



Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός

Διπλωματική Εργασία

«Γεωγραφική κατανομή γεννήσεων/θανάτων στην Ελλάδα και  
συσχέτιση με την ατμοσφαιρική ρύπανση»

ΠΑΝΙΤΣΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: ΜΑΝΙΚΑ ΣΤΕΛΛΑ

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2022

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

«Γεωγραφική κατανομή γεννήσεων/θανάτων στην Ελλάδα και  
συσχέτιση με την ατμοσφαιρική ρύπανση»

«ΠΑΝΙΤΣΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ»

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

«ΜΑΝΙΚΑ ΣΤΕΛΛΑ»

- Μέλος Σ.Ε.Π. Ε.Α.Π.»

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

«ΒΑΤΙΚΙΩΤΗΣ ΛΕΩΝΙΔΑΣ»

Μέλος Σ.Ε.Π. Ε.Α.Π.»

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2022

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στη Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου, στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός» και έχει ως αντικείμενο τη γεωγραφική κατανομή γεννήσεων/θανάτων στην Ελλάδα και συσχέτιση με την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα κ. Μανίκα Στέλλα για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, την υπομονή της και την καθοδήγησή της.



## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να επιτύχει να συσχετίσει μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ – GIS) τους ατμοσφαιρικούς ρύπους με τη διακύμανση των γεννήσεων/θανάτων. Το θέμα της εργασίας είναι να συσχετίσει την ατμοσφαιρική ρύπανση χωρικά με τη γεωγραφική κατανομή των γεννήσεων/θανάτων με εφαρμογή στην Ελλάδα. Η επεξεργασία των δεδομένων με σκοπό τη γεωγραφική κατανομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των γεννήσεων/ θανάτων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση των (ΓΣΠ – GIS), διότι είναι το πλέον κατάλληλο πρόγραμμα για την παραγωγή και παρουσίαση χαρτών χωρικής κατανομής για μια δεδομένη περιοχή.

Η συλλογή των δεδομένων αφορά κλιματολογικά δεδομένα και δεδομένα ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ωριαίες συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων που έχουν καταγραφεί από σταθμούς μέτρησης) τα οποία προέρχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY). Στη συνέχεια, ελήφθησαν τα δωρεάν δεδομένα που αφορούν τις γεννήσεις και τους θανάτους στη χώρα μας από τον ιστότοπο της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ). Αντίστοιχα, ορισμένα γεωδεδομένα που αφορούν τις συντεταγμένες των σταθμών μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθώς και τα γεωγραφικά όρια των εξεταζόμενων περιοχών λήφθηκαν από τον ιστότοπο του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ).

Τα ανωτέρω δεδομένα εισήχθησαν και επεξεργάστηκαν στο πρόγραμμα ArcGIS (10.8) και παρουσιάζονται χάρτες που απεικονίζουν τόσο τα δεδομένα ξεχωριστά όσο και σε συνδυασμό ώστε να πετύχουμε τον συσχετισμό γεννήσεων/θανάτων με την ατμοσφαιρική ρύπανση στην επιλεγόμενη περιοχή μελέτης.

### Λέξεις – Κλειδιά

Γεωπληροφορικά συστήματα πληροφοριών, χωρική κατανομή, ατμοσφαιρική ρύπανση, γεννήσεις, θάνατοι.

## «Geographical distribution of births / deaths in Greece in correlation with air pollution»

«PANITSAS XRISTOS»

### **Abstract**

The objective of this thesis is to successfully relate the variance in births and deaths to air pollution using Geographical Information Systems (GIS). The purpose of the study is to apply spatial relationships between air pollution and the geographical distribution of births/deaths with applications in Greece. Since (GIS) is the best suite for the creation and presentation of spatial distribution maps for a specific area, it was used to process the data for the geographical distribution of air pollution and births/deaths.

The Hellenic National Meteorological Service provided the data for the collection, which include climate data and air pollution data (hourly concentrations of atmospheric pollutants reported by measuring stations) (HNMS). Then, the data concerning births and deaths in our country were obtained from the website of the Hellenic Statistical Authority (HSA). Accordingly, certain geodata concerning the coordinates of the air pollution measurement stations as well as the geographical limits of the examined areas were obtained from the website of the Ministry of the Environment and Energy (YPEN).

In order to achieve the correlation of births/deaths with air pollution in the selected study area, the aforementioned data were imported, analyzed, and displayed on maps using the ArcGIS software (10.8).

### **Keywords**

Gis, spatial distribution, air pollution, births, deaths.

## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες .....	iv
Περίληψη.....	v
Abstract .....	vi
Περιεχόμενα .....	vii
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων .....	viii
Κατάλογος Πινάκων .....	xi
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xiii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	xiv
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ .....	xiv
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ – ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	xviii
1. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΝΝΗΣΕΩΝ - ΘΑΝΑΤΩΝ.....	1
1.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ.....	1
1.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΕΝΝΗΣΕΩΝ.....	4
1.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΘΑΝΑΤΩΝ.....	5
2. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗΣ .....	6
2.1 ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ .....	6
2.2 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ .....	7
2.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ.....	10
3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ .....	14
3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	14
3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ - ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ .....	16
3.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ ΜΕΣΩ ΓΣΠ .....	17
4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	18
4.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ - ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ .....	18
4.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ – ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ .....	19
4.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	20
4.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ Γ.Σ.Π. ....	54
5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ .....	63
5.2 ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	69
5.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΓΕΝΝΗΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟΥΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ .....	73
5.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΘΑΝΑΤΩΝ ΜΕ ΤΟΥΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ.....	84
5.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΩΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ .....	92
5.5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	97
Βιβλιογραφία.....	98

## Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 1: Οι λειτουργίες ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (Νικολακόπουλος κ.ά., 2015) .....	15
Εικόνα 2. Θέσεις σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης. ....	54
Εικόνα 3. Πίνακας βασικών στοιχείων των σταθμών ατμοσφαιρικής ρύπανσης για τον ελλαδικό χώρο σε περιβάλλον GIS. ....	56
Εικόνα 4. Περιοχή μελέτης και γεωγραφική κατανομή των σταθμών ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....	57
Εικόνα 5. Εισαγωγή δεδομένων συγκέντρωσης των ατμοσφαιρικών ρύπων υπό μορφή shapefile στο πρόγραμμα ArcGIS.....	59
Εικόνα 6. Πρώτο βήμα για την πραγματοποίηση της μεθόδου IDW για τη χωρική κατανομή του ατμοσφαιρικού ρύπου NO.....	60
Εικόνα 7. Δεύτερο βήμα για την πραγματοποίηση της μεθόδου IDW για τη χωρική κατανομή του ατμοσφαιρικού ρύπου NO.....	61
Εικόνα 8. Τρίτο βήμα για την πραγματοποίηση της μεθόδου IDW για τη χωρική κατανομή του ατμοσφαιρικού ρύπου NO.....	61
Εικόνα 9. Τέταρτο βήμα για την πραγματοποίηση της μεθόδου IDW για τη χωρική κατανομή του ατμοσφαιρικού ρύπου NO.....	62
Εικόνα 10. Η αναφορά της μεθόδου εκτέλεσης IDW για τη χωρική κατανομή του ατμοσφαιρικού ρύπου NO (2016-2020).....	62
Εικόνα 11. Χωρική κατανομή των γεννήσεων για την Ελλάδα για το έτος 2016.....	63
Εικόνα 12. Χωρική κατανομή των γεννήσεων για την Ελλάδα για το έτος 2017.....	64
Εικόνα 13. Χωρική κατανομή των γεννήσεων για την Ελλάδα για το έτος 2018.....	64
Εικόνα 14. Χωρική κατανομή των γεννήσεων για την Ελλάδα για το έτος 2019.....	65
Εικόνα 15. Χωρική κατανομή των γεννήσεων για την Ελλάδα για το έτος 2020.....	65
Εικόνα 16. Χωρική κατανομή των θανάτων για την Ελλάδα για το έτος 2016. ....	66
Εικόνα 17. Χωρική κατανομή των θανάτων για την Ελλάδα για το έτος 2017. ....	67
Εικόνα 18. Χωρική κατανομή των θανάτων για την Ελλάδα για το έτος 2018. ....	67
Εικόνα 19. Χωρική κατανομή των θανάτων για την Ελλάδα για το έτος 2019. ....	68
Εικόνα 20. Χωρική κατανομή των θανάτων για την Ελλάδα για το έτος 2020. ....	68
Εικόνα 21. Χωρική κατανομή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για τη χρονική περίοδο 2016-2020 με τη μέθοδο IDW.....	70
Εικόνα 22. Χωρική κατανομή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO <sub>2</sub> για τη χρονική περίοδο 2016-2020 με τη μέθοδο IDW.....	70
Εικόνα 23. Χωρική κατανομή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου O <sub>3</sub> για τη χρονική περίοδο 2016-2020 με τη μέθοδο IDW.....	72
Εικόνα 24. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για το έτος 2016. ....	76
Εικόνα 25. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για το έτος 2017. ....	76
Εικόνα 26. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για το έτος 2018. ....	77
Εικόνα 27. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για το έτος 2019. ....	77

Εικόνα 28. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για το έτος 2020. ....	78
Εικόνα 29. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO <sub>2</sub> για το έτος 2016. ....	78
Εικόνα 30. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO <sub>2</sub> για το έτος 2017. ....	79
Εικόνα 31. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO <sub>2</sub> για το έτος 2018. ....	79
Εικόνα 32. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO <sub>2</sub> για το έτος 2019. ....	80
Εικόνα 33. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO <sub>2</sub> για το έτος 2020. ....	80
Εικόνα 34. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου O <sub>3</sub> για το έτος 2016. ....	81
Εικόνα 35. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου O <sub>3</sub> για το έτος 2017. ....	81
Εικόνα 36. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου O <sub>3</sub> για το έτος 2018. ....	82
Εικόνα 37. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου O <sub>3</sub> για το έτος 2019. ....	82
Εικόνα 38. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου O <sub>3</sub> για το έτος 2020. ....	83
Εικόνα 39. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για το έτος 2016. ....	84
Εικόνα 40. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για το έτος 2017. ....	85
Εικόνα 41. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για το έτος 2018. ....	85
Εικόνα 42. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για το έτος 2019. ....	86
Εικόνα 43. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για το έτος 2020. ....	86
Εικόνα 44. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO <sub>2</sub> για το έτος 2016. ....	87
Εικόνα 45. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO <sub>2</sub> για το έτος 2017. ....	87
Εικόνα 46. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO <sub>2</sub> για το έτος 2018. ....	88
Εικόνα 47. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO <sub>2</sub> για το έτος 2019. ....	88
Εικόνα 48. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO <sub>2</sub> για το έτος 2020. ....	89
Εικόνα 49. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου O <sub>3</sub> για το έτος 2016. ....	89
Εικόνα 50. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου O <sub>3</sub> για το έτος 2017. ....	90

Εικόνα 51. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου $O_3$ για το έτος 2018. ....	90
Εικόνα 52. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου $O_3$ για το έτος 2019. ....	91
Εικόνα 53. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου $O_3$ για το έτος 2020. ....	91
Εικόνα 54. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου $NO$ για την χρονική περίοδο 2016-2020. ....	93
Εικόνα 55. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου $NO$ για την χρονική περίοδο 2016-2020. ....	93
Εικόνα 56. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου $NO_2$ για την χρονική περίοδο 2016-2020. ....	94
Εικόνα 57. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου $NO_2$ για την χρονική περίοδο 2016-2020. ....	94
Εικόνα 58. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου $O_3$ για την χρονική περίοδο 2016-2020. ....	95
Εικόνα 59. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου $O_3$ για την χρονική περίοδο 2016-2020. ....	95
Σχήμα 1. Η πορεία της Στατιστικής Υπηρεσίας στην Ελλάδα. ....	1
Σχήμα 2. Οργανόγραμμα Διεύθυνσης Διοίκησης και Οργάνωσης. ....	2
Σχήμα 3. Οργανόγραμμα Γενικής Διεύθυνσης Στατιστικών. ....	3

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Μηνιαίες συχνότητες ανέμου, Καστοριά. ....	7
Πίνακας 2. Μηνιαίες συχνότητες ανέμου, Τρίπολη. ....	8
Πίνακας 3. Μετεωρολογικοί σταθμοί - κωδικοί. ....	9
Πίνακας 4. Πρωτογενή μετεωρολογικά δεδομένα. ....	9
Πίνακας 5. Μετρούμενοι ρύποι - μέθοδος μέτρησης. ....	10
Πίνακας 6. Μεταδεδομένα σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΕΔΠΑΡ, που την ευθύνη λειτουργίας τους έχει το ΥΠΕΝ. ....	11
Πίνακας 7. Μεταδεδομένα σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΕΔΠΑΡ που την ευθύνη λειτουργία τους έχουν οι Περιφέρειες. ....	13
Πίνακας 8. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας γεννήσεων για το έτος 2016. ....	20
Πίνακας 9. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας γεννήσεων για το έτος 2017. ....	21
Πίνακας 10. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας γεννήσεων για το έτος 2018. ....	21
Πίνακας 11. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας γεννήσεων για το έτος 2019. ....	22
Πίνακας 12. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας γεννήσεων για το έτος 2020. ....	23
Πίνακας 13. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας θανάτων για το έτος 2016. ....	24
Πίνακας 14. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας θανάτων για το έτος 2017. ....	24
Πίνακας 15. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας θανάτων για το έτος 2018. ....	25
Πίνακας 16. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας θανάτων για το έτος 2019. ....	26
Πίνακας 17. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας θανάτων για το έτος 2020. ....	26
Πίνακας 18. Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2016. ....	33
Πίνακας 19. Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2017. ....	34
Πίνακας 20. Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2018. ....	35
Πίνακας 21. Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2017. ....	36
Πίνακας 22. Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2020. ....	37
Πίνακας 23. Μέσες ετήσιες τιμές μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για κάθε έτος για τη χρονική περίοδο 2016-2020. ....	38
Πίνακας 24. Μέση συγκέντρωση των ετήσιων τιμών μονοξειδίου του αζώτου για τη χρονική περίοδο 2016-2020. ....	39
Πίνακας 25. Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2016. ....	39
Πίνακας 26. Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2017. ....	40
Πίνακας 27. Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2018. ....	41
Πίνακας 28. Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2019. ....	42
Πίνακας 29. Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2020. ....	43



Πίνακας 30. Μέσες ετήσιες τιμές διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για κάθε έτος για τη χρονική περίοδο 2016-2020.....	44
Πίνακας 31. Μέση συγκέντρωση των ετήσιων τιμών διοξειδίου του αζώτου για τη χρονική περίοδο 2016-2020. ....	45
Πίνακας 32. Μέσες μηνιαίες τιμές όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2016.....	46
Πίνακας 33. Μέσες μηνιαίες τιμές όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2017.....	47
Πίνακας 34. Μέσες μηνιαίες τιμές όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2018.....	48
Πίνακας 35. Μέσες μηνιαίες τιμές όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2019.....	49
Πίνακας 36. Μέσες μηνιαίες τιμές όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2020.....	50
Πίνακας 37. Μέσες ετήσιες τιμές όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για κάθε έτος για τη χρονική περίοδο 2016-2020. ....	51
Πίνακας 38. Μέση συγκέντρωση των ετήσιων τιμών όζοντος για τη χρονική περίοδο 2016-2020. ....	52
Πίνακας 39. Οι σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τους ρύπους που καταγράφουν εντός της περιοχής μελέτης. ....	58
Πίνακας 40. Συγκεντρωτικός πίνακας με τις τιμές του συντελεστή $r$ όσον αφορά τη συσχέτιση γεννήσεων και ρύπων καθώς και θανάτων και ρύπων για κάθε έτος της περιόδου 2016-2020.....	74
Πίνακας 41. Πίνακας με τις τιμές του συντελεστή $r$ όσον αφορά τη συσχέτιση γεννήσεων και ρύπων για κάθε έτος της περιόδου 2016-2020.....	75
Πίνακας 42. Πίνακας με τις τιμές του συντελεστή $r$ όσον αφορά τη συσχέτιση θανάτων και ρύπων για κάθε έτος της περιόδου 2016-2020.....	75
Πίνακας 43. Πίνακας με τις τιμές του συντελεστή $r$ όσον αφορά τη συσχέτιση γεννήσεων και ρύπων καθώς και θανάτων και ρύπων για τη χρονική περίοδο 2016-2020.....	96



## Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΔΕ	Διπλωματική Εργασία
ΠΣ	Πρόγραμμα Σπουδών
ΘΕ	Θεματική Ενότητα
ΕΑΠ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
ΣΥΝ	Συντονιστής
ΠΕ	Πτυχιακή Εργασία
ΕΜΥ	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
GIS	Geographic Information Systems
ΥΠΕΝ	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να καταφέρει να συνδυάσει μέσω προγραμμάτων γεωπληροφοριακών συστημάτων (GIS) τους ατμοσφαιρικούς ρύπους με τη διακύμανση των γεννήσεων\θανάτων. Τα τελευταία χρόνια τα γεωπληροφοριακά συστήματα τόσο με την εξέλιξη της τεχνολογίας όσο και της εισχώρησης τους στην τριτοβάθμια εκπαίδευση δίνουν καινοτόμα και σημαντικά αποτελέσματα σε διάφορα πεδία ερευνών. Σε αυτό συντελεί σημαντικά ο τρόπος παρουσίασης των αποτελεσμάτων διότι είναι εύχρηστος και κατανοητός. Η χωρική κατανομή των δεδομένων είναι κατανοητή στον οποιοδήποτε και τα πιθανά αποτελέσματα είναι άπειρα διότι δεν υπάρχει περιορισμός.

Το παρόν θέμα έχει δουλευτεί και παλαιότερα είτε μέσω συνεχών επεξεργασιών των δεδομένων μόνο από υπολογιστικά φύλλα είτε δίνοντας παραπάνω σημασία στα πληθυσμιακά στοιχεία (ηλικία, φύλλο). Σε αυτή την εργασία δόθηκε έμφαση στη «γεωγραφική κατανομή» και στη συσχέτιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τις γεννήσεις/θανάτους.

## ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά περιβαλλοντικά ζητήματα των τελευταίων δεκαετιών ειδικά σε αναπτυγμένες αστικές και βιομηχανικές περιοχές. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (2018), η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα φαινόμενο το οποίο προκαλείται όταν υπάρχουν συγκεκριμένες ουσίες στην ατμόσφαιρα και σε τέτοια συγκέντρωση, με αποτέλεσμα να προκαλούνται μακροπρόθεσμα αρνητικές συνέπειες τόσο στην υγεία των ζώντων οργανισμών όσο και καταστροφές σε τεχνικά έργα και υλικές κατασκευές γενικά (<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/el/>). Τα βασικά κριτήρια που πρέπει να πληροί μια ουσία για να θεωρηθεί ρύπος είναι τα εξής, η συγκέντρωση του ατμοσφαιρικού ρύπου η οποία θα πρέπει να ξεπερνά ένα κατώτατο καθορισμένο όριο, η τοποθεσία στην οποία παράγεται η ουσία, η χρονική διάρκεια δράσης της και η μεταβολή της συγκέντρωσης της ουσίας (Βερύκιος, 2003; Χαϊνά, 2014; Παρασχά, 2014). Στην Ελλάδα το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης άρχισε να γίνεται πιο αισθητό κατά τα 40 τελευταία περίπου χρόνια. Οι λόγοι της αύξησης της συγκέντρωσης των ρύπων στον ελλαδικό χώρο σχετίζονται με την

αστικοποίηση του πληθυσμού της χώρας σε συνδυασμό με την οικονομική ανάπτυξη που παρουσίαζε σταδιακά μέσα στο προαναφερθέν χρονικό διάστημα (Χριστοφορίδου, 2014).

### **Συνέπειες ατμοσφαιρικής ρύπανσης**

Η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει ιδιαίτερα βλαβερές συνέπειες τόσο στο περιβάλλον όσο και στην υγεία των ανθρώπων. Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί στον ευρωπαϊκό χώρο μια σημαντική αλλαγή ως προς τη διαχείριση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Αποτέλεσμα των πρακτικών που έχουν λάβει χώρα στην Ευρώπη, συνιστά η αισθητή μείωση των εκπομπών των ατμοσφαιρικών ρύπων βελτιώνοντας έτσι σταδιακά την ποιότητα της ατμόσφαιρας. Παρά τα θετικά αυτά αποτελέσματα, το ζήτημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εξακολουθεί να χρήζει ιδιαίτερης μεταχείρισης από τα ενδιαφερόμενα μέλη. Οι συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων εξακολουθούν να παραμένουν σε αρκετά υψηλά επίπεδα, αυξάνοντας έτσι το ποσοστό των προβλημάτων υγείας που σχετίζεται κυρίως με το αναπνευστικό σύστημα στους κατοίκους των εκάστοτε περιοχών. Αυτό είναι πολύ σημαντικό αν αναλογιστούμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό των πολιτών που κατοικούν σε ευρωπαϊκό χώρο έχουν εγκατασταθεί κυρίως σε αστικές περιοχές ή βιομηχανικές ζώνες όπου οι συγκεντρώσεις πολλών ρύπων (π.χ. όζον, διοξείδιο και μονοξείδιο του αζώτου και διοξείδιο του άνθρακα) ξεπερνούν τα αποδεκτά όρια απειλώντας μακροπρόθεσμα την υγεία του γενικού πληθυσμού. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί πρόβλημα για όλες τις χώρες του πλανήτη καθώς οι ρύποι της ατμόσφαιρας δεν μένουν στάσιμοι αλλά είναι δυνατόν να μεταφέρονται και σε άλλες περιοχές δημιουργώντας και εκεί σημαντικά προβλήματα.

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (ΕΟΠ), η μακροχρόνια έκθεση στους ατμοσφαιρικούς ρύπους δύναται να προκαλέσει σοβαρές ζημιές στο αναπνευστικό σύστημα διότι περίπου το 90% του πληθυσμού της Ευρώπης που κατοικεί σε αστικές περιοχές βρίσκεται σε συνεχή έκθεση σε ρύπους που ξεπερνούν κατά πολύ τα καθορισμένα ως επιτρεπτά όρια. Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί έναν από τους παράγοντες που προκαλούν όλοι μαζί πάνω από το 10% του συνόλου των κρουσμάτων καρκίνου εντός ευρωπαϊκού χώρου (ΕΟΠ, 2022 <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-burden-of-cancer/beating-cancer-the-role-of-europes>). Οι θάνατοι ανέρχονται ετησίως σε 1,3 εκατομμύρια συνιστώντας τον καρκίνο που σχετίζεται με την ατμοσφαιρική ρύπανση σοβαρή απειλή για το κοινωνικό σύνολο με το οικονομικό κόστος να φθάνει και τα 178 δις ευρώ για το έτος 2018 μόνο.

Συγκεκριμένα, η ατμοσφαιρική ρύπανση συνδέεται με το 1% περίπου όλων των κρουσμάτων καρκίνου σε ευρωπαϊκό χώρο και προκαλεί περίπου το 2% όλων των θανάτων από καρκίνο. Όσον αφορά αποκλειστικά και μόνο τους καρκίνους του πνεύμονα, το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί στο 9% των θανάτων. Επιπλέον, πρόσφατες έρευνες έχουν διαπιστώσει συσχέτιση μεταξύ της μακροχρόνιας έκθεσης σε αιωρούμενα σωματίδια και της λευχαιμίας τόσο σε ενήλικες όσο και παιδιά.

### **Κατηγορίες ατμοσφαιρικών ρύπων**

Οι πιο σημαντικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης τόσο ανθρωπογενούς όσο και φυσικής προέλευσης αποτελούν η καύση ορυκτών καυσίμων (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, βιομηχανία, μεταφορές, οικιακή κατανάλωση), η γεωργία και η κτηνοτροφία, βιομηχανικές δραστηριότητες (κυρίως βιομηχανίες ορυκτών και χημικών), διεργασίες διαχείρισης αποβλήτων, και φυσικά φαινόμενα όπως εκρήξεις ηφαιστειών, δασικές πυρκαγιές, βιολογική αποσύνθεση οργανισμών. Όσον αφορά το περιβάλλον, η επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης διαφαίνεται μέσα από φαινόμενα όπως ο ευτροφισμός, η οξίνιση αλλά και καταστροφές σε γεωργικές καλλιέργειες, και υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα.

Ένας πρωταρχικός τρόπος διαχωρισμού των ρύπων γίνεται με βάση την προέλευσή τους είναι σε δύο κατηγορίες, τους πρωτογενείς και τους δευτερογενείς. Στους πρωτογενείς ρύπους συγκαταλέγονται οι ρύποι που εκλύονται από κάποια φυσική διεργασία και η εκπομπή τους γίνεται απευθείας από τις πηγές ρύπανσης. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν οι ατμοσφαιρικοί ρύποι όπως το διοξείδιο του θείου, το υδρόθειο, τα αιωρούμενα σωματίδια, το μονοξείδιο του άνθρακα, οι υδρογονάνθρακες, το μονοξείδιο του αζώτου, ο μόλυβδος, ο καπνός και ο αμίαντος (Μουστρής, 2019; Γεωργόπουλος, 2002). Δευτερογενείς είναι οι ρύποι που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα μετά από μια σειρά χημικών αντιδράσεων των πρωτογενών ρύπων. Πολύπλοκες χημικές αντιδράσεις μεταξύ του οξυγόνου της ατμόσφαιρας των οξειδίων του αζώτου, και των υδρογονανθράκων όπως και με την επίδραση του ηλιακού φωτός, έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία δευτερογενών ρύπων όπως το όζον, άλλα προϊόντα γνωστά ως PAN και τα οποία είναι τοξικά. Ως δευτερογενείς ρύποι θα μπορούσαν επίσης να θεωρηθούν και τα προϊόντα οξείδωσης των πρωτογενών ρύπων που περιέχουν θείο, όπως τα θειικά άλατα το θειικό οξύ και το τριοξείδιο του θείου (Μουστρής, 2019; Γεωργόπουλος, 2002; Τρουμπέτα, 2020).

Άλλος τρόπος ταξινόμησης των ατμοσφαιρικών ρύπων αφορά τη χημική τους σύνθεση με τις κατηγορίες να περιλαμβάνουν το θείο, το άζωτο, τον άνθρακα, τα αλογόνα και ορισμένες τοξικές και ραδιενεργές χημικές ενώσεις (Στογιάννης, 2019). Με κριτήριο τη φυσική κατάσταση των ρύπων, αυτοί χωρίζονται σε αέριοι ρύποι (αέρια και ατμοί), σε αιωρούμενα σωματίδια (PM) (αιθάλη, σκόνη, καπνός).

Στην παρούσα εργασία αναλύθηκαν τα οξειδία του αζώτου, το διοξείδιο του άνθρακα και το όζον όσον αφορά τη στατιστική ανάλυση των συγκεντρώσεών τους και όσον αφορά τη γεωγραφική τους εξάπλωση. Οι ρύποι αυτοί επιλέχθηκαν λόγω της σημασίας της παρακολούθησής των μεταβολών των συγκεντρώσεών τους καθώς και εξαιτίας της πληρότητας των δεδομένων που υπήρχαν διαθέσιμα με σκοπό την επεξεργασία και τη χωρική κατανομή τους.

Όσον αφορά τα οξειδία του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ), το μονοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}$ ) και το διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) είναι τα πιο επικίνδυνα και θεωρούνται σημαντικοί ατμοσφαιρικοί ρύποι. Το μονοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}$ ) θεωρείται πρωτογενής ρύπος που προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων (πετρελαίου, βενζίνης, γαιάνθρακα, φυσικού αερίου κτλ.) που συντελείται κυρίως στα αυτοκίνητα, στις κεντρικές θερμάνσεις, και στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Μέσα σε ένα διάστημα μερικών λεπτών, το μονοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}$ ) οξειδώνεται στον αέρα από το ατμοσφαιρικό όζον ( $\text{O}_3$ ) και προκύπτει ως δευτερογενείς ρύπος το διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ). Οι εκπεμπόμενες ποσότητες του μονοξειδίου του αζώτου ( $\text{NO}$ ) γίνονται πιο μεγάλες όσο πιο έντονες είναι οι συνθήκες της καύσεως (καύση σε υψηλές θερμοκρασίες) (Παρταλίδου, 2018; Χριστοφορίδου, 2014). Αξίζει να αναφερθεί ότι η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων  $\text{NO}_2$  εμφανίζεται κυρίως σε πόλεις καθώς σχετίζεται με αστικές δραστηριότητες. Επιπλέον, οι συγκεντρώσεις φαίνονται να αυξάνονται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες διότι σχετίζεται και με την ηλιακή ενέργεια. Από τα οξειδία του αζώτου, το διοξείδιο θεωρείται το πιο επικίνδυνο ως ατμοσφαιρικός ρύπος (Μελάς, 2007; Βερύκιος, 2003).

Σχετικά με το όζον ( $\text{O}_3$ ), η παραγωγή του 90% του ολικού όζοντος ( $\text{O}_3$ ) της ατμόσφαιρας της γης γίνεται στην στρατόσφαιρα (15-50 km) ενώ το υπόλοιπο 10% εμφανίζεται στην τροπόσφαιρα (0-15 km). Στο χαμηλότερο κομμάτι της στρατόσφαιρας (19 έως 23 Km) βρίσκεται η στιβάδα του όζοντος η οποία αποτελείται από τη μεγαλύτερη ποσότητα όζοντος. Το όζον είναι ένας δευτερογενής ρύπος καθώς δεν εκπέμπεται άμεσα στην ατμόσφαιρα αλλά παράγεται μετά από διάφορες χημικές αντιδράσεις άλλων ρύπων, όπως διοξειδίων του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) και πτητικών οργανικών ενώσεων με το οξυγόνο ( $\text{O}_2$ )

και τη συμμετοχή της ηλιακής ακτινοβολίας (Χριστοφορίδου, 2014). Οι ανθρωπογενείς πηγές εκπομπής των ρύπων που θα οδηγήσουν στη δημιουργία του όζοντος είναι τα οχήματα, οι χωματερές, τα χημικά εργοστάσια, τα χημικά διαλυτικά, ακόμα και μικρότερες πηγές όπως τα βενζινάδικα (Ζάνης, 2014). Το όζον είναι ικανό να επηρεάσει τη ζωή στη γη είτε θετικά είτε αρνητικά, και αυτό εξαρτάται από το πού βρίσκεται στην ατμόσφαιρα του πλανήτη (Στογιάννης, 2019).

Η συγκέντρωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα ποικίλλει ανάλογα με την εκάστοτε περιοχή αλλά και την εποχή. Οι μεταβολές που παρουσιάζει σε διαφορετικές εποχές σχετίζονται με τις ποσότητες των βιογενών πτητικών οργανικών ενώσεων. Παρατηρείται αύξηση αυτών των πτητικών ενώσεων κατά τους καλοκαιρινούς μήνες με αποτέλεσμα να παρατηρείται και αύξηση στη συγκέντρωση του όζοντος ιδιαίτερα σε πλούσια σε οξείδια του αζώτου περιβάλλοντα (Roupkou et al., 2007). Πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα παρατηρούνται αυξήσεις στις τιμές του όζοντος εξαιτίας της γεωγραφικής της θέσης η οποία ευθύνεται για τις υψηλές θερμοκρασίες και τη μεγάλη ηλιοφάνεια που όπως προαναφέρθηκε είναι σημαντικός παράγοντας που συντελεί στη δημιουργία του όζοντος. Τέλος, σημειώνεται ότι αυξημένες συγκεντρώσεις όζοντος συνήθως παρατηρούνται στα περιφερειακά τμήματα των πόλεων εν αντιθέσει με τη πλειοψηφία των ρύπων που παρουσιάζουν αυξημένες συγκεντρώσεις στα κέντρα των πόλεων (Πετρακάκης κ.ά., 2005). Δεν επηρεάζονται μόνο τα αστικά κέντρα από τη δημιουργία όζοντος καθώς μπορεί να δημιουργηθεί και να ταξιδέψει και προς την περιφέρεια σε λιγότερο αστικές ή και αγροτικές περιοχές.

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ – ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η εξάπλωση των ρύπων είναι πολύ σημαντικό ζήτημα καθώς είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε ποιες περιοχές επηρεάζονται από κάθε ρύπο ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των επιπτώσεων της αυξημένης συγκέντρωσης ατμοσφαιρικών ρύπων στην ατμόσφαιρα της εκάστοτε περιοχής. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η διερεύνηση της χωρικής κατανομής των ατμοσφαιρικών ρύπων NO, NO<sub>2</sub> και O<sub>3</sub> στην περιοχή μελέτης. Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε η περιοχή της Αθήνας καθώς αποτελεί πρωτεύουσα της χώρας και το μεγαλύτερο αστικό κέντρο στο οποίο είναι η απαραίτητη η παρακολούθηση των ατμοσφαιρικών ρύπων. Επιπλέον, στην περιοχή της

Αθήνας βρίσκεται ένα σχετικό πυκνό δίκτυο με σταθμούς μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης το οποίο είναι σημαντικό γιατί ικανοποιεί και το κριτήριο που αφορά την πληρότητα των διαθέσιμων δεδομένων. Επιπλέον, ως το μεγαλύτερο αστικό κέντρο και πρωτεύουσα της χώρας είναι σημαντική η ανάλυση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθώς από αυτή επηρεάζονται εκατομμύρια κάτοικοι. Η εργασία επίσης πραγματεύεται και τη συσχέτιση των θανάτων και των γεννήσεων στην περιοχή της Αθήνας με τις συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων.

Τα αρχικά δεδομένα (ατμοσφαιρικοί ρύποι, πληθυσμιακά στοιχεία) έπρεπε να επεξεργαστούν σε υπολογιστικά φύλλα ώστε να πάρουν την κατάλληλη μορφή για να εισαχθούν στο πρόγραμμα GIS. Τα δεδομένα των ρύπων ήταν ανά «ώρα» και έπρεπε να μετατραπούν σε μέσες τιμές ανά «μήνα» και ανά «έτος» ώστε να μπορούν να συμφωνήσουν με τα αντίστοιχα πληθυσμιακά στοιχεία που ήταν ετήσια. Στη συνέχεια, τα πληθυσμιακά στοιχεία δεν ήταν ομοιόμορφα σε όλα τα έτη λόγω των αλλαγών που έγιναν μέσω του «Καλλικράτη». Αρχικός στόχος ήταν να πραγματοποιηθεί η γεωγραφική κατανομή σε όλη την Ελληνική επικράτεια, όμως ενώ είναι διαθέσιμα τα πληθυσμιακά στοιχεία για όλη την Χώρα, δεν υπάρχουν σταθμοί που να δίνουν στοιχεία των ατμοσφαιρικών ρύπων σε όλη την Χώρα είτε αριθμητικά είτε σε καλή χωρική κατανομή ώστε να είναι αξιόπιστα τα αποτελέσματα τους. Για αυτό το λόγο η αναλυτική χωρική κατανομή έγινε για την περιοχή της Αττικής.

Ως τελικό αποτέλεσμα παρουσιάζονται τόσο τα στατιστικά στοιχεία γεννήσεων και θανάτων για την περιοχή μελέτης αλλά και τα στατιστικά στοιχεία όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των ρύπων NO, NO<sub>2</sub> και O<sub>3</sub> και με τη μορφή πινάκων αλλά και με τη μορφή χαρτών. Ο συνδυασμός της χωρικής κατανομής των ατμοσφαιρικών ρύπων καθώς και των στοιχείων που αφορούν τον συνολικό αριθμό γεννήσεων και θανάτων μας βοηθούν να κατανοήσουμε καλύτερα την επίδραση των υψηλών συγκεντρώσεων στην υγεία των κατοίκων.

Το θέμα που επεξεργάζεται η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ερευνηθεί και παλαιότερα σύμφωνα με την βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποίησα. Οι προσεγγίσεις τους όμως, σύμφωνα με την μεθοδολογία τους, ήταν μέσω επεξεργασίας υπολογιστικών φύλλων και εξαγωγή διαγραμμάτων. Στη παρούσα εργασία έγινε η προσπάθεια ώστε η επεξεργασία των δεδομένων και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων να γίνει μέσω των γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων. Λόγω των διαφόρων προβλημάτων που υπήρξαν που αναφέρονται παρακάτω, η συσχέτιση των γεννήσεων/θανάτων με τους

ατμοσφαιρικούς ρύπους έγινε στην περιοχή της Αττικής που δεν έχει πραγματοποιηθεί κάτι παρόμοιο.

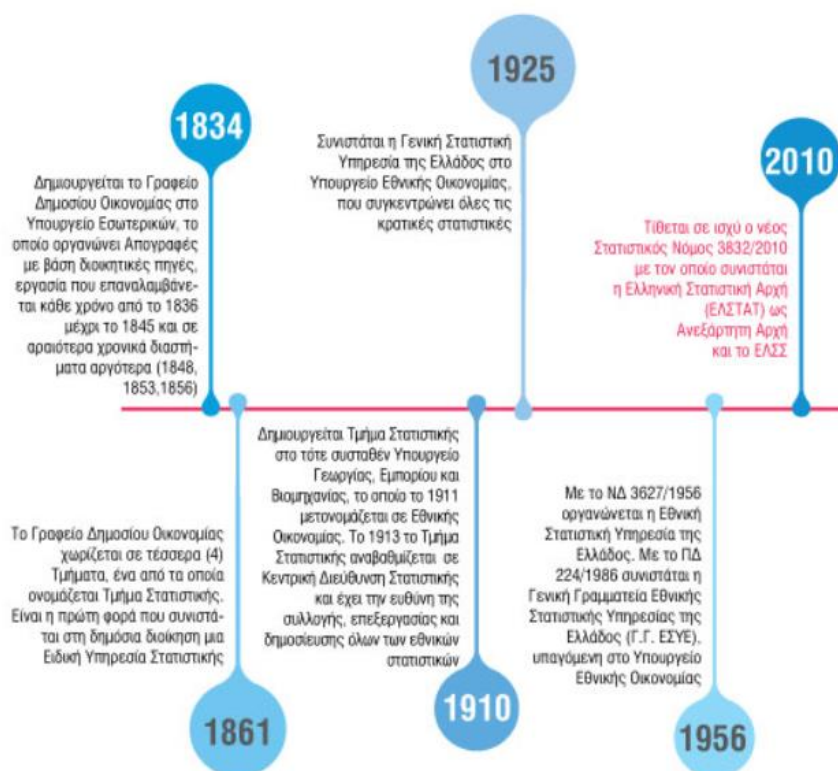


## 1. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΝΝΗΣΕΩΝ - ΘΑΝΑΤΩΝ

Τα στατιστικά στοιχεία λήφθηκαν από τον επίσημο ιστότοπο της ΕΛΣΤΑΤ (<https://www.statistics.gr/greece-in-figures>) , αφορούν τις γεννήσεις και τους θανάτους που έχουν καταγραφεί ανά Δήμο και Νομό, για διάφορα έτη. Η χρονική περίοδος που έγινε η διερεύνηση είναι η περίοδος 2016-2020. Τα δεδομένα αντλήθηκαν σε μορφή λογιστικών φύλλων (excel), παρακάτω περιγράφεται η μεθοδολογία επεξεργασίας τους.

### 1.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ

Ο στόχος της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ) είναι η καταγραφή, επεξεργασία και η παρουσίαση στατιστικών δεδομένων με στόχο την διασφάλιση και τη διαρκή βελτίωση της ποιότητας των στατιστικών της χώρας μας ([www.statistics.gr/](http://www.statistics.gr/)). Η υπηρεσία έχει ξεκινήσει με την διενέργεια της πρώτης απογραφής της χώρας. Έκτοτε συνεχώς εξελίσσεται.



Σχήμα 1. Η πορεία της Στατιστικής Υπηρεσίας στην Ελλάδα ( [www.statistics.gr/](http://www.statistics.gr/)).

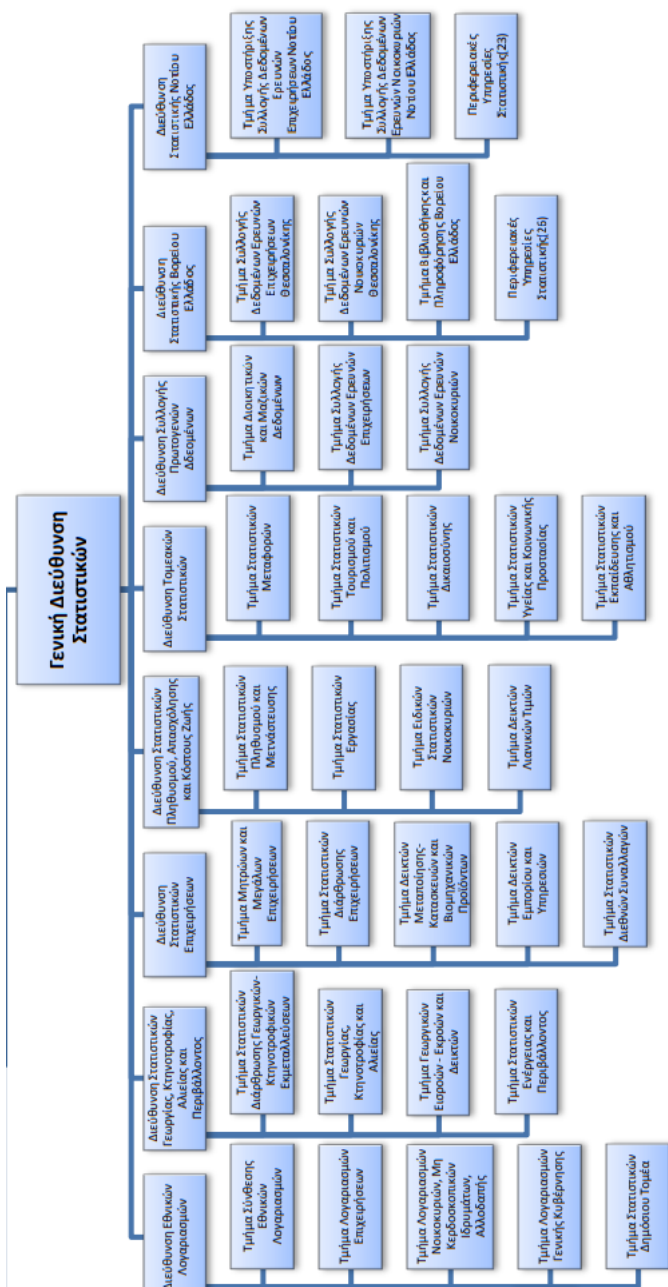
Η Ελληνική Στατιστική Αρχή αποτελείται από διάφορα τμήματα που έχουν υπό τον έλεγχο τους συγκεκριμένες λειτουργίες, παρακάτω φαίνεται το οργανόγραμμα της υπηρεσίας.



Σχήμα 2. Οργανόγραμμα Διεύθυνσης Διοίκησης και Οργάνωσης.

Το παραπάνω οργανόγραμμα αφορά την δομή και την λειτουργία της υπηρεσίας. Χωρίζεται σε τέσσερις διευθύνσεις και ύστερα επιμερίζεται η κάθε διεύθυνση στα αντίστοιχα Τμήματα.

Από το οργανόγραμμα αντιλαμβανόμαστε την ορθή λειτουργικότητα της Υπηρεσίας, την βαθιά οργάνωση που διαθέτει, σύμφωνα και με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα άλλων αντίστοιχων υπηρεσιών.

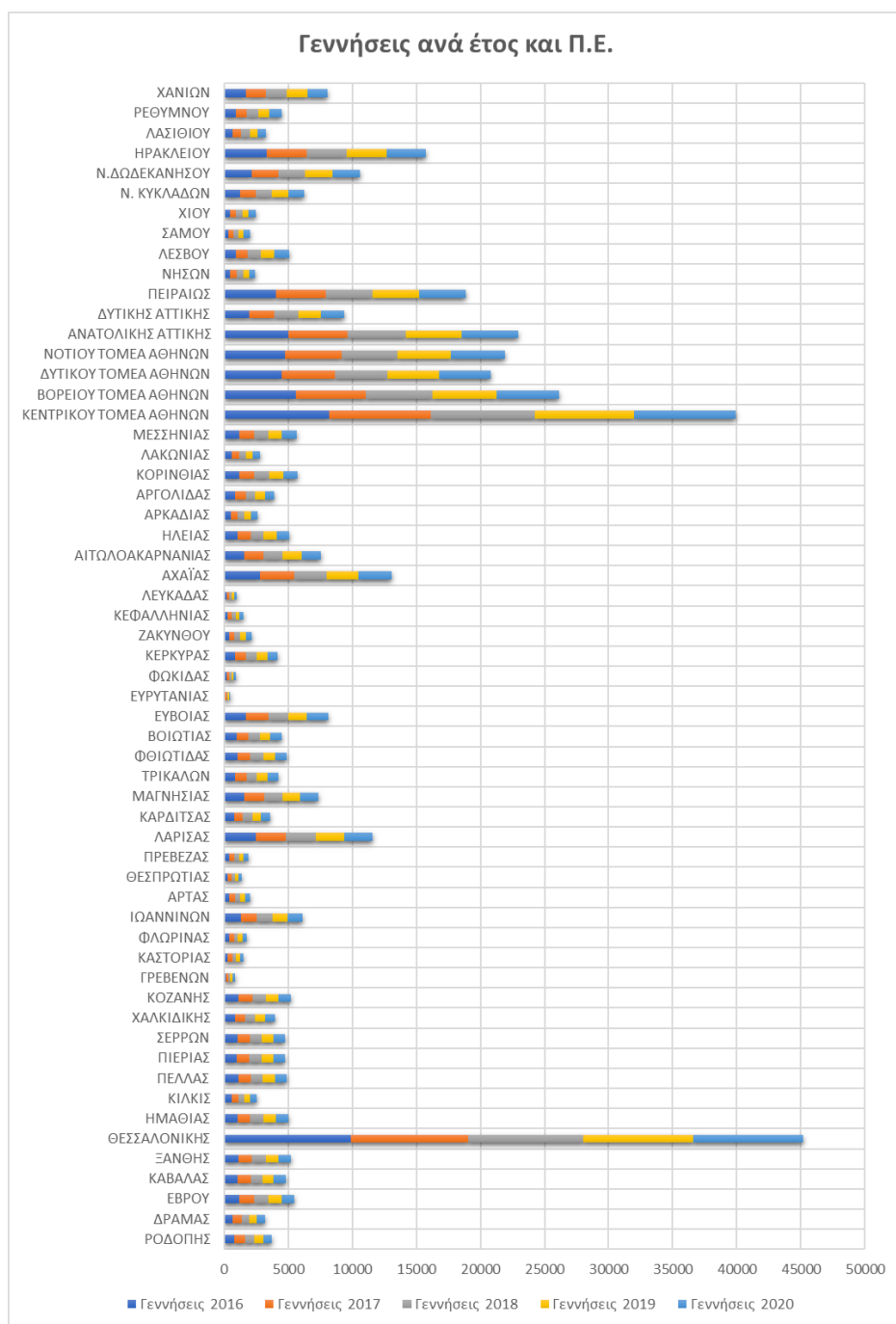


Σχήμα 3. Οργανόγραμμα Γενικής Διεύθυνσης Στατιστικών.

Παραπάνω φαίνεται το οργανόγραμμα φαίνονται οι τομείς και η γεωγραφική κατανομή των στατιστικών στοιχείων που λαμβάνονται, έχουμε οκτώ διευθύνσεις και 33 τμήματα, πολλά από αυτά δεν έχουν ένα αποκλειστικό αντικείμενο.

## 1.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΕΝΝΗΣΕΩΝ

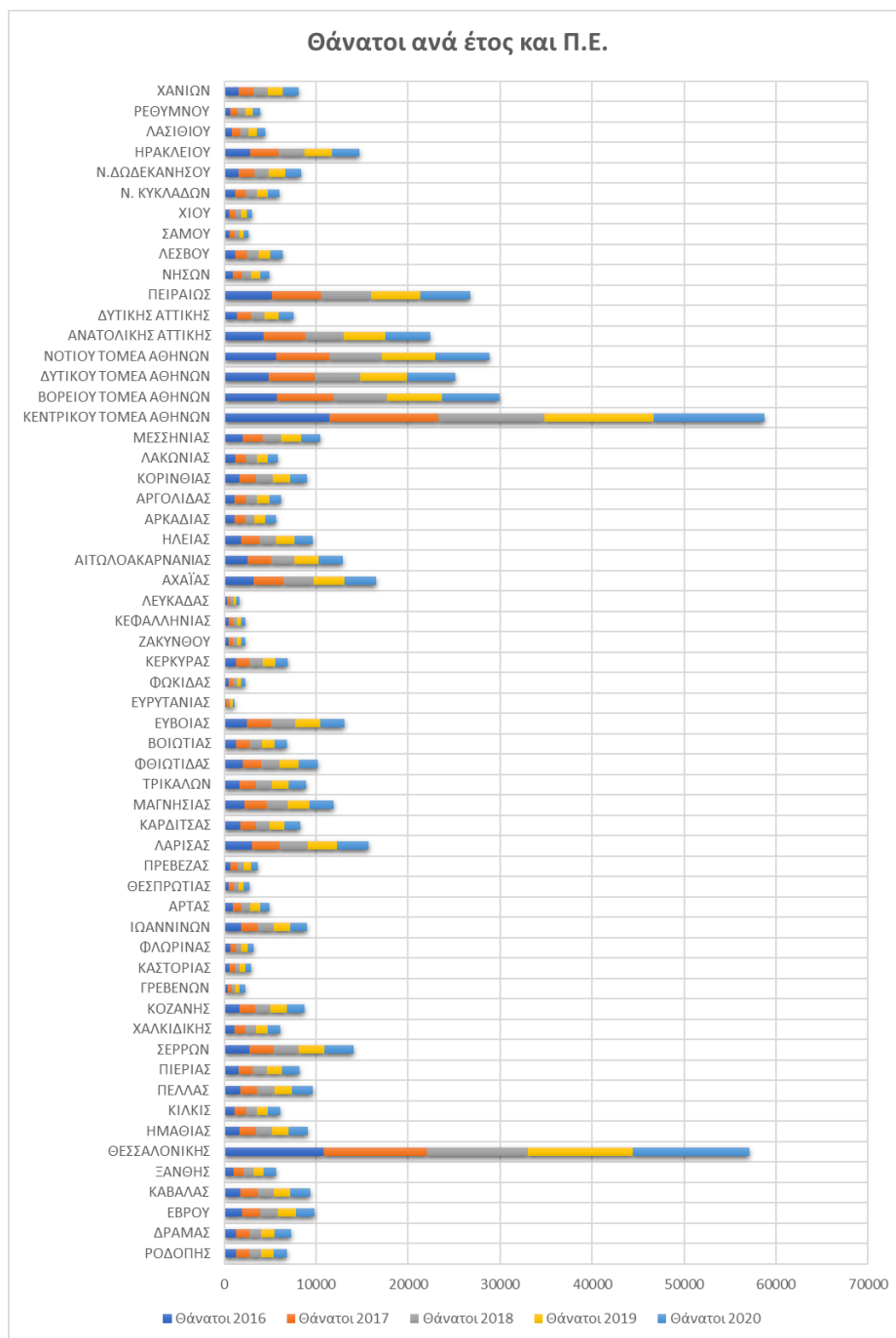
Τα δεδομένα ελήφθησαν σε μορφή υπολογιστικών φύλλων ώστε να είναι εύκολη και η περαιτέρω επεξεργασία τους. Τα δεδομένα είναι σε αναλυτική ψηφιακή μορφή και αφορούν την περίοδο 2016 - 2020. Το χρονικό εύρος περιορίστηκε σύμφωνα και με τα υπόλοιπα δεδομένα που αντλήθηκαν, που αφορούν τους ρύπους. (<https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPO03/2020>)



**Διάγραμμα 1. Γεννήσεις ανά έτος και Π.Ε. για τη χρονική περίοδο 2016-2020.**

### 1.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΘΑΝΑΤΩΝ

Τα δεδομένα που αφορούν τους θανάτους επεξεργάστηκαν ως αρχεία που βρίσκονται σε μορφή υπολογιστικών φύλλων. Τα δεδομένα είναι σε αναλυτική ψηφιακή μορφή και αφορούν την ίδια χρονική περίοδο με αυτή των γεννήσεων (2016 – 2020). Η λήψη των δεδομένων έγινε από την ΕΛΣΤΑΤ (<https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPO09/2020>)



Διάγραμμα 2. Θάνατοι ανά έτος και Π.Ε. για τη χρονική περίοδο 2016-2020.

## 2. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Τα στοιχεία λήφθηκαν από την ΕΜΥ κατόπιν αιτήσεως που ζητήθηκε για να χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά για την εκπόνηση της εν λόγω Διπλωματικής εργασίας. Τα μετεωρολογικά στοιχεία είναι άκρως συνδεδεμένα με τους ατμοσφαιρικούς ρύπους.

Γνωρίζουμε ότι οι αέριοι ρύποι μεταφέρονται πολύ εύκολα από περιοχή σε περιοχή ανάλογα τις κλιματολογικές και μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν. Στην Χώρα, έχουμε πολλά παραδείγματα όπου αλλού είναι η πηγή των ρύπων και οι συνέπειες της ύπαρξης τους εντοπίζεται σε άλλη περιοχή. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείτε σε οικιστικές περιοχές που βρίσκονται κοντά σε βιομηχανικές περιοχές.

### 2.1 ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ

Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία ([http://www.emy.gr/emv/el/services/paroxi-  
ipiresion](http://www.emy.gr/emv/el/services/paroxi-<br/>ipiresion)) ξεκίνησε το 1931 και άνηκε τότε στο νεοσύστατο Υπουργείο Αεροπορίας, ως στόχο είχε τη μετεωρολογική υποστήριξη όλων των φορέων της Εθνικής Οικονομίας και της Εθνικής Άμυνας της χώρας μας.

Κατά την περίοδο 1931-1940 η υπηρεσία ανέπτυξε ένα δίκτυο Μετεωρολογικών Σταθμών σε διάφορα σημεία της Χώρας. Παράλληλα ξεκίνησε τη λειτουργία του και το Τμήμα Προγνώσεων Καιρού και ιδρύθηκε η Μετεωρολογική Σχολή της ΕΜΥ. Το 1935 έγινε μέλος της Διεθνούς Μετεωρολογικής Οργάνωσης.

Μετά το τέλος του Β' Παγκόσμιου Πολέμου η υπηρεσία εξελίχθηκε, αρχικά μέσω του Υπουργείου Αεροπορίας και στη συνέχεια μέσω του Υπουργείου Εθνικής Άμυνας, αναδιοργάνωσε την δομή και την λειτουργία της, εκσυγχρονίστηκε ο τεχνολογικός της εξοπλισμός, πραγματοποιήθηκαν και αναπτύχθηκαν συνεργασίες με Διεθνείς Οργανισμούς.

## 2.2 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα μετεωρολογικά δεδομένα βρίσκονται σε ψηφιακή μορφή και αφορούν τους περισσότερους σταθμούς, καλύπτοντας σχεδόν όλη την επικράτεια της Χώρας. Λόγω του τεράστιου όγκου των δεδομένων αλλά και της απλοϊκής μορφής τους έπρεπε να γίνει αρκετή επεξεργασία ώστε να μπορούν να παρουσιαστούν και να αξιολογηθούν.

Τα δεδομένα προέρχονται από 15 σταθμούς, από διάφορα σημεία της Ελλάδας. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιοι σταθμοί. Στη μετέπειτα επεξεργασία των δεδομένων μέσω Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, δεν λήφθηκαν υπόψη διότι, ενώ αρχικά υπήρξε η επιδίωξη για κάτι τέτοιο, δεν βρέθηκε η κατάλληλη φόρμα σύνδεσης των δεδομένων.



### ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ

Όνομα Σταθμού		Κωδικός Σταθμού		Γεωγ.Πλάτος Σταθμού	Γεωγ.Μήκος Σταθμού	Ύψος Σταθμού (m)		Περίοδος			
ΚΑΣΤΟΡΙΑ		16614		40	21			1/1/2019 ΕΩΣ 31/12/2021			
Ιανουάριος											
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM/VR	SUM
Beaufort	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.75	26.75
Beaufort	1	1.65	0.69	1.10	0.55	0.55	0.96	1.65	3.43	24.83	35.39
Beaufort	2	2.33	1.51	0.82	0.55	1.92	0.55	2.19	8.50	5.08	23.46
Beaufort	3	2.19	1.51	0.00	0.00	0.69	0.14	0.82	4.25	0.00	9.60
Beaufort	4	2.74	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	1.10	0.00	4.53
Beaufort	5	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27
Beaufort	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	>= 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM		9.19	3.98	1.92	1.10	3.16	1.65	5.08	17.28	56.65	100
Φεβρουάριος											
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM/VR	SUM
Beaufort	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.48	22.48
Beaufort	1	0.63	0.00	0.31	0.00	0.31	0.63	1.73	2.67	22.17	28.46
Beaufort	2	3.14	1.89	1.89	1.57	0.79	0.16	2.20	7.39	5.03	24.06
Beaufort	3	4.25	2.04	0.31	0.31	0.47	0.79	2.04	4.25	0.00	14.47
Beaufort	4	4.72	1.57	0.31	0.00	0.00	0.16	0.31	1.73	0.00	8.81
Beaufort	5	0.94	0.16	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	1.26
Beaufort	6	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47
Beaufort	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	>= 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM		14.15	5.66	2.83	1.89	1.57	1.89	6.29	16.04	49.69	100
Μάρτιος											
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM/VR	SUM
Beaufort	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.92	24.92
Beaufort	1	0.93	0.00	0.47	0.00	0.31	0.78	2.02	1.87	19.78	26.17
Beaufort	2	2.34	2.65	0.93	0.93	1.71	0.00	3.58	7.63	6.39	26.17
Beaufort	3	2.34	3.89	0.31	0.31	0.78	0.31	2.34	4.98	0.00	15.26
Beaufort	4	1.40	1.56	0.93	0.00	0.16	0.00	0.47	2.34	0.00	6.85
Beaufort	5	0.47	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62
Beaufort	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	>= 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM		7.48	8.26	2.65	1.25	2.96	1.09	8.41	16.82	51.09	100

Πίνακας 1. Μηνιαίες συχνότητες ανέμου, Καστοριά.



ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ

Όνομα Σταθμού		Κωδικός Σταθμού		Γεωγ.Πλάτος Σταθμού		Γεωγ.Μήκος Σταθμού		Ύψος Σταθμού (m)		Περίοδος	
ΤΡΙΠΟΛΗ		16710		38		22				1/1/2019 ΕΩΣ 31/12/2021	
Ιανουάριος											
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM/VR	SUM
Beaufort	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.95	13.95
Beaufort	1	0.96	0.27	0.96	1.64	1.37	2.05	0.82	0.14	24.62	32.83
Beaufort	2	2.19	1.37	0.55	1.64	2.74	4.65	1.50	0.27	5.06	19.97
Beaufort	3	5.34	1.23	0.14	0.96	2.46	5.34	4.79	0.41	0.00	20.66
Beaufort	4	3.15	0.41	0.00	0.14	0.96	3.83	2.19	0.14	0.00	10.81
Beaufort	5	0.27	0.14	0.00	0.00	0.00	0.27	0.68	0.00	0.00	1.37
Beaufort	6	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.41
Beaufort	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	>= 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM		12.18	3.42	1.64	4.38	7.52	####	10.12	0.96	43.64	100
Φεβρουάριος											
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM/VR	SUM
Beaufort	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.70	19.70
Beaufort	1	0.83	0.50	0.33	1.17	0.50	0.67	1.17	0.00	22.04	27.21
Beaufort	2	1.17	0.83	0.67	2.17	2.00	2.84	1.00	0.00	2.84	13.52
Beaufort	3	4.17	1.67	0.50	2.17	0.83	4.34	2.84	0.50	0.00	17.03
Beaufort	4	5.68	2.34	1.17	0.17	0.17	5.34	3.51	0.17	0.00	18.53
Beaufort	5	2.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.17	0.67	0.00	0.00	3.84
Beaufort	6	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
Beaufort	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	>= 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM		14.02	5.84	3.17	5.68	3.51	####	9.18	0.67	44.57	100
Μάρτιος											
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM/VR	SUM
Beaufort	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.76	13.76
Beaufort	1	1.42	0.71	0.85	1.28	0.57	2.27	1.28	0.71	20.00	29.08
Beaufort	2	2.70	2.13	1.28	1.56	2.13	2.84	1.28	0.14	5.25	19.29
Beaufort	3	3.55	3.12	1.84	1.56	1.13	4.11	3.12	0.43	0.14	19.01
Beaufort	4	4.26	2.13	0.28	0.28	0.43	3.69	4.26	0.57	0.14	16.03
Beaufort	5	1.28	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.00	0.00	2.55
Beaufort	6	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.28
Beaufort	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	>= 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM		13.33	8.65	4.26	4.68	4.26	####	10.78	1.84	39.29	100
Απρίλιος											
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM/VR	SUM
Beaufort	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.91	16.91
Beaufort	1	1.45	0.81	1.29	1.77	0.64	0.81	1.45	0.48	17.71	26.41
Beaufort	2	2.25	1.77	1.93	2.74	3.70	3.54	1.45	0.48	4.03	21.90
Beaufort	3	5.15	0.81	2.25	3.06	1.93	5.15	3.22	0.32	0.00	21.90
Beaufort	4	1.93	0.97	1.29	0.32	0.48	2.58	4.19	0.16	0.00	11.92
Beaufort	5	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.64	0.00	0.00	0.97
Beaufort	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	>= 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM		10.95	4.35	6.76	7.89	6.76	####	10.95	1.45	38.65	100
Μάιος											
Διεύθυνση Ανέμου		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM/VR	SUM
Beaufort	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.74	16.74
Beaufort	1	1.19	0.30	1.04	1.48	1.63	1.48	1.78	0.30	20.89	30.07
Beaufort	2	1.78	0.89	1.19	2.07	3.11	4.15	1.33	0.89	3.70	19.11
Beaufort	3	1.19	0.59	1.04	3.41	3.41	7.26	2.96	0.59	0.00	20.44
Beaufort	4	0.44	0.30	0.59	0.59	0.44	6.37	3.85	0.30	0.00	12.89
Beaufort	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.30	0.00	0.00	0.74
Beaufort	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beaufort	>= 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM		4.59	2.07	3.85	7.56	8.59	####	10.22	2.07	41.33	100

Πίνακας 2. Μηνιαίες συχνότητες ανέμου, Τρίπολη.



ΣΤΑΘΜΟΙ
16614 ΚΑΣΤΟΡΙΑ
16622 ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ
16627 ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ
16641 ΚΕΡΚΥΡΑ
16642 ΙΩΑΝΝΙΝΑ
16648 ΛΑΡΙΣΑ
16667 ΜΥΤΙΛΗΝΗ
16699 ΤΑΝΑΓΡΑ
16710 ΤΡΙΠΟΛΗ
16715 ΤΑΤΟΙ
16718 ΕΛΕΥΣΙΝΑ
16726 ΚΑΛΑΜΑΤΑ
16746 ΣΟΥΔΑ
16749 ΡΟΔΟΣ
16754 ΗΡΑΚΛΕΙΟ

Πίνακας 3. Μετεωρολογικοί σταθμοί - κωδικοί.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΕΤΟΣ	ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΑ	ΩΡΑ (UTC)	ΑΝΕΜΟΣ			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 12ΩΡΟΥ (°C)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 12ΩΡΟΥ (°C)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ (hPa)
					ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ (°)	ΕΝΤΑΣΗ (knots)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΝΤΑΣΗ 3ΩΡΟΥ (knots)					
16614	2019	1	1	00	30	8	15	3.1			57.85	1021.6
16614	2019	1	1	03	350	5	19	2.4			59.00	1022.4
16614	2019	1	1	06	VRB	3	12	1.9	5.2	-3.2	58.00	1023.8
16614	2019	1	1	09	30	8	14	3.0			53.63	1024.0
16614	2019	1	1	12	VRB	3	12	3.7			46.23	1022.3
16614	2019	1	1	15	10	5	13	2.8			48.16	1022.0
16614	2019	1	1	18	300	4	12	-0.8	5.4	-1.5	65.36	1023.1
16614	2019	1	1	21	VRB	2	6	-3.8			76.73	1023.0
16614	2019	1	2	00	VRB	2	6	-5.6			81.98	1021.7
16614	2019	1	2	03	VRB	2	5	-7.3			86.35	1020.2
16614	2019	1	2	06	310	4	7	-7.0	-0.8	-7.8	80.54	1019.3
16614	2019	1	2	09	0	0	8	-0.6			62.95	1016.8
16614	2019	1	2	12	0	0	9	5.8			39.59	1011.7
16614	2019	1	2	15	VRB	3	6	4.9			41.52	1010.5
16614	2019	1	2	18	20	9	15	2.4	7.6	-7.0	55.97	1011.7
16614	2019	1	2	21	50	10	16	1.3			55.70	1012.7
16614	2019	1	3	00	VRB	3	17	-1.1			90.21	1013.2
16614	2019	1	3	03	330	3	7	-1.6			91.52	1012.7
16614	2019	1	3	06	290	4	8	-1.8	2.4	-1.9	90.84	1013.0
16614	2019	1	3	09	0	0	6	-0.6			83.19	1013.4
16614	2019	1	3	12	0	0	4	-1.0			80.70	1012.6
16614	2019	1	3	15	340	11	20	-0.8			61.48	1012.6
16614	2019	1	3	18	340	15	23	-1.7	2.6	-1.9	60.34	1014.7
16614	2019	1	3	21	10	6	20	-2.3			59.28	1016.6
16614	2019	1	4	00	VRB	5	15	-3.1			62.90	1017.6
16614	2019	1	4	03	VRB	4	14	-3.8			61.77	1018.5

Πίνακας 4. Πρωτογενή μετεωρολογικά δεδομένα.

## 2.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

Τα δεδομένα που αφορούν την ατμοσφαιρική ρύπανση βρίσκονται σε μορφή dat. και αφορούν σταθμούς μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που βρίσκονται διάσπαρτοι εντός των συνόρων της χώρας. Τα διαθέσιμα δεδομένα, λόγω του μεγάλου όγκου που καλύπτουν, επεξεργάστηκαν με διαφορετικούς τρόπους με σκοπό την παρουσίαση και την αξιολόγησή τους. Τα δεδομένα είτε σε μονάδα χρόνου ανά «ώρα» και μετατράπηκαν σε μέσες μηνιαίες και μέσες ετήσιες, για να συμφωνούν με τα ετήσια πληθυσμιακά στοιχεία.

Τα δεδομένα προέρχονται από 48 σταθμούς, από διάφορα σημεία της Ελλάδας. Παρακάτω παρουσιάζεται η επεξεργασία και η χωρική κατανομή για την περιοχή της Αθήνας.

Ρύπος	Μέθοδος μέτρησης
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Απορρόφηση στο υπέρυθρο (NDIR)
Οξείδια του αζώτου (NO, NO <sub>2</sub> )	Χημειοφωταύγεια
Οζόν (O <sub>3</sub> )	Απορρόφηση στο υπεριώδες
Διοξείδιο του θείου (SO <sub>2</sub> )	Φθορισμομετρία
Αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ <sub>10</sub> -ΑΣ <sub>2,5</sub> )	Απορρόφηση β ακτινοβολίας (εκτός από την Ελευσίνα όπου χρησιμοποιείται η σταθμική)
Βενζόλιο (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Αέρια χρωματογραφία (GC)
Βαρέα Μέταλλα	Ατομική Απορρόφηση

**Πίνακας 5. Μετρούμενοι ρύποι - μέθοδος μέτρησης.**

Ανοικτά δεδομένα που αφορούν τους σταθμούς μέτρησης του ΥΠΕΝ, την μεθοδολογία και άλλα σχετικά θέματα, είναι διαθέσιμα στον ιστότοπο : <https://ypen.gov.gr/perivallon/poiotita-tis-atmosfairas/dedomena-metriseon-atmosfairikis-rypansis/?fbclid=IwAR3UUk-hVdymtv5nhy32ASmHc7m3-G3nHAyHc1gwdLfWMZpNwHUm19wApdk>)

Σταθμός						Μετρούμενοι ρύποι							
Όνομα	Θέση					Χαρακτηρισμός	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	O <sub>3</sub>	ΑΣ <sub>10</sub>	ΑΣ <sub>2,5</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
	WGS84		ΕΓΣΑ87		Υψόμετρο (m –asl)								
	Γεωγρ. Μήκος	Γεωγρ. Πλάτος	X (m)	Y(m)									
Αθηνάς (ATH)	23,726845	37,978204	475861	4203144	75	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v			
Αριστοτέλους (ARI)	23,727617	37,988066	475932	4204238	75	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v			v	v	
Γεωπονική (GEO)	23,705153	37,984100	473958	4203804	40	Περιστατικός-Βιομηχανικός		v	v	v			
Λιόσια (LIO)	23,697781	38,076741	473344	4214085	165	Περιστατικός-Υποβάθρου		v		v	v		
Λυκόβρυση* (LYK)	23,788986	38,067793	481341	4213070	234	Περιστατικός-Υποβάθρου		v		v	v	v	
Μαρούσι (MAR)	23,787372	38,030837	481190	4208970	170	Αστικός-Υποβάθρου		v	v	v	v		
Νέα Σμύρνη (SMY)	23,713020	37,931998	474631	4198021	50	Αστικός-Υποβάθρου		v	v	v	v		v
Πατησίων (PAT)	23,733053	37,999587	476413	4205515	105	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v			v
Πειραιάς I** (PIR)	23,645230	37,944656	468679	4199446	4	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v	v	v	v
Περιστέρι (PER)	23,688361	38,020811	472497	4207882	80	Αστικός-Υποβάθρου		v		v	v		
Αγ. Παρασκευή (AGP)	23,819421	37,995110	483995	4205000	290	Περιστατικός-Υποβάθρου		v		v	v	v	
Ελευσίνα (ELE)	23,538432	38,051322	459354	4211322	20	Περιστατικός-Βιομηχανικός	v	v		v	v	v	v
Θρακομακεδόνες (THR)	23,758195	38,143521	478662	4221479	550	Περιστατικός-Υποβάθρου		v		v	v	v	
Κορωπί (KOR)	23,879026	37,901308	489215	4194584	140	Περιστατικός-Υποβάθρου	v	v		v	v		
Αλιάρτος (ALI)	23,110302	38,375295	422136	4247543	110	Υποβάθρου	v	v		v	v	v	
Παλαιότεροι σταθμοί (εκτός λειτουργίας)													
Ζωγράφου (PAN)	23,786763	37,969648	481121	4202181	245	Περιστατικός-Υποβάθρου		v		v	v		
Γουδή (GOU)	23,767362	37,984239	479421	4203804	155	Αστικός-Κυκλοφορίας		v			v	v	
Γαλάτσι (GAL)	23,748659	38,022487	477790	4208052	154	Περιστατικός-Υποβάθρου	v	v		v			
Πειραιάς II (BIO)	23,652742	37,941993	469338	4199148	25	Αστικός-Υποβάθρου	v	v		v			
Οινόφυτα (OIN)	23,638981	38,306169	468286	4239560	100	Περιστατικός-Βιομηχανικός	v	v		v	v		

**Πίνακας 6. Μεταδεδομένα σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΕΔΠΑΡ, που την ευθύνει λειτουργία τους έχει το ΥΠΕΝ.**

Σταθμός						Μετρούμενοι ρύποι							
Όνομα	Θέση					Χαρακτηρισμός	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	O <sub>3</sub>	ΑΣ <sub>10</sub>	ΑΣ <sub>2,5</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
	WGS84		ΕΓΣΑ87		Υψόμετρο (m –asl)								
	Γεωγρ. Μήκος	Γεωγρ. Πλάτος	X (m)	Y(m)									
Περιφέρεια ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ													
Αγ. Σοφία (AGS)	22,945099	40,633724	410641	449834 7	12	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v	v	v	v
Α.Π.Θ. (APT)	22,956250	40,63370	411584	449833 4	15	Αστικός-Υποβάθρου	v	v		v			
Πανόραμα (PAO)	23,031689	40,588917	417909	449328 9	363	Περιαστικός-Υποβάθρου		v		v	v	v	
Καλαμαριά (KAL)	22,959288	40,578919	411769	449224 9	60	Περιαστικός-Υποβάθρου	v	v	v	v	v		
Κορδελιό (KOD)	22,893218	40,673452	406309	450281 1	30	Αστικός-Βιομηχανικός	v	v	v	v	v		v
Σίνδος (SIN)	22,802168	40,657842	398590	450117 9	14	Αστικός-Βιομηχανικός	v	v	v	v	v		v
Νεοχωρούδα (NEO)	22,876059	40,739804	404953	451019 5	229	Περιαστικός-Υποβάθρου		v		v	v		
Περιφέρεια ΔΥΤ. ΕΛΛΑΔΑΣ													
Πάτρα-I (PAI)	21,738179	38,253109	301940	423603 0	10	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v	v		
Πάτρα-II (PAII)	21,734512	38,246469	301601	423530 1	8	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v		v	v	v
Αργίριο (AGR)	21,409550	38,619773	274317	427747 9	98	Αστικός-Υποβάθρου	v	v	v	v			
Περιφέρεια ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ													
Βόλος-I (VOI)	22,942922	39,366711	408789	435771 8	31	Αστικός-Υποβάθρου			v		v	v	
Βόλος-II (VOII)	22,923900	39,358400	407139	435681 5	6	Περιαστικός-Υποβάθρου	v	v	v	v	v		v
Λάρισα (LAR)	22,414549	39,635530	363796	438822 0	85	Αστικός-Υποβάθρου		v	v	v	v		
Περιφέρεια ΔΥΤ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ													
Κοζάνη (KOZ)	21,784168	40,304730	311542	446365 0	675	Αστικός-Υποβάθρου					v	v	
Πτολεμαΐδα (PTO)	21,685816	40,508829	303777	448652 1	597	Αστικός-Βιομηχανικός					v		
Ακρινή (AKR)	21,904896	40,434748	322145	447783 3	799	Περιαστικός-Βιομηχανικός					v	v	
Καρυσχώρι (KAY)	21,772759	40,501189	311122	448548 3	713	Περιαστικός-Βιομηχανικός					v		
Περιφέρεια ΚΡΗΤΗΣ													
Ηράκλειο (IRA)	25,135309	35,333291	603030	391030 7	60	Αστικός-Υποβάθρου			v		v		
Χανιά (CHA)	24,030419	35,509577	502609	392926 7	50	Αστικός-Υποβάθρου					v		
Περιφέρεια ΗΠΕΙΡΟΥ													
Ιωάννινα-II (IOII)	20,846597	39,671173	229363	439572 9	481	Αστικός-Υποβάθρου	v	v	v		v	v	
Παλαιότερος σταθμός (εκτός λειτουργίας)													
Ιωάννινα-I (IOI)	20,852220	39,652833	229774	439367 6	520	Αστικός-Υποβάθρου		v		v	v	v	v

Περιφέρεια ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ & ΘΡΑΚΗΣ												
Καβάλα-II (KAI)	24,412419	40,936662	534569	453152 2	2	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v		v	v	v
Παλαιότερος σταθμός (εκτός λειτουργίας)												
Καβάλα-I (KAI)	24,405976	40,936018	534027	453144 8	2	Αστικός-Υποβάθρου						v
Περιφέρεια ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ												
Λαμία (LAM)	22,431707	38,902170	363858	430680 2	105	Αστικός-Υποβάθρου					v	
Χαλκίδα (HAL)	23,612019	38,469880	466005	425773 5	12	Αστικός-Υποβάθρου					v	
Λειβαδιά (LEI)	22,877516	38,440615	401890	425501 3	140	Αστικός-Υποβάθρου					v	
Άμφισσα (AMF)	22,380409	38,528371	358676	426539 7	180	Αστικός-Υποβάθρου					v	
Καρπενήσι (KAR)	21,791822	38,916588	308405	430955 1	960	Αστικός-Υποβάθρου					v	

**Πίνακας 7. Μεταδεδομένα σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΕΔΠΑΡ που την ευθύνη λειτουργία τους έχουν οι Περιφέρειες.**

Τα δεδομένα που φέρουν την πληροφορία των μετρήσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων από κάθε σταθμό βρίσκονταν σε μορφή «.dat». Το πρώτο βήμα για την επεξεργασία των δεδομένων ήταν η μετατροπή αυτής της μορφής των αρχείων από «.dat» σε «.csv» δηλαδή αρχεία οριοθετημένα με κόμμα με σκοπό την εισαγωγή τους στο πρόγραμμα Excel.

Τα αρχεία περιέχουν ωριαίες τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων και είναι χωρισμένα ανά 24ωρο για κάθε ημέρα όλων των μηνών κάθε χρόνου για μια σειρά ετών. Στις περιπτώσεις που λόγω προβλημάτων κάποιες μετρήσεις δεν καταγράφηκαν, στο αρχείο στη θέση της αυτών των μετρήσεων που δεν ελήφθησαν αναγράφεται η ένδειξη «-9999». Οι τιμές αυτές απορρίφθηκαν. Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος όρος των μετρήσεων ανά μήνα και ανά έτος για κάθε ρύπο. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας επιλέχθηκαν τα δεδομένα που αφορούν τη χρονική περίοδο 2016-2020 λόγω της πληρότητας που παρουσίαζαν οι μετρήσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων καθώς και των γεννήσεων και θανάτων που ελήφθησαν από την ΕΛΣΤΑΤ.

### **3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**

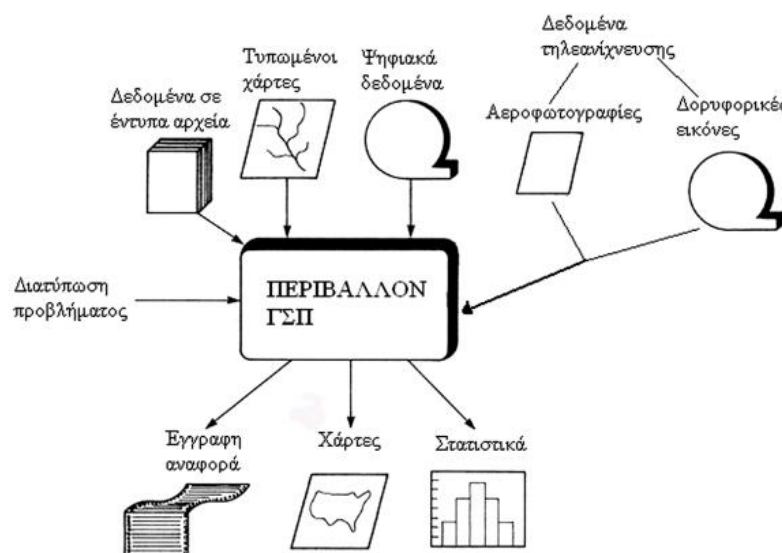
#### **3.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information Systems - G.I.S.) δημιουργήθηκαν ως εξέλιξη των παραδοσιακών χαρτών που απεικονίζουν τη γήινη επιφάνεια εξαιτίας της ανάγκης για συστηματική καταγραφή, ταξινόμηση και διάθεση όλων των στοιχείων που βρίσκονται στην επιφάνεια της γης (Χαλκιάς, 2006). Πρώτος ο Howard T. Fisher το 1963 κατάφερε να χρησιμοποιήσει χαρτογραφικά δεδομένα με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή μέσω ενός προγράμματος που δημιούργησε και ονόμασε SYMAP (SYnagraphic MAPping system). Αυτό το πρόγραμμα είχε τη δυνατότητα να δημιουργεί χάρτες και να τυπώνει πάνω σε έναν κάρναβο στατιστικές τιμές με τις εκτυπώσεις να βασίζονται στις αποχρώσεις του γκρι. Εκτός από το SYMAP δημιουργήθηκαν και άλλα αντίστοιχα προγράμματα όπως το GRID και το IMGRID, τα οποία κατάφεραν να προσθέσουν τη δυνατότητα χρωματισμού των γήινων επιφανειών στους παραγόμενους χάρτες (Ευελπίδου και Αντωνίου, 2015).

Διάφοροι ορισμοί έχουν διατυπωθεί όσον αφορά τα ΓΣΠ οι οποίοι μεταβάλλονται με την εξέλιξη των συστημάτων και της τεχνολογίας. Σύμφωνα με τον Goodchild (1985), ένα ΓΣΠ ορίζεται ως ένα «ολοκληρωμένο σύστημα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάλυσης και απόδοσης πληροφορίας που αναφέρεται σε φαινόμενα που εξελίσσονται στο γεωγραφικό χώρο». Από αυτόν τον ορισμό λείπει η αναφορά στο τμήμα της τεχνολογίας που παίζει εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στην δημιουργία και την μετέπειτα εξέλιξη των ΓΣΠ. (Νικολακόπουλος κ.ά., 2015). Επομένως, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών μπορούν να θεωρηθούν ως πακέτα λογισμικών τα οποία στοχεύουν στην αξιοποίηση των δυνατοτήτων των ηλεκτρονικών υπολογιστών (εισαγωγή, αποθήκευση, επεξεργασία και ανάλυση, διαχείριση, μετασχηματισμό και παρουσίαση δεδομένων) που συνδέονται είτε άμεσα είτε έμμεσα με τη γεωγραφική πληροφορία (Ευελπίδου και Αντωνίου, 2015; Κάβουρας κ.ά., 2015). Τα ΓΣΠ μπορούν να διαχειριστούν πολλά είδη δεδομένων και σύνθετων χωρικών πληροφοριών καθώς χρησιμοποιούν ποικίλες μαθηματικές μεθόδους ώστε να παράγουν αποτελέσματα χαρτών καθώς και γραφημάτων και στατιστικών στοιχείων. Τα βασικά συστατικά στοιχεία ενός ΓΣΠ είναι τα εξής:

1. Υπολογιστικό σύστημα (Hardware & Operating system)

2. Λογισμικό (Software)
3. Δεδομένα εισαγωγής (χωρικά ή μη, χρονικά, μεταδεδομένα)
4. Χρήστες - Εξειδικευμένο προσωπικό (μπορεί να περιλαμβάνει διαφορετικές ειδικότητες)
5. Μέθοδοι ανάλυσης (ανάλυση και διαχείριση δεδομένων)



Εικόνα 1: Οι λειτουργίες ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (Νικολακόπουλος κ.ά., 2015)

Σημαντικό στοιχείο αναφορικά με τα ΓΣΠ είναι τα θεματικά επίπεδα της πληροφορίας (information layers) που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση των δεδομένων που φέρουν κάποιου είδους γεωγραφική πληροφορία. Θεματικά επίπεδα μπορεί να θεωρηθούν οι χρήσεις γης μια περιοχής ενδιαφέροντος, η γεωλογία, η τοπογραφία, τα υψόμετρα και οι κλίσεις, δίκτυα δρόμων, κτίρια, διοικητικά όρια, δορυφορικά υπόβαθρα. Η ύπαρξη πολλών θεματικών επιπέδων διευκολύνει τη διαχείριση και επεξεργασία των δεδομένων από τον χρήστη διότι χωρικά και περιγραφικά δεδομένα μπορούν να τοποθετηθούν σε διαφορετικά επίπεδα για καλύτερη οργάνωση της πληροφορίας.

Τα ΓΣΠ αποτελούν συστήματα που συνδυάζουν τα σχέδια με τις βάσεις δεδομένων (Databases) που είναι δεδομένα με συγκεκριμένη μορφοποίηση που φέρουν την αντίστοιχη πληροφορία που περιγράφει κάθε αντικείμενο εντός σχεδίου. Οι βάσεις δεδομένων έχουν τη μορφή πίνακα. Ο πίνακας αυτός περιλαμβάνει στήλες όπου κάθε στήλη (πεδίο) φέρει και άλλου τύπου πληροφορία, και σειρές όπου κάθε σειρά αντικατοπτρίζει και άλλο αντικείμενο εντός του χάρτη.

### **3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ - ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ**

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, όπως έχει προαναφερθεί, περιλαμβάνουν τη δυνατότητα ανάλυσης, διαχείρισης και αποθήκευσης χωρικών δεδομένων. Για το λόγο αυτό έχει εξελιχθεί ο τρόπος επεξεργασίας των δεδομένων καθώς και οι χωρικές σχέσεις μεταξύ τους με σκοπό την καλύτερη επεξεργασία, ανάλυση και οπτικοποίησή τους από τους εξειδικευμένους χρήστες (Κάβουρας κ.α., 2015).

Η εξέλιξη αυτή των ΓΣΠ έχει οδηγήσει στο να χρησιμοποιούνται στα πλαίσια επίλυσης πολύπλοκων προβλημάτων με σκοπό τη λήψη αποφάσεων από τους κατάλληλους φορείς, είτε ανήκουν στο δημόσιο είτε στον ιδιωτικό τομέα. Η εκτεταμένη χρήση των ΓΣΠ τα τελευταία χρόνια οδήγησε στην αύξηση του αριθμού των επαγγελματιών που εξειδικεύονται στη χρήση GIS και διαθέτουν τις κατάλληλες γνώσεις τόσο όσον αφορά τον κλάδο των ΓΣΠ όσο και σε ένα ευρύ πλαίσιο επιστημονικών πεδίων που περιλαμβάνουν τις θετικές επιστήμες, επιστήμες περιβάλλοντος, επιστήμες ιατρικής και υγείας, ανθρωπιστικές επιστήμες, αρχαιολογία, οικονομικές επιστήμες (Κάβουρας κ.α., 2015).

Οι εφαρμογές των ΓΣΠ που εκτείνονται κυρίως προς την κατεύθυνση διαχείρισης περιβαλλοντικών φαινομένων αλλά και τεχνικών έργων περιλαμβάνουν διάφορες κατηγορίες και παραδείγματα όπως αναφέρονται στη συνέχεια:

- Διαχείριση τεχνικών έργων και υποδομών
- Πολεοδομικός σχεδιασμός
- Διαχείριση φυσικών πόρων και κοιτασμάτων
- Διαχείριση φυτοκάλυψης και χρήσης γης
- Εφαρμογές στη γεωργία
- Ανάλυση φυσικών φαινομένων
- Διαχείριση και παρακολούθηση φυσικών καταστροφών
- Παρακολούθηση και ανάλυση της κλιματικής αλλαγής
- Παρακολούθηση των ωκεανών
- Παρακολούθηση χλωρίδας και πανίδας
- Ανάλυση ατμοσφαιρικής ρύπανσης



### 3.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ ΜΕΣΩ ΓΣΠ

Ένας σημαντικός κλάδος της στατιστικής είναι η γεωστατιστική η οποία αφορά χωρικά φαινόμενα (Ηλιοπούλου, 2016) και στοχεύει στην ανάπτυξη κατάλληλων αλγορίθμων που θα είναι ικανοί να πραγματοποιήσουν χωρική παρεμβολή στην εκάστοτε εξεταζόμενη μεταβλητή. Μερικά παραδείγματα αποτελούν οι βροχοπτώσεις, η θερμοκρασία, το υψόμετρο, οι συγκεντρώσεις των ρύπων. Η γεωστατιστική χρησιμοποιείται σε πολλά διαφορετικά πεδία όπως η γεωλογία, γεωχημεία, εδαφολογία, κοιτασματολογία, υδρολογία, ωκεανογραφία, μετεωρολογία, και η γεωργία. Σύμφωνα με τον Cressie (1993), η γεωστατιστική βασίζεται στη χωρική εξάρτηση και τη χωρική αυτοσυσχέτιση η οποία εξετάζεται από διαφορετικά μοντέλα στατιστικής ανάλογα με το εκάστοτε εξεταζόμενο πρόβλημα. Η γεωστατιστική είναι πολύ σημαντική για την ανάλυση χωρικών δεδομένων που παρουσιάζουν συνέχεια στο χώρο. Ισχύει ότι σε κοντινές αποστάσεις οι τιμές διάφορων χαρακτηριστικών όπως τιμές βροχόπτωσης, θα παρουσιάζουν συσχέτιση μεταξύ τους ενώ με την αύξηση της απόστασης μειώνεται αντίστοιχα η αυτοσυσχέτιση.

Ένα από τα πιο σημαντικά αντικείμενα της γεωστατιστικής είναι η χωρική παρεμβολή η οποία αποσκοπεί στον υπολογισμό των τιμών των εξεταζόμενων μεταβλητών στα σημεία στα οποία δεν υπάρχουν μετρήσεις στο χώρο. Η πιο γνωστή μέθοδος χωρικής παρεμβολής είναι η μέθοδος IDW (Inverse Distance Weighting) ή αλλιώς σταθμισμένη παρεμβολή αντίστροφης απόστασης. Είναι μία μαθηματική (ντετερμινιστική) μέθοδος που βασίζεται στην υπόθεση ότι οι πιο κοντινές τιμές μιας μεταβλητής σχετίζονται περισσότερο από άλλες τιμές με τη συνάρτησή της. Η μέθοδος αυτή υπολογίζει το ύψος μιας συνεχούς επιφάνειας ( $z$ ) σε μία θέση ως συνάρτηση της απόστασης ( $d$ ) από γειτονική σημεία στα οποία έχει πραγματοποιηθεί δειγματοληψία (Ηλιοπούλου, 2016). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιεί κάποια στάθμιση των τιμών αυτών από τα σημεία δειγματοληψίας ανάλογα με την απόσταση. Τα σημεία για τα οποία είναι ζητούμενο να υπολογιστεί η τιμή της εκάστοτε μεταβλητής θα επηρεαστούν περισσότερο από τα σημεία δειγματοληψίας τα οποία βρίσκονται πιο κοντά τους και λιγότερο από τα πιο απομακρυσμένα σημεία με γνωστές τιμές (Ηλιοπούλου, 2016; Νικολακόπουλος κ.ά., 2015).

Η εξίσωση που περιγράφει τη μέθοδο χωρικής παρεμβολής IDW παρουσιάζεται στη συνέχεια:

$$z_p = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{z_i}{d_i^p}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}}$$

## 4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### 4.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ - ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Για την εργασία έπρεπε να βρεθούν τα εξής δεδομένα :

- Θέσεις σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικών ρύπων
- Τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων
- Μετεωρολογικά στοιχεία
- Ετήσιες γεννήσεις ανά Νομό/Περιφέρεια
- Ετήσιοι θάνατοι ανά Νομό/Περιφέρεια

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν ήταν κυρίως σε ψηφιακή μορφή, υπολογιστικών φύλλων (excel). Έτσι η επεξεργασία τους ήταν εύκολη ως προς την μεθοδολογία αλλά δύσκολη λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων και των πράξεων που έπρεπε να πραγματοποιηθούν.

Η ψηφιακή μορφή των δεδομένων ήταν εύχρηστη και κατά την διαδικασία εισαγωγής τους στο GIS, αναφέρεται αναλυτικά παρακάτω. Λόγω του στόχου να καλυφθεί όλη η Ελληνική επικράτεια αντιλαμβανόμαστε και τον όγκο των δεδομένων, αν λάβουμε υπόψη μας ότι όλες οι διαδικασίες γίνανε για ένα χρονικό εύρος 2016-2020.

Από τα δεδομένα των ρύπων, επιλέχθηκαν οι ρύποι που είχαν την μεγαλύτερη πληρότητα και μπορούσαμε να τα χρησιμοποιήσουμε σε όλη τη περιοχή μελέτης και για όλα τα έτη που εξετάστηκαν.

Τα πληθυσμιακά στοιχεία των γεννήσεων και των θανάτων εισήχθησαν κατά απόλυτους αριθμούς και δεν υπήρξε περαιτέρω επεξεργασία ως προς το φύλλο, την ηλικία, την αιτία θανάτου ή κάποιο άλλο επιπλέον στοιχείο, διότι ο στόχος είναι ο συσχετισμός και η μεθοδολογία της χωρικής κατανομής των ατμοσφαιρικών ρύπων με τις γεννήσεις και τους θανάτους. Από ιατρικής πλευράς πιθανότατα θα μπορούσε να γίνει κάποια επιπλέον προεργασία.

## 4.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ – ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται ορισμένα από τα προβλήματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Τα προβλήματα αφορούν κυρίως τα στάδια της συλλογής και της επεξεργασίας των δεδομένων. Παρακάτω παρουσιάζονται επίσης και οι τρόποι αντιμετώπισης των δυσκολιών που προέκυψαν ώστε να επιτευχθεί η σωστή επεξεργασία και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Δεδομένα ατμοσφαιρικών ρύπων

- Έλλειψη μετρήσεων όσον αφορά τα δεδομένα ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Πολλοί σταθμοί δεν είχαν πλήρη στοιχεία και σε πολλές περιπτώσεις δεν είχαν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Γνωρίζω ότι υπάρχει μεθοδολογία συμπλήρωσης των ελλিপών στοιχείων αλλά λόγω όγκου δεδομένων και πράξεων δεν ήταν εφικτό.
- Μη ικανοποιητική χωρική κατανομή των σταθμών ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον ελλαδικό χώρο. Όπως παρουσιάζονται παρακάτω οι θέσεις των σταθμών για τις μετρήσεις των ρύπων, γίνεται αντιληπτό ότι για την μεγαλύτερη έκταση της Χώρας δεν είναι δυνατόν να γίνει σωστή χωρική κατανομή λόγω ότι δεν υπάρχουν αρκετοί σταθμοί είτε αριθμητικά είτε σε σωστή απόσταση ώστε να καλυφθεί ορθά μια περιοχή. Οι περιοχές που είναι ασφαλές να χρησιμοποιηθούν για χωρική κατανομή ήταν η Αττική (που προχώρησε η μελέτη) και η Θεσσαλονίκη που έχει γίνει κάτι αντίστοιχο σε άλλη διπλωματική εργασία. Θα μπορούσε να τρέξει ένα μοντέλο για όλη την Ελληνική επικράτεια αλλά τα αποτελέσματα δεν θα ήταν αντιπροσωπευτικά.
- Η χρονική μονάδα των δεδομένων ήταν ανά ώρα, για αυτό και ο τεράστιος όγκος των δεδομένων. Τα δεδομένα επεξεργάστηκαν μέσω excel και μετατράπηκαν σε ανά έτος για να υπάρχει αντιστοιχία με τα πληθυσμιακά δεδομένα.

Πληθυσμιακά στοιχεία

- Υπήρχαν διάφορες πληροφορίες που αφορούν τις γεννήσεις και τους θανάτους. Η κατηγοριοποίηση ήταν ανά Δήμο / Νομό / Περιφέρεια και χρονικά, κυρίως ανά έτος. Εν τέλει, επιλέχθηκαν τα δεδομένα ανά Νομό και ανά έτος. Έπρεπε να γίνουν κάποιες διορθώσεις ώστε να έχουμε την αντίστοιχη χωρική διανομή με αυτή των ρύπων.

## 4.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

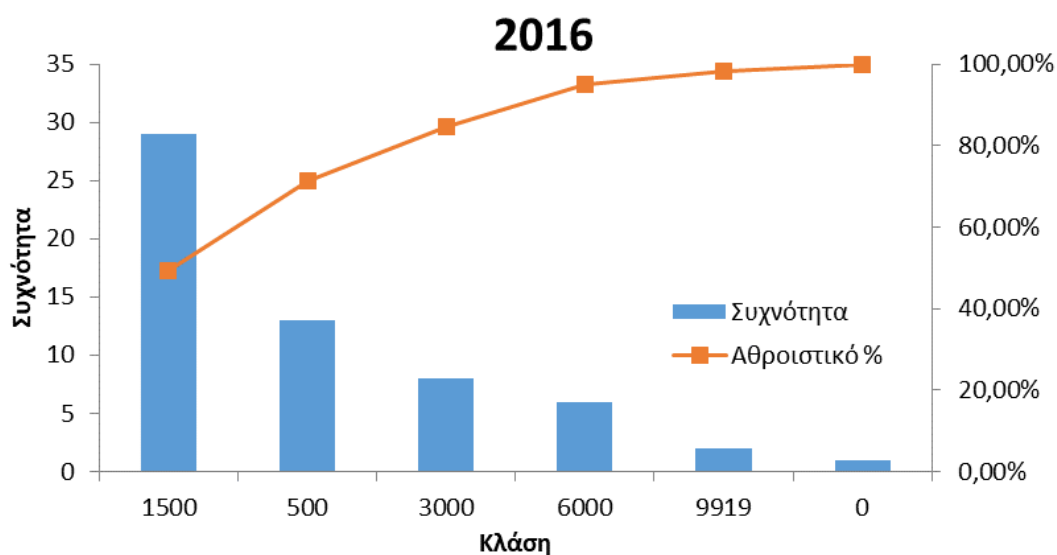
### 4.3.1. Στατιστική ανάλυση γεννήσεων-θανάτων

#### Γεννήσεις

Στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε για τις γεννήσεις που έχουν καταγραφεί εντός Ελλάδας για τα έτη 2016-2020. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες και τα αντίστοιχα διαγράμματα συχνότητας και αθροιστικών ποσοστών με τον αριθμό των γεννήσεων για κάθε έτος ξεχωριστά.

Πίνακας 8. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας γεννήσεων για το έτος 2016.

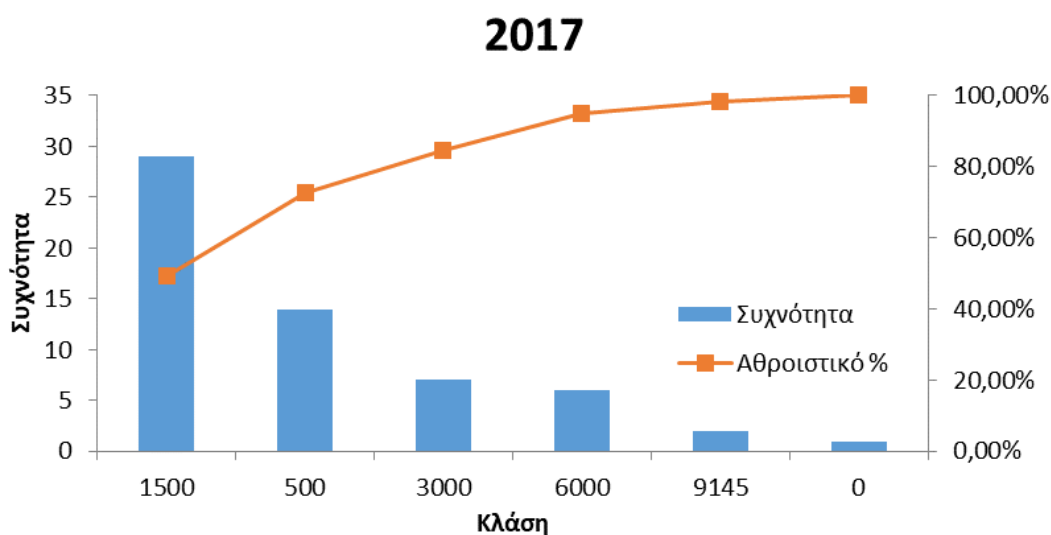
2016					
Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %	Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %
0	1	1,69%	1500	29	49,15%
500	13	23,73%	500	13	71,19%
1500	29	72,88%	3000	8	84,75%
3000	8	86,44%	6000	6	94,92%
6000	6	96,61%	9919	2	98,31%
9919	2	100,00%	0	1	100,00%



Διάγραμμα 3. Ιστόγραμμα αθροιστικής σχετικής συχνότητας γεννήσεων για το έτος 2016.

**Πίνακας 9. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας γεννήσεων για το έτος 2017.**

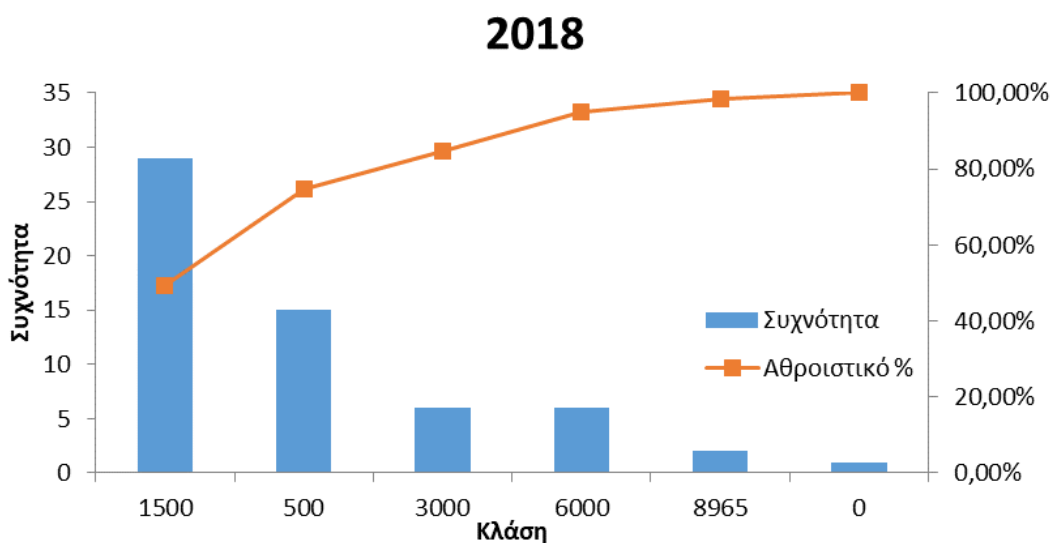
<b>2017</b>					
Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %	Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %
0	1	1,69%	1500	29	49,15%
500	14	25,42%	500	14	72,88%
1500	29	74,58%	3000	7	84,75%
3000	7	86,44%	6000	6	94,92%
6000	6	96,61%	9145	2	98,31%
9145	2	100,00%	0	1	100,00%



**Διάγραμμα 4. Ιστογράμμο αθροιστικής σχετικής συχνότητας γεννήσεων για το έτος 2017.**

**Πίνακας 10. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας γεννήσεων για το έτος 2018.**

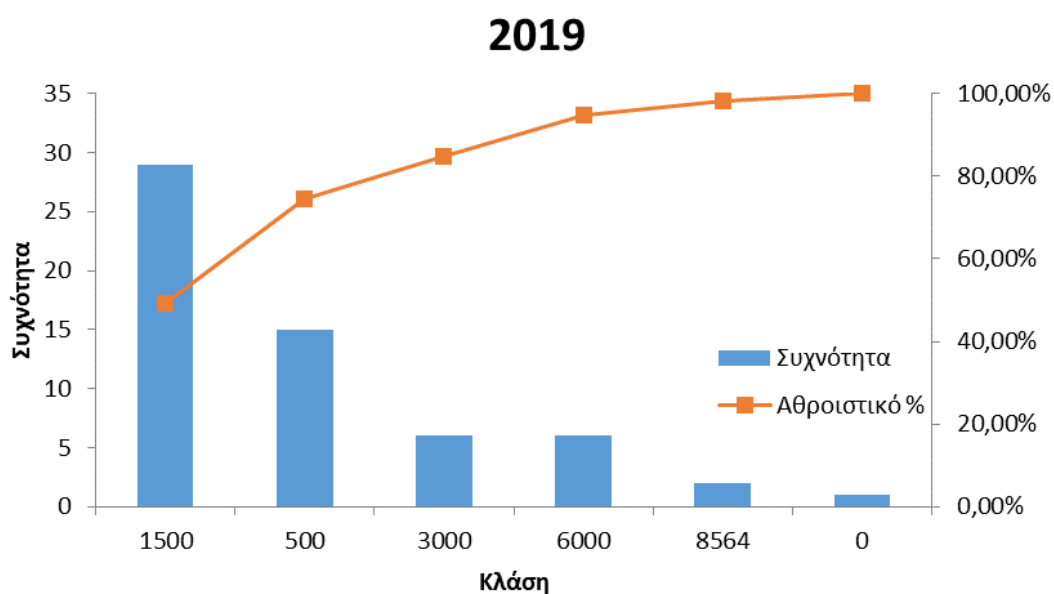
<b>2018</b>					
Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %	Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %
0	1	1,69%	1500	29	49,15%
500	15	27,12%	500	15	74,58%
1500	29	76,27%	3000	6	84,75%
3000	6	86,44%	6000	6	94,92%
6000	6	96,61%	8965	2	98,31%
8965	2	100,00%	0	1	100,00%



Διάγραμμα 5. Ιστόγραμμα αθροιστικής σχετικής συχνότητας γεννήσεων για το έτος 2018.

Πίνακας 11. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας γεννήσεων για το έτος 2019.

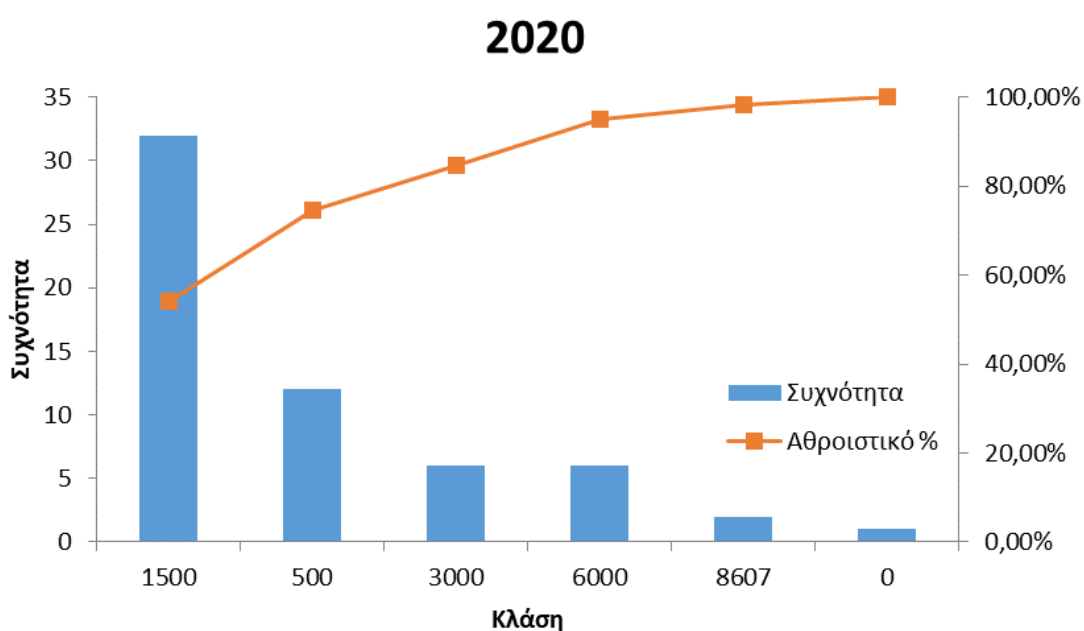
2019					
Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %	Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %
0	1	1,69%	1500	29	49,15%
500	15	27,12%	500	15	74,58%
1500	29	76,27%	3000	6	84,75%
3000	6	86,44%	6000	6	94,92%
6000	6	96,61%	8564	2	98,31%
8564	2	100,00%	0	1	100,00%



Διάγραμμα 6. Ιστόγραμμα αθροιστικής σχετικής συχνότητας γεννήσεων για το έτος 2019.

**Πίνακας 12. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας γεννήσεων για το έτος 2020.**

2020					
Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %	Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %
0	1	1,69%	1500	32	54,24%
500	12	22,03%	500	12	74,58%
1500	32	76,27%	3000	6	84,75%
3000	6	86,44%	6000	6	94,92%
6000	6	96,61%	8607	2	98,31%
8607	2	100,00%	0	1	100,00%



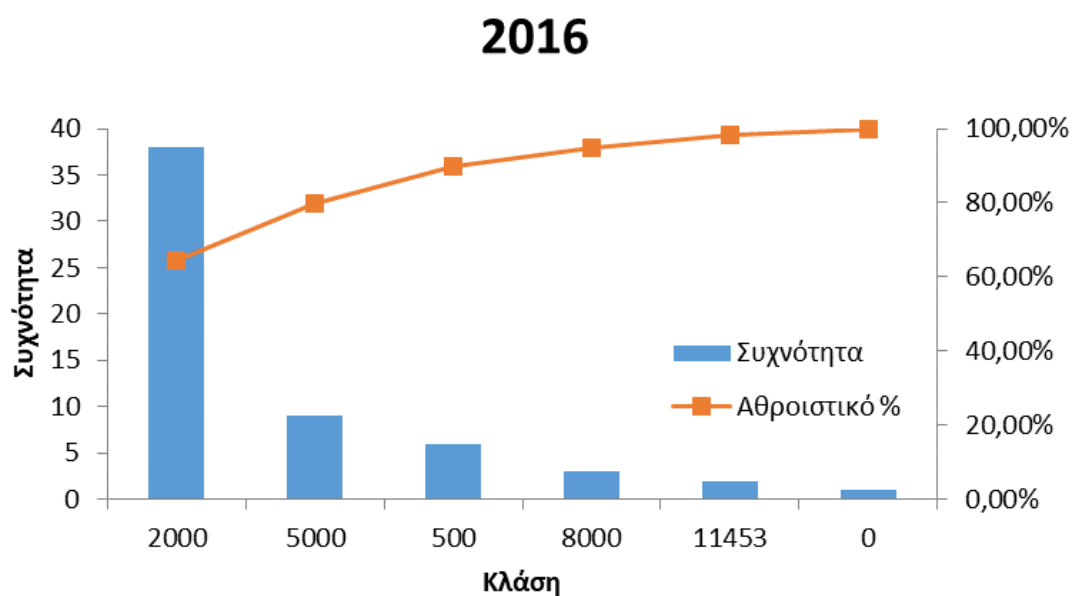
**Διάγραμμα 7. Ιστόγραμμα αθροιστικής σχετικής συχνότητας γεννήσεων για το έτος 2020.**

## Θάνατοι

Αντίστοιχα, πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση για τους θανάτους που έχουν καταγραφεί εντός Ελλάδας για τα έτη 2016-2020. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες και τα αντίστοιχα διαγράμματα συχνότητας και αθροιστικών ποσοστών με τον αριθμό των θανάτων για κάθε έτος ξεχωριστά.

**Πίνακας 13. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας θανάτων για το έτος 2016.**

2016					
Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %	Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %
0	1	1,69%	2000	38	64,41%
500	6	11,86%	5000	9	79,66%
2000	38	76,27%	500	6	89,83%
5000	9	91,53%	8000	3	94,92%
8000	3	96,61%	11453	2	98,31%
11453	2	100,00%	0	1	100,00%

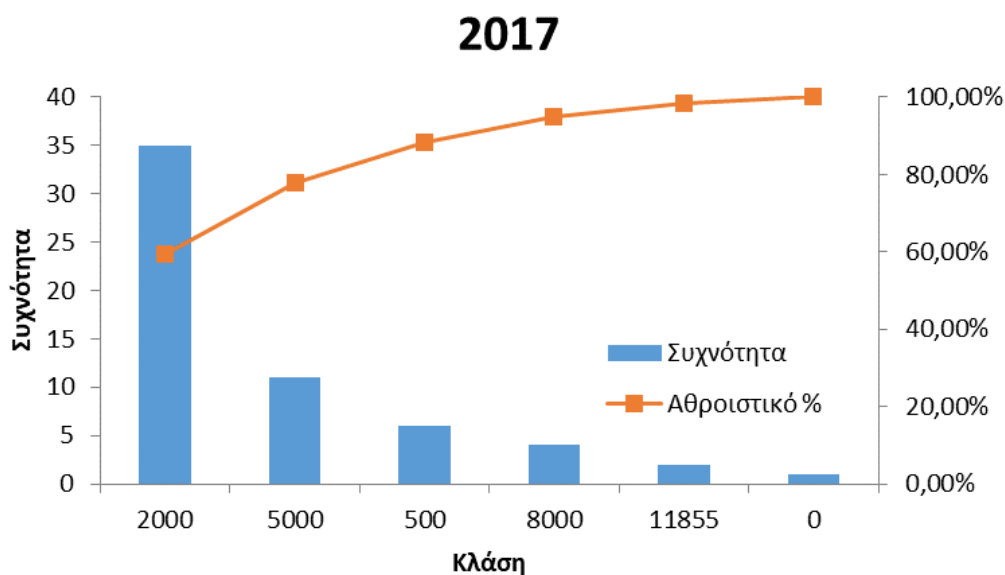


**Διάγραμμα 8. Ιστογράμμο αθροιστικής σχετικής συχνότητας θανάτων για το έτος 2016.**

**Πίνακας 14. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας θανάτων για το έτος 2017.**

2017					
Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %	Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %
0	1	1,69%	2000	35	59,32%
500	6	11,86%	5000	11	77,97%
2000	35	71,19%	500	6	88,14%
5000	11	89,83%	8000	4	94,92%
8000	4	96,61%	11855	2	98,31%
11855	2	100,00%	0	1	100,00%

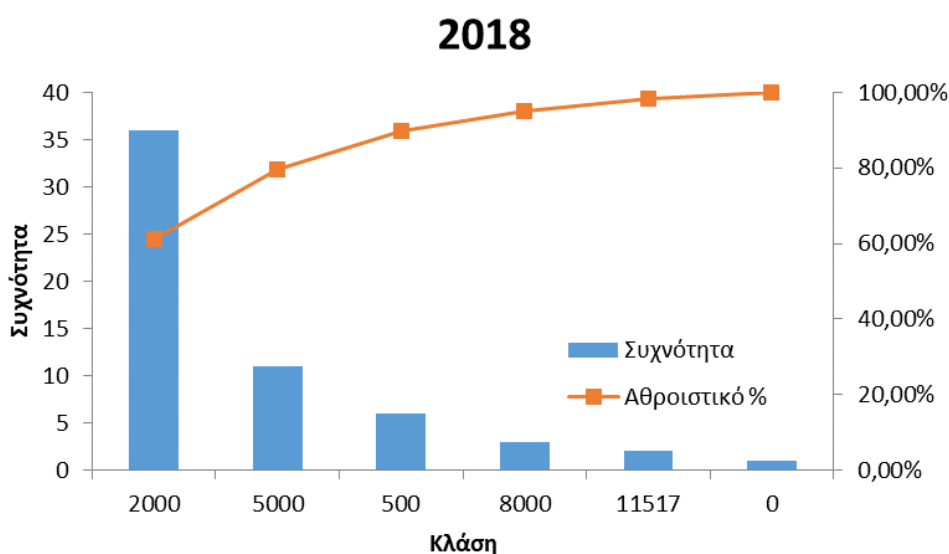




Διάγραμμα 9. Ιστόγραμμα αθροιστικής σχετικής συχνότητας θανάτων για το έτος 2017.

Πίνακας 15. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας θανάτων για το έτος 2018.

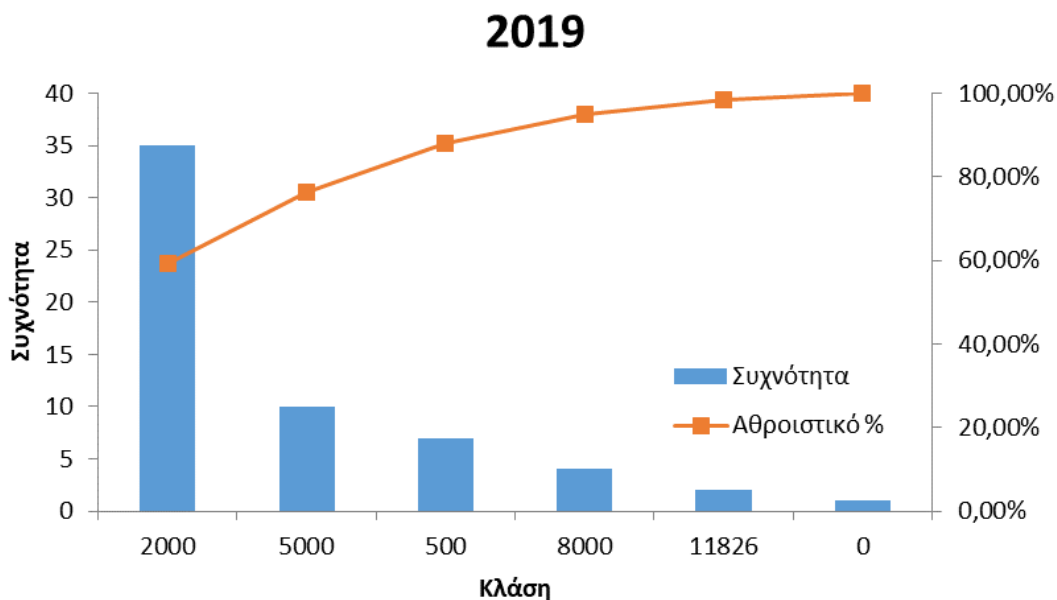
2018					
Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %	Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %
0	1	1,69%	2000	36	61,02%
500	6	11,86%	5000	11	79,66%
2000	36	72,88%	500	6	89,83%
5000	11	91,53%	8000	3	94,92%
8000	3	96,61%	11517	2	98,31%
11517	2	100,00%	0	1	100,00%



Διάγραμμα 10. Ιστόγραμμα αθροιστικής σχετικής συχνότητας θανάτων για το έτος 2018.

Πίνακας 16. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας θανάτων για το έτος 2019.

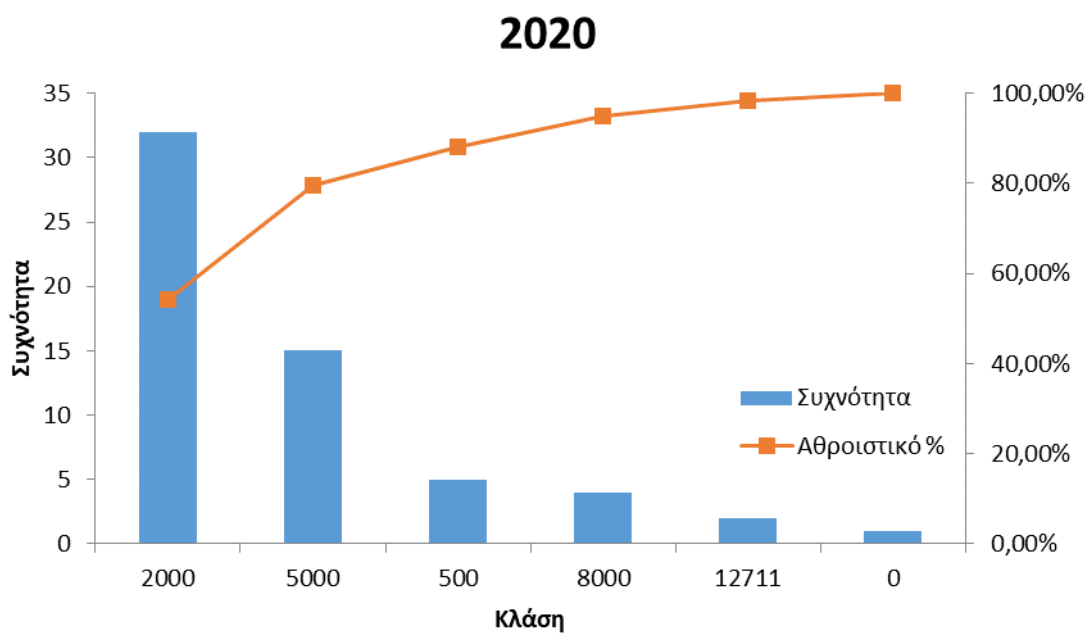
2019					
Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %	Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %
0	1	1,69%	2000	35	59,32%
500	7	13,56%	5000	10	76,27%
2000	35	72,88%	500	7	88,14%
5000	10	89,83%	8000	4	94,92%
8000	4	96,61%	11826	2	98,31%
11826	2	100,00%	0	1	100,00%



Διάγραμμα 11. Ιστόγραμμα αθροιστικής σχετικής συχνότητας θανάτων για το έτος 2019.

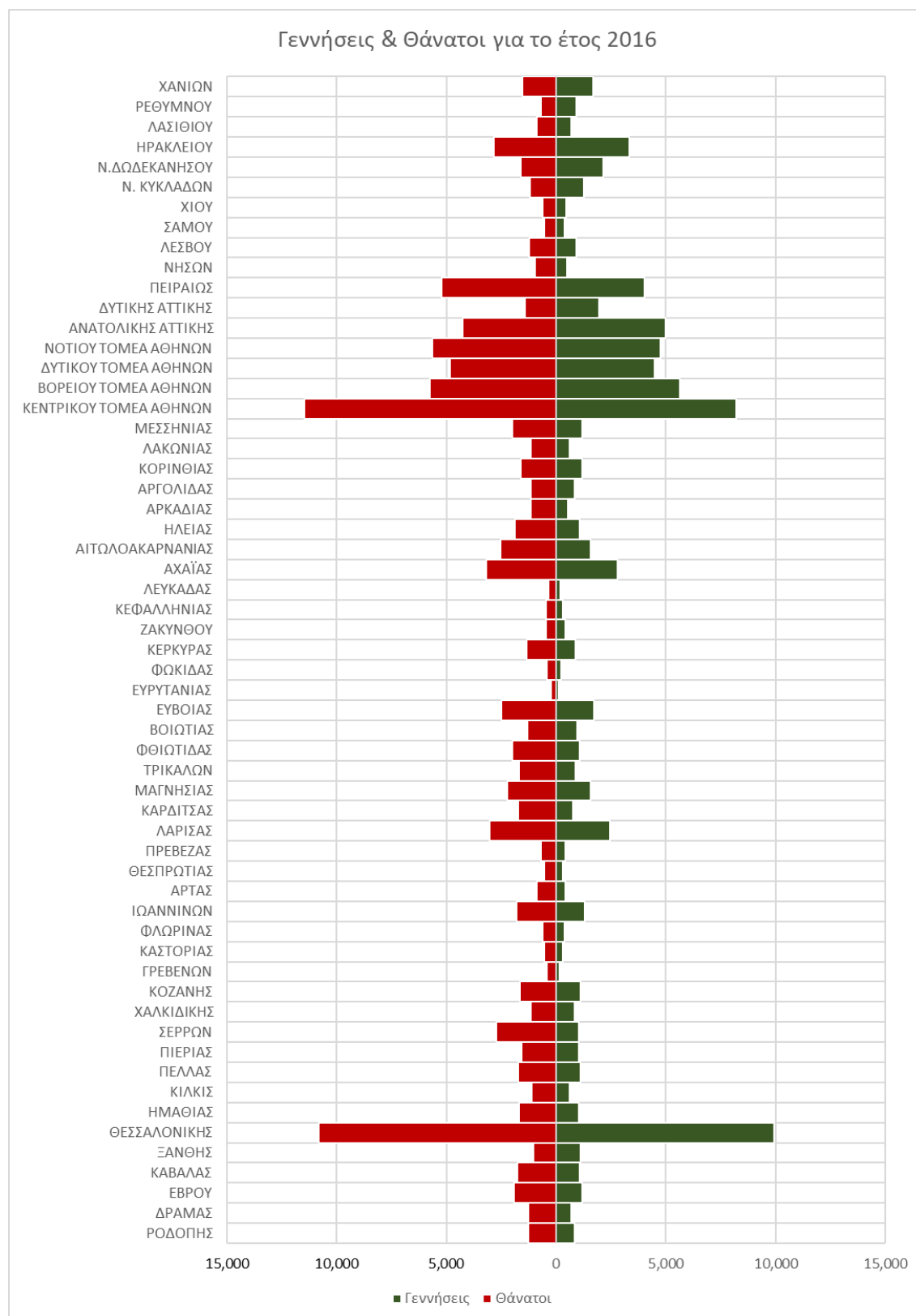
Πίνακας 17. Πίνακας αθροιστικής σχετικής συχνότητας θανάτων για το έτος 2020.

2020					
Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %	Κλάση	Συχνότητα	Αθροιστικό %
0	1	1,69%	2000	32	54,24%
500	5	10,17%	5000	15	79,66%
2000	32	64,41%	500	5	88,14%
5000	15	89,83%	8000	4	94,92%
8000	4	96,61%	12711	2	98,31%
12711	2	100,00%	0	1	100,00%

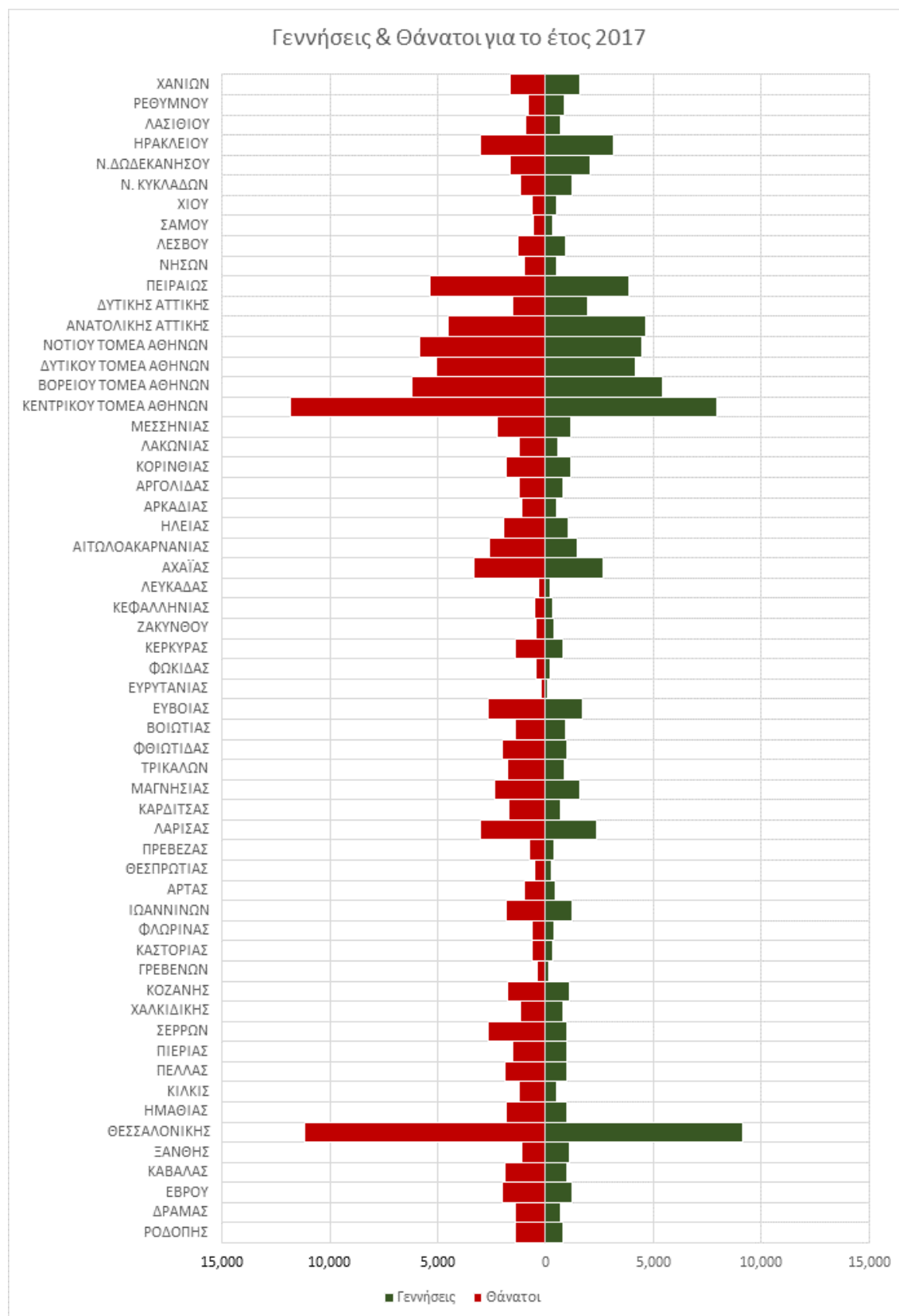


**Διάγραμμα 12. Ιστόγραμμα αθροιστικής σχετικής συχνότητας θανάτων για το έτος 2020.**

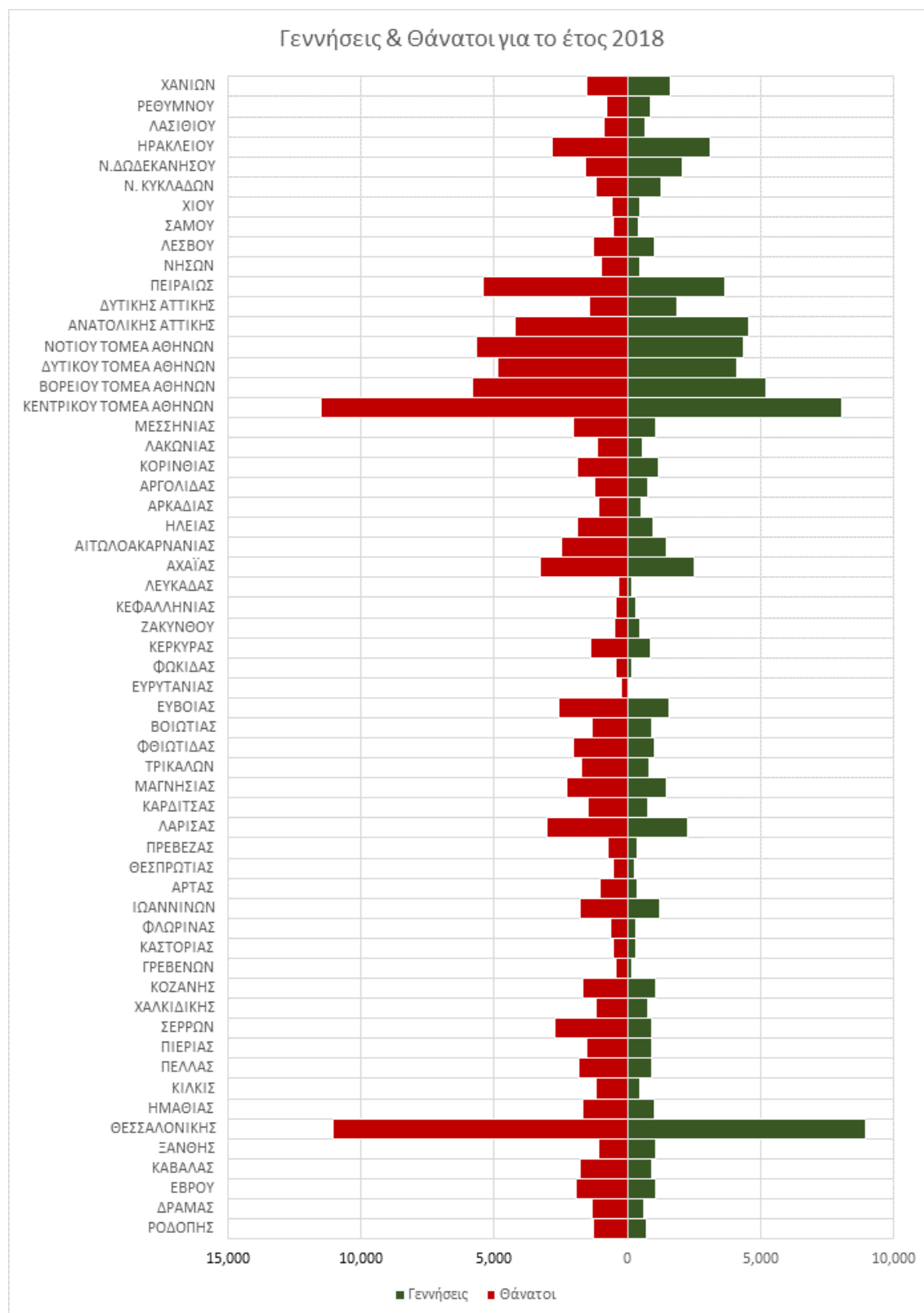
Επιπλέον, δημιουργήθηκαν 5 διαγράμματα σύγκρισης των γεννήσεων και των θανάτων ανά έτος και Π.Ε. όπου με κόκκινο χρώμα φαίνονται οι θάνατοι που αντιστοιχούν σε κάθε Π.Ε. και αντίστοιχα με πράσινο χρώμα παρουσιάζονται οι γεννήσεις.



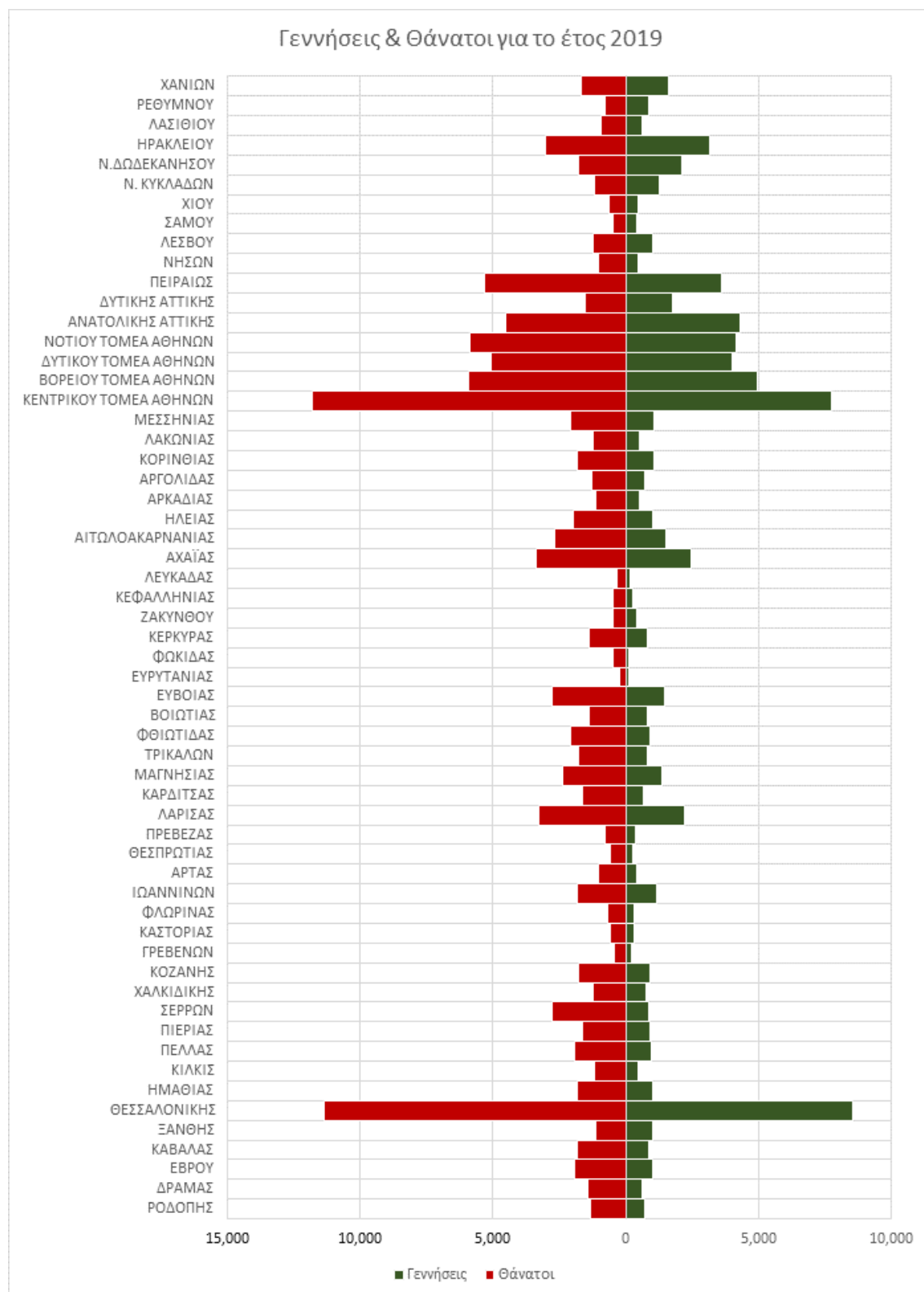
Διάγραμμα 13. Διάγραμμα σύγκρισης γεννήσεων-θανάτων ανά Π.Ε. για το έτος 2016.



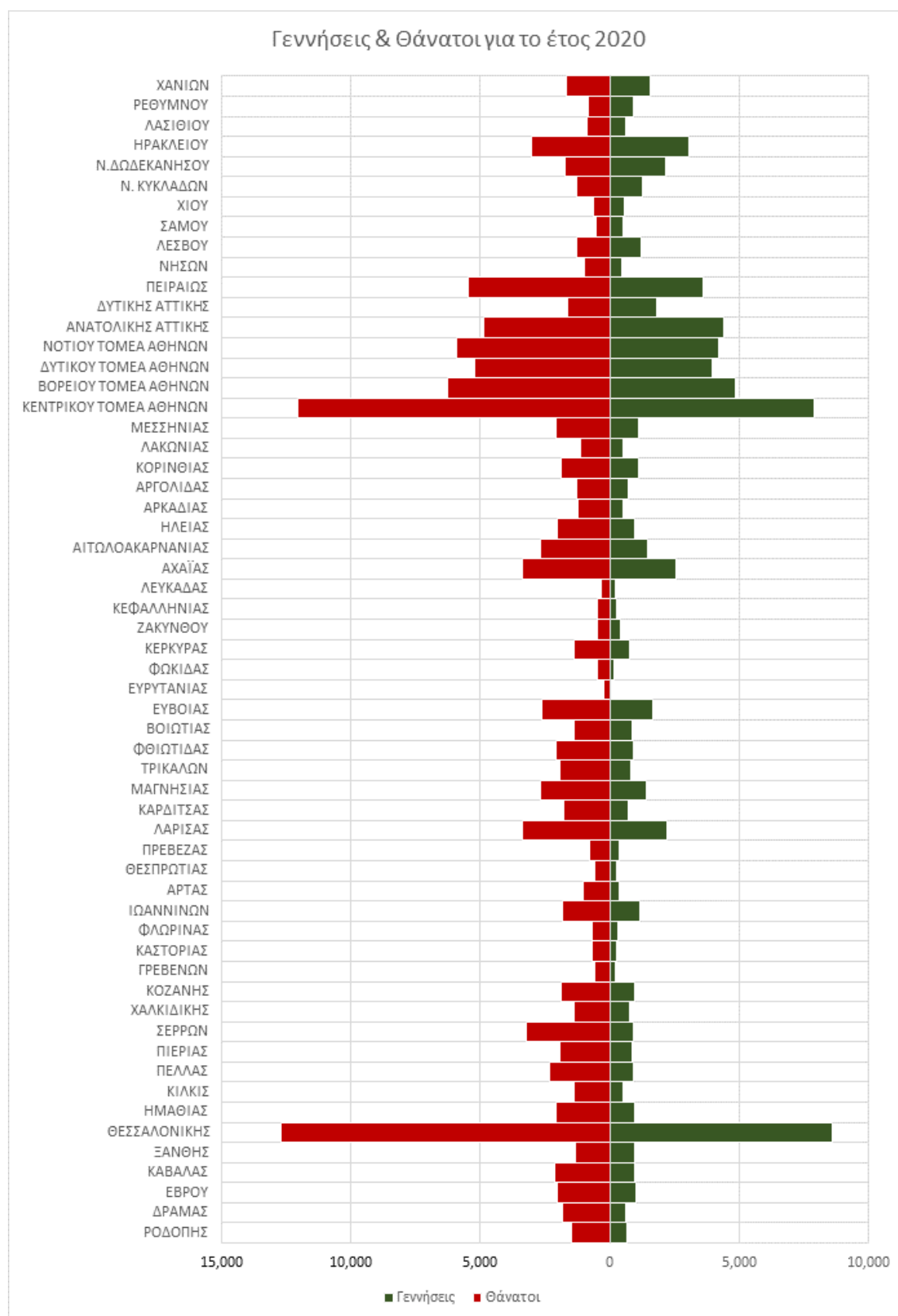
**Διάγραμμα 14. Διάγραμμα σύγκρισης γεννήσεων-θανάτων ανά Π.Ε. για το έτος 2017.**



Διάγραμμα 15. Διάγραμμα σύγκρισης γεννήσεων-θανάτων ανά Π.Ε. για το έτος 2018.



Διάγραμμα 16. Διάγραμμα σύγκρισης γεννήσεων-θανάτων ανά Π.Ε. για το έτος 2019.



Διάγραμμα 17. Διάγραμμα σύγκρισης γεννήσεων-θανάτων ανά Π.Ε. για το έτος 2020.



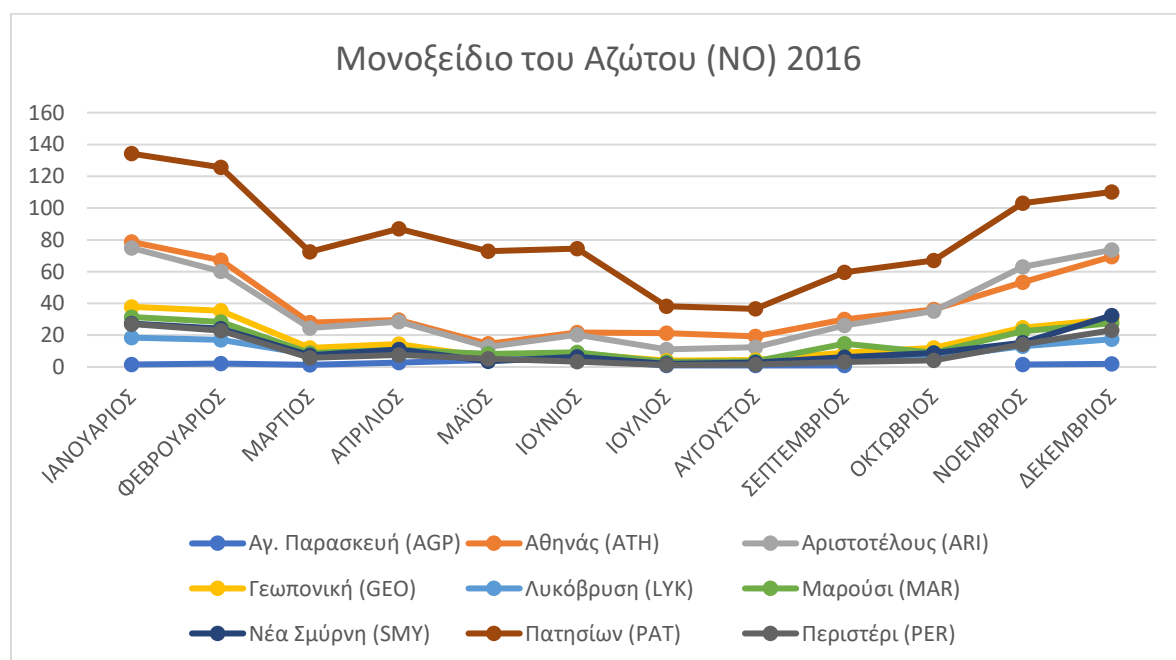
#### 4.3.2. Στατιστική ανάλυση ατμοσφαιρικών ρύπων

Τα δεδομένα από κάθε εξεταζόμενο ρύπο επεξεργάστηκαν με το πρόγραμμα excel. Η ανάλυση περιλαμβάνει τον υπολογισμό των μέσων μηνιαίων τιμών για κάθε ρύπο και έτος από το 2016 έως και το 2020, και την παραγωγή των αντίστοιχων διαγραμμάτων στα οποία διαφαίνονται οι μηνιαίες διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων των ρύπων για κάθε σταθμό στην περιοχή μελέτης. Επιπλέον υπολογίστηκε η μέση ετήσια συγκέντρωση κάθε ρύπου ανά σταθμό ελέγχουν καθώς και η μέση καταγραφόμενη συγκέντρωση για τη χρονική περίοδο 2016-2020. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες με τους υπολογισμούς και τα παραγόμενα διαγράμματα.

##### Ρύπος: Μονοξείδιο του Αζώτου (NO)

Πίνακας 18. Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2016.

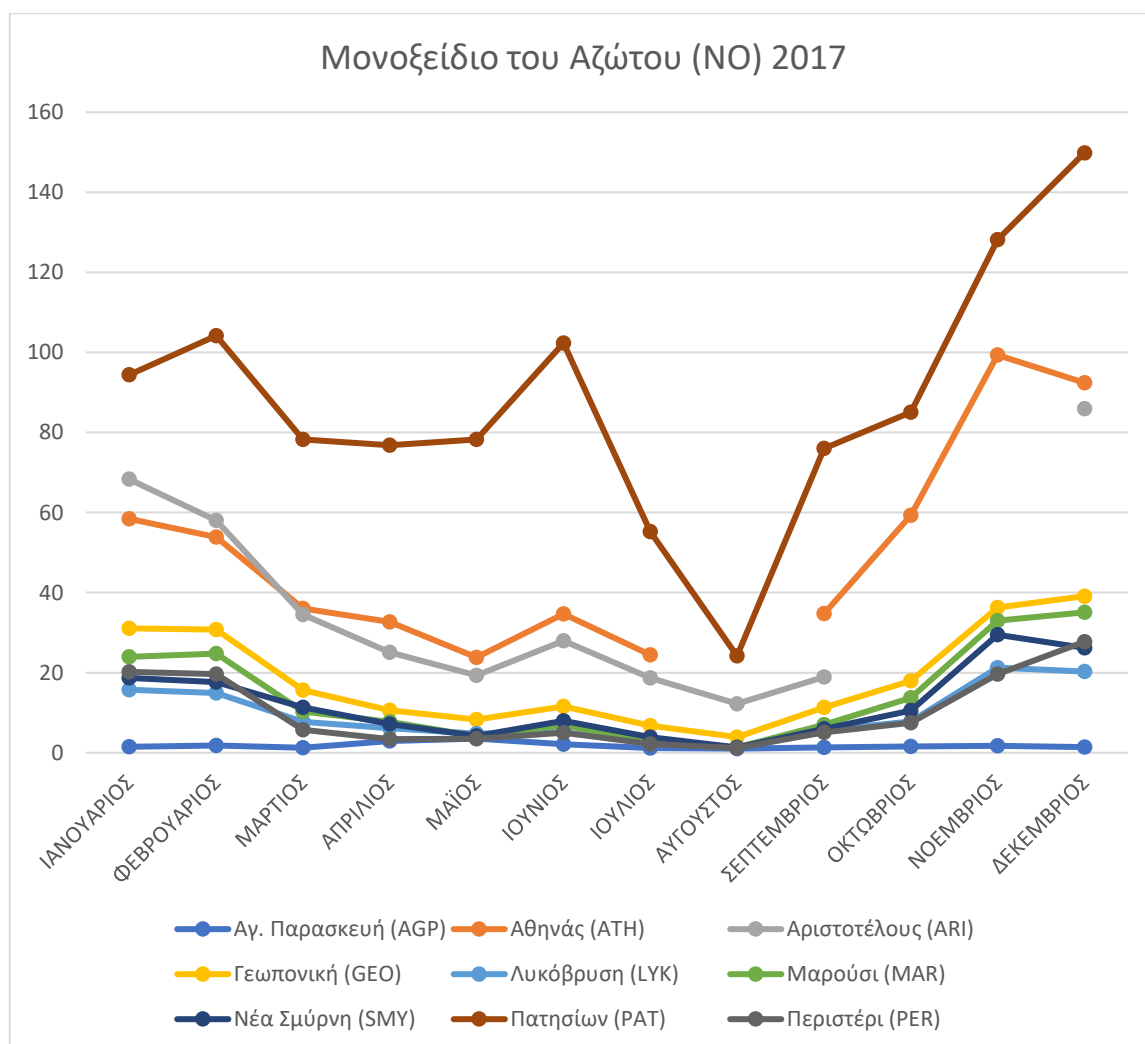
2016	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
AGP	1,57	2,08	1,34	2,79	4,38	4,61	1,00	1,06	1,04	-	1,55	2,06
ATH	78,70	67,15	27,93	29,52	14,57	21,70	21,32	19,20	29,87	36,11	53,27	69,35
ARI	74,89	60,16	24,54	28,48	12,66	20,21	11,12	12,45	26,19	35,23	62,95	73,71
GEO	37,86	35,41	12,01	14,49	6,23	8,47	4,04	4,36	9,09	12,00	24,78	30,23
LYK	18,48	16,99	8,10	9,71	8,15	3,76	1,98	1,88	3,34	6,07	12,96	17,42
MAR	31,47	28,41	8,85	10,82	8,15	9,14	3,15	3,55	14,64	8,97	22,44	27,55
SMY	27,33	24,21	7,31	10,96	3,57	6,46	1,96	2,78	6,13	8,88	15,31	32,44
PAT	134,20	125,65	72,53	86,85	72,93	74,51	38,27	36,57	59,64	67,06	103,00	110,21
PER	27,03	22,96	5,73	7,61	5,29	3,48	1,27	1,65	3,21	4,21	14,22	23,04



Διάγραμμα 18. Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2016.

**Πίνακας 19. Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2017.**

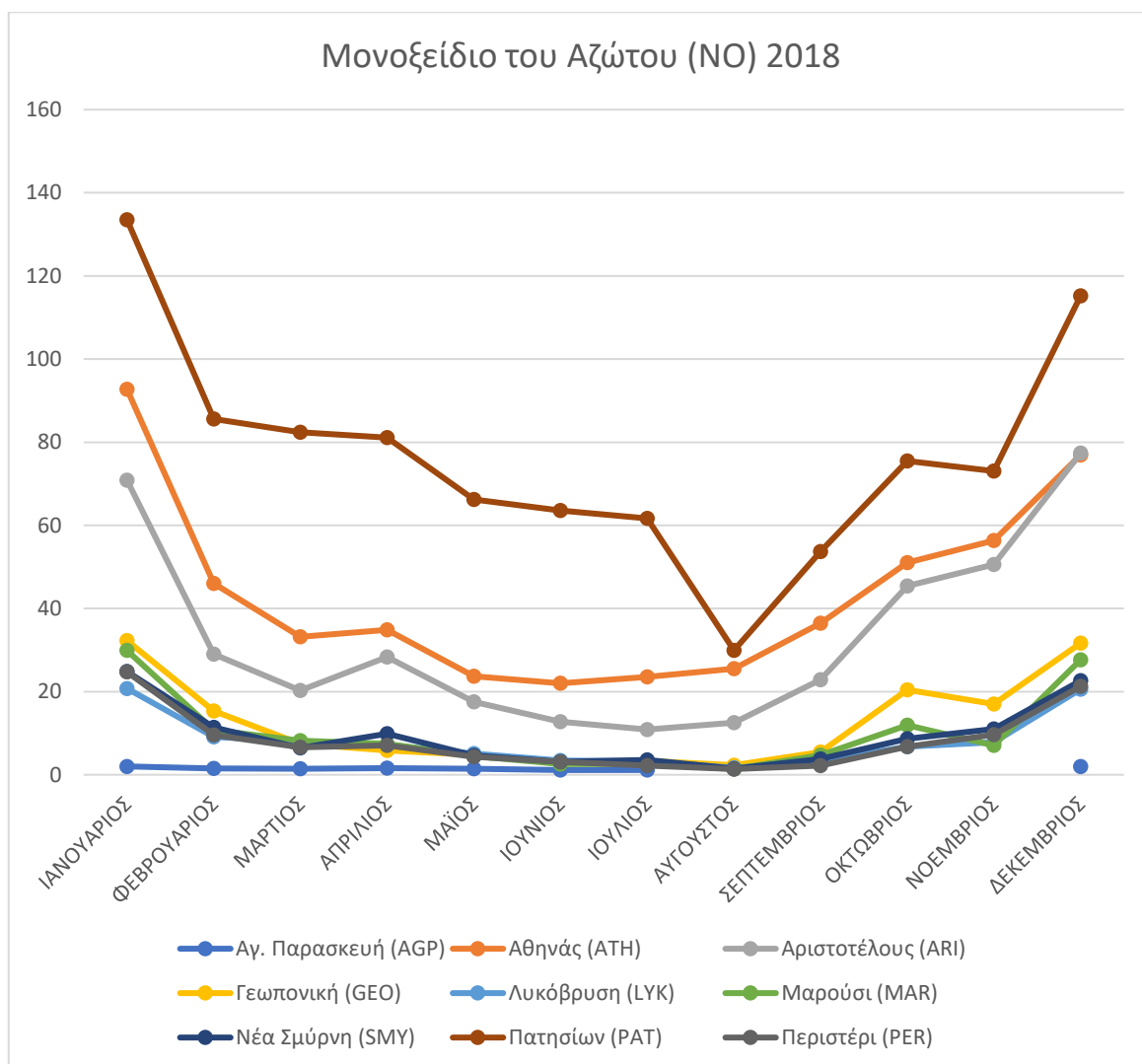
2017	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
AGP	1,52	1,81	1,25	2,95	3,53	2,10	1,13	1,03	1,34	1,53	1,76	1,43
ATH	58,47	53,87	36,00	32,68	23,81	34,68	24,46	-	34,78	59,31	99,35	92,44
ARI	68,31	58,01	34,52	25,08	19,30	27,92	18,70	12,24	18,94	-	-	85,92
GEO	31,09	30,77	15,64	10,60	8,31	11,58	6,73	3,91	11,31	18,00	36,29	39,11
LYK	15,74	14,93	7,74	6,12	4,73	5,14	2,26	1,32	5,63	7,84	21,25	20,27
MAR	23,99	24,76	10,27	7,70	4,11	6,82	2,93	1,33	7,02	13,71	32,98	35,08
SMY	18,66	17,68	11,36	7,15	4,20	7,96	3,85	1,33	5,97	10,49	29,47	26,19
PAT	94,45	104,16	78,30	76,85	78,24	102,30	55,20	24,18	76,05	85,09	128,18	149,87
PER	20,22	19,65	5,69	3,37	3,49	4,97	2,21	1,17	5,12	7,46	19,68	27,74



**Διάγραμμα 19. Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2017.**

**Πίνακας 20. Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2018.**

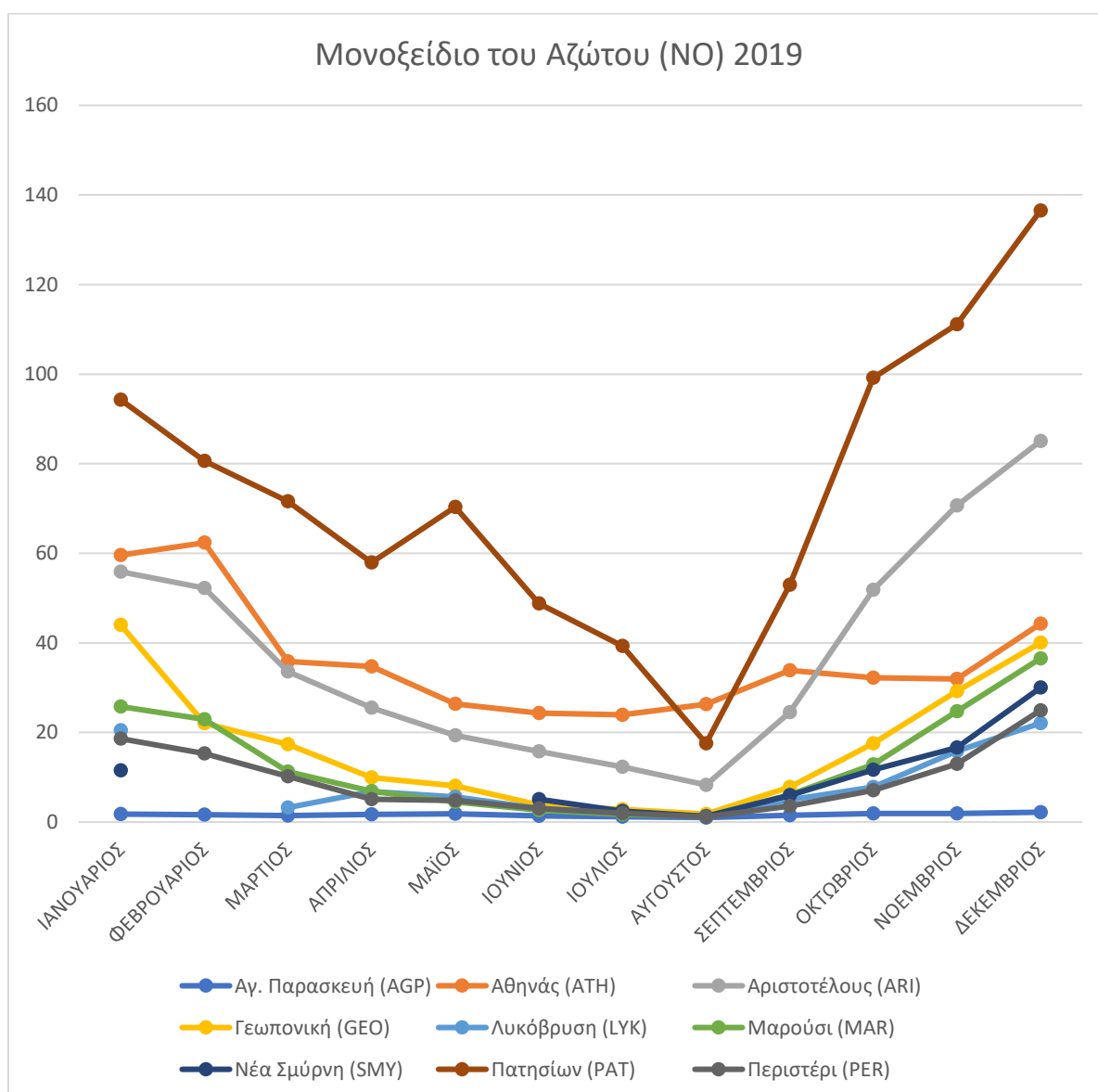
2018	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
AGP	2,01	1,52	1,41	1,62	1,41	1,18	1,15	-	-	-	-	1,96
ATH	92,72	45,98	33,20	34,88	23,72	22,00	23,57	25,48	36,45	51,00	56,37	76,90
ARI	70,89	29,05	20,30	28,33	17,52	12,72	10,88	12,56	22,88	45,40	50,55	77,36
GEO	32,26	15,35	7,43	5,86	4,82	-	3,34	2,30	5,51	20,40	17,00	31,66
LYK	20,76	9,09	8,00	7,19	5,08	3,44	3,29	1,65	3,33	6,73	7,83	20,59
MAR	29,88	10,82	8,17	7,47	4,45	2,56	2,58	1,40	4,70	11,93	7,03	27,62
SMY	24,81	11,41	6,43	9,89	4,66	3,14	3,57	1,47	3,82	8,62	11,03	22,63
PAT	133,51	85,56	82,42	81,09	66,19	63,58	61,64	29,94	53,68	75,52	73,05	115,19
PER	24,73	9,59	6,65	7,07	4,30	3,12	2,22	1,38	2,23	6,78	9,64	21,26



**Διάγραμμα 20. Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2018.**

Πίνακας 21. Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2017.

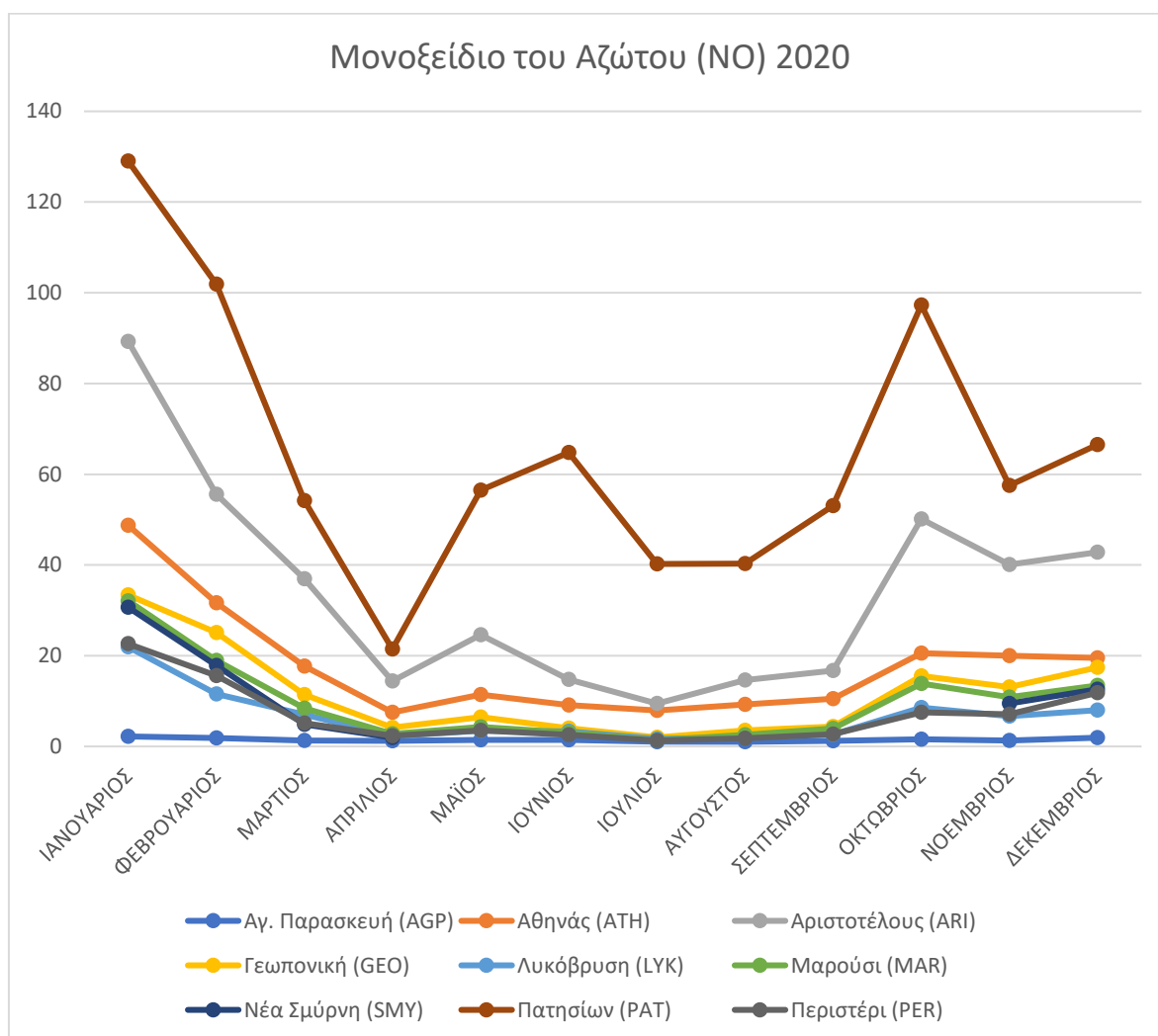
2019	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
AGP	1,78	1,67	1,47	1,70	1,84	1,39	1,17	1,01	1,53	1,94	1,93	2,20
ATH	59,62	62,36	35,84	34,72	26,36	24,31	23,95	26,29	33,88	32,23	31,96	44,26
ARI	55,87	52,24	33,61	25,53	19,33	15,80	12,35	8,30	24,50	51,81	70,67	85,06
GEO	44,02	22,10	17,36	9,91	8,09	3,83	2,83	1,80	7,78	17,56	29,23	40,03
LYK	20,50	-	3,27	6,79	5,62	3,04	1,96	1,30	4,94	7,78	15,84	22,09
MAR	25,79	22,92	11,28	6,91	4,50	2,65	1,70	1,31	6,09	12,87	24,70	36,54
SMY	11,52	-	-	-	-	5,07	2,46	1,28	5,96	11,63	16,66	30,00
PAT	94,28	80,61	71,57	57,92	70,37	48,80	39,34	17,57	52,95	99,15	111,14	136,53
PER	18,63	15,34	10,18	5,08	4,83	3,06	2,00	1,19	3,59	7,09	12,98	24,94



Διάγραμμα 21. Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2019.

Πίνακας 22. Μέσες μηνιαίες τιμές μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2020.

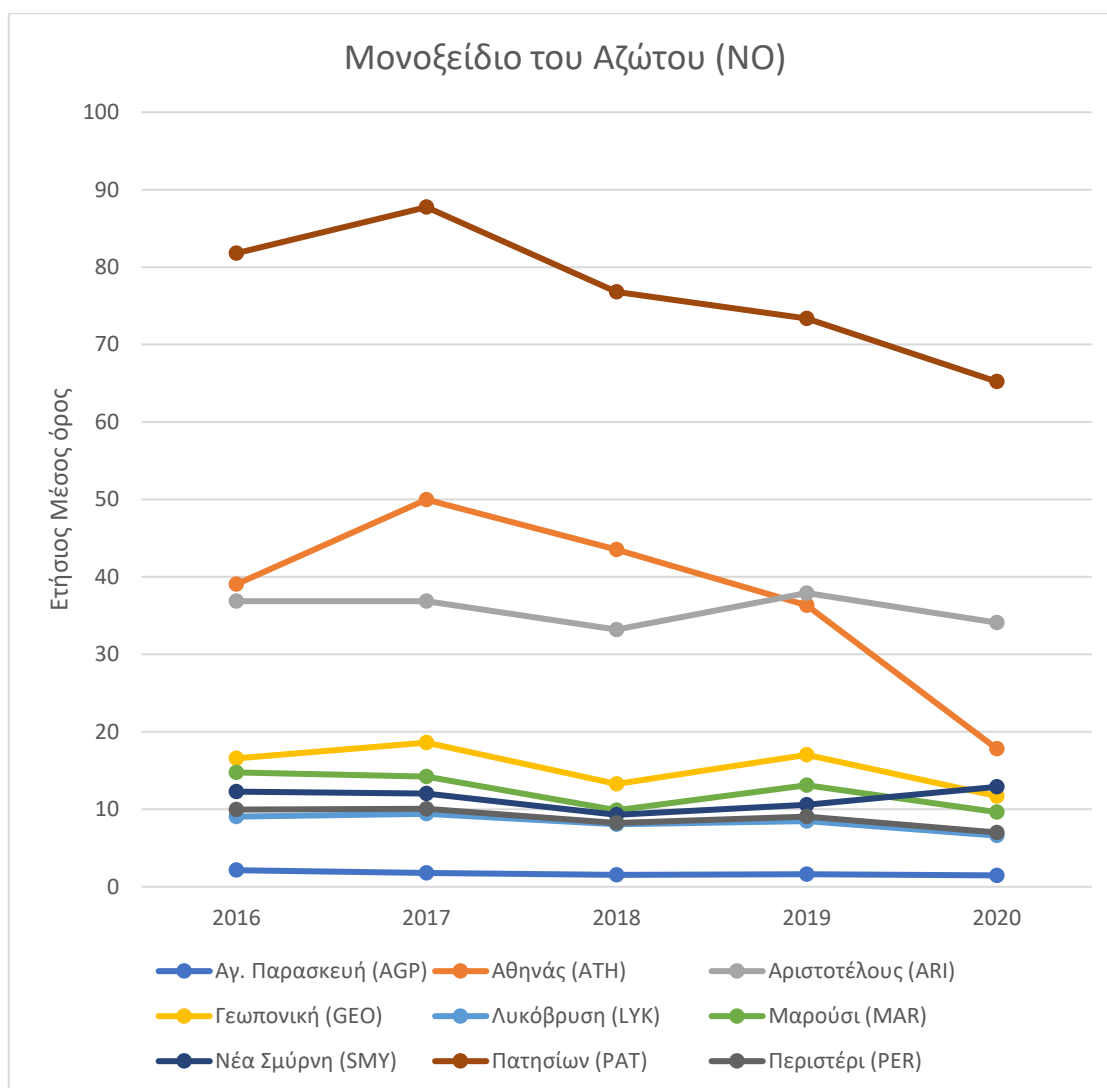
2020	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
ΑΓΡ	2,20	1,90	1,29	1,20	1,42	1,44	1,05	1,06	1,23	1,59	1,29	1,96
ΑΤΗ	48,74	31,65	17,73	7,51	11,39	9,11	7,96	9,22	10,54	20,59	20,00	19,52
ΑΡΙ	89,30	55,56	36,93	14,44	24,60	14,78	9,45	14,66	16,71	50,16	40,10	42,81
ΓΕΟ	33,38	25,12	11,43	4,17	6,44	4,05	2,00	3,53	4,38	15,56	13,08	17,40
ΛΥΚ	21,94	11,58	7,01	2,32	3,43	3,35	1,68	2,00	2,66	8,56	6,69	7,97
ΜΑΡ	32,10	18,97	8,42	2,74	4,31	3,03	1,36	2,58	3,95	13,86	10,88	13,45
ΣΜΥ	30,67	17,84	4,86	1,95	-	-	-	-	-	-	9,48	12,59
ΡΑΤ	129,03	101,88	54,16	21,46	56,51	64,75	40,20	40,33	53,06	97,31	57,50	66,50
ΡΕΡ	22,63	15,60	5,12	2,38	3,55	2,58	1,31	1,77	2,68	7,53	7,12	11,83



Διάγραμμα 22. Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2020.

**Πίνακας 23. Μέσες ετήσιες τιμές μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για κάθε έτος για τη χρονική περίοδο 2016-2020.**

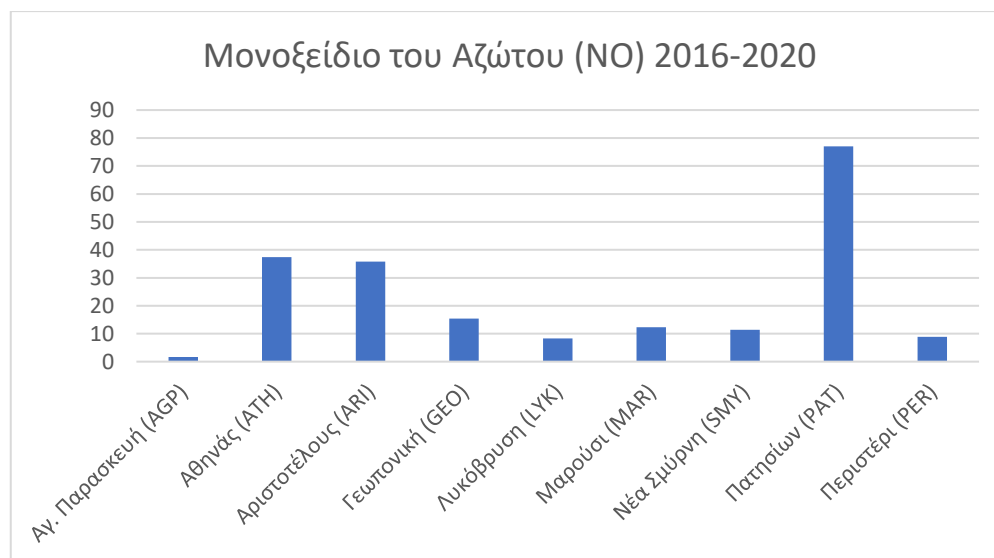
	AGP	ATH	ARI	GEO	LYK	MAR	SMY	PAT	PER
<b>2016</b>	2,13	39,06	36,88	16,58	9,07	14,76	12,28	81,78	9,97
<b>2017</b>	1,78	49,99	36,89	18,61	9,41	14,23	12,03	87,74	10,06
<b>2018</b>	1,53	43,52	33,20	13,27	8,08	9,88	9,29	76,78	8,25
<b>2019</b>	1,64	36,32	37,92	17,05	8,47	13,10	10,57	73,35	9,08
<b>2020</b>	1,47	17,83	34,12	11,71	6,60	9,64	12,90	65,22	7,01



**Διάγραμμα 23. Διάγραμμα μέσων ετήσιων τιμών μονοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για κάθε έτος για τη χρονική περίοδο 2016-2020.**

**Πίνακας 24. Μέση συγκέντρωση των ετήσιων τιμών μονοξειδίου του αζώτου για τη χρονική περίοδο 2016-2020.**

<b>NO (2016-2020)</b>	
Αγ. Παρασκευή (AGP)	1,71
Αθηνάς (ATH)	37,34
Αριστοτέλους (ARI)	35,80
Γεωπονική (GEO)	15,44
Λυκόβρυση (LYK)	8,33
Μαρούσι (MAR)	12,32
Νέα Σμύρνη (SMY)	11,41
Πατησίων (PAT)	76,98
Περσιτέρι (PER)	8,87

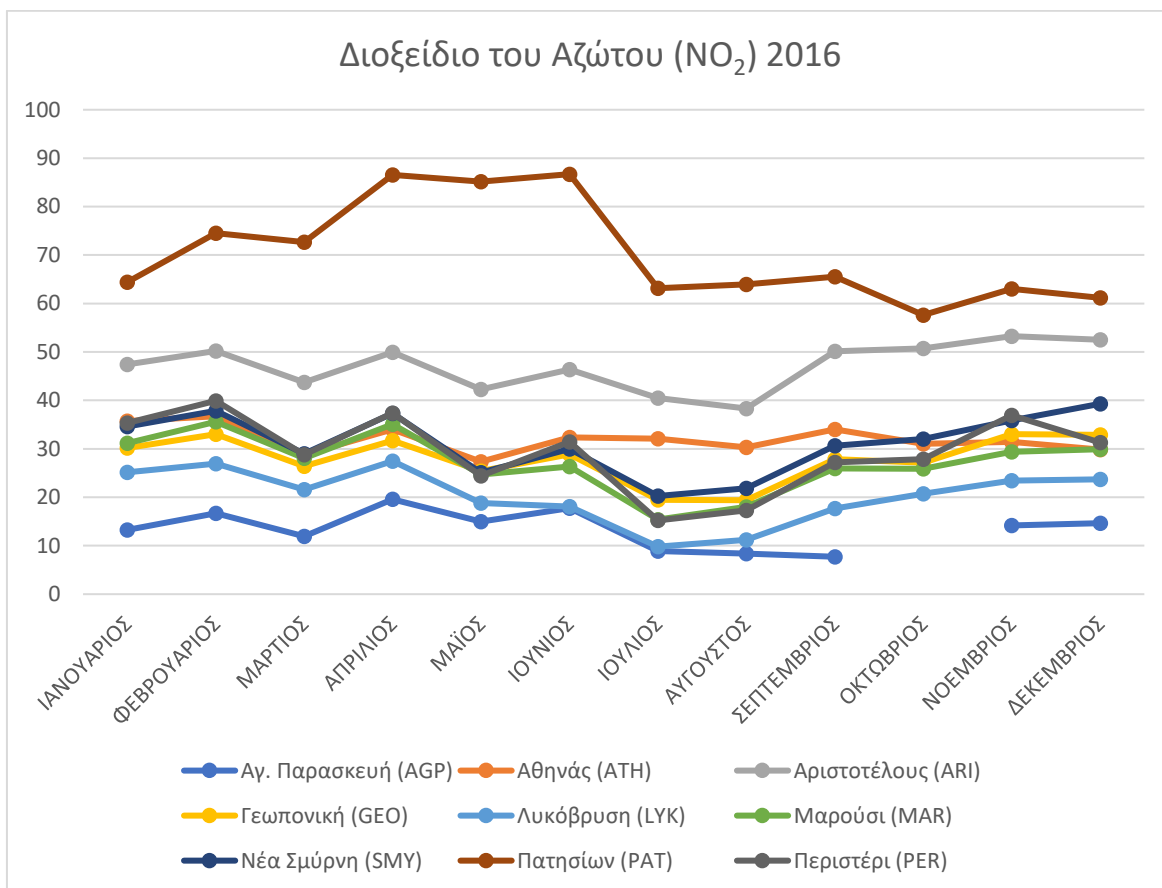


**Διάγραμμα 24. Διάγραμμα της μέσης συγκέντρωσης των ετήσιων τιμών μονοξειδίου του αζώτου για τη χρονική περίοδο 2016-2020.**

### Ρύπος: Διοξείδιο του Αζώτου (NO<sub>2</sub>)

**Πίνακας 25. Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2016.**

2016	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
AGP	13,27	16,71	11,94	19,58	14,96	17,74	8,87	8,41	7,73	-	14,20	14,64
ATH	35,70	36,73	28,79	34,02	27,35	32,40	32,09	30,28	34,02	31,06	31,43	29,87
ARI	47,42	50,21	43,70	49,97	42,25	46,34	40,49	38,33	50,15	50,72	53,26	52,49
GEO	30,17	33,01	26,41	31,72	25,42	28,87	19,46	19,39	27,90	27,16	33,03	32,86
LYK	25,18	26,97	21,59	27,47	18,81	18,10	9,81	11,22	17,67	20,74	23,47	23,69
MAR	31,17	35,59	28,08	35,08	24,73	26,36	15,40	18,02	25,97	25,89	29,41	29,90
SMY	34,59	37,84	28,96	37,30	25,12	29,96	20,26	21,86	30,62	32,03	35,89	39,30
PAT	64,43	74,53	72,69	86,52	85,15	86,70	63,17	63,92	65,54	57,63	63,04	61,17
PER	35,31	39,92	28,78	37,38	24,42	31,41	15,23	17,27	27,23	27,87	36,94	31,28

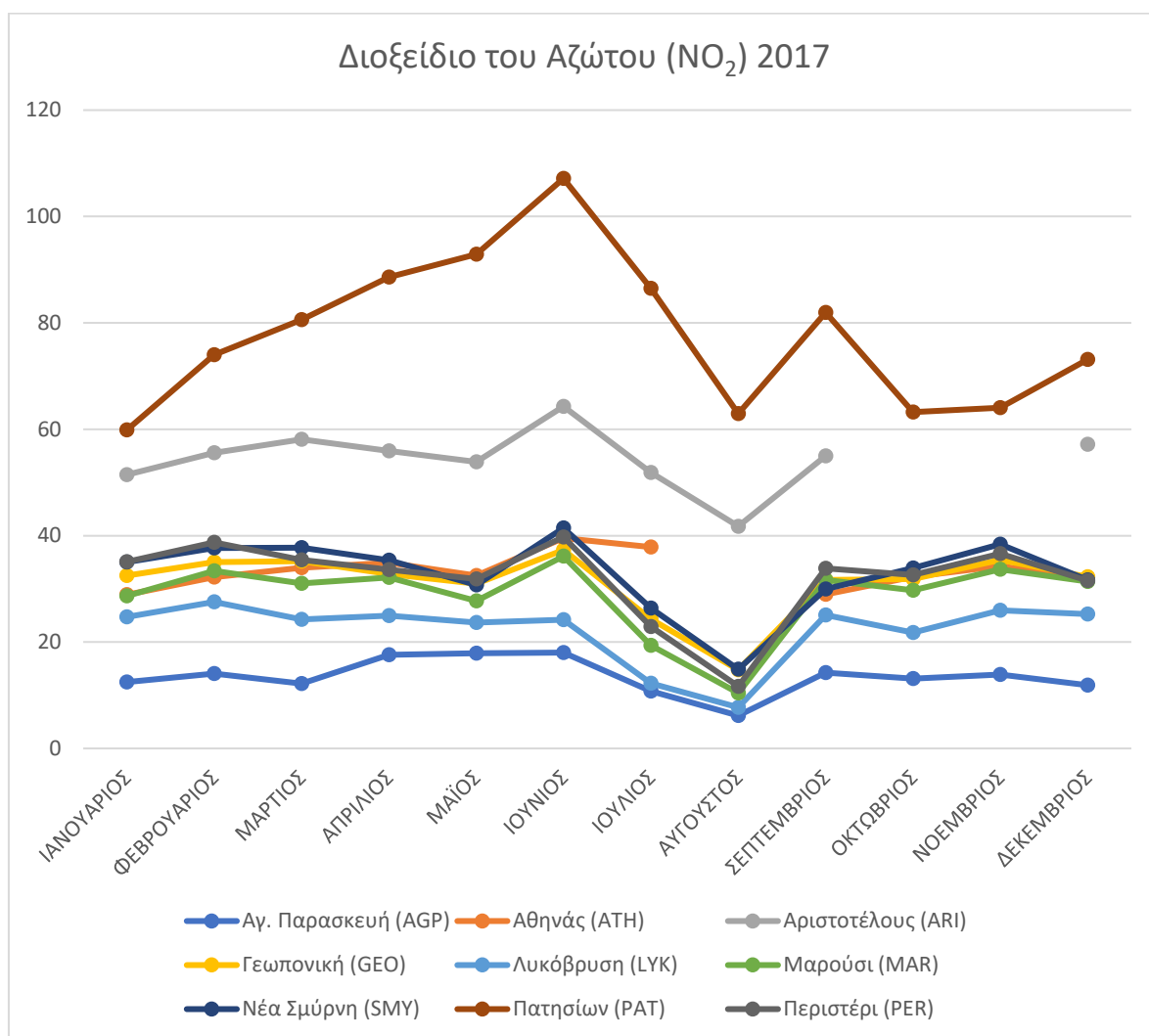


**Διάγραμμα 25. Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2016.**

**Πίνακας 26. Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2017.**

2017	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
AGP	12,49	14,07	12,18	17,61	17,92	18,02	10,75	6,17	14,23	13,15	13,91	11,88
ATH	28,89	32,20	33,95	34,90	32,49	39,54	37,87	-	28,96	32,26	34,27	32,07
ARI	51,47	55,56	58,12	55,96	53,85	64,30	51,88	41,77	54,96	-	-	57,17
GEO	32,51	35,04	35,21	32,77	30,96	37,31	24,32	14,77	31,69	31,85	35,43	32,25
LYK	24,74	27,54	24,23	24,94	23,66	24,20	12,23	7,72	25,07	21,77	25,98	25,24
MAR	28,70	33,39	31,06	32,12	27,74	36,13	19,35	10,42	31,70	29,70	33,70	31,36
SMY	35,02	37,68	37,73	35,40	30,71	41,43	26,35	14,87	29,97	33,94	38,39	31,69
PAT	59,88	74,01	80,60	88,59	92,89	107,14	86,46	62,95	81,93	63,25	64,03	73,11
PER	35,08	38,73	35,44	33,61	31,86	39,76	22,89	11,67	33,85	32,62	36,60	31,56

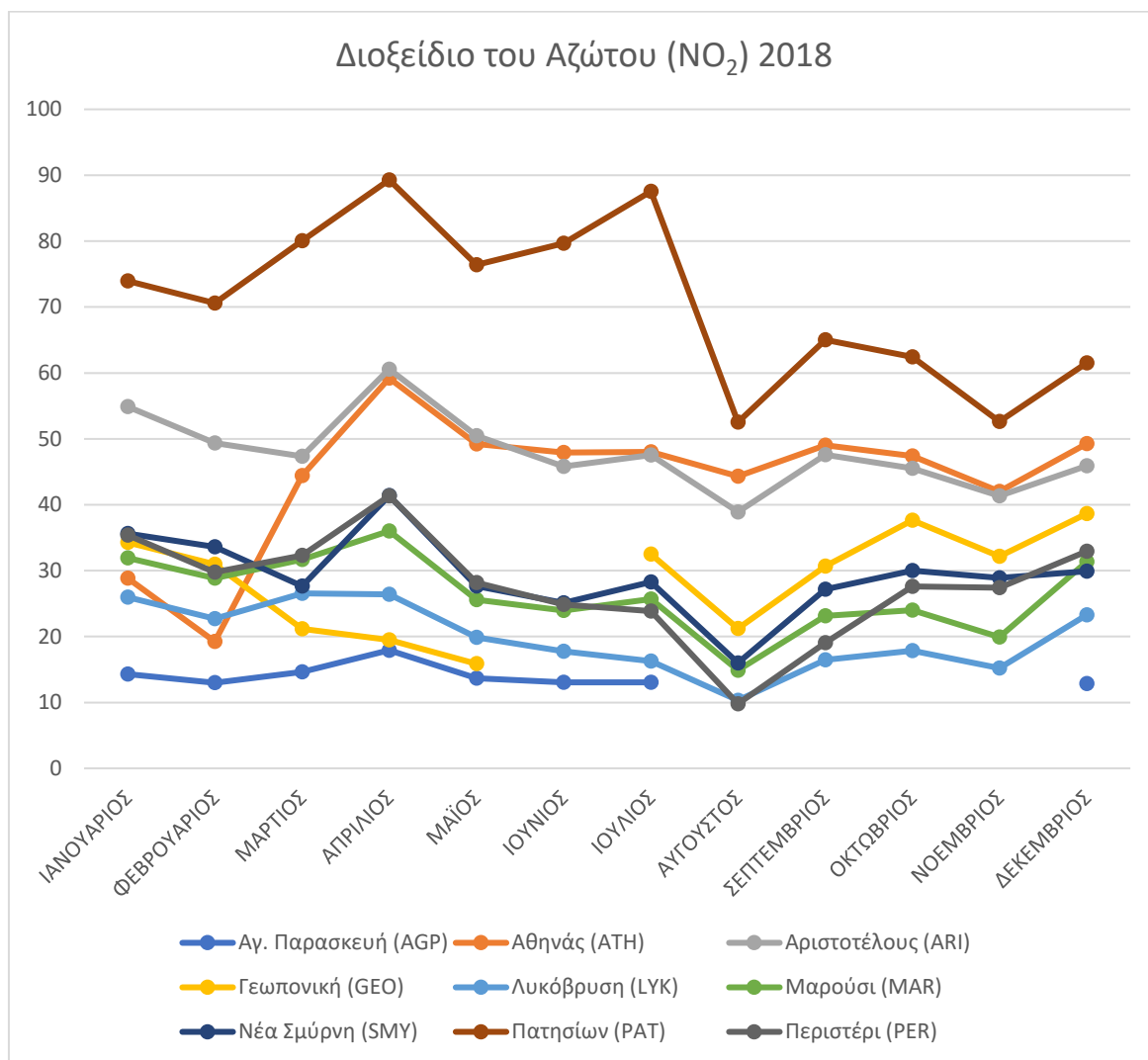




**Διάγραμμα 26. Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2017.**

**Πίνακας 27. Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2018.**

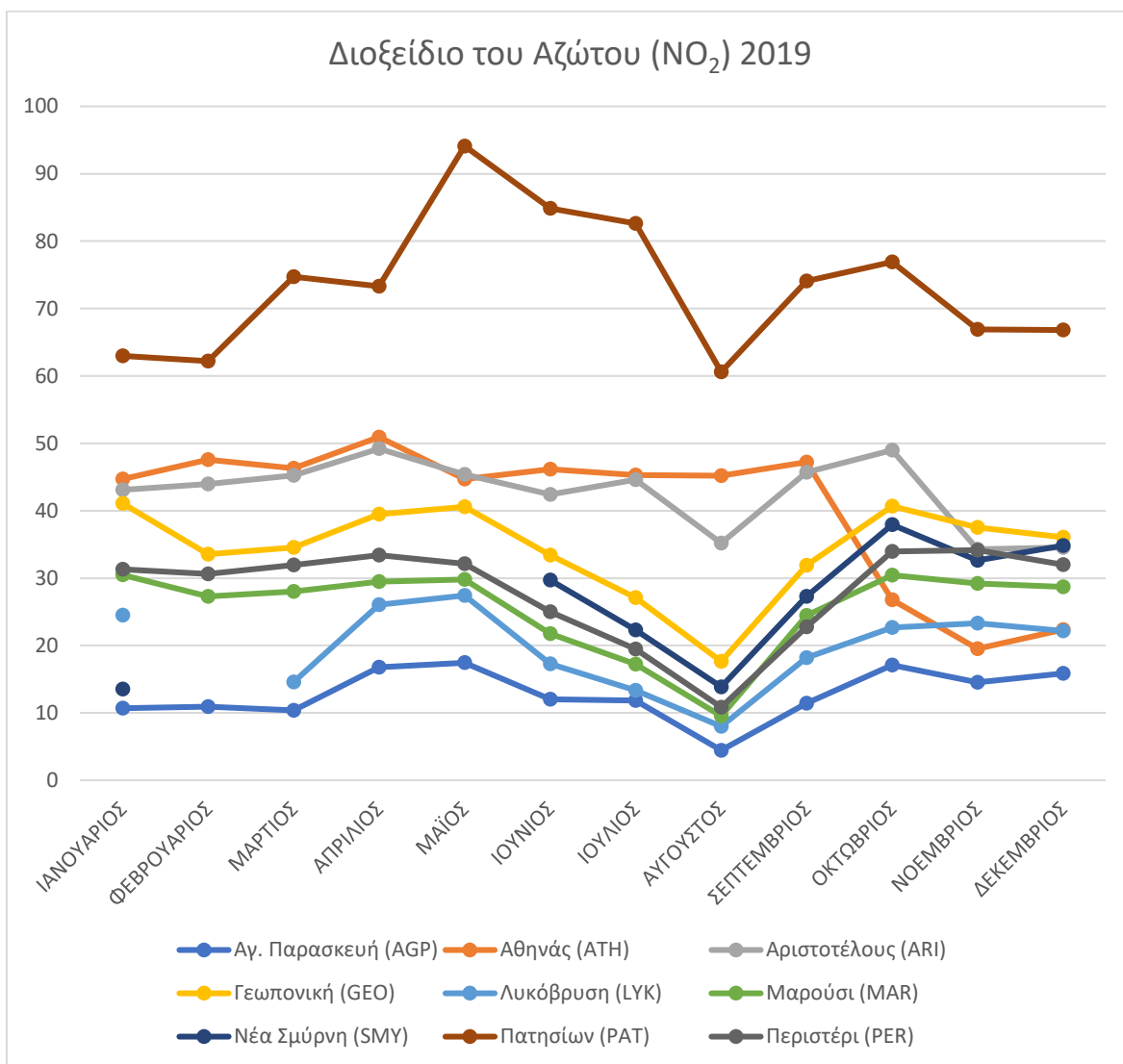
2018	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
AGP	14,32	12,99	14,63	17,93	13,67	13,06	13,04	-	-	-	-	12,84
ATH	28,88	19,24	44,41	59,20	49,20	47,93	48,03	44,33	49,04	47,41	42,02	49,27
ARI	54,88	49,36	47,34	60,57	50,45	45,82	47,55	38,91	47,58	45,53	41,35	45,91
GEO	34,27	30,98	21,16	19,51	15,86	-	32,50	21,22	30,69	37,66	32,19	38,65
LYK	26,00	22,69	26,55	26,40	19,86	17,75	16,28	10,32	16,44	17,87	15,21	23,26
MAR	31,93	28,86	31,66	36,02	25,58	23,94	25,70	14,89	23,13	24,01	19,90	31,33
SMY	35,62	33,61	27,63	41,38	27,66	25,13	28,28	16,00	27,18	29,98	28,91	29,91
PAT	73,97	70,60	80,03	89,29	76,41	79,68	87,56	52,53	65,02	62,41	52,61	61,52
PER	35,39	29,78	32,29	41,34	28,16	24,87	23,84	9,80	19,07	27,60	27,39	32,94



**Διάγραμμα 27. Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2018.**

**Πίνακας 28. Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2019.**

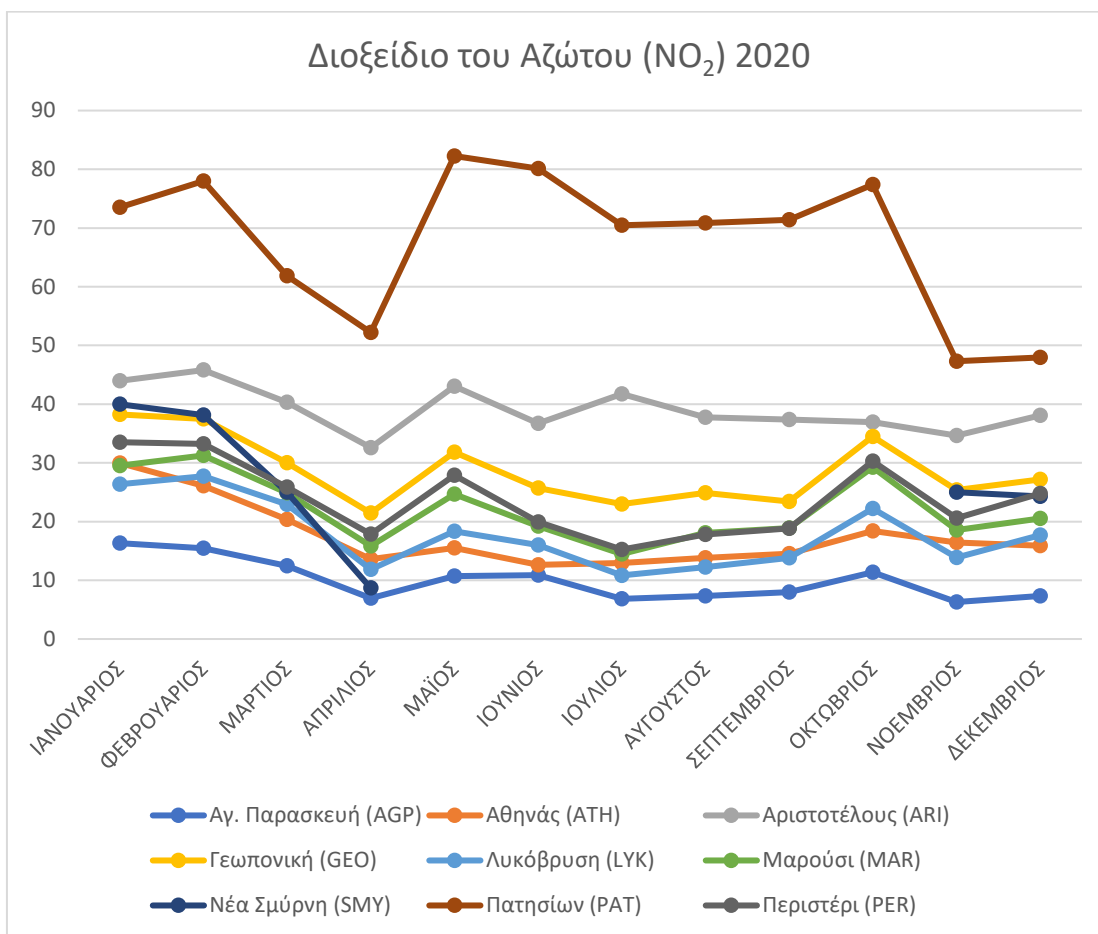
2019	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
AGP	10,68	10,91	10,38	16,78	17,43	12,02	11,82	4,45	11,44	17,08	14,53	15,85
ATH	44,67	47,56	46,31	50,93	44,69	46,15	45,30	45,22	47,21	26,79	19,52	22,34
ARI	43,08	43,98	45,24	49,20	45,37	42,41	44,58	35,19	45,71	48,98	34,28	34,53
GEO	41,09	33,53	34,54	39,46	40,57	33,39	27,11	17,64	31,88	40,66	37,53	36,07
LYK	24,49	-	14,59	26,06	27,42	17,29	13,33	8,00	18,19	22,68	23,29	22,15
MAR	30,47	27,26	28,01	29,47	29,79	21,76	17,22	9,54	24,46	30,43	29,22	28,71
SMY	13,53	-	-	-	-	29,69	22,28	13,86	27,28	37,92	32,64	34,82
PAT	62,98	62,18	74,72	73,30	94,11	84,85	82,60	60,61	74,06	76,93	66,90	66,80
PER	31,32	30,60	31,93	33,41	32,12	24,98	19,47	10,84	22,78	33,95	34,16	31,98



**Διάγραμμα 28. Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2019.**

**Πίνακας 29. Μέσες μηνιαίες τιμές διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2020.**

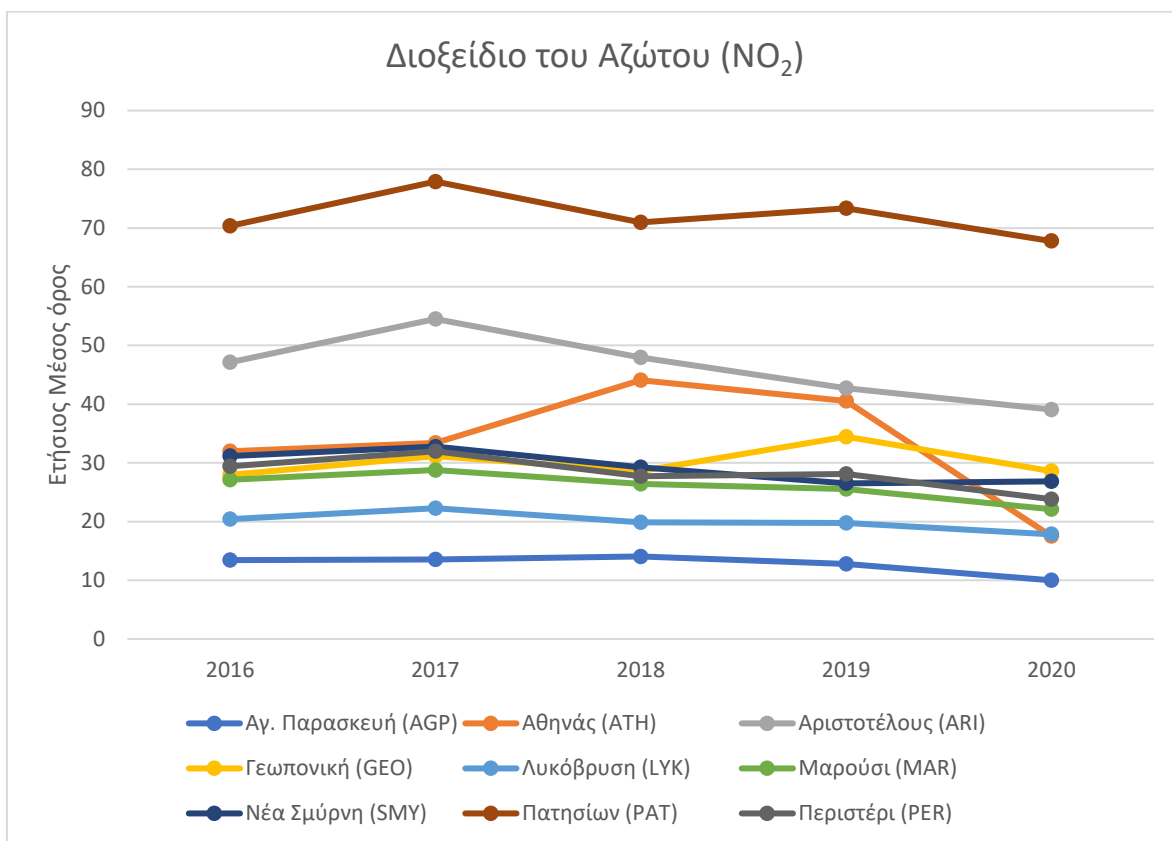
2020	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
AGP	16,32	15,47	12,48	6,96	10,74	10,87	6,82	7,34	7,99	11,36	6,30	7,34
ATH	29,98	26,10	20,39	13,59	15,50	12,64	12,93	13,79	14,51	18,40	16,46	15,87
ARI	44,00	45,80	40,34	32,60	43,03	36,73	41,71	37,74	37,37	36,93	34,64	38,09
GEO	38,25	37,49	30,03	21,45	31,81	25,69	22,99	24,88	23,42	34,49	25,40	27,16
LYK	26,39	27,72	22,92	11,87	18,34	16,00	10,83	12,24	13,80	22,24	13,87	17,71
MAR	29,50	31,26	24,90	15,84	24,67	19,24	14,48	18,09	18,88	29,25	18,57	20,54
SMY	39,98	38,12	24,98	8,67	-	-	-	-	-	-	24,98	24,27
PAT	73,51	77,98	61,83	52,21	82,26	80,14	70,47	70,85	71,38	77,37	47,31	47,96
PER	33,52	33,23	25,85	17,84	27,91	19,94	15,24	17,78	18,86	30,29	20,57	24,78



**Διάγραμμα 29.** Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2020.

**Πίνακας 30.** Μέσες ετήσιες τιμές διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για κάθε έτος για τη χρονική περίοδο 2016-2020.

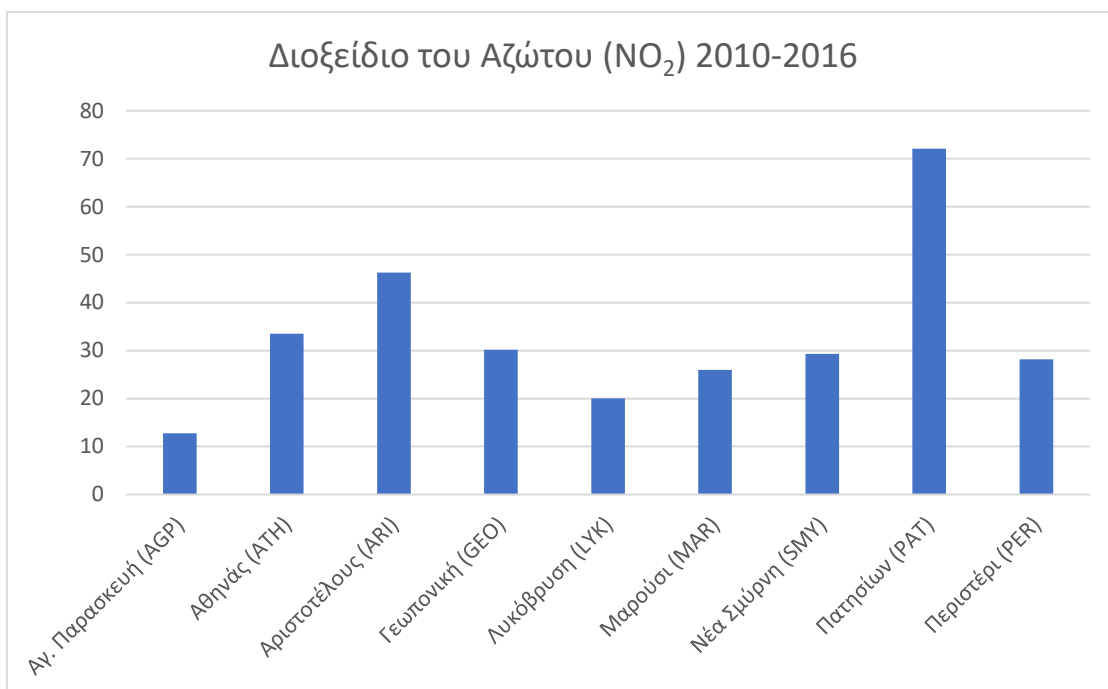
NO <sub>2</sub>	AGP	ATH	ARI	GEO	LYK	MAR	SMY	PAT	PER
2016	13,46	31,98	47,11	27,95	20,39	27,13	31,15	70,37	29,42
2017	13,53	33,40	54,50	31,18	22,28	28,78	32,76	77,90	31,97
2018	14,06	44,08	47,94	28,61	19,88	26,41	29,27	70,97	27,71
2019	12,78	40,56	42,71	34,45	19,77	25,53	26,50	73,34	28,13
2020	10,00	17,51	39,08	28,59	17,83	22,10	26,83	67,77	23,82



**Διάγραμμα 30.** Διάγραμμα μέσων ετήσιων τιμών διοξειδίου του αζώτου ανά σταθμό ελέγχου για κάθε έτος για τη χρονική περίοδο 2016-2020.

**Πίνακας 31.** Μέση συγκέντρωση των ετήσιων τιμών διοξειδίου του αζώτου για τη χρονική περίοδο 2016-2020.

NO <sub>2</sub> (2016-2020)	
Αγ. Παρασκευή (AGP)	12,77
Αθηνάς (ATH)	33,51
Αριστοτέλους (ARI)	46,27
Γεωπονική (GEO)	30,16
Λυκόβρυση (LYK)	20,03
Μαρούσι (MAR)	25,99
Νέα Σμύρνη (SMY)	29,30
Πατησίων (PAT)	72,07
Περιστέρι (PER)	28,21

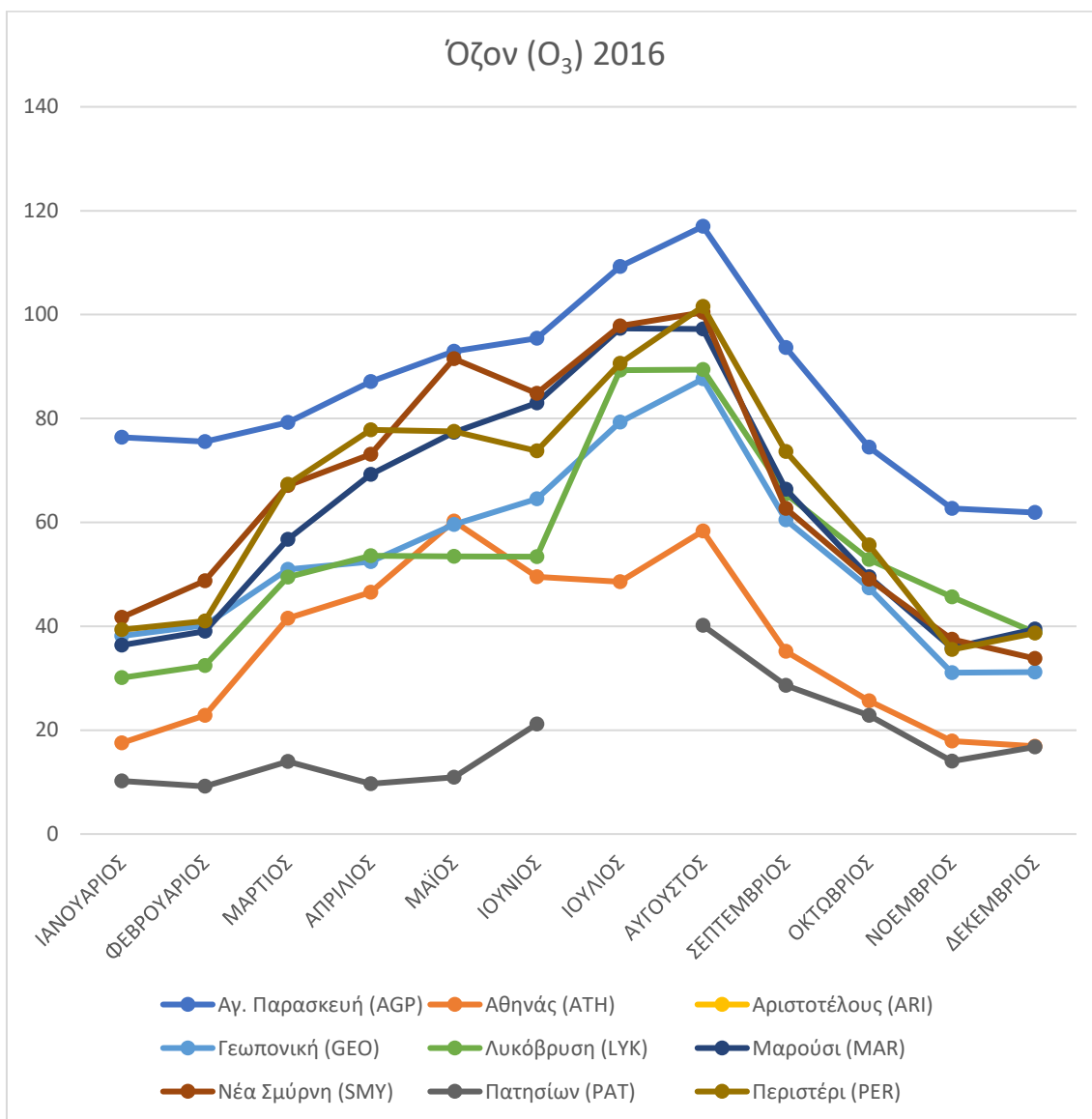


**Διάγραμμα 31.** Διάγραμμα της μέσης συγκέντρωσης των ετήσιων τιμών διοξειδίου του αζώτου για τη χρονική περίοδο 2016-2020.

### Ρύπος: Όζον (O<sup>3</sup>)

**Πίνακας 32.** Μέσες μηνιαίες τιμές όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2016.

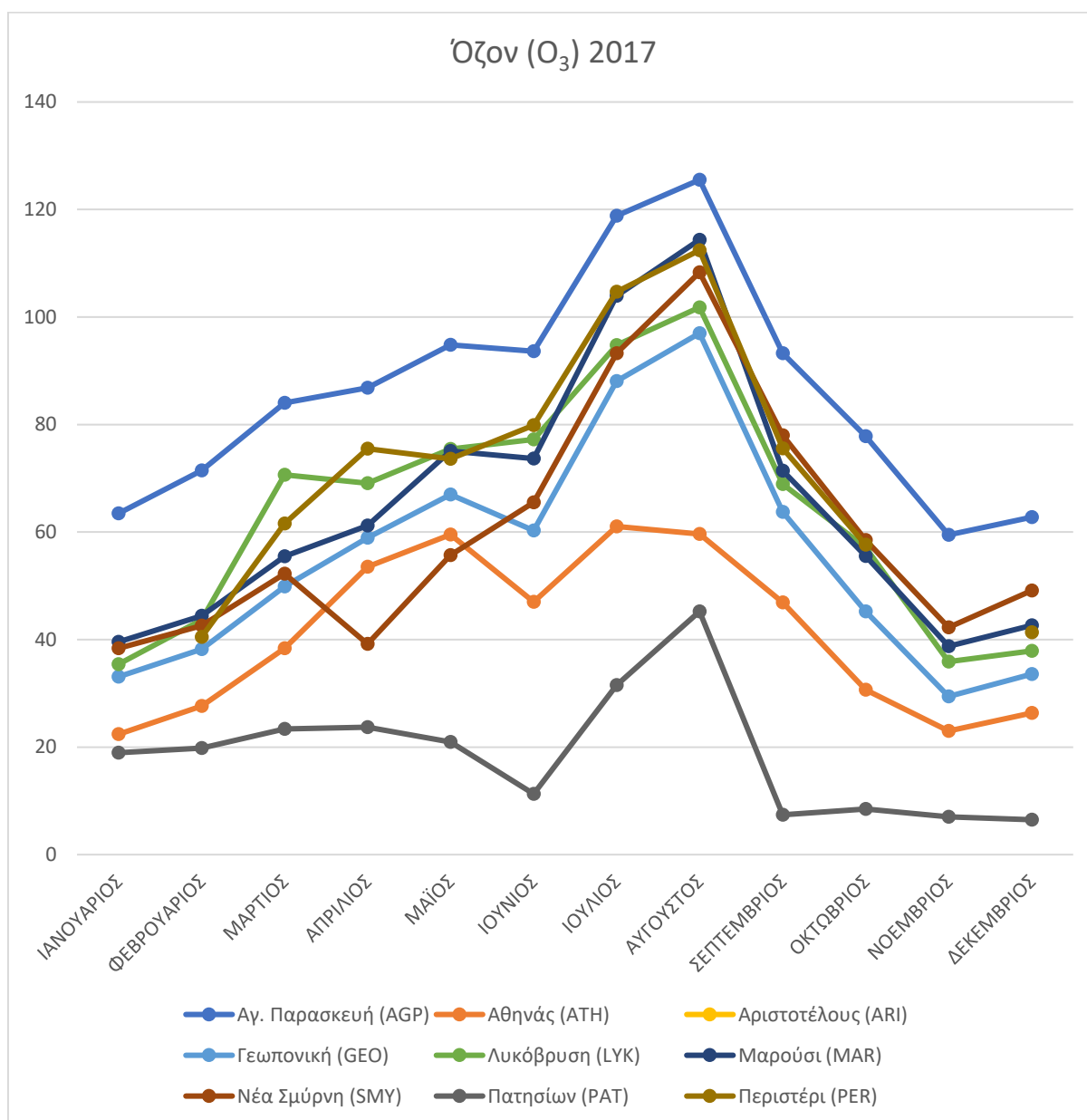
2016	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
ΑΓΡ	76,40	75,57	79,25	87,08	92,95	95,43	109,25	116,99	93,66	74,47	62,67	61,89
ΑΘΗ	17,55	22,83	41,57	46,54	60,23	49,53	48,57	58,36	35,14	25,64	17,92	16,90
ΑΡΙ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΓΕΟ	38,14	40,17	50,93	52,43	59,61	64,50	79,29	87,61	60,49	47,38	31,06	31,17
ΛΥΚ	30,08	32,41	49,44	53,59	53,45	53,37	89,31	89,41	65,48	52,86	45,66	38,83
ΜΑΡ	36,38	39,03	56,70	69,23	77,33	83,01	97,34	97,20	66,40	49,50	35,84	39,44
ΣΜΥ	41,71	48,75	67,10	73,10	91,49	84,85	97,81	100,43	62,70	49,05	37,49	33,79
ΡΑΤ	10,18	9,17	13,98	9,68	10,95	21,17	-	40,14	28,63	22,85	14,01	16,77
ΡΕΡ	39,33	41,02	67,33	77,79	77,50	73,75	90,64	101,56	73,63	55,67	35,51	38,65



Διάγραμμα 32. Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2016.

Πίνακας 33. Μέσες μηνιαίες τιμές όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2017.

2017	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
AGP	63,49	71,46	84,05	86,81	94,85	93,63	118,86	125,53	93,24	77,85	59,48	62,77
ATH	22,39	27,62	38,37	53,52	59,55	47,02	61,04	59,63	46,91	30,67	23,01	26,37
ARI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GEO	33,10	38,24	49,89	58,94	66,99	60,30	88,06	96,99	63,71	45,24	29,42	33,57
LYK	35,43	43,69	70,66	69,11	75,43	77,22	94,76	101,80	68,94	57,08	35,91	37,89
MAR	39,58	44,40	55,51	61,20	75,05	73,67	103,92	114,37	71,38	55,56	38,76	42,63
SMY	38,38	42,61	52,27	39,17	55,68	65,54	93,26	108,32	77,99	58,51	42,24	49,13
PAT	18,93	19,82	23,38	23,68	20,94	11,27	31,53	45,24	7,42	8,51	7,01	6,49
PER	-	40,46	61,56	75,49	73,63	79,88	104,71	112,42	75,57	57,62	-	41,34

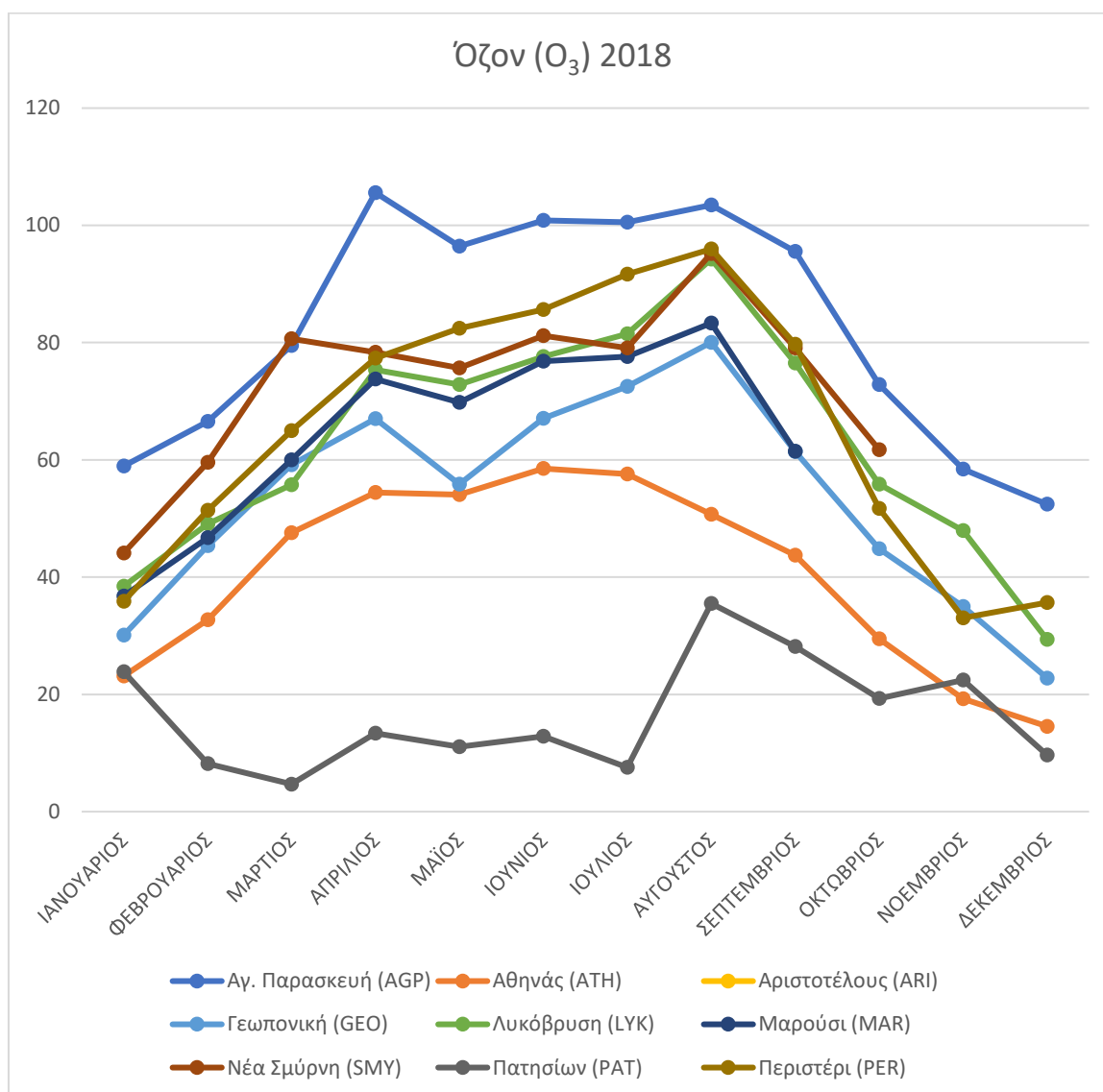


Διάγραμμα 33. Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2017.

Πίνακας 34. Μέσες μηνιαίες τιμές όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2018.

2018	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
AGP	58,96	66,53	79,48	105,58	96,45	100,82	100,51	103,44	95,57	72,83	58,43	52,42
ATH	23,11	32,71	47,58	54,45	54,08	58,52	57,59	50,72	43,74	29,47	19,22	14,55
ARI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GEO	30,08	45,34	59,15	67,03	55,82	67,07	72,51	80,05	61,39	44,83	34,95	22,77
LYK	38,43	49,08	55,77	75,38	72,82	77,60	81,50	94,25	76,50	55,86	47,95	29,35
MAR	36,78	46,71	59,97	73,76	69,81	76,82	77,63	83,33	61,47	-	-	-
SMY	44,12	59,59	80,66	78,36	75,69	81,20	79,11	95,20	79,08	61,75	-	-
PAT	23,85	8,19	4,69	13,37	11,07	12,85	7,57	35,51	28,15	19,32	22,43	9,67
PER	35,88	51,38	64,95	77,34	82,44	85,66	91,66	95,96	79,71	51,69	33,05	35,64

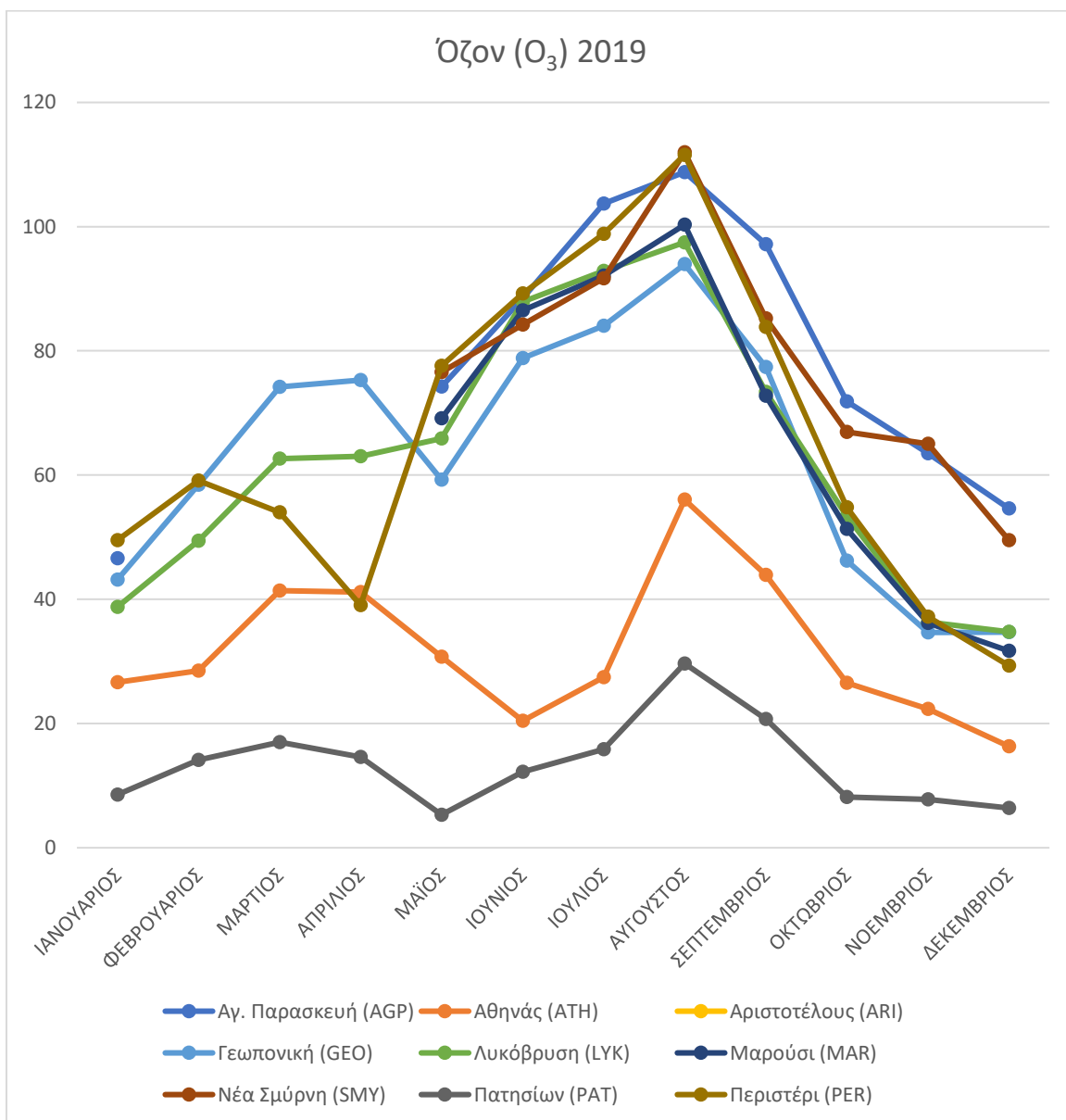




Διάγραμμα 34. Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2018.

Πίνακας 35. Μέσες μηνιαίες τιμές όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2019.

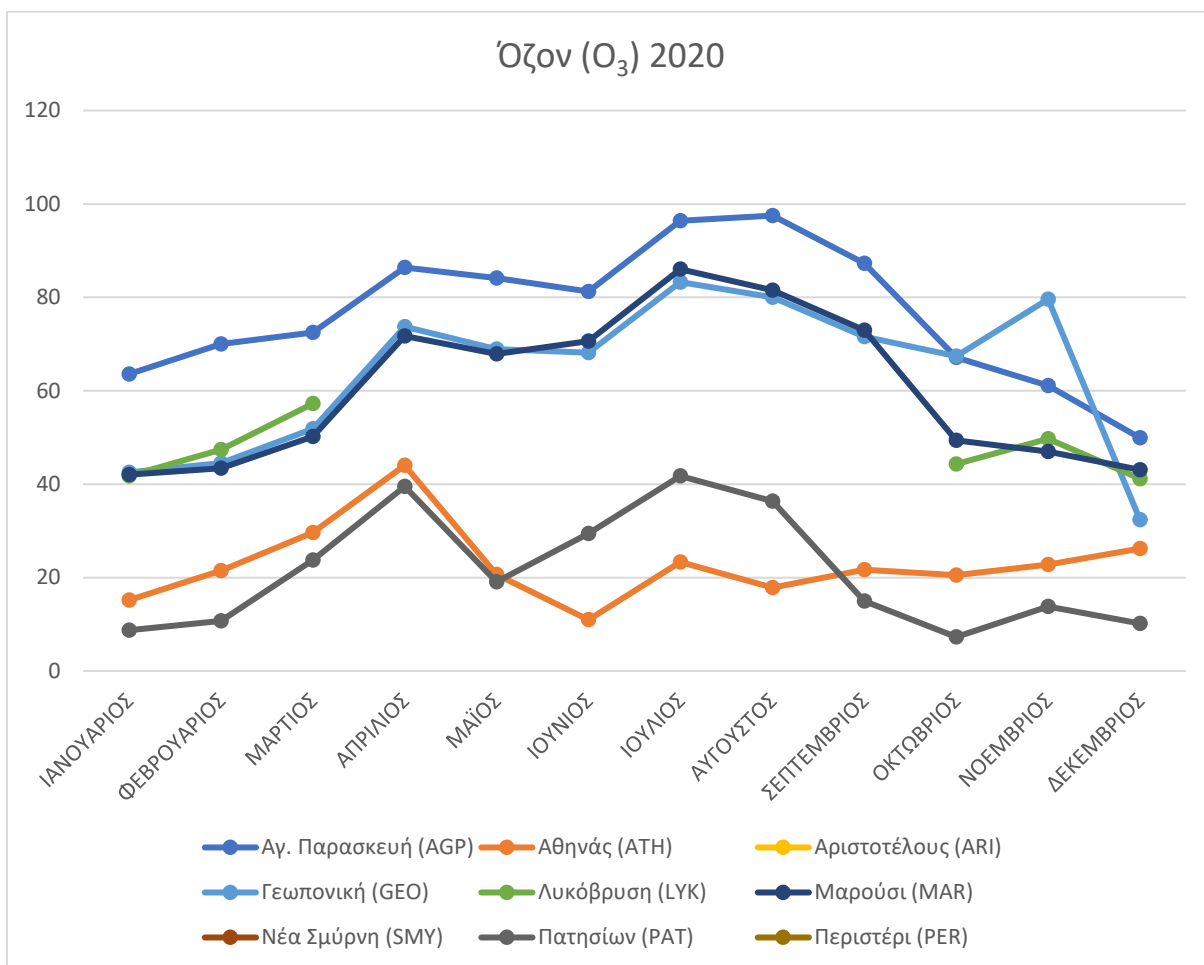
2019	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
AGP	46,62	-	-	-	74,26	88,46	103,72	108,78	97,15	71,84	63,48	54,61
ATH	26,63	28,52	41,39	41,13	30,74	20,42	27,45	56,04	43,93	26,53	22,35	16,32
ARI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GEO	43,14	58,46	74,18	75,30	59,24	78,81	84,04	93,94	77,37	46,21	34,66	34,72
LYK	38,78	49,41	62,63	63,02	65,89	87,90	92,86	97,47	73,39	53,37	36,32	34,76
MAR	-	-	-	-	69,15	86,52	92,13	100,31	72,77	51,32	36,18	31,69
SMY	-	-	-	-	76,60	84,23	91,65	111,97	85,25	66,92	65,04	49,51
PAT	8,56	14,12	16,98	14,60	5,32	12,22	15,83	29,66	20,72	8,17	7,80	6,38
PER	49,50	59,12	54,02	39,08	77,60	89,22	98,83	111,55	83,84	54,82	37,19	29,30



Διάγραμμα 35. Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2019.

Πίνακας 36. Μέσες μηνιαίες τιμές όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2020.

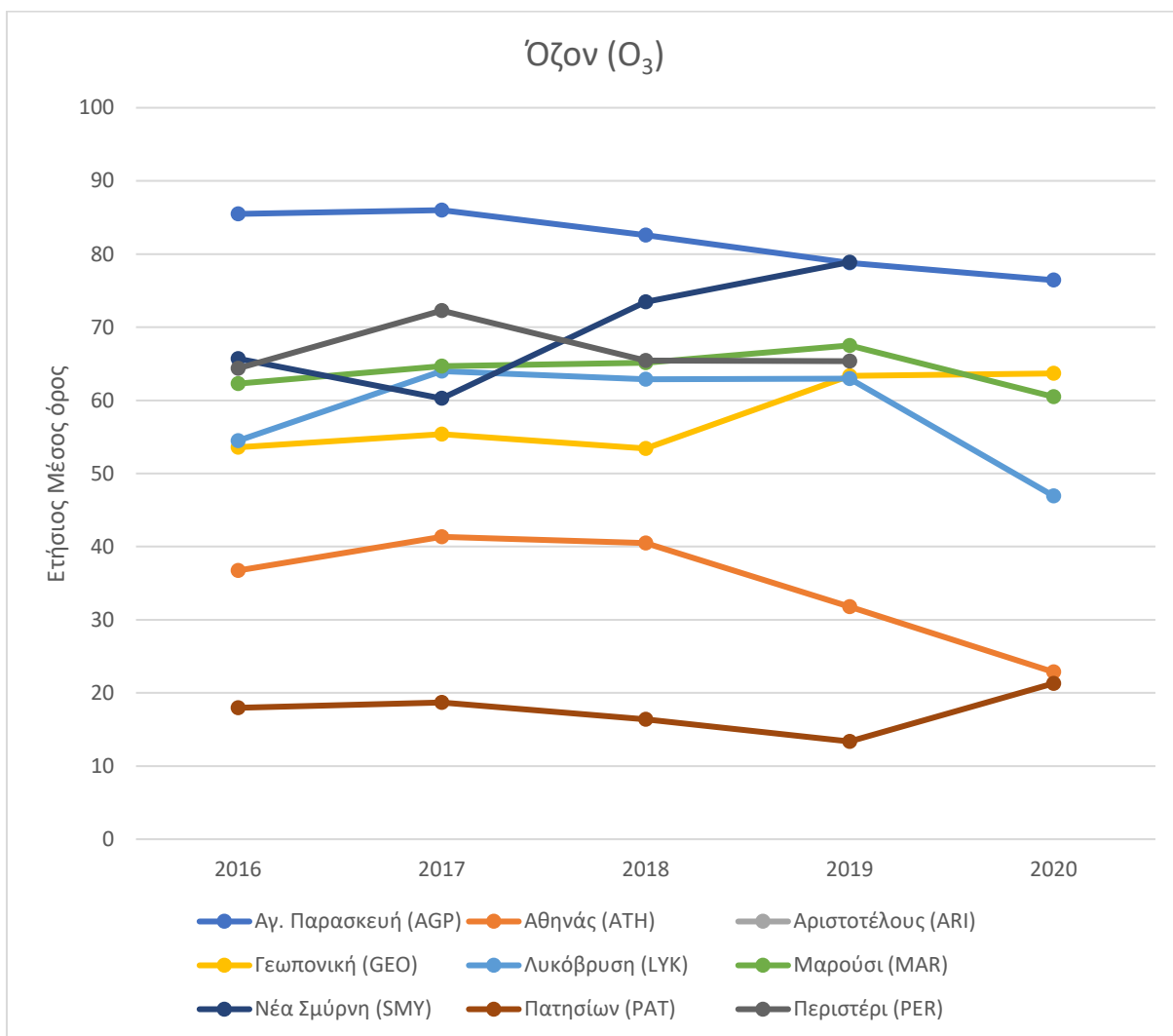
2020	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
AGP	63,54	70,01	72,47	86,41	84,14	81,25	96,37	97,51	87,28	67,13	61,12	49,91
ATH	15,15	21,52	29,63	44,03	20,67	10,97	23,36	17,83	21,69	20,52	22,79	26,21
ARI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GEO	42,56	44,53	51,87	73,75	68,90	68,17	83,27	80,02	71,62	67,41	79,63	32,40
LYK	41,74	47,41	57,25							44,34	49,70	41,19
MAR	42,04	43,41	50,18	71,71	67,87	70,66	86,03	81,52	72,98	49,39	46,99	43,08
SMY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAT	8,76	10,71	23,74	39,51	19,07	29,42	41,74	36,39	14,99	7,29	13,81	10,15
PER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Διάγραμμα 36. Διάγραμμα μέσω μηνιαίων τιμών όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για το έτος 2020.

Πίνακας 37. Μέσες ετήσιες τιμές όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για κάθε έτος για τη χρονική περίοδο 2016-2020.

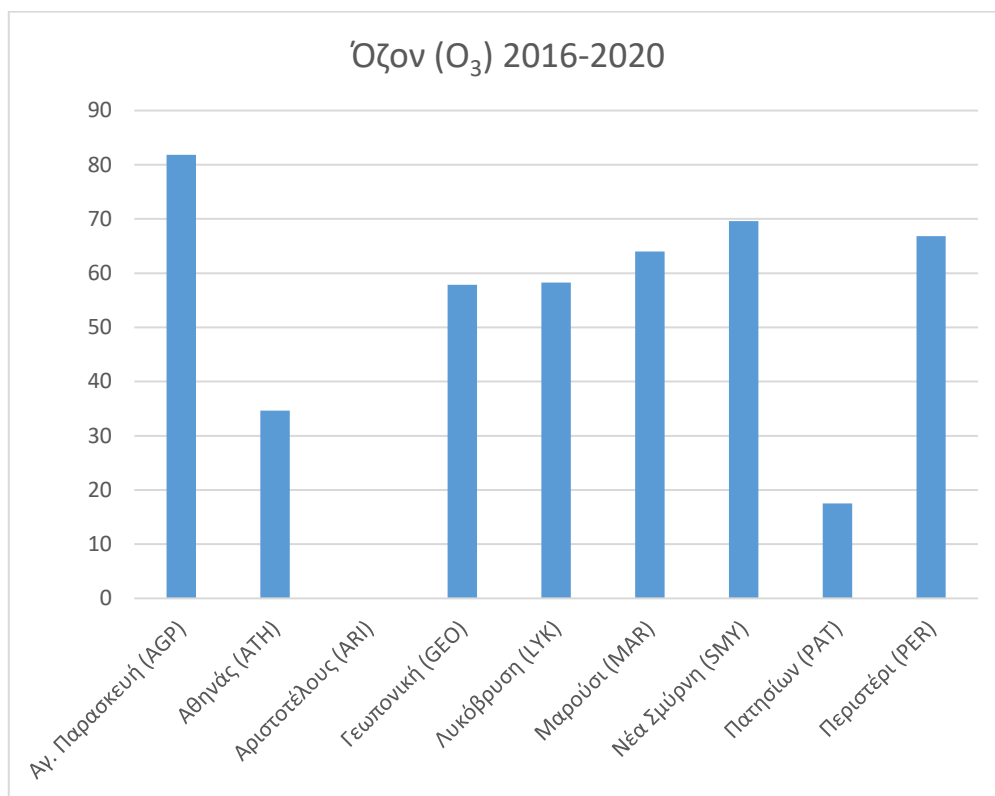
O <sub>3</sub>	AGP	ATH	ARI	GEO	LYK	MAR	SMY	PAT	PER
2016	85,47	36,73	-	53,57	54,49	62,28	65,69	17,96	64,37
2017	86,00	41,34	-	55,37	63,99	64,67	60,26	18,69	72,27
2018	82,59	40,48	-	53,42	62,87	65,14	73,47	16,39	65,45
2019	78,77	31,79	-	63,34	62,98	67,51	78,90	13,36	65,34
2020	76,43	22,86	-	63,68	46,94	60,49	-	21,30	-



**Διάγραμμα 37. Διάγραμμα μέσων ετήσιων τιμών όζοντος ανά σταθμό ελέγχου για κάθε έτος για τη χρονική περίοδο 2016-2020.**

**Πίνακας 38. Μέση συγκέντρωση των ετήσιων τιμών όζοντος για τη χρονική περίοδο 2016-2020.**

<b>O<sub>3</sub> (2016-2020)</b>	
Αγ. Παρασκευή (AGP)	81,85
Αθηνάς (ATH)	34,64
Αριστοτέλους (ARI)	-
Γεωπονική (GEO)	57,87
Λυκόβρυση (LYK)	58,26
Μαρούσι (MAR)	64,02
Νέα Σμύρνη (SMY)	69,58
Πατησίων (PAT)	17,54
Περιστέρι (PER)	66,86



**Διάγραμμα 38.** Διάγραμμα της μέσης συγκέντρωσης των ετήσιων τιμών όζοντος για τη χρονική περίοδο 2016-2020.

#### 4.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ Γ.Σ.Π.

Στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 12) παρουσιάζονται οι σταθμοί μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης για τον ελλαδικό χώρο.



Εικόνα 2. Θέσεις σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Η πλειοψηφία αυτών των σταθμών βρίσκεται στα δύο μεγαλύτερα αστικά κέντρα της χώρας, την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη. Οι σταθμοί αυτοί διαχωρίζονται σε κατηγορίες οι οποίες βασίζονται σε δύο βασικά κριτήρια, την τοποθεσία στην οποία έχουν εγκατασταθεί οι σταθμοί και το είδος των πηγών εκπομπής των ρύπων που επικρατούν στην εκάστοτε περιοχή. Οι κατηγορίες των σταθμών ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης παρουσιάζονται παρακάτω (Χρέμου, 2013, Κωστέα, 2016, , Παρταλίδου, 2018, Στογιάννης, 2019, Έλληνα, 2020).

- Αστικοί - Κυκλοφορίας: οι σταθμοί αυτοί έχουν εγκατασταθεί σε αστικά κέντρα και σε σημεία συγκεκριμένα με πηγές ρύπανσης όπως οι δρόμοι υψηλής κυκλοφορίας σε απόσταση περίπου ίση με 10m.
- Αστικοί - Βιομηχανικοί: οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται σε αστικά κέντρα και σε απόσταση μικρότερη του 1km από τα βιομηχανικά κέντρα.
- Αστικοί -Υποβάθρου: αυτή η κατηγορία σταθμών σκοπεύει στην αποτύπωση μιας γενικής εικόνας της ρύπανσης των ευρύτερων αστικών συγκεντρώσεων όσον αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση. Για αυτό το λόγο οι σταθμοί αυτοί τοποθετούνται σε απόσταση μερικών χιλιομέτρων από συγκεκριμένες αστικές πηγές, ούτως ώστε να μην επηρεάζονται άμεσα από αυτές.
- Υποβάθρου: οι σταθμοί υποβάθρου τοποθετούνται σε μεγάλη απόσταση από σημαντικές πηγές ρύπανσης η οποία ξεπερνά τα 10km από αστικά κέντρα, αυτοκινητόδρομους και βιομηχανίες. Σκοπός αυτών των σταθμών είναι η καταγραφή των συγκεντρώσεων των ρύπων, οι οποίοι δεν προέρχονται μόνο από την εκάστοτε περιοχή στην οποία έχει εγκατασταθεί ο σταθμός αλλά και η καταγραφή των συγκεντρώσεων των ρύπων που έχουν μεταφερθεί από μεγάλες αποστάσεις.
- Περιαστικοί - Υποβάθρου: οι σταθμοί με χαρακτηρισμό «περιαστικοί-υποβάθρου» εγκαθίστανται στα όρια των αστικών κέντρων και μακριά από σημαντικές πηγές εκπομπής ατμοσφαιρικών ρύπων. Οι συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων που καταγράφονται σε αυτούς τους σταθμούς σχετίζονται με τις εκπομπές από διάφορες πηγές στην περιοχή όπου έχει τοποθετηθεί ο σταθμός καθώς και στις εκπομπές ρύπων που έχουν μεταφερθεί από μεγάλες αποστάσεις.
- Περιαστικοί – Βιομηχανικοί: οι σταθμοί αυτοί εγκαθίστανται σε βιομηχανικές περιοχές και σε απόσταση μικρότερη του 1km από τις κύριες πηγές εκπομπών των περιοχών αυτών.

Στην συνέχεια παρατίθεται ο πίνακας με τα βασικά στοιχεία των σταθμών ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (συντεταγμένες X,Y,Z και είδος σταθμού) για όλη την Ελλάδα όπως φαίνεται από το αντίστοιχο attribute table του shapefile με τα σημεία θέσεων των σταθμών σε περιβάλλον GIS (Εικόνα 3).



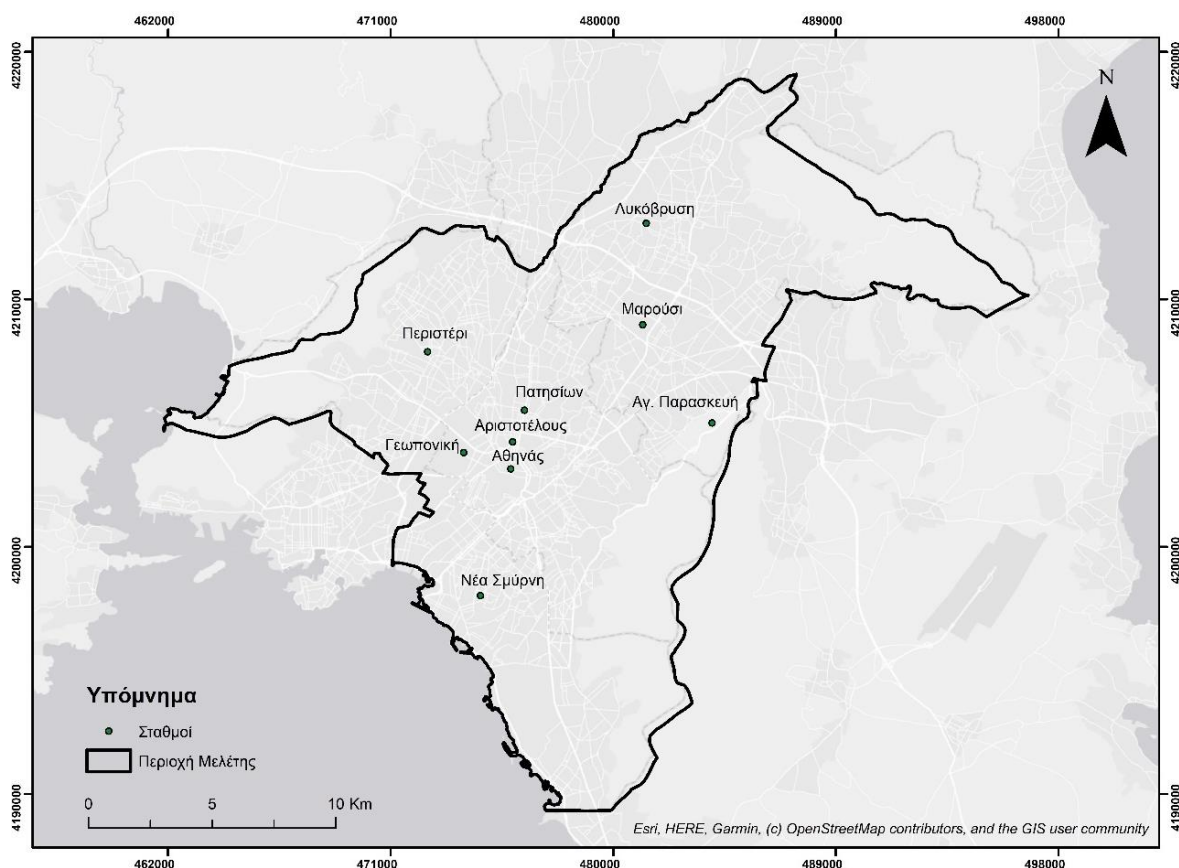
Table							
Stations							
	FID	Shape *	Όνομα	X	Y	Z	eidos
	0	Point ZM	Αθηνάς (ATH)	475861	4203144	75	Αστικός-Κυκλοφορίας
	1	Point ZM	Αριστοτέλους (ARI)	475932	4204238	75	Αστικός-Κυκλοφορίας
	2	Point ZM	Γεωπονική (GEO)	473958	4203804	40	Περιστικός-Βιομηχανικός
	3	Point ZM	Λύσια (LIO)	473344	4214085	16	Περιστικός-Υποβάθρου
	4	Point ZM	Λυκόβρυση* (LYK)	481341	4213070	23	Περιστικός-Υποβάθρου
	5	Point ZM	Μαρούσι (MAR)	481190	4208970	17	Αστικός-Υποβάθρου
	6	Point ZM	Νέα Σμύρνη (SMY)	474631	4198021	50	Αστικός-Υποβάθρου
	7	Point ZM	Πατησίων (PAT)	476413	4205515	10	Αστικός-Κυκλοφορίας
	8	Point ZM	Πειραιάς I** (PIR)	468679	4199446	4	Αστικός-Κυκλοφορίας
	9	Point ZM	Περιστερί (PER)	472497	4207882	80	Αστικός-Υποβάθρου
	10	Point ZM	Αγ. Παρασκευή (AGP)	483995	4205000	29	Περιστικός-Υποβάθρου
	11	Point ZM	Ελευσίνα (ELE)	459354	4211322	20	Περιστικός-Βιομηχανικός
	12	Point ZM	Θρακομακεδόνες (THR)	478662	4221479	55	Περιστικός-Υποβάθρου
	13	Point ZM	Κορωπί (KOR)	489215	4194584	14	Περιστικός-Υποβάθρου
	14	Point ZM	Αλιάρτος (ALI)	422136	4247543	11	Υποβάθρου
	15	Point ZM	Ζωγράφου (PAN)	481121	4202181	24	Περιστικός-Υποβάθρου
	16	Point ZM	Γουδή (GOU)	479421	4203804	15	Αστικός-Κυκλοφορίας
	17	Point ZM	Γαλάτσι (GAL)	477790	4208052	15	Περιστικός-Υποβάθρου
	18	Point ZM	Πειραιάς II (BIO)	469338	4199148	25	Αστικός-Υποβάθρου
	19	Point ZM	Οινόφυτα (OIN)	468286	4239560	10	Περιστικός-Βιομηχανικός
	20	Point ZM	Αγ. Σοφία (AGS)	410641	4498347	12	Αστικός-Κυκλοφορίας
	21	Point ZM	Α.Π.Θ. (APT)	411584	4498334	15	Αστικός-Υποβάθρου
	22	Point ZM	Πανάραμα (PAO)	417909	4493289	36	Περιστικός-Υποβάθρου
	23	Point ZM	Καλαμαριά (KAL)	411769	4492249	60	Περιστικός-Υποβάθρου
	24	Point ZM	Κορδελιό (KOD)	406309	4502811	30	Αστικός-Βιομηχανικός
	25	Point ZM	Σίνδος (SIN)	398590	4501179	14	Αστικός-Βιομηχανικός
	26	Point ZM	Νεοχωρούδα (NEO)	404953	4510195	22	Περιστικός-Υποβάθρου
	27	Point ZM	Πάτρα-I (PAI)	301940	4236030	10	Αστικός-Κυκλοφορίας
	28	Point ZM	Πάτρα-II (PAII)	301601	4235301	8	Αστικός-Κυκλοφορίας
	29	Point ZM	Αγρίνιο (AGR)	274317	4277479	98	Αστικός-Υποβάθρου
	30	Point ZM	Βόλος-I (VOI)	408789	4357718	31	Αστικός-Υποβάθρου
	31	Point ZM	Βόλος-II (VOII)	407139	4356815	6	Περιστικός-Υποβάθρου
	32	Point ZM	Λάρισα (LAR)	363796	4388220	85	Αστικός-Υποβάθρου
	33	Point ZM	Κοζάνη (KOZ)	311542	4463650	67	Αστικός-Υποβάθρου
	34	Point ZM	Πτολεμαΐδα (PTO)	303777	4486521	59	Αστικός-Βιομηχανικός
	35	Point ZM	Ακρινή (AKR)	322145	4477833	79	Περιστικός-Βιομηχανικός
	36	Point ZM	Καρυχώρι (KAY)	311122	4485483	71	Περιστικός-Βιομηχανικός
	37	Point ZM	Ηράκλειο (IRA)	603030	3910307	60	Αστικός-Υποβάθρου
	38	Point ZM	Χανιά (CHA)	502609	3929267	50	Αστικός-Υποβάθρου
	39	Point ZM	Ιωάννινα-II (IOII)	229363	4395729	48	Αστικός-Υποβάθρου
	40	Point ZM	Ιωάννινα-I (IOI)	229774	4393676	52	Αστικός-Υποβάθρου
	41	Point ZM	Καβάλα-II (KAII)	534569	4531522	2	Αστικός-Κυκλοφορίας
	42	Point ZM	Καβάλα-I (KAI)	534027	4531448	2	Αστικός-Υποβάθρου
	43	Point ZM	Λαμία (LAM)	363858	4306802	10	Αστικός-Υποβάθρου
	44	Point ZM	Χαλκίδα (HAL)	466005	4257735	12	Αστικός-Υποβάθρου
	45	Point ZM	Λαβιδια (LEI)	401890	4255013	14	Αστικός-Υποβάθρου
	46	Point ZM	Αμφισσα (AMF)	358676	4265397	18	Αστικός-Υποβάθρου
	47	Point ZM	Καρπενήσι (KAR)	308405	4309551	96	Αστικός-Υποβάθρου

Εικόνα 3. Πίνακας βασικών στοιχείων των σταθμών ατμοσφαιρικής ρύπανσης για τον ελλαδικό χώρο σε περιβάλλον GIS.



Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3, η χωρική κατανομή των σταθμών μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης δεν είναι ικανοποιητική ώστε να πραγματοποιηθούν διάφορες μέθοδοι χωρικής παρεμβολής για τη δημιουργία επιφανειών που θα καταδεικνύουν τη χωρική εξάπλωση του εκάστοτε εξεταζόμενου ρύπου. Αυτός ήταν ο κύριος λόγος που οδήγησε στην περαιτέρω διερεύνηση του ελλαδικού χώρου όσον αφορά την καλή κατανομή των σταθμών καταγραφής της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο χώρο με σκοπό την εύρεση μιας περιοχής ενδιαφέροντος που θα πληροί το παραπάνω κριτήριο.

Η περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής περιλαμβάνει τις περιφερειακές ενότητες (Π.Ε.) Βορείου Τομέα Αθηνών, Δυτικού Τομέα Αθηνών, Κεντρικού Τομέα Αθηνών και Νοτίου Τομέα Αθηνών (πρώην Νομαρχία Αθηνών). Τα όρια της περιοχής μελέτης καθώς και οι σταθμοί που βρίσκονται εντός των ορίων αυτών φαίνονται στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 4).



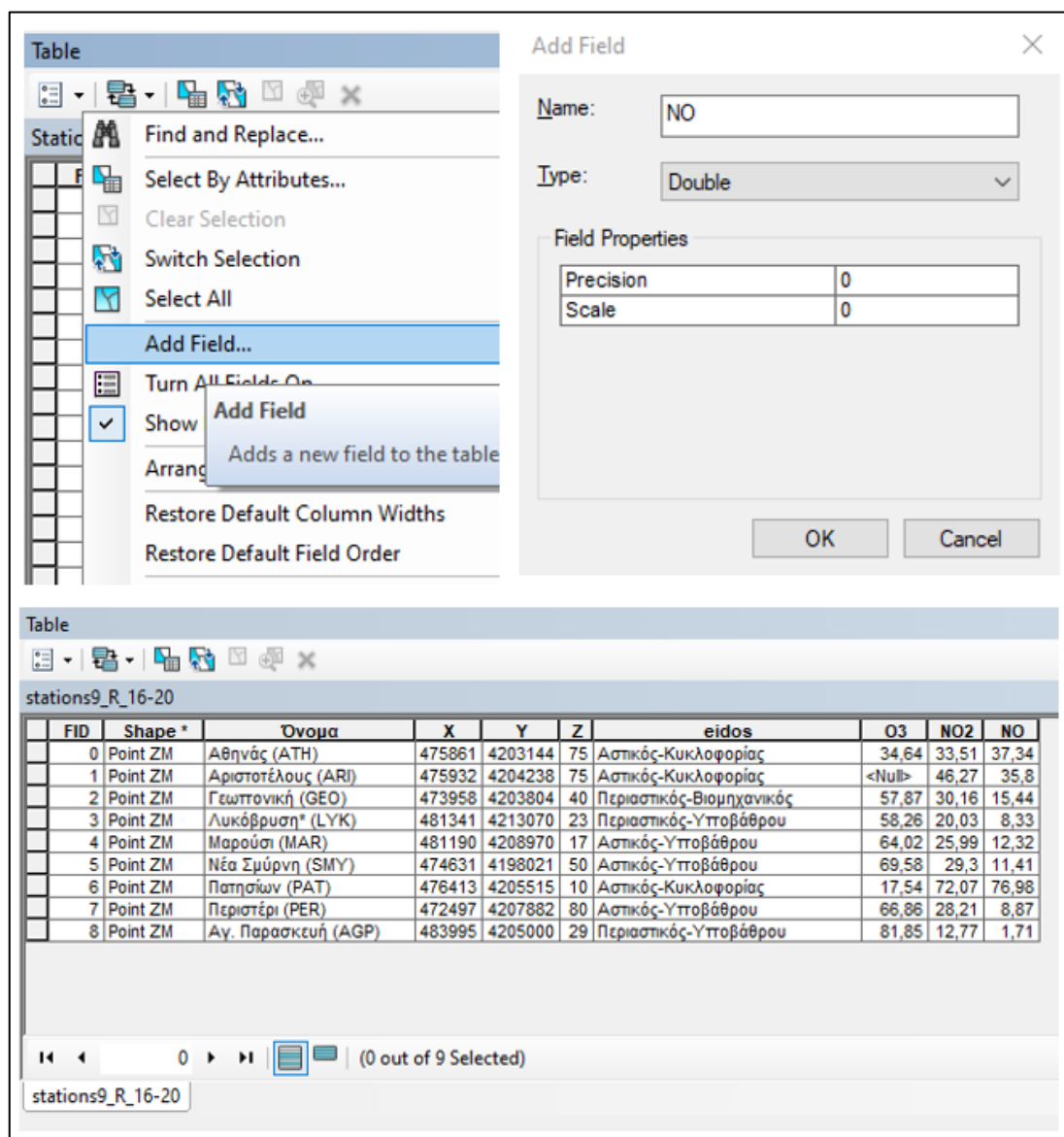
Εικόνα 4. Περιοχή μελέτης και γεωγραφική κατανομή των σταθμών ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Η ονομασία κάθε σταθμού που βρίσκεται στην περιοχή μελέτης καθώς και οι ρύποι οι οποίοι καταγράφονται παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 8). Παρότι 8 ρύποι μετριοούνται από τους επιλεγμένους σταθμούς, εν τέλει επιλέχθηκαν 3 εξαιτίας της πληρότητας των καταγραφών. Προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά τη διαδικασία της καταγραφής των μετρήσεων των ρύπων οδήγησαν στην ύπαρξη σημαντικού αριθμού ελλειπουσών τιμών. Συγκεκριμένα, το μονοξείδιο του αζώτου NO, το διοξείδιο του αζώτου NO<sub>2</sub> και το όζον O<sub>3</sub> είναι οι ρύποι που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη πληρότητα καταγραφών ανά σταθμό μέτρησης, με το NO και το NO<sub>2</sub> καταγράφονται από όλους τους σταθμούς ενώ το O<sub>3</sub> καταγράφεται από όλους εκτός από το σταθμό «Αριστοτέλους». Σημειώνεται ότι εντός της περιοχής μελέτης βρίσκονται και οι σταθμοί «Ζωγράφου», «Γουδή» και «Γαλάτσι» οι οποίοι βρίσκονται εκτός λειτουργίας πλέον και για το λόγο αυτό δεν ελήφθησαν υπόψιν.

**Πίνακας 39. Οι σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τους ρύπους που καταγράφουν εντός της περιοχής μελέτης.**

α/α	Σταθμοί	Μετρούμενοι Ρύποι							
	Όνομα	SO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	AΣ <sub>10</sub>	AΣ <sub>2,5</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
1	Αθηνάς (ATH)	ν	ν	ν	ν	ν			
2	Αριστοτέλους (ARI)	ν	ν	ν			ν	ν	
3	Γεωπονική (GEO)		ν	ν	ν	ν			
4	Λυκόβρυση (LYK)		ν	ν		ν	ν	ν	
5	Μαρούσι (MAR)		ν	ν	ν	ν	ν		
6	Νέα Σμύρνη (SMY)		ν	ν	ν	ν	ν		ν
7	Πατησίων (PAT)	ν	ν	ν	ν	ν			ν
8	Περιστέρι (PER)		ν	ν		ν	ν		
9	Αγ. Παρασκευή (AGP)		ν	ν		ν	ν	ν	

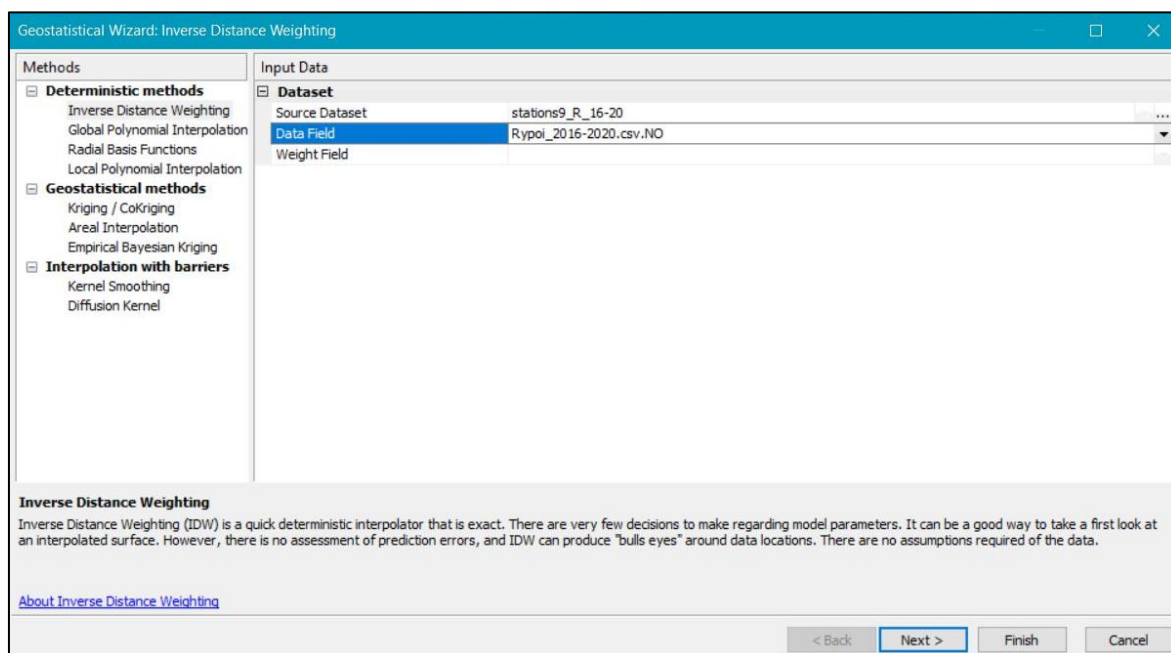
Επομένως, η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην ανάλυση των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων NO, NO<sub>2</sub> και O<sub>3</sub> και συγκεκριμένα στη χωρική τους κατανομή στην περιοχή μελέτης (Αθήνα) με τη μέθοδο χωρικής παρεμβολής IDW (Inverse Distance Weighting) ή αλλιώς μέθοδος σταθμισμένης αντίστροφης απόστασης μέσω του προγράμματος ArcGIS 10.8. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων της μέσης συγκέντρωσης των ετήσιων τιμών της χρονικής περιόδου 2016-2020 για κάθε ρύπο (NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) ανά σταθμό ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο πρόγραμμα ArcGIS με τη μορφή σημείων shapefile αρχείου που θα αποτελέσει τη βάση για την πραγματοποίηση της μεθόδους χωρικής παρεμβολής IDW.



Εικόνα 5. Εισαγωγή δεδομένων συγκέντρωσης των ατμοσφαιρικών ρύπων υπό μορφή shapefile στο πρόγραμμα ArcGIS.

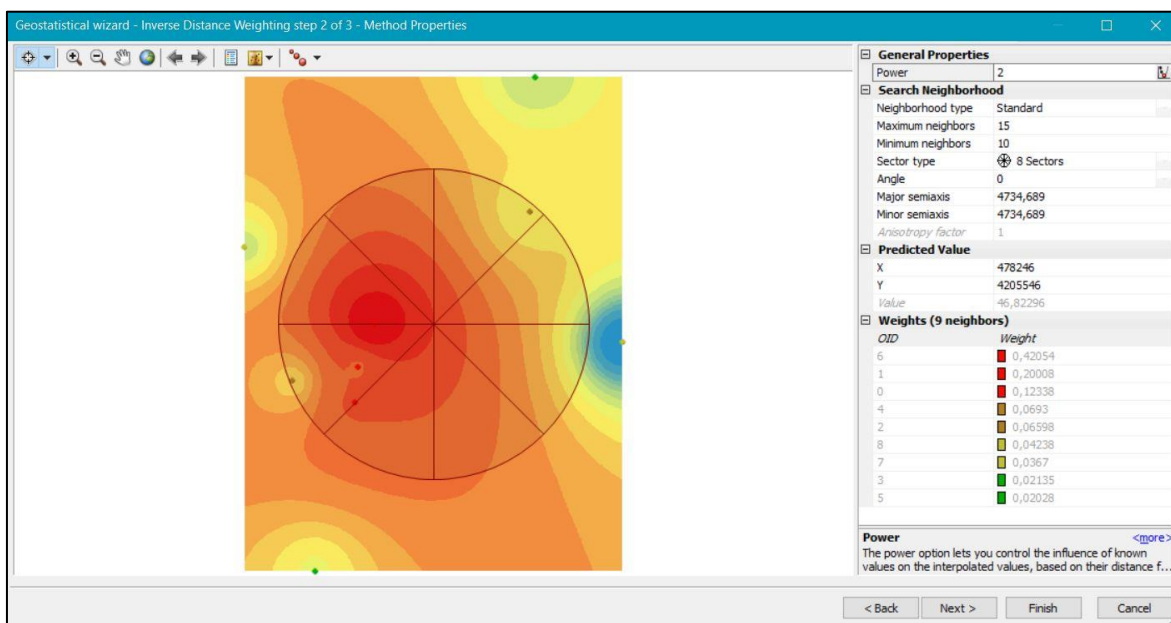
Όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα, το shapefile το οποίο είναι υπό μορφή σημείων φέρει πεδία με τις βασικές πληροφορίες κάθε σταθμού, συντεταγμένες (X,Y,Z), είδος σταθμού, και τιμές μέσης συγκέντρωσης των ετήσιων τιμών των ρύπων για τη χρονική περίοδο 2016-2020. Οι συντεταγμένες των σημείων που αντικατοπτρίζουν κάθε σταθμό βρίσκονται στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ΕΓΣΑ '87.

Η διαδικασία πραγματοποίησης χωρικής παρεμβολής με τη μέθοδο IDW μέσω του προγράμματος ArcGIS δίνει αρκετές επιλογές στο χρήστη ώστε με τη ρύθμιση διάφορων παραμέτρων να επιτύχει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα όσον αφορά τη χωρική κατανομή του εκάστοτε ρύπου σε αυτήν την περίπτωση. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκαν αρκετές δοκιμές με σκοπό την εύρεση της πιο ικανοποιητικής περίπτωσης η οποία θα παρουσιαστεί στη συνέχεια. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται τα στιγμιότυπα από τη διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη χωρική κατανομή του μονοξειδίου του αζώτου, ομοίως πραγματοποιήθηκε και η χωρική κατανομή τόσο του διοξειδίου του αζώτου όσο και του όζοντος για την περιοχή μελέτης. Το πρώτο βήμα της μεθόδου IDW περιλαμβάνει στην επιλογή του αρχείου shapefile που φέρει την πληροφορία για κάθε ρύπο ανά σταθμό (source dataset). Στη συνέχεια επιλέγεται το αντίστοιχο πεδίο που περιλαμβάνει τις τιμές συγκέντρωσης του ρύπου NO (data field).

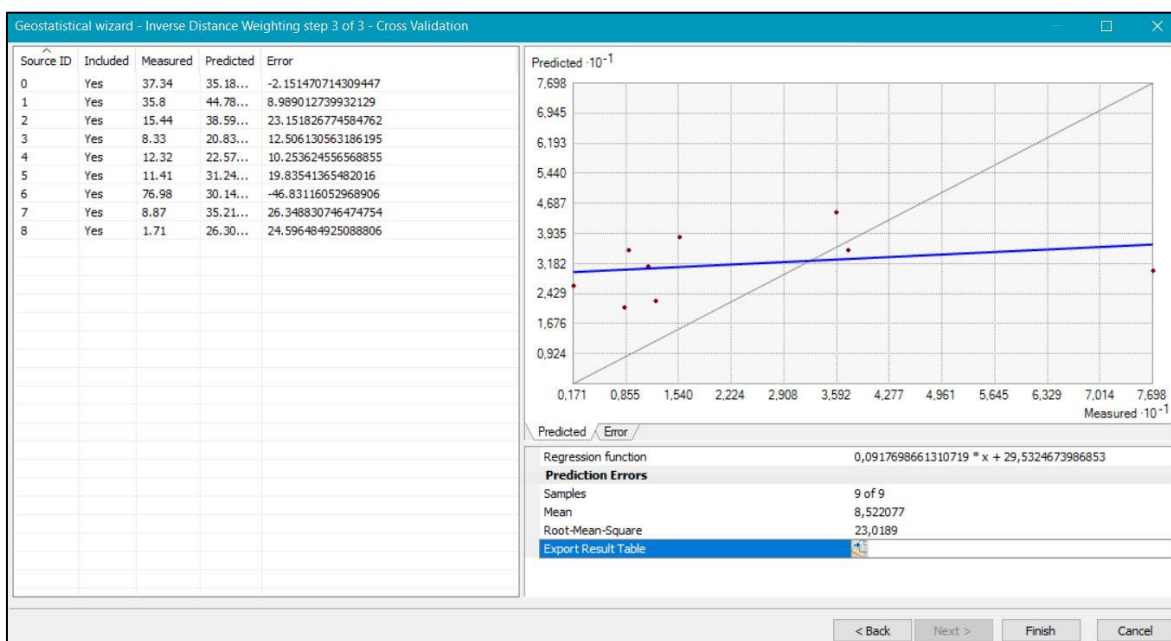


**Εικόνα 6. Πρώτο βήμα για την πραγματοποίηση της μεθόδου IDW για τη χωρική κατανομή του ατμοσφαιρικού ρύπου NO.**

Το δεύτερο βήμα περιλαμβάνει τη ρύθμιση των παραμέτρων που απαιτούνται από τη μέθοδο IDW όπως είναι η δύναμη του πολυνύμου και ο τύπος και αριθμός των αντίστοιχων τομέων. Στο τρίτο βήμα παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την επικύρωση της μεθοδολογίας (cross validation) και τα πλαίσια λάθους πρόβλεψης του μοντέλου (prediction errors).



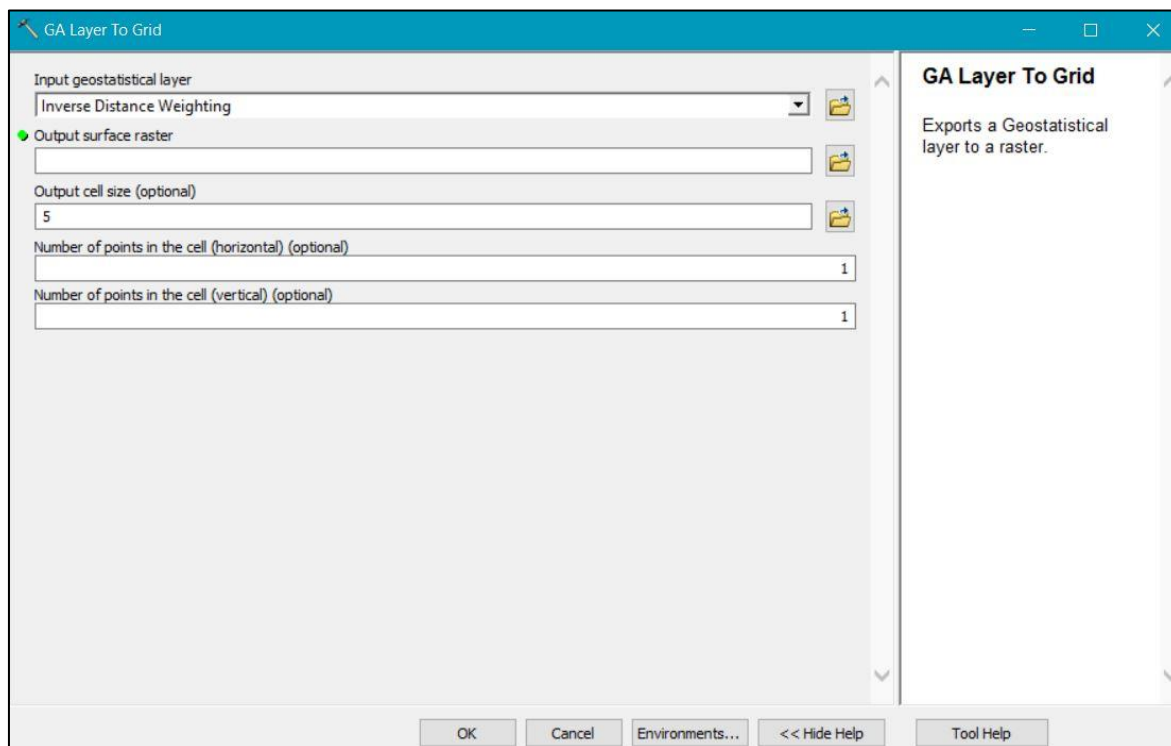
Εικόνα 7. Δεύτερο βήμα για την πραγματοποίηση της μεθόδου IDW για τη χωρική κατανομή του ατμοσφαιρικού ρύπου NO.



Εικόνα 8. Τρίτο βήμα για την πραγματοποίηση της μεθόδου IDW για τη χωρική κατανομή του ατμοσφαιρικού ρύπου NO.

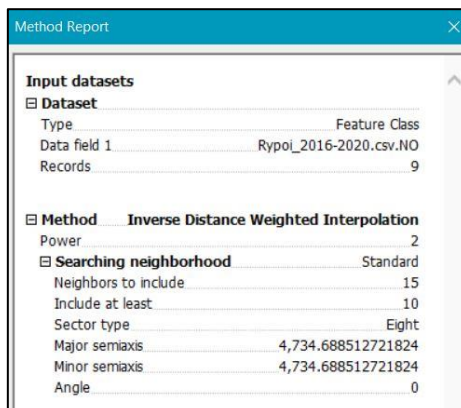


Το τελευταίο βήμα περιλαμβάνει τα στοιχεία που αφορούν την αποθήκευση του παραγόμενου αρχείου υπό μορφής raster όπως το path στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η αποθήκευση, το μέγεθος του εικονοστοιχείου και τα όρια περικοπής τα οποία καθορίζονται από την περιοχή μελέτης.



**Εικόνα 9. Τέταρτο βήμα για την πραγματοποίηση της μεθόδου IDW για τη χωρική κατανομή του ατμοσφαιρικού ρύπου NO.**

Στα πλαίσια της χωρικής παρεμβολής με IDW δίνεται η δυνατότητα αποθήκευσης της αναφοράς της μεθόδου που περιλαμβάνει ακριβώς τις ρυθμίσεις των παραμέτρων όπως τροποποιήθηκαν από το χρήστη για κάθε δοκιμή ξεχωριστά.



**Εικόνα 10. Η αναφορά της μεθόδου εκτέλεσης IDW για τη χωρική κατανομή του ατμοσφαιρικού ρύπου NO (2016-2020).**

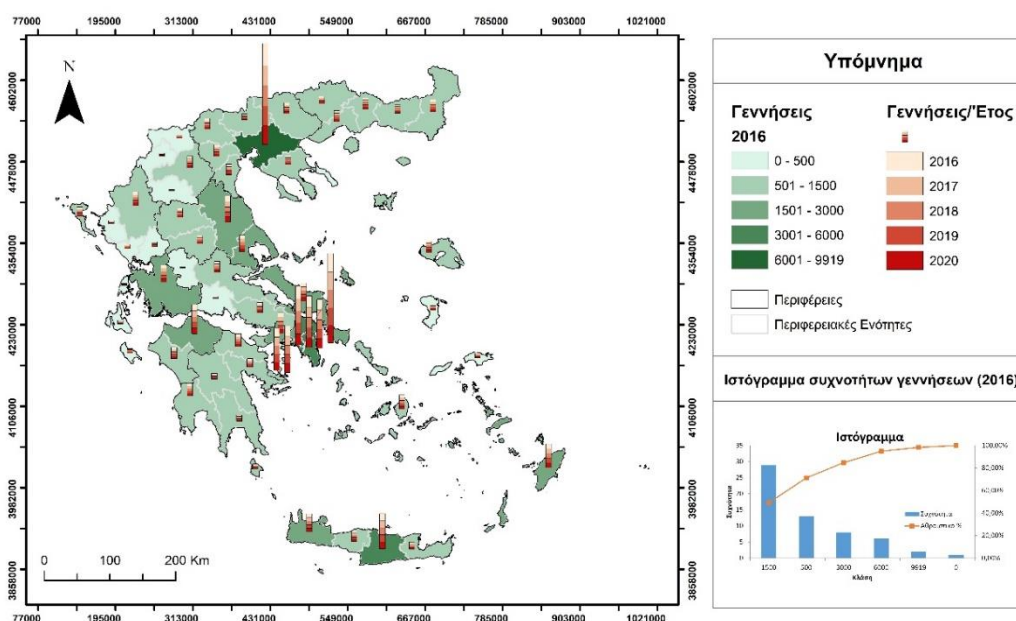
## 5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

### 5.1 Χωρική κατανομή γεννήσεων-θανάτων για τον Ελλαδικό χώρο

Αρχικά, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία των συνολικών γεννήσεων και θανάτων στο ελλαδικό χώρο για τα έτη 2016-2020. Με σκοπό την χωρική κατανομή των γεννήσεων, δημιουργήθηκαν χάρτες που παρουσιάζουν το σύνολο των γεννήσεων για κάθε νομό της χώρας για κάθε έτος ξεχωριστά. Σε κάθε χάρτη παρουσιάζονται οι γεννήσεις ανά νομό οι οποίες έχουν χωριστεί σε κλάσεις και απεικονίζονται με τις διαβαθμίσεις του πράσινου χρώματος. Για καλύτερη οπτική σύγκριση, δημιουργήθηκαν και μπάρες οι οποίες απεικονίζουν με τις διαβαθμίσεις του κόκκινου χρώματος τις συνολικές γεννήσεις ανά έτος. Επιπλέον, παρουσιάζονται και τα ιστογράμματα συχνοτήτων των γεννήσεων για κάθε έτος.

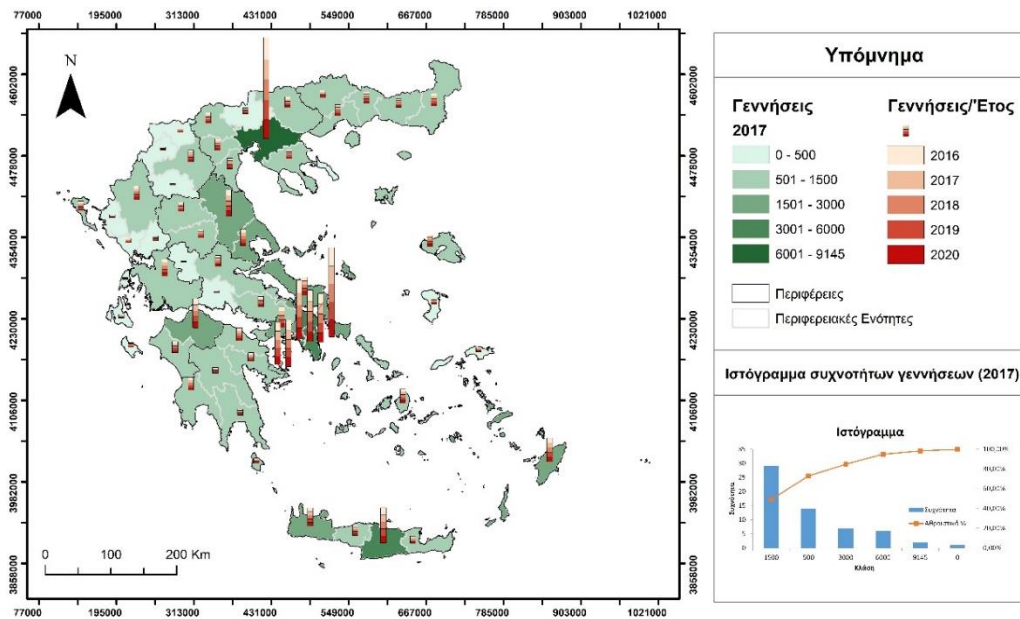
Οι διακυμάνσεις μεταξύ των ετών όσον αφορά τον αριθμό των γεννήσεων δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές. Οι μεγαλύτερες τιμές όπως αναμένεται παρουσιάζονται στους νομούς με τα μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας (νομός Αθηνών και νομός Θεσσαλονίκης). Ακολουθούν από τα νησιά ο νομός Ηρακλείου Κρήτης, τον νομό Εύβοιας και από τη Δυτική Ελλάδα οι νομοί Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, ενώ από την κεντρική Ελλάδα ακολουθούν οι νομοί Λαρίσης και Μαγνησίας.

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ζώντων κατά τόπο μόνιμης κατοικίας της μητέρας για το έτος 2016.



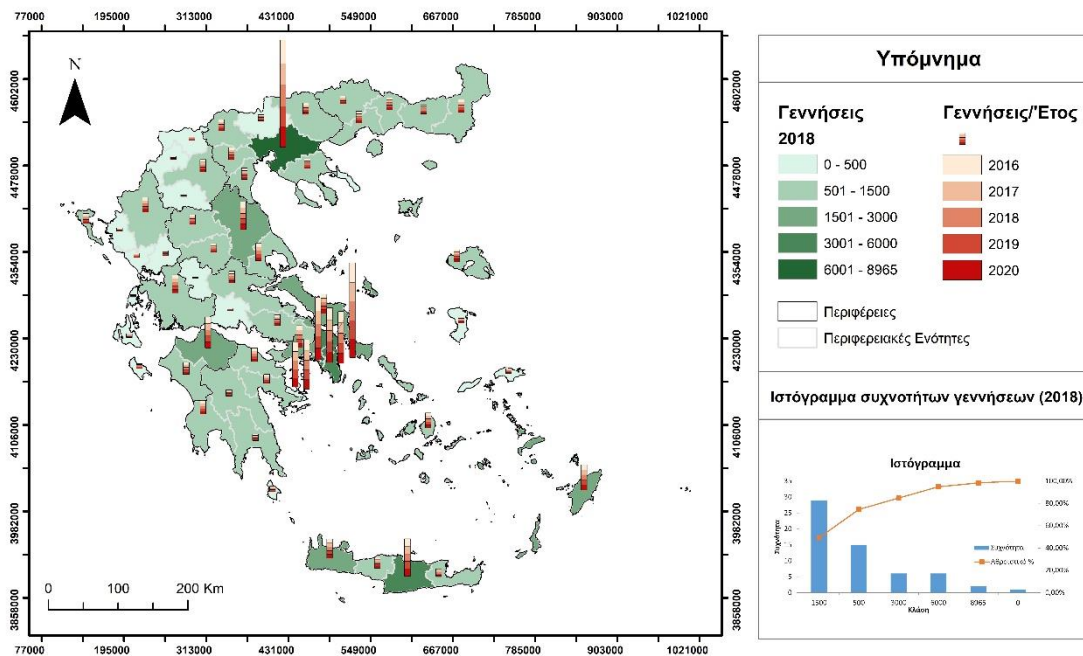
Εικόνα 11. Χωρική κατανομή των γεννήσεων για την Ελλάδα για το έτος 2016.

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ζώντων κατά τόπο μόνιμης κατοικίας της μητέρας για το έτος 2017.



Εικόνα 12. Χωρική κατανομή των γεννήσεων για την Ελλάδα για το έτος 2017.

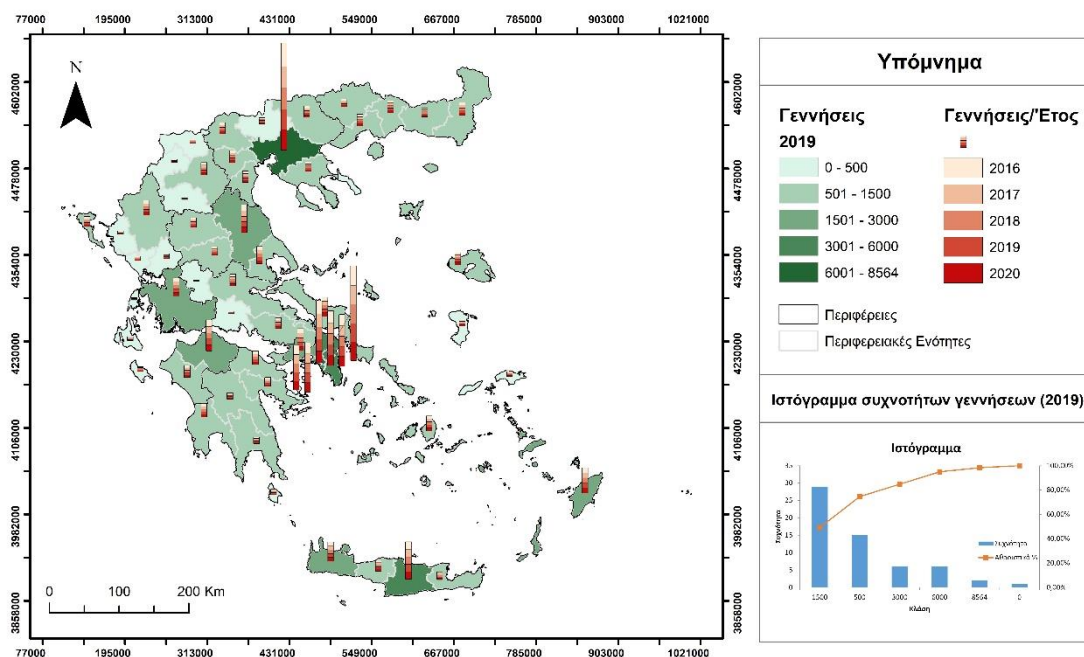
Χωρική κατανομή των γεννήσεων ζώντων κατά τόπο μόνιμης κατοικίας της μητέρας για το έτος 2018.



Εικόνα 13. Χωρική κατανομή των γεννήσεων για την Ελλάδα για το έτος 2018.

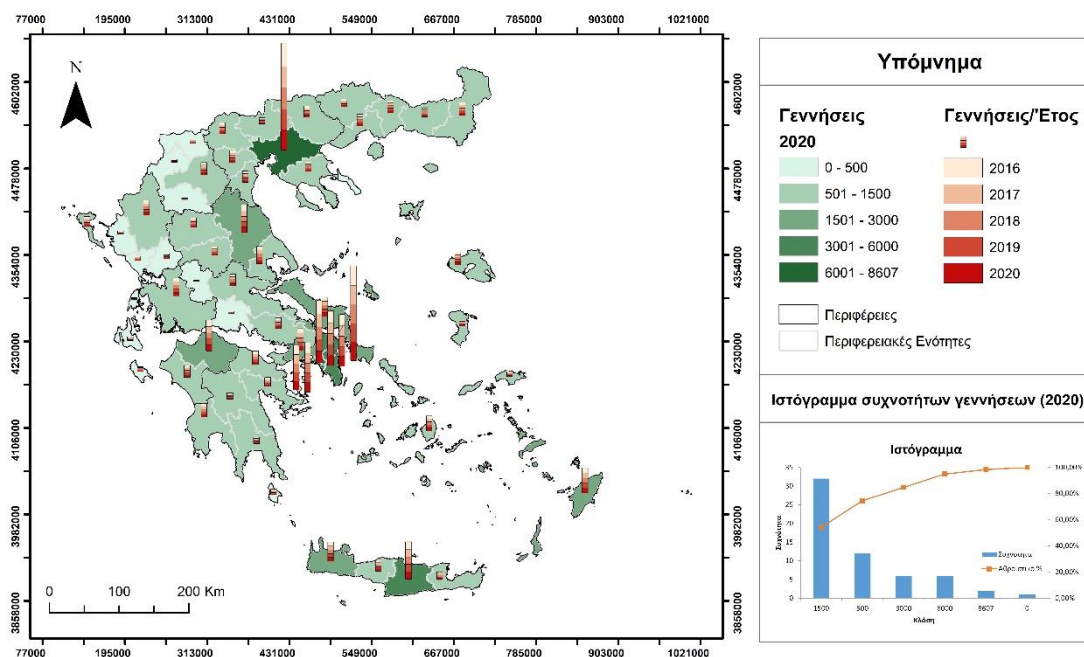


Χωρική κατανομή των γεννήσεων ζώντων κατά τόπο μόνιμης κατοικίας της μητέρας για το έτος 2019.



Εικόνα 14. Χωρική κατανομή των γεννήσεων για την Ελλάδα για το έτος 2019.

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ζώντων κατά τόπο μόνιμης κατοικίας της μητέρας για το έτος 2020.

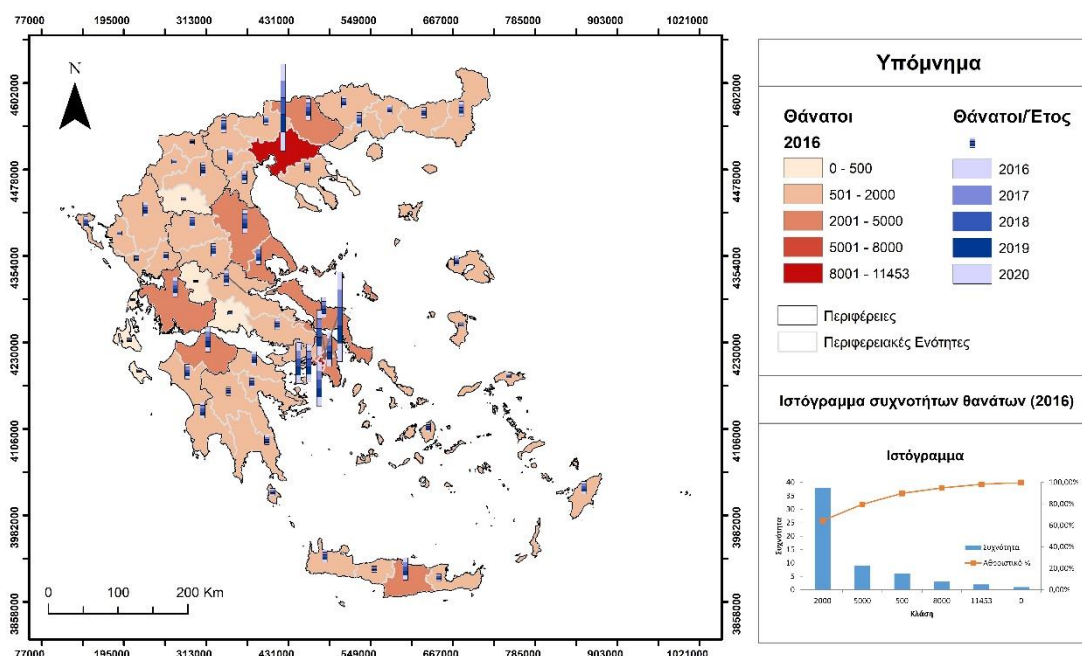


Εικόνα 15. Χωρική κατανομή των γεννήσεων για την Ελλάδα για το έτος 2020.

Με σκοπό την χωρική κατανομή των θανάτων, δημιουργήθηκαν χάρτες που παρουσιάζουν το σύνολο των θανάτων για κάθε νομό της χώρας για κάθε έτος ξεχωριστά. Σε κάθε χάρτη παρουσιάζονται οι θάνατοι ανά νομό οι οποίοι έχουν χωριστεί σε κλάσεις και απεικονίζονται με τις διαβαθμίσεις του κόκκινου χρώματος. Για καλύτερη οπτική σύγκριση, δημιουργήθηκαν και μπάρες οι οποίες απεικονίζουν με τις διαβαθμίσεις του μπλε χρώματος τους συνολικούς θανάτους ανά έτος. Επιπλέον, παρουσιάζονται και τα ιστογράμματα συχνότητων των θανάτων για κάθε έτος.

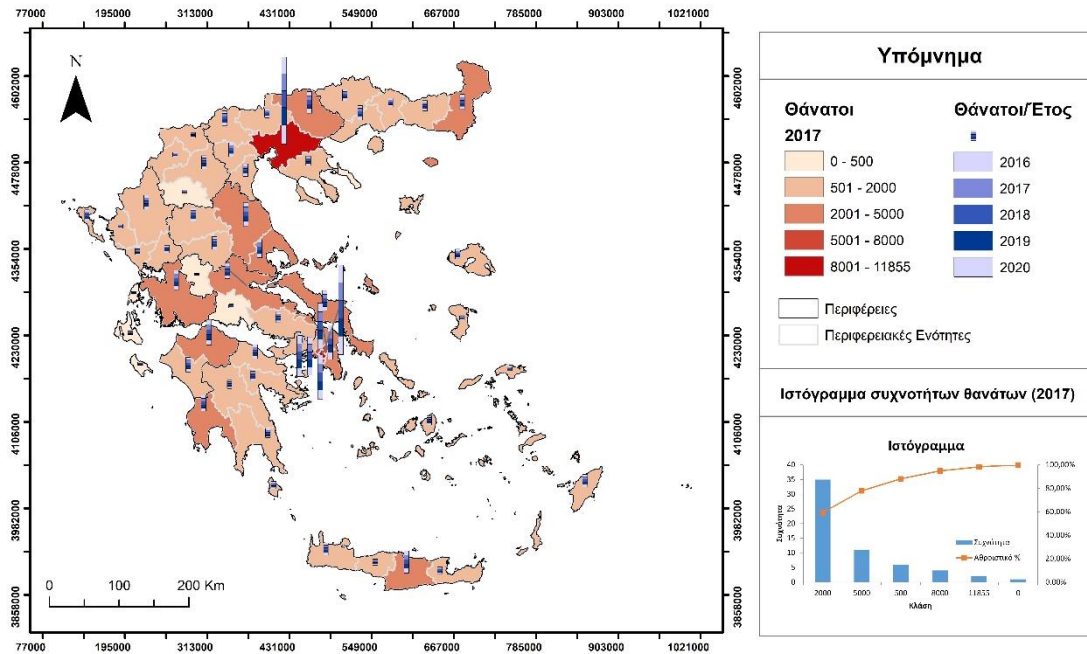
Οι διακυμάνσεις μεταξύ των ετών όσον αφορά τον αριθμό των θανάτων δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές, όπως παρατηρήθηκε και στον αριθμό των γεννήσεων. Οι μεγαλύτερες τιμές όπως αναμένεται παρουσιάζονται στους νομούς με τα μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας (νομός Αθηνών και νομός Θεσσαλονίκης). Ακολουθούν από τα νησιά ο νομός Ηρακλείου Κρήτης και από τη Δυτική Ελλάδα οι νομοί Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, ενώ από την κεντρική Ελλάδα ακολουθούν οι νομοί Λαρίσης και Μαγνησίας.

Θάνατοι κατά τόπο μόνιμης κατοικίας των θανόντων για το έτος 2016.



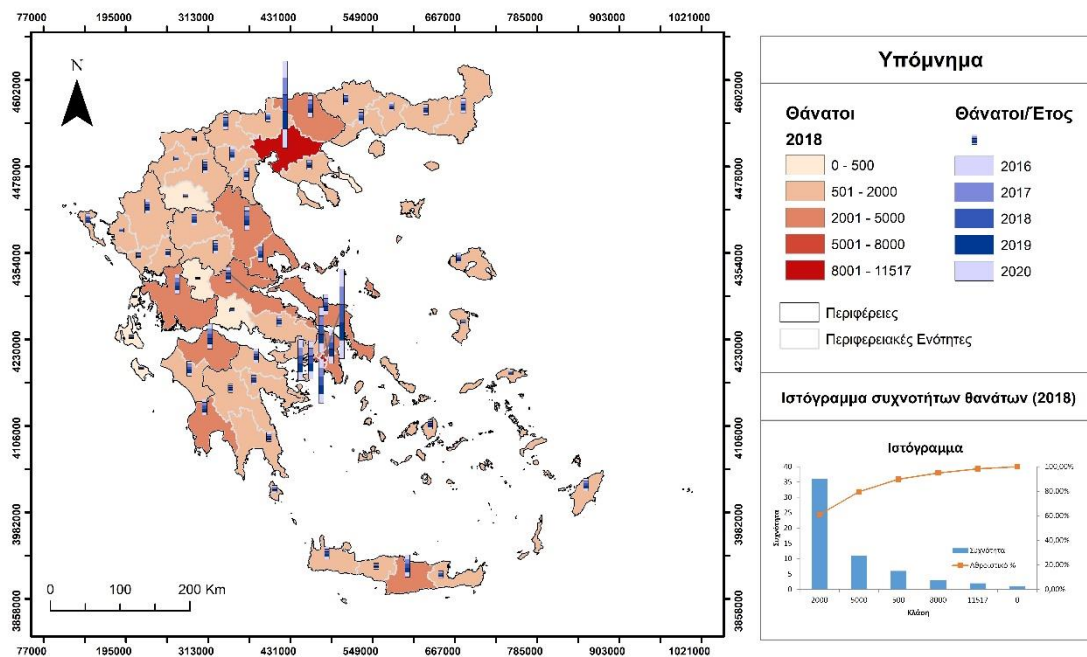
Εικόνα 16. Χωρική κατανομή των θανάτων για την Ελλάδα για το έτος 2016.

Θάνατοι κατά τόπο μόνιμης κατοικίας των θανόντων για το έτος 2017.



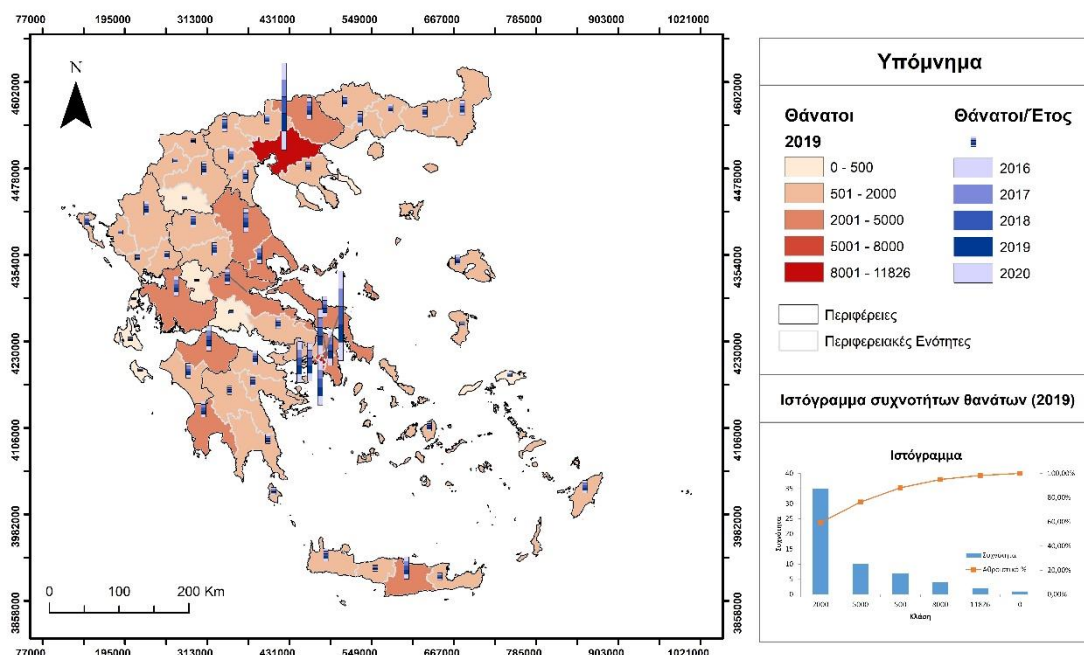
Εικόνα 17. Χωρική κατανομή των θανάτων για την Ελλάδα για το έτος 2017.

Θάνατοι κατά τόπο μόνιμης κατοικίας των θανόντων για το έτος 2018.



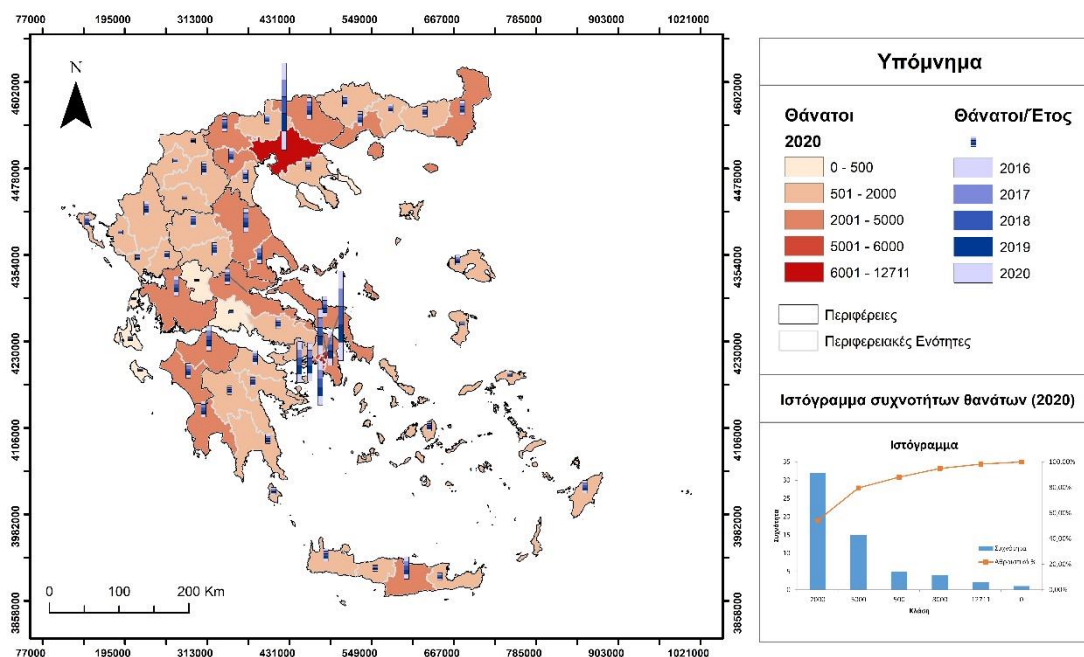
Εικόνα 18. Χωρική κατανομή των θανάτων για την Ελλάδα για το έτος 2018.

Θάνατοι κατά τόπο μόνιμης κατοικίας των θανόντων για το έτος 2019.



Εικόνα 19. Χωρική κατανομή των θανάτων για την Ελλάδα για το έτος 2019.

Θάνατοι κατά τόπο μόνιμης κατοικίας των θανόντων για το έτος 2020.



Εικόνα 20. Χωρική κατανομή των θανάτων για την Ελλάδα για το έτος 2020.

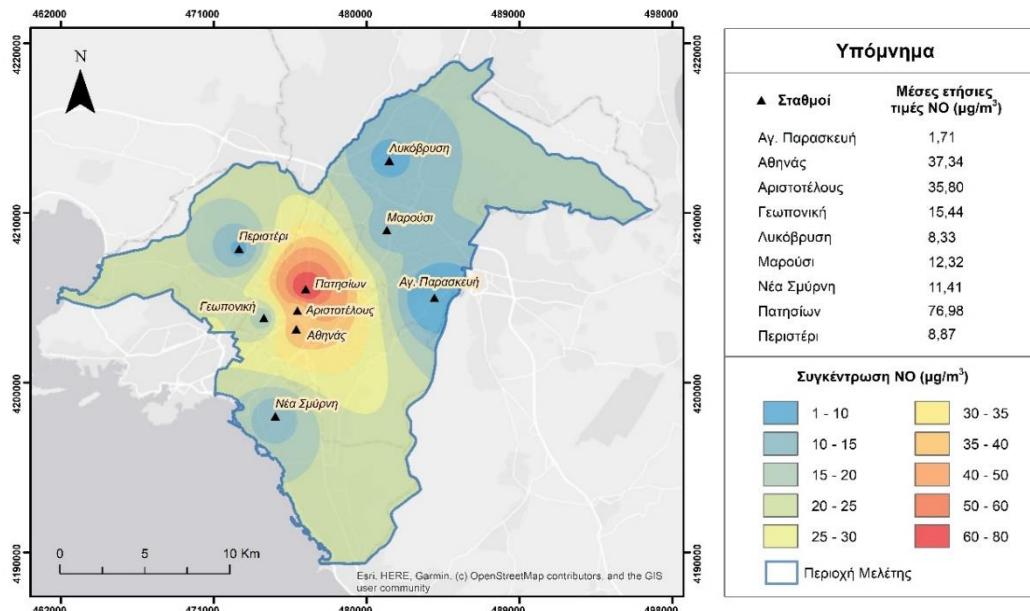


## **5.2 ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη χωρική παρεμβολή των εξεταζόμενων ρύπων για τη χρονική περίοδο 2016-2020 για την περιοχή μελέτης της Αθήνας. Για την ανάλυση του ατμοσφαιρικού ρύπου NO και NO<sub>2</sub> χρησιμοποιήθηκαν συνολικά δεδομένα από 9 σταθμούς ενώ για τον ρύπο O<sub>3</sub> υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα από 8 σταθμούς. Από την παρατήρηση του χάρτη χωρικής κατανομής των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων NO (Εικόνα 21) διαπιστώνουμε ότι η συγκέντρωσή του είναι αισθητά αυξημένη στο κέντρο της πόλης ενώ σταδιακά υπάρχει μια μείωση της συγκέντρωσης όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο προς τα περιφερειακά τμήματα. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στους σταθμούς Πατησίων, Αριστοτέλους και Αθηνάς με συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 35 έως και 80μg/m<sup>3</sup>. Οι υπόλοιποι σταθμοί οι οποίοι βρίσκονται γύρω από το κέντρο στα πιο περιφερειακά τμήματα της πόλης παρουσιάζουν αρκετά χαμηλότερες τιμές συγκέντρωσης που κυμαίνεται από 1 έως και 25μg/m<sup>3</sup>. Οι πιο σημαντικοί λόγοι στους οποίους οφείλεται η αυξημένη συγκέντρωση NO στο κέντρο της πόλης ιδιαίτερα στην περιοχή των Πατησίων είναι μεγάλη κυκλοφοριακή κίνηση και το γεγονός ότι πρόκειται για μια πυκνοκατοικημένη περιοχή. Οι εκπομπές επομένως προέρχονται κατά κύριο λόγο από τα οχήματα καθώς και από τα συστήματα θέρμανσης των κατοικιών. Σημειώνεται ότι οι συγκεντρώσεις του NO στα περιφερειακά τμήματα οφείλεται και στο ότι το NO μπορεί και οξειδώνεται πιο γρήγορα σε NO<sub>2</sub> (Ζιώμας, 2007)

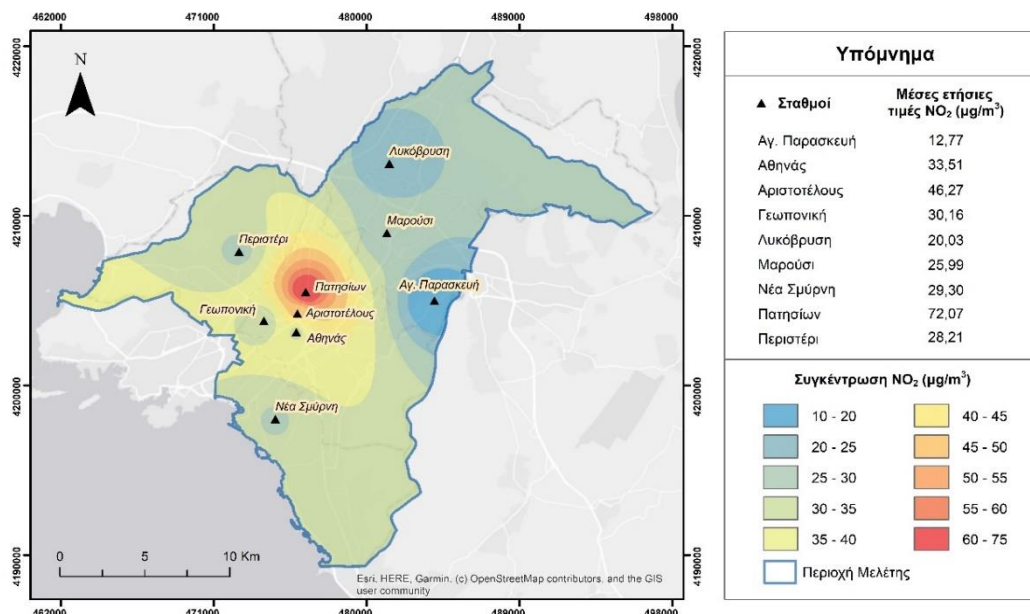
Αντίστοιχα, από την παρατήρηση του χάρτη χωρικής κατανομής των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων NO<sub>2</sub> (Εικόνα 22) διαπιστώνουμε ότι η συγκέντρωσή του είναι επίσης αισθητά αυξημένη στο κέντρο της πόλης ενώ σταδιακά υπάρχει μια μείωση της συγκέντρωσης όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο προς τα περιφερειακά τμήματα. Η διαφορά με τις συγκεντρώσεις του NO φαίνονται κυρίως στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Η μέγιστη συγκέντρωση παρουσιάζεται στο σταθμό Πατησίων και ακολουθούν ο σταθμός Αριστοτέλους και ο σταθμός Αθηνάς με συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 40 έως και 75μg/m<sup>3</sup>. Στα απομακρυσμένα τμήματα από το κέντρο της πόλης παρουσιάζεται μια βελτιωμένη κατάσταση με συγκεντρώσεις σαφώς χαμηλότερες που κυμαίνονται από 10 έως 35μg/m<sup>3</sup>. Όπως και με το NO, οι μέγιστες τιμές του NO<sub>2</sub> παρουσιάζονται στις πυκνοκατοικημένες περιοχές της πόλης όπου παρατηρείται καθημερινά κυκλοφοριακή συμφόρηση.

Χωρική κατανομή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO  
για την χρονική περίοδο 2016-2020 με τη χρήση της μεθόδου IDW.



Εικόνα 21. Χωρική κατανομή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για τη χρονική περίοδο 2016-2020 με τη μέθοδο IDW.

Χωρική κατανομή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO<sub>2</sub>  
για την χρονική περίοδο 2016-2020 με τη χρήση της μεθόδου IDW.



Εικόνα 22. Χωρική κατανομή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO<sub>2</sub> για τη χρονική περίοδο 2016-2020 με τη μέθοδο IDW.

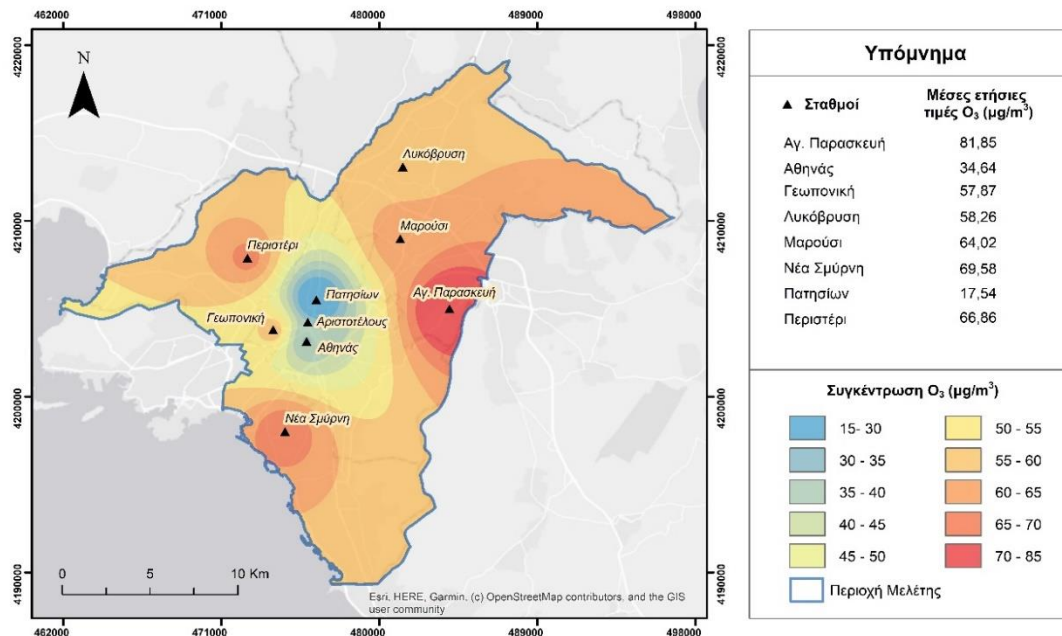
Γενικά παρατηρείται το μοτίβο της μείωσης των συγκεντρώσεων του οξειδίου του αζώτου όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο της πόλης προς την περιφέρεια.

Η περίπτωση του όζοντος  $O_3$  παρουσιάζει αισθητές διαφορές σε σχέση με τα οξείδια του αζώτου. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις όζοντος συνήθως παρατηρούνται στα περιφερειακά τμήματα των πόλεων εν αντιθέσει με τη πλειοψηφία των ρύπων που παρουσιάζουν αυξημένες συγκεντρώσεις στα κέντρα των πόλεων (Πετρακάκης κ.ά., 2005). Αυτή η παρατήρηση ισχύει και για την περιοχή μελέτης (Εικόνα 23). Οι σταθμοί που βρίσκονται στο κέντρο της πόλης (Πατησίων, Αριστοτέλους και Αθηνάς) παρουσιάζουν τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 15 έως 45  $\mu g/m^3$  ενώ από τη χωρική κατανομή των οξειδίων του αζώτου παρατηρήσαμε αυτούς τους σταθμούς να εμφανίζουν τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Οι σταθμοί των περιφερειακών περιοχών παρουσιάζουν αισθητά μεγαλύτερες τιμές συγκεντρώσεων με το σταθμό της Αγίας Παρασκευής να εμφανίζει τη μεγαλύτερη τιμή ίση με 82  $\mu g/m^3$ . Οι υπόλοιποι σταθμοί που περιλαμβάνουν τους σταθμούς Λυκόβρυση, Μαρούσι, Περιστερί, Γεωπονική και Νέα Σμύρνη παρουσιάζουν επίσης υψηλές συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 50 έως 85  $\mu g/m^3$ . Η αλλαγή αυτή στο μοτίβο οφείλεται στο ότι το  $NO$  αντιδρά με το  $O_3$  στην ατμόσφαιρα και σχηματίζεται  $NO_2$  που σημαίνει ότι στις περιοχές που παρατηρούνται αυξημένες συγκεντρώσεις  $NO$  θα εμφανίζονται χαμηλές συγκεντρώσεις  $O_3$  δηλαδή στο κέντρο της πόλης (Ζιώμας, 2007).

Η υψηλή συγκέντρωση όζοντος στα περιφερειακά τμήματα οφείλεται και στο γεγονός ότι για την παραγωγή όζοντος είναι απαραίτητη η διάσπαση του διοξειδίου του αζώτου. Αυτή η διαδικασία γίνεται με την παρουσία ηλιακής ακτινοβολία. Για να μπορέσει να ολοκληρωθεί αυτή η διεργασία χρειάζεται ένα χρονικό διάστημα κατά το οποίο θα γίνει η μεταφορά μέσω των ανέμων σε αποστάσεις έως και μερικών χιλιομέτρων από την περιοχή στην οποία συντελείται η παραγωγή των πρόδρομων ενώσεων του (Ζιώμας, 2007 ; Κελέσης κ.ά., 2017).

Επιπλέον, σύμφωνα με την ετήσια έκθεση ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ΥΠΕΝ), η ευρύτερη περιοχή μελέτης αποτελείται από ορεινούς όγκους και διαθέτει σχετικά κλειστή τοπογραφία η οποία εμποδίζει τη διάχυση των ρύπων. Έτσι η νότιοι άνεμοι, καθώς και η απουσία ή η ασθενής έντασή τους, έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη τοπικού συστήματος κυκλοφορίας (θαλάσσια αύρα) που ευνοεί την ανάπτυξη υψηλών συγκεντρώσεων δευτερογενών ρύπων στην περιφέρεια του λεκανοπεδίου (Στογιάννης, 2019).

Χωρική κατανομή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  $O_3$   
για την χρονική περίοδο 2016-2020 με τη χρήση της μεθόδου IDW.



Εικόνα 23. Χωρική κατανομή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου  $O_3$  για τη χρονική περίοδο 2016-2020 με τη μέθοδο IDW.



### 5.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΓΕΝΝΗΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟΥΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ

Με σκοπό τη συσχέτιση των ρύπων και των γεννήσεων δημιουργήθηκαν διαγράμματα με δεδομένα τις γεννήσεις και τη συγκέντρωση κάθε ρύπου ανά έτος. Από τα διαγράμματα αυτά υπολογίστηκε τόσο η γραμμή τάσης όσο και ο συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$ . Ο συντελεστής αυτός αφορά το ποσοστό διακύμανσης των τιμών του άξονα Y που εξηγείται με βάση τις τιμές που αντιστοιχούν στον άξονα X και δε διαθέτει μονάδες μέτρησης. Το εύρος τιμών του είναι μεταξύ 0 και 1. Τιμές κοντά στο μηδέν δείχνουν μικρή συσχέτιση ενώ τιμές κοντά στο 1 δείχνουν καλή συσχέτιση.

Από τον συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  προέκυψε και ο γραμμικός συντελεστής συσχέτισης  $r$ , ο οποίος ορίζεται ως η ρίζα του συντελεστή  $R^2$ . Ο συντελεστής συσχέτισης είναι καθαρός αριθμός και προσδιορίζει το μέγεθος της γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών. Όταν η τιμή του  $r$  πλησιάζει την τιμή 1 τότε υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών (X,Y) επομένως τα αντίστοιχα σημεία του διαγράμματος διασποράς τείνουν να βρίσκονται σε μια ευθεία. Με βάση τις τιμές του συντελεστή  $r$  ορίστηκε η συσχέτιση μεταξύ γεννήσεων και ρύπων και αντίστοιχα θανάτων και ρύπων. Ο χαρακτηρισμός της συσχέτισης ορίστηκε σύμφωνα με τις παρακάτω κλάσεις:

- $0 < r < 0,3$ : χαλαρή συσχέτιση
- $0,3 \leq r < 0,8$ : μέση συσχέτιση
- $0,8 \leq r < 1$ : ισχυρή συσχέτιση

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά οι τιμές του συντελεστή  $r$  για κάθε έτος της χρονικής περιόδου 2016-2020, και κάθε ρύπο σε σχέση με τις γεννήσεις και τους θανάτους.

Παρατηρούμε ότι για όλα τα εξεταζόμενα έτη παρατηρείται μια θετική συσχέτιση μεταξύ γεννήσεων και του ατμοσφαιρικού ρύπου NO, με τιμές  $r$  που κυμαίνονται από 0,899366 έως και 0,929505. Αντίστοιχα, ισχυρή είναι και η συσχέτιση ρύπου και θανάτων με την τιμή του συντελεστή συσχέτισης να μη πέφτει κάτω από 0,97. Στην περίπτωση του NO<sub>2</sub> και συγκριτικά με το ρύπο NO, παρατηρούμε μικρότερες τιμές του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ γεννήσεων και ρύπου (0,724418-0,844179). Οι συσχέτιση θανάτων και NO<sub>2</sub> παρουσιάζεται θετική με υψηλές τιμές συντελεστή συσχέτισης που κυμαίνονται στο εύρος 0,849474 - 0,934783. Η εικόνα είναι αισθητά διαφορετική για το όζον το οποίο

παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση τόσο με τις γεννήσεις όσο και με τους θανάτους. Συγκεκριμένα οι τιμές  $r$  για τις γεννήσεις κυμαίνεται από -0,9673 έως και -0,85943, και αντίστοιχα για τους θανάτους από -0,99721 έως και -0,91213.

**Πίνακας 40.** Συγκεντρωτικός πίνακας με τις τιμές του συντελεστή  $r$  όσον αφορά τη συσχέτιση γεννήσεων και ρύπων καθώς και θανάτων και ρύπων για κάθε έτος της περιόδου 2016-2020.

2016			
	<i>NO</i>	<i>NO<sub>2</sub></i>	<i>O<sub>3</sub></i>
<b>Γεννήσεις</b>	0,924465	0,790241	-0,89276
<b>Θάνατοι</b>	0,977349	0,90012	-0,94692
2017			
	<i>NO</i>	<i>NO<sub>2</sub></i>	<i>O<sub>3</sub></i>
<b>Γεννήσεις</b>	0,922282	0,797187	-0,85943
<b>Θάνατοι</b>	0,974449	0,903138	-0,9466
2018			
	<i>NO</i>	<i>NO<sub>2</sub></i>	<i>O<sub>3</sub></i>
<b>Γεννήσεις</b>	0,929505	0,844179	-0,87291
<b>Θάνατοι</b>	0,978851	0,934783	-0,91213
2019			
	<i>NO</i>	<i>NO<sub>2</sub></i>	<i>O<sub>3</sub></i>
<b>Γεννήσεις</b>	0,919524	0,798169	-0,92351
<b>Θάνατοι</b>	0,971977	0,890172	-0,94004
2020			
	<i>NO</i>	<i>NO<sub>2</sub></i>	<i>O<sub>3</sub></i>
<b>Γεννήσεις</b>	0,899366	0,724418	-0,9673
<b>Θάνατοι</b>	0,970696	0,849474	-0,99721

Παρακάτω παρουσιάζονται οι χάρτες που παρουσιάζουν τόσο τη χωρική κατανομή των γεννήσεων όσο και τη χωρική κατανομή της συγκέντρωσης κάθε ρύπου ανά έτος για την περιοχή μελέτης. Συγκεκριμένα, οι γεννήσεις έχουν οπτικοποιηθεί ανά περιφερειακή ενότητα της Αθήνας χρησιμοποιώντας τις διαβαθμίσεις του πράσινου χρώματος. Επιπλέον, διαφαίνεται το layer που έχει προκύψει από τη χωρική παρεμβολή με την μέθοδο IDW για κάθε ρύπο ανά έτος και το διάγραμμα συσχέτισης γεννήσεων – ρύπου (Εικόνες 24-53).

**Πίνακας 41.** Πίνακας με τις τιμές του συντελεστή  $r$  όσον αφορά τη συσχέτιση γεννήσεων και ρύπων για κάθε έτος της περιόδου 2016-2020.

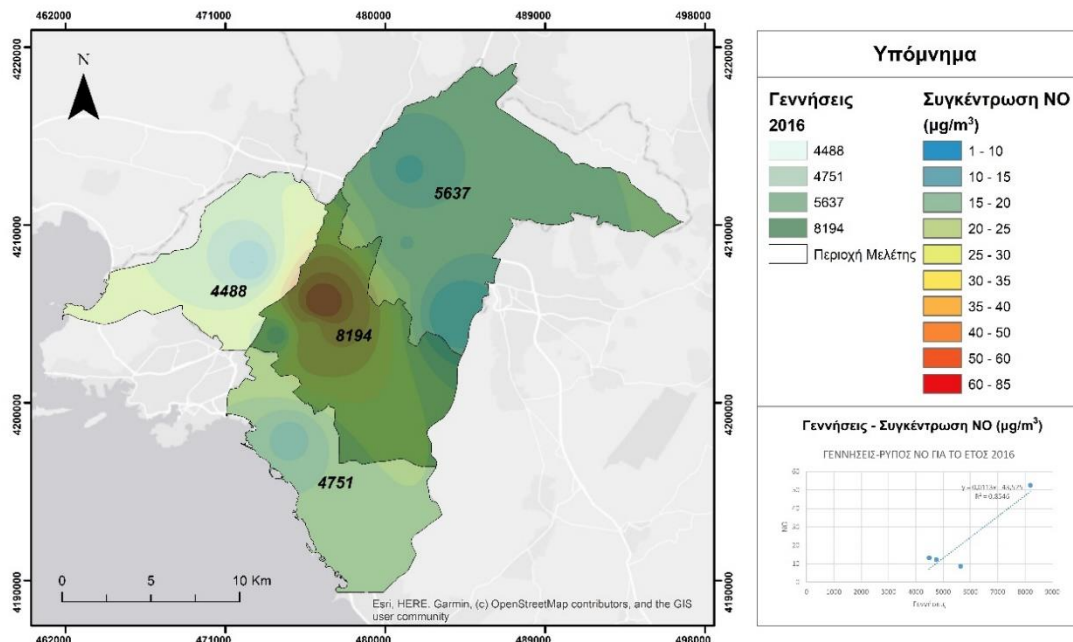
	2016		
Γεννήσεις	NO	NO2	O3
	0,924465	0,790241	-0,89276
	2017		
	NO	NO2	O3
	0,922282	0,797187	-0,85943
	2018		
	NO	NO2	O3
	0,929505	0,844179	-0,87291
	2019		
	NO	NO2	O3
	0,919524	0,798169	-0,92351
	2020		
	NO	NO2	O3
	0,899366	0,724418	-0,9673

**Πίνακας 42.** Πίνακας με τις τιμές του συντελεστή  $r$  όσον αφορά τη συσχέτιση θανάτων και ρύπων για κάθε έτος της περιόδου 2016-2020.

	2016		
Θάνατοι	NO	NO2	O3
	0,977349	0,90012	-0,94692
	2017		
	NO	NO2	O3
	0,974449	0,903138	-0,9466
	2018		
	NO	NO2	O3
	0,978851	0,934783	-0,91213
	2019		
	NO	NO2	O3
	0,971977	0,890172	-0,94004
	2020		
	NO	NO2	O3
	0,970696	0,849474	-0,99721

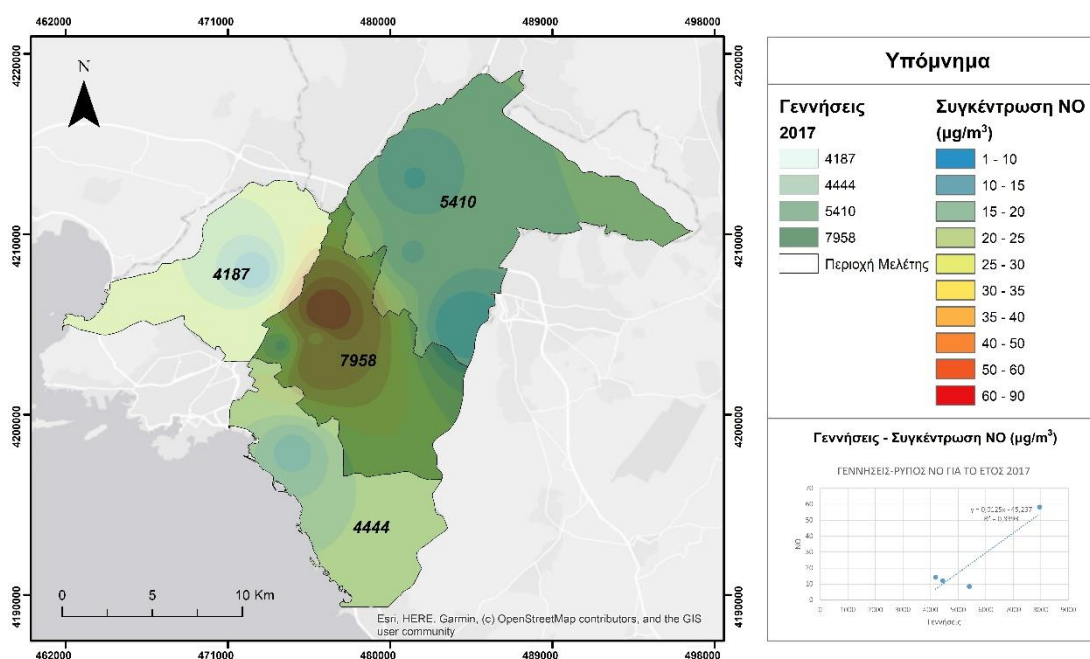
## ΡΥΠΟΣ NO

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO  
για το έτος 2016.



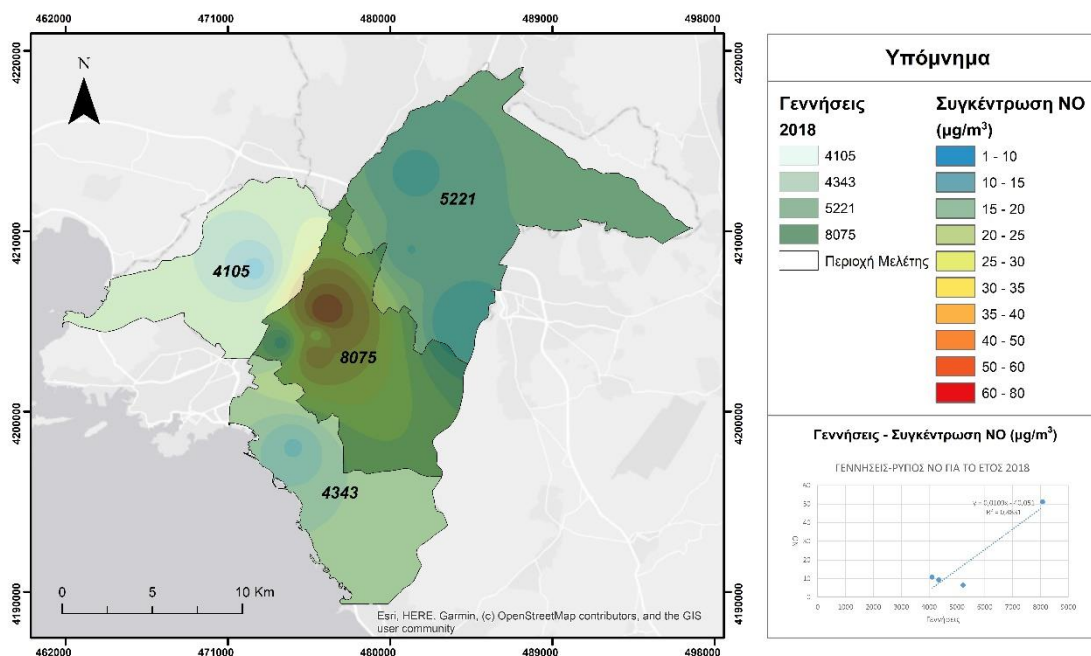
Εικόνα 24. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου NO για το έτος 2016.

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO  
για το έτος 2017.



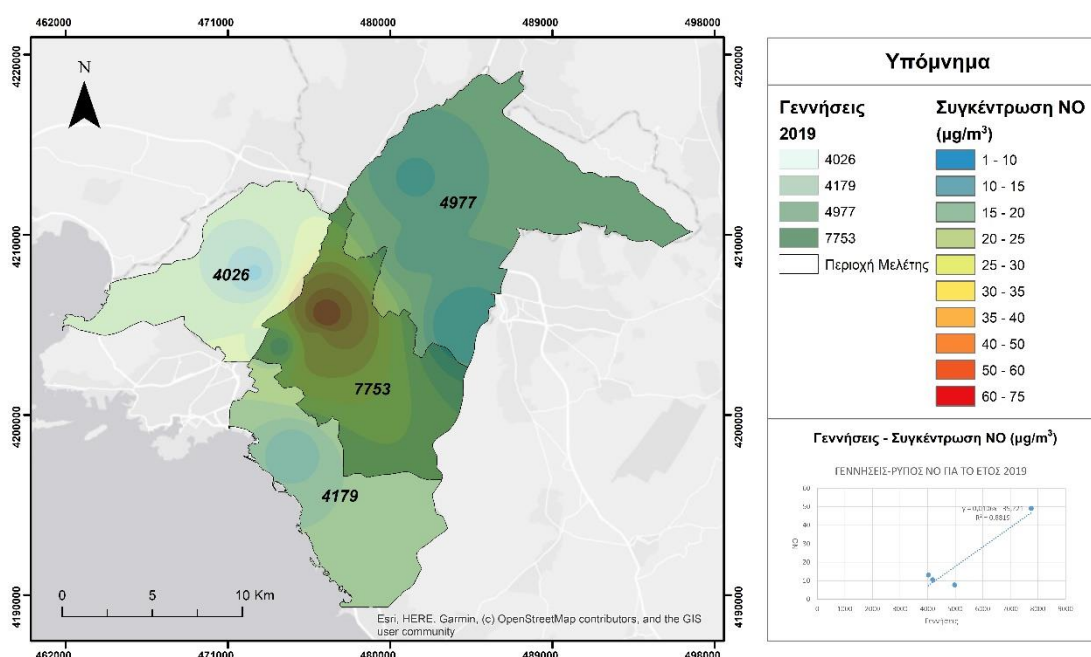
Εικόνα 25. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου NO για το έτος 2017.

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO  
για το έτος 2018.



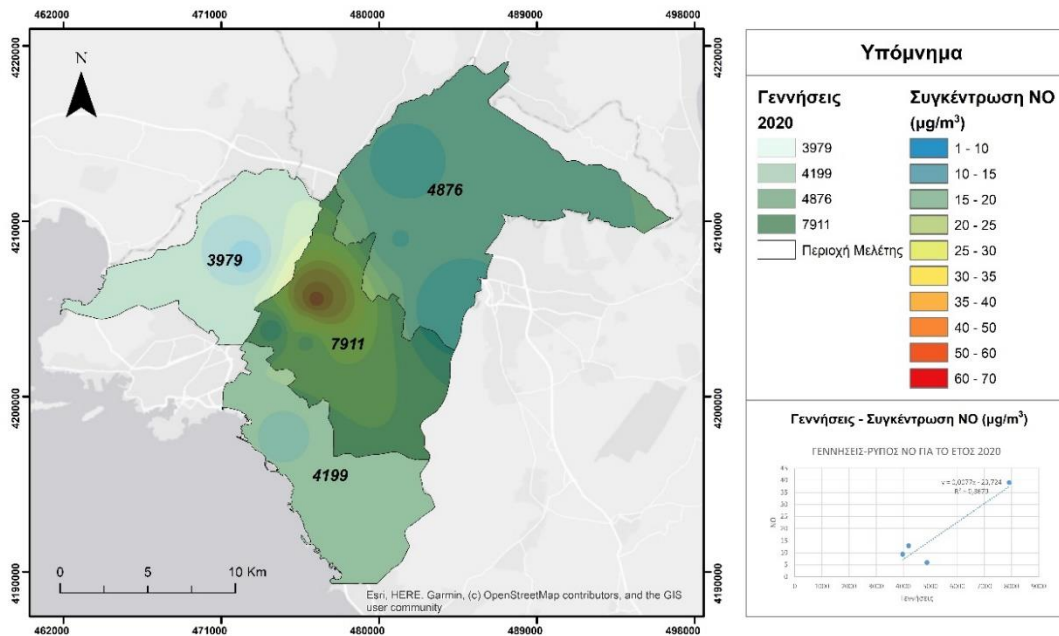
Εικόνα 26. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου NO για το έτος 2018.

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO  
για το έτος 2019.



Εικόνα 27. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου NO για το έτος 2019.

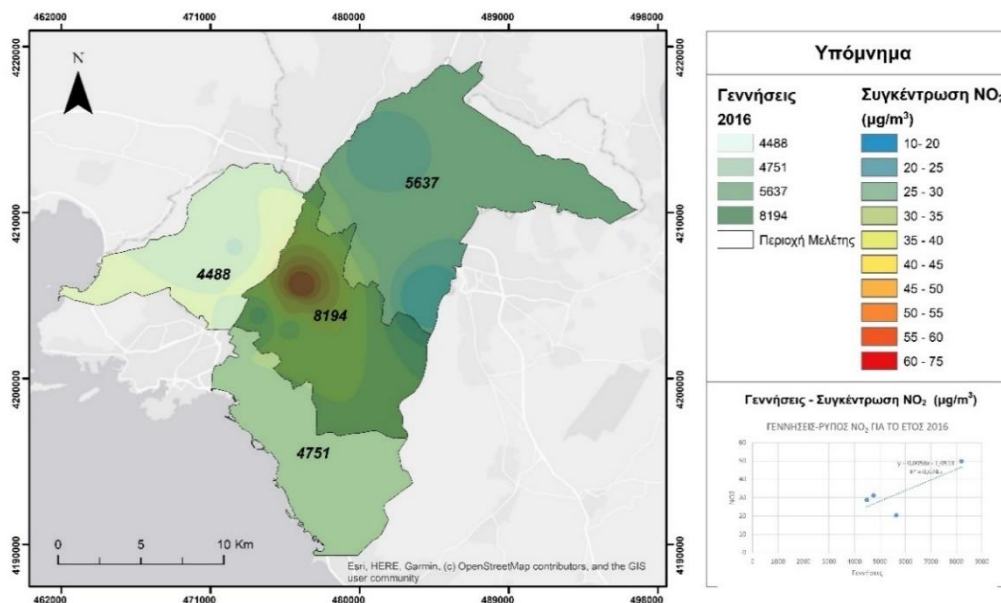
Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO  
για το έτος 2020.



Εικόνα 28. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου NO για το έτος 2020.

## ΡΥΠΟΣ NO<sub>2</sub>

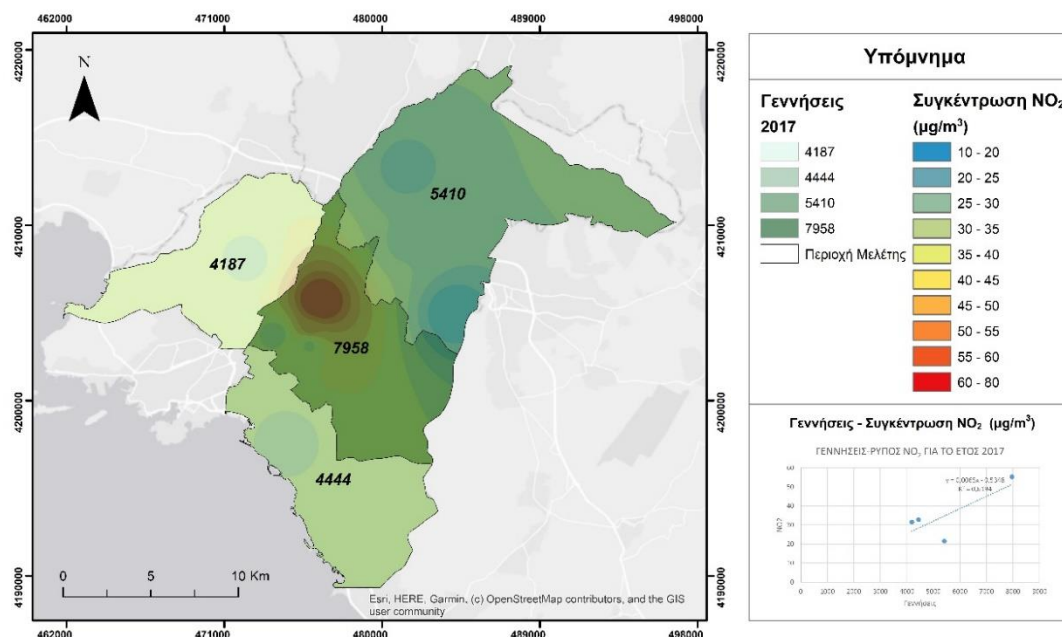
Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO<sub>2</sub>  
για το έτος 2016.



Εικόνα 29. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου NO<sub>2</sub> για το έτος 2016.

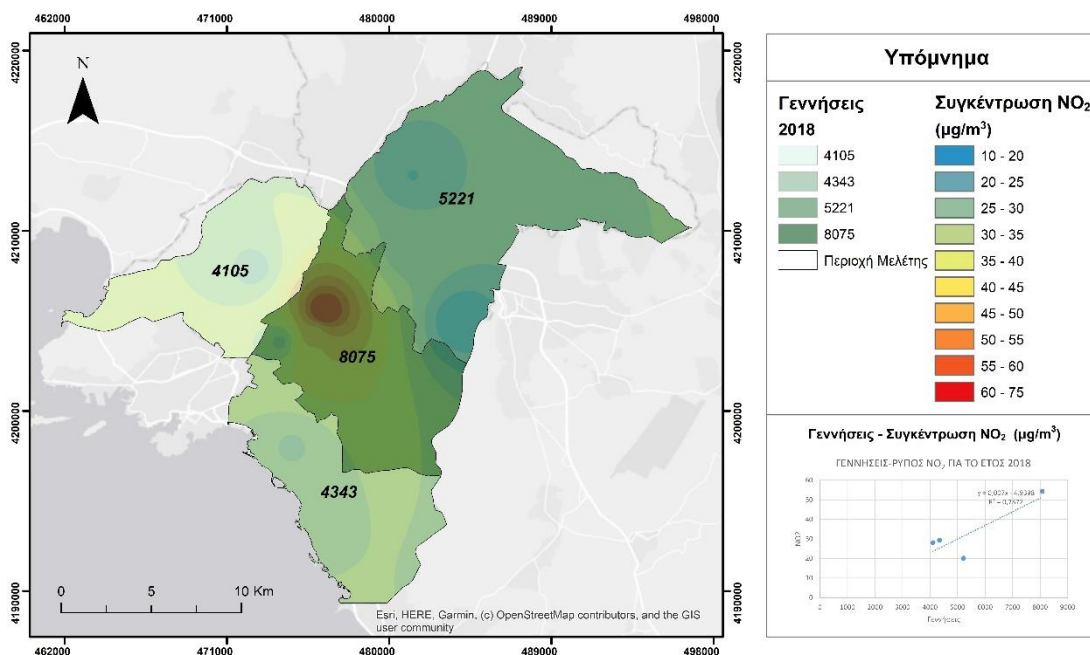


Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO<sub>2</sub>  
για το έτος 2017.



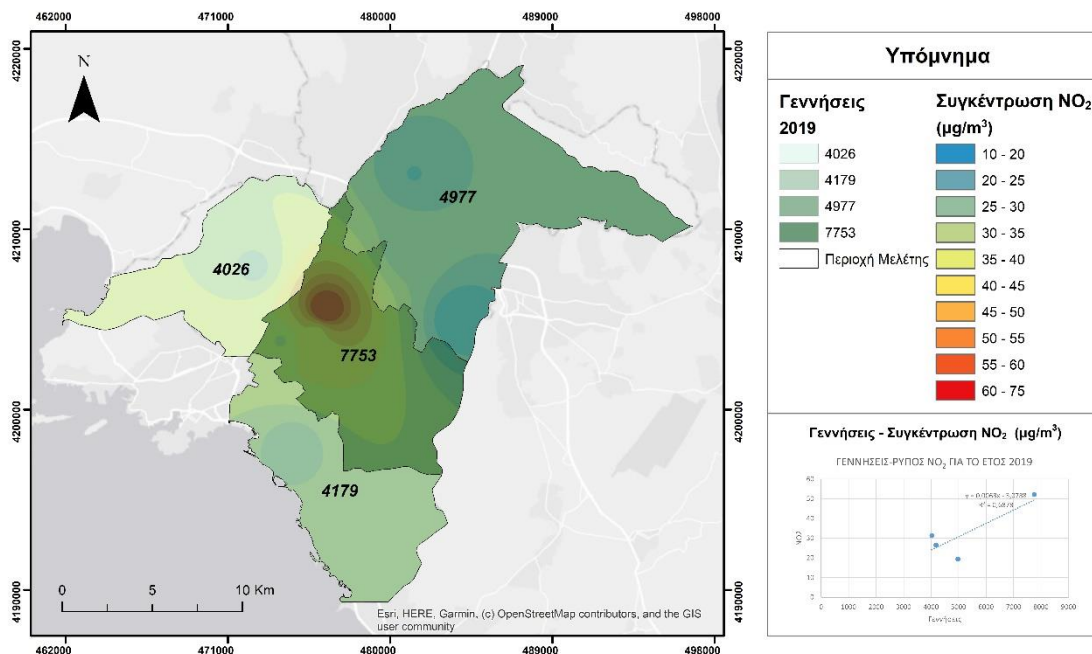
Εικόνα 30. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου NO<sub>2</sub> για το έτος 2017.

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO<sub>2</sub>  
για το έτος 2018.



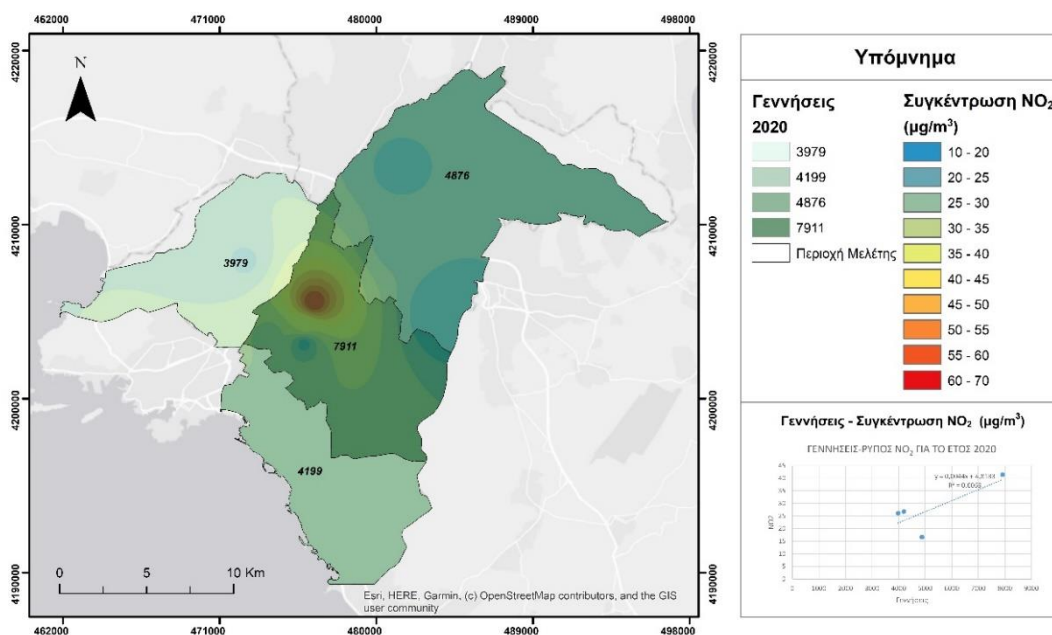
Εικόνα 31. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου NO<sub>2</sub> για το έτος 2018.

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO<sub>2</sub>  
για το έτος 2019.



Εικόνα 32. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου NO<sub>2</sub> για το έτος 2019.

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO<sub>2</sub>  
για το έτος 2020.

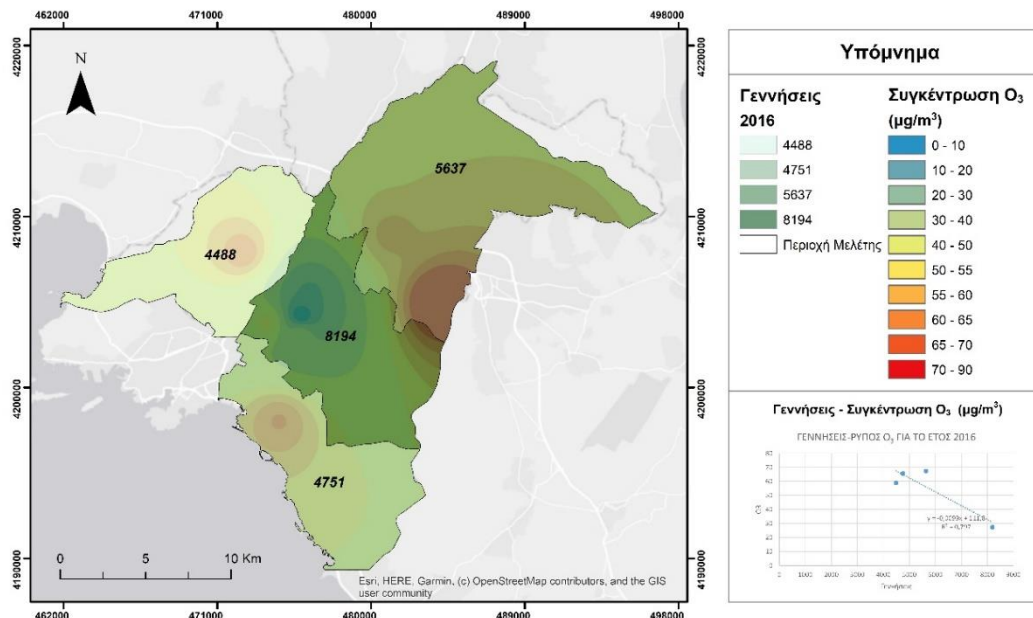


Εικόνα 33. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου NO<sub>2</sub> για το έτος 2020.



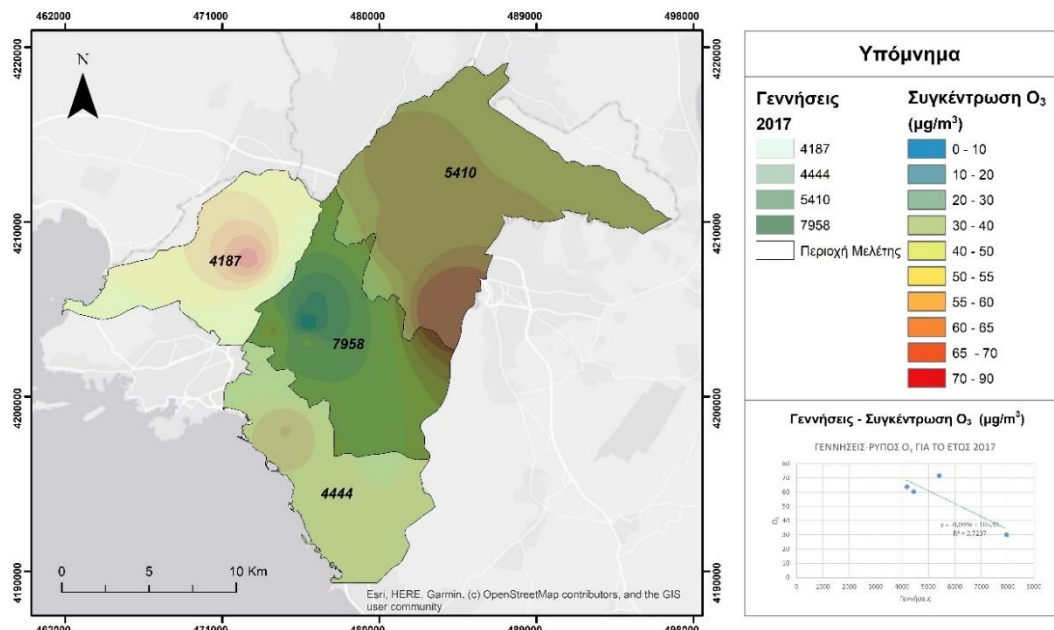
## ΡΥΠΟΣ O<sub>3</sub>

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του O<sub>3</sub>  
για το έτος 2016.



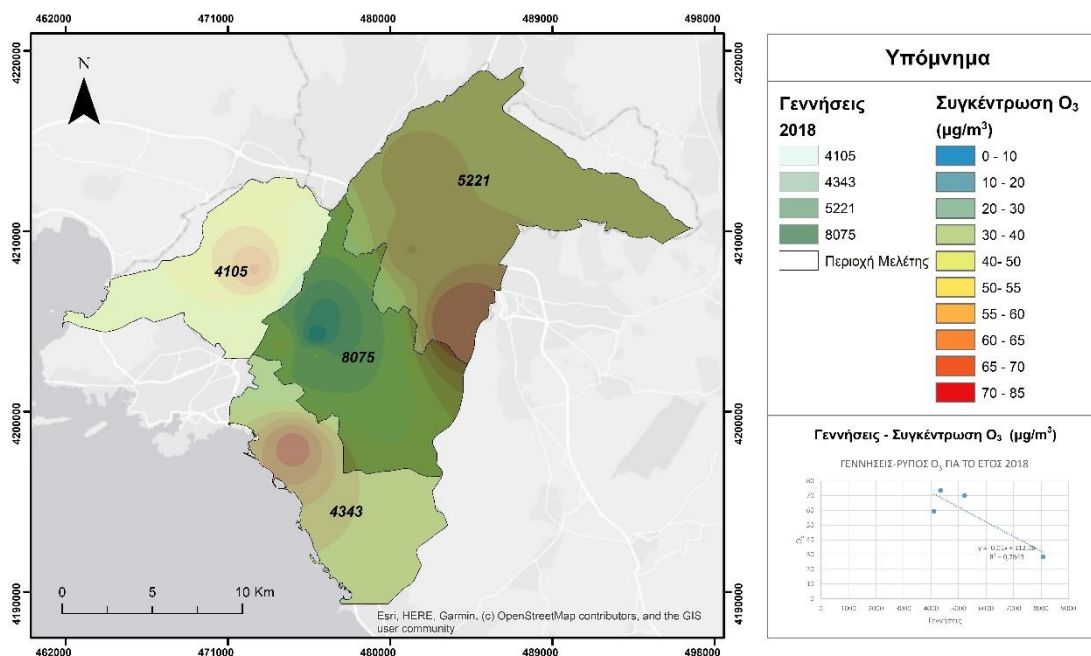
Εικόνα 34. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου O<sub>3</sub> για το έτος 2016.

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του O<sub>3</sub>  
για το έτος 2017.



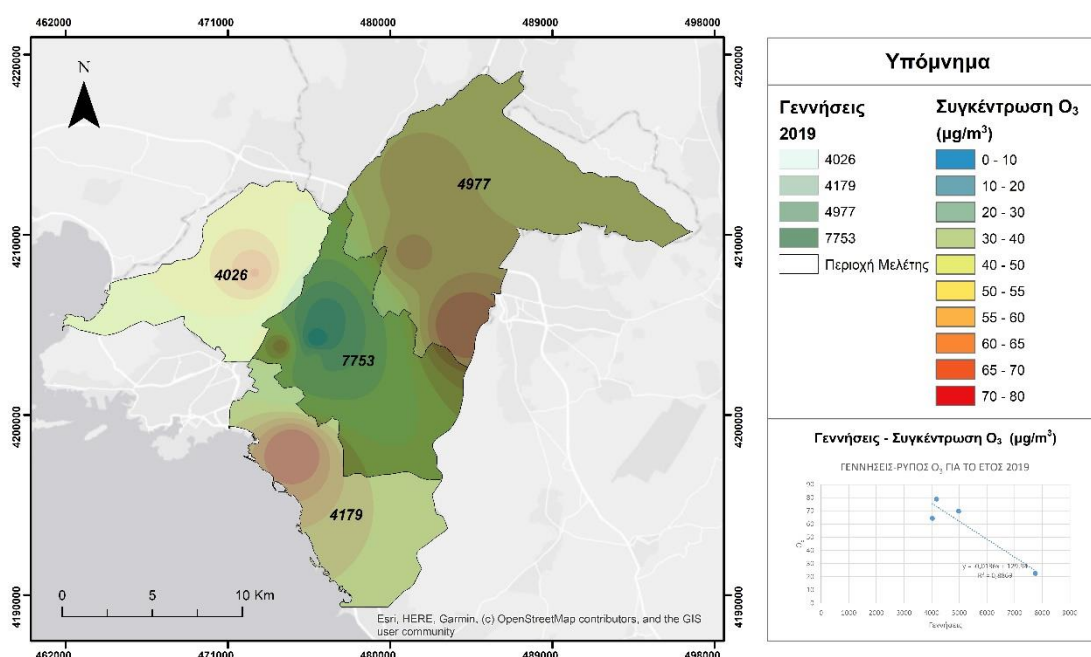
Εικόνα 35. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου O<sub>3</sub> για το έτος 2017.

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  $O_3$   
για το έτος 2018.



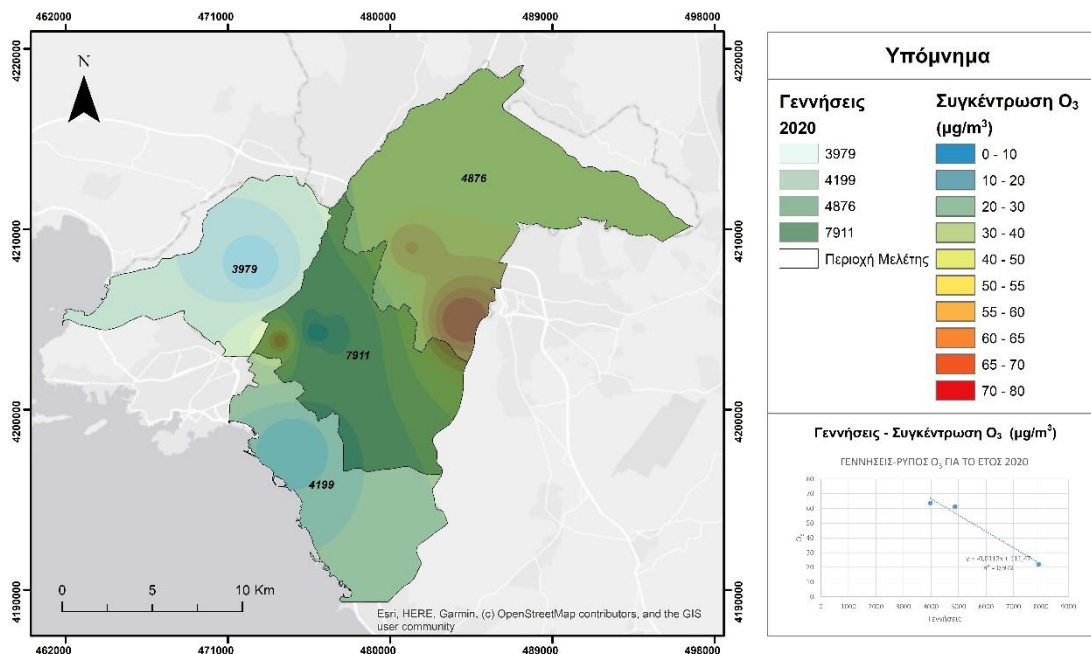
Εικόνα 36. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου  $O_3$  για το έτος 2018.

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  $O_3$   
για το έτος 2019.



Εικόνα 37. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου  $O_3$  για το έτος 2019.

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  $O_3$   
για το έτος 2020.

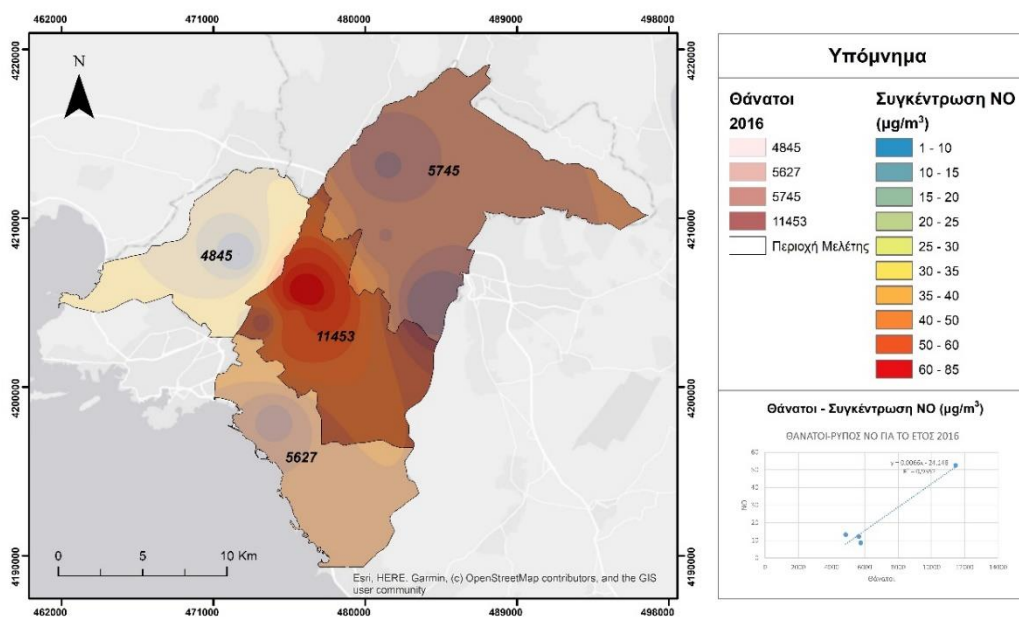


Εικόνα 38. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου  $O_3$  για το έτος 2020.

## 5.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΘΑΝΑΤΩΝ ΜΕ ΤΟΥΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ

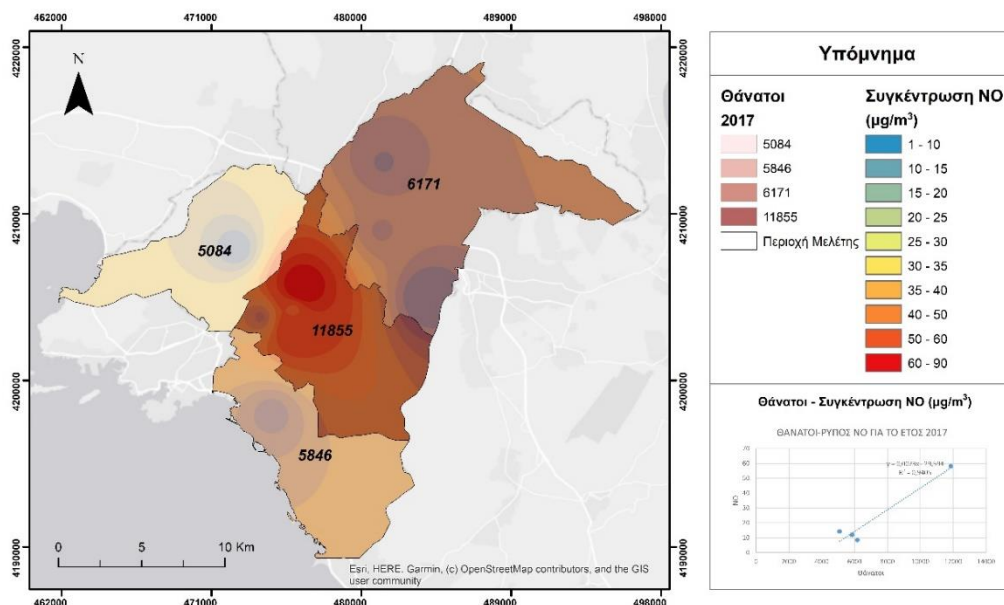
### ΡΥΠΟΣ NO

Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO  
για το έτος 2016.



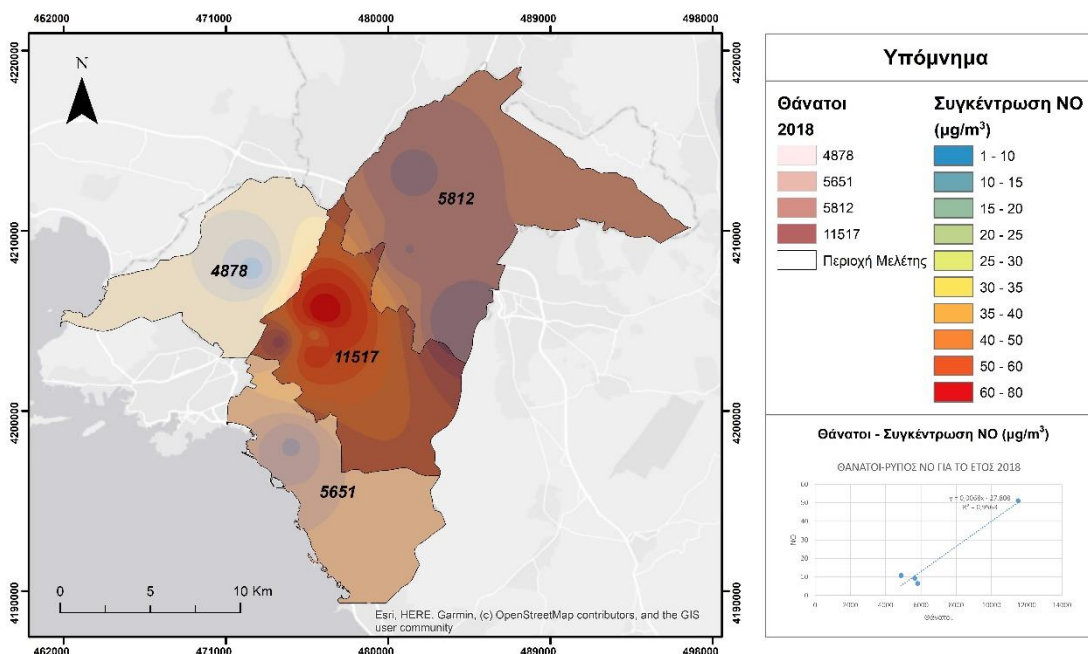
Εικόνα 39. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για το έτος 2016.

Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO  
για το έτος 2017.



Εικόνα 40. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για το έτος 2017.

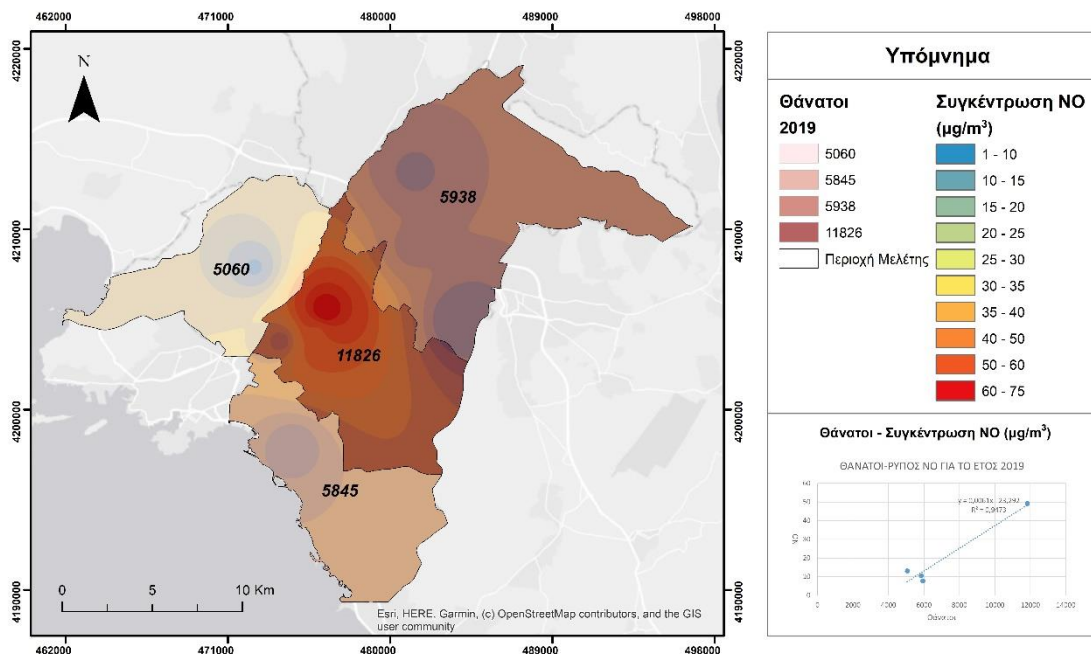
Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO  
για το έτος 2018.



Εικόνα 41. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για το έτος 2018.

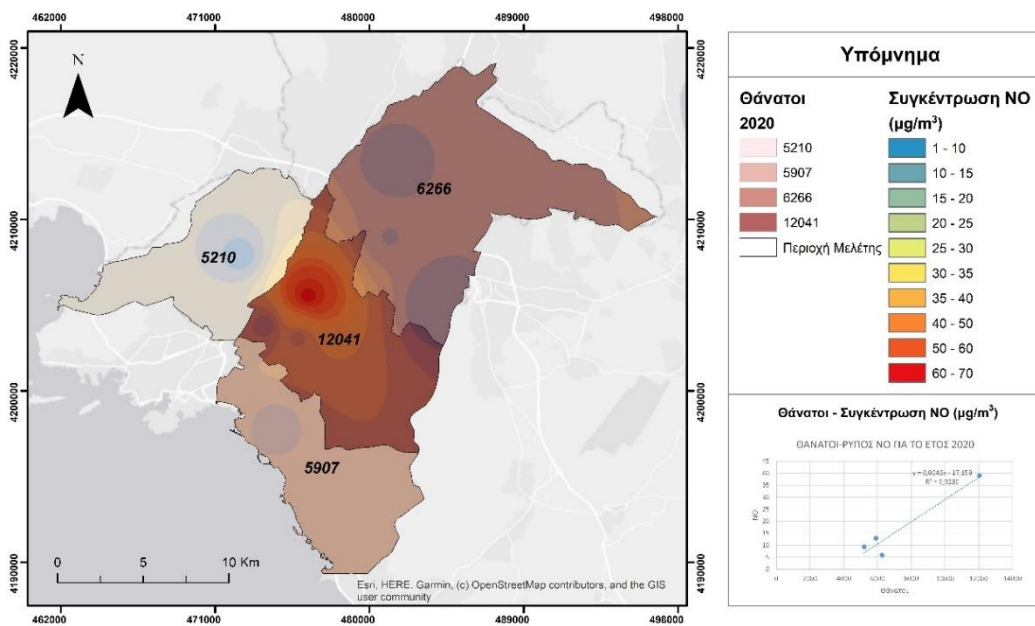


Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO  
για το έτος 2019.



Εικόνα 42. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για το έτος 2019.

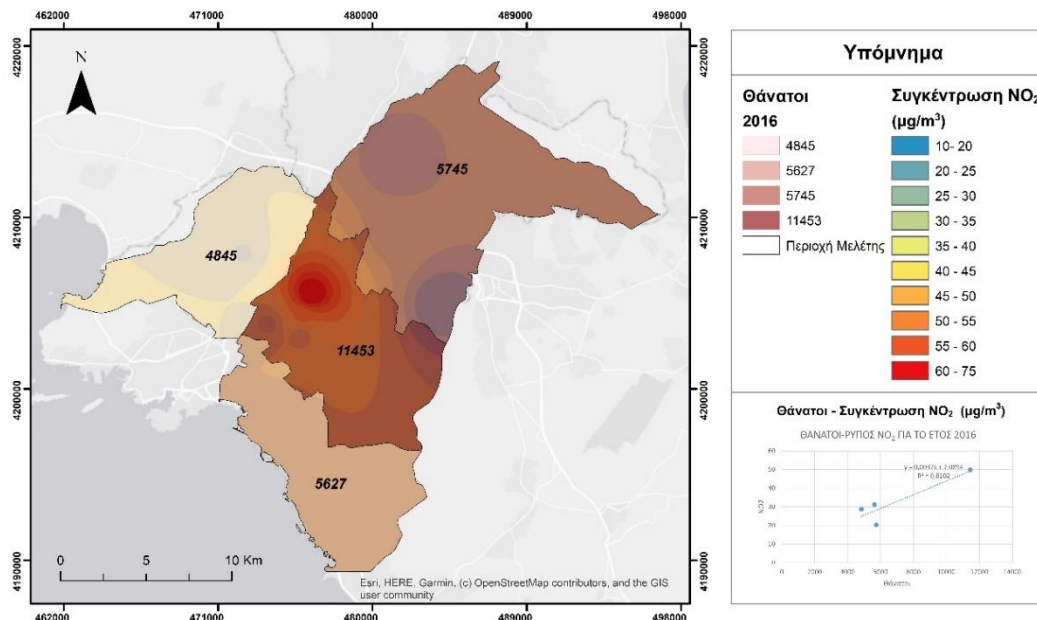
Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO  
για το έτος 2020.



Εικόνα 43. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για το έτος 2020.

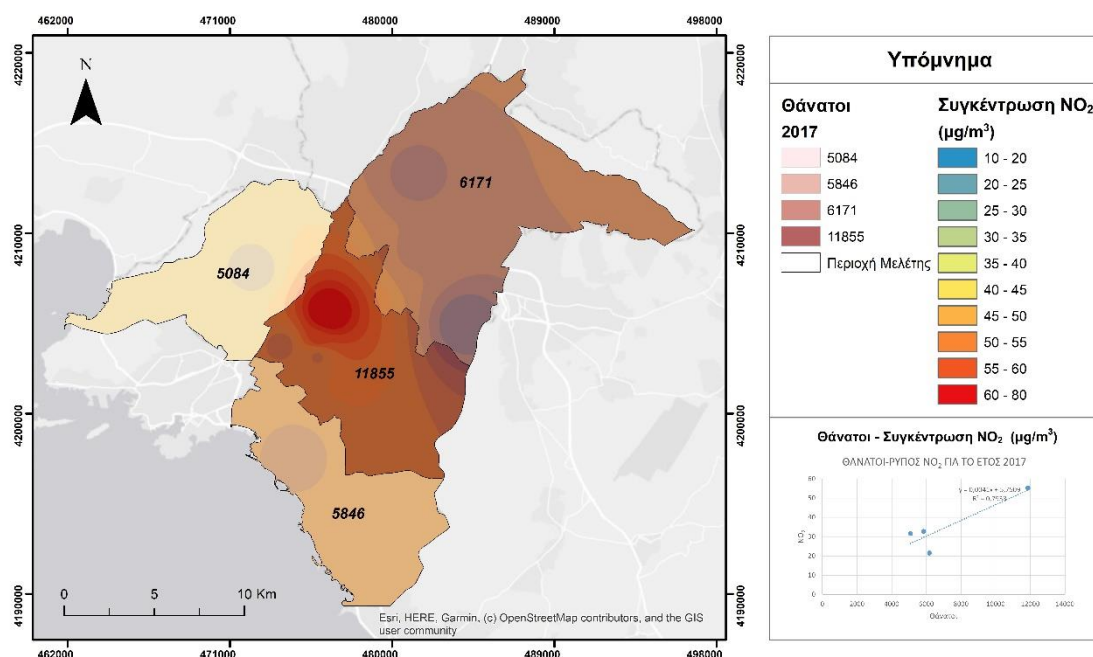
## ΡΥΠΟΣ NO<sub>2</sub>

Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO<sub>2</sub>  
για το έτος 2016.



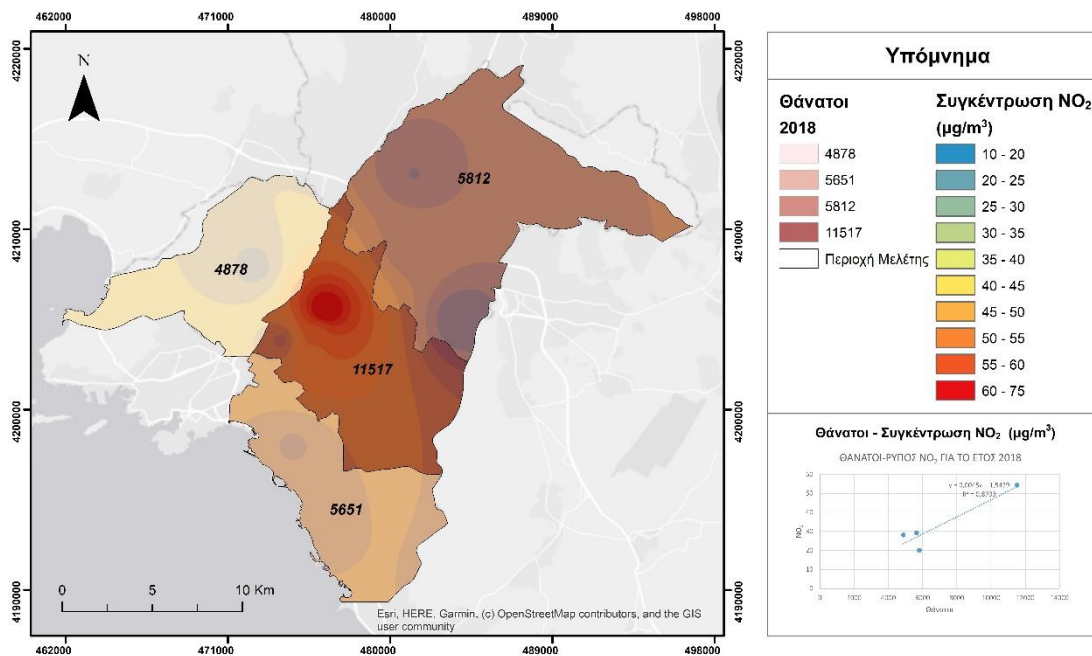
Εικόνα 44. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO<sub>2</sub> για το έτος 2016.

Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO<sub>2</sub>  
για το έτος 2017.



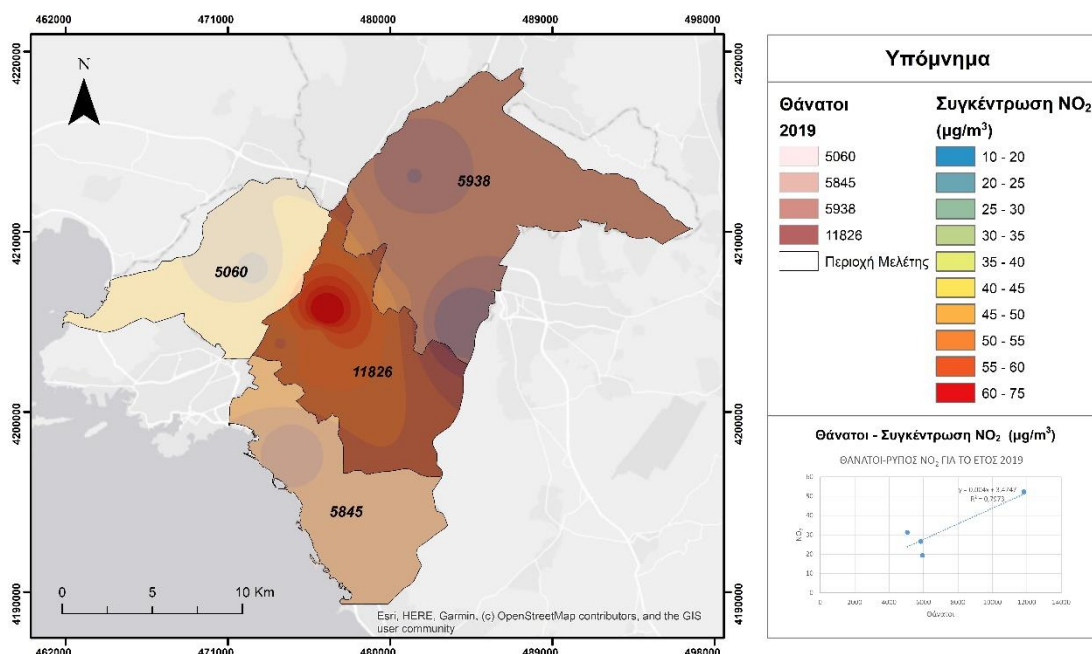
Εικόνα 45. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO<sub>2</sub> για το έτος 2017.

Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO<sub>2</sub>  
για το έτος 2018.



Εικόνα 46. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO<sub>2</sub> για το έτος 2018.

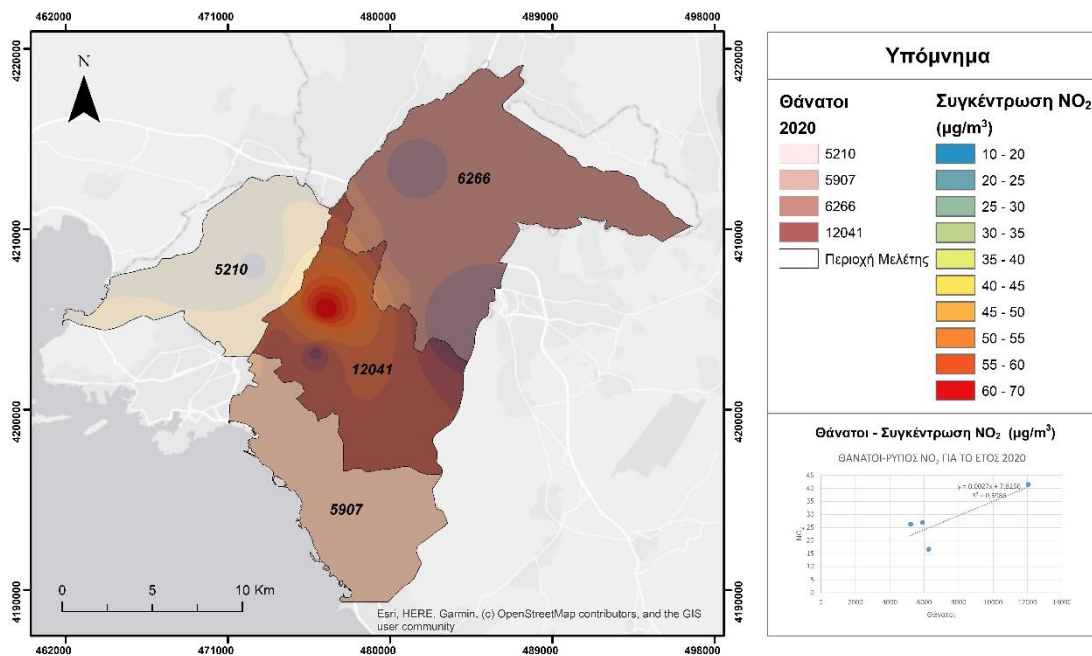
Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO<sub>2</sub>  
για το έτος 2019.



Εικόνα 47. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO<sub>2</sub> για το έτος 2019.



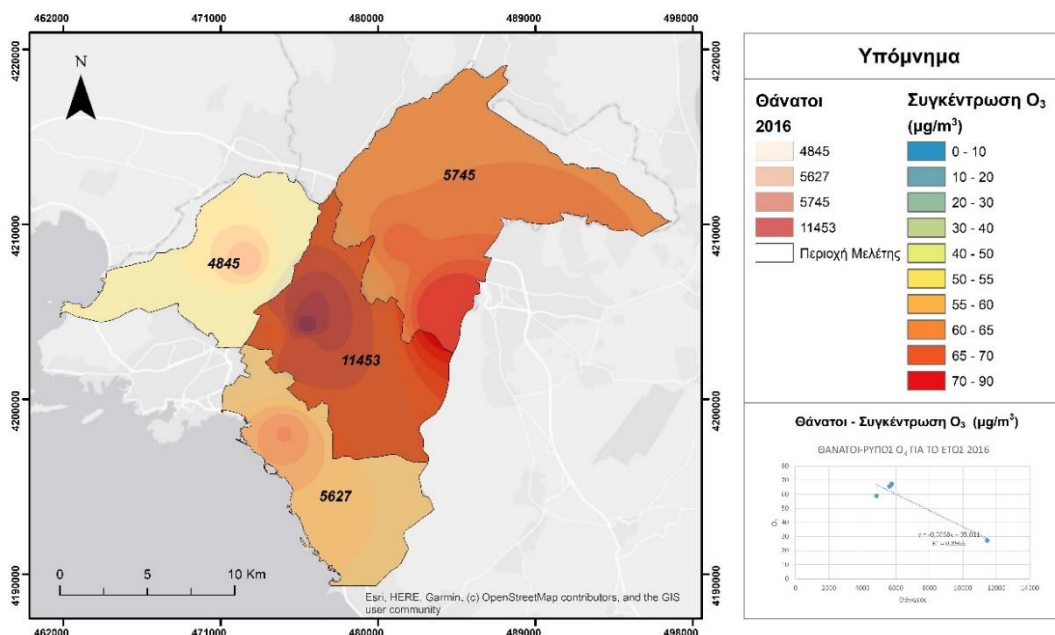
Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO<sub>2</sub>  
για το έτος 2020.



Εικόνα 48. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO<sub>2</sub> για το έτος 2020.

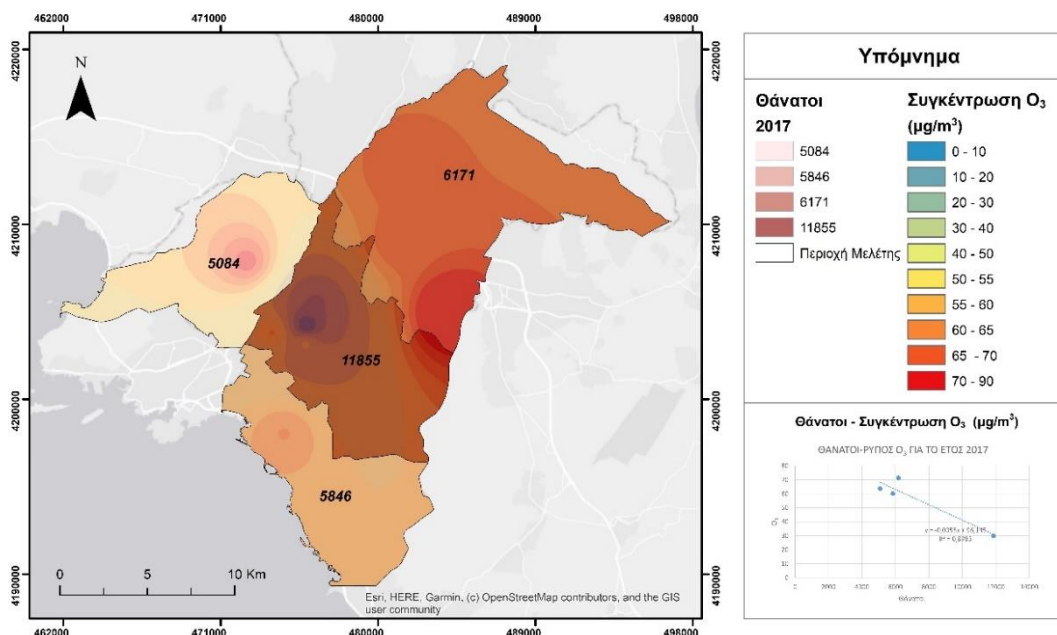
## ΡΥΠΟΣ O<sub>3</sub>

Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του O<sub>3</sub>  
για το έτος 2016.



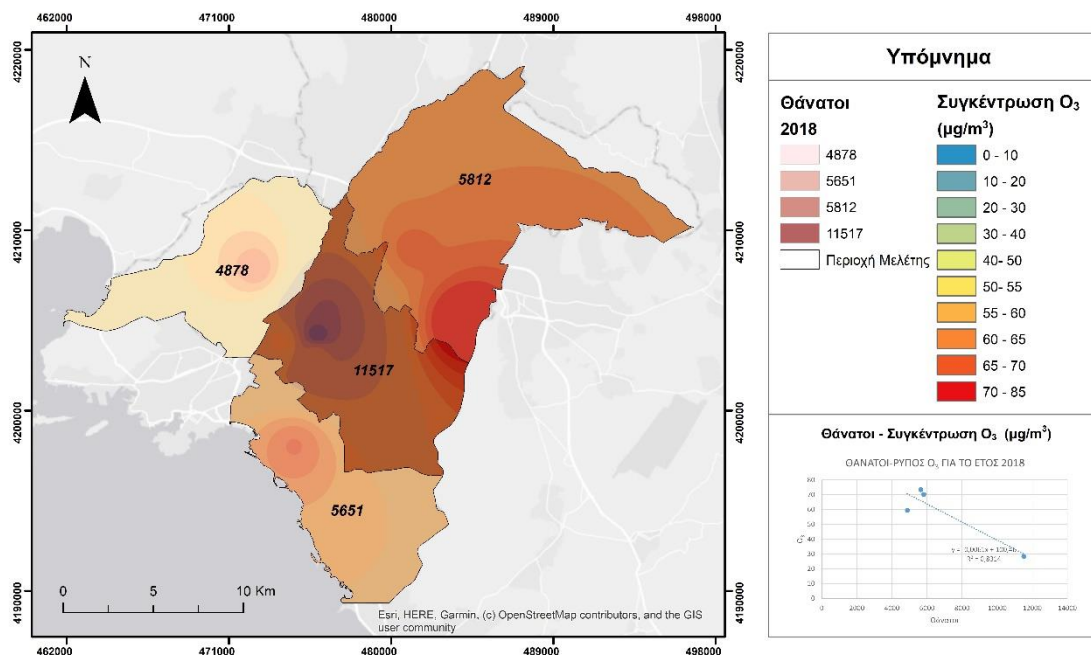
Εικόνα 49. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου O<sub>3</sub> για το έτος 2016.

Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  $O_3$   
για το έτος 2017.



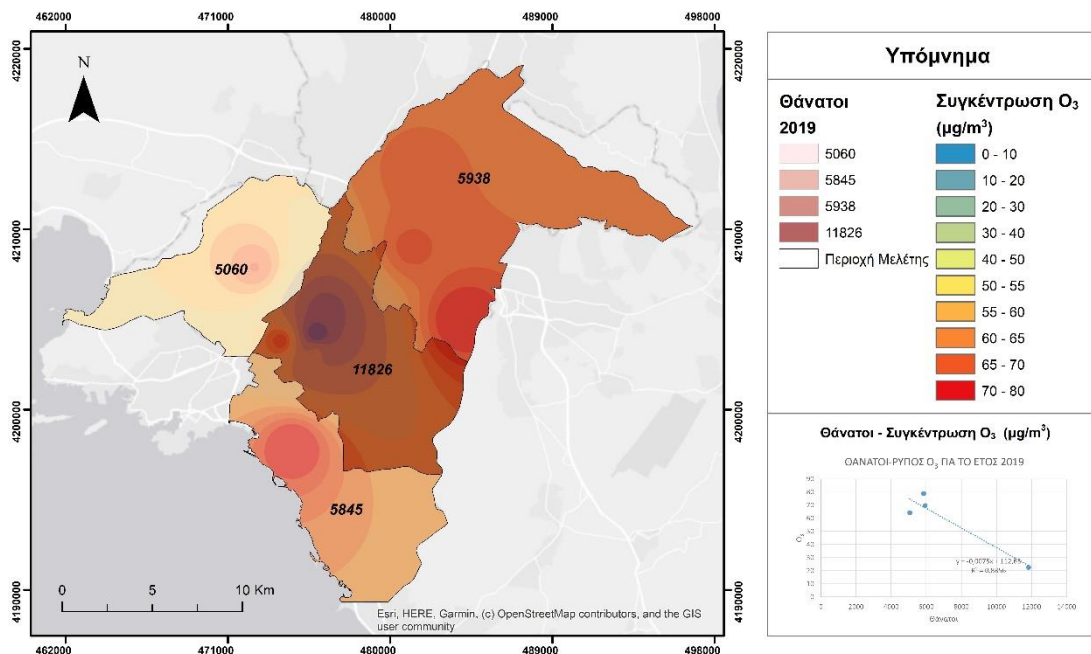
Εικόνα 50. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου  $O_3$  για το έτος 2017.

Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  $O_3$   
για το έτος 2018.



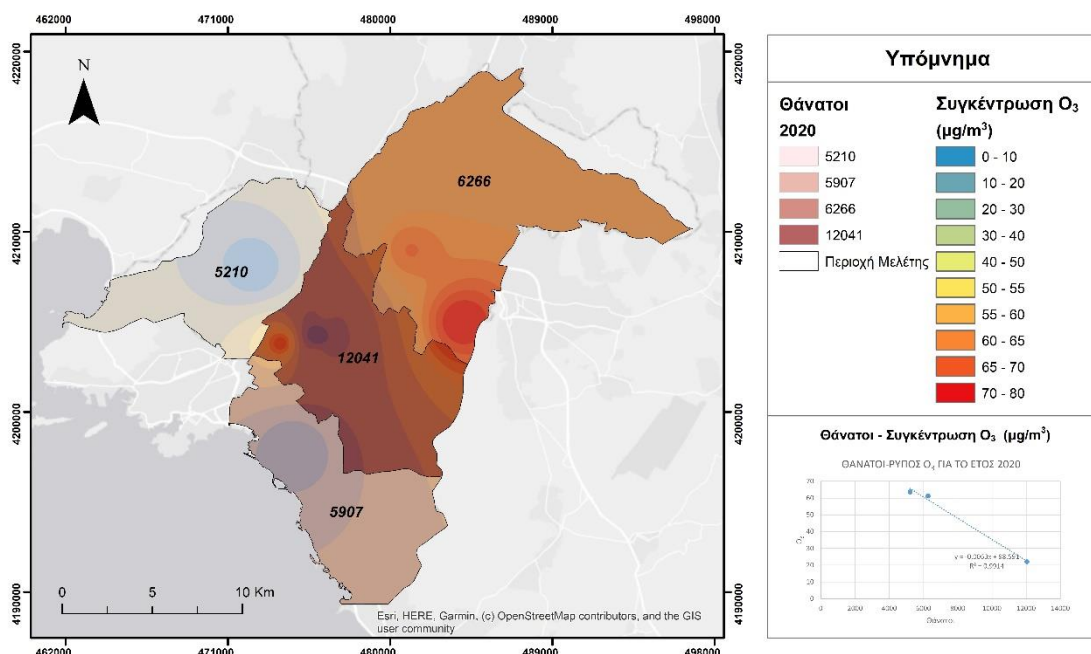
Εικόνα 51. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου  $O_3$  για το έτος 2018.

Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  $O_3$   
για το έτος 2019.



Εικόνα 52. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου  $O_3$  για το έτος 2019.

Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  $O_3$   
για το έτος 2020.



Εικόνα 53. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου  $O_3$  για το έτος 2020.

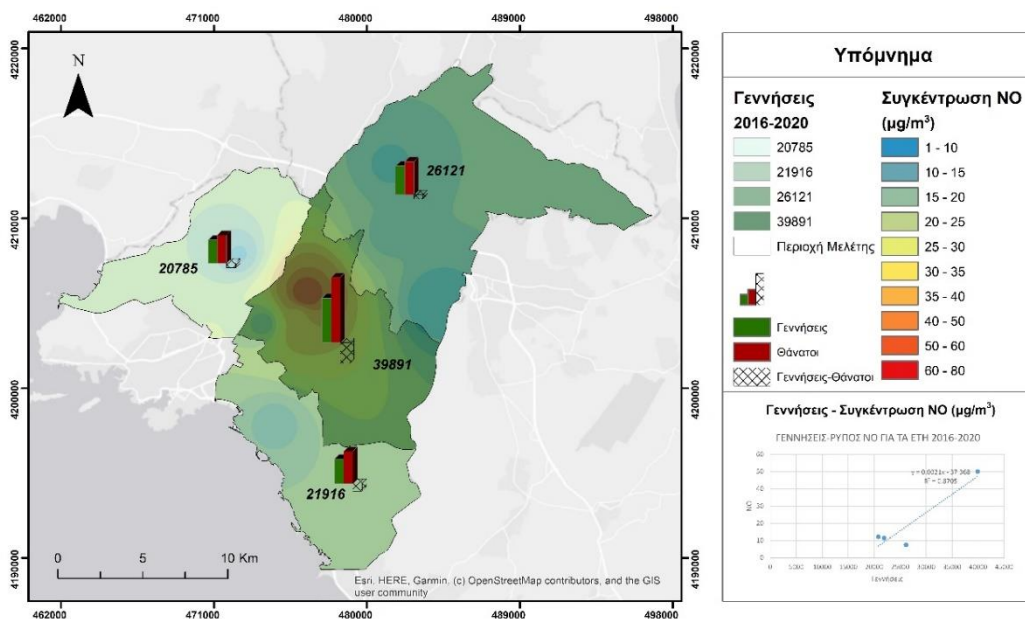
## **5.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΩΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ**

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα από τα πιο σοβαρά περιβαλλοντικά ζητήματα που αφορούν ολόκληρο τον πλανήτη. Οι σοβαρότερες επιπτώσεις που προκαλούνται από τις μεγάλες συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων αφορούν κυρίως τις πιο αναπτυγμένες περιοχές. Αυτές περιλαμβάνουν πυκνοκατοικημένες περιοχές όπου παρουσιάζεται εκτεταμένη χρήση οχημάτων αλλά και μεγάλη κυκλοφοριακή κίνηση καθώς και βιομηχανικές ζώνες. Η αύξηση των συγκεντρώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων προκαλεί πληθώρα επιπτώσεων τόσο στα οικοσυστήματα όσο και στην υγεία των ανθρώπων καθώς επίσης και ζημιές σε κατασκευές και τεχνικά έργα. Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η ανάλυση των ατμοσφαιρικών ρύπων (NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) και η συσχέτιση τους με τις γεννήσεις και τους θανάτους που παρουσιάζονται στην περιοχή μελέτης η οποία επιλέχθηκε να είναι η Αθήνα ως πρωτεύουσα της χώρας και πυκνοκατοικημένη περιοχή με έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα η οποία συντελεί στην αύξηση της συγκέντρωσης των ατμοσφαιρικών ρύπων.

Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση τόσο των γεννήσεων και των θανάτων αλλά και των τιμών των συγκεντρώσεων των ρύπων για τα έτη 2016 έως και 2020. Οι σταθμοί μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που μπόρεσαν να αξιοποιηθούν ως προς τα δεδομένα τους είναι 9 στον αριθμό και βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης. Τα δεδομένα προέρχονται από το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Οι εξεταζόμενοι σταθμοί συγκεκριμένα είναι Αγ. Παρασκευή (AGP), Αθηνάς (ATH), Αριστοτέλους (ARI), Γεωπονική (GEO), Λυκόβρυση (LYK), Μαρούσι (MAR), Νέα Σμύρνη (SMY), Πατησίων (PAT), Περιστέρι (PER).

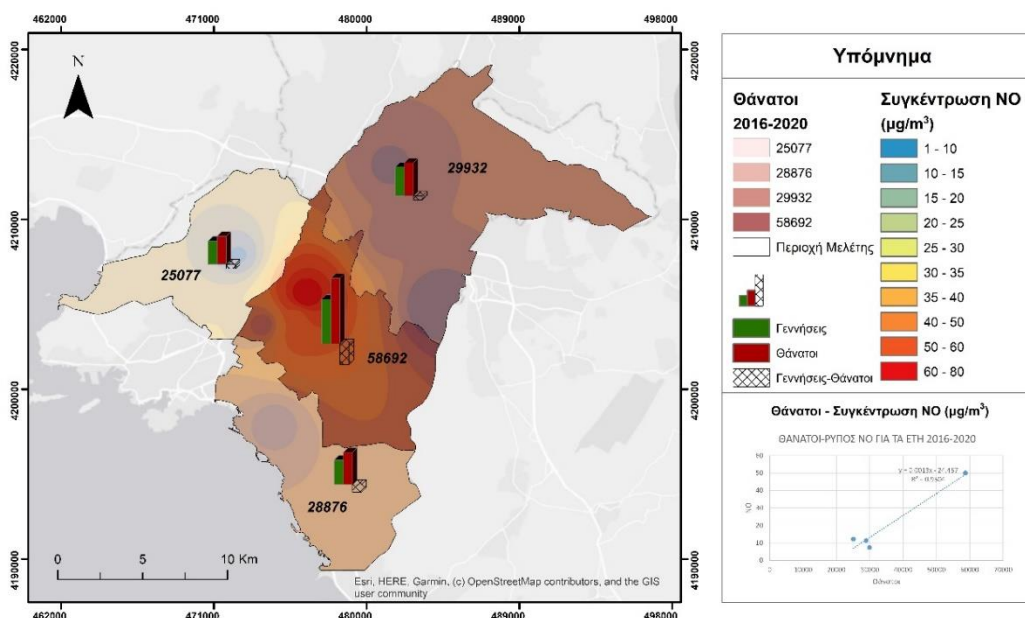


Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO  
για τη χρονική περίοδο 2016-2020.



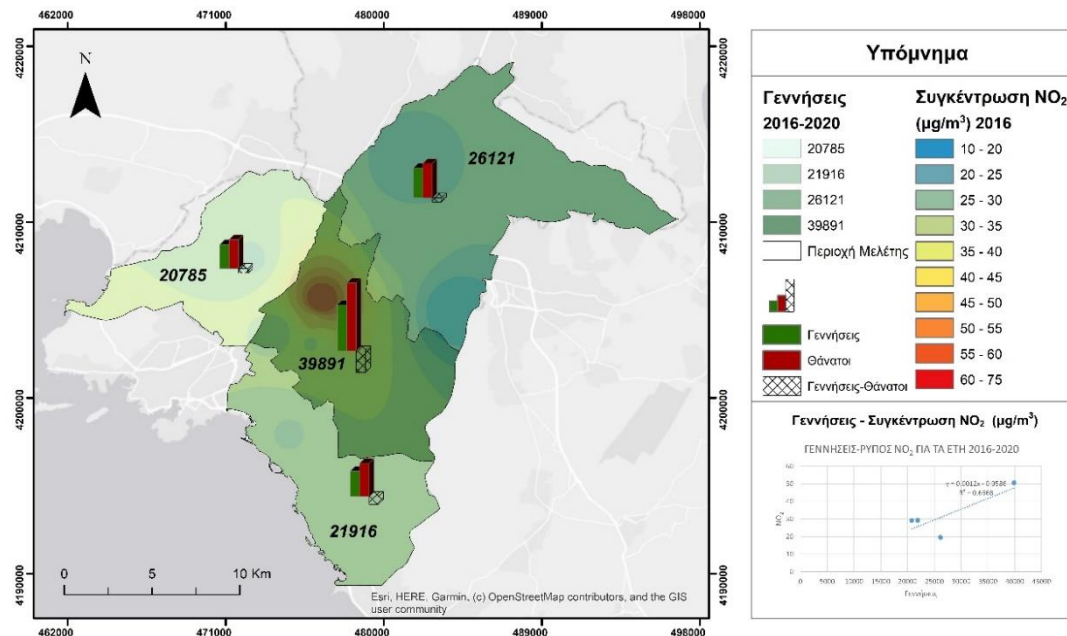
Εικόνα 54. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου NO για την χρονική περίοδο 2016-2020.

Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO  
για τη χρονική περίοδο 2016-2020.



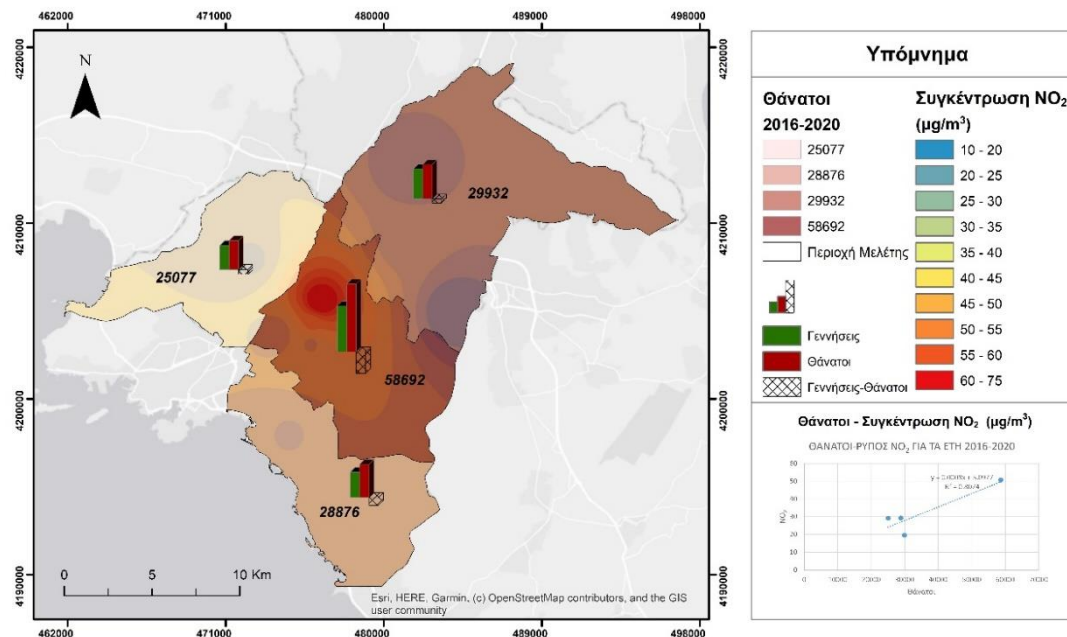
Εικόνα 55. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
NO για την χρονική περίοδο 2016-2020.

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  $\text{NO}_2$   
για τη χρονική περίοδο 2016-2020.



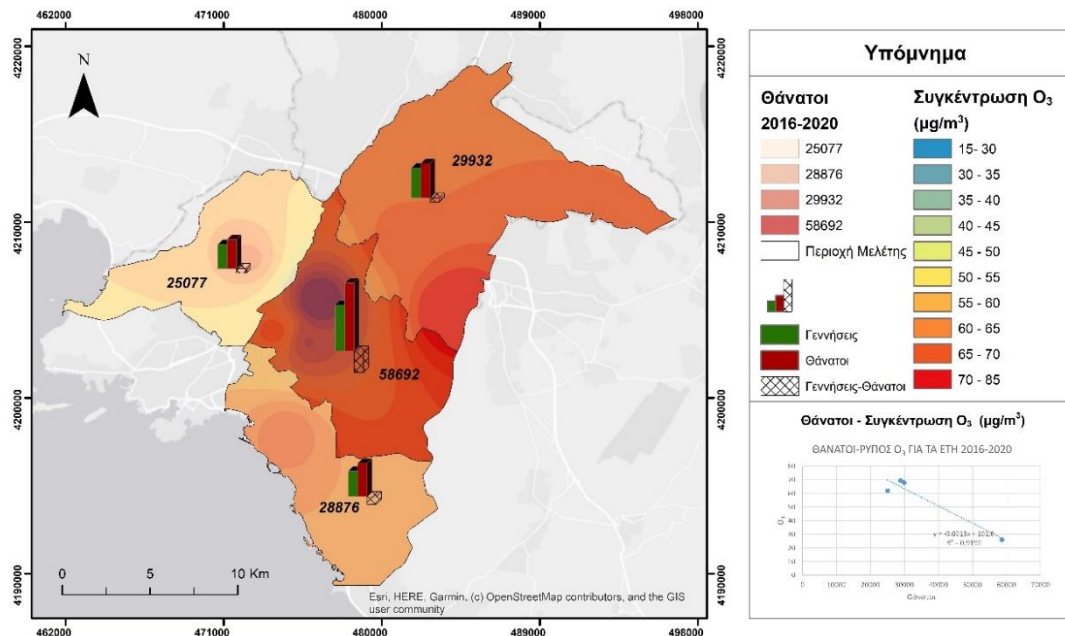
Εικόνα 56. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
ρύπου  $\text{NO}_2$  για την χρονική περίοδο 2016-2020.

Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  $\text{NO}_2$   
για τη χρονική περίοδο 2016-2020.



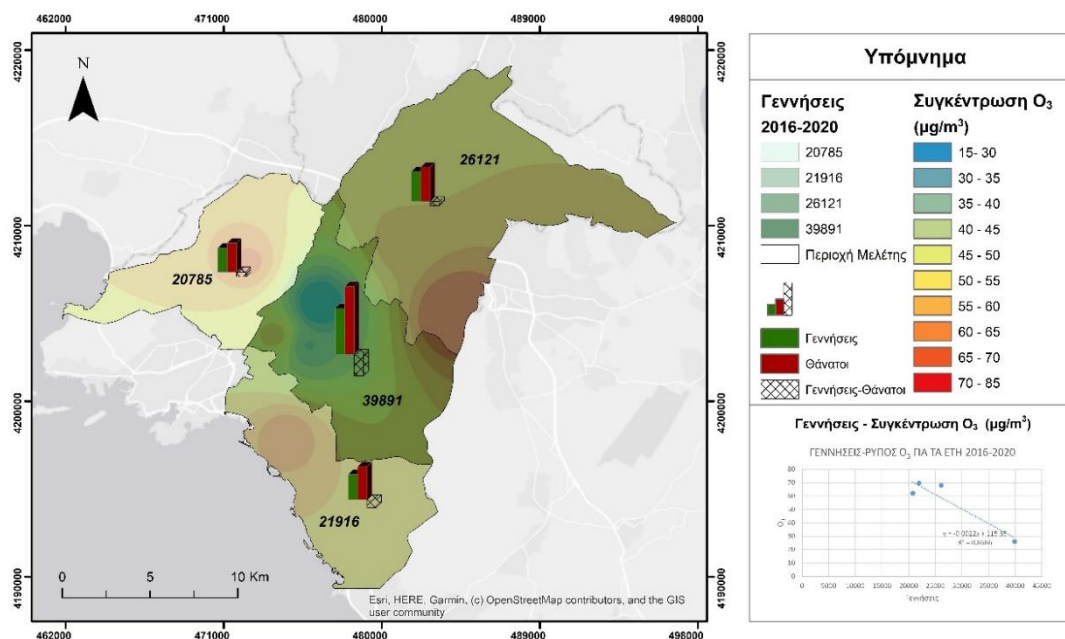
Εικόνα 57. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  
 $\text{NO}_2$  για την χρονική περίοδο 2016-2020.

Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  $O_3$   
για τη χρονική περίοδο 2016-2020.



Εικόνα 58. Χωρική κατανομή των θανάτων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου  $O_3$  για την χρονική περίοδο 2016-2020.

Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του  $O_3$   
για τη χρονική περίοδο 2016-2020.



Εικόνα 59. Χωρική κατανομή των γεννήσεων ανά Π.Ε. και των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου  $O_3$  για την χρονική περίοδο 2016-2020.



**Πίνακας 43.** Πίνακας με τις τιμές του συντελεστή  $r$  όσον αφορά τη συσχέτιση γεννήσεων και ρύπων καθώς και θανάτων και ρύπων για τη χρονική περίοδο 2016-2020.

2016-2020			
	$NO$	$NO_2$	$O_3$
<b>Γεννήσεις</b>	0,933023	0,816608	-0,93198
<b>Θάνατοι</b>	0,974882	0,898577	-0,95876

## 5.5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σύμφωνα με τα ανωτέρω είναι δυνατή η συσχέτιση των ατμοσφαιρικών ρύπων με τις γεννήσεις και τους θανάτους. Τα γεωπληροφοριακά συστήματα είναι σε θέση να μας δώσουν σε εύχρηστη και ευανάγνωστη μορφή αποτελέσματα, απαιτείται όμως ο σαφής διαχωρισμός των αιτιών των θανάτων και η δημοσίευσή τους.

Καθοριστικό ρόλο στη μελέτη έπαιξε η πρωταρχική μορφή των δεδομένων. Τα δεδομένα προέρχονται από διαφορετικούς φορείς και υπηρεσίες επομένως βρίσκονταν σε διαφορετική μορφή γεγονός που οδήγησε στην εκτενή επεξεργασία τους ώστε να επιτευχθεί ομοιογένεια και να ολοκληρωθεί η ανάλυση μέσω GIS. Επιπλέον, είναι θεμιτό να υπάρχει μια συντονισμένη και ομοιόμορφη καταγραφή δεδομένων διότι έτσι μελλοντικά θα είναι πιο εύκολος ο συνδυασμός διάφορων δεδομένων για την εξαγωγή επιπλέον συμπερασμάτων. Τα γεωπληροφοριακά συστήματα είναι σε θέση να επεξεργαστούν μεγάλο όγκο δεδομένων και την ποικιλία αυτών. Η αυξανόμενη χρήση τους είναι προς την σωστή κατεύθυνση και μελλοντικά θα αποτελεί τον βασικό εργαλείο επεξεργασίας δεδομένων και παρουσίασης αποτελεσμάτων.

Τέλος για την πλήρη γεωγραφική κατανομή γεννήσεων/θανάτων και συσχέτιση με την ατμοσφαιρική ρύπανση θα πρέπει να εγκατασταθούν και να λειτουργήσουν πάρα πολλοί σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικών ρύπων σε διάφορα σημεία της Ελλάδας, όχι τυχαία σημεία, ώστε να είναι ορθά τα αποτελέσματα των συσχετισμών.

## Βιβλιογραφία

- Χρέμου, Ε. (2013). Μακροχρόνιες μεταβολές στις εκπομπές των αέριων ρύπων στην Ελλάδα. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ε.Μ.Π, Σχολή Χημικών Μηχανικών Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας, Αθήνα.
- Στογιάννης, Κ. (2019). Χωρική και χρονική κατανομή των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μεγάλες Ελληνικές αστικές περιοχές. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- Έλληνα, Φ. (2020). Μελέτη των χρονικών και χωρικών μεταβολών των ατμοσφαιρικών ρύπων στο πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης με τη χρήση συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- Παρταλίδου, Κ. (2018). Αξιολόγηση των μεταβολών της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων τις τελευταίες δεκαετίες σε ελληνικές αστικές περιοχές. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- Κωστέα, Ζ. (2016). Σύγκριση της ποιότητας της ατμοσφαίρας και των εκπομπών εξαιτίας της φωτοχημικής ρύπανσης στις δυο μεγαλύτερες Ελληνικές πόλεις. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- Νικολακόπουλος, Κ., Κατσάνου, Κ., & Λαμπράκης, Ν. (2016). Υδρολογία με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και δεδομένων τηλεπισκόπησης.
- Ευελπίδου, Ν., & Αντωνίου, Β. (2015). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Χρίστος, Χ. (2015). Γεωγραφική Ανάλυση με την Αξιοποίηση της Γεωπληροφορικής. Εθνικό Μετσόβιο πολυτεχνείο: Kallipos.
- Ηλιοπούλου, Π. (2016). Γεωγραφική ανάλυση.
- Κάβουρας, Μ., Δάρρα, Α., Κόκλα, Μ., Κονταξάκη, Σ., Πανόπουλος, Γ., & Τομαή, Ε. (2016). Επιστήμη Γεωγραφικής Πληροφορίας-Ολοκληρωμένη Προσέγγιση και Ειδικά Θέματα.
- Goodchild, M. F. (1985). Geographic information systems in undergraduate geography: a contemporary dilemma. *Operational Geographer*, 8, 34-38.

Βερύκιος, Ξ., (2003). *Διαχείριση αέριων ρύπων: Ατμοσφαιρικοί Ρύποι και Τεχνολογία Ελέγχου Εκπομπής τους Ι, Τόμος Α΄*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Χαϊνά, Ε. (2014). *Η σωματιδιακή ατμοσφαιρική ρύπανση σε ελληνικά αστικά κέντρα. Η επίδραση της οικονομικής κρίσης στα επίπεδα της σωματιδιακής ατμοσφαιρικής ρύπανσης*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. ΕΑΠ, Πάτρα.

Παρασχά, Α. (2014). *Η χωροχρονική εξέλιξη της φωτοχημικής ρύπανσης στην Ελλάδα. Συγκρίσεις με άλλες ευρωπαϊκές πόλεις* Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. ΕΑΠ, Πάτρα.

Χριστοφορίδου, Δ. (2014). *Η ατμοσφαιρική ρύπανση σε ελληνικές και Ευρωπαϊκές μεγαλουπόλεις*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. ΕΑΠ, Πάτρα.

Μουστρής, Κ.Π (2019) Εργαστήριο Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης-Τεχνολογίας Αντιρρύπανσης: *Η ιστορία και η διαβάθμιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης*.

Γεωργόπουλος, Α. (2002) *Γη – ένας μικρός και εύθραυστος πλανήτης*,. Αθήνα: Gutenberg.

Τρουμπέτας, Β. (2020). Λήψη μετρήσεων αέριας ρύπανσης και μετεωρολογικών δεδομένων, αποτύπωση και χαρτογράφηση. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής/

Μελάς, Δ. (2007). *Φυσική ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος*. [Σημειώσεις μαθήματος]. Τμήμα Φυσικής, Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Ζάνης, Π. (2014) . *Ρύπανση και Χημεία της Ατμόσφαιρας*. [Σημειώσεις Μαθήματος], Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Πετρακάκης, Μ.Ι., Κελέσης, Α.Γ., Τζουμάκα, Π.Ν., Τσούγκας, Μ.Α., Κανελλοπούλου, Δ.Ζ & Ζουμάκης, Ν.Μ. (2005). Διαχρονική εξέλιξη των φωτοχημικών αέριων ρύπων στην περιοχή της Θεσσαλονίκης. *2ο Περιβαλλοντικό Συνέδριο Μακεδονίας, 8-12 Οκτ., 2005*. Θεσσαλονίκη.

Ζιώμας, Γ. (2007). *Ατμόσφαιρα –Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα*.

Κελέσης, Α., Κωστέα, Β., Κασσωμένος, Π., Ρεμουντάκη, Ε. & Πετρακάκης, Μ.Ι., (2017). Η εξέλιξη της φωτοχημικής ρύπανσης σε Ελληνικές μεγαλουπόλεις κατά τη

διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας. 6ο περιβαλλοντικό συνέδριο Μακεδονίας, 5-7 Μαΐου 2017. Θεσσαλονίκη.

Poupkou, A., Symeonidis, P., Ziomas, I., Melas, D., & Markakis, K. (2007). A spatially and temporally disaggregated anthropogenic emission inventory in the southern Balkan region. *Water, Air, and Soil Pollution*, 185(1), 335-348.

<https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-burden-of-cancer/beating-cancer-the-role-of-europes>

<https://www.statistics.gr/greece-in-figures>

<https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPO03/2020>

<http://www.emy.gr/emv/el/services/paroxi-ipiresion>

<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/el/>.

<https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-burden-of-cancer/beating-cancer-the-role-of-europes>

<https://ypen.gov.gr/perivallon/poiotita-tis-atmosfairas/dedomena-metriseon-atmosfairikis-rypansis/?fbclid=IwAR3UUk-hVdymtv5nhy32ASmHc7m3-G3nHAyHc1gwdLfWMZpNwHUm19wApdk>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΓΕΝΝΗΣΕΩΝ/ΘΑΝΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

**Χρήστος Πανίτσας<sup>1</sup>, Στέλλα Μανίκα<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο,  
Πάροδος Αριστοτέλους 18, 26335 Πάτρα

email: [std115812@ac.eap.gr](mailto:std115812@ac.eap.gr), [manika.stella@ac.eap.gr](mailto:manika.stella@ac.eap.gr)

#### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να επιτύχει να συσχετίσει μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών τους ατμοσφαιρικούς ρύπους με τη διακύμανση των γεννήσεων/θανάτων. Η γεωγραφική κατανομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των γεννήσεων/θανάτων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση των ΓΣΠ, διότι είναι το πλέον κατάλληλο πρόγραμμα για την παραγωγή και παρουσίαση χαρτών χωρικής κατανομής για μια δεδομένη περιοχή. Η συλλογή των δεδομένων αφορά κλιματολογικά δεδομένα και δεδομένα ατμοσφαιρικής ρύπανσης τα οποία προέρχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ). Στη συνέχεια, ελήφθησαν τα δωρεάν δεδομένα που αφορούν τις γεννήσεις και τους θανάτους στη χώρα μας από τον ιστότοπο της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ). Αντίστοιχα, ορισμένα γεωδεδομένα που αφορούν τις συντεταγμένες των σταθμών μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθώς και τα γεωγραφικά όρια των εξεταζόμενων περιοχών λήφθηκαν από τον ιστότοπο του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ). Τα ανωτέρω δεδομένα εισήχθησαν και επεξεργάστηκαν στο πρόγραμμα ArcGIS και παρουσιάζονται χάρτες που απεικονίζουν τόσο τα δεδομένα ξεχωριστά όσο και σε συνδυασμό ώστε να πετύχουμε τον συσχετισμό γεννήσεων/θανάτων με την ατμοσφαιρική ρύπανση στην επιλεγόμενη περιοχή μελέτης.

**Λέξεις κλειδιά:** Γεωπληροφορικά συστήματα πληροφοριών, χωρική κατανομή, ατμοσφαιρική ρύπανση, γεννήσεις, θάνατοι.

#### ABSTRACT

The objective of this thesis is to successfully relate the variance in births and deaths to air pollution using geographical information systems (GIS). Since GIS is the best suite for the creation and presentation of spatial distribution maps for a specific area, it was used to process the data for the geographical distribution of air pollution and births/deaths. The Hellenic National Meteorological Service provided the data for the collection, which include climate data and air pollution data (HNMS). Then, the data concerning births and deaths in our country were obtained from the website of the Hellenic Statistical Authority (HSA). Accordingly, certain geodata concerning the coordinates of the air pollution measurement stations as well as the geographical limits of the examined areas were obtained from the website of the Ministry of the Environment and Energy (YPEN). To

achieve the correlation of births/deaths with air pollution in the selected study area, the aforementioned data were imported, analyzed, and displayed on maps using the ArcGIS software.

**Keywords:** GIS, spatial distribution, air pollution, births, deaths.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά περιβαλλοντικά ζητήματα των τελευταίων δεκαετιών ειδικά σε αναπτυγμένες αστικές και βιομηχανικές περιοχές. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (2018), η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα φαινόμενο το οποίο προκαλείται όταν υπάρχουν συγκεκριμένες ουσίες στην ατμόσφαιρα και σε τέτοια συγκέντρωση, με αποτέλεσμα να προκαλούνται μακροπρόθεσμα αρνητικές συνέπειες τόσο στην υγεία των ζώντων οργανισμών όσο και καταστροφές σε τεχνικά έργα και υλικές κατασκευές γενικά.

Στην Ελλάδα το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης άρχισε να γίνεται πιο αισθητό κατά τα 40 τελευταία περίπου χρόνια. Οι λόγοι της αύξησης της συγκέντρωσης των ρύπων στον ελλαδικό χώρο σχετίζονται με την αστικοποίηση του πληθυσμού της χώρας σε συνδυασμό με την οικονομική ανάπτυξη που παρουσίαζε σταδιακά μέσα στο προαναφερθέν χρονικό διάστημα.

Στην παρούσα εργασία αναλύθηκαν τα οξείδια του αζώτου, το διοξείδιο του άνθρακα και το όζον όσον αφορά τη στατιστική ανάλυση των συγκεντρώσεών τους και όσον αφορά τη γεωγραφική τους εξάπλωση. Οι ρύποι αυτοί επιλέχθηκαν λόγω της σημασίας της παρακολούθησής των μεταβολών των συγκεντρώσεών τους καθώς και εξαιτίας της πληρότητας των δεδομένων που υπήρχαν διαθέσιμα με σκοπό την επεξεργασία και τη χωρική κατανομή τους.

Τα οξείδια του αζώτου  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}$  και  $\text{NO}_2$ ) είναι τα πιο επικίνδυνα και θεωρούνται σημαντικοί ατμοσφαιρικοί ρύποι. Το μονοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}$ ) θεωρείται πρωτογενής ρύπος που προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων (πετρελαίου, βενζίνης, γαιάνθρακα, φυσικού αερίου κτλ.) που συντελείται κυρίως στα αυτοκίνητα, στις κεντρικές θερμάνσεις, και στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Μέσα σε ένα διάστημα μερικών λεπτών, το μονοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}$ ) οξειδώνεται στον αέρα από το ατμοσφαιρικό όζον ( $\text{O}_3$ ) και προκύπτει ως δευτερογενείς ρύπος το διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ). Οι εκπεμπόμενες ποσότητες του μονοξειδίου του αζώτου ( $\text{NO}$ ) γίνονται πιο μεγάλες όσο πιο έντονες είναι οι συνθήκες της καύσεως (καύση σε υψηλές θερμοκρασίες) (Παρταλίδου, 2018; Χριστοφορίδου, 2014). Αξίζει να αναφερθεί ότι η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων  $\text{NO}_2$  εμφανίζεται κυρίως σε πόλεις καθώς σχετίζεται με αστικές δραστηριότητες. Επιπλέον, οι συγκεντρώσεις φαίνονται να αυξάνονται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες διότι σχετίζεται και με την ηλιακή ενέργεια. Από τα οξείδια του αζώτου, το διοξείδιο θεωρείται το πιο επικίνδυνο ως ατμοσφαιρικός ρύπος (Μελάς, 2007).

Σχετικά με το όζον ( $\text{O}_3$ ), η παραγωγή του 90% του ολικού όζοντος της ατμόσφαιρας της γης γίνεται στην στρατόσφαιρα (15-50 km) ενώ το υπόλοιπο 10% εμφανίζεται στην τροπόσφαιρα (0-15 km). Στο χαμηλότερο κομμάτι της στρατόσφαιρας (19 έως 23 km) βρίσκεται η στιβάδα του όζοντος η οποία αποτελείται από τη μεγαλύτερη ποσότητα όζοντος. Το όζον είναι ένας δευτερογενής ρύπος καθώς δεν εκπέμπεται άμεσα στην ατμόσφαιρα αλλά παράγεται μετά από διάφορες χημικές αντιδράσεις άλλων ρύπων,



όπως διοξειδίων του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) και πτητικών οργανικών ενώσεων με το οξυγόνο ( $\text{O}_2$ ) και τη συμμετοχή της ηλιακής ακτινοβολίας (Χριστοφορίδου, 2014). Οι ανθρωπογενείς πηγές εκπομπής των ρύπων που θα οδηγήσουν στη δημιουργία του όζοντος είναι τα οχήματα, οι χωματερές, τα χημικά εργοστάσια, τα χημικά διαλυτικά, ακόμα και μικρότερες πηγές όπως τα βενζινάδικα. Το όζον είναι ικανό να επηρεάσει τη ζωή στη γη είτε θετικά είτε αρνητικά, και αυτό εξαρτάται από το πού βρίσκεται στην ατμόσφαιρα του πλανήτη.

## **2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΠΗΓΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Η εξάπλωση των ρύπων είναι πολύ σημαντικό ζήτημα καθώς είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε ποιες περιοχές επηρεάζονται από κάθε ρύπο ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των επιπτώσεων της αυξημένης συγκέντρωσης ατμοσφαιρικών ρύπων στην ατμόσφαιρα της εκάστοτε περιοχής. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η διερεύνηση της χωρικής κατανομής των ατμοσφαιρικών ρύπων  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  και  $\text{O}_3$  στην περιοχή μελέτης. Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε η περιοχή της Αθήνας καθώς αποτελεί πρωτεύουσα της χώρας και το μεγαλύτερο αστικό κέντρο στο οποίο είναι η απαραίτητη η παρακολούθηση των ατμοσφαιρικών ρύπων. Επιπλέον, στην περιοχή της Αθήνας βρίσκεται ένα σχετικό πυκνό δίκτυο με σταθμούς μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης το οποίο είναι σημαντικό γιατί ικανοποιεί και το κριτήριο που αφορά την πληρότητα των διαθέσιμων δεδομένων. Επιπλέον, ως το μεγαλύτερο αστικό κέντρο και πρωτεύουσα της χώρας είναι σημαντική η ανάλυση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθώς από αυτή επηρεάζονται εκατομμύρια κάτοικοι. Η εργασία επίσης πραγματεύεται και τη συσχέτιση των θανάτων και των γεννήσεων στην περιοχή της Αθήνας με τις συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων.

Τα αρχικά δεδομένα (ατμοσφαιρικοί ρύποι, πληθυσμιακά στοιχεία) έπρεπε να επεξεργαστούν σε υπολογιστικά φύλλα ώστε να πάρουν την κατάλληλη μορφή για να εισαχθούν στο πρόγραμμα GIS. Τα δεδομένα των ρύπων ήταν ανά «ώρα» και έπρεπε να μετατραπούν σε μέσες τιμές ανά «μήνα» και ανά «έτος» ώστε να μπορούν να συμφωνήσουν με τα αντίστοιχα πληθυσμιακά στοιχεία που ήταν ετήσια. Στη συνέχεια, τα πληθυσμιακά στοιχεία δεν ήταν ομοιόμορφα σε όλα τα έτη λόγω των αλλαγών που έγιναν μέσω του «Καλλικράτη». Αρχικός στόχος ήταν να πραγματοποιηθεί η γεωγραφική κατανομή σε όλη την Ελληνική επικράτεια, όμως ενώ είναι διαθέσιμα τα πληθυσμιακά στοιχεία για όλη την Χώρα, δεν υπάρχουν σταθμοί που να δίνουν στοιχεία των ατμοσφαιρικών ρύπων σε όλη την Χώρα είτε αριθμητικά είτε σε καλή χωρική κατανομή ώστε να είναι αξιόπιστα τα αποτελέσματα τους. Για αυτό το λόγο η αναλυτική χωρική κατανομή έγινε για την περιοχή της Αττικής

Ως τελικό αποτέλεσμα παρουσιάζονται τόσο τα στατιστικά στοιχεία γεννήσεων και θανάτων για την περιοχή μελέτης αλλά και τα στατιστικά στοιχεία όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των ρύπων  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  και  $\text{O}_3$  και με τη μορφή πινάκων αλλά και με τη μορφή χαρτών. Ο συνδυασμός της χωρικής κατανομής των ατμοσφαιρικών ρύπων καθώς και των στοιχείων που αφορούν τον συνολικό αριθμό γεννήσεων και θανάτων μας βοηθούν να κατανοήσουμε καλύτερα την επίδραση των υψηλών συγκεντρώσεων στην υγεία των κατοίκων.

Τα στατιστικά στοιχεία που λήφθηκαν από τον επίσημο ιστότοπο της ΕΛΣΤΑΤ, αφορούν τις γεννήσεις και τους θανάτους που έχουν καταγραφεί ανά Δήμο και Νομό, για διάφορα

έτη. Η χρονική περίοδος που έγινε η διερεύνηση αφορά τα έτη 2016-2020. Τα δεδομένα αντλήθηκαν σε μορφή υπολογιστικών φύλλων (excel).

Τα δεδομένα που αφορούν την ατμοσφαιρική ρύπανση βρίσκονται σε μορφή dat. και αφορούν σταθμούς μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που βρίσκονται διάσπαρτοι εντός των συνόρων της χώρας. Τα διαθέσιμα δεδομένα, λόγω του μεγάλου όγκου που καλύπτουν, επεξεργάστηκαν με διαφορετικούς τρόπους με σκοπό την παρουσίαση και την αξιολόγησή τους. Τα δεδομένα είτε σε μονάδα χρόνου ανά «ώρα» και μετατράπηκαν σε μέσες μηνιαίες και μέσες ετήσιες, για να συμφωνούν με τα ετήσια πληθυσμιακά στοιχεία. Τα αρχεία περιέχουν ωριαίες τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων και είναι χωρισμένα ανά 24ωρο για κάθε ημέρα όλων των μηνών κάθε χρόνου για μια σειρά ετών. Στις περιπτώσεις που λόγω προβλημάτων κάποιες μετρήσεις δεν καταγράφηκαν, στο αρχείο στη θέση της αυτών των μετρήσεων που δεν ελήφθησαν αναγράφεται η ένδειξη «-9999». Οι τιμές αυτές απορρίφθηκαν. Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος όρος των μετρήσεων ανά μήνα και ανά έτος για κάθε ρύπο. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας επιλέχθηκαν τα δεδομένα που αφορούν τη χρονική περίοδο 2016-2020 λόγω της πληρότητας που παρουσίαζαν οι μετρήσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων καθώς και των γεννήσεων και θανάτων που ελήφθησαν από την ΕΛΣΤΑΤ.

Για την εργασία έπρεπε να βρεθούν τα εξής δεδομένα:

- Θέσεις σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικών ρύπων
- Τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων
- Μετεωρολογικά στοιχεία
- Ετήσιες γεννήσεις ανά Νομό/Περιφέρεια
- Ετήσιοι θάνατοι ανά Νομό/Περιφέρεια

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν ήταν κυρίως σε ψηφιακή μορφή, υπολογιστικών φύλλων (excel). Έτσι η επεξεργασία τους ήταν εύκολη ως προς την μεθοδολογία αλλά δύσκολη λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων και των πράξεων που έπρεπε να πραγματοποιηθούν. Η ψηφιακή μορφή των δεδομένων ήταν εύχρηστη και κατά την διαδικασία εισαγωγής τους στο GIS, αναφέρεται αναλυτικά παρακάτω. Λόγω του στόχου να καλυφθεί όλη η Ελληνική επικράτεια αντιλαμβανόμαστε και τον όγκο των δεδομένων, αν λάβουμε υπόψη μας ότι όλες οι διαδικασίες γίνανε για ένα χρονικό εύρος 2016-2020.

Από τα δεδομένα των ρύπων, επιλέχθηκαν οι ρύποι που είχαν την μεγαλύτερη πληρότητα και μπορούσαμε να τα χρησιμοποιήσουμε σε όλη τη περιοχή μελέτης και για όλα τα έτη που εξετάστηκαν. Τα πληθυσμιακά στοιχεία των γεννήσεων και των θανάτων εισήχθησαν κατά απόλυτους αριθμούς και δεν υπήρξε περαιτέρω επεξεργασία ως προς το φύλλο, την ηλικία, την αιτία θανάτου ή κάποιο άλλο επιπλέον στοιχείο, διότι ο στόχος είναι ο συσχετισμός και η μεθοδολογία της χωρικής κατανομής των ατμοσφαιρικών ρύπων με τις γεννήσεις και τους θανάτους. Από ιατρικής πλευράς πιθανότατα θα μπορούσε να γίνει κάποια επιπλέον προεργασία.

#### **ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information Systems - G.I.S.) δημιουργήθηκαν ως εξέλιξη των παραδοσιακών χαρτών που απεικονίζουν τη γήινη επιφάνεια εξαιτίας της ανάγκης για συστηματική καταγραφή, ταξινόμηση και διάθεση όλων των στοιχείων που βρίσκονται στην επιφάνεια της γης (Χαλκιάς, 2006). Τα ΓΣΠ μπορούν να θεωρηθούν ως πακέτα λογισμικών τα οποία στοχεύουν στην αξιοποίηση των

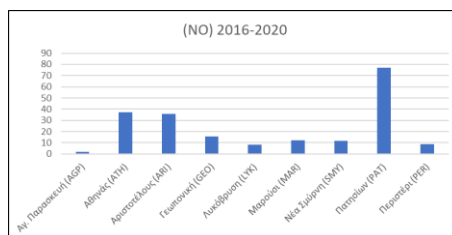
δυνατοτήτων των ηλεκτρονικών υπολογιστών (εισαγωγή, αποθήκευση, επεξεργασία και ανάλυση, διαχείριση, μετασχηματισμό και παρουσίαση δεδομένων) που συνδέονται είτε άμεσα είτε έμμεσα με τη γεωγραφική πληροφορία (Ευελπίδου και Αντωνίου, 2015; Κάβουρας κ.ά., 2015).

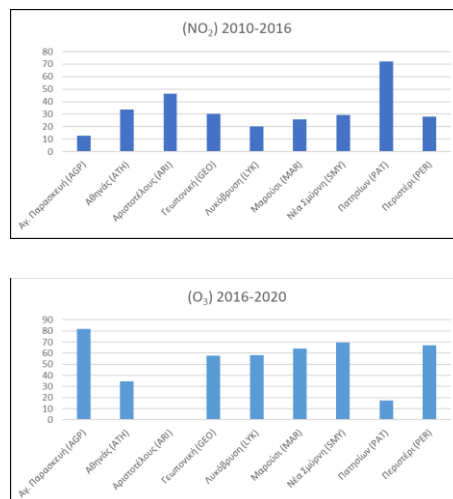
Τα ΓΣΠ μπορούν να διαχειριστούν πολλά είδη δεδομένων και σύνθετων χωρικών πληροφοριών καθώς χρησιμοποιούν ποικίλες μαθηματικές μεθόδους ώστε να παράγουν αποτελέσματα χαρτών καθώς και γραφημάτων και στατιστικών στοιχείων. Τα ΓΣΠ προσφέρουν διάφορες μεθόδους στατιστικής επεξεργασίας και χωρικής παρεμβολής. Η χωρική παρεμβολή αποσκοπεί στον υπολογισμό των τιμών των εξεταζόμενων μεταβλητών στα σημεία στα οποία δεν υπάρχουν μετρήσεις στο χώρο. Η πιο γνωστή μέθοδος χωρικής παρεμβολής είναι η μέθοδος IDW (Inverse Distance Weighting) ή αλλιώς σταθμισμένη παρεμβολή αντίστροφης απόστασης. Είναι μία μαθηματική (ντετερμινιστική) μέθοδος που βασίζεται στην υπόθεση ότι οι πιο κοντινές τιμές μιας μεταβλητής σχετίζονται περισσότερο από άλλες τιμές με τη συνάρτησή της. Η μέθοδος αυτή υπολογίζει το ύψος μιας συνεχούς επιφάνειας (z) σε μία θέση ως συνάρτηση της απόστασης (d) από γειτονικά σημεία στα οποία έχει πραγματοποιηθεί δειγματοληψία. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιεί κάποια στάθμιση των τιμών αυτών από τα σημεία δειγματοληψίας ανάλογα με την απόσταση. Τα σημεία για τα οποία είναι ζητούμενο να υπολογιστεί η τιμή της εκάστοτε μεταβλητής θα επηρεαστούν περισσότερο από τα σημεία δειγματοληψίας τα οποία βρίσκονται πιο κοντά τους και λιγότερο από τα πιο απομακρυσμένα σημεία με γνωστές τιμές (Ηλιοπούλου, 2016; Νικολακόπουλος κ.ά., 2015).

Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε η περιοχή της Αθήνας διότι αποτελεί πρωτεύουσα της χώρας και το μεγαλύτερο αστικό κέντρο, διαθέτει τον μεγαλύτερο αριθμό κατοίκων στη χώρα και είναι αρκετά πυκνοκατοικημένη περιοχή καθώς και ένα πυκνό εγκατεστημένο δίκτυο παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα δεδομένα από κάθε εξεταζόμενο ρύπο επεξεργάστηκαν με το πρόγραμμα excel. Η ανάλυση περιλαμβάνει τον υπολογισμό των μέσων μηνιαίων τιμών για κάθε ρύπο και έτος από το 2016 έως και το 2020, και την παραγωγή των αντίστοιχων διαγραμμάτων στα οποία διαφαίνονται οι μηνιαίες διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων των ρύπων για κάθε σταθμό την περιοχή μελέτης. Επιπλέον υπολογίστηκε η μέση ετήσια συγκέντρωση κάθε ρύπου ανά σταθμό ελέγχουν καθώς και η μέση καταγραφόμενη συγκέντρωση για τη χρονική περίοδο 2016-2020.

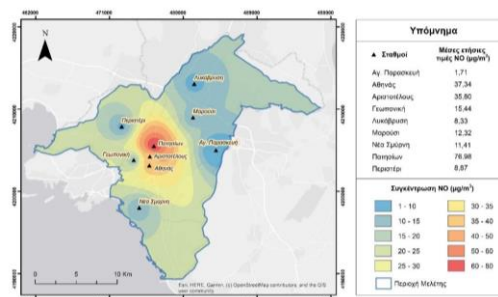




**Εικόνα 60.** Διαγράμματα της μέσης συγκέντρωσης των ετήσιων τιμών NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> για τη χρονική περίοδο 2016-2020.

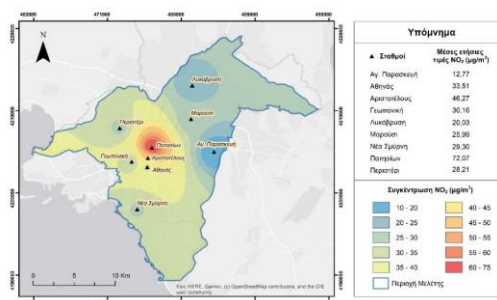
Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην ανάλυση των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων NO, NO<sub>2</sub> και O<sub>3</sub> και συγκεκριμένα στη χωρική τους κατανομή στην περιοχή μελέτης (Αθήνα) με τη μέθοδο χωρικής παρεμβολής IDW (Inverse Distance Weighting) ή αλλιώς μέθοδος σταθμισμένης αντίστροφης απόστασης μέσω του προγράμματος ArcGIS.

Για την ανάλυση του ατμοσφαιρικού ρύπου NO και NO<sub>2</sub> χρησιμοποιήθηκαν συνολικά δεδομένα από 9 σταθμούς ενώ για τον ρύπο O<sub>3</sub> υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα από 8 σταθμούς. Από την παρατήρηση του χάρτη χωρικής κατανομής των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων NO διαπιστώνουμε ότι η συγκέντρωσή του είναι αισθητά αυξημένη στο κέντρο της πόλης ενώ σταδιακά υπάρχει μια μείωση της συγκέντρωσης όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο προς τα περιφερειακά τμήματα. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στους σταθμούς Πατησίων, Αριστοτέλους και Αθηνάς με συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 35 έως και 80 μg/m<sup>3</sup>. Οι υπόλοιποι σταθμοί οι οποίοι βρίσκονται γύρω από το κέντρο στα πιο περιφερειακά τμήματα της πόλης παρουσιάζουν αρκετά χαμηλότερες τιμές συγκέντρωσης που κυμαίνεται από 1 έως και 25 μg/m<sup>3</sup>. Οι πιο σημαντικοί λόγοι στους οποίους οφείλεται η αυξημένη συγκέντρωση NO στο κέντρο της πόλης ιδιαίτερα στην περιοχή των Πατησίων είναι μεγάλη κυκλοφοριακή κίνηση και το γεγονός ότι πρόκειται για μια πυκνοκατοικημένη περιοχή. Οι εκπομπές επομένως προέρχονται κατά κύριο λόγο από τα οχήματα καθώς και από τα συστήματα θέρμανσης των κατοικιών. Σημειώνεται ότι οι συγκεντρώσεις του NO στα περιφερειακά τμήματα οφείλεται και στο ότι το NO μπορεί και οξειδώνεται πιο γρήγορα σε NO<sub>2</sub>.



**Εικόνα 61.** Χωρική κατανομή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου NO για τη χρονική περίοδο 2016-2020 με τη μέθοδο IDW.

Αντίστοιχα, από την παρατήρηση του χάρτη χωρικής κατανομής των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων  $\text{NO}_2$  διαπιστώνουμε ότι η συγκέντρωσή του είναι επίσης αισθητά αυξημένη στο κέντρο της πόλης ενώ σταδιακά υπάρχει μια μείωση της συγκέντρωσης όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο προς τα περιφερειακά τμήματα. Η διαφορά με τις συγκεντρώσεις του  $\text{NO}$  φαίνονται κυρίως στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Η μέγιστη συγκέντρωση παρουσιάζεται στο σταθμό Πατησίων και ακολουθούν ο σταθμός Αριστοτέλους και ο σταθμός Αθηνάς με συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 40 ως και  $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Στα απομακρυσμένα τμήματα από το κέντρο της πόλης παρουσιάζεται μια βελτιωμένη κατάσταση με συγκεντρώσεις σαφώς χαμηλότερες που κυμαίνονται από 10 έως  $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Όπως και με το  $\text{NO}$ , οι μέγιστες τιμές του  $\text{NO}_2$  παρουσιάζονται στις πυκνοκατοικημένες περιοχές της πόλης όπου παρατηρείται καθημερινά κυκλοφοριακή συμφόρηση.



**Εικόνα 62.** Χωρική κατανομή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου  $\text{NO}_2$  για τη χρονική περίοδο 2016-2020 με τη μέθοδο IDW.

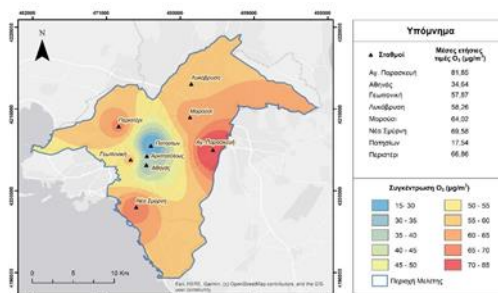
Η περίπτωση του όζοντος  $\text{O}_3$  παρουσιάζει αισθητές διαφορές σε σχέση με τα οξειδία του αζώτου. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις όζοντος συνήθως παρατηρούνται στα περιφερειακά τμήματα των πόλεων εν αντιθέσει με τη πλειοψηφία των ρύπων που παρουσιάζουν αυξημένες συγκεντρώσεις στα κέντρα των πόλεων. Αυτή η παρατήρηση ισχύει και για την περιοχή μελέτης. Οι σταθμοί που βρίσκονται στο κέντρο της πόλης (Πατησίων, Αριστοτέλους και Αθηνάς) παρουσιάζουν τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 15 έως  $45\mu\text{g}/\text{m}^3$  ενώ από τη χωρική κατανομή των οξειδίων του αζώτου παρατηρήσαμε αυτούς τους σταθμούς να εμφανίζουν τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις.

Οι σταθμοί των περιφερειακών περιοχών παρουσιάζουν αισθητά μεγαλύτερες τιμές συγκεντρώσεων με το σταθμό της Αγίας Παρασκευής να εμφανίζει τη μεγαλύτερη τιμή ίση με  $82\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Οι υπόλοιποι σταθμοί που περιλαμβάνουν τους σταθμούς Λυκόβρυση, Μαρούσι, Περιστερί, Γεωπονική και Νέα Σμύρνη παρουσιάζουν επίσης υψηλές συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 50 έως  $85\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Η αλλαγή αυτή στο μοτίβο οφείλεται στο ότι το  $\text{NO}$  αντιδρά με το  $\text{O}_3$  στην ατμόσφαιρα και σχηματίζεται  $\text{NO}_2$  που σημαίνει ότι στις περιοχές που παρατηρούνται αυξημένες συγκεντρώσεις  $\text{NO}$  θα εμφανίζονται χαμηλές συγκεντρώσεις  $\text{O}_3$  δηλαδή στο κέντρο της πόλης (Ζιώμας, 2007).

Η υψηλή συγκέντρωση όζοντος στα περιφερειακά τμήματα οφείλεται και στο γεγονός ότι για την παραγωγή όζοντος είναι απαραίτητη η διάσπαση του διοξειδίου του αζώτου. Αυτή η διαδικασία γίνεται με την παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας. Για να μπορέσει ολοκληρωθεί αυτή η διεργασία χρειάζεται ένα χρονικό διάστημα κατά το οποίο θα γίνει η μεταφορά μέσω των ανέμων σε αποστάσεις έως και μερικών χιλιομέτρων από την περιοχή στην οποία συντελείται η παραγωγή των πρόδρομων ενώσεων του (Κελέσης κ.ά., 2017).



Επιπλέον, σύμφωνα με την ετήσια έκθεση ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ΥΠΕΝ), η ευρύτερη περιοχή μελέτης αποτελείται από ορεινούς όγκους και διαθέτει σχετικά κλειστή τοπογραφία η οποία εμποδίζει τη διάχυση των ρύπων. Έτσι η νότιοι άνεμοι, καθώς και η απουσία ή η ασθενής έντασή τους, έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη τοπικού συστήματος κυκλοφορίας (θαλάσσια αύρα) που ευνοεί την ανάπτυξη υψηλών συγκεντρώσεων δευτερογενών ρύπων στην περιφέρεια του λεκανοπεδίου (Στογιάννης, 2019).



**Εικόνα 63.** Χωρική κατανομή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του ρύπου  $O_3$  για τη χρονική περίοδο 2016-2020 με τη μέθοδο IDW.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με σκοπό τη συσχέτιση των ρύπων και των γεννήσεων δημιουργήθηκαν διαγράμματα με δεδομένα τις γεννήσεις και τη συγκέντρωση κάθε ρύπου ανά έτος. Από τα διαγράμματα υπολογίστηκε τόσο η γραμμή τάσης όσο και ο συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$ . Ο συντελεστής αυτός αφορά το ποσοστό διακύμανσης των τιμών του άξονα  $Y$  που εξηγείται με βάση τις τιμές που αντιστοιχούν στον άξονα  $X$  και δε διαθέτει μονάδες μέτρησης. Το εύρος τιμών του είναι μεταξύ 0 και 1. Τιμές κοντά στο μηδέν δείχνουν μικρή συσχέτιση ενώ τιμές κοντά στο 1 δείχνουν καλή συσχέτιση. Από τον συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  προέκυψε και ο γραμμικός συντελεστής συσχέτισης  $r$ , ο οποίος ορίζεται ως η ρίζα του συντελεστή  $R^2$ .

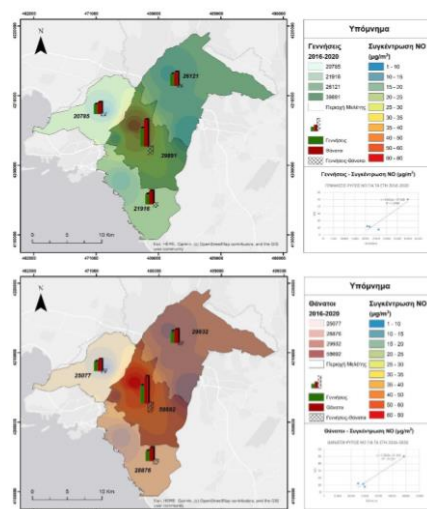
2016			
	$NO$	$NO_2$	$O_3$
Γεννήσεις	0,924465	0,790241	-0,89276
Θάνατοι	0,977349	0,90012	-0,94692
2017			
	$NO$	$NO_2$	$O_3$
Γεννήσεις	0,922282	0,797187	-0,85943
Θάνατοι	0,974449	0,903138	-0,9466
2018			
	$NO$	$NO_2$	$O_3$
Γεννήσεις	0,929505	0,844179	-0,87291
Θάνατοι	0,978851	0,934783	-0,91213
2019			
	$NO$	$NO_2$	$O_3$
Γεννήσεις	0,919524	0,798169	-0,92351
Θάνατοι	0,971977	0,890172	-0,94004
2020			
	$NO$	$NO_2$	$O_3$
Γεννήσεις	0,899366	0,724418	-0,9673
Θάνατοι	0,970696	0,849474	-0,99721

**Εικόνα 64.** Πίνακας με τις τιμές του συντελεστή  $r$  για τη συσχέτιση γεννήσεων/θανάτων και ρύπων κάθε έτους της περιόδου 2016-2020.

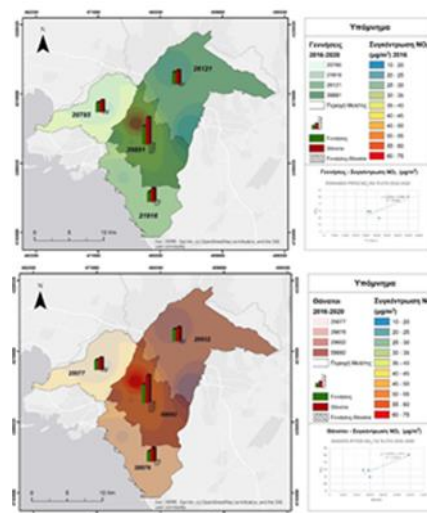
Παρατηρούμε ότι για όλα τα εξεταζόμενα έτη παρατηρείται μια θετική συσχέτιση μεταξύ γεννήσεων και του ατμοσφαιρικού ρύπου  $NO$ , με τιμές  $r$  που κυμαίνονται από 0,89 έως και 0,92. Αντίστοιχα, ισχυρή είναι και η συσχέτιση ρύπου και θανάτων με την τιμή του συντελεστή συσχέτισης να μη πέφτει κάτω από 0,97. Στην περίπτωση του  $NO_2$

και συγκριτικά με το ρύπο NO, παρατηρούμε μικρότερες τιμές του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ γεννήσεων και ρύπου (0,72-0,84). Η συσχέτιση θανάτων και NO<sub>2</sub> παρουσιάζεται θετική με υψηλές τιμές συντελεστή συσχέτισης που κυμαίνονται στο εύρος 0,84-0,93. Η εικόνα είναι αισθητά διαφορετική για το όζον το οποίο παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση τόσο με τις γεννήσεις όσο και με τους θανάτους. Συγκεκριμένα οι τιμές r για τις γεννήσεις κυμαίνεται από -0,96 έως και -0,85, και αντίστοιχα για τους θανάτους από -0,99 έως και -0,91.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι χάρτες συσχέτισης γεννήσεων/θανάτων και ατμοσφαιρικών ρύπων.

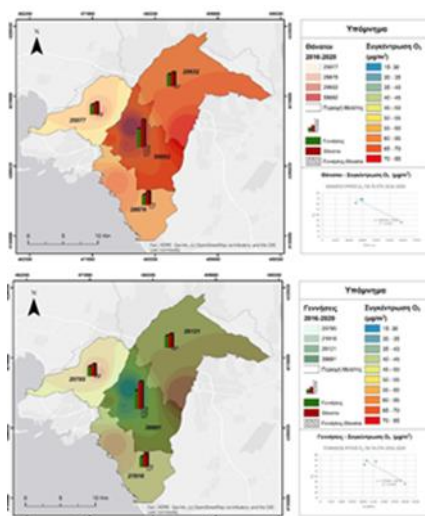


Εικόνα 65. Χωρική κατανομή γεννήσεων/θανάτων ανά Π.Ε. και συγκεντρώσεων NO (2016-2020).



Εικόνα 66. Χωρική κατανομή γεννήσεων/θανάτων ανά Π.Ε. και συγκεντρώσεων NO<sub>2</sub> (2016-2020).





**Εικόνα 67.** Χωρική κατανομή γεννήσεων/θανάτων ανά Π.Ε. και συγκεντρώσεων O<sub>3</sub> (2016-2020).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Στογιάννης, Κ. (2019). Χωρική και χρονική κατανομή των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μεγάλες Ελληνικές αστικές περιοχές. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- Παρταλίδου, Κ. (2018). Αξιολόγηση των μεταβολών της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων τις τελευταίες δεκαετίες σε ελληνικές αστικές περιοχές. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- Νικολακόπουλος, Κ., Κατσάνου, Κ., & Λαμπράκης, Ν. (2016). Υδρολογία με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και δεδομένων τηλεπισκόπησης.
- Ευελπίδου, Ν., & Αντωνίου, Β. (2015). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Ηλιοπούλου, Π. (2016). Γεωγραφική ανάλυση.
- Κάβουρας, Μ., Δάρρα, Α., Κόκλα, Μ., Κονταξάκη, Σ., Πανόπουλος, Γ., & Τομαή, Ε. (2016). Επιστήμη Γεωγραφικής Πληροφορίας-Ολοκληρωμένη Προσέγγιση και Ειδικά Θέματα.
- Ζιώμας, Γ. (2007). Ατμόσφαιρα –Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Κελέσης, Α., Κωστέα, Β., Κασσωμένος, Π., Ρεμουντάκη, Ε. & Πετρακάκης, Μ.Ι., (2017). Η εξέλιξη της φωτοχημικής ρύπανσης σε Ελληνικές μεγαλουπόλεις κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας. 6ο περιβαλλοντικό συνέδριο Μακεδονίας, 5-7 Μαΐου 2017. Θεσσαλονίκη.
- Χριστοφορίδου, Δ. (2014). Η ατμοσφαιρική ρύπανση σε ελληνικές και Ευρωπαϊκές μεγαλουπόλεις. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. ΕΑΠ, Πάτρα.
- Μελάς, Δ. (2007). Φυσική ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος. [Σημειώσεις μαθήματος]. Τμήμα Φυσικής, Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

## Γεωγραφική κατανομή γεννήσεων/θανάτων στην Ελλάδα και συσχέτιση με την ατμοσφαιρική ρύπανση

Χ. Πανίτσας, Σ. Μανίκα

Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο,  
Ρήγα Φεραίου 167, 26222 Πάτρα,

Email: [std115812@ac.eap.gr](mailto:std115812@ac.eap.gr), [manika.stella@ac.eap.gr](mailto:manika.stella@ac.eap.gr)

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να επιτύχει να συσχετίσει μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών τους ατμοσφαιρικούς ρύπους με τη διακύμανση των γεννήσεων/θανάτων. Η γεωγραφική κατανομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των γεννήσεων/θανάτων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση των ΓΣΠ. Η συλλογή των δεδομένων αφορά κλιματολογικά δεδομένα και δεδομένα ατμοσφαιρικής ρύπανσης τα οποία προέρχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ). Στη συνέχεια, ελήφθησαν τα δεδομένα που αφορούν τις γεννήσεις και τους θανάτους από τον ιστότοπο της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ). Αντίστοιχα, ορισμένα γεωδομημένα που αφορούν τις συντεταγμένες των σταθμών μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθώς και τα γεωγραφικά όρια των εξεταζόμενων περιοχών λήφθηκαν από τον ιστότοπο του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ). Τα ανωτέρω δεδομένα εισήχθησαν και επεξεργάστηκαν στο πρόγραμμα ArcGIS και παρουσιάζονται χάρτες που απεικονίζουν τόσο τα δεδομένα ξεχωριστά όσο και σε συνδυασμό ώστε να πετύχουμε τον συσχετισμό γεννήσεων/θανάτων με την ατμοσφαιρική ρύπανση στην επιλεγόμενη περιοχή μελέτης.

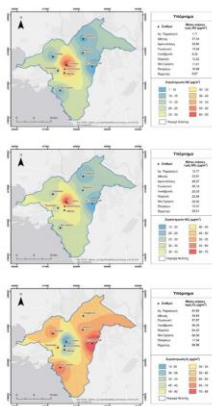
### ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η διερεύνηση της χωρικής κατανομής των ατμοσφαιρικών ρύπων  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  και  $\text{O}_3$  στην περιοχή μελέτης. Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε η περιοχή της Αθήνας καθώς αποτελεί πρωτεύουσα της χώρας και το μεγαλύτερο αστικό κέντρο στο οποίο είναι η απαραίτητη η παρακολούθηση των ατμοσφαιρικών ρύπων. Στην περιοχή της Αθήνας βρίσκεται ένα πυκνό δίκτυο με σταθμούς μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

### ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η εξάπλωση των ρύπων είναι πολύ σημαντικό ζήτημα καθώς είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε ποιες περιοχές επηρεάζονται από κάθε ρύπο ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των επιπτώσεων της αυξημένης συγκέντρωσης ατμοσφαιρικών ρύπων στην ατμόσφαιρα της εκάστοτε περιοχής.

Ως τελικό αποτέλεσμα παρουσιάζονται τόσο τα στατιστικά στοιχεία γεννήσεων και θανάτων για την περιοχή μελέτης αλλά και τα στατιστικά στοιχεία όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των ρύπων  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  και  $\text{O}_3$  με τη μορφή πινάκων αλλά και με τη μορφή χαρτών. Ο συνδυασμός της χωρικής κατανομής των ατμοσφαιρικών ρύπων καθώς και των στοιχείων που αφορούν τον συνολικό αριθμό γεννήσεων και θανάτων μας βοηθούν να κατανοήσουμε καλύτερα την επίδραση των υψηλών συγκεντρώσεων στην υγεία των κατοίκων.



Σχήμα 1. Χωρική κατανομή γεννήσεων/θανάτων ανά Π.Ε. και συγκεντρώσεων  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$  (2016-2020).

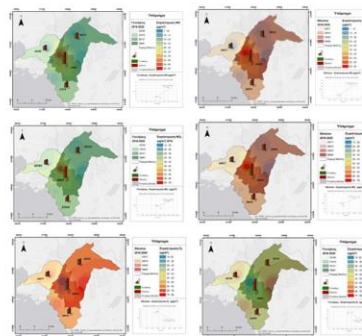
### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με σκοπό τη συσχέτιση των ρύπων και των γεννήσεων δημιουργήθηκαν διαγράμματα με δεδομένα τις γεννήσεις και τη συγκέντρωση κάθε ρύπου ανά έτος. Από τα διαγράμματα υπολογίστηκε τόσο η γραμμική τάση όσο και ο συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$ . Ο συντελεστής αυτός αφορά το ποσοστό διακύμανσης των τιμών του άξονα Y που εξηγείται με βάση τις τιμές που αντιστοιχούν στον άξονα X και δε διαθέτει μονάδες μέτρησης. Το εύρος τιμών του είναι μεταξύ 0 και 1. Τιμές κοντά στο μηδέν δείχνουν μικρή συσχέτιση ενώ τιμές κοντά στο 1 δείχνουν καλή συσχέτιση. Από τον συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$  προέκυψε και ο γραμμικός συντελεστής συσχέτισης  $r$ , ο οποίος ορίζεται ως η ρίζα του συντελεστή  $R^2$ .

Πίνακας 1. Πίνακας με τις τιμές του συντελεστή  $r$  για τη συσχέτιση γεννήσεων/θανάτων και ρύπων κάθε έτους της περιόδου 2016-2020.

	2016		
Γεννήσεις	$\text{NO}$	$\text{NO}_2$	$\text{O}_3$
Θάνατοι	0.924465	0.790241	-0.892776
	0.977349	0.900212	-0.946992
	2017		
Γεννήσεις	$\text{NO}$	$\text{NO}_2$	$\text{O}_3$
Θάνατοι	0.922382	0.797187	-0.859483
	0.974449	0.901138	-0.9466
	2018		
Γεννήσεις	$\text{NO}$	$\text{NO}_2$	$\text{O}_3$
Θάνατοι	0.929505	0.844179	-0.872991
	0.978851	0.934783	-0.912113
	2019		
Γεννήσεις	$\text{NO}$	$\text{NO}_2$	$\text{O}_3$
Θάνατοι	0.919524	0.798169	-0.92351
	0.971977	0.890172	-0.94004
	2020		
Γεννήσεις	$\text{NO}$	$\text{NO}_2$	$\text{O}_3$
Θάνατοι	0.899366	0.724418	-0.9673
	0.920696	0.849474	-0.9921

Παρατηρούμε ότι για όλα τα εξεταζόμενα έτη παρατηρείται μια θετική συσχέτιση μεταξύ γεννήσεων και του ατμοσφαιρικού ρύπου  $\text{NO}$ , με τιμές  $r$  που κυμαίνονται από 0,89 έως και 0,92. Αντίστοιχα, ισχυρή είναι και η συσχέτιση ρύπου και θανάτων με την τιμή του συντελεστή συσχέτισης να μη πέφτει κάτω από 0,97. Στην περίπτωση του  $\text{NO}_2$  και συγκριτικά με το  $\text{NO}$ , παρατηρούμε μικρότερες τιμές του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ γεννήσεων και ρύπου (0,72-0,84). Η συσχέτιση θανάτων και  $\text{NO}_2$  παρουσιάζεται θετική με υψηλές τιμές συντελεστή συσχέτισης που κυμαίνονται στο εύρος 0,84-0,93. Η εικόνα είναι αισθητά διαφορετική για το όζον το οποίο παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση τόσο με τις γεννήσεις όσο και με τους θανάτους. Συγκεκριμένα οι τιμές  $r$  για τις γεννήσεις κυμαίνεται από -0,96 έως και -0,85, και αντίστοιχα για τους θανάτους από -0,99 έως και -0,91.



Σχήμα 2: Χωρική κατανομή γεννήσεων/θανάτων ανά Π.Ε. και συγκεντρώσεων  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$  (2016-2020).

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.