



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ & ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ
ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ
ΑΠΟ ΤΟ 1990 ΕΩΣ ΤΟ 2019**

Γρηγόριος Μανιάτης

ΑΜ:1114201700071

Παρασκευάς Σκιαδόπουλος

ΑΜ:1114201700100

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΔΡ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΑΤΟΣ

Αναπληρωτής Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2022

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τις μακροχρόνιες μεταβολές στις εκπομπές των αέριων ρύπων στην Ελλάδα. Σκοπός της εργασίας είναι η διαχρονική εξέλιξη των εθνικών εκπομπών στον Ελλαδικό χώρο από το 1990 έως το 2019 ως αποτέλεσμα των εθνικών δραστηριοτήτων, καθώς και τις επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται τα χαρακτηριστικά των ρυπαντών και γίνεται κατηγοριοποίηση τους στις αντίστοιχες ομάδες ρύπων. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται εκτενώς οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οδηγίες προς αποφυγή για την κάθε ομάδα ρύπων. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των excel που δόθηκαν από το διδάσκοντα καθώς και των μεταβολών για κάθε δεκαετία. Το πέμπτο κεφάλαιο περιλαμβάνει γενικές παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα της έρευνας. Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο δίνονται οι βιβλιογραφικές πηγές της εργασίας.

Abstract

This dissertation examines the long-term changes in the emissions of gaseous pollutants in Greece. The purpose of this work is the evolution of national emissions from 1990 to 2019 as a result of national activities, as well as their impact on human's health. The second chapter analyzes the characteristics of pollutants and categorizes them into the respective groups of pollutants. The third chapter presents in detail the environmental impacts and guidelines to avoid for each group of pollutants. The fourth chapter analyzes the excels given by the teacher as well as the changes for each decade. The fifth chapter contains general remarks and the conclusions of the research. Finally, in the sixth chapter the bibliographic sources of the work are given.

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά από κοινού, τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Κωνσταντίνο Ελευθεράτο για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μας εργασίας. Ακόμη θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε και την σχολή Χημικών Μηχανικών στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, για την παροχή των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα στον Ελλαδικό χώρο, για την τελευταία τριακονταετία, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 ^ο – Εισαγωγή	5
1.1) Ορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης	5
1.1.1) Μόλυνση & Ρύπανση του περιβάλλοντος	6
1.2) Κατάταξη και μορφές ρύπανσης	7
1.2.1) Κατά τύπο πηγής	8
1.2.2) Κατά αποδέκτη	8
1.2.3) Κατά τύπο ρύπου	8
1.3) Κύριες κατηγορίες αέριων ρύπων	10
1.4) Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης	11
1.5) Νομοθεσία-Επιτρεπτές τιμές	14
1.5.1) Ελληνική Νομοθεσία	14
1.5.2) Όρια Αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα.....	15
Κεφάλαιο 2 ^ο – Χαρακτηριστικά των υπό μελέτη ρυπαντών	18
2.1) Κύριοι ρυπαντές (Main pollutants)	18
2.2) Αιωρούμενα Σωματίδια (Particulate Matter)	19
2.3) Κύρια Βαρέα Μέταλλα (Priority Heavy Metals).....	21
2.4) Μονοξείδιο του Άνθρακα [Carbon Monoxide (CO)].....	22
2.5) Επιπρόσθετα Βαρέα Μέταλλα (Additional Heavy Metals)	25
2.6) Επίμονοι Οργανικοί Ρυπαντές [Persistent Organic Pollutants (POPs)]	26
Κεφάλαιο 3 ^ο – Περιβαλλοντικές επιπτώσεις & Οδηγίες προς αποφυγήν	27
3.1.1) Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	27
3.1.2) Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs).....	28
3.1.3) Οξείδια του θείου (SO _x).....	30
3.1.4) Αμμωνία (NH ₃).....	33
3.2) Particulate Matter (Σωματιδιακή Ύλη).....	34
3.3) CO (Μονοξείδιο του Άνθρακα).....	37
3.4) Priority Heavy Metals	39
3.4.1) Μόλυβδος (Pb) ως βαρέο μέταλλο (Heavy Metal)	39
3.4.2) Κάδμιο (Cd) ως βαρέο μέταλλο (Heavy Metal)	43
3.4.3) Υδράργυρος (Hg) ως βαρέο μέταλλο (Heavy Metal)	45
3.5) Additional Heavy Metals	47
3.5.1) As (αρσενικό) ως βαρέο μέταλλο	47
3.5.2) Cr (χρώμιο) ως βαρέο μέταλλο	50

3.5.3) Cu (χαλκός) ως βαρέο μέταλλο	51
3.5.4) Ni (νικέλιο) ως βαρέο μέταλλο.....	53
3.5.5) Se (Σελήνιο) ως βαρέο μέταλλο	54
3.5.6) Zn (ψευδάργυρος) ως βαρέο μέταλλο	58
3.6) POPS (Persistent Organic Pollutants)	60
Κεφάλαιο 4 ^ο - Ανάλυση των δεδομένων.....	64
Κεφάλαιο 5 ^ο – Συμπεράσματα	77
Δέσμη ‘Καθαρός αέρας’	78
Πρωτόκολλο Γκέτεμποργκ (1999)	79
Μονάδες καύσης μεσαίου μεγέθους (MCPD).....	79
Νέα εθνικά ανώτατα όρια.....	80
Κεφάλαιο 6 ^ο - Βιβλιογραφία	81
Πηγές από το διαδίκτυο	84

Κεφάλαιο 1^ο – Εισαγωγή

1.1) Ορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Καθώς τίποτε δεν παραμένει για πολύ αμετάβλητο, έτσι και η ατμόσφαιρα της γης εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου. Οι χημικές και βιολογικές επιδράσεις που διαμόρφωσαν τη σύστασή της συνεχίζουν να δρουν, ενώ προστίθενται συνεχώς μεγάλες ποσότητες αερίων και σωματιδίων από την δράση των ηφαιστείων και των θερμών πηγών. Το νέο στοιχείο είναι ότι ο άνθρωπος της βιομηχανικής εποχής έγινε και ο ίδιος παράγοντας με μεγάλη περιβαλλοντική βαρύτητα. Ήδη, από τις πρώτες δεκαετίες του 18ου αιώνα, οι αυξημένες ενεργειακές ανάγκες οδήγησαν σε αύξηση της χρήσης απολιθωμένων καύσιμων υλών, αύξηση η οποία έφτασε σε τρομακτικούς ρυθμούς στον 20ο αιώνα. Οι ρύποι που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες έρχονται να προστεθούν σε αυτούς που εκπέμπονται από τις φυσικές πηγές δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για αλλοίωση της σύστασης της. Μπορεί η βασική σύσταση της ατμόσφαιρας σε άζωτο και οξυγόνο (το 99% του ατμοσφαιρικού αέρα) να μην αλλάζει, η αύξηση όμως των συγκεντρώσεων αερίων με μικρή συμμετοχή στη σύσταση της ατμόσφαιρας κάνει την παραμονή στη Γη δυσκολότερη ή στην πιο αισιόδοξη εκδοχή λιγότερο ευχάριστη. Συνοπτικά, η ανθρώπινη υγεία και ευεξία, η ευστάθεια του κλίματος, το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, όλα αποδεικνύονται πολύ ευαίσθητα σε αλλαγές αερίων.

Ατμοσφαιρική ρύπανση καλείται, η παρουσία στην ατμόσφαιρα κάθε είδους ουσιών, σε συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να φτάσει σε επίπεδα που μπορεί να δημιουργήσουν ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης. Σε αυτήν την περίπτωση έχει επικρατήσει να λέγεται ότι έχουμε «Νέφος». (ypen.gov.gr/poiotita-tis-atmosfairas)

Το «Νέφος» παρουσιάζεται με δύο μορφές:

Νέφος καπνομίχλης (ή τύπου Λονδίνου), σχηματίζεται όταν έχουμε υψηλή συγκέντρωση ρύπων, όπως μονοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του θείου και αιωρούμενα σωματίδια, σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και μεγάλη σχετική υγρασία.

Φωτοχημικό νέφος (ή τύπου Λος Άντζελες), παρουσιάζεται όταν έχουμε υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλη ηλιοφάνεια σε ένταση και διάρκεια, μικρή σχετική υγρασία και υψηλή συγκέντρωση οξειδίων του αζώτου, υδρογονανθράκων, και δευτερογενών προϊόντων τους.

Εδώ θα αναφέρουμε ακόμη δύο βασικούς ορισμούς για τη επεξήγηση του θέματος μας:

«**ρύπος**»: κάθε ουσία η οποία διοχετεύεται αμέσως ή εμμέσως από τον άνθρωπο στον αέρα του περιβάλλοντος και ενδέχεται να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία ή/και στο περιβάλλον στο σύνολό του.

«**περιβάλλον αέρα**»: ο εξωτερικός αέρας της τροπόσφαιρας εξαιρουμένου του αέρα στους χώρους εργασίας. (eclass.uth.gr/τεχνολογία_ελέγχου_ρύπανσης)

1.1.1) Μόλυνση & Ρύπανση του περιβάλλοντος

Η μόλυνση του περιβάλλοντος χαρακτηρίζεται από τη ύπαρξη παθογόνων μικροοργανισμών ή δεικτών που υποδηλώνουν έμμεσα τη δυνατότητα παρουσίας τέτοιων μικροοργανισμών ή χημικών ουσιών σε στοιχεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον άνθρωπο προξενώντας του νοσογόνες καταστάσεις.

Η ρύπανση του περιβάλλοντος είναι η ενεργειακή και σωματιδιακή επιβάρυνση του περιβάλλοντος που εκφράζεται ή γίνεται αντιληπτή σαν υποβάθμιση της βιόσφαιρας και υπολογίζεται ποιοτικά και ποσοτικά με τις επιπτώσεις και τα συμπτώματα που παρατηρούνται:

- Στη χλωρίδα
- Στη πανίδα
- Τον αέρα
- Το έδαφος
- Τα νερά
- Τον άνθρωπο

Η σωματιδιακή επιβάρυνση αφορά τη επιβάρυνση του περιβάλλοντος με ουσίες. Η ενεργειακή επιβάρυνση σχετίζεται με εκπομπές θορύβων, ακτινοβολιών, θερμότητας κτλ. Κάθε ανθρώπινη ή φυσική δραστηριότητα προκαλεί εκπομπές ύλης και ενέργειας. Όμως, σαν ρύπανση χαρακτηρίζεται η συγκεκριμένη ποσότητα και η ποιοτική σύσταση των εκπομπών που τα επίπεδα τους δεν μπορούν να γίνουν αποδεκτά από το περιβάλλον χωρίς ζημιολογικές επιπτώσεις. (opencourses.auth.gr/πηγές_ρύπανσης)

Η ατμοσφαιρική ρύπανση βλάπτει την υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον. Στην Ελλάδα, οι εκπομπές πολλών ατμοσφαιρικών ρύπων έχουν μειωθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας στην περιοχή. Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων παραμένουν σε υπερβολικά υψηλό επίπεδο και τα προβλήματα ποιότητας του αέρα εξακολουθούν να υπάρχουν. Σημαντικό ποσοστό του Ελληνικού πληθυσμού κατοικεί κυρίως σε πόλεις, όπου παρουσιάζονται υπερβάσεις στα πρότυπα ποιότητας του αέρα: το όζον, το διοξείδιο του αζώτου και τα αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ) ενέχουν σοβαρούς κινδύνους για την υγεία. Η χώρα μας έχει υπερβεί ένα ή περισσότερα από τα όρια εκπομπών του 2010 για τέσσερις σημαντικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους. Ως εκ τούτου, το θέμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης παραμένει σημαντικό.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα τοπικό πρόβλημα όλης της Ευρώπης και του βόρειου ημισφαιρίου, όχι μόνο της χώρας μας. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που εκλύονται σε μία χώρα ενδέχεται να μεταφερθούν στην ατμόσφαιρα και να επιδεινώσουν ή να καταστήσουν κακή την ποιότητα του αέρα σε μια άλλη περιοχή.

Τα αιωρούμενα σωματίδια, το διοξείδιο του αζώτου και το τροποσφαιρικό όζον αναγνωρίζονται πλέον κατά κανόνα ως οι τρεις σημαντικότεροι ρύποι από την άποψη των επιπτώσεων για την υγεία. Η μακροχρόνια και οξεία έκθεση σε αυτούς τους ρύπους ενδέχεται να προκαλέσει επιπτώσεις κυμαινόμενης βαρύτητας για την υγεία, από προσβολή του αναπνευστικού συστήματος έως πρόωρο θάνατο. Περίπου 90% του ευρωπαϊκού αστικού πληθυσμού εκτίθεται σε συγκεντρώσεις ρύπων που υπερβαίνουν τα όρια ποιότητας του αέρα τα οποία κρίνονται επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία. Παραδείγματος χάριν, τα λεπτόκοκκα αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ_{2.5}) στον αέρα έχει

υπολογισθεί ότι μειώνουν το προσδόκιμο ζωής στην ΕΕ κατά περισσότερο από οχτώ μήνες. Το βενζο(α)πυρένιο είναι καρκινογόνος ρύπος που προκαλεί ολοένα και μεγαλύτερη ανησυχία και σε ορισμένες αστικές περιοχές, ιδιαίτερα της και κεντρικής και νότιας Ευρώπης (αξιοσημείωτο παράδειγμα η Ελλάδα), βρίσκεται σε συγκεντρώσεις πάνω από το όριο που έχει τεθεί για την προστασία της ανθρώπινης υγείας. (eea.europa.eu/ατμοσφαιρική_ρύπανση)

Η ατμοσφαιρική ρύπανση καταστρέφει επίσης το περιβάλλον μας.

- Η οξίνιση μειώθηκε σημαντικά την περίοδο 1990-2010 σε περιοχές της Ευρώπης με ευαίσθητα οικοσυστήματα που έχουν υποστεί όξινες εναποθέσεις πλεονάζοντος θείου και αζωτούχων ενώσεων.
- Ο ευτροφισμός, ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα που οφείλεται στην απόρριψη πλεονάζοντων θρεπτικών στοιχείων στα οικοσυστήματα, σημείωσε μικρότερη πρόοδο. Η έκταση των ευαίσθητων οικοσυστημάτων που προσβάλλονταν από το πλεονάζον ατμοσφαιρικό άζωτο μειώθηκε ελάχιστα μεταξύ του 1990 και του 2010.
- Οι ζημιές σε καλλιέργειες προκαλούνται από έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος. Οι περισσότερες γεωργικές καλλιέργειες εκτίθενται σε επίπεδα όζοντος που υπερβαίνουν τον μακροπρόθεσμο στόχο της ΕΕ για την προστασία της βλάστησης. Περιλαμβάνεται κυρίως σημαντικό τμήμα των γεωργικών περιοχών, ιδιαίτερα στη νότια, κεντρική και ανατολική Ευρώπη.

Η ποιότητα του αέρα της Ευρώπης δεν βελτιώνεται πάντα με βάση τη γενική μείωση των ανθρωπογενών εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων. Οι λόγοι για το εν λόγω φαινόμενο είναι πολύπλοκοι:

- Αρχικά, δεν υπάρχει πάντα σαφής γραμμική σχέση ανάμεσα στις μειωμένες εκπομπές και τις συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων στον αέρα.
- Το πρόβλημα της μεταφοράς ατμοσφαιρικών ρύπων σε μεγάλη απόσταση από άλλες χώρες του βόρειου ημισφαιρίου στην Ευρώπη οξύνεται διαρκώς.

Ως εκ τούτου, εξακολουθούν να απαιτούνται στοχοθετημένες προσπάθειες μείωσης των εκπομπών για περαιτέρω προστασία της υγείας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος στην Ευρώπη. (eea.europa.eu/ατμοσφαιρική_ρύπανση)

1.2) Κατάταξη και μορφές ρύπανσης

Η ρύπανση του περιβάλλοντος μπορεί να διαχωριστεί σε διάφορες κατηγορίες με βάση συγκεκριμένα κριτήρια. Ο καθορισμός των κριτηρίων εξαρτάται φυσικά από τους σκοπούς που εξυπηρετεί κάθε φορά η κατάταξη, γενικά όμως είναι αποδεκτά τα παρακάτω κριτήρια: (opencourses.auth.gr/πηγές_ρύπανσης)

- ♣ Τύπος της πηγής που προκαλεί τη ρύπανση.
- ♣ Άμεσος αποδέκτης της ρύπανσης.
- ♣ Τύπος ρύπου.

1.2.1) Κατά τύπο πηγής

Οι πηγές ρύπανσης διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, καθεμιά από τις οποίες στη συνέχεια μπορεί να διαχωριστεί σε μεγάλο αριθμό επιμέρους υποκατηγοριών.

Οι κύριες κατηγορίες είναι:

- ♣ Φυσικές πηγές ρύπανσης: Εδώ περιλαμβάνονται εκείνες που υπάρχουν στη φύση και δεν είναι αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Ενδεικτικά, αναφέρονται τα δάση και τα ηφαίστεια.
- ♣ Φυσικές πηγές ρύπανσης: Εδώ περιλαμβάνονται εκείνες που υπάρχουν στη φύση και δεν είναι αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Ενδεικτικά, αναφέρονται τα δάση και τα ηφαίστεια.
- ♣ Ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης: Όπως προκύπτει από το όνομα τους, στη κατηγορία αυτή εντάσσονται όλες οι πηγές ρύπανσης που είναι αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Μερικές από αυτές είναι η βιομηχανία, οι αστικές δραστηριότητες (τα αστικά λύματα, στερεά απορρίμματα), η κυκλοφορία (οδική, αεροπορική κλπ.), οι κεντρικές θερμάνσεις, οι γεωργικές δραστηριότητες κ.α.

1.2.2) Κατά αποδέκτη

Ανάλογα με τον αποδέκτη η ρύπανση διακρίνεται σε:

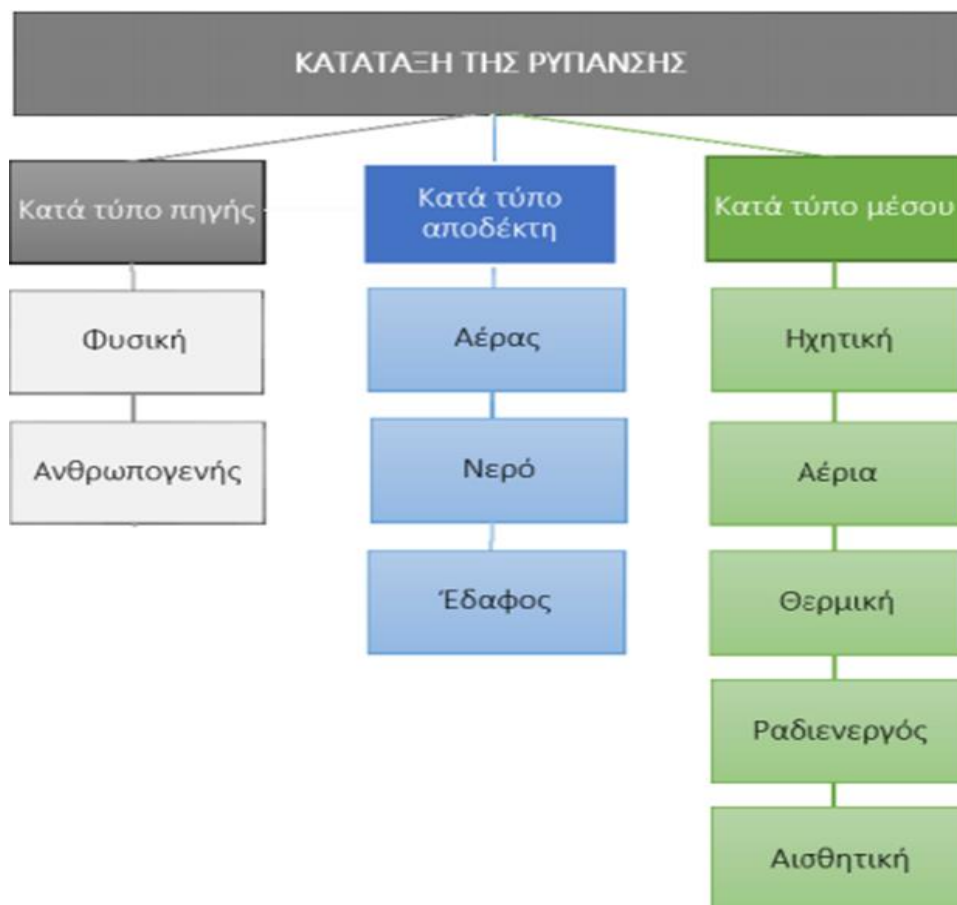
- ♣ Ρύπανση αέρα: Ο άμεσος αποδέκτης είναι ο αέρας, δηλαδή η ατμόσφαιρα, για το λόγο αυτό εναλλακτικά αναφέρεται και ως ατμοσφαιρική ρύπανση ή ρύπανση της ατμόσφαιρας.
- ♣ Ρύπανση υδάτων: Ο άμεσος αποδέκτης στην περίπτωση αυτή είναι οι μεγάλες επιφανειακές και υπόγειες υδάτινες μάζες του πλανήτη (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα, υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες).
- ♣ Ρύπανση εδάφους: με άμεσο αποδέκτη το στερεό φλοιό της γης.

1.2.3) Κατά τύπο ρύπου

Με κριτήριο τον τύπο του ρύπου η ρύπανση μπορεί να διακριθεί σε:

- ♣ Αέρια Ρύπανση: Στη κατηγορία αυτή εντάσσονται όλες οι μορφές ρύπανσης που οφείλονται σε αέρια χημικές ουσίες. Η εκπομπή επομένως διοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου και κάθε άλλης αέριας ένωσης χαρακτηρίζεται ως αέρια ρύπανση. Στη ίδια κατηγορία κατατάσσεται και η ρύπανση που προκαλείται από στερεά ή υγρά σωματίδια. Τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι τα σωματίδια, είτε στερεά είτε υγρά, συμπεριφέρονται σε μεγάλο βαθμό ως αέρια. Με ελάχιστες εξαιρέσεις, άμεσος αποδέκτης της αέριας ρύπανσης είναι ο αέρας και αυτός είναι ένας ακόμη λόγος για τον οποίο τα σωματίδια εντάσσονται στη κατηγορία των αέριων ρύπων.
- ♣ Ηχητική Ρύπανση: Πρόκειται για μορφή ρύπανσης που οφείλεται στην απόρριψη στη ατμόσφαιρα ενέργειας με τη μορφή ηχητικών κυμάτων. Γενικά, είναι μία από τις λιγότερες σοβαρές μορφές ρύπανσης, κυρίως επειδή συγκεντρώνεται σε συγκεκριμένες περιοχές (βιομηχανικές εγκαταστάσεις, αεροδρόμια, αυτοκινητόδρομοι κτλ.) και επομένως επιβαρύνει σχετικά μικρό αριθμό αποδεκτών. Άμεσος αποδέκτης της ηχητικής ρύπανσης είναι ο αέρας.

- ❖ **Θερμική Ρύπανση:** Πρόκειται πάλι για μορφή ρύπανσης σχετικά μικρής σημασίας, που οφείλεται στη απόρριψη στο περιβάλλον θερμικής ενέργειας. Οι αρνητικές επιπτώσεις που προκύπτουν είναι ελάχιστες, ακόμη και όταν οι ποσότητες ενέργειας που απορρίπτονται είναι μεγάλες και περιορίζονται κυρίως στη ενόχληση συγκεκριμένων ειδών του ζωικού βασιλείου, τα οποία κατά κανόνα εξαναγκάζονται σε μετανάστευση. Άμεσος αποδέκτης θερμικής ρύπανσης είναι είτε ο αέρας, είτε το νερό και σε σπανιότερες περιπτώσεις το έδαφος.
- ❖ **Ραδιενεργός ρύπανση:** Πρόκειται για σοβαρότατη μορφή ρύπανσης που οφείλεται στη απόρριψη στο περιβάλλον ραδιενεργών ουσιών. Ο χαρακτηρισμός της ως σοβαρότατη οφείλεται αφενός στο ότι οι επιπτώσεις της μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικές (πρόκληση θανάτων τερατογενέσεων κτλ.) και αφετέρου στη «διάρκεια ζωής» αυτών των αρνητικών επιπτώσεων, που μπορεί να είναι μέχρι και εκατοντάδες χρόνια, ανάλογα με το χρόνο ημιζωής των ραδιενεργών ουσιών που απορρίπτονται. Αποδέκτες της ραδιενεργούς ρύπανσης, ανάλογα και πάλι με τη φύση των ραδιενεργών ουσιών, μπορεί να είναι τόσο ο αέρας, όσο και το νερό και το έδαφος.
- ❖ **Αισθητική ρύπανση:** Είναι η πλέον αθώα μορφή ρύπανσης που προκαλεί μόνο αισθητική ενόχληση. Είναι προφανές ότι η θέσπιση κανόνων για την προστασία από την αισθητική ρύπανση είναι πρακτικά δύσκολη, λόγω της υποκειμενικότητας των σχετικών κριτηρίων. (opencourses.auth.gr/πηγές_ρύπανσης)



Εικόνα 1: Οι διάφορες κατηγορίες ρύπανσης

1.3) Κύριες κατηγορίες αέριων ρύπων

Παρακάτω παρουσιάζονται οι κύριοι αέριοι ρύποι:

(opencourses.auth.gr/πηγές_ρύπανσης)

Οξειδία του θείου (SO_x): Το άθροισμα διοξειδίου και τριοξειδίου του θείου. Οι ενώσεις αυτές αποτελούν σημαντικό ατμοσφαιρικό τύπο λόγω της επιβλαβής επίδρασης τους στη ανθρώπινη υγεία και της δημιουργίας όξινων αποθέσεων. Οι μεγαλύτερες εκπομπές οξειδίων του θείου στις περισσότερες χώρες προέρχονται από τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Οξειδία του αζώτου (NO_x): Το άθροισμα μονοξειδίου και διοξειδίου του αζώτου. Σε σύγκριση με τα (SO_x), τα (NO_x) θεωρούνται ένας μικρότερος αλλά σημαντικός συντελεστής όξινων αποθέσεων. Τα (NO_x), όπως και τα (SO_x), επιδρούν βλαπτικά στη ανθρώπινη υγεία. Τέλος, αποτελούν πρόδρομους του όζοντος. Βασική πηγή τους είναι οι οδικές μεταφορές.

Μεθάνιο (CH_4): Το μεθάνιο είναι αέριο του θερμοκηπίου. Κύριες πηγές εκπομπής του θεωρούνται η εξόρυξη και η διανομή υδρογονανθράκων (κυρίως φυσικού αερίου και γαιανθράκων, η επεξεργασία αποβλήτων (κυρίως οι χωματερές και η απόθεση υπολειμμάτων βιολογικού καθαρισμού λυμάτων) και η κτηνοτροφία (εντερικές ζυμώσεις και απόβλητα).

Μη μεθανικές πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOC, Non Methane Volatile Organic Compounds): Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει όλους τους υδρογονάνθρακες, πλην του μεθανίου και τους υδρογονάνθρακες εκείνους των οποίων είτε όλα τα άτομα του υδρογόνου, είτε μέρος αυτών έχουν αντικατασταθεί από άλλα άτομα, όπως θείο, άζωτο, οξυγόνο, αλογόνα και οι οποίες κάτω από μέσες ατμοσφαιρικές συνθήκες είναι πτητικές (κεκορεσμένοι, ακόρεστοι, αρωματικοί, κυκλικοί, πολυκυκλικοί, τερπένια, αλδεΐδες, κετόνες, οξέα, οργανοχλωριωμένες ενώσεις, κτλ). Η κατηγορία αυτή προσελκύει ενδιαφέρον λόγω της τοξικότητάς της και του ρόλου που διαδραματίζει σαν πρόδρομος φωτοχημικών οξειδωτικών και αέριων θερμοκηπίου. Οι σημαντικότερες πηγές των NMVOC είναι οι οδικές μεταφορές, η χρήση διαλυτών και η φύση.

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO): Το (CO) είναι ένα από τα προϊόντα ατελούς καύσης οργανικών υλικών. Στη ατμόσφαιρά το CO συμμετέχει στη αλυσίδα αντιδράσεων, που οδηγούν στο σχηματισμό όζοντος, αν και η συμμετοχή του είναι πολύ μικρότερη από αυτή των NO_x και NMVOC. Ακόμη το CO οξειδώνεται σε CO_2 και επομένως θεωρείται πρόδρομος αερίου του θερμοκηπίου. Το CO παράγεται κυρίως από τη ατελή καύση, όταν υπάρχει έλλειψη οξυγόνου, όταν το καύσιμο καίγεται δύσκολα (πχ λιγνίτης) ή όταν η καύση είναι πολύ γρήγορη (κινητήρες αυτοκινήτων). Η κύρια πηγή παραγωγής CO είναι η οδική κυκλοφορία (και σχεδόν αποκλειστικά τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα).

Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2): Είναι το βασικό αέριο θερμοκηπίου. Η κύρια πηγή εκπομπής του είναι η καύση ανθρακούχων καυσίμων. Κατά το παρελθόν το CO_2 δεν χαρακτηριζόταν σαν ρύπος εξαιτίας της μη τοξικότητάς του. Όμως η συνεχής αύξηση των συγκεντρώσεων CO_2 σε παγκόσμια κλίμακα με πιθανολογούμενο αποτέλεσμα σοβαρές αρνητικές επιδράσεις στο γήινο κλίμα, το κατατάσσουν σήμερα στα αέρια που θεωρούνται σαν ρύποι.

Υποξείδιο του αζώτου (N₂O): Αποτελεί αέριο θερμοκηπίου. Εκπέμπεται κατά τη χρήση λιπασμάτων, την ατελή καύση, ορισμένες βιομηχανικές δραστηριότητες και από τα βενζινοκίνητα οχήματα που είναι εφοδιασμένα με τριοδικό καταλύτη.

Αμμωνία (NH₃): Κύρια πηγή εκπομπής της αμμωνίας θεωρείται η κτηνοτροφία και η γεωργία. Συγκεκριμένα, εκπέμπεται από τα ούρα των ζώων και από την αποθήκευση και χρησιμοποίηση της κοπριάς τους σαν λίπασμα (βιολογική αποσύνθεση) καθώς επίσης, και από την επεξεργασία λυμάτων. Ένα ποσοστό της ολικής συγκέντρωση των εκπομπών αμμωνίας προέρχεται από τις βιομηχανικές διεργασίες, κυρίως εκείνες της παραγωγής αμμωνίας και λιπασμάτων. Επίσης, αμμωνία παράγεται και κατά την καύση υδρογονανθράκων, γαιανθράκων και βιομάζας.

Διοξίνες: Οι διοξίνες είναι μια κατηγορία 75 ουσιών που περιέχουν χλώριο. Συνήθως στη ίδια κατηγορία κατατάσσονται και εκατοντάδες άλλες συγγενείς ουσίες όπως τα φουράνια και τα PCBs. Αποτελούν, ένα περίεργο παραπροϊόν των διεργασιών όπου εμπλέκεται το χλώριο. Από τη βιομηχανία παραγωγής του χλωρίου και των χλωριωμένων πλαστικών PVC ως τη καύση των σκουπιδιών ή των αποβλήτων που περιέχουν χλωριωμένες ενώσεις παράγονται σημαντικές ποσότητες διοξινών που απειλούν το περιβάλλον και τη υγεία. Βιοχημικές έρευνες έχουν δείξει πως δρουν ως ισχυρές «περιβαλλοντικές ορμόνες». Όπως οι φυσικές ορμόνες έτσι και οι διοξίνες μπορούν να διαπεράσουν τη μεμβράνη των κυττάρων και να αλλάξουν τη δράση των γονιδίων που ρυθμίζουν τη διαδικασία της ανάπτυξης.

Οι παραπάνω ρύποι είναι οι λεγόμενοι συμβατικοί ρύποι (criteria pollutants) και είναι οι συνηθέστερα μετρούμενοι σε σχέση με τους οποίους γίνεται ο χαρακτηρισμός της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα (ambient air quality, AAQ). Οι υπόλοιποι μη συμβατικοί ρύποι (non-criteria pollutants) διακρίνονται από τη νομοθεσία σε δύο επιπλέον κατηγορίες, στους βλαπτικούς αέριους ρύπους HAPs (hazardous air pollutants) και στους τοξικούς. Η πρώτη κατηγορία σχετίζεται με διάφορα προβλήματα υγείας, όπως ερεθισμούς, ασφυξία κ.α., ενώ η δεύτερη αφορά τη φυσιολογική απόκριση (τοξικότητα). Οι δύο αυτές κατηγορίες ρύπων είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τις βιομηχανικές περιοχές, ενώ στις αστικές περιοχές οι συγκεντρώσεις τους είναι συνήθως τάξεις μεγέθους μικρότερες απ' ότι των συμβατικών ρύπων. (opencourses.auth.gr/πηγές_ρύπανσης)

1.4) Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Υπάρχουν διάφορες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ανθρωπογενούς και φυσικής προέλευσης: (eea.europa.eu/el/πηγές_ατμοσφαιρικής_ρύπανσης)

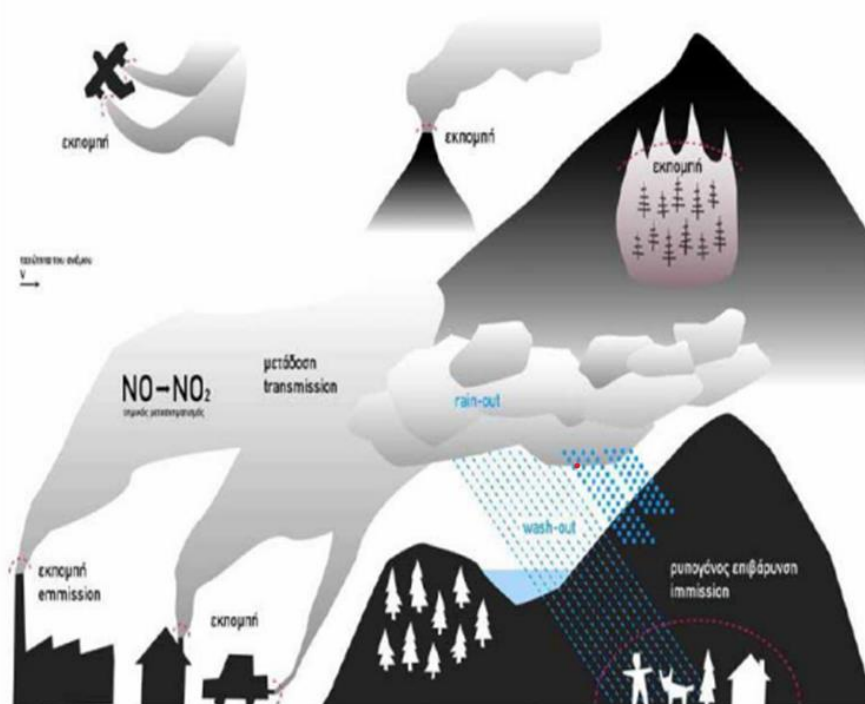
Μερικά παραδείγματα φυσικών πηγών είναι:

- Οι εκρήξεις ηφαιστειών (κυρίως αιωρούμενα σωματίδια, SO₂, H₂S και CH₄).
- Οι πυρκαγιές (φυσικές) δασών (κυρίως αιωρούμενα σωματίδια, CO και CO₂).
- Οι αμμοθύελλες με τις οποίες π.χ. πολλές φορές άμμος από τη Σαχάρα φτάνει όχι μόνο μέχρι την Ελλάδα αλλά και μέχρι την κεντρική και βόρεια Ευρώπη (αιωρούμενα σωματίδια).
- Οι ωκεανοί και γενικότερα οι θαλάσσιες εκτάσεις (κυρίως NaCl και θειικά άλατα).
- Η βιολογική αποσύνθεση φυτών και ζώων (κυρίως υδρογονάνθρακες, NH₃ και H₂S)
- Εκνέφωση θαλάσσιου άλατος και εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων από εργοστάσια.

Οι κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές είναι: (Ζάνης, 2014 , Μαλανδρής, 2014)

- ♣ καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι μεταφορές, η βιομηχανία και τα νοικοκυριά.
- ♣ βιομηχανικές διεργασίες και χρήση διαλυτών, για παράδειγμα σε βιομηχανίες χημικών και ορυκτών.
- ♣ Βιομηχανικές πηγές (αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του θείου).
- ♣ Γεωργία και αγροτικές δραστηριότητες.
- ♣ Παραγωγή και μεταφορά ενέργειας (διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου, βενζόλιο)
- ♣ Μεταφορές (μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, οξείδια του αζώτου, βενζόλιο).
- ♣ Κεντρική θέρμανση (διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου).
- ♣ Απόθεση και αποτέφρωση στερεών αποβλήτων (μονοξείδιο του άνθρακα).

Σήμερα, το μεγαλύτερο μέρος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης δημιουργείται από διαδικασίες καύσης υλικών, που ονομάζονται καύσιμα. Υπάρχουν στερεά καύσιμα (λιγνίτης, λιθάνθρακας, τύρφη, κοκ, μπριγκέτες, ξυλάνθρακες, ξύλα, απορρίμματα κ.α.), υγρά καύσιμα (βενζίνη, πετρέλαιο, κηροζίνη κ.α.) και αέρια καύσιμα (φυσικό αέριο, υδρογόνο κ.α.). Όλα σχεδόν τα συμβατικά καύσιμα αποτελούνται κυρίως από χημικές ενώσεις δύο στοιχείων, του άνθρακα και του υδρογόνου δηλαδή από υδρογονάνθρακες. Για να καεί ένα καύσιμο πρέπει να βρεθεί σε μία υψηλή θερμοκρασία, που είναι απαραίτητη για την ανάφλεξή του, και να υπάρχει αρκετό οξυγόνο (O_2). Η ανάφλεξη ενός καυσίμου είναι πιο εύκολη όσο μεγαλύτερο είναι το μέρος H_2 , που περιέχει. Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται αέρας για την καύση (που περιέχει O_2 σε αναλογία όγκου 21%). Κατά την καύση ενός καυσίμου εκτός από τη θερμότητα δημιουργείται και μία σειρά ρύπων. (Μπινιάρης, 2004)



Εικόνα 2: Διασπορά των ρύπων στην ατμόσφαιρα από διαφορετικές πηγές

Πίνακας 1

Φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές ατμοσφαιρικών σωματιδίων (10^6 τόνοι / έτος)

ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ		ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ	
Σκόνη	100 - 500	Εκπομπές	10 - 90
Πυρκαϊές δασών	3 - 150	Μετατροπή αερίων σε σωματίδια	160 - 240
Ηφαίστεια	25 - 150	Φωτοχημική μετατροπή αερίων σε σωματίδια	15 - 90
Θάλασσες	4 - 300		
Μετατροπή αερίων σε σωματίδια	270 - 900		
Φωτοχημική μετατροπή αερίων σε σωματίδια	75 - 200		
ΣΥΝΟΛΟ	480 - 2200		185 - 420

(Ζιώμας, 2007)

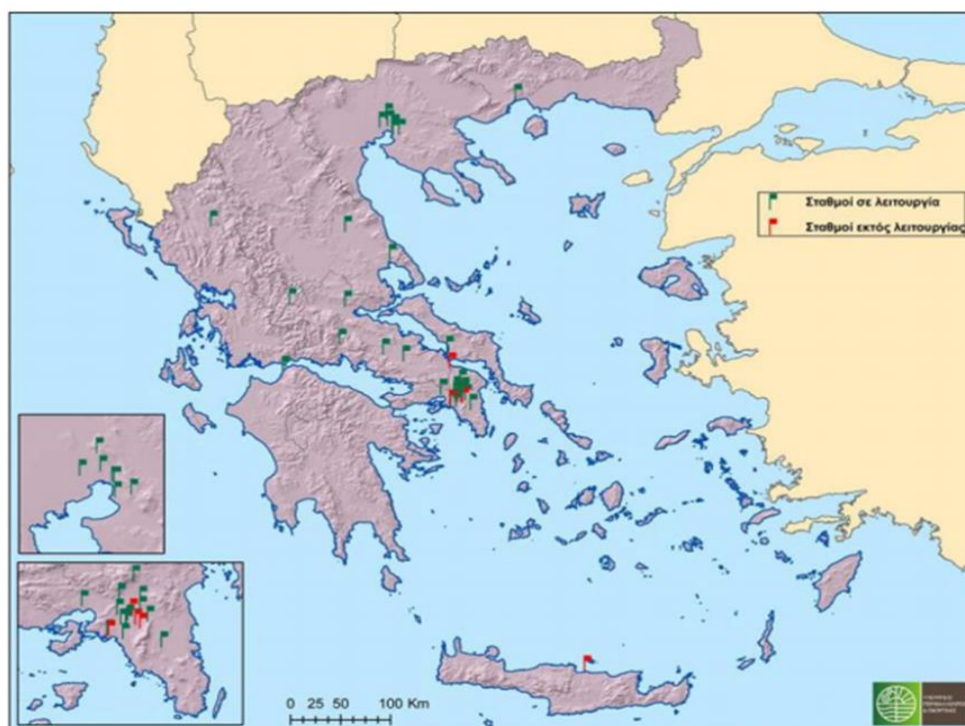
1.5) Νομοθεσία-Επιτρεπτές τιμές

1.5.1) Ελληνική Νομοθεσία

Στη χώρα μας ισχύουν νομοθετημένα όρια και στόχοι για τους ρύπους διοξείδιο του θείου (SO₂), αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ₁₀), διοξείδιο του αζώτου (NO₂), όζον (O₃), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), βενζόλιο, μόλυβδος (Pb), αρσενικό (As), κάδμιο (Cd), υδράργυρος (Hg) και βενζο(α)πυρένιο, σύμφωνα με τα όρια ποιότητας ατμόσφαιρας που έχουν καθιερωθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα όρια αυτά αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και των οικοσυστημάτων. (ypen.gov.gr/elliniki_nomothesia)

- [ΟΔΗΓΙΑ 2004/107/ΕΚ](#) της 15ης Δεκεμβρίου 2004 που σχετίζεται με την παρακολούθηση των αρσενικού, κάδμιο, υδράργυρος, νικέλιο, πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα και υιοθετείται στην Ελλάδα μέσω της ΚΥΑ ΗΠ 22306/1075/Ε103, ΦΕΚ 920Β/8.6.07.
- [ΟΔΗΓΙΑ 2008/50/ΕΚ](#) της 21ης Μαΐου 2008 που σχετίζεται με την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα με στόχο την επίτευξη καθαρότερου αέρα στην Ευρώπη και υιοθετείται στην Ελλάδα μέσω της ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103, ΦΕΚ 488Β/30.3.11.
- [ΚΥΑ Η.Π. 14122/549/Ε.103](#) (ΦΕΚ 488 Β'/30-3-11) «Μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2008/50/ΕΚ «για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ε.Ε. της 21^{ης} Μαΐου 2008»
- [ΚΥΑ οικ. 70601/13](#) (ΦΕΚ 3272 Β'/23-12-13) «Βραχυπρόθεσμα σχέδια δράσης για την αντιμετώπιση ατμοσφαιρικής ρύπανσης από αιωρούμενα σωματίδια».
- [Απόφαση Γ.Γ. Περιφέρειας Κ.Μ. οικ. 9452/08](#) (ΦΕΚ 1652 Β'/14-8-08) «Λήψη έκτακτων μέτρων σε επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης.
- [ΚΥΑ Η.Π. 22306/1075/Ε103/07](#) (ΦΕΚ 920 Β'/8-7-07) «Καθορισμός τιμών, στόχων και ορίων εκτίμησης των συγκεντρώσεων του αρσενικού, του καδμίου, του υδραργύρου, του νικελίου και των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων στον ατμοσφαιρικό αέρα, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2004/107/ΕΚ «Σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα» του Συμβουλίου της 15ης Δεκεμβρίου 2004 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων».
- [Οδηγία 2015/1480/ΕΚ](#), όπου παρουσιάζει τις τροποποιήσεις ορισμένων παραρτημάτων των οδηγιών 2004/107/ΕΚ και 2008/50/ΕΚ. Στα παραρτήματα αυτά ορίζονται οι κανόνες σχετικά με τις μεθόδους αναφοράς, την επικύρωση των δεδομένων και την τοποθεσία των σημείων δειγματοληψίας για συλλογή στοιχείων που απαιτούνται, ώστε να γίνεται η εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Η οδηγία αυτή υιοθετείται στην Ελλάδα μέσω της ΚΥΑ 174505/607, ΦΕΚ 1311Β/13.4.17. (ypen.gov.gr/elliniki_nomothesia)

Σύμφωνα με την απαίτηση της ευρωπαϊκής ένωσης, η Ελλάδα, προχωρά ετησίως στην συγγραφή εκθέσεων, όπου τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τους σταθμούς μέτρησης, παρουσιάζονται και συγκρίνονται με τα ιστορικά δεδομένα, ώστε να παρακολουθείται η εξέλιξη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην χώρα. Στην εικόνα 1 παρακάτω, παρουσιάζονται οι σταθμοί μέτρησης που έχουν εγκατασταθεί στον ελλαδικό χώρο (τόσο ενεργοί όσο και ανενεργοί).



Εικόνα 3: Χάρτης σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης *(Δείκτες ατμοσφαιρικής ποιότητας, Μπίμη, 2019)*

1.5.2) Όρια Αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα

Στις ζώνες και τους οικισμούς, τα επίπεδα διοξειδίου του θείου, διοξειδίου του αζώτου, PM_{10} , $PM_{2.5}$, μολύβδου, βενζολίου και μονοξειδίου του άνθρακα στον ατμοσφαιρικό αέρα, πρέπει να διατηρούνται χαμηλότερα από τις αντίστοιχες οριακές τιμές οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 4. Εκτός από την διατήρηση όλων των τιμών εντός των ορίων, τα κράτη μέλη της Ε.Ε και συγκεκριμένα η Ελλάδα που είναι η περιοχή μελέτης μας, πρέπει να επιδιώκουν την διασφάλιση για καλύτερη δυνατή ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, που να είναι συμβατή με την αειφόρο ανάπτυξη.

Οριακές τιμές			
Περίοδος μέσου όρου	Οριακή τιμή	Περιθώριο ανοχής	Όρια εκτίμησης (για την προστασία της υγείας)
Διοξείδιο του θείου			
<i>1 ώρα</i>	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 24 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (43 %)	-
<i>1 ημέρα</i>	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος	Ουδέν	50-75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Διοξείδιο του αζώτου και οξείδια του αζώτου			
<i>1 ώρα</i>	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος	50 %	100-140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<i>Ημερολογιακό έτος</i>	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 %	26-32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Βενζόλιο			
<i>Ημερολογιακό έτος</i>	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (100 %)	2-3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μονοξείδιο του άνθρακα			
<i>Μέγιστος ημερήσιος μέσος όρος οκταώρου</i>	10 mg/m^3	60%	5-7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μόλυβδος			
<i>Ημερολογιακό έτος</i>	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100%	0,25-0,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM₁₀			
<i>1 ημέρα</i>	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές ανά ημερολογιακό έτος	50%	25-35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<i>Ημερολογιακό έτος</i>	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20%	20-28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM_{2,5}			
<i>Ημερολογιακό έτος</i>	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20%	20-28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Πίνακας 2: Οριακές τιμές ρύπων διοξειδίου του θείου, διοξειδίου του αζώτου PM₁₀, PM_{2,5}, μολύβδου, βενζολίου και μονοξειδίου του άνθρακα στον ατμοσφαιρικό αέρα [\(Δείκτες ατμοσφαιρικής ποιότητας, Μπίμη, 2019\)](#)

Σχετικά με το όζον, υπάρχει ξεχωριστή αναφορά στην οδηγία η οποία αναφέρει πως, τα κράτη μέλη λαμβάνουν όλα τα αναγκαία μέτρα χωρίς υπερβολικό κόστος για να εξασφαλίζουν ότι επιτυγχάνονται οι τιμές στόχοι (τόσο για την προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και για την προστασία της βλάστησης) αλλά και οι μακροπρόθεσμοι στόχοι. Σε περίπτωση υπέρβασης της τιμής στόχου, τα κράτη μέλη (η Ελλάδα συγκεκριμένα) πρέπει να διασφαλίζουν την εφαρμογή προγράμματος, ώστε να καταστεί δυνατή η επίτευξη των τιμών στόχων, εκτός εάν αυτό δεν είναι εφικτό. Τότε, απαιτείται η εφαρμογή μέτρων χωρίς υπερβολικό κόστος έως την ημερομηνία που ορίζεται από την οδηγία. Οι τιμές στόχοι παρουσιάζονται στον πίνακα 5.

Τιμές στόχοι		
Στόχος	Περίοδος μέσου όρου	Τιμή στόχος
Προστασία της ανθρώπινης υγείας	Μέγιστος ημερήσιος μέσος όρος 8 ωρών	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ δεν πρέπει να υπερβαίνονται περισσότερο από 25 ημέρες ανά ημερολογιακό έτος κατά μέσο όρο σε 3 χρόνια
Προστασία της βλάστησης	Μάιος έως Ιούλιος	AOT 40 (υπολογίζεται από τις τιμές 1 ώρας) 18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{ώρα}$ ως μέσος όρος 5 ετών
<i>Σημείωση: Ως AOT40 (εκφραζόμενο σε $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{ώρα}$) ορίζεται το άθροισμα της διαφοράς μεταξύ ωριαίων συγκεντρώσεων άνω των 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 μέρη ανά δισεκατ.) και των 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ σε μια δεδομένη χρονική περίοδο χρησιμοποιώντας μόνο τις ωριαίες τιμές που μετρώνται μεταξύ 8:00 και 20:00 CET (ώρα Κεντρικής Ευρώπης) κάθε μέρα.</i>		

Πίνακας 3: Οριακές τιμές ρύπων όζοντος στον ατμοσφαιρικό αέρα
([Δείκτες ατμοσφαιρικής ποιότητας, Μπίμη, 2019](#))

Τέλος, το κομμάτι των οριακών τιμών για τα βαρέα μέταλλα στο κλάσμα των αιωρούμενων σωματιδίων, αναπτύσσεται την οδηγία 2004/107/EC. Σύμφωνα με την οδηγία αυτή, τα κράτη μέλη πρέπει να λαμβάνουν όλα τα αναγκαία μέτρα, που δεν συνεπάγονται δυσανάλογο κόστος, ώστε να διασφαλίζουν ότι οι συγκεντρώσεις αρσενικού, καδμίου, νικελίου και βενζο(α)πυρενίου που χρησιμοποιούνται ως δείκτης για τον κίνδυνο καρκινογένεσης που αντιπροσωπεύουν οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα. Σύμφωνα με τις τιμές που μετρώνται είναι απαραίτητη η δημιουργία καταλόγου των ζωνών και των οικισμών όπου διαπιστώνεται υπέρβαση των τιμών στόχων. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται τον πίνακα 6. Για αυτές τις ζώνες και οικισμούς, τα κράτη μέλη πρέπει να προσδιορίζουν τις περιοχές όπου σημειώνεται υπέρβαση και τις πηγές εκπομπών που συμβάλλουν στην εν λόγω υπέρβαση. Για τις περιοχές αυτές, τα κράτη μέλη πρέπει να αποδεικνύουν ότι εφαρμόζονται όλα τα απαραίτητα μέτρα που δεν συνεπάγονται δυσανάλογο κόστος, και να απευθύνονται στις κύριες πηγές εκπομπών, προκειμένου να επιτυγχάνουν τις τιμές στόχους.

([Δείκτες ατμοσφαιρικής ποιότητας, Μπίμη, 2019](#))

Τιμές στόχου για το αρσενικό, το κάδμιο, το νικέλιο και το βενζο(α)πυρενίο για τη συνολική περιεκτικότητα στο κλάσμα των $\text{A}\Sigma_{10}$ ως μέση τιμή ενός ημερολογιακού έτους.		
Ρύπος	Τιμή στόχος	Ορια εκτίμησης
Αρσενικό	6 ng/m^3	2,4-3,6 ng/m^3
Κάδμιο	5 ng/m^3	2-3 ng/m^3
Νικέλιο	20 ng/m^3	10-14 ng/m^3
Βενζο(α)πυρενίο	1 ng/m^3	0,4-0,6 ng/m^3

Πίνακας 4: Οριακές τιμές βαρέων μετάλλων στο κλάσμα των αιωρούμενων σωματιδίων του ατμοσφαιρικού αέρα ([Δείκτες ατμοσφαιρικής ποιότητας, Μπίμη, 2019](#))

Κεφάλαιο 2^ο – Χαρακτηριστικά των υπό μελέτη ρυπαντών

2.1) Κύριοι ρυπαντές (Main pollutants)

Οι κύριοι ρυπαντές της ατμόσφαιρας, που αναλύονται στην παρούσα πτυχιακή εργασία χωρίζονται σε 4 ομάδες:

- 1) Στην ομάδα των οξειδίων του αζώτου (NO_x)
- 2) Στην ομάδα των οξειδίων του θείου (SO_x)
- 3) Σε εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων εκτός του μεθανίου (NMVOC)
- 4) Σε αμμωνία (NH₃)

Η ομάδα των οξειδίων του αζώτου αποτελείται από εξαιρετικά δραστικά αέρια, όπως το νιτρώδες και το νιτρικό οξύ, και έχει ως κύριο δείκτη το διοξείδιο του αζώτου (NO₂). Παρότι το διοξείδιο του αζώτου σχηματίζεται και από φυσικές διεργασίες στην ατμόσφαιρα το μεγαλύτερο ποσοστό που συναντάται στις πόλεις εισέρχεται στον αέρα μέσα από την καύση ορυκτού καυσίμου, είτε αυτό είναι από τα μέσα μαζικής μεταφοράς (π.χ. αυτοκίνητα, λεωφορεία κ.α.), είτε από σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Η εισπνοή αέρα με μεγάλη συγκέντρωση NO₂ μπορεί να επηρεάσει το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου. Κατά σύντομες περιόδους, τέτοιες εκθέσεις έχουν την δυνατότητα να επιδεινώσουν αναπνευστικές ασθένειες, όπως το άσθμα και να οδηγήσουν σε αναπνευστικά συμπτώματα όπως βήχας, συριγμός και δυσκολία στην αναπνοή. Μακροχρόνιες εκθέσεις σε περιβάλλοντα με αυξημένα ποσοστά NO₂ συμβάλλουν στην ανάπτυξη άσθματος και πιθανώς σε αναπνευστικές λοιμώξεις. Γενικώς, άτομα με αναπνευστικά προβλήματα (άσθμα), παιδιά και ευπαθείς ομάδες είναι αυτοί που διατρέχουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο. **(EPA-Environmental Protection Agency)**

Η ομάδα των οξειδίων του θείου έχει ως κύριο δείκτη το διοξείδιο του θείου (SO₂) καθώς είναι το στοιχείο που προκαλεί τη μεγαλύτερη ανησυχία. Άλλα στοιχεία που ανήκουν στην ομάδα, όπως το τριοξείδιο του θείου (SO₃), συναντώνται στην ατμόσφαιρα σε πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Οι μεγαλύτερες πηγές SO₂ στην ατμόσφαιρα προέρχονται από την καύση ορυκτών καυσίμων από σταθμούς παραγωγής ενέργειας και άλλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, οι οποίες επεξεργάζονται ορυκτά και υλικά που εμπεριέχουν θείο. Άλλες μικρότερες πηγές εκπομπών είναι: βιομηχανικές διεργασίες (π.χ. εξόρυξη μετάλλων από μεταλλεύματα), μέσα μαζικής μεταφοράς που κινούνται με καύσιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο (π.χ. ατμομηχανές, πλοία κ.α.) και φυσικές πηγές (π.χ. ηφαίστεια). Βραχυπρόθεσμες εκθέσεις σε περιβάλλοντα με υψηλή συγκέντρωση SO₂ καθίστανται επιβλαβείς για το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου και δυσκολεύουν την αναπνοή, ενώ παράλληλα μπορεί να προκαλέσουν βήχα, συριγμό, δύσπνοια ή ενοχλήσεις στο στήθος. Τέτοια συμπτώματα μπορούν να εμφανιστούν και σε διάστημα μόλις 10-15 λεπτών μετά την έκθεση. Άτομα με άσθμα και κυρίως παιδιά αποτελούν τις πιο ευπαθείς ομάδες. Εκπομπές υψηλής συγκέντρωσης SO₂ οδηγούν και στον σχηματισμό άλλων οξειδίων του θείου τα οποία μερικές φορές αντιδρούν με άλλα στοιχεία της ατμόσφαιρας και σχηματίζουν μικρά σωματίδια (particulate matter) τα οποία εισέρχονται στους πνεύμονες

και μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα υγείας. Επίσης, σε μερικές περιπτώσεις τα σωματίδια αυτά μπορούν να σχηματίσουν ομίχλη και να μειώσουν την ορατότητα. Από περιβαλλοντικής άποψης, μεγάλες συγκεντρώσεις οξειδίων του θείου καθίστανται επιβλαβής για τα δέντρα και τα φυτά καταστρέφοντας το φύλλωμα και μειώνοντας την ανάπτυξη τους. Επιπλέον, το SO₂ μαζί με άλλα στοιχεία της ομάδας συμβάλλουν στην δημιουργία όξινης βροχής η οποία μπορεί να βλάψει ευαίσθητα οικοσυστήματα. **(EPA-Environmental Protection Agency)**

Εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων εκτός του μεθανίου ή αλλιώς non-methane volatile organic compounds (NMVOCs) αποτελούν μια ομάδα οργανικών ενώσεων οι οποίες παρότι διαφέρουν πολύ στην χημική τους σύνθεση εμφανίζουν παρόμοια συμπεριφορά στην ατμόσφαιρα. Τα NMVOC εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από μια μεγάλη ποικιλία πηγών συμπεριλαμβανομένων των δραστηριοτήτων καύσης, της χρήσης διαλυτών και των διαδικασιών παραγωγής. Συμβάλλουν στην αύξηση της φωτοχημικής παραγωγής του όζοντος στα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας (τροπόσφαιρα) και των δευτερογενών αερολυμάτων, τα οποία είναι βλαβερά για το αναπνευστικό και το καρδιαγγειακό σύστημα του ανθρώπου. Επιπλέον, ορισμένα στοιχεία της ομάδας NMVOC όπως είναι: το βενζόλιο, το 1,3 βουταδιένιο και η φορμαλδεΐδη θεωρούνται τοξικές ουσίες οι οποίες προκαλούν άμεση εμφάνιση οξέων και χρόνιων παθήσεων, ενώ παράλληλα μπορεί να έχουν καρκινογόνες ή μεταλλαξιογόνες επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου. **(GOV.UK, EPA-Environmental Protection Agency)**

Η αμμωνία (NH₃) είναι πολύ αντιδραστικό και διαλυτό αλκαλικό αέριο το οποίο προέρχεται τόσο από φυσικές όσο και από ανθρωπογενείς πηγές, με την κύρια πηγή να είναι η γεωργία (π.χ. κοπριά, λιπάσματα κ.α.), ενώ επίσης προέρχεται και από τη διάσπαση και την εξάτμιση της ουρίας. Οι εκπομπές και η εναπόθεση ποικίλλουν χωρικά, με τα μεγαλύτερα σημεία συγκέντρωσης (hot-spots) που σχετίζονται με υψηλής πυκνότητας γεωργικές πρακτικές. Άλλες, αγροτικής προέλευσης, εκπομπές αμμωνίας περιλαμβάνουν την καύση βιομάζας ή την παρασκευή λιπασμάτων. Αμμωνία εκπέμπεται επίσης και από μια σειρά μη γεωργικών πηγών, όπως: καταλυτικοί μετατροπείς σε βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, χώρους υγειονομικής ταφής, έργα αποχέτευσης, λιπασματοποίηση οργανικών υλικών, καύση και διάφορες βιομηχανίες. Η ατμοσφαιρική αμμωνία έχει επιπτώσεις τόσο σε τοπικές όσο και σε διεθνείς (διασυνοριακές) κλίμακες, καθώς αντιδρά με όξινους ρύπους όπως τα προϊόντα των εκπομπών SO_x και NO_x για την παραγωγή αμμωνίου (NH₄⁺) που περιέχει αεροζόλ. Παρότι η διάρκεια ζωής της αμμωνίας είναι σχετικά μικρή (<10-100km), το αμμώνιο μπορεί να μεταφερθεί σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις, της τάξης των 100-1000km, με αποτέλεσμα οι εκπομπές NH₃ να αποτελούν, εκτός από τοπικό, και διασυνοριακό ζήτημα. **(APIS-Air Pollution Information System).**

2.2) Αιωρούμενα Σωματίδια (Particulate Matter)

Τα αιωρούμενα σωματίδια παίζουν σημαντικό ρόλο στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Με τον όρο αιωρούμενα σωματίδια εννοείται ένα μείγμα στερεών σωματιδίων και υγρών σταγονιδίων που βρίσκονται στον αέρα. Κάποια από αυτά τα σωματίδια όπως είναι η σκόνη, η αιθάλη, ο καπνός κ.α. διακρίνονται και με γυμνό μάτι, ενώ άλλα απαιτούν την χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου.

- Χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες: τα **PM_{2,5}** και τα **PM₁₀**. Η κύρια διαφορά τους είναι στο μέγεθος του σωματιδίου καθώς ο δείκτης δείχνει την αεροδυναμική διάμετρο του. Επομένως, το **PM₁₀** αναφέρεται σε εισπνεόμενα σωματίδια με

διάμετρο μικρότερη ή ίση των 10μm, ενώ το **PM_{2,5}** σε λεπτά εισπνεόμενα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη ή ίση των 2,5μm.

- Ακόμη μια κατηγορία των αιωρούμενων σωματιδίων είναι τα Total suspended particulate (TSP) ή αλλιώς συνολικά αιωρούμενα σωματίδια. Είναι ένας δείκτης που αναφέρεται στο σύνολο των μικρών στερεών ουσιών που απελευθερώνονται ή/και παρατηρούνται στην ατμόσφαιρα. Ο δείκτης TSP θεωρείται ότι αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα στην ρύπανση του αέρα, στον σχηματισμό αιθαλομίχλης και στην περιβαλλοντική μόλυνση.

Τα αιωρούμενα σωματίδια συναντώνται σε πολλά μεγέθη και σχήματα και μπορούν να δημιουργηθούν από εκατοντάδες χημικά. Ορισμένα σωματίδια εκπέμπονται απευθείας από την πηγή (π.χ. εργοτάξια, ασφαλτοστρωμένοι δρόμοι, χωράφια, πυρκαγιές κ.α.), τα περισσότερα όμως σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα σαν αποτέλεσμα σύνθετων χημικών αντιδράσεων όπως μεταξύ του θείου και οξειδίων του αζώτου τα οποία εκπέμπονται κυρίως από σταθμούς παραγωγής ενέργειας.

Εξαιτίας του μικρού μεγέθους που έχουν τα αιωρούμενα σωματίδια είναι πολύ εύκολο να εισέλθουν στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω του αναπνευστικού συστήματος και να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου. Συγκεκριμένα τα **PM₁₀** μπορούν να ερεθίσουν την μύτη και τον λαιμό, να προκαλέσουν αλλεργικές αντιδράσεις, άσθμα, βρογχίτιδα, να αυξήσουν τον κίνδυνο του καρκίνου στον πνεύμονα κ.α. Τα **PM_{2,5}** σωματίδια θεωρούνται ακόμα πιο επικίνδυνα γιατί λόγω του μικρού μεγέθους τους μπορούν εκτός από το αναπνευστικό σύστημα να εισέλθουν και στην κυκλοφορία του αίματος και κατ' επέκταση και σε άλλα όργανα του σώματος, όπως το μυαλό και η καρδιά. Έτσι λοιπόν τα **PM_{2,5}** μπορούν να προκαλέσουν επιπλέον: ασθένεια του αναπνευστικού συστήματος, μειωμένη απόκριση του ανοσοποιητικού, εγκεφαλικά, διαβήτη και καρδιαγγειακές ασθένειες.

Άξιο σημείωσης είναι πως στην κατηγορία των αιωρούμενων σωματιδίων είναι και ο μαύρος άνθρακας (black carbon). Ο μαύρος άνθρακας σχηματίζεται από την ατελή καύση ορυκτών καυσίμων, ξύλου και άλλων καυσίμων. Παρότι έχει μικρή διάρκεια ζωής (μερικές μέρες έως και μερικές βδομάδες από την στιγμή που θα απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα) μπορεί μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα να επηρεάσει σημαντικά, είτε άμεσα, είτε έμμεσα το κλίμα, την γεωργία και την ανθρώπινη υγεία. Σημαντικές πληροφορίες για τον μαύρο άνθρακα:

- Έχει 460-1500 φορές ισχυρότερη θερμαντική επίδραση στο κλίμα απ' ότι το διοξείδιο του άνθρακα (ανά μονάδα μάζας).
- Ο μέσος χρόνος ζωής του στην ατμόσφαιρα είναι 4-12 μέρες.
- Περίπου 6,6 εκατομμύρια τόνοι μαύρου άνθρακα απελευθερώθηκαν στην ατμόσφαιρα το έτος 2015.
- Το οικιακό μαγείρεμα και η θέρμανση αντιπροσωπεύουν το 51% των παγκόσμιων εκπομπών μαύρου άνθρακα.

(EPA-Environmental Protection Agency, CDC-Centers for Disease Control and Prevention)

2.3) Κύρια Βαρέα Μέταλλα (Priority Heavy Metals)

Τα **βαρέα μέταλλα** είναι στοιχεία που έχουν υψηλό ατομικό βάρος και πυκνότητα τουλάχιστον 5 φορές μεγαλύτερη από αυτή του νερού ($>5\text{g/cm}^3$). Η χρήση τους από πολλούς τομείς όπως: ο βιομηχανικός, ο οικιακός, ο γεωργικός, ο ιατρικός και ο τεχνολογικός έχει οδηγήσει στην ευρεία εξάπλωση τους στο περιβάλλον εγείροντας ανησυχίες για τις πιθανές επιπτώσεις που μπορεί να έχουν σ' αυτό αλλά και στον ίδιο τον άνθρωπο. Η τοξικότητα τους εξαρτάται από διάφορους παράγοντες συμπεριλαμβανομένης: της ποσότητας του στοιχείου, του τρόπου έκθεσης και των χημικών ειδών, καθώς επίσης και από χαρακτηριστικά του ίδιου του ατόμου π.χ. ηλικία, φύλο, γενεσιολογία και διατροφική κατάσταση. Χαρακτηριστικά στοιχεία υψηλής τοξικότητας είναι ο μόλυβδος (Pb), το κάδμιο (Cd) και ο υδράργυρος (Hg).

- Παρότι ο **μόλυβδος (Pb)** παράγεται φυσικά και συναντάται στον φλοιό της γης ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως είναι η καύση ορυκτών καυσίμων, η εξόρυξη και η παραγωγή συμβάλουν στην απελευθέρωση υψηλών συγκεντρώσεων στο περιβάλλον. Γενικά, ο μόλυβδος έχει πολλές βιομηχανικές, γεωργικές και οικιακές χρήσεις. Χρησιμοποιείται στην παραγωγή μπαταριών μολύβδου, πυρομαχικών, μεταλλικών αντικειμένων αλλά και ως οξείδιο για μπογιές, γυαλί και άλλες χημικές ουσίες. Η έκθεση στον μόλυβδο γίνεται κυρίως μέσω της εισπνοής σωματιδίων σκόνης ή αερολυμάτων μολυσμένα με μόλυβδο και μέσω κατάποσης τροφίμων, νερού και από χρώματα που εμπεριέχουν το συγκεκριμένο στοιχείο. Στο ανθρώπινο σώμα το μεγαλύτερο ποσοστό μολύβδου πηγαίνει στα νεφρά, ακολουθεί το συκώτι και μετέπειτα η καρδιά και το μυαλό. Το νευρικό σύστημα είναι το πιο ευάλωτο στην δηλητηρίαση. Τα πρώτα συμπτώματα της έκθεσης του στον μόλυβδο είναι πονοκέφαλος, ευερεθιστότητα, απώλεια μνήμης και θαμπάδα. Από τα τέλη της δεκαετίας του 70' η έκθεση σε μόλυβδο έχει μειωθεί σημαντικά ως αποτέλεσμα πολλαπλών προσπαθειών όπως της εξάλειψης του μολύβδου στη βενζίνη, της μείωσης των επιπέδων του στις οικιακές βαφές, στα δοχεία τροφίμων κ.α.

(EPA-Environmental Protection Agency, NCBI-National Center for Biotechnology Information)

- Όπως και ο μόλυβδος έτσι και το **κάδμιο (Cd)** συναντάται στον φλοιό της γης με μέση συγκέντρωση 0.1mg/kg . Χρησιμοποιείται σε βιομηχανικές δραστηριότητες όπως η παραγωγή κραμάτων, χρωστικών ουσιών και μπαταριών. Εισέρχεται στο σώμα μέσω της εισπνοής ή μέσω τροφίμων (σε μορφή ιχνοστοιχείων). Η έκθεση του ανθρώπου στο κάδμιο γίνεται μέσω διαφόρων πηγών συμπεριλαμβανομένης της απασχόλησης σε βιομηχανίες μετάλλων, κατανάλωσης μολυσμένων τροφών και κάπνισμα. Μπορεί και κατανέμεται στο σώμα με την βοήθεια του κυκλοφορικού συστήματος και έχει την ιδιότητα να ερεθίζει σε μεγάλο βαθμό το αναπνευστικό και το γαστρεντερικό σύστημα. Μετά από οξεία κατάποση, συμπτώματα όπως: κοιλιακό άλγος, ναυτία, εμετός, μυϊκές κράμπες, σπασμοί κ.α. μπορεί να εμφανιστούν μέσα σε 15 με 30 λεπτά. Επίσης, μπορεί να προκαλέσει διάβρωση του γαστρεντερικού σωλήνα και πνευμονική/ηπατική/νεφρική βλάβη. **(NCBI-National Center for Biotechnology Information)**
- Ο **υδράργυρος (Hg)** συναντάται στην φύση σε τρεις μορφές (στοιχειώδης, ανόργανη και οργανική) με την κάθε μία να έχει το δικό της προφίλ τοξικότητας. Χρησιμοποιείται σε βιομηχανίες παραγωγής ηλεκτρισμού (διακόπτες, θερμοστάτες, μπαταρίες), στην οδοντιατρική και σε άλλες βιομηχανικές δραστηριότητες όπως: παραγωγή καυστικής σόδας, σε πυρηνικούς αντιδραστήρες, ως συντηρητικό

φαρμακευτικών προϊόντων κ.α. Ο άνθρωπος εκτίθεται σε όλες της μορφές υδραργύρου είτε από την ρύπανση του περιβάλλοντος, είτε από κατάποση μολυσμένης τροφής. Οι κύριες πηγές χρόνιας, χαμηλού επιπέδου έκθεσης σε υδράργυρο είναι τα οδοντικά αμαλγάματα και η κατανάλωση ψαριών. Ο υδράργυρος εισέρχεται στη θάλασσα ως φυσική διαδικασία εκπομπής αερίων από τον φλοιό της γης ή μέσω βιομηχανικής ρύπανσης. Τα φύκια και τα βακτήρια μεθυλιώνουν τον υδράργυρο σε μεθυλυδράργυρο (μια πολύ τοξική μορφή υδραργύρου) και στην συνέχεια μεταπίπτει στα ψάρια και μετέπειτα στον άνθρωπο μέσω της τροφικής αλυσίδας. Ο υδράργυρος είναι νευροτοξίνη δηλαδή επιτίθεται στο νευρικό σύστημα του ανθρώπου. Τα συμπτώματα που μπορεί να προκαλέσει διαφέρουν από άτομο σε άτομο με βάση την ηλικία του, την γενική του υγεία, την μορφή του υδραργύρου στην οποία εκτέθηκε, την ποσότητα αλλά και το χρονικό διάστημα της έκθεσης. (NCBI-National Center for Biotechnology Information)

2.4) Μονοξείδιο του Άνθρακα [Carbon Monoxide (CO)]

Το μονοξείδιο του Άνθρακα (CO) είναι ένα άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο που παράγεται από την ατελή καύση του άνθρακα και είναι εξαιρετικά τοξικό. Εκπέμπεται κυρίως από τις εξατμίσεις των μηχανών των βενζινοκίνητων αυτοκινήτων και πάσης φύσεως μηχανών όταν συντελείται ατελής καύση της καύσιμης ύλης. Ατελής καύση είναι πιθανότερο να συμβεί σε χαμηλές αναλογίες αέρα – καυσίμου στον κινητήρα, συνήθως κατά το ξεκίνημα της μηχανής αφού η παροχή αέρα είναι περιορισμένη, καθώς και όταν τα αυτοκίνητα δε ρυθμίζονται σωστά, αλλά και σε υψόμετρα όπου μειώνεται δραστικά η ποσότητα του οξυγόνου που διατίθεται για καύση. Το CO κατά την εισπνοή δεσμεύεται στην αιμογλοβίνη, η οποία μεταφέρει οξυγόνο από το αναπνευστικό σύστημα στο ιστούς. Η σχηματιζόμενη καρβοξυ-αιμογλοβίνη (COHb) παρεμποδίζει τη διαδικασία οξυγόνωσης στον οργανισμό. Κύριο αποτέλεσμα της βραχυχρόνιας έκθεσης σε CO είναι η πρόκληση καρδιαγγειακής νοσηρότητας, με χαρακτηριστικότερο σύμπτωμα την ασκησιογενή στηθάγχη (EPA, 2010). Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα ενδέχεται να οδηγήσει σε βλάβες του κεντρικού νευρικού συστήματος.

Οι πηγές εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα είναι και ανθρωπογενείς και φυσικές (δημιουργούνται από το ίδιο το περιβάλλον χωρίς της παρεμβολή του ανθρώπου). Συχνά παράγεται σε οικιακές συσκευές (σόμπες, καυστήρες, μαγκάλια, τζάκι κ.α.), σε βιομηχανίες εγκατάστασης, στα αυτοκίνητα παλαιότερης τεχνολογίας (αυξημένη παραγωγή ρύπων). Πιο ειδικευμένα θα αναφέρουμε: ο καπνός από τσιγάρο, οι πυρκαγιές, οι ελαττωματικοί φούρνοι, οι θερμοσίφωνες, οι ξυλόσομπες, η εσωτερική καύση καυσαερίων των οχημάτων, οι ηλεκτρικές γεννήτριες, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιεί προπάνιο όπως φορητές σόμπες και τα βενζινοκίνητα εργαλεία.

Οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα από αυτοκίνητα αυξάνονται δραματικά σε ψυχρό καιρό. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα αυτοκίνητα χρειάζονται περισσότερα καύσιμα για να ξεκινήσουν σε ψυχρές θερμοκρασίες και επειδή ορισμένες συσκευές ελέγχου των εκπομπών (όπως οι αισθητήρες οξυγόνου και οι καταλυτικοί μετατροπείς) λειτουργούν λιγότερο αποτελεσματικά όταν είναι κρύες. Εκτός από τα μέσα μεταφοράς, άλλες ανθρωπογενείς πηγές του CO είναι η απόθεση στερεών αποβλήτων, η παραγωγή σιδήρου κλπ. Οι εκπομπές του CO από οχήματα και βιομηχανίες υπολογίζονται σε περίπου 200 εκατομμύρια τόνους, εκ των οποίων το 70% αφορά τις χώρες του ΟΟΣΑ (Οργανισμός

Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, OECD, οργανισμός των 24 πλέον αναπτυγμένων βιομηχανικών χωρών με έδρα το Παρίσι). Ανάλογες ποσότητες CO παράγονται σε παγκόσμια κλίμακα από τις φωτιές δασών και την καύση βιομάζας

Μέσω των διαγραμμάτων που δημιουργήσαμε από στοιχεία της National Sector Emissions (NFR) για τον Ελλαδικό χώρο τα τελευταία 30 χρόνια, δημιουργήσαμε πίτες και διαγράμματα ανά δεκαετία που δείχνουν τη κατανομή των 6 μεγάλων ομάδων ρύπων στη ατμόσφαιρα της χώρας μας. Είναι ξεκάθαρο μέσω των διαγραμμάτων που δημιουργήσαμε (βλέπε κεφάλαιο 3) ότι οι τιμές του CO στη ατμόσφαιρα μειώνονται συνεχώς, συστηματικά και αδιάκοπα τα τελευταία 30 χρόνια. Υπάρχουν πολλοί παράμετροι που έχουν παίξει καθοριστικό ρόλο στη μείωση των τιμών αυτών.

- Κατά τη δεκαετία του 90' πολύ μεγαλύτερο ποσοστό χρησιμοποιούσε για οικιακή θέρμανση (σόμπες, μαγκάλια, τζάκια) τα οποία μέσω της καύσης ξύλου (άνθρακα) παρήγαγαν τεράστιες ποσότητες CO στη ατμόσφαιρα. Με το πέρασμα των χρόνων, η οικιακή θέρμανση εκσυγχρονίστηκε και άλλαξε ραγδαία όπως απαιτούσαν οι καιροί. Με το πέρασμα του χρόνου το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και τα ηλεκτρικά σώματα θέρμανσης κυριάρχησαν στις οικίες με αποτέλεσμα αυτή την πτώση των τιμών του CO.
- Μεγάλη πηγή είναι και οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις, οι οποίες τον 20^ο αιώνα σκόρπιζαν τεράστιους όγκους ρύπων στο αέρα χωρίς όριο και χωρίς μέτρα. Η χώρα μας (όπως και το σύνολο της Ε.Ε) έλαβαν δραστικά μέτρα και η σταδιακή τοποθέτηση φίλτρων στους καπνοδόχους κατά την καύση, βοήθησαν στη κατακράτηση πολλών αέριων σωματιδίων (ένα μεγάλο ποσοστό, τα υπόλοιπα πάλι διαφεύγουν στη ατμόσφαιρα) έτσι και του CO.
- Μείζονα πηγή CO ιδιαίτερα στα αστικά κέντρα είναι τα οχήματα μέσω των καυσαερίων που παράγουνε. Αστικά κέντρα όπως η Αθήνα-Θεσσαλονίκη έχουν τις υψηλότερες τιμές CO στη χώρα μας λόγω και της αλόγιστης χρήσης οχημάτων για τη μεταφορά. Τα τελευταία χρόνια αυτό το πρόβλημα έχει συρρικνωθεί αφού οι κατασκευαστές τον 21^ο αιώνα έχουν δημιουργήσει σύγχρονους καυστήρες εσωτερικής καύσης, οι οποίοι με τα απαραίτητα φίλτρα έχουν μειώσει τις εξατμίσεις τέτοιων ρύπων όπως CO. Επίσης, με τον ετήσιο έλεγχο καυσαερίων που διενεργούνται στα οχήματα, πολλά παλαιά οχήματα που δεν τηρούν πλέον τις προϋποθέσεις για τα ποσά των ρύπων που εξατμίζουν, βγαίνουν εκτός κυκλοφορίας. Άρα, ένας μείζονας λόγος που έχουν μειωθεί οι τιμές CO ανά τα χρόνια.

Οι επιπτώσεις από τη ραγδαία άνοδο των τιμών του CO στη ατμόσφαιρα είναι τόσο βραχυπρόθεσμες όσο και μακροπρόθεσμες για το άνθρωπο. Βραχυπρόθεσμα επίδραση (στην υγεία μετά από λιγότερες από 24 ώρες έκθεσης) οδηγεί σε μια μείωση της φέρουσας ικανότητας του αίματος και μεταβάλλει την απελευθέρωση του οξυγόνου από την αιμοσφαιρίνη. Σημειώνεται ότι οι επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου εξαρτώνται από το μέγεθος και τη συγκέντρωση του SPM. Μακροπρόθεσμη επίδραση (Μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα, μήνες-χρόνια) μέσω πρόσληψης CO με το κάπνισμα ή λόγω εργασίας σε μολυσμένο περιβάλλον (π.χ. τροχονόμοι, εργαζόμενοι συνεργείων αυτοκινήτων) οδηγεί σε καρδιοαγγειακές παθήσεις ή θάνατο. Σημαντικό να αναφερθούν τα αυξημένα ποσοστά βρογχίτιδας, ειδικά στα παιδιά.

Το εισπνεόμενο CO αντιδρά με το σίδηρο στην αιμογλοβίνη και σχηματίζει την καρβοξυαιμογλοβίνη (COHb), η οποία μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο σε βασικούς ιστούς του οργανισμού, επιδρώντας κυρίως στο καρδιοαγγειακό και νευρικό σύστημα. Χαμηλές συγκεντρώσεις του επηρεάζουν δυσμενώς άτομα με καρδιακά προβλήματα και μειώνουν τις σωματικές επιδόσεις νεαρών και υγιών ατόμων. Υψηλότερες συγκεντρώσεις προκαλούν συμπτώματα όπως ζαλάδα, πονοκεφάλους και κόπωση. Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας προτείνει ως ανώτατο όριο καρβοξυαιμογλοβίνης στο αίμα το 2,5 έως 3%. Τα προτεινόμενα όρια έκθεσης ανάλογα με τον χρόνο έκθεσης που διατηρούν την καρβοξυ-αιμογλοβίνη στα παραπάνω πλαίσια δίνονται στον επόμενο πίνακα. (Wikipedia.org/CarbonMonoxide)

Χρόνος Έκθεσης	Μέσο επίπεδο CO
15 λεπτά	100 mg/m ³
30 λεπτά	60 mg/m ³
1 ώρα	30 mg/m ³
8 ώρες	10 mg/m ³

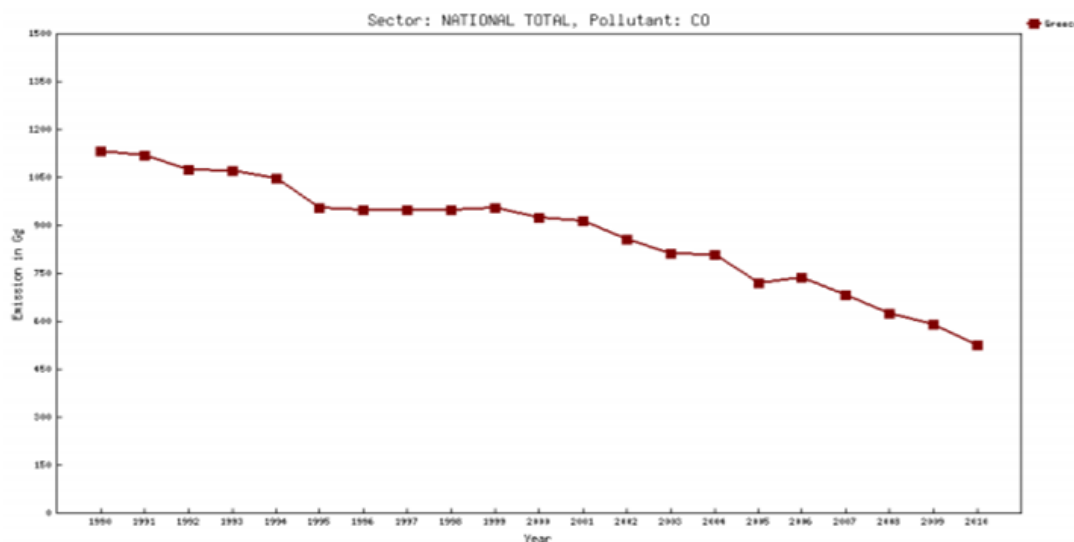
Πίνακας 5: Προτεινόμενα όρια από την Π.Ο.Υ. για CO

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πιο συχνές επιπτώσεις στο ανθρώπινο οργανισμό για κάποια ενδεικτικά όρια που υπάρχουν στη Ε.Ε (οπότε και στη Ελλάδα), τα οποία κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου για τη ποιότητα της ατμόσφαιρας και της ζωής του ανθρώπου. (Wikipedia.org/CarbonMonoxide)

Συγκέντρωση	Συμπτώματα
35 ppm (0.0035%)	Πονοκέφαλος και ζάλη από 6 έως 8 ώρες συνεχούς έκθεσης
100 ppm (0.01%)	Ελαφρύς πονοκέφαλος μέσα σε δύο με τρεις ώρες
200 ppm (0.02%)	Ελαφρύς πονοκέφαλος μέσα σε δύο με τρεις ώρες, απώλεια της κρίσης
400 ppm (0.04%)	Μετωπιαίος πονοκέφαλος μέσα σε μία έως δύο ώρες
800 ppm (0,08%)	Ζάλη, ναυτία και σπασμοί μέσα σε 45 λεπτά, λιποθυμία μέσα σε 2 ώρες
1.600 ppm (0,16%)	Πονοκέφαλος, ταχυκαρδία, ζάλη και ναυτία εντός 20 λεπτών, θάνατος σε λιγότερο από 2 ώρες
3.200 ppm (0,32%)	Πονοκέφαλος, ζάλη και ναυτία σε πέντε με δέκα λεπτά, θάνατος μέσα σε 30 λεπτά
6.400 ppm (0,64%)	Πονοκέφαλος και ζάλη σε ένα έως δύο λεπτά, σπασμοί, διακοπή της αναπνοής και θάνατο σε λιγότερο από 20 λεπτά
12.800 ppm (1,28%)	Απώλεια των αισθήσεων μετά από 2-3 αναπνοές, θάνατος σε λιγότερο από τρία λεπτά

Πίνακας 6: Επιπτώσεις του CO στην ανθρώπινη υγεία

Τέλος, απεικονίζεται ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα για τις μέσες ετήσιες εκπομπές CO για το χρονικό διάστημα που μελετάται στη χώρα, το οποίο αφορά στις συνολικές εκπομπές από όλες τις δραστηριότητες. (EMEP-European Environment Agency)



Διάγραμμα 1: Διαχρονική εξέλιξη συνολικών εκπομπών CO στην Ελλάδα (Πηγή: EMEP)

Γενικά, παρατηρείται μείωση στις εκπομπές του μονοξειδίου του άνθρακα και οι λόγοι για τους οποίους γίνεται θα αναλυθούν παρακάτω σε επόμενο κεφάλαιο και αναλυτικότερα ανά κατηγορία ρύπου ανά τομέα δραστηριότητας.

2.5) Επιπρόσθετα Βαρέα Μέταλλα (Additional Heavy Metals)

Όπως αναφέρθηκε η ρύπανση του περιβάλλοντος από βαρέα μέταλλα είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, με κύρια πηγή την εξόρυξη και την τήξη των μετάλλων αυτών, σε συνδυασμό με άλλες βιομηχανικές χρήσεις. Δευτερογενής πηγή αποτελεί και η χρήση τους στον αγροτικό τομέα δηλαδή σε φυτοφάρμακα, εντομοκτόνα, λιπάσματα κ.α. Μερικά επιπλέον βαρέα μέταλλα μικρότερης σημασίας από τα προηγούμενα είναι: το αρσενικό (As), το χρώμιο (Cr), ο χαλκός (Cu), το νικέλιο (Ni), το σελήνιο (Se) και ο ψευδάργυρος (Zn).

Η περιβαλλοντική ρύπανση από βαρέα μέταλλα γίνεται ολοένα και περισσότερο πρόβλημα και προκαλεί μεγάλη ανησυχία λόγω των δυσμενών επιπτώσεων που προκαλεί σε όλο τον κόσμο. Αυτοί οι ανόργανοι ρύποι απορρίπτονται στα νερά, τα εδάφη μας και στην ατμόσφαιρα λόγω της ταχέως αναπτυσσόμενης γεωργίας και μεταλλουργίας, της ακατάλληλης διάθεσης απορριμμάτων, των λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων. Ορισμένα μέταλλα επηρεάζουν τις βιολογικές λειτουργίες και την ανάπτυξη, ενώ άλλα συσσωρεύονται σε ένα ή περισσότερα διαφορετικά όργανα προκαλώντας πολλές σοβαρές ασθένειες όπως ο καρκίνος.

Τα βαρέα μέταλλα βρίσκονται φυσικά στο φλοιό της Γης από την περίοδο του σχηματισμού της. Η αύξηση της χρήσης τους, έχει ως αποτέλεσμα μια επικείμενη αύξηση των μεταλλικών ουσιών τόσο στο χερσαίο, όσο και στο υδάτινο περιβάλλον. Η ρύπανση από βαρέα μέταλλα έχει προκύψει κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως, η εξόρυξη και τήξη μετάλλων, των χυτηρίων και άλλων βιομηχανιών που βασίζονται στα μέταλλα (π.χ. έκπλυσης μετάλλων από διαφορετικές πηγές όπως χωματερές, απέκκριση, κοπριά ζώων και κοτόπουλων, απορροές, αυτοκίνητα και έργα οδοποιίας). Η χρήση αυτών στον γεωργικό τομέα είναι η δευτερεύουσα πηγή ρύπανσης, όπως η χρήση φυτοφαρμάκων, εντομοκτόνων, λιπασμάτων και πολλά άλλα. Τα φυσικά αίτια μπορούν επίσης να αυξήσουν τη ρύπανση από βαρέα μέταλλα, όπως η ηφαιστειακή δραστηριότητα, η διάβρωση μετάλλων, η εξάτμιση μετάλλων από το έδαφος και το νερό και η εκ νέου αιώρηση των ιζημάτων, η διάβρωση του εδάφους, οι γεωλογικές καιρικές συνθήκες.

2.6) Επίμονοι Οργανικοί Ρυπαντές [Persistent Organic Pollutants (POPs)]

Υπάρχουν πολλές χιλιάδες χημικά τύπου POP τα οποία συχνά προέρχονται από ορισμένες σειρές ή οικογένειες χημικών ουσιών (π.χ. υπάρχουν θεωρητικά 209 διαφορετικά πολυχλωριωμένα διφαινύλια που διαφέρουν μεταξύ τους ανάλογα με το επίπεδο χλωρίωσης και τη θέση υποκατάστασης). Κάποια γενικά χαρακτηριστικά τους είναι:

- Τα POP έχουν την τάση να παραμένουν στο περιβάλλον έχοντας μεγάλο χρόνο ημιζωής σε εδάφη, ιζήματα, αέρα ή ζώντες οργανισμούς. Παρότι δεν υπάρχει κάποιος γνώμονας για το πόσο μεγάλος πρέπει να είναι αυτός ο χρόνος ημιζωής έτσι ώστε να θεωρηθεί ένα στοιχείο «επίμονο», τα POPs παραμένουν περίπου μερικά χρόνια ή δεκαετίες στο έδαφος και στα ιζήματα και μερικές μέρες στην ατμόσφαιρα.
- Αποτελούν υδρόφοβα και λιπόφιλα στοιχεία, δηλαδή σε υδρόβια συστήματα και εδάφη έχουν την τάση να διαχωρίζονται στην στερεή φάση, κυρίως οργανική ύλη, αποφεύγοντας την υδατική φάση. Επίσης τα POPs διασχίζουν την τροφική αλυσίδα συσσωρεύοντας στο σωματικό λίπος των ζωντανών οργανισμών και έτσι συγκεντρώνονται καθώς μετακινούνται από τον ένα έμβιο οργανισμό στον άλλον. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται «βιομεγέθυνση». Όταν οι ρύποι αυτοί βρίσκονται σε μικρές ποσότητες στη βάση της τροφικής αλυσίδας αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για τις ανώτερες τάξεις. Αυτό σημαίνει ότι ακόμα και οι μικρές εκπομπές μπορούν να έχουν σοβαρές επιπτώσεις.
- Εισέρχονται στην αέρια φάση υπό περιβαλλοντικές θερμοκρασίες. Ως εκ τούτου μπορούν να εξατμιστούν από το έδαφος, τη βλάστηση και από υδάτινα σώματα στην ατμόσφαιρα, και λόγω της ανθεκτικότητας τους στις αντιδράσεις διάσπασης στον αέρα, ταξιδεύουν μεγάλες αποστάσεις πριν εναποτεθούν εκ νέου. Ο κύκλος της εξάτμισης και της απόθεσης μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές, με αποτέλεσμα τα POPs να μπορούν να συσσωρευτούν σε περιοχές μακριά από το σημείο εκπομπής τους. Γενικά, στην ατμόσφαιρα μπορούν να χωριστούν είτε σε σωματίδια, είτε σε αερολύματα ανάλογα με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και τις φυσικοχημικές ιδιότητες της χημικής ουσίας.

Έρευνες έχουν συσχετίσει την έκθεση σε POP με μειώσεις, ασθένειες ή ανωμαλίες σε ορισμένα είδη άγριας ζωής συμπεριλαμβανομένων ορισμένων ειδών ψαριών, πτηνών και θηλαστικών. Στους ανθρώπους, οι αναπαραγωγικές, αναπτυξιακές, συμπεριφορικές, νευρολογικές, ενδοκρινικές και ανοσολογικές δυσμενείς επιπτώσεις έχουν συνδεθεί επίσης με την έκθεση στο συγκεκριμένο είδος ρύπου. Οι άνθρωποι εκτίθενται κυρίως μέσω μολυσμένων τροφίμων και λιγότερο μέσω κατανάλωσης μολυσμένου νερού ή μέσω επαφής με την χημική ουσία. Τα POPs μεταφέρονται μέσω του πλακούντα και μέσω του μητρικού γάλακτος στους αναπτυσσόμενους απογόνους. Ωστόσο να σημειωθεί ότι τα οφέλη του θηλασμού υπερτερούν κατά πολύ των πιθανών κινδύνων. **(EPA-Environmental Protection Agency**

Κεφάλαιο 3^ο – Περιβαλλοντικές επιπτώσεις & Οδηγίες προς αποφυγήν

3.1.1) Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)

Το διοξείδιο του αζώτου είναι ένα εξαιρετικά αντιδραστικό αέριο που σχηματίζεται από εκπομπές από μηχανοκίνητα οχήματα, τη βιομηχανία, θερμάστρες αερίου χωρίς καύση και εστίες αερίου. Υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν να βρεθούν ειδικά κοντά σε πολυσύχναστους δρόμους και σε εσωτερικούς χώρους όπου χρησιμοποιούνται θερμάστρες αερίου χωρίς καύση.

Άλλες πηγές εσωτερικού χώρου μπορεί να προέρχονται από τον καπνό του τσιγάρου ή από το μαγείρεμα με αέριο. Σε εξωτερικούς χώρους, το διοξείδιο του αζώτου συμβάλλει στον σχηματισμό του όζοντος στο επίπεδο του εδάφους (O₃) καθώς και στη ρύπανση από σωματίδια. Το διοξείδιο του αζώτου είναι ερεθιστικό του αναπνευστικού συστήματος και έχει ποικίλες δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία στο αναπνευστικό σύστημα.

Πιθανές επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση στο διοξείδιο του αζώτου:

- Αυξημένη ευαισθησία σε πνευμονικές λοιμώξεις σε άτομα με άσθμα.
- Αυξημένη ευαισθησία σε παράγοντες που προκαλούν άσθμα όπως η γύρη και η άσκηση.
- Επιδεινωμένα συμπτώματα άσθματος – συχνότερες κρίσεις άσθματος
- Φλεγμονή των αεραγωγών σε υγιή άτομα.
- Για να μάθετε περισσότερα, επισκεφτείτε την ενότητα «Ποιος επηρεάζεται από την ατμοσφαιρική ρύπανση» και «Απλά βήματα για την προστασία της υγείας σας». Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τους θερμαντήρες αερίου χωρίς καύση, ανατρέξτε στην ενότητα μας σχετικά με τα ενημερωτικά δελτία ποιότητας του αέρα. **(NSW health , gov,2013)**

3.1.2) Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs)

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) εκπέμπονται ως αέρια από ορισμένα στερεά ή υγρά. Περιλαμβάνουν μια ποικιλία χημικών ουσιών, μερικές από τις οποίες μπορεί να έχουν βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία. Οι συγκεντρώσεις πολλών πτητικών οργανικών ενώσεων είναι σταθερά υψηλότερες σε εσωτερικούς χώρους (έως και δέκα φορές υψηλότερες) από ότι σε εξωτερικούς χώρους. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις εκπέμπονται από ένα ευρύ φάσμα προϊόντων που αριθμούνται σε χιλιάδες.

Οι οργανικές χημικές ουσίες χρησιμοποιούνται ευρέως ως συστατικά σε προϊόντα οικιακής χρήσης. Τα χρώματα, τα βερνίκια και το κερί περιέχουν οργανικούς διαλύτες, όπως και πολλά προϊόντα καθαρισμού, απολύμανσης, καλλυντικών, λιπαντικών και χόμπι. Τα καύσιμα αποτελούνται από οργανικές χημικές ουσίες. Όλα αυτά τα προϊόντα μπορούν να απελευθερώσουν οργανικές ενώσεις ενώ τα χρησιμοποιείτε και, σε κάποιο βαθμό, όταν αποθηκεύονται.

(U.S.EPA, Environmental Protection 2019)

Πηγές VOCs

Προϊόντα οικιακής χρήσης, συμπεριλαμβανομένων:

- χρώματα, διαβρωτικά χρωμάτων και άλλοι διαλύτες
- συντηρητικά ξύλου
- σπρέι αεροζόλ
- καθαριστικά και απολυμαντικά
- απωθητικά σκόρου και αποσμητικά χώρου
- αποθηκευμένα καύσιμα και προϊόντα αυτοκινήτου
- προμήθειες για χόμπι
- στεγνό καθάρισμα
- φυτοφάρμακο

Άλλα προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων:

- οικοδομικά υλικά και έπιπλα
- εξοπλισμός γραφείου όπως φωτοτυπικά μηχανήματα και εκτυπωτές, διορθωτικά υγρά και αυτογραφικό χαρτί αντιγραφής
- γραφικά και υλικά χειροτεχνίας, όπως κόλλες και κόλλες, μόνιμοι μαρκαδόροι και φωτογραφικές λύσεις.

Επιπτώσεις στην υγεία

Οι επιπτώσεις στην υγεία μπορεί να περιλαμβάνουν:

- Ερεθισμός ματιών, μύτης και λαιμού
- Πονοκέφαλοι, απώλεια συντονισμού και ναυτία
- Βλάβη στο ήπαρ, στα νεφρά και στο κεντρικό νευρικό σύστημα
- Ορισμένα οργανικά μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο σε ζώα, μερικά είναι ύποπτα ή γνωστό ότι προκαλούν καρκίνο στον άνθρωπο.

Τα βασικά σημεία ή συμπτώματα που σχετίζονται με την έκθεση σε VOCs περιλαμβάνουν:

- δυσφορία στη μύτη και το λαιμό
- πονοκέφαλο
- αλλεργική δερματική αντίδραση
- δύσπνοια
- μείωση των επιπέδων χολιστερινάσης
- ναυτία
- εμετός
- κούραση, ζάλη

Η ικανότητα των οργανικών χημικών ουσιών να προκαλούν επιπτώσεις στην υγεία ποικίλλει σημαντικά από εκείνες που είναι εξαιρετικά τοξικές έως εκείνες που δεν έχουν καμία γνωστή επίδραση στην υγεία.

Όπως και με άλλους ρύπους, η έκταση και η φύση της επίδρασης στην υγεία θα εξαρτηθεί από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του επιπέδου έκθεσης και του χρόνου έκθεσης. Μεταξύ των άμεσων συμπτωμάτων που έχουν βιώσει μερικοί άνθρωποι αμέσως μετά την έκθεση σε ορισμένες οργανικές ουσίες περιλαμβάνουν:

- ερεθισμός των ματιών και της αναπνευστικής οδού
- πονοκεφάλους
- ζάλη
- οπτικές διαταραχές και εξασθένηση της μνήμης

Βήματα για τη μείωση της έκθεσης σε VOCs

- Αυξήστε τον αερισμό όταν χρησιμοποιείτε προϊόντα που εκπέμπουν VOCs.
- Τηρείτε ή υπερβαίνετε τις προφυλάξεις της ετικέτας.
- Μην αποθηκεύετε ανοιγμένα δοχεία με αχρησιμοποίητα χρώματα και παρόμοια υλικά μέσα στο σχολείο.
- Η φορμαλδεΐδη, μια από τις πιο γνωστές πτητικές οργανικές ενώσεις, είναι ένας από τους λίγους ατμοσφαιρικούς ρύπους εσωτερικών χώρων που μπορεί να μετρηθεί εύκολα.
- Προσδιορίστε και, εάν είναι δυνατόν, αφαιρέστε την πηγή.
- Εάν δεν είναι δυνατό να αφαιρεθεί, μειώστε την έκθεση χρησιμοποιώντας στεγανωτικό σε όλες τις εκτεθειμένες επιφάνειες επένδυσης και άλλων επίπλων.
- Χρησιμοποιήστε ολοκληρωμένες τεχνικές διαχείρισης παρασίτων για να μειώσετε την ανάγκη για φυτοφάρμακα.
- Χρησιμοποιήστε προϊόντα οικιακής χρήσης σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
- Βεβαιωθείτε ότι παρέχετε άφθονο καθαρό αέρα όταν χρησιμοποιείτε αυτά τα προϊόντα.
- Πετάξτε τα αχρησιμοποίητα ή ελάχιστα χρησιμοποιημένα δοχεία με ασφάλεια. αγοράστε σε ποσότητες που θα χρησιμοποιήσετε σύντομα.
- Να φυλάσσεται μακριά από παιδιά και κατοικίδια.
- Ποτέ μην αναμινύετε προϊόντα οικιακής φροντίδας, εκτός εάν αναφέρονται στην ετικέτα.

Κρατήστε την έκθεση στο βενζόλιο στο ελάχιστο

Το **βενζόλιο** είναι γνωστό καρκινογόνο για τον άνθρωπο. Οι κύριες πηγές αυτής της χημικής ουσίας σε εσωτερικούς χώρους είναι:

- περιβαλλοντικός καπνός τσιγάρου
- αποθηκευμένα καύσιμα
- προμήθειες βαφής
- εκπομπές αυτοκινήτων σε συνδεδεμένα γκαράζ

Οι ενέργειες που θα μειώσουν την έκθεση στο βενζόλιο περιλαμβάνουν:

- εξάλειψη του καπνίσματος μέσα στο σπίτι
- παρέχοντας μέγιστο αερισμό κατά τη βαφή
- απόρριψη προμηθειών χρωμάτων και ειδικών καυσίμων που δεν θα χρησιμοποιηθούν αμέσως

Περιορίστε στο ελάχιστο την έκθεση σε εκπομπές υπερχλωροαιθυλενίου από υλικά που έχουν υποστεί πρόσφατα στεγνό καθάρισμα.

Το **υπερχλωροαιθυλένιο** είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη χημική ουσία στο στεγνό καθάρισμα. Σε εργαστηριακές μελέτες, έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί καρκίνο σε ζώα. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι οι άνθρωποι αναπνέουν χαμηλά επίπεδα αυτής της χημικής ουσίας τόσο σε σπίτια όπου αποθηκεύονται προϊόντα στεγνού καθαρισμού όσο και καθώς φορούν ρούχα στεγνού καθαρισμού. Τα στεγνοκαθαριστήρια επανασυλλαμβάνουν το υπερχλωροαιθυλένιο κατά τη διαδικασία στεγνού καθαρισμού, έτσι ώστε να εξοικονομούν χρήματα με την επαναχρησιμοποίηση του και αφαιρούν περισσότερη χημική ουσία κατά τη διαδικασία συμπίεσης και φινιρίσματος. Ορισμένα στεγνοκαθαριστήρια, ωστόσο, δεν αφαιρούν όσο το δυνατόν περισσότερο υπερχλωροαιθυλένιο όλη την ώρα.

(U.S.EPA, Environmental Protection 2019)

3.1.3) Οξειδία του θείου (SO_x)

Το **διοξείδιο του θείου (SO₂)** είναι ένας από τους πιο συνηθισμένους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Το SO₂ διεισδύει στον αέρα που αναπνέουμε και επηρεάζει την υγεία μας με πολλούς τρόπους, αφήνοντας βραχυπρόθεσμα έως μακροπρόθεσμα αποτελέσματα ανάλογα με τα επίπεδα έκθεσης. Ενώ οι πηγές SO₂ μπορεί να μην βρίσκονται μέσα στο σπίτι σας, ο ρύπος θα βρει το δρόμο του σε εσωτερικούς χώρους μέσω εξωτερικών σημείων πρόσβασης, όπως πόρτες και παράθυρα. Εάν δεν γίνει σωστή διαχείριση, αυτή η συσσώρευση διοξειδίου του θείου σε εσωτερικούς χώρους μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερη έκθεση.

Το διοξείδιο του θείου ή «SO₂» είναι ένα άχρωμο αέριο με έντονη οσμή. Είναι μέρος μιας μεγαλύτερης ομάδας αέριων οξειδίων του θείου (SO_x). Προκαλεί μεγαλύτερη ανησυχία από τις ομάδες SO_x, καθώς βρίσκεται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις από άλλα αέρια SO_x, όπως το SO₃.

(TruSens, 2019)

Επιδράσεις του διοξειδίου του θείου (SO₂) στην υγεία

Οι επιπτώσεις του SO₂ στην υγεία μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με το επίπεδο συγκέντρωσης, τη διάρκεια έκθεσης και τη μορφή έκθεσης. Παρακάτω, έχουμε αναλύσει καθεμία από τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία από το διοξείδιο του θείου.

Βραχυπρόθεσμα

Εισπνοή SO₂:

- Φτάρνισμα και βήχας
- Σφίξιμο στο στήθος
- Κάψιμο της μύτης, του λαιμού και των πνευμόνων
- Δυσκολία αναπνοής
- Βλάβη στο αναπνευστικό σύστημα
- Επιδείνωση σε ασθένειες όπως το άσθμα και το εμφύσημα

Η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε υψηλά επίπεδα SO₂ μπορεί να είναι απειλητική για τη ζωή

Επαφή δέρματος/ματιών με SO₂:

- Ερεθισμός των ματιών
- Κρυοπάγημα
- Τσίμπημα πόνου, ερυθρότητα και φουσκάλες

Ποιος κινδυνεύει περισσότερο από το διοξείδιο του θείου;

Σε κάποιο βαθμό, όλοι μπορούν να επηρεαστούν από το διοξείδιο του θείου. Ωστόσο, υπάρχουν άτομα που είναι πιο ευαίσθητα ή βιώνουν υψηλότερα επίπεδα έκθεσης. Αυτές οι ομάδες περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Εκείνοι που είναι πιο ευαίσθητοι στο SO₂ περιλαμβάνουν παιδιά, ηλικιωμένους και άτομα με άσθμα, καρδιακές παθήσεις ή πνευμονικές παθήσεις.
- Οι εργαζόμενοι σε εγκαταστάσεις όπου το SO₂ εμφανίζεται ως υποπροϊόν μπορεί να βιώσουν υψηλότερα επίπεδα έκθεσης σε υψηλότερες συγκεντρώσεις.
- Άτομα που ζουν κοντά σε βαριές βιομηχανικές δραστηριότητες που περιλαμβάνουν μια διαδικασία που παράγει SO₂, όπως η τήξη χαλκού.
- Αυτοί που βρίσκονται κοντά σε έκρηξη ηφαιστείου.

Ποιες είναι οι πηγές διοξειδίου του θείου;

Το διοξείδιο του θείου προέρχεται τόσο φυσικά όσο και μέσω της ανθρώπινης δραστηριότητας. Παρακάτω είναι μερικές από τις κύριες πηγές που συμβάλλουν στους ρύπους SO₂.

- Οι ηφαιστειακές εκρήξεις είναι μια φυσική πηγή SO₂.
- Η καύση ορυκτών καυσίμων από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και άλλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι η μεγαλύτερη πηγή SO₂. Παραγωγή θειικού οξέος, χαρτιού, συντηρητικών τροφίμων και λιπασμάτων.
- Οι ατμομηχανές, τα πλοία και άλλα οχήματα και ο βαρύς εξοπλισμός που καίνε καύσιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο εκπέμπουν SO₂.

Πώς μπορώ να αποτρέψω ή να μειώσω την έκθεση στο διοξείδιο του θείου;

Η πρόληψη ή η μείωση των άμεσων πηγών SO₂ μπορεί να είναι πιο δύσκολη, ειδικά οι εκπομπές από φυσικές πηγές όπως οι ηφαιστειακές εκρήξεις. Ευτυχώς, υπάρχουν και άλλες λύσεις για την πρόληψη ή τη μείωση της έκθεσής σας στο SO₂:

- Περιορίστε τον χρόνο που περνάτε σε εξωτερικούς χώρους, ενώ τα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι υψηλά. Το SO₂ είναι ένας από τους πολλούς ρύπους που πρέπει να αποφεύγονται. Η αποφυγή υψηλών επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης θα μειώσει την έκθεση σε περισσότερους ρύπους από το SO₂.
- Ζήστε πιο μακριά από οποιουδήποτε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής ή άλλες περιοχές με βαριές βιομηχανικές διεργασίες κοντά.
- Χρησιμοποιήστε εξοπλισμό ασφαλείας. Δεδομένου ότι οι εργαζόμενοι συνήθως εισπνέουν το διοξείδιο του θείου από το περιβάλλον εργασίας τους, δεν το φέρνουν μαζί τους στο σπίτι. Ωστόσο, οι εργαζόμενοι μπορούν να περιορίσουν την έκθεσή τους φορώντας μάσκες και άλλο απαιτούμενο εξοπλισμό ασφαλείας κατά την εργασία.
- Χρησιμοποιήστε καθαριστικά αέρα, όπως έναν καθαριστή αέρα, στους εσωτερικούς χώρους για να βελτιώσετε την ποιότητα του εσωτερικού σας αέρα.

Περιβαλλοντικές Επιδράσεις Διοξειδίου του Θείου

Οι επιπτώσεις του διοξειδίου του θείου δεν σταματούν στην ανθρώπινη υγεία. Το SO₂ παίζει επίσης ρόλο στο περιβάλλον στο οποίο ζούμε, συμβάλλοντας σε επιβλαβείς παράγοντες σε αυτό, όπως:

- ✓ **Όξινη βροχή:** Το SO₂ και άλλα διοξείδια του θείου μπορούν να συμβάλλουν στην όξινη βροχή. Η όξινη βροχή είναι κάθε μορφή βροχόπτωσης, υγρή ή ξηρή, με όξινα συστατικά. Αυτή η βροχή συμβάλλει στη ρύπανση του αέρα μας ενώ προκαλεί βλάβες στο περιβάλλον.
- ✓ **Ορατότητα:** Το SO₂ και άλλα διοξείδια του θείου μπορεί να αντιδράσουν με άλλες ενώσεις σχηματίζοντας θολότητα. Η ομίχλη είναι μια βασική μορφή ατμοσφαιρικής ρύπανσης που υποβαθμίζει την ορατότητα σε μέρη όπως πόλεις και γραφικές περιοχές.

(TruSens, 2019)

3.1.4) Αμμωνία (NH₃)

Η αμμωνία (NH₃) είναι μια ένωση που αποτελείται από μόρια αζώτου και υδρογόνου. Είναι ένα άχρωμο αέριο με έντονη οσμή και είναι αντιδραστικό: σχηματίζει δευτερογενή σωματίδια (PM_{2,5}) όταν συνδυάζεται με άλλους ρύπους στην ατμόσφαιρα. Αυτό συμβαίνει μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται πυρήνωση, όπου τα αέρια μόρια της αμμωνίας συμπυκνώνονται για να σχηματίσουν είτε υγρά είτε στερεά σωματίδια που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα.

Οι αντιδράσεις που σχηματίζουν δευτερογενή σωματίδια χρησιμοποιώντας αμμωνία είναι:

- Το SO₂ οξειδώνεται σε θειικό οξύ (H₂SO₄) και αντιδρά με NH₃ σχηματίζοντας θειικό αμμώνιο [(NH₄)₂SO₄]
- Το NO_x οξειδώνεται σε νιτρικό οξύ (HNO₃) και αντιδρά με NH₃ σχηματίζοντας νιτρικό αμμώνιο (NH₄NO₃).

Συμπερασματικά, το θειικό αμμώνιο [(NH₄)₂SO₄] και το νιτρικό αμμώνιο (NH₄NO₃) είναι δευτερογενή σωματίδια που σχηματίζονται μέσω της αμμωνίας (NH₃) που αντιδρούν με άλλους ρύπους.

(Mark A. Sutton et al 2009, Wolseley et al. 2006)

Ποιες είναι οι πηγές αμμωνίας;

Οι κύριες πηγές αμμωνίας είναι οι γεωργικές διεργασίες, ιδιαίτερα στην παραγωγή λιπασμάτων και στη διαχείριση των κτηνοτροφικών αποβλήτων. Η ζωική κοπριά, η οποία φυσικά περιέχει NH₃, αναμιγνύεται με άλλες μη χρησιμοποιήσιμες οργανικές ύλες, όπως σανό και απορροή νερού για να σχηματιστεί πολτός. Αυτό το μείγμα αφήνεται να καθίσει μέχρι να μετατραπεί σε φυσικό λίπασμα. Τα αέρια που απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας φυσικά περιλαμβάνουν αμμωνία. Ως εκ τούτου, οι συγκεντρώσεις NH₃ αυξάνονται δραστικά την άνοιξη από αυτούς τους τύπους γεωργικών δραστηριοτήτων. Υπολογίζεται ότι το 80% έως το 95% των εκπομπών αμμωνίας στις ανεπτυγμένες χώρες είναι αποτέλεσμα της γεωργίας, η οποία στη συνέχεια αντιδρά με το προαναφερθέν H₂SO₄ από SO₂ και HNH₃ από NO_x για να δημιουργήσει PM. Στην πραγματικότητα, έως και το 58% των σωματιδίων στις ευρωπαϊκές πόλεις προέρχεται από αμμωνία που χρησιμοποιείται στη γεωργία.

Οι αιτίες της NH₃ σε εσωτερικούς χώρους περιλαμβάνουν τον καπνό του τσιγάρου, τα διαλύματα καθαρισμού και τα οικοδομικά.

Ποιες είναι οι επιπτώσεις της αμμωνίας στην υγεία;

Η αμμωνία ερεθίζει τα μάτια, τη μύτη, το λαιμό και την αναπνευστική οδό εάν εισπνευστεί σε μικρές ποσότητες λόγω της διαβρωτικής φύσης της. Σε μεγάλες ποσότητες, το NH₃ είναι δηλητηριώδες και μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει μειωμένη πνευμονική λειτουργία.

Το πραγματικό πρόβλημα έγκειται στο PM_{2,5} που σχηματίζεται από την αμμωνία, η οποία έχει συνδεθεί με μειωμένη πνευμονική λειτουργία, πνευμονία, ακανόνιστους καρδιακούς παλμούς, καρδιακές προσβολές, εγκεφαλικά και ασθένειες όπως το άσθμα, η βρογχίτιδα, το εμφύσημα, η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια και ο καρκίνος του πνεύμονα. . Το PM_{2,5} είναι ιδιαίτερα θανατηφόρο λόγω του μικρού του μεγέθους, το οποίο του επιτρέπει

να διεισδύσει βαθιά στο αναπνευστικό και στο κυκλοφορικό σύστημα, προκαλώντας βλάβες στους πνεύμονες, την καρδιά και τον εγκέφαλο.

Ποιες είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της αμμωνίας;

Η αμμωνία μολύνει και συμβάλλει στον ευτροφισμό και την οξίνιση των χερσαίων και υδάτινων οικοσυστημάτων. Όταν χρησιμοποιείται ως λίπασμα, το άζωτο από το NH_3 μπορεί να εκπλυθεί στο έδαφος και να αυξήσει την οξύτητά του, επηρεάζοντας έτσι την ανάπτυξη των φυτών. Επιπλέον, το NH_3 μπορεί να ξεπλυθεί σε κοντινές πλωτές οδούς. Είναι τοξικό για τα υδρόβια είδη. Η συσσώρευση του ρύπου στο σώμα τους οδηγεί στο θάνατο. Η αύξηση του αζώτου προκαλεί επίσης υπερανάπτυξη φυκιών, η οποία στη συνέχεια μπλοκάρει το φως και στερεί από τα φυτά τα θρεπτικά συστατικά που χρειάζονται, προκαλώντας έτσι τον θάνατο τους.

Φυτά όπως οι λειχήνες και τα βρύα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις αλλαγές στο επίπεδο του αζώτου. Ακόμη και μια μικρή αύξηση μπορεί να τους προκαλέσει το θάνατο. Αυτό επηρεάζει την άγρια ζωή γύρω από τα οποία εξαρτώνται από αυτά τα είδη για την επιβίωση.

Πώς μπορούν να μειωθούν οι εκπομπές αμμωνίας;

Μπορούν να εφαρμοστούν απλά μέτρα για τη μείωση των επιπέδων αμμωνίας, αλλά πρέπει να εισαχθούν σε εθνικό επίπεδο. Αυτό περιλαμβάνει τον περιορισμό των εφαρμογών λιπασμάτων, την κάλυψη κοιλοτήτων υδαρούς πολτού, τη χρήση δεξαμενών για την παραγωγή λιπασμάτων, τη μέριμνα για την αποφυγή τυχόν μόλυνσης του νερού και τη φύτευση δέντρων και φράχτες για την απορρόφηση μέρους του αερίου. Αυτά τα μέτρα, ωστόσο, είναι αποτελεσματικά μόνο με σωστή παρακολούθηση. Η παρακολούθηση των αλλαγών στα επίπεδα εκπομπών αμμωνίας θα βοηθήσει στη μέτρηση της επιτυχίας αυτών των ενεργειών. Όπως αναφέρθηκε στην αρχή, θεωρούμε ότι η NH_3 είναι ένας σημαντικός ατμοσφαιρικός ρύπος, σε αντίθεση με τα πρότυπα του ΠΟΥ και ακόμη και της ΕΕ.

(Mark A. Sutton et al 2009, Wolseley et al. 2006)

3.2) Particulate Matter (Σωματιδιακή Ύλη)

Πιθανά συμπτώματα έκθεσης σε σωματίδια PM

Οι ανησυχίες για το PM οφείλονται γενικά στην ποικιλία των συμπτωμάτων που μπορεί να προκαλέσει και στην ικανότητά του να το κάνει. Τα PM_{10} μπορούν να περάσουν μέσω του λαιμού και της μύτης στους πνεύμονες, ενώ τα $\text{PM}_{2,5}$ μπορούν να διεισδύσουν βαθύτερα στους πνεύμονες.

Τα συμπτώματα μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τα επίπεδα έκθεσης και την ευαισθησία στα σωματίδια. Δεν θα εμφανίσουν συμπτώματα όλα τα άτομα που εκτίθενται σε PM. Παρακάτω, έχουμε παραθέσει μερικά από τα πιθανά συμπτώματα που σχετίζονται με την έκθεση σε PM:

- Ερεθισμός ματιών, μύτης και λαιμού
- Βήχας
- Ακανόνιστοι καρδιακοί παλμοί
- Μειωμένη πνευμονική λειτουργία ή δυσκολία στην αναπνοή
- Επιδεινωμένο άσθμα
- Μη θανατηφόρα καρδιακά επεισόδια
- Πρόωρος θάνατος σε άτομα με καρδιακή ή πνευμονοπάθεια

Ποιος κινδυνεύει περισσότερο από τα αιωρούμενα σωματίδια;

Ορισμένες ομάδες ανθρώπων είναι πιο ευαίσθητες από άλλες στην έκθεση σε σωματίδια. Παρακάτω παραθέτουμε ομάδες με ευαισθησίες που μπορεί να τις κάνουν πιο επιρρεπείς στα συμπτώματα:

Άτομα με πνευμονική νόσο. Όσοι πάσχουν από πνευμονική νόσο μπορεί να έχουν δυσκολία στην αναπνοή και να εμφανίσουν αυξημένο βήχα, πόνο στο στήθος, συριγμό και κόπωση.

Άτομα με καρδιακές παθήσεις. Όσοι πάσχουν από καρδιακή νόσο μπορεί να έχουν σοβαρά βραχυπρόθεσμα προβλήματα, όπως καρδιακή προσβολή. Τα συμπτώματα μπορεί να είναι σημάδι ενός σοβαρού προβλήματος, όπως πόνος ή σφίξιμο στο στήθος, γρήγορος καρδιακός παλμός, απώλεια αναπνοής και αυξημένη κόπωση.

Ηλικιωμένοι. Οι ηλικιωμένοι ή οι ηλικιωμένοι τείνουν να έχουν περισσότερες προϋπάρχουσες παθήσεις, όπως πνευμονοπάθειες ή καρδιακές παθήσεις. Με την ηλικία τους και τις προϋπάρχουσες συνθήκες, η έκθεση σε PM μπορεί να συμβάλει σε πρόωρο θάνατο.

Παιδιά. Οι πνεύμονες των παιδιών αναπτύσσονται ακόμη. Με την έκθεση σε PM, οι πνεύμονές τους διατρέχουν κίνδυνο μειωμένης ανάπτυξης.

Ασθματικοί. Όσοι πάσχουν από άσθμα μπορεί να παρουσιάσουν αύξηση των συμπτωμάτων άσθματος και επισκέψεις στα επείγοντα.

Ποιες είναι οι πηγές της σωματιδιακής ύλης;

Τα σωματίδια μπορούν να προέρχονται τόσο από τη φύση όσο και από την ανθρώπινη δραστηριότητα και εμφανίζονται τόσο σε εσωτερικούς όσο και σε εξωτερικούς χώρους ανάλογα με την πηγή. Οι πηγές του PM περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Πυρκαγιές
- Καταιγίδες σκόνης
- Ηφαιστειακές εκρήξεις
- Σπρέι θάλασσας

- Τα φυσικά ΡΜ μπορεί να περιλαμβάνουν συστατικά βιολογικών πηγών
- Καύση αερίου σε κινητήρες μηχανοκίνητων οχημάτων
- Βιομηχανικές διεργασίες
- Γεννήτριες ισχύος
- Καίγοντας ξύλα, κεριά και θυμίαμα
- Σόμπες, θερμάστρες, τζάκια και καμινάδες
- Καπνός τσιγάρου

Πώς μπορώ να αποτρέψω ή να μειώσω την έκθεση σε σωματίδια;

Δεδομένου ότι οι πηγές σωματιδίων μπορεί να προέρχονται τόσο από εξωτερικούς όσο και από εσωτερικούς χώρους, υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι πρόληψης ή μείωσης. Χωρίσαμε αυτές τις μεθόδους σε δύο κατηγορίες παρακάτω:

Εξωτερική έκθεση σε σωματίδια

- Αποφύγετε δρόμους με μεγάλη κυκλοφορία, όπως αυτοκινητόδρομους.
- Αποφύγετε το άσκοπο ρελαντί των οχημάτων, ειδικά σε κλειστούς χώρους, όπως ένα γκαράζ.
- Μειώστε το χρόνο που περνάτε σε εξωτερικούς χώρους σε περιόδους με υψηλή ρύπανση.
- Εξετάστε το ενδεχόμενο να αγοράσετε ηλεκτρικά οχήματα.

Έκθεση σε σωματίδια εσωτερικού χώρου

- Βεβαιωθείτε ότι όλες οι συσκευές καύσης που λειτουργούν με καύσιμο εξαερίζονται σε εξωτερικούς χώρους. Οι συσκευές περιλαμβάνουν σόμπες, θερμάστρες και φούρνους. Βεβαιωθείτε ότι ενεργοποιείτε τον ανεμιστήρα εξάτμισης κατά το μαγείρεμα.
- Σόμπες, τζάκια ή θερμάστρες χώρου χωρίς αεραγωγούς πρέπει να αποφεύγονται.
- Έχετε έναν εκπαιδευμένο επαγγελματία να επιθεωρεί, να καθαρίζει και να συντονίζει τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης ετησίως. Τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης περιλαμβάνουν φούρνους, καπναγωγούς και καμινάδες.
- Αλλάζετε τακτικά τα φίλτρα στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης και ψύξης και των φίλτρων αέρα σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
- Αποφύγετε το κάπνισμα σε εσωτερικούς ή κλειστούς χώρους, όπως ένα αυτοκίνητο.
- Περιορίστε την καύση ξύλων, κεριών και θυμιάματος. Όταν τα χρησιμοποιείτε, φροντίστε να αερίζονται σωστά.
- Χρησιμοποιήστε ένα κεντρικό σύστημα εξαναγκασμένου αέρα, όπως έναν καθαριστή αέρα. Ακολουθήστε τις οδηγίες του κατασκευαστή σχετικά με τη συντήρηση.

Περιβαλλοντικές Επιδράσεις Σωματιδίων

Τα σωματίδια μπορεί επίσης να επηρεάσουν το περιβάλλον. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ΡΜ μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με τη χημική τους σύνθεση και το πού μεταφέρονται, καθώς τα ΡΜ μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις περιλαμβάνουν:

- Προσθήκη στις επιπτώσεις της όξινης βροχής.
- Συμβολή στην ορατότητα ή την «ομίχλη».
- Κάνοντας όξινες λίμνες και ρυάκια
- Επιπτώσεις στην ποικιλομορφία των οικοσυστημάτων.
- Εξάντληση θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος.
- Καταστρέφονται ευαίσθητες δασικές και αγροτικές καλλιέργειες.
- Αλλαγή της ισορροπίας των θρεπτικών συστατικών στα παράκτια ύδατα και τις μεγάλες λεκάνες απορροής ποταμών.

3.3) CO (Μονοξείδιο του Άνθρακα)

Επιπτώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στην υγεία

Τα συμπτώματα μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη συγκέντρωση του μονοξειδίου του άνθρακα, τη διάρκεια της έκθεσης και την υγεία σας. Οι επιπτώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα στην υγεία οφείλονται στην έλλειψη οξυγόνου στο αίμα. Μόλις εισπνεύσει, το CO περνά από τους πνεύμονες στην κυκλοφορία του αίματος όπου προσκολλάται στα μόρια της αιμοσφαιρίνης που συνήθως μεταφέρουν οξυγόνο. Το οξυγόνο δεν μπορεί να ταξιδέψει σε ένα μόριο αιμοσφαιρίνης με συνδεδεμένο CO, επομένως οδηγεί σε έλλειψη οξυγόνου. Επειδή οι επιπτώσεις στην υγεία μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τα επίπεδα συγκέντρωσης CO, σας τις αναλύουμε παρακάτω:

Χαμηλές συγκεντρώσεις

- Πονοκέφαλοι
- Ζάλη
- Κόπωση σε υγιή άτομα
- Πόνος στο στήθος σε άτομα με καρδιοπάθεια

Μέτριες συγκεντρώσεις

- Κυνάγχη
- Εξασθενημένη όραση
- Μειωμένη εγκεφαλική λειτουργία

Υψηλότερες συγκεντρώσεις

- Διαταραχή όρασης και συντονισμού
- Σύγχυση και εξασθενημένη κρίση
- Ναυτία και έμετος
- Συμπτώματα που μοιάζουν με γρίπη
- Διαταραχές ύπνου
- Αναισθησία
- Ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι θανατηφόρες

Ποιος κινδυνεύει περισσότερο από το μονοξείδιο του άνθρακα(CO);

Όλοι κινδυνεύουν όταν πρόκειται για μονοξείδιο του άνθρακα, ωστόσο υπάρχουν μερικοί πιο ευαίσθητοι ή εκτεθειμένοι από άλλους. Αυτοί που διατρέχουν υψηλότερο κίνδυνο από CO περιλαμβάνουν βρέφη, ηλικιωμένους, άτομα με καρδιαγγειακά νοσήματα, αναιμία ή αναπνευστικά προβλήματα. Κάθε μία από αυτές τις ομάδες είναι πιο επιρρεπής στις επιπτώσεις στην υγεία που προέρχονται από το μονοξείδιο του άνθρακα.

Ενώ τα άτομα με ευαισθησία διατρέχουν υψηλότερο κίνδυνο από την έκθεση, υπάρχουν άτομα που διατρέχουν υψηλότερο κίνδυνο λόγω των επιπέδων έκθεσής τους. Εάν δεν έχετε κατάλληλο αερισμό στο σπίτι σας, δυσλειτουργικά προϊόντα ή συσκευές που εκπέμπουν CO ή ζείτε σε περιοχή με υψηλά επίπεδα CO, αυτό μπορεί να ισχύει για εσάς.

Πηγές του μονοξειδίου του άνθρακα (CO);

Το μονοξείδιο του άνθρακα προέρχεται από πολλές από τις συσκευές στα σπίτια μας ή στα οχήματά μας που οδηγούμε. Για να γίνουμε πιο συγκεκριμένοι, οι πιθανές πηγές CO περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Θερμοσίφωνες χώρου ή θερμάστρες πετρελαίου ή κηροζίνης
- Κλίβανοι άνθρακα ή πετρελαίου
- Συσκευές αερίου (φούρνοι, φούρνοι, θερμοσίφωνες, στεγνωτήρια ρούχων κ.λ.π.)
- Μαγείρεμα με σάρα με κάρβουνα ή υγραέριο
- Χρήση προπανίου
- Εξάτμιση αυτοκινήτου, φορτηγού και σκαφών
- Χλοοκοπτικά και ηλεκτρικά εργαλεία με αέριο
- Τζάκια και ξυλόσομπες. Βουλωμένες καμινάδες ή φραγμένες οπές εξαγωγής θέρμανσης

Πώς μπορώ να αποτρέψω την έκθεση στο μονοξείδιο του άνθρακα;

Αν και μπορεί να υπάρχει ένας μακρύς κατάλογος πηγών CO, ευτυχώς, υπάρχουν πολλοί τρόποι για να αποτρέψετε την έκθεση σε αυτές τις πηγές. Παρακάτω, παραθέτουμε τρόπους για την πρόληψη της έκθεσης σε μονοξείδιο του άνθρακα από κάθε πηγή.

- Ζητήστε από εκπαιδευμένους επαγγελματίες να επιθεωρούν, να καθαρίζουν και να ρυθμίζουν τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης, τους θερμοσίφωνες και οποιοσδήποτε άλλες συσκευές καύσης αερίου, πετρελαίου ή άνθρακα ετησίως. Τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης περιλαμβάνουν φούρνους, καπναγωγούς και καμινάδες.
- Χρησιμοποιήστε αεριζόμενες συσκευές και βεβαιωθείτε ότι αερίζονται σωστά. Οι φούρνοι, οι συσκευές αερίου και τα τζάκια πρέπει να διαθέτουν όλα συστήματα εξαερισμού. Εάν αντικαθιστάτε οποιαδήποτε συσκευή που δεν έχει εξαεριστεί αυτήν τη στιγμή, εξετάστε το ενδεχόμενο να την αντικαταστήσετε με μια συσκευή αερισμού.
- Χρησιμοποιήστε πιθανές πηγές CO με τον σωστό τρόπο.
- Οι συσκευές πρέπει να εγκαθίστανται και να λειτουργούν σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή και τους τοπικούς οικοδομικούς κώδικες.
- Ποτέ μην χρησιμοποιείτε σειρά αερίου, φούρνο ή στεγνωτήριο ρούχων για θέρμανση.
- Μην καίτε κάρβουνο, φανάρια κηροζίνης ή φορητές σόμπες κατασκήνωσης μέσα σε σπίτι, καμπίνα, όχημα αναψυχής ή τροχόσπιτο.
- Εξασφαλίστε την τακτική συντήρηση και τη σωστή αποθήκευση του τι υπάρχει στο γκαράζ σας.
- Ελέγχετε το σύστημα εξάτμισης των οχημάτων σας από μηχανικό κάθε χρόνο. Μια διαρροή στο σύστημα εξάτμισης σε ένα κλειστό όχημα μπορεί να οδηγήσει σε συσσώρευση CO στο εσωτερικό του οχήματος
- Ποτέ μην χρησιμοποιείτε το μηχανοκίνητο όχημά σας, το χορτοκοπτικό ή τα ηλεκτρικά εργαλεία σας μέσα σε γκαράζ χωρίς αερισμό ή όταν είναι συνδεδεμένα σε σπίτι.
- Χρησιμοποιήστε έναν καθαριστή αέρα για να φιλτράρετε τον αέρα του εσωτερικού σας χώρου. Ανάλογα με τον κατασκευαστή, ένας καθαριστής αέρα λειτουργεί για να μειώσει ή να απαλλάξει τον αέρα σας από μικροσκοπικά σωματίδια, πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) και δύσοσμα αέρια.
- Εγκαταστήστε έναν ανιχνευτή CO.

3.4) Priority Heavy Metals

3.4.1) Μόλυβδος (Pb) ως βαρέο μέταλλο (Heavy Metal)

Ο μόλυβδος είναι ένα εξαιρετικά τοξικό μέταλλο και ένα πολύ ισχυρό δηλητήριο. Η δηλητηρίαση από μόλυβδο είναι μια σοβαρή και μερικές φορές θανατηφόρα κατάσταση. Εμφανίζεται όταν ο μόλυβδος συσσωρεύεται στο σώμα. Ο μόλυβδος βρίσκεται σε χρώματα με βάση τον μόλυβδο, συμπεριλαμβανομένων των χρωμάτων στους τοίχους παλαιών σπιτιών και στα παιχνίδια. Ακόμη και μικρές ποσότητες μολύβδου μπορεί να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα υγείας. Τα παιδιά κάτω των 6 ετών είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στη

δηλητηρίαση από μόλυβδο, η οποία μπορεί να επηρεάσει σοβαρά την πνευματική και σωματική ανάπτυξη. Σε πολύ υψηλά επίπεδα, η δηλητηρίαση από μόλυβδο μπορεί να είναι θανατηφόρα

(Barbier O. et al 2005)

Πηγές μόλυνσης μόλυβδου (Pb)

Βαφή με βάση το μόλυβδο

Το χρώμα με βάση τον μόλυβδο και η μολυσμένη με μόλυβδο σκόνη είναι οι πιο κοινές πηγές δηλητηρίασης από μόλυβδο. Η βαφή που περιέχει μόλυβδο δεν απαγορεύτηκε στη Ευρώπη μέχρι το 1978. Τα σπίτια που κατασκευάστηκαν πριν από το 1978 έχουν πολλές πιθανότητες να έχουν χρώμα με βάση το μόλυβδο, το οποίο μπορεί να θρυμματιστεί, να ξεφλουδίσει ή να ξεφλουδίσει.

Η οικιακή σκόνη μπορεί να περιέχει σωματίδια μολύβδου που απελευθερώνονται από το παλιό χρώμα κατά την αναδιαμόρφωση με τρίψιμο, ξύσιμο ή σκίσιμο στη βαμμένη επιφάνεια. Οι βαμμένες περιοχές όπου υπάρχει τριβή, όπως πόρτες, παράθυρα και συρτάρια, μπορεί επίσης να περιέχουν σκόνη μολυσμένη με μόλυβδο.

Τα παιδιά μπορεί να δηλητηριαστούν όταν καταπίνουν σκόνη μολύβδου ή τσιπς από φθαρμένα ή κατεστραμμένα στρώματα βαφής με βάση τον μόλυβδο. Τα παιδιά μπορεί επίσης να τρώνε τσιπς βαφής με βάση το μόλυβδο, τα οποία μερικές φορές έχουν γλυκιά γεύση.

Μολυσμένο Έδαφος

Τα παιδιά μπορεί να εκτεθούν σε μόλυβδο μέσω μολυσμένου χώματος όταν παίζουν έξω. Το μόλυβδο στη βρωμιά προσκολλάται στα δάχτυλα, τα παιχνίδια και άλλα αντικείμενα που συνήθως βάζουν τα παιδιά στο στόμα τους. Ο μόλυβδος μπορεί να εισέλθει στο έδαφος από:

- ✓ Φθορά βαφής με βάση το μόλυβδο γύρω από κτίρια και παλιό εξοπλισμό παιδικής χαράς.
- ✓ Βενζίνη με μόλυβδο κοντά σε πολυσύχναστους δρόμους.
- ✓ Διαρροές από υπόγειες δεξαμενές αποθήκευσης.
- ✓ Εγκαταστάσεις ανακύκλωσης μπαταριών μολύβδου-οξέος.
- ✓ Καπνός και σκόνη από βιομηχανίες, όπως εξόρυξη και άλεση μεταλλεύματος μολύβδου, τήξη, αποτεφρωτήρες αστικών στερεών αποβλήτων.

Πόσιμο νερό

Ο μόλυβδος στο πόσιμο νερό δεν είναι μια κοινή πηγή δηλητηρίασης από μόλυβδο, προέρχεται συνήθως από γραμμές διανομής νερού ή οικιακές υδραυλικές εγκαταστάσεις και όχι από λίμνες, πηγάδια ή ρέματα. Οι σωλήνες μολύβδου, τα ορειχάλκινα υδραυλικά εξαρτήματα και οι χάλκινοι σωλήνες συγκολλημένοι με μόλυβδο μπορούν να απελευθερώσουν σωματίδια μολύβδου στο νερό της βρύσης.

Κίνδυνοι στο χώρο εργασίας και στο χόμπι

Οι γονείς μπορεί εν αγνοία τους να φέρουν μόλυβδο στο σπίτι στα χέρια, τα ρούχα και τα παπούτσια τους. Τέτοιες ενέργειες είναι:

- ✓ Ζωγραφική.
- ✓ Κατασκευή ή ανακαίνιση σπιτιού.
- ✓ Επισκευή καλοριφέρ.
- ✓ Ανακύκλωση μπαταριών ή παλιοσίδερων.
- ✓ Κατασκευή κεραμικής.
- ✓ Εργασία με όπλα και πυρομαχικά.
- ✓ Βιομηχανίες που χρησιμοποιούν συγκόλληση μολύβδου.
- ✓ Οδικά έργα.
- ✓ Ναυπηγική.

Κεραμικά σκεύη με μόλυβδο, κεραμική και κρύσταλλο με μόλυβδο

Ο μόλυβδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή κεραμικών υαλοπινάκων με βαθύ και λαμπερό χρώμα. Τα εισαγόμενα, παλιά, χειροποίητα ή κακώς γυαλισμένα κεραμικά πιάτα και αγγεία κινδυνεύουν ιδιαίτερα να έχουν μόλυβδο στο λούστρο. Ο μόλυβδος μπορεί επίσης να βρεθεί σε σκεύη πιάτων από κρύσταλλο με μόλυβδο, κασσίτερο και ορείχαλκο.

Τα όξινα τρόφιμα ή ποτά (όπως πορτοκάλι, ντομάτες και άλλοι χυμοί φρούτων, σάλτσες ντομάτας, κρασιά και ξύδι) μπορεί να προκαλέσουν την αφαίρεση του μολύβδου από το γλάσο και να μολύνουν το φαγητό ή το ποτό με μόλυβδο. Δεν μπορείς πάντα να καταλάβεις κοιτάζοντας ένα πιάτο αν περιέχει μόλυβδο. **(DOH, Department of health, Washington State, 2018)**

Προβλήματα υγείας που προκαλούνται από μόλυβδο (Pb)

Δεν έχει σημασία αν ένα άτομο εισπνέει, καταπίνει ή απορροφά σωματίδια μολύβδου, οι επιπτώσεις στην υγεία είναι οι ίδιες. Ωστόσο, το σώμα απορροφά υψηλότερα επίπεδα μολύβδου όταν εισπνέεται.

Μέσα στο σώμα μας, ο μόλυβδος απορροφάται και αποθηκεύεται στα οστά, το αίμα και τους ιστούς μας. Δεν μένει εκεί μόνιμα, αλλά αποθηκεύεται εκεί ως πηγή συνεχούς εσωτερικής έκθεσης. Καθώς γερνάμε, τα οστά μας απομεταλλοποιούνται και οι εσωτερικές εκθέσεις μπορεί να αυξηθούν ως αποτέλεσμα μεγαλύτερων απελευθερώσεων μολύβδου από τον οστικό ιστό.

(CDC, Center for disease control and prevention, 2018)

Επιπτώσεις στην υγεία από τη βραχυπρόθεσμη υπερέκθεση σε μόλυβδο

Η δηλητηρίαση από μόλυβδο μπορεί να συμβεί εάν ένα άτομο εκτεθεί σε πολύ υψηλά επίπεδα μολύβδου για σύντομο χρονικό διάστημα. Όταν συμβεί αυτό, ένα άτομο μπορεί να αισθανθεί:

- ✓ Κοιλιακό άλγος
- ✓ Δυσκοίλιος
- ✓ Κουρασμένος
- ✓ Πονοκέφαλος
- ✓ Ευέξαπτος
- ✓ Απώλεια όρεξης
- ✓ Απώλεια μνήμης
- ✓ Πόνος ή μυρμήγκιασμα στα χέρια και/ή στα πόδια
- ✓ Αδύναμος

Επειδή αυτά τα συμπτώματα μπορεί να εμφανιστούν αργά ή μπορεί να προκληθούν από άλλα πράγματα, η δηλητηρίαση από μόλυβδο μπορεί εύκολα να παραβλεφθεί. Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα μολύβδου μπορεί να προκαλέσει αναιμία, αδυναμία και νεφρική και εγκεφαλική βλάβη. Η πολύ υψηλή έκθεση σε μόλυβδο μπορεί να προκαλέσει θάνατο.

Ο μόλυβδος μπορεί να διασχίσει τον φραγμό του πλακούντα, πράγμα που σημαίνει ότι οι έγκυες γυναίκες που εκτίθενται σε μόλυβδο εκθέτουν επίσης το αγέννητο παιδί τους. Ο μόλυβδος μπορεί να βλάψει το νευρικό σύστημα ενός αναπτυσσόμενου μωρού. Ακόμη και χαμηλού επιπέδου έκθεση σε μόλυβδο στα αναπτυσσόμενα μωρά έχει βρεθεί ότι επηρεάζει τη συμπεριφορά και την ευφυΐα. Η έκθεση σε μόλυβδο μπορεί να προκαλέσει αποβολή, θνησιγένεια και στειρότητα (τόσο σε άνδρες όσο και σε γυναίκες).

Γενικά, ο μόλυβδος επηρεάζει τα παιδιά περισσότερο από τους ενήλικες. Τα παιδιά τείνουν να εμφανίζουν σημάδια σοβαρής τοξικότητας από μόλυβδο σε χαμηλότερα επίπεδα από τους ενήλικες. Δηλητηρίαση από μόλυβδο έχει συμβεί σε παιδιά των οποίων οι γονείς κατά λάθος έφεραν στο σπίτι σκόνη μολύβδου στα ρούχα τους. Νευρολογικές επιδράσεις και διανοητική αναπηρία έχουν επίσης εμφανιστεί σε παιδιά των οποίων οι γονείς μπορεί να έχουν έκθεση σε μόλυβδο που σχετίζεται με την εργασία.

Επιπτώσεις στην υγεία από την παρατεταμένη έκθεση στον μόλυβδο

Ένα άτομο που εκτίθεται σε μόλυβδο με την πάροδο του χρόνου μπορεί να αισθάνεται:

- ✓ Κοιλιακό άλγος
- ✓ Δυσκοίλιος
- ✓ Μελαγχολικός
- ✓ Αποσπάται
- ✓ Ξεχασιάρης
- ✓ Ευέξαπτος
- ✓ Ναυτία/Άρρωστος

Τα άτομα με παρατεταμένη έκθεση στον μόλυβδο μπορεί επίσης να διατρέχουν κίνδυνο για υψηλή αρτηριακή πίεση, καρδιακές παθήσεις, νεφρική νόσο και μειωμένη γονιμότητα.

(CDC, Center for disease control and prevention, 2018)

Μέτρα που βοηθήσουν στην προστασία από έκθεση μόλυβδο (Pb)

- ✓ Επιθεωρήστε και συντηρήστε όλες τις βαμμένες επιφάνειες για να αποτρέψετε τη φθορά του χρώματος.
- ✓ Αντιμετωπίστε τις ζημιές από το νερό γρήγορα και πλήρως.
- ✓ Διατηρήστε το σπίτι σας καθαρό και χωρίς σκόνη.
- ✓ Καθαρίστε τις βαμμένες περιοχές όπου η τριβή μπορεί να δημιουργήσει σκόνη, όπως πόρτες, παράθυρα και συρτάρια. Σκουπίστε αυτές τις περιοχές με ένα βρεγμένο σφουγγάρι ή πανί για να αφαιρέσετε τα ροκανίδια ή τη σκόνη.
- ✓ Χρησιμοποιήστε μόνο κρύο νερό για την προετοιμασία φαγητού και ποτών.
- ✓ Εξόδους νερού πλύσης που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή πόσιμου ή φαγητού.
- ✓ Καθαρίζετε τα υπολείμματα από τις σίτες εξόδου ή τους αεραγωγούς της βρύσης σε τακτική βάση.
- ✓ Πλένετε συχνά τα χέρια, τα μπουκάλια, τις πιπίλες και τα παιχνίδια των παιδιών.
- ✓ Διδάξτε στα παιδιά να σκουπίζουν και να αφαιρούν τα παπούτσια τους και να πλένουν τα χέρια τους αφού παίζουν σε εξωτερικούς χώρους.
- ✓ Βεβαιωθείτε ότι τα μέλη της οικογένειάς σας τρώνε καλά ισορροπημένα γεύματα. Παιδιά με υγιεινή διατροφή απορροφούν λιγότερο μόλυβδο.

(EPA, USA GOV, 2019)

3.4.2) Κάδμιο (Cd) ως βαρέο μέταλλο (Heavy Metal)

Το κάδμιο είναι ένα βαρύ μέταλλο με υψηλή τοξικότητα. Το κάδμιο είναι τοξικό σε πολύ χαμηλά επίπεδα έκθεσης και έχει οξείες και χρόνιες επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον. Το κάδμιο δεν είναι αποικοδομήσιμο στη φύση του και έτσι, μόλις απελευθερωθεί στο περιβάλλον, θα παραμείνει στην κυκλοφορία.

Πηγές Μόλυνσης Καδμίου (Cd)

Οι κύριες πηγές καδμίου στον αέρα είναι η καύση ορυκτών καυσίμων όπως ο άνθρακας ή το πετρέλαιο και αποτέφρωση αστικών απορριμμάτων:

- ✓ Οι μεγαλύτερες πηγές αερομεταφερόμενου καδμίου στο περιβάλλον είναι η καύση ορυκτών καυσίμων όπως ο άνθρακας ή πετρέλαιο και αποτέφρωση αστικών απορριμμάτων. Το κάδμιο μπορεί επίσης να εκπέμπεται στον αέρα από τον ψευδάργυρο, μόλυβδο ή χυτήρια χαλκού.
- ✓ Για τους μη καπνιστές, τα τρόφιμα είναι γενικά η μεγαλύτερη πηγή έκθεσης στο κάδμιο. Επίπεδα καδμίου σε ορισμένα τρόφιμα μπορεί να αυξηθεί με την εφαρμογή φωσφορικών λιπασμάτων ή λάσπης λυμάτων σε αγρούς.
- ✓ Το κάπνισμα είναι μια άλλη σημαντική πηγή έκθεσης στο κάδμιο. Οι καπνιστές έχουν περίπου διπλάσιο κάδμιο στο σώμα τους όπως και οι μη καπνιστές.

(M.Hutton et al 2009)

Επιπτώσεις στην υγεία από έκθεση σε Κάδμιο (Cd)

Το κάδμιο συσσωρεύεται στον ανθρώπινο οργανισμό και ιδιαίτερα στα νεφρά. Σύμφωνα με τις τρέχουσες γνώσεις η νεφρική βλάβη (νεφρική σωληναριακή βλάβη) είναι πιθανώς η κρίσιμη επίδραση στην υγεία, τόσο στον γενικό πληθυσμό όσο και στους εργαζομένους που εκτίθενται στην εργασία (**Järup et al 1998**). Η συσσώρευση καδμίου στο νεφρό (στον νεφρικό φλοιό) οδηγεί σε δυσλειτουργία του νεφρού με μειωμένη επαναρρόφηση, για παράδειγμα, πρωτεϊνών, γλυκόζης και αμινοξέων. Εκτιμάται ότι το 1% όλων των καπνιστών γυναικών στη Ευρώπη με χαμηλά αποθέματα σιδήρου μπορεί σήμερα να παρουσιάσει ανεπιθύμητες παρενέργειες στα νεφρά λόγω του φορτίου καδμίου. Μελέτες τόσο σε ανθρώπους όσο και σε ζώα δείχνουν ότι η σκελετική βλάβη (οστεοπόρωση) μπορεί να είναι μια κρίσιμη επίδραση της έκθεσης στο κάδμιο, αλλά η σημασία της επίδρασης στον πληθυσμό είναι σύμφωνα με (**Järup et al 1998**) ακόμα ασαφές. Αλλαγές στους πνεύμονες που χαρακτηρίζονται κυρίως από χρόνια αποφρακτική νόσο των αεραγωγών μπορεί να ακολουθήσει υψηλή επαγγελματική έκθεση. Πρώιμες αλλαγές στο σύστημα αναπνευστικής λειτουργίας μπορεί να προχωρήσει, με συνεχή έκθεση σε κάδμιο, με αποτέλεσμα τη αναπνευστική ανεπάρκεια. Αυξημένο ποσοστό θνησιμότητας από αποφρακτική πνευμονοπάθεια έχει παρατηρηθεί σε εργαζόμενους με υψηλή έκθεση στο παρελθόν. Άλλες επιπτώσεις της έκθεσης στο κάδμιο είναι οι διαταραχές στο μεταβολισμό του ασβεστίου και σχηματισμός λίθων στα νεφρά. Ο Διεθνής Οργανισμός Έρευνας για τον Καρκίνο (IARC) ταξινομεί το κάδμιο στην Κλάση 1 «Ο παράγοντας (μείγμα) είναι καρκινογόνος για τον άνθρωπο. Η περίσταση έκθεσης συνεπάγεται σε εκθέσεις που είναι καρκινογόνες για τον άνθρωπο». (**IARC 1993**)

Η έκθεση σε Cd συνδέεται με τον καρκίνο του πνεύμονα και τον καρκίνο του προστάτη. Σύμφωνα με μια πρόσφατη ανασκόπηση, τα επιδημιολογικά δεδομένα που συνδέουν το κάδμιο και τον καρκίνο του πνεύμονα είναι πολύ ισχυρότεροι από τον καρκίνο του προστάτη, ενώ οι δεσμοί μεταξύ του καδμίου και ο καρκίνος στο ήπαρ, τα νεφρά και το στομάχι θεωρείται διφορούμενος (**Waalkes ,2000**)

Μέτρα για τη ελαχιστοποίηση της έκθεσης σε Κάδμιο (Cd)

- ✓ Σταματήστε το κάπνισμα. Ο καπνός του τσιγάρου περιέχει κάδμιο που μπορεί να απορροφηθεί μέσω των πνευμόνων.
- ✓ Προσπαθήστε να αποφύγετε να εισπνεύσετε τον καπνό του τσιγάρου άλλων ανθρώπων.
- ✓ Τρώτε μια υγιεινή ισορροπημένη διατροφή με μέτριες μόνο ποσότητες οστρακοειδών και κρεάτων οργάνων.
- ✓ Εάν η δουλειά ή τα χόμπι σας περιλαμβάνουν χειρισμό καδμίου, χρησιμοποιείτε πάντα κατάλληλο ατομικό προστατευτικό εξοπλισμό και εξετάζετε το ενδεχόμενο να ελέγχετε τακτικά τα επίπεδα καδμίου σας από το γιατρό σας.
- ✓ Οι κοινές αλκαλικές μπαταρίες δεν περιέχουν κάδμιο. Ωστόσο, οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες νικελίου-καδμίου που χρησιμοποιούνται σε κινητά τηλέφωνα, ασύρματα εργαλεία, φορητούς υπολογιστές και ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές περιέχουν κάδμιο. Αυτές οι μπαταρίες και ο εξοπλισμός θα πρέπει να απορρίπτονται σε κατάλληλους χώρους διάθεσης απορριμμάτων.

(U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. 1997)

3.4.3) Υδράργυρος (Hg) ως βαρέο μέταλλο (Heavy Metal)

Ο υδράργυρος είναι ένας ανθεκτικός, βιοσυσσωρευτικός, τοξικός ρύπος. Όταν απελευθερώνεται στο περιβάλλον, αυτό συσσωρεύεται σε ιζήματα που βρίσκονται στο νερό όπου μετατρέπεται σε τοξικό μεθυλδράργυρο και εισέρχεται στα τρόφιμα. Η μόλυνση από υδράργυρο είναι ένα σημαντικό πρόβλημα δημόσιας υγείας και περιβάλλοντος γιατί ο μεθυλδράργυρος εισέρχεται εύκολα στην κυκλοφορία του αίματος και επηρεάζει τον εγκέφαλο. Συνθέτουμε την κατανόηση των πηγών, τη δυναμική ατμόσφαιρας-γης-ωκεανού Hg και τις επιπτώσεις στην υγεία και εξετάζουμε τις επιπτώσεις των πολιτικών ελέγχου Hg. Οι πρωτογενείς ανθρωπογενείς εκπομπές Hg υπερβαίνουν κατά πολύ τις φυσικές γεωγονικές πηγές, με αποτέλεσμα αυξήσεις στις δεξαμενές Hg και επακόλουθες δευτερογενείς εκπομπές Hg που διευκολύνουν την παγκόσμια κατανομή του. Η τελική μοίρα του εκπεμπόμενου Hg είναι πρωτίστως ανυπόφορες λιμνούλες εδάφους και βαθιά ωκεάνια νερά και ιζήματα. Οι μεταφορές των εκπομπών Hg σε μεγάλο βαθμό μη διαθέσιμες δεξαμενές συμβαίνουν κατά τη διάρκεια των αιώνων και μεσολαβούν κυρίως μέσω ατμοσφαιρικών ανταλλαγών υγρής/ξηρής εναπόθεσης και διαφυγής από τη βλάστηση, την οργανική ύλη του εδάφους και τις επιφάνειες των ωκεανών. Ένας βασικός σύνδεσμος μεταξύ των εισροών ανόργανου Hg και της έκθεσης του ανθρώπου και της άγριας ζωής είναι η καθαρή παραγωγή μεθυλδραργύρου, η οποία εμφανίζεται κυρίως σε ζώνες μείωσης σε γλυκά νερά, χερσαία και παράκτια περιβάλλοντα και στον υπόγειο ωκεανό. Η αυξημένη έκθεση του ανθρώπου στον μεθυλδράργυρο οφείλεται κυρίως στην κατανάλωση εκβολών ποταμών και θαλάσσιων ψαριών. Τα αναπτυσσόμενα έμβρυα κινδυνεύουν περισσότερο από αυτή τη νευροτοξίνη, αλλά οι επιπτώσεις στην υγεία των πληθυσμών με υψηλή έκθεση και της άγριας ζωής είναι επίσης ανησυχητικές. Απαιτείται ενσωμάτωση της επιστήμης Hg με τις εθνικές και διεθνείς προσπάθειες πολιτικής για τη στόχευση των προσπαθειών και την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας.

Πηγές μόλυνσης Υδράργυρου (Hg)

Ο υδράργυρος εισάγεται στο περιβάλλον με τρεις τρόπους. Πρώτον, ο υδράργυρος είναι εκπέμπεται στον αέρα φυσικά από τα ηφαίστεια, τη διάβρωση των βράχων, το δάσος πυρκαγιές και εδάφη. Δεύτερον, ο υδράργυρος εκπέμπεται στον αέρα από την καύση των απολιθωμάτων καύσιμα και αστικά ή ιατρικά απόβλητα. Τέλος, ο υδράργυρος μπορεί να εισαχθεί εκ νέου το περιβάλλον μέσω φυσικών διεργασιών όπως η εξάτμιση του νερού των ωκεανών. Σύμφωνα με τη **Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (2014)** στη Έκθεση Απογραφής Εκπομπών, οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής που καίνε άνθρακα για να δημιουργήσουν ηλεκτρική ενέργεια είναι η μεγαλύτερη πηγή εκπομπών· αντιπροσωπεύουν περίπου το 42% όλων των ανθρωπογενών εκπομπών υδραργύρου. Μόλις απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα, ο υδράργυρος μπορεί να ταξιδέψει εκατοντάδες μίλια με τον άνεμο πριν που εναποτίθεται στην επιφάνεια της γης. Η εναπόθεση μπορεί να συμβεί σε μόλις πέντε έως δεκατέσσερις ημέρες μετά ο υδράργυρος εκπέμπεται στον αέρα ή μπορεί να διαρκέσει περίπου ένα έτος – κατά τη διάρκεια του οποίου ο υδράργυρος μπορεί διαμένουν στον αέρα και μεταφέρονται σε όλο τον κόσμο. Μόλις αποθεθεί στο έδαφος, ο υδράργυρος μπορεί να μεταφερθούν από την απορροή βροχής και τήξης χιονιού στα επιφανειακά ύδατα της πολιτείας. Ο υδράργυρος παραμένει στο περιβάλλον για μεγάλα χρονικά διαστήματα κυκλώνοντας μπρος-πίσω μεταξύ του αέρα και του εδάφους, αλλάζοντας ταυτόχρονα χημικές μορφές. Οι ατμοσφαιρικές ζωές του ανόργανου στοιχειακού υδραργύρου είναι εκτιμάται ότι είναι έως και δύο χρόνια, ενώ ο οργανικός μεθυλδράργυρος μπορεί να παραμείνει στα εδάφη για δεκαετίες. Ο υδράργυρος δεν

απομακρύνεται ποτέ από το περιβάλλον. απλώς μεταφέρεται σε άλλες τοποθεσίες και τελικά θαμμένος κάτω από χώματα και ιζήματα.

(DES, Department of environmental services, 1988)

Επιπτώσεις στην υγεία από έκθεση σε Υδράργυρο (Hg)

Επιδράσεις σε άτομα όλων των ηλικιών

Η έκθεση στον μεθυλυδράργυρο συμβαίνει συχνότερα όταν οι άνθρωποι τρώνε είδη ψαριών και οστρακοειδών που έχουν υψηλά επίπεδα μεθυλυδραργύρου στους ιστούς τους. Σχεδόν όλοι οι άνθρωποι έχουν τουλάχιστον μικρές ποσότητες μεθυλυδραργύρου στο σώμα τους, κάτι που αντικατοπτρίζει την ευρεία παρουσία του μεθυλυδραργύρου στο περιβάλλον. Τα δεδομένα των **Κέντρων Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ (CDC)** δείχνουν ότι οι περισσότεροι άνθρωποι έχουν επίπεδα υδραργύρου στο αίμα κάτω από τα επίπεδα που σχετίζονται με πιθανές επιπτώσεις στην υγεία. Ο μεθυλυδράργυρος, ωστόσο, είναι μια ισχυρή νευροτοξίνη και τα άτομα που εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα μπορεί να παρουσιάσουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία:

- ✓ Πιθανά συμπτώματα δηλητηρίασης από μεθυλυδράργυρο μπορεί να περιλαμβάνουν:
- ✓ Απώλεια της περιφερειακής όρασης.
- ✓ Αισθήματα "καρφίτσες και βελόνες", συνήθως στα χέρια, τα πόδια και γύρω από το στόμα.
- ✓ Έλλειψη συντονισμού των κινήσεων.
- ✓ Βλάβη της ομιλίας, της ακοής, του περπατήματος.
- ✓ Μυϊκή αδυναμία

Στοιχειώδης (Μεταλλικός) Υδράργυρος

Οι εκθέσεις σε μεταλλικό υδράργυρο συμβαίνουν συχνότερα όταν χυθεί μεταλλικός υδράργυρος ή όταν σπάνε προϊόντα που περιέχουν μεταλλικό υδράργυρο, με αποτέλεσμα ο υδράργυρος να εκτεθεί στον αέρα.

Ο μεταλλικός υδράργυρος προκαλεί κυρίως επιπτώσεις στην υγεία όταν εισπνέεται ως ατμός όπου μπορεί να απορροφηθεί μέσω των πνευμόνων. Τα συμπτώματα της παρατεταμένης και/ή οξείας έκθεσης περιλαμβάνουν:

- ✓ Συναισθηματικές αλλαγές (όπως εναλλαγές διάθεσης, ευερεθιστότητα, νευρικότητα, υπερβολική ντροπαλότητα).
- ✓ Αϋπνία
- ✓ Νευρομυϊκές αλλαγές (όπως αδυναμία, μυϊκή ατροφία, συσπάσεις).
- ✓ Πονοκέφαλοι
- ✓ Αλλαγές στις νευρικές αποκρίσεις
- ✓ Κακή απόδοση σε τεστ νοητικής λειτουργίας.
- ✓ Υψηλότερες εκθέσεις μπορεί επίσης να προκαλέσουν επιδράσεις στα νεφρά, αναπνευστική ανεπάρκεια και θάνατο.

(EPA, 2019)

Μέτρα για τη ελαχιστοποίηση της έκθεσης σε Υδράργυρο(Hg)

Τα βασικά μέτρα με τα οποία μπορούμε να περιορίσουμε τη έκταση του υδραργύρου είναι:

- ✓ Η μείωση της χρήσης προϊόντων που περιέχουν υδράργυρο και πρώτων υλών που περιέχουν ανεπιθύμητες προσμίξεις υδραργύρου είναι παραδείγματα προληπτικών μέτρων.
- ✓ Η χρήση καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε υδράργυρο και εναλλακτικών λύσεων, όπως φυσικό αέριο αντί για άνθρακα και
- ✓ Χρησιμοποιώντας καύσιμα με σύνθεση που διευκολύνει τον έλεγχο του υδραργύρου.

Ο καθένας από εμάς πρέπει να κάνει το καθήκον του για να κρατήσει τον υδράργυρο μακριά από το περιβάλλον. Βεβαιωθείτε ότι αγοράζετε προϊόντα χωρίς υδράργυρο όποτε μπορείτε, όπως θερμόμετρα χωρίς υδράργυρο, θερμοστάτες θέρμανσης/ψύξης, άλλους τύπους διακοπών και ρελέ , καθώς και βαρόμετρα και μανόμετρα. Βεβαιωθείτε ότι ανακυκλώνετε προϊόντα που περιέχουν υδράργυρο και χύμα υδράργυρο. Τα νοικοκυριά μπορούν να επικοινωνήσουν με το τοπικό πρόγραμμα συλλογής οικιακών επικίνδυνων απορριμμάτων.

Μερικά προϊόντα απαιτούν υδράργυρο για να λειτουργήσουν, όπως ο φωτισμός φθορισμού και υψηλής έντασης εκκένωσης. Αυτά τα φώτα εξακολουθούν να είναι καλές επιλογές περιβαλλοντικά και οικονομικά επειδή είναι εξαιρετικά ενεργειακά αποδοτικά, πράγμα που σημαίνει ότι απαιτούν λιγότερη ενέργεια που παράγεται από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα που απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες υδραργύρου στην ατμόσφαιρα. Χρησιμοποιώντας και στη συνέχεια ανακυκλώνοντας σωστά αυτά τα αντικείμενα, μπορούμε να ελαχιστοποιήσουμε τις συνολικές εκλύσεις υδραργύρου στο περιβάλλον από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Οι προσπάθειες των κατασκευαστών προϊόντων που περιέχουν υδράργυρο, των κυβερνητικών προγραμμάτων και των εγκαταστάσεων διαχείρισης στερεών αποβλήτων έχουν μειώσει σημαντικά την είσοδο υδραργύρου στο περιβάλλον από προϊόντα που τον περιέχουν. Για παράδειγμα, τα προγράμματα της κομητείας Henneperin για να κρατήσουν τον υδράργυρο έξω από τη ροή των αποβλήτων, μαζί με τον εξοπλισμό ελέγχου της ρύπανσης στη μονάδα παραγωγής ενέργειας από απόβλητα της κομητείας, έχουν μειώσει τα επίπεδα εκπομπών υδραργύρου από 496 λίβρες το 1990 σε λιγότερο από 21 λίβρες το 2000. μείωση άνω του 95%

3.5) Additional Heavy Metals

3.5.1) As (αρσενικό) ως βαρέο μέταλλο

Το αρσενικό ως επιβλαβές βαρύ μέταλλο είναι ένας από τους κύριους παράγοντες κινδύνου για τη δημόσια υγεία. Οι πηγές έκθεσης As είναι επαγγελματικές ή μέσω των μολυσμένων τροφίμων και νερού. Όπως έχει μακρά ιστορία χρήσης, είτε ως μεταλλοειδής ουσία είτε ως φαρμακευτικό προϊόν. Είναι γνωστό ως ο βασιλιάς των δηλητηρίων και του δηλητηρίου των βασιλιάδων (**Gupta et al., 2017**). Όπως υπάρχει ως ρύπος στα τρόφιμα, το νερό και το

περιβάλλον. Το αρσενικό υπάρχει με τις μορφές μεταλλοειδούς (AsO), ανόργανου (As³⁺) και As⁵⁺), οργανικού και αρσίνης (AsH₃)

Πηγές έκθεσης (As)

Πόσιμο νερό και φαγητό

Η μεγαλύτερη απειλή για τη δημόσια υγεία από το αρσενικό προέρχεται από τα μολυσμένα υπόγεια ύδατα. Το ανόργανο αρσενικό υπάρχει φυσικά σε υψηλά επίπεδα στα υπόγεια ύδατα πολλών χωρών, όπως η Αργεντινή, το Μπαγκλαντές, η Χιλή, η Κίνα, η Ινδία, το Μεξικό και οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Πηγές έκθεσης είναι το πόσιμο νερό, οι καλλιέργειες που αρδεύονται με μολυσμένο νερό και τα τρόφιμα που παρασκευάζονται με μολυσμένο νερό.

Τα ψάρια, τα οστρακοειδή, το κρέας, τα πουλερικά, τα γαλακτοκομικά προϊόντα και τα δημητριακά μπορούν επίσης να είναι διατροφικές πηγές αρσενικού, αν και η έκθεση από αυτά τα τρόφιμα είναι γενικά πολύ χαμηλότερη σε σύγκριση με την έκθεση μέσω μολυσμένων υπόγειων υδάτων. Στα θαλασσινά, το αρσενικό βρίσκεται κυρίως στη λιγότερο τοξική οργανική του μορφή.

Βιομηχανικές διεργασίες

Το αρσενικό χρησιμοποιείται βιομηχανικά ως παράγοντας κράματος, καθώς και στην επεξεργασία γυαλιού, χρωστικών, υφασμάτων, χαρτιού, συγκολλητικών μετάλλων, συντηρητικών ξύλου και πυρομαχικών. Το αρσενικό χρησιμοποιείται επίσης στη διαδικασία μαυρίσματος της επιδερμίδας και, σε περιορισμένο βαθμό, σε φυτοφάρμακα, πρόσθετα ζωοτροφών και φαρμακευτικά προϊόντα.

Καπνός

Τα άτομα που καπνίζουν καπνό μπορούν επίσης να εκτεθούν στη φυσική περιεκτικότητα του καπνού σε ανόργανο αρσενικό, επειδή τα φυτά του καπνού μπορούν να προσλάβουν το αρσενικό που υπάρχει φυσικά στο έδαφος. Επίσης, στο παρελθόν, η πιθανότητα για αυξημένη έκθεση σε αρσενικό ήταν πολύ μεγαλύτερη όταν τα φυτά καπνού χρησιμοποιούσαν εντομοκτόνο αρσενικού μολύβδου.

(World Health Organization)

Επιπτώσεις στην υγεία από έκθεση σε Αρσενικό(As)

Το ανόργανο αρσενικό είναι ένα επιβεβαιωμένο καρκινογόνο και είναι ο πιο σημαντικός χημικός ρύπος στο πόσιμο νερό παγκοσμίως. Το αρσενικό μπορεί επίσης να εμφανιστεί σε οργανική μορφή. Οι ανόργανες ενώσεις αρσενικού (όπως αυτές που βρίσκονται στο νερό) είναι ιδιαίτερα τοξικές ενώ οι οργανικές ενώσεις αρσενικού (όπως αυτές που βρίσκονται στα θαλασσινά) είναι λιγότερο επιβλαβείς για την υγεία.

Οξείες επιπτώσεις

Τα άμεσα συμπτώματα της οξείας δηλητηρίασης από αρσενικό περιλαμβάνουν έμετο, κοιλιακό άλγος και διάρροια. Ακολουθούν μούδιασμα και μυρμήγκιασμα των άκρων, μυϊκές κράμπες και θάνατος, σε ακραίες περιπτώσεις.

Μακροπρόθεσμα αποτελέσματα

Τα πρώτα συμπτώματα μακροχρόνιας έκθεσης σε υψηλά επίπεδα ανόργανου αρσενικού (για παράδειγμα, μέσω πόσιμου νερού και τροφής) παρατηρούνται συνήθως στο δέρμα και περιλαμβάνουν αλλαγές μελάγχρωσης, δερματικές αλλοιώσεις και σκληρά μπαλώματα στις παλάμες και τα πέλματα των ποδιών. (υπερκεράτωση). Αυτά συμβαίνουν μετά από ελάχιστη έκθεση περίπου πέντε ετών και μπορεί να είναι πρόδρομος του καρκίνου του δέρματος.

Εκτός από τον καρκίνο του δέρματος, η μακροχρόνια έκθεση στο αρσενικό μπορεί επίσης να προκαλέσει καρκίνους της ουροδόχου κύστης και των πνευμόνων. Ο Διεθνής Οργανισμός Έρευνας για τον Καρκίνο (**IARC**) έχει ταξινομήσει το αρσενικό και τις ενώσεις του αρσενικού ως καρκινογόνες για τον άνθρωπο και έχει επίσης δηλώσει ότι το αρσενικό στο πόσιμο νερό είναι καρκινογόνο για τον άνθρωπο.

Άλλες δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία που μπορεί να σχετίζονται με τη μακροχρόνια κατάποση ανόργανου αρσενικού περιλαμβάνουν αναπτυξιακές επιδράσεις, διαβήτη, πνευμονική νόσο και καρδιαγγειακή νόσο. Το έμφραγμα του μυοκαρδίου που προκαλείται από αρσενικό, ειδικότερα, μπορεί να είναι μια σημαντική αιτία υπερβολικής θνησιμότητας. Στην Κίνα (επαρχία της Ταϊβάν), η έκθεση σε αρσενικό έχει συνδεθεί με τη «νόσος του μαύρου ποδιού», η οποία είναι μια σοβαρή ασθένεια των αιμοφόρων αγγείων που οδηγεί σε γάγγραινα. Ωστόσο, αυτή η ασθένεια δεν έχει παρατηρηθεί σε άλλα μέρη του κόσμου και είναι πιθανό ο υποσιτισμός να συμβάλλει στην ανάπτυξή της.

Το αρσενικό σχετίζεται επίσης με δυσμενή έκβαση της εγκυμοσύνης και τη βρεφική θνησιμότητα, με επιπτώσεις στην υγεία των παιδιών (1), και η έκθεση στη μήτρα και στην πρώιμη παιδική ηλικία έχει συνδεθεί με αυξήσεις στη θνησιμότητα σε νεαρούς ενήλικες λόγω πολλαπλών καρκίνων, πνευμονικών παθήσεων, καρδιακών προσβολών, και νεφρική ανεπάρκεια (2). Πολυάριθμες μελέτες έχουν δείξει αρνητικές επιπτώσεις της έκθεσης σε αρσενικό στη γνωστική ανάπτυξη, τη νοημοσύνη και τη μνήμη (3).

(World Health Organization)

Πρόληψη και έλεγχος της διασποράς Αρσενικού

- ✓ Αντικαταστήστε πηγές υψηλής περιεκτικότητας σε αρσενικό, όπως τα υπόγεια ύδατα, με πηγές χαμηλής περιεκτικότητας σε αρσενικό, μικροβιολογικά ασφαλείς, όπως το νερό της βροχής και τα επεξεργασμένα επιφανειακά ύδατα. Το νερό χαμηλής περιεκτικότητας σε αρσενικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πόσιμο, μαγείρεμα και άρδευση, ενώ το νερό με υψηλή περιεκτικότητα σε αρσενικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς όπως το μπάνιο και το πλύσιμο των ρούχων.
- ✓ Κάντε διάκριση μεταξύ πηγών υψηλής και χαμηλής περιεκτικότητας σε αρσενικό. Για παράδειγμα, δοκιμάστε το νερό για επίπεδα αρσενικού και βαφή φρεατίων σωλήνων ή χειροκίνητες αντλίες διαφορετικών χρωμάτων. Αυτό μπορεί να είναι ένα αποτελεσματικό και χαμηλού κόστους μέσο για την ταχεία μείωση της έκθεσης στο αρσενικό όταν συνοδεύεται από αποτελεσματική εκπαίδευση.
- ✓ Ανακατέψτε νερό χαμηλής περιεκτικότητας σε αρσενικό με νερό υψηλότερου αρσενικού για να επιτύχετε ένα αποδεκτό επίπεδο συγκέντρωσης αρσενικού.

- ✓ Εγκαταστήστε συστήματα αφαίρεσης αρσενικού – είτε κεντρικά είτε οικιακά – και εξασφαλίστε την κατάλληλη απόρριψη του αφαιρεθέντος αρσενικού. Οι τεχνολογίες για την απομάκρυνση του αρσενικού περιλαμβάνουν τεχνικές οξείδωσης, πήξης-καθίζησης, απορρόφησης, ανταλλαγής ιόντων και μεμβρανών. Υπάρχει ένας αυξανόμενος αριθμός αποτελεσματικών και χαμηλού κόστους επιλογών για την αφαίρεση του αρσενικού από μικρές ή οικιακές προμήθειες, αν και εξακολουθούν να υπάρχουν περιορισμένα στοιχεία σχετικά με τον βαθμό στον οποίο τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά για παρατεταμένες χρονικές περιόδους.

(World Health Organization)

3.5.2) Cr (χρώμιο) ως βαρέο μέταλλο

Το χρώμιο είναι μια ελληνική λέξη (Chroma= χρώμα), που σημαίνει έγχρωμες ενώσεις. Λόγω της ευρείας βιομηχανικής χρήσης, το χρώμιο θεωρείται σοβαρός περιβαλλοντικός ρύπος. Η μόλυνση του εδάφους και του νερού από χρώμιο αποτελεί πρόσφατη ανησυχία. Το χρώμιο εμφανίζεται στη φύση σε δεσμευμένες μορφές που αποτελούν 0,1 - 0,3 mg kg⁻¹ του γήινου φλοιού.

(Department of Soil Science and Agricultural Chemistry, J. N. Krishi Vishwa Vidyalaya)

Πηγές έκθεσης (Cr)

Οι περιβαλλοντικές πηγές χρωμίου περιλαμβάνουν:

(Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

- αερομεταφερόμενες εκπομπές από χημικές μονάδες και εγκαταστάσεις αποτέφρωσης
- σκόνη τσιμέντου
- μολυσμένη χωματερή
- απόβλητα από χημικά εργοστάσια
- διάβρωση επένδυσης αμιάντου
- σκόνη δρόμου από τη διάβρωση του καταλυτικού μετατροπέα και τα φρένα αμιάντου
- καπνός τσιγάρου ,φυτικό έδαφος και πετρώματα

Επιπτώσεις στην υγεία από έκθεση σε Χρώμιο (Cr)

Οι επαγγελματικές εκθέσεις συχνά περιλαμβάνουν μικτή έκθεση τόσο στο Cr (III) όσο και στο Cr (VI) (EPA 1998)

Η ανθρώπινη επαγγελματική εμπειρία δείχνει ξεκάθαρα ότι, όταν εισπνέονται, οι ενώσεις του χρωμίου είναι ερεθιστικές της αναπνευστικής οδού, με αποτέλεσμα ερεθισμό των αεραγωγών, απόφραξη αεραγωγών και καρκίνο του πνεύμονα, της μύτης ή του κόλπου. Η

δόση, η διάρκεια έκθεσης και η συγκεκριμένη ένωση που εμπλέκεται μπορούν να καθορίσουν τις δυσμενείς επιπτώσεις του χρωμίου στην υγεία.

Οι πνευμονικές ερεθιστικές επιδράσεις μετά από εισπνοή σκόνης χρωμίου μπορεί να περιλαμβάνουν:

- άσθμα
- χρόνια βρογχίτιδα
- χρόνιος ερεθισμός
- χρόνια φαρυγγίτιδα
- χρόνια ρινίτιδα
- συμφόρηση και υπεραιμία
- πολύποδες της ανώτερης αναπνευστικής οδού
- τραχειοβρογχίτιδα
- εξέλκωση του ρινικού βλεννογόνου με πιθανή διάτρηση του διαφράγματος

[Lindberg and Hedenstierna 1983, Dayan και Paine 2001]

Πρόληψη και έλεγχος της διασποράς Χρωμίου (Cr)

Ορισμένες στρατηγικές που χρησιμοποιούνται για την αποκατάσταση της ρύπανσης από χρώμιο περιλαμβάνουν μεθόδους χημικής μείωσης με αναγωγικούς παράγοντες όπως Fe (0) και Fe (II), καθίζηση, προσρόφηση, ανταλλαγή ιόντων, ηλεκτροπληξία ή βιολογική μείωση ως αποτέλεσμα μικροβιακού μεταβολισμού.

3.5.3) Cu (χαλκός) ως βαρέο μέταλλο

Ο χαλκός είναι ένα απαραίτητο ιχνοστοιχείο. Αυτό σημαίνει ότι χρειάζεστε μόνο πολύ μικρές ποσότητες από αυτό. Ο χαλκός συνδέεται κανονικά με τις πρωτεΐνες στο σώμα σας, το οποίο είναι υγιές. Μερικές φορές ο χαλκός δεν συνδέεται με τις πρωτεΐνες σας και είναι γνωστός ως αδέσμευτος ή ελεύθερος. Σε αυτή την περίπτωση, μπορεί να είναι ανθυγιεινό και ακόμη και τοξικό .

(R. Morgan Griffin, WebMD, 2020)

Πηγές Ρύπανσης Χαλκού (Cu)

Η ρύπανση του περιβάλλοντος από χαλκό προέρχεται από ανθρώπινες δραστηριότητες και φυσικές πηγές. Η εξόρυξη χαλκού στα ορυχεία δημιουργεί σκόνη πλούσια με το μέταλλο και ο άνεμος μπορεί να την εξαπλώσει γύρω από την τοποθεσία του ορυχείου. Οι κατασκευαστικές εταιρείες που ασχολούνται με τον χαλκό στην παραγωγή μετάλλων, ηλεκτρικών συσκευών, φυτοφαρμάκων, μυκητοκτόνων και άλλων προϊόντων που περιέχουν χαλκό συχνά απελευθερώνουν μολυσμένο νερό στο σύστημα αποχέτευσης που οδηγεί σε ρέματα και άλλα υδάτινα σώματα. Η χρήση φυτοφαρμάκων όπως το "Bordeaux mix", ένα μυκητοκτόνο που χρησιμοποιεί αυτό το μέταλλο, εισάγει επίσης περισσότερες ενώσεις χαλκού στο περιβάλλον και μπορεί να επηρεάσει τον άνθρωπο που καταναλώνει

άπλυτα φρούτα ή λαχανικά που ψεκάζονται με τέτοια φυτοφάρμακα. Στα κτίρια, ο χαλκός που χρησιμοποιείται στις υδραυλικές εγκαταστάσεις διαλύεται σταδιακά και προσθέτει το μέταλλο στην παροχή νερού. Άλλες πηγές ρύπανσης από χαλκό περιλαμβάνουν την καύση ορυκτών καυσίμων, τα χρησιμοποιημένα λιπαντικά κινητήρα, το χρώμα και τη φθορά των τακακιών φρένων. Σε σπάνιες περιπτώσεις, τα χάλκινα σπирάλ, μια μη ορμονική μορφή ελέγχου των γεννήσεων, έχουν αναγνωριστεί ως η αιτία της δηλητηρίασης από χαλκό σε άτομα.

(Joseph Kiprop, January 5 2021)

Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις της Ρύπανσης Χαλκού

Η περίσσεια χαλκού στο έδαφος δημιουργεί ένα τοξικό περιβάλλον για τους περισσότερους μικροοργανισμούς όπως τα βακτήρια. Η τοξικότητα του χαλκού στο έδαφος αναστέλλει την ανοργανοποίηση θρεπτικών ουσιών όπως ο φώσφορος και το άζωτο, καθώς το μέταλλο συνδέεται με μέταλλα και οργανική ύλη. Τα ζώα απορροφούν χαλκό όταν τρέφονται σε μολυσμένο έδαφος, οδηγώντας σε κακή υγεία. Η περίσσεια χαλκού στο νερό έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην υδρόβια ζωή, με βλάβες σε οργανισμούς του γλυκού νερού όπως τα ψάρια. Ο χαλκός βλάπτει τα νεφρά, το νευρικό σύστημα και το συκώτι των περισσότερων πλασμάτων του νερού.

Επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία

Οι άνθρωποι χρειάζονται χαμηλά επίπεδα χαλκού για να διατηρήσουν την καλή τους υγεία. Όταν το μέταλλο συσσωρεύεται σε υψηλά επίπεδα στο σώμα, επηρεάζεται η υγεία. Η τοξικότητα του χαλκού εκδηλώνεται στην κίρρωση του ήπατος σε παιδιά με έχει συνδεθεί με τη χρήση χάλκινων μαγειρικών σκευών στο βραστό γάλα. Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα χαλκού μπορεί να προκαλέσει ναυτία, διάρροια, πόνους στο στήθος και ερεθισμό της αναπνευστικής οδού. Η βλάβη στον εγκέφαλο συμβαίνει μέσω της νόσου του Wilson που δεν έχει αντιμετωπιστεί, η οποία είναι μια κληρονομική πάθηση που αναστέλλει την απέκκριση χαλκού στη χολή από το ήπαρ. Σύμφωνα με το **Υπουργείο Υγείας και Ανθρωπίνων Υπηρεσιών των ΗΠΑ**, πολύ υψηλές δόσεις χαλκού μπορεί να βλάψουν τα νεφρά και το συκώτι και μπορεί να οδηγήσουν σε θάνατο. Υπάρχει επίσης συσχέτιση μεταξύ ορισμένων επιπτώσεων γήρανσης και περίσσειας χαλκού.

(Joseph Kiprop, January 5 2021)

Πρόληψη της ρύπανσης από χαλκό

Η πρόληψη της ρύπανσης από χαλκό στις βιομηχανίες περιλαμβάνει διαφορετικές στρατηγικές. Η υποκατάσταση υλικού μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της ρύπανσης από χαλκό μέσω της χρήσης λιγότερο ή μη τοξικών υλικών. Άλλες μέθοδοι πρόληψης στις βιομηχανίες περιλαμβάνουν τον επανασχεδιασμό του προϊόντος και τη βελτίωση της διαδικασίας. Το τελευταίο περιλαμβάνει καλά προγράμματα συντήρησης και αύξηση της απόδοσης του εξοπλισμού. Η Πρόληψη και Έλεγχος Ρύπανσης στο Ηνωμένο Βασίλειο

ελέγχει την απελευθέρωση χαλκού. Στις ΗΠΑ, η Πολιτεία της Ουάσιγκτον απαγόρευσε τη βαφή με βάση τον χαλκό σε σκάφη αναψυχής το 2011.

(Joseph Kiprop, January 5 2021)

3.5.4) Ni (νικέλιο) ως βαρέο μέταλλο

Ενώ το νικέλιο μπορεί να βρεθεί φυσικά στο νερό και το έδαφος, συναντάται συχνά σε περιοχές με ανθρώπινη ρύπανση. Σε μικρές ποσότητες, αποβάλλεται μέσω των ούρων ή του εντερικού σωλήνα. Σε μεγαλύτερες δόσεις, ωστόσο, είναι τοξικό και μπορεί να προκαλέσει σοβαρές παθήσεις υγείας. Το νικέλιο είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο για την υγεία των φυτών και των ζώων. Έχει ευρεία διανομή στο περιβάλλον και απελευθερώνεται στο περιβάλλον από τη βιομηχανική παραγωγή, την εξόρυξη και την τήξη μεταλλευμάτων. Έχει πολλές εμπορικές και βιομηχανικές χρήσεις. Το νικέλιο και οι ενώσεις του νικελίου ανήκουν σε κλασικούς επιβλαβείς παράγοντες και επηρεάζουν επίσης τα φυτά, τα ζώα καθώς και τους μικροοργανισμούς μέσω του αέρα, του νερού και του εδάφους. (Environmental Pollution Center)

Πηγές και πιθανή έκθεση Νικελίου (Ni)

- Το νικέλιο είναι ένα φυσικό στοιχείο του φλοιού της γης. Ως εκ τούτου, μικρές ποσότητες βρίσκονται σε τρόφιμα, νερό, έδαφος και αέρα.
- Τα τρόφιμα είναι η κύρια πηγή έκθεσης σε νικέλιο, με μια μέση πρόσληψη για τους ενήλικες που εκτιμάται ότι είναι περίπου 100 έως 300 μικρογραμμάρια την ημέρα (μg/d).
- Τα άτομα μπορεί επίσης να εκτεθούν στο νικέλιο σε επαγγέλματα που εμπλέκονται στην παραγωγή, επεξεργασία και χρήση του, ή μέσω της επαφής με καθημερινά είδη, όπως κοσμήματα που περιέχουν νικέλιο και μαγείρεμα από ανοξείδωτο χάλυβα και σκεύη φαγητού και με το κάπνισμα καπνού.
- Το νικέλιο βρίσκεται στον αέρα του περιβάλλοντος σε πολύ χαμηλά επίπεδα ως αποτέλεσμα των απελευθερώσεων από την καύση πετρελαίου και άνθρακα, νικέλιο διύλιση μετάλλων, αποτέφρωση ιλύος λυμάτων, εγκαταστάσεις παραγωγής και άλλες πηγές.
- Δεδομένης της υψηλής αστάθειάς του, η έκθεση σε καρβονύλιο νικελίου είναι εξαιρετικά σπάνια.

(U.S. Environmental Protection Agency)

Επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία από διασπορά Νικελίου

Οξείες Επιδράσεις:

- Ένα άτομο που εκτέθηκε σε εξαιρετικά υψηλό επίπεδο νικελίου μέσω της εισπνοής υπέστη σοβαρή βλάβη στους πνεύμονες και νεφρά.
- Γαστρεντερική δυσφορία (π.χ. ναυτία, έμετος, διάρροια) και νευρολογικές επιδράσεις αναφέρθηκαν σε εργάτες που έπιναν νερό σε μια βάρδια που ήταν μολυσμένο με νικέλιο ως θεϊκό νικέλιο και νικέλιο χλωριούχο.
- Πνευμονική ίνωση και νεφρικό οίδημα αναφέρθηκαν σε ανθρώπους και ζώα μετά από οξεία (βραχυπρόθεσμη) έκθεση σε καρβονύλιο νικελίου.

- Οξείες δοκιμές σε ζώα σε αρουραίους έδειξαν ότι οι ενώσεις νικελίου παρουσιάζουν τιμές οξείας τοξικότητας που κυμαίνονται από χαμηλά προς ψηλά. Οι διαλυτές ενώσεις, όπως το οξικό νικέλιο, ήταν οι πιο τοξικές και οι αδιάλυτες μορφές, όπως η σκόνη νικελίου, ήταν οι λιγότερο τοξικές.

Κίνδυνος καρκίνου:

- Το θεικό νικέλιο μέσω εισπνοής και το οξικό νικέλιο στο πόσιμο νερό δεν ήταν καρκινογόνα ούτε σε αρουραίους ούτε ποντίκια.
- Η ΕΡΑ δεν έχει αξιολογήσει τα διαλυτά άλατα του νικελίου ως κατηγορία ενώσεων για πιθανή καρκινογένεση στον άνθρωπο.

Χρόνιες Επιδράσεις:

- Η δερματίτιδα είναι η πιο κοινή επίδραση στους ανθρώπους από τη χρόνια δερματική έκθεση στο νικέλιο.
- Θήκες νικελίου έχουν αναφερθεί δερματίτιδα μετά από επαγγελματική και μη έκθεση, με συμπτώματα έκζεμα (εξάνθημα, κνησμός) των δακτύλων, των χεριών, των καρπών και των αντιβραχίων. (1,2,6,7)
- Η χρόνια έκθεση σε νικέλιο μέσω εισπνοής στους ανθρώπους έχει επίσης ως αποτέλεσμα αναπνευστικά αποτελέσματα, συμπεριλαμβανομένου ενός τύπου άσθμα ειδικό για το νικέλιο, μειωμένη πνευμονική λειτουργία και βρογχίτιδα.
- Μελέτες σε ζώα έχουν αναφέρει επίδραση στους πνεύμονες και το ανοσοποιητικό σύστημα από την εισπνοή έκθεσης σε διαλυτές και αδιάλυτες ενώσεις νικελίου (οξειδίο νικελίου, υποθειικό, επταένυδρο θειικό). Οι διαλυτές ενώσεις νικελίου είναι πιο τοξικές για την αναπνευστική οδό από τις λιγότερο διαλυτές ενώσεις.

(U.S. Environmental Protection Agency)

Πρόληψη της ρύπανσης από Νικέλιο

Η τεχνική χημικής αποκατάστασης είναι η πιο κοινή τεχνική για το νικέλιο από μολυσμένη περιοχή. Το αδιάλυτο πολυακρυλικό πολυμερές θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την αποκατάσταση αμμώδους εδάφους μολυσμένου με 50mg Ni kg⁻¹ χώματος. Το διάλυμα CaCl₂ χρησιμοποιήθηκε για την απομάκρυνση ενός ορισμένου % Ni στο έδαφος.

(Department of Chemistry, Government M.V.M., Bhopal, M.P., INDIA)

3.5.5) Se (Σελήνιο) ως βαρέο μέταλλο

Σε υψηλές συγκεντρώσεις, το σελήνιο δρα ως περιβαλλοντικός ρύπος. Πηγές ρύπανσης περιλαμβάνουν απόβλητα από ορισμένες εξορυκτικές, γεωργικές, πετροχημικές και βιομηχανικές μεταποιητικές εργασίες.

Σημαντικές φυσιολογικές αλλαγές μπορεί να συμβούν σε ψάρια με υψηλές συγκεντρώσεις σεληνίου στους ιστούς. Τα ψάρια που έχουν προσβληθεί από σελήνιο μπορεί να εμφανίσουν πρήξιμο των βραγχίων, το οποίο εμποδίζει τη διάχυση του οξυγόνου στα

βράγχια και τη ροή του αίματος μέσα στα βράγχια. Η αναπνευστική ικανότητα μειώνεται περαιτέρω λόγω της δέσμησης του σεληνίου με την αιμοσφαιρίνη. Άλλα προβλήματα περιλαμβάνουν εκφύλιση του ηπατικού ιστού, πρήξιμο γύρω από την καρδιά, κατεστραμμένα ωοθυλάκια ωαρίων στις ωοθήκες, καταρράκτη και συσσώρευση υγρού στην κοιλότητα του σώματος και στο κεφάλι. Το σελήνιο προκαλεί συχνά ένα κακομορφωμένο έμβρυο ψαριού το οποίο μπορεί να έχει προβλήματα σίτισης ή αναπνοής. Η παραμόρφωση των πτερυγίων ή της σπονδυλικής στήλης είναι επίσης συχνή. Τα ενήλικα ψάρια μπορεί να φαίνονται υγιή παρά την αδυναμία τους να παράγουν βιώσιμους απογόνους.

Η ρύπανση από σελήνιο επηρεάζει τους ωκεανούς σε όλο τον κόσμο και προκαλείται κυρίως από ανθρωπογενείς παράγοντες όπως η απορροή της γεωργίας και οι βιομηχανικές διεργασίες. Τα ψάρια είναι μια σημαντική πηγή πρωτεΐνης για τον άνθρωπο. Στην πραγματικότητα, το 16,7% της παγκόσμιας πρόσληψης ζωικής πρωτεΐνης προήλθε από ψάρια το 2010. Με τα ψάρια ως πηγή πρωτεΐνης για τον άνθρωπο, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τη ρύπανση από σελήνιο για την πιθανή επίδρασή του στον άνθρωπο.

Η υψηλή βιοσυσσώρευση σεληνίου σε υδάτινα περιβάλλοντα προκαλεί θανάτωση μεγάλων ψαριών ανάλογα με το είδος στην πληγείσα περιοχή. Υπάρχουν, ωστόσο, μερικά είδη που έχουν δει ότι επιβιώνουν από αυτά τα γεγονότα και ανέχονται το αυξημένο σελήνιο. Έχει επίσης προταθεί ότι η εποχή μπορεί να έχει αντίκτυπο στις βλαβερές επιπτώσεις του σεληνίου στα ψάρια. Για να μειωθεί η ποσότητα του σεληνίου που εισέρχεται στους ωκεανούς, μπορούν να εφαρμοστούν πολιτικές όπως η χρήση μικροβίων ή ενζύμων που στοχεύουν και διασπούν μεταλλοειδή όπως το σελήνιο.

[\(Wikipedia/Selenium\)](#)

Πηγές σεληνίου (Se)

Τροφή

Οι ξηροί καρποί Βραζιλίας, τα θαλασσινά και τα κρέατα οργάνων είναι οι πλουσιότερες πηγές τροφίμων σε σελήνιο. Άλλες πηγές περιλαμβάνουν κρέατα μυών, δημητριακά και άλλα δημητριακά και γαλακτοκομικά προϊόντα. Η ποσότητα σεληνίου στο πόσιμο νερό δεν είναι διατροφικά σημαντική στις περισσότερες γεωγραφικές περιοχές. Οι κύριες πηγές τροφίμων σεληνίου στην διατροφή είναι το ψωμί, τα δημητριακά, το κρέας, τα πουλερικά, τα ψάρια και τα αυγά.

Η ποσότητα σεληνίου σε ένα δεδομένο είδος φυτικής τροφής εξαρτάται από την ποσότητα σεληνίου στο έδαφος και από αρκετούς άλλους παράγοντες, όπως το pH του εδάφους, την ποσότητα της οργανικής ύλης στο έδαφος και το εάν το σελήνιο είναι σε μορφή που είναι επιδέχεται πρόσληψη από το φυτό. Ως αποτέλεσμα, οι συγκεντρώσεις σεληνίου στα τρόφιμα φυτικής προέλευσης ποικίλλουν ευρέως ανάλογα με τη γεωγραφική τοποθεσία.

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε σελήνιο επηρεάζει τις ποσότητες σεληνίου στα φυτά που τρώνε τα ζώα, επομένως οι ποσότητες σεληνίου στα ζωικά προϊόντα ποικίλλουν επίσης. Ωστόσο, η συγκέντρωση σεληνίου στο έδαφος έχει μικρότερη επίδραση στα επίπεδα σεληνίου στα ζωικά προϊόντα από ότι στα φυτικά τρόφιμα, επειδή τα ζώα διατηρούν προβλέψιμες συγκεντρώσεις σεληνίου στους ιστούς μέσω ομοιοστατικών μηχανισμών. Επιπλέον, οι παρασκευασμένες τροφές ζώων περιέχουν γενικά τα ίδια επίπεδα σεληνίου.

Πολλά δημητριακά ολικής αλέσεως και γαλακτοκομικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένου του γάλακτος και του γιαουρτιού, είναι καλές πηγές σεληνίου. Ορισμένα έτοιμα προς κατανάλωση δημητριακά πρωινού είναι εμπλουτισμένα με σελήνιο και ορισμένα φρούτα και λαχανικά περιέχουν σελήνιο. Το χοιρινό, το μοσχάρι, η γαλοπούλα, το κοτόπουλο, το ψάρι, τα οστρακοειδή και τα αυγά περιέχουν υψηλές ποσότητες σεληνίου

(National Institute of Health,2021)

Οι επιπτώσεις του σεληνίου στην υγεία

Οι άνθρωποι μπορεί να εκτεθούν στο σελήνιο με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Η έκθεση στο σελήνιο πραγματοποιείται είτε μέσω τροφής ή νερού, είτε όταν ερχόμαστε σε επαφή με χώμα ή αέρα που περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις σεληνίου. Αυτό δεν είναι πολύ περίεργο, επειδή το σελήνιο εμφανίζεται φυσικά στο περιβάλλον εκτενώς και είναι πολύ διαδεδομένο.

Η έκθεση στο σελήνιο γίνεται κυρίως μέσω των τροφίμων, επειδή το σελήνιο υπάρχει φυσικά στα δημητριακά, τα δημητριακά και το κρέας. Οι άνθρωποι πρέπει να απορροφούν ορισμένες ποσότητες σεληνίου καθημερινά, προκειμένου να διατηρήσουν την καλή υγεία. Τα τρόφιμα συνήθως περιέχουν αρκετό σελήνιο για την πρόληψη ασθενειών που προκαλούνται από ελλείψεις.

Η πρόσληψη σεληνίου μέσω των τροφίμων μπορεί να είναι υψηλότερη από το συνηθισμένο σε πολλές περιπτώσεις, επειδή στο παρελθόν πολλά λιπάσματα πλούσια σε σελήνιο έχουν εφαρμοστεί σε γεωργικές εκτάσεις.

Οι άνθρωποι που ζουν κοντά σε επικίνδυνα απόβλητα θα βιώσουν μεγαλύτερη έκθεση μέσω του εδάφους και του αέρα. Το σελήνιο από επικίνδυνα απόβλητα και από γεωργικές εκτάσεις θα καταλήξει στα υπόγεια ή επιφανειακά ύδατα μέσω της άρδευσης. Αυτό το φαινόμενο προκαλεί το σελήνιο να καταλήγει στο τοπικό πόσιμο νερό, έτσι ώστε η έκθεση στο σελήνιο μέσω του νερού να είναι προσωρινά αυξημένη.

Οι άνθρωποι που εργάζονται σε βιομηχανίες μετάλλων, βιομηχανίες ανάκτησης σεληνίου και βιομηχανίες χρωμάτων τείνουν επίσης να βιώνουν υψηλότερη έκθεση σε σελήνιο, κυρίως μέσω της αναπνοής. Το σελήνιο απελευθερώνεται στον αέρα μέσω της καύσης άνθρακα και λαδιού.

Οι άνθρωποι που τρώνε πολλά δημητριακά που αναπτύσσονται κοντά σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις μπορεί να βιώσουν μεγαλύτερη έκθεση στο σελήνιο μέσω της τροφής. Η έκθεση στο σελήνιο μέσω του πόσιμου νερού μπορεί να αυξηθεί όταν το σελήνιο από τη διάθεση επικίνδυνων αποβλήτων καταλήγει σε φρεάτια νερού.

Η έκθεση στο σελήνιο μέσω του αέρα εμφανίζεται συνήθως μόνο στο χώρο εργασίας. Μπορεί να προκαλέσει ζάλη, κόπωση και ερεθισμούς των βλεννογόνων. Όταν η έκθεση είναι εξαιρετικά υψηλή, μπορεί να εμφανιστεί συλλογή υγρού στους πνεύμονες και βρογχίτιδα.

Η πρόσληψη σεληνίου μέσω των τροφίμων είναι συνήθως αρκετά υψηλή για να καλύψει τις ανθρώπινες ανάγκες. ελλείψεις σπάνια εμφανίζονται. Όταν εμφανίζονται ελλείψεις, οι άνθρωποι μπορεί να εμφανίσουν καρδιακά και μυϊκά προβλήματα.

Όταν η πρόσληψη σεληνίου είναι πολύ υψηλή, είναι πιθανό να προκύψουν επιπτώσεις στην υγεία. Η σοβαρότητα αυτών των επιπτώσεων εξαρτάται από τις συγκεντρώσεις σεληνίου στα τρόφιμα και από το πόσο συχνά καταναλώνεται αυτό το φαγητό.

Οι επιπτώσεις στην υγεία διαφόρων μορφών σεληνίου μπορεί να ποικίλλουν από εύθραυστα μαλλιά και παραμορφωμένα νύχια μέχρι εξανθήματα, ζέστη, πρήξιμο του δέρματος και έντονους πόνους. Όταν το σελήνιο καταλήγει στα μάτια, οι άνθρωποι αισθάνονται κάψιμο, ερεθισμό και δακρύρροια.

Η δηλητηρίαση από σελήνιο μπορεί να γίνει τόσο σοβαρή σε ορισμένες περιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει ακόμη και θάνατο.

Η υπερβολική έκθεση σε αναθυμιάσεις σεληνίου μπορεί να προκαλέσει συσσώρευση στους πνεύμονες, αναπνοή σκόρδου, βρογχίτιδα, πνευμονίτιδα, βρογχικό άσθμα, ναυτία, ρίγη, πυρετός, πονοκέφαλος, πονόλαιμος, δύσπνοια, επιπεφυκίτιδα, έμετος, κοιλιακό άλγος, διάρροια και διαρροή. Το σελήνιο είναι ένα ερεθιστικό για τα μάτια και το ανώτερο αναπνευστικό και ευαισθητοποιητικό.

Καρκινογένεση - **Ο Διεθνής Οργανισμός Έρευνας για τον Καρκίνο (IARC)** έχει συμπεριλάβει το σελήνιο στην Ομάδα 3 (Ο παράγοντας δεν ταξινομείται ως προς την καρκινογένεια του για τον άνθρωπο).

Επιδράσεις του σεληνίου στο περιβάλλον

Τα χαμηλά επίπεδα σεληνίου μπορεί να καταλήξουν στο έδαφος ή στο νερό λόγω της διάβρωσης των πετρωμάτων. Στη συνέχεια θα απορροφηθεί από τα φυτά ή θα καταλήξει στον αέρα όταν προσροφηθεί σε λεπτά σωματίδια σκόνης. Το σελήνιο είναι πιο πιθανό να εισέλθει στον αέρα μέσω της καύσης άνθρακα και λαδιού, ως διοξείδιο του σεληνίου. Αυτή η ουσία θα μετατραπεί σε οξύ σεληνίου στο νερό ή τον ιδρώτα. Οι ουσίες του σεληνίου στον αέρα συνήθως διασπώνται σε σελήνιο και νερό αρκετά γρήγορα, έτσι ώστε να μην είναι επικίνδυνες για την υγεία των οργανισμών.

Η συμπεριφορά του σεληνίου στο περιβάλλον εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις αλληλεπιδράσεις του με άλλες ενώσεις και τις περιβαλλοντικές συνθήκες σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Υπάρχουν ενδείξεις ότι το σελήνιο μπορεί να συσσωρευτεί στους ιστούς του σώματος των οργανισμών και μπορεί να περάσει μέσω της τροφικής αλυσίδας. Συνήθως αυτή η βιολογική μεγέθυνση του σεληνίου ξεκινά όταν τα ζώα τρώνε πολλά φυτά που έχουν απορροφήσει μεγάλες ποσότητες σεληνίου, πριν από την πέψη. Λόγω της άρδευσης, οι συγκεντρώσεις σεληνίου τείνουν να είναι πολύ υψηλές στους υδροβίους οργανισμούς σε πολλές περιοχές.

Όταν τα ζώα απορροφούν ή συσσωρεύουν εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις σεληνίου μπορεί να προκαλέσει αναπαραγωγική ανεπάρκεια και γενετικές ανωμαλίες.

Lenntech (European Head Office)

Πρόληψη της ρύπανσης από Σελήνιο (Se)

Εάν ο γιατρός σας διαπιστώσει ότι έχετε εκτεθεί σε σημαντικές ποσότητες σεληνίου, ρωτήστε εάν ενδέχεται να εκτεθούν και τα παιδιά σας. Ο γιατρός σας μπορεί να χρειαστεί να ζητήσει από το κρατικό τμήμα υγείας σας να το διερευνήσει.

Δεδομένου ότι το σελήνιο υπάρχει φυσικά στο περιβάλλον, δεν μπορούμε να αποφύγουμε την έκθεση σε αυτό. Ορισμένα συμπληρώματα διατροφής και σαμπουάν κατά της πιτυρίδας περιέχουν σελήνιο σε υψηλά επίπεδα. Δεν πρέπει να υπερβαίνετε τις συνιστώμενες δόσεις όταν χρησιμοποιείτε αυτά τα προϊόντα.

Τα παιδιά που ζουν κοντά σε χώρους απορριμμάτων σεληνίου ή εγκαταστάσεις καύσης άνθρακα είναι πιθανό να εκτεθούν σε υψηλότερα περιβαλλοντικά επίπεδα σεληνίου μέσω της αναπνοής, της επαφής με το έδαφος και της κατανάλωσης μολυσμένου εδάφους. Μερικά παιδιά τρώνε πολύ χώμα. Θα πρέπει να αποθαρρύνετε τα παιδιά σας από το να τρώνε βρωμιά. Φροντίστε να πλένουν τα χέρια τους συχνά και πριν από το φαγητό. Αποθαρρύνετε τα παιδιά σας από το να βάλουν τα χέρια τους στο στόμα τους ή από άλλες δραστηριότητες χέρι με στόμα.

Η κύρια οδός της ανθρώπινης έκθεσης στο σελήνιο είναι μέσω της κατανάλωσης τροφής. Οι άνθρωποι που ποτίζουν τους κήπους του σπιτιού τους με υπόγεια νερά που περιέχουν υψηλά επίπεδα σεληνίου μπορούν να αναπτυχθούν και να τρώνε φυτά που περιέχουν υψηλά επίπεδα σεληνίου επειδή αυτό το στοιχείο προσλαμβάνεται σε ορισμένα φυτά. Οι ψαράδες και οι κυνηγοί υδρόβιων πτηνών που τρώνε τακτικά ψάρια και θηράματα από πλωτές οδούς με υψηλή περιεκτικότητα σε σελήνιο μπορούν επίσης να καταναλώνουν επίπεδα σεληνίου άνω του μέσου όρου. Για να μειώσετε την έκθεση της οικογένειάς σας στο σελήνιο, υπακούστε σε οποιεσδήποτε συμβουλές για την άγρια ζωή που εκδίδονται από την πολιτεία σας. Πληροφορίες σχετικά με τις συμβουλές για ψάρια και άγρια ζώα στην πολιτεία σας είναι διαθέσιμες από το τμήμα δημόσιας υγείας ή φυσικών πόρων της πολιτείας σας.

(Agency for Toxic Substances and Disease Registry,2014)

3.5.6) Zn (ψευδάργυρος) ως βαρέο μέταλλο

Ο ψευδάργυρος είναι το στοιχείο που βρίσκεται πιο συχνά στον φλοιό της Γης. Ο φαληρίτης είναι το πιο κοινό μέταλλευμα ψευδαργύρου. Ο ψευδάργυρος μπορεί εύκολα να μολύνει το έδαφος και το νερό σε περιοχές όπου υπάρχει φυσικά ή εξορύσσεται. Όταν καταναλώνεται σε περίσσεια, είτε οικειοθελώς μέσω συμπληρωμάτων είτε ακούσια μέσω έκθεσης σε μολυσμένο έδαφος ή νερό, ο ψευδάργυρος μπορεί να προκαλέσει διάφορα προβλήματα υγείας.

(Environmental Pollution Centers, 2021)

Πηγές Ψευδαργύρου (Zn)

Οι πιο σημαντικές πηγές ανθρωπογενούς ψευδαργύρου στο έδαφος προέρχονται από απορρίψεις σκωριών και αποβλήτων μεταλλουργείου, απορριμμάτων ορυχείων, άνθρακα και ιπτάμενης τέφρας βυθού και από τη χρήση εμπορικών προϊόντων όπως λιπάσματα και συντηρητικά ξύλου που περιέχουν ψευδάργυρο. Ο ψευδάργυρος δεν εξατμίζεται από το έδαφος.

Επιδράσεις του ψευδαργύρου στο περιβάλλον

Η παγκόσμια παραγωγή ψευδαργύρου εξακολουθεί να αυξάνεται. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι όλο και περισσότερος ψευδάργυρος καταλήγει στο περιβάλλον.

Το νερό μολύνεται με ψευδάργυρο, λόγω της παρουσίας μεγάλων ποσοτήτων ψευδαργύρου στα λύματα των βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Αυτά τα λύματα δεν καθαρίζονται ικανοποιητικά. Μία από τις συνέπειες είναι ότι τα ποτάμια εναποθέτουν στις όχθες τους λάσπη μολυσμένη από ψευδάργυρο. Ο ψευδάργυρος μπορεί επίσης να αυξήσει την οξύτητα των νερών.

Μερικά ψάρια μπορούν να συσσωρεύσουν ψευδάργυρο στο σώμα τους, όταν ζουν σε υδάτινες οδούς μολυσμένους με ψευδάργυρο. Όταν ο ψευδάργυρος εισέρχεται στα σώματα αυτών των ψαριών, μπορεί να μεγεθύνει βιολογικά την τροφική αλυσίδα.

Μεγάλες ποσότητες ψευδαργύρου μπορούν να βρεθούν στα εδάφη. Όταν τα εδάφη των γεωργικών εκτάσεων μολύνονται με ψευδάργυρο, τα ζώα απορροφούν συγκεντρώσεις που είναι επιβλαβείς για την υγεία τους. Ο υδατοδιαλυτός ψευδάργυρος που βρίσκεται στα εδάφη μπορεί να μολύνει τα υπόγεια ύδατα.

Ο ψευδάργυρος δεν αποτελεί απειλή μόνο για τα βοοειδή, αλλά και για τα φυτικά είδη. Τα φυτά έχουν συχνά μια πρόσληψη ψευδαργύρου που τα συστήματά τους δεν μπορούν να διαχειριστούν, λόγω της συσσώρευσης ψευδαργύρου στα εδάφη.

Σε εδάφη πλούσια σε ψευδάργυρο μόνο ένας περιορισμένος αριθμός φυτών έχει πιθανότητες επιβίωσης. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο δεν υπάρχει μεγάλη ποικιλία φυτών κοντά σε εργοστάσια διάθεσης ψευδαργύρου. Λόγω των επιπτώσεων στα φυτά, ο ψευδάργυρος αποτελεί σοβαρή απειλή για τις παραγωγές των γεωργικών εκτάσεων. Παρά το γεγονός αυτό εξακολουθούν να εφαρμόζονται κοπριά που περιέχουν ψευδάργυρο.

Τέλος, ο ψευδάργυρος μπορεί να διακόψει τη δραστηριότητα στα εδάφη, καθώς επηρεάζει αρνητικά τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών και των γαιοσκωλήκων. Η διάσπαση της οργανικής ύλης μπορεί να επιβραδυνθεί σοβαρά εξαιτίας αυτού.

(Lenntech, 2015)

Επιπτώσεις του ψευδαργύρου στην υγεία

Ο ψευδάργυρος είναι ένα ιχνοστοιχείο που είναι απαραίτητο για την ανθρώπινη υγεία. Όταν οι άνθρωποι απορροφούν πολύ λίγο ψευδάργυρο, μπορεί να εμφανίσουν απώλεια όρεξης, μειωμένη αίσθηση γεύσης και όσφρησης, αργή επούλωση πληγών και δερματικές πληγές. Οι ελλείψεις ψευδαργύρου μπορούν ακόμη και να προκαλέσουν γενετικές ανωμαλίες.

Παρόλο που οι άνθρωποι μπορούν να διαχειριστούν αναλογικά μεγάλες συγκεντρώσεις ψευδαργύρου, η υπερβολική ποσότητα ψευδαργύρου μπορεί να προκαλέσει ακόμα

εξαιρετικά προβλήματα υγείας, όπως κράμπες στο στομάχι, δερματικούς ερεθισμούς, έμετο, ναυτία και αναιμία. Τα πολύ υψηλά επίπεδα ψευδαργύρου μπορεί να βλάψουν το πάγκρεας και να διαταράξουν τον μεταβολισμό των πρωτεϊνών και να προκαλέσουν αρτηριοσκλήρωση. Η εκτεταμένη έκθεση σε χλωριούχο ψευδάργυρο μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικές διαταραχές.

Στο περιβάλλον του χώρου εργασίας, η μετάδοση ψευδάργυρου μπορεί να οδηγήσει σε μια κατάσταση που μοιάζει με γρίπη, γνωστή ως μεταλλικός πυρετός. Αυτή η κατάσταση θα περάσει μετά από δύο ημέρες και προκαλείται από υπερβολική ευαισθησία.

Ο ψευδάργυρος μπορεί να είναι επικίνδυνος για τα αγέννητα και τα νεογέννητα παιδιά. Όταν οι μητέρες τους έχουν απορροφήσει μεγάλες συγκεντρώσεις ψευδαργύρου, τα παιδιά μπορεί να εκτεθούν σε αυτόν μέσω του αίματος ή του γάλακτος της μητέρας τους.

Ιδιωτικά Μέτρα πρόληψης υπερέκθεσης σε ψευδάργυρο

Τα παιδιά που ζουν κοντά σε χώρους απορριμμάτων που περιέχουν ψευδάργυρο είναι πιθανό να εκτεθούν σε υψηλότερα επίπεδα ψευδαργύρου μέσω της αναπνοής, της κατανάλωσης μολυσμένου πόσιμου νερού, της επαφής με το έδαφος. Είναι απίθανο ένα παιδί να καταπιεί αρκετό ψευδάργυρο από το να τρώει χώμα για να προκαλέσει βλαβερές συνέπειες. Ωστόσο, οι γονείς θα πρέπει να επιβλέπουν ώστε τα παιδιά να αποφεύγουν να τρώνε χώμα και πλένουν συχνά τα χέρια τους, ειδικά πριν από το φαγητό. Τα παιδιά και οι ενήλικες χρειάζονται μια ορισμένη ποσότητα ψευδάργυρου στη διατροφή τους για να παραμείνουν υγιείς. Ωστόσο, η υπερβολική χρήση ορισμένων φαρμάκων ή συμπληρωμάτων βιταμινών που περιέχουν ψευδάργυρο μπορεί να είναι επιβλαβής. Αυτά τα φάρμακα πρέπει πάντα να χρησιμοποιούνται κατάλληλα. Εάν εκτεθείτε κατά λάθος σε μεγάλες ποσότητες ψευδαργύρου, συμβουλευτείτε αμέσως έναν γιατρό.

(Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2005)

3.6) POPS (Persistent Organic Pollutants)

Πηγές δημιουργίας των POPs

Η φωτιά είναι η κύρια πηγή των POPs, συμπεριλαμβανομένης της φυσικής, ακούσιας και προγραμματισμένης καύσης της χλωρίδας (**Wong and Poon 2003**). Οι POPs είναι παρών σε όλα τα συστατικά του περιβάλλοντος. Περνούν στον αέρα από διάφορες βιομηχανικές πηγές (π.χ Πρόσθετες πηγές ρύπων POP περιλαμβάνουν απρόσκοπτη παραγωγή που προκύπτει από χημικές ανέσεις, αποτέφρωση, διάφορες διαδικασίες καύσης όπως δασικές πυρκαγιές και αποσύνθεση αποβλήτων που περιέχουν PCB). Αυτή η ομάδα απορριμμάτων μπορεί να οδηγήσει σε πολλές ζώνες και να σταματήσει από διάφορες δραστηριότητες, όπως η κατανάλωση απαρχαιωμένου λαδιού, η στερέωση και επισκευή εργαλείων, η καταστροφή κτιρίων, η τσιμεντοβιομηχανία, η εξάτμιση, η καύση ζωικών υπολειμμάτων, η ανάφλεξη άνθρακα, η εκχύλιση χωματερών και δράσεων επανεπεξεργασίας, αστική αποτέφρωση, θεραπευτικά απόβλητα, οργανοχλωρικά φυτοφάρμακα, βιομηχανικές εγκαταστάσεις χλωροαλκαλίων, δευτερογενείς εγκαταστάσεις αλουμινίου, μονάδες παραγωγής οπτάνθρακα σε φούρνο και χυτήριο, λυματολάσπη, επικίνδυνα

απόβλητα/πλαστικά απόβλητα σε χώρους υγειονομικής ταφής, οργανοχλωριούχα φυτοφάρμακα, φυτοφάρμακα και φυτοφάρμακα στοιβασιά τέφρας (Thornton et al. 2002).

Τα στοιχεία, τα υγρά καύσιμα, τα έλαια, το έδαφος, τα λίπη, τα ιζήματα και η τέφρα στο υδάτινο περιβάλλον προέρχονται από λύματα από εργοστάσια παραγωγής ή κατανάλωση POPs, σε συνδυασμό με υπερχειλίσσεις από δρόμους και χωράφια και από ατμοσφαιρική εναπόθεση. Οι θάλασσες και οι ωκεανοί είναι διαδεδομένες δεξαμενές όπου συλλέγονται POPs από ιζήματα ποταμών, με ατμοσφαιρική εναπόθεση και ακούσια. Αποτίθενται σε ιζήματα στις κοίτες ωκεανών, θαλασσών και μεγάλων λιμνών, όπου μπορούν να εκκενωθούν μετά από λίγο και στη συνέχεια να αποσυρθούν στον αέρα (Galiulin and Galiulina 1997).

Επιπτώσεις στην υγεία

Η έκθεση σε POP μπορεί να προκαλέσει αναπτυξιακά ελαττώματα, χρόνιες ασθένειες και θάνατο. Ορισμένα είναι καρκινογόνα ανά IARC, συμπεριλαμβανομένου πιθανώς του καρκίνου του μαστού. Πολλοί POP είναι ικανοί να προκαλέσουν ενδοκρινικές διαταραχές στο αναπαραγωγικό σύστημα, στο κεντρικό νευρικό σύστημα ή στο ανοσοποιητικό σύστημα. Οι άνθρωποι και τα ζώα εκτίθενται σε POP κυρίως μέσω της διατροφής τους, επαγγελματικά ή κατά την ανάπτυξη στη μήτρα. Για τους ανθρώπους που δεν εκτίθενται σε POP με τυχαία ή επαγγελματικά μέσα, πάνω από το 90% της έκθεσης προέρχεται από τρόφιμα ζωικών προϊόντων λόγω βιοσυσσωρευσης στους λιπώδεις ιστούς και βιοσυσσωρεύονται μέσω της τροφικής αλυσίδας. Γενικά, τα επίπεδα POP στον ορό αυξάνονται με την ηλικία και τείνουν να είναι υψηλότερα στις γυναίκες από ότι στους άνδρες.

Οι βασικότερες επιπτώσεις είναι:

1) Ενδοκρινική διαταραχή

Η πλειονότητα των POP είναι γνωστό ότι διαταράσσει την κανονική λειτουργία του ενδοκρινικού συστήματος. Η έκθεση χαμηλού επιπέδου σε POPs κατά τη διάρκεια κρίσιμων αναπτυξιακών περιόδων του εμβρύου, του νεογέννητου και του παιδιού μπορεί να έχει διαρκή επίδραση σε όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Μια μελέτη του 2002 συνοψίζει δεδομένα σχετικά με τις ενδοκρινικές διαταραχές και τις επιπλοκές στην υγεία από την έκθεση σε POPs κατά τη διάρκεια κρίσιμων αναπτυξιακών σταδίων στη διάρκεια ζωής ενός οργανισμού. Η μελέτη είχε στόχο να απαντήσει στο ερώτημα εάν η χρόνια, χαμηλού επιπέδου έκθεση σε POPs μπορεί να έχει επιπτώσεις στην υγεία στο ενδοκρινικό σύστημα και στην ανάπτυξη οργανισμών από διαφορετικά είδη. Η μελέτη διαπίστωσε ότι η έκθεση των POPs κατά τη διάρκεια ενός κρίσιμου αναπτυξιακού χρονικού πλαισίου μπορεί να προκαλέσει μόνιμες αλλαγές στην πορεία ανάπτυξης των οργανισμών. Η έκθεση των POP κατά τη διάρκεια μη κρίσιμων αναπτυξιακών χρόνων μπορεί να μην οδηγήσει σε ανιχνεύσιμες ασθένειες και επιπλοκές υγείας αργότερα στη ζωή τους. Στους ανθρώπους, το κρίσιμο χρονικό πλαίσιο ανάπτυξης είναι κατά την ανάπτυξη του εμβρύου.

([Wikipedia/Persistent organic pollutant](https://en.wikipedia.org/wiki/Persistent_organic_pollutant))

2) Αναπαραγωγικό Σύστημα

Η ίδια μελέτη το 2002 με στοιχεία για τη σύνδεση των POP με την ενδοκρινική διαταραχή συνδέει επίσης την έκθεση σε χαμηλή δόση POP με επιπτώσεις στην αναπαραγωγική υγεία. Η μελέτη ανέφερε ότι η έκθεση σε POP μπορεί να οδηγήσει σε αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, ειδικά στο αναπαραγωγικό σύστημα των ανδρών, όπως μειωμένη ποιότητα και ποσότητα σπέρματος, αλλοιωμένη αναλογία φύλου και πρόωμη έναρξη της εφηβείας. Για τις γυναίκες που εκτέθηκαν σε POPs, έχουν αναφερθεί αλλοιωμένοι αναπαραγωγικοί ιστοί και αποτελέσματα εγκυμοσύνης καθώς και ενδομητρίωση.

([Wikipedia/Persistent organic pollutant](#))

3) Αύξηση βάρους και περιφέρεια κεφαλιού νεογνού

Μια ελληνική μελέτη του 2014 ερεύνησε τη σχέση μεταξύ της αύξησης βάρους της μητέρας κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης, του επιπέδου έκθεσης σε PCB και του επιπέδου PCB στα νεογέννητα βρέφη, του βάρους γέννησης, της ηλικίας κύησης και της περιφέρειας κεφαλής. Όσο χαμηλότερο ήταν το βάρος γέννησης και η περιφέρεια κεφαλής των βρεφών, τόσο υψηλότερα ήταν τα επίπεδα POP κατά την προγεννητική ανάπτυξη, αλλά μόνο εάν οι μητέρες είχαν είτε υπερβολική είτε ανεπαρκή αύξηση βάρους κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης. Δεν βρέθηκε συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης σε POP και της ηλικίας κύησης. Μια μελέτη περιπτώσεων ελέγχου του 2013 που διεξήχθη το 2009 σε Ινδές μητέρες και τους απογόνους τους έδειξε ότι η προγεννητική έκθεση σε δύο τύπους οργανοχλωρικών φυτοφαρμάκων (HCH, DDT και DDE) μείωσε την ανάπτυξη του εμβρύου, μείωσε το βάρος γέννησης, το μήκος, την περίμετρο κεφαλής και την περιφέρεια στήθους.

([Wikipedia/Persistent organic pollutant](#))

4) Σχέση POPs με Τροφική αλυσίδα

Οι POP διασχίζουν την τροφική αλυσίδα συσσωρεύοντας στο σωματικό λίπος των ζωντανών οργανισμών και γίνονται πιο συγκεντρωμένοι καθώς μετακινούνται από το ένα πλάσμα στο άλλο. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως «βιομεγέθυνση». Όταν οι προσμείξεις που βρίσκονται σε μικρές ποσότητες στο κάτω μέρος της τροφικής αλυσίδας βιομεγεθύνονται, μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό κίνδυνο για τα αρπακτικά που τρέφονται στην κορυφή της τροφικής αλυσίδας. Αυτό σημαίνει ότι ακόμη και μικρές εκδόσεις POP μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις. **(EPA, USA)**

Άλλες πιο σπάνιες επιπτώσεις στη υγεία είναι: **(UNEP, 2003)**

- Θάνατος
- Καρκίνοι
- Αλλεργίες
- Υπερευαισθησία
- Αναπτυξιακές αλλαγές
- Βλάβη στο κεντρικό και περιφερικό νευρικό σύστημα
- Μια μελέτη που δημοσιεύθηκε το 2006 υποδηλώνει ότι ένα αυξημένο επίπεδο POP.s στον ορό του ανθρώπινου αίματος μπορεί να συνδεθεί με τον διαβήτη

(Lee et al 2006)

Μέτρα που έχουν θεσπιστεί για τον έλεγχο των POPs

Η διεθνής κοινότητα έχει ζητήσει ενέργειες για τη μείωση και την εξάλειψη της παραγωγής, χρήσης και απελευθέρωσης αυτών των ουσιών. Για το σκοπό αυτό, έχουν διαπραγματευτεί και συναφθεί δύο διεθνή νομικά δεσμευτικά μέσα:

Αυτά τα μέσα θεσπίζουν αυστηρά διεθνή καθεστώτα για τους αρχικούς καταλόγους των POP (16 στο Πρωτόκολλο UNECE και 12 στη Σύμβαση της Στοκχόλμης). Και τα δύο μέσα περιέχουν επίσης διατάξεις για τη συμπερίληψη πρόσθετων χημικών ουσιών σε αυτούς τους καταλόγους. Καθορίζουν τα ακόλουθα μέτρα ελέγχου:

(European Commission, 2014)

- ✓ Απαγόρευση ή αυστηρός περιορισμός της παραγωγής και χρήσης σκόπιμα παραγόμενων POP
- ✓ Περιορισμοί στις εξαγωγές και εισαγωγές των σκόπιμα παραγόμενων POP **(Σύμβαση της Στοκχόλμης)**
- ✓ Διατάξεις για τον ασφαλή χειρισμό των αποθεμάτων **(Σύμβαση της Στοκχόλμης)**
- ✓ Διατάξεις για την περιβαλλοντικά ορθή διάθεση αποβλήτων που περιέχουν POP
- ✓ Διατάξεις για τη μείωση των εκπομπών μη ηθελημένα παραγόμενων POP (π.χ. διοξίνες και φουράνια)
- ✓ Νέες ουσίες προστέθηκαν στη Σύμβαση της Στοκχόλμης τον Μάιο του 2009 και στο Πρωτόκολλο POP τον Δεκέμβριο του 2009+

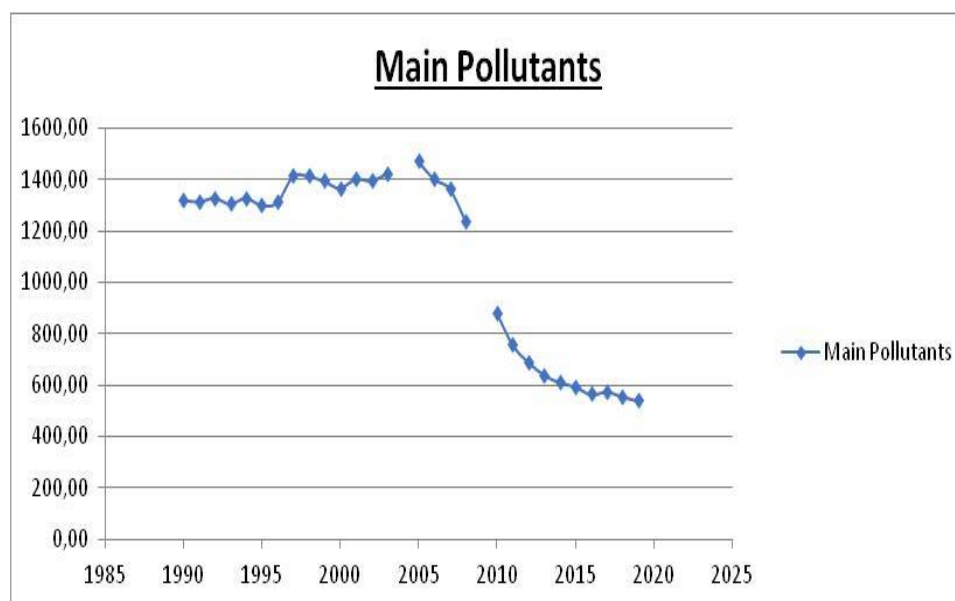
Ατομικά μέτρα προστασίας από υπερέκθεση σε POPs

- Να διαβάζετε πάντα τις ετικέτες και να ακολουθείτε τις οδηγίες.
- Προστατέψτε τα παιδιά σας από όλες τις χημικές ουσίες αφού είναι πιο ευαίσθητα στις τοξικές ουσίες.
- Προστατέψτε τις έγκυες γυναίκες καθώς η έκθεση μπορεί να βλάψει την υγεία του εμβρύου/μωρού. Η έκθεση σε φυτοφάρμακα μπορεί να προκαλέσει αποβολή και γενετικές ανωμαλίες.
- Τρώτε λαχανικά και κρέατα οικολογικής καλλιέργειας όποτε είναι δυνατόν.
- Ανακυκλώστε τις μπαταρίες.
- Ανακυκλώστε τα υπολείμματα χρωμάτων, φυτοφαρμάκων κήπου και όλων των άλλων χημικών ουσιών.
- Ανακύκλωση λαδιών από οχήματα.
- Ανακυκλώστε τα φάρμακα.
- Ανακυκλώστε όλο τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό.
- Τα φυτοφάρμακα είναι δηλητήρια. Αποφύγετε τη χρήση τους όποτε μπορείτε.
- Εάν αποφασίσετε ότι πρέπει να χρησιμοποιήσετε φυτοφάρμακο, επιλέξτε πάντα το λιγότερο τοξικό προϊόν.
- Χρησιμοποιήστε φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα καθαρισμού για τον καθαρισμό και το πλύσιμο.

Κεφάλαιο 4^ο - Ανάλυση των δεδομένων

Με την επεξεργασία των δεδομένων στο λογισμικό Excel και την δημιουργία γραφημάτων για την κάθε ομάδα ρύπου, μπορούμε να διακρίνουμε τις διακυμάνσεις στις ετήσιες τιμές τους και την εξέλιξη τους με το πέρασμα των χρόνων. Ταυτόχρονα καθίσταται δυνατή η σύγκριση των ποσοστών εκπομπής ανά δεκαετία. Συγκεκριμένα αναλύοντας την κάθε ομάδα ξεχωριστά:

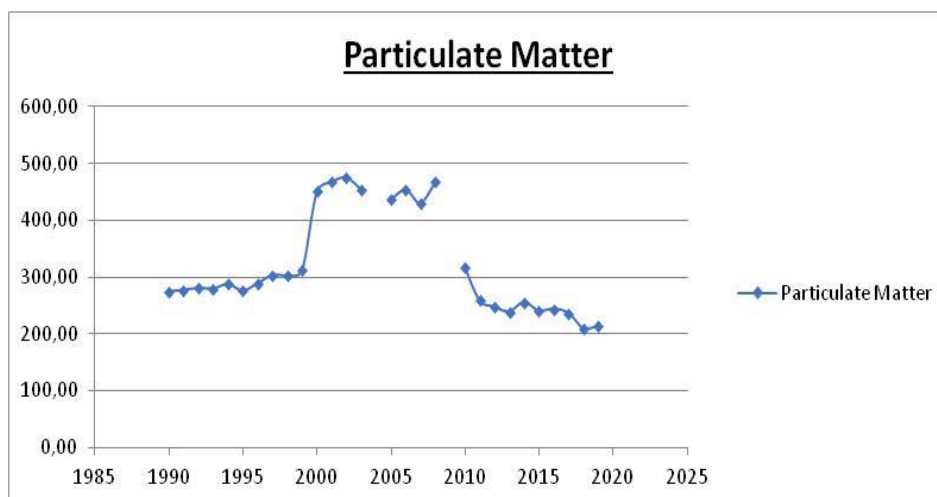
- **Κύριοι ρύποι (Main pollutants):** Στην ομάδα των κύριων ρύπων για την δεκαετία **1990-1999** και κυρίως στις αρχές της δεκαετίας παρατηρούνται μόνο μικρές αυξομειώσεις ανά έτος στις τιμές τους. Όμως από το έτος 1996 και για τα επόμενα 4 χρόνια σημειώνεται μια μικρή αύξηση στις μέσες ετήσιες τιμές των κύριων ρύπων από τους 1300,29 κιλτοτόνους (kt) στους 1413,17kt, η οποία για την περίοδο **2000-2007** σταθεροποιείται στο επίπεδο αυτό, ενώ από το 2008 παρατηρείται μείωση των εκπομπών τους. Για τα έτη 2004 και 2009 δεν υπάρχουν τιμές. Το έτος 2005 καταγράφεται η μέγιστη ετήσια τιμή (1470,04kt) της ομάδας αυτής και από το τέλος της δεκαετίας και καθ' όλη την διάρκεια της δεκαετίας **2010-2019** σημειώνεται μια ραγδαία μείωση στο ποσοστό των εκπομπών της τάξης από τους 1470,04kt στους 538,12kt.



Σχήμα 1: Διαχρονική μεταβολή των εκπομπών των κύριων ρύπων στην Αθήνα από το 1990 έως το 2020

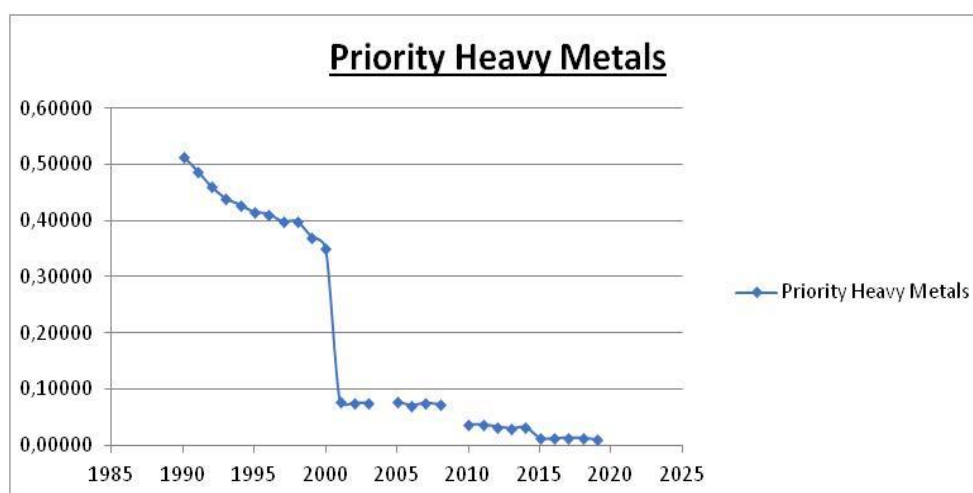
- **Particulate matter:** Η ομάδα των ρύπων αυτών ξεκινάει από χαμηλές τιμές 275,49kt παρόλα αυτά καθ' όλη την διάρκεια της δεκαετίας **1990-1999** σημειώνει σημαντική αύξηση. Το έτος 1994 παρατηρείται μια μικρή μείωση στην μέση ετήσια τιμή της τάξης 288,06kt-276,22kt και από εκεί και μέχρι το τέλος της δεκαετίας το ποσοστό της εκπομπής αυξάνεται σημαντικά (276,22kt-311,90kt). Μεταβαίνοντας στην δεκαετία **2000-2009** παρατηρείται μια απότομη αύξηση της τάξης

311,90kt-450.74kt όπου και σταθεροποιείται για το υπόλοιπο της δεκαετίας σημειώνοντας πολύ μικρές αυξομειώσεις. Η μέγιστη τιμή που φθάνει είναι 476,24kt το έτος 2002. Από την αρχή της δεκαετίας **2010-2019** διακρίνεται μια απότομη μείωση στο ποσοστό εκπομπής των ρύπων της ομάδας αυτής (468,36kt-317,82kt). Τέλος από το έτος 2011 και μέχρι το έτος 2019 παρατηρείται σταθερή μείωση στις ετήσιες τιμές των εκπομπών.



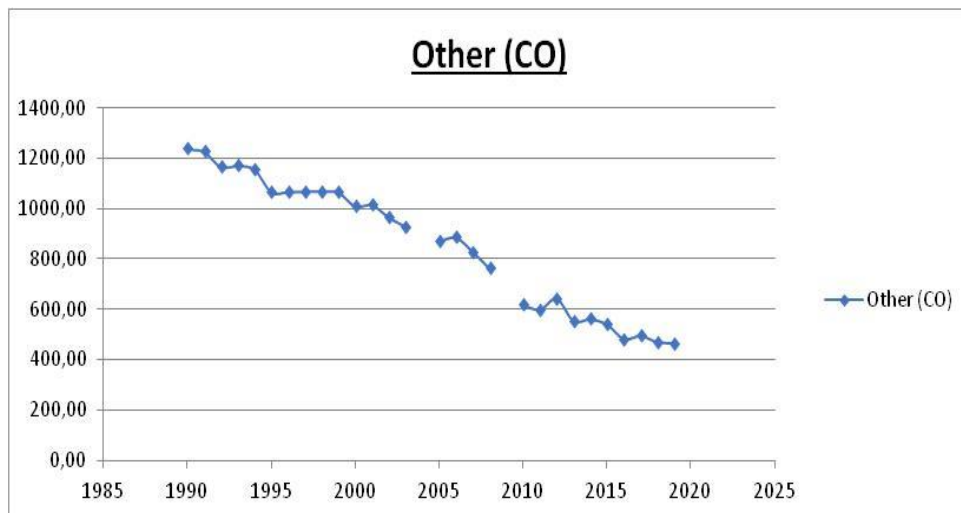
Σχήμα 2: Διαχρονική μεταβολή των εκπομπών των Particulate Matter στην Αθήνα από το 1990 έως το 2020

- Priority heavy metals:** Στην ομάδα των priority heavy metals από την αρχή της δεκαετίας **1990-1999** παρατηρείται σταθερή μείωση στις ετήσιες τιμές των εκπομπών μέχρι την αρχή της δεκαετίας **2000-2009**, όπου και σημειώνεται μια κατακόρυφη πτώση της τάξης 0,35kt-0.08kt. Για το υπόλοιπο της δεκαετίας οι τιμές διατηρούνται σταθερές σε αυτό το επίπεδο. Τέλος, κατά την δεκαετία **2010-2019** οι τιμές των εκπομπών σημειώνουν μια σταθερή καθοδική πορεία.



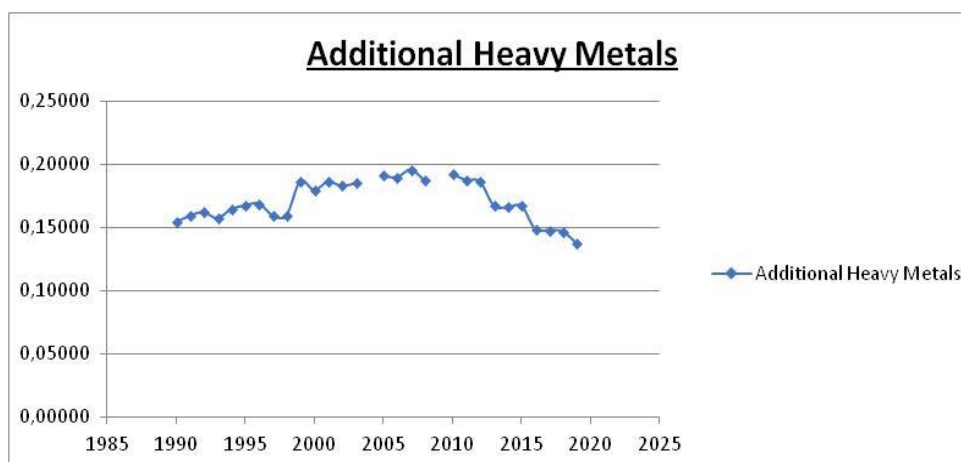
Σχήμα 3: Διαχρονική μεταβολή των εκπομπών των Priority Heavy Metals στην Αθήνα από το 1990 έως το 2020

- **Other (CO):** Όπως και στην ομάδα των priority heavy metals έτσι και σε αυτή, η μέγιστη μέση ετήσια τιμή σημειώνεται στην αρχή της δεκαετίας **1990-1999** (1236,71kt) και από εκεί και έπειτα παρατηρείται σταθερή μείωση. Αντίστοιχα, κατά την δεκαετία **2000-2009** συνεχίζει η καθοδική πορεία. Μέχρι το τέλος της δεκαετίας **2010-2019** έχει παρατηρηθεί σημαντική μείωση στην μέση ετήσια τιμή του CO της τάξης (1236,71kt-464,31kt).



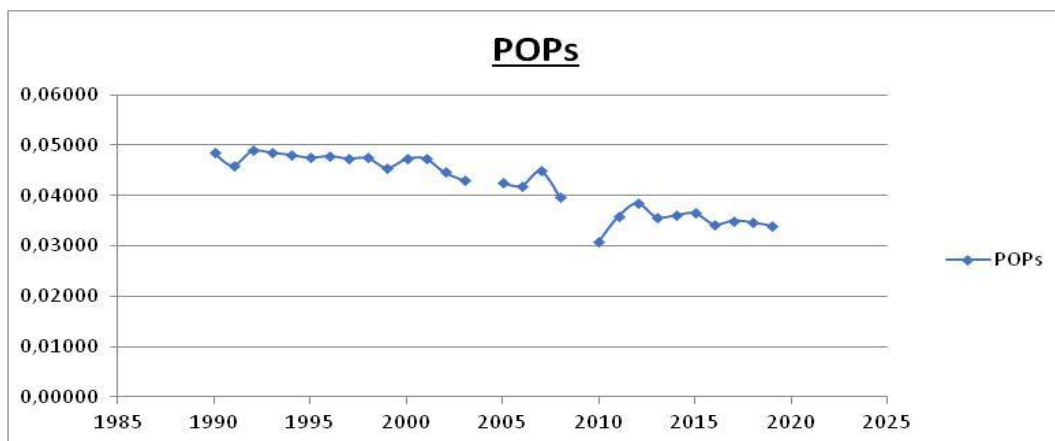
Σχήμα 4: Διαχρονική μεταβολή των εκπομπών του μονοξειδίου του άνθρακα στην Αθήνα από το 1990 έως το 2020

- **Additional heavy metals:** μέσα από τα διαγράμματα που φτιάχτηκαν για την ομάδα των additional heavy metals, κατά την δεκαετία **1990-1999** καταγράφεται αύξηση στο ποσοστό εκπομπών. Παρατηρώντας το διάγραμμα για την δεκαετία **2000-2009** είναι φανερό πως συνεχίζεται η ανοδική πορεία μέχρι και το τέλος της δεκαετίας. Το έτος 2007 σημειώνεται η μέγιστη τιμή που φθάνει η ομάδα (0,19564kt) και από την αρχή της δεκαετίας **2010-2019** όπως και στις προηγούμενες ομάδες οι τιμές των εκπομπών αρχίζουν να μειώνονται σημαντικά κάθε χρόνο.



Σχήμα 5: Διαχρονική μεταβολή των εκπομπών των Additional Heavy Metals στην Αθήνα από το 1990 έως το 2020

- **POPs:** η μέγιστη τιμή που φθάνει η ομάδα των POPs σημειώνεται το έτος 1992 (0,0489kt). Για το υπόλοιπο της δεκαετίας παρατηρείται ελάχιστη μείωση ανά έτος. Την δεκαετία **2000-2009** διακρίνονται μικρές αυξομειώσεις σε κάποια έτη, όμως σε γενικές γραμμές οι τιμές συνεχίζονται να μειώνονται. Το έτος 2010 καταγράφεται η ελάχιστη τιμή της ομάδας (0,03078kt), παρόλα αυτά τα έτη 2011 και 2012 σημειώνεται μια απότομη αύξηση της τάξης 0,03078kt-0.03845kt. Για το υπόλοιπο της δεκαετίας **2010-2019** το ποσοστό εκπομπής μειώνεται σταθερά.

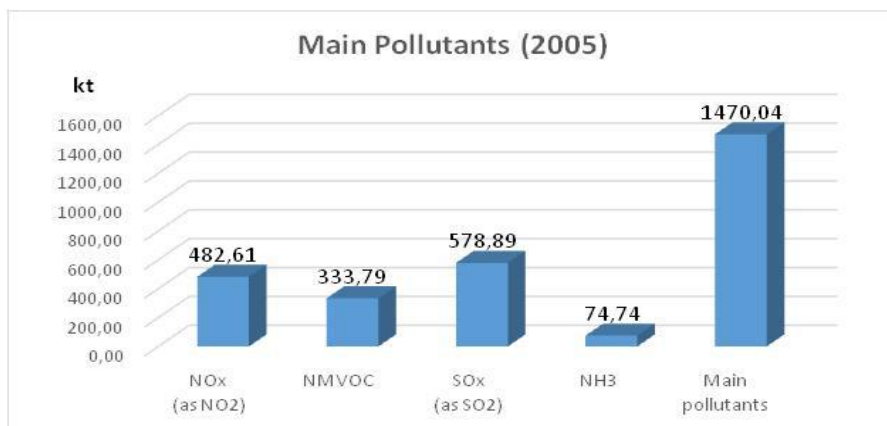


Σχήμα 6: Διαχρονική μεταβολή των εκπομπών των POP στην Αθήνα το 1990 έως το 2020

Η γενική εικόνα που παίρνουμε από τα διαγράμματα είναι ότι οι μεγαλύτερες μέσες ετήσιες τιμές καταγράφονται την δεκαετία **1990-1999**. Όμως στις περισσότερες ομάδες ρύπων από την επομένη δεκαετία (**2000-2009**) παρατηρείται μείωση στο ποσοστό εκπομπών, το οποίο πιθανώς σηματοδοτεί και την δεκαετία κατά την οποία πάρθηκαν πολλά μέτρα προκειμένου να περιοριστεί το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τέλος, κοινό σε όλες τις ομάδες είναι ότι μέχρι την δεκαετία **2010-2019** έχει σημειωθεί σημαντική ελάττωση σε όλους τους ρύπους.

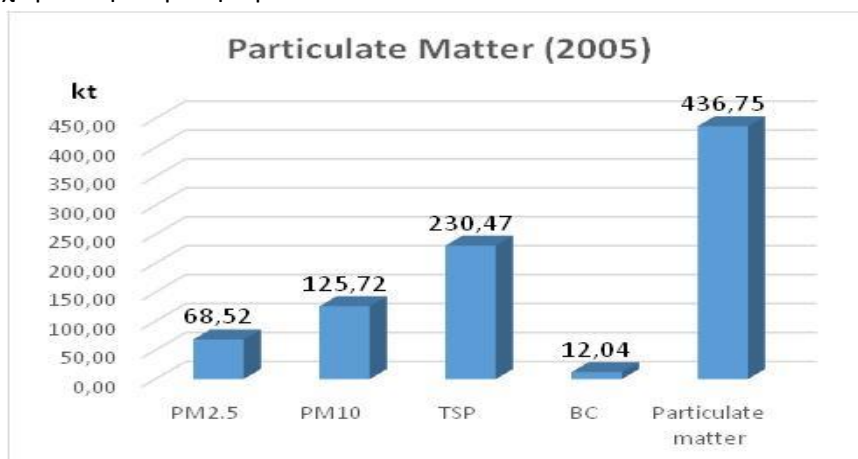
Αναλύοντας περισσότερο τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν παρατηρείται ότι ο κάθε ρύπος έχει διαφορετικό ποσοστό εκπομπής. Πιο συγκεκριμένα:

- Μεταξύ των ρύπων που απαρτίζουν την ομάδα των main pollutants παρατηρείται ότι από το έτος 1990-2007 το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπής το έχει η ομάδα των οξειδίων του θείου με κύριο αντιπρόσωπο το διοξείδιο του θείου (SO₂). Όμως, κατά το πέρασμα των χρόνων το ποσοστό αυτό μειώνεται με γρήγορους ρυθμούς και έτσι από το έτος 2008-2019 την θέση αυτή την παίρνει η ομάδα των οξειδίων του αζώτου. Είναι γνωστό ότι το διοξείδιο του θείου εισέρχεται στην ατμόσφαιρα κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας, ενώ το διοξείδιο του αζώτου κυρίως από την καύση καυσίμων από τα μέσα μαζικής μεταφοράς. Επομένως, παρόλα τα μέτρα που μπορεί να έχουν ληφθεί για την ελάττωση των ρύπων αυτών, η αργή μείωση στο ποσοστό εκπομπής της ομάδας του διοξειδίου του αζώτου πιθανώς να οφείλεται στην αύξηση του πληθυσμού της Ελλάδας και κατ'επέκταση στην αύξηση της κυκλοφοριακής κίνησης.



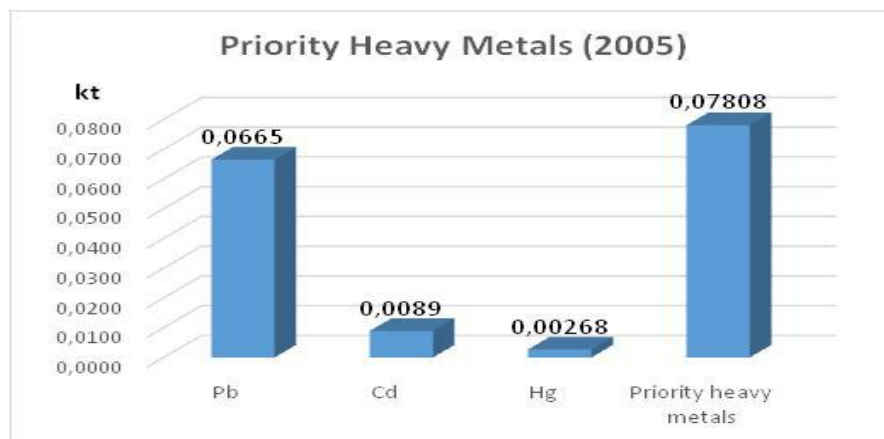
Σχήμα 7: Ποσοστά εκπομπής των κύριων ρύπων για το έτος 2005

- Για την ομάδα των particulate matter παρατηρείται από τα διαγράμματα πως το συνολικό ποσοστό εκπομπής απαρτίζεται κυρίως από τα PM₁₀ σωματίδια, τα οποία είναι εισπνεόμενα σωματίδια διαμέτρου 0,01mm ή λιγότερο. Παράγονται κυρίως από ανθρωπογενείς ή φυσικούς παράγοντες ή από αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα.



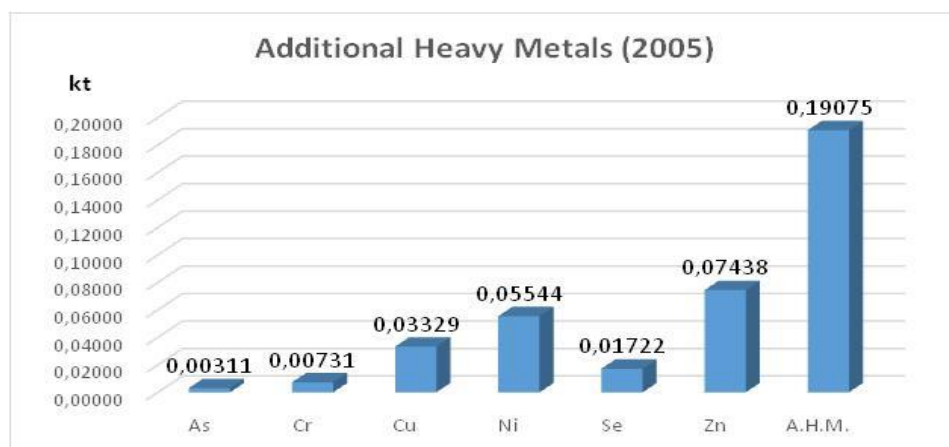
Σχήμα 8: Ποσοστά εκπομπής των Particulate Matter για το έτος 2005

- Όσον αφορά την ομάδα των priority heavy metals παρατηρείται ότι από το 1990-2019 τα ποσοστά εκπομπής του μολύβδου (Pb) είναι πολύ μεγαλύτερα από ότι του καδμίου (Cd) και του υδράργυρου (Hg) και έτσι το συνολικό ποσοστό εκπομπής της ομάδας χαρακτηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά από αυτόν. Οι πηγές εκπομπής μολύβδου μπορεί να διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή αλλά σε εθνικό επίπεδο οι κυριότερες παραμένουν ίδιες. Παρότι και οι τρεις ρύποι χρησιμοποιούνται πολύ στον βιομηχανικό τομέα, ο μολύβδος, σε αντίθεση με τους άλλους δύο ρύπους, χρησιμοποιείται και ως καύσιμο κυρίως σε αεροσκάφη αλλά και σε άλλα μέσα μαζικής μεταφοράς γεγονός στο οποίο οφείλεται και το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπής.



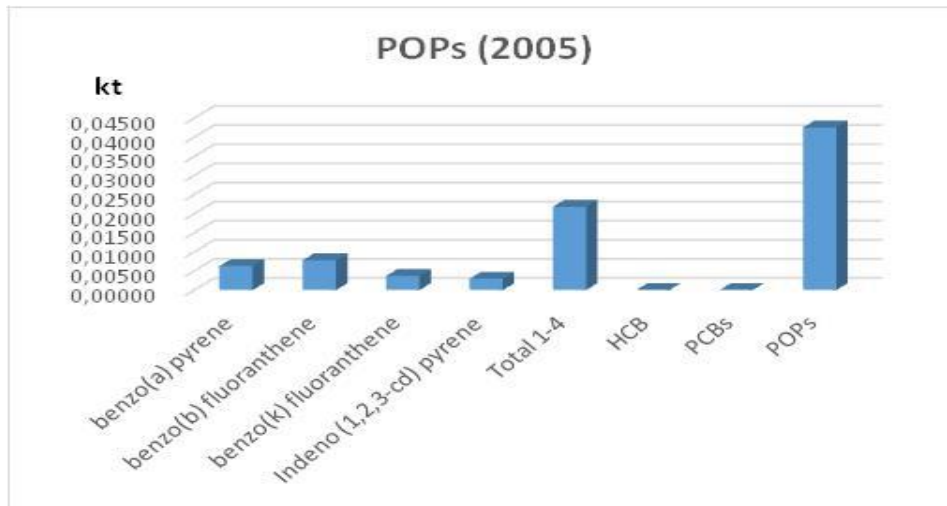
Σχήμα 9: Ποσοστά εκπομπής των Priority Heavy Metals για το έτος 2005

- Στην ομάδα των additional heavy metals από την δεκαετία του 90' μέχρι και το 2019 το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπής, αν και χαμηλό σε σχέση με τις πρώτες ομάδες ρύπων, το έχει ο ψευδάργυρος (Zn) ο οποίος χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στην επιμετάλλωση λόγω των αντιδιαβρωτικών του ιδιοτήτων αλλά και στις μπαταρίες και στα κράματα. Το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπής που έχει σε σχέση με τα υπόλοιπα μέταλλα της ομάδας πιθανώς οφείλεται στο γεγονός ότι βρίσκεται σε μεγαλύτερη αφθονία στον φλοιό της γης.



Σχήμα 10: Ποσοστά εκπομπής των Additional Heavy Metals για το έτος 2005

- Τέλος, η ομάδα των POPs αποτελείται από ρύπους που έχουν πολύ χαμηλό ποσοστό εκπομπής. Από αυτούς το μεγαλύτερο το έχει το benzo(b) fluoranthene (1990-2019) το οποίο είναι ένας άχρωμος αρωματικός υδρογονάνθρακας που σχηματίζεται από την ατελή καύση οργανικής ύλης. Συναντάται κυρίως στα καυσαέρια βενζίνης, στον καπνό του τσιγάρου και σε άλλα προϊόντα. Αποτελεί μια καρκινογόνο για τον άνθρωπο ουσία και χρησιμοποιείται μονάχα για ερευνητικούς σκοπούς.

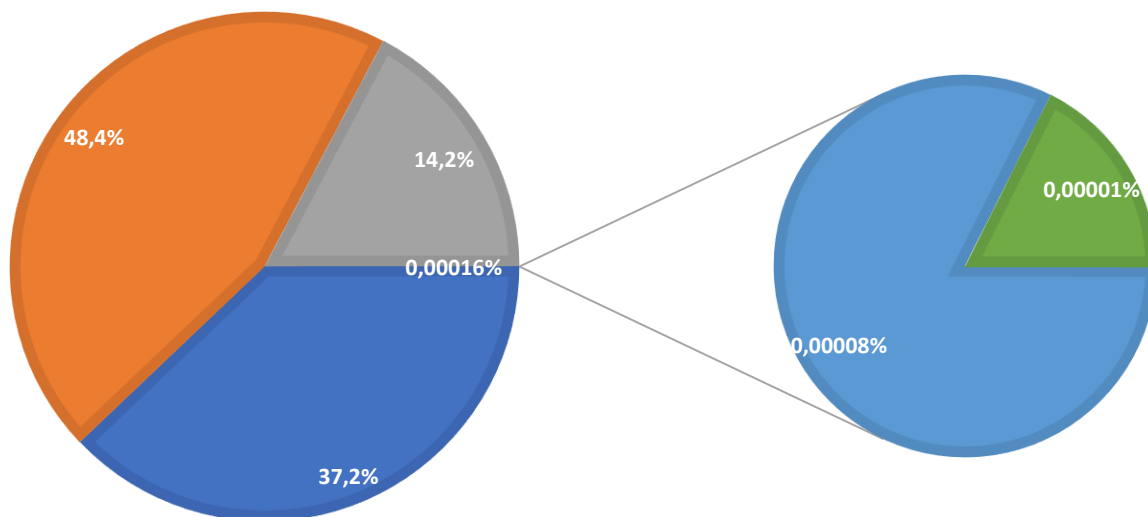


Σχήμα 11: Ποσοστά εκπομπών των POPs για το έτος 2005

Αναλύοντας αυτές τις 6 ομάδες ρύπων με τα στατιστικά δεδομένα που δόθηκαν από NFR 2019 (National Sector Emissions) για τη Ελλάδα, παρατηρούμε ότι κάποιες ομάδες ρύπων καταλαμβάνουν μεγάλο μερίδιο στο σύνολο των εθνικών ρύπων στη ατμόσφαιρα. Συγκεκριμένα, στο διάστημα 1990-2019, το μεγαλύτερο ποσοστό ρύπων στις εθνικές εκπομπές κατέχουν τα Main Pollutants, με μέσο όρο 1.120,21 kT και ποσοστό 48,4 % στο σύνολο 100% των εθνικών ρύπων. Συνεχίζοντας, το μονοξείδιο του άνθρακα-CO έχει κατά μέσο όρο 850,71 kT και ποσοστό 37,2% στο σύνολο 100% των εθνικών ρύπων. Έπειτα, έρχονται τα Particulate Matter με μέσο όρο 330,18 kT και ποσοστό 14,2 % στο σύνολο 100% των εθνικών ρύπων. Συνοπτικά, παρατηρούμε ότι αυτές οι 3 ομάδες ρύπων καταλαμβάνουν το 99,98% των εθνικών ρύπων στη χώρα μας και ότι οι υπόλοιπες 3 ομάδες έχουν απίστευτες χαμηλές συγκεντρώσεις σε kT, οι οποίες στο συνολικό όγκο των εθνικών ρύπων οριακά αναγνωρίζονται. Πιο ενδεικτικά, τα Priority Heavy Metals έχει κατά μέσο όρο 0,19 kT και ποσοστό 0,00008% στο σύνολο 100% των εθνικών ρύπων. Τα Additional Heavy Metals έχει κατά μέσο όρο 0,17 kT και ποσοστό 0,00007% στο σύνολο 100% των εθνικών ρύπων. Τέλος, τα POPs έχουν κατά μέσο όρο 0,04 kT και ποσοστό 0,00001% στο σύνολο 100% των εθνικών ρύπων

MEAN POLLUTANTS(1990-2019)

■ CO ■ Main Pollutans ■ Particulate Matter ■ Priority Heavy Metals ■ Additional Heavy Metals ■ POPs



	1990-1999	2000-2009	2010-2019	Average	Ποσοστά %
CO	1.127,99	907,03	541,32	858,78	0,371835374
Main Pollutans	1.337,54	1.383,15	639,93	1.120,21	0,485029562
Particulate Matter	288,60	455,23	246,70	330,18	0,142960379
Priority Heavy Metals	0,43	0,11	0,02	0,19	8,18073E-05
Additional Heavy Metals	0,17	0,19	0,16	0,17	7,46009E-05
POPs	0,05	0,04	0,04	0,04	1,82766E-05
				2.309,56	

Ανάλυση εκπομπών ρύπων τη δεκαετία 1990-1999

	Main Pollutants	Particulate Matter	Priority Heavy Metals	Other (CO ₂)	Additional Heavy Metals	POPs
1990	1320,99	275,49	0,51461	1236,71	0,15388	0,04851000
1991	1314,69	277,58	0,48894	1225,28	0,15901	0,04600000
1992	1328,95	281,41	0,46038	1165,61	0,16179	0,04890076
1993	1306,37	280,23	0,43904	1169,78	0,15721	0,04862082
1994	1329,18	288,06	0,42801	1155,03	0,16410	0,04816146
1995	1300,29	276,22	0,41493	1064,90	0,16723	0,04759064
1996	1311,86	289,51	0,41145	1066,32	0,16876	0,04791926
1997	1355,88	301,89	0,40355	1065,03	0,17626	0,04742168
1998	1413,17	303,68	0,39803	1067,63	0,15931	0,04750324
1999	1394,01	311,90	0,37135	1063,59	0,18651	0,04552136
Mean	1337,54	288,60	0,43	1127,99	0,165406	0,047614922

Αρχικώς, θα μελετήσουμε τις εκπομπές ρύπων κατά τη δεκαετία 1990-1999. Στη ομάδα ρύπων Main Pollutants τη μέγιστη τιμή τους σε kT, συναντάμε το 1998 (1413,17kT) και τη μικρότερη τιμή της το 1995 (1300,29kT). Η μέση τιμή των Κύριων ρύπων αυτή τη δεκαετία είναι 1337,54kT.

Στη ομάδα των particulate Matter μέγιστη τιμή συναντάμε το 1999 (311,90 kT) και ελάχιστη τιμή εκπομπής το 1990 (275,49kt). Στη συγκεκριμένη δεκαετία βλέπουμε μια συνεχής και σταδιακή αύξηση κάθε χρόνο της εκπομπής τέτοιων αέριων ρύπων με εξαίρεση το 1995 που βλέπουμε μια μικρή πτώση στη ακολουθία που βλέπαμε. Η μέση τιμή των Particulate Matter τη δεκαετία αυτή είναι 288,60kT.

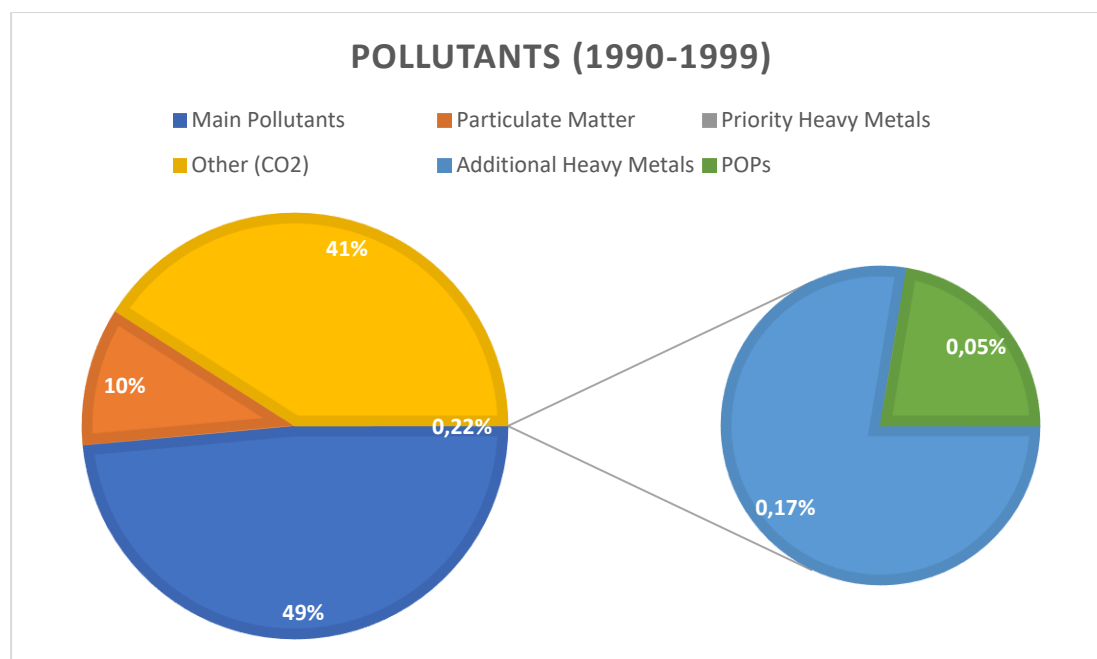
Στη ομάδα των Priority Heavy Metals, μέγιστη τιμή συναντάμε το 1990 (0,51kT) και ελάχιστη τιμή το 1999 (0,37kT). Παρατηρούμε σε ακολουθία ότι αυτή τη δεκαετία η εκπομπή Priority Heavy Metals μειώνεται σταδιακά λίγο κάθε χρόνο. Ο μέσος όρος Priority Heavy Metals είναι 0,43kT.

Στη ομάδα του μονοξειδίου του άνθρακα CO, μέγιστη τιμή εκπομπής συναντάμε το 1990 (1236,71kT) και ελάχιστη τιμή το 1999 (1063,59kT). Και στη ομάδα αυτή, οι εκπομπές ρύπων μειώνονται σταδιακά και συνεχώς με μια ακολουθία χωρίς εξαιρέσεις αυτή τη δεκαετία. Μέσο όρος εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα αυτή τη δεκαετία είναι 1127,99kT.

Στη ομάδα των Additional Heavy Metals ελάχιστη τιμή εκπομπής παρατηρείτε το 1990 με (0,153kT) και μέγιστη τιμή εκπομπής το 1999 (0,186kT). Οι ρύποι αυτή της ομάδας αυξάνονται κάθε χρόνο με εξαίρεση τις χρονιές 1993 και 1998 που έχουμε μικρές μειώσεις των τιμών. Μέση τιμή των εκπομπών αυτής της ομάδας τη δεκαετία 1990-1999 είναι 0,165kT.

Τέλος, στη ομάδα των POPs που είναι και η κατηγορία ρύπων με τα μικρότερα ποσοστά συνολικά (κατά όγκο kT) μικρότερη τιμή συναντάμε το 1992 (0,046kt) και μεγαλύτερη τιμή το 1993 (0,0489kT). Τη συγκεκριμένη δεκαετία τα POPs δεν έχουν μια συγκεκριμένη ακολουθία και οι αυξομειώσεις τους ανά έτη είναι συνεχείς. Μέση τιμή των εκπομπών αυτής της ομάδας τη δεκαετία 1990-1999 είναι 0,047kT.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η κατανομή των ρύπων τη δεκαετία 1990-1999:



Ανάλυση εκπομπών ρύπων τη δεκαετία 2000-2009

	Main Pollutants	Particulate Matter	Priority Heavy Metals	Other (CO)	Additional Heavy Metals	POPs
2000	1367,58	450,74	0,35074	1008,78	0,17938	0,04728338
2001	1403,51	468,79	0,07871	1013,92	0,18597	0,04741465
2002	1396,11	476,24	0,07612	964,72	0,18279	0,04461409
2003	1425,14	454,81	0,07614	927,76	0,18494	0,04304374
2004	-	-	-	-	-	-
2005	1470,04	436,75	0,07808	868,53	0,19075	0,04254555
2006	1402,58	454,87	0,07215	884,08000	0,18964	0,04193633
2007	1363,88	431,28	0,07576	827,27	0,19564	0,04485584
2008	1236,33	468,36	0,07298	761,15	0,18678	0,03957219
2009	-	-	-	-	-	-
Mean	1383,15	455,23	0,11009	907,03	0,18699	0,04390822

- ✓ Να σημειώσουμε αρχικά, ότι δεν έχουμε δεδομένα για τη εκπομπή ρύπων τις χρονιές 2004 και 2009, από τη πηγή των δεδομένων μας [NFR 2019-(National Sector Emissions)], συνεπώς θα σχολιαστούν οι μεταβολές τη δεκαετία 2000-2009 χωρίς δεδομένα για τις δυο χρονιές.

Για αρχή, τη δεκαετία 2000-2009, στη ομάδα ρύπων Main Pollutants τη μέγιστη τιμή τους σε kT, συναντάμε το 2005 (1470,04kT) και τη μικρότερη τιμή της το 2008 (1236,33kT). Η μέση τιμή των Κύριων ρύπων αυτή τη δεκαετία είναι 1383,54kT. Η μέση τιμή των κύριων ρύπων αυτή τη δεκαετία είναι αυξημένη κατά +3,4% σε σχέση με τη προηγούμενη.

Στη ομάδα των particulate Matter μέγιστη τιμή συναντάμε το 2002 (476,24kT) και ελάχιστη τιμή εκπομπής το 2007 (431,28kt). Η μέση τιμή των Particulate Matter τη δεκαετία αυτή είναι 455,23kT. Παρατηρούμε εντυπωσιακή αύξηση της εκπομπής ρύπων particulate matter αυτή της δεκαετίας της τάξης +57,7%,σε σχέση με τη δεκαετία 1990-1999.

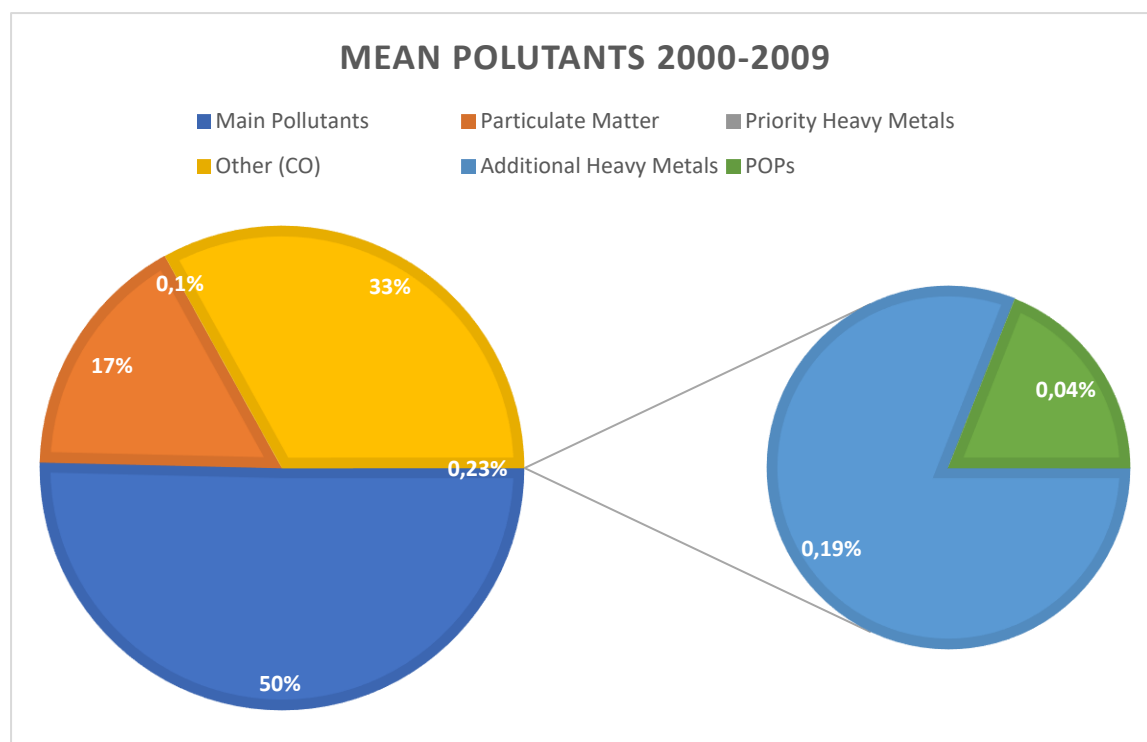
Στη ομάδα των Priority Heavy Metals, μέγιστη τιμή συναντάμε το 2000 (0,35kT) και ελάχιστη τιμή το 2006 (0,07 kT). Αυτή η εντυπωσιακή απόκλιση των τιμών ρύπων το 2000, σε σχέση με τα υπόλοιπα έτη, δικαιολογείται εξαιτίας της απίστευτα μεγάλης έκθεσης Pb εκείνο το χρόνο που ήταν αποκλειστικά υπεύθυνη για αυτές τις τιμές Priority Heavy Metals καθώς οι εκλύσεις μόλυβδου ήταν 0,339kT. Ο μέσος όρος Priority Heavy Metals είναι 0,11kT. Τη συγκεκριμένη δεκαετία, έχουμε ακραία μείωση των τιμών priority heavy metals κατά μέσο όρο της τάξης -74,4% σε σχέση με τη δεκαετία 1990-1999.

Στη ομάδα του μονοξειδίου του άνθρακα CO, μέγιστη τιμή εκπομπής συναντάμε το 2001 (1013,92kT) και ελάχιστη τιμή το 2008 (761,15kT). Και στη ομάδα αυτή ,οι εκπομπές ρύπων μειώνονται σταδιακά και συνεχώς με μια ακολουθία με εξαίρεση το 2006 όπου έχουμε μια ανεπαίσθητη αύξηση. Μέσο όρος εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα αυτή τη δεκαετία είναι 907,03 kT. Παρατηρούμε μείωση κατά μέσο όρο αυτή τη δεκαετία του μονοξειδίου του άνθρακα της τάξης -19,5% σε σχέση με τη δεκαετία 1990-1999.

Στη ομάδα των Additional Heavy Metals μέγιστη τιμή εκπομπής παρατηρείτε το 2005 με (0,19kT) και ελάχιστη τιμή εκπομπής το 2000 (0,17 kT). Μέση τιμή των εκπομπών αυτής της ομάδας τη δεκαετία 2000-2009 είναι 0,187kT. Παρατηρούμε μικρή αύξηση κατά μέσο όρο αυτή τη δεκαετία της τάξης +13,3% σε σχέση με τη δεκαετία 1990-1999.

Τέλος, στη ομάδα των POPs που είναι και η κατηγορία ρύπων με τα μικρότερα ποσοστά συνολικά (κατά όγκο kT) μικρότερη τιμή συναντάμε το 2008 (0,039kt) και μεγαλύτερη τιμή το 1993 (0,0474kT). Τη συγκεκριμένη δεκαετία τα POPs έχουν μια συνεχή μείωση των τιμών τους με τη μορφή ακολουθίας χωρίς εξαιρέσεις. Μέση τιμή των εκπομπών αυτής της ομάδας τη δεκαετία 2000-2009 είναι 0,043kT. Παρατηρούμε ελάχιστη μείωση της τάξης 8,5% κατά μέσο όρο αυτή τη δεκαετία στα POPs σε σχέση με τη δεκαετία 1990-1999.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η κατανομή των ρύπων τη δεκαετία 2000-2009:



Ανάλυση εκπομπών ρύπων τη δεκαετία 2010-2019

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Mean
CO	616,2	598,18	641,44	552,5	559,46	538,1	481,03	493,39	468,54	464,31	541,315
Main Pollutants	880,34	756,09	689,29	639,40	610,56	593,67	563,46	574,16	554,25	538,12	639,934
Particulate Matter	317,82	258,98	248,1	239,48	256,45	240,86	244,51	236,97	210,21	213,64	246,702
Priority Heavy Metals	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,023703
Additional Heavy Metal	0,19221	0,18752	0,18612	0,16705	0,16583	0,16678	0,14844	0,14765	0,14643	0,13691	0,164494
POPs	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03510938

Αρχικώς, τη δεκαετία 2010-2019, στη ομάδα ρύπων Main Pollutants τη μέγιστη τιμή τους σε kT, συναντάμε το 2010 (880,34kT) και τη μικρότερη τιμή της το 2019 (538,12kT). Παρατηρούμε σε αυτή τη δεκαετία, από το 2010 έως το 2019 μια συνεχής μείωση των τιμών κάθε χρόνο. Η μέση τιμή των Κύριων ρύπων αυτή τη δεκαετία είναι 639,93kT. Η μέση τιμή των κύριων ρύπων αυτή τη δεκαετία είναι δραματικά μειωμένη -46% κατά μέσο όρο, σε σχέση με τη προηγούμενη δεκαετία.

Στη ομάδα των particulate Matter μέγιστη τιμή συναντάμε το 2010 (317,82kT) και ελάχιστη τιμή εκπομπής το 2018 (210,21 kt). Η μέση τιμή των Particulate Matter τη δεκαετία αυτή είναι 246,71kT. Παρατηρούμε εντυπωσιακή μείωση της εκπομπής ρύπων particulate matter αυτή της δεκαετία της τάξης -45,8% σε σχέση με τη δεκαετία 2000-2009.

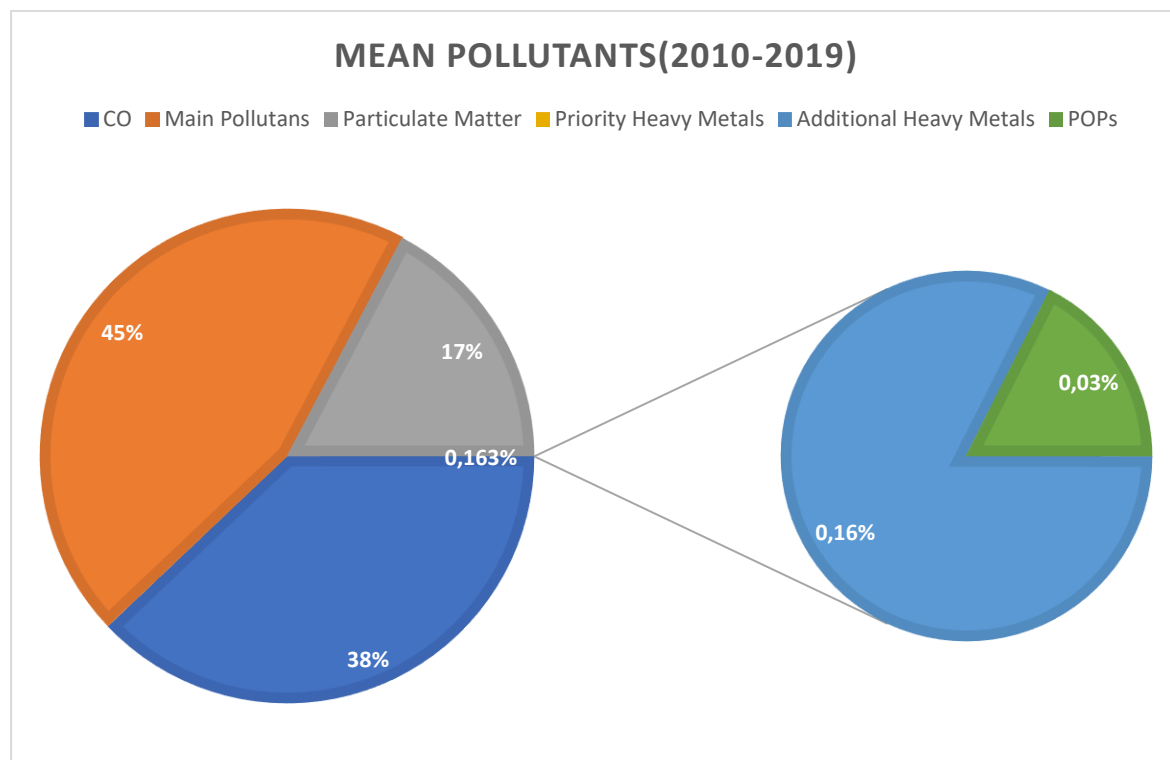
Στη ομάδα των Priority Heavy Metals, μέγιστη τιμή συναντάμε το 2010 (0,047kT) και ελάχιστη τιμή το 2019 (0,013kT). Παρατηρούμε μια συνεχής και σταδιακή μείωση των τιμών της ομάδας αυτή τη δεκαετία. Ο μέσος όρος Priority Heavy Metals είναι 0,023kT. Τη συγκεκριμένη δεκαετία, έχουμε συγκλονιστική μείωση των τιμών priority heavy metals κατά μέσο όρο της τάξης -79,1% σε σχέση με τη δεκαετία 2000-2009.

Στη ομάδα του μονοξειδίου του άνθρακα CO, μέγιστη τιμή εκπομπής συναντάμε το 2010 (616.2kT). και ελάχιστη τιμή το 2019 (464,31kT). Και στη ομάδα αυτή, οι εκπομπές ρύπων μειώνονται σταδιακά και συνεχώς με μια ακολουθία κατά τη περάτωση της δεκαετίας. Μέσο όρος εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα αυτή τη δεκαετία είναι 541,31kT. Παρατηρούμε μείωση κατά μέσο όρο αυτή τη δεκαετία του μονοξειδίου του άνθρακα της τάξης -40,3% σε σχέση με τη δεκαετία 2000-2009.

Στη ομάδα των Additional Heavy Metals μέγιστη τιμή εκπομπής παρατηρείτε το 2010 με (0,192kT) και ελάχιστη τιμή εκπομπής το 2019 (0,137kT). Μέση τιμή των εκπομπών αυτής της ομάδας τη δεκαετία 2010-2019 είναι 0,164kT. Παρατηρούμε μικρή αύξηση κατά μέσο όρο αυτή τη δεκαετία της τάξης +-11,8% σε σχέση με τη δεκαετία 2000-2009.

Τέλος, στη ομάδα των POPs, μεγαλύτερη τιμή συναντάμε το 2011 (0,044kt) και μικρότερη τιμή το 2018 (0,031 kT). Μέση τιμή των εκπομπών αυτής της ομάδας τη δεκαετία 2010-2019 είναι 0,035kT. Παρατηρούμε μείωση της τάξης -20,% κατά μέσο όρο αυτή τη δεκαετία στα POPs σε σχέση με τη δεκαετία 2000-2009.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η κατανομή των ρύπων τη δεκαετία 2010-2019:



Κεφάλαιο 5^ο – Συμπεράσματα

Main Pollutants (Κύριοι Ρύποι)

Σύμφωνα με τη ανάλυση που έγινε στο Κεφάλαιο 4^ο (Ανάλυση των δεδομένων) παρατηρήσαμε για τη ομάδα ρύπων “Main Pollutants” (Κύριοι Ρύποι), ότι σε διάστημα 30 χρόνων ανάλυσης, έχουμε ελάχιστη αυξητική τάση σε ποσοστά κατά τη δεκαετία 2000-2009 της τάξης (+3,44%). Η συγκεκριμένη άνοδος των τιμών έχει ανεπαίσθητες συνέπειες στη υγεία των ανθρώπων αφού οι τιμές μεταβλήθηκαν ακαριαία ελάχιστα σε μονάδα (κΤ). Παρά ταύτα τη δεκαετία 2009-2019 παρατηρούμε ακραία μείωση των ποσοστών και των τιμών της ομάδας των κύριων ρύπων (“Main Pollutants”) της τάξης του (-53,9%). Οι ρύποι της ομάδας (όπως επεξηγήσαμε στο Κεφάλαιο 2^ο) είναι οι εξής: NO_x (as NO₂), NMVOC, SO_x (as SO₂), NH₃.

Particulate Matter (Σωματιδιακή Ύλη)

Σύμφωνα με τη ανάλυση που έγινε στο Κεφάλαιο 4^ο (Ανάλυση των δεδομένων) παρατηρήσαμε για τη ομάδα ρύπων “Particulate Matter”, ότι σε διάστημα 30 χρόνων ανάλυσης, έχουμε τεράστια αυξητική τάση σε ποσοστά κατά τη δεκαετία 2000-2009 της τάξης (+57,9%). Κατά τη δεκαετία 2010-2019 έχουμε δραματική μείωση σε σχέση με τα ποσοστά της προηγούμενης δεκαετίας (-45,8%)

CO (Μονοξείδιο του Άνθρακα)

Σύμφωνα με τη ανάλυση που έγινε στο Κεφάλαιο 4^ο (Ανάλυση των δεδομένων) παρατηρήσαμε για τη ομάδα ρύπων “Carbon Monoxide-CO”, ότι σε διάστημα 30 χρόνων ανάλυσης, έχουμε καθοδική τάση σε ποσοστά κατά τη δεκαετία 2000-2009 (-19,5%). Κατά τη δεκαετία 2010-2019 έχουμε εκ νέου μείωση στα ποσοστά της ομάδας (-40,3%).

Priority Heavy Metals

Σύμφωνα με τη ανάλυση που έγινε στο Κεφάλαιο 4^ο (Ανάλυση των δεδομένων) παρατηρήσαμε για τη ομάδα ρύπων “Priority Heavy Metals”, ότι σε διάστημα 30 ετών ανάλυσης, έχουμε εντυπωσιακή μείωση ποσοστών κατά της δεκαετία 2000-2009 (-74,4%) και ακόμη πιο αισθητή μείωση κατά τη δεκαετία 2010-2019 (-79,1%).

Additional Heavy Metals

Σύμφωνα με τη ανάλυση που έγινε στο Κεφάλαιο 4^ο (Ανάλυση των δεδομένων) παρατηρήσαμε για τη ομάδα ρύπων “Additional Heavy Metals” (Επιπρόσθετα Βαρέα μέταλλα), ότι σε διάστημα 30 χρόνων ανάλυσης, έχουμε μικρή αυξητική τάση σε ποσοστά

κατά τη δεκαετία 2000-2009 της τάξης (+11,7%) . Η συγκεκριμένη άνοδος των τιμών θα έχει ήπιες συνέπειες στη υγεία των ανθρώπων αφού οι τιμές μεταβλήθηκαν ελαφρώς σε μονάδα (κΤ). Εν συνεχεία, τη δεκαετία 2009-2019 παρατηρούμε μικρή μείωση των ποσοστών και των τιμών της ομάδας των Additional Heavy Metals της τάξης του (-15,7%). Οι ρύποι της ομάδας (όπως επεξηγήσαμε στο Κεφάλαιο 2^ο) είναι οι εξής: As, Cr, Cu ,Ni ,Se, Zn.

POPS (Persistent Organic Pollutants)

Σύμφωνα με τη ανάλυση που έγινε στο Κεφάλαιο 4^ο (Ανάλυση των δεδομένων) παρατηρήσαμε για τη ομάδα ρύπων “POPs” (Persistent Organic Pollutants), ότι σε διάστημα 30 χρόνων ανάλυσης, έχουμε μια φανερή μείωση στις τιμές της ομάδας αυτής και η καθίζηση στα ποσοστά τη δεκαετία 2000-2009 είναι της τάξης (-20%). Κατά τη δεκαετία 1990-1999 η μέση τιμή της ομάδας αυτής είναι 0,05kt, ενώ κατά τη δεκαετία 2000-2009 αριθμητικά κατά μέσο όρο έχουμε 0,04kt. Η συγκεκριμένη μείωση των τιμών έχει εμφανείς συνέπειες στη υγεία των ανθρώπων αφού οι τιμές μεταβλήθηκαν κατά μεγάλο βαθμό σε μονάδα (κΤ). Παρά ταύτα τη δεκαετία 2010-2019 παρατηρούμε αρκετά ελαφρά μείωση των ποσοστών και των τιμών της ομάδας των (“Persistent Organic Pollutants”) της τάξης του (-5%).

Πολιτική καθαρού αέρα

Παρατηρώντας την διαχρονική εξέλιξη της κάθε ομάδας ρύπων στον ελλαδικό χώρο, είναι φανερό ότι τις τελευταίες δύο δεκαετίες (2000-2019) έχει υπάρξει σημαντική μείωση στα εν λόγω ποσοστά εκπομπής του κάθε ρύπου. Το γεγονός αυτό αποδίδεται κατά κύριο λόγο στην **δέσμη για την πολιτική καθαρού αέρα**, αλλά και σε πολλές νομοθεσίες και μεταρρυθμίσεις που υποβλήθηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση προκειμένου να περιοριστεί το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Δέσμη ‘Καθαρός αέρας’

Ξεκινώντας, η δέσμη ‘Καθαρός αέρας’ πραγματεύεται την ουσιαστική **ελάττωση της ρύπανσης του αέρα** στην ΕΕ και θέτει ως στόχο την μείωση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία και στο περιβάλλον μέχρι το 2030. Δημοσιεύτηκε από την Επιτροπή στις 18 Δεκεμβρίου 2013 και αποτελείται από την ανακοίνωση ‘πρόγραμμα καθαρός αέρας για την Ευρώπη’ και από άλλες τρεις νομοθετικές προτάσεις.

Αναλυτικότερα τα στοιχεία που την απαρτίζουν είναι:

- Στρατηγική της Επιτροπής με μέτρα για την επίτευξη των υφιστάμενων στόχων και τη θέση νέων στόχων για την ποιότητα του αέρα μέχρι το 2030.
- Αναθεωρημένη οδηγία για τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών, με αυστηρά ανώτατα όρια εκπομπών για τους έξι βασικούς ρυπογόνους παράγοντες (**μονοξείδιο του άνθρακα, μόλυβδος, όζον σε επίπεδο εδάφους, σωματιδιακή ύλη, διοξείδιο του αζώτου και διοξείδιο του θείου**).

- Πρόταση οδηγίας για τη μείωση της ρύπανσης από τις μεσαίου μεγέθους μονάδες καύσης, δηλαδή εγκαταστάσεις με θερμική ισχύ \geq από 1MW και $<$ από 50MW. (Στην Ευρώπη υπολογίζονται περίπου 143.000 μεσαίου μεγέθους μονάδες καύσης).
- Πρόταση για την έγκριση των τροποποιημένων διεθνών κανόνων για τη διασυνοριακή ατμοσφαιρική ρύπανση σε μεγάλη απόσταση σε επίπεδο ΕΕ. (Πρωτόκολλο του Γκέτεμποργκ).

Πρωτόκολλο Γκέτεμποργκ (1999)

Το πρωτόκολλο του Γκέτεμποργκ αφορά την παύση της οξίνισης, του ευτροφισμού και του όζοντος σε επίπεδο εδάφους. Το 2012 τροποποιήθηκε και προστέθηκαν δύο νέα παραρτήματα, τα οποία αποσκοπούν στο να εντείνουν τις προσπάθειες για μια μακροπρόθεσμη προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος. Η προτεινόμενη τροποποίηση προβλέπει **νέες εθνικές δεσμεύσεις μείωσης των εκπομπών** για το 2020 και μετά. Καλύπτει τέσσερις από τους έξι βασικούς ρυπογόνους παράγοντες: SO₂, NO₂ και NH₃, πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) και αιωρούμενα σωματίδια.

Συγκεκριμένα περιλαμβάνει:

- Μείωση των εκπομπών **μαύρου άνθρακα**.
- **Νέα πρότυπα** για την περιεκτικότητα των προϊόντων σε πτητικές οργανικές ενώσεις εκτός του μεθανίου.
- Επικαιροποίηση των **οριακών τιμών εκπομπών** οι οποίες αναφέρονται στο παράρτημα του πρωτοκόλλου.

Μονάδες καύσης μεσαίου μεγέθους (MCPD)

Οι μονάδες καύσεις μεσαίου μεγέθους χρησιμοποιούνται σε ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως είναι: η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η θέρμανση και ψύξη για οικιακή χρήση και για παροχή θερμότητας/ατμού για βιομηχανικές διεργασίες. Αποτελούν σημαντική πηγή εκπομπών για 3 από τους βασικούς ρύπους: διοξείδιο του θείου, οξείδιο του αζώτου και σωματίδια. Στην ΕΕ υπολογίζονται περίπου 142.986 μονάδες μεσαίου μεγέθους. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως την σήμερον ημέρα οι εκπομπές τους **δεν καλύπτονται από ειδικούς κανόνες** σε επίπεδο ΕΕ. Έτσι λοιπόν, με την πρόταση οδηγίας, εισάγονται ορισμένες οριακές τιμές για τις εν λόγω εκπομπές και επικουρούνται τα κράτη μέλη να τηρήσουν τις δεσμεύσεις τους για μείωση των συνολικών εκπομπών.

Αναλυτικότερα, η πρόταση οδηγίας περιλαμβάνει:

- Σύστημα υποχρεωτικής **καταγραφής** για τις μονάδες καύσης μεσαίου μεγέθους.
- **Ειδικές οριακές τιμές** για τους 3 ρύπους για τις νέες και υφιστάμενες μονάδες καύσης, και προθεσμίες για την επιβολή αυτών των ορίων.
- Υποχρέωση των κρατών μελών να εφαρμόσουν αυστηρότερες οριακές τιμές στις μονάδες που βρίσκονται σε περιοχές όπου η ποιότητα του αέρα δεν είναι στο επιθυμητό επίπεδο.
- Απαίτηση προς τους φορείς εκμετάλλευσης να παρακολουθούν τις εκπομπές και να αναφέρουν περιπτώσεις μη συμμόρφωσης- μεταξύ άλλων, δημιουργία (σε επίπεδο κράτους μέλους) ενός **συστήματος περιβαλλοντικής παρακολούθησης** για τις

MCPD, ή εφαρμογή άλλων μέτρων για τον έλεγχο της συμμόρφωσης τους- και λήψη απαιτούμενων μέτρων σε περίπτωση μη συμμόρφωσης.

- Δημιουργία μηχανισμού υποβολής εκθέσεων.
- Ειδικούς κανόνες για ποινές σε περίπτωση παραβίασης των κανόνων.

Νέα εθνικά ανώτατα όρια

Σε ένα γενικό πλαίσιο, τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών αποτελούν **οριακές τιμές για τις συνολικές εκπομπές** συγκεκριμένων ρύπων τις οποίες τα κράτη μέλη (όπως είναι και η Ελλάδα) οφείλουν να: οχήματα, ναυτιλία τηρήσουν. Το ισχύον καθεστώς των ορίων αφορά τα όρια από το 2010 και μετά, και όπως παρατηρείται από τα διαγράμματα, έχει σημειωθεί σημαντική μείωση στα ποσοστά εκπομπής των βασικών ρύπων. Παρόλα αυτά, οι μακροπρόθεσμοι στόχοι της ΕΕ για την ποιότητα του αέρα δεν έχουν επιτευχθεί. Με την πρόταση οδηγίας της Επιτροπής εισάγονται **αυστηρότερα** εθνικά ανώτατα όρια για την κάθε ομάδα ρύπου τα οποία θα ισχύουν από το 2020 μέχρι και το 2030. Επίσης, προτείνεται και περιορισμός των εκπομπών από **δύο νέους ρύπους** οι οποίοι δεν καλύπτονται από τους ισχύοντες κανόνες:

- **Μεθάνιο**-ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου
- **Σωματιδιακό υλικό**-λεπτή σκόνη προερχόμενη από πηγές όπως: οχήματα, ναυτιλία και εκπομπές αιθάλης (μαύρος άνθρακας).

Συγκεκριμένα, η πρόταση νέας οδηγίας:

- Απαιτεί από τα κράτη μέλη να περιορίσουν τις οικείες ετήσιες εκπομπές (για τους 6 βασικούς ρύπους) έτσι ώστε να τηρούνται οι δεσμεύσεις τους για μείωση.
- Ορίζει τις τιμές εκπομπών που δεν θα συνυπολογίζονται.
- Απαιτεί από όλα τα κράτη μέλη να **εγκρίνουν, να εφαρμόζουν και να ενημερώνουν τακτικά τα εθνικά τους προγράμματα για τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης**, περιγράφοντας τους τρόπους τήρησης των δεσμεύσεων τους για μείωση των εκπομπών.
- Απαιτεί από τα κράτη μέλη να παρακολουθούν τις ετήσιες εκπομπές αυτών των ρύπων και να καταρτίζουν και να ενημερώνουν τις **εθνικές απογραφές και τις προβλέψεις για τις εκπομπές**.
- Απαιτεί από τα κράτη μέλη να παρακολουθούν, όσο περισσότερο γίνεται, τις δυσμενείς επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα ύδατα και τα οικοσυστήματα.
- Προάγει την συνεργασία με τρίτες χώρες και αρμόδιους διεθνείς οργανισμούς, για την καλύτερη αντιμετώπιση των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων σε παγκόσμιο επίπεδο.

Τα ΕΠΕΑΡ (Εθνικά Προγράμματα Ελέγχου της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης) κάθε κράτους μέλους, όλες οι πληροφορίες παρακολούθησης και οι εθνικές απογραφές και προβλέψεις για τις εκπομπές θα πρέπει να διαβιβάζονται τακτικά στην Επιτροπή και σε τακτές ημερομηνίες.

Κεφάλαιο 6^ο- Βιβλιογραφία

- Ab Latif Wani; Anjum Ara ;Jawed Ahmad Usmani, *Lead Toxicity: a review* ,2015, June 8 , doi: 10.1515/intox-2015-0009
- Hwan-Cheol Kim, Tae-Won Jang, Hong-Jae Chae , *Evaluation and management of lead exposure* ,2015, December 15 , doi: 10.1186/s40557-015-0085-9
- Laurie Halmo; Thomas M. Nappe , *Lead Toxicity* , 2021, July 10
- Mehrdad Rafati Rahimzadeh, MSc, Mehravar Rafati Rahimzadeh, PhD, Sohrab Kazemi, PhD, and Ali-akbar Moghadamnia, PharmD, PhD , *Cadmium toxicity and treatment: An update*, 2017 , doi: 10.22088/cjim.8.3.135
- Shawn L. Posin; Erwin L. Kong; Sandeep Sharma, *Mercury Toxicity* , 2021, September 8
- EEA, *AirBase v.8 & AQ e-Reporting ,Carbon Monoxide: annual mean concentrations in Europe* ,2017, July 20
- P.B. Tchounwou, C.G. Yedjou, A.K. Patlolla, D.J. Sutton *Heavy metal toxicity and the environment*
In *EXS*, 101 (2012), pp. 133-164
- L.K. Wang
Heavy Metals in the Environment
CRC Press (2009)
- R.A. Wuana, F.E. Okieimen
Heavy metals in contaminates soils: a reveiw of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation
ISRN Ecol. (2011)
- M. Sutton, S. Reis and S.M.H. Baker (eds), *Atmospheric Ammonia*, 71 © Springer Science + Business Media B.V. 2009
- M. Samuel Collin, Senthil Kumar Venkatraman , Naveensubramaniam Vijayakumar , V. Kanimozhi : *Bioaccumulation of lead (Pb) and its effect on human :A review* ,2022 , doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100094
- Lars Järup , Agneta Akesson : *Current status of cadmium as an environmental health problem*,2009, May 3, DOI: 10.1016/j.taap.2009.04.020
- IARC , *Cadmium and Cadmium Compounds* , 1993 , (monographs.iarc.who.int)
- M P Waalkes , *Cadmium Carcinogenesis in review* , 2000, April (1-4), doi: 10.1016/s0162-0134(00)00009-x
- Agency For Toxic Substances and Disease Registry ,*Public Health Statement: Cadmium*,2012 September , CAS # 7440-43-9
- DES, Department of Environmental Services , *Mercury: Sources, Transport, Deposition and Impacts* , 2019 , ARD-28 ,(des.nh.gov/ard-28.pdf)
- DES, Department of Environmental Services , *Mercury in the Environment* , 2019 , WD-BB-21, (des.nh.gov/wd-bb-21)
- Dharmendra Kumar Gupta, Soumya Chatterjee : *Arsenic Contamination in the Environment* ,2017 , doi.org/10.1007/978-3-319-54356-7
- Paul B Tchounwou , Clement G Yedjou , Anita K Patlolla, Dwayne J Sutton :*Heavy Metals Toxicity and the Environment* , 2014, August 26 , doi: 10.1007/978-3-7643-8340-4_6
- World Health Organization, *Exposure to Arsenic: a major Public Health Concern* , 2019. Some rights reserved. This work is available under the CC BYNC-SA 3.0 IGO licence.(who.int/arsenic exposure)

- Mahdi Balali-Mood , Kobra Naseri, Zoya Tahergorabi, Mohammad Reza Khazdair, Mahmood Sadeghi : *Toxic Mechanism of Five Heavy Metals: Mercury, Lead, Chromium, Cadmium , and Arsenic* ,2021, April 13 , DOI: 10.3389/fphar.2021.643972
- Nitika Sharma , Kushneet Kaur Sodhi , Mohit Kumar , Dileep Kumar Singh : *Heavy metal pollution : Insights into chromium eco-toxicity and recent advancement in its remediation* ,21021 May , DOI:10.1016/j.enmm.2020.100388
- J. Occurrences Barnhart
Uses, and properties of chromium
Regul. Toxicol. Pharmacol., 26 (1997), pp. S3-S7
- Erik Lindberg , Göran Hedenstierna : *Chrome Plating: Symptoms, Findings in the Upper Airways, and Effects on Lung Function*, *Archives of Environmental Health An International Journal* , 2012 December , DOI:10.1080/00039896.1983.10545822
- Dan Brennan, MD, *What to Know about Copper Toxicity* ,2021, May 03, WebMD Editorial Contributors, (webmd/copper-toxicity)
- Joseph Kiprop , *Sources and Effects of copper pollution in the Environment* , 2021, January 05 , (worldatlas/what-are-the-sources-and-effects-of-copper-pollution-in-the-environment.html)
- U.S. Environmental Protection Agency. *Health Assessment Document for Nickel*. EPA/600/8-83/012F. National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington, DC. 1986.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry, *Division of Toxicology, Public Health Statement , Nickel and the effects of exposure to it, 2005*, (atsdr.cdc.gov/nickel)
- Gopal Rathor , Neelam Chopra and Tapan Adhikari : *Nickel as a Pollutant and its Management, Nickel as a Pollutant and its Management*,2014 October , (isca.in/Nickel-as-a-pollutant)
- World Health Organization, *Low selenium levels linked to liver cancer development*, Press Release No 245, July 04 , (iarc.who.int/Selenium-linked-cancer)
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry, *Division of Toxicology ToxFAQs™ – Selenium* , 2003 September , CAS # 7782-49-2 , (atsdr.cdc.gov/toxfaqs-selenium)
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry, *Division of Toxicology ToxFAQs™ – Selenium* , 2003 September , CAS # 7782-49-2 , (atsdr.cdc.gov/toxfaqs-selenium)
- Julie Louise Gerberding , U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry : *Toxicological Profile for Zinc*,2005 August , (atsdr.cdc.gov/Toxicological-Profile-Zinc)
- Wong M, Poon B (2003) *Sources, fates and effects of persistent organic pollutant in China, with emphasis on the Pearl River Delta*. In: Fiedler H (ed) *The hand book of environmental chemistry, persistent organic pollutants*, 3rd edn. Springer, Berlin/Heidelberg, Chapter 13(link.springer.com/Pesistent Organic Pollutants)

- Muhammad Aqeel Ashraf , *Environmental Science and Pollution Research :Persistent organic pollutants (POPs): a global issue , a global challenge ,2015 , September 15 , (link.springer.com/POPs)*
- Amtul Bari Tabinda Akhtar, Samra Naseem, Abdullah Yasar , Zunaira Naseem , *Environmental and Microbial Biotechnology : Persistent Organic Pollutants(POPs):Sources ,Types ,Impacts and Their Remediation ,2021, April 17 , DOI: 10.1007/978-981-15-5499-5_8*
- Rauf V. Galiulin , Vladimir N. Bashkin , Rosa A. Galiulina , *Review :Behavior of Persistent Organic Pollutants in the Air-Plat-Soil System ,2002 June , (link.springer.com/Behavior-of-POPs)*
- Wolseley et al. 2006 , Sutton, M.A. et al. (2009). *Estimation of the Ammonia Critical Level for Epiphytic Lichens Based on Observations at Farm, Landscape and National Scales. In: Sutton, M.A., Reis, S., Baker, S.M. (eds) Atmospheric Ammonia. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9121-6_6*
- Lee DH, Lee IK, Song K, Steffes M, Toscano W, Baker BA, and Jacobs DR Jr, 2006, *A Strong Dose-Response Relation Between Serum Concentrations of Persistent Organic Pollutants and Diabetes, Diabetes Care, 29:1638-1644 , (diabetesjournals/Relation-Between-POPs-and-Diabetes)*
- Σεμερτζίδου Ελένη , Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ: Συνεισφορά των οργανικών σωματιδίων στην σωματιδιακή ρύπανση στην περιοχή της Ελλάδος με βάση τα αποτελέσματα φωτοχημικού μοντέλου,2014
- Ζιώμας Γιάννης , Καθηγητής ΕΜΠ ,Σχολή Χημικών Μηχανικών Ατμόσφαιρα-Ατμοσφαιρική Ρύπανση ,2007 Αθήνα
- Μπίμη Χρυσούλα, ΠΜΣ:Δαχείριση Αποβλήτων ΕΜΠ , Δείκτες ατμοσφαιρικής ποιότητας και η σχέση τους με το Ευρωπαϊκό και Διεθνές Νομοθετικό πλαίσιο,2019 Ιούλιος
- ΠΟΥ, «Ambient Air Pollution: A global assessment of exposure and burden of disease», 2016, σ. 15 και ΕΟΠ, «Air quality in Europe – 2017 report», 2017,
- Δικτυακός τόπος ΠΟΥ και ΠΟΥ, «Economic cost of the health impact of air pollution in Europe», 2015,
- ΕΟΠ, «Air quality in Europe – 2013 report», 2013. Βλέπε επίσης IARC (Διεθνής Οργανισμός Ερευνών για τον Καρκίνο), «Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths», 2013. Ο Διεθνής Οργανισμός Ερευνών για τον Καρκίνο (International Agency for Research on Cancer, IARC) είναι διακυβερνητικός οργανισμός του ΠΟΥ.
- ΠΟΥ, «Air quality guidelines – Global update 2005»
- Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας, Γεν. Δ/νση Περιβαλλοντικής πολιτικής, Δ/νση κλιματικής αλλαγής & Ποιότητας ατμόσφαιρας. "Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμόσφαιρας 2019" Ιούνιος 2020 (ypen.gov.gr/Ekthesi2019)

Πηγές από το διαδίκτυο

- <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants>
- Ποιότητα της Ατμόσφαιρας - (ypen.gov.gr)
- Microsoft PowerPoint - Unit_1_1.pptx (uth.gr)
- <4D6963726F736F667420576F7264202D20D0E7E3DDF220D1FDF0E1EDF3E7F25F30302DC5CED9D6D5CBCBCF5F323031352E646F63> (auth.gr)
- Ατμοσφαιρική ρύπανση — Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (europa.eu)
- Νομοθεσία - (ypen.gov.gr)
- Διπλωματική εργασία - Μπίμη Χρυσούλα.pdf (eap.gr)
- <https://www.cdc.gov/air/pollutants.htm>
- <https://www.cdc.gov/nceh/>
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541097/>
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK158840/>
- <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/what-carbon-monoxide>
- <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/carbon-monoxides-impact-indoor-air-quality>
- <https://www.epa.gov/international-cooperation/persistent-organic-pollutants-global-issue-global-response>
- <https://www.health.nsw.gov.au/environment/air/Pages/nitrogen-dioxide.aspx>
- <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>
- <https://www.trusens.com/guides/ultimate-guide-to-air-pollutants/sulfur-dioxide-reducing-exposure-both-indoor-and-outdoor2/>
- <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/basic-information-about-lead-drinking-water>
- <https://www.cdc.gov/nceh/lead/prevention/health-effects.htm>
- <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- <https://www.epa.gov/lead/what-are-some-health-effects-lead>
- <https://www.epa.gov/lead/what-are-some-health-effects-lead>
- <https://www.cdc.gov/nceh/lead/prevention/default.htm>
- <https://www.epa.gov/mercury/basic-information-about-mercury>
- <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/nickle-compounds.pdf>
- <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp15-c1.pdf>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Selenium>

- <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Selenium-HealthProfessional/>
- <https://www.lenntech.com/periodic/elements/se.htm>
- <https://www.environmentalpollutioncenters.org/zinc/>
- <https://www.lenntech.com/periodic/elements/zn.htm>
- <https://www.unep.org/cep/persistent-organic-pollutants-pops-and-pesticides>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Persistent_organic_pollutant
- <https://www.epa.gov/international-cooperation/persistent-organic-pollutants-global-issue-global-response>
- https://ec.europa.eu/environment/chemicals/international_conventions/index_en.htm
- https://ec.europa.eu/environment/archives/pops/index_en.htm