



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ**

ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΙΤΛΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΑΓΩΓΗ ΥΓΕΙΑΣ»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Τίτλος εργασίας

**« Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΡΤΗΡΙΑΚΗ
ΥΠΕΡΤΑΣΗ ΣΕ ΕΦΗΒΟΥΣ: ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ »**

Όνοματεπώνυμο: Γεωργία Δινούση

ΑΜ: 2012

Επιβλέπουσα: Ευανθία Σακελλάρη

Αθήνα, Απρίλιος 2022



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
DEPARTMENT OF PUBLIC AND COMMUNITY HEALTH
**TITLE OF POSTGRADUATE PROGRAM «ENVIRONMENTAL
COMMUNICATION AND HEALTH PROMOTION»**

Diploma Thesis

Title

**“The role of air pollution in arterial hypertension in adolescents: a systematic
review”**

Student name and surname: Georgia Dinousi

Registration Number:2012

Supervisor name and surname: Evanthia

Sakellari

Athens, April 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΙΤΛΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΑΓΩΓΗ ΥΓΕΙΑΣ»

Τίτλος εργασίας: «Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΡΤΗΡΙΑΚΗ ΥΠΕΡΤΑΣΗ ΣΕ ΕΦΗΒΟΥΣ: ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ»

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

A/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
	Ευανθία Σακελλάρη	Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τμήμα Δημόσιας & Κοινωνικής Υγείας Σχολή Δημόσιας Υγείας Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής	
	Βενετία Νοταρά	Επίκουρη Καθηγήτρια Τμήμα Δημόσιας & Κοινωνικής Υγείας Σχολή Δημόσιας Υγείας Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής	
	Κωνσταντίνα Σκαναβή	Καθηγήτρια Τμήμα Δημόσιας & Κοινωνικής Υγείας Σχολή Δημόσιας Υγείας Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Δινούση Γεωργία του Παναγιώτη, με αριθμό μητρώου 2012 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΑΓΩΓΗ ΥΓΕΙΑΣ» του Τμήματος Δημόσιας και Κοινωνικής Υγείας της Σχολής Δημόσιας Υγείας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η διπλωματική εργασία διεξήχθη στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Δημόσιας και Κοινωνικής Υγείας, της Σχολής Δημόσιας Υγείας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Για την επιτυχή έκβαση της οποίας, οφείλω να ευχαριστήσω τις κυρίες Βενετία Νοταρά Επίκουρη Καθηγήτρια του Τμήματος Δημόσιας και Κοινωνικής Υγείας και Ευανθία Σακελλάρη Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Δημόσιας και Κοινωνικής Υγείας.

Την παρούσα διπλωματική εργασία την αφιερώνω στην οικογένεια μου .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Η αρτηριακή υπέρταση αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα κινδύνου για θανατηφόρα και μη καρδιαγγειακά νοσήματα, τα οποία σχετίζονται με αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα σε παγκόσμιο επίπεδο, σε όλες τις ηλικιακές ομάδες καθώς και σε εφήβους. Τις τελευταίες δεκαετίες, επιδημιολογικές έρευνες έχουν δείξει ότι η αρτηριακή πίεση και η συχνότητα εμφάνισης υπέρτασης σε εφήβους παρουσιάζουν αυξητική τάση, η οποία αποδίδεται στην έλλειψη άσκησης, στην εφηβική παχυσαρκία, καθώς και σε μακροχρόνια ή βραχυχρόνια έκθεση σε ατμοσφαιρικούς ρύπους. Οι ερευνητές, μεταξύ των άλλων παραγόντων κινδύνου για την εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων σε εφήβους, εστιάζουν την προσοχή τους, στο μηχανισμό με τον οποίο η ατμοσφαιρική ρύπανση επιδρά στο ενδοθήλιο των αγγείων, προκαλώντας οξεία φλεγμονή, αλλοιωμένη αιμόσταση και αύξηση των επιπέδων αρτηριακής πίεσης, η οποία εξελίσσεται σε υπέρταση στην ενήλικη ζωή.

Σκοπός: Είναι η διερεύνηση της σχέσης ατμοσφαιρικής ρύπανσης και αρτηριακής υπέρτασης σε εφήβους, όπως αυτή προκύπτει μέσα από επιδημιολογικές και πειραματικές μελέτες.

Μεθοδολογία: Για την παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε συστηματική ανασκόπηση της πρόσφατης αρθρογραφίας, ακολουθούμενη από τη λίστα ελέγχου PRISMA. Οι μελέτες επιλέχθηκαν από 3 διαφορετικές επιστημονικές βάσεις δεδομένων, όπως: Science Direct, Scopus, Medline/PubMed, αναζητώντας επιλεγμένες λέξεις κλειδιά όπως: αρτηριακή υπέρταση, ατμοσφαιρική ρύπανση, καρδιαγγειακές παθήσεις, έφηβοι. Όλες οι λέξεις κλειδιά συνδυάστηκαν με τους λογικούς τελεστές (boolean operators) AND, OR, NOT, με τις ακόλουθες λέξεις: ατμοσφαιρικά σωματίδια, παράγοντες κινδύνου, όζον, διοξείδιο του αζώτου, διοξείδιο του θείου, αναπνευστικό σύστημα, αρτηριακή πίεση αίματος. Η αναζήτηση πραγματοποιήθηκε χωρίς χρονικό περιορισμό καθώς είναι μικρός ο αριθμός των μελετών που ερευνούν το ρόλο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην αρτηριακή υπέρταση των εφήβων και εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων στην ενήλικη ζωή.

Αποτελέσματα: Από την παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτει ότι υπάρχουν ενδείξεις που υποστηρίζουν τη θετική συσχέτιση μεταξύ βραχυπρόθεσμης ή μακροπρόθεσμης

έκθεσης σε ορισμένους ατμοσφαιρικούς ρύπους του περιβάλλοντος και στην επίδρασή τους στην αρτηριακή υπέρταση των εφήβων.

Συμπεράσματα: Από τα ευρήματα της συστηματικής ανασκόπησης καταδεικνύεται η αναγκαιότητα για τη λήψη προληπτικών μέτρων και τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων σε παγκόσμιο επίπεδο, έτσι ώστε να διασφαλιστεί η υγεία των εφήβων, ως μελλοντικοί ενήλικες.

Λέξεις-κλειδιά: αρτηριακή υπέρταση, ατμοσφαιρική ρύπανση, καρδιαγγειακά νοσήματα, έφηβοι.

ABSTRACT

Introduction: Arterial hypertension is the most important risk factors for fatal and non-fatal cardiovascular diseases, which are associated with increased morbidity and mortality worldwide, in all age groups as well as in adolescents. In recent decades, epidemiological research has shown that blood pressure and the incidence of hypertension in adolescents show an increasing trend, which is attributed to the lack of exercise, obesity, as well as long-term or short-term exposure to air pollutants. Scientific evidence is focused on the mechanism by which air pollution affects the endothelium of the vessels, causing acute inflammation, altered hemostasis and hypertension among adolescents, which progresses during adulthood.

Aim: to investigate the relationship between air pollution and hypertension in adolescents, as it emerges through epidemiological and experimental researches as well as its effect on the cardiovascular system.

Methodology: For this study, a systematic review of recent articles was carried out, followed by the PRISMA checklist. The observational studies were selected from 3 different scientific databases, such as: Science Direct, Scopus, Medline/PubMed, searching with keywords such as: arterial hypertension, air pollution, cardiovascular disease, adolescents. All keywords were combined with the boolean operators AND, OR, NOT, with the following words: particulate matter, risk factors, ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, respiratory system, blood pressure, adolescents. The search was carried out without time limits, since studies on the role of air pollution in adolescent arterial hypertension and the occurrence of cardiovascular diseases in adulthood are rare.

Results: The present literature shows that there is strong evidence to support a positive correlation between short-term or long-term exposure to certain air pollutants between arterial hypertension and adolescents.

Conclusions: Evidence show a relationship between air pollution and the manifestation of hypertension and cardiovascular diseases in adolescents. These findings show the need to take

preventive measures and reduce air pollutants globally, so as to ensure the health of adolescents as future adults.

Keywords: "arterial hypertension", "air pollution", "cardiovascular disease", "adolescents".

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT.....	8
ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ- ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ.....	14
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο- Ατμοσφαιρική Ρύπανση.....	19
1.1 Ατμόσφαιρα.....	19
1.2 Η Φυσική Στρωμάτωση της Ατμόσφαιρας.....	20
1.3 Ατμοσφαιρικοί ρύποι.....	22
1.4 Μονάδες Συγκέντρωσης Ρυπογόνων Ουσιών.....	22
1.5 Μέτρηση αέριων ρύπων.....	22
1.6 Κύριοι Ατμοσφαιρικοί Ρύποι και η Επίδρασή τους στις Καρδιοαγγειακές Παθήσεις.....	23
1.7 Νομοθετικό πλαίσιο.....	28
1.7.1 Περιβαλλοντική πολιτική Ευρωπαϊκής Κοινότητας.....	28
1.7.2 Όρια ασφαλείας συγκέντρωσης ρύπων.....	29
1.7.3 Θεσμικό πλαίσιο.....	29
1.8 Δίκτυο σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....	29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο-Ανατομία και φυσιολογία καρδιαγγειακού συστήματος.....	30
2.1 Ανατομία καρδιαγγειακούσυστήματος	30
2.2 Φυσιολογία καρδιαγγειακού συστήματος.....	30
2.3 Ο μηχανισμός της αρτηριακής πίεσης του αίματος.....	30
2.4 Μέτρηση της αρτηριακής πίεσης.....	31
2.5 Αρτηριακή Υπέρταση.....	31
2.5.1 Αίτια αρτηριακής υπέρτασης.....	32
2.5.2 Δευτεροπαθής υπέρταση.....	32
2.5.3Διάγνωση αρτηριακής υπέρτασης.....	33
2.6 Επιπλοκές της αρτηριακής υπέρτασης.....	33
2.7 Αρτηριακή Υπέρταση σε Εφήβους.....	34
2.8 Καρδιαγγειακά νοσήματα και παράγοντες κινδύνου στην εφηβική ηλικία.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 –Μεθοδολογία.....	42
3.1 Διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος.....	42
3.2 Στρατηγική αναζήτησης.....	43
3.3 Κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού μελετών.....	44
3.4 Ανάλυση/Διαδικασία επιλογής μελετών.....	45
Αποτελέσματα.....	48
Συζήτηση.....	51
Συμπεράσματα.....	54
Βιβλιογραφία.....	55

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Τιμές Αρτηριακής Πίεσης ανάλογα με το ύψος σε παιδιά και εφήβους που ανήκουν στο ανδρικό φύλο.....	36
Πίνακας 2.2: Τιμές Αρτηριακής Πίεσης ανάλογα με το ύψος σε παιδιά και εφήβους που ανήκουν στο γυναικείο φύλο.....	38
Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά επιδημιολογικών μελετών που συμπεριελήφθησαν στην συστηματική ανασκόπηση.....	49

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Κατακόρυφη δομή της ατμόσφαιρας.....	21
Εικόνα 1.2. Καρδιαγγειακές Αντιδράσεις.....	25

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ- ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

AR	Αργό
BP	Πίεση αίματος (Blood pressure)
CO	Μονοξείδιο του άνθρακα
CO ₂	Διοξείδιο του άνθρακα
CFC	Χλωροφθοράνθρακες
COHb	Καρβοξυαιμογλοβίνη
CVDs	Καρδιαγγειακά νοσήματα (cardiovascular diseases)
DBP	Διαστολική αρτηριακή υπέρταση (Diastolic blood pressure)
ΕΔΠΑΡ	Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
Hb	Αιμοσφαιρίνη
HbCO	Ανθρακυλαιμοσφαιρίνη
HC	Υδρογονάνθρακες
μg	Μικρογραμμάρια
mg	Χιλιοστογραμμάρια
NO	Μονοξείδιο του αζώτου
NO _x	Οξείδιο του αζώτου

NO ₂	Διοξείδιο του αζώτου
O ₃	Όζον
PAN	Περοξυακετελικό άζωτο
PBDEs	Πολυβρωμιωμένοι διφαινυλαιθέρες
ΠΑΥ	Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάθρακες
Π.Ο.Υ.	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
PM	Αιωρούμενα Σωματίδια (Particulate matter)
ppm	Μέρη στο εκατομμύριο (parts per million)
SO ₃	Τριοξείδιο του θείου
SO ₂	Διοξείδιο του θείου
SBP	Συστολική αρτηριακή υπέρταση (Systolic blood pressure)
VOCs	Πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile organic compounds)
W.H.O	World Health Organization (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας)
ΥΠΕΝ	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
ΥΠΕΧΩΔΕ	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση, ορίζεται ως η ανθρωπογενής ή φυσική ρύπανση του αέρα και θεωρείται ως ο μεγαλύτερος περιβαλλοντικός κίνδυνος για την υγεία καθώς ευθύνεται για περισσότερο από 7 εκατομμύρια πρόωρους ετήσιους θανάτους παγκοσμίως (WHO, 2019). Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι ίσως ο σημαντικότερος ρύπος που επηρεάζει περισσότερο τους ανθρώπους από οποιονδήποτε άλλο ρύπο (WHO, 2018), καθώς είναι ένα μείγμα εξαιρετικά μικρών σωματιδίων και σταγονιδίων στον αέρα, που αποτελείται από μια ποικιλία στερεών και υγρών συστατικών που αιωρούνται στον αέρα. Η μακροπρόθεσμη έκθεση σε ρυπογόνες ουσίες και ειδικότερα σε αιωρούμενα ατμοσφαιρικά σωματίδια συσχετίζεται με συστηματική φλεγμονή, οξειδωτικό στρες, αντίσταση στην ινσουλίνη και ενδοθηλιακή βλάβη σε παιδιά και νεαρούς ενήλικες (Calderón-Garcidueñas et al., 2008) και με αυξημένα επίπεδα αρτηριακής πίεσης σε παιδιά και εφήβους (Zhang et al., 2019; Wang et al., 2019). Τα αυξημένα επίπεδα συστολικής αρτηριακής πίεσης και LDL χοληστερόλης κατά την εφηβεία μπορεί να προκαλέσουν μόνιμες επιδράσεις στις στεφανιαίες αρτηρίες, οι οποίες συμβάλλουν στην ανάπτυξη μελλοντικής αθηροσκλήρωσης (Hartiala et al., 2012), η οποία είναι μια χρόνια φλεγμονώδης νόσος των τοιχωμάτων των αρτηριακών αγγείων και επηρεάζει μετέπειτα την καρδιαγγειακή υγεία. Επιπλέον, πρόσφατη μελέτη αναφέρει ότι, η πρώιμη υπέρταση μεταξύ των νέων έχει σημαντικές επιπτώσεις στην καρδιαγγειακή υγεία αργότερα στη ζωή (Zuk et al., 2021). Οι επίμονοι οργανοχλώριοι ρύποι, τα πολυβρωμοιωμένα διφαινύλια (PBDEs) και τα τοξικά μέταλλα έχουν συσχετιστεί με δυσμενείς καρδιαγγειακές εκβάσεις. Άλλη μελέτη εμφανίζει συσχετισμό των αιωρούμενων σωματιδίων και του όζοντος με καρδιαγγειακές επιδράσεις στον γενικό πληθυσμό, υποδηλώνοντας την παρουσία υπέρτασης που προκαλείται από την ατμοσφαιρική ρύπανση, δυσλιπιδαιμίας και υπεργλυκαιμίας, οι οποίες εμπλέκονται στην εξέλιξη της αθηροσκληρωτικής καρδιαγγειακής νόσου (Chuang et al., 2010). Πρόσφατη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Πεκίνο, καταδεικνύει αυξημένη συχνότητα εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων όπως ισχαιμικές καρδιακές παθήσεις, υψηλή αρτηριακή πίεση και εγκεφαλικά αγγειακά επεισόδια έπειτα από εισπνοή αιωρούμενων σωματιδίων (Ma et al., 2019).

Η αρτηριακή υπέρταση είναι ένα σύνθετο, πολυπαραγοντικό κλινικό αποτέλεσμα που προέρχεται από γενετική ευαισθησία, επιλογές συμπεριφοράς και περιβαλλοντικούς παράγοντες (Zhang et al., 2017). Στην ηλικιακή ομάδα των παιδιών, οι τιμές της αρτηριακής πίεσης μεταβάλλονται ανάλογα με την ηλικία, το φύλο και το ύψος (NHBPEP, 2004) και ως αρτηριακή υπέρταση ορίζεται η αύξηση της αρτηριακής πίεσης πάνω από την 95η εκατοστιαία θέση. Σύμφωνα με το Αμερικάνικο Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης Αρτηριακής Πίεσης, σε παιδιά και εφήβους, η αθηροσκληρωτική διεργασία αρχίζει να αναπτύσσεται ήδη από την παιδική ηλικία (NHBPEP, 2004). Οι παράγοντες κινδύνου για εμφάνιση εκφυλιστικής πάθησης των στεφανιαίων αγγείων στην παιδική και εφηβική ηλικία περιλαμβάνουν το φύλο, την ηλικία, την εθνικότητα και το οικογενειακό ιστορικό, την αρτηριακή υπέρταση, τον σακχαρώδη διαβήτη, τη διατροφή, την υψηλή χοληστερόλη, τη παχυσαρκία καθώς και το κάπνισμα. Αρκετές επιδημιολογικές μελέτες αξιολόγησαν τον συσχετισμό της αθηροσκλήρωσης και των τροποποιήσιμων παραγόντων. Πρόσφατη μελέτη αναφέρει έναν πιθανό συσχετισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της παχυσαρκίας σε νεαρά άτομα που μπορεί να οδηγήσει σε καρδιαγγειακές παθήσεις (Kim et al., 2019), καθώς και η μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε πολιτείες των ΗΠΑ το 2019, καταδεικνύει μια συσχέτιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της φλεγμονής του ενδοθηλίου σε εφήβους με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1 (Puett et al., 2019). Έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2010 δείχνει ότι σύντομη έκθεση σε παθητικό κάπνισμα μπορεί να προκαλέσει δυνητικά επιβλαβείς αιμοδυναμικές αντιδράσεις που μπορεί να αυξήσουν τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων σε νεαρά άτομα (Bard et al., 2010). Ωστόσο, λίγες μελέτες έχουν αξιολογήσει τις σχέσεις τόσο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης όσο και του κυκλοφοριακού θορύβου με την αρτηριακή πίεση σε παιδιά και εφήβους (Bilenko et al., 2015). Πρόσφατη μελέτη αξιολόγησε τη συσχέτιση του χώρου πρασίνου, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του κυκλοφοριακού θορύβου με καρδιομεταβολικά αποτελέσματα για την υγεία (όπως συστολική/ διαστολική αρτηριακή πίεση, συνολικά επίπεδα χοληστερόλης και γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη, σε εφήβους ηλικίας 12 και 16 ετών (Bloemsma et al., 2019).

Σκοπός της συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι η διερεύνηση της σχέσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της αρτηριακής υπέρτασης σε εφήβους, η οποία συχνά εξελίσσεται σε υπέρταση στην ενήλικη ζωή όπως αυτή προκύπτει μέσα από περιγραφικές και πειραματικές μελέτες καθώς και η επίδραση της στο καρδιαγγειακό σύστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

Ατμοσφαιρική Ρύπανση

1.1 Ατμόσφαιρα

Η ατμόσφαιρα ορίζεται ως η αεριώδης μάζα που περιβάλλει τον πλανήτη μας και συγκρατείται από την ίδια τη βαρύτητα του σώματος, δημιουργώντας ένα προστατευτικό περίβλημα το οποίο προφυλάσσει και συντηρεί την ζωή στη Γη . Ο ατμοσφαιρικός αέρας στην παρούσα μορφή του αποτελείται από 78% άζωτο (N_2), 21% οξυγόνο (O_2) το οποίο είναι απαραίτητο στοιχείο για την αναπνοή των έμβιων όντων, 1% αργό (Ar), καθώς και από μικρές ποσότητες άλλων αερίων.

Η ατμόσφαιρα αποτελεί τμήμα του κύκλου του νερού, ο οποίος αρχίζει με την εξάτμιση νερού από τους ωκεανούς, τις λίμνες και τις θάλασσες. Στη συνέχεια, οι υδρατμοί, μπορεί να συμπυκνωθούν και να υγροποιηθούν δημιουργώντας νέφη ή χιόνι ή βροχή και ακολουθεί η εναπόθεση αυτών στα εδάφη και στους χειρσαίους ταμιευτήρες νερού (Orinrod, 1984).

Ο ρόλος της ατμόσφαιρας είναι πολύ σημαντικός καθώς :

- μειώνει τη διαφορά των ακραίων θερμοκρασιών
- απορροφά μεγάλο τμήματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας
- απορροφά την ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία των γαλαξιακών κοσμικών ακτίνων
- επαναπορροφά μεγάλο ποσοστό της υπέρυθρης ακτινοβολίας

Στο ύψος των 100 km, βρίσκεται η γραμμή Κάρμαν, η οποία ορίζει το τέλος της ατμόσφαιρας και την αρχή του διαστήματος και πριν από αυτή υπάρχει η ετερόσφαιρα, στην οποία σύμφωνα με τους Κουϊμτζή κ.ά. (1998), συμβαίνει διαστρωμάτωση των αερίων, λόγω της χαμηλής πυκνότητας του αέρα.

1.2 Η Φυσική Στρωμάτωση της Ατμόσφαιρας

Σύμφωνα με το Φυτιάνο (2009), ανάλογα με την κατανομή της θερμοκρασίας διακρίνονται τα παρακάτω ακόλουθα τμήματα :

- **Τροπόσφαιρα** (troposphere)
- **Στρατόσφαιρα** (stratosphere)
- **Μεσόσφαιρα** (mesosphere)
- **Θερμόσφαιρα** (thermosphere)
- **Εξώσφαιρα** (exosphere)

Κατακόρυφη δομή της ατμόσφαιρας

- **Τροπόσφαιρα** (troposphere):

Το πρώτο στρώμα της ατμόσφαιρας, εκτείνεται μέχρι τα 12-16 km. Στην τροπόσφαιρα παρατηρείται ελάττωση της θερμοκρασίας λόγω της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας στην Γη και έμμεσης θέρμανσης του στρώματος αυτού. Η τροπόπαυση αποτελεί το οριακό στρώμα στο ψηλότερο μέρος της τροπόσφαιρας και ονομάζεται και θερμικό στρώμα λόγω της συμπίκνωσης των υδρατμών σε πάγο, οφειλόμενη στις χαμηλές θερμοκρασίες.

- **Στρατόσφαιρα** (stratosphere):

Η θερμοκρασία στην στρατόσφαιρα είναι υψηλότερη στα ανώτερα σημεία και αυτό οφείλεται στην παρουσία στρώματος όζοντος του οποίου η συγκέντρωση είναι υψηλότερη από ό,τι στην υπόλοιπη ατμόσφαιρα καθώς απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και μας προστατεύει από επιβλαβείς ακτίνες. Η στρατόπαυση αποτελεί ένα τμήμα της ατμόσφαιρας όπου υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος τελειώνουν και η θερμοκρασία αυξάνεται και φθάνει στους 0°C.

■ **Μεσόσφαιρα** (mesosphere) :

Μετά τη στρατόπαυση παρατηρείται πτώση της θερμοκρασίας, οφειλόμενη στην κατακόρυφη μεταφορά αερίων μαζών. Η μεσόσφαιρα αποτελεί το λεπτότερο και ψυχρότερο στρώμα της ατμόσφαιρας καθώς σε αυτό μπορούν να επιτευχθούν θερμοκρασίες έως -80°C .

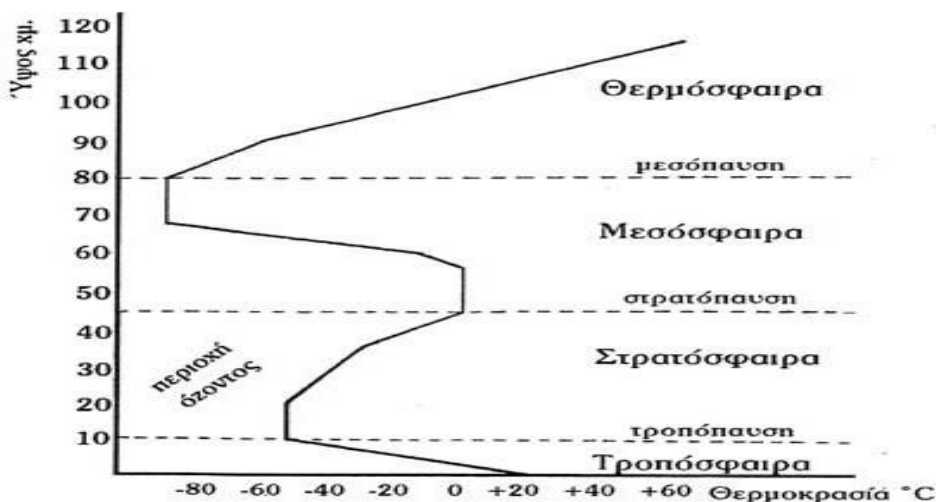
■ **Θερμόσφαιρα** (thermosphere) :

Στη θερμόσφαιρα, η θερμοκρασία αυξάνεται υπερβολικά με επικρατέστερη αυτή των 1000°C .

■ **Εξώσφαιρα** (exosphere):

Η εξώσφαιρα αποτελεί το τελευταίο στρώμα της ατμόσφαιρας με πολύ χαμηλή πυκνότητα και διαχωρίζει τον πλανήτη Γη από το διάστημα. Σύμφωνα με το Λαζαρίδη (2010), στα κατώτερα στρώματα η γήινη ατμόσφαιρα απαρτίζεται από μείγμα αερίων, νερό και ορισμένα στερεά ή υγρά σωματίδια που δεν συγκαταλέγονται στον ορισμό της ατμόσφαιρας .

Εικόνα 1.1 Κατακόρυφη δομή της ατμόσφαιρας



Πηγή: (www.env-edu.gr)

1.3 Ατμοσφαιρικοί ρύποι

Ο ατμοσφαιρικός ρύπος ορίζεται ως κάθε ουσία σε οποιαδήποτε μορφή, φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης, η οποία εισέρχεται στον αέρα, έχοντας επιβλαβείς συνέπειες τόσο στα διάφορα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού, όσο και στα οικοσυστήματα. Η παρουσία ρυπαντών στον περιβάλλοντα αέρα μπορεί να προκαλέσει ατμοσφαιρική ρύπανση και οι κυριότεροι ρύποι που θεωρούνται επιβλαβείς είναι τα αιωρούμενα σωματίδια, το μονοξείδιο του άνθρακα, το όζον, το διοξείδιο του θείου καθώς και οξείδια του αζώτου. Η κατηγοριοποίηση των ρύπων σε πρωτογενείς και σε δευτερογενείς γίνεται ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής τους. Οι Πρωτογενείς ρύποι εκπέμπονται απευθείας από τις πηγές ρύπανσης, ενώ οι δευτερογενείς ρύποι προέρχονται από διάφορες χημικές αντιδράσεων μεταξύ των πρωτογενών ρυπαντών και των φυσικών συστατικών της ατμόσφαιρας.

1.4 Μονάδες Συγκέντρωσης Ρυπογόνων ουσιών

Η συγκέντρωση των ρυπογόνων ουσιών στην ατμόσφαιρα μετριέται συνήθως σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μάζα ρύπου ανά μονάδα όγκου αέρα). Μια άλλη μονάδα μέτρησης συγκέντρωσης των αέριων ρύπων είναι τα ppm (μέρη στο εκατομμύριο κατ' όγκο). Η Ευρωπαϊκή Ένωση και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, έχουν καθιερώσει η συγκέντρωση των ρύπων να εκφράζεται σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

1.5 Μέτρηση ρυπαντών

Η μέτρηση των ρυπαντών γίνεται σε εικοσιτετράωρη βάση και έτσι είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης της περιοχής. Οι τεχνικές που εφαρμόζονται στη μέτρηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης περιλαμβάνουν (ΥΠΕΝ, 2020) :

- **Αέρια χρωματογραφία**

- **Ατομική απορρόφηση**
- **Απορρόφηση β ακτινοβολίας**
- **Φθορισμομετρία**
- **Απορρόφηση στο υπεριώδες**
- **Χημειοφωταύγεια**
- **Απορρόφηση στο υπέρυθρο**

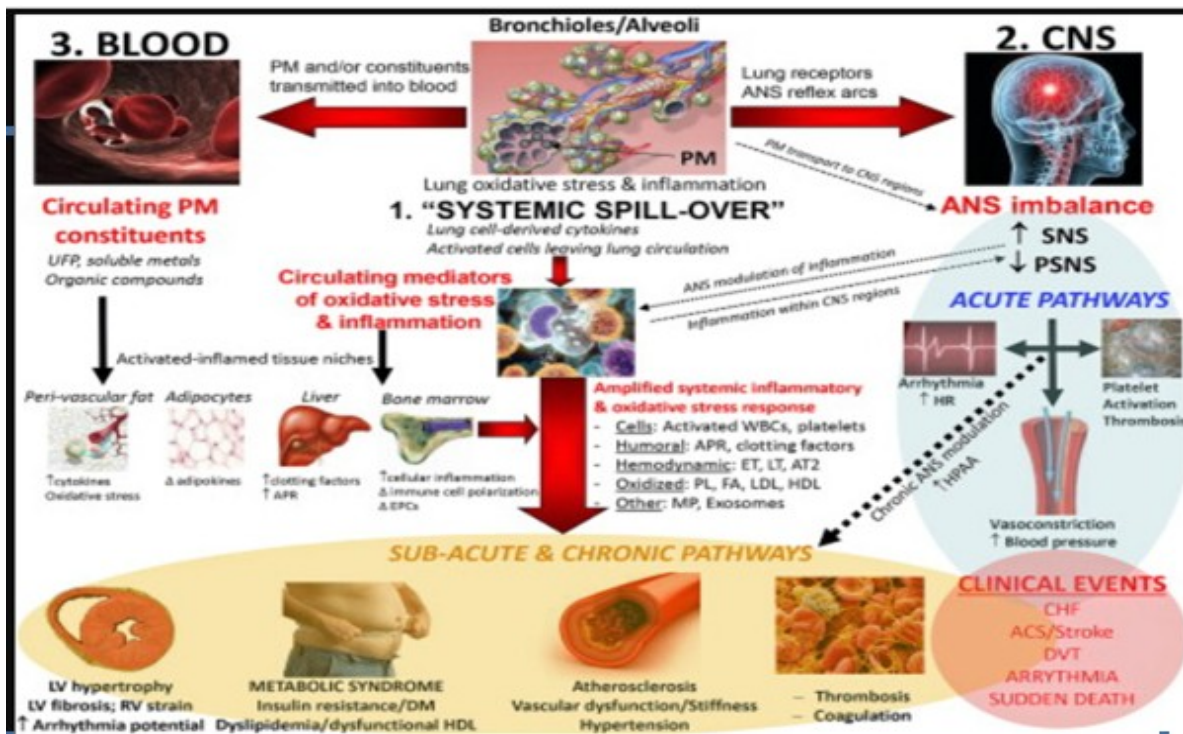
1.6 Κύριοι Ατμοσφαιρικοί Ρύποι και η Επίδραση τους στις Καρδιαγγειακές Παθήσεις

Τα τελευταία χρόνια, η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τους ανθρώπινους οργανισμούς και το περιβάλλον. Οι ρυπαντικές ουσίες που εκλύονται στην ατμόσφαιρα και αναγνωρίζονται ως σημαντικές λόγω των επιπτώσεων τους στην υγεία είναι το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του αζώτου, το διοξείδιο του αζώτου, το διοξείδιο του άνθρακα και το όζον. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι επιδρούν σε όλα τα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού, αλλά κυρίως επηρεάζουν το αναπνευστικό σύστημα καθώς και το καρδιαγγειακό σύστημα επιφέροντας διαταραχές στην καρδιακή συχνότητα, στη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού, στην πήξη του αίματος, στην αρτηριακή πίεση και μειώνοντας τα επίπεδα της HDL χοληστερόλης (Hall, 2017). Επιπλέον, το οξειδωτικό στρες αλλά και οι συστηματικές φλεγμονές είναι δυνατόν να μεταβάλλουν την δομή της HDL χοληστερόλης και να την μετατρέψουν σε άκρως δυσλειτουργική. Αναφορικά με τη δημιουργία αθηρωματικών εναποθέσεων στις στεφανιαίες αρτηρίες (Hansson, 2005), χρειάζονται αρκετά χρόνια έκθεσης σε ατμοσφαιρικούς ρύπους και αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι ατμοσφαιρικοί ρύποι να συνδράμουν σε καρδιαγγειακή νοσηρότητα αλλά και θνησιμότητα. Μεγαλύτερο κίνδυνο

διατρέχουν οι ασθενείς με συνοσηρότητες όπως για παράδειγμα: ασθενείς με χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις και ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια. Συνεπώς, η λήψη μέτρων προκειμένου να μειωθούν οι ατμοσφαιρικοί ρύποι κρίνεται απαραίτητη ώστε να διασφαλιστεί η δημόσια υγεία (Αθανασίου κ. ά., 2018).

Πλήθος ευρημάτων επιδημιολογικών και κλινικών ερευνών παρέχουν ισχυρές ενδείξεις ότι η μακροπρόθεσμη ή η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε ρυπογόνες ουσίες και ειδικότερα σε αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να συσχετίζεται με την εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων, μέσω του οξειδωτικού στρες. Η εισπνοή των αιωρούμενων σωματιδίων μπορεί να προκαλέσει φλεγμονή στον οργανικό ιστό των πνευμόνων και εμφάνιση οξειδωτικού στρες, λόγω της περίσσιας ελεύθερων ριζών. Σύμφωνα με τους Valko κ.ά. (2007) οι ελεύθερες ρίζες επιδρούν στα λιπίδια, στις πρωτεΐνες και στο DNA, προκαλώντας συστηματικές φλεγμονές, οι οποίες με την σειρά τους διαταράσσουν τον πηκτικό μηχανισμό και μπορούν να οδηγήσουν σε αυξημένη αρτηριακή υπέρταση και δημιουργία αθηρωματικών πλακών επιβαρύνοντας συνολικά το καρδιαγγειακό σύστημα.

Εικόνα 1.2. Καρδιαγγειακές Αντιδράσεις



Πηγή:(www.researchgate.net)

Υπάρχουν πιθανοί μηχανισμοί μέσω των οποίων οι ρυπογόνες ουσίες και ειδικότερα τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να επιδρούν στα συστήματα του οργανισμού καθώς και στο καρδιαγγειακό σύστημα. Η εισπνοή από τον ανθρώπινο οργανισμό, αιωρούμενων σωματιδίων μπορεί να επηρεάσει το παρασυμπαθητικό και το συμπαθητικό νευρικό σύστημα, τους πνεύμονες προκαλώντας παραγωγή οξειδωτικών κυτοκινών και την κυκλοφορία του αίματος με την απελευθέρωση ουσιών. Η ενδοτοξίνη, συνδεδεμένη με χονδρόκοκκα σωματίδια, μπορεί

να προκαλέσει την παραγωγή κυτοκινών και την πρόκληση φλεγμονής των πνευμόνων. Μια αύξηση των κυτοκινών έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση δυσμενών επιδράσεων στην καρδιά και στα αγγεία (Εικόνα 1.2). Σύμφωνα με τον Brook (2008), μετά από οξεία έκθεση σε ρύπους, στο βρογχικό υγρό και στο αίμα, ανευρίσκεται αυξημένη κυτταρική περιεκτικότητα σε ιντερλευκίνες και ιντρεφερόνες. Η συσσώρευση ελευθέρων ριζών μπορεί να προκαλέσει οξειδωτικό στρες, ενεργοποίηση κυτοκινών, αγγειοδραστικών ορμονών και λευκοκυττάρων, τα οποία προκαλούν ανεπιθύμητες ενέργειες στο καρδιαγγειακό σύστημα (Valko et al, 2007). Οι ιντερλευκίνες συνδέονται με τα μακροφάγα και με τα επιθηλιακά κύτταρα στις πνευμονικές κυψελίδες και τους βρόγχους. Κατά την άφιξη των αιωρούμενων σωματιδίων στα τμήματα αυτά, ακολουθεί φλεγμονή, αύξηση της CRP και του ινωδογόνου. Επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι η CRP αποτελεί παράγοντα κινδύνου για εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων και έχει συσχετισθεί με αυξημένη δημιουργία αθηρωματικών πλακών και εμφάνιση ταχείας καρδιαγγειακής αντίδρασης. Η έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια, μπορεί να ενεργοποιήσει τον μηχανισμό μέσα στο πνευμονικό δέντρο κατά τον οποίο τροποποιούνται τα νευρικά αντανακλαστικά, με αποτέλεσμα διαταραχή της ισορροπίας και κατάληξη σε έμφραγμα.

Ωστόσο, οι πιθανοί μηχανισμοί που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν αλληλοαναιρούνται και έχουν άμεση συσχέτιση μεταξύ τους και μπορούν να ενεργοποιηθούν σε διαφορετικά χρονικά πλαίσια μετά την έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια.

Μονοξείδιο του άνθρακα(CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα άοσμο και άχρωμο αέριο το οποίο εκπέμπεται όταν συντελείται ατελής καύση της καύσιμης ύλης (ΥΠΕΝ, 2020). Σύμφωνα με το Ραψομανίκη (2000), επιδρά κυρίως στο καρδιαγγειακό και νευρικό σύστημα μειώνοντας την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο σε βασικούς ιστούς του οργανισμού.

Οξείδια του αζώτου (NO₂), (NO)

Τα δύο κύρια οξείδια του αζώτου είναι το διοξείδιο του αζώτου και το μονοξείδιο του αζώτου (NO) που παράγονται κατά την ανάφλεξη καύσιμης ύλης. Το μονοξείδιο του αζώτου, υπό την επίδραση διαφόρων χημικών αντιδράσεων μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου. Σύμφωνα με τον Μπεργελέ (2006), το διοξείδιο του αζώτου σε υψηλές συγκεντρώσεις βλάπτει τους ανθρώπους και τη βλάστηση συμβάλλοντας σημαντικά στη δημιουργία της φωτοχημικής ρύπανσης και της όξινης βροχής.

Όζον(O₃)

Το όζον (O₃) είναι ένα άχρωμο αέριο και αποτελεί το κύριο συστατικό του φωτοχημικού νέφους, ωστόσο στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας έχει ευεργετικό ρόλο απορροφώντας την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Το όζον σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλεί σημαντικά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον (ΥΠΕΝ, 2020).

Αιωρούμενα Σωματίδια (PM_{2,5}), (PM₁₀)

Ως αιωρούμενα σωματίδια ορίζονται διάφορα αιωρήματα που υπάρχουν στον αέρα σε υγρή ή σε στερεή μορφή και θεωρούνται από τους πιο επικίνδυνους ρυπαντές γιατί περιέχουν ουσίες, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την πρόκληση καρκινογενέσεων. Σύμφωνα με τον Singh (2006), οι επιπτώσεις στην υγεία λόγω των αιωρούμενων σωματιδίων περιλαμβάνουν επιδείνωση της βρογχίτιδας σε ενήλικες και παιδιά με προϋπάρχοντα αναπνευστικά προβλήματα.

Διοξείδιο του θείου(SO₂)

Το διοξείδιο του θείου (SO₂) είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο. Σύμφωνα με τον Μπεργελέ (2006), επηρεάζει άτομα με αναπνευστικά προβλήματα και προκαλεί αλλοιώσεις σε βλάστηση και μέταλλα, ενώ μειώνει την ορατότητα και αυξάνει την οξύτητα λιμνών και ποταμών. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας προτείνει όριο συγκέντρωσης τα 125mg/m³ για έκθεση 24 ωρών και τα 50mg/m³ για ένα έτος (Air Quality, 2020).

1.7 Νομοθετικό πλαίσιο

1.7.1 Περιβαλλοντική πολιτική Ευρωπαϊκής Κοινότητας

Η περιβαλλοντική πολιτική αποτελεί «το σύνολο όλων των μέτρων που είναι απαραίτητο να λαμβάνονται προκειμένου να εξασφαλίζεται στον άνθρωπο ένα υγιές περιβάλλον, να προστατεύονται το έδαφος, η ατμόσφαιρα, τα ύδατα, η χλωρίδα και η πανίδα από την ανθρώπινη δραστηριότητα και προκειμένου να αποκαθίστανται οι βλάβες που προκαλούνται στο φυσικό περιβάλλον» (Παπαδημητρίου, 2006). Τον Ιούλιο του 1970, ιδρύθηκε στις ΗΠΑ η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος, ενώ το έτος 1973, δημιουργήθηκε το πρώτο πρόγραμμα περιβαλλοντικής δράσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχοντας ως στόχο τη μείωση της έκθεσης στην ατμοσφαιρική ρύπανση και τη θέσπιση ορίων ασφαλείας συγκέντρωσης ρύπων για τη διασφάλιση της ποιότητας της ατμόσφαιρας. Από το 1973 μέχρι και σήμερα, τα προγράμματα δράσης αποσκοπούν στη λήψη μέτρων για το περιβάλλον. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (2020), οι ατμοσφαιρικοί ρυπαντές εισέρχονται στην ατμόσφαιρα από ευρύ φάσμα πηγών, όπως :

- κινητές πηγές
- ακίνητες πηγές
- παραγωγή ενέργειας

Τα τελευταία χρόνια, η Ευρωπαϊκή Ένωση λαμβάνοντας σημαντικά μέτρα, έχει επιτύχει τη μείωση της έκλυσης στην ατμόσφαιρα αρκετών ρύπων.

1.7.2 Όρια Ασφαλείας Συγκέντρωσης Ρύπων

Ως οριακή τιμή της συγκέντρωσης ρυπογόνου ουσίας ορίζεται η τιμή, η οποία όταν υπερβεί τα όρια, εμφανίζονται επιπτώσεις στην υγεία των έμβιων όντων. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO, 2016) μέσω της νομοθεσίας, έχει καταφέρει να θέσει όρια ασφαλείας, χωρίς επιβλαβείς συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία, σχετικά με τις ρυπογόνες ουσίες που προκαλούν την ατμοσφαιρική ρύπανση. Ωστόσο, λόγω της εξέλιξης της επιστήμης και της εύρεσης νέων στοιχείων τα ασφαλή όρια έκθεσης είναι ευμετάβλητα.

1.7.3 Θεσμικό πλαίσιο

Τις τελευταίες δεκαετίες, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσμοθετήσει ανώτατα όρια για τους ατμοσφαιρικούς ρυπαντές, καθώς η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί σοβαρό υγειονομικό και περιβαλλοντικό πρόβλημα. Στις 27 Σεπτεμβρίου του 1996 το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξέδωσε οδηγία για την εκτίμηση και τη διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος (Οδηγία 1996/ 62/ΕΚ), ωστόσο τα επόμενα χρόνια εκπονήθηκαν νέες οδηγίες και για άλλους ρύπους.

1.8 Δίκτυο Σταθμών μέτρησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Σύμφωνα με την εθνική και κοινοτική νομοθεσία, κάθε χώρα, όπως και η Ελλάδα θα πρέπει να διαθέτει ένα δικτύου σταθμών για τη μέτρηση ρύπανσης του αέρα. Το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης, ιδρύθηκε το έτος 2001 και σήμερα αποτελείται από πολλούς σταθμούς, οι οποίοι μετρούν τις συγκεντρώσεις διαφόρων ρυπογόνων ουσιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

Ανατομία και φυσιολογία καρδιαγγειακού συστήματος

2.1 Ανατομία του καρδιαγγειακού συστήματος

Η καρδιά είναι ένα μυώδες κωνικό κοίλο όργανο που βρίσκεται πίσω από το στέρνο, μέσα στη θωρακική κοιλότητα. Ο καρδιακός μυς καλύπτεται εξωτερικά από έναν υμένα το επικάρδιο και εσωτερικά από το ενδοκάρδιο, ενώ το περικάρδιο περιβάλλει ολόκληρη την καρδιά. Επιπλέον, η καρδιά διαχωρίζεται σε τέσσερις κοιλότητες στο δεξιό και αριστερό κόλπο και τη δεξιά και αριστερή κοιλία. Ο διαχωρισμός των κόλπων από τις κοιλίες γίνεται διαμέσου βαλβίδων, οι οποίες είναι η τριγλώχινια, η μιτροειδής, η πνευμονική βαλβίδα, καθώς και η αορτική βαλβίδα (Mahadevan, 2018). Η καρδιά είναι υπεύθυνη για τη ζωτική μεταφορά αίματος, οξυγόνου, θρεπτικών συστατικών και υποπροϊόντων προς και από τους ιστούς (Πλέσσας Σ., 2010).

2.2 Φυσιολογία καρδιαγγειακού συστήματος

Η καρδιά παρομοιάζεται σαν μια αντλία και διαιρείται λειτουργικά στη δεξιά και στην αριστερή καρδιά. Ο ρόλος της δεξιάς καρδιάς είναι η μεταφορά του αίματος, με διοξείδιο του άνθρακα, από τους περιφερικούς ιστούς στους πνεύμονες, ενώ ο ρόλος της αριστερής καρδιάς, είναι η μεταφορά από τους πνεύμονες και ο διαμοιρασμός του αίματος σε όλα τα όργανα, έχοντας σαν επακόλουθο την συστολή του καρδιακού μυός.

2.3 Ο μηχανισμός της αρτηριακής πίεσης του αίματος

Η μεταφορά του αίματος σε ολόκληρο τον οργανισμό γίνεται διαμέσου του αγγειακού συστήματος, το οποίο αποτελείται από τις αρτηρίες, τις φλέβες και τα τριχοειδή αγγεία, τα οποία μεταφέρουν το αίμα από την καρδιά στους ιστούς και το επαναπροωθούν στην καρδιά διαμέσου των πνευμόνων. Οι αρτηρίες μεταφέρουν το οξυγονωμένο αίμα από την καρδιά ενώ

η μεταφορά αίματος προς την καρδιά, γίνεται από τις φλέβες. Τα τριχοειδή αγγεία, βρίσκονται μεταξύ φλεβών και αρτηριών. Κατά την συστολή της αριστερής κοιλίας της καρδιάς, υπάρχει διαστολή της αορτής λόγω της πίεσης που ασκείται μέσα στο αγγείο και στην συνέχεια το αίμα μεταφέρεται στις αρτηρίες και στα τριχοειδή αγγεία των διάφορων ιστών. Ως αρτηριακή πίεση καλείται η πίεση που ασκείται στο τοίχωμα των αρτηριών κατά τη ροή του αίματος μέσα σε αυτές.

2.4 Μέτρηση της αρτηριακής πίεσης

Η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης γίνεται με το σφυγμομανόμετρο. Τα τελευταία χρόνια, έχει σταματήσει η χρήση των πιεσόμετρων υδραργύρου και έχουν αντικατασταθεί από ηλεκτρονικά πιεσόμετρα, τα οποία συνεχίζουν να χρησιμοποιούν ως μονάδα μέτρησης τα χιλιοστά στήλης υδραργύρου (mmHg). Ο πρώτος ήχος που ακούγεται αναπαριστά τη συστολική πίεση του αίματος ενώ σύμφωνα τους Meidert κ.ά (2018), ο τελευταίος ήχος της μείωσης της πίεσης ισούται με τη διαστολική αρτηριακή πίεση του ασθενή.

2.5 Αρτηριακή υπέρταση

Η αρτηριακή υπέρταση συνιστά την αυξημένη πίεση του αίματος στα τοιχώματα των αρτηριών. Σύμφωνα με τους Zhang κ.ά. (2017), η αρτηριακή υπέρταση είναι ένα σύνθετο, πολυπαραγοντικό κλινικό αποτέλεσμα που προέρχεται από γενετική ευαισθησία, επιλογές συμπεριφοράς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η αρτηριακή υπέρταση ορίζεται ως η αύξηση της αρτηριακής πίεσης πάνω από 140/90mmHg (συστολική \διαστολική), σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Εταιρεία Υπέρτασης (ESC, 2013).

Η αρτηριακή υπέρταση στο 95% των περιπτώσεων χαρακτηρίζεται ως ιδιοπαθής, καθώς δεν ανευρίσκεται υποκείμενο παθολογικό αίτιο. Στο υπόλοιπο 5% είναι πιθανό να χαρακτηριστεί

ως δευτεροπαθής, καθώς από τη διαδικασία της διερεύνησης και διάγνωσης μπορεί να βρεθεί κάποιος υποκείμενος παράγοντας (LeMone P, 2014).

2.5.1 Αίτια αρτηριακής υπέρτασης

Ιδιοπαθής υπέρταση

Τα αίτια της ιδιοπαθούς υπέρτασης είναι άγνωστα και συνήθως παρουσιάζεται μετά τα 40 έτη. Πλύ συχνά όμως ενοχοποιούνται κάποιοι παράγοντες, όπως η υπερβολική πρόσληψη νατρίου, το σύστημα ρενίνης-αγγειοτασίνης-αλδοστερόνης, η παχυσαρκία, η καθιστική ζωή, το κάπνισμα, το αυξημένο άγχος και η χρήση αλκοόλ. Σύμφωνα με τους Manosroi & Williams (2019), η ιδιοπαθής υπέρταση δεν αποτελεί ασθένεια αλλά ένα σύνδρομο του οποίου οι μεμονωμένες ασθένειες έχουν ως κοινό σημείο-σύμπτωμα την αύξηση της αρτηριακής πίεσης.

2.5.2 Δευτεροπαθής υπέρταση

Η δευτεροπαθής υπέρταση συνιστά την αυξημένη αρτηριακή πίεση προερχόμενη από κάποια άλλη πάθηση. Σύμφωνα με τους Williams κ.ά. (2018), η αποφρακτική υπνική άπνοια θεωρείται η πιο συχνή αιτία δευτεροπαθούς αρτηριακής υπέρτασης. Άλλες αιτίες είναι οι παθήσεις των νεφρών, των αρτηριών, του ενδοκρινικού συστήματος καθώς και η λήψη ορισμένων φαρμάκων ή ουσιών, όπως είναι τα αντισυλληπτικά δισκία. Η θεραπεία της δευτεροπαθούς υπέρτασης περιλαμβάνει κατάλληλη φαρμακευτική αγωγή και αλλαγή στις διατροφικές συνήθειες.

2.5.3 Διάγνωση αρτηριακής υπέρτασης

Η αρτηριακή υπέρταση συνιστά την αύξηση της αρτηριακής πίεσης πάνω από 140mmHg χιλιοστά της στήλης υδραργύρου συστολικής πίεσης και 90mmHg χιλιοστά στήλης υδραργύρου διαστολικής πίεσης. Καθώς, πρόκειται για μια ύπουλη πάθηση λόγω της έλλειψης συμπτωμάτων, σύμφωνα με τους Oparil κ.ά. (2018), είναι πολύ σημαντικό να διενεργείται προσυμπτωματικός έλεγχος. Η διάγνωση της αρτηριακής υπέρτασης τίθεται μέσω της λήψης του ιστορικού υγείας, του οικογενειακού ιστορικού, της κλινικής εξέτασης και κυρίως μέσω της μέτρησης της αρτηριακής πίεσης, της καρδιάς και των νεφρικών αρτηριών. Η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης δύναται να πραγματοποιηθεί τόσο κατά την ιατρική επίσκεψη όσο και στην οικία του ατόμου. Διαφορές παρατηρούνται στις ανευρεθείσες τιμές μεταξύ των δύο μεθόδων. Σαφείς οδηγίες έχουν αναπτυχθεί και για τη μέτρηση της αρτηριακής πίεσης στην οικία (ESC, 2013). Συγκεκριμένα, καταγράφονται υψηλότερες τιμές αρτηριακής πίεσης κατά τη μέτρηση που πραγματοποιείται σε επίσκεψη στο ιατρείο συγκριτικά με τις καταγραφόμενες, στην οικία. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως υπέρταση της λευκής μπλούζας. Στην αντίθετη περίπτωση, όπου σημειώνονται φυσιολογικές τιμές στο ιατρείο και παθολογικές τιμές στην οικία το φαινόμενο ονομάζεται συγκαλυμμένη υπέρταση (ESC, 2013). Στις περιπτώσεις όπου υπάρχει υποψία για τα δύο αυτά φαινόμενα, τοποθετείται η φορητή συσκευή 24ωρης μέτρησης της αρτηριακής πίεσης.

2.6 Επιπλοκές της αρτηριακής υπέρτασης

Η αρτηριακή υπέρταση επηρεάζει ένα μεγάλο ποσοστό ανθρώπων σε παγκόσμιο επίπεδο και τα τελευταία χρόνια επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι η συχνότητα εμφάνισης υπέρτασης σε παιδιά και εφήβους, παρουσιάζει αυξητική τάση. Σύμφωνα με τις Σαχίνη-Καρδάση Α. και Πάνου Μ. (2008), η αρτηριακή υπέρταση θεωρείται παράγοντας καρδιαγγειακού κινδύνου, εγκεφαλικών επεισοδίων, καθώς και άλλων παθήσεων. Η αρτηριακή υπέρταση αναπτύσσεται συνήθως σταδιακά. Σε αρκετές περιπτώσεις, η φυσιολογική αρτηριακή πίεση εξελίσσεται σε οριακή πίεση και ακολούθως έχει ως κατάληξη το I στάδιο

υπέρτασης, ενώ η μη έγκυρη διάγνωση και αντιμετώπιση της σταδίου I υπέρτασης, μπορεί να επιφέρει βλάβες σε όργανα -στόχους, όπως οι οφθαλοί, οι νεφροί, ο εγκέφαλος και η καρδιά (Williams et al., 2018).

Μια συνηθισμένη επιπλοκή των ματιών προερχόμενη από την αρτηριακή υπέρταση, είναι η υπερτασική αμφιβληστροειδοπάθεια, έχοντας ως αποτέλεσμα τη διαπίδυση αίματος, λιπιδίων, ισχαιμία των νευρικών ινών και σταδιακά απώλεια όρασης. Σε ασθενείς με προϋπάρχουσα υπέρταση, μπορεί να προκληθεί στένωση των νεφρικών αρτηριών και σκλήρυνση στο αγγειώδες σπείραμα, νεφρική βλάβη και ανεπάρκεια. Εκτός από τα μάτια και τους νεφρούς, η μη ελεγχόμενη αρτηριακή υπέρταση μπορεί να αποτελέσει και αιτία εγκεφαλικών αγγειακών επεισοδίων, καθώς μειώνει την παροχή οξυγόνου στον εγκέφαλο, με αποτέλεσμα την εγκεφαλική αιμορραγία. Το 80% των εγκεφαλικών επεισοδίων προκαλούνται από αποφράξεις αρτηριών. Επιπλέον, η υψηλή αρτηριακή πίεση του αίματος έχει ως επακόλουθο την αυξημένη λειτουργία της καρδιάς και μακροπρόθεσμα εμφάνιση σοβαρών βλαβών στον καρδιακό ιστό, αυξάνοντας τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιακής προσβολής, αρρυθμίας και θανάτου.

2.7 Αρτηριακή Υπέρταση σε Εφήβους

Η αρτηριακή υπέρταση αποτελεί παράγοντα νοσηρότητας και θνητότητας στους ενήλικες παγκοσμίως και οδηγεί σε σοβαρές επιπλοκές του καρδιαγγειακού συστήματος. Στα παιδιά και στους εφήβους η αυξημένη αρτηριακή υπέρταση είναι συχνότερο φαινόμενο σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια και το πρόβλημα φαίνεται να είναι εντονότερο στην εφηβική ηλικία (Mantner et al., 2004). Στις περισσότερες περιπτώσεις η αυξημένη αρτηριακή πίεση σχετίζεται περισσότερο με πρωτοπαθή και λιγότερο με δευτεροπαθή υπέρταση (Lemone P, 2014). Σε παιδιά άνω των 3 ετών συνίσταται η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης κατά την επίσκεψη τους σε γιατρό τουλάχιστον μια φορά ετησίως και η προτεινόμενη μέθοδος είναι η τεχνική με τη χρήση υδραργυρικού πιεσόμετρου (NHBPEP, 2004). Για την αξιολόγηση της αρτηριακής υπέρτασης σε παιδιά χρησιμοποιούνται ειδικοί πίνακες εκατοστιαίων θέσεων αρτηριακής πίεσης (νομογράμματα).

Οι παρακάτω πίνακες 2.1 και 2.2, παρουσιάζουν την ιδανική αρτηριακή πίεση σε παιδιά και εφήβους που ανήκουν στο ανδρικό και στο γυναικείο φύλο ανάλογα με το ύψος, σύμφωνα με τις οδηγίες του Αμερικανικού Κέντρου Τεκμηρίωσης Αρτηριακής Πίεσης που εκδόθηκε το 2004 για παιδιά και εφήβους.

Πίνακας 2.1: Τιμές Αρτηριακής Πίεσης ανάλογα με το ύψος σε παιδιά και εφήβους που ανήκουν στο ανδρικό φύλο

Blood Pressure Levels for Boys by Age and Height Percentile*

Age (Year)	BP Percentile ↓	Systolic BP (mmHg)							Diastolic BP (mmHg)						
		← Percentile of Height →							← Percentile of Height →						
		5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th	5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th
1	50th	80	81	83	85	87	88	89	34	35	36	37	38	39	39
	90th	94	95	97	99	100	102	103	49	50	51	52	53	53	54
	95th	98	99	101	103	104	106	106	54	54	55	56	57	58	58
	99th	105	106	108	110	112	113	114	61	62	63	64	65	66	66
2	50th	84	85	87	88	90	92	92	39	40	41	42	43	44	44
	90th	97	99	100	102	104	105	106	54	55	56	57	58	58	59
	95th	101	102	104	106	108	109	110	59	59	60	61	62	63	63
	99th	109	110	111	113	115	117	117	66	67	68	69	70	71	71
3	50th	86	87	89	91	93	94	95	44	44	45	46	47	48	48
	90th	100	101	103	105	107	108	109	59	59	60	61	62	63	63
	95th	104	105	107	109	110	112	113	63	63	64	65	66	67	67
	99th	111	112	114	116	118	119	120	71	71	72	73	74	75	75
4	50th	88	89	91	93	95	96	97	47	48	49	50	51	51	52
	90th	102	103	105	107	109	110	111	62	63	64	65	66	66	67
	95th	106	107	109	111	112	114	115	66	67	68	69	70	71	71
	99th	113	114	116	118	120	121	122	74	75	76	77	78	78	79
5	50th	90	91	93	95	96	98	98	50	51	52	53	54	55	55
	90th	104	105	106	108	110	111	112	65	66	67	68	69	69	70
	95th	108	109	110	112	114	115	116	69	70	71	72	73	74	74
	99th	115	116	118	120	121	123	123	77	78	79	80	81	81	82
6	50th	91	92	94	96	98	99	100	53	53	54	55	56	57	57
	90th	105	106	108	110	111	113	113	68	68	69	70	71	72	72
	95th	109	110	112	114	115	117	117	72	72	73	74	75	76	76
	99th	116	117	119	121	123	124	125	80	80	81	82	83	84	84
7	50th	92	94	95	97	99	100	101	55	55	56	57	58	59	59
	90th	106	107	109	111	113	114	115	70	70	71	72	73	74	74
	95th	110	111	113	115	117	118	119	74	74	75	76	77	78	78
	99th	117	118	120	122	124	125	126	82	82	83	84	85	86	86
8	50th	94	95	97	99	100	102	102	56	57	58	59	60	60	61
	90th	107	109	110	112	114	115	116	71	72	72	73	74	75	76
	95th	111	112	114	116	118	119	120	75	76	77	78	79	79	80
	99th	119	120	122	123	125	127	127	83	84	85	86	87	87	88
9	50th	95	96	98	100	102	103	104	57	58	59	60	61	61	62
	90th	109	110	112	114	115	117	118	72	73	74	75	76	76	77
	95th	113	114	116	118	119	121	121	76	77	78	79	80	81	81
	99th	120	121	123	125	127	128	129	84	85	86	87	88	88	89
10	50th	97	98	100	102	103	105	106	58	59	60	61	61	62	63
	90th	111	112	114	115	117	119	119	73	73	74	75	76	77	78
	95th	115	116	117	119	121	122	123	77	78	79	80	81	81	82
	99th	122	123	125	127	128	130	130	85	86	86	88	88	89	90

Πηγή:(NHBPEP, 2004)

Age (Year)	BP Percentile ↓	Systolic BP (mmHg)							Diastolic BP (mmHg)						
		← Percentile of Height →							← Percentile of Height →						
		5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th	5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th
11	50th	99	100	102	104	105	107	107	59	59	60	61	62	63	63
	90th	113	114	115	117	119	120	121	74	74	75	76	77	78	78
	95th	117	118	119	121	123	124	125	78	78	79	80	81	82	82
	99th	124	125	127	129	130	132	132	86	86	87	88	89	90	90
12	50th	101	102	104	106	108	109	110	59	60	61	62	63	63	64
	90th	115	116	118	120	121	123	123	74	75	75	76	77	78	79
	95th	119	120	122	123	125	127	127	78	79	80	81	82	82	83
	99th	126	127	129	131	133	134	135	86	87	88	89	90	90	91
13	50th	104	105	106	108	110	111	112	60	60	61	62	63	64	64
	90th	117	118	120	122	124	125	126	75	75	76	77	78	79	79
	95th	121	122	124	126	128	129	130	79	79	80	81	82	83	83
	99th	128	130	131	133	135	136	137	87	87	88	89	90	91	91
14	50th	106	107	109	111	113	114	115	60	61	62	63	64	65	65
	90th	120	121	123	125	126	128	128	75	76	77	78	79	79	80
	95th	124	125	127	128	130	132	132	80	80	81	82	83	84	84
	99th	131	132	134	136	138	139	140	87	88	89	90	91	92	92
15	50th	109	110	112	113	115	117	117	61	62	63	64	65	66	66
	90th	122	124	125	127	129	130	131	76	77	78	79	80	80	81
	95th	126	127	129	131	133	134	135	81	81	82	83	84	85	85
	99th	134	135	136	138	140	142	142	88	89	90	91	92	93	93
16	50th	111	112	114	116	118	119	120	63	63	64	65	66	67	67
	90th	125	126	128	130	131	133	134	78	78	79	80	81	82	82
	95th	129	130	132	134	135	137	137	82	83	83	84	85	86	87
	99th	136	137	139	141	143	144	145	90	90	91	92	93	94	94
17	50th	114	115	116	118	120	121	122	65	66	66	67	68	69	70
	90th	127	128	130	132	134	135	136	80	80	81	82	83	84	84
	95th	131	132	134	136	138	139	140	84	85	86	87	87	88	89
	99th	139	140	141	143	145	146	147	92	93	93	94	95	96	97

Πηγή:(NHBPEP, 2004)

Πίνακας 2.2: Τιμές Αρτηριακής Πίεσης ανάλογα με το ύψος σε παιδιά και εφήβους που ανήκουν στο γυναικείο φύλο

Blood Pressure Levels for Girls by Age and Height Percentile*															
Age (Year)	BP Percentile ↓	Systolic BP (mmHg)							Diastolic BP (mmHg)						
		← Percentile of Height →							← Percentile of Height →						
		5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th	5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th
1	50th	83	84	85	86	88	89	90	38	39	39	40	41	41	42
	90th	97	97	98	100	101	102	103	52	53	53	54	55	55	56
	95th	100	101	102	104	105	106	107	56	57	57	58	59	59	60
	99th	108	108	109	111	112	113	114	64	64	65	65	66	67	67
2	50th	85	85	87	88	89	91	91	43	44	44	45	46	46	47
	90th	98	99	100	101	103	104	105	57	58	58	59	60	61	61
	95th	102	103	104	105	107	108	109	61	62	62	63	64	65	65
	99th	109	110	111	112	114	115	116	69	69	70	70	71	72	72
3	50th	86	87	88	89	91	92	93	47	48	48	49	50	50	51
	90th	100	100	102	103	104	106	106	61	62	62	63	64	64	65
	95th	104	104	105	107	108	109	110	65	66	66	67	68	68	69
	99th	111	111	113	114	115	116	117	73	73	74	74	75	76	76
4	50th	88	88	90	91	92	94	94	50	50	51	52	52	53	54
	90th	101	102	103	104	106	107	108	64	64	65	66	67	67	68
	95th	105	106	107	108	110	111	112	68	68	69	70	71	71	72
	99th	112	113	114	115	117	118	119	76	76	76	77	78	79	79
5	50th	89	90	91	93	94	95	96	52	53	53	54	55	55	56
	90th	103	103	105	106	107	109	109	66	67	67	68	69	69	70
	95th	107	107	108	110	111	112	113	70	71	71	72	73	73	74
	99th	114	114	116	117	118	120	120	78	78	79	79	80	81	81
6	50th	91	92	93	94	96	97	98	54	54	55	56	56	57	58
	90th	104	105	106	108	109	110	111	68	68	69	70	70	71	72
	95th	108	109	110	111	113	114	115	72	72	73	74	74	75	76
	99th	115	116	117	119	120	121	122	80	80	80	81	82	83	83
7	50th	93	93	95	96	97	99	99	55	56	56	57	58	58	59
	90th	106	107	108	109	111	112	113	69	70	70	71	72	72	73
	95th	110	111	112	113	115	116	116	73	74	74	75	76	76	77
	99th	117	118	119	120	122	123	124	81	81	82	82	83	84	84
8	50th	95	95	96	98	99	100	101	57	57	57	58	59	60	60
	90th	108	109	110	111	113	114	114	71	71	71	72	73	74	74
	95th	112	112	114	115	116	118	118	75	75	75	76	77	78	78
	99th	119	120	121	122	123	125	125	82	82	83	83	84	85	86
9	50th	96	97	98	100	101	102	103	58	58	58	59	60	61	61
	90th	110	110	112	113	114	116	116	72	72	72	73	74	75	75
	95th	114	114	115	117	118	119	120	76	76	76	77	78	79	79
	99th	121	121	123	124	125	127	127	83	83	84	84	85	86	87
10	50th	98	99	100	102	103	104	105	59	59	59	60	61	62	62
	90th	112	112	114	115	116	118	118	73	73	73	74	75	76	76
	95th	116	116	117	119	120	121	122	77	77	77	78	79	80	80
	99th	123	123	125	126	127	129	129	84	84	85	86	86	87	88

Πηγή:(NHBPEP, 2004)

Age (Year)	BP Percentile ↓	Systolic BP (mmHg)							Diastolic BP (mmHg)						
		← Percentile of Height →							← Percentile of Height →						
		5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th	5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th
11	50th	100	101	102	103	105	106	107	60	60	60	61	62	63	63
	90th	114	114	116	117	118	119	120	74	74	74	75	76	77	77
	95th	118	118	119	121	122	123	124	78	78	78	79	80	81	81
	99th	125	125	126	128	129	130	131	85	85	86	87	87	88	89
12	50th	102	103	104	105	107	108	109	61	61	61	62	63	64	64
	90th	116	116	117	119	120	121	122	75	75	75	76	77	78	78
	95th	119	120	121	123	124	125	126	79	79	79	80	81	82	82
	99th	127	127	128	130	131	132	133	86	86	87	88	88	89	90
13	50th	104	105	106	107	109	110	110	62	62	62	63	64	65	65
	90th	117	118	119	121	122	123	124	76	76	76	77	78	79	79
	95th	121	122	123	124	126	127	128	80	80	80	81	82	83	83
	99th	128	129	130	132	133	134	135	87	87	88	89	89	90	91
14	50th	106	106	107	109	110	111	112	63	63	63	64	65	66	66
	90th	119	120	121	122	124	125	125	77	77	77	78	79	80	80
	95th	123	123	125	126	127	129	129	81	81	81	82	83	84	84
	99th	130	131	132	133	135	136	136	88	88	89	90	90	91	92
15	50th	107	108	109	110	111	113	113	64	64	64	65	66	67	67
	90th	120	121	122	123	125	126	127	78	78	78	79	80	81	81
	95th	124	125	126	127	129	130	131	82	82	82	83	84	85	85
	99th	131	132	133	134	136	137	138	89	89	90	91	91	92	93
16	50th	108	108	110	111	112	114	114	64	64	65	66	66	67	68
	90th	121	122	123	124	126	127	128	78	78	79	80	81	81	82
	95th	125	126	127	128	130	131	132	82	82	83	84	85	85	86
	99th	132	133	134	135	137	138	139	90	90	90	91	92	93	93
17	50th	108	109	110	111	113	114	115	64	65	65	66	67	67	68
	90th	122	122	123	125	126	127	128	78	79	79	80	81	81	82
	95th	125	126	127	129	130	131	132	82	83	83	84	85	85	86
	99th	133	133	134	136	137	138	139	90	90	91	91	92	93	93

Πηγή:(NHBPEP, 2004)

Ως αρτηριακή υπέρταση σε παιδιά και εφήβους ορίζεται η μέτρηση τιμών συστολικής ή/και διαστολικής αρτηριακής πίεσης ίση ή μεγαλύτερη από τη 95^η εκατοστιαία θέση για το φύλο, την ηλικία και το ύψος σε τρεις ή περισσότερες επισκέψεις. Η διαπίστωση αρτηριακής υπέρτασης στα παιδιά, ακολουθείται και από σταδιοποίηση αυτής. Αρτηριακή υπέρταση Σταδίου I καλείται η μετρούμενη αρτηριακή πίεση που βρίσκεται μεταξύ της 95^{ης} και 99^{ης} εκατοστιαίας θέσης συν 5mmHg, ενώ αρτηριακή υπέρταση Σταδίου II καλείται η μετρούμενη αρτηριακή πίεση που είναι πάνω από την 99^η εκατοστιαία θέση συν 5mmHg. Ως προ-υπέρταση σε παιδιά και εφήβους ορίζεται η μέτρηση τιμών συστολικής και/ή διαστολικής αρτηριακής

πίεσης ίση ή μεγαλύτερη από την 90^η αλλά μικρότερη της 95^η εκατοστιαίας θέσης. Όταν ανευρίσκονται τιμές ίσες ή μεγαλύτερες των 120/80 mmHg σε εφήβους, θα πρέπει να θεωρούνται προ-υπερτασικοί και να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα, καθώς διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο να εμφανίσουν υπέρταση στα επόμενα χρόνια της ζωής τους (NHBPEP, 2004). Τα κυριότερα αίτια υπέρτασης στα παιδιά διαφοροποιούνται ανάλογα με την ηλικία εμφάνισης της υπέρτασης (Bartosh et al., 1999). Για τις ηλικίες 12 έως 18 τα συχνότερα αίτια είναι η ιδιοπαθής υπέρταση, η ιατρογενής υπέρταση και η νεφροπαρεγχυματική νόσος και λιγότερο συχνά η νεφραγγειακή νόσος, ενδοκρινικά αίτια και η στένωση του ισθμού της αορτής.

2.8 Καρδιαγγειακά νοσήματα και παράγοντες κινδύνου στην εφηβική ηλικία

Τα καρδιαγγειακά νοσήματα αποτελούν μια από τις κύριες αιτίες πρόωρου θανάτου παγκοσμίως. Οι κλινικές εκδηλώσεις της καρδιαγγειακής νόσου, συνήθως εμφανίζονται μετά τη μέση ηλικία. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων, μελέτες έχουν δείξει ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ παραγόντων καρδιαγγειακού κινδύνου στην εφηβική ηλικία και καρδιαγγειακών παθήσεων στην ενήλικη ζωή. Η Bogalusa Heart Study τεκμηριώνει μια ισχυρή σχέση μεταξύ της στεφανιαίας αθηροσκλήρωσης και των καρδιαγγειακών παραγόντων κινδύνου σε εφήβους και νεαρούς ενήλικες καθώς και αύξηση του επιπολασμού των αθηρωματικών αλλοιώσεων στα αγγεία και στις αρτηρίες της καρδιάς, έπειτα από αυξημένη έκθεση σε παράγοντες κινδύνου (Newman κ.ά., 1986). Επιπλέον, μια άλλη μελέτη κοορτής των McGill κ.ά. (1997) έδειξε και αυτή ισχυρή συσχέτιση των παραγόντων κινδύνου και αθηρωμάτωσης σε νεαρά άτομα. Σε μελέτη των Campana κ.ά. (2009), βρέθηκε στενή συσχέτιση των τιμών της αρτηριακής πίεσης με τον καρδιομεταβολικό κίνδυνο και την ανάπτυξη στεφανιαίας νόσου κατά την ενήλικη ζωή .

Η διαδικασία της αθηροσκλήρωσης, αποτελεί μια συνεχή διαδικασία που ξεκινάει κατά την παιδική ηλικία και εξελίσσεται ασυμπτωματικά κατά τη διάρκεια της ενήλικης ζωής. Η αρτηριακή υπέρταση σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες, συμβάλλει στην εξέλιξη της

αθηροσκληρωτικής διαδικασίας. Πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση έδειξε θετική συσχέτιση μεταξύ της αρτηριακής πίεσης και του πάχους μέσου έσω χιτώνα, υπαινισσόμενη ότι η αθηροσκληρωτική διαδικασία ξεκινάει κατά την παιδική ηλικία, λόγω του ρόλου που διαδραματίζει η υπέρταση (Day et al., 2017). Άλλοι παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση καρδιαγγειακών συμβαμάτων είναι η αυξημένη αρτηριακή πίεση, η παιδική παχυσαρκία, ο νεανικός σακχαρώδης διαβήτης, το παθητικό κάπνισμα, η μειωμένη φυσική δραστηριότητα σε συνδυασμό με την καθιστική ζωή καθώς και ιστορικό καρδιακής νόσου στην οικογένεια. Η αρτηριακή υπέρταση αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα κινδύνου για ανάπτυξη καρδιαγγειακής νόσου, λόγω της συμβολής της στην αθηρωματική διαδικασία. Παρόλο που οι επιπτώσεις της αρτηριακής υπέρτασης εκδηλώνονται μετέπειτα, σύμφωνα με τον Lurbe κ.ά. (2009), αποτελούν μετρήσιμο δείκτη καρδιαγγειακού κινδύνου στην ενήλικη ζωή. Εκτός, από την αυξημένη αρτηριακή υπέρταση και οι δυσλιπιδαιμίες αποτελούν ισχυρό προδιαθεσιακό παράγοντα για την ανάπτυξη αθηρωμάτωσης σε παιδιά και ενήλικες. Επιπλέον, η παιδική παχυσαρκία αποτελεί πλέον πρόβλημα υγείας, αφού συχνά συνεχίζει να υφίσταται και κατά την ενήλικη ζωή. Σύμφωνα με τα στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, 41 εκατομμύρια παιδιά κάτω της ηλικίας των 5 ετών ήταν υπέρβαρα ή παχύσαρκα το 2016 (WHO, 2017). Η αλλαγή του τρόπου ζωής, κυρίως όσον αναφορά τη διατροφή, ξεκινώντας κατά την παιδική ηλικία, με την υιοθέτηση δυτικών προτύπων διατροφής και σε συνδυασμό με λιγότερη άσκηση και αδρανείς δραστηριότητες, ευνοούν την ανάπτυξη της παιδικής παχυσαρκίας. Η παχυσαρκία είναι μια πολυπαραγοντική νόσος, λαμβάνοντας επιδημικό χαρακτήρα παγκοσμίως και έχει συνδεθεί με αρκετούς παράγοντες κινδύνου καρδιαγγειακή νόσου και άλλων χρόνιων ασθενειών (Berenson et al., 1993). Εκτός από τους προαναφερθέντες παράγοντες, σύμφωνα με τους Ezzati κ.ά. (2002) και το κάπνισμα συμβάλλει στην πρόιμη θνητότητα καθώς, πρόκειται για μια εθιστική συνήθεια που ξεκινάει συνήθως στην εφηβεία με βλαβερές συνέπειες στη μετέπειτα ενήλικη ζωή. Οι κυριότερες αιτίες για την έναρξη του καπνίσματος σε νεαρή ηλικία είναι το κάπνισμα των γονέων, η εύκολη προμήθεια καπνού και προϊόντων αυτού, το κάπνισμα στο σχολείο και το κοινωνικοοικονομικό επίπεδο. Πολλές επιδημιολογικές έχουν τεκμηριώσει θετική σχέση του καπνίσματος με την εμφάνιση αθηρωματικής και στεφανιαίας νόσου (Mc Gill et al., 2000).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Μεθοδολογία

Οι συστηματικές ανασκοπήσεις συνεισφέρουν σε μια αντικειμενικότερη προσέγγιση της βιβλιογραφίας, σε αντιδιαστολή με τις αφηγηματικές ανασκοπήσεις.

Κατά την ανασκόπηση βιβλιογραφίας εντοπίστηκαν μελέτες που αφορούσαν στον ρόλο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην αρτηριακή υπέρταση και στην εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων σε εφήβους. Η αναζήτηση περιλάμβανε μελέτες από την διεθνή βιβλιογραφία οι οποίες αναζητήθηκαν σε τρεις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων όπως: Medline/PubMed, Scopus, Science Direct.

3.1 Διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος

Το πρώτο βήμα για την εκτέλεση της συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης αποτέλεσε η σαφής διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος που με τη σειρά του θα εξετάζει την πιθανή ή εκτιμώμενη σχέση μεταξύ της μελετώμενης μεταβλητής (ατμοσφαιρική ρύπανση) και της συχνότητας εμφάνισης μίας έκβασης (συσχέτιση με την αρτηριακή υπέρταση και την εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων σε εφήβους). Πιο συγκεκριμένα, για την εκπόνηση αυτής της μελέτης, το επιστημονικό ερώτημα που θα διαμορφώσει και θα ορίσει το ερευνητικό πλαίσιο μέσα στο οποίο θα κινηθεί η συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση είναι το παρακάτω:

Ερευνητικό ερώτημα

Ποιος είναι ο ρόλος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και πως επιδρά στην
αρτηριακή υπέρταση των εφήβων;

Συνεπώς η ύπαρξη σαφώς διατυπωμένου επιστημονικού ερωτήματος εξασφαλίζει τον σχεδιασμό ενός κατάλληλου ερευνητικού πρωτοκόλλου ανασκόπησης του οποίου η αυστηρή εφαρμογή θα ορίσει σε μεγάλο βαθμό την επιτυχία αλλά και την ακρίβεια του τρόπου μέτρησης της μελετώμενης μεταβλητής (της ατμοσφαιρικής ρύπανσης) αλλά και της έκβασης (τους μηχανισμούς που εμπλέκονται στην εμφάνιση της αρτηριακής υπέρτασης και καρδιαγγειακών παθήσεων σε εφήβους) κατά την ενηλικίωση τους .

3.2 Στρατηγική αναζήτησης

Στη συστηματική ανασκόπηση προκειμένου να εντοπισθούν μελέτες που διερευνούσαν το ρόλο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην αρτηριακή υπέρταση των εφήβων πραγματοποιήθηκε:

- αναζήτηση σε ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων
- ανάγνωση των τίτλων και των περιλήψεων των μελετών
- επιλογή και εκτίμηση των μελετών για την δημιουργία δείγματος της συστηματικής ανασκόπησης και συμπερασμάτων σχετικά με τον σκοπό της έρευνας.

Η επιλογή και αναζήτηση των μελετών ξεκίνησε τον Σεπτέμβριο 2021 μέχρι και τον Οκτώβριο 2021 από τις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων Medline/PubMed, Scopus και Science Direct.

α) η αναζήτηση πραγματοποιήθηκε με τις παρακάτω λέξεις κλειδιά: "air pollution" "particulate matter" "sulfur dioxide" "nitrogen dioxide" "blood pressure" "arterial hypertension" "adolescents" "cardiovascular diseases" "risk factors" "respiratory system" "systematic review"

β) εν συνεχεία με τον συνδυασμό λέξεων και τη χρήση των boolean operators (AND, OR, NOT) όπως αναγράφεται ακολούθως: ("air pollution" OR "particulate matter" OR "sulfur dioxide" OR "nitrogen dioxide" OR ozone) AND ("blood pressure" OR "arterial hypertension") AND adolescents AND ("cardiovascular diseases" OR "risk factors") NOT "respiratory system" NOT ("systematic review" OR review).

Επιπλέον, στην συστηματική ανασκόπηση συμπεριελήφθησαν και οι βιβλιογραφικές αναφορές των άρθρων.

3.3 Κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού μελετών

Κριτήρια ένταξης

Στην παρούσα μελέτη περιλαμβάνονται μελέτες:

- που έχουν δημοσιευτεί μόνο στην αγγλική γλώσσα
- που είναι διαθέσιμες ως πλήρες κείμενο και όχι μόνο σαν περίληψη (abstract)
- που είναι δημοσιευμένες σε διεθνή έγκριτα επιστημονικά περιοδικά, πρωτότυπα ερευνητικά άρθρα, ερευνητικές επιστολές, ερευνητικές ανακοινώσεις και διεθνείς επιστημονικούς οργανισμούς
- που εξετάζουν μόνο ανθρώπινους πληθυσμούς και συγκεκριμένης ηλικιακής ομάδας, όπως οι έφηβοι

Κριτήρια αποκλεισμού

Στην συστηματική ανασκόπηση βιβλιογραφίας δεν θα συμπεριληφθούν μελέτες:

- που δεν είναι δημοσιευμένες σε διεθνή έγκριτα επιστημονικά περιοδικά, συστηματικές αναθεωρήσεις, μελέτες που περιλαμβάνουν και μετα-ανάλυση, περιλήψεις συνεδρίων, μελέτες σε ζώα, πειραματικές μελέτες και αναφορές περιπτώσεων
- που εξετάζουν την επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο αναπνευστικό σύστημα και σε άλλα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού, εκτός από το καρδιαγγειακό σύστημα

- που εξετάζουν και άλλους μελετώμενους πληθυσμούς εκτός από τους εφήβους, όπως παιδιά ή ενήλικες
- που είναι δημοσιευμένες σε άλλες γλώσσες εκτός της αγγλικής γλώσσας
- που εξετάζουν και άλλους παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων, εκτός από την αρτηριακή υπέρταση, όπως η χοληστερόλη, ο σακχαρώδης διαβήτης και η παχυσαρκία

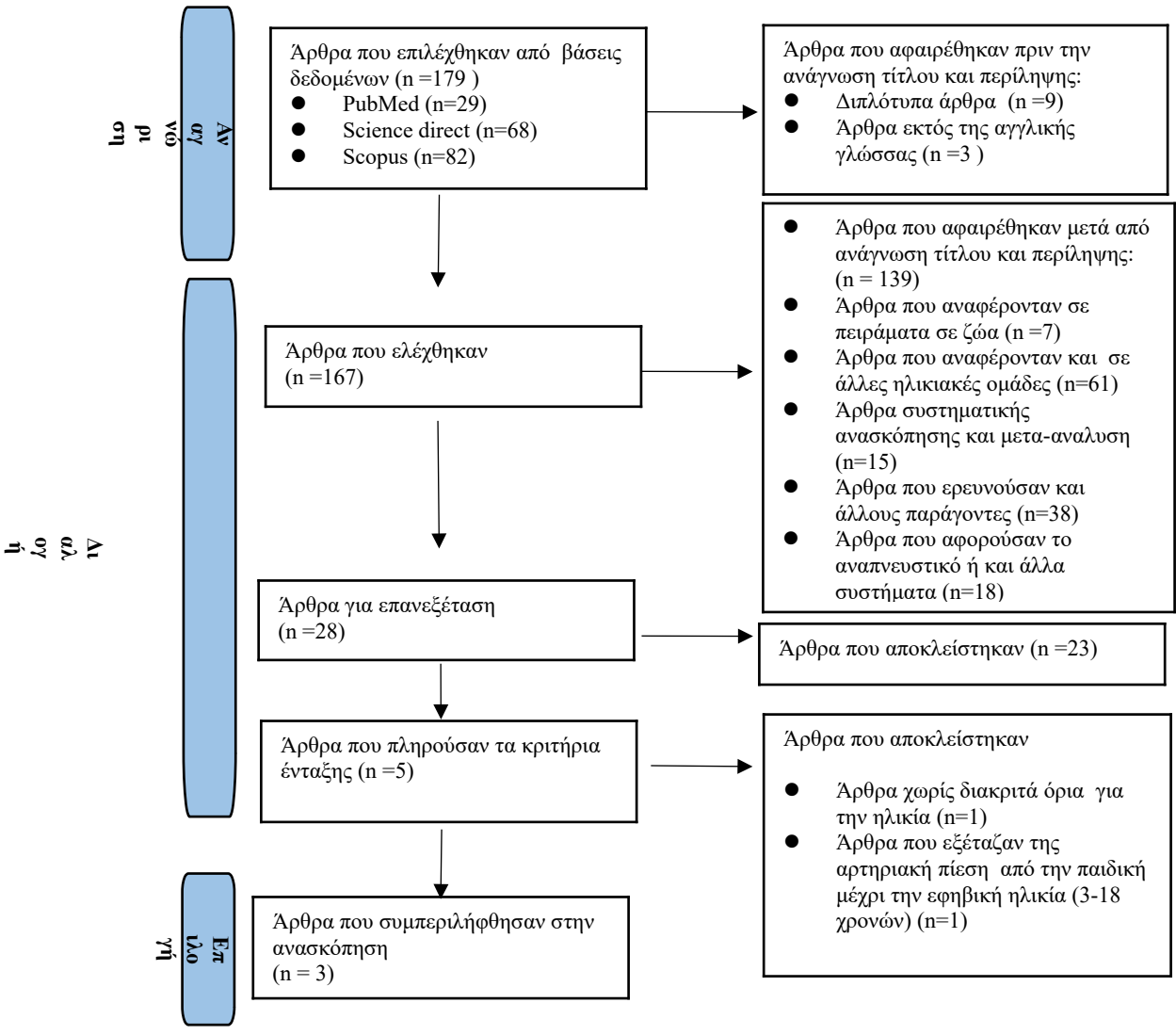
3.4 Ανάλυση / Διαδικασία επιλογής μελετών

Όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα ροής σύνθεσης της συστηματικής αυτής έρευνας που παρατίθεται παρακάτω, η αρχική αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων απέδωσε 179 άρθρα, ο αριθμός των οποίων μειώθηκε στα 167 άρθρα, καθώς αποκλείστηκαν 9 διπλότυπα άρθρα που εμφανίζονταν και στις 3 βάσεις δεδομένων και 3 άρθρα που αφορούσαν δημοσιευμένες μελέτες εκτός της αγγλικής γλώσσας, 2 στη ρωσική γλώσσα και 1 στην κινεζική γλώσσα. Έπειτα από την ανάγνωση του τίτλου και της περίληψης των μελετών προέκυψαν 28 άρθρα, καθώς τα 132 αποκλείστηκαν. Οι λόγοι που μας οδήγησαν να αποκλείσουμε αυτά τα άρθρα ήταν γιατί υπήρξαν 7 άρθρα που έκαναν αναφορά σε πειράματα σε ζώα, γιατί αφορούσαν ανασκοπήσεις, συστηματικές ανασκοπήσεις, συστηματικές αναλύσεις, 1 άρθρο αλληλογραφίας καθώς και 1 άρθρο erratum. Επιπλέον, αποκλείστηκαν άρθρα που αφορούσαν τις υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες όπως ενήλικες, παιδιά ή γυναίκες κατά τη διάρκεια της κύησης, καθώς και άλλα άρθρα γιατί εστίαζαν στο αναπνευστικό σύστημα, στον σακχαρώδη διαβήτη, στο μεταβολικό σύνδρομο, στη διατροφή, στην παχυσαρκία, στη νεφρική λειτουργία και άρθρα που αναφέρονταν στην κλιματική αλλαγή και στην αύξηση της θερμοκρασίας. Από τα 28 υπολειπόμενα άρθρα, τα 23 αποκλείστηκαν, καθώς δεν εναρμονίζονταν με τα κριτήρια ένταξης. Τα άρθρα που συγκεντρώθηκαν για πλήρη μελέτη, από την αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων, ήταν 5, ωστόσο τα 2 αποκλείστηκαν γιατί στο ένα εξ αυτών, παρόλο, που πληρούσε τα κριτήρια ένταξης αναφερόταν σε εφήβους χωρίς να υπάρχουν διακριτά όρια για

αυτήν την ηλικιακή ομάδα και ενδεχομένως να συμπεριελάμβανε και ενήλικες. Το δεύτερο άρθρο, εξέταζε την αύξηση επιπέδων αρτηριακής πίεσης στην εφηβική ηλικία και την εξέλιξη σε υπέρταση κατά την ενήλικη ζωή (φαινόμενο tracking), ωστόσο αποκλείστηκε γιατί το ηλικιακό εύρος συμπεριελάμβανε και παιδιά (3 έως 18 χρονών). Τελικώς, έγινε επιλογή 3 μελετών για την εξαγωγή αποτελεσμάτων της παρούσας ανασκόπησης .

Κατά την ανασκόπηση προέκυψαν 3 επιδημιολογικές μελέτες που πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης και των οποίων τα χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον πίνακα 3.1 που ακολουθεί:

Identification of studies via databases



Αποτελέσματα

Από το σύνολο των μελετών, τρεις μελέτες πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης και αξιολογήθηκαν περαιτέρω. Όλες οι μελέτες διεξήχθησαν σε διαφορετικές χώρες, στην Ολλανδία, στο Ιράν, στον Καναδά και έχουν δημοσιευτεί πρόσφατα. Η μέση ηλικία των συμμετεχόντων κυμαίνεται από 12 έως 18 έτη. Τα είδη επιδημιολογικών μελετών που επιλέχθηκαν, περιλαμβάνουν δύο συγχρονικές μελέτες και μια προοπτική μελέτη ή μελέτη κοορτής (Πίνακας 3.1).

Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά επιδημιολογικών μελετών που συμπεριελήφθησαν στην συστηματική ανασκόπηση

Συγγραφείς Ημερομηνία Χώρα	Είδος μελέτης	Πληθυσμός μελέτης	Μετρήσιμες μεταβλητές				Έκθεση σε ατμοσφαιρική ρύπανση	Συσχέτιση με ατμοσφαιρική ρύπανση	Συμπεράσματα	
			Μέγεθος δείγματος	Μέση ηλικία/εύρος ηλικίας (χρόνια)	Φύλο Ανδρες/γυναίκες n%					
Natalya Bilenko et al, 2015 Ολλανδία	Προοπτική μελέτη PIAMA	έφηβοι	1432	12	95	Αρτηριακή πίεση/υπέρ- ταση	Ηλικία, φύλο, ανθρωπομετρικές μετρήσει, φυσική κατάσταση, αρτηριακή πίεση κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης	Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂ Λιωρούμενα σωματίδια PM	95%mmHg C I No2 0.83(0.06 to 0.01) PM2.5 .075(- 0.08 to 1.58)	Η μακροπρόθεσμη έκθεση σε NO ₂ και PM _{2.5} συσχετίστηκε με αυξημένη διαστολική αρτηριακή πίεση σε εφήβους, αλλά όχι με συστολική αρτηριακή πίεση. Επιπλέον, δε βρέθηκε συσχέτιση της βραχυπρόθεσμης έκθεσης με αρτηριακή πίεση ή την έκθεση Τους σε θόρυβο.
Parinaz Poursafa et al., 2014 Ιράν	Συγχρονική μελέτη CASPIAN- III	έφηβοι	1413	14.81±2.48	48.8 αγόρια	Αρτηριακή συστολική / διαστολική πίεση	Ηλικία, φύλο, ανθρωπομετρικ ές μετρήσεις, αρτηριακή πίεση και μέτρηση HDL	AQI δείκτης ποιότητας αέρα 285.37±30.11	/	Η έκθεση σε χαμηλής ποιότητας αέρα δείχνει μια θετική συσχέτιση με καρδιομεταβολικούς παράγοντες κινδύνου Όπως η SBP, FBG, TC, LDL-C ,TG, ,καθώς και αρνητικές συσχετίσεις με HDL-C
Aleksadra M Zuk et al 2021 Καναδάς	Συγχρονική μελέτη	έφηβοι	148	16.1 χρόνια (± 1.8 χρόνια)	53 αγόρια 47 κορίτσια	Αρτηριακή πίεση/υπέρ- ταση	Ηλικία, φύλο, αρτηριακή υπέρταση, BMI	Πολυβρωμιούχοι δυσφαινολαθέρες (PBDE) και Κάδμιο (Cd)	P of EBP 29% PR=1.21; 95% 1.05, 1.40	Η έκθεση σε πολυβρωμιούχους διφαινολαθέρες επιρεάζει τις τιμές της αρτηριακής πίεσης των εφήβων και κυρίως η έκθεση σε PBDEs 47.

στόχος των επιλεγμένων μελετών ήταν να διερευνήσουν τη σχέση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της αρτηριακής υπέρτασης των εφήβων. Πιο συγκεκριμένα, μελέτη που διεξήχθη στην Ολλανδία, εξέτασε τη σχέση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με την αρτηριακή πίεση σε εφήβους (Bilenko et al., 2015). Άλλη μελέτη, που διεξήχθη στο Ιράν, εξέτασε τη συσχέτιση του δείκτη ποιότητας του αέρα με καρδιομεταβολικούς παράγοντες κινδύνου σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα υγιών εφήβων (Poursafa et al., 2014). Η μελέτη στον Καναδά, διερεύνησε τα επίπεδα αρτηριακής πίεσης εφήβων, έπειτα από έκθεση σε πολυβρωμιούχους διφαινυλαιθέρες (PBDEs) και κάδμιο (Cd) (A.M Zuk et al 2021).

Οι περισσότερες μελέτες μέτρησαν τη συγκέντρωση ατμοσφαιρικών ρύπων με βάση δεδομένα από σταθμούς παρακολούθησης.

Επιπτώσεις μακροπρόθεσμης ή βραχυπρόθεσμης έκθεσης στην αρτηριακή πίεση

Οι Bilenko κ.ά (2015) ανέφεραν θετική συσχέτιση τόσο του διοξειδίου του αζώτου, όσο και των αιωρούμενων σωματιδίων $PM_{2.5}$ 0,83mmHg (95% CI διάστημα αξιοπιστίας από 0,06 έως 1,61 και 0,75 (95%CI διάστημα αξιοπιστίας από -0,08 έως 1,58), με αυξημένη διαστολική αρτηριακή πίεση, σε εφήβους που ζούσαν στο ίδιο μέρος από τη γέννηση τους, ενώ δεν εμφανίζεται καμία συσχέτιση με τη συστολική αρτηριακή πίεση καθώς και με την έκθεση σε βραχυπρόθεσμη ατμοσφαιρική ρύπανση και κυκλοφοριακό θόρυβο.

Η συγχρονική μελέτη, που διεξήχθη στο Ιράν σε δείγμα υγιών εφήβων, τεκμηριώνει μερική συσχέτιση της έκθεσης σε χαμηλής ποιότητας αέρα και ορισμένων καρδιομεταβολικών παραγόντων κινδύνου για την εμφάνιση καρδιαγγειακών παθήσεων κατά την ενήλικη ζωή (Poursafa et al., 2014).

Στην ίδια γραμμή, οι Zuk κ.ά μέτρησαν την αρτηριακή πίεση σε 148 εφήβους (47% γυναίκες), που διεξήχθη στον Καναδά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η έκθεση σε πολυβρωμιούχους διφαιλυνεθέρους αύξησε τον επιπολασμό της αρτηριακής πίεσης κατά 29%, ενώ η έκθεση σε τοξικά μέταλλα 11% και σε κάδμιο 10%, αντίστοιχα. Επιπλέον, η έκθεση σε πολυβρωμιούχο διφαινυλαιθέρα PBDE47 επηρέασε δυσμενώς τα επίπεδα αρτηριακής πίεσης μεταξύ των εφήβων, ενώ η έκθεση σε κάδμιο έδειξε αρνητική συσχέτιση με την αρτηριακή συστολική πίεση (Zuk et al., 2021).

Συζήτηση

Στη συστηματική ανασκόπηση που διενεργήθηκε, συμπεριελήφθησαν τρεις μελέτες οι οποίες περιελάμβαναν 2993 συμμετέχοντες από διαφορετικές χώρες. Οι μελέτες που συμπεριελήφθησαν, εξέταζαν την επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και ειδικότερα των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀ και PM_{2.5}) του διοξειδίου του αζώτου (NO₂), του καδμίου (Cd) και των πολυβρωμιούχων διφαιλυναιθέρων (PBDEs) στην αρτηριακή υπέρταση των εφήβων καθώς και την σχέση του δείκτη ποιότητας του αέρα με τους καρδιομεταβολικούς παράγοντες κινδύνου, που ενοχοποιούνται για την εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων.

Σε αυτή τη συστηματική ανασκόπηση αξιολογήθηκε, διεξοδικά η σχέση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της αρτηριακής υπέρτασης σε εφήβους.

Οι ακριβείς μηχανισμοί με τους οποίους η έκθεση σε ατμοσφαιρικούς ρύπους συσχετίζεται με αυξημένες τιμές αρτηριακής πίεσης παραμένουν ασαφείς. Η έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να αυξήσει την αρτηριακή πίεση επηρεάζοντας το καρδιαγγειακό σύστημα (Brook RD, 2010). Επιδημιολογικές μελέτες, έχουν δείξει κάποιο βαθμό θετικής συσχέτισης μεταξύ της βραχυπρόθεσμης έκθεσης σε ατμοσφαιρική ρύπανση σε εξωτερικούς χώρους και υψηλής αρτηριακής πίεσης σε ενήλικες (Yang HB et al., 2019; Pieters N. et al., 2015). Επιπλέον, οι αυξανόμενες επιστημονικές μελέτες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η μακροπρόθεσμη έκθεση

σε ατμοσφαιρική ρύπανση τεκμηριώνει θετική συσχέτιση με υψηλότερες τιμές αρτηριακής πίεσης και εμφάνιση υπέρτασης σε ενήλικες (Clark C. et al., 2012). Η υψηλή αρτηριακή πίεση κατά την παιδική ηλικία, αποτελεί σημαντικό προγνωστικό παράγοντα κινδύνου ανάπτυξης υπέρτασης και καρδιαγγειακού κινδύνου, αργότερα κατά την ενήλικη ζωή (Lauer RM et al., 1991; Zuk et al., 2021). Η αρτηριακή υπέρταση είναι ένα σύνθετο, πολυπαραγοντικό κλινικό αποτέλεσμα που προέρχεται από γενετική ευαισθησία, επιλογές συμπεριφοράς και περιβαλλοντικούς παράγοντες (Zhang et al., 2017). Ωστόσο, λίγες μελέτες έχουν αξιολογήσει το ρόλο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην αρτηριακή υπέρταση των εφήβων και στην εμφάνιση καρδιαγγειακών παθήσεων σε μεταγενέστερο χρόνο. Η μακροπρόθεσμη έκθεση σε ρυπογόνες ουσίες και ειδικότερα σε αιωρούμενα ατμοσφαιρικά σωματίδια συσχετίζεται με αυξημένη αρτηριακή πίεση σε παιδιά και εφήβους (Zhang et al., 2019; Wang et al., 2019). Επιπλέον, η μελέτη Bilenko και συν. έδειξε ότι η μακροχρόνια έκθεση σε απορρόφηση διοξειδίου του αζώτου NO₂ και αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2,5}, σε συνδυασμό με το θόρυβο της κυκλοφορίας συσχετίζεται με αυξημένη διαστολική αρτηριακή πίεση, σε εφήβους που ζούσαν στο ίδιο μέρος από τη γέννηση τους, ενώ δεν εμφανίζεται καμία συσχέτιση με την συστολική αρτηριακή πίεση καθώς και με τη έκθεση σε βραχυπρόθεσμη ατμοσφαιρική ρύπανση και κυκλοφοριακό θόρυβο (Bilenko et al., 2015). Ωστόσο, η μελέτη των Clark και συν., που διεξήχθη στο Ηνωμένο Βασίλειο δεν έδειξε καμία συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης σε διοξείδιο του αζώτου και της αρτηριακής πίεσης (Clark et al., 1991). Άλλη επιδημιολογική μελέτη, υποστηρίζει ότι η μακροχρόνια έκθεση σε διοξείδιο του αζώτου συσχετίζεται σημαντικά με υψηλές τιμές αρτηριακής πίεσης σε εφήβους και παιδιά (Li et al., 2018). Επιπλέον, πρόσφατη μελέτη αναφέρει ότι, η πρόωμη υπέρταση μεταξύ των νέων έχει σημαντικές επιπτώσεις στην καρδιαγγειακή υγεία αργότερα στη ζωή καθώς η έκθεση σε πολυβρωμιούχους διφαιλυνεθέρους και συγκεκριμένα ο πολυβρωμιούχος διφαιλυλαιθέρας PBDE₄₇ μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς τα επίπεδα αρτηριακής πίεσης μεταξύ των εφήβων ενώ η έκθεση σε κάδμιο δείχνει αρνητική συσχέτιση με την αρτηριακή συστολική πίεση (Zuk et al., 2021). Αρκετές επιδημιολογικές μελέτες αξιολόγησαν τον συσχετισμό της αθηροσκλήρωσης και των τροποποιήσιμων καρδιομεταβολικών παραγόντων (Kelishadi, 2007; Whang, 2012). Η μελέτη των Poursafa κ ά.

καταδεικνύει μια θετική συσχέτιση του δείκτη ποιότητας του αέρα με ορισμένους καρδιομεταβολικούς παράγοντες κινδύνου και με αυξημένη συστολική αρτηριακή πίεση σε δείγμα υγιών εφήβων (Poursafa et al., 2014).

Περιορισμοί

Η συστηματική ανασκόπηση μας παρείχε στοιχεία που υποστηρίζουν τη θετική συσχέτιση μεταξύ βραχυπρόθεσμης ή μακροπρόθεσμης έκθεσης και ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων του περιβάλλοντος και της αρτηριακής υπέρτασης των εφήβων. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί στην αξιολόγησή μας.

Πρώτον, ο αριθμός των άρθρων της μελέτης είναι περιορισμένος, γεγονός που περιορίζει τη γενίκευση των αποτελεσμάτων της συστηματικής ανασκόπησης.

Δεύτερον, οι μελέτες αξιολόγησαν έναν ρυπογόνο παράγοντα για να εκτιμήσουν τη συσχέτιση μεταξύ κάθε ρύπου και αρτηριακής πίεσης, παρά το γεγονός ότι υπάρχουν πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών ρύπων. Επιπλέον, οι μελέτες υπολόγισαν προσαρμοσμένες εκτιμήσεις για αποφυγή συστηματικών σφαλμάτων ωστόσο οι συγχυτικοί παράγοντες που ελέγχθηκαν σε αυτές τις μελέτες δεν ήταν οι ίδιοι. Ειδικότερα, ο θόρυβος της κυκλοφορίας, ως σημαντικός παράγοντας κινδύνου για αυξημένη αρτηριακή υπέρταση, η οποία συχνά συνυπάρχει με πολλούς αστικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους, δεν συνεκτιμήθηκε στις άλλες δύο μελέτες. Επιπλέον, λαμβανομένων υπόψη τη συσχέτιση μεταξύ του θορύβου της κυκλοφορίας και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην αρτηριακή πίεση μπορεί να συγχέονται εάν δεν ρυθμίζεται ο θόρυβος της κυκλοφορίας.

Τέλος, η τρέχουσα ανασκόπηση περιορίστηκε σε δημοσιεύσεις στην αγγλική γλώσσα και ενδεχόμενα να υπήρξε απώλεια μελετών, λόγω δημοσίευσης αυτών σε άλλη γλώσσα.

Συμπεράσματα

Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση υποστηρίζει μια θετική σχέση μεταξύ της έκθεσης σε ατμοσφαιρική ρύπανση και της αρτηριακής υπέρτασης σε εφηβική ηλικία. Η ατμοσφαιρική ρύπανση μέσα από μια σειρά παθοφυσιολογικών μηχανισμών επιδρά στην εμφάνιση αρτηριακής υπέρτασης κατά την παιδική και εφηβική ηλικία με μακροπρόθεσμες συνέπειες στην ενήλικη ζωή. Συνοπτικά, τα ευρήματα των μελετών παρέχουν στοιχεία με ενδείξεις ότι η έκθεση σε ατμοσφαιρική ρύπανση εξακολουθεί να αποτελεί παράγοντα κινδύνου για εμφάνιση αρτηριακής υπέρτασης στην εφηβική ηλικία ακόμη και σε χαμηλά επίπεδα έκθεσης και είναι πιθανό να προδιαθέτει την εμφάνιση αθηροσκλήρωσης και καρδιαγγειακών παθήσεων κατά την ενήλικη ζωή. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη τον περιορισμένο αριθμό αντιπροσωπευτικών πληθυσμιακών μελετών στους εφήβους, απαιτείται περαιτέρω έρευνα και πρόσθετες μελέτες για την επιβεβαίωση αυτών των ευρημάτων.

Επιπλέον, φαίνεται ότι οι μετρήσεις της αρτηριακής διαστολικής και συστολικής πίεσης τόσο κατά την παιδική, όσο και κατά την εφηβική ηλικία, προλαμβάνουν την εμφάνιση αρτηριακής υπέρτασης και την αποφυγή μελλοντικής καρδιαγγειακής νοσηρότητας. Επιπροσθέτως, υφίσταται η αναγκαιότητα για τη λήψη προληπτικών μέτρων και τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων σε παγκόσμιο επίπεδο, έτσι ώστε να διασφαλιστεί η υγεία των εφήβων, ως μελλοντικοί ενήλικες.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Bard, R. L., Dvonch, J. T., Kaciroti, N., Lustig, S. A., & Brook, R. D. (2010). Is Acute High-Dose Secondhand Smoke Exposure Always Harmful to Microvascular Function in Healthy Adults? *Preventive Cardiology*, 13(4), 175–179. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1751-7141.2010.00074.x> [Access 1/12/2021]

Bartosh, S. M., & Aronson, A. J. (1999). CHILDHOOD HYPERTENSION. *Pediatric Clinics of North America*, 46(2), 235–252. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0031-3955\(05\)70115-2](https://doi.org/10.1016/S0031-3955(05)70115-2) [Access 3/12/2021]

Berenson, G. S., Wattigney, W. A., Tracy, R. E., Newman III, W. P., Srinivasan, S. R., Webber, L. S., ... & Strong, J. P. (1992). Atherosclerosis of the aorta and coronary arteries and cardiovascular risk factors in persons aged 6 to 30 years and studied at necropsy (The Bogalusa Heart Study). *The American journal of cardiology*, 70(9), 851-858.

Bilenko, N., van Rossem, L., Brunekreef, B., Beelen, R., Eeftens, M., Hoek, G., Houthuijs, D., de Jongste, J. C., van Kempen, E., Koppelman, G. H., Meliefste, K., Oldenwening, M., Smit, H. A., Wijga, A. H., & Gehring, U. (2015). Traffic-related air pollution and noise and children's blood pressure: Results from the PIAMA birth cohort study. *European Journal of Preventive Cardiology*, 22(1), 4–12. Available at: <https://doi.org/10.1177/2047487313505821> [Access 2/12/2021]

Bloemsma, L. D., Gehring, U., Klompaker, J. O., Hoek, G., Janssen, N. A. H., Lebret, E., Brunekreef, B., & Wijga, A. H. (2019). Green space, air pollution, traffic noise and cardiometabolic health in adolescents: The PIAMA birth cohort. *Environment International*, 131, 104991. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104991> [Access 2/12/2021]

Brook Robert (2008) «Cardiovascular effects of air pollution» *Clinical Science*,115, (6),September, 2008,pp:178

Campana, D. (2009, January). Minimal residual disease in acute lymphoblastic leukemia. In *Seminars in hematology* (Vol. 46, No. 1, pp. 100-106). WB Saunders.

Calderón-Garcidueñas, L., Villarreal-Calderon, R., Valencia-Salazar, G., Henríquez-Roldán, C., Gutiérrez-Castrellón, P., Torres-Jardón, R., Osnaya-Brizuela, N., Romero, L., Torres-Jardón, R., Solt, A., & Reed, W. (2008). Systemic Inflammation, Endothelial Dysfunction, and Activation in Clinically Healthy Children Exposed to Air Pollutants. *Inhalation Toxicology*, 20(5), 499–506. Available at: <https://doi.org/10.1080/08958370701864797> [Access 12/12/2021]

Clark, C. M., Pontecorvo, M. J., Beach, T. G., Bedell, B. J., Coleman, R. E., Doraiswamy, P. M., ... & AV-45-A16 Study Group. (2012). Cerebral PET with florbetapir compared with neuropathology at autopsy for detection of neuritic amyloid- β plaques: a prospective cohort study. *The Lancet Neurology*, 11(8), 669-678.

Chuang, K.-J., Yan, Y.-H., & Cheng, T.-J. (2010). Effect of Air Pollution on Blood Pressure, Blood Lipids, and Blood Sugar: A Population-Based Approach. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, 52(3), 258–262. Available at: <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e3181ceff7a> [Access 13/12/2021]

Day, E. A., Ford, R. J., & Steinberg, G. R. (2017). AMPK as a therapeutic target for treating metabolic diseases. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 28(8), 545-560

Ezzati, M., & Kammen, D. M. (2002). The health impacts of exposure to indoor air pollution from solid fuels in developing countries: knowledge, gaps, and data needs. *Environmental health perspectives*, 110(11), 1057-1068.

Falkner B. Development of blood pressure norms in children. In: Flynn JT, Ingelfinger JL, Portman RJ (eds), (2011). *Clinical Hypertension and Vascular Diseases: Pediatric Hypertension*. Humana Press, New York, 135–146

Frohlich, E. D., Apstein, C., Chobanian, A. V., Devereux, R. B., Dustan, H. P., Dzau, V., ... & Shub, C. (1992). The heart in hypertension. *New England Journal of Medicine*, 327(14), 998-1008.

Hansson, G. K. (2005). Inflammation, atherosclerosis, and coronary artery disease. *New England Journal of Medicine*, 352(16), 1685-1695.

Huang, M., Chen, J., Yang, Y., Yuan, H., Huang, Z. (2021). Effects of Ambient Air Pollution on Blood Pressure Among Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis, *Journal of the American Heart Association*, Available at: <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.017734> [Access 1/1/2022]

Jordan J., Kurschat C., & Reuter H. (2018). Arterial Hypertension: Diagnosis and Treatment. *Deutsches Arzteblatt International*, 115(33-34), 557-568.

Kelishadi, R., Gheiratmand, R., Ardalan, G., Adeli, K., Gouya, M. M., Razaghi, E. M., ... & CASPIAN Study Group. (2007). Association of anthropometric indices with cardiovascular disease risk factors among children and adolescents: CASPIAN Study. *International journal of cardiology*, 117(3), 340-348.

Kim, J. S., Chen, Z., Alderete, T. L., Toledo-Corral, C., Lurmann, F., Berhane, K., & Gilliland, F. D. (2019). Associations of air pollution, obesity and cardiometabolic health in young adults: The Meta-AIR study. *Environment International*, 133, 105180. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105180> [Access 15/12/2021]

Kotsis, V., Antza, C., Stabouli, S., (2015). Atherosclerosis in childhood and adolescence, *Hellenic Journal of Atherosclerosis* 6(1):27–35. Available at: <https://www.japt.gr/wp-content/PDF/2015/21-77-1-PB.pdf> [Access 1/1/2022]

Kurrer, C., (2021). Περιβαλλοντική πολιτική: γενικές αρχές και βασικό πλαίσιο. Διαθέσιμο στο: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/el/sheet/71/environment-policy-general-principles-and-basic-framework> [Πρόσβαση στις 1/1/2022]

Lauer, M. S., Anderson, K. M., Kannel, W. B., & Levy, D. (1991). The impact of obesity on left ventricular mass and geometry: the Framingham Heart Study. *Jama*, 266(2), 231-236.

Lee, D.-H., Kim, S.-H., Kang, S.-H., Kwon, O. K., Park, J.-J., Yoon, C.-H., Cho, Y.-S., Heo, J., Yi, S.-M., Youn, T.-J., & Chae, I.-H. (2020). Personal exposure to fine particulate air pollutants impacts blood pressure and heart rate variability. *Scientific Reports*, *10*(1). Scopus. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73205-x> [Access 30/11/2021]

LeMone, P., Burke, K., Levett-Jones, T., Dwyer, T., Moxham, L., Reid-Searl, K., ... & Raymond, D. (2014). Medical-surgical nursing: Critical thinking for person-centred care.

Li, Q., Guo, Y., Wei, D.-M., Song, Y., Song, J.-Y., Ma, J., & Wang, H.-J. (2016). Does local ambient temperature impact children's blood pressure? A Chinese National Survey. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, *15*(1). Scopus. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0119-y> [Access 1/12/2021]

Lurbe, E., Cifkova, R., Cruickshank, J. K., Dillon, M. J., Ferreira, I., Invitti, C., ... & Zanchetti, A. (2009). Management of high blood pressure in children and adolescents: recommendations of the European Society of Hypertension. *Journal of hypertension*, *27*(9), 1719-1742.

Lurbe, E., Agabiti-Rosei, E., Cruickshank, J. K., Dominiczak, A., Erdine, S., Hirth, A., ... & Zanchetti, A. (2016). 2016 European Society of Hypertension guidelines for the management of high blood pressure in children and adolescents. *Journal of hypertension*, *34*(10), 1887-1920.

Ma, Y., Yang, S., Yu, Z., Jiao, H., Zhang, Y., & Ma, B. (2019). A study on the short-term impact of fine particulate matter pollution on the incidence of cardiovascular diseases in Beijing, China. *Atmospheric Environment*, *215*, 116889. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.116889> [Access 16/12/2021]

McArdle, A., Pattwell, D., Vasilaki, A., Griffiths, R. D., & Jackson, M. J. (2001). Contractile activity-induced oxidative stress: cellular origin and adaptive responses. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, *280*(3), C621-C627.

Manosroi, W., & Williams, G. H. (2019). Genetics of human primary hypertension: focus on hormonal mechanisms. *Endocrine reviews*, *40*(3), 825-856.

Mahadevan, V., 2018. Anatomy of the heart. Surgery (Oxford) 36, 43–47. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur> Access [1/11/2017]

McGill HC Jr, McMahan CA, Malcom GT et al. (1997). Effects of serum lipoproteins and smoking on atherosclerosis in young men and women. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 17:95–106

Menzel, D.B, (1994) «The toxicity of air pollution in experimental animals and Humans: the role of oxidative stress» *Toxicol. Lett.* 72,(1), June 1994, pp: 269

National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in Children and Adolescents. (2004). The Fourth Report on the Diagnosis, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure in Children and Adolescents. *PEDIATRICS*, 114(2), 555–576. Available at: <https://doi.org/10.1542/peds.114.2.S2.555> [Access 15/12/2021]

Newman WP III, Freedman DS, Voors AW et al. (1986).Relation of serum lipoprotein levels and systolic blood pressure to early atherosclerosis: the Bogalusa Heart Study. *N Engl J Med*, 314:138–144

Ogunsua, A. A., Shaikh, A. Y., Ahmed, M., & McManus, D. D. (2015). Atrial fibrillation and hypertension: mechanistic, epidemiologic, and treatment parallels. *Methodist DeBakey Cardiovascular Journal*, 11(4), 228.

Ormrod, D., P. (1984). Impact of trace element pollution on plants. In: Treshow M, ed. *Air Pollution and Plant Life*. Wiley: Chichester, pp. 291-319.

Oparil, S., Cushman, W. C., Johnson, K. C., Kitzman, D. W., Whelton, P. K., & Wright Jr, J. T. (2018). Sprinting toward the optimal blood pressure target for hypertensive patients. *Circulation research*, 123(5), 531-534.

Parker, K. F. (2008). *Unequal crime decline*. New York University Press.

Peters, A., Dockery, D. W., Muller, J. E., & Mittleman, M. A. (2001). Increased particulate air pollution and the triggering of myocardial infarction. *Circulation*, *103*(23), 2810-2815.

Petrie J.R., Guzik T.G., & Touyz R.M. (2018). Diabetes, Hypertension, and Cardiovascular Disease: Clinical Insights and Vascular Mechanisms. *The Canadian Journal of Cardiology*, *34*(5), 575-584.

Poursafa, P., Mansourian, M., Motlagh, M.-E., Ardalan, G., & Kelishadi, R. (2014). Is air quality index associated with cardiometabolic risk factors in adolescents? The CASPIAN-III Study. *Environmental Research*, *134*, 105–109. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.07.010> [Access 10/09/2021]

Puett, R. C., Yanosky, J. D., Mittleman, M. A., Montresor-Lopez, J., Bell, R. A., Crume, T. L., Dabelea, D., Dolan, L. M., D'Agostino, R. B., Marcovina, S. M., Pihoker, C., Reynolds, K., Urbina, E., & Liese, A. D. (2019). Inflammation and acute traffic-related air pollution exposures among a cohort of youth with type 1 diabetes. *Environment International*, *132*, 105064. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105064> [Access 9/12/2021]

Rahman, I, MacNee, W, (2000) «Oxidative stress and regulation of glutathione in lung inflammation» *Eur. Respir. J.* *16*, (3), pp:534.

Raven, P. B., & Chapleau, M. W. (2014). Blood pressure regulation XI: overview and future research directions. *European journal of applied physiology*, *114*(3), 579-586

Sakellariou, S., Ward, B. M., Charissis, V., Chanock, D., & Anderson, P. (2009, July). Design and implementation of augmented reality environment for complex anatomy training: inguinal canal case study. In *International Conference on Virtual and Mixed Reality* (pp. 605-614). Springer, Berlin, Heidelberg.

Singh, Y. K. (2006). *Environmental Science*. New Age International Publishers.

Sjögren B(2004) «Occupational exposure to air pollutants, inflammation and ischemic heart disease « *Scand J Work Environ Health*,*30*(6):pp:422

Unger, T., Borghi, C., Charchar, F., Khan, N. A., Poulter, N. R., Prabhakaran, D., ... & Schutte, A. E. (2020). 2020 International Society of Hypertension global hypertension practice guidelines. *Hypertension*, *75*(6), 1334-1357.

Update on the 1987 Task Force Report on High Blood Pressure in Children and Adolescents, (1996). A working group report from the National High Blood Pressure Education Program. National High Blood Pressure Education Program Working Group on Hypertension Control in Children and Adolescents. *Pediatrics*, *98*(4 Pt 1), 649–658.

Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., & Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The international journal of biochemistry & cell biology*, *39*(1), 44-84.

Wang, X., Zou, Z., Dong, B., Dong, Y., Ma, Y., Gao, D., Yang, Z., Wu, S., & Ma, J. (2019). Association of school residential PM2.5 with childhood high blood pressure: Results from an observational study in 6 cities in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(14). Scopus. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph16142515>[Access 12/09/2021]

Williams, B., Mancia, G., Spiering, W., Agabiti Rosei, E., Azizi, M., Burnier, M., ... & Desormais, I. (2018). 2018 Practice Guidelines for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension. *Blood pressure*, *27*(6), 314-340

Whang, W., Shimbo, D., Levitan, E. B., Newman, J. D., Rautaharju, P. M., Davidson, K. W., & Muntner, P. (2012). Relations between QRS| T angle, cardiac risk factors, and mortality in the third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III). *The American journal of cardiology*, *109*(7), 981-987.

WHO, (2016). Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease. Available at:<http://www.who.int/iris/handle/10665/250141> [Access: 10/12/2021]

WHO/Health topics/Air pollution [Internet]. [cited 2019 Dec 18]. https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1. Accessed on 13 Sep 2019.

World Health Organization, (2018). Ambient (outdoor) air pollution and health Available at: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-airquality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-airquality-and-health) (2018), Accessed 5th Apr 2019

Yan, M., Xu, J., Li, C., Guo, P., Yang, X., Tang, N.(2021). Associations between ambient air pollutants and blood pressure among children and adolescents: A systemic review and meta-analysis, Journals and Books Volume 785, Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147279> [Access: 1/1/2022]

Yang, Y., Wang, H., Kouadir, M., Song, H., & Shi, F. (2019). Recent advances in the mechanisms of NLRP3 inflammasome activation and its inhibitors. *Cell death & disease*, 10(2), 1-11.

Zhang, Z., Dong, B., Li, S., Chen, G., Yang, Z., Dong, Y., Wang, Z., Ma, J., & Guo, Y. (2019). Exposure to ambient particulate matter air pollution, blood pressure and hypertension in children and adolescents: A national cross-sectional study in China. *Environment International*, 128, 103–108. Available at:<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.036>[Access 10/9/2021]

Zhang, Z., Joyce, B. T., Kresovich, J. K., Zheng, Y., Zhong, J., Patel, R., Zhang, W., Liu, L., Dou, C., McCracken, J. P., Díaz, A., Motta, V., Sanchez-Guerra, M., Bian, S., Bertazzi, P. A., Schwartz, J., Baccarelli, A. A., Wang, S., & Hou, L. (2017). Blood pressure and expression of microRNAs in whole blood. *PLOS ONE*, 12(3), e0173550. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173550> [Access 11/12/2021]

Zieliński, Mudway F, J. Kelly J (1998) «PM10 and the Respiratory Tract: What Do We Know?» Polish Journal of Environmental Studies, 7,(5), April 1998, pp:273-275

Zuk, A. M., Liberda, E. N., & Tsuji, L. J. S. (2021). Environmental contaminant body burdens and the relationship with blood pressure measures among Indigenous adolescents using Bayesian Kernel Machine Regression: Results from the Nituuchischaayihititaa Aschii: Multi-Community Environment-and-Health Study in Eeyou Istchee, Quebec, Canada, 2005–2009. *Environmental Advances*, 4, 100048. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100048> [Access 3/12/2021]

Ελληνική βιβλιογραφία

Αθανασίου, Α., Τσάκαλης, Κ., Βέλλιου, Μ., Ζέρβα, Κ., Σανίδας, Η., Παπαδόπουλος, Δ.Π., Γράσσο, Χ., Μπαρμπετσέας, Ι., Δάμπασης, Δ., (2018). Ατμοσφαιρική Ρύπανση και Αρτηριακή Πίεση, Ανασκόπηση Κλινικής Πράξης. Διαθέσιμο στο: https://www.hypertasi.gr/UsersFiles/Documents/tomos27_3_2018/7_149156_SANIDAS_AKP_X.pdf [Πρόσβαση 1/1/2022]

Γελαδάς, Ν., & Τσακόπουλος, Μ. (2001). Φυσιολογία του ανθρώπου. 2ος τόμος, 8η έκδοση.

Γιωτάκη, Ε. (2014). Σύγχρονη εσωτερική παθολογία. Ιωάννινα: Ελένη Χαρατσή-Γιωτάκη.

Γεντετάκης, Ι. (2010). Ατμοσφαιρική Ρύπανση: Επιπτώσεις, έλεγχος και εναλλακτικές τεχνολογίες. 2^η έκδοση, Αθήνα: Κλειδάριθμος.

Γράσσο, Χ. (2018). Χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια και υπέρταση. *Helleniccardiol*, 59(1), 34-37.

ΕΑΡΘ, (2009). Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Αθήνα - Έκθεση 2008.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, (2015). Οδηγία (ΕΕ) 2015/1480 της Επιτροπής της 28ης Αυγούστου 2015 για την τροποποίηση ορισμένων παραρτημάτων των οδηγιών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου 2004/107/ΕΚ και 2008/50/ΕΚ, οι οποίες ορίζουν τους κανόνες σχετικά με τις μεθόδους αναφοράς, την επικύρωση των δεδομένων και την τοποθεσία των σημείων δειγματοληψίας για την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, (2020). Ατμοσφαιρική ρύπανση. Διαθέσιμο στο: <https://www.eea.europa.eu/el/themes/air/intro> [Πρόσβαση 1/1/2022]

Ζάνης, Π. (2014). Σημειώσεις για την Ρύπανση και Χημεία της Ατμόσφαιρας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας, Θεσσαλονίκη.

Κουϊμτζής, Θ., Φυτιάνος, Κ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου, Κ. (1998). Χημεία Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Λαζαρίδης, Μ. (2008). Ποιότητα αέρα σε εσωτερικούς χώρους. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Λαζαρίδης, Μ. (2010). Ατμοσφαιρική ρύπανση με στοιχεία μετεωρολογίας. Εκδόσεις Τζιόλα, 2η έκδοση, Θεσσαλονίκη.

Μελάς, Δ. (1997). Σημειώσεις για Ατμοσφαιρική Ρύπανση. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσσαλονίκη.

Μελάς, Δ. (2008). Φυσική ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Α.Π.Θ.

Μπεργελές, Γ. (2010). Πηγές, Διασπορά και Έλεγχος Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα.

Μπεργελές, Γ. (2006). Πηγές, Διασπορά και Έλεγχος Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης. Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.

Παπαδημητρίου, Ε. (2006). Περιβαλλοντική Πολιτική και Οικολογική Κρίση, Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα

Περράκης, Ε.,(2017). Ενότητα 6: Νομικό Πλαίσιο για την Προστασία του Αέρα. Διαθέσιμο στο: https://ec.europa.eu/environment/legal/law/17/module_6_1.htm [Πρόσβαση 1/1/2022]

Πλέσσας Σ.Τ. (2010). Κυκλοφορικό Σύστημα. Στο: Φυσιολογία του Ανθρώπου. Εκδόσεις ΦΑΡΜΑΚΟΝ- ΤΥΠΟΣ, Αθήνα, 121-162.

Πλέσσας, Σ., & Κανέλλος, Ε. (2010). Φυσιολογία του ανθρώπου. *Εκδόσεις Φάρμακον-Τύπος, Αθήνα.*

ΠΟΥ, (2016). [Ambient Air Pollution: A global assessment of exposure and burden of disease](#), 2016, σ. 15 και ΕΟΠ, «Air quality in Europe – 2017 report», 2017, σ. 12.

Ραψομανίκης, Σ. (2000). Ατμοσφαιρική Ρύπανση. Ξάνθη: Εταιρεία Αξιοποίησης και Διαχείρισης Περιουσίας Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης

Σαχίνη-Καρδάση Α., Πάνου Μ. (2008). Φροντίδα αρρώστου με καρδιαγγειακές παθήσεις: Υπέρταση. Στο: Παθολογική και Χειρουργική Νοσηλευτική: Νοσηλευτικές διαδικασίες (2ος τόμος, Β έκδοση). ΒΗΤΑ Ιατρικές Εκδόσεις ΜΕΠΕ, Αθήνα, 120-129.

ΥΠΑΠΕΝ, (2015). Ετήσια Έκθεση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης 2014. Υπουργείο Παραγωγικής Ανασυγκρότησης, Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Γεν. Δ/ση Περιβαλλοντικής Πολιτικής, Δ/ση Κλιματικής Αλλαγής & Ποιότητας Ατμόσφαιρας, Τμήμα Ποιότητας της Ατμόσφαιρας,, Ιούλιος 2015.

ΥΠΕΚΑ, (2013). Ετήσια Έκθεση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης 2012. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Γεν. Δ/ση Περιβάλλοντος, Δ/ση ΕΑΡΘ, Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας,, Μάιος 2013.

ΥΠΕΚΑ, (2014). Ετήσια Έκθεση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης 2013. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Γεν. Δ/ση Περιβάλλοντος, Δ/ση ΕΑΡΘ, Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας,, Μάιος 2014.

ΥΠΕΝ, (2016). Ετήσια Έκθεση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης 2015. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Γεν. Δ/ση Περιβαλλοντικής Πολιτικής, Δ/ση Κλιματικής Αλλαγής & Ποιότητας Ατμόσφαιρας, Τμήμα Ποιότητας της Ατμόσφαιρας, Σεπτέμβριος 2016.

ΥΠΕΝ, (2017). Ετήσια Έκθεση Ποιότητας της Ατμόσφαιρας 2016. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Γεν. Δ/ση Περιβαλλοντικής Πολιτικής, Δ/ση Κλιματικής Αλλαγής & Ποιότητας Ατμόσφαιρας, Τμήμα Ποιότητας της Ατμόσφαιρας, Ιούνιος 2017.

ΥΠΕΝ, (2019). Ετήσια Έκθεση Ποιότητας της Ατμόσφαιρας 2018. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Γεν. Δ/ση Περιβαλλοντικής Πολιτικής, Δ/ση Κλιματικής Αλλαγής & Ποιότητας Ατμόσφαιρας, Τμήμα Ποιότητας της Ατμόσφαιρας, Μαΐος 2019.

ΥΠΕΝ, (2020). Ετήσια Έκθεση Ποιότητας της Ατμόσφαιρας 2018. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Γεν. Δ/ση Περιβαλλοντικής Πολιτικής, Δ/ση Κλιματικής Αλλαγής & Ποιότητας Ατμόσφαιρας, Τμήμα Ποιότητας της Ατμόσφαιρας, Μαΐος 2021.

ΥΠΕΧΩΔΕ, Δ/ση ΕΑΡΘ, Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας, Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Περιβάλλοντος.

ΥΠΕΧΩΔΕ, Γεν. Δ/ση Περιβάλλοντος – Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας, Απρίλιος 2009.

ΥΠΕΧΩΔΕ, (2005). Ατμοσφαιρική Ρύπανση στην Αθήνα. Δ/ση Περιβάλλοντος, Δ/ση ΕΑΡΘ, Έκθεση 2004, Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας.

Φερτάκης, Α., Βλασσόπουλος, Κ., Δουράτσος, Δ., Δρίβας, Γ., Καλλιακμάνης, Ν., Κάλος, Α., ... & Χατζηγιαννάκης, Μ. (2009). Παθολογική φυσιολογία. *A & B τόμος, ΠΧ Πασχαλίδης ΕΠΕ*.

Φυτιάνος, Κ., & Σαμαρά- Κωνσταντίνου Κ, (2009). Χημεία του περιβάλλοντος, Univerity studio Press, σελ:47-77-83

Χρονόπουλος, Γ. (2005). Παρακολούθηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος – Διαχρονική εξέλιξη της ρύπανσης.