

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

Διπλωματική Εργασία

Θέμα: ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ



του Μεταπτυχιακού Φοιτητή: Δημητρίου Πουρνάρα

Επιβλέπων Καθηγητής: Αθανάσιος Κούγκολος

ΒΟΛΟΣ 2010

## ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ρύπανση του αέρα των εσωτερικών χώρων είναι ιδιαίτερα μεγάλης σημασίας για την ανθρώπινη υγεία. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους: Πρώτον γιατί η συγκέντρωση ρύπων εντός των κτηρίων είναι σχεδόν πάντα πολύ μεγαλύτερη από ότι στον εξωτερικό χώρο και δεύτερον γιατί στις σημερινές συνθήκες διαβίωσης ο άνθρωπος ζει το μεγαλύτερο μέρος της ζωής του σε εσωτερικούς χώρους. Οι ρύποι αυτοί προέρχονται τόσο από το ίδιο το κτήριο και τα υλικά κατασκευής του όσο και από την ύπαρξη και τις δραστηριότητες των ανθρώπων που ζουν σε αυτά. Τα σύγχρονα κτήρια κάτω από τις επιταγές της ενεργειακής απόδοσης γίνονται ολοένα και πιο στεγανά, εμποδίζοντας τον παραδοσιακό φυσικό αερισμό να μειώσει την συγκέντρωση των ρύπων. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα είδη των ρύπων που απαντώνται εντός των κτηρίων, οι επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία και οι τρόποι για τον περιορισμό ή την εξάλειψη των ρύπων αυτών. Ακόμη αναλύεται η έννοια του «Συνδρόμου Αρρώστου Κτηρίου».

**Λέξεις - κλειδιά:** ρύπανση, εσωτερικός αέρας, αερισμός, υγεία, άνεση.

## ABSTRACT

The pollution of indoor air is of huge importance to human health. This is for two reasons: First, because the concentration of pollutants within the buildings is almost always much larger than outside and, secondly, because the man of today lives most of his life indoors. These pollutants come from both the building itself and its materials and the existence and activities of people living in them. The modern buildings under the requirements of energy efficiency are becoming increasingly “sealed”, blocking traditional natural ventilation which reduce the concentration of pollutants. This paper presents the types of pollutants found in the buildings, their impact on human health, and ways to reduce or eliminate these pollutants. Also, it discusses the concept of the 'Sick Building Syndrome'.

**Keywords:** pollution, indoor air, ventilation, health, comfort.

**Πίνακας Περιεχομένων**

	Σελίδα
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	8
1.1 Αιτίες του προβλήματος γενικά .....	9
1.2 Πηγές ρύπανσης.....	10
1.3 Επάρκεια Αερισμού.....	10
1.4 Σχέση της ανθρώπινης υγείας με τη ρύπανση του εσωτερικού αέρα .....	13
1.5 Εκτίμηση έκθεσης .....	13
<b>2. ΧΗΜΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ</b> .....	16
2.1 Διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> ) .....	16
2.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....	17
2.3 Διοξείδιο του θείου (SO <sub>2</sub> ).....	19
2.4. Οξείδια του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) .....	21
2.5 Όζον (O <sub>3</sub> ).....	22
2.6 Φορμαλδεΰδη.....	23
2.7 Νικοτίνη.....	26
2.8. Οργανικές πτητικές ενώσεις .....	29
2.9 Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ) .....	34
<b>3. ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ</b> .....	36
3.1 Αμύαντος.....	36
3.1.1 Αντιμετώπιση του προβλήματος ύπαρξης αμιάντου στα υλικά κατασκευής του κτηρίου.....	39
3.2 Ίνες γυαλιού και ορυκτές ίνες.....	40
3.3 Αιωρούμενα σωματίδια - Σκόνη .....	41
<b>4. ΡΥΠΑΝΣΗ ΜΕ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ</b> .....	43
4.1 Μόλυβδος (Pb).....	43
4.2 Υδράργυρος (Hg) .....	44
4.3 Κάδμιο (Cd) .....	46
<b>5. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ</b> .....	47
5.1 Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από τον αέρα .....	47
5.2 Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από υγρασία – μούχλα. ....	47
5.3 Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από τον άνθρωπο.....	48
5.4 Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από κατοικίδια ζώα. ....	49

5.5	Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από φυτά .....	49
5.6	Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από συστήματα κλιματισμού. ....	49
6.	<b>ΚΑΠΝΙΣΜΑ</b> .....	51
6.1	Επιπτώσεις στην υγεία .....	54
6.1.1.	Στεφανιαία νόσος .....	55
6.1.2	Καρκίνος.....	56
6.1.3	Χρόνιες πνευμονοπάθειες.....	58
6.1.4	Κύηση .....	58
6.1.5	Άλλες συνέπειες του καπνίσματος.....	59
7.	<b>ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ</b> .....	60
7.1	Μονώσεις.....	60
7.2	Χρώματα .....	61
7.2.1	Διαλύτες.....	61
7.2.2	Επιβραδυντές πήξεως. ....	62
7.2.3	Μυκητοκτόνα. ....	62
7.2.4	Χρωστικές ουσίες.....	62
7.3	Κόλλες .....	64
7.4	Στεγανωτικά – Σφραγιστικά .....	64
7.5	Πλαστικά υλικά.....	64
7.6	Σκυρόδεμα – τσιμεντόλιθοι .....	65
7.7	Μοριοσανίδες – Κόντρα πλακέ – Επενδύσεις μελαμίνης .....	65
7.8	Χαλιά και επιστρώσεις δαπέδων.....	66
7.9	Πλαστικά κουφώματα. ....	66
8.	<b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΜΑΓΕΙΡΕΜΑΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΚΑΠΝΑΓΩΓΟΥΣ – ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ (ΚΕΚ)</b> .....	67
8.1	Σχηματισμός των ρυπαντών καύσης. ....	68
9.	<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ</b> . ....	70
10.	<b>ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ – ΟΙΚΙΑΚΑ ΠΑΡΑΣΙΤΟΚΤΟΝΑ</b> .....	71
10.1	Τρόποι απορρόφησης .....	72
10.2	Επιπτώσεις στην υγεία.....	73
11.	<b>ΡΑΔΟΝΙΟ</b> .....	74
11.1	Γενικά .....	74
11.2	Επιδράσεις στην υγεία.....	74
12.	<b>ΣΥΝΔΡΟΜΟ ΑΡΡΩΣΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ</b> .....	79

12.1	Γενικά στοιχεία .....	79
12.2	Συμπτώματα του Συνδρόμου Αρρώστου Κτηρίου.....	80
12.3	Αιτίες που προκαλούν το σύνδρομο αρρώστου κτηρίου.....	81
12.4	Διαδικασία διερεύνησης του κτηρίου - Ενέργειες για την μείωση των συμπτωμάτων .....	83
13.	<b>ΒΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΕΝΟΣ ΥΓΙΕΙΝΟΤΕΡΟΥ ΧΩΡΟΥ ΔΙΑΒΙΩΣΗΣ.....</b>	<b>84</b>
13.1	Σχεδιαστική ομάδα.....	84
13.2	Επιλογή τοποθεσίας.....	84
13.3	Επιλογή Υλικών .....	84
13.4	Απομόνωση και εγκιβωτισμός πηγών εκπομπής .....	84
13.5	Αραίωση ρύπων – Εξαερισμός .....	85
13.6	Συστήματα θέρμανσης – κλιματισμού .....	85
13.7	Πρόβλεψη ασφαλούς αποθήκευσης επικίνδυνων υγρών και ουσιών .....	85
14.	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>86</b>

## Ευρετήριο πινάκων

<b>Πίνακας 1.</b> Πηγές ρύπανσης εσωτερικών χώρων επιδράσεις στην υγεία και ενέργειες	σελ.11
<b>Πίνακας 2.</b> Συνιστώμενος αερισμός για τα κτήρια της Ελλάδας, σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδας .....	σελ.12
<b>Πίνακας 3.</b> Χαρακτηριστικά όρια CO <sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα και επιπτώσεις στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα .....	σελ.16
<b>Πίνακας 4.</b> Χαρακτηριστικά όρια CO στην ατμόσφαιρα, στην αιμοσφαιρίνη και τα αντίστοιχα συμπτώματα.....	σελ. 19
<b>Πίνακας 5.</b> Επιδράσεις στην υγεία κάτω από διαφορετικές συγκεντρώσεις SO <sub>2</sub> .....	σελ. 20
<b>Πίνακας 6.</b> Όρια φορμαλδεΐδης στην ατμόσφαιρα και αντίστοιχα συμπτώματα. ....	σελ. 25
<b>Πίνακας 7.</b> Μέσες συγκεντρώσεις νικοτίνης σε οικίες και χώρους εργασίας .....	σελ. 28
<b>Πίνακας 8.</b> Οργανικές ενώσεις που συναντώνται σε εσωτερικούς χώρους και οι πηγές τους.....	σελ. 30
<b>Πίνακας 9.</b> Σύγκριση συγκεντρώσεων ΠΟΕ στον εσωτερικό και τον εξωτερικό αέρα.....	σελ. 31
<b>Πίνακας 10.</b> Τοξικότητα συνηθισμένων ΠΟΕ που συναντώνται στον εσωτερικό αέρα.....	σελ. 32
<b>Πίνακας 11.</b> Μοριακοί τύποι των πιο συνηθισμένων ΠΑΥ .....	σελ. 34
<b>Πίνακας 12.</b> Συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων ανά τσιγάρο και λόγος Mainstream / Sidestream Smoke.....	σελ. 53
<b>Πίνακας 13.</b> Συστατικά χρωστικών ουσιών και τοξικότητα αυτών .....	σελ. 63
<b>Πίνακας 14.</b> Πηγές ρυπαντών καύσης στον εσωτερικό αέρα.....	σελ. 67

## Ευρετήριο εικόνων

<b>Εικόνα 1.</b> Σωλήνας ανίχνευσης στο άκρο αντλίας χειρός Drager που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του επιπέδου CO <sub>2</sub> στο περιβάλλον .....	σελ. 17
<b>Εικόνα 2.</b> Επικίνδυνες ίνες αμιάντου σε φύλλο επικάλυψης στέγης από αμιαντοτσιμέντο. ....	σελ. 36
<b>Εικόνα 3.</b> Χαρακτηριστικές ακανθωτές ίνες αμιάντου όπως φαίνονται στο μικροσκόπιο .....	σελ. 37
<b>Εικόνα 4.</b> Στέγη κτηρίου κατασκευασμένη από φύλλα αμιαντοτσιμέντου . ....	σελ. 38
<b>Εικόνα 5.</b> Θερμομονωτικές πλάκες πετροβάμβακα . ....	σελ. 40
<b>Εικόνα 6.</b> Σύρματα συγκόλλησης ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που περιέχουν μόλυβδο .....	σελ. 44
<b>Εικόνα 7.</b> Διακόπτες από αμπούλες υδραργύρου που χρησιμοποιούνται σε θερμοστάτες εσωτερικών χώρων .....	σελ. 44
<b>Εικόνα 8.</b> Ανάπτυξη μούχλας σε γωνία δωματίου .....	σελ. 48
<b>Εικόνα 9.</b> Ανάπτυξη μούχλας σε αεραγωγό δικτύου κλιματισμού .....	σελ. 50
<b>Εικόνα 10.</b> Δωμάτιο Καπνιστών .....	σελ. 55
<b>Εικόνα 11.</b> Θερμομόνωση εξηλασμένης πολυστερίνης σε εξωτερικό τοίχο κτηρίου .....	σελ. 61
<b>Εικόνα 12.</b> Θερμάστρα φωτιστικού πετρελαίου – κηροζίνης χωρίς καπναγωγό .....	σελ. 68
<b>Εικόνα 13.</b> Ποικιλία εντομοκτόνων σε αποθηκευτικό χώρο .....	σελ. 70
<b>Εικόνα 14.</b> Ραδιενεργός σειρά του U-238 .....	σελ. 74
<b>Εικόνα 15.</b> Είσοδος ραδονίου στις κατοικίες .....	σελ. 76
<b>Εικόνα 16.</b> Καρικατούρα σχετική με το Σύνδρομο Αρρώστου Κτηρίου .....	σελ. 79

Ευχαριστίες.

Ευχαριστώ θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Αθανάσιο Κούγκολο για την πολύτιμη βοήθεια και συμπαράσταση που μου παρείχε και για τις εύστοχες παρατηρήσεις και διορθώσεις του σε αυτή την προσπάθεια μου.

Δημήτριος Α. Πουρνάρας



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο άνθρωπος, από τις πρώτες στιγμές της εμφάνισης του στη γη, προσπαθούσε αδιάκοπα να βελτιώσει τις συνθήκες ζωής του, να προστατευτεί από του εχθρούς του και να επιβιώσει σε αντίξοες καιρικές συνθήκες. Η επιλογή του να διαβιώνει σε προστατευμένους από τις καιρικές συνθήκες χώρους, ήταν πάντα συνδεδεμένη με την σχετικά αδύνατη σωματικά φύση του, άλλα και με τις ιδιαίτερες πνευματικές του ικανότητες. Σύντομα επέλεξε να ζει και στη συνέχεια να εργάζεται, όσο ήταν δυνατό, σε κλειστούς προστατευμένους χώρους. Αφού οι κοιλότητες της γης και τα άλλα φυσικά καταφύγια ήταν περιορισμένα, αναγκάστηκε να κατασκευάσει σπίτια, που στο πέρασμα των αιώνων γίνονταν πιο τελειοποιημένα και σύνθετα. Η ασφάλεια όμως που παρέχουν οι εσωτερικοί χώροι δεν είναι πάντα δεδομένη. Σε πολλές περιπτώσεις οι αισθήσεις δεν είναι ικανές να πληροφορήσουν για κινδύνους που απειλούν την ανθρώπινη υγεία εντός των σπιτιών. Η ρύπανση του εσωτερικού αέρα μπορεί να είναι αυξημένη και μάλιστα από ιδιαίτερα μεγάλη ποικιλία ρυπαντών, χωρίς να γίνεται αυτό πάντα αντιληπτό, παρά μόνο μέσα από τις επιπτώσεις στην υγεία.. Η ποιότητα του εισπνεόμενου αέρα στον εσωτερικό χώρο είναι, όπως φαίνεται πιο κάτω, πολύ μεγαλύτερης σημασίας από ότι στον υπαίθριο χώρο.

Παραδοσιακά επικρατεί η εντύπωση, ότι η αέρια ρύπανση είναι ένα φαινόμενο που απασχολεί κυρίως τον εξωτερικό χώρο, αφού ο κλειστός εσωτερικός χώρος παρέχει κάποια μορφή προστασίας από τους αέριους ρύπους του περιβάλλοντος. Δεν αποτελεί έκπληξη το ότι η εξωτερική αέρια ρύπανση αναγνωρίστηκε νωρίτερα σαν παράγοντας κινδύνου για την υγεία, αφού οι εκπομπές από τις πολλαπλές εξωτερικές πηγές γίνονταν εύκολα αντιληπτές από τις ανθρώπινες αισθήσεις. Ο αέρας του εσωτερικού χώρου είναι, όμως, τόσο καθαρός όσο και ο εξωτερικός αέρας, μόνο στην ιδανική περίπτωση της πλήρους απουσίας εσωτερικής ρύπανσης. Στην πραγματικότητα, πέρα από του εξωτερικούς ρύπους, που διεισδύουν μέσα από ρωγμές, κενά και εξαερισμό στα κτήρια, ένα μεγάλο εύρος ρύπων, από διάφορες εσωτερικές πηγές, προστίθεται στον εσωτερικό αέρα. Οι κάτοικοι των σπηλαίων ήταν πιθανώς οι πρώτοι που εκδήλωσαν ανησυχία για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, καθώς κάνοντας χρήση της φωτιάς, για θέρμανση και παρασκευή τροφής εντός των σπηλαίων, ήταν εκτεθειμένοι σε τοξικούς ατμούς από διάφορες χημικές ουσίες. Το πρόβλημα αυτό φαίνεται να το είχαν λύσει μερικώς, αφού υπάρχουν ενδείξεις ότι οι φωτιές συχνά τοποθετούνταν στην είσοδο των σπηλαίων (Namiesnik et al. 1992).

Στις μέρες μας η διαβίωση μέσα σε κτήρια είναι πλέον ο κανόνας. Σχεδόν το σύνολο των επιστημονικών μελετών συμφωνούν ότι ο σύγχρονος άνθρωπος περνάει σχεδόν το 85 - 90% της ζωής του σε κλειστούς χώρους. Αν προστεθεί στο ποσοστό αυτό και ο χρόνος που επιβαίνει σε κλειστά οχήματα κάθε μορφής, τότε η διαβίωση σε εσωτερικό περιβάλλον μπορεί να φτάσει μέχρι και το 94 % του συνολικού χρόνου (Jenkins et al. 1992). Στις ευαίσθητες δε ηλικιακές ομάδες των παιδιών, των ηλικιωμένων και των ασθενών το ποσοστό αυτό είναι ακόμη μεγαλύτερο, καθιστώντας το θέμα της ποιότητας της ατμόσφαιρας των εσωτερικών χώρων σαν μια σοβαρότατη προϋπόθεση για καλή υγεία και μακροζωία του πληθυσμού.

Πέρα όμως από τη υγεία, σημαντικό θέμα είναι και η εξασφάλιση ενός υψηλού επιπέδου διαβίωσης. Οι βασικότερες παράμετροι που καθορίζουν την ευεξία και την υγεία των ατόμων, που ζουν και εργάζονται σε κλειστούς χώρους, είναι (Woods, 1996):

- Η ποιότητα του αέρα
- Η θερμοκρασία (θερμική άνεση)
- Το επίπεδο υγρασίας
- Ο επαρκής και καλής ποιότητας φωτισμός
- Η ακουστική άνεση

Σε αυτές τις παραμέτρους θα μπορούσαν να προστεθούν και άλλες όπως τα υλικά κατασκευής και επένδυσης των χώρων, οι διαστάσεις του χώρου, το εσωτερικό ύψος, τα χρώματα, η οπτική επικοινωνία με το εξωτερικό περιβάλλον (θέα), αλλά αφενός είναι λιγότερο σημαντικές, αφετέρου έχουν να κάνουν περισσότερο με την ψυχολογία των ενοίκων. Από τις παραπάνω παραμέτρους η πιο σημαντική είναι αυτή της ποιότητας του εισπνεόμενου αέρα και με αυτό το θέμα θα ασχοληθεί η παρούσα εργασία.

### **1.1. Αιτίες του προβλήματος γενικά**

Οι πηγές ρύπανσης, που απελευθερώνουν αέρια, σωματίδια ή μικροοργανισμούς, είναι αυτές που είναι κυρίως υπεύθυνες για τα προβλήματα της ποιότητας του αέρα στους εσωτερικούς χώρους. Επιπλέον ο ανεπαρκής αερισμός αυξάνει τα επίπεδα των εσωτερικών ρυπαντών, αφού αφενός δεν εισέρχεται εξωτερικός αέρας ικανός να τους διαλύσει και αφετέρου δεν απομακρύνονται οι ρύποι γρήγορα από τον εσωτερικό χώρο. Ταυτόχρονα η υψηλή θερμοκρασία και υγρασία του χώρου προκαλούν αύξηση των συγκεντρώσεων των ρύπων.

## 1.2. Πηγές ρύπανσης

Υπάρχουν πολλές πηγές ρύπανσης του εσωτερικού αέρα. Αυτές περιλαμβάνουν πηγές καύσης όπως υγρά καύσιμα, άνθρακας, ξύλο και προϊόντα καπνού, οικοδομικά υλικά, επενδύσεις και μονώσεις από υλικά που περιέχουν αμίαντο, υγρές επιφάνειες τοίχων και χαλιών και δομικά στοιχεία ή έπιπλα από πεπιεσμένο ξύλο και μοριοσανίδες. Επίσης προϊόντα καθαρισμού, προσωπικής φροντίδας, εντομοκτόνα και αποσμητικά χώρου αλλά και υλικά που έχουν να κάνουν με την ενασχόληση με διάφορα χόμπι και δραστηριότητες. Πηγή ρύπανσης είναι συχνά τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης με διοχέτευση αέρα, τα μαγειρεία και η ύπαρξη οικόσιτων ζώων. Στη ρύπανση όμως του εσωτερικού χώρου πρέπει να συνυπολογιστεί και η είσοδος ρυπαντών από το εξωτερικό περιβάλλον, όπως το ραδόνιο και ο επιβαρυνμένος με ρύπους εξωτερικός αέρας που εισέρχεται. Η σημαντικότητα κάθε μίας πηγής εξαρτάται από την ποσότητα του ρυπαντή που αποβάλλει, αλλά και από το πόσο επικίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία είναι αυτός. Οι πηγές ρύπανσης σε ένα εσωτερικό χώρο μπορεί να είναι συνεχείς. Τέτοιες πηγές αποτελούν τα δομικά υλικά οι εγκαταστάσεις ή κάποια μόνιμα αντικείμενα. Μπορεί, όμως, να είναι αυξομειούμενες ή επαναλαμβανόμενες, κατά μικρά ή μεγάλα χρονικά διαστήματα, όπως το κάπνισμα, η χρήση καθαριστικών και εντομοκτόνων. Ακόμη όμως κι αν μια πηγή δεν είναι συνεχής οι ρύποι που παράγει μπορεί να παραμένουν στον κλειστό χώρο για μεγάλο διάστημα (EPA 2010).

## 1.3. Επάρκεια Αερισμού

Ο εξωτερικός αέρας εισέρχεται και εξέρχεται από ένα κλειστό χώρο μέσω της διείσδυσης (διήθησης), του φυσικού και του τεχνικού αερισμού. Με τη διαδικασία της διείσδυσης ο εξωτερικός αέρας εισβάλλει στο εσωτερικό μέσα από μικρά ανοίγματα, ρωγμές σε τοίχους, πατώματα ή οροφές και μέσα από διάφορους αρμούς που παρουσιάζονται, κυρίως στα κουφώματα. Προκύπτει, χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση, σχεδόν σε όλα τα κτήρια, και μόνο το επιμελές «σφράγισμα» ενός χώρου μπορεί να την αποτρέψει. Στις πιο πολλές περιπτώσεις, αυτός ο αερισμός είναι επιθυμητός, και αποτελεί πρόβλημα μόνο όταν η ρύπανση του εξωτερικού αέρα, σε κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, είναι αυξημένη. Αερισμός του κτηρίου γίνεται και από τις καμινάδες των τζακιών και των θερμαστών, από τις οπές ή τους ανεμιστήρες αερισμού στην κουζίνα και στην τουαλέτα και από το άνοιγμα του αποροφητήρα οσμών της κουζίνας.

**Πίνακας 1.** Πηγές ρύπανσης εσωτερικών χώρων επιδράσεις στην υγεία και ενέργειες.

ΠΗΓΗ	ΡΥΠΟΣ	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
<b>Κάπνισμα</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Τσιγάρα</li> <li>• Πίπες</li> <li>• Πούρα</li> </ul>	Αέρια (CO, NO, SO <sub>2</sub> , ΠΟΕ) Σωματίδια	Ερεθισμοί σε μύτη και λαιμό, επιδείνωση άσθματος, βήχας, περιορισμένη λειτουργία πνευμόνων, ΧΑΠ, Καρκίνος πνεύμονα, λάρυγγα, στόματος, καρδιαγγειακές παθήσεις	Απαγόρευση καπνίσματος σε εσωτερικούς χώρους.
<b>Συστήματα θέρμανσης και μαγειρέματος χωρίς καπναγωγούς</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Φούρνοι</li> <li>• Θερμάστρες</li> <li>• Τζάκια</li> <li>• Κερί</li> </ul>	Αέρια (CO, NO, SO <sub>2</sub> , ΠΟΕ) Σωματίδια	Ερεθισμοί σε μύτη και λαιμό, επιδείνωση άσθματος, βήχας, περιορισμένη λειτουργία πνευμόνων, ΧΑΠ, Καρκίνος πνεύμονα, δηλητηρίαση ή θάνατος από CO.	Μείωση χρήσης θερμαστών χωρίς καπναγωγούς, συντήρηση συσκευών αερίου, χρήση απορροφητηρών πάνω από φούρνους και κουζίνες, τακτική συντήρηση καμινάδων.
<b>Οικιακές χημικές ουσίες</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Χρώματα</li> <li>• Διαλυτικά</li> <li>• Προϊόντα καθαρισμού</li> <li>• Αποσμητικά χώρου</li> <li>• Εντομοκτόνα</li> </ul>	Πτητικές και ημιπτητικές οργανικές ενώσεις. Τοξικά προϊόντα	Ερεθισμοί σε δέρμα μύτη και λαιμό, επιδείνωση άσθματος, δηλητηρίαση, προβλήματα στο ΚΝΣ	Προσοχή σε οδηγίες χρήσης και ετικέτες των χημικών. Χρήση σε ανοικτό ή αεριζόμενο χώρο, αποκομιδή ή σφράγισμα μερικώς χρησιμοποιημένων χημικών
<b>Έδαφος κάτω από το κτήριο</b>	Ραδόνιο	Καρκίνος του πνεύμονα - ιδιαίτερα σε συνδυασμό με κάπνισμα	Εξέταση για επίπεδα ραδονίου, εξαερισμός σφράγισμα οδών εισόδου ραδονίου, διακοπή καπνίσματος
<b>Οικοδομικά Υλικά</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Οροφές – δάπεδα</li> <li>• Μόνωση</li> <li>• Σκυρόδεμα</li> <li>• Χρώματα</li> <li>• Πλαστικά</li> <li>• Κόλλες</li> <li>• Προϊόντα ξύλου</li> <li>• Μοκέτες – υφάσματα</li> </ul>	Αμίαντος, ορυκτές ίνες, πτητικές και ημιπτητικές ενώσεις, φορμαλδεΐδη, μόλυβδος	Ερεθισμοί σε δέρμα μύτη και λαιμό, δυσκολία στην αναπνοή, επιδείνωση άσθματος, αλλεργικές αντιδράσεις, καρκίνος πνεύμονα και ρινοφάρυγγα επιδείνωση άσθματος, προβλήματα στο ΚΝΣ	Προσοχή στην διατάραξη-απομάκρυνση αμιάντου – υαλοβάμβακα, καλός αερισμός, ιδιαίτερα στα νέα ή νεοεπιπωμένα σπίτια για απομάκρυνση ΠΟΕ
<b>Θέρμανση – ψύξη</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Συστήματα εξαερισμού</li> <li>• Κλιματιστικά</li> </ul>	Ιοί και βακτηρίδια	Φλεγμονές του αναπνευστικού και του ρινοφάρυγγα, πνευμονία	Συντήρηση - καθαρισμός
<b>Κλινοκεπάσματα και επίπλωση</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Στρώματα</li> <li>• Μαξιλάρια</li> <li>• Χαλιά</li> </ul>	Ακάρεα	Επιδείνωση άσθματος, αλλεργικές αντιδράσεις	Τακτική αλλαγή κλινοσκεπασμάτων και στρωμάτων, καλός αερισμός, αποφυγή χαλιών
<b>Φθορά από υγρασία, υγρότητα</b>	Μούχλες Ακάρεα	Ερεθισμοί σε δέρμα μύτη και λαιμό, επιδείνωση άσθματος	Επισκευή διαρροών υδραυλ. δικτύου, αφαίρεση λεκέδων μούχλας, αερισμός
<b>Κατοικίδια</b>	Αλλεργιογόνα Ζωονόοι	Αλλεργία στα κατοικίδια, αλλεργικές αντιδράσεις, δυσκολία στην αναπνοή	Απομάκρυνση κατοικίδιου από το χώρο και ειδικά από την κρεβατοκάμαρα.
<b>Εξωτερικοί ρύποι που εισέρχονται στο κτήριο</b>	Αέρια Σκόνη - γύρη	Αναπνευστικά προβλήματα, αλλεργίες	Φίλτρα σκόνης

(Πηγή: [www.european-lung-foundation.org](http://www.european-lung-foundation.org))

Ο αερισμός μπορεί να γίνει και από την φυσική κίνηση του αέρα μέσα από τις ανοικτές πόρτες ή παράθυρα. Η διαφορά θερμοκρασίας, μέσα και έξω από το κτήριο, και η ύπαρξη ανέμου βοηθούν τις πιο πάνω διαδικασίες. Τέλος υπάρχει μεγάλη ποικιλία συσκευών και διατάξεων μηχανικού αερισμού, που μετακινούν όγκο αέρα προς ή από το εσωτερικό των οικιών συνεχόμενα, κατ' επιλογήν όταν υπάρχει ανάγκη, ή τελείως αυτόματα. Ο ρυθμός με τον οποίο ο εξωτερικός αέρας αντικαθιστά τον εσωτερικό ονομάζεται ρυθμός ανανέωσης αέρα.

**Πίνακας 2.** Συνιστώμενος αερισμός για τα κτήρια της Ελλάδας, σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδας

ΕΙΔΟΣ ΧΩΡΟΥ	ΩΡΙΑΙΑ ΕΝΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΑ
Λουτρά	5-8 φορές
Βιβλιοθήκες	4-5 φορές
Γραφεία	4-8 φορές
Χώροι επισκεπτών	5-10 φορές
Αμφιθέατρα	8-10 φορές
Εμπορικά καταστήματα	4-6 φορές
Κινηματογράφοι, θέατρα	4-6 φορές
Καταστήματα	6-8 φορές
Αίθουσες χειρουργείων	15-20 φορές
Κολυμβητήρια	3-4 φορές
Αίθουσες συνεδριάσεων	6-8 φορές
Αποδυτήρια	8-10 φορές
Χώροι πωλήσεων	4-8 φορές
Χώροι συγκεντρώσεων	5-10 φορές
Συνεργεία	3-6 φορές

(Πηγή: Κολοκοτσά & Νικολάου, 2007)

Αν ο εξωτερικός αέρας εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο σε πολύ μικρές ποσότητες, τότε οι ρύποι μπορεί να συγκεντρωθούν σε επίπεδα που μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα άνεσης ή ακόμη να βλάψουν τη υγεία. Γενικά οικήματα

που έχουν κατασκευαστεί με γνώμονα την ελάχιστη απώλεια θερμικής ενέργειας και έχουν χαμηλές διαρροές αέρα, από και προς τον εξωτερικό περιβάλλον, έχουν την τάση να παρουσιάζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις ρυπαντών στην εσωτερική τους ατμόσφαιρα.

#### **1.4. Σχέση της ανθρώπινης υγείας με τη ρύπανση του εσωτερικού αέρα**

Οι επιδράσεις στην υγεία από τους ρυπαντές του αέρα του εσωτερικού χώρου, μπορεί να φανούν άμεσα ή μακροπρόθεσμα.

Οι άμεσες επιδράσεις είναι δυνατό να προκύψουν έπειτα από μία μόνο έκθεση ή μετά από επαναλαμβανόμενες εκθέσεις. Περιλαμβάνουν ερεθισμό των ματιών, της μύτης και του λάρυγγα, πονοκεφάλους, ίλιγγο και αίσθημα κόπωσης. Αυτές οι άμεσες επιδράσεις διαρκούν συνήθως λίγο και είναι ιάσιμες. Η απαλλαγή από τα συμπτώματα έρχεται συνήθως με τον περιορισμό της έκθεσης του ατόμου στο συγκεκριμένο ρυπαντή, αν αυτός μπορεί να εξακριβωθεί. Επίσης συμπτώματα ασθενειών, όπως το άσθμα και οι λοιμώξεις του αναπνευστικού συστήματος, είναι δυνατό να εμφανιστούν αμέσως ή λίγες ώρες μετά την έκθεση στον φορτισμένο με ρύπους αέρα. Υποκείμενες νόσοι και ηλικία είναι δύο παράγοντες που ενισχύουν την τάση για άμεσες αντιδράσεις στην έκθεση. Πάνω από όλα όμως, η ιδιαίτερη ευαισθησία, η οποία διαφέρει εξαιρετικά από άτομο σε άτομο, καθορίζει το βαθμό της πρόσκαιρης αντίδρασης. Δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις που ορισμένα άτομα αποκτούν ευαισθησία έπειτα από επαναλαμβανόμενες εκθέσεις σε συγκεκριμένους ρύπους. Κάποια αλλεργικά συμπτώματα ομοιάζουν με αυτά του κοινού κρυολογήματος και δυσκολεύουν τον καθορισμό του αιτίου της αντίδρασης.

#### **1.5. Εκτίμηση έκθεσης**

Η ανάγκη για επαρκή και ποσοτικοποιημένη εκτίμηση της έκθεσης στους ρύπους της ατμόσφαιρας των εσωτερικών χώρων διεισδύει σε όλους τους τομείς, που μπορούν να εξυπηρετήσουν το σκοπό αυτό, και ιδιαίτερα της τοξικολογίας, της ιατρικής της εργασίας και τις διάφορες κλινικές πρακτικές. Δεν είναι εύκολο να εκτιμήσει κανείς την ποσότητα των ρύπων, σε ένα κλειστό χώρο, όσον αφορά στις επιπτώσεις τους στην υγεία. Σε πολλές περιπτώσεις η στιγμιαία έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να είναι πιο σημαντική καθιστώντας ανεπαρκή μια ακριβέστατη μέτρηση της μέσης 24ωρης, μηνιαίας ή και ετήσιας έκθεσης. Ποικίλες μέθοδοι έχουν

χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς, όπως η μέθοδος ανάλυσης χρόνου – δραστηριότητας. Με τη μέθοδο αυτή το προς εξέταση άτομο κρατάει ένα ημερολόγιο πάνω στο οποίο συμπληρώνει κάθε δραστηριότητα του καθώς και το χώρο στον οποίο αυτή πραγματοποιείται (Koenig 1997). Αυτό σε συνδυασμό με μετρήσεις των ρύπων που πλαισιώνουν κάθε δραστηριότητα τόσο εσωτερική όσο και εξωτερική μπορεί να δώσει μια καλύτερη εκτίμηση της έκθεσης. Εντούτοις πάρα πολλοί άλλοι παράγοντες επιδρούν στην εξακρίβωση της σημαντικότητας μιας έκθεσης όπως φαίνεται παρακάτω (Koenig 1997).

1. Παράγοντες που σχετίζονται με τον τοξικό συντελεστή

Χημικές Ιδιότητες  
Φυσικές Διαστάσεις  
Μειωμένη καθαρότητα  
Σταθερότητα

2. Παράγοντες που σχετίζονται με την έκθεση

Συγκέντρωση  
Διάρκεια  
Συχνότητα  
Ωρα της ημέρας  
Εποχή

3. Εγγενείς παράγοντες που σχετίζονται με τον εκτιθέμενο

Χαρακτηριστικά φυλής ή εθνικότητας  
Γενετικά χαρακτηριστικά  
Φύλο  
Ηλικία  
Επίπεδο ανοσίας  
Διατροφικό επίπεδο  
Επίπεδα ορμονών  
Σωματικό βάρος  
Παράγοντες του ΚΝΣ  
Υποκείμενες νόσοι

4. Περιβαλλοντικοί παράγοντες

Θερμοκρασία

Υγρασία

Θόρυβος

Γεωγραφικοί παράγοντες

Κοινωνικοί παράγοντες



## 2. ΧΗΜΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

### 2.1. Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο. Η μέση περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε CO<sub>2</sub> σήμερα (Φεβρουάριος 2010), σύμφωνα με το National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) των ΗΠΑ είναι 389.91 μέρη στο εκατομμύριο (ppm). Η τιμή αυτή παρουσιάζεται αρκετά αυξημένη σε σύγκριση με την πρώτη μέτρηση (Μάρτιος του 1958) του παραπάνω οργανισμού που ήταν 315.71 ppm. Το CO<sub>2</sub> είναι ένας χρήσιμος δείκτης για την αξιολόγηση της ποιότητας του αερισμού ενός κτηρίου. Μολονότι δεν είναι τοξικό, σε αυξημένα επίπεδα μπορεί να προκαλέσει δυσκολία συγκέντρωσης, λαχάνιασμα και ελαφρά ζαλάδα (Δεληγιαννάκης, 2007). Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> μεγαλύτερη από 600 ppm αποτελεί ένδειξη μη επαρκούς τροφοδοσίας φρέσκου αέρα σε ένα κτήριο. Συγκέντρωση 1000 ppm συνδέεται με συμπτώματα όπως πονοκέφαλος εξάντληση κλπ και αποτελεί όριο που δεν πρέπει να υπερβαίνεται προκειμένου να εξασφαλίζεται καλή υγεία, διάθεση και ευημερία όλων των χρηστών του κτηρίου (Δεληγιαννάκης, 2007). Σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις 20000 – 30000 ppm παρατηρούνται έντονα συμπτώματα ενώ διπλασιάζεται ο ρυθμός αναπνοής και αυξάνονται οι καρδιακοί παλμοί. Συγκέντρωση πάνω από 50000 ppm είναι άμεσα τοξική. (Friedman 2009). Πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> συχνά συνοδεύονται από αντίστοιχα μεγάλη ανεπάρκεια οξυγόνου που κάνει τα συμπτώματα ακόμη πιο έντονα.

**Πίνακας 3.** Χαρακτηριστικά όρια CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα και επιπτώσεις στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα

Συγκέντρωση (ppm)	Ποιότητα εσωτερικού αέρα
250 - 400	Κανονικές συγκεντρώσεις εσωτερικού αέρα
600	Ελάχιστες απαιτήσεις ποιότητας καθαρού αέρα
600 - 1000	Αέρας όχι πολύ καθαρός
1000	Ανεπαρκής εξαερισμός – Ανώτερο αποδεκτό όριο εσωτερ. αέρα

(Πηγή: Δεληγιαννάκης, 2007)

Σύμφωνα με τον ΠΟΥ το όριο συγκέντρωσης για συνεχή 8ωρη έκθεση είναι  $1800 \text{ mg/m}^3$  ενώ για τα ελληνικά δεδομένα η μέγιστη συγκέντρωση  $\text{CO}_2$  είναι  $9000 \text{ mg/m}^3$ . (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86). Προτεινόμενη μέθοδος προσδιορισμού του  $\text{CO}_2$  είναι οι σωλήνες ανίχνευσης με ευαισθησία 0 – 2000 ppm. (εικόνα 1).



**Εικόνα 1.** Σωλήνας ανίχνευσης στο άκρο αντλίας χειρός Dräger που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του επιπέδου  $\text{CO}_2$  στο περιβάλλον (Πηγή: [www.inspectapedia.com](http://www.inspectapedia.com) ).

## 2.2. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο με υψηλή διαλυτότητα στο νερό. Προέρχεται από τη μερική οξείδωση - καύση των ενώσεων που περιέχουν άνθρακα. Σχηματίζεται όταν δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο για να παραχθεί διοξείδιο του άνθρακα. Στους κλειστούς χώρους, πηγές του CO είναι οι ανοιχτές φωτιές, η χρήση μαγκαλιών και barbeques, τα τζάκια και οι θερμάστρες, που δεν λειτουργούν σωστά, αλλά και οι εν λειτουργία κινητήρες των οχημάτων. Σημαντικές ποσότητες CO παράγονται και κατά το κάπνισμα στον εσωτερικούς χώρους. Είναι τοξικό για τον άνθρωπο. Η τοξικότητα του οφείλεται στην παρεμπόδιση της δέσμευσης και μεταφοράς του ατμοσφαιρικού οξυγόνου στον οργανισμό, λόγω της δέσμευσης στην αιμοσφαιρίνη του αίματος. Το CO καθώς συνδυάζεται με τη αιμοσφαιρίνη του αίματος σχηματίζει την καρβοξυ-αιμοσφαιρίνη (COHb) που δεν είναι

σε θέση να μεταφέρει το οξυγόνο στους ιστούς του σώματος και έτσι παρουσιάζεται ανοξαιμία. Ο υποβιβασμός της ικανότητας μεταφοράς οξυγόνου από το αίμα στους ιστούς είναι ανάλογος της ποσότητας καρβοξυ-αιμοσφαιρίνης που σχηματίζεται. Τη δημιουργία της ενισχύει η αυξημένη θερμοκρασία, το μεγάλο υψόμετρο, η αναιμία και η σωματική άσκηση, αλλά και προβλήματα στο καρδιαγγειακό, στο αναπνευστικό σύστημα και στον θυρεοειδή αδένα, σύμφωνα με τον OSHA (Occupational Safety and Health Administration) των ΗΠΑ.

Στο παρελθόν, όταν η καύση του άνθρακα στους κλειστούς χώρους ήταν αυξημένη, οι περιπτώσεις δηλητηρίασης με CO ήταν πολύ συνηθισμένες. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα των ΗΠΑ, όπου η αντικατάσταση της χρήσης άνθρακα από φυσικό αέριο στις αρχές της δεκαετίας του '50, έφερε μείωση των δηλητηριάσεων από CO κατά 96%. Ακόμη και σήμερα όμως, στις ΗΠΑ έως 3800 άτομα το χρόνο χάνουν τη ζωή τους έπειτα από υπερβολική έκθεση στο CO και άλλα 10000 χρειάζονται νοσοκομειακή βοήθεια. Πολύ περισσότερες περιπτώσεις δηλητηρίασης από χαμηλότερη έκθεση συχνά παραπλανούν ή υποεκτιμώνται και δεν αποδίδονται στο CO (Wolf, 2000).

Σύμφωνα με το USEPA. (United States Environmental Protection Agency) το όριο ασφαλείας για το μονοξείδιο του άνθρακα είναι τα 35 ppm (155 mg/m<sup>3</sup>) για έκθεση μιας ώρας ημερησίως και τα 9 ppm (40 mg/m<sup>3</sup>) για οκτάωρη έκθεση ημερησίως. Για σύγκριση, μπορεί να αναφερθεί, ότι ο αδιάλυτος καπνός που βγαίνει από το αναμμένο τσιγάρο περιέχει 30000 ppm CO, από την εξάτμιση του αυτοκινήτου 7000 ppm CO και από την καμινάδα τζακιού 5000 ppm CO. Απαιτούνται αρκετές ώρες για τον οργανισμό να αποβάλει το CO. Ένα πρώτο σύμπτωμα δηλητηρίασης από CO είναι ο πονοκέφαλος, κάτι που μπορεί εύκολα να αποδοθεί κατά λάθος σε άλλη αιτία και να μη απομακρυνθεί γρήγορα κάποιο άτομο από την περιοχή υψηλής συγκέντρωσης. Ο θάνατος εξαιτίας της δηλητηρίασης από CO έρχεται συνήθως όταν κάποιος είναι κλεισμένος για αρκετές ώρες σε συγκεντρώσεις της τάξης των εκατοντάδων ppm (T. Gosink, 1983). Τα βρέφη και τα παιδιά λόγω της διαφορετικής φυσιολογίας από τους ενήλικες, αλλά και την μεγαλύτερη εξάρτηση του αναπτυσσόμενου νευρικού τους συστήματος από το οξυγόνο, διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο από τη έκθεση στο CO (Wolf, 2000).

Σε υψηλές συγκεντρώσεις, πάνω από 12% στον αέρα, το CO γίνεται εύφλεκτο και σε υψηλότερες συγκεντρώσεις (75%) μπορεί να προκαλέσει έκρηξη

(Δεληγιαννάκης, 2007). Το επίπεδο CO στον αέρα μπορεί να προσδιοριστεί με τη χρήση σωλήνων ανίχνευσης όπως και στην περίπτωση του CO<sub>2</sub>.

**Πίνακας 4.** Χαρακτηριστικά όρια CO στην ατμόσφαιρα, στην αιμοσφαιρίνη και τα αντίστοιχα συμπτώματα

Ατμοσφαιρικό CO (ppm)	COHb στο αίμα (%)	Συμπτώματα
70	10	Δύσπνοια υπό έντονη μυϊκή προσπάθεια, πιθανόν αίσθημα σφιξίματος στο κεφάλι.
120	20	Δύσπνοια υπό ήπια μυϊκή σωματική προσπάθεια, πονοκέφαλος.
220	30	Πονοκέφαλος, αίσθημα αναίτιας κόπωσης, ανικανότητα λήψης αποφάσεων, πιθανόν ζαλάδα, αίσθηση περιορισμένης ορατότητας.
350-520	40-50	Ισχυρός πονοκέφαλος, σύγχυση, λιποθυμία.
800-1220	60-70	Λιποθυμία και κόμα, ανακοπή αναπνοής, θάνατος μετά από έκθεση πάνω από μερικά λεπτά.
1950	80	Ταχύτατα θανατηφόρος

(Πηγή: Δεληγιαννάκης, 2007)

### 2.3. Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)

Το διοξείδιο του θείου είναι πυκνό, άχρωμο αέριο με αποπνικτική οσμή, που θυμίζει οσμή καμένων σπέρτων. Στη φύση, μπορεί να παραχθεί σε μεγάλες ποσότητες σε γεωλογικά ρήγματα και εκρήξεις ηφαιστείων, αλλά και από την καύση των δασών. Καθώς το πετρέλαιο και ο άνθρακας συχνά περιέχουν ενώσεις του θείου, η καύση τους γεννά SO<sub>2</sub>. Η υψηλή διαλυτότητά του, καθιστά το SO<sub>2</sub> εξαιρετικά ερεθιστικό για τα μάτια και το αναπνευστικό σύστημα.

Συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 6 ppm προξενούν ερεθισμό των βλεννογόνων. Επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν ότι η χρόνια έκθεση σε SO<sub>2</sub> σχετίζεται με αυξημένα πνευμονικά προβλήματα και πτώση της αναπνευστικής λειτουργίας. Τα όρια ασφαλείας για τους εργαζομένους στη βιομηχανία σύμφωνα με τον OSHA είναι 2 ppm ενώ για σύντομη έκθεση το όριο μπορεί να είναι 5 ppm (Δεληγιαννάκης, 2007). Συγκεντρώσεις στόχου σε χώρες όπως οι ΗΠΑ και η Αυστραλία είναι τα 0.2 ppm για έκθεση 1 ώρας,

0.08 ppm για 24ωρη έκθεση και 0.02 ppm για συνεχή έκθεση. Μελέτες δείχνουν να συνδέονται εκθέσεις μικρού χρόνου σε  $\text{SO}_2$  με αυξημένες επισκέψεις σε τμήματα επειγόντων περιστατικών νοσοκομείων, για αντιμετώπιση αναπνευστικών προβλημάτων, από άτομα υψηλού κινδύνου, όπως παιδιά, ηλικιωμένους και ασθματικά άτομα. (USEPA). Αντιδράσεις δυσφορίας σε μέτρια επίπεδα  $\text{SO}_2$ , κυρίως στην οσμή και τη γεύση, παρατηρούνται ακόμη και σε απολύτως υγιή άτομα (Witek et al. 1986).

Εκπομπές που παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις  $\text{SO}_2$  γενικά τείνουν να περιέχουν και άλλα οξείδια του θείου ( $\text{SO}_x$ ). Τα  $\text{SO}_x$  μπορούν να αντιδράσουν με άλλες ενώσεις της ατμόσφαιρας και να σχηματίσουν μικρά σωματίδια. Αυτά τα σωματίδια διεισδύουν βαθιά σε ευαίσθητα τμήματα των πνευμόνων και μπορούν να προκαλέσουν ή να επιδεινώσουν αναπνευστικές νόσους, όπως το εμφύσημα και η βρογχίτιδα και να χειροτερέψουν υπάρχοντα καρδιακά προβλήματα προκαλώντας συχνά πρόωρους θανάτους.

**Πίνακας 5.** Επιδράσεις στην υγεία κάτω από διαφορετικές συγκεντρώσεις  $\text{SO}_2$

Κατηγορία	Συγκέντρωση $\text{SO}_2$ (ppm)	Αποτελέσματα
Πολύ καλή	0 – 0.079	Δεν αναμένονται προβλήματα υγείας
Καλή	0.080 – 0.169	Μικρές ζημιές σε φυτά
Μέτρια	0.170 – 0.250	Ζημιές σε φυτά
Ανεπαρκής	0.251 – 1.99	Έντονη οσμή. Ήπια συμπτώματα σε ανθρώπους
Πολύ ανεπαρκής	Πάνω από 2.0	Αυξημένη ευαισθησία για άτομα με άσθμα και βρογχίτιδα

(Πηγή: υπουργείο περιβάλλοντος Οντάριο Καναδά)

Πηγές διοξειδίου του θείου αποτελούν τα προϊόντα καύσης, ο καπνός του τσιγάρου και κάποια καθαριστικά ξηρής σκόνης.

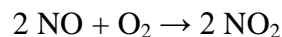
Η μέθοδος προσδιορισμού στο χώρο βασίζεται σε συλλογή αέρα (όγκος αέρα 15-60 L με ροή 1 L/min), μετατροπή του διοξειδίου του θείου σε υδρόθειο με υπεροξείδιο του υδρογόνου.

## 2.4. Οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>)

Το μονοξείδιου του αζώτου (NO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>) είναι τα σημαντικότερα οξείδια του αζώτου, όσον αφορά την ρύπανση των εσωτερικών χώρων.

Το μονοξείδιου του αζώτου (NO) είναι αέριο άχρωμο, ελάχιστα διαλυτό στο νερό, λίγο βαρύτερο από τον αέρα.

Το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>) προκύπτει συνήθως από την οξείδωση του μονοξείδιου του αζώτου (NO), παρουσία του ατμοσφαιρικού οξυγόνου μέσω της αντίδρασης:



Είναι ένα καφεκόκκινο τοξικό αέριο που έχει μια οξεία και διαπεραστική οσμή και αποτελεί ένα σημαντικότατο αέριο ρυπαντή.

Σύμφωνα με την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA – Environmental Protection Agency) τα επίπεδα του NO<sub>2</sub> στον αέρα δεν πρέπει να ξεπερνάνε τα 0.053 ppm. Ο OSHA θέτει ως ανώτερο όριο έκθεσης εργαζομένων στη βιομηχανία, για 8 ώρες την ημέρα και 40 ώρες την εβδομάδα, τα 25 ppm για το NO στον εσωτερικό αέρα, ενώ η επιτρεπόμενη έκθεση σε NO<sub>2</sub> είναι 5 ppm επί 15 λεπτά σε εσωτερικό χώρο.

Η έκθεση του πληθυσμού στα οξείδια του αζώτου γίνεται μέσω της αναπνευστικής οδού. Πάνω από τα προαναφερόμενα όρια, το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>) κυρίως ερεθίζει τους βλεννογόνους των ματιών, της μύτης και του λάρυγγα καθώς και το αναπνευστικό σύστημα. Έκθεση σε μεγάλα επίπεδα NO<sub>2</sub> (όπως για παράδειγμα σε μια πυρκαγιά) μπορεί να προκαλέσει πνευμονικό οίδημα. Συνεχιζόμενη έκθεση σε υψηλά επίπεδα NO<sub>2</sub> μπορεί να συντελέσει στην ανάπτυξη οξείας ή χρόνιας βρογχίτιδας. Πρόσφατες μελέτες καταδεικνύουν, ότι έκθεση σε χαμηλά επίπεδα NO<sub>2</sub> μπορεί να προκαλέσει αυξημένη βρογχική αντίδραση σε ορισμένους ασθματικούς, μειωμένη πνευμονική λειτουργία σε ασθενείς με χρόνια παρεμποδιστική πνευμονική ασθένεια και αυξημένο κίνδυνο αναπνευστικών μολύνσεων, κυρίως σε μικρά παιδιά. (Δεληγιαννάκης, 2007).

Το διοξείδιο του αζώτου στους εσωτερικούς χώρους πηγάζει από τις σόμπες ξύλου, φωτιστικού πετρελαίου ή πετρογκάζ, από καυσαέρια κινητήρων εσωτερικής καύσης (αυτοκίνητα), από εστίες κουζίνας αερίου, αλλά κυρίως από τον καπνό του τσιγάρου.

## 2.5. Όζον (O<sub>3</sub>)

Το όζον (O<sub>3</sub>) είναι αέριο με ελαφρά κυανό χρώμα, αντιληπτό σε μεγάλες συγκεντρώσεις ή μεγάλα στρώματα, με δυσάρεστη οσμή, σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις, η οποία θυμίζει κάπως την οσμή του χλωρίου, όπως και του λευκού φωσφόρου, κατά την οξείδωσή του. Το 1795, ο Ολλανδός πειραματιστής Martinus Van Marum (1750-1837) αντιλήφθηκε ότι ο αέρας κοντά σε μια ηλεκτροστατική γεννήτρια, αποκτούσε μια διαφορετική οσμή, όταν η γεννήτρια λειτουργούσε και πραγματοποιούνταν ηλεκτρικές εκκενώσεις. Παρόμοια οσμή αποκτούσε ο αέρας κατά τη διάρκεια καταιγίδων με κάθε είδους ατμοσφαιρικές ηλεκτρικές εκκενώσεις (αστραπές, κεραυνοί). Η οσμή αυτή οφείλεται στο σχηματισμό όζοντος, μιας αλλοτροπικής μορφής του οξυγόνου περιορισμένης σταθερότητας. Οι περισσότεροι άνθρωποι μπορούν να αντιληφθούν την οσμή του όζοντος, ακόμη και σε συγκεντρώσεις 0.02 – 0.05 ppm, ή περίπου το 1/10 της μέγιστης επιτρεπόμενης για έκθεση 15 λεπτών (0.3 ppm).

Ως δραστικό οξειδωτικό μέσο το όζον, όταν βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα είναι αναμενόμενο να προκαλεί φθορές σε διάφορα υλικά, όπως αποχρωματισμούς, ρωγμές σε ελαστικά αντικείμενα (ozone crackings), και πρόωρη "γήρανση". Είναι χαρακτηριστικό ότι πολλές δοκιμές αντοχής υλικών στο χρόνο, πραγματοποιούνται σε ατμόσφαιρες με αυξημένες συγκεντρώσεις όζοντος για να "προσομοιωθούν" κατά τον τρόπο αυτό, σε σύντομο χρονικό διάστημα, οι επιπτώσεις μακροχρόνιας έκθεσής τους στην ατμόσφαιρα. Το όζον παρουσιάζει έντονη φυτοτοξική δράση λόγω της ικανότητας διείσδυσης στους πόρους των φύλλων, των φυτών και της οξειδωτικής του δράσης σε πολλά ένζυμα και βιομόρια. Οι οξειδωτικές δράσεις επιδρούν στην ανάπτυξη των φυτών και των δένδρων (μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας), μειώνουν την απόδοση της αγροτικής παραγωγής και έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη δασών (Βαλαβανίδης και Ευσταθίου, 2009).

Το όζον, λόγω της έντονης οξειδωτικής δράσης του, επιδρά στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου και αυξημένες συγκεντρώσεις του επιδεινώνουν τις κρίσεις άσθματος. Τα προϊόντα (π.χ. καρβονυλικές ενώσεις) αντίδρασής του με διάφορα συστατικά του ανθρώπινου οργανισμού, από μόνα τους μπορούν να δράσουν ερεθιστικά. Επιπλέον, η συνεργιστική δράση όζοντος και αιωρούμενων σωματιδίων (ατμοσφαιρική ρύπανση) δημιουργεί ρίζες υδροξυλίου και σημαντικές βλάβες στο

πνευμονικό επιθήλιο. Ως πιο ευαίσθητες κατηγορίες ατόμων στην εισπνοή αέρα έντονα ρυπασμένου με όζον γενικά θεωρούνται οι ακόλουθες: τα παιδιά, υγιείς ενήλικες με δραστηριότητα σε εξωτερικούς χώρους, άτομα με χρόνιες αναπνευστικές νόσους, όπως είναι το άσθμα, και άτομα με ασυνήθιστη ευαισθησία στο όζον.

Ιδιαίτερες προφυλάξεις (κυρίως καλό εξαερισμό) πρέπει να λαμβάνουν όσοι εργάζονται σε περιβάλλον που ευνοεί τον σχηματισμό όζοντος, όπως φωτοτυπικά μηχανήματα, εκτυπωτές laser, πηγές υπεριώδους ακτινοβολίας (φασμαφωτόμετρα, φθορισμόμετρα). Όζον παράγεται και κατά τη διάρκεια των ηλεκτροκολλήσεων. Συσκευές που παράγουν συνεχώς κατά τη λειτουργία τους μεγάλες ποσότητες όζοντος, πρέπει να διαθέτουν συστήματα καταστροφής του. Στα συστήματα αυτά το όζον καταστρέφεται διερχόμενο μέσω ηλεκτρικά θερμαινόμενου μεταλλικού πλέγματος ή μίγματος οξειδίων ( $\text{MnO}_2/\text{CuO}$ ). Ο OSHA έχει καθορίσει ως επιτρεπτό όριο έκθεσης σε όζον τα 0.1 ppm (ή 0.2 mg/m<sup>3</sup>), ενώ ο NIOSH έχει ορίσει ως άμεσα επικίνδυνη για την υγεία ή και τη ζωή τη συγκέντρωση των 5 ppm.

Η μέτρηση του όζοντος στην ατμόσφαιρα χώρων εργασίας, βασίζεται στη διαβίβαση δείγματος αέρα, μέσω φίλτρου διαβρεγμένου με αλκαλικό γλυκερινούχο διάλυμα νιτρώδους νατρίου. Το όζον οξειδώνει τα νιτρώδη ιόντα προς νιτρικά ( $\text{NO}_2^- + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{O}_2$ ), τα οποία στη συνέχεια μετρούνται με ιοντική χρωματογραφία. (Βαλαβανίδης και Ευσταθίου, 2009).

Η συγκέντρωση του όζοντος σε εσωτερικούς χώρους είναι γενικά μειωμένη σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον γιατί το όζον εναποτίθεται στις εσωτερικές επιφάνειες. Ο χρόνος ημιζωής του όζοντος στο εσωτερικό περιβάλλον είναι 7 – 10 λεπτά (Λαζαρίδης, 2008).

## 2.6. Φορμαλδεΐδη

Η Φορμαλδεΐδη ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) είναι μια οργανική ένωση που ανήκει στην κατηγορία των λιπαρών αλδεϋδών. Αποτελεί ενδιάμεση ένωση κατά την οξείδωση (καύση) του μεθανίου και άλλων οργανικών ενώσεων, κατά την καύση των δασών και κατά τη λειτουργία των μηχανών εσωτερικής καύσης σε βιομηχανίες και οχήματα. Είναι τοξική ουσία και είναι κύρια υπεύθυνη για την τοξικότητα της μεθανόλης αφού η μεθανόλη μεταβολίζεται σε τοξική φορμαλδεΐδη. Αν και συναντάται στη φύση συχνά, αλλά και στον ανθρώπινο οργανισμό, σαν μεταβολικό μέσο, ωστόσο εκλύεται κυρίως από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Παρασκευάζεται από το 1900 βιομηχανικά σε μεγάλες



ποσότητες. με τη μέθοδο της οξειδωσης της μεθανόλης με αέρα. (μέθοδος Hofmann). Το 2005 η παγκόσμια παραγωγή φορμαλδεΐδης έφτασε τους 21 εκατομμύρια τόνους (Reuss et al. 2000).

Η φορμαλδεΐδη σε υγρή μορφή είναι άχρωμη, εύφλεκτη με έντονη αποπνικτική οσμή που θυμίζει καμένο ξύλο. Σε θερμοκρασία δωματίου είναι σε αέρια μορφή. Το αέριο αυτό είναι άχρωμο, αλλά έχει οξεία οσμή, η οποία γίνεται αισθητή σε υψηλές συγκεντρώσεις, πάνω από 0.5 ppm. Άτομα με ευαίσθητη όσφρηση μπορούν να αισθανθούν την παρουσία φορμαλδεΐδης σε επίπεδα 0.05 ppm. Το αέριο αυτό γρήγορα μετατρέπεται σε μια ποικιλία από παράγωγα.

Στους εσωτερικούς χώρους απελευθερώνεται κατά την καύση οργανικής ύλης σε σόμπες και τζάκια αλλά και κατά το κάπνισμα. Είναι συστατικό διαφόρων ευρέως χρησιμοποιούμενων ρυτινών, όπως η ουρία-φορμαλδεΐδη, η φαινόλη-φορμαλδεΐδη και η μελαμίνη-φορμαλδεΐδη. Επιπλέον συναντάται σε διογκωμένα πολυμερή και σε ορισμένες συνθετικές ίνες, που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή υφασμάτων. Στην αέρια μορφή της δεν διατίθεται εμπορικά. Μερικά προϊόντα περιέχουν φορμαλδεΐδη, η οποία δεν έχει αντιδράσει και ως εκ τούτου απελευθερώνεται γρήγορα και σε μεγάλη ποσότητα. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της ουρία-φορμαλδεΐδης. Η ουρία-φορμαλδεΐδη είναι μία από τις πιο κοινές συγκολλητικές ρητίνες που χρησιμοποιείται για την κατασκευή μοριοσανίδων (νοβοπάν), με αποτέλεσμα να απελευθερώνει φορμαλδεΐδη στους οικιακούς χώρους, σε όλη τη χρήσιμη διάρκεια ζωής του υλικού. Απαντάται συχνά σε πολλές ακόμη εφαρμογές ξύλου, σε αφρώδεις μονώσεις, μοκέτες, κόλες και βέβαια στον καπνό του τσιγάρου. Επιπλέον η φορμαλδεΐδη βρίσκει εκτεταμένη εφαρμογή ως απολυμαντικό (Δεληγιαννάκης, 2007). Χρησιμοποιείται στη χαρτοβιομηχανία για την παρασκευή κοινών προϊόντων χαρτιού αλλά και στη χημική βιομηχανία για την παρασκευή πολλών άλλων ενώσεων και ειδικά για τα πολυμερή. Άλλες χρήσεις της απαντώνται στην παρασκευή καλυντικών, χρωμάτων, υδροαπωθητικών ουσιών και κόλλας για το κολλάρισμα των ρούχων. Προκατασκευασμένοι οικίσκοι και τροχόσπιτα μπορεί να εμφανίζουν αυξημένο κίνδυνο παρουσίας υψηλών συγκεντρώσεων φορμαλδεΐδης, λόγω του τρόπου κατασκευής τους από μοριοσανίδες, του μικρού όγκου αέρα και του ελλιπούς εξαερισμού. (Wolf, 2000).

Η έκθεση σε φορμαλδεΐδη των κατοίκων συνηθισμένων χώρων κατοικίας, συχνά ξεπερνάει τα επιτρεπόμενα όρια έκθεσης που ισχύουν για ανοικτούς χώρους, ενώ

σε ένα 10 – 20 % του πληθυσμού, θεωρείται ότι υπάρχει η υποψία, πιθανά συμπτώματα που εμφανίζει, να οφείλονται στους ατμούς φορμαλδεΐδης (Repace, 1982).

**Πίνακας 6.** Όρια φορμαλδεΐδης στην ατμόσφαιρα και αντίστοιχα συμπτώματα

Ολική συγκέντρωση	Δυσφορία και εμφάνιση ερεθισμών	Κλίμακα έκθεσης
<2.2 mg/m <sup>3</sup> (<1.8 ppm)	Κανένας ερεθισμός ή δυσφορία	Κλίμακα άνεσης.
0.2 - 3.0 mg/m <sup>3</sup> (1.8 - 2.5 ppm)	Πιθανός ερεθισμός ή δυσφορία ανάλογα με την αλληλεπίδραση με άλλους παράγοντες	Κλίμακα έκθεσης σε πολλούς παράγοντες.
3.0 - 25 mg/m <sup>3</sup> (2.5 - 21 ppm)	Εμφάνιση συμπτωμάτων. Πιθανή εμφάνιση πονοκεφάλου ανάλογα με την επίδραση άλλων παραγόντων.	Κλίμακα δυσφορίας
>25 mg/m <sup>3</sup> (>21 ppm)	Επιπρόσθετες νευροτοξικές συνέπειες, εκτός από τον πονοκέφαλο, είναι δυνατό να εμφανιστούν.	Κλίμακα τοξικής έκθεσης.

(Πηγή: [www.formacare.org](http://www.formacare.org)).

Η φορμαλδεΐδη είναι ερεθιστική ουσία όταν εισέρχεται στον οργανισμό. Πύλες εισόδου είναι το στόμα και η μύτη (αναπνευστικό και πεπτικό σύστημα), αλλά και η επαφή με το δέρμα και τα μάτια. Κατά την εισπνοή της ουσίας σε χαμηλά επίπεδα έκθεσης, μεταξύ 0.2-0.5 ppm, οι ενοχλήσεις στο αναπνευστικό σύστημα αρχίζουν να γίνονται αισθητές με συμπτώματα όπως ο πονόλαιμος, ο ερεθισμός της μύτης και η ελαφρά αίσθηση πνιγμού. Μέσα σε αυτά τα όρια δημιουργείται νωθρότητα, ναυτία, δίψα, αδυναμία, δυσκολία στην αναπνοή, απώλεια συντονισμού και αποπροσανατολισμός. Το συχνότερο μη αναπνευστικό σύμπτωμα είναι ο ερεθισμός των ματιών (Witek et al. 1986). Στο όριο μεταξύ 10-20 ppm, τα συμπτώματα είναι εντονότερα και περισσότερα. Εμφανίζεται κάψιμο του φάρυγγα και της μύτης, έντονη δύσπνοια, τάση λιποθυμίας και βήχας. Σε υψηλότερες δόσεις, τη τάξης των 50-100 ppm, όπου η άμεση επαφή με ένα ζωντανό οργανισμό είναι σχεδόν απίθανη, λόγω του ότι η ένταση της οσμής την καθιστά ανυπόφορη και αποπνικτική, οι επιπτώσεις είναι σαφώς πιο σοβαρές. Το πνευμονικό οίδημα, η πνευμονίτιδα, η θωρακική συστολή και

το άλγος, η ταχυκαρδία και η αρρυθμία είναι μερικές από τις αντιδράσεις του οργανισμού, καθώς λαμβάνει αυτή την μεγάλη ποσότητα φορμαλδεΐδης. Με την συνεχή, για μεγάλο χρονικό διάστημα, εισπνοή της φορμαλδεΐδης παρουσιάζονται χρόνια ρινίτιδα, αναπνευστική εξασθένηση, και ανωμαλία της αναπνευστικής λειτουργίας, κυρίως κατά το βραδινό ύπνο (άπνοια), ειδικά όταν πρόκειται για άτομα με άσθμα. (Norback, 1995). Η επαναλαμβανόμενη εισπνοή της φορμαλδεΐδης για μεγάλο χρονικό διάστημα έχει ως νευροψυχολογικά αποτελέσματα, εκτός από τις διαταραχές στον ύπνο, την αλλοιωμένη αίσθηση της ισορροπίας, την απότομη αλλαγή διάθεσης και την απώλεια μνήμης.

Η φορμαλδεΐδη έχει χαρακτηριστεί ως καρκινογόνος ουσία για τον άνθρωπο και τα ζώα και υπεύθυνη για τερατογενέσεις και στειρότητα. Μελέτες που έγιναν σε ανθρώπους και πειραματόζωα από την Αμερικανική Εταιρία Προστασίας Περιβάλλοντος καθώς και από την Αμερικανική Υπηρεσία για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία έδειξαν πως η ουσία αυτή είναι υπεύθυνη για εμφάνιση καρκίνων, αλλά και γενετικές επιδράσεις στα λεμφοκύτταρα. Η χρόνια έκθεση αυξάνει την πιθανότητα ανάπτυξης ανωμαλιών στα χρωμοσώματα και στους πυρήνες των κυττάρων (IARC, 1995).

Όσον αφορά στην επαφή του δέρματος με ήπιο διάλυμα φορμαλδεΐδης, είναι δυνατό να προκληθεί ερεθισμός, κνησμός και δερματίτιδα. Με διάλυμα μεγαλύτερης περιεκτικότητας (φορμόλη), η επαφή γίνεται πιο επικίνδυνη με συνέπεια αναφυλαξίες, τραχύτητα, μαύρισμα του δέρματος και σκληρότητα, αλλεργικά συμπτώματα και πρόκληση εγκαύματος τρίτου βαθμού. Σε ενδεχόμενη επαφή με τα μάτια μπορεί να προκληθούν προσωρινές ή και μόνιμες βλάβες.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας προκειμένου να εξασφαλίσει τη υγεία του γενικότερου πληθυσμού, θέτει ως μέγιστο όριο έκθεσης στη φορμαλδεΐδη τα  $0.1 \text{ mg/m}^3$  (0.08 ppm).

## 2.7. Νικοτίνη

Η νικοτίνη είναι άχρωμο έως ελαφρά κίτρινο ελαιώδες υγρό, πολύ υγροσκοπικό. Αποκτά σταδιακά καστανό χρώμα κατά την έκθεση στον αέρα ή στο φως. Έχει έντονα καυστική και πικρή γεύση (ισχυρό δηλητήριο) και ελαφρά οσμή. Είναι διαλυτή στο  $\text{H}_2\text{O}$  σε κάθε αναλογία, και στους συνήθεις οργανικούς διαλύτες (αιθανόλη, χλωροφόρμιο, διαιθυλαιθέρα, πετρελαιοϊκό αιθέρα, έλαια).

Ο μοριακός τύπος της νικοτίνης είναι:  $C_{10}H_{14}N_2$ . Η χημική ονομασία της είναι: (S)-3-(1-μεθυλο-2-πυρρολιδινυλο)πυριδίνη.

Το μόριό της αποτελείται από ένα δακτύλιο πυριδίνης και ένα δακτύλιο πυρρολιδίνης. Ως τυπική αζωτούχος βάση σχηματίζει άλατα με οξέα και στον καπνό βρίσκεται ως άλας με διάφορα συνήθη οξέα του φυτικού κόσμου, όπως το κιτρικό και το μηλικό οξύ (Βαλαβανίδης και Ευσταθίου, 2009).

Η νικοτίνη βιομηχανικά παράγεται με εκχύλιση των φύλλων καπνού, αφού προηγουμένως αυτά υγρανθούν με διάλυμα ισχυρής βάσης για να απελευθερωθεί η νικοτίνη από τα άλατά της.

Κατά το κάπνισμα, αναπτύσσεται υψηλή θερμοκρασία στο κύριο ρεύμα του καπνού (mainstream smoke) του τσιγάρου, που εξατμίζει την νικοτίνη και κατακαίει το μεγαλύτερο ποσοστό της. Έτσι μικρό μόνο ποσοστό της νικοτίνης εισπνέεται, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό της καίγεται. Το "μέσο" τσιγάρο περιέχει 8-9 mg νικοτίνης, από τα οποία ο καπνιστής εισπνέει περίπου 1 mg. (Βαλαβανίδης και Ευσταθίου, 2009). Στον καπνό του τσιγάρου η νικοτίνη είναι διασπαρμένη σε μικροσωματίδια. Έχει παρατηρηθεί ότι ο κάθε καπνιστής, ασυνείδητα ρυθμίζει το ποσό νικοτίνης που προσλαμβάνει, αυξομειώνοντας κατάλληλα τον εισπνεόμενο καπνό, ανάλογα με το ποσοστό νικοτίνης του κάθε τσιγάρου (Δεληγιαννάκης, 2007).

Με την είσοδο της νικοτίνης στους πνεύμονες με τη μορφή ατμού, αυτή απορροφάται ταχύτατα από το κυκλοφορούν αίμα και διαπερνά πολύ εύκολα τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό, ένα είδος "φίλτρου" το οποίο προστατεύει το κεντρικό νευρικό σύστημα από βλαβερές ουσίες, που θα εισέρχονταν στην κυκλοφορία του αίματος. Κατά μέσον όρο αρκούν μόλις 7 δευτερόλεπτα για να φθάσει η νικοτίνη στον εγκέφαλο, μετά την εισπνοή του καπνού. Η ημιζωή της νικοτίνης στο σώμα είναι περίπου 2 ώρες και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Η νικοτίνη, ακόμη, εισέρχεται ευκολότατα στην κυκλοφορία του αίματος και μέσω του δέρματος, γεγονός που απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή κατά την εργασία (π.χ. σε ψεκασμούς με νικοτινούχα σκευάσματα) με αυτήν. Αναφέρεται πως 1/60 γραμμαρίου νικοτίνης (λιγότερο από μισή σταγόνα) στη γλώσσα του ανθρώπου προκαλεί τον θάνατο. Οξεία δηλητηρίαση από νικοτίνη μπορεί να συμβεί σε εργαζόμενους με νικοτινούχα φυτοφάρμακα, κατά τη μάζηση μεγάλης ποσότητας καπνού, όπως και κατά την υπερβολική κατανάλωση νικοτινούχων υποκατάστατων του τσιγάρου (π.χ. τσίχλες νικοτίνης). Η νικοτίνη όταν εισέρχεται στον οργανισμό προκαλεί τα παρακάτω συμπτώματα: ναυτία, εμετοί, σιελόρροια, ζάλη, σύγχυση και αδυναμία. Σε μεγαλύτερες δόσεις (>50-60 mg νικοτίνης για ενήλικες)

παρουσιάζονται κατά σειρά: πτώση αρτηριακής πίεσης, δυσκολία αναπνοής, καρδιακή αρρυθμία, συσπάσεις, αδυναμία αναπνοής και τέλος θάνατος. Δεν υπάρχει αντίδοτο για περιπτώσεις οξείας δηλητηρίασης από νικοτίνη και η μόνη αντιμετώπιση βασίζεται στην καταπολέμηση των συμπτωμάτων και στην αναπνευστική υποστήριξη.

Το αίμα απαλλάσσεται μέσω των νεφρών από τη νικοτίνη και τους μεταβολίτες της, που έτσι αποβάλλονται με τα ούρα. Επίσης νικοτίνη εκκρίνεται και στο σάλιο και είναι χαρακτηριστική η πικρή γεύση που αισθάνονται στο στόμα τους (καμιά φορά "κατά κύματα") οι καπνιστές. Από το σάλιο περνάει στο στομάχι και μέσω του λεπτού εντέρου η νικοτίνη επανέρχεται στην κυκλοφορία του αίματος, γεγονός που ερμηνεύει ένα είδος διακυμάνσεων της συγκέντρωσής της στο αίμα κατά τη διακοπή του καπνίσματος. Κατά την εγκυμοσύνη, η νικοτίνη διαπερνά εύκολα τον πλακούντα και έχει βρεθεί στο αμνιακό υγρό που περιβάλλει το έμβρυο, όπως επίσης και στο αίμα των νεογνών. Ακόμη, νικοτίνη έχει βρεθεί και στο γάλα θηλασμού καπνιστριών. (Βαλαβανίδης και Ευσταθίου, 2009).

**Πίνακας 7.** Μέσες συγκεντρώσεις νικοτίνης σε οικίες και χώρους εργασίας

	μg/m <sup>3</sup>	Σχόλιο
Οικίες	2-17	Επτά ημέρες κάπνισμα
Γραφεία	6-24	Εννέα ώρες κάπνισμα
Εστιατόρια	3-10	Μία ώρα κάπνισμα

(Πηγή: Δεληγιαννάκης, 2007)

Τα επίπεδα εισπνεόμενης νικοτίνης έχουν βρεθεί αυξημένα σε εσωτερικούς χώρους, όπου επιτρέπεται το κάπνισμα. Έτσι η νικοτίνη εισέρχεται στον οργανισμό όχι μόνο των καπνιστών, αλλά και των μη καπνιστών, που βρίσκονται εντός των χώρων αυτών. Η κύρια πηγή νικοτίνης στον εσωτερικό αέρα είναι ο καπνός του τσιγάρου, των πούρων και της πίπας καπνού. Γι' αυτό η νικοτίνη αποτελεί χρήσιμο δείκτη για την ανίχνευση της ρύπανσης εσωτερικών χώρων από το τσιγάρο. Ωστόσο, η μέτρηση των επιπέδων νικοτίνης στον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να περιγράψει μόνο πολύ πρόσφατες εκθέσεις, λόγω του πολύ μικρού χρόνου ημιζωής της.

Η συγκέντρωση νικοτίνης προσδιορίζεται μέσω συλλογής 100 λίτρων αέρα σε φίλτρο ρητίνης XAD-4 και ποσοτική μέτρηση με αέρια χρωματογραφία με ανιχνευτή αζώτου / φωσφόρου (Δεληγιαννάκης, 2007).

## 2.8. Οργανικές πτητικές ενώσεις

Με τον όρο οργανικές ουσίες περιέγραφαν οι πρώτοι χημικοί τις ουσίες που πίστευαν ότι προέρχονται αποκλειστικά από τη μεταβολική διαδικασία ζωντανών οργανισμών. Το 1828 ο Χημικός Friedrich Wohler απέδειξε ότι μια οργανική ουσία μπορεί να παραχθεί συνθετικά στο εργαστήριο από ανόργανα συστατικά. Από τότε η οργανική χημεία προσδιορίζεται σαν η χημεία των ενώσεων του άνθρακα. (Burton, 1996). Με την έλευση της σύγχρονης οργανικής χημείας δημιουργήθηκε μια μεγάλη ποικιλία από οργανικές ουσίες για ένα τεράστιο εύρος εφαρμογών, τόσο στην κατασκευή, όσο και στην χρήση των κτηρίων. Από τη δεκαετία του '50 και μετά η χρήση αυτών των ουσιών γενικεύτηκε αφού τα υλικά που συνδέονται με αυτές παρουσίαζαν πρωτόγνωρες ιδιότητες, όπως χαμηλό βάρος, οικονομία, ευκολία εφαρμογής, μονωτικές ιδιότητες, αντοχή στο χρόνο και στη διάβρωση κ.λ.π. Τα προϊόντα που δημιουργούνται από αυτές τις ουσίες συχνά εκπέμπουν, μέσω της εξάτμισης, μικρές ποσότητες οργανικών ενώσεων στον αέρα. Οι ενώσεις αυτές, κυρίως διαλύτες, λόγω της τάσης που παρουσιάζουν να εξατμίζονται ονομάζονται πτητικές. Αυτή η εκπομπή μπορεί να είναι συνεχής για πολλά χρόνια ή σταδιακά να μειώνεται.

Οι ΠΟΕ (Πτητικές Οργανικές Ενώσεις, Volatile Organic Compounds, VOC) είναι μια μεγάλη ομάδα οργανικών ενώσεων που περιλαμβάνουν αλκάνια, αρωματικούς υδρογονάνθρακες, εστέρες, τριχλωραιθυλένιο, βενζόλιο, τολουόλιο, μεθυλ- αιθυλ- κετόνες, αλκοόλες, μεθυλακρυλικά μόρια, ακρολεΐνη, πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες και φυτοφάρμακα (Δεληγιαννάκης, 2007).

Οι διαλύτες αποτελούν την κύρια πηγή ΠΟΕ στους εσωτερικούς χώρους. Χρησιμοποιούνται σχεδόν σε κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα και σε κάθε οικοδομική κατασκευή, αφού αποτελούν συστατικά πάρα πολλών μοντέρνων, αλλά και παραδοσιακών υλικών.

Πέρα από τα δομικά υλικά, οι διαλύτες χρησιμοποιούνται σε προϊόντα καθαρισμού και συντήρησης, όπως γυαλιστικά πατωμάτων, αποσμητικά χώρου και σκοροκτόνα. Επίσης σε λιπαντικά, σε αποθηκευμένα καύσιμα, σε προωθητικά αέρια στα σπρέι, σε χημικά που χρησιμοποιούνται για στεγνό καθάρισμα των ρούχων, σε εντομοκτόνα αλλά και σε προϊόντα ξύλου και έπιπλα.

**Πίνακας 8.** Οργανικές ενώσεις που συναντώνται σε εσωτερικούς χώρους και οι πηγές τους

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΝΩΣΕΩΝ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΤΥΠΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ
Υδρογονάνθρακες	Αλειφατικοί υδρογονάνθρακες	Χρωστικές και συγκολλητικές ουσίες, βενζίνη, προϊόντα καύσης, κερί γυαλίσματος πατώματος.
	Αρωματικοί υδρογονάνθρακες (τολουόλη, ξυλόλιο, αιθυλενοβενζόλη, στυρένιο, βενζόλιο).	Μόνωση, υφάσματα, απολυμαντικές ουσίες, πλαστικά, χρωστικές, κάπνισμα.
	Τερπένια (λιμονένιο, απινένιο)	Αποσμητικά με άρωμα, γυαλιστικές ουσίες, υφάσματα, αποσκληρυντικά για υφάσματα, τσιγάρα, τρόφιμα, οιοπνευματώδη ποτά.
	Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ)	Προϊόντα καύσης (κάπνισμα, καύση ξύλου, θερμάστρες κηροζίνης).
Οξυγονομένες οργανικές ενώσεις	Εστέρες ακρυλικού οξέος, επιχλωρυδρίνη	Μονομερή μπορεί να διαρρεύσουν από πολυμερή.
	Αλκοόλες	Αερολύματα, καθαριστικά τζαμιών, χρωστικές διαλυτικά χρώματος, καλλυντικά, συγκολλητικές ουσίες.
	Αλδεΐδες	Μοριοσανίδες, κοντραπλακέ, κόλλες, τάπητες, προϊόντα χάρτου.
	Κετόνες	Λάκα επίπλων, βερνίκια, συγκολλητικές ουσίες και ουσίες απομάκρυνσης βερνικιών.
	Αιθέρες	Ρητίνες, χρωστικές, βερνίκια, λάκα, βαφές, σαπούνια, καλλυντικά.
	Εστέρες	Πλαστικά, ρητίνες, πλαστικοποιητές, διαλυτικά λάκας, καρυκεύματα, αρώματα.
	Οξειδίο του αιθυλενίου	Αποστειρωτές (νοσοκομεία).
Άλλες οργανικές ενώσεις	Διisοκυανο-τολουόλιο	Αερολύματα αφρού πολυουρεθάνης
	Ανυδρίτης φθαλικού οξέος	Εποξειδικές ρητίνες
	Δωδεκυλοθειικό νάτριο	Υγρό καθαρισμού χαλιών
Χλωριωμένες οργανικές ενώσεις	Χλωριούχο βενζόλιο	Πλακάκια βινυλίου
	Τετραχλωραιθυλένιο	Ρούχα μετά από στεγνό καθάρισμα
	Χλωροφόρμιο	Χλωριωμένο νερό
	1,1,1- τριχλωροαιθάνιο	Ρούχα μετά από στεγνό καθάρισμα, αερολύματα ψεκαζόμενων υγρών, προστατευτικά υφασμάτων.
	Τετραχλωράνθρακας	Βιομηχανικός καθαριστικές ουσίες
	Π-διχλωροβενζόλη	Κρύσταλλοι ναφθαλίνης, αποσμητικά χώρου.

(Πηγή: Λαζαρίδης, 2008).

Πτητικές οργανικές ενώσεις εκπέμπονται κατά το μαγείρεμα του φαγητού, κατά την καύση ξύλου, πετρελαίου, υγραερίου ή άνθρακα για τη θέρμανση και φυσικά κατά το κάπνισμα προϊόντων καπνού. Επίσης από προϊόντα που χρησιμοποιούνται στο

γραφείο όπως τα μηχανήματα φωτοτύπισης. Αυτά εκπέμπουν, κατά κύριο λόγο, αλιφατικούς υδρογονάνθρακες, οι οποίοι περιέχονται στα τόνερ και στην υπόλοιπη διαδικασία εκτύπωσης. Στο περιβάλλον του γραφείου επίσης εκπέμπονται ΠΟΕ, από τη χρήση διορθωτικών υγρών, προϊόντων χαρτιού, συγκολλητικών, μαρκαδόρων και πολλών άλλων προϊόντων.

Πολλές άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες είναι υπεύθυνες για την εκπομπή ΠΟΕ, όπως τα διάφορα χόμπι και οικιακές ασχολίες, που ενώ φαίνονται γενικά αθώες, ωστόσο στο μικρό όγκο του αέρα, και μετά από πολύωρη ασχολία μπορεί να έχουν σαν αποτέλεσμα σημαντικές και ίσως επικίνδυνες συγκεντρώσεις ρύπων. Ακόμη πολλά προϊόντα προσωπικής φροντίδας και καλοπισμού, όπως οι λακ για το χτένισμα, και άλλα προϊόντα για τα μαλλιά, αποτελούν πηγές ρύπανσης.

**Πίνακας 9.** Σύγκριση συγκεντρώσεων ΠΟΕ στον εσωτερικό και τον εξωτερικό αέρα.

ΠΟΕ	Χημική ουσία	Περιεκτικότητα στον εσωτερικό αέρα (mg/m <sup>3</sup> ).	Περιεκτικότητα στον εξωτερικό αέρα (mg/m <sup>3</sup> ).
Αλιφατικοί υδρογονάνθρακες.	n-οκτάνιο	0-0.003	0-0.004
	Βενζόλιο	0.002-0.05	0.002-0.016
Αρωματικοί υδρογονάνθρακες	Τολουένιο	0.007-0.6	0-0.007
	Ξυλένιο	0.002-0.7	0.006-0.035
	Στυρένιο	0-0.04	0-0.004
Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες	Χλωροφόρμιο	0-1.2	0.001-0.013
	Τετραχλωρίδιο του άνθρακα	0-0.01	0-0.001
	Τετραχλωραιθυλένιο	0-0.25	0-0.01
	1,1,1-Τριχλωροαιθάνιο	0-0.2	0.002-0.034

(Πηγή: Cox & Slott, 1997)

Οι ΠΟΕ στην εσωτερική ατμόσφαιρα των σπιτιών παρουσιάζουν μια αυξητική τάση τα τελευταία χρόνια. Αυτό οφείλεται σε δύο λόγους: Ο πρώτος είναι η αυξημένη χρήση συνθετικών υλικών, συστατικά των οποίων είναι οι διαλύτες και άλλα πτητικά. Ο δεύτερος έχει να κάνει με την γενικότερη ενεργειακή και οικονομική κρίση που επιτάσσουν την ελαχιστοποίηση του κόστους θέρμανσης - κλιματισμού των κτηρίων.



Αυτό οδηγεί σε μια τάση «σφραγίσματος» των εσωτερικών χώρων και μείωσης του ρυθμού ανανέωσης του αέρα. Η συγκέντρωση των οργανικών αερίων ρύπων, καταλήγει τελικά να είναι πολλαπλάσια στον εσωτερικό χώρο, από ότι στον εξωτερικό.

**Πίνακας 10.** Τοξικότητα συνηθισμένων ΠΟΕ που συναντώνται στον εσωτερικό αέρα

ΠΟΕ	Τοξικές επιδράσεις
Ακρυλικά	Ερεθισμός βλεννογόνων, δερματίτιδα από επαφή, πιθανή νευροπάθεια, καρκινογένεση.
Αλκοόλες	Καταστολή Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (ΚΝΣ), ερεθισμός βλεννογόνων, πονοκέφαλος, ναυτία, ζάλη, μεταβολική οξείδωση (μεθανόλη και αιθυλενογλυκόλη), τύφλωση (μεθανόλη).
Αλδεΐδες	Ερεθισμός βλεννογόνων, δέρματος και αναπνευστικού συστήματος, καρκινογένεση (φορμαλδεΐδη),
Αλιφατικοί υδρογονάνθρακες	Καταστολή ΚΝΣ, ελαφρός ερεθισμός βλεννογόνων, πονοκέφαλος, καρδιακή ευαισθητοποίηση, περιφερειακή νευροπάθεια.
Αρωματικοί υδρογονάνθρακες	Καταστολή ΚΝΣ, καρδιακή ευαισθητοποίηση, ερεθισμός βλεννογόνων, νευρολογική δυσλειτουργία, λευχαιμία, απλαστική αναιμία (βενζένιο), νεφρική και υπατική τοξικότητα (τολουένιο).
Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες	Καταστολή ΚΝΣ, καρδιακή ευαισθητοποίηση, νεφρική και υπατική τοξικότητα, καρκινογένεση, νευροπάθειες (τετραχλωράνθρακας).
Ισοκυάνεια	Ισχυροί ευαισθητοποιητές, επαγγελματικό άσθμα, σοβαρός ερεθισμός βλεννογόνων, πνευμονίτιδα.
Κετόνες	Καταστολή ΚΝΣ, δερματίτιδα, ελαφρός ερεθισμός βλεννογόνων, περιφερειακή νευροπάθεια (μεθυλική, n-βουτυλική κετόνη).

(Πηγή: Cox & Slott, 1997)

Τα αποτελέσματα από την παρουσία ΠΟΕ στον εσωτερικό αέρα είναι πολλαπλά (Burton, 1997). Μπορούν να διακριθούν σε:

Μείωση παραγωγικότητας. Ανεξάρτητα με το αν η έκθεση σε ΠΟΕ είναι συνδεδεμένη με συγκεκριμένα συμπτώματα έχει παρατηρηθεί ότι η παραγωγικότητα των εργαζομένων μειώνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης των ενώσεων αυτών στον αέρα. Και αυτό γιατί η παραγωγικότητα συνδέεται με την ικανότητα συγκέντρωσης και την γενικότερη αίσθηση άνεσης που πρέπει να εξασφαλίζει ο χώρος εργασίας.

Οσμές. Πολλές ΠΟΕ ακόμη και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις παρουσιάζουν αντιληπτή και συχνά δυσάρεστη οσμή, που προκαλούν ανησυχία και προειδοποιούν για παρουσία ρύπων στον εσωτερικό χώρο. Έχει παρατηρηθεί ότι ένα ποσοστό μεταξύ 40 - 100% των ΠΟΕ, που συναντώνται στους εσωτερικούς χώρους, εκλύουν οσμές (Burton, 1997). Σε μερικές περιπτώσεις η παρουσία μυρωδιάς μπορεί να προκύψει σε εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις κάποιων ΠΟΕ. Δεν είναι ασυνήθιστη η εκδήλωση συμπτωμάτων ασθένειας, εξαιτίας της δυσάρεστης μυρωδιάς, και ειδικά σε ομάδες πληθυσμού, όπως οι έγκυες γυναίκες.

Ερεθισμοί. Ανάλογα με τον κάθε τύπο ΠΟΕ. Η έκθεση σε μια αρκούντως υψηλή έκθεση μπορεί να επιφέρει συμπτώματα ερεθισμού, που κατά πρώτο λόγο αφορά στα μάτια, τη μύτη και το λαιμό. Η ένταση των ερεθισμών ποικίλει από άνθρωπο σε άνθρωπο και μπορεί να οφείλεται όχι μόνο σε μία ουσία αλλά, και σε διάφορα μίγματα ενώσεων.

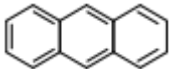
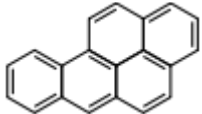
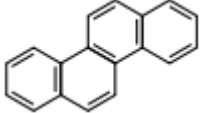


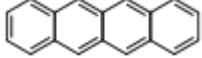
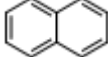
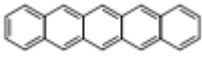




Επιπτώσεις στο νευρικό σύστημα. Έκθεση πάνω από κάποιο όριο σε συγκεκριμένες ΠΟΕ έχει συχνά σαν αποτέλεσμα από απλές νευρολογικές διαταραχές όπως ζαλάδα, υπνηλία, λήθαργο και σύγχυση, έως βαριές καταστάσεις που υποδηλώνουν δηλητηρίαση όπως σπασμοί, κόμα και σε μερικές περιπτώσεις και θάνατος.

Καρκίνος. Αρκετές ΠΟΕ που συχνά απαντώνται στο αέρα των εσωτερικών χώρων έχουν συνδεθεί με κάποια είδη καρκίνου σε πειραματόζωα που εκτέθηκαν σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις.

## 2.9. Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ)

Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs), είναι μια κατηγορία πολύ σταθερών οργανικών μορίων, που αποτελούνται χημικά από άνθρακα και υδρογόνο. Είναι παρόντες ως ρυπαντές σε κάθε ατμοσφαιρικό περιβάλλον και προέρχονται κυρίως από τις εξατμίσεις των τροχοφόρων και άλλες πηγές καύσης. Αποτελούν μία ομάδα με εκατοντάδες διαφορετικά χημικά είδη, τα οποία συνήθως σχηματίζονται κατά την ατελή καύση του κάρβουνου, του πετρελαίου και των παραγώγων του, του φυσικού αερίου, των απορριμμάτων ή τέλος με την θερμική επεξεργασία άλλων οργανικών υλικών, όπως ο καπνός του τσιγάρου (Λαζαρίδης, 2008).

**Πίνακας 11.** Μοριακοί τύποι των πιο συνηθισμένων ΠΑΥ

ΠΑΥ		ΠΑΥ	
Ανθρακένιο		Βενζο-α-πυρένιο	
Χρυσένιο		Κορονένιο	
Κοραννουλένιο		Ναφθακένιο	
Ναφθαλένιο		Πεντακένιο	
Φαινανθρένιο		Πυρένιο	
Τριφαινυλένιο		Οβαλένιο	

(Πηγή: USEPA, 2010)

Έκθεση σε πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, μπορεί να προκληθεί από εισπνοή αέρα που προέρχεται από πυρκαγιές ή από ψήσιμο σε ψησταριές. Επιπλέον οι έντονα ψημένες τροφές μπορεί να είναι επιβαρυνμένες με πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (Δεληγιαννάκης, 2007). Η οικιακή θέρμανση είναι σημαντική πηγή ρύπανσης με ΠΑΥ, όταν χρησιμοποιείται το ξύλο ως καύσιμο υλικό, ενώ τα υγρά καύσιμα και το υγραέριο φαίνεται πως παράγουν μικρότερες ποσότητες ΠΑΥ. Το 70-90% των ΠΑΥ στην ατμόσφαιρα βρίσκεται σε σωματιδιακή κατάσταση προσροφημένο σε αιωρούμενα σωματίδια. (Κούγκολος 2007).

Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες είναι καρκινογόνοι όταν εισπνέονται. Λόγω της πολύ μεγάλης τους πτητικότητας, αυξάνουν πολύ την συγκέντρωση των καρκινογόνων ουσιών στον εσωτερικό αέρα. Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες επιφέρουν καρκίνο των αναπνευστικών οργάνων, των νεφρών, του συκωτιού και του δέρματος. Οι πιο εκτεθειμένες κατηγορίες πληθυσμού είναι οι εργαζόμενοι σε φούρνους που καίνε λιθάνθρακα. Επιπλέον υπάρχουν ενδείξεις ότι χρόνια έκθεση σε πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες προκαλεί λευχαιμία ή απλαστική αναιμία. Το χρυσένιο και το πυρένιο είναι οι κυριότεροι ΠΑΥ στον εσωτερικό αέρα από θέρμανση με φυσικό αέριο ή πετρέλαιο (Δεληγιαννάκης, 2007).

### 3. ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

#### 3.1. Αμίαντος

Ο αμίαντος (asbestos) είναι ομάδα διαφορετικών πυριτικών ορυκτών με κοινό χαρακτηριστικό την ινώδη μορφή τους. Ο αμίαντος έχει χρήσιμες φυσικές και χημικές ιδιότητες και για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε εκτεταμένα στο παρελθόν σε ποικιλία εφαρμογών. Από άποψη χημικής σύστασης πρόκειται για ένυδρα πυριτικά άλατα του μαγνησίου, τα οποία περιέχουν και ασβέστιο, σίδηρο, νάτριο σε διαφορετικούς χημικούς τύπους, καθώς και ελεύθερο πυρίτιο. Κοινές μορφές αμιάντου είναι: ο λευκός αμίαντος (χρυσότιλος) που αποτελεί παραλλαγή του ορυκτού σερπεντίνης, ο κυανός αμίαντος (κροκιδόλιθος) και ο καφέ αμίαντος (αμοσίτης). Το υλικό αυτό είναι καλός μονωτής του ηλεκτρισμού και της θερμότητας και, ταυτόχρονα, έχει τέτοιες μηχανικές ιδιότητες, ώστε οι ίνες του μπορούν να υφανθούν για να παραχθούν υφάσματα. Επίσης λόγω της υψηλής αντοχής του σε εφελκυσμό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο στο τσιμέντο δημιουργώντας τα προϊόντα αμιαντοτσιμέντου (γνωστά με την εμπορική ονομασία «ελενίτ»), που παλαιότερα είχαν ευρεία εφαρμογή στη χώρα μας (Εικ. 2).



**Εικόνα 2.** Επικίνδυνες ίνες αμιάντου σε φύλλο επικάλυψης στέγης από αμιαντοτσιμέντο. (Πηγή: [www.builderbill-diy-help.com](http://www.builderbill-diy-help.com)).

Επιπλέον είναι ανθεκτικός σε προσβολή από όξινα και αλκαλικά χημικά διαλύματα. Επίσης η ανθεκτικότητά του σε υψηλές θερμοκρασίες καθιστά τον αμίαντο βασικό υλικό για την κατασκευή πυρίμαχων προϊόντων. Αυτές οι πολύ καλές ιδιότητες του αμιάντου οδήγησαν στην ευρύτατη χρήση του σε χιλιάδες προϊόντα και εφαρμογές. Χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα κατά το παρελθόν στις κτηριακές κατασκευές για λόγους θερμομόνωσης, ηχομόνωσης και πυροπροστασίας καθώς και ως συστατικό για την κατασκευή ταπετσαριών, βαφών, κεραμιδιών κ.λ.π. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '70 ο αμίαντος χρησιμοποιήθηκε σε περισσότερα από 3000 προϊόντα, με τα δομικά υλικά να αποτελούν το κύριο πεδίο εφαρμογής (Γιαμά, 2007).



**Εικόνα 3.** Χαρακτηριστικές ακανθωτές ίνες αμιάντου όπως φαίνονται στο μικροσκόπιο (Πηγή: [www.greendeen.wordpress.com](http://www.greendeen.wordpress.com)).

Οι ίνες αμιάντου είναι εξαιρετικά σταθερές και δε συσσωματώνονται για να σχηματίσουν μεγαλύτερες. Έτσι επανέρχονται στην ατμόσφαιρα ακόμη και μετά από το φιλτράρισμα ή την καθίζησή τους. Οι ίνες αυτές εισπνεόμενες δεν συγκρατούνται από τους βλεννογόνους, φτάνουν στις κυψελίδες, παγιδεύονται και παραμένουν εκεί για απεριόριστο χρονικό διάστημα. Η παραμονή τους προκαλεί μορφολογικές αλλοιώσεις στους πνεύμονες και επηρεάζει γενικά την υγεία των ανθρώπων (Κούγκολος, 2007). Η χρήση του έχει πλέον απαγορευτεί πλήρως στην Ελλάδα (Οδηγία 1999/77/EK και Οδηγία 2003/18/EK) και σε πολλές άλλες χώρες.

Οι ερευνητές δεν έχουν καθορίσει ακόμα ένα επίπεδο ασφαλούς έκθεσης, αλλά είναι γνωστό ότι, όσο μεγαλύτερο είναι το επίπεδο συγκέντρωσης και η χρονική διάρκεια της έκθεσης, τόσο αυξάνει ο κίνδυνος. Οι επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση σε ίνες αμιάντου κυμαίνονται από απλούς ερεθισμούς, μέχρι εμφάνιση αναπνευστικών προβλημάτων και καρκίνου του δέρματος. Αναλυτικά παρατηρούνται:

- Ερεθισμός του δέρματος.
- Ερεθισμός των αισθητηρίων οργάνων.
- Αναπνευστικά προβλήματα.
- Βρογχίτιδα και κρίσεις άσθματος.
- Πνευμονοκκοκίαση αμιάντου.
- Όγκος μεσοθηλιακού ιστού.
- Καρκίνος των πνευμόνων.
- Προβλήματα αναπνοής στα παιδιά.
- Προβλήματα στην κύηση.



**Εικόνα 4.** Στέγη κτηρίου κατασκευασμένη από φύλλα αμιαντοτσιμέντου. (Πηγή: Προσωπικό αρχείο Δ. Πουρνάρα).

Ο αμιάντος δεν προκαλεί πονοκεφάλους, μυϊκούς πόνους, ή άλλα άμεσα συμπτώματα, γεγονός που υπό μία έννοια τον καθιστά πιο επικίνδυνο, καθώς αυτά θα ήταν άμεσα αντιληπτά συμπτώματα. (Γιαμά, 2007).

Οι σημαντικότερες ασθένειες που μπορεί να προκύψουν από την εισπνοή ινών αμιάντου είναι οι ακόλουθες:

1). Καρκίνος του πνεύμονα. Η εισπνοή ινών αμιάντου έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί καρκίνο του πνεύμονα. Το γεγονός αυτό έχει παρατηρηθεί ήδη από το 1925, και επιβεβαιωθεί μέσα από πολλές επιδημιολογικές μελέτες. Περίπου 1 στους 7 ασθενείς που έχουν εκδηλώσει αμιάντωση θα εμφανίσει καρκίνο του πνεύμονα. Το κάπνισμα δρα ταυτόχρονα με τον αμιάντο αυξάνοντας τις πιθανότητες εμφάνισης της νόσου. Εργαζόμενοι που εκτίθενται σε ίνες αμιάντου, εάν διακόψουν το κάπνισμα, μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο ανάπτυξης καρκίνου του πνεύμονα κατά 50%, μετά την πάροδο πέντε ετών από τη διακοπή του καπνίσματος (American Cancer Society, 2006).

2). Μεσοθελίωμα. Είναι μια σπάνια μορφή καρκίνου που προσβάλλει τις λεπτές μεμβράνες που περιβάλλουν το στήθος και την κοιλιακή χώρα. Αντίθετα με τον καρκίνο του πνεύμονα η πιθανότητα εμφάνισης μεσοθελιώματος δεν αυξάνεται με το κάπνισμα (American Cancer Society, 2006).

3). Αμιάντωση. Τα χαρακτηριστικά της είναι: δυσκολία στην αναπνοή, διάβρωση του ιστού των πνευμόνων και εκτεταμένη πάχυνση του στρώματος που καλύπτει τους πνεύμονες. (Κούγκολος, 2007).

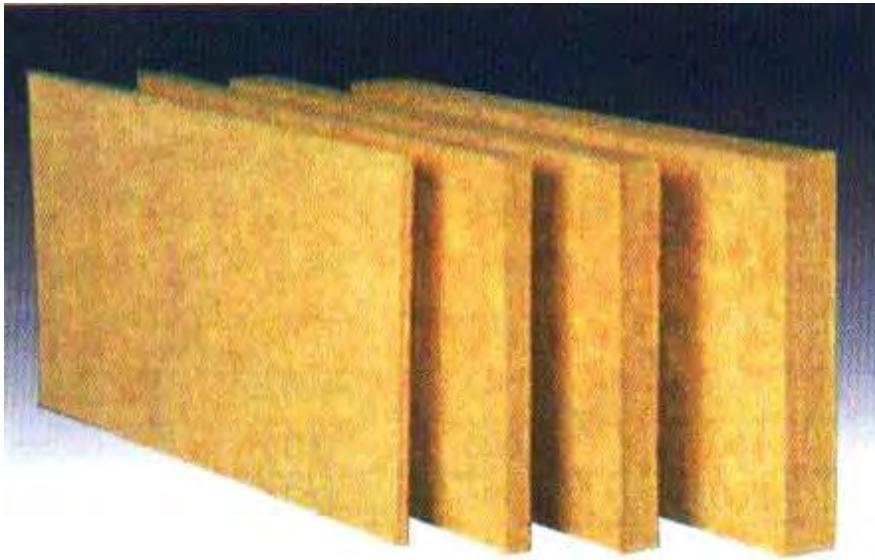
### **3.1.1. Αντιμετώπιση του προβλήματος ύπαρξης αμιάντου στα υλικά κατασκευής του κτηρίου**

Πρέπει να γίνει λεπτομερής επιθεώρηση του χώρου από ειδικευμένο προσωπικό. Αν παρουσιαστεί χρήση αμιάντου, ένα προσωρινό μέτρο είναι το σφράγισμα του υλικού εξωτερικά, ώστε να μην γίνεται αποκόλληση των ινών αμιάντου. Η απομάκρυνσή του υλικού που περιέχει αμιάντο είναι μια πολύπλοκη εργασία που απαιτεί έμπειρο και ειδικευμένο προσωπικό. Απαιτείται μεγάλη προσοχή ώστε το διαταραγμένο υλικό να μην αποβάλλει στην εσωτερική ατμόσφαιρα επικίνδυνες ίνες. Απαιτείται η χρήση προστατευτικού ρουχισμού, μάσκας και γαντιών. Η τεχνητή μείωση της πίεσης του αέρα στο χώρο εργασίας βοηθάει στην αποφυγή μετακίνησης του ρυπασμένου αέρα σε γειτονικούς κατοικημένους χώρους (Canada Mortgage and Housing Corporation, 2010).



### 3.2. Ίνες γυαλιού και ορυκτές ίνες

Οι ίνες γυαλιού και οι ορυκτές ίνες είναι ανόργανες υαλώδεις ίνες, που βρίσκονται σε στερεά κατάσταση, και χρησιμοποιούνται από τη βιομηχανία για την δημιουργία μονωτικού υαλοβάμβακα ή πετροβάμβακα, αλλά και σαν οπλισμός για την ενίσχυση συνθετικών κατασκευών από πολυεστέρα ή άλλων πλαστικών υλικών. Οι ίνες αυτές μπορεί να βρεθούν στην εσωτερική ατμόσφαιρα ενός κτηρίου, έπειτα από διατάραξή τους, κατά την εφαρμογή ή κατά την αποξήλωσή τους.



**Εικόνα 5.** Θερμομονωτικές πλάκες πετροβάμβακα. (Πηγή: [www.easygreen.com.gr/](http://www.easygreen.com.gr/))

Η επαφή του ανθρώπινου σώματος με τις ορυκτές ίνες μπορεί να προκαλέσει ερεθισμούς στο δέρμα, τα μάτια και στο αναπνευστικό σύστημα, όταν αυτές εισπνευστούν. Συμπτώματα όπως το άσθμα, ο ερεθισμός του λαιμού και η βρογχίτιδα είναι συνηθισμένα σε άτομα που εισπνέουν μεγάλη ποσότητα ινών (Illinois Department of Public Health, 2010). Μεγάλος αριθμός ατόμων συγχέουν τις ίνες αυτές με τις καρκινογόνες ίνες αμιάντου αφού και στις δύο περιπτώσεις πρόκειται για ορυκτές ίνες με ικανή αντίσταση στην υψηλή θερμοκρασία και διάφορα άλλα κοινά χαρακτηριστικά. Σε πάνω από 400 σχετικές μελέτες οι επιστήμονες κατέληξαν ότι οι ίνες γυαλιού σε καμία περίπτωση δεν σχετίζονται με την πρόκληση καρκίνου όπως με την περίπτωση του αμιάντου. Αυτό οφείλεται κυρίως στο σχήμα τους και στις ιδιότητές τους. Οι ίνες γυαλιού όταν σπάζουν γίνονται μικρότερες και έτσι χάνουν σταδιακά το σχήμα της ίνας και μπορούν να αποβληθούν ευκολότερα από τον οργανισμό. Αντίθετα οι ίνες αμιάντου

είναι ακανθώδεις και σπάζουν συνήθως κατά μήκος διατηρώντας την ινώδη μορφή που τις κρατά εγκλωβισμένες στις πνευμονικές κυψελίδες. Επίσης οι ίνες γυαλιού αντίθετα από τις ίνες αμιάντου δεν είναι τόσο ερεθιστικές (toolboxtopics, 2010).

### 3.3. Αιωρούμενα σωματίδια - Σκόνη

Με τον όρο αιωρούμενα σωματίδια εννοούμε κάθε σώμα (υγρό ή στερεό) που βρίσκεται σε διασπορά και έχει διάμετρο μεγαλύτερη από 0.002 μ και μικρότερη από 500 μ. Ο καπνός, η σκόνη, η ομίχλη, η αχλύς, η ιπτάμενη τέφρα θεωρούνται αιωρούμενα σωματίδια. Ο καπνός, η ομίχλη, και ορισμένες άλλες κατηγορίες αιωρούμενων σωματιδίων ονομάζονται αεροζόλ. Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι ρύποι που περιέχουν μεγάλη ποικιλία συστατικών (Κούγκολος, 2007).

Τα αιωρούμενα σωματίδια και η σκόνη αποτελούν μια πολύ συνηθισμένη πηγή ρύπανσης στο οικιακό περιβάλλον και στους κλειστούς χώρους γενικότερα. Η σύνθεσή της περιλαμβάνει σωματίδια από ίνες, δέρμα ανθρώπων ή ζώων, γύρη, μικροσκοπικούς σπόρους, μικρόβια, ακάρεα, αιωρήματα εδαφικής προέλευσης, αιθάλη, στάχτη κατάλοιπα βιομηχανίας (τσιμεντοβομηχανία, χαλυβουργία κ.λ.π.) και στερεά κατάλοιπα από τη χρήση των αυτοκινήτων (σκόνη από τα υλικά τριβής των φρένων και από τη φθορά των ελαστικών, μόλυβδος που βγαίνει μαζί με τα καυσαέρια σε παλαιάς τεχνολογίας βενζινοκινητήρες οχημάτων κ.λ.π.). Σοβαρότατη πηγή σωματιδίων αποτελεί και το κάπνισμα.

Η σκόνη αιωρείται στον εσωτερικό αέρα και επικάθεται σε κάθε σημείο του χώρου. Η βάδιση των ανθρώπων, ο καθαρισμός και το ξεσκόνισμα και η γενικότερη χρήση του χώρου προκαλεί την διατάραξη της επικαθημένης σκόνης και την ανάδυσή της και πάλι με τον προς εισπνοή αέρα. Γενικά, όσο μικρότερη διάσταση και όσο μικρότερο βάρος έχουν τα σωματίδια, για τόσο περισσότερο χρόνο αιωρούνται στην ατμόσφαιρα. Σωματίδια γύρης και ίνες παραμένουν στον εσωτερικό αέρα για περισσότερο χρόνο, ειδικά όταν υπάρχει κίνηση αέρα και διατάραξη του (Vermont Department of Health, 2005).

Οι επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση σε σωματίδια μπορεί να είναι από μηδαμινές μέχρι πολύ σοβαρές. Άτομα με αλλεργίες, μπορεί να παρουσιάσουν έντονα αναπνευστικά συμπτώματα και ερεθισμό του λαιμού και των ματιών, όταν εισπνεύσουν σκόνη με οργανικό φορτίο, όπως η γύρη και τα ακάρεα και όταν έρθουν σε επαφή με καπνό τσιγάρου και άλλα προϊόντα καύσης. Ιδιαίτερα τα τοξικά σωματίδια που περιέχει ο καπνός του τσιγάρου μπορεί να προκαλέσουν χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια,

καρκίνο του πνεύμονα, εμφύσημα κ.λ.π. Επιβαρυντικοί παράγοντες είναι ο χρόνος έκθεσης, η συγκέντρωση, η πυκνότητα και το μέγεθος των σωματιδίων (όσο πιο μικρά είναι τα σωματίδια, τόσο περισσότερο χρόνο αιωρούνται, τόσο βαθύτερα εισέρχονται στους πνεύμονες και τόσο δυσκολότερα αποβάλλονται από τον οργανισμό. Επίσης ο ρυθμός αναπνοής και το επίπεδο ενεργητικότητας του κάθε ατόμου επιδρά στην ποσότητα σκόνης και σωματιδίων που εισπνέει (Vermont Department of Health, 2005).

## 4. ΡΥΠΑΝΣΗ ΜΕ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

### 4.1. Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος είναι ένα βαρύ μέταλλο και αποτελεί επικίνδυνο περιβαλλοντικό ρύπο. Είναι τοξικός για τον άνθρωπο. Το ανθρώπινο σώμα εκτίθεται στον μόλυβδο μέσω του εισπνεόμενου αέρα, του πόσιμου νερού, της τροφής, της σκόνης και του εδάφους. Προτού γίνει γνωστό το επίπεδο επικινδυνότητας του μολύβδου, χρησιμοποιούνταν εκτεταμένα στα χρώματα και τις βαφές, στη βενζίνη, στους σωλήνες υδρεύσεως και αποχετεύσεως, στη βιομηχανία κρυστάλλων, στους ηλεκτρικούς συσσωρευτές, στις ηλεκτρονικές συσκευές και σε πλήθος άλλων προϊόντων. Σήμερα η χρήση του ολοένα και περιορίζεται και αντικαθίσταται σταδιακά από άλλα υλικά. Σύμφωνα με την USEPA, μετά την κατάργηση του μολύβδου στα καύσιμα και στις μπογιές η σημαντικότερη πηγή έκθεσης σε μόλυβδο στις μέρες μας είναι τα παλιά χρώματα. Επικίνδυνη έκθεση προκύπτει όταν τα χρώματα αυτά, με βάση το μόλυβδο, απομακρύνονται με μη ενδεδειγμένο τρόπο, όπως το γυαλοχάρτισμα, η αμμοβολή και το κάψιμο με φλόγιστρο. Στους εσωτερικούς χώρους υψηλά επίπεδα έκθεσης μπορεί να προκύψουν κατά την ενασχόληση με χόμπι όπως η κατασκευή βιτρώ και η συγκόλληση μετάλλων με συγκολλητικά σύρματα που περιέχουν μόλυβδο (ηλεκτρονικές κατασκευές).

Ο μόλυβδος παρουσιάζει διαφόρους μηχανισμούς τοξικότητας. Παρεμβαίνει στο μεταβολισμό του σιδήρου και του ασβεστίου, σε μοριακό επίπεδο ενώνεται με σουλφυδρικές και άλλες ομάδες, και επεμβαίνει στη λειτουργία ορισμένων ενζύμων. Επιδρά τοξικά πάνω σε πολλά συστήματα του οργανισμού. Το φάσμα των συμπτωμάτων είναι μεγάλο και προέρχεται από το κεντρικό και το περιφερειακό νευρικό σύστημα, το γαστρεντερικό, το αίμα, το σκελετό, το καρδιαγγειακό, τα νεφρά και την ακοή (Υπουργείο υγείας Κύπρου, 2010).

Τα επίπεδα μολύβδου στις περισσότερες Ευρωπαϊκές πόλεις είναι μεταξύ 0.15 και 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Σε μη αστικές περιοχές τα μέσα επίπεδα του μολύβδου είναι συνήθως μικρότερα από 0.15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Τα όρια συγκέντρωσης μολύβδου στην ατμόσφαιρα βασίζονται στη κρίσιμη συγκέντρωση του μολύβδου στο αίμα. Προτείνεται για την αποφυγή συμπτωμάτων το όριο των 15 mg μολύβδου ανά 100 g αίματος. Για την προστασία της ανθρώπινης υγείας προτείνεται επίσης η λήψη μολύβδου να περιορίζεται

σε 0.5  $\mu\text{g}$  την ημέρα και η συγκέντρωση στον αέρα να μην ξεπερνά το 1.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Λαζαρίδης, 2008).



**Εικόνα 6.** Σύρματα συγκόλλησης ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που περιέχουν μόλυβδο (Πηγή: Προσωπικό αρχείο Δ. Πουρνάρα).

#### 4.2. Υδράργυρος (Hg)

Ο υδράργυρος είναι ένα βαρύ, μέταλλο με λευκή-μεταλλική όψη. Είναι το μοναδικό μεταλλικό στοιχείο, που σε κανονικές συνθήκες είναι υγρό. Σε σύγκριση με άλλα μέταλλα, είναι κακός αγωγός της θερμότητας, αλλά καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Έχει σημείο τήξεως  $-38.83\text{ }^{\circ}\text{C}$  και σημείο βρασμού  $356.73\text{ }^{\circ}\text{C}$ , η δε πυκνότητά του είναι  $13.534\text{ g}/\text{cm}^3$ .



**Εικόνα 7.** Διακόπτες από αμπούλες υδραργύρου που χρησιμοποιούνται σε θερμοστάτες εσωτερικών χώρων (Πηγή: Προσωπικό αρχείο Δ. Πουρνάρα).

Ο υδράργυρος διαλύεται σε μορφή αμαλγαμάτων με χρυσό, ψευδάργυρο και πολλά άλλα μέταλλα. Όταν θερμαίνεται, ο υδράργυρος αντιδρά με το οξυγόνο στον αέρα για να σχηματίσει οξείδιο του υδραργύρου (Hammond, 2000).

Ο υδράργυρος είναι ένα εξαιρετικά σπάνιο στοιχείο του φλοιού της γης, με μέση περιεκτικότητα της μάζας του μόνο 0.08 ppm ( Brooks & Matos, 2005).

Τα παρακάτω προϊόντα που απαντώνται συχνά στο οικιακό περιβάλλον και σε άλλους κλειστούς χώρους μπορεί να περιέχουν υδράργυρο:

- Θερμόμετρα υδραργύρου (πυρετού και βάσης, μαγειρικής, εξωτερικά)
- Θερμοστάτες
- Λάμπες φθορισμού, ατμών υδραργύρου και ηλεκτρονικές (οικονομικές)
- Μπαταρίες
- Διακόπτες

Ο υδράργυρος, σαν υγρό που είναι, εξατμίζεται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και με τον τρόπο αυτό εισέρχεται στον οργανισμό δια μέσου του αναπνευστικού συστήματος, αλλά και με τη δερματική επαφή. Έχει διάφορες επιδράσεις στην υγεία, οι οποίες μπορούν να συνοψιστούν στις ακόλουθες:

- Ανωμαλία του νευρικού συστήματος και βλάβη στις εγκεφαλικές λειτουργίες
- Βλάβες στο αναπνευστικό σύστημα
- Βλάβη στο DNA και χρωμοσωμικές ανωμαλίες
- Αλλεργικές αντιδράσεις, με συνέπεια το δερματικό κνησμό, την κούραση και τους πονοκέφαλους
- Αρνητικές επιδράσεις στην αναπαραγωγή, όπως βλάβη του σπέρματος, γενετικές ανωμαλίες και αποβολές

Η βλάβη στις εγκεφαλικές λειτουργίες μπορεί να προκαλέσει την υποβάθμιση των δυνατοτήτων εκμάθησης, αλλαγές στην προσωπικότητα, τρόμο, αλλαγές στην όραση, κώφωση, απώλεια συντονισμού των μυών και απώλεια μνήμης. Η χρωμοσωμική βλάβη είναι πιθανό να προκαλεί μογγολισμό.

Ο υδράργυρος παρουσιάζει ένα χρόνο ημιζωής 90 ημερών στο ανθρώπινο σώμα και δεν συσσωρεύεται για πάντα. Αυτός είναι ο λόγος που πολλές από τις επιπτώσεις στην υγεία είναι αναστρέψιμες. Το όριο ασφαλείας που έχει θεσπίσει η Αμερικανική Επιτροπή Περιβάλλοντος (US EPA) για την έκθεση σε ατμούς υδραργύρου είναι 10 μg ανά ημέρα.

### 4.3. Κάδμιο (Cd)

Χρησιμοποιείται στη βιομηχανία λιπασμάτων, στις ηλεκτροεπιμεταλλώσεις, ως σταθεροποιητικό στα πλαστικά, ως συστατικό στις μπαταρίες νικελίου - καδμίου και στην κατασκευή χρωμάτων. Λαμβάνεται και ως υποπροϊόν κατά την τήξη ή άλλη επεξεργασία του ψευδαργύρου και του μολύβδου. Για το γενικότερο πληθυσμό, που δεν απασχολείται στη βιομηχανία, πηγή λήψης καδμίου είναι η τροφή, επίσης επειδή το κάδμιο υπάρχει στον καπνό, το κάπνισμα θα πρέπει να θεωρηθεί σημαντική πηγή ρύπανσης. Το κάθε τσιγάρο περιέχει 0.5 – 2 μg καδμίου και ένα ποσοστό 10% της ποσότητας αυτής εισπνέεται από τον καπνιστή.

Ο χρόνος της μισής ζωής του καδμίου στο σώμα είναι μεγάλος, περίπου 7 - 30 χρόνια και η αποβολή του αργή. Η κύρια οδός αποβολής είναι από τα ούρα. Το κάδμιο συσσωρεύεται κυρίως στους νεφρούς και το ήπαρ, και σε μικρότερες ποσότητες, σε άλλα όργανα. Οξεία δηλητηρίαση από εισπνοή ατμών οξειδίου του καδμίου μπορεί να συμβεί κατά τη χύτευσή του, τα φαινόμενα της οποίας εμφανίζονται μετά από 4 - 10 ώρες με δύσπνοια, βήχα, βάρος στο στήθος και αίσθημα καύσου. Εμφανίζονται επίσης συμπτώματα, όπως το σύνδρομο του πυρετού από καπνούς μετάλλου με ρίγη και μυαλγίες εντοπιζόμενες στη μέση και τα άκρα. Μετά 24 - 48 ώρες από την έκθεση παρουσιάζεται οξύ πνευμονικό οίδημα, το οποίο σε ελαφρές περιπτώσεις υποχωρεί μετά από μία εβδομάδα περίπου και σε βαριές περιπτώσεις η δύσπνοια είναι επιδεινούμενη με αιμοπτύσεις (Ζημάλης, 2003).

## 5. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

### 5.1. Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από τον αέρα

Ο ατμοσφαιρικός αέρας μεταφέρει σημαντικό βιολογικό φορτίο. Το φορτίο αυτό αποτελείται από μικρόβια, μύκητες, ιούς, μικρά έντομα, ακάρεα, σπόρους, γύρη κ.λ.π. Δια μέσου της αναπνοής, αλλά και με το δέρμα αυτοί οι οργανισμοί έρχονται σε επαφή με το ανθρώπινο σώμα. Παρόλο που ο άνθρωπος είναι συνηθισμένος να συμβιώνει με όλους αυτούς τους οργανισμούς, ωστόσο κάτω από κατάλληλες συνθήκες μπορεί να νοσήσει.

### 5.2. Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από υγρασία – μούχλα.

Η μούχλα παρόλο που σε πολλές περιπτώσεις είναι χρήσιμη για τον άνθρωπο (παρασκευή τυριών, φαρμάκων κ.α.) ωστόσο ορισμένα είδη μούχλας και τα προϊόντα τους έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν τη μοριακή βιοχημεία των κυττάρων και των ιστών σε πολλά όργανα του οργανισμού, έχοντας σαν αποτέλεσμα ποικιλία συμπτωμάτων και νόσων (Genuis, 2007). Η μούχλα αναπτύσσεται σε σημεία των κτηρίων όπου συγκεντρώνεται υγρασία από διαρροές του υδραυλικού δικτύου, είσοδος νερών βροχής ή συμπύκνωση υδρατμών. Οι πιθανοί χώροι στους οποίους μπορεί να αναπτυχθεί είναι το υπόγειο, οι στέγες, τα λουτρά, τα ερμάρια, οι συσκευές κλιματισμού, και γενικά κλειστοί μη επαρκώς αεριζόμενοι χώροι. Σχηματίζεται από την ανάπτυξη μυκήτων παρουσία υγρασίας και φθαρμένης οργανικής ύλης (Genuis, 2007). Οι μύκητες που σχηματίζουν τη μούχλα διαθέτουν το ειδικό χαρακτηριστικό, που τους επιτρέπει να αναπτύσσονται πρακτικά σε κάθε υπόβαθρο, συμπεριλαμβανομένων του γυαλιού, των αεροπορικών καυσίμων, της μπογιάς, του λάστιχου, των υφασμάτων, του ηλεκτρικού εξοπλισμού κ.λ.π. Η μόνη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη επαρκούς οργανικής ύλης και υγρασίας (Miller, 1992).

Η ανάπτυξη της μούχλας γίνεται δυνατή σε υλικά ή κατασκευές που παραμένουν υγρά για 48 – 72 ώρες. Οι πιο κοινοί τύποι μούχλας εσωτερικών χώρων είναι οι: *Alternaria*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Stachybotrys* και *Aspergillus*. Οι μύκητες αυτοί αναπαράγονται εύκολα με την διασπορά, μέσω του αέρα, των σποριδίων που παράγουν και έτσι σύντομα αναπτύσσονται νέες αποικίες, όπου οι συνθήκες το ευνοούν. Οι μύκητες αυτοί παράγουν ουσίες, τις μυκοτοξίνες, που έχουν στόχο την αποτροπή ανάπτυξης άλλων οργανισμών στο εγγύς περιβάλλον τους. Κάποιες από τις



τοξίνες αυτές είναι βλαβερές για τον άνθρωπο και είναι υπεύθυνες για την εμφάνιση ποικίλων συμπτωμάτων και νόσων όπως οι αλλεργίες, ο ερεθισμός του δέρματος, η σήψη ακόμη και ο καρκίνος. Η έκθεση του ανθρώπου στις ουσίες αυτές μπορεί να γίνει μέσω της τροφής ή της επαφής του χεριού, που άγγιξε τους μύκητες, με το στόμα, αλλά η πιο κοινή οδός έκθεσης είναι η εισπνοή αεροζόλ μυκήτων ή υποπροϊόντων τους. Η τοξικότητα του μύκητα, η συγκέντρωσή του και η αντίσταση του ανθρώπινου οργανισμού, είναι οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν το αν θα εμφανιστούν ή όχι συμπτώματα ή και νόσος (Genuis, 2007).



**Εικόνα 8.** Ανάπτυξη μούχλας σε γωνία δωματίου (Πηγή: AP Solutions and Resources Ltd. <http://apsr.ca>)

### **5.3. Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από τον άνθρωπο.**

Το ανθρώπινο σώμα είναι φορέας πλήθους μικροοργανισμών. Τέτοιοι μικροοργανισμοί είναι τα μικρόβια, οι ιοί και οι μύκητες. Επίσης δεν είναι σπάνια η ύπαρξη μικρών εντόμων που παρασιτούν στο τριχωτό της κεφαλής και στα ρούχα και μπορούν να ρυπάνουν τον εσωτερικό αέρα (Μαθόπουλος, 2007). Οι μικροοργανισμοί αυτοί, και ειδικά όσοι βρίσκονται στο δέρμα και στο αναπνευστικό σύστημα, μπορούν

εύκολα να βρεθούν στον αέρα των εσωτερικών χώρων και να έρθουν σε επαφή με άλλους ανθρώπους στον ίδιο χώρο. Στις περισσότερες περιπτώσεις αυτοί οι μικροοργανισμοί δεν είναι παθογόνοι αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις που είναι παθογόνοι σε ορισμένα άτομα μόνο.

#### **5.4. Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από κατοικίδια ζώα.**

Η ύπαρξη κατοικίδιων ζώων στους κλειστούς χώρους αποτελεί μια άλλη πηγή βιολογικής ρύπανσης. Αυτοί οι μικροοργανισμοί είναι παράσιτα, μικρόβια, ιοί αλλά και μικρά έντομα. Η επαφή με τους οργανισμούς αυτούς μπορεί να προκαλέσει από δερματικά προβλήματα και αλλεργίες, μέχρι σοβαρές ασθένειες, όπως η εχίνοκοκκίαση.

#### **5.5. Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από φυτά**

Τα φυτά εσωτερικών χώρων αποτελούν ένα ακόμη παράγοντα βιολογικής ρύπανσης. Εκτός από το πλήθος των μικροοργανισμών που φέρουν επάνω τους, αποδίδουν στον εσωτερικό αέρα την περίοδο της ανθοφορίας τους γύρη, που μπορεί να προκαλέσει αλλεργίες σε ορισμένα άτομα. Ακόμη η υγρασία στο χώμα τους, από το πότισμα, αποτελεί ακόμη μια εστία μικροοργανισμών.

#### **5.6. Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από συστήματα κλιματισμού.**

Τα συστήματα κλιματισμού λόγω της υγρασίας που συγκεντρώνουν και λόγω της συχνά ανεπαρκούς συντήρησης και καθαρισμού τους αποτελούν ιδανικούς τόπους για την ανάπτυξη μικροοργανισμών που μπορεί να προκαλέσουν διάφορες ασθένειες.

Από τις πλέον ελαφριές μορφές αποτελούν οι διάφορες δερματικές αλλεργίες, ή ακόμη και δερματικές μυκητιάσεις. Οι πλέον βαριές ασθένειες είναι η νόσος των λεγεωναρίων και ο πυρετός Pontiac, και οι δύο από τις πλέον βαριές περιπτώσεις πνευμονίας. Η πρώτη περίπτωση είναι από το είδος *Legionella pneumophila* του ορότυπου 1, που είναι πολύ επικίνδυνος, και για τη θεραπεία του απαιτούνται πολύ εξειδικευμένα αντιβιοτικά. Η εκδήλωση της νόσου στα άτομα που έχουν προσβληθεί από το βακτήριο αυτό δεν είναι πάντοτε εμφανής. Μόλις το 5% των προσβεβλημένων εκδηλώνει τη νόσο, αλλά από αυτό το 5% ένα 10 - 15% των περιπτώσεων είναι μη αντιμετωπίσιμες καταστάσεις, που καταλήγουν στο θάνατο των ασθενών. Η δεύτερη περίπτωση, όμως, είναι το αποτέλεσμα της μόλυνσης ατόμων από μια μεγάλη ομάδα από διαφορετικά είδη του γένους *Legionella*, τα οποία όμως ποτέ δεν καταλήγουν σε θανατηφόρες περιπτώσεις (Ματθόπουλος, 2007).



**Εικόνα 9.** Ανάπτυξη μούχλας σε αεραγωγό δικτύου κλιματισμού (Πηγή: <http://www.moldinspector.com>)

## 6. ΚΑΠΝΙΣΜΑ

Το κάπνισμα έχει από χρόνια αναγνωριστεί ως μια πολύ σοβαρή πηγή ασθενειών και θνησιμότητας. Έχει διαπιστωθεί ότι βλάπτει σχεδόν κάθε όργανο του ανθρώπινου σώματος. Η θνησιμότητα έχει συνδεθεί με διαφόρων τύπων κακοήθειες όπως οι καρκίνοι του πνεύμονα, του πεπτικού συστήματος, της κύστης, των νεφρών και του παγκρέατος. Ασθένειες όπως η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, η απόφραξη των στεφανιαίων αγγείων της καρδιάς και του εγκεφάλου λόγω της αθηρωματικής διαδικασίας και η χρόνια βρογχίτιδα είναι στενά συνδεδεμένες με το κάπνισμα.

Αν και οι συνέπειες του καπνίσματος στην υγεία είναι σημαντικότερες ωστόσο πολύ μεγάλο ποσοστό των ανθρώπων και ιδιαίτερα στη χώρα μας συνεχίζουν να καπνίζουν. Εξ αιτίας αυτού του γεγονότος μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού που δεν είναι καπνιστές εκτίθενται καθημερινά στους ρύπους που προκύπτουν από το κάπνισμα. Η έκθεση στους ρύπους αυτούς μπορεί να προκύψει στο σπίτι, στην εργασία, στο αυτοκίνητο, στους χώρους διασκέδασης και συνάθροισης κοινού και σε άλλους δημόσιους χώρους. Ο τυπικός καπνιστής καπνίζει 32 τσιγάρα την ημέρα κατά μέσο όρο απελευθερώνοντας 65000 μg αναπνεύσιμων σωματιδίων την ώρα στο περιβάλλον, που κατά σχεδόν 90% είναι κάποιος κλειστός χώρος. Οι μη καπνιστές που εκτίθενται σε ρύπανση του αέρα εσωτερικού χώρου από καπνό τσιγάρου είναι δυνατό να αναπνέουν το αντίστοιχο 27 ελαφρών τσιγάρων την ημέρα (Repace, 1982).

Σε μελέτες που έγιναν στις ΗΠΑ βρέθηκε ότι το κάπνισμα αποτελεί την κυρίαρχη πηγή αναπνεύσιμων σωματιδίων, σε σπίτια δε σφραγισμένα με στεγανά κουφώματα τα επίπεδα των σωματιδίων αυτών ήταν περισσότερο από διπλάσια από τα συνηθισμένα. (Repace, 1982).

Περισσότερα από 4500 χημικά συστατικά, πολλά από τα οποία είναι καρκινογόνα, τοξικά ή ερεθιστικά, έχουν αναγνωριστεί σαν παράγοντες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του καπνίσματος (ETS – Environmental Tobacco Smoke). Η ρύπανση από το κάπνισμα προκύπτει από την καύση των συστατικών του τσιγάρου και των υπόλοιπων προϊόντων του φυτού του καπνού (π.χ πούρα). Αυτή η καύση παράγει ένα μείγμα ουσιών, τα οποία διαχέονται ως σωματίδια, ατμοί ή αέρια. Μερικά από τα πιο κοινά συστατικά αυτού του μείγματος είναι: Τα οξείδια του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του άνθρακα οι πτητικές οργανικές ενώσεις και τα αιωρούμενα σωματίδια. Οι ενώσεις που αποβάλλονται στον αέρα κατά το

κάπνισμα προκύπτουν από την καύση και την πυρόλυση των συστατικών των φύλλων του καπνού, την εξάτμιση και απόσταξη των, χαμηλού μοριακού βάρους, συστατικών και από χημικές αντιδράσεις και ανακατατάξεις που συμβαίνουν τη στιγμή του καπνίσματος. Οι ενώσεις που απαντώνται στα φύλλα του καπνού όπως αλκαλοϊδή (νικοτίνη), λιγνίνη, έλεια, πεκτινικά οξέα κλπ. βγαίνουν στον αέρα μέσω του καπνίσματος. Τα χημικά στοιχεία που προκύπτουν στην ατμόσφαιρα από το κάπνισμα περιλαμβάνουν μια μεγάλη γκάμα όπως ανόργανα αέρια, οργανικά οξέα, αλδεΐδες και κετόνες, αρωματικούς και αλειφατικούς υδρογονάνθρακες, ετεροκυκλικές ενώσεις όπως οι πυριδίνες, τα φουράνια, οι ινδύλες και οι πολυπυρηνικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες.

Οι εκπομπή ρύπων από το κάπνισμα γίνεται σε δύο φάσεις: Φάση της απευθείας εκπνοής του καπνού από τον καπνιστή (MS – Mainstream Smoke), και φάση της εξωτερικής εκπομπής από το αναμμένο τσιγάρο (SS – Sidestream Smoke) που λαμβάνει χώρα στα διαστήματα μεταξύ των εισπνοών.

Κατά τη στιγμή της εισπνοής η θερμοκρασία στην αναμμένη άκρη του τσιγάρου φτάνει στους  $900^{\circ}\text{C}$  καθώς περίσσια οξυγόνου τροφοδοτεί την καύση όταν ισχυρό ρεύμα αέρα περνάει μέσα από το τσιγάρο. Ο καυτός αέρας περνώντας εντός του τσιγάρου προκαλεί την εξάτμιση ποικιλίας πτητικών υλικών από τον καπνό. Κατόπιν εισέρχεται στο αναπνευστικό σύστημα του καπνιστή και αμέσως μετά εξέρχεται στην ατμόσφαιρα. Αυτό το μείγμα των προϊόντων καύσης και των πτητικών και ημιπτητικών ενώσεων είναι το MS. Το MS αποτελεί περίπου το 50% της μάζας των ρύπων που εισέρχονται στο σώμα στη διάρκεια της εισπνοής (Rando et al 1997). Το υπόλοιπο κατακρατείται στο αναπνευστικό σύστημα.

Κατά τη διάρκεια της φάσης SS ο συνδυασμός της χαμηλότερης θερμοκρασίας (περίπου  $600^{\circ}\text{C}$ ) και της ελάττωσης του οξυγόνου στην περιοχή οδηγεί στο σχηματισμό  $\text{NH}_3$  και  $\text{NO}$ , αλλά και  $\text{CO}$  που σχηματίζεται από τη μερική διάσπαση του  $\text{CO}_2$  στην επιφάνεια του διάπυρου άνθρακα (Halios et al 2004).

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, η χημική σύσταση των ρύπων των δύο φάσεων διαφέρει, τόσο ποιοτικά, όσο και ποσοτικά, αφού η χρονική διάρκεια και η σημαντικότητα της συνεισφοράς στους τελικούς ρύπους του MS, εξαρτάται από τον ιδιαίτερο τρόπο που καπνίζει το συγκεκριμένο τσιγάρο ο καπνιστής (διάρκεια εισπνοής, ένταση εισπνοής, συχνότητα διαδοχικών εισπνοών).

**Πίνακας 12.** Συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων ανά τσιγάρο και λόγος Mainstream / Sidestream Smoke

ΠΟΕ	Ποσότητα ΠΟΕ ανά τσιγάρο	Λόγος Mainstream / Sidestream Smoke.
Μονοξείδιο του άνθρακα	10-23 mg	2.5-4.7
Διοξείδιο του άνθρακα	20-40 mg	8-11
Καρβονυλοσουλφίδιο	18-42 µg	0.03-0.13
Βενζένιο	12-48 µg	5-10
Τολουένιο	100-200 µg	5.6-8.3
Φορμαλδεΰδη	70-100 µg	0.1-50
Ακρολεΐνη	60-100 µg	8-15
Ακετόνη	100-250 µg	2-5
Πυριδίνη	16-40 µg	6.5-20
3-Μεθυλοπυριδίνη	12-36 µg	3-13
3-Βινυλοπυριδίνη	11-30 µg	20-40
Υδροκυάνιο	400-500 µg	0.11-0.25
Υδραζίνη	32 ng	3
Αμμωνία	50-130 µg	40-170
Μεθυλαμίνη	11.5-28.7 µg	4.2-6.4
Διμεθυλαμίνη	7.8-10 µg	3.7-5.1
Οξείδια του αζώτου	100-600 µg	4-10
N-νιτρωδοδιμεθυλαμίνη	10-40 ng	20-100
N-νιτρωδωδιαιθυλαμίνη	0-25 ng	<40
N-νιτρωδωπυρρολιδίνη	6-30 ng	6-30
Φορμικό οξύ	210-490 µg	1,4-1,6
Οξικό οξύ	330-810 µg	1.9-3.6
Μεθυλοχλωρίδιο	150-600 µg	1.7-3.3

(Πηγή: Burton, 2007)

## 6.1. Επιπτώσεις στην υγεία

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) εκτιμά ότι το ένα τρίτο του παγκόσμιου ενήλικου πληθυσμού, δηλ. 1.1 δισεκατομμύρια άνθρωποι, είναι καπνιστές και ότι ο καπνός του τσιγάρου προκαλεί 3.5 εκατομμύρια θανάτους ετησίως, σε παγκόσμιο επίπεδο. Ποσοστό που ισοδυναμεί με 10000 θανάτους την ημέρα από ασθένειες που σχετίζονται με το κάπνισμα, ενώ οι οφειλόμενοι στο κάπνισμα θάνατοι είναι περισσότεροι από το άθροισμα των θανάτων από τα πυροβόλα όπλα, τα ναρκωτικά, τις αυτοκτονίες, το AIDS και τα αυτοκινητιστικά ατυχήματα. Με τον τρέχοντα ρυθμό εξέλιξης, μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 2020, οι θάνατοι θα έχουν αυξηθεί σε περίπου 10 εκατομμύρια ετησίως. Το κάπνισμα προκαλεί τουλάχιστον 25 απειλητικές για τη ζωή ασθένειες ή ομάδες ασθενειών και αποτελεί μείζονα παράγοντα κινδύνου σε οκτώ από τις 16 κύριες αιτίες θανάτου ανθρώπων ηλικίας μεγαλύτερης των 65 ετών. Επίσης, το άμεσο και το έμμεσο κόστος της θεραπείας των νοσημάτων που σχετίζονται με το κάπνισμα αποτελεί τεράστια επιβάρυνση για τον προϋπολογισμό της υγείας, παγκοσμίως (ΠΟΥ 2007).

Οι κύριες βλαπτικές επιπτώσεις του καπνίσματος εντοπίζονται στην αύξηση της συχνότητας εμφάνισης και στην αύξηση της θνησιμότητας των παρακάτω νοσημάτων:

- στεφανιαία νόσος.
- καρκίνος του πνεύμονα, του φάρυγγα, του λάρυγγα, της ουροδόχου κύστης κ.λπ.
- χρόνιες αποφρακτικές πνευμονοπάθειες.
- αγγειακές παθήσεις του εγκεφάλου,

ενώ σημαντικές είναι οι επιπτώσεις στη βρεφική θνησιμότητα και στις εμβρυϊκές επιπλοκές κατά την κύηση.

Ο κίνδυνος από το κάπνισμα αυξάνει:

- Όσο μικραίνει η ηλικία έναρξης του καπνίσματος.
- Όσο αυξάνει η συνολική διάρκεια του καπνίσματος.
- Όσο αυξάνει ο μέσος αριθμός τσιγάρων που καταναλώνονται.



Έναρξη του καπνίσματος σε ηλικία 15 ετών μειώνει κατά μέσο όρο το προσδόκιμο ζωής κατά 8 έτη, ενώ έναρξη σε ηλικία άνω των 25 ετών, επιφέρει μείωση του προσδόκιμου ζωής κατά 4 έτη (US DHHS 1989).



**Εικόνα 10.** Δωμάτιο Καπνιστών (Πηγή: <http://www.cigarettesdigest.com>)

### **6.1.1. Στεφανιαία νόσος**

Το κάπνισμα προκαλεί στένωση των αγγείων και παραγωγή χοληστερίνης, η οποία προάγει την αρτηριοσκλήρωση. Με τους μηχανισμούς αυτούς το κάπνισμα



βλάπτει τη λειτουργία των στεφανιαίων αγγείων, όπως και άλλων αγγείων και οδηγεί στην εκδήλωση στεφανιαίας νόσου.

Το κάπνισμα αποτελεί έναν από τους κύριους παράγοντες κινδύνου της στεφανιαίας νόσου. Ευθύνεται περίπου για το 30 - 40% του συνόλου των θανάτων από τη νόσο, ενώ ειδικά στις ηλικίες κάτω των 65 ετών, για το 45% των θανάτων στους άνδρες και το 41% στις γυναίκες (US DHHS 1989).

Στα άτομα άνω των 65 ετών, ευθύνεται για το 15 - 20% των θανάτων από τη νόσο. Ο κίνδυνος προσβολής από στεφανιαία νόσο είναι στους καπνιστές περίπου 2 - 3 φορές υψηλότερος από ότι στους μη καπνιστές. Ο σχετικός κίνδυνος είναι υψηλότερος στις ηλικίες κάτω των 55 ετών (US DHHS 2000). Ο κίνδυνος εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τον αριθμό των τσιγάρων.

Από διάφορες έρευνες φαίνεται, ότι αυτοί που καπνίζουν μέχρι 10 τσιγάρα την ημέρα έχουν 25 - 30% μεγαλύτερη πιθανότητα εκδήλωσης στεφανιαίας νόσου από τους μη καπνιστές, αυτοί που καπνίζουν 10 - 20 τσιγάρα την ημέρα έχουν 30 - 50% μεγαλύτερη πιθανότητα (σχετικός κίνδυνος 1.24 – 1.89), αυτοί που καπνίζουν 20 - 40 τσιγάρα πιθανότητα 75% μεγαλύτερη (σχετικός κίνδυνος 1.76 – 2.15) και αυτοί που καπνίζουν πάνω από 40 τσιγάρα πιθανότητα 100% μεγαλύτερη από τους μη καπνιστές (σχετικός κίνδυνος 1.94 – 2.41) (Fielding 2002).

Στους μη καπνιστές που εκτίθενται παθητικά στο κάπνισμα στην οικογένεια ή στη δουλειά τους, ο κίνδυνος εκδήλωσης καρδιοπάθειας είναι 25 - 30% μεγαλύτερος σε σχέση με τους μη καπνιστές (US DHHS 2000).

### **6.1.2. Καρκίνος.**

Το κάπνισμα αποτελεί τη σημαντικότερη αιτία πρόκλησης καρκίνου και ευθύνεται για περίπου το 30% του συνόλου των θανάτων από καρκίνο. Συγκεκριμένα, το κάπνισμα ευθύνεται για:

- Το 70 - 90% των θανάτων από καρκίνο του πνεύμονα.
- Το 75 - 85% των θανάτων από καρκίνο του λάρυγγα.
- Το 50 - 75% των θανάτων από καρκίνο στόματος, φάρυγγα και οισοφάγου.
- Το 30 - 50% των θανάτων από καρκίνο της ουροδόχου κύστης και των νεφρών.

- Το 20 - 25% των θανάτων από καρκίνο του παγκρέατος, του στομάχου και μικρότερα ποσοστά άλλων καρκίνων.

Η πιθανότητα προσβολής από καρκίνο του πνεύμονα είναι στους καπνιστές κατά 23.3 φορές μεγαλύτερη στους άνδρες και κατά 12.7 φορές στις γυναίκες σε σχέση με τους μη καπνιστές. Αντίστοιχα, πολύ υψηλότερη είναι η πιθανότητα προσβολής από καρκίνο, στόματος, φάρυγγα, οισοφάγου, αλλά και διπλάσια έως τριπλάσια η πιθανότητα για καρκίνο ουροδόχου κύστης, νεφρών, παγκρέατος, κ.ά.

Παραδοσιακά, ο καρκίνος του πνεύμονα ήταν μια ασθένεια κυρίως των ανδρών. Από το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο και μετά, λόγω του ότι το κάπνισμα στις γυναίκες άρχισε να γίνεται κοινωνικά αποδεκτό, η συχνότητα του καρκίνου του πνεύμονα στις γυναίκες άρχισε να αυξάνεται προοδευτικά. Από το 1987 ο καρκίνος του πνεύμονα έγινε η πρώτη αιτία θανάτου στις Αμερικανίδες, ξεπερνώντας ακόμα και τον καρκίνο του στήθους. Μάλιστα, ο αριθμός των γυναικών που πεθαίνουν λόγω καρκίνου του πνεύμονα, είναι μεγαλύτερος από ότι το άθροισμα των θανάτων λόγω καρκίνων του μαστού και του παχέος εντέρου, που είναι αντίστοιχα η δεύτερη και τρίτη κυριότερη αιτία θανάτων λόγω καρκίνου στις γυναίκες. Η παρατηρούμενη διαφορά στο σχετικό κίνδυνο μεταξύ ανδρών και γυναικών οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, όπως την ηλικία έναρξης, τη διάρκεια του καπνίσματος, το μέσο αριθμό τσιγάρων, το βάθος εισπνοής, την ηλικία διακοπής κ.λ.π. Συγκεκριμένα έχει αποδειχθεί, ότι ο κίνδυνος εκδήλωσης καρκίνου στους καπνιστές εξαρτάται κυρίως από:

- Τον αριθμό των τσιγάρων που καπνίζουν. Ο κίνδυνος θανάτου από καρκίνο σε άνδρες που καπνίζουν κατά μέσο όρο κάτω από 10 τσιγάρα την ημέρα είναι 4 - 5 φορές μεγαλύτερος σε σύγκριση με τους μη καπνιστές, ενώ σε όσους καπνίζουν πάνω από 20 τσιγάρα, 15 - 20 φορές μεγαλύτερος (IARC 2002). Στις γυναίκες, ο σχετικός κίνδυνος φαίνεται να είναι κάπως μικρότερος από ότι στους άνδρες καπνιστές.
- Την ηλικία έναρξης του καπνίσματος. Σε όσους άρχισαν το κάπνισμα σε ηλικία κάτω των 15 ετών, η πιθανότητα θανάτου από καρκίνο του πνεύμονα είναι 17 - 19 φορές μεγαλύτερη από τους μη καπνιστές, ενώ σε όσους άρχισαν σε ηλικία άνω των 25 ετών ο κίνδυνος είναι 4 - 5 φορές μεγαλύτερος από τους μη καπνιστές (US DHHS 1989).

- Τη συνολική διάρκεια της καπνιστικής συνήθειας, παράγοντας που φαίνεται ότι έχει ιδιαίτερη σημασία. Αν υποθέσουμε ότι ο τριπλασιασμός του αριθμού των τσιγάρων που καταναλώνονται ημερησίως οδηγεί σε τριπλασιασμό του κινδύνου για καρκίνο του πνεύμονα, ο τριπλασιασμός της διάρκειας της καπνιστικής συνήθειας μπορεί να οδηγήσει σε 100πλασιασμό του κινδύνου (IARC, 2002).

Σε όσους εκτίθενται παθητικά στο κάπνισμα, ο κίνδυνος προσβολής από καρκίνο του πνεύμονα είναι κατά 20 - 30% μεγαλύτερος από τους μη καπνιστές (US DHHS 2000). Είναι επίσης χαρακτηριστικό, ότι παρά τη μεγάλη μείωση στην περιεκτικότητα των τσιγάρων σε πίσσα και τη χρήση φίλτρων που παρατηρήθηκε μετά το 1980, δεν παρατηρείται ουσιαστική μείωση του κινδύνου στους καπνιστές. Φαίνεται δηλαδή ότι τα «ελαφρά» τσιγάρα ή το φίλτρο δεν μειώνουν τον κίνδυνο (US DHHS, 2000).

### 6.1.3. Χρόνιες πνευμονοπάθειες

Το κάπνισμα αποτελεί την αιτία του 80 - 85% των κρουσμάτων από χρόνιες αποφρακτικές πνευμονοπάθειες (χρόνια βρογχίτιδα, άσθμα, πνευμονικό εμφύσημα) (US DHHS, 2004). Η κλιμάκωση του κινδύνου εμφάνισης της νόσου, σε συνάρτηση με τον αριθμό των καταναλισκόμενων τσιγάρων, είναι περίπου ίδια με εκείνη που παρατηρείται στον καρκίνο του πνεύμονα.

Δηλαδή, οι καπνιστές μισού, ενός, δύο ή άνω των δύο πακέτων τσιγάρων την ημέρα, έχουν αντίστοιχα 5, 10, 15 και 20 φορές μεγαλύτερο κίνδυνο θανάτου από χρόνιες αποφρακτικές πνευμονοπάθειες σε σύγκριση με τους μη καπνιστές (Fielding, 2002). Οι μη καπνιστές που εκτίθενται παθητικά στο κάπνισμα και ιδίως τα παιδιά, αντιμετωπίζουν επίσης σημαντικά υψηλότερο κίνδυνο προσβολής από χρόνιες πνευμονοπάθειες σε σχέση με τους μη καπνιστές (US DHHS, 2000).

### 6.1.4. Κύηση

Τόσο το ενεργητικό όσο και το παθητικό κάπνισμα κατά τη διάρκεια της κύησης έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του εμβρύου. Οι κυριότερες επιπτώσεις του καπνίσματος πάνω στο έμβρυο είναι (US DHHS, 2000):

- Το χαμηλό βάρος γέννησης, το οποίο εμφανίζεται σε συχνότητα διπλάσια από ό,τι στις κύσεις μητέρων μη καπνιστριών.

- Η αύξηση του κινδύνου πρόκλησης εμβρυϊκού θανάτου.
- Η αύξηση του κινδύνου αυτόματης αποβολής του εμβρύου.
- Η αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης πνευματικής καθυστέρησης.
- Η αύξηση της συχνότητας εμφάνισης εγκεφαλικής παράλυσης.
- Η αύξηση της συχνότητας κρουσμάτων επιληψίας, διεγερσιμότητας κ.λπ.
- Η συνολική αύξηση της βρεφικής θνησιμότητας κατά 60%.

#### **6.1.5. Άλλες συνέπειες του καπνίσματος**

Πολλές άλλες συνέπειες για τον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να έχει τόσο η συνήθεια του καπνίσματος όσο και η έκθεση σε εσωτερικό περιβάλλον καπνιστών. Μερικές από αυτές είναι το έλκος στομάχου, η ρευματοειδής αρθρίτιδα, οφθαλμολογικές παθήσεις, δερματολογικές παθήσεις και πρόωρη γήρανση του δέρματος, παθήσεις του συστήματος αναπαραγωγής και νευρολογικές παθήσεις.

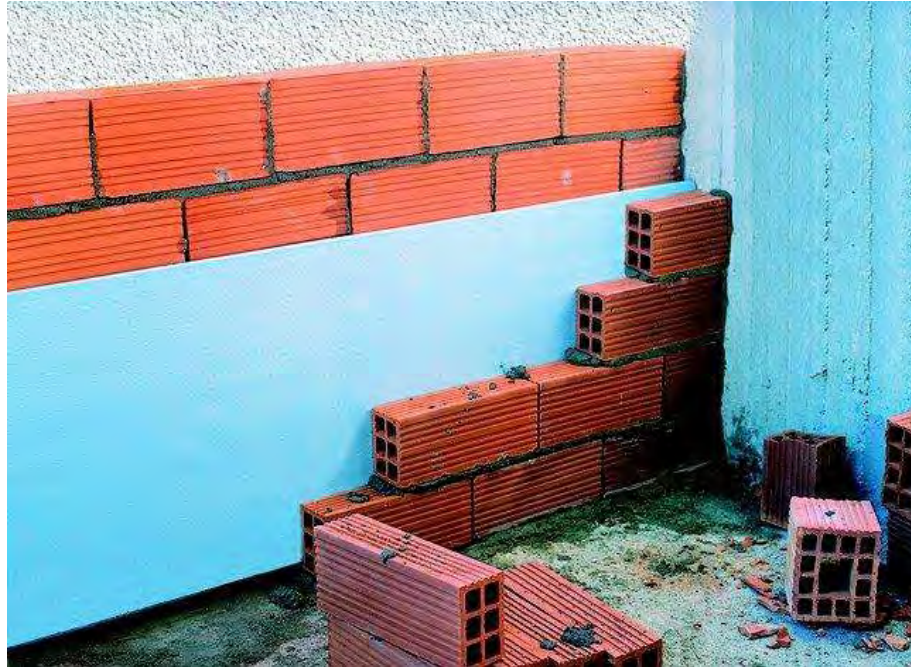
## 7. ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Η κατασκευή του κτηρίου αυτή καθαυτή συνεισφέρει στο φορτίο ρύπανσης του εσωτερικού αέρα. Τα επιμέρους υλικά κατασκευής του εκπέμπουν, σε πολλές περιπτώσεις, πτητικές οργανικές ενώσεις και σωματίδια βλαβερά για την υγεία. Κατά την φθορά και γήρανση των υλικών αυτών, άλλα γίνονται εύθρυπτα και απελευθερώνουν στον αέρα μικροσκοπικές ίνες, άλλα εκπέμπουν οσμές ενώ άλλα λειτουργούν σαν θέση συγκέντρωσης ρυπαντών και επανεκπομπής τους στον αέρα (Seltzer, 1997). Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα επιμέρους στοιχεία κατασκευής του κτηρίου που συνεισφέρουν στην ρύπανση του εσωτερικού χώρου.

### 7.1 Μονώσεις

Τα υλικά θερμομόνωσης κατασκευάζονται συνήθως από ινώδη ή αφρώδη υλικά, που στόχο έχουν να εγκλωβίσουν μικρές ακίνητες ποσότητες αέρα σε μικρούς θύλακες. Τα ινώδη υλικά συμπεριλαμβάνουν: βιομηχανικά κατασκευασμένες υαλώδεις ίνες (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας) η φυσικές ίνες κυτταρίνης (heraklit). Οι ινώδεις μονώσεις περιέχουν κυρίως αδρανή υλικά, συχνά όμως οι ίνες είναι συγκολλημένες με φαινολικές ρητίνες, ακρυλικά συγκολλητικά, αντιστατικές προσμίξεις και σταθεροποιητές που φτάνουν έως το 10% του βάρους του προϊόντος. Οι ίδιες οι ίνες του υαλοβάμβακα και του πετροβάμβακα αποτελούν κίνδυνο για την υγεία όταν εξ αιτίας της φθοράς ή της τοποθέτησης – απομάκρυνσής τους απελευθερώνονται και αιωρούνται στον αέρα. Σύμφωνα με μελέτες, η έκθεση σε μικρού μεγέθους ίνες υαλοβάμβακα ή πετροβάμβακα, μπορεί να είναι επικίνδυνη για την εκδήλωση καρκίνου του πνεύμονα, όπως στην περίπτωση του αμιάντου, παρόλο που ο χρόνος ζωής των ινών αυτών μέσα στον ανθρώπινο οργανισμό είναι μόνο 60 – 90 ημέρες (Woolley et al. 1997). Όσον αφορά τις αφρώδεις μονώσεις η ουρία-φορμαλδεΐδη που χρησιμοποιούταν αρχικά, αντικαταστάθηκε σήμερα με αφρό πολυουρεθάνης, πολυστερίνης και ελαστομερή. Οι ρυθμοί εκπομπής Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (ΠΟΕ) για τον αφρό πολυστερίνης φτάνει τα 1400  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{ημέρα}$  ενώ για τον αφρό πολυουρεθάνης τα 120  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{ημέρα}$  (Berge, 1992). Μονώσεις από αμιάντο είναι εξαιρετικά επικίνδυνες και πλέον δεν χρησιμοποιούνται αφού απελευθερώνουν τις χαρακτηριστικές ίνες που ευθύνονται για την πρόκληση σοβαρών νόσων καθώς και καρκίνου του αναπνευστικού συστήματος. Στις υπάρχουσες κατασκευές εξακολουθούν να υπάρχουν ακόμη

σημαντικές ποσότητες αμιάντου και μάλιστα σε σημεία όπου ο αμιάντος είναι, όχι μόνο εκτεθειμένος στον αέρα, αλλά και σε διατάξεις όπου ο αέρας περνάει με ταχύτητα πάνω από γυμνό αμιάντο, όπως σε περιπτώσεις αεραγωγών.



**Εικόνα 11.** Θερμομόνωση εξηλασμένης πολυστερίνης σε εξωτερικό τοίχο κτηρίου (Πηγή: [www.ermis-sa.gr](http://www.ermis-sa.gr)).

## 7.2 Χρώματα

Τα οικοδομικά χρώματα που χρησιμοποιούνται για τη βαφή εσωτερικών χώρων είναι μίγματα διαφόρων ουσιών, που έχουν σκοπό να δώσουν κατάλληλες ιδιότητες για την εκάστοτε χρήση τους (βελτιωτικά). Μερικές από αυτές τις ουσίες έχουν ανόργανη σύσταση, αλλά πολλές είναι οργανικές και ταυτόχρονα πτητικές (Berge, 1992).

### 7.2.1 Διαλύτες

Χρησιμοποιούνται για να αραιώσουν πυκνά μίγματα χρωμάτων. Ο πιο συνηθισμένος διαλύτης είναι το νέφτι. Διακρίνεται σε φυτικό και σε ορυκτό. Το φυτικό νέφτι που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα παράγεται συνήθως από απόσταξη χυμού (ρετσινιού) κωνοφόρων δέντρων ή από χυμούς φλούδας εσπεριδοειδών. Δεν θεωρείται επικίνδυνο για την υγεία όταν εξατμίζεται αλλά δεν χρησιμοποιείται συχνά. Το ορυκτό νέφτι παράγεται από την απόσταξη αργού πετρελαίου. Τα συστατικά του είναι συνήθως

το ξυλένιο, η βουτανόλη, το μεθυλισοβουτιλένιο, ο μεθυλενογλυκολαιθέρας, το τολουένιο και η μεθανόλη. Η εξάτμιση των ορυκτών αυτών συστατικών αποτελεί απειλή για την υγεία ιδιαίτερα τις πρώτες μέρες της εφαρμογής τους. Μπορούμε να πούμε όμως ότι τελικά οι διαλύτες αυτοί εξατμίζονται εντελώς μετά από ένα χρονικό διάστημα και δεν επιβαρύνουν πλέον την ατμόσφαιρα των σπιτιών (Berge, 1992).

### 7.2.2 Επιβραδυντές πήξεως.

Χρησιμοποιούνται σε χρώματα με βάση το νερό και εμποδίζουν το γρήγορο στέγνωμα. Αποτελούνται από γλυκόλες και γλυκολαιθέρες που εξατμίζονται για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά την ολοκλήρωση της βαφής και προκαλούν ερεθισμό στο αναπνευστικό σύστημα (Berge, 1992).

### 7.2.3 Μυκητοκτόνα.

Εκτός από διάφορες ανόργανες ουσίες χρησιμοποιείται συχνά φορμαλδεΰδη, ισοθιαζολόνη και τριβουτυλίνη. Οι ουσίες αυτές είναι λιγότερο ή περισσότερο πτητικές και ερεθίζουν τους βλεννογόνους ή προκαλούν αλλεργίες. Παλαιότερα και μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '70 χρησιμοποιούνταν και το ιδιαίτερα τοξικό PCB.

Άλλες βελτιωτικές ουσίες όπως ρυθμιστές pH, αντιοξειδωτικά, αντιαφριστικά και ουσίες αρωματισμού είναι συχνά πτητικές επιβαρύνοντας τον εσωτερικό χώρο (Berge, 1992).

### 7.2.4 Χρωστικές ουσίες.

Χρησιμοποιούνται για να δώσουν την επιθυμητή απόχρωση, γαλάδα ή θαμπάδα στο χρώμα και για να εξασφαλίσουν αντοχή στο ξεθώριασμα από την έκθεση στο φως.

Διακρίνονται σε ανόργανες και οργανικές. Οι ανόργανες ή λαμβάνονται απευθείας από την επιφάνεια της γης ή είναι ορυκτές ή τέλος παρασκευάζονται συνθετικά. Οι οργανικές χρωστικές δεν έχουν πολύ καλές ιδιότητες και χρησιμοποιούνται σπάνια. Σε πολλές περιπτώσεις οι χρωστικές ουσίες είναι τοξικές.

Γενικά δεν εξατμίζονται και προκαλούν προβλήματα στην υγεία μόνο κατά την τριβή, την αφαίρεση τους και κατά την επαφή τους με το δέρμα ή το στόμα των παιδιών (Berge, 1992).

Πίνακας 13. Συστατικά χρωστικών ουσιών και τοξικότητα αυτών

<u>ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ</u>	<u>ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ</u>	<u>ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ</u>
<b>Λευκές χρωστικές</b>		
Λευκό του Μολύβδου	Ανθρακικό άλας του Μολύβδου	Πολύ δηλητηριώδες
<b>Κίτρινες χρωστικές</b>		
Κίτρινο του Καδμίου	Θειούχο Κάδμιο	Πολύ δηλητηριώδες
Κίτρινο του Χρωμίου	Χρωμικός Μόλυβδος, Θεικός Μόλυβδος	Πολύ δηλητηριώδες
Κίτρινο του Ψευδαργύρου	Χρωμικός Ψευδάργυρος, Χρωμικό Νάτριο	Πολύ δηλητηριώδες
Κίτρινο της Νάπολης	Αντιμονικός Μόλυβδος	Πολύ δηλητηριώδες
<b>Κόκκινες χρωστικές</b>		
Κόκκινο του Χρωμίου	Χρωμικός Μόλυβδος	Πολύ δηλητηριώδες
Κόκκινο του Καδμίου	Θειούχο Κάδμιο	Πολύ δηλητηριώδες
Κόκκινο του Μολύβδου (Μίνιο)	Οξείδιο του Μολύβδου,	Πολύ δηλητηριώδες, αντιδιαβρωτικό μετάλλων
<b>Κυανές χρωστικές</b>		
Μπλε του Μαγγανίου	Μαγγανικό Βάριο	Δηλητηριώδες
Μπλε του Κοβαλτίου	Αργυλικό Κοβάλτιο	Περιέχει ελαφρά δηλητηριώδη στεγνωτικά
Μεταλλικό μπλε	Σιδηροκυανίδες	Δηλητηριώδες
<b>Πράσινες χρωστικές</b>		
Πράσινο του χρωμίου	Χρωμικός Μόλυβδος	Πολύ δηλητηριώδες
Πράσινο Ψευδαργύρου	Θεικός Μόλυβδος	Δηλητηριώδες

(Πηγή: Berge, 1992)



### 7.3 Κόλλες

Είναι σχεδιασμένες να συγκολλούν δύο όμοια ή διαφορετικά δομικά υλικά μεταξύ τους. Κατασκευάζονται από φυσικές ή συνθετικές ρητίνες. Από τις ρητίνες αυτές, όσες συντίθενται από στερεά πολυμερή ή λάστιχο παρουσιάζουν την υψηλότερη εκπομπή ΠΟΕ επειδή είναι διαλυμένες σε μεγάλη ποσότητα διαλυτών. Οι διαλύτες αυτοί κατά τη διαδικασία στερεοποίησης της κόλλας αποβάλλονται στον αέρα.

### 7.4 Στεγανωτικά – Σφραγιστικά

Παράγονται από πετρέλαιο και από ασφατικές ουσίες ή είναι συνθετικά και σκοπός της χρήσης τους είναι η φραγή από σκόνη, υγρασία, ρύπανση αλλά και η πλήρωση κενών. Καθώς στεγνώνουν αποβάλλουν διαλύτες και άλλα βελτιωτικά και εκπέμπουν ΠΟΕ.

### 7.5 Πλαστικά υλικά

Στη διάρκεια των τελευταίων 35 ετών αποστάγματα από πετρέλαιο και φυσικό αέριο είναι τα μόνα ακατέργαστα υλικά που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία παρασκευής πλαστικών. Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν έλαια από κάρβουνο, αλλά και φυσικά υλικά όπως η κυτταρίνη και οι πρωτεΐνες από ζώα ή φυτά. Τα πλαστικά υλικά είναι ουσίες που περιέχουν συνθετικά ή φυσικά οργανικά υλικά που μπορούν να υγροποιηθούν, και έτσι να χυτευθούν και να πάρουν το σχήμα ενός καλουπιού. Στη διάρκεια της παραγωγής χρησιμοποιούνται ουσίες, όπως η χλωρίνη, το θειάφι και το υδροχλωρικό οξύ, όπως και χημικά με βάση το πετρέλαιο. Επίσης στη σύνθεση των πλαστικών περιέχονται πολλά βελτιωτικά πρόσθετα όπως πλαστικοποιητές, χρώματα, σταθεροποιητές έναντι της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς και ουσίες για τον αρωματισμό του υλικού (Berge, 1992).

Τα συνηθέστερα πλαστικά υλικά, που βρίσκουν εφαρμογή στο εσωτερικό των κτηρίων, είναι το πολυαιθυλένιο (PE), το πολυπροπυλένιο (PP), το πολυστυρένιο (PS), η πολυουρεθάνη (PUR) και το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC). Στη φάση της παραγωγής τους τα περισσότερα πλαστικά υλικά εκπέμπουν ουσίες ικανές να βλάψουν τον ανθρώπινο οργανισμό. Από αυτά, εκπομπές ικανές να ρυπάνουν τον αέρα των εσωτερικών χώρων κατά τη χρήση τους, παρουσιάζουν σε μικρό βαθμό η πολυουρεθάνη, με την εκλυση ισοκυανικών ενώσεων και αμινών (Berge, 1992) και πολύ περισσότερο το PVC και τα θερμοσυνθετικά πλαστικά. Το PVC είναι ένα από τα πλέον χρησιμοποιούμενα πλαστικά υλικά. Είναι θερμοπλαστικό και παράγεται με βάση

το πετρέλαιο και το χλώριο. Ουσίες που εκπέμπει το PVC στην ατμόσφαιρα είναι οι αλειφατικοί και αρωματικοί υδρογονάνθρακες, η αλκυλοφαινόλη, οι ακυκλικοί και αρωματικοί εστέρες του ανθρακικού οξέος κ.α. Τα θερμοσυνθετικά πλαστικά κατασκευάζονται με φορμαλδεΰδη την οποία εκπέμπουν για πολλά χρόνια μέσα στο κτήριο (Κορωναίος και Σαργέντης, 2005).

## 7.6 Σκυρόδεμα – τσιμεντόλιθοι

Όπως όλα τα υλικά που προέρχονται από τη γη έτσι και το σκυρόδεμα περιέχει μικρές ποσότητες ουρανίου και άλλων ραδιενεργών υλικών που ευθύνονται για την παραγωγή αερίου ραδονίου. Το συστατικό που είναι κυρίως υπεύθυνο για την παραγωγή ραδονίου είναι η ηφαιστειακή τέφρα που αποτελεί βασικό υλικό στην κατασκευή του τσιμέντου. Η εκπομπή αυτή είναι σχετικά μικρή και έχει σαν αποτέλεσμα αμελητέα αύξηση στην δόση ακτινοβολίας που ούτως ή άλλως προέρχεται από το έδαφος σε ένα συνηθισμένο σπίτι (Woolley et al. 1997).

## 7.7 Μοριοσανίδες – Κόντρα πλακέ – Επενδύσεις μελαμίνης

Οι μοριοσανίδες κατασκευάζονται από μικρά κομμάτια ξύλου (πριονίδια, φλούδες, τρίμματα) που προέρχονται από κατακερματισμό, είτε παρθένου ξύλου, είτε άχρηστων τμημάτων, που περισσεύουν από τη διαδικασία παραγωγής προϊόντων ξύλου. Τα μικρά αυτά κομμάτια αναμιγνύονται με ρητίνη σε ποσοστό 7 – 10 % και συμπίεζονται για να πάρουν το επιθυμητό σχήμα. Η ρητίνη αυτή είναι συνήθως ουρία-φορμαλδεΰδη ή μελαμίνη ουρία-φορμαλδεΰδη για μεγαλύτερη προστασία από την υγρασία.

Το κόντρα πλακέ είναι συγκολλημένα λεπτά φύλλα ξύλου σε επάλληλες στρώσεις διασταυρούμενων ινών, που ανάλογα με τον αριθμό των στρώσεων, διατίθεται σε διάφορα πάχη. Αυτά τα φύλλα συγκολλούνται μεταξύ τους με ρητίνες φορμαλδεΰδης ή σπανιότερα υδροκυανίου.

Οι επενδύσεις μελαμίνης κατασκευάζονται από απλό η διακοσμητικό χαρτί διαποτισμένο με ρητίνη μελαμίνης φορμαλδεΰδης, πού κάτω από συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, μετατρέπεται σε ένα σκληρό φύλλο που επενδύει της πλάκες μοριοσανίδας και τις δίνει μια ανθεκτική και ευπαρουσίαστη εξωτερική επιφάνεια.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις η χρήση φορμαλδεΰδης στα προϊόντα ξύλου είναι υπεύθυνη για τη ρύπανση της εσωτερικής ατμόσφαιρας για πολλά χρόνια, αφού η

φορμαλδεΰδη εξατμίζεται σταδιακά και ιδιαίτερα στους πρώτους μήνες της χρήσης των υλικών ξύλου.

### **7.8 Χαλιά και επιστρώσεις δαπέδων.**

Οι συνθετικές μοκέτες και χαλιά αποτελούν μια αναγνωρισμένη πηγή Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (ΠΟΕ) που πηγάζουν από το τρίχωμα – χνούδι τους, αλλά κυρίως από το υπόβαθρό τους και την συγκολλητική ουσία, τόσο των ινών, όσο και της μοκέτας με το πάτωμα. Οι πιο άξιες προσοχής ΠΟΕ που απελευθερώνουν τα συνθετικά χαλιά είναι το στυρένιο, το 4-φαινυλοκυκλοεξάνιο (την πηγή της μυρωδιάς του «καινούργιου χαλιού»), το 4-αιθυνυλοκυκλοεξάνιο και η φορμαλδεΰδη.

Τα φύλλα βινυλίου (PVC), που χρησιμοποιούνται για καλύψεις δαπέδων, κατασκευάζονται από το μονομερές βινυλοχλωρίδιο και το αιθυλενοδυχλωρίδιο που είναι γνωστά για την καρκινογόνο δράση τους και τους ισχυρούς ερεθισμούς που προκαλούν. Περιέχουν μεγάλο εύρος προσθέτων όπως βαρέα μέταλλα, μυκητοκτόνα, χρώματα και πλαστικοποιητές. Οι τελευταίοι χρησιμοποιούνται για την αύξηση της ευκαμψίας των φύλλων και απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα ΠΟΕ όπως το βενζυλοχλωρίδιο. Τα φύλλα PVC επίσης ελευθερώνουν το καρκινογόνο μονομερές βινυλοχλωρίδιο που δεν αντέδρασε και παρέμεινε από τη διαδικασία παραγωγής, αλλά σε πολύ μικρές ποσότητες (Woolley et al, 1997).

### **7.9 Πλαστικά κουφώματα.**

Συνήθως κατασκευάζονται από PVC και απελευθερώνουν και αυτά μικρές ποσότητες καρκινογόνου μονομερούς βινυλοχλωριδίου σε όλη τη διάρκεια ζωής του υλικού. Όταν τα κουφώματα είναι καινούργια αποδίδουν τη χαρακτηριστική οσμή πλαστικού που οφείλεται στην εξάτμιση των διαφόρων πτητικών χημικών που περιέχονται στη μάζα τους (Woolley et al. 1997).

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι τα δομικά υλικά των κτηρίων στις περισσότερες περιπτώσεις ρυπαίνουν ιδιαίτερα την εσωτερική ατμόσφαιρα όταν είναι καινούργια και όταν διαταράσσονται, στη διάρκεια των ανακαινίσεων, των αποξηλώσεων και των καθαιρέσεων. Πολλά από αυτά γίνονται ιδιαίτερα τοξικά όταν θερμανθούν ή καούν. Είναι λοιπόν σκόπιμο να λαμβάνονται μέτρα προστασίας τόσο για τους εργαζομένους όσο και για του ενοίκους στις παραπάνω περιπτώσεις.

## 8. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΜΑΓΕΙΡΕΜΑΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΚΑΠΝΑΓΩΓΟΥΣ – ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ (ΚΕΚ)

Η δυνατότητα της φλόγας και γενικότερα της καύσης να ρυπάνουν τον αέρα και να επηρεάσουν την υγεία, είναι κάτι ευρέως γνωστό. Πέρα από το κάπνισμα πολλές άλλες πηγές προϊόντων καύσης είναι ικανές να ρυπάνουν σε επικίνδυνο βαθμό τους κλειστούς χώρους. Τέτοιες πηγές αποτελούν οι σόμπες υγραερίου, ξύλου και κηροζίνης χωρίς καπναγωγό, μαγκάλια, τζάκια που δεν απάγουν επαρκώς τον καπνό, φούρνοι, ψησταριές και διαφόρων τύπων διατάξεις μαγειρέματος, που αποδίδουν κατάλοιπα καύσης απευθείας στο χώρο διαβίωσης. Συχνά επικίνδυνες συγκεντρώσεις ρύπων μπορεί να προκύψουν σε χώρους μαγειρείων, από καμένο φαγητό ή ακούσιες αναφλέξεις φαγητών.

**Πίνακας 14.** Πηγές ρυπαντών καύσης στον εσωτερικό αέρα

Πηγή	Κύριοι Ρυπαντές
Κουζίνες αερίου	NO <sub>2</sub> , CO
Θερμάστρες χώρου αερίου ή κηροζίνης	NO <sub>2</sub> , CO, νιτρικό οξύ, SO <sub>2</sub>
Τζάκια, ξυλόσομπες, μαγκάλια	CO, σωματίδια, οργανικές ενώσεις
Συσκευές αερίου (κλίβανοι, θερμοσίφωνες, στεγνωτήρια ρούχων)	NO <sub>2</sub> , CO
Κάπνισμα	CO, σωματίδια, οργανικές ενώσεις
Κινητήρες εσωτερικής καύσης	NO <sub>2</sub> , CO

(Πηγή: Lambert , 1997)

Ρύποι, που προέρχονται από καύση, μπορεί να εισέλθουν στον εσωτερικό χώρο του κτηρίου, από καπναγωγούς και καμινάδες συστημάτων κεντρικής θέρμανσης άλλα και μεμονωμένων θερμαστών και τζακιών, που δεν έχουν μελετηθεί, τοποθετηθεί ή

συντηρηθεί σωστά, παρουσιάζουν ρηγματώσεις και άλλες φθορές. Επίσης, συχνά, η επικοινωνία των χώρων κύριας χρήσης με χώρους στάθμευσης αυτοκινήτων ή με ελλιπώς αεριζόμενους χώρους λεβητοστασίων, είναι η αιτία για τη ρύπανση του εσωτερικού χώρου με προϊόντα καύσης. Τα προϊόντα καύσης των παραπάνω πηγών περιλαμβάνουν τόσο αέρια καύσης, όπως το μονοξείδιο του άνθρακα και τα οξείδια του αζώτου, όσο και ποικιλία σωματιδίων (EPA, 2010).



**Εικόνα 12.** Θερμάστρα φωτιστικού πετρελαίου – κηροζίνης χωρίς καπναγωγό (Πηγή: [www.kerosun.com](http://www.kerosun.com)).

### 8.1 Σχηματισμός των ρυπαντών καύσης.

Οι κυριότεροι τύποι ρυπαντών καύσης, που σχηματίζονται στη φλόγα και στις μηχανές εσωτερικής καύσης, είναι τα οξείδια του αζώτου, τα οξείδια του θείου, τα σωματίδια και τα οξέα. Στην καύση υψηλής θερμοκρασίας, όπως π.χ. η καύση βενζίνης ή καυσίμου αερίου, σχηματίζονται  $\text{NO}$  και  $\text{NO}_2$ , από την οξείδωση του στοιχείου του αζώτου στον αέρα. Το  $\text{CO}$  σχηματίζεται από την οξείδωση του άνθρακα, και η σωματιδιακή ύλη που προέρχεται από τον άνθρακα σχηματίζεται από χημικές αντιδράσεις, που δημιουργούν μεγάλα μόρια από μικρότερους υδρογονάνθρακες. Προσμείξεις θείου που συνυπάρχουν στα ορυκτά καύσιμα οξειδώνονται εντελώς σε διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ). Η θερμοδυναμική των καυσίμων μειγμάτων κατά τη στιγμή της καύσης είναι περίπλοκη και ο ρυθμός σχηματισμού των ρυπαντών εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, από τη θερμοκρασία και το λόγο καυσίμου προς αέρα. Η παραγωγή

οξειδίου του αζώτου είναι αυξημένη στις υψηλότερες θερμοκρασίες, ενώ ο σχηματισμός CO, πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων και σωματιδίων ενισχύεται σε συνθήκες πλουσίων μειγμάτων (Lambert , 1997).

## 9. ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ.

Οι ρύποι από καταναλωτικά και εμπορικά προϊόντα απαντώνται οπουδήποτε υπάρχουν άνθρωποι που κατοικούν σε ένα κτήριο. Κάποιοι ρυπαντές αυτής της κατηγορίας μπορεί να επιβαρύνουν το εσωτερικό περιβάλλον για περιορισμένο χρονικό διάστημα εξαιτίας της ευκαιριακής χρήσης τους, όπως τα χρώματα και τα εντομοκτόνα και κάποιοι να ρυπαίνουν συνεχόμενα λόγω της επαναλαμβανόμενης χρήσης προϊόντων όπως τα καθαριστικά, τα αποσμητικά χώρου και τα συντηρητικά κεριά.

Προϊόντα αυτοκινήτου όπως λιπαντικά, υδραυλικά υγρά, βενζίνη πετρέλαιο και καθαριστικά, διαλυτικά και άλλα βιομηχανικά χημικά ικανά να ρυπάνουν τον εσωτερικό χώρο είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ή αποθηκευτούν σε οικιακό περιβάλλον. Κόλλες κάθε είδους χρησιμοποιούνται συχνά και αποβάλλουν ποικιλία ΠΟΕ. Μηχανήματα γραφείου και οικιακές συσκευές, φωτοτυπικός και φωτογραφικός εξοπλισμός, καλλυντικά και προϊόντα προσωπικής περιποίησης όπως τα σαμπουάν, οι λακ μαλλιών, αρώματα και κολόνιες εκπέμπουν ΠΟΕ συστηματικά. Η ενασχόληση με κάποιο χόμπι μπορεί να επιβαρύνει τον εσωτερικό αέρα, όταν γίνεται χρήση ειδικών χημικών αλλά και βαρέων μετάλλων, όπως ο μόλυβδος για την κατασκευή βιτρώ και τα κράματα μολύβδου για τη συγκόλληση ηλεκτρικών – ηλεκτρονικών εξαρτημάτων. Επίσης ο ρουχισμός, τα κλινοσκεπάσματα και οι υφασμάτινες επενδύσεις περιέχουν ουσίες (αντιστατικές, καθαρισμού, κολλαρίσματος κ.λ.π.) που εκπέμπουν πλήθος ΠΟΕ για διάφορες χρονικές περιόδους (Seltzer, 1997).

## 10. ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ – ΟΙΚΙΑΚΑ ΠΑΡΑΣΙΤΟΚΤΟΝΑ

Ο όρος οικιακά παρασιτοκτόνα περιλαμβάνει κάθε ουσία που έχει δημιουργηθεί με σκοπό να απαλλάξει τον άνθρωπο, από ζώα, έντομα ή φυτά, που η παρουσία τους στο οικιακό περιβάλλον ή κοντά σε αυτό μπορεί να προκαλέσει ασθένειες, βιολογική ρύπανση και άλλα προβλήματα. Τα παρασιτοκτόνα μπορεί να είναι ουσίες διαφόρων συνθέσεων, ανάλογα με το στόχο για τον οποίο προορίζονται, και διακρίνονται σε εντομοκτόνα, μυοκτόνα, μυκητοκτόνα, φυτοφάρμακα, ακαρεοκτόνα κλπ. Εφαρμόζονται εκτός από τους ευρύτερους χώρους του σπιτιού και της αυλής, σε κλειστούς κενούς χώρους κάτω από ξύλινα δάπεδα και στέγες, κλειστά ερμάρια, έπιπλα, ρούχα και χώρους αποθήκευσης τροφίμων. Οι χημικές αυτές ουσίες, από τις οποίες θα πρέπει να εξαιρεθούν όσες προορίζονται για αγροτική χρήση, αντιπροσωπεύουν μια σημαντική πηγή έκθεσης για τον άνθρωπο με ανάλογες επιπτώσεις για τη υγεία του (Wagner, 1997).



**Εικόνα 13.** Ποικιλία εντομοκτόνων σε αποθηκευτικό χώρο (Πηγή: University of Minnesota, <http://www.extension.umn.edu>).

Από τις παραπάνω ουσίες, τα εντομοκτόνα χρήζουν της μεγαλύτερης προσοχής, σχετικά με τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και ακολουθούν τα μυοκτόνα και τα



μυκητοκτόνα. Όσον αφορά τα ζιζανιοκτόνα των φυτών, αποτελούν μικρότερο κίνδυνο, αφού μεταφέρονται από την αυλή στο οικιακό περιβάλλον έμμεσα, μέσω των ρούχων ή των υποδημάτων. Στην περίπτωση των εντομοκτόνων, η άμεση εφαρμογή τους στους εσωτερικούς χώρους είναι ο λόγος που καθίστανται πιο επικίνδυνα.

Σε όλες τις περιπτώσεις πάντως ένα σημαντικό ζήτημα σχετικά με τις ουσίες αυτές, όπως και με κάθε χημική ουσία, είναι αυτό της αποθήκευσής τους. Ακόμη και έπειτα από σωστή χρήση και σφράγισμα των προϊόντων αυτών, οι διαρροές από τα δοχεία μπορεί να ρυπάνουν την γύρω περιοχή και τον αέρα. Οι διαλύτες που συχνά εμπεριέχονται στα εντομοκτόνα μπορούν με την πάροδο του χρόνου να επηρεάσουν τα πλαστικά δοχεία, τα καλύμματά τους ή τις πλαστικές βαλβίδες και να εμφανιστούν επικίνδυνες διαρροές. Κάποια είδη εντομοκτόνων πάλι αποσυντίθενται σε πιο τοξικά αν δεν χρησιμοποιηθούν σε εύλογο χρονικό διάστημα και γι' αυτό η αποθήκευσή τους για μεγάλο χρονικό διάστημα πρέπει να αποφεύγεται.

Η συγκέντρωση τους στο εσωτερικό των κτηρίων εξαρτάται καταρχήν, από τον τρόπο της εφαρμογής, που μπορεί να είναι με ψεκασμό στο χώρο, με τοπική εφαρμογή σε σημεία διέλευσης και συγκέντρωσης εντόμων, ή εντός δαπέδων, στεγών και κλειστών κοιλοτήτων. Επίσης εξαρτάται από τα υλικά, πάνω στα οποία εφαρμόζονται, από τη θερμοκρασία και τον αερισμό του χώρου και τέλος από την ίδια την σύνθεση του εντομοκτόνου (Wagner, 1997).

### **10.1. Τρόποι απορρόφησης**

Ο κίνδυνος από την έκθεση στα συστατικά των εντομοκτόνων εξαρτάται όπως σε κάθε τοξική έκθεση από το χρονικό διάστημα και τον τρόπο της απορρόφησης, τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά της ουσίας, καθώς και την ευαισθησία του ατόμου που εκτίθεται. Οι κύριες οδοί εισαγωγής των ουσιών αυτών στο σώμα είναι η αναπνευστική και το δέρμα. Σπανιότερα η εισαγωγή γίνεται από το στόμα, κυρίως από την επαφή των χειρών των παιδιών με το στόμα.

Το αναπνευστικό σύστημα προσλαμβάνει τους ρύπους από τα εντομοκτόνα, είτε ως λεπτόκοκκα σωματίδια σκόνης, είτε με τη μορφή του αεροζόλ. Στα παιδιά η πρόσληψη είναι λίγο μεγαλύτερη, αφού λόγω του χαμηλότερου ύψους τους και συχνά, λόγω της συχνής επαφής τους με το δάπεδο, προσροφούν μεγαλύτερο ποσό ρύπων σε μορφή σκόνης που αναταράζεται από το περπάτημα.

## **10.2. Επιπτώσεις στην υγεία**

Η επαφή του ανθρώπινου σώματος με τα εντομοκτόνα για μεγάλο χρονικό διάστημα είναι υπεύθυνη για αναπνευστικά και δερματολογικά προβλήματα και ποικίλες αλλεργικές αντιδράσεις. Επίσης, έκθεση σε υψηλά επίπεδα εντομοκτόνων με βάση το κυκλοδιένιο δημιουργεί ποικίλα συμπτώματα, συμπεριλαμβανομένων των πονοκεφάλων, της ναυτίας, της αδυναμίας και της μυικής ατονίας. Μεγαλύτερη έκθεση στην ουσία αυτή μπορεί να προκαλέσει βλάβες στο ήπαρ και το κεντρικό νευρικό σύστημα, καθώς και αυξημένη πιθανότητα ανάπτυξης καρκίνου.

## 11. ΡΑΔΟΝΙΟ

### 11.1 Γενικά

Το ραδόνιο είναι ένα αδρανές ραδιενεργό αέριο και προέρχεται από τη διάσπαση του ραδίου. Είναι άχρωμο, άοσμο, άγευστο, ανήκει στην ομάδα των ευγενών αερίων και ως εκ τούτου είναι χημικά αδρανές. Είναι επικίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου και σύμφωνα με τα τελευταία δεδομένα όπως αναφέρονται από το UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) το 47% της ετήσιας ραδιενεργού δόσης που λαμβάνει ο μέσος κάτοικος της γης οφείλεται στο ραδόνιο και στα επίσης ραδιενεργά συστατικά του. Το ραδόνιο προέρχεται από το ράδιο που είναι μέλος της ραδιενεργούς σειράς του Ουρανίου 238 (U-238) το οποίο αποτελεί μέρος της φυσικής ραδιενέργειας της γης. Το Ουράνιο 238 όπως και το ράδιο περιέχεται σε μικρές συνήθως ποσότητες σε όλα τα πετρώματα και εδάφη της γης. Ταυτόχρονα, απαντάται και σε όλα τα οικοδομικά υλικά αφού και αυτά προέρχονται από πρώτες ύλες της γης. Το ραδόνιο (Ra-222) σαν αέριο που είναι, αν του δοθεί η δυνατότητα διαφεύγει από το έδαφος ή από τα οικοδομικά υλικά και εισέρχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα όπου και διαχέεται.

Αυτή η ρύπανση του αέρα από το ραδόνιο είναι πανταχού παρούσα, αλλά στον ανοικτό χώρο είναι σχεδόν ασήμαντη, αφού η συγκέντρωση του ραδονίου εκεί είναι πολύ μικρή. Η δυνατότητα εισόδου του όμως σε κλειστούς χώρους και κτίρια συχνά αυξάνει τη συγκέντρωσή του σε επικίνδυνα για την υγεία επίπεδα. Πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις παρατηρούνται σε υπόγειες στοές, ορυχεία και σπήλαια. Η μέγιστη συγκέντρωση αερίου ραδονίου έχει βρεθεί σε ορυχεία ουρανίου, όπου και έχουν παρατηρηθεί προβλήματα με την υγεία των εργαζομένων.

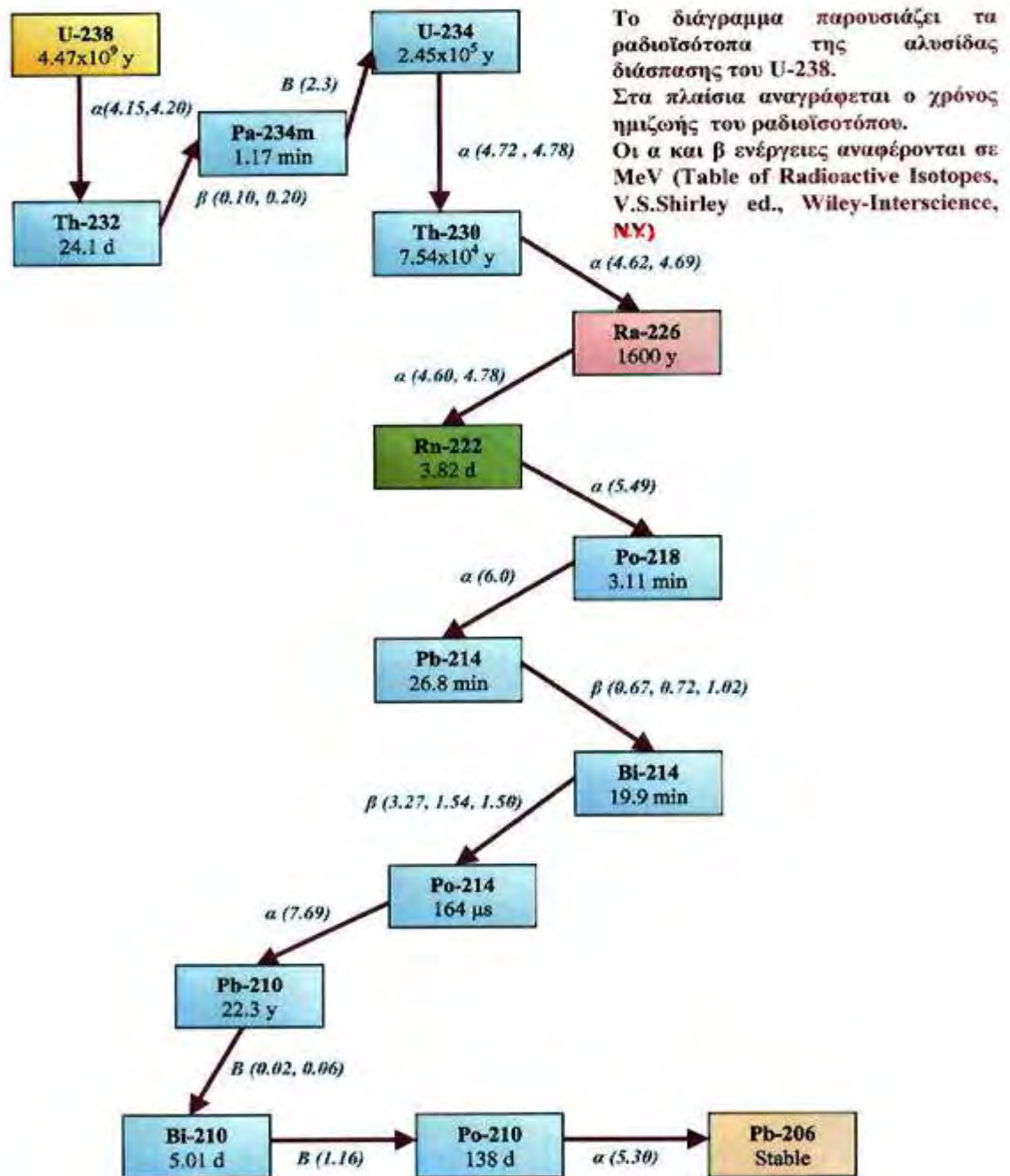
### 11.2 Επιδράσεις στην υγεία

Στο άρθρο **Radon** των H. Frumklin και M.Samet που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό: Cancer Journal for Clinicians το 2001 αναφέρονται αναλυτικά οι απόψεις της ιατρικής επιστήμης γύρω από τις επιδράσεις του ραδονίου στην υγεία.

Η εισπνοή ραδονίου αποτελεί παγκοσμίως τη δεύτερη σε συχνότητα αιτία πρόκλησης καρκίνου του πνεύμονα μετά το κάπνισμα. Αλλά και μεταξύ των θανάτων που οφείλονται στο κάπνισμα, συχνά, το ραδόνιο ήταν συνυπεύθυνο για την πρόκληση

της νόσου. Σύμφωνα με τους Frumkin και Samet (2001) εκτιμάται ότι στις Ηνωμένες Πολιτείες κάθε χρόνο 15400 – 21800 θάνατοι (ανάλογα με τη μέθοδο υπολογισμού) οφείλονται στο ραδόνιο. Μελέτες σε εργαζόμενους ορυχείων ήταν από τις πρώτες που απέδειξαν το συσχετισμό της εισπνοής αερίου ραδονίου με εμφάνιση καρκίνου του πνεύμονα.

### Ραδιενεργός σειρά του U-238



Εικόνα 14. Ραδιενεργός σειρά του U-238 (Πηγή: [www.eeae.gr](http://www.eeae.gr))

Το ραδόνιο εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό με την αναπνοή. Έχει ένα χρόνο ημιζωής 3.8 ημερών και κατόπιν διασπάται σε μια σειρά από στερεά στοιχεία που ονομάζονται θυγατρικά του ραδονίου.

Οι επιπτώσεις στην υγεία και συγκεκριμένα στο αναπνευστικό σύστημα οφείλονται κυρίως στα θυγατρικά του ραδονίου, παρά στο ίδιο το ραδόνιο. Μεταξύ των στοιχείων αυτών το Πολώνιο-218, το Πολώνιο-214, το Βιρίλιο-214 και ο Μόλυβδος-214 είναι μερικά από τα θυγατρικά του ραδονίου που εκπέμπουν σωματίδια άλφα και δεν είναι χημικά αδρανή.

Αμέσως μετά το σχηματισμό τους τα παραπάνω θυγατρικά προσκολλώνται σε αιωρούμενα σωματίδια, τα οποία με την εισπνοή επικάθονται στο πνευμονικό επιθήλιο. Τα σωματίδια άλφα, παρόλο που δεν διεισδύουν βαθιά μέσα στους ιστούς, όπως η ακτινοβολία γάμμα, φέρουν ενέργεια αρκετή για να προκαλέσουν μόνιμη βλάβη στο DNA των πυρήνων των κυττάρων και να αυξήσουν την πιθανότητα ανάπτυξης καρκίνου του πνεύμονα.

Η υποψία ότι η εργασία σε υπόγεια ορυχεία συνδέεται με αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου εκφράστηκε πολύ πριν το ραδόνιο ανακαλυφθεί ως στοιχείο. Ήδη από το 1556 έχει γραφτεί η ασυνήθιστα υψηλή θνησιμότητα εργαζομένων σε ορυχεία στα Καρπάθια όρη. Τριακόσια περίπου χρόνια αργότερα, μελέτες στην περιοχή ανακάλυψαν ότι κύρια αιτία των θανάτων ήταν όγκοι στον πνεύμονα. Στις αρχές του εικοστού αιώνα αυξημένα κρούσματα καρκίνου του πνεύμονα σε ορυχεία της Γερμανίας και της Τσεχοσλοβακίας έβαλαν υποψίες στους ερευνητές, ότι υπεύθυνη ήταν η αυξημένη ποσότητα αερίου ραδονίου, που εισέπνεαν οι εργάτες, σε σύγκριση με την ατμόσφαιρα στην επιφάνεια της γης. Τη δεκαετία του '50 οι επιστήμονες, μετά από εκτεταμένες επιδημιολογικές μελέτες βεβαιώθηκαν ότι η έκθεση στα παράγωγα του ραδονίου είναι απολύτως υπεύθυνη για καρκινογένεση στον πνεύμονα.

Αν και η επαγγελματική έκθεση στο ραδόνιο είχε αποδειχθεί, άρχισαν να εκφράζονται ανησυχίες ότι και η έκθεση των απλών κατοίκων στο ραδόνιο, που πραγματοποιείται στους κλειστούς χώρους των κτιρίων, θα μπορούσε να είναι επιβλαβής για την υγεία. Αυτό ήταν ιδιαίτερης σημασίας, αφού επρόκειτο για ολόκληρο τον πληθυσμό του πλανήτη. Η διαφορά είναι ότι στην περίπτωση αυτή η έκθεση στο ραδόνιο μπορεί να μη φτάνει σε τόσο υψηλά επίπεδα όσο στο εσωτερικό της γης αλλά είναι μακροχρόνια και συνεχής. Παιδιά και ενήλικες εκτίθενται στο ραδόνιο κατά την παραμονή τους στο σπίτι, στο σχολείο, σε δημόσια κτίρια και σε

οποιοδήποτε άλλο κλειστό χώρο. Αυτό συμβαίνει, καθώς το αέριο ραδόνιο, που απελευθερώνεται από το έδαφος, εισέρχεται στο εσωτερικό των κτιρίων δια μέσου ασυνεχειών στους τοίχους και στο δάπεδο των σπιτιών. Τέτοιου είδους ασυνέχειες είναι μικρές ρωγμές, αρμοί ή ακόμη και οπές διέλευσης δικτύων ύδρευσης, αποχέτευσης και ηλεκτρισμού. Η αιτία της εισόδου του ραδονίου στο κτίριο είναι η διαφορά πίεσης καθώς και η διαφορά συγκέντρωσης που υπάρχει εντός του σπιτιού σε σχέση με τη γη και τον εξωτερικό χώρο. Αφού το ραδόνιο εισέρχεται στο κτίριο κυρίως από τη γη, η συγκέντρωσή του στους χαμηλότερους ορόφους και ιδιαίτερα στα ισόγεια και τα υπόγεια είναι μεγαλύτερη, λόγω της εγγύτητάς τους με το έδαφος. Πάνω από το δεύτερο όροφο η συγκέντρωση συνήθως είναι μειωμένη εκτός και αν πρόκειται για ειδικές περιπτώσεις. Συνεπώς άτομα που ζουν και εργάζονται σε υπόγεια και χαμηλούς ορόφους (στο σπίτι ή την εργασία) έχουν να αντιμετωπίσουν συγκριτικά υψηλότερα επίπεδα έκθεσης. Παρόλο που γενικά το ραδόνιο γεννιέται από κάθε πέτρωμα και έδαφος της γης, τα επίπεδα ραδονίου που παράγονται ποικίλουν ανάλογα με το υπέδαφος της περιοχής. Αυτό σε συνδυασμό και με άλλους παράγοντες, όπως το είδος της οικίας, η εποχή του χρόνου ή ο βαθμός αερισμού της, μπορεί να ανεβάσουν τα επίπεδα ρύπανσης σε βαθμό που να πλησιάζει αυτά των ορυχείων.



**Εικόνα 15.** Είσοδος ραδονίου στις κατοικίες (Πηγή: [www.texnikos.gr](http://www.texnikos.gr))

Η έκθεση στο ραδόνιο παρατηρείται και σε ποικίλους εργασιακούς χώρους ή ασχολίες, όπως οι ιαματικές πηγές, τα σπήλαια, οι υπόγειοι χώροι εργασίας, η έκθεση

σε φωσφορικά λιπάσματα και στην παραγωγή πετρελαίου και η εργασία σε αποθήκες ή εργοστάσια που χρησιμοποιούν υλικά που εκλύουν ραδόνιο.

Έκθεση στο ραδόνιο μπορεί να προκύψει και δια μέσω του ποσίου νερού. Σε πολλές περιπτώσεις και ιδιαίτερα στο αντλούμενο νερό που προέρχεται από υπέδαφος πετρωμάτων με υψηλή συγκέντρωση ραδίου μπορεί να εκλυθεί αέριο ραδόνιο κατά τη χρήση του νερού αυτού. Το πρόβλημα στην περίπτωση αυτή δεν προκύπτει από την κατάποση, αλλά από την εκπομπή και μεταφορά του ραδονίου από το νερό στον εισπνεόμενο αέρα. Γενικά όμως το νερό παρουσιάζει μικρή συνεισφορά στην συνολική έκθεση του πληθυσμού στο ραδόνιο (National Research Council, Washington, DC, 1999). Όσον αφορά στα δομικά υλικά μπορεί, αν δεν γίνει σχετικός έλεγχος, να εμφανιστούν υψηλότερα επίπεδα ρύπανσης όπως για παράδειγμα σε μία περίπτωση στη Σουηδία όπου εμφανίστηκε υψηλή έκλυση ραδονίου από γυψοσανίδες (Korhonen et al. 2001).

Οι οικίες σε αστικές περιοχές έχουν τη τάση να παρουσιάζουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις ραδονίου από ότι στις αγροτικές. Αυτό συμβαίνει για πολλούς λόγους, μερικοί από του οποίους είναι το ότι πολλές από τις κατοικίες βρίσκονται σε υψηλότερους ορόφους, διαφέρει η μέθοδος κατασκευής των κτιρίων (πολλά από τα συγκριτικά ψηλότερα αστικά κτίρια έχουν βάση από οπλισμένο σκυρόδεμα που καθιστά δυσκολότερη την είσοδο στο ραδόνιο), αλλά και το ιζηματογενές υπέδαφος που βρίσκεται συχνά κάτω από τις πόλεις.

Τα επίπεδα ραδονίου στον αέρα μετρούνται σε μονάδες ραδιενέργειας ανά όγκο αέρα. Οι πιο συχνές μονάδες μέτρησης είναι το picocurie per liter (pci/L) και στο Διεθνές Σύστημα μονάδων (SI) το bequerel per cubic meter (Bq/m<sup>3</sup>). Η Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης λαμβάνοντας υπόψιν τις προτάσεις τις Διεθνούς Επιτροπής Ακτινοπροστασίας (ICRP), εξέδωσε το 1990 τη σύσταση: «προστασία του πληθυσμού από την έκθεση στο ραδόνιο μέσα στα κτίρια» (90/143/Euratom), η οποία αποσκοπεί στην καθιέρωση από τα κράτη - μέλη ενός κατάλληλου συστήματος για τον περιορισμό της έκθεσης λόγω της συγκέντρωσης ραδονίου στα κτήρια. Σύμφωνα με τη σύσταση αυτή, τα επίπεδα ραδονίου στον εσωτερικό αέρα των κατοικιών για λήψη μέτρων είναι τα 400 Bq/m<sup>3</sup> για τις υπάρχουσες οικοδομές και τα 200 Bq/m<sup>3</sup> για τις μελλοντικές κατοικίες. Αντίστοιχες οδηγίες για τους εργασιακούς χώρους έχει εκδώσει η Ε.Ε. (96/29/ Euratom), αλλά και η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) με το ΦΕΚ 216Β, 5/3/2001.

## 12. ΣΥΝΔΡΟΜΟ ΑΡΡΩΣΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

### 12.1. Γενικά στοιχεία

Ο όρος «Σύνδρομο Αρρώστου Κτηρίου» (ΣΑΚ) χρησιμοποιείται για να περιγράψει καταστάσεις, κατά τις οποίες άτομα, που ζουν ή εργάζονται σε ένα κτήριο εμφανίζουν οξεία συμπτώματα υγείας και κακής διάθεσης, που φαίνεται να εξαρτώνται με το χρονικό διάστημα της διαβίωσης τους στο κτήριο αυτό, αλλά όμως, στα άτομα αυτά, δεν μπορεί να εντοπιστεί κάποια συγκεκριμένη ασθένεια ή κάποια συγκεκριμένη αιτία που προκαλεί τα παραπάνω συμπτώματα. Τα φαινόμενα αυτά και αντίστοιχα η εκδήλωση παραπόνων από τους ενοίκους μπορεί να εντοπίζονται σε ένα μόνο δωμάτιο ή ζώνη ή να εμφανίζονται ευρύτερα σε ολόκληρο το κτήριο. Αντίθετα με τον όρο «ΣΑΚ» ο όρος «Ασθένεια Σχετιζόμενη με το Κτήριο» χρησιμοποιείται όταν συμπτώματα κάποιας διαγνωσμένης ασθένειας αναγνωρίζονται και μπορούν να αποδοθούν άμεσα σε ρύπους που υπάρχουν στην εσωτερική ατμόσφαιρα ενός κτηρίου.



**Εικόνα 16.** Καρικατούρα σχετική με το Σύνδρομο Αρρώστου Κτηρίου (Πηγή: [www.Ekobuildingbiology.com.au](http://www.Ekobuildingbiology.com.au)).



Αναφορές για μη καθορισμένα με ακρίβεια συμπτώματα, που φαίνεται να αποδίδονται στη διαβίωση εντός του κτηρίου, αφορούν συνήθως σε κτήρια γραφείων ή άλλων επαγγελματικών χώρων. Πολύ συχνά, παράπονα εκφράζονται και σε πολλούς άλλους χώρους, όπως σχολεία, νοσοκομεία, γηροκομεία ή κτήρια διαμερισμάτων. Παρόλο που τα συμπτώματα αυτά μπορεί να μην φαίνονται ιδιαίτερα σοβαρά, το ΣΑΚ μπορεί στην πραγματικότητα να αντιπροσωπεύει ένα κόστος μεγαλύτερο από μία εντοπισμένη σοβαρότερη ασθένεια, καθώς μπορεί να μειώσει την παραγωγικότητα και την ευεξία σε μεγάλο αριθμό ανθρώπων. Για πρώτη φορά το ΣΑΚ αναγνωρίστηκε και αξιολογήθηκε στις χώρες τις Σκανδιναβίας και στην Αγγλία στα μέσα της δεκαετίας του '70 και στις ΗΠΑ και Καναδά μια δεκαετία αργότερα. Έκτοτε μικρή σχετικά πρόοδος έχει γίνει στον καθορισμό των αιτιών του ΣΑΚ. (Wallace, 1997). Την ίδια περίπου εποχή δηλαδή στο πρώτο μισό της δεκαετίας του '70 και λόγω της πετρελαϊκής κρίσης άρχισε η ανάπτυξη και η εφαρμογή των ενεργειακά αποδοτικών κτηρίων που εξαρτούν την κυκλοφορία του αέρα, τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της υγρασίας από μηχανικά συστήματα αερισμού. Επίσης σημειώθηκε αύξηση της χρήσης συνθετικών υλικών αλλά και εντατικοποίηση της εργασίας σε γραφεία με περισσότερο στρες. Όλα αυτά συνεισέφεραν στην κλιμάκωση του ΣΑΚ (Redlich et al. 1997). Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας αναφέρει ότι σχεδόν στο 30% των νέων ή ανακατασκευασμένων κτηρίων παγκοσμίως μπορεί να δηλώνονται διαμαρτυρίες των ενοίκων, που σχετίζονται με την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Συχνά τα προβλήματα προκύπτουν όταν ένα κτήριο χρησιμοποιείται ή συντηρείται με τρόπο μη συνεπή με την αρχική του σχεδίαση, αλλά και όταν η αρχική σχεδίαση του κτηρίου είναι ανεπαρκής ή οι ανθρώπινες δραστηριότητες μέσα σε αυτό είναι διαφορετικές από τις αρχικά επιτρεπόμενες.

## 12.2. Συμπτώματα του Συνδρόμου Αρρώστου Κτηρίου

Οι ενδείξεις για ΣΑΚ σύμφωνα με την USEPA περιλαμβάνουν:

- παράπονα των κατοίκων για συμπτώματα όπως: πονοκέφαλος, ερεθισμός των ματιών, της μύτης και του λάρυγγα, ξηρός βήχας, ξηρό δέρμα ή κνησμός, ζάλη ή ναυτία, δυσκολία συγκέντρωσης, κόπωση και ευαισθησία σε οσμές.
- Η αιτία των συμπτωμάτων δεν είναι γνωστή.
- Τα περισσότερα από τα παράπονα εκλείπουν αμέσως μετά την απομάκρυνση από το κτήριο.

Σε αντιπαράθεση οι ενδείξεις για «Ασθένεια Σχετιζόμενη με το Κτήριο» περιλαμβάνουν:

- παράπονα των κατοίκων για συμπτώματα όπως: βήχας, σφίξιμο στο στήθος, πυρετός, ρίγη και μυϊκοί πόνοι.
- Τα συμπτώματα μπορούν να καθοριστούν κλινικά και έχουν σαφώς προσδιορίσιμα αίτια.
- Τα άτομα που εκδήλωσαν συμπτώματα μπορεί να χρειάζονται παρατεταμένο χρόνο ανάκαμψης μετά την απομάκρυνση από το κτήριο.

Σύμφωνα με τους Redlich, Sparer and Cullen (1997), μία ασθένεια σχετιζόμενη με το κτήριο μπορεί να διαγνωσθεί και να αποδοθεί με ακρίβεια σε συγκεκριμένη έκθεση. Ασθένειες όπως η ρινίτιδα ή το άσθμα, για παράδειγμα, μπορεί να οφείλονται στη μούχλα ή σε αλλεργιογόνα χημικά. Επιδημίες μολυσματικών ασθενειών όπως η νόσος των λεγεωνάριων και ιογενείς λοιμώξεις αναγνωρίζονται εύκολα, όπως επίσης συγκεκριμένες δερματικές ανωμαλίες συνδέονται με συγκεκριμένες εκθέσεις στο εσωτερικό περιβάλλον. Ακόμη ένας συγκεκριμένος τύπος έκθεσης μπορεί να προκαλέσει περισσότερους από έναν τύπο αντίδρασης. Αντιθέτως, το ΣΑΚ σπάνια μπορεί να αποδοθεί σε ένα συγκεκριμένο είδος έκθεσης εντός του κτηρίου. Τα συμπτώματα του ΣΑΚ παρόλο που δεν είναι απειλητικά για τη ζωή, μπορεί να είναι πολύ δυσάρεστα και ενοχλητικά, προκαλώντας χαμένο χρόνο εργασίας, μειωμένη παραγωγικότητα, και γενικότερη κακή διάθεση. Η ευρύτερη δε εξάντληση που προκαλεί αποτελεί έμμεσο κίνδυνο για εκδήλωση σοβαρότερων ασθενειών.

### **12.3. Αιτίες που προκαλούν το σύνδρομο αρρώστου κτηρίου.**

Παρόλο που σε πολλές περιπτώσεις ο ακριβής μηχανισμός, με τον οποίο ένα κτήριο ή οι διάφορες ουσίες που βρίσκονται εντός του κτηρίου επιδρούν στην υγεία και την διάθεση των ενοίκων, δεν είναι γνωστός, οι προβληματικές περιοχές του κτηρίου μπορούν να εξακριβωθούν και να παρθούν έτσι τα κατάλληλα μέτρα (Environmental Illness Resource, 2010). Οι αιτίες που προκαλούν το ΣΑΚ είναι μία από τις παρακάτω ή πιθανότερα ένας συνδυασμός τους:

- Ανεπαρκής αερισμός.
- Χημικοί ρυπαντές από εσωτερικές πηγές.
- Χημικοί ρυπαντές από εξωτερικές πηγές.
- Σωματιδιακοί ρυπαντές.
- Βιολογικοί ρυπαντές.

- Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Ορισμένοι σωματιδιακοί ρυπαντές όπως ο αμίαντος και οι ραδιενεργοί ρύποι, όπως το ραδόνιο, δεν συνδέονται με απότομες αλλαγές στην κατάσταση της υγείας των ενοίκων κάθε φορά που εισέρχονται ή εξέρχονται από κάποιο κτήριο, οι δε βλάβες που προκαλούν είναι μακροχρόνιες και σχετίζονται με το συνολικό χρόνο έκθεσης και εμφανίζονται χρόνια ή δεκαετίες μετά την μακροχρόνια έκθεση. Για το λόγο αυτό δεν μπορούν να συμπεριληφθούν στις αιτίες που δημιουργούν το σύνδρομο αρρώστου κτηρίου (Wallace, 1997).

Τυπική περίπτωση ΣΑΚ αποτελεί αφενός ένα νέο ή ανακαινισμένο κτήριο που διαθέτει κάποιο μηχανικό τύπο θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού και αφετέρου ένα παλιότερο κτήριο, πιθανώς με λερωμένες ταπετσαρίες και μοκέτες στα δάπεδα και με ανεπαρκές, παλιό σύστημα μηχανικού αερισμού - κλιματισμού. Η εμφάνιση του κτηρίου μπορεί να είναι παραπλανητική. Αρχιτεκτονικώς ελκυστικά κτήρια μπορεί να έχουν σοβαρά προβλήματα εσωτερικού αέρα, ειδικά αν είναι νέα ή πρόσφατα ανακαινισμένα (Redlich et al. 1997).

Με βάση τα δεδομένα που ισχύουν σήμερα, η εμφάνιση του ΣΑΚ δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι οφείλεται σε ένα μοναδικό παράγοντα ή μία ομάδα παραγόντων. Για πολλά χρόνια μια πρόχειρη εξήγηση του ΣΑΚ ήταν ή συνύπαρξη στην ατμόσφαιρα των κτηρίων διαφόρων πτητικών οργανικών ουσιών, που ενώ είναι παρόντα σε πολύ μικρές ποσότητες, εντούτοις όλα μαζί μπορεί να παρουσιάζουν τοξικό αποτέλεσμα. Η προσοχή αργότερα στράφηκε στους βιολογικούς ρυπαντές και στην αερομεταφερόμενη ενδοτοξίνη, παρόλο που η κλινική εικόνα των πασχόντων ατόμων δεν μπορούσε να εξηγηθεί από τα γνωστά τοξικά αποτελέσματα των ουσιών αυτών. Μια αυξημένη νευρογενής φλεγμονώδης αντίδραση σε χαμηλού επιπέδου χημική έκθεση, μαζί με πολλές άλλες θεωρίες, έχουν προταθεί κατά καιρούς με μόνο κοινό σημείο τους τον ανεπαρκή αερισμό του χώρου. Λόγω της απουσίας, τελικά, μιας απλής θεωρίας που να εξηγεί το φαινόμενο, το ΣΑΚ μπορεί να θεωρηθεί σαν πολυπαραγοντικό στην προέλευση, σχετιζόμενο με ποικίλους παράγοντες και τύπους εκθέσεων, που στρέφονται γύρω από δύο πόλους: τους αέριους ρύπους και το σύστημα εξαερισμού που καλείται να τους αποβάλλει (Redlich et al. 1997).

## **12.4 Διαδικασία διερεύνησης του κτηρίου - Ενέργειες για την μείωση των συμπτωμάτων**

Ο στόχος της έρευνας στο κτήριο είναι να προσδιορίσει και να επιλύσει τα αίτια που ευθύνονται για τις διαμαρτυρίες των κατοίκων, κατά τρόπον ώστε να εμποδιστεί η επανεμφάνισή τους και να αποφευχθεί η δημιουργία νέων. Για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι απαραίτητο για τον ερευνητή να ανακαλύψει αν κάποια καταγγελία σχετίζεται πραγματικά με την ποιότητα του αέρα του εσωτερικού χώρου, να προσδιορίσει το αίτιο της καταγγελίας και να προσδιορίσει το πλέον κατάλληλο διορθωτικό μέτρο (EPA, 1991). Ενέργειες για την μείωση ή και την απαλλαγή από τα συμπτώματα περιλαμβάνουν την συντήρηση ή και επανασχεδίαση - αντικατάσταση του συστήματος αερισμού, την επανεξέταση των διαφόρων χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται στα δομικά υλικά του κτηρίου, την μεθοδική εξάλειψη κάθε εστίας υγρασίας και τέλος την προσεκτική επιλογή των ουσιών που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό των χώρων. Η ενημέρωση και η επικοινωνία με τα άτομα που χρησιμοποιούν το κτήριο, αποτελούν σημαντικά στοιχεία τόσο για την πρόληψη όσο και για την απαλλαγή από το σύνδρομο του αρρώστου κτηρίου. Η άμεση αναφορά των συμπτωμάτων στον οποιοδήποτε υπεύθυνο για το κτήριο, αλλά και η συνεργασία των υπευθύνων με τους χρήστες του κτηρίου βοηθούν στην πρόληψη και την γρήγορη επίλυση του προβλήματος.

### **13. ΒΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΕΝΟΣ ΥΓΙΕΙΝΟΤΕΡΟΥ ΧΩΡΟΥ ΔΙΑΒΙΩΣΗΣ.**

#### **13.1. Σχεδιαστική ομάδα**

Μια έμπειρη σχεδιαστική ομάδα, εξουκειωμένη με την εφαρμογή νέων ασφαλών υλικών και με γνώση των προβλημάτων ρύπανσης του εσωτερικού χώρου, είναι απαραίτητη για μια σύγχρονη κτηριακή κατασκευή. Αντίστοιχου επιπέδου πρέπει να είναι η ομάδα επίβλεψης αλλά και τα επιμέρους συνεργεία κατασκευής.

#### **13.2. Επιλογή τοποθεσίας**

Επιλογή τόσο του κατάλληλου εδάφους, για την ελάχιστη εκπομπή ραδονίου, όσο και του κατάλληλου προσανατολισμού για την ενεργειακή απόδοση και τον καλύτερο φυσικό αερισμό.

#### **13.3. Επιλογή Υλικών**

Η επιλογή των υλικών πρέπει να γίνει με κριτήριο τόσο το είδος (qualitative emissions) όσο και την ποσότητα (quantitative emissions) των εκπομπών ρύπων. Επίσης πρέπει να είναι γνωστή η διάρκεια της εκπομπής και ο χρόνος που απαιτείται, προκειμένου ο χώρος να μπορεί να κατοικηθεί με ασφάλεια. Πρέπει να είναι γνωστές οι επιπτώσεις στην υγεία, της χρήσης κάθε υλικού και η πιθανή ιδιότητα κάθε υλικού να απορροφά ρύπους και να τους αποδίδει στον αέρα αργότερα. Ακόμη καλό είναι να λαμβάνεται υπόψη και η δυνατότητα ασφαλούς καθαρισμού κατά τη χρήση του κάθε υλικού, αφού τα υλικά καθαρισμού ευθύνονται πρωτίστως για τη ρύπανση του εσωτερικού αέρα. Τέλος πρέπει να υπάρχει πληροφορία από τους κατασκευαστές των δομικών υλικών για τις ιδιότητες, τη σύνθεση, την ασφάλεια και τις δοκιμές στις οποίες έχει υποβληθεί το κάθε υλικό.

#### **13.4. Απομόνωση και εγκιβωτισμός πηγών εκπομπής**

Εφαρμογή στρωμάτων απομόνωσης γύρω ή πάνω στα υλικά που εκπέμπουν ρύπους, και η χρήση τους είναι αναπόφευκτη, με κατάλληλα υλικά ή μογιές ώστε να μην έρχονται σε επαφή με τον προς εισπνοή αέρα.

### **13.5. Αραίωση ρύπων – Εξαερισμός**

Ο εξαερισμός του κτηρίου, τόσο ο φυσικός όσο και ο μηχανικός αποτελεί μια πολύ δραστική μέθοδο μείωσης των επιπέδων ρύπων του εσωτερικού αέρα. Η κάθε μέθοδος αερισμού έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ο φυσικός αερισμός έχει μεταβλητή απόδοση, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και την ταχύτητα του ανέμου, αλλά και προβλήματα θορύβου και ασφάλειας. Ο μηχανικός αερισμός παρουσιάζει μεγαλύτερη συνέπεια στην αποτελεσματική εναλλαγή του αέρα και η χρήση του σε πολλές περιπτώσεις είναι επιβεβλημένη. Σε συνδυασμό με τον αερισμό του κτηρίου πρέπει συγκεκριμένες πηγές ρύπων όπως τα τζάκια, οι σόμπες τα μαγειρεία, τα λουτρά, οι χώροι στάθμευσης και οι αποθήκες, να οδηγούν τους ρύπους που παράγουν, κατευθείαν στον εξωτερικό χώρο, με φυσικό ή μηχανικό τρόπο.

### **13.6. Συστήματα θέρμανσης – κλιματισμού**

Η εφαρμογή συστημάτων θέρμανσης – κλιματισμού σύγχρονης τεχνολογίας εξασφαλίζει την αφαίρεση λιγότερης υγρασίας από ότι στο παρελθόν. Ο εύκολος και συχνός καθαρισμός τους και η ελαχιστοποίηση ανάπτυξης μικροοργανισμών στους αεραγωγούς τους, είναι απαραίτητη προϋπόθεση για υγιεινό εσωτερικό περιβάλλον.

### **13.7. Πρόβλεψη ασφαλούς αποθήκευσης επικίνδυνων υγρών και ουσιών**

Κάθε κτήριο πρέπει να διαθέτει αεριζόμενο χώρο ασφαλούς αποθήκευσης επικίνδυνων υγρών και ουσιών, που χρησιμοποιούνται από τους χρήστες του χώρου, όπως χρώματα, βερνίκια, καθαριστικά, εντομοκτόνα κ.λ.π., μακριά από την πρόσβαση των παιδιών, και πάντα κάτω από συχνό έλεγχο για διαρροές ή καταστροφή της συσκευασίας τους. Η αγορά μικρών ποσοτήτων και η έγκαιρη αποκομιδή των τελειωμένων ή μισοτελειωμένων δοχείων είναι βασικής σημασίας.

## 14. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή έγινε μια προσπάθεια να εκτεθεί το πρόβλημα της ρύπανσης του αέρα των εσωτερικών χώρων, μέσα από την παρουσίαση των διαφόρων πηγών ρύπανσης, αλλά και των επιμέρους ρυπαντών αναλυτικότερα. Προτάθηκαν ποικίλες λύσεις και τρόποι μείωσης της έντασης προβλήματος. Το γενικότερο συμπέρασμα είναι ότι ο αέρας του εσωτερικού χώρου είναι χαμηλής ποιότητας, είτε από άγνοια, είτε από αδιαφορία, είτε γιατί δεν εμφανίστηκε ακόμη κάποιο σύμπτωμα στην υγεία των ατόμων που ζουν στο χώρο αυτό. Παράλληλα προκύπτει το συμπέρασμα ότι η γνώση του προβλήματος, η ενημέρωση σε όλα τα επίπεδα, από τους σχεδιαστές και κατασκευαστές των κτηρίων μέχρι τον τελικό χρήστη τους, είναι ο μόνος τρόπος για την εξασφάλιση ενός, απαλλαγμένου από ρύπους, αέρα στον εσωτερικό χώρο. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των κτηρίων έχουν πλέον δοκιμαστεί, η επικινδυνότητά του κάθε υλικού όσον αφορά την εκπομπή ρύπων είναι γνωστή και κάθε νέο υλικό δοκιμάζεται και μελετάται επαρκώς πριν διατεθεί στην αγορά. Είναι λοιπόν ευθύνη όλων αυτών που σχετίζονται με τη χρήση τους να κάνουν σωστή και ασφαλή εφαρμογή τους. Η τήρηση των κανόνων ασφαλείας η ορθή χρήση του κάθε υλικού, η μελέτη των ετικετών των προϊόντων που χρησιμοποιούνται από τους κατοίκους των κτηρίων και ο επαρκής αερισμός, είναι ενέργειες πολύ βασικές για τη διατήρηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα.

Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις ρύπανσης του εσωτερικού αέρα είναι φανερό, ότι αυτή προκύπτει σαν αποτέλεσμα της χρήσης κάποιων υλικών, που έχουν σκοπό να εξυπηρετήσουν, να βελτιώσουν και να διευκολύνουν την διαβίωση του ανθρώπου εντός του κτηρίου. Το ίδιο συμβαίνει και όταν πρόκειται για τα υλικά κατασκευής των κτηρίων. Σε καμία περίπτωση η ρύπανση δεν είναι επιθυμητή, και προκύπτει σαν ένα αναγκαίο κακό, σαν μία αναπόφευκτη παρενέργεια, που συνοδεύει κάποια θετικά αποτελέσματα από την ύπαρξη ή χρήση των ρυπογόνων πηγών. Υπάρχει όμως μία εντυπωσιακή εξαίρεση σε αυτό τον κανόνα. Αυτή η εξαίρεση είναι το κάπνισμα. Η βλαβερή αυτή συνήθεια είναι υπεύθυνη για πολύ υψηλή ρύπανση του αέρα του εσωτερικού χώρου. Εξετάζοντας τον κάθε ανεξάρτητο ρύπο προσεκτικά παρατηρεί κανείς ότι στις περισσότερες περιπτώσεις ο ρύπος αυτός είναι δυνατό να καταλήξει

στην ατμόσφαιρα των κτηρίων μέσα από τον καπνό του τσιγάρου. Η εξαίρεση με την περίπτωση του καπνίσματος έγκειται στο ότι, ο κύριος στόχος της ενέργειας αυτής είναι η ίδια η ρύπανση του εισπνεόμενου αέρα του ατόμου που καπνίζει, και μάλιστα με μια απίστευτα υψηλή συγκέντρωση, ενός μίγματος από τους πιο επικίνδυνους ρύπους. Η απαγόρευση του καπνίσματος στους δημόσιους κλειστούς χώρους και ο περιορισμός του στους ιδιωτικούς χώρους αποτελούν μια απαραίτητη προϋπόθεση για ποιοτικό εσωτερικό αέρα.

Οδηγίες, κανονισμοί και απαγορεύσεις από την πλευρά που κράτους βοηθούν πολύ στην βελτίωση του εσωτερικού αέρα. Παραδείγματα αποτελούν η απαγόρευση χρήσης του μόλυβδου στις ηλεκτρονικές κατασκευές, και στους συσσωρευτές και πιο πρόσφατα η απαγόρευση χρήσης υδραργύρου στα οικιακά θερμόμετρα.

Το σημαντικότερο αποτέλεσμα των ερευνών στον τομέα της ρύπανσης των εσωτερικών χώρων είναι πως κατέστη δυνατό να συνειδητοποιήσει ο επιστημονικός κόσμος, αλλά και ο απλός άνθρωπος το πρόβλημα και να το καταστήσει πρωταρχικής σημασίας και πολύ σημαντικό για τη υγεία, βάζοντας το στην ίδια ή και υψηλότερη θέση από το πρόβλημα της ρύπανσης της εξωτερικής ατμόσφαιρας.

Η έρευνα στον τομέα της ρύπανσης των εσωτερικών χώρων υπηρετείται σήμερα τόσο από την βιομηχανική χημεία όσο και από τη ιατρική και την μηχανολογία. Αφού εξάντλησε τη μελέτη του κάθε υλικού όσον αφορά την επίδρασή του στην εσωτερική ρύπανση, στρέφεται πλέον στους δύο παρακάτω τομείς: της μελέτης των αποτελεσμάτων συνδυασμένης ρύπανσης, από δύο ή και περισσότερους ρύπους ταυτόχρονα και της εξέλιξης νέων μεθόδων εξαερισμού, που να επιτυγχάνουν υψηλούς ρυθμούς ανανέωσης αέρα χωρίς σημαντική απώλεια ενέργειας από το κτήριο.



**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ****Ελληνική**

1. Γιαμά Ε. «Σωματιδιακή Ρύπανση εσωτερικού Περιβάλλοντος». στο Σανταμούρης, Μ. Παπαγλάστρα, Μ. (επιμ.) *Ρύπανση και ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος στα Κτήρια*, σελ.133-156, Τεκδοτική, Αθήνα, 2007.
2. Δεληγιαννάκης, Ι. «Χημική Ρύπανση εσωτερικού Περιβάλλοντος». στο Σανταμούρης, Μ. Παπαγλάστρα, Μ. (επιμ.) *Ρύπανση και ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος στα Κτήρια*, σελ.101-131, Τεκδοτική, Αθήνα, 2007.
3. Καραθανάσης, Σ. *Ατμοσφαιρική Ρύπανση*, εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονόκη, 2006.
4. Κολοκοτσά, Δ Νικολάου, Τ. «Όρια, Νομοθεσία και Πρότυπα που αφορούν στην Ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος» στο:Σανταμούρης, Μ. Παπαγλάστρα, Μ. *Ρύπανση και Ποιότητα εσωτερικού Περιβάλλοντος στα Κτίρια*, Τεκδοτική, Αθήνα, 2007
5. Κούγκολος, Α. *Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική*, εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονόκη, 2007.
6. Λαζαρίδης, Μ. *Ποιότητα αέρα σε εσωτερικούς χώρους*, εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονόκη, 2008.
7. Ματθόπουλος, Δ. «Ρύπανση Εσωτερικών Χώρων Βιολογικής Προέλευσης» στο:Σανταμούρης, Μ. Παπαγλάστρα, Μ. *Ρύπανση και Ποιότητα εσωτερικού Περιβάλλοντος στα Κτίρια*, σελ.157-194, Τεκδοτική, Αθήνα, 2007.

**Ξενόγλωσση**

8. Apte M. , Prince P. , Nero A. , Revzan K. “ Predicting New Hampshire indoor radon concentrations from geologic information and other covariates.” *Environmental Geology*, **37**, (3) , pp. 181-194, 1999.
9. Brooks, W. Matos, G. *Mercury Recycling in the United States in 2000*, Virginia: U.S. Geological Survey, 2005.
10. Burton, B. “Volatile Organic Compounds”. In Bardana, E. , Montanaro A.(ed.) *Indoor Air Pollution and Health*. New York: Dekker, pp. 127-153, 1997.
11. Coskeran T. , Denman A. , Philips P. , Tornberg R. “The cost effectiveness of radon-proof membranes in new homes: A case study from Brixworth, Northamptonshire”, U.K., Health Policy, 81 pp. 195-206, 2007.
12. Cox, R. Slott, E. “Organic Solvents: Contribution to Indoor Air Pollution”. In Bardana, E. Montanaro, A.(ed.) *Indoor Air Pollution and Health*, pp. 105-125, Dekker, New York, 1997.
13. Denman A. , Groves-Kirkby N.P. , Crockett R.G.M. , Philips P.S. , Wooldridge A.C. “Health implications of radon distribution in living rooms and bedrooms in U.K. dwellings.- A case study in Northamptonshire”, *Environment International*, **33**, (8) pp. 999-1011, 2007.
14. Fielding J. “Smoking: Health effects and control”, In: Last, J., Wallace, R. (ed.), *Public health and preventive medicine*, Norwalk, Appleton & Lange,(15th ed), pp.715-740, 2002.
15. Flynn, E. Matz, P. Woolf, A. Wright, R. “Indoor Air Pollutants Affecting Child Health”, American College of Medical Toxicology, 2000.

16. Frumkin H. “Radon”, CA: *A Cancer Journal for Clinicians*, **51**(6), pp.337-344, 2001.
17. Genuis, S. “Clinical medicine and the budding science of indoor mold exposure”, *European Journal of Internal medicine*, **18** pp. 516-523, 2007.
18. Gosink, T. “What Do Carbon Monoxide Levels Mean?”, Alaska Science Forum January 28, 1983.
19. Halios, C. Assimakopoulos V. Helmis, C. Flocas, H. “Investigating cigarette – smoke indoor pollution in a controlled environment”, *Science of the Total Environment*, **337**, pp.183-190, 2005.
20. Hammond, C. R. “The Elements”, in: *Handbook of Chemistry and Physics* 81st edition: CRC press, 2000.
21. Hamori k. , Totth E. , Pall. , Koteles G. , Losonci A. , Minda M. “Evaluation of indoor radon measurements in Hungary”, *Journal of Environmental Radioactivity* **88** , pp. 189-198, 2006.
22. Jenkins, P. Phillips, T. Mulberg, E and Hui, S. “Activity patterns of Californians: Use of and proximity to indoor pollutant sources”, *Atmospheric Environment*, **26A** (12) pp. 2141-2148,1992.
23. Koenig, J. “Indoor air quality: General Considerations”. In Bardana, E. , Montanaro A.(ed.) *Indoor Air Pollution and Health*, pp. 1-9 , Dekker, New York, 1997.
24. Korhonenp. , Halonen R. , Kalliokoski P. Kokotti H. “Indoor radon concentrations caused by construction materials in 23 workplaces”, *Sci Total Environ*, **272**, pp-143-145, 2001.
25. Lambert, W. “Combustion Pollution in Indoor Environments”. In Bardana, E. , Montanaro A.(ed.) *Indoor Air Pollution and Health*, pp. 83-103, Dekker, New York, 1997.
26. Lofroth, G. Ling, P. Agurell, E. “Public exposure to environmental tobacco smoke”, *Mutation Research*, **202**, pp. 103-110, 1998.

27. Miller, D. "Fungi as Contaminants in Indoor Air", *Atmospheric Environment*, **26A**, 12, pp. 2163-2172, 1992.
28. Mohamed A. "Study on radon and radon progeny in some living rooms", *Radiation Protection Dosimetry*, **117**, (4), pp.402-407, 2005.
29. Namiesnik, J. Gorecki, T. Kozdron-Zabiegala, B. Lukaziak, J. "Indoor Air Quality (IAQ), Pollutants, Their sources and Concentration Levels", *Building and Environment*, **27** (3) pp. 339-356, 1992.
30. National Research Council, "Committee on Risk Assessment of Radon in Drinking Water", *National Academy Press*, Washington, dc, 1999.
31. Nazaroff W. , Feustel H. , Nero V. , Revzan K. , Grimsrud D. "Radon transport into a detached one-story house with a basement", *Atmospheric Environment*, **19**, (1), pp. 31-46, 1985.
32. Norback, D. Bjornson, E. Janson, C. Widstrom, J. Boman, G. "Asthmatic symptoms and volatile organic compounds, formaldehyde, and carbon dioxide in dwellings", *Occupational and Environmental Medicine*, **52**, pp. 388-395, 1995.
33. Rando, R. Simlote, P. Salvaggio, J. Lehrer, S. "Environmental Tobacco Smoke: Measurement and health Effect of Involuntary Smoking". In Bardana, E. , Montanaro A.(ed.) *Indoor Air Pollution and Health*, pp. 61-82, Dekker, New York, 1997.
34. Redlich, C. Sparer, J. Cullen, M. "Sick-Building Syndrome", *The Lancet*, **349**, pp.1013- 1016, 1997.
35. Repace, J. "Indoor Air pollution", *Environment International*, **8**, pp.21 – 36, 1982.
36. Reuss, G. Disteldorf, W. Gamer, A. Hilt, A. "Formaldehyde", in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial chemistry*, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2000.

37. Sachs H.M. , Hernandez T.L. , Ring J.W. “Regional Geology and Radon Variability in buildings”, *Environment International*, Vol **8**, pp. 97-103, 1982.
38. Seltzer, J. “Sources, Concentrations, and Assessment of Indoor Pollution”. In Bardana, E. , Montanaro A.(ed.) *Indoor Air Pollution and Health*. New York: Dekker, pp. 11-60.
39. Sonkawade R. , Kant K. , Muralithar S. ,Kumar R. , Ramola R. “Natural Radioactivity in common building construction and radiation shielding materials”, *Atmospheric Environment* **42**, (9) pp 2254-2259, 2007.
40. U.S. Department of Health and Human Services, *Reducing the Health Consequences of Smoking: 25 Years of Progress. A Report Of the Surgeon General*. Rockville, Maryland: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health,1989.
41. Wagner, S. “Indoor Air Pollution with Pesticides”. In Bardana, E. , Montanaro A.(ed.) *Indoor Air Pollution and Health*, pp. 155-178 , Dekker, New York, 1997.
42. Wallace L. “Sick Building Syndrome”. In Bardana, E. , Montanaro A.(ed.) *Indoor Air Pollution and Health*, pp. 255-266, Dekker, New York, 1997.
43. Wang F. , Ward I. “Radon entry, migration and reduction in houses with cellars.” *Building and Environment* Vol **37**, pp. 1153-1165, 2002.
44. Wescler, W. “Changes in indoor pollutants since the 1950s”, *Atmospheric Environment*, **43**, pp. 152 – 169, 2009.
45. Witek,Jr T. Schachter, N. Tosun, T. Leaderer, B. Beck, G. “Controlled human studies on the pulmonary effects of indoor air pollution: experiences with sulphur dioxide and Formaldehyde”, *Environment International*, **12**, pp.129-135, 1986.

46. Wolkoff, P. Nielsen, G. "Organic compounds in indoor air-their relevance for perceived indoor air quality", *Atmospheric Environment*, **35**, pp. 4407-4417, 2001.
47. Woods, J. "Control of Indoor Air Quality: An Engineering Prospective". In Bardana, E. , Montanaro A.(ed.) *Indoor Air Pollution and Health*, pp. 285-303, Dekker, New York, 1997.
48. Woolf, A. "Formaldehyde". In Woolf, A (ed.) "*Indoor Air Pollutants Affecting Child Health*", American College of Medical Toxicology, 2000.
49. Zmazek B. , Vaupotic J. "Coping with Radon problem in a private house", *Building and Environment* **42**, pp. 3685-3690,.2007.

#### Διαδικτυακή Ελληνική

50. Βαλαβανίδης, Α. Ευσταθίου, Κ. *Νικοτίνη, η χημική ένωση του μήνα*, 2009, [on line], διατίθεται από: [http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem\\_nicotine.htm](http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_nicotine.htm) [accessed: 2 May 2010].
51. Βαλαβανίδης, Α. Ευσταθίου, Κ. *Όζον, η χημική ένωση του μήνα*, 2009, [on line], διατίθεται από: [http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem\\_ozone.htm](http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_ozone.htm) [accessed: 6 May 2010].
52. Ζημάλης, Ε. Iatronet (2003), *Κάδμιο*, [on line], διατίθεται από: <http://www.iatronet.gr>
53. Κορωναίος, Α. Σαργέντης Φ. *Δομικά Υλικά & Οικολογία* [on line], διατίθεται από: <http://www.ntua.gr/vitruvius/ecomat.pdf>, 2005, [accessed: 6 Feb 2010].
54. ΜΕΙΝΕ ΔΥΝΑΤΟΣ , *Κάπνισμα και Υγεία*, 2010, [on line], διατίθεται από: <http://www.beststrong.org.gr> [accessed: 4 Apr 2010].

55. Υπουργείο υγείας Κυπριακής Δημοκρατίας, Μόλυβδος, (2010), [on line], διατίθεται από: <http://www.moh.gov.cy> [accessed: 2 May 2010].

#### Διαδικτυακή

#### Ξενόγλωσση

56. Allison C.C., Denman A.R. Groves-Kirkby C.J. , Philips P.S. , Tornberg R. “Radon remediation of a two storey UK dwelling by active sub-slab depressurization: Effects and health implications of radon concentration distributions” *Environment International*, 2008, available from: <http://www.elsevier.com/locate/envint> [accessed: 2 Feb 2010].
57. American Cancer Society, *Asbestos*, 2006, [on line], available from: [http://www.cancer.org/docroot/PED/content/PED\\_1\\_3X\\_Asbestos.asp?sitearea=PED](http://www.cancer.org/docroot/PED/content/PED_1_3X_Asbestos.asp?sitearea=PED), [accessed: 2 May 2010].
58. Canada Mortgage and Housing Corporation, *Asbestos*, 2010 [on line], available from: [http://www.cmhcschl.gc.ca/en/co/maho/yohoyohe/inaiqu/inaiqu\\_001.cfm](http://www.cmhcschl.gc.ca/en/co/maho/yohoyohe/inaiqu/inaiqu_001.cfm), [accessed: 2 May 2010].
59. Environmental Illness Resource , *Sick-Building Syndrome*, 2010 [on line], available from: [http://www.ei-resource.org/illness-information/related-conditions/sick-building-syndrome-\(sbs\)/](http://www.ei-resource.org/illness-information/related-conditions/sick-building-syndrome-(sbs)/) [accessed: 2 Apr 2010].
60. Global Monitoring Division, Earth System Research Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide*, 2010, [on line], available from: [http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/#mlo\\_growth](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/#mlo_growth) [accessed: 18 mar 2010].
61. Illinois Department of Public Health, *Environmental Health Fact Sheet, Fiberglass*, 2010, [on line], available from:

- <http://www.idph.state.il.us/envhealth/factsheets/fiberglass.htm>,  
[accessed: 2 May 2010].
62. InspectAPedia, *Toxicity of Carbon Dioxide Gas Exposure, 2010* [on line], available from: <http://www.inspectapedia.com/hazmat/CO2gashaz.htm>, [accessed: 18 mar 2010].
63. Darby, S Hill, D. Auvinen, A. Barros-Dios, J. Baysson, H , Bochicchio, F. Deo, H. Falk, R. Forastiere, F. Hakama, M. Heid, I. Kreienbrock, L. Kreuzer, M. Lagarde, F. Mäkeläinen, I. Muirhead, C. Oberaigner, W. Pershagen, G. Ruano-Ravina, A. Ruosteenoja, E. Schaffrath, A. Rosario, A. Tirmarche, M. Tomásek, L. Whitley, E. Wichmann, H-E. Doll, R. "Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies", *British Medical Journal*, 2004, [on line], available from: <http://www.bmj.com> [accessed: 2 Feb 2010].
64. Toolboxtopics, *Is Fiberglass a Health Hazard*, 2010, [on line], available from:  
<http://www.toolboxtopics.com/Gen%20Industry/Is%20Fiberglass%20a%20Health%20Hazard.htm> [accessed: 2 May 2010].
65. U.S. EPA, *The Inside Story: A Guide to Indoor Air Quality*, 2010, [on line], available from:  
<http://www.epa.gov/iaq/pubs/insidest.html> [accessed: 12 Feb 2010].
66. Ekobuildingbiology, 2010, [www.Ekobuildingbiology.com.au](http://www.Ekobuildingbiology.com.au) [accessed: 12 Feb 2010].
67. American Cancer Society, *Asbestos*, 2006, [on line], available from:  
[http://www.cancer.org/docroot/PED/content/PED\\_1\\_3X\\_Asbestos.asp?sitearea=PED](http://www.cancer.org/docroot/PED/content/PED_1_3X_Asbestos.asp?sitearea=PED), [accessed: 2 May 2010].
68. Vermont Department of Health, (2010), *Particulates and Air Quality*, [on line], available from:  
[http://healthvermont.gov/enviro/indoor\\_air/particulate.aspx](http://healthvermont.gov/enviro/indoor_air/particulate.aspx) [accessed: 2 Feb 2010].