



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ –
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Διπλωματική Εργασία

Χαρτογραφική Απόδοση της Ηχορύπανσης, ως απόρροια του
κυκλοφοριακού φόρτου σε γειτονιά του Δ. Αθηναίων.

ΗΛΙΑΣ Κ. ΓΚΙΟΚΑΣ

Επιβλέπουσα: Μαρία Παπαδοπούλου, Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2023

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, στο τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών-Μηχανικών Γεωπληροφορικής.

Ξεκίνησε υπό την καθοδήγηση του αειμνήστου Γεωργίου Ν. Φώτη και συνεχίστηκε υπό την καθοδήγηση της αξιότιμης καθηγήτριας Παπαδοπούλου Μαρίας, του τομέα Γεωγραφίας και Περιφερειακού Σχεδιασμού Ε.Μ.Π την οποία και ευχαριστώ θερμά για τις συμβουλές, την βοήθεια, τον χρόνο της και την κατανόησή της. Ευχαριστώ θερμά και τον υποψήφιο διδάκτωρ Παναγιώτη Κολιώτη για την βοήθειά του, την καθοδήγησή του, την θετική του διάθεση και τον χρόνο που αφιέρωσε για την ομαλή εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης τους φίλους μου, τους κολλητούς μου που γνώρισα στο τμήμα αυτό και είναι όλοι σπουδαίοι! Όλα αυτά τα χρόνια με έκαναν καλύτερο άνθρωπο, ήταν δίπλα μου και στα εύκολα μα και στα δύσκολα. Ευχαριστώ λοιπόν, τον Κωνσταντίνο, τον Μανώλη, τον Πάυλο, τον Στράτο, τον Χαράλαμπο για τα όμορφα φοιτητικά χρόνια που περάσαμε ενωμένοι και για την φιλία τους μέχρι σήμερα. Ευχαριστώ θερμά ακόμη την πιο καλή μου φίλη Τριδα, για την πραγματική φιλία της, την στήριξή της και την πίστη της σε εμένα όταν κάποια πράγματα έμοιαζαν “βουνό”, τον Ιωάννη για την αμέριστη στήριξή του και τις συμβουλές του, καθώς και τον συνεργάτη και φίλο μου Αθανάσιο για όλη την εμπιστοσύνη, την γνώση και την φιλία του που μου χάρισε σχεδόν 6 χρόνια τώρα.

Χρωστάω τέλος, το πιο μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου, στους γονείς και στα αδέρφια οι οποίοι στήριξαν και στηρίζουν καθημερινά και με κάθε τρόπο την πορεία μου, τις σπουδές και όλη την ζωή μου και που σίγουρα χωρίς εκείνους δεν θα είχα καταφέρει ό,τι έχω καταφέρει έως και σήμερα καθώς και το αγαπημένο κατοικίδιό μου, το σκυλί μου, το οποίο όταν τα πράγματα δεν είναι ευχάριστα είναι πάντα εκεί για να μας ηρεμήσει όλους και να μας φτιάξει την διάθεση.

Και τώρα λοιπόν... . Κλείνει ένα σημαντικό κεφάλαιο.

Μα το ταξίδι της γνώσης συνεχίζεται!

Αθήνα, Μάρτιος 2023

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|--|-----------|
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ..... | 9 |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ..... | 9 |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ..... | 11 |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ | 12 |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ..... | 14 |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... | 17 |
| ABSTRACT..... | 19 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 21 |
| ΜΕΡΟΣ Α: ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΠΕΡΙ ΤΟΥ ΗΧΟΥ, ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ, ΤΗΣ ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ | 23 |
| Κεφάλαιο 1: Βασικά χαρακτηριστικά του Ήχου | 23 |
| 1. 1Η έννοια του ήχου..... | 23 |
| 1. 2 Ιδιότητες του ήχου | 23 |
| 1. 3 Κλίμακα ήχου Ντεσιμπέλ (db)..... | 24 |
| 1. 4 Κλίμακα Α-μέσο σύστημα στάθμισης..... | 24 |
| 1. 5 Ηχορύπανση εντός αστικών ιστών | 24 |
| Κεφάλαιο 2: Βασικά στοιχεία του Θορύβου..... | 25 |
| 2. 1Η έννοια του Θορύβου..... | 25 |
| 2. 2 Παράγοντες επικινδυνότητας του Θορύβου | 25 |
| 2. 3 Μέτρηση του Θορύβου-Ηχόμετρο | 26 |
| 2. 4 Πηγές Θορύβου..... | 26 |
| 2. 5 Ιστορική αναδρομή | 27 |
| 2. 6 Κυκλοφοριακός Θόρυβος | 28 |
| 2. 7 Πηγές κυκλοφοριακού θορύβου | 29 |
| Κεφάλαιο 3: Όρια έκθεσης στον θόρυβο (συστάσεις Π. Ο. Υ.)-Νομοθεσίες σε Ε. Ε και Ελλάδα | 30 |
| 3. 1 Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας | 30 |
| 3. 2 Ευρωπαϊκό πλάνο δράσης-όρια στην Ε. Ε..... | 31 |
| 3. 3 Εθνικά όρια | 33 |
| 3. 4 Κανονισμοί και νομοθεσίες που ισχύουν στον Ελλαδικό χώρο | 34 |
| 3. 5 Επιπτώσεις κυκλοφοριακού θορύβου στον άνθρωπο..... | 34 |

| | |
|--|-----------|
| 3. 5. 1 Διαταραχές στην ακοή | 34 |
| 3. 5. 2 Φυσιολογικές λειτουργίες | 35 |
| 3. 5. 3 Ψυχική ασθένεια | 35 |
| 3. 5. 4 Διαταραχές στον ύπνο..... | 35 |
| 3. 5. 5 Προβλήματα στην επικοινωνία..... | 36 |
| 3. 5. 6 Επιδόσεις..... | 36 |
| 3. 5. 7 Γενική όχληση, κοινωνική συμπεριφορά και ψυχολογία | 37 |
| 3. 5. 8 Οικονομική υποβάθμιση περιοχών και κοινωνική ανισότητα..... | 37 |
| 3. 6 Μέτρα αντιμετώπισης του θορύβου..... | 38 |
| 3.7: Το φαινόμενο της Ηχορύπανσης | 40 |
| Κεφάλαιο 4: Χαρτογράφηση του Θορύβου | 41 |
| 4.1 Γ. Π. Σ για τη χαρτογράφηση του θορύβου | 41 |
| 4. 2 Η ανάγκη για χαρτογράφηση του θορύβου | 42 |
| 4. 3 Ο ρόλος των Γ. Π. Σ. στην χαρτογράφηση του θορύβου | 42 |
| 4. 4 Λόγοι κατασκευής των χαρτών θορύβου..... | 43 |
| 4. 5 Χαρτογράφηση Ηχορύπανσης | 44 |
| Κεφάλαιο 5: Ανάλυση Διαδικασιών και Σταδίων των Μεθόδων Χωρικής Παρεμβολής..... | 53 |
| 5. 1: Εισαγωγή στην έννοια της χωρικής παρεμβολής | 53 |
| 5. 2 Μοντελοποίηση Χωρικών Στοιχείων | 54 |
| 5. 3 Η Χωρική Παρεμβολή και οι Κατηγορίες της..... | 54 |
| 5. 4 Μέθοδοι Τοπικών Εκτιμήσεων..... | 55 |
| 5. 5 Επιλογή των Σημείων | 55 |
| 5. 6 Ψηφιοποίηση..... | 56 |
| 5. 7 Γενικευμένες Μέθοδοι..... | 57 |
| 5. 8 Γεωστατιστικές Μέθοδοι | 57 |
| 5. 9 Μέθοδοι Παρεμβολής | 58 |
| 5. 9. 1 Αντίστροφη Σταθμισμένη Απόσταση – InverseDistanceWeighting (IDW) | 58 |
| 5. 9. 2 Χωρική Παρεμβολή KRIGING | 59 |
| 5. 9. 2. 1 Ordinary Kriging..... | 61 |
| 5. 9. 3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου IDW | 62 |
| 5. 9. 4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου Kriging | 62 |
| 5. 9. 5 Επιλογή Χωρικής Παρεμβολής – Δειγματοληψία..... | 62 |

| | |
|---|------------|
| ΜΕΡΟΣ Β: ΕΜΠΕΙΡΙΚΟ ΜΕΡΟΣ..... | 66 |
| Κεφάλαιο 6: Υλικά και Μέθοδοι | 66 |
| 6. 1 Περιοχή μελέτης | 66 |
| 6. 2 Βασικές ενέργειες εργασίας στο περιβάλλον Q-GIS | 71 |
| 6. 2. 1 Δημιουργία attributetable με τα σημεία δειγματοληψίας και τις τιμές. (ενδεικτικά παρακάτω) | 71 |
| 6. 2. 2 Σφάλματα στην Μέθοδο Kriging..... | 71 |
| 6. 2. 3: Κόμβοι και Φόρτος..... | 72 |
| 6. 3: Ανάλυση της περιοχής μελέτης | 74 |
| Κεφάλαιο 7: Αποτελέσματα Εργασιών | 76 |
| 7. 1 Στατιστικά αποτελέσματα παρατηρήσεων | 76 |
| 7.2 Λογαριθμικά αποτελέσματα και ανάλυση δεδομένων-παραμέτρων στις μεθόδους | 87 |
| 7. 3 Χάρτες Θορύβου..... | 89 |
| 7. 4. Γενική σύγκριση αποτελεσμάτων των μεθόδων παρεμβολής IDW- KRIGING..... | 120 |
| ΜΕΡΟΣ Γ: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ | 121 |
| Κεφάλαιο 8: Αντιμετώπιση της Ηχορύπανσης εντός αστικού πεδίου | 121 |
| 8. 1: Ανάγκη άμεσης αντιμετώπισης του φαινομένου | 121 |
| 8. 2: Στρατηγική της Πολιτείας και δράσεις..... | 121 |
| 8. 3: Παρεμβάσεις στο οδικό δίκτυο και περιμετρικά αυτού | 122 |
| 8. 3. 1: Ηχομονωτικό οδόστρωμα..... | 122 |
| 8. 3. 2: Παρεμβάσεις στα Ι. Χ οχήματα | 122 |
| 8. 3. 3: Κυκλοφοριακές ρυθμίσεις | 123 |
| 8. 4: Πολεοδομικές – αστικές παρεμβάσεις..... | 123 |
| 8. 4. 1: Φύτευση πράσινου και δέντρων | 123 |
| 8. 4. 2: Ηχομόνωση κτιρίων..... | 124 |
| 8. 4. 3: Ύψη κτιρίων και χρήσεις γης | 125 |
| 8. 5 Πολιτεία-Φορείς..... | 125 |
| ΕΠΙΛΟΓΟΣ..... | 126 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ | 127 |
| INTERPOLATIONS - SCREENSHOTS | 127 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ..... | 144 |

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 146

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

| | |
|---|----|
| Πίνακας 1: Έρευνα της επιτροπής υγείας με τον θόρυβο..... | 33 |
| Πίνακας 2: Πλήθος σημείων ανά χρήσης γης..... | 69 |
| Πίνακας 3: Οχήματα/ώρα σημαντικών κόμβων περιοχής μελέτης..... | 73 |
| Πίνακας 4: Συνολικοί μέσοι όροι τιμών δειγματοληψίας ανά ημέρα και ώρα (οι τιμές σε Ντεσιμπέλ)..... | 76 |
| Πίνακας 5: Μέσοι όροι, διάμεσοι, διακυμάνσεις, τυπικές αποκλίσεις μετρήσεων δειγματοληψίας..... | 87 |
| Πίνακας 6: Στατιστικά λογαριθμικών μετατροπών δεδομένων με εκτίμηση αξιοπιστίας του δείγματος..... | 88 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 1: Uni-Tut 353 Μετρητής ήχου | 26 |
| Εικόνα 2: Είδος θορύβου και ένταση σε Db | 27 |
| Εικόνα 3: Οριακές τιμές θορύβου κατά Π.Ο.Υ | 31 |
| Εικόνα 4: α) αποστάσεις υστέρησης , β) μονάδα υστέρησης διαχωρισμού της απόστασης , γ) ανοχή στην υστέρηση | 60 |
| Εικόνα 5: Πρότυπα Δειγματοληψίας | 63 |
| Εικόνα 6: Ίδια επεξεργασία | 71 |
| Εικόνα 7: Κόμβοι περιοχής μελέτης (Πηγή: www.data.gov.gr)..... | 73 |
| Εικόνα 8: Ηχομονωτικό οδόστρωμα (Πηγή: www.metropolitaninsulation.uk) | 122 |
| Εικόνα 9: Πράσινο αστικό τοπίο γειτονιάς (Πηγή: Athens Voice)..... | 124 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

| | |
|--|-----|
| Χάρτης 1: Περιοχή Μελέτης, Κλίμακα 1: 5. 000 | 66 |
| Χάρτης 2: Σημεία Δειγματοληψίας | 68 |
| Χάρτης 3: Χρήσεις Γης..... | 69 |
| Χάρτης 4: Δευτέρα 06:00-IDW..... | 90 |
| Χάρτης 5: Δευτέρα 06:00-KRIGING..... | 91 |
| Χάρτης 6: Δευτέρα 09:00-IDW..... | 92 |
| Χάρτης 7: Δευτέρα 09:00-KRIGING..... | 93 |
| Χάρτης 8: Δευτέρα 15:00-IDW..... | 94 |
| Χάρτης 9: Δευτέρα 15:00-KRIGING..... | 95 |
| Χάρτης 10:Δευτέρα 18:00-IDW..... | 96 |
| Χάρτης 11: Τετάρτη 18:00-KRIGING..... | 97 |
| Χάρτης 12: Δευτέρα 21:00-IDW..... | 98 |
| Χάρτης 13: Δευτέρα 21:00-KRIGING..... | 98 |
| Χάρτης 14: Τετάρτη 06:00-IDW..... | 100 |
| Χάρτης 15:Τετάρτη 06:00-KRIGING..... | 101 |
| Χάρτης 16:Τετάρτη09:00-IDW..... | 102 |
| Χάρτης 17:Τετάρτη 09:00-KRIGING..... | 103 |
| Χάρτης 18: Τετάρτη 15:00-IDW..... | 104 |
| Χάρτης 19: Τετάρτη 15:00-KRIGING..... | 105 |
| Χάρτης 20: Τετάρτη 18:00-IDW..... | 106 |
| Χάρτης 21: Τετάρτη 18:00-KRIGING..... | 107 |
| Χάρτης 22: Τετάρτη 21:00-IDW..... | 108 |
| Χάρτης 23: Τετάρτη 21:00-KRIGING..... | 109 |
| Χάρτης 24: Σάββατο 06:00-IDW..... | 110 |
| Χάρτης 25: Σάββατο 06:00-KRIGING..... | 110 |
| Χάρτης 26:Σάββατο09:00-IDW..... | 112 |

| | |
|---------------------------------------|-----|
| Χάρτης 27: Σάββατο 09:00-KRIGING..... | 113 |
| Χάρτης 28:Σάββατο15:00-IDW..... | 114 |
| Χάρτης 29: Σάββατο 15:00-KRIGING..... | 115 |
| Χάρτης 30: Σάββατο 18:00-IDW..... | 116 |
| Χάρτης 31:Σάββατο 18:00-KRIGING..... | 116 |
| Χάρτης 32:Σάββατο 21:00-IDW..... | 118 |
| Χάρτης 33:Σάββατο21:00-KRIGING..... | 118 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

| | |
|--|----|
| Διάγραμμα 1: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Δευτέρα 06: 00 | 77 |
| Διάγραμμα 2: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Δευτέρα 09: 00 | 77 |
| Διάγραμμα 3: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Δευτέρα 15: 00 | 78 |
| Διάγραμμα 4: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Δευτέρα 18: 00 | 78 |
| Διάγραμμα 5: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Δευτέρα 21: 00 | 79 |
| Διάγραμμα 6: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Τετάρτη 06: 00 | 79 |
| Διάγραμμα 7: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Τετάρτη 09: 00 | 80 |
| Διάγραμμα 8: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Τετάρτη 15: 00 | 80 |
| Διάγραμμα 9: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Τετάρτη 18: 00 | 81 |
| Διάγραμμα 10: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Τετάρτη 21: 00 | 81 |
| Διάγραμμα 11: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Σάββατο 06: 00 | 82 |
| Διάγραμμα 12: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Σάββατο 09: 00 | 82 |
| Διάγραμμα 13: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Σάββατο 15: 00 | 83 |
| Διάγραμμα 14: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Σάββατο 18: 00 | 83 |
| Διάγραμμα 15: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Σάββατο 21: 00 | 84 |
| Διάγραμμα 16: Διάγραμμα Διασποράς τιμών δειγματοληψίας τη Δευτέρα..... | 85 |
| Διάγραμμα 17: Διάγραμμα Διασποράς τιμών δειγματοληψίας την Τετάρτη | 85 |
| Διάγραμμα 18: Διάγραμμα Διασποράς τιμών δειγματοληψίας το Σάββατο | 86 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ

| | |
|--|-----|
| Εικόνα Παραρτήματος 1: IDW Δευτέρα 06: 00 | 127 |
| Εικόνα Παραρτήματος 2: IDW Δευτέρα 09: 00 | 127 |
| Εικόνα Παραρτήματος 3: IDW Δευτέρα 15: 00 | 128 |
| Εικόνα Παραρτήματος 4: IDW Δευτέρα 18: 00 | 128 |
| Εικόνα Παραρτήματος 5: IDW Δευτέρα 21: 00 | 129 |
| Εικόνα Παραρτήματος 6: IDW Τετάρτη 06: 00 | 129 |
| Εικόνα Παραρτήματος 7: IDW Τετάρτη 09: 00 | 130 |
| Εικόνα Παραρτήματος 8: IDW Τετάρτη 15: 00 | 130 |
| Εικόνα Παραρτήματος 9: IDW Τετάρτη 18: 00 | 131 |
| Εικόνα Παραρτήματος 10: IDW Τετάρτη 21: 00 | 131 |
| Εικόνα Παραρτήματος 11: IDW Σάββατο 06: 00 | 132 |
| Εικόνα Παραρτήματος 12: IDW Σάββατο 09: 00 | 132 |
| Εικόνα Παραρτήματος 13: IDW Σάββατο 15: 00 | 133 |
| Εικόνα Παραρτήματος 14: IDW Σάββατο 18: 00 | 133 |
| Εικόνα Παραρτήματος 15: IDW Σάββατο 21: 00 | 134 |
| Εικόνα Παραρτήματος 16: IDW Δευτέρα 06: 00 | 135 |
| Εικόνα Παραρτήματος 17: IDW Δευτέρα 09: 00 | 135 |
| Εικόνα Παραρτήματος 18: IDW Δευτέρα 15: 00 | 136 |
| Εικόνα Παραρτήματος 19: IDW Δευτέρα 18: 00 | 136 |
| Εικόνα Παραρτήματος 20: IDW Δευτέρα 21: 00 | 137 |
| Εικόνα Παραρτήματος 21: IDW Τετάρτη 06: 00 | 137 |
| Εικόνα Παραρτήματος 22: IDW Τετάρτη 09: 00 | 138 |
| Εικόνα Παραρτήματος 23: IDW Τετάρτη 15: 00 | 138 |
| Εικόνα Παραρτήματος 24: IDW Τετάρτη 18: 00 | 139 |
| Εικόνα Παραρτήματος 25: IDW Σάββατο 06: 00 | 139 |
| Εικόνα Παραρτήματος 26: IDW Σάββατο 09: 00 | 140 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα Παραρτήματος 27: IDW Σάββατο 15: 00 | 141 |
| Εικόνα Παραρτήματος 28: IDW Σάββατο 18: 00 | 141 |
| Εικόνα Παραρτήματος 29: IDW Σάββατο 21: 00 | 142 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ

| | |
|--|-----|
| Πίνακας Παραρτήματος 1: Attribute table | 144 |
| Πίνακας Παραρτήματος 2: Πίνακας στατιστικών αναλύσεων..... | 145 |

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι η χαρτογραφική απόδοση της ηχορύπανσης η οποία προκαλείται από τον κυκλοφοριακό θόρυβο σε γειτονιά του Δήμου Αθηναίων χωρικά και χρονικά, Η οδική κυκλοφορία αποτελεί την κύρια και μόνιμη πηγή θορύβου σε κάθε αστικό ιστό. Προς την κατεύθυνση της ανάλυσης της επίδρασης του θορύβου στο χώρο και στο χρόνο, κρίνεται απαραίτητη η χαρτογράφηση του θορύβου. Για τον παραπάνω λόγο, λοιπόν, δημιουργήθηκαν χάρτες θορύβου σε περιβάλλον Q-GIS, αφού χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά δεδομένα και τεχνικές παρεμβολής. Έτσι παρήχθησαν αξιόπιστοι χάρτες θορύβου σε σύντομο χρονικό διάστημα. Τέλος, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις χρήσεις γης της περιοχής μελέτης και συμπεράθηκε η σχέση μεταξύ του επιπέδου του θορύβου και της απόστασης από το κύριο οδικό δίκτυο. Μετά το πέρας της όλης έρευνας για την υλοποίηση της παρούσας εργασίας, συμπεραίνεται πως οι χάρτες θορύβου είναι αναγκαίοι ώστε οι αρμόδιες αρχές και οι πολίτες να λαμβάνουν μέτρα άμβλυνσης του φαινομένου μέσα από συγκεκριμένες παρεμβάσεις και συνήθειες καθώς και να λαμβάνονται πολιτικές στα πλαίσια προστασίας του περιβάλλοντος.

Λέξεις-κλειδιά: IDW-KRIGING Μέθοδοι Χωρικής Παρεμβολής, Ηχορύπανση, Χαρτογράφηση θορύβου

ABSTRACT

The purpose of this diploma thesis is to quantify the temporal and spatial dynamics of noise pollution caused by traffic noise in a specific neighborhood of the Municipality of Athens. Road traffic is the main and permanent source of noise in any urban fabric. To analyze the impact of noise in space and time, noise mapping is deemed necessary. For the above reason, therefore, noise maps were constructed in a Q-GIS environment, after using real data and interpolation techniques. Thus reliable noise maps were produced in a short time. Finally, the results were compared with the land uses of the study area and the relationship between the noise level and the distance from the main road network was concluded. After the end of all the research for the implementation of this work, it is concluded that noise maps are necessary in order to inform the local authorities and citizens as well as to make decisions for the protection of the environment.

Key words: IDW-KRIGING Interpolation, Noise Pollution, Noise Mapping

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ηχορύπανση αποτελεί ένα διογκούμενο ζήτημα σε όλη την Ευρώπη και πολλοί άνθρωποι ενδέχεται να μην έχουν επίγνωση των επιπτώσεων που μπορεί να έχει στην υγεία τους, στην οικονομία και στην κοινωνία γενικότερα. Φυσικά, η χώρα μας δεν θα μπορούσε να αποτελέσει εξαίρεση και ιδιαίτερα οι βασικές μεγάλες πόλεις (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα). Σύμφωνα με πολυετείς έρευνες, είναι πλέον αναμφισβήτητη η έκθεση των ανθρώπων των πόλεων αυτών σε επίπεδα θορύβου σχεδόν υπερδιπλάσια των ορίων εκείνων που έχουν θεσπιστεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας. Ακόμη σημαντικότερο στατιστικό στοιχείο, είναι πως σχεδόν ένα 35-40% των πολιτών στις μεγαλουπόλεις, εκτίθεται σε επίπεδα θορύβου της μορφής Ντεσιμπέλ άνω των 70dB, νούμερο το οποίο όπως θα αναλυθεί εκτενώς στην παρούσα εργασία αποτελεί οριακή τιμή για δυσμενείς επιπτώσεις στον άνθρωπο.

Στο πρόβλημα αυτό συντελεί το γεγονός πως οι πολίτες της χώρας μας βρίσκονται στην ευρωπαϊκή τριάδα με τα περισσότερα αυτοκίνητα στην κατοχή τους.

Στόχος της εργασίας είναι αρχικά να κατανοηθεί πλήρως η έννοια του θορύβου και του ήχου, ο τρόπος με τον οποίο επιδρούν στο κοινωνικό περιβάλλον και μέσα από ακριβή δειγματοληπτική μέθοδο δεδομένων θορύβου να παραχθούν χάρτες θορύβου σε περιβάλλον Q-GIS με δύο διαφορετικές μεθόδους χωρικής παρεμβολής.

Στην συνέχεια θα μελετηθούν και θα αναλυθούν τα συμπεράσματα των χαρτών και θα γίνουν συγκεκριμένες παρεμβάσεις-προτάσεις για την άμβλυνση των αρνητικών παρατηρήσεων που τυχόν θα προκύψουν.

Όσων αφορά κάποια βασικά ερωτήματα για την διεκπεραίωση της έρευνας, αυτά ήταν:

- Πώς και γιατί ο κυκλοφοριακός θόρυβος επηρεάζει την καθημερινότητα του ανθρώπου;
- Ποιοι είναι οι λόγοι και οι παράγοντες αυτής της όχλησης;
- Τι συμπεράσματα μπορούμε να αντλήσουμε από την μελέτη της περιοχής μας;
- Πόσο αποτελεσματική δύναται να είναι η μελέτη του θορύβου σε μια γειτονιά και η παραγωγή χαρτών θορύβου;
- Οι χάρτες είναι αρκετοί;
- Το αποτέλεσμα αποτελεί παροχή σε ποιους και πόσους πολίτες;

ΜΕΡΟΣ Α: ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΠΕΡΙ ΤΟΥ ΗΧΟΥ, ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ, ΤΗΣ ΗΧΟΥΠΙΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ

Κεφάλαιο 1: Βασικά χαρακτηριστικά του Ήχου

1. 1 Η έννοια του ήχου

Με τον όρο 'ήχος', περιγράφουμε την ενέργεια εκείνη η οποία προκαλείται από κάποιο σώμα όταν τεθεί σε αλλαγή της κινητικής του κατάστασης ή σε κρούση ή τριβή.

Επίσης είναι και κάθε μορφής παλμικές δονήσεις οι οποίες μεταδίδονται κυματικά μέσω του ατμοσφαιρικού αέρα ή κάποιου ελαστικού μέσου (υγρό, αέριο, στερεό) προς όλες τις κατευθύνσεις ερεθίζοντας τον ακουστικό μηχανισμό των έμβιων όντων (αίσθηση της ακοής). [Hendricks R. (1998), Abdurrahman G. (2009)]

Στην επιστήμη της Φυσικής ορίζεται ως ένα ταχέως μεταβαλλόμενο διαμήκες κύμα πίεσης που διαδίδεται σε ένα υλικό μέσο και περιγράφεται από την εξίσωση:

$$[y=y_0\eta\mu(\omega t-kx)] \quad (1)$$

όπου $\omega=2\pi\nu$ rad/sec, η γωνιακή ταχύτητα

$\nu=1/T$ (s^{-1}) και $k=2\pi/\lambda$ (m^{-1})

λ η απόσταση που διανύει το κύμα σε μια περίοδο T

Σημείωση: Ο ήχος δεν διαδίδεται στο κενό!

1. 2 Ιδιότητες του ήχου

- **Ανάκλαση:** όταν οι ήχοι-δονήσεις δύο σωμάτων δεν είναι στην ίδια συχνότητα, η επιφάνεια που συναντάει το κύμα του ήχου δεν είναι συμπαγής, ανελαστική, ομοιόμορφη ή και τα δύο)
- **Απορρόφηση:** όταν τα σώματα-αντικείμενα εξαιτίας της υλικής δομής τους απορροφούν την ηχητική ενέργεια, συνήθως τα πορώδη καθώς ο ήχος 'παγιδεύεται' στους μικρούς πόρους και μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια εξαιτίας της ταλάντωσης των μορίων.
- **Διάχυση:** πρόκειται για υποκατηγορία της ανάκλασης, συνήθως όταν τα ηχητικά κύματα συναντούν τραχιές ή με περίεργες κατανομές χώρου επιφάνειες με συνέπεια να διασπώνται σε ασθενέστερα και να ξεφεύγουν στον χώρο

- **Διάθλαση:** παρατηρείται όταν έχουμε αλλαγή του μέσου διάδοσης του ηχητικού κύματος, συνεπώς και αλλαγή της ταχύτητας διάδοσής του.
- **Παρεμβολή:** το φαινόμενο κατά το οποίο έχουμε δύο ίδια κύματα τα οποία έρχονται σε επαφή με ίδια ταχύτητα, ίδιο πλάτος, στο ίδιο μέσο μα με αντίθετες κατευθύνσεις.

1. 3 Κλίμακα ήχου Ντεσιμπέλ (db)

Αρχικά για να οριοθετήσουμε και να αντιλαμβανόμαστε επιστημονικά την έννοια του ήχου χρειάζεται να γνωρίζουμε τα χαρακτηριστικά του, που δεν είναι άλλα από την ένταση, το είδος και την συχνότητά του. Γι' αυτόν τον λόγο λοιπόν, η επιστημονική κοινότητα όρισε ως μονάδα μέτρησης και ποιοτικής καταγραφής των ήχων την κλίμακα Ντεσιμπέλ. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για μία λογαριθμική μονάδα που εκφράζει τον βαθμό της ηχητικής πίεσης με παράμετρο την τιμή των 20 micro Pascal (μPa) η οποία είναι η τιμή της ελάχιστης πίεσης που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο αυτί. Γενικά ισχύει ότι $20.000.000\mu Pa = 120\text{ Db}$, [Εκθεση Βαφείδου Ε. Δρίβας Σ. Γκινάλας Γ.]

Το ανώτερο επίπεδο ηχητικής πίεσης που δύναται να αντιληφθεί χωρίς ενόχληση ένα αυτί αγγίζει τα όρια του 200N/m^2 και συνεπώς βάση αυτών των δεδομένων προκύπτει πως κάθε ήχος έχει πρακτικά ως αρχική αφετηρία τα 20dB και ως ανώτερο όριο ενόχλησης τα 130-140dB. [Wanget.N al.,(1979)], [Wadsworth R.,(1983)], [Liu D, Roberts H.,(1999)]

1. 4 Κλίμακα Α-μέσο σύστημα στάθμισης

Η κλίμακα Α είναι σύστημα ανάλυσης και προσέγγισης της έντασης των ήχων. Τα πιο πολλά όργανα καταγραφής και μέτρησης ήχων χρησιμοποιούν στα λογισμικά τους την προσέγγιση αυτή η οποία έχει ως εύρος συχνοτήτων τα 20-20.000 Hz, πρακτικά όμως αναλύει πολύ αποτελεσματικά τις μέσες και συνήθεις συχνότητες μεταξύ 400-5000 Hz. Ουσιαστικά πρόκειται για την ακριβέστερη συνάρτηση προσέγγισης της έντασης των ήχων με βάση την μέση ικανότητα ακοής του ανθρώπου.

1. 5 Ηχορύπανση εντός αστικών ιστών

Με τον όρο 'Ηχορύπανση' αναφέρουμε κάθε υπερβολικό και ενοχλητικό θόρυβο ο οποίος διαταράσσει την ομαλή δραστηριότητα και λειτουργία των ανθρώπων και των ζώων. Προκαλείται από τα έμβια όντα και τα παράγωγα της τεχνολογικής ανάπτυξης του ανθρώπου. Στις πόλεις συνήθως πρόκειται για θορύβους εξαιτίας των μέσων μεταφοράς και των δραστηριοτήτων εργασίας των ανθρώπων.

Κεφάλαιο 2: Βασικά στοιχεία του Θορύβου

2. 1 Η έννοια του Θορύβου

Ως Θόρυβος ορίζεται κάθε δυσάρεστος, ενοχλητικός ή επιβλαβής ήχος. [Hendricks R.(1998), Abdurrahman G. (2009)]. Ο ήχος αυτός έχει τα ίδια χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 1. 1 και 1. 2. Εμφανίζεται πέρα από την ανθρώπινη δραστηριότητα και στα φυσικά φαινόμενα (πχ βροντή). Όσων αφορά τον άνθρωπο όμως, ένας ήχος μπορεί για κάποιον να αποτελεί θόρυβο ενώ για κάποιον άλλο να μην αποτελεί (υποκειμενική φύση).

2. 2 Παράγοντες επικινδυνότητας του Θορύβου

Τρεις είναι οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την επικινδυνότητα του θορύβου.

- Η στάθμη ηχητικής πίεσης, (dB)
- Η συχνότητα (ύψος ήχου), (Hz)
- Η διάρκεια της έκθεσης, (t)

Ο θόρυβος σαν έννοια περιγράφεται και αυτός με βάση τρεις παραμέτρους.

Την ένταση, δηλαδή την ενέργεια του ηχητικού κύματος ανά μονάδα χρόνου. Όσο πιο πυκνό είναι το εύρος των κυμάτων τόσο πιο μεγάλη είναι η ένταση του ήχου. Η ένταση ουσιαστικά συνδέεται με την στάθμη της ηχητικής πίεσης (L_p) και ισχύει η γενική εξίσωση:

$$[L_{ip}=20 \log P/P_0] \text{ dB} \quad (2)$$

με P_0 την ηχητική πίεση αναφοράς, ενώ γενικά ισχύει και ο κανόνας πως όταν έχουμε αύξηση κατά 10 dB στην ένταση του ήχου, τότε έχουμε διπλασιασμό της τιμής.

Την συχνότητα, δηλαδή τις μεταβολές της ηχητικής πίεσης ανά μονάδα χρόνου (L_{pa})

Το χρονικό ιστορικό, αφού οι ήχοι παρουσιάζουν διακυμάνσεις ανά μονάδα χρόνου και γι' αυτό χρησιμοποιείται η ισοδύναμη στάθμη ηχητικής πίεσης L_{eq} με την παραδοχή πως ο ήχος που μελετάται μοιράζεται σε ίσα ηχητικά φορτία στο σύστημα που υπάρχει.

Με βάση αυτές τις παραμέτρους γίνεται αντιληπτό εύκολα πως ένας συνεχής ήχος είναι πιο ενοχλητικός από έναν στιγμιαίο ή μη συνεχή αφού το ακουστικό σύστημα του ανθρώπου έχει χρόνο να επουλωθεί.

2.3 Μέτρηση του Θορύβου-Ηχόμετρο

Οι μετρήσεις θορύβου σε ακαδημαϊκές εργασίες, περιβαλλοντικές μελέτες ή ελέγχους σε χώρους εργασίας και ενδιαφέροντος γίνονται με την βοήθεια ειδικών συσκευών, των ηχόμετρων. Πρόκειται για όργανα σχεδιασμένα να ανταποκρίνονται στον ήχο με βάση την κλίμακα A δηλαδή σχεδόν όπως θα ανταποκρινόταν ένας ακουστικός μηχανισμός ενός μέσου ανθρώπου.

Κάθε ηχόμετρο διαθέτει:

- Μικρόφωνο
- Μονάδα επεξεργασίας
- Μονάδα απεικόνισης αποτελεσμάτων των μετρήσεων

Το μικρόφωνο μετατρέπει το ηχητικό κύμα σε ηλεκτρικό, η επεξεργασία γίνεται από το αντίστοιχο σταθμιστικό κύκλωμα (ηλεκτρονικό κύκλωμα που η ευαισθησία του μεταβάλλεται όπως ενός αυτιού) και τέλος η απεικόνιση με μορφή ακεραίου νούμερου της έντασης του ήχου σε dB.



Εικόνα 1: Uni-TUT353 Μετρητής Ήχου

Το συγκεκριμένο ηχόμετρο είναι ίδιο με αυτό που χρησιμοποιήθηκε στην εκπόνηση της εργασίας και παρουσιάζει δυνατότητες μέτρησης ηχητικών κυμάτων με πίεση από 0 έως 130 dB.

(Δανείστηκε από την σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών από το τμήμα Ηχοτεχνίας)

2.4 Πηγές Θορύβου

Οι θόρυβοι σε ένα εξωτερικό περιβάλλον μπορούν να είναι διαφόρων ειδών και να προέρχονται από ποικίλες δραστηριότητες, είτε φυσικές, είτε τεχνητές. Όσον αφορά τα αστικά περιβάλλοντα που μελετώνται στην παρούσα εργασία, οι θόρυβοι προέρχονται κατά το σχεδόν απόλυτο ποσοστό τους από την ανθρώπινη δραστηριότητα και την τεχνολογική ανάπτυξη.

Οι αστικοί λοιπόν θόρυβοι δύναται να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, τον βιομηχανικό θόρυβο, τον θόρυβο εξαιτίας των μέσων μεταφοράς καθώς και τον λοιπό αστικό θόρυβο στον οποίο συμπεριλαμβάνεται ο θόρυβος από διάφορων τύπων εργασίες και την όχληση που προκύπτει από την εστίαση και των χώρων αναψυχής.

Επιπρόσθετα, οι αστικοί θόρυβοι μπορούν να κατηγοριοποιηθούν και με βάση ακόμη τρεις κατηγορίες:

- τις σημειακές (τρυπάνι, πριόνι, κομπρεσέρ,)
- τις επιφανειακές (χώροι εργασίας, λαϊκές αγορές, παιδικές χαρές)
- τις γραμμικές (αυτοκινητόδρομοι, αεροδιάδρομοι, σιδηρόδρομοι)

[Πηγή: Καραμέρος Ν. (2011)]

Ενδεικτικά ακολουθεί εικόνα με τιμές θορύβου σε dB σε κάποιες στοιχειώδεις και καθημερινές δραστηριότητες-λειτουργίες.

| ΕΙΔΟΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗ ΣΕ DB | |
|--|----------------|
| Είδος ήχου | decibel |
| Κανονική αναπνοή | 10 |
| Θρόισμα φύλλων στο αεράκι (αύρα) | 20 |
| Ήσυχη βιβλιοθήκη, Ψίθυρος | 30 |
| Συνθισμένη ομιλία, Γραφείο ήσυχου, Συνήθης κίνηση στο σπίτι | 40 |
| Κίνηση δρόμου από απόσταση, Ψυγείο, Εστιατόριο ήσυχου, Ήπια κυκλοφορία | 50 |
| Κλιματιστικό από τα 6m, Συναμιλία | 60 |
| Πυκνή κυκλοφορία δρόμου, Θορυβώδεις εστιατόριο (συνεχής έκθεση) | 70 |
| Υπόγειος, Κίνηση δρόμου σε ώρες αιχμής, Θόρυβος εργασίας, Οικιακή συσκευή, Κουδούνισμα τηλεφώνου | 80 |
| Δρόμος με φορτηγά, Θορυβώδεις οικιακές συσκευές, Μηχανή που κουρεύει γρασίδι, Καταράκτες του Νιαγάρα στην βάση | 90 |
| Αλυσσοπριονο, Κομπρεσέρ, Πέρασμα Jet αεροπλάνου, Πυκνή κυκλοφορία αυτοκινήτων | 100 |
| Ροκ συναυλία μπροστά στα μεγάφωνα, Εκπυροσκόπηση όπλου, ήχοι τυμπάνου | 120 |
| Κοντινός πυροβολισμός, Απαγείωση Jet | 140 |
| Απαγείωση διαστημόπλοιου | 180 |

Εικόνα 2: Είδος θορύβου και ένταση σε dB (Πηγή:www.wordpress.com)

2. 5 Ιστορική αναδρομή

Χιλιάδες χρόνια πριν, οι άνθρωποι είχαν αντιληφθεί την έννοια του θορύβου. Για παράδειγμα στην αρχαία Ελλάδα και στην Νότια Ιταλία οι τεχνίτες του χαλκού και του σιδήρου απαγορεύονταν να έχουν τα εργαστήριά τους στο κέντρο των οικισμών. Έως και οι άμαξες, στην μεσαιωνική Ευρώπη είχαν απαγορευτεί την νύχτα καθώς οι οπλισμοί των αλόγων και των μουλαριών προκαλούσαν όχληση στους ανθρώπους.

Προφανώς όμως, στο σύγχρονο αστικό περιβάλλον, οι θόρυβοι είναι πιο έντονοι και πιο ενοχλητικοί κυρίως εξαιτίας της ραγδαίας τεχνολογικής ανάπτυξης.

Κατά τον Schafer (1969), στις πρωτόγονες κοινωνίες οι φυσικοί ήχοι αποτελούσαν ένα 69% του ηχοτοπίου, οι ανθρώπινοι ήχοι το 26% και το υπόλοιπο 5% από την χρήση εργαλείων. Αντίθετα στις κοινωνίες του 1960 και εντός αστικού περιβάλλοντος οι φυσικοί ήχοι είχαν μειωθεί στο φοβερό 6%, οι ανθρώπινοι ήχοι στο 30%, ενώ το υπόλοιπο 64% αφορούσε ήχους εξαιτίας των μεταφορών ή των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

2. 6 Κυκλοφοριακός Θόρυβος

Με τον όρο ‘κυκλοφοριακός θόρυβος’, νοείται κάθε επιβλαβής, ανεπιθύμητος ή πάνω από τα όρια που έχουν θεσπιστεί, θόρυβος, στις αστικές και περιαστικές περιοχές, ο οποίος παράγεται από τις ανθρώπινες κυκλοφοριακές δραστηριότητες.

Πρόκειται για θορύβους εξαιτίας των μεταφορικών υποδομών:

- οδικών (αυτοκίνητα, ταξί, λεωφορεία, φορτηγά, μηχανές κλπ.)
- αεροπορικών (αεροπλάνα και ελικόπτερα)
- σιδηροδρομικών (τρένα)
- ναυτιλιακών (πλοία)

Όσων αφορά τους οδικούς θορύβους σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν ο όγκος του κυκλοφοριακού φόρτου στο δίκτυο ανά ημέρα και ώρα, καθώς επίσης και άλλοι παράγοντες με βάση την γεωγραφία και την γενική κατάσταση του οδικού δικτύου. (Σκαρλάτος Δ. 1987)

Πιο συγκεκριμένα ο οδικός θόρυβος μπορεί να εξαρτηθεί από:

- το ανάγλυφο της περιοχής
- την θερμοκρασία, την υγρασία του αέρα ως μέσου διάδοσης
- το είδος και το πλήθος των οχημάτων
- το ύψος των κτηρίων της περιοχής
- το είδος των καταστημάτων λιανικού εμπορίου
- την ύπαρξη βιομηχανιών στην περιοχή
- την κλίση και την ύπαρξη πρασίνου
- την ομαλή λειτουργία των φωτεινών σηματοδοτών
- την επάρκεια των πινακίδων τροχαίας
- την παιδεία των πολιτών

2. 7 Πηγές κυκλοφοριακού θορύβου

- θόρυβος από τα οχήματα (λειτουργία κινητήρα, κόρνες, εξάτμιση κλπ.)
- θόρυβος εξαιτίας της τριβής (ελαστικά)
- γενικός θόρυβος (εξαιτίας λοιπών εργασιών συντήρησης του οδοστρώματος διάφορων τεχνικών έργων υποδομής)

Κεφάλαιο 3: Όρια έκθεσης στον θόρυβο (συστάσεις Π. Ο. Υ.)-Νομοθεσίες σε Ε. Ε και Ελλάδα

3.1 Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

Το 1999 ο Π. Ο. Υ εξέδωσε τις οδηγίες για τα νέα προσαρμοσμένα όρια του περιβαλλοντικού θορύβου στα νέα κοινωνικά δεδομένα. Οι οριακές τιμές αυτές, αποτελούν το βασικό πρότυπο και πυλώνα για τα όρια κάθε χώρας και συμβαδίζουν με πολύ μικρές διαφοροποιήσεις ανάλογα τις δραστηριότητες και την φύση της χώρας.

Χωρίζονται πάλι σε τρεις βασικούς άξονες: τα όρια θορύβου στο οδικό, στο σιδηροδρομικό και στο αεροπορικό δίκτυο, ενώ τα τελευταία χρόνια έχει προστεθεί και ο θόρυβος εξαιτίας των πράσινων τεχνολογιών και ιδιαίτερα των ανεμογεννητριών.

Στο οδικό δίκτυο συνιστά τα μέσα επίπεδα του θορύβου να είναι κάτω των 53 dB την ημέρα και κάτω των 45 dB κατά την διάρκεια της νύχτας, καθώς τόσο κρίθηκε από τους επιστήμονες ότι είναι το όριο για να μην έχουν οι άνθρωποι προβλήματα στον ύπνο τους.

Στο σιδηροδρομικό δίκτυο συνιστά ομοίως κατά την διάρκεια της ημέρας τα μέσα επίπεδα του θορύβου να είναι κάτω των 55 dB ενώ την νύχτα κάτω των 46 dB.

Στο αεροπορικό δίκτυο συνιστά γενικώς επίπεδα θορύβου που φθάνουν στο έδαφος τα 40-45 dB και αυτό είναι λογικό αν σκεφτεί κανείς την απόσταση και την αρχική όχληση ενός αεροπλάνου που κυμαίνεται μεταξύ 100-130 dB στον αέρα.

Τέλος όσων αφορά τις ανεμογεννήτριες συνιστά και εδώ επίπεδα θορύβου στην περιοχή κάτω των 45 dB καθόλη την διάρκεια του 24ώρου.

Στην εικόνα 3 που ακολουθεί παρουσιάζονται κάποιες οριακές τιμές του θορύβου σε διαφορετικά περιβάλλοντα τις οποίες θέσπισε ο Π. Ο. Υ και αποτελούν πρότυπο για τις χώρες.

| <i>Συγκεκριμένο περιβάλλον</i> | <i>Κρίσιμες επιπτώσεις στην υγεία</i> | L_{Aeq} dB(A) | L_{Amax} dB(A) |
|--|--|--------------------|---------------------|
| Εξωτερικό περιβάλλον | Σοβαρή ενόχληση, κατά τη διάρκεια της ημέρας και το απόγευμα | 55 | |
| | Μέτρια ενόχληση, κατά τη διάρκεια της ημέρας και το απόγευμα | 50 | |
| Εσωτερικά υπνοδωμάτια | Ενόχληση ύπνου κατά τη διάρκεια της νύχτας | 30 | 45 |
| Εξωτερικά υπνοδωμάτια | Ενόχληση ύπνου με ανοικτό παράθυρο (εξωτερικές τιμές) | 45 | 60 |
| Σχολείο, εξωτερικός χώρος παιγνιδιού | Ενόχληση (εξωτερική πηγή) | 55 | |
| Σχολικές αίθουσες | Κατανόηση της ομιλίας, διαταραχή στην εξαγωγή πληροφορίας, επικοινωνία του μηνύματος | 35 | |
| Βιομηχανία, εμπορικές χρήσεις, μαγαζιά και περιοχές με κυκλοφοριακή κίνηση, εσωτερικά και εξωτερικά | Προβλήματα ακοής | 70 | 110 |
| Δημόσιες διευθύνσεις, εσωτερικά και εξωτερικά | Προβλήματα ακοής | 85 | 110 |
| Εξωτερικοί χώροι: πάρκα και περιοχές συζήτησης | Διαταραχή της ομιλίας | #1 | |
| Νοσοκομεία, εσωτερικά | Διαταραχή ύπνου | 30 | 40 |

Εικόνα 3: Οριακές τιμές θορύβου κατά Π. Ο. Υ.

3. 2 Ευρωπαϊκό πλάνο δράσης-όρια στην Ε. Ε

Ένας από τους πολλούς στόχους, τους οποίους έθεσε η Ευρωπαϊκή Ένωση τις πρώτες δύο δεκαετίες της ουσιαστικής ύπαρξής της, ήταν η προστασία του περιβάλλοντος και των πολιτών της από την ραγδαίως αυξανόμενη παραγωγή θορύβων στο αστικό και στο μη αστικό τοπίο. Αυτό προέκυψε από την σημαντική αύξηση της παραγωγής, των νέων τεχνολογιών που απαιτούσαν ηλεκτρικό ρεύμα για να λειτουργήσουν και εξέπεμπαν θορύβους κατά την λειτουργία τους. Ειδικότερα, όσων αφορά τον κυκλοφοριακό θόρυβο, οφείλεται κυρίως της αύξησης της κίνησης των ιδιωτικών οχημάτων στους δρόμους και γενικότερα στην ολοένα αυξανόμενη ανάγκη μετακινήσεων των ανθρώπων για λόγους εργασίας, ψυχαγωγίας στις μεγαλουπόλεις των μεγάλων αποστάσεων.

Για τον λόγο αυτό η Ειδική Επιτροπή Θορύβων της Ε. Ε αντιμετώπισε τον θόρυβο στο περιβάλλον ως ένα από τα κυριότερα περιβαλλοντικά προβλήματα με συνέπεια να θεσπιστεί μια γενική κατεύθυνση στην πολιτική της Ε. Ε, η λεγόμενη «Πράσινη Βίβλος».

Στην οδηγία αυτή, διατυπώθηκε η ανάγκη τα κράτη μέλη να κάνουν σοβαρές μελέτες για την μείωση εκπομπών θορύβων, να συγκρίνουν δεδομένα και να τα αξιολογούν με σύγχρονες μεθόδους καθώς επίσης να γίνονται χαρτογραφήσεις του θορύβου αρχικά στις μεγαλουπόλεις και έπειτα σε κάθε κοινότητα, με τις Αρχές να αξιολογούν αυτούς τους χάρτες και να παρεμβαίνουν όπου είναι δυνατό.

Κρίθηκε πολύ σοβαρό επίσης, να καθοριστούν κάποιες ‘οριακές τιμές’ στα όρια του κυκλοφοριακού και γενικότερα του αστικού θορύβου οι οποίες δεν θα επηρεάζουν την ομαλή βιωσιμότητα των ανθρώπων όπως για παράδειγμα ο δείκτης L_{den} (γενική όχληση) και ο δείκτης L_{night} (εκτίμηση διαταραχής ύπνου).

Στην Βίβλο λοιπόν [European Commission, “Future Noise Policy”, Green Paper, (1996)] προτάθηκαν τα κάτωθι:

- η θέσπιση ειδικών επιτροπών με στόχο την ανταλλαγή πληροφοριών για την αντιμετώπιση του προβλήματος
- η παροχή κονδυλίων για ασφαλτοστρώσεις σε προβληματικούς αυτοκινητοδρόμους ώστε να μειωθεί η εκπομπή θορύβων εξαιτίας της τριβής και της επαφής οδοστρώματος και λάστιχων
- η παροχή κονδυλίων στις κατασκευαστικές εταιρίες αεροσκαφών για μελέτη και ειδική έρευνα για ανάπτυξη νέων τεχνολογιών με χαμηλότερες εκπομπές θορύβων
- η θέσπιση ορίων θορύβου μηχανημάτων και κατασκευαστικών μέσων καθώς και μελέτη χρονικών ορίων για τις διαδικασίες αυτές κατά την διάρκεια της ημέρας
- η ειδική μελέτη και έρευνα από ιατρικά εργαστήρια για τα προβλήματα στην ακουστική και ψυχολογική επιβάρυνση των ανθρώπων σε συνδυασμό με τα όρια στις τιμές των επιτρεπτών οχλήσεων

Πίνακας 1: Έρευνα της επιτροπής υγείας σχετικά με τον θόρυβο

| Ανώτερη έκθεση σε dB | Μέγιστη διάρκεια έκθεσης (t) |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| 80 | 8h/day |
| 86 | 2h/day |
| 89 | 1h/day |
| 92 | 30min/day |
| 95 | 15min/day |
| 100 | 5min/day |

Γενικά όρια στην Ε. Ε (σε εξωτερικό χώρο)

45dB: όριο θορύβου σε εξωτερικό χώρο χωρίς έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα

50dB: όριο θορύβων σε περιοχές με πολύ μικρή ανθρώπινη δραστηριότητα

55dB: όριο θορύβων σε περιοχές με ισομερή συνύπαρξη βιομηχανικού και αστικού τοπίου

60dB: όριο θορύβου σε περιοχές όπου η βιομηχανική δραστηριότητα είναι η επικρατέστερη

65dB: όριο θορύβου σε περιοχές με έντονη μεταφορική, κυκλοφοριακή και βιομηχανική δραστηριότητα

70dB: όριο θορύβου για νομοθετημένες βιομηχανικές περιοχές

80dB: όριο επικινδυνότητας εάν πρόκειται για συνεχή κατάσταση εκπομπής

3. 3 Εθνικά όρια

Η εθνική νομοθεσία για τα όρια εκπομπών θορύβου στην Ελλάδα προέρχεται από το άρθρο 14 του νόμου 1650/86 σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος καθώς και από το προεδρικό διάταγμα με αριθμό 1180/1981. Στο τελευταίο γίνεται ειδική αναφορά για τον χρόνο εκπομπής του θορύβου. Γενικά συμβαδίζουν με τις οδηγίες της Ε. Ε και αναφέρονται ενδεικτικά παρακάτω:

Νομοθετημένες Βιομηχανικές Περιοχές: 70 dB

Περιοχές όπου η κύρια χρήση γης είναι η βιομηχανική: 65 dB

Περιοχές όπου επικρατεί εξίσου το βιομηχανικό και το αστικό στοιχείο: 55 dB

Περιοχές όπου επικρατεί το αστικό στοιχείο: 50 dB

3. 4 Κανονισμοί και νομοθεσίες που ισχύουν στον Ελλαδικό χώρο

Για τους αερολιμένες: Νόμος «2002/30/ΕΚ», σύμφωνα με τον οποίο η χωροθέτηση των αεροδρομίων οφείλεται να γίνεται με ακριβή μελέτη της περιοχής. Πιο συγκεκριμένα να γίνεται σε περιοχές μη κατοικημένες και σε απόσταση τουλάχιστον 5 km από οργανωμένους οικισμούς ώστε να αμβλύνονται οι δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων.

Για τον γενικό περιβαλλοντικό θόρυβο: «Νόμος 2002/49/ΕΚ» στον οποίο περιγράφεται η ανάγκη αξιολόγησης και συνεχούς διαχείρισης του θορύβου καθώς και η ανάπτυξη τεχνολογιών και μέτρων με τα οποία αυτός θα περιορίζεται. Βασικός πυλώνας της οδηγίας είναι η δημιουργία χαρτών θορύβου σε περιοχές με νέες μεταβολές θορύβου εξαιτίας αλλαγών στις χρήσεις γης και στις συνθήκες των ανθρώπων.

Για την προστασία του περιβάλλοντος: «Νόμος 1650/86», άρθρο 14 του Προεδρικού Διατάγματος, στον οποίο καθορίζονται τα ανώτερα όρια εκπομπής θορύβου και δονήσεων, τα όρια του φόρτου σε αντιθορυβικές ζώνες (κατά μήκος συγκεκριμένων οδικών αρτηριών, χώρων κίνησης λεωφορείων, λιμάνια, αρχαιολογικούς χώρους, μουσεία και χώρους με ιστορία, ζώνες κατοικιών, περιοχές με κέντρα υγείας-νοσοκομεία, κέντρα εκπαίδευσης κλπ.)

3. 5 Επιπτώσεις κυκλοφοριακού θορύβου στον άνθρωπο

3. 5. 1 Διαταραχές στην ακοή

Οι διαταραχές στην ακοή συνεπάγονται την μείωση των κατώτατων ορίων ακοής. Ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται την πολύωρη έκθεσή του σε υψηλά επίπεδα θορύβου κατά την ακρόασή του να συνοδεύεται από εμβοές, δηλαδή βουητό στα αυτιά. Τα προβλήματα της ακοής τα οποία προέρχονται από τον κυκλοφοριακό θόρυβο, παρουσιάζονται κυρίως στην υψηλότερη περιοχή συχνοτήτων από 3000Hz μέχρι 4000Hz. Όσο αυξάνεται ο χρόνος έκθεσης στο θόρυβο, για παράδειγμα σε 8 ώρες, οι συχνότητες ενδέχεται να προκαλέσουν προβλήματα ακόμα και σε συχνότητες 2000 Hz. Ουσιαστικά μία ενδεχόμενη έκθεση σε υψηλές μονάδες θορύβου δύναται να επηρεάσει την ακοή του ανθρώπου και να προκαλέσει ανεπανόρθωτες βλάβες. Η βλάβη στην ακοή δεν προκαλείται μόνο παρουσία θορύβου εντάσεων 75 dB(A) που είναι τα όρια ή μεγαλύτερες όμως σίγουρα τα μεγέθη πίεσης δεν πρέπει να

υπερβαίνουν τα 120dB(A) για τα παιδιά και τα 140 dB(A) για τους ενήλικες, διότι τότε υπάρχει πιθανότητα μέχρι και απώλειας της ακοής. [Μαραγκός, (2005)]

3. 5. 2 Φυσιολογικές λειτουργίες

Η έκθεση στο θόρυβο εργαζομένων, μαθητών ή γενικότερα πολιτών που τυχαίνει να ζουν κοντά σε αεροδρόμια, βιομηχανίες ή και θορυβώδεις με μεγάλη κίνηση δρόμους, μπορεί να προκαλέσει προσωρινή ή ακόμη και ανεπανόρθωτη επίδραση στις φυσιολογικές σωματικές λειτουργίες τους. Μόνιμες επιβλαβείς συνέπειες σε ευπαθή ή ηλικιωμένα άτομα μετά από χρόνια έκθεση σε υψηλά επίπεδα όχλησης μπορεί να είναι η υπέρταση και διάφορες καρδιακές νόσοι. Στα νεαρά άτομα μία τέτοια έκθεση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση αυξημένης αρτηριακής πίεσης ή υπέρτασης. Έρευνα έχει συμπεράνει ότι η μακροχρόνια έκθεση στον θόρυβο από την οδική κυκλοφορία σε καθημερινή συχνότητα βάση με τιμές ισοδύναμης ηχητικής στάθμης 65-70 dB (A) επιδρά αρνητικά στο καρδιαγγειακό σύστημα του ανθρώπου. Οι επιπτώσεις στις φυσιολογικές και σωματικές-ψυχολογικές λειτουργίες του ατόμου εξαρτώνται σίγουρα από τα χαρακτηριστικά του ατόμου, το ιατρικό ιστορικό του ακόμη και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι ενδείξεις της αρνητικής επίδρασης του θορύβου στις φυσιολογικές λειτουργίες του ατόμου είναι σημαντικές διότι όλο και περισσότεροι άνθρωποι επηρεάζονται από αυτόν [Berglund B. et al (1999)].

3. 5. 3 Ψυχική ασθένεια

Η ψυχική ασθένεια δεν συνδέεται επιστημονικά με τον κυκλοφοριακό θόρυβο και τα αποτελέσματα των ερευνών δεν έχουν δείξει μία ξεκάθαρη συσχέτισή τους. Αυτό που έχει παρατηρηθεί όμως, είναι η ανάπτυξη νεύρωσης, άγχους και αρνητικών συναισθημάτων στο άτομο ιδίως στον εργασιακό χώρο, τα οποία ίσως μετέπειτα δρουν στον ψυχολογικό κόσμο του κυρίως εξαιτίας της έκθεσης σε υψηλά επίπεδα περιβαλλοντικής και αστικής όχλησης. [Berglund B. et al (1999)].

3. 5. 4 Διαταραχές στον ύπνο

Η διαταραχή του ύπνου αποτελεί παράγοντα διατάραξης της πνευματικής και σωματικής λειτουργίας των ανθρώπων με **πρωτογενείς επιπτώσεις** όπως είναι: Η δυσκολία στον ύπνο, με αφυπνίσεις, αλλαγές σταδίων του ύπνου (βάθος), αυξημένη κίνηση του σώματος, η αύξηση της πίεσης του αίματος, ο αυξημένος καρδιακός παλμός, η καρδιακή αρρυθμία, οι αλλαγές στον τρόπο αναπνοής καθώς και μεταβολικές διαταραχές, και **δευτερογενείς επιπτώσεις** όπως είναι: η αυξημένη κόπωση και η μειωμένη απόδοση, η καταθλιπτική διάθεση, η νευρική κατάσταση, το αίσθημα του άγχους και η αυξημένη ευερεθιστικότητα.

Για τον ύπνο μιας καλής νύχτας, το επίπεδο του ήχου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 30 dB (A) για συνεχιζόμενο θόρυβο του περιβάλλοντος διότι έστω και μεμονωμένα γεγονότα του θορύβου που να υπερβαίνουν τα 45 dB (A) προκαλούν αφυπνίσεις. Ο θόρυβος που δεν είναι συνεχόμενος και έχει διαλείποντα χαρακτήρα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην διαμόρφωση και καθορισμό των ορίων του θορύβου τις νυχτερινές ώρες και αυτό επιτυγχάνεται λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των γεγονότων θορύβου, το επίπεδο της στάθμης του θορύβου και την απόκλιση του επιπέδου αυτού από την μέγιστη στάθμη ηχητικής πίεσης. Η εύρεση των πηγών του θορύβου εκτός του θορύβου του υποβάθρου μπορεί να εξηγήσει τον ανήσυχο ύπνο και ειδικότερα εάν οι συνιστώσες του θορύβου είναι χαμηλής συχνότητας σύμφωνα με τις εκθέσεις των παρακάτω: [Ingold K., Köpfli M. (2009), Berglund B. et al (1999), Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (1996), Liu D. , Roberts H. ,(1999)].

3. 5. 5 Προβλήματα στην επικοινωνία

Τα επίπεδα του θορύβου στους δρόμους, στα μπαλκόνια των κτηρίων, στις αυλές των σπιτιών, στις εταιρίες και στους χώρους εργασίας οι οποίοι βρίσκονται κοντά σε μεγάλους αυτοκινητοδρόμους αποτελούν σημαντικό πρόβλημα στην επικοινωνία των ανθρώπων. Τα μεγέθη των ηχητικών ρύπων αγγίζουν τα 65dB και συχνά υπερκαλύπτουν τα ηχητικά κύματα της ομιλίας των ανθρώπων ενώ παράλληλα μπερδεύεται η ακουστική τους ικανότητα με τον συνδυασμό διαφορετικών τύπων ηχητικών πηγών. Η μέση ομιλία του ανθρώπου αγγίζει τα 45-55dB συνεπώς για να καταστεί άνετη η επικοινωνία, οι υπόλοιποι ήχοι θα πρέπει να είναι κάτω από αυτόν τον αριθμό. Από αυτό το πρόβλημα προκύπτουν και άλλα, όπως η λανθασμένη κατανόηση των λεγομένων των ανθρώπων, οι παρερμηνείες του ύφους και της αξίας της συζήτησης και οι άνθρωποι οδηγούνται συχνά σε διαμάχες οι οποίες δεν θα υπήρχαν εάν η συζήτηση γινόταν κάτω από ομαλές ηχητικά συνθήκες. Οι ηλικιωμένοι ή οι άνθρωποι με προβλήματα ακοής τους, τα μικρά παιδιά και οι τουρίστες είναι οι πρώτες κατηγορίες ανθρώπων που πλήττονται στην επικοινωνία εξαιτίας του θορύβου. [Berglund B, et al(1999), επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (1996)]

3. 5. 6 Επιδόσεις

Η έκθεση των ανθρώπων σε υπέρμετρα επίπεδα θορύβου δύναται να αποτελέσει εμπόδιο και στην διαδικασία μάθησης (σχολεία, φροντιστήρια κλπ.) όπως επίσης και στην διαδικασία εργασίας-παραγωγής έργου. Ο θόρυβος όπως αναφέραμε και παραπάνω επηρεάζει την αρτηριακή πίεση, προσδίδει άγχος και κουράζει τους ανθρώπους. Σαν αποτέλεσμα αυτών, προκύπτουν λάθη στην εργασία, ατυχήματα και αδυναμίες στο εκπαιδευτικό έργο. [Berglund B. Et al (1999), Liu D., Roberts H., (1999)].

3. 5. 7 Γενική όχληση, κοινωνική συμπεριφορά και ψυχολογία

Μία ακόμη επίπτωση του θορύβου είναι η ενόχληση εξαιτίας του θορύβου της οδικής κυκλοφορίας η οποία σίγουρα διαφέρει από άτομο σε άτομο όσο και στο ίδιο το άτομο σε διαφορετικές στιγμές της ζωής του αφού σχετίζεται με την ηλικία, την υγεία, την εκπαίδευση και τις προτιμήσεις του. Συνεπώς εξαιτίας αυτής της υποκειμενικής φύσης μόνο ο ίδιος ο άνθρωπος δύναται να τονίσει τους παράγοντές της. Η ενόχληση στο άτομο δεν διαφέρει μόνο από τα χαρακτηριστικά του θορύβου και της πηγής του αλλά και από άλλους μη ακουστικούς παράγοντες που αφορούν την οικονομική, κοινωνική και ψυχολογική κατάσταση του ατόμου. Οι ψυχολογικές επιδράσεις του θορύβου αναφέρονται σε προβλήματα όπως είναι η αίσθηση της δυσφορίας, του άγχους, της υποβαθμισμένης ψυχαγωγίας, της ενόχλησης, της δυσκολίας για επικοινωνία και της αδυναμίας για συγκέντρωση. Οι κοινωνικές επιδράσεις του θορύβου επίσης περιγράφουν αύξηση κακοποιητικών και παραβατικών συμπεριφορών. Σύμφωνα με έρευνες του 1975, 1977, 1978 [Cohen S., Spacapan S. (1984)] προέκυψε ότι στους ανθρώπους σε θορυβώδεις περιοχές λείπει ή είναι μειωμένη η διάθεση για εξυπηρετικότητα και προσφορά βοήθειας σε σύγκριση με τους ανθρώπους που ζουν σε πιο ήσυχες περιοχές.

3. 5. 8 Οικονομική υποβάθμιση περιοχών και κοινωνική ανισότητα

Σε πολλές πόλεις παρατηρείται το φαινόμενο ορισμένες περιοχές ή υποπεριοχές τους να παρακμάζουν - υποβαθμίζονται οικονομικά και κοινωνικοπολιτικά. Αυτό μπορεί να συμβεί με την αδιαφορία των τοπικών αρχών για την ανάπτυξη των χώρων εμπορίου και εργασίας αλλά μπορεί να συμβεί και με άλλο τρόπο που μας αφορά στην παρούσα μελέτη και φυσικά γίνεται λόγος για την υποβάθμιση γειτονιών εξαιτίας σημαντικών οχλήσεων θορύβου. Όσον αφορά ειδικά το κέντρο της Αθήνας, με τον τεράστιο όγκο καταστημάτων, διερχόμενων οχημάτων (ιδιωτικών είτε ΜΜΜ), μετακινήσεων των ανθρώπων για λόγους εργασίας ή ψυχαγωγίας, σε συνδυασμό με την παντελή έλλειψη πρασίνου και τα υψηλά κτήρια, τα επίπεδα των οχλήσεων εξαιτίας θορύβου ξεπερνούν τα όρια και κάνει την καθημερινή διαβίωση των ανθρώπων εξαιρετικά δύσκολη σε κάθε επίπεδο, είτε ψυχοσωματικό είτε λειτουργικό. Κατά συνέπεια, τέτοιες γειτονιές είναι ακατάλληλες για τους εύπορους συμπολίτες και αναπόφευκτα προτιμώνται από τους λιγότερο ευκατάστατους καθώς μειώνονται οι τιμές(προσφορά και ζήτηση), γεγονός που επηρεάζει αλυσιδωτά την οικονομική αξία των κτηρίων και γενικότερα την αξία της περιοχής, την ποιότητα των καταστημάτων και του ενδιαφέροντος αναβάθμισης από τις τοπικές αρχές. Η οικονομική ανισότητα εντείνεται και συνεπώς αναφέρεται πως η ηχορύπανση αποτελεί και ένα κοινωνικό περιβαλλοντικό πρόβλημα [Ingold K., Köpfli M. (2009), Berglund B. et al (1999), <http://www.acoustics.gr/info.html>].

3. 6 Μέτρα αντιμετώπισης του θορύβου

Τα μέτρα για την αντιμετώπιση του θορύβου διακρίνονται σε τρεις γενικές κατηγορίες που είναι η αναβάθμιση των υποδομών, η συμπεριφορά των ανθρώπων-οδηγών και η παιδεία-εκπαίδευσή τους από την Πολιτεία. Αρχικά, στο θέμα των υποδομών κρίνεται αναγκαία η μείωση του φόρτου των αυτοκινητοδρόμων με την ακριβή και ουσιαστικά αποτελεσματική χρήση των φωτεινών σηματοδοτών, ή την δημιουργία νέων κατευθυντήριων δρόμων-οδηγών που θα αποφορτίσουν συγκεκριμένα κομμάτια του δικτύου. Τα ΜΜΜ πρέπει να εκσυγχρονιστούν ώστε να προτιμώνται από μεγαλύτερο κομμάτι των πολιτών ενώ στην ίδια κατεύθυνση θα χρησιμεύσουν και οι νέοι σταθμοί του Μετρό. Επιπροσθέτως, οι τεχνικές παρεμβάσεις μπορούν να περιλαμβάνουν και αντικατάσταση της ασφαλτόστρωσης ή την τοποθέτηση διαχωριστικών ηχοπετασμάτων στα μέσα κεντρικών οδικών αξόνων(σε αυτοκινητοδρόμους όπως η Αττική Οδός, όχι εντός πόλης).

Στην ίδια κατεύθυνση, οι ίδιοι οι πολίτες οφείλουν να συμπεριφέρονται ομαλά και πολιτισμένα, αποφεύγοντας για παράδειγμα την άσκοπη χρήση της κόρνας ως μέσο έκφρασης θυμού και οδικής αγανάκτησης, να προτιμούν τα ΜΜΜ για μικρές αποστάσεις και να φροντίζουν την εκπομπή ηχητικών κυμάτων του αυτοκινήτου τους αποφεύγοντας θορυβώδεις εξατμίσεις και διάφορων μέσων «εντυπωσιασμού».

Τέλος, η Πολιτεία οφείλει να θεσπίσει μηχανισμούς ελέγχου των κυκλοφοριακών θορύβων, να ενημερώνει και να εκπαιδεύει τους επαγγελματίες οδηγούς σχετικά με την οδική συμπεριφορά τους και από την μικρή ηλικία των παιδιών στα σχολεία, να γίνεται αναφορά στο πρόβλημα της ηχορύπανσης.

Από το 1996 η Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων έχει προτείνει μέσα για την μείωση του θορύβου. Τα μέσα αυτά είναι:

- Πρότυπα εκπομπών ήχου: Καθορισμός των οριακών τιμών θορύβου από τις κυβερνήσεις που επιτρέπει σε θορυβογόνες πηγές να δημιουργούν επίπεδα οχλήσεων σύμφωνα με κάποια προτύπα εκπομπής θορύβου.
- Πρότυπα εκπεμπόμενου ήχου: Τα πρότυπα για τον εκπεμπόμενο ήχο διαμορφώνονται με βάση την έκθεση στον θόρυβο και τις επιπτώσεις στον άνθρωπο δηλαδή με βάση κριτήρια ποιότητας ήχου σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα.
- Πολεοδομικά μέτρα: Τα μέτρα αυτά είναι χρήσιμα στην αποφυγή εμφάνισης νέων προβλημάτων και απαραίτητα κατά την φάση της πρόληψης. Η καταπολέμηση του θορύβου μέσω της πολεοδομίας περιλαμβάνει μέτρα και περιορισμούς όπως είναι χαρακτηριστικά ο περιορισμός εκείνης της χρήσης γης που ήδη υφίσταται έκθεση σε υψηλές στάθμες θορύβου και ο περιορισμός της χωροθέτησης νέων θορυβογόνων πηγών (π. χ. μεταφορικοί άξονες ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις), έτσι ώστε να προστατεύονται και να διατηρούνται οι υφιστάμενες καταστάσεις. Ακόμη με βάση την πολεοδομία θα πρέπει να ενθαρρύνεται η συγκέντρωση των θορυβογόνων

δραστηριοτήτων παρά η διασπορά τους στο χώρο ώστε με τον τρόπο αυτό να διαφυλάσσονται άλλες ολιγοθόρυβες περιοχές.

- Μέτρα υποδομής: Τα μέτρα αυτά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, στα μέτρα περιορισμού κατά την μετάδοση του ήχου (π.χ προστασία των κτιρίων με ηχομόνωση, ηχοπετάσματα) και στα μέτρα μείωσης του ήχου στην πηγή (π.χ αντικατάσταση του οδοστρώματος και προώθηση χαμηλοθόρυβων επιφανειών).
- Οικονομικά μέτρα: Ύπαρξη οικονομικών κινήτρων για την ανάπτυξη και παραγωγή χαμηλοθόρυβων προϊόντων, φόροι και τέλη για τις εκπομπές θορύβου και οικονομική αποζημίωση των εκτεθειμένων.
- Λειτουργικές διαδικασίες: Καθορισμός των ορίων ταχύτητας σε ευαίσθητες περιοχές γύρω από οδούς και σιδηροδρομικές γραμμές και κατά την διάρκεια των χρονικών περιόδων κοινής ησυχίας.
- Έρευνα και ανάπτυξη: Η μελέτη και επιστημονική έρευνα γύρω από τον περιβαλλοντικό θόρυβο, τις επιπτώσεις του, τις μεθόδους καταπολέμησής του στοχεύει στην μείωση του προβλήματος. Η οικονομική στήριξη έργων σε πιλοτικό επίπεδο είναι χρήσιμη για την προβολή των πλεονεκτημάτων των προτεινόμενων μέτρων, των τεχνικών, πολεοδομικών και άλλων με στόχο τη μείωση της έκθεσης των πολιτών στον θόρυβο.
- Ενημέρωση και εκπαίδευση: Η εκπαίδευση και ενημέρωση των πολιτών μέσω δραστηριοτήτων είναι σημαντική διότι μπορεί να συντελέσει σε ένα βαθμό στην αλλαγή της συμπεριφοράς των πολιτών ως απόρροια της μεγαλύτερης υπακοής και συμμόρφωσης στη νομοθεσία και τους κανονισμούς. Επίσης μέσω της ενημέρωσης και της ενθάρρυνσης για την καταπολέμηση του θορύβου είναι δυνατόν να παρουσιαστεί αύξηση του ενδιαφέροντος και της ευαισθητοποίησης του ευρύτερου κοινού.
- Η μείωση του θορύβου μπορεί να εξασφαλιστεί στην πηγή ή/και κατά την μετάδοση ή/και στον δέκτη. Παραδειγματικά ο θόρυβος μπορεί να μειωθεί στην πηγή με την χρήση χαμηλοθόρυβων μηχανημάτων, κατά την μετάδοση με την τοποθέτηση εμποδίων-ηχοπετασμάτων είτε φυσικών, με την φύτευση πυκνής βλάστησης, είτε τεχνητών και στον δέκτη με την χρήση προστατευτικών του αυτιού, ακουστικών. [(Απόφαση Επιτροπής Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων COM -96, Βρυξέλλες, (04/11/1996)]

3.7: Το φαινόμενο της Ηχορύπανσης

Το πρόβλημα του αστικού θορύβου έχει αποκτήσει εδώ και δεκαετίες μεγάλες διαστάσεις. Οι πηγές θορύβου πολλαπλασιάζονται με γρήγορους ρυθμούς με αποτέλεσμα να πληθαίνουν οι περιοχές όπου ο θόρυβος αποτελεί μία σημαντική όχληση για τους πολίτες της. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις είναι οι χώροι εργασίας, τα αεροδρόμια, τα ΜΜΜ, οι κατοικίες, όπου η δυνατότητα ησυχίας κατά την διάρκεια της μέρας αλλά και το μεγαλύτερο διάστημα της νύχτας είναι μικρή καθώς και οι χώροι-κέντρα διασκέδασης οι οποίοι είναι εξαιρετικά θορυβώδεις. Είναι δύσκολο να θεσπιστούν ακριβή όρια θορύβου δεδομένης της υποκειμενικής φύσης της όχλησης εκάστου ατόμου. Επίσης, ανάλογα με την φύση του κάθε χώρου, η ανοχή του θορύβου είναι και διαφορετική. Ουσιαστικά οι κοινωνίες έχουν μάθει να ζουν με τον θόρυβο και αναπόφευκτα έχουν εξοικειωθεί. Σίγουρα υπάρχουν τα όρια από τους αρμόδιους φορείς τα οποία πρέπει να τηρούνται όμως η σχέση θορύβου-οχλήσεως δεν παύει να είναι μια στατιστική σχέση. Το πρόβλημα της ηχορύπανσης δεν θα μπορούσε να μην αποτελεί και πρόβλημα της Ευρώπης και της Ελλάδος.

Η τεχνολογική ανάπτυξη είναι τόσο ραγδαία και τόσο αναγκαία για την εξέλιξη των κοινωνιών, όμως έχει επιβαρύνει δραματικά όλων των φύσεων τους περιβαλλοντικούς ρύπους καθώς και συγκεκριμένα των ηχητικών που αφορούν την μελέτη αυτή [Arana M., Garcia A., (1998), αναφ. στο Ranjbar H. et al, (2012)].

Σε αυτούς τους ρύπους συντελούν οι αυξανόμενες ανάγκες μετακίνησης των ανθρώπων για λόγους εργασίας και εκπαίδευσης, η λειτουργία θορυβωδών μηχανών παραγωγής ακόμη και τα ψηλά κτήρια τα οποία παγιδεύουν τα ηχητικά κύματα στις πόλεις.

Με τις προοπτικές που υπάρχουν και την ανεπάρκεια των περιβαλλοντικών πολιτικών σε διεθνή και παγκόσμιο επίπεδο προβλέπεται πως τα ποσοστά των ανθρώπων που πλήττονται από την ηχορύπανση θα αυξάνεται διαρκώς τις επόμενες δεκαετίες [Χατζημπύρος, (2003)]. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει εκπονήσει έρευνες και έχει δώσει κατευθυντήριες γραμμές για την αντιμετώπιση του προβλήματος στις χώρες-μέλη της όμως οι περισσότερες –ανάμεσά τους και η Ελλάδα-, δυσκολεύονται να τις ακολουθήσουν και να τις εφαρμόσουν. Πιο συγκεκριμένα δεν υπάρχει μια σαφής εικόνα για τα μέτρα και την αντιμετώπιση του ζητήματος καθώς παρατηρείται ελλιπής γνώση πάνω στους χάρτες θορύβου και την αξία τους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην είναι ικανή η δράση των αρμόδιων φορέων αφού οι χώρες δεν εκθέτουν τα σχέδια δράσεων και τους χάρτες θορύβου σύμφωνα με τις οδηγίες.

Κεφάλαιο 4: Χαρτογράφηση του Θορύβου

4.1 Γ. Π. Σ για τη χαρτογράφηση του θορύβου

Με την συντομογραφία των αρχικών Γ.Π.Σ εννοούμε τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα τα οποία παρέχουν γεωγραφικής φύσεως πληροφορίες από τις βάσεις δεδομένων των φορέων. Αν συνδυάσουμε κάπως τα ιστορικά δεδομένα, ο άνθρωπος μελετούσε τον χώρο με συγκεκριμένα μοντέλα για χιλιάδες χρόνια. Τα απλά αυτά μοντέλα εκσυγχρονίστηκαν και με την βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών και συγκεκριμένων προγραμμάτων έκαναν την αξιοποίηση της πληροφορίας για έναν συγκεκριμένο σκοπό-στόχο πολύ εύκολη. Ο θόρυβος ως θεωρητική και ως ουσιαστική μετρήσιμη έννοια και πληροφορία, με την χωρική του κατανομή ταιριάζει στην έννοια των Γ.Π.Σ. Οι νέες μέθοδοι χαρτογράφησης με την βοήθεια των Γ.Π.Σ και της χωρικής ανάλυσης των δεδομένων με μαθηματικά μοντέλα και μεθόδους παρεμβολής παίζουν σημαντικό ρόλο και είναι πολύ χρήσιμες για την ανάπτυξη στην συγκεκριμένη περίπτωση χαρτών θορύβου, με υψηλής ακρίβειας πληροφορίες. Προφανώς, καθώς μιλάμε για πληροφορία που βρίσκεται στο διαδίκτυο, υπάρχει η δυνατότητα της real-time ενημέρωσης της πληροφορίας και των σύγχρονων καταστάσεων. Οι χάρτες που προκύπτουν μπορούν πολύ εύκολα να αναβαθμίζονται και να ανανεώνονται εξοικονομώντας πολύ χρόνο και κόπο από τις υπηρεσίες. Η έρευνα έχει διευκολυνθεί και η καθημερινότητα των πολιτών μπορεί να γίνει πολύ πιο εύκολη και βιώσιμη. Οι χάρτες που υπάρχουν σήμερα είναι σε δισδιάστατη μορφή σύμφωνα και με την οδηγία της Ε.Ε. Τα στάδια για την παραγωγή των χαρτών είναι δύο ουσιαστικά, το πρώτο είναι η συλλογή δεδομένων από την περιοχή που βρίσκεται προς χαρτογράφηση και το δεύτερο είναι η εφαρμογή μοντέλων πρόβλεψης μέσω σύγχρονων μεθόδων χωρικής παρεμβολής σε πλατφόρμες όπως το Q-GIS.

Ένας χάρτης θορύβου μπορεί να αποτελεί λύση για τον βαθμό επικινδυνότητάς του στην περιοχή καθώς διαφαίνονται και αξιολογούνται οι επιπτώσεις του. Κλείνοντας, η χρήση των Γ.Π.Σ και η τεχνολογία τους είναι πολύ σημαντικό εργαλείο για την μελέτη, την κατανόηση, την οπτική απεικόνιση και την αξιολόγηση ενός προβλήματος. Η χρήση τους αυξάνει την μελέτη και την ποιότητα των αποτελεσμάτων και ουσιαστικά οδηγεί τους αρμόδιους φορείς και τις αρμόδιες υπηρεσίες να λύσουν το εκάστοτε μελετώμενο πρόβλημα.

4.2 Η ανάγκη για χαρτογράφηση του θορύβου

Με βάση και όλα τα παραπάνω γίνεται ευκόλως αντιληπτή η σημασία χαρτογράφησης του θορύβου σε σημαντικές περιοχές και κόμβους οικονομικοκοινωνικής σημασίας, ώστε να αμβλυνθούν τυχούσες αδυναμίες και αρνητικές επιπτώσεις πρώτα στον άνθρωπο και έπειτα στην κοινωνία και τις παραμέτρους της (όπως η οικονομία). Οι βάσεις δεδομένων και τα Γ. Π. Σ διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην μελέτη της επίδρασης του θορύβου αφού με την βοήθεια αυτών παράγονται χάρτες οι οποίοι προβλέπουν ή αντικατοπτρίζουν την υφιστάμενη κατάσταση σχετικά με τα επίπεδα του θορύβου. Οι χάρτες αυτοί δύναται να χρησιμοποιηθούν για την χωροθέτηση σημαντικών κτηρίων όπως σχολεία, νοσοκομεία, μονάδες παραγωγής τα οποία αναπόφευκτα επιδρούν δυσμενώς στην όχληση του περιβάλλοντος εξαιτίας της αυξημένης κίνησης που προϋποθέτουν.

Ακόμη, είναι δυνατόν να εκτιμηθεί το ποσοστό των περιοχών που βρίσκονται στα ανώτερα επίπεδα έκθεσης στον θόρυβο και άρα να εκτιμηθεί και ενδεχομένως ένας προσεγγιστικός αριθμός ή ποσοστό ανθρώπων που η καθημερινή διαβίωσή τους επηρεάζεται από αυτήν την όχληση.

Φυσικά, οι χάρτες με πληροφορία θορύβου μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό στοιχείο μελέτης από τους τοπικούς φορείς ώστε να παρθούν μέτρα, να προταθούν λύσεις και να σχεδιαστούν τεχνικές μείωσης των εκπεμπόμενων ηχητικών οχλήσεων ανάλογα και με την υπόλοιπη χωρική πληροφορία της περιοχής (πχ ύπαρξη πρασίνου). Αυτό γίνεται πολύ εύκολα με την οπτικοποίηση των πληροφοριών και σίγουρα όταν η πληροφορία είναι οπτικοποιημένη τότε οι άνθρωποι την αντιλαμβάνονται αποτελεσματικότερα απ'ότι εκείνη να ήταν ακουστική.

4.3 Ο ρόλος των Γ. Π. Σ. στην χαρτογράφηση του θορύβου

Τα ΓΠΣ παρέχουν πληθώρα εργαλείων και αυτοματοποιημένων υπολογιστικών διαδικασιών για την αποθήκευση, την ανάκτηση, την πρόσθεση, την ενσωμάτωση, την μετατροπή και την εμφάνιση των χωρικών δεδομένων από την διαδικασία συλλογής τους (πεδίο λήψης δεδομένων) έως την ψηφιακή καταγραφή τους για πολλούς και διαφορετικούς στόχους. Τα ΓΠΣ αποτελούν σήμερα το κορυφαίο σύνολο εργαλείων και δεδομένων για την μελέτη και την καταγραφή πληροφοριών όπως ο θόρυβος και είναι πολύ σημαντικά στην μελέτη του φαινομένου της ηχορύπανσης.

Επειδή η πληροφορία που παρέχεται και επεξεργάζεται έχει τεράστιο όγκο δεν θα ήταν εύκολο να πραγματοποιηθεί από ανθρώπινο μόνο χέρι χωρίς την βοήθεια ψηφιακών και αυτοματοποιημένων εργαλείων. Επίσης είναι πολύ ευκολότερες οι μέθοδοι χωρικής παρεμβολής στον τομέα των προβλέψεων στα σημεία που τυχόν δεν υπάρχουν δεδομένα.

4. 4 Λόγοι κατασκευής των χαρτών θορύβου

Οι λόγοι κατασκευής των χαρτών θορύβου συνοψίζονται, με βάση τους Kurra S. και Dal L. , (2012) ως εξής:

- Έρευνα των επιπέδων των θεσπισμένων ορίων θορύβου
- Δημιουργία ζωνών θορύβου σε συσχέτιση θορύβου και περιοχών με το πρόβλημα
- Στατιστική πρόβλεψη του πληθυσμού που υπόκειται σε όχληση εξαιτίας του θορύβου
- Καθορισμός κριτηρίων στην κατασκευή νέου τύπου κτιρίων σε περιοχές με μεγάλη όχληση
- Μελέτη των πηγών θορύβου και των συνηθειών ή των δραστηριοτήτων που προκαλούν καθημερινό ή μη θόρυβο
- Σύγκριση των υπολογισμένων και μετρημένων τιμών θορύβου και έλεγχος των αποτελεσμάτων
- Λήψη μέτρων για την προστασία από τον θόρυβο και ανάλυση του οικονομικού κόστους
- Αξιολόγηση της απόδοσης ενός μέτρου από την σύγκριση διαχρονικών χαρτών
- Μελέτη και πρόβλεψη εναλλακτικών πολιτικών και παρεμβάσεων για την καταπολέμηση του περιβαλλοντικού θορύβου και αξιολόγηση της χρησιμότητάς τους
- Συγκέντρωση δεδομένων από τις έρευνες στο πεδίο και μερική τροποποίηση των επιτρεπόμενων ορίων θορύβου με εφαρμογή νέων κριτηρίων και κανονισμών
- Πληροφόρηση των ανθρώπων, μελών της κοινωνίας
- Προσπάθεια ποσοτικοποίησης και επί της αληθινής βάσης ανάλυση της οικονομικής απώλειας λόγω ηχορύπανσης και της μείωσης στην αξία των ακινήτων.
- Οπτικοποίηση της πληροφορίας του θορύβου με σκοπό την καλύτερη ενημέρωση των αρμόδιων αρχών
- Μελέτη της φυσικής υπόστασης της μελετώμενης περιοχής και των γεωγραφικών στοιχείων αυτής, ως συνάρτηση των μέτρων αντιμετώπισης για το φαινόμενο της ηχορύπανσης
- Καλύτερη κατανόηση των πηγών του προβλήματος (πχ βιομηχανίες ή αυξημένη κίνηση στους οδικούς άξονες)

4. 5 Χαρτογράφηση Ηχορύπανσης

Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία διάφορων εργασιών και ερευνών ανά τον κόσμο πάνω στο ίδιο θέμα, της χαρτογράφησης της ηχορύπανσης για μια περιοχή με σκοπό να γίνουν αποδεκτές κάποιες παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα διπλωματική εργασία οι οποίες προέκυψαν από σύγκριση και εκτενή ανάλυση με βάση την συγκεκριμένη περιοχή.

Παρακάτω λοιπόν γίνεται παράθεση διάφορων αξιόπιστων πειραματικών διαδικασιών και ερευνών ανά τον κόσμο με σκοπό την καλύτερη κατανόηση και προσαρμογή αυτών στην περιοχή που πραγματεύεται η παρούσα εργασία.

- **O Mohammed M. et al, (2011)** στη μελέτη του με θέμα «**Spatio-temporal patterns of road traffic noise pollution in Karachi, Pakistan**» ασχολήθηκε με τις χώρο-χρονικές διαφοροποιήσεις του θορύβου εξαιτίας της οδικής κυκλοφορίας. Η έρευνά του πραγματοποιήθηκε στο Karachi, Pakistan και τα αποτελέσματα αφορούν τα επίπεδα του θορύβου στην πόλη αυτή. Φυσικά τέτοιες περιοχές έχουν σημαντικό πρόβλημα με το φαινόμενο της ηχορύπανσης καθώς απουσιάζουν οι μελέτες και το ενδιαφέρον από τους κρατικούς φορείς εξαιτίας της έλλειψης κονδυλίων ως φτωχές κοινωνίες. Επίσης αξίζει να σημειωθεί πως εξαιτίας της οικονομικής αδυναμίας των κοινωνιών αυτών, ενδεχόμενες ρυπογόνες, επιβλαβείς και θορυβώδεις μονάδες παραγωγής βρίσκουν θέση από συγκεκριμένα συμφέροντα αφού εκμεταλλεύονται την ανάγκη για εργασία των κατοίκων, κάτι που γίνεται φυσικά με την ανοχή των επίσημων κρατικών φορέων.

Όσον αφορά στην συγκεκριμένη διατριβή, η δειγματοληψία έγινε σε 308 σημεία κυρίως σε κόμβους με μεγάλη κυκλοφορία, καθ'όλη την διάρκεια της ημέρας (πρωί, μεσημέρι, απόγευμα και βράδυ) με διαστήματα ανά κατηγορία των τριών περίπου ωρών. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε απόσταση περίπου 2 μέτρων από το οδόστρωμα και στην συνέχεια δημιούργησαν σε περιβάλλον GIS χάρτες θορύβου.

Υποστηρίζει την διατύπωση του Kinsler, [Kinsler E. Fundamentals of acoustics New York, (1982)], δηλαδή πως η ένταση του θορύβου είναι αντιστρόφως ανάλογης προς την απόσταση μεταξύ πηγής και παρατηρητή ενώ η μέθοδος παρεμβολής που χρησιμοποίησε ήταν η παρεμβολή αντίστροφης σταθμισμένης απόστασης IDW.

Η συγκεκριμένη εργασία του έδειξε την υφιστάμενη κατάσταση των εκπομπών θορύβου σε αναπτυσσόμενες κοινωνίες όπως το Πακιστάν. Παρότι οι τιμές ενδέχεται να μην είναι ακριβείς και ανάλογες με μια δυτικού τύπου κοινωνία εξαιτίας των διαφορετικών στοιχείων των κοινωνιών και των μέσων-συνθηκών, παράχθηκε ένα πρώτο καλό χαρτογραφικό δείγμα το οποίο

έγινε άξιο μελέτης και συζήτησης. Συσχέτισε επίσης τον φόρτο κυκλοφορίας με τα επίπεδα του θορύβου και όπως είναι αναμενόμενο τα αποτελέσματα έδειξαν πως σε δρόμους με έντονη συμφόρηση, τα επίπεδα θορύβου ήταν όντως πολύ αυξημένα.

Η μελέτη αυτή έγινε αφορμή για την δημοσιοποίηση και την ενημέρωση των πολιτών για το πρόβλημα της ηχορύπανσης στο Karachikαι εν συνεχεία σε όλη την χώρα του Πακιστάν.

- **O Koo S . et al, (2012)**στην εργασία με τίτλο **“Analysis of urban traffic noise for environmental noise assessment – Focused on Jinsu city, Korea South”** ανέλυσε τα χρόνια (2002-09) δεδομένα θορύβου για την πόλη Jinsu στην Ν. Κορέα σε μεγάλο τμήμα του οδικού δικτύου της πόλης. Είχε στόχο την συσχέτιση του θορύβου της περιοχής με τις χρήσεις γης. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι σε όλες τις ζώνες με χρήσεις γης εκτός από την βιομηχανική, υπερέβαιναν τα επιτρεπτά όρια θορύβου. Ακόμη, παρατήρησαν ότι τις βραδινές ώρες για τις ημέρες όπου έγινε δειγματοληψία ο θόρυβος αυξανόταν έντονα. Επιπρόσθετα, τονίζουν την χρησιμότητα του αστικού χάρτη θορύβου και την κατασκευή του σε ένα ΓΠΣ για την δημιουργία μέτρων μείωσης του αστικού κυκλοφοριακού θορύβου.

Η μελέτη αυτή ανέλυσε τα χαρακτηριστικά του περιβαλλοντικού θορύβου παρουσιάζοντας την αλλαγή στον θόρυβο σε σχέση με τις διάφορες ζώνες χρήσης γης και σε σχέση με τον χρόνο. Πιο αναλυτικά, επελέγησαν 5 περιοχές όπου πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις του ήχου οι οποίες αφορούν: περιοχή σχολείου, περιοχή νοσοκομείου, κατοικημένη περιοχή, εμπορική περιοχή και βιομηχανική περιοχή. Για κάθε σημείο δειγματοληψίας γινόταν λήψη 6 μετρήσεων, τεσσάρων από τις 6 π. μ. μέχρι τις 10 μ. μ. και δύο από τις 10 μ. μ. μέχρι τις 6 π. μ. με μεσοδιάστημα άνω των δύο ωρών και με τη διάρκεια της κάθε μέτρησης στα πέντε λεπτά. Το τελικό επίπεδο θορύβου διαμορφώθηκε από τον αριθμητικό μέσο των μετρούμενων τιμών ξεχωριστά για ημέρα και νύχτα. Οι μετρήσεις έγιναν από την πλευρά του οδικού δικτύου ενώ η χωρική παρεμβολή που χρησιμοποιήθηκε ήταν η μέθοδος Spline.

Στην περιοχή του κέντρου υγείας τα επίπεδα του θορύβου άγγιζαν τα 55 dBτην ημέρα και τα 50 dB την νύχτα. (παρατηρήθηκε υπέρβαση ορίων που είναι 50dB για την ημέρα και 40 dB αντιστοίχως για την νύχτα).

Υπέρβαση ορίων παρατηρήθηκε και στην υπόλοιπη περιοχή εκτός της βιομηχανικής. Επιπλέον παρατηρήθηκε σημαντικότερη όχληση στο κέντρο της πόλης και πολλά προβλήματα στους πολίτες όπως πχ κατά την διάρκεια του ύπνου.

Η μη υπέρβαση ορίων στις βιομηχανικές περιοχές εξηγήθηκε πολύ λογικά με το επιχείρημα πως οι βιομηχανίες αναγκάζονται να τηρούν τα όρια εκπεμπόμενου θορύβου καθώς υπάρχουν υψηλά πρόστιμα από την μη τήρησή τους. Τέλος, αυτό εξηγήθηκε και με το γεγονός πως οι βιομηχανικές περιοχές στην συγκεκριμένη πόλη βρίσκονται σε ικανή απόσταση από τις υπόλοιπες μαζικές δραστηριότητες, οπότε οι θόρυβοι δεν δρουν συνδυαστικά, κάτι που σε συνδυασμό με την ύπαρξη αρκετού πρασίνου στις γύρω περιοχές καθιστούν την εκπομπή θορύβων αρκετά δυσκολότερη από τα υπόλοιπα κομμάτια της πόλης.

- **Οι Geymen A. Και Bostanci B., (2012) στην μελέτη τους με τίτλο: “Production of GIS Aided Noise Maps” ερεύνησαν την Ηχορύπανση στην πόλη Kayseri, Turkey, με μεθόδους χωρικής παρεμβολής σε περιβάλλον GIS.**

Αρχικά έκαναν δειγματοληψία σε έναν αριθμό 50 σημείων γύρω από τους δρόμους εντός της Πανεπιστημιούπολης σε τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους, πρωί, μεσημέρι και απόγευμα, με διάστημα παρατηρήσεων για κάθε περίοδο τις 2 ώρες. (08: 00-10: 00, 12: 00-14: 00, 17: 00-19: 00) κατά τις 5 εργάσιμες ημέρες αφού η πρόσβαση δεν επιτρέπεται τα σαββατοκύριακα.

Η κάθε μέτρηση είχε διάρκεια περίπου 3-5 λεπτά και έβγαζαν τον μέσο όρο των μετρήσεων. Οι μετρήσεις έγιναν με την βοήθεια της χρήσης ηχομέτρου και εν συνεχεία παράχθηκαν οι χάρτες θορύβου με μεθόδους παρεμβολής με την βοήθεια του προγράμματος ArcGIS.

Στην συγκεκριμένη έρευνα οι μέθοδοι οι οποίες ακολουθήθηκαν είναι η IDW και η KRIGING ORDINARY.

Συμπέραναν πως ο θόρυβος ακόμη και εντός της πανεπιστημιούπολης, η οποία δεν παρουσιάζει τεράστιο φόρτο οχημάτων και κυκλοφορίας, αγγίζει ένα νούμερο οριακό της τάξεως των 60-70 dB. Παρατήρησαν επίσης αύξηση των επιπέδων του θορύβου κατά τις απογευματινές ώρες κάτι που εξηγήθηκε με την αποχώρηση του διδακτικού και μαθητικού προσωπικού με λεωφορεία και ιδιωτικά οχήματα, με την χρήση του χώρου για άθληση από το ευρύ κοινό καθώς επίσης και με την μεταφορά των φοιτητών από και προς τις λέσχες σίτισης και στέγασης σε ομάδες.

Τέλος στους χάρτες που παρήχθησαν ανέφεραν πως οι υψηλότερες τιμές οχλήσεων παρουσιάζονται στις πύλες εισόδου και εξόδου της Πανεπιστημιούπολης καθώς και στις στάσεις των λεωφορείων εντός αυτής.

- **O AlmaW., (2011) στην εργασία του με θέμα « GIS based Assessment of Noise Pollution in Guwahati city, Assam, India », προσπάθησε να εκτιμήσει τα επίπεδα θορύβου σε μία περιοχή μελέτης στην πόλη Guwahati της Ινδίας με την βοήθεια περιβάλλοντος GIS.**

Στην συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκε ηχώμετρο σε διαφορετικά σημεία και ζώνες της περιοχής ενδιαφέροντος κυρίως μέσω συσχέτισης με τις χρήσεις γης της περιοχής. Πιο συγκεκριμένα ελήφθησαν δεδομένα σε εμπορικές, αστικές περιοχές, σε δομές υγείας και εκπαίδευσης καθώς και κοντά σε κοινωνικές δομές πρόνοιας.

Ο μέσος αριθμός των αποτελεσμάτων βγήκε από έναν μέσο όρο μετρήσεων 20 λεπτών ξανά για τρεις χρονικές περιόδους της ημέρας και πάλι ανά διάστημα των περίπου δύο ωρών. (07: 00-09: 00, 12: 00-14: 00, 19: 00-21: 00). Οι συντεταγμένες των σημείων μέτρησης προέκυψαν με την χρήση GPS και το περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ArcGIS. Δημιουργήθηκαν ισοκαμπύλες θορύβου με την μέθοδο χωρικής παρεμβολής BASIC KRIGING.

Οι χάρτες που προέκυψαν έδειξαν οπτικά τις υποπεριοχές εκείνες με τις υψηλότερες τιμές θορύβου με βάση την κυκλοφοριακή κίνηση στους δρόμους της ευρύτερης περιοχής. Προσδιορίστηκαν, τα σημεία εκείνα με την μεγαλύτερη ηχορύπανση και τα αποτελέσματα που βρέθηκαν για την συγκεκριμένη πόλη δεν ήταν καθόλου καλά για την διαβίωση των πολιτών (εξαιρετικά θορυβώδης).

Πιο συγκεκριμένα, τις μεσημεριανές ώρες παρουσιάζεται εξαιρετικά σημαντική όχληση στις περιοχές με εμπορικό ενδιαφέρον εξαιτίας της ύπαρξης πολλών υπαίθριων και πλανόδιων πωλητών και της αυξημένης κίνησης οχημάτων όπως οι μοτοσικλές. Τα πρωινά ήταν τα λιγότερο θορυβώδη, όμως το σημαντικό πρόβλημα παρουσιαζόταν το απόγευμα-βράδυ εξαιτίας της συμφόρησης των οχημάτων στους μικρούς και χωρίς επαρκείς φωτεινούς σηματοδότες και ταμπέλες, δρόμους.

Στις κατοικημένες περιοχές, τα επίπεδα θορύβου ξεπερνούσαν τα 75 dB, εξαιτίας της συνεχούς κίνησης μοτοσικλετών, πλανόδιων πωλητών και ανθρώπων διαμέσου των γειτονιών.

Στις δομές υγείας και παρόλο που υπάρχει η ύπαρξη διάταξης περί «αποστάσεως σιωπής» – 100m, δηλαδή να μην υπερβαίνονται τα όρια θορύβου σε μία απόσταση 100 μέτρων από αυτές, για την προστασία και την ομαλή περιθάλψη των ασθενών, αυτά πάλι βρέθηκαν άνω των ορίων, αφού οι δομές αυτές εξαιτίας έλλειψης χώρου στην πόλη αλλά και για εύκολη πρόσβαση των ανθρώπων βρίσκονται χωροθετημένες εντός αστικού ιστού. Το

ίδιο φαινόμενο και για τους ίδιους λόγους παρατηρήθηκε και για τις εκπαιδευτικές δομές.

- **Ο Yilmaz G. Και ο Hocanli Y., (2006) στην εργασία τους με θέμα «Mapping of noise by using GIS in Sanliurfa»,** προσπάθησαν να παράγουν χάρτες θορύβου στην πόλη Sanliurfa της Τουρκίας σε μία ενδεικτική γειτονιά μεγέθους 12 τετραγωνικών χιλιομέτρων στην προσπάθειά τους να ευαισθητοποιήσουν τις τοπικές αρχές σχετικά με το αυξανόμενο πρόβλημα της ηχορύπανσης στην περιοχή τους.

Η διαφορά της μεθόδου που ακολούθησαν έγκειται στο γεγονός πως λάμβαναν τυχαίες μετρήσεις καθ' όλη την διάρκεια της μέρας και κάθε μέρα της εβδομάδος, για 1 εβδομάδα, στα ίδια, μόλις 11 σημεία ενδιαφέροντος.

Τα αποτελέσματά τους θεωρήθηκαν μη αξιόπιστα καθώς δεν υπήρχε συγκεκριμένη μεθοδολογία και πλάνο, αν και οι χάρτες που παρήχθησαν μέσω μεθόδων παρεμβολής περιέγραφαν ένα τοπίο θορυβώδες που κυμαίνεται από 60 έως 85 dB.

Σε κάθε περίπτωση έγιναν η αφορμή για νεότερη και εκτενέστερη έρευνα στην περιοχή.

- **Οι Obiefuna J., Bisong F. και Ettah E., (2013) στην μελέτη τους με θέμα «A GIS Analysis of Noise Islands in Calabar Metropolis, Nigeria»** Εξαιτίας της ανάγκης για αντιμετώπιση του θορύβου στην πόλη τους, μελέτησαν τις αιτίες και προσπάθησαν να τον αποδώσουν χαρτογραφικά με την βοήθεια συστημάτων GIS και ηχομέτρων για την δειγματοληψία των δεδομένων, τα οποία στην συνέχεια τα επεξεργάστηκαν στο ArcGis. Τα δεδομένα, καθώς αποτελούν σημειακές οντότητες, εισήχθησαν στην ψηφιακή γεωχωρική βάση και πραγματοποιήθηκε μέθοδος χωρικής παρεμβολής IDW για τις διάφορες χρονικές περιόδους καταγραφών.

Ως αποτέλεσμα της έρευνας, για τις περιοχές εκείνες με κύρια χρήση γης την εμπορική, την βιομηχανική και των μεταφορών, προέκυψε πως οι οχλήσεις εξαιτίας του θορύβου αυξάνεται από τις πρώτες πρωινές ώρες, με το μέγιστο να παρατηρείται στο διάστημα 14: 00-15: 00, και στην συνέχεια της ημέρας παρατηρείται μείωση. Πρότειναν για τον λόγο αυτό, να γίνει ένας διαχωρισμός στις περιοχές εκείνες με έντονο το βιομηχανικό στοιχείο, μεταξύ των κατοικιών και των μονάδων παραγωγής ώστε να μην ενοχλούνται οι κάτοικοι σε τόσο μεγάλο βαθμό. Βέβαια, αυτό δεν είναι εύκολο να πραγματοποιηθεί για τις ήδη υφιστάμενες κατοικίες αλλά για τις νέες, καθώς δεν υπάρχουν πολλοί ελεύθεροι χώροι, κονδύλια, αρκετά ανεπτυγμένη οικονομία, ούτε και τρόποι μεταφοράς των ανθρώπων αν για παράδειγμα μένουν στα προάστια της πόλης. Πρόκειται, για μία πόλη η οποία γνώρισε

απότομη αύξηση πληθυσμού από την δεκαετία του 1960 έως και σήμερα, σημαντική αύξηση εμπορικών και γενικότερα οικονομικών διεργασιών δίχως όμως ανταπόκριση για τους πολίτες, καθώς η μεγάλη πλειονότητα αυτών ζουν με ελάχιστα αγαθά. Όλη αυτή η κατάσταση οδήγησε σε μεγάλα επίπεδα θορύβου εξαιτίας των μονάδων παραγωγής και των μεταφορών.

Όσων αφορά την διαδικασία της έρευνας, αρχικά οι μελετητές όρισαν την περιοχή μελέτης τους και τα σημεία δειγματοληψίας. Αυτά ανέρχονταν στα 25 και ήταν μοιρασμένα στα κομμάτια με διαφορετικές χρήσεις γης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τρεις διαφορετικές περιόδους, πρωί (08: 00-09: 00), μεσημέρι (13: 00-14: 00) και απόγευμα (16: 00-17: 00) και λήφθηκε ο μέσος όρος μετρήσεων ανά σημείο και ανά ζώνη ώρας.

Στα ειδικά συμπεράσματά τους, ανέφεραν πως οι περιοχές εκείνες με την πιο έντονη όχληση ήταν οι βιομηχανικές τις πρωινές ώρες (85-90 dB), με τις τιμές θορύβου στις περιοχές με κατοικίες την ίδια ώρα να είναι μεταξύ 54-58 dB. Στις εμπορικές περιοχές, τα επίπεδα θορύβου αυξάνονται λίγο αργότερα τις πρωινές ώρες και φθάνουν στο μέγιστό τους το απόγευμα μεταξύ 16: 00-17: 00 (65-75 dB).

Τέλος, τα δεδομένα μέσα από το λογισμικό ArcGis, υποβλήθηκαν σε μέθοδο παρεμβολής IDW, και προέκυψαν οι τελικοί χάρτες θορύβου στην περιοχή μελέτης.

- **Οι Iaaly-Sankary A. Jadayel O. και El-Murr N.,(2007) στην μελέτη τους με θέμα «Urban Noise Mapping: The Case of the City of El-Mina, North Lebanon»**πραγματοποίησαν την χαρτογραφική απόδοση του θορύβου στο αστικό περιβάλλον στην πόλη Ελ-Μίνα, στο Βόρειο κομμάτι του Λίβανου. Η πόλη αποτελεί ένα περιβάλλον το οποίο παρουσιάζει διάφορες χρήσεις γης και πολλές δραστηριότητες, συνεπώς οι αιτίες για την ηχορύπανση ποικίλλουν. Για την έρευνά τους, οι επιστήμονες χρησιμοποίησαν σύγχρονες μεθόδους , αισθητήρες καταγραφής όχλησης, συστήματα χωρικού εντοπισμού ακριβείας (GPS), ώστε η δειγματοληψία να γίνεται στα ίδια ακριβώς σημεία , καθώς και σύγχρονα υπολογιστικά λογισμικά μέσω των οποίων έγινε η χαρτογραφική αποτύπωση. Η περιοχή μελέτης ήταν αρκετά μεγάλη, σχεδόν 4 τετραγωνικά χιλιόμετρα, και τα σημεία καταγραφών δεδομένων έφτασαν τα 350, για διαφορετικές χρονικές στιγμές κατά την διάρκεια κάθε ημέρας. Τα σημαντικά ευρήματα της μελέτης τους, ήταν πως η κύρια αιτία του θορύβου στην πόλη αποτελούσε η κυκλοφοριακή όχληση και γενικότερα οι μεταφορές οχημάτων. Παράλληλα, διαπιστώθηκε πως σχεδόν ένα ποσοστό της τάξεως του 70% της πόλης εμφάνισε τακτικές οχλήσεις άνω των 70 dB,νούμερο αρκετά επιβλαβές για την βιωσιμότητα και την εύρυθμη λειτουργία της πόλης και της ζωής των πολιτών.

Η αξιοποίηση χαρτογραφικών περιγραφών του θορύβου στις πόλεις μέσα από συστήματα και χρήσεις ΓΠΣ για την άμβλυνση του προβλήματος της ηχορύπανσης είναι και αποτελεσματική αλλά και σημαντική. Μέσα από την χρήση συστημάτων και λογισμικών χωρικής παρεμβολής μπορεί να προκύψει πολύ εύκολα η υφιστάμενη κατάσταση στο ακουστικό περιβάλλον καθώς και να πραγματοποιηθεί η πρόβλεψη της μελετώμενης οντότητας στα σημεία στα οποία δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί αν υφίστανται κάποια σημεία δειγματοληψίας των οποίων οι καταγραφές έγιναν έπειτα από την χρήση ηχόμετρου.

Για την εκτενέστερη έρευνά τους οι επιστήμονες συσχέτισαν τον θόρυβο στο περιβάλλον και με άλλες παραμέτρους όπως το ποσοστό δρόμων που καλύπτουν την περιοχή, το ποσοστό των κτιρίων, των εμπορικών κέντρων, των δομών υγείας, των βιοτεχνιών και του φόρτου των κόμβων κυκλοφορίας.

Όσον αφορά στον τρόπο των εργασιών στο πεδίο, οι καταγραφές δεδομένων πραγματοποιήθηκαν τον Ιούνιο του 2007, κάθε ημέρα της εβδομάδας, για 8 ώρες έκαστη και το τελικό αποτέλεσμα για κάθε θέση ήταν ο γενικός μέσος όρος όλων των μετρήσεων συνολικά ανά σημείο παρατήρησης. Τα κυριότερα σημεία καταγραφής βρίσκονταν σε σημαντικούς κόμβους οδικής κυκλοφορίας και πεζοδρόμια, ενώ παράλληλα με τις μετρήσεις, δίνονταν κάποια ερωτηματολόγια προς συμπλήρωση από τους μόνιμους κατοίκους της περιοχής που είχαν την διάθεση να βοηθήσουν στην έρευνα. Αυτά αφορούσαν εάν εκείνοι νιώθουν πως ενοχλούνται από τον θόρυβο στην περιοχή και άλλα ερωτήματα σχετικά με τις αιτίες του φαινομένου αυτού και τις επιπτώσεις του.

- **Οι Dongguan H., Gurun D. , (2008) στην μελέτη τους με θέμα «Analysing and mapping spatial and temporal dynamic of urban traffic noise pollution: a case study in Kahramanmaras, Turkey»,** η οποία πραγματοποιήθηκε στην πόλη της Τουρκίας, Kahramanmaras, ερεύνησαν την διαφοροποίηση των επιπέδων θορύβου σε σχέση με τον χρόνο και δημιούργησαν χάρτες που απεικονίζουν την πληροφορία αυτή.

Η μεθοδολογία τους αφορούσε στην δειγματοληψία 114 σημείων στον χώρο μελέτης σε 38 κόμβους δρόμων με εμπορικό, αστικό και βιομηχανικό ενδιαφέρον σε τρεις φάσεις της ημέρας (πρωί, μεσημέρι, απόγευμα).

Ο σκοπός που είχαν ήταν η ποσοτικοποίηση της διαφοροποίησης της ηχορύπανσης δυναμικά στον χώρο εξαιτίας κυρίως της οδικής κυκλοφορίας, η εκτίμηση της τήρησης ή μη των εθνικών ορίων θορύβου για την ομαλή διαβίωση και καθημερινότητα των πολιτών, και στην περίπτωση που αυτά

είναι υπερβαίνονται, να οριστούν και να προταθούν μέσα και τρόποι αντιμετώπισης του φαινομένου της ηχορύπανσης στην περιοχή τους.

Οι μελετητές στην εργασία τους πολύ σωστά ανέλυσαν και κατέγραψαν διαφορετικές μεθοδολογίες του παρελθόντος με σκοπό να βρουν την βέλτιστη για την περιοχή που ασχολήθηκαν. Η περιοχή αυτή, συσχετίστηκε με βάση τις χρήσεις γης, την πυκνότητα του πληθυσμού που βρίσκεται συγκεντρωμένη σε αυτήν την τεχνική ποιότητα των δρόμων. Τα παραπάνω συνδυάστηκαν και αναλύθηκαν φωτοερμηνευτικά με την βοήθεια δορυφορικών εικόνων του 2000.

Το περιβάλλον χαρτογράφησης που χρησιμοποίησαν ήταν το ArcGis και για την επεξεργασία των χαρτών αλλά και για την ψηφιοποίηση των δορυφορικών εικόνων. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η Co-KRIGING, οι μέρες εργασίας και λήψης των μετρήσεων ήταν οι πέντε εργάσιμες, ενώ αναφέρονται και οι συνθήκες του καιρού ως ιδανικές.

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε μεταξύ των ωρών: (07: 00-09: 00, 12: 00-14: 00, 17: 00-19: 00), με την μέτρηση να πρόκυπτε από μετρήσεις 10 λεπτών σε απόσταση 1. 5 μέτρο από το έδαφος και 1 από τον δρόμο.

Τα αποτελέσματα που κατέγραψαν περιέγραψαν μια ομαλή και καλή εικόνα σχετικά με την τήρηση των ορίων των εκπεμπόμενων ορίων θορύβου που έχουν θεσπιστεί, καθώς στο σύνολο των 38 σημείων καταγραφής, μόνο σε δύο από αυτά δεν τηρούνταν.

Οι χώροι με αστική και εμπορική χρήση γης παρουσίασαν τις μεγαλύτερες τιμές θορύβου όμως σύμφωνα πάντα με τα προβλεπόμενα όρια (κοντά στα 65 dB).

Οι βιομηχανικοί χώροι παρουσίασαν τις οριακές τιμές ακριβώς γύρω από τα προβλεπόμενα όρια κυρίως τις πρωινές ώρες (ώρες λειτουργίας τους). Γενικότερα, η πόλη δεν έχει σημαντική όχληση αφού έχουν παρθεί συγκεκριμένα μέτρα στους δρόμους, στην χωροθέτηση θορυβωδών κτηρίων. Τα όποια προβλήματα υπήρξαν σχετικά με τις εκπομπές θορύβου προέκυπταν όπως αναφέραμε από τις βιομηχανικές ζώνες και από την κατάσταση των οχημάτων των πολιτών, τα οποία είναι παλαιού τύπου, θορυβώδη και πολλά χωρίς την απαιτούμενη συντήρηση.

Κλείνοντας αναφέρονται κάποια σημαντικά ποσοστά των σημείων που υπερβαίνουν ή μη τα εθνικά όρια. Πιο συγκεκριμένα το 97% των σημείων βρέθηκαν πολύ κοντά στα όρια και το 63% οριακά χαμηλότερα.

Κρίθηκε λοιπόν, η ουσιαστική παροχή κινήτρων στους πολίτες, για αντικατάσταση ή βελτίωση των παλαιών οχημάτων τους, με σκοπό το φαινόμενο της ηχορύπανσης να μην λάβει θέση ποτέ στην συγκεκριμένη πόλη.

Συνοψίζοντας τα δεδομένα και την μελέτη των παραπάνω εργασιών-ερευνών και προσαρμόζοντάς τα στην συγκεκριμένη περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας, προέκυψαν η μεθοδολογία, τα υλικά, η λογική και σε τελική ανάλυση τα αποτελέσματα τα οποία θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν στην συνέχεια στο Εμπειρικό Μέρος.

Η ανάλυση αυτή κρίθηκε αναγκαία για την παραγωγή ενός αξιόπιστου χαρτογραφικού αποτελέσματος, το οποίο θα μπορεί να ληφθεί υπ' όψη των αρχών και των δημόσιων φορέων που είναι αρμόδιοι για την αντιμετώπιση του φαινομένου της αστικής ηχορύπανσης και εν συνεχεία της βελτίωσης της ποιότητας ζωής στην συγκεκριμένη περιοχή.

Η περιοχή αυτή, αν και είναι ενδεικτική, είναι επιλεγμένη με προσοχή καθώς περιέχει όλα εκείνα τα στοιχεία που παρουσιάζουν οι περιοχές της Αθήνας οι οποίες χαρακτηρίζονται από κυκλοφοριακή όχληση.

Συνεπώς τα δεδομένα και τα αποτελέσματα μπορούν πολύ εύκολα να αποτελέσουν βάση και οδηγό για την βελτίωση του κυκλοφοριακού θορύβου σε όλη την πόλη της Αθήνας.

Κεφάλαιο 5: Ανάλυση Διαδικασιών και Σταδίων των Μεθόδων Χωρικής Παρεμβολής

5. 1: Εισαγωγή στην έννοια της χωρικής παρεμβολής

Η ανάλυση χωρικών προτύπων και η χωρική παρεμβολή βασίζεται στην καταγραφή δεδομένων που υπάρχουν σε συγκεκριμένες θέσεις-σημεία του χωρικού γεγονότος και φαινομένου που μελετάται. Το ενδιαφέρον έγκειται στην εξέταση των πιθανών χωρικών προτύπων που δημιουργούν οι θέσεις των σημείων δειγματοληψίας.

Στην μελέτη της παρούσας εργασίας η μέτρηση του θορύβου πραγματοποιείται σε διακριτά σημεία στον χώρο και με μία χωρική παρεμβολή σε κάποιο πληροφοριακό σύστημα είναι ικανή η δημιουργία μιας εικόνας του θορύβου μέσω χαρτών απεικόνισης. Επιπρόσθετα, η χωρική παρεμβολή δίνει την δυνατότητα πρόβλεψης της πληροφορίας σε κάποιες περιοχές που δεν υπάρχουν επαρκή σημεία δειγματοληψίας, με την προϋπόθεση πως τα δεδομένα είναι συνεχή στον χώρο (Azpurua M, Dos Ramos K, 2010)

Ο κύριος στόχος της ανάλυσης είναι να εξαχθούν συμπεράσματα για την χωρική διαφοροποίηση του μελετώμενου χαρακτηριστικού σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης, με βάση τις τιμές στα σημεία που υπάρχουν καταγραφές-δεδομένα.

Στην συνέχεια, μέσα από την μοντελοποίηση, την μελέτη της μεταβλητότητας των χαρακτηριστικών καθώς και από τις όποιες συσχετίσεις έχουν προτιμηθεί γίνεται η καλύτερη εκτίμηση της τιμής της θέσεως όπου δεν έχουμε ακριβή χωρική καταγραφή της πληροφορίας που μελετάται (χωρική παρεμβολή-interpolation).

Η βασική αρχή στην οποία στηρίζεται η χωρική παρεμβολή βασίζεται στην θεωρία πως « οι θέσεις των σημείων δεδομένων σχετίζονται μεταξύ τους, όμως οι εγγύτερες αποστάσεις μεταξύ αυτών σχετίζονται περισσότερο από τις πιο απομακρυσμένες»

Η διαδικασία της χωρικής παρεμβολής πραγματοποιείται για να μετατρέψει τα δεδομένα από σημειακά σε συνεχή και είναι λειτουργική, ωφέλιμη και αποδοτική όταν τα αρχικά δεδομένα δεν φθάνουν για την κάλυψη ολόκληρης της περιοχής ενδιαφέροντος αλλά αποτελούν μικρά δείγματα αυτής [Burrough, (1998)]. Η χωρική παρεμβολή αποτελεί μία έξυπνη διαδικασία πρόβλεψης και αποσκοπεί στην καλύτερη προσέγγιση της πραγματικότητας με όσο γίνεται μεγαλύτερη ακρίβεια του τελικού αποτελέσματος -το οποίο εξαρτάται φυσικά και από την μέθοδο χωρικής παρεμβολής η οποία θα επιλεγεί.

5. 2 Μοντελοποίηση Χωρικών Στοιχείων

Η έννοια της μοντελοποίησης αναφέρεται σε στατιστικά μοντέλα που με την σειρά τους αφορούν παραμέτρους και στοιχεία που υπόκεινται σε αβεβαιότητα ή αλλιώς ρυθμίζονται από την επιστήμη της στατιστικής και τους νόμους των πιθανοτήτων. Στην περίπτωση φαινομένων όπως η ηχορύπανση μια περιοχής, όπου είναι δυνατή η διαφοροποίησή της στα σημεία της δειγματοληψίας, όμως τα εγγύτερα δεδομένα συσχετίζονται μεταξύ τους, αναφερόμαστε σε χωρικά στοχαστικά μοντέλα και διαδικασίες. Ως αποτέλεσμα τα μοντέλα ανάλυσης είναι αναγκαίο να συμπεριλαμβάνουν τις πιθανότητες χωρικής εξάρτησης αν θέλουμε αυτά να εκφράζουν ρεαλιστικές απεικονίσεις της συμπεριφοράς του χωρικού φαινομένου.

Η συμπεριφορά του χωρικού φαινομένου, είναι αποτέλεσμα συνδυασμού επιπτώσεων δύο διαφορετικών διαδικασιών, που είναι γνωστές ως: πρώτης τάξης και δεύτερης τάξης. Οι επιπτώσεις πρώτης τάξης σχετίζονται με την μεταβλητότητα στην μέση τιμή της υπό εξέταση χωρικής ανάλυσης ενώ οι επιπτώσεις δεύτερης τάξεως είναι αποτέλεσμα της δομής της χωρικής εξάρτησης στην διαδικασία. Οι επιπτώσεις της δεύτερης τάξης ακόμη, μοντελοποιούνται ως στάσιμη ή ομοιογενής διαδικασία. Αυτή ορίζεται ως η χωρική διαδικασία της οποίας οι στατιστικοί δείκτες είναι ανεξάρτητοι από την γεωγραφική θέση των παρατηρήσεων.

5. 3 Η Χωρική Παρεμβολή και οι Κατηγορίες της

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η χωρική παρεμβολή αποτελεί μια διαδικασία εκτίμησης της τιμής ενός χαρακτηριστικού σε μία περιοχή, στα σημεία εκείνα τα οποία δεν έχουμε επαρκή δεδομένα από την δειγματοληψία. Επομένως, δύο είναι οι βασικές της υποθέσεις στις οποίες στηρίζεται. Πρώτον ότι η επιφάνεια που εκφράζει το υπό εξέταση χαρακτηριστικό είναι συνεχής και, επομένως η τιμή σε κάθε θέση μπορεί να υπολογιστεί μόνο εάν υπάρχει επαρκής αριθμός σημείων του δείγματος και δεύτερον, η αναφορά της χωρικής εξάρτησης των τιμών μεταξύ τους.

Όσων αφορά τις μεθόδους χωρικής παρεμβολής, αυτές μπορούν να διακριθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- τις μεθόδους τοπικών εκτιμήσεων (local estimation)
- τις μεθόδους γενικευμένων προσεγγίσεων (global approximation)
- τις γεωστατιστικές μεθόδους χωρικής συσχέτισης (kriging).

Οι δύο πρώτες είναι σχετικά απλές και απαιτούν την γνώση στοιχειωδών αιτιοκρατικών ή στατιστικών μεθόδων (local estimation αποτελεί η IDW που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία), ενώ η τρίτη πιο σύνθετη και απαιτεί καλή αντίληψη της έννοιας της χωρικής συσχέτισης (KRIGING, η δεύτερη που χρησιμοποιήθηκε)

5. 4 Μέθοδοι Τοπικών Εκτιμήσεων

Οι μέθοδοι αυτοί αναφέρονται στην εκτίμηση της τιμής ενός χαρακτηριστικού σε μια συγκεκριμένη θέση, με βάση στοιχεία τα οποία προέρχονται από σημεία που βρίσκονται στην άμεση γειτονική περιοχή του. Ένα βασικό πλεονέκτημα αυτών των προσεγγίσεων είναι ότι η εκτίμηση βασίζεται σε πληροφορίες που αφορούν περιοχές κοντά στα υπό εκτίμηση νεκρά σημεία και επομένως αντανakλούν διαφοροποιήσεις στην γειτονιά του. Από την άλλη πλευρά ως μειονέκτημα αποτελεί η ανάγκη καθορισμού αυτής της περιοχής εγγύτητας που καταγράφεται ως γειτονιά.

Τα βήματα που απαιτούνται για την διαδικασία αυτή είναι τα κάτωθι:

- ο ορισμός της τοπικής περιοχής εκτίμησης, ή την γειτονιά γύρω από το υπό εκτίμηση σημείο
- η εύρεση του αριθμού σημείων ή του τμήματος της περιοχής εκείνης που οι τιμές τους θα πρέπει να ληφθούν υπόψη για την εκτίμηση
- η επιλογή των σημείων αυτών από το τμήμα όλης της περιοχής μελέτης
- η τελική επιλογή της μαθηματικής συνάρτησης –μεθόδου παρεμβολής.

Τα δύο πρώτα βήματα λύνονται ταυτόχρονα καθώς ο αριθμός και η ποιότητα δεδομένων των σημείων ορίζει και την περιοχή εκτίμησης. Φυσικά, η διαδικασία αυτή εμπεριέχει και την υποκειμενική φύση του παρατηρητή καθώς απαιτεί μάλιστα και πολύ καλή γνώση και των χαρακτηριστικών της μελετώμενης περιοχής. Αν τα στοιχεία δεδομένων είναι αρκετά ή η κατανομή της πληροφορίας τους είναι σχετικά ομοιογενής, τότε η εκτίμηση είναι πιο εύκολη και αξιόπιστη. Αντίθετα, αν τα σημεία δείγματος είναι αραιά ή μη επαρκή, τότε η διαδικασία πρόβλεψης δυσκολεύει παρουσιάζοντας και μη αξιόπιστα αποτελέσματα.

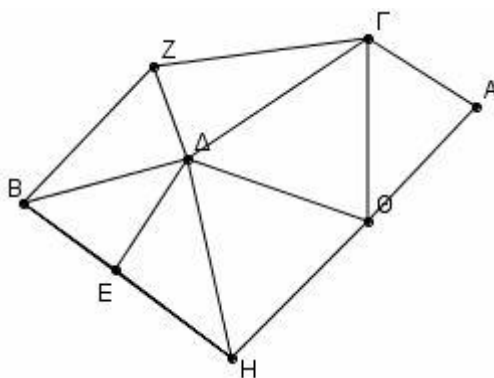
5. 5 Επιλογή των Σημείων

Όταν καθοριστεί ο αριθμός των σημείων, έπειτα μένει η **επιλογή** τους. Η επιλογή αυτή μπορεί να γίνει με βάση: **την απόσταση**, δηλαδή επιλέγονται τα σημεία εκείνα που βρίσκονται πλησιέστερα στο υπό εκτίμηση σημείο, **την διαίρεση σε τεταρτημόρια**, με κέντρο το υπό εκτίμηση σημείο, μέθοδος η οποία λαμβάνει δεδομένα από κοντινά σημεία αλλά από διαφορετικές υποπεριοχές της συνολικής περιοχής, καθώς και **την δημιουργία κυκλικής επιφάνειας**, όπου η ακτίνα αυτής εμπεριέχει όσο γίνεται περισσότερα στοιχεία, αναγκαία και με αξιόπιστη πληροφορία.

5. 6 Ψηφιοποίηση

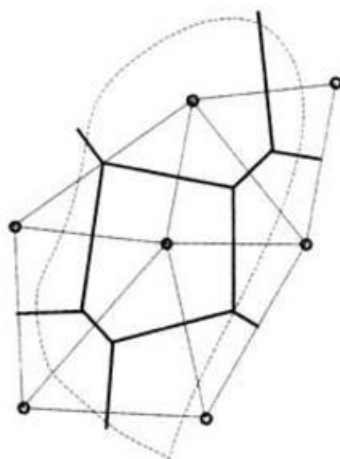
Η επιστημονική κοινότητα του χώρου έχει δείξει ότι υπάρχει μια αξιοσημείωτη σειρά μεθόδων εκτίμησης της τιμής μιας οντότητας, οι οποίες βασίζονται κυρίως στην ψηφιοποίηση των παρατηρούμενων σημείων. Από αυτές, οι πιο γνωστές είναι η μέθοδος που χρησιμοποιεί την τριγωνοποίηση **Delannay**, “**TIN**” -(**triangulated irregular network**), και η ψηφιοποίηση **Dirichlet**, η οποία είναι γνωστή και ως **πολύγωνα Thessien**.

- **TIN:** Στην περίπτωση αυτή, τριγωνοποίηση σημαίνει ότι όλα τα σημεία ενώνονται μεταξύ τους, μετατρέπόμενα σε ένα σύνολο πλευρών τριγώνων που καλύπτουν όλη την περιοχή μελέτης. Θεωρείται πως κάθε πλευρά του τριγώνου έχει ομοιόμορφες ιδιότητες δεδομένων δηλαδή οι μεταβολές τους πραγματοποιούνται με σταθερό τρόπο. Η σύνδεση αυτή των στοιχείων, δημιουργεί μια πλειάδα τριγώνων διαφορετικών από τα αρχικά. Το πιο γνωστό κριτήριο της μεθόδου είναι αυτό της μέγιστης-ελάχιστης γωνίας. Η γραμμική παρεμβολή μπορεί να γίνει πιο κατανοητή στο επόμενο σχήμα. [Αραβαντινός Α. (2007)]



Σχήμα 1: Τριγωνοποίηση TIN με γραμμική παρεμβολή

- **Πολύγωνα Thessien:** Μία άλλη μέθοδος, σχετικά απλή αλλά λίγο αναποτελεσματική, είναι η χρήση πολυγώνων Thessien ή ψηφιοποίηση Ντίριχλετ. Γενικά αν υπάρχουν ηγνωστά σημεία σε μια περιοχή A, σε κάθε σημείο κατανέμεται τμήμα της περιοχής ώστε το σημείο αυτό του τμήματος να είναι πλησιέστερο από κάθε άλλο σημείο. Επομένως οι γραμμές μεταξύ δύο σημείων αποτελούν τον γεωμετρικό τόπο των σημείων που ισαπέχουν από τα σημεία αυτά. Διαιρούν την περιοχή κατά τέτοιο τρόπο, θεωρώντας ότι η τιμή σε κάθε σημείο της αντιστοιχεί σε εκείνη του πλησιέστερου σημείου για το οποίο υπάρχει δειγματοληψία. Ως μειονεκτήματα καταγράφονται η μορφή των πολυγώνων, το μεγάλο εύρος των τιμών στην υποπεριοχή, δηλαδή η απότομη αλλαγή των τιμών, αδυναμίες που την καθιστούν μη ικανή να εκτιμήσει την χωρική διαφοροποίηση των τιμών και να προβλέψει πιθανές τιμές των ενδιάμεσων σημείων. [Αραβαντινός Α. (2007)]



Σχήμα 2: Πολύγωνα Thessien

5. 7 Γενικευμένες Μέθοδοι

Οι γενικευμένες μέθοδοι χωρικής παρεμβολής, σε αντίθεση με τις τοπικές μεθόδους χρησιμοποιούν όλα τα δεδομένα και τα στοιχεία από την περιοχή μελέτης, επιτυγχάνοντας προβλέψεις και εκτιμήσεις για την συνολική έκταση της περιοχής που ενδιαφέρει. Οι γενικευμένοι εκτιμητές χρησιμοποιούνται συνήθως εμμέσως για χωρικές παρεμβολές, κι αυτό γιατί αποτελούν εργαλεία κυρίως εξέτασης και πιθανόν απομάκρυνσης των γενικευμένων χωρικών διαφοροποιήσεων που δημιουργούνται από διάφορες περιφερειακές τάσεις ή από διαφορετικές κατηγορίες φαινομένων τα οποία χαρακτηρίζουν περιοχές με διαφορετικές μέσες τιμές. Οι διαδικασίες εκτίμησης των γενικευμένων μεθόδων υπολογίζονται απλά και βασίζονται κυρίως σε συνήθεις στατιστικές μεθόδους ανάλυσης διασποράς όπως η παλινδρόμηση ή η απλή εφαρμογή της ANOVA. Όμως στην παρούσα εργασία δεν θα αναλυθεί περαιτέρω καθώς οι δύο μορφές μεθόδων που αναλύθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα, είναι η τοπική μέθοδος και η γεωστατιστική μέθοδος η οποία θα παρουσιαστεί στην συνέχεια.

5. 8 Γεωστατιστικές Μέθοδοι

Όπως αναλύθηκε, οι μέθοδοι παρεμβολής παραπάνω παρουσιάζουν μια σειρά από μειονεκτήματα, τα οποία μεταφράζονται κυρίως σε αδυναμίες αξιόπιστων προβλέψεων, αδυναμίας γνώσης των βέλτιστων παραμέτρων που θα δώσουν ένα καλό αποτέλεσμα και αδυναμίας γνώσης των λαθών-σφαλμάτων. Κυρίως όμως, οι μέθοδοι αυτές αναφέρονται αποκλειστικά σε χωρικές διαφοροποιήσεις πρώτου βαθμού, δηλαδή στην εκτίμηση του τρόπου με τον οποίο η μέση τιμή της υπό εξέτασης χωρικής διαδικασίας διαφοροποιείται στην περιοχή μελέτης. Επομένως, οι διαδικασίες δεύτερου βαθμού οι οποίες αναφέρονται στην χωρική εξάρτηση της διασποράς των τιμών των χαρακτηριστικών από την μέση και αποτελούν μια βασική

διάσταση της ανάλυσης του χώρου δεν λαμβάνονται υπόψη. Ως αποτέλεσμα, χρησιμοποιούνται μέθοδοι που δίνουν έμφαση στην διαχείριση των μεθόδων αυτών, οι γεωστατιστικές μέθοδοι.

5. 9 Μέθοδοι Παρεμβολής

5. 9. 1 Αντίστροφη Σταθμισμένη Απόσταση – Inverse Distance Weighting (IDW)

Η μέθοδος IDW αποτελεί μία εύκολη, ακριβή και βασική μέθοδο παρεμβολής. Χαρακτηριστικό της γνώρισμα ότι οι άγνωστες τιμές υπολογίζονται από ένα γραμμικό συνδυασμό των τιμών σε γνωστά σημεία [Collins, (1995) αναφ. στο Sterling D.,2003, Yang J. et al, (2004)]. Η επίδραση ενός σημείου για το οποίο υπάρχουν δεδομένα και καταγραφές είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης από την μη μετρούμενη θέση άγνωστου σημείου που βρίσκεται υπό εκτίμηση. Πρακτικά, η μέθοδος IDW βασίζεται στην υπόθεση ότι οι εγγύτερες τιμές δεδομένων καταγραφής είναι περισσότερο όμοιες από εκείνες που βρίσκονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ τους. Συνεπώς, οι μετρούμενες τιμές κοντά στο σημείο πρόβλεψης έχουν την μεγαλύτερη δραστηριότητα στην πρόβλεψη της τιμής του σε σχέση με τις πιο απομακρυσμένες [Johnston K. Et al.,(2001) αναφ. στο Yang J. Et al, (2004)]. Στην μέθοδο παρεμβολής IDW κάθε σημείο με δεδομένα επιδρά τοπικά, με την επίδραση αυτή να μειώνεται γραμμικά με την απόσταση μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας και των υπόλοιπων που αυτή δεν έχει πραγματοποιηθεί.

Η συγκεκριμένη μέθοδος αποδίδει ακόμη καλύτερα με πολλά και ομοιόμορφα κατανεμημένα σημεία καταγραφών. Σε αντίθετη περίπτωση (ανομοιόμορφα κατανεμημένων δεδομένων), εισάγονται επιπρόσθετα σφάλματα. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί πως ένα επιπλέον χαρακτηριστικό της IDW είναι η ευαισθησία της σε ακραίες τιμές δεδομένων [.,Dos Ramos K.,(2010)].

Η IDW δημιουργεί μια επιφανειακή εργασία αναζητώντας γειτονικά σημεία, σταθμίζοντας τα σημεία και τα δεδομένα αυτών με μια συνάρτηση δύναμης. Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα υποκεφάλαια αφού η IDW υποθέτει ότι τα εγγύτερα σημεία με καταγραφές δεδομένων συμβάλλουν περισσότερο στην εύρεση των προβλεπόμενων – εκτιμητέων τιμών από ότι οι μακρινότερες, αυξάνοντας την συνάρτηση της δύναμης, είναι λογικό να δίνεται μεγαλύτερο βάρος στα τοπικά σημεία με καταγραφές και δεδομένα. Η δύναμη στη συνάρτηση μπορεί να επιλεγεί με τη χρήση του ArcGIS Geostatistical Analyst υπολογίζοντας το RMSE του συνόλου των δεδομένων της δειγματοληψίας στην γειτονιά εργασίας. Η λειτουργία της δύναμης αυτομάτως θέτει στον εαυτό της ένα συγκεκριμένο δείγμα από την συνολική περιοχή αναζήτησης προβλεπόμενων σημείων. Χρησιμοποιώντας το δείγμα που περιγράφεται, τα βάρη προσαρμόζονται για να παράξουν τη χαμηλότερη μέση τετραγωνική ρίζα του προβλεπόμενου σφάλματος από τα σημεία δειγματοληψίας στην τροχιά εκτίμησης. Είναι μία ακριβής μέθοδος παρεμβολής που παράγει επιφάνειες που είναι παρόμοιες με το σχήμα των ματιών ενός ταύρου (bull's eye).

Αυτό συμβαίνει διότι τίθεται μεγαλύτερη επιρροή σε γνωστές τιμές πιο κοντά στο προβλεπόμενο σημείο με αποτέλεσμα στο τελικό χαρτογραφικό αποτέλεσμα να εμφανίζονται κυκλικοί δακτύλιοι [Tomczak, (1998), και Collins, (1995) αναφ. στο Sterling D., (2003)]. Αυτό το οπτικοποιημένο αποτέλεσμα είναι περισσότερο αισθητό όταν παρεμβάλλονται σύνολα με καταγραφές αραιής τοποθέτησης σε μια μεγάλη περιοχή του χώρου.

Η στάθμιση αντίστροφης απόστασης είναι η μέθοδος χωρικής παρεμβολής που χρησιμοποιείται ευρέως και τακτικά από όσους ασχολούνται με τα συστήματα ΓΠΣ. Πρακτικά, η IDW εφαρμόζει τον νόμο του Tobler, εκτιμά και προβλέπει τις άγνωστες τιμές ως σταθμισμένες μέσες τιμές των γνωστών μετρήσεων στα γειτονικά σημεία και εκμεταλλεύεται με μεγαλύτερο βάρος τα εγγύτερα σημεία δεδομένων. Η μέθοδος, αποτελεί έναν απλό και αξιόπιστο τρόπο πρόβλεψης των τιμών σε ένα συνεχές πεδίο στα σημεία εκείνα όπου η πληροφορία απουσιάζει. Η IDW επιτυγχάνει τον επιθυμητό στόχο της δημιουργίας μίας ομαλής επιφάνειας με την τιμή σε οποιοδήποτε σημείο της είναι παρόμοια με τις τιμές των εγγύτερων σημείων παρά με εκείνη των πιο μακρινών. Περιγράφεται ως ακριβής μέθοδος καθώς τα αποτελέσματα της παρεμβολής οριακά ταυτίζονται με τα σημεία των δεδομένων κάτι που δηλώνει την διατήρηση των αρχικών δεδομένων. Ακόμη, σημαντική είναι και η παρατήρηση ότι οι τιμές των προβλεπόμενων τιμών που προκύπτουν βρίσκονται εντός των ορίων των μέσων όρων εκείνων με πληροφορία και συνεπώς οι τιμές περιορίζονται σε ένα συγκεκριμένο εύρος με μέγιστη τιμή μικρότερη ή ίση της μέγιστης μετρούμενης και ελάχιστη μεγαλύτερη ή ίση της ελάχιστης μετρημένης [Longley P. et al (2010)].

5. 9. 2 Χωρική Παρεμβολή KRIGING

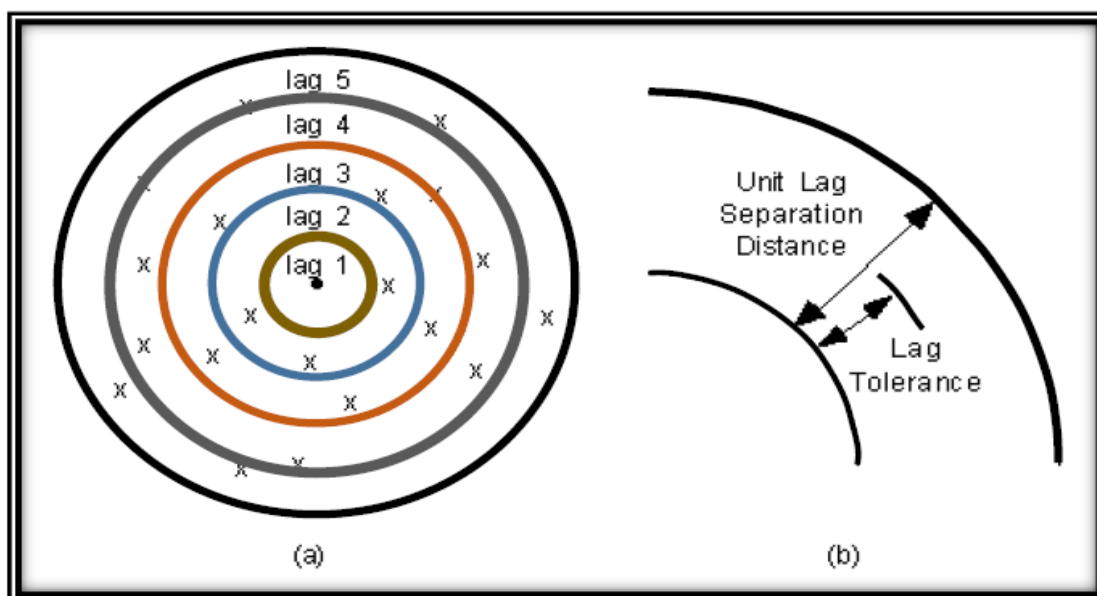
Η Kriging είναι μία γεωστατιστική μέθοδος παρεμβολής. Η μέθοδος Kriging είναι ταυτόσημη με την «βέλτιστη πρόβλεψη» καθώς πρόκειται για μέθοδο η οποία καλείται να προβλέψει τις παρατηρήσιμες τιμές σημείων στον χώρο [Cressie, (1993) αναφ. στο Sterling D.(2003)]. Τα αποτελέσματα που παράγονται βασίζονται ουσιαστικά στην στατιστική αμεροληψία (π.χ. κατά μέσο όρο η προβλεπόμενη τιμή στο σημείο χωρίς πληροφορία και η πραγματική αξία συμπίπτουν), και στην ελαχιστοποίηση του μέσου τετραγωνικού σφάλματος του μοντέλου πρόβλεψης.

Η μέθοδος Kriging είναι μια τεχνική παρόμοια με την IDW με την έννοια ότι χρησιμοποιεί και εκείνη ένα γραμμικό συνδυασμό των βαρών σε κάποια γνωστά σημεία για την εκτίμηση των τιμών (πρόβλεψη) στα άγνωστα. [Yang J., Wang Y., August P. (2004)], Ουσιαστικά αναπτύσσει την προσέγγιση στάθμισης με βάση την εγγύτητα που προτείνει η IDW και συμπεριλαμβάνει τυχαία δεδομένα όπου η ακριβής θέση του σημείου δεν είναι γνωστή από κάποια συνάρτηση. Για τον υπολογισμό της επιφάνειας η μέθοδος αυτή αξιοποιεί χωρικές και στατιστικές σχέσεις [Azpurua M., Dos Ramos K.(2010)] εξετάζοντας τις αποστάσεις μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας και την ποσοτική συσχέτισή τους. Οι μέθοδοι Kriging εφαρμόζονται

ευρέως για την παρεμβολή και πρόβλεψη χωρικά ανομοιόμορφα κατανεμημένων περιβαλλοντικών μεταβλητών και εννοιών.

Με σκοπό την οπτικοποίησης τοπικής ακρίβειας των χωρικών προβλέψεων δημιουργείται ο χάρτης της διακύμανσης Kriging η οποία διακύμανση βασίζεται σε διάφορες υποθέσεις και παραδοχές. Η διακύμανση Kriging είναι ένα μέτρο της ακρίβειας των τιμών παρεμβολής ή αλλιώς ένα μέτρο της αβεβαιότητας σχετικά με τις πραγματικές τιμές [Knotters M. et al, (2010)]. Ελαχιστοποιώντας την διακύμανση αυτή εκτιμώνται και τα βάρη kriging. Η κύρια στατιστική υπόθεση πίσω από την μέθοδο αυτή είναι η έννοια της στασιμότητας, δηλαδή ότι οι στατιστικές έννοιες όπως η μέση τιμή και η διακύμανση δεν εξαρτώνται από τις ακριβείς χωρικές θέσεις, ώστε η μέση τιμή και η διακύμανση μιας μεταβλητής σε μία θέση να είναι ίση με την μέση τιμή και διακύμανση σε μια άλλη θέση.

Η παρεμβολή στηριζόμενη στην μέθοδο Kriging βασίζεται σε ένα παγκόσμιο σύστημα στάθμισης που προκύπτει από την διακύμανση των δεδομένων. Η διακύμανση είναι η μέση διαφορά στην τιμή του χαρακτηριστικού σε μία συγκεκριμένη απόσταση υστέρησης (lag distance).



Εικόνα 4: (α) αποστάσεις υστέρησης, (β) μονάδα υστέρησης διαχωρισμού της απόστασης, ανοχή στην υστέρηση

Οι αποστάσεις υστέρησης είναι οι αποστάσεις διαιρούμενες σε συγκεκριμένα διαστήματα. Στις πιο πολλές περιπτώσεις της ανάπτυξης της μεθόδου, για το ομαλότερο αποτέλεσμα η ανοχή στην υστέρηση (lag tolerance) θα πρέπει να είναι μισή της μονάδας υστέρησης διαχωρισμού της απόστασης (unit lag separation distance), (Σχήμα 1). [Knotters M. et al, (2010)].

Όλοι οι εκτιμητές kriging είναι παραλλαγές της παρακάτω εξίσωσης:

$$\hat{z}(x_0) - \mu = \sum_{i=1}^n \lambda_i [z(x_i) - \mu(x_0)] \quad (3)$$

Όπου μ είναι ένας γνωστός στατικός μέσος, υποτίθεται ότι είναι σταθερός για ολόκληρο τον τομέα και υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των δεδομένων. Η παράμετρος λ_i είναι το βάρος που ζητάμε στην μέθοδο Kriging, n είναι ο αριθμός των σημείων καταγραφής δεδομένων που χρησιμοποιούνται για να πραγματοποιήσουν την εκτίμηση και εξαρτάται από το μέγεθος του παραθύρου αναζήτησης (γειτονιά) και $\mu(x_0)$ είναι ο μέσος των δειγμάτων εντός του παραθύρου αναζήτησης (Li J., Hear A. (2008)).

5. 9. 2. 1 Ordinary Kriging

Σύμφωνα με την θεωρία της περιφερειοποιημένης μεταβλητής, η τιμή μιας συνεχούς χωρικής μεταβλητής δίνεται από το άθροισμα δύο συνισταμένων, μιας πρώτου και μιας δευτέρου βαθμού εξίσωση. Αν θεωρηθεί ότι η συνισταμένη πρώτου βαθμού είναι ο γενικευμένος για όλη την περιοχή μέσος όρος $\mu(s)$, ο οποίος είναι γνωστός, σταθερός και δεν χρειάζεται να εκτιμηθεί από τις παρατηρούμενες τιμές (παραδοχή αποδεκτή στατιστικά, [Cressie,(1991)], τότε αν η τιμή αυτή αφαιρεθεί από τις παρατηρούμενες τιμές σε κάθε σημείο του δείγματος, τα υπόλοιπα δίνουν τις τιμές $U(s)$, με γνωστή διακύμανση σ^2 και συνδιασπορά C από το βαριόγραμμα.

Πιο απλά λοιπόν, η μέθοδος εκτιμά την τυχαία μεταβλητή (πρόβλεψη) στην θέση που δεν υπάρχουν δεδομένα, με βάση τα σημεία στα οποία υπάρχουν δεδομένα.

Λόγω του τρόπου με τον οποίο η στατιστική αντιμετωπίζει τα διάφορα προβλήματα, γίνεται κατανοητό πως οι παραπάνω εκτιμήσεις αποτελούν ένα γραμμικό, με βάρη συνδυασμό των παρατηρηθεισών τιμών των περιφερειοποιημένων μεταβλητών με την μορφή:

$$z_{(s_0)} = \sum_{i=1}^N \lambda_i z_{(s_i)} \quad (4)$$

με $Z(z_0)$: την εκτιμηθείσα τιμή στην θέση z_0

με $z(z_i)$: την παρατηρηθείσα τιμή στο σημείο z_i

και με λ_i : το βάρος του κάθε σημείου

ενώ τα βάρη επιλέγονται υπό την προϋπόθεση της μη προκατάληψης και του γεγονότος ότι η μέση τιμή είναι σταθερή, συνεπώς $\sum \lambda_i = 1.0$

5. 9. 3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου IDW

Το πλεονέκτημα της IDW είναι ότι αποτελεί ίσως την πιο απλή, ακριβή και εύκολη μέθοδο παρεμβολής με απλή τεχνική στην εφαρμογή της. Είναι μία μέθοδος με μειωμένη υποκειμενικότητα και συμβάλλει σε πιο γρήγορες διαδικασίες υπολογισμού (Tomczak, 1998, αναφ. στο Sterling D., 2003).

Ως μειονεκτήματα θα μπορούσε κανείς να αναφέρει την ανάγκη ύπαρξης πολλών δεδομένων καταγραφής ώστε να παραχθεί ένα αξιόπιστο αποτέλεσμα και την εξειδικευμένη μορφή πρόβλεψης χωρικά, χρονικά και όχι γενικά.

5. 9. 4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου Kriging

Η Μέθοδος Kriging έχει πλεονεκτήματα αλλά και κάποια μειονεκτήματα. Στα πρώτα συμπεριλαμβάνεται η παροχή μίας καλής, αξιόπιστης και αμερόληπτης πρόβλεψης, ο εύκολος προσδιορισμός του σφάλματος της μεθόδου και της αβεβαιότητας της πρόβλεψης καθώς επίσης και ότι αποτελεί μία ακριβή μέθοδο παρεμβολής.

Στα μειονεκτήματά της συμπεριλαμβάνονται τα εξής: η στασιμότητα των δεδομένων στα σημεία δειγματοληψίας, η επιλογή ενός θεωρητικού βαριογράμματος το οποίο εξυπηρετεί είναι υποκειμενική όπως επίσης και ο ορισμός του παραθύρου γειτονιάς, το γεγονός πως είναι πιο χρονοβόρα διαδικασία, η υπόθεση τα δεδομένα να είναι ισοτροπικά και τέλος πως για μια αξιόπιστη εκτίμηση βαριογράμματος απαιτείται ένας μεγάλος αριθμός δειγμάτων.

5. 9. 5 Επιλογή Χωρικής Παρεμβολής – Δειγματοληψία

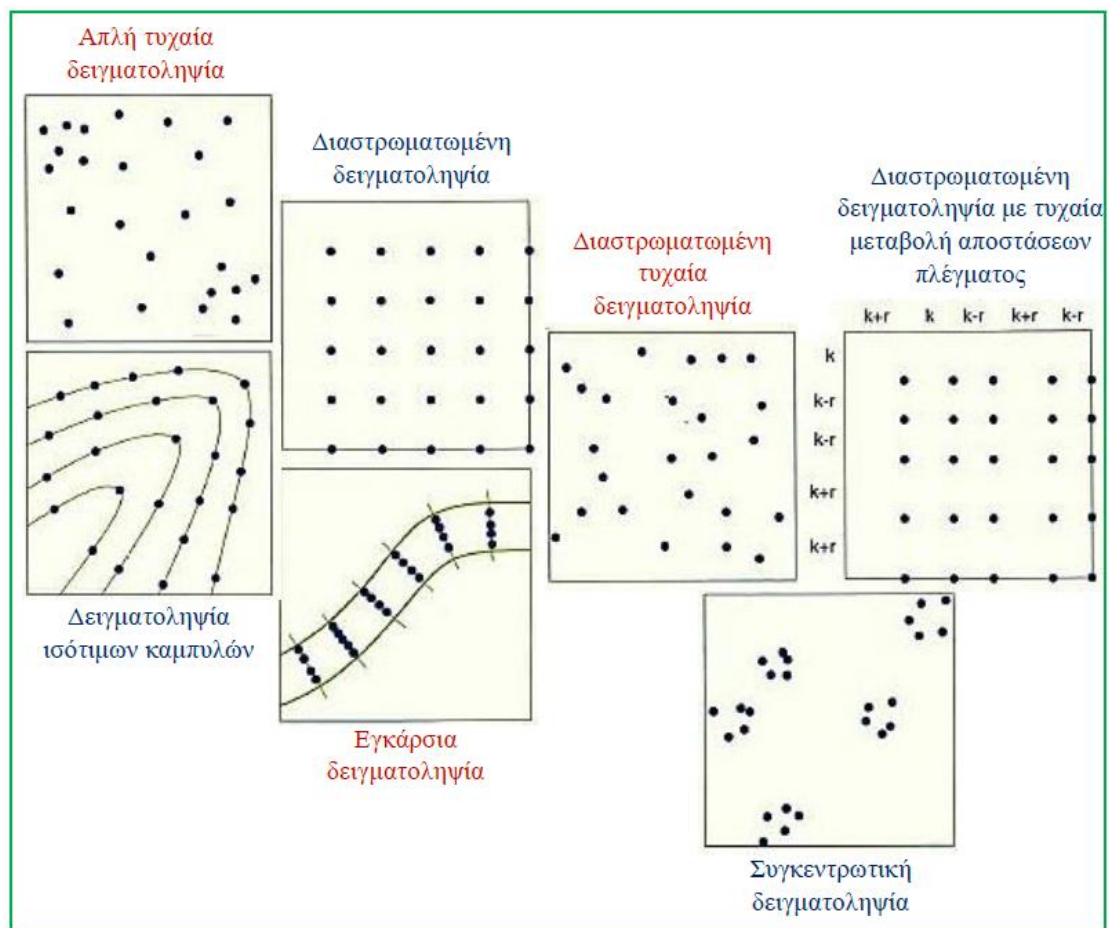
Η επιλογή της βέλτιστης για την περίπτωση μεθόδου χωρικής παρεμβολής εξαρτάται από τα εξής [Collins, (1995)]

- την χωρική κατανομή και την πυκνότητα των δεδομένων του δείγματος
- την γνώση της γειτονιάς-περιοχής στην οποία θα πραγματοποιηθεί η παρεμβολή
- τον βαθμό απαίτησης ακρίβειας του τελικού αποτελέσματος

[Τα πρότυπα δειγματοληψίας¹ συνδέονται με τον αριθμό καταγραφών που απαιτούνται και επηρεάζουν την ποιότητα και το αποτέλεσμα της παρεμβολής που θα διεξαχθεί.

Εάν ο αριθμός των δειγμάτων δεν επαρκεί τελικά ή αν δεν συμπεριληφθεί το σφάλμα στην διαδικασία πρόβλεψης, τότε οι διαφορές μεταξύ των τεχνικών παρεμβολής είναι ανάξιες λόγου και κάθε μέθοδος κρίνεται αυτόματα μη αξιόπιστη. Την μεγαλύτερη επίδραση στην χωρική απόδοση της παρεμβολής την έχουν η πυκνότητα των δεδομένων δειγματοληψίας και το μέγεθος του σφάλματος.]

Υπάρχουν ορισμένα κύρια πρότυπα δειγματοληψίας με διατάξεις χωρικών δειγμάτων όπως φαίνεται και στην εικόνα 5:



Εικόνα 5: Πρότυπα Δειγματοληψίας (Πηγή: Καρκαλέτσου Α, 2014)

¹Δειγματοληψία: «Η διαδικασία επιλογής ενός τμήματος ή ενός υποσυνόλου δεδομένων η οποία στοχεύει στην αποτίμηση των χαρακτηριστικών του συνόλου με την διερεύνηση των ιδιοτήτων του υποσυνόλου» (Χαλκιάς 2006)

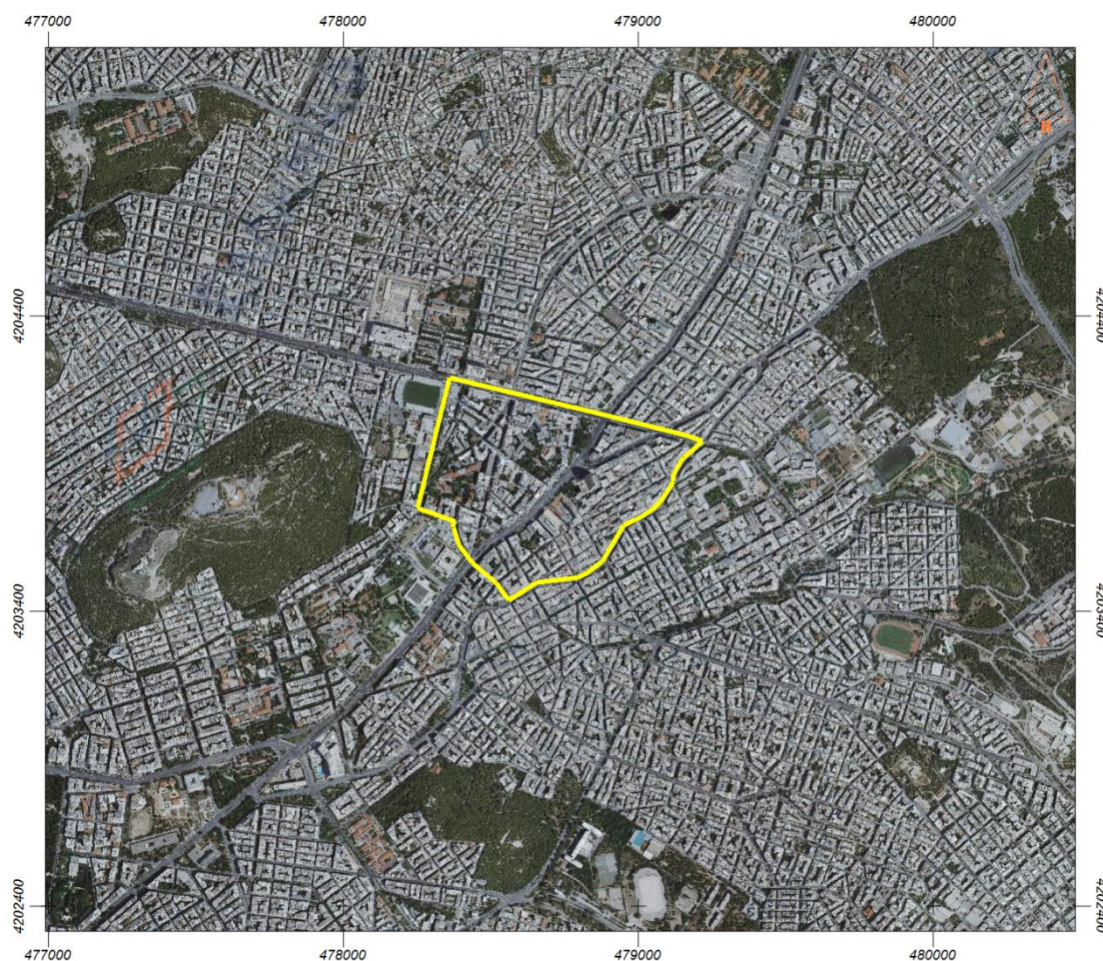
Μία καλή λύση συμβιβασμού τυχαίας και τακτικής δειγματοληψίας προκύπτει από την στρωματοποιημένη τυχαία δειγματοληψία όπου τα σημεία υπάρχουν τυχαία στον χώρο και εντός τακτικών διαστημάτων σε τετράγωνα ή καμπύλες. Η συγκεντρωτική δειγματοληψία, με τις ομαδοποιημένες καταγραφές δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξετάσει την χωρική διακύμανση σε διάφορες κλίμακες. Η εγκάρσια δειγματοληψία για παράδειγμα, με τακτική διατομή συνήθως χρησιμοποιείται στην έρευνα του προφίλ κάποιων ποταμών, παραλιών, βουνών, λόφων και η δειγματοληψία με ισότιμες καμπύλες - ισοϋψείς αποτελεί κλασική μέθοδο προς την παραγωγή χαρτών με τυπωμένη την δειγματοληψία για απευθείας ψηφιοποίηση των ισοϋψών καμπυλών και την δημιουργία ψηφιακών μοντέλων υψομέτρου - εδάφους (Burrough, 1998).

ΜΕΡΟΣ Β: ΕΜΠΕΙΡΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 6: Υλικά και Μέθοδοι

6.1 Περιοχή μελέτης

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Δήμου Αθηναίων που παρουσιάζεται στο κάτωθι απόσπασμα ορθοφωτοχάρτη κλίμακας 1: 5. 000 το οποίο αντλήσαμε από τον διαδικτυακό ιστότοπο του Ελληνικού Κτηματολογίου.



Χάρτης 1: Περιοχή Μελέτης, Κλίμακα 1: 5. 000

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε το Μάρτιο του 2022. Η περιοχή μελέτης έχει έκταση 425.986,75 τετραγωνικά μέτρα. Προκειμένου να εξασφαλίσουμε μια ολοκληρωμένη γεωγραφική αποτύπωση, έγινε έλεγχος της έντασης του θορύβου σε 46 σημεία συνολικά. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε ηχώμετρο τύπου Uni-TUT353.

Σε κάθε σημείο, πραγματοποιήσαμε 5 μετρήσεις με απόκλιση ± 30 λεπτών (δηλαδή για την παραγωγή του χάρτη για την Δευτέρα 09. 00ώρα το πρωί για παράδειγμα, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα στο διάστημα 8. 30-9. 30, 1 δευτερολέπτου εκάστη, ώστε να συμπεριλάβουμε τις περιόδους έντονου φόρτου, μέτριας κυκλοφορίας και ηρεμίας όπως αυτές προκύπτουν δεδομένης της ύπαρξης φαναριών στις διασταυρώσεις του οδικού δικτύου.

Στις κύριες οδικές αρτηρίες, στη λεωφόρο Αλεξάνδρας, στη λεωφόρο Κηφισίας, στη λεωφόρο Μεσογείων και τη λεωφόρο Μιχαλακοπούλου, η απόσταση από την άκρη του δρόμου ήταν 1, 2 μέτρα περίπου εντός του πεζοδρομίου, ενώ στο υπόλοιπο οδικό δίκτυο δεν υπήρχε αυτή η δυνατότητα. Σε ότι αφορά τη στάθμιση χρόνου στις επιλογές του οργάνου καταγραφής του ήχου, επιλέξαμε τη αργή απόκριση², ώστε ο δειγματοληπτικός έλεγχος να είναι αργός, δίνοντας μια μέτρηση ανά δευτερόλεπτο βγάζοντας τον μέσο όρο και ως προς την στάθμιση της συχνότητας επιλέχθηκε η Α κλίμακα για τους λόγους τους οποίους αναφέραμε εκτενώς στο Α' Μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

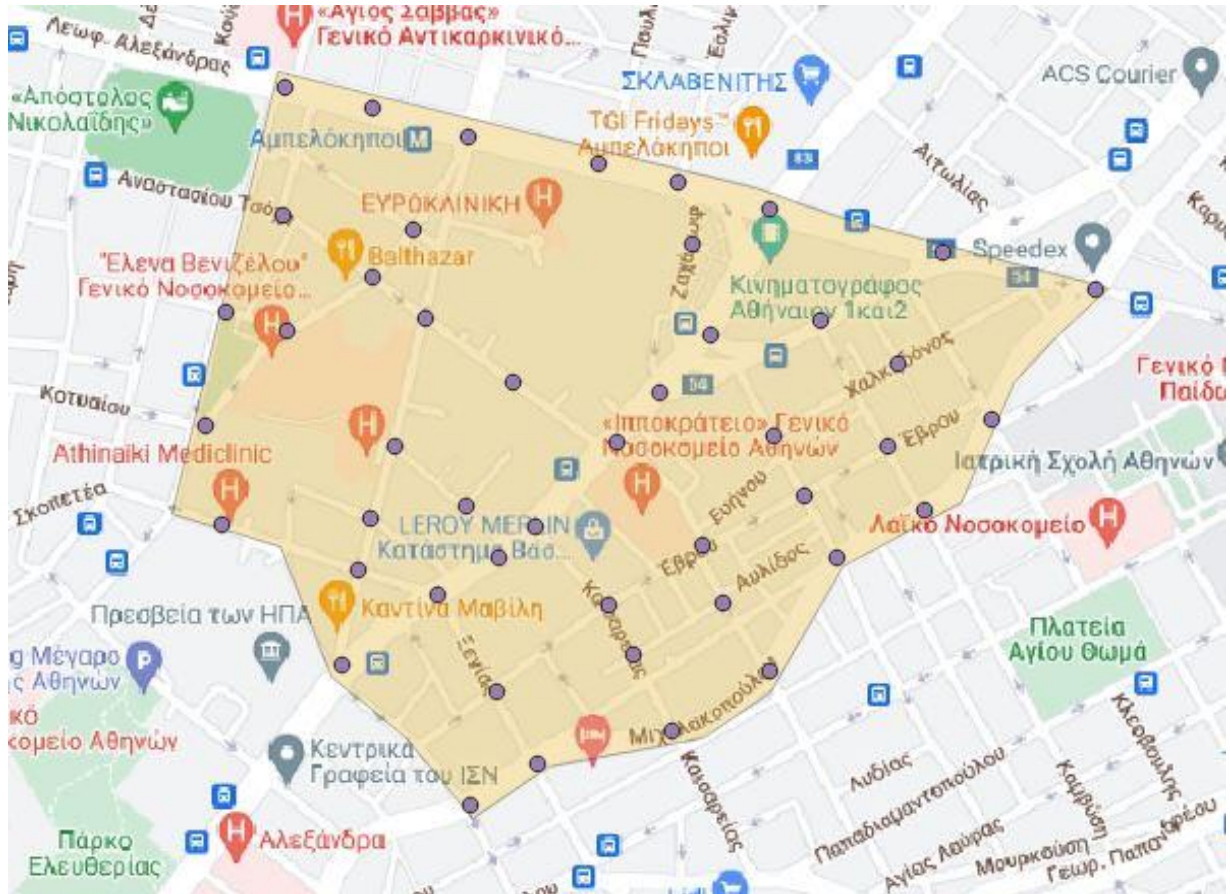
Καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων, οι καιρικές συνθήκες ήταν άκρως ευνοϊκές και κατάλληλες για τη συλλογή δεδομένων έτσι ώστε να ανταποκρίνονται κατά το δυνατό στην πραγματικότητα και να μην έχουμε απώλειες ή κακή δειγματοληψία.

Προκειμένου να πραγματοποιήσουμε τη χαρτογράφηση του θορύβου στην παρούσα έκταση, χρησιμοποιήσαμε το λογισμικό QGIS, το οποίο είναι ένα ιδιαίτερος χρήσιμο εργαλείο επεξεργασίας χωρικών δεδομένων, καθώς και οπτικοποίησής τους σε μορφή χάρτη.

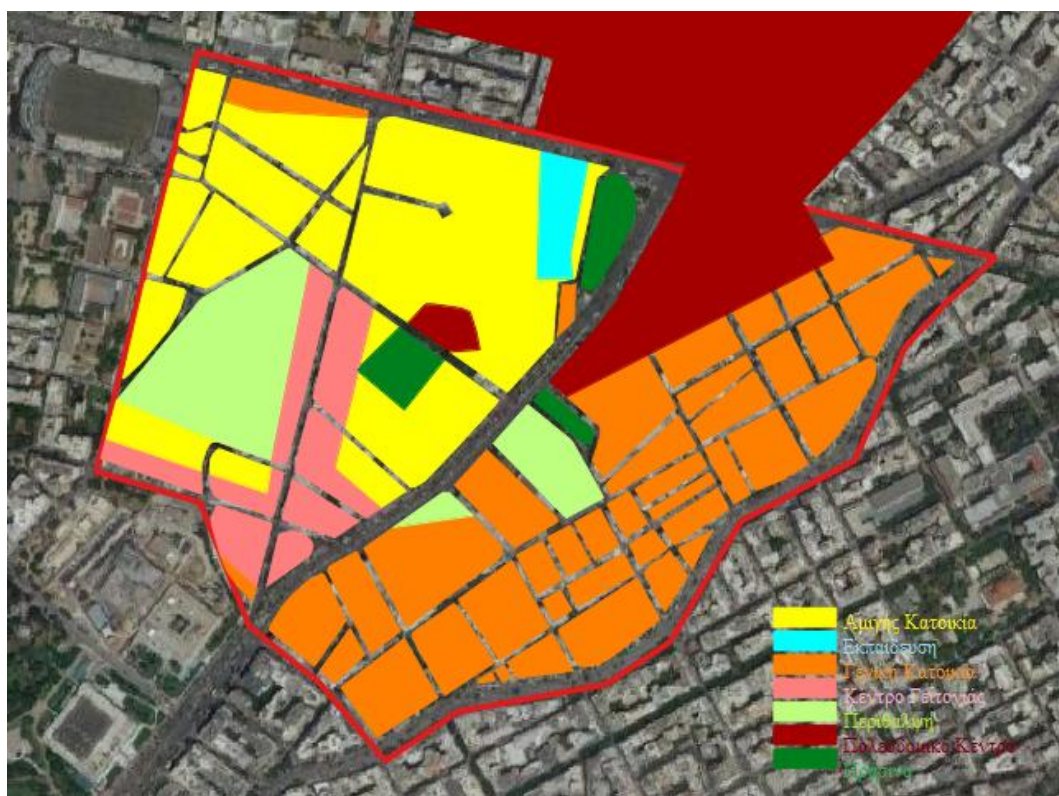
Πριν εισάγουμε, όμως, τα δεδομένα του θορύβου, προσθέσαμε σε μορφή shapefile στοιχεία όπως οι δρόμοι, τα οικοδομικά τετράγωνα καθώς και τα πολύγωνα των χρήσεων γης όπως αυτά συλλέξαμε από το <http://gis.epoleodomia.gov.gr/v11/index.html#/> (για τα Ο. Τ.) καθώς και το <http://msa.ypeka.gr/> (χρήσεις γης).

²Σε περίπτωση επιλογής της γρήγορης απόκρισης, ο δειγματοληπτικός χρόνος μέτρησης είναι γρήγορος, 1 φορά ανά 125 mms (millisecond, 1ms=10⁻⁴sec) που ισούται περίπου με 1/8 του δευτερολέπτου.

Στους παρακάτω χάρτες παρουσιάζονται η κατανομή των 46 σημείων της δειγματοληψίας (Χάρτης 2) καθώς και οι χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης (Χάρτης 3).



Χάρτης 2: Σημεία Δειγματοληψίας(Ιδια επεξεργασία)



Χάρτης 3: Χρήσεις Γης (Ίδια επεξεργασία)

Σύμφωνα με τους Χάρτες 2 και 3, λοιπόν, προκύπτει ο κάτωθι πίνακας:

Πίνακας 2 (Πλήθος σημείων/χρήση γης)

| Χρήσεις Γης | Αριθμός σημείων δειγματοληψίας |
|------------------|--------------------------------|
| Αμιγής κατοικία | 7 |
| Εκπαίδευση | 2 |
| Γενική κατοικία | 19 |
| Κέντρο γειτονιάς | 5 |
| Περίθαλψη | 5 |
| Δρόμοι | 8 |

Από τον πίνακα 2 εξάγεται το συμπέρασμα πως τα περισσότερα σημεία δειγματοληψίας εντοπίζονται σε περιοχές με κύρια χρήση την αμιγή ή γενική κατοικία καθώς και τα αστικά κέντρα.

Αφού συλλέξαμε τα δεδομένα στο πεδίο, ο πίνακας περιεχομένων του σημειακού shapefile (attribute table) του δείγματος, συμπληρώθηκε με 5 πεδία, με το κάθε πεδίο θα περιλαμβάνει το μέσο όρο των τιμών των μετρήσεων για κάθε σημείο. Κάθε πίνακας αφορά μια ημέρα μετρήσεων, Δευτέρα, Τετάρτη και Σάββατο, ενώ μιλώντας για 5 πεδία, εννοούνται οι 5 ώρες δειγματοληψίας (06: 00, 09: 00, 15: 00, 18: 00 και 21: 00). Η συλλογή των μετρήσεων καθώς και η συμπλήρωση του πίνακα περιεχομένων με τον τρόπο που αναφέρουμε, μας επιτρέπει το σχεδιασμό διαφορετικού χάρτη θορύβου για κάθε διαφορετικό πεδίο το οποίο οδηγεί σε διαχρονική παρατήρηση της μεταβολής του επιπέδου θορύβου τόσο στο χώρο όσο και στη διάσταση του χρόνου.

Αφού λοιπόν προετοιμάσαμε τα δεδομένα, προχωρήσαμε στη γεωστατιστική ανάλυση για καθένα από τα πεδία. Οι δύο μέθοδοι τις οποίες επιλέξαμε και αναλύσαμε στο Α' Μέρος της παρούσης διπλωματική εργασίας, διαφέρουν ως προς τον αριθμό των βημάτων υλοποίησής τους, ενώ διαθέτουν τρία κοινά βήματα. Τα βήματα αυτά είναι:

- η εισαγωγή των δεδομένων για παρεμβολή
- η αναζήτηση παραθύρου γειτονιάς μαζί με τον αριθμό των γειτόνων και τον τύπο του τομέα
- η απλή και πολλαπλή επικύρωση για τον έλεγχο των σφαλμάτων της προκύπτουσας, ανά περίπτωση, επιφάνειας πρόβλεψης.

6. 2Βασικές ενέργειες εργασίας στο περιβάλλον Q-GIS

6. 2. 1 Δημιουργία attribute table με τα σημεία δειγματοληψίας και τις τιμές. (ενδεικτικά παρακάτω)

| id | X | Y | Δ 06_00 d | Δ 09_00 d | Δ 15_00 d | Δ 18_00 d | Δ 21_00 d | TE 18_00 d | TE 21_00 d | TE 06_00 | TE 09_00 | TE 15_00 | SA 06_00 d | SA 09_00 d | SA 15_00 d | SA 18_00 d | SA 21_00 d |
|----|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | 478377.13 | 4204181.41 | 55 | 75 | 75 | 69 | 72 | 68 | 72 | 51 | 61 | 71 | 39 | 54 | 60 | 70 | 82 |
| 2 | 478569.86 | 4204128.97 | 54 | 77 | 73 | 68 | 73 | 68 | 72 | 52 | 63 | 71 | 40 | 55 | 62 | 73 | 81 |
| 3 | 478885.87 | 4204055.28 | 57 | 73 | 75 | 71 | 76 | 71 | 74 | 55 | 60 | 73 | 40 | 54 | 62 | 73 | 83 |
| 4 | 479067.26 | 4204008.52 | 58 | 72 | 76 | 70 | 75 | 70 | 72 | 53 | 67 | 73 | 41 | 55 | 63 | 74 | 79 |
| 5 | 479228.81 | 4203970.26 | 54 | 70 | 73 | 69 | 73 | 70 | 71 | 67 | 67 | 71 | 44 | 54 | 62 | 70 | 80 |
| 6 | 479119.69 | 4203835.63 | 42 | 53 | 50 | 55 | 64 | 52 | 58 | 40 | 44 | 49 | 38 | 44 | 55 | 52 | 67 |
| 7 | 478939.72 | 4203938.37 | 55 | 69 | 73 | 70 | 72 | 72 | 73 | 52 | 63 | 70 | 42 | 53 | 60 | 71 | 82 |
| 8 | 478824.23 | 4203923.49 | 55 | 69 | 72 | 70 | 73 | 72 | 75 | 64 | 75 | 75 | 49 | 55 | 62 | 74 | 83 |
| 9 | 478890.83 | 4203818.63 | 35 | 39 | 44 | 41 | 48 | 48 | 50 | 32 | 39 | 43 | 31 | 39 | 41 | 43 | 47 |
| 10 | 478957.43 | 4203692.51 | 41 | 52 | 54 | 55 | 64 | 50 | 61 | 40 | 44 | 47 | 42 | 48 | 55 | 50 | 60 |
| 11 | 478725.03 | 4203813.67 | 54 | 67 | 71 | 69 | 72 | 70 | 73 | 53 | 59 | 70 | 44 | 52 | 59 | 75 | 78 |
| 12 | 478816.43 | 4203705.97 | 35 | 41 | 44 | 50 | 51 | 53 | 44 | 41 | 44 | 54 | 32 | 37 | 45 | 49 | 52 |
| 13 | 478886.58 | 4203574.89 | 41 | 48 | 47 | 50 | 48 | 52 | 47 | 33 | 45 | 55 | 30 | 38 | 41 | 44 | 41 |
| 14 | 478640.00 | 4203724.39 | 54 | 69 | 66 | 63 | 68 | 65 | 63 | 50 | 60 | 71 | 44 | 53 | 62 | 74 | 77 |
| 15 | 478717.23 | 4203644.33 | 44 | 52 | 58 | 56 | 51 | 59 | 52 | 44 | 52 | 58 | 37 | 43 | 49 | 58 | 55 |

Εικόνα 6: Ίδια επεξεργασία

Παρατηρούμε για τα πρώτα 15 σημεία δειγματοληψίας, τον αύξοντα αριθμό τους, τις συντεταγμένες τους σε σύστημα ΕΓΣΑ 87' και στην συνέχεια των στηλών τις μετρήσεις σε ντεσιμπέλ (μέσους όρους) ανά κάθε ώρα και ημέρα (Δευτέρα 06: 00, 09: 00, 15: 00, 18: 00, 21: 00, Τετάρτη 06: 00, 09: 00, 15: 00, 18: 00, 21: 00 και Σάββατο 06: 00, 09: 00, 15: 00, 18: 00, 21: 00) κατά σειρά.

6. 2. 2 Σφάλματα στην Μέθοδο Kriging

Έπειτα από την βαθιά ανάλυση των μεθόδων που έχουν χρησιμοποιηθεί σε παρόμοιες εργασίες και τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιήθηκαν οι υπολογισμοί, κρίθηκε ως πρώτος στόχος η κάλυψη της περιοχής ενδιαφέροντος με πολύ καλή δειγματοληψία (πολλά δεδομένα, ακριβή και πυκνά). Αυτό έγινε με σκοπό την εξάλειψη των μεγάλων σφαλμάτων στις προβλέψεις αφού ελάχιστα σημεία θεωρούνται «νεκρά» από χωρική πληροφορία. Τα 46 σημεία και ο όγκος των δεδομένων ανά 5 ώρες τις ημέρες ενδιαφέροντος είναι υπεραρκετά για το μέγεθος και τις διαφοροποιήσεις της περιοχής. Δημιουργήθηκε ο πίνακας συσχέτισης σημείων δειγματοληψίας – μέσω τιμών (Πίνακας 4 παρακάτω), ο πίνακας στατιστικών αναλύσεων (πίνακας 5), ο πίνακας 6 (με τις λογαριθμικές μετατροπές), και με την προϋπόθεση πως η απόσταση κάθε σημείου παρατήρησης απέχει 165 μέτρα από το εκτιμώμενο σημείο (μετρημένες αποστάσεις μεταξύ των σημείων παρατήρησης 210 και 120μ δηλαδή $330/2$) προέκυψε και το τελικό ενιαίο σφάλμα πρόβλεψης. Για τον υπολογισμό του σφάλματος χρησιμοποιήθηκαν οι ημέρες και ώρες παρατηρήσεων «Δευτέρα ώρα 09: 00, Τετάρτη 18: 00 και Σάββατο 15: 00» καθώς παρουσίασαν την

πιο αληθοφανή εικόνα για ένα χαρτογραφικό αποτέλεσμα γενικού χρονικού ορίζοντα χωρίς ακραίες τιμές και συμπεριλαμβάνουν κάθε ημέρα. Το τελικό σφάλμα προέκυψε από την διασπορά Kriging η οποία βρέθηκε $\sigma^2 = 11.513$ και άρα $\sigma = 11.513^{1/2}$ ή $\sigma = 3.39$ dB.

6. 2. 3: Κόμβοι και Φόρτος

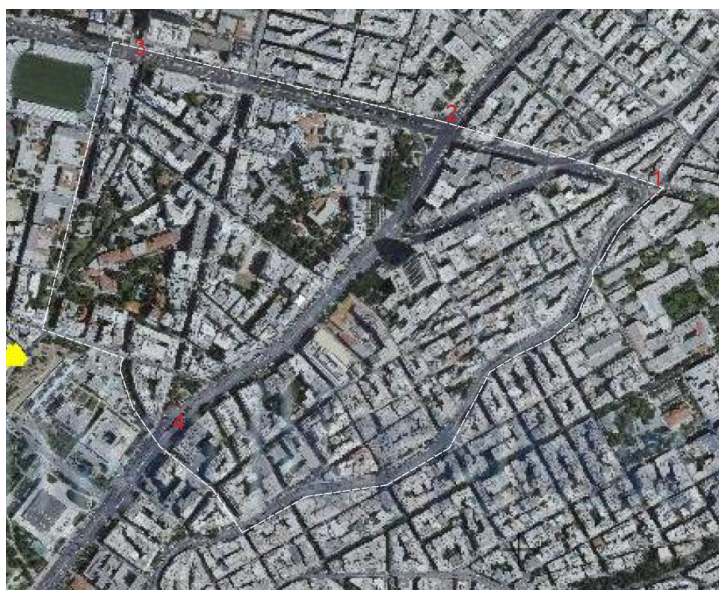
Οι τιμές που συλλέξαμε κατά τη δειγματοληψία, αποτελούν τυχαίες μεταβλητές. Σύμφωνα με τη μεγάλη επιστήμη της στατιστικής, μια τυχαία μεταβλητή είναι μια πραγματική συνάρτηση η οποία λαμβάνει τιμές βάσει μιας τυχαίας διαδικασίας και πιο συγκεκριμένα, βάσει ενός τυχαίου πειράματος. Το αποτέλεσμα ενός τυχαίου πειράματος αφορά σε κάποιο κοινό χαρακτηριστικό των υποκείμενων επί των οποίων αυτό εκτελείται δηλαδή στην προκειμένη των τιμών decibel. Έτσι, στη στατιστική, πρακτικά μια τυχαία μεταβλητή εκφράζει ένα κοινό χαρακτηριστικό μιας ομάδας υποκείμενων το οποίο μεταβάλλεται από υποκείμενο σε υποκείμενο (ή και στο ίδιο) και λαμβάνει τιμές βάσει μιας τυχαίας διαδικασίας. Κάθε υποκείμενο επί του οποίου παρατηρούμε την τιμή, κάθε τιμή που μας προσδίδει το ηχόμετρο σε κάθε σημείο δειγματοληψίας δηλαδή, ονομάζεται απλό στοιχείο ή πειραματική/ δειγματοληπτική μονάδα³.

Προκειμένου να κατασκευάσουμε μέγιστης ακρίβειας χάρτες θορύβων, αφού συλλέξαμε τα στοιχεία στο πεδίο, κάναμε τις ανάλογες επεξεργασίες οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στο τέλος.

Επίσης, αντλήσαμε από το διαδικτυακό ιστότοπο https://data.gov.gr/datasets/road_traffic_attica/, τον κυκλοφοριακό φόρτο για τα σημεία όπου παρουσιάζεται μεγάλη κυκλοφορία οχημάτων, τα οποία εμφανίζονται στο κάτωθι απόσπασμα ορθοφωτοχάρτη.

Κόμβος 1: Μιχαλακοπούλου, Κόμβος 2: Κηφισίας, Κόμβος 3: Αλεξάνδρας, Κόμβος 4: Βασιλίσσης Σοφίας.

³ Ως δειγματοληπτική μονάδα ορίζεται ένα σύνολο απτών στοιχείων, δηλαδή εννοιών οι οποίες διακρίνονται.



Εικόνα7: Κόμβοι περιοχής μελέτης (<https://data.gov.gr/>)

Ως κυκλοφοριακός φόρτος (Q) ορίζεται ο συνολικός αριθμός οχημάτων τα οποία περνούν από τη διατομή μιας λωρίδας ή οδού κατά τη διάρκεια ενός δεδομένου χρονικού διαστήματος (συνήθως οχήματα ανά ώρα).

Ως μέση ταχύτητα χρόνου (\bar{v}_t) ορίζεται ο αριθμητικός μέσος όρος των ταχυτήτων των οχημάτων τα οποία περνούν από μια διατομή της οδού σε μια δεδομένη χρονική περίοδο (συνήθως χιλιόμετρα ανά ώρα)

Ως μέση ταχύτητα χώρου (\bar{v}_s) ορίζεται ο αριθμητικός μέσος όρος των ταχυτήτων

Βάσει του παραπάνω χάρτη αλλά και των δεδομένων τα οποία αντλήσαμε από την πηγή που προαναφέρθηκε, προέκυψε ο ακόλουθος πίνακας:

Πίνακας 3: Οχήματα/ώρα σημαντικών κόμβων περιοχής μελέτης (Πηγή road https://data.gov.gr/datasets/road_traffic_attica/)

| Οδός | Οχήματα/ώρα |
|----------------------------|-------------|
| Μιχαλακοπούλου προς κέντρο | 22840 |
| Κηφισίας προς κέντρο | 30240 |
| Αλεξάνδρας προς Πανόρμου | 46880 |
| Βασ. Σοφίας προς Βόρεια | 44480 |

Παρατηρούμε πως στους τρεις μεγαλύτερους οδικούς άξονες των Αθηνών η κυκλοφορία των οχημάτων είναι εξαιρετικά μεγάλη ενώ στον τέταρτο (Μιχαλακοπούλου), είναι μεγάλη όμως αισθητά μειωμένη από τους υπόλοιπους.

Είναι δυνατή μία ενδεικτική και κατά προσέγγιση αναφορά της όχλησης, αν για παράδειγμα μελετήσουμε την Λεωφόρο Αλεξάνδρας και τον αριθμό 46880 οχήματα ανά ώρα. Αυτός ο αριθμός μπορεί να απλοποιηθεί ενδεικτικά στην αναλογία $46880/3600 \text{ sec} = 13$ αυτοκίνητα το δευτερόλεπτο. Με την γνώση πως η Αλεξάνδρας έχει 3 λωρίδες για Ι. Χ και μία για λεωφορεία (με τα λεωφορεία να μην περνούν κάθε δευτερόλεπτο, ούτε καν λεπτό), βγαίνει ένας αριθμός της τάξης των 4. 3 οχημάτων ανά λωρίδα το δευτερόλεπτο. Ένα μέσο αυτοκίνητο στο ρελαντί εκπέμπει θόρυβο της τάξης των 50-65 dB, ενώ αν χρησιμοποιηθεί η κόρνα φτάνει τα 80-100 dB, συνεπώς γίνεται αντιληπτή η όχληση η οποία κρίθηκε αναγκαίο να χαρτογραφηθεί.

6. 3: Ανάλυση της περιοχής μελέτης

Σύμφωνα με την εικόνα 7 η οποία δείχνει την περιοχή μελέτης με τους κόμβους στους οποίους υπάρχουν αξιοποιήσιμα δεδομένα καταγραφών, συνάγεται το συμπέρασμα πως πρόκειται για μια καθαρά αστική περιοχή. Οι περιοχές πράσινων χώρων, πάρκων απουσιάζουν –εκτός από μία μοναδική περίπτωση στην κεντρική και βόρεια περιοχή (πλατεία Ευαγγελικής Σχολής). Κατά μήκος των μεγάλων οδικών αρτηριών, (Βασιλίσσης Σοφίας, Λεωφόρου Αλεξάνδρας) τα κτήρια είναι κυρίως εταιρίες, γραφεία, υπηρεσίες και οργανισμοί ενώ στις γειτονιές καθαρά κατοικίες πολιτών. Στα δυτικά της περιοχής, σημαντικό ρόλο στην εργασία, διαδραματίζει η ύπαρξη του γηπέδου ποδοσφαίρου του Παναθηναϊκού, ένα νοσοκομείο καθώς και η κοντινή ύπαρξη της Γενικής Αστυνομικής Διεύθυνσης Αθηνών, καθώς επηρεάζουν τον όγκο των οχημάτων και τον κυκλοφοριακό φόρτο της περιοχής.

Όσον αφορά τα ύψη των κτηρίων, εντός των γειτονιών συναντώνται κυρίως μεγάλες πολυκατοικίες της τάξεως των τεσσάρων με μέγιστο τους δέκα ορόφους, γεγονός που επηρεάζει ιδιαίτερα την όχληση καθώς και με μέτρια κυκλοφοριακή κίνηση, τα παραγόμενα κύματα θορύβων «εγκλωβίζονται», ανακλώνται, διαχέονται και παραμένουν εντός αυτών. Στους μεγάλους δρόμους, πάλι υφίστανται υψηλά κτήρια, όμως εξαιτίας των μεγάλων πλατών τους τα ηχητικά κύματα εκφεύγουν λίγο πιο εύκολα. Το γεγονός αυτό όμως δεν σημαίνει χαμηλά επίπεδα θορύβου αφού η κυκλοφοριακή συμφόρηση είναι εξαιρετικά πολλαπλάσια των υπόλοιπων – γειτονικών- περιοχών και έτσι τα επίπεδα θορύβου που καταγράφονται είναι μεγαλύτερα.

Κεφάλαιο 7: Αποτελέσματα Εργασιών

7. 1 Στατιστικά αποτελέσματα παρατηρήσεων

Κάθε τιμή της κλίμακας Decibel την οποία συλλέξαμε κατά τις μετρήσεις πεδίου, αποτελεί μια συνεχή ποσοτική μεταβλητή.

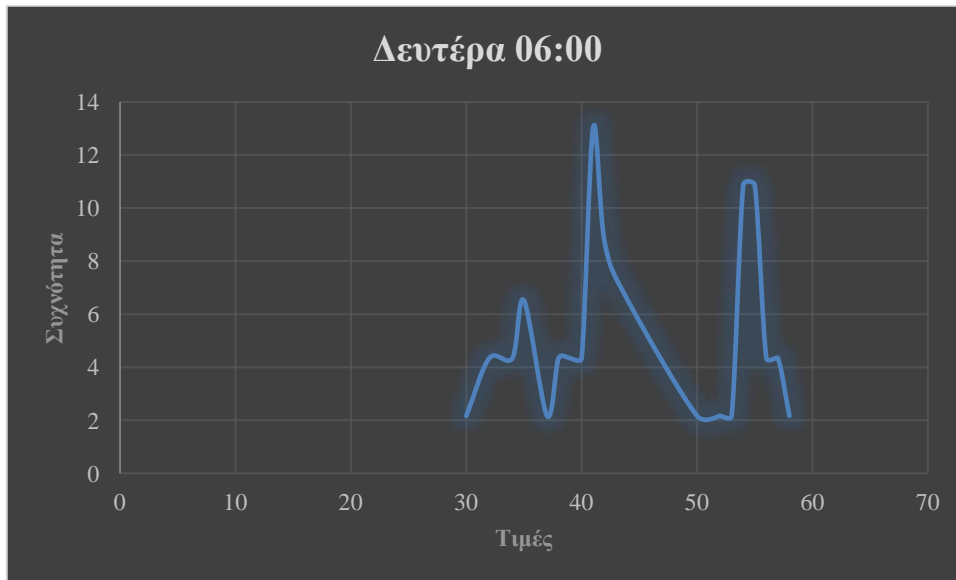
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ένας μέσος όρος των τιμών ανά ώρα και ημέρα παρατήρησης.

Πίνακας 4: Συνολικοί μέσοι όροι τιμών δειγματοληψίας ανά ημέρα και ώρα (οι τιμές σε Ντεσιμπέλ)

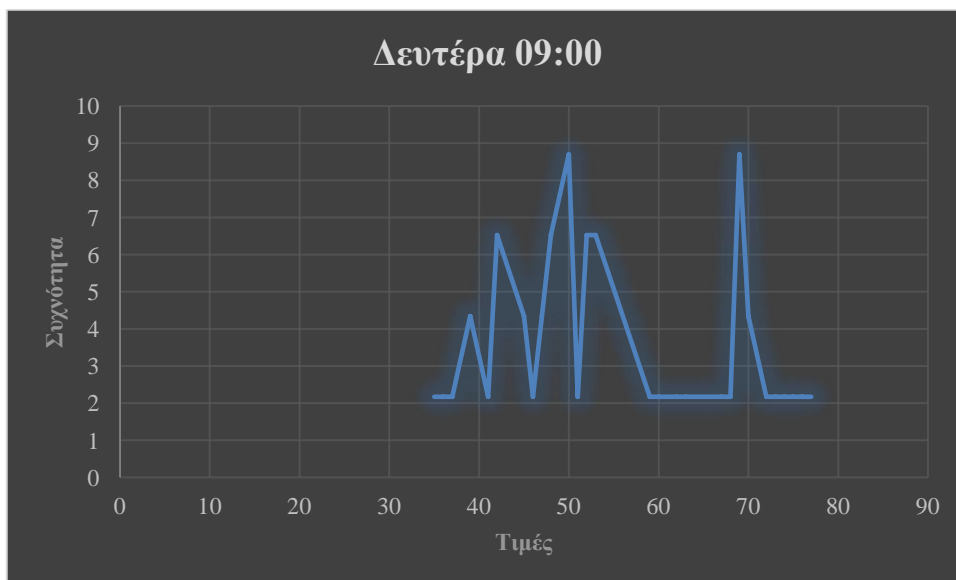
| | |
|----------------|----|
| Δευτέρα 06: 00 | 44 |
| Δευτέρα 09: 00 | 55 |
| Δευτέρα 15: 00 | 58 |
| Δευτέρα 18: 00 | 55 |
| Δευτέρα 21: 00 | 56 |
| Τετάρτη 06: 00 | 43 |
| Τετάρτη 09: 00 | 50 |
| Τετάρτη 15: 00 | 59 |
| Τετάρτη 18: 00 | 58 |
| Τετάρτη 21: 00 | 57 |
| Σάββατο 06: 00 | 38 |
| Σάββατο 09: 00 | 45 |
| Σάββατο 15: 00 | 51 |
| Σάββατο 18: 00 | 56 |
| Σάββατο 21: 00 | 60 |

Παρατηρείται πως ο μέγιστος μέσος όρος τιμών παρατηρείται το Σάββατο στις 21:00 καθώς και τις μεσημεριανές ώρες των καθημερινών (15:00). Οι ελάχιστοι μέσοι όροι , τις πολύ πρωινές ώρες (06:00) κάθε ημέρας και ειδικά το Σάββατο που δεν εργάζεται ένα πολύ μεγάλο κομμάτι του πληθυσμού και συνεπώς δεν μετακινείται.

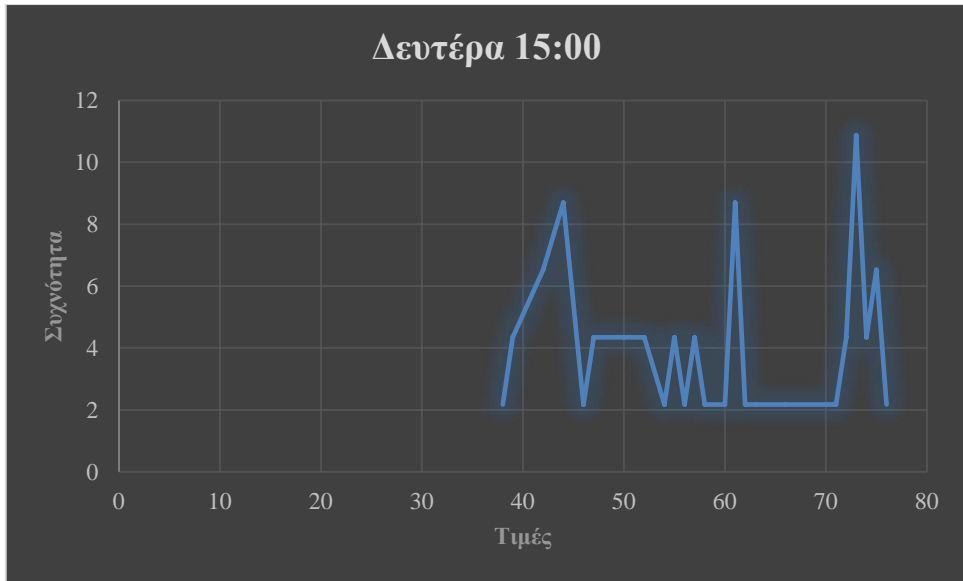
Αφού συλλέχθηκαν και ομαδοποιήθηκαν λοιπόν οι μεταβλητές σε ένα πίνακα excel(όλοι οι πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα πινάκων της παρούσας εργασίας), κατασκευάστηκε ένας πίνακας κατανομής συχνοτήτων, προκειμένου να παρατηρηθεί πόσο συχνά εμφανίζεται κάθε μεταβλητή στο δείγμα. Εν συνεχεία, κατασκευάστηκαν τα παρακάτω διαγράμματα, καθένα από τα οποία απεικονίζει τη συχνότητα εμφάνισης κάθε τιμής decibelανά το δείγμα.



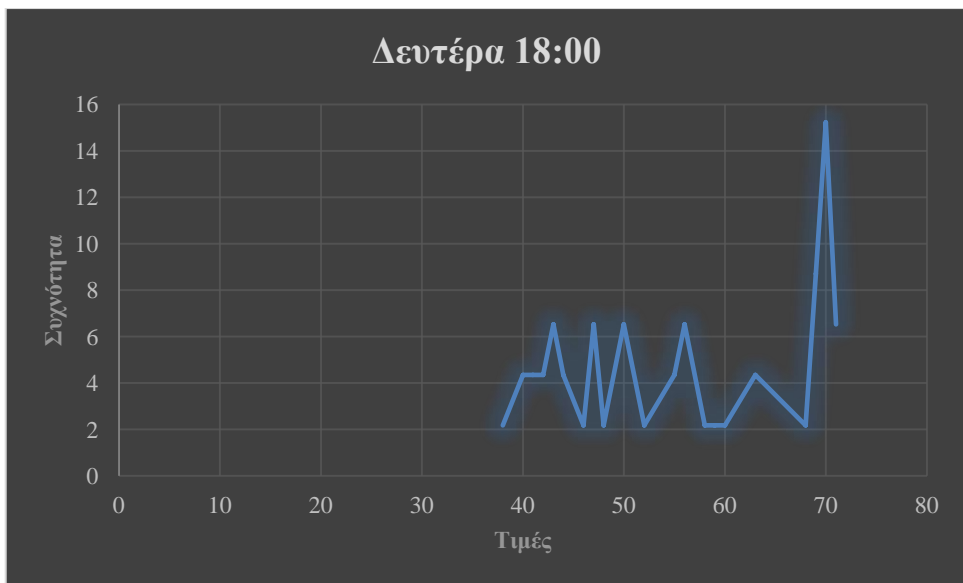
Διάγραμμα 1: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Δευτέρα 06: 00



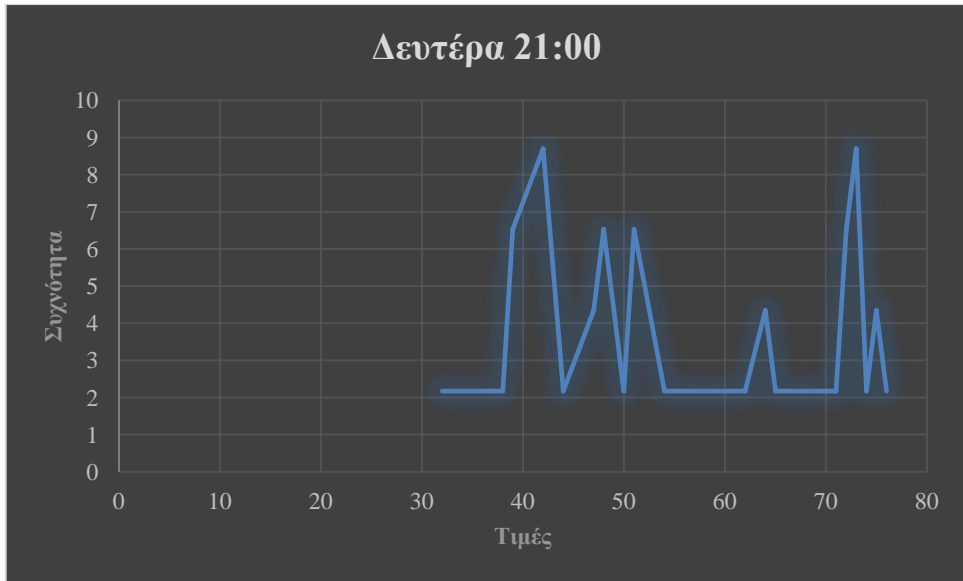
Διάγραμμα 2: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Δευτέρα 09: 00



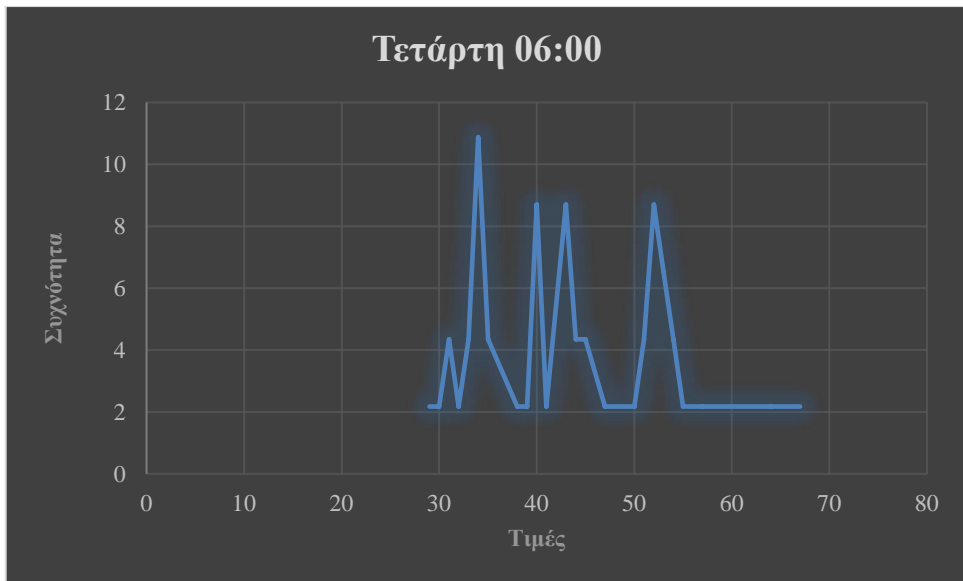
Διάγραμμα 3: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Δευτέρα 15: 00



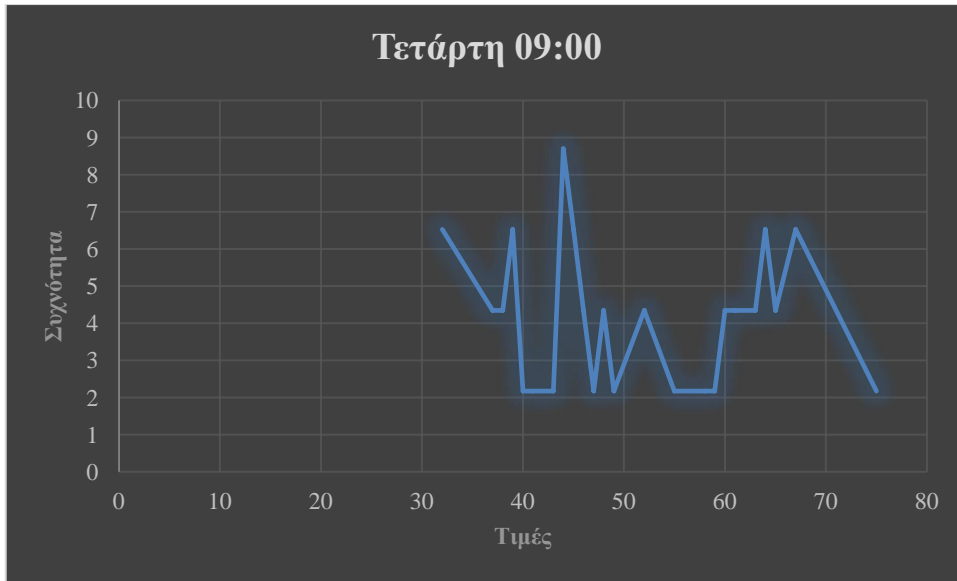
Διάγραμμα 4: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Δευτέρα 18: 00



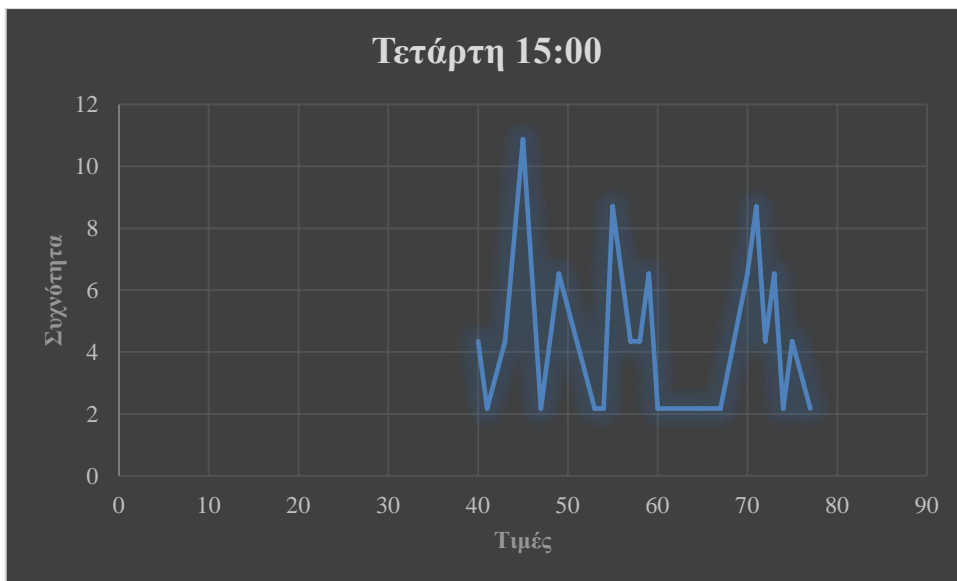
Διάγραμμα 5: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Δευτέρα 21: 00



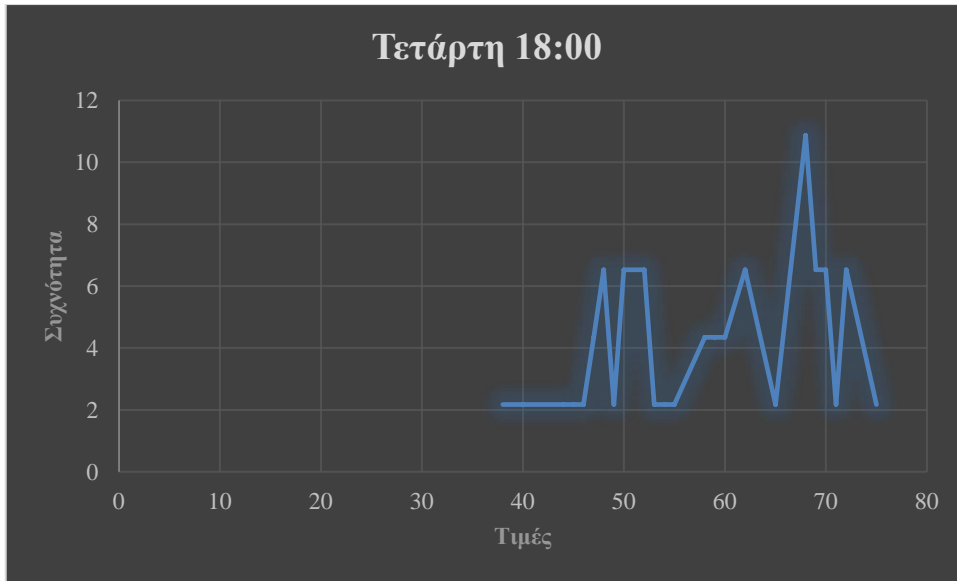
Διάγραμμα 6: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Τετάρτη 06: 00



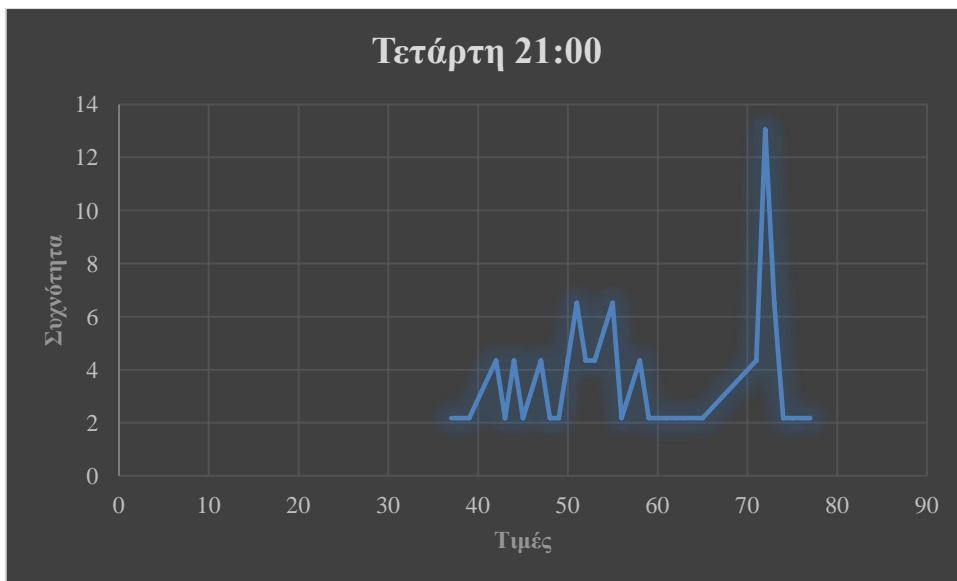
Διάγραμμα 7: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Τετάρτη 09: 00



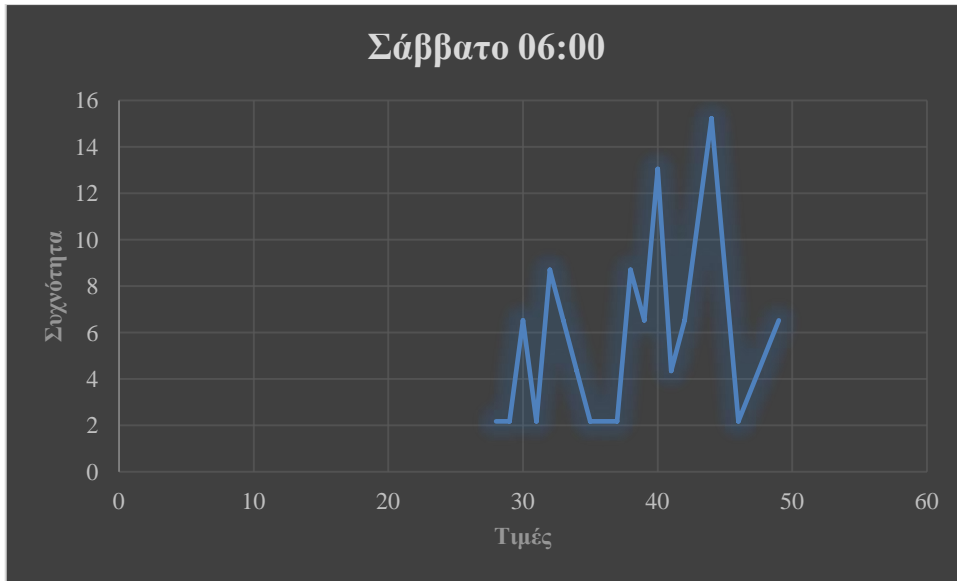
Διάγραμμα 8: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Τετάρτη 15: 00



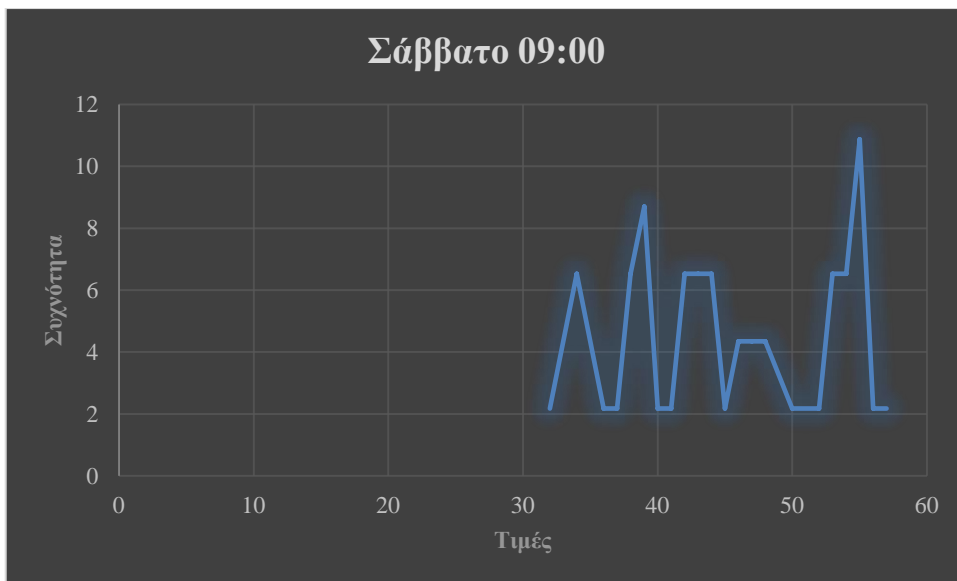
Διάγραμμα 9: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Τετάρτη 18: 00



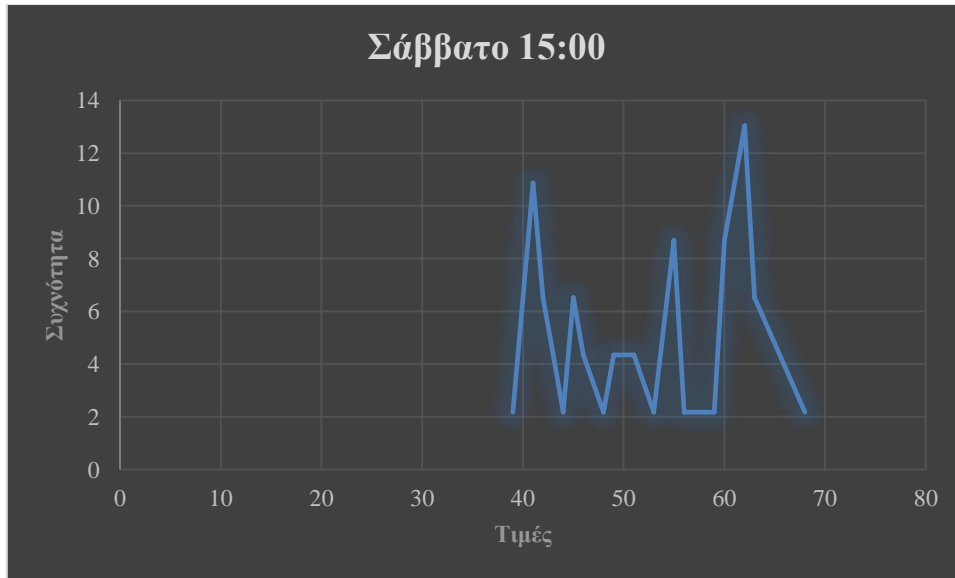
Διάγραμμα 10: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Τετάρτη 21: 00



Διάγραμμα 11: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Σάββατο 06: 00



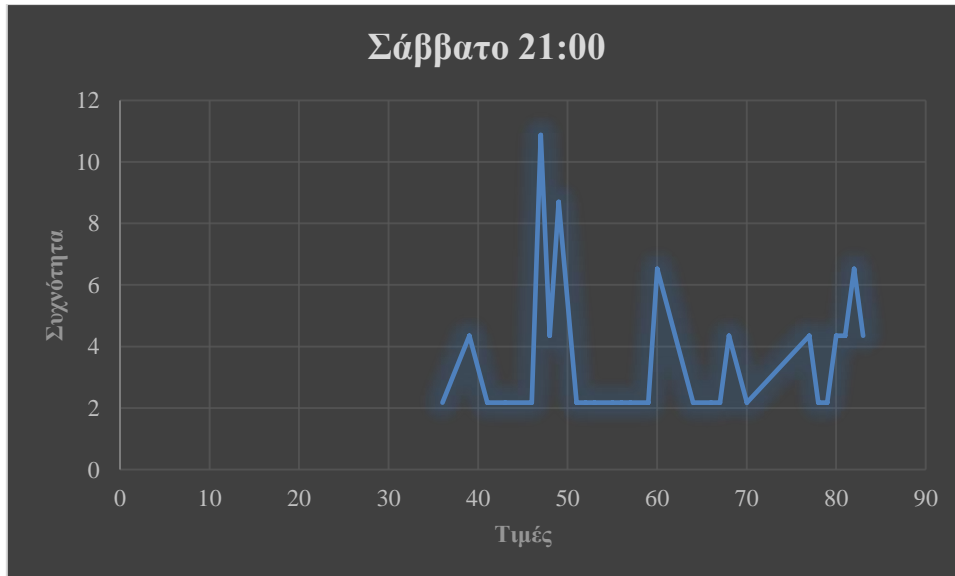
Διάγραμμα 12: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Σάββατο 09: 00



Διάγραμμα 13: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Σάββατο 15: 00



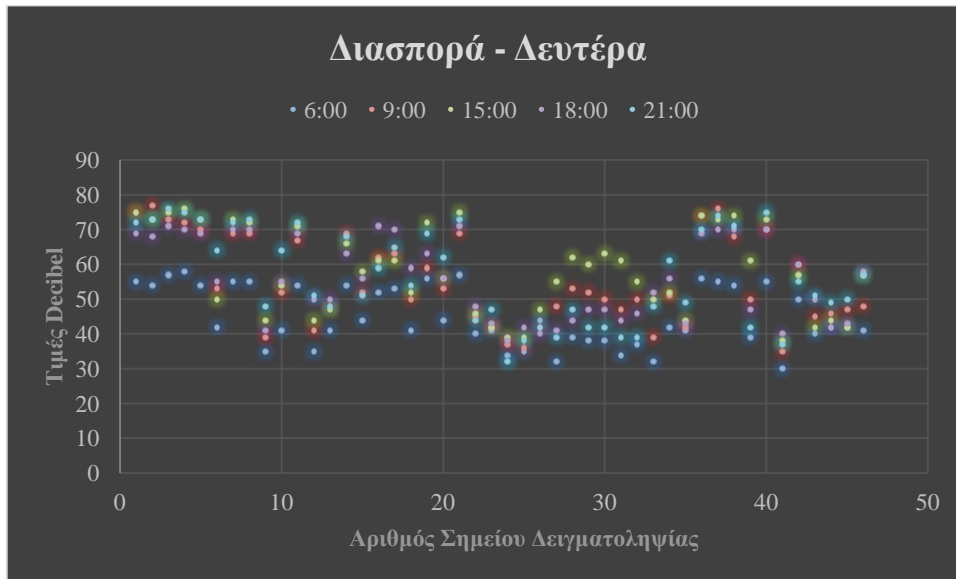
Διάγραμμα 14: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Σάββατο 18: 00



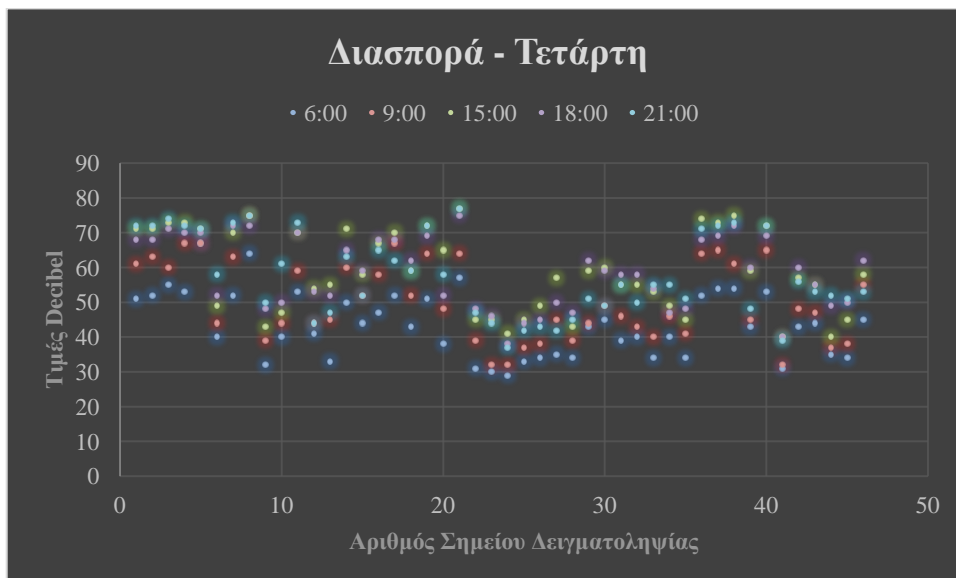
Διάγραμμα 15: Διάγραμμα Συχνότητας - Τιμών Σάββατο 21: 00

Παρατηρείται πως οι μικρότερες τιμές όχλησης στην περιοχή αγγίζουν τα 30-40 dB κατά τις πολύ πρωινές ώρες (05: 30-09: 30), γεγονός που δείχνει την αξιοπιστία των μετρήσεων, καθώς είναι λογικό τέτοιες ώρες η κυκλοφορία των οχημάτων να είναι μειωμένη σε σχέση με τις μεσημεριανές ή τις απογευματινές-βραδινές ώρες. Οι μεγαλύτερες τιμές όχλησης κυμαίνονται από τα 55-70 dB κυρίως στα διαγράμματα ωρών αιχμής όπως οι μεσημεριανές ώρες. **Τέτοιου είδους διαγράμματα, και υπολογισμοί βοήθησαν για την διεκπεραίωση της μεθόδου παρεμβολής Kriging** η οποία απαιτούσε στατιστικές μεθόδους για την εκτίμηση βαρών και σφαλμάτων στην μέθοδο και την εισαγωγή αυτών ως παραμέτρους στο περιβάλλον Q-GIS.

Συγκεντρωτικά, λοιπόν, στα παρακάτω παρατηρούμε τη διασπορά των μετρήσεων ανά ημέρα παρατήρησης.



Διάγραμμα 16: Διάγραμμα Διασποράς τιμών δειγματοληψίας τη Δευτέρα



Διάγραμμα 17: Διάγραμμα Διασποράς τιμών δειγματοληψίας την Τετάρτη



Διάγραμμα 18: Διάγραμμα Διασποράς τιμών δειγματοληψίας το Σάββατο

Όπως ήταν αναμενόμενο, οι μεγαλύτερες τιμές του συνόλου της δειγματοληψίας, εντοπίζονται στα σημεία παρατήρησης επί των μεγάλων κεντρικών αρτηριών. Εντοπίζονται δηλαδή στις λεωφόρους Αλεξάνδρας, Μιχαλακοπούλου, Κηφισίας και Μεσογείων, ενώ οι χαμηλότερες εντοπίζονται στις περιοχές αμιγούς και γενικής κατοικίας παράλληλα και κάθετα στις κεντρικές λεωφόρους. Στο ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται η μέση τιμή, η διάμεσος, η διακύμανση και η τυπική απόκλιση των μετρήσεων ανά μέρα και ώρα, όπως αυτές υπολογίστηκαν αναλυτικά σε υπολογιστικό φύλλο excel. Οι αναλυτικοί πίνακες επισυνάπτονται στο παράρτημα πινάκων της παρούσας εργασίας.

Πίνακας 5: Μέσοι όροι, διάμεσοι, διακυμάνσεις, τυπικές αποκλίσεις μετρήσεων δειγματοληψίας

| Δευτέρα | 06: 00 | 09: 00 | 15: 00 | 18: 00 | 21: 00 |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Μέσος όρος | 44,956 | 55,108 | 58, 217 | 55,782 | 56,565 |
| Διάμεσος | 42 | 48,5 | 48 | 49 | 55 |
| Διακύμανση | 70, 998 | 255, 467 | 324, 368 | 247, 591 | 308, 529 |
| Τυπική απόκλιση | 8,426 | 15,983 | 18,010 | 15,735 | 17,565 |
| Τετάρτη | 06: 00 | 09: 00 | 15: 00 | 18: 00 | 21: 00 |
| Μέσος όρος | 43,565 | 50,521 | 58,913 | 58,521 | 57,739 |
| Διάμεσος | 37,5 | 41,5 | 44,5 | 48 | 53,5 |
| Διακύμανση | 88,877 | 160,003 | 328,342 | 284,916 | 296,938 |
| Τυπική απόκλιση | 9,427 | 12,649 | 18,120 | 16,879 | 17,231 |
| Σάββατο | 06: 00 | 09: 00 | 15: 00 | 18: 00 | 21: 00 |
| Μέσος όρος | 38,326 | 45,282 | 51,956 | 56,5 | 60,478 |
| Διάμεσος | 36 | 41,5 | 44,5 | 47 | 48,5 |
| Διακύμανση | 75,48 | 51,178 | 118,04 | 296,374 | 457,000 |
| Τυπική απόκλιση | 8,688 | 7,153 | 10,867 | 17,215 | 21,377 |

7. 2 Λογαριθμικά αποτελέσματα και ανάλυση δεδομένων-παραμέτρων στις μεθόδους

Για να πραγματοποιηθούν οι μέθοδοι παρεμβολής στο περιβάλλον Q-GIS έπρεπε να βρεθούν και να εισαχθούν κάποιες παράμετροι. Σύμφωνα με την διερευνητική ανάλυση στο θεωρητικό μέρος έγινε αντιληπτή η ανάγκη λογαριθμικής μετατροπής των δεδομένων ώστε να προσεγγιστεί ομαλότερα η κατανομή. Τα στοιχεία αυτά θα παρατεθούν στον πίνακα 6 στην συνέχεια. Διαπιστώνεται πως τα πρωινά της Δευτέρας και την Τετάρτη το βράδυ η κατανομή πλησιάζει αρκετά την τυποποιημένη. Τις υπόλοιπες στιγμές η καμπύλη είναι πλατύκυρτη με κύρτωση <3 ενώ γενικά ο μέσος είναι κοντά στην διάμεσο με διαφορές έως 0. 03 και η ασυμμετρία βρίσκεται αρκετά κοντά στο 0. Γενικά μια τυποποιημένη κατανομή έχει κύρτωση 3 και ο μέσος ταυτίζεται με την διάμεσο. Στην περίπτωση της εργασίας μας υπάρχει μια ελαφριά στρέβλωση εξαιτίας της ύπαρξης κάποιων πιο θορυβωδών τιμών (ακραίες τιμές), όμως σε γενικές γραμμές τα αποτελέσματα δηλώνουν μια αξιοπιστία

Πίνακας 6: Στατιστικά λογαριθμικών μετατροπών των δεδομένων για την εκτίμηση αξιοπιστίας του δείγματος

| | Μέσος | Διάμεσος | Τυπική απόκλιση | Κύρτωση | Ασυμμετρία |
|-----------------|--------------|-----------------|------------------------|----------------|-------------------|
| Δ 06: 00 | 4. 14 | 4. 15 | 0. 12 | 2 | -0. 35 |
| Δ 09: 00 | 4. 14 | 4. 15 | 0. 12 | 2 | -0. 35 |
| Δ 15: 00 | 4. 12 | 4. 15 | 0. 117 | 1. 55 | -0. 18 |
| Δ 18: 00 | 4. 14 | 4. 13 | 0. 118 | 1. 8 | -0. 31 |
| Δ 21: 00 | 4. 15 | 4. 17 | 0. 101 | 2 | -0. 41 |
| Τ 06: 00 | 4. 13 | 4. 13 | 0. 115 | 1. 72 | -0. 29 |
| Τ 09: 00 | 4. 06 | 4. 08 | 0. 142 | 2. 24 | -0. 51 |
| Τ 15: 00 | 4. 10 | 4. 09 | 0. 12 | 1. 84 | -0. 27 |
| Τ 18: 00 | 4. 10 | 4. 1 | 0. 126 | 2. 9 | -0. 69 |
| Τ 21: 00 | 4. 13 | 4. 13 | 0. 115 | 1. 72 | -0. 29 |
| Σ 06: 00 | 4. 14 | 4. 13 | 0. 118 | 1. 8 | -0. 31 |
| Σ 09: 00 | 4. 10 | 4. 09 | 0. 12 | 1. 84 | -0. 27 |
| Σ 15: 00 | 4. 12 | 4. 15 | 0. 117 | 1. 55 | -0. 18 |
| Σ 18: 00 | 4. 12 | 4. 15 | 0. 117 | 1. 55 | -0. 18 |
| Σ 21: 00 | 4. 15 | 4. 17 | 0. 101 | 2 | -0. 41 |

7.3 Χάρτες Θορύβου

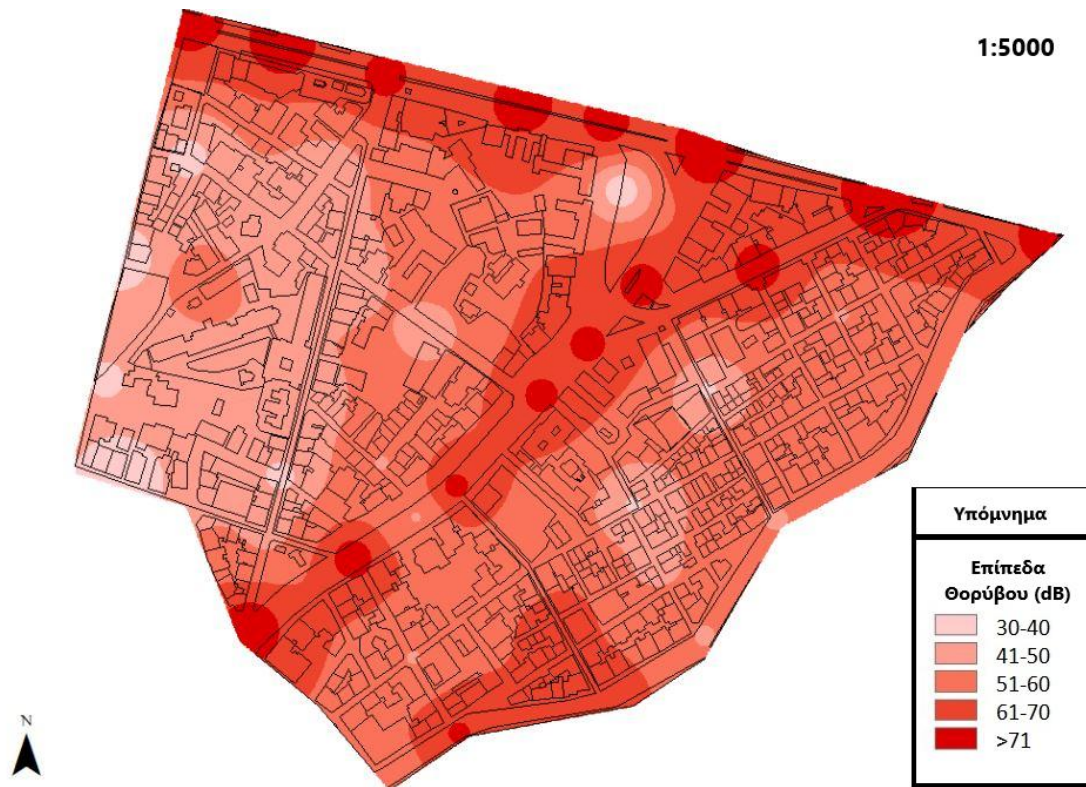
Για την κατασκευή των χαρτών θορύβου, χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον QGIS και οι μετρήσεις θορύβου 46 σημείων. Πραγματοποιήθηκαν 5 μετρήσεις ανά ώρα (06:00, 09: 00, 15: 00, 18:00, 21:00)για το κάθε σημείο και συνολικά 3 ημέρες μετρήσεων την εβδομάδα (Δευτέρα, Τετάρτη και Σάββατο). Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι χάρτες με τις δύο μεθόδους χωρικής παρεμβολής τις οποίες επιλέξαμε για τη μελέτη μας, ανά ημέρα και ώρα παρατηρήσεων.

Για την μέθοδο IDWδεν συμπεριλήφθηκαν σφάλματα καθώς οι θέσεις των σημείων δειγματοληψίας ήταν ομοιόμορφα κατανεμημένες στον χώρο και ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας αρκούσε σύμφωνα με το περιβάλλον του Q-GIS.

Για την μέθοδο KRIGING(ordinary), θεωρήθηκε ένα τυπικό βάρος 0. 022, καθώς ισχύει για την αμεροληψία του δείγματος: $\Sigma \lambda_i=1$, άρα $0. 022*46=1$, το οποίο προέκυψε από τις μέσες αποστάσεις των σημείων δειγματοληψίας ενώ το τελικό σφάλμα βρέθηκε 3. 39 (παράγραφος 6. 2. 2)

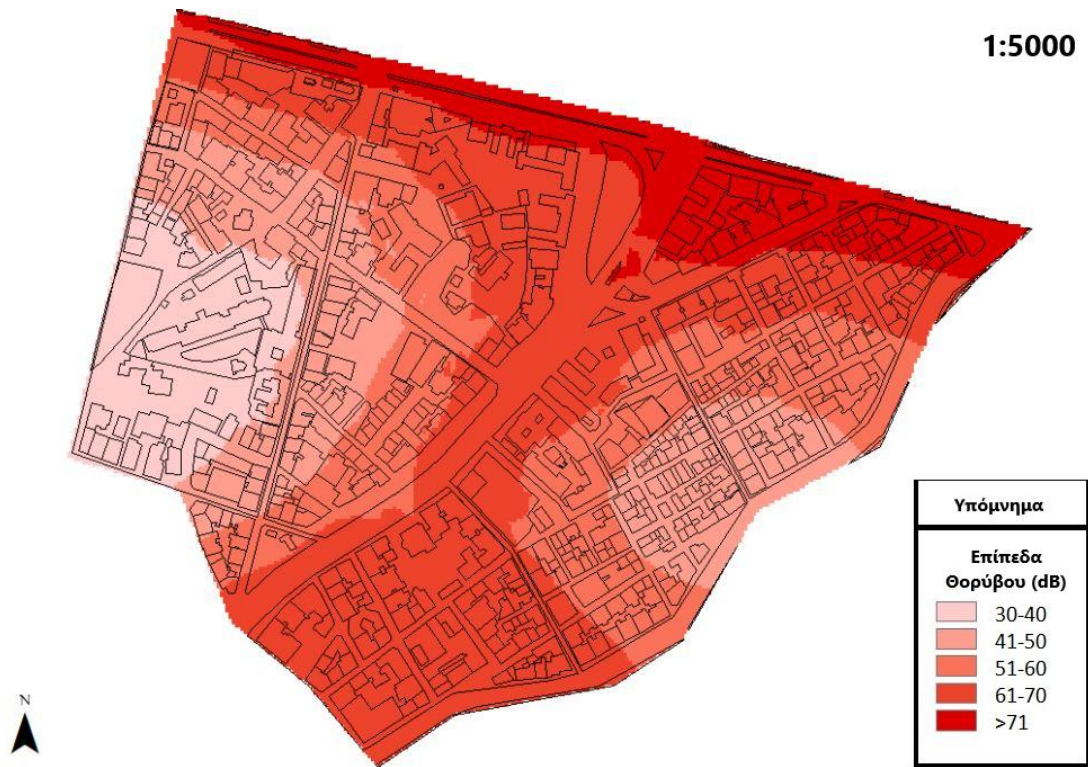
Τα σημεία απείχαν με στρογγυλοποίηση είτε 120, είτε 210 μέτρα μεταξύ τους. Συνεπώς θεωρήθηκε μία μέση απόσταση των γειτονικών μέσων 165 μέτρων.

Παρακάτω φαίνονται τα τελικά χαρτογραφικά αποτελέσματα ανά συγκεκριμένη ώρα και ημέρα με τις 2 μεθόδους παρεμβολής και αναφέρονται τα βασικά ευρήματα και οι παρατηρήσεις ανά χάρτη.



Χάρτης4: Μέθοδος IDW - Δευτέρα 06:00

Δευτέρα 06:00-IDW: Παρατηρείται μία σχετικά γενική καλή εικόνα όχλησης στην περιοχή, όμως αν σκεφτεί κανείς πως η ώρα είναι αρκετά πρωινή τότε το φαινόμενο διαφοροποιείται λίγο. Στα στενά της περιοχής σίγουρα παρατηρείται μια ηρεμία με τις εκπομπές θορύβων να είναι από 30-50dB και εκείνα που βρίσκονται λίγο πιο κοντά στις κεντρικές αρτηρίες να αγγίζουν τα 50-60dB. Στις κεντρικές λεωφόρους (Αλεξάνδρας, Βασιλίσσης Σοφίας) παρατηρείται μια πιο δυνατή εικόνα θορύβου στα διαστήματα 60-70dB ενώ σημειακά (κύκλοι) παρατηρούνται και οι ανώτερες οχλήσεις κυρίως εξαιτίας των φαναριών, της χρήσης κόρνας από βιαστικούς οδηγούς αφού είναι ώρα μετακίνησης προς την εργασία. Μία κόρνα αυτοκινήτου όπως έχει αναλυθεί παραπάνω αγγίζει έως και τα 100dB.



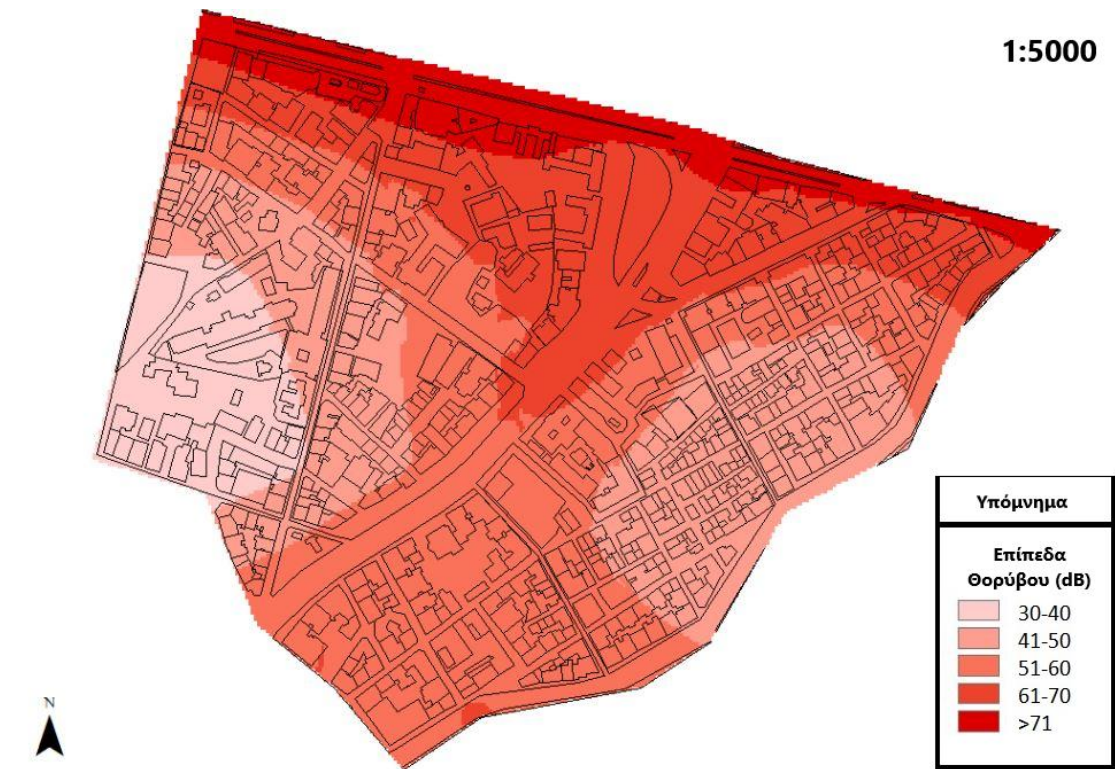
Χάρτης 5: Μέθοδος Kriging - Δευτέρα 06:00

Δευτέρα 06:00-KRIGING: Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει μια πιο γενική κατάσταση και ομαδοποιεί τα δεδομένα κυρίως της γειτονιάς. Συνεπώς παρουσιάζεται στο μεγαλύτερο κομμάτι του χάρτη μία πολύ καλή εικόνα θορύβου όπου τα κομμάτια εκείνα τα οποία έχουν ανεβασμένες τιμές είναι κυρίως στις μεγάλες οδικές αρτηρίες εκτός από το νότιο κομμάτι το οποίο εξαιτίας κάποιων υψηλών τιμών, επηρεάζεται στην πρόβλεψη με κάπως περίεργο τρόπο (χαρακτηριστικό μειονέκτημα της μεθόδου).



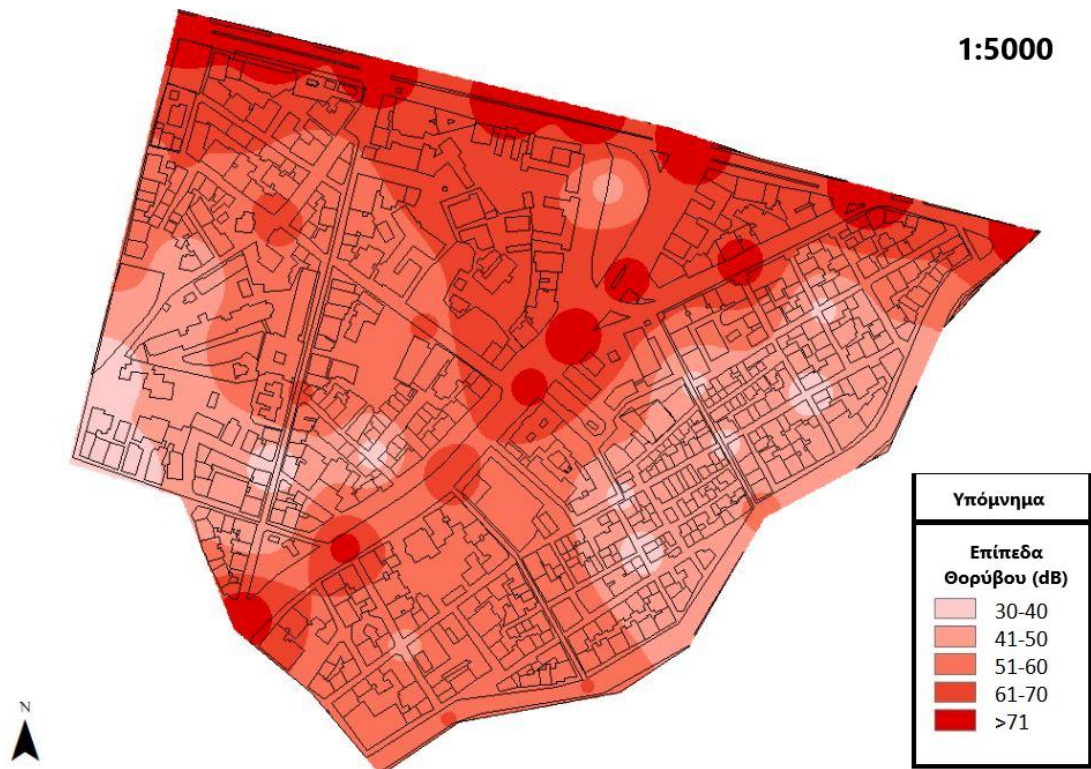
Χάρτης 6: Μέθοδος IDW - Δευτέρα 09:00

Δευτέρα 09:00-IDW: Στον χάρτη αυτόν παρατηρείται μία αρκετά μεγάλη ομοιότητα με τον αντίστοιχο χάρτη των 06:00 σαν δομή, όμως είναι ξεκάθαρη η μείωση της όχλησης στα ίδια σημεία, κάτι που εξηγήθηκε και στο πεδίο αφού τις ώρες 8:30-9:30 είναι λογική η αποσυμφόρηση του οδικού δικτύου καθώς οι περισσότεροι άνθρωποι έχουν μεταβεί στον χώρο εργασίας τους νωρίτερα.



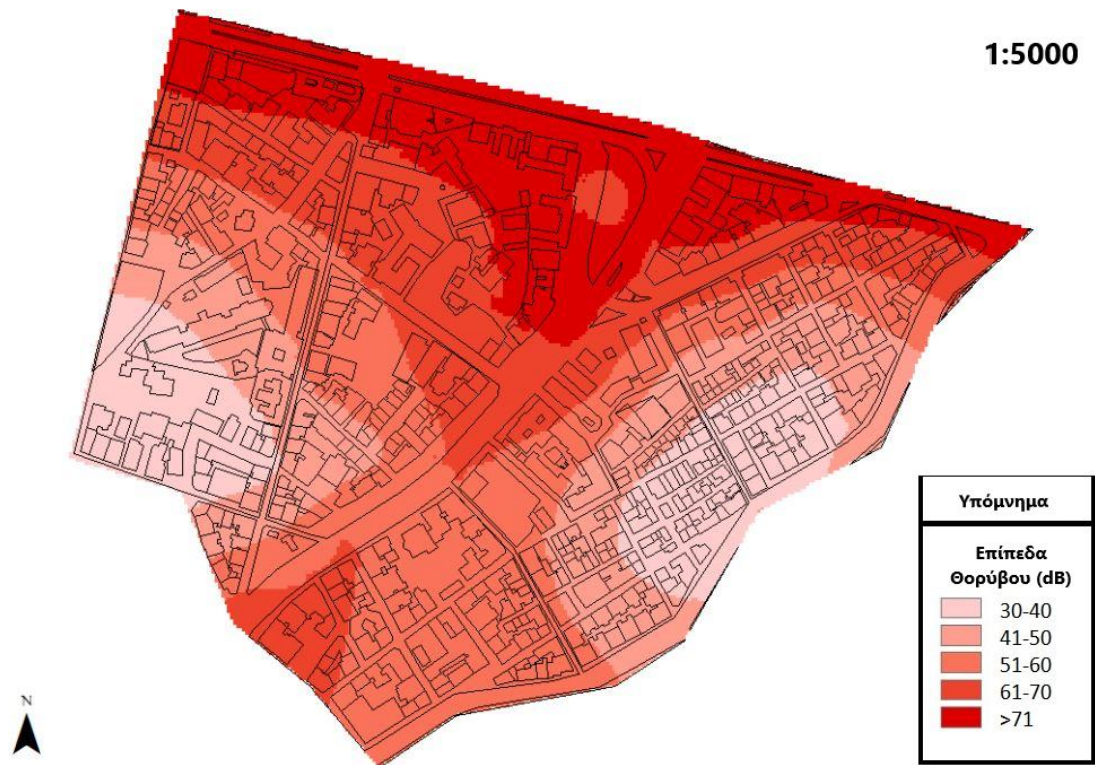
Χάρτης 7.: Μέθοδος Kriging - Δευτέρα 09:00

Δευτέρα 09:00-KRIGING: Και εδώ, ομοίως, η εικόνα του χάρτη είναι πολύ κοντά στην εικόνα του αντίστοιχου χάρτη των 06: 00, σαν δομή, όμως με πιο ελαφριά χρώματα και συνεπώς πιο μικρά επίπεδα θορύβου (οι άνθρωποι έχουν μετακινηθεί στις εργασίες τους-αποσυμφόρηση δικτύου). Και εδώ παρατηρείται η ενιαία ομαδοποίηση των δεδομένων απεικόνισης και πρόβλεψης.



Χάρτης 8: Μέθοδος IDW - Δευτέρα 15:00

Δευτέρα 15:00-IDW: Στον χάρτη αυτόν παρουσιάζεται μία εικόνα μέτριας όχλησης κυρίως κατά μήκος της Λεωφόρου Αλεξάνδρας. Τέτοιες ώρες μεσημεριού οι πολίτες γυρίζουν από τις εργασίες τους, οι φοιτητές από τα μαθήματά τους κλπ. Εντός των μικρών γειτονιών παρατηρείται αποδεκτή σύμφωνα με τα όρια όχληση, εκτός από ένα σημείο στα αριστερά του χάρτη, όπου η κατάσταση διαφοροποιείται εξαιτίας της ύπαρξης του νοσοκομείου Αγία Ελένη το οποίο έχει σημαντική κίνηση πολιτών



Χάρτης 9: Μέθοδος Kriging - Δευτέρα 15: 00

Δευτέρα 15:00-KRIGING: Αυτός ο χάρτης έχει ενδιαφέρον, μόνο για την διακριτή διαφοροποίηση σε πέντε ζώνες –κατηγορίες των μεγεθών του υπομνήματος. Η λογική λέει πως εδώ φαίνεται η σημαντική σύνδεση των επιπέδων θορύβου με τα σημεία εκείνα που έχουν έντονο θόρυβο, δηλαδή τους οδικούς άξονες και η απόστασή τους από αυτούς (όσο πιο μακριά από τις μεγάλες αρτηρίες, τόσο πιο μικρή όχληση επικρατεί)



Χάρτης 10: Μέθοδος IDW - Δευτέρα 18: 00

Δευτέρα 18:00-IDW: Η εικόνα του χάρτη είναι πολύ κοντά με την εικόνα του αντίστοιχου των 15:00, με την μόνη παρατήρηση πως είναι ορατή η ανάπτυξη όχλησης στην οδό Μιχαλακοπούλου (κάτω δεξιά), κυρίως επειδή στην κάθοδο προς Αθήνα, και εάν στο κέντρο επικρατεί συμφόρηση, τα οχήματα κολλάνε από πιο ψηλά.



Χάρτης 11: Μέθοδος Kriging - Δευτέρα 18: 00

Δευτέρα 18: 00-KRIGING: Στον χάρτη αυτόν είναι ορατή η μέθοδος KRIGING και η πρόβλεψη που επέτυχε στα σημεία χωρίς πληροφορία. Συνδέεται επίσης με τους φόρτους των κόμβων για τους οποίους υπάρχουν και αναλύθηκαν παραπάνω τα δεδομένα τους. Έχει μοντελοποιηθεί ο θόρυβος και έχει μετατοπιστεί στα σημεία με τις ακραίες τιμές(κόμβος Κηφισίας). Στις γειτονιές που επικρατεί ησυχία, έχει γίνει μοντελοποίηση κατά τον όμοιο τρόπο. Σαν θεωρητικό τουλάχιστον λάθος, παρατηρείται η απεικόνιση όχλησης στο πάρκο της οδού Ζαχάρωφ, κάτι που δεν θα έπρεπε να ισχύει αφού τα δέντρα απορροφούν τον ήχο, ενώ ο συνδυασμός του μεγέθους του πάρκου και της μη ύπαρξης κτηρίων τριγύρω (ώστε να εγκλωβιστεί ο θόρυβος) θα έπρεπε να λειτουργούσε θετικά για την όχληση.



Χάρτης 12: Μέθοδος IDW - Δευτέρα 21:00



Χάρτης 13: Μέθοδος Kriging - Δευτέρα 21:00

Δευτέρα 21:00-IDW- και Δευτέρα 21:00-KRIGING: Στους παρόντες χάρτες, παρουσιάζεται μία τυπική εικόνα ενός βραδιού στην περιοχή. Οι μεγάλες αρτηρίες που συνδέουν την πόλη έχουν αυξημένη κίνηση και άρα όχληση, ενώ οι μικροί δρόμοι και οι γειτονιές παρουσιάζουν ηρεμία και ησυχία. Πάλι στον χάρτη με την μέθοδο KRIGING γίνεται ορατή η κατηγοριοποίηση σε κλάσεις ανάλογα με την απόσταση από τους κύριους δρόμους.



Χάρτης 14: Μέθοδος IDW - Τετάρτη 06:00

Τετάρτη 06:00-IDW: Στον συγκεκριμένο χάρτη παρουσιάζεται εξαιρετική εικόνα επιπέδων οχλήσεων. Μπορεί να είναι πολύ πρωινή η ώρα όμως είδαμε προηγουμένως πως και την Δευτέρα την αντίστοιχη ώρα υπήρχε μία αυξημένη όχληση. Αυτό εξηγείται καθώς η Τετάρτη είναι μία μέρα που πολλά καταστήματα δεν λειτουργούν κανονικά, ενώ επίσης οι πολίτες με βάση έρευνες είναι πιο νηφάλιοι σε σχέση με την Δευτέρα η οποία έρχεται μετά από το Σαββατοκύριακο. Κάποια βασικά φανάρια στην Αλεξάνδρας έχουν σημειακές αυξημένες μετρήσεις ενώ η μεγάλη περιοχή βρίσκεται σε ηρεμία.



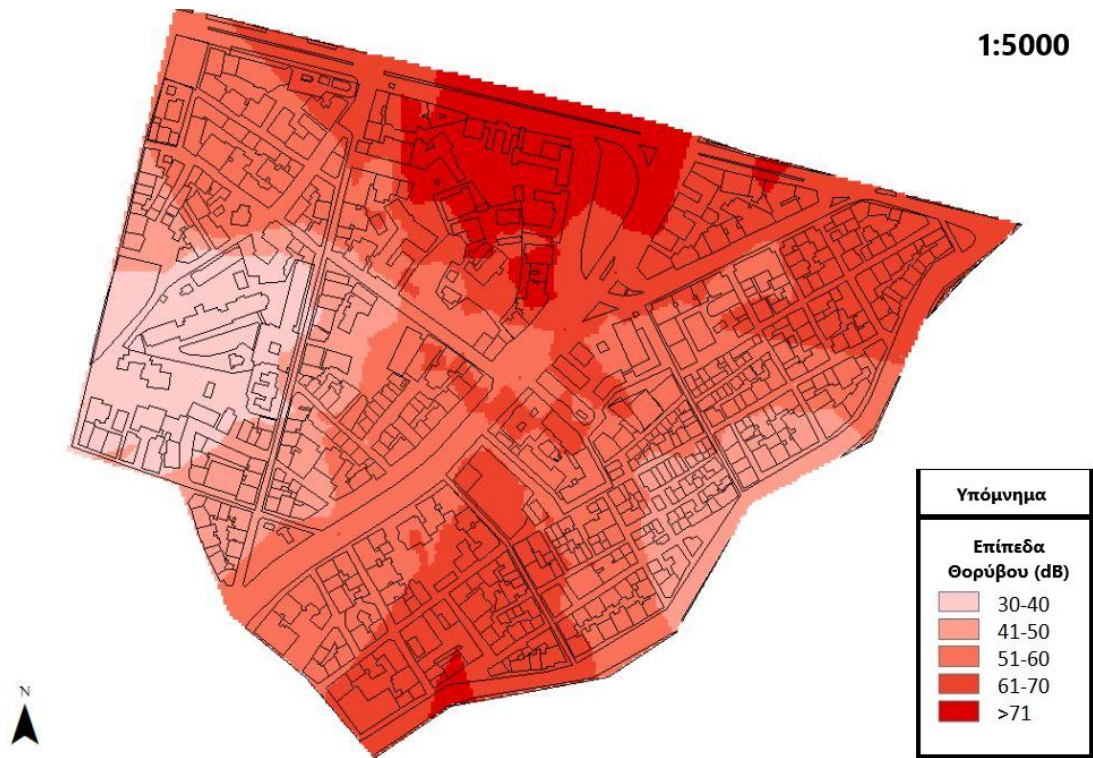
Χάρτης 15: Μέθοδος Kriging - Τετάρτη 0600

Τετάρτη 06:00-KRIGING: Δεν παρατηρείται έκπληξη και η εικόνα που παρουσιάζεται είναι προφανώς εξαιρετική και συνάμα όμοια με την κατάσταση που περιγράφει η προηγούμενη μέθοδος.



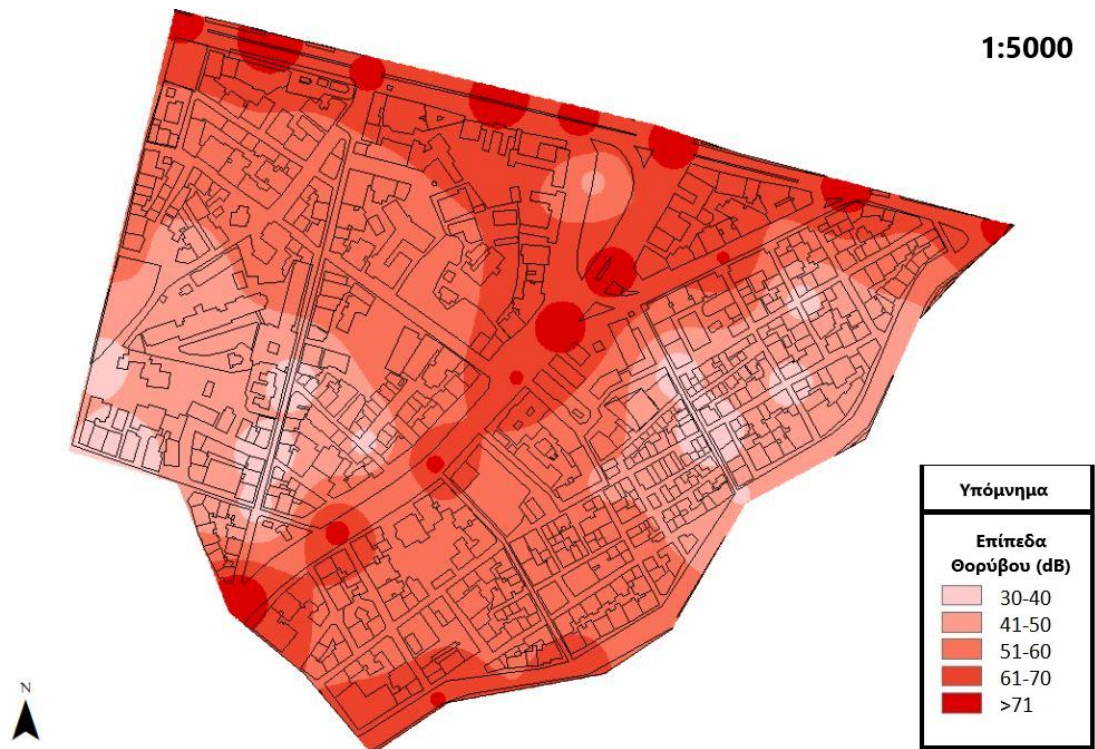
Χάρτης 16: Μέθοδος IDW - Τετάρτη 09:00

Τετάρτη 09:00-IDW: Εδώ παρουσιάζεται μια πιο θορυβώδης εικόνα από τις 06:00, όμως και πάλι είναι αρκετά καλή και εντός των αποδεκτών ορίων, αν εξαιρέσουμε μία τοπική καταγραφή στο ύψος του φαναριού της πλατείας Μαβίλη. Και εδώ οι θόρυβοι προέρχονται από το οδικό δίκτυο κυρίως της λεωφόρου Αλεξάνδρας και των κόμβων Κηφισίας και Μιχαλακοπούλου. Οι γειτονιές έχουν ήπια συμπεριφορά εκτός από την περιοχή που συνδέει την κάθοδο της οδού Μιχαλακοπούλου με την Βασιλίσσης Σοφίας (κάτω και δεξιά στον χάρτη).



Χάρτης 17: Μέθοδος Kriging - Τετάρτη 09:00

Τετάρτη 09:00-KRIGING: Στον συγκεκριμένο χάρτη η μέθοδος αυτή έχει δουλέψει αρκετά καλά. Διαφάνεται η πρόβλεψη των τιμών στα σημεία που δεν υπάρχει πληροφορία (κέντρο του χάρτη) και αλλάζει η εικόνα της πλήρους απεικόνισης των πέντε κλάσεων. Γίνεται πρόβλεψη με βάση τα εγγύτερα δεδομένα και φαίνεται πως και με ακόμη λιγότερα σημεία δειγματοληψίας (διότι στην παρούσα εργασία υπάρχουν πολλά για το μέγεθος της περιοχής), θα προέκυπτε ένα αρκετά καλό αποτέλεσμα.



Χάρτης 18: Μέθοδος IDW - Τετάρτη 15:00

Τετάρτη 15:00-IDW: Και εδώ απεικονίζεται μια τυπική κατάσταση, με τους μεγάλους δρόμους να έχουν αρκετό θόρυβο και τα στενά λιγότερο. Η λεωφόρος Βασιλίσσης Σοφίας ιδιαίτερα στα σημεία στα οποία υπάρχουν στάσεις λεωφορείων έχει αυξημένη τοπική όχληση και οι 4 κόμβοι ομοίως.



Χάρτης 19: Μέθοδος Kriging - Τετάρτη 15:00

Τετάρτη 15:00-KRIGING: Αξιόλογο αποτέλεσμα παρεμβολής και πρόβλεψης του θορύβου στα τυφλά σημεία. Φαίνεται έντονη η διαφοροποίηση όμως και πάλι ισχύει η θεωρία της απόστασης των σημείων από εκείνα με την μεγαλύτερη όχληση. Φαίνεται ξεκάθαρη επίσης η συμφόρηση στο τελευταίο κομμάτι της Αλεξάνδρας και το πώς αυτή επηρεάζει –ίσως και λανθασμένα-, την πρόβλεψη στα πρώτα δύο-τρία οικοδομικά τετράγωνα νοτίως αυτού.



Χάρτης 20: Μέθοδος IDW - Τετάρτη 18:00

Τετάρτη 18:00-IDW: Η όγληση και τα επίπεδα θορύβου αυξάνονται σημαντικά. Η περιοχή γίνεται θορυβώδης στην πιο μεγάλη της έκταση. Είναι ώρα επιστροφής των ανθρώπων από τις καθημερινές τους δραστηριότητες, εργασία, εκπαίδευση κλπ., καθώς επίσης είναι και ώρα που τα καταστήματα κλείνουν λίγο πριν ή λίγο μετά (Τετάρτη) και οι άνθρωποι βρίσκονται έξω κάνοντας τα τελευταία ψώνια τους



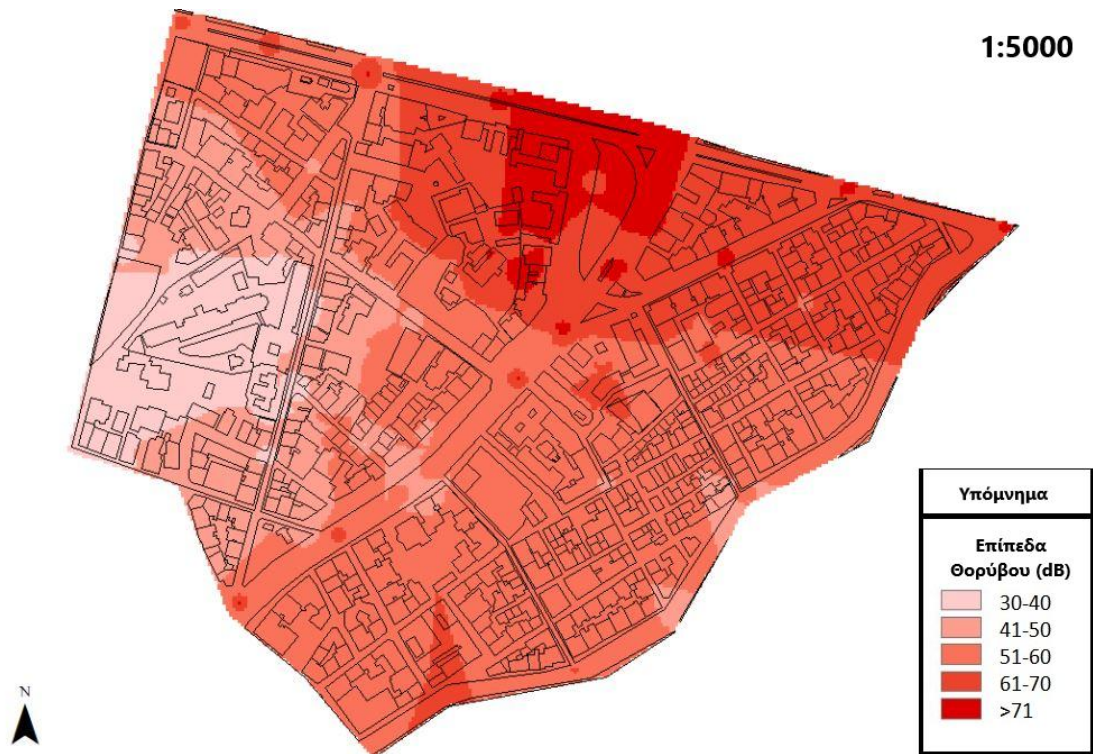
Χάρτης 21: Μέθοδος Kriging - Τετάρτη 18: 00

Τετάρτη 18:00-KRIGING: Αξιόλογο και αυτό το αποτέλεσμα παρεμβολής και πρόβλεψης του θορύβου στα τυφλά σημεία. Φαίνεται έντονη ξανά η διαφοροποίηση από την κατάσταση «των πέντε ζωνών», όμως και πάλι ισχύει η θεωρία της απόστασης των σημείων από εκείνα με την μεγαλύτερη όχληση. Φαίνεται ξεκάθαρη επίσης η συμφύρηση στο τελευταίο κομμάτι της Αλεξάνδρας και φαίνεται το πώς επηρεάζεται η πρόβλεψη –πάλι ίσως λανθασμένα-, στις γειτονίες ανάμεσα στην Μιχαλακοπούλου και την Βασιλίσσης Σοφίας.



Χάρτης 22: Μέθοδος IDW - Τετάρτη 21:00

Τετάρτη 21:00-IDW: Η εικόνα που παρουσιάζεται έχει ομοιότητα με την εικόνα των 18: 00, όμως σίγουρα φαίνεται η ισορρόπηση των επιπέδων θορύβου προς τα κάτω με αναλογικό τρόπο. Υπάρχει αποσυμφόρηση του οδικού δικτύου, οι πολίτες πλέον τέτοιες ώρες κινούνται πιο πολύ σε λοιπές υποχρεώσεις (ιατροί, ψυχαγωγία και διασκέδαση). Δεν υπάρχει βιασύνη ώστε να χρησιμοποιούν την κόρνα άσκοπα. Οι γειτονιές έχουν σίγουρα καλή εικόνα όγλησης εντός αποδεκτών ορίων.



Χάρτης 23: Μέθοδος Kriging - Τετάρτη 21:00

Τετάρτη 21:00-KRIGING: Συνεχίζεται η απεικόνιση όχλησης στο τελευταίο τμήμα της λεωφόρου Αλεξάνδρας και πλέον η πρόβλεψη επηρεάζει το βόρειο κομμάτι του χάρτη, δηλαδή την νοητή συνέχεια της οδού Αλεξάνδρας. Οι μικροί δρόμοι και οι γειτονιές παρουσιάζουν ξανά την εικόνα με βάση την απόσταση από τους θορυβώδεις δρόμους.



Χάρτης 24: Μέθοδος IDW - Σάββατο 06:00



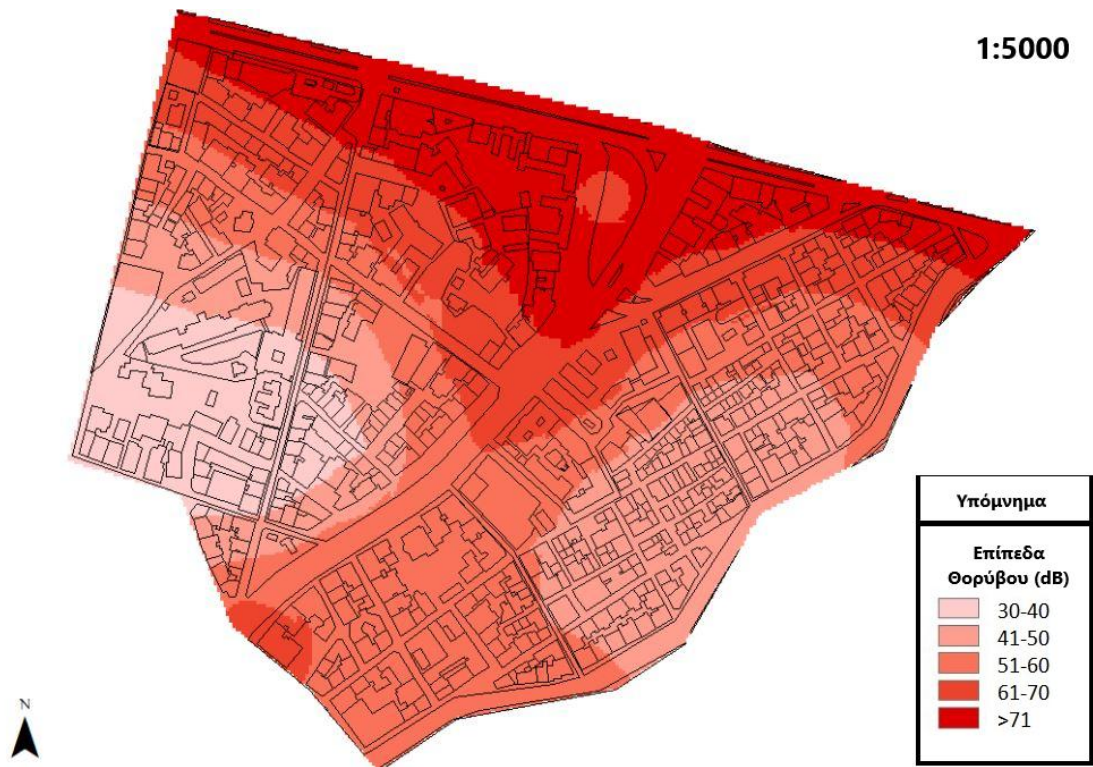
Χάρτης 25: Μέθοδος Kriging - Σάββατο 06:00

Σάββατο 06:00-IDW και Σάββατο 06:00-KRIGING: Στους χάρτες των 06:00 επικρατεί όπως είναι λογικό σχετικά μικρή όχληση, εντός των ορίων. Υπάρχουν κάποια λίγα σημεία με λίγο πιο έντονα επίπεδα θορύβου που εξηγείται καθώς πρόκειται για σημεία με εμπορικό ενδιαφέρον, καταστήματα εστίασης (βλ. Πλατεία Μαβίλη), τα οποία ξεκινούν την οργάνωση της ημέρας από νωρίς καθώς τα Σαββατοκύριακα είναι πολύ σημαντικά αναφορικά με την οικονομική κίνηση των καταστημάτων. Εντός των γειτονιών παρατηρείται ησυχία. Οι δύο μέθοδοι έχουν παράξει πολύ κοντινά αποτελέσματα.



Χάρτης 26: Μέθοδος IDW - Σάββατο 09:00

Σάββατο 09:00-IDW: Εδώ αντιλαμβάνεται κανείς ότι η κίνηση και συνεπώς η όχληση, όσο περνά η ώρα θα αυξάνεται. Τα σημεία ενδιαφέροντος (εμπόριο, εστίαση, ψυχαγωγία) συγκεντρώνουν κόσμο ενώ για τους χάρτες που έχουν παραχθεί, σημαντικό ρόλο παίζουν και οι καλές καιρικές συνθήκες που κάνουν απρόσκοπτη την κίνηση των πολιτών-καταναλωτών. Η κίνηση αυξάνεται και στους μικρούς δρόμους και στα συνοικιακά καταστήματα καθώς και στους μεγάλους δρόμους.



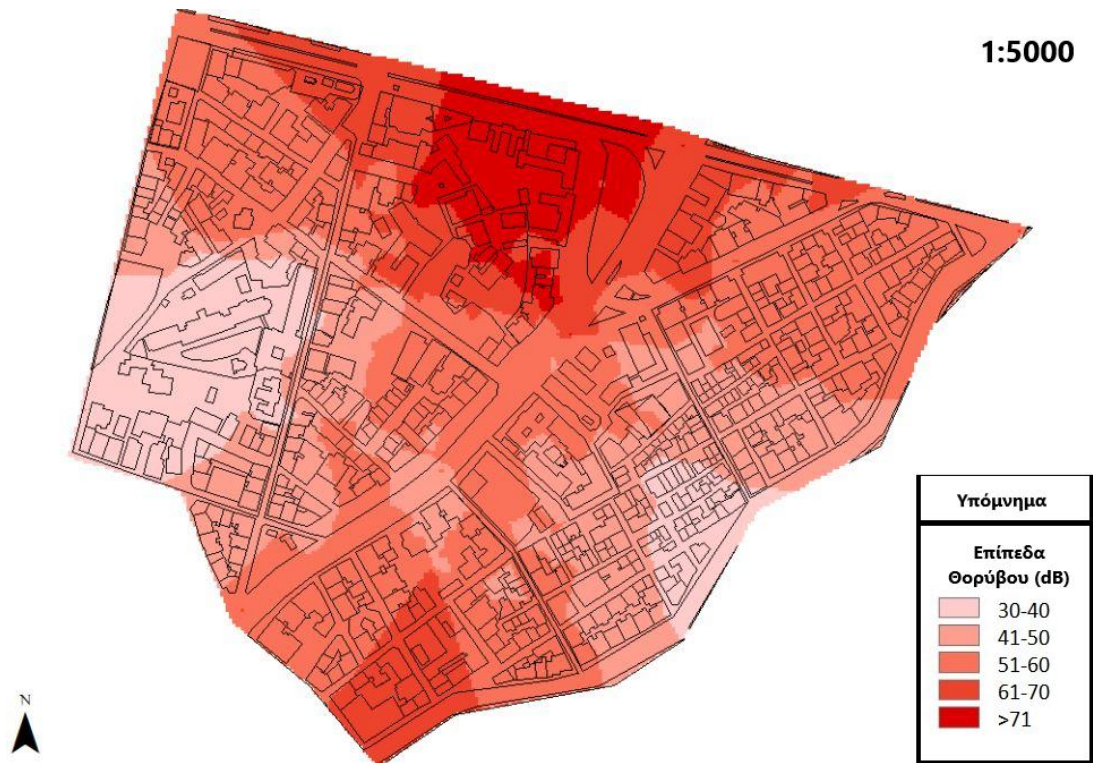
Χάρτης 27: Μέθοδος Kriging - Σάββατο 09:00

Σάββατο 09:00-KRIGING: Το αποτέλεσμα του συγκεκριμένου χάρτη φανερώνει και τις αδυναμίες της μεθόδου. Έχει δημιουργηθεί ένα μπερδεμένο αποτέλεσμα πρόβλεψης με πολύ ομαδοποιημένη όχληση στους μεγάλους δρόμους ενώ δεν είναι ξεκάθαρα τα επίπεδα θορύβου εντός των γειτονιών τα οποία αυξάνονται. Αυτό είναι αποτέλεσμα της μη ξεκάθαρης τοπικής ανάλυσης και παρουσίασης των δεδομένων δειγματοληψίας,



Χάρτης 28: Μέθοδος IDW - Σάββατο 15:00

Σάββατο 15:00-IDW: Οι σημαντικές παρατηρήσεις του συγκεκριμένου χάρτη είναι πως καθώς η ώρα περνάει η κίνηση συγκεντρώνεται στους αυτοκινητοδρόμους. Οι άνθρωποι έχουν βγει ήδη έξω για τις ανάγκες τους και τις αγορές τους και είτε γυρίζουν στα σπίτια τους είτε μετακινούνται για λόγους αναψυχής (φαγητό, καφέ). Οι γειτονιές ησυχάζουν, ενώ οι δρόμοι όχι. Στα σημεία που υπάρχουν φανάρια ή σημαντικές στάσεις λεωφορείων η όγληση που παρατηρείται είναι έντονη. Σημαντική ανάδειξη του χάρτη είναι η απορρόφηση του θορύβου στην περιοχή με το πάρκο (οδός Ζαχάρωφ) την ώρα που οι γύρω αρτηρίες είναι πολύ θορυβώδεις.

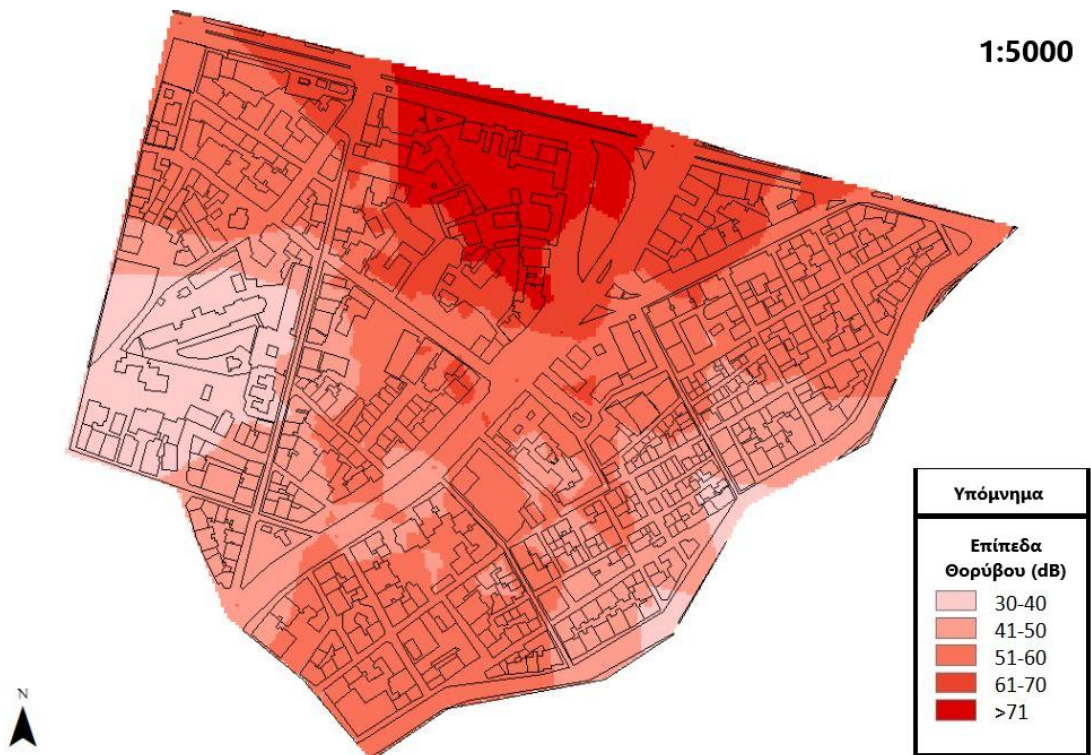


Χάρτης 29: Μέθοδος Kriging - Σάββατο 15:00

Σάββατο 15:00-KRIGING: Πάλι παρατηρούνται κάποιες αδυναμίες της μεθόδου. Η σημαντικότερη είναι ο επηρεασμός των τιμών των δεδομένων των «ήσυχων σημείων» προς την πρόβλεψη της όχλησης στους δρόμους. Δηλαδή αν και οι δρόμοι έχουν έντονο θόρυβο, αυτός δεν φαίνεται στο χαρτογραφικό αποτέλεσμα (ιδίως στο νότιο κομμάτι της περιοχής).



Χάρτης 30: Μέθοδος IDW - Σάββατο 18:00



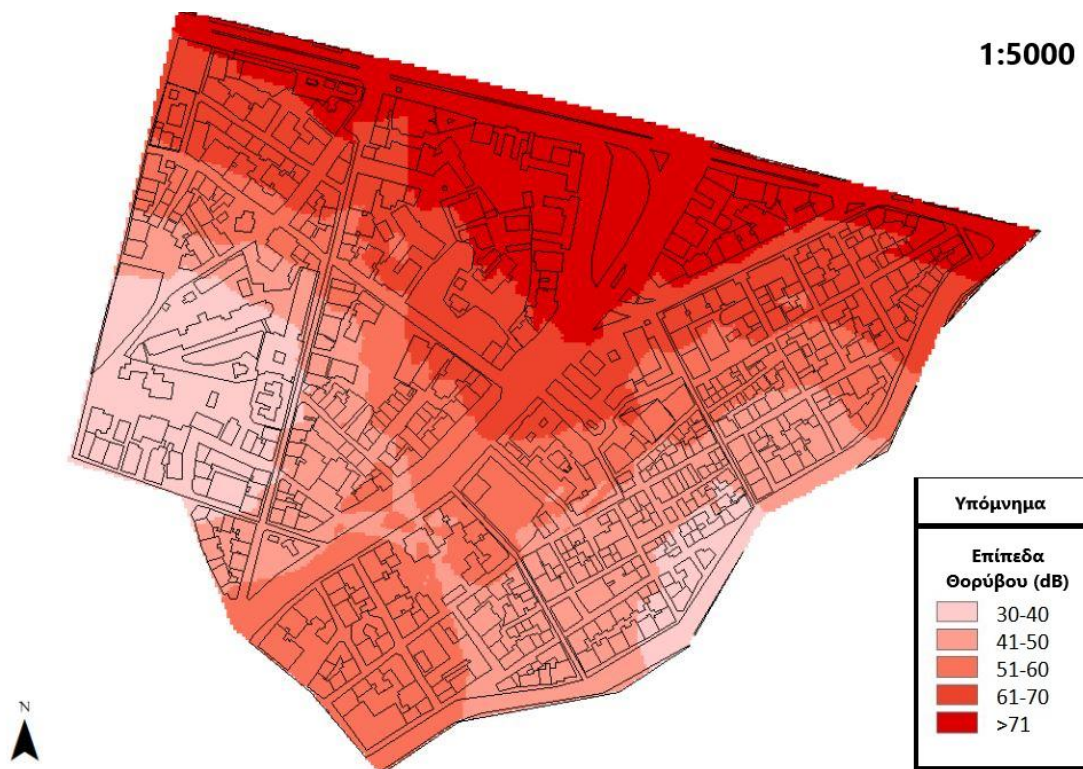
Χάρτης 31: Μέθοδος Kriging - Σάββατο 18:00

Σάββατο 18:00-IDW και Σάββατο 18:00 KRIGING: Το αποτέλεσμα εδώ είναι αρκετά κοντά με το αποτέλεσμα των χαρτών των 15: 00. Τα διαστήματα δειγματοληψίας κυμαίνονται από 14: 30-15: 30 και από 17: 30-18: 30 και ένα μεγάλο

μέρος των ανθρώπων τα Σάββατα δεν εργάζεται, άρα δεν λειτουργεί προσθετικά η επιπλέον όχληση της μετακίνησης από και προς την εργασία.



Χάρτης 32: Μέθοδος IDW - Σάββατο 21:00



Χάρτης 33: Μέθοδος Kriging - Σάββατο 21:00

Σάββατο 21:00-IDW και Σάββατο 21:00 KRIGING: Αξιοσημείωτοι χάρτες, δείχνουν τις ίδιες περιοχές οι οποίες είχαν μια όχληση κατά την διάρκεια της ημέρας,

απλά απεικονίζεται λίγο ενισχυμένη στα ίδια σημεία (ιδιαίτερα με την μέθοδο IDW). Προχωράει η μέρα, είναι Σάββατο και η κίνηση αυξάνει ξανά κυρίως για λόγους μετακίνησης των πολιτών για ψυχαγωγία. Οι γειτονιές ηρεμούν σημαντικά. Η μέθοδος KRIGING δείχνει την προαναφερόμενη «ηρεμία» εξαιτίας των χαμηλών καταγραφών στις γειτονιές και στους μικρούς δρόμους και αυτό διαφοροποιείται από τον χάρτη των 15: 00 καθώς τα σημεία με πιο χαμηλές τιμές θορύβου είναι περισσότερα και ο «επηρεασμός» της πρόβλεψης γίνεται πλέον με βάση αυτά και όχι με εκείνα των μεγάλων δρόμων οι οποίοι έχουν κίνηση.

7. 4. Γενική σύγκριση αποτελεσμάτων των μεθόδων παρεμβολής IDW-KRIGING

Με βάση τους χάρτες που παρουσιάστηκαν παραπάνω καθώς επίσης και με την ανάλυσή τους, γίνονται εύκολα κατανοητές οι διαφορές των δύο μεθόδων καθώς επίσης και της αξιοπιστίας τους. Η πρώτη μέθοδος, η IDW interpolation, ως τοπική μέθοδος, παράγει εκτίμηση σε ένα σημείο, ίδιας αξίας με την παρατηρούμενη τιμή στο κοντινότερο σημείο δειγματοληψίας. Δηλαδή είναι ακριβής και ιδιαίτερα στην περίπτωση της περιοχής που ερευνά η παρούσα εργασία η οποία έχει αρκετά μεγάλο όγκο σημείων με μετρημένη πληροφορία. Αυτό, την καθιστά ακόμη πιο ακριβή και τα αποτελέσματα με την μέθοδο αυτή παραπάνω, κρίνονται ως αρκετά αξιόπιστα.] της αληθινής εικόνας θορύβου στην περιοχή.

Σε κάθε χάρτη και ανάλογα με την ημέρα και την ώρα δείχνει την ακριβή εικόνα εκπομπών θορύβου σημειακά, δηλαδή σε αποστάσεις της τάξεως των 10-30 μέτρων από το κέντρο των κύκλων(στην περίπτωση της συγκεκριμένης μελέτης), ανάλογα το σημείο και το βάρος της πληροφορίας.

Οπότε είναι λογική η εύρεση αυξημένου θορύβου στα σημεία εκείνα που υπάρχουν καθοριστικοί φωτεινοί σηματοδότες, μεγάλα πλάτη δρόμων (Λεωφόρος. Αλεξάνδρας, Βασιλίσσης Σοφίας), ύπαρξη στάσεων μέσω μαζικής μεταφοράς, πολυκαταστήματα (πχ Leroy Merlin), καθώς επίσης λογική και η εύρεση χαμηλότερων οχλήσεων ανάμεσα στις γειτονιές, ανάμεσα στο λιγοστό πράσινο της περιοχής.

Από την άλλη πλευρά, παρατηρείται η μεγάλη διακύμανση των αποτελεσμάτων πρόβλεψης με την δεύτερη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε, την ORDINARY KRIGING interpolation.

Αυτό συμβαίνει καθώς η συγκεκριμένη μέθοδος επηρεάζεται από όλα τα κοντινά σημεία της γειτονίας του εκτιμώμενου σημείου, γεγονός που σημαίνει πως αν υπάρχει κάποιο σημείο με ακραία τιμή, είτε πολύ μεγάλη είτε πολύ μικρή, επηρεάζει όλη την απεικόνιση της γειτονιάς με μη αξιόπιστο τρόπο. Επιπλέον, έχει εισαχθεί ένα σφάλμα υποχρεωτικό για την λειτουργία της μεθόδου της τάξεως των 3.39 dB, νούμερο όχι και τόσο αμελητέο αν σκεφτεί κανείς την λογαριθμική μεταβολή στην κλίμακα Ντεσιμπέλ.

Για τον λόγο αυτό, έγινε αντιληπτή η απεικόνιση θορύβου σε περιοχές και σε ώρες που οι περισσότεροι δεν θα την περίμεναν να εμφανίζεται (θόρυβος στην πλατεία Ευαγγελικής Σχολής η οποία έχει αρκετό πράσινο για παράδειγμα). Υπήρξαν και ώρες που η μοντελοποίηση της πρόβλεψης δούλεψε καλά κυρίως εξαιτίας της μη ύπαρξης ακραίων τιμών στα συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα παρατηρήσεων.

Σε γενικές γραμμές όμως η χαρτογράφηση κρίνεται ως αξιόλογη και αξιόπιστη, σίγουρα με την μέθοδο IDWπερισσότερο από την ORDINARYKRIGING.

ΜΕΡΟΣ Γ: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ

Κεφάλαιο 8: Αντιμετώπιση της Ηχορύπανσης εντός αστικού πεδίου

8.1: Ανάγκη άμεσης αντιμετώπισης του φαινομένου

Λαμβάνοντας υπόψη όλα εκείνα που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια συνάγεται το συμπέρασμα πως η ηχορύπανση εξαιτίας του κυκλοφοριακού θορύβου σε μια περιοχή διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την ομαλή διαβίωση των πολιτών, την ψυχική τους υγεία και άρα την αρμονική λειτουργία όλης της κοινωνίας. Χρήζει σοβαρής αντιμετώπισης, άμεσα και καθοριστικά, χωρίς ενδοιασμούς, μικροπολιτικά συμφέροντα ή χαλαρότητα. Η άμβλυνση των αρνητικών συνεπειών του φαινομένου της ηχορύπανσης μπορεί να επέλθει μέσα από τρεις ουσιαστικά τομείς, **τις παρεμβάσεις στο οδικό δίκτυο και περιμετρικά αυτού, την ευαισθητοποίηση της Πολιτείας και των αρμόδιων φορέων** για την αξία του μεγέθους του προβλήματος εστιάζοντας και στην ανάπτυξη καλής οδηγικής συμπεριφοράς των οδηγών από τις μικρές ηλικίες, καθώς επίσης και **την στρατηγική μελέτη της φύσεως των περιοχών που αντιμετωπίζουν τέτοιου είδους πρόβλημα**. Μέσω αυτής λοιπόν η Πολιτεία είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη εξατομικευμένων παρεμβάσεων στην περιοχή, πολεοδομικού και χωροταξικού κυρίως ενδιαφέροντος.

8.2 Στρατηγική της Πολιτείας και δράσεις

Ο πρωταρχικός αρμόδιος φορέας για την χάραξη των πολιτικών και των ενεργειών για την αντιμετώπιση του φαινομένου είναι ο δήμος. Καλείται να προσδιορίσει τα σημαντικά ζητήματα, να θέσει συγκεκριμένους στόχους και άξονες στρατηγικής. Είναι ανάγκη να γίνει ξεκάθαρη η ανάγκη της χαρτογράφησης του θορύβου μέσα από την δημιουργία ομάδων με μηχανικούς και εξειδικευμένο προσωπικό που θα καταγράψει τα επίπεδα θορύβου με τα κατάλληλα εργαλεία καθώς επίσης και να προβλεφθούν συγκεκριμένα κονδύλια για την εκπόνηση της μελέτης αυτής.

Στην συνέχεια η Πολιτεία καλείται να ενισχύσει τα ΜΜΜ, να τα εκσυγχρονίσει και να αυξήσει τα δρομολόγιά τους ή ακόμη και να μειώσει τα εισιτήριά τους δίνοντας κίνητρο στους πολίτες να τα χρησιμοποιούν περισσότερο.

Τέλος, υπάρχουν και άλλες πολιτικές και ιδέες για την άμβλυνση του φαινομένου, όπως η προώθηση της χρήσης ποδηλάτων ή η προώθηση της μετακίνησης με τα πόδια για κοντινές αποστάσεις με την συντήρηση και την ανακατασκευή των πεζοδρομίων

8. 3: Παρεμβάσεις στο οδικό δίκτυο και περιμετρικά αυτού

8. 3. 1: Ηχομονωτικό οδόστρωμα

Ένας από τους πιο ευρέως διαδεδομένους τρόπους μείωσης του θορύβου εξαιτίας των μεταφορικών μέσων είναι η αντικατάσταση του απλού ασφαλτοτάπητα με τους νέας τεχνολογίας ηχομονωτικούς. Πρόκειται για απλή μέθοδο η οποία χρησιμοποιείται αρκετά τα τελευταία χρόνια. Σε πάρα πολλές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και στην Αμερική έχει κριθεί υποχρεωτική. Σύμφωνα με έρευνες και πολυετή πειράματα, έχει αποδειχθεί πως η χρήση τους μπορεί να μειώσει τα εκπεμπόμενα επίπεδα θορύβου στο οδικό δίκτυο έως και 6 dB.



Εικόνα 7: Ηχομονωτικό οδόστρωμα (Πηγή: <https://www.metropolitaninsulation.co.uk>)

8. 3. 2: Παρεμβάσεις στα Ι. Χ οχήματα

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από την παλαιότητα των ιδιωτικών οχημάτων της εξαιτίας της πολυετούς κρίσης και του μέσου προς χαμηλού εισοδήματος των πολιτών. Τα παλαιά οχήματα, τα οποία είναι και πιο θορυβώδη από τα καινούρια παίζουν καθοριστικό ρόλο για τα επίπεδα του εκπεμπόμενου θορύβου στο αστικό περιβάλλον. Συνεπώς μία ενδεχόμενη παρέμβαση της Πολιτείας για την αντικατάσταση των πολύ παλαιών οχημάτων, είτε παρέχοντας κίνητρα στους πολίτες (πχ μείωση φόρων), είτε προσφέροντας απευθείας οικονομική βοήθεια και επιδοτήσεις για αγορά αθόρυβων οχημάτων, υβριδικών ή ηλεκτρικών η οποία θα βοηθούσε σημαντικά στην αντιμετώπιση του προβλήματος. Ακόμη, εξαιτίας της ελλιπούς συντήρησης των οχημάτων, θα πρέπει να αυξηθούν οι έλεγχοι από την τροχαία στους δρόμους. Στην ίδια κατεύθυνση, θα πρέπει να κινηθούν και οι υπεύθυνοι των δημόσιων συγκοινωνιών καθώς τα λεωφορεία και τα τρόλεϊ βρίσκονται στην ίδια σχεδόν

κατάσταση, παλαιά, θορυβώδη και με κακή συντήρηση και είναι ανάγκη να αντικατασταθούν.

8. 3. 3: Κυκλοφοριακές ρυθμίσεις

Σε όλο τον κόσμο, το φαινόμενο του κυκλοφοριακού θορύβου παίρνει μεγάλες διαστάσεις. Εδώ λοιπόν, οι συγκοινωνιολόγοι μπορούν να πάρουν καθοριστική θέση και μέσα από αναλύσεις και προτάσεις να βελτιώσουν την κατάσταση. Τέτοιες κινήσεις είναι οι **μονοδρομήσεις** μικρών οδών οι οποίες αποσυμφορίζουν το δευτερεύον οδικό δίκτυο (απαιτούνται μεγάλες και εμφανείς οδικές πινακίδες σήμανσης και η καλύτερη δυνατή λειτουργία των **φωτεινών σηματοδοτών**).

Η μονοδρόμηση ισοδυναμεί με την αφαίρεση ενός βαθμού ελευθερίας από την κίνηση του αυτοκινήτου. Ο δρόμος, εφόσον μονοδρομηθεί, μετατρέπεται σε σύνδεσμο ενός ευρύτερου κυκλοφοριακού δικτύου και γίνεται αποδεκτή από τους κατοίκους μόνο όταν εξασφαλίζεται ένα μέγιστο επίπεδο ροής ή υπάρχει μια πολιτική δια πλάτυνσης των πεζοδρομίων (πχ γίνεται στην Μιχαλακοπούλου). Με αυτήν την ενέργεια ακόμη, μειώνονται τα τροχαία ατυχήματα η ύπαρξη των οποίων σημαίνει και κυκλοφοριακή συμφόρηση έως να έρθει η οδική βοήθεια και οι Αρχές, ενώ μειώνεται ο αριθμός των στρεφουσών κινήσεων στις διασταυρώσεις που επιβραδύνουν την κυκλοφορία. Επίσης, θα πρέπει να τηρείται η λειτουργία της λεωφορειολωρίδας αποκλειστικά από τα μέσα μαζικής μεταφοράς και όχι από τα ιδιωτικού τύπου οχήματα, αφού ένα μεγάλο μέσο όπως το λεωφορείο και η όποια καθυστέρησή του μπορεί να αλλάξει όλο τον φόρτο της περιοχής που διέρχεται.

Η χρήση **φωτεινής σηματοδότησης** βάζει τάξη στην χρονική διάρκεια της προτεραιότητας. Έχει γενικά μια περιοδικότητα της τάξης των 120 sec, όπου κατανέμει σε αυτή την περίοδο τους χρόνους πρασίνου κάθε πρόσβασης ανάλογα με τον φόρτο της και την ροή κορεσμού της, δηλαδή ανάλογα με το λόγο της ζήτησης ως προς την ικανότητα της διασταύρωσης. Επιχειρείται πάντα, κατά την ίδια φάση, η ασφαλής διεκπεραίωση του μεγίστου αριθμού κινήσεων.

8. 4: Πολεοδομικές – αστικές παρεμβάσεις

8. 4. 1: Φύτευση πράσινου και δέντρων

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, η χρήση πράσινου και η φύτευση δέντρων κοντά στους αυτοκινητοδρόμους και στους μεγάλους δρόμους, πέρα από καλλωπιστικό ενδιαφέρον, παρουσιάζει και σημαντικό ρόλο στην μείωση των εκπεμπόμενων ηχητικών κυμάτων καθώς τα απορροφούν και τα εγκλωβίζουν. Μπορεί να μην είναι πάντα αυτό εφικτό, όμως στην περιοχή που μελετάει η συγκεκριμένη εργασία, αυτό είναι ικανό να πραγματοποιηθεί σε περιοχές όπως: περιμετρικά της Λεωφόρου

Αλεξάνδρας και της Βασιλίσσης Σοφίας (εντός των πεζοδρομίων). Ακόμη, εξαιτίας της ύπαρξης άλλων δέντρων τα οποία είναι χαμηλά, με αραιό φύλλωμα και που δεν αποδίδουν τα μέγιστα προς τον στόχο, κρίνεται ουσιαστική μία ενδεχόμενη αντικατάστασή τους με πιο υψηλά δέντρα, με πλατιά και πυκνά φύλλα. Έχει αποδειχθεί ότι ένα φυτό με πλατύ και πυκνό φύλλωμα είναι ικανό να απορροφήσει επίπεδα θορύβου έως 7dB σε μία απόσταση 20-30 μέτρων. Επιπρόσθετα, σύμφωνα με άλλες μελέτες [Heisler et al., (1987)], [Aylor, (1972)], έχει αποδειχθεί πως μία φύτευση σε πλάτος 10 μέτρων είναι ικανή να μειώσει τα επίπεδα θορύβου στην άλλη πλευρά επιπροσθέτως έως 3Db, νούμερα καθόλου αμελητέα αν σκεφτούμε την λογαριθμική κλίμακα Ντεσιμπέλ.



Εικόνα 8: Πράσινο αστικό τοπίο γειτονιάς (Πηγή: AthensVoice)

8. 4. 2: Ηχομόνωση κτιρίων

Όταν γίνεται λόγος για τον κυκλοφοριακό θόρυβο και γενικότερα για την όχληση η οποία προκύπτει από το εξωγενές αστικό περιβάλλον τότε είναι εύκολη η κατανόηση της ανάγκης για προστασία των εσωτερικών χώρων και των κατοικιών από αυτό το φαινόμενο. Μία αποτελεσματική λύση αποτελεί η ηχομόνωση των κτιρίων. Αυτή μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση στρώσεων ειδικών υλικών εξωτερικά κυρίως από τα κτίρια. Τα πιο συνηθισμένα υλικά τα οποία αποφέρουν σημαντική προστασία είναι κάποια αφρώδη μονωτικά παράγωγα της πολυστερίνης, εξηλασμένης (XPS) ή διογκωμένης (EPS) καθώς και οι ισοκυανάτες (polyiso). Στα αρνητικά τους, η επιβάρυνση του χώρου εξαιτίας της μείωσης της ωφέλιμης επιφάνειας του κτιρίου ή των εξωστών και το κόστος τους.

8. 4. 3: Ύψη κτιρίων και χρήσεις γης

Πολύ σημαντικός τρόπος αντιμετώπισης ή μείωσης των αρνητικών επιδράσεων των υψηλών εκπεμπόμενων θορύβων από το οδικό δίκτυο αποτελεί και ο έλεγχος των μέγιστων υψών των κτιρίων και η θέσπιση και τήρηση αυστηρών ορίων σε αυτά ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρίσκονται. Πιο συγκεκριμένα, θα πρέπει τουλάχιστον εκατέρωθεν των αυτοκινητοδρόμων οι οποίοι αναπόφευκτα έχουν υψηλές οχλήσεις, να μειωθούν τα ύψη των κτιρίων καθώς εάν αυτά είναι μεγάλα, τότε τα ηχητικά κύματα «εγκλωβίζονται» στο αστικό περιβάλλον. Ακόμη, ο αριθμός των κατοικιών στις περιοχές αυτές θα πρέπει να μείνει σταθερός και να μην αυξηθεί.

8. 5 Πολιτεία-Φορείς

Η Πολιτεία είναι υποχρεωμένη να αναδείξει το πρόβλημα της κυκλοφοριακής ηχορύπανσης και αυτό σίγουρα μπορεί να επιτευχθεί μέσα από την παραγωγή χαρτών θορύβου υφιστάμενης κατάστασης αλλά και πρόβλεψης. Οι παιδαγωγοί στα σχολεία είναι χρήσιμο να συζητούν για τέτοιου είδους φαινόμενα από τις πολύ μικρές ηλικίες των μαθητών ώστε να γίνει λιγότερο θορυβώδης και με λίγη όχληση ο τρόπος ζωής τους. Φυσικά, και ο μέσος οδηγός καλείται να επιδεικνύει μία οδηγική συμπεριφορά με σεβασμό προς τους γύρω του ειδικά σε ώρες κοινής ησυχίας, είτε με την μείωση της ταχύτητας κίνησης στο εσωτερικό των γειτονιών, είτε με την μη εκπομπή θορύβων του ιδιωτικού του μέσου κίνησης η οποία έρχεται κυρίως μέσα από την καλή συντήρηση του οχήματος. Τέλος, η Πολιτεία ξανά, είναι άμεσα αναγκαίο να θεσπίσει αυστηρότερα όρια στην κίνηση βαρέων οχημάτων σε συγκεκριμένες ώρες και περιοχές καθώς ένα φορτηγό για παράδειγμα εκπέμπει θόρυβο όσο 10 αυτοκίνητα μαζί, ενώ σε περιπτώσεις που αυτά δεν τηρούνται ή σε περιπτώσεις μη συντηρημένων και υπερβολικά θορυβωδών οχημάτων για λόγους εντυπωσιασμού να επιβάλλει αυστηρά πρόστιμα έπειτα από τους απαιτούμενους τακτικούς ελέγχους.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

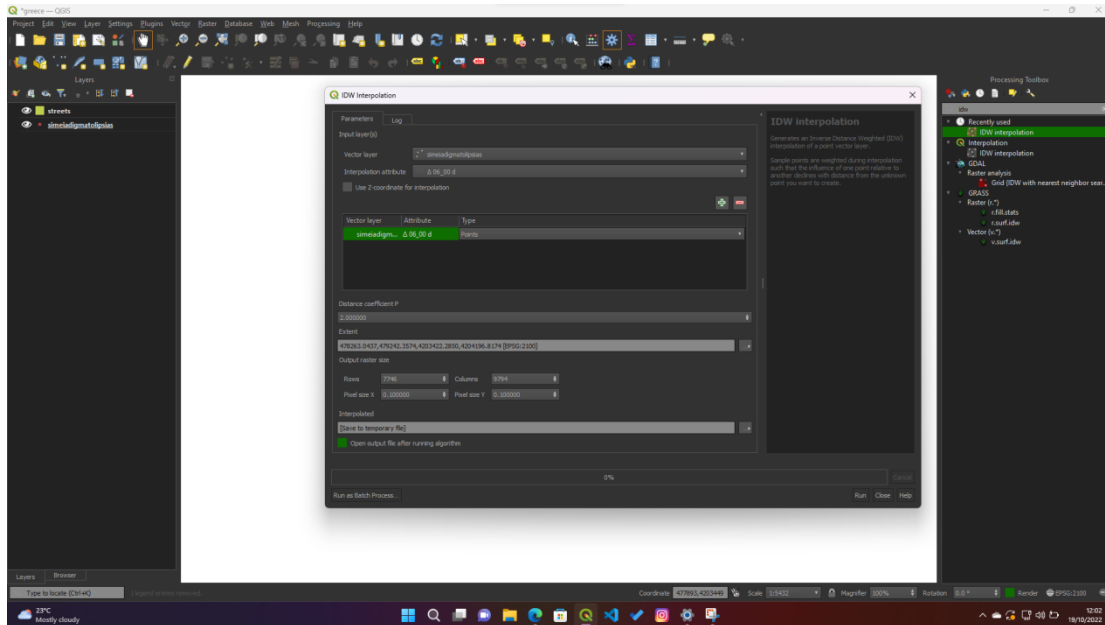
Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, με τον τρόπο που πραγματοποιήθηκε αποτελεί έναν οδηγό για έρευνα και μελέτη από τους αρμόδιους φορείς και την Πολιτεία , με σκοπό την καταπολέμηση του φαινομένου της ηχορύπανσης στην περιοχή μελέτης και όχι μόνο , καθώς η δομή της συναντάται σε πολλά κομμάτια της πόλης των Αθηνών.

Τα αποτελέσματα των χαρτογραφικών απεικονίσεων των επιπέδων θορύβου ανά ημέρα και χρονική στιγμή είναι πολύ σημαντικά καθώς κάθε πρόβλημα λύνεται πιο εύκολα αν οπτικοποιείται. Αν ληφθεί υπόψη πως ο συγγραφέας της εργασίας ζει στην περιοχή αυτή και πως την γνωρίζει αρκετά καλά, τότε συνάγεται το συμπέρασμα της σοβαρής ανάγκης για την αντιμετώπιση των οχλήσεων εξαιτίας του κυκλοφοριακού φόρτου.

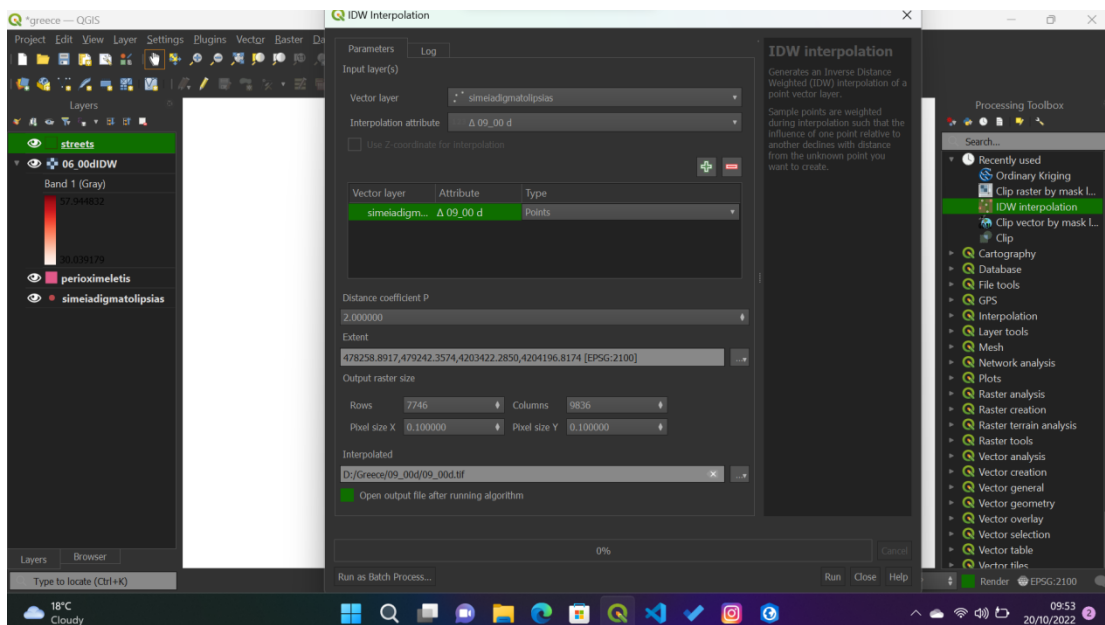
Η εμπειρία μου, -σαν ερευνητής πλέον- με την μελέτη αυτή με κάνει αρκετά χαρούμενο και ικανοποιημένο και εύχομαι οι αρμόδιοι φορείς να λάβουν γνώση και ερέθισμα ώστε να κατευθύνουν κάποιες πολιτικές και δράσεις που θα βοηθήσουν και τους ανθρώπους της περιοχής να ζουν με λιγότερους θορύβους αλλά και γενικότερα την εύρυθμη λειτουργία της.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

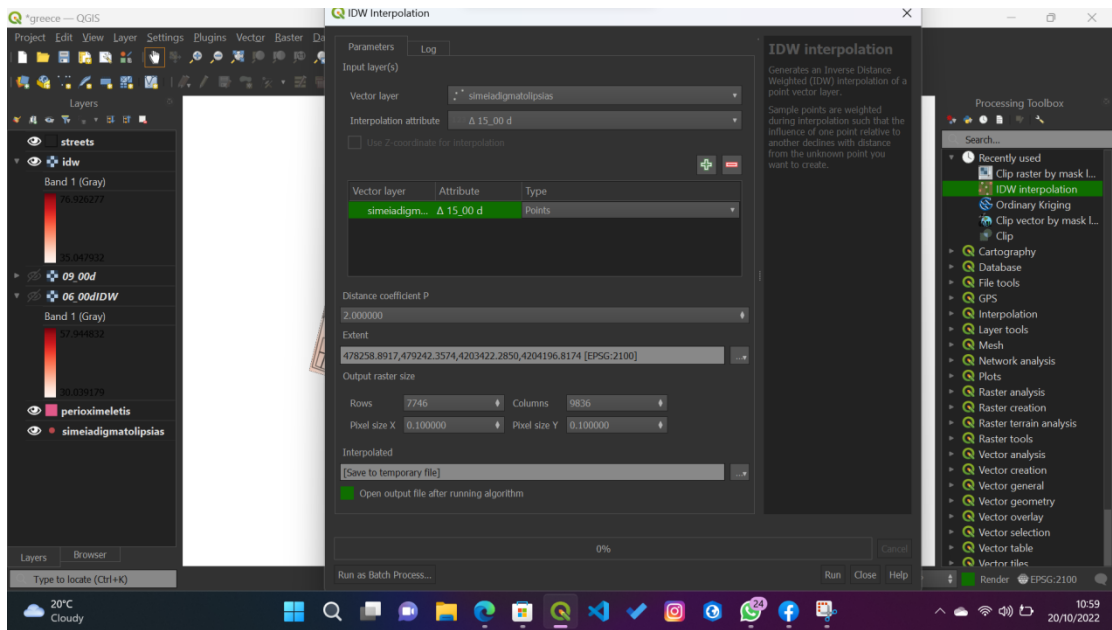
INTERPOLATIONS - SCREENSHOTS



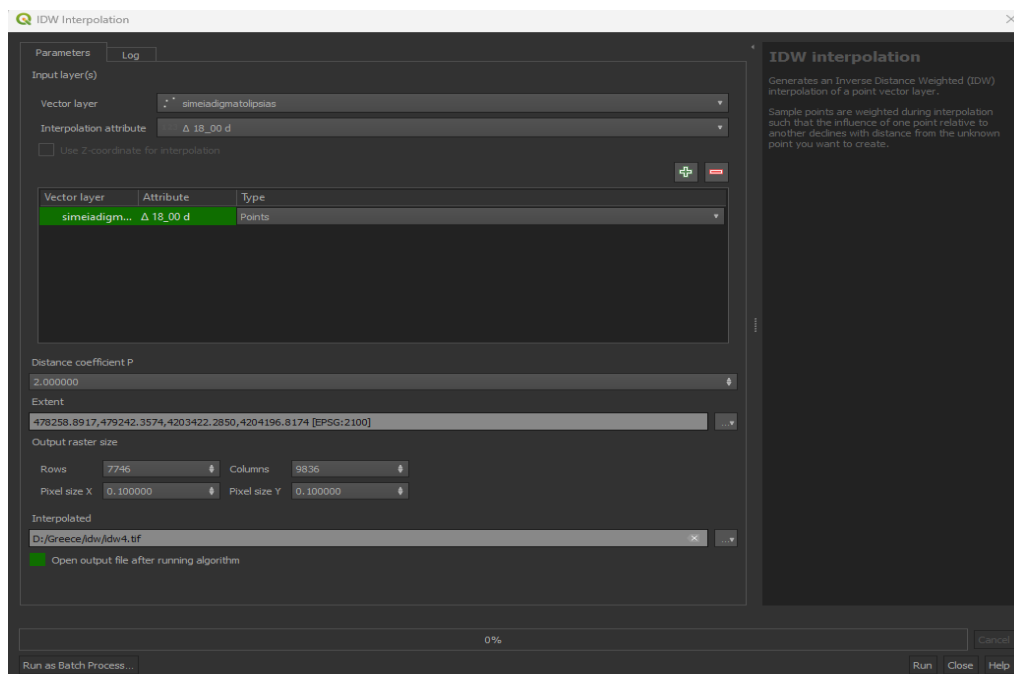
Εικόνα Παραρτήματος 1: IDW Δευτέρα 06: 00



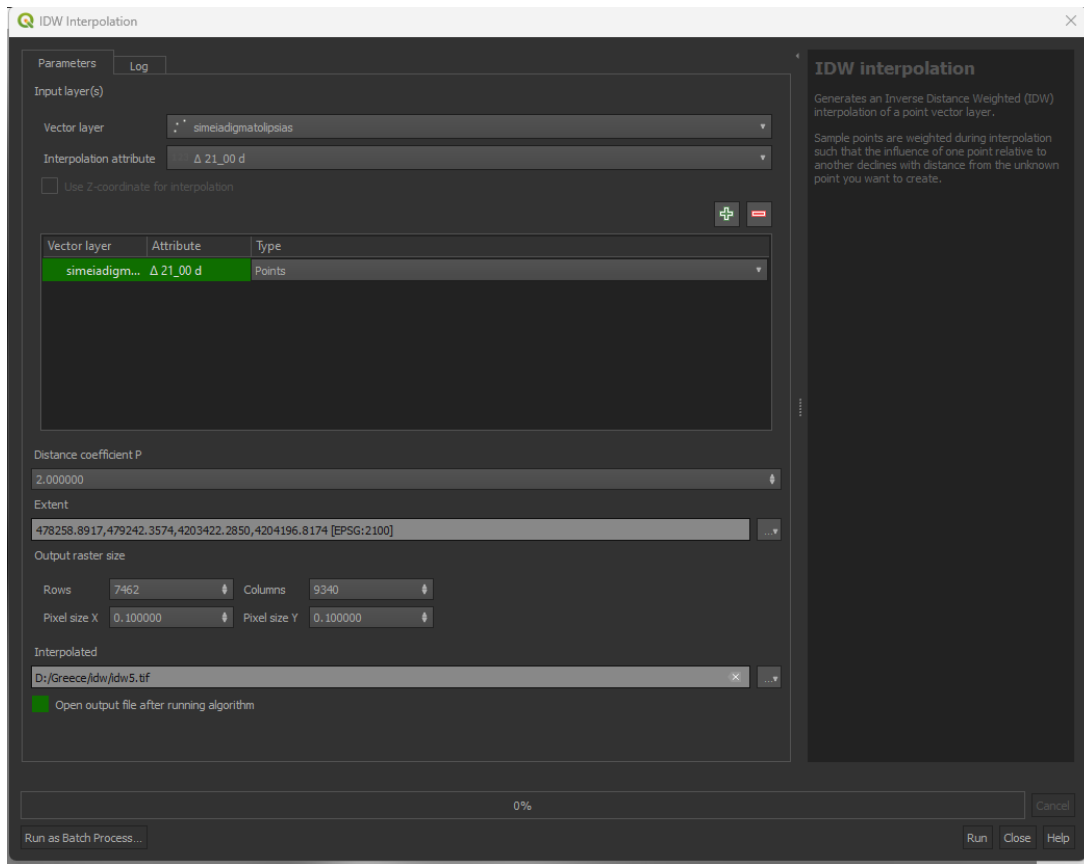
Εικόνα Παραρτήματος 2: IDW Δευτέρα 09: 00



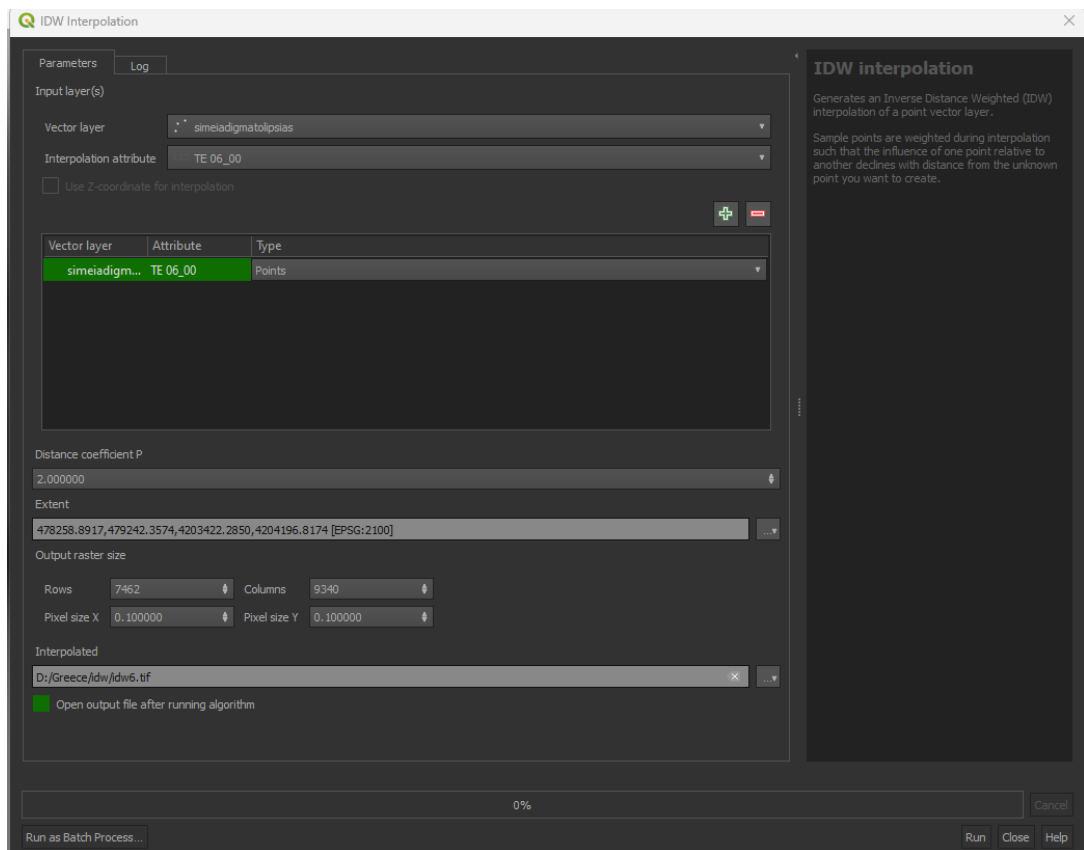
Εικόνα Παραρτήματος3: IDW Δευτέρα 15: 00



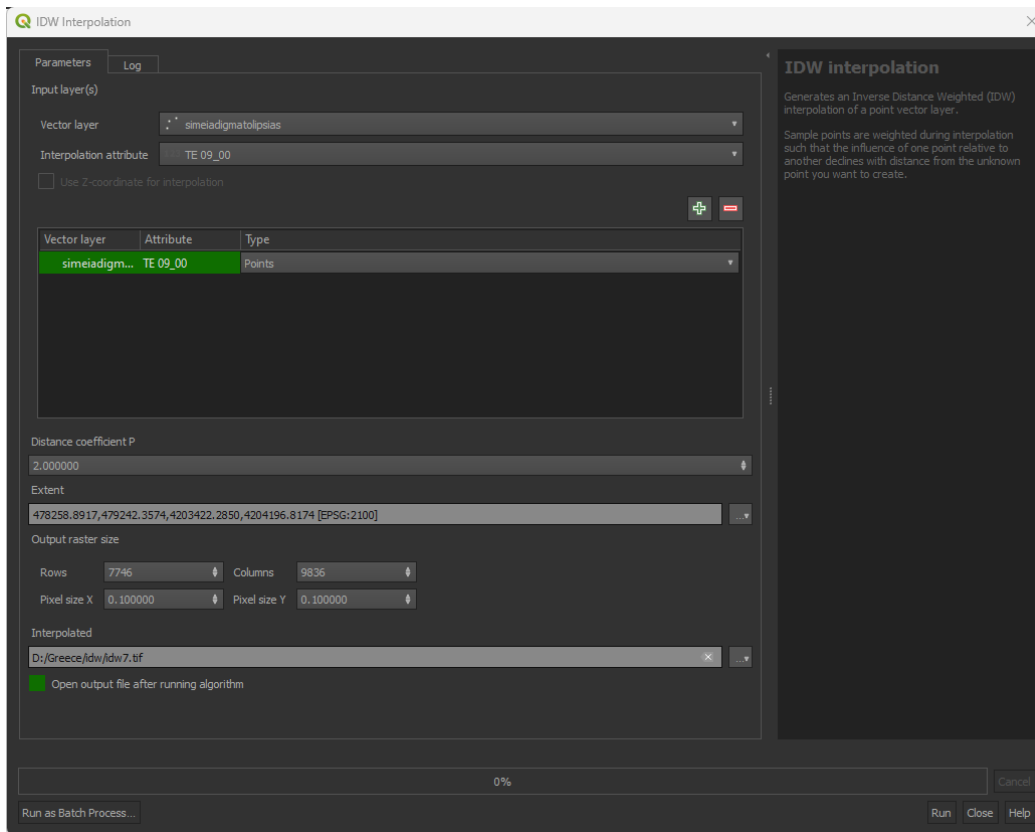
Εικόνα Παραρτήματος4: IDW Δευτέρα 18: 00



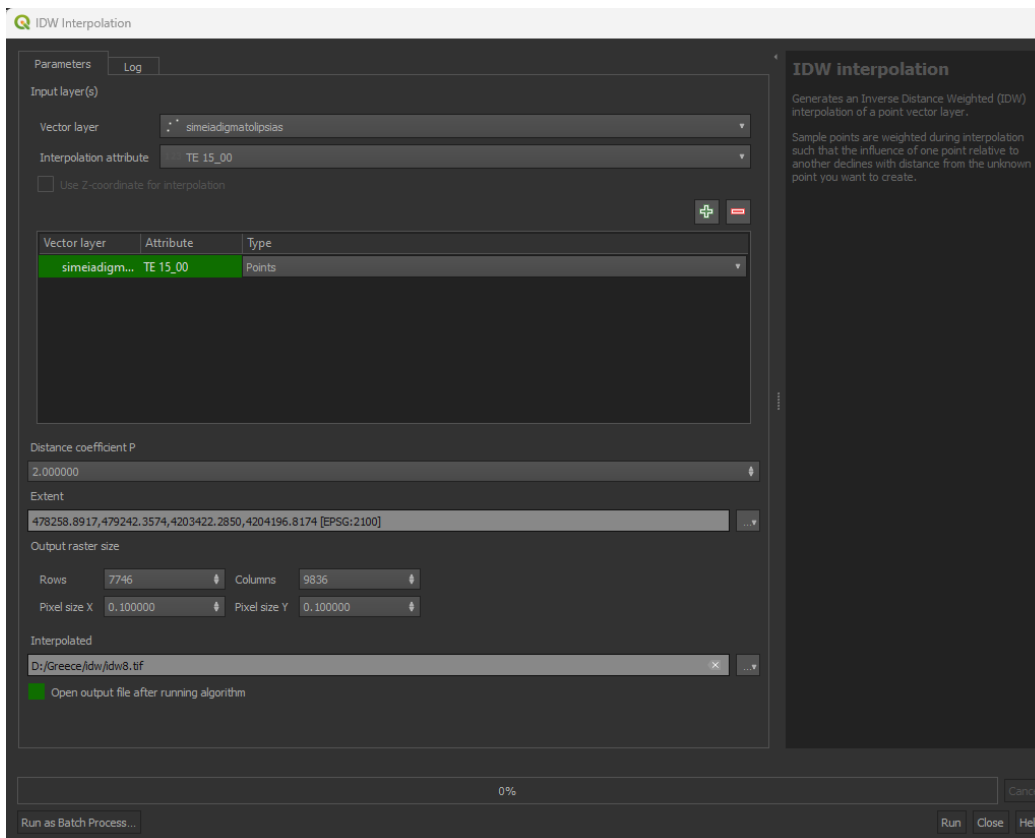
Εικόνα Παραρτήματος5: IDW Δευτέρα 21: 00



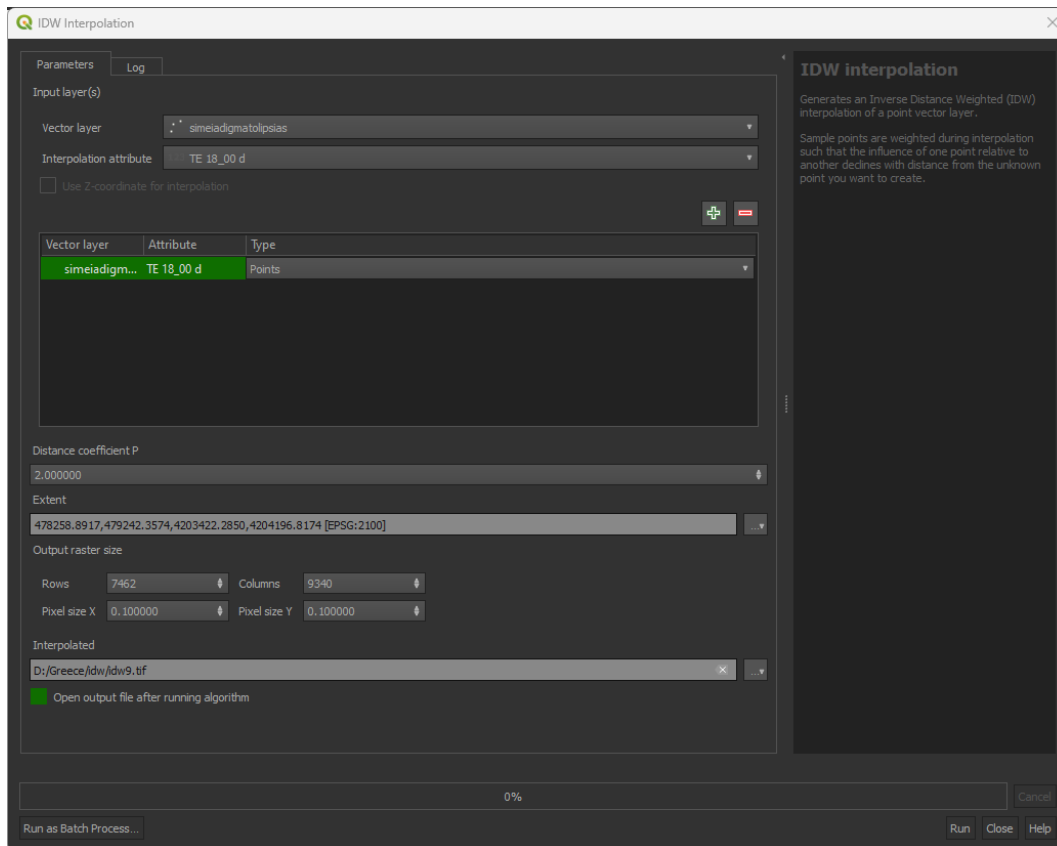
Εικόνα Παραρτήματος6: IDW Τετάρτη 06: 00



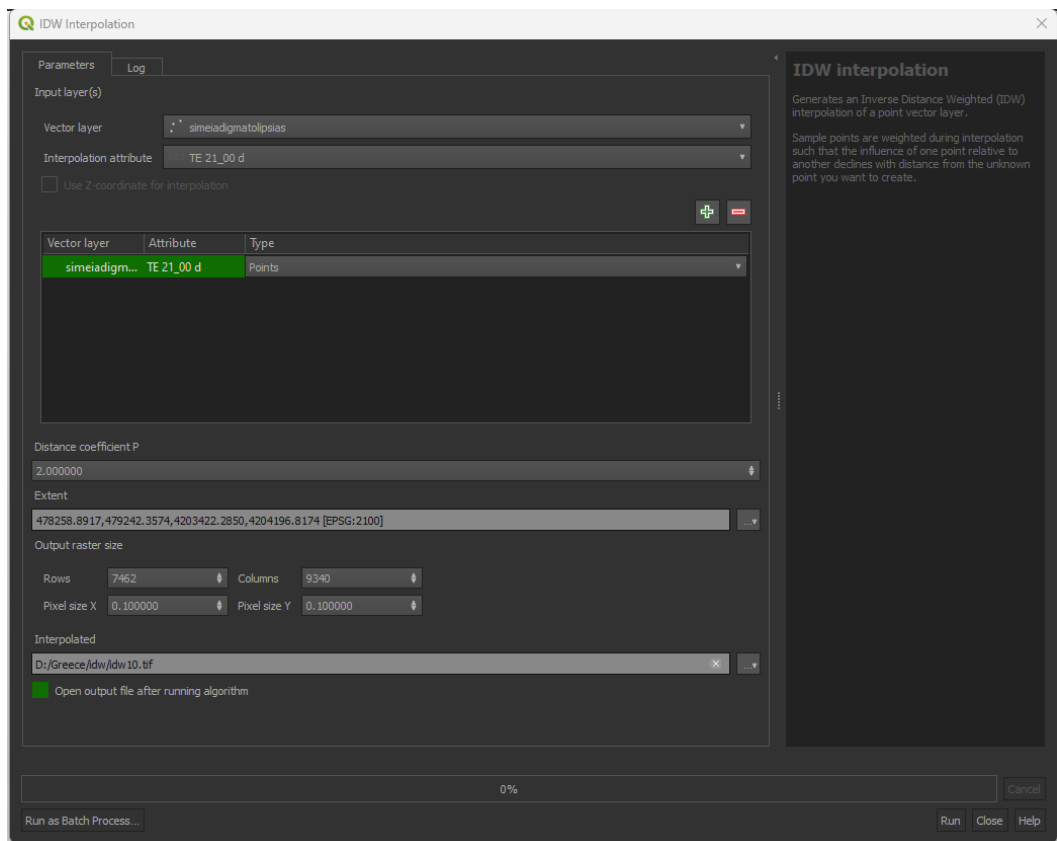
Εικόνα Παραρτήματος7: IDW Τετάρτη 09: 00



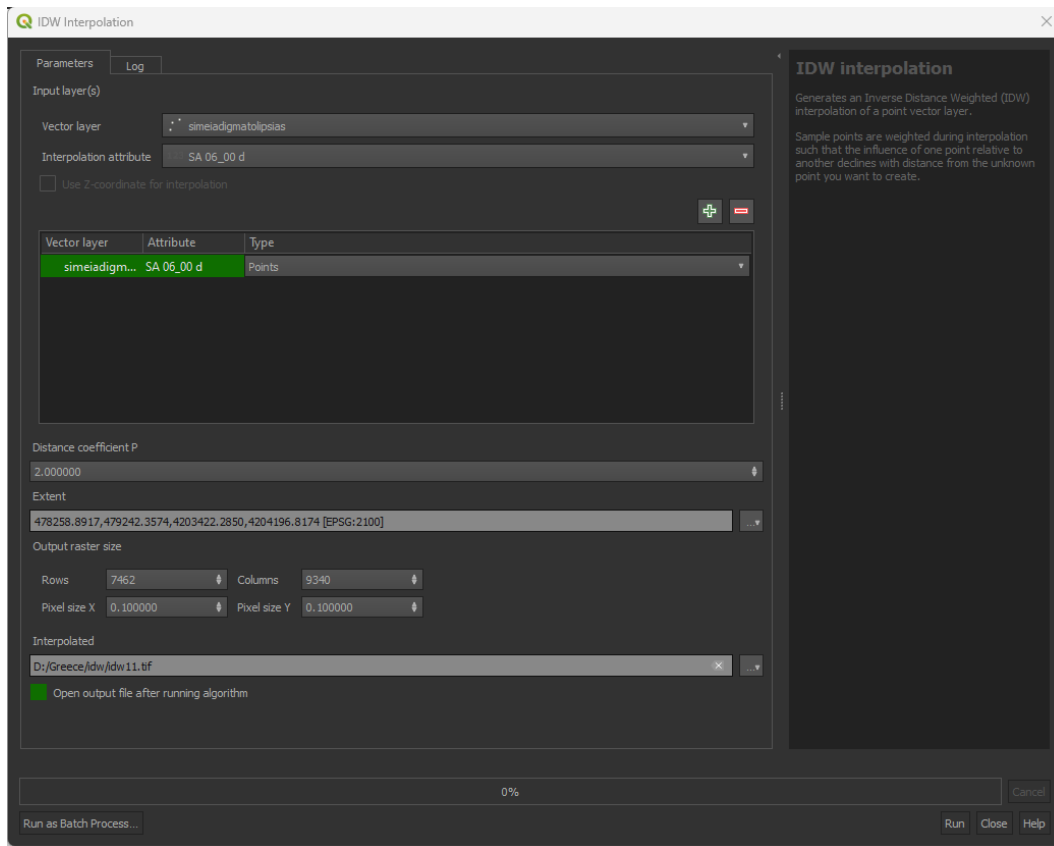
Εικόνα Παραρτήματος8: IDW Τετάρτη 15: 00



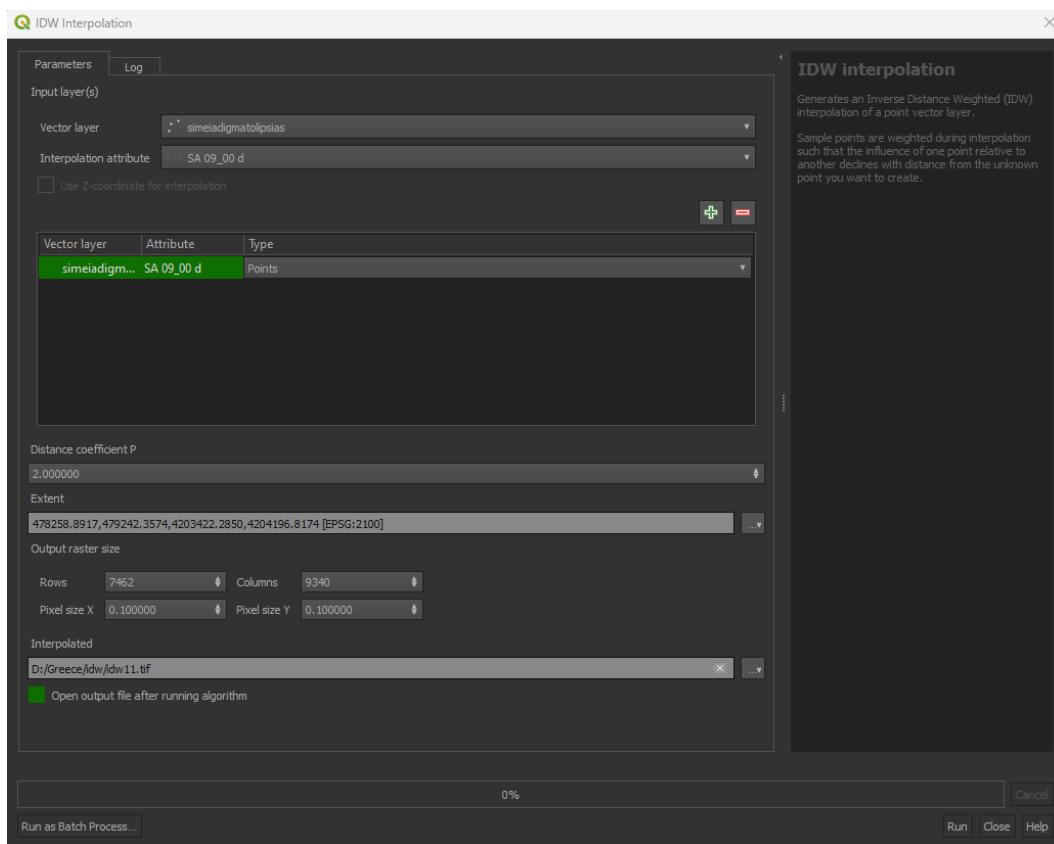
Εικόνα Παραρτήματος9: IDW Τετάρτη 18: 00



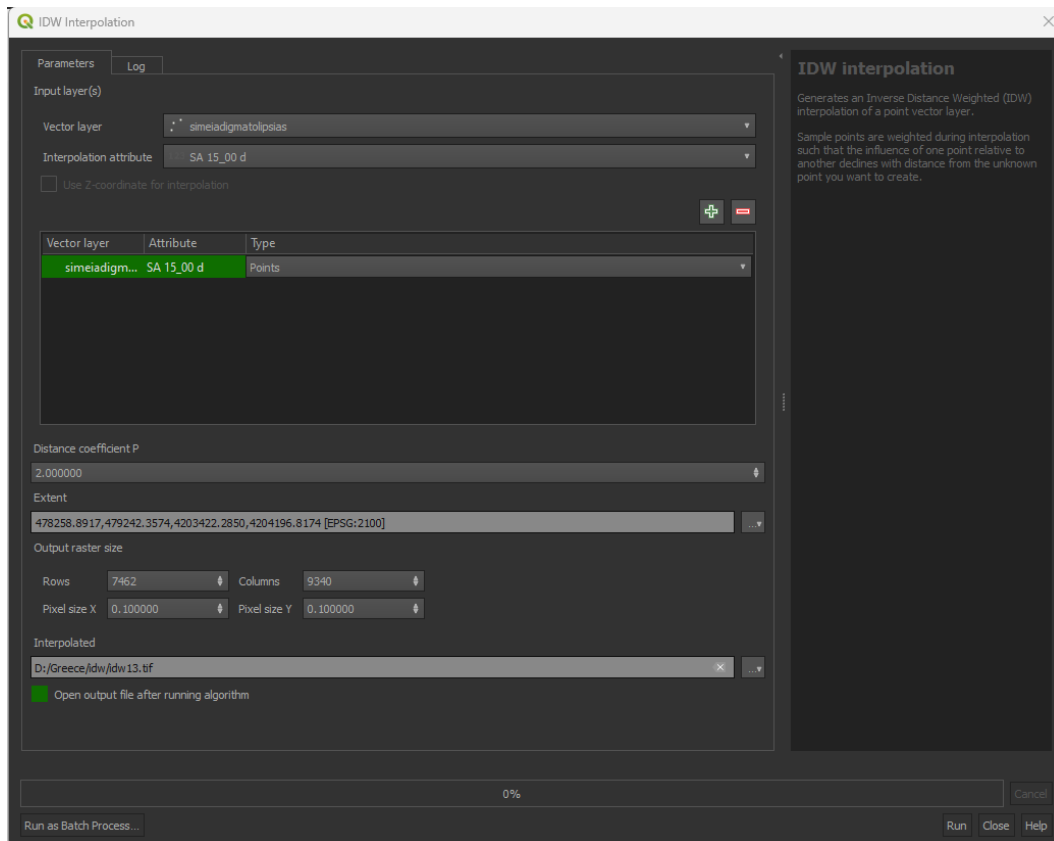
Εικόνα Παραρτήματος10: IDW Τετάρτη 21: 00



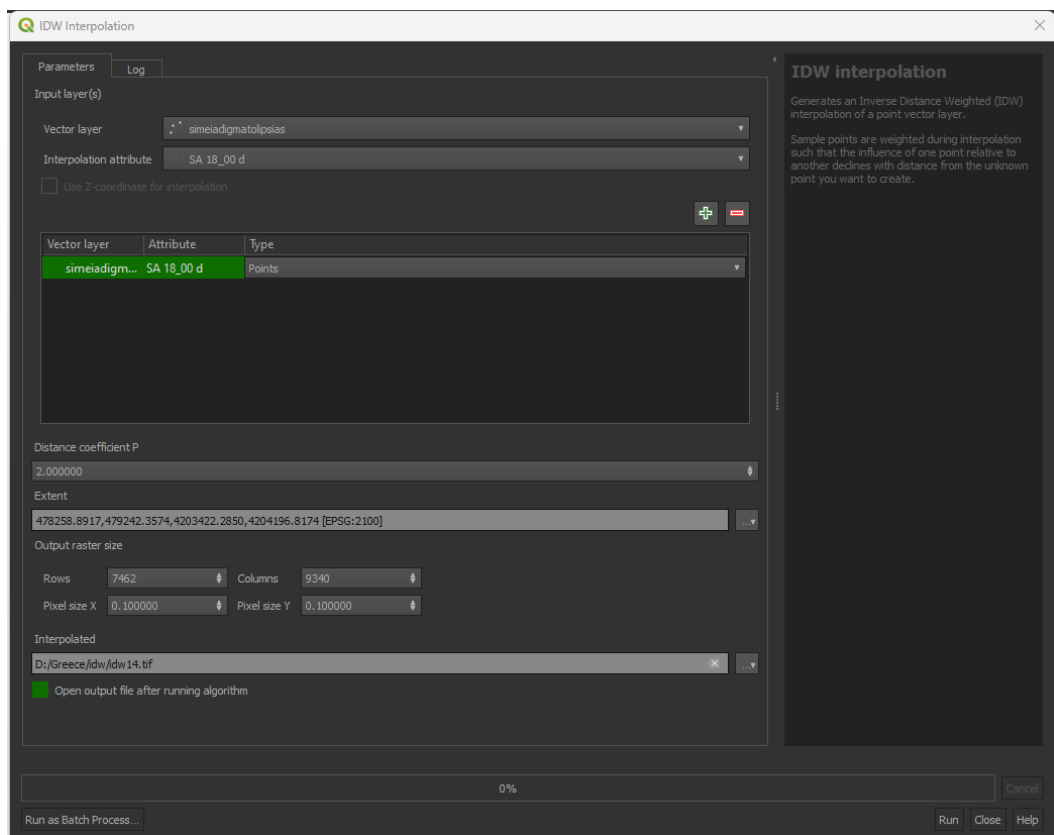
Εικόνα Παρατήματος11: IDW Σάββατο 06: 00



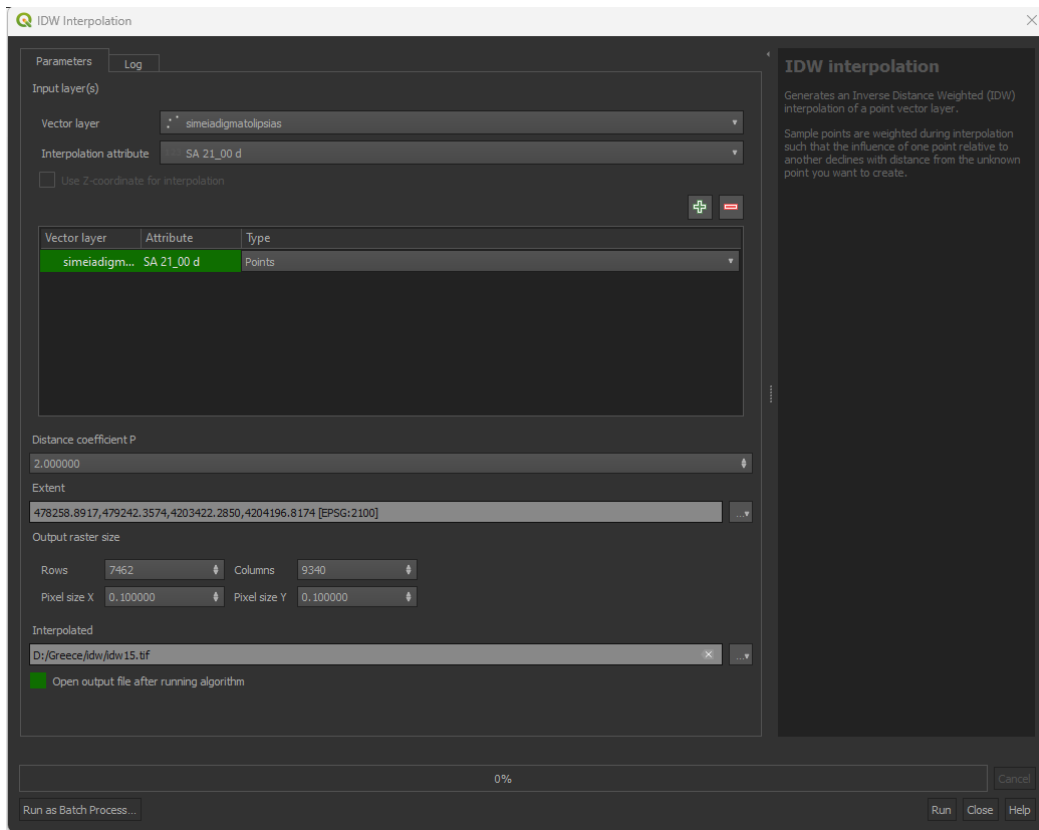
Εικόνα Παρατήματος12: IDW Σάββατο 09: 00



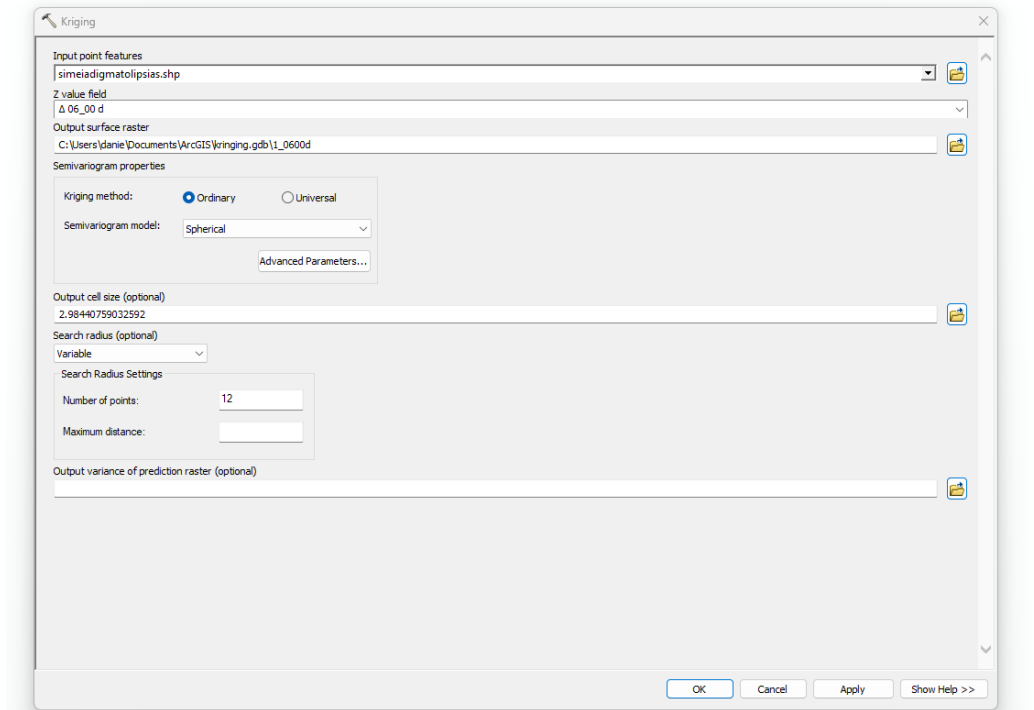
Εικόνα Παρατήματος13: IDW Σάββατο 15: 00



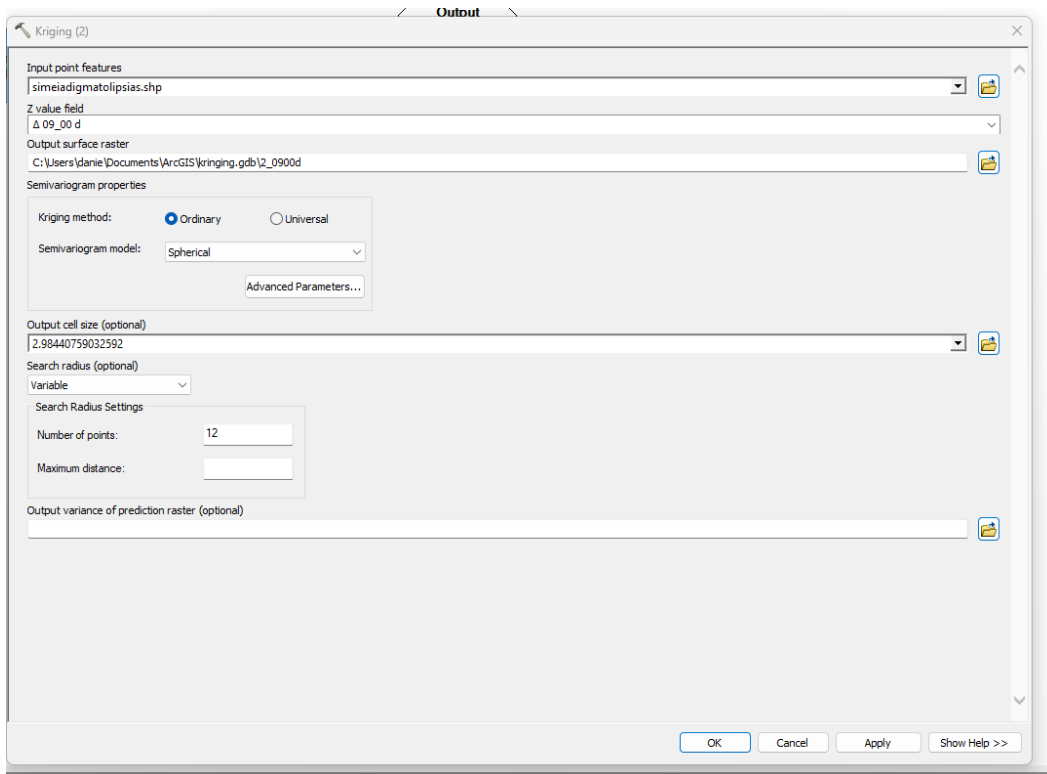
Εικόνα Παρατήματος14: IDW Σάββατο 18: 00



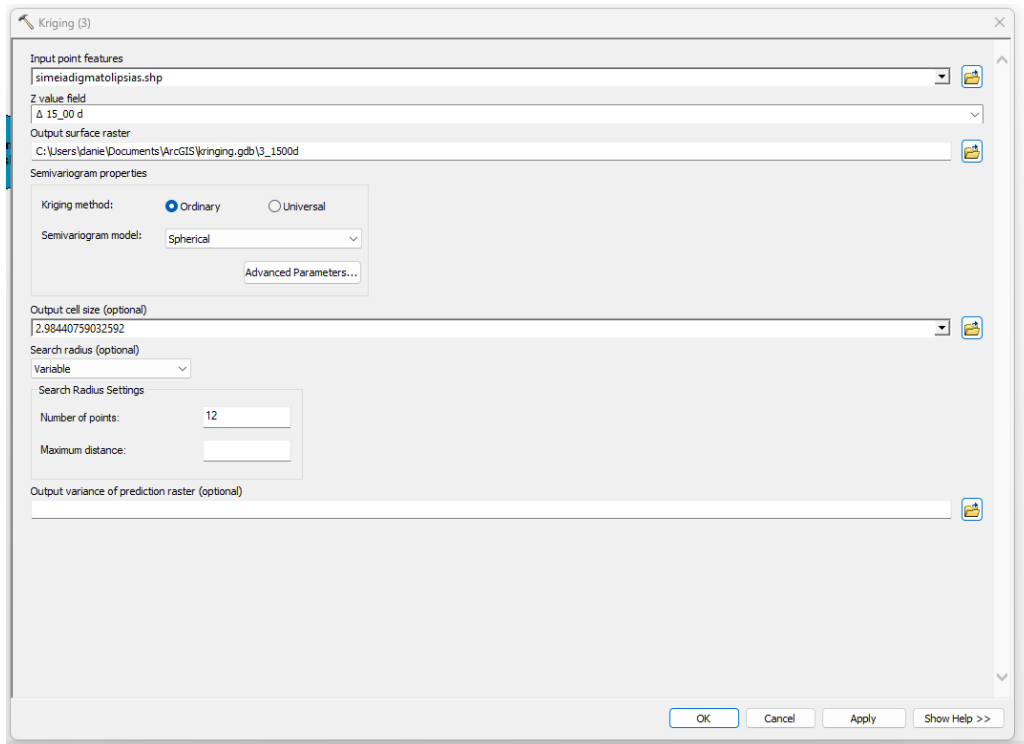
Εικόνα Παρατήματος15: IDW Σάββατο 21: 00



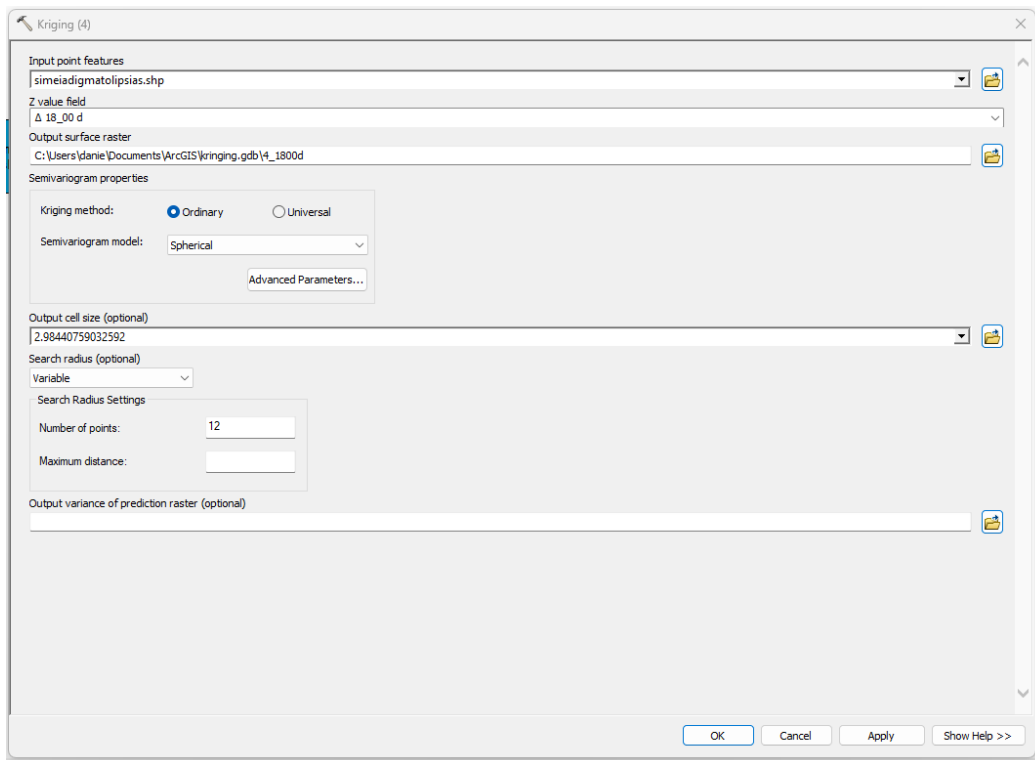
Εικόνα Παρατήματος16: IDW Δευτέρα 06: 00



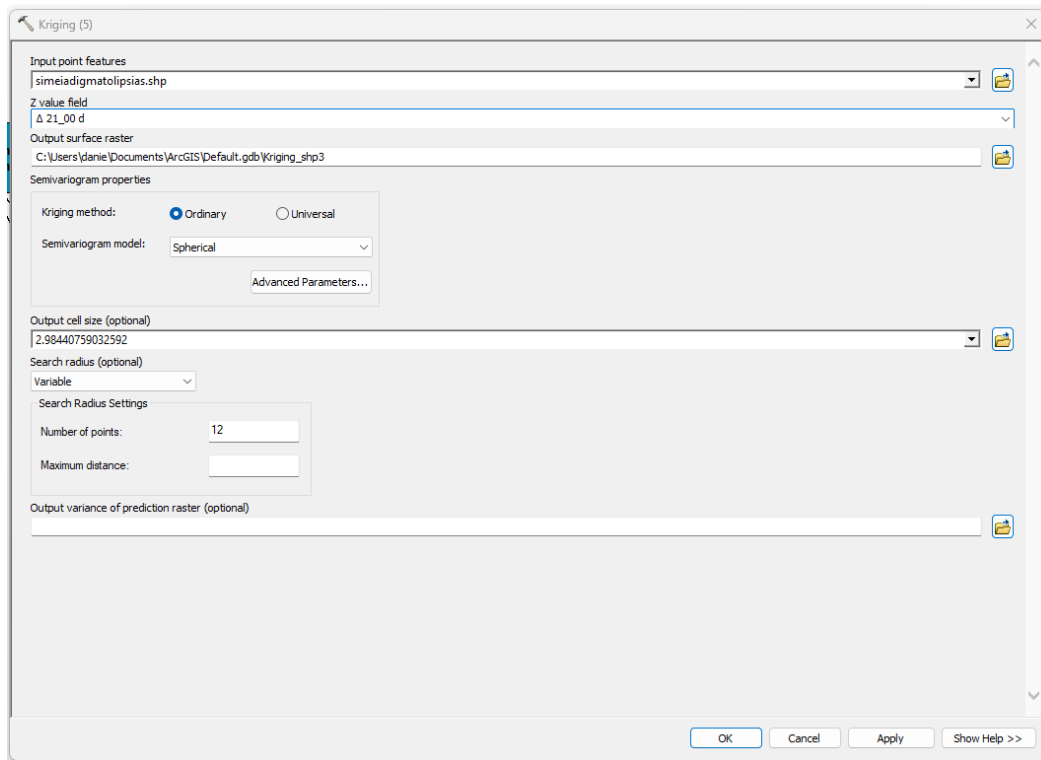
Εικόνα Παρατήματος17: IDW Δευτέρα 09: 00



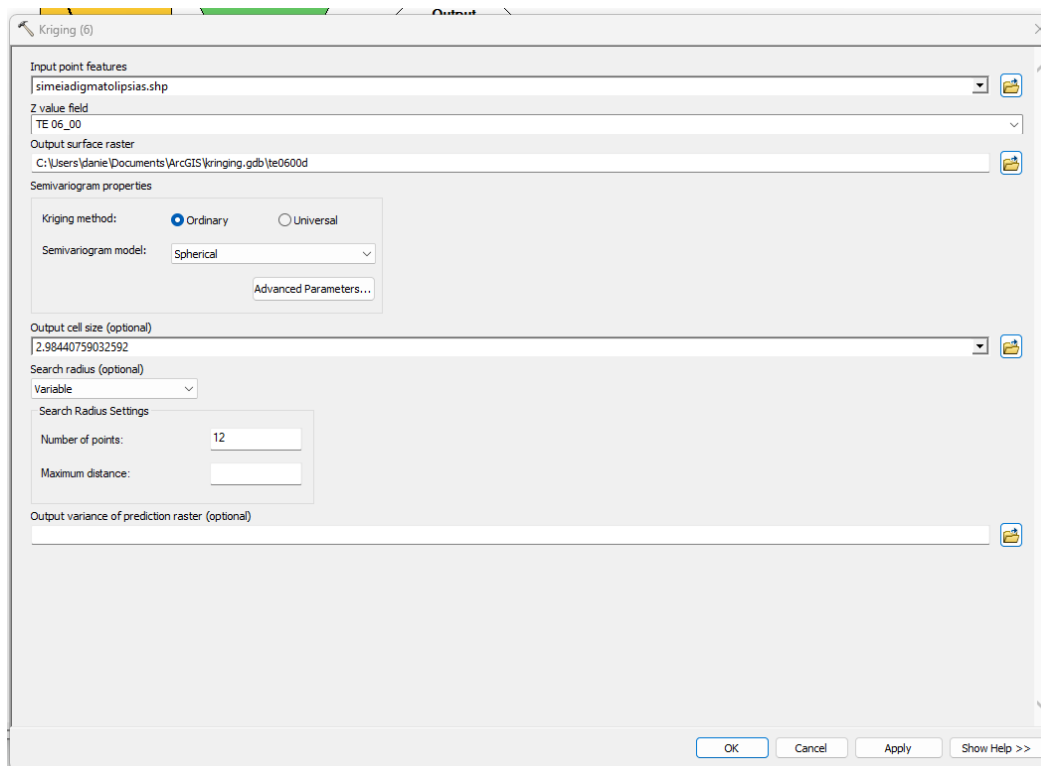
Εικόνα Παραρτήματος 18: IDW Δευτέρα 15: 00



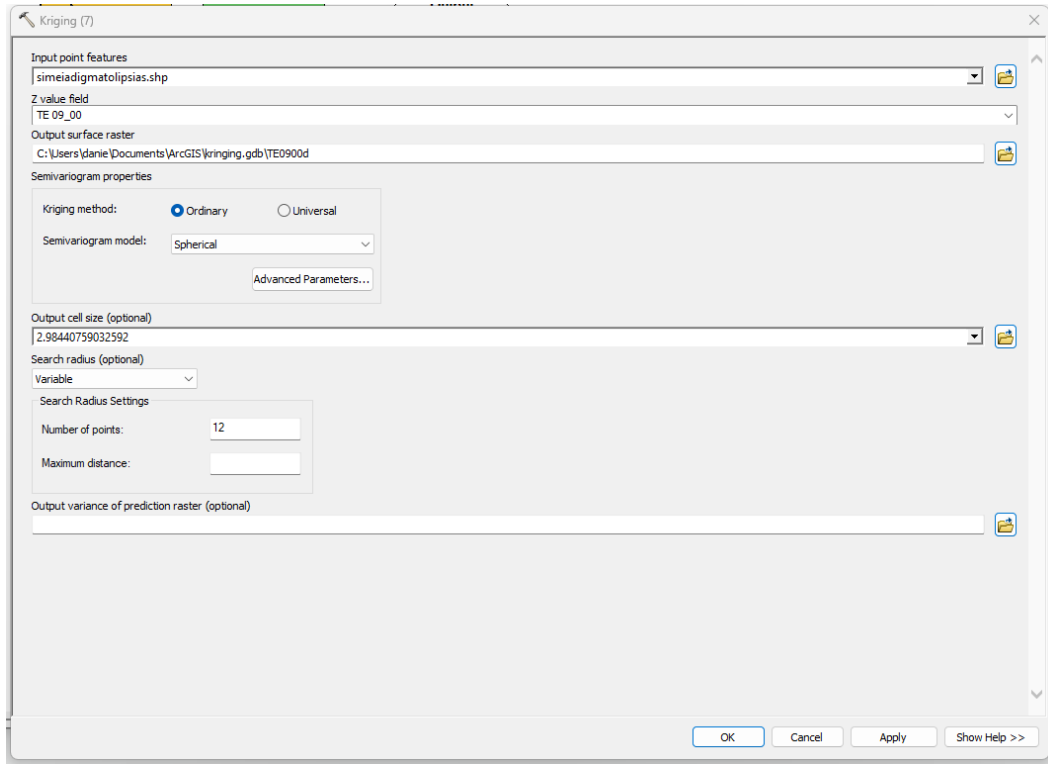
Εικόνα Παραρτήματος 19: IDW Δευτέρα 18: 00



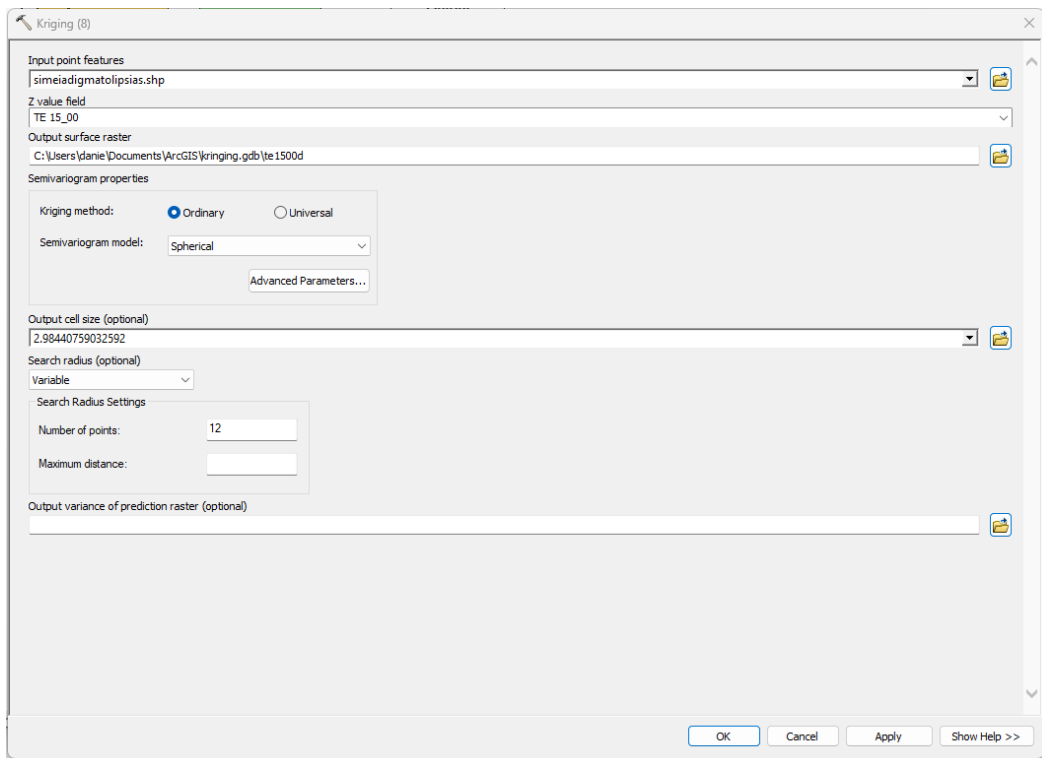
Εικόνα Παρατήματος20: IDW Δευτέρα 21: 00



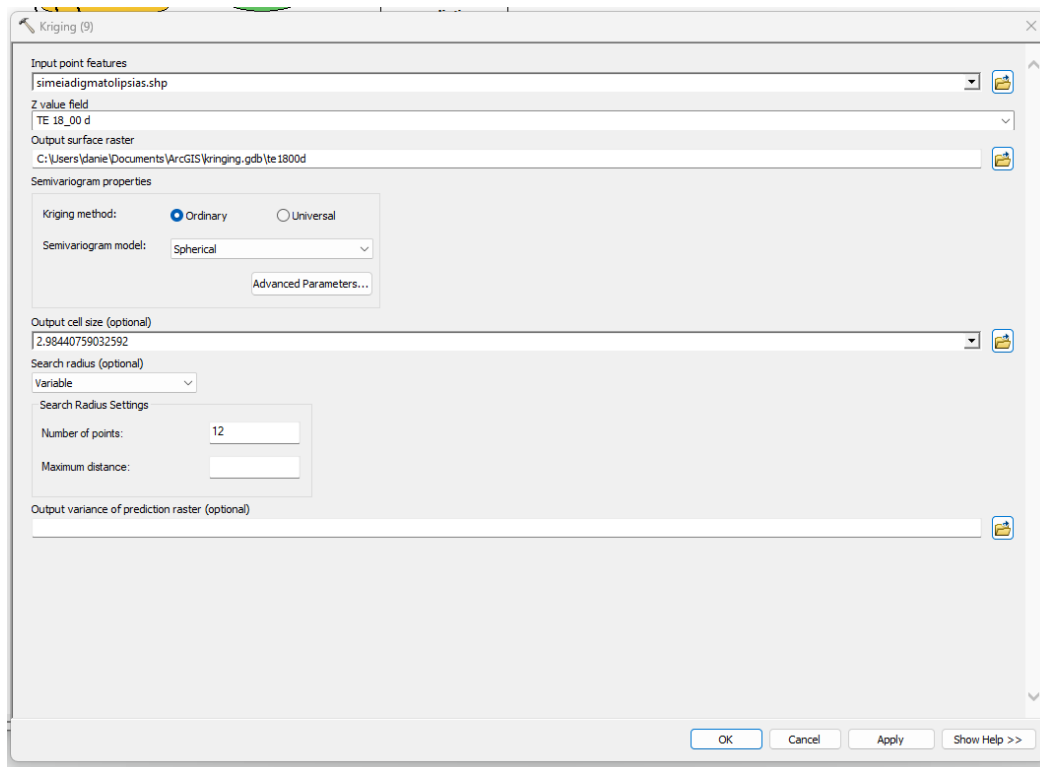
Εικόνα Παρατήματος21: IDW Τετάρτη 06: 00



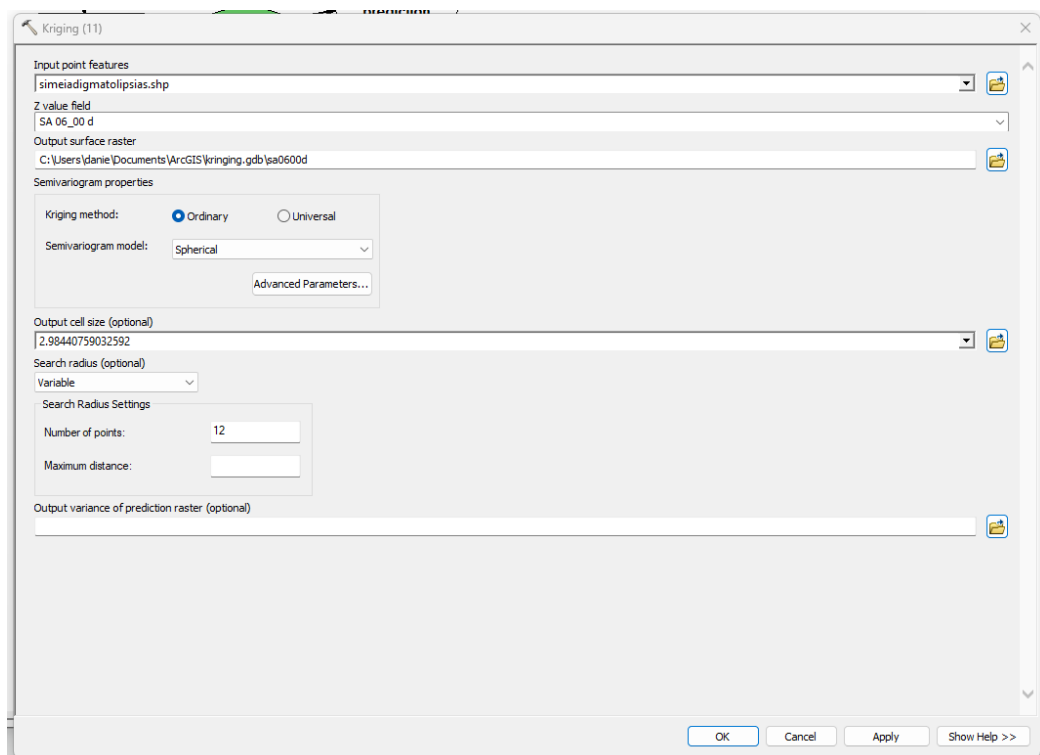
Εικόνα Παρατήματος22: IDW Τετάρτη 09: 00



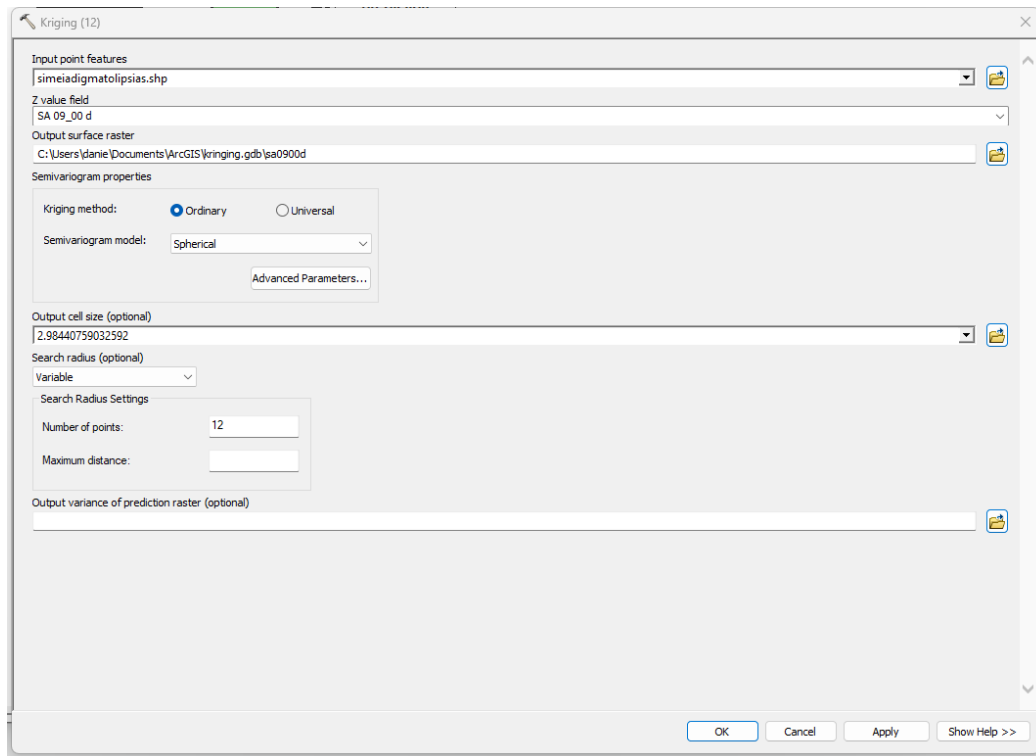
Εικόνα Παρατήματος23: IDW Τετάρτη 15: 00



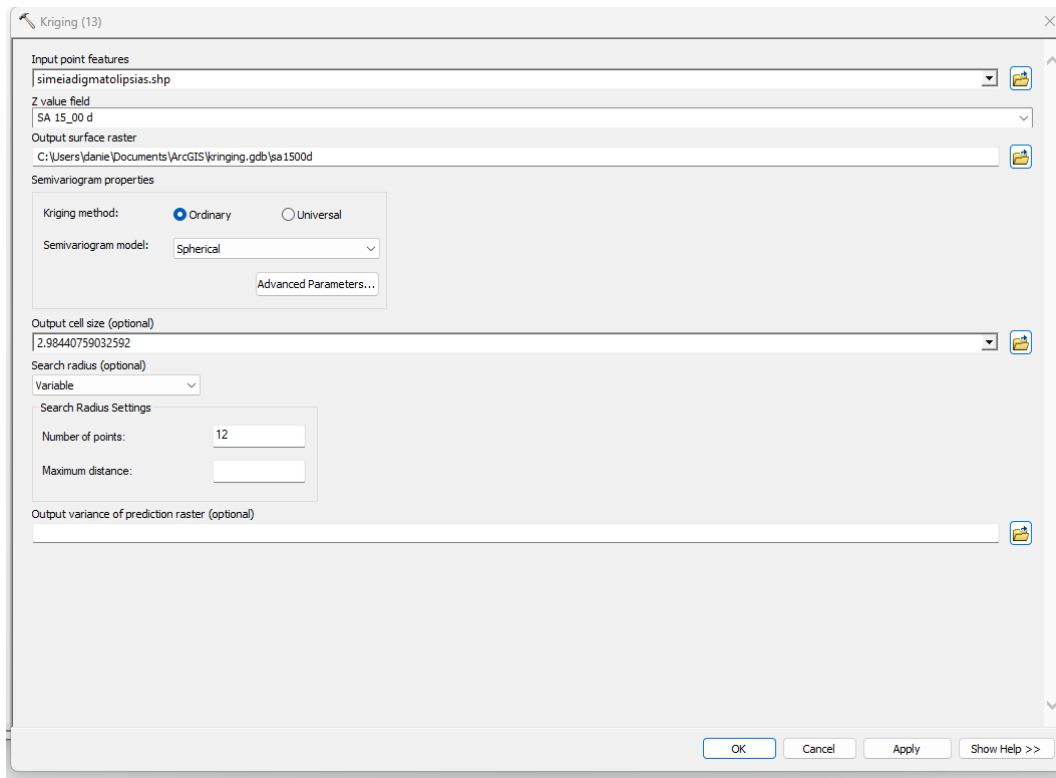
Εικόνα Παραρτήματος24: IDW Τετάρτη 18: 00



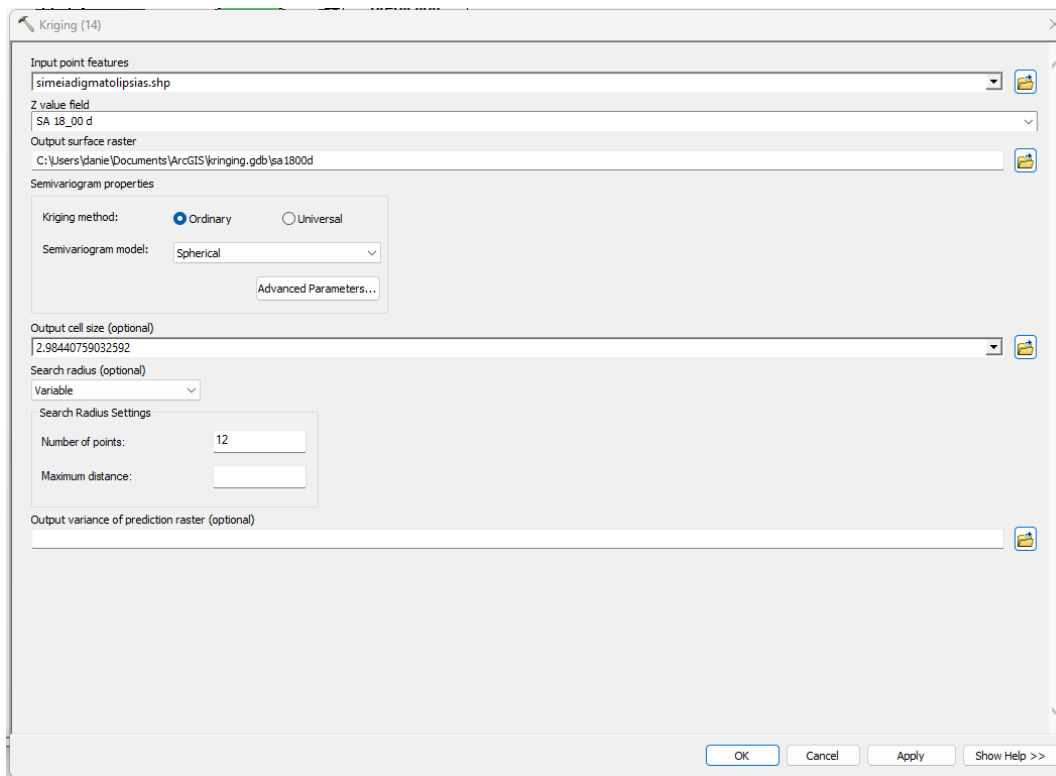
Εικόνα Παραρτήματος25: IDW Σάββατο 06: 00



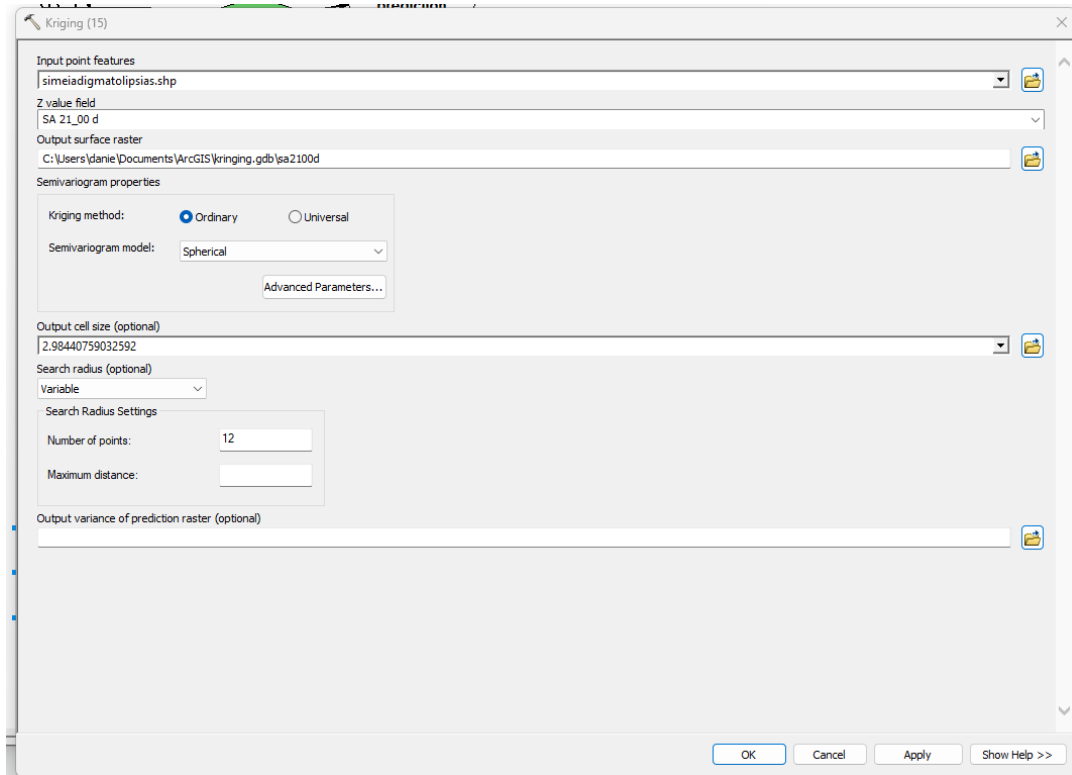
Εικόνα Παρατήματος26: IDW Σάββατο 09: 00



Εικόνα Παραρτήματος27: IDW Σάββατο 15: 00



Εικόνα Παραρτήματος28: IDW Σάββατο 18: 00



Εικόνα Παραρτήματος29: IDW Σάββατο 21: 00

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

| Monday | | | | | Wednesday | | | | | Saturday | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| M 06:00 d | M 09:00 d | M 15:00 d | M 18:00 d | M 21:00 d | W 06:00 d | W 09:00 d | W 15:00 d | W 18:00 d | W 21:00 d | Sa 06:00 d | Sa 09:00 d | Sa 15:00 d | Sa 18:00 d | Sa 21:00 d |
| 55 | 75 | 75 | 69 | 72 | 51 | 61 | 71 | 68 | 72 | 39 | 54 | 60 | 70 | 82 |
| 54 | 77 | 73 | 68 | 73 | 52 | 63 | 71 | 68 | 72 | 40 | 55 | 62 | 73 | 81 |
| 57 | 73 | 75 | 71 | 76 | 55 | 60 | 73 | 71 | 74 | 40 | 54 | 62 | 73 | 83 |
| 58 | 72 | 76 | 70 | 75 | 53 | 67 | 73 | 70 | 72 | 41 | 55 | 63 | 74 | 79 |
| 54 | 70 | 73 | 69 | 73 | 67 | 67 | 71 | 70 | 71 | 44 | 54 | 62 | 70 | 80 |
| 42 | 53 | 50 | 55 | 64 | 40 | 44 | 49 | 52 | 58 | 38 | 44 | 55 | 52 | 67 |
| 55 | 69 | 73 | 70 | 72 | 52 | 63 | 70 | 72 | 73 | 42 | 53 | 60 | 71 | 82 |
| 55 | 69 | 72 | 70 | 73 | 64 | 75 | 75 | 72 | 75 | 49 | 55 | 62 | 74 | 83 |
| 35 | 39 | 44 | 41 | 48 | 32 | 39 | 43 | 48 | 50 | 31 | 39 | 41 | 43 | 47 |
| 41 | 52 | 54 | 55 | 64 | 40 | 44 | 47 | 50 | 61 | 42 | 48 | 55 | 50 | 60 |
| 54 | 67 | 71 | 69 | 72 | 53 | 59 | 70 | 70 | 73 | 44 | 52 | 59 | 75 | 78 |
| 35 | 41 | 44 | 50 | 51 | 41 | 44 | 54 | 53 | 44 | 32 | 37 | 45 | 49 | 52 |
| 41 | 48 | 47 | 50 | 48 | 33 | 45 | 55 | 52 | 47 | 30 | 38 | 41 | 44 | 41 |
| 54 | 69 | 66 | 63 | 68 | 50 | 60 | 71 | 65 | 63 | 44 | 53 | 62 | 74 | 77 |
| 44 | 52 | 58 | 56 | 51 | 44 | 52 | 58 | 59 | 52 | 37 | 43 | 49 | 58 | 55 |
| 52 | 62 | 61 | 71 | 59 | 47 | 58 | 67 | 68 | 65 | 35 | 48 | 55 | 53 | 57 |
| 53 | 63 | 61 | 70 | 65 | 52 | 67 | 70 | 68 | 62 | 44 | 47 | 56 | 55 | 59 |
| 41 | 50 | 52 | 59 | 54 | 43 | 52 | 59 | 62 | 59 | 40 | 42 | 55 | 57 | 49 |
| 56 | 59 | 72 | 63 | 69 | 51 | 64 | 72 | 69 | 72 | 46 | 50 | 60 | 73 | 77 |
| 44 | 53 | 56 | 56 | 62 | 38 | 48 | 65 | 52 | 58 | 38 | 42 | 58 | 55 | 56 |
| 57 | 69 | 75 | 71 | 73 | 57 | 64 | 77 | 75 | 77 | 49 | 57 | 68 | 78 | 82 |
| 40 | 45 | 46 | 48 | 44 | 31 | 39 | 45 | 48 | 47 | 33 | 36 | 44 | 41 | 43 |
| 41 | 42 | 42 | 43 | 47 | 30 | 32 | 45 | 46 | 44 | 30 | 32 | 41 | 40 | 47 |
| 34 | 37 | 39 | 38 | 32 | 29 | 32 | 41 | 38 | 37 | 29 | 34 | 39 | 38 | 36 |
| 35 | 36 | 39 | 42 | 38 | 33 | 37 | 45 | 44 | 42 | 34 | 38 | 45 | 40 | 39 |
| 44 | 42 | 47 | 40 | 42 | 34 | 38 | 49 | 45 | 43 | 41 | 43 | 46 | 41 | 39 |
| 32 | 48 | 55 | 41 | 39 | 35 | 45 | 57 | 50 | 42 | 30 | 39 | 43 | 45 | 49 |
| 39 | 53 | 62 | 44 | 47 | 34 | 39 | 43 | 47 | 45 | 32 | 34 | 42 | 41 | 47 |
| 38 | 52 | 60 | 47 | 42 | 43 | 44 | 59 | 62 | 51 | 42 | 44 | 51 | 58 | 60 |
| 38 | 50 | 63 | 47 | 42 | 45 | 49 | 60 | 59 | 49 | 39 | 46 | 50 | 60 | 66 |
| 34 | 47 | 61 | 44 | 39 | 39 | 46 | 55 | 58 | 55 | 38 | 43 | 49 | 61 | 68 |
| 37 | 50 | 55 | 46 | 39 | 40 | 43 | 55 | 58 | 50 | 39 | 47 | 51 | 62 | 68 |
| 32 | 39 | 50 | 52 | 48 | 34 | 40 | 53 | 54 | 55 | 33 | 38 | 45 | 47 | 47 |
| 42 | 51 | 52 | 56 | 61 | 40 | 46 | 49 | 47 | 55 | 40 | 44 | 48 | 51 | 49 |
| 41 | 42 | 44 | 43 | 49 | 34 | 41 | 45 | 48 | 51 | 33 | 41 | 42 | 43 | 47 |
| 56 | 74 | 74 | 69 | 70 | 52 | 64 | 74 | 68 | 71 | 40 | 53 | 60 | 71 | 70 |
| 55 | 76 | 73 | 70 | 74 | 54 | 65 | 73 | 69 | 72 | 40 | 55 | 62 | 69 | 64 |
| 54 | 68 | 74 | 70 | 71 | 54 | 61 | 75 | 72 | 73 | 49 | 55 | 63 | 74 | 81 |
| 39 | 50 | 61 | 47 | 42 | 43 | 45 | 59 | 60 | 48 | 44 | 46 | 53 | 52 | 60 |
| 55 | 70 | 73 | 70 | 75 | 53 | 65 | 72 | 69 | 72 | 44 | 56 | 63 | 73 | 80 |
| 30 | 35 | 38 | 40 | 37 | 31 | 32 | 40 | 40 | 39 | 28 | 34 | 41 | 41 | 46 |
| 50 | 60 | 57 | 60 | 55 | 43 | 48 | 57 | 60 | 56 | 38 | 42 | 46 | 45 | 49 |
| 40 | 45 | 42 | 50 | 51 | 44 | 47 | 55 | 55 | 53 | 34 | 39 | 43 | 48 | 51 |
| 42 | 46 | 44 | 42 | 49 | 35 | 37 | 40 | 49 | 52 | 32 | 39 | 41 | 43 | 48 |
| 42 | 47 | 42 | 43 | 50 | 34 | 38 | 45 | 50 | 51 | 32 | 40 | 42 | 43 | 48 |
| 41 | 48 | 57 | 58 | 57 | 45 | 55 | 58 | 62 | 53 | 44 | 45 | 50 | 51 | 53 |

Πίνακας Παράρτηματος 1: Attributable (σημεία με ω/α 1-46)

| Τετράγωνα αποκλίσεων | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 100,8715 | 902,6107 | 902,6107 | 578,0889 | 731,3498 | 36,52365 | 257,3933 | 678,2629 | 531,002 | 731,3498 | 35,48013 | 81,78453 | 226,3063 | 627,1759 | 1372,219 |
| 2 | 81,78453 | 1026,785 | 786,4368 | 531,002 | 786,4368 | 49,61061 | 325,5672 | 678,2629 | 531,002 | 731,3498 | 24,56709 | 100,8715 | 290,4802 | 786,4368 | 1299,132 |
| 3 | 145,0454 | 786,4368 | 902,6107 | 678,2629 | 963,6977 | 100,8715 | 226,3063 | 786,4368 | 678,2629 | 843,5237 | 24,56709 | 81,78453 | 290,4802 | 786,4368 | 1447,306 |
| 4 | 170,1324 | 731,3498 | 963,6977 | 627,1759 | 902,6107 | 64,69757 | 485,915 | 786,4368 | 627,1759 | 731,3498 | 15,65405 | 100,8715 | 325,5672 | 843,5237 | 1158,959 |
| 5 | 81,78453 | 627,1759 | 786,4368 | 578,0889 | 786,4368 | 485,915 | 485,915 | 678,2629 | 627,1759 | 678,2629 | 0,914931 | 81,78453 | 290,4802 | 627,1759 | 1228,045 |
| 6 | 8,741011 | 64,69757 | 25,43669 | 100,8715 | 362,6541 | 24,56709 | 0,914931 | 16,34973 | 49,61061 | 170,1324 | 48,39317 | 0,914931 | 100,8715 | 49,61061 | 485,915 |
| 7 | 100,8715 | 578,0889 | 786,4368 | 627,1759 | 731,3498 | 49,61061 | 325,5672 | 627,1759 | 731,3498 | 786,4368 | 8,741011 | 64,69757 | 226,3063 | 678,2629 | 1372,219 |
| 8 | 100,8715 | 578,0889 | 731,3498 | 627,1759 | 786,4368 | 362,6541 | 902,6107 | 902,6107 | 731,3498 | 902,6107 | 16,34973 | 100,8715 | 290,4802 | 843,5237 | 1447,306 |
| 9 | 99,13229 | 35,48013 | 0,914931 | 15,65405 | 9,262771 | 167,8714 | 35,48013 | 3,827971 | 9,262771 | 25,43669 | 194,7845 | 35,48013 | 15,65405 | 3,827971 | 4,175811 |
| 10 | 15,65405 | 49,61061 | 81,78453 | 100,8715 | 362,6541 | 24,56709 | 0,914931 | 4,175811 | 25,43669 | 257,3933 | 8,741011 | 9,262771 | 100,8715 | 25,43669 | 226,3063 |
| 11 | 81,78453 | 485,915 | 678,2629 | 578,0889 | 731,3498 | 64,69757 | 197,2193 | 627,1759 | 627,1759 | 786,4368 | 0,914931 | 49,61061 | 197,2193 | 902,6107 | 1091,872 |
| 12 | 99,13229 | 15,65405 | 0,914931 | 25,43669 | 36,52365 | 15,65405 | 0,914931 | 81,78453 | 64,69757 | 0,914931 | 167,8714 | 63,30621 | 0,001891 | 16,34973 | 49,61061 |
| 13 | 15,65405 | 9,262771 | 4,175811 | 25,43669 | 9,262771 | 142,9584 | 0,001891 | 100,8715 | 49,61061 | 4,175811 | 223,6975 | 48,39317 | 15,65405 | 0,914931 | 15,65405 |
| 14 | 81,78453 | 578,0889 | 442,8281 | 325,5672 | 531,002 | 25,43669 | 36,52365 | 678,2629 | 401,7411 | 325,5672 | 0,914931 | 64,69757 | 290,4802 | 843,5237 | 1026,785 |
| 15 | 0,914931 | 49,61061 | 170,1324 | 121,9585 | 36,52365 | 0,914931 | 49,61061 | 170,1324 | 197,2193 | 49,61061 | 63,30621 | 3,827971 | 16,34973 | 170,1324 | 100,8715 |
| 16 | 49,61061 | 290,4802 | 257,3933 | 678,2629 | 197,2193 | 4,175811 | 170,1324 | 485,915 | 531,002 | 401,7411 | 99,13229 | 9,262771 | 100,8715 | 64,69757 | 145,0454 |
| 17 | 64,69757 | 325,5672 | 257,3933 | 627,1759 | 401,7411 | 49,61061 | 485,915 | 627,1759 | 531,002 | 290,4802 | 0,914931 | 4,175811 | 121,9585 | 100,8715 | 197,2193 |
| 18 | 15,65405 | 25,43669 | 49,61061 | 197,2193 | 81,78453 | 3,827971 | 49,61061 | 197,2193 | 290,4802 | 197,2193 | 24,56709 | 8,741011 | 100,8715 | 145,0454 | 16,34973 |
| 19 | 121,9585 | 197,2193 | 731,3498 | 325,5672 | 578,0889 | 36,52365 | 362,6541 | 731,3498 | 578,0889 | 731,3498 | 1,088851 | 25,43669 | 226,3063 | 786,4368 | 1026,785 |
| 20 | 0,914931 | 64,69757 | 121,9585 | 121,9585 | 290,4802 | 48,39317 | 9,262771 | 401,7411 | 49,61061 | 170,1324 | 48,39317 | 8,741011 | 170,1324 | 100,8715 | 121,9585 |
| 21 | 145,0454 | 578,0889 | 902,6107 | 678,2629 | 786,4368 | 145,0454 | 362,6541 | 1026,785 | 902,6107 | 1026,785 | 16,34973 | 145,0454 | 531,002 | 1091,872 | 127,219 |
| 22 | 24,56709 | 0,001891 | 1,088851 | 9,262771 | 0,914931 | 194,7845 | 35,48013 | 0,001891 | 9,262771 | 4,175811 | 142,9584 | 80,21925 | 0,914931 | 15,65405 | 3,827971 |
| 23 | 15,65405 | 8,741011 | 8,741011 | 3,827971 | 4,175811 | 223,6975 | 167,8714 | 0,001891 | 1,088851 | 0,914931 | 223,6975 | 167,8714 | 15,65405 | 24,56709 | 4,175811 |
| 24 | 120,0453 | 63,30621 | 35,48013 | 48,39317 | 167,8714 | 254,6105 | 167,8714 | 15,65405 | 48,39317 | 63,30621 | 254,6105 | 63,30621 | 35,48013 | 48,39317 | 80,21925 |
| 25 | 99,13229 | 80,21925 | 35,48013 | 8,741011 | 48,39317 | 142,9584 | 63,30621 | 0,001891 | 0,914931 | 8,741011 | 120,0453 | 48,39317 | 0,001891 | 24,56709 | 35,48013 |
| 26 | 0,914931 | 8,741011 | 4,175811 | 24,56709 | 8,741011 | 120,0453 | 48,39317 | 16,34973 | 0,001891 | 3,827971 | 15,65405 | 3,827971 | 1,088851 | 15,65405 | 35,48013 |
| 27 | 167,8714 | 9,262771 | 100,8715 | 15,65405 | 35,48013 | 99,13229 | 0,001891 | 145,0454 | 25,43669 | 8,741011 | 223,6975 | 35,48013 | 3,827971 | 0,001891 | 16,34973 |
| 28 | 35,48013 | 64,69757 | 290,4802 | 0,914931 | 4,175811 | 120,0453 | 35,48013 | 3,827971 | 4,175811 | 0,001891 | 167,8714 | 120,0453 | 8,741011 | 15,65405 | 4,175811 |
| 29 | 48,39317 | 49,61061 | 226,3063 | 4,175811 | 8,741011 | 3,827971 | 0,914931 | 197,2193 | 290,4802 | 36,52365 | 8,741011 | 0,914931 | 36,52365 | 170,1324 | 226,3063 |
| 30 | 48,39317 | 25,43669 | 325,5672 | 4,175811 | 8,741011 | 0,001891 | 16,34973 | 226,3063 | 197,2193 | 16,34973 | 35,48013 | 1,088851 | 25,43669 | 226,3063 | 442,8281 |
| 31 | 120,0453 | 4,175811 | 257,3933 | 0,914931 | 35,48013 | 35,48013 | 1,088851 | 100,8715 | 170,1324 | 100,8715 | 48,39317 | 3,827971 | 16,34973 | 257,3933 | 531,002 |
| 32 | 63,30621 | 25,43669 | 100,8715 | 1,088851 | 35,48013 | 24,56709 | 3,827971 | 100,8715 | 170,1324 | 25,43669 | 35,48013 | 4,175811 | 36,52365 | 290,4802 | 531,002 |
| 33 | 167,8714 | 35,48013 | 25,43669 | 49,61061 | 9,262771 | 120,0453 | 24,56709 | 64,69757 | 81,78453 | 100,8715 | 142,9584 | 48,39317 | 0,001891 | 4,175811 | 4,175811 |
| 34 | 8,741011 | 36,52365 | 49,61061 | 121,9585 | 257,3933 | 24,56709 | 1,088851 | 16,34973 | 4,175811 | 100,8715 | 24,56709 | 0,914931 | 9,262771 | 36,52365 | 16,34973 |
| 35 | 15,65405 | 8,741011 | 0,914931 | 3,827971 | 16,34973 | 120,0453 | 15,65405 | 0,001891 | 9,262771 | 36,52365 | 142,9584 | 15,65405 | 8,741011 | 3,827971 | 4,175811 |
| 36 | 121,9585 | 843,5237 | 843,5237 | 578,0889 | 627,1759 | 49,61061 | 362,6541 | 843,5237 | 531,002 | 678,2629 | 24,56709 | 64,69757 | 226,3063 | 678,2629 | 627,1759 |
| 37 | 100,8715 | 963,6977 | 786,4368 | 627,1759 | 843,5237 | 81,78453 | 401,7411 | 786,4368 | 578,0889 | 731,3498 | 24,56709 | 100,8715 | 290,4802 | 578,0889 | 362,6541 |
| 38 | 81,78453 | 531,002 | 843,5237 | 627,1759 | 678,2629 | 81,78453 | 257,3933 | 902,6107 | 731,3498 | 786,4368 | 16,34973 | 100,8715 | 325,5672 | 843,5237 | 1299,132 |
| 39 | 35,48013 | 25,43669 | 257,3933 | 4,175811 | 8,741011 | 3,827971 | 0,001891 | 197,2193 | 226,3063 | 9,262771 | 0,914931 | 1,088851 | 64,69757 | 49,61061 | 226,3063 |
| 40 | 100,8715 | 627,1759 | 786,4368 | 627,1759 | 902,6107 | 64,69757 | 401,7411 | 731,3498 | 578,0889 | 731,3498 | 0,914931 | 121,9585 | 325,5672 | 786,4368 | 1228,045 |
| 41 | 223,6975 | 99,13229 | 48,39317 | 24,56709 | 63,30621 | 194,7845 | 167,8714 | 24,56709 | 24,56709 | 35,48013 | 287,5236 | 120,0453 | 15,65405 | 15,65405 | 1,088851 |
| 42 | 25,43669 | 226,3063 | 145,0454 | 226,3063 | 100,8715 | 3,827971 | 9,262771 | 145,0454 | 226,3063 | 121,9585 | 48,39317 | 8,741011 | 1,088851 | 0,001891 | 16,34973 |
| 43 | 24,56709 | 0,001891 | 8,741011 | 25,43669 | 36,52365 | 0,914931 | 4,175811 | 100,8715 | 100,8715 | 64,69757 | 120,0453 | 35,48013 | 3,827971 | 9,262771 | 36,52365 |
| 44 | 8,741011 | 1,088851 | 0,914931 | 8,741011 | 16,34973 | 99,13229 | 63,30621 | 24,56709 | 16,34973 | 49,61061 | 167,8714 | 35,48013 | 15,65405 | 3,827971 | 9,262771 |
| 45 | 8,741011 | 4,175811 | 8,741011 | 3,827971 | 25,43669 | 120,0453 | 48,39317 | 0,001891 | 25,43669 | 36,52365 | 167,8714 | 24,56709 | 8,741011 | 3,827971 | 9,262771 |
| 46 | 15,65405 | 9,262771 | 145,0454 | 170,1324 | 145,0454 | 0,001891 | 100,8715 | 170,1324 | 290,4802 | 64,69757 | 0,914931 | 0,001891 | 25,43669 | 36,52365 | 64,69757 |
| διακύμανση | 70,99811 | 255,4679 | 324,3687 | 247,5917 | 308,5293 | 88,87712 | 160,0038 | 328,3422 | 284,9169 | 296,9358 | 75,48674 | 51,17864 | 118,0416 | 296,3715 | 457,0001 |
| τυπική απόκλιση | 8,426038 | 15,98336 | 18,01024 | 15,73505 | 17,565 | 9,427466 | 12,64926 | 18,12022 | 16,87948 | 17,23182 | 8,688311 | 7,153925 | 10,8647 | 17,21544 | 21,37756 |

Πίνακας Παραρτήματος2: Πίνακας στατιστικών αναλύσεων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Δ) ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

<http://www.acoustics.gr/info.html> (13/01/2023)

https://www.athensvoice.gr/images/Watermark_Default/3/jpg/sites/default/files/article/2021/04/21/01_asklipiou_.jpg (10/2/2022)

<https://www.carandmotor.gr/nea/telos-sti-ihorypansi-bazei-i-eyropi> (Νοέμβριος, 2022)

https://data.gov.gr/datasets/road_traffic_attica/ (Νοέμβριος, 2022)

http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/thorivos%20teliko.1232973480625.pdf
(12/12/2022)

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0012:EL:PDF>
(12/12/2022)

<http://gis.epoleodomia.gov.gr/v11/index.html> (Νοέμβριος, 2022)

<https://ixoripansi.gr/new/category/%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%AF%CE%B1/> (Οκτώβριος, 2022)

<https://www.metropolitaninsulation.co.uk/sites/default/files/service-gallery-images/soundpproofing-10.jpg> (Οκτώβριος, 2022)

<https://teteleste.wordpress.com/2014/11/12/%CE%AE%CF%87%CE%BF%CF%82-%CE%B8%CF%8C%CF%81%CF%85%CE%B2%CE%BF%CF%82-%CE%B7%CF%87%CE%BF%CF%81%CF%81%CF%8D%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7/> (Οκτώβριος, 2022)

<https://ypen.gov.gr/chorikos-schediasmos/elegchos-domimenou-perivallontos/epoleodomia/> (Οκτώβριος, 2022)

<https://ypen.gov.gr/perivallon/thoryvos-aktinovolies/nomothesia/> (Νοέμβριος, 2022)

II) ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αθανάσιος Αραβαντινός, Πολεοδομικός Σχεδιασμός Για Μια Βιώσιμη Ανάπτυξη Του Αστικού Χώρου, εκδόσεις Συμμετρία, (2007)

Έκθεση Βαφείδου Ε., Δρίβας Σ., Γκινάλας Τ.(2005), Ο θόρυβος στην εργασία-Φύση, κίνδυνοι και προστασία

Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (1996), Μελλοντική πολιτική για τον θόρυβο, Πράσινο βιβλίο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, Βρυξέλλες

Καραμέρος Ν. (2011), Το πρόβλημα του θορύβου - Υπάρχουσα κατάσταση – Άμεσες και έμμεσες υποχρεώσεις - Τρόποι αντιμετώπισης, Ημερίδα: Οι βλαβερές επιπτώσεις του θορύβου και η αντιμετώπισή του, Ινστιτούτο έρευνας μουσικής και ακουστικής (Ι.Ε.Μ.Α)

Κουτσόπουλος Κ. (2005), Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα

Οδηγία 2002/49/ΕΚ του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Ιουνίου (2002) σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου, Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων

Σκαρλάτος Δ. (1987), Μοντελοποίηση του κυκλοφοριακού θορύβου, Διδακτορική διατριβή στο Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Μηχανολόγων

Χατζημπίρος Κίμων (2003), Στρατηγική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Στρατηγική Διατήρησης του Περιβάλλοντος, Αθήνα

Υπουργική Απόφαση, 1992, Αριθ. 28340/2440/92, «Μέτρα για τον περιορισμό της ηχορύπανσης»

Υπουργική Απόφαση, 1992, Οίκοθεν 17252/92, «Καθορισμός δεικτών και ανωτάτων επιτρεπομένων ορίων θορύβου που προέρχεται από την κυκλοφορία σε οδικά και συγκοινωνιακά έργα», Υπουργός Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων

ΦΕΚ 160/Α/16-10-86, 1986, «Για την προστασία του περιβάλλοντος», ο Πρόεδρος της Ελληνικής Δημοκρατίας

European Parliament, 2002, «Οδηγία 2002/30/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 26ης Μαρτίου 2002 περί της καθιέρωσης των κανόνων και διαδικασιών για τη θέσπιση περιορισμών λειτουργίας σε συνάρτηση με τον προκαλούμενο θόρυβο στους κοινοτικούς αερολιμένες», Council of the European Union

III) ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alam W. (2011), GIS based Assessment of Noise Pollution in Guwahati City of Assam, India, *International Journal of Environmental Sciences*,

Anderson S., An evaluation of Spatial Interpolation Methods on Air Temperature in Phoenix, AZ, Dept. of Geography, Arizona State University. <http://www.cobblestoneconcepts.com/ucgis2summer/anderson/anderson.htm>

Arana M., Garcia A. (1998), A social survey on the effects of environmental noise on the residents of Pamplona, *Applied Acoustics*

Azpurua M., Dos Ramos K. (2010), A Comparison of Spatial Interpolation Methods for Estimation of Average Electromagnetic Field Magnitude, *Progress In Electromagnetics Research M*

Berglund B., Lindvall T., Schwela D. (1999), *Guidelines for community noise*, World Health Organization, Geneva

Burrough P., McDonnell R. (1998), *Principles of Geographical Information Systems*, Oxford University Press

Cohen S., Spacapan S. (1984), *The social psychology of noise*, Edited by Jones D. and Chapman A., Chapter 9, *Noise and society*, John Wiley and Sons Ltd

Cressie N. (1993), *Statistics for Spatial Data*, Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics, Iowa State University, New York

Davis G., Jones R. (1989), *Sound reinforcement handbook*, Second edition, Hal Leonard Corporation, U.S.A

Geymen A., Bostanci B. (2012), Production of Geographic Information System Aided Noise Maps, FIG Working Week, Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage

Hendriks R. (1998), *Technical noise supplement*, Environmental Engineering – Noise, Air Quality and Hazardous Waste Management Office

Ingold K., Köpfli M. (2009). *Noise pollution in Switzerland*, Federal office for the environment FOEN, Bern

Isaaks, E.H. and Srivastava, R.M., (1989), *Applied Geostatistics*, Oxford University Press, New York

Koo S., EoJ., Yoo H. (2012) , Analysis of urban traffic noise for environmental noise assessment – Focused on Jinsu city, Korea, *Journal of society for transportation and traffic studies (JSTS)*

Kurakula V. (2007), *A GIS-Based Approach for 3D Noise Modelling Using 3D City Models*, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, Netherlands

Kurra S., Dal L. (2012), Sound insulation design by using noise maps, Building and Environment 49

Liu D., Liptak B., (1999), Environmental Engineers Handbook, Charman and Hall/CRCnetBASE

Liu D., Roberts H., (1999), Noise pollution, CRC Press LLC

Tomczak M. (1998), Spatial Interpolation and its Uncertainty Using Automated Anisotropic Inverse Distance Weighting (IDW) - Cross - Validation/Jackknife Approach, Journal of Geographic Information and Decision Analysis

Wadsworth R. (1983), Basic of Audio and Visual System Design, Longman Higher Education, 1st edition

Wang L. et al (2005), Advanced Air and Noise Pollution Control, Volume 2, Handbook of environmental engineering, Humana press, Totowa, New Jersey

Yang J., Wang Y., August P. (2004), Estimation of Land Surface Temperature Using Spatial Interpolation and Satellite-Derived Surface Emissivity, Journal of Environmental Informatics

Yilmaz G., Hocabli Y. (2006), Mapping of Noise by Using GIS in Sanliurfa, Environmental Monitoring and Assessment,

Τέλος Διπλωματικής Εργασίας

Σας ευχαριστώ από καρδιάς