΕΔΙΟ

Από παρατηρήσεις του Γ.Ε.Ρ.Π.ΠΕ. προκύπτουν τα ακόλουθα: οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις για τους ρύπους $\text{NO-NO}_2\text{-NO}_x$, εμφανίζονται την ψυχρή περίοδο κατά την διάρκεια των μηνών Νοέμβριο έως και Απρίλιο και με συνθήκες άπνοιας. Οι ώρες που παρατηρούνται οι υψηλές συγκεντρώσεις για το ρύπο NO_2 , είναι από 7.00-12.00. Οι μεγάλες τιμές καταγράφονται πρωινές ώρες, δηλαδή ώρες κυκλοφοριακής αιχμής και με άπνοια. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις για το Όζον (O_3) εμφανίζονται κατά τους θερμούς μήνες του έτους. Οι ώρες που παρατηρούνται οι υψηλές συγκεντρώσεις για το όζον (O_3) είναι από 13.00 -18.00 (δευτερογενής ρύπος). Ρόλο στην κατανομή του όζοντος παίζει ο προσανατολισμός του Θριασίου Πεδίου, Β.Α.-Ν.Δ. και η θαλάσσια αύρα που αναπτύσσεται και πνέει από Ν-Ν.Δ. διεύθυνση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι υψηλές τιμές να εντοπίζονται προς το κέντρο του Θ.Π. Την θερμή εποχή έχουμε υψηλότερες τιμές, με κατεύθυνση από τον Ν.Δ.-Β.Α., καλύπτουν τον οικιστικό ιστό (Ελευσίνα, Μάνδρα, Μαγούλα) αλλά και το κεντρικό και δυτικό Θριάσιο Πεδίο. Το πρόβλημα της εμφάνισης υψηλών τιμών όζοντος οφείλεται και στις υψηλές τιμές υδρογονανθράκων που καταγράφονται στην περιοχή. Τα επίπεδα των NO_x και του O_3 ακολουθούν διάγραμμα εξέλιξης που σχετίζεται με την ημερήσια μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας και την κυκλοφορία των οχημάτων. Η εκτίμηση (στοιχεία 1992) για την συνολική κίνηση οχημάτων στο ΘΠ υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 30 εκατ. οχήματα τον χρόνο. Η συμβολή τους σε ρύπους (κυρίως NO_2) που εκπέμπουν τα οχήματα αυτά θεωρείται αρκετά σημαντική. Το πρόβλημα της ρύπανσης από το NO_2 , παρουσιάζεται γενικά εντονότερο μέχρι του σημείου που η ΝΕΟΑΚ διασπά τον οικιστικό ιστό (χαμηλή ταχύτητα οχημάτων, κυκλοφοριακά προβλήματα), αφού η κατανομή που εμφανίζει το NO_2 “παρακολουθεί” τη ΝΕΟΑΚ.

ΡΥΠΟΣ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ [tn/yr]	
	ΣΥΝΟΛΟ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ - ΘΡΙΑΣΙΟΥ	ΘΡΙΑΣΙΟ
ΚΑΠΝΟΣ	1033	340
ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	20843	17495
SO ₂	12686	8523
NO _x	7170	3354
CO	447	206
HC	20729	4911

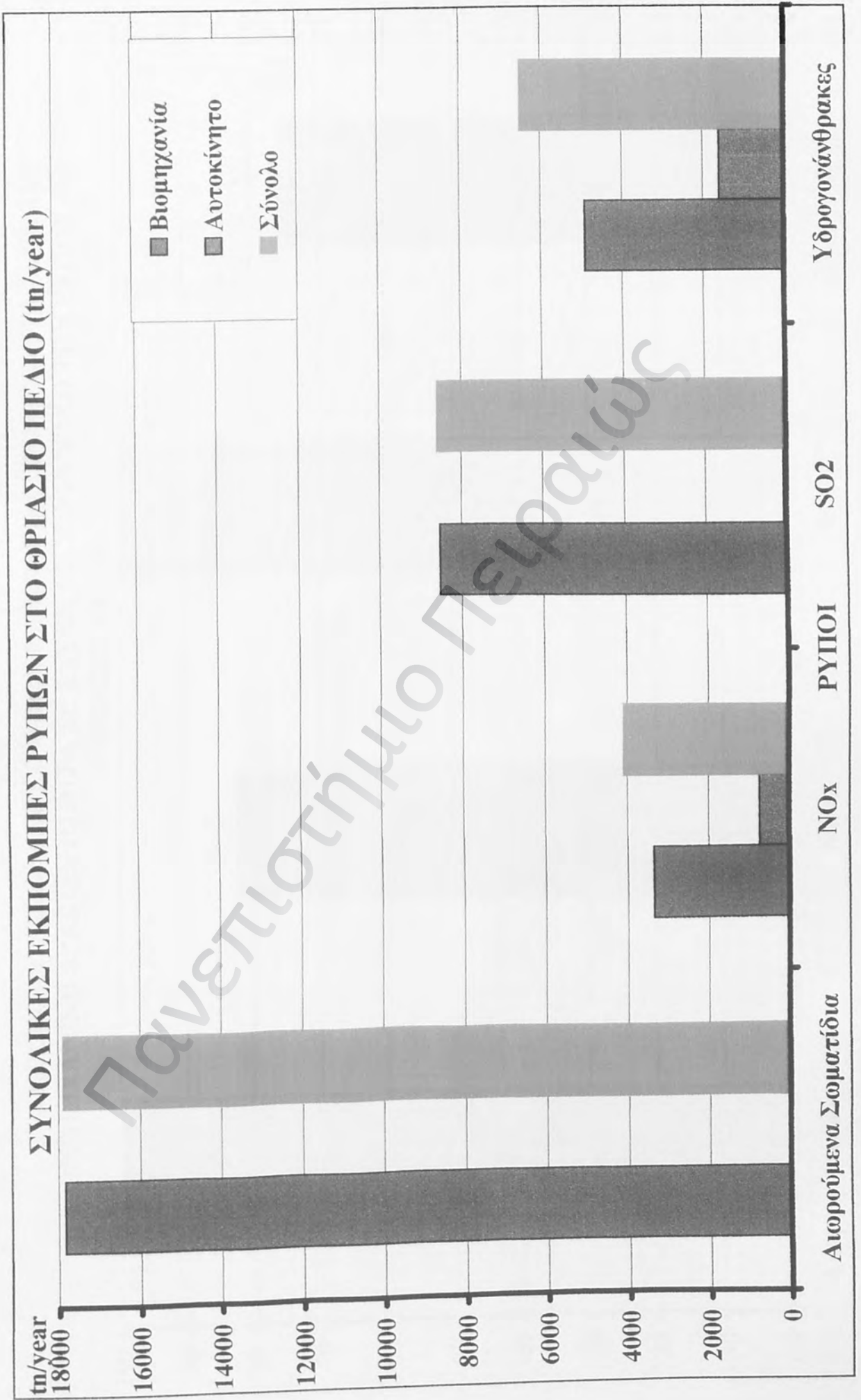


Πίνακας (επάνω) και Συγκριτικό Διάγραμμα (κάτω) εκπεμπόμενων ρύπων.

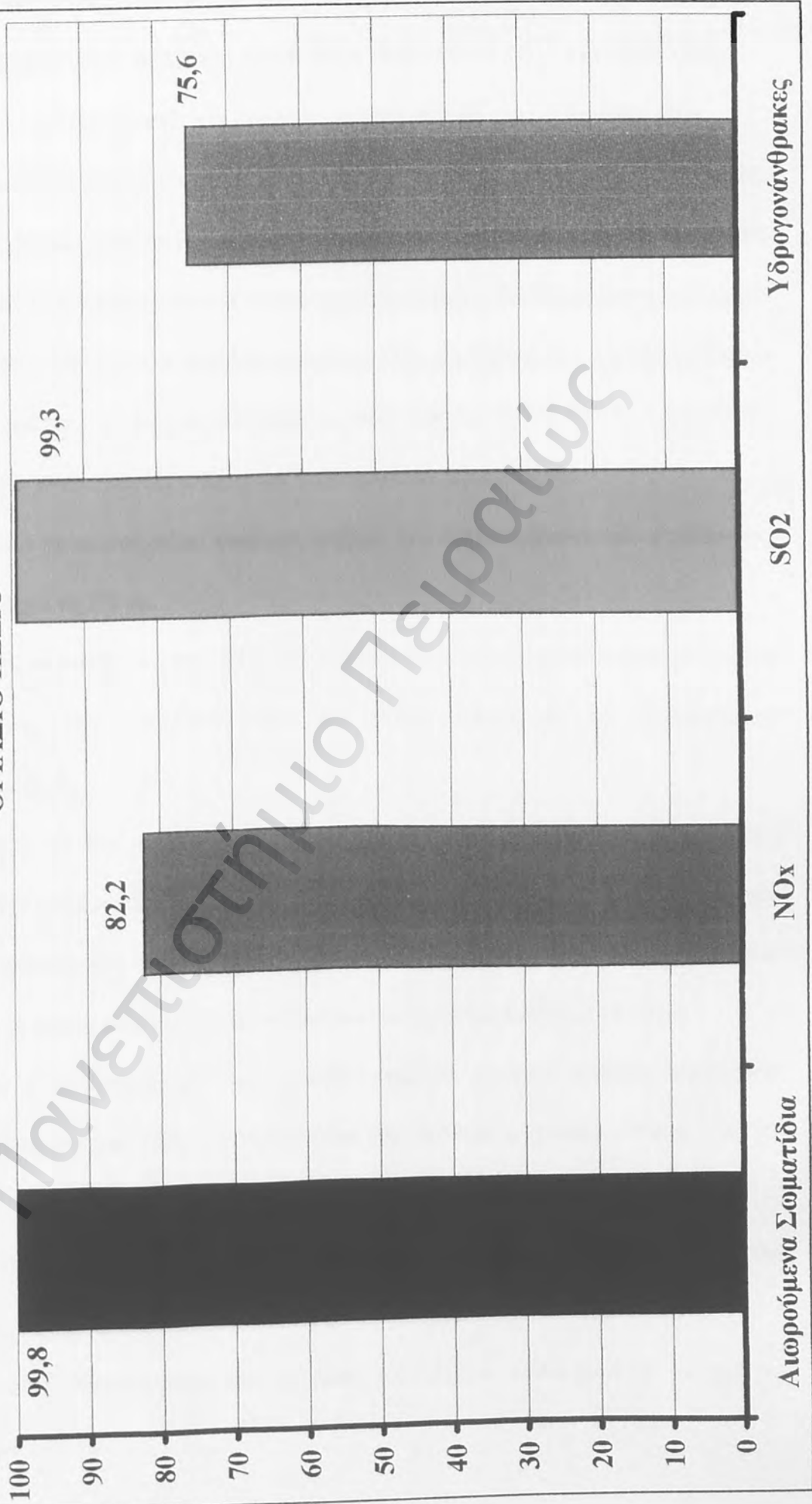
Εκτιμήσεις (στοιχεία 1992) των εκπομπών αερίων ρύπων για το Θριάσιο (μόνο) και συνολικά για το Λεκανοπέδιο Αθηνών και το Θριάσιο Πεδίο.

Είναι εμφανές ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ρύπων παράγεται στην ευρύτερη περιοχή του Θριασίου Πεδίου.

Παράλληλα όμως πρέπει να σημειώσουμε ότι στο Λεκανοπέδιο της Αθήνας οι παραγόμενοι ρύποι οφείλονται κυρίως σε αστικές δραστηριότητες, ενώ στην περιοχή του Θριασίου Πεδίου οι παραγόμενοι ρύποι πρωτογενείς: SO₂-NO_x-THC - TSP και δευτερογενής: O₃ στην βιομηχανία.



ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ (%) ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΕΡΧΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΘΡΙΑΣΙΟ ΠΕΔΙΟ



6.3 ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO_x)

Δεδομένα για τα NO_x. Τα στοιχεία αφορούν χρονική περίοδο επτά ετών 1993-1999

Χρησιμοποιούνται ωριαίες μετρήσεις επτά ετών για τα NO_x, από το 1993-1999, για την θέση Σ20 (δημοτικό parking Ελευσίνας). Οι ημερήσιες διακυμάνσεις των NO_x για κάθε ημέρα της εβδομάδας φαίνονται στα αντίστοιχα διαγράμματα. Τα διαγράμματα προέκυψαν βρίσκοντας τον μέσο όρο των ωριαίων τιμών των NO_x για κάθε ημέρα της εβδομάδας για κάθε χρόνο από το 1993 έως το 1999 και ένα συγκεντρωτικό για το σύνολο της χρονικής περιόδου 1993-1999. Από την μελέτη των διαγραμμάτων προκύπτει ότι:

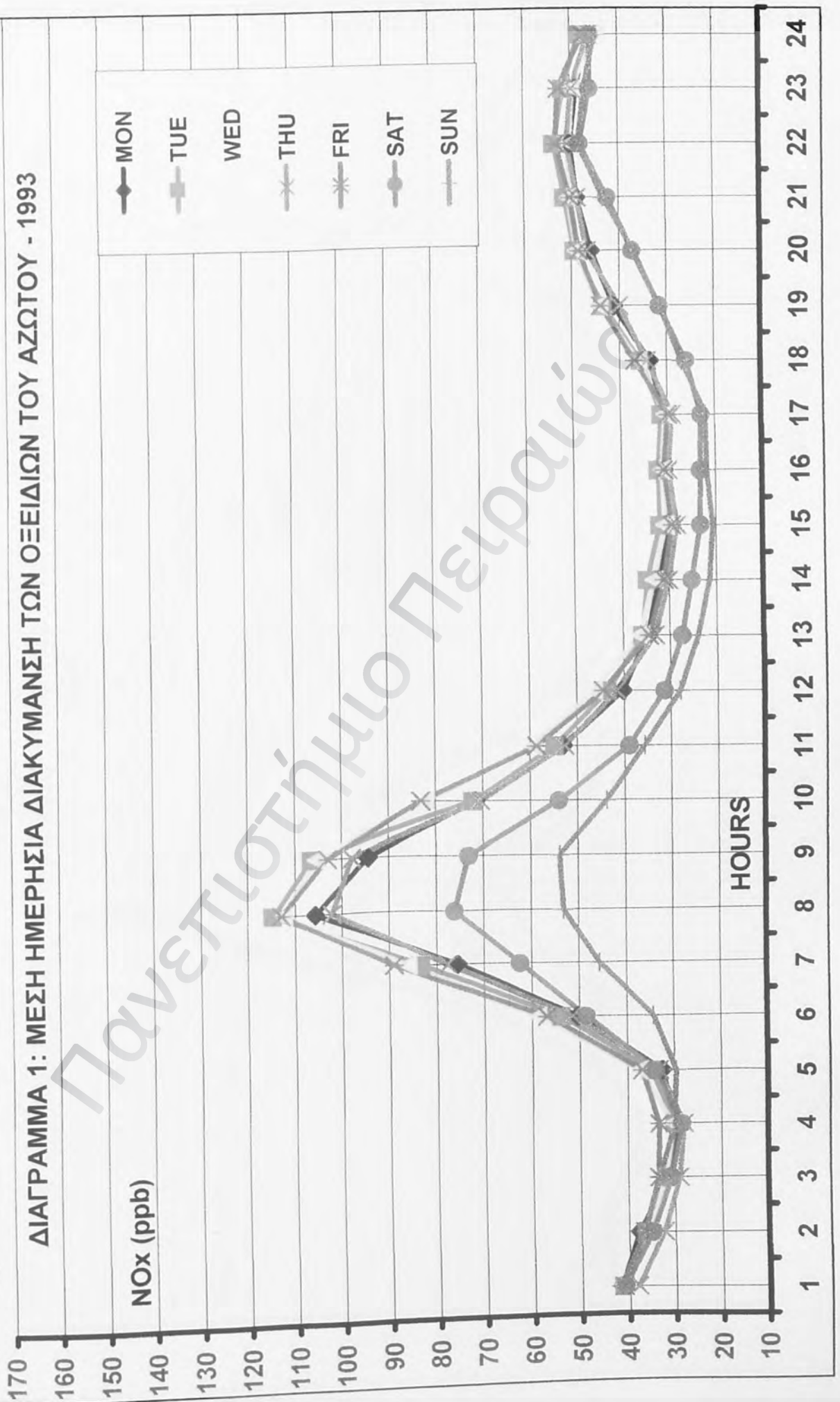
1. Από τις 4-5 πμ παρατηρείται σταδιακή αύξηση των συγκεντρώσεων των οξειδίων του αζώτου μέχρι τις 8-9 πμ.
2. Η μέγιστη συγκέντρωση των NO_x σημειώνεται στις 8 το πρωί και σχετίζεται με την κυκλοφορία των οχημάτων, και την πλήρη λειτουργία της βιομηχανικής δραστηριότητας.
3. Από τις 9 πμ και μετά αρχίζει η πτώση των συγκεντρώσεων των NO_x, καθώς λαμβάνουν χώρα πολύπλοκες φωτοχημικές αντιδράσεις που οδηγούν στην αύξηση των συγκεντρώσεων του όζοντος και στη μείωση των συγκεντρώσεων των οξειδίων του αζώτου. Η πτώση συνεχίζεται και κορυφώνεται το χρονικό διάστημα 14-17μμ.
4. Από τις 17μμ αρχίζει πάλι μια ηπιότερη από ότι το πρωί ανοδική πορεία των συγκεντρώσεων των NO_x, και εμφανίζεται ένα δεύτερο, μικρότερο μέγιστο στις 22 μμ.
5. Μετά τις 22 μμ και έως τις 4πμ ακολουθείται ομαλή πτωτική πορεία των συγκεντρώσεων των NO_x.
6. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις των οξειδίων του αζώτου παρατηρούνται το χρονικό διάστημα 7-10 πμ.

-
7. Οι δεύτερες μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των NO_x εμφανίζονται την χρονική περίοδο 21-23 μμ.
 8. Οι συγκεντρώσεις των NO_x το Σάββατο και την Κυριακή είναι σημαντικά χαμηλότερες από τις αντίστοιχες των εργάσιμων ημερών της εβδομάδας. Το γεγονός αυτό σε κάποιο βαθμό οφείλεται και στη μειωμένη δραστηριότητα των βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Οι εργάσιμες ημέρες της εβδομάδας παρουσιάζουν το ίδιο προφίλ.

Ακολουθούν τα αντίστοιχα διαγράμματα.

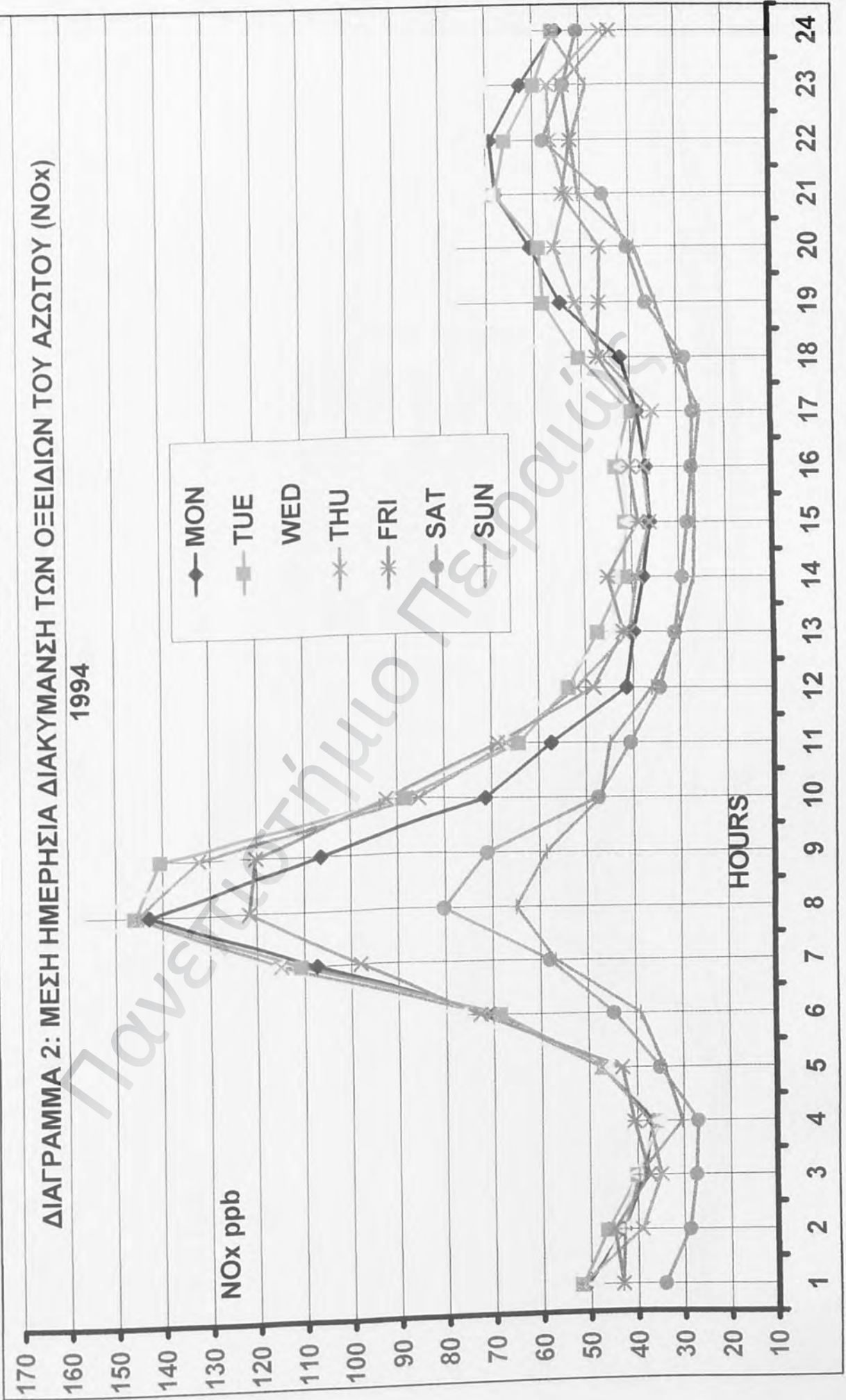
Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ - 1993

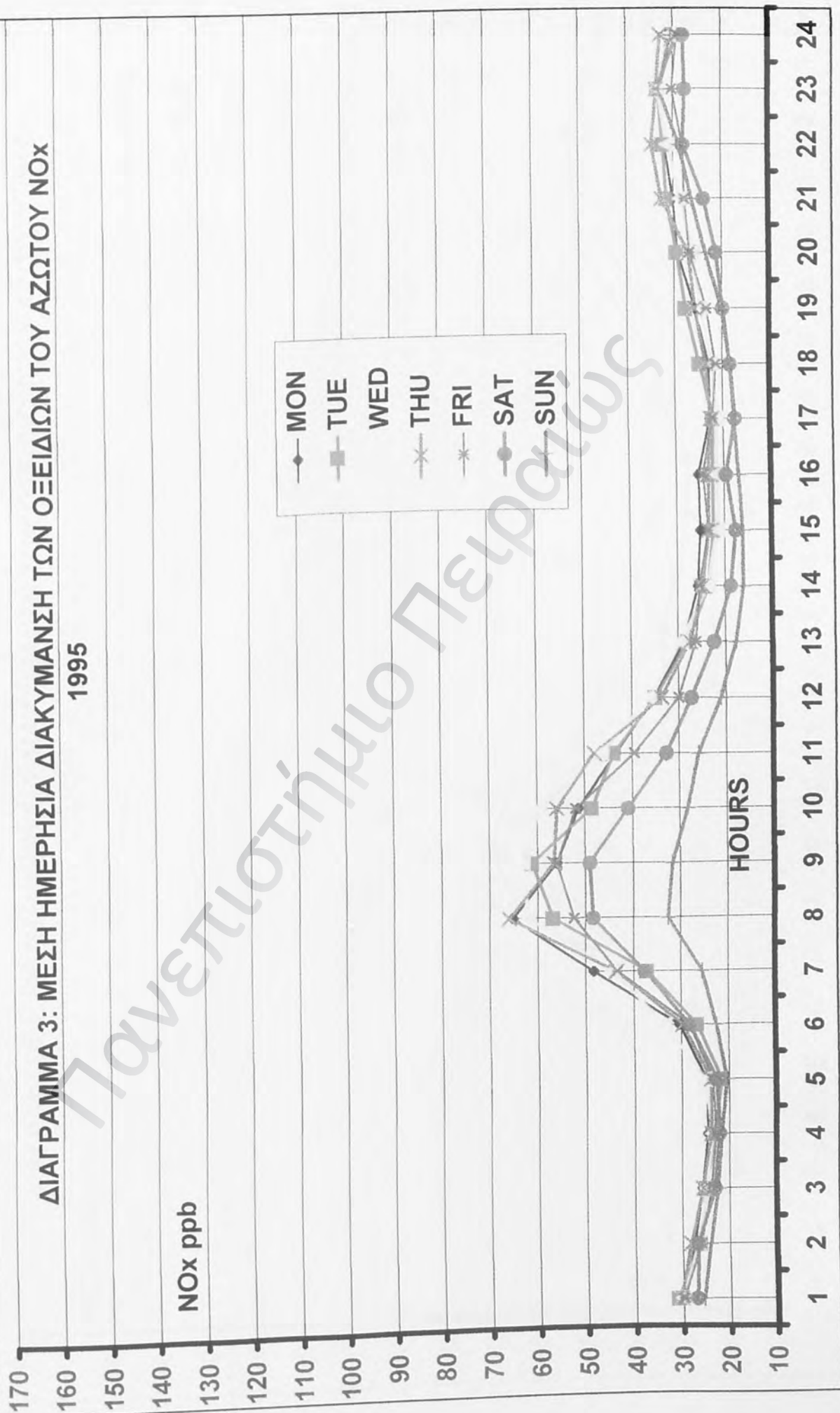


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NOx)

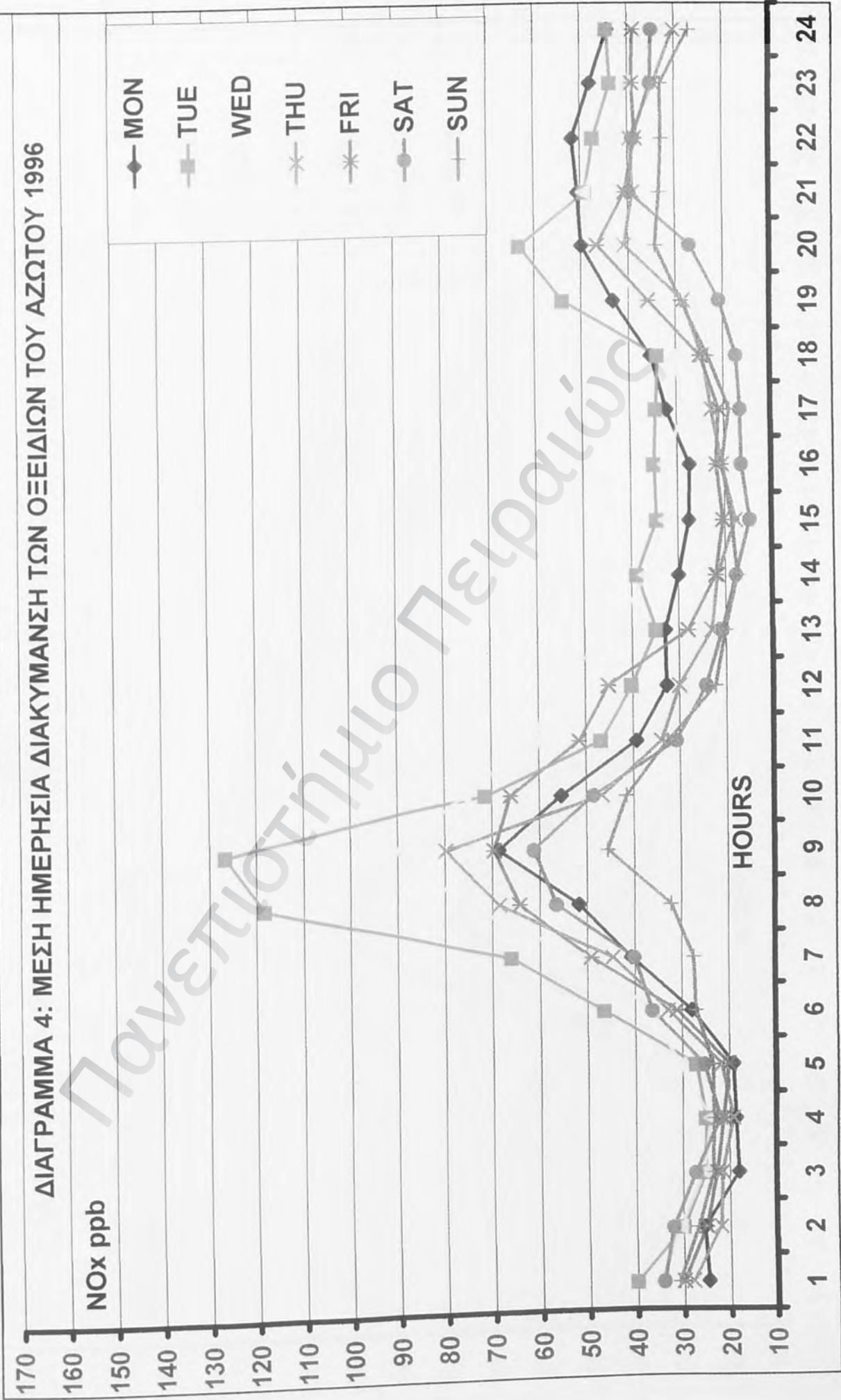
1994



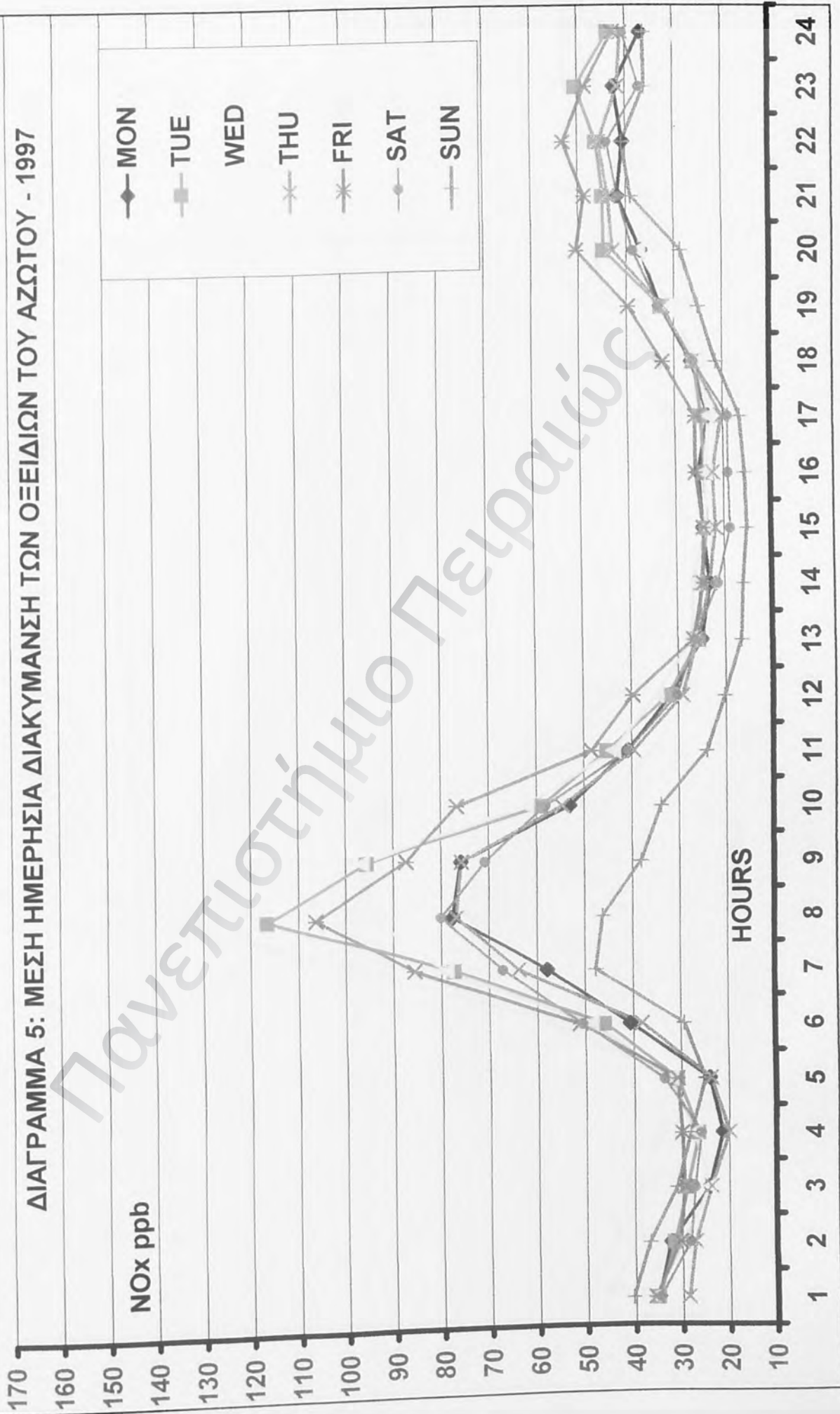
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ NOx
1995



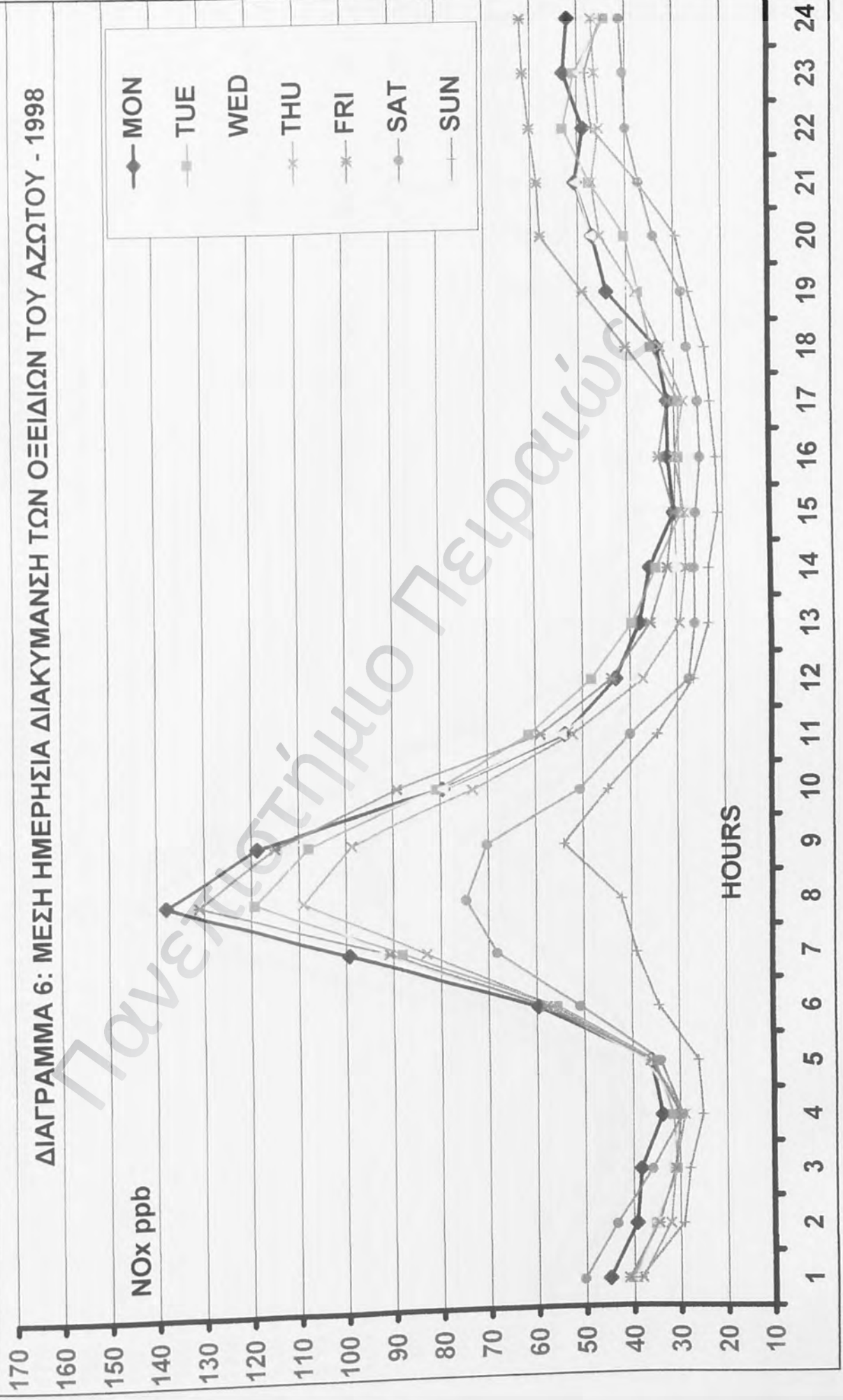
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ 1996



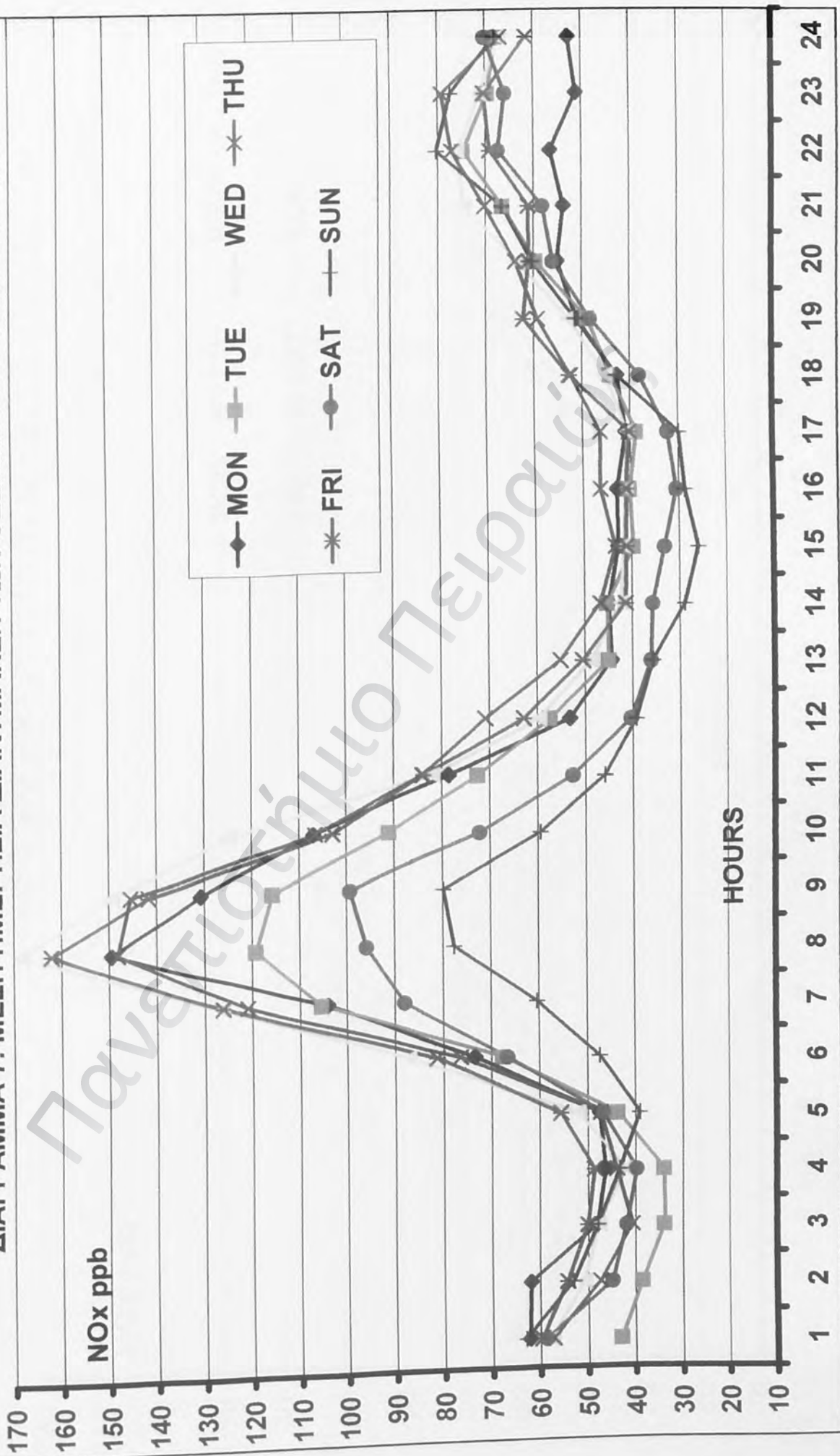
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ - 1997



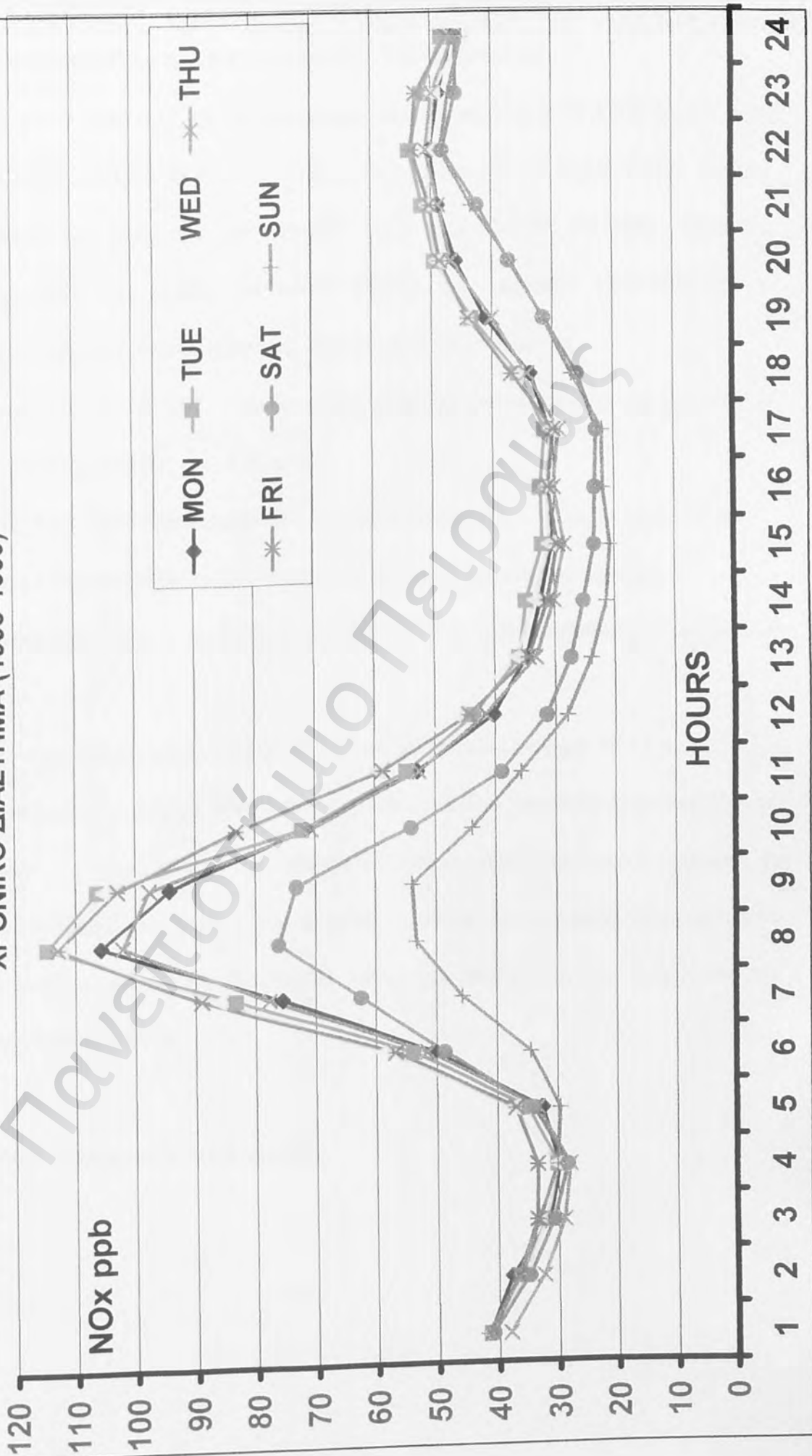
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ - 1998



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ - 1999



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ (1993-1999)



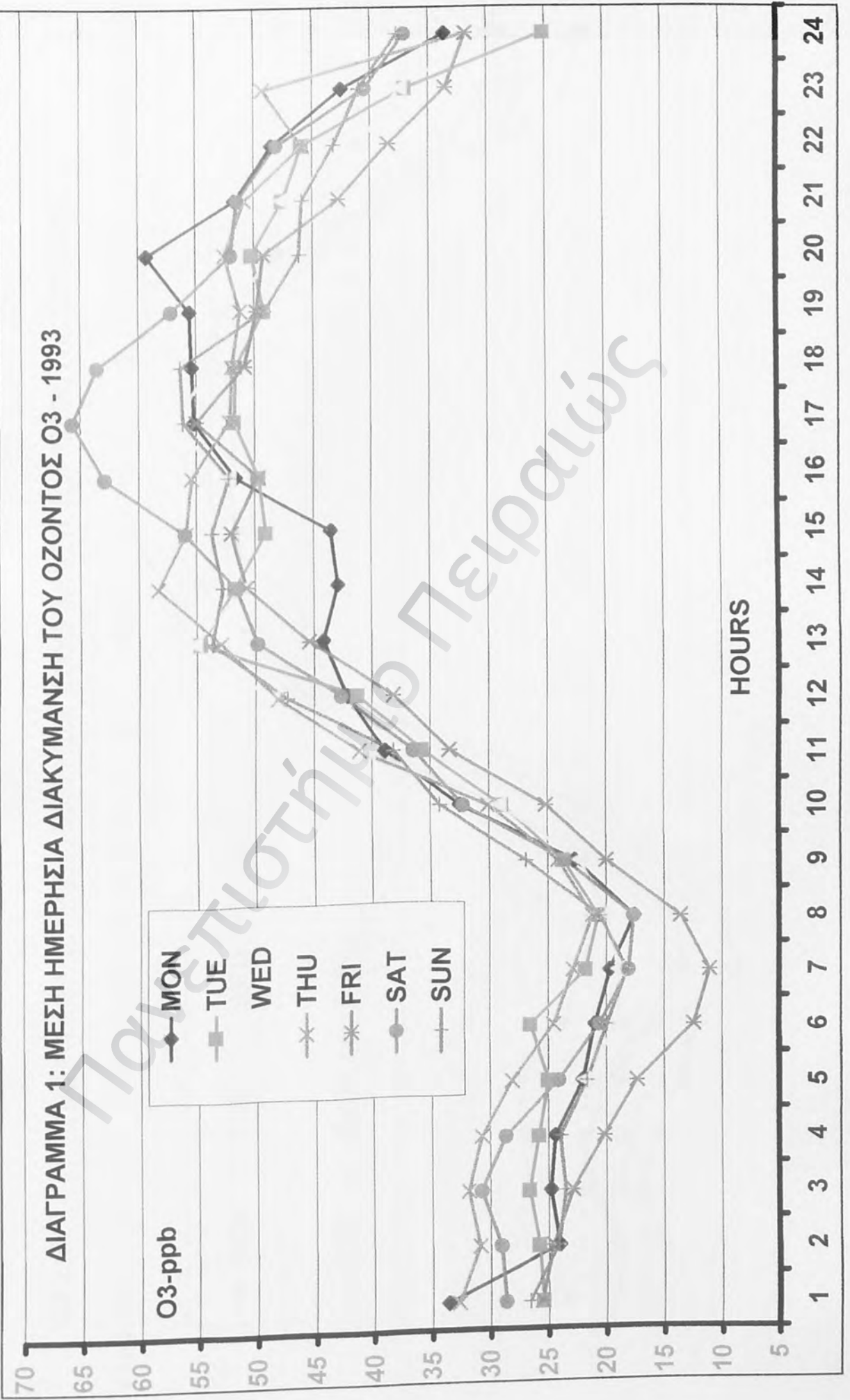
6.4 ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΟΖΟΝ (O_3).

Δεδομένα για το όζον (O_3). Οι μετρήσεις αφορούν την περίοδο 1993-1999 και την θέση του δημοτικού parking Ελευσίνας (Σ20). Όπως και για τα οξειδία του αζώτου, υπολογίζουμε τον μέσο όρο των ωριαίων τιμών του όζοντος, για κάθε ημέρα της εβδομάδας, για κάθε χρόνο και για το σύνολο της περιόδου 1993-1999. Από τα διαγράμματα που προκύπτουν εξάγουμε τα παρακάτω συμπεράσματα :

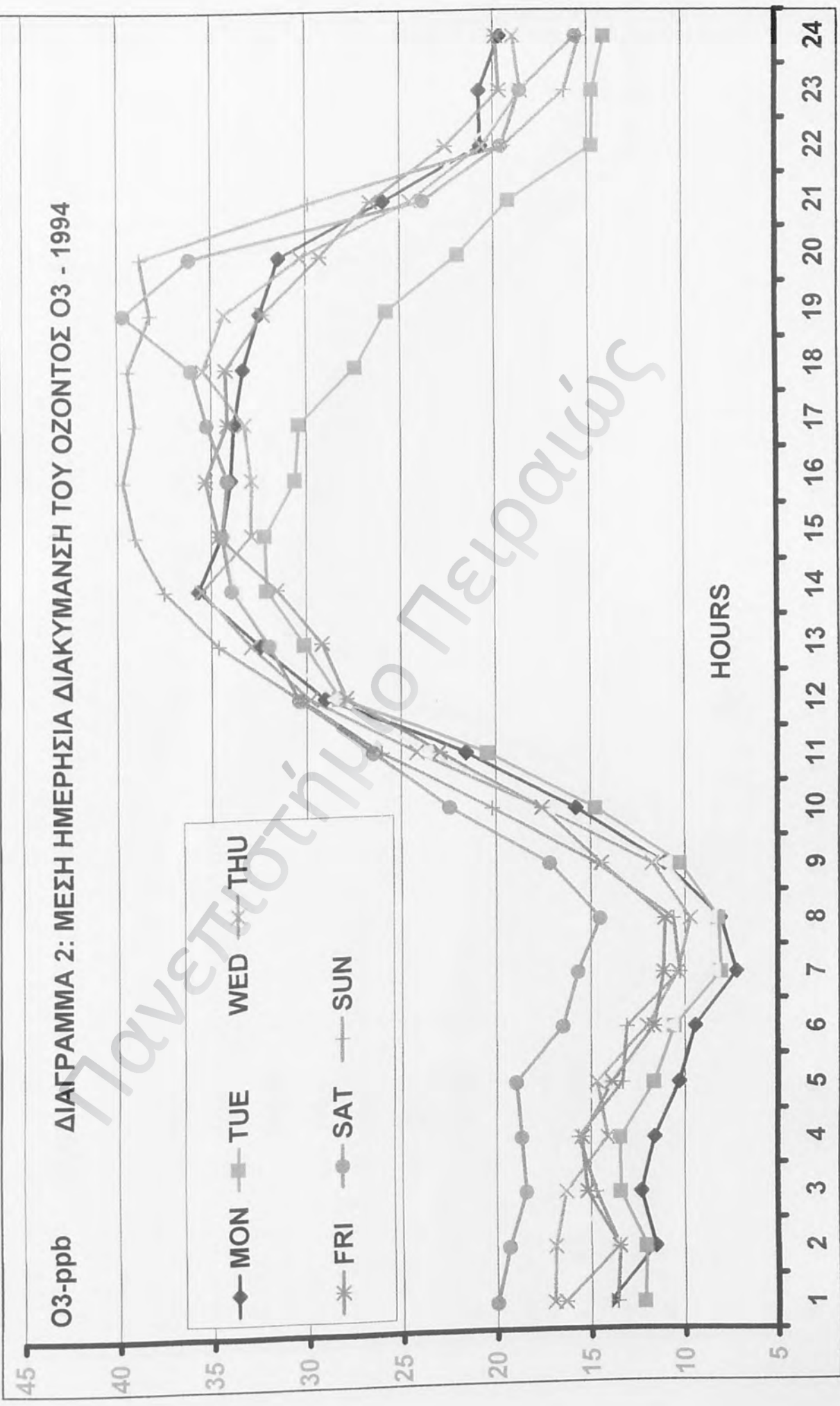
1. Από τις 4-5 πμ. Ξεκινάει η μείωση των επιπέδων συγκέντρωσης του όζοντος, με κορύφωση της μείωσης στις 8 το πρωί.
2. Από τις 8 πμ. Αυξάνονται σημαντικά οι συγκεντρώσεις του όζοντος μέχρι τις 17 μμ.
3. Από τις 17 μμ. και μέχρι τις 24 μμ. πέφτουν οι συγκεντρώσεις του όζοντος.
4. Στο διάστημα 24 μμ- 4 πμ. Οι τιμές του όζοντος είναι περίπου σταθερές και σε χαμηλά επίπεδα.
5. Οι μέγιστες τιμές του όζοντος παρατηρούνται το χρονικό διάστημα 14-17 μμ.
6. Δεν φαίνεται σημαντική διαφοροποίηση των επιπέδων συγκέντρωσης του όζοντος ανάλογα με την ημέρα της εβδομάδας, παρά μόνο μια μικρή αύξηση το Σαββατοκύριακο και κυρίως την Κυριακή, η οποία και οφείλεται στον αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο της Ν.Ε.Ο.Α.Κ. λόγω της επιστροφής των εκδρομέων του Λεκανοπεδίου Αθηνών.

Ακολουθούν τα αντίστοιχα διαγράμματα.

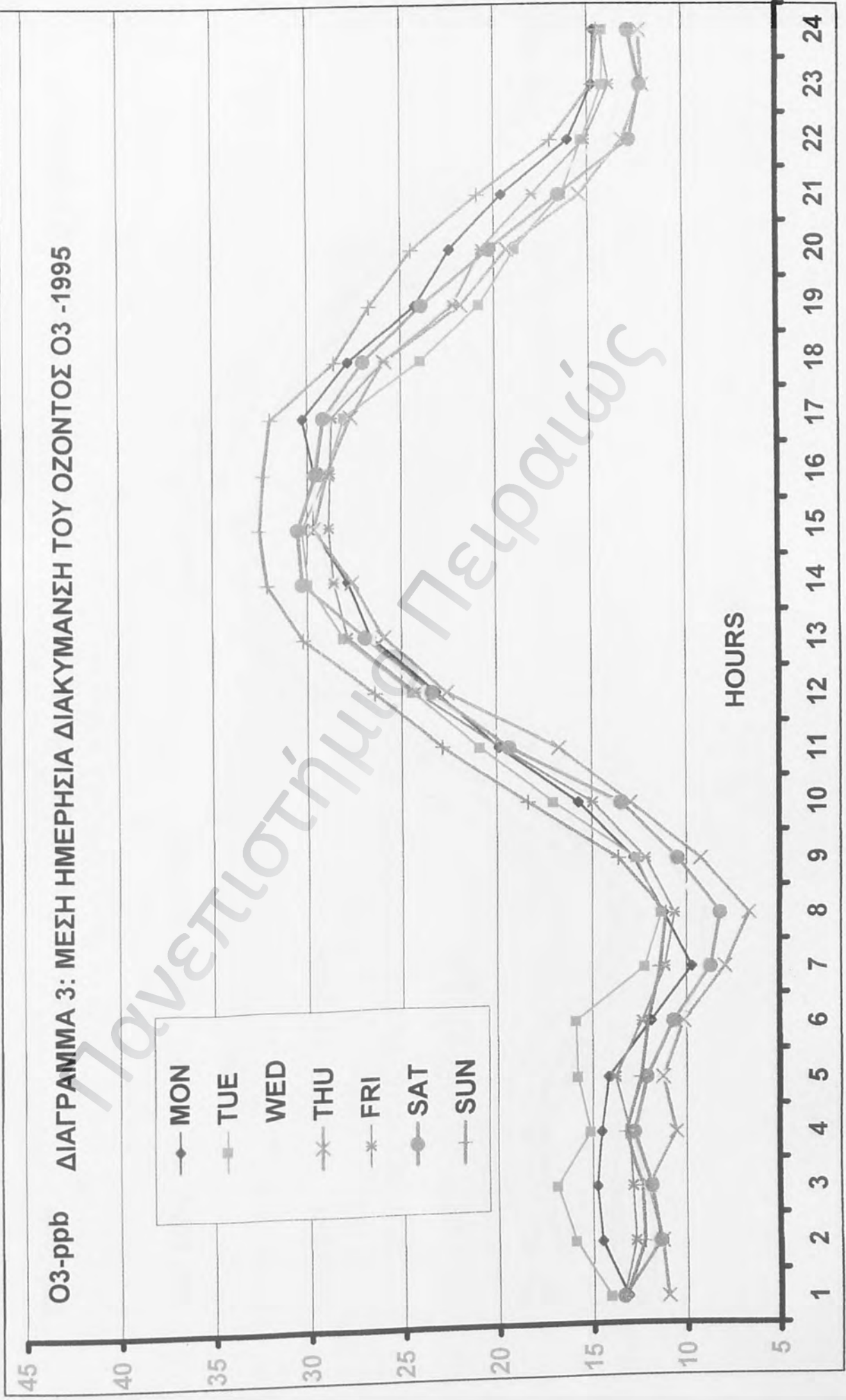
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ O₃ - 1993



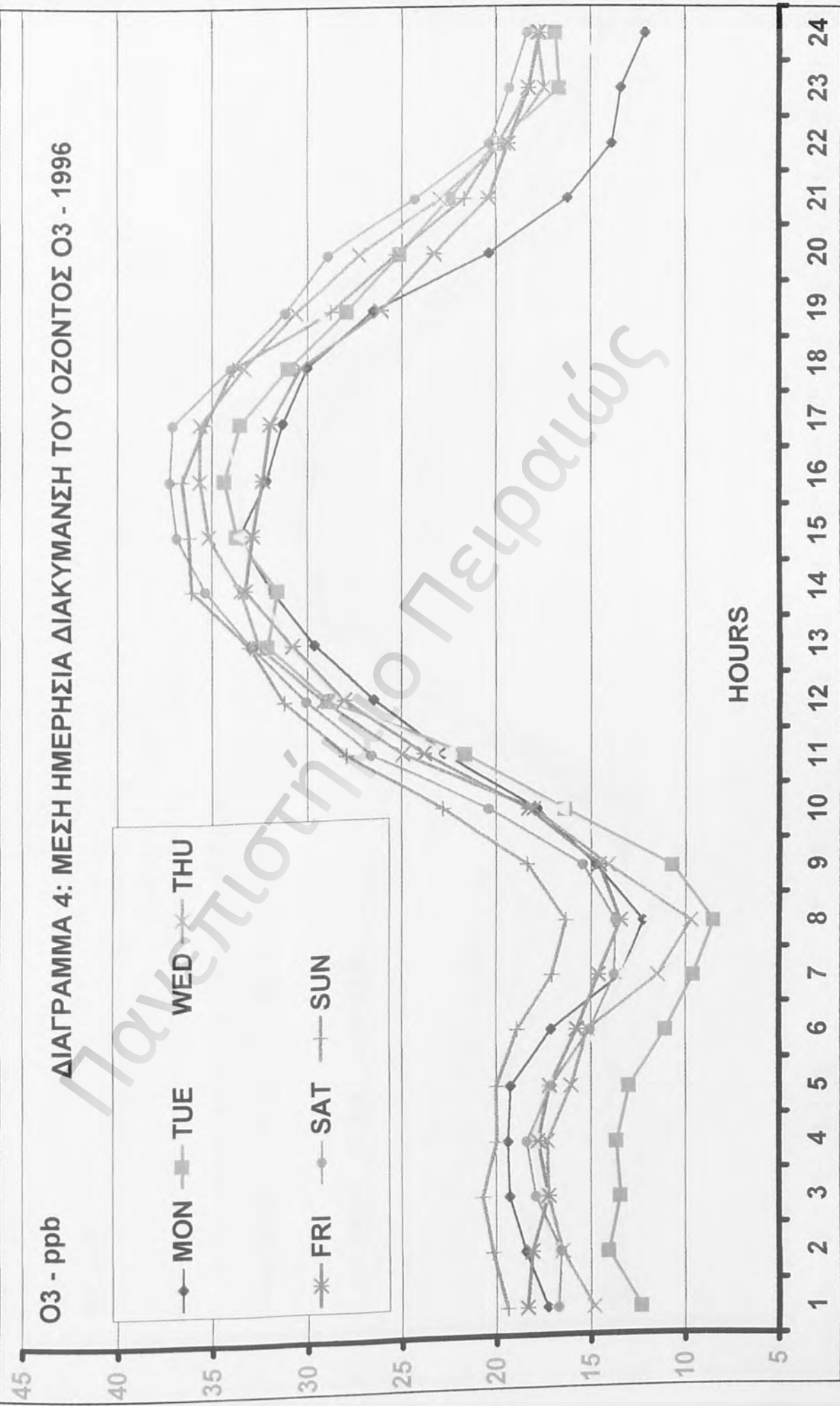
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ Ο3 - 1994



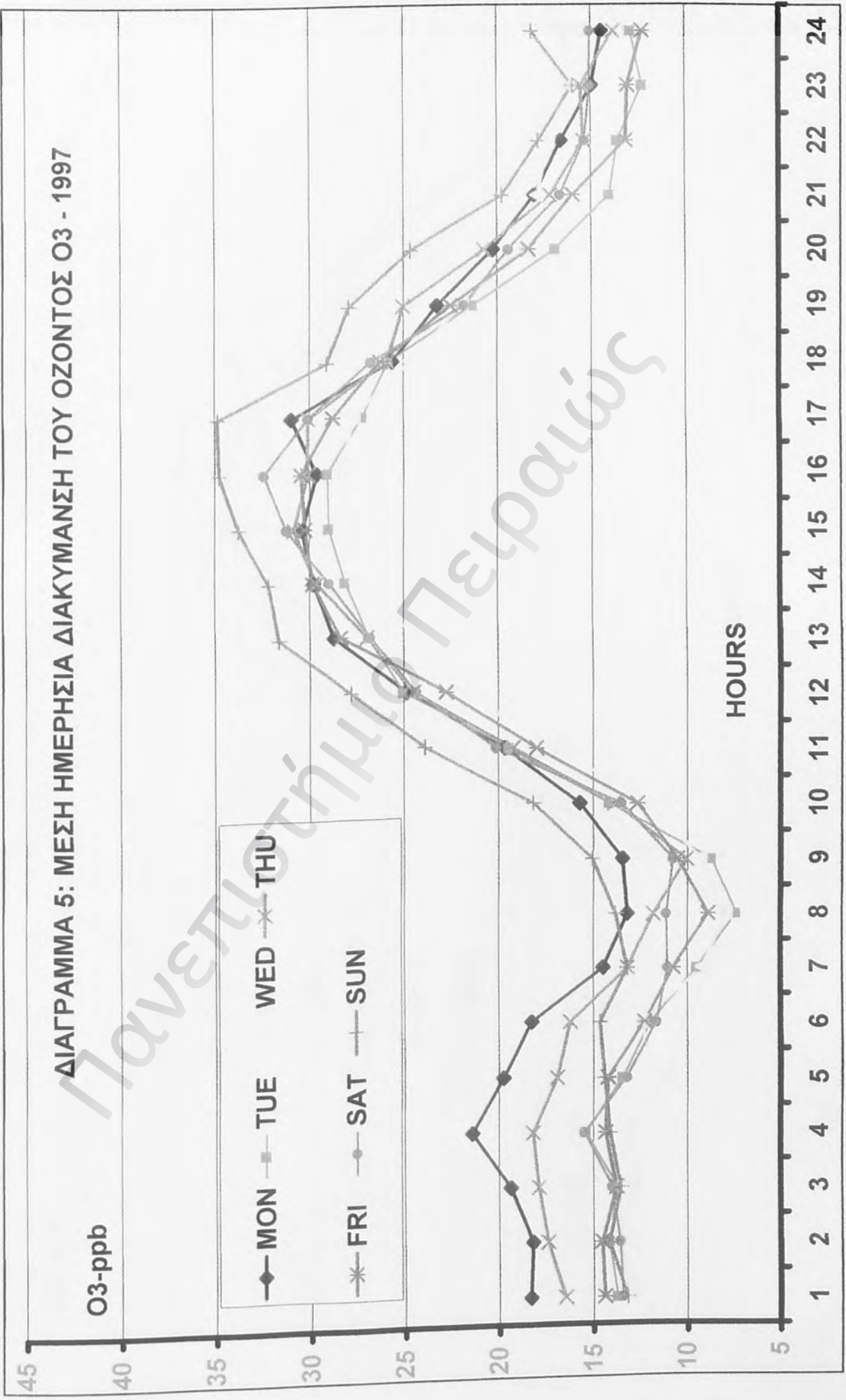
O3-ppb ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ Ο3 -1995



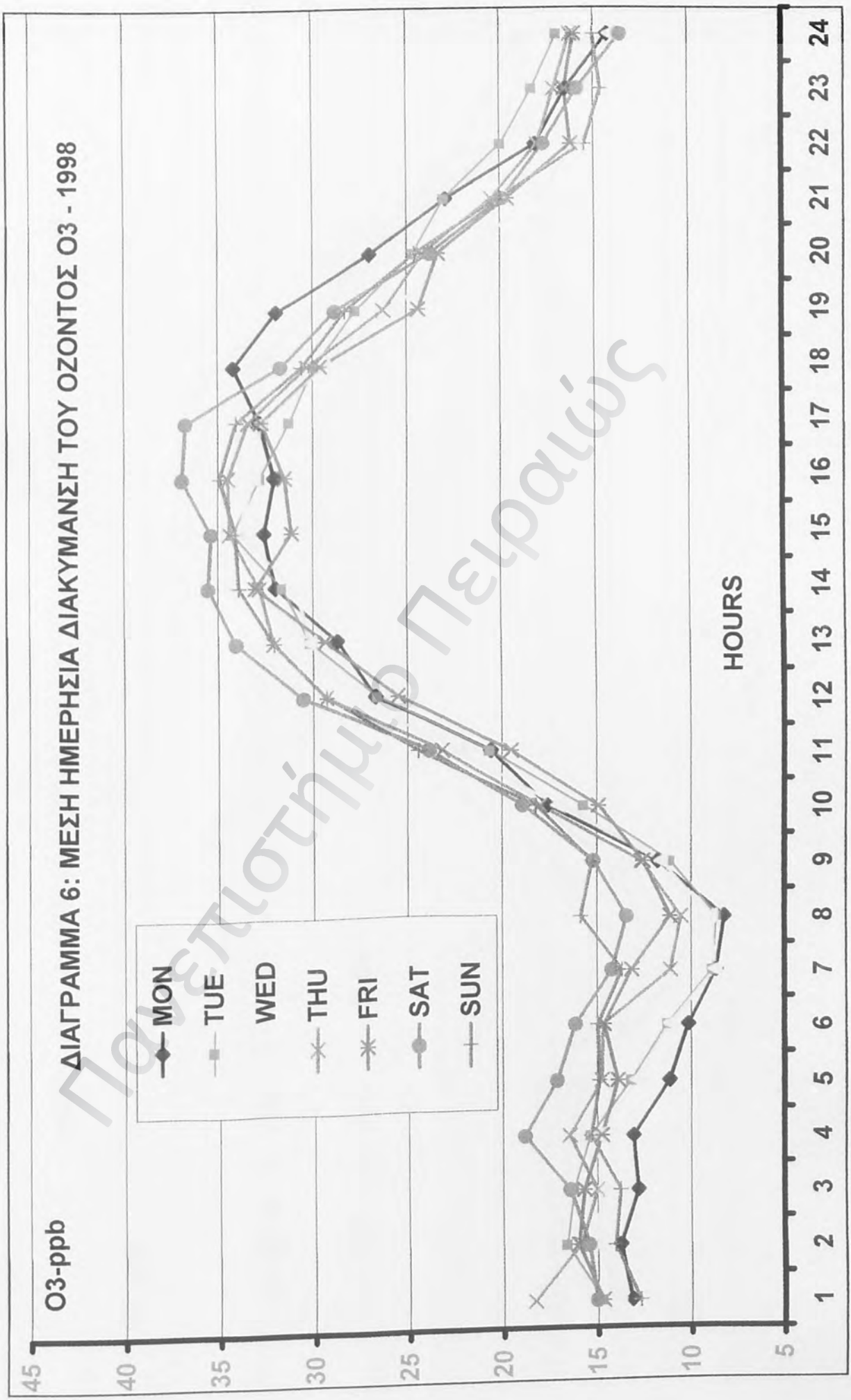
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ Ο3 - 1996



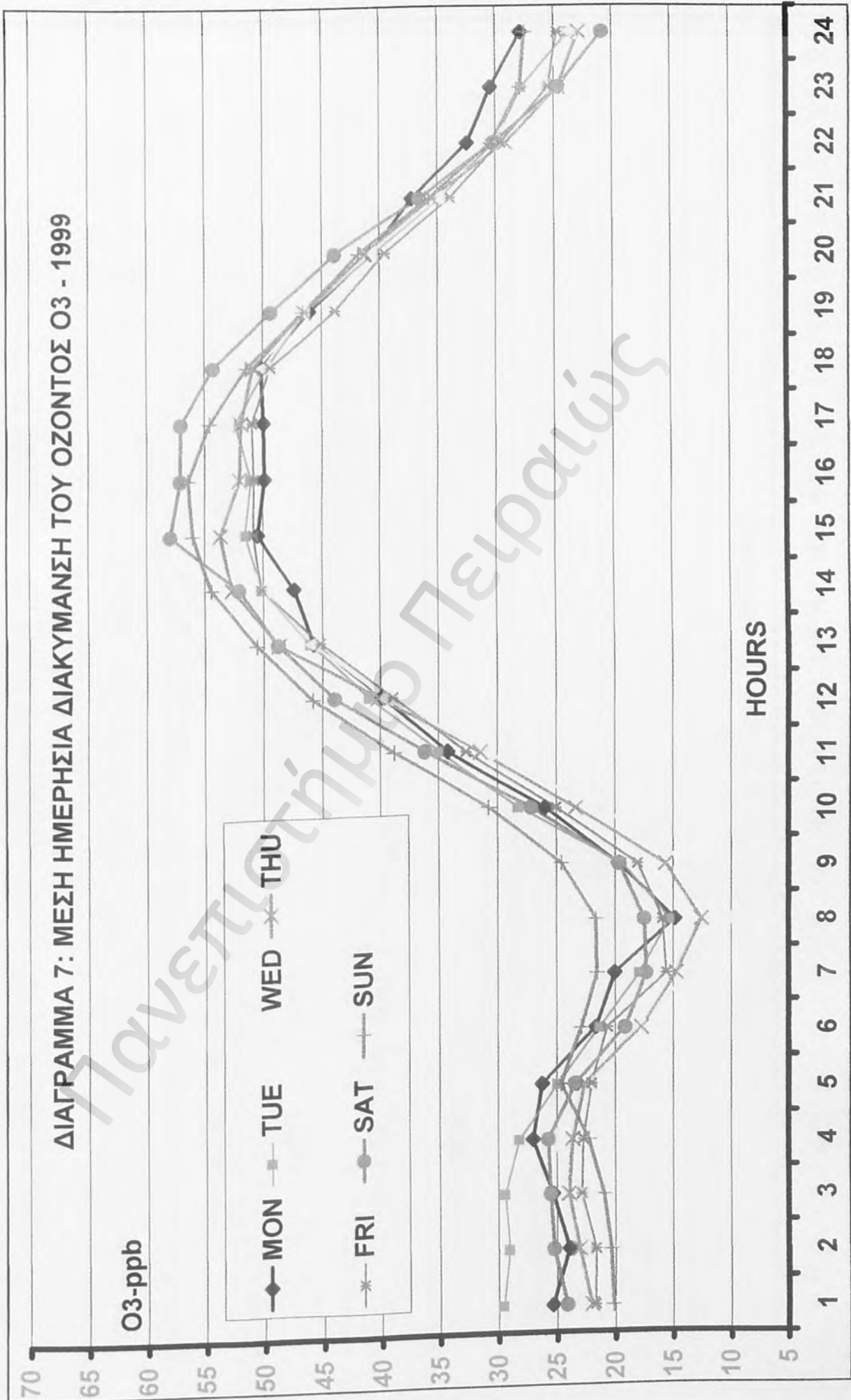
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ O3 - 1997



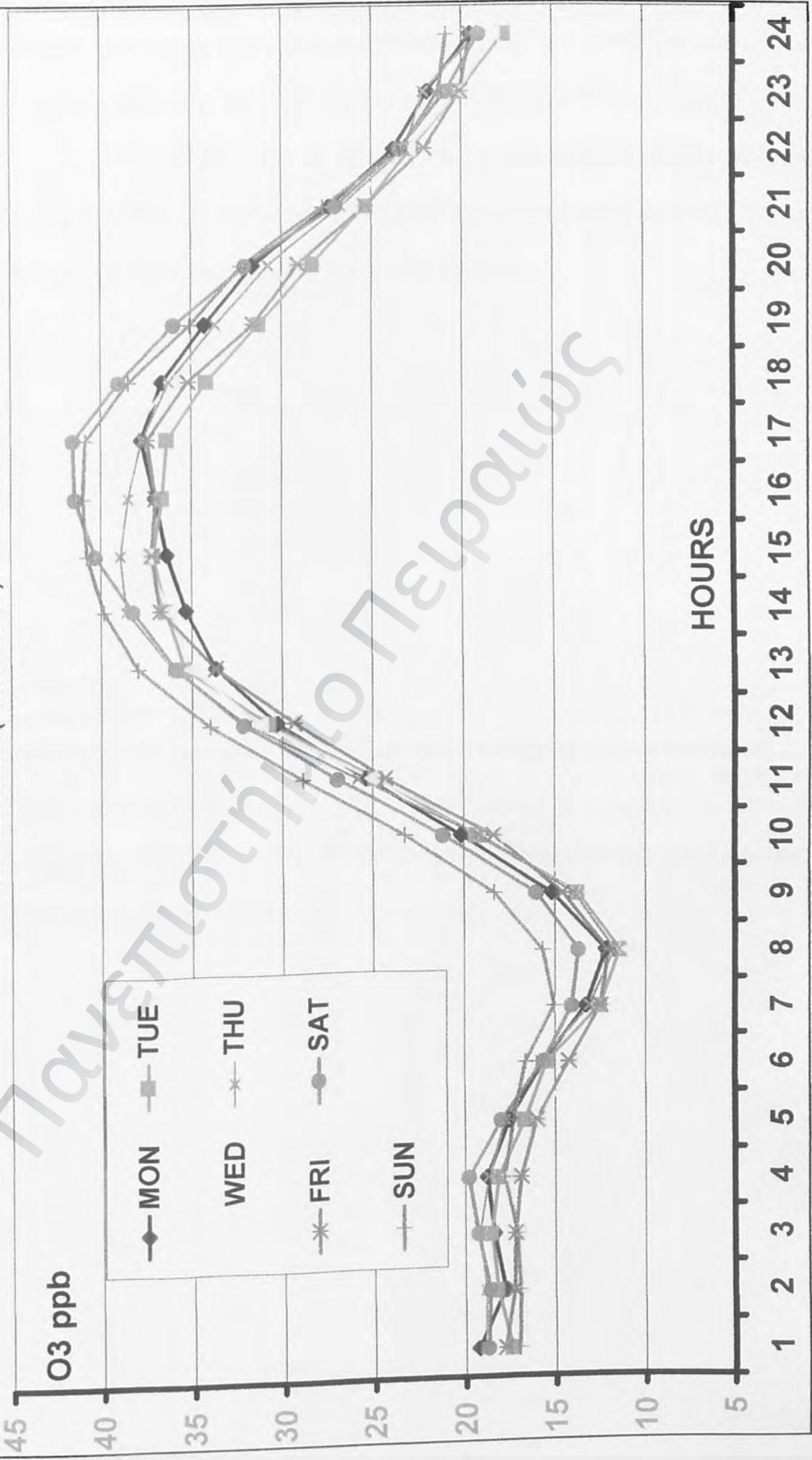
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ Ο3 - 1998



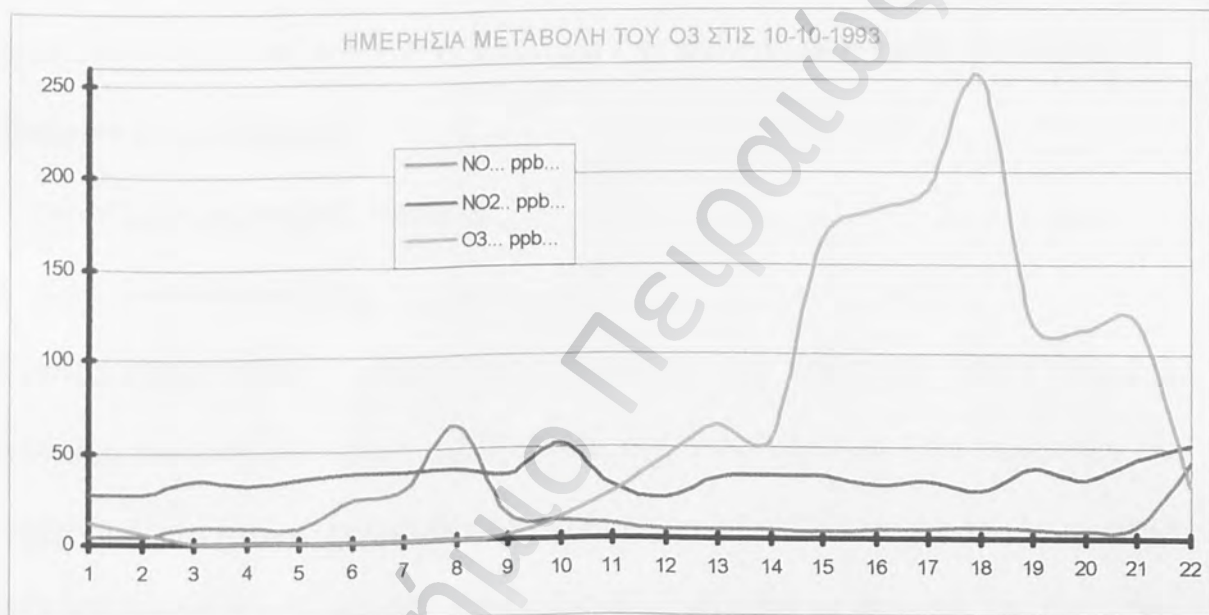
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ O3 - 1999



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8: ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΓΙΑ ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ (1993-1999)



Η μεγαλύτερη τιμή για το Όζον (O_3) καταγράφηκε στις 10-10-1993 από τον μόνιμα εγκατεστημένο σταθμό στη θέση Σ20 (Δημοτικό Parking Ελευσίνας) με ασθενείς Ν.Δ. ανέμους (Στοιχεία ΕΜΥ). Από τις παρατηρήσεις και τις μετρήσεις του Γραφείο Ελέγχου Ρύπανσης και Ποιότητας Περιβάλλοντος, προκύπτει ότι οι υψηλότερες τιμές του όζοντος καταγράφηκαν την θερμή εποχή (Μάιος έως και Οκτώβριο).



Συγκεντρώσεις για τους ρύπους NO_2 , NO και O_3 για την θέση μέτρησης Σ20 (Δημοτικό Parking Ελευσίνας) στις 10-10-1993.

7. ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ - ΜΕΘΟΔΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

Για την πρόβλεψη της ποιότητας του αέρα και την ανάπτυξη τεχνικών και στρατηγικών ελέγχου των αερίων ρύπων, πρέπει ν' αναγνωρίσουμε τους παράγοντες που ελέγχουν τις συγκεντρώσεις τους και ν' αναπτύξουμε μια συνάρτηση F μέσω της οποίας, θα είναι δυνατή η πρόβλεψη της συγκέντρωσης των ρύπων σε οποιοδήποτε σημείο στον εξεταζόμενο χώρο και στο χρόνο $C_{\text{ρύπου}}(x,t)$. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί δύο διαφορετικές προσεγγίσεις:

1. Μοντέλα ατμοσφαιρικής διάχυσης.
2. Μοντέλα παλινδρόμησης.

Η πρώτη προσέγγιση αν και πιο λογική, εξαρτάται από λεπτομερή ωριαία δεδομένα εκπομπής, που στην περίπτωση της Ελευσίνας δεν είναι διαθέσιμα. Έτσι επιλέγουμε την ανάπτυξη δύο μοντέλων παλινδρόμησης, ενός για τα NO_x και ενός για το O_3 , το οποίο είναι δετερογενής ρύπος, που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις εκπομπές των NO_x , των υδρογονανθράκων και τις πολύπλοκες αντιδράσεις που συντελούνται μεταξύ τους με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. Πλήθος παλαιότερων μελετών έχει δείξει, ότι σοβαρά επεισόδια ρύπανσης στο αστικό περιβάλλον, είναι περισσότερο αποτέλεσμα δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών, οι οποίες περιορίζουν την ικανότητα της ατμόσφαιρας να διασπείρει τους ρύπους, παρά συνέπεια ξαφνικής αύξησης των εκπομπών των ρύπων. Για το λόγο αυτό στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιούνται κυρίως μετεωρολογικές μεταβλητές για την πρόβλεψη των συγκεντρώσεων των ρύπων.

8. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Η ανάλυση παλινδρόμησης είναι χρήσιμη όταν θέλουμε:

1. Να ελέγξουμε μια θεωρία για το πώς σχετίζονται κάποιες μεταβλητές.
2. Να μετρήσουμε το μέγεθος της σχέσης μεταξύ μεταβλητών.
3. Να προβλέψουμε την τιμή μιας μεταβλητής.
4. Να ελέγξουμε ένα πλήθος αλληλοσυγκρουόμενων (confounding) επιρροών σε μία μεταβλητή.

Ο στόχος της ανάλυσης παλινδρόμησης είναι να προσδιορίσουμε, τις τιμές μιας συνάρτησης για τις οποίες η συνάρτηση ταιριάζει (fitting) καλύτερα σ' ένα σετ δεδομένων.

Η συνάρτηση μπορεί να είναι γραμμική η μη.

Η γενική μορφή της εξίσωσης στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση είναι θεωρητικά η

$$\text{εξής: } Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \dots + \beta_k X_{k,i} + \varepsilon_i$$

Όπου $Y_i, X_{1,i}, \dots, X_{k,i}$ είναι η παρατήρηση i για κάθε μία από τις μεταβλητές Y, X_1, \dots, X_k αντίστοιχα, $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ είναι σταθερές αλλά άγνωστες παράμετροι και ε_i είναι μια τυχαία μεταβλητή, που ακολουθεί κανονική κατανομή, με μέσο μηδέν και διασπορά σ_ε^2 .

Η μεταβλητή Y είναι η εξαρτημένη μεταβλητή ενώ οι μεταβλητές $X_1 - X_k$ οι ανεξάρτητες.

Για την πολλαπλή παλινδρόμηση γίνονται οι εξής παραδοχές:

1. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές $X_1 - X_k$ παίρνουν είτε σταθερές τιμές (μετρημένες χωρίς σφάλμα), ή οι τιμές τους είναι τυχαίες χωρίς συσχέτιση με τους παράγοντες σφάλματος -error terms ε_i .
2. Τα σφάλματα ε_i δεν έχουν συσχέτιση μεταξύ τους.
3. Τα σφάλματα ε_i ακολουθούν κανονική κατανομή έχουν μέσο 0 και διασπορά σ_ε^2 .

Στην πράξη σκοπός της παλινδρόμησης είναι η εκτίμηση των αγνώστων παραμέτρων του μοντέλου, δηλαδή των $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ και σ_ε^2 .

Η μορφή της εξίσωσης παλινδρόμησης στην πράξη είναι : $Y_i = b_0 + b_1 X_{1,i} + \dots + b_k X_{k,i} + e_i$ όπου $i=1,2,\dots,n$, b_0, b_1, \dots, b_k είναι οι εκτιμήσεις των $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ και e_i είναι το εκτιμώμενο λάθος ή υπόλοιπο για την i παρατήρηση και είναι τυχαία μεταβλητή. Η εκτιμώμενη διασπορά των υπολοίπων δηλώνεται με s_e^2 . $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$ όπου Y_i ή μέτρηση και \hat{Y}_i η εκτίμηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την χρήση του μοντέλου παλινδρόμησης.

Το F-test για την ολική σημαντικότητα του μοντέλου παλινδρόμησης.

Η τιμή F και η πιθανότητα της F (P-value), δοκιμάζει την σημασία του μοντέλου παλινδρόμησης.

$$F = MSR/MSE = \frac{\sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2 / k}{\sum (Y - \hat{Y})^2 / (n - k - 1)}$$

Όπου k ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών και n ο αριθμός των παρατηρήσεων

Ειδικότερα δοκιμάζει την άκυρη υπόθεση (null hypothesis) ότι όλοι οι συντελεστές παλινδρόμησης είναι μηδέν. Έτσι κάνουμε την σύγκριση ανάμεσα στο συνολικό μοντέλο και ένα μοντέλο χωρίς μεταβλητές. Η τιμή F είναι ο λόγος δύο διασπορών. Της διασποράς που εξηγείται από το μοντέλο και εκείνης που δεν εξηγείται από το μοντέλο. Όσο μεγαλύτερη τιμή παίρνει τόσο καλύτερη είναι και η επιλογή των μεταβλητών του μοντέλου.

Η P-value είναι η πιθανότητα ότι η μηδενική υπόθεση για το συνολικό μοντέλο είναι αληθινή. Αν η P-value είναι 0,01 τότε υπάρχει 1% πιθανότητα ότι όλοι οι παράμετροι της παλινδρόμησης είναι μηδέν. Δηλαδή οι ανεξάρτητες μεταβλητές ή κάποιες από αυτές δεν είναι τυχαίες σε σχέση με την εξαρτημένη, αλλά έχει γίνει καλή επιλογή τους.

Ατομικοί συντελεστές – διαστήματα εμπιστοσύνης και t-tests.

Αφού εξετάσουμε την γενική σημαντικότητα του μοντέλου, μελετάμε την σημασία των ατομικών συντελεστών παλινδρόμησης. Ένα t-test σε κάποιον ατομικό συντελεστή είναι ένα τεστ της σημασίας του, παρουσία όλων των άλλων ανεξάρτητων μεταβλητών. Ένα t-test απαντά στο ερώτημα αν μία ανεξάρτητη μεταβλητή βοηθάει σημαντικά στην πρόβλεψη της ανεξάρτητης μεταβλητής Y με την προϋπόθεση της παρουσίας όλων των άλλων ανεξάρτητων μεταβλητών.

Επίσης υπολογίζουμε το τυπικό σφάλμα, τα διαστήματα εμπιστοσύνης και την p-value για κάθε ατομικό συντελεστή. Την p-value την χρησιμοποιούμε για να εκτιμήσουμε την επίδραση της κάθε μεταβλητής. Όσο μικρότερη είναι η τιμή της p-value τόσο ο εκτιμώμενος συντελεστής είναι πολύ σημαντικά διαφορετικός από το μηδέν, δηλαδή η αντίστοιχη ανεξάρτητη μεταβλητή είναι σημαντική για την πρόβλεψη, παρουσία όλων των άλλων ανεξάρτητων μεταβλητών.

Αν το διάστημα εμπιστοσύνης 95% δεν περιέχει το μηδέν, τότε η p-value πρέπει να είναι μικρότερη από 0.05. Αν το διάστημα εμπιστοσύνης $\alpha\%$ δεν περιέχει το μηδέν, η p-value πρέπει να είναι μικρότερη από $1-\alpha$.

Από ένα πίνακα της κατανομής t βρίσκουμε ότι για p-value 0.05 και για βαθμούς ελευθερίας μεγαλύτερους από 100 (όπως συμβαίνει σε όλα μας τα μοντέλα), η τιμή του t-test που αποδεικνύει την σημαντικότητα μιας ανεξάρτητης μεταβλητής για την προγνωστική ικανότητα του μοντέλου πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1.96.

9. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Ο στόχος είναι να προσδιορίσουμε, μια συνάρτηση που να προσαρμόζεται όσο το δυνατόν καλύτερα σ' ένα σετ δεδομένων. Η συνάρτηση μπορεί να είναι γραμμική ή μη. Η γενική μορφή της εξίσωσης που προκύπτει καθώς και οι τελικές εξισώσεις για τα έτη 1993-1999 που προκύπτουν από την ανάλυση παλινδρόμησης για τα οξείδια του αζώτου φαίνονται στον αντίστοιχο πίνακα.

Δεδομένα: Χρησιμοποιούνται μετρήσεις της περιόδου 93-99 για την δημιουργία των μοντέλων και οι μετρήσεις του 2000 για την επαλήθευση της προγνωστικής ικανότητας του συνολικού μοντέλου. Ειδικότερα, τα αρχικά μετρήσεις ανά ημέρα (μία κάθε ώρα). Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιείται ο μέσος όρος τεσσάρων μετρήσεων, από τις 7-10 πμ., γιατί εκείνο το χρονικό διάστημα παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις των οξειδίων του αζώτου. Το μοντέλο το οποίο χρησιμοποιείται και έχει καλύτερα αποτελέσματα, είναι το λογαριθμικό όπως υποδεικνύει και η διεθνής βιβλιογραφία.

9.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Χρησιμοποιούνται οι μετεωρολογικές συνθήκες : θερμοκρασία $-T$, ταχύτητα του ανέμου- WS , διεύθυνση του ανέμου- WD καθώς και η προηγούμενη μέτρηση των οξειδίων του αζώτου για το διάστημα 7-10 πμ $-NO_x(-1)$, αφού προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι υπάρχει κάποιου είδους αδράνειας στην ρύπανση. Επίσης, επειδή όπως μας δείχνουν τα διαγράμματα της μέσης ημερήσιας διακύμανσης των οξειδίων του αζώτου παρουσιάζονται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις τις καθημερινές και για να αποτυπωθεί αυτό το γεγονός στο μοντέλο, χρησιμοποιούμε ως ψευδομεταβλητή την διάκριση των ημερών της εβδομάδας σε εργάσιμες και αργίες - $WDAY$. Η $WDAY$ παίρνει την τιμή 1 αν πρόκειται για εργάσιμη

ημέρα (Δευτέρα - Παρασκευή) και την τιμή 0 αν πρόκειται για αργία (Σάββατο και Κυριακή). Η υγρασία -RH- αποκλείσθη από τα μοντέλα γιατί μετά από πολλές δοκιμές δεν φάνηκε να έχει επεξηγηματική ικανότητα (χαμηλό t-test) και γιατί δεν υπήρχαν ικανοποιητικά δεδομένα για αυτήν το έτος 1997. Για την διεύθυνση του ανέμου -WD, χρησιμοποιήσαμε την έκφραση $WD=1+\text{SIN}(\psi+\pi/4)$, όπου ψ είναι η διεύθυνση του ανέμου σε ακτίνια.(rad).

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

9.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Περιγραφή των Μοντέλων - Μεταβλητές με Προγνωστική Ικανότητα								R^2_{adj}
ΕΤΟΣ	$NO_x =$	α	$+\beta * NO_x(-1)$	$+\gamma * T$	$+\delta * WS$	$+\epsilon * WD$	$+\zeta * WDAY$	
1993	Οι μεταβλητές που έχουν την μεγαλύτερη προγνωστική ικανότητα (t-test>1.96) είναι η τιμή των οξειδίων του αζώτου της προηγούμενης ημέρας - $NO_x(-1)$ -θετική συσχέτιση, η ταχύτητα του ανέμου έχει αρνητική συσχέτιση και η WDAY θετική συσχέτιση.							0.373
1993	$NO_x =$	2,204	+0,356	-0,062	-0,384	+0,522	+0,416	
t-test	$R^2=0,373$	6,37	6,85	-0,66	-7,54	2,36	4,15	
1994	$NO_x(-1)$ -θετική συσχέτιση. WS-αρνητική συσχέτιση. WDAY-θετική συσχέτιση							0.647
1994	$NO_x =$	4,138	+0,15	-0,196	-0,613	+0,271	+0,344	
t-test	$R^2=0,647$	3,26	3,26	-1,94	-13,9	1,75	3,59	
1995	$NO_x(-1)$ -θετική συσχέτιση. WS-αρνητική συσχέτιση. WDAY-θετική συσχέτιση							0.688
1995	$NO_x =$	2,67	+3,11	-0,0,33	-0,517	+0,036	+0,359	
t-test	$R^2=0,688$	12,26	9,03	-0,55	-18,54	0,86	6,36	
1996	$NO_x(-1)$ -θετική συσχέτιση. WS-αρνητική συσχέτιση. WDAY-θετική συσχέτιση							0.567
1996	$NO_x =$	3,023	+0,273	-0,034	-0,605	+0,057	+0,321	
t-test	$R^2=0,567$	7,10	3,81	-0,22	-10,52	-0,77	2,51	
1997	$NO_x(-1)$ -θετική συσχέτιση. WS-αρνητική συσχέτιση. WDAY-θετική συσχέτιση. T-αρνητική συσχέτιση							0.766
1997	$NO_x =$	3,927	+0,134	-0,109	-0,602	+0,043	+0,340	
t-test	$R^2=0,766$	19,46	4,48	-3,43	-25,83	0,91	5,75	
1998	$NO_x(-1)$ -θετική συσχέτιση. WS-αρνητική συσχέτιση. WDAY-θετική συσχέτιση							0.768
1998	$NO_x =$	3,405	+0,123	-0,037	-0,612	+0,069	+0,424	
t-test	$R^2=0,768$	17,54	3,92	0,66	-25,21	0,79	7,01	
1999	$NO_x(-1)$ -θετική συσχέτιση. WS-αρνητική συσχέτιση. WDAY-θετική συσχέτιση. T-αρνητική συσχέτιση							0.771
1999	$NO_x =$	3,807	+0,168	-0,14	-0,588	+0,106	+0,511	
t-test	$R^2=0,771$	22,54	5,85	-3,77	-26,37	1,52	9,97	
93-99	Επειδή το R^2_{adj} για το 1993 είναι μικρό και αποκλίνει σημαντικά από τα R^2_{adj} των άλλων ετών δεν λαμβάνουμε υπόψη μας τα δεδομένα για το 1993 και σχηματίζουμε το συνολικό μοντέλο από τα δεδομένα των ετών 1994-1999.							0.711
94-99	$NO_x =$	3,111	+0,240	-0,095	-0,591	+0,051	+0,396	
t-test	$R^2=0,711$	34,73	15,95	-3,66	-46,68	1,95	13,49	

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης δείχνουν ότι έχει γίνει καλή επιλογή όλων των ανεξάρτητων μεταβλητών του μοντέλου. $F=737$ -σημαντικότητα της $F=0$.

Την μεγαλύτερη συνεισφορά στην πρόβλεψη την εξαρτημένης μεταβλητής, δηλαδή της συγκέντρωσης των οξειδίων του αζώτου για το διάστημα 7-10 πμ. Έχει η ταχύτητα του ανέμου, με τις μεγάλες ταχύτητες να ευνοούν την διασπορά των NO_x και να μειώνουν την συγκέντρωσή τους ενώ στους ασθενείς ανέμους και στις άπνοιες εμφανίζονται υψηλότερες συγκεντρώσεις.

Σημαντική θετική επιρροή εμφανίζει η συγκέντρωση των οξειδίων του αζώτου της προηγούμενης ημέρας $\text{NO}_x(-1)$.

Η θερμοκρασία- T έχει αρνητική συνεισφορά, με τις υψηλές θερμοκρασίες να οδηγούν σε χαμηλότερες τιμές NO_x και τις χαμηλές θερμοκρασίες σε υψηλότερες τιμές NO_x .

Μεγάλη θετική επιρροή έχει η ημέρα της εβδομάδας. Με τις εργάσιμες ημέρες να αυξάνουν την συγκέντρωση των NO_x .

Η διεύθυνση του ανέμου WD δεν δείχνει να έχει προγνωστική ικανότητα.

Στα συγκεκριμένα μοντέλα ο συντελεστής Durbin-Watson για τη σειριακή συσχέτιση έχει τιμές από 1.77 έως 1.93 που κρίνονται ικανοποιητικοί για τους βαθμούς ελευθερίας του μοντέλου (απουσία σειριακής συσχέτισης των υπολοίπων).

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΠΑΙΔΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΘΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 1993-1999

ΕΤΟΣ 1993	Στατιστικά παινδρδμησης						
	Πολλάπλο R	0.620373234					
	R Τετραγωνο	0.384862949					
	Προσαρμοσμένο R Τετραγωνο	0.372657849					
	Τυπικό σφάλμα	0.74094644					
	Μέγεθος δείγματος	258					
	ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
		βαθμοι ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
	Παινδρδμηση	5	86.55823451	17.3116469	31.53296102	6.75985E-25	
	Υπόλοιπο	252	138.34841	0.549001627			
Σύνολο	257	224.9066445					
	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	t	τιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%	
Τεταμένη επί την αρχή	2.204404157	0.346264625	6.366241294	9.10198E-10	1.522463738	2.886344575	
NOX(-1)	0.356141991	0.052061938	6.840736383	5.94198E-11	0.253610179	0.458673803	
T...	-0.06186418	0.093272875	-0.663260138	0.507770222	-0.24555763	0.12182927	
WS...	-0.383615748	0.050896333	-7.537198222	8.6424E-13	-0.483851995	-0.283379501	
WD RAD	0.522042358	0.220962119	2.362587577	0.018908307	0.086875179	0.957209537	
WORKDAY	0.416310254	0.100318934	4.149867207	4.55318E-05	0.218740156	0.613880351	
ΕΤΟΣ 1994	Στατιστικά παινδρδμησης						
	Πολλάπλο R	0.81002439					
	R Τετραγωνο	0.656139512					
	Προσαρμοσμένο R Τετραγωνο	0.647137929					
	Τυπικό σφάλμα	0.593899615					
	Μέγεθος δείγματος	197					
	ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
		βαθμοι ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
	Παινδρδμηση	5	128.5503816	25.71007632	72.89156571	2.03409E-42	
	Υπόλοιπο	191	67.36889967	0.352716752			
Σύνολο	196	195.9192813					
	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	t	τιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%	
Τεταμένη επί την αρχή	4.138153318	0.357171919	11.58588649	7.48185E-24	3.433645248		
NOX(-1)	0.149778276	0.046014823	3.255000611	0.00134133	0.059015783		
T...	-0.196054069	0.101015942	-1.940823056	0.053751613	-0.395304184		
WS...	-0.613059005	0.044120089	-13.8952349	8.60358E-31	-0.700084208		
WD RAD	0.2705983	0.154809668	1.747941861	0.082080968	-0.034757902		
WORKDAY	0.343734154	0.095649097	3.593699923	0.000414804	0.155069936		
ΕΤΟΣ 1995	Στατιστικά παινδρδμησης						
	Πολλάπλο R	0.832388475					
	R Τετραγωνο	0.692870574					
	Προσαρμοσμένο R Τετραγωνο	0.687852119					
	Τυπικό σφάλμα	0.44839951					
	Μέγεθος δείγματος	312					
	ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
		βαθμοι ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
	Παινδρδμηση	5	138.7977332	27.75954664	138.0645275	3.03201E-76	
	Υπόλοιπο	306	61.52500883	0.20106212			
Σύνολο	311	200.322742					
	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	t	τιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%	
Τεταμένη επί την αρχή	2.670195035	0.217841722	12.25750057	2.26449E-28	2.241537779	3.09885229	
NOX(-1)	0.310769062	0.034423033	9.027939513	2.00127E-17	0.243033264	0.37850486	
T	-0.033126611	0.059227507	-0.55931125	0.576358445	-0.149671322	0.0834181	
WS	-0.518947169	0.027991098	-18.53972203	5.80591E-52	-0.574026549	-0.463867788	
WD RAD	0.036286042	0.042249903	0.85884319	0.391099297	-0.046851051	0.119423134	
WORKDAY	0.358915586	0.056438211	6.359443011	7.35941E-10	0.247859502	0.469971669	

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΘΕΩΜΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 1993-1999

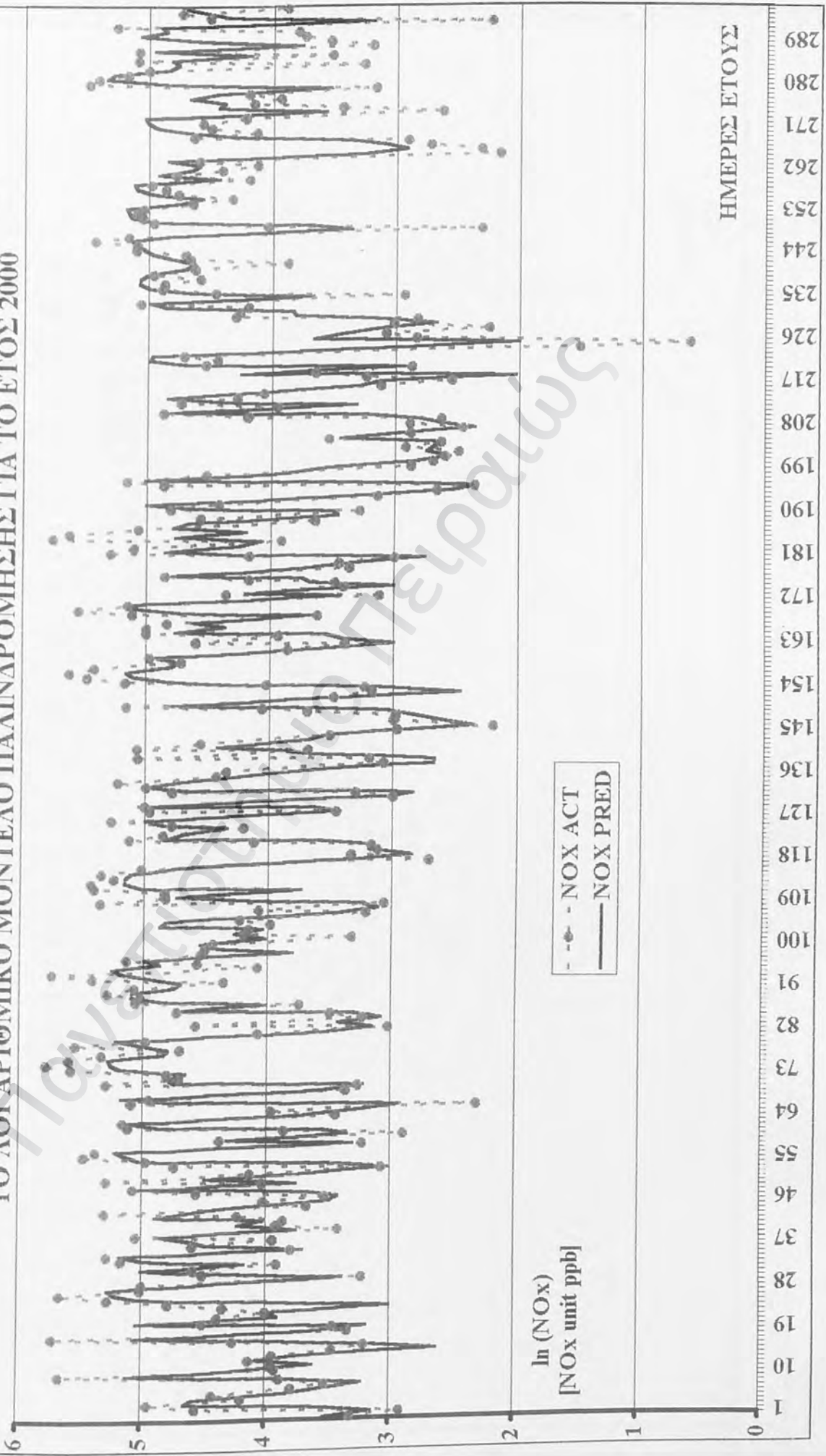
ΕΤΟΣ 1999	Στατιστικά παλινδρόμησης						
	Πολύπλοκο R	0.880153428					
	R Τετράγωνο	0.774670057					
	Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.770963972					
	Τυπικό σφάλμα	0.401464847					
	Μέγεθος δείγματος	310					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ							
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F		
Παλινδρόμηση	5	168.4482456	33.68964911	209.0265445		4.14811E-96	
Υπόλοιπο	304	48.99690302	0.161174023				
Σύνολο	309	217.4451486					
	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	t	πιη-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%	
Τεταγμένη επί την αργή	3.806517523	0.168877835	22.54006591	7.96105E-67	3.474200332	4.138834715	
NOX(-1)	0.167581682	0.028666847	5.845835746	1.29885E-08	0.111171163	0.2239922	
T	-0.139855891	0.037080445	-3.771688619	0.000194854	-0.212822656	-0.066889126	
WS	-0.587627545	0.022287518	-26.3657683	1.5523E-80	-0.631484843	-0.543770247	
WD RAD	0.105584919	0.069321881	1.523110993	0.128770475	-0.030826427	0.241996265	
WORKDAY	0.511396926	0.05129553	9.969619666	1.93249E-20	0.410457768	0.612336084	
ΕΤΟΣ 1993 - 1999							
Στατιστικά παλινδρόμησης							
Πολύπλοκο R	0.80590507						
R Τετράγωνο	0.649482982						
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.648478636						
Τυπικό σφάλμα	0.564531885						
Μέγεθος δείγματος	1751						
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ							
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F		
Παλινδρόμηση	5	1030.459795	206.091959	646.6720572		0	
Υπόλοιπο	1745	556.1249545	0.318696249				
Σύνολο	1750	1586.584749					
	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	t	πιη-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%	
Τεταγμένη επί την αργή	3.161197453	0.096911675	32.61936656	1.2399E-182	2.971122131	3.351272776	
NOX(-1)	0.260464936	0.015287282	17.03801528	2.46447E-60	0.230481604	0.290448269	
T...	-0.098334962	0.026604844	-3.696130023	0.00022567	-0.150515717	-0.046154208	
WS...	-0.548827288	0.01286028	-42.67615495	3.8721E-273	-0.574050481	-0.523604096	
WD RAD	0.069245423	0.028515037	2.42382731	0.0152668	0.013318159	0.125172688	
WORKDAY	0.403636192	0.029762664	13.56182993	6.57987E-40	0.345261925	0.46201046	
ΕΤΟΣ 1994 - 1999							
Στατιστικά παλινδρόμησης							
Πολύπλοκο R	0.844038954						
R Τετράγωνο	0.712401757						
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.711434715						
Τυπικό σφάλμα	0.512618123						
Μέγεθος δείγματος	1493						
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ							
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F		
Παλινδρόμηση	5	967.9159186	193.5831837	736.6814202		0	
Υπόλοιπο	1487	390.749904	0.26277734				
Σύνολο	1492	1358.665823					
	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	t	πιη-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%	
Τεταγμένη επί την αργή	3.311175181	0.095333575	34.73251864	4.7922E-194	3.124172482	3.49817788	
NOX(-1)	0.240194579	0.015063423	15.94555122	5.79167E-53	0.210646744	0.269742413	
T...	-0.095470816	0.026091514	-3.659075343	0.000261969	-0.146650933	-0.044290699	
WS...	-0.591615351	0.012672607	-46.68458069	1.0591E-293	-0.616473453	-0.566757249	
WD RAD	0.05140676	0.026302212	1.954465305	0.050833387	-0.000186653	0.103000174	
WORKDAY	0.396270202	0.0293825	13.48660609	3.41313E-39	0.338634613	0.453905791	

9.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΩΝ NO_x ΓΙΑ ΤΟ 2000 ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ 2000

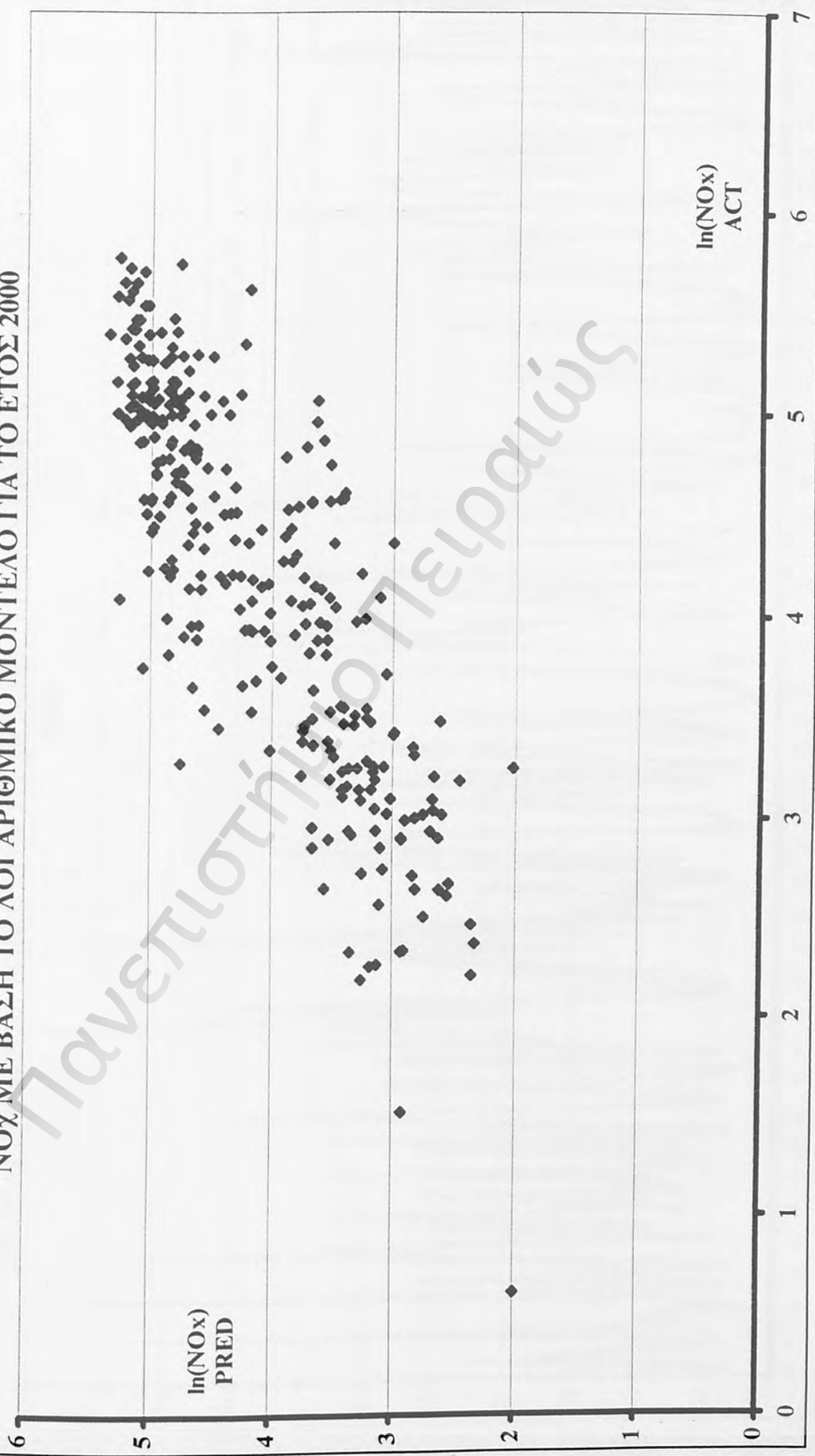
Χρησιμοποιούμε την εξίσωση παλλινδρόμησης του συνόλου των ετών 1994-1999 με $R^2_{\text{adj}}=0.711$. Προκειμένου να εξάγουμε τις προβλεπόμενες τιμές της επόμενης ημέρας για το 2000 στην θέση των μετεωρολογικών παραμέτρων τοποθετούμε τις πραγματικές τιμές που έχουν μετρηθεί για αυτές αντί για τις προγνωστικές τιμές τις οποίες δεν διαθέτουμε. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται κάπως η αξιοπιστία του μοντέλου, ωστόσο οι προγνώσεις για τις μετεωρολογικές παραμέτρους είναι πολύ αξιόπιστες και αποκλίνουν ελάχιστα από τις πραγματικές τιμές. Στην συνέχεια φτιάχνουμε δύο διαγράμματα που περιέχουν τις προβλεπόμενες και τις πραγματικές τιμές των οξειδίων του αζώτου για το διάστημα 7-10 πμ. Ένα με βάση την λογαριθμική μορφή του μοντέλου και ένα μετά την απολογαριθμοποίηση, διάγραμμα $\text{NO}_x\text{-ACT} - \text{NO}_x\text{-PRED}$.

Η ερμηνευμένη από μοντέλο διασπορά είναι 0.711. Το 50% των προβλέψεων βρίσκεται μέσα στα όρια του (+-) 0.054 και το 84% των προβλέψεων μέσα στα όρια του (+-) 0.5126.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΩΝ NOx ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΠΟ
ΤΟ ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2000

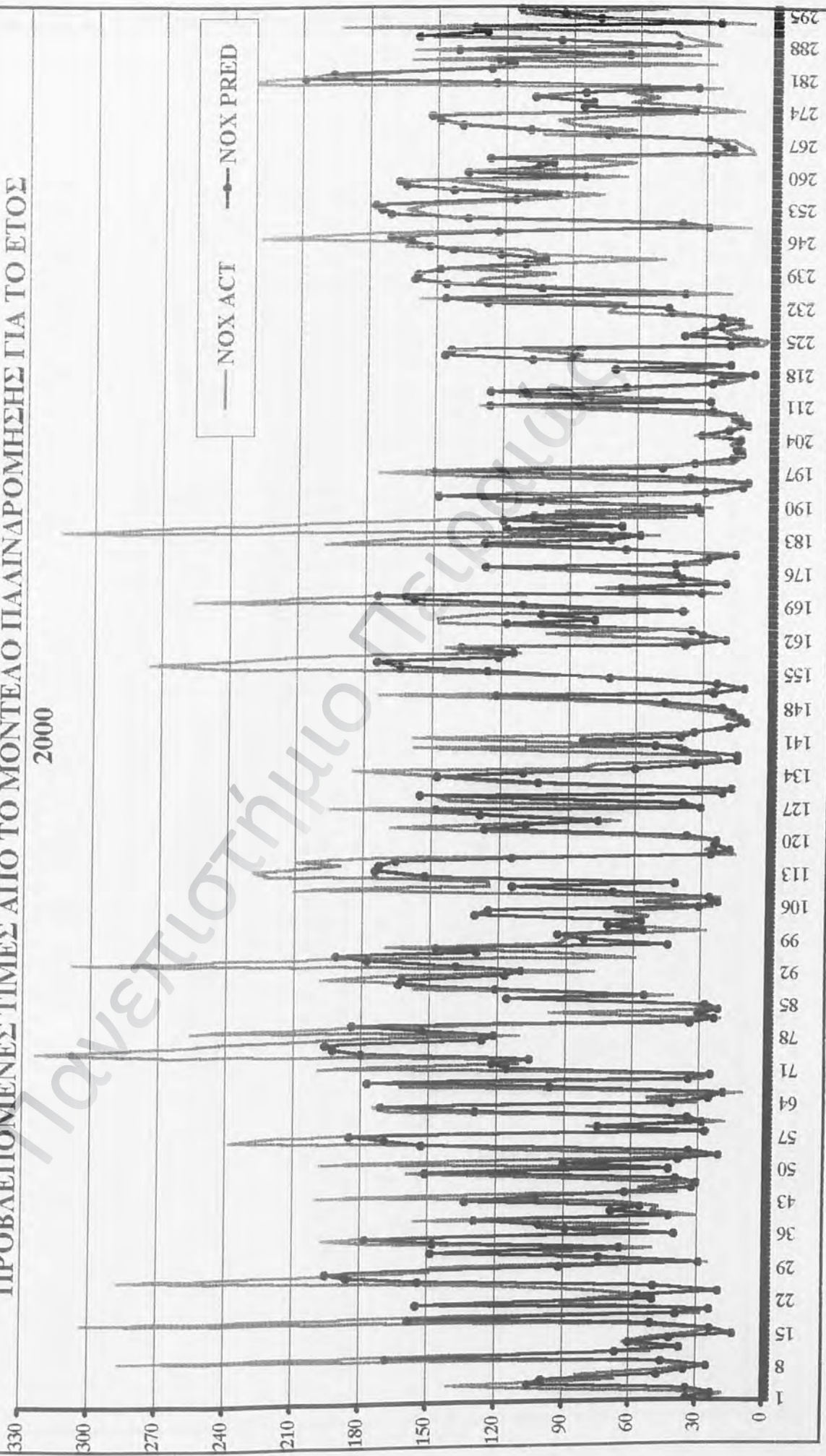


ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΩΝ ΕΝΑΝΤΙ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ
NO_x ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2000

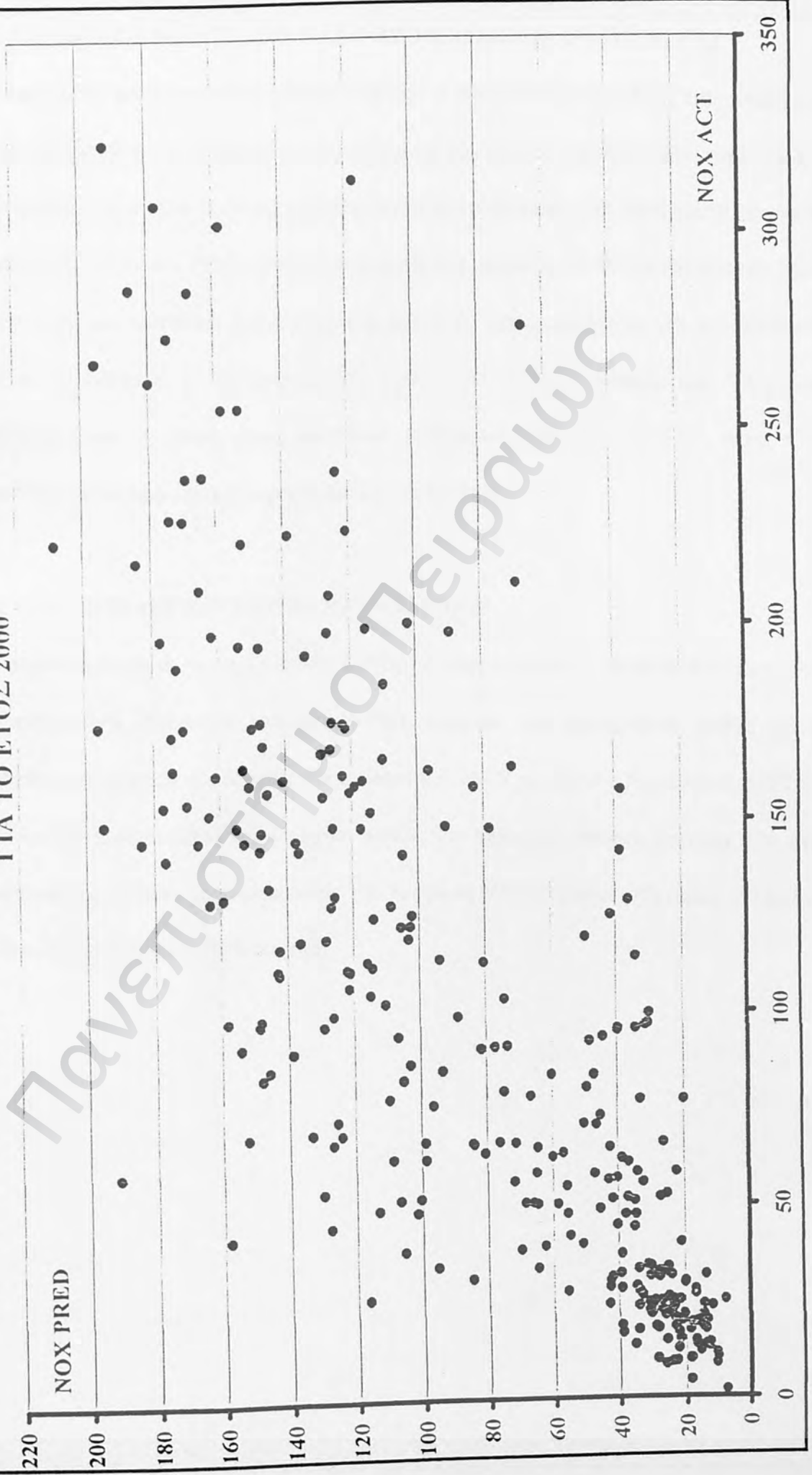


ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΜΕ ΤΙΣ
ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ

2000



ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΩΝ ΕΝΑΝΤΙ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ NOx
ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2000



10. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΟΖΟΝ (O_3)

Δεδομένα: Οι μετρήσεις αφορούν την περίοδο 1993-1999 και την θέση του Δημοτικού parking Ελευσίνας (Σ20). Όπως και για τα οξειδία του αζώτου, υπολογίζουμε τον μέσο όρο των ωριαίων τιμών του όζοντος, για κάθε ημέρα της εβδομάδας, για κάθε χρόνο και για το σύνολο της περιόδου 1993-1999. Οι μετρήσεις της περιόδου 93-99 αποτελούν την βάση κατασκευής των μοντέλων και οι μετρήσεις του 2000 χρησιμοποιούνται για την σύγκριση των προβλεπόμενων με τις πραγματικές τιμές. Κατά την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιείται ο μέσος όρος τεσσάρων μετρήσεων, από τις 14-17μμ., γιατί τότε εμφανίζονται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του όζοντος.

10.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Χρησιμοποιούνται οι μετεωρολογικές συνθήκες: θερμοκρασία-T, υγρασία-RH, ταχύτητα του ανέμου-WS, διεύθυνση του ανέμου-WD, διάρκεια της ημέρας-SUN, καθώς και η προηγούμενη μέτρηση του όζοντος για το διάστημα 14-17 μμ - $O_3(-1)$. Για το έτος 1997 το μοντέλο δεν περιλαμβάνει την υγρασία καθώς δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία. Για την διεύθυνση του ανέμου χρησιμοποιούμε την έκφραση $WD=1+\sin(\psi+\pi/4)$, όπου ψ είναι η διεύθυνση του ανέμου σε ακτίνια (rad).

10.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Περιγραφή των Μοντέλων - Μεταβλητές με Προγνωστική Ικανότητα									R ² adj
ΕΤΟΣ	O ₃ =	α	+β*O ₃ (-1)	+γ*T	+δ*RH	+ε*WS	+ζ*WD	+η*SUN	
1993	Οι μεταβλητές που έχουν την μεγαλύτερη προγνωστική ικανότητα (t-test>1.96) είναι η τιμή του όζοντος της προηγούμενης ημέρας - O ₃ (-1) - θετική συσχέτιση, η θερμοκρασία -θετική συσχέτιση, η υγρασία-θετική συσχέτιση, η διεύθυνση του ανέμου έχει αρνητική συσχέτιση, και η διάρκεια της ημέρας- θετική συσχέτιση.							0.614	
1993	O ₃ =	-21,947	+0,404	+0,743	+0,214	-0,387S	-21,33	+4,337	
t-test	R ² =0,634	-1,42	6,91	2,10	2,02	-0,74	-7,18	3,06	
1994	O ₃ (-1)-θετική συσχέτιση. WD-αρνητική συσχέτιση. SUN-θετική συσχέτιση							0.613	
1994	O ₃ =	-0,218	+0,47	-0,150	-0,138	+0,323	-2,16	+2,242	
t-test	R ² =0,673	-0,02	8,24	-0,85	-1,72	1,34	-2,12	3,25	
1995	O ₃ (-1)-θετική συσχέτιση. RH-αρνητική συσχέτιση. WS-θετική συσχέτιση. WD-αρνητική συσχέτιση							0.777	
1995	O ₃ =	12,423	+0,564	-0,040	-0,239	+0,520	-2,723	+0,756	
t-test	R ² =0,777	2,07	11,07	-0,27	-6,23	3,14	-3,72	1,22	
1996	O ₃ (-1)-θετική συσχέτιση. RH-αρνητική συσχέτιση. WS-θετική συσχέτιση. WD-αρνητική συσχέτιση. SUN-θετική συσχέτιση							0.863	
1996	O ₃ =	-5,946	+0,282	-0,119	-0,246	+0,535	-4,083	+3,348	
t-test	R ² =0,863	-1,24	5,73	-1,27	-7,81	3,47	-6,84	7,19	
1997	O ₃ (-1)-θετική συσχέτιση. T-θετική συσχέτιση. WS-θετική συσχέτιση. WD-αρνητική συσχέτιση. SUN-θετική συσχέτιση							0.670	
1997	O ₃ =	-23,771	+0,228	+0,490		+0,500	-1,677	+3,200	
t-test	R ² =0,670	-4,93	3,51	4,91		3,67	-2,42	5,92	
1998	O ₃ (-1)-θετική συσχέτιση. T-θετική συσχέτιση. RH-αρνητική συσχέτιση. WS-θετική συσχέτιση. WD-αρνητική συσχέτιση							0.768	
1998	O ₃ =	2,23	+0,403	+0,411	-0,139	+0,867	-2,049	+0,592	
t-test	R ² =0,609	0,36	7,30	2,29	-3,28	4,36	-2,25	1,02	
1999	O ₃ (-1)-θετική συσχέτιση. RH-αρνητική συσχέτιση. WS-θετική συσχέτιση. WD-αρνητική συσχέτιση. SUN-θετική συσχέτιση							0.777	
1999	O ₃ =	12,274	+0,239	+0,140	-0,576	+0,613	-4,098	+4,178	
t-test	R ² =0,777	1,81	5,16	0,92	-7,13	2,95	-5,95	6,42	
93-99	Τα δεδομένα του 1997 δεν συμπεριλαμβάνονται επειδή δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για την υγρασία.							0.663	
93-99	O ₃ =	-	+0,615)	+0,573	+0,045	+0,215	-2,907	+1,240	
t-test	R ² =0,663	12,366	-3,67	28,20	6,82	2,08	1,91	-5,28	3,75

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης δείχνουν ότι έχει γίνει καλή επιλογή όλων των ανεξάρτητων μεταβλητών του μοντέλου. F=457-σημαντικότητα της F=0.

Την μεγαλύτερη συσχέτιση στην πρόβλεψη την εξαρτημένης μεταβλητής, δηλαδή της συγκέντρωσης του όζοντος για το διάστημα 14-17 μμ. Έχει η συγκέντρωση του όζοντος της προηγούμενης ημέρας για το αντίστοιχο χρονικό διάστημα ($t=28.20$). Θετική επιρροή έχει η θερμοκρασία, με τις μεγάλες θερμοκρασίες(θερμοί μήνες) να ευνοούν υψηλότερες τιμές όζοντος και τις μικρές θερμοκρασίες(ψυχροί μήνες) να οδηγούν σε χαμηλότερες τιμές όζοντος. Παρόλη την θετική συσχέτιση με τις συγκεντρώσεις του όζοντος που εμφανίζει η θερμοκρασία για το συνολικό μοντέλο υπάρχουν τρεις χρονιές που παρατηρείται αρνητική συσχέτιση(94-95-96), ωστόσο και στις τρεις περιπτώσεις το t είναι μικρό δηλαδή στα αντίστοιχα μοντέλα η θερμοκρασία δεν εμφανίζει προγνωστική ικανότητα.

Η Ταχύτητα του ανέμου από τις έρευνες που έχουν γίνει, έχει αντίστροφη συσχέτιση με τις συγκεντρώσεις των ρύπων η οποία δεν αποτυπώνεται στα μοντέλα , αφού σε όλα εκτός από ένα εμφανίζει παραδόξως θετική συσχέτιση. Αυτή η ασυμφωνία μπορεί να αποδοθεί στη πολυπλοκότητα του μηχανισμού δημιουργίας και μεταφοράς του όζοντος. Στο συνολικό μοντέλο πάντως η ταχύτητα του ανέμου δεν παρουσιάζει προγνωστική ικανότητα (t μικρό)

Η διεύθυνση του ανέμου έχει αρνητική επιρροή και βάση της σχέσης που χρησιμοποιούμε για αυτήν σημαίνει, ότι όταν οι άνεμοι είναι βορειοανατολικοί(WD μεταξύ 1.707 και 2) οι συγκεντρώσεις του όζοντος είναι μεγαλύτερες, ενώ οι μικρότερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται με νοτιοδυτικούς ανέμους (WD μεταξύ 0 και 0.293)

Η διάρκεια της ημέρας εμφανίζει σημαντική προγνωστική ικανότητα και θετική συσχέτιση.(οι ημέρες με την μεγαλύτερη διάρκεια , άρα και την μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία ευνοούν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις όζοντος)

Τέλος η υγρασία στο συνολικό μοντέλο δείχνει προγνωστική ικανότητα και θετική συσχέτιση αν και σε τέσσερα από τα ετήσια μοντέλα εμφανίζει αρνητική συσχέτιση.

Στα παραπάνω μοντέλα ο συντελεστής Durbin-Watson για τη σειριακή συσχέτιση έχει τιμές από 1.81 ως 2.03 που κρίνονται ικανοποιητικοί για τους βαθμούς ελευθερίας του μοντέλου (απουσία σειριακής συσχέτισης των υπολοίπων).

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΟΖΟΝ ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 1993-1999

ΕΤΟΣ 1993	Στατιστικά παλινδρόμησης					
	Πολλαπλό R	0.789914869				
	R Τετράγωνο	0.6239655				
	Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.613893147				
	Τυπικό σφάλμα	22.74473429				
	Μέγεθος δείγματος	231				
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	6	192283.7749	32047.29581	61.94833721	6.75162E-45	
Υπόλοιπο	224	115880.3381	517.322938			
Σύνολο	230	308164.113				
	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	t	τιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταμένη επί την αρχή	-21.94743027	15.40951509	-1.424277801	0.15575767	-52.3135943	8.418733766
O3(-1)	0.403564643	0.05844528	6.904999756	5.11782E-11	0.288391716	0.51873757
T...	0.742555527	0.353574274	2.100140148	0.036835411	0.04579808	1.439312974
RH...	0.214259103	0.106129111	2.018853271	0.044694232	0.005119881	0.423398325
WS...	-0.386917007	0.523905806	-0.738523991	0.460969171	-1.419331689	0.645497676
WD RAD	-21.33318231	2.971053748	-7.180342103	1.01472E-11	-27.1879743	-15.47839033
SUNSHINE	4.33726356	1.417324937	3.060175861	0.002481982	1.544267072	7.130260049
ΕΤΟΣ 1994	Στατιστικά παλινδρόμησης					
	Πολλαπλό R	0.790403153				
	R Τετράγωνο	0.624737144				
	Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.613131077				
	Τυπικό σφάλμα	9.685036384				
	Μέγεθος δείγματος	201				
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	6	30294.65367	5049.108944	53.82849388	9.84239E-39	
Υπόλοιπο	194	18197.18637	93.79992975			
Σύνολο	200	48491.84004				
	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	t	τιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταμένη επί την αρχή	-0.218154226	9.901595794	-0.022032229	0.982444891	-19.74674036	19.31043191
O3(-1)	0.497326168	0.060355609	8.23993295	2.5275E-14	0.37828882	0.616363515
T	-0.150119881	0.175810242	-0.853874493	0.394227642	-0.49686454	0.196624777
RH	-0.138206922	0.080496368	-1.716933648	0.087587273	-0.296967215	0.020553371
WS	0.32277361	0.239994145	1.344938483	0.180215283	-0.150555062	0.796109784
WD RAD	-2.116098712	1.000453058	-2.115140432	0.03569429	-4.089258808	-0.142938616
SUNSHINE	2.241908323	0.68908931	3.253436516	0.001344967	0.88284053	3.600976115
ΕΤΟΣ 1995	Στατιστικά παλινδρόμησης					
	Πολλαπλό R	0.885236742				
	R Τετράγωνο	0.783644089				
	Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.777280679				
	Τυπικό σφάλμα	7.621101263				
	Μέγεθος δείγματος	211				
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	6	42915.65326	7152.608877	123.1484678	5.08886E-65	
Υπόλοιπο	204	11848.56163	58.08118446			
Σύνολο	210	54764.21489				
	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	t	τιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταμένη επί την αρχή	12.4228022	6.002703959	2.069534378	0.039755853	0.58750052	24.25810389
O3(-1)	0.564752297	0.051025199	11.06810571	1.32376E-22	0.464147865	0.665356729
T	-0.040684233	0.150967434	-0.269490127	0.787824926	-0.338340946	0.25697248
RH	-0.239477904	0.038446666	-6.228834149	2.63972E-09	-0.315281724	-0.163674085
WS	0.5200272	0.165753248	3.137357517	0.001956952	0.193217863	0.846836537
WD RAD	-2.723095463	0.732493662	-3.717568636	0.00025984	-4.167325185	-1.278865742
SUNSHINE	0.756231545	0.619929459	1.21986709	0.223923648	-0.466059645	1.978522736

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΟΖΟΝ ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 1993-1999

ΕΤΟΣ: 1996	Στατιστικά παλινδρόμησης		ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ					
	Πολύπλευρό R	0,931242824	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
	R Τετράγωνο	0,867213197	6	51210,17077	8535,028461	230,7573664	4,93962E-90	
	Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0,86345508	Υπόλοιπο	212	7841,249284	36,98702492		
	Τυπικό σφάλμα	6,081695892	Σύνολο	218	59051,42005			
	Μέγεθος δείγματος	219						
ΕΤΟΣ: 1997	Στατιστικά παλινδρόμησης		ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ					
	Πολύπλευρό R	0,823324929	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
	R Τετράγωνο	0,677863939	5	20781,87056	4156,374112	87,53797957	3,12928E-49	
	Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0,670120284	Υπόλοιπο	208	9876,008329	47,48080928		
	Τυπικό σφάλμα	6,890631994	Σύνολο	213	30657,87889			
	Μέγεθος δείγματος	214						
			Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
	Τεταγμένη επί την αρχή		-5,945628642	4,811067215	-1,235823233	0,217891879	-15,4292817	3,538024411
	O3(-1)		0,282229324	0,049251643	5,73035349	3,41127E-08	0,185143694	0,379314955
	T		-0,11928544	0,09421114	-1,266150057	0,206848879	-0,304995954	0,066425074
	RH		-0,246292403	0,031544004	-7,807899301	2,63958E-13	-0,30847245	-0,184112356
	WS		0,534937364	0,154009969	3,473394391	0,000622934	0,231350436	0,838524292
	WD RAD		-4,082662452	0,597087888	-6,837623966	8,44823E-11	-5,259651697	-2,905673206
SUNSHINE		3,347843835	0,465932684	7,185252179	1,12426E-11	2,429389836	4,266297835	
ΕΤΟΣ: 1998	Στατιστικά παλινδρόμησης		ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ					
	Πολύπλευρό R	0,78719899	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
	R Τετράγωνο	0,619682249	6	30629,69066	5104,948443	58,92925404	6,55931E-43	
	Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0,609166551	Υπόλοιπο	217	18798,36815	86,62842465		
	Τυπικό σφάλμα	9,30743921	Σύνολο	223	49428,05881			
	Μέγεθος δείγματος	224						
			Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
	Τεταγμένη επί την αρχή		2,233270937	6,142544996	0,363574209	0,716529944	-9,873420343	14,33996222
	O3(-1)		0,403396889	0,055272599	7,298315934	5,4295E-12	0,29445698	0,512336798
	T		0,41076901	0,179050432	2,294152576	0,022738416	0,05786833	0,76366969
	RH		-0,139085223	0,042458463	-3,275795047	0,001226538	-0,222769023	-0,055401423
	WS		0,867224452	0,198880553	4,360529174	2,00431E-05	0,47523946	1,259209444
	WD RAD		-2,048907107	0,909712369	-2,252258161	0,025306832	-3,841910952	-0,255903261
SUNSHINE		0,592448764	0,579252335	1,022781831	0,307549855	-0,549232607	1,734130134	

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΟΖΟΝ ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 1993-1999

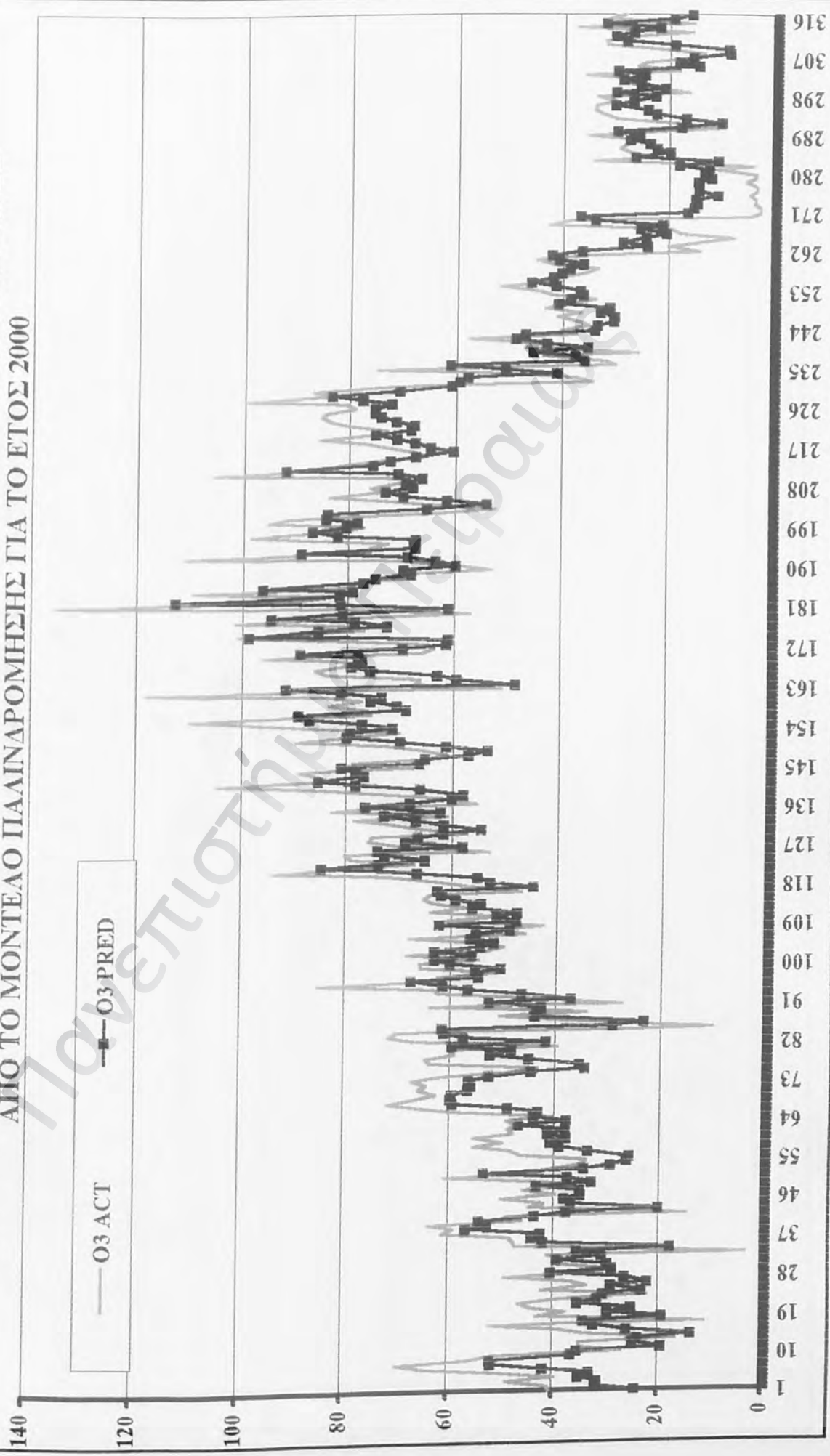
Στατιστικά παλινδρόμησης							
Πολύπλοκο R	0.883738872						
R Τετράγωνο	0.780994393						
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.776614281						
Τυπικό σφάλμα	9.901829157						
Μέγεθος δείγματος	307						
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ							
	Βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F		
Παλινδρόμηση	6	104892.5867	17482.09778	178.3046574	8.22213E-96		
Υπόλοιπο	300	29413.8662	98.04622066				
Σύνολο	306	134306.4529					
	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	t	τιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%	
Τεταμένη επί την αρχή	12.27370734	6.777982792	1.81082008	0.07116891	-1.064691578	25.61210626	
O3(-1)	0.238882556	0.046273949	5.162355055	4.44742E-07	0.147820006	0.329945106	
T	0.13989562	0.152638682	0.916514859	0.360133078	-0.160482191	0.440273432	
RH	-0.57608206	0.080781825	-7.131332591	7.46748E-12	-0.735052691	-0.417111428	
WS	0.613344508	0.20756877	2.954897824	0.003375553	0.204869723	1.021819292	
WD RAD	-4.098179508	0.688799734	-5.94974026	7.47668E-09	-5.453669173	-2.742689842	
SUNSHINE	4.17776936	0.650256712	6.424800056	5.17315E-10	2.898128545	5.457410175	
Στατιστικά παλινδρόμησης							
Πολύπλοκο R	0.815085462						
R Τετράγωνο	0.66436431						
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.662911342						
Τυπικό σφάλμα	14.23317331						
Μέγεθος δείγματος	1393						
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ							
	Βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F		
Παλινδρόμηση	6	555782.4954	92630.41589	457.246236	0		
Υπόλοιπο	1386	280780.3462	202.5832223				
Σύνολο	1392	836562.8415					
	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	t	τιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%	
Τεταμένη επί την αρχή	-12.36635731	3.365435729	-3.674518936	0.000247381	-18.96825006	-5.764464565	
O3(-1)	0.615215398	0.021813846	28.20297723	1.1137E-138	0.572423711	0.658007084	
T...	0.572960323	0.083994028	6.821441224	1.34244E-11	0.408191298	0.737729348	
RH...	0.045408244	0.021825516	2.080511836	0.037661915	0.002593665	0.088222824	
WS...	0.215294321	0.112571271	1.912515678	0.056016005	-0.005533981	0.436122623	
WD RAD	-2.90686192	0.496273965	-5.8573734	5.86524E-09	-3.880390388	-1.933333453	
SUNSHINE	1.240466334	0.330387522	3.754579856	0.000180818	0.592353234	1.888579434	

10.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ O₃ ΓΙΑ ΤΟ 2000 ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ 2000.

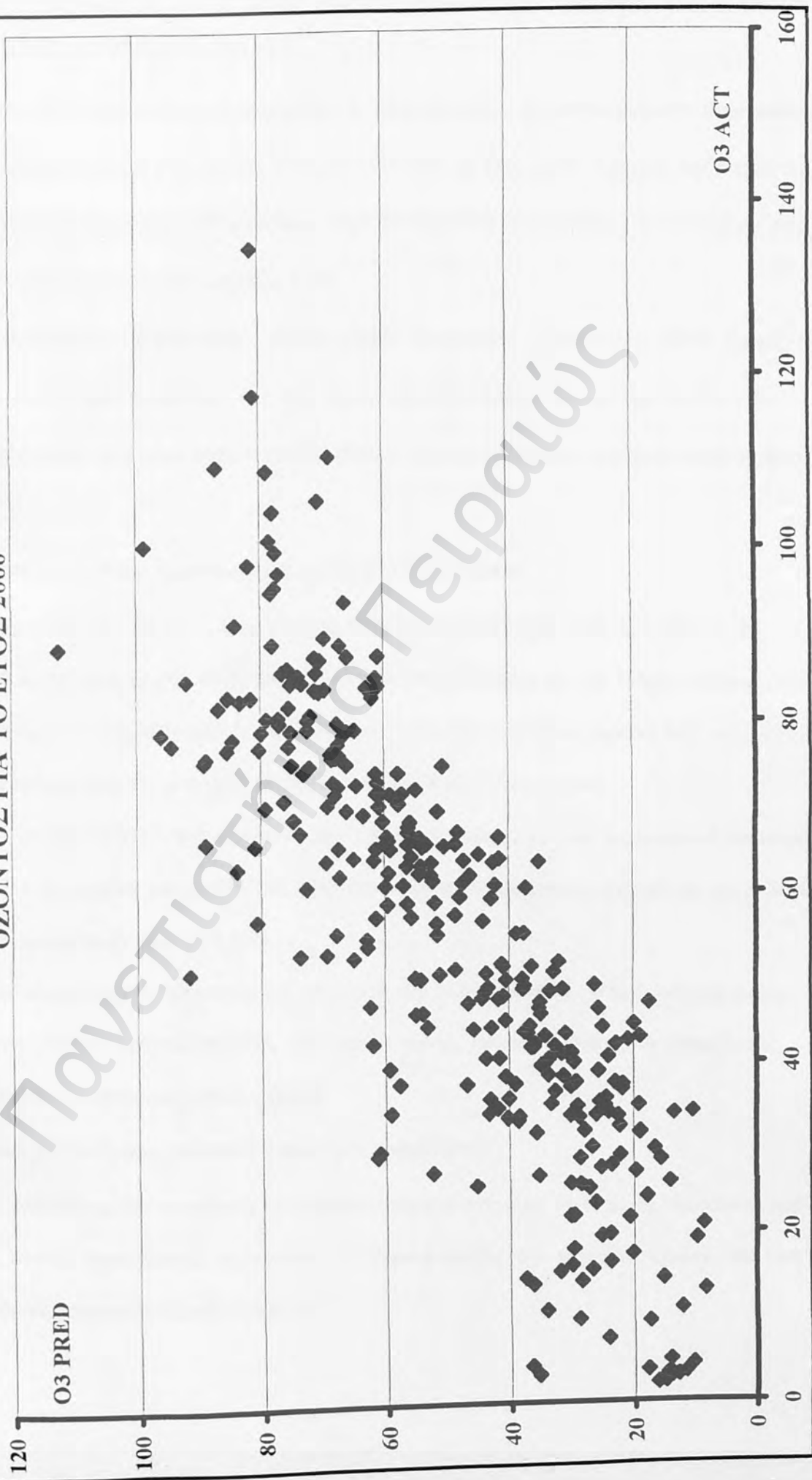
Χρησιμοποιούμε την εξίσωση παλλινδρόμησης του συνόλου των ετών 1993-1999, εκτός του 1997 με $R^2_{adj}=0.663$. Στην θέση των μετεωρολογικών παραμέτρων τοποθετούμε τις πραγματικές τιμές που έχουν μετρηθεί για αυτές αντί για τις προγνωστικές τιμές τις οποίες δεν διαθέτουμε. Αν θέλουμε να τρέξουμε το μοντέλο σε πραγματικές συνθήκες θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τις αντίστοιχες προβλέψεις της ΕΜΥ. Στην συνέχεια φτιάχνουμε το διάγραμμα που περιέχει τις προβλεπόμενες και τις πραγματικές τιμές του όζοντος για το διάστημα 14-17 μμ. (O₃ ACT-O₃ PRED)

Το μοντέλο έχει τυπικό σφάλμα 14.23 ppb, ερμηνευμένη διασπορά 0.663 και μέσα στα όρια του (+-) 14.23 ppb βρίσκεται το 79% των προβλέψεων. Το 50% των προβλέψεων βρίσκεται μέσα στα όρια του (+-) 6.31ppb.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ
 ΑΠΟ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2000



ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΩΝ ΕΝΑΝΤΙ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ
ΟΖΟΝΤΟΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2000



11. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συνολικά αποτελέσματα εμφανίζονται ικανοποιητικά. Τα αποτελέσματα ακολουθούν πολύ ικανοποιητικά την πορεία των ρυπαντών για το έτος 2000. Σχετικό πρόβλημα στη προγνωστική ικανότητα του μοντέλου κατά την διάρκεια επαλήθευσης του μοντέλου (έτος 2000) εμφανίζουν οι πολύ μεγάλες τιμές.

Σαν δευτερεύον αποτέλεσμα, εξίσου όμως σημαντικό, προέκυψε η μέση ημερήσια διακύμανση των ρυπαντών για την πόλη της Ελευσίνας για τα έτη 1993-1999. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν επιβεβαιώνουν προηγούμενες και συνεχείς παρατηρήσεις του Γ.Ε.Ρ.Π.ΠΕ.

Σχετικά με τα NO_x προγνωστική ικανότητα εμφανίζουν:

1. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις NO_x σημειώνονται στο διάστημα 7-10 πμ με μέγιστο στις 8 πμ και σχετίζονται με την αυξημένη κυκλοφορία στους δρόμους και την πλήρη λειτουργία των βιομηχανιών της περιοχής. Το πρόβλημα των υψηλότερων συγκεντρώσεων NO_x εντοπίζεται τις καθημερινές, τις ημέρες με άπνοια και την ψυχρή περίοδο του έτους.
2. Το μοντέλο των πέντε παραμέτρων έχει τυπικό σφάλμα 0.5126 και ερμηνευμένη διασπορά 0.711. Η ακρίβεια για το 50% των προβλέψεων είναι ανάμεσα στο (+-) 0.054 και για το 80% των προβλέψεων στο (+-) 0.5126.
3. Την μεγαλύτερη συσχέτιση για την πρόγνωση των NO_x εμφανίζουν: η ταχύτητα του ανέμου - αρνητική, η συγκέντρωση NO_x της προηγούμενης ημέρας - θετική, η θερμοκρασία - αρνητική, οι εργάσιμες ημέρες - θετική

Σχετικά με το O_3 προγνωστική ικανότητα εμφανίζουν:

1. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις O_3 σημειώνονται στο διάστημα 14-17μμ και ευνοούνται από τις υψηλές θερμοκρασίες, τις μεγάλες σε διάρκεια ημέρες, την αυξημένη υγρασία και τους ασθενείς βορειοανατολικούς ανέμους.

2. Το μοντέλο των έξι παραμέτρων έχει τυπικό σφάλμα 14.23 ppb και ερμηνευμένη διασπορά 0.663. Η ακρίβεια για το 50% των προβλεψεων είναι ανάμεσα στο (+-) 6.31ppb και για το 80% των προβλέψεων στο (+-) 14.23 ppb.
3. Την μεγαλύτερη συσχέτιση για την πρόγνωση του O₃ εμφανίζουν: η συγκέντρωση O₃ της προηγούμενης ημέρας – θετική, η θερμοκρασία – θετική, η διεύθυνση του ανέμου – αρνητική, η διάρκεια της ημέρας – θετική, η υγρασία – θετική.

Από όλα τα παραπάνω, αλλά και από προηγούμενες εργασίες, γίνεται φανερό πόσο πολύπλοκο είναι το πρόβλημα της Ρύπανσης του Περιβάλλοντος στο Θριάσιο Πεδίο. Σαν γενικότερα συμπεράσματα μπορούν να διατυπωθούν τα παρακάτω:

- Η αντιμετώπιση του προβλήματος δεν μπορεί να είναι περιστασιακή, αλλά ούτε και αποσπασματική.
- Τυχόν μεμονωμένη αντιμετώπιση κάποιου ρύπου ή πηγής ρύπανσης δεν θα έλυνε κανένα πρόβλημα, αλλά θα είχε σαν πιθανή συνέπεια την δημιουργία άλλου είδους προβλημάτων (π.χ. κοινωνικών).
- Η αντιμετώπιση του προβλήματος πρέπει να είναι συνολική, να καλύπτει τις πηγές ρύπανσης του αέρα, της θάλασσας, των υπόγειων νερών και του εδάφους.

Επίσης θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σε προβλήματα που υποβαθμίζουν **την ποιότητα ζωής των κατοίκων**, (π.χ. αυθαίρετη και ανεξέλεγκτη δόμηση κατοικιών, επαγγελματικών εγκαταστάσεων και βιομηχανιών) αλλά και **την αισθητική του Περιβάλλοντος**, όπως π.χ. η ανεξέλεγκτη ρίψη μπαζών και απορριμμάτων, η καταστροφή των δύο φυσικών πηγών νερού του Θριασίου, η καταστροφή του μη συμπαγούς δάσους βελανιδιάς [θέση Λισιά (=βελανιδιά) που καλύπτει τις περιοχές του Δήμου Ασπροπύργου Ψάρι, Γκορυσά και Ρουπάκι], η καταστροφή και η υποβάθμιση του δάσους, η μετατροπή των ρεμάτων σε ανοιχτούς οχετούς αποβλήτων, η υποβάθμιση της Λίμνης

Κουμουνδούρου, η υποβάθμιση του βιοτόπου που δημιουργείται στην εκβολή του χειμάρρου Σαρανταπόταμου, καθώς και του βιότοπου στην θέση Μώλος (αμφότεροι βρίσκονται εκατέρωθεν της Χαλυβουργικής, ανάμεσα στην ΝΕΟΑΚ και την θάλασσα), η επιχωμάτωση και η κατάληψη των ακτών και γενικά σε συμπεριφορές που δεν δείχνουν σεβασμό προς την Φύση.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

12. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Chaloulakou A., Asimakopoulos D., Lekkas T., (1999): Forecasting daily maximum ozone concentrations in the Athens basin. Environmental monitoring and assessment vol. 56, pp. 97-112
2. European Environment Agency, (1994): Corinair Inventory
3. Gardner M., Dorling S., (1998): Neural network modelling and prediction of hourly NO_x and NO₂ concentrations in urban air in London. Atmospheric environment vol.33 pp.709-719
4. <http://www.thriasiopedio.gr>
5. Hubbard M. C., Cobourn W. G. (1998): Development of a regression model to forecast ground level ozone concentration in Louisville, KY. Atmospheric environment 32 (14/15), 2637-2647.
6. Lalas D.P., Asimakopoulos D.N, Deligiorgi D.G., Helmis C.G., (1983): Sea breeze circulation and Photochemical Pollution in Athens, Greece. Atmospheric Environment vol. 17, pp. 1621-1632
7. Makridakis S., Wheelwright S. C., Hyndman R. J.: Forecasting methods and applications. Third edition.
8. Perez P., Trier A., (2000): Prediction of NO and NO₂ concentrations near a street with heavy traffic in Santiago, Chile. Atmospheric environment 35 pp.1783-1789.
9. Ping Shi J., Harrison R. M. (1997): Regression modeling of hourly NO_x and NO₂ concentrations in urban air in London. Atmospheric environment 31 (24), 4081-4094.
10. Retalis A., Cartalis C., Varotsos C., (1995): An analysis of the distribution of nitrogen dioxide in S.E.-Mediterranean for the period 1985-1989. I. J. Rem. Sensing, vol. 16
11. Statheropoulos M., Vassiliadis N., Pappa A., (1998): Principal component and canonical correlation analysis for examining air pollution and meteorological data. Atmospheric environment 32 (6), 1087-1095.
12. Varotsos C. V., Cracknell A. P., Sakellariou N. K., Lycoudis S. P., (1995): On the statistical analysis of the ozone depletion over Greece. I. J. Rem. Sensing vol. 16 No 10
13. Ziomas I. C., Melas D., Zerefos C. S., Vais A., Paliatsos A. G., (1995): Forecasting peak pollutant levels from meteorological variables. Atmospheric environment 29 (24), 3703-3711.
14. Αμπατζόγλου Γ., Χρηστίδης Α., Μουρίκης Δ., (1990): Η σκόνη στο Θριάσιο Πεδίο. Χημικά Χρονικά, Αθήνα.
15. Βαρώτσος Κ., Kondratyev K., (1996): Φυσικοχημεία Περιβάλλοντος.
16. Βασιλακιώτη Γ. Σ., (1989): Χημεία Περιβάλλοντος.
17. Γ.Ε.Ρ.Π.Π.Ε.: Δελτία τύπου με τα αποτελέσματα μετρήσεων της ρύπανσης για τα έτη 1985-2000.
18. Δεληγιώργη Δ., (1998): Ρύπανση Φυσικού Περιβάλλοντος.
19. Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, (1998): Το περιβάλλον στην Ευρώπη.
20. Ζαμπάκα Ι., (1973): Μετεωρολογικαί συνθήκαι ελαχίστης και μεγίστης ρυπάνσεως της ατμόσφαιρας των Αθηνών. Δ Ε Μ Υ
21. Ιακωβίδη Κ., (1998): Ρύπανση και Περιβάλλον - Επιπτώσεις των Αερίων Ρύπων στη Βιόσφαιρα
22. Κουμιτζή Θ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., (1994): Έλεγχος Ρύπανσης Περιβάλλοντος
23. Μαυράκης Α., (1998): Συμβολή στην Διερεύνηση του Γενικότερου Περιβαλλοντικού Προβλήματος στην Ευρύτερη Περιοχή του Θριασίου Πεδίου. Διπλωματική Εργασία, Ε.Κ.Π.Α.

-
24. Μαυράκης Α., Θεοχαράτος Γ., Χρηστίδης Α., (2001): Χωρική και Χρονική Κατανομή της Αέριας Ρύπανσης στο Θριάσιο Πεδίο. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οικολογίας
 25. Μαυράκης Α., Θεοχαράτος Γ., Χρηστίδης Α., Ασημακόπουλος Δ., (2000): Μεταβολή Μετεωρολογικών Παραμέτρων και Συγκεντρώσεων Αερίων Ρύπων στο Θριάσιο Πεδίο κατά την Έκλειψη Ηλίου της 11^{ης} Αυγούστου 1999. 5^ο Πανελλήνιο Συνεδρίου Μετεωρολογίας - Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας pp 529-536
 26. Μουσιόπουλος Ν., (1999): Μαθηματικά Μοντέλα Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης
 27. ΥΠΕΧΩΔΕ (ΕΑΡΘ-ΠΕΡΠΑ), (1989): Η Ατμοσφαιρική Ρύπανση στην περιοχή της Αθήνας. Τεχνική έκθεση.
 28. ΥΠΕΧΩΔΕ, (1996): Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Αθήνα – 1995.
 29. Χρηστίδης Α., (1995): Μελέτη κατανομής αερομεταφερόμενων ρύπων στο Θριάσιο Πεδίο, περιοχή Ελευσίνας. Διδακτορική Διατριβή Ε.Μ.Π.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς