



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ
ΜΕ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»
MSc: “ENVIRONMENT AND HEALTH. MANAGEMENT OF
ENVIRONMENTAL HEALTH EFFECTS”**

**Διευθυντής ΠΜΣ
Νικόλαος Καβαντζάς, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ**

Τίτλος Μ.Δ.Ε.:

**Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές
της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και
προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό**

**Data visualization, study of spatial variation of air pollutants in areas of
Attica, their effects on the cardiovascular system of athletes and proposed
solutions to reduce the phenomenon in the urban fabric**

Ονοματεπώνυμο Φοιτήτριας: **ΚΡΗΤΙΚΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΥΣΑΝΘΗ** του Μιχαήλ
Αρ. μητρώου φοιτήτριας: 20180439

Ιδιότητα φοιτήτριας: **Μηχανικός Δομικών Έργων Τ.Ε.**

*Επιβλέπων Μ.Δ.Ε.: Κωνσταντίνος Ελευθεριάδης, Δρ., Ερευνητής Α' ΕΚΕΦΕ
Δημόκριτος*

ΑΘΗΝΑ 2022



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ
ΜΕ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»**

**MSc: “ENVIRONMENT AND HEALTH. MANAGEMENT OF
ENVIRONMENTAL HEALTH EFFECTS”**

Διευθυντής ΠΜΣ

Νικόλαος Καβαντζάς, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

Τίτλος Μ.Δ.Ε.:

Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό

Data visualization, study of spatial variation of air pollutants in areas of Attica, their effects on the cardiovascular system of athletes and proposed solutions to reduce the phenomenon in the urban fabric

Ονοματεπώνυμο Φοιτήτριας: ΚΡΗΤΙΚΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΥΣΑΝΘΗ του Μιχαήλ

Αρ. μητρώου φοιτήτριας: 20180439

Ιδιότητα φοιτήτριας: Μηχανικός Δομικών Έργων Τ.Ε.

Τριμελής επιτροπή

**Επιβλέπων Μ.Δ.Ε.: Κωνσταντίνος Ελευθεριάδης, Δρ., Ερευνητής Α' ΕΚΕΦΕ
Δημόκριτος**

**Μέλος Μ.Δ.Ε.: Ευαγγελία Διαπούλη, Δρ., Χημικός Μηχανικός, Ερευνήτρια Γ' ΕΚΕΦΕ
Δημόκριτος**

Μέλος Μ.Δ.Ε.: Νικόλαος Καβαντζάς, Καθηγητής Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2022



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

*«Το σώμα μας έχει τη δυνατότητα να αυτοθεραπεύεται.
Υψιστη σημασία έχουν...Η διατροφή, η κίνηση,
το περιβάλλον, ο τρόπος ζωής και ο τρόπος σκέψης»*

Ιπποκράτης



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Δήλωση μη λογοκλοπής

Εχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστικός/ή συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Όνομα Φοιτήτριας

Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ



Περιεχόμενα

Ευρετήριο Εικόνων	8
Περίληψη	12
Ευχαριστίες	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α': Αέρας-Ατμόσφαιρα	15
Α.1_Περί ατμοσφαιρικής Ρύπανσης	15
Α.1.1_Η ατμόσφαιρα της γης	15
Α.1.2_Ρύπανση της ατμόσφαιρας	16
Α.1.3_Ιστορική Αναδρομή ατμοσφαιρικής Ρύπανσης	16
Α.1.4_Πηγές Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης	19
Α.1.5_Κυριότεροι ατμοσφαιρικοί Ρυπαντές (Ατμοσφαιρικοί Ρύποι) ..	20
Α.1.5.1_Αιωρούμενα σωματίδια	22
Α.1.5.2_Εξαιρετικά Λεπτά Σωματίδια (UFPs)	25
Α.1.5.3_Συγκέντρωση Αριθμού Αιωρούμενων Σωματιδίων (Particle Number Concentration) και Συγκέντρωση Σωματιδιακής Μάζας Α.Σ.10	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β': Καρδιά, Αθλητές, Ρυπασμένο Περιβάλλον	29
Β.1_Κυκλοφορικό ή καρδιαγγειακό σύστημα και καρδιά	29
Β.2_Αθλητική Καρδιά	32
Β.2.1_Ατμοσφαιρική Ρύπανση και Καρδιαγγειακό Σύστημα	34
Β.2.2_Καρδιαγγειακές συνέπειες της άσκησης σε ρυπασμένο περιβάλλον.	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ': Χαρτογράφηση Αέριων Ρύπων	47
Γ.1_ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	47



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Γ.1.1_Χαρτογράφηση Δεδομένων και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographic Information Systems-G.I.S.).....	47
Γ.1.2_ Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1984 (WGS ‘84)	49
Γ.1.3_ Προγράμματα G.I.S.	50
Γ.1.3.1_ Πρόγραμμα χαρτογράφησης ArcGis Pro.....	50
Γ.1.3.1.1_Χωρική ανάλυση (Spatial Analysis)	51
Γ.1.3.1.2_Παρεμβολή (Interpolation) με τη μέθοδο Kriging.....	51
Γ.2_ΠΡΑΚΤΙΚΟ-ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	60
Γ.2.1_Τοπογραφία – Μορφολογία Λεκανοπεδίου.....	60
Γ.2.2_Εθνικά Κέντρα Παρακολούθησης Ατμ. Ρύπανσης.....	63
Γ.2.3_Πρόγραμμα ACEPT-AIR	65
Γ.2.4_Χαρτογράφηση Βάσης Δεδομένων Mobilab	69
Γ.2.4.1_ Παρουσίαση και διερεύνηση αποτελεσμάτων παρεμβολής... ..	73
Γ.2.4.2_ Έκθεση πληθυσμού και συγκεντρώσεις ρύπων	82
Γ.2.4.3_Παρουσίαση και διερεύνηση αποτελεσμάτων έκθεσης πληθυσμού σε συγκεντρώσεις αέριων ρύπων.....	82
Γ.2.5_Συμπεράσματα -Αέριοι ρύποι και αθλητές.....	87
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ΄: Προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον αστικό ιστό.....	88
Δ.1_Κτιριακός Σχεδιασμός	89
Δ.1.1_Ενεργειακός & Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων	89
Δ.2_Αστικός Σχεδιασμός.....	89
Δ.2.1_Η επίδραση του αστικού πρασίνου στην πόλη	89



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Δ.2.2_Βιώσιμες αστικές Μεταφορές (το παράδειγμα του ποδηλάτου).	90
Δ.3_ Βιομηχανία	90
ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	92
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	95
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	95
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	110
ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	115



Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1:Στρώματα της ατμόσφαιρας όπως προκύπτουν από την κατακόρυφη μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος (Μελάς και συν., 2000)	15
Εικόνα 2:Η κατακόρυφη δομή της ατμόσφαιρας (Φέρμελη και συν., 2008)	16
Εικόνα 3:Η χρήση του κάρβουνου κατά τη βιομηχανική επανάσταση (Γεντεκάκης, 1999·Μούστρης, 2015)	17
Εικόνα 4:Το φαινόμενο της αιθαλομίχλης στην Αγγλία το 1952, (Μουστρή, 2015).....	17
Εικόνα 5:Εικόνες από την καταστροφή στο Seveso, (Μουστρή, 2015)	18
Εικόνα 6:Επιπτώσεις στον πληθυσμό του Seveso (Μουστρή, 2015).....	18
Εικόνα 7:Η ατμόσφαιρα στο Δελχί, (Μουστρή, 2015)	18
Εικόνα 8:Πεκίνο και ρύπανση της ατμόσφαιρας, (Μουστρή, 2015)	19
Εικόνα 9:Πηγές εκπομπής Αέριων ρύπων (Πηγή: http://acceptair.prd.uth.gr).....	19
Εικόνα 10:Πρωτογενείς και Δευτερογενείς Αέριοι Ρύποι (Πηγή: http://acceptair.prd.uth.gr).....	20
Εικόνα 11:Οι κυριότεροι ρύποι, που απαντώνται στο αστικό και περιαστικό περιβάλλον (προέλευση-επιπτώσεις) (Φέρμελη et al., 2008).....	21
Εικόνα 12:Σύγκριση του μεγέθους Α.Σ.2.5 και Α.Σ.10, κόκκου άμμου θαλάσσης και διαμέτρου ανθρώπινης τρίχας (Guaita et al., 2011).....	22
Εικόνα 13:Πίνακας μεγεθών Αιωρούμενων Σωματιδίων (Brook et al.,2004:2675).....	23
Εικόνα 14:Σχηματική κατανομή της μάζας των αιωρούμενων σωματιδίων η οποία εμφανίζει ένα τυπικό καταμερισμό των χημικών ειδών σε μικρά και μεγάλα σωματίδια (Πηγή: http://acceptair.prd.uth.gr)	23
Εικόνα 15:Μέγεθος σύνθεσης Α.Σ. και θέσης εναπόθεσης στους πνεύμονες (Yang et al., 2020)	24
Εικόνα 16:Η ικανότητα αναπνευστικής διείσδυσης Α.Σ. σε σχέση με το μέγεθος τους, (Παπαγεωργίου, 2012)	27
Εικόνα 17:Η λειτουργία της καρδιάς σαν δύο εν σειρά αντλίες (Κωλέττης, 2015)	29
Εικόνα 18:Η θέση της καρδιάς στη θωρακική κοιλότητα (Κωλέττης, 2015).....	30
Εικόνα 19: Η θέση της καρδιάς και των κεντρικών αγγείων στη θωρακική κοιλότητα (Αρδίττης και συν., 2010)	30
Εικόνα 20:Τα τοιχώματα της καρδιάς (Κωλέττης, 2015).....	30
Εικόνα 21:Η δράση της καρδιάς (Αρδίττης και συν., 2010).....	31
Εικόνα 22:Η παραγόμενη περιστροφή της καρδιάς από την αντίστροφη κίνηση βάσης και κορυφής (βέλη), (Κωλέττης, 2015).....	31



Εικόνα 23: Η αυξημένη καρδιακή συχνότητα μειώνει την στεφανιαία ροή, λόγω βράχυνσης της διαστολικής περιόδου (Κωλλέτης, 2015:164).....	33
Εικόνα 24: Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα (Καστορίνης και συν., 2017).....	35
Εικόνα 25: Μηχανισμοί μέσω των οποίων η ατμοσφαιρική ρύπανση επιδρά στο καρδιαγγειακό σύστημα (Αθανασίου και συν., 2018).....	36
Εικόνα 26: Βιολογικά μονοπάτια Α.Σ. 2.5 που προάγουν Καρδιαγγειακές παθήσεις (Rajagopalan et al., 2018:2060).....	37
Εικόνα 27: Βιολογικά Μονοπάτια που συνδέουν την ατμοσφαιρική ρύπανση, την άσκηση και τις καρδιαγγειακές παθήσεις (Giordini et al., 2016:90)	40
Εικόνα 28: Περίληψη των δυνητικά δυσμενών επιπτώσεων της ρύπανσης των αυτοκινήτων στο καρδιαγγειακό σύστημα (Sharman et al., 2004:641)	45
Εικόνα 29: Γραφική απεικόνιση Λειτουργίας Γ.Σ.Π. (Νικολακόπουλος και συν., 2015:106).....	47
Εικόνα 30: Απεικόνιση περιοχής σε πολλαπλά διανυσματικά θεματικά επίπεδα (Λαμπράκης και συν., 2015)	48
Εικόνα 31: Τύποι διανυσματικών αρχείων (Vector): Σημειακά (point), Γραμμικά (line), Πολυγωνικά (Λαμπράκης και συν., 2015).....	49
Εικόνα 32: Γεωγραφικό Μήκος λ και Πλάτος φ (Νικολακόπουλος και συν., 2015)	50
Εικόνα 33: Παρουσίαση κάποιων ειδών χωρικής κατανομής των σημείων (Radil, 2011)	52
Εικόνα 34: Εμπειρικό ημι-βαριογράμματος (Πηγή: www.desktop.arcgis.com)	54
Εικόνα 35: Υπολογισμός της διαφοράς τετραγώνων μεταξύ του ζεύγους τοποθεσιών. (Πηγή: www.desktop.arcgis.com).....	55
Εικόνα 36: Παράδειγμα ημι-βαριογράμματος με σφαιρικό μοντέλο. (Πηγή: www.desktop.arcgis.com).....	56
Εικόνα 37: Παράδειγμα ημι-βαριογράμματος με εκθετικό μοντέλο. (Πηγή: www.desktop.arcgis.com).....	56
Εικόνα 38: Γραφική Απεικόνιση των στοιχείων Range, Sill και Nugget (Πηγή: www.desktop.arcgis.com).....	58
Εικόνα 39: Χάρτης της Αττικής με την τοπογραφία και τον πολεοδομικό ιστό της πόλης (Ζακυνθινού-Ξάνθη, 2018:24)	61
Εικόνα 40: Αττικό Ανάγλυφο και πολεοδομικός ιστός (Αξονομετρικό Σχέδιο), (Ζακυνθινού-Ξάνθη, 2018:23).....	61
Εικόνα 41: Χάρτης της Αττικής ΚΑΤΟΨΗ (Ζακυνθινού-Ξάνθη, 2018:25)	62
Εικόνα 42: Χάρτης της Αττικής ΟΨΟ-TOMEΣ, (Ζακυνθινού-Ξάνθη, 2018:26-27)	63



Εικόνα 43:Σταθμοί μέτρησης ατμ. ρύπανσης του Υ.Π.ΕΝ. στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας (ΕΚΠΑΑ, 2018:113)	64
Εικόνα 44:Σταθμοί μέτρησης ατμ. Ρύπανσης του Εθν.Δικτύου Παρακαλούθησης (ΕΔΠΑΡ.2016), (ΕΚΠΑΑ:2018:111).....	65
Εικόνα 45:Ημέρα με επεισόδιο ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις τρεις υπό μελέτη περιοχές της Ελλάδας(Διαπούλη:2012).	66
Εικόνα 46:Σταθμοί Μέτρησης στην Αθήνα βάσει προγράμματος, (Διαπούλη:2012).	66
Εικόνα 47:Σταθμοί Μέτρησης στη Θεσσαλονίκη βάσει προγράμματος,(Διαπούλη:2012).....	67
Εικόνα 48:Σταθμοί Μέτρησης στο Βόλο βάσει προγράμματος, (Διαπούλη:2012).	67
Εικόνα 49:Διαδρομές κινητών δειγματοληψιών σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη, (Διαπούλη:2012).	67
Εικόνα 50: Ειδικά Διαμορφωμένο όχημα δειγματοληψιών Mobilab, (Διαπούλη:2012).....	68
Εικόνα 51:Ειδικά Διαμορφωμένο όχημα δειγματοληψιών Mobilab, (Διαπούλη:2012).....	68
Εικόνα 52:Ενδεικτική απεικόνιση τιμών μετρήσεων Mobilab στο πρόγραμμα Excel.....	69
Εικόνα 53:Το Λεκανοπέδιο της Αττικής (Πηγή:Google Earth).....	70
Εικόνα 54:Βασικό οδικό Δίκτυο στο Λεκανοπέδιο της Αττικής (Πηγή:Google Earth).....	71
Εικόνα 55:Ενδεικτική απεικόνιση Καννάβου 500μ.χ500μ. και βασικών οδικών δικτύων στο ArcGis Pro.....	71
Εικόνα 56:Ενδεικτική Απεικόνιση Μετατροπής των pixels μιας εικόνας παρεμβολής σε κάνναβο	73
Εικόνα 57:Χωρική Απεικόνιση Συγκέντρωσης Ρύπων NO _x (ppm) και σημεία μέσων τιμών.....	74
Εικόνα 58:Χωρική Απεικόνιση Συγκέντρωσης Ρύπων NO _x (ppm).....	74
Εικόνα 59:Απεικόνιση Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων κατανομής Ρύπων NO _x (ppm).....	74
Εικόνα 60:Χωρική Απεικόνιση Συγκέντρωσης Μάζας (Mass) Α.Σ.10 (ug/m ³) και σημεία μέσων τιμών.....	77
Εικόνα 61:Χωρική Απεικόνιση Συγκέντρωσης Μάζας (Mass) Α.Σ.10 (ug/m ³).....	77
Εικόνα 62:Απεικόνιση Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων κατανομής της Μάζας (Mass) Α.Σ.10 (ug/m ³).....	77
Εικόνα 63:Απεικόνιση κατανομής Συγκέντρωσης Αριθμού Α.Σ.10 (#/cm ³) και σημεία μέσων τιμών.....	79
Εικόνα 64:Απεικόνιση κατανομής Συγκέντρωσης Αριθμού Α.Σ.10 (#/cm ³)	79
Εικόνα 65:Απεικόνιση κατανομής Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων Συγκέντρωσης Αριθμού Α.Σ.10 (#/cm ³).....	79
Εικόνα 66:Απεικόνιση κατανομής Συγκέντρωσης Αιθάλης (ng/m ³) και σημεία μέσων τιμών ...	80



Εικόνα 67:Απεικόνιση κατανομής Συγκέντρωσης Αιθάλης (ng/m^3).....	81
Εικόνα 68:Απεικόνιση κατανομής Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων Συγκέντρωσης Αιθάλης (ng/m^3)	81
Εικόνα 69:Απεικόνιση Δήμων στον αστικό ιστό της Αττικής.....	83
Εικόνα 70:Γραφική Απεικόνιση Κατανομής Γενικού Πληθυσμού	83
Εικόνα 71:Απεικόνιση Έκθεσης Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις NO_x (ppm) x (number of people/ km^2)	83
Εικόνα 72:Απεικόνιση Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις NO_x	84
Εικόνα 73:Απεικόνιση Έκθεσης Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις Μάζας Αιωρούμενων σωματιδίων Α.Σ.10 (ug/m^3) x (number of people/ km^2).....	84
Εικόνα 74:Απεικόνιση Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων Έκθεσης Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις Μάζας Αιωρούμενων σωματιδίων Α.Σ.10 (ug/m^3) x (number of people/ km^2)	85
Εικόνα 75:Απεικόνιση Έκθεσης Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις Αριθμού Α.Σ.10	85
Εικόνα 76:Απεικόνιση Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων Έκθεσης Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις Αριθμού Α.Σ.10 ($\text{\#/cm}^3$) x (number of people/ km^2).....	86
Εικόνα 77: Απεικόνιση Έκθεσης Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις Αιθάλης (ng/m^3) x (number of people/ km^2)	86
Εικόνα 78: Απεικόνιση Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων Έκθεσης Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις Αιθάλης (ng/m^3) x (number of people/ km^2)	87



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αποτύπωση και η διερεύνηση της χωρικής διακύμανσης των αέριων ρύπων σε διάφορες περιοχές της περιφέρειας Αττικής και οι επιπτώσεις που πιθανόν να έχουν αυτές στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών.

Η μελέτη, που θα ακολουθήσει στηρίζεται σε μια γενικότερη προσπάθεια καταγραφής και ψηφιακής αποτύπωσης των ήδη υπαρχόντων δεδομένων του Εθνικού Κέντρου Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος» όσο και αναζήτησης στοιχείων σχετικά με τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει η ατμοσφαιρική ρύπανση στην υγεία των αθλητών αλλά και την έκθεση του πληθυσμού ανά περιοχή.

Για την επίτευξη του ανωτέρου στόχου, θα πραγματοποιηθεί αρχικά ψηφιακή αποτύπωση των δεδομένων των μετρήσεων που θα παραχωρηθούν από το ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος» μέσω της εισαγωγής τους σε γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών μέσω του προγράμματος ArcGIS Pro. Η απεικόνιση αυτή θα βοηθήσει ώστε να διερευνηθεί η χωρική κατανομή των αέριων ρύπων και να εξαχθούν τα απαραίτητα συμπεράσματα σχετικά με την πορεία τους στις διάφορες περιοχές της Αττικής.

Στηριζόμενοι σ' αυτά τα αποτελέσματα και αφού προηγηθεί βιβλιογραφική αναφορά στις επιπτώσεις που έχουν οι αέριοι ρύποι στην υγεία των αθλητών και του πληθυσμού γενικά θα προταθούν λύσεις σχετικά με: α. Το τόπο που θα μπορούσε ένας αθλητής να ασκηθεί, και β. τον τρόπο που θα μπορούσε να περιοριστεί το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον αστικό ιστό.

Λέξεις Κλειδιά: Αέριοι Ρύποι, Αθλητική Καρδιά, Καρδιαγγειακό Σύστημα Αθλητών, Mobilab, Αιθάλη, Μονοξείδια του Άνθρακα, Αιωρούμενα Σωματίδια, Α.Σ., Συγκέντρωση Αριθμού Αιωρούμενων Σωματιδίων, Συγκέντρωση μάζας αιωρούμενων σωματιδίων, Υπέρλεπτα σωματίδια, Καρδιαγγειακές παθήσεις, Οξειδωτικό Στρες, Αρτηριακή Πίεση, Γ.Σ.Π., Χωρική Ανάλυση, χωρική Διακύμανση, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Αστικό Πράσινο, Ενεργειακός σχεδιασμός.



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Abstract

The object of this thesis is to capture and investigate the spatial variation of pollutants in various areas of the Attica region and the effects that may have on the cardiovascular system of athletes.

The following study is based on a general effort to record and digitally capture the existing data of the National Center of Natural Sciences «Demokritos» as well as to search for data of the effects that air pollution can have on the health of athletes and exposure of population by region.

For achieving the above goal, it will be used ArcGIS Pro program, an Geographical Information System, for entering the data of the measurements that will be provided by the NCSR «Demokritos». This illustration will help to investigate the spatial distribution of gaseous pollutants and to draw the necessary conclusions about their course in the various areas of Attica.

Based on these results and after a literature review on the effects of pollutants on the health of athletes and the general population, it will proposed solutions regarding: a. The place where an athlete could exercise, and b. How the phenomenon of pollution in the urban fabric, could be reduced.

Key words: : Pollutants, Athlete's Heart, Cardiovascular system, Mobilab, Black Carbon, NOx, Particulate Matter, P.M., Particle Number Concentration, P.M. Mass Concentration, UFPs, Cardiovascular Diseases, Oxidative Stress, Blood Pressure, G.I.S., Spatial Analysis, Data Visualization, Bioclimatic design, Urban green, Energy planning



Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι αποτέλεσμα προσωπικής προσπάθειας και αναζήτησης, η οποία όμως δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί δίχως την συμβολή μιας ομάδας αξιόλογων ατόμων. Για αυτό το λόγο θα ήταν παράλειψη μου να μην εκφράσω τις πιο θερμές ευχαριστίες προς το πρόσωπό τους.

Στον κο Κωνσταντίνο Ελευθεριάδη, Δρ., *Ερευνητή Α' του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος*, Επιβλέπων της Δ.Ε., για την καθοδήγηση, τις πολύτιμες συμβουλές του, σε κάθε φάση της παρούσας εργασίας, την ενθάρρυνση στην προσπάθειά μου όταν αυτό κρίθηκε αναγκαίο και για την υπομονή του όλο αυτόν τον καιρό.

Στην κα Ευαγγελία Διαπούλη, Δρ., *Χημικός Μηχανικός, Γ' Ερευνήτρια του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος*, και μέλος της τριμελούς επιτροπής, για την βοήθεια της σε θέματα που αφορούσαν στους αέριους ρύπους και την συσχέτιση αυτών με την έκθεση υγείας πληθυσμού.

Στον κο Καβαντζά Νικόλαο, διευθυντή του Π.Μ.Σ., καθηγητή Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ και μέλος της τριμελούς επιτροπής, για την καθοδήγησή μου σε όλη τη διάρκεια του προγράμματος σε θέματα που αφορούσαν στην υγεία.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω να εκφράσω επίσης, στον κο Άγγελο Τσίπη, καρδιολόγο MD, PhD, MSc και διδάσκοντα στο Π.Μ.Σ. χωρίς την πολύτιμη συμβολή, βοήθεια, και καθοδήγηση στο κομμάτι που αφορούσε τα καρδιαγγειακά θέματα και την αθλητική καρδιά, η εργασία αυτή δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί.

Μεγάλο ευχαριστώ οφείλω επίσης στον κο Σωτήριο Μάιπα, επιστημονικό συνεργάτη και διδάσκοντα στο Π.Μ.Σ., για την καθοδήγηση σε θέματα που αφορούσαν την δομή και παρουσίαση της παρούσας εργασίας, καθώς και στο φίλο Κωνσταντίνο Πάνο, κάτοχο Μεταπτυχιακού τίτλου από το Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, με ειδίκευση στην Γεωπληροφορική, ο οποίος με τις γνώσεις του σε θέματα Γεωπληροφορικής και G.I.S., συνέβαλε και αυτός με τη σειρά του, στην επίτευξη του στόχου μου.

Ολοκληρώνοντας, δε θα μπορούσα να μην εκφράσω ένα τεράστιο και εγκάρδιο ευχαριστώ στην μητέρα μου Άννα, στην αδελφή μου Βασιλεία όπως και στα ανίψια μου, για την στήριξη, την ενθάρρυνση στις δύσκολες στιγμές, την υπομονή που έδειξαν σε όλη την περίοδο εκπόνησης της παρούσας εργασίας, και κυρίως για την ανιδιοτελή αγάπη τους.

Τέλος, αφιερώνω την εργασία αυτή στη μνήμη του πατέρα μου Μιχάλη, διεθνή ποδοσφαιριστή, που αν και έφυγε νωρίς προδομένος από την καρδιά του, με μύησε στον χώρο του αθλητισμού και συνέβαλε τα μέγιστα, μαζί με τη μητέρα μου, στην εξέλιξη της πορείας μου ως αθλήτρια, αλλά κυρίως ως άνθρωπο, καθώς με γαλουχήσουν με αξίες όπως ο σεβασμός, η κατανόηση και η αγάπη, κάνοντας με όσο πιο το δυνατόν πιο σωστό άνθρωπο.



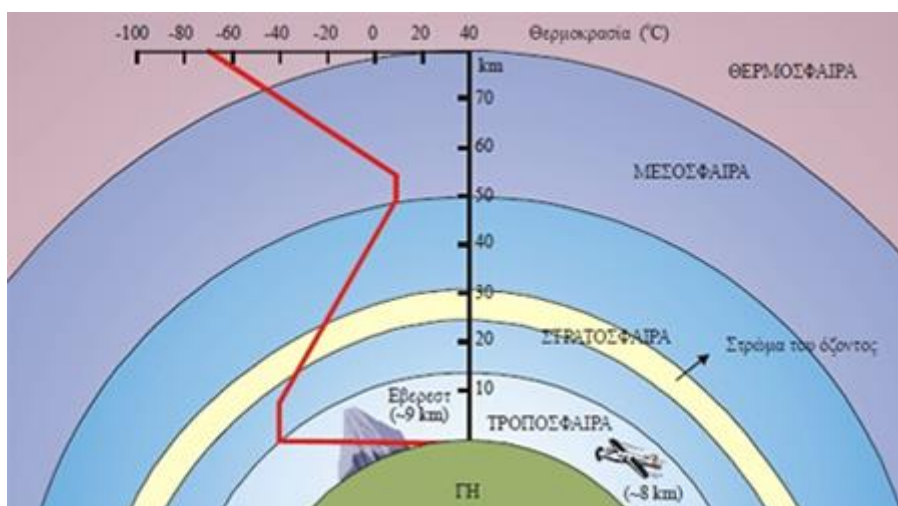
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α':Αέρας-Ατμόσφαιρα

Α.1_Περί ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Α.1.1_Η ατμόσφαιρα της γης

Με τον όρο ατμόσφαιρα νοείται το μίγμα των αέριας μάζας που βρίσκεται γύρω από τη γη και αιωρείται μέχρι ύψος 1600 χιλιομέτρων. Η σύσταση της γήινης ατμόσφαιρας είναι αυτή που καθορίζει τον χωρισμό της σε στρώματα. Με βάση τα παραπάνω η ομοιόσφαιρα αποτελείται από N_2 και O_2 , ενώ η έντονη τυρβώδης ροή που παρατηρείται στο στρώμα αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να διατηρείται σταθερή η αναλογία του μοριακού μίγματος των βασικότερων αερίων. Στο επόμενο στρώμα, την ετερόσφαιρα, η σύσταση των αερίων δεν παρουσιάζει ομοιογένεια εξαιτίας του γεγονότος ότι τα πιο ελαφριά αέρια επιπλέουν ενώ τα βαρύτερα σωματίδια (άτομα και μόρια) έχουν την τάση να καδιζάνουν στο κάτω μέρος. Αξίζει να σημειωθεί ότι η σημερινή σύσταση της ατμόσφαιρας παρουσιάζει αξιοσημείωτες διαφοροποιήσεις σε σχέση με την αρχική της μορφή, ως προς τις συγκεντρώσεις των αέριων ρύπων, διαφορές που εντοπίστηκαν κυρίως μετά από τη βιομηχανική επανάσταση μέχρι και σήμερα.

Μια ακόμα κατηγοριοποίηση της ατμόσφαιρας έχει στηριχθεί στη κατακόρυφη μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψους (Εικόνα 1), (Εικόνα 2). Στην περίπτωση αυτή η τροπόσφαιρα αποτελεί την κατώτερη υψομετρικά περιοχή της ατμόσφαιρας (επιφάνεια της γης έως ύψος 12km), και τον τόπο όπου εξελίσσεται η εκπομπή των αερίων και τα μετεωρολογικά φαινόμενα.



Εικόνα 1:Στρώματα της ατμόσφαιρας όπως προκύπτουν από την κατακόρυφη μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος (Μελάς και συν., 2000)

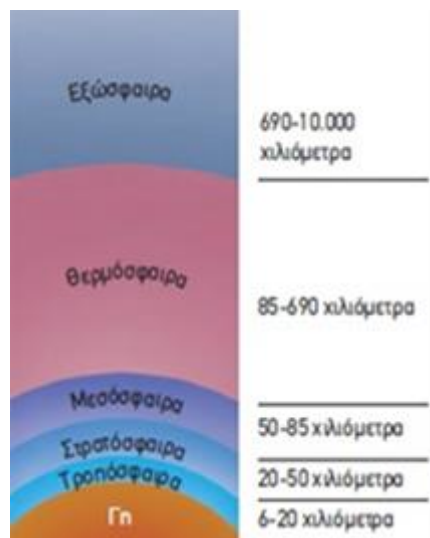
Επόμενο ατμοσφαιρικό στρώμα αποτελεί η στρατόσφαιρα (άνω όριο τροπόσφαιρας έως και 50km από την γήινη επιφάνεια) όπου και συναντάται το στρώμα του όζοντος (Οζοντόσφαιρα ή Οζονόσφαιρα), ενώ ακολουθεί η πιο ψυχρή περιοχή της ατμόσφαιρας



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

της γης η μεσόσφαιρα όπου έχει έκταση από την στρατόπαυση μέχρι τα 80 km περίπου πάνω από το έδαφος. Στο πιο ψηλό στρώμα της ατμόσφαιρας (θερμόσφαιρα), το οποίο μπορεί να φτάσει έως τα 400km περίπου, παρατηρείται σημαντικά μεγάλο ποσοστό αραιώσης του αέρα (Μελάς και συν., 2000·Φέρμελη και συν., 2008·Λαζαρίδης, 2010).



Εικόνα 2:Η κατακόρυφη δομή της ατμόσφαιρας (Φέρμελη και συν., 2008)

A.1.2_Ρύπανση της ατμόσφαιρας

Σύμφωνα με την Οδηγία 96/61/EK του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (EEL 257_10.10.1996) ως ρύπανση της ατμόσφαιρας νοείται μεταξύ άλλων η εισαγωγή ουσιών (ρύπων), προερχόμενες από πάσης φύσεως ανθρώπινη δραστηριότητα όπως η σκόνη, οι αναθυμιάσεις, ομίχλη, καπνός κ.ά. σε τέτοιες συγκεντρώσεις και διάρκεια που μπορεί να επιφέρει αρνητικές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία, διαταράσσοντας παράλληλα την ισορροπία του οικοσυστήματος (W.H.O., 1980·Μελάς και συν. 2000·Λάζογλου και συν., 2009·Βουτσίνος και συν., 2013).

A.1.3_Ιστορική Αναδρομή ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Μελέτες που υλοποιήθηκαν σε μουμιοποιημένους πνεύμονες προερχόμενες από την αρχαία Αίγυπτο (Μουστρής, 2015), διαπιστώθηκαν ομοιότητες μεταξύ των εισπνεύσιμων ουσιών των ανθρώπων της τότε περιόδου και των κατοίκων των σημερινών βιομηχανικών περιοχών, ουσίες που αποτελούν την κύρια αιτία αναπνευστικών, καρδιαγγειακών και άλλων παθήσεων.

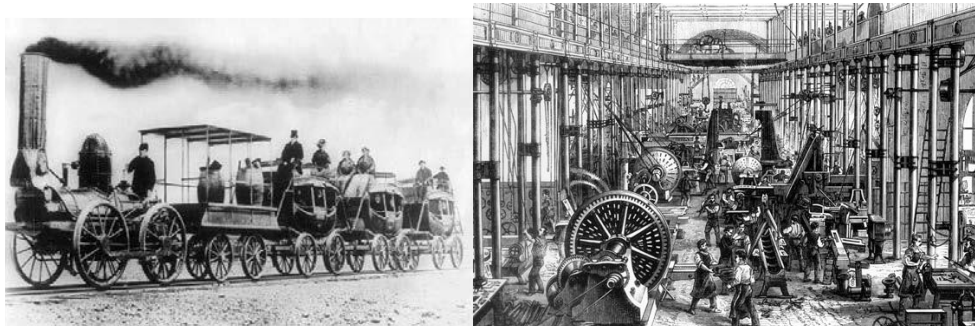
Ο καπνός από την καύση του κάρβουνου, αποτέλεσε από τον Μεσαίωνα την κύρια αιτία ρύπανσης της ατμόσφαιρας (Εικόνα 3), ενώ την περίοδο προ της βιομηχανικής επανάστασης η ρύπανση της ατμόσφαιρας από την καύση της ξυλείας υποχρέωσε τον Βασιλιά της Αγγλίας Ερρίκο Β' σε μέτρα προστασίας της ανθρώπινη υγείας (Μελάς και συν., 2000). Κατά την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης (18^{ος} αιώνας), η χρήση του κάρβουνου σηματοδότησε την αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και σήμανε την έκθεση



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

των πολιτών σε μεγάλες ποσότητες αέριων ρύπων, γεγονός που οδήγησε κατά τη διάρκεια του 19^{ου} αιώνα ακόμα στο θάνατο τους.



Εικόνα 3: Η χρήση του κάρβουνου κατά τη βιομηχανική επανάσταση (Γεντεκάκης, 1999· Μούστρης, 2015)

Το 1875, σημειώθηκε το πρώτο σοβαρό επεισόδιο ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο Λονδίνο. Στις αρχές του 1900 η αιθαλομίχλη στη Γλασκώβη και στο Εδιμβούργο θεωρήθηκε η βασική αιτία για πολλούς θανάτους, το 1930, στην βιομηχανική περιοχή της κοιλάδας του Meuse (Meuse Valley) του Βελγίου, προκάλεσε ασθένειες στους κατοίκους της, ενώ στις αρχές της δεκαετίας του 1940, η αντικατάσταση του άνθρακα από το πετρέλαιο εισήγαγε ένα νέο είδος ρύπανσης, τη φωτοχημική. Το 1950, στην μικρή κωμόπολη Poza Rica του Μεξικό, ένα ατύχημα σε αγωγό ενός εργοστασίου απελευθέρωσε στον αέρα, σε λίγα λεπτά, ποσότητες H_2S , οδηγώντας πολλούς κατοίκους στο νοσοκομείο με αναπνευστικά προβλήματα, και άλλους στο θάνατο (Μελάς και συν., 2000· Vallerio, 2006· Μουστρή, 2015). Το έτος 1952, στο Λονδίνο (Εικόνα 4), εξαιτίας τόσο του φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής που προκλήθηκε από έναν αντικυκλώνα και είχε σαν αποτέλεσμα να παγιδευτεί κρύος αέρας κάτω από μία θερμή μάζα αέρα, όσο και της αυξημένης κατανάλωσης κάρβουνου, δημιουργήθηκε ένα δηλητηριώδες νέφος σε συνθήκες απόλυτης άπνοιας που κράτησε για μέρες, προκαλώντας το μεγαλύτερο επεισόδιο ατμοσφαιρικής ρύπανσης που είχε σαν αποτέλεσμα χιλιάδες πολίτες μεταξύ των οποίων και άτομα ευπαθών ομάδων, παιδιά και ηλικιωμένοι να θρουν τραγικό θάνατο.



Εικόνα 4: Το φαινόμενο της αιθαλομίχλης στην Αγγλία το 1952, (Μουστρή, 2015)

Το καλοκαίρι του 1976 (Eskenazi et al., 2004), ένα βιομηχανικό ατύχημα στην περιοχή Seveso, της Ιταλίας είχε σαν αποτέλεσμα να επηρεαστεί τόσο σημαντικά η υγεία των



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αερίων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

κατοίκων (Εικόνα 5),(Εικόνα 6) γεγονός που οδήγησε την Ε.Ε. να ονομάσει τους κανονισμούς της βιομηχανικής ασφάλειας σε «Οδηγία Seveso II». Το 1984, σημειώθηκε στην Ινδία η χειρότερη βιομηχανική καταστροφή με συνέπειες τόσο στην ανθρώπινη υγεία στο Union Carbide India Limited εργοστάσιο φυτοφαρμάκων στο Bhopal, (Μουστρής, 2015), ενώ στις μέρες μας το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μεγάλα αστικά κέντρα όπως όπως το Δελχί (Εικόνα 7) και το Πεκίνο (Εικόνα 8) ολοένα και οξύνεται όπως και οι επιπτώσεις των ρύπων στην ανθρώπινη υγεία.



Εικόνα 5:Εικόνες από την καταστροφή στο Seveso, (Μουστρής, 2015)



Εικόνα 6:Επιπτώσεις στον πληθυσμό του Seveso (Μουστρής, 2015)



Εικόνα 7:Η ατμόσφαιρα στο Δελχί, (Μουστρής, 2015)



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



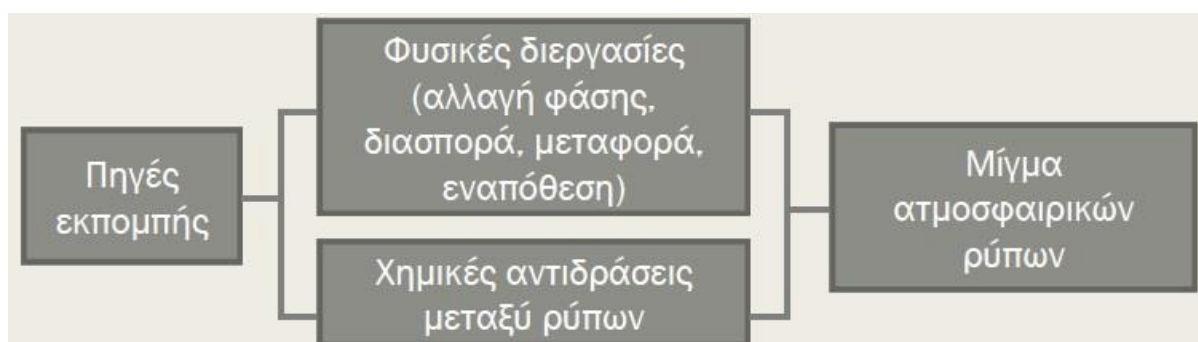
Εικόνα 8:Πεκίνο και ρύπανση της ατμόσφαιρας, (Μουστρής, 2015)

A.1.4_Πηγές Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες πηγών εκπομπής και παραγωγής αέριων ρύπων (Εικόνα 9) στην γήινη ατμόσφαιρα, οι φυσικές και οι ανθρωπογενείς (Βαλκανάς, 1992).

Φυσικές νοούνται οι πηγές, που δεν οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα όπως το έδαφος, τα ηφαίστεια, οι πυρκαγιές και οι ωκεανοί), ενώ ανθρωπογενείς είναι εκείνες που προέρχονται από ενέργειες του ανθρώπου όπως βιομηχανία, παραγωγή ενέργειας, θέρμανση κ.ά., και οι οποίες συγκεντρώνονται σε μικρές γεωγραφικές περιοχές (αστικές περιοχές και βιομηχανικές ζώνες), προκαλούν ανατροπή στη φυσική ισορροπία και εξαιτίας της μεγάλης πυκνότητας τους, είναι κυρίως υπεύθυνες για τα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα που εμφανίζουν οι περιοχές αυτές.

Αντίθετα με την αντίληψη που επικρατεί, το μεγαλύτερο ποσοστό παραγόμενων ρύπων προέρχεται από καθαρά φυσικές πηγές, που έχουν όμως χαμηλές συγκεντρώσεις χάρη στην ικανότητα που παρουσιάζουν να αναμιγνύονται καλύτερα με τον καθαρό αέρα και να διασπείρονται πιο εύκολα, (Μελάς και συν., 2000).



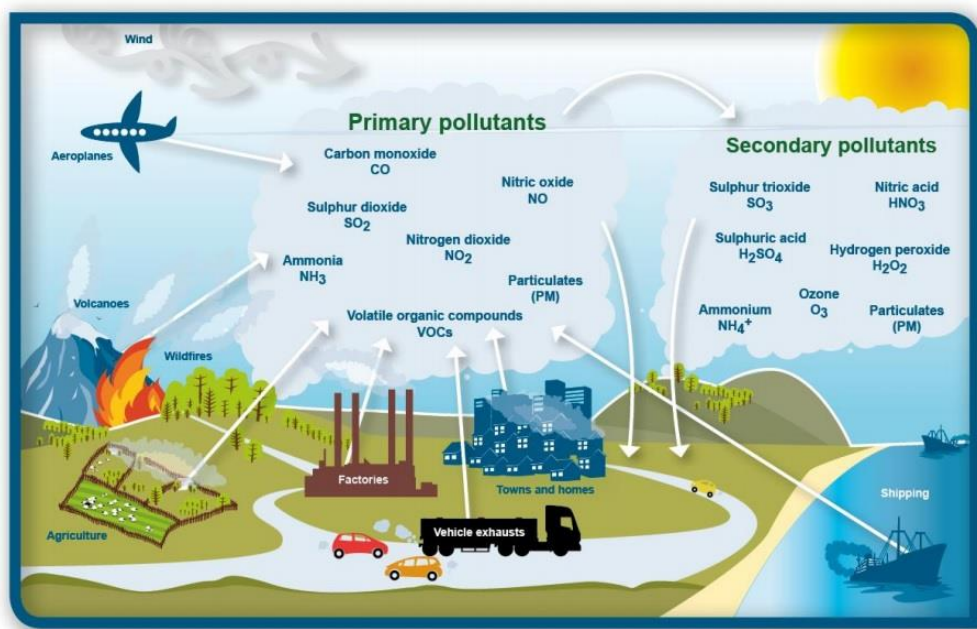
Εικόνα 9:Πηγές εκπομπής Αέριων ρύπων (Πηγή: <http://acceptair.prd.uth.gr>)



A.1.5_Κυριότεροι ατμοσφαιρικοί Ρυπαντές (Ατμοσφαιρικοί Ρύποι)

Ο ατμοσφαιρικός αέρας αποτελεί ένα πολύπλοκο μίγμα αερίων και σωματιδίων, πολλά από τα στοιχεία του οποίου θεωρούνται αέριοι ρύποι, εφόσον η παρουσία τους είναι δυνατόν να επιφέρει βλάβες στο οικοσύστημα (Καραβασίλη και συν., 2016).

Ατμοσφαιρικοί αέριοι ρύποι, θεωρούνται οι αέριες εκείνες ουσίες που εμφανίζονται στην ατμόσφαιρα σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από αυτές που συναντώνται στον «καθαρό» ξηρό ατμοσφαιρικό αέρα, και που επιδρούν δυσμενώς στην ανθρώπινη υγεία, στα οικοσυστήματα και στις κατασκευές (Μούστρης, 2015). Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι δυνατόν να εκπέμπονται απευθείας στην ατμόσφαιρα από κάποια πηγή, ανθρωπογενή ή φυσική, και ονομάζονται πρωτογενείς ή να σχηματίζονται στον αέρα μέσα από χημικές αντιδράσεις άλλων ρύπων, συχνά υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και τότε ονομάζονται δευτερογενείς. Χαρακτηριστικά παραδείγματα πρωτογενών ρύπων είναι: τα αέρια μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το μονοξείδιο του Αζώτου (NO), το διοξείδιο του Θείου (SO₂) και αρκετά συστατικά των Αιωρούμενων Σωματιδίων (Α.Σ.), όπως εδαφικά συστατικά, το θαλάσσιο αερόλυμα και ο στοιχειακός άνθρακας, ενώ αντίστοιχα παραδείγματα δευτερογενών ρύπων είναι το αέριο Όζον (O₃) και αρκετά συστατικά των Α.Σ., τα δεικτά και νιτρικά άλατα (κυρίως δεικό και νιτρικό αμμώνιο) κ.ά. (Εικόνα 10).



Εικόνα 10: Πρωτογενείς και Δευτερογενείς Αέριοι Ρύποι (Πηγή: <http://acceptair.prd.uth.gr>)

Οι μεταβολές της σύνθεσης της ατμόσφαιρας προέρχονται κυρίως από τα προϊόντα καύσης των ορυκτών (τους αέριους ρύπους). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα οξειδία του αζώτου καθώς αρχικά εκπέμπονται κυρίως ως NO και αντιδρούν ταχέως με O₃ στην ατμόσφαιρα σχηματίζοντας NO₂. Το όζον με τη σειρά του αποτελεί προϊόν συνεχών



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

αντιδράσεων NO_2 και πτητικών οργανικών ενώσεων (Katsouyanni, 2003), ενώ το SO_2 προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων που έχουν σαν βάση το θείο. Από την άλλη μεριά το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), έχει ως πρωταρχική πηγή προέλευσης τα οχήματα πάσης φύσεως και προέρχεται από ελλιπή καύση.

Οι κυριότεροι ρυπαντές του αέρα, είναι:

I. Τα Αιωρούμενα Σωματίδια (Α.Σ.): Α.Σ.₁₀, Α.Σ._{2.5}, Εξαιρετικά Λεπτά Σωματίδια (UFPs)

II. Τα Αέρια όπως: Όζον (O_3), Οξειδία του αζώτου (NO_x , NO , NO_2), Διοξείδιο του θείου (SO_2), Μονοξείδιο του άνθρακα (CO), Πτητικοί Υδρογονάνθρακες (VOC's).

Η συγκέντρωση τόσο των αέριων όσο και των σωματιδιακών ρύπων της ατμόσφαιρας, η ποσότητα δηλαδή του ρύπου ανά όγκο αέρα εκφράζεται κυρίως σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο) και σε μέρη ανά εκατομμύριο ή μέρη ανά εκατομμύριο όγκου (ppm ή ppmv = Parts Per Million by Volume), (Μελάς και συν., 2000*Καραβασίλη και συν., 2016).

Με άλλα λόγια η συγκέντρωση ενός 1ppm είναι ίση με:

$$1\text{ppm}=1 \text{ όγκος αερίου ρύπου}/10^6 \text{ όγκους (ρύπου+αέρα)}$$

Ρύπος	Προέλευση	Προβλήματα / Επιπτώσεις
Αιωρούμενα σωματίδια	Φυσική προέλευση από το έδαφος γύρη φυτών, κ.λπ. Ανθρωπογενής προέλευση από τον καπνό, την καύση ορυκτών καυσίμων και ξύλων, φωτιές, κωμσουργικά έργα, κ.λπ.	Προκαλούν αναπνευστικά και άλλα προβλήματα στον άνθρωπο και τα ζώα. Καταλύουν χημικές αντιδράσεις.
Άλλοι υδρογονάνθρακες, όπως βενζόλιο, τολουόλιο και άλλοι πτητικοί υδρογονάνθρακες (VOCs)	Ανθρωπογενής προέλευση από καυσαέρια αυτοκινήτων, χημική βιομηχανία, κ.ά. Φυσική προέλευση από την αποσύνθεση και από φυσικές εκλύσεις.	Προκαλούν βλάβες στους ζωντανούς οργανισμούς. Συμμετέχουν σε φαινόμενα φωτοχημικής ρύπανσης.
Διοξείδιο του άνθρακα	Καύσεις κάθε μορφής. Ανθρωπογενής προέλευση, όπως καύση ορυκτών καυσίμων, φωτιές σε δάση, και φυσική προέλευση από οργανική αποσύνθεση και άλλες φυσικές διεργασίες.	Συμμετέχει σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
Διοξείδιο του θείου	Ανθρωπογενής προέλευση από την καύση ορυκτών καυσίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο. Φυσική προέλευση από αποικοδόμηση οξειδώσεις, κ.ά.	Βασικός υπεύθυνος για την όξινη βροχή. Προκαλεί γυψοποίηση σε μαρμάρια μνημεία, και σε κτίρια που τα δομικά τους υλικά προέρχονται από ανθρακικά πετρώματα και σοβαρή υποβάθμιση σε βιοσικά και λιμνισία οικοσυστήματα.
Χλωροφθοράνθρακες και Υδροχλωροφθοράνθρακες	Αποκλειστικά ανθρωπογενής προέλευση: κλιματιστικά, ψυγεία, προωθητικά αέρια σε σπρέι, κ.ά. Χρησιμοποιούνται, επίσης, σε ορισμένα μονωτικά και ορισμένους διαλύτες.	Μειώνουν τη στοιβάδα του όζοντος.
Οξειδία του αζώτου	Φυσική προέλευση από μικροβιακή δράση στο έδαφος, κ.ά. Ανθρωπογενής προέλευση από καύση σε κινητήρες, καυστήρες, λιπασματα, κ.ά.	Συμμετέχουν σε φαινόμενα φωτοχημικής ρύπανσης. Έχουν μικρότερη συμμετοχή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και την όξινη βροχή.
Μονοξείδιο του άνθρακα	Φυσική προέλευση από την αποσύνθεση οργανικής ύλης και ανθρωπογενής προέλευση από ατελείς καύσεις.	Μπορεί να προκαλέσει δηλητηρίαση στον άνθρωπο και στα ζώα.
Μεθάνιο	Φυσική προέλευση από αποσύνθεση σε βάλτους κ.λπ. Ανθρωπογενής προέλευση από τη γεωργία, τις κτηνοτροφικές μονάδες, τα υγρά απόβλητα.	Συμμετέχει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
Βαρέα μέταλλα (μόλυβδος, κάδμιο, κ.λπ.) και άλλοι υπολειμματικοί ρύποι	Ποικίλες βιομηχανικές και άλλες δραστηριότητες, όπως καύση βενζίνης με μόλυβδο, χημική βιομηχανία, κ.ά.	Προκαλούν καρκινογενέσεις και άλλες βλάβες στην υγεία των ανθρώπων και των άλλων ζωντανών οργανισμών.

Εικόνα 11: Οι κυριότεροι ρύποι, που απαντώνται στο αστικό και περιαστικό περιβάλλον (προέλευση-επιπτώσεις) (Φέρεμλη et al., 2008)

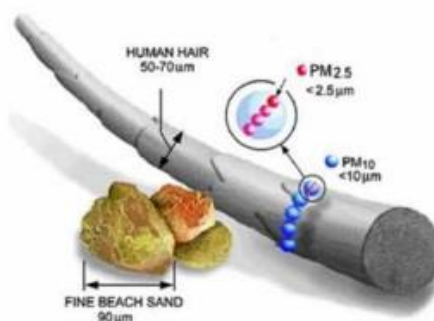


A.1.5.1_Αιωρούμενα σωματίδια

Ως αιωρούμενα σωματίδια (Α.Σ.) νοείται ένα ετερογενές μίγμα υγρών και στερεών σωματιδίων, ποικίλων μεγεθών και χημικής σύνθεσης στο χώρο και στο χρόνο, που βρίσκονται διάσπαρτα στον αέρα. Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο «αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη» (particulate matter-P.M.) ή αιωρούμενα σωματίδια νοούνται όλα τα αιωρήματα στερεών ή υγρών σωματιδίων ή και των δύο που βρίσκονται διάσπαρτα στην ατμόσφαιρα, με το μέγεθος τους να κυμαίνεται από μερικά νανόμετρα (nm) έως 10 μικρόμετρα (μm) και η διάμετρος τους να ποικίλει ανάλογα την κατηγορία των σωματιδίων (Κούγκολος, 2006·Δροσίτη, 2015:10). Εκπέμπονται είτε απευθείας στην ατμόσφαιρα όπως η αιθάλη (πρωτογενή σωματίδια) είτε δημιουργούνται μέσω του φωτοχημικού μετασχηματισμού των αερίων, σχηματίζοντας ενώσεις νιτρικών και δεικνών οξέων. Οι πολυάριθμες πρωτογενείς και δευτερογενείς πηγές Α.Σ. περιλαμβάνουν εκπομπές αερίων από τα οχήματα, την βιομηχανική καύση, από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, από τη γεωργία, τις κατασκευές τις κατεδαφίσεις, τη γύρη τις δασικές πυρκαγιές, τα ηφαίστεια και άλλα (Brook et al., 2004:2656).

Δεδομένου ότι το σχήμα των Α.Σ. ποικίλει, για τον χαρακτηρισμό του μεγέθους τους χρησιμοποιείται η έννοια της «ισοδύναμης διαμέτρου» του σωματιδίου, η οποία είναι δυνατόν να προσδιορισθεί:

- Γεωμετρικά (με οπτική ή ηλεκτρονική μικροσκοπία),
- Από την σκέδαση του φωτός,
- Από την ηλεκτρική τους ευκινησία,
- Από την ταχύτητα εναπόθεσης,
- Από την αεροδυναμική του συμπεριφορά.



Εικόνα 12: Σύγκριση του μεγέθους Α.Σ.2.5 και Α.Σ.10, κόκκου άμμου θαλάσσης και διαμέτρου ανθρώπινης τρίχας (Guaita et al., 2011).

Η Environmental Protection Agency (E.P.A.), (Esworthy, 2013) έχει ομαδοποιήσει τα αιωρούμενα σωματίδια ανάλογα με τη διάμετρό τους αλλά και την ικανότητα εισροής μέσω

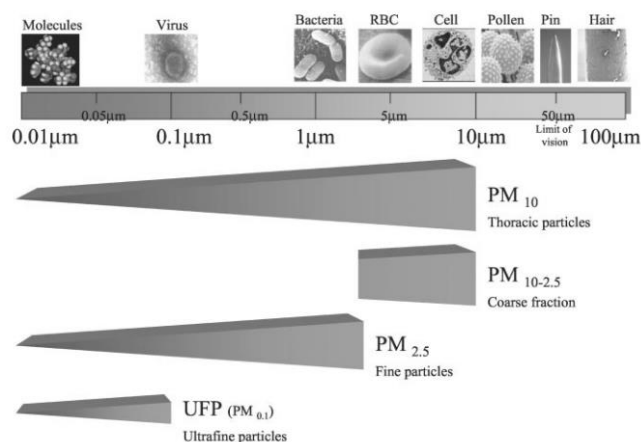


Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

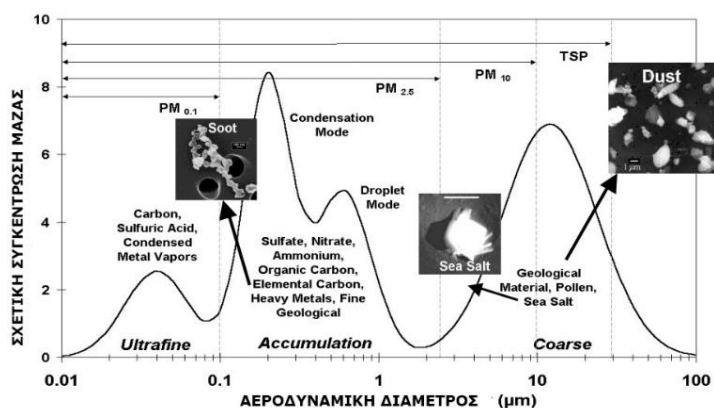
Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

της αναπνευστικής οδού στο ανθρώπινο οργανισμό στα Α.Σ.₁₀ αυτά δηλαδή που εισέρχονται στο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου και που έχουν αεροδυναμική διάμετρο έως 10 μm ($< 10\mu\text{m}$) και στα Α.Σ._{2,5}, τα λεγόμενα λεπτά σωματίδια τα οποία βρίσκουν δίοδο στο κατώτερο αναπνευστικό και έχουν αεροδυναμική διάμετρο έως 2.5 μm ($< 2.5\mu\text{m}$).

Ως προς το μέγεδός τους τα σωματίδια χωρίζονται σε αδρά (coarse particles), (σωματίδια μεγαλύτερα από 2,5 μm), σε λεπτά (fine particles), (σωματίδια μικρότερα από 2,5 μm), (Morawska and Salthammer, 2003) και σε υπερ-λεπτά σωματίδια (Ultra fine particle) (σωματίδια μικρότερα από 0,1 μm), (Εικόνα 13), (Εικόνα 14) με τα λεπτά σωματίδια (Α.Σ._{2,5}), που όπως αναφέρθηκε απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα τόσο από ανθρωπογενείς όσο και από φυσικές πηγές (Seinfeld and Pandis, 2006; Almeida et al., 2020:2), να είναι δυνατόν να παρουσιάσουν υψηλές τιμές συγκεντρώσεων ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες, την τοποθεσία που συναντιούνται, τις πηγές εκπομπών όσο και τα μοτίβα διασποράς (Viana et al., 2008; Putaud et al., 2010; Belis et al., 2013; Eleftheriadis et al., 2014), προκαλώντας δυσμενείς συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία καθώς είναι αυτά που εισέρχονται και κατακάθονται στο κατώτερο αναπνευστικό.



Εικόνα 13: Πίνακας μεγεθών Αιωρούμενων Σωματιδίων (Brook et al., 2004:2675)



Εικόνα 14: Σχηματική κατανομή της μάζας των αιωρούμενων σωματιδίων η οποία εμφανίζει ένα τυπικό καταμερισμό των χημικών ειδών σε μικρά και μεγάλα σωματίδια (Πηγή: <http://acceptair.prd.uth.gr>)



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

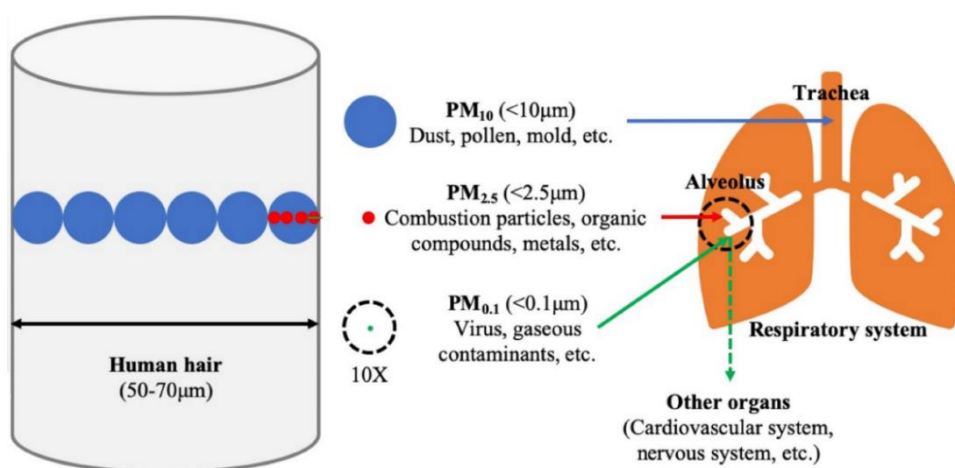
Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Σύμφωνα με την έκδοση «Air Quality in Europe-2018 report», του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (Ε.Ε.Α.), που αφορά στην ποιότητα του αέρα στην Ευρώπη κατά το έτος 2018, το 2016 το 68% των σταθμών που βρίσκονται σε 32 από τις 37 χώρες, και που ανέφεραν δεδομένα Α.Σ._{2,5} υπερέβησαν την κατευθυντήρια γραμμή του Παγκόσμιο Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ) για τον ετήσιο μέσο όρο Α.Σ._{2,5} (10 mg / m³) (EEA, 2018), ενώ και η έκδοση του 2019 της ίδιας έκδοσης αναφέρει ότι το 2016, χιλιάδες θάνατοι στην Ευρώπη αποδόθηκαν σε Α.Σ._{2,5} (Ε.Ε.Α., 2019), (Almeida et al., 2020:2).

Σύμφωνα με μελέτες τα Α.Σ. συναρτήσει της διαμέτρου τους και της διεισδυτικότητας τους στον ανθρώπινο οργανισμό, χωρίζονται σε (Παπαγεωργίου, 2012:13):

- α. Εισπνεύσιμα σωματίδια (inhalable particles) (IMP). Θεωρούνται τα σωματίδια με διάμετρο έως 10μm που εισέρχονται στο ανώτερο αναπνευστικό μέσω του ρινοφάρυγγα.
- β. Θωρακικά σωματίδια (thoracic particles) (TPM). Πρόκειται για σωματίδια που το μέγεθος τους δεν ξεπερνά τα 7μm. Και τα οποία καταφέρνουν να διαμένουν τον ρινοφάρυγγα.
- γ. Αναπνεύσιμα σωματίδια (respirable particles) (RPM), με αεροδυναμική διαμέτρου μικρότερο από 2.5 μm. Τα οποία καταφέρνουν και εισέρχονται στο βαθύτερο αναπνευστικό.

Ως προς το μέγεθος τους, και την περιοχή εναπόθεσής τους στον ανθρώπινο οργανισμό (Εικόνα 15), τα αιωρούμενα σωματίδια κατηγοριοποιούνται σε αυτά που κατακρατούνται στο ρινοφάρυγγα από το αναπνευστικό βλεννογόνο, σε αυτά που καθιζάνουν στο τραχειοβρογχικό δένδρο, σε σωματίδια που διαχέονται αλλά και καθιζάνουν στα κυψελιδικό-τριχοειδικά συμπλέγματα των πνευμόνων και σε αυτά που φθάνουν ως την περιοχή εναλλαγής των αερίων αλλά αποβάλλονται με την εκπνοή.



Εικόνα 15: Μέγεθος σύνδεσης Α.Σ. και θέσης εναπόθεσης στους πνεύμονες (Yang et al., 2020)

Τα σωματίδια καταδεικνύουν μεγαλύτερη κλασματική εναπόθεση στις εξωθωρακικές και ανώτερες τραχειοβρογχικές περιοχές, ενώ μικρότερα σωματίδια (π.χ. Α.Σ._{2,5}) παρουσιάζουν



μεγαλύτερη εναπόθεση στον βαθύ πνεύμονα. Τα Α.Σ._{2,5} συμπεριφέρονται γενικά ως περιφερειακός ρύπος, ενώ τα πρότυπα ανέμου μπορούν να επηρεάσουν την έκθεση του ανθρώπου σε αυτά.

A.1.5.2_Εξαιρετικά Λεπτά Σωματίδια (UFPs)

Τα UFPs εκπέμπονται άμεσα από διεργασίες καύσης ή σχηματίζονται έμμεσα από μετατροπές σωματιδίων αερίου στην ατμόσφαιρα. Τα ατμοσφαιρικά σωματίδια χαρακτηρίζονται από έντονες διαφορές στη χημική σύνθεση και τις φυσικές ιδιότητες. Η σύνθεσή τους μπορεί να επηρεάζεται άμεσα από ανθρωπογενείς εκπομπές πρωτογενών σωματιδίων, συμπύκνωση αερίων προδρόμων ανθρωπογενών ή φυσικής προέλευσης, και φυσικές πηγές όπως η θάλασσα και τα διαβρώσιμα εδάφη (Seinfeld and Pandis, 1998). Το ατμοσφαιρικό αεροζόλ παράγεται με φυσικές και ανθρωπογενείς διεργασίες και η διάρκεια ζωής του κυμαίνεται από λίγες ώρες, για επαναιωρημένη χονδροειδή σκόνη, έως αρκετές ημέρες, για λεπτό πρωτογενές και δευτερεύον αεροζόλ (π.χ. μαύρο άνθρακα, θειικό άλας) (Eleftheriadis et al., 2006), ενώ επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα, την ανθρώπινη υγεία, την ατμοσφαιρική ορατότητα και το κλίμα (Laden et al., 2006; Eleftheriadis et al., 2014).

Στην ηπειρωτική οριακή στιβάδα, οι πιθανοί μηχανισμοί σχηματισμού φαίνεται να είναι ο ομοιογενής πυρήνας δυαδικού νερού-θεικού οξέος, ο ομοιογενής πυρήνας τριαδικού νερού-θεικού οξέος-αμμωνίας και η πυρήνωση που προκαλείται από ιόντα ανόργανων ή οργανικών ατμών (Yao et al., 2005; Kulmala and Kerminen, 2008). Από την άλλη μεριά σε παράκτια και θαλάσσια περιβάλλοντα, ένας πιθανός μηχανισμός θα μπορούσε να είναι η οξειδωση του ιωδίου που εκπέμπεται από τα φύκια. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι τα UFPs που εντοπίζονται σε παράκτιες περιοχές, περιλαμβάνουν επίσης ένα σημαντικό κλάσμα δευτερογενών οργανικών προϊόντων, εκτός από τα οξείδια του ιωδίου, ειδικά την ανοιξιάτική και καλοκαιρινή περίοδο. Η προέλευση αυτών των δευτερογενών οργανικών ενώσεων έχει αποδοθεί στη βιοσυνθετική παραγωγή αλκενίων από τη θαλάσσια χλωρίδα και την επακόλουθη οξειδωση τους, κατά τη διάρκεια αποτελεσματικής ηλιακής ακτινοβολίας (O'Dowd et al., 2004; Vaattovaara et al., 2006; Eleftheriadis et al., 2006; Kalivitis et al., 2015).

Στις αστικές περιοχές, οι κύριες πηγές των UFPs είναι η καύση που σχετίζεται με την οδική κυκλοφορία, με μικρότερες συνεισφορές από τη θέρμανση κατοικιών ή τα αέρια των αεροσκαφών και των ταξί (Bukowiecki et al., 2003; Pey et al., 2009; Hsu et al., 2014; Kumar et al., 2014). Τα UFPs μπορούν να σχηματιστούν από οχήματα είτε πρωταρχικά, ως σωματίδια αιθάλης, κατά την καύση στον κινητήρα, είτε δευτερευόντως, από τον πυρήνα των αερίων προδρόμων κατά την αραίωση και την ψύξη των καυσαερίων. Δίπλα στις εκπομπές, αυτά τα δύο διαφορετικά μονοπάτια του σχηματισμού UFPs αντικατοπτρίζονται συνήθως από μια διτροπική κατανομή μεγέθους, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο του κινητήρα, την ποιότητα του καυσίμου, την ταχύτητα του



οχήματος και τη ζήτηση ισχύος, καθώς και από το αεροζόλ φόντου και τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες (Domínguez-Sáez et al., 2012;Huang et al., 2013;Li et al., 2013). Μέχρι στιγμής, τα οχήματα ντίζελ θεωρήθηκαν πιο σημαντικές πηγές UFPs από ότι τα βενζινοκίνητα οχήματα, αν και παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες μειώσεις (κυμαινόμενες από 90% έως πάνω από 99%), στις εκπομπές Μάζας Α.Σ.10 από σύγχρονα οχήματα ντίζελ, με προηγμένες τεχνολογίες ελέγχου εκπομπών (Biswas et al., 2008;Bergmann et al., 2009).

Σύμφωνα με μελέτες διάφορα αστικά μικρο-περιβάλλοντα στις σύγχρονες πόλεις, όπως το εσωτερικό των οχημάτων, οι πλευρικοί περίπατοι ή ακόμη και ολόκληρες περιοχές μέσα στα αστικά φαράγγια του δρόμου (USCs), θα μπορούσαν να δημιουργήσουν αυξημένο κίνδυνο έκθεσης στους ανθρώπους που ζουν ή να εργάζονται εκεί, λόγω των αυξημένων συγκεντρώσεων των UFPs, που δεν αντικατοπτρίζονται σε στάσιμες μετρήσεις (Diapouli et al., 2008;Kaur et al., 2005;Zhou and Levy, 2008;Zwack et al., 2011;Habilomatis and Chaloulakou, 2013). Η έκθεση σε εκπομπές καυσαερίων μηχανοκίνητων οχημάτων και ιδιαίτερα σε περιοχές κοντά σε κύριους οδικούς άξονες σχετίζεται με αυξημένους κινδύνους καρδιαγγειακών, αναπνευστικών και άλλων ασθενειών (McConnell et al., 2006;Brugge et al., 2007; Gauderman et al., 2007;Gan et al., 2010;Jerrett et al., 2009;Laden et al., 2007).

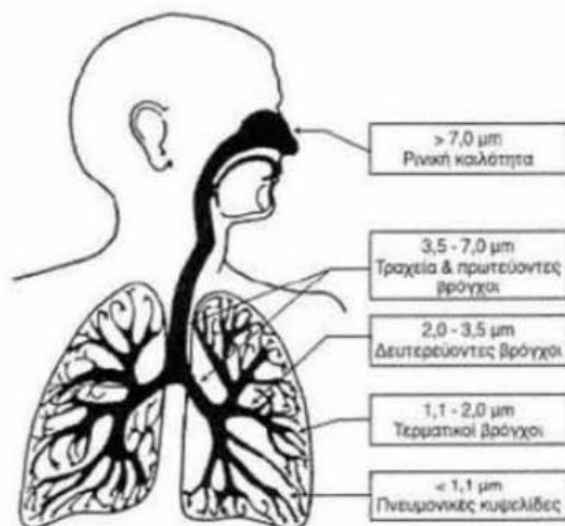
Εξαιτίας του μεγέδους τους και της αλληλεπίδρασής τους με τους ανθρώπινους αεραγωγούς Argyropoulos et al., (2016:3), τα UFPs τα τελευταία χρόνια βρίσκονται στο επίκεντρο της έρευνας για την ατμοσφαιρική ρύπανση και την υγεία, καθώς μπορούν να διεισδύσουν αποτελεσματικά βαθιά μέσα στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου, και να παραμείνουν εκεί χωρίς να μπορούν να αφαιρεθούν αποτελεσματικά με μηχανισμούς κάθαρσης μακροφάγων, προκαλώντας έτσι μηχανική βλάβη στον πνευμονικό ιστό (Donaldson et al., 1998;Jaques and Kim, 2000). Επιπλέον, είναι ικανά να περάσουν γρήγορα το σύστημα κυκλοφορίας του αίματος και να μεταφερθούν στην καρδιά, τον εγκέφαλο και άλλα όργανα (Nemmar et al., 2002), ενώ, η επαφή τους το δέρμα, σηματοδοτεί ενδείξεις διείσδυσης UFPs στο χόριο ακολουθούμενη από μετατόπιση μέσω λεμφαδένων στους περιφερειακούς λεμφαδένες (Oberdörster et al., 2002).

Στις μέρες μας, δίδεται μεγάλη ερευνητική προσοχή στα εξαιρετικά λεπτά σωματίδια (UFPs) διαμέτρου 100 nm (0,1 m), τα οποία προκύπτουν από τις διαδικασίες καύσης. Τα UFPs τείνουν να είναι βραχύβια, επειδή συσσωματώνονται και συγκεντρώνονται σε μεγαλύτερα σωματίδια. Ωστόσο, καταδεικνύουν πολύ υψηλή εναπόθεση στις πνευμονικές κυψελίδες, αντιπροσωπεύουν ένα μεγάλο μέρος του πραγματικού αριθμού σωματιδίων εντός Α.Σ. και έχουν υψηλό λόγο επιφάνειας προς μάζα, που πιθανώς οδηγεί σε αυξημένη βιολογική τοξικότητα. Τα UFPs μπορεί ακόμη και να μπορούν να περάσουν απευθείας στο κυκλοφορικό σύστημα, το οποίο θα μπορούσε να τους επιτρέψει να διαδίδονται συστηματικά (Nemmar et al., 2001;Nemmar et al., 2002;Oberdorster et al., 2002;Brook et al, 2004:2656).



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



Εικόνα 16: Η ικανότητα αναπνευστικής διείσδυσης Α.Σ. σε σχέση με το μέγεθος τους, (Παπαγεωργίου, 2012)

A.1.5.3_Συγκέντρωση Αριθμού Αιωρούμενων Σωματιδίων (Particle Number Concentration) και Συγκέντρωση Σωματιδιακής Μάζας Α.Σ.10

Αναφορές του Department for Environment Food & Rural Affairs (2021) σημειώνουν ως **Συγκέντρωση Αριθμού Αιωρούμενων Σωματιδίων (P.N.C)**, το συνολικό αριθμό σωματιδίων ανά μονάδα όγκου αέρα (για παράδειγμα cm^3), ενώ σαν συγκέντρωση σωματιδιακής Μάζας Α.Σ.10 **ανά μονάδα όγκου (P.M.C.)**, τη συνολική μάζα σωματιδίων ανά μονάδα όγκου αέρα (για παράδειγμα mg/m^3), που κυριαρχούνται κυρίως από μεγαλύτερα σωματίδια. Μελέτες έδειξαν ότι η P.N.C. και η χημική τους σύνθεση έχουν μεγαλύτερη σημασία από τις P.M.C. στον προσδιορισμό των επιπτώσεων τους στην υγεία.

Σύμφωνα με τους Argyropoulos et al. (2016:3), τα εξαιρετικά λεπτά σωματίδια (UFPs), (διάμετρος μικρότερη από 100 nm), μπορεί να αποτελούν λιγότερο από το 10% της συγκέντρωσης της Μάζας Α.Σ.10 στην ατμόσφαιρα, αλλά κατακλύζουν τη συγκέντρωση του αριθμού σωματιδίων (Yao et al., 2005). Κατά το σχηματισμό τους ενδέχεται να εμφανίσουν τεράστιες συγκεντρώσεις κοντά στην περιοχή εκπομπών, παρά τον περιορισμένο χρόνο ζωής (στο εύρος των λεπτών), καθώς μετασχηματίζονται γρήγορα με πήξη, προσρόφηση ατμών και δευτερογενή σχηματισμό σωματιδίων, με αποτέλεσμα η P.N.C. των UFPs να έχει πολύ μεγαλύτερη χωρική και χρονική μεταβλητότητα από τις συγκεντρώσεις σωματιδιακής Μάζας Α.Σ.10 στην αστική κλίμακα (Bukowiecki et al., 2003; Westerdahl et al., 2008). Οι παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος και την έκταση των βαθμίδων διάσπασης απόστασης περιλαμβάνουν τις συνθήκες κυκλοφορίας, την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου, την τοπογραφία, την ατμοσφαιρική



σταθερότητα και το ύψος ανάμειξης (Hitchins et al., 2000; Zhu et al. 2006; Hagler et al., 2009; Hu et al., 2009; Hagler et al., 2010).

Μελέτες στις αστικές περιοχές, δείχνουν αυξημένες συγκεντρώσεις UFPs, (καθώς και άλλων πρωτογενών ρύπων στις εκπομπές οχημάτων) κοντά σε πολυσύχναστους δρόμους, ενώ τα μειωμένα επίπεδα υποβάθρου (Karner et al., 2010), έχουν συμβάλλει σημαντικά στο να κατανοηθεί από τους μελετητές τόσο η έκταση όσο και οι αιτίες της χωροχρονικής δυναμικής ρύπων κοντά σε πολυσύχναστους δρόμους, χωρίς όμως να διασαφηνιστεί πλήρως αν οι βαθμίδες απόστασης-αποσύνδεσης ρύπων αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου (π.χ. ώρες, ημέρες και εποχές) και χώρο σε κοντινές γειτονίες.

Εκδέσεις που αφορούν τους οδικούς ρύπους που προέρχονται από την εξάτμιση των οχημάτων, συμπεριλαμβανομένου του μαύρου άνθρακα, των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων, των πτητικών οργανικών ενώσεων και σωματιδίων, έδειξαν ότι αποτελούν πιθανούς παράγοντες ασθενειών, ωστόσο, η ακριβής αξιολόγηση των εκδέσεων αυτών είναι δύσκολη σε περιβάλλον κοντά στους αυτοκινητόδρομους λόγω του υψηλού βαθμού χωρικής και χρονικής διακύμανσης στα επίπεδα ρύπων. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα εξαιρετικά λεπτά σωματίδια (UFPs, αεροδυναμική διάμετρο <100 nm), τα οποία μπορούν να αυξηθούν σε μεγάλο βαθμό στη συγκέντρωση του αριθμού κοντά σε οδούς, ανάλογα με τους χωρικά και χρονικά μεταβλητούς παράγοντες. Επειδή τα UFPs είναι πιο τοξικά ανά μονάδα Μάζας Α.Σ10 από τα σωματίδια με μεγαλύτερες διαμέτρους (Oberdörster et al., 1995) και μπορεί να μετατοπιστεί σε όλο το σώμα (Kreyling et al., 2006; Choi et al., 2010), υπάρχει σημαντικό ενδιαφέρον για την κατανόηση του πιθανού ρόλου τους στην αιτία της νόσου.

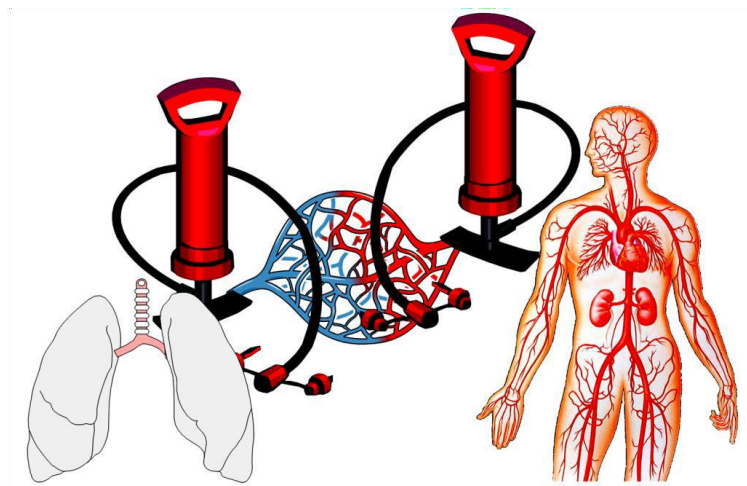


ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β΄: Καρδιά, Αθλητές, Ρυπασμένο Περιβάλλον

B.1_ Κυκλοφορικό ή καρδιαγγειακό σύστημα και καρδιά

Σύμφωνα με τον Γάλλο φυσιολόγο Claude Bernard (1813-1878), υπάρχει στους ανώτερους οργανισμούς ένας μηχανισμός που δεν επιτρέπει στο εξωτερικό περιβάλλον να μεταβάλλει τις συνθήκες εκείνες του οργανισμού που τον βοηθούν να διατηρηθεί στη ζωή. Η παραπάνω διαδικασία γνωστή ως ομοιόσταση, πραγματοποιείται μέσω ενός πολύπλοκου δικτύου μεταφοράς ουσιών που ονομάζεται καρδιαγγειακό ή κυκλοφορικό σύστημα (Mohrman and Heller, 2011). Το σύστημα αυτό είναι ένα κλειστό δίκτυο που συνδέει τα διάφορα μέρη του σώματος μεταξύ τους, και αποτελείται από τα αιμοφόρα αγγεία (αρτηρίες - φλέβες), το αίμα και την καρδιά, (Αιγυπτιάδου και συν., 2016). Εχοντας σαν βασική λειτουργία την προώθηση του αίματος στα κύτταρα των ιστών του οργανισμού, το καρδιαγγειακό σύστημα είναι σε θέση να εξασφαλίσει τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για τον μεταβολισμό των κυττάρων, απομακρύνοντας παράλληλα άχρηστα παραπροϊόντα από αυτά. Για την μεταφορά του αίματος από την καρδιά στους ιστούς χρησιμοποιούνται οι αρτηρίες ενώ οι φλέβες είναι εκείνες που μεταφέρουν το αίμα από τα διάφορα όργανα στην καρδιά. Ιδιαίτερη σημασία σ' αυτή την μεταφορά διαδραματίζουν οι νεφροί καθώς αποτελούν το χώρο όπου γίνεται ο καθαρισμός του αίματος πριν αυτό συνεχίσει την κυκλοφορία του (Δημητρίου, 2001).

Η καρδιακή λειτουργία (Κωλλέτης, 2015) βασίζεται στην μεταφορά του οξυγονωμένου αίματος στους ιστούς με ταυτόχρονη απομάκρυνση του CO₂ μέσω του λεγόμενου μηχανικού έργου, θυμίζοντας αντλία (**Εικόνα 17**) που υποδέχεται το αίμα και συσπάται παράγοντας την απαραίτητη πίεση για την προώθηση του αίματος προς το υπόλοιπο σώμα μέσω των αιμοφόρων αγγείων (Δημητρίου, 2001).



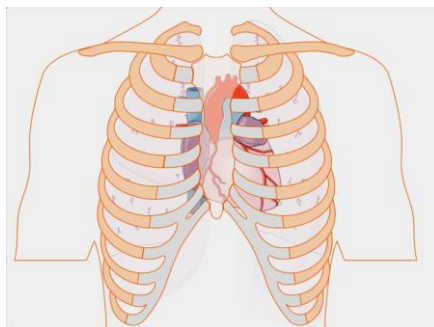
Εικόνα 17: Η λειτουργία της καρδιάς σαν δύο εν σειρά αντλίες (Κωλλέτης, 2015)



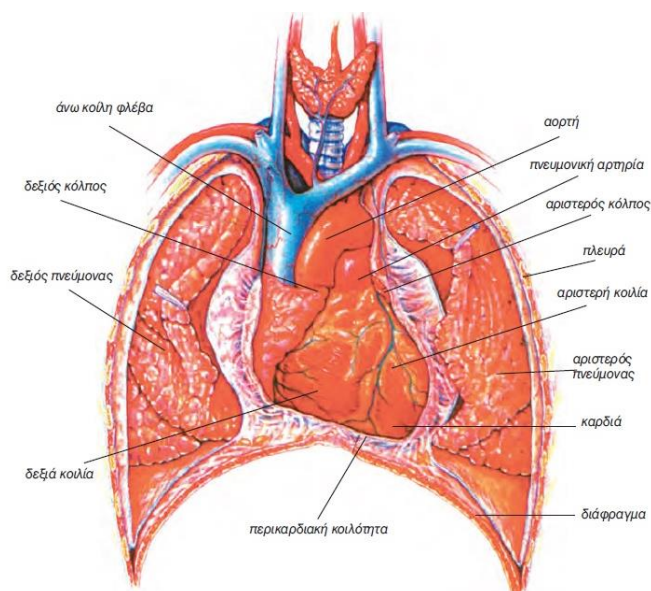
Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Όσο αφορά στην καρδιά, βρίσκεται ανάμεσα στους δύο πνεύμονες πίσω από το στήρνο, (Εικόνα 18) αποτελεί το βασικό κοίλο, μυώδες όργανο του καρδιαγγειακού συστήματος, μοιάζει με τρίπλευρη αντεστραμμένη πυραμίδα όπου η κορυφή της κοιτά προς τα κάτω, ενώ η βάση της έχει φορά προς τα πάνω, και έχει μέγεθος όσο μια μεγάλη γροδιά (Καστορίνης και συν., 2017), (Εικόνα 19).

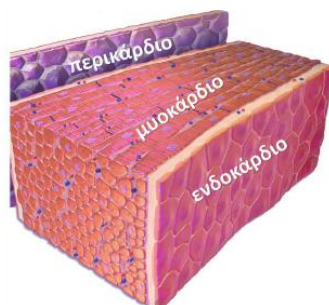


Εικόνα 18: Η θέση της καρδιάς στη θωρακική κοιλότητα (Κωλέττης, 2015)



Εικόνα 19: Η θέση της καρδιάς και των κεντρικών αγγείων στη θωρακική κοιλότητα (Αρδίττης και συν., 2010)

Εσωτερικά χωρίζεται με τη βοήθεια δύο διαφραγμάτων σε τέσσερις μυώδεις κοιλότητες, ενώ περιβάλλεται από τα εξής τοιχώματα: α) το επικάρδιο, β) το μυοκάρδιο και γ) το ενδοκάρδιο, (Εικόνα 20).



Εικόνα 20: Τα τοιχώματα της καρδιάς (Κωλλέτης, 2015)



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

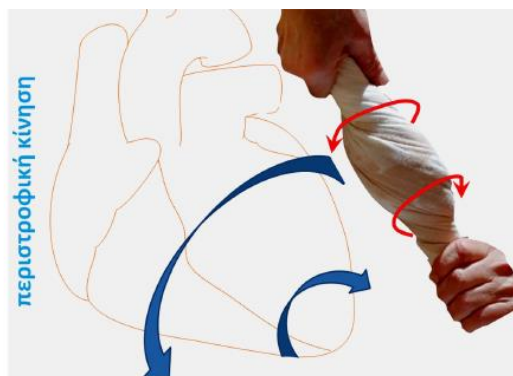
Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Κατά τη μηχανική λειτουργία της καρδιάς ο δεξιός κόλπος υποδέχεται διαμέσου των φλεβών το προερχόμενο από όλα τα μέρη του σώματος αίμα, προωδώντας το πρώτα στη δεξιά κοιλία και κατόπιν, έχοντας σαν στόχο την οξυγόνωσή του, στην πνευμονική κυκλοφορία. Το πλούσιο σε ποσότητες οξυγόνου αίμα με τη σειρά του προωθείται από τους πνεύμονες στον αριστερό κόλπο και από κει στην αριστερή κοιλία, το πιο ισχυρό και σημαντικό τμήμα του μυοκαρδίου, ενώ με της συστολή της τελευταίας και μέσω της αορτής και των μεγάλων αρτηριών μεταβιβάζεται σε ολόκληρο το σώμα, **(Εικόνα 21)**.



Εικόνα 21: Η δράση της καρδιάς (Αρδίτσης και συν., 2010)

Η ροή του αίματος ξεκινά από τους κόλπους και κατευθύνεται αρχικά προς τον χώρο εισόδου των κοιλιών και κατόπιν προς την κορυφή. Κατά τη συστολή των κοιλιών η περιστροφική κίνηση της κορυφής σε συνδυασμό με τη βράχυνση οδηγεί το αίμα προς τα μεγάλα αγγεία και το χώρο εξόδου, (Κωλέττης, 2015), ενώ μετά ακολουθεί η διαστολή των κοιλιών και ταυτόχρονη χαλάρωση και διεύρυνσή τους .



Εικόνα 22: Η παραγόμενη περιστροφή της καρδιάς από την αντίστροφη κίνηση βάσης και κορυφής (βέλη), (Κωλέττης, 2015)

Όταν η πίεση μέσα στα μεγάλα αγγεία γίνει μεγαλύτερη από την πίεση στις κοιλίες, τότε οι μηννοειδείς βαλβίδες κλείνουν, ενώ ακολουθεί η μείωση της πίεσης των κοιλιών έως ότου φτάσει σε επίπεδα χαμηλότερα και από την αντίστοιχη των κόλπων οπότε ανοίγουν οι κόλπο-κοιλιακές βαλβίδες και το αίμα που βρίσκεται μέσα στους κόλπους ρέει προς τις κοιλίες, οι οποίες γεμίζουν και πάλι (καρδιακός κύκλος).

Κατά το κλείσιμο των βαλβίδων της καρδιάς παράγεται ο λεγόμενος καρδιακός τόνος, που περιγράφονται ακουστικά σαν lub dub lub dub. Φυσιολογικά ακούγονται δύο καρδιακοί τόνοι: ο πρώτος τόνος (S₁), παράγεται καθώς συγκλείνουν η μιτροειδής και η τριγλώχιν βαλβίδα (κολποκοιλιακές βαλβίδες) που κλείνουν σχεδόν ταυτόχρονα, ενώ και



ο δεύτερος τόνος (S_2), κατά τη σύγκλειση πνευμονικής και αορτικής βαλβίδας (μηνοειδείς βαλβίδες), οι οποίες κλείνουν επίσης σχεδόν ταυτόχρονα. Σημειώνεται ότι σε φυσιολογική λειτουργία της καρδιάς η διάνοιξη των καρδιακών βαλβίδων δεν ακούγεται.

Ο τρόπος που προσαρμόζεται η καρδιά σε περίπτωση αυξημένης ανάγκης όπως η άσκηση πραγματοποιείται τόσο με τον αντανakλαστικό έλεγχο της έντασης της καρδιακής συστολής από το αυτόνομο νευρικό σύστημα (Α.Ν.Σ.) και τον αντανakλαστικό έλεγχο της καρδιακής συχνότητας όσο και με την ενδογενή αυτορρύθμιση της λειτουργίας της καρδιάς ως αντλία, (Αιγυπτιάδου και συν., 2016). Σ' έναν υγιή οργανισμό η καρδιά είναι αυτή που προωθεί το αίμα που ο ίδιος της επιστρέφει καθώς το κυκλοφορικό σύστημα αποτελεί ένα κλειστό χωρίς απώλειες κύκλωμα προσαρμοζόμενο πάντα στις ανάγκες των ιστών που τροφοδοτεί. Κατά τη διάρκεια για παράδειγμα του ύπνου η υπολειτουργία των ιστών απαιτεί λιγότερο οξυγονωμένο αίμα καθώς το φλεβικό αίμα που επιστρέφει από αυτούς στην καρδιά είναι λιγότερο, οπότε και η καρδιά τους στέλνει λιγότερο αίμα. Αντίθετα, στην περίπτωση της έντονης σωματικής άσκησης λόγω υπερλειτουργίας, οι ιστοί απαιτούν περισσότερο οξυγόνο στο αίμα, με συνέπεια το φλεβικό αίμα που επιστρέφει από αυτούς στην καρδιά είναι περισσότερο, οπότε και το αντίστοιχο αρτηριακό αίμα που επιστρέφει η καρδιά είναι περισσότερο. Η ικανότητα της καρδιάς να προσαρμόζεται στις μεταβολές του όγκου του αίματος βασίζεται στο λεγόμενο νόμο Frank-Starling, κατά τον οποίο όσο μεγαλύτερη καρδιακή πλήρωση σημειώνεται κατά τη διάρκεια μιας διαστολής, τόσο πιο μεγάλη ποσότητα αίματος θα οδηγηθεί προς την αορτή, γεγονός που σημαίνει ότι το επιπλέον φλεβικό αίμα των ιστών δεν θα λιμνάσει στις φλέβες. Ο λόγος ύπαρξης του νόμου αυτού είναι η κατασκευή και οι ιδιότητες του μυοκαρδίου, καθώς το μυοκάρδιο μπορεί κατά τη διαστολή να διαταθεί περισσότερο από το κανονικό, έτσι ώστε να χωρέσει το επιπλέον αίμα στην καρδιά. Μεγαλύτερη διάταση του μυοκαρδίου, συνεπάγεται μεγαλύτερη απαίτηση δύναμη για να υλοποιηθεί η συστολή, ώστε να καταστεί ικανό να απομακρύνει την ποσότητα του αίματος. Ο νόμος βέβαια αυτός ισχύει για ένα ανώτερο όριο πάνω από το οποίο παύει πλέον να ισχύει.

B.2_Αθλητική Καρδιά

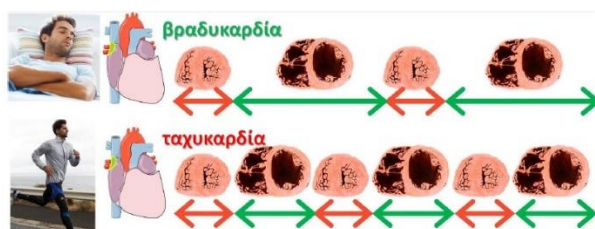
Για περισσότερο από έναν αιώνα, (Maron and Pelliccia 2006:1633) αποτέλεσε πρόκληση για τους ερευνητές και τους κλινικούς ιατρούς η κατανόηση των επιπτώσεων της έντονης σωματικής άσκησης στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών. Η υποψία ότι η άδληση προκαλεί μορφολογικές και λειτουργικές προσαρμογές στην καρδιά έχει τις ρίζες της πολύ πίσω στο χρόνο και πλέον αποτελεί κοινή επιστημονική πεποίθηση (Ραφαϊλάκης και συν., 2015).

Η αθλητική καρδιά, που πρώτος το 1899 ο Σουηδός γιατρός Henschen υιοθέτησε σαν όρο παρατηρώντας ότι η έντονη φυσική άσκηση είναι δυνατόν να οδηγήσει σε μορφολογική αύξηση του μεγέθους της καρδιάς, θεωρείται σαν ένα σύνολο προσαρμογών του



μυοκαρδίου σε συνθήκες άσκησης (λειτουργικών και δομικών), οι οποίες είναι ανάλογες της διάρκειας της έντασης αλλά και του τύπου της άσκησης, (Pluim et al., 2000:336-344;Fagard, 2003:1455-1461;Limongelli et al., 2006:113-119). Αν και η διαφοροποίηση αυτή του μεγέθους προέρχεται τόσο από τη διάταση όσο και την υπερτροφία και είναι δυνατόν να επηρεάσει τις δύο κοιλίες, δεν επιφέρει αλλαγές που να ξεπερνούν τα επιθυμητά και φυσιολογικά όρια που υπάρχουν για την καρδιά κατά τη διάρκεια της άσκησης (Darling, 1899).

Μελετώντας τις αντιδράσεις των μαραθωνοδρόμων και συγκεκριμένα τη διακύμανση των περιφερικών σφίξεων, διαπιστώθηκε η ύπαρξη φλεβοκομβικής βραδυκαρδίας κατά την ανάπαυση των δρομέων αυτών, (White, 1942), ενώ μετά την πρώτη υπερηχοκαρδιογραφική προσέγγιση ο Morganroth και οι συνεργάτες του διαπίστωσαν την ύπαρξη συγκεντρικής υπερτροφίας στους αθλητές στατικών αγωνισμάτων σε σχέση με τη διάταση των αριστερών καρδιακών κοιλοτήτων αθλητών των δυναμικών αθλημάτων. Τα παραπάνω συμπεράσματα επιβεβαιώθηκαν με την ένταξη στην ιατρική των απεικονιστικών τεχνικών (ακτινογραφική απεικόνιση), αναδεικνύοντας παράλληλα μεγέθυνση της καρδιακής σιλουέτας στους αθλητές (Reindell et al., 1960;Roskamm et al., 1961;Bulychev et al., 1965), ενώ παρατηρήθηκαν τόσο βραδυκαρδίες όσο και ταχυαρρυθμίες σε υγιείς αθλητές, κατά τη διάρκεια έντονης προπόνησης, γεγονός που οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η αυξημένη καρδιακή συχνότητα επηρεάζει δραστικά την στεφανιαία ροή, καθώς βραχύνει την διαστολική περίοδο (**Εικόνα 23**), (Κωλέττης, 2015: 164).



Εικόνα 23: Η αυξημένη καρδιακή συχνότητα μειώνει την στεφανιαία ροή, λόγω βράχυνσης της διαστολικής περιόδου (Κωλέττης, 2015:164)

Πλέον, θεωρείται δεδομένο ότι η έντονη σωματική δραστηριότητα είναι δυνατόν να προκαλέσει διαφοροποιήσεις στην μυοκαρδιακή λειτουργία και δομή, ενώ πληθώρα ιατρών θεωρούν την παρουσία υπερτροφίας του μυοκαρδίου στους αθλητές ως μια μορφή παθολογίας της καρδιάς, ενισχύοντας με αυτόν τον τρόπο την έννοια του συνδρόμου της αθλητικής καρδιάς.

Σύμφωνα με τον καθηγητή Κρεμαστινό (2010), η καθημερινή άσκηση του ανθρώπου σε φυσιολογικά επίπεδα σχετίζεται άμεσα με τη φυσιολογική λειτουργία όλων των οργάνων και πρωτίστως με τη λειτουργία της καρδιάς. Παρόλα αυτά ο προσδιορισμός του είδους, της έντασης και του χρόνου της άσκησης αποτελεί βασικό κριτήριο για τη φυσιολογική λειτουργία της καρδιάς του κάθε ατόμου. Το είδος της αθλητικής καταπόνησης καθορίζει



τις αιμοδυναμικές συνθήκες, με αποτέλεσμα να υπάρχουν δύο μορφές άσκησης α) η ισοτονική, όπου παρατηρείται συνεχής αύξηση της καρδιακής παροχής όπως π.χ. κατά το τρέξιμο μεγάλων αποστάσεων, τη ποδηλασία, την κωπηλασία και τη κολύμβηση και β) η ισομετρική ή άσκηση δύναμης που περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως η άρση βαρών, ο στίβος κ.ά) όπου η παροχή της καρδιάς είναι φυσιολογική ή ελαφρώς αυξημένη. Αθλήματα όπως η καλαθοσφαίριση και το ποδόσφαιρο έχει αποδειχθεί ότι περιλαμβάνουν στοιχεία και από τις δύο παραπάνω κατηγορίες. Η έντονη καταπόνηση (στρες) λόγω της παρατεταμένης προσπάθειας που δέχεται η καρδιά όσο και οι μύες των αθλητών έχει σαν συνέπεια να αυξάνονται τόσο η πηκτικότητα του αίματος όσο και τα εκείνα τα ένζυμα που έχουν άμεση σχέση με τη φλεγμονή του μυοκαρδίου ή την νέκρωσή αυτού, ενώ είναι δυνατόν να προκαλέσει διαφοροποιήσεις στην καρδιακή δομή, όπως τη λεγόμενη υπερτροφία (Τσούγκος και συν., 2012). Κατά την άσκηση υπάρχει μια άμεση σχέση μεταξύ της έντασης αυτής και της ανάγκης του σώματος για οξυγόνο. Η απαίτηση αυτή του οργανισμού σε οξυγόνο ικανοποιείται μέσω της αύξησης της πνευμονικής πρόσληψης οξυγόνου (VO_2).

Για την ποσοτικοποίηση της σχέσης μεταξύ της καρδιακής παροχής (Cardiac Output (CO), του όγκου δηλαδή του αίματος που εξωθεί η καρδιά κάθε λεπτό, και της VO_2 χρησιμοποιείται η εξίσωση Fick:

$$CO \text{ (L/min)} = \frac{VO_2 \text{ (mL/min)}}{CaO_2 - CVO_2 \text{ (mL/L)}} \text{ (Άμεση μέθοδος Fick), όπου:}$$

CO: καρδιακή παροχή

VO_2 : πρόσληψη ή κατανάλωση οξυγόνου

$CaO_2 - CVO_2$: αρτηριοφλεβική διαφορά της περιεκτικότητας του αίματος σε οξυγόνο.

B.2.1_ Ατμοσφαιρική Ρύπανση και Καρδιαγγειακό Σύστημα

Από τον 5ο αιώνα π.Χ., η επίδραση της διατροφής στον αθλητισμό υπήρξε κυρίαρχο θέμα, με τον Ηρόδοτο πρώτο απ' όλους να υποστηρίζει τα οφέλη της διατροφής στην προπόνηση. Στην αντίπερα όχθη, η επίδραση του περιβάλλοντος στον αθλητισμό αποτέλεσε μια σχετικά πιο πρόσφατη εκτίμηση που δυστυχώς συχνά παραβλέπεται, παρόλο που οι περιβαλλοντικές επιρροές μπορεί να έχουν τεράστιο αντίκτυπο στην απόδοση και την ασφάλεια.

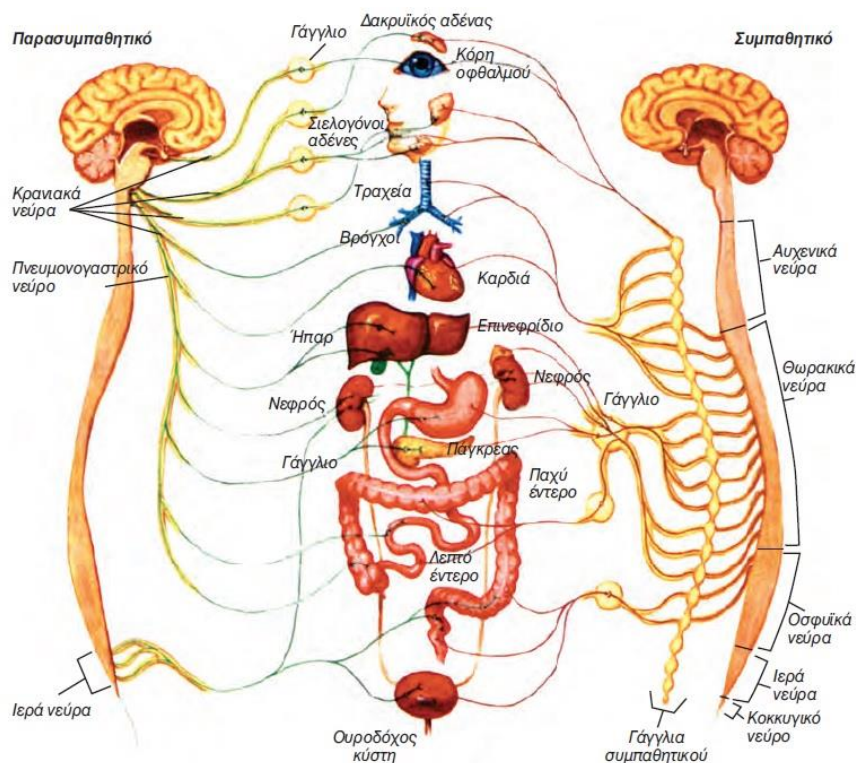
Έχει αποδειχθεί ότι το περιβάλλον που ζει και αθλείται ο άνθρωπος είναι δυνατόν να επηρεάσει τη λειτουργία του οργανισμού του και κατά συνέπεια και το καρδιαγγειακό του σύστημα. Σύμφωνα με τους Αθανασίου και συν., (2018), ο τρόπος με τον οποίο η ατμοσφαιρική ρύπανση επιδρά στο καρδιαγγειακό σύστημα εξαρτάται από ποικίλους μηχανισμούς όπως η πρόκληση συστηματικής φλεγμονής ή και οξειδωτικού στρες, η διαταραχή του αυτόνομου νευρικού συστήματος (Α.Ν.Σ.) (Εικόνα 24) και η απευθείας



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

είσοδος ρύπων στη συστηματική κυκλοφορία (**Εικόνα 25**). Το μέγεθος των σωματιδίων που εισπνέονται και το είδος τους, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το ποσοστό της επίδρασής τους στην ανθρώπινη υγεία, καθώς επηρεάζουν το ενδοθήλιο των αγγείων, προκαλώντας πρόωμη εκδήλωση αθηρογόνου διεργασίας, την κύρια αιτία καρδιαγγειακών παθήσεων. Παράλληλα, η ενδοθηλιακή δυσλειτουργία, το οξειδωτικό στρες και η αθηροσκλήρωση είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε υπέρταση, αθηρωμάτωση και αποφρακτικά ή εμβολικά φαινόμενα στα αγγεία, (Brook et al., 2002·Σκλάβου και συν., 2014). Η κύρια οδός (Sharman et al., 2004:638), με την οποία η σωματιδιακή ατμοσφαιρική ρύπανση αυξάνει τον κίνδυνο για καρδιαγγειακές παθήσεις είναι η αύξηση της αθηροσκλήρωσης (Penn and Snyder, 1996;Penn and Snyder 1996;Suwa et al., 2002). Η αιτία που προκαλεί την αθηροσκλήρωση είναι πολυπαραγοντική, πηγάζει από την τοξική προσβολή του ενδοθηλίου και σχετίζεται τόσο με τη χρόνια φλεγμονή όσο και με την υψηλή κυκλοφορία συγκεντρωμένων μεταβολιτών ενδεικτικό στοιχείο του οξειδωτικού στρες (Lusis 2000).

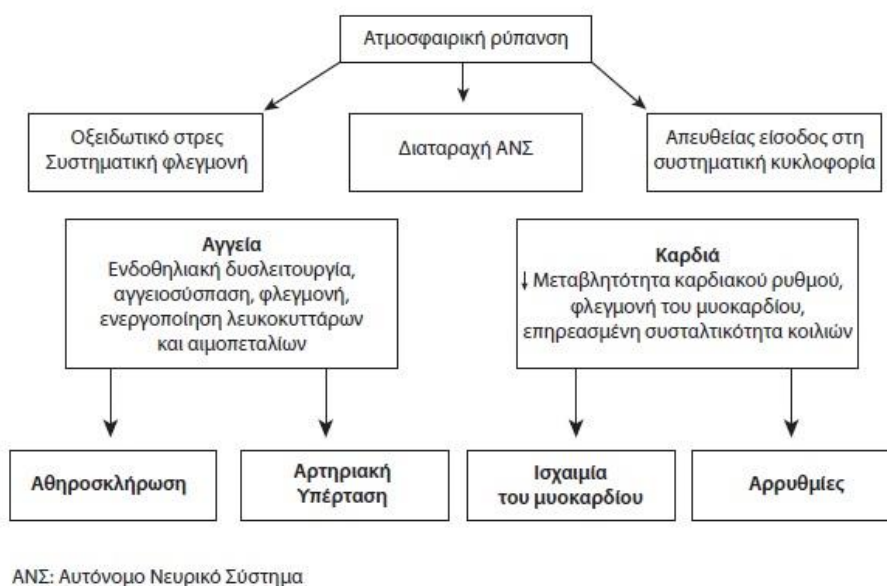


Εικόνα 24:Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα (Καστορίνης και συν., 2017)



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



Εικόνα 25: Μηχανισμοί μέσω των οποίων η ατμοσφαιρική ρύπανση επιδρά στο καρδιαγγειακό σύστημα
(Αθανασίου και συν., 2018)

Με βάση μελέτες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.) υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλεί διπλάσιους θανάτους που οφείλονται σε καρδιαγγειακά θέματα σε σχέση με εκείνους από αναπνευστικές παθήσεις (Lelieveld et al., 2019: 1590-1596). Στο αστικό περιβάλλον (Giorgini et al., 2016:85), η ατμοσφαιρική ρύπανση περιλαμβάνει ένα μίγμα χημικών ουσιών, συμπεριλαμβανομένων του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), του όζοντος (O₃), των οξειδίων του Αζώτου (NO_x), του διοξειδίου του θείου (SO₂) βαρέων μετάλλων, αλδεϋδών και πτητικών οργανικών ενώσεων. Μελέτες έχουν δείξει τις μειωμένες αντιοξειδωτικές άμυνες και τους αυξημένους δείκτες οξειδωτικής βλάβης στο πλάσμα και τα ενδοθηλιακά κύτταρα μετά από έκθεση σε συστατικά της αυτοκινητιστικής ρύπανσης όπως το διοξείδιο του αζώτου και το μονοξείδιο του άνθρακα (Halliwell et al., 1992; Thom et al., 1997; Thom et al., 1999; Thom et al., 2000; Sharman et al., 2004). Η ανώμαλη αυτή λειτουργία των ενδοθηλιακών κυττάρων έχει άμεση σχέση με την αθηρογένεση πιθανώς λόγω της μειωμένης βιοδιαθεσιμότητας του μονοξειδίου του αζώτου που οδηγεί στην αγγειοσυστολή και στον πολλαπλασιασμό των λείων μυικών κυττάρων και σε δρομωτικές διεργασίες (Celermajer, 1997; Sharman et al., 2004). Από τα παραπάνω τα Α.Σ. και το όζον μπορούν να έχουν διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα από μερικές μέρες έως και βδομάδες κάτι που σημαίνει ότι είναι δυνατόν να επηρεάζουν αρνητικά την υγεία. Αντίθετα, οι ρύποι που σχετίζονται με την κυκλοφορία έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα επηρεάζοντας και αυτοί την υγεία σε μικρότερη κλίμακα. Αναφορικά με τις μακροπρόθεσμες επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία, μελέτες έδειξαν ότι εντός του αστικού ιστού έχει παρατηρηθεί ότι αύξηση των αιωρούμενων σωματιδίων κατά 10mg/m³ είναι δυνατόν να προκαλέσει αύξηση του



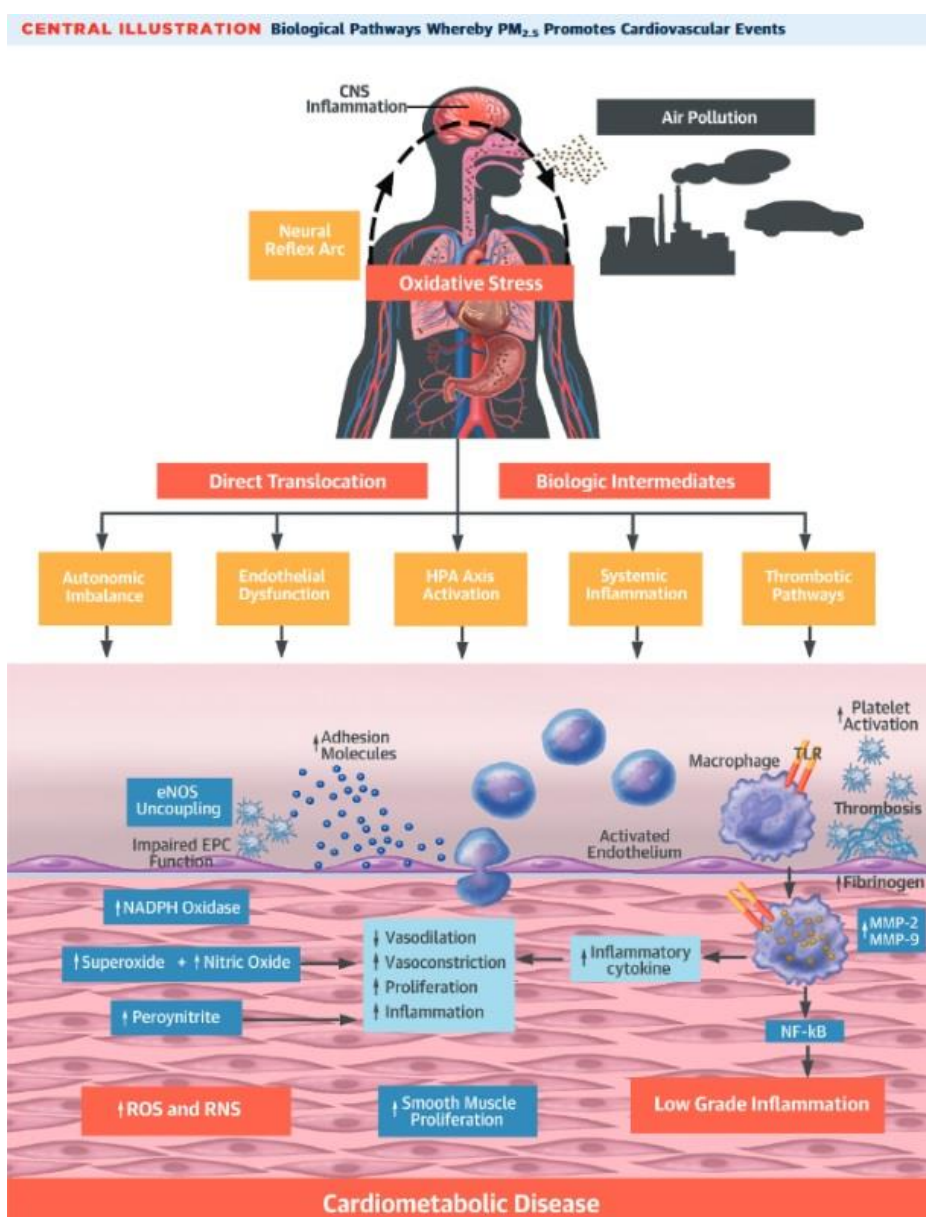
Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

ποσοστού της ολικής θνησιμότητας, της θνησιμότητας από καρδιαγγειακά δέματα και της θνησιμότητας από καρκίνο, (Pope et al., 2004;WHO, 2011).

Το όξον είναι γνωστό ότι αυξάνει τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων όπως η αρρυθμία, το έμφραγμα του μυοκαρδίου και η καρδιακή δυσλειτουργία. Πιθανοί μηχανισμοί που συνηγορούν σε αυτό είναι οι φλεγμονές, η ενδοθηλιακή δυσλειτουργία, το οξειδωτικό στρες και γενικά παρεμβολές στο Α.Ν.Σ. (Srebot et al., 2009).

Τα εξαιρετικά λεπτά σωματίδια (UFPs) από την άλλη μετατοπίζονται στην ανθρωπίνη κυκλοφορία αμέσως μετά την εισπνοή, γεγονός που εξηγεί τον τρόπο και την οδό με την οποία μπορούν οι τοξικοί ρύποι να επηρεάσουν συστηματικά το αίμα, τα αγγεία και τα όργανα όπως η καρδιά.



Εικόνα 26:Βιολογικά μονοπάτια Α.Σ. 2.5 που προάγουν Καρδιαγγειακές παθήσεις (Rajagopalan et al., 2018:2060)



Ο κίνδυνος εμφάνισης **ισχαιμίας του μυοκαρδίου** είναι δυνατόν να μεγαλώσει με την έκθεση σε υψηλές τιμές συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων (Αθανασίου και συν., 2018), ενώ παράλληλα τόσο η βραχυχρόνια έκθεση όσο και η μακροχρόνια έκθεση σε συγκεντρώσεις Α.Σ.2,5 είναι πιθανόν να προκαλέσουν αντίστοιχα κίνδυνο εμφάνισης οξέων στεφανιαίων συνδρόμων (Ο.Σ.Σ.), προκαλώντας στους ασθενείς με στεφανιαία νόσο, μεταβολή της σταθερότητας της αθηρωματικής πλάκας και ρήξη της αθηρωματικής πλάκας αν λαμβάνει χώρα εντός μιας ώρα από την έκθεση στα αιωρούμενα σωματίδια. Όσο αφορά στον παθοφυσιολογικό μηχανισμό η προκαλούμενη ενδοθηλιακή δυσλειτουργία, η αγγειοσύσπαση και η αρτηριακή υπέρταση είναι δυνατόν να προκαλέσουν Ο.Σ.Σ. (Brook, 2008; Simkhovich et al., 2008).

Σε άτομα με στεφανιαία νόσο (Giles and Koehle, 2013), η οξεία έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια και μονοξείδιο του άνθρακα προκαλεί **μυοκαρδιακή ισχαιμία** και μειώνει το χρόνο έναρξης της **στηθάγχης**. Η επίδραση του μονοξειδίου του άνθρακα στην ισχαιμία του μυοκαρδίου σχετίζεται με την **υποξία** (Allred et al., 1991:89-132), ενώ εξαιτίας των αιωρούμενων σωματιδίων προκαλείται **ενδοθηλιακή δυσλειτουργία, διαταραχή του αυτόνομου νευρικού συστήματος και δρομβογένεση** (Brook et al., 2010). Πληθώρα μελετών σε ευρείες πληθυσμιακές ομάδες (υγιείς, αθλητές, αλλά και σε άτομα με καρδιακές νόσους) έχει δείξει ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση αυξάνει **το οξειδωτικό στρες**, γεγονός που οδηγεί σε βλάβες των αιμοφόρων αγγείων, αυξάνοντας παράλληλα και τον κίνδυνο εμφάνισης **διαβήτη, αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου, απορρύθμισης της καρδιακής ανεπάρκειας, εμφράγματος του μυοκαρδίου και υψηλής αρτηριακής πίεσης**.

B.2.2_Καρδιαγγειακές συνέπειες της άσκησης σε ρυπασμένο περιβάλλον.

Η παρατεταμένη έκθεση σε αυξημένα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Whyte and Harries, 2005:67-70) συνδέεται ευρέως με την επιδείνωση επεισοδίων της αναπνευστικής νόσου και με θανάτους που προέρχονται από λοιμώξεις του αναπνευστικού και του καρδιαγγειακού συστήματος, ενώ είναι έκδηλη πλέον και η αλληλεπίδραση μεταξύ ατμοσφαιρικής ρύπανσης, άσκησης και καρδιαγγειακών κινδύνων (Sharman, 2004:641). Η συστηματική φλεγμονή παίζει βασικό ρόλο στο πώς η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει το καρδιαγγειακό σύστημα.

Φυσιολογικές αντιδράσεις του ανθρώπινου οργανισμού όπως η αύξηση του πνευμονικού αερισμού λόγω της βαθιάς και γρήγορης αναπνοής κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι δυνατόν να αυξήσουν τους κινδύνους και τις επιδράσεις των ρύπων στην υγεία των αθλούμενων σε ρυπασμένο περιβάλλον ακόμα κι αν οι εξωτερικές συγκεντρώσεις μένουν σταθερές (Geiser and Kreyling, 2010). Μελέτες που συνέκριναν τον επιπολασμό των παθήσεων του καρδιαγγειακού συστήματος σε βιομηχανικές περιοχές σε σχέση με



αγροτικές έδειξαν ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση επιδρά στο κυκλοφορικό σύστημα με αύξηση των **επεισόδων στηθάγχης**, των περιστατικών **εμφράγματος του μυοκαρδίου** αλλά και **καρδιακές αρρυθμίες** (Santangelo, et al., 2012: 702-705), ενώ από άλλες μελέτες σε αστικές περιοχές εντοπίστηκε αυξημένος επιπολασμός της **υπέρτασης** σε σχέση με τις αντίστοιχες αγροτικές, και συσχέτιση μεταξύ της ύπαρξης αυξημένων ποσοστών Α.Σ.10 και των **φαινομένων συστολικής αρτηριακής πίεσης** (Chiarelli et al., 2011: 650-655).

Ο αντίκτυπος της ρύπανσης της ατμόσφαιρας στην υγεία των αθλούμενων λόγω των υψηλών ποσοστών αερισμού που χρειάζεται ο οργανισμός τους κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι ιδιαίτερα μεγάλος καθώς η αύξηση της παροχής ρύπων στους πνεύμονες είναι πιθανόν να επιφέρει συνδυαστικά με άλλες αντιδράσεις, παρενέργειες και στην φυσιολογία της καρδιάς, με ιδιαίτερες μάλιστα συνέπειες στους αθλητές που αγωνίζονται σε υψηλό επίπεδο καθώς οι επιπτώσεις αυτές ενισχύονται. Έχει παρατηρηθεί (Cakmak et al., 2011:1309) ότι οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία των αθλητών αφορούν κυρίως στη **στένωση του βρογχικού αεραγωγού**, στη **μειωμένη διάχυση των αερίων στους πνεύμονες**, στη **μειωμένη αρτηριακή οξυγόνωση**, σε **αλλοιώσεις Α.Ν.Σ.**, σε **καρδιακή ισχαιμία**, **αυξημένο ιξώδες αίματος** και **μειωμένη αγγειορύθμιση των αιμοφόρων αγγείων** μετά από έκθεση σε O₃ (Foster et al., 2000; Timonen et al., 2002; Brook et al., 2004; Pietropaoli et al., 2004; DeMeo et al., 2004; Lanki et al., 2008), (**Εικόνα 27**).

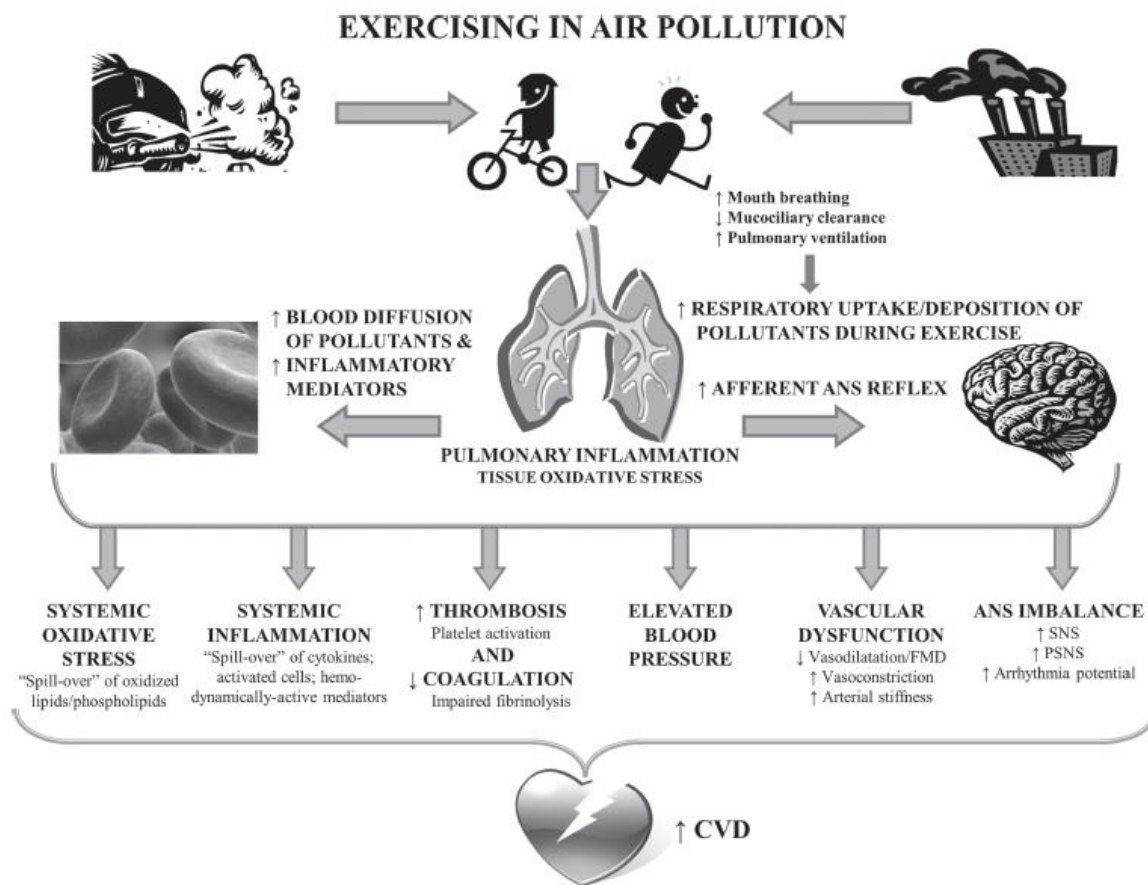
Σύμφωνα με τους Giorgini et al., (2016), παρόλο που η τακτική αερόβια άσκηση βελτιώνει τη συνολική ανθρώπινη υγεία, μια τέτοιου είδους άσκηση απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και θα πρέπει να γίνεται σε όσο το δυνατόν λιγότερο ρυπασμένο περιβάλλον, καθώς η έντονη και επίπονη άσκηση σε τέτοια περιβάλλοντα και η απαίτηση του οργανισμού για περισσότερο οξυγόνο κατά την άδληση, είναι πιθανόν να προκαλέσει μείωση της κάθαρσης της ρινικής βλεννογόνου, ενώ από την άλλη η αύξηση της αναπνοής από τη ρινική έως τη στοματική κοιλότητα είναι πιθανόν να επιφέρει αύξηση της εναπόθεσης των ρύπων μέσα στους πνεύμονες. Με άλλα λόγια, η βαθιά και γρήγορη αναπνοή κατά την διάρκεια της άσκησης, που προκαλεί σημαντική αύξηση του πνευμονικού αερισμού, ενισχύει τη διάδοση των τοξικών ουσιών, που κυκλοφορούν στο αίμα, και είναι δυνατόν να επιφέρει επιβλαβείς συνέπειες στον καρδιαγγειακό σύστημα του αθλητή, και να οδηγήσει τόσο στην αύξηση του οξειδωτικού στρες όσο και σε διαφόρων ειδών φλεγμονές, περιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο τα καρδιαγγειακά οφέλη που επιφέρει η άσκηση στον άνθρωπο. Σύμφωνα με τους Sharman et al., (2004), η άσκηση σε ρυπασμένο περιβάλλον είναι πιθανόν να προκαλέσει αύξηση των καρδιαγγειακών ασθενειών στους αθλούμενους ακόμα κι αν η άσκηση αυτή συνοδεύεται από χαμηλής έντασης δραστηριότητα καθώς απαιτεί σημαντική αύξηση του πνευμονικού αερισμού και



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

μεγάλη ικανότητα διάχυσης, πράγμα που οδηγεί σε ταυτόχρονη αύξηση και της συγκέντρωσης των εισπνεόμενων σωματιδίων.



Εικόνα 27:Βιολογικά Μονοπάτια που συνδέουν την ατμοσφαιρική ρύπανση, την άσκηση και τις καρδιαγγειακές παθήσεις (Giordini et al., 2016:90)

Πιο συγκεκριμένα, σε υπομέγιστα επίπεδα άσκησης, (σε ισχύ εξόδου του περίπου 100 W ή αερισμός περίπου 35 L /min), η αναπνοή αλλάζει από κυρίως ρινική σε κυρίως εκ του στόματος (Niinimaa et al., 1980). Αυτή η μετάβαση αναγκάζει το ρινικό σύστημα διήθησης να παρακαμφθεί, αυξάνοντας ενδεχομένως τη δόση των ρύπων κάτι που έχει σαν αποτέλεσμα την επιβάρυνση του οργανισμού του αθλητή εξαιτίας των τοξικών ουσιών. Κατά την άσκηση, παρατηρείται αύξηση του λεπτού αερισμού (VE), ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται και η αναλογία σε εξαιρετικά λεπτά σωματίδια, που εναποδέτονται στους αεραγωγούς και τα οποία δεν εκπνέονται, με αποτέλεσμα το αυξημένο κλάσμα εναπόδεσης και λεπτού αερισμού να αυξήσει συνολικά σε 3-4,5 φορές το συνολικό αριθμό σωματιδίων στους αεραγωγούς στην περίπτωση μιας χαλαρής άσκησης, ενώ 6-10 φορές αντίστοιχα κατά την διάρκεια μιας άσκησης με υψηλή ένταση. Παράλληλα, η εισπνοή των αιωρούμενων σωματιδίων κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι δυνατόν να αυξήσει την αρτηριακή πίεση, και να βλάψει την αγγειακή λειτουργία επηρεάζοντας παράλληλα και την λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος.



Σύμφωνα με τους Giorgini et al., (2016), έχουν παρατηρηθεί φλεγμονώδεις αποκρίσεις στους αεραγωγούς των υγιών αθλητών μετά από οξεία έκθεση σε O_3 κατά τη διάρκεια μέτριας άσκησης. Ανάλογα μοτίβα έχουν αναφερθεί μετά από αρκετές ώρες έκθεσης σε πολύ χαμηλά επίπεδα O_3 , σε αστικές κυρίως περιοχές. Το NO_2 και η έκθεση σε Α.Σ. κατά τη διάρκεια διαλειματικής άσκησης προκαλεί αύξηση των φλεγμονωδών δεικτών στο υγρό βρογχοκυψελιδικής εκπλύσης. Επιπλέον, η υψηλή εισπνοή Α.Σ. κατά τη διάρκεια της άσκησης προκαλεί αλλαγές στα κυψελικά επίπεδα του εκπνεόμενου NO , δείκτη οξειδωτικού στρες των αεραγωγών. Οι οξείες περίοδοι άσκησης είναι γνωστοί υποκινητές οξειδωτικού στρες και φλεγμονώδους κατάστασης. Παρόλο το γεγονός ότι υπάρχουν ορισμένα στοιχεία που υποδηλώνουν ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να προωθήσει το οξειδωτικό στρες και τη φλεγμονή των αεραγωγών απαιτείται περισσότερη έρευνα για να παρατηρηθεί εάν αυτό στη συνέχεια οδηγεί σε συστηματική φλεγμονώδη αντίδραση.

Η έκθεση σε σωματίδια της υπερτραφίνης κατά τη διάρκεια της άσκησης προκαλεί βλάβη στο οξειδωτικό DNA, και καμία αντισταθμιστική επισκευή DNA μεταξύ υγιών ατόμων. Πρόσφατες επιτόπιες μελέτες, μεταξύ ατόμων με κοινά χαρακτηριστικά, έδειξαν ότι η αερόβια άσκηση σε αστικές περιοχές με ατμοσφαιρική ρύπανση αυξάνει τα κυκλοφορούντα φλεγμονώδη κύτταρα, ωστόσο, τα εργαστηριακά πειράματα απέτυχαν να βρουν συσχέτιση μεταξύ φλεγμονής και έκθεσης σε έκθεση σε ντιζελ (Diesel Exposure-DE) σε υγιή άτομα και CAD.

Όσο αφορά το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), αυτό είναι ένα άχρωμο, άοσμο τοξικό αέριο που προκαλεί υποξία με διαφορετικούς μηχανισμούς όπως:

- α. Μέσα από το σχηματισμό καρβοαιμοσφαιρίνης (COHb) με συγγένεια 200 φορές μεγαλύτερη από το οξυγόνο,
- β. Μειώνοντας την παροχή οξυγόνου στους ιστούς
- γ. Αναστέλλοντας τη δράση των ενζύμων οξειδάσης κυτοχρώματος

Αξιολογώντας μελέτες που αφορούν στις επιδράσεις του στην ανθρώπινη υγεία κατά τη διάρκεια της άσκησης παρατηρείται συσχέτιση μεταξύ έκθεσης σε CO και αύξησης του καρδιακού ρυθμού (heart rate HR) κατά τη διάρκεια υπομέγιστης άσκησης σε υγιείς αθλούμενους (Pirnay et al., 1971:573-575; Ekblom and Huot, 1972:474-482; Vogel and Gleser, 1972:234-239). Αύξηση του καρδιακού παλμού επιτρέπει την αύξηση της καρδιακής παροχής, η οποία αντισταθμίζει τη μείωση της φέρουσας δύναμης του οξυγόνου στο αίμα. Έχει παρατηρηθεί αύξηση του καρδιακού παλμού κατά την εισπνοή CO (Vogel and Gleser, 1972:234-239), αλλά και COHb κατά τη διάρκεια της μέγιστης άσκησης, ενώ σύμφωνα με τους Pirnay et al (1971:573-575) κατά τη διάρκεια μέτριας άσκησης διαδρόμου τα αυξανόμενα επίπεδα CO, προκαλούν προοδευτική αύξηση του HR. Σε υγιή άτομα η αύξηση αυτή προέρχεται από τις υποξικές ιδιότητες του CO. Συνολικά, τα παραπάνω δεδομένα υποδηλώνουν ότι η επίδραση του CO στη μέγιστη αερόβια άσκηση οφείλεται σε υποξία των ιστών, που εμφανίζεται μετά και κατά τη διάρκεια της αναπνοής CO (Giorgini



et al., 2016: 86). Εντονη άσκηση σε αστικές περιοχές με αυξημένα επίπεδα ρύπων για 30 λεπτά μπορεί να αυξήσει το επίπεδο COHb 10 φορές περισσότερο, επίπεδα που ισοδυναμούν με αυτά του καπνίσματος. Σύμφωνα με μελέτες διαπιστώνεται ότι οι δρομείς και οι ποδηλάτες παρουσιάζουν στο αίμα 4-6% COHb επίπεδα ανάλογα με των καπνιστών (Gong and Krishnareddy, 1995: 35-42) κάτι που μειώνει την απόδοση τους σε αντοχή (Pribyl and Racca, 1996:232-236). Οι επιδράσεις της αυξημένης καρβοαιμοσφαιρίνης στην απόδοση των αθλητών κατά την διάρκεια της άσκησης έδειξαν σημαντικά χαμηλότερο $VO_{X\max}$, στη διάρκεια αναερόβιας έντασης (anaerobic threshold) και σημαντικά υψηλότερο καρδιακό ρυθμό (VO_2 / καρδιακό ρυθμό) (Hopkins, 1990:96-104; Carlisle and Sharp, 2001:214-222).

Πειραματικές μελέτες έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις του μονοξειδίου το άνθρακα σε αστικές πόλεις και βιομηχανικά περιβάλλοντα είναι επιζήμιες για την αθλητική επίδοση και ενδέχεται να προκαλέσουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία καθώς με το CO στην κυκλοφορία του αίματος, απελευθερώνεται λιγότερο O_2 από την τομογλοβίνη αιμοσφαιρίνης και ως εκ τούτου για αντιστάθμιση, η καρδιά πρέπει να αυξηθεί το καρδιακό έργο και η καρδιακή συχνότητα. Ο όγκος παλμού και η μέγιστη αρτηριοφλεβική διαφορά μειώνονται, με αποτέλεσμα τη μείωση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($VO_{X\max}$) (Ekblom et al., 1975: 71-75). Όσο αφορά τους δρομείς και τους ποδηλάτες που αθλούνται σε αστικές περιοχές με αυξημένη ρύπανση η επίδραση των ρύπων είναι δύσκολο να προβλεφθεί διότι η συγκέντρωση και η κίνηση του CO εξαρτάται από τον άνεμο και τη θερμοκρασία.

Μελέτες μεταξύ υγιών αθλούμενων σε ρυπασμένο περιβάλλον έδειξαν ότι η έκθεση σε CO πριν από μια δοκιμή άσκησης δεν προκαλεί ηλεκτροκαρδιογραφικές ισχαιμικές αλλαγές (Giorgini et al., 2016:91-92).

Τα οξείδια του αζώτου (NO_x) είναι ενώσεις που περιλαμβάνουν το νιτρικό οξύ (NO), το διοξείδιο του αζώτου (NO_2), το τριοξείδιο, το τετροξείδιο και το πεντοξείδιο του N. Οι περισσότερες τοξικολογικές και επιδημιολογικές έρευνες επικεντρώνονται στο NO_2 , λόγω του γεγονότος ότι:

- α. Το NO_2 είναι ένας από τους ρυθμιζόμενους ατμοσφαιρικούς ρύπους για τον οποίο υπάρχουν πρότυπα παγκοσμίως
- β. Το NO από τα καυσαέρια και τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής μετατρέπεται σε μεγάλο βαθμό σε NO_2
- γ. Το NO_2 παίζει πρωταρχικό ρόλο στο σχηματισμό του τροποσφαιρικού όζοντος.

Κατά την διάρκεια της άσκησης η ανθρώπινη έκθεση μπορεί να λάβει χώρα τόσο σε ανοιχτούς όσο και σε κλειστούς χώρους (Leaderer, 1982: 1113-1115; Borland and Higenbottam, 1987: 31-34; Smith et al., 1992:383-385; Karlson-Stiber et al., 1996:451-540; Brook et al., 2004:2657*). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι κατά τη



διάρκεια της άσκησης αρκούν μόνο χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων NO₂ και όζοντος ώστε να προκαλέσουν προβλήματα στους πνεύμονες σε σχέση με αυτά που μπορεί να προέλθουν από υψηλές συγκεντρώσεις των ίδιων χημικών ενώσεων σε κατάσταση ξεκούρασης. Από τα παραπάνω συμπεραίνει κανείς ότι η φυσιολογική αγγειακή ομοιόσταση διακόπτεται από την έκθεση στην ρύπανση με αποτέλεσμα τα αυξημένα ποσοστά θνησιμότητας και υπερβολικής καρδιακής νοσηρότητας λόγω ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Μελέτη που αξιολόγησε το ρόλο των λευκοτριενίων στην ενδοθηλιακή δυσλειτουργία που προκαλείται από Α.Σ. μεταξύ των ανδρών κατά τη διάρκεια άσκησης σε υψηλές όσο και σε χαμηλές συγκεντρώσεις Α.Σ. επιβεβαίωσε την επιβλαβή επίδραση των αιωρούμενων σωματιδίων στη διαστολή των αγγείων. Με άλλα λόγια, η έκθεση σε Α.Σ. κατά την διάρκεια της άσκησης μπορεί να ευνοήσει την αγγειοσυστολή σε υγιή άτομα και να επηρεάσει τις αγγειοδιασταλτικές οδούς.

Παράλληλα, εργαστηριακές μελέτες έχουν αποδείξει ότι τα υψηλά επίπεδα Α.Σ._{2.5} προκαλούν ενεργοποίηση των αιμοπεταλίων μέσω της άσκησης κάτι που δε συμβαίνει κατά τη ξεκούραση, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η άσκηση με αυξημένη ένταση μπορεί να επιδεινώσει την υγεία των αθλούμενων. Από την άλλη μεριά από επιτόπιες έρευνες σε περιοχές του αστικού ιστού με αυξημένες τιμές συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων κατά τη διάρκεια κυκλοφοριακής συμφόρησης, εξάγεται το συμπέρασμα ότι το οξειδωτικό στρες και η βλάβη του DNA αυξάνονται μέσα από την άσκηση.

Τα υπάρχοντα στοιχεία δείχνουν εύλογες βιολογικές οδούς με τις οποίες η έκθεση σε Α.Σ. κατά τη διάρκεια της άσκησης θα μπορούσε να προκαλέσει οξέα καρδιαγγειακά συμβάντα, προωθώντας ή / και επιδεινώνοντας το συστημικό οξειδωτικό στρες και ενεργοποίηση φλεγμονής τόσο σε υγιή άτομα όσο και σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο (CAD). Όσον αφορά τον προδρομωτικό ρόλο της φλεγμονής, οι ερευνητές παρατήρησαν βλάβη στην ενδογενή ινωδόλυση μετά από εισπνοή σωματιδίων κατά τη διάρκεια άσκησης σε υγιείς ενήλικες και άνδρες CAD.

Η συνολική ποσότητα των αιωρούμενων σωματιδίων που εναποτίθενται στους πνεύμονες των ανθρώπων που γυμνάζονται έχει αποδειχθεί ότι σχετίζεται άμεσα με το λεπτό αερισμό, ενώ η εναπόθεση είναι μεγαλύτερη κατά την αργή και βαθύτερη αναπνοή παρά τη γρήγορη και ρηχή αναπνοή (Benett, 1985:1046-1054; Sharman et al., 2004:640-641). Κατά τον McCaffey υπάρχουν τρεις βασικοί λόγοι που καθιστούν τους αθλητές ιδιαίτερα επιρρεπείς στην εισπνοή ρύπων: α. η αναλογική αύξηση της ποσότητας των εισπνεόμενων ρύπων σε σχέση με την αύξηση του λεπτού αερισμού (V_E) κατά τη διάρκεια της άσκησης, β. το αυξημένο κλάσμα εισπνεόμενου αέρα διαμέσου του στόματος κατά τη διάρκεια της άσκησης παρακάμπτοντας τον κανονικό ρινικό μηχανισμό της αναπνοής για τη διήθηση των μεγάλων σωματιδίων και των διαλυτών ατμών και γ. αυξημένη ταχύτητα ροής του αέρα που μεταφέρει τους ρύπους βαθύτερα στην αναπνευστική οδό είναι που θέτουν σε κίνδυνο τους ανθρώπους του ασκούνται σε ρυπασμένο περιβάλλον. Η



χωρητικότητα (capacity) εισπνεόμενων και εκπνεόμενων αερίων και ο σωστός αερισμός των πνευμόνων, η πρόσληψη οξυγόνου από τα ερυθροκύτταρα, η αγγειακική κυκλοφορία του αίματος και η παροχή οξυγόνου στα μιτοχόνδρια με σκοπό την παραγωγή ενέργειας που βοηθούν στην συστολή των μυών, αποτελούν τα βασικά στοιχεία από τα οποία εξαρτάται η ικανότητα των αθλητών για άσκηση. Μελέτες που έγιναν και αφορούν στους χρόνους των τριών πρώτων αθλητριών ηλικίας μεταξύ 8-28 ετών, που τερμάτισαν σε επτά μαραθωνίους των Η.Π.Α., διαπιστώθηκε μείωση της απόδοσής τους που σχετίζεται με την ύπαρξη Α.Σ.₁₀.

Τακτική προπόνηση σε αστικό περιβάλλον με υψηλά επίπεδα UFPs έχει αποδειχθεί ότι αύξησε τον αριθμό των λευκοκυττάρων και των ουδετερόφυλλων σε σύγκριση με την προπόνηση σε αγροτικό περιβάλλον με χαμηλά επίπεδα UFPs (Bos et al., 2013:439-447). Οι Daigle et al., (2003), προσδιόρισαν ότι το συνολικό ποσοστό των Α.Σ._{0.1} που κατατίθενται στην αναπνευστική οδό των ανθρώπων κατά τη διάρκεια μιας μέτριας άσκησης είναι κατά πολύ περισσότερο από όταν αυτό ξεκουράζεται, (Kleinman, 1991). Άλλες μελέτες επιδημιολογικών και ελεγχόμενων εκθέσεων υποστηρίζουν ότι η παρουσία σωματιδιακών ρύπων στο αστικό περιβάλλον μπορεί να προκαλέσει ηλεκτροκαρδιογραφικές διαταραχές όπως μεταβολές του ST σε ευαίσθητους πληθυσμούς (δηλαδή ασθενείς με CAD) κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας.

Στο σχήμα της (**Εικόνα 28**) παρουσιάζεται η αλληλεξάρτηση μεταξύ ατμοσφαιρικής ρύπανσης, άσκησης και καρδιαγγειακού κινδύνου.

Η πίεση που ασκεί το αίμα στο τοίχωμα ενός αιμοφόρου αγγείου και κυρίως των αρτηριών είναι γνωστή με τον όρο αρτηριακή πίεση (Καστορίνης και συν., 2017:50). Η πίεση αυτή του αίματος συνήθως αυξάνεται καθώς μεγαλώνει η ηλικία του ανθρώπου και θεωρείται ένας δείκτης καλής υγείας του ανθρώπινου οργανισμού. Ως αρτηριακή υπέρταση θεωρείται η παθολογική αύξηση της αρτηριακής πίεσης, ενώ αρτηριακή υπόταση αντίστοιχα η παθολογική μείωση της τιμής της. Η υπέρταση θεωρείται ένας από τους πιο σοβαρούς παράγοντες κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία και ιδιαίτερα τη λειτουργία της καρδιάς, του εγκεφάλου και των νεφρών, ενώ αποτελεί παράλληλα και την βασικότερη αιτία ανάπτυξης της καρδιακής ανεπάρκειας και εμφάνισης στεφανιαίας νόσου και αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων, (Σκλάβου και συν., 2014), προσβάλλοντας ιδιαίτερος την καρδιά των αθλητών.

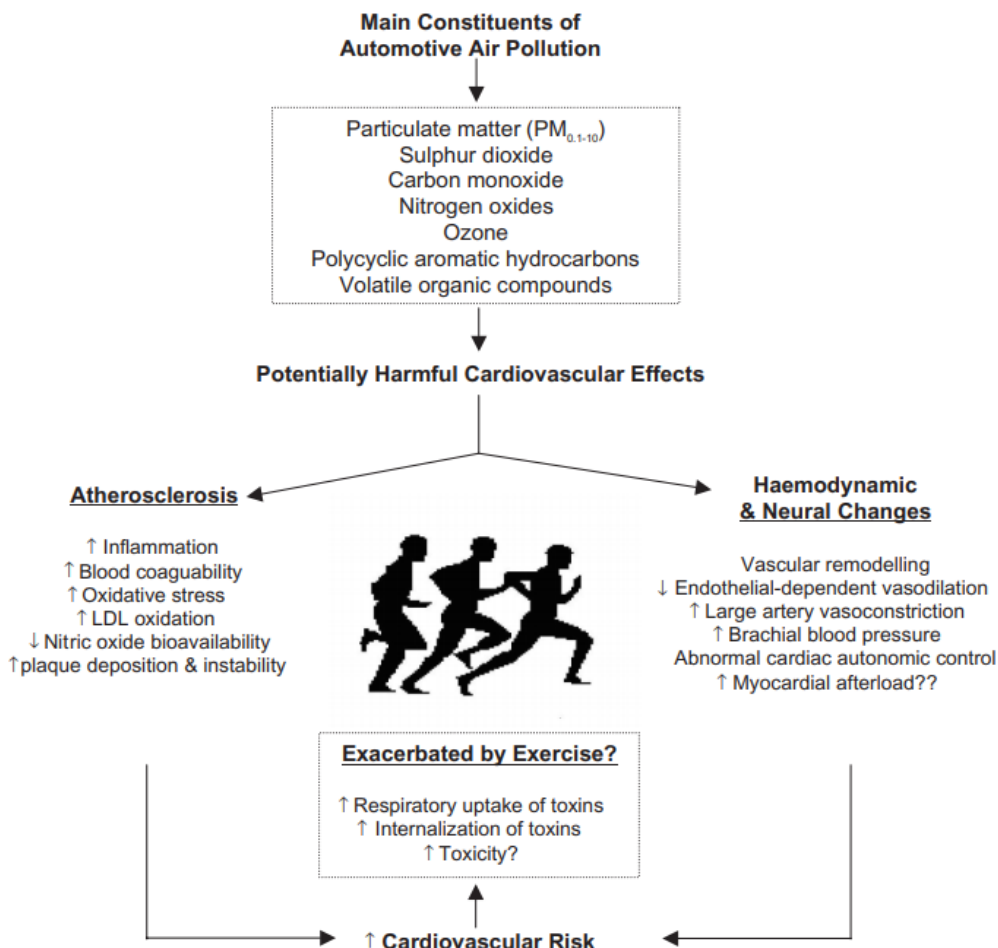
Σύμφωνα με έρευνες έχει διαπιστωθεί ότι η εισπνοή O₃ κατά τη διάρκεια της άσκησης δεν επηρεάζει την αρτηριακή πίεση (Blood Pressure-B.P.) σε ασθενείς με καρδιαγγειακή νόσο (C.A.D.). Ωστόσο, άλλες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε ασθενείς που βρίσκονταν σε στάδιο αποκατάστασης από C.A.D παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ άσκησης, αρτηριακής πίεσης BP και των επιπέδων Α.Σ. περιβάλλοντος (Giorgini et al., 2016:91). Αν και έχει αναφερθεί μια σχέση μεταξύ των επιπέδων Α.Σ., της άσκησης, αρτηριακής πίεσης μεταξύ των ασθενών με υψηλό καρδιαγγειακό κίνδυνο (C.V.) και σε υψηλό ρυπασμένο περιβάλλον,



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την καλύτερη κατανόηση του ρόλου των άλλων ρύπων. Σημειώνεται ότι η χρήση μάσκας προσώπου μειώνει την προουπερτασική ανταπόκριση που μπορεί να παρουσιάσουν κατά τη διάρκεια 2 ωρών με τα πόδια σε πολύ ρυπασμένο περιβάλλον, υγιείς αθλούμενοι αθλητές ή και αθλητές με CAD.



Εικόνα 28:Περίληψη των δυνητικά δυσμενών επιπτώσεων της ρύπανσης των αυτοκινήτων στο καρδιαγγειακό σύστημα (Sharman et al., 2004:641)

Σύμφωνα με τους Maron and Pelliccia, (2006), οι αθλητές είναι πιθανόν να παρουσιάσουν αρρυθμίες και μεταβολές στο ρυθμό, όπως εκτακτοσυστολική αρρυθμία και φλεβοκομβική βραδυκαρδία (Balady, et al., 1984; Cavallaro et al., 1993; Choo et al., 2002; Maron, 2003). Έχει αποδειχθεί ότι η έκθεση σε οξεία ατμοσφαιρική ρύπανση και ιδιαίτερα σε A.Σ._{2,5} και O₃ αυξάνει τόσο την μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού (Heart Rate Variability-H.R.V.) μέσω διαταραχής του A.N.Σ., και την καρδιακή συχνότητα αυτού, όσο τον κίνδυνο ταχείας ανταπόκρισης σε ασθενείς με κολπική μαρμαρυγή (Αθανασίου και συν., 2018:151; Gold, Litonjua et al., 2000; Doncery, et al., 2005; Rich, Mittlemann et al., 2006; Rajagopalan et al., 2018:2061), ενώ μελέτες σε ευπαθείς ομάδες πληθυσμού με κοιλιακές αρρυθμίες, έδειξαν πιθανή σχέση μεταξύ ρυπασμένου περιβάλλοντος και αιφνίδιου καρδιακού θανάτου.



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Πειραματικές έρευνες (Giorgini et al., 2016), έχουν δείξει συσχετισμούς μεταξύ της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού (H.R.V.) και της έκθεσης στην ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλείται από Α.Σ., O₃, και μικτούς ρύπους κατά τη διάρκεια της άσκησης. Στηριζόμενοι σε επιδημιολογικές εκδόσεις, διαπιστώνεται ότι τα UFPs συσχετίζονται με ανεπιθύμητες αλλαγές στον HRV κατά τη διάρκεια μιας άσκησης αποκατάστασης ασθενών με καρδιαγγειακά προβλήματα (Langrish, et al, 2012; Langrish et al, 2009). Όσο αφορά τη χρήση μάσκας προσώπου με σκοπό τον περιορισμό της εισπνοής ρύπων, κατόπιν έρευνας διαπιστώθηκε ότι μείωση της χρήσης, αύξησε τον HRV στους αθλούμενους εθελοντές και στους ασθενείς με CAD μετά από μέτρια άσκηση στο πολύ μολυσμένο αστικό περιβάλλον. Αν και τα στοιχεία που αφορούν στη συσχέτιση μεταξύ ατμοσφαιρικής ρύπανσης, άσκησης και αρρυθμίας είναι περιορισμένα και απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση, έχει αποδειχθεί ότι η έκθεση σε μονοξείδιο του άνθρακα δεν προκαλεί αρρυθμιογόνα αποτελέσματα στον άνθρωπο, κατά την διάρκεια της άσκησης ούτε και ασθενείς με στεφανιαία νόσο (CAD). Ωστόσο, οι υψηλότερες δόσεις CO πριν από την άσκηση έχουν συσχετιστεί με αύξηση των κοιλιακών αρρυθμιών στους ασθενείς με στεφανιαία νόσο (Giorgini et al., 2016:91).



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

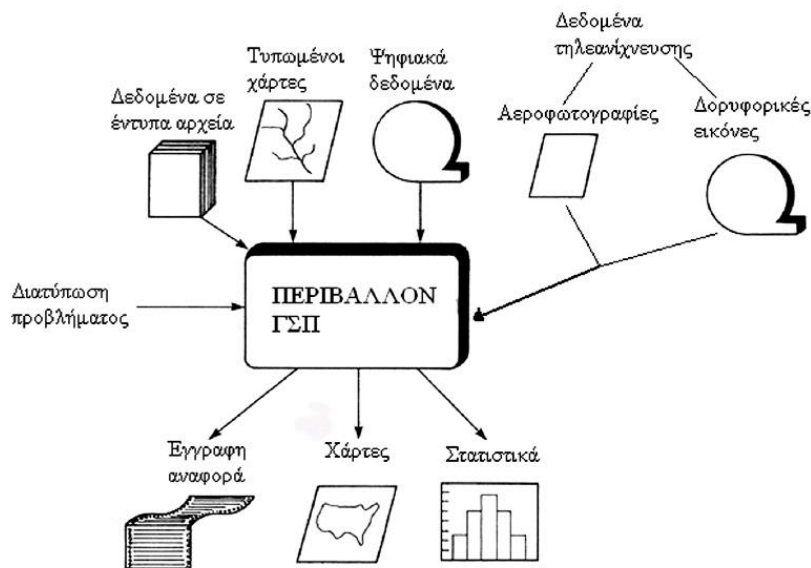
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ':Χαρτογράφηση Αέριων Ρύπων

Γ.1_ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Γ.1.1_Χαρτογράφηση Δεδομένων και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographic Information Systems-G.I.S.)

Η αναγκαιότητα για ταξινόμηση, καταγραφή και διάδοση πληροφοριών και στοιχείων που αφορούν στην επιφάνεια της γης, οδήγησαν τον άνθρωπο στην δημιουργία των πρώτων χαρτών, που θα μπορούσαν να θεωρηθούν ένα αρχικό είδος Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (G.I.S.) (Χαλκιάς, 2006).

Σύμφωνα με τον Goodchild (1985) ως Γ.Σ.Π. μπορεί να νοείται ένα σύστημα όπου μπορεί ο ενδιαφερόμενος να συλλέγει, αποθηκεύει, διαχειρίζεται και να αναλύει δεδομένα που λαμβάνουν χώρα στο χώρο. Το σύστημα αποκτά ιδιαίτερη σημασία με την χρήση της τεχνολογίας και των προγραμμάτων Η/Υ, καθώς μέσα από μαθηματικές πρακτικές και μεθόδους είναι δυνατόν να αξιοποιήσει στοιχεία των Γεωεπιστημών (Parker, 1987), έχοντας πάντα ως βάση τις γεωγραφικές συντεταγμένες που συμβάλλουν στη σύνδεση των δεδομένων (σημείων, περιοχών, γραμμών) (Dueker, 1979), με τον εκάστοτε χάρτη (Keith Clarke, 2003), εξάγοντας αποτελέσματα με τη μορφή άλλοτε αναφορών (reports) και άλλοτε γραφημάτων και στατιστικών στοιχείων (Νικολακόπουλος και συν., 2015:106). (Εικόνα 29).



Εικόνα 29:Γραφική απεικόνιση Λειτουργίας Γ.Σ.Π. (Νικολακόπουλος και συν., 2015:106)

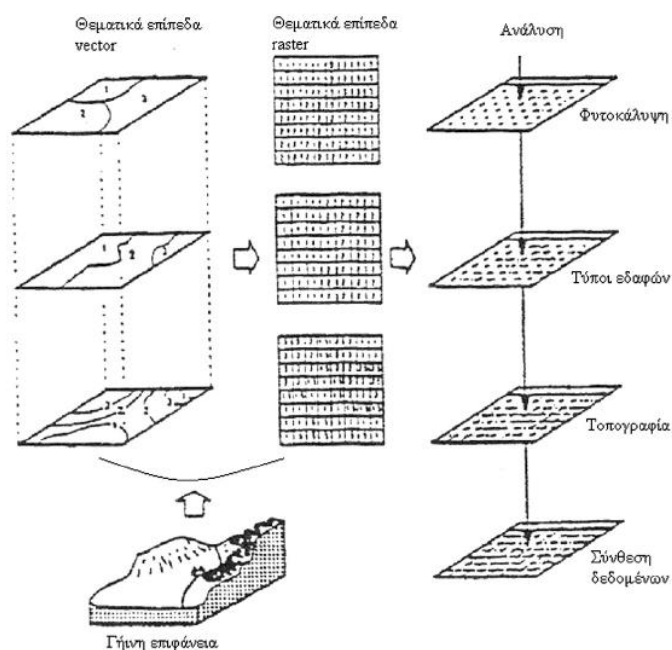
Ένα Γ.Σ.Π. (Νικολακόπουλος και συν., 2015), αποτελείται από μια σειρά θεματικών ή πληροφοριακών επιπέδων (layers), που αφορούν στον ίδιο γεωγραφικό χώρο, όπου τα



δεδομένα (περιγραφικά (μη χωρικά) και χωρικά) συνήθως αποθηκεύονται για καλύτερη οργάνωση σε περισσότερα από ένα θεματικά επίπεδα, σχηματίζοντας μια πλήρη εικόνα της περιοχής και των αντικειμένων από τα οποία αποτελείται. Με κατάλληλη προσθήκη κλίμακας, σημείων του ορίζοντα, χαρτογραφικού καννάβου, υπομνήματος κ.ά. μπορεί να κατασκευαστεί ο αντίστοιχος θεματικός χάρτης, σε ηλεκτρονική ή σε έντυπη μορφή, ενώ με χρήση μη χωρικών πληροφοριών (ονομασίες οδών, τύπος κτιρίων κ.λπ.) διαμορφώνεται ο τελικός χάρτης (Εικόνα 30).

Ενα εξελιγμένο λογισμικό Γ.Σ.Π. θα πρέπει να διαθέτει στους ενδιαφερόμενους χρήστες πληθώρα δυνατοτήτων όπως:

- εισαγωγή, επεξεργασία, ομογενοποίηση και διαχείριση των δεδομένων,
- ανάλυση δεδομένων μέσω της χωρικής αναζήτησης και της σύνδεσης θεματικών πεδίων,
- αποθήκευση των δεδομένων με σκοπό την στατιστική ανάλυση και επεξεργασία,
- εξαγωγή αποτελεσμάτων,
- δημιουργία και εκτύπωση χαρτών.



Εικόνα 30:Απεικόνιση περιοχής σε πολλαπλά διανυσματικά θεματικά επίπεδα
(Λαμπράκης και συν., 2015)

Τα δεδομένα σε ένα Γ.Σ.Π. χωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες: χωρικά, μη χωρικά, χρονικά, μεταδεδομένα.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σε ένα Γ.Σ.Π., τα χωρικά δεδομένα απεικονίζονται με δύο μοντέλα:

- το διανυσματικό μοντέλο (vector), (Εικόνα 31),

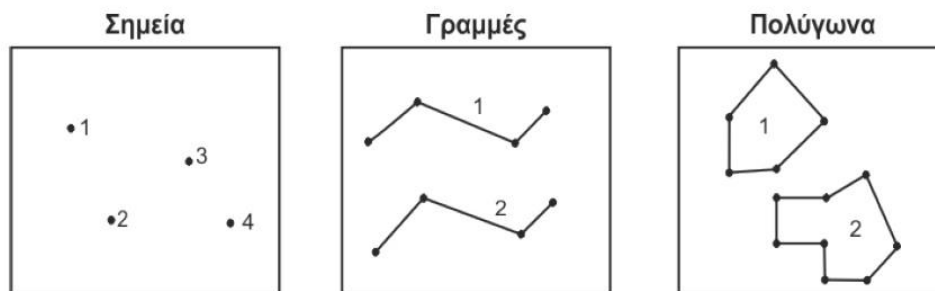


Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

- το ψηφιδωτό μοντέλο ή μοντέλο καννάβου (raster).

Στην πρώτη περίπτωση τα χαρακτηριστικά της γήινης επιφάνειας αποτυπώνονται ως σημεία, ανοιχτές τεθλασμένες γραμμές (τόξα) ή πολυγωνικές γραμμές (επιφάνειες), ενώ στη δεύτερη τα χαρακτηριστικά της γήινης επιφάνειας αποτυπώνονται σαν ένας πίνακας με X γραμμές και Ψ στήλες.



Εικόνα 31: Τύποι διανυσματικών αρχείων (Vector): Σημειακά (point), Γραμμικά (line), Πολυγωνικά (Λαμπράκης και συν., 2015)

Όσο αφορά στα μη χωρικά δεδομένα ή περιγραφικά στοιχεία μπορεί να αναφέρονται σε αριθμητικά και στατιστικά δεδομένα (ποσοτικά) ή σε γενικούς χαρακτηρισμούς, ιδιότητες κ.λ.π. (ποιοτικά).

Γ.1.2_ Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1984 (WGS '84)

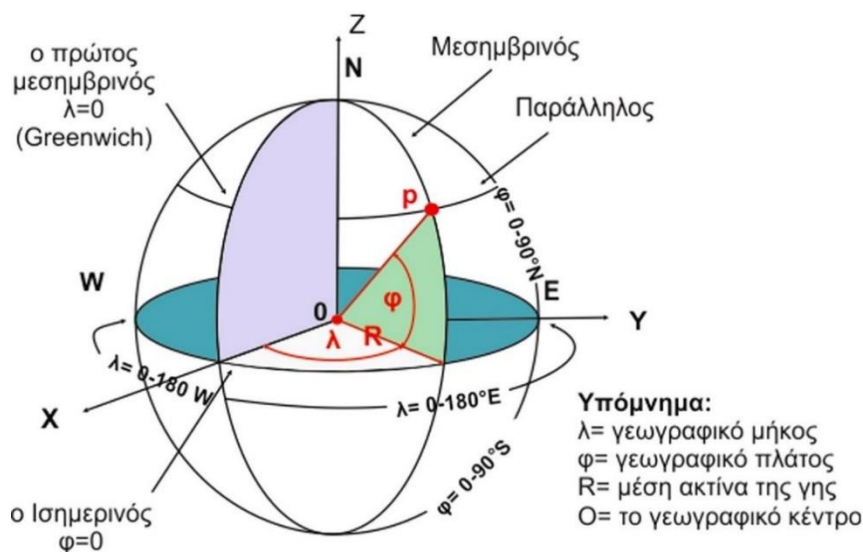
Στις Γεωεπιστήμες το σχήμα της Γης προσομοιώνεται σαν να ήταν μία επιφάνεια το λεγόμενο γεωειδές. Το σύστημα των γεωγραφικών συντεταγμένων (Geographic Coordinate System) αποτελεί παγκοσμίως πιο διαδεδομένο σύστημα γεωαναφοράς και λειτουργεί θεωρώντας σαν σφαίρα την επιφάνεια της γης ενώ το κάθε ένα σημείο του προσδιορίζεται μέσα από τις τιμές των γωνιών που ορίζονται από το κέντρο της Γης μέχρι ένα σημείο της επιφάνειας (γεωγραφικό πλάτος και μήκος) του (Εικόνα 32), μετρούμενες σε βαθμούς (grads) ή μοίρες. Το που βρίσκεται ακριβώς ένα σημείο στην επιφάνεια της γης ορίζεται από το γεωγραφικό μήκος του (λ) (longitude) και το γεωγραφικό πλάτος του (ϕ) (latitude).

Το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1984 (WGS '84), (Κάβουρα και συν., 2015), χρησιμοποιεί ένα προσαρμοσμένο στο συνολικό σχήμα της Γης, ελλειψοειδές από περιστροφής και θεωρεί ως κέντρο του, το κέντρο μάζας της Γης. Το σύστημα αυτό, λαμβάνει συντεταγμένες μέσω G.P.S., κάνοντας αναφορά στο ελλειψοειδές GRS 80 που καλύπτει όλη τη Γη προέκυψε από διορθώσεις που έγιναν στο γεωδαιτικό ελλειψοειδές αναφοράς (GRS 1967) το 1967 από την Διεθνή Ένωση Γεωδαισίας και Γεωφυσικής (International Union of Geodesy and Geophysics, IUGG).



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



Εικόνα 32:Γεωγραφικό Μήκος λ και Πλάτος φ (Νικολακόπουλος και συν., 2015)

Γ.1.3_ Προγράμματα G.I.S.

Η ανάπτυξη των Γ.Σ.Π. (Νικολακόπουλος και συν., 2015) παγκοσμίως όλα τα χρόνια της ύπαρξής τους στηρίχθηκε στο εμπορικό λογισμικό κάποιων μεγάλων πολυεθνικών εταιριών οι οποίες για χρόνια μονοπωλούσαν την αγορά. Πλέον τα λογισμικά του G.I.S. χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. Τα εμπορικά λογισμικά για τα οποία έγινε αναφορά και
2. Τα ελεύθερα λογισμικά ή λογισμικά ανοικτού κώδικα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ελεύθερου λογισμικού αποτελεί το Q.G.I.S. ενώ εμπορικού το ArcGis Pro. ArcMap κ.ά. της εταιρείας ESRI.

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας θα χρησιμοποιηθεί η τελευταία έκδοση του προγράμματος ArcGIS Pro για την οποία η εταιρεία Marathon System, επίσημος αντιπρόσωπος της εταιρείας ESRI σε Ελλάδα και Κύπρο παραχώρησε για λόγους εκπαιδευτικούς τα κατάλληλα κλειδιά πρόσβασης στην πλατφόρμα της.

Γ.1.3.1_ Πρόγραμμα χαρτογράφησης ArcGis Pro

Το πρόγραμμα ArcGis Pro είναι η τελευταία επαγγελματική εφαρμογή G.I.S. της εταιρείας Esri. Αποτελεί ένα σύνολο εντολών και εργαλείων, μέσα σε εξειδικευμένα περιβάλλοντα, που δίνουν στο χρήστη την δυνατότητα πρόσβασης σε γεωγραφικά δεδομένα (οντότητες) και του επιτρέπουν να εκτελέσει χωρικές διεργασίες, με σκοπό την επισκόπηση, επεξεργασία, ανάλυση και απόδοση χωρικών δεδομένων.



Γ.1.3.1.1_Χωρική ανάλυση (Spatial Analysis)

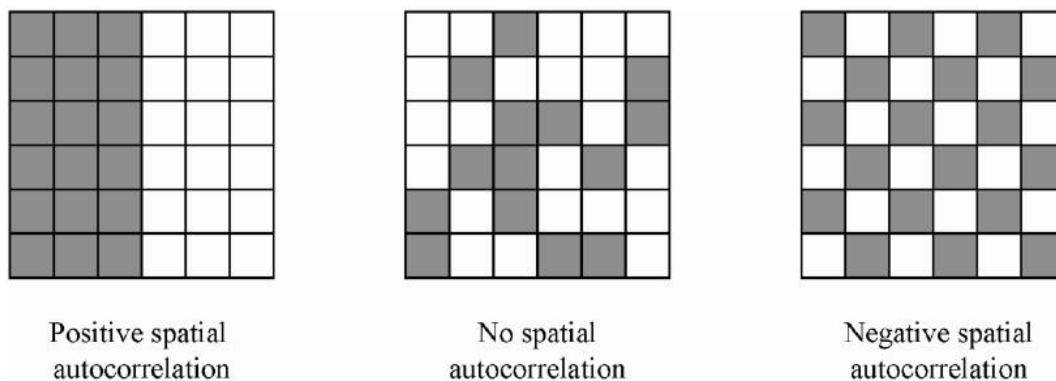
Η χωρική ανάλυση (spatial analysis), (Καλογήρου, 2015) αν και συνδέεται άμεσα με τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographical Information Systems – G.I.S.) και τη Γεωπληροφορική, αποτελεί ένα ξεχωριστό τομέα της εφαρμοσμένης έρευνας κατά τον οποίο πραγματοποιείται ανάλυση των δεδομένων βάσει των χωρικών τους πληροφοριών και ποσοτικών μεθόδων, γεγονός που καθιστά ικανή να βρίσκει εφαρμογή στις περισσότερες των επιστημών όπου η στατιστική ανάλυση δεδομένων με χρήση γεωγραφικής αναφοράς απαιτείται. Τα τρία χαρακτηριστικά των χωρικών δεδομένων των δεδομένων δηλαδή όπου διαφοροποιούν τη χωρική παρατήρηση από κάθε είδους παρατήρηση είναι η θέση, η απόσταση και η γειτνίαση. Η θέση κάθε παρατήρησης, προσδιορίζεται συνήθως μέσω των γεωγραφικών συντεταγμένων. Στα παραπάνω χαρακτηριστικά θα μπορούσε να προστεθεί και τόσο η χρονική διάσταση όσο και ο χρόνος απλά ο χρόνος αφορά και πολλά μη χωρικά δεδομένα.

Γ.1.3.1.2_Παρεμβολή (Interpolation) με τη μέθοδο Kriging

Η μέθοδος παρεμβολής Kriging ανήκει στην οικογένεια των γεωστατιστικών μεθόδων παρεμβολής. Ανατρέχοντας στην ιστορία ο στατιστικολόγος και μηχανικός ορυχείων Danie Krige ήταν αυτός που το 1951 ασχολήθηκε πιο επισταμένα με τη γεωστατιστική θεωρία, ενώ προς τιμή του ο Γάλλος μαθηματικός Matheron, το 1963, ονόμασε «Kriging» την τεχνική που δημιούργησε και στην οποία ενσωμάτωσε την αρχική πρωτοποριακή εργασία του Krige. Πρόκειται για μια εξελιγμένη διαδικασία γεωστατιστικής μέσω της οποίας παράγεται κατ' εκτίμηση μια εικόνα από ένα πλήθος διάσπαρτων σημείων z-τιμών, υποδέτοντας ότι η χωρική μεταβολή παρουσιάζει στατιστική ομοιογένεια σε όλη την επιφάνεια που δρουν οι τιμές αυτές, μια υπόθεση που αποτελεί το δεμέλιο λίθο της περιφερειακής μεταβλητής θεωρίας. Η μέθοδος παρεμβολής μέσω του εργαλείου kriging μέσω της παραγόμενης εικόνας εξάγει εκτιμήσεις σχετικές με εκείνες τις «κρυφές» τιμές στο χώρο ταυτίζοντας σχεδόν την έννοια της μεθόδου με εκείνη της βέλτιστης πρόβλεψης. Τα εξαγόμενα συμπεράσματα βασίζονται στη λεγόμενη στατιστική αμεροληψία όπου τόσο πραγματική και παραγόμενη τιμή συμπίπτουν αλλά και στον περιορισμό (ελαχιστοποίηση) του μέσου τετραγωνικού σφάλματος της πρόβλεψης, (ένα μέτρο της αβεβαιότητας των προβλεπόμενων τιμών, (Cressie, 1993). Απαραίτητα βοηθήματα για την παραπάνω διαδικασία αποτελεί το ημιβαριόγραμμα, που αποτελεί ένα μέτρο χωρικής συσχέτισης δύο σημείων, που έχει σαν βάση των προβλέψεων το λεγόμενο επίπεδο αυτοσυσχέτισης, δηλαδή το βαθμό που οι τιμές των δεδομένων αλληλεξαρτώνται που μικραίνει με την αύξηση των παρατηρήσεων, ενώ τα βάρη (weights) αφορούν τα ζεύγη σημείων με παραπλήσια επίδραση απόστασης και κατεύθυνσης (Lam, 1983).



Πιο, συγκεκριμένα, η παραπάνω μέθοδος βασίζεται σε στατιστικά μοντέλα, που ενσωματώνουν την έννοια της χωρικής αυτοσυσχέτισης¹, (Εικόνα 33), δηλαδή τις στατιστικές σχέσεις μεταξύ των μετρήσεων που έχουν τα σημεία. Με τον τρόπο αυτό οι γεωστατιστικές τεχνικές έχουν την ικανότητα να παράγουν μια επιφάνεια πρόβλεψης, παρέχοντας ως ένα βαθμό, ένα μέτρο της βεβαιότητας ή της ακρίβειας των προβλέψεων.



Εικόνα 33: Παρουσίαση κάποιων ειδών χωρικής κατανομής των σημείων (Radil, 2011)

Πρόκειται για μια διαδικασία πολλαπλών σταδίων. Περιλαμβάνει διερευνητική στατιστική ανάλυση των δεδομένων, μοντελοποίηση βαριογράφηματος, δημιουργία επιφάνειας και προαιρετικά διερεύνηση της επιφάνειας διακύμανσης. Στην περίπτωση ύπαρξης μιας χωρικά συσχετισμένης απόστασης ή μιας κατευθυντικής σχέσης ως στα δεδομένα, η μέθοδος Kriging θεωρείται καταλληλότερη έναντι των άλλων μεθόδων, προσαρμόζοντας έναν καθορισμένο αριθμό σημείων σε μια συγκεκριμένη ακτίνα σε μια μαθηματική συνάρτηση στοχεύοντας στον προσδιορισμό της λεγόμενης τιμής εξόδου για κάθε μία τοποθεσία. Πιο συγκεκριμένα, το εργαλείο Kriging λαμβάνοντας υπόψη του τις τιμές των μετρήσεων των γειτονικών σημείων αντλεί την τελική πρόβλεψη για μία μη μετρημένη θέση.

Ο γενικός τύπος για τον υπολογισμό της μετρούμενης τιμής δίδεται ως ένα σταθμισμένο άθροισμα δεδομένων από την εξής σχέση

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

Όπου:

$Z(s_i)$ = η μετρούμενη τιμή στην i-οστή θέση

λ_i = άγνωστο βάρος για τη μετρούμενη στην i-οστή θέση τιμή

¹ Η αυτοσυσχέτιση είναι αυτή που δείχνει τον τρόπο με τον οποίο είναι κατανομημένα τα σημεία στο επίπεδο. Η χωρική αυτοσυσχέτιση ποσοτικοποιεί μια βασική αρχή της γεωγραφίας: πράγματα που είναι πιο κοντά είναι παρόμοια από τα πράγματα που απέχουν περισσότερο.



S_0 = η δέση πρόβλεψης

N= ο αριθμός των μετρούμενων τιμών.

Στη συγκεκριμένη μέθοδο τα βάρη βασίζονται τόσο στην συνολική χωρική διάταξη των σημείων μέτρησης όσο και στην απόσταση μεταξύ των μετρούμενων σημείων και της δέσης. Η χρήση της χωρικής διάταξης στα βάρη σημαίνει αυτόματα ποσοτικοποίηση της χωρικής αυτοσυσχέτισης, γεγονός στο οποίο αποδίδεται η εξάρτηση του βάρους (weight) , λ., από την απόσταση από τη δέση πρόβλεψης, από ένα προσαρμοσμένο στα μετρούμενα σημεία μοντέλο, και τις χωρικές σχέσεις μεταξύ των μετρημένων τιμών γύρω από τη δέση πρόβλεψης.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι παρεμβολής Kriging, α. η ordinary, που είναι η ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος και βρίσκεται ως προεπιλογή (default) στο πρόγραμμα ArcGis Pro και είναι αυτή που θεωρεί ως άγνωστο τον σταθερό μέσο όρο και η universal. Η universal θεωρεί ως μια κυρίαρχη τάση στα δεδομένα π.χ. έναν άνεμο και μοντελοποιείται μέσω μιας ντετερμινιστικής συνάρτησης μέσω δηλαδή ενός πολυωνύμου, το οποίο αφαιρείται από τα αρχικά σημεία μέτρησης ενώ η αυτοσυσχέτιση πραγματοποιείται μέσα από τυχαία σφάλματα. Όταν το μοντέλο ταιριάζει στα τυχαία σφάλματα και πριν την υλοποίηση της πρόβλεψης, η προαναφερθείσα συνάρτηση προστίδεται στις προβλέψεις για να εξαχθεί το αποτέλεσμα.

- **Δημιουργία χάρτη πρόβλεψης μέσω της μεθόδου Kriging**

Για την υλοποίηση ενός χάρτη πρόβλεψης απαιτούνται δύο εργασίες:

α. Αποκάλυψη των κανόνων εξάρτησης

β. Η δημιουργία προβλέψεων

Για να πραγματοποιηθούν αυτές οι δύο εργασίες η μέθοδος Kriging περνά από μια διαδικασία δύο βημάτων:

1. Δημιουργεί τα βαριογράμματα (variograms) και τις συναρτήσεις συνδιακύμανσης για την εκτίμηση των τιμών στατιστικής εξάρτησης (χωρική αυτοσυσχέτιση), που εξαρτώνται από το μοντέλο της αυτοσυσχέτισης (προσαρμογή μοντέλου).

2. Προβλέπει τις άγνωστες τιμές (κάνοντας μια πρόβλεψη).

Εξαιτίας της ύπαρξης των δύο αυτών εργασιών, η μέθοδος kriging χρησιμοποιεί τα δεδομένα δύο φορές: την πρώτη φορά για να εκτιμήσει τη χωρική αυτοσυσχέτιση των δεδομένων και τη δεύτερη για να κάνει τις προβλέψεις.

1. Πορεία Εργασίας για δημιουργία Ημι-βαριογραφήματος

- **Βαριογραφία-Βαριόγραμμα**



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

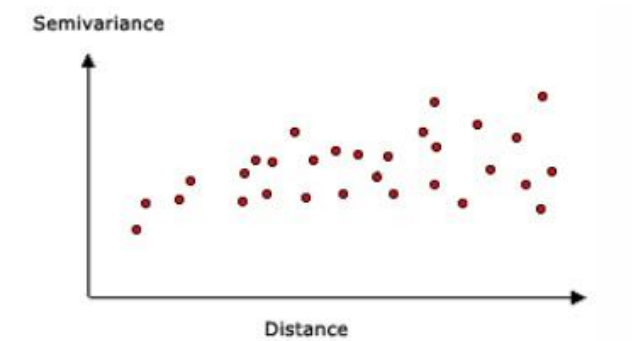
Η προσαρμογή ενός μοντέλου (fitting a modeling) ή η χωρική μοντελοποίηση του είναι γνωστή ως δομική ανάλυση ή Βαριογραφία.

Για να πραγματοποιηθεί η χωρική μοντελοποίηση της δομής των μετρούμενων σημείων πρέπει πρώτα απ' όλα να δημιουργηθεί ένα ημι-βαριόγραμμα (semivariogram), που υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\text{Semivariogram}(\text{distance}_h) = 0.5 * \text{average}((\text{value}_i - \text{value}_j)^2)$$

και αφορά όλα τα ζεύγη τοποθεσιών, που διαχωρίζονται με την απόσταση h . Ο τύπος περιλαμβάνει τον υπολογισμό της διαφορά τετραγώνου του ζεύγους των τοποθεσιών.

Το εμπειρικό ημι-βαριόγραμμα (**Εικόνα 34**) είναι ένα γράφημα των μέσων τιμών ημι-ραδιογραφήματος στον άξονα Y και της απόστασης (ή υστέρησης) στον άξονα x .



Εικόνα 34:Εμπειρικό ημι-βαριογράμματος (Πηγή:www. desktop.arcgis.com)

Στην (**Εικόνα 35**) φαίνεται η σύζευξη ενός σημείων (το κόκκινο σημείο) με όλες τις άλλες μετρημένες θέσεις. Η διαδικασία αυτή ακολουθείται για κάθε μετρούμενο σημείο.

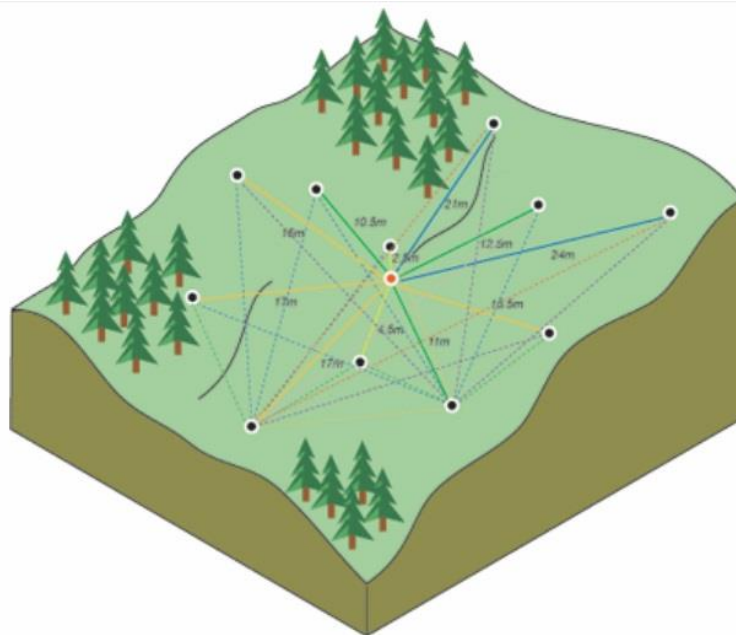
Τις περισσότερες περιπτώσεις κάθε ζεύγος έχει μια μοναδική απόσταση. Η ύπαρξη πολλών ζευγαριών σημείων καθιστούν τη σχεδίαση τους ακατάλληλη. Για το λόγο αυτό τα ζεύγη ομαδοποιούνται (π.χ. υπολογίζεται η μέση διακύμανση για όλα τα σημείων που απέχουν περισσότερο από 40μ. αλλά λιγότερο από 50μ.).

Η χωρική αυτοσυσχέτιση, ποσοτικοποιεί μια βασική αρχή της γεωγραφίας: τα πράγματα που είναι πιο κοντά μοιάζουν περισσότερο από εκείνα που είναι μακρύτερα. Με τον τρόπο αυτό τα ζεύγη θέσεων που είναι πιο κοντά (πολύ αριστερά στον άξονα X του νέφους του ημι-βαριογράμματος) θα πρέπει να έχουν περισσότερες παρόμοιες τιμές (χαμηλά στον άξονα- Y του ημι-βαριογράμματος). Καθώς τα ζεύγη θέσεων γίνονται πιο μακριά (μετακινούνται προς τα δεξιά στον άξονα X του νέφους του ημι-βαριογράμματος), θα πρέπει να γίνουν πιο ανόμοια και να έχουν μεγαλύτερη διαφορά στο τετράγωνο (μετακίνηση προς τα πάνω στον άξονα- Y του νέφους του ημι-βαριογράμματος).



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



Εικόνα 35:Υπολογισμός της διαφοράς τετραγώνων μεταξύ του ζεύγους τοποδεσίων. (Πηγή:www.desktop.arcgis.com)

Προσαρμογή ενός μοντέλου στο εμπειρικό ημιβαριογράμμα

Η μοντελοποίηση του ημι-βαριογράμματος (Semivariogram) είναι ένα βασικό βήμα μεταξύ της χωρικής περιγραφής και της χωρικής πρόβλεψης. Η κύρια εφαρμογή της μεθόδου kriging είναι η πρόβλεψη τιμών χαρακτηριστικών σε τοποδεσίες χωρίς δείγμα. Το εμπειρικό ημι-βαριογράφημα παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη χωρική αυτοσυσχέτιση συνόλων δεδομένων. Ωστόσο, δεν παρέχει πληροφορίες για όλες τις πιθανές κατευθύνσεις και αποστάσεις. Για αυτόν τον λόγο, και για να διασφαλιστεί ότι οι προβλέψεις της μεθόδου kriging έχουν θετικές διακυμάνσεις, είναι απαραίτητο να προσαρμοστεί ένα μοντέλο, μια συνεχής λειτουργία ή καμπύλη, στο εμπειρικό ημι-βαριογράφημα κάτι ανάλογο δηλαδή με αυτό που συμβαίνει στην ανάλυση παλινδρόμησης, στην οποία μια συνεχής γραμμή ή καμπύλη προσαρμόζεται στα σημεία δεδομένων.

Για την προσαρμογή ενός μοντέλου στο εμπειρικό ημι-βαριόγραμμα, θα πρέπει να επιλεχθεί μια συνάρτηση που χρησιμεύει ως μοντέλο - για παράδειγμα, ένας σφαιρικός τύπος που ανεβαίνει και χαμηλώνει για μεγαλύτερες αποστάσεις πέρα από ένα συγκεκριμένο εύρος.

Υπάρχουν αποκλίσεις των σημείων στο εμπειρικό ημι-βαριόγραμμα από το μοντέλο. Ορισμένα σημεία είναι πάνω από την καμπύλη μοντέλου και μερικά σημεία είναι παρακάτω. Ωστόσο, εάν προστεθεί η απόσταση κάθε σημείου, που βρίσκεται πάνω από τη γραμμή και αντίστοιχη διαδικασία γίνει και για κάθε σημείο κάτω από τη γραμμή, οι δύο τιμές πρέπει να είναι παρόμοιες. Στη παράγραφο που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τύποι των ημι-βαριογραμμάτων που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για το εργαλείο kriging.



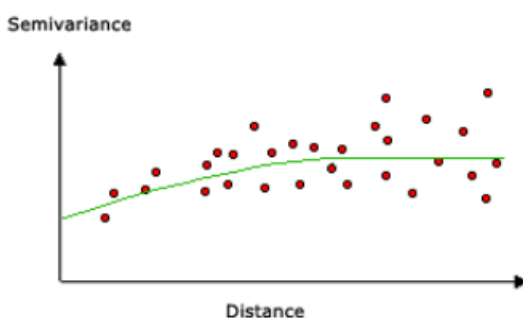
- **Είδη ημι-βαριογράμματος**

Η μέθοδος Kriging παρέχει πέντε λειτουργίες μέσα από τις οποίες ο μελετητής μπορεί να επιλέξει με σκοπό να κάνει τη μοντελοποίηση που επιθυμεί.

1. Κυκλικός (Circular)
2. Σφαιρικός (Spherical), (Εικόνα 36)
3. Εκθετικός (Exponential), (Εικόνα 37)
4. Γκαουσιανός (Gaussian)
5. Γραμμικός (Linear)

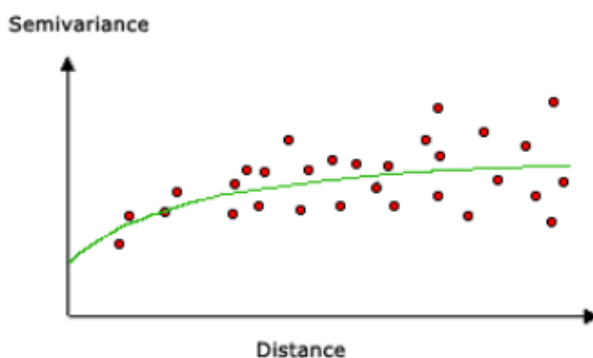
Η πρόβλεψη των άγνωστων τιμών καθορίζεται από τον τύπο που θα επιλεγεί, έτσι η επιρροή των πλησιεστέρων «γειτόνων» στην πρόβλεψη αυξάνει όσο πιο απότομη είναι η καμπύλη κοντά στην προέλευση, (εικόνα περιορισμένης ομαλότητας).

Κάθε μοντέλο έχει δημιουργηθεί με σκοπό την ταύτισή του με μεγαλύτερη ακρίβεια σε διαφορετικούς τύπους φαινομένων, όπως για παράδειγμα το σφαιρικό μοντέλο όπου ελαττώνεται προοδευτικά μέχρι κάποια απόσταση πέρα από την οποία παρατηρείται μηδενισμός της αυτοσυσχέτισης.



Εικόνα 36: Παράδειγμα ημι-βαριογράμματος με σφαιρικό μοντέλο. (Πηγή: www.desktop.arcgis.com)

Από την άλλη μεριά το εκθετικό μοντέλο (Εικόνα 37), εφαρμόζεται κατά την εκθετική μείωση της χωρικής αυτοσυσχέτισης σε σχέση με την αύξηση της απόστασης, γεγονός που δείχνει ότι η αυτοσυσχέτιση εξαφανίζεται σε άπειρη απόσταση.



Εικόνα 37: Παράδειγμα ημι-βαριογράμματος με εκθετικό μοντέλο. (Πηγή: www.desktop.arcgis.com)

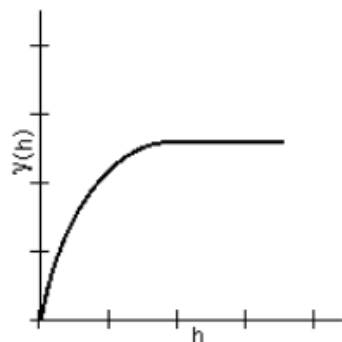


Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Παρακάτω παρουσιάζονται τα μαθηματικές εξισώσεις και οι γραφικές παραστάσεις αυτών των μοντέλων όπως αυτά χρησιμοποιούνται κατά την περιγραφή της ημι-διακύμανσης.

ΣΦΑΙΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

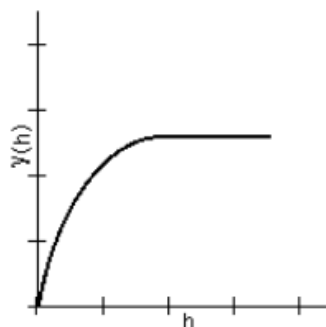


$$y(h) = c_0 + c \left(\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right) \quad 0 < h \leq a$$

$$y(h) = c_0 + c \quad h > a$$

$$y(0) = 0$$

ΣΦΑΙΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

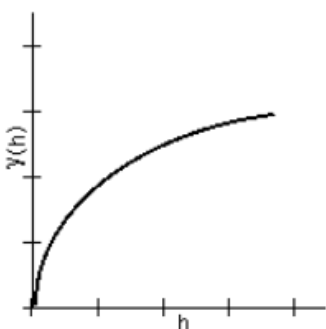


$$y(h) = c_0 + c \left(\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right) \quad 0 < h \leq a$$

$$y(h) = c_0 + c \quad h > a$$

$$y(0) = 0$$

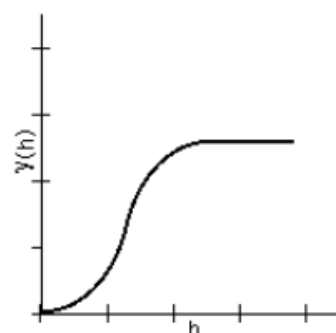
ΕΚΘΕΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ



$$y(h) = c_0 + c \left(1 - \exp\left(-\frac{h}{r}\right) \right) \quad h > 0$$

$$y(0) = 0$$

ΓΚΑΟΥΣΙΑΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ



$$y(h) = c_0 + c \left(1 - \exp\left(-\frac{h^2}{r^2}\right) \right) \quad h > 0$$

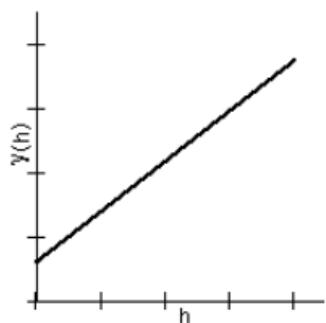
$$y(0) = 0$$



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ



$$\gamma(h) = c_0 + c\left(\frac{h}{\alpha}\right) \quad 0 < h \leq \alpha$$

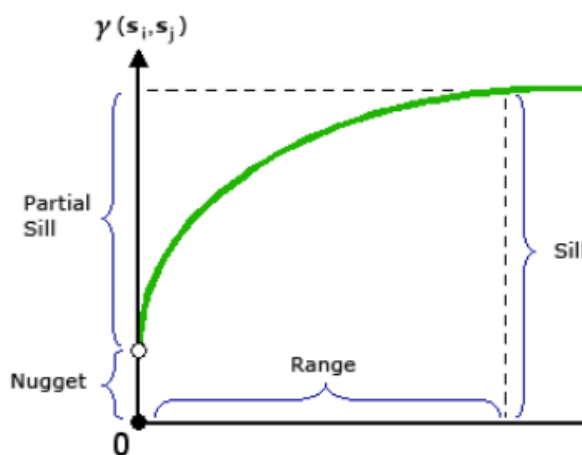
$$\gamma(h) = c_0 + c \quad h > \alpha$$

$$\gamma(0) = 0$$

- **Κατανοώντας ένα ημιβαριόγραμμα (Range, sill, nugget)**

Το ημι-βαριόγραμμα απεικονίζει τη χωρική αυτοσυσχέτιση των μετρημένων σημείων του δείγματος. Στηριζόμενοι στη βασική αρχή της γεωγραφίας, που αναφέρθηκε προηγουμένως ότι δηλαδή τα πράγματα που είναι πιο κοντά είναι παρόμοια, τα μετρημένα σημεία που είναι κοντά θα έχουν γενικά μια μικρότερη διαφορά τετραγώνων από αυτά που βρίσκονται πιο μακριά.

Στην (Εικόνα 38) παρουσιάζονται και αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά ενός ημι-βαριογράμματος.



Εικόνα 38:Γραφική Απεικόνιση των στοιχείων Range, Sill και Nugget (Πηγή:www.desktop.arcgis.com)

Range και sill

Παρατηρώντας το μοντέλο ενός ημι-βαριογράμματος, διαπιστώνει κανείς ότι σε μια ορισμένη απόσταση το μοντέλο εξέρχεται. Η απόσταση από την οποία το μοντέλο εξέρχεται είναι γνωστό ως εύρος (range). Οι τοποδεσίες δειγμάτων που διαχωρίζονται με αποστάσεις πιο κοντά από το εύρος χωρίζονται αυτόματα στο χώρο, ενώ οι τοποδεσίες που απέχουν περισσότερο από το εύρος όχι.



Σύμφωνα με τον Bohling (2005), όταν η τιμή της ημι-μεταβλητότητας αγγίζει εκείνη την τιμή sill τότε η απόσταση υστέρησης χαρακτηρίζεται ως «εύρος». Η αυτοσυσχέτιση μηδενίζεται από τα όρια του εύρους και μετά.

Το «εύρος» είναι μία τιμή της απόστασης στην οποία το «κατώφλι» (sill) έχει επιτευχθεί. Στην περίπτωση που η αναλογία του sill στο nugget πλησιάζει τη μονάδα (1), τότε το μεγαλύτερο μέρος της μεταβλητότητας είναι μη-χωρικό, (Li & Hear 2008).

Στο σημείο όπου το μοντέλο στο ημι-βαριογράμμα αποκτά την μεγαλύτερη τιμή του εύρους, η τιμή στον άξονα y ονομάζεται κατώφλι (sill).

Με τον όρο «κατώφλι» (sill) νοείται η ανώτερη τιμή ημι-διακύμανσης (semivariance) στην οποία φτάνουν τα επίπεδα του βαριογράμματος. Υπάρχει το συνολικό sill (1.0) ή το μερικό κατώφλι (partial sill) που προκύπτει από την διαφορά μεταξύ του συνολικού sill και του nugget-ψήγματος (Bohling, 2005)

$$\text{partial (μερικό) sill} = \text{sill} - \text{nugget}.$$

Nugget

Θεωρητικά, σε απόσταση μηδενικού διαχωρισμού (για παράδειγμα, υστέρηση = 0), η τιμή του ημι-βαριογράμματος είναι 0. Ωστόσο, σε μια απείρως μικρή απόσταση διαχωρισμού, το ημι-βαριογράμμα συχνά εμφανίζει ένα φαινόμενο nugget, το οποίο είναι μια τιμή μεγαλύτερη από 0. Εάν το μοντέλο του ημι-βαριογράμματος αναχαιτίζει τον άξονα y στο 2, τότε το nugget είναι 2.

Το φαινόμενο nugget μπορεί να αποδοθεί σε σφάλματα μέτρησης ή σε χωρικές πηγές διακύμανσης σε αποστάσεις μικρότερες από το διάστημα δειγματοληψίας (ή και τα δύο). Το σφάλμα μέτρησης παρουσιάζεται λόγω του εγγενούς σφάλματος στις συσκευές μέτρησης.

2.Κάνοντας μια πρόβλεψη

Για τον δημιουργία προβλέψεων η μέθοδος kriging σχηματίζει weights από τις γύρω μετρημένες τιμές για να προβλέψει μη μετρημένες τοποθεσίες. Οι μετρημένες τιμές που βρίσκονται πλησιέστερα στις τοποθεσίες που δεν έχουν μετρηθεί έχουν την μεγαλύτερη επιρροή. Τα weights στη μέθοδο kriging προέρχονται από ένα ημι-βαριογράφημα που αναπτύχθηκε εξετάζοντας τη χωρική φύση των δεδομένων. Για να δημιουργηθεί μια συνεχή επιφάνεια-εικόνα του φαινομένου, γίνονται προβλέψεις για κάθε τοποθεσία ή κέντρα κελιών (cell centers), στην περιοχή μελέτης με βάση το ημι-βαριογράφημα και τη χωρική διάταξη των μετρούμενων τιμών που είναι κοντά.



Γ.2_ΠΡΑΚΤΙΚΟ-ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Γ.2.1_Τοπογραφία – Μορφολογία Λεκανοπεδίου

Το οικιστικό συγκρότημα της Αθήνας καλύπτει μια έκταση περίπου 450τ.μ. πεδινού όγκου, περιλαμβάνει α. το λεκανοπέδιο της Αθήνας, εντός του οποίου βρίσκεται το πολεοδομικό συγκρότημα Αθηνών–Πειραιώς, β. την περιοχή της Μεσόγαια, γ. το Θριάσιο, έχει πληθυσμό περίπου 4εκ. (Grivas et al, 2012:536). Η λεκάνη της Αττικής περιβάλλεται από τέσσερις ορεινούς όγκους (βουνά) με μεγαλύτερο υψόμετρο στα βόρεια το οποίο γίνεται χαμηλότερο προς τον Σαρωνικό κόλπο στα νοτιοδυτικά, στην πλευρά δηλαδή που η Αττική βρέχεται από τη θάλασσα. Συγκεκριμένα, τα όρη (**Εικόνα 39**) που την περιβάλλουν είναι η Πεντέλη στα βορειοανατολικά (Β.Β.Α.) (1109m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας asl), το Αιγάλεω στα βορειοδυτικά (468μ. (a.s.l.)), η Πάρνηθα στα βόρεια (1453m asl), και ο Υμηττός στην ανατολικά (1026m asl). Στα ΒΒΑ δηλαδή ανάμεσα στην Πάρνηθα και την Πεντέλη υπάρχει άνοιγμα και στα νοτιοδυτικά (ΝΔ), όπου όπως αναφέρθηκε βρίσκεται η θάλασσα παρατηρείται και το μεγαλύτερο ποσοστό της ροής του ανέμου, δηλαδή στα ΝΔ και στα Β/ΒΑ (Mavrakou et al., 2012:33;Grivas et al, 2008:166).

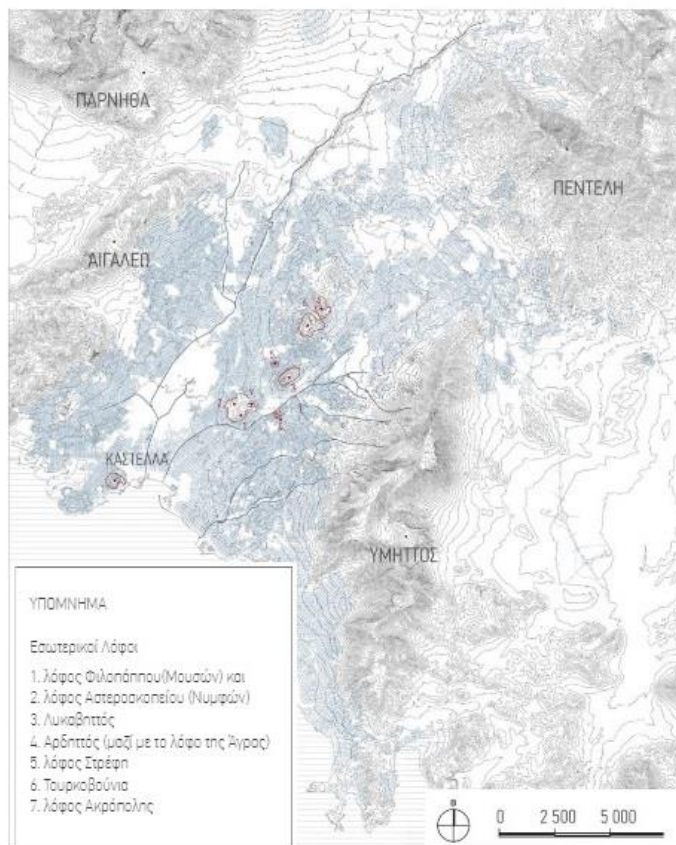
Όσο αφορά στο τυπικά μεσογειακό κλίμα του Λεκανοπέδιο (Kassomenos and Koletsis, 2005) χαρακτηρίζεται από ήπιους και υγρούς με υγρούς και ήπιους χειμώνες με μέση ημερήσια θερμοκρασία κατά τη χειμερινή περίοδο περίπου τους 17° C και ξηρά και θερμά καλοκαίρια, ενώ η μέση ημερήσια θερμοκρασία τους 26°C τη θερινή περίοδο. Οι ταχύτητες του ανέμου είναι γενικά χαμηλές – μικρότερες των 3m/s εξαιτίας της τοπολογίας της Αττικής και σπάνια ξεπερνούν τα 8m/s ενώ η ακτινοβολία του ήλιου έχει ισχύ 8.3 MJ/m² και 23 MJ/m² αντίστοιχα για τις δύο περιόδους (Grivas et al., 2008: 167).

Είναι προφανές ότι η σύνθετη τοπογραφία επιφέρει σημαντική δυσκολία στη διασπορά των μαζών αέρα πάνω από τη λεκάνη.

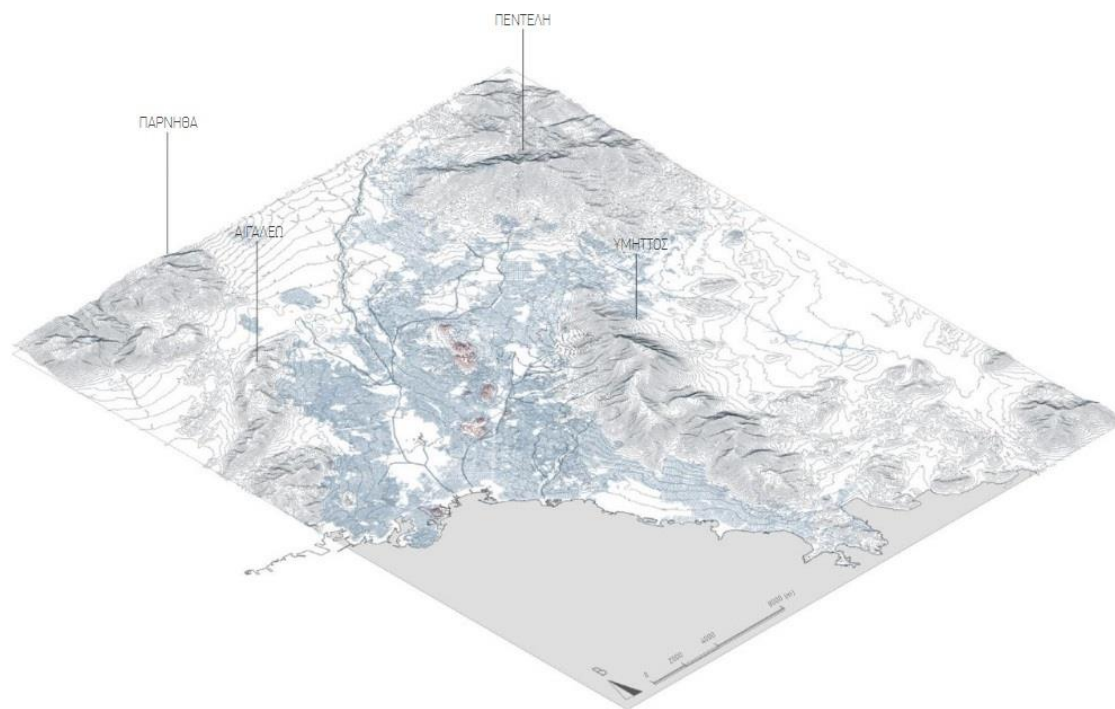


Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



Εικόνα 39:Χάρτης της Αττικής με την τοπογραφία και τον πολεοδομικό ιστό της πόλης (Ζακυνθινού-Ξάνθη, 2018:24)

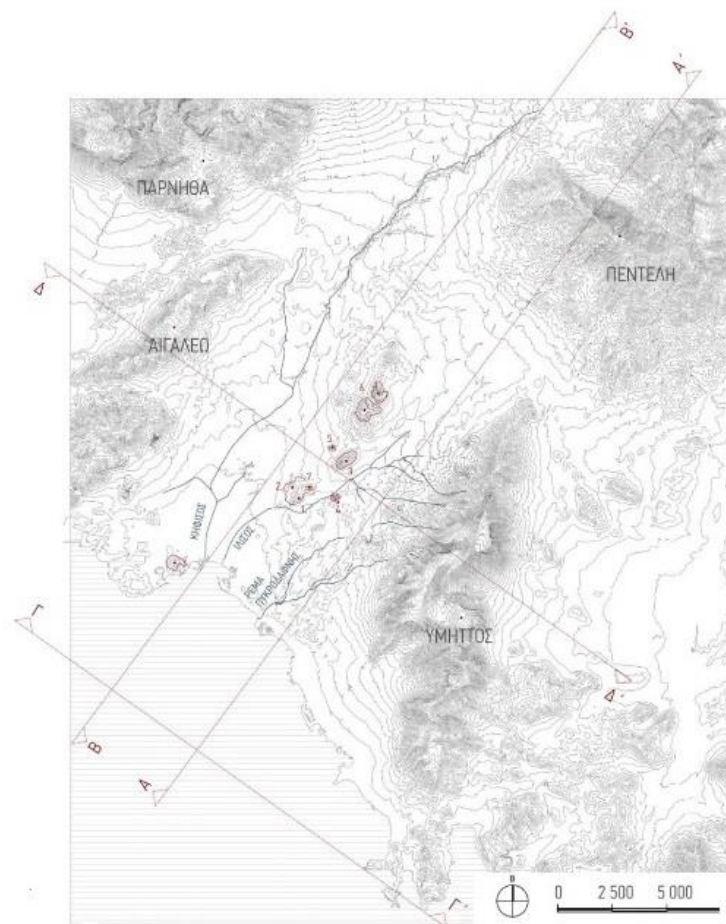


Εικόνα 40:Αττικό Ανάγλυφο και πολεοδομικός ιστός (Αξονομετρικό Σχέδιο), (Ζακυνθινού-Ξάνθη, 2018:23)



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



Εικόνα 41:Χάρτης της Αττικής ΚΑΤΟΨΗ (Ζακυνθινού-Ξάνθη, 2018:25)

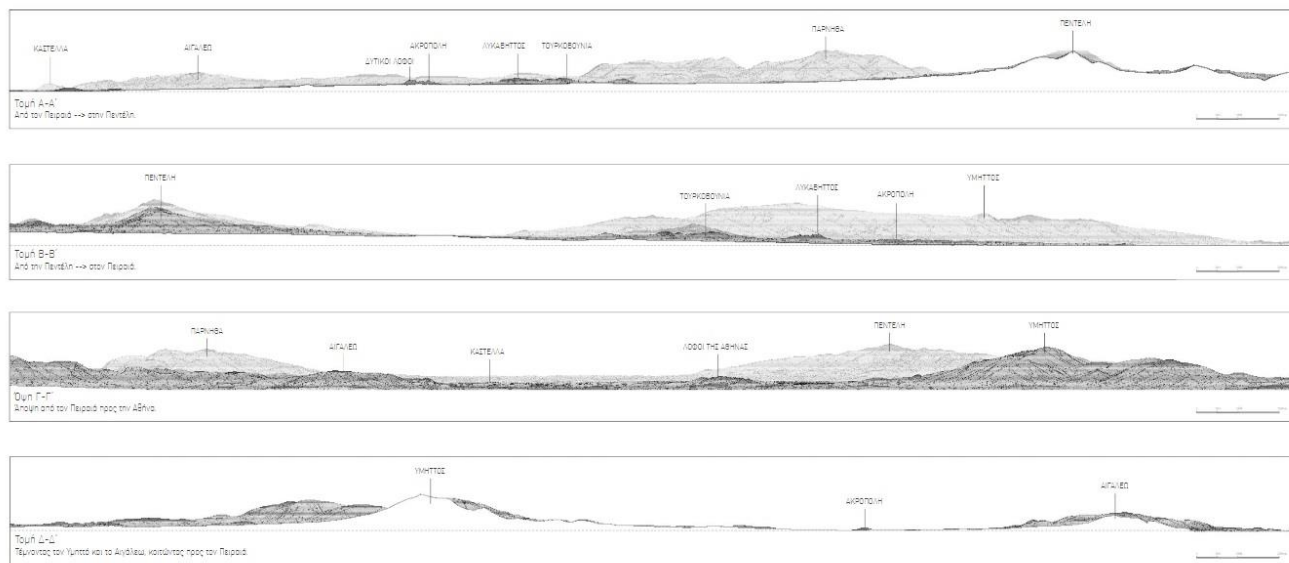
Σύμφωνα με τη Λεβέντη (2015), παρατηρούνται ισχυροί οι βόρειοι άνεμοι όταν συναντάται όταν επικρατεί η συνοπτική κλίμακα² έναντι της τοπικής), ενώ όταν η θαλάσσια αύρα είναι σημαντικότερη από τη ροή της συνοπτικής κλίμακας, παρατηρούνται νοτιανατολικού άνεμοι. Η τοπολογία της περιοχής σε συνδυασμό με τα παραπάνω έχει σαν αποτέλεσμα την ευστάθεια της κατώτερης ατμόσφαιρας και τον πιθανό περιορισμό τη διασποράς των ρυπασμένων αέριων μαζών τόσο από το κέντρο της Αθήνας όσο και την ευρύτερη περιοχή του Λεκανοπεδίου (Grivas et al., 2012:536;Mavrakou et al., 2012:33), μια μεταφορά που δεν ευνοείται άλλωστε ούτε και στην περίπτωση ύπαρξης του φαινομένου της θαλάσσιας αύρας, (Λεβέντη, 2015:16).

² Συνοπτική κλίμακα: αφορά κινήσεις της κλίμακας που χαρακτηρίζει έναν χάρτη καιρού, δηλαδή <10000Km, που διαρκούν μερικές μέρες (Στάθης, 2015:17)



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



Εικόνα 42:Χάρτης της Αττικής ΟΨΟ-TOMES, (Ζακυνθινού-Ξάνθη, 2018:26-27)

Από την άλλη μεριά, τα ανοίγματα που υπάρχουν μεταξύ των όρων της Πεντέλης και της Πάρνηθας καθώς αυτό του Υμηττού και της Πεντέλης βοηθούν στην απομάκρυνση των ρύπων από το λεκανοπέδιο Αττικής ενώ παράλληλα το άνοιγμα που εντοπίζεται μεταξύ των Αιγάλεω και Πάρνηθας διευκολύνει τη μεταφορά αέριων μαζών από το Θριάσιο Πεδίο, όπου η ύπαρξη υψηλών επιπέδων συγκέντρωσης ρύπων είναι συχνή εξαιτίας της βιομηχανικής δραστηριότητας που συντελείται σε αυτή την περιοχή.

Γ.2.2_Εθνικά Κέντρα Παρακολούθησης Ατμ. Ρύπανσης

Επικεντρώνοντας στην ανάγκη περιορισμού του φαινομένου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, που θα οδηγήσει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία κάθε κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) σε συνεργασία με διάφορα κέντρα Ερευνών λειτουργούν σε διάφορα σημεία των μεγάλων πόλεων Εθνικά Δίκτυα Παρακολούθησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τα οποία συνδράμουν στην προσπάθεια για ορθή και συστηματική συλλογή και καταγραφή στοιχείων που χρησιμοποιούνται για την επιτήρηση των επιπέδων ρύπανσης σε σχέση με τις δεσπισμένες οριακές τιμές. Η μακροχρόνια επιτήρηση χρησιμοποιείται για να αξιολογούνται από την Πολιτεία τα μέτρα περιορισμού της ρύπανσης και ο σχεδιασμός μελλοντικών δράσεων. Επίσης τα δεδομένα χρησιμοποιούνται και από τους επιστήμονες-ερευνητές στις μελέτες που κάνουν για τον προσδιορισμό, την εξέλιξη της αέριας ρύπανσης στις μεγαλουπόλεις και τη βελτίωση της ποιότητάς διαχρονικά.

Στην περίπτωση του Λεκανοπέδιου της Αττικής, κατά το έτος 2016, υπήρχαν σε λειτουργία 14 σταθμοί μέτρησης: 5 σταθμοί κυκλοφορίας, 7 περιαστικοί και αστικοί σταθμοί υποβάθρου, και 2 περιαστικοί-βιομηχανικοί. Κατά την τελευταία αναβάθμιση του

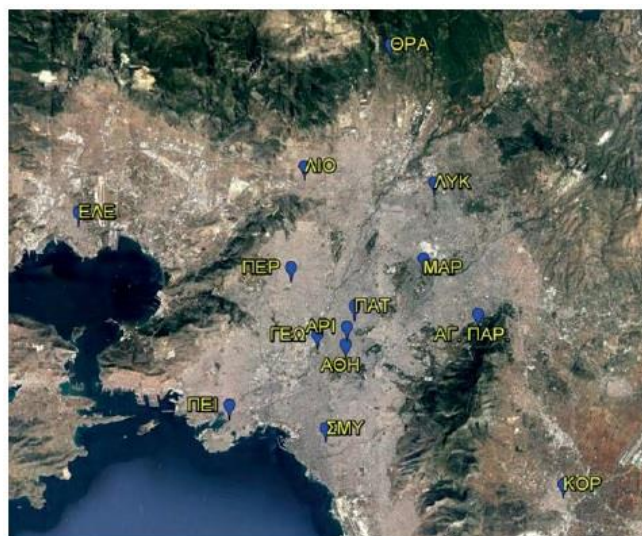


Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Ε.Δ.ΠΑΡ. (Εικόνα 43), (Εικόνα 44) με την τοποθέτηση οργάνων μέτρησης Α.Σ.10 στους σταθμούς Περιστερίου, Λιοσίων και Νέας Σμύρνης υπήρξε σημαντική επέκταση του και οι καταγραφές εντός του λεκανοπεδίου έγιναν πιο αντιπροσωπευτικές, (ΕΚΠΑΑ, 2018:111-113), γεγονός άλλωστε που έδωσε στο ΥΠΕΝ τη δυνατότητα να εκδίδει κάθε έτος αναλυτικές εκδόσεις που αφορούν τις συγκεντρώσεις των ρύπων παρέχοντας την εικόνα της επικινδυνότητας της ατμόσφαιρας του Λεκανοπέδιο.

Παράλληλα με το Ε.Δ.ΠΑΡ, λειτουργούν και ερευνητικοί σταθμοί μέτρησης, με στόχο την παρακολούθηση και άλλων ατμοσφαιρικών παραμέτρων, που δεν προβλέπονται από τη Νομοθεσία, αλλά παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε σκοπό την καλύτερη κατανόηση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία ή/και στο περιβάλλον, την ποσοτικοποίηση της συνεισφοράς των πηγών εκπομπής στα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, την καλύτερη κατανόηση των φυσικοχημικών διεργασιών κατά την παραμονή των ρύπων στην ατμόσφαιρα και την σε βάθος μελέτη πολύπλοκων ρύπων όπως τα Α.Σ., μέσω του χαρακτηρισμού πολλών διαφορετικών φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους (π.χ. κατανομή μεγέθους της συκέντρωσης Μάζας Α.Σ.10 αλλά και του αριθμού, πλήρης χημικός χαρακτηρισμός, μέτρηση επιφάνειας σωματιδίων, οπτικές ιδιότητες όπως απορρόφηση και σκέδαση φωτός από τα σωματίδια).



Εικόνα 43: Σταθμοί μέτρησης ατμ. ρύπανσης του Υ.Π.ΕΝ. στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας
(ΕΚΠΑΑ, 2018:113)

Στο πλαίσιο μιας γενικότερης προσπάθειας προστασίας του φυσικού πλούτου και της δημόσιας υγείας, η Ευρωπαϊκή Ένωση χρηματοδοτεί έργα που έχουν σαν στόχο τη μείωση των επιπέδων ρύπανσης και αντίστοιχα της έκθεσης των πολιτών σε αυτήν.



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Σταθμός	Χαρακτηρισμός	Μετροβιόμενοι Ρύποι						
		SO ₂	NO _x	CO	O ₃	PM ₁₀	PM _{2.5}	C ₆ H ₆
ΑΘΗΝΑ								
Σταθμοί Κυκλοφορίας								
Αθηνάς – ΑΘΗ	Αστικός -Κυκλοφορίας	x	x	x	x			
Αριστοτέλους – ΑΡΙ	Αστικός - Κυκλοφορίας	x	x			x	x	
Μαρούσι – ΜΑΡ	Αστικός - Κυκλοφορίας		x	x	x	x		
Πατισίων – ΠΑΤ	Αστικός - Κυκλοφορίας	x	x	x	x			x
Πειραιάς – ΠΕΙ	Αστικός - Κυκλοφορίας	x	x	x	x	x	x	x
Σταθμοί Υποβάθρου								
Αγ. Παρασκευά – ΑΓ. ΠΑΡ	Περιστατικός -Υποβάθρου		x		x	x	x	
Θρακομακεδόνες – ΘΡΑ	Περιστατικός - Υποβάθρου		x		x	x	x	
Κορωπί – ΚΟΡ	Περιστατικός - Υποβάθρου	x	x		x	x		
Λιόσια – ΛΙΟ	Περιστατικός - Υποβάθρου		x		x	x		
Λυκόβρυση – ΛΥΚ	Περιστατικός - Υποβάθρου		x		x	x	x	
Νέα Σμύρνη – ΣΜΥ	Αστικός - Υποβάθρου		x	x	x	x		x
Περιστέρι – ΠΕΡ	Αστικός - Υποβάθρου		x		x	x		
Βιομηχανικοί σταθμοί								
Γεωπονική – ΓΕΩ	Περιστατικός -Βιομηχανικός		x	x	x			
Ελευσίνα – ΕΛΕ	Περιστατικός - Βιομηχανικός	x	x		x	x	x	x

Εικόνα 44:Σταθμοί μέτρησης ατμ. Ρύπανσης του Εθν.Δικτύου Παρακαλούδησης (ΕΔΠΑΡ.2016), (ΕΚΠΑΑ:2018:III)

Ενα τέτοιο έργο που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος LIFE+ αποτέλεσε το τετραετές πρόγραμμα με διακριτικό τίτλο «Ανάπτυξη ενός Εργαλείου άσκησης αποτελεσματικών πολιτικών για τη μείωση των αιωρούμενων σωματιδίων στον αέρα», ENV/GR/000289 “ACEPT-AIR” (2010-2014), όπου συντονιστής ήταν το Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ» σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, το Α.Π.Θ., την ΑΞΙΩΝ Περιβαλλοντική Ε.Π.Ε και το Πολυτεχνείο Κρήτης (Διαπούλη, 2012).

Γ.2.3_Πρόγραμμα ACEPT-AIR

Από το Σεπτέμβριο του έτους 2010 έως και τον Αύγουστο του 2014, (Διαπούλη 2012), πραγματοποιήθηκε στην Ελλάδα, και συγκεκριμένα στις αστικές περιοχές της Αθήνας, της Θεσσαλονίκης και του Βόλου (Εικόνα 45), ένα χρηματοδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή Ένωση πρόγραμμα ανάπτυξης ενός καινοτόμου εργαλείου, με σκοπό να ασκηθεί Περιβαλλοντική Πολιτική στο πλαίσιο του Προγράμματος Life09. Το παραπάνω έργο, στόχευε στο να αναδείξει: τη συμβολή των διαφόρων πηγών (φυσικών και ανθρωπογενών), στις συγκεντρώσεις των Α.Σ. που κατεγράφησαν, αλλά και στο ποσοστό που συνέβαλλαν τα δευτερογενώς παραγόμενα σωματίδια έναντι αυτών που παράγονται από πρωτογενείς πηγές, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις κλιματολογικές συνθήκες όσο και τα χαρακτηριστικά της μορφολογίας των περιοχών, που μελετήθηκαν.

Στο πλαίσιο του επονομαζόμενου προγράμματος ACEPT-AIR, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις συγκεντρώσεων μάζας Α.Σ., αλλά και βασικών χημικών συστατικών αυτών, διαμορφώνοντας μια βάση δεδομένων, η οποία μέσω χρήσης μαθηματικών και στατιστικών μοντέλων (receptor models), διευκόλυνε στον εντοπισμό της συνεισφοράς των πηγών προέλευσης των ρύπων στη μάζα των Α.Σ.. Πιο συγκεκριμένα, το καινοτόμο εργαλείο που



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

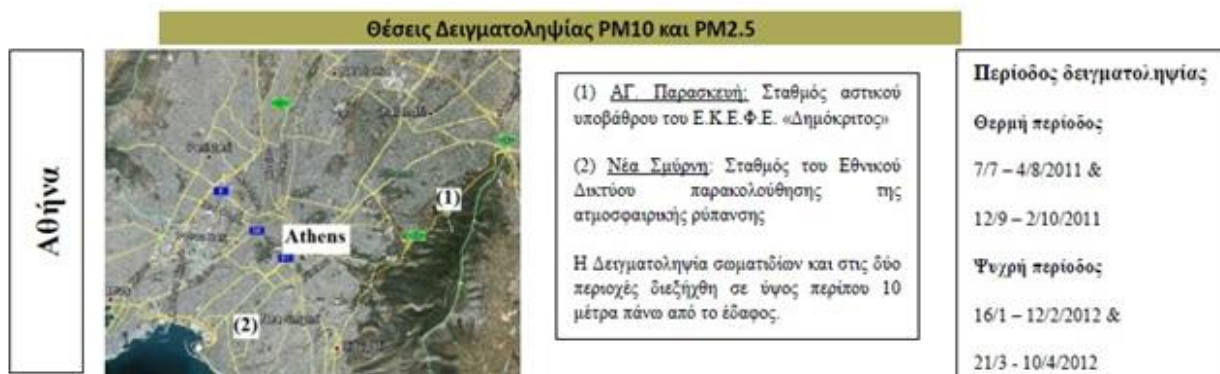
Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρυπών σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

δημιουργήθηκε (ACEPT-AIR Tool) ή αλλιώς η νέα επιχειρησιακή πλατφόρμα, με τα στοιχεία που διέθετε τόσο από νεότερες όσο και παλαιότερες βάσεις δεδομένων, όπως τις συγκεντρώσεις Μάζας Α.Σ.10, την καταγραφή των εκπομπών, του υπολογισμού της κατανομής των πηγών και την χημική σύνθεση των ιχνοστοιχείων και βασικών συστατικών, που αφορούσαν την ανάλυση των αποτελεσμάτων στο σύνολό τους, έδωσε τη δυνατότητα σε όσους φορείς του δημοσίου επιθυμούν, να ελέγχουν τα επίπεδα των συγκεντρώσεων των Α.Σ., και να προτείνουν κατάλληλους τρόπους μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

	Αθήνα Περίοδος δειγματοληψίας Θερμή περίοδος 7/7 – 4/8/2011 & 12/9 – 2/10/2011 Ψυχρή περίοδος 16/1 – 12/2/2012 & 21/3 – 10/4/2012
	Θεσσαλονίκη Περίοδος δειγματοληψίας Θερμή περίοδος 30/6/11- 25/9/11 & 14/7/11- 1/10/11 Ψυχρή περίοδος 10/2/12- 6/4/12
	Βόλος Περίοδος δειγματοληψίας Θερμή περίοδος 7/8 – 6/9/2011 Ψυχρή περίοδος 20/2 – 17/3/2012

Εικόνα 45: Ημέρα με επεισόδιο ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις τρεις υπό μελέτη περιοχές της Ελλάδας (Διαπούλη: 2012).

Κατά την διάρκεια του παραπάνω εγχειρήματος, κατασκευάστηκαν σταθεροί σταθμοί μέτρησης Α.Σ., τόσο σε κεντρικά σημεία όσο και σε αντίστοιχα με λιγότερη κυκλοφοριακή συμφόρηση (προαστιακά σημεία), των τριών υπό μελέτη αστικών ελληνικών πόλεων (Αθήνα, (Εικόνα 46), Θεσσαλονίκη, (Εικόνα 47), και Βόλο, (Εικόνα 48)).

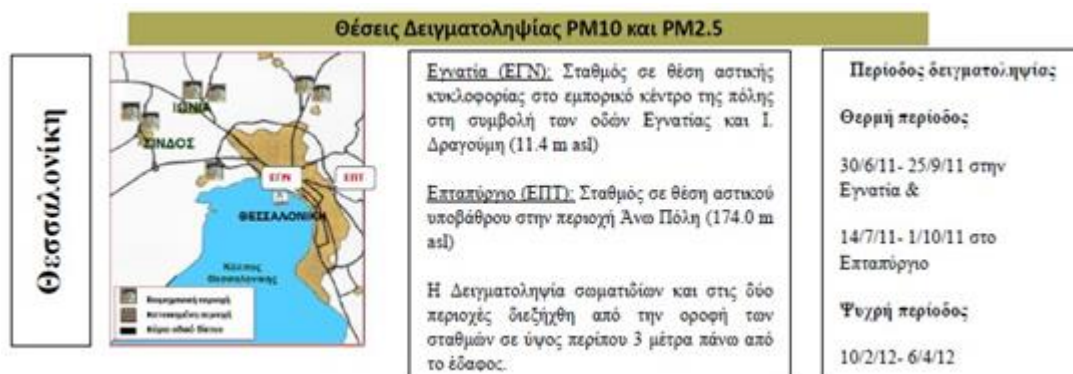


Εικόνα 46: Σταθμοί Μέτρησης στην Αθήνα βάσει προγράμματος, (Διαπούλη: 2012).



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρυπών σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

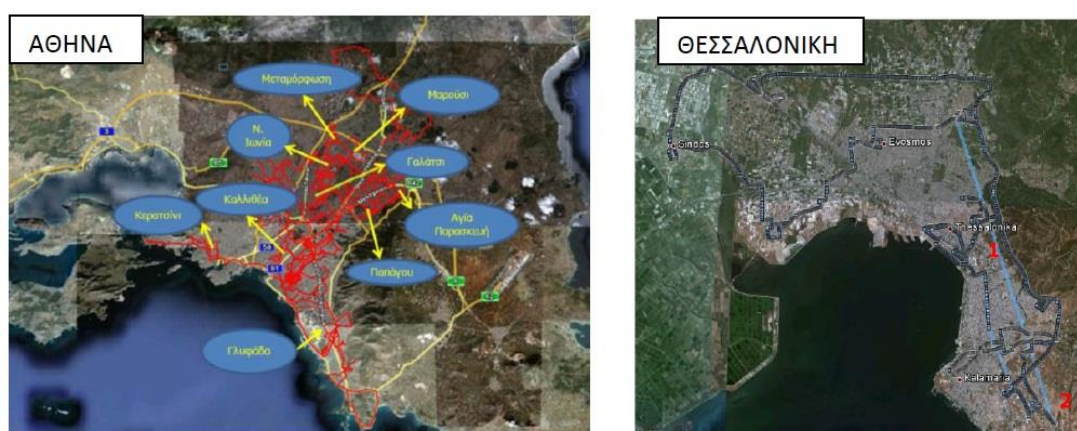


Εικόνα 47:Σταθμοί Μέτρησης στη Θεσσαλονίκη βάσει προγράμματος,(Διαπούλη:2012).



Εικόνα 48:Σταθμοί Μέτρησης στο Βόλο βάσει προγράμματος, (Διαπούλη:2012).

Παράλληλα, έλαβαν χώρα και κινητές δειγματοληψίες στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης (**Εικόνα 49**), με τη βοήθεια μιας ειδικά διαμορφωμένης κινητής εργαστηριακής μονάδας, του λεγόμενου Mobilab (**Εικόνα 50**), στοχεύοντας στη μελέτη της χωρικής κατανομής και διακύμανσης των συγκεντρώσεων μάζας των NO_x, της αιθάλης, των Α.Σ., και της συγκέντρωσης του αριθμού των αιωρούμενων σωματιδίων (P.N.C.).



Εικόνα 49:Διαδρομές κινητών δειγματοληψιών σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη, (Διαπούλη:2012).



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



Εικόνα 50: Ειδικά Διαμορφωμένο όχημα δειγματοληψιών Mobilab, (Διαπούλη:2012).

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη (Διαπούλη:2012), η κινητή πλατφόρμα μετρήσεων (MOBILAB) του εργαστηρίου Τεχνολογίας Σωματιδίων και αερολυμάτων (Ε.Κ.Ε.Τ.Α.) του ΕΤΕΣΑ, μέσω της οποίας πραγματοποιήθηκαν οι οδικές μετρήσεις, ήταν εξοπλισμένη, (Εικόνα 51) με :

- ένα σύστημα εντοπισμού Global Positioning System (GPS) για τον έλεγχο της ακριβούς θέσης του οχήματος διαχρονικά,
- Ενας κατανεμητής κινητικότητας σωματιδίων (Scanner Mobility Particle Sizer) (SMPS, μοντέλο TSI 3034) και ο οπτικός μετρητής σωματιδίων (OPC) για τη μέτρηση της κατανομής μεγέθους των σωματιδίων. Από τις παραπάνω μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε ο ολικός αριθμός σωματιδίων μετρούμενος σε $\#/cm^3$.
- Ενα φωτόμετρο DataRam4 για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης μάζας των Α.Σ.10 σε $\mu g/m^3$
- Ενα φορητό Αιθαλόμετρο AE51 για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης της Αιθάλης σε $\mu g/m^3$
- και ένα HORIBA APNA-370 Περιβαλλοντικός αναλυτής NOx, με μετρούμενες μονάδες σε $\mu g/m^3$.



Mobilab

Aerosol & Particle Technology Laboratory
Chemical Process Engineering
Research Institute (CERTH)
Centre for Research & Technology Hellas
(CERTH)



Equipment for particle measurements



Equipment for gaseous pollutants measurements

Εικόνα 51: Ειδικά Διαμορφωμένο όχημα δειγματοληψιών Mobilab, (Διαπούλη:2012).



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Από τις προαναφερθείσες δειγματοληψίες του Mobilab, δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων με μορφή φύλλων Excel, (Εικόνα 52), με διάφορα στοιχεία ανά μέτρηση. Χαρακτηριστικά αναφέρεται: η ημερομηνία και η ώρα της δειγματοληψίας, η ταχύτητα του οχήματος, η συγκέντρωση: α. του αριθμού αιωρούμενων σωματιδίων (Particle Number Concentration), β. της μάζας των Α.Σ.10 (Mass), γ. των οξειδίων του αζώτου (NO_x), δ. της αιθάλης το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, ώστε να προσδιοριστεί το ακριβές σημείο όπου υλοποιήθηκε η κάθε μέτρηση, κ.ά.. Για τον προσδιορισμό των σημείων χρησιμοποιήθηκε το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1984 (WGS '84), για το οποίο θα γίνει λόγος σε επόμενη ενότητα.

Εικόνα 52:Ενδεικτική απεικόνιση τιμών μετρήσεων Mobilab στο πρόγραμμα Excel

Γ.2.4_Χαρτογράφηση Βάσης Δεδομένων Mobilab

Στηριζόμενοι σε μια γενικότερη προσπάθεια καταγραφής και ψηφιακής αποτύπωσης των δεδομένων του Εθνικού Κέντρου Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Ε.Φ.Ε.) «Δημόκριτος» από τις κινητές δειγματοληψίες Mobilab, έγινε προσπάθεια i. Απεικόνισης/χαρτογράφησης και διερεύνησης της χωρικής διακύμανσης των αέριων και σωματιδιακών ρύπων και ii. Απεικόνισης της έκθεση υγείας πληθυσμού σε σχέση με τις μετρούμενες συγκεντρώσεις των ρύπων, μέσω της χρήσης του προγράμματος ArcGisPro, με στόχο τον εντοπισμό των περιοχών με περιορισμένη ρύπανση όπου θα αποτελέσουν και μια πρόταση των ιδανικότερων από τις υπό μελέτη περιοχές, όπου θα μπορούσε ένας αθλητής να προπονηθεί, εντός Αττικής.



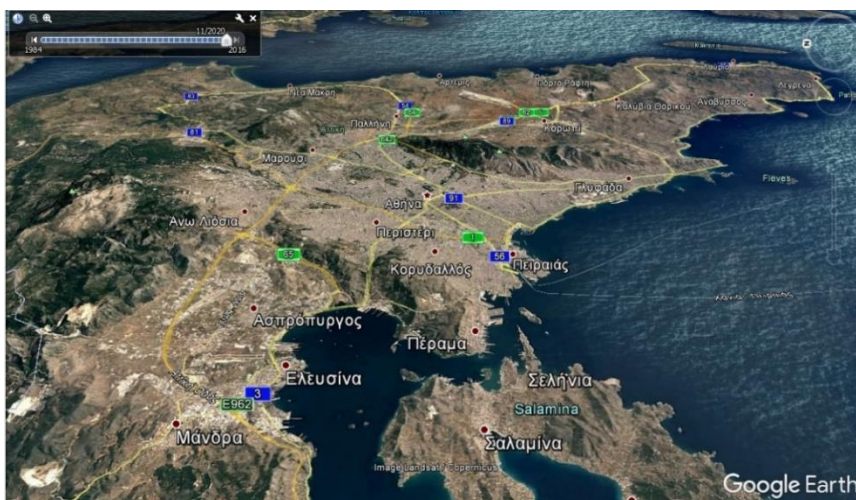
Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Πορεία εργασίας:

Για την επίτευξη του ανωτέρου στόχου, χρησιμοποιήθηκε μια βάση δεδομένων που έχει διαμορφωθεί σε πρόγραμμα excel, και συγκεκριμένα έγινε εισαγωγή των μετρήσεων στο πρόγραμμα ArcGIS Pro.

Οι μετρήσεις αυτές ελήφθησαν κατά την καλοκαιρινή περίοδο της δειγματοληψίας και συγκεκριμένα από 12/09/2011 έως 23/09/2011 και ώρες από τις 8:00π.μ.-17:00μ.μ. περίπου, σε περιοχές του Λεκανοπεδίου της Αττικής (**Εικόνα 53**) και αφορούν τις συγκεντρώσεις α. του αριθμού των αιωρούμενων σωματιδίων (P.N.C.), β. της Μάζας Α.Σ.10 (Mass), γ. των Οξειδίων του Αζώτου (NOx) και δ. της αιθάλης (μαύρου άνθρακα-Black Carbon).



Εικόνα 53:Το Λεκανοπέδιο της Αττικής (Πηγή:Google Earth)

Για την ορθότερη απεικόνιση και χαρτογράφηση έγινε φιλτράρισμα στις μετρήσεις του Mobilab με βάση τις εξής παραδοχές:

1. **Μέση ταχύτητα (Average Speed Km/h):** Διατηρήθηκαν τα στοιχεία με μέση ταχύτητα $\geq 3\text{Km/h}$,
2. **Συγκέντρωση Αριθμού Αιωρούμενων Σωματιδίων (Particle Number Concentration):** Διατηρήθηκαν τα στοιχεία με συγκέντρωση $< 50.000 \text{ (\#/cm}^3\text{)}$.



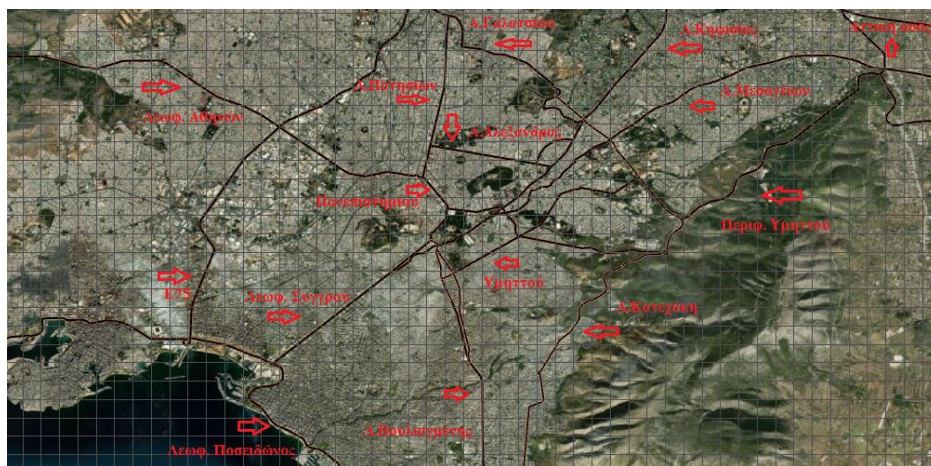
Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



Εικόνα 54:Βασικό οδικό Δίκτυο στο Λεκανοπέδιο της Αττικής (Πηγή:Google Earth)

Για την υλοποίηση της χαρτογράφησης των αέριων ρύπων και στο πλαίσιο του προσδιορισμού του ορθότερου τρόπου αποτύπωσης και διερεύνησης των δεδομένων αφού εισήχθησε η βάση δεδομένων στο πρόγραμμα, χρησιμοποιήθηκε κάνναβος διαστάσεων 500μ.χ500μ., ενώ χαρτογραφήθηκαν και οι κεντρικές οδικές αρτηρίες του Λεκανοπεδίου (Εικόνα 55).



Εικόνα 55:Ενδεικτική απεικόνιση Καννάβου 500μ.χ500μ. και βασικών οδικών δικτύων στο ArcGis Pro

Σε κάθε ένα από τα διαμορφωμένα κουτάκια του καννάβου, αφού βρέθηκε η μέση τιμή τόσο των χωρικών συντεταγμένων όλων των σημείων ανά κουτάκι καννάβου, υπολογίστηκε και η μέση τιμή των συγκεντρώσεων των στοιχείων που αντιστοιχούν στα παραπάνω σημεία της δειγματοληψίας.

Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκε μια νέα βάση δεδομένων, ξεχωριστά για τα οξειδία του αζώτου NO_x (τιμές με δύο δεκαδικά ψηφία), τη συγκέντρωση του αριθμού των αιωρούμενων σωματιδίων Particle Number Concentration (P.N.C.), τη συγκέντρωση της



Μάζας Α.Σ.10 (Mass) (τιμές με ένα δεκαδικό ψηφίο) και του μαύρου άνθρακα (Black Carbon-B.C.) (τιμές με ένα δεκαδικό ψηφίο), πάνω στην οποία στηρίχθηκε η παρεμβολή (interpolation) με τη μέθοδο Kriging και συγκεκριμένα με τις επιλογές στο ArcGIS Pro των εντολών Ordinary Kriging/General Properties-Optimize model ώστε να προέλθουν οι απεικονίσεις με τις διακυμάνσεις των αέριων ρύπων. Αξίζει να σημειωθεί ότι στις αρχικές τιμές των συγκεντρώσεων της αιθάλης υπήρχαν και αυτές με αρνητικό πρόσημο. Στην περίπτωση αυτή ακολουθήθηκε η εξής παραδοχή: οι αρνητικές τιμές των συγκεντρώσεων αντικαταστάθηκαν με την τιμή που προήλθε από το μέσο όρο της προηγούμενης τιμής από την αρνητική, της ίδιας της αρνητικής και της επόμενης τιμής συγκέντρωσης αιθάλης δηλαδή από την τιμή που προήλθε από τον τύπο (προηγούμενη τιμή συγκέντρωσης + αρνητική τιμή συγκέντρωσης + επόμενη τιμή συγκέντρωσης)/3.

Κατά τη συγκεκριμένη διαδικασία παρεμβολής και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων ως εικόνα, έγινε χρήση της αυτόματης επιλογής (default), επιλέγοντας έτσι αυτόματα το πρόγραμμα τον καταλληλότερο τρόπο παρεμβολής, ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε σαν παράμετρος Neighborhood Type, η εντολή smooth και συγκεκριμένα η τιμή 0.2 για τους αέριους ρύπους ενώ η εντολή standard για την έκδοση πληθυσμού.

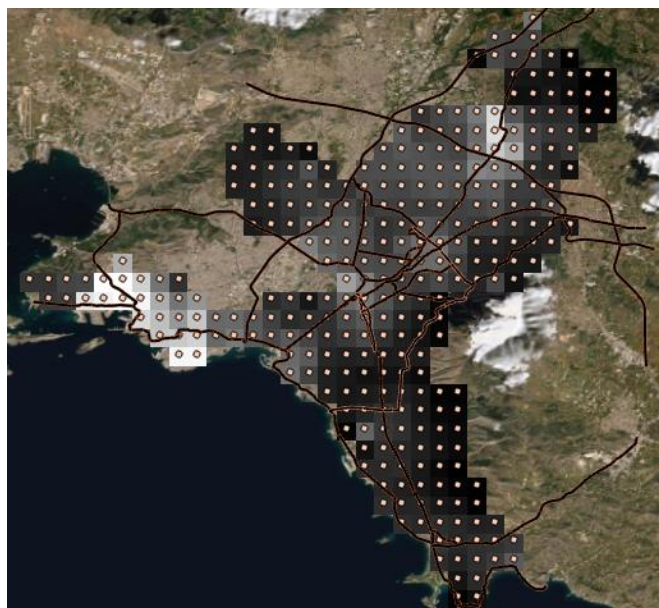
Η οριοθέτηση της μέγιστης και ελάχιστης τιμής των συγκεντρώσεων των αέριων και σωματιδιακών ρύπων, που προέκυψαν από την παρεμβολή στηρίχθηκε αρχικά στην αυτοματοποιημένη μέθοδο Geometrical Interval, ενώ ακολούθησε ο χειροκίνητος (manual interval) χωρισμός του διαστήματος των τιμών σε επιμέρους τάξεις (classes) με ίσα διαστήματα, διαφορετικά ανά περίπτωση ρύπων, με στόχο την πιο ορθή απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Ειδικότερα, οι τάξεις (classes) που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε μια περίπτωση, όπως αυτές θα παρατεθούν παρακάτω έχουν ως ακολούθως: α. Για τις συγκεντρώσεις των NO_x και B.C. χρησιμοποιήθηκαν 15 classes, β. Για τη συγκέντρωση Μάζας Α.Σ.10: 20 classes, γ. και για τη συγκέντρωση Αριθμού Σωματιδίων (P.N.C.) 11 classes.

Για την απεικόνιση της έκδοσης πληθυσμού ελήφθησαν υπόψη στοιχεία της τελευταίας απογραφής πληθυσμού που είχε στη διάθεση του το ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, που παρουσιάζουν στο κέντρο κάθε κάναβου 1x1km τόσο τις χωρικές συντεταγμένες του σημείου όσο και τον πληθυσμό καθώς και τιμές που εξήχθησαν από τις απεικονίσεις των αέριων ρύπων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι τιμές αυτές προήλθαν αφού πρώτα η εικόνα των απεικονίσεων της συγκέντρωσης των ρύπων μετατράπηκε με επεξεργασία των pixels σε κάναβο 1km x 1km (Εικόνα 56), μέσω της εντολής Resample, και κατόπιν ακολούθησε ο προσδιορισμός της τιμής των συγκεντρώσεων στο μέσων του καννάβου μέσω της εντολής (Value to Points), ώστε να υπάρχει μία τιμή για κάθε τετραγωνικό χιλιόμετρο.



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



Εικόνα 56:Ενδεικτική Απεικόνιση Μετατροπής των pixels μιας εικόνας παρεμβολής σε κάνναβο

Με τον τρόπο αυτό ουσιαστικά εντοπίστηκε η τιμή των συγκεντρώσεων για κάθε σημείο και σε συνδυασμό με τα δεδομένα του πληθυσμού, δημιουργήθηκε ένας νέος πίνακας που σε κάθε σημείο υπάρχουν συντεταγμένες, πληθυσμός και τιμή ρύπου. Το γινόμενο του πληθυσμού και της τιμής των ρύπων ανά σημείο, είναι αυτή που μας έδωσε τις τιμές που χρησιμοποιήθηκαν για την τελική απεικόνιση της έκδεσης πληθυσμού σε κάθε έναν ρύπο (Classes Παρεμβολής για όλες τις εκδόσεις πληθυσμού 10, Μέθοδος Geometrical Interval).

Γ.2.4.1_ Παρουσίαση και διερεύνηση αποτελεσμάτων παρεμβολής

Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας, που διενεργήθηκε κατά τη θερμή περίοδο του έτους, και περιελάμβανε οδικές μετρήσεις υπέρλεπτων σωματιδίων μαζί με NO_x, σε ένα ευρύ φάσμα αστικών και βιομηχανικών περιοχών, βρέθηκαν υψηλότερες τιμές συγκεντρώσεων UFPs στους δρόμους μεγάλων αρτηριών και στους αυτοκινητόδρομους, λόγω αυξημένης κυκλοφορίας (Λ.Κηφισίας, Λ.Μεσογείων Λ.Πατησίων, Λ.Βουλιαγμένης, Λ.Κατεχάκη κ.ά.). Το κέντρο της Αθήνας, παρουσίασε αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις UFPs, που αντιστοιχούσαν στις κακές συνθήκες κυκλοφορίας, ενώ σταθερά υψηλές τιμές συγκεντρώσεων UFPs και NO_x βρέθηκαν σε δρόμους μέσα σε αστικά φαράγγια, επισημαίνοντας την επίδραση του πολεοδομικού σχεδιασμού στις αυξημένες εκπομπές αέριων ρύπων.

Σχετικά περιορισμένες συγκεντρώσεις ρύπων παρουσιάστηκαν σε περιοχές με βιομηχανική δραστηριότητα στο δυτικό τμήμα του δήμου Αθηναίων (Βοτανικός, Ρουφ, Ακαδημία Πλάτωνος,) και στο βορειοδυτικό τμήμα του δήμου Πειραιά, ενώ σχετικά παρόμοιες συγκεντρώσεις εμφάνισαν και εκείνοι οι δήμοι που βρίσκονται στον παραδοσιακό βιομηχανικό άξονα όπως η Δραπετσώνα, το Μοσχάτο, ο Άγιος Ιωάννης

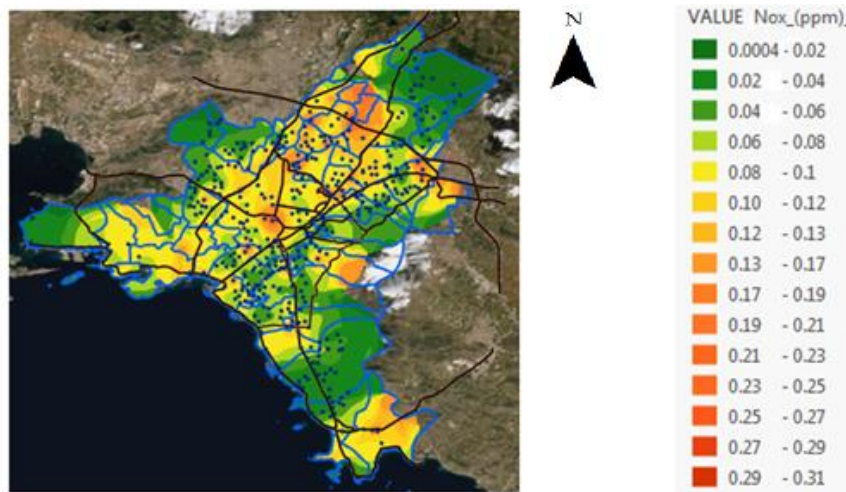


Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

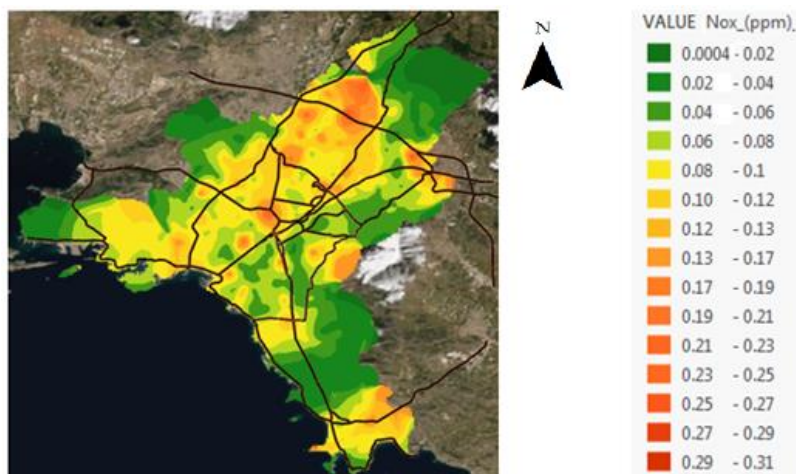
Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Ρέντης, ο Ταύρος, καθώς και το Αιγάλεω στο βόρειο μέρος και η Ν. Ιωνία στο βορειοανατολικό μέρος. Αναλυτικότερα:

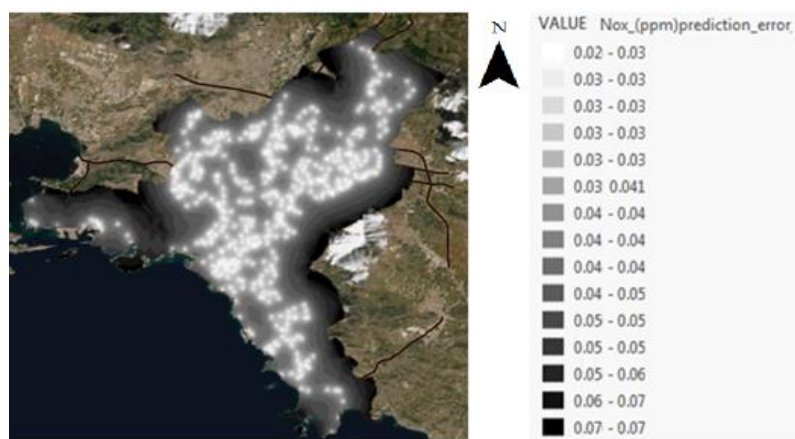
- ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ Συγκέντρωσης NOx σε κάναβο 0.5Kmx0.5Km



Εικόνα 57:Χωρική Απεικόνιση Συγκέντρωσης Ρύπων NOx (ppm) και σημεία μέσων τιμών



Εικόνα 58:Χωρική Απεικόνιση Συγκέντρωσης Ρύπων NOx (ppm)



Εικόνα 59:Απεικόνιση Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων κατανομής Ρύπων NOx (ppm)



Μελετώντας τις παραπάνω απεικονίσεις (**Εικόνα 57**), (**Εικόνα 58**) των συγκεντρώσεων των οξειδίων του αζώτου, διαπιστώνεται διαφορετική κατανομή των αέριων αυτών ρύπων στην ευρύτερη περιοχή του Λεκανοπεδίου της Αττικής, που επιφέρει και διαφορετική έκθεση του πληθυσμού σε συγκεντρώσεις NO_x.

Όσον αφορά τις μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων NO_x, αυτές παρατηρούνται σε διάφορα σημεία του Λεκανοπεδίου, και κυρίως κοντά σε κόμβους των μεγάλων οδικών αρτηριών, έχοντας σαν κυριότερες αιτίες τόσο την έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση, όσο και τις εκπομπές ρύπων από τις βιομηχανίες. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρώντας τις εικόνες των αποτελεσμάτων, (**Εικόνα 57**), (**Εικόνα 58**), διαπιστώνει κανείς ότι στο κέντρο της Αθήνας, και ιδιαίτερα σε ακτίνα κάποιων μέτρων γύρω από την πλατεία Ομονοίας, παρατηρείται έντονο πορτοκαλί χρώμα γεγονός που υποδηλώνει την μεγάλη τιμή της συγκέντρωσης των NO_x, πιθανότατα λόγω της έντονης κυκλοφοριακής συμφόρησης λόγω της χρήσης Ι.Χ. οχημάτων, ταξί, λεωφορείων αλλά και φορτηγών, τα οποία χρησιμοποιούνται από τα καταστήματα, για την φορτοεκφόρτωση προϊόντων. Βορειότερα, παρατηρούνται πολύ αυξημένες τιμές στη συμβολή της Λ.Πατησίων με τη Λ. Γαλατσίου, όπως και κοντά στον κόμβο της οδικής αρτηρίας Ε75 με την Αττική οδό. Πολύ αυξημένα επίπεδα συγκεντρώσεων NO_x, εντοπίζονται επίσης σε περιοχές των βορείων προαστίων όπως το Μαρούσι, η Πεύκη, η Λυκόβρυση ως τη Ν. Ερυθραία, περιοχές δηλαδή που εσωκλείονται στο νοητό τρίγωνο που δημιουργείται από τους αυτοκινητόδρομους Ε-75, Αττική Οδό και Λ. Κηφισίας, με εντονότερο πρόβλημα (έντονο πορτοκαλί) να παρουσιάζεται κατά μήκος της Αττικής Οδού, δυτικά της Λ. Κηφισίας στο ύψος του Ο.Α.Κ.Α., έως και την έξοδο της Εθνικής οδού, στο ύψος της Ερυθραίας. Κατευθυνόμενοι προς τα βορειοανατολικά, οι ανώτερες τιμές εντοπίζονται στον κόμβο της Λ.Δουκίσσης Πλακεντίας με την Αττική Οδό, όπως και στην έξοδο προς τα ανατολικά προάστια, στον κόμβο δηλαδή της Λ.Μεσογείων με τη Λ.Λαυρίου. Πιθανή αιτία και εδώ η αυξημένη κυκλοφορίας οχημάτων προς τις περιοχές κοντά στον Αερομiléνα Αθηνών. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περιοχή του Αγ. Δημητρίου έως τη Δάφνη, όπου οι συγκεντρώσεις είναι αυξημένες στον κόμβο της Λ.Βουλιαγμένης με την Ηλιουπόλεως, η Λ.Κατεχάκη από τον Καρέα μέχρι την Ηλιούπολη, αλλά και η έξοδος στα νοτιοανατολικά του Λεκανοπεδίου και συγκεκριμένα στη Λ.Βάρης-Κορωπίου με τις υψηλές τιμές ρύπων να εμφανίζονται λόγω της κίνησης των οχημάτων από και προς το Αεροδρόμιο αλλά και από τις βιομηχανίες.

Στις περιοχές που βρίσκονται κατά μήκος της ζώνης του Κηφισού Ποταμού, (οδική αρτηρία Ε-75), από τις πιο βορειοδυτικές περιοχές, όπως οι Θρακομακεδόνες ως και τον Πειραιά, παρατηρείται μικρός περιορισμός των συγκεντρώσεων των οξειδίων του αζώτου σε σχέση με τις προαναφερθείσες, (λιγότερο έντονο πορτοκαλί κ κίτρινο χρώμα), και σταδιακή μείωση των ρύπων (απεικόνιση με πιο ανοιχτό κίτρινο χρώμα) σε περιοχές όπως η Δραπετσώνα. Μικρές εξαιρέσεις μέγιστων τιμών παρατηρούνται σε περιοχές κοντά στον



κόμβο της Λ.Αθηνών με την Ε75 όπως και στην περιοχή του Αγ. Ιωάννη Ρέντη. Οι τιμές αυτές πιθανολογούνται ότι προέρχονται από τις βιομηχανίες, της λεγόμενης «Βιομηχανικής Ζώνης» όσο και από τις έντονες μετακινήσεις οχημάτων (επιβατικών και φορτηγών), που χρησιμοποιούνται για μεταφορές ανθρώπων ή και των εμπορευμάτων. Επιβαρυντικά στην ατμόσφαιρα, είναι δυνατόν να συντελεί και η ύπαρξη των μηχανοστασίων (τρένων και λεωφορείων), που εντοπίζονται στις νοτιοδυτικές περιοχές του Κηφισού, όπως το Αιγάλεω και ο Άγιος Ιωάννης Ρέντη.

Όσο κατευδύνεται κανείς κατά μήκος της ακτογραμμής, και με πορεία από το λιμάνι του Πειραιά προς το λιμάνι του Περάματος, παρατηρείται περιορισμός των συγκεντρώσεων των οξειδίων του αζώτου, με αξία αναφοράς την περιοχή του Περάματος, όπου υπάρχουν χαμηλές συγκεντρώσεις ΝΟ_x (απεικόνιση με χαρακτηριστική πράσινη απόχρωση), πιθανότατα λόγω της περιορισμένης κυκλοφορίας οχημάτων αλλά και της περιορισμένης δειγματοληψίας στις ενδιαμέσες περιοχές. Λίγο διαφοροποιημένη κατάσταση συγκεντρώσεων, (ενδείξεις με κίτρινο χρώμα), παρατηρείται κατά μήκος της ακτογραμμής και με πορεία προς τα νότια προάστια του Λεκανοπεδίου, με εξαίρεση στον κόμβο της Λ.Συγγρού με την Λ.Ποσειδώνος (περιοχή ανατολικά από το Πάρκο Σταύρος Νιάρχος), όπου υπάρχει αυξημένη συγκέντρωση πιθανότητα λόγω του γεγονότος ότι την περίοδο που ελήφθησαν οι μετρήσεις υπήρχε αυξημένη κίνησης φορτηγών οχημάτων εξαιτίας της κατασκευής του Πάρκου Σταύρος Νιάρχος, όπως και νοτιότερα στο δήμο Αλίμου και Αργυρούπολης Ελληνικού, στη συμβολή των οδών Αργυρουπόλεως και Τιτάνων όπως και στην επέκταση αυτής τη Λ.Αλίμου στο ύψος που αυτή συναντά στην παραλιακή οδό Λ.Ποσειδώνος. Χαρακτηριστικά αυξημένες τιμές (πορτοκαλί χρώμα) παρατηρούνται και στην έξοδο προς τον Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών κατά μήκος της Λ. Βάρης Κορωπίου, με ενδεχομένως εξαιτίας πέραν της κυκλοφορίας των οχημάτων, και από την ύπαρξη βιομηχανιών στις περιοχές αυτές.

Τέλος, μικρές συγκεντρώσεις (χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα) παρουσιάζουν περιοχές όπως: η Πεντέλη στα βορειοανατολικά, η Πετρούπολη στα δυτικά, η περιοχή της Ηλιούπολης και Αργυρούπολης στους πρόποδες του Υμηττού. Παρόμοια κατάσταση επικρατεί και νοτιότερα όπως: στη Γλυφάδα και στο Δήμο Βάρης Βούλας-Βουλιαγμένης τόσο προς τους πρόποδες του Υμηττού όσο και κατά μήκος της παραλίας, όπως ευρύτερη περιοχή κατά μήκος της περιφερειακής του Υμηττού στο ύψος του δήμου Παπάγου και Χολαργού, λόγω της ύπαρξης του αισθητικού δάσους του Υμηττού, και του μικροκλίματος που δημιουργείται.

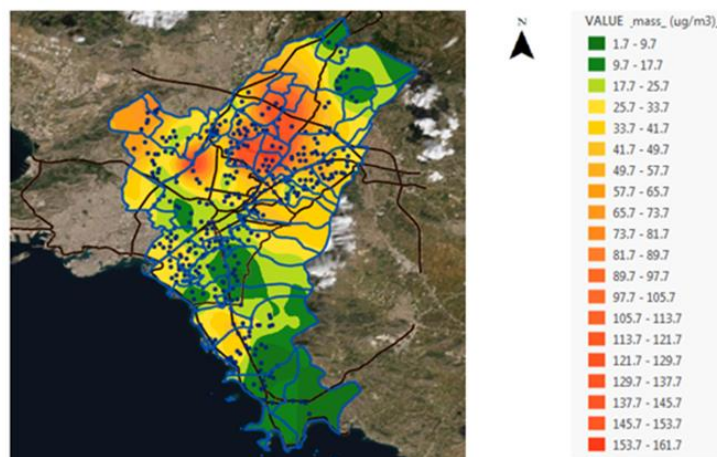


Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

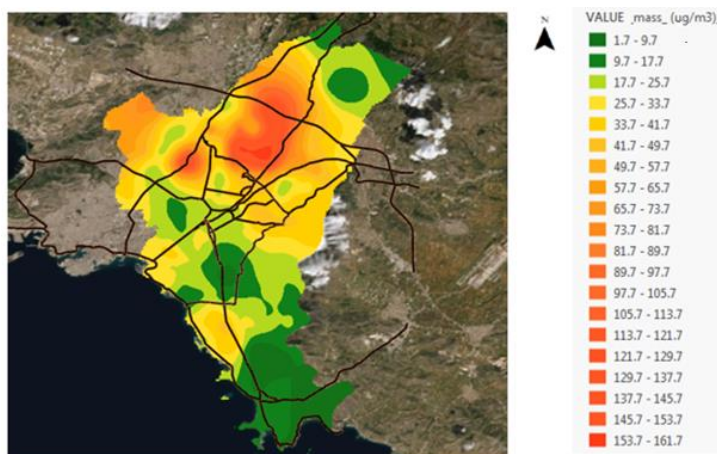
Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

• ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ Συγκέντρωσης Μάζας Α.Σ.10 σε κάνναβο 0.5Km^x0.5Km

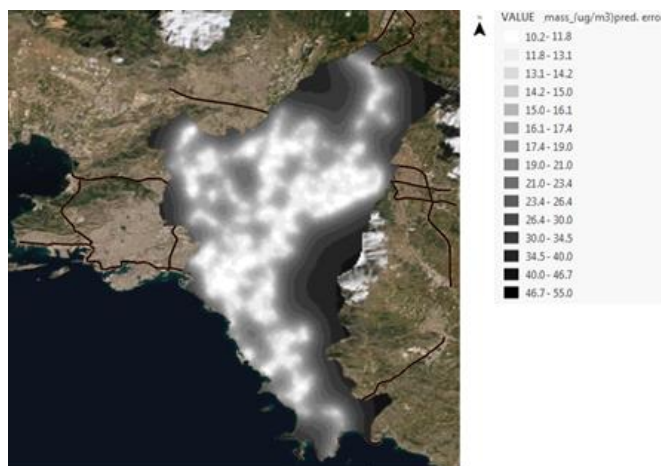
Κατά τη δειγματοληψία του Mobilab, οι τιμές των συγκεντρώσεων της Μάζας Α.Σ.10 (Mass) των αέριων ρύπων ελήφθησαν σε μια πιο περιορισμένη περιοχή σε σχέση με αυτή των αντίστοιχων συγκεντρώσεων των NO_x, όπως άλλωστε φαίνεται και από την απεικόνιση που ακολουθεί:



Εικόνα 60:Χωρική Απεικόνιση Συγκέντρωσης Μάζας (Mass) Α.Σ.10 (ug/m³) και σημεία μέσων τιμών



Εικόνα 61:Χωρική Απεικόνιση Συγκέντρωσης Μάζας (Mass) Α.Σ.10 (ug/m³)



Εικόνα 62:Απεικόνιση Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων κατανομής της Μάζας (Mass) Α.Σ.10 (ug/m³)



Μελετώντας τις παραπάνω απεικονίσεις των συγκεντρώσεων της Μάζας Α.Σ.10 (**Εικόνα 60**), (**Εικόνα 61**), διαπιστώνεται και εδώ διαφορετική κατανομή των αέριων αυτών ρύπων στην ευρύτερη περιοχή του Λεκανοπεδίου της Αττικής, που επιφέρει όπως θα δουμε παρακάτω και διαφορετική έκθεση του πληθυσμού σε αιωρούμενα σωματίδια.

Όσον αφορά τις μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων Μάζας Α.Σ.10 αυτές παρατηρούνται στις κεντρικές και βόρειες περιοχές του Λεκανοπεδίου (έντονο πορτοκαλί χρώμα), και πιο συγκεκριμένα στις περιοχές που βρίσκονται βόρεια της Λ.Γαλατσίου και με κατεύθυνση προς την Ν.Ερυδραία αλλά και κατά μήκος της Λ.Κηφισίας από την Κατεχάκη έως την έξοδο προς τα βόρεια προάστια, ενώ και στην οδική αρτηρία Ε-75 στο ύψος των Κ. Πατησίων, πιθανότατα λόγω κυκλοφοριακής συμφόρησης.

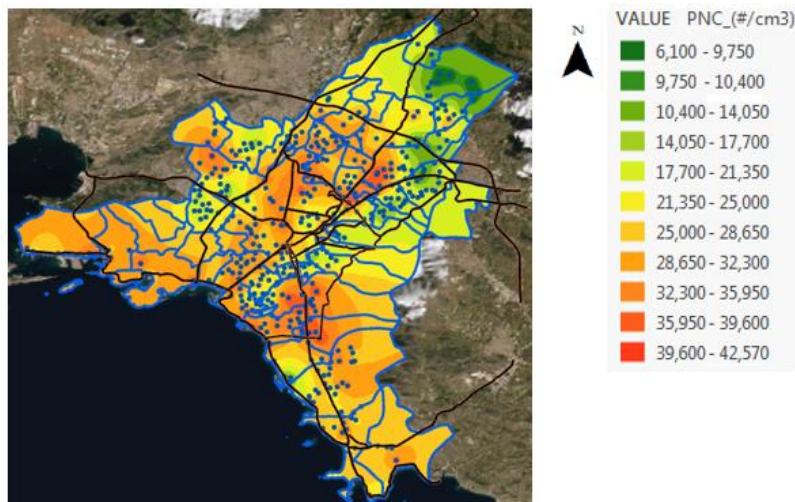
Παρατηρώντας την χωρική απεικόνιση των συγκεντρώσεων της Μάζας Α.Σ.10 (**Εικόνα 60**), (**Εικόνα 61**) εντοπίζονται σχετικά αυξημένες τιμές στα δυτικά προάστια του λεκανοπεδίου (λιγότερο έντονο πορτοκαλί χρώμα), ενώ ακόμα πιο περιορισμένη είναι η συγκέντρωση ρύπων σε περιοχές τόσο της νοτιοδυτικής Αττικής όσο και σε δήμους που βρίσκονται κατά μήκος της Λ.Μεσογείων από το Γέρακα και την Παλλήνη μέχρι δήμους που βρίσκονται πιο κεντρικά π.χ. το δήμο του Ζωγράφου. Παρόμοια κατάσταση συναντάται και σε δήμους που βρίσκονται στους πρόποδες του Υμηττού κατά μήκος της Περιφερειακής οδού του Υμηττού και της Λ. Καρέα στο ύψος της Ηλιούπολης. Κατευθυνόμενοι προς τα νότια, και συγκεκριμένα στο κόμβο της Λ.Συγγρού με την Λ.Ποσειδώνος, παρατηρούνται κι εκεί περιορισμένης έκτασης συγκεντρώσεις σωματιδιακής Μάζας Α.Σ.10 (ανοιχτό κίτρινο χρώμα), κάτι που επαναλαμβάνεται στην περιοχή του παλαιού Αερολιμένα στο Ελληνικό από τον Άλιμο μέχρι και τη Βούλα, ενώ μικρές συγκριτικά με τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω είναι οι συγκεντρώσεις της Μάζας Α.Σ.10 των αιωρούμενων σωματιδίων προς τα βόρεια στην περιοχή της Πεντέλης και προς τα νότια του Αγίου Δημητρίου, της Αργυρούπολης, κυρίως όμως στις περιοχές που βρίσκονται κατά μήκος της ακτογραμμής από τη Γλυφάδα ως και τη Βάρκιζα, αλλά και στις περιοχές κατά μήκος της Λ.Βάρης-Κορωπίου (χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα).



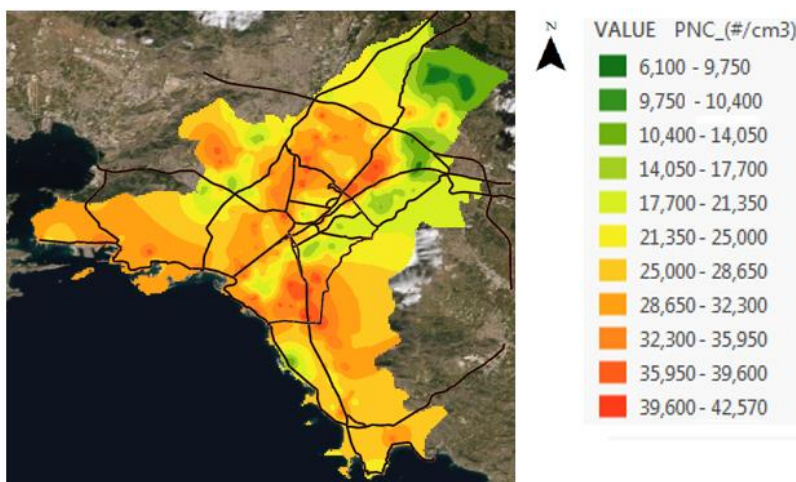
Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

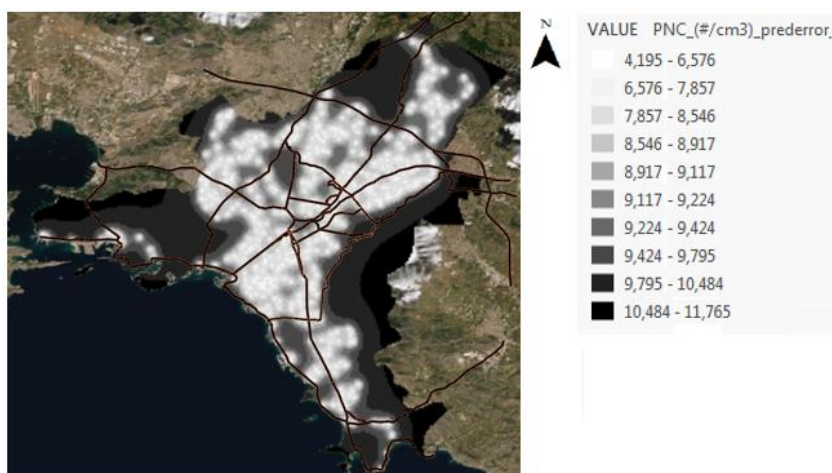
• ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ Συγκέντρωσης Αριθμού Αιωρούμενων Σωματιδίων (P.N.C.) σε κάναβο 0.5Kmx0.5Km



Εικόνα 63:Απεικόνιση κατανομής Συγκέντρωσης Αριθμού Α.Σ.10 (#/cm³) και σημεία μέσων τιμών



Εικόνα 64:Απεικόνιση κατανομής Συγκέντρωσης Αριθμού Α.Σ.10 (#/cm³)



Εικόνα 65:Απεικόνιση κατανομής Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων Συγκέντρωσης Αριθμού Α.Σ.10 (#/cm³)



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

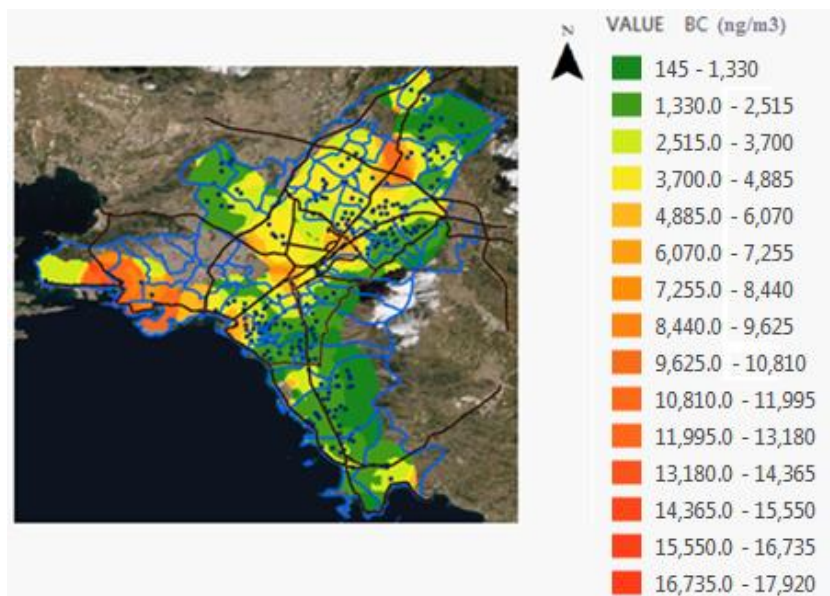
Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Παρατηρώντας τις παραπάνω απεικονίσεις, (Εικόνα 63), (Εικόνα 64) των συγκεντρώσεων του αριθμού των αιωρούμενων σωματιδίων, διαπιστώνεται ότι οι αέριοι ρύποι διαχέονται σχεδόν ομοιόμορφα σε όλο το Λεκανοπέδιο της Αττικής.

Όσο αφορά στις μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων, αυτές συναντώνται κυρίως στους κόμβους των κεντρικών αρτηριών (έντονο πορτοκαλί χρώμα) με ιδιαίτερα επιβαρυμένες τις περιοχές, που βρίσκονται τόσο δυτικά όσο και ανατολικά της Λ.Κηφισίας έως και Λ. Μεσογείων. Από το ύψος της Λ.Κατεχάκη μέχρι την Αγία Παρασκευή και τις περιοχές του Δήμου Αθηναίων, που βρίσκονται κατά μήκος της λ.Πατησίων μέχρι την Πλ. Ομονοίας και την Πανεπιστημίου. Αυξημένες συγκεντρώσεις Α.Σ. παρατηρεί κανείς και στον κόμβο της Λ.Συγγρού με την Λ.Ποσειδώνος, αλλά και στις περιοχές του Πειραιά στην έξοδο προς την οδική αρτηρία Ε-75 και κατά μήκος όλου του παραλιακού μετώπου ιδιαίτερα στο λιμάνι του Πειραιά έως και το λιμάνι του Περάματος. Επιπλέον, χαρακτηριστικό πορτοκαλί χρώμα χαρακτηρίζει τις συγκεντρώσεις από την περιοχή του Αγ. Δημητρίου έως και τον κόμβο στην είσοδο της Αργυρούπολης (γέφυρα Praktiker), όπως και στην έτερη είσοδο στην πλατεία της Αργυρούπολης από την οδό Αργυρουπόλεως.

Λιγότερο αυξημένες αλλά και πάλι σε αρκετά υψηλά επίπεδα είναι οι τιμές των συγκεντρώσεων σε όλες σχεδόν τις υπόλοιπες περιοχές του Λεκανοπεδίου (κίτρινο χρώμα) με χαρακτηριστική εξαίρεση τις περιοχές κοντά στην έξοδο της Λ.Δουκίσσης Πλακεντίας και την Πεντέλη.

- ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ Συγκέντρωσης Β.С. σε κάρναβο 0.5Kmх0.5Km

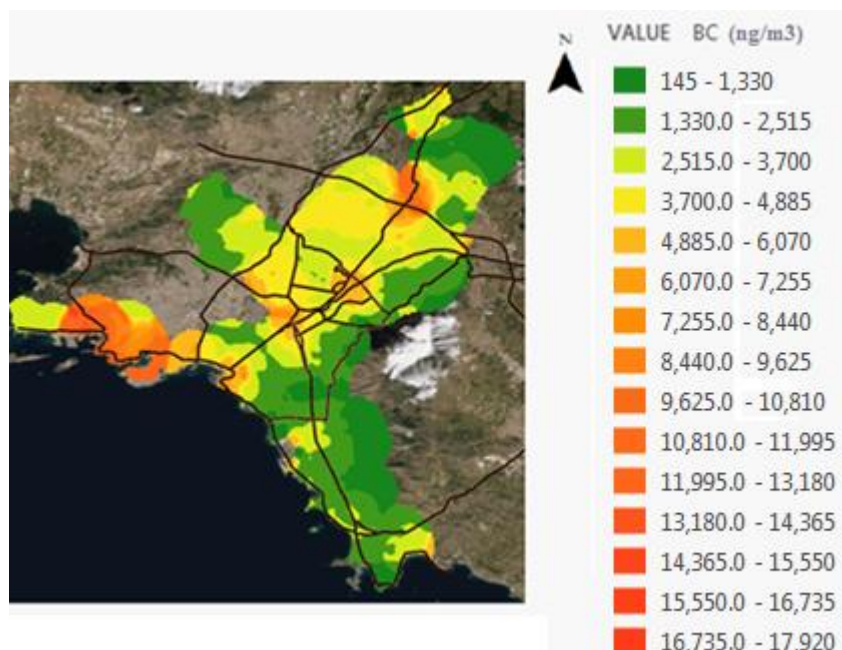


Εικόνα 66:Απεικόνιση κατανομής Συγκέντρωσης Αιθάλης (ng/m³) και σημεία μέσων τιμών

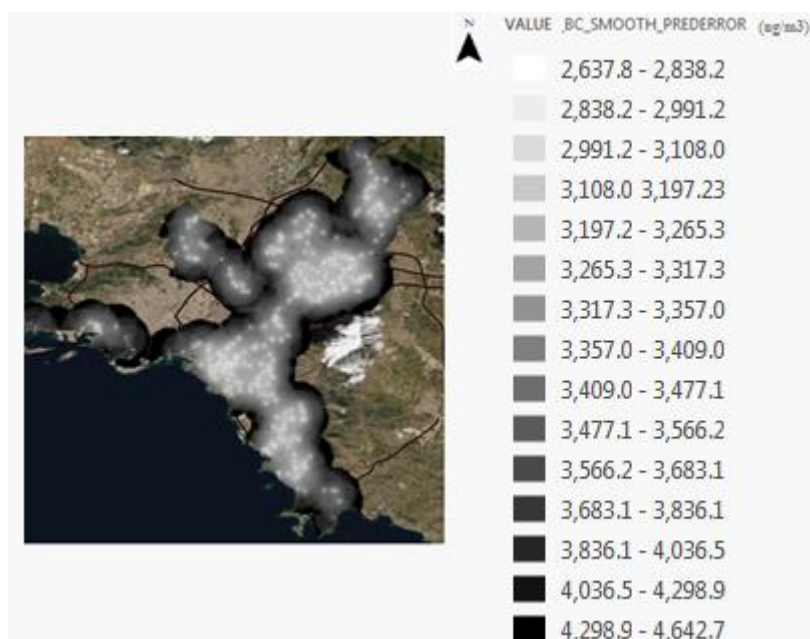


Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



Εικόνα 67: Απεικόνιση κατανομής Συγκέντρωσης Αιθάλης (ng/m^3)



Εικόνα 68: Απεικόνιση κατανομής Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων Συγκέντρωσης Αιθάλης (ng/m^3)

Μελετώντας την απεικόνιση των Συγκεντρώσεων της Αιθάλης (B.C.) (Εικόνα 66), (Εικόνα 67) παρατηρεί κανείς τελείως διαφορετική εικόνα από τις μέχρι τώρα απεικονίσεις των συγκεντρώσεων των ρύπων. Πιο συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζονται κυρίως περιμετρικά του λιμένα του Πειραιά, μέχρι περίπου το Κερατσίνι, εξαιτίας πιθανότατα των ρύπων που προέρχονται από το πλοία. Μικρότερες στους κόμβους των κεντρικών αρτηριών (Ε75 με Λ.Ποσειδώνος αλλά και Λ.Συγγρού με Λ.Ποσειδώνος), ενώ χαρακτηριστικά αυξημένη τιμή συγκεντρώσεων αιθάλης παρατηρείται και βορειότερα στο λεγόμενο δαχτυλίδι στον κόμβο δηλαδή της Λ.Κηφισίας με την Αττική οδό και λίγο



βορειότερα μέχρι και την περιοχή της Ν.Ερυθραίας πιθανότατα από ρύπους αυτοκινήτων, σκόνη και άλλους παράγοντες, που δεν είναι εύκολο να προσδιοριστούν. Αρκετά χαμηλότερες (χαρακτηριστική κίτρινη απόχρωση) είναι οι συγκεντρώσεις σε βορειοανατολικές, δυτικές και κεντρικές περιοχές του Λεκανοπεδίου, πιθανότατα λόγω σκόνης και κυκλοφοριακής συμφόρησης, ενώ πολύ μικρές είναι οι συγκεντρώσεις του μαύρου άνθρακα σε περιοχές κοντά στην Πετρούπολη, στους πρόποδες του Υμηττού από την Αγ. Παρασκευή μέχρι και την Βάρη, αλλά και κατά μήκος της ακτογραμμής στη Λ.Ποσειδώνος από την Φάληρο έως το Καβούρι με μικρές εξαιρέσεις τις περιοχές του Αλίμου και στην έξοδο προς Σούνιο κοντά στην Βάρκιζα.

Γ.2.4.2_ Έκθεση πληθυσμού και συγκεντρώσεις ρύπων

Σύμφωνα με τους Διαπούλη και συν. (2011:632-633), τα αερομεταφερόμενα σωματίδια, και ιδιαίτερα τα λεπτά σωματίδια (UFPs), έχουν συσχετιστεί με διάφορες αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία (Pope and Dockery, 2006). Πρόσφατες τοξικολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι τα εξαιρετικά λεπτά σωματίδια (UFPs) μπορεί να έχουν μεγαλύτερο αντίκτυπο στην ανθρώπινη υγεία από τα μεγαλύτερα σωματίδια. Δεδομένου ότι τα πρότυπα ποιότητας του αέρα αντιστοιχούν στον ατμοσφαιρικό αέρα, η πλειονότητα των επιδημιολογικών μελετών επιχειρεί να συσχετίσει τις επιπτώσεις στην υγεία με τις συγκεντρώσεις εξωτερικών Α.Σ.. Ωστόσο, έχει αναγνωριστεί ότι τα επίπεδα συγκέντρωσης του περιβάλλοντος ενδέχεται να μην είναι ενδεικτική της έκθεσης του ανθρώπου, καθώς οι αστικοί πληθυσμοί τείνουν να περνούν το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους.

Γ.2.4.3_ Παρουσίαση και διερεύνηση αποτελεσμάτων έκθεσης πληθυσμού σε συγκεντρώσεις αέριων ρύπων

Παρακάτω γίνεται μια προσπάθεια απεικόνισης των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων σε σχέση με την έκθεση πληθυσμού. Η γραφική απεικόνιση στηρίχθηκε σε βάση δεδομένων του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», που αφορούσε τον αστικό ιστό και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την βάση δεδομένων του Mobilab. Όσο αφορά τον πληθυσμό έχει καταγραφεί σύμφωνα με την τελευταία απογραφή και τα αποτελέσματα αφορούν γενικό πληθυσμό αλλά και διαφορετικές ηλικιακές ομάδες πληθυσμού (0-ηλικίες). Για την απεικόνιση θεωρήθηκε κάναβος 1kmx1km και αφορά μόνο τον γενικό πληθυσμό.

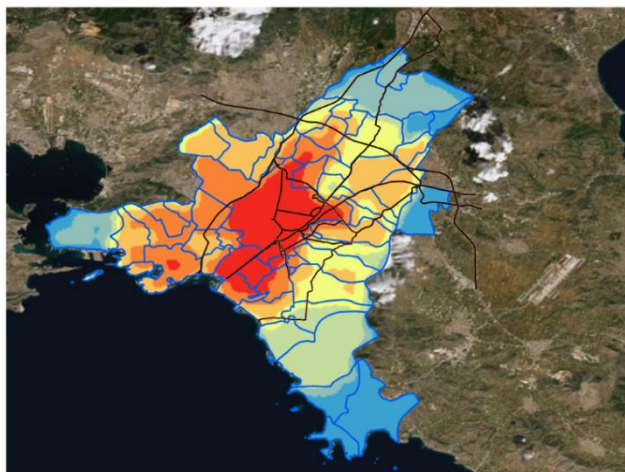


Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

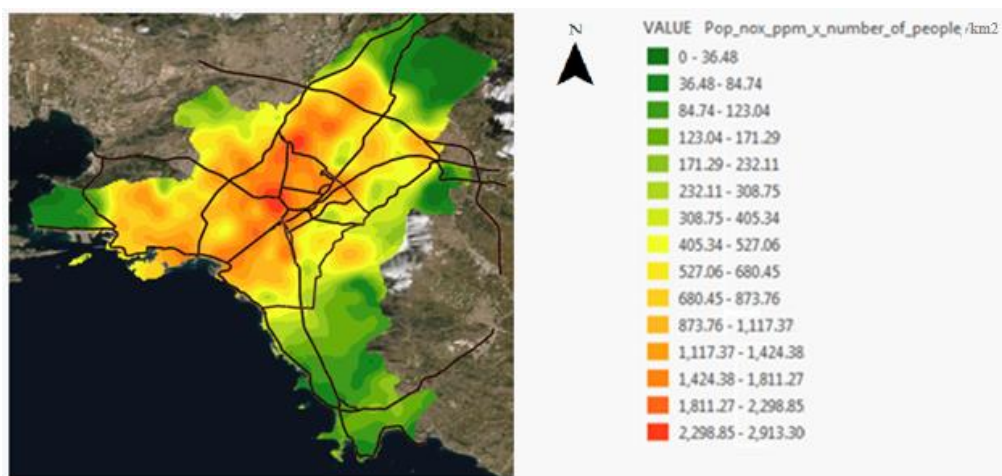


Εικόνα 69:Απεικόνιση Δήμων στον αστικό ιστό της Αττικής



Εικόνα 70:Γραφική Απεικόνιση Κατανομής Γενικού Πληθυσμού

- Εκδeseη Γενικού Πληθυσμού σε Συγκεντρώσεις NOx

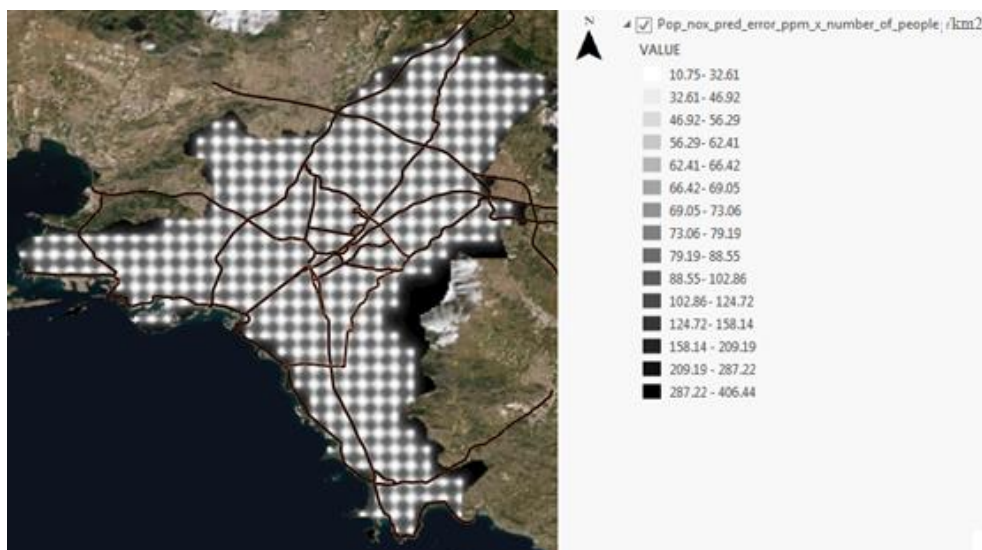


Εικόνα 71:Απεικόνιση Έκδeseης Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις NOx (ppm) x (number of people/km²)



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

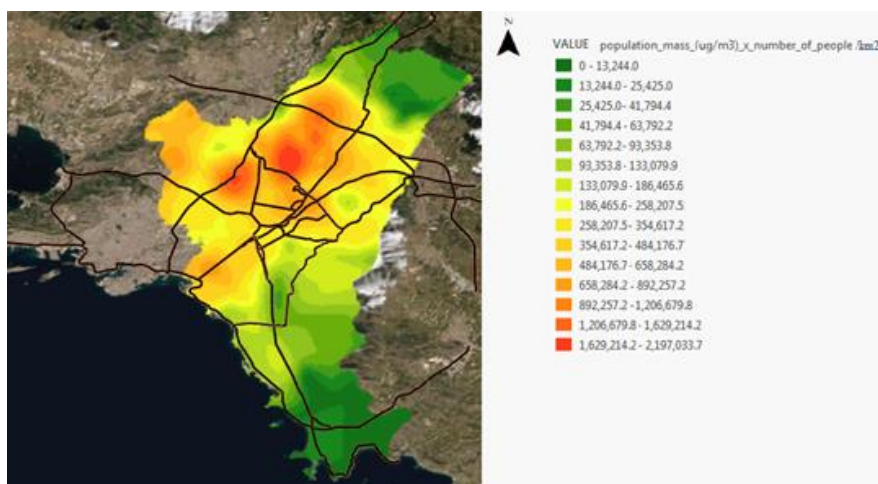
Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



Εικόνα 72:Απεικόνιση Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις NOx
(ppm) x (number of people/km²)

Με βάση τις προαναφερθείσες μετρήσεις και απεικονίσεις, αλλά και τον πληθυσμό των κατοίκων της κάθε περιοχής, προκύπτει η απεικόνιση της Έκθεσης πληθυσμού σε συγκέντρωση NOx, (Εικόνα 71) όπου παρουσιάζει χαρακτηριστικά πολύ μεγάλες τιμές έκθεσης (έντονο πορτοκαλί προς κόκκινο) τόσο στο κέντρο της Αθήνας (μέγιστη τιμή έκθεσης) όσο και κατά μήκος μιας νοητής ευθείας που ξεκινά από στην παραλιακή ζώνη (μεταξύ Λ.Συγγρού και Οδικής Αρτηρίας E-75) και φτάνει μέχρι τα βόρεια προάστια (μεταξύ Λ.Κηφισίας και E-75), ενώ η έκθεση αυτή επεκτείνεται με μικρότερες τιμές και σε όλα τα προάστια των Αθηνών (λιγότερο έντονο πορτοκαλί έως κίτρινο χρώμα) έως και τον Άλιμο την με εξαίρεση τις περιοχές των νοτίων προαστίων, της Πεντέλης και του Περάματος, όπου η έκθεση του πληθυσμού σε NOx είναι περιορισμένη (περιοχές με πράσινο χρώμα).

- Έκθεση Γενικού Πληθυσμός σε Συγκέντρωση Μάζας Α.Σ.10 (Mass)

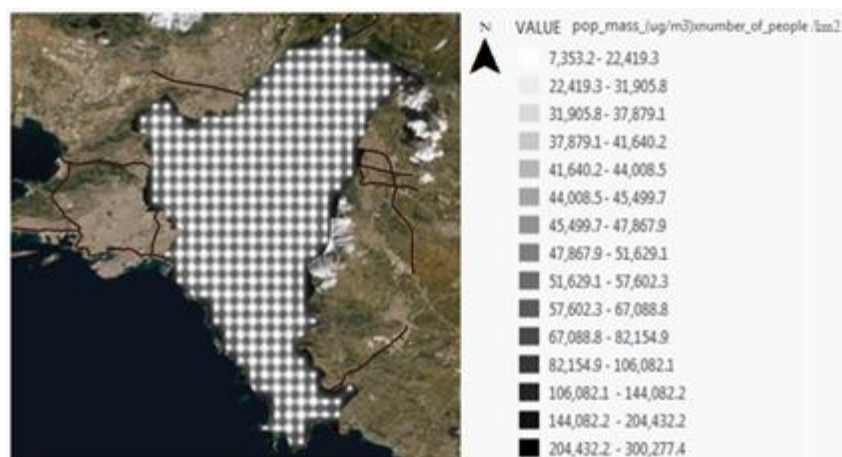


Εικόνα 73:Απεικόνιση Έκθεσης Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις Μάζας Αιωρούμενων σωματιδίων Α.Σ.10
(ug/m³) x (number of people/km²)



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

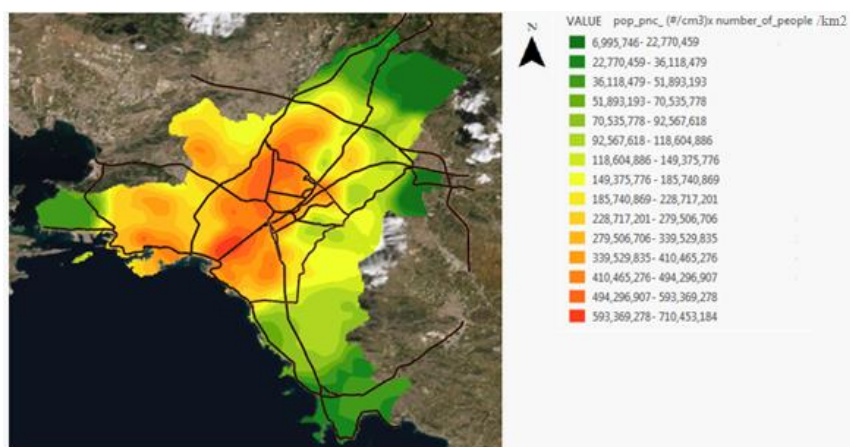
Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



Εικόνα 74:Απεικόνιση Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων Έκδσης Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις Μάζας Αιωρούμενων σωματιδίων Α.Σ.10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) x (number of people /km²)

Στηριζόμενοι στα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για την συγκέντρωση Μάζας Α.Σ.10 των αιωρούμενων σωματιδίων, και τον πληθυσμό των περιοχών του Λεκανοπεδίου όπου ελήφθησαν οι μετρήσεις με το Mobilab, προκύπτει η απεικόνιση της Έκδσης πληθυσμού σε συγκέντρωση Μάζας Α.Σ.10. Παρατηρώντας λοιπόν τα αποτελέσματα (Εικόνα 73) διαπιστώνει κανείς ότι υπάρχει μεγάλη ομοιότητα με την απεικόνιση των συγκεντρώσεων των οξειδίων του Αζώτου. Στο πλαίσιο αυτό, παρατηρείται έντονη έκδοση του πληθυσμού σε περιοχές κυρίως του κέντρου της Αθήνας αλλά και των βορείων προαστίων (από Γαλάτσι έως Ν.Ερυθραία), γεγονός που αποτυπώνεται με το έντονο πορτοκαλί χρώμα και ανατολικά του Κηφισσού, ενώ σχεδόν σε όλες της περιοχές του Λεκανοπεδίου υπάρχει σχετικά αυξημένη έκδοση πληθυσμού σε συγκεντρώσεις Μάζας Α.Σ.10. (χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα). Εξαιρέση αποτελούν οι περιοχές που βρίσκονται Βορειοανατολικά αλλά και νότια από την Αργυρούπολη μέχρι και το δήμο Βάρης-Βούλας-Βουλιαγμένης έως και τη Βάρκιζα.

- Έκδοση Γενικού Πληθυσμός σε Συγκέντρωση Ρ.Ν.Σ.

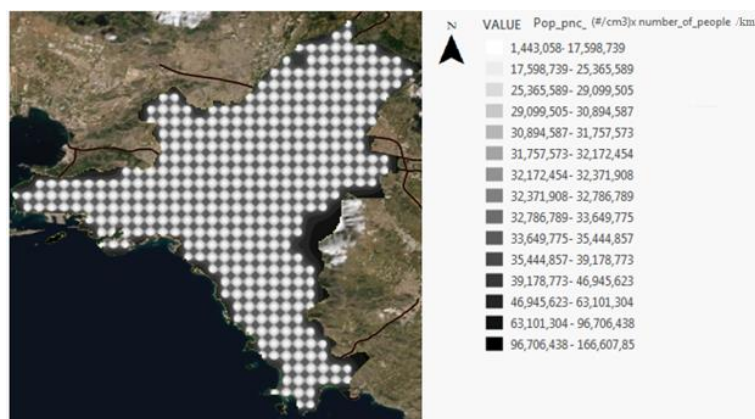


Εικόνα 75:Απεικόνιση Έκδσης Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις Αριθμού Α.Σ.10 ($\#/\text{cm}^3$) x (number of people /km²)



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

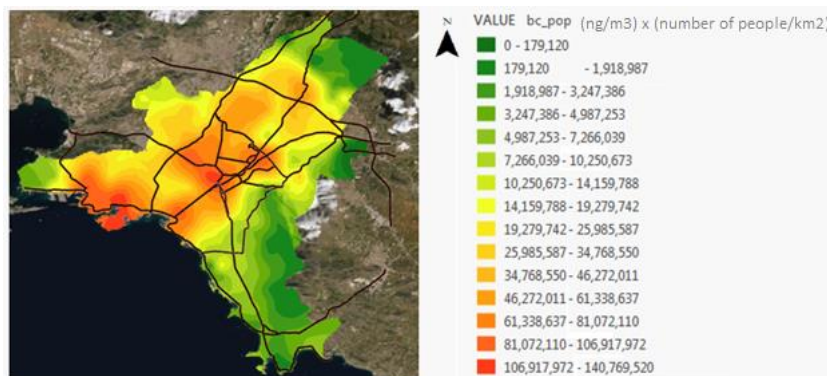


Εικόνα 76: Απεικόνιση Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων Έκδσης Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις Αριθμού Α.Σ.10
(#/cm³) x (number of people/km²)

Μελετώντας την απεικόνιση της έκδσης του γενικού πληθυσμού σε σχέση με τη συγκέντρωση του αριθμού των αιωρούμενων σωματιδίων (Εικόνα 75), διαπιστώνει κανείς ότι οι κάτοικοι των περιοχών στο κέντρο της Αθήνας από την οδό Γαλατσίου έως τις πιο κεντρικές περιοχές που βρίσκονται όμως πέριξ του ιστορικού κέντρου της Αθήνας π.χ. Κουκάκι, επίσης Καλλιθέα, Μοσχάτο, Δάφνη αλλά και περιοχές κοντά στο λιμάνι του Πειραιά από το γήπεδο Γ.Καραϊσκάκης έως τη Δραπετσώνα είναι ιδιαίτερα επιβαρυνμένοι στους συγκεκριμένους ρύπους.

Σε καλύτερη κατάσταση ως προς την έκδση τους βρίσκονται οι κάτοικοι στις δυτικές και νοτιοδυτικές περιοχές του Λεκανοπεδίου με κάποιες εξαιρέσεις εντονότερης έκδσης κοντά στο Χαϊδάρι, ενώ αντίστοιχη εικόνα επικρατεί και στις περιοχές που βρίσκονται στους πρόποδες του Υμηττού από την Αγία Παρασκευή και μέχρι την Αργυρούπολη. Η εικόνα καλυτερεύει σταδιακά προς τα νότια και νοτιοανατολικά προάστια, από τη Γλυφάδα (ανοιχτόχρωμη πράσινη απόχρωση) έως τη Βάρκιζα (πράσινη απόχρωση), ενώ παρόμοια εικόνα επικρατεί και στα βορειοανατολικά του Λεκανοπεδίου όπου κυριαρχεί το πράσινο χρώμα, ενώ ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περιοχή κοντά στο λιμάνι του περάματος όπου η έκδση είναι εκεί περιορισμένη.

- Έκδση Γενικού Πληθυσμός σε Συγκέντρωση Αιθάλης B.C.

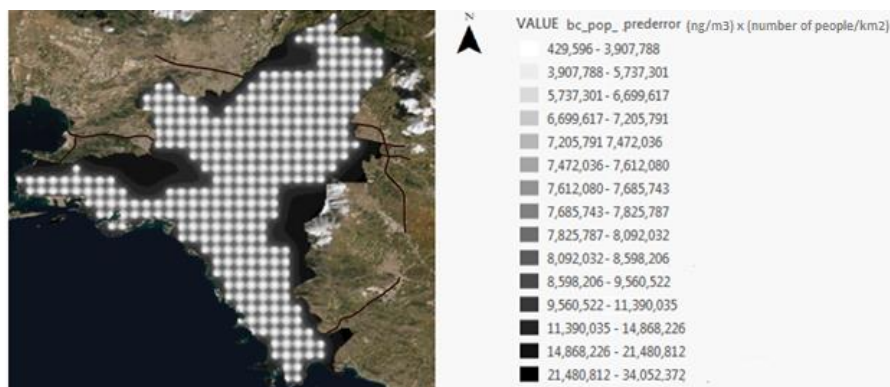


Εικόνα 77: Απεικόνιση Έκδσης Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις Αιθάλης (ng/m³) x (number of people/km²)



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».



Εικόνα 78: Απεικόνιση Αβεβαιότητας αποτελεσμάτων Έκθεσης Πληθυσμού σε συγκεντρώσεις Αιθάλης (ng/m^3) x (number of people/ km^2)

Παρατηρώντας την απεικόνιση της έκθεσης του γενικού πληθυσμού σε συγκεντρώσεις αιθάλης (Εικόνα 77) παρατηρείται ότι οι κάτοικοι των περιοχών κοντά στο λιμάνι του Πειραιά είναι ιδιαίτερος εκτεθειμένοι σε συγκεντρώσεις αιθάλης όπως και αυτοί που βρίσκονται στο κέντρο της Αθήνας. Σε γενικές γραμμές οι κάτοικοι που είναι εκτεθειμένοι στο μαύρο άνθρακα είναι αυτοί στις περιοχές κοντά στην έξοδο της Λ. Κηφισιάς και με κατεύθυνση προς Κηφισιά, στις περιοχές κοντά στη συμβολή της Λ. Μεσογείων με την Κατεχάκη αλλά και στον κόμβο της Λ. Αθηνών με την οδική αρτηρία Ε75. Χαμηλότερα επίπεδα έκθεσης παρατηρούνται στις περιοχές των δυτικών προαστίων, στην έξοδο προς Ανατολική Αττική (κόμβος Λ. Μεσογείων με Λαυρίου), ενώ στις περιοχές από τον Καρέα μέχρι Γλυφάδα και τον δήμο 3Β (Βάρης-Βούλας-Βουλιαγμένης) η κατάσταση έκθεσης είναι ιδιαίτερος χαμηλή. Αντίστοιχη κατάσταση παρατηρείται στα βορειοανατολικά αλλά και στα νοτιοδυτικά στην περιοχή του Περάματος.

Γ.2.5_Συμπεράσματα -Αέριοι ρύποι και αθλητές

Στηριζόμενοι στα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για την έκθεση του πληθυσμού σε αέριους ρύπους, και σε συνδυασμό με την επίδραση που μπορεί να έχει η ατμοσφαιρική ρύπανση στην υγεία των αθλούμενων, είναι εύκολο να διαπιστώσει κανείς ότι: σε περιοχές που βρίσκονται στα κεντρικά του Λεκανοπεδίου, και ιδιαίτερα από τη Λ. Γαλατσίου έως το κέντρο της Αθήνας αλλά και κατά μήκος της Λ. Συγγρού, όπως και κοντά στις μεγάλες οδικές αρτηρίες, όπως κατά μήκος της Λ. Μεσογείων και της Λ.Κηφισιάς, όπου υπάρχουν αυξημένες συγκεντρώσεις αέριων ρύπων, καλό θα ήταν να περιοριστεί η άσκηση. Μια λύση για τους αθλούμενους και τους κατοίκους των περιοχών αυτών, θα ήταν η εκτέλεση της άσκησης να γίνει σε πάρκα ή χώρους πρασίνου όπως για παράδειγμα: το Πάρκο του Τρίτση (δυτικά),το αισθητικό δάσος της Υμηττού, από την Αγία Παρασκευή έως τους Πρόποδες του Υμηττού στην περιοχή της Ηλιούπολης και της Αργυρούπολης, σημεία δηλαδή όπου με μειωμένες συγκεντρώσεις των αέριων ρύπων. Στις νοτιοδυτικές περιοχές, η άσκηση θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί σε ώρες μη αιχμής σε τοπικά πάρκα, όπως αυτά που υπάρχουν στον Δήμο του Πειραιά και της Δραπετσώνας, και πάντα σε συνδυασμό με τις τοπικές και καιρικές συνθήκες (όχι υψηλές θερμοκρασίες και απογευματινές ώρες όπου η



ηλιακή ακτινοβολία είναι περιορισμένη ή κατά τις πολύ πρωινές ώρες πριν ακόμα το μεγάλο μέρος του πληθυσμού ξεκινήσει για τη δουλειά).

Αντίστοιχες ενέργειες θα ήταν καλό να ακολουθηθούν και από τους κατοίκους των περιοχών που βρίσκονται στα ανατολικά της Α. Μεσογείων και προς την Ανατολική Αττική. Στην περίπτωση αυτή μια σημαντική λύση θα ήταν η άσκηση να γίνεται στο βουνό του Υμηττού ή της Πεντέλης ή στα τοπικά πάρκα σε ώρες όπου υπάρχει μειωμένη κυκλοφορία οχημάτων.

Όσο αφορά στα νότια προάστια, η άσκηση θα μπορούσε να εκτελεσθεί συστηματικά σε όλες τις ώρες της ημέρας κατά μήκος της ακτογραμμής, αρκεί βέβαια και εδώ να μην γίνεται κοντά σε δρόμους ταχείας κυκλοφορίας, όπως η Α. Ποσειδώνος, όπου ειδικά στο ύψος του Δήμου Ελληνικού, Αλίμου και Φαλήρου η κυκλοφοριακή συμφόρηση είναι αυξημένη καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθούν σαν προτεινόμενοι χώροι άδλησης, τα αθλητικά κέντρα των δήμων, που πλέον είναι στο μεγαλύτερο βαθμό τους όλα ανακατασκευασμένα σύμφωνα με τις κατάλληλες προδιαγραφές, ενώ δύο ακόμα κέντρα που είναι ελεύθερα σε πρόσβαση για το ευρύ κοινό, το Αθλητικό Κέντρο του Αγίου Κοσμά στο Ελληνικό, που φιλοξενεί τις προπονητικές Εγκαταστάσεις πολλών Ολυμπιακών Αθλημάτων και το Κέντρο Πολιτισμού Σταύρος Νιάρχος αποτελούν μια σημαντική πρόταση για χώρο άδλησης των πολιτών, παρόλο που βρίσκονται κοντά σε δρόμους με υψηλή κυκλοφορία, καθώς η γεωγραφική τους θέση (σε ανοιχτές περιοχές δίπλα στη θάλασσα), μα κυρίως οι μεγάλες και ανοιχτές εκτάσεις τους και οι ειδικά διαμορφωμένοι χώροι, είναι έτοιμοι να φιλοξενήσουν αθλούμενους όλων των ηλικιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ': Προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον αστικό ιστό

Στη διάρκεια του 20ου αιώνα, τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα αυξήθηκαν έχοντας σαν μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας τα κτίρια (Κοσμόπουλος και Παπακώστα, 2012:83). Η αστικοποίηση μεγάλωσε το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εξαιτίας της ολοένα αυξανόμενης κατανάλωσης ενέργειας από τον κτιριακό και το βιομηχανικό τομέα αλλά και την αύξηση της κυκλοφορίας με αποτέλεσμα σήμερα, η ανάγκη μείωσης των παραγόμενων εκπομπών αερίων να αποτελεί επιτακτική ανάγκη (Καραβασίλη και συν., 2016).

Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου και τον περιορισμό του πολυπαραγοντικού φαινομένου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον αστικό ιστό, οι αρμόδιοι φορείς ερευνούν και προτείνουν συνεχώς μέτρα που αφορούν τη βιομηχανία, όπως ο περιορισμός της κατανάλωσης βιομηχανικών καυσίμων, τα αυτοκίνητα αλλά και μέτρα βελτίωσης του πολεοδομικού σχεδιασμού.



Στηριζόμενοι στα παραπάνω και επικεντρώνοντας στο περιορισμό του φαινομένου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, στις επόμενες παραγράφους θα γίνει προσπάθεια συνοπτικής παρουσίασης των καταλληλότερων μεθόδων περιορισμού του φαινομένου σύμφωνα στο αστικό ιστό.

Δ.1_Κτιριακός Σχεδιασμός

Δ.1.1_Ενεργειακός & Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων

Από το Μάιο του 2010 το Κοινοβούλιο της Ευρώπης δέλοντας να διασφαλίσει τον περιορισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας που προέρχεται από τα κτίρια αναδιαμόρφωσε την οδηγία που αφορά στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, ώστε όλα τα νεόδμητα κτίσματα του δημοσίου, που κατασκευάστηκαν μετά την 31^η Δεκεμβρίου 2018 αλλά και τα νέα κτίσματα ιδιωτικού δικαίου που κατασκευάστηκαν μετά την 31^η Δεκεμβρίου του 2020, να αποτελέσουν κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Πλέον, μια ενεργειακή μελέτη περιλαμβάνει τόσο τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής (μικροκλίμα περιοχής, προσανατολισμός με την χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων, τεχνικές φυσικού φωτισμού, αερισμού ή δροσισμού και βέβαια την χρήση συστημάτων των Α.Π.Ε. (ανανεώσιμων πηγών ενέργειας) όσο και τη χρήση νέων συστημάτων δόμησης (θερμοπρόσοψη κ.ά.) εξασφαλίζοντας σε μεγάλο βαθμό εξοικονόμηση ενέργειας που προέρχεται από τα σπίτια (Κοσμόπουλος και Παπακώστα, 2012·ΚΑΠΕ).

Δ.2_Αστικός Σχεδιασμός

Δ.2.1_Η επίδραση του αστικού πρασίνου στην πόλη

Η δημιουργία χώρων αστικού πρασίνου ή η βελτίωση των υπαρχόντων, στις αποτελεί, ειδικά στη σημερινή εποχή, ανάγκη στο πλαίσιο ενός βιώσιμου πολεοδομικού περιβάλλοντος. Ένας κατάλληλος σχεδιασμός περιλαμβάνει την επιλογή μιας σωστής έκτασης και την ορθή χωροθέτησή της, ενώ μεταξύ άλλων και η σωστή επιλογή της φυτικής βλάστησης αποτελούν κύρια στοιχεία του.

Όσο αφορά στη βλάστηση, η σωστή επιλογή φυτικής βλάστησης εξασφαλίζει βιωσιμότητα σε μια πόλη καθώς μέσω των φυτών επιτυγχάνεται η δέσμευση των Α.Σ. και εν γένει των ρύπων, αυξάνονται τα επίπεδα υγρασίας της ατμόσφαιρας σε σχέση με την αστική ξηρασία, ενώ παράλληλα το φιλτράρισμα και η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας γίνονται πιο ουσιαστικά.

Η κατασκευή ανοικτών χώρων πρασίνου δημιουργεί κίνηση των αερίων μαζών βελτιώνοντας το μικρόκlima της περιοχής, ανανεώνει τον αέρα και ρυθμίζει καλύτερα τη θερμοκρασία (σταθεροποιώντας ή μειώνοντάς την ανάλογα) μέσω νέων πηγών δροσισμού και σκίασης που δημιουργούνται. Παράλληλα, οι χώροι αστικού πρασίνου αποτελούν καταφύγια βιοποικιλότητας μέσα στην πόλη, καθώς χρησιμοποιούνται ως χώροι αναψυχής, χαλάρωσης



ή άδλησης των κατοίκων της πόλης, κοινωνικής συναναστροφής αλλά και περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, βοηθώντας στη σωματική και ψυχική υγεία των κατοίκων (Αραβαντινός και Κοσμακάκη, 1988). Τέλος, με τη δημιουργία χώρων πρασίνου που προέρχονται από την αξιοποίηση ή ανάπλαση των μη λειτουργικών «κενών δημοτικών οικοπέδων και ακάλυπτων χώρων» αλλά και η κατασκευή φυτεμένων δωματίων που αποτελούν σήμερα αναπόσπαστο στοιχείο της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, είναι δυνατόν να περιορίσουν τα επίπεδα των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων στον αστικό ιστό.

Δ.2.2_Βιώσιμες αστικές Μεταφορές (το παράδειγμα του ποδηλάτου).

Η αυξανόμενη ζήτηση για μετακίνηση μέσω των ιδιωτικής χρήσης οχημάτων, αποτελεί όπως έχει αναφερθεί ένα σημαντικό παράγοντα αλλοίωσης και υποβάθμισης του αστικού περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό οι κυβερνήσεις ανά τον κόσμο στρέφονται στις βιώσιμες αστικές μεταφορές δίνοντας ιδιαίτερη βαρύτητα στη χρήση ποδηλάτου (Σαμαρτζή, 2013), ενός αδόρυβου μέσου που περιορίζει τις ενεργειακές ανάγκες των πολιτών, συνεισφέροντας με αυτό τον τρόπο στη βελτίωση της ποιότητας της ζωής του ανθρώπου και εν γένει του περιβάλλοντος.(Φραντζεσκάκης, και συν., (1997)·European Commission, (1999)·Βλαστός και συν., (2007)).

Στο πλαίσιο της προώθησης των μετακινήσεων με το ποδήλατο, ιδανική πρόταση αποτελεί η δημιουργία κατάλληλων υποδομών και δικτύων ποδηλατοδρόμων, που να ενώνουν τις περιοχές τόσο εντός του εκάστοτε δήμου όσο και τους δήμους μεταξύ τους, επιτρέποντας την ασφαλή μετακίνηση των χρηστών που αγαπούν το ποδήλατο. Η υλοποίηση ενός τέτοιου έργου σε συνδυασμό με τη δημιουργία οδικών δικτύων ευρείας κυκλοφορίας θα ήταν δυνατόν να περιορίσει κι άλλο το πρόβλημα.

Δ.3_ Βιομηχανία

Ο τομέας της βιομηχανίας αποτελούσε μία από τις βασικές πηγές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η σχέση της βιομηχανίας με το περιβάλλον και κατά συνέπεια το μέγεθος των επιπτώσεων εξαρτάται από την περιβαλλοντική νομοθεσία που ισχύει και εφαρμόζεται σε κάθε χώρα, τα επιτρεπτά όρια εκπομπών, τον έλεγχο τήρησης των περιβαλλοντικών όρων και την αντίληψη των επιχειρήσεων για τα θέματα προστασίας του περιβάλλοντος (Καραβασίλη και συν., 2016:185).

Επικεντρώνοντας στο κομμάτι περιορισμού της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από της βιομηχανίες εκτός από τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω σχετικά με το πλαίσιο της ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων, οι βιομηχανικές μονάδες θα ήταν καλό να προβούν σε μια σειρά επεμβάσεων όπως (Γεωργακάκη, 2009:12):

- Η χρήση φίλτρων σε χαλυβουργία και βιομηχανικές μονάδες λιπασμάτων



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

- Η μεταφορά των χυτηρίων σε περιοχές σχετικά απομακρυσμένες από τον αστικό ιστό
- Ανάπτυξη βιομηχανικού εξοπλισμού αντιρρύπανσης χημικών διεργασιών
- Απαγόρευση ή περιοδική λειτουργίας ορισμένων βιομηχανιών
- Μείωση της κατανάλωσης καυσίμων και αντίστοιχη μείωση της παραγωγής των βιομηχανιών κ.α.

ώστε ο αστικός ιστός και κατά συνέπεια η ζωή και η υγεία των κατοίκων να κινδυνεύει όσο το δυνατόν λιγότερο.



ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία, αποτέλεσε μια προσπάθεια καταγραφής και διερεύνησης, μέσω ψηφιακής απεικόνισης (διαγραμμάτων) της χωρικής διακύμανσης των συγκεντρώσεων αέριων ρύπων, και συγκεκριμένα: α. των οξειδίων του Αζώτου (NO_x), β. της Μάζας των αιωρούμενων σωματιδίων (Α.Σ.10), γ. του Αριθμού Αιωρούμενων σωματιδίων (Α.Σ.10), δ. της Αιθάλης. Τις παραπάνω συγκεντρώσεις, κατέγραψε ως δεδομένα μετρήσεων η κινητή μονάδα Mobilab, ένα όχημα, το οποίο χρησιμοποίησε το Εθνικό Κέντρο Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος», στο πλαίσιο του Προγράμματος ACEPT-AIR για την καταγραφή δεδομένων αέριων ρύπων σε διάφορες περιοχές της περιφέρειας Αττικής. Απώτερος στόχος της εργασίας αυτής, ήταν η ψηφιακή χαρτογράφηση της έκθεσης του γενικού πληθυσμού στις συγκεντρώσεις των ρύπων που προαναφέρθηκαν, καθώς και η καταγραφή των σημαντικότερων επιπτώσεων, που είναι δυνατόν να επιφέρει η έκθεση αυτή στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών, με παράλληλη καταγραφή προτάσεων για τον περιορισμό του φαινομένου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον αστικό ιστό.

Τα αποτελέσματα των απεικονίσεων μέσω του προγράμματος χαρτογράφησης ArcGisPro, έδειξαν υψηλές τιμές συγκεντρώσεων UFPs (Μάζας Α.Σ.10, αλλά και αριθμού Α.Σ.10) και οξειδίων του Αζώτου (NO_x) κοντά στους κόμβους των βασικών κεντρικών οδικών αρτηριών και σε αυτοκινητόδρομους, όπου η κυκλοφορία ήταν αυξημένη, ενώ παρόμοια εικόνα παρουσιάστηκε και στο κέντρο της Αθήνας με την ύπαρξη των αστικών φαραγγιών να ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για την επιβαρυμένη αυτή κατάσταση, γεγονός που αποδεικνύει την επίδραση του πολεοδομικού σχεδιασμού στις αυξημένες εκπομπές ρύπων. Παράλληλα, σχετικά αυξημένες τιμές συγκεντρώσεων αέριων ρύπων (μάζας και αριθμού αιωρούμενων σωματιδίων κυρίως), παρουσιάστηκαν σε περιοχές κοντά στη λεγόμενη «Βιομηχανική Ζώνη» προς τη Δυτική Αττική, ενώ όσον αφορά τον μαύρο άνθρακα (αιθάλη), η εικόνα των συγκεντρώσεων έδειξε ιδιαίτερα αυξημένες τιμές εκπομπών αιθάλης, κυρίως κοντά στο λιμάνι του Πειραιά, με πιο πιθανή εξήγηση τη διαφορετική ποιότητα καυσίμου που χρησιμοποιούν τα πλοία για την μετακίνησή τους. Και σε αυτήν την περίπτωση, μεγάλες τιμές εμφανίστηκαν μεμονωμένα σε οδικούς κόμβους με αυξημένη κυκλοφορία, όπως η λεωφόρος Κηφισίας στο ύψος του Αμαρουσίου, στο επονομαζόμενο «δαχτυλίδι».

Ο εντοπισμός των περιοχών με αυξημένα επίπεδα συγκεντρώσεων αέριων ρύπων, σε συνδυασμό με τις απεικονίσεις της έκθεσης του γενικού πληθυσμού στις συγκεντρώσεις αυτές, βοήθησε ώστε να κατανοηθεί καλύτερα η επικινδυνότητα της έκθεσης των πολιτών, και ειδικότερα των αθλητών, σε ρυπασμένο περιβάλλον. Δόθηκε έτσι μια πιο ξεκάθαρη εικόνα προσδιορισμού χώρων και εγκαταστάσεων στις λιγότερο ρυπασμένες γειτονιές, όπου θα μπορούσαν αντίστοιχα όσοι επιθυμούν, να αθληθούν. Βάσει των παραπάνω διαπιστώθηκε, ότι η άσκηση των πολιτών ή εν γένει των αθλούμενων θα ήταν καλό να γίνεται κυρίως σε ώρες μη αιχμής, τόσο σε αστικά πάρκα, τα οποία διαδέχονται οι δήμοι όσο



και σε μεγαλύτερα πάρκα, όπως αυτό του Τρίτση, το Πάρκου Σταύρος Νιάρχος αλλά και το Αθλητικό Κέντρο του Άγιου Κοσμά, όπου το μικροκλίμα της περιοχής, με την κίνηση των αερίων μαζών και την ανανέωση του αέρα, περιορίζει την έκθεση των πολιτών σε ρυπογόνο περιβάλλον, ευνοώντας οποιαδήποτε είδους αθλητική δραστηριότητα.

Στο πλαίσιο αυτό, έγινε ιδιαίτερη αναφορά στο πώς η παρατεταμένη έκθεση και άθληση σε αυξημένα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, είναι δυνατόν να οδηγήσει στο θάνατο πολίτες, εξαιτίας λοιμώξεων του καρδιαγγειακού συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, έγινε λόγος για το πόσο καταστρεπτική μπορεί να αποβεί για το καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών μια προπόνηση σε ρυπασμένο περιβάλλον, καθώς είναι δυνατόν να προκαλέσει μεταξύ άλλων, συστηματική φλεγμονή ή και οξειδωτικό στρες, όπως και διαταραχή του Αυτόνομου Νευρικού Συστήματος. Επιπλέον, στηριζόμενοι σε βιβλιογραφικές αναφορές, έγινε αντιληπτό ότι η απευθείας είσοδος των ρύπων στη συστηματική κυκλοφορία έχει άμεση επίδραση στο ενδοθήλιο των αγγείων, γεγονός που είναι δυνατόν να προκαλέσει πρόωμη εκδήλωση αθηρογόνου διεργασίας, κύρια αιτία των καρδιαγγειακών παθήσεων. Ταυτόχρονα, η εισπνοή Α.Σ. από έναν αθλητή κατά τη διάρκεια της άσκησης σε περιοχή με αυξημένες εκπομπές ρύπων, λόγω του αυξανόμενου κλάσματος εισπνεόμενου τοξικού αέρα, είναι δυνατόν να προκαλέσει αύξηση της αρτηριακής πίεσης και βλάβη της αγγειακής λειτουργίας. Ακόμα, παρατέθηκαν δύο επιπρόσθετοι κίνδυνοι, που είναι δυνατόν να προκύψουν στους αθλούμενους κατά την έκθεση τους σε υψηλές τιμές συγκεντρώσεων ρύπων: 1. η εμφάνιση ισχαιμίας του μυοκαρδίου και 2. ο κίνδυνος εμφάνισης οξέων στεφανιαίων συνδρόμων, καθώς και ότι η άσκηση σε περιβάλλοντα με ατμοσφαιρική ρύπανση, είναι πιθανόν να προκαλέσει αύξηση στον δείκτη του οξειδωτικού στρες. Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι, μεταξύ άλλων, προκαλείται και υποξία των ιστών εξαιτίας του μονοξειδίου του άνθρακα, καθώς με την ύπαρξη CO στο αίμα, απελευθερώνεται λιγότερο οξυγόνο, γεγονός που αναγκάζει την καρδιά να αυξήσει το καρδιακό της έργο και την καρδιακή της συχνότητα, καθιστώντας την, εκτεθειμένη σε αυξημένα επίπεδα τοξικών ουσιών. Τέλος, διαπιστώθηκε το πόσο περιορίζονται τα οφέλη στην υγεία των αθλητών, με την άσκηση σε περιβάλλον με υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, κάνοντας λόγο, και στην εκδήλωση αρρυθμιών, εμφραγμάτων του μυοκαρδίου και εν γένει καρδιακής δυσλειτουργίας.

Με όλα τα παραπάνω, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η άσκηση σε ώρες αιχμής και σε περιοχές κοντά σε κεντρικές οδικές αρτηρίες, είναι δυνατόν να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών, γεγονός που κατέστησε επιτακτική την ανάγκη παράθεσης προτάσεων για τον περιορισμό του φαινομένου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπως η δημιουργία περισσότερων χώρων αστικού πρασίνου ή η ανακατασκευή των παλαιότερων χώρων πρασίνου, η ανάγκη χρήσης βιώσιμων αστικών μεταφορών, και η χρήση εναλλακτικών μέσων μετακίνησης όπως το ποδήλατο. Καταληκτικά, ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει στην ανάγκη χρήσης της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στα νέα κτίρια, που



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

κατασκευάζονται στον αστικό ιστό της αλλά και στη βελτίωση των ήδη υπαρχόντων κτιρίων, σύμφωνα με τις νέες «ενεργειακές» προδιαγραφές που προστάζουν χρήση υλικών δόμησης φιλικών στο περιβάλλον, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κ.ά., λύσεις που είναι δυνατόν να οδηγήσουν στον περιορισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας από τα υφιστάμενα κτίρια.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Allred, E. N., Bleecker, E. R., Chaitman, B. R., Dahms, T. E., Gottlieb, S. O., Hackney, J. D., ... & Warren, J. (1991). Effects of carbon monoxide on myocardial ischemia. *Environmental Health Perspectives*, 91, 89-132.

Almeida, S. M., Manousakas, M., Diapouli, E., Kertesz, Z., Samek, L., Hristova, E., ... & IAEA European Region Study GROUP. (2020). Ambient particulate matter source apportionment using receptor modelling in European and Central Asia urban areas. *Environmental Pollution*, 266, 115199

doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115199>

Analitis, A., Katsouyanni, K., Dimakopoulou, K., Samoli, E., Nikoloulopoulos, A. K., Petasakis, Y., ... & Pekkanen, J. (2006). Short-term effects of ambient particles on cardiovascular and respiratory mortality. *Epidemiology*, 17(2), 230-233. doi: 10.1097/01.ede.0000199439.57655.6b

Andersson, C., Bergström, R., & Johansson, C. (2009). Population exposure and mortality due to regional background PM in Europe—Long-term simulations of source region and shipping contributions. *Atmospheric Environment*, 43(22-23), 3614-3620 doi: 10.1016/j.atmosenv.2009.03.040

Aunan, K., & Pan, X. C. (2004). Exposure-response functions for health effects of ambient air pollution applicable for China—a meta-analysis. *Science of the total environment*, 329(1-3), 3-16. doi: [10.1016/j.scitotenv.2004.03.008](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.03.008)

Argyropoulos, G., Samara, C., Voutsas, D., Kouras, A., Manoli, E., Voliotis, A., ... & Eleftheriadis, K. (2016). Concentration levels and source apportionment of ultrafine particles in road microenvironments. *Atmospheric Environment*, 129, 68-78. doi: 10.1016/j.atmosenv.2016.01.009

Balady, G. J., Cadigan, J. B., & Ryan, T. J. (1984). Electrocardiogram of the athlete: an analysis of 289 professional football players. *The American journal of cardiology*, 53(9), 1339-1343. doi : [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(84\)90090-0](https://doi.org/10.1016/0002-9149(84)90090-0)

Belis, C. A., Karagulian, F., Larsen, B. R., & Hopke, P. K. (2013). Critical review and meta-analysis of ambient particulate matter source apportionment using receptor models in Europe. *Atmospheric Environment*, 69, 94-108.

Bennett, W. D., Messina, M. S., & Smaldone, G. C. (1985). Effect of exercise on deposition and subsequent retention of inhaled particles. *Journal of Applied Physiology*, 59(4), 1046-1054. doi: 10.1152/jappl.1985.59.4.1046



Bergmann, M., Kirchner, U., Vogt, R., & Benter, T. (2009). On-road and laboratory investigation of low-level PM emissions of a modern diesel particulate filter equipped diesel passenger car. *Atmospheric Environment*, 43(11), 1908-1916.

Biswas, S., Hu, S., Verma, V., Herner, J. D., Robertson, W. H., Ayala, A., & Sioutas, C. (2008). Physical properties of particulate matter (PM) from late model heavy-duty diesel vehicles operating with advanced PM and NO_x emission control technologies. *Atmospheric Environment*, 42(22), 5622-5634.

Bohling, G. (2005). Introduction to geostatistics and variogram analysis. *Kansas geological survey*, 1, 1-20.

Borland, C., & Higenbottam T., (1987). Nitric oxide yields of contemporary UK, US and French cigarettes. *International journal of epidemiology*, 16(1), 31-34. doi: <https://doi.org/10.1093/ije/16.1.31>.

Bos, I., De Boever, P., Vanparijs, J., Pattyn, N., Panis, L. I., & Meeusen, R. (2013). Subclinical effects of aerobic training in urban environment. *Med Sci Sports Exerc*, 45(3), 439-47. doi:10.1249/MSS.0b013e31827767fc.

Braunwald, E., Zipes, D., Libby, P. & Bonow, R. (2005). *Braunwald's Heart Disease. A textbook of Cardiovascular Medicine 7th Edition*, p.p.1089-1090. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders.

Brook, R. D., Brook, J. R., Urch, B., Vincent, R., Rajagopalan, S., & Silverman, F. (2002). Inhalation of fine particulate air pollution and ozone causes acute arterial vasoconstriction in healthy adults. *Circulation*, 105(13), 1534-1536. doi: <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000013838.94747.64>

Brook, R. D. (2008). Cardiovascular effects of air pollution. *Clinical science*, 115(6), 175-187. doi: [10.1042/CS20070444](https://doi.org/10.1042/CS20070444).

Brook, R. D., Franklin, B., Cascio, W., & Hong, Y. Howard 6, Lipsett M, et al. 2004. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*, 109(21), 2655-2671. doi: [10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8](https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8)

Brook, R. D., Rajagopalan, S., Pope III, C. A., Brook, J. R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A. V., ... & Kaufman, J. D. (2010). Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 121(21), 2331-2378.

Brugge, D., Durant, J. L., & Rioux, C. (2007). Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: a review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks. *Environmental health*, 6(1), 1-12.



Bukowiecki, N., Dommen, J., Prévôt, A. S. H., Weingartner, E., & Baltensperger, U. (2003). Fine and ultrafine particles in the Zürich (Switzerland) area measured with a mobile laboratory: an assessment of the seasonal and regional variation throughout a year. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 3(5), 1477-1494.

Bulychev, V. V., Khmelevskii, V. A., & Rutman, I. V. (1965). Roentgenological and instrumental examination of the heart in athletes. *Klinicheskaiia meditsina*, 43, 108-114.

Cakmak, S., Dales, R., Leech, J., & Liu, L. (2011). The influence of air pollution on cardiovascular and pulmonary function and exercise capacity: Canadian Health Measures Survey (CHMS). *Environmental research*, 111(8), 1309-1312.doi: 10.1016/j.envres.2011.09.016

Carlisle, A. J., & Sharp, N. C. C. (2001). Exercise and outdoor ambient air pollution. *British journal of sports medicine*, 35(4), 214-222.

Cavallaro, V., Petretta, M., Betocchi, S., Salvatore, C., Morgano, G., Binachi, V., ... & Bonaduce, D. (1993). Effects of sustained training on left ventricular structure and function in top level rowers. *European heart journal*, 14(7), 898-903.doi:<https://doi.org/10.1093/eurheartj/14.7.898>

Celermajer, D. S. (1997). Endothelial dysfunction: does it matter? Is it reversible?. *Journal of the American College of Cardiology*, 30(2), 325-333. doi: [10.1016/s0735-1097\(97\)00189-7](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(97)00189-7)

Centers for Disease Control (CDC). (1992). Nitrogen dioxide and carbon monoxide intoxication in an indoor ice arena--Wisconsin, 1992. *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*, 41(21), 383-385.

Chiarelli, P. S., Pereira, L. A. A., do Nascimento Saldiva, P. H., Ferreira Filho, C., Garcia, M. L. B., Braga, A. L. F., & Martins, L. C. (2011). The association between air pollution and blood pressure in traffic controllers in Santo André, São Paulo, Brazil. *Environmental research*, 111(5), 650-655.doi: [10.1016/j.envres.2011.04.007](https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.04.007)

Choo, J. K., Abernethy, W. B., & Hutter, A. M. (2002). Electrocardiographic observations in professional football players. *American Journal of Cardiology*, 90(2), 198-200.doi: [https://doi.org/10.1016/S0002-9149\(02\)02454-2](https://doi.org/10.1016/S0002-9149(02)02454-2)

Costanzo, L. (2012). *Φυσιολογία-4^η έκδοση*. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Λαγός Δημήτριος.

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

Curtis, L., Rea, W., Smith-Willis, P., Fenyves, E. & Pan, Y. (2006). Adverse health effects of outdoor air pollutants. *Environment International*, 32(6): 815-830.doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.03.012>.



Choi, H. S., Ashitate, Y., Lee, J. H., Kim, S. H., Matsui, A., Insin, N., ... & Tsuda, A. (2010). Rapid translocation of nanoparticles from the lung airspaces to the body. *Nature biotechnology*, 28(12), 1300-1303.

Daigle, C. C., Chalupa, D. C., Gibb, F. R., Morrow, P. E., Oberdörster, G., Utell, M. J., & Frampton, M. W. (2003). Ultrafine particle deposition in humans during rest and exercise. *Inhalation toxicology*, 15(6), 539-552.

Darling, E. A. (1899). The effects of training: a study of the Harvard University crews. *The Boston Medical and Surgical Journal*, 141(10), 229-233.

Dekoster, J., Schollaert, U., & Bochu, C. (2000). *Cycling: the way ahead for towns and cities*. Office for Official Publications of the European Commission. Retrieved 02 December 2021 from: https://ec.europa.eu/environment/archives/cycling/cycling_en.pdf

DeMeo, D. L., Zanobetti, A., Litonjua, A. A., Coull, B. A., Schwartz, J., & Gold, D. R. (2004). Ambient air pollution and oxygen saturation. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 170(4), 383-387. doi: [10.1164/rccm.200402-244OC](https://doi.org/10.1164/rccm.200402-244OC)

Dockery, D. W., Luttmann-Gibson, H., Rich, D. Q., Link, M. S., Mittleman, M. A., Gold, D. R., ... & Verrier, R. L. (2005). Association of air pollution with increased incidence of ventricular tachyarrhythmias recorded by implanted cardioverter defibrillators. *Environmental health perspectives*, 113(6), 670-674.

Diapouli, E., Eleftheriadis, K., Karanasiou, A. A., Vratolis, S., Hermansen, O., Colbeck, I., & Lazaridis, M. (2011). Indoor and outdoor particle number and mass concentrations in Athens. Sources, sinks and variability of aerosol parameters. *Aerosol and Air Quality Research*, 11(6), 632-642. doi: [10.4209/aaqr.2010.09.0080](https://doi.org/10.4209/aaqr.2010.09.0080)

Diapouli, E., Grivas, G., Chaloulakou, A., & Spyrellis, N. (2008). PM10 and ultrafine particles counts in-vehicle and on-road in the Athens area. *Water, Air, & Soil Pollution: Focus*, 8(1), 89-97.

Daigle, C. C., Chalupa, D. C., Gibb, F. R., Morrow, P. E., Oberdörster, G., Utell, M. J., & Frampton, M. W. (2003). Ultrafine particle deposition in humans during rest and exercise. *Inhalation toxicology*, 15(6), 539-552.

Dockery, D. W., Luttmann-Gibson, H., Rich, D. Q., Link, M. S., Mittleman, M. A., Gold, D. R., ... & Verrier, R. L. (2005). Association of air pollution with increased incidence of ventricular tachyarrhythmias recorded by implanted cardioverter defibrillators. *Environmental health perspectives*, 113(6), 670-674. <https://doi.org/10.1289/ehp.7767>

Dockery, D. W., & Stone, P. H. (2007). Cardiovascular risks from fine particulate air pollution. *N Engl J Med*, 356(5), 511-513.



Dominguez-Saez, A., Viana, M., Barrios, C. C., Rubio, J. R., Amato, F., Pujadas, M., & Querol, X. (2012). Size-resolved particle number emission patterns under real-world driving conditions using positive matrix factorization. *Environmental science & technology*, 46(20), 11187-11194.

Donaldson, K. X. Y. W., Li, X. Y., & MacNee, W. (1998). Ultrafine (nanometre) particle mediated lung injury. *Journal of aerosol science*, 29(5-6), 553-560.

Dueker, K.J. (1979). Land resource information systems: a review of fifteen years' experience. *Geo-Processing*, 1(2), 105-128.

Eckerman, I. (2005). *The Bhopal saga: causes and consequences of the world's largest industrial disaster*. Universities press.

European Environment Agency. (2017). Air quality in Europe 2017. *Report No. 13/2017*.

Ekblom, B., & Huot, R. (1972). Response to submaximal and maximal exercise at different levels of carboxyhemoglobin. *Acta physiologica scandinavica*, 86(4), 474-482.

Ekblom, B., Huot, R., Stein, E. M., & Thorstensson, A. T. (1975). Effect of changes in arterial oxygen content on circulation and physical performance. *Journal of applied physiology*, 39(1), 71-75. doi: <https://doi.org/10.1152/jappl.1975.39.1.71>.

Eleftheriadis, K., Colbeck, I., Housiadas, C., Lazaridis, M., Mihalopoulos, N., Mitsakou, C., ... & Ždímal, V. (2006). Size distribution, composition and origin of the submicron aerosol in the marine boundary layer during the eastern Mediterranean "SUB-AERO" experiment. *Atmospheric Environment*, 40(32), 6245-6260.

Eleftheriadis, K., Ochsenkuhn, K. M., Lymperopoulou, T., Karanasiou, A., Razos, P., & Ochsenkuhn-Petropoulou, M. (2014). Influence of local and regional sources on the observed spatial and temporal variability of size resolved atmospheric aerosol mass concentrations and water-soluble species in the Athens metropolitan area. *Atmospheric environment*, 97, 252-261.

Eskenazi, B., Mocarelli, P., Warner, M., Needham, L., Patterson Jr, D. G., Samuels, S., ... & Brambilla, P. (2004). Relationship of serum TCDD concentrations and age at exposure of female residents of Seveso, Italy. *Environmental Health Perspectives*, 112(1), 22-27. doi:10.1289/ehp.6573.

Esworthy, R. (2013, January). Air quality: EPA's 2013 changes to the particulate matter (PM) standard. Washington, DC, USA: Library of Congress, Congressional Research Service.



Fagard, R., (2003). Athlete's heart. *Heart* Vol.89 (No.12). Retrieved 04 May 2021 from:<https://heart.bmj.com/content/heartjnl/89/12/1455.full.pdf>.doi:10.1136/heart.89.12.1455.

Foster, W. M., Brown, R. H., Macri, K., & Mitchell, C. S. (2000). Bronchial reactivity of healthy subjects: 18–20 h postexposure to ozone. *Journal of Applied Physiology*, 89(5), 1804-1810. doi:doi.org/10.1152/jappl.2000.89.5.1804

Fregosi, R. F., & Lansing, R. W. (1995). Neural drive to nasal dilator muscles: influence of exercise intensity and oronasal flow partitioning. *Journal of Applied Physiology*, 79(4), 1330-1337. doi: 10.1152/jappl.1995.79.4.1330

Gan, W. Q., Tamburic, L., Davies, H. W., Demers, P. A., Koehoorn, M., & Brauer, M. (2010). Changes in residential proximity to road traffic and the risk of death from coronary heart disease. *Epidemiology*, (21):642-649.

Gauderman W., McConnell R., Gilliland F., London S., Thomas D., Avol E., Vora H., Berhane K., Rappaport E.B., Lurmann F., Margolis H. & Peters J. (2000). Association Between Air Pollution and lung Function Growth in Southern California Children. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, (162):1383-1390. doi:10.1164/ajrccm.162.4.9909096

Gauderman, W. J., Vora, H., McConnell, R., Berhane, K., Gilliland, F., Thomas, D., ... & Peters, J. (2007). Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. *The Lancet*, 369(9561), 571-577. doi: 10.1016/S0140-6736(07)60037-3.

Geiser, M., & Kreyling, W. G. (2010). Deposition and biokinetics of inhaled nanoparticles. *Particle and fibre toxicology*, 7(1), 1-17.

Giles, L. V., & Koehle, M. S. (2014). The health effects of exercising in air pollution. *Sports Medicine*, 44(2), 223-249. doi: 10.1007/s40279-013-0108-z

Giorgini, P., Rubenfire, M., Bard, R. L., Jackson, E. A., Ferri, C., & Brook, R. D. (2016). Air pollution and exercise. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 36(2), 84-95. doi: 10.1097/HCR.0000000000000139

Gold, D. R., Litonjua, A., Schwartz, J., Lovett, E., Larson, A., Nearing, B., ... & Verrier, R. (2000). Ambient pollution and heart rate variability. *Circulation*, 101(11), 1267-1273. doi: 10.1161/01.CIR.101.11.1267

Green, N. (1988). Principles of geographical information systems for land resources assessment. PA Burrough. Publisher Oxford University press 1986 (paperback)(193 pp) ISBN 0 19 854592 4. *Journal of Quaternary Science*, 3(1), 108-108. doi:10.1002/jqs.3390030115.



Grivas, G., Chaloulakou, A., & Kassomenos, P. (2008). An overview of the PM10 pollution problem, in the Metropolitan Area of Athens, Greece. Assessment of controlling factors and potential impact of long range transport. *Science of the total environment*, 389(1), 165-177.

Grivas, G., Cheristanidis, S., & Chaloulakou, A. (2012). Elemental and organic carbon in the urban environment of Athens. Seasonal and diurnal variations and estimates of secondary organic carbon. *Science of the Total Environment*, 414, 535-545.

Gomes, E. C., Allgrove, J. E., Florida-James, G., & Stone, V. (2011). Effect of vitamin supplementation on lung injury and running performance in a hot, humid, and ozone-polluted environment. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(6), e452-e460. doi: 10.1111/j.1600-0838.2011.01366.x.

Gong Jr, H., & Krishnareddy, S. (1995). How pollution and airborne allergens affect exercise. *The Physician and Sportsmedicine*, 23(7), 35-78.

Gong Jr, H., Bradley, P. W., Simmons, M. S., & Tashkin, D. P. (1986). Impaired exercise performance and pulmonary function in elite cyclists during low-level ozone exposure in a hot environment. *American review of respiratory disease*, 134(4), 726-733. doi: 10.1164/arrd.1986.134.4.726.

Goodchild, M. F. (1985). Geographic information systems in undergraduate geography: a contemporary dilemma. *Operational Geographer*, 8, 34-38.

Guaita, R., Pichiule, M., Maté, T., Linares, C., & Díaz, J. (2011). Short-term impact of particulate matter (PM2. 5) on respiratory mortality in Madrid. *International journal of environmental health research*, 21(4), 260-274.

Habilomatis, G., & Chaloulakou, A. (2013). Ultrafine particles dispersion modeling in a street canyon: Development and evaluation of a composite lattice Boltzmann model. *Science of the total environment*, 463-464, 478-487. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.05.094

Hagler, G. S. W., Baldauf, R. W., Thoma, E. D., Long, T. R., Snow, R. F., Kinsey, J. S., ... & Gullett, B. K. (2009). Ultrafine particles near a major roadway in Raleigh, North Carolina: Downwind attenuation and correlation with traffic-related pollutants. *Atmospheric Environment*, 43(6), 1229-1234.

Hagler, G. S., Thoma, E. D., & Baldauf, R. W. (2010). High-resolution mobile monitoring of carbon monoxide and ultrafine particle concentrations in a near-road environment. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 60(3), 328-336.

Halliwell, B., Hu, M. L., Louie, S., Duvall, T. R., Tarkington, B. K., Motchnik, P., & Cross, C. E. (1992). Interaction of nitrogen dioxide with human plasma antioxidant



depletion and oxidative damage. *FEBS letters*, 313(1), 62-66.. doi:10.1016/0014-5793(92)81185-o.

Heine, G. W. (1986). A controlled study of some two-dimensional interpolation methods. *COGS Computer Contributions*, 3(2), 60-72.

Henschen, S. (1899). Skilanglauf und Skiwettlauf. Eine medizinische Sportstudie. *Mitt Med. Klin. Uppsala (Jena)*, 2, 15.

Hitchins, J., Morawska, L., Wolff, R., & Gilbert, D. (2000). Concentrations of submicrometre particles from vehicle emissions near a major road. *Atmospheric environment*, 34(1), 51-59.

Hopkins, M. G. (1990). Passive smoking as determined by salivary cotinine and plasma carboxyhaemoglobin levels in adults and school-aged children of smoking and non-smoking parents: effects on physical fitness. *Ann Sports Med*, 5, 96-104.

Hsu, H. H., Adamkiewicz, G., Houseman, E. A., Spengler, J. D., & Levy, J. I. (2014). Using mobile monitoring to characterize roadway and aircraft contributions to ultrafine particle concentrations near a mid-sized airport. *Atmospheric Environment*, 89, 688-695.doi:10.1016/j.atmosenv.2014.02.023.

Hu, S., Fruin, S., Kozawa, K., Mara, S., Paulson, S. E., & Winer, A. M. (2009). A wide area of air pollutant impact downwind of a freeway during pre-sunrise hours. *Atmospheric Environment*, 43(16), 2541-2549.

Huang, C., Lou, D., Hu, Z., Feng, Q., Chen, Y., Chen, C., ... & Yao, D. (2013). A PEMS study of the emissions of gaseous pollutants and ultrafine particles from gasoline-and diesel-fueled vehicles. *Atmospheric Environment*, 77, 703-710.

Jaques, P. A., & Kim, C. S. (2000). Measurement of total lung deposition of inhaled ultrafine particles in healthy men and women. *Inhalation toxicology*, 12(8), 715-731.

Jerrett, M., Finkelstein, M. M., Brook, J. R., Arain, M. A., Kanaroglou, P., Stieb, D. M., ... & Sears, M. R. (2009). A cohort study of traffic-related air pollution and mortality in Toronto, Ontario, Canada. *Environmental health perspectives*, 117(5), 772-777. doi:10.1289/ehp.11533.

Kalivitis, N., Kerminen, V. M., Kouvarakis, G., Stavroulas, I., Bougiatioti, A., Nenes, A., ... & Mihalopoulos, N. (2015). Atmospheric new particle formation as a source of CCN in the eastern Mediterranean marine boundary layer. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(16), 9203-9215.

Kampa, M., & Castanas, E. (2008). Human health effects of air pollution. *Environmental pollution*, 151(2), 362-367.doi: 10.1016/j.envpol.2007.06.012



Karlson-Stiber, C., Höjer, J., Sjöholm, Å., Bluhm, G., & Salmonson, H. (1996). Nitrogen dioxide pneumonitis in ice hockey players. *Journal of internal medicine*, 239(5), 451-456. doi: 10.1046/j.1365-2796.1996.484820000.x

Karner, A. A., Eisinger, D. S., & Niemeier, D. A. (2010). Near-roadway air quality: synthesizing the findings from real-world data. *Environmental science & technology*, 44(14), 5334-5344.

Kassomenos, P. A., & Koletsis, I. G. (2005). Seasonal variation of the temperature inversions over Athens, Greece. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 25(12), 1651-1663. doi: 10.1002/joc.1188

Katsouyanni, K. (2003). Ambient air pollution and health. *British medical bulletin*, 68(1), 143-156. doi: <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg028>

Kaur, S., Nieuwenhuijsen, M., & Colville, R. (2005). Personal exposure of street canyon intersection users to PM_{2.5}, ultrafine particle counts and carbon monoxide in Central London, UK. *Atmospheric Environment*, 39(20), 3629-3641.

Keith., Cl., (2003). *Getting started with Geographical Information Systems, 4th edition*. Practice Hall series in Geographical Information Science.

Kleinman, M. T., & Mautz, W. J. (1991). The effects of exercise on dose and dose distribution of inhaled automotive pollutants. *Research Report (Health Effects Institute)*, (45), 1-50.

Kreyling, W. G., Semmler-Behnke, M., & Möller, W. (2006). Ultrafine particle–lung interactions: does size matter?. *Journal of Aerosol Medicine*, 19(1), 74-83.

Kulmala, M., & Kerminen, V. M. (2008). On the formation and growth of atmospheric nanoparticles. *Atmospheric Research*, 90(2-4), 132-150.

Kumar, P., Morawska, L., Birmili, W., Paasonen, P., Hu, M., Kulmala, M., ... & Britter, R. (2014). Ultrafine particles in cities. *Environment international*, 66, 1-10.

Laden, F., Schwartz, J., Speizer, F. E., & Dockery, D. W. (2006). Reduction in fine particulate air pollution and mortality: extended follow-up of the Harvard Six Cities study. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 173(6), 667-672. doi: 10.1164/rccm.200503-443OC

Laden, F., Hart, J. E., Smith, T. J., Davis, M. E., & Garshick, E. (2007). Cause-specific mortality in the unionized US trucking industry. *Environmental Health Perspectives*, 115(8), 1192-1196. doi: [10.1289/ehp.10027](https://doi.org/10.1289/ehp.10027)

Lam, N. S. N. (1983). Spatial interpolation methods: a review. *The American Cartographer*, 10(2), 129-150.



Langrish, J. P., Mills, N. L., Chan, J. K., Leseman, D. L., Aitken, R. J., Fokkens, P. H., ... & Jiang, L. (2009). Beneficial cardiovascular effects of reducing exposure to particulate air pollution with a simple facemask. *Particle and fibre toxicology*, 6(1), 1-9.

Langrish, J. P., Li, X., Wang, S., Lee, M. M., Barnes, G. D., Miller, M. R., ... & Jiang, L. (2012). Reducing personal exposure to particulate air pollution improves cardiovascular health in patients with coronary heart disease. *Environmental health perspectives*, 120(3), 367-372.

Lanki, T., Hoek, G., Timonen, K. L., Peters, A., Tiittanen, P., Vanninen, E., & Pekkanen, J. (2008). Hourly variation in fine particle exposure is associated with transiently increased risk of ST segment depression. *Occupational and environmental medicine*, 65(11), 782-786.

Leaderer, B. P. (1982). Air pollutant emissions from kerosene space heaters. *Science*, 218(4577), 1113-1115. doi: 10.1126/science.218.4577.1113

Leitte, A. M., Petrescu, C., Franck, U., Richter, M., Suciu, O., Ionovici, R., ... & Schlink, U. (2009). Respiratory health, effects of ambient air pollution and its modification by air humidity in Drobeta-Turnu Severin, Romania. *Science of the Total Environment*, 407(13), 4004-4011. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.02.042.

Lelieveld, J., Klingmüller, K., Pozzer, A., Pöschl, U., Fnais, M., Daiber, A., & Münzel, T. (2019). Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions. *European heart journal*, 40(20), 1590-1596. doi: 10.1093/eurheartj/ehz135

Li, J. & Heap, A., (2008). *A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists*, Australian Government, Geoscience Australia

Li, T., Chen, X., & Yan, Z. (2013). Comparison of fine particles emissions of light-duty gasoline vehicles from chassis dynamometer tests and on-road measurements. *Atmospheric Environment*, 68, 82-91.

Limongelli, G., Verrengia, M., Pacileo, G., Da Ponte, A., Brancaccio, P., Canonico, R., ... & Limongelli, F. M. (2006). Left ventricular hypertrophy in Caucasian master athletes: Differences with hypertension and hypertrophic cardiomyopathy. *International journal of cardiology*, 111(1), 113-119. doi: [10.1016/j.ijcard.2005.07.033](https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2005.07.033)

Lipsett, M. (2001). Oxides of nitrogen and sulfur. In Sullivan J., Krieger G. (Eds), *Clinical Environmental Health and Toxic Exposures*. 2nd ed. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins, 818-832.

Lusis, A. J. (2000). Insight review articles. Atherosclerosis. *Nature. Nat Publ Gr*, 407, 233-41.



Mavrakou, T., Philippopoulos, K., & Deligiorgi, D. (2012). The impact of sea breeze under different synoptic patterns on air pollution within Athens basin. *Science of the total environment*, 433, 31-43.

McBratney, A. B., & Webster, R. (1986). Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. *Journal of soil Science*, 37(4), 617-639. doi:10.1111/j.1365-2389.1986.tb00392.x

McConnell, R., Berhane, K., Yao, L., Jerrett, M., Lurmann, F., Gilliland, F., ... & Peters, J. (2006). Traffic, susceptibility, and childhood asthma. *Environmental health perspectives*, 114(5), 766-772.

Maron, B. J. (2003). Sudden death in young athletes. *New England Journal of Medicine*, 349(11), 1064-1075.

Maron, B. J., & Pelliccia, A. (2006). The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death. *Circulation*, 114(15), 1633-1644.

Mautz, W. J., Kleinman, M. T., Phalen, R. F., & Crocker, T. T. (1988). Effects of exercise exposure on toxic interactions between inhaled oxidant and aldehyde air pollutants. *Journal of toxicology and environmental health*, 25(2), 165-177. doi: 10.1080/15287398809531198

Mavrakou, T., Philippopoulos, K., & Deligiorgi, D. (2012). The impact of sea breeze under different synoptic patterns on air pollution within Athens basin. *Science of the total environment*, 433, 31-43.

Mohrman, D. and Heller, L., (2011). *Φυσιολογία Συστημάτων: «Καρδιαγγειακό Σύστημα»*, Τόμος I. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης.

Morawska, L., & Salthammer, T. (Eds.). (2006). *Indoor environment: airborne particles and settled dust*. John Wiley & Sons.

Morawska, L., Thomas, S., Hofmann, W., Ristovski, Z., Jamriska, M., Rettenmoser, T., & Kagerer, S. (2004). Exploratory cross-sectional investigations on ambient submicrometer particles in Salzburg, Austria. *Atmospheric Environment*, 38(21), 3529-3533.

Nemmar, A., Vanbilloen, H., Hoylaerts, M. F., Hoet, P. H. M., Verbruggen, A., & Nemery, B. (2001). Passage of intratracheally instilled ultrafine particles from the lung into the systemic circulation in hamster. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 164(9), 1665-1668. doi: 10.1164/ajrccm.164.9.2101036

Nemmar, A., Hoet, P. M., Vanquickenborne, B., Dinsdale, D., Thomeer, M., Hoylaerts, M. F., ... & Nemery, B. (2002). Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans. *Circulation*, 105(4), 411-414.



Niinimaa, V. P. S. R. J., Cole, P., Mintz, S., & Shephard, R. J. (1980). The switching point from nasal to oronasal breathing. *Respiration physiology*, 42(1), 61-71.. doi: 10.1016/0034-5687(80)90104-8

Oberdörster, G., Celein, R. M., Ferin, J., & Weiss, B. (1995). Association of particulate air pollution and acute mortality: involvement of ultrafine particles?. *Inhalation toxicology*, 7(1), 111-124.

Oberdörster, G., Sharp, Z., Atudorei, V., Elder, A., Gelein, R., Lunts, A., ... & Cox, C. (2002). Extrapulmonary translocation of ultrafine carbon particles following whole-body inhalation exposure of rats. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 65(20), 1531-1543.

O'Dowd, C. D., Facchini, M. C., Cavalli, F., Ceburnis, D., Mircea, M., Decesari, S., ... & Putaud, J. P. (2004). Biogenically driven organic contribution to marine aerosol. *Nature*, 431(7009), 676-680. doi: 10.1038/nature02959

Oliver, M. A., & Webster, R. (1990). Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. *International Journal of Geographical Information System*, 4(3), 313-332..

Parker, H.P. (1987). What is a Geographic Information System. *GIS'87. San Francisco*, 72-80.

Press, W. H., Flannery, B. P., Teukolsky, S. A., & Vetterling, W. T. (1988). Numerical recipes. C: *The Art of Scientific Computing*. New York: Cambridge University Press. 1988.

Penn, A., & Snyder, C. A. (1996). Butadiene inhalation accelerates arteriosclerotic plaque development in cockerels. *Toxicology*, 113(1-3), 351-354. doi: 10.1016/0300-483X(96)03472-5.

Penn, A., & Snyder, C. A. (1996). 1, 3 Butadiene, a vapor phase component of environmental tobacco smoke, accelerates arteriosclerotic plaque development. *Circulation*, 93(3), 552-557. doi: 10.1161/01.CIR.93.3.552

Pey, J., Querol, X., Alastuey, A., Rodríguez, S., Putaud, J. P., & Van Dingenen, R. (2009). Source apportionment of urban fine and ultra-fine particle number concentration in a Western Mediterranean city. *Atmospheric Environment*, 43(29), 4407-4415.

Pietropaoli, A. P., Frampton, M. W., Hyde, R. W., Morrow, P. E., Oberdörster, G., Cox, C., ... & Utell, M. J. (2004). Pulmonary function, diffusing capacity, and inflammation in healthy and asthmatic subjects exposed to ultrafine particles. *Inhalation toxicology*, 16(supl), 59-72. doi:10.1080/08958370490443079



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Pirnay, F., J. Dujardin, R. Deroanne, and J. M. Petit. "Muscular exercise during intoxication by carbon monoxide." *Journal of Applied Physiology* 31, no. 4 (1971): 573-575. doi: 10.1152/jappl.1971.31.4.573

Pluim, B. M., Zwinderman, A. H., van der Laarse, A., & van der Wall, E. E. (2000). The athlete's heart: a meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation*, 101(3), 336-344. doi: [10.1161/01.CIR.101.3.336](https://doi.org/10.1161/01.CIR.101.3.336)

Pope III, C. A., Burnett, R. T., Thurston, G. D., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., & Godleski, J. J. (2004). Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation*, 109(1), 71-77. doi: [10.1161/01.CIR.0000108927.80044.7F](https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000108927.80044.7F)

Pope III, C. A., & Dockery, D. W. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *Journal of the air & waste management association*, 56(6), 709-742. doi: 10.1080/10473289.2006.10464485.

Vetterling, W. T., Vetterling, W. T., Press, W. H., Press, W. H., Teukolsky, S. A., Flannery, B. P., & Flannery, B. P. (1992). *Numerical recipes: example book C*. Cambridge University Press..

Pribyl, C. R., & Racca, J. (1996). Toxic gas exposures in ice arenas. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 6(4), 232-236. doi: [10.1097/00042752-199610000-00005](https://doi.org/10.1097/00042752-199610000-00005)

Putaud, J. P., Van Dingenen, R., Alastuey, A., Bauer, H., Birmili, W., Cyrys, J., ... & Raes, F. (2010). A European aerosol phenomenology-3: Physical and chemical characteristics of particulate matter from 60 rural, urban, and kerbside sites across Europe. *Atmospheric Environment*, 44(10), 1308-1320. doi: [10.1016/j.atmosenv.2009.12.011](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.12.011)

Radil, S. M. (2011). *Spatializing social networks: making space for theory in spatial analysis*. University of Illinois at Urbana-Champaign.

Rajagopalan, S., Al-Kindi, S. G., & Brook, R. D. (2018). Air pollution and cardiovascular disease: JACC state-of-the-art review. *Journal of the American College of Cardiology*, 72(17), 2054-2070.

Reindell, H., Roskamm, H., & Steim, H. (1960). The heart and blood circulation in athletes. *Medizinische Welt*, 31, 1557-1563.

Rich, D. Q., Mittleman, M. A., Link, M. S., Schwartz, J., Luttmann-Gibson, H., Catalano, P. J., ... & Dockery, D. W. (2006). Increased risk of paroxysmal atrial fibrillation



episodes associated with acute increases in ambient air pollution. *Environmental health perspectives*, 114(1), 120-123. doi: [10.1289/ehp.8371](https://doi.org/10.1289/ehp.8371)

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A., & Guptill, S. C. (2002). *Στοιχεία Χαρτογραφίας*. Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.

Roskamm, H., Reindell, H., Musshoff, K., & Koenig, K. (1961). Relations between heart size and physical efficiency in male and female athletes in comparison with normal male and female subjects. III. *Archiv fur Kreislaufforschung*, 35, 67-102.

Rost, R. (1992). The athlete's heart: historical perspectives. *Cardiology clinics*, 10(2), 197-208.

Santangelo, A., Albani, S., Atteritano, M., Cappello, A., Malaguarnera, M., Pavano, S., ... & Maugeri, D. (2012). Prevalence of cardiovascular pathologies in elderly population living in an industrialized area, compared to a control population residing in a rural area. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 55(3), 702-705. doi: [10.1016/j.archger.2011.11.005](https://doi.org/10.1016/j.archger.2011.11.005)

Scoggins, A., Kjellstrom, T., Fisher, G., Connor, J., & Gimson, N. (2004). Spatial analysis of annual air pollution exposure and mortality. *Science of the Total Environment*, 321(1-3), 71-85.

Seinfeld, J., and Pandis, S. (2006). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change, 2nd Edition*. New York: John Wiley & Sons.

Sharman, J. E., Cockcroft, J. R., & Coombes, J. S. (2004). Cardiovascular implications of exposure to traffic air pollution during exercise. *Qjm*, 97(10), 637-643. doi: [10.1093/qjmed/hch104](https://doi.org/10.1093/qjmed/hch104)

Simkhovich, B. Z., Kleinman, M. T., & Kloner, R. A. (2008). Air pollution and cardiovascular injury: epidemiology, toxicology, and mechanisms. *Journal of the american college of cardiology*, 52(9), 719-726.

Srebot, V., Gianicolo, E. A., Rainaldi, G., Trivella, M. G., & Sicari, R. (2009). Ozone and cardiovascular injury. *Cardiovascular ultrasound*, 7(1), 1-8. doi: [10.1186/1476-7120-7-30](https://doi.org/10.1186/1476-7120-7-30).

Suwa, T., Hogg, J. C., Quinlan, K. B., Ohgami, A., Vincent, R., & van Eeden, S. F. (2002). Particulate air pollution induces progression of atherosclerosis. *Journal of the American College of Cardiology*, 39(6), 935-942. doi: [10.1016/S0735-1097\(02\)01715-1](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(02)01715-1)

Thom, S. R., Xu, Y. A., & Ischiropoulos, H. (1997). Vascular endothelial cells generate peroxynitrite in response to carbon monoxide exposure. *Chemical research in toxicology*, 10(9), 1023-1031. doi: [10.1021/tx970041h](https://doi.org/10.1021/tx970041h)



Thom, S. R., Fisher, D., Xu, Y. A., Garner, S., & Ischiropoulos, H. (1999). Role of nitric oxide-derived oxidants in vascular injury from carbon monoxide in the rat. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 276(3), H984-H992. doi:10.1152/ajpheart.1999.276.3.H984

Thom, S. R., Fisher, D., Xu, Y. A., Notarfrancesco, K., & Ischiropoulos, H. (2000). Adaptive responses and apoptosis in endothelial cells exposed to carbon monoxide. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(3), 1305-1310.

Timonen, K. L., Pekkanen, J., Tiittanen, P., & Salonen, R. O. (2002). Effects of air pollution on changes in lung function induced by exercise in children with chronic respiratory symptoms. *Occupational and environmental medicine*, 59(2), 129-134. doi: 10.1136/oem.59.2.129

Vaattovaara, P., Huttunen, P. E., Yoon, Y. J., Joutsensaari, J., Lehtinen, K. E. J., O'dowd, C. D., & Laaksonen, A. (2006). The composition of nucleation and Aitken modes particles during coastal nucleation events: evidence for marine secondary organic contribution. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6(12), 4601-4616.

Vallero, D. (2005). *Paradigms lost: learning from environmental mistakes, mishaps and misdeeds*. Elsevier.

Viana, M., Kuhlbusch, T. A. J., Querol, X., & Alastuey, A. (2008). The effects of particle-size distribution and chloride depletion of sea-salt aerosols on estimating atmospheric deposition at a coastal site. *Journal of Aerosol Science*, 39(10), 827-849. doi:10.1016/j.jaerosci.2008.05.007

Vogel, J. A., & Gleser, M. A. (1972). Effect of carbon monoxide on oxygen transport during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 32(2), 234-239. doi:10.1152/jappl.1972.32.2.234

Wayne, W. S., Wehrle, P. F., & Carroll, R. E. (1967). Oxidant air pollution and athletic performance. *JAMA*, 199(12), 901-904.

Westerdahl, D., Fruin, S., Sax, T., Fine, P. M., & Sioutas, C. (2005). Mobile platform measurements of ultrafine particles and associated pollutant concentrations on freeways and residential streets in Los Angeles. *Atmospheric Environment*, 39(20), 3597-3610.

White, P.D. (1918). The pulse after a marathon race. *Journal of the american Medical association, (JAMA)*, 71 (13), 1047-1047. doi:10.1001/jama.1918.02600390031009

White, P. D. (1942). Bradycardia (below rate of 40) in athletes, especially in long distance runners. *Journal of the American Medical Association*, 120(8), 642-642. doi:10.1001/jama.1942.02830430064025



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

World Health Organization. (1980). *Glossary on air pollution*. World Health Organization. Regional Office for Europe.

WHO, P. (2011). Air quality and health Fact sheet No 313. *Guidelines for Particle Matters (PM)*. Available:[Cited 18.10. 2011] <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en>.

Whyte, Gr., Harries, M., Edited by Williams Cl. (2005). *ABC of Sports and Exercise Medicine*, London, U.K.: Bmj Publishing Group

Woolley, H. (2003). *Urban open spaces*. Taylor & Francis. doi:10.4324/9780203402146

Woo, K. S., Chen, D. R., Pui, D. Y. H., & McMurry, P. H. (2001). Measurement of Atlanta aerosol size distributions: Observations of ultrafine particle events. *Aerosol Science & Technology*, 34(1), 75-87.

Yang, L., Li, C., & Tang, X. (2020). The impact of PM_{2.5} on the host defense of respiratory system. *Frontiers in cell and developmental biology*, 8(91), 1-9. doi: 10.3389/fcell.2020.00091

Yao, X., Lau, N. T., Fang, M., & Chan, C. K. (2005). Real-time observation of the transformation of ultrafine atmospheric particle modes. *Aerosol science and technology*, 39(9), 831-841.

Zhou, Y., & Levy, J. I. (2008). The impact of urban street canyons on population exposure to traffic-related primary pollutants. *Atmospheric environment*, 42(13), 3087-3098.

Zhu, Y., Kuhn, T., Mayo, P., & Hinds, W. C. (2006). Comparison of daytime and nighttime concentration profiles and size distributions of ultrafine particles near a major highway. *Environmental science & technology*, 40(8), 2531-2536.

Zwack, L. M., Paciorek, C. J., Spengler, J. D., & Levy, J. I. (2011). Characterizing local traffic contributions to particulate air pollution in street canyons using mobile monitoring techniques. *Atmospheric Environment*, 45(15), 2507-2514.

ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αθανασίου Α., Βέλλιου, Μ., Σανιδάς, Η., Γράσσο, Χ., Δάμπασης, Δ., Τσάκαλης, Κ., Ζέρβα, Κ., Παπαδόπουλος, Δ., Μπαρμπετσέας, Ι. (2018). Ατμοσφαιρική Ρύπανση και Αρτηριακή Υπέρταση, *Τετραμηνιαίο Περιοδικό της Ελληνικής Αντιυπερτασικής Εταιρίας*, 27(3), (149-156).

Αιγυπτιάδου, Μ., Κορφιάτη, Αικ., Κουρσούμη, Ρ., (2016). *Ανατομία - Φυσιολογία: Β' ΕΠΑΛ-Τομέας Υγείας - Πρόνοιας - Ευεξίας*. Πάτρα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων Διόφαντος.



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Αραβαντινός, Α. και Κοσμάκη, Π. (1988). *Υπαίθριοι χώροι στην πόλη: θέματα ανάλυσης και πολεοδομικής οργάνωσης αστικών ελεύθερων χώρων και πρασίνου*. Αθήνα: Εκδόσεις Ε.Μ.Π. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις.

Αρδίττης, Ηλ. και συν. (2010). *Βιολογία: Θετικής Κατεύθυνσης: Β΄ Τάξης Γενικού Λυκείου*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.

Βαϊόπουλος, Δ., Βασιλόπουλος Α., Ευελπίδου Ν. (2002). *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών: Από τη θεωρία στην πράξη*. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας

Βαλκανάς, Γ. (1992). *Ρύπανση περιβάλλοντος: Επιστήμη & τεχνικές αντιμετώπισης*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

Βλαστός, Θ., Μπαρμπόπουλος, Ν., Μηλάκης, Δ. (2007). Ποδήλατο και Περιβάλλον. Έρευνα των κοινωνικών, χωρικών, κυκλοφοριακών και δεσμικών προϋποθέσεων για την ενσωμάτωση του ποδηλάτου στις πολιτικές διώσιμης κινητικότητας στην Ελλάδα. Στο *Πρακτικά Συνεδρίου για την επιστημονική έρευνα στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*, (351-356) 5-8 Ιουλίου, 2007 .Έρευνητικό Πρόγραμμα Πυθαγόρας, Μυτιλήνη: Ε.Μ.Π.

Βουτσίνος, Γ., Κοσμάς, Κ., Κακλάνης, Γ., Σούτσας, Κ. (2013). *Γεωλογία & Διαχείριση Φυσικών Πόρων*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων Διόφαντος

Γεντεκάκης, Β. (1999). *Ατμοσφαιρική Ρύπανση. Επιπτώσεις, Έλεγχος & Εναλλακτικές Τεχνολογίες*. Εκδόσεις Τζιόλα. ISBN 960-8050-01-4

Γεωργακάκης, Ι. (2009). *Ατμοσφαιρική Ρύπανση και Κοινωνική Ευθύνη*. Διπλωματική Εργασία. Πειραιάς, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στη διοίκηση Επιχειρήσεων (Μ.Β.Α.)

Διαπούλη, Ευαγ. (2012). «Ανάπτυξη ενός εργαλείου άσκησης αποτελεσματικών πολιτικών για τη μείωση των αιωρούμενων σωματιδίων στον αέρα», Αναφορά Layman's, 2012, ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, Αθήνα. Ανακτήθηκε στις 14/11/2020 από: <http://aceptair.prd.uth.gr/Layman's%20Report.pdf>

Δημητρίου, Αν. (2001). *Αγωγή Υγείας και Περιβάλλον-Έκθεση και Προστασία από επικίνδυνες ουσίες (Το βιβλίο του Εκπαιδευτικού)*, Α΄ Έκδοση. Αθήνα: ΕΛ.ΙΝ.ΥΑ.Ε..

Δρούγκα, Φ. (2014). *Συγκριτική μελέτη της άμεσης φωτομετρικής μέτρησης της σκόνης σε ορυχεία με τη συμβατική βαρυτομετρική μέθοδο*. Διπλωματική Εργασία. Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης-Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων.

Δροσίτη, Ευμ. (2015). *Διαχρονική μελέτη της ρύπανσης από αιωρούμενα σωματίδια PM10 και χαρακτηρισμός των μεταλλικών στοιχείων που εμπεριέχονται σε δείγματα PM10 για την περιοχή του Βόλου*. Διπλωματική Εργασία. Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Μηχανικών Χωροταξίας Πολεοδομίας Και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Π.Μ.Σ. «Χωρική Ανάλυση Και Διαχείρισή Περιβάλλοντος».

Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΚΠΑΑ) (2018). Ελλάδα, Εκδοση Κατάστασης Περιβάλλοντος. Ανακτήθηκε στις: 10 Νοεμβρίου 2020 από: https://ekpaa.ypeka.gr/181019_Book-YPEKA_LOW.pdf

Ζακυνθινού-Ξάνθη, Μ. (2018). *Αθηναϊκή Τοπογραφία-Το φυσικό εκμαγείο και το ανθρωπογενές έκτυπο ως διαλεκτικό δίπολο κατανόησης και επανερμηνείας του αττικού τοπίου*. Ερευνητική Εργασία. Αθήνα: Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Ε.Μ.Π.

Κάβουρας, Μ., Δάρρα, Αθ., Κονταξάκη, Σ. & Τομαή, Ελ. (2015). *Επιστήμη Γεωγραφικής Πληροφορίας, Αρχές και Τεχνολογίες*. Αθήνα: Σ.Ε.Α.Β.

Καλογήρου, Στ. (2015). *Χωρική ανάλυση. Μεθοδολογία και εφαρμογές με τη γλώσσα R*. Αθήνα: ΣΕΑΒ

Καραβασίλη, Μ., Ανδρίτσος, Αθ., Αδακτύλου, Ν. (2016). *Κατασκευές & Περιβάλλον - Τομέας κατασκευών - ειδικότητα : κτιριακών έργων και σχεδιαστών τεχνικών έργων και με τη βοήθεια Η/Υ*. Αθήνα - ΕΚΔΟΣΕΙΣ : ΟΕΔΒ-Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος».

Καστορίνης, Α., Κωστάκη – Αποστολοπούλου, Μ., Μπαρώνα – Μάμαλη, Φ. Περάκη, Β. & Πιαλόγλου, Π. (2017). *Βιολογία: Α΄ Γενικού Λυκείου*. Αθήνα: Ι. Τ. Υ. Ε. Διόφαντος.

Κούγκολος, Αθ. (2006). *Εισαγωγή στην περιβαλλοντική μηχανική. Εκδόσεις Τζιόλα*. ISBN 960-418-077-0

Κουτσόπουλος Κ. (2002). *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου*. Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

Κοσμόπουλος, Ι., Παπαπακώστας, Κ. (2012). Κτίρια Μηδενικής Ενέργειας. Εκδόσεις: *Περιοδικό Κτίριο*, 06, 83-89.

Κρεμαστινός, Δ. (2010). *Μπορούμε να νικήσουμε τις καρδιοπάθειες*. Αθήνα: Εκδοτικός Οίκος Α.Α. Λιβάνη

Κωλέττης, Θ. (2015). *Παθοφυσιολογία της Καρδιάς*. Αθήνα: Σ.Ε.Α.Β..

Λαζαρίδης, Μ. (2010). *Ατμοσφαιρική ρύπανση με στοιχεία μετεωρολογίας*. Εκδόσεις: Τζιόλα, 2η έκδοση, ISBN 978-960-418-246-6

Λάζογλου, Μ., Καρανικόλας, Ν., Βαγιωνά, Δ. (2009). Χαρτογράφηση περιοχών παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τη χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών. Στο *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου συνεδρίου πολεοδομίας, χωροταξίας και περιφερειακής ανάπτυξης*, (ΤΕΥΧΟΣ Β), 24-27 Σεπτεμβρίου 2009. Βόλος: ΤΕΕ – Τμ. Μαγνησίας, Παν. Θεσσαλίας, ΣΕΜΠΧΠΑ, Σύλλογος Μεταπτυχιακών Φοιτητών & υποψηφίων Διδασκόντων ΤΜΧΠΠΑ.



Όνομα Σπουδάστριάς: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Λεβέντη, Αμ. (2015). *Διαχρονική εξέλιξη της ποιότητας του αέρα στην ευρύτερη περιοχή του Λεκανοπεδίου Αθηνών: Ρύποι, τύποι περιβάλλοντος, επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης*. Διπλωματική Εργασία. Αθήνα: Ε.Κ.Π.Α., Θετικών Επιστημών Τμήμα Φυσικής, Τομέας Φυσικής Περιβάλλοντος & Μετεωρολογίας, Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης Φυσικής Περιβάλλοντος.

Λουκόπουλος, Δ., Μαριάννα, Π. (2015). *Μαθήματα αιματολογίας*. [ηλεκτρ. βιβλ.]. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Μελάς, Δ., Αλεξανδροπούλου, Α., Αμοιρίδης, Β., Κακαρίδου, Μ., Σουλακέλλης, Ν. (2000). *Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Υπόεργο ΕΠΑΕΚ: «Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για την περιβαλλοντική εκπαίδευση: Ατμοσφαιρική Ρύπανση [Οδηγός Εκπαιδευτικών]*. Αθήνα: Ανάδοχος Φορέας Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Μιχαλόπουλος Ν. (2018). "Ποιότητα Ατμόσφαιρας". Σε: "Ελλάδα Έκθεση Κατάστασης Περιβάλλοντος 2018". Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης-ΕΚΠΑ. Αθήνα, 78-141. ISBN: 978-960-99033-6-3.

Μουστρής Κ. (2015). *Τεχνολογία Περιβαλλοντικών Μετρήσεων, Ενότητα #1: Η ιστορία και η Διαβάθμιση της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης*. Πειραιάς: Ελληνική Δημοκρατία, Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε.

Νικολακόπουλος, Κ., Κατσάνου, Κ., Λαμπράκης, Ν. (2015). *Υδρολογία με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και δεδομένων τηλεπισκόπησης*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Ε.Μ.Π.

Παπαγεωργίου, Κ. (2012). *Εκτίμηση της προσωπικής έκθεσης υποομάδων πληθυσμού της Αθήνας σε αιωρούμενα σωματίδια. Συνεισφορά εσωτερικών και εξωτερικών πηγών εκπομπής*. Διπλωματική Εργασία. Αθήνα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο-Τμήμα Χημικών Μηχανικών-Πανεπιστήμιο Πειραιά-Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας. Δ.Π.Μ.Σ. Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας και προστασίας Περιβάλλοντος.

Παχουλής, Μ. (2020). Δ.Ε. *Εκτίμηση έκθεσης πληθυσμού σε ατμοσφαιρικούς ρύπους σε επιβαρυνμένη περιοχή*. Διπλωματική Εργασία. Αθήνα: ΕΚΠΑ, Ιατρική Σχολή Αθηνών. Π.Μ.Σ. Περιβάλλον και Υγεία, Διαχείριση περιβαλλοντικών θεμάτων με επιπτώσεις στην υγεία

ACEPT-AIR (LIFE09 ENV/GR/000289). Πρόγραμμα «Ανάπτυξη ενός Εργαλείου άσκησης αποτελεσματικών πολιτικών για τη μείωση των αιωρούμενων σωματιδίων στον αέρα. Ανακτήθηκε στις 13 Νοεμβρίου 2020 από: <http://acceptair.prd.uth.gr/DVD-Contents.pdf>



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Ραφαϊλάκης, Λ., Σούλας, Δ., Τζιαμούρτας, Αδ. (2015). Μορφολογικές και Λειτουργικές Μεταβολές της καρδιάς Νεαρών Αθλητών με την Προπόνηση Αντοχής. Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή και τον Αθλητισμό. *Ελληνική Ακαδημία Φυσικής Αγωγής (Ε.Α.Φ.Α.)*, 13(3), 37-49.

Σκλάβου, Μ., Κλεισιάρης, Χ., Παπαθανασίου, Ι., (2014_). Υπέρταση και Ατμοσφαιρική Ρύπανση. *Επιστημονικά Χρονικά*, 19(2), 152-159.

Σαμαρτζή, Ευαγ. (2013). *Χάραξη και κατασκευή δικτύου ποδηλατόδρομων στην πόλη του Βόλου*. Διπλωματική Εργασία. Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης.

Στάθης, Δ. (2015). *Μαθήματα δασικής μετεωρολογίας και κλιματολογίας*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Σωτηρίου, Π. & Κουιδή, Ε. (2009). Η επίδραση της άσκησης στη δράση του Αυτόνομου Νευρικού Συστήματος στη καρδιά. *Καρδιολογία. Καρδιολογική Εταιρία Βορείου Ελλάδας*, 2-3, 125-131.

Τσόγκας, Ευστ. (2016). *Τα χαρακτηριστικά της αθλητικής καρδιάς*, Π.Ε. . Θεσσαλονίκη: Α.Π.Θ, Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού.

Τσούγκος, Ηλ., Φωτάκης, Στ. & Αναστασίου, Ν. (2012). Η αθλητική καρδιά και η Καρδιαγγειακή Φροντίδα του Αθλητή. *Ελληνική Καρδιολογική Επιθεώρηση*, 53(5), 267-277.

Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Χωροταξίας, (2007). Στρατηγική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων του ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. *Enviroplan, Μελετητική, Σύμβουλοι Αναπτυξιακών & Τεχνικών έργων*. Ανακτήθηκε στις 02 Μαΐου 2022, από: http://www.epirus.gov.gr/2009/news/smpe/sea_res_spf.pdf

Φέρμελη, Γ., Ρουσσουμουστακάκη-Θεοδωράκη, Μ., Χατζηκώστα, Κλ., Γκαϊτλιχ, Μ. (2008). *Οδηγός Ανάπτυξης Διαθεματικών Δραστηριοτήτων Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης*. Αθήνα: Οργανισμός Έκδοσης Διδακτικών Βιβλίων

Φραντζεσκάκης Ι., Πιτσιάβα- Λατινοπούλου Μ. και Τσαμπούλας Δ. (1997) *Διαχείριση κυκλοφορίας*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.

Χαλκιάς, Χ. (2006). *Όροι και έννοιες Επιστήμης Γεωγραφικών Πληροφοριών*. Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ.



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1:	15
Εικόνα 2:	16
Εικόνα 3:	17
Εικόνα 4:	17
Εικόνα 5:	18
Εικόνα 6:	18
Εικόνα 7:	18
Εικόνα 8:	19
Εικόνα 9:	19
Εικόνα 10:	20
Εικόνα 11:	21
Εικόνα 12:	22
Εικόνα 13:	23
Εικόνα 14:	23
Εικόνα 15:	24
Εικόνα 16:	27
Εικόνα 17:	29
Εικόνα 18:	30
Εικόνα 19:	30
Εικόνα 20:	30
Εικόνα 21:	31
Εικόνα 22:	31
Εικόνα 23:	33
Εικόνα 24:	35
Εικόνα 25:	36
Εικόνα 26:	37
Εικόνα 27:	40
Εικόνα 28:	45
Εικόνα 29:	47
Εικόνα 30:	48
Εικόνα 31:	49
Εικόνα 32:	50



Εικόνα 33:	52
Εικόνα 34:	54
Εικόνα 35:	55
Εικόνα 36:	56
Εικόνα 37:	56
Εικόνα 38:	58
Εικόνα 39:	61
Εικόνα 40:	61
Εικόνα 41:	62
Εικόνα 42:	63
Εικόνα 43:	64
Εικόνα 44:	65
Εικόνα 45:	66
Εικόνα 46:	66
Εικόνα 47:	67
Εικόνα 48:	67
Εικόνα 49:	67
Εικόνα 50:	68
Εικόνα 51:	68
Εικόνα 52:	69
Εικόνα 53:	70
Εικόνα 54:	71
Εικόνα 55:	71
Εικόνα 56:	73
Εικόνα 57:	74
Εικόνα 58:	74
Εικόνα 59:	74
Εικόνα 60:	77
Εικόνα 61:	77
Εικόνα 62:	77
Εικόνα 63:	79
Εικόνα 64:	79
Εικόνα 65:	79
Εικόνα 66:	80



Όνομα Σπουδάστριας: Κρητικοπούλου Χρυσάνθη του Μιχαήλ

Θέμα: Αποτύπωση, Διερεύνηση χωρικής διακύμανσης αέριων ρύπων σε περιοχές της Αττικής, επιπτώσεις αυτών στο καρδιαγγειακό σύστημα των αθλητών και προτεινόμενες λύσεις περιορισμού του φαινομένου στον αστικό ιστό».

Εικόνα 67:	81
Εικόνα 68:	81
Εικόνα 69:	83
Εικόνα 70:	83
Εικόνα 71:	83
Εικόνα 72:	84
Εικόνα 73:	84
Εικόνα 74:	85
Εικόνα 75:	85
Εικόνα 76:	86
Εικόνα 77:	86
Εικόνα 78:	87