

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της μερικής εκπλήρωσης των απαιτήσεων για το Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών "Περιβάλλον και Ανάπτυξη". Πραγματεύεται την ατμοσφαιρική ρύπανση της Αττικής στην εξέλιξη του χρόνου με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Η τριμελής επιτροπή για την παρούσα εργασία απαρτίζεται από τον Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Κουτσόπουλο ως επιβλέπων, τον Αν. Καθηγητή κ. Γιώργο Φώτη και τον Λέκτορα Καθηγητή κ. Ίων Σαγιά.

Η εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας έγινε σε συνεργασία με το Υπουργείο Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, το οποίο μας παρείχε κάθε δυνατή βοήθεια σε ό,τι αφορά τη συγκέντρωση απαραίτητων στοιχείων και δεδομένων.

Η ολοκλήρωση της παρούσας Εργασίας έγινε με την συμβολή αρκετών τους οποίους και οφείλω να ευχαριστήσω.

Ευχαριστώ τον κ. Βύρα Λοϊζο, Υπεύθυνο του Τμήματος Ποιότητας της Ατμόσφαιρας του ΥΠΕΧΩΔΕ και τον κ. Ηλία Κοντάκο για την εθελοντική αλλά πολύτιμη συμβολή τους στην προσπάθεια για ολοκλήρωση της παρούσας Εργασίας.

Τέλος ευχαριστώ θερμά τον Δρ. κ. Θωμά Χατζηχρήστο ΕΕΔΙΠ στο ΕΜΠ, για την επίβλεψη και τις υποδείξεις του κατά την εκπόνηση και συγγραφή της Εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	01
Εισαγωγή.....	07
<u>Κεφάλαιο 1: Ατμοσφαιρική Ρύπανση.....</u>	<u>10</u>
1.1 Ιστορική Αναδρομή.....	10
1.2 Χαρακτηριστικά Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	11
1.3 Παράγοντες Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	12
1.4 Διαχωρισμός Ρύπων.....	14
1.5 Μονάδες Μέτρησης της Αέριας Ρύπανσης.....	19
1.6 Διασπορά και Διάχυση Ρύπων.....	19
<u>Κεφάλαιο 2: Υφιστάμενη Κατάσταση Αττικής.....</u>	<u>21</u>
2.1 Σταθμοί Μέτρησης.....	22
2.2 Μετρούμενοι Ρύποι.....	24
2.3 Βαθμονόμηση Αυτόματων Οργάνων.....	25
2.4 Διαχρονική Μεταβολή των Συγκεντρώσεων των Ρύπων.....	25
2.5 Νομοθεσία Σχετικά με την ποιότητα της Ατμόσφαιρας.....	33
2.6 Μετρήσεις Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	34
2.7 Αντιμετώπιση Επεισοδίων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	35
2.8 Διάγνωση Προβλημάτων.....	37
2.9 Μέτρα για την Καταπολέμηση της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	37
<u>Κεφάλαιο 3: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.....</u>	<u>39</u>
3.1 Πλαίσιο Δημιουργίας ενός ΓΣΠ.....	39
3.2 Τα Μέρη ενός ΓΣΠ.....	41
3.2.1 Μηχανήματα.....	41
3.2.2 Αλγόριθμοι.....	42
3.2.3 Διαθέσιμα.....	42

3.3 Από την Πραγματικότητα στα ΓΣΠ.....	43
3.4 Στάδια και Διαδικασίες στα ΓΣΠ.....	46
3.4.1 Καθορισμός Προβλήματος.....	46
3.4.2 Διαδικασία από Στοιχεία σε πληροφορία.....	48
3.4.2.1 Είσοδος (Αποτύπωση / Αποθήκευση).....	48
3.4.2.2 Διαχείριση.....	49
3.4.2.3 Ανάλυση.....	50
3.4.2.4 Έξοδος.....	53
3.5 Πλαίσιο Εφαρμογής.....	55
<u>Κεφάλαιο 4: Μέθοδοι Ανάλυσης Χώρου.....</u>	<u>57</u>
4.1 Μοντέλα Επιφανειών.....	57
4.2 Ψηφιδωτές Επιφάνειες.....	57
4.3 Δημιουργία Επιφανειών από Σημεία.....	58
4.4 Μέθοδοι Χωρικής Παρεμβολής.....	61
4.5 Αιτιοκρατικές Μέθοδοι.....	62
4.6 Μέθοδος IDW.....	63
<u>Κεφάλαιο 5: Εφαρμογή.....</u>	<u>66</u>
5.1 Περιοχή Μελέτης.....	66
5.1.2 Γεωγραφικά Δεδομένα.....	66
5.1.2 Διοικητική Διαίρεση.....	67
5.1.3 Δημογραφικά Χαρακτηριστικά.....	68
5.2 Δεδομένα.....	68
5.3 Μετρούμενοι Ρύποι.....	71
5.4 Διαχείριση.....	72
5.5 Ανάλυση.....	84
5.6 Χαρτογραφική Απόδοση.....	89

5.7 Σχολιασμός των Χαρτών Απόδοσης.....	116
5.7.1 Αιωρούμενα σωματίδια.....	116
5.7.2 Μονοξείδιο του άνθρακα.....	117
5.7.3 Μονοξείδιο του αζώτου.....	119
5.7.4 Διοξείδιο του αζώτου.....	119
5.7.5 Όζον.....	121
5.7.6 Διοξείδιο του θείου.....	121
5.8 Αξιολόγηση της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης της Αθήνας.....	122
5.9 Μηνιαία Μεταβολή για το Έτος 2008.....	123
<u>Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα.....</u>	<u>124</u>
Βιβλιογραφία.....	127
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	129
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	138
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ.....	143
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV.....	154

Σχήματα:

2.1 Χάρτης της περιοχής Αττικής που εμφανίζονται οι θέσεις μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....	22, 69
2.2 Επεξήγηση της εφαρμογής της τιμής στόχου και οριακής τιμής βάση τις οδηγίες της Ε.Ε.....	35
3.1 Από την Πραγματικότητα στα ΓΣΠ.....	44
3.2 Στάδια και Διαδικασίες σε ένα ΓΣΠ.....	47
3.3 Διαχείριση.....	49
3.4 Τοπικές Λειτουργίες (πολλαπλασιασμός).....	53
3.5 Έξοδος.....	54
4.1 Χωρική ακρίβεια του ψηφιδωτού.....	58
4.2 Λήψη τιμών με παρεμβολή.....	58
4.3 Πρόβλεψη τιμών παρεμβολής.....	60
4.4 Χρήση χωρικής παρεμβολής σημειακών τιμών.....	61
4.5 Δημιουργία ψηφιακού μοντέλου από μια ομάδα μετρήσεων.....	61
4.6 Εφαρμογή της μεθόδου IDW.....	65
5.1 Απεικόνιση της Αττικής.....	66

Πίνακες:

1.1 Σύσταση ξηρού αέρα.....	12
1.2 Οι κυριότεροι ρύποι.....	14
1.3 Τυπικοί χρόνοι παραμονής των αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα.....	20
2.1 Χαρακτηριστικά σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης περιοχής Αττικής του ΕΔΠΑΡ.....	22, 69
2.2 Μετρούμενοι ρύποι και μέθοδοι μέτρησης	24, 71
2.3 Όρια έκτακτων μέτρων.....	36

Διαγράμματα:

2.1.α Διαχρονική μεταβολή μέσων ετησίων τιμών CO, σε mg/m^3	26
2.1.β Διαχρονική μεταβολή μέσων ετησίων τιμών CO, σε mg/m^3	26
2.2.α Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών SO ₂ σε mg/m^3	27
2.2.β Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών SO ₂ σε mg/m^3	27
2.3 Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών βενζολίου, σε mg/m^3	28
2.4.α Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών NO, σε mg/m^3	28
2.4.β Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών NO, σε mg/m^3	29
2.5.α Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών NO ₂ , σε mg/m^3	30
2.5.β Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών NO ₂ , σε mg/m^3	30
2.6.α Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών O ₃ , σε mg/m^3	31
2.6.β Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών O ₃ , σε mg/m^3	31
2.7.α Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών AΣ ₁₀ , σε mg/m^3	32
2.7.β Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών AΣ ₁₀ , σε mg/m^3	32

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια έχει αλλάξει ριζικά η αντιμετώπιση προβλημάτων και ο τρόπος λήψης αποφάσεων στους περισσότερους τομείς της ζωής μας. Η πρόοδος της επιστήμης και η αλματώδης ανάπτυξη και χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών έδωσε στην ερευνητική κοινότητα και στα κέντρα λήψης αποφάσεων ένα ακόμα πλεονέκτημα στη διαδικασία καθορισμού, ανάλυσης και επίλυσης προβλημάτων. Η ατμοσφαιρική ρύπανση για παράδειγμα είναι ένα από τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά προβλήματα που απασχολεί ολόκληρο το παγκόσμιο στερέωμα. Δεν αποτελεί ένα σύγχρονο περιβαλλοντικό πρόβλημα, αντιθέτως οι αρνητικές επιπτώσεις της στον πληθυσμό είναι πολλά χρόνια γνωστές. Έτσι, λόγω χάρη, μπορεί να γίνει μια συσχέτιση μεταξύ της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της επιδημιολογίας, ή ακόμα να γίνουν ομαδοποιήσεις ασθενειών, να αναγνωριστούν σημειακές ή γραμμικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης και να παραχθούν χώρο – χρονικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Η επιτήρηση τέτοιου είδους προβλημάτων σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό αλλά και σε εθνικό επίπεδο δεν θα ήταν παρά σενάριο επιστημονικής φαντασίας πριν μερικά χρόνια. Οι δυνατότητες που μας παρέχονται για συλλογή, αξιολόγηση και εισαγωγή δεδομένων σε ηλεκτρονικές βάσεις καθιστούν την επιτήρηση πιο αποδοτική και αποτελούν ένα σπουδαίο εργαλείο για κάθε κοινωνία.

Προς αυτήν την κατεύθυνση βοηθά και η Γεωγραφία, που ασχολείται με την σχέση ανάμεσα σε κοινωνία και περιβάλλον. Στη δεκαετία του '60 γεννιέται η ιδέα οργάνωσης και συστηματοποίησης της Γεωγραφικής πληροφορίας μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Μερικά χρόνια αργότερα η ανάπτυξη της τεχνολογίας επιφέρει μια σπουδαία τομή για την διαχείριση της Γεωγραφικής πληροφορίας μέσω Η/Υ, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographic Information System) ή Γ.Σ.Π. (G.I.S.).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι δυνατότητες των Γ.Σ.Π. (στην προκειμένη περίπτωση θα χρησιμοποιήσουμε το ArcGIS 9.3) σε τομείς περιβαλλοντικών προβλημάτων, συγκεκριμένα για την ατμοσφαιρική ρύπανση, με τη δημιουργία χαρτών πρόβλεψης. Στην συγκεκριμένη εργασία θα γίνει προσπάθεια παρουσίασης της χωρικής και χρονικής κατανομής των συγκεντρώσεων των κυριότερων αέριων ρύπων για το χρονικό διάστημα 1984-2008 από τους 11 σταθμούς μέτρησης που διατηρεί η διεύθυνση ΕΑΡΘ του ΥΠΕΧΩΔΕ στην περιοχή της Αττικής. Μεταξύ άλλων, έχουν υιοθετηθεί στο παρελθόν διάφοροι μέθοδοι χωρικής ανάπτυξης των συγκεντρώσεων των ρύπων που μετρώνται από ένα περιορισμένο δίκτυο σταθμών σε μία περιοχή. Ειδικότερα οι Franke και Nelson (1980) περιγράφουν την δυνατότητα χρήσης διαφόρων μεθόδων προεκβολής για χωρική απεικόνιση μεγάλων συνόλων δεδομένων, ενώ πρόσφατα η Ioneskou et al., (2000) εφαρμόζουν διάφορες μεθόδους χωρικής απεικόνισης, ανάμεσα σ' αυτές τις

μεθόδους Krigging και Inverse Power, για να απεικονίσουν στο Παρίσι τις συγκεντρώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που οφείλεται στο NO₂ [1].

Οι χάρτες πρόβλεψης προκύπτουν χρησιμοποιώντας μεθόδους, όπως της Αντίστροφης Απόστασης (IDW) και του Kriging. Συνοπτικά, η αιτιοκρατική μέθοδος IDW υποθέτει ότι κάθε σημείο δειγματοληψίας έχει μια τοπική επίδραση η οποία μειώνεται με την απόσταση. Υπολογίζει μεγαλύτερα βάρη στα πλησιέστερα σημεία που επεξεργάζεται και μικρότερα σε αυτά που είναι μακρύτερα. Η γεωστατική μέθοδος Kriging έχει ομοιότητα με τη μέθοδο IDW από την άποψη ότι δίνει και αυτή βάρη στις μετρήσεις των σημείων δειγματοληψίας, από τις οποίες θα προβλεφθεί η τιμή. Παρόλα αυτά τα βάρη δεν βασίζονται μόνο στην απόσταση των σημείων, αλλά και από την συσχέτιση μεταξύ τους. Εντούτοις οι γεωστατιστικές μέθοδοι γενικά, έτσι και η μέθοδος Kriging, προϋποθέτουν να υπάρχει ένας ικανοποιητικός αριθμός πρωτογενών πληροφοριών για τον υπολογισμό των απαιτούμενων γεωστατικών παραμέτρων, που απαιτούνται για την πρόβλεψη τιμών με το μικρότερο δυνατό σφάλμα. Στην παρούσα εργασία, εξαιτίας του μικρού αριθμού πρωτογενών πληροφοριών, θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος IDW.

Τα κεφάλαια της εργασίας χωρίζονται και διαφοροποιούνται ως εξής:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια ιστορική αναδρομή που αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση και την προσπάθεια του ανθρώπου να βελτιώσει τις συνθήκες διαβίωσής του, υποβαθμίζοντας ταυτόχρονα με τις ενέργειές του το περιβάλλον όπου δραστηριοποιήθηκε. Επίσης αναφέρονται περιληπτικά κάποιες γενικές πληροφορίες του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος και οι παράγοντες που επιδρούν στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Παράλληλα γίνεται ο διαχωρισμός των ρύπων βάση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών. Τέλος, παρουσιάζονται οι μονάδες μέτρησης των ρύπων και οι κυριότεροι παράμετροι που επιδρούν στη διάχυση και διασπορά αυτών.

Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι σταθμοί μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή της Αττικής καθώς και οι μετρούμενοι ρύποι. Επιπλέον γίνεται αναφορά στη νομοθεσία που αφορά την ποιότητα της ατμόσφαιρας, την οριακή τιμή, τα περιθώρια ανοχής καθώς και τη βαθμονόμηση των οργάνων μέτρησης. Τέλος, παρουσιάζεται διαγραμματικά η διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των ρύπων και αναφέρονται τα μέτρα που ελήφθησαν για την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης του Λεκανοπεδίου της Αττικής.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφερόμαστε στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ). Πιο συγκεκριμένα εξηγούμε το πλαίσιο δημιουργίας των ΓΣΠ, τα μέρη που αποτελούνται και πως από την πραγματικότητα μπορείς να μεταβείς

στα ΓΣΠ. Τέλος, αναφέρονται τα στάδια και οι διαδικασίες τους αλλά και το πλαίσιο εφαρμογής τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο εισάγονται και εξηγούνται κάποιες λειτουργικές έννοιες των ΓΣΠ που χρησιμοποιούνται κυρίως στην ανάλυση χωρικών δεδομένων. Ακόμη παρουσιάζονται οι μέθοδοι χωρικής παρεμβολής με κύρια έμφαση στις αιτιοκρατικές μεθόδους, αφού σε αυτές ανήκει η μέθοδος που τελικά θα χρησιμοποιηθεί. Τέλος, γίνεται αναφορά στη μέθοδο της IDW.

Το επόμενο κεφάλαιο αναφέρεται στην εφαρμογή και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή μελέτης και στα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν. Επίσης, γίνεται αναφορά στον τρόπο που αυτά διαχειρίστηκαν και αναλύθηκαν ώστε να έχουμε τελικά την επιθυμητή χαρτογραφική απόδοση. Στη συνέχεια ακολουθεί ο σχολιασμός των συγκεκριμένων χαρτών.

Το τελευταίο κεφάλαιο καταλήγει στα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εκπόνηση αυτής της εργασίας αλλά και σε περαιτέρω έρευνα με ιδιαίτερο ενδιαφέρον προς αυτήν την κατεύθυνση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Η καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος δεν αποτελεί ένα νέο φαινόμενο των σύγχρονων κοινωνιών. Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος άρχισε από τότε που ο άνθρωπος προσπάθησε να αξιοποιήσει, κάθε τι που του προσέφερε το περιβάλλον του, προκειμένου να βελτιώσει τις συνθήκες της ζωής του. Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος μπορούμε να πούμε ότι ανάγεται στην Εποχή του Λίθου, όταν ο άνθρωπος άρχισε να χρησιμοποιεί τη φωτιά, μια ομολογουμένως «ελάχιστη» μορφή ατμοσφαιρικής ρύπανσης λόγω των προϊόντων καύσης της αλλά και η κοπή των δέντρων για διάφορες χρήσεις, σηματοδότησαν την έναρξη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, δηλαδή της ρύπανσης και της εξάντλησης του ορυκτού πλούτου του πλανήτη μας. Φυσικά, η υποβάθμιση του περιβάλλοντος συνεχίστηκε και στη διάρκεια της Νεολιθικής Εποχής. Οι πρώτες μορφές σοβαρής ρύπανσης του περιβάλλοντος συνδέονται με αυτό που όλοι γνωρίζουμε ως «Βιομηχανική Επανάσταση» (Industrial Revolution).

Το 1851, η Μεγάλη Βρετανία έχοντας το προβάδισμα στη βιομηχανική ανάπτυξη και στην εφαρμογή νέων τεχνολογιών δημιούργησε το πρώτο υπόδειγμα «μαύρης πόλης» με χαρακτηριστικό παράδειγμα βιομηχανικής πόλης το Birmingham. Η σοβαρή υποβάθμιση του περιβάλλοντος είχε δυστυχώς αρχίσει. Το έτος 1875 σημειώθηκαν οι πρώτες σοβαρές επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που είχαν ως επακόλουθο το θάνατο πολλών ανθρώπων στο Λονδίνο. Το έτος 1905 χρησιμοποιείται για πρώτη φορά ο όρος «καπνομίχλη», ενώ το έτος 1909 αποδίδονται στην καπνομίχλη οι θάνατοι περίπου 1000 ανθρώπων, στη Γλασκώβη και στο Εδιμβούργο. Το έτος 1952 εκτός από την καπνομίχλη σημειώθηκαν και υψηλές τιμές ενός άλλου επικίνδυνου ρύπου, του διοξειδίου του θείου, στο Λονδίνο. Ο συνδυασμός των δύο αυτών ρύπων οδήγησε στο θάνατο περίπου 4000 ανθρώπους. Σιγά-σιγά στο παιχνίδι της βιομηχανικής ανάπτυξης μπήκαν και άλλες χώρες, οι οποίες ακολούθησαν το παράδειγμα της Μεγάλης Βρετανίας. Η Γερμανία, οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και, τέλος, η Ιαπωνία, της οποίας η βιομηχανική στρατηγική βασίστηκε στην υιοθέτηση της «δυτικής» τεχνολογίας, ήταν μερικές από αυτές τις χώρες [2].

Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος έγινε εντονότερη γύρω στο δέκατο ένατο αιώνα, όταν μια καινοτομική τεχνολογία αιχμής, ο ηλεκτρισμός, εμφανίστηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Ο ηλεκτρισμός έπαιξε και εξακολουθεί να παίζει κρίσιμο ρόλο σε κάθε τεχνολογική του ανάπτυξη και σηματοδότησε αυτό που πολλοί συνηθίζουν να αναφέρουν ως «Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση».

Την περίοδο αυτή πρωταγωνιστικό ρόλο στην παγκόσμια βιομηχανία έπαιξαν η ανακάλυψη της πυρηνικής ενέργειας, που είχε και τις σοβαρότερες μορφές επίπτωσης στο περιβάλλον καθώς και η πολύ δημοφιλής εφεύρεση του Henry Ford - το αυτοκίνητο (1908), που όμως λόγω εκπομπής των κυριότερων αερίων ρύπων συντέλεσε στην αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Το 1940 εμφανίζεται ένας νέος τύπος ατμοσφαιρικής ρύπανσης, που παρατηρήθηκε στο Λος Άντζελες των ΗΠΑ, η «φωτοχημική ρύπανση» που συνδέεται άμεσα με τα καύσιμα των οχημάτων [2].

Σε τοπικό επίπεδο, όσον αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση του Λεκανοπεδίου της Αττικής ακολουθεί τα αντίστοιχα πρότυπα μεγάλων πόλεων της Δυτικής Ευρώπης, δεδομένου ότι η Ελλάδα ακολούθησε παρόμοιο υπόδειγμα οικονομικής και βιομηχανικής ανάπτυξης. Το ανάγλυφο του εδάφους -βουνά και λόφοι- του Λεκανοπεδίου της Αττικής, σε συνδυασμό με την πυκνή δόμηση, τη συνεχή αύξηση των οχημάτων, τα υψηλά κτίρια, το μικρό ποσοστό πρασίνου, την υψηλή συγκέντρωση του μεγαλύτερου ποσοστού της ελληνικής βιομηχανίας και κυρίως το συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμιακό μέγεθος -έντονη αστικοποίηση- συντελούν στην ανάπτυξη των κατάλληλων συνθηκών για τη δημιουργία ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Επίσης, οι κλιματικοί παράγοντες, όπως η μεγάλη διάρκεια ηλιοφάνειας, η αυξημένη συχνότητα των θερμοκρασιακών αναστροφών και οι σχετικά υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή του Λεκανοπεδίου Αττικής ευνοούν τη συγκράτηση των ρύπων καθώς και τη δημιουργία δευτερογενών ρύπων, με άμεσο αποτέλεσμα τη δημιουργία φωτοχημικού νέφους. Τις κυριότερες πηγές ρύπανσης για την Αττική αποτελούν η βιομηχανία, οι κεντρικές θερμάνσεις και η κυκλοφορία των οχημάτων όπως θα δούμε και παρακάτω.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση στις μεγάλες πόλεις είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες υποβάθμισης της ποιότητας ζωής. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι ο άνθρωπος με διάφορες ενέργειές του, επιδιώκοντας τη βελτίωση του τρόπου ζωής του, έχει διαταράξει την ισορροπία του περιβάλλοντος και τώρα αρχίζει να συνειδητοποιεί ότι έχει πετύχει σύγκρουση στόχων.

1.2 Χαρακτηριστικά Ατμοσφαιρικού Αέρα

Το **περιβάλλον αποτελείται** από την ατμόσφαιρα (τροπόσφαιρα ύψους 12-16 km, στρατόσφαιρα ύψους 50 km), την υδρόσφαιρα (θάλασσες, ποτάμια, υπόγεια νερά), την λιθόσφαιρα (ο στερεός μανδύας που περιβάλλει τον πυρήνα της γης) και τέλος τη βιόσφαιρα (το λεπτό στρώμα στην επιφάνεια της γης). Μεταξύ αυτών των συστημάτων υπάρχει μια αλληλεπίδραση και μια ισορροπία. Η διατάραξη αυτών των ισορροπιών από τον άνθρωπο με την εισαγωγή

ανεπιθύμητων στοιχείων από διάφορες δραστηριότητες ονομάζεται Ρύπανση Περιβάλλοντος. Η παρουσία στο περιβάλλον ρύπων (ουσίες, θόρυβος, ακτινοβολία ή άλλες μορφές ενέργειας) σε συγκεκριμένη ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα ή υλικές ζημιές, που καθιστούν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του. Αποτέλεσμα της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών είναι η μόλυνση του περιβάλλοντος. Γενικά η ρύπανση μπορεί να διαχωριστεί σε πέντε κατηγορίες, την χημική, την θερμική, την βιολογική, την ηχητική και την αισθητική [3].

Στον ακόλουθο πίνακα δίδεται η σύσταση του αέρα κάτω των 80 Km.

Πίνακας 1.1: Σύσταση του ξηρού αέρα

Αέριο	Σύμβολο	% κ.ο.	ppm
Άζωτο	N	78.09	
Οξυγόνο	O	20.94	
Αργό	Ar	0.93	
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	0.032	
Νέο	Ne		18
Ήλιο	He		5.2
Μεθάνιο	CH ₄		1.5
Κρυπτό	Kr		1
Υποξείδιο του αζώτου	N ₂ O		0.5
Υδρογόνο	H ₂		0.5
Ξένο	Xe		0.08
Όζον	O ₃		0.01-0.04

Κάθε αέριο που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα, θεωρείται *ατμοσφαιρικός ρύπος*. Επίσης, ρύποι μπορεί να είναι στερεά ή υγρά (εκτός του καθαρού ύδατος) αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα. Η ποιότητα της ατμόσφαιρας γενικά και ιδίως η ποιότητα του αστικού ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα.

1.3 Παράγοντες Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Ο ατμοσφαιρικός αέρας χαρακτηρίζεται ως ρυπασμένος, όταν περιέχει ουσίες στερεές, υγρές ή αέριες σε ποσότητες τέτοιες που να μπορούν να βλάψουν την υγεία του ανθρώπου ή να του προκαλέσουν ακόμη και απλές ενοχλήσεις [4,5,6].

Η **ατμοσφαιρική ρύπανση** μιας περιοχής είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο, που δημιουργείται και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αλλά **καθορίζεται** κυρίως από τρεις βασικούς παράγοντες:

- α) τις πηγές ρύπανσης,
- β) τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή και
- γ) τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Οι διάφοροι πιθανοί συνδυασμοί των προαναφερόμενων τριών παραγόντων σε κάθε περιοχή, μπορούν είτε να ευνοούν τη συσσώρευση ρύπων, είτε να προκαλούν το φυσικοχημικό μετασχηματισμό των ρύπων στην ατμόσφαιρα δημιουργώντας νέους ρύπους, είτε να συμβάλλουν στην απομάκρυνση των ρύπων.

α) Οι **πηγές ρύπανσης** μπορεί να οφείλονται είτε σε *φυσικά* είτε σε *ανθρωπογενή αίτια* [4,5,6]. Φυσικές πηγές ρύπανσης μπορεί να είναι ηφαιστεια, αναερόβια βακτηρίδια κ.α. ενώ ανθρωπογενείς μπορεί να είναι οι βιομηχανίες, η συγκοινωνία, η κεντρική θέρμανση, γεωργικές και αστικές δραστηριότητες, πυρηνικά ατυχήματα κ.α.

Ένας άλλος διαχωρισμός που αφορά τις **πηγές ρύπανσης** είναι η διάκρισή τους σε *κινητές πηγές* ρύπανσης και σε *σταθερές πηγές* ρύπανσης [4,5,6]. Χαρακτηριστικά παραδείγματα των δύο κατηγοριών είναι όλα τα μεταφορικά μέσα, και η βιομηχανία και οι εστίες θέρμανσης αντίστοιχα.

Άλλη μια διάκριση που μπορεί να παρατηρηθεί βάση των **πηγών ρύπανσης** είναι λόγω της γεωμετρικής μορφής των ρύπων. Έτσι έχουμε:

- i. τις σημειακές πηγές (πηγές μεγάλης δυναμικότητας, εγκατεστημένες σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική θέση, π.χ. βιομηχανίες)
- ii. τις γραμμικές πηγές (ενιαία πηγή ρύπανσης, π.χ. δρόμοι που κυκλοφορούν οχήματα)
- iii. τις εμβαδικές πηγές (σύνολο πηγών που παράγουν ρύπους και βρίσκονται διεσπαρμένοι σε ευρεία έκταση, π.χ. κεντρικές θερμάνσεις μιας αστικής περιοχής)

β) Ιδιαίτερη επίδραση στην ατμοσφαιρική ρύπανση αλλά και στη διασπορά των ρύπων παρουσιάζουν οι **μετεωρολογικές συνθήκες** [4,5,6]. Πιο συγκεκριμένα, βασικό ρόλο κατέχει:

- η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου,
- η θερμοκρασιακή αναστροφή, με επαναφορά και συσσώρευση θερμών αερίων στη γη

- η βροχή, μέσω της οποίας γίνεται απορρόφηση και κατακρήμνιση αερίων και στερεών ρύπων
- η ηλιοφάνεια, η υγρασία και η θερμοκρασία, που ο συνδυασμός τους συντελεί στη δημιουργία φωτοχημικών ρύπων.

γ) Καθοριστικό παράγοντα για την ατμοσφαιρική ρύπανση μιας περιοχής έχει η **τοπογραφία της περιοχής**. Η συσσώρευση ρύπων σε μια κατοικημένη περιοχή έχει άμεση σχέση με την πολεοδομία και τις επικρατούντες μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής. Εμπόδια για την ελεύθερη διασπορά των ρύπων αποτελούν τα ψηλά κτίρια, οι λόφοι και τα βουνά. Αντίθετα, η ύπαρξη ισχυρών τοπικών ρευμάτων, η γειτνίαση με θάλασσα ή και ποταμούς διευκολύνει την καλή διασπορά των ρύπων. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι κυριότεροι ρύποι.

Πίνακας 1.2: Οι κυριότεροι ρύποι

<i>Κυριότεροι ρύποι:</i>	
CO	Μονοξείδιο του Άνθρακα
Pb	Μόλυβδος
NO ₂ , NO _x	Διοξείδιο του Αζώτου, Οξείδια το Αζώτου
O ₃	Όζον
TSP, PM ₁₀ , PM _{2.5}	Αιωρούμενα σωματίδια (ολικά, διαμέτρου μικρότερης των 10μm, διαμέτρου μικρότερης των 2.5μm)
SO ₂ , SO _x	Διοξείδιο του Θείου, Οξείδια του Θείου
Άλλοι ρύποι:	
CFCs	Χλωροφθοράνθρακες
CH ₄	Μεθάνιο
CO ₂	Διοξείδιο του Άνθρακα
HFCs	(πολύ)Φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες
N ₂ O	Οξείδιο του Αζώτου
PFCs	Υπερφθοροϋδρογονάνθρακες
VOC	Πτητικές (ασταθείς) οργανικές ενώσεις

1.4 Διαχωρισμός Ρύπων

Οι ρύποι που εκπέμπονται απευθείας από μία πηγή χαρακτηρίζονται ως **πρωτογενείς**. Τέτοιοι μπορεί να είναι ο καπνός, τα αιωρούμενα σωματίδια, τα αιωρούμενα σωματίδια που έχουν προσροφήσει ρύπους, οι υδρογονάνθρακες, το CO, το SO₂ κ.α. Από την άλλη μεριά εκείνοι που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από πρωτογενείς ρύπους έπειτα από χημικές αντιδράσεις (με παρουσία ηλιακής

ακτινοβολίας ή της θερμοκρασίας ή της υγρασίας) χαρακτηρίζονται ως **δευτερογενείς**. Χαρακτηριστικοί δευτερογενείς ρύποι είναι το O₃, το NO₂ και οι οξειδωμένοι υδρογονάνθρακες [4,5,6].

Κάτω από ορισμένες συνθήκες, η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να φτάσει σε επίπεδα που μπορεί να δημιουργήσουν ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης. Σε αυτήν την περίπτωση έχει επικρατήσει να λέγεται ότι έχουμε «*Νέφος*». Το «*Νέφος*» παρουσιάζεται με δύο μορφές:

α) αυτό της *καπνομίχλης*, που σχηματίζεται όταν έχουμε υψηλή συγκέντρωση ρύπων, όπως μονοξειδίου του άνθρακα, διοξείδιο του θείου και αιωρούμενα σωματίδια, σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και μεγάλη σχετική υγρασία, και

β) το *φωτοχημικό νέφος*, που παρουσιάζεται όταν έχουμε υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλη ηλιοφάνεια σε ένταση και διάρκεια, μικρή σχετική υγρασία και υψηλή συγκέντρωση οξειδίων του αζώτου, υδρογονανθράκων, και δευτερογενών προϊόντων τους [7].

Για να κατανοήσουμε εις βάθος το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του νέφους πρέπει να γνωρίζουμε, πως δημιουργείται, από τι αποτελείται, τι επιδράσεις δημιουργεί στο περιβάλλον και στους ζώντες οργανισμούς.

Έχουμε δύο μεγάλες κατηγορίες που χωρίζονται οι κυριότερες ουσίες που προκαλούν ατμοσφαιρική ρύπανση. Η πρώτη είναι τα **σωματίδια** (πρωτογενής ρύποι) και η δεύτερη οι **αέριοι ρυπαντές**.

Αναλυτικότερα, στην πρώτη κατηγορία των σωματιδίων έχουμε τα **ατμοσφαιρικά σωματίδια**, που ανάλογα με το μέγεθός τους διακρίνονται σε ανάπτιτα (μεγέθους >15 μ), σε αιωρούμενα (μεγέθους 0,1 – 10 μ) και στον καπνό (σωματίδια μαύρου χρώματος μεγέθους <1 μ).

Επίσης στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν και τα **αιωρούμενα σωματίδια**, τα οποία έχουν προσροφήσει διάφορους ανόργανους και οργανικούς ρύπους λόγω της μεγάλης ειδικής επιφάνειάς τους. Διακρίνονται περεταίρω ανάλογα με τη σύστασή τους σε **καπνό** (λεπτότατα σωματίδια που σχηματίζονται κατά την ατελή καύση ουσιών που περιέχουν άνθρακα, διαμέτρου 0.5 – 1μm), σε **κάπνα** (στερεά λεπτά σωματίδια που σχηματίζονται δευτερογενώς στην ατμόσφαιρα από συμπύκνωση ατμών σε στερεά σωματίδια, διαμέτρου 0.03 – 0.3 μm) και σε **αχλύς** (σταγονίδια αιωρούμενα στην ατμόσφαιρα, που σχηματίζονται από μηχανικές δράσεις ή από συμπύκνωση αερίων, διαμέτρου <10μm) που σε μεγάλη συγκέντρωση δίνουν την ομίχλη [4,5,6].

Είναι υλικά σε στερεή ή υγρή φάση που μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα από μερικά δευτερόλεπτα μέχρι και μερικούς μήνες.

Οι **πηγές προέλευσης** μπορεί να είναι είτε φυσικές είτε ανθρωπογενείς. Στις μεν φυσικές ανήκουν οι άνεμοι, το έδαφος, οι πυρκαγιές, η άμμος των ακτών, η γύρη των φυτών, τα ηφαίστεια, στις δε ανθρωπογενείς οι καύσεις υγρών και στερεών καυσίμων, οι τσιμεντοβιομηχανίες, τα λατομεία, οι οικοδομικές εργασίες κ.α.

Οι **επιπτώσεις** που μπορεί να έχουν στο περιβάλλον είναι ποικίλες. Μερικές από αυτές είναι η μείωση της ορατότητας της ατμόσφαιρας, η μείωση της ποσότητας που φτάνει στη γη λόγω του διασκορπισμού του ηλιακού φωτός που προκαλούν, η μεταβολή των κλιματολογικών συνθηκών, η κακή ανάπτυξη των φυτών αλλά και η φθορά των υλικών και των μνημείων. Τέλος, και πολύ σημαντικό είναι η αρνητική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία. Οι επιπτώσεις, κυρίως στο αναπνευστικό σύστημα, καθορίζονται τόσο από το μέγεθος όσο και από την σύστασή τους. Πιο συγκεκριμένα στο αναπνευστικό σύστημα εισέρχονται σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 10μm, ενώ τα μεγαλύτερα συγκρατούνται από την ρινική κοιλότητα. Όσο μικραίνει η διάμετρος τους, τόσο βαθύτερα μέχρι τους πνεύμονες. Τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 2.5 μm έχουν δυσμενέστερες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Μακροχρόνια έκθεση και εισπνοή σωματιδίων μπορεί να προκαλέσει πνευμονιότητες, άσθμα και τέλος καρκινογένεση [4,5,6,9].

Στην δεύτερη κατηγορία, αυτή των **αέριων ρύπων** ξεχωρίζουν:

1. το διοξείδιο του θείου και άλλες ενώσεις θείου, π.χ. SO₃, H₂S (πρωτογενής ρύποι)
2. το διοξείδιο του αζώτου και άλλες ενώσεις αζώτου (NO – πρωτογενής ρύπος, NO₂ – δευτερογενής ρύπος)
3. το μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα (πρωτογενής ρύπος)
4. το όζον (δευτερογενής ρύπος)
5. οι υδρογονάνθρακες (εκτός μεθανίου, πτητικές οργανικές ενώσεις – πρωτογενείς ρύποι, οξειδωμένοι υδρογονάνθρακες – δευτερογενείς ρύποι)
6. το χλώριο και οι ενώσεις του (πρωτογενείς ρύποι)
7. το φθόριο και οι ενώσεις του (πρωτογενείς ρύποι)

Παρακάτω θα αναφερθούμε συνοπτικά στις πηγές προέλευσης και στις επιπτώσεις που έχουν αυτοί οι αέριοι ρυπαντές.

Διοξείδιο του θείου SO₂:

Το SO₂ είναι άχρωμο, αέριο, άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά με έντονη ερεθιστική οσμή σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις. Προέρχεται από την καύση καυσίμων ή ορυκτών υλών που περιέχουν θείο και από άλλες βιομηχανικές διαδικασίες. Οι φυσικές πηγές προέλευσης είναι κυρίως από ηφαίστεια και από αναερόβια βακτήρια ενώ οι ανθρωπογενείς προέρχονται από την κεντρική θέρμανση, τη βιομηχανία και από τις εκπομπές λόγω κυκλοφορίας πετρελαιοκίνητων οχημάτων.

Το SO₂ μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό στο ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα, ιδιαίτερα σε άτομα νεαρής ή μεγάλης ηλικίας. Επίσης είναι ικανό να μειώσει την ορατότητα της ατμόσφαιρας και τελευταίο και σημαντικότερο, εξαιτίας του ότι είναι βασικός παράγοντας δημιουργίας της όξινης βροχής (H₂SO₄), μπορεί να επιδράσει στην υπανάπτυξη ή ακόμα και νέκρωση φυτών, στην απειλή ζώων που τρέφονται με τα φυτά αυτά, στην απειλή της υδρόβιας ζωής λόγω αισθητής μείωση του pH που δεν μπορούν να επιζήσουν τα ψάρια. Ακόμα επιδρά αρνητικά σε υλικά όπως χάλυβας (σιδηροδρομικές γραμμές) και μάρμαρο (αρχαία μνημεία) προκαλώντας την διάβρωσή τους [6,8,9,10]

Διοξείδιο του αζώτου NO₂:

Το NO₂ είναι αέριο με καφεκίτρινο χρώμα και ιδιάζουσα οσμή. Σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνει το χαρακτηριστικό χρώμα του στην όψη του ουρανού στις αστικές περιοχές. Θεωρείται ως ο βασικότερος ρύπος από όλα τα οξείδια του αζώτου.

Οι φυσικές πηγές προέλευσής του είναι από βιολογικές διεργασίες αλλά κυρίως προέρχεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως καύση στερεών, υγρών και αερίων καυσίμων.

Ευθύνεται για μείωση της ορατότητας της ατμόσφαιρας όταν βρίσκεται μαζί με αιωρούμενα σωματίδια. Επίσης προκαλεί φωτοχημική ρύπανση λόγω της χημικής αντίδρασης με υπεροξείδια και δημιουργεί όξινη βροχή (HNO₃) με την βοήθεια των υδρατμών της ατμόσφαιρας [6,8,9,10].

Μονοξείδιο του άνθρακα CO:

Το CO είναι αέριο, άοσμο και άχρωμο και είναι προϊόν ατελούς καύσης υλικών που περιέχουν άνθρακα αλλά μπορεί να παραχθεί και από ορισμένες βιομηχανικές ή βιολογικές εργασίες. Η κύρια πηγή προέλευσής του είναι από βενζινοκίνητα οχήματα. Επιδρά αρνητικά στην ανθρώπινη υγεία μειώνοντας την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο σε βασικούς ιστούς του οργανισμού, επιδρώντας

κυρίως στο καρδιαγγειακό και νευρικό σύστημα. Τέλος, υψηλές συγκεντρώσεις προκαλούν συχνά συμπτώματα ζαλάδας, πονοκεφάλου και κόπωσης [6,8,9,10].

Διοξείδιο του άνθρακα CO₂:

Η ύπαρξη μεγάλης ποσότητας CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι η κύρια αιτία δημιουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου. Οι βασικές ανθρωπογενείς πηγές προέλευσης που προκαλούν και το σημαντικότερο πρόβλημα λόγω έκλυσης CO₂ είναι από διάφορες καύσεις για παραγωγή ηλεκτρισμού, για μεταφορές και για βιομηχανικούς σκοπούς. Η επεξήγηση του φαινομένου του θερμοκηπίου και οι συνέπειές του έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο [6,8,9,10].

Όζον O₃:

Το O₃ είναι αέριο, άχρωμο, με χαρακτηριστική οσμή. Η ποσότητα των φωτοχημικών ρύπων στην ατμόσφαιρα εκτιμάται συνήθως με τη μέτρηση του όζοντος που μαζί με τα PAN αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο ποσοστό. Στην ανώτερη ατμόσφαιρα είναι απαραίτητη η παρουσία στρώμα όζοντος αφού λειτουργεί σαν φίλτρο για την επικίνδυνη UV ακτινοβολία. Η ύπαρξη χλωροφθορανθράκων (CFCs), που προέρχονται από διάφορα προϊόντα όπως ψυκτικά, αντιδρούν με το όζον και έτσι προκαλείται η γνωστή σε όλους μας *τρύπα του όζοντος*. Στην κατώτερη ατμόσφαιρα τώρα το όζον σχηματίζεται ως αποτέλεσμα αλυσίδας χημικών αντιδράσεων μεταξύ του οξυγόνου, πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs), και οξειδίων του αζώτου υπό συνθήκες έντονης ηλιακής ακτινοβολίας και υψηλών θερμοκρασιών. Πηγές των ρύπων που συντελούν στη δημιουργία του όζοντος είναι τα οχήματα, εργοστάσια, χωματερές, χημικά διαλυτικά κ.α.

Το όζον σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλεί σημαντικά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον όπου ζούμε. Λειτουργεί σαν ισχυρό οξειδωτικό και αντιδρά σχεδόν με όλα τα βιολογικά συστατικά που παρεμβαίνουν στο μεταβολισμό και τη δομή των κυττάρων. Επίσης σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις προκαλεί ερεθισμό στα μάτια, στο αναπνευστικό σύστημα, πόνο στο στήθος, βήχα και σε ιδιαίτερες περιπτώσεις και άσθμα [6,8,9,10].

Βενζόλιο(C₆H₆)

Χημική ένωση σε υγρή μορφή που αποτελείται από άνθρακα και υδρογόνο με χαρακτηριστική οσμή. Στην ατμόσφαιρα βρίσκεται σε μορφή ατμών επειδή το σημείο ζέσεως του είναι χαμηλό.

Το βενζόλιο εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η κύρια πηγή είναι τα βενζινοκίνητα οχήματα ενώ άλλες πηγές είναι η βιομηχανία (διυλιστήρια, χημική βιομηχανία), η διακίνηση καυσίμων και η οικιακή θέρμανση.

Το βενζόλιο προκαλεί ασθένειες του αίματος και έχει χαρακτηριστεί ως καρκινογόνος ένωση [6,8,9,10].

Άλλοι αέριοι ρύποι:

Μεταξύ άλλων στην ατμόσφαιρα βρίσκονται οι υδρογονάνθρακες και το υδροφθόριο.

Οι υδρογονάνθρακες συμβάλουν στο σχηματισμό αιθαλομίχλης που έχει καρκινογόνο δράση. Προέρχονται κυρίως από τις εξατμίσεις αυτοκινήτων όπου και εκπέμπουν 200 διαφορετικά είδη υδρογονανθράκων. Διακρίνονται σε εκτός μεθανίου υδρογονάνθρακες (αλκάνια, αλκένια κ.α.) που παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία φωτοχημικής ρύπανσης και σε πτητικές οργανικές ενώσεις (π.χ. αλδεΐδες) που μαζί με τα αιωρούμενα σωματίδια θεωρούνται οι αμέσως επικίνδυνοι ρύποι της ατμόσφαιρας.

Το υδροφθόριο έχει σαν κύρια πηγή προέλευσης τις βιομηχανίες παραγωγής αλουμινίου. Απορροφάται από φυτά, μεταφέρεται σε ζώα και μέσω της τροφικής αλυσίδας έχουμε αποταμίευση υδροφθορίου σε ζώντες οργανισμούς.

1.5 Μονάδες Μέτρησης της Αέριας Ρύπανσης

Εκπομπές ρύπανσης: ποσότητα ρύπων που διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα από την έξοδο κάποιας πηγής. Μονάδες: μάζας/χρόνο, π.χ. τόνοι/ημέρα

Συγκέντρωση ρύπανσης: ποσότητα ρύπανσης ανά σημείο του χώρου. Μονάδες: μάζα ή όγκος ρύπου/ m^3 , π.χ. mg/m^3 .

Συντελεστής εκπομπής: ποσότητα ρύπου ανά μονάδα καταναλισκόμενου καυσίμου ή μονάδα παραγόμενου προϊόντος.

Π.χ. g καπνού/Ι καυσίμου, kg σκόνης/τόνο τσιμέντου.

1.6 Διασπορά και Διάχυση Ρύπων

Γενικά ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή παραγωγής των ρύπων από μια συγκεκριμένη πηγή είναι καθοριστικός παράγοντας για την πορεία και την

κατανομή τους στο χώρο. Βέβαια και άλλοι παράμετροι επιδρούν στη διάχυση και διασπορά των ρύπων [4]. Οι σημαντικότεροι αναφέρονται κάτωθι:

1. η φύση και η διάρκεια ζωής του ρύπου
2. η θέση και τα λειτουργικά στοιχεία της πηγής
3. οι μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής
4. η τοπογραφία της περιοχής
5. η ύπαρξη άλλων ρύπων

Πίνακας 1.3: Τυπικοί χρόνοι παραμονής των αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα:

Ουσία	Χρόνος Παραμονής
O ₃	0.4 – 90 μέρες
NO	4 – 5 μέρες
NO ₂	2 – 8 μέρες
NO ₃	4 – 20 μέρες
NH ₄	7 – 19 μέρες
H ₂ S	0.08 – 2 μέρες
SO ₂	0.01 – 7 μέρες
SO ₄	3 – 5 μέρες
Hg	11 – 2080 μέρες
CO	0.9 – 2.7 έτη
CH ₄	1.5 – 2 έτη
Freon	16 έτη
CO ₂	2 – 10 έτη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΤΤΙΚΗ

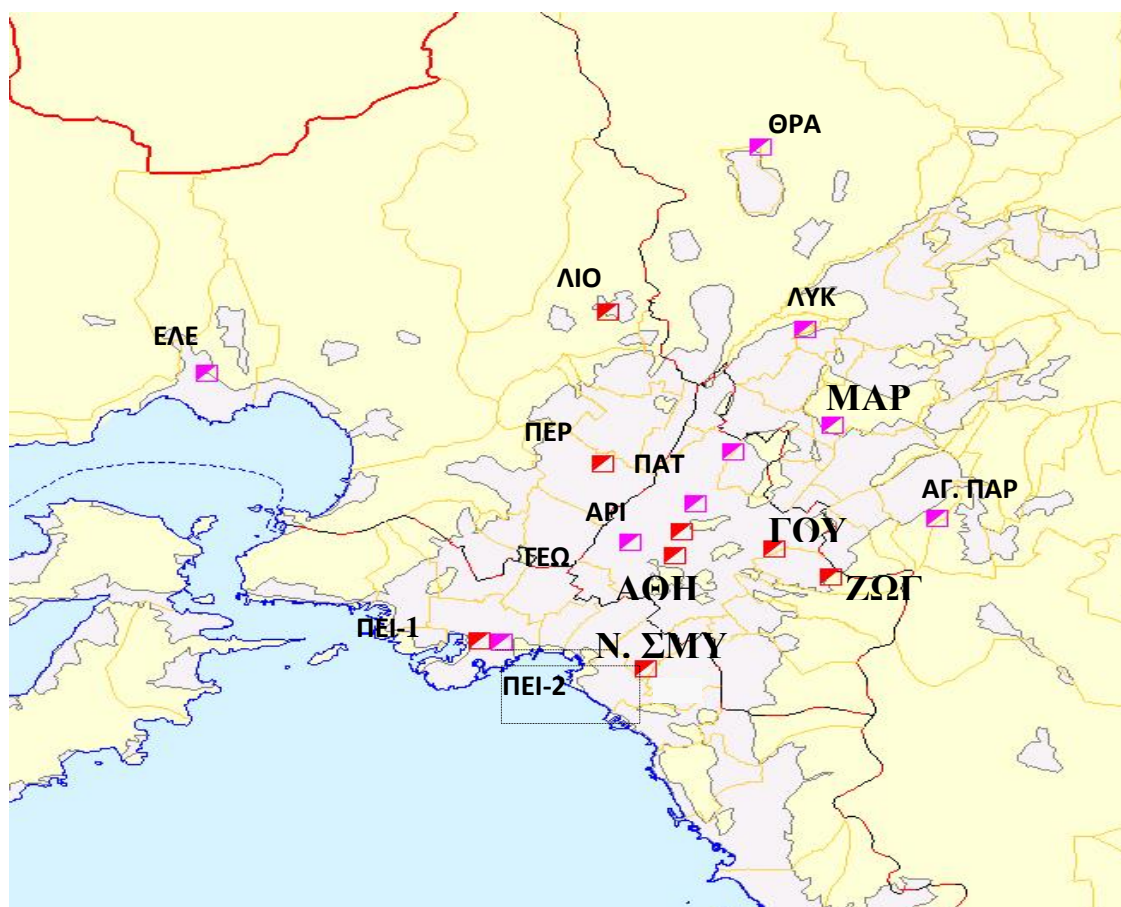
Τα προβλήματα της υποβαθμίσεως του περιβάλλοντος άρχισαν να εμφανίζονται στο Λεκανοπέδιο της Αττικής την δεκαετία του 1960 και να γίνονται αντιληπτά από το κοινό κατά την δεκαετία του 1970. Αρκετά χρόνια πριν μάταια είχαν επισημανθεί , από ειδικούς επιστήμονες, οι δυσμενείς επιπτώσεις της αστικής και βιομηχανικής αναπτύξεως, χωρίς σχεδιασμό και δίχως παράλληλα να λαμβάνονται μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα να υπάρξει προοδευτική υποβάθμιση της ποιότητας ζωής των κατοίκων της Αθήνας. Παραδείγματα αλλοίωσης του φυσικού περιβάλλοντος αποτέλεσε η καταστροφή του όρμου του Φαλήρου από τα αστικά λύματα του Λεκανοπεδίου Αττικής και του κόλπου της Ελευσίνας από την βιομηχανική δραστηριότητα της περιοχής. Εκείνη την εποχή όμως η οικονομική ανάπτυξη είχε μόνο ένα στόχο. Την αύξηση του εισοδήματος των κατοίκων της περιοχής και της χώρας.

Η χωρίς συντονισμό αναπτυξιακή προσπάθεια, με το άγχος της βραχυχρόνιας απόδοσης αποδείχτηκε αρνητική στις ημέρες μας με τις επιπτώσεις που δημιούργησε (νέφος στην Αθήνα, συσσώρευση αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων, αλλοίωση των εδαφών κ.λ.π.). Η απουσία μακροχρόνιας στρατηγικής , αντικειμενικής γνώσης πάνω στο μέγεθος και στην αντοχή των φυσικών πόρων του τόπου μας αλλά και στον ποιοτικό τους χαρακτήρα, είναι η βασική αιτία του κακού.

Η 10ετία του 1980 έδειξε πόσο τραγικές συνέπειες είχαν για τον τόπο μας ελλείψεις, όπως αυτές σε κτηματολόγιο, εθνικό χωροταξικό σχεδιασμό, εδαφολογικούς χάρτες πολιτικής γης , οικολογική χαρτογράφηση κ.λ.π.. Δάση καταπατήθηκαν και κάηκαν, αυθαίρετα χτίστηκαν και νομιμοποιήθηκαν, και μεγάλα έργα προγραμματίστηκαν χωρίς σαφή γνώση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Μετά τα δάση και τη γη σειρά έχουν τώρα και τα νερά. Έλλειψη νερού, καταστροφή υδροφόρων οριζόντων, ρύπανση της θάλασσας, σπατάλη υδάτινου δυναμικού αποτελούν μέρος των διαπιστώσεων της 10ετίας του 1990 για νέα δεινά.

2.1 Σταθμοί Μέτρησης

Το 2007, η Δ/ση ΕΑΡΘ (Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας), λειτούργησε δεκαέξι σταθμούς μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή Αττικής (βλ. Σχήμα 2.1) καθώς και ένα σταθμό στην Αλίαρτο Βοιωτίας για τις ανάγκες του Προγράμματος Διασυνοριακής Μεταφοράς της Ρύπανσης (ΕΜΕΡ) [9,11].



Σχήμα 2.1: Χάρτης της περιοχής Αττικής που εμφανίζονται οι θέσεις μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Στον Πίνακα 2.1 εμφανίζονται οι θέσεις των σταθμών αυτών, ο χαρακτηρισμός τους και οι ρύποι που μετρούνται ανά σταθμό.

Πίνακας 2.1: Χαρακτηριστικά σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης περιοχής Αττικής του ΕΔΠΑΡ

Σταθμός				Μετρούμενοι ρύποι							
Θέση				Χαρακτηρισμός	SO ₂	NOx	CO	O ₃	AΣ ₁₀	AΣ _{2,5}	BTEX
Όνομα	Γεωγρ. μήκος	Γεωγρ. πλάτος	Υψόμετρο (m -asl)								
Αθηνάς	23° 43' 30''	37° 58' 42''	100	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v			
Αριστοτέλους	23° 43' 39''	37° 59' 16''	95	Αστικός-Κυκλοφορίας		v			v		
Γεωπονική	23° 42' 25''	37° 59' 01''	50	Περισστικός-Βιομηχανικός	v	v	v	v			
Λίδια	23° 41' 52''	38° 04' 36''	165	Περισστικός-Υποβάθρου	v	v		v			
Λυκόβρυση	23° 46' 35''	38° 04' 11''	210	Περισστικός		v		v	v	v	
Μαρούσι	23° 47' 14''	38° 01' 51''	145	Αστικός-Κυκλοφορίας		v	v	v	v		
Νέα Σμύρνη	23° 42' 54''	37° 55' 58''	50	Αστικός-Υποβάθρου	v	v	v	v			
Πατησίων	23° 43' 59''	37° 59' 57''	105	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v			v
Πειραιάς – ΠΕΙ-1	23° 38' 51''	37° 56' 36''	20	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v	v	v	
Περιστέρι	23° 41' 46''	38° 00' 55''	80	Αστικός-Υποβάθρου	v	v	v	v			
Αγ. Παρασκευή	23° 49' 10''	37° 59' 42''	290	Περισστικός-Υποβάθρου		v		v	v	v	
Γουδή	23° 46' 04''	37° 59' 04''	155	Αστικός-Κυκλοφορίας		v			v		
Ελευσίνα	23° 32' 18''	38° 03' 05''	20	Περισστικός-Βιομηχανικός	v	v		v			
Ζωγράφου	23° 47' 13''	37° 58' 11''	245	Περισστικός-Υποβάθρου		v		v	v		
Θρακομακεδόνες	23° 45' 29''	38° 08' 37''	550	Περισστικός-Υποβάθρου		v		v	v		
Πανεπιστήμιο Πειραιά – ΠΕΙ-2	23° 39' 10''	37° 56' 32''	35	Αστικός-Υποβάθρου		v		v			
Αλιάρτος	23° 05' 24''	38° 22' 12''	110	Υποβάθρου	v	v		v			

2.2 Μετρούμενοι Ρύποι

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι μετρούμενοι ρύποι καθώς και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται. Όσων αφορά τις μετρήσεις των ρύπων γίνονται σε συνεχή βάση καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου και ο χρόνος απόκρισης των αυτομάτων αναλυτών είναι της τάξης του ενός λεπτού. Ο κάθε αναλυτής δηλαδή δίνει μια τιμή περίπου κάθε λεπτό. Οι μέσες ωριαίες τιμές ρύπανσης υπολογίζονται κάθε ώρα μέσω ενός μικροεπεξεργαστή, που βρίσκεται σε κάθε αυτόματο σταθμό και που είναι συνδεδεμένος με τους αυτόματους αναλυτές. Οι τιμές αυτές μεταβιβάζονται στον κεντρικό υπολογιστή της Υπηρεσίας, μέσω τηλεφωνικής γραμμής και με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης της περιοχής [9,11].

Πίνακας 2.2: Μετρούμενοι ρύποι και μέθοδοι μέτρησης

Ρύπος	Χρονική βάση μετρήσεων	Μέθοδος μέτρησης
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	1 ώρα	Απορρόφηση στο υπέρυθρο (NDIR)
Οξείδια του αζώτου (NO,NO ₂)	1 ώρα	Χημειοφωταύγεια
Όζον (O ₃)	1 ώρα	Απορρόφηση στο υπεριώδες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	1 ώρα	Φθορισμομετρία
Αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ ₁₀ ¹ – ΑΣ _{2,5} ²)	1 ώρα	Απορρόφηση β ακτινοβολίας
Βενζόλιο – Τολουόλιο – Αιθυλοβενζόλιο, m-p-o Ξυλόλιο (BTEX)	1 ώρα	Αέρια χρωματογραφία (GC)

¹ ΑΣ₁₀: Αιωρούμενα σωματίδια με ισοδύναμη αεροδυναμική διάμετρο έως 10 μm (PM₁₀)

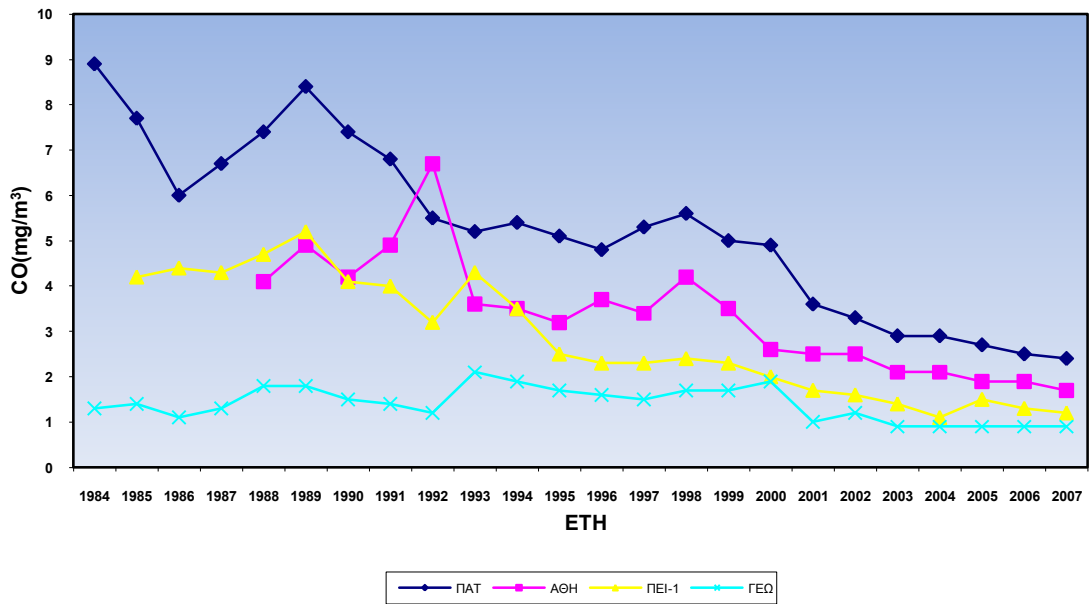
² ΑΣ_{2,5}: Αιωρούμενα σωματίδια με ισοδύναμη αεροδυναμική διάμετρο έως 2.5μm(PM_{2,5})

2.3 Βαθμονόμηση Αυτομάτων Οργάνων

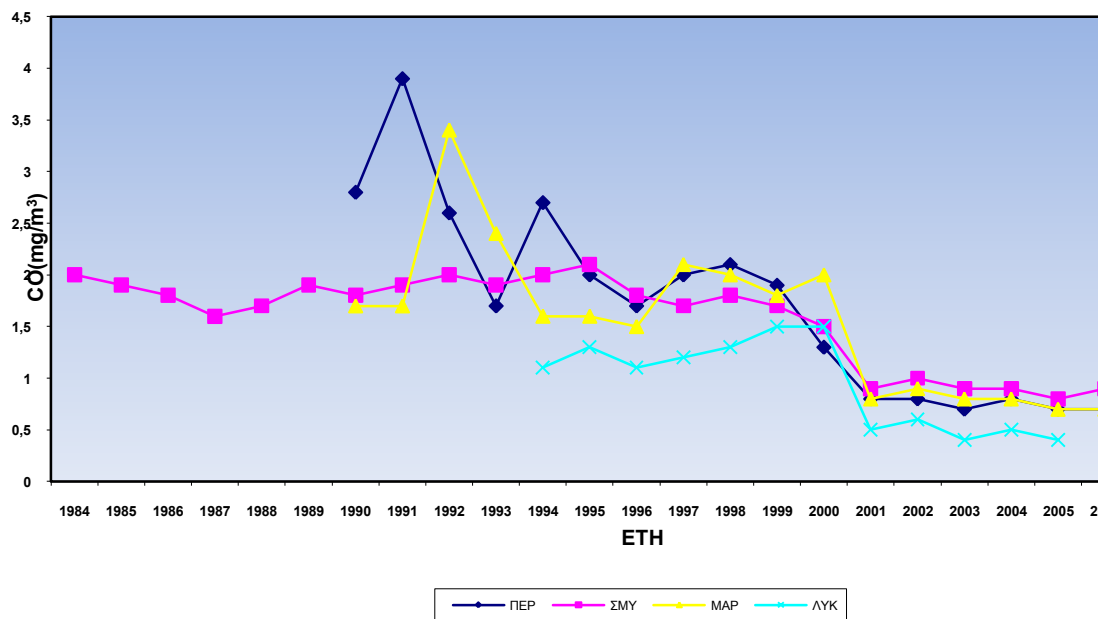
Η βαθμονόμηση περιλαμβάνει τον έλεγχο της καλής λειτουργίας των οργάνων και τη ρύθμισή τους. Η βαθμονόμηση βασίζεται στη διαβίβαση μέσω του οργάνου αερίου, με γνωστή συγκέντρωση του αντίστοιχου ρύπου. Η παρασκευή αυτή του πρότυπου αερίου, γίνεται με διάταξη δυναμικής αραιώσης, που συνδέεται αφενός με μία πηγή "καθαρού" αέρα και αφετέρου με έναν κύλινδρο που περιέχει μίγμα του εν λόγω αερίου με άζωτο σε γνωστή πρότυπη συγκέντρωση. Ο "καθαρός αέρας", δηλαδή αέρας απαλλαγμένος από τους κύριους ρύπους, παράγεται διαβιβάζοντας αέρα μέσα από ειδικά φίλτρα συγκράτησης των ρύπων. Μεταβάλλοντας την παροχή του "καθαρού" αέρα και του αερίου της φιάλης είναι δυνατή η επίτευξη μιγμάτων αερίων που περιέχουν τον αντίστοιχο ρύπο σε γνωστές συγκεντρώσεις. Η διαδικασία αυτή της βαθμονόμησης γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα ή μετά τη συντήρηση ή επισκευή ενός αναλυτή [9,11].

2.4 Διαχρονική Μεταβολή των Συγκεντρώσεων των Ρύπων

Στο Παράρτημα Ι, δίνονται οι αναλυτικοί Πίνακες, με τις διαχρονικές μεταβολές των μέσων ετησίων τιμών, των συγκεντρώσεων όλων των μετρούμενων ρύπων, ανά σταθμό μέτρησης. Η διαχρονική εξέλιξη των τιμών δείχνει ότι, παρ' όλο που υπάρχουν στις διάφορες θέσεις, αυξομειώσεις των μέσων ετήσιων τιμών ρύπανσης από χρόνο σε χρόνο, η τάση εξέλιξης είναι γενικά πτωτική ή στάσιμη, ανάλογα με τον ρύπο. Η εξέλιξη αυτή μπορεί να αποδοθεί σε πολλούς λόγους και μέτρα που θεσπίστηκαν προς αυτήν την κατεύθυνση. Ανεξάρτητα των μέτρων που η πολιτεία όρισε για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, φαίνεται ότι οι πολίτες έχουν αρχίσει να συνειδητοποιούν το μέγεθος του προβλήματος και μέσω της διαφήμισης και της διαρκούς ενημέρωσης γίνονται ατομικές προσπάθειες των οποίων τα αποτελέσματα γίνονται πλέον ορατά. Στα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζονται οι διαχρονικές μεταβολές των μέσων ετήσιων τιμών, των συγκεντρώσεων όλων των μετρούμενων ρύπων, ανά σταθμό μέτρησης [9].

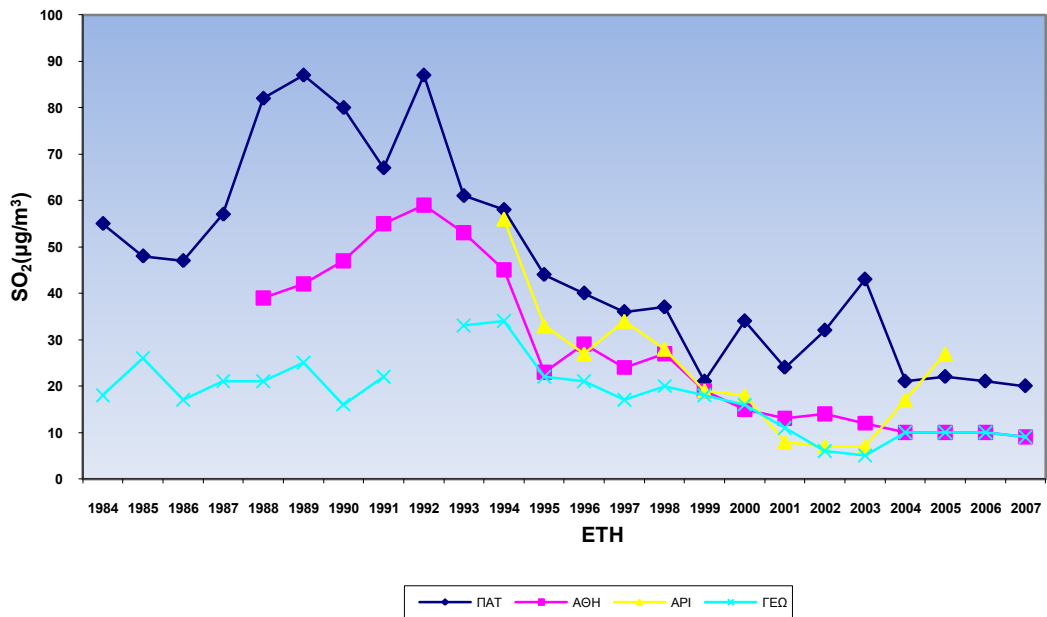


Διάγραμμα 2.1.α: Διαχρονική μεταβολή μέσω ετησίων τιμών CO, σε mg/m³

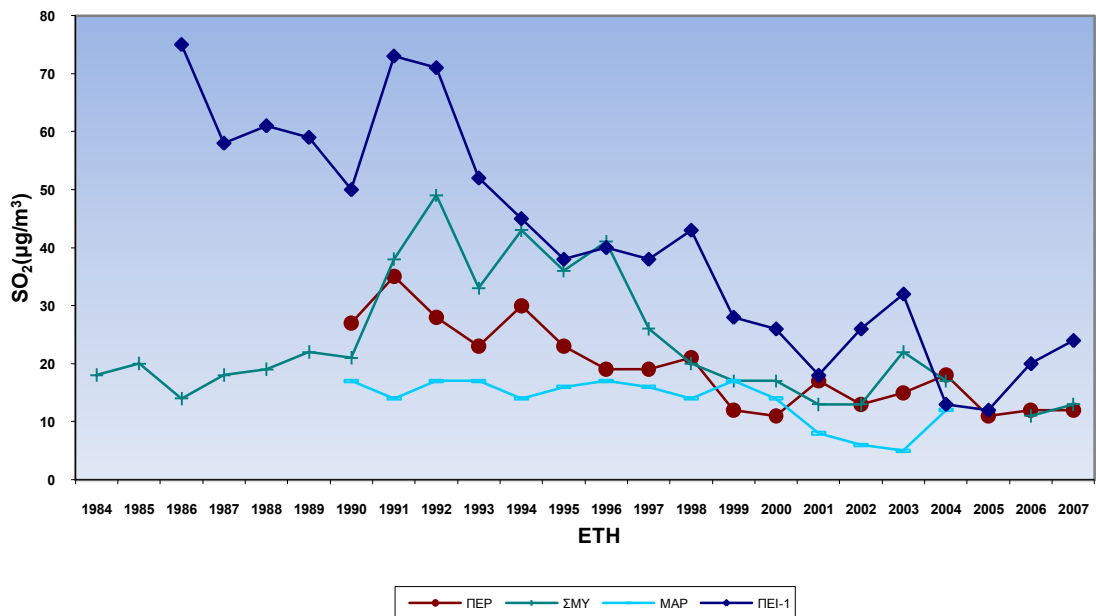


Διάγραμμα 2.1.β: Διαχρονική μεταβολή μέσω ετησίων τιμών CO, σε mg/m³

Για το **μονοξείδιο του άνθρακα** (Διάγραμμα 2.1.α & 2.1.β), παρουσιάζεται γενικά τάση μείωσης ή σταθεροποίησης των τιμών. Σημειώνεται ότι για το 1992 η τιμή του σταθμού Αθηνάς προέκυψε από μικρό αριθμό μετρήσεων και δεν θεωρείται αντιπροσωπευτική. Σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε η χρήση των καταλυτών στα αυτοκίνητα.

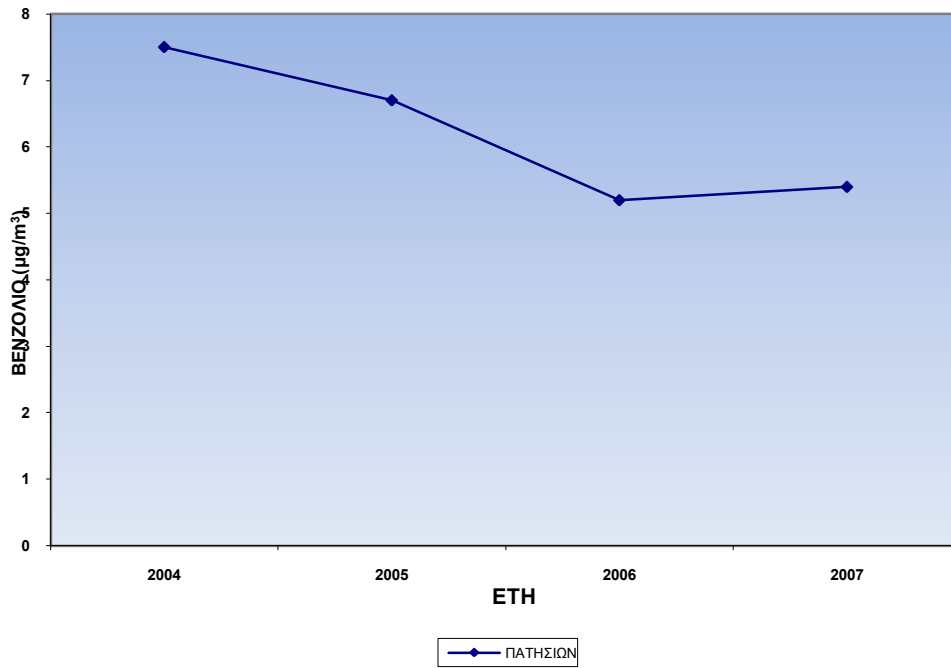


Διάγραμμα 2.2.α: Διαχρονική μεταβολή μέσω ετήσιων τιμών SO₂ σε µg/m³



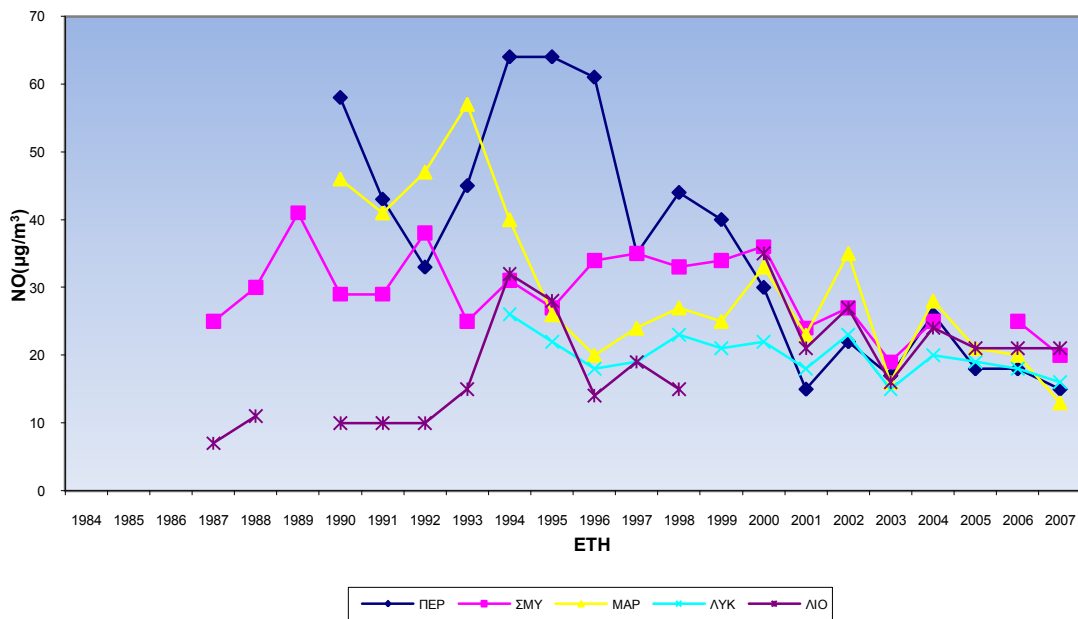
Διάγραμμα 2.2.β: Διαχρονική μεταβολή μέσω ετήσιων τιμών SO₂ σε µg/m³

Για το διοξείδιο του θείου (Διάγραμμα 2.2.α & 2.2.β), υπάρχει σημαντική τάση μείωσης των τιμών που συνδέεται με τις μειώσεις της περιεκτικότητας του θείου τόσο στο πετρέλαιο κίνησης και θέρμανσης όσο και στην αμόλυβδη βενζίνη.

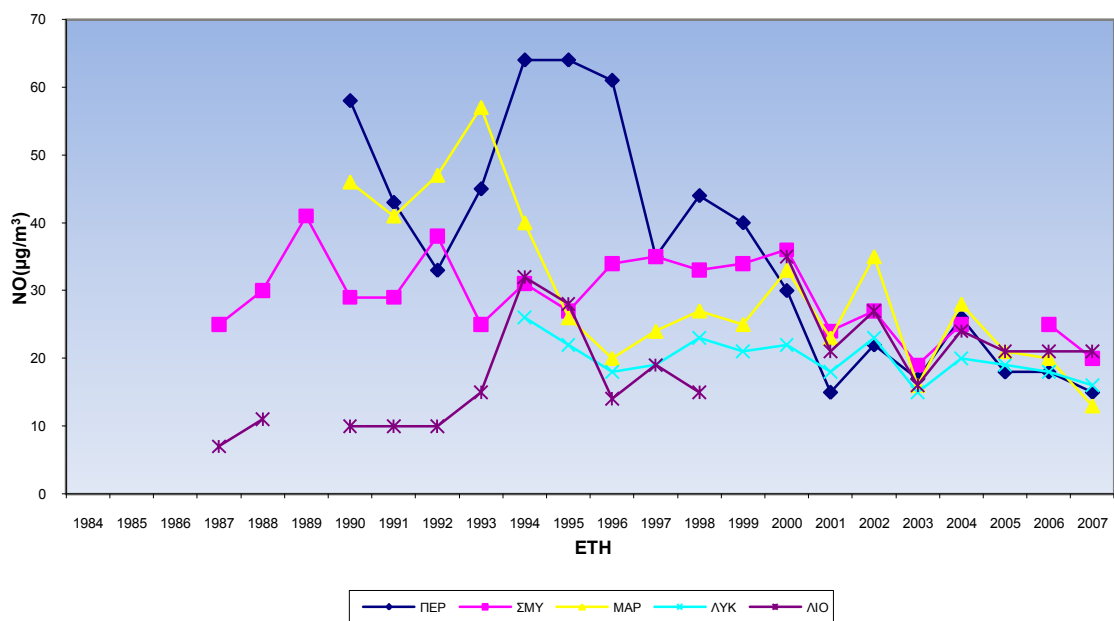


Διάγραμμα 2.3: Διαχρονική μεταβολή μέσω ετήσιων τιμών βενζολίου, σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Για τις τιμές του **βενζολίου** στο σταθμό Πατησίων παρατηρούμε πτωτική τάση και σταθεροποίηση των τιμών.

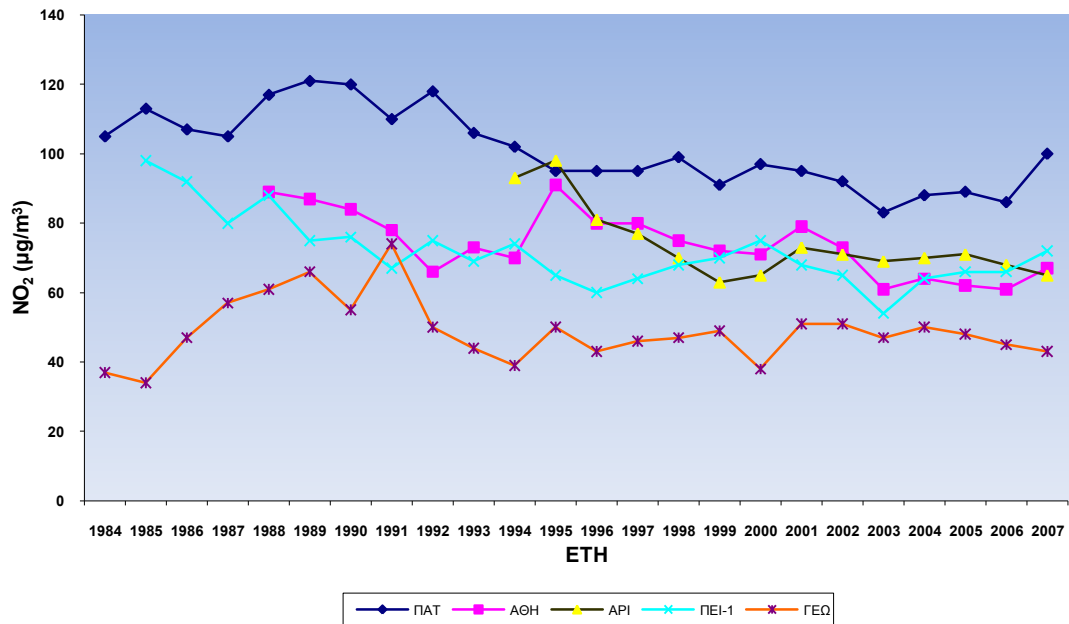


Διάγραμμα 2.4.α: Διαχρονική μεταβολή μέσω ετήσιων τιμών NO σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

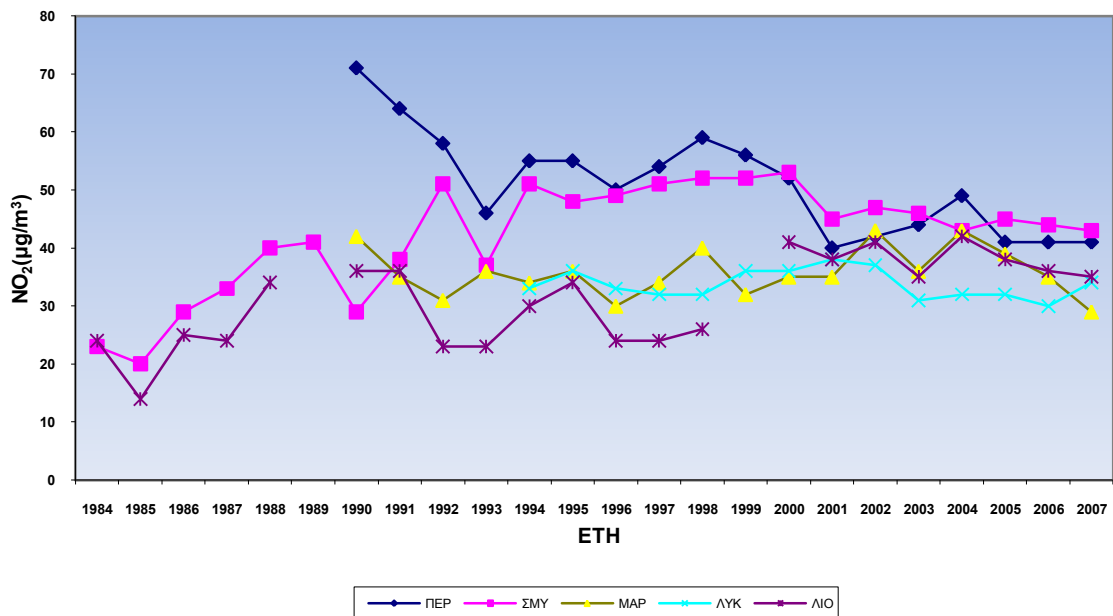


Διάγραμμα 2.4.β: Διαχρονική μεταβολή μέσωσν ετήσιων τιμών NO σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Για το **μονοξείδιο του αζώτου** (Διάγραμμα 2.4.α & 2.4.β), υπάρχει τάση σταθεροποίησης ή μικρής μείωσης των τιμών. Σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε η χρήση των καταλυτών στα αυτοκίνητα.

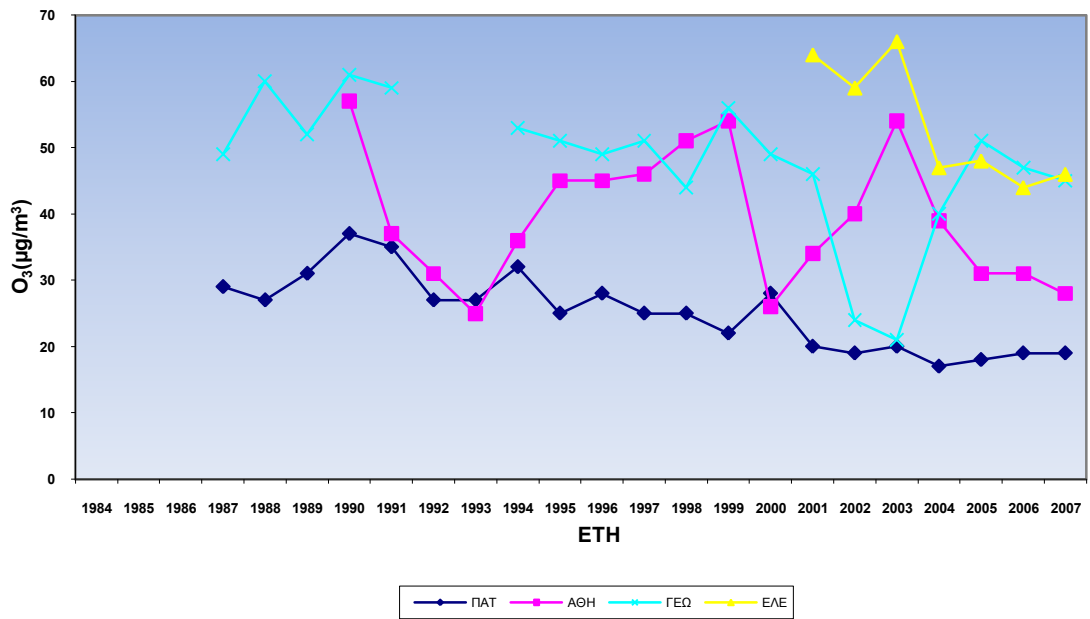


Διάγραμμα 2.5.α: Διαχρονική μεταβολή μέσω ετήσιων τιμών NO₂, σε µg/m³

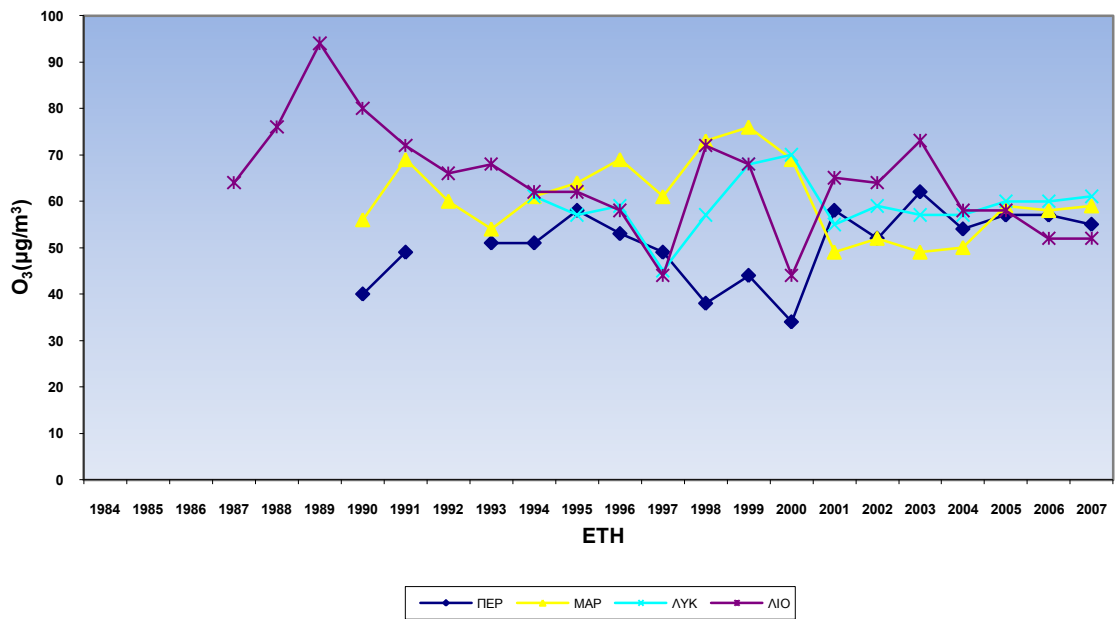


Διάγραμμα 2.5.β: Διαχρονική μεταβολή μέσω ετήσιων τιμών NO₂, σε µg/m³

Για το **διοξείδιο του αζώτου** (Διάγραμμα 2.5.α & 2.5.β), υπάρχει τάση σταθεροποίησης ή μείωσης των τιμών τα τελευταία χρόνια, στις περισσότερες θέσεις μέτρησης, λόγω μείωσης των εκπομπών NO_x.

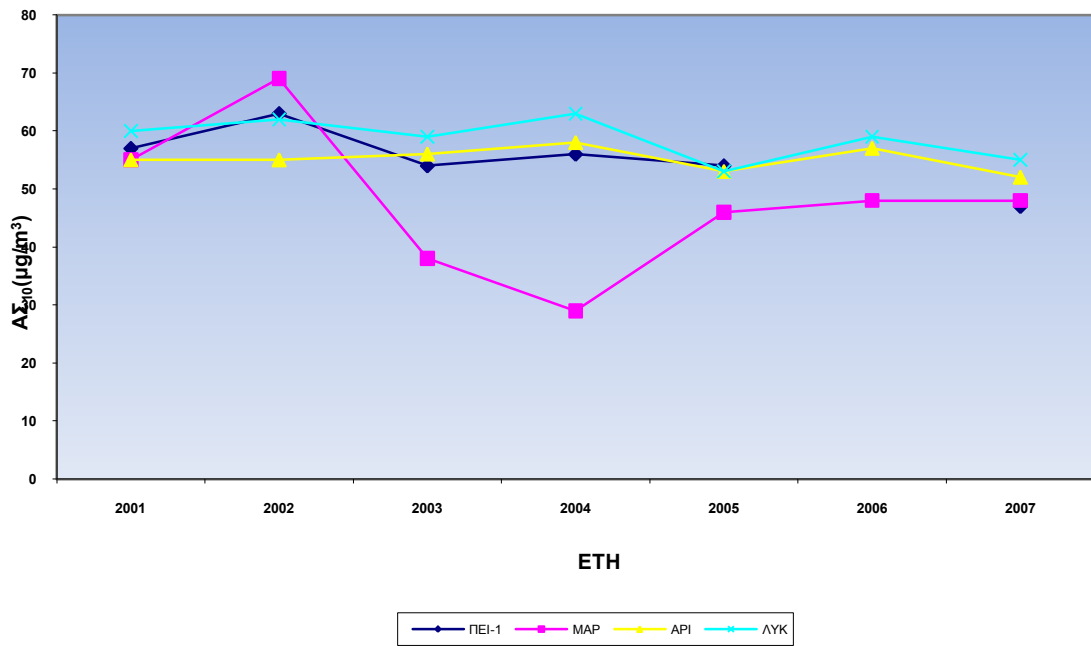


Διάγραμμα 2.6.α: Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών O_3 , σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

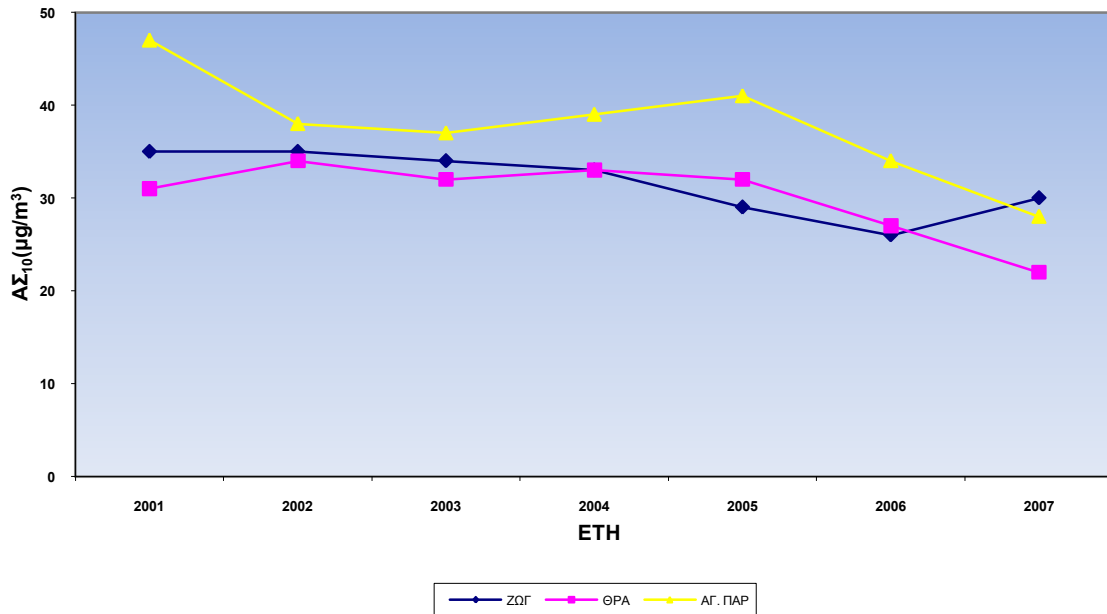


Διάγραμμα 2.6.β: Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών O_3 , σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Για το **όζον** (Διάγραμμα 2.6.α & 2.6.β) υπάρχει γενικώς μια τάση σταθεροποίησης των τιμών με έντονη διακύμανση.



Διάγραμμα 2.7.α: Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών $A\Sigma_{10}$, σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Διάγραμμα 2.7.β: Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών $A\Sigma_{10}$, σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Για τα **αιωρούμενα σωματίδια** (ΑΣ₁₀) (Διάγραμμα 2.7.α & 2.7.β), παρόλο που η χρονική διάρκεια των μετρήσεων είναι μικρή, γενικά παρατηρείται σταθερότητα στις τιμές ρύπανσης από το ρύπο αυτό.

2.5 Νομοθεσία Σχετικά με την Ποιότητα Ατμόσφαιρας

Στην Ελλάδα ισχύουν νομοθετημένα όρια για το διοξείδιο του θείου, τα αιωρούμενα σωματίδια, το διοξείδιο του αζώτου, το μόλυβδο, το όζον, το μονοξείδιο του άνθρακα και το βενζόλιο. Τα όρια ποιότητας της ατμόσφαιρας έχουν θεσπιστεί και καθιερωθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Προσφάτως μια σειρά από νέες οδηγίες σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση, θεσπίστηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση, πέραν των άλλων και ορίστηκαν νέα όρια για τους διάφορους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Τα όρια αυτά αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και των οικοσυστημάτων. Τόσο τα παλιά όσο και τα νέα όρια δίνονται στο Παράρτημα II.

Οι οδηγίες που έχουν εκδοθεί μέχρι τέλους του 2004 και αφορούν στα νέα όρια είναι:

- ❑ Οδηγία 1996/62/ΕΚ για την εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος (ΚΥΑ 3277/209/2000, ΦΕΚ 180/Β/17-2-2000).
- ❑ Οδηγία 1999/30/ΕΚ για τις οριακές τιμές διοξειδίου του θείου, οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μολύβδου, στον αέρα του περιβάλλοντος (ΠΥΣ 34/30.5.2002, ΦΕΚ 125/Α/ 5-6-02).
- ❑ Οδηγία 2000/69/ΕΚ για τις οριακές τιμές βενζολίου και μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα του περιβάλλοντος (ΚΥΑ 9238/332, ΦΕΚ 405Β/27.2.05).
- ❑ Οδηγία 2002/3/ΕΚ σχετικά με το όζον στον ατμοσφαιρικό αέρα (ΚΥΑ ΗΠ 38638/2016, ΦΕΚ 1334Β/21.9.05).
- ❑ Οδηγία 2004/107/ΕΚ σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα (ΚΥΑ ΗΠ 22306/1075/Ε103, ΦΕΚ 920Β/8.6.07).

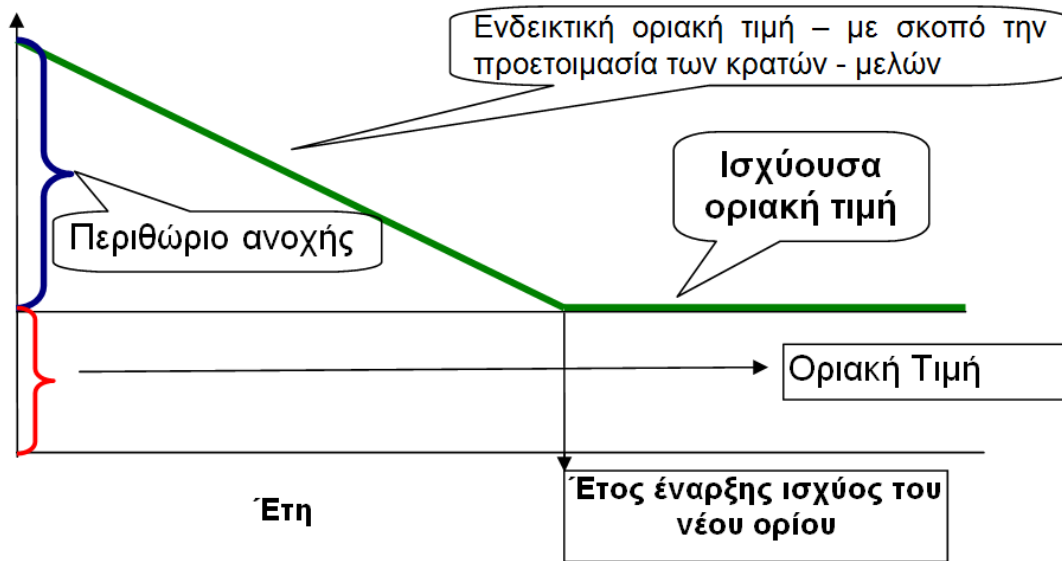
2.6 Μετρήσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Το θεσμικό πλαίσιο που καθορίζει την επιταγή για την ανάπτυξη δικτύων παρακολούθησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης βασίζεται στις κοινοτικές οδηγίες 96/62, 99/30, 00/69, 02/3 και 04/107 που έχουν ως σκοπό :

- Την ανάπτυξη αξιόπιστων δικτύων παρακολούθησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης για τους ρύπους διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου, μονοξείδιο του άνθρακα, σωματίδια (PM₁₀), όζον, διάφορα βαρέα μέταλλα και πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες
- Τον καθορισμό οριακών τιμών ή τιμών στόχων για τους ρύπους αυτούς
- Την υποχρέωση κατάρτισης προγραμμάτων μείωσης της ρύπανσης σε περιοχές που υπάρχει υπέρβαση των οριακών τιμών.

Βάση αυτών των οδηγιών ορίζεται για κάθε ρύπο μία **οριακή τιμή** για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, με το αντίστοιχο έτος έναρξης ισχύος της. Παράλληλα δίνεται και ένα **περιθώριο ανοχής**, το οποίο αθροίζεται στην οριακή τιμή, δίνοντας έτσι την ενδεικτική οριακή τιμή, η οποία ισχύει 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.

Ταυτόχρονα, τα κράτη μέλη πρέπει να διαμορφώνουν και να δημιουργούν σχέδια δράσης για την προετοιμασία τους όσον αφορά στην επίτευξη και τήρηση των ορίων [9,11].



Σχήμα 2.2: Επεξήγηση της εφαρμογής της τιμής στόχου και οριακής τιμής με βάση τις οδηγίες της Ε.Ε.

2.7 Αντιμετώπιση Επεισοδίων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Με την Κ.Υ.Α 11824/1993 θεσμοθετείται σχέδιο δράσης για την αντιμετώπιση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τίθενται «όρια εκτάκτων μέτρων». Αυτό γίνεται για τον περιορισμό της ρύπανσης σε περιπτώσεις που αναμένεται αύξηση των τιμών ρύπανσης, κυρίως λόγω εξαιρετικά δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών.

Τα μέτρα λαμβάνονται όταν οι μετρούμενες τιμές υπερβούν ή προσεγγίσουν τα όρια εκτάκτων μέτρων (συναγερμού) και ταυτόχρονα υπάρχει πρόβλεψη για συνθήκες που ευνοούν τη διατήρηση ή αύξηση των τιμών ρύπανσης για τις επόμενες ή την επόμενη ημέρα.

Τα αρχικά όρια για τη λήψη εκτάκτων μέτρων, που αναφέρονται στην παραπάνω ΚΥΑ, τροποποιήθηκαν για τους ρύπους NO₂, SO₂ και O₃ με την εφαρμογή των Οδηγιών 1999/30/ΕΚ (ενσωμάτωση στο Εθνικό Δίκαιο με την Π.Υ.Σ. 34/30.5.2002) και 2002/3/ΕΚ (ΚΥΑ ΗΠ 38638/2016, ΦΕΚ 1334Β/21.9.05).

Για το CO, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/69/ΕΚ (ενσωμάτωση στο Εθνικό Δίκαιο με την Κ.Υ.Α. 9238/332/2004) δεν προβλέπεται όριο συναγερμού. Με το άρθρο 13 της ΚΥΑ 9238/332/2004, οι διατάξεις της ΚΥΑ 11824/1993 για τη λήψη εκτάκτων μέτρων που αναφέρονται στο CO καταργούνται.

Για τα αιωρούμενα σωματίδια (Α_{Σ10}) δεν προβλέπεται από την υπάρχουσα νομοθεσία τόσο την ευρωπαϊκή όσο και την ελληνική όριο συναγερμού [9,11].

Τα όρια λήψης εκτάκτων μέτρων που ισχύουν για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή της Αθήνας, παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 2.3: Όρια εκτάκτων μέτρων

ΡΥΠΟΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ	ΟΡΙΟ
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	1 ώρα	Όριο συναγερμού: 400 μg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	1 ώρα	Όριο συναγερμού: 500 μg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες
Όζον (O ₃)	1 ώρα	Όριο συναγερμού: 240 μg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες

2.8 Διάγνωση Προβλημάτων

Με βάση των στοιχείων από την ετήσια εθνική απογραφή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου όπου περιλαμβάνονται οι εκπομπές για το έτος 2006 συνάγονται τα εξής:

Η κύρια πηγή εκπομπών CO παραμένουν οι μεταφορές και εξαιτίας της κυκλοφορίας οχημάτων νέας τεχνολογίας η μείωση αυτή ανέρχεται το 2006 στο 32.4% σε σχέση με το 1990. Οι εκπομπές από τη βιομηχανία το 2006 ήταν 5% λιγότερες σε σχέση με το 1990.

Οι NMVOC που επίσης οφείλονται κυρίως στην κυκλοφορία, εμφανίζουν μείωση της τάξης του 5.3% συνολικά με 21% μείωση στις εκπομπές από τη κυκλοφορία και 13% μείωση από τη βιομηχανία με έτος βάσης το 1990.

Αναφορικά με τις εκπομπές του SO₂ παρατηρείται αύξηση σε σχέση με το 1990 κατά 13.6%, γεγονός που οφείλεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στην οποία οφείλεται το 66.8% του συνόλου των εκπομπών. Η αύξηση θα ήταν μεγαλύτερη εάν δεν λειτουργούσαν οι μονάδες αποθείωσης.

Σχετικά με τις εκπομπές NO_x από τη βιομηχανία παρατηρείται από το 1990 μέχρι το 2006 αύξηση 12.6% με την κατανάλωση ενέργειας υπεύθυνη για το 99% των εκπομπών. Αντίθετα παρατηρείται μείωση των εκπομπών NO_x από την κυκλοφορία που οφείλεται στην ανανέωση του στόλου των αυτοκινήτων με αυτοκίνητα νέας τεχνολογίας [12].

2.9 Μέτρα για την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Μέτρα για την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης άρχισαν ουσιαστικά να εφαρμόζονται από το 1978 και είχαν τότε ως στόχο τη μείωση των τιμών του διοξειδίου του θείου και του μολύβδου, δύο ρύπων ιδιαίτερα επιβλαβών στην ανθρώπινη υγεία που εμφανίζονταν σε υψηλές τιμές.

Η αντιμετώπιση του διοξειδίου του θείου έγινε αρχικά με την απαγόρευση της χρήσης μαζούτ στις κεντρικές θερμάνσεις και στη συνέχεια με συνεχείς μειώσεις της περιεκτικότητας σε θείο τόσο του μαζούτ όσο και του πετρελαίου. Τα αποτελέσματα ήταν θεαματικά και συνετέλεσαν ώστε σήμερα το πρόβλημα του διοξειδίου του θείου να ελέγχεται πλήρως.

Η αντιμετώπιση του μολύβδου έγινε με συνεχείς μειώσεις της περιεκτικότητας του μολύβδου στη βενζίνη μέχρι της τελικής κατάργησης από 1/1/2002 της

μολυβδωμένης βενζίνης που είχε ως αποτέλεσμα να μην υπάρχει σήμερα πρόβλημα από τον ρύπο αυτό.

Το σημαντικότερο πάντως μέτρο που οδήγησε σε μείωση αρχικά και σταθεροποίηση στη συνέχεια της φωτοχημικής ρύπανσης, ιδιαίτερα στα αστικά κέντρα όπως στην Αθήνα ήταν κυρίως η τεχνολογική αναβάθμιση του στόλου των ιδιωτικών αυτοκινήτων και των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και η απόσυρση και αντικατάσταση των παλαιών αυτοκινήτων (περίοδος εφαρμογής 1992-93). Ακόμα, μεταξύ άλλων, πολύ σημαντικά μέτρα προς αυτή την κατεύθυνση είναι η εφαρμογή του μέτρου της κάρτας ελέγχου καυσαερίων (ΚΕΚ), τα μέτρα ελέγχου εκπομπής ρύπων σε διάφορες πηγές, η χρήση καυσίμων με καλύτερες τεχνικές προδιαγραφές, η λειτουργία των μέσων σταθερής τροχιάς, η διευκόλυνση της κυκλοφορίας των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς (λεωφορειόδρομοι), η διείσδυση του φυσικού αερίου στον οικιακό και τριτογενή τομέα, στην ολοκλήρωση των μεγάλων κυκλοφοριακών έργων, τα μέτρα αποσυμφόρησης τύπου δακτυλίου, κ.λ.π. Η πτωτική τάση σε ορισμένους ρύπους αλλά και η σταθεροποίηση σε ορισμένους άλλους, έχει ιδιαίτερη σημασία δεδομένου ότι διαχρονικά υπάρχει αύξηση των ρυπογόνων δραστηριοτήτων και των πηγών ρύπανσης στις πόλεις και στην ταυτόχρονη μείωση των ορίων των τιμών των ρύπων από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν σαν κυρίαρχο στόχο το χωρικό σχεδιασμό, χρησιμοποιούνται δηλαδή μέσα από πολλές προσεγγίσεις στη διατύπωση και αξιολόγηση πολιτικών και προγραμμάτων που αναφέρονται στο φυσικό ή περιβαλλοντικό σχεδιασμό, από τοπικό μέχρι και εθνικό επίπεδο. Σαν αποτέλεσμα τα συστήματα αυτά σαν τμήματα μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης, μολονότι απαιτούν διαχείριση της βάσης δεδομένων (data management), κυρίως διαθέτουν μια σειρά από εργαλεία για το μετασχηματισμό των στοιχείων, αναγκαίων για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων. Επομένως, σε καμιά περίπτωση δεν αποτελούν Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, όπου η μοναδική έμφαση είναι στην διαχείριση των γεωγραφικών πληροφοριών.

Πιο συγκεκριμένα τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών όπως έχει γράψει και ο Burrough (1983) αντιπροσωπεύουν «ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για τη συλλογή, αποθήκευση, ανάλυση ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου». Σαν αποτέλεσμα, ένα Γ.Σ.Π. έχει τη δυνατότητα να φέρει σε πέρας τις εξής δραστηριότητες: Πρώτον, μπορεί να αποθηκεύσει, να διαχειριστεί και να ενσωματώνει ένα μεγάλο όγκο χωρικών στοιχείων. Δεύτερον, αποτελεί το πιο κατάλληλο εργαλείο χωρικής ανάλυσης εστιαζόμενο ειδικά στη χωρική διάσταση των στοιχείων. Τρίτον, αποτελεί ένα πολύ αποτελεσματικό μηχανισμό για την επίλυση χωρικών προβλημάτων μέσα από την οργάνωση, διαχείριση και μετασχηματισμό μεγάλου όγκου στοιχείων με τέτοιο τρόπο που η πληροφορία να είναι προσιτή σε όλους τους χρήστες [13,14].

3.1 Πλαίσιο Δημιουργίας ενός Γ.Σ.Π.

Αρχικά πρέπει να αντιληφθούμε ότι ένα Γ.Σ.Π. είναι μια πολύπλοκη, πολυεπίπεδη και πολυκλαδική σειρά διαδικασιών και αποφάσεων έτσι, ώστε η μορφή των τελικών προϊόντων του (π.χ. χάρτες) να είναι το αποτέλεσμα μιας σειράς αλυσιδωτών αποφάσεων. Με άλλα λόγια, μια οποιαδήποτε αλλαγή σε αυτή την αλυσίδα αποφάσεων ή διαδικασιών, θα είχε αναπόφευκτα σαν αποτέλεσμα κάποια άλλη μορφή χάρτη. Αυτή η σειρά των διαδικασιών και αποφάσεων ακολουθεί πιστά τη διαδικασία εκπόνησης γεωγραφικών μελετών. Δηλαδή η χρήση ενός Γ.Σ.Π. αποτελεί το ίδιο μια συγκεκριμένη μεθοδολογία γεωγραφικής μελέτης, αφού αναλύει τη δομή του χώρου, τις αλληλεξαρτήσεις των στοιχείων και τις διαδικασίες αλλαγής του.

Για τη δημιουργία ενός τέτοιου συστήματος υπάρχουν δυο λογικές προσεγγίσεις. Η πρώτη είναι να αρχίσουμε από τους υπεύθυνους για τις αποφάσεις (decision makers) και να αναπτύξουμε ένα σύστημα που να απευθύνεται στους χρήστες (user oriented). Βασικά, δηλαδή, η διαδικασία πρέπει να γίνεται με τον παρακάτω τρόπο: Οι υπεύθυνοι αποφάσεων ορίζουν τα στοιχεία από τα οποία δημιουργείται η πληροφοριακή βάση, τα στοιχεία της οποίας με τη σειρά τους αυτοματοποιούνται και αναλύονται, δημιουργώντας τα ερείσματα για την εξαγωγή συμπερασμάτων που είναι αναγκαία για να καλυφθούν οι ανάγκες των χρηστών, αλλά κυρίως για να παρθούν οι σωστές αποφάσεις σε σχέση με την ποιότητα του περιβάλλοντος και το κοινωνικό καλό (bottom up).

Η δεύτερη εναλλακτική προσέγγιση είναι να αρχίσει το σύστημα από τους τεχνοκράτες-ειδικούς, δηλαδή με τον καθορισμό των τεχνικών προδιαγραφών και η διαδικασία να προχωρήσει σε αντίθετη φορά από την πρώτη προσέγγιση, προς τους υπεύθυνους των αποφάσεων (top down). Η προσέγγιση αυτή είναι σαφώς λιγότερο επιθυμητή από την προηγούμενη, γιατί στην πραγματικότητα έχει σαν αποτέλεσμα οι τεχνοκράτες-ειδικοί να υπαγορεύουν τα είδη των αποφάσεων που οι υπεύθυνοι για τις αποφάσεις μπορούν να πάρουν, με αποτέλεσμα οι υπεύθυνοι να συνεισφέρουν λίγο ή καθόλου στην όλη διαδικασία.

Με βάση τα παραπάνω, πιστεύεται ότι ένα αποτελεσματικό Γ.Σ.Π. πρέπει να στηρίζεται στις εξής βασικές αρχές :

- Το σύστημα που θα αναπτυχθεί πρέπει να είναι χρήσιμο στους πολιτικούς υπεύθυνους που παίρνουν τις αποφάσεις, δηλαδή στους χρήστες.
- Οι τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση των στοιχείων, πρέπει να είναι προσαρμοσμένες στην τεχνογνωσία και γενικότερα στην υποδομή που υπάρχει.
- Το επίπεδο απόδοσης του συστήματος και κατ' επέκταση οι δυνατότητες του Η/Υ, να είναι σύμφωνα με τις ανάγκες και κυρίως τις οικονομικές δυνατότητες και την τεχνογνωσία.
- Οι παραδοχές που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή συμπερασμάτων, πρέπει να αναφέρονται ρητά και κατηγορηματικά σε κάθε επιλογή προγραμμάτων που βασίζονται στις πληροφορίες του Γ.Σ.Π.

Οι αρχές αυτές, που σχετίζονται μεταξύ τους με σχέσεις ανάδρασης (η πρώτη αρχή καθορίζει τη δεύτερη κ.λ.π.), καθορίζουν αφενός τα βασικά συστατικά μέρη ενός Γ.Σ.Π., και αφετέρου τις διαδικασίες και τα στάδια δημιουργίας ενός κατάλληλου Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών [13,14].

3.2 Τα Μέρη ενός Γ.Σ.Π.

Τα Γ.Σ.Π. έχουν τρία βασικά συστατικά τα οποία βρίσκονται σε συνεχή ισορροπία και αλληλεξάρτηση. Τα τρία αυτά μέρη είναι τα μηχανήματα (hardware), οι αλγόριθμοι (software) και τα διαθέσιμα (resourceware). Πρέπει να σημειωθεί ότι η καταγιστική πρόοδος που παρατηρείται κυρίως στα δύο πρώτα συστατικά ενός Γ.Σ.Π., καθιστά κάθε συζήτηση για συγκεκριμένα υπολογιστικά συστήματα ή λογισμικά χωρίς νόημα. Επομένως παρακάτω ακολουθεί μία γενική και συνοπτική περιγραφή τους [13,14].

3.2.1 Μηχανήματα

Τα μηχανικά μέρη ενός Γ.Σ.Π. είναι τρία: η κεντρική μονάδα, (CPU), τα περιφερειακά και το τερματικό (V.D.U.). Η κεντρική μονάδα, τα κύρια χαρακτηριστικά της οποίας είναι το λειτουργικό σύστημα, η μνήμη και η ταχύτητα, είναι η καρδιά του συστήματος και εξυπηρετεί όλες τις υπολογιστικές διαδικασίες. Τα περιφερειακά διαφοροποιούνται σε περιφερειακά εισόδου, που επιτρέπουν την είσοδο των στοιχείων (π.χ. ψηφιοποιητές και σαρωτές), σε περιφερειακά εξόδου που συμμετέχουν στην παρουσίαση των στοιχείων (π.χ. σχεδιαστές) και περιφερειακά διαχείρισης που βοηθούν στην αποθήκευση και διαχείριση των στοιχείων (disk and tape drives). Τέλος, το τερματικό αποτελεί το μέσο με το οποίο ο χρήστης ελέγχει τον υπολογιστή και τα περιφερειακά.

Μέχρι και πριν λίγα χρόνια, τα μεγάλα υπολογιστικά συστήματα (mainframe) επικρατούσαν στην αγορά των Γ.Σ.Π. Σήμερα, τα περισσότερα Γ.Σ.Π. λειτουργούν σε UNIX συστήματα, τα οποία με τη σειρά τους όμως εκτοπίζονται από τους προσωπικούς υπολογιστές (PCs), αφού οι εφαρμογές των Windows NT με τη χρήση PC μπορούν να τα ανταγωνιστούν. Γενικώς, η τάση είναι, από τη μια μεριά, οι τιμές για τα UNIX να μειώνονται, μολονότι οι δυνατότητές τους αναβαθμίζονται, ενώ από την άλλη, οι ικανότητες των PC συνεχίζουν την ανοδική τους πορεία. Βασικά, παρατηρείται μια συνεχής σύγκλιση τιμών, μνήμης και ταχυτήτων μεταξύ των δύο αυτών συστημάτων [13,14].

3.2.2 Αλγόριθμοι

Αλγόριθμοι υπάρχουν πολλοί και ποικίλοι σε ένα Γ.Σ.Π. μπορούν όμως να κατηγοριοποιηθούν σε πέντε βασικές ομάδες (Burrrough and McDonnell,1998) και συγκεκριμένα:

- Λογισμικό Εισαγωγής και Επαλήθευσης Στοιχείων, που καλύπτει τις ανάγκες μετασχηματισμού των στοιχείων από την αρχική τους μορφή (χάρτες, τηλεπισκοπικά προϊόντα κ.λ.π.) σε αναγνωρίσιμη ψηφιακή μορφή.
- Λογισμικό Αποθήκευσης και Διαχείρισης Στοιχείων, που αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο δομούνται και οργανώνονται τα χωρικά και μη-χωρικά στοιχεία.
- Λογισμικό Μετασχηματισμού Στοιχείων, που στοχεύουν αφενός στο συντονισμό των στοιχείων (απομάκρυνση λαθών, επικαιροποίηση, συμβατικοποίηση κ.λ.π.), κυρίως όμως στην ανάλυσή τους.
- Λογισμικό Παρουσίασης, που εστιάζεται στην παρουσίαση στοιχείων και αποτελεσμάτων των αναλυτικών διαδικασιών.
- Λογισμικό Αναζητήσεων, που βοηθούν το χρήστη να επικοινωνεί με τον Η/Υ αναζητώντας λύσεις μέσα από μία σειρά ερωτήσεων (queries).
- Λογισμικό Ανάλυσης Χώρου. Στις πέντε παραπάνω ομάδες λογισμικού του Burrrough πρέπει να προστεθεί και μια έκτη ομάδα, αναγκαία για κάλυψη των αναγκών για εμπειρικές εφαρμογές, που ουσιαστικά αναφέρονται στην ανάλυση χώρου. Συγκεκριμένα., μια ολοκληρωμένη χωρική προσέγγιση, της οποίας αναπόσπαστο τμήμα είναι ένα Γ.Σ.Π., οφείλει να παρέχει τη δυνατότητα για διαδικασίες ανάλυσης χώρου, που ευτυχώς αργά αλλά σταθερά ενσωματώνονται στα καινούρια συστήματα [13,14].

3.2.3 Διαθέσιμα

Το σύνολο των λογισμικών ενός Γ.Σ.Π. καθορίζει πώς τα γεωγραφικά στοιχεία μετατρέπονται σε πληροφορία, αλλά σαφώς δεν μπορεί να εγγυηθεί ότι η όλη διαδικασία είναι η πιο κατάλληλη ή η πλέον αποδοτική. Για την επίτευξη των παραπάνω καθοριστικό ρόλο παίζουν τα διαθέσιμα με την μορφή των στοιχείων, των ανθρώπων και της οργανωτικής υποδομής. Η αγορά ενός υπολογιστικού συστήματος με το αναγκαίο λογισμικό δεν εξασφαλίζει καμιά επιτυχία σ' οιαδήποτε προσπάθεια αν δεν υπάρχουν τα κατάλληλα στοιχεία, οι εξειδικευμένοι χειριστές και αναλυτές χώρου και βέβαια ένας οργανισμός που να υποστηρίζει το σύνολο των διαδικασιών που απαιτεί η χρήση ενός Γ.Σ.Π.

Ο σημαντικότερος παράγοντας από όλους αυτούς όμως είναι το εξειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό, που θα αξιολογήσει τη διαθέσιμη πληροφορία, θα αποφασίσει το μέγεθος, το είδος και τον τρόπο συλλογής και καταχώρησης. Είναι επίσης κρίσιμο το σημείο, κατά το οποίο πρέπει να ληφθεί απόφαση, σχετικά με το

ποια από τα διατιθέμενα εργαλεία και σύμφωνα με ποια αναλυτική μεθοδολογία θα χρησιμοποιηθούν. Έτσι με βάση αυτή τη θεώρηση, θα μπορούσε να διατυπωθεί ο εξής ορισμός: Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι μία οργανωμένη συλλογή μηχανικών υπολογιστικών συστημάτων (hardware), λογισμικών συστημάτων (software), χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού, με σκοπό τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον [13,14].

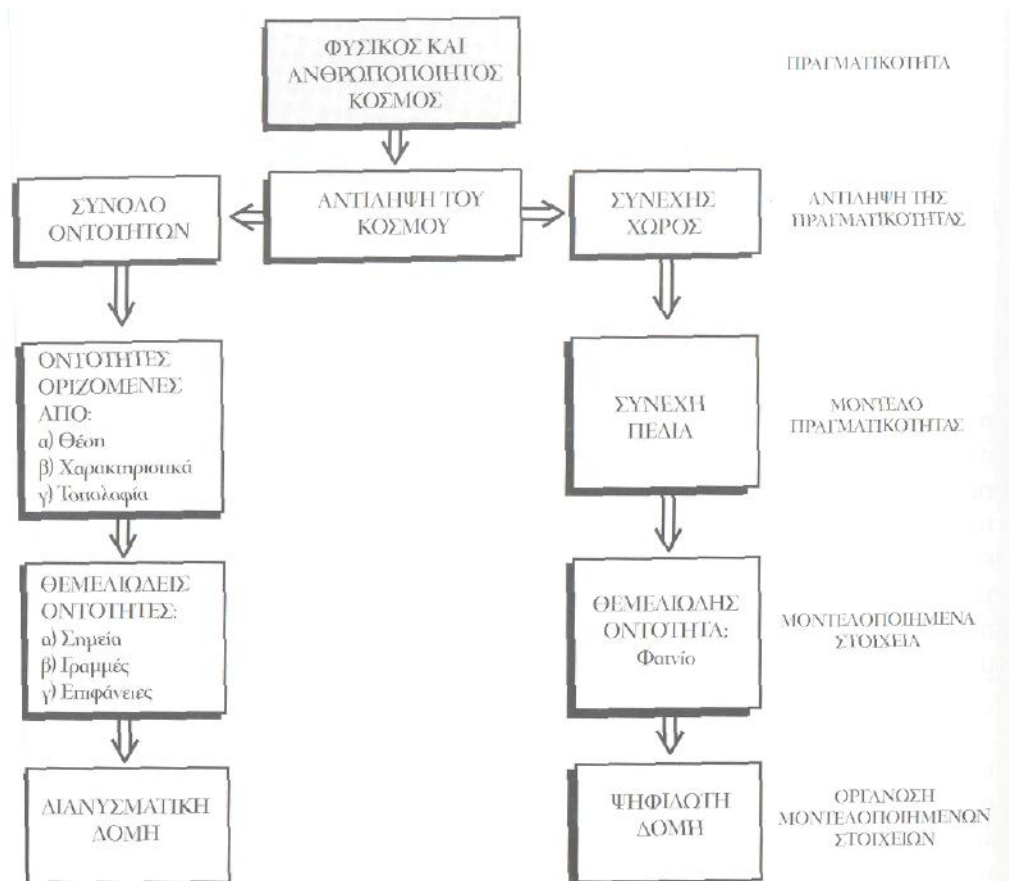
3.3 Από την Πραγματικότητα στα Γ.Σ.Π.

Στην καθημερινή μας ζωή αλλά και για επιστημονικούς σκοπούς, αδήριτη είναι η ανάγκη να περιγράψουμε την πραγματικότητα ή για την ακρίβεια εκείνο το τμήμα του φυσικού και ανθρωποποίητου κόσμου που μας ενδιαφέρει. Βασική γέφυρα ανάμεσα στην πραγματικότητα και την περιγραφή της, όμως, είναι ο τρόπος που αντιλαμβανόμαστε την πραγματικότητα. Κι αυτό γιατί ο τρόπος που ερμηνεύουμε τα διάφορα αντικείμενα καθώς και η διαδικασία επιλογής εκείνων που μας ενδιαφέρουν από την απειρία των φαινομένων, καταστάσεων και διαδικασιών που παρατηρούμε, εξαρτάται από την εμπειρία μας, το πολιτικό, πολιτισμικό και κοινωνικό υπόβαθρό μας και γενικά το είδος του ατόμου που είμαστε και κυρίως το σκοπό για τον οποίο θέλουμε να κάνουμε αυτή την περιγραφή.

Παρόλη, όμως, αυτή τη μεγάλη ποικιλία παραγόντων που καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε την πραγματικότητα, το γεγονός ότι ο τρόπος αυτός με τη σειρά του καθορίζει και μια σειρά από άλλες διαδικασίες (π.χ. καταγραφή, ανάλυση και διαχείριση των στοιχείων) απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Κι αυτό γιατί οι διαδικασίες αυτές είναι σημαντικές τόσο για την καθημερινή μας επικοινωνία, όσο κυρίως για επιστημονικούς σκοπούς, όπου οι πληροφορίες για την πραγματικότητα έχουν πολλούς χρήστες, περισσότερους αποδέκτες και μια απειρία εφαρμογών. Επομένως, αυτή η γέφυρα μεταξύ πραγματικότητας και της περιγραφής της είναι αναγκαίο να αποσαφηνιστεί και να αποτυπωθεί επακριβώς, ώστε κατά την μετάβαση αυτή να διασφαλίζεται ότι τα στοιχεία της πραγματικότητας ερμηνεύονται χωρίς ασάφεια και επικοινωνούνται αποδοτικά. Επιστήμη χωρίς συστηματοποίηση ή σαφή μορφοποίηση του τρόπου που αντιλαμβανόμαστε την πραγματικότητα δεν είναι δυνατή.

Μολονότι υπάρχουν πολλοί και διάφοροι τρόποι για να απεικονίσουμε το χώρο και τις χωρικές ιδιότητες, η εμπειρία και η βιβλιογραφία έχουν δείξει ότι οι τρόποι για να περιγράψουμε το τι συμβαίνει στην επιφάνεια της γης καταλαμβάνουν ένα ολόκληρο φάσμα στα άκρα του οποίου βρίσκονται: πρώτον, η αντίληψη ότι ο χώρος καλύπτεται από οντότητες και, δεύτερον, ότι η

διαφοροποίηση ενός γεωγραφικού χαρακτηριστικού που μας ενδιαφέρει μεταβάλλεται ομαλά και συνεχώς στο χώρο. Επομένως, η αντίληψη της πραγματικότητας κυμαίνεται μεταξύ της θέωσης ότι ο χώρος αποτελείται από διακεκριμένες οντότητες και αυτής που τον θεωρεί συνεχή και ομαλά μεταβαλλόμενο (Σχήμα 3.1) [13,14].



Σχήμα 3.1: Από την Πραγματικότητα στα Γ.Σ.Π. (Κουτσόπουλος 2006)

Με βάση τους παραπάνω τρόπους αντίληψης του χώρου δημιουργούνται τα εξής δύο μοντέλα της πραγματικότητας:

Οντότητες (entities): Το πιο γνωστό μοντέλο είναι αυτό το οποίο θεωρεί ότι ο γεωγραφικός χώρος αποτελείται από οντότητες οι οποίες περιγράφονται από τα χαρακτηριστικά τους, ορίζονται από τη θέση τους με ένα σύνολο συντεταγμένων και οι χωρικές σχέσεις μεταξύ τους προσδιορίζονται από την τοπολογία τους. Αυτός ο τρόπος μοντελοποίησης της πραγματικότητας θεωρείται ο πλέον κατάλληλος για φαινόμενα που έχουν σαφώς οριζόμενα όρια και, επομένως, ενδείκνυται για ανθρωποποίητα αντικείμενα, όπως κτίρια, δρόμοι και διοικητικές περιφέρειες.

Βέβαια και ορισμένα φυσικά φαινόμενα, όπως ποτάμια, νησιά και δάση, συχνά μοντελοποιούνται ως οντότητες, αφού μπορούν να θεωρηθούν ως διακριτά φαινόμενα.

Συνεχή Πεδία (continuous fields): Η προσέγγιση των συνεχών πεδίων είναι κατάλληλη για μοντελοποίηση φαινομένων που θεωρούνται ότι μεταβάλλονται συνεχώς στο χώρο. Με άλλα λόγια, είναι ένα απλούστερο μοντέλο το οποίο απεικονίζει το γεωγραφικό χώρο μέσα από συνεχείς καρτεσιανές συντεταγμένες δύο, τριών ή ακόμα τεσσάρων (αν συμπεριληφθεί και ο χρόνος) διαστάσεων. Γενικά, ένα δυσδιάστατο ή τρισδιάστατο συνεχές πεδίο είναι εκείνο στο οποίο κάθε δοσμένη θέση που ορίζεται από δύο ή τρεις διαστάσεις έχει μια μοναδική τιμή του φαινομένου που απεικονίζει. Το μοντέλο του συνεχούς πεδίου υιοθετείται όταν οι οντότητες που μοντελοποιούνται δεν είναι γνωστές με αρκετές λεπτομέρειες, ώστε να μπορούν να οριοθετούν τα ακριβή όριά της. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η θερμοκρασία του εδάφους ή του αέρα, το υψόμετρο, η μόλυνση (στον αέρα τη θάλασσα ή την ξηρά), αλλά και η πυκνότητα ειδών του φυτικού ή ζωικού βασιλείου.

Η επιλογή ανάμεσα στα μοντέλα των οντοτήτων και του συνεχούς πεδίου δεν είναι ούτε εύκολη ούτε ακολουθεί κανόνες τους οποίους μπορούμε εύκολα να εφαρμόσουμε. Βασικά, η επιλογή εξαρτάται από την προσέγγιση που εφαρμόζεται, ενώ ένας γενικός και πάντως όχι απόλυτος κανόνας είναι ότι οι επιστήμες που εστιάζονται στις χωρικές διαδικασίες του φυσικού περιβάλλοντος συνήθως μεταχειρίζονται το μοντέλο του συνεχούς πεδίου, ενώ οι επιστήμες που λειτουργούν σε ένα διοικητικό πλαίσιο θεωρούν το χώρο σαν μια σειρά από διακριτές μονάδες (Burrough and McDonell, 1998).

Στη διαδικασία από την πραγματικότητα στα Γ.Σ.Π., το τελικό στάδιο είναι ο τρόπος απεικόνισής της, που παίρνει δύο κυρίως μορφές, τη διανυσματική και την ψηφιδωτή. Η διανυσματική δομή δίνει έμφαση στην ύπαρξη διακριτών οντοτήτων, οριζόμενες από τα όριά τους (σημεία, γραμμές και πολύγωνα) και, επομένως, είναι απόρροια των μοντελοποιημένων στοιχείων που βασίζονται στις οντότητες. Η ψηφιδωτή δομή δίνει έμφαση στο περιεχόμενο των ψηφιδωτών μονάδων και εκφράζει την προσέγγιση των συνεχών πεδίων. Βέβαια, τα αποθηκευμένα μοντελοποιημένα στοιχεία σίγουρα δεν περιγράφουν συνεχή χαρακτηριστικά. αλλά ένα σύνολο από τιμές ψηφίδων που μπορούν να θεωρηθούν σαν ένα είδος δειγματοληψίας του συνεχούς πεδίου.

Στη διανυσματική δομή, οι σημειακές, οι γραμμικές και οι πολυγωνικές οντότητες αποτελούν ουσιαστικά στατικές απεικονίσεις φαινομένων με τη χρήση Χ,Υ συντεταγμένων. Σαν αποτέλεσμα, ένα σημείο απλά δηλώνει ότι η χωρική έκταση που καταλαμβάνει είναι η θέση που ορίζεται από το ζευγάρι Χ,Υ συντεταγμένων για τη συγκεκριμένη κλίμακα αναφοράς. Για παράδειγμα, ένα

νοσοκομείο μπορεί να απεικονιστεί ως σημείο σε έναν χάρτη 1:50.000 αλλά σίγουρα είναι ένα πολύγωνο σε ένα χάρτη 1:500. Η θεμελιακή οντότητα γραμμή υποδηλώνει ότι ο γεωγραφικός χώρος που καταλαμβάνει απεικονίζεται επαρκώς από ένα σύνολο ζευγών συντεταγμένων Χ,Υ που ορίζουν μια διαδρομή στο χώρο, που όμως έχει μηδενικό πάχος. Τέλος, ένα πολύγωνο ορίζει μια απεικόνιση ενός ομοιογενούς δυσδιάστατου τμήματος του γεωγραφικού χώρου, το οποίο ορίζεται από ένα σύνολο Χ,Υ συντεταγμένων του ορίου του.

Στην ψηφιδωτή μορφή, η συνεχής επιφάνεια κατανέμεται σε ένα σύνολο απλών βασικών μονάδων με κανονικό σχήμα (π.χ. τρίγωνα, τετράγωνα, παραλληλόγραμμα και εξάγωνα) ή και ακανόνιστο (τρίγωνα ή πολύγωνα), τα οποία διαμορφώνουν μια ψηφιδωτή δομή που απεικονίζει το γεωγραφικό χώρο. Το φατνίο που είναι μια ανεξάρτητη μονάδα, αποτελεί τη θεμελιώδη οντότητα και διαφέρει από την αντίστοιχη διανυσματική μονάδα, το πολύγωνο, μόνο σε σχέση με το κανονικό σχήμα του και τον έμμεσο καθορισμό του (Tobler, 1995). Η πιο συνήθης ψηφιδωτή μορφή είναι η κανναβική, όπου τα φατνία είναι τετράγωνα, ίσου μεγέθους και τα οποία καθορίζουν τη διακριτική ικανότητα που απαιτείται για να καταγραφεί σωστά η διαφοροποίηση του υπό εξέταση χαρακτηριστικού [13,14].

3.4 Στάδια και Διαδικασίες στα Γ.Σ.Π.

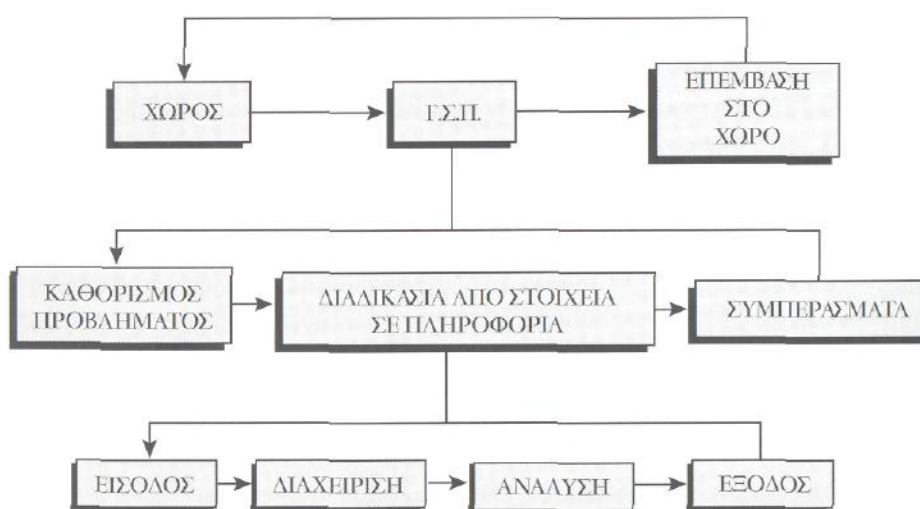
Τα στάδια και οι διαδικασίες σε ένα Γ.Σ.Π. παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.2 όπου φαίνονται καθαρά οι σχέσεις ανάδρασης που διέπουν όχι μόνο τις διαδικασίες μέσα στο Γ.Σ.Π. αλλά και τη σχέση του ίδιου με το χώρο. Τρεις είναι οι βασικές διαδικασίες για την ολοκλήρωση και εφαρμογή ενός Γ.Σ.Π.: ο καθορισμός του προβλήματος, η διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία και τα συμπεράσματα που το κάθε ένα παρουσιάζεται συνοπτικά παρακάτω [13,14].

3.4.1 Καθορισμός του Προβλήματος

Όπως φαίνεται από τα προηγούμενα, η λογική αφετηρία στη δημιουργία ενός παραδεκτού, αλλά και σωστού Γ.Σ.Π., είναι η αναγνώριση των υπεύθυνων που παίρνουν τις αποφάσεις και των χρηστών του συστήματος και πώς αυτές οι αποφάσεις ή χρήστες επιδρούν διαμορφώνοντας τα χωρικά πρότυπα και τις διαδικασίες, τις σχετικές με το πρόβλημα που χρειάζεται να επιλυθεί.

Είναι γνωστό πως τα υπάρχοντα προβλήματα μπορούν να λυθούν διαφορετικά, όταν εξεταστούν από διαφορετική σκοπιά και κυρίως με διαφορετικές προδιαθέσεις. Για παράδειγμα, η ρύπανση της θάλασσας από τα απόβλητα ενός εργοστασίου, μπορεί να θεωρηθεί σαν παραβίαση του δικαιώματος του

πληθυσμού να κολυμπά σε καθαρά νερά. αλλά από τη σκοπιά των ψαράδων το πρόβλημα είναι η περιεκτικότητα των αποβλήτων σε μόλυβδο που σκοτώνει τα ψάρια. Από την άλλη μεριά βέβαια, για το βιομήχανο το πρόβλημα είναι το μεγαλύτερο κόστος παραγωγής που θα προέλθει από την εγκατάσταση αντιρρυπαντικών μηχανισμών. Με άλλα λόγια, η σκοπιά από την οποία θεωρούμε την πραγματικότητα και τα προβλήματά της, καθορίζουν τα προγράμματα που σχεδιάζουμε και τις ενέργειες που κάνουμε. Επομένως, το πρώτο βήμα στη δημιουργία ενός Γ.Σ.Π. είναι η αναγνώριση των διαφορετικών στρωμάτων των υπευθύνων των αποφάσεων (decision makers) και των χρηστών.



Σχήμα 3.2: Στάδια και Διαδικασίες σε ένα Γ.Σ.Π. (Κουτσόπουλος 2006)

Επιπλέον, όμως, έχει δειχθεί από τον MacCutcheon (1978) ότι «οι αντικειμενικοί σκοποί και επιδιώξεις σπάνια συγκρούονται». Αντίθετα, οι πραγματικές συγκρούσεις συμβαίνουν όταν βάλουμε σε εφαρμογή και αρχίσει να λειτουργεί το σύστημα, που έχει σαν στόχο να επιτύχει αυτούς τους σκοπούς και τις επιδιώξεις. Οι συγκρούσεις, όμως, δεν είναι μεταξύ συστημάτων. Οι πιο σπουδαίες συγκρούσεις είναι μεταξύ του συστήματος (προγραμμάτων) και του περιβάλλοντος. Επομένως, η θέση του υπεύθυνου των αποφάσεων σε σχέση με τις κριτικές περιβαλλοντικές περιοχές, είναι εκείνη που στο τέλος θα καθορίσει τα προβλήματα και θα αρχίσει τη διαδικασία του προγραμματισμού [13,14].

3.4.2 Διαδικασία από Στοιχεία σε Πληροφορία

Η διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία αποτελεί το δεύτερο βήμα σε κάθε Γ.Σ.Π. Σαν διαδικασία ακολουθεί τον καθορισμό του προβλήματος, που χαράσσει την περιοχή στην οποία οφείλει να κινηθεί, και δημιουργεί τη βάση των εφαρμογών που την ακολουθούν. Η διαδικασία αυτή αποτελεί το νευραλγικό κέντρο κάθε Γ.Σ.Π. και αποτελείται από τα εξής τέσσερα στάδια. Το στάδιο εισόδου όπου τα χωρικά και μη χωρικά στοιχεία κωδικοποιούνται και αποθηκεύονται στον Η/Υ, το στάδιο της διαχείρισης όπου τα χωρικά στοιχεία διαμορφώνονται κατάλληλα (Βάση Δεδομένων) για το επόμενο στάδιο της Ανάλυσης. Στο τελικό στάδιο, της παρουσίασης, η χωρική πληροφορία που προέκυψε από τη διαδικασία ανάλυσης παρουσιάζεται σε κάποια από τις γνωστές μορφές.

Στα παραπάνω αναφέρθηκαν οι όροι στοιχεία και πληροφορία. Επομένως, είναι σκόπιμο να αναφερθούμε στις δυο έννοιες και στις διαφορές τους, μια και παρακάτω θα επαναλαμβάνονται συνέχεια.

Στοιχεία, λοιπόν, είναι μια σειρά από αριθμητικά, ποσοτικά ή ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός συνόλου, σε μη επεξεργασμένη για το συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης μορφή, ενώ όταν περάσουν από μια διαδικασία επεξεργασίας και απαντούν σε κάποιο ερώτημα, έχουμε πληροφορία (Κουτσόπουλος, 1990) [13,14].

3.4.2.1 Είσοδος (Αποτύπωση/Αποθήκευση): Το στάδιο της εισόδου αναφέρεται στη διαδικασία της αναγνώρισης και συλλογής στοιχείων για συγκεκριμένες εφαρμογές, κυρίως όμως, από την σκοπιά των Γ.Σ.Π., αφορά στην αποτύπωση και αποθήκευσή τους. Γενικά, τα αναγκαία σε ένα Γ.Σ.Π. στοιχεία μπορούν να προέλθουν μέσα από πρωτογενείς διαδικασίες (π.χ. άμεση παρατήρηση ή θεωρητική έρευνα), από την επεξεργασία πρωτογενών στοιχείων (π.χ. ψηφιοποίηση) ή, τέλος, με την κατευθείαν εισαγωγή στοιχείων από διάφορες τράπεζες στοιχείων (π.χ. ΓΥΣ).

Βέβαια, υπάρχουν λίγες περιπτώσεις όπου τα δεδομένα, υπό μορφήν αρχείου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα Γ.Σ.Π. (π.χ. DXF, TIFF, ASCII κ.α.). Στις περισσότερες περιπτώσεις ο Η/Υ παρόλες τις μυθικές δυνατότητες που του αποδίδουν, δεν έχει δυστυχώς την ικανότητα να κάνει χρήση της πληροφορίας στη μορφή που είναι διαθέσιμη (συνήθως χάρτες, παρατηρήσεις πεδίου και τηλεπισκοπικά στοιχεία), με αποτέλεσμα να υπάρχει πάντα ανάγκη μετατροπής της πληροφορίας σε μορφή που μπορεί να «διαβαστεί» από τον Η/Υ. Η διαδικασία αυτή της μετατροπής περιλαμβάνει την αποτύπωση (όπου ένα σύνολο από μέσα μπορούν να χρησιμοποιηθούν) και την αποθήκευση [13,14].

3.4.2.2 Διαχείριση: Στη διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία, βασικός στόχος είναι η δημιουργία της πληροφοριακής βάσης (data base), που αποτελεί και την απαρχή της διαδικασίας ανάλυσης του αντικειμενικού στόχου του Γ.Σ.Π. Δηλαδή, η πληροφοριακή βάση αποτελεί τον ενδιάμεσο κρίκο μιας αλυσίδας ενεργειών, που αρχίζει από τον υπεύθυνο των αποφάσεων και καταλήγει στη διαμόρφωση των συμπερασμάτων από την ανάλυση των στοιχείων μέσα στο Γ.Σ.Π.

Η έννοια της διαχείρισης στα Γ.Σ.Π. αφορά στον τρόπο με τον οποίο στοιχεία για την θέση, την τοπολογία και τα χαρακτηριστικά των γεωγραφικών οντοτήτων δομούνται και οργανώνονται και, επομένως, αντιστοιχεί στον όρο σύστημα διαχείρισης δεδομένων (database management system-DBMS) και αναφέρεται σε ένα λογισμικό σύστημα για τη διαχείριση (ενημέρωση, συντήρηση και ανάκτηση) των στοιχείων της βάσης δεδομένων (Σχήμα 3.3). Σαν αποτέλεσμα το σύστημα διαχείρισης δεδομένων αποτελεί ένα αναπόσπαστο και ίσως το σημαντικότερο τμήμα ενός Γ.Σ.Π.



Σχήμα 3.3: Διαχείριση (Κουτσόπουλος 2006)

Ιστορικά υπήρξαν δύο μορφές βάσης δεδομένων σε σχέση με χωρικά φαινόμενα και διαδικασίες. Η πρώτη μορφή αναφέρεται στην αποθήκευση πληροφορίας για κάθε ένα χαρακτηριστικό που θεωρείται αναγκαίο (single factor). Η δεύτερη μορφή είναι λιγότερο εξειδικευμένη και αναφέρεται στο τελικό αποτέλεσμα μιας διαδικασίας που ορίζει ομοιογενείς χωρικές μονάδες (unit approach).

Η μορφή της πληροφοριακής βάσης του ενός παράγοντα αποτελείται από μια σειρά χαρτών, πινάκων κ.λ.π., που το καθένα αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο

χαρακτηριστικό (π.χ. καλλιέργειες, δάση, εδάφη, χρήσεις γης κ.λ.π.). Η πρώτη και ίσως η πιο χαρακτηριστική δημιουργία και χρήση μιας τέτοιας πληροφοριακής βάσης, ήταν από τον Ian MacHarg (1969) στο πασίγνωστο βιβλίο του «design with nature». Το πρόβλημα με τη μέθοδο του MacHarg και γενικότερα της προσέγγισης του ενός παράγοντα, είναι ότι τα χαρακτηριστικά (οι παράγοντες) της επιφάνειας της γης δεν είναι άσχετα μεταξύ τους, αλλά αποτελούν αλληλεξαρτώμενα τμήματα ενός ολοκληρωμένου φυσικού συστήματος.

Το μειονέκτημα που αναφέραμε για την προηγούμενη μορφή πληροφοριακής βάσης, μπορεί εν μέρει να υπερπηδηθεί με το συνδυασμό των παραγόντων, έτσι ώστε να δίνουν μια ιδέα των αλληλοσυσχετίσεων που υπάρχουν στις χωρικές διαδικασίες της περιοχής μελέτης. Δηλαδή, με τη δημιουργία ενός συστήματος ομοιογενών χωρικών μονάδων. Η προσέγγιση αυτή στηρίζεται στην έννοια της αλληλεξάρτησης των χωρικών χαρακτηριστικών και στο ότι παρόμοιες φυσικές περιοχές έχουν όμοια χαρακτηριστικά τα οποία δέχονται τις ίδιες φυσικές διεργασίες. Είναι μια ανάλογη μέθοδος της «physiographic terrain analysis» που πρότεινε ο Heil (1972) [13,14].

3.4.2.3 Ανάλυση: Οι τεχνικές ανάλυσης που ένα Γ.Σ.Π. οφείλει να χρησιμοποιεί, είναι δύσκολο να καθορισθούν εκ των προτέρων. Και αυτό γιατί ο αντικειμενικός σκοπός του Γ.Σ.Π.. η φύση και μορφή των στοιχείων καθώς και ο συνδυασμός λογισμικού-Η/Υ (software-hardware) που χρησιμοποιούνται από το σύστημα, έχουν διαφορετικές απαιτήσεις.

Γενικά, οι ερωτήσεις στις οποίες ένα Γ.Σ.Π. μπορεί να απαντήσει κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της χωρικής ανάλυσης, διακρίνονται σε πέντε χαρακτηριστικές κατηγορίες:

- Γεωγραφία: “Τι υπάρχει στην χωρική ενότητα ...”

Η ουσία της ερώτησης βρίσκεται στο γεγονός ότι οφείλουμε να γνωρίζουμε τι υπάρχει σε κάθε υποσύνολο-χωρική ενότητα της περιοχής μελέτης. Η ταυτότητα ενός τόπου μπορεί να περιγραφεί με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα, με το όνομα της τοποθεσίας, κάποιο γεωγραφικό κωδικό, ή με κάποιο γραφικό συμβολισμό σε συνδυασμό με ένα σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων όπως το γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος, συστήματα καρτεσιανών συντεταγμένων κ.λ.π.

- Αναζήτηση βάσει κριτηρίων: “Πού βρίσκεται...”

Η δεύτερη αυτή ερώτηση είναι τρόπον τινά η αντιστροφή της πρώτης και απαιτεί στοιχεία χωρικής ανάλυσης για να απαντηθεί. Αντί της ταυτότητας ενός συγκεκριμένου τόπου, ζητείται να βρεθεί ο γεωμετρικός τόπος μέσα στον οποίο

ικανοποιούνται ορισμένες συνθήκες, (π.χ. που βρίσκεται γήινη επιφάνεια, χαρακτηρισμένη ως δάσος, με εμβαδόν μεγαλύτερο των 100 στρεμμάτων, που απέχει λιγότερο από 60 χιλιόμετρα από το αστικό κέντρο και 2 χιλιόμετρα από το οδικό δίκτυο ... κ.ο.κ.).

- Τάσεις: “Ποια η μεταβολή...”

Η ερώτηση αυτή προϋποθέτει την απάντηση των δυο προηγούμενων, καθώς αναζητά τις διαφορές που παρουσιάζονται, λαμβανομένης υπόψη και της παρέλευσης συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος, (διαχρονικές).

- Πρότυπα: “Από ποια χωρικά πρότυπα χαρακτηρίζεται...”

Στις συγκεκριμένες περιπτώσεις, αναζητούνται συσχετισμοί και νόμοι οι οποίοι διέπουν φαινόμενα που συμβαίνουν ταυτόχρονα, (ή είναι το ένα συνέπεια του άλλου) και αφορούν ένα συγκεκριμένο χώρο.

- Διαδικασίες: “Τι θα συνέβαινε αν...”

Η απάντηση σε τέτοιου τύπου ερωτήσεις, προϋποθέτει συνολικότερη επιστημονική θεώρηση, υπό την έννοια ότι μόνη η γεωγραφική πληροφορία δεν επαρκεί ως παράμετρος ανάλυσης των φαινομένων. Παράδειγμα: τι θα συμβεί εάν ένας καινούργιος δρόμος προστεθεί στο οδικό δίκτυο, ή ποιες θα ήταν οι επιπτώσεις μιας πιθανής μόλυνσης του υδροφόρου ορίζοντα μίας περιοχής.

Στη μέχρι τώρα παρουσίαση των αναλυτικών διαδικασιών, η κωδικοποίηση των στοιχείων της βάσης δεδομένων του συστήματος εθεωρείτο η διανυσματική. Όμως και η ψηφιδωτή μορφή των στοιχείων προσφέρεται, στο πλαίσιο των Γ.Σ.Π. για ανάλυση. Για την ακρίβεια η διεθνής βιβλιογραφία και η εμπειρία έχουν δείξει (π.χ. Martin, 1996) ότι στην περίπτωση που υπάρχει ανάγκη για χρήση στοιχείων από μια σειρά γεωγραφικά επικαλυπτομένων οντοτήτων, η διατήρηση και διαχείριση της βάσης δεδομένων και ο υπολογισμός των νέων τιμών των χαρακτηριστικών είναι πιο εύκολα, όταν τα στοιχεία αναφέρονται σε μια ομοιόμορφη γεωμετρία, δηλαδή σε ένα κανναβικό σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, οι αναλυτικές διαδικασίες με στοιχεία σε μορφή καννάβου παρουσιάζουν, σε σχέση με ανάλυση στο πλαίσιο ενός Γ.Σ.Π., τα εξής χαρακτηριστικά:

- Η διαδικασία χειρισμού ενός θεματικού επιπέδου (κανναβική μήτρα) είναι ιδιαίτερα γρήγορη, αφού συνήθως το περισσότερο που απαιτείται είναι ένα «πέρασμα» από κάθε σειρά και στήλη της μήτρας των στοιχείων.
- Θεωρητικά, ένας οιοσδήποτε αριθμός διαφορετικών θεματικών επιπέδων μπορεί να λάβει μέρος σε μία και μόνη διαδικασία ανάλυσης αφού τα αντίστοιχα φατνία κάθε μήτρας αναλύονται ταυτόχρονα.
- Τα αποτελέσματα του συνόλου σχεδόν των διαδικασιών μπορούν να εκφραστούν με τη μορφή ενός νέου χάρτη.

Η χρήση στοιχείων σε μορφή καννάβου διαφοροποιείται σε επιμέρους λειτουργίες οι οποίες σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία είναι οι εξής:

- Τοπικές ή Σημειακές Λειτουργίες (local), οι οποίες αναφέρονται σε κάθε ένα ξεχωριστό φαντίο.
- Εστιακές Λειτουργίες (focal), οι οποίες διαχειρίζονται στοιχεία για κάθε φαντίο, τα οποία όμως βασίζονται σε πληροφορίες μιας συγκεκριμένης περιοχής.
- Λειτουργίες Ζωνών (zonal), οι οποίες παρέχουν διαδικασίες που αφορούν κάθε σύνολο φαντίων που έχουν ακριβώς τις ίδιες τιμές και
- Γενικευμένες Λειτουργίες (global), που επίσης αναφέρονται σε ένα φαντίο, αλλά βασίζονται σε στοιχεία από ολόκληρη την κανναβική μήτρα.

Για τις ανάγκες της μελέτης, όπως θα δούμε στη συνέχεια απαιτήθηκε η χρήση Τοπικών ή Σημειακών Λειτουργιών και πιο συγκεκριμένα της μαθηματικής πράξης της πρόσθεσης.

Οι τοπικές λειτουργίες προσεγγίζουν την κανναβική μήτρα στη βάση κάθε φαντίου ξεχωριστά. Δηλαδή, κάθε φαντίο υφίσταται οιαδήποτε μορφή ανάλυσης μόνο με τη χρήση της τιμής που το ίδιο έχει, χωρίς καμιά αναφορά στις τιμές των άλλων φαντίων. Με άλλα λόγια, η τιμή του φαντίου στην τελική μήτρα (Χάρτης T) είναι συνάρτηση των τιμών των αντίστοιχων φαντίων της κάθε επιμέρους μήτρας (Χάρτης A, Χάρτης B...) που υφίστανται την ανάλυση. Επομένως, ισχύει η σχέση:

$$\text{Χάρτης T} = f(\text{Χάρτης A}, \text{Χάρτης B}, \dots, \text{Χάρτης N})$$

Για παράδειγμα, μπορεί να είναι: μια μαθηματική πράξη (π.χ. ο πολλαπλασιασμός κάθε φαντίου ενός επιπέδου με τον αριθμό 3 ή ο πολλαπλασιασμός των τιμών των αντίστοιχων φαντίων μεταξύ δυο επιπέδων (Σχήμα 3.4), η εύρεση ενός στατιστικού δείκτη (η εύρεση της μέγιστης, της ελάχιστης ή του μέσου όρου των τιμών των αντίστοιχων φαντίων πέντε επιπέδων), η εφαρμογή μιας λογικής ή Boolean πράξης (να επιλεγούν τα φαντία που η τιμή τους είναι μεγαλύτερη του 3), κι ακόμα η δημιουργία μιας ζώνης επιρροής (η επιλογή των γειτονικών φαντίων με χρήση γης αστική) ή κάποιας μορφής επικάλυψη (π.χ. η επικάλυψη του επιπέδου χρήσης γης με το επίπεδο είδος εδαφών) [13,14].

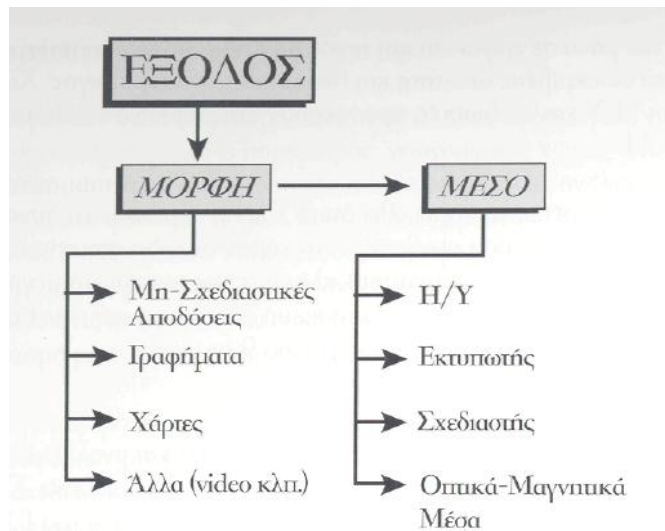
$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 2 & 0 & 1 \\ \hline 2 & 3 & 2 \\ \hline 4 & 1 & 2 \\ \hline \end{array}
 \times 3 =
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline 6 & 0 & 3 \\ \hline 6 & 9 & 6 \\ \hline 12 & 3 & 6 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 2 & 0 & 1 \\ \hline 2 & 3 & 2 \\ \hline 4 & 1 & 2 \\ \hline \end{array}
 \times
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 2 \\ \hline 1 & 2 & 2 \\ \hline 2 & 1 & 3 \\ \hline \end{array}
 =
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline 2 & 0 & 2 \\ \hline 2 & 6 & 4 \\ \hline 8 & 2 & 6 \\ \hline \end{array}$$

Σχήμα 3.1: Τοπικές Λειτουργίες (Πολλαπλασιασμός) (Κουτσόπουλος 2006)

3.4.2.4 Έξοδος: Η έξοδος από τον Η/Υ και ο τρόπος που θα παρουσιασθεί η πληροφορία που η ανάλυση και γενικά το Γ.Σ.Π. δημιούργησε, είναι καθοριστικός για την αποτελεσματικότητά του. Επομένως, η παρουσίαση της πληροφορίας είναι πρωταρχικής σημασίας για κάθε Γ.Σ.Π.

Τρεις είναι οι βασικές -αλλά όχι και οι μοναδικές- μορφές εξόδου της πληροφορίας: Στην πρώτη μορφή ανήκουν οι πίνακες, οι μαθηματικές συναρτήσεις, οι μέσοι όροι και άλλες μη-σχεδιαστικές αποδόσεις, στη δεύτερη μορφή περιλαμβάνονται τα ιστογράμματα, τα πολύγωνα συχνότητας και άλλες μορφές γραφημάτων, ενώ η τρίτη μορφή αποτελείται από τους χάρτες. Επιπλέον, τα αποτελέσματα μιας ανάλυσης στον Η/Υ, μπορούν να παρουσιασθούν στην «οθόνη» του τερματικού, να αποθηκευθούν κατευθείαν σε δίσκους ή δισκέτες, να εκτυπωθούν στον εκτυπωτή (printer) ή να σχεδιασθούν στον σχεδιαστή (plotter) (Σχήμα 3.5) [13,14].



Σχήμα 3.5: Έξοδος (Κουτσόπουλος 2006)

Παρόλο ότι η αξιοπιστία, η χρησιμότητα και η αποτελεσματικότητα των δύο πρώτων μορφών παρουσίασης είναι αδιαφιλονίκητη και ακόμη, παρά το γεγονός ότι η διορατικότητα, η εμπειρία και η φαντασία του μελετητή στο να βρει κατάλληλες τεχνικές ή να δημιουργήσει νέες μεθόδους απεικόνισης αυτών που θέλει να παρουσιάσει, είναι καθοριστικής σημασίας, το κύριο μέσο μετάδοσης της επεξεργασμένης πληροφορίας ενός Γ.Σ.Π. είναι ο χάρτης. Γιατί ο χάρτης, σε όλες του τις μορφές και διαστάσεις, παρέχει μια άμεση εποπτεία στα χωρικά φαινόμενα, με ελεγμένη ακρίβεια και πληρότητα και παραμένει ένας βασικός τρόπος επικοινωνίας.

Ιδιαίτερη σημασία σαν μορφή εξόδου των Γ.Σ.Π., έχουν οι θεματικοί χάρτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην απεικόνιση τόσο των φυσικών φαινομένων όσο και των φαινομένων που σχετίζονται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η μετάδοση και επικοινωνία συγκεκριμένων ιδεών μέσα από τούς θεματικούς χάρτες είναι περισσότερο αποτελεσματική, γιατί η ανθρώπινη αντίληψη είναι πιο άμεση στις εικόνες παρά στα πινακοποιημένα στοιχεία. Πραγματικά, η απλή παράθεση των δεδομένων δεν αρκεί για μια ολοκληρωμένη θεώρηση φαινομένων στο χώρο «... αν δεν συνοδεύεται και από τις αναγκαίες θεματικές απεικονίσεις που επιτρέπουν την άμεση αναγνώριση και θεώρηση και συσχετισμό πιο σύνθετων περιπτώσεων» (Λιβιεράτος 1978).

Οι τρεις μορφές εξόδου μπορούν να δημιουργηθούν από τους εκτυπωτές των Η/Υ. Η απόδοση όμως των εκτυπωτών στη σχεδίαση χαρτών, υστερεί σημαντικά από τους χάρτες που μπορούν να δημιουργηθούν από τους σχεδιαστές. Πραγματικά, η τεχνολογία των σχεδιαστών έχει προχωρήσει τόσο πολύ, ώστε οι αυτοματοποιημένοι χάρτες υπερτερούν όχι μόνο σε εμφάνιση και ποιότητα από τους χειροποίητους, αλλά υπερτερούν σημαντικά σε ακρίβεια, ταχύτητα και

δυνατότητα αναπαραγωγής. Χωρίς αμφιβολία, οι σύγχρονοι Η/Υ και σχεδιαστές προσφέρουν απεριόριστες δυνατότητες στους χρήστες των Γ.Σ.Π.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι τα Γ.Σ.Π. παρέχουν τη δυνατότητα απεικόνισης όλων των στοιχείων που συνθέτουν ένα χάρτη, δηλαδή στοιχεία εδάφους ιδιότητες του γεωγραφικού χώρου, υπομνήματα, κλίμακες και μία αρκετά μεγάλη γκάμα θεματικού συμβολισμού που αφορούν στην κατασκευή χαρτογραφικών συνθέσεων [13,14].

3.5 Πλαίσιο Εφαρμογής

Η τεχνολογία των Γ.Σ.Π. χρησιμοποιείται σε πλήθος εφαρμογών, για κάθε ζήτημα ανάλυσης και σχεδιασμού, όπου η παράμετρος γεωγραφικός χώρος υπεισέρχεται άμεσα ή έμμεσα (ζητήματα χωροταξίας αστικής και περιφερειακής ανάλυσης και σχεδιασμού, διαχείρισης των φυσικών πόρων, οικολογικών ερευνών, κτηματολογίου κ.α.). Είναι δεδομένο πως ο χώρος και η κάθε είδους πληροφορία που τον περιγράφει, είναι συνδεδεμένοι με ένα μεγάλο κομμάτι των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, ενώ σε επίπεδο οργάνωσης και λήψης αποφάσεων σχετικά με αυτές, σχεδόν κάθε επιλογή έχει άμεσο ή έμμεσο συσχετισμό με κάποιου είδους χωρική ανάλυση και σχεδιασμό.

Ενδεικτικά αναφέρονται μερικά επιστημονικά πεδία στα οποία τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών μπορούν να συμβάλλουν ως ολοκληρωμένα εργαλεία χωρικής ανάλυσης και σχεδιασμού:

- Περιφερειακός Προγ/σμός-Σχεδιασμός (χωρική ανάλυση περιφερειακών ανισοτήτων, διαχείριση ολοκληρωμένων αναπτυξιακών προγραμμάτων και βάσεων κοινωνικό-οικονομικών δεδομένων, επενδυτικά σχέδια και εναλλακτικές στρατηγικές χωροθετήσεις-κατανομές οικονομικών δραστηριοτήτων, αξιολόγηση περιφερειακών και τοπικών αναπτυξιακών προγραμμάτων, συστήματα λήψης αποφάσεων).
- Αστικός Προγραμματισμός-Σχεδιασμός (χωρική ανάλυση αστικών περιοχών, δήμων, γειτονιών, διαχείριση ολοκληρωμένων προγραμμάτων αστικής ανάπτυξης, πολιτική αναπλάσεων, πολιτική χρήσεων γης, δόμηση, κτηματολόγιο).

- Συγκοινωνίες-Μεταφορές (διαχείριση συστημάτων μεταφορών-οδικών, ακτοπλοϊκών, αεροπορικών-διαχείριση αστικών συγκοινωνιών, πολιτική πρόληψης ατυχημάτων, κ.α.).
- Τεχνική υποδομή (διαχείριση δικτύων ύδρευσης-αποχέτευσης, ενέργειας τηλεπικοινωνιών, προσδιορισμός περιοχών εξυπηρέτησης χωροθετήσεις-κατανομές κ.α.).
- Περιβάλλον (Διαχείριση οικοσυστημάτων, πολιτικές προστασίας και πρόληψης, συστήματα λήψης αποφάσεων και εκτίμηση επιπτώσεων, υποδείγματα αλληλεπιδράσεων οικονομικών και περιβαλλοντικών συστημάτων, επιχειρησιακή έρευνα).
- Φορολογία (Φορολογία ακίνητης περιουσίας, διαχείριση φορολογικών στοιχείων).
- Εκπαίδευση και Υγεία-Πρόνοια (πολιτική διαχείρισης παροχών εκπαίδευσης, υγείας-πρόνοιας, περιοχές ειδικών χαρακτηριστικών, χωροθετήσεις-κατανομές κέντρων εξυπηρέτησης, περιοχές εξυπηρέτησης κ.α.).
- Πυροσβεστική, Δασική Υπηρεσία, Αστυνομία (πολιτικές πρόληψης και αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών, ελαχιστοποίηση διαδρομών, κόστους κ.α.).
- Ανάλυση Αγοράς (Ανάλυση καταναλωτικής συμπεριφοράς, συστήματα λήψης αποφάσεων).
- Αγορά Εργασίας (χωρική ανάλυση αγορών εργασίας, σύζευξη προσφοράς-ζήτησης πολιτικές απασχόλησης, ανεργίας και επαγγελματικής κατάρτισης, κινητικότητα εργατικού δυναμικού, μετακινήσεις τόπου εργασίας-κατοικίας).
- Δίκτυα διανομών, πωλήσεων και χωροθετήσεις κατανομών (ανάλυση και διαχείριση δικτύων διανομών προϊόντων και υπηρεσιών, αριστοποίηση διαδρομών, τροφοδοσίας, χωροθετήσεις κέντρων παροχών).

Τα ανωτέρω πεδία εφαρμογών δείχνουν το ευρύ φάσμα δυνατοτήτων ανάπτυξης των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Δεδομένης της συνθετότητας των αναπτυξιακών προβλημάτων στις πόλεις και στις περιφέρειες, τα Γ.Σ.Π. μπορούν να συμβάλλουν στην ενιαία καταγραφή, οργάνωση, διαχείριση και ανάλυση των κοινωνικο-οικονομικών δεδομένων, ως προϋποθέσεις για τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων στην αστική και περιφερειακή ανάπτυξη. Και αυτό αφορά τόσο στο Δημόσιο Τομέα, όσο και στον Ιδιωτικό, ο οποίος μάλιστα σε συγκεκριμένες περιπτώσεις (πολυεθνικές εταιρείες, μεγάλες επιχειρήσεις του δευτερογενούς και τριτογενούς τομέα), έχει να επιδείξει σημαντικές εφαρμογές των Γ.Σ.Π. στα συγκεκριμένα αντικείμενα του ενδιαφέροντός του (π.χ. δίκτυα παραγωγής, διανομές προϊόντων και υπηρεσιών, χωροθετήσεις) [13,14].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΧΩΡΟΥ

4.1 Μοντέλα Επιφανειών

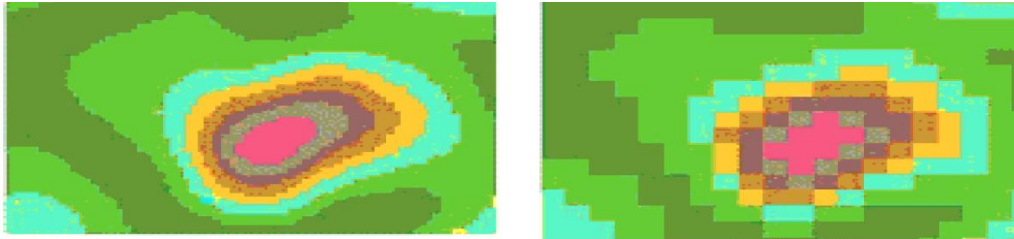
Μια επιφάνεια στο γεωγραφικό χώρο είναι ένα συνεχές πεδίο από τιμές, οι οποίες διαφέρουν ως προς τη χωρική τους θέση (τοποθεσία) και καλούνται χωρομεταβλητές, αφού οι τιμές τους μεταβάλλονται με το γεωγραφικό χώρο. Για παράδειγμα, σημεία μια περιοχής στην επιφάνεια της γης μπορεί να διαφέρουν στο υψόμετρο, στη θερμοκρασία εδάφους, ή στη συγκέντρωση κάποιου χημικού στοιχείου ή ένωσης. Οποιοσδήποτε από αυτές τις χωρικές τιμές, ή χωρομεταβλητές, μπορεί να παρουσιασθούν σε ένα τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα (X, Ψ, Z) , όπου X και Ψ είναι αντίστοιχα η ανατολική και η βόρεια συντεταγμένη και Z είναι η τιμή της υπό μελέτης χωρομεταβλητής.

Επειδή μια φυσική επιφάνεια περιέχει ένα τεράστιο αριθμό σημείων, είναι αδύνατο να μετρήσει κάποιος τις τιμές Z σε κάθε σημείο. Γι' αυτό γίνονται πραγματικές μετρήσεις σε ένα αντιπροσωπευτικό και ταυτόχρονα ικανοποιητικό αριθμό θέσεων, οι οποίες περιγράφουν τα χαρακτηριστικά της τρισδιάστατης επιφάνειας. Τα μοντέλα επιφανειών επιτρέπουν την αποθήκευση πληροφοριών για μια επιφάνεια σε ένα ΓΣΠ. Ένα μοντέλο επιφανείας, προσεγγίζει μια επιφάνεια, παίρνοντας ένα δείγμα τιμών από διάφορα σημεία και στη συνέχεια με παρεμβολή υπολογίζει τις τιμές μεταξύ των σημείων αυτών.

Ένα ΓΣΠ χρησιμοποιεί δύο ειδών μοντέλα επιφανειών: τα ψηφιδωτά (rasters) και τα τριγωνικά (TINs). Στην παρούσα εργασία έχουν χρησιμοποιηθεί τα ψηφιδωτά, τα οποία αναπαριστούν μια επιφάνεια με κανονικό πλέγμα (grid) θέσεων με δείγματα, όπου υπάρχουν πραγματικές τιμές της υπό μελέτης χωρομεταβλητής και θέσεις ενδιάμεσες υπολογισμένες τιμές με κάποια μέθοδο παρεμβολής [15,16].

4.2 Ψηφιδωτές Επιφάνειες (rasters surfaces)

Οι ψηφιδωτές επιφάνειες αποθηκεύονται σε μορφή πλέγματος. Κάθε πλέγμα αποτελείται από ένα ορθογώνιο πίνακα από ομοιόμορφα κατανομημένα στον χώρο φατνία (pixels) ιδίου μεγέθους στα οποία αποθηκεύονται οι τιμές Z . Όσο πιο μικρό είναι το μέγεθος του φατνίου, τόσο μεγαλύτερη είναι η χωρική ακρίβεια του ψηφιδωτού.

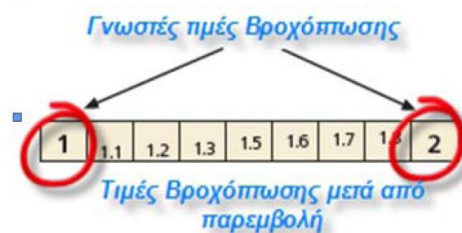


Σχήμα 4.1: Χωρική ακρίβεια του ψηφιδωτού

Τα ψηφιδωτά χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση εικόνων και θεματικών δικτύων δεδομένων [15,16].

4.3 Δημιουργία Επιφανειών από Σημεία

Οι επιφάνειες δημιουργούνται από δείγματα, που παίρνονται από κάποιες θέσεις κατά μήκος μιας περιοχής με τη μέθοδο της χωρικής παρεμβολής.



Σχήμα 4.2: Λήψη τιμών με παρεμβολή

Παρεμβολή είναι η διαδικασία κατά την οποία, προβλέπονται τιμές στα κελιά για τοποθεσίες στις οποίες δεν υπάρχουν δεδομένα. Η χωρική παρεμβολή είναι μια διεισδυτική λειτουργία στα ΓΣΠ και παρόλο που χρησιμοποιείται κυρίως στην ανάλυση χωρικών δεδομένων, εντούτοις χρησιμοποιείται και σε άλλες διαδικασίες, όπως η προετοιμασία της εμφάνισης ενός χάρτη ισοϋψών, όπου η χωρική παρεμβολή γίνεται χωρίς την ανάμιξη του χρήστη. Είναι μια διαδικασία, θα λέγαμε εργασίας πρόβλεψης, κατά την διάρκεια της οποίας το ΓΣΠ προσπαθεί να κάνει ένα λογικό υπολογισμό της τιμής ενός πεδίου σε περιοχές, όπου το πεδίο δεν έχει μετρηθεί.

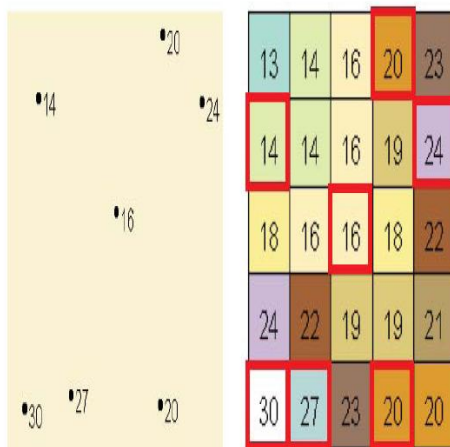
Η χωρική παρεμβολή είναι μια λειτουργία η οποία έχει νόημα μόνο από την άποψη του πεδίου (θερμοκρασία, πίεση, υψόμετρο, συγκέντρωση χημικών στοιχείων σε δείγματα ενώσεων κλπ). Η χωρική παρεμβολή έχει πολλές εφαρμογές, όπως:

- Υπολογίζει το ύψος της βροχής, τη θερμοκρασία και άλλα μετρήσιμα περιγραφικά χαρακτηριστικά σε μέρη που δεν υπάρχουν μετεωρολογικοί σταθμοί, αλλά και απευθείας μετρήσεις μεταβλητών.
- Υπολογίζει το υψόμετρο μιας επιφάνειας μεταξύ των μετρημένων θέσεων ενός ψηφιακού μοντέλου εδάφους.
- Στην επαναδειγματοληψία των ψηφιδωτών, η οποία γίνεται όταν ένα ψηφιδωτό μετατρέπεται σε άλλο ψηφιδωτό.
- Στη δημιουργία ισοπερικτικών καμπυλών, όπως π.χ. των συγκεντρώσεων των χημικών στοιχείων σε δείγματα εδάφους, όπου είναι απαραίτητη η πρόβλεψη της θέσης της καμπύλης ενδιάμεσα των θέσεων που υπάρχουν μετρήσεις.

Η βασική αρχή που διέπει τη χωρική παρεμβολή είναι ο νόμος του Tobler ότι «όλες οι τοποθεσίες συσχετίζονται, αλλά εκείνες που είναι πιο κοντά συσχετίζονται περισσότερο από τις μακρινότερες». Με άλλα λόγια, η ορθή πρόβλεψη μιας τιμής βροχόπτωσης σε ένα σημείο, είναι να είναι παρόμοια με τον πλησιέστερο μετεωρολογικό σταθμό, παρά με έναν άλλο που βρίσκεται πιο μακριά. Ένα άλλο επακόλουθο της αρχής του Tobler είναι ότι η απουσία της καλύτερης πληροφορίας, λογικά υποθέτει ότι κάθε πεδίο αναπαριστά σχετικά ομαλή διαφοροποίηση στις τιμές του στα σημεία αυτά, παρουσιάζει δηλαδή μια ισχυρή θετική χωρική αυτοσυσχέτιση.

Η χωρική παρεμβολή προβλέπει τιμές για τα φατνία ενός ψηφιδωτού, από τις τιμές ενός περιορισμένου αριθμού σημείων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλέψει τιμές για οποιαδήποτε γεωγραφικά σημειακά δεδομένα.

Στην παρακάτω εικόνα, έχουμε στην αριστερή πλευρά μια ομάδα δεδομένων από σημεία με γνωστές τιμές. Στη δεξιά πλευρά έχουμε ένα ψηφιδωτό, το οποίο έχει υπολογισθεί με παρεμβολή από τα γνωστά σημεία. Οι τιμές παρεμβολής προβλέπονται από μια μαθηματική συνάρτηση, η οποία χρησιμοποιεί τιμές των κοντινών φατνίων.



Σχήμα 4.3: Πρόβλεψη τιμών παρεμβολής

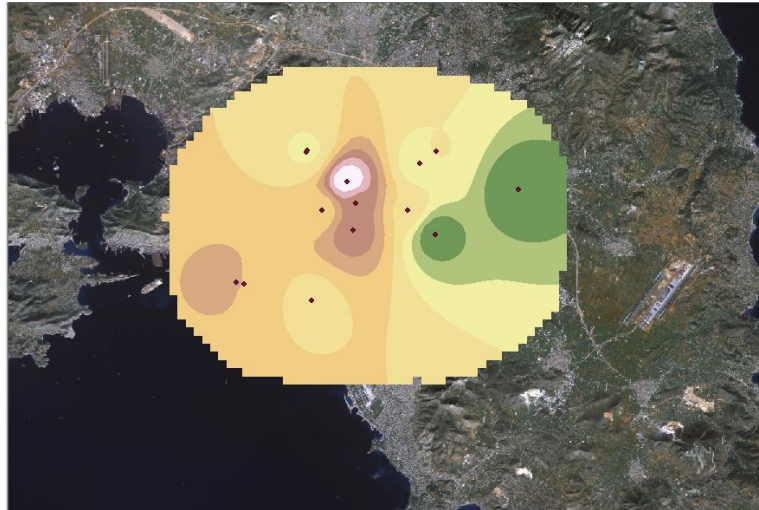
Ένα πρόβλημα που εμφανίζεται με τη δημιουργία των ψηφιδωτών από παρεμβολή, είναι ότι η αρχική πληροφορία αλλοιώνεται σε κάποιο βαθμό. Ακόμη και εάν ένα γνωστό σημείο βρίσκεται μέσα σε ένα φατνίο, η τιμή του φατνίου μπορεί να μην έχει την τιμή του σημείου αυτού, αλλά κάποια άλλη που θα έχει υπολογισθεί από την μαθηματική συνάρτηση παρεμβολής, βάσει των κοντινών φατνίων.

Όπως είπαμε και παραπάνω, η παρεμβολή γίνεται με την υπόθεση ότι τα χωρικά κατανεμημένα αντικείμενα συσχετίζονται χωρικά. Με άλλα λόγια, αντικείμενα τα οποία είναι κοντινά έχουν την τάση να έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, εάν υπάρχει κάποια υψηλή συγκέντρωση ενός χημικού στοιχείου στο επιφανειακό έδαφος στην αριστερή πλευρά ενός δρόμου, μπορούμε να προβλέψουμε, με μεγάλη σχετικά ακρίβεια ότι δύναται να υπάρχει υψηλή συγκέντρωση και στο δεξί μέρος του δρόμου. Θα ήμασταν όμως λιγότερο βέβαιοι ότι υπάρχει υψηλή συγκέντρωση και στους άλλους δρόμους της πόλης.

Η συγκέντρωση πληροφοριών από πρωτογενή σημεία δειγματοληψίας είναι ναί μεν πολύ ακριβή, αλλά και ορισμένες φορές αδύνατη, λόγω μη προσβασιμότητας στα σημεία αυτά και το λόγο αυτό κάνουμε παρεμβολή. Τα σημεία με την πρωτογενή πληροφόρηση, βάσει των οποίων γίνεται η παρεμβολή, μπορεί να είναι κατανεμημένα στον υπό μελέτη χώρο είτε κανονικά, είτε τυχαία, είτε κατά μήκος κάποιων διαδρομών. Μια τυπική χρήση της χωρικής παρεμβολής σημειακών τιμών είναι η δημιουργία ενός ψηφιακού μοντέλου εδάφους από μια ομάδα μετρήσεων [15,16].



Σχήμα 4.4: Χρήση χωρικής παρεμβολής σημειακών τιμών



Σχήμα 4.5: Δημιουργία ψηφιακού μοντέλου από μια ομάδα μετρήσεων

Το αποτέλεσμα της παραπάνω χωρικής παρεμβολής είναι ένα ψηφιδωτό με φατνία των οποίων οι τιμές έχουν υπολογισθεί με παρεμβολή των σημειακών μετρήσεων της πάνω εικόνας.

4.4 Μέθοδοι Χωρικής Παρεμβολής

Υπάρχουν πολλοί τρόποι δημιουργίας ψηφιδωτών από σημειακά δεδομένα. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι δύο ειδών, οι αιτιοκρατικές (deterministic) και οι γεωστατιστικές (geostatistical). Παρακάτω θα αναφερθούμε στις αιτιοκρατικές μεθόδους αφού σε αυτές συγκαταλέγεται η μέθοδος που τελικά θα χρησιμοποιηθεί.

Όλες οι μέθοδοι βασίζονται στην ομοιότητα των τιμών των γειτονικών σημείων δειγματοληψίας για να δημιουργήσουν μια επιφάνεια. Οι αιτιοκρατικές τεχνικές χρησιμοποιούν μαθηματικές συναρτήσεις για την παρεμβολή. Οι γεωστατιστικές βασίζονται, τόσο σε στατιστικές, όσο και σε μαθηματικές συναρτήσεις, που λαμβάνουν υπόψη τα χωρικά χαρακτηριστικά των πραγματικών δεδομένων. Έτσι, δημιουργούν αξιόπιστες σχετικά επιφάνειες και ταυτόχρονα αξιολογούν την αβεβαιότητα των προβλέψεων.

4.5 Αιτιοκρατικές Μέθοδοι

Οι αιτιοκρατικές μέθοδοι μπορεί να χωριστούν σε δύο ομάδες: (α) τις γενικευμένες και (β) τις τοπικές. Οι γενικευμένες τεχνικές, εφαρμόζονται σε όλα τα δεδομένα για να κάνουν μια πρόβλεψη, ενώ οι τοπικές εφαρμόζονται σε γειτονικά σημεία των πρωτογενών σημείων για τα οποία γίνεται η πρόβλεψη. Στην πρώτη κατηγορία ανήκει η μέθοδος της Γενικευμένης Πολυωνυμικής Παρεμβολής (Global Polynomial Interpolator), ενώ στη δεύτερη κατηγορία οι μέθοδοι της Ζυγισμένης Αντίστροφης Απόστασης (Inverse Distance Weighted, IDW), η Τοπική Πολυώνυμη (Local Polynomial) και η Ακτινική Βάση (Radial Basis) [15,16].

Η αιτιοκρατική μέθοδος παρεμβολής μπορεί αφενός μεν να δημιουργήσει μια επιφάνεια η οποία περνά ακριβώς από τα σημεία δειγματοληψίας, οπότε λέγεται ακριβής παρεμβολή και αφετέρου να δημιουργήσει μια επιφάνεια η οποία περνά πάνω από τα σημεία δειγματοληψίας και η οποία λέγεται ανακριβής παρεμβολή.

Οι μέθοδοι Ζυγισμένης Αντίστροφης Απόστασης (IDW) και Ακτινικής Βάσης (Radial Basis) κάνουν παρεμβολή με σχετική ακρίβεια, ενώ οι μέθοδοι Τοπικής (Local) και Γενικευμένης Πολυωνυμικής Παρεμβολής (Global Polynomial Interpolator) δεν κάνουν ακριβή παρεμβολή.

Κάθε μέθοδος παρεμβολής χρησιμοποιεί μια διαφορετική τεχνική για να προσδιορίσει τις τιμές των κελιών, οπότε παράγει και μια διαφορετική επιφάνεια. Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου εξαρτάται πάντα από τη γεωγραφική κατανομή και το πλήθος των διαθέσιμων δεδομένων αλλά και από το φαινόμενο που μελετάται. Στην παρούσα εργασία δύο ήταν οι επικρατέστερες μέθοδοι που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν για την καλύτερη ανάλυση των δεδομένων μας, η μέθοδος Kriging και η μέθοδος IDW. Η μέθοδος IDW βασίζεται στην έκταση της ομοιότητας των κελιών. Η μέθοδος Kriging βασίζεται στη στατιστική και στη χωρική αυτοσυσχέτιση των δεδομένων, έτσι παρέχει τη δυνατότητα μιας προχωρημένης πρόβλεψης της επιφάνειας της υπό μελέτης μεταβλητής. Εντούτοις, η μέθοδος Kriging προϋποθέτει να υπάρχει ένας ικανοποιητικός αριθμός πρωτογενών πληροφοριών για τον υπολογισμό των απαιτούμενων γεωστατικών παραμέτρων (ώστε να δημιουργηθεί ένα αξιόπιστο βαριόγραμμα),

που απαιτούνται για την πρόβλεψη τιμών με το μικρότερο δυνατό σφάλμα. Εξαιτίας του μικρού αριθμού πρωτογενών πληροφοριών που έχουμε στη διάθεσή μας θα χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο IDW.

4.6 Μέθοδος IDW

Για την πρόβλεψη ενός χαρακτηριστικού σε ένα σημείο είναι απαραίτητο να υπάρχουν γύρω από αυτό, ορισμένα άλλα σημεία στα οποία να έχουμε μετρήσεις τιμών του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού. Πρέπει να αναφερθεί ότι τα γύρω σημεία δεν θα έχουν την ίδια βαρύτητα στον υπολογισμό του αγνώστου χαρακτηριστικού. Καθώς αυξάνεται η απόσταση από το σημείο πρόβλεψης, η επιρροή των μετρημένων σημείων μειώνεται. Χρειάζονται αρκετά σημεία ώστε να παρέχεται μια αξιόπιστη πρόβλεψη αλλά όχι τόσα ώστε να καθίσταται απαγορευτική η συλλογή πληροφοριών. Ο αριθμός των σημείων μπορεί να ποικίλει ανάλογα με το πλήθος και την κατανομή των σημείων δειγματοληψίας. Είναι αυτονόητο, ότι τα πλησιέστερα μετρημένα σημεία προς το υπολογιζόμενο σημείο, θα έχουν μεγαλύτερο βάρος από αυτά που βρίσκονται πιο μακριά. Αυτή είναι και η βασική θεώρηση της μεθόδου, αφού όπως δηλώνει και η ονομασία της, το βάρος κάποιας τιμής μειώνεται καθώς αυξάνεται η απόσταση από τη θέση πρόβλεψης.

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη, όταν η χωρομεταβλητή που μελετάται, έχει εξασθετισμένη επιρροή με την απόσταση από τα πρωτογενή δείγματα.

Πιο αναλυτικά, δοσμένων των σημείων δειγματοληψίας ως X_i , του σημείου που μας ενδιαφέρει ως x , την άγνωστη τιμή που θα προσδιορίσουμε, ως $Z(x_i)$ και των τιμών z_i στα σημεία x_i , έχουμε τον μαθηματικό τύπο:

$$Z(x_i) = \sum_i w_i z_i / \sum_i w_i$$

Η τιμή που θα υπολογισθεί στο σημείο ενδιαφέροντος x είναι, ο μέσος όρος των πρωτογενών ζυγισμένων μετρήσεων, με βάρη w_i . Συνήθως τα βάρη ορίζονται ως το αντίστροφο των τετραγώνων των αποστάσεων, δηλαδή ισχύει η σχέση:

$$w_i = 1 / d_i^2$$

Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι το βάρος που δίνεται σε ένα σημείο μειώνεται κατά 4 φορές όταν η απόσταση διπλασιάζεται. Επιπρόσθετα, όλα τα λογισμικά δίνουν τη δυνατότητα ώστε να αγνοούνται τα σημεία τα οποία είναι σε μεγαλύτερη ακτίνα, ή να περιορίσουν τον υπολογισμό του μέσου όρου με προκαθορισμένο αριθμό κοντινών σημείων, ή κοντινών σημείων μέσα σε ένα τεταρτημόριο. Υπάρχουν αρκετοί παράμετροι, βάσει των οποίων μπορεί να ελεγχθεί η μέθοδος αυτή, όπως η

ύψωση σε δύναμη, η ακτίνα ανίχνευσης (σταθερή ή μεταβλητή) και τα φράγματα [15,16].

1. Δύναμη

Η συγκεκριμένη μέθοδος παρέχει τη δυνατότητα ελέγχου της σημαντικότητας των τιμών των πρωτογενών σημείων σε σχέση με τις υπολογιζόμενες τιμές, που όπως έχει αναφερθεί, βασίζονται στην απόστασή τους από το προβλεπόμενο σημείο παρεμβολής. Έτσι λοιπόν, αν οριστεί μεγάλη δύναμη τότε δίνεται μεγάλη σημασία στα κοντινά σημεία, ενώ αν οριστεί μικρή δύναμη τότε δίνεται σημασία και στα μακρινά σημεία.

2. Ακτίνα ανίχνευσης

α) Σταθερή

Όταν η ακτίνα ανίχνευσης είναι σταθερή, τότε για τον υπολογισμό μιας τιμής παρεμβολής θα χρησιμοποιηθούν όλα τα πρωτογενή σημεία που βρίσκονται μέσα σε αυτή τη συγκεκριμένη ακτίνα. Εάν όμως έχει ορισθεί ένας ελάχιστος αριθμός σημείων που πρέπει να βρίσκονται εντός της ακτίνας ανίχνευσης, τότε σε περίπτωση που είναι λιγότερα η ακτίνα του κύκλου αυξάνεται αυτόματα μέχρι να συμπληρωθεί ο ελάχιστος αριθμός σημείων.

β) Μεταβλητή

Ο αριθμός των πρωτογενών σημείων που θα χρησιμοποιηθούν στην παρεμβολή, ορίζεται από μια μεταβλητή ακτίνα ανίχνευσης. Αυτό συντελεί στο να διαφέρει το μέγεθος της ακτίνας ανίχνευσης σε κάθε σημείο που θα υπολογισθεί η τιμή του, η οποία εξαρτάται από το πόσο μακριά είναι τα πρωτογενή σημεία. Όταν η πυκνότητα των πρωτογενών σημείων διαφέρει από μια περιοχή σε μια άλλη, τότε η μεταβλητή ακτίνα μπορεί να αποφέρει καλύτερα αποτελέσματα. Εάν μια περιοχή περιέχει αραιά διασκορπισμένα πρωτογενή δεδομένα, μπορεί να οριστεί μια μέγιστη ακτίνα, ούτως ώστε αν δεν έχει συμπληρωθεί ο αριθμός των πρωτογενών σημείων, να μην αυξηθεί πλέον η ακτίνα ανίχνευσης και να γίνει ο υπολογισμός με λιγότερα σημεία.

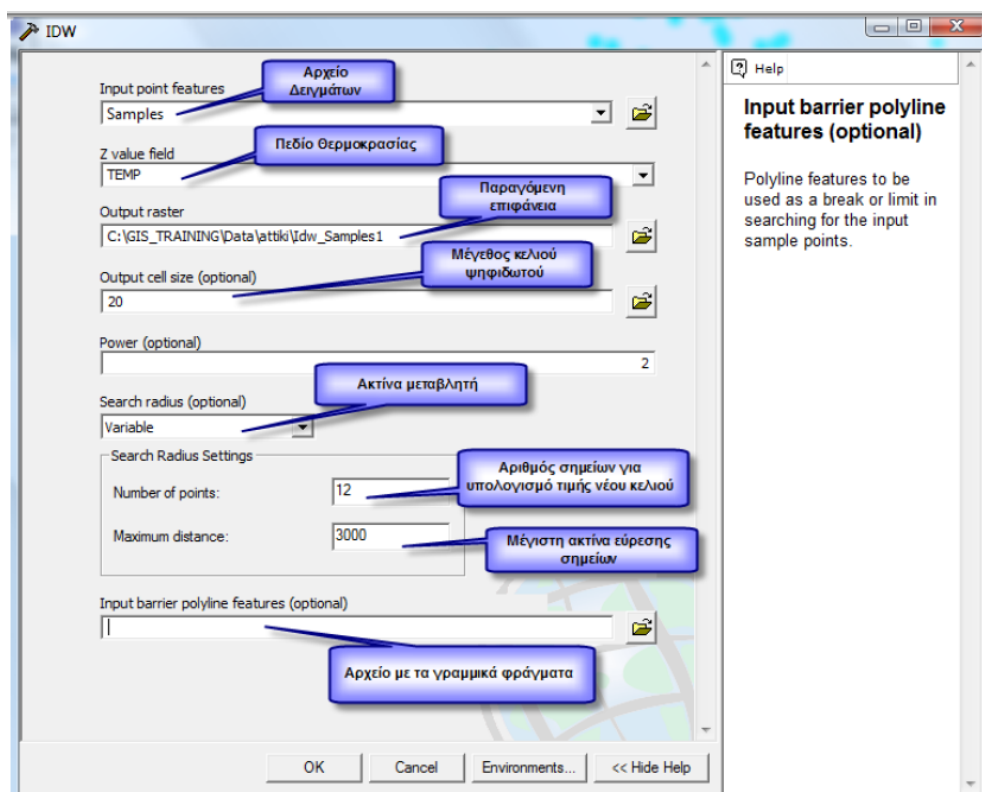
3. Φράγμα

Μια γραμμή ή ένα πολύγωνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σημείο διακοπής της ανίχνευσης επιπλέον σημείων. Μόνο τα σημεία που βρίσκονται από τη μια πλευρά του φράγματος θα ληφθούν υπόψη. Εάν δεν χρησιμοποιηθεί φράγμα στην παρεμβολή τότε θα ληφθούν υπόψη όλα τα σημεία εντός της καθορισμένης ακτίνας. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή η χρήση αυτής της παραμέτρου διότι δίνει πάντα τα καλύτερα αποτελέσματα.

4. Η ανίχνευση των γειτόνων

Βάση αυτής της παραμέτρου περιορίζεται ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας, που θα χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη μιας άγνωστης τιμής, και αποτελεί σύνηθες φαινόμενο στην παρεμβολή. Το σχήμα των γειτόνων επηρεάζεται από τα αρχικά δεδομένα και την επιφάνεια που πρόκειται να δημιουργηθεί. Αφού καθοριστεί το σχήμα της γειτονιάς, μπορεί να τεθούν περιορισμοί για το ποιες περιοχές μέσα στο σχήμα θα χρησιμοποιηθούν, όπως επίσης να ορισθεί ελάχιστος και μέγιστος αριθμός σημείων δειγματοληψίας [15,16].

Παρακάτω φαίνεται ένα παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου IDW στο λογισμικό του ArcGIS.



Σχήμα 4.6: Εφαρμογή της μεθόδου IDW

Στη συγκεκριμένη εργασία η κάθε παράμετρος διαφέρει ανάλογα με τα δεδομένα που υπάρχουν (λειτουργία σταθμών, μετρήσεις ρύπων ανά έτος κ.α.) ενώ σταθερά σε κάθε περίπτωση έχουν διατηρηθεί η ακτίνα που είναι μεταβλητή, η δύναμη με τιμή 3 και το μέγεθος του κελιού του ψηφιδωτού με τιμή 500. Τέλος έχει δημιουργηθεί ένα πολύγωνο που περιλαμβάνει και ορίζει την περιοχή μελέτης και καθορίζει τα όρια της επιφάνειας που πρόκειται να δημιουργηθεί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

5.1 Περιοχή Μελέτης

Με τον όρο Αττική εννοούμε την περιφέρεια Αττικής, που βρίσκεται στην κεντρική Ελλάδα και ειδικότερα καταλαμβάνει το νοτιοανατολικό τμήμα της Στερεάς Ελλάδας. Έχει έκταση 3.808 km² και καλύπτει το 2,9 % της συνολικής έκτασης της χώρας. Έχει έδρα την Αθήνα, την διοικητική πρωτεύουσα της Ελλάδας και περιλαμβάνει ουσιαστικά μόνο το νομό της Αττικής.

5.1.1 Γεωγραφικά Δεδομένα

Ο νομός Αττικής αποτελεί τον πιο πυκνοκατοικημένο νομό της Ελλάδος, εφόσον σε αυτόν ανήκουν η πρωτεύουσα Αθήνα, και το μεγαλύτερο λιμάνι της Ελλάδας, το λιμάνι της πόλης του Πειραιά. Γεωγραφικά ο Νομός Αττικής χωρίζεται σε δύο μεγάλες υποενότητες, την περιφέρεια πρωτεύουσας και το υπόλοιπο Αττικής. Η περιφέρεια πρωτεύουσας περιλαμβάνει το πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας (μαζί με τον Πειραιά) και οριοθετείται από τον Σαρωνικό κόλπο και τα βουνά της Πάρνηθας, του Υμηττού και της Πεντέλης, που ορίζουν το λεκανοπέδιο Αττικής. Η έκταση της περιφέρειας πρωτεύουσας είναι 427 χλμ² καλύπτει το 11,2% της συνολικής έκτασης της Περιφέρειας Αττικής και διαρκώς αυξάνει τα τυπικά της όρια εκτός περιοχής λεκανοπεδίου.



Σχήμα 5.1: Απεικόνιση Αττικής

Το υπόλοιπο Αττικής καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της έκτασης της Περιφέρειας Αττικής. Ειδικότερα, έχει έκταση 3.381 χλμ² και καλύπτει το 88,8% της συνολικής έκτασης της Περιφέρειας. Χωρίζεται στην δυτική, βόρεια και ανατολική Αττική και το υπόλοιπο της νομαρχίας Πειραιά όπου ανήκουν από διοικητικής άποψης η Σαλαμίνα, η Αίγινα, η Ύδρα, ο Πόρος, οι Σπέτσες, τα Κύθηρα και τα Αντικύθηρα, καθώς και η επαρχία Τροιζηνίας που βρίσκεται στην Πελοπόννησο [17].

5.1.2 Διοικητική Διαίρεση

- Νομαρχίες Αττικής

Ο Νομός Αττικής διασπάται σε τέσσερις νομαρχίες που προστίθενται αυτόνομα στον αριθμό των λοιπών νομών της Ελλάδος, τη Νομαρχία Αθηνών, τη Νομαρχία Πειραιώς, τη Νομαρχία Ανατολικής Αττικής και τη Νομαρχία Δυτικής Αττικής.

Στη Νομαρχία Αθηνών εντοπίζεται το αστικό κομμάτι της πρωτεύουσας μαζί με τα προάστια της σε ύψος πιο ήπιας δόμησης, συγκεντρώνοντας αρκετά υψηλές αξίες σε σύγκριση με το κέντρο, σε αντίθεση με άλλες ευρωπαϊκές πόλεις.

Στη Νομαρχία Πειραιώς εντοπίζεται η ναυτιλιακή πόλη του Πειραιά, μαζί με τις χερσαίες εργατουπόλεις και προάστια του, αλλά και τις νήσους του Αργοσαρωνικού Κόλπου που δε θα μπορούσαν να απουσιάζουν από ένα τόσο σημαντικό λιμένα της Ελλάδος.

Η Νομαρχία Ανατολικής Αττικής καταλαμβάνει το βορειοανατολικό και το νοτιοανατολικό χερσαίο άκρο του Νομού, όπισθεν των ορέων που τη χωρίζουν από το «κλεινόν άστυ».

Στη Νομαρχία Δυτικής Αττικής εντοπίζεται το σύγχρονο δυτικό άκρο του νομού, από τα δυτικά όρη του άστεως και περίπου έως τον Ισθμό της Κορίνθου που τη χωρίζουν από την Πελοπόννησο.

- Ζώνες Αττικής

Η Αττική, για τις ανάγκες αναλυτικής ή συγκεντρωτικής μελέτης της χωρίζεται άτυπα σε επτά ζώνες, λαμβάνοντας υπόψη στοιχεία γεωγραφικής, κοινωνικοοικονομικής και ιστορικής φύσεως. Στη ζώνη Α' εντάσσεται η Πόλη των Αθηνών, στη Β' η Βορειοανατολική Αττική, στη ζώνη Γ' βρίσκουμε τη Νοτιοανατολική Αττική και στη ζώνη Δ' τη Δυτική Αττική. Στη ζώνη Ε' εντοπίζεται η Πόλη του Πειραιώς και στη ΣΤ' οι Νήσοι του Αργοσαρωνικού. Τέλος στη ζώνη Ζ' εντάσσονται τα Μεσόγεια με τη Λαυρεωτική [17].

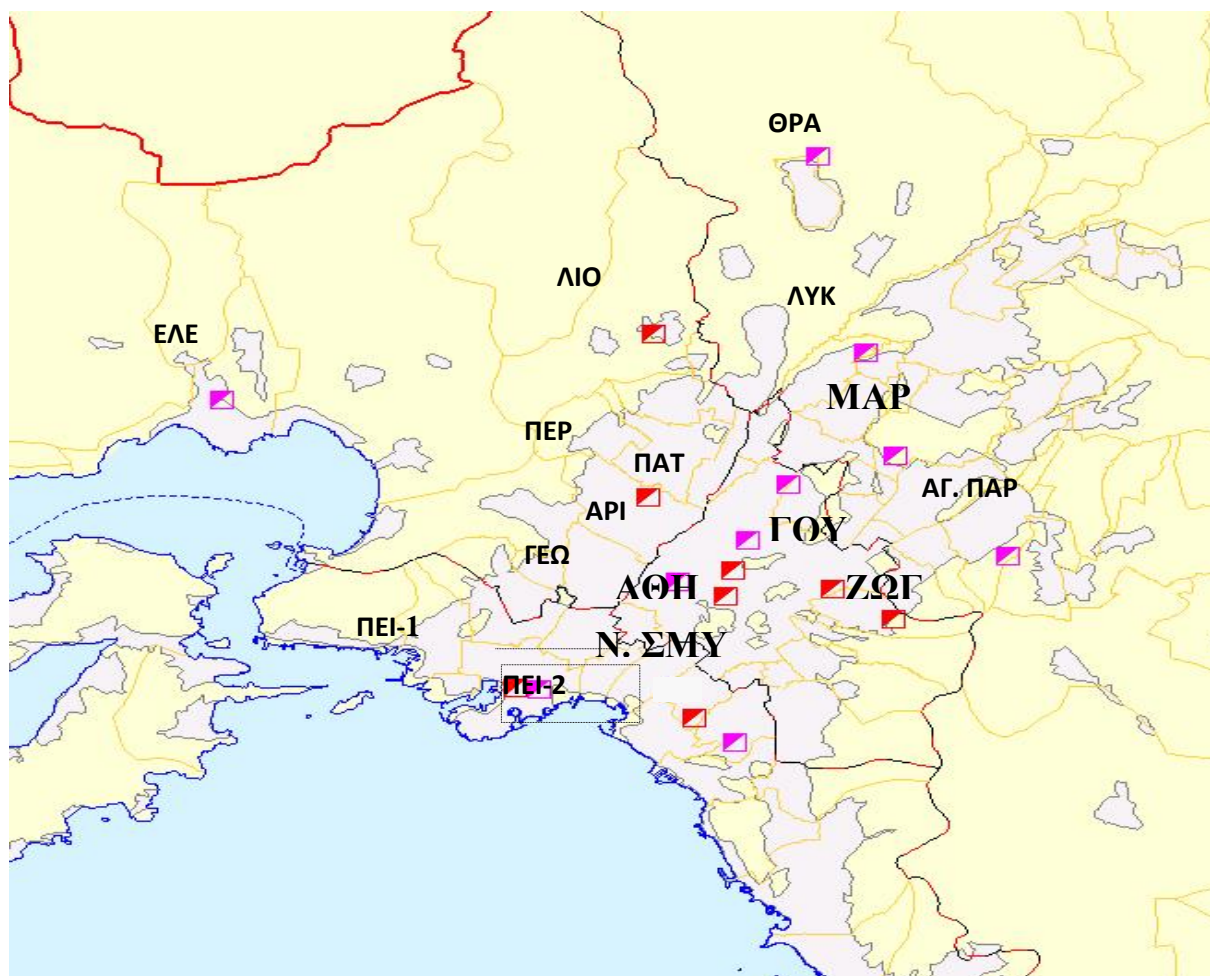
5.1.3 Δημογραφικά Χαρακτηριστικά

Η Περιφέρεια Αττικής συγκεντρώνει ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού της χώρας. Σύμφωνα με την επίσημη απογραφή του 2001 της Ελληνικής στατιστικής υπηρεσίας ο πληθυσμός της Περιφέρειας ανερχόταν σε 3.761.810 κατοίκους και κάλυπτε το ένα τρίτο (36%) του συνολικού πληθυσμού της χώρας. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού της Αττικής άρχισε να φθίνει σταδιακά. Κατά την δεκαετία του 90 όμως και κυρίως χάρη στην μετανάστευση ανακόπηκε η πτώση. Ο σημερινός πληθυσμός ετεροδημοτών στην περιφέρεια υπολογίστηκε στις 1.142.056 και ο αριθμός αλλοδαπών στις 376.732. Πιθανότατα ο πραγματικός αριθμός των αλλοδαπών είναι μεγαλύτερος όμως, καθώς υπάρχει σημαντικό ποσοστό παράνομων μεταναστών που ίσως ήθελαν να αποφύγουν την απογραφή τους.

Η Αττική είναι μία από τις τέσσερις περιφέρειες της χώρας στις οποίες σημειώνεται φυσική αύξηση του πληθυσμού, με αυξανόμενο μάλιστα ρυθμό από το 1999. Μεταξύ των απογραφών 1991 και 2001 ο πληθυσμός της αυξήθηκε 6,8%, αύξηση σχεδόν ίση με του συνόλου της χώρας (6,9%) [17].

5.2 Δεδομένα

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε είναι οι σταθμοί της Αττικής και οι τιμές συγκεντρώσεων των μετρούμενων ρύπων (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι) που μας παραχώρησε το τμήμα ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΥΠΕΧΩΔΕ [9,11].



Σχήμα 2.1: Χάρτης της περιοχής Αττικής που εμφανίζονται οι θέσεις μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Στον Πίνακα 2.1 εμφανίζονται οι θέσεις των σταθμών αυτών, ο χαρακτηρισμός τους και οι ρύποι που μετρούνται ανά σταθμό.

Πίνακας 2.1: Χαρακτηριστικά σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης περιοχής Αττικής του ΕΔΠΑΡ

Σταθμός					Μετρούμενοι ρύποι							
Θέση				Υψόμετρο (m -asl)	Χαρακτηρισμός	SO ₂	NOx	CO	O ₃	AΣ ₁₀	AΣ _{2,5}	BTEX
Όνομα	Γεωγρ. μήκος	Γεωγρ. πλάτος										
Αθηνάς	23° 43' 30''	37° 58' 42''	100	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v				
Αριστοτέλους	23° 43' 39''	37° 59' 16''	95	Αστικός-Κυκλοφορίας		v			v			
Γεωπονική	23° 42' 25''	37° 59' 01''	50	Περισστικός-Βιομηχανικός	v	v	v	v				
Λιόσια	23° 41' 52''	38° 04' 36''	165	Περισστικός-Υποβάθρου	v	v		v				
Λυκόβρυση	23° 46' 35''	38° 04' 11''	210	Περισστικός		v		v	v	v		
Μαρούσι	23° 47' 14''	38° 01' 51''	145	Αστικός-Κυκλοφορίας		v	v	v	v			
Νέα Σμύρνη	23° 42' 54''	37° 55' 58''	50	Αστικός-Υποβάθρου	v	v	v	v				
Πατησίων	23° 43' 59''	37° 59' 57''	105	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v				v
Πειραιάς – ΠΕΙ-1	23° 38' 51''	37° 56' 36''	20	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v	v	v		
Περιστερί	23° 41' 46''	38° 00' 55''	80	Αστικός-Υποβάθρου	v	v	v	v				
Αγ. Παρασκευή	23° 49' 10''	37° 59' 42''	290	Περισστικός-Υποβάθρου		v		v	v	v		
Γουδή	23° 46' 04''	37° 59' 04''	155	Αστικός-Κυκλοφορίας		v			v			
Ελευσίνα	23° 32' 18''	38° 03' 05''	20	Περισστικός-Βιομηχανικός	v	v		v				
Ζωγράφου	23° 47' 13''	37° 58' 11''	245	Περισστικός-Υποβάθρου		v		v	v			
Θρακομακεδόνες	23° 45' 29''	38° 08' 37''	550	Περισστικός-Υποβάθρου		v		v	v			
Πανεπιστήμιο Πειραιά – ΠΕΙ-2	23° 39' 10''	37° 56' 32''	35	Αστικός-Υποβάθρου		v		v				
Αλιάρτος	23° 05' 24''	38° 22' 12''	110	Υποβάθρου	v	v		v				

5.3 Μετρούμενοι ρύποι

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι μετρούμενοι ρύποι καθώς και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται. Όσων αφορά τις μετρήσεις των ρύπων γίνονται σε συνεχή βάση καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου και ο χρόνος απόκρισης των αυτομάτων αναλυτών είναι της τάξης του ενός λεπτού. Ο κάθε αναλυτής δηλαδή δίνει μια τιμή περίπου κάθε λεπτό. Οι μέσες ωριαίες τιμές ρύπανσης υπολογίζονται κάθε ώρα μέσω ενός μικροεπεξεργαστή, που βρίσκεται σε κάθε αυτόματο σταθμό και που είναι συνδεδεμένος με τους αυτόματους αναλυτές. Οι τιμές αυτές μεταβιβάζονται στον κεντρικό υπολογιστή της Υπηρεσίας, μέσω τηλεφωνικής γραμμής και με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης της περιοχής [9,11].

Πίνακας 2.2: Μετρούμενοι ρύποι και μέθοδοι μέτρησης

Ρύπος	Χρονική βάση μετρήσεων	Μέθοδος μέτρησης
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	1 ώρα	Απορρόφηση στο υπέρυθρο (NDIR)
Οξειδία του αζώτου (NO,NO ₂)	1 ώρα	Χημειοφωταύγεια
Όζον (O ₃)	1 ώρα	Απορρόφηση στο υπεριώδες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	1 ώρα	Φθορισμομετρία
Αιωρούμενα σωματίδια (AΣ ₁₀ ³ – AΣ _{2,5} ⁴)	1 ώρα	Απορρόφηση β ακτινοβολίας
Βενζόλιο – Τολουόλιο – Αιθυλοβενζόλιο, m-p-ο Ξυλόλιο (BTEX)	1 ώρα	Αέρια χρωματογραφία (GC)

Αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι με βάση την πηγή προέλευσή τους τα στοιχεία διακρίνονται σε **πρωτογενή** και **δευτερογενή**. Σαν πρωτογενή νοούνται εκείνα τα στοιχεία που προέρχονται από άμεσες παρατηρήσεις, ενώ σαν δευτερογενή όσα προέρχονται από συνδυασμό ή επεξεργασία πρωτογενών. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούμε δεδομένα και στοιχεία διαθέσιμα από το

³ AΣ₁₀: Αιωρούμενα σωματίδια με ισοδύναμη αεροδυναμική διάμετρο έως 10 μm (PM₁₀)

⁴ AΣ_{2,5}: Αιωρούμενα σωματίδια με ισοδύναμη αεροδυναμική διάμετρο έως 2.5μm(PM_{2,5})

Υπουργείο Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, που είναι συνδεδεμένα στενά με την έννοια αυτή των δευτερογενών. Τα στοιχεία αυτά αφορούν μετρήσεις ατμοσφαιρικών ρύπων, σε συγκεκριμένα σημεία (σταθμούς) στην περιοχή της Αττικής. Πιο συγκεκριμένα είναι ταξινομημένα σε χρονολογικές σειρές, ανά ρύπο και ανά σταθμό.

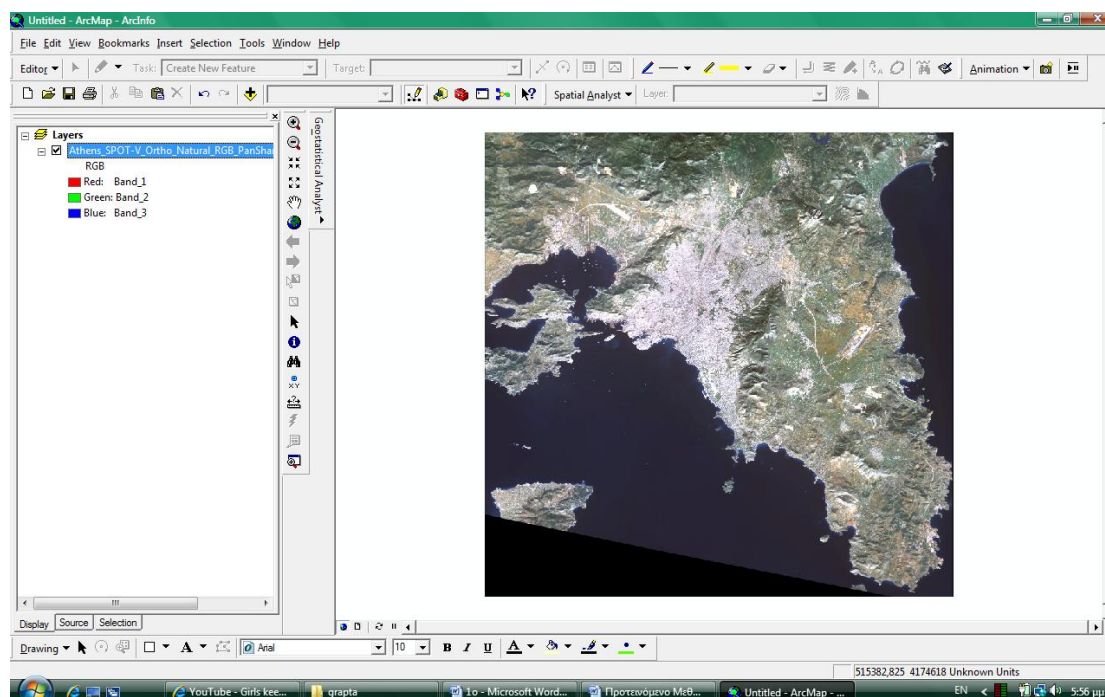
Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι σαν **Γεωγραφικό Επίπεδο Πληροφορίας** έχουμε τις θέσεις των σταθμών όπως βλέπουμε από το Σχήμα 5.1 και από τον πίνακα 5.1 σε σημειακές οντότητες.

Σαν **Περιγραφικά Χαρακτηριστικά** έχουμε τις πληροφορίες των τιμών των συγκεντρώσεων των ρύπων (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι) με τη μορφή δευτερογενών δεδομένων.

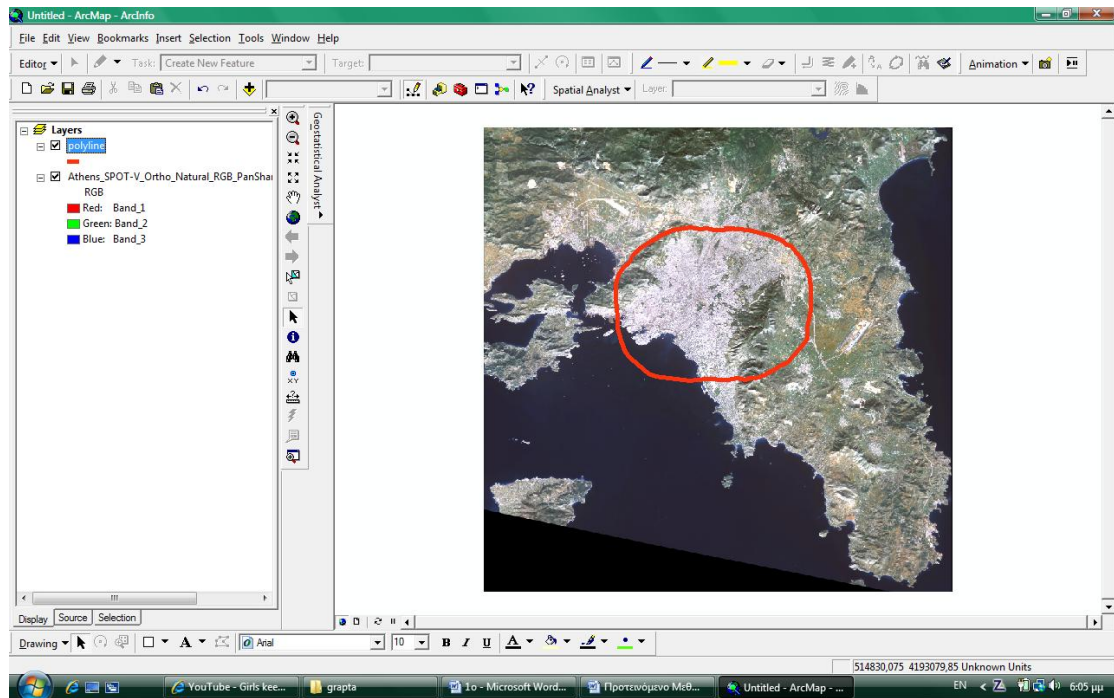
5.4 Διαχείριση

Στη συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία διαχείριση των δεδομένων σε περιβάλλον ArcMap έτσι ώστε να προχωρήσουμε στην ανάλυση των δεδομένων και τέλος στη χαρτογραφική απόδοση.

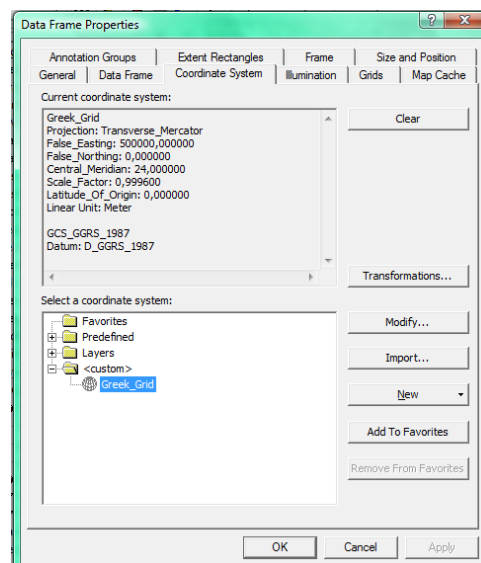
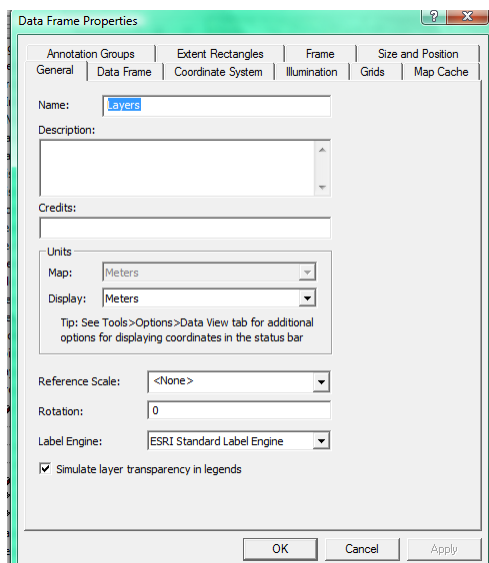
Ανοίγοντας το ArcMap, αρχικά φορτώνουμε τη φωτογραφία της Αττικής.



Ύστερα δημιουργούμε ένα πολύγωνο, ορίζοντας τα όρια της περιοχής μελέτης που μας ενδιαφέρει. Αυτό γίνεται διότι σε σημεία εκτός των ορίων του πολυγώνου θα πάρουμε αποτελέσματα και τιμές αρκετά αναληθής σε σχέση με την πραγματικότητα λόγω μεγάλης απόστασης από τους σταθμούς μέτρησης.



Σε αυτή τη φάση καλό είναι να ορίσουμε το προβολικό σύστημα του χάρτη μας και τις μονάδες. Πηγαίνουμε στην επιλογή View, ύστερα Data Frame Properties και επιλέγουμε προβολικό σύστημα Greek_grid από το παράθυρο Coordinate System. Στη συνέχεια στο παράθυρο General επιλέγουμε σαν Units την επιλογή meters.



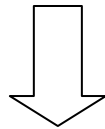
Επειδή τα δεδομένα των συντεταγμένων για τον κάθε σταθμό είναι σε μοίρες, πρέπει να τα μετατρέψουμε σε δεκαδικές μοίρες. Υπάρχει μια διαδικασία που ακολουθείται για αυτήν τη μετατροπή. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα παρουσιάζεται παρακάτω.

Παράδειγμα:

Longitude (decimal degrees)	Latitude (degrees)
23°59'48,91	37°55'28,25

π.χ 23°59'48,91

$$\left. \begin{array}{l} 59/60 = 0,983 \\ 48,91/3600 = 0,013 \end{array} \right\} + (0,983 + 0,013) = 0,996$$



Longitude (decimal degrees)	Latitude (decimal degrees)
23,996	37,928

Όταν γίνει η μετατροπή όλων των συντεταγμένων, μεταφέρουμε όλες τις τιμές σε έναν πίνακα excel για μεγαλύτερη διευκόλυνση.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	x	y	Statmoi												
2	23,729	37,972	athinas												
3	23,731	37,987	aristotelous												
4	23,707	37,983	geoponiki												
5	23,697	38,016	liosia												
6	23,776	38,009	likovrisi												
7	23,787	38,016	marousi												
8	23,7	37,933	nea_smirni												
9	23,725	37,999	patision												
10	23,647	37,943	pireas_1												
11	23,696	38,015	peristeri												
12	23,845	37,995	ag_paraskevi												
13	23,767	37,983	goudi												
14	23,538	38,051	elefsina												
15	23,787	37,97	zografou												
16	23,758	38,144	thrakomakedones												
17	23,653	37,942	panepistimio_pirea												
18															
19															
20															
21															
22															
23															

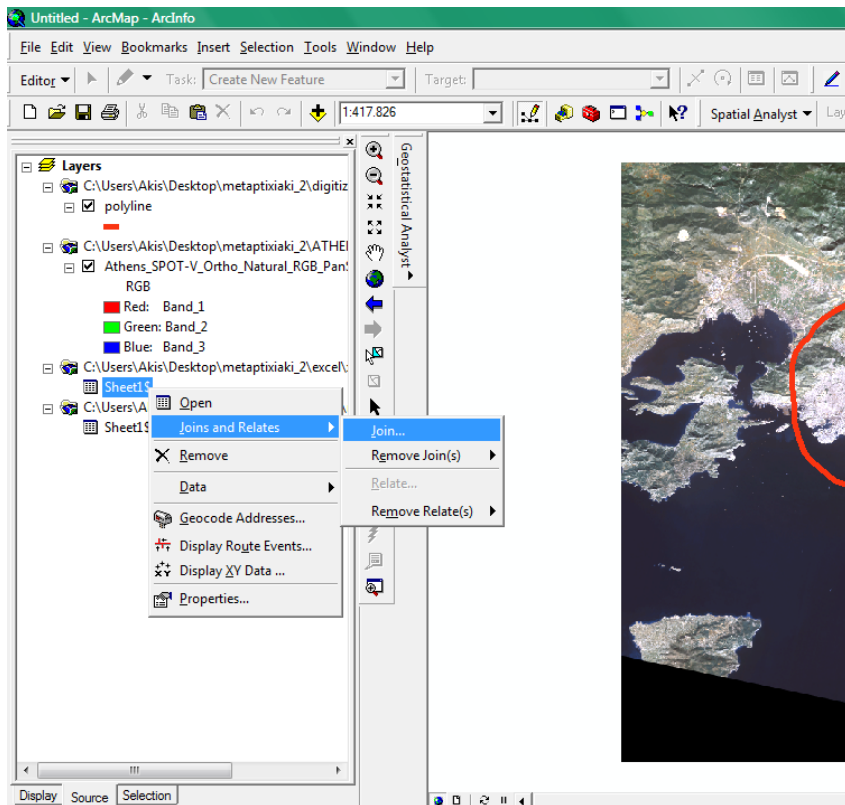
Έτσι, έχουμε έναν πίνακα με τις συντεταγμένες στο επιθυμητό σύστημα μονάδων και την αντιστοιχία τους με τους σταθμούς. Αυτές οι συντεταγμένες θα πρέπει να εισαχθούν σε ένα θεματικό επίπεδο των ΓΣΠ ώστε να μπορούμε να τα επεξεργαστούμε αναλόγως.

Στη συνέχεια φτιάχνουμε άλλον ένα πίνακα στο excel στον οποίο θα περιέχονται οι μετρήσεις ενός συγκεκριμένου ρύπου στις διάφορες χρονικές περιόδους (μέση ετήσια τιμή, μέση μηνιαία τιμή, μέση ημερήσια τιμή, ανάλογα με αυτό που θέλουμε να δημιουργήσουμε). Για την καλύτερη απεικόνιση της επιφάνειας που πρόκειται να δημιουργηθεί και για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα με συνεχή τιμές μετρήσεων (δηλ. σειρές ετών με τιμές σε κάθε έτος, π.χ. 2000-2007). Αυτό έγινε διότι, όπου δεν υπήρχαν τιμές, το πρόγραμμα το λάμβανε σαν μηδενική τιμή, πράγμα που οδηγούσε σε αναληθή αποτέλεσμα. Έτσι, σε ορισμένες περιπτώσεις μερικοί σταθμοί δεν λήφθηκαν υπόψη. Ακόμα, εξαιτίας της μεγάλης απόστασης και ως εκ τούτου της αλλοίωσης των αποτελεσμάτων δεν λήφθηκαν υπ' όψη οι σταθμοί των Θρακομακεδόνων, της Ελευσίνας και του Αλιάρτου εξ αρχής.

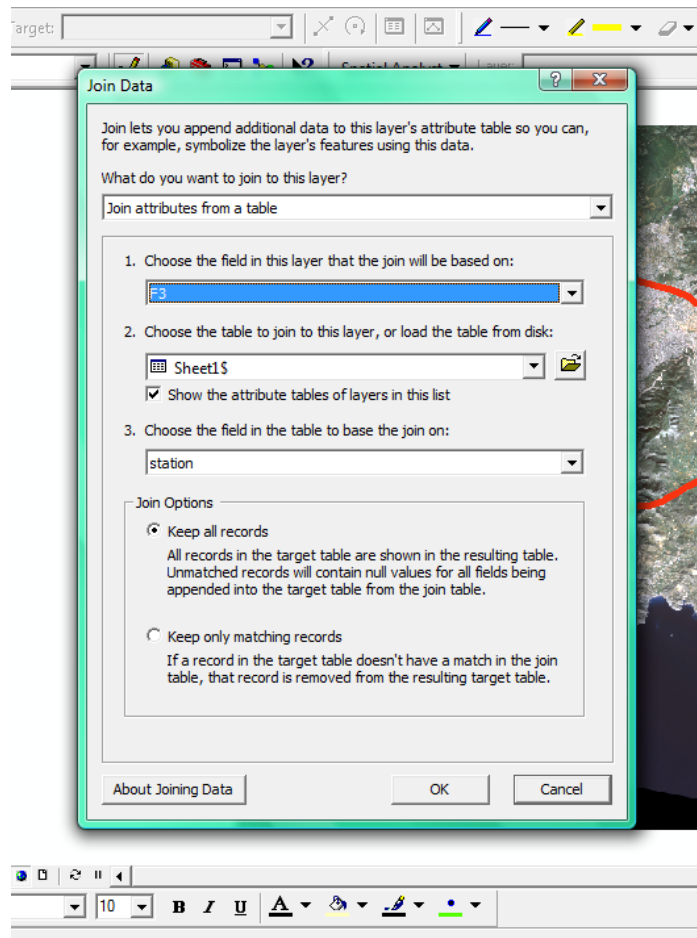
Ύστερα, δημιουργούμε ένα κοινό πεδίο στους δύο πίνακες excel με το ίδιο όνομα, βάση του οποίου θα στηριχτεί η ένωση αυτών των δύο πινάκων.

Μετά φορτώνουμε στον πίνακα περιεχομένων του ArcMap τα δύο excel που δημιουργήσαμε.

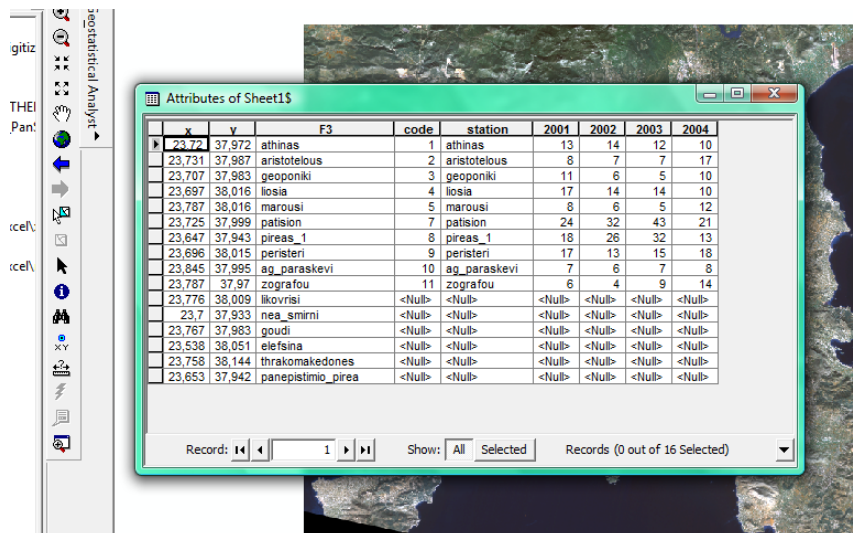
Στο excel που βρίσκεται στον πίνακα περιεχομένων και που περιέχει τις συντεταγμένες και την ονομασία των σταθμών, κάνουμε δεξί κλικ και επιλέγουμε στο επεξηγηματικό μενού Join and Relates. Στην επόμενη οθόνη επιλέγουμε join οπότε εμφανίζεται η οθόνη διαλόγου Join Data.



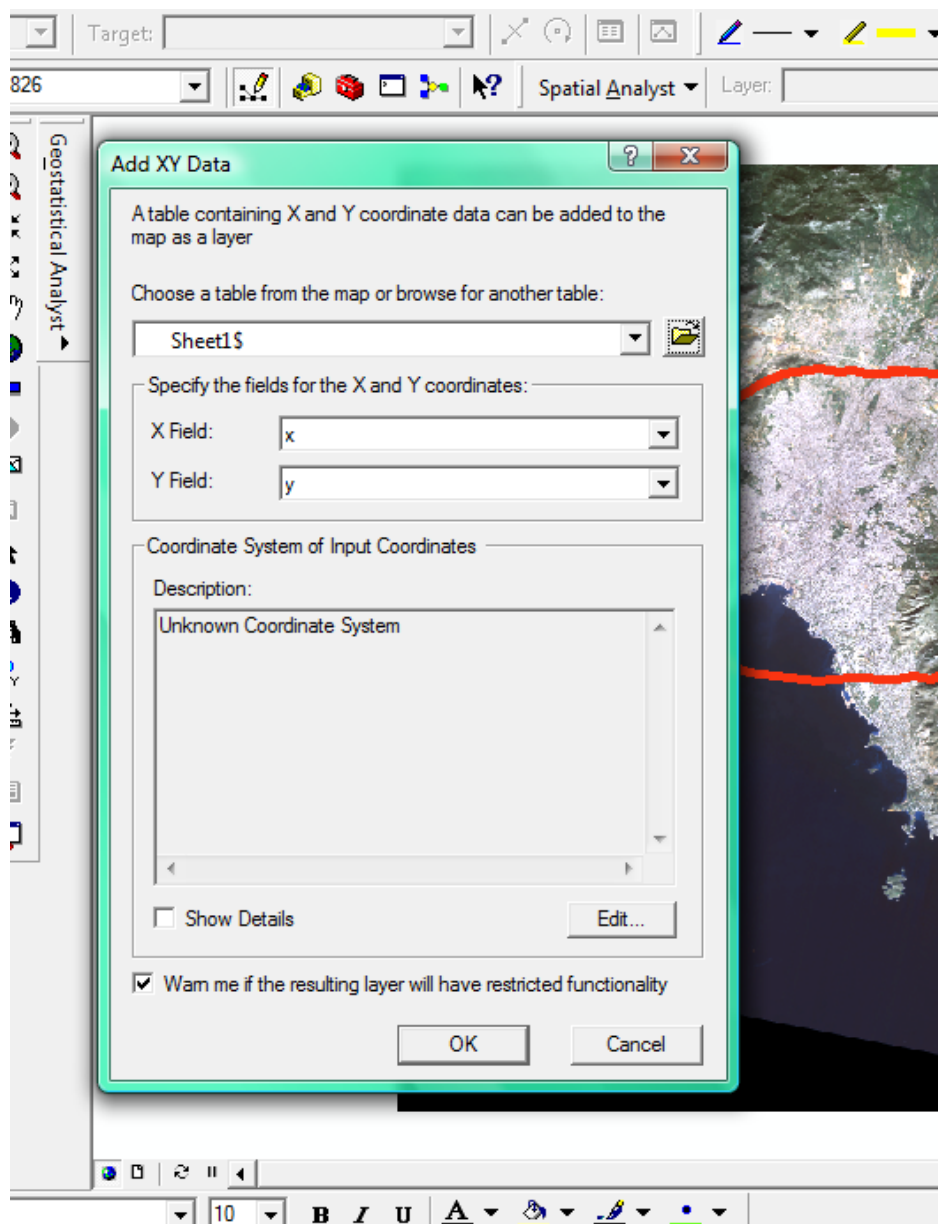
Στην πρώτη επιλογή του παραθύρου Join Data διαλέγουμε με το βέλος Join attributes from a table ώστε να ενωθούν τα χαρακτηριστικά από πίνακες. Στη δεύτερη επιλογή, διαλέγουμε το κοινό πεδίο με το οποίο θα ενωθούν οι δύο πίνακες, που σημειωτέον πρέπει να είναι του ίδιου τύπου και μεγέθους και στους δύο πίνακες. Στην επόμενη επιλογή, συμπληρώνεται αυτόματα το όνομα του πίνακα που πρόκειται να γίνει η ένωση (ο πίνακας που περιέχει τις μετρήσεις ενός συγκεκριμένου ρύπου σε διάφορες χρονικές περιόδους) και στην τέταρτη επιλογή διαλέγουμε το πεδίο (του πίνακα με τις μετρήσεις του ρύπου) που θα αποτελέσει τη βάση για την ένωση.



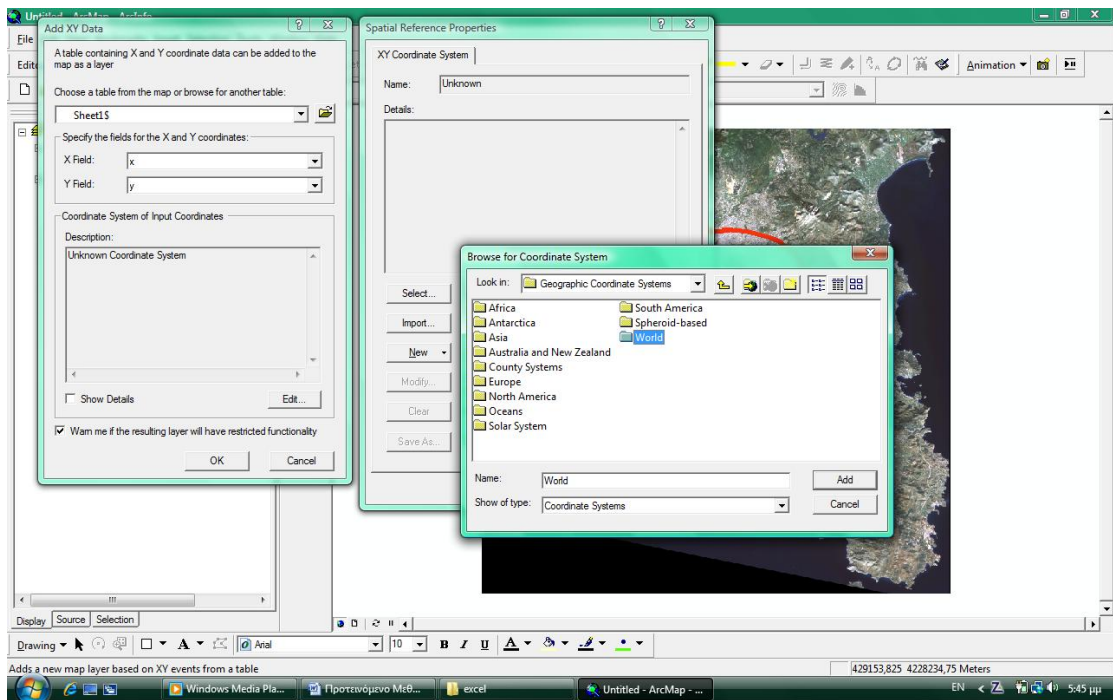
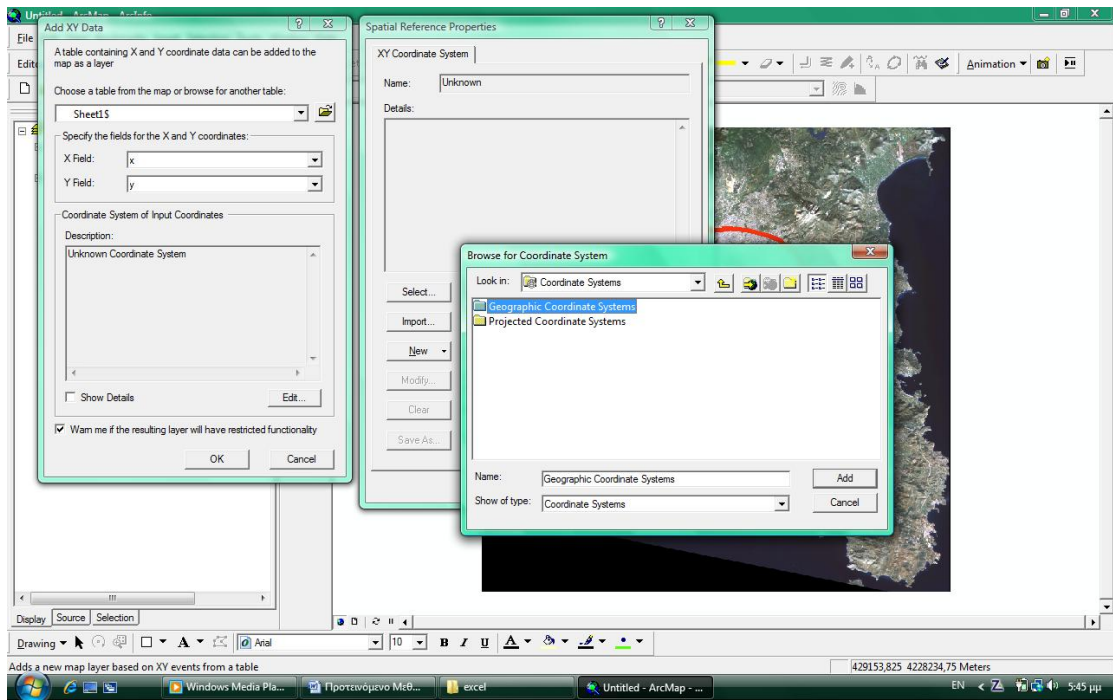
Πατώντας OK, πηγαίνοντας στο excel που επιλέξαμε να γίνει το join, κάνουμε δεξί κλικ και επιλέγουμε open και μας εμφανίζεται ένας πίνακας που έχει ενώσει όλα τα χαρακτηριστικά των δύο αρχικών πινάκων.

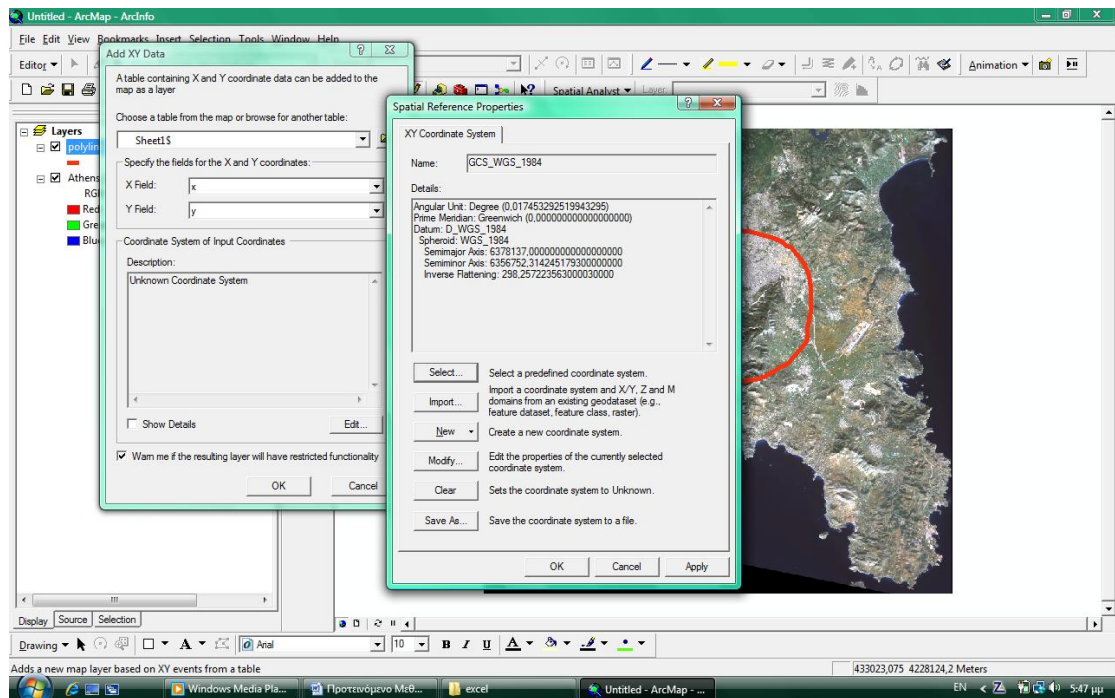
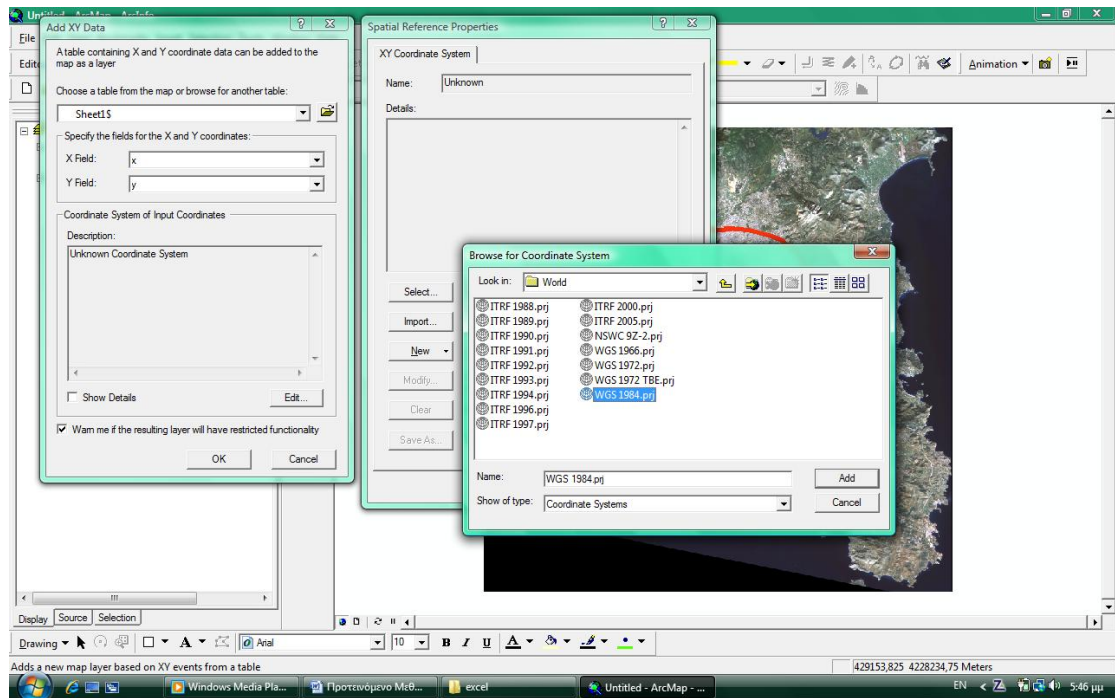


Στη συνέχεια, από το μενού Tools επιλέγουμε Add XY. Από την οθόνη διαλόγου που παρουσιάζεται καθορίζουμε το θεματικό επίπεδο που μας ενδιαφέρει καθώς και τα πεδία για τις συντεταγμένες του.

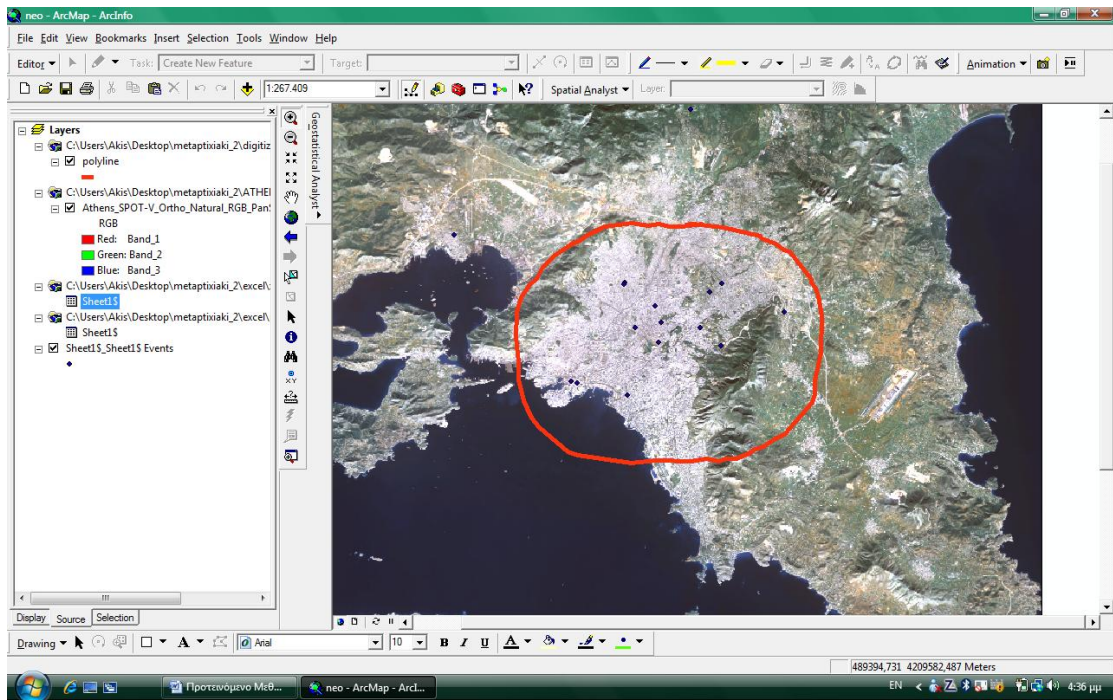


Μπορούμε να παρατηρήσουμε στην επιγραφή Description ότι το σύστημα συντεταγμένων είναι άγνωστο. Ο χρήστης θα πρέπει να δώσει αυτήν την πληροφορία με τον εξής τρόπο: επιλέγουμε την επιλογή Edit και εμφανίζεται η οθόνη διαλόγου Spatial Reference Properties. Επιλέγουμε το Select για να καθορίσουμε το σύστημα συντεταγμένων. Στις επόμενες οθόνες διαλόγου που εμφανίζονται για τον ορισμό του προβολικού συστήματος επιλέγουμε διαδοχικά: το Geographic Coordinates Systems, το World και τέλος το WGS1984.prj. Με αυτόν τον τρόπο προσδιορίζουμε το προβολικό σύστημα.

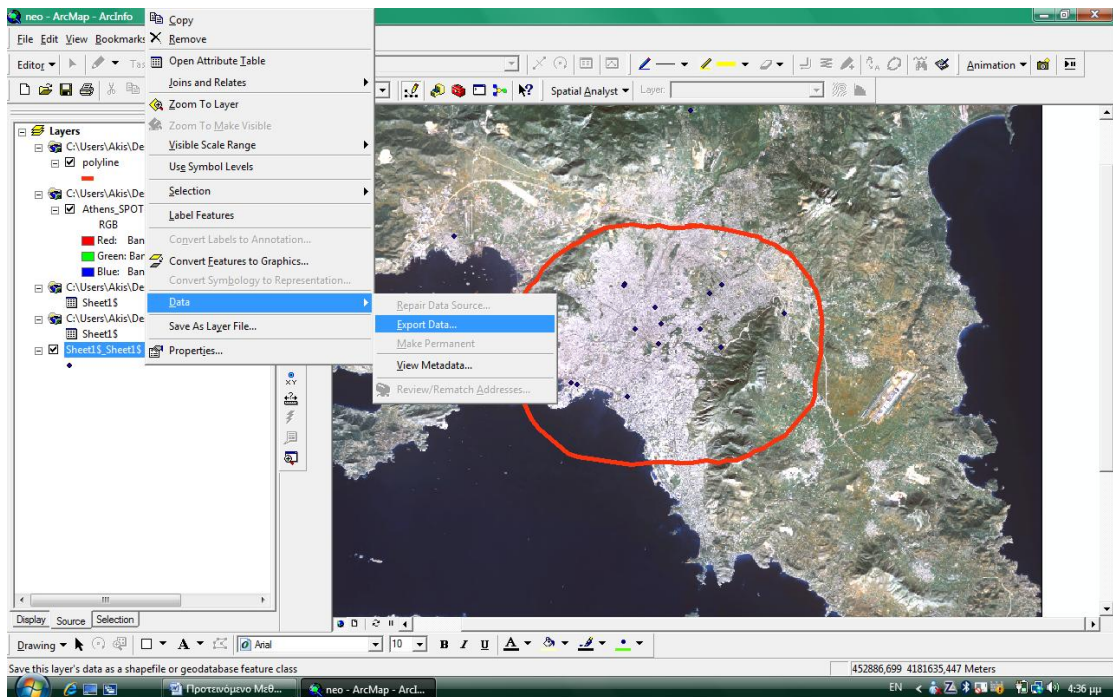




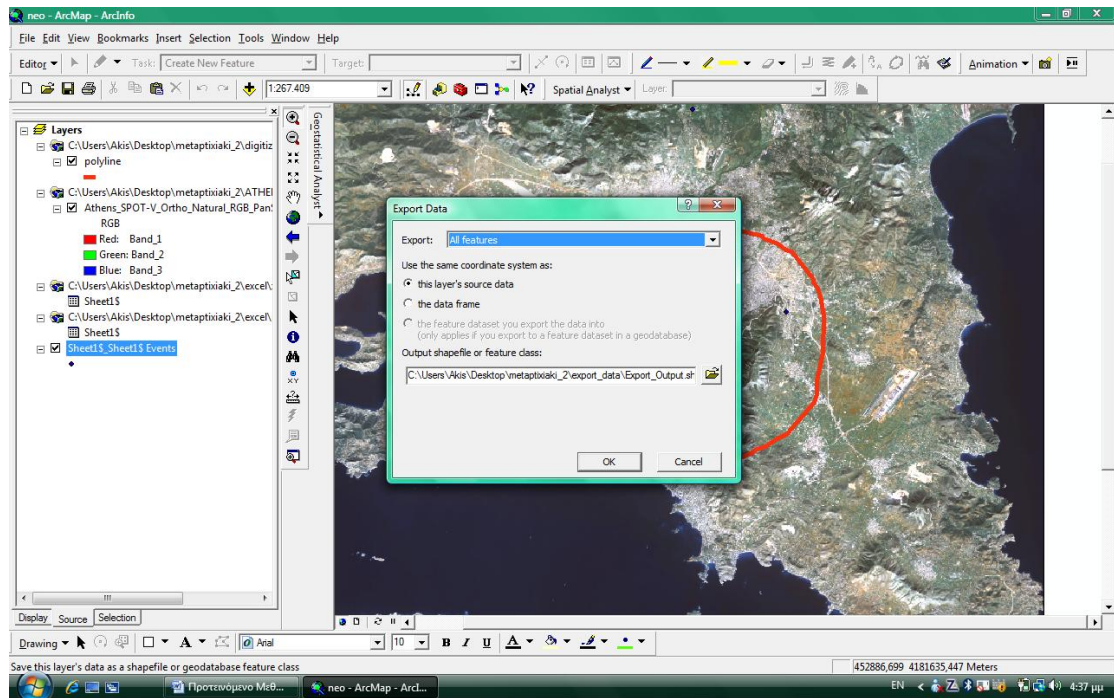
Στην οθόνη που εμφανίζεται Spatial Reference Properties είναι συμπληρωμένη σύμφωνα με τις επιλογές που κάναμε, τις αποδεχόμαστε και επιλέγουμε το OK. Εμφανίζονται λοιπόν, οι θέσεις των σταθμών πάνω στο χάρτη της Αττικής, ορισμένοι σε προβολικό σύστημα WGS84.



Εντούτοις, αυτό το επίπεδο που δημιουργήθηκε δεν είναι μόνιμο, αλλά πρέπει να το δημιουργούμε κάθε φορά, οπότε θα πρέπει με βάση αυτό, να δημιουργηθεί ένα μόνιμο σχηματικό αρχείο. Από τον πίνακα περιεχομένων και με δεξί κλικ πάνω στο όνομα του αρχείου που δημιουργήσαμε επιλέγουμε Data και μετά Export Data.

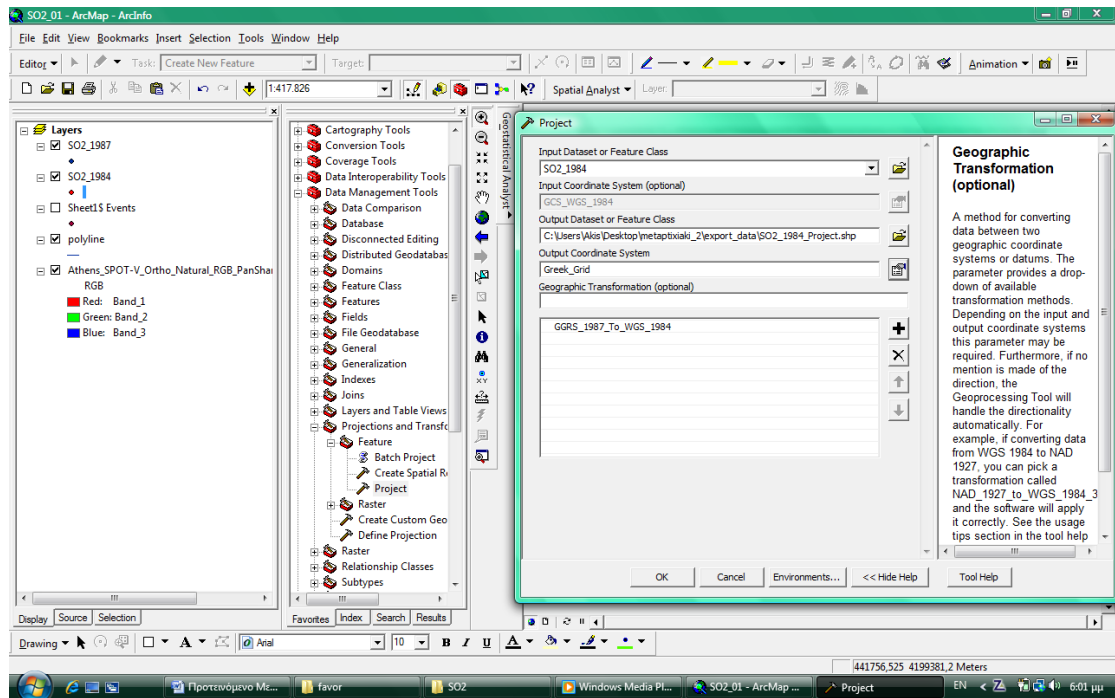


Παρουσιάζεται η οθόνη διαλόγου Export Data και με πλοήγηση στο παράθυρο του πεδίου Output Shapefile επιλέγουμε που επιθυμούμε να αποθηκευτεί το σχηματικό αρχείο αλλά και το όνομά του.

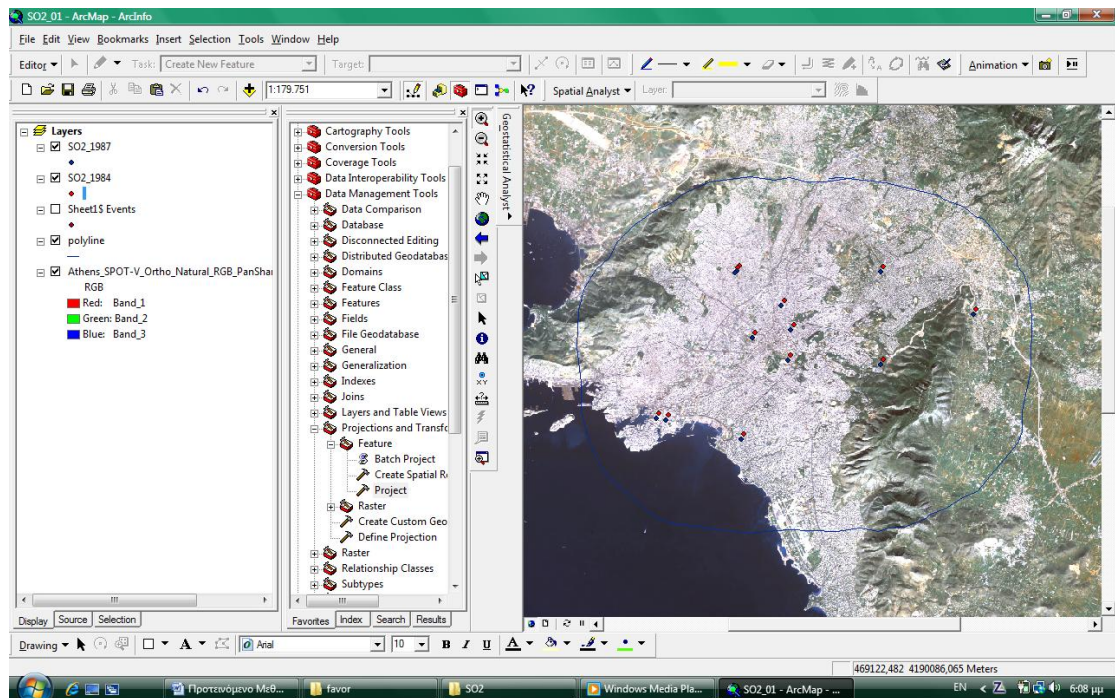


Μέχρι αυτό το σημείο έχουμε δημιουργήσει ένα σχηματικό αρχείο, με προβολικό σύστημα WGS84, που περιλαμβάνει τους σταθμούς της Αττικής και πληροφορίες για κάθε σταθμό για ένα συγκεκριμένο ρύπο. Το επόμενο στάδιο είναι το ίδιο ακριβώς αρχείο, να το μετατρέψουμε σε προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ87, διότι σε αυτό το συγκεκριμένο προβολικό σύστημα είναι ορισμένος και ο χάρτης της εργασίας μας.

Συνεχίζοντας στο περιβάλλον του ArcMap ξεκινάμε το ArcToolbox και ανοίγουμε διαδοχικά το Data Management Tools, το Projections and Transformations, το Feature και τελικά το Project.



Στην οθόνη που εμφανίζεται, επιλέγουμε στην πρώτη επιλογή το σχηματικό αρχείο των σταθμών με προβολικό σύστημα WGS84. Έπειτα επιλέγουμε που θέλουμε να αποθηκευτεί το νέο αρχείο και ποιό θα είναι το όνομά του. Στην τρίτη επιλογή ορίζουμε το προβολικό σύστημα (όπως έχει ήδη προαναφερθεί) και επιλέγουμε Greek_grid. Τέλος, στο παράθυρο Geographic Transformation διαλέγουμε την μοναδική διαθέσιμη επιλογή και πατάμε OK.



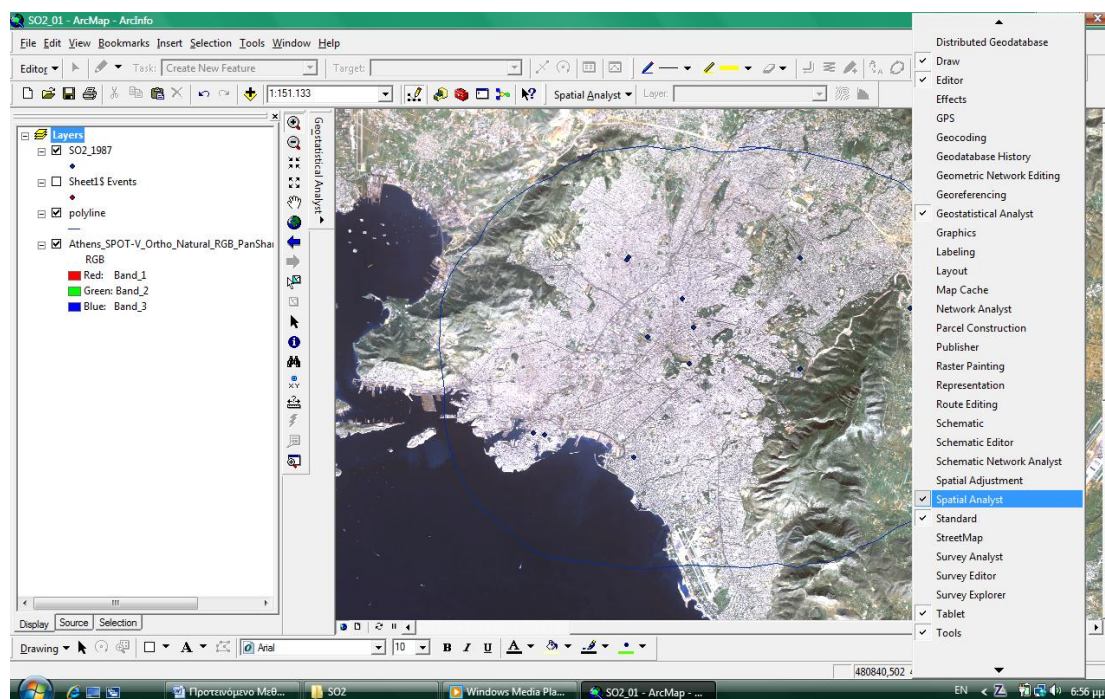
Μπορούμε να παρατηρήσουμε τις διαφορές μεταξύ των θέσεων των σταθμών πάνω στο χάρτη της Αττικής. Τα μεν κόκκινα σημάδια είναι τα αρχεία που

απεικονίζουν τους σταθμούς με προβολικό σύστημα WGS84 ενώ τα μπλε είναι τα αρχεία με προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ87. Στον πίνακα περιεχομένων κρατάμε μόνο το αρχείο με προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ87 για την δικιά μας διευκόλυνση.

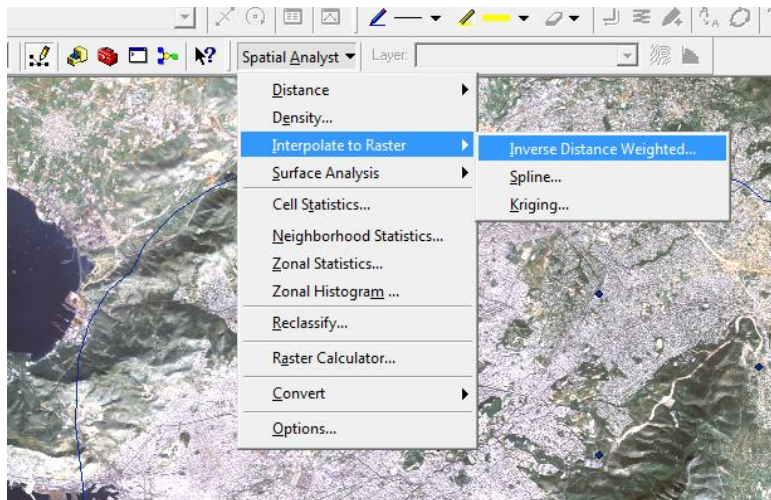
Μέχρι αυτό το σημείο διαχειριζόμασταν τα δεδομένα μας ώστε να τα διαμορφώσουμε κατά τέτοιο τρόπο που να μπορούμε να συνεχίσουμε στην ανάλυσή τους.

5.5 Ανάλυση

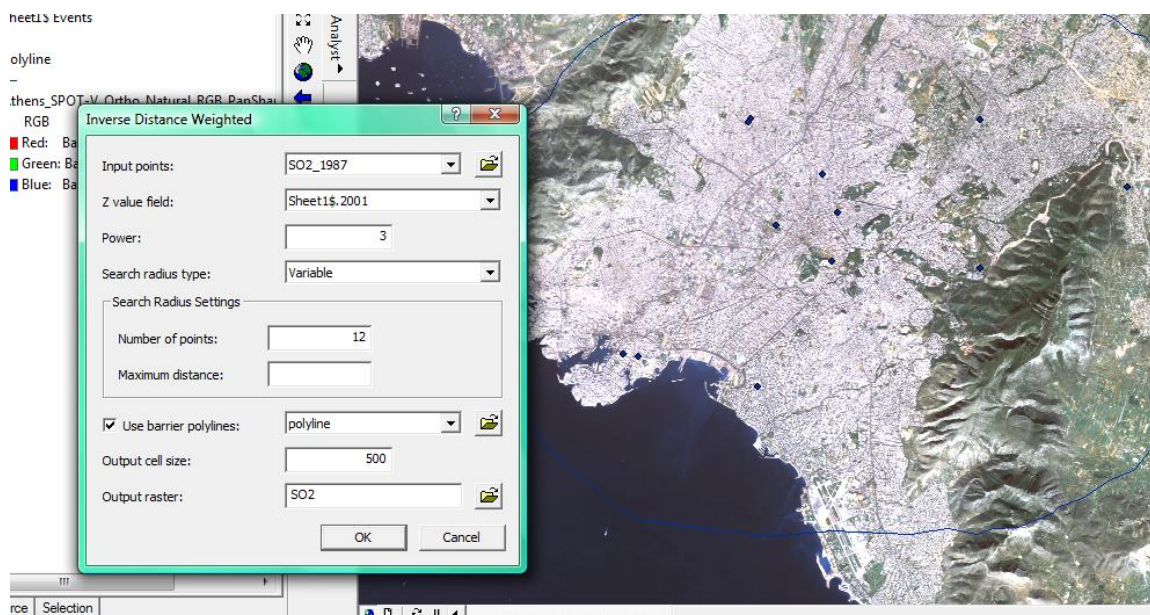
Σε αυτή τη φάση, είμαστε έτοιμοι να χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο IDW και να ξεκινήσουμε την ανάλυση των δεδομένων μας. Φορτώνουμε με δεξί κλικ την εργαλειοθήκη Spatial Analyst.

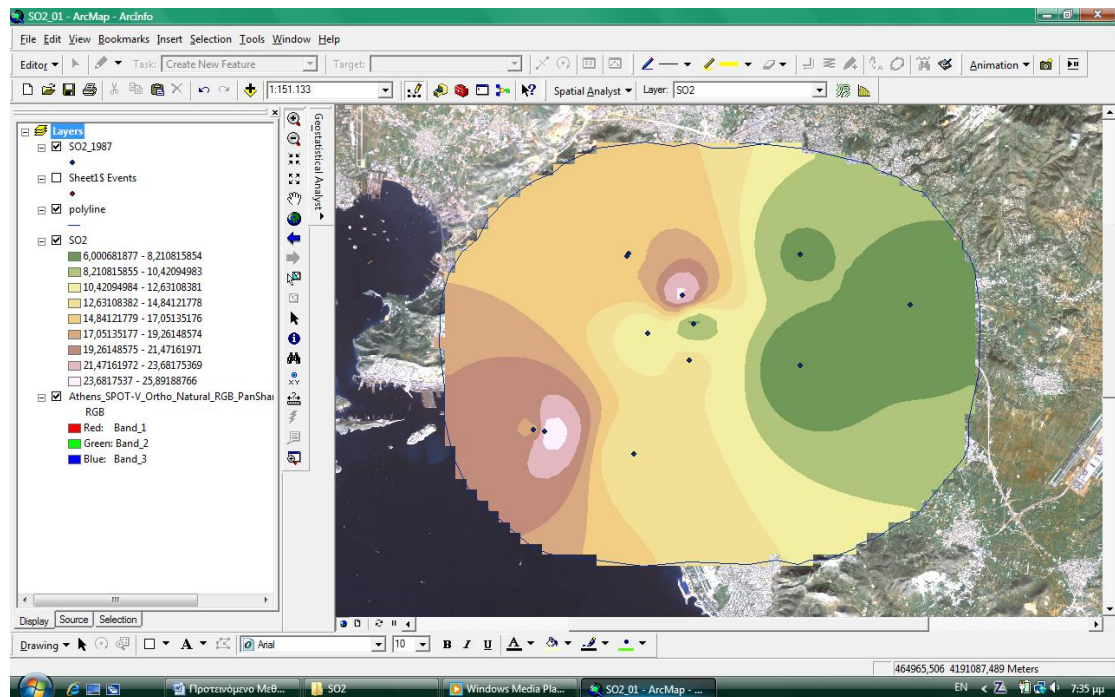


Ύστερα, από το Spatial Analyst κινούμαστε διαδοχικά στο Interpolate to Raster και εν συνεχεία στο Inverse Distance Weighted.



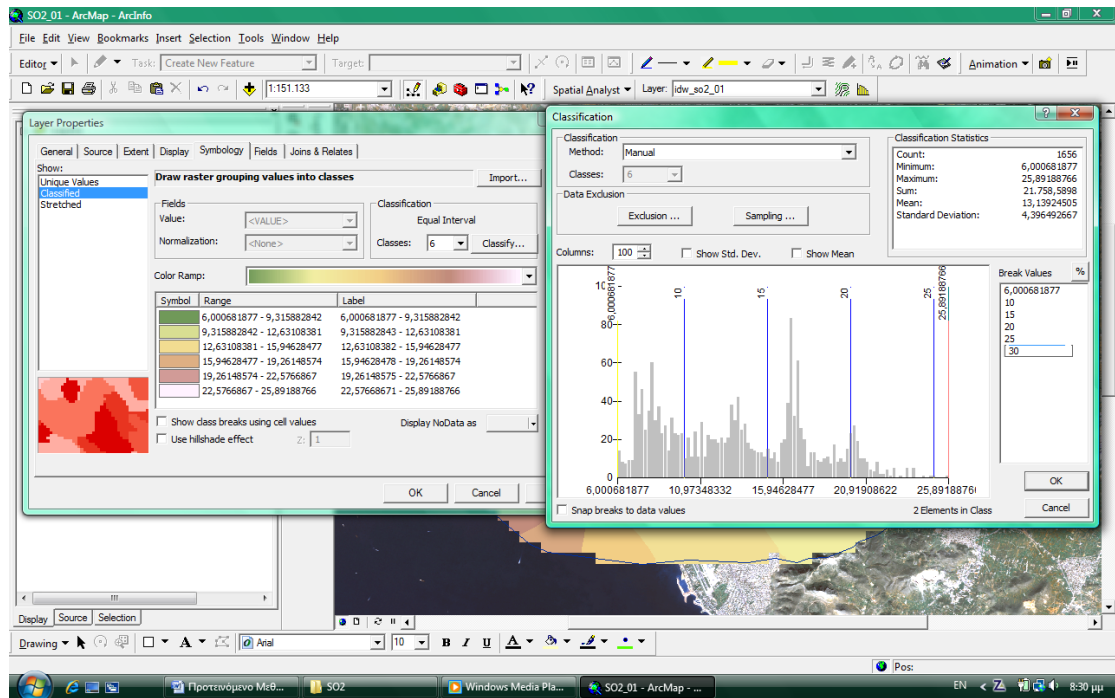
Στην οθόνη διαλόγου που μας εμφανίζεται διαλέγουμε στην πρώτη επιλογή το αρχείο που περιέχει τους σταθμούς και τις πληροφορίες τους με προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ87. Στη δεύτερη επιλογή διαλέγουμε τη χρονική περίοδο (π.χ. τις μέσες ετήσιες τιμές του 2001) που μας ενδιαφέρει να απεικονίσουμε (από τον πίνακα με τις τιμές του συγκεκριμένου ρύπου). Στην τρίτη επιλογή ορίζουμε δύναμη 3, ούτως ώστε να δίνεται σημασία περισσότερο στα κοντινά σημεία και λιγότερο στα μακρινά. Στην επόμενη επιλογή Search Radius type διαλέγουμε Variable (ακτίνα ανίχνευσης να είναι μεταβλητή). Στη συνέχεια, στο παράθυρο Number of points ορίζουμε τόσα σημεία (σταθμούς) για όσα υπάρχουν δεδομένα και πληροφορίες (π.χ. έχουμε για 12 σταθμούς και για το ρύπο SO₂ τη μέση ετήσια τιμή για το 2001). Έπειτα, τσεκάρουμε την επιλογή Use barrier polygones και επιλέγει μόνο του το polygones που είχαμε αρχικά δημιουργήσει και βρίσκεται στον πίνακα περιεχομένων. Τέλος, ορίζουμε τιμή 500 στο παράθυρο Output cell size και στην τελευταία επιλογή δίνουμε ονομασία και μέρος αποθήκευσης του raster που πρόκειται να δημιουργηθεί. Μετά πατάμε OK.





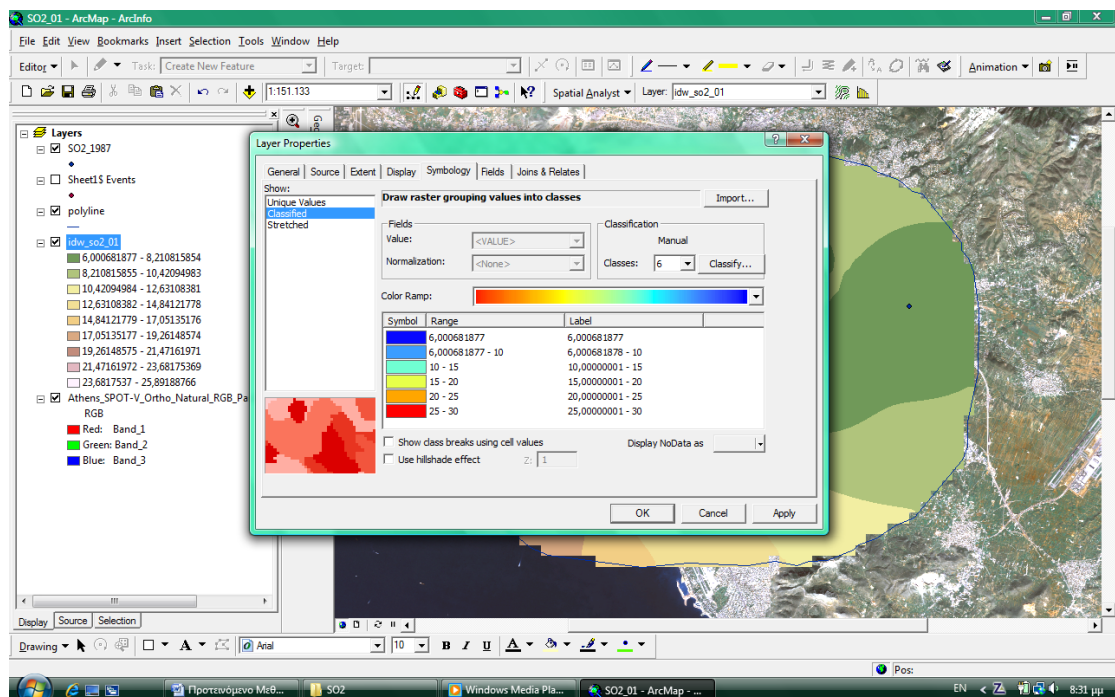
Σκόπιο είναι να αλλάξουμε τον διαχωρισμό των κλάσεων βάση των χαμηλότερων και των υψηλότερων τιμών του ρύπου που έχουν καταγραφεί για τη χρονική περίοδο που έχουμε επιλέξει (π.χ. Για το ρύπο SO_2 και για χρονική περίοδο 2001η χαμηλότερη μέση ετήσια τιμή ήταν 6 στο σταθμό Ζωγράφου, ενώ η υψηλότερη μέση ετήσια τιμή ήταν 26 στο σταθμό Πειραιάς_1. Έτσι λοιπόν, μπορούμε να διαχωρίσουμε τις τιμές στις εξής έξι κλάσεις: i) 0-6, ii) 6-10, iii) 10-15, iv) 15-20, v) 20-25, vi) 25-30).

Με δεξί κλικ στο αρχείο που δημιουργήθηκε από τη μέθοδο IDW και βρίσκεται στον πίνακα περιεχομένων, επιλέγουμε Properties και ύστερα την επιλογή Symbology. Στην επιλογή Classification ορίζουμε 6 κλάσεις και έπειτα πατάμε Classify.

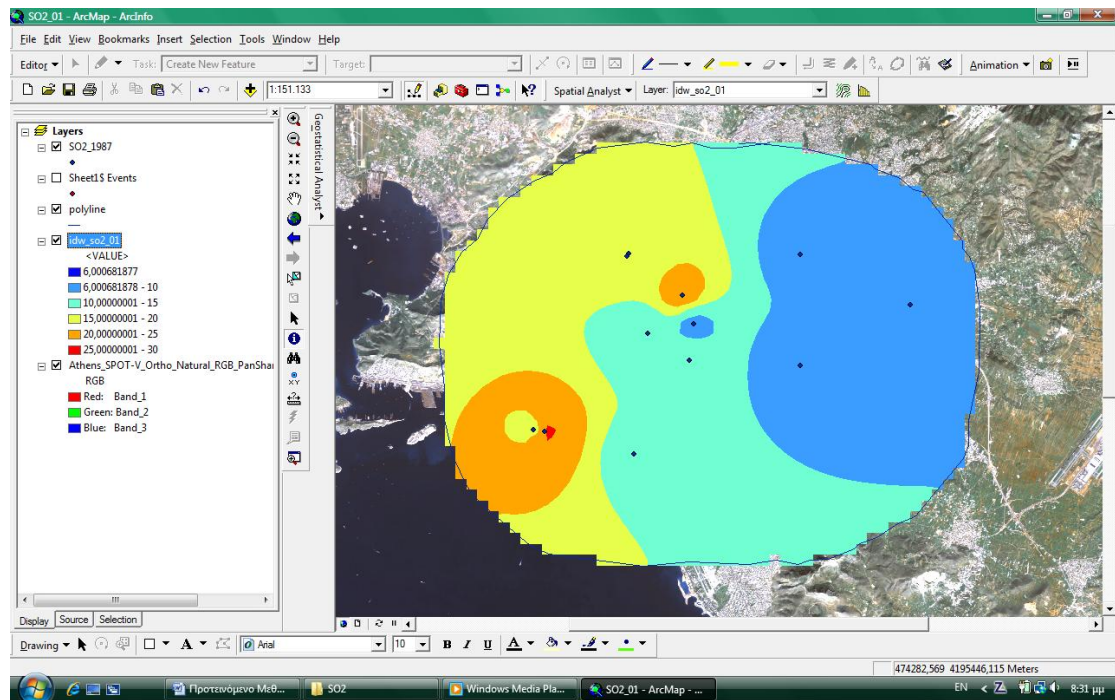


Στο νέο παράθυρο που μας εμφανίζεται, πηγαίνουμε στο Break Values και ορίζουμε τις νέες κλάσεις μας τοποθετώντας τα νούμερα που μας εξυπηρετούν.

Επίσης, μπορούμε να διαμορφώσουμε και να αλλάξουμε τα χρώματα απεικόνισης των κλάσεων και να τοποθετήσουμε αυτά που πιστεύουμε ότι αναδεικνύουν καλύτερα το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αυτό εύκολα επιτυγχάνετε εάν αλλάξουμε παλέτα, δηλαδή κινηθούμε προς το βελάκι της επιλογής Color Ramp που εμφανίζονται οι διάφοροι συνδυασμοί χρωμάτων.



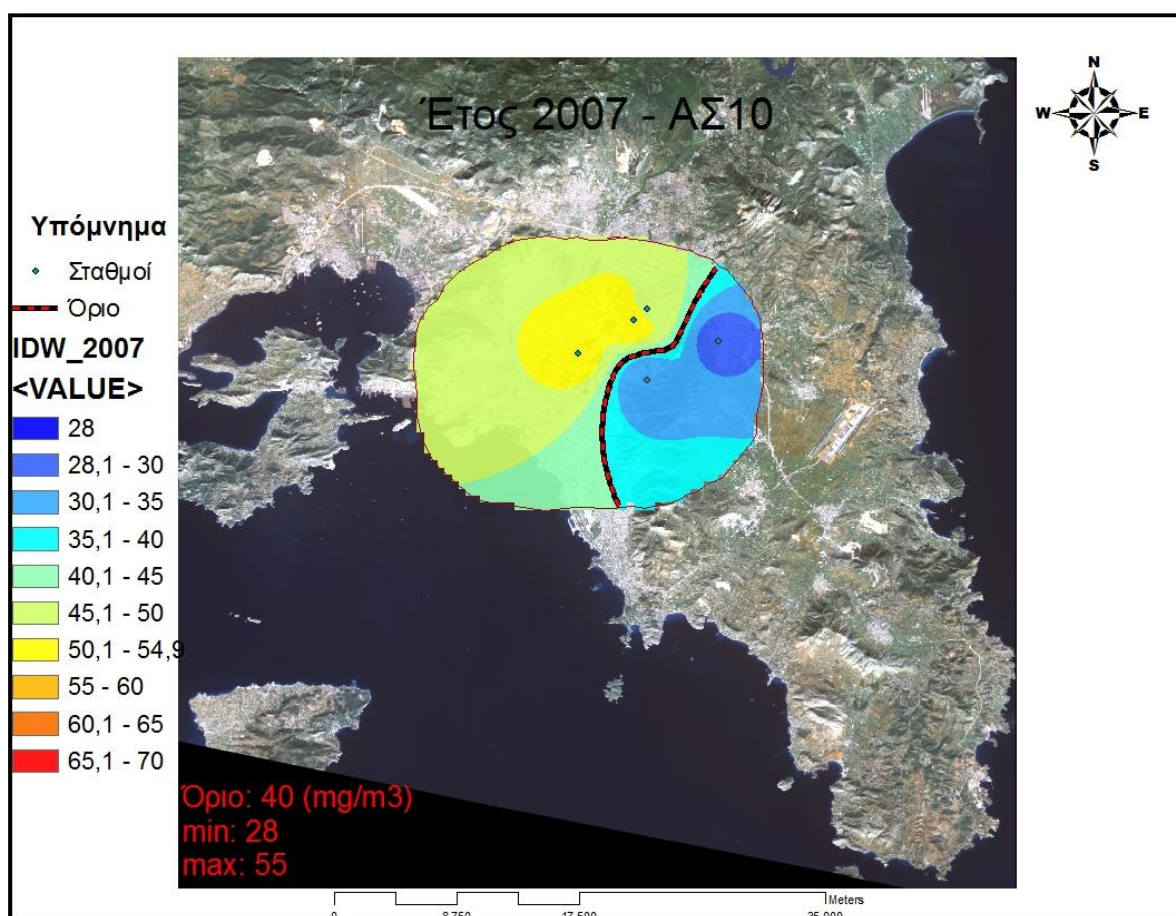
Το τελικό αποτέλεσμα που προκύπτει.

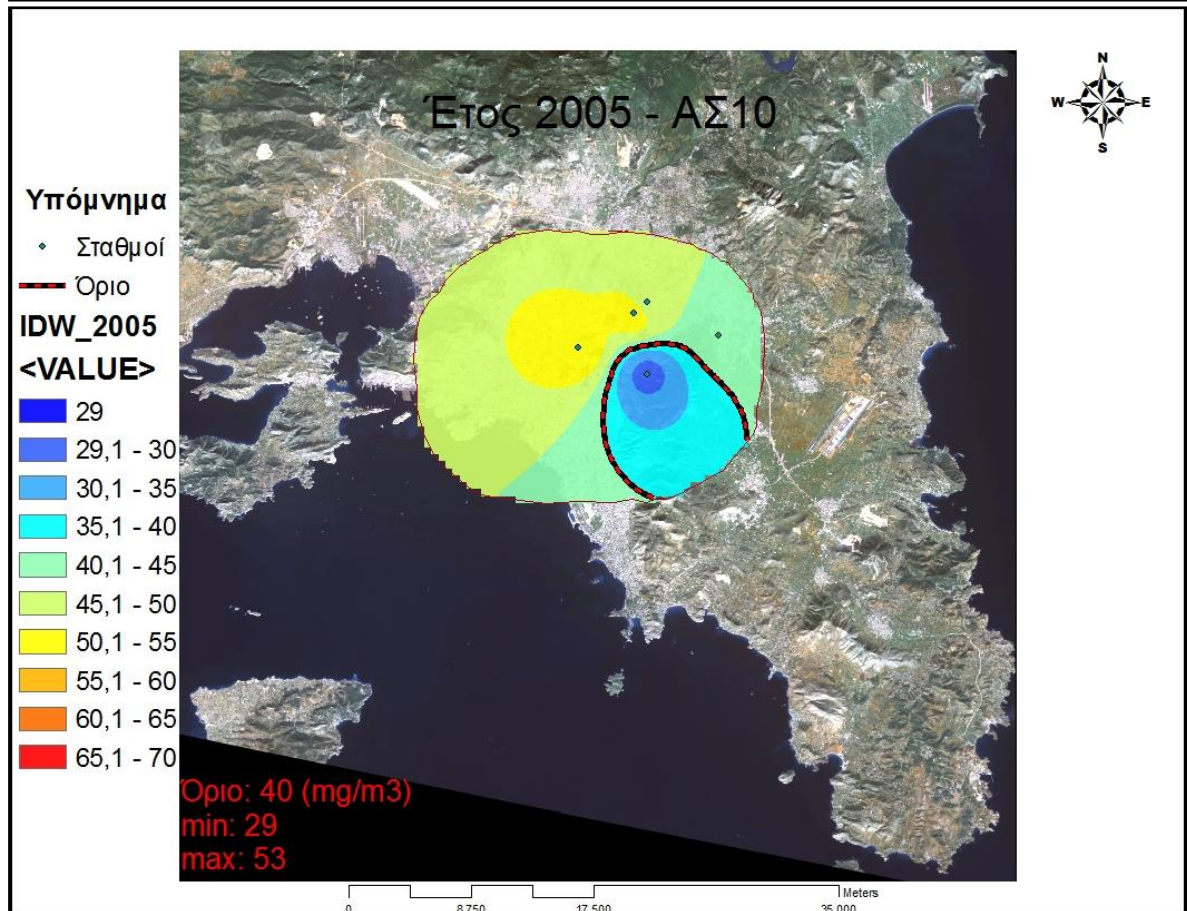
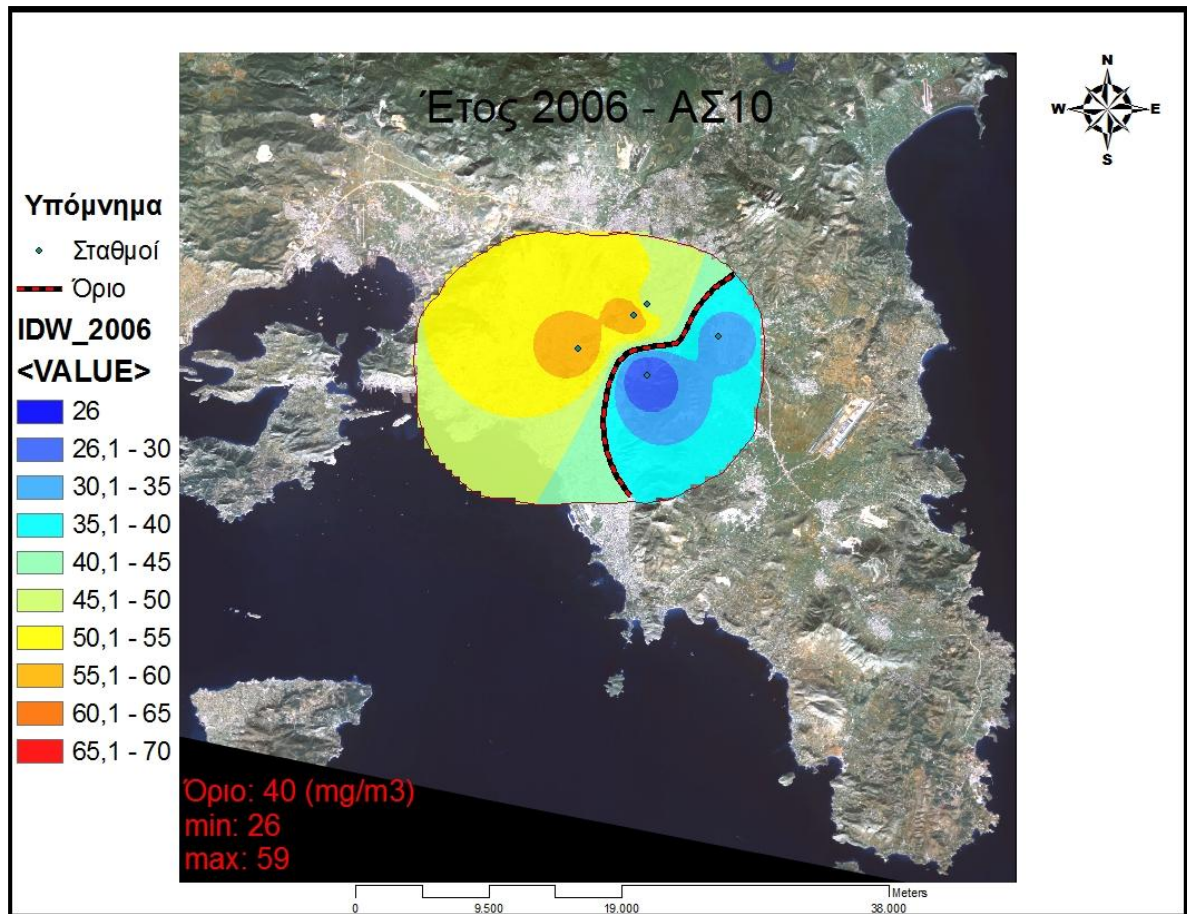


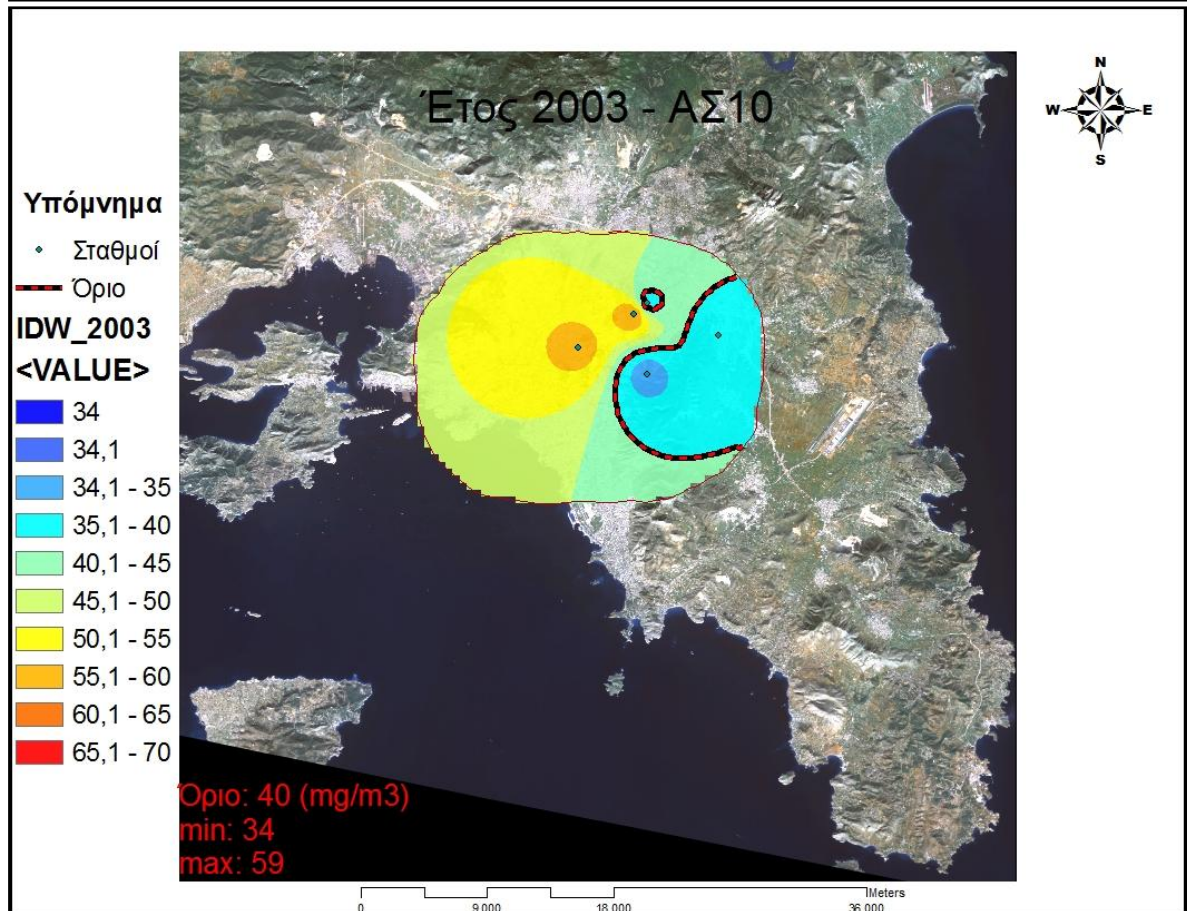
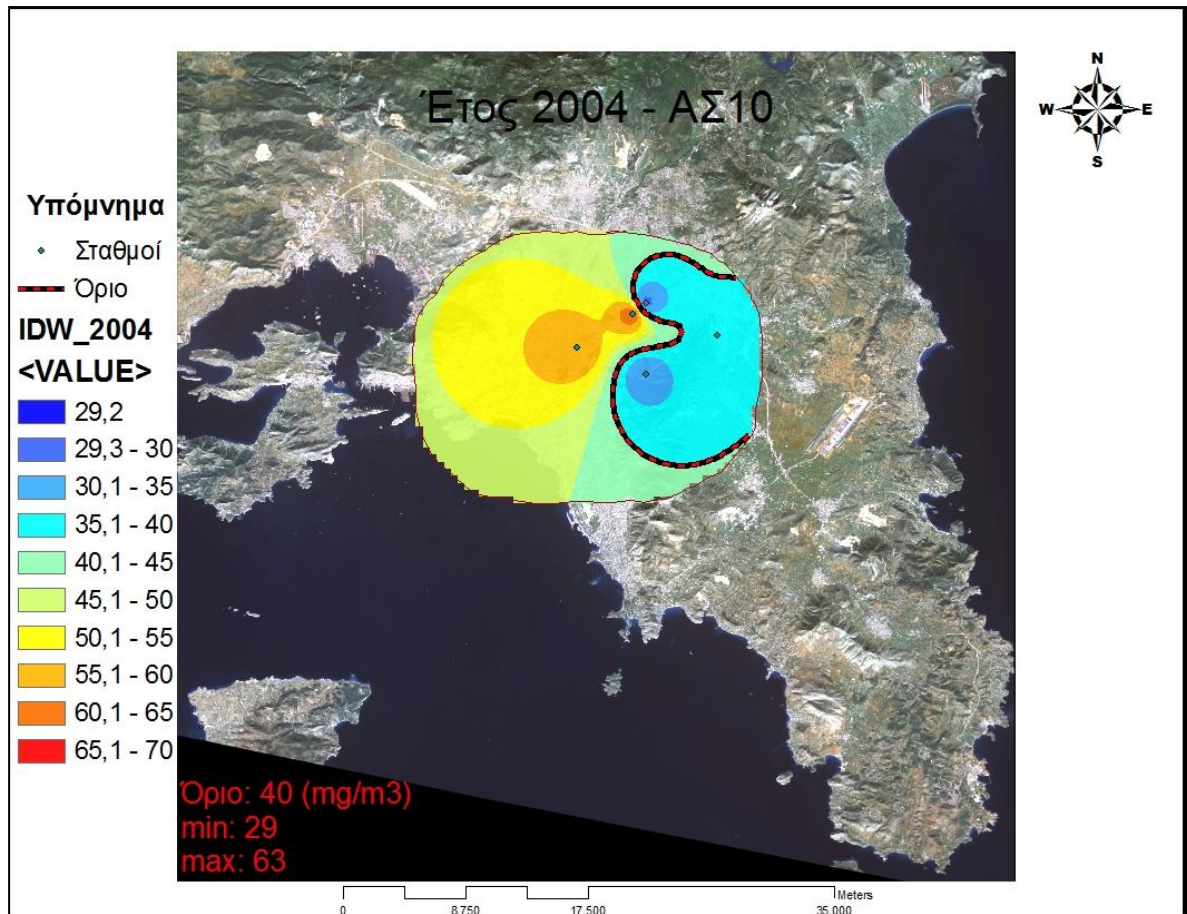
5.6 Χαρτογραφική Απόδοση

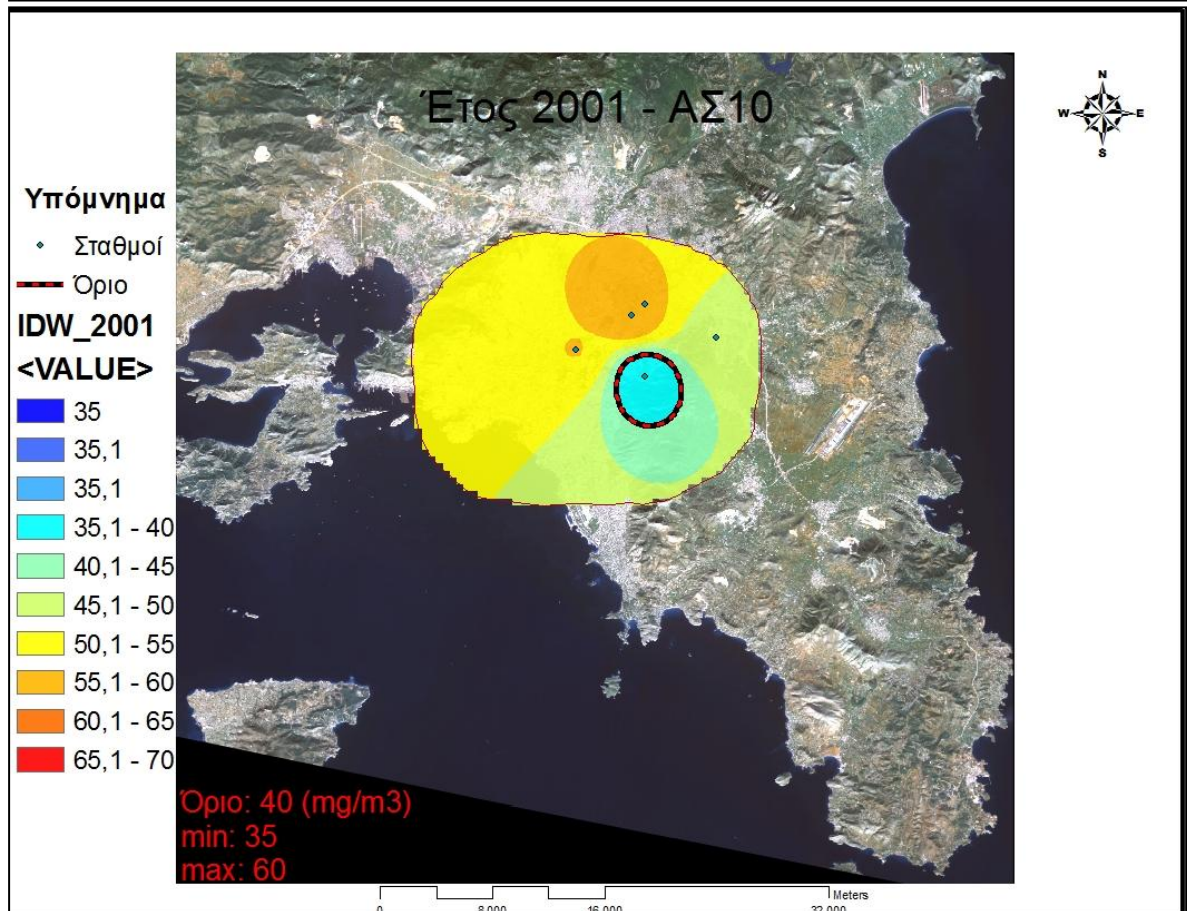
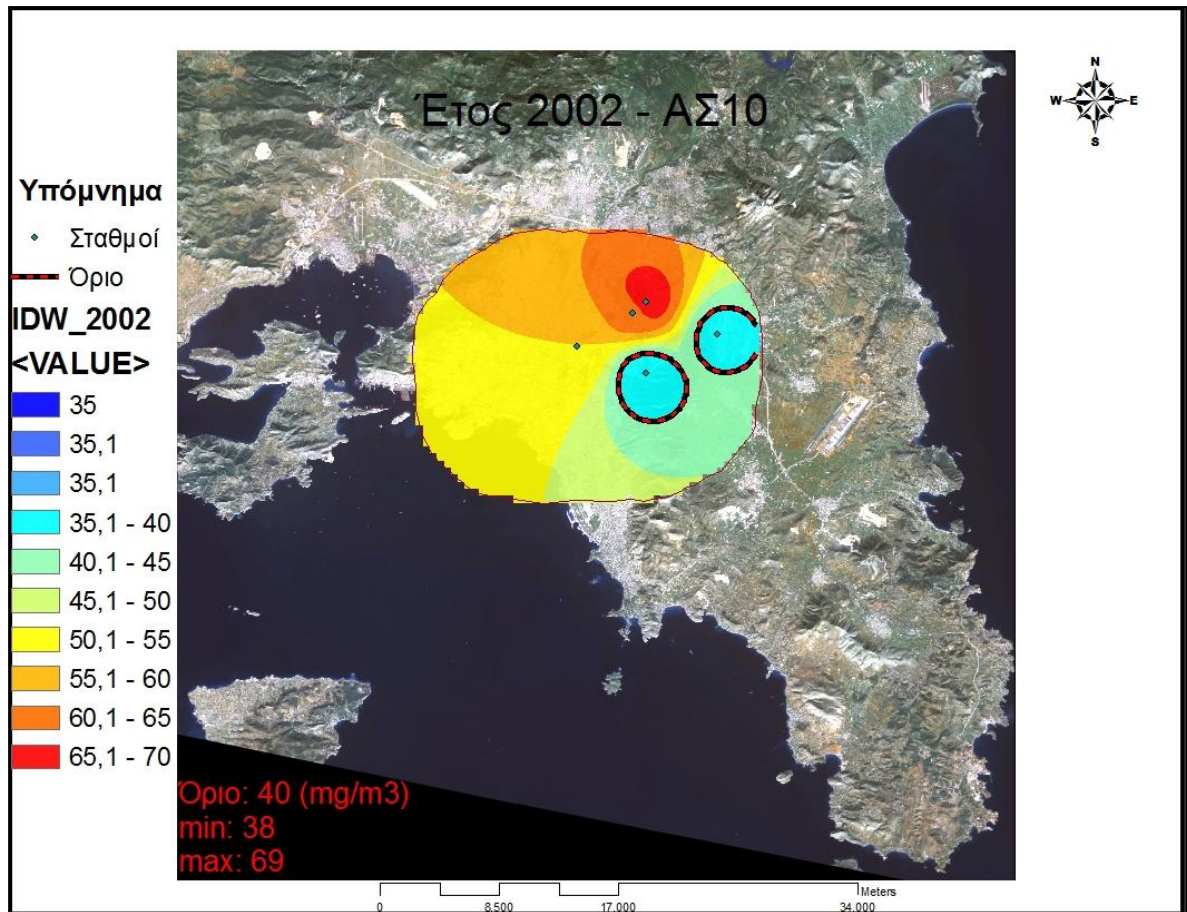
- **ΑΣ₁₀ (Αιωρούμενα Σωματίδια)**

Στα παρακάτω σχήματα, μπορούμε να παρατηρήσουμε την εξέλιξη των αιωρούμενων σωματιδίων (διαμέτρου μικρότερης των 10 μm) κατά τη διάρκεια 2001 – 2007, στην περιοχή της Αττικής. Διακρίνεται το μέγιστο επιτρεπτό όριο καθώς και η ελάχιστη και μέγιστη ετήσια τιμή που καταγράφηκε από τους σταθμούς μέτρησης. Στα αριστερά του χάρτη έχουμε την κλίμακα των τιμών, που κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε ένα εύρος τιμών. Τέλος, η μαύρη – κόκκινη γραμμή διαχωρίζει τις περιοχές που ξεπερνούν το μέγιστο επιτρεπτό όριο.



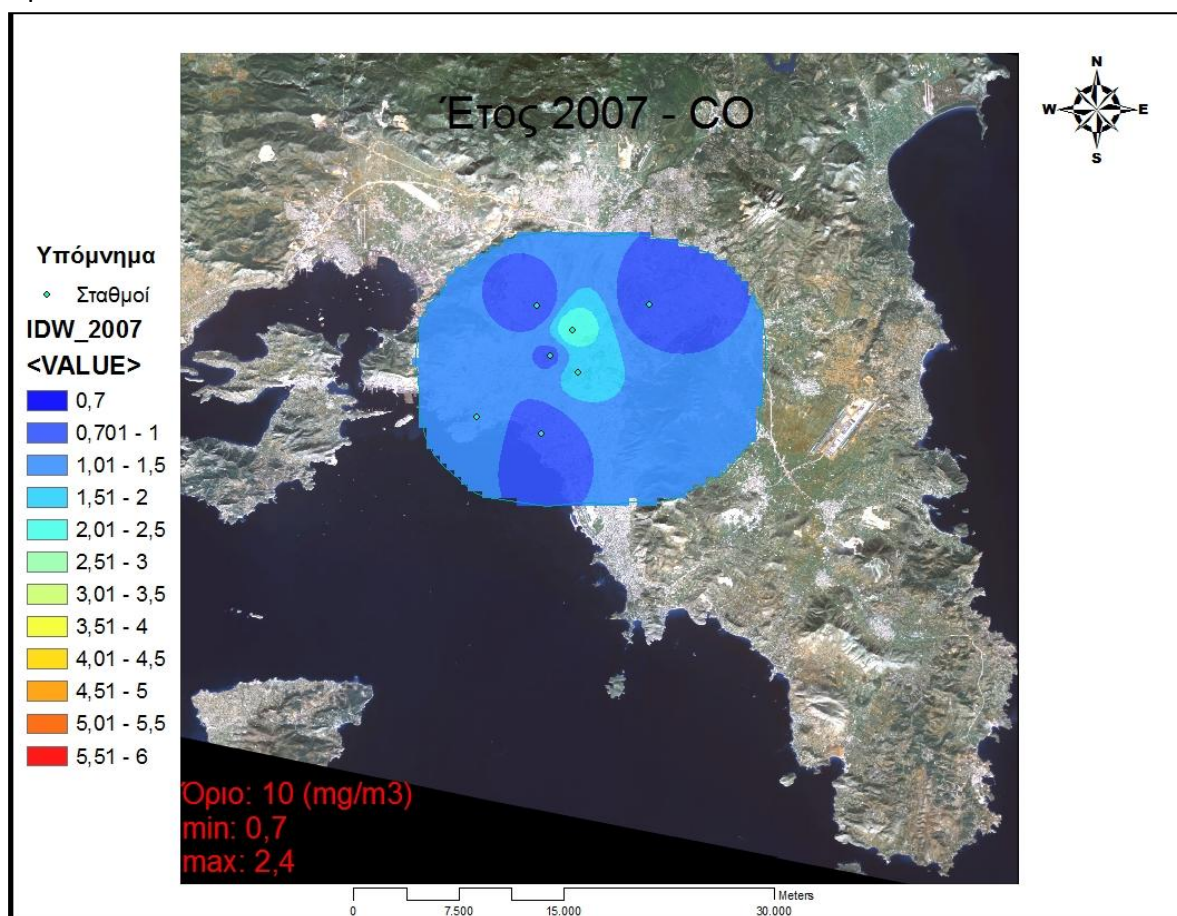


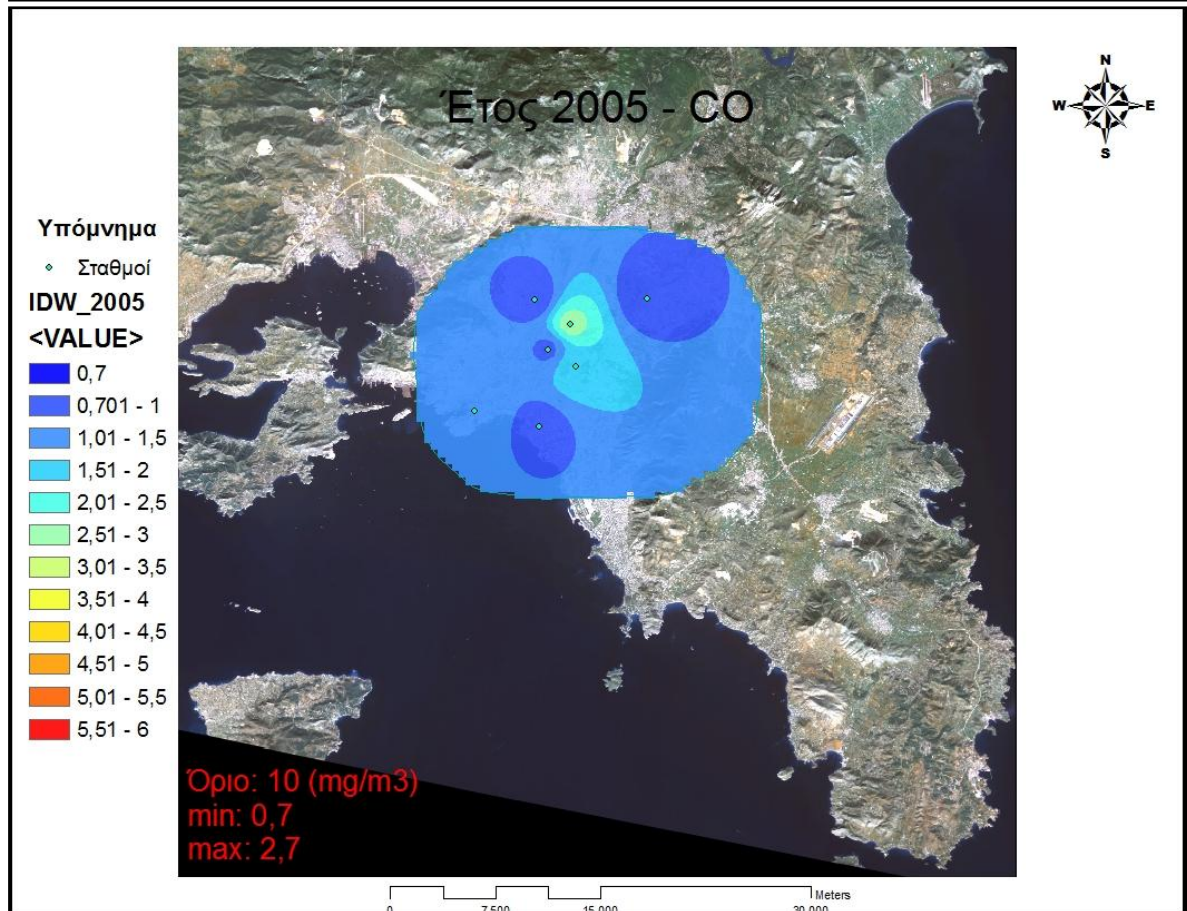
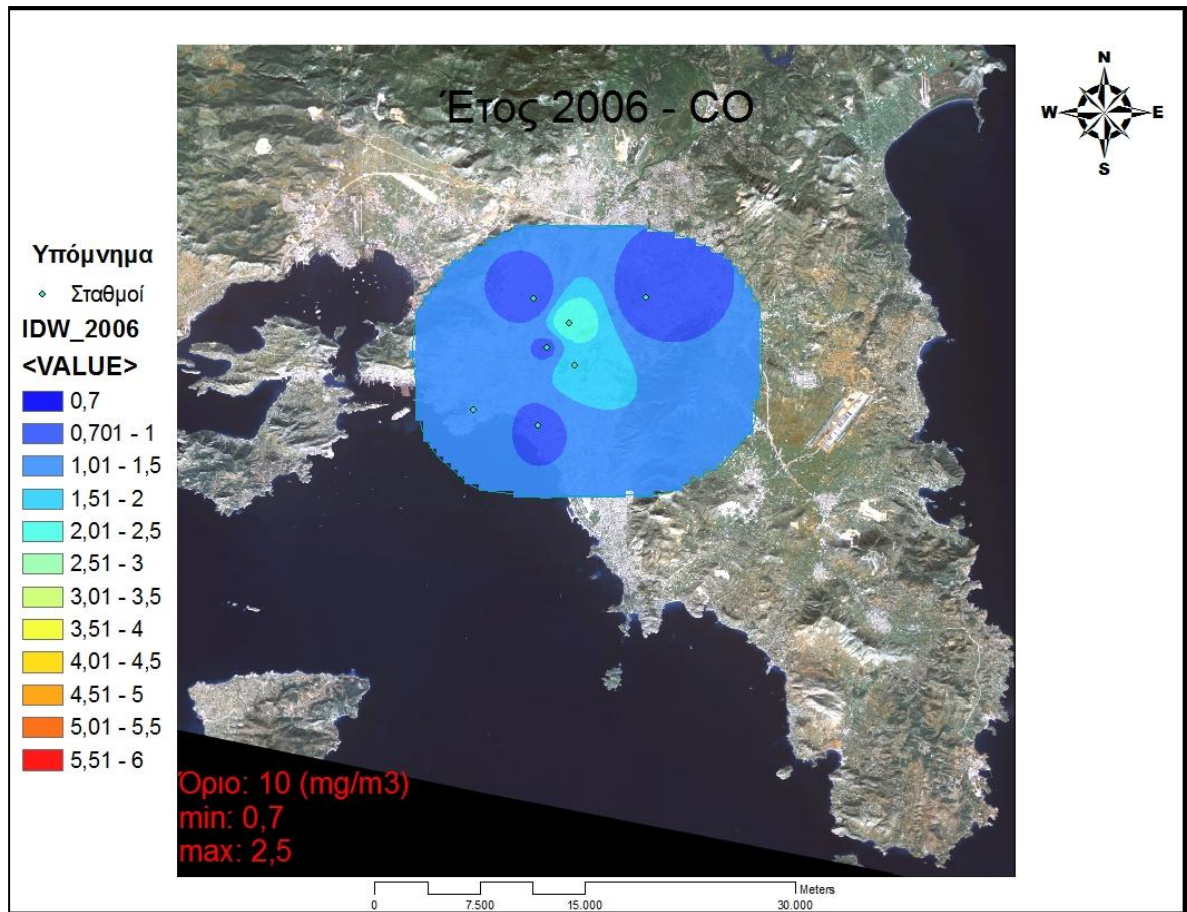


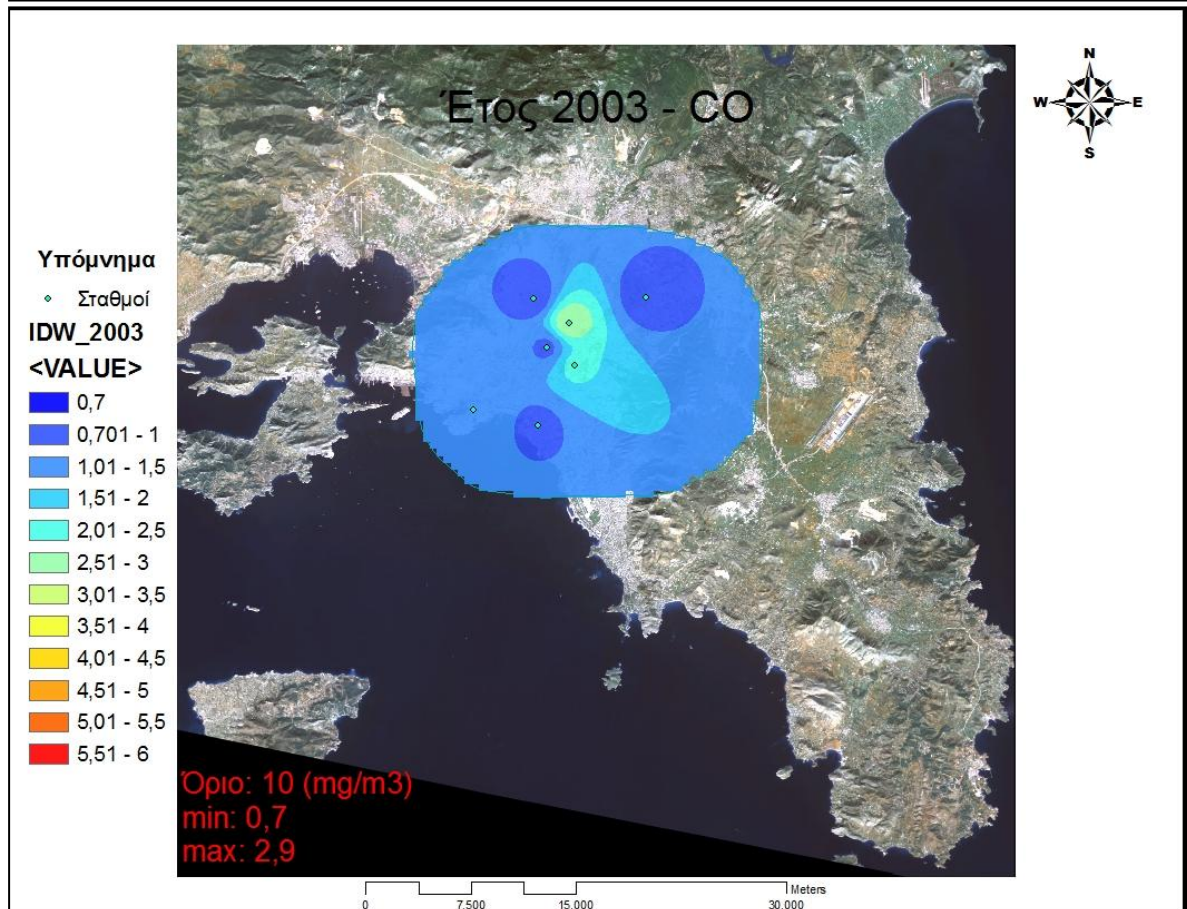
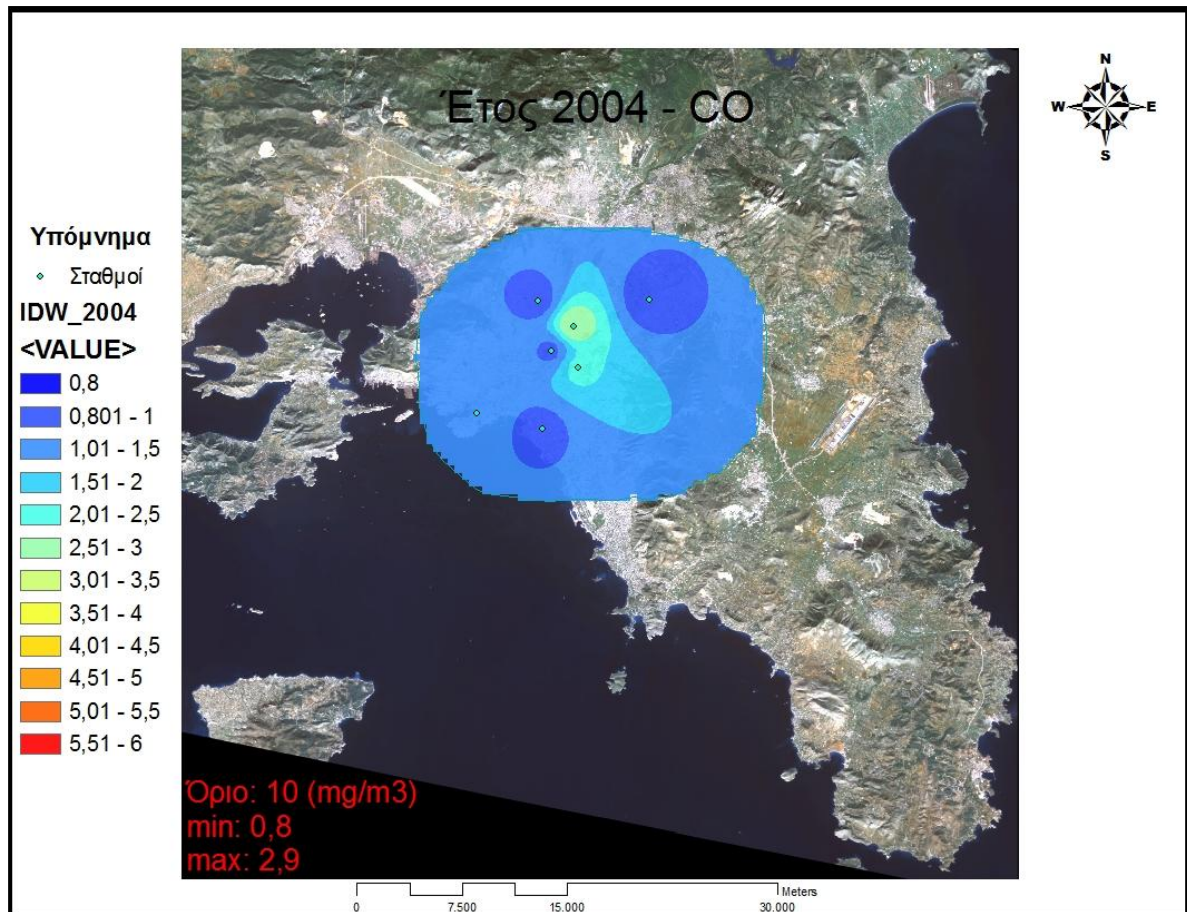


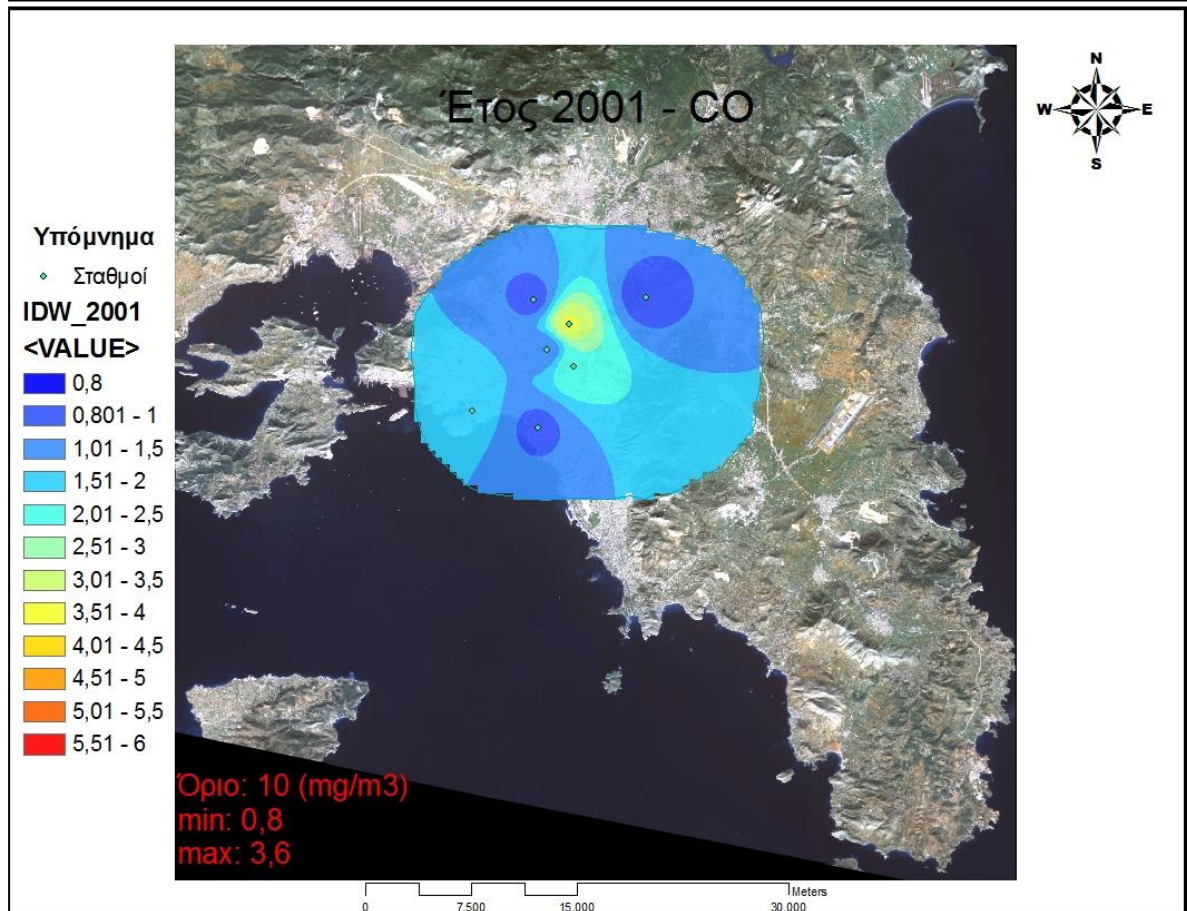
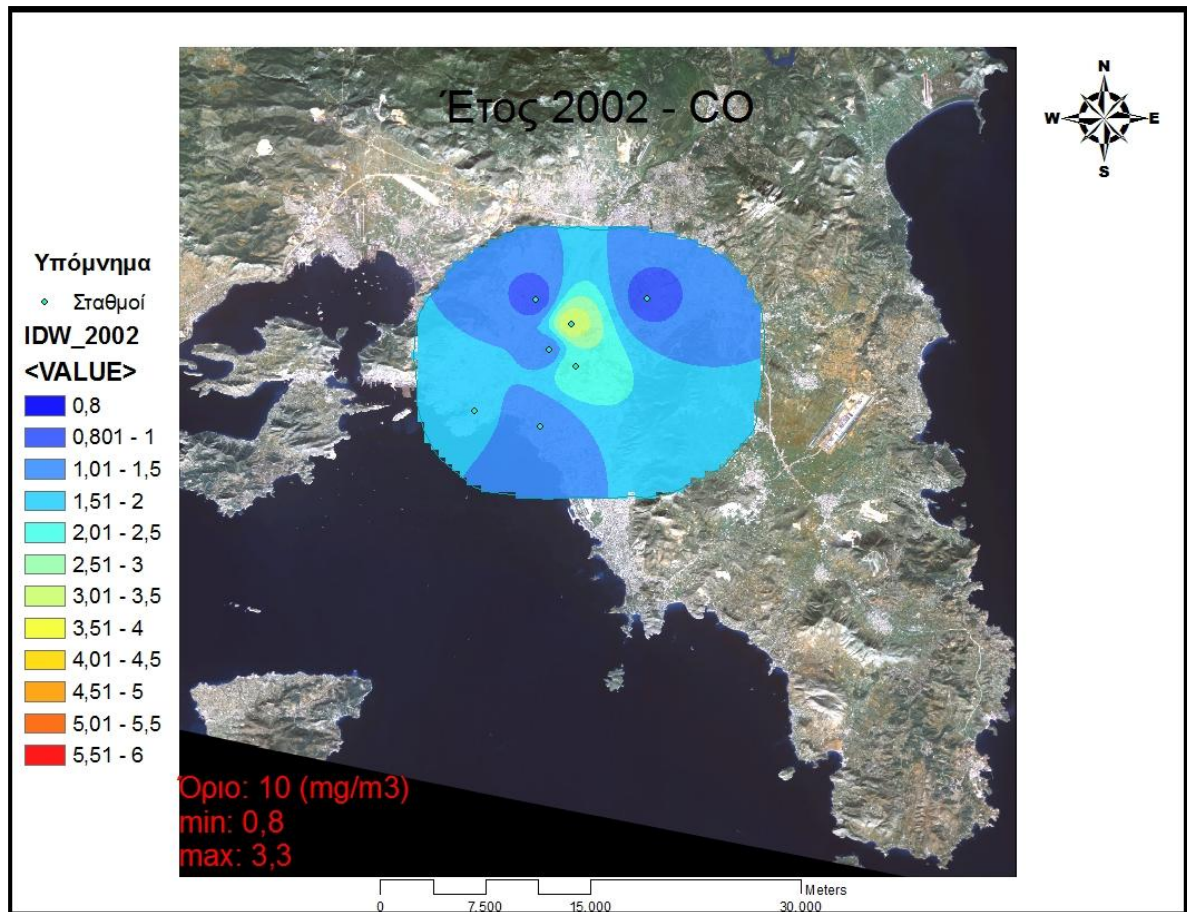
- **CO (Μονοξείδιο του Άνθρακα)**

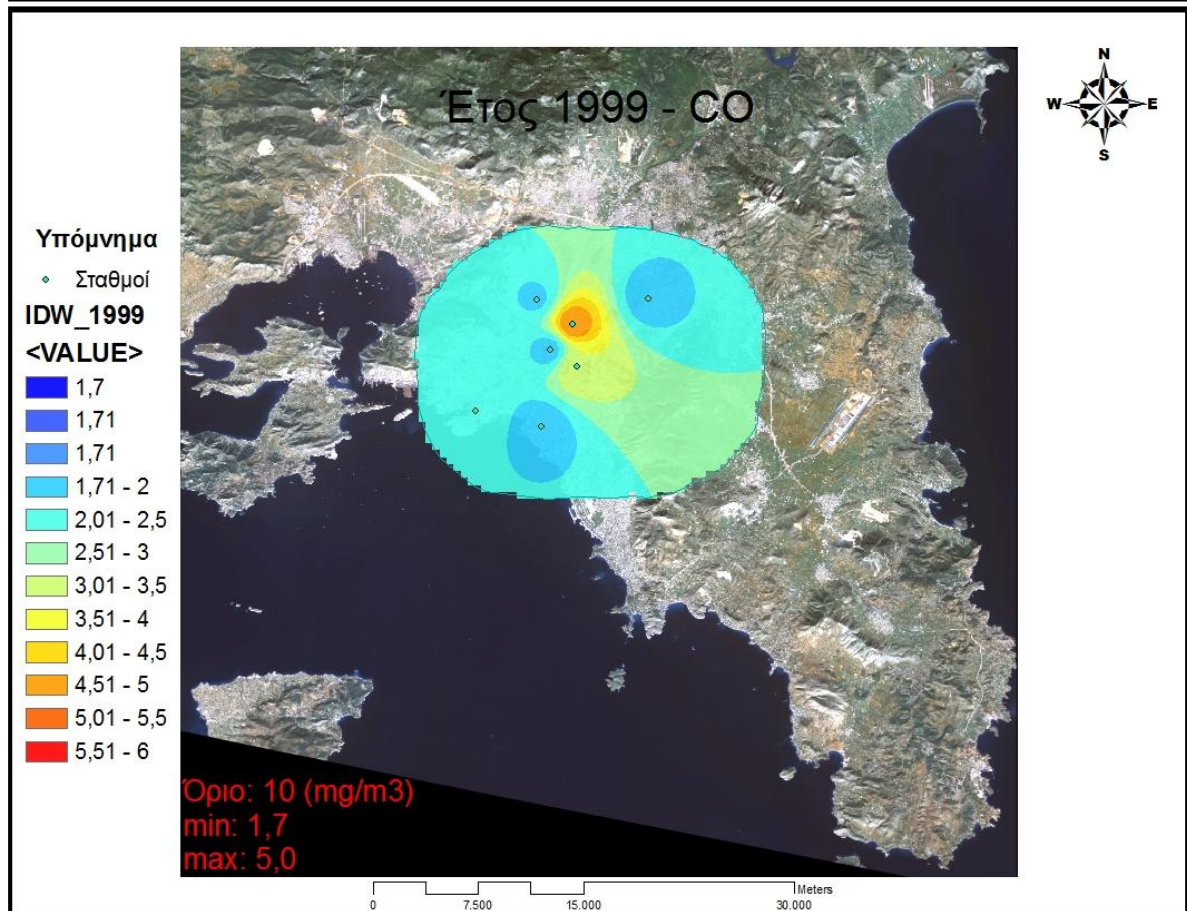
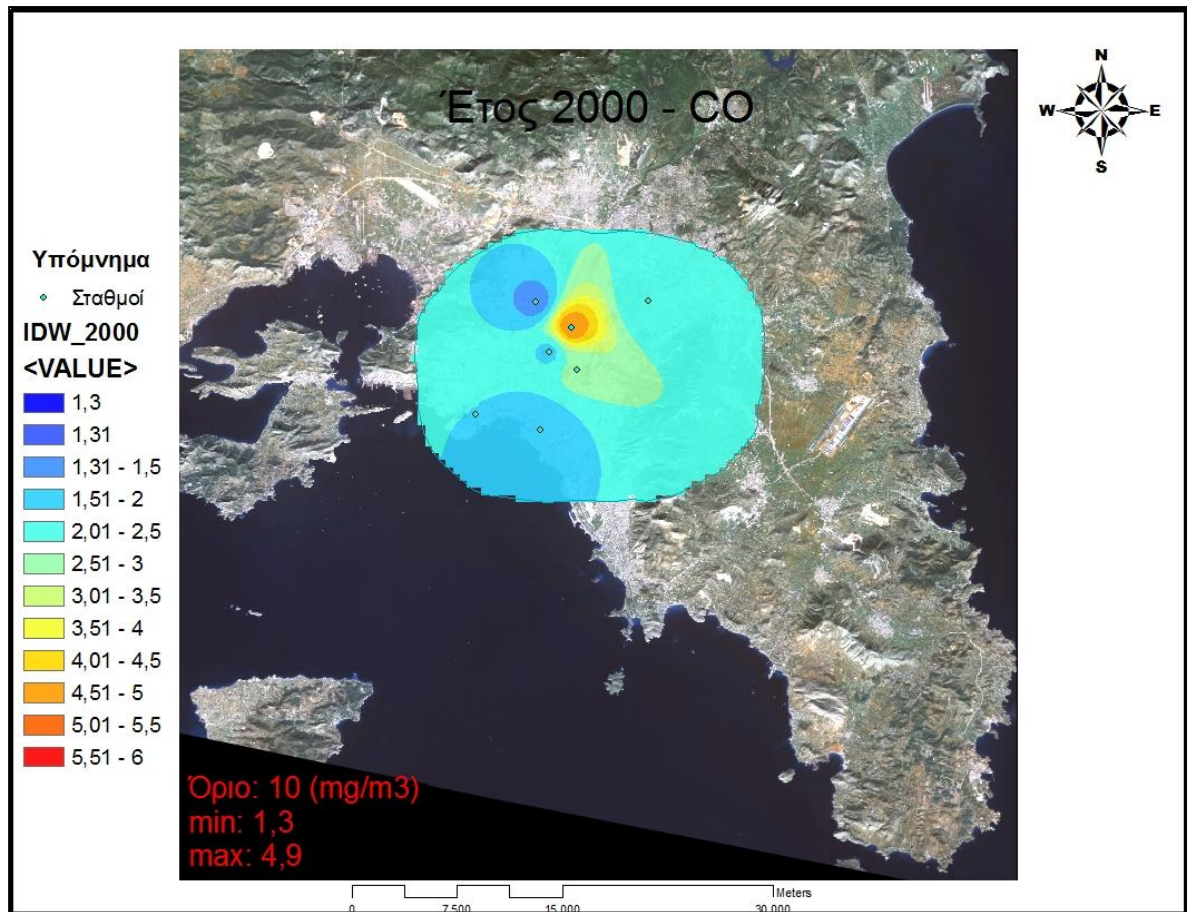
Στα παρακάτω σχήματα, μπορούμε να παρατηρήσουμε την εξέλιξη του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) κατά τη διάρκεια 1994 – 2007, στην περιοχή της Αττικής. Διακρίνεται το μέγιστο επιτρεπτό όριο καθώς και η ελάχιστη και μέγιστη ετήσια τιμή που καταγράφηκε από τους σταθμούς μέτρησης. Στα αριστερά του χάρτη έχουμε την κλίμακα των τιμών, που κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε ένα εύρος τιμών.

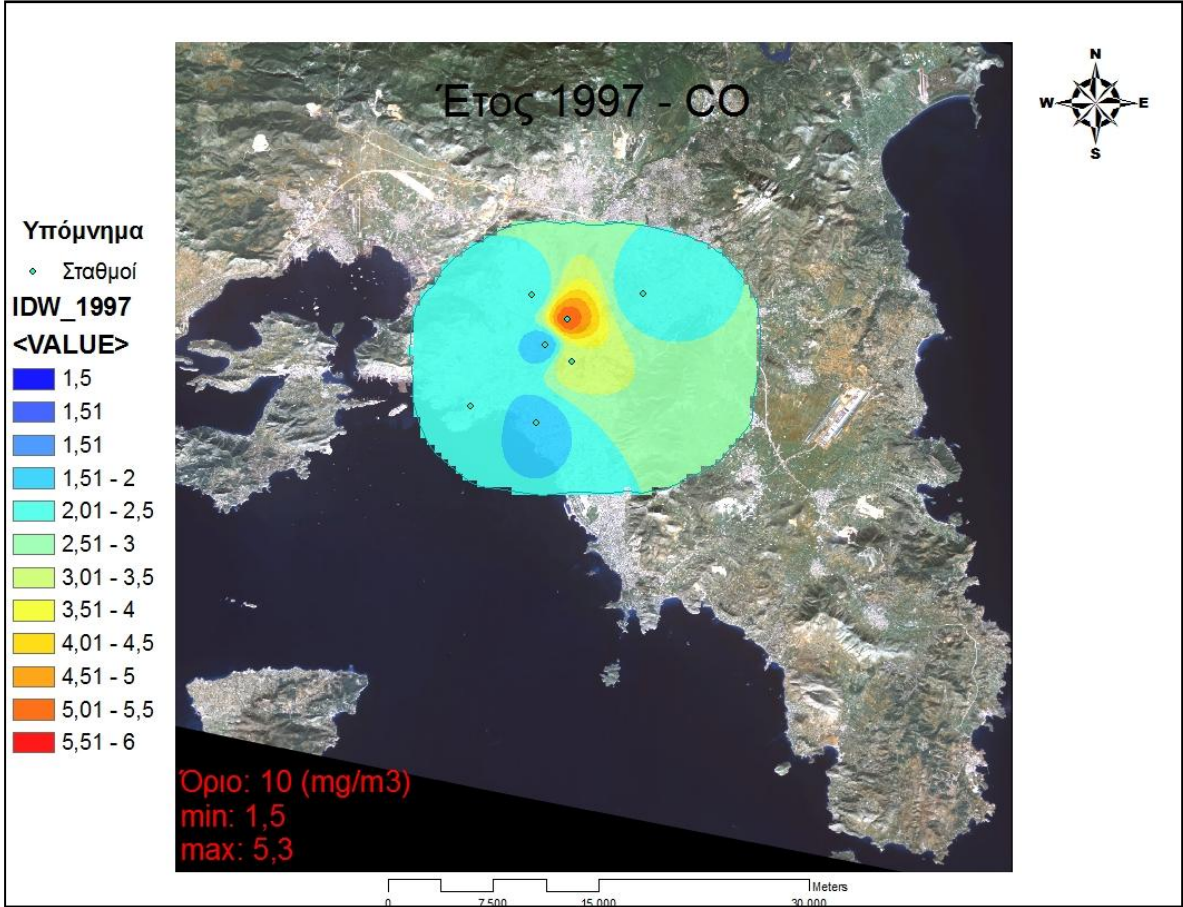
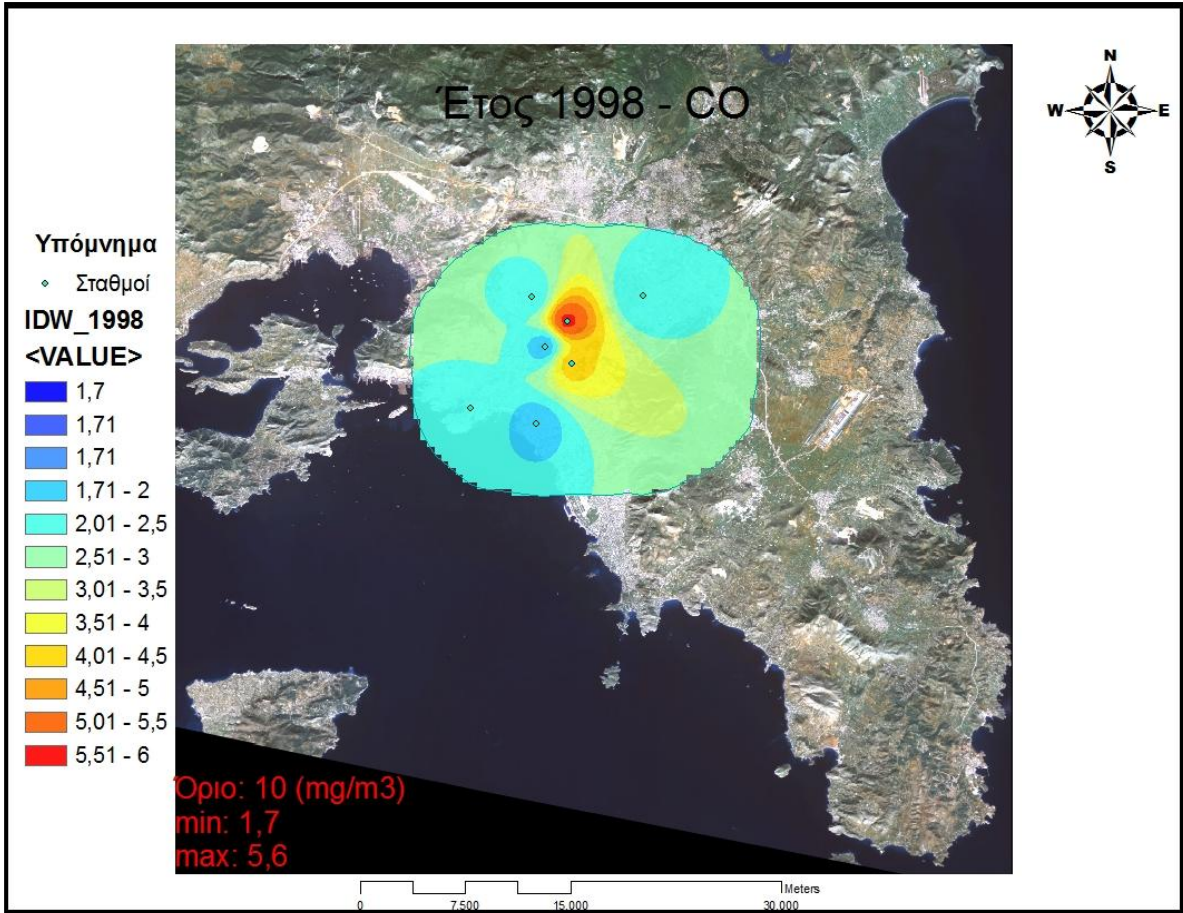


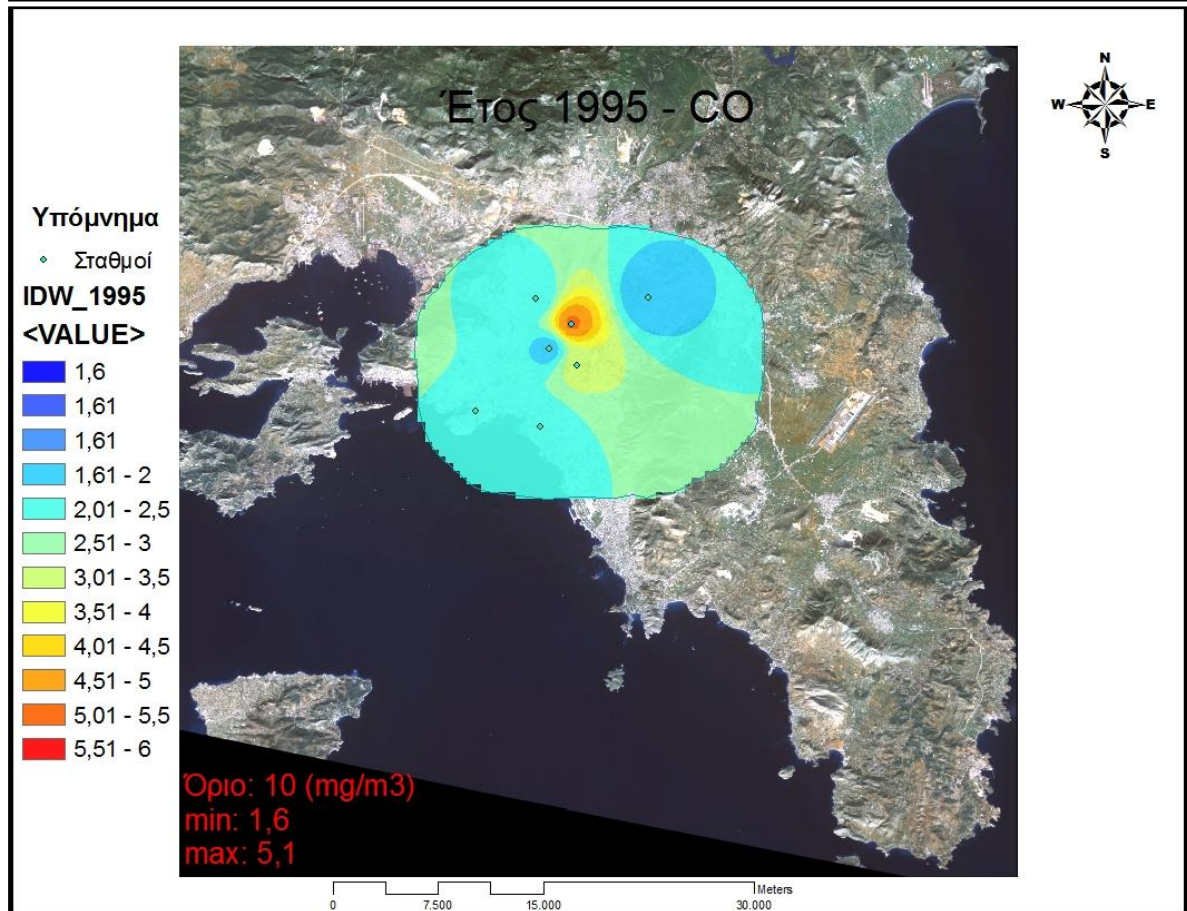
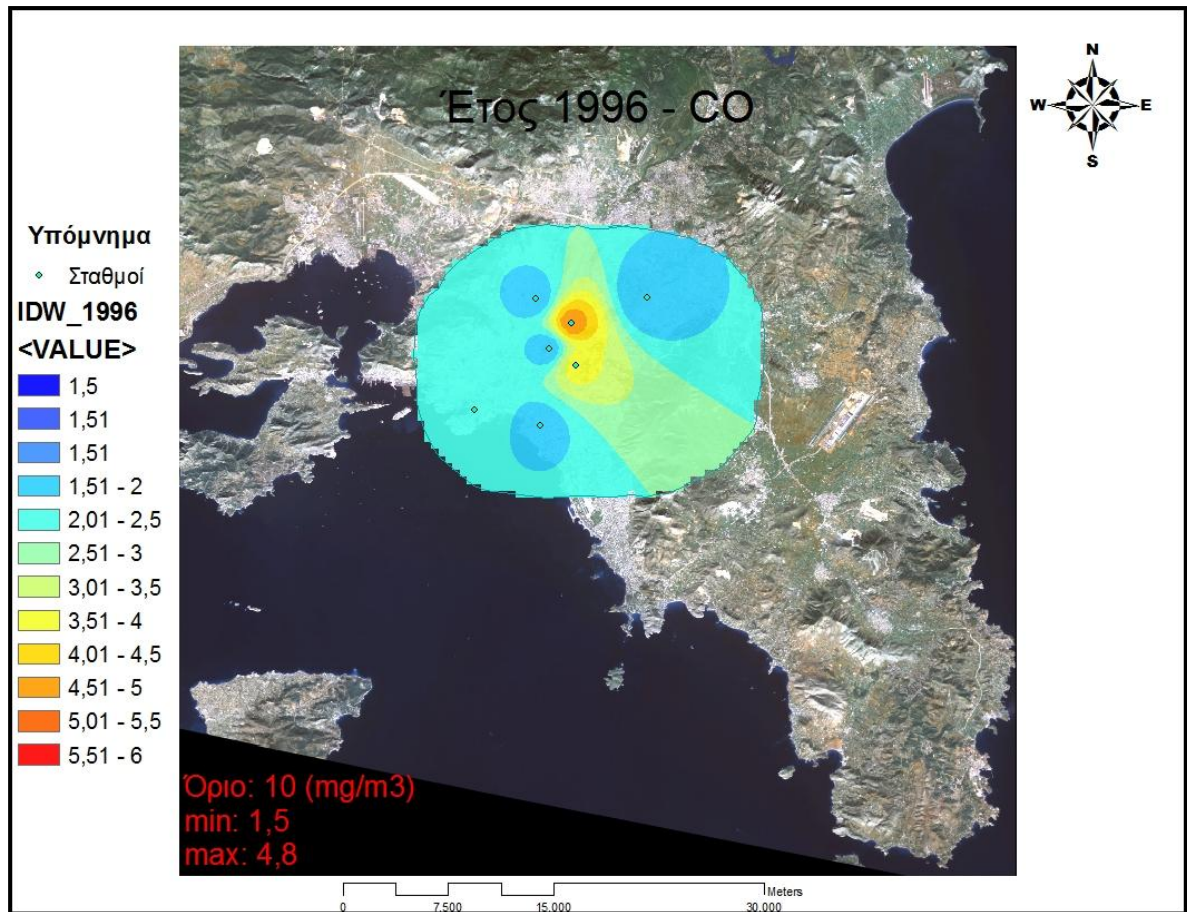


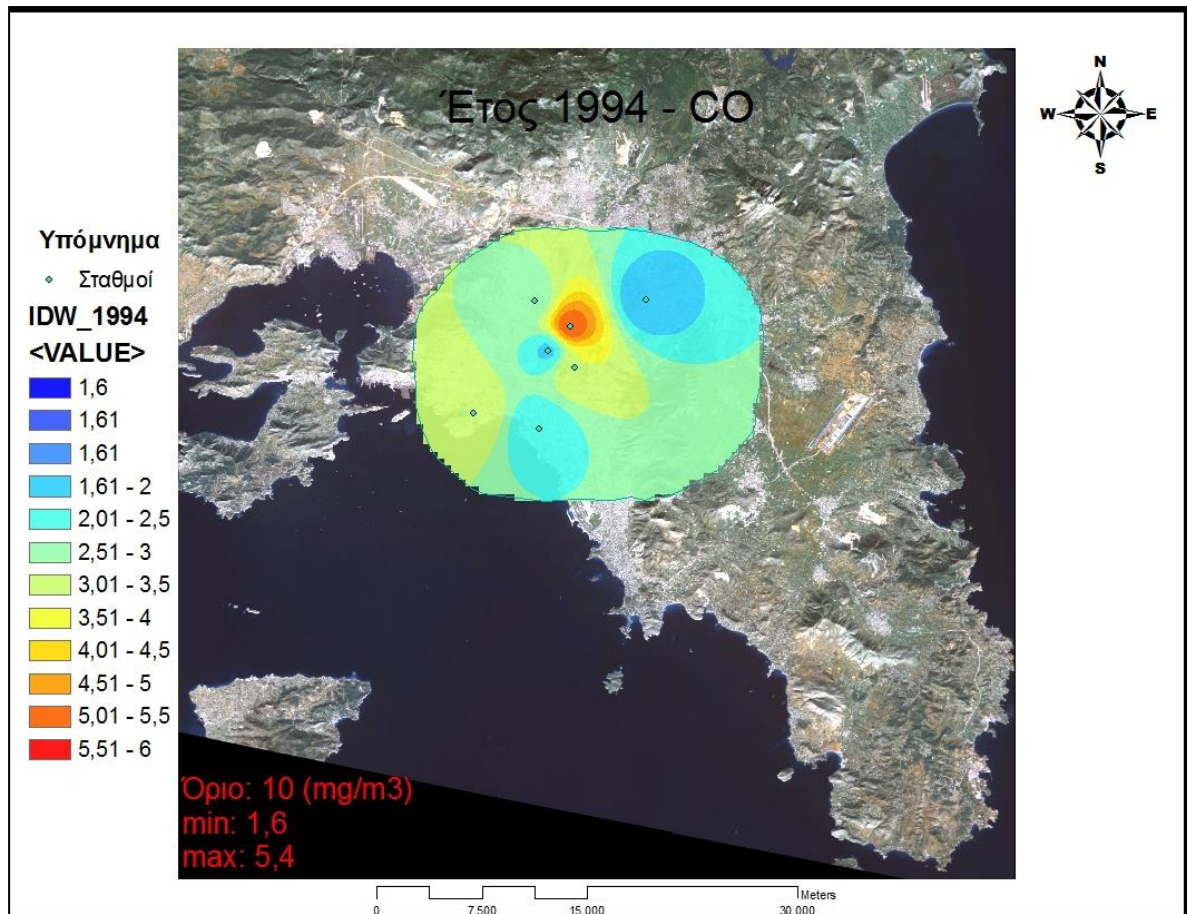






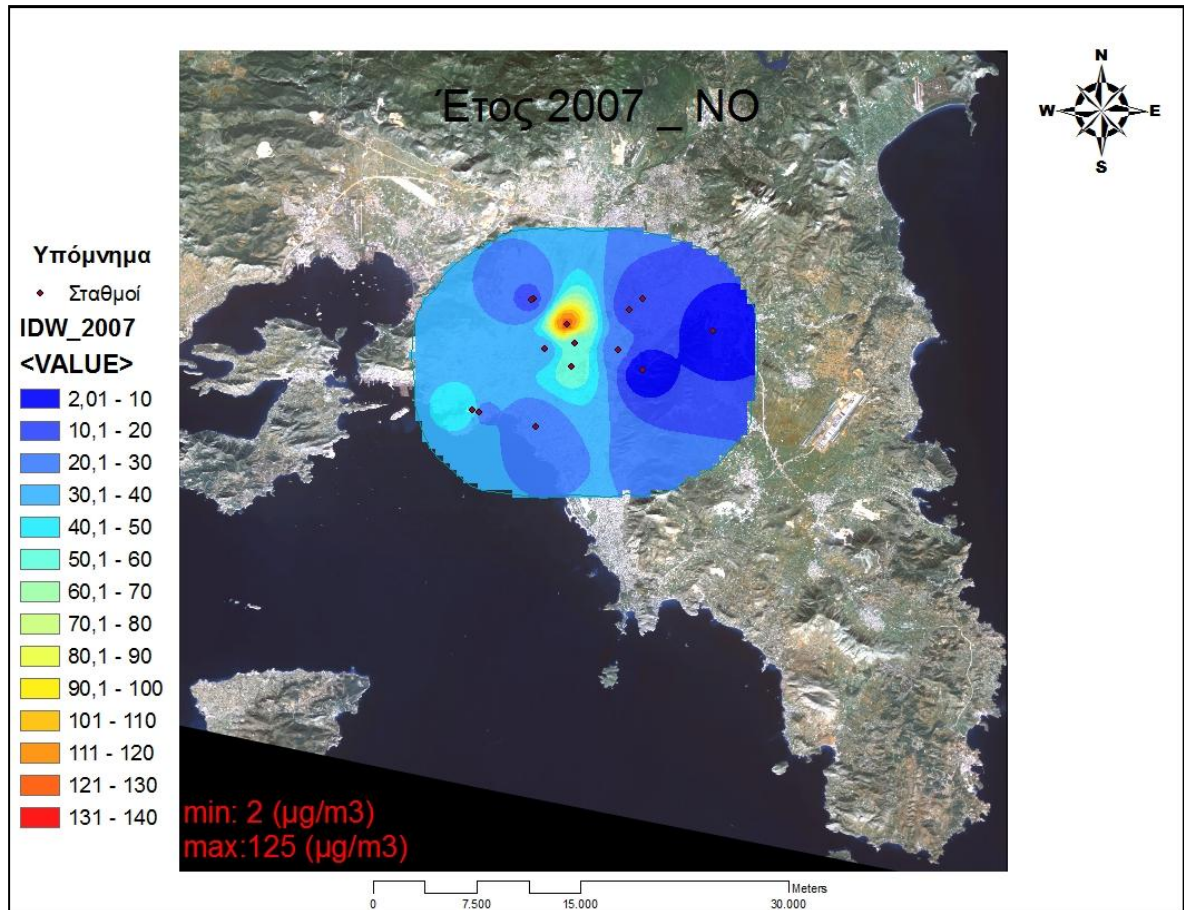


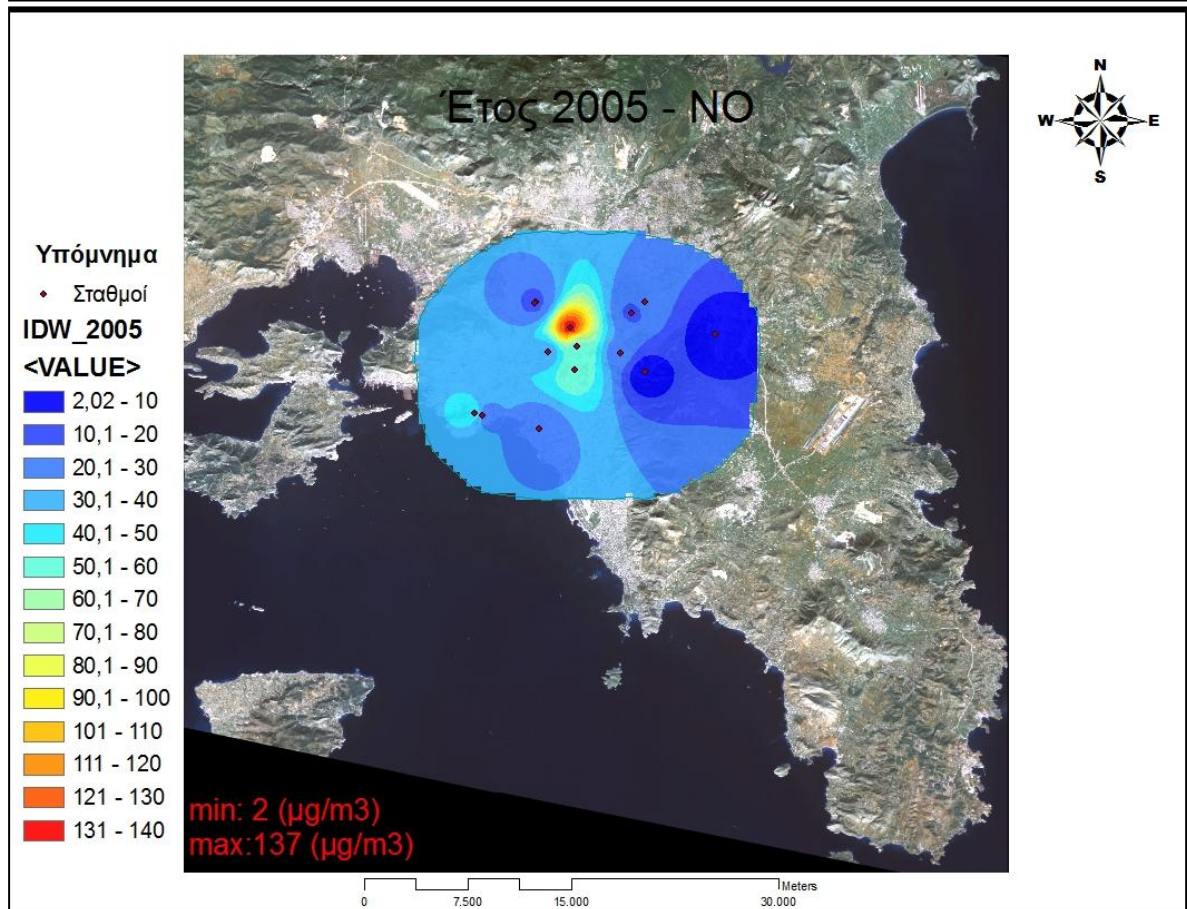
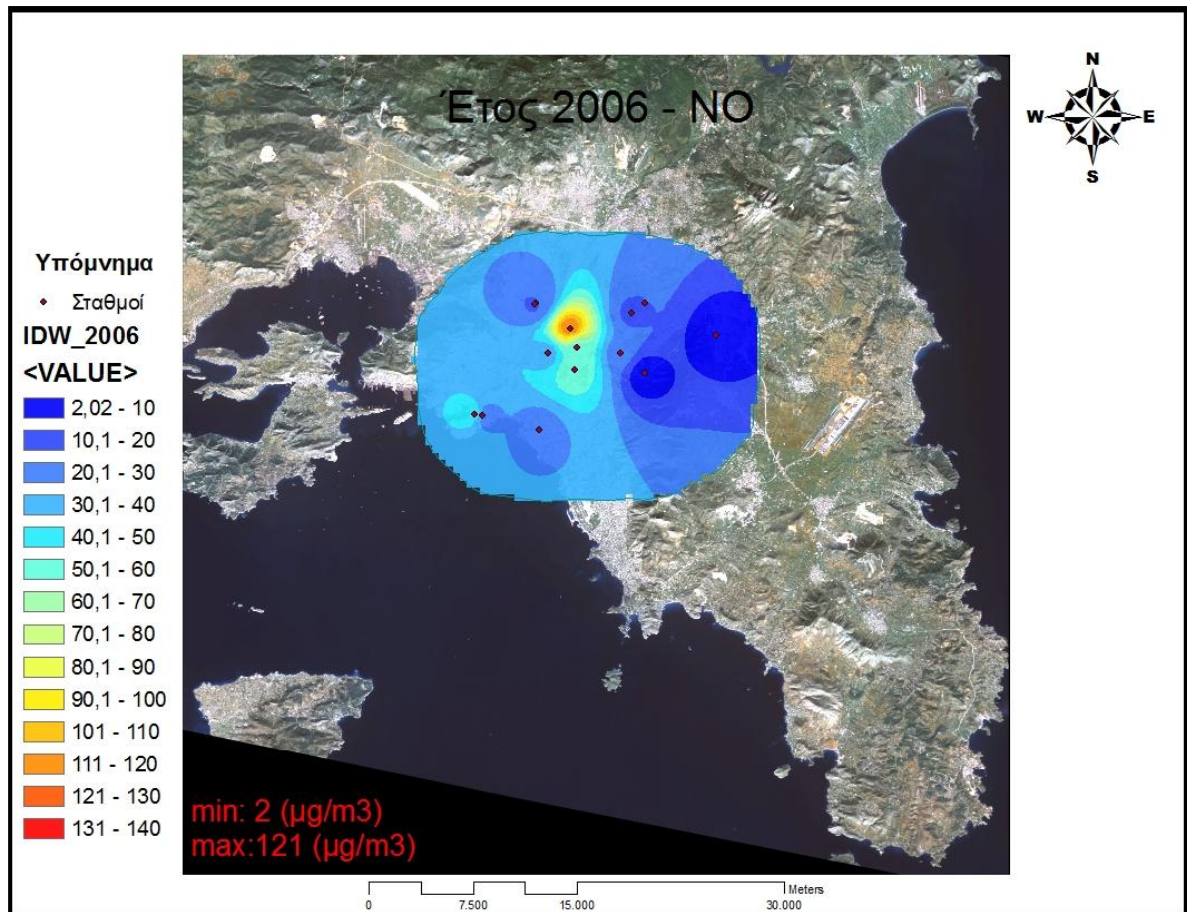


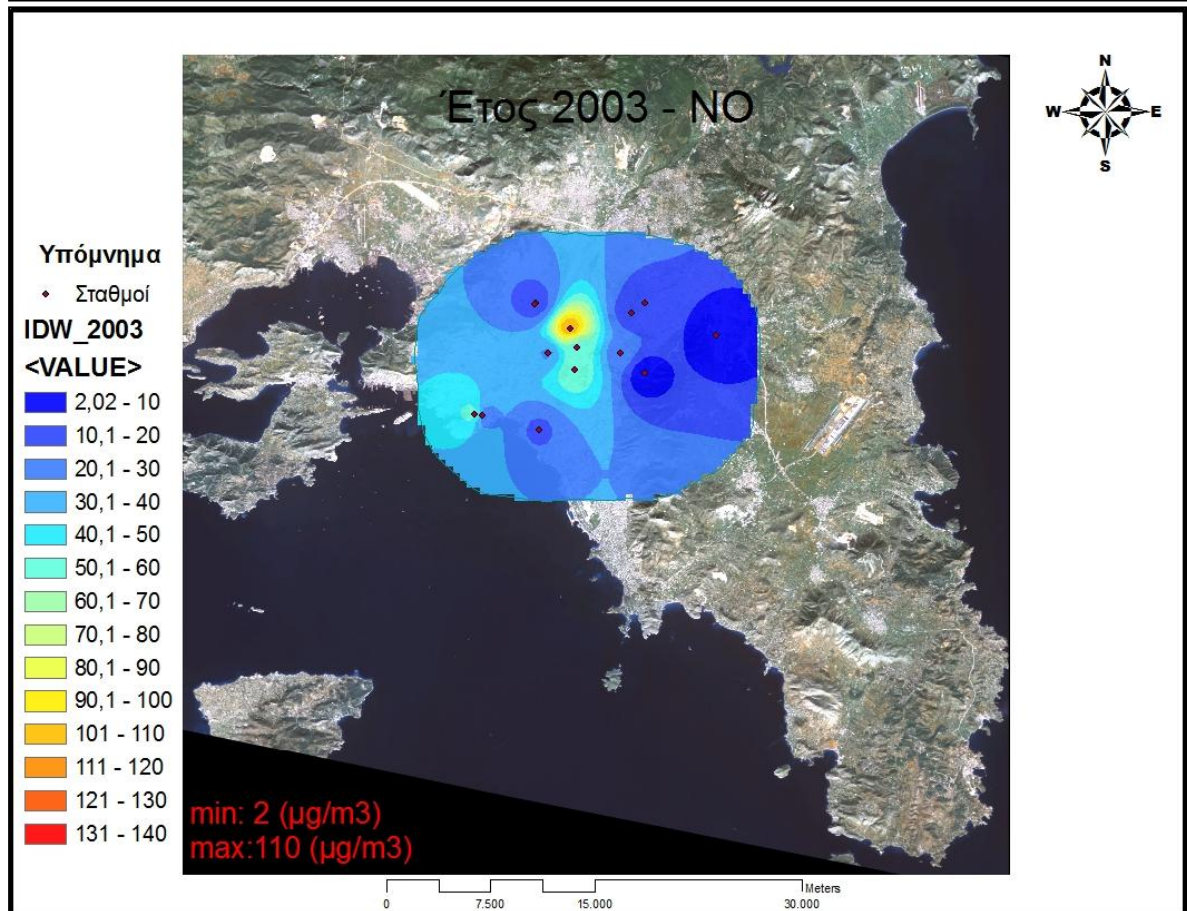
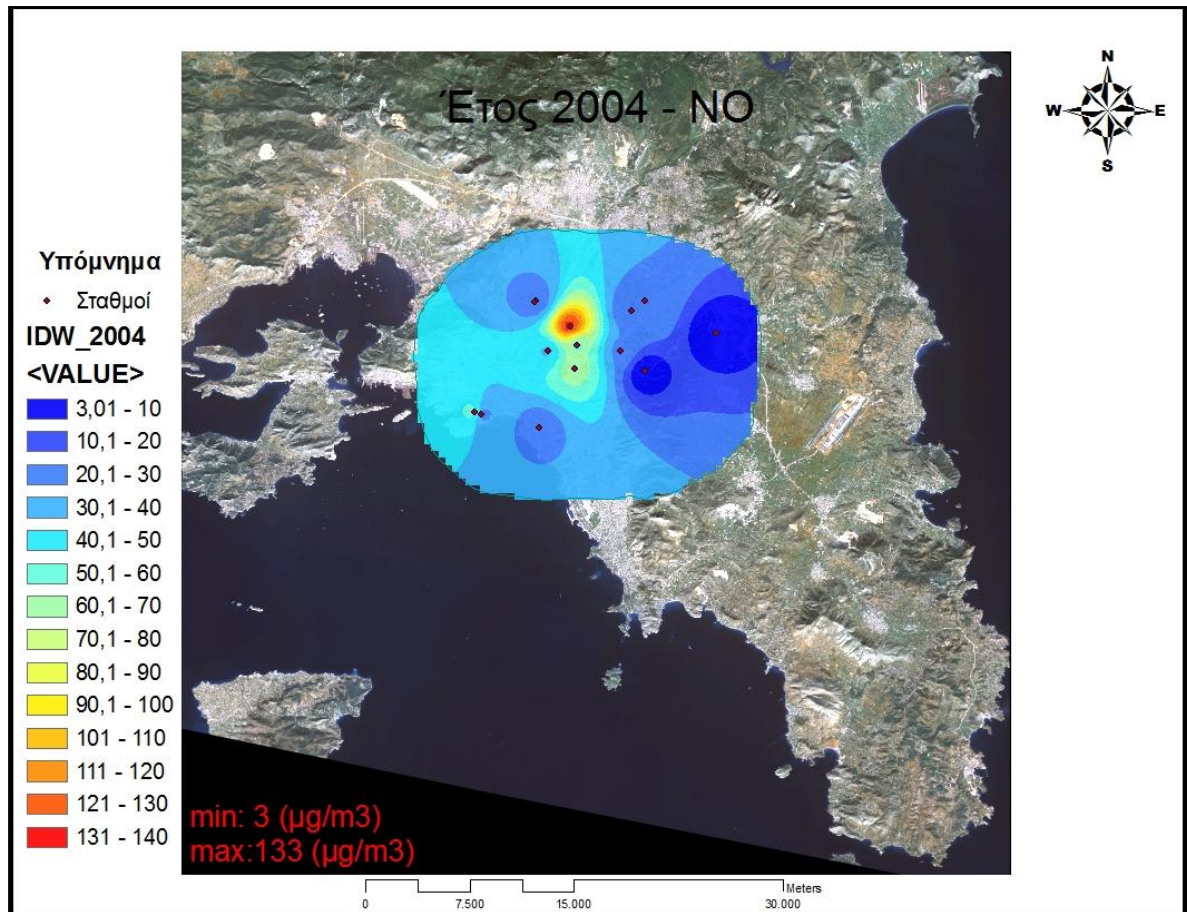


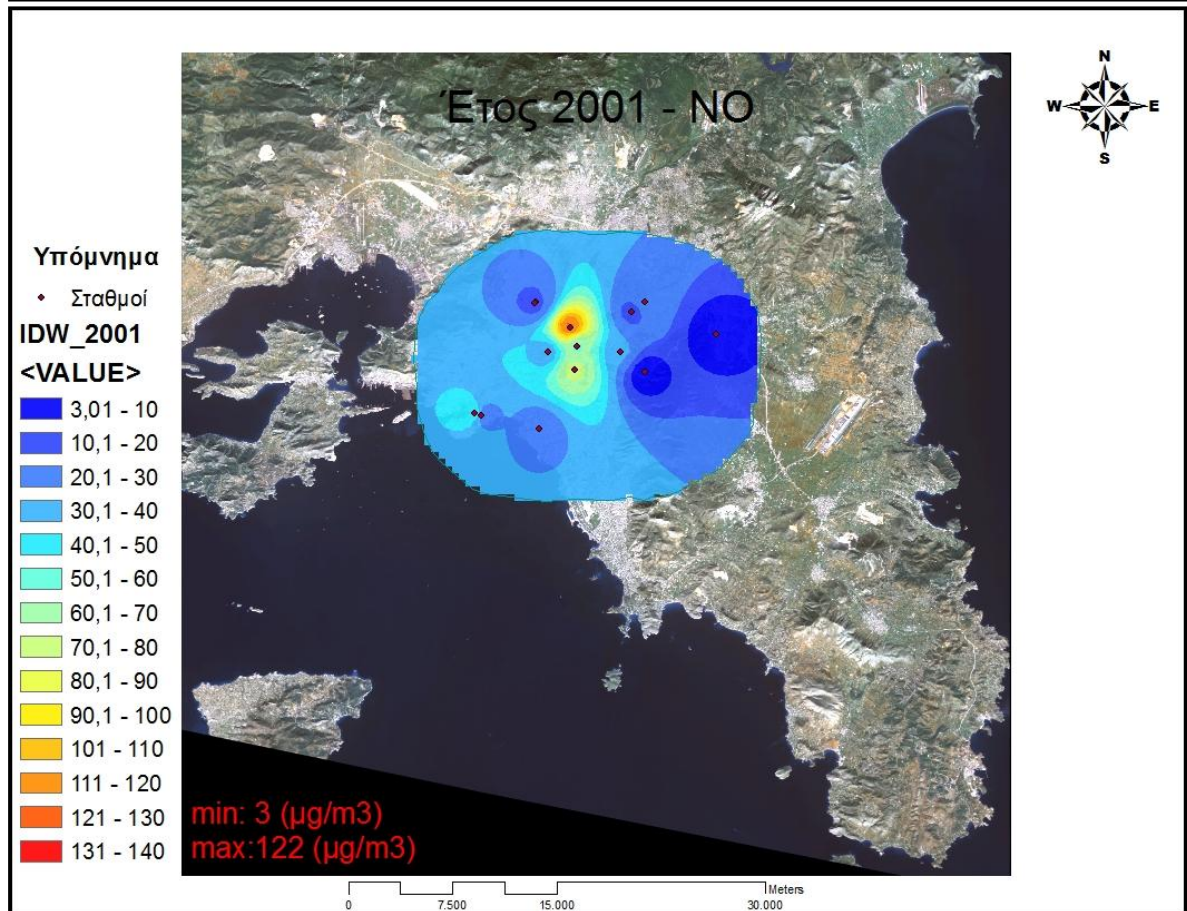
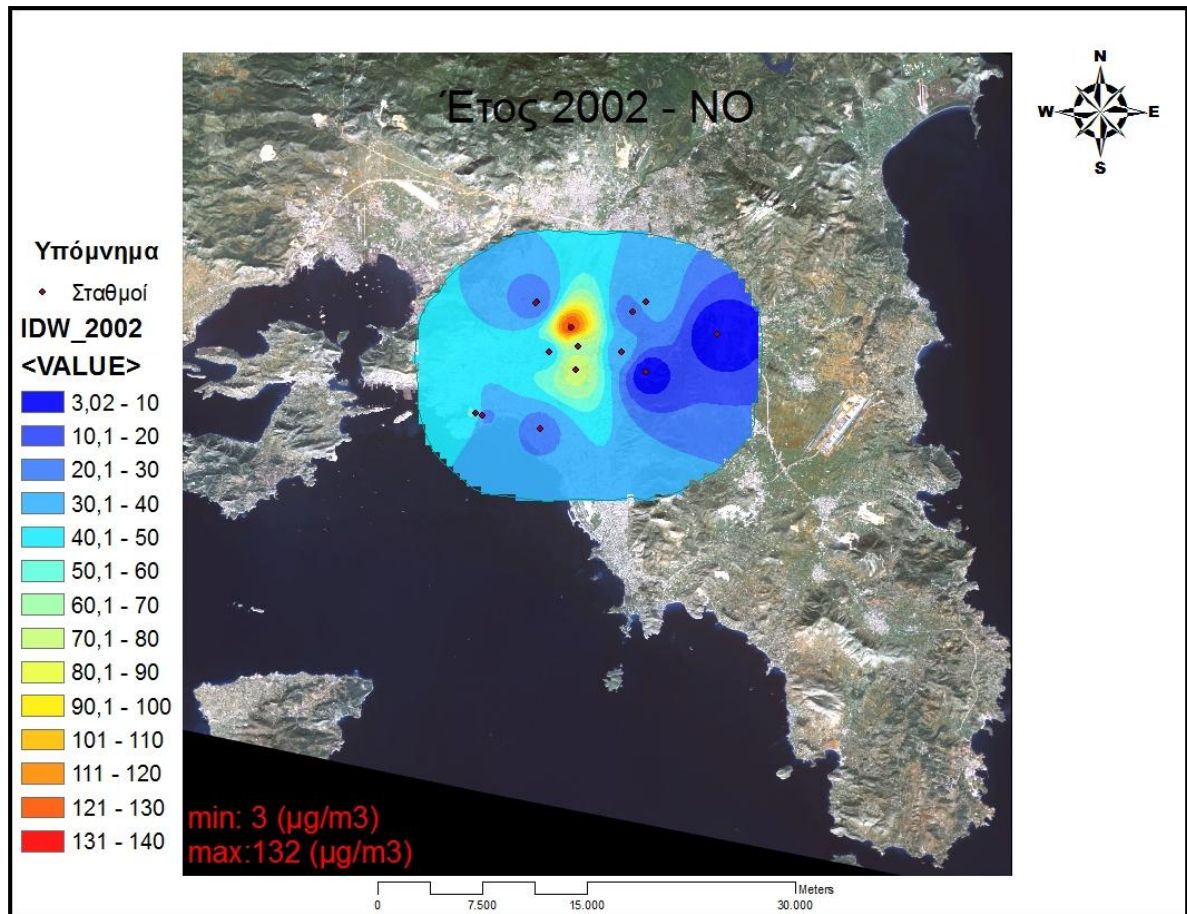
- **NO (Μονοξείδιο του Αζώτου)**

Στα παρακάτω σχήματα, μπορούμε να παρατηρήσουμε την εξέλιξη του μονοξειδίου του αζώτου (NO) κατά τη διάρκεια 2001 – 2007, στην περιοχή της Αττικής. Διακρίνεται η ελάχιστη και μέγιστη ετήσια τιμή που καταγράφηκε από τους σταθμούς μέτρησης. Στα αριστερά του χάρτη έχουμε την κλίμακα των τιμών, που κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε ένα εύρος τιμών.



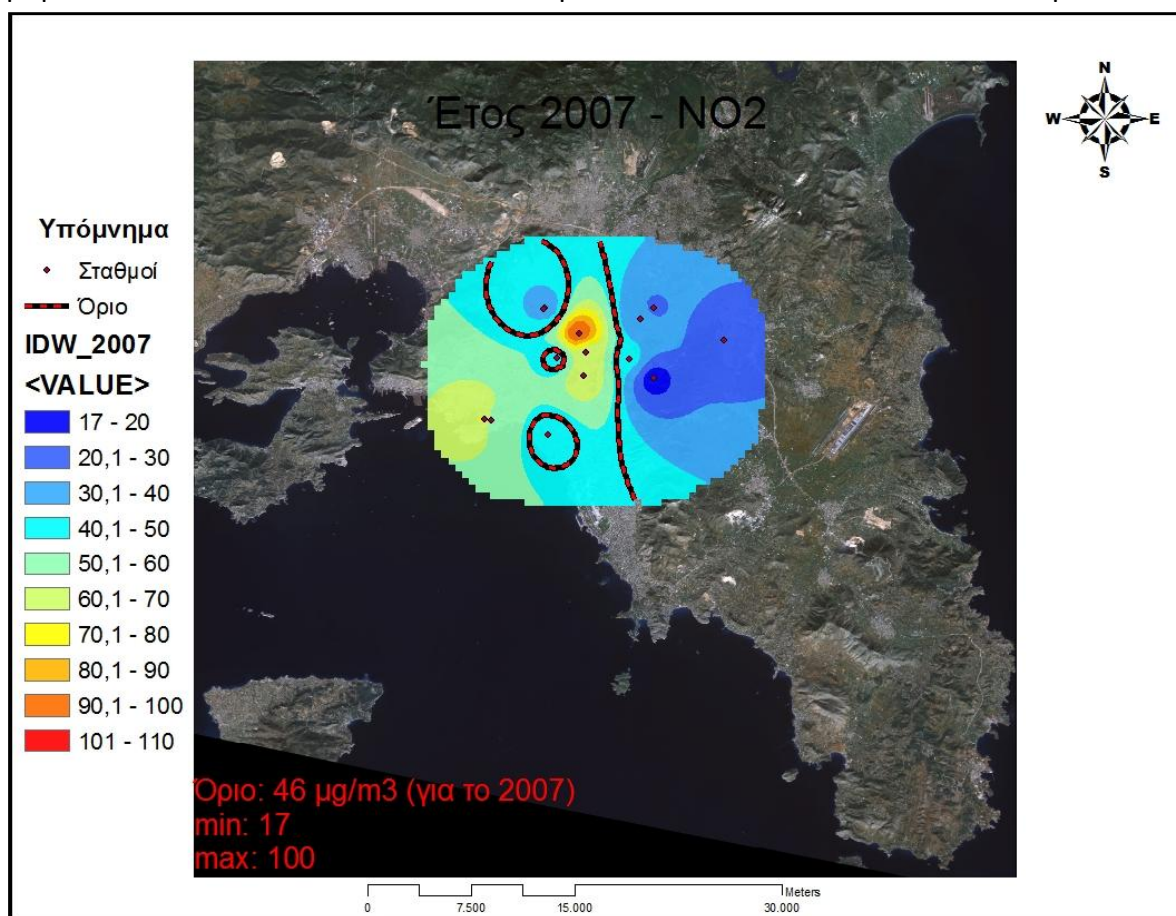


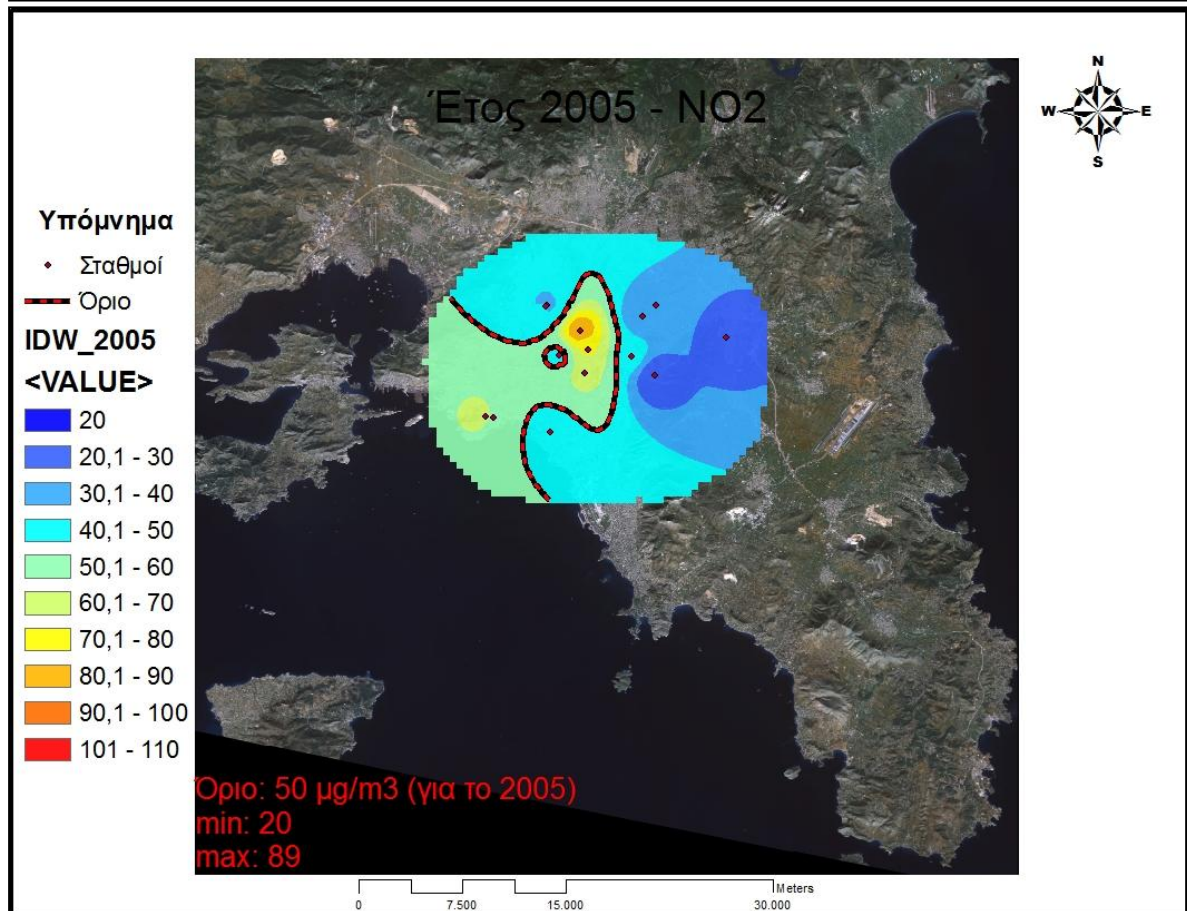
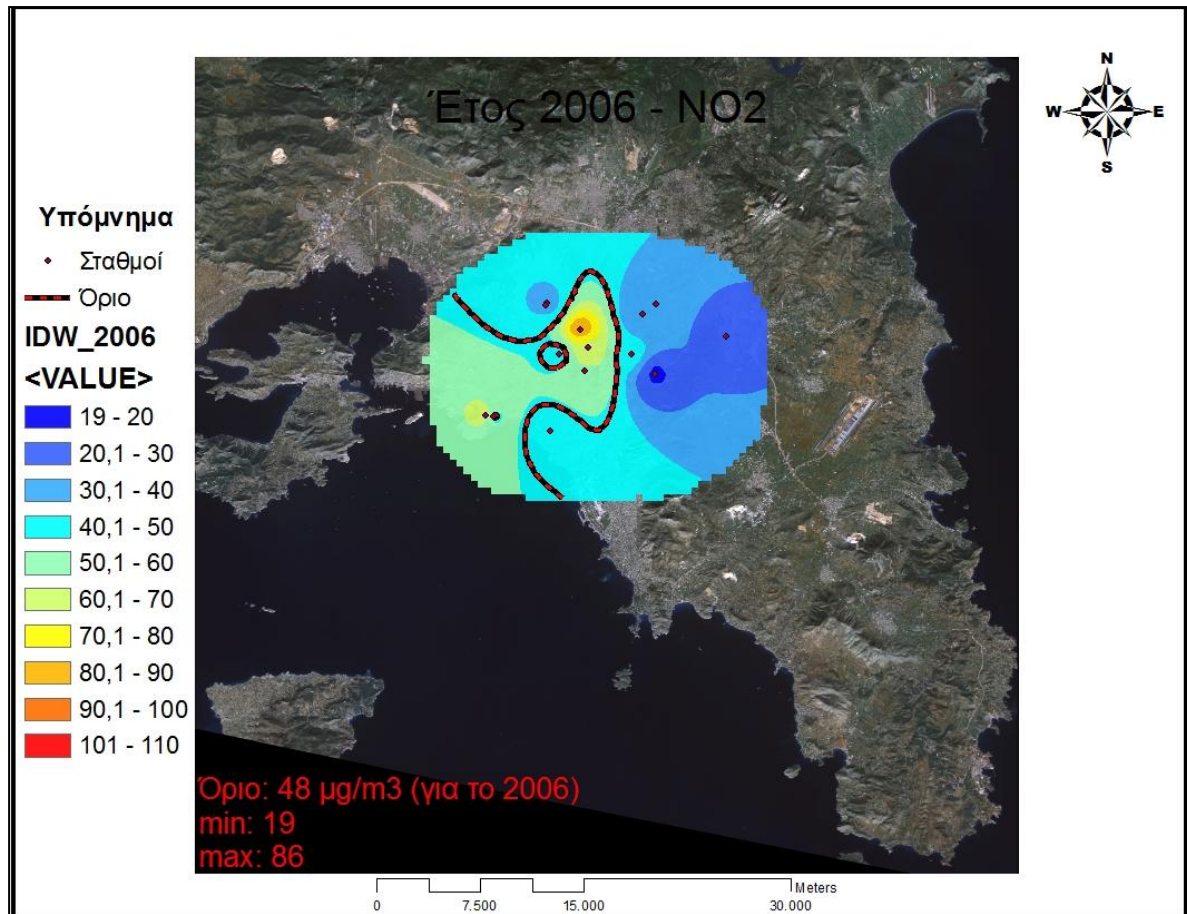


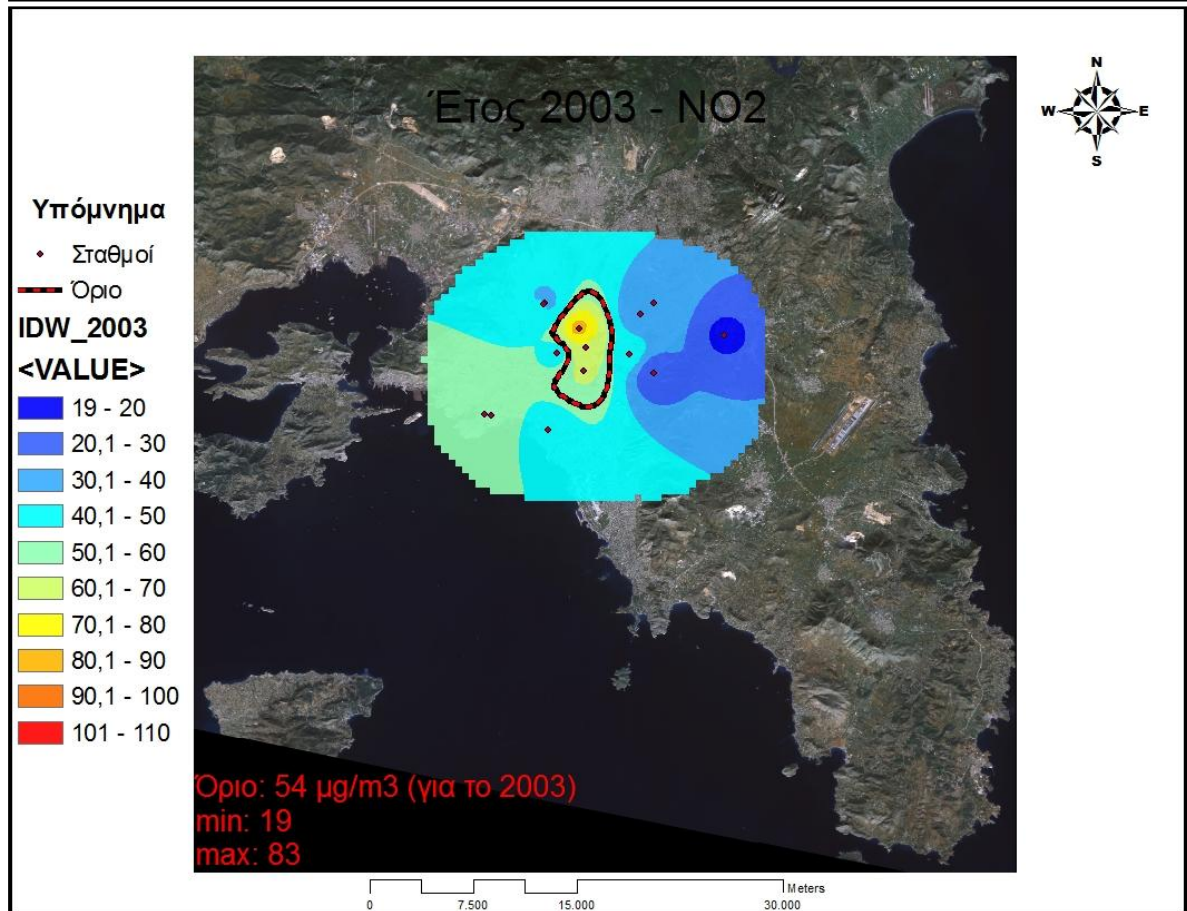
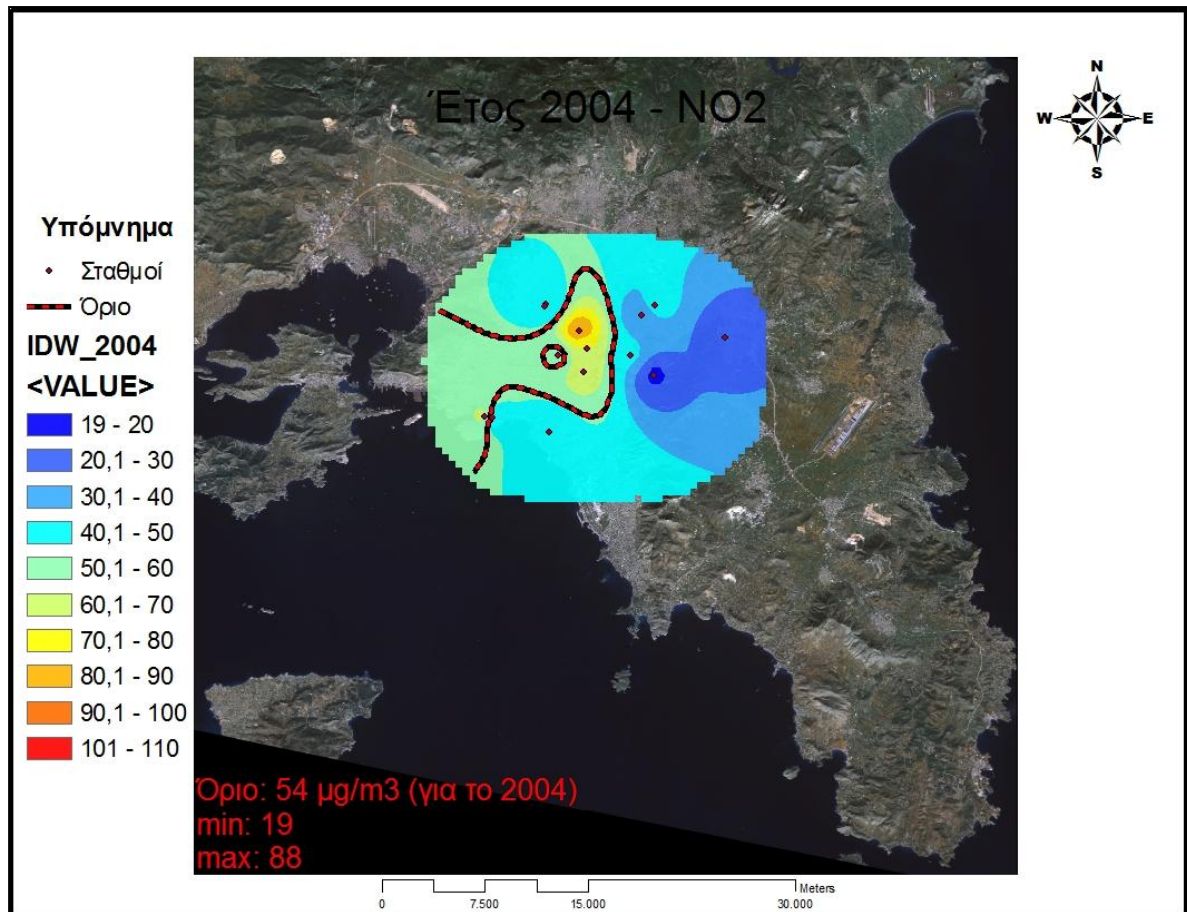


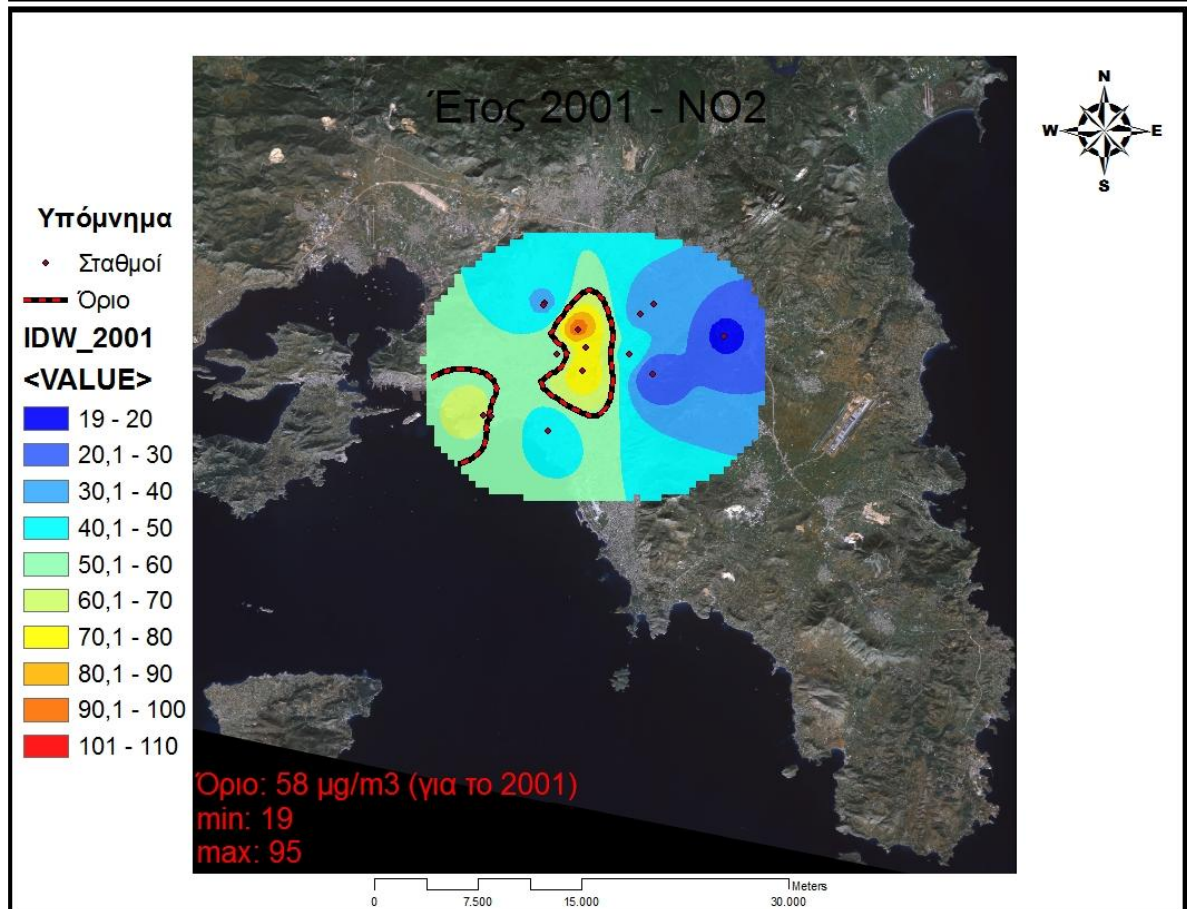
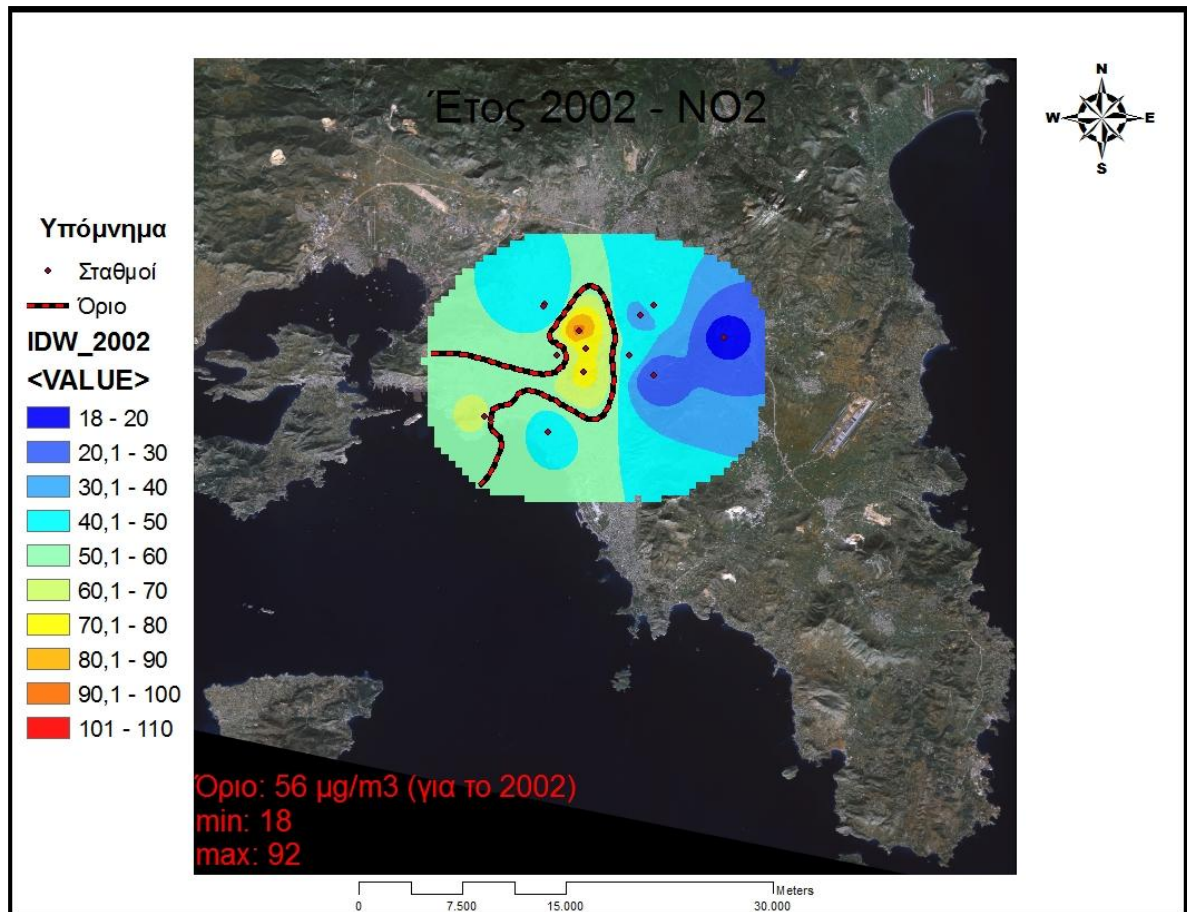
- **NO₂ (Διοξείδιο του Αζώτου)**

Στα παρακάτω σχήματα, μπορούμε να παρατηρήσουμε την εξέλιξη του διοξειδίου του αζώτου (NO₂) κατά τη διάρκεια 2001 – 2007, στην περιοχή της Αττικής. Διακρίνεται το μέγιστο επιτρεπτό όριο καθώς και η ελάχιστη και μέγιστη ετήσια τιμή που καταγράφηκε από τους σταθμούς μέτρησης. Στα αριστερά του χάρτη έχουμε την κλίμακα των τιμών, που κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε ένα εύρος τιμών. Τέλος, η μαύρη – κόκκινη γραμμή διαχωρίζει τις περιοχές που ξεπερνούν το μέγιστο επιτρεπτό όριο.



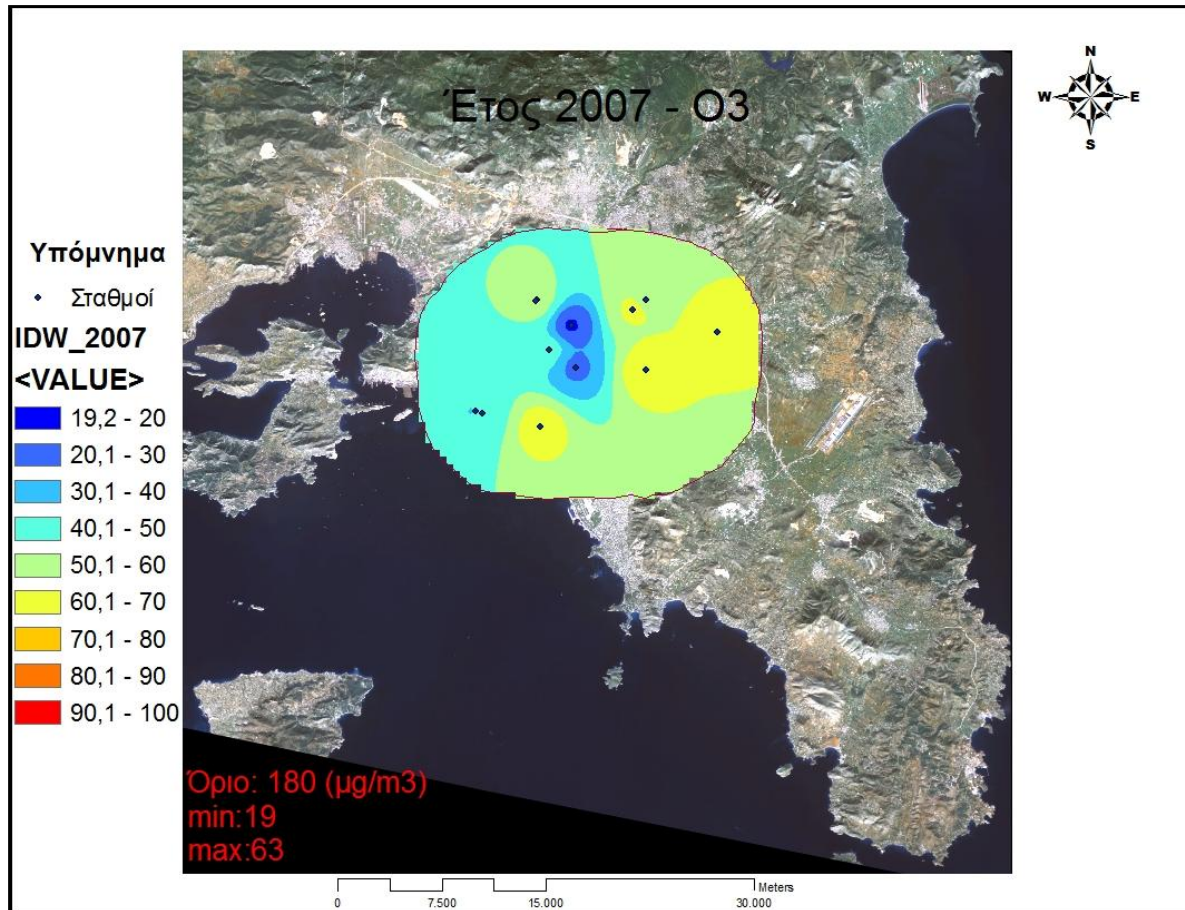


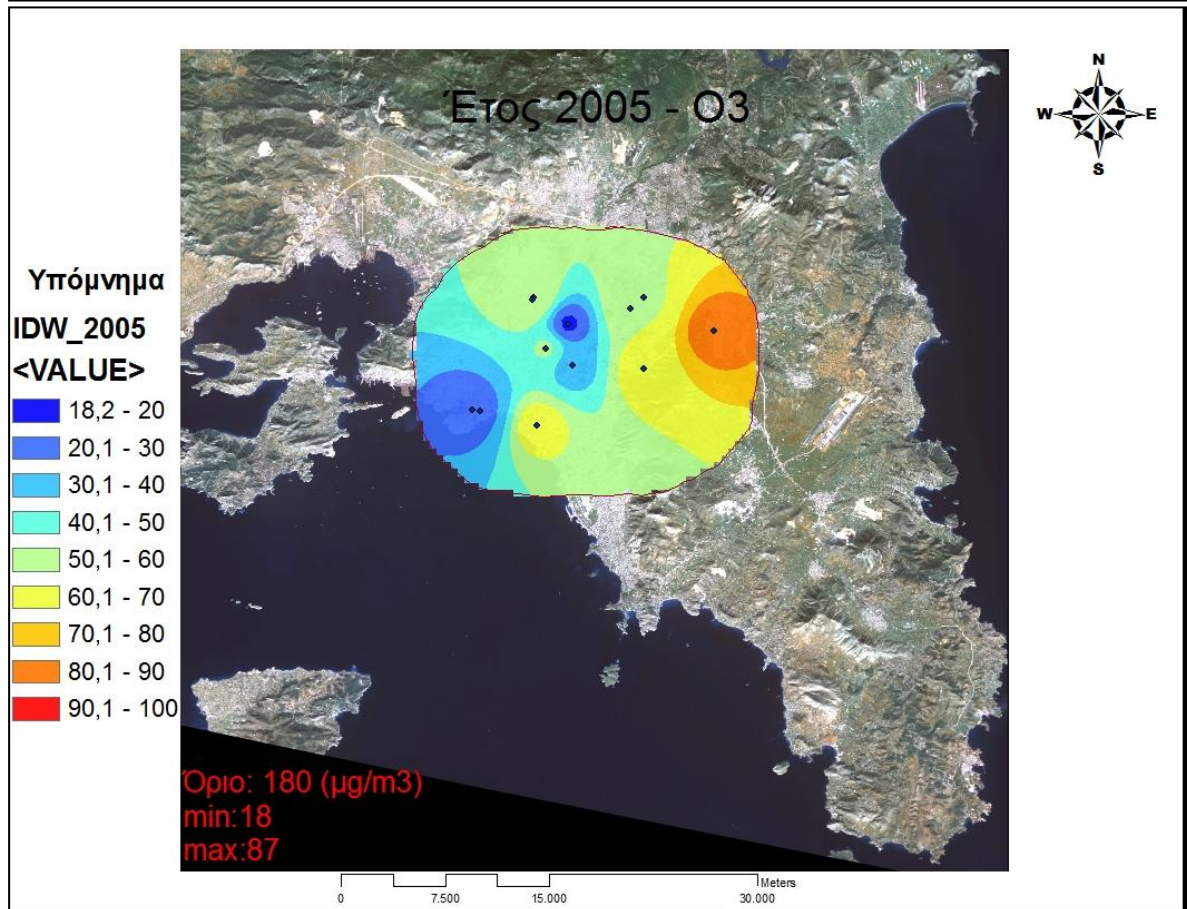
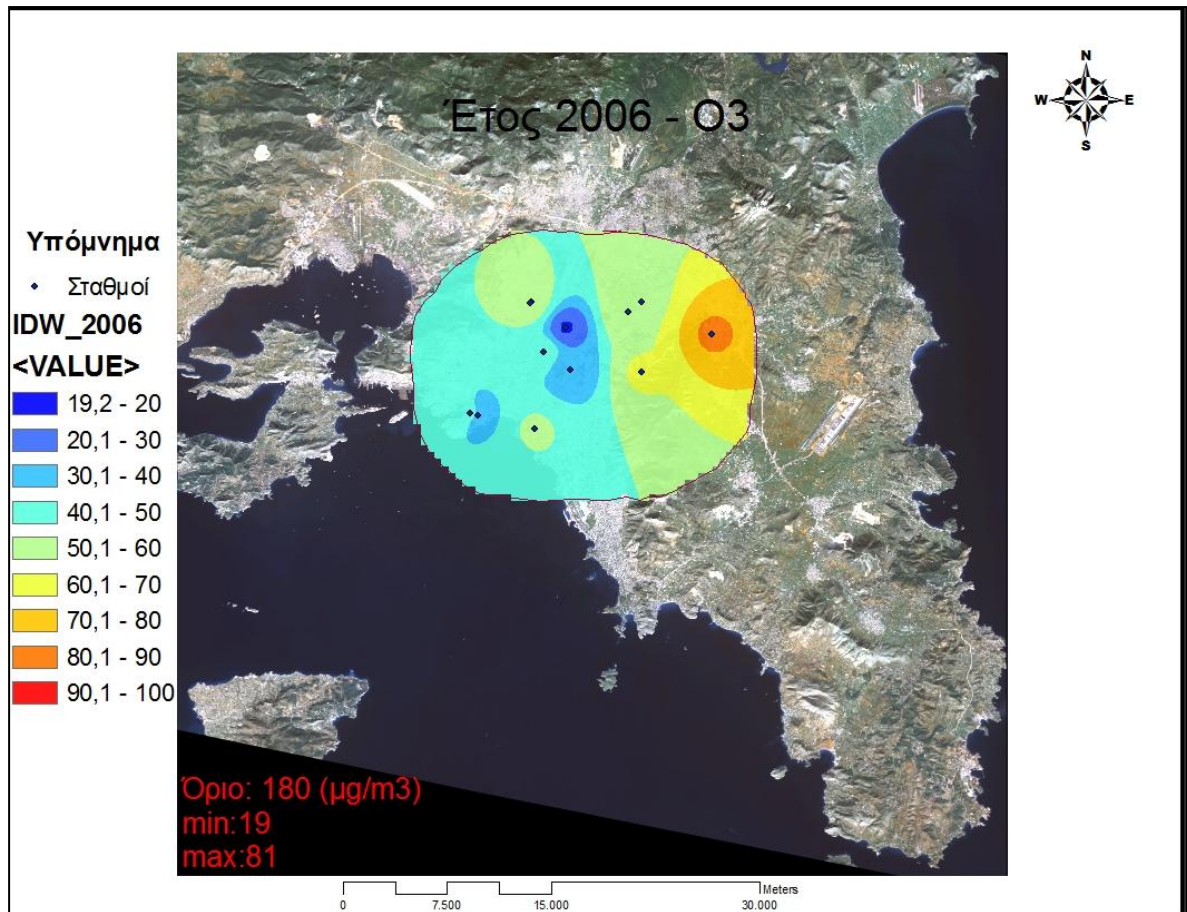


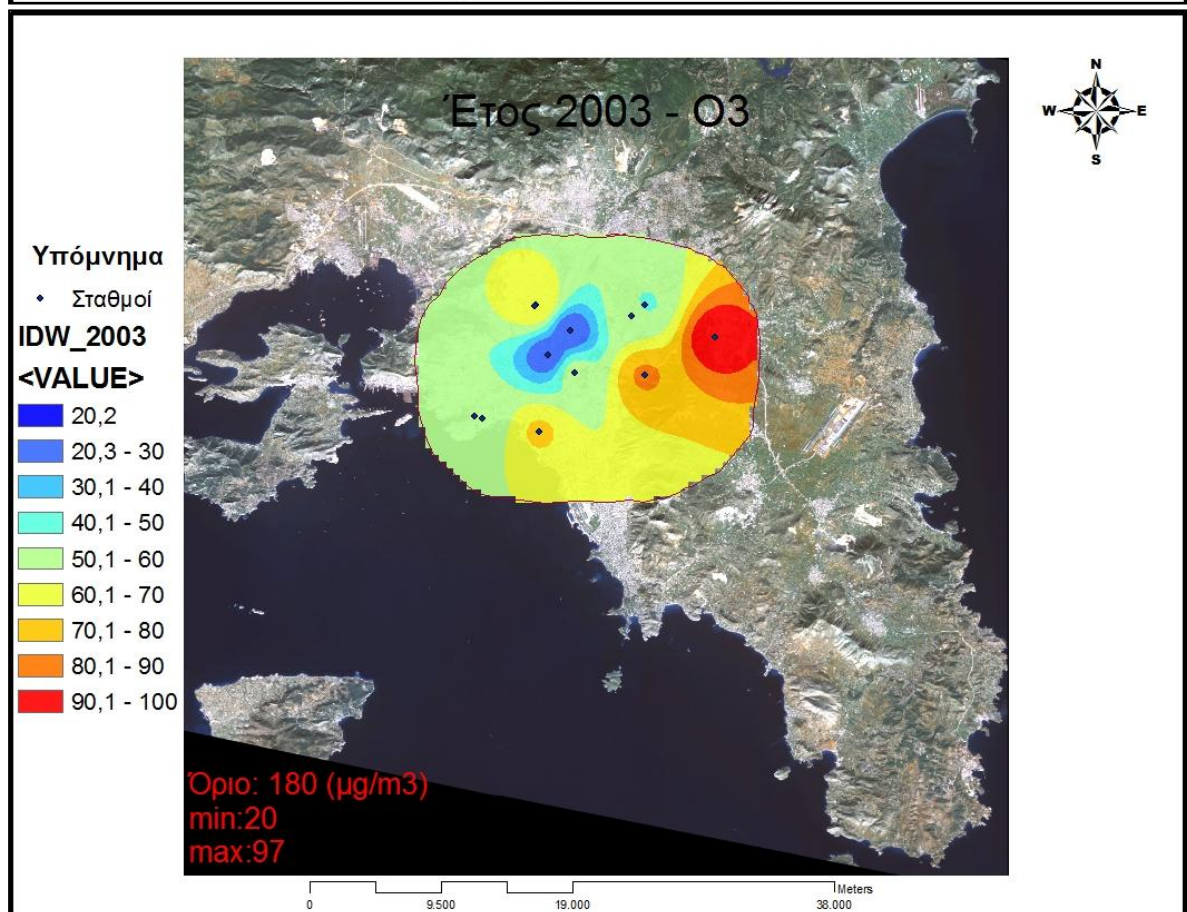
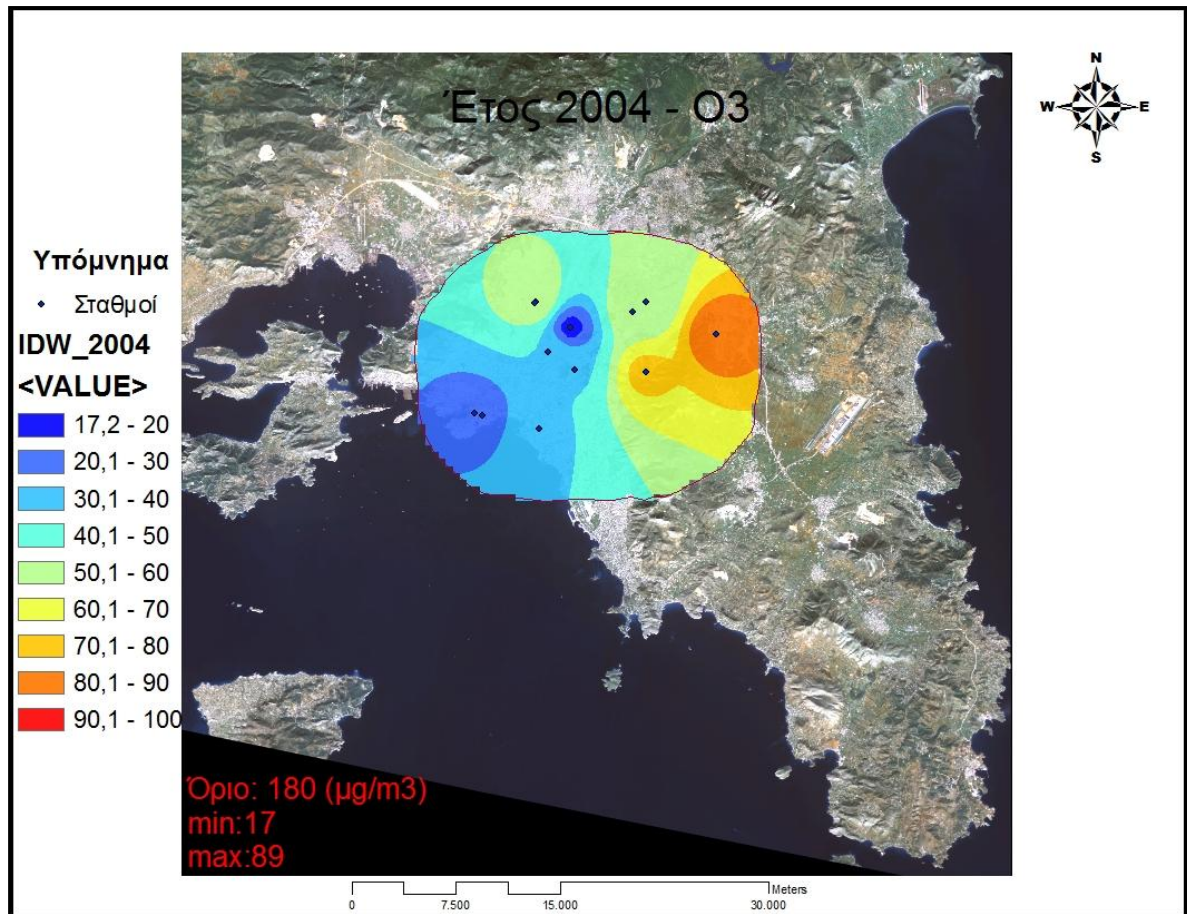


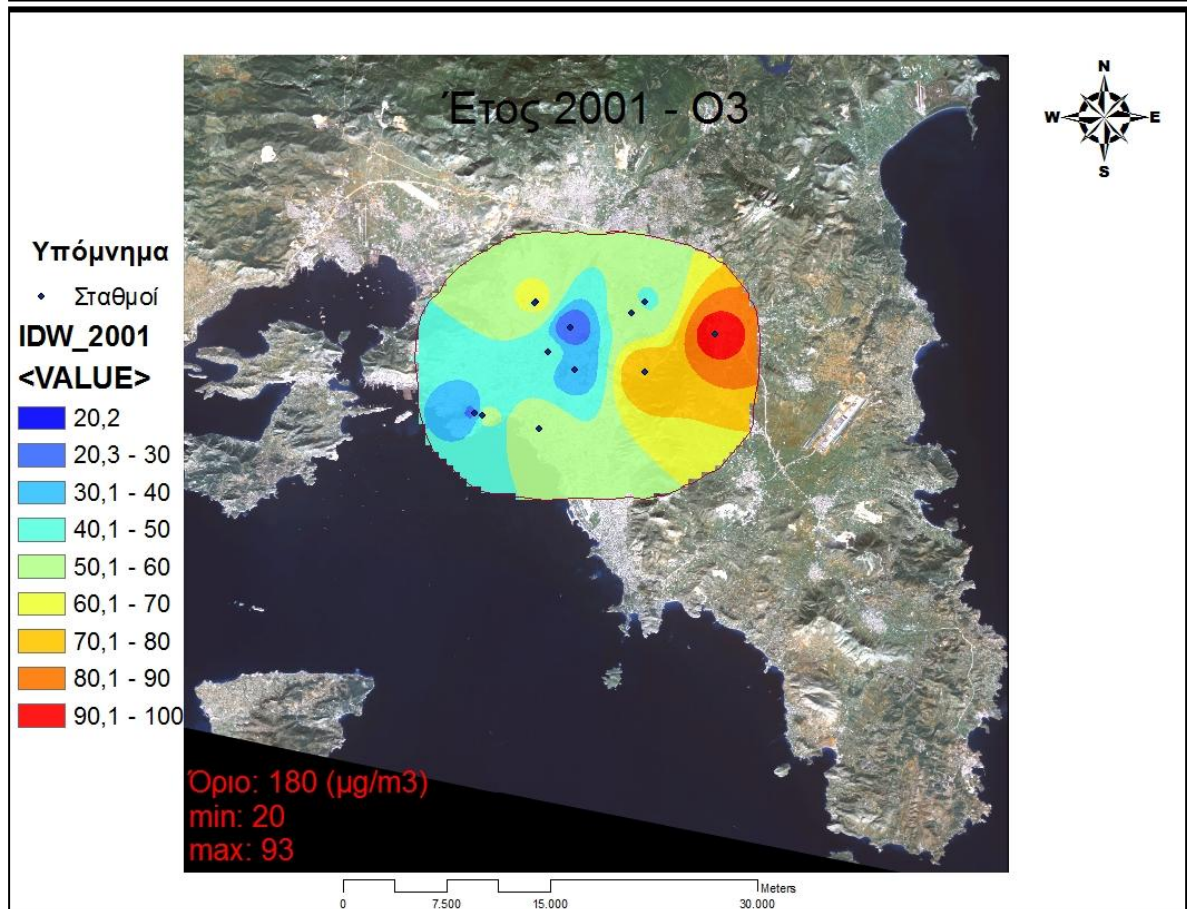
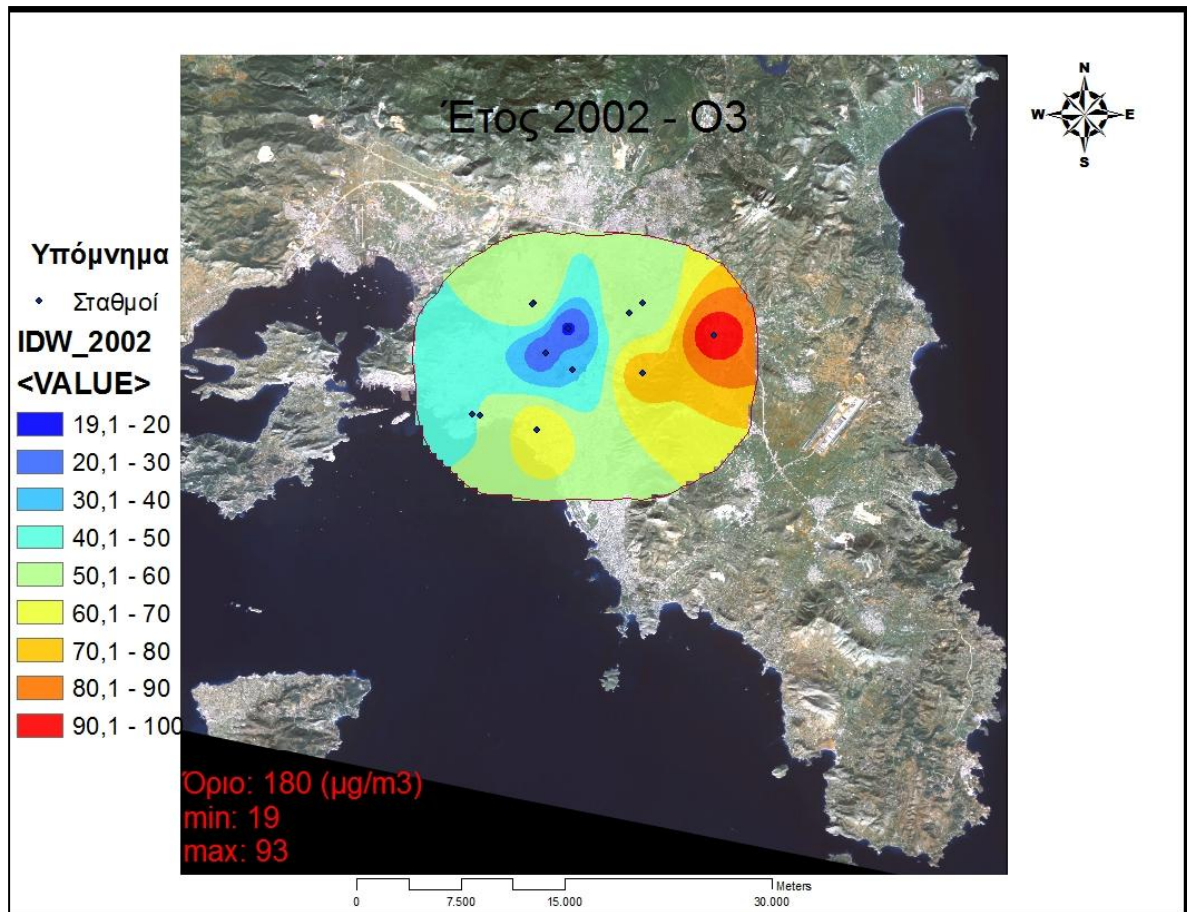
- O_3 (Όζον)

Στα παρακάτω σχήματα, μπορούμε να παρατηρήσουμε την εξέλιξη του όζοντος (O_3) κατά τη διάρκεια 2001 – 2007, στην περιοχή της Αττικής. Διακρίνεται το μέγιστο επιτρεπτό όριο καθώς και η ελάχιστη και μέγιστη ετήσια τιμή που καταγράφηκε από τους σταθμούς μέτρησης. Στα αριστερά του χάρτη έχουμε την κλίμακα των τιμών, που κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε ένα εύρος τιμών.



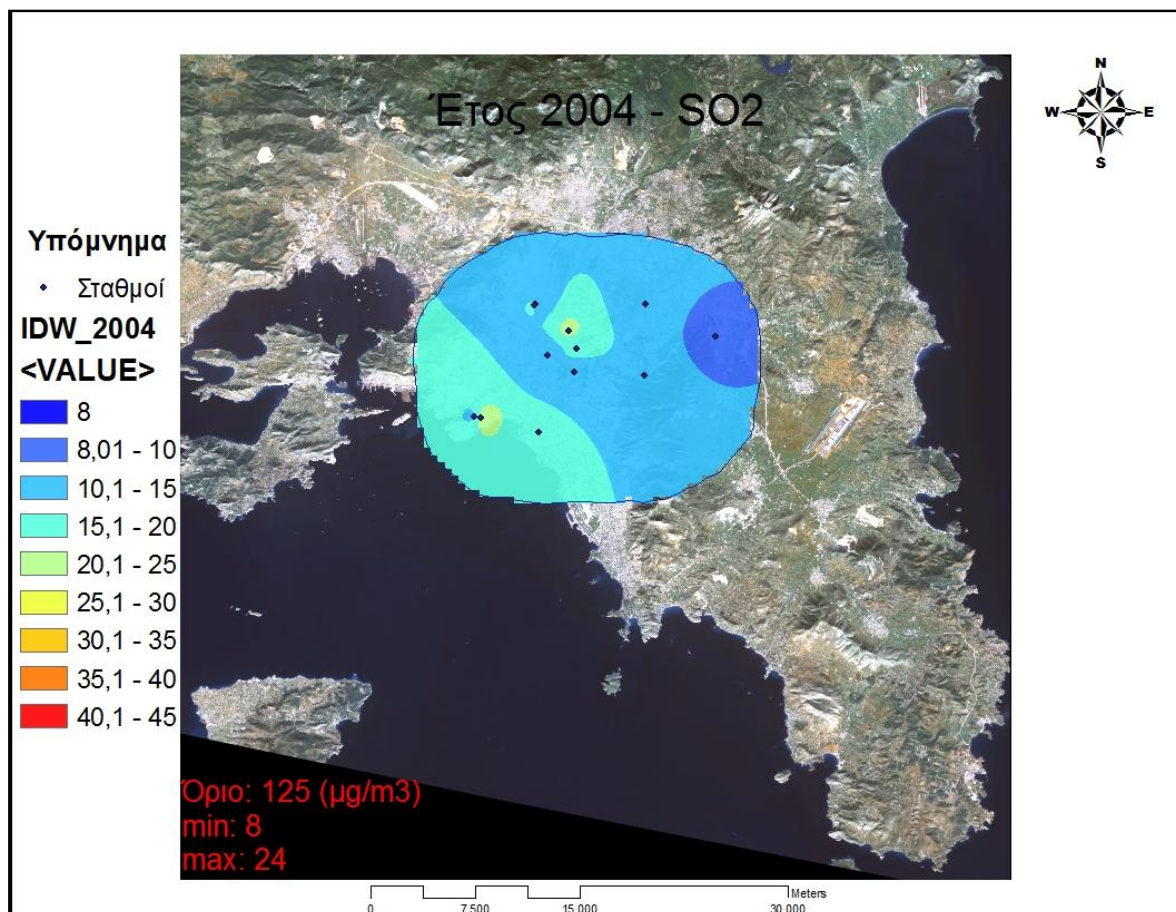


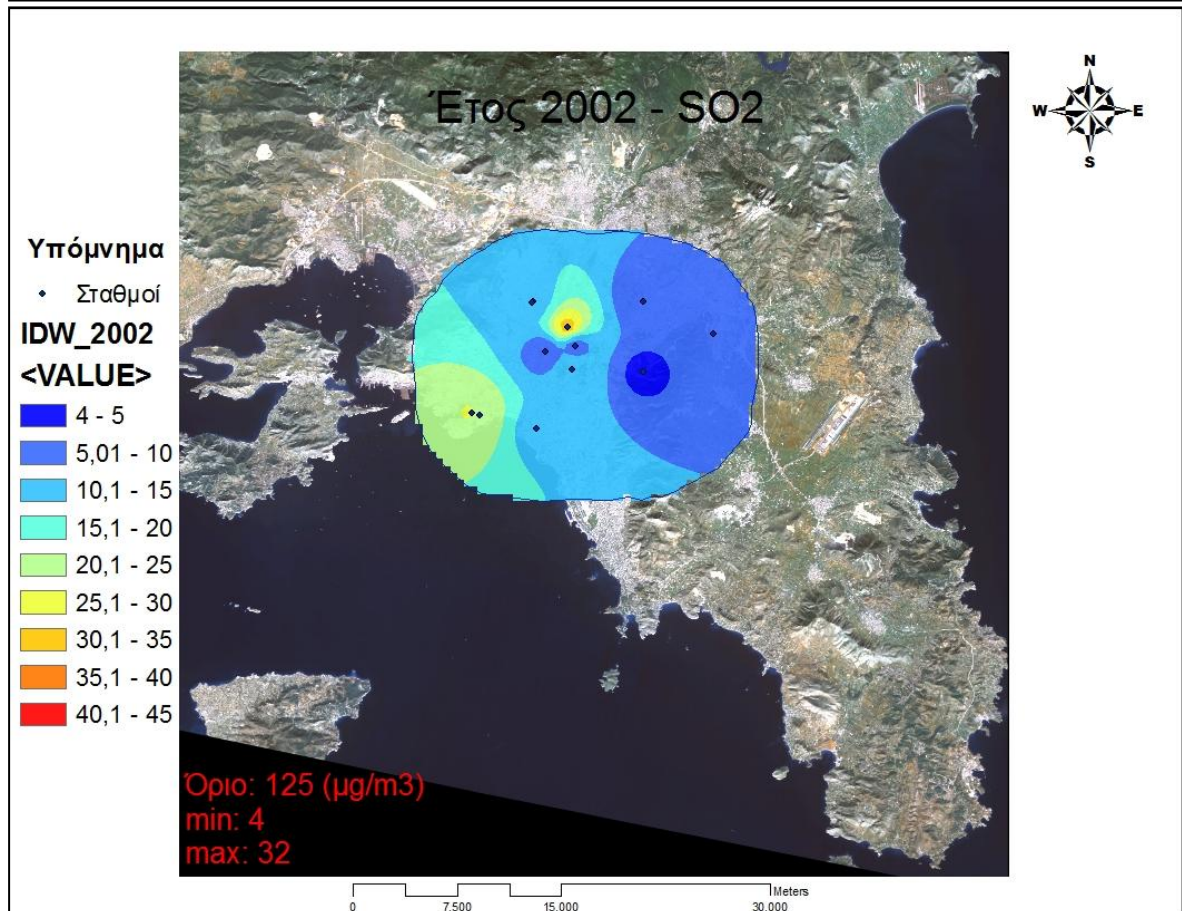
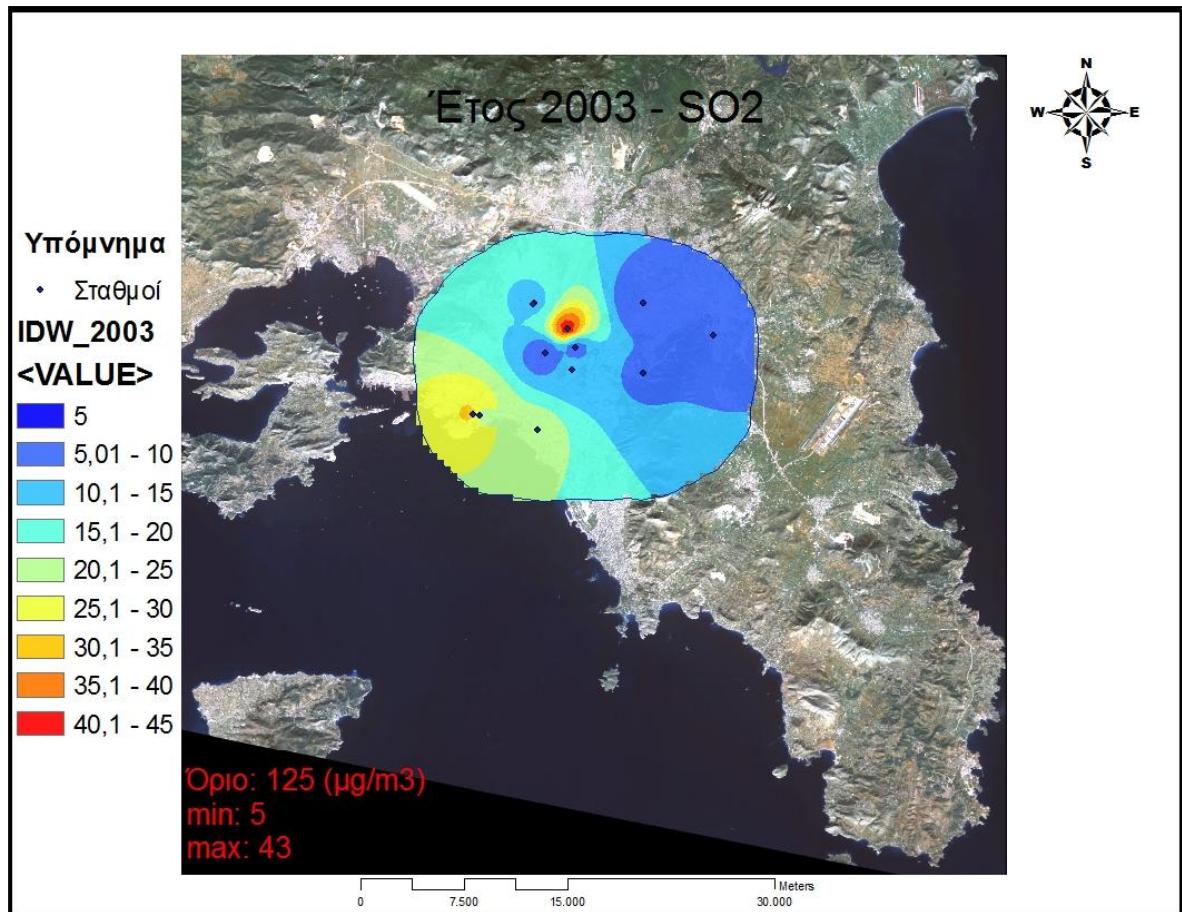


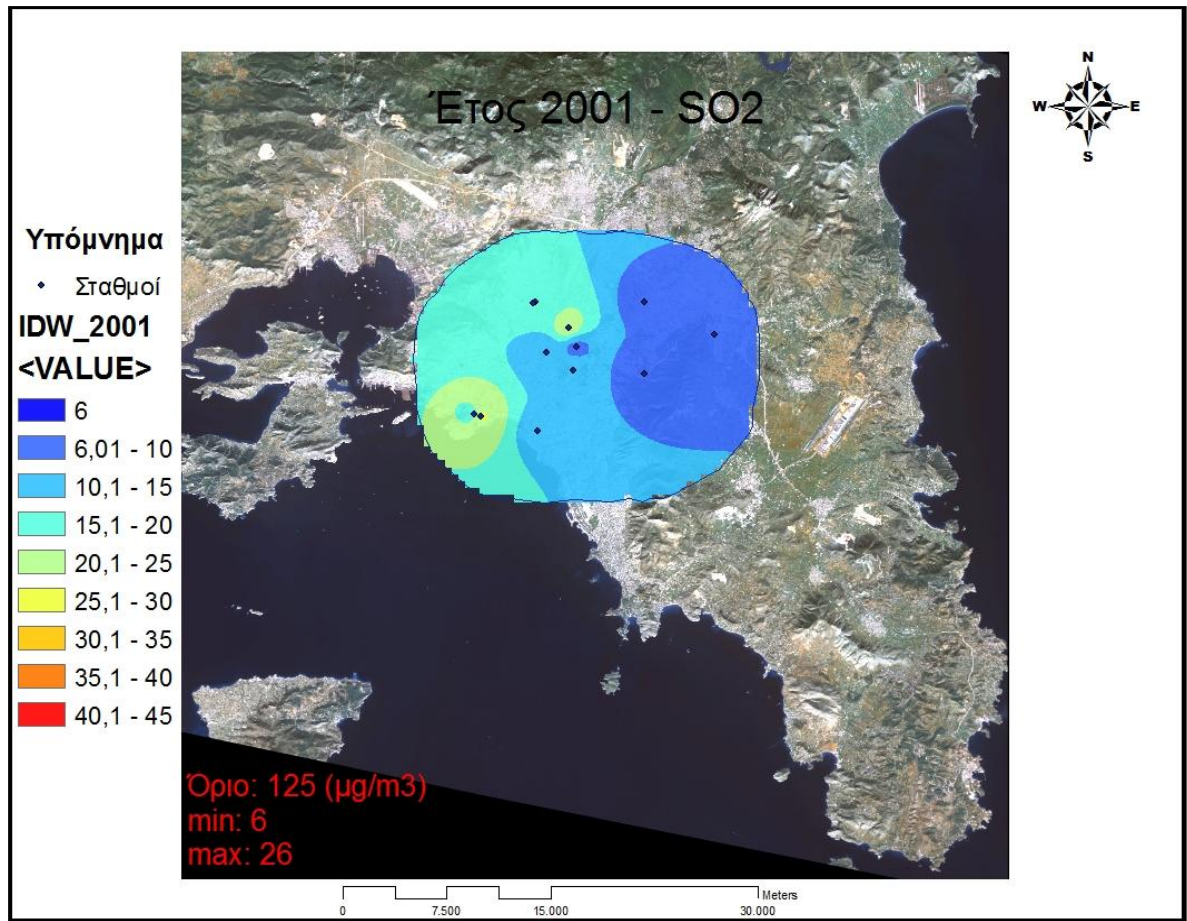


- **SO₂ (Διοξείδιο του Θείου)**

Στα παρακάτω σχήματα, μπορούμε να παρατηρήσουμε την εξέλιξη του διοξειδίου του θείου (SO₂) κατά τη διάρκεια 2001 – 2004, στην περιοχή της Αττικής. Διακρίνεται το μέγιστο επιτρεπτό όριο καθώς και η ελάχιστη και μέγιστη ετήσια τιμή που καταγράφηκε από τους σταθμούς μέτρησης. Στα αριστερά του χάρτη έχουμε την κλίμακα των τιμών, που κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε ένα εύρος τιμών.







5.7 Σχολιασμός των Χαρτών Απόδοσης

5.7.1 Αιωρούμενα σωματίδια ($ΑΣ_{10}$)

Για την ανάλυση των χωρικών δεδομένων των αιωρούμενων σωματιδίων χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες ετήσιες τιμές συγκεντρώσεων από πέντε σταθμούς μέτρησης (σταθμός Αριστοτέλους, Ζωγράφου, Αγ. Παρασκευής, Λυκόβρυσης και Αμαρουσίου) στην περιοχή της Αττικής και αφορούν τα έτη 2001 – 2007. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο των μικροσωματιδίων είναι $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Για το έτος 2001 μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι παρουσιάζεται μια ελάχιστη τιμή ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) στο σταθμό του Ζωγράφου και μια μέγιστη ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) στο σταθμό της Λυκόβρυσης. Γενικά οι τιμές φαίνονται να είναι πάνω από το επιτρεπτό όριο σε όλη την περιοχή μελέτης εκτός της περιοχής που βρίσκεται γύρω από το σταθμό του Ζωγράφου (ανατολικά του χάρτη) που η τιμή της συγκέντρωσης των σωματιδίων κυμαίνεται μεταξύ $35-39 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Στην περιοχή της Λυκόβρυσης και του Αμαρουσίου (βόρεια και ανατολικά στο χάρτη) φαίνεται να επικρατούν οι μεγαλύτερες τιμές που κυμαίνονται μεταξύ των $55-60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Για το έτος 2002 παρατηρείται μέγιστη τιμή $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό Αμαρουσίου που είναι και η μεγαλύτερη που καταγράφηκε σε όλους τους σταθμούς και για όλα τα έτη. Η ελάχιστη τιμή ήταν $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό της Αγ. Παρασκευής. Γύρω από το σταθμό του Αμαρουσίου και της Λυκόβρυσης παρατηρούνται αυξητικές τάσεις των τιμών, στο σταθμό της Αγ. Παρασκευής πτωτικές τάσεις ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς τάσεις ισορροπίας.

Το έτος 2003 έχουμε τάσεις σταθεροποίησης των τιμών σε όλους τους σταθμούς. Η μέγιστη τιμή καταγράφεται στο σταθμό της Λυκόβρυσης ($59 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ενώ η ελάχιστη στο σταθμό Ζωγράφου ($34 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Η μεγαλύτερη μείωση των τιμών παρατηρείται στην περιοχή του Αμαρουσίου.

Το 2004 οι τιμές στο σταθμό του Αμαρουσίου συνεχίζουν την πτωτική τους τάση κατέχοντας και την ελάχιστη τιμή, αυτή των $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέγιστη τιμή παρουσιάζεται ξανά στην περιοχή της Λυκόβρυσης ($63 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ενώ οι υπόλοιποι σταθμοί δεν παρουσιάζουν κάποια ιδιαίτερη μεταβολή.

Για το 2005 ο σταθμός Ζωγράφου μειώνει περαιτέρω τις τιμές του παρουσιάζοντας και την ελάχιστη τιμή των $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ ο σταθμός Αμαρουσίου αυξάνει την τιμή του στα $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Παρόλα αυτά η μέγιστη τιμή του έτους καταγράφεται από δύο άλλους σταθμούς, της Λυκόβρυσης και της Αριστοτέλους με τιμή $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Το 2006 παρατηρείται η μικρότερη μέση ετήσια τιμή που καταγράφηκε μεταξύ του 2001-2007 στο σταθμό του Ζωγράφου, $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέγιστη είναι $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό της Λυκόβρυσης. Κάποια ιδιαίτερη μεταβολή δεν μπορεί να παρατηρηθεί

πέραν του σταθμού της Αγ. Παρασκευής που έχει μια αισθητή μείωση των τιμών (από 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ σε 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Τέλος το 2007 παρατηρούμε τάσεις μείωσης των τιμών, κυρίως της Αγ. Παρασκευής που ο σταθμός μέτρησης κατέγραψε την ελάχιστη τιμή των 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέγιστη τιμή παρέμεινε στο σταθμό της Λυκόβρυσης με τιμή 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Γενικά μπορούμε να επισημάνουμε ότι τα περισσότερα μέγιστα τιμών καταγράφηκαν στο σταθμό της Λυκόβρυσης ενώ τα περισσότερα ελάχιστα στο σταθμό του Ζωγράφου. Η μέγιστη τιμή παρατηρείται στο σταθμό Αμαρουσίου το έτος 2002 με τιμή 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ η ελάχιστη τιμή στο σταθμό του Ζωγράφου το 2006 με τιμή 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Οι περιοχές ανατολικά του χάρτη (Αγ. Παρασκευή, Ζωγράφου) παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές έναντι αυτών που βρίσκονται προς το κέντρο και βόρεια (Μαρούσι, Λυκόβρυση).

5.7.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Τα δεδομένα για την ανάλυση και εξαγωγή αποτελεσμάτων για το ρύπο CO αφορούν επτά σταθμούς (σταθμός Περιστερίου, Πατησίων, Γεωπονικής, Αμαρουσίου, Αθηνάς, Πειραιά_1, και της Νέας Σμύρνης) για τα έτη 1994-2007. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο για το συγκεκριμένο ρύπο είναι 10 mg/m^3 .

Το 1994 παρατηρούμε στο σταθμό του Αμαρουσίου να καταγράφεται η ελάχιστη τιμή των 1,6 mg/m^3 , ενώ τη μέγιστη (5,4 mg/m^3) στο σταθμό της Πατησίων. Γενικά σε όλους τους σταθμούς παρατηρούνται χαμηλές τιμές (κάτω των 3,5 mg/m^3) πέραν της περιοχής γύρω από το σταθμό Πατησίων.

Το 1995 έχουμε σε όλους τους σταθμούς μικρή μείωση των τιμών, ενώ παραμένει η ελάχιστη τιμή στο σταθμό Αμαρουσίου με 1,6 mg/m^3 . Η μέγιστη τιμή επίσης παραμένει στο σταθμό Πατησίων (5,1 mg/m^3) παρουσιάζοντας μικρή μείωση.

Το 1996 συνεχίζεται η μικρή πτώση των τιμών. Η ελάχιστη τιμή καταγράφεται πάλι στο σταθμό του Αμαρουσίου (1,5 mg/m^3) και η μέγιστη στο σταθμό Πατησίων, ελαφρώς μειωμένη (4,8 mg/m^3).

Το 1997 η μέγιστη τιμή καταγράφεται πάλι στο σταθμό Πατησίων, αυξημένη αυτή τη φορά, με τιμή 5,1 mg/m^3 , ενώ την ελάχιστη τιμή την κατέχει αυτή τη φορά ο σταθμός της Γεωπονικής (1,5 mg/m^3). Γενικά έχουμε μείωση και σταθεροποίηση των τιμών εκτός των σταθμών Περιστερίου και Αμαρουσίου που παρατηρείται μικρή αύξηση των τιμών.

Το επόμενο έτος (1998) καταγράφεται στο σταθμό Πατησίων η μέγιστη μέση τιμή όλων των χρόνων μεταξύ 1994-2007, αυτή των 5,6 mg/m^3 . Γενικότερα παρατηρείται μια πολύ μικρή αύξηση όλων των τιμών σε όλους τους σταθμούς. Η ελάχιστη τιμή είναι 1,7 mg/m^3 στο σταθμό της Γεωπονικής.

Το 1999 έχουμε ξανά μικρή μείωση των τιμών σε όλους τους σταθμούς, με μέγιστο το $5,0 \text{ mg/m}^3$ ξανά στο σταθμό Πατησίων και ελάχιστο το $1,7 \text{ mg/m}^3$ στο σταθμό της Γεωπονικής αλλά και της Νέας Σμύρνης.

Το 2000 συνεχίζεται η μικρή πτωτική τάση των τιμών σε όλους τους σταθμούς, εκτός αυτών της Γεωπονικής και του Αμαρουσίου. Η μέγιστη τιμή παρατηρείται στο σταθμό Πατησίων ($4,9 \text{ mg/m}^3$) και η ελάχιστη σε αυτόν του Περιστερίου ($1,3 \text{ mg/m}^3$).

Το 2001 παρατηρείται περαιτέρω μείωση των τιμών σε όλους τους σταθμούς. Το μέγιστο έχει πέσει πλέον στα $3,6 \text{ mg/m}^3$ στο σταθμό της Πατησίων, ενώ το ελάχιστο στα $0,8 \text{ mg/m}^3$ και καταγράφηκε σε δύο σταθμούς, αυτόν του Περιστερίου και αυτόν του Αμαρουσίου.

Το έτος 2002 είναι μια χρονιά με πολύ μικρές διακυμάνσεις. Παρόλα αυτά το μέγιστο των τιμών καταγράφεται πάλι στο σταθμό Πατησίων μειωμένο, με τιμή $3,3 \text{ mg/m}^3$. Το ελάχιστο παραμένει στο σταθμό του Περιστερίου στα ίδια επίπεδα ($0,8 \text{ mg/m}^3$).

Το 2003 παρουσιάζεται μείωση των τιμών σε όλους τους σταθμούς. Τα μέγιστα και τα ελάχιστα των τιμών παραμένουν στους ίδιους σταθμούς μειωμένα, με τιμές $2,9 \text{ mg/m}^3$ για το σταθμό Πατησίων και $0,7 \text{ mg/m}^3$ για το σταθμό Περιστερίου, αντίστοιχα.

Το 2004 φαίνεται να σταθεροποιούνται οι τιμές σε όλους τους σταθμούς. Η μέγιστη τιμή συνεχίζει να ανήκει στο σταθμό Πατησίων ($2,9 \text{ mg/m}^3$) και η ελάχιστη ($0,8 \text{ mg/m}^3$) στους σταθμούς του Περιστερίου και του Αμαρουσίου.

Το 2005 έχουμε σταθεροποίηση και πολύ μικρή μείωση τιμών. Το μέγιστο παραμένει στο σταθμό Πατησίων ($2,7 \text{ mg/m}^3$) και το ελάχιστο ($0,7 \text{ mg/m}^3$) στους σταθμούς Περιστερίου και Αμαρουσίου.

Το έτος 2006 και το 2007 έχουν παραπλήσιες τιμές με το έτος 2005. Παρατηρούνται πολύ μικρές διακυμάνσεις, αλλά γενικά υπάρχει τάση μείωσης των τιμών. Η μέγιστη τιμή καταγράφεται ξανά στο σταθμό Πατησίων με τιμή $2,5 \text{ mg/m}^3$ για το 2006 και $2,4 \text{ mg/m}^3$ για το 2007. Η ελάχιστη τιμή που είναι και η μικρότερη που έχει καταγραφεί στα έτη 1994-2007 είναι σταθερή στα $0,7 \text{ mg/m}^3$ και ανήκει στους σταθμούς Περιστερίου και Αμαρουσίου.

Γενικά, οι τιμές που καταγράφηκαν σε όλα τα χρόνια μεταξύ 1994-2007 είναι πολύ χαμηλότερες του επιτρεπτού ορίου. Οι πιο υψηλές τιμές καταγράφηκαν στο σταθμό της Πατησίων, οι οποίες βεβαίως μειώθηκαν πολύ κατά το πέρασμα των χρόνων. Οι άλλοι σταθμοί κατέγραφαν γενικά παρόμοιες τιμές. Εντούτοις,

ξεχώρισαν οι σταθμοί του Περιστερίου και του Αμαρουσίου που είχαν τις μικρότερες τιμές, αλλά γενικά υπήρχε σαφής μείωση των μέσων ετήσιων τιμών.

5.7.3 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για το ρύπο NO προέρχονται από μετρήσεις μέσων ετήσιων τιμών από δεκατέσσερις σταθμούς (Πατησίων, Αθηνών, Αριστοτέλους, Πειραιάς_1, Γεωπονική, Περιστέρι, Νέα Σμύρνη, Μαρούσι, Λιόσια, Λυκόβρυση, Ζωγράφου, Αγ. Παρασκευή, Πειραιάς_2, Γουδί) και αφορούν τα έτη 2001-2007.

Γενικά, παρουσιάζονται μεγάλες διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις NO ανάλογα με την περιοχή. Ειδικότερα παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση NO στα κεντρικά της περιοχής του χάρτη (σταθμός Πατησίων, Αριστοτέλους, Αθηνάς) και όσο απομακρυνόμαστε από τις κεντρικές περιοχές μειώνονται αισθητά οι τιμές συγκέντρωσης του NO. Ειδικά στις ανατολικότερες περιοχές (Ζωγράφου, Αγ. Παρασκευή) εμφανίζονται οι χαμηλότερες τιμές.

Πιο συγκεκριμένα, για το έτος 2001 το μέγιστο των τιμών εμφανίζεται στο σταθμό Πατησίων με τιμή $122 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ το ελάχιστο με τιμή $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στους σταθμούς του Ζωγράφου και της Αγ. Παρασκευής.

Αυτό ισχύει για όλα τα έτη, όπου στο σταθμό της Πατησίων έχουν καταγραφεί οι μέγιστες τιμές: για το 2002 το μέγιστο ήταν $132 \mu\text{g}/\text{m}^3$, για το 2003 ήταν $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$, για το 2004 ήταν $133 \mu\text{g}/\text{m}^3$, για το 2005 ήταν $137 \mu\text{g}/\text{m}^3$ που ήταν και η μεγαλύτερη τιμή που καταγράφηκε σε όλα τα έτη (2001-2007), για το 2006 ήταν $121 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και τέλος για το 2007 ήταν $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Παρόμοια συμβαίνει και με τις ελάχιστες τιμές, με τον σταθμό της Αγ. Παρασκευής να κατέχει τις χαμηλότερες τιμές. Έτσι το 2002 η ελάχιστη τιμή ήταν $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (την ίδια τιμή κατέγραψε και ο σταθμός Ζωγράφου), το 2003 ήταν $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ που είναι και η χαμηλότερη τιμή που εμφανίστηκε σε όλα τα έτη (2001-2007), το 2004 ήταν $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (την ίδια τιμή κατέγραψε και ο σταθμός του Ζωγράφου), το 2005, το 2006 και το 2007 ήταν επίσης $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (το 2007 την ίδια τιμή κατέγραψε και ο σταθμός του Ζωγράφου).

Παρατηρούμε ότι υπάρχουν πολλές αυξομειώσεις στις τιμές συγκεντρώσεων του NO από έτος σε έτος όσων αφορά τους σταθμούς που δίνουν τις ενδιάμεσες τιμές, παρόλα αυτά παρατηρούνται στους περισσότερους εξ αυτών τάσεις μείωσης και σταθεροποίησης των τιμών.

5.7.4 Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂)

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για το ρύπο NO₂ αφορούν μετρήσεις από δεκατέσσερις σταθμούς (Πατησίων, Αθηνάς, Αριστοτέλους, Πειραιάς_1, Γεωπονική,

Περιστερί, Νέα Σμύρνη, Μαρούσι, Λιόσια, Λυκόβρυση, Ζωγράφου, Αγ. Παρασκευή, Πειραιάς_2, Γουδί) για τα έτη 2001-2007. Το επιτρεπτό όριο ποικίλει ανάλογα με το έτος που εξετάζουμε. Έτσι για το 2001 το όριο είναι $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, για το 2002 είναι $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, για το 2003 είναι $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$, για το 2004 είναι $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$, για το 2005 είναι $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, το 2006 είναι $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και τέλος το 2007 είναι $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Πιο αναλυτικά για το 2001 η μέγιστη τιμή που καταγράφηκε ήταν $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό Πατησίων, ενώ η ελάχιστη τιμή ήταν $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό της Αγ. Παρασκευής. Οι σταθμοί Πατησίων, Αθηνάς, Αριστοτέλους και Πειραιάς_1 ξεπερνούν το επιτρεπτό όριο ενώ οι υπόλοιποι όχι.

Για το έτος 2002 η μέγιστη τιμή ήταν στο σταθμό Πατησίων με τιμή $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ η ελάχιστη στο σταθμό της Αγ. Παρασκευής με τιμή $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Το επιτρεπτό όριο υπερβαίνουν οι σταθμοί Πατησίων, Αθηνάς, Αριστοτέλους, Πειραιάς_1 ενώ οι υπόλοιποι δεν το ξεπέρασαν. Το 2003 παρουσιάζει γενικά χαμηλότερες τιμές. Η μέγιστη τιμή συνεχίζει να καταγράφεται στο σταθμό Πατησίων με τιμή $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και η ελάχιστη στο σταθμό της Αγ. Παρασκευής με τιμή $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Οι σταθμοί Πατησίων, Αθηνάς και Αριστοτέλους ξεπερνούν το ανώτατο επιτρεπτό όριο, οριακά δεν το ξεπερνούν οι σταθμοί του Πειραιά_1 και του Πειραιά_2 με τιμή $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ οι υπόλοιποι παραμένουν κάτω από το όριο.

Από το έτος 2004-2007 μικρές είναι οι αυξομειώσεις που καταγράφονται στις τιμές των σταθμών, αλλά επειδή το ανώτατο επιτρεπτό όριο μειώνεται κάθε χρόνο είναι μερικοί σταθμοί που οι τιμές ξεπερνούν αυτό το όριο ή καταγράφουν τιμές πολύ κοντά σε αυτό. Ο σταθμός Πατησίων συνεχίζει να καταγράφει τις υψηλότερες τιμές, έτσι το 2004 είχε τιμή $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$, το 2005 είχε τιμή $89 \mu\text{g}/\text{m}^3$, το 2006 είχε τιμή $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ το 2007 κατέγραψε την υψηλότερη τιμή αυτή των $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Οι ελάχιστες τιμές πλέον ανήκουν στο σταθμό Ζωγράφου που κατέγραψε για το 2004 τιμή $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, για το 2005 τιμή $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, για το 2006 τιμή $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ για το 2007 την μικρότερη που έχει καταγραφεί αυτή των $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Οι σταθμοί Πατησίων, Αθηνάς, Αριστοτέλους και Πειραιάς_1 ξεπερνούσαν σταθερά το επιτρεπτό όριο σε αυτά τα χρόνια, ενώ ο σταθμός Πειραιάς_2 το ξεπέρασε μόνο για το έτος 2007. Οριακά δεν το ξεπέρασε και το 2005 με τιμή $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι αυξημένες συγκεντρώσεις του ρύπου NO_2 παρατηρούνται στις κεντρικές περιοχές του χάρτη (περιοχή Πατησίων, Αθηνάς, Αριστοτέλους) και προς τα δυτικά (περιοχή Πειραιάς_1). Ενώ ανατολικά του χάρτη (περιοχή Ζωγράφου, Αγ. Παρασκευής) οι συγκεντρώσεις είναι αισθητά χαμηλότερες.

5.7.5 Όζον (O₃)

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για το δευτερογενή ρύπο O₃ είναι μετρήσεις μέσων ετήσιων τιμών που προέρχονται από δώδεκα σταθμούς στο Λεκανοπέδιο της Αττικής (Πατησίων, Αθηνάς, Πειραιάς_1, Γεωπονική, Περιστερί, Νέα Σμύρνη, Μαρούσι, Λιόσια, Λυκόβρυση, Ζωγράφου, Αγ. Παρασκευή, Πειραιάς_2) και αφορούν τις χρονιές 2001-2007. Το όριο ενημέρωσης του κοινού είναι 180 μg/m³.

Γενικά μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι υψηλότερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται στις ανατολικές περιοχές του χάρτη (σταθμοί Αγ. Παρασκευής, Ζωγράφου), ενώ οι χαμηλότερες στις κεντρικές περιοχές (σταθμός Πατησίων). Παρουσιάζονται αρκετές διακυμάνσεις και σημαντικές αυξομειώσεις στις υπόλοιπες περιοχές που αφορούν τις χρονιές 2001-2007.

Πιο συγκεκριμένα, ο σταθμός Πατησίων κατέγραψε όλες τις χρονιές τις χαμηλότερες τιμές. Το 2001 και το 2003 η μέση ετήσια τιμή ήταν 20 μg/m³, το 2002, το 2006 και το 2007 ήταν 19 μg/m³, το 2005 ήταν 18 μg/m³ ενώ η μικρότερη μέση τιμή που καταγράφηκε ήταν 17 μg/m³ το 2004.

Αντίθετα, στις μέγιστες μέσες τιμές που καταγράφηκαν μπορούμε να διακρίνουμε μια πτώση. Στο σταθμό της Αγ. Παρασκευής το 2001 και το 2002 η μέγιστη τιμή ήταν 93 μg/m³ ενώ το 2003 ήταν η μεγαλύτερη μέση τιμή από όλα τα έτη, 97 μg/m³. Από το 2004, το 2005 και το 2006 έχουμε μια τάση μείωσης με τιμές 89 μg/m³, 87 μg/m³ και 81 μg/m³ αντίστοιχα. Η χαμηλότερη μέση τιμή καταγράφηκε το 2007 στο σταθμό του Ζωγράφου και ήταν 66 μg/m³.

5.7.6 Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για το SO₂ προέρχονται από μετρήσεις δώδεκα σταθμών (Πατησίων, Αθηνάς, Αριστοτέλους, Πειραιάς_1, Γεωπονική, Περιστερί, Νέα Σμύρνη, Μαρούσι, Λιόσια, Ζωγράφου, Αγ. Παρασκευή, Πειραιάς_2) κατά τη διάρκεια του 2001-2004. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο για το συγκεκριμένο ρύπο είναι 125 μg/m³.

Γενικά παρατηρούνται αρκετά χαμηλές τιμές του συγκεκριμένου ρύπου σε σχέση με το θεσμοθετημένο όριο. Το 2001 η μέγιστη μέση τιμή που καταγράφηκε είναι 26 μg/m³ στο σταθμό του Πειραιάς_2 ενώ η ελάχιστη είναι 6 μg/m³ στο σταθμό του Ζωγράφου.

Το 2002 στο σταθμό της Πατησίων έχουμε τη μέγιστη τιμή στα 32 μg/m³ και την ελάχιστη ξανά στο σταθμό του Ζωγράφου στα 4 μg/m³ που είναι η μικρότερη μέση τιμή που καταγράφηκε μεταξύ του 2001-2004.

Το έτος 2003 παρατηρούμε τη μεγαλύτερη μέση τιμή που καταγράφηκε τα συγκεκριμένα έτη $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ξανά στο σταθμό Πατησίων, ενώ η μικρότερη μέση τιμή ήταν $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό Αμαρουσίου.

Τέλος, το 2004 τη μέγιστη μέση τιμή την κατέγραψε ο σταθμός του Πειραιά_2 που ήταν $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και την ελάχιστη ο σταθμός της Αγ. Παρασκευής που ήταν $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Στους υπόλοιπους σταθμούς παρατηρούνται μικρές αυξομειώσεις με τάσης σταθεροποίησης.

5.8 Αξιολόγηση της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης της Αθήνας

Από τις συγκρίσεις των συγκεντρώσεων των μετρούμενων ρύπων με τα ισχύοντα όρια ποιότητας ατμόσφαιρας και τις οριακές ενδεικτικές τιμές που καθορίζονται στις Κοινοτικές Οδηγίες, προκύπτουν υπερβάσεις σε ορισμένους ρύπους. **Η κατάσταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ανά ρύπο, στην Αθήνα κατά το έτος 2007, ήταν:**

- **Αιωρούμενα σωματίδια $\text{A}\Sigma_{10}$:** Τα αιωρούμενα σωματίδια $\text{A}\Sigma_{10}$, παρουσιάζουν υπερβάσεις των ορίων στην πλειονότητα των σημείων μέτρησης. Είναι από τους ρύπους για τους οποίους πρόσφατα τέθηκαν όρια σε επίπεδο Ε.Ε. και αποτελούν πρόβλημα για τα περισσότερα κράτη μέλη.
- **Διοξείδιο του θείου (SO_2):** Ο ρύπος αυτός που παλαιότερα αποτελούσε πρόβλημα, έχει καταπολεμηθεί και δεν ξεπερνάει τα όρια σε καμιά θέση μέτρησης.
- **Διοξείδιο του αζώτου (NO_2):** Το διοξείδιο του αζώτου παρουσιάζει υπερβάσεις της ενδεικτικής μέσης ετήσιας τιμής και αν δεν μειωθούν οι τιμές τότε θα υπάρξει υπέρβαση και των ορίων που θα ισχύσουν από 1-1-2010.
- **Όζον (O_3):** Για το ρύπο αυτό, το 2007, παρουσιάστηκαν υπερβάσεις τόσο του ορίου ενημέρωσης όσο και του ορίου συναγερμού κατά κύριο λόγο στους περιφερειακούς σταθμούς μέτρησης. Οι υπερβάσεις αυτές οφείλονται κατά κύριο λόγο στη γεωγραφική θέση της χώρας (μεγάλη ηλιοφάνεια και υψηλές θερμοκρασίες, συνθήκες που ευνοούν το σχηματισμό του όζοντος) και παρουσιάζονται σε όλες τις νότιες χώρες της Ε.Ε.
- **Μονοξείδιο του άνθρακα (CO):** Για το 2007 δεν σημειώθηκε υπέρβαση της οριακής τιμής.
- **Μόλυβδος (Pb):** Ο μόλυβδος βρίσκεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα και δεν αποτελεί πρόβλημα.
- **Βενζόλιο:** Για το ρύπο αυτό δεν σημειώθηκε υπέρβαση της ενδεικτικής τιμής για το 2007. Αν δεν μειωθούν οι τιμές τότε θα υπάρξει υπέρβαση των ορίων που θα ισχύσουν από 1-1-2010.

5.9 Μηνιαία Μεταβολή για το Έτος 2008

Από τα διαγράμματα του Παραρτήματος IV συμπεραίνουμε, ότι οι ρύποι CO, NO, SO₂ (πρωτογενείς ρύποι), παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές τους μήνες του χειμώνα. Αυτή τη διακύμανση μπορούμε να την αποδώσουμε στη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης για το SO₂, ενώ για το CO στη μεγαλύτερη κυκλοφορία που παρατηρείται τους χειμερινούς μήνες και τις χειρότερες συνθήκες λειτουργίας των μηχανών των αυτοκινήτων (ξεκίνημα με κρύα μηχανή). Το βενζόλιο αν και πτητικός υδρογονάνθρακας παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές το χειμώνα, για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν για το CO, ενώ το καλοκαίρι παρουσιάζονται χαμηλότερες τιμές γιατί εκτός από τη μειωμένη κυκλοφορία μέρος του βενζολίου καταστρέφεται λόγω συμμετοχής του στις φωτοχημικές αντιδράσεις. Οι δευτερογενείς ρύποι όζον (O₃) και διοξείδιο του αζώτου (NO₂) παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές τους καλοκαιρινούς μήνες. Οι αυξημένες τιμές της συγκέντρωσης των δευτερογενών ρύπων και κυρίως του όζοντος τους καλοκαιρινούς μήνες οφείλονται στην αυξημένη ηλιοφάνεια των μηνών αυτών, δεδομένου ότι αυτοί οι ρύποι σχηματίζονται από φωτοχημικές διεργασίες στις οποίες καθοριστικό ρόλο παίζει η ηλιακή ακτινοβολία. Σαφή μηνιαία μεταβολή δεν παρουσιάζουν και οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων (AS₁₀, AS_{2.5}), λόγω των διαφόρων πηγών τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα από τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά προβλήματα που απασχολεί ολόκληρο το παγκόσμιο στερέωμα. Δεν αποτελεί ένα σύγχρονο περιβαλλοντικό πρόβλημα, αντιθέτως οι αρνητικές επιπτώσεις της στον πληθυσμό είναι πολλά χρόνια γνωστές. Στη συγκεκριμένη εργασία γίνεται μια προσπάθεια εξέτασης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε πολύ μικρότερη κλίμακα, με περιοχή μελέτης το Λεκανοπέδιο Αττικής.

Αντικείμενο της εργασίας αυτής, είναι η δυνατότητα εισαγωγής των ΓΣΠ για την αξιόπιστη χωρική απεικόνιση των επιπέδων της αέριας ρύπανσης στο Λεκανοπέδιο της Αττικής. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζεται η χωρική και χρονική κατανομή των συγκεντρώσεων των κυριότερων αέριων ρύπων για το χρονικό διάστημα 1984-2008 από τους 11 σταθμούς μέτρησης που διατηρεί η διεύθυνση ΕΑΡΘ του ΥΠΕΧΩΔΕ στην περιοχή της Αττικής. Προς αυτήν την κατεύθυνση, το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε και βοήθησε πολύ για την εξαγωγή αποτελεσμάτων χωρικής απεικόνισης ήταν τα ΓΣΠ και πιο συγκεκριμένα το ArcGIS 9.3. Τα αποτελέσματα έχουν τη μορφή χαρτών. Οι χάρτες πρόβλεψης προέκυψαν από την επεξεργασία κ ανάλυση των δεδομένων και μέσω της χρήσης της μεθόδου IDW. Η χρωματική απεικόνιση που χρησιμοποιείται στους χάρτες πρόβλεψης καθιστά τα ΓΣΠ ένα σημαντικό εργαλείο για την ορθή κατανόηση των επιπέδων αυτών και από μη ειδικούς (αρχές και κοινό) και συνεπώς αποτελούν μια πιθανή συνιστώσα ενός συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων σε θέματα ατμοσφαιρικής ποιότητας.

Με βάση τις μετρήσεις του Εθνικού δικτύου παρακολούθησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι δυνατόν να διατυπωθούν τα εξής κυριότερα συμπεράσματα:

Ρύποι για τους οποίους οι τιμές είναι κάτω από τα νομοθετημένα όρια

Οι ρύποι αυτοί είναι το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του θείου και ο μόλυβδος. Ο λόγος μείωσης του διοξειδίου του θείου και του μολύβδου οφείλεται αντίστοιχα στη μείωση της περιεκτικότητας θείου στα καύσιμα και την απαγόρευση χρήσης μολυβδωμένης βενζίνης από την 1/1/2002. Αντίθετα η μείωση των συγκεντρώσεων μονοξειδίου του άνθρακα οφείλεται στο σύστημα της απόσυρσης αυτοκινήτων παλαιάς τεχνολογίας που ίσχυσε την περίοδο 1992-93 με παροχή οικονομικών κινήτρων.

Ρύποι για τους οποίους γενικά οι τιμές είναι κάτω από τα νομοθετημένα όρια εκτός τοπικών εξαιρέσεων

Στην περίπτωση αυτή υπάγεται το διοξείδιο του αζώτου όπου υπερβάσεις του ορίου που πρόκειται να ισχύσει από το 2010 παρατηρούνται μόνο στην Αθήνα τοπικά σε περιοχές έντονης κυκλοφορίας.

Ρύποι για τους οποίους οι τιμές είναι πάνω από τα νομοθετημένα όρια ή τιμές στόχους.

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται οι ρύποι όζον και τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 10 μm (PM₁₀)

α. Όζον.

Το όζον, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι ένας ρύπος που δεν εκπέμπεται απευθείας από τις πηγές ρύπανσης (οχήματα, θέρμανση, βιομηχανία). Σχηματίζεται στην ατμόσφαιρα από χημικές αντιδράσεις μεταξύ των οξειδίων του αζώτου και των πτητικών οργανικών ενώσεων που εκπέμπονται από βιομηχανικές δραστηριότητες αλλά και κατά την αποθήκευση και διανομή βενζίνης στα πρατήρια καυσίμων. Για να πραγματοποιηθούν οι αντιδράσεις αυτές απαιτείται τόσο η ηλιακή ακτινοβολία όσο και υψηλές θερμοκρασίες, δηλαδή συνθήκες που επικρατούν συνήθως στη χώρα μας. Αποτέλεσμα είναι ακόμη και σε περιοχές υποβάθρου (περιοχές που είναι απομακρυσμένες από αστικές δραστηριότητες) οι τιμές όζοντος να είναι υψηλές. Σημειώνεται ότι υψηλές τιμές όζοντος παρατηρούνται στις περιφέρειες των αστικών κέντρων.

β. Σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 10μm.

Όπως επίσης έχει προαναφερθεί, για το ρύπο αυτό οι πηγές μπορούν να διακριθούν τόσο στις ανθρωπογενείς όσο και στις φυσικές. Στις ανθρωπογενείς συγκαταλέγονται η κυκλοφορία οχημάτων, κυρίως αυτών που χρησιμοποιούν το πετρέλαιο ως καύσιμο, η βιομηχανία και η κεντρική θέρμανση. Η χρήση φυσικού αερίου για τις δυο τελευταίες κατηγορίες πηγών μηδενίζει τις εκπομπές σωματιδίων. Επίσης στις ανθρωπογενείς πηγές πρέπει να συμπεριληφθούν σωματίδια τα οποία σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα δευτερογενώς μέσω χημικών αντιδράσεων. Στις φυσικές πηγές συγκαταλέγονται η επαναιώρηση φυσικής σκόνης, η θάλασσα, η χρήση άμμου ή αλατιού σε περίπτωση παγετού καθώς και η μεταφορά σκόνης από ερήμους. Και για το ρύπο αυτό έχουν μετρηθεί υψηλές τιμές σε περιοχές υποβάθρου. Σε αντίθεση με το όζον ο ρύπος αυτός εμφανίζει υψηλές τιμές τόσο στην περιφέρεια όσο και στο κέντρο των πόλεων.

Μπορούμε να πούμε ότι όσον αφορά τις διαχρονικές τάσεις στην εξέλιξη της ποιότητας του αέρα, διαφαίνονται αργά αλλά σταθερά βήματα βελτίωσης. Παρά τις αυξομειώσεις των μέσων ετήσιων τιμών ρύπανσης στις διάφορες θέσεις, η εξέλιξη είναι γενικά πτωτική ή παρουσιάζει τάση σταθεροποίησης, ανάλογα με τον ρύπο.

Περαιτέρω έρευνα που θα μπορούσε να γίνει προς αυτήν την κατεύθυνση θα ήταν η σύγκριση των τιμών των ρύπων που προέρχονται από τους 11 σταθμούς που διατηρεί η διεύθυνση ΕΑΡΘ του ΥΠΕΧΩΔΕ στην Αττική, με τη γεωμορφολογία

της περιοχής μελέτης και με τις χρήσεις γης που επικρατούν στην περιοχή. Επίσης θα μπορούσε να γίνει κάποια μελέτη όσων αφορά τις γεωγραφικές θέσεις των ήδη υπαρχόντων σταθμών μέτρησης με σκοπό της πύκνωση των σταθμών για πιο έγκυρα αποτελέσματα. Στην περίπτωση πύκνωσης των σταθμών θα ήταν διαθέσιμα παραπάνω δεδομένα για τις τιμές των ρύπων και έτσι θα μπορούσαμε να έχουμε και πιο αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα με την πραγματικότητα στην απεικόνιση των χαρτών πρόβλεψης. Επιπλέον, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η συσχέτιση της πυκνότητας του πληθυσμού σε συγκεκριμένα μέρη σε σχέση με την ατμοσφαιρική ρύπανση που παρουσιάζεται στη συγκεκριμένη περιοχή. Ακόμα, λόγω της μεγάλης συμμετοχής των κινητών πηγών ρύπανσης (αυτοκίνητα) στην ατμοσφαιρική ρύπανση, ενδιαφέρον θα είχε η σύγκριση των τιμών των συγκεντρώσεων των ρύπων με το οδικό δίκτυο του Λεκανοπεδίου Αττικής.

Αξίζει τέλος να σημειωθεί, ότι παρότι η μέθοδος της απεικόνισης των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων με ΓΣΠ είναι πολλά υποσχόμενη, απαιτείται επιπλέον εργασία για την τελειοποίησή της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κασσώμενος Π., **Χαρτογραφική απεικόνιση της διασποράς ατμοσφαιρικών ρύπων στην Αθήνα με τη βοήθεια Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (ΓΣΠ)**. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Φυσικής, Εργαστήριο Μετεωρολογίας, Ιωάννινα.
 - Franke R., & G. Nielson, “Smooth Interpolation of large sets of scattered data”. **International Journal of Numerical Methods in Engineering**, 15, pp.1691-1704, 1980.
 - Ionescou A, Y. Candau, E. Mayer and I. Colda, “Analytical determination and classification of pollutant concentration fields using air pollution monitoring network data”. **Environmental Modelling and Software**, 15, pp. 565-573, 2000.
2. Νίννη Β., **Περιβάλλον και οικονομική ανάπτυξη**, Οκτώβριος 2007, <http://www.nomosphysis.org.gr>
3. Γενικά στοιχεία για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους, <http://www.air-quality.gr>
4. Όξενκιουν – Πετροπούλου Μ., **Περιβάλλον – Ατμοσφαιρική ρύπανση**, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2002.
5. Πετράκης Μ., **Ρύπανση και κυκλοφορία**, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης, Ημερίδα Ecocity, <http://www.ecocity.gr/ static/page2/esperida fiat .>
6. Υπουργείο εργασίας και κοινωνικών ασφαλίσεων, Τμήμα επιθεώρησης εργασίας, **Η συμβολή του πολίτη στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης**, <http://www.mlsi.gov.cy/>
7. Το περιβάλλον στη Λάρισα, Ατμοσφαιρική ρύπανση, <http://larisaperivallon.wordpress.com>
8. ΥΠΕΧΩΔΕ – **Οι βασικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι, οι πηγές τους, και οι επιδράσεις τους στο ανθρωπογενές περιβάλλον** <http://www.minenv.gr>
9. ΥΠΕΧΩΔΕ, Γεν. Δ/νση Περιβάλλοντος, Δ/νση ΕΑΡΘ, **Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Αθήνα**, Έκθεση 2007, Τμήμα ποιότητας ατμόσφαιρας, Απρίλιος 2008.
10. Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι - Πηγές – Επιδράσεις, <http://health.in.gr/environ>
11. ΥΠΕΧΩΔΕ, Γεν. Δ/νση Περιβάλλοντος, Δ/νση ΕΑΡΘ, **Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Αθήνα**, Έκθεση 2004, Τμήμα ποιότητας ατμόσφαιρας, Μάιος 2005.
12. ΥΠΕΧΩΔΕ, **Εισήγηση για το Εθνικό σχέδιο αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, Αθήνα**, Μάιος 2008.

13. Κουτσόπουλος Κ., **Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου**. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2005.
14. Κουτσόπουλος Κ., **Ανάλυση Χώρου: Θεωρία, Μεθοδολογία και Τεχνικές, Τόμος Ι, Μεθοδολογία Βασικές Μέθοδοι**. Εκδόσεις Διηλεκές, Αθήνα, 2006.
15. Ανδρουλακάκης Ν., & Κ., Κουτσόπουλος, Εργαστήριο Γεωγραφίας και Ανάλυσης Χώρου - ΕΜΠ, Δημητριάδης Α., Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Δημιουργία Μοντέλων Επιφανειών, Αθήνα 2008.
16. Κουτσόπουλος Κ., & Ν. Ανδρουλακάκης, **Εφαρμογές του Λογισμικού ArcGIS 9x με απλά λόγια**. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2005.
17. Αττική, <http://el.wikipedia.org/wiki>

Παράρτημα Ι

ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών NO₂ (ωριαίες τιμές, μg/m³)

	ΠΑΤ	ΑΘ Η	ΑΡ Ι	ΠΕΙ- 1	ΓΕΩ	ΠΕΡ	ΣΜ Υ	ΜΑ Ρ	ΛΙΟ	ΛΥΚ	ΖΩΓ	ΘΡ Α	ΓΑΛ	ΑΓ. ΠΑ Ρ	ΕΛΕ	ΠΕΙ- 2	ΓΟΥ
1984	105				37		23		24								
1985	113			98	34		20		14								
1986	107			92	47		29		25								
1987	105			80	57		33		24								
1988	117	89		88	61		40		34								
1989	121	87		75	66		41										
1990	120	84		76	55	71	29	42	36								
1991	110	78		67	74	64	38	35	36								
1992	118	66		75	50	58	51	31	23								
1993	106	73		69	44	46	37	36	23								
1994	102	70	93	74	39	55	51	34	30	33							
1995	95	91	98	65	50	55	48	36	34	36							
1996	95	80	81	60	43	50	49	30	24	33							
1997	95	80	77	64	46	54	51	34	24	32							
1998	99	75	70	68	47	59	52	40	26	32							
1999	91	72	63	70	49	56	52	32		36							
2000	97	71	65	75	38	52	53	35	41	36							
2001	95	79	73	68	51	40	45	35	38	38	20	11	44	19	38	50	48
2002	92	73	71	65	51	42	47	43	41	37	20	11	50	18	40	52	49
2003	83	61	69	54	47	44	46	36	35	31	22	11	42	19	40	54	45
2004	88	64	70	64	50	49	43	43	42	32	19	9	47	22	37	42	41
2005	89	62	71	66	48	41	45	39	38	32	20	12	42	23	40	50	45
2006	86	59	68	66	45	41	44	35	36	30	19	13		23	38	47	44
2007	100	67	65	72	43	41	43	29	35	34	17	13		22	36	51	42

Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών NO (ωριαίες τιμές, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	ΠΑΤ	ΑΘ Η	ΑΡΙ	ΠΕΙ- 1	ΓΕΩ	ΠΕΡ	ΣΜ Υ	ΜΑ Ρ	ΛΙΟ	ΛΥΚ	ΖΩΓ	ΘΡ Α	ΓΑΛ	ΑΓ. ΠΑ Ρ	ΕΛΕ	ΠΕΙ- 2	ΓΟΥ
1984																	
1985																	
1986																	
1987	162			70	52		25		7								
1988	182	73		67	52		30		11								
1989	205	88		65	64		41										
1990	206	80		69	88	58	29	46	10								
1991	188	117		56	57	43	29	41	10								
1992	180	85		83	50	33	38	47	10								
1993	185	92		68	38	45	25	57	15								
1994	161	82	98	69	57	64	31	40	32	26							
1995	149	89	78	53	46	64	27	26	28	22							
1996	139	88	66	59	44	61	34	20	14	18							
1997	135	97	62	56	44	35	35	24	19	19							
1998	129	111	90	49	41	44	33	27	15	23							
1999	126	77	48	48	41	40	34	25		21							
2000	124	78	62	45	43	30	36	33	35	22							
2001	122	73	59	52	34	15	24	23	21	18	3	4	22	3	8	20	31
2002	132	75	68	54	42	22	27	35	27	23	3	6	28	3	21	24	33
2003	110	57	53	59	29	17	19	16	16	15	4	8	15	2	15	19	25
2004	133	64	59	56	39	26	25	28	24	20	3	10	26	3	22	25	28
2005	137	58	55	51	31	18	21	21	19	19	3	5	19	2	14	20	24
2006	121	57	55	51	34	18	25	20	21	18	3	5		2	15	20	24
2007	125	56	51	53	31	15	20	13	21	16	2	5		2	20	21	22

Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών O₃ (ωριαίες τιμές, μg/m³)

	ΠΑΤ	ΑΘΗ	ΠΕΙ-1	ΓΕΩ	ΠΕΡ	ΣΜΥ	ΜΑΡ	ΛΙΟ	ΛΥΚ	ΖΩΓ	ΘΡΑ	ΓΑΛ	ΑΓ. ΠΑΡ	ΕΛΕ	ΠΕΙ-2
1984															
1985															
1986															
1987	29			49		34		64							
1988	27		50	60		42		76							
1989	31		55	52		46		94							
1990	37	57	49	61	40	43	56	80							
1991	35	37	44	59	49	58	69	72							
1992	27	31	43	28		59	60	66							
1993	27	25	45		51	61	54	68							
1994	32	36	41	53	51	55	61	62	61						
1995	25	45	50	51	58	52	64	62	57						
1996	28	45	47	49	53	48	69	58	59						
1997	25	46	52	51	49	59	61	44	45						
1998	25	51	55	44	38	57	73	72	57						
1999	22	54	54	56	44	53	76	68	68						
2000	28	26	36	49	34	57	69	44	70						
2001	20	34	24	46	58	57	49	65	55	80	90	59	93	64	59
2002	19	40	43	24	52	68	52	64	59	74	94	53	93	59	55
2003	20	54	53	21	62	71	49	73	57	81	89	59	97	66	56
2004	17	39	25	40	54	39	50	58	57	73	90	56	89	47	27*
2005	18	34	20	51	57	67	59	58	60	68	84	53	87	48	30
2006	19	31	43	47	57	51	58	52	60	61	82		81	44	36
2007	19	28	39	45	55	65	59	52	61	66	79		63	46	48

* Στη μέση τιμή δεν περιλαμβάνονται οι θερινοί μήνες γιατί το όργανο ήταν εκτός λειτουργίας.

Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών SO₂ (ωριαίες τιμές, μg/m³)

	ΠΑΤ	ΑΘΗ	ΑΡΙ	ΠΕΙ-1	ΓΕΩ	ΠΕΡ	ΣΜΥ	ΜΑΡ	ΛΙΟ	ΖΩΓ	ΓΑΛ	ΑΓ. ΠΑΡ	ΕΛΕ	ΠΕΙ- 2
1984	55			50	18		18		26					
1985	48				26		20		12					
1986	47			75	17		14		25					
1987	57			58	21		18		15					
1988	82	39		61	21		19		17					
1989	87	42		59	25		22		53					
1990	80	47		50	16	27	21	17	30					
1991	67	55		73	22	35	38	14	27					
1992	87	59		71		28	49	17	36					
1993	61	53		52	33	23	33	17	17					
1994	58	45	56	45	34	30	43	14	22					
1995	44	23	33	38	22	23	36	16	22					
1996	40	29	27	40	21	19	41	17	17					
1997	36	24	34	38	17	19	26	16	19					
1998	37	27	28	43	20	21	20	14	15					
1999	21	19	19	28	18	12	17	17	12					
2000	34	15	18	26	16	11	17	14	17					
2001	24	13	8	18	11	17	13	8	17	6	20	7	15	26
2002	32	14	7	26	6	13	13	6	14	4	19	6	12	21
2003	43	12	7	32	5	15	22	5	14	9	20	7	17	23
2004	21	10	17	13	10	18	17	12	10	14	27	8	13	24
2005	22	10	27	12	10	11			10	8	17	6	14	
2006	21	10		20	10	12	11		11				14	
2007	20	9		24	9	12	13		10				9	

Διαχρονική μεταβολή μέσω των ετήσιων τιμών CO (ωριαίες τιμές, mg/m³)

	ΠΑΤ	ΑΘΗ	ΑΡΙ	ΠΕΙ-1	ΓΕΩ	ΠΕΡ	ΣΜΥ	ΜΑΡ	ΛΥΚ
1984	8,9				1,3		2,0		
1985	7,7			4,2	1,4		1,9		
1986	6,0			4,4	1,1		1,8		
1987	6,7			4,3	1,3		1,6		
1988	7,4	4,1		4,7	1,8		1,7		
1989	8,4	4,9		5,2	1,8		1,9		
1990	7,4	4,2		4,1	1,5	2,8	1,8	1,7	
1991	6,8	4,9		4,0	1,4	3,9	1,9	1,7	
1992	5,5	6,7		3,2	1,2	2,6	2,0	3,4	
1993	5,2	3,6		4,3	2,1	1,7	1,9	2,4	
1994	5,4	3,5	3,8	3,5	1,9	2,7	2,0	1,6	1,1
1995	5,1	3,2	3,6	2,5	1,7	2,0	2,1	1,6	1,3
1996	4,8	3,7	2,6	2,3	1,6	1,7	1,8	1,5	1,1
1997	5,3	3,4	2,1	2,3	1,5	2,0	1,7	2,1	1,2
1998	5,6	4,2	2,3	2,4	1,7	2,1	1,8	2,0	1,3
1999	5,0	3,5	2,4	2,3	1,7	1,9	1,7	1,8	1,5
2000	4,9	2,6		2,0	1,9	1,3	1,5	2,0	1,5
2001	3,6	2,5		1,7	1,0	0,8	0,9	0,8	0,5
2002	3,3	2,5		1,6	1,2	0,8	1,0	0,9	0,6
2003	2,9	2,1		1,4	0,9	0,7	0,9	0,8	0,4
2004	2,9	2,1		1,1	0,9	0,8	0,9	0,8	0,5
2005	2,7	1,9		1,5	0,9	0,7	0,8	0,7	0,4
2006	2,5	1,9		1,3	0,9	0,7	0,9	0,7	
2007	2,4	1,7		1,2	0,9	0,7	0,7	0,7	

Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών ΚΑΠΝΟΥ (24ωρες τιμές, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	ΠΑΤ	ΑΘΗ	ΑΡΙ	ΠΕΙ-1	ΓΕΩ	ΠΕΡ	ΣΜΥ	ΜΑΡ
1984	192		123	89				
1985	172		130	84				
1986	140		91	60				
1987	165		118	71				
1988	147	64	94	63	37		35	
1989	123	45	69	37	32		26	
1990	104	44	64	42	27	34	22	21
1991	83	54	60	36	23	22	19	20
1992	86	59	63	33	30	33	23	20
1993	108	49	72	46		31	26	
1994	120	50	71	48		43	30	
1995	99	38	42	47		32	22	
1996	95	43	43	36		26	20	
1997	102	55	43	43		23	27	
1998	117	60	41	34		22	23	
1999	105	52	64			24	28	
2000	113	50	49			14	26	
2001	103	51	31			16	13	
2002	80	34	38			26	25	
2003	46	34	39			24	19	
2004	54	47	41			22	20	
2005	48	40	30				17	

Διαχρονική μεταβολή μέσωσν ετήσιων τιμών ΑΣ₁₀ (ωριαίες τιμές, μg/m³)

	ΠΕΙ-1	ΜΑΡ	ΖΩΓ	ΛΥΚ	ΑΓ. ΠΑΡ	ΑΡΙ	ΓΟΥ	ΘΡΑ
2001	57	55	35	60	47	55	50	31
2002	63	69	35	62	38	55	53	34
2003	54	38	34	59	37	56		32
2004	56	29	33	63	39	58		33
2005		46	29	53	41	53		32
2006		48	26	59	34	57	34	27
2007	47	48	30	55	28	52	38*	22

* Η μέση τιμή προέρχεται από 1.1.07 εως και 30.9.07, περίοδο που λειτούργησε το όργανο.

Διαχρονική μεταβολή μέσωσν ετήσιων τιμών ΜΟΛΥΒΔΟΥ (24ωρες τιμές, μg/m³)

Σταθμοί	ΑΡΙ	ΡΕΝ	ΜΑΡ	ΘΡΑ	ΕΛΕ
1987	0,7	0,42			
1988	0,67	0,49			
1989	0,5	0,39			
1990	0,57	0,34			
1991	0,45	0,23			
1992	0,45				
1993	0,4	0,27			
1994					
1995	0,43				
1996	0,33	0,23			

1997	0,31	0,12			
1998	0,29	0,18			
1999	0,22	0,19			
2000					
2001	0,068		0,056	0,024	
2002	0,042		0,033		0,067

Διαχρονική μεταβολή μέσω ετήσιων τιμών βενζολίου (ωριαίες τιμές, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	ΠΑΤΗΣΙΩΝ
2001	14,3
2002	13,6
2003	
2004	7,5
2005	6,7
2006	5,2
2007	5,4

Παράρτημα ΙΙ
ΟΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

ΤΙΜΕΣ ΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ

Πίνακας 1: Τιμές ορίων για το διοξείδιο του θείου, σύμφωνα με την οδηγία 1999/30/ΕΚ

	Οριακή τιμή
Μέση ωριαία τιμή , να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 24 φορές το χρόνο	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μέση ημερήσια τιμή , να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές το χρόνο	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ΤΙΜΕΣ ΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

Πίνακας 2: Τιμές ορίων για αιωρούμενα σωματίδια ($\text{A}\Sigma_{10}$) σύμφωνα με την οδηγία 1999/30/ΕΚ

	Οριακή τιμή
Μέση ημερήσια τιμή , να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές το χρόνο	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μέση ετήσια τιμή	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ΤΙΜΕΣ ΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Πίνακας 3: Τιμές ορίων για το διοξείδιο του αζώτου, σύμφωνα με την οδηγία 1999/30/ΕΚ (Τα όρια αυτά θα ισχύσουν από 1.1.2010)

	Ενδεικτικές οριακές τιμές, μg/m ³			Οριακή τιμή, μg/m ³
	2007	2008	2009	2010
Μέση ωριαία τιμή, να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές το χρόνο	230	220	210	200
Μέση ετήσια τιμή	46	44	42	40

ΤΙΜΕΣ ΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΜΟΛΥΒΔΟ

Πίνακας 4: Τιμές ορίων για μόλυβδο σύμφωνα με την οδηγία 1999/30/ΕΚ

	Οριακή τιμή
Μέση ετήσια τιμή	0,5 μg/m³

ΤΙΜΕΣ ΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΟΖΟΝ

Πίνακας 5: Τιμές ορίων για το όζον, σύμφωνα με την οδηγία 2002/3/ΕΚ

		Οριακή τιμή
Όριο ενημέρωσης	Μέση ωριαία τιμή	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Όριο συναγερμού	Μέση ωριαία τιμή	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Τιμή – στόχος για την προστασία της ανθρώπινης υγείας Έτος ισχύος 2010	Μέγιστη ημερήσια μέση 8ωρη τιμή, της οποίας δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 25 φορές ανά έτος για διάστημα 3 ετών	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ΤΙΜΕΣ ΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Πίνακας 6: Τιμές ορίων για το μονοξείδιο του άνθρακα , σύμφωνα με την οδηγία 2000/69/ΕΚ

	Οριακή τιμή
Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	10 mg/m^3

ΤΙΜΕΣ ΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΒΕΝΖΟΛΙΟ

Πίνακας 7: Τιμές ορίων για το βενζόλιο , σύμφωνα με την οδηγία 2000/69/ΕΚ (Το όριο θα ισχύσει από 1.1.2010)

	Ενδεικτική οριακή τιμή σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Οριακή τιμή, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	2007	2008	2009	2010
Μέση ετήσια τιμή	8	7	6	5

ΤΙΜΕΣ ΣΤΟΧΟΙ ΓΙΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ ΒΕΝΖΟ(Α)ΠΥΡΕΝΙΟ

Πίνακας 8: Τιμές στόχοι για το αρσενικό, κάδμιο, νικέλιο και βενζο(α)πυρένιο , σύμφωνα με την οδηγία 2004/107/ΕΚ (Οι τιμές στόχοι θα ισχύσουν από 31.12.2012)

	Οριακή τιμή για			
	αρσενικό	κάδμιο	νικέλιο	βενζο(α)πυρένιο
Μέση ετήσια τιμή	6 ng/m^3	5 ng/m^3	20 ng/m^3	1 ng/m^3

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ
ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ
ΕΤΟΣ 2008

Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του θείου (SO₂) (2008- τιμές σε μg/m³)

Σταθμός	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥ	ΙΟΥ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Πατησίων	46	43	26	24	26	32	29	27	11	13	17	20
Αθηνάς	16	14	5	3	3	2	2	2	3	4	4	6
Πειραιάς-1	32	33	17	14	18	15	14	10	11	11	12	14
Γεωπονική	12	10	6	5	6	5	5	4	3	3	6	10
Ν.Σμύρνη												
Περιστερί	21	22		2	6	7	7	6	8	4	4	6
Λιόσια	17	18		6	6	7	7	6	14	5	7	5
Ελευσίνα	15	18	10	13	13	12	7	5	8	7	9	

Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του άνθρακα (CO) (2008-τιμές σε mg/m³)

Σταθμός	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥ	ΙΟΥ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Πατησίων	2,6	3,0	2,2	2,4	2,2	1,8	1,7	1,3	1,3	1,8	2,1	1,5
Αθηνάς	2,4	2,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,6	1,9	2,2	1,9
Πειραιάς-1	1,7	1,6	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,9	1,1	1,0	0,9
Γεωπονική	1,2		0,7	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,9	1,1	1,0
Ν.Σμύρνη	1,2	1,3	0,6	0,6	0,6	0,4	0,3	0,3	0,5	0,5	0,9	0,8
Περιστερί	1,1	1,1		0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,5	0,7	0,8	0,8

Μέσες μηνιαίες τιμές όζοντος (O₃) (2008-τιμές σε μg/m³)

Σταθμός	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥ	ΙΟΥ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Πατησίων	14	16	13	23	23	30	31	37	22	10	12	13
Αθηνάς	13	21	35	42	46	43	43	40	23	22	15	16
Πειραιάς-1	18	28	44	56	60	53	60	69	42	40	22	26
Γεωπονική	23	29	44	54	62	63	75	77	43	34	22	22

Ν.Σμύρνη	36	40	68	74	91	92	104	110	68	62	38	35
Περιστέρι	22	30		64	73	84	92	98	69	46	31	28
Λιόσια	22	37		81	96	100	111	115	76	62	48	37
Μαρούσι	32	34	40	40	49	94	104	104	67	53	38	34
Λυκόβρυση	18	45	73	84	92	96	107	114	71	56	41	37
Θρακομακεδόνες	62	67	82	84	103		114	122	87	75	62	60
Αγ. Παρασκευή	45	50	62	61	75	107	124	130	88	60	48	46
Ελευσίνα	30	37	48	55	72	83	83	115	78	75	43	
Κορωπί						74	102	107	71	67	49	45

Μέσες μηνιαίες τιμές ΑΣ₁₀, (2008- τιμές σε µg/m³)

Σταθμός	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥ	ΙΟΥ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Πειραιάς	42	48	41	47	30	24	25	26	25	25	42	32
Λυκόβρυση	53	80	52	71	57	47	55	46	48	55	62	48
Μαρούσι	61	60	39	49	40	38	41	43	44	49	65	52
Θρακομακεδόνες	16	18	25	43	26		28	33	27	26	31	33
Αγ. Παρασκευή	20	24	28	45	31	28	29	32	28	23	26	44
Κορωπί							45	45	40	45	45	32

Μέσες μηνιαίες τιμές ΑΣ_{2,5}, (2008- τιμές σε µg/m³)

Σταθμός	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥ	ΙΟΥ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Λυκόβρυση	29	47	26	29	27	30	39	32	30	31	28	21
Πειραιάς-1	33	35	17	20		37	30		32	34	31	24
Αγ. Παρασκευή	15	22	17	22	20	19	22	23	18	18	21	13
Γουδή	25	27	20	20	24	28	30	28	23	25	23	16

Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του αζώτου (NO) (2008-τιμές σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Σταθμός	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥ	ΙΟΥ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Πατησίων	153	175	113	126	103	82	75	51	98	134	159	113
Αθηνάς	98	94	35	39	36	31	27	29	50	60	87	67
Αριστοτέλους	92	108	36	45	36	25	21	24	38	58	90	68
Πειραιάς-1	82	83	34	31	35	29	29	30	51	41	61	56
Γεωπονική	57	60	29	24	13	10	6	7	15	32	45	39
Ν.Σμύρνη	44	50	11	17	12	8	5	5	13	18	32	27
Περιστερί	24	26							3	13	18	16
Λιόσια	47	64		18	13	7	5	4	12	9	3	
Μαρούσι	39	51	16	14	10	9	5	4	10	23	30	24
Λυκόβρυση	31	42	15	15	9	6	5	3	10	18	23	21
Θρακομακεδόνες	7	6	5	6	5		4	4	5	6	5	6
Αγ. Παρασκευή	3	3	2	3	2	1	1	1	2	3	3	2
Ελευσίνα	31	33	16	18	5	8	5	4	11	11	17	
Γουδή	44	41	17	21	14	10	9	8	16	25	38	29
Κορωπί						4	3	2	5	6	7	8

Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του αζώτου (NO₂) (2008-τιμές σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Σταθμός	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥ	ΙΟΥ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Πατησίων	85	92	92	99	104	96	102	87	81	96	87	77
Αθηνάς	55	55	58	60	67	64	64	65	68	71	68	59
Αριστοτέλους	57	63	53	48	51	47	48	43	47	45	46	41
Πειραιάς-1	70	71	62	44	39	42	65	72	81	61	62	57
Γεωπονική	51	54	49	47	50	44	41	34	45	47	50	43
Ν. Σμύρνη	55	60	42	46	44	33	31	27	42	45	47	42
Περιστερί	45	43							29	40	45	41

Λιόσια	42	68		47	41	27	26	21	38	33	19	
Μαρούσι	32	37	32	31	29	24	19	15	25	29	33	29
Λυκόβρυση	30	43	42	44	39	29	27	18	29	24	24	23
Θρακομακεδόνες	13	15	13	14	10		7	8	11	15	13	12
Αγ. Παρασκευή	22	25	20	26	25	19	19	13	22	22	24	19
Ελευσίνα	35	41	39	36	23	37	27	24	33	22	39	
Γουδή	42	44	42	44	44	33	27	23	30	40	43	38
Κορωπί						14	12	8	16	16	19	19

Μέσες μηνιαίες τιμές βενζολίου (2008-τιμές σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Σταθμός	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥ	ΙΟΥ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Πατησίων	7,1	8,2	5,6	6,0	4,7	4,7	3,5	2,7	5,0	5,5	6,6	4,8

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2008

Διοξείδιο του θείου (SO₂) (τιμές σε 24ωρη βάση σε μg/m³-2008)

Σταθμοί	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Διάμεση τιμή	98% τιμών < από	Αριθμός ημερησίων τιμών > από 125 μg/m ³	% Πληρότητα
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	97	26	25	65	0	94,0
ΠΕΙΡΑΙΑΣ-1	86	17	14	47	0	93,7
ΑΘΗΝΑΣ	33	5	3	24	0	93,2
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	25	7	6	18	0	82,5
ΛΙΟΣΙΑ	65	9	5	39	0	68,5
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	54	8	6	34	0	84,1
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	71	11	8	37	0	84,7

Διοξείδιο του θείου (SO₂) (τιμές σε ωριαία βάση σε μg/m³-2008)

Σταθμοί	Μέγιστη τιμή	Διάμεση τιμή	98% τιμών < από	Αριθμός ωριαίων τιμών > από 350 μg/m ³	% Πληρότητα
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	252	25	71	0	97,6
ΠΕΙΡΑΙΑΣ-1	203	11	75	0	98,0
ΑΘΗΝΑΣ	69	3	25	0	96,6
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	79	5	23	0	86,2
ΛΙΟΣΙΑ	352	4	51	1	73,5
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	136	5	42	0	88,2
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	351	6	58	1	88,0

Διοξείδιο του αζώτου (NO₂) (τιμές σε ωριαία βάση σε μg/m³ - 2008)

Σταθμοί	Μέγιστη Τιμή	Διάμεση Τιμή	98% τιμών < από	Αριθμός ωριαίων τιμών > από 200 μg/m ³	% Πληρότητα
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	297	90	175	56	97,7
ΠΕΙΡΑΙΑΣ-1	192	58	124	0	90,2
ΑΘΗΝΑΣ	245	60	123	11	97,6
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	246	41	113	5	89,3
Ν.ΣΜΥΡΝΗ	219	33	117	3	85,3
ΛΙΟΣΙΑ	204	27	109	2	64,5
ΜΑΡΟΥΣΙ	276	21	84	2	91,7
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	162	37	88	0	48,7
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	198	47	95	0	99,2
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ	225	24	93	3	99,7
ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ	118	7	51	0	88,8
ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	165	16	71	0	99,3
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	153	28	82	0	81,7
ΓΟΥΔΗ	192	33	87	0	99,6
ΚΟΡΩΠΙ	104	10	55	0	56,3

Μονοξείδιο του αζώτου (NO) (τιμές σε ωριαία βάση σε μg/m³-2008)

Σταθμοί	Μέγιστη τιμή	Διάμεση Τιμή	98% τιμών < από	% Πληρότητα
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	888	88	406	97,8
ΠΕΙΡΑΙΑΣ-1	560	28	234	90,4
ΑΘΗΝΑΣ	726	27	324	97,6
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	564	4	234	89,3

Ν.ΣΜΥΡΝΗ	591	5	190	85,2
ΛΙΟΣΙΑ	841	3	156	64,4
ΜΑΡΟΥΣΙ	481	3	193	91,7
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	266	2	127	48,7
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	941	26	327	99,2
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ	425	3	144	99,7
ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ	106	4	19	88,8
ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	129	1	14	99,3
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	318	4	134	81,8
ΓΟΥΔΗ	478	6	165	99,6
ΚΟΡΩΠΙ	286	2	40	56,3

Όζον (O₃) (τιμές σε 8ωρη κυλιόμενη βάση σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -2008)

Σταθμοί	Μέγιστη Τιμή	98% τιμών < από	% τιμών > από 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	105	69	0
ΠΕΙΡΑΙΑΣ-1	128	106	0,31
ΑΘΗΝΑΣ	106	82	0
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	147	112	0,82
Ν.ΣΜΥΡΝΗ	183	142	8,69
ΛΙΟΣΙΑ	224	155	15,01
ΜΑΡΟΥΣΙ	189	138	7,60
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	161	125	3,12
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ	209	152	16,42
ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ	197	138	9,07
ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	205	150	15,60
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	167	137	5,46
ΚΟΡΩΠΙ	155	133	6,97

Όζον (O₃) (τιμές σε ωριαία βάση σε μg/m³-2008)

Σταθμοί	Μέγιστη τιμή	Διάμεση τιμή	98% τιμών < από	Αριθμός ωριαίων τιμών > από 180 μg/m ³	% Πληρότητα
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	138	14	76	0	96,0
ΠΕΙΡΑΙΑΣ-1	179	38	117	0	97,9
ΑΘΗΝΑΣ	139	26	88	0	97,8
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	203	41	120	3	92,2
Ν.ΣΜΥΡΝΗ	228	67	150	18	93,2
ΛΙΟΣΙΑ	281	74	165	69	78,5
ΜΑΡΟΥΣΙ	230	54	144	36	97,4
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	194	57	134	8	86,3
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ	275	76	160	61	91,3
ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ	252	81	143	24	89,0
ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	231	67	155	40	98,9
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	224	67	144	8	86,4
ΚΟΡΩΠΙ	170	73	136	0	56,3

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) (τιμές σε 8ωρη βάση σε mg/m³-2008)

Σταθμοί	Μέγιστη τιμή	% τιμών > από 10 mg/m ³	98% τιμών < από
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	9,2	0	4,8
ΑΘΗΝΑΣ	7,6	0	4,5

ΠΕΙΡΑΙΑΣ-1	6,1	0	2,7
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	4,7	0	2,5
Ν. ΣΜΥΡΝΗ	6,1	0	2,9
ΜΑΡΟΥΣΙ	4,4	0	2,6
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	5,0	0	2,2

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) (τιμές σε ωριαία βάση mg/m³-2008)

Σταθμοί	Μέγιστη Τιμή	Διάμεση Τιμή	98% τιμών < από	% Πληρότητα
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	12,7	1,6	5,5	97,9
ΑΘΗΝΑΣ	10,4	1,3	5,2	97,8
ΠΕΙΡΑΙΑΣ-1	7,7	0,8	3,2	98,1
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	6,6	0,5	3,1	81,6
Ν. ΣΜΥΡΝΗ	8,9	0,4	3,4	96,1
ΜΑΡΟΥΣΙ	5,7	0,4	3,2	98,3
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	6,6	0,4	2,7	88,2

Αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ₁₀) (τιμές σε 24ωρη βάση σε μg/m³-2008)

Σταθμοί	Μέγιστη τιμή	Μέση Τιμή	Διάμεση Τιμή	98% τιμών < από	% Πληρότητα
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ	176	55	49	120	81,1
ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ	134	27	23	79	79,7
ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	127	28	24	81	83,8
ΜΑΡΟΥΣΙ	175	48	43	99	92,6
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	176	57	51	129	87,4
ΠΕΙΡΑΙΑΣ-1	107	33	28	78	84,9

Αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ_{2,5}) (τιμές σε 24ωρη βάση σε μg/m³-2008)

Σταθμοί	Μέγιστη τιμή	Μέση Τιμή	Διάμεση Τιμή	98% τιμών < από	% Πληρότητα
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ	96	29	27	58	89,3
ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	50	19	17	41	88,2
ΠΕΙΡΑΙΑΣ-1	82	28	27	54	63,3
ΓΟΥΔΗ	64	24	23	41	91,8

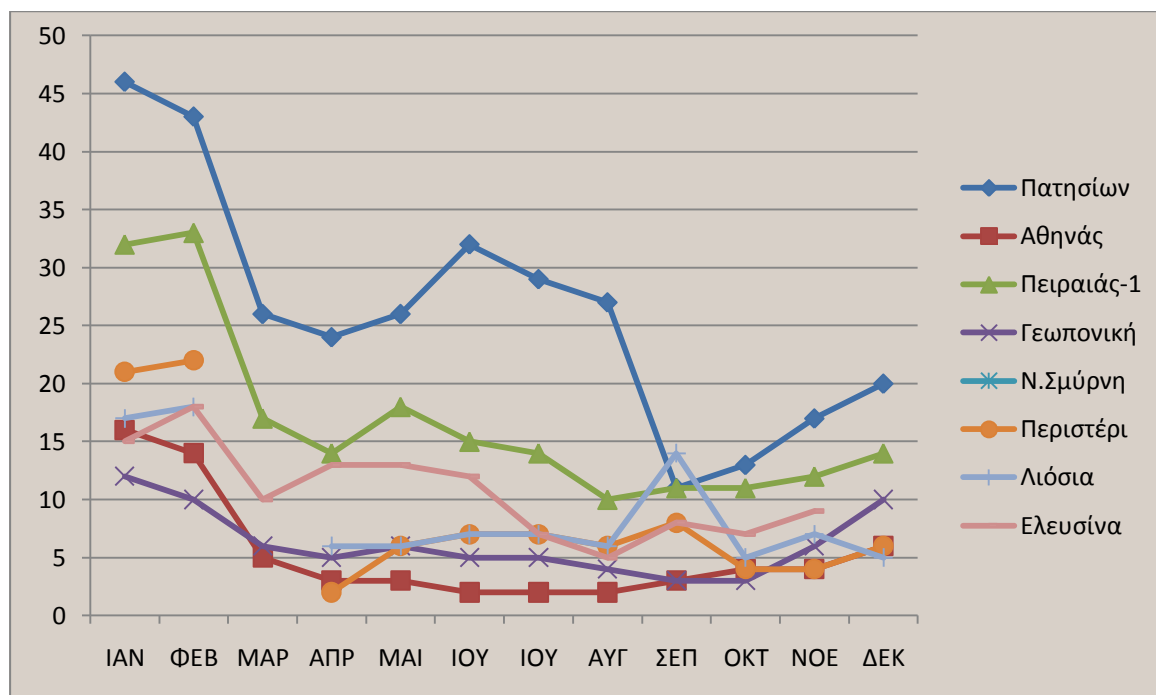
Βενζόλιο (τιμές σε ωριαία βάση μg/m³-2008)

Σταθμός	Μέγιστη τιμή	Μέση Τιμή	Διάμεση Τιμή	98% τιμών < από	% Πληρότητα
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	37,9	5,4	4,4	15,6	87,2

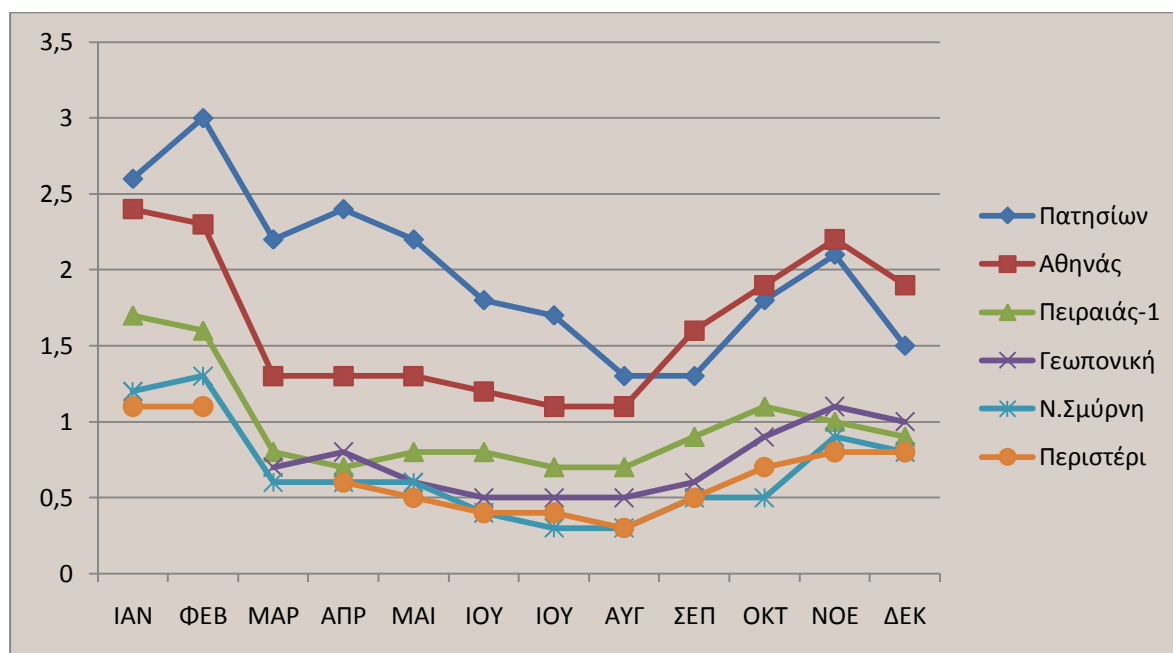
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV

ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2008

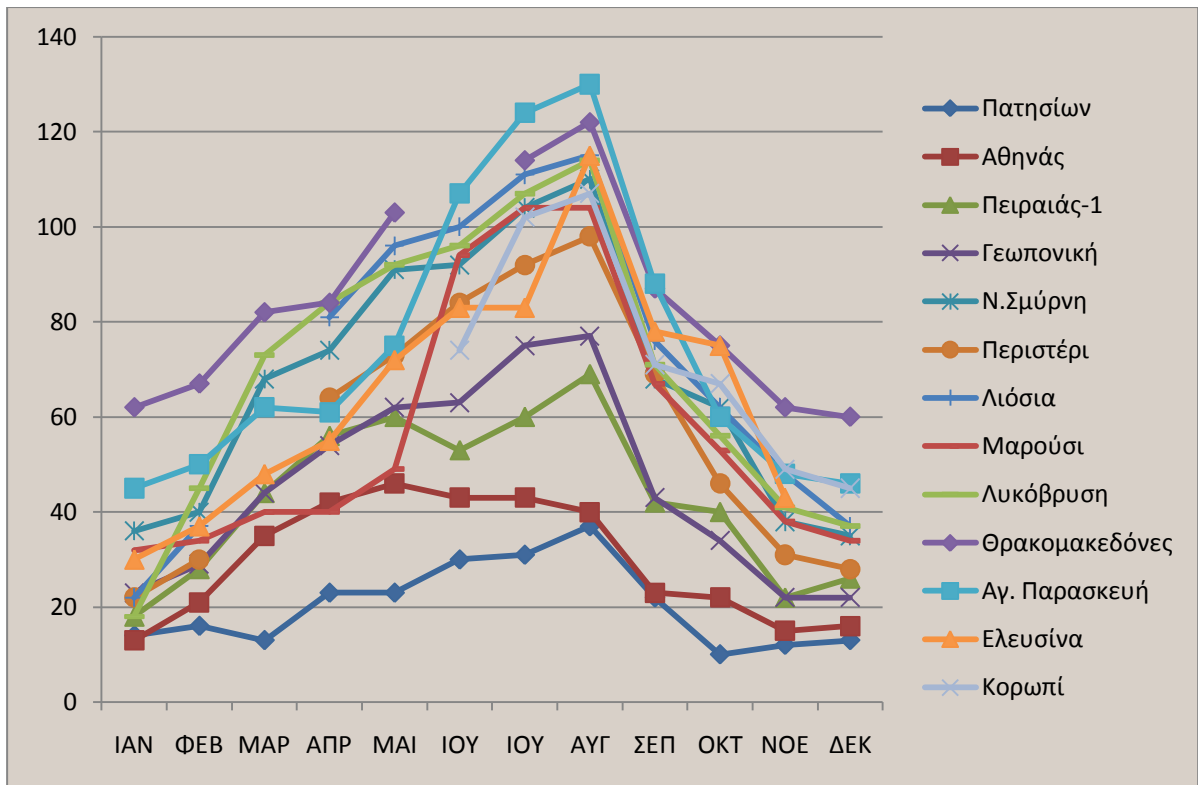
Στα παρακάτω διαγράμματα εμφανίζεται η μέση μηνιαία μεταβολή για τους μετρούμενους ρύπους στους αντίστοιχους σταθμούς το έτος 2008.



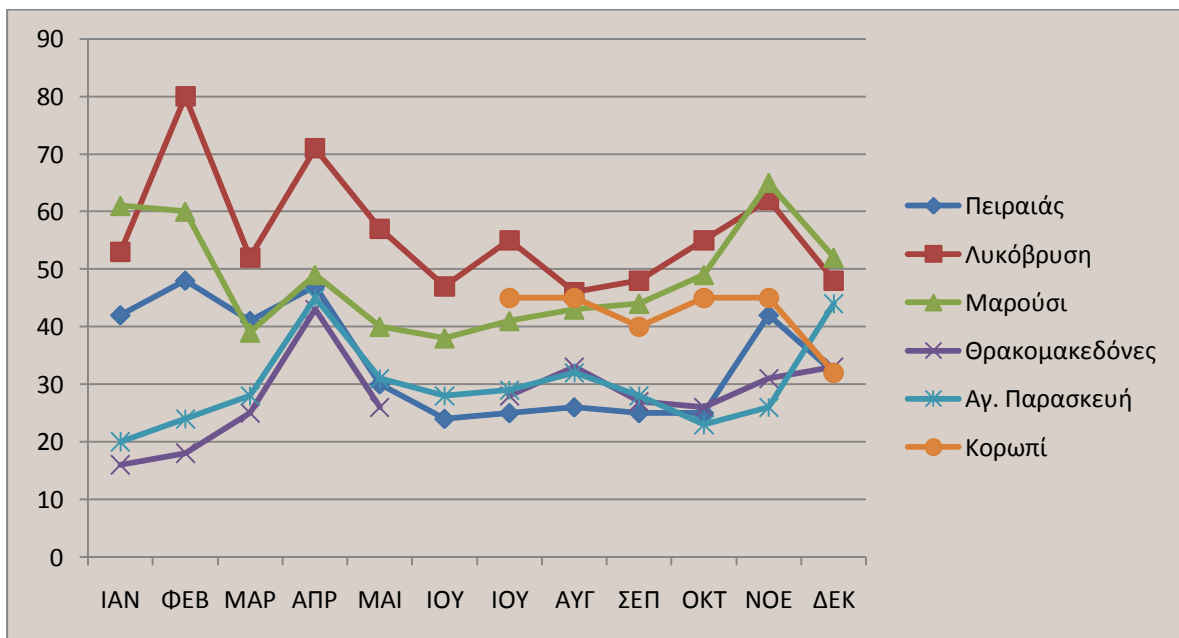
Διάγραμμα 1: Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του θείου (SO₂) (µg/m³)



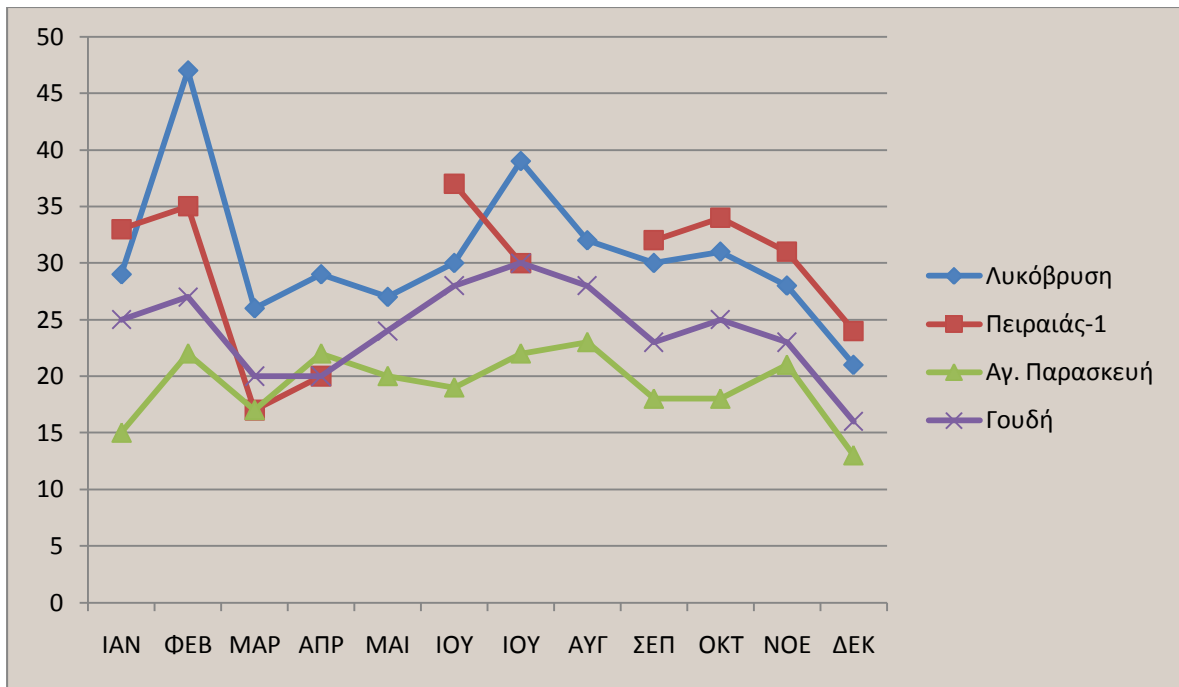
Διάγραμμα 2: Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του άνθρακα (CO) (mg/m³)



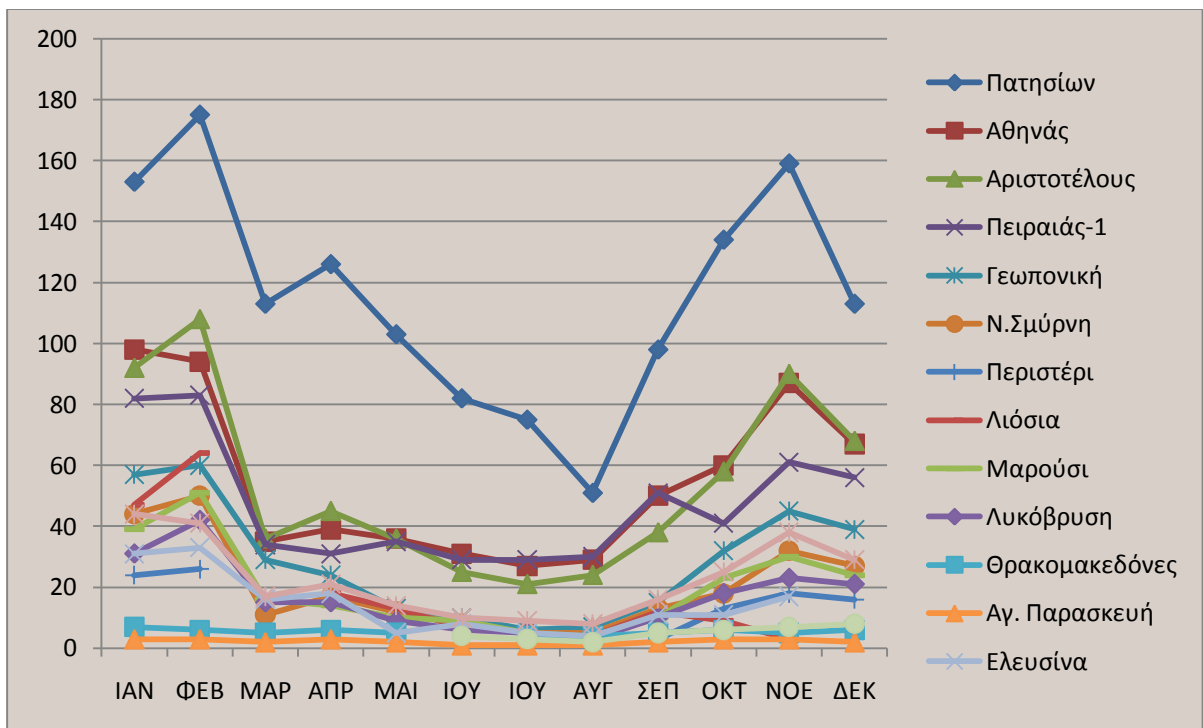
Διάγραμμα 3: Μέσες μηνιαίες τιμές όζοντος (O₃) (µg/m³)



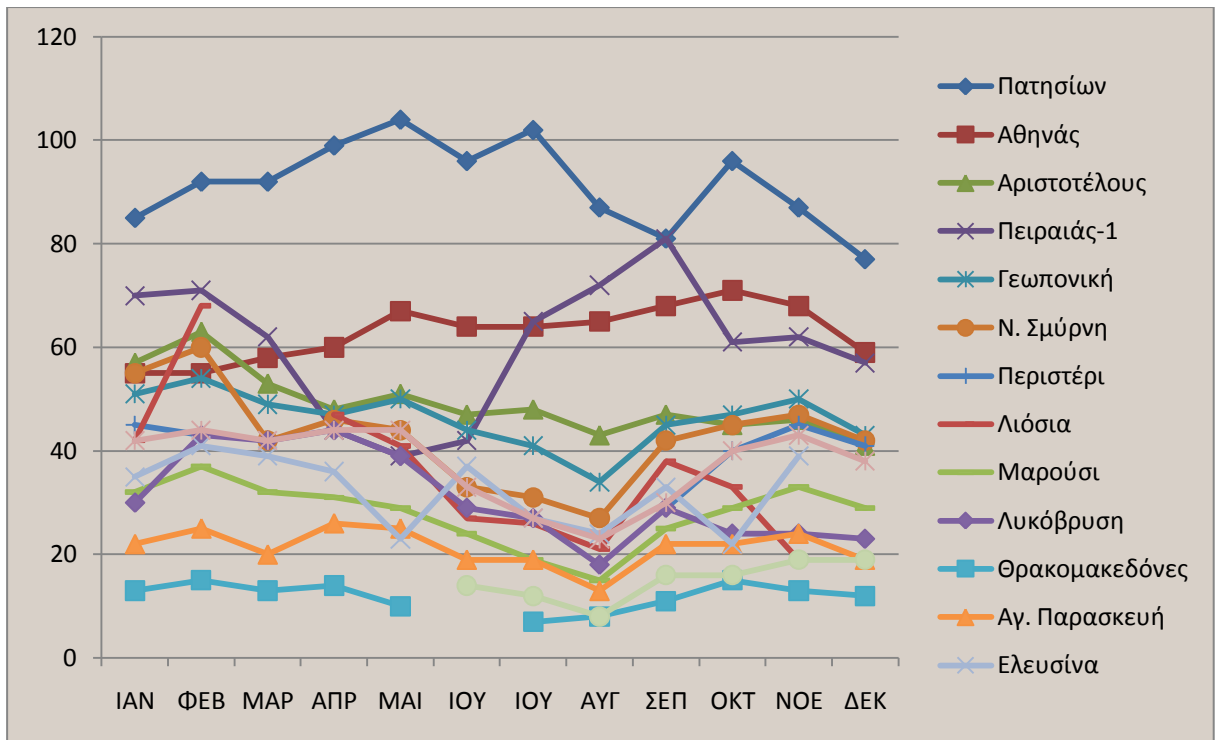
Διάγραμμα 4: Μέσες μηνιαίες τιμές αιωρούμενων σωματιδίων (Aσ₁₀) (µg/m³)



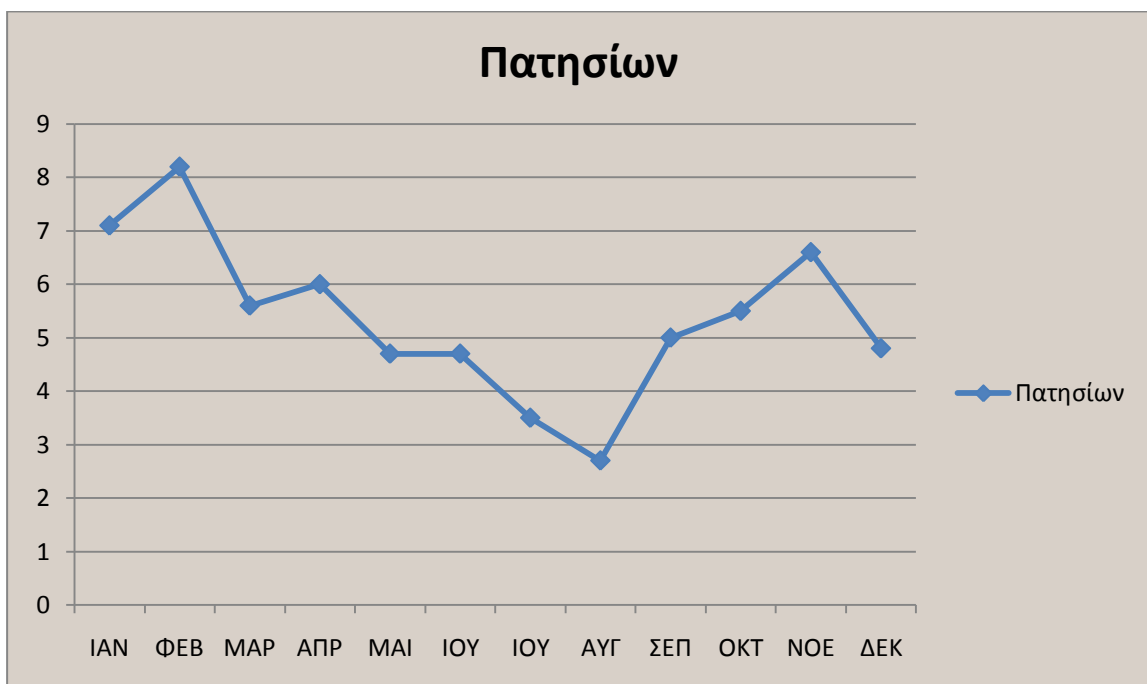
Διάγραμμα 5: Μέσες μηνιαίες τιμές αιωρούμενων σωματιδίων (AS_{2,5}) (µg/m³)



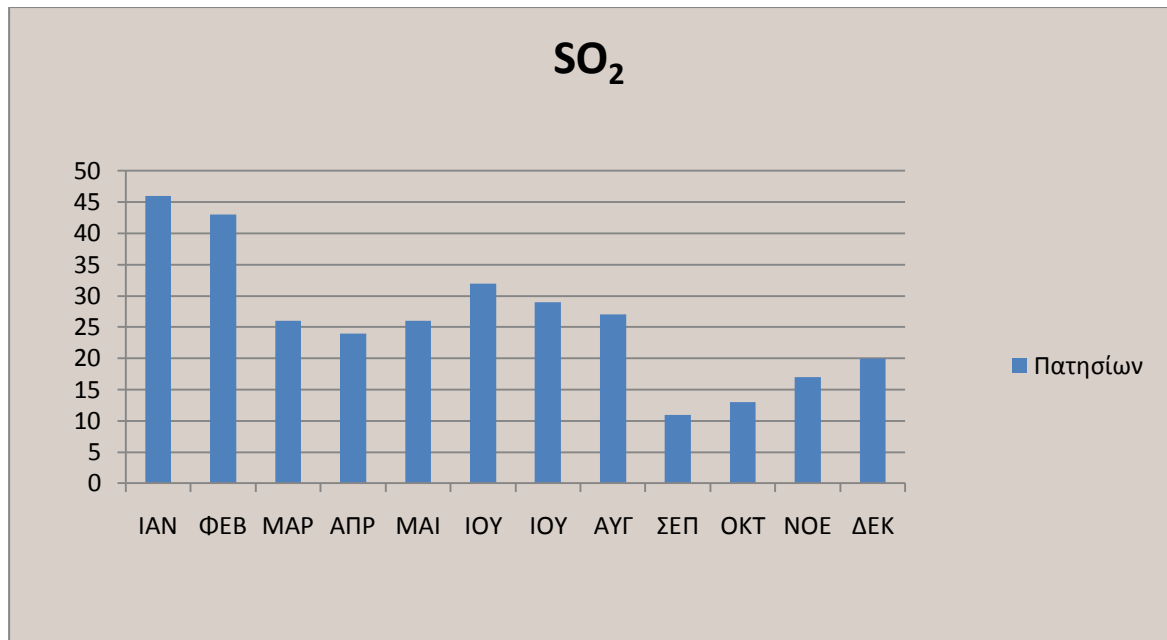
Διάγραμμα 6: Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του αζώτου (NO) (µg/m³)



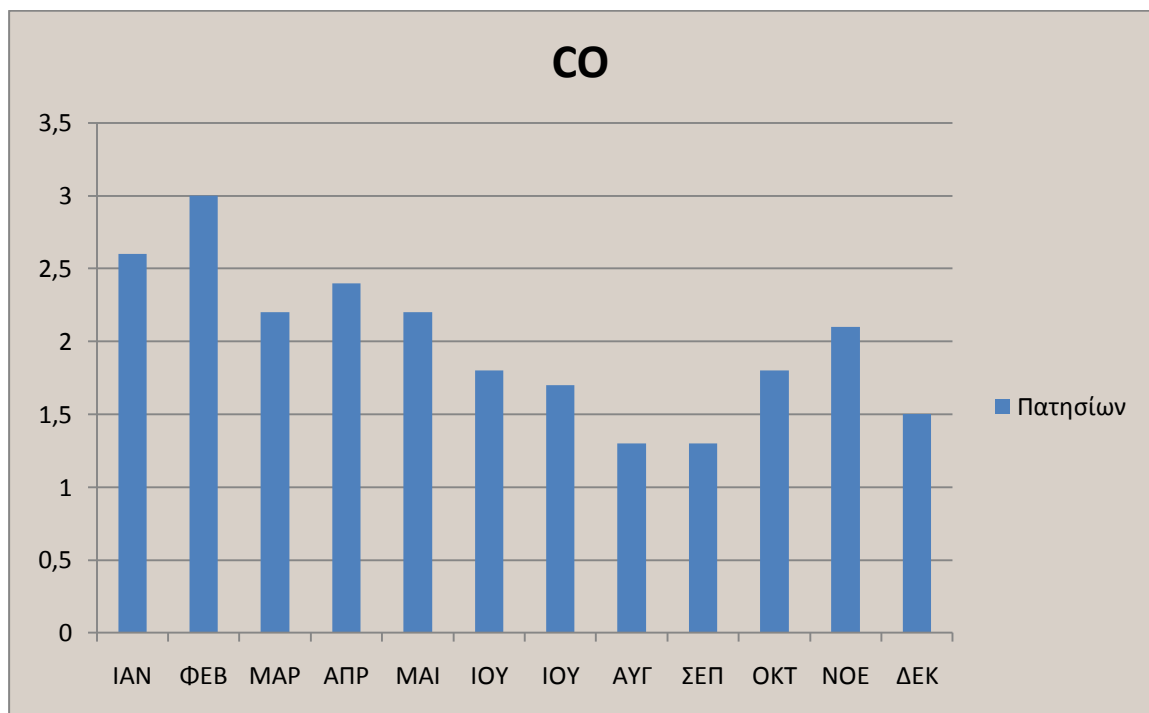
Διάγραμμα 7: Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του αζώτου (NO₂) (µg/m³)



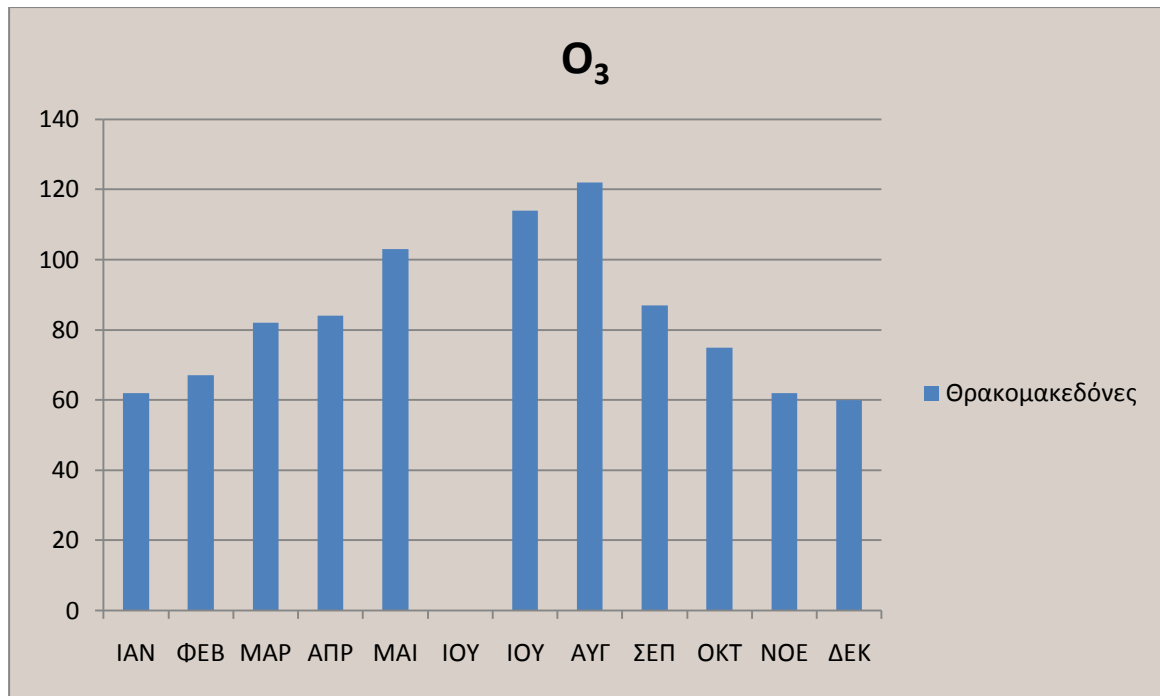
Διάγραμμα 8: Μέσες μηνιαίες τιμές βενζολίου (µg/m³)



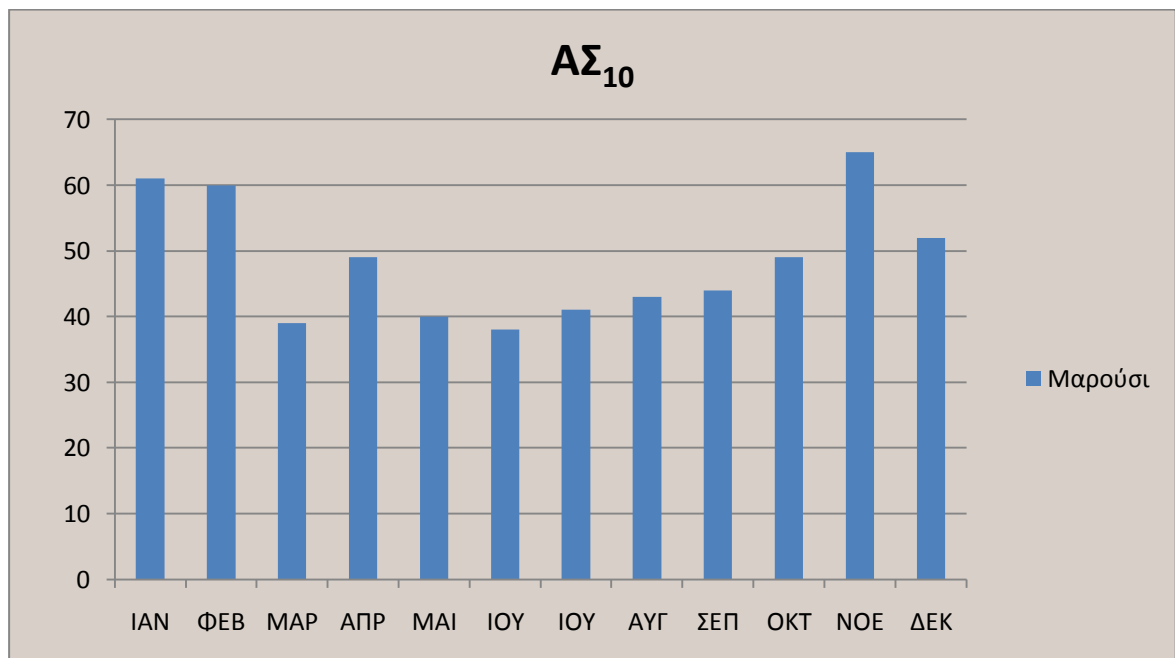
Διάγραμμα 9: Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του θείου (SO₂) (µg/m³)



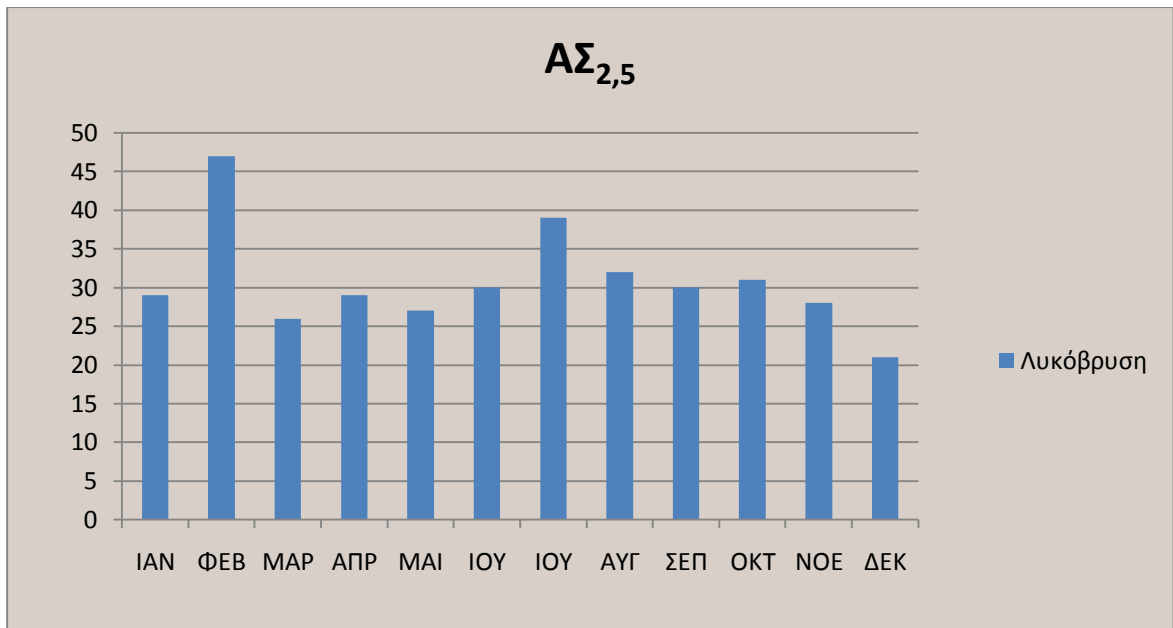
Διάγραμμα 10: Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του άνθρακα (CO) (mg/m³)



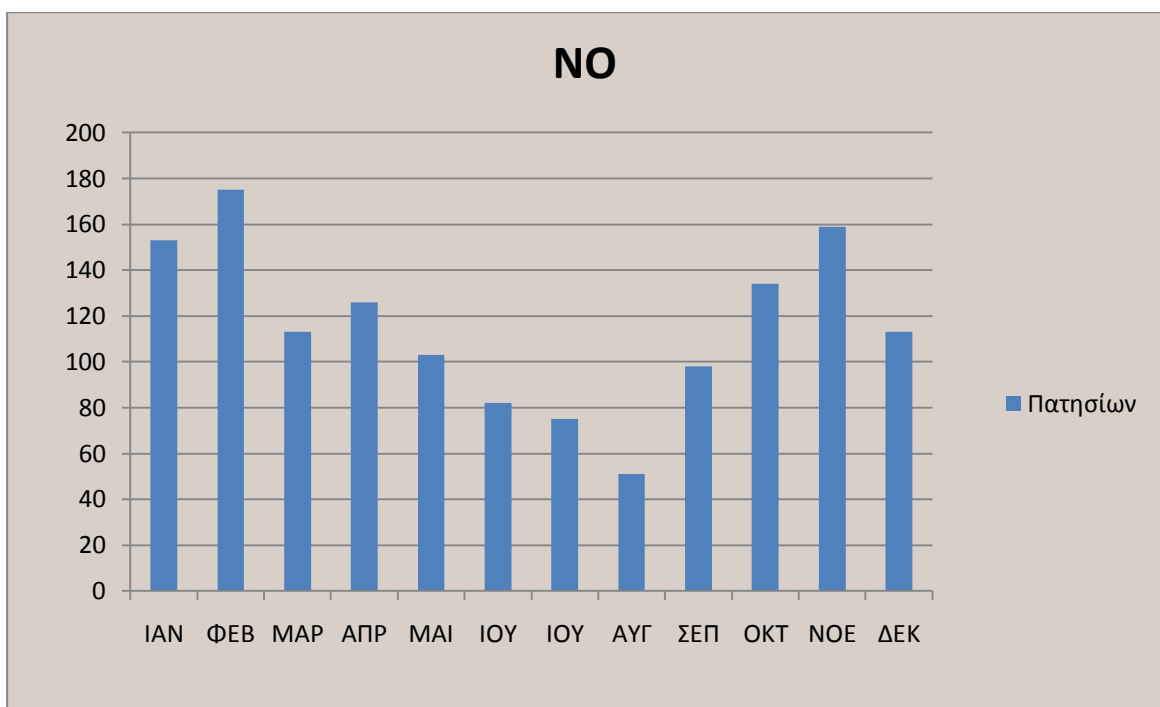
Διάγραμμα 11: Μέσες μηνιαίες τιμές όζοντος (O₃) (/m³)



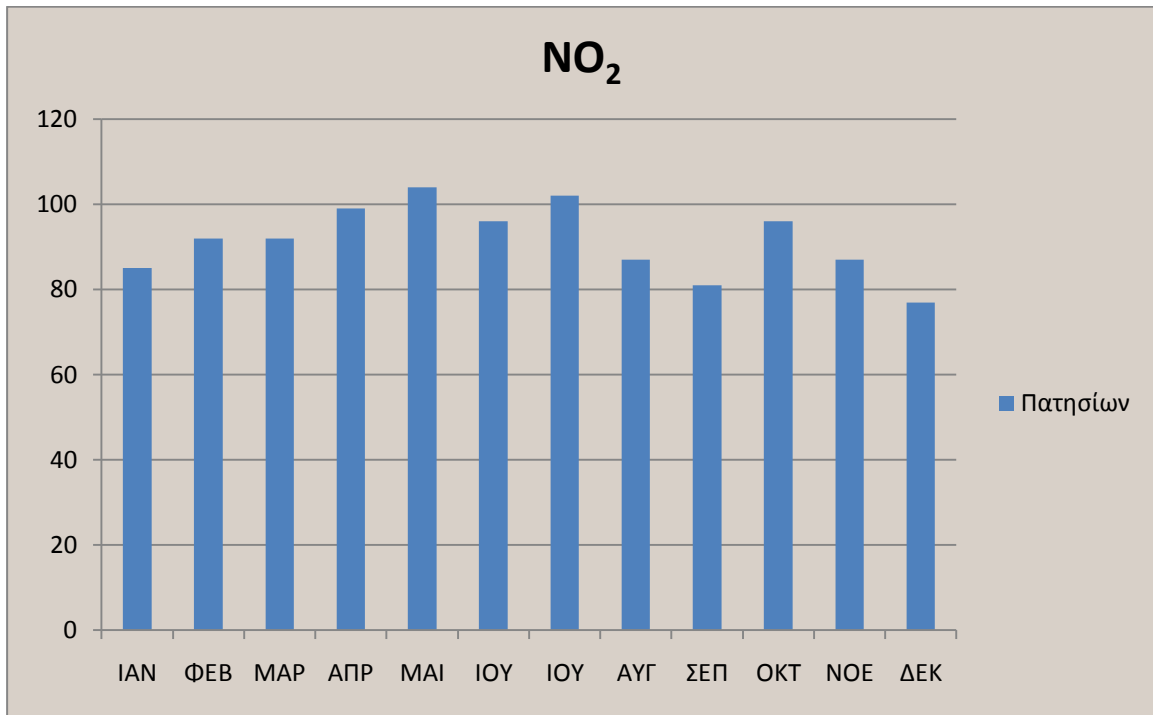
Διάγραμμα 12: Μέσες μηνιαίες τιμές αιωρούμενων σωματιδίων (ΑΣ₁₀) , (μg/m³)



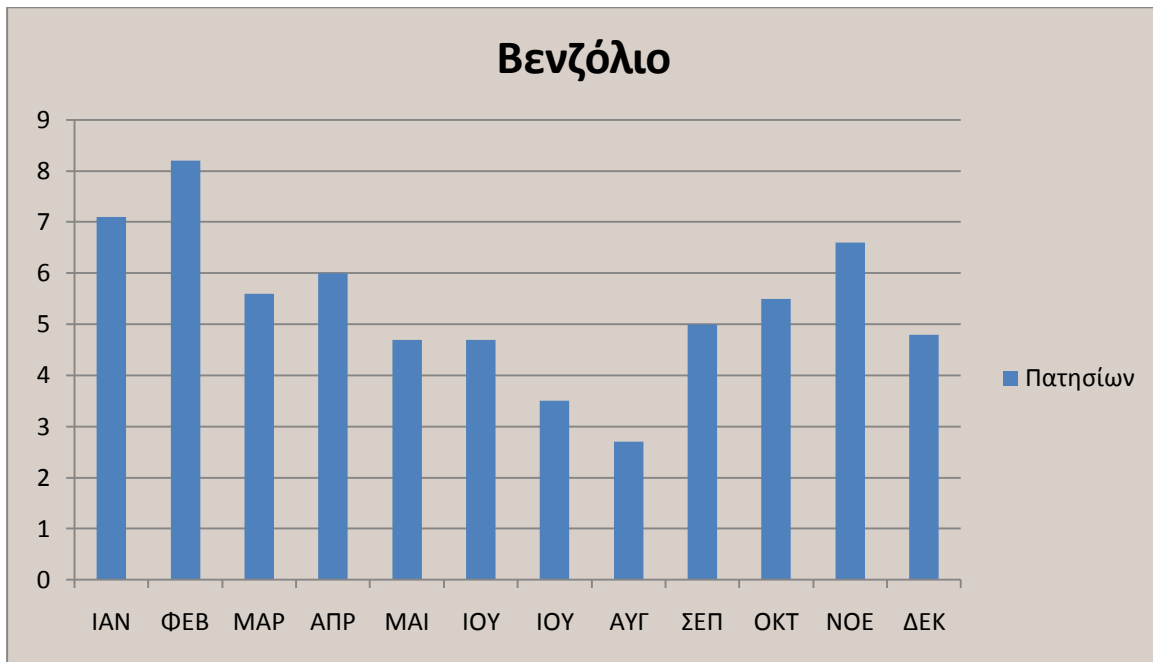
Διάγραμμα 13: Μέσες μηνιαίες τιμές αιωρούμενων σωματιδίων (AS_{2,5}) (µg/m³)



Διάγραμμα 14: Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του αζώτου (NO) (µg/m³)



Διάγραμμα 15: Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του αζώτου (NO₂) (µg/m³)



Διάγραμμα 16: Μέσες μηνιαίες τιμές βενζολίου (µg/m³)