

10ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Όρια Ποιότητας Αέρα στην Ευρώπη

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ 10^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

10.1 Κριτήρια για την εφαρμογή περιοριστικών μέτρων για χημικές ενώσεις στην Ατμόσφαιρα	3
10.1.1 Υπολογισμός της επίδρασης χημικών ενώσεων της Ατμόσφαιρας στη δημόσια υγεία.....	3
10.2 Ανάλυση Επικινδυνότητας - Χαρακτηρισμός κινδύνου και αέρια ρύπανση	5
10.3 Αρχές στην εφαρμογή Ορίων για Ατμοσφαιρικούς ρύπους.....	7
10.4 Οργανικοί Ρύποι	18
10.4.1 Ακρυλονιτρίλιο	18
10.4.2 Βενζόλιο.....	18
10.4.3 1-3-Βουταδιένιο	19
10.4.4 Διθειάνθρακας	19
10.4.5 Μονοξείδιο του άνθρακα	20
10.4.6 1,2 – Διχλωροαιθάνιο	21
10.4.7 Διχλωρομεθάνιο.....	21
10.4.8 Φορμαλδεΰδη	22
10.4.9 Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	23
10.4.10 Πολυχλωριωμένα διφαινύλια και τριφαινύλια.....	23
10.4.11 Πολυχλωριωμένες διβενζοδιοξίνες και διβενζοφουράνια	24
10.4.12 Στυρένιο	24
10.4.13 Τετραχλωροαιθυλένιο	25
10.4.14 Τολουόλη	25
10.4.15 Τριχλωροαιθυλένιο	26
10.5 Ανόργανοι Ρύποι	27
10.5.1 Αρσενικό	27
10.5.2 Αμίαντος	27
10.5.3 Κάδμιο	28
10.5.4 Χρώμιο	28
10.5.5 Φθόριο.....	28
10.5.6 Υδρόθειο	29
10.5.7 Μόλυβδος	29
10.5.8 Μαγνήσιο	30
10.5.9 Υδράργυρος	30
10.5.10 Νικέλιο	31
10.5.11 Λευκόχρυσος	31
10.5.12 Βανάδιο.....	32
10.6 Κλασσικοί Ρύποι	33
10.6.1 Διοξείδιο του αζώτου	33
10.6.2 Όζον και άλλοι Φωτοχημικοί Ρύποι.....	33
10.6.3 Αιωρούμενα Σωματίδια.....	34
10.6.4 Διοξείδιο του θείου	35
10.7 Ρύποι σε Εσωτερικούς Χώρους.....	37
10.7.1 Καπνός τσιγάρου	37
10.7.2 Ανθρωπογενείς υαλώδεις ίνες	38
10.7.3 Ραδόνιο	39
Βιβλιογραφία 10 ^{ου} Κεφαλαίου	40

Αέριοι Ρύποι και Υγεία

Βασικό ανθρώπινο δικαίωμα είναι η ελεύθερη πρόσβαση σε αέρα και νερό ικανοποιητικής ποιότητας. Σε καθημερινή βάση αναπνέουμε από 10 έως 20 m³ αέρα και πίνουμε 1-2 λίτρα νερό. Η ελεγχόμενη ποιότητα του αέρα και του ύδατος είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για τη δημόσια υγεία και την απρόσκοπτη λειτουργία ενός κράτους. Κάτω από αυτό το πρίσμα ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization, WHO) έχει δημοσιεύσει τα κριτήρια για την επίτευξη αποδεκτών ορίων στις συγκεντρώσεις συγκεκριμένων χημικών στοιχείων στον Ευρωπαϊκό χώρο (WHO, 2000). Η επίτευξη αποδεκτών συγκεντρώσεων αερίων ρύπων για τη δημόσια υγεία μπορεί να γίνει με τη θέσπιση της κατάλληλης νομοθεσίας και πολιτικής βούλησης από τη μια πλευρά, αλλά με την εφαρμογή τεχνολογικών μέτρων για τη μείωση των ανθρωπογενών εκπομπών από την άλλη.

Δυστυχώς δεν προβλέπεται στα επόμενα χρόνια να επιτευχθούν τα προβλεπόμενα όρια για όλες τις χημικές ενώσεις που δύναται να είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία. Η παραπάνω διαπίστωση σε συνδυασμό με πρόσφατα ιατρικά δεδομένα που καταδεικνύουν, ότι η έκθεση των ανθρώπων σε ακόμη χαμηλότερα επίπεδα αερίων ρύπων από αυτά που νομοθετήθηκαν πριν από ορισμένα χρόνια είναι επικίνδυνη για τη δημόσια υγεία, κάνει ακόμη πιο επιτακτική την ανάγκη για τη λήψη άμεσων μέτρων.

Επειδή είναι αδύνατο να φτάσουμε σε ιδανική κατάσταση σε σχέση με την αέρια ρύπανση, στην οποία δεν θα υπάρχει κανένα πρόβλημα στη δημόσια υγεία, αυτό που προσπαθούμε να επιτύχουμε είναι η μείωση της έκθεσης των ανθρώπων σε αέριους ρύπους αφενός μέσω της θέσπισης και εφαρμογής της κατάλληλης νομοθεσίας αλλά και αφετέρου μέσω τεχνολογικών μέτρων.

Πολλές διαφορετικές χημικές ενώσεις εκπέμπονται από ανθρωπογενείς και φυσικές πηγές, όπως έχουμε δει στο Κεφάλαιο 7. Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζουμε την επίδραση που έχουν στη δημόσια υγεία οι διάφορες χημικές ενώσεις που υπάρχουν στον αέρα καθώς και τα κριτήρια που έχουν θεσμοθετηθεί. Τις τελευταίες δεκαετίες μεγάλες προσπάθειες έχουν γίνει στην Ευρώπη για τη μείωση των αερίων ρύπων. Ένα παράδειγμα, κατά το οποίο οι προσπάθειες είχαν θετικό αποτέλεσμα, είναι η σημαντική μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του θείου, της τάξεως του 50% κατά την περίοδο 1980-1995. Δυστυχώς δεν επιτεύχθηκε το ίδιο και για άλλους αέριους ρύπους, όπως για τα οξείδια του αζώτου και τα αιωρούμενα σωματίδια.

Το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης είναι σύνθετο καθώς περιλαμβάνει πολλές πηγές με διαφορετικές εκπομπές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία ενός μίγματος αερίων χημικών ενώσεων καθιστώντας κατ' αυτόν τον τρόπο ιδιαίτερα πολύπλοκη την έκθεση του ανθρώπου στις ενώσεις αυτές. Επίσης σημαντική είναι και η συνεισφορά από τη διασυννοριακή μεταφορά που είναι δύσκολο να ελεγχθεί. Ένα άλλο στοιχείο είναι η πραγματική έκθεση των ανθρώπων σε αέριους ρύπους, η οποία περιλαμβάνει σε μεγάλο ποσοστό έκθεση και σε ρύπους που εκπέμπονται από εσωτερικούς χώρους. Ο πιο σημαντικός ρύπος σε εσωτερικούς χώρους είναι ο καπνός από το τσιγάρο.

Με σκοπό την προστασία της δημόσιας υγείας από την αέρια ρύπανση έχουν καθοριστεί κριτήρια για τα επιτρεπόμενα όρια που πρέπει να έχουν διάφοροι αέριοι ρύποι στο εξωτερικό περιβάλλον και ιδίως σε αστικές περιοχές. Τα όρια καθορίστηκαν βάσει της επικινδυνότητας που έχουν οι ρύποι αυτοί για τη δημόσια υγεία. Πρέπει να αναφερθεί, ότι πριν κάποια τιμή συγκέντρωσης αερίου ρύπου χρησιμοποιηθεί ως επιτρεπόμενο όριο από την Ευρωπαϊκή Ένωση, πρέπει να εξεταστούν πολλοί άλλοι παράγοντες, όπως η τεχνική της επίτευξης των ορίων, οι οικονομικοί και κοινωνικοί παράγοντες καθώς και η στρατηγική επίτευξης των ορίων (WHO, 2000).

Ο κύριος σκοπός του καθορισμού ορίων στη συγκέντρωση αερίων ρύπων είναι η προστασία της υγείας των πολιτών. Εκτός από τον προσδιορισμό ορίων για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους πρέπει να γίνεται και ενημέρωση των πολιτών σε συμβουλευτική βάση για την επικινδυνότητα των διαφόρων ρύπων στη δημόσια υγεία. Στη μελέτη που ακολουθεί έχουμε επικεντρωθεί σε συγκεκριμένες χημικές ενώσεις και όχι σε μίγματα χημικών ενώσεων, με εξαίρεση την περίπτωση των αιωρούμενων σωματιδίων. Αυτό έγινε γιατί η επίδραση στη δημόσια υγεία ενός μίγματος χημικών ενώσεων δεν είναι εύκολο να μελετηθεί και τα επιστημονικά δεδομένα που υπάρχουν είναι ελλιπή. Ακολουθώντας τη μεθοδολογία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας ξεχωρίζουμε 35 ρύπους με επίδραση στη δημόσια υγεία (WHO, 2000). Τους κατηγοριοποιούμε ως εξής:

(α) Οργανικοί Ρύποι:

Ακρυλονιτρίλιο	1,2-Διχλωροαιθάνιο	Βινυλοχλωρίδιο
Βενζόλιο	Διχλωρομεθάνιο	Τριχλωροαιθυλένιο
Βουταδιένιο	Φορμαλδεΰδη	Τολουόλη
Διθειάνθρακα	Στυρένιο	Τετραχλωροαιθυλένιο
Μονοξειδίο του Άνθρακα		
Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες		
Πολυχλωριωμένες Διβενζοδιοξίνες και Διβενζοφουρένια		
Πολυχλωριωμένα Διφαινύλια και Τριφαινύλια		

(β) Ανόργανοι Αέριοι Ρύποι:

Αρσενικό	Κάδμιο	Υδροθείο
Αμίαντος	Χρώμιο	Υδράργυρος
Μόλυβδος	Μαγνήσιο	Βανάδιο
Νικέλιο	Λευκόχρυσος	

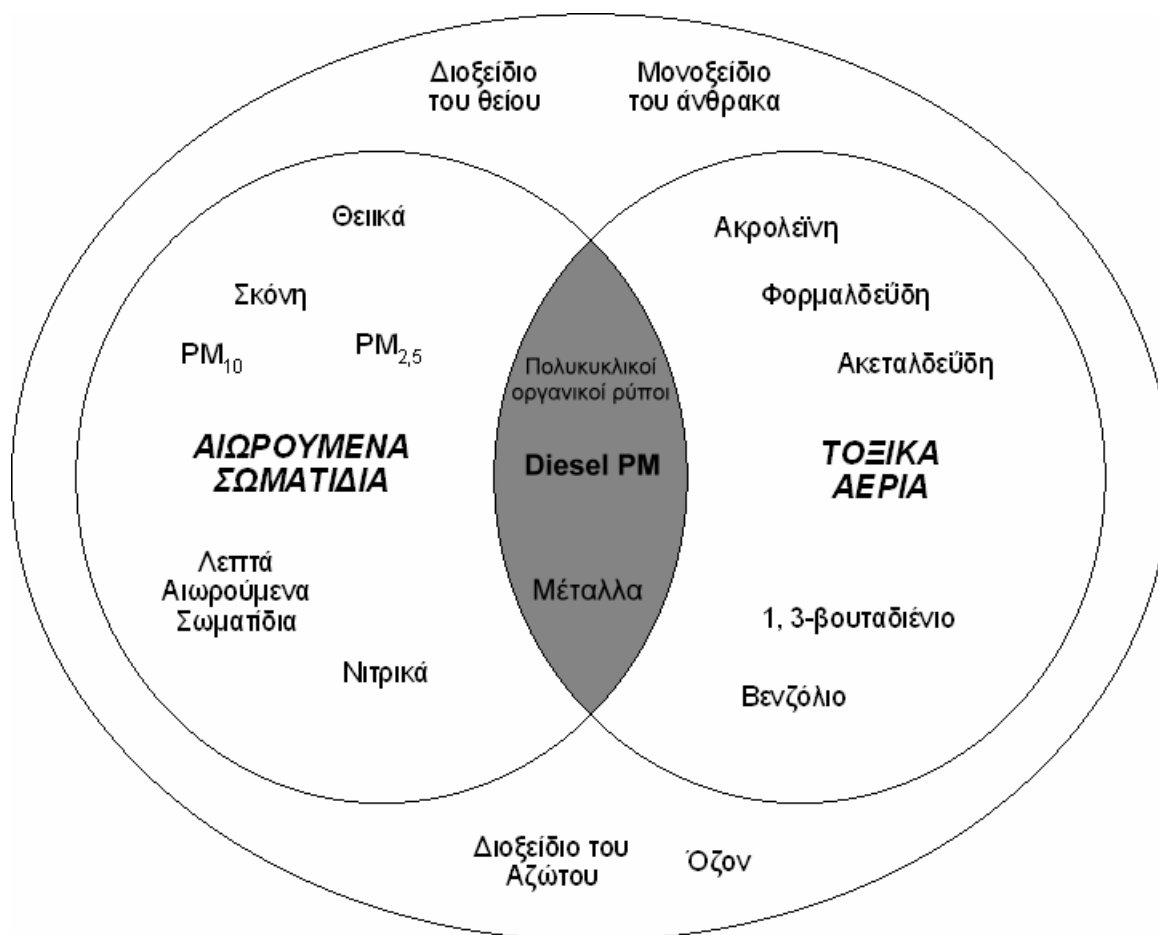
(γ) Κλασικοί Αέριοι Ρύποι:

Διοξείδιο του Αζώτου	Φωτοχημικοί ρύποι	Διοξείδιο του Θείου
Όζον	Αιωρούμενα Σωματίδια	

(δ) Ρύποι Εσωτερικών Χώρων:

Καπνός τσιγάρου, Ραδόνιο και ανθρωπογενείς υαλώδεις ίνες.

Το σύνολο των ρυπαντικών φορτίων όπως συναντώνται στην Ατμόσφαιρα παρουσιάζεται στο Σχήμα 10-1.



Σχήμα 10-1: Το μίγμα της αέριας ρύπανσης (Πηγή: ΗΕΙ, 2000).

10.1 Κριτήρια για την εφαρμογή περιοριστικών μέτρων για χημικές ενώσεις στην Ατμόσφαιρα

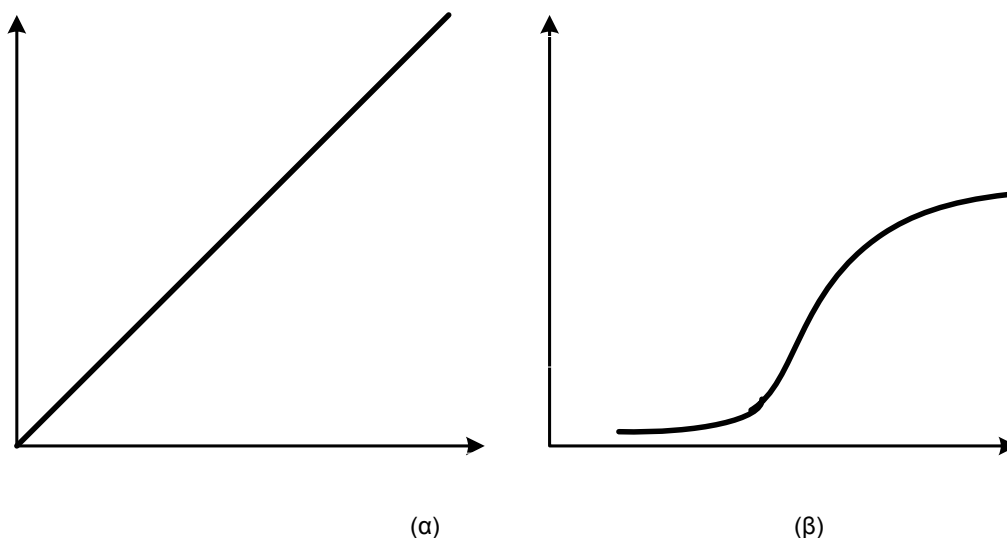
Είναι επιθυμητό οι τιμές των κριτηρίων για τη συγκέντρωση ρύπων στην Ατμόσφαιρα να αποτελούν το ανώτερο όριο, όπου δε θα υπάρχουν βλαβερές συνέπειες στον άνθρωπο. Αλλά εδώ πρέπει να ξεχωρίσουμε τη διαφορά μεταξύ απόλυτης ασφάλειας και αποδεχόμενης επικινδυνότητας.

10.1.1 Υπολογισμός της επίδρασης χημικών ενώσεων της Ατμόσφαιρας στη δημόσια υγεία

Η εκπομπή, μεταφορά και μετατροπή ρυπαντών στην Ατμόσφαιρα επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις των ρύπων αυτών στη δημόσια υγεία. Συγκεκριμένα όταν από κάποια πηγή εκπέμπονται ατμοσφαιρικοί ρύποι και έπειτα λαμβάνει χώρα μεταφορά, μετατροπή και συσσώρευση αυτών σε μικροπεριβάλλοντα, τελικά ο αποδέκτης της επιβάρυνσης αυτής είναι τόσο ο άνθρωπος όσο και το φυσικό περιβάλλον γύρω του. Η έκθεση του ανθρώπου σε αυτούς συνεπάγεται βιολογική μεταφορά τους σε ευαίσθητους ιστούς εντός του ανθρώπινου οργανισμού. Αυτή η αλυσίδα των διεργασιών μπορεί να ερμηνευθεί και να ποσοτικοποιηθεί μέσω της συσχέτισης της έκθεσης–

απόκρισης που εκφράζουν αυτές ακριβώς τις αρνητικές επιπτώσεις. Η σχέση έκθεσης–απόκρισης είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη ως έκφραση στην τοξικολογία, στη φαρμακευτική και στην επιδημιολογία. Απλές εκφράσεις εξισώσεων έκθεσης–απόκρισης αφορούν ρυπαντές και χημικές ενώσεις.

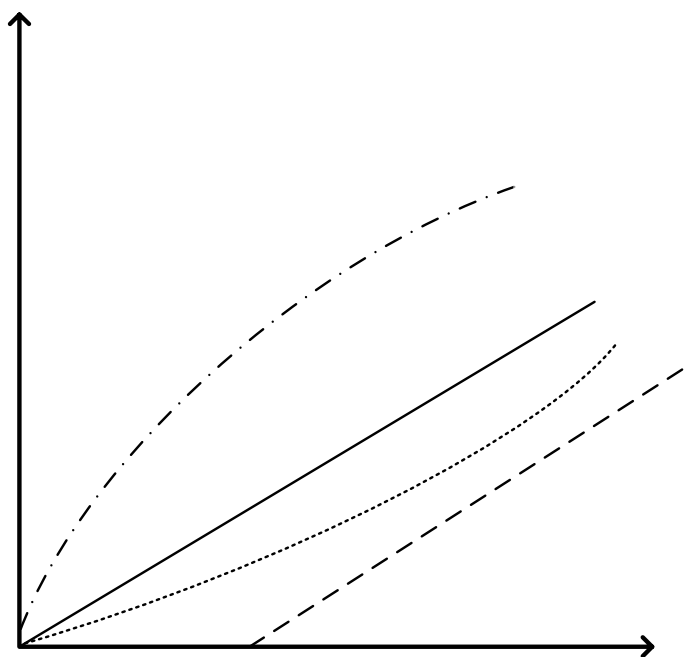
Για την πλειοψηφία των ρυπαντών είναι διαθέσιμα τα δεδομένα των συγκεντρώσεων τους σε αστικούς χώρους αλλά δεν είναι διαθέσιμα τα δεδομένα για τις επιπτώσεις τους στον άνθρωπο, στα φυτά και στα ζώα. Στην περίπτωση αυτή για την εκτίμηση της επικινδυνότητας των ρυπαντών αυτών χρησιμοποιούνται πειραματικά δεδομένα από την έκθεση θηλαστικών ζώων στους ρύπους. Όταν όμως είναι διαθέσιμα επιδημιολογικά δεδομένα που αφορούν ανθρώπους χρησιμοποιούνται με άμεση προτεραιότητα για την αξιολόγηση της επικινδυνότητας και τα δεδομένα από ζώα χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικά. Αποσαφηνίζοντας τον όρο ‘δόση’ αναφερόμαστε στην ποσότητα της χημικής ένωσης που εφαρμόζεται εξωτερικά (συγκέντρωση στο περιβάλλον), προσλαμβάνεται από το στόμα (μέσω του αέρα, της τροφής ή του νερού) ή απορροφάται εσωτερικά (δερματική επαφή). Ομοίως με το όρο ‘απόκριση’ αναφερόμαστε στο μετρημένο ή παρατηρούμενο επεισόδιο στο ποσοστό του πληθυσμού που παρουσίασε οποιαδήποτε ενόχληση ή στην πιθανότητα εμφάνισης ασθενειών σε ένα πληθυσμό (Σχήμα 10-2 και 10-3).



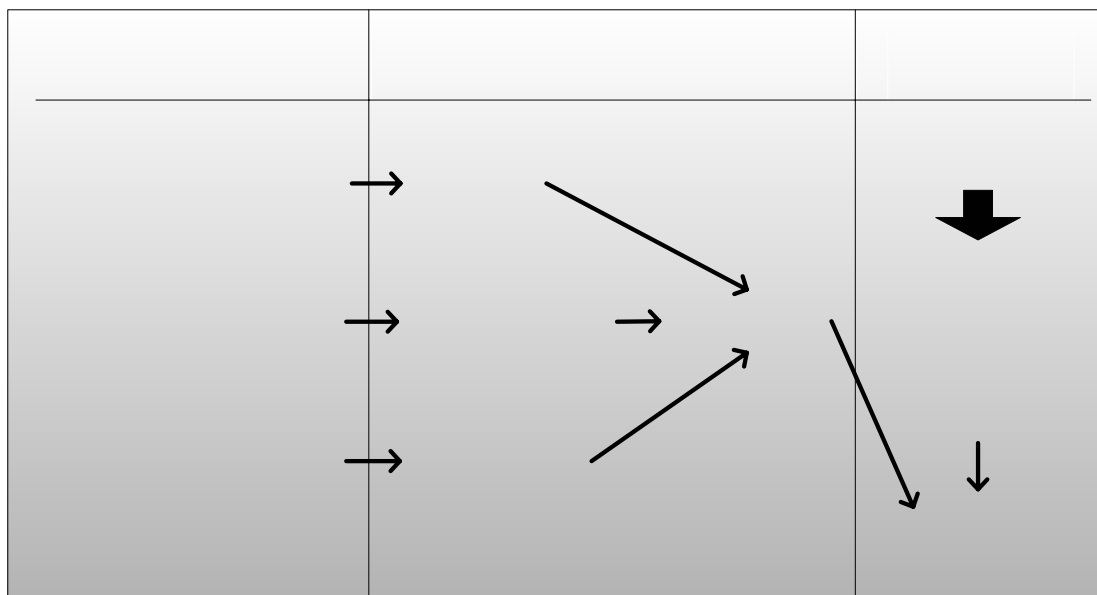
Σχήμα 10-2: Γραμμική (α) και μη γραμμική (β) συσχέτιση δόσης – απόκρισης για καρκινογενείς και μη καρκινογείς ρυπαντές αντίστοιχα.

Η ανάλυση επικινδυνότητας είναι η μεθοδολογία (Σχήμα 10-4), σύμφωνα με την οποία συστηματικά εκτιμάται ο κίνδυνος, στον οποίο εκτίθεται ο πληθυσμός που μας ενδιαφέρει, με γνώμονα τις επιπτώσεις που εμφανίζει ο πληθυσμός στην υγεία του, τη συχνότητα αυτών των συμπτωμάτων, καθώς και το ποσοστό του πληθυσμού που παρουσιάζει κάποιο επεισόδιο παθογένειας. Η ανάλυση της επικινδυνότητας χρησιμοποιείται επίσης ως βάση για τον καθορισμό περιβαλλοντικών ορίων των ρυπαντών, ώστε να προστατευθεί η υγεία των ανθρώπων.

Στη συνέχεια περιγράφουμε την έκθεση της επικινδυνότητας και τα ανώτερα και επιτρεπτά όρια για τους 35 αέριους ρύπους που έχουν θεσμοθετηθεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας.



Σχήμα 10-3: Μοντέλα δόσης - απόκρισης που χρησιμοποιούνται για καρκινογενείς ουσίες (1) γραμμικό χωρίς κατώφλι έκθεσης, (2) γραμμικό με κατώφλι έκθεσης, (3) ημιγγραμμικό χωρίς κατώφλι έκθεσης και (4) άνω-γραμμικό (supralinear) χωρίς κατώφλι έκθεσης μοντέλο (Πηγή: Holgate et al., 1999).



Σχήμα 10-4: Σχηματικές σχέσεις μεταξύ έρευνας, ανάλυσης της επικινδυνότητας και διαχείρισης του κινδύνου (Πηγή: Holgate et al., 1999).

10.2 Ανάλυση Επικινδυνότητας - Χαρακτηρισμός κινδύνου και αέρια ρύπανση

Ο χαρακτηρισμός του κινδύνου είναι μια μεθοδολογία που αποσκοπεί στη συστηματική μελέτη των ενδείξεων σχετικά με τον κίνδυνο της υγείας των πολιτών και με τον χαρακτηρισμό των υπεύθυνων για τον κίνδυνο αυτό διεργασιών. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται η παραπάνω μεθοδολογία

για τον υπολογισμό του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου του πνεύμονα λόγω των εκπομπών των σωματιδίων από πετρελαιοκινητήρες αυτοκινήτων. Επίσης η μεθοδολογία αυτή έχει χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ρύπανσης των εσωτερικών χώρων από τον καπνό του τσιγάρου, το ραδόνιο και τον αμύαντο.

Η μεθοδολογία του χαρακτηρισμού του κινδύνου (risk assessment) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων στην υγεία του πληθυσμού είτε από σημειακές πηγές μόλυνσης είτε πιο γενικά να μελετηθεί το αποτέλεσμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη δημόσια υγεία. Η μελέτη αυτή χρησιμοποιείται επίσης στην εφαρμογή πιο περιοριστικών μέτρων στην εκπομπή συγκεκριμένων χημικών ρύπων στην Ατμόσφαιρα και στην εφαρμογή ανώτατων επιπέδων για τη συγκέντρωση των ρύπων σε εξωτερικούς χώρους.

Ο χαρακτηρισμός του κινδύνου επισημαίνει επίσης και την πιθανότητα που υπάρχει να εμφανιστεί μια ασθένεια μετά από κάποιο περιστατικό ρύπανσης. Η μεθοδολογία αυτή είναι ένα επιστημονικό εργαλείο που μεταφέρει τα αποτελέσματα των επιστημονικών ερευνών σε στρατηγικές βασιζόμενες στην επιστήμη για την προστασία του πολίτη.

Ο χαρακτηρισμός του κινδύνου μελετάει και εισαγάγει όλες τις καινούργιες επιστημονικές ανακαλύψεις σχετικά με την υγεία των πολιτών χρησιμοποιώντας μια συστηματική μεθοδολογία που αποτελείται από 4 επιμέρους μελέτες: την εύρεση της τοξικής χημικής ένωσης, τον χαρακτηρισμό της δόσης και του αποτελέσματος, το χαρακτηρισμό της έκθεσης και τέλος τον χαρακτηρισμό του κινδύνου (Πίνακας 10-1).

Πίνακας 10-1: Τα τέσσερα βήματα στο χαρακτηρισμό του κινδύνου.

Εύρεση της τοξικής χημικής ένωσης	Μελέτη των σχετικών ενώσεων βιολογικής και χημικής προέλευσης για το εάν κάποια χημική ένωση είναι τοξική, μπορεί να προκαλέσει καρκινογένεση και για το εάν τα τοξικά αποτελέσματα μπορούν να συμβούν σε διαφορετικές συνθήκες.
Δόση – απόκριση	Ποσοτικός προσδιορισμός της δόσης καθώς και της σχέσης με την απόκριση σε προβλήματα υγείας.
Χαρακτηρισμός της έκθεσης	Προσδιορισμός (ποσοτικός ή ποιοτικός) του μεγέθους, της διάρκειας καθώς και του τρόπου της έκθεσης.
Χαρακτηρισμός του κινδύνου	Ολοκληρωμένη μελέτη του προσδιορισμού της τοξικής χημικής ένωσης, της δόσης-απόκρισης καθώς και του χαρακτηρισμού της έκθεσης. Στην μελέτη αυτή παρουσιάζονται οι υποθέσεις και οι αβεβαιότητες. Σε αυτό το βήμα γίνεται ο ποσοτικός προσδιορισμός του κινδύνου στη δημόσια υγεία.

Για να έχει νόημα η όλη μεθοδολογία της επικινδυνότητας πρέπει να υπάρχει πρωτίστως η απόδειξη της τοξικής δράσης της υπό εξέταση χημικής ένωσης. Οι τοξικολογικές και οι επιδημιολογικές μελέτες αποτελούν κομμάτι της

επικινδυνότητας. Η διαχείριση της επικινδυνότητας είναι η εφαρμογή των κατάλληλων νομοθετικών αποφάσεων και της πολιτικής στρατηγικής για τη μείωση της συγκέντρωσης των υπό εξέταση χημικών ενώσεων. Με τη μεθοδολογία αυτή μελετάται επίσης η επίδραση στη δημόσια υγεία διαφόρων στρατηγικών για τη μείωση της συγκέντρωσης των χημικών ενώσεων. Δύο κεντρικές έννοιες για την κατανόηση και την εφαρμογή της ανάλυσης της επικινδυνότητας είναι η μεταβλητότητα και η αβεβαιότητα.

Η ανάλυση της επικινδυνότητας περιλαμβάνει την ανάπτυξη ενός μοντέλου με λογικές υποθέσεις που διαθέτει όλα τα τελευταία επιστημονικά στοιχεία. Η αβεβαιότητα αναφέρεται στην έλλειψη γνώσης. Παραδείγματα στοιχείων αβεβαιότητας αποτελούν η χρησιμοποίηση αποτελεσμάτων από πειράματα με ζώα σε ανθρώπους, η μεταφορά αποτελεσμάτων από προβλήματα υγείας λόγω έκθεσης σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις (δόση - έκθεση), καθώς και η χρησιμοποίηση μοντέλων για την μελέτη της έκθεσης ατόμων του πληθυσμού και όχι η χρησιμοποίηση των πραγματικών μετρήσεων.

Η ανάλυση αβεβαιότητας γίνεται ποιοτικά ή ποσοτικά. Η ποιοτική ανάλυση περιλαμβάνει την κρίση ειδικών με συστηματική μελέτη των δεδομένων υγείας του πληθυσμού καθώς και των επιστημονικών στοιχείων για τους υπό εξέταση ρύπους. Ποσοτική ανάλυση γίνεται με στατιστική ανάλυση που χαρακτηρίζει τη συνεισφορά όλων των επιμέρους παραγόντων στην ολική αβεβαιότητα καθώς και με τη χρήση μοντέλων όπου μεταβάλουμε τις υποθέσεις και βρίσκουμε τις επιπτώσεις στα αποτελέσματα.

Από την άλλη πλευρά η μεταβλητότητα (variability) επηρεάζει την ανάλυση της επικινδυνότητας. Πηγές μεταβλητότητας είναι η μεταβλητότητα στην έκθεση καθώς και στις επιμέρους επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Οι παραπάνω δύο πηγές μεταβλητότητας οδηγούν σε μια κατανομή της επικινδυνότητας σε ένα δείγμα πληθυσμού. Επίσης πρέπει να τονίσουμε, ότι γενικευμένοι υπολογισμοί της επικινδυνότητας σε ένα πληθυσμό πρέπει να περιλαμβάνουν τη μεταβλητότητα της επικινδυνότητας σε όλα τα επιμέρους τμήματα του, επειδή είναι πιθανό ένα τμήμα του πληθυσμού να έχει εκτεθεί σε μεγαλύτερη πιθανότητα κινδύνου από ότι το γενικό σύνολο.

10.3 Αρχές στην εφαρμογή Ορίων για Ατμοσφαιρικούς ρύπους.

Η εφαρμογή ορίων για την επιτρεπόμενη συγκέντρωση επιμέρους ατμοσφαιρικών ρύπων βασίζονται πρωτίστως σε συστάσεις επιστημονικών οργανώσεων. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization, WHO) με έδρα τη Γενεύη έχει καταρχήν προτείνει όρια έκθεσης επιμέρους ρύπων για την ανθρώπινη υγεία (Πίνακας 10-2).

Στο παρόν κεφάλαιο μελετούνται λεπτομερώς τα νέα όρια έκθεσης σε ρύπους, όπως πρόσφατα έχουν καθοριστεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας. Ο λόγος της ύπαρξης των ορίων αυτών είναι για την προστασία της δημόσιας υγείας από την ατμοσφαιρική ρύπανση και για τον περιορισμό στο ελάχιστο όλων αυτών των χημικών ρύπων που είναι γνωστό ότι αποτελούν κίνδυνο για την υγεία. Στο σχήμα 10-5 παρουσιάζουμε διαγραμματικά τη σχέση που υπάρχει μεταξύ του δείγματος του πληθυσμού με τη σοβαρότητα

των επιπτώσεων στη δημόσια υγεία όπως αυτές καθορίζονται από ατμοσφαιρικούς ρύπους.

Πίνακας 10-2: Όρια έκθεσης σε ατμοσφαιρικούς ρύπους σύμφωνα με την πρόσφατα αναθεωρημένη Οδηγία Ποιότητας Αέρα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας.

Ρύπος	Οριακή Τιμή Συγκέντρωσης	Χρόνος έκθεσης	Επικινδυνότητα (μονάδα συγκέντρωσης)
<i>Οργανικοί ρύποι</i>			
Ακρυλονιτρίλιο	—	—	2×10^{-5} (μg/m ³)
Βενζόλιο	—	—	6×10^{-6} (μg/m ³)
1,3-Βουταδιένιο	—	—	—
Διθειάνθρακας ^α	100 μg/m ³	24 ώρες	—
Μονοξείδιο του άνθρακα	100 mg/m ^{3 β}	15 λεπτά	—
	60 mg/m ^{3 β}	30 λεπτά	—
	30 mg/m ^{3 β}	1 ώρα	—
	10 mg/m ³	8 ώρες	—
1,2-Διχλωροαιθάνιο ^α	0,7 mg/m ³	24 ώρες	—
Διχλωρομεθάνιο	3 mg/m ³	24 ώρες	—
	0,45 mg/m ³	1 εβδομάδα	—
Φορμαλδεΐδη	0,1 mg/m ³	30 λεπτά	—
Πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες (PAHs ως BaP)	—	—	$8,7 \times 10^{-5}$ (ng/m ³)
Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs ^γ)	—	—	—
Πολυχλωριωμένες διβενζοδιοξίνες και διβενζοφουράνια (PCDDs/PCDFs) ^δ	—	—	—
Στυρένιο	0,26 mg/m ³	1 εβδομάδα	—
Τετραχλωροαιθυλένιο	0,25 mg/m ³	1 έτος	—
Τολουόλη	0,25 mg/m ³	1 εβδομάδα	—
Τριχλωροαιθυλένιο	—	—	—
Βινυλοχλωρίδιο	—	—	$4,3 \times 10^{-7}$ (μg/m ³)
<i>Ανόργανοι Ρύποι</i>			
Αρσενικό	—	—	$1,5 \times 10^{-3}$ (μg/m ³)
Αμίαντος	—	—	—
Κάδμιο	5 ng/m ^{3 ε}	1 έτος	—
Χρώμιο (Cr ^(VI))	—	—	4×10^{-2} (μg/m ³)
Φθόριο ^{στ}	—	—	—
Υδροθείο ^β	15 μg/m ³	24 ώρες	—
Μόλυβδος	0,5 μg/m ³	1 έτος	—
Μαγνήσιο	0,15 μg/m ³	1 έτος	—
Υδράργυρος	1 μg/m ³	1 έτος	—
Νικέλιο	—	—	$3,8 \times 10^{-4}$ (μg/m ³)
Λευκόχρυσος ^ζ	—	—	—
Βανάδιο ^α	1 μg/m ³	24 ώρες	—
<i>Κλασσικοί Ρύποι</i>			
Διοξείδιο του αζώτου	200 μg/m ³	1 ώρα	—
	40 μg/m ³	1 έτος	—
Όζον	120 μg/m ³	8 ώρες	—
Αιωρούμενα σωματίδια ^η	Δόση - Απόκριση	—	—
Διοξείδιο του θείου	500 μg/m ³	10 λεπτά	—
	125 μg/m ³	24 ώρες	—

50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

1 έτος

^α Δεν έχει επαναπροσδιοριστεί στην 2^η έκδοση της Οδηγίας,

^β Η έκθεση σε αυτές τις συγκεντρώσεις δεν πρέπει να υπερβαίνει την συγκεκριμένη διάρκεια και δεν πρέπει να επαναλαμβάνεται σε διάστημα μικρότερο των 8 ωρών,

^γ Δεν έχει προταθεί οριακή τιμή ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης για τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια καθώς η ποσότητα που δέχεται ο άνθρωπος μέσω της εισπνοής αποτελεί ένα πολύ μικρό ποσοστό (περίπου 1%) αυτής που λαμβάνει μέσω της κατάποσης και της ημερήσιας κατανάλωσης τροφών,

^δ Δεν έχει προταθεί οριακή τιμή ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης για τα PCDDs/PCDFs καθώς η ποσότητα που δέχεται ο άνθρωπος μέσω της εισπνοής αποτελεί ένα μικρό ποσοστό (γενικά μικρότερο του 5%) αυτής που λαμβάνει μέσω της ημερήσιας κατανάλωσης τροφών,

^ε Η οριακή τιμή σχετίζεται με την πρόληψη της περαιτέρω αύξησης της συγκέντρωσης καδμίου στα καλλιεργήσιμα εδάφη και κατά συνέπεια στην έκθεση μέσω της διατροφής,

^{στ} Επειδή δεν έχει αποδειχθεί πως η ατμοσφαιρική κατακρήμνιση φθορίου οδηγεί σε αύξηση της έκθεσης του ατόμου μέσω άλλων οδών εκτός του αέρα, θεωρείται πως συγκεντρώσεις κάτω του 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ που είναι απαραίτητες για την προστασία της χλωρίδας και πανίδας διασφαλίζουν και την ανθρώπινη υγεία,

^ζ Θεωρείται απίθανο, ότι πληθυσμός που εκτίθεται σε συγκεντρώσεις λευκόχρυσου 3 φορές μικρότερες των αντίστοιχων συγκεντρώσεων σε εργασιακό περιβάλλον για τις οποίες έχουν παρατηρηθεί συμπτώματα, θα εκδηλώσει παρόμοια συμπτώματα. Έτσι δεν προτείνεται οριακή τιμή ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης λευκόχρυσου από την οδηγία,

^η Τα διαθέσιμα δεδομένα βραχυχρόνιων και μακροχρόνιων εκθέσεων σε PM_{10} και $\text{PM}_{2,5}$ δεν επιτρέπουν την εξαγωγή συμπερασμάτων για συγκεντρώσεις κάτω από τις οποίες δεν σημειώνεται καμία επίπτωση στην υγεία. Έτσι δεν προτείνεται οριακή τιμή συγκέντρωσης από την Οδηγία αλλά παρέχονται εκτιμήσεις του κινδύνου εκδήλωσης συμπτωμάτων.



Σχήμα 10-5: Συνάρτηση προβλημάτων στη δημόσια υγεία σε σχέση με το δείγμα πληθυσμού.

Η αρχή των ορίων για ατμοσφαιρικούς ρύπους περιλαμβάνει τις έννοιες της συγκέντρωσης καθώς και του χρόνου της έκθεσης. Επίσης όπως αναφέραμε και πιο πριν η εφαρμογή ορίων για ατμοσφαιρικούς ρύπους είναι ένα μόνο κομμάτι μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης και στρατηγικής. Περιορισμός των εκπομπών, ποινές για υπερβάσεις και οικονομικές παρεμβάσεις αποτελούν επιπλέον στοιχεία μιας ολοκληρωμένης κρατικής πολιτικής.

Τα επιτρεπόμενα όρια για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους είναι επίσης πολύ χρήσιμα για την πληροφόρηση του κοινού σχετικά με την ποιότητα του αέρα. Κυβερνήσεις βασίζουν συνήθως την εφαρμογή των ορίων στις συστάσεις διεθνών οργανισμών όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας. Στη συνέχεια ευπαθή τμήματα του πληθυσμού (π.χ. παιδιά ή ηλικιωμένοι) πρέπει να παρακολουθούνται σε περιόδους αυξημένης ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής επιστημονικές επιτροπές έχουν καθορίσει τρία διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης ατμοσφαιρικών ρύπων ως:

- Επίπεδο 1. Η μεγαλύτερη ατμοσφαιρική συγκέντρωση κάτω από την οποία πιστεύεται, ότι όλος ο πληθυσμός μπορεί να εκτεθεί μέχρι τη χρονική περίοδο μιας ώρας χωρίς κάποιο σημαντικό πρόβλημα στην υγεία. Μόνο μικρές ενοχλήσεις στην υγεία ή προβλήματα οσμής μπορούν να παρατηρηθούν.

- **Επίπεδο 2.** Η μεγαλύτερη ατμοσφαιρική συγκέντρωση κάτω από την οποία πιστεύεται, ότι όλος ο πληθυσμός μπορεί να εκτεθεί μέχρι τη χρονική περίοδο μιας ώρας χωρίς την ανάπτυξη μη αντιστρεπτών ή άλλων σημαντικών προβλημάτων υγείας που θα τους αποτρέψουν να πάρουν προστατευτικά μέτρα.
- **Επίπεδο 3.** Η μεγαλύτερη ατμοσφαιρική συγκέντρωση κάτω από την οποία πιστεύεται, ότι όλος ο πληθυσμός μπορεί να εκτεθεί μέχρι τη χρονική περίοδο μιας ώρας χωρίς να υπάρχουν προβλήματα υγείας που απειλούν την ανθρώπινη ζωή.

Πίνακας 10-3: Οριακές συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων για τον προγραμματισμό δράσεων έκτακτης ανάγκης (ERPG-Emergency Response Planning Guideline) της Αμερικανική Ένωσης για την Βιομηχανική Υγιεινή (ΑΙΗΑ-American Industrial Hygiene Association) (αναθεωρημένες τιμές στις 7/02/02).

CAS #	Χημική ένωση	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Μονάδες
75-07-0	Acetaldehyde	10	200	1000	ppm
107-02-8	Acrolein	0,1	0,5	3	ppm
79-10-7	Acrylic Acid	2	50	750	ppm
107-13-1	Acrylonitrile	10	35	75	ppm
107-05-1	Allyl Chloride	3	40	300	ppm
7664-41-7	Ammonia	25	150	750	ppm
7784-42-1	Arsine	NA	0,5	1,5	ppm
71-43-2	Benzene	50	150	1000	ppm
100-44-7	Benzyl Chloride	1	10	25	ppm
7440-41-7	Beryllium	NA	25	100	ug/m ³
542-88-1	Bis(Chloromethyl)Ether	ID	0,1	0,5	ppm
7637-07-2	Boron Trifluoride	2	30	100	mg/m ³
7726-95-6	Bromine	0,1	0,5	5	ppm
106-99-0	1,3 Butadiene	10	200	5000	ppm
123-86-4	n-Butyl Acetate*	5	200	3000	ppm
141-32-2	n-Butyl Acrylate	0,05	25	250	ppm
111-36-4	n-Butyl Isocyanate	0,01	0,05	1	ppm
75-15-0	Carbon Disulfide*	1	50	500	ppm
630-08-0	Carbon Monoxide	200	350	500	ppm
56-23-5	Carbon Tetrachloride	20	100	750	ppm
7782-50-5	Chlorine	1	3	20	ppm
10049-04-4	Chlorine Dioxide*	NA	0,5	3	ppm
7790-91-2	Chlorine Trifluoride	0,1	1	10	ppm
79-04-9	Chloroacetyl Chloride	0,05	0,5	10	ppm
75-68-3	1-Chloro-1,1-Difluoroethane (HCFC-142b)	10.000	15,000	25,000	ppm
107-30-2	Chloromethyl Methyl Ether	NA	1,0	10,0	ppm
67-66-3	Chloroform	NA	50	5000	ppm
76-06-2	Chloropicrin	0,1	0,3	1,5	ppm
7790-94-5	Chlorosulfonic Acid*	2	10	30	mg/m ³
79-38-9	Chlorotrifluoroethylene*	20	100	300	ppm
4170-30-3	Crotonaldehyde	2	10	50	ppm
506-77-4	Cyanogen Chloride	NA	0,4	4	ppm
19287-45-7	Diborane	NA	1	3	ppm
107-06-02	1,2 Dichloroethane*	50	200	200	ppm
674-82-8	Diketene	1	5	20	ppm

124-40-3	Dimethylamine	1	100	500	ppm
75-78-5	Dimethyldichlorosilane	2	10	75	ppm
624-92-0	Dimethyl Disulfide	0,01	50	250	ppm
68-12-2	Dimethylformamide	2	100	200	ppm
75-18-3	Dimethyl Sulfide	0,5	500	2000	ppm
106-89-8	Epichlorohydrin	2	20	100	ppm
140-88-5	Ethyl Acrylate	0,01	30	300	ppm
75-21-8	Ethylene Oxide	NA	50	500	ppm
7782-41-4	Fluorine	0,5	5	20	ppm
50-00-0	Formaldehyde	1	10	25	ppm
98-01-1	Furfural	2	10	100	ppm
87-68-3	Hexachlorobutadiene	3	10	30	ppm
(multiple)	Hexafluoroacetone and hydrates	NA	1	50+	ppm
116-15-4	Hexafluoropropylene	10	50	500	ppm
302-01-2	Hydrazine*	0,5	5	30	ppm
7647-01-0	Hydrogen Chloride	3	20	150	ppm
74-90-8	Hydrogen Cyanide	NA	10	25	ppm
7664-39-3	Hydrogen Fluoride**	2	20	50	ppm
7722-84-1	Hydrogen Peroxide	10	50	100	ppm
7783-075	Hydrogen Selenide*	NA	0,2	2	ppm
7783-06-4	Hydrogen Sulfide	0,1	30	100	ppm
7553-56-2	Iodine	0,1	0,5	5	ppm
78-82-0	Isobutyronitrile	10	50	200	ppm
30674-80-7	2-Isocyanatoethyl methacrylate	NA	0,1	1	ppm
7580-67-8	Lithium Hydride	25	100	500	ug/m ³
7439-97-6	Mercury Vapor*	NA	0,25	0,5	ppm
67-56-1	Methanol	200	1000	5000	ppm
74-83-9	Methyl Bromide	NA	50	200	ppm
74-87-3	Methyl Chloride	NA	400	1000	ppm
74-88-4	Methyl Iodide	25	50	125	ppm
624-83-9	Methyl Isocyanate	0,025	0,5	5	ppm
74-93-1	Methyl Mercaptan	0,005	25	100	ppm
75-09-2	Methylene Chloride	200	750	4000	ppm
101-68-8	Methylene Diphenyl Diisocyanate (MDI)	0,2	2	25	mg/m ³
75-79-6	Methyltrichlorosilane	0,5	3	15	ppm
74-89-5	Monomethylamine	10	100	500	ppm
7697-37-2	Nitric Acid WFNA	1	6	78	ppm
127-18-4	Perchloroethylene	100	200	1000	ppm
382-21-8	Perfluoroisobutylene	NA	0,1	0,3	ppm
108-95-2	Phenol	10	50	200	ppm
75-44-5	Phosgene*	NA	0,2	1	ppm
7803-51-2	Phosphine	NA	0,5	5	ppm
1314-56-3	Phosphorus Pentoxide	1	10	50	mg/m ³
75-56-9	Propylene Oxide	50	250	750	ppm
1310-73-2	Sodium Hydroxide	0,5	5	50	mg/m ³
7803-52-3	Stibine	ID	0,5	1,5	ppm
100-42-5	Styrene	50	250	1000	ppm
7446-09-5	Sulfur Dioxide	0,3	3	15	ppm
7664-93-9	Sulfuric Acid	2	10	30	mg/m ³
7446-11-9	Sulfur Trioxide				
8014-95-7	Oleum				
10026-04-7	Tetrachlorosilane	0,75	5	37	ppm
78-10-4	Tetraethoxysilane	25	100	300	ppm

116-14-3	Tetrafluoroethylene	200	1000	10000	ppm
681-84-5	Tetramethoxysilane	NA	10	20	ppm
7719-09-7	Thionyl Chloride*	0,2	2	10	ppm
7550-45-0	Titanium Tetrachloride	5	20	100	mg/m ³
108-88-3	Toluene	50	300	1000	ppm
584-84-9	Toluene 2,4- (2,6-) Diisocyanate*	0,01	0,15	0,6	ppm
71-55-6	1,1,1,Trichloroethane	350	700	3500	ppm
79-01-6	Trichloroethylene	100	500	5000	ppm
10025-78-2	Trichlorosilane	1	3	25	ppm
2487-90-3	Trimethoxysilane	0,5	2	5	ppm
75-50-3	Trimethylamine	0,1	100	500	ppm
75-77-4	Trimethylchlorosilane	3	20	150	ppm
7783-81-5	Uranium Hexafluoride	5	15	30	mg/m ³
108-05-4	Vinyl Acetate	5	75	500	ppm

* Τα επίπεδα συγκέντρωσης για αυτές τις χημικές ενώσεις ορίστηκαν ή αναθεωρήθηκαν το 2002 μετά από επεξεργασία νέων δεδομένων.

** Εκδόθηκε προσθήκη το 1999 με νέες τιμές 10-λεπτών για το HF (Επίπεδο 1: 2 ppm; Επίπεδο 2: 50 ppm; Επίπεδο 3: 170 ppm)

NA Ακατάλληλο – Για κάποια υλικά δεν μπορεί να δοθεί οριακή συγκέντρωση Επιπέδου 1 εξαιτίας των ιδιοτήτων τους. Μια από αυτές τις περιπτώσεις περιλαμβάνει τα συστατικά, για τα οποία το επίπεδο αισθητηριακής αντίληψης τους είναι υψηλότερο από την οριακή συγκέντρωση επιπέδου 2 που έχει οριστεί γι αυτά. Σε αυτή την περίπτωση δεν μπορεί να προταθεί οριακή συγκέντρωση επιπέδου 1 αλλά προτείνεται ο προσδιορισμός του συστατικού ως ακατάλληλου. Ο χαρακτηρισμός αυτός παρέχει σημαντικές πληροφορίες στους υπεύθυνους της πολιτικής προστασίας καθώς η αίσθηση της οσμής του συστατικού δηλώνει, πως η οριακή συγκέντρωση επιπέδου 2 έχει επιτευχθεί ή ξεπεραστεί.

ID Ανεπαρκή δεδομένα - Για κάποια υλικά τα δεδομένα για την συγκέντρωση, στην οποία γίνεται αντιληπτή η μυρωδιά τους, είναι ανεπαρκή και έτσι δεν μπορεί να δοθεί οριακή συγκέντρωση Επιπέδου 1 γι αυτά. Ακόμα όταν τα δεδομένα για συγκεντρώσεις κάτω της οριακής επιπέδου 2, στις οποίες παρατηρούνται μικρές ενοχλήσεις και άλλα προβλήματα που σχετίζονται με το επίπεδο 1 είναι ανεπαρκή, δεν μπορεί να οριστεί οριακή συγκέντρωση επιπέδου 1.

Στον Πίνακα 10-3 παρουσιάζουμε τα επίπεδα συγκέντρωσης συγκεκριμένων ρύπων για τα παραπάνω τρία επίπεδα. Η Επιτροπή Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA – Environmental Protection Agency) έχει θεσπίσει τα επίπεδα συγκέντρωσης για επιμέρους χημικές ενώσεις που βρίσκονται στην Ατμόσφαιρα και παρουσιάζουμε τα επιτρεπόμενα όρια για το όζον και τα αιωρούμενα σωματίδια στους πίνακες 10-4α έως 10-4δ.

Περισσότερες λεπτομέρειες δίνονται στη συνέχεια, όπου γίνεται πιο συστηματική μελέτη της επίδρασης των πιο σημαντικών αερίων ρύπων στη δημόσια υγεία. Επίσης στον Πίνακα 10-4 δίνονται εκτιμήσεις για την επικινδυνότητα στη δημόσια υγεία από τα αιωρούμενα σωματίδια και άλλους αέριους ρύπους, όπως έχουν προκύψει από επιστημονικές μελέτες (Holgate κ.α., 1999). Μια συστηματική παρουσίαση των προτεινόμενων επιτρεπτών ορίων της συγκέντρωσης χημικών ενώσεων στον αέρα από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας έχει ήδη παρουσιαστεί στον Πίνακα 10-2.

Πίνακας 10-4α: Εκτίμηση του σχετικού κινδύνου για επιπτώσεις στην υγεία εξαιτίας της αύξησης των επιπέδων της συγκέντρωσης των PM_{10} και $PM_{2,5}$ κατά $10 \mu g/m^3$.

Επίπτωση στην υγεία	Σχετική επικινδυνότητα για $PM_{2,5}$ (95% όριο εμπιστοσύνης)	Σχετική επικινδυνότητα για PM_{10} (95% όριο εμπιστοσύνης)
Χρήση Βρογχοδιαστολέα		1,0305 (1,0201 – 1,0410)
Βήχας		1,0356 (1,0197 – 1,0518)
Συμπτώματα στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα		1,0324 (1,0185 – 1,0464)
Μεταβολή της μέγιστης αναπνευστικής ροής (σχετικά με τη μέση τιμή)		-0,13% (-0,17% με -0,09%)
Εισαγωγές σε νοσοκομεία με αναπνευστικά προβλήματα		1,0080 (1,0048 – 1,0112)
Θνησιμότητα	1,015 (1,011 – 1,019)	1,0074 (1,0062 – 1,0086)

Πίνακας 10-4β: Εκτιμώμενο πλήθος ατόμων (σε πληθυσμό 1 εκατομμυρίου) που αντιμετωπίζει προβλήματα υγείας μετά από έκθεση 3 ημερών με μέση συγκέντρωση PM_{10} $50 \mu g/m^3$ ή $100 \mu g/m^3$.

Δείκτης επίπτωσης στην υγεία	Πλήθος ατόμων που επηρεάζονται από ένα επεισόδιο 3 ημερών με συγκέντρωση PM_{10} :	
	$50 \mu g/m^3$	$100 \mu g/m^3$
Θνησιμότητα	4	8
Εισαγωγές σε νοσοκομεία με αναπνευστικά προβλήματα	3	6
Ανθρωποημέρες χρήσης βρογχοδιαστολέα	4683	10514
Ανθρωποημέρες επιδείνωσης συμπτωμάτων	5185	11267

Πίνακας 10-4γ: Επιτρεπόμενα επίπεδα ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης για το όζον και τα αιωρούμενα σωματίδια σύμφωνα με την Επιτροπή Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (1997).

I Όζον		
	1979	1997
Όριο ημερήσιας συγκέντρωσης (ppb)	120	80
Μέσος χρόνος έκθεσης	Μέγιστη 1 ώρας	Μέγιστη 8 ωρών
Αρχή υπερβολικής συγκέντρωσης	4 ^η υψηλότερη σε διάστημα 3 ετών	Μέσος όρος 3 ετών της 4 ^{ης} υψηλότερης συγκέντρωσης κάθε έτους
Ισοδύναμη αυστηρότητα για το μέγιστο 1 ώρας σύμφωνα με τις νέες διατάξεις	~90	
Πλήθος πολιτειών των ΗΠΑ όπου το όριο υπερβαίνεται	106	280
Πλήθος ατόμων στις πολιτείες όπου το όριο υπερβαίνεται	74×10^6	113×10^6

II Αιωρούμενα σωματίδια			
	1987	1997	
Ρύπος	PM ₁₀	PM ₁₀	PM _{2,5}
Όριο μέσης ετήσιας συγκέντρωσης (μg/m ³)	50	50	15
Όριο ημερήσιας συγκέντρωσης (μg/m ³)	150	150	65
Όριο υπερβολικής συγκέντρωσης	4 ^η υψηλότερη σε διάστημα 3 ετών	>99% μέσου ποσοστού 3 ετών	>98% μέσου ποσοστού 3 ετών
Πλήθος πολιτειών των ΗΠΑ που αναμένεται να υπερβούν το όριο	41	14	~150
Πλήθος ατόμων στις πολιτείες, όπου το όριο υπερβαίνεται	29 × 10 ⁶	~9 × 10 ⁶	~6,6 × 10 ⁶

Πίνακας 10-4δ: Επιτρεπόμενα επίπεδα ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης για συγκεκριμένους αέριους ρύπους όπως θεσπίστηκαν από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας.

Συστατικό	Ετήσια ατμοσφαιρική συγκέντρωση ρύπου [μg/m ³]	Επίπτωση στην υγεία	Κρίσιμο επίπεδο συγκέντρωσης [μg/m ³]	Παράγοντας αβεβαιότητας	Οριακή τιμή συγκέντρωσης [μg/m ³]	Μέσος χρόνος έκθεσης
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	500 – 7000	Κρίσιμο επίπεδο CO στο αίμα < 2,5%	NA	NA	100.000	15 λεπτά
					60.000	30λεπτά
					30.000	1 ώρα
					10.000	8 ώρες
Μόλυβδος (Pb)	0,01 – 2	Κρίσιμη συγκέντρωση μολύβδου στο αίμα < 100 – 150 μg Pb/l	NA	NA	0,5	1 έτος
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	10 – 150	Μικρή μεταβολή της πνευμονικής λειτουργίας σε ασθματικούς	365 – 565	0,5	200	1 ώρα
					40	1 έτος
Όζον (O ₃)	10 – 100	Μεταβολή της αναπνευστικής λειτουργίας	NA	NA	120	8 ώρες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	5 – 400	Μεταβολή της πνευμονικής λειτουργίας στους ασθματικούς	1000	2	500	10 λεπτά
		Επιδείνωση των αναπνευστικών προβλημάτων σε ευαίσθητα άτομα	250	2	125	24 ώρες
			100	2	50	1 έτος

Πρέπει να τονιστεί, ότι τα προτεινόμενα επιτρεπτά όρια που δίνονται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας δεν είναι και αυτά που εφαρμόζονται απαραίτητα σε κάθε χώρα. Η εφαρμογή τους εξαρτάται μεταξύ άλλων από τις οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες κάθε χώρας. Γενικά για την εφαρμογή παρόμοιων μέτρων χρειάζεται να προχωρήσουμε με συστηματικό τρόπο ακολουθώντας την παρακάτω μεθοδολογία:

1. Αποδοχή ενός μακροχρόνιου σχεδίου, όπου τα προτεινόμενα όρια θέτονται ως στόχος. Η δύσκολη απόφαση είναι το πόσο γρήγορα θα προσπαθήσει κάποιος να φτάσει στα σχέδια του.
2. Απόφαση για τον ρυθμό με τον οποίο θα πραγματοποιηθούν τα προτεινόμενα σχέδια.

Στην περίπτωση που τα επίπεδα ρύπανσης είναι πολύ υψηλά, τότε τα αποτελέσματα στη δημόσια υγεία είναι εμφανή και είναι ακόμη εμφανές, ότι με χαμηλού κόστους μέτρα μπορούν να μειωθούν οι εκπομπές. Αυτές οι αποφάσεις πρέπει να ληφθούν άμεσα. Αυτή ήταν και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στο Λονδίνο στη δεκαετία του 1950. Η μεθοδολογία περιλάμβανε τη μετατροπή της θέρμανσης από το κάρβουνο στο φυσικό αέριο καθώς και τη χρησιμοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση στις αστικές περιοχές. Τα επίπεδα της ρύπανσης που προέρχονταν από τη χρησιμοποίηση του κάρβουνου έπεσαν πολύ γρήγορα.

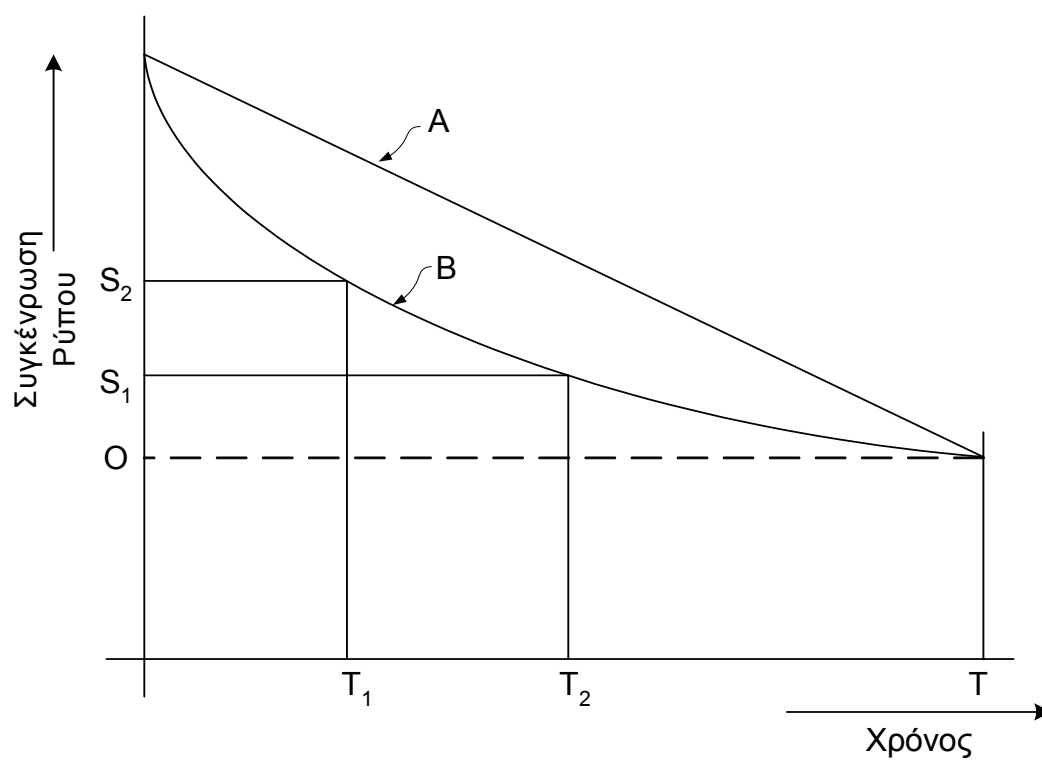
Όταν τα επίπεδα της ρύπανσης πέφτουν, τότε οι αποφάσεις για περαιτέρω μείωση των συγκεντρώσεων γίνονται πιο δύσκολες. Σε αυτό το σημείο η εφαρμογή ορίων από τις κυβερνήσεις παίζει σημαντικό ρόλο. Το σχήμα 10-6 δείχνει πως με συστηματικό τρόπο μπορούν να επιτευχθούν μειώσεις στην αέρια ρύπανση. Η σημερινή κατάσταση είναι το υψηλότερο σημείο στον άξονα Υ και συγκεκριμένα εκεί που τέμνονται από τις καμπύλες Α και Β. Το σχεδιασμένο μακροχρόνιο επίπεδο της συγκέντρωσης σημειώνεται με τις διακεκομμένες γραμμές. Ο χρόνος, μέσα στον οποίο θα πραγματοποιηθούν οι μειώσεις, δίνεται από το σημείο Τ στον άξονα Χ. Εάν οι συγκεντρώσεις των αέριων ρύπων θα μειώνονται γραμμικά θα ακολουθούν τη γραμμή Α. Αλλά είναι πιο πιθανό η μείωση να ακολουθεί τη γραμμή Β όπου αρχικές μειώσεις θα είναι σχετικά εύκολο να επιτευχθούν, ενώ αργότερα όταν τα επίπεδα της ρύπανσης θα πλησιάζουν το στόχο μείωσης, τότε θα είναι πιθανότερο να γίνει αρκετά δύσκολο να πετύχουμε περαιτέρω μειώσεις.

Η ακριβής μορφή της γραμμής Β εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες όπως:

- μεταβολή της κυρίαρχης πηγής εκπομπής με το χρόνο.
- μεταβολή των οικονομικών δεδομένων.
- αύξηση της κοινωνικής πίεσης για τα αποτελέσματα της αέριας ρύπανσης στη δημόσια υγεία.

Ένας τρόπος πραγματοποίησης του τελικού στόχου είναι η εφαρμογή επιμέρους στόχων όπως του ορίου S_1 στο χρόνο T_2 και μετά του ορίου S_2 στο χρόνο T_1 .

Από την παραπάνω συζήτηση προκύπτει, ότι τα προτεινόμενα και εφαρμοζόμενα επίπεδα συγκέντρωσης των αέριων ρύπων αποτελούν σημαντικό στοιχείο μιας συστηματικής μελέτης διαχείρισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για την εφαρμογή τους απαιτείται μια συστηματική μελέτη των κοινωνικών και οικονομικών δεδομένων κάθε χώρας, όπου πρόκειται να εφαρμοστούν. Στη συνέχεια του Κεφαλαίου παρουσιάζονται λεπτομερώς τα επίπεδα έκθεσης, η επικινδυνότητα καθώς και τα όρια ασφάλειας των πιο σημαντικών ατμοσφαιρικών ρύπων.



Σχήμα 10-6: Συστηματικός τρόπος επίτευξης μειώσεων στην αέρια ρύπανση.

10.4 Οργανικοί Ρύποι

10.4.1 Ακρυλονιτρίλιο

Αποτίμηση έκθεσης

Ερευνητικά αποτελέσματα σε Ευρωπαϊκές χώρες, για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα, δείχνουν, ότι οι συγκεντρώσεις του ακρυλονιτριλίου είναι χαμηλότερες από το όριο των $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Για παράδειγμα στην Ολλανδία η μέση ετήσια συγκέντρωση του ακρυλονιτριλίου είναι $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, η οποία είναι κατώτερη από το υφιστάμενο μέσο ετήσιο όριο των $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Κοντά σε βιομηχανικές περιοχές οι συγκεντρώσεις του ακρυλονιτριλίου στον αέρα υπερβαίνουν τα $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ για την περίοδο ενός 24ωρου και είναι συνήθως μικρότερες από $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ σε απόσταση 1 χιλιομέτρου. Η συγκέντρωση ακρυλονιτριλίου στον αέρα στο χώρο εργασίας πολλές φορές υπερβαίνει τα $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ η μεταβαλλόμενη μέση τιμή είναι συνήθως της τάξης των $1\text{--}10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η έκθεση σε ακρυλονιτρίλιο από το κάπνισμα είναι πιθανή, όταν το ακρυλονιτρίλιο έχει χρησιμοποιηθεί για την απολύμανση του καπνού και ανέρχεται σε 20–40 μg ημερησίως για ένα μέσο καπνιστή.

Επικινδυνότητα

Οξεία και μη-καρκινογόνα χρόνια τοξικότητα δύναται να λάβει χώρα για συγκεντρώσεις που ακόμα αναφέρονται σε ορισμένες βιομηχανίες. Παράπονα από ανθρώπους αναφέρθηκαν σε οξεία έκθεση της τάξης των $35 \text{mg}/\text{m}^3$ και χρόνιας έκθεσης της τάξης των $11 \text{mg}/\text{m}^3$, $4.2\text{--}7.2 \text{mg}/\text{m}^3$ είτε $0.6\text{--}6 \text{mg}/\text{m}^3$. Τερατογενετικές επιπτώσεις σε ζώα παρατηρούνται σε επίπεδο $174 \text{mg}/\text{m}^3$ και η καρκινογένεση παρουσιάστηκε σε ποντίκια που εκτέθηκαν για δύο χρόνια σε επίπεδο συγκεντρώσεων των $44 \text{mg}/\text{m}^3$.

Όρια Ασφάλειας

Αφενός λόγω της καρκινογενούς επίδρασης του ακρυλονιτριλίου στα ζώα και αφετέρου λόγω των περιορισμένων αποδείξεων για την καρκινογενετική του επίδραση στους ανθρώπους, το ακρυλονιτρίλιο θεωρείται καρκινογόνος ένωση για τον άνθρωπο. Για το λόγο αυτό δεν μπορεί να προταθεί κανένα επίπεδο ασφαλείας. Η εκτιμώμενη επικινδυνότητα για την ανθρώπινη ζωή ανέρχεται σε 2×10^{-5} για συγκεντρώσεις της τάξης των $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

10.4.2 Βενζόλιο

Αποτίμηση της έκθεσης

Οι πηγές βενζολίου στην Ατμόσφαιρα περιλαμβάνουν την καύση αλλά και την εξάτμιση βενζίνης που περιέχει βενζόλιο (μέχρι 5% βενζόλιο) καθώς και το κάπνισμα. Η μέση συγκέντρωση βενζολίου σε αστικές περιοχές κυμαίνεται μεταξύ $5\text{--}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ σε περιοχές μακριά από αστικά κέντρα η συγκέντρωση είναι κοντά στο $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Επικινδυνότητα

Ανθρώπινη έκθεση σε βενζόλιο γίνεται μέσω της αναπνοής. Σημαντική έκθεση προέρχεται από το κάπνισμα και μικρή χρόνου έκθεση κατά τη διάρκεια εξάτμισης βενζίνης σε πρατήρια καυσίμων. Οι πιο σημαντικές μη αντιστρεπτές

επιπτώσεις από την παρατεταμένη έκθεση σε βενζόλιο είναι η αιματοξικότητα, η γενετοξικότητα και η καρκινογένεση.

Συγκεκριμένα, η καρκινογόνος δράση του βενζολίου έχει αποδειχθεί σε αμφοτέρους ανθρώπους και ζώα στο εργαστήριο. Αυξημένη θνησιμότητα από λευχαιμία παρατηρήθηκε σε εργαζόμενους που εκτείθονταν σε συγκεντρώσεις βενζολίου στο χώρο εργασίας τους. Διάφοροι τύποι όγκων, κυρίως επιθηλιακής προέλευσης, ανιχνεύθηκαν σε ποντίκια και αρουραίους έπειτα από συνεχή έκθεση και εισπνοή βενζολίου σε συγκεντρώσεις της τάξης των 320-960 mg/m³.

Όρια Ασφάλειας

Το βενζόλιο είναι καρκινογόνο για τον άνθρωπο και δεν προτείνεται όριο ασφαλούς έκθεσης ανθρώπου σε αυτό. Ο γεωμετρικός μέσος ενός εύρους εκτιμήσεων του κινδύνου από λευχαιμία για συγκέντρωση βενζολίου στην ατμόσφαιρα 1μg/m³ είναι 6×10^{-6} . Συγκεντρώσεις βενζολίου στην ατμόσφαιρα της τάξης των 17, 1,7 και 0,17 μg/m³ επιφέρουν επικινδυνότητα για την ανθρώπινη ζωή της τάξης των 10⁻⁴, 10⁻⁵ και 10⁻⁶ αντίστοιχα.

10.4.3 1-3-Βουταδιένιο

Αποτίμηση έκθεσης

Σε αστικές περιοχές οι αναφερόμενες συγκεντρώσεις κυμαίνονται γενικά σε επίπεδα μικρότερα από 20 μg/m³ (2 έως 20 μg/m³). Μέσα επίπεδα της τάξης των 0,3 μg/m³ μετρήθηκαν σε εσωτερικούς χώρους σε μικρό αριθμό κατοικιών στον Καναδά και σε γραφεία. Επίσης ο καπνός του τσιγάρου περιέχει 1,3-βουταδιένιο σε συγκέντρωση περίπου 0,4 mg/τσιγάρο και τα επίπεδα 1,3-βουταδιενίου σε εσωτερικούς χώρους με καπνό είναι τυπικά 10-20 μg/m³.

Επικινδυνότητα

Ερεθισμός ή επιπτώσεις στο κεντρικό νευρικό σύστημα δύναται να σχετίζονται με οξεία έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις 1,3-βουταδιενίου. Παραταύτα η καρκινογένεση είναι η κύρια επίπτωση που καταδεικνύει το όριο της ποιότητας της Ατμόσφαιρας.

Όρια Ασφάλειας

Δεν υπάρχει καθορισμένο όριο ασφάλειας.

10.4.4 Διθειάνθρακας

Αποτίμηση έκθεσης

Η έκθεση σε διθειάνθρακα γίνεται μέσω της εισπνοής. Οι συγκεντρώσεις διθειάνθρακα κοντά σε μονάδες παραγωγής τεχνητού μεταξιού κυμαίνονται από 0,01 mg/m³ έως περίπου 1,5 mg/m³ ανάλογα κυρίως με την απόσταση από την πηγή.

Επικινδυνότητα

Είναι πολύ δύσκολο να καθοριστεί η σχέση έκθεσης – απόκρισης. Σε επίπεδα έκθεσης της τάξης των 30 mg/m³ και άνω έχουν καταγραφεί δυσμενείς

επιπτώσεις στην υγεία. Τα επεισόδια στεφανιαίας καρδιακής νόσου αυξάνονται για έκθεση περισσοτέρων από 10 ετών σε επίπεδα διθειάνθρακα μεταξύ 30-120 mg/m^3 .

Όρια Ασφάλειας

Η μικρότερη συγκέντρωση στην οποία παρατηρούνται δυσμενείς επιπτώσεις σε έκθεση εργαζομένων είναι περίπου 10 mg/m^3 , η οποία ισοδυναμεί με συγκέντρωση στο περιβάλλον 1 mg/m^3 . Ο επιλεγόμενος συντελεστής ασφαλείας στην προκειμένη περίπτωση είναι 10. Κατ' επέκταση το προτεινόμενο όριο ποιότητας της Ατμόσφαιρας είναι 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με ένα μέσο χρόνο έκθεσης 24 ωρών.

10.4.5 Μονοξείδιο του άνθρακα

Αποτίμηση έκθεσης

Οι παγκόσμιες συγκεντρώσεις υποβάθρου μονοξειδίου του άνθρακα κυμαίνονται μεταξύ 0,06 mg/m^3 και 0,14 mg/m^3 (0.05-0.12 ppm). Σε Ευρωπαϊκές πόλεις με κυκλοφοριακό φόρτο η οκτάωρη μέση συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα είναι μικρότερη από 20 mg/m^3 (17 ppm) με μικρές αυξήσεις της τιμής αυτής σε 60 mg/m^3 (53 ppm). Η συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα εντός των τροχοφόρων είναι μεγαλύτερη από αυτή του ατμοσφαιρικού αέρα. Σε υπόγεια, πολυόροφα γκαράζ αυτοκινήτων, τούνελ και άλλους κλειστούς χώρους, όπου χρησιμοποιούνται τροχοφόρα με μη επαρκή εξαερισμό των χώρων αυτών, τα μέσα επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα ανέρχονται σε 115 mg/m^3 (100 ppm) για μερικές ώρες με στιγμιαίες αυξήσεις της συγκέντρωσης. Σε κατοικίες με παροχή αερίου οι συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα είναι μεγαλύτερες από 60-115 mg/m^3 . Ο καπνός του τσιγάρου σε κατοικίες, γραφεία, οχήματα και εστιατόρια δύναται να αυξήσει την οκτάωρη συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα σε επίπεδα 23-46 mg/m^3 .

Το μονοξείδιο του άνθρακα διαχέεται ταχέως στους πνεύμονες, στα τριχοειδή αγγεία και στις ζωτικές μεμβράνες. Περίπου το 80-90% του απορροφημένου μονοξειδίου του άνθρακα ενώνεται με την αιμογλοβίνη σχηματίζοντας την καρβόξυαιμογλοβίνη (HbCO), η οποία αποτελεί δείκτη έκθεσης σε μονοξείδιο του άνθρακα στο αίμα. Η έλξη της αιμογλοβίνης προς το μονοξείδιο του άνθρακα είναι 200-250 φορές μεγαλύτερη από ότι προς το οξυγόνο.

Επικινδυνότητα

Η ένωση του μονοξειδίου του άνθρακα με την αιμογλοβίνη για το σχηματισμό της καρβόξυαιμογλοβίνης μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο και δυσχεραίνει με αυτόν τον τρόπο την οξυγόνωση των εξωαγγειακών ιστών. Η τοξική επίδραση του μονοξειδίου του άνθρακα γίνεται εμφανής στα όργανα και στους ιστούς που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου, όπως ο πνεύμονας, η καρδιά, οι σκελετικοί μύες και τα αναπτυσσόμενα έμβρυα. Η ανοξική αυτή εσωτερική λειτουργία οδηγεί συχνά σε νευρολογικά προβλήματα και νευροκινητικές δυσλειτουργίες, όπως ελλιπή συντονισμό κινήσεων, παραπάτημα, μειωμένη ικανότητα οδήγησης, αϋπνία και γνωστική δυσλειτουργία σε επίπεδα καρβόξυαιμογλοβίνης 5.1-8.2%.

Όρια Ασφάλειας

Σε υγιή άτομα η ενδογενής παραγωγή καρβόξυαιμογλοβίνης είναι της τάξης των 0.4-0.7%. Κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης τα επίπεδα καρβόξυαιμογλοβίνης ανέρχονται σε 0.7-2.5%. Μη καπνιστές που όμως λόγω επαγγέλματος εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα (οδηγοί, αστυνομικοί, τροχονόμοι, εργαζόμενοι σε χώρους στάθμευσης και σε τούνελ, πυροσβέστες, υπάλληλοι διοδίων) παρουσιάζουν μακροχρόνιες συγκεντρώσεις καρβόξυαιμογλοβίνης στο αίμα της τάξης του 5% και οι καπνιστές παρουσιάζουν επίπεδα της τάξης του 10%. Σε εσωτερικά παγοδρόμια έχουν πρόσφατα αναφερθεί περιστατικά δηλητηρίασης από μονοξείδιο του άνθρακα.

Προτείνονται τα ακόλουθα όρια έκθεσης ανάλογα με το χρόνο έκθεσης έτσι, ώστε να μην υπερβεί η καρβόξυαιμογλοβίνη το επίπεδο των 2.5%:

- 100 mg/m³ για 15 λεπτά
- 60 mg/m³ για 30 λεπτά
- 30 mg/m³ για 1 ώρα
- 10 mg/m³ για 8 ώρες.

10.4.6 1,2 – Διχλωροαιθάνιο

Αποτίμηση έκθεσης

Οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις υποβάθρου σε αστικές περιοχές στη Δυτική Ευρώπη και στη Βόρεια Αμερική είναι περίπου 0.2 μg/m³ και τα λιγοστά διαθέσιμα δεδομένα που αφορούν τις συγκεντρώσεις εσωτερικών χώρων παρουσιάζουν περίπου ίδιες τιμές. Τα μέσα επίπεδα συγκέντρωσης σε πόλεις ποικίλουν από 0.4 μg/m³ έως 1.0 μg/m³ και αυξάνονται σε 6.1 μg/m³ κοντά σε πρατήρια βενζίνης, σε χώρους στάθμευσης και σε μονάδες παραγωγής.

Επικινδυνότητα

Οι μελέτες σε ανθρώπους επισήμαναν επιπτώσεις στο κεντρικό νευρικό σύστημα και στο συκώτι. Σε εργαστηριακές μελέτες, κατά τις οποίες χορηγήθηκε σε ποντίκια και σε αρουραίους 1,2-διχλωροαιθάνιο ως τροφή μέσω σωλήνα, προκλήθηκαν όγκοι σε πολλαπλά σημεία και στα δύο είδη.

Όρια Ασφάλειας

Για συνεχή έκθεση – μέσης περιόδου 24 ωρών – προτείνεται το όριο των 0.7 μg/m³. Το προτεινόμενο αυτό όριο είναι αρκετά υψηλό για τα παρόντα περιβαλλοντικά επίπεδα και οι συγκεντρώσεις στον αέρα δεν χρήζουν ανησυχίας για την ανθρώπινη υγεία. Για το λόγο αυτό το προτεινόμενο όριο σχετίζεται μόνο με επεισόδια έκθεσης λόγω ατυχήματος ή συγκεκριμένα προβλήματα ρύπανσης εσωτερικών χώρων.

10.4.7 Διχλωρομεθάνιο

Αποτίμηση έκθεσης

Οι μέσες συγκεντρώσεις του διχλωρομεθανίου σε εξωτερικούς χώρους δεν υπερβαίνουν τα 5 μg/m³. Κοντά σε βιομηχανικές περιοχές οι συγκεντρώσεις διχλωρομεθανίου είναι σημαντικά υψηλότερες, τουλάχιστον κατά μια τάξη μεγέθους. Οι συγκεντρώσεις σε εσωτερικούς χώρους ποικίλουν, αλλά τείνουν να είναι τριπλάσιες από αυτές των εξωτερικών χώρων. Όταν

χρησιμοποιούνται διαλύματα αφαίρεσης χρώματος σε εσωτερικούς χώρους, οι συγκεντρώσεις διχλωρομεθανίου φθάνουν σε πολύ υψηλές τιμές της τάξης των 4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και άνω.

Επικινδυνότητα

Οι σημαντικότερες επιπτώσεις του διχλωρομεθανίου αφορούν στις επιδράσεις στο κεντρικό νευρικό σύστημα, στην παραγωγή καρβοξυαιμογλοβίνης (carboxyhaemoglobin–COHb) και στην καρκινογένεση. Η εξασθένηση των αντιδράσεων συμβαίνει σε ανθρώπους που εκτίθενται σε συγκεντρώσεις διχλωρομεθανίου που υπερβαίνουν τα 1050 mg/m^3 (300 ppm) για σύντομα χρονικά διαστήματα και οι επιπτώσεις είναι προσωρινές. Αν και δεν υπάρχουν αποδείξεις για το συσχετισμό με καρκινογένεση από έκθεση σε περιβάλλον εργασίας, τα δεδομένα που υπάρχουν είναι περιορισμένα και είναι επίσης ανεπαρκή για να εκτιμηθεί η καρκινογόνος επίδραση στον άνθρωπο.

Όρια Ασφάλειας

Η έκθεση σε διχλωρομεθάνιο δεν προκαλεί περισσότερο από 0,1% επιπρόσθετο σχηματισμό καρβόξυαιμογλοβίνης. Η μέγιστη επιτρεπόμενη αύξηση της καρβόξυαιμογλοβίνης ανταποκρίνεται σε 24ωρη έκθεση σε διχλωρομεθάνιο με επίπεδο συγκέντρωσης 3 mg/m^3 . Δεδομένου του χρόνου ημιζωής της καρβόξυαιμογλοβίνης, η μέση εβδομαδιαία συγκέντρωση διχλωρομεθανίου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1/7 αυτής της τιμής, δηλαδή 0,45 mg/m^3 .

10.4.8 Φορμαλδεΰδη

Αποτίμηση έκθεσης

Η έκθεση στη φορμαλδεΰδη γίνεται μέσω της εισπνοής. Οι συγκεντρώσεις στον αέρα εσωτερικών χώρων είναι μερικές τάξεις μεγέθους υψηλότερες από αυτές στον αέρα εξωτερικών χώρων. Τα υψηλά επίπεδα φορμαλδεΰδης στον καπνό του τσιγάρου έχουν ως αποτέλεσμα τις υψηλές συγκεντρώσεις φορμαλδεΰδης στους εσωτερικούς χώρους.

Επικινδυνότητα

Επικρατούντα συμπτώματα της έκθεσης σε φορμαλδεΰδη είναι ο ερεθισμός των ματιών, της μύτης και του λαιμού, μαζί με ενόχληση εξαρτώμενη από τη συγκέντρωση, δακρύρροια, φτέρνισμα, βήχα, ναυτία, δύσπνοια και τέλος θάνατο. Αποδείξεις υπάρχουν για την επίδραση της φορμαλδεΰδης στη δημιουργία καρκίνου στη μύτη σε αρουραίους και πιθανόν σε ποντίκια. Η φορμαλδεΰδη επίσης έχει βρεθεί ότι είναι γενετοξική σε διαφορετικά συστήματα in vivo και in vitro. Επιδημιολογικές μελέτες επίσης παρουσιάζουν σαφή συσχετισμό της υψηλής έκθεσης σε φορμαλδεΰδη σε χώρους εργασίας και αμφοτέρων του ρινοφαρυγγικού και του ρηνικού καρκίνου. Αύξηση στα συμπτώματα ερεθισμού λαμβάνει χώρα σε συγκεντρώσεις από 0,1 mg/m^3 και άνω σε υγιή άτομα. Σε συγκεντρώσεις ανώτερες των 1,2 mg/m^3 παρατηρείται προοδευτική επιδείνωση των συμπτωμάτων και των επιπτώσεων.

Όρια Ασφάλειας

Η ελάχιστη συγκέντρωση, η οποία ευθύνεται για ερεθισμό του λαιμού και της ρηνικής κοιλότητας σε ανθρώπους έπεται από βραχυχρόνια έκθεση τους,

είναι της τάξης των $0,1 \text{ mg/m}^3$, αν και κάποιοι άνθρωποι αντιλαμβάνονται την παρουσία φορμαλδεΐδης, όταν αυτή βρίσκεται σε υψηλότερα από αυτό επίπεδα. Για την αποφυγή επεισοδίων ερεθισμού στο σύνολο του πληθυσμού συστήνεται το όριο ποιότητας αέρα όσον αφορά στη φορμαλδεΐδη σε 0.1 mg/m^3 για χρόνο έκθεσης 30 λεπτών κατά μέσο όρο.

10.4.9 Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες

Αποτίμηση έκθεσης

Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες σχηματίζονται κατά τη μη τέλεια καύση ή πυρόλυση οργανικού υλικού σε συνδυασμό με τη χρήση πετρελαίου, υγραερίου, άνθρακα και ξύλου για παραγωγή ενέργειας. Πρόσθετη πηγή πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων αποτελεί το κάπνισμα, ενώ η χρήση χωρίς εξαερισμό πηγών θέρμανσης δύναται να αυξήσει τη συγκέντρωση των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων σε εσωτερικούς χώρους. Οι πηγές εκπομπής πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων είναι παρούσες σχεδόν παντού, γεγονός που δικαιολογεί την παρουσία τους σε κάθε χώρο, όπου ζουν και εργάζονται άνθρωποι. Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες είναι σύνθετα μίγματα εκατοντάδων χημικών ενώσεων, περιλαμβάνοντας και παράγωγα τους, όπως ετεροκυκλικούς, οξυγονωμένους και νιτρο-πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες. Οι βιολογικές ιδιότητες της πλειοψηφίας αυτών των ενώσεων δεν είναι ακόμα γνωστές. Το βενζοπυρένιο (BaP) είναι ένας ευρέως μελετημένος πολυκυκλικός αρωματικός υδρογονάνθρακας και πληροφορίες σχετικά με την τοξικότητα των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων έχουν προκύψει από τη μελέτη αυτού. Οι πρόσφατες μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις βενζοπυρενίου σε Ευρωπαϊκές αστικές περιοχές κυμαίνονται από $1\text{--}10 \text{ ng/m}^3$, ενώ σε αγροτικές περιοχές οι συγκεντρώσεις είναι μικρότερες από 1 ng/m^3 . Η τροφή είναι η κύρια πηγή έκθεσης του ανθρώπου σε πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, κυρίως λόγω του σχηματισμού τους κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος του φαγητού είτε λόγω της ατμοσφαιρικής εναπόθεσής τους σε σπόρους, φρούτα και λαχανικά.

Όρια Ασφάλειας

Δεν υπάρχει σαφή όριο για τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες στον αέρα. Κάποιοι από αυτούς είναι πιθανά καρκινογόνα συστατικά, τα οποία δύναται να αλληλεπιδρούν με άλλες χημικές ενώσεις. Για το λόγο αυτό τα επίπεδα αυτών πρέπει να κρατούνται όσο πιο χαμηλά γίνεται.

10.4.10 Πολυχλωριωμένα διφαινύλια και τριφαινύλια

Αποτίμηση έκθεσης

Όσον αφορά στην εκτίμηση της έκθεσης σε πολυχλωριωμένα διφαινύλια και τριφαινύλια συγκρίσεις μπορούν να γίνουν μεταξύ δεδομένων είτε από το ίδιο εργαστήριο, όπου χρησιμοποιείται η ίδια επικυρωμένη τεχνική και τα ίδια κριτήρια για μια μακρά περίοδο, είτε από διαφορετικά εργαστήρια, όταν εφαρμόζονται ιδιαίτερα αυστηροί ενδοεργαστηριακοί έλεγχοι.

- Τροφή: Κύρια πηγή έκθεσης και πρόσληψης των πολυχλωριωμένων διφαινυλίων και τριφαινυλίων είναι η τροφή, ενώ η πρόσληψη μέσω του

πόσιμου ύδατος είναι αμελητέα. Η ημερήσια πρόσληψη πολυχλωριωμένων διφαινυλίων στη Σουηδία πρόσφατα εκτιμήθηκε σε 0.05 $\mu\text{g/kg}$ σωματικού βάρους με 50% συνεισφορά από τα ψάρια.

- Αέρας: Τα επίπεδα των πολυχλωριωμένων διφαινυλίων και τριφαινυλίων φαίνονται να είναι υψηλότερα σε εσωτερικούς χώρους από ότι στον εξωτερικό αέρα του περιβάλλοντος. Σε κτίρια οι συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν υπερέβησαν τα 300 ng/m^3 ανταποκρινόμενες σε μια ελάχιστη ημερήσια δόση 0.1 $\mu\text{g/kg}$ σωματικού βάρους.

Όρια Ασφάλειας

Δεν προτείνονται όρια ποιότητας του αέρα δεδομένου, ότι η απευθείας έκθεση μέσω εισπνοής αποτελεί μικρό τμήμα της ολικής έκθεσης σε πολυχλωριωμένα διφαινύλια και τριφαινύλια της τάξης του 1-2% σε σχέση με την ημερήσια πρόσληψη από το φαγητό. Οι μέσες συγκεντρώσεις στον αέρα περιβάλλοντος των πολυχλωριωμένων διφαινυλίων ανέρχονται σε 3 ng/m^3 σε αστικές περιοχές. Αυτή η συγκέντρωση στην Ατμόσφαιρα συνεισφέρει ελάχιστα στην άμεση έκθεση του ανθρώπου, αλλά από την άλλη συνεισφέρει σημαντικά στη συγκέντρωση στην τροφική αλυσίδα. Δεδομένης της σπουδαιότητας της έμμεσης συνεισφοράς των πολυχλωριωμένων διφαινυλίων και τριφαινυλίων στον αέρα στο σύνολο της ανθρώπινης έκθεσης, σημαντικός είναι ο έλεγχος γνωστών πηγών και ο καθορισμός νέων έτσι, ώστε να υπάρξει έλεγχος και προστασία για τον άνθρωπο.

10.4.11 Πολυχλωριωμένες διβενζοδιοξίνες και διβενζοφουράνια

Αποτίμηση έκθεσης

Η τροφή είναι η κύρια πηγή έκθεσης και πρόσληψης πολυχλωριωμένων διβενζοδιοξινών και διβενζοφουρανίων, ενώ η πρόσληψη μέσω του πόσιμου ύδατος είναι ασήμαντη.

Όρια Ασφάλειας

Σε αστικές περιοχές οι συγκεντρώσεις των πολυχλωριωμένων διβενζοδιοξινών και διβενζοφουρανίων στον αέρα εκτιμώνται περίπου σε 0.1 pg/m^3 . Αν και οι συγκεντρώσεις των πολυχλωριωμένων διβενζοδιοξινών και διβενζοφουρανίων στον αέρα των εσωτερικών χώρων είναι πολύ μικρές, σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν ανιχνευτεί συγκεντρώσεις τοξικού ισοδύναμου της τάξης των 3 pg/m^3 . Δεδομένης της σύγχρονης έκθεσης σε πολυχλωριωμένες διβενζοδιοξίνες και διβενζοφουράνια μέσω της βρώσης και της εισπνοής προτείνεται περαιτέρω έρευνα και μέτρα μείωσης των εκπομπών των ενώσεων αυτών. Για την ελάττωση της επικινδυνότητας σημαντικός είναι ο έλεγχος γνωστών πηγών έτσι, ώστε να ελαττωθούν οι συγκεντρώσεις τους στον αέρα.

10.4.12 Στυρένιο

Αποτίμηση έκθεσης

Οι συγκεντρώσεις στυρενίου στον αστικό ατμοσφαιρικό αέρα είναι γενικά μικρότερες από 1 $\mu\text{g/m}^3$, ενώ ο αέρας εσωτερικών χώρων περιέχει στυρένιο ελάχιστης συγκέντρωσης. Τα επίπεδα του στυρενίου σε ρυπασμένες αστικές

περιοχές είναι γενικά μικρότερα από $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, αλλά μπορεί να είναι μεγαλύτερα σε καινούργιες κατοικίες που περιέχουν υλικά με βάση το στυρένιο.

Επικινδυνότητα

Για τον καθορισμό ορίων ποιότητας του αέρα για το στυρένιο λαμβάνεται υπόψη ότι επιδρά στη καρκινογένεση/γενετοξικότητα και σε νευρολογικά συμπτώματα, περιλαμβάνοντας και επιπτώσεις στην ανάπτυξη.

Όρια Ασφάλειας

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις στυρενίου στον αέρα πρέπει να μην υπερβαίνουν το όριο ανίχνευσης των $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ για χρόνο έκθεσης 30 λεπτών κατά μέσο όρο.

10.4.13 Τετραχλωροαιθυλένιο

Αποτίμηση έκθεσης

Η συγκέντρωση του τετραχλωροαιθυλενίου στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι γενικά μικρότερη από $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ σε αστικές περιοχές και τυπικά μικρότερη από $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ σε αγροτικές περιοχές, ενώ οι συγκεντρώσεις σε εσωτερικούς χώρους είναι γενικά μικρότερες από $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Οι συγκεντρώσεις του τετραχλωροαιθυλενίου είναι αυξημένες σε χώρους, όπου το τετραχλωροαιθυλένιο χρησιμοποιείται ως υγρός διαλύτης είτε λαμβάνει χώρα στεγνό καθάρισμα ενδυμάτων.

Επικινδυνότητα

Οι κύριες επιπτώσεις στην υγεία αφορούν τον καρκίνο και τις επιδράσεις στο κεντρικό νευρικό σύστημα, στο συκώτι και στα νεφρά. Σε μελέτες που έγιναν σε εθελοντές που εκτέθηκαν για πέντε μέρες σε τετραχλωροαιθυλένιο σε συγκεντρώσεις άνω των $678 \text{mg}/\text{m}^3$ παρουσιάστηκαν επιδράσεις στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Σε εργαζόμενους σε καθαριστήρια (όπου παραγματοποιείται στεγνό καθάρισμα) παρατηρήθηκαν σοβαρές βλάβες στη μύτη και στη ρηνική κοιλότητα σε έκθεση σε μέση συγκέντρωση $102 \text{mg}/\text{m}^3$.

Όρια Ασφάλειας

Όσον αφορά τους εργαζόμενους σε στεγνοκαθαριστήρια προτείνεται το όριο των $0,25 \text{mg}/\text{m}^3$ και ως γενικότερο όριο για την προστασία της υγείας προτείνεται επίσης αυτό των $0,25 \text{mg}/\text{m}^3$. Παρόλα αυτά ο κίνδυνος της καρκινογόνου επίδρασης του τετραχλωροαιθανίου στον άνθρωπο πρέπει να εκτιμηθεί με περαιτέρω ερευνητικές εργασίες.

10.4.14 Τολουόλη

Αποτίμηση έκθεσης

Η μέση συγκέντρωση τολουόλης στον ατμοσφαιρικό αέρα αστικών περιοχών είναι γενικά μικρότερη των $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ σε περιοχές της υπαίθρου οι συγκεντρώσεις της τολουόλης κυμαίνονται από $5\text{-}150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Κοντά σε βιομηχανίες οι συγκεντρώσεις της τολουόλης είναι σημαντικά υψηλότερες.

Επικινδυνότητα

Η τολουόλη στην καθαρή της μορφή έχει όριο ανίχνευσης $1,0 \text{ mg/m}^3$. Οι οξείες και χρόνιες επιδράσεις της τολουόλης στο κεντρικό νευρικό σύστημα είναι αυτές που χρήζουν ιδιαίτερης ανησυχίας. Η τολουόλη δυνατά επίσης να επιφέρει περιστολή της ανάπτυξης και εκ γενετής ανωμαλίες στους ανθρώπους.

Όρια Ασφάλειας

Το όριο ποιότητας του αέρα μπορεί να βασιστεί στο όριο ανίχνευσης. Στην περίπτωση αυτή οι μέγιστες συγκεντρώσεις τολουόλης στον αέρα πρέπει να μην υπερβαίνουν το όριο ανίχνευσης των $1,0 \text{ mg/m}^3$ για έκθεση 30 λεπτών κατά μέσο όρο.

10.4.15 Τριχλωροαιθυλένιο

Αποτίμηση έκθεσης

Η μέση συγκέντρωση τριχλωροαιθυλενίου στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι μικρότερη από $1,0 \text{ μg/m}^3$ σε αγροτικές περιοχές και μεγαλύτερη των 10 μg/m^3 σε αστικές περιοχές. Οι συγκεντρώσεις σε εσωτερικούς χώρους είναι τυπικά ίδιες, αν και υψηλές συγκεντρώσεις τριχλωροαιθυλενίου αναμένονται σε ορισμένες περιοχές, όπου λαμβάνουν χώρα βιομηχανικές δραστηριότητες. Η εισπνοή τριχλωροαιθυλενίου είναι η κύρια οδός έκθεσης για το γενικό πληθυσμό.

Επικινδυνότητα

Οι κύριες επιπτώσεις στην υγεία είναι ο καρκίνος καθώς και επιπτώσεις στο συκώτι και στο κεντρικό νευρικό σύστημα.

Όρια Ασφάλειας

Δεδομένου ότι το τριχλωροαιθυλένιο είναι γενοτοξικό και καρκινογόνο δεν συστήνεται ασφαλές όριο. Συγκεντρώσεις τριχλωροαιθυλενίου στην Ατμόσφαιρα της τάξης των 230, 23 και $2,3 \text{ μg/m}^3$ επιφέρουν επικινδυνότητα για την ανθρώπινη ζωή της τάξης των 10^{-4} , 10^{-5} και 10^{-6} αντίστοιχα.

10.5 Ανόργανοι Ρύποι

10.5.1 Αρσενικό

Αποτίμηση έκθεσης

Στο περιβάλλον απαντάται μια πληθώρα ενώσεων του αρσενικού, οι οποίες είναι τόσο οργανικές όσο και ανόργανες. Οι συγκεντρώσεις του αρσενικού στην Ατμόσφαιρα κυμαίνονται από 1 έως 10 ng/m³ σε αστικές περιοχές και από λίγα νανογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο έως 30 ng/m³ σε μη πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές. Κοντά σε πηγές εκπομπής -όπως σε χυτήρια μη σιδηρούχων μετάλλων και σε μονάδες παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιούν άνθρακα που περιέχει αρσενικό- οι συγκεντρώσεις του αρσενικού μπορούν να υπέρβουν το 1,0 mg/m³.

Επικινδυνότητα

Ανόργανο αρσενικό δύναται να επιφέρει οξείες, ήπιες και χρόνιες επιδράσεις, οι οποίες μπορεί να είναι είτε τοπικές είτε σε ολόκληρο το σώμα. Από την εισπνοή αρσενικού προκαλείται καρκίνος του πνεύμονα, η οποία αποτελεί κρίσιμη επίδραση.

Όρια Ασφάλειας

Το αρσενικό είναι καρκινογόνο για τον άνθρωπο. Για συγκέντρωση στην Ατμόσφαιρα 1.0mg/m³ η εκτιμώμενη επικινδυνότητα για την ανθρώπινη ζωή είναι $1,5 \times 10^{-3}$. Συγκεντρώσεις αρσενικού στην Ατμόσφαιρα της τάξης των 66, 6.6 και 0,66 ng/m³ επιφέρουν επικινδυνότητα για την ανθρώπινη ζωή της τάξης των 10⁻⁴, 10⁻⁵ και 10⁻⁶ αντίστοιχα.

10.5.2 Αμίαντος

Αποτίμηση έκθεσης

Οι πραγματικές συγκεντρώσεις εσωτερικού και εξωτερικού χώρου κυμαίνονται από λιγότερο του ενός εκατοστού έως μερικές χιλιάδες ίνες ανά κυβικό μέτρο.

Επικινδυνότητα

Τόσο από επιδημιολογικές μελέτες, όσο και από πειραματικά αποτελέσματα έχει γίνει σαφές, ότι η εισπνοή αμιάντου προκαλεί αμιάντωση, καρκίνο του πνεύμονα και μεσοθηλίωμα. Οι καρκινογενείς ιδιότητες του αμιάντου οφείλονται στη γεωμετρία των ινών του και στην αξιοσημείωτη ανθεκτικότητα της δομής του. Αξιοσημείωτο επίσης είναι, ότι ο κίνδυνος πρόκλησης καρκίνου του πνεύμονα για καπνιστές είναι δεκαπλάσιος από αυτόν για μη καπνιστές, όταν αμφότεροι εκτίθενται σε ίδια επίπεδα αμιάντου για ίδιο χρονικό διάστημα.

Όρια Ασφάλειας

Ο αμίαντος είναι αποδεδειγμένα καρκινογόνος για τον άνθρωπο. Δεν προτείνεται κανένα ασφαλές επίπεδο έκθεσης του ανθρώπου στον αμίαντο δεδομένου, ότι δεν υπάρχει γνωστό ασφαλές κατώφλι συγκέντρωσης. Λόγω αυτού η συγκέντρωση έκθεσης σε αμίαντο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο μικρή.

10.5.3 Κάδμιο

Αποτίμηση έκθεσης

Η έκθεση σε κάδμιο γίνεται κυρίως μέσω του καπνίσματος και μέσω της τροφής. Για το λόγο αυτό δεν είναι δυνατόν να διεξαχθεί ανάλυση δόσης – απόκρισης για το κάδμιο στην Ατμόσφαιρα βασισμένη σε επιδημιολογικά δεδομένα.

Όρια Ασφάλειας

Το κάδμιο και οι ενώσεις του καδμίου έχουν χαρακτηριστεί ως καρκινογόνες για τον άνθρωπο με βάση τη διαπίστωση, ότι οδηγούν στην πρόκληση και στη δημιουργία καρκίνου του πνεύμονα σε ανθρώπους και ζώα που έχουν εισπνεύσει κάδμιο. Το κάδμιο, όταν απορροφάται είτε μέσω της εισπνοής είτε μέσω της βρώσης (της τροφής), αυξάνει τις μεταβολές των νεφρών. Οι εργάτες που εκτίθενται σε αυτές τις συγκεντρώσεις παρουσιάζουν αυξημένη νεφρική δυσλειτουργία (παρουσία χαμηλού μοριακού βάρους πρωτεΐνης στα ούρα) ή καρκίνο του πνεύμονα. Το όριο για πολυετή έκθεση με οκτάωρη καθημερινή έκθεση σε κάδμιο ανέρχεται σε $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η συνεχής έκθεση εφ' όρου ζωής δίνει μια τιμή γύρω στο $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Τα επίπεδα των συγκεντρώσεων καδμίου στην Ατμόσφαιρα των αστικών και των αγροτικών περιοχών ανέρχεται στο 1/5 αυτής της τιμής.

10.5.4 Χρώμιο

Αποτίμηση έκθεσης

Το χρώμιο είναι ευρέως διαδεδομένο στη φύση. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα η συγκέντρωση του ολικού χρωμίου γενικά στο περιβάλλον κυμαίνεται από 5 έως $200 \text{ ng}/\text{m}^3$.

Όρια Ασφάλειας

Το εξασθενές χρώμιο, όταν εισπνέεται, έχει καρκινογόνο δράση στους ανθρώπους. Εξετάζοντας τη σχέση δόσης–απόκρισης για το εξασθενές χρώμιο και τον καρκίνο του πνεύμονα διαπιστώνουμε, ότι δε δύναται να προταθεί ασφαλές επίπεδο της συγκέντρωσης χρωμίου. Για συγκέντρωση εξασθενούς χρωμίου $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ο εκτιμώμενος κίνδυνος για την ανθρώπινη ζωή είναι 4×10^{-2} . Πρέπει επίσης να τονίσουμε, ότι η συγκέντρωση του χρωμίου στην ατμόσφαιρα δίνεται ως ολικό χρώμιο και όχι συγκεκριμένα ως εξασθενές χρώμιο. Συγκεντρώσεις εξασθενούς χρωμίου στην Ατμόσφαιρα της τάξης των 2,5, 0,25 και $0,025 \text{ ng}/\text{m}^3$ επιφέρουν επικινδυνότητα για την ανθρώπινη ζωή της τάξης των 10^{-4} , 10^{-5} και 10^{-6} αντίστοιχα.

10.5.5 Φθόριο

Αποτίμηση έκθεσης

Οι Ευρωπαίοι εκτίθενται στις διάφορες μορφές φθορίου με ποικίλους τρόπους. Σε αστικές περιοχές που περιλαμβάνουν και βιομηχανικές δραστηριότητες η τυπική ημερήσια πρόσληψη φθορίου μέσω της εισπνοής κυμαίνεται από $10\text{--}40 \mu\text{g}/\text{day}$ ($0,5\text{--}2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και σε κάποιες περιπτώσεις είναι ακόμα και $60 \mu\text{g}/\text{day}$ ($3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Το φθόριο εκλύεται στην Ατμόσφαιρα τόσο σε αέρια όσο και σε σωματιδιακή μορφή, αλλά οι μελέτες τυπικά αναφέρονται

στο ολικό φθόριο. Οι κύριες πηγές πρόσληψης φθορίου είναι η τροφή και το νερό. Εκτός από την έκθεση σε εργασιακό περιβάλλον που μπορεί να είναι σημαντική, σε όλες τις άλλες περιπτώσεις η έκθεση μέσω της εισπνοής είναι ασήμαντη.

Όρια Ασφάλειας

Για έκθεση μίας ώρας το επίπεδο συγκέντρωσης ώστε να προστατευθεί ο άνθρωπος από κάθε ερεθισμό του αναπνευστικού είναι $0,6 \text{ mg/m}^3$ και το μέσο επίπεδο για την προστασία κατά διαφόρων ερεθισμών από έκθεση στη διάρκεια όλης της ζωής είναι περίπου $1,6 \text{ mg/m}^3$. Δεδομένα από διαφορετικές μελέτες ερευνητών καθιστούν σαφές, ότι η παρατεταμένη έκθεση ανθρώπων (εργαζομένων και παιδιών) σε συγκεντρώσεις φθορίου $0,1\text{--}0,5 \text{ mg/m}^3$ συνεπάγεται την εξασθένηση της πνευμονικής λειτουργίας και τη φθορίωση του σκελετού. Για επίπεδα αερίου φθορίου της τάξης των $16 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ δεν έχουν βρεθεί επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου.

10.5.6 Υδρόθειο

Επικινδυνότητα

Εργαζόμενοι που εκτίθενται σε συγκεντρώσεις υδρόθειου μεγαλύτερες των 30 mg/m^3 παρουσιάζουν διάχυτα νευρολογικά και διανοητικά συμπτώματα.

Όρια Ασφάλειας

Ερεθισμός στα μάτια παρατηρείται, όταν η συγκέντρωση υδροθείου είναι 15 mg/m^3 . Σύμφωνα με την καμπύλη δόσης–απόκρισης σοβαρές βλάβες στα μάτια προκαλούνται, όταν η συγκέντρωση του υδροθείου είναι 70 mg/m^3 , οπότε προτείνεται συντελεστής ασφάλειας ίσος με 100. Αυτό συνεπάγεται την τιμή – όριο των $0,15 \text{ mg/m}^3$ με μέσο χρόνο έκθεσης 24 ώρες. Για την αποφυγή πρόκλησης δυσανεξίας στον πληθυσμό από το υδρόθειο, οι συγκεντρώσεις του υδροθείου δεν πρέπει να υπερβαίνουν το $7 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ για περίοδο έκθεσης 30 λεπτών.

10.5.7 Μόλυβδος

Αποτίμηση έκθεσης

Σε μη αστικές περιοχές τα μέσα επίπεδα του μολύβδου είναι συνήθως μικρότερα από $0,15 \text{ }\mu\text{g/m}^3$. Τα επίπεδα του μολύβδου στις περισσότερες Ευρωπαϊκές πόλεις είναι μεταξύ $0,15$ και $0,5 \text{ }\mu\text{g/m}^3$. Πρόσθετη έκθεση πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, όπως στην περίπτωση του μολύβδου που υπάρχει σε σκόνη που χρήζει ιδιαίτερης ανησυχίας ιδιαίτερα για τα παιδιά. Σε χαμηλά επίπεδα έκθεσης η απόκλιση από τη γραμμικότητα μεταξύ των συγκεντρώσεων έκθεσης σε μόλυβδο στον αέρα και του μολύβδου στο αίμα είναι ασήμαντη και τα γραμμικά μοντέλα συσχετισμού πρόσληψης μολύβδου στον αέρα και μολύβδου στο αίμα αποτελούν ικανοποιητικές προσεγγίσεις.

Όρια Ασφάλειας

Τα όρια που αφορούν το μόλυβδο στην Ατμόσφαιρα βασίζονται στη συγκέντρωση του μολύβδου στο αίμα. Κρίσιμες επιδράσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι οι εξής:

- για ενήλικους: αύξηση της ελεύθερης πρωτοπορφυρίνης των ερυθρών αιμοσφαιρίων,
- για τα παιδιά: γνωστική δυσλειτουργία, εξασθένηση της ακοής και παρεμπόδιση του μεταβολισμού της βιταμίνης D.

Τα φαινόμενα αυτά χαρακτηρίζονται ως προσωρινά. Προτείνεται για την αποφυγή όλων αυτών των συμπτωμάτων το όριο των 100 µg/L μολύβδου στο αίμα.

10.5.8 Μαγνήσιο

Αποτίμηση έκθεσης

Σε αστικές και αγροτικές περιοχές, οι οποίες δεν είναι επιβαρυμένες με μαγνήσιο, οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις μαγνησίου κυμαίνονται από 0,01-0,07 µg/m³, ενώ πλησίον χυτηρίων μετάλλων τα επίπεδα αυτά αυξάνονται σε μέση ετήσια συγκέντρωση 0,2-0,3 µg/m³. Σε περιοχές, στις οποίες λειτουργούν βιομηχανίες σιδηρο- και πυριτο-μαγνησίου, τα επίπεδα αυτά ανέρχονται σε 0,5 µg/m³ και άνω, με συγκέντρωση έκθεσης 24ωρης διάρκειας για ένα άτομο ανώτερη των 10 µg/m³.

Επικινδυνότητα

Η τοξική επίδραση του μαγνησίου διαφέρει ανάλογα με την έκθεση. Μέσω της απορρόφησης στο ανθρώπινο σώμα το μαγνήσιο έχει σχετικά υψηλή τοξικότητα σε τυπικά επίπεδα έκθεσης και θεωρείται σημαντικός διατροφικός ιχνοθέτης. Το μαγνήσιο είναι γνωστό ως τοξικό λόγω της απορρόφησης του στο ανθρώπινο σώμα. Η υψηλή συγκέντρωση μαγνησίου στο σώμα χαρακτηρίζεται από διάφορες ψυχιατρικές και κινητικές δυσλειτουργίες με γενική ομοιότητα με την ασθένεια Πάρκινσον, όσον αφορά τη δυσκολία ελέγχου κάποιων κινήσεων.

Όρια Ασφάλειας

Βάσει των νευροτοξικών επιδράσεων που παρατηρήθηκαν σε εργαζόμενους και χρησιμοποιώντας την προσέγγιση της εκτιμώμενης συγκέντρωσης, το επίπεδο επικινδυνότητας είναι τα 30 µg/m³. Το όριο ποιότητας και ασφάλειας για συγκέντρωση μαγνησίου στην Ατμόσφαιρα με συντελεστή ασφαλείας 50 είναι 0,15 µg/m³.

10.5.9 Υδράργυρος

Αποτίμηση έκθεσης

Σε περιοχές μακριά από βιομηχανίες τα επίπεδα του υδραργύρου στην Ατμόσφαιρα είναι περίπου 2-4 ng/m³ και σε αστικές περιοχές είναι 10 ng/m³. Αυτό σημαίνει, ότι η ημερήσια ποσότητα που απορροφάται στο κυκλοφορικό σύστημα από την Ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα της εισπνοής ανέρχεται σε 32-64 ng για απομακρυσμένες περιοχές και σε 160 ng περίπου για αστικές περιοχές. Η έκθεση σε υδράργυρο από τον ατμοσφαιρικό αέρα παρουσιάζεται ασήμαντη συγκρινόμενη με αυτή των οδοντιατρικών κραμάτων υδραργύρου δεδομένου, ότι η μέση ημερήσια πρόσληψη ατμών υδραργύρου από οδοντιατρικά σφραγίσματα κυμαίνεται μεταξύ 3.000 και 17.000 ng.

Όρια Ασφάλειας

Τα επίπεδα υδραργύρου στον αέρα εσωτερικών χώρων –εκτός συγκεκριμένων περιοχών υψηλών συγκεντρώσεων– είναι συνήθως της τάξης των $0,005\text{--}0,010\text{ ng/m}^3$, οριακά συγκρινόμενα με αυτά των οδοντιατρείων. Η έκθεση σε συγκεντρώσεις της τάξης των $0,005\text{--}0,010\text{ ng/m}^3$ δεν αναμένεται να επιφέρει άμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Το όριο ποιότητας και ασφαλείας αέρα για τους ατμούς υδραργύρου ανέρχεται σε $15\text{--}30\text{ }\mu\text{g/m}^3$.

10.5.10 Νικέλιο

Αποτίμηση έκθεσης

Το νικέλιο είναι ευρέως διαδεδομένο βαρύ μέταλλο στη φύση και εκλύεται στην Ατμόσφαιρα τόσο από φυσικές όσο και από ανθρωπογενείς πηγές. Σε μη καπνιστές το 99% της ημερήσιας πρόσληψης νικελίου γίνεται μέσω της τροφής και του ύδατος, ενώ για τους καπνιστές το ποσοστό αυτό εκτιμάται σε 75%. Σε αγροτικές περιοχές η συγκέντρωση νικελίου στον ατμοσφαιρικό αέρα κυμαίνεται από $1\text{--}10\text{ ng/m}^3$, ενώ σε μεγάλα αστικά κέντρα και σε βιομηχανικές περιοχές τα επίπεδα νικελίου είναι υψηλότερα και φθάνουν τα $110\text{--}180\text{ ng/m}^3$. Επίπεδα έκθεσης νικελίου της τάξης των $10\text{--}100\text{ ng/m}^3$ έχει μελετηθεί, ότι επέφεραν αυξημένο κίνδυνο καρκίνου σε εργαζόμενους. Τα επίπεδα έκθεσης σε νικέλιο σε διυλιστήρια είναι συνήθως μικρότερα από $1\text{--}2\text{ mg/m}^3$ και σε πολλές περιπτώσεις μικρότερα από $0,5\text{ mg/m}^3$.

Επικινδυνότητα

Οι αλλεργικές δερματολογικές αντιδράσεις αποτελούν τα πιο συχνά συμπτώματα που εμφανίζονται στο 2% του γυναικείου και στο 11% του ανδρικού πληθυσμού. Το περιεχόμενο σε νικέλιο που βρίσκεται σε καταναλωτικά αγαθά καθώς και σε τρόφιμα και στο νερό ευθύνεται για την εμφάνιση δερματολογικών συμπτωμάτων. Η έκθεση σε νικέλιο εργαζομένων σε βιομηχανία καθαρισμού νικελίου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου για πρόκληση καρκίνου του πνεύμονα και της ρηνικής κοιλότητας. Το νικέλιο έχει ισχυρή και διαδεδομένη αλλεργική δράση. Το κριτήριο για την εκτίμηση του κινδύνου έκθεσης σε νικέλιο είναι η καρκινογόνος δράση του.

Όρια Ασφάλειας

Οι ενώσεις του νικελίου είναι καρκινογενείς για τον άνθρωπο, όταν το μονοπάτι έκθεσης είναι η εισπνοή. Σύμφωνα με πρόσφατα αποτελέσματα της έκθεσης κινδύνου σε πληθυσμούς βιομηχανικών περιοχών μια υψηλή επικινδυνότητα της τάξης του $3,8 \times 10^{-4}$ δίνεται για συγκέντρωση νικελίου στην Ατμόσφαιρα $1,0\text{ }\mu\text{g/m}^3$. Συγκεντρώσεις νικελίου στην Ατμόσφαιρα της τάξης των 250, 25 και $2,5\text{ ng/m}^3$ επιφέρουν επικινδυνότητα για την ανθρώπινη ζωή της τάξης των 10^{-4} , 10^{-5} και 10^{-6} αντίστοιχα.

10.5.11 Λευκόχρυσος

Όρια Ασφάλειας

Σε χώρους εργασίας παρατηρήθηκαν αντιδράσεις στο επίπεδο των αισθήσεων για συγκέντρωση διαλυτής πλατίνας κάτω από το όριο ανίχνευσης των $0,05\text{ }\mu\text{g/m}^3$. Αυτές οι αντιδράσεις έλαβαν χώρα μόνο σε άτομα που εκτέθηκαν σε υψηλά επίπεδα. Είναι πολύ μικρή η πιθανότητα για το γενικό

πληθυσμό να εκτεθεί σε αέριες συγκεντρώσεις διαλυτής πλατίνας, που να προκαλέσουν επιπτώσεις στην υγεία. Μέχρι σήμερα δεν προτείνεται όριο ποιότητας και ασφάλειας του αέρα, αλλά απαιτείται περαιτέρω έρευνα για τις συγκεντρώσεις της πλατίνας στο περιβάλλον.

10.5.12 Βανάδιο

Αποτίμηση έκθεσης

Η φυσική συγκέντρωση υποβάθρου του βαναδίου στον ατμοσφαιρικό αέρα στον Καναδά κυμαίνεται από 0,02-1,9 ng/m³. Οι συγκεντρώσεις βαναδίου σε αγροτικές περιοχές κυμαίνονται από δέκατα του νανογραμμαρίου έως μερικά νανογραμμάρια στο κυβικό μέτρο και σε αστικές περιοχές από 50 ng/m³ έως 200 ng/m³. Σε πόλεις κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οπότε και χρησιμοποιείται καύσιμο πετρέλαιο υψηλού περιεχομένου σε βανάδιο για θέρμανση, οι συγκεντρώσεις βαναδίου ανέρχονται σε 2.000 ng/m³. Η αέρια ρύπανση από βιομηχανικές δραστηριότητες είναι μικρότερη από αυτήν που προκαλούν οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και οι μονάδες θέρμανσης. Οι συγκεντρώσεις του βαναδίου στον αέρα εσωτερικών χώρων και στο χώρο εργασίας κυμαίνονται από 0,01–60 mg/m³ και υπερβαίνουν αυτές του περιβάλλοντος.

Επικινδυνότητα

Οι οξείες και χρόνιες επιδράσεις από την έκθεση σε βανάδιο στο αναπνευστικό σύστημα σε εργαζόμενους, που εκτίθενται σε βανάδιο, είναι οι πιο σημαντικές και πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον καθορισμό ορίων ποιότητας αέρα. Τα πιο συχνά αναφερόμενα κλινικά συμπτώματα που αναφέρθηκαν περιλαμβάνουν ερεθισμό στο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα. Από επεισόδια υψηλής έκθεσης σε βανάδιο (>1,0 mg/m³) εμφανίζονται σημαντικές επιδράσεις και στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα.

Όρια Ασφάλειας

Τα διαθέσιμα δεδομένα από μελέτες σε εργαζομένους καταδεικνύουν το όριο ποιότητας του αέρα για το βανάδιο σε 20μg/m³ βάσει χρόνιων συμπτωμάτων του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος. Εκτιμάται, ότι κάτω από 1,0 μg/m³ (μέσης παραμονής 24 ωρών) η περιβαλλοντική έκθεση στο βανάδιο δε δύναται να επιφέρει δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία.

10.6 Κλασσικοί Ρύποι

10.6.1 Διοξείδιο του αζώτου

Αποτίμηση έκθεσης

Οι φυσικές μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις υποβάθρου του διοξειδίου του αζώτου κυμαίνονται από 0,4-9,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Σε αστικές περιοχές οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι της τάξης των 20-90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με μέγιστες ωριαίες τιμές που κυμαίνονται από 75-1.015 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Τα επίπεδα διοξειδίου του αζώτου σε εσωτερικούς χώρους ανέρχονται σε 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, όταν δεν υπάρχει εξαερισμός παρουσία συσκευών καύσης φυσικού αερίου. Η μέγιστη τιμή για περίοδο μίας ώρας μπορεί να φθάσει τα 2.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ορια Ασφάλειας

Οι κύριες επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση των ανθρώπων σε διοξείδιο του αζώτου που έχουν αναφερθεί είναι οι ακόλουθες:

- επιπτώσεις στη λειτουργία των πνευμόνων και στην αναπνοή σε ανθρώπους που πάσχουν από άσθμα και από χρόνια πνευμονολογικά προβλήματα,
- αύξηση των αναπνευστικών προβλημάτων σε παιδιά ηλικίας 5-12 ετών που εκτέθηκαν σε συγκεντρώσεις της τάξης των 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (για 2 εβδομάδες) σε εσωτερικό χώρο,
- σοβαρές βλάβες στη λειτουργία του πνεύμονα και αλλαγές στη δομή του πνεύμονα παρουσιάστηκαν σε ζώα. Τα αποτελέσματα αυτά στηρίχθηκαν σε επιδημιολογικές μελέτες σε ζώα.

Προτείνεται το όριο των 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ως ετήσια τιμή συγκέντρωσης διοξειδίου του αζώτου.

10.6.2 Όζον και άλλοι Φωτοχημικοί Ρύποι

Αποτίμηση έκθεσης

Το όζον και οι φωτοχημικοί ρύποι σχηματίζονται λόγω της επίδρασης της ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος από τον ήλιο σε αέριους ρύπους, όπως μελετήσαμε στο Κεφάλαιο 4. Οι συγκεντρώσεις υποβάθρου του όζοντος, κυρίως ανθρωπογενούς προέλευσης, κυμαίνονται από 40-70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, αλλά δύναται να ανέλθουν σε επίπεδα 120-140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για μία ώρα. Στην Ευρώπη η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση όζοντος δύναται να υπερβεί τα 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ σε αγροτικές περιοχές και τα 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ σε αστικές περιοχές.

Επικινδυνότητα

Βραχυχρόνια οξεία έκθεση επιφέρει αναπνευστικά προβλήματα, μεταβολή της πνευμονικής λειτουργίας, αυξημένο ερεθισμό και αναπνευστικά συμπτώματα. Αυτά τα επεισόδια είναι σημαντικά σε υγιείς ενήλικες σε συγκεντρώσεις 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για χρόνο έκθεσης 6,6 ωρών. Ένα ποσοστό της τάξης των 10% παρουσιάζουν ευαισθησία και αναπνευστικά προβλήματα σε έκθεση μεταξύ 4-5 ωρών.

Όρια Ασφάλειας

Η επιλογή και κατ' επέκταση η πρόταση ενός ορίου ασφάλειας για τη συγκέντρωση του όζοντος στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι πολύπλοκη δεδομένου, ότι οι αναφερόμενες επιδράσεις παρουσιάζονται για συγκεντρώσεις ίσες ή λίγο μεγαλύτερες των συγκεντρώσεων υποβάθρου. Η πρώτη έκδοση των Ορίων ποιότητας του αέρα για την Ευρώπη αναφέρει το όριο των 150-200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για έκθεση μίας ώρας.

10.6.3 Αιωρούμενα Σωματίδια

Αποτίμηση έκθεσης

Τα επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} σε αστικές περιοχές στην Ευρώπη έχουν χειμερινές μέσες τιμές μικρότερες των 20-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Στη δυτική Ευρώπη τα επίπεδα αυτά είναι υψηλότερα (40-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) με μόνο μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών.

Επικινδυνότητα

Υπάρχει πληθώρα μεθόδων για τη μέτρηση των αιωρούμενων σωματιδίων στην Ατμόσφαιρα. Στην παρούσα εκτίμηση οι μελέτες προσανατολίζονται στις συγκεντρώσεις του σωματιδιακού φορτίου της τάξης των PM_{10} . Για μικρότερα σωματίδια ($\text{PM}_{2.5}$) και θειικά σωματίδια είναι διαθέσιμα λίγα δεδομένα. Οι επιπτώσεις στην υγεία από την εισπνοή σωματιδιακού φορτίου PM_{10} είναι αναφορικά οι εξής:

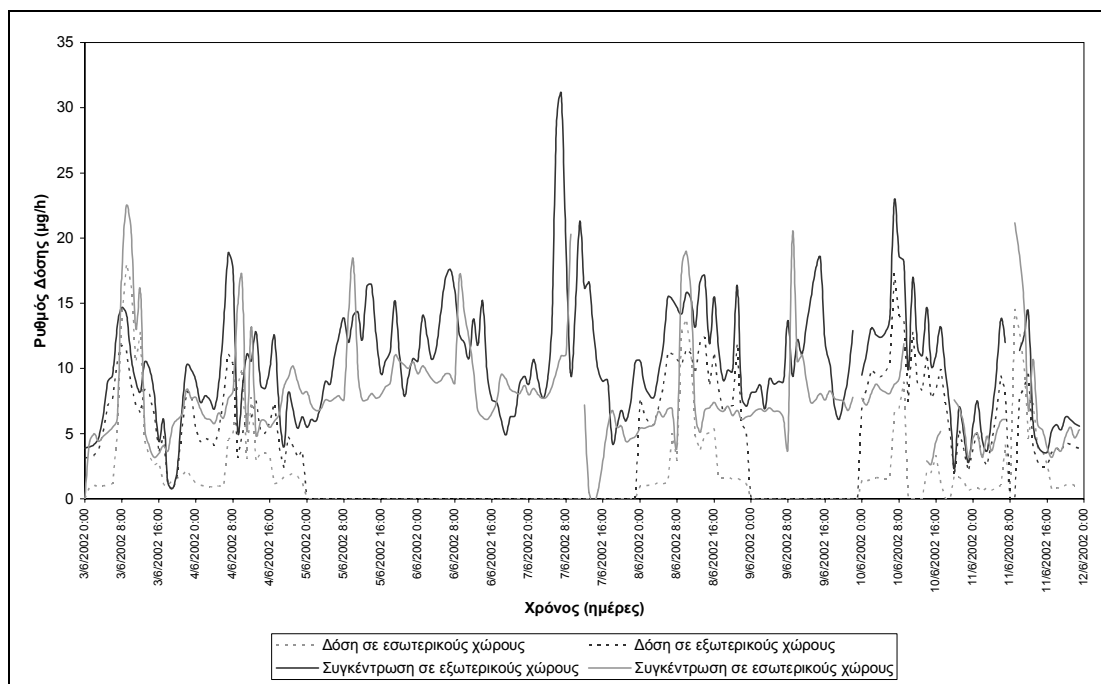
- βήχας,
- συμπτώματα του κατώτερου αναπνευστικού,
- βρογχίτιδα,
- θνησιμότητα.

Όρια Ασφάλειας

Σύμφωνα με πλήθος επιδημιολογικών μελετών βραχυχρόνιας έκθεσης σε αιωρούμενα σωματίδια γίνεται εμφανής η συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων και των αρνητικών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία. Τα διαθέσιμα στοιχεία μας καταδεικνύουν τη μέση ημερήσια συγκέντρωση κάτω των 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} που είναι υπαίτια για επεισόδια θνησιμότητας, αναπνευστικά προβλήματα και καρδιαγγειακά επεισόδια.

Συμπτώματα βρογχίτιδας σε παιδιά και μειωμένη λειτουργία του πνεύμονα σε παιδιά και ενήλικες παρατηρήθηκαν κατά την έκθεση σε μέση ετήσια συγκέντρωση $\text{PM}_{2.5}$ κάτω των 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ή 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} .

Μια τυπική χρονοσειρά των συγκεντρώσεων των PM_{10} σωματιδίων σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους παρουσιάζεται στο Σχήμα 10-7. Οι μετρήσεις έχουν γίνει στο Όσλο της Νορβηγίας κατά το έτος 2002. Οι υψηλές συγκεντρώσεις εσωτερικού χώρου είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού του εξαερισμού από το παράθυρο και του καπνίσματος στον εσωτερικό χώρο. Είναι εμφανής η επίπτωση εσωτερικών πηγών όπως το κάπνισμα στην αυξημένη συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} . Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μικρή μεταβολή των συγκεντρώσεων μέσα στο σπίτι όταν δεν υπάρχουν σημαντικές πηγές σωματιδίων.



Σχήμα 10-7: Συγκεντρώσεις PM_{10} σωματιδίων σε εσωτερικό χώρο και στον ατμοσφαιρικό αέρα τον Ιούνιο 2002 στο Όσλο καθώς και ο αντίστοιχος ωριαίος ρυθμός δόσης όπως εκτιμήθηκε με το μοντέλο δοσιμετρίας.

10.6.4 Διοξείδιο του θείου

Αποτίμηση έκθεσης

Λόγω της αλλαγής της χρήσης των καυσίμων και του ελέγχου των εκπομπών σε χώρες της Δυτικής Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής, που σημειώθηκε τα τελευταία χρόνια, έχουμε μείωση των εκπομπών διοξειδίου του θείου. Οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου στις χώρες αυτές κυμαίνονται από $20\text{--}60\mu\text{g}/\text{m}^3$ με μέσα ημερήσια επίπεδα να υπερβαίνουν τα $125\mu\text{g}/\text{m}^3$. Σε αστικές περιοχές και μεγάλες πόλεις, όπου είναι ακόμα ευρέως χρησιμοποιούμενο το κάρβουνο για θέρμανση και ηλεκτρισμό, οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του θείου είναι 5-10 φορές μεγαλύτερες από αυτές τις τιμές. Οι συγκεντρώσεις για μικρότερες χρονικές περιόδους, όπως αυτές των 10 λεπτών προσεγγίζουν τα $1.000\text{--}2.000\mu\text{g}/\text{m}^3$ σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως στην προσέγγιση του εδάφους από πλούσιο προερχόμενο από σημειακές πηγές ή κατά τη διάχυση συγκεντρώσεων σε αστικές περιοχές με σημειακές και επιφανειακές πηγές θείου.

Όρια Ασφάλειας

(α) Βραχυχρόνια έκθεση

Δεκάλεπτη έκθεση ανθρώπων που πάσχουν από άσθμα επιφέρει αλλαγές στην πνευμονική λειτουργία αλλά και αναπνευστικά προβλήματα. Βάσει των συμπτωμάτων αυτών προτείνεται το όριο των $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ για έκθεση 10 λεπτών.

(β) Εικοσιτετράωρη έκθεση και μακροχρόνια έκθεση

Σύμφωνα με επιδημιολογικές μελέτες σε ανθρώπους που εκτέθηκαν συγχρόνως σε μίγμα αέριων ρύπων (συμπεριλαμβανομένων των αιωρούμενων σωματιδίων και του διοξειδίου του θείου) υπάρχουν αλλαγές στη θνησιμότητα και στη νοσηρότητα. Μελέτες για 24ωρη έκθεση ανθρώπων δικαιολογούν την άμεση συσχέτιση του όριου ποιότητας για το διοξείδιο του θείου με αυτό των αιωρούμενων σωματιδίων. Το όριο ασφαλείας για το διοξείδιο του θείου είναι αυτό των $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ για 24ωρη έκθεση κατά μέσο όρο, εφαρμόζοντας έναν συντελεστή αβεβαιότητας ίσο με 2.

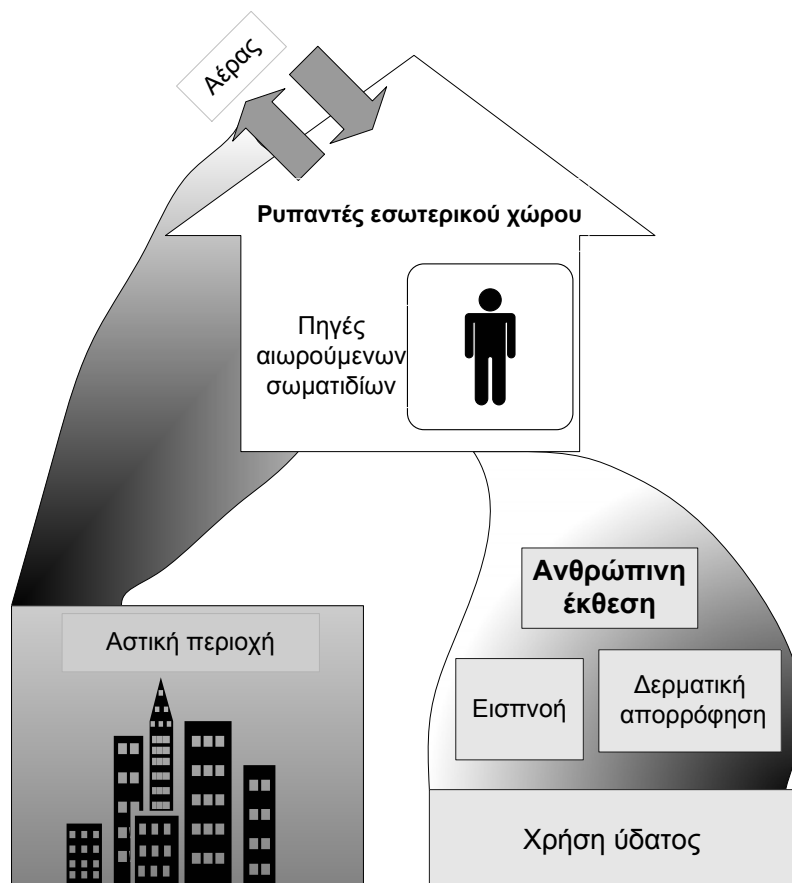
Πιο συγκεκριμένα προτείνονται τα παρακάτω όρια ασφαλείας:

Συγκέντρωση διοξειδίου του θείου
 $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Χρόνος έκθεσης
24 ώρες
1 έτος

10.7 Ρύποι σε Εσωτερικούς Χώρους

Όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 10-8, η έκθεση των ανθρώπων σε εσωτερικούς χώρους προέρχεται από πολλές πηγές και έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει δυσκολία στον ακριβή προσδιορισμό της. Εκτός από πηγές εσωτερικών χώρων που θα εξετάσουμε στην ενότητα αυτή, έχουμε και την επίδραση των εξωτερικών πηγών, που πολλές φορές είναι σημαντική. Η ανθρώπινη έκθεση γίνεται κυρίως μέσω της εισπνοής αλλά και από δερματική απορρόφηση (π.χ λόγω της χρήσης του ύδατος στο μπάνιο).



Σχήμα 10-8: Ολοκληρωμένη έκθεση ανθρώπων από διαφορετικές πηγές μέσω της αναπνοής και της δερματικής απορρόφησης.

Στη συνέχεια εξετάζουμε τους κύριους ρύπους εσωτερικών χώρων, όπως έχουν θεσμοθετηθεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας.

10.7.1 Καπνός τσιγάρου

Αποτίμηση έκθεσης

Ο καπνός του τσιγάρου είναι ένα δυναμικά σύνθετο μίγμα από χιλιάδες χημικές ενώσεις σε σωματιδιακή και αέρια μορφή που δεν μπορούν να μετρηθούν απευθείας ως σύνολο. Για το λόγο αυτό συγκεκριμένα συστατικά του μίγματος αυτού (όπως π.χ. η νικοτίνη και τα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια) χρησιμοποιούνται για να ποσοτικοποιήσουν την περιβαλλοντική έκθεση. Στις Ηνωμένες Πολιτείες η συγκέντρωση της νικοτίνης σε σπίτια, στα

οποία οι κάτοικοι κάπνιζαν, κυμαινόταν από μικρότερες του $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ έως και μεγαλύτερες από $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Οι συγκεντρώσεις σε γραφεία, όπου οι άνθρωποι κάπνιζαν, τυπικά κυμαίνονται από μηδενικές έως μεγαλύτερες των $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Τα επίπεδα σε εστιατόρια και σε χώρους διασκέδασης είναι υψηλότερα από αυτά που αναφέρθηκαν και σε μικρούς χώρους, όπως σε αυτοκίνητα είναι ακόμα υψηλότερες.

Μετρήσεις που αφορούν τα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια καταδεικνύουν συγκέντρωση από λίγα $\mu\text{g}/\text{m}^3$ έως και $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ σε κατοικίες με καπνιστές. Σε γραφεία που καπνίζουν οι εργαζόμενοι η συγκέντρωση είναι μικρότερη των $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ σε εστιατόρια υπερβαίνουν το $1 \text{mg}/\text{m}^3$. Τα επίπεδα των εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων σχετίζονται άμεσα με την πυκνότητα των καπνιστών στο χώρο. Σε χώρες που το κάπνισμα είναι ευρέως διαδεδομένο τα μέσα επίπεδα των εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων προβλέπονται να είναι υψηλότερα. Στις δυτικές κοινωνίες, όπου το κάπνισμα στους ενήλικες είναι διαδεδομένο σε ποσοστό 30-50% επί του συνολικού πληθυσμού εκτιμάται ότι περισσότερα από το 50% των σπιτιών έχει τουλάχιστον έναν καπνιστή, με αποτέλεσμα την ευρέως διαδεδομένη έκθεση σε εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια παιδιών και μη-καπνιστών. Ένα μεγάλο ποσοστό μη καπνιστών με τον ίδιο τρόπο εκτίθενται σε εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια στο χώρο εργασίας τους.

Επικινδυνότητα

Χρόνια έκθεση σε εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια αυξάνει τη θνησιμότητα λόγω καρκίνου του πνεύμονα. Τα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια αυξάνουν τον κίνδυνο νοσηρότητας και θνησιμότητας από καρδιοαγγειακές ασθένειες σε μη καπνιστές, ειδικά όταν πρόκειται για χρόνια έκθεση. Τα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια ερεθίζουν επίσης τα μάτια και το αναπνευστικό σύστημα. Σε βρέφη και παιδιά τα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια αυξάνουν τον κίνδυνο πνευμονίας, βρογχίτιδας και συσσώρευσης υγρού στο μέσο τμήμα του αυτιού. Σε ασθματικά παιδιά τα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια αυξάνουν τη δριμύτητα και τη συχνότητα των ασθματικών κρίσεων. Σε καπνίστριες μητέρες και έγκυους γυναίκες τα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια ελαττώνουν το βάρος του εμβρύου.

Όρια Ασφάλειας

Τα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια είναι καρκινογενή σε ανθρώπους και προκαλούν νοσηρότητα και θνησιμότητα στους ανθρώπους που έχουν άλλα σοβαρά προβλήματα υγείας (π.χ. ηλικιωμένοι) σε επίπεδα νικοτίνης $1\text{--}10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Οξεία και χρόνια αναπνευστικά προβλήματα σε παιδιά έχουν παρουσιαστεί σε σπίτια με καπνιστές (συγκεντρώσεις νικοτίνης $1\text{--}10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) καθώς επίσης και σε σπίτια με περιστασιακούς καπνιστές ($0,1\text{--}1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Δεν υπάρχει απόδειξη για ασφαλή όριο έκθεσης. Η εκτίμηση του κινδύνου από καρκίνο για την ανθρώπινη ζωή από την έκθεση σε εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια σε μια κατοικία, στην οποία καπνίζει ένα άτομο, είναι περίπου 10^{-3} .

10.7.2 Ανθρωπογενείς υαλώδεις ίνες

Αποτίμηση έκθεσης

Οι συγκεντρώσεις στην Ατμόσφαιρα ανθρωπογενών υαλώδων ινών κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης μονωτικών υαλώδων επιφανειών κυμαίνονται από 10^5 – 2×10^6 ίνες/ m^3 , συγκεντρώσεις που γενικά υπερβαίνουν αυτές των 10^5 ίνες/ m^3 που έχουν καταγραφεί σε μονάδες παραγωγής.

Επικινδυνότητα

Υαλώδεις ίνες διαμέτρου μεγαλύτερης των 3 μm δύναται να προκαλέσουν προσωρινό ερεθισμό και φλεγμονή στο δέρμα, στα μάτια και στο άνω αναπνευστικό σύστημα. Οι επιπτώσεις στο κάτω αναπνευστικό σύστημα ποικίλουν ανάλογα με την ονομαστική διάμετρο του υλικού.

Όρια Ασφάλειας

Οι κεραμικές ίνες χαρακτηρίζονται ως δυνητικά καρκινογόνες για τον άνθρωπο, ενώ οι υαλώδεις ίνες δεν έχουν κατηγοριοποιηθεί ως καρκινογόνες για τον άνθρωπο. Πρόσφατα αποτελέσματα από μελέτες εισπνοής υαλώδων ινών ενδυναμώνουν την άποψη, ότι οι ίνες αυτές δύναται να είναι καρκινογόνες για τον άνθρωπο. Συγκεντρώσεις κεραμικών ινών στην Ατμόσφαιρα της τάξης των 100, 10 και 1 ίνες/L επιφέρουν επικινδυνότητα για την ανθρώπινη ζωή της τάξης των 10^{-4} , 10^{-5} και 10^{-6} αντίστοιχα.

10.7.3 Ραδόνιο

Αποτίμηση έκθεσης

Η έκθεση σε ραδόνιο και προϊόντα ραδονίου είναι η κύρια πηγή έκθεσης σε ιονίζουσα ακτινοβολία στις περισσότερες χώρες. Τα επίπεδα του ραδονίου ποικίλουν μεταξύ των κατοικιών και εξαρτώνται κυρίως από την εισροή αέρα από το έδαφος και από τα υλικά κατασκευής.

Επικινδυνότητα

Πρόσφατες μελέτες ελέγχου παρείχαν δεδομένα κινδύνου πρόκλησης καρκίνου του πνεύμονα, που σχετίζεται με την εντός της κατοικίας έκθεση σε ραδόνιο. Γενικά η εκτίμηση της έκθεσης βασίστηκε σε μετρήσεις ραδονίου στις κατοικίες των ανθρώπων για μια περίοδο διαμονής 10-30 ετών.

Όρια Ασφάλειας

Το ραδόνιο έχει χαρακτηριστεί ως καρκινογόνο για τον άνθρωπο με γενotoξική δράση. Δεν μπορεί να καθοριστεί επίπεδο ασφαλούς έκθεσης σε αυτό. Η εκτιμώμενη επικινδυνότητα για τον άνθρωπο ορίζεται ως εξής:

- Για έναν άνθρωπο που διαμένει σε ένα Ευρωπαϊκό σπίτι με μέσο επίπεδο έκθεσης στο ραδόνιο 50 Bq/m^3 , ο κίνδυνος πρόκλησης καρκίνου του πνεύμονα είναι $1.5-3 \times 10^{-3}$,
- Για έναν άνθρωπο που διαμένει σε ένα σπίτι με υψηλή συγκέντρωση ραδονίου της τάξης των 1.000 Bq/m^3 , ο κίνδυνος πρόκλησης καρκίνου του πνεύμονα εκτιμάται σε $30-60 \times 10^{-3}$ (3-6%), υποδηλώνοντας διπλάσιο κίνδυνο πρόκλησης καρκίνου του πνεύμονα.

Τα πρόσφατα εκτιμώμενα επίπεδα ραδονίου σε κατοικίες και άλλα κτίρια χρήζουν ανησυχίας για τη δημόσια υγεία. Σε γενικές γραμμές όμως διορθωτικές τιμές συγκέντρωσης και μέτρα προστασίας πρέπει να

λαμβάνονται υπόψη για κτίρια με μέση ετήσια προϋπάρχουσα συγκέντρωση ισοδύναμου ραδονίου πάνω από 100 Bq/m³ έτσι, ώστε να ελαττωθεί η συγκέντρωση αυτή όπου είναι εφικτό.

Βιβλιογραφία 10^{ου} Κεφαλαίου

WHO, (2000), **Air Quality guidelines for Europe**, Second Edition, WHO Regional Publications, European Series, No. 91.

Holgate, S.T., J.M.Samet, H.S.Koren, R.L.Maynard, (1999), **Air Pollution and Health**, Academic Press.

HEI (2000), **HEI Strategic Plan for Health Effects of Air Pollution 2000-2005**, March 2000.