

**«Σύγχρονες τεχνολογίες  
ελέγχου ποιότητας  
εσωτερικού αέρα»**

2011



**ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ:**

ΔΗΜΗΤΡΑ  
ΒΕΡΝΑΡΔΟΥ

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:**

ΣΦΥΡΟΠΟΥΛΟΣ  
ΚΩΝ/ΝΟΣ

A.M. 4751

ΗΡΑΚΛΕΙΟ

ΚΡΗΤΗΣ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος..... σελ4

### **Κεφάλαιο1 : Σημαντικότητα ελέγχου ποιότητας εσωτερικού αέρα**

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....σελ5

1.2 Που αναφέρεται ο όρος εσωτερικός αέρας.....σελ7

1.3 Τι σημαίνει σωστή ποιότητα αέρα στο χώρο.....σελ7

1.4 Πηγές ρύπανσης μέσα σ ένα κτήριο .....σελ8

1.4.1 Τα συστήματα καύσης .....σελ9

1.4.2 Τα κατασκευαστικά υλικά και τα στοιχεία εσωτερικού διακόσμου .....σελ9

1.4.3 Τα είδη οικιακής χρήσης, τα υλικά και προϊόντα καθαρισμού, συντήρησης, προσωπικής υγιεινής και καταπολέμησης ανεπιθύμητων μορφών ζωής .....σελ9

1.4.4 Το κάπνισμα (ενεργητικό ή παθητικό) .....σελ10

1.4.5 Η εξωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση .....σελ10

1.4.6 Ο άνθρωπος, το νερό, τα τρόφιμα και τα κατοικίδια ζώα .....σελ11

1.4.7 Οι διάφορες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές .....σελ11

### **Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> :Σύνδρομο άρρωστου κτηρίου και ποσοστά ρύπων**

2.1 Τι είναι το άρρωστο κτίριο; .....σελ12

2.2 Τι είναι το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου; .....σελ13

2.3 Χημικοί παράγοντες .....σελ14

2.5 Φυσικοί παράγοντες .....σελ16

2.6 Βιολογικοί παράγοντες .....σελ18

2.7 Ψυχολογικοί παράγοντες .....σελ18

### **Κεφάλαιο 3: Ανάλυση κατάστασης των κτηρίων**

Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος στα εκπαιδευτικά κτίρια.....σελ20	
3.1 Πηγές ρύπων στα σχολικά κτίρια .....	σελ22
3.2 Συνθήκες ευεξίας.....σελ26	
3.3 Οδηγίες και Κανονισμοί ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος .....	σελ27
3.4 Υφιστάμενη κατάσταση στα εκπαιδευτικά κτίρια .....	σελ30

#### **Κεφάλαιο 4: Ανάλυση κατάστασης στην Ελλάδα**

Ποιότητα εσωτερικού αέρα σε μεγάλα κτίρια στην Ελλάδα .....	σελ31
---	-------

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Μεθοδολογία για βελτίωση της ποιότητας**

5.1 Έρευνα το κλειδί για την πρόοδο.....σελ34	
5.2 Οι επιπτώσεις του κλιματιστικού στο χώρο.....	σελ36
5.3 Εξαερισμός-ανανέωση αέρα.....	σελ36
5.4 Καθαρός αέρας σημαίνει οικονομία.....σελ37	
5.5 Καθαρισμός με μηχανήματα υψηλής τεχνολογίας.....σελ37	
5.6 «Πράσινο» τσιμέντο εξολοθρεύει τους ρύπους .....	σελ38
5.7 Καταπολέμηση της ρύπανσης με φυτά μέσα στο σπίτι.....σελ39	
5.8 Πώς θα καθαρίσετε την ατμόσφαιρα.....σελ40	
5.9 Παράγοντες εξασφάλισης σωστής λειτουργίας εξαερισμού .....	σελ42
5.10 Περιορισμός καπνίσματος.....σελ42	
5.101 Η ισχύουσα νομοθεσία στη χώρα μας.....σελ43	

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

6.1 Συμπεράσματα.....σελ44	
6.2 Βιβλιογραφία.....σελ45	

## Πρόλογος

Τη σημερινή εποχή οι περισσότεροι άνθρωποι περνάνε το 80-90 % του χρόνου τους σε κλειστούς χώρους. Όμως οι κλειστοί χώροι δεν προσφέρουν ένα υγιές περιβάλλον στους ανθρώπους που ζουν και εργάζονται μέσα σ' αυτό.

Διεθνείς μελέτες αποδεικνύουν ότι τα επίπεδα των ατμοσφαιρικών ρύπων είναι πολύ μεγαλύτερα στην εσωτερική ατμόσφαιρα απ' ότι στην εξωτερική. Αυτός είναι και ο λόγος που με ώθησε να ασχοληθώ με το μείζον θέμα του ελέγχου ποιότητας του αέρα για εσωτερικούς χώρους.

Ο κύριος στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η εξέταση μέσω βιβλιογραφικής μελέτης α) της σπουδαιότητας ελέγχου ποιότητας εσωτερικού αέρα, β) των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο αυτό και γ) των επιπτώσεων από τη χρήση τους στην οικονομία, στο περιβάλλον και στην ποιότητα ζωής.

Το θέμα της πτυχιακής εργασίας υποδείχθηκε από την κ. Βερνάρδου Δήμητρα, την οποία ευχαριστώ θερμά για την συνεχή καθοδήγηση και παρακολούθηση του θέματος μου και για τις εύστοχες παρατηρήσεις της κατά την συγγραφή της πτυχιακής μου.

## Κεφάλαιο 1

### Σημαντικότητα ελέγχου ποιότητας εσωτερικού αέρα

#### 1.1 Εισαγωγή

Η ύπαρξη των κτιρίων, είτε αυτά λειτουργούν ως χώροι διαβίωσης είτε ως χώροι εργασίας, έχει στόχο να βοηθήσει την ανθρώπινη δραστηριότητα, καθώς και να παρέχει προστασία από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες. Τα τελευταία χρόνια η επιστημονική κοινότητα ήρθε αντιμέτωπη με ένα πρόβλημα που εμφανίζεται στο εσωτερικό των κτιρίων και σχετίζεται με την ποιότητα του περιβάλλοντος τους. Τα αποτελέσματα του προβλήματος έχουν άμεσο αντίκτυπο τόσο στις συνθήκες άνετης διαβίωσης μέσα στα κτίρια, όσο και στην υγεία των χρηστών τους.

Τα προβλήματα που δημιουργούνται εξαιτίας της ποιότητας του περιβάλλοντος στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων, συγκεντρώνουν όλο και περισσότερο το ενδιαφέρον του κοινού και των επιστημόνων, καθώς ο σύγχρονος τρόπος ζωής έχει επιβάλλει σε πολλούς ανθρώπους να περνούν τουλάχιστον το 80 % του χρόνου τους μέσα σε ένα κτίριο.

Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη από το Κοινό Ερευνητικό Κέντρο (JRC), περισσότερο από το 20 % του πληθυσμού υποφέρει από

- άσθμα και
- αλλεργικές παθήσεις που προκαλούνται από αέριους ρύπους σε εσωτερικούς χώρους.

Επίσης, έχουν αναφερθεί αρκετά άλλα συμπτώματα όπως:

- ρινικές,
- οφθαλμικές και
- στοματοφαρυγγικές παθήσεις.

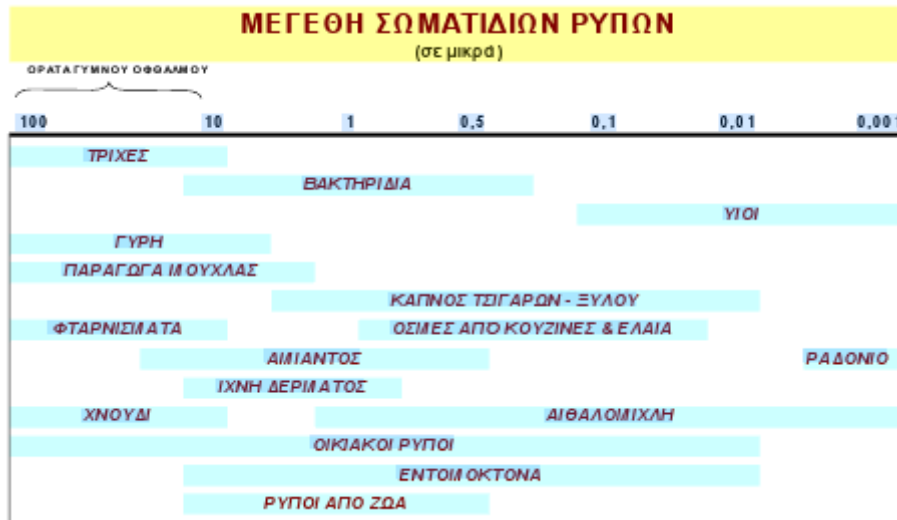
Η ποιότητα του αέρα καθορίζεται από ένα πλήθος παραμέτρων, όπως τις εσωτερικές συγκεντρώσεις (εικόνα 1.1):

- αέριων ιόντων,
- αέριων χημικών ενώσεων, αερομεταφερόμενων σωματιδίων,
- βιολογικών ρύπων καθώς και συγκεντρώσεις ραδιενεργών στοιχείων.

Επιπλέον εξαρτάται. [1]

- από τις τιμές της εσωτερικής θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας,
- από το ρυθμό εναλλαγής του εσωτερικού με τον εξωτερικό αέρα, από τον φωτισμό του χώρου,

- από το θόρυβο,
- από την ύπαρξη εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και
- από τα συστήματα κλιματισμού.



**Εικόνα 1.1: Μεγέθη σωματιδίων για διάφορους ρύπους.**

## 1.2 Που αναφέρεται ο όρος εσωτερικός αέρας;

Αναφέρεται σε μη βιομηχανικούς χώρους, δηλαδή, σε κτίρια που στεγάζουν γραφεία, δημόσια ιδρύματα (σχολεία, νοσοκομεία, μουσεία), χώρους διασκέδασης (θέατρα, εστιατόρια) και ιδιωτικές κατοικίες. Σωστή ποιότητα αέρα στο χώρο σημαίνει συνθήκες υγείας και άνεσης για τα άτομα που ζουν ή εργάζονται στο χώρο αυτό.

## 1.3 Τι σημαίνει σωστή ποιότητα αέρα στο χώρο;

Σημαίνει συνθήκες υγείας και άνεσης για τα άτομα που ζουν ή εργάζονται στο χώρο αυτό.

Οι επιστημονικές έρευνες της αέριας ρύπανσης στους εσωτερικούς χώρους (Indoor Air Sciences) αναπτύσσονται ραγδαία τα τελευταία χρόνια μετά τα πρώτα εντυπωσιακά αποτελέσματα των πρώτων ερευνητικών προσπαθειών που έγιναν στη δεκαετία του '70.

Κατά την πορεία έγινε φανερό, ότι το να πετύχει κανείς να διατηρήσει ή να επαναφέρει την ποιότητα της ατμόσφαιρας μέσα στα κτίρια, είναι σύνθετο εγχείρημα, στο οποίο συνεργάζονται ειδικοί και τεχνολογίες από διάφορους τομείς της επιστήμης, όπως:

- 1) μηχανικοί,
- 2) φυσικοί,
- 3) χημικοί,
- 4) υγιεινολόγοι,
- 5) αρχιτέκτονες,
- 6) βιολόγοι,
- 7) γιατροί,
- 8) συντηρητές έργων τέχνης,
- 9) υπεύθυνοι μουσείων.

Η διερεύνηση του θέματος ξεκίνησε από τα παράπονα των ανθρώπων για ερεθισμούς των βλεννογόνων, ερεθισμό των ματιών, κούραση και πονοκεφάλους κατά την παραμονή τους σε ορισμένα κτίρια.

Οι εσωτερικοί ρύποι, έχουν πολύ μεγαλύτερες τιμές απ' αυτές που έχουν στην ατμόσφαιρα έξω από το κτίριο, έτσι η έκθεση σ' αυτούς γίνεται σημαντικότερη, από την έκθεση στους ρύπους της ατμόσφαιρας. [2]

#### 1.4 Πηγές ρύπανσης μέσα σ' ένα κτίριο

Οι πηγές ρύπανσης των εσωτερικών χώρων διακρίνονται:

- α) ανάλογα με την επικινδυνότητά τους,
- β) τη θέση τους ως προς τον εσωτερικό χώρο και
- γ) την περιοδικότητα εκπομπής των ρύπων.

Η επικινδυνότητα μιας πηγής καθορίζεται από την επικινδυνότητα των ρύπων που εκπέμπει και από το ύψος των συγκεντρώσεών τους και χαρακτηρίζεται ως μικρή, μεσαία ή μεγάλη. Επίσης, ανάλογα με τη θέση τους ως προς τον εσωτερικό χώρο διακρίνονται σε εσωτερικές και εξωτερικές. **Εσωτερικές** ονομάζονται όσες βρίσκονται μόνιμα μέσα στον εσωτερικό χώρο, ενώ **εξωτερικές** ονομάζονται όσες βρίσκονται έξω από τους κλειστούς χώρους, αλλά οι ρύποι που εκπέμπουν εισέρχονται στον εσωτερικό χώρο.

Τέλος, ανάλογα με την περιοδικότητα εκπομπής των ρύπων, διακρίνονται σε *πηγές συνεχούς εκπομπής*, όπως το έδαφος που αποτελεί πηγή ραδονίου και *πηγές περιοδικής εκπομπής*, όπως οι **καύσεις** που εκπέμπουν ρύπους μόνο κατά τη διάρκειά τους. Οι πιο σημαντικές πηγές ρύπανσης εσωτερικών χώρων παρουσιάζονται στις παρακάτω ενότητες.

#### **1.4.1 Τα συστήματα καύσης**

Πρόκειται για συσκευές θέρμανσης, όπως σόμπες, θερμάστρες, λέβητες φυσικού αερίου, φούρνους, μαγκάλια και τζάκια, μέσα στις οποίες καίγονται, ανάλογα με τον τύπο τους, ξύλα, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κηροζίνη κ.ά., και διάφορες φωτιστικές συσκευές (λάμπες πετρελαίου ή λαδιού). Τα καυσαέρια όλων των παραπάνω, όταν δεν απάγονται (απομακρύνονται), έχουν ως αποτέλεσμα την εκπομπή σημαντικών ποσοτήτων μονοξειδίου του άνθρακα (CO), διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και αιωρούμενων σωματιδίων.

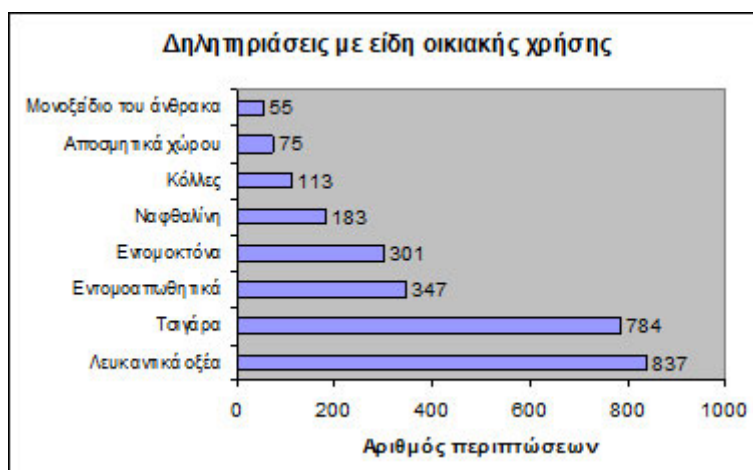
#### **1.4.2 Τα κατασκευαστικά υλικά και τα στοιχεία εσωτερικού διακόσμου**

Πρόκειται για τα υλικά που περιέχουν αμιάντο (αμιαντοκοινιάματα), διάφορα βιομηχανικά είδη ξύλου (π.χ. καπλαμάδες) που συγκολλούνται με κόλλες, που περιέχουν φορμαλδεΰδη και από τα οποία κατασκευάζονται έπιπλα, πάγκοι, επενδύσεις, δάπεδα κ.ά., διάφορα μονωτικά υλικά, τα συνθετικά χαλιά και κάποια υλικά οικοδομών, τα οποία αποτελούν πηγή πτητικών οργανικών ενώσεων, διάφορα χρώματα (υδροχρώματα, ελαιοχρώματα, πλαστικά, κ.ά.), τα διαλυτικά και τα ξηραντικά χρωμάτων που περιέχουν βαρέα μέταλλα (μόλυβδο, υδράργυρο, κάδμιο κ.ά.) και μεταλλικές ίνες.

#### **1.4.3 Τα είδη οικιακής χρήσης, τα υλικά και προϊόντα καθαρισμού, συντήρησης, προσωπικής υγιεινής και καταπολέμησης ανεπιθύμητων μορφών ζωής**

Πρόκειται για τα απορρυπαντικά, τα κάθε είδους καθαριστικά για υγρό και στεγνό καθάρισμα, τα εντομοκτόνα, τα παρασιτοκτόνα και τα αποσμητικά χώρου, τα οποία περιέχουν δραστικές ουσίες με τοξική επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό (εικόνα 1.2). Το λεμονένιο, το πινένιο, ο τετραχλωράνθρακας, το χλωροφόρμιο, το ναφθαλίνιο, το p-διχλωροβενζόλιο, το m-διχλωροβενζόλιο, το 1,1,1-τριχλωροαιθάνιο, το μυρκένιο, το τετραχλωροαιθυλένιο, το εννεάνιο, το δεκάνιο αποτελούν κάποιες από τις δραστικές ουσίες που υπάρχουν στα προϊόντα αυτά.





**Εικόνα 1.2:** Αριθμός δηλητηριάσεων λόγω εισπνοής ειδών οικιακής χρήσης, σύμφωνα με ετήσιο απολογισμό του κέντρου δηλητηριάσεων. (Πηγή: Εκπαιδευτικό πακέτο «Ατμοσφαιρική Ρύπανση Εσωτερικών Χώρων-Άρρωστα Κτήρια»)

#### 1.4.4 Το κάπνισμα (ενεργητικό ή παθητικό)

Στον καπνό του τσιγάρου έχουν ταυτοποιηθεί χιλιάδες διαφορετικές χημικές ουσίες. Η **νικοτίνη**, οι νιτροδαμίμες, το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου, το **υδροκυάνιο (HCN)**, η ακρολεΐνη, η υδραζίνη αποτελούν μερικές από αυτές τις χημικές ουσίες, ενώ στον καπνό του τσιγάρου έχει πιστοποιηθεί η ύπαρξη καρκινογόνων ουσιών, όπως το βενζόλιο, η **πίσσα**, η φορμαλδεΰδη, το βενζοπυρένιο κ.ά.

#### 1.4.5 Η εξωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση

Ο εξωτερικός αέρας μεταφέρεται στους εσωτερικούς χώρους μαζί με διάφορους εξωτερικούς ρύπους, όπως το διοξείδιο του θείου, τα οξείδια του αζώτου, το όζον, το μονοξείδιο του άνθρακα και διάφορες πτητικές ενώσεις (VOCs), όπως τη φορμαλδεΰδη, το βενζόλιο, τα m- και p- ξυλένια και διάφορα αιωρούμενα σωματίδια, σκόνη, γύρη κ.ά.

#### **1.4.6 Ο άνθρωπος, το νερό, τα τρόφιμα και τα κατοικίδια ζώα**

Ο άνθρωπος μεταφέρει καθημερινώς ρύπους μέσω των ρούχων του και των παπουτσιών του, ενώ εκπέμπει και ο ίδιος ουσίες, όπως, για παράδειγμα, το οξικό οξύ και την ακεταλδεΐδη, μέσω της αναπνοής του ή του δέρματός του.

Επίσης, το πόσιμο νερό από πηγές κοντά σε ραδιενεργά πετρώματα, ενδεχομένως περιέχει ραδόνιο, ενώ στο ζεστό νερό του ντους, όταν είναι υπερχλωριωμένο, ενδεχομένως σχηματίζονται ενώσεις, όπως το χλωροφόρμιο και το τριχλωροαιθυλένιο.

Τέλος, τα ζώα παράγουν διάφορες **αλλεργιογόνες ουσίες**, ενώ τα οικιακά απορρίμματα αποτελούν πηγή εσωτερικής ρύπανσης, αφού αποτελούνται κυρίως από υπολείμματα φαγητών, τα οποία μέσα σε ελάχιστο χρονικό διάστημα αλλοιώνονται, αναπτύσσουν μεγάλους μικροβιακούς πληθυσμούς και δυσάρεστες οσμές.

#### **1.4.7 Οι διάφορες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές**

Πρόκειται για συσκευές, όπως τα κινητά τηλέφωνα, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, οι τηλεοράσεις, τα φωτοτυπικά μηχανήματα, τα στερεοφωνικά, τα καλώδια εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων κ.ά. Όλες αυτές οι συσκευές εκπέμπουν διάφορες ουσίες, όπως αμμωνία, όζον, γραφίτη, βρωμιούχους επιβραδυντές καύσης, **ενδοκρινικούς διαταράκτες, φθαλικές ενώσεις, αλλά και ακτινοβολία.**

## Κεφάλαιο 2

### Σύνδρομο άρρωστου κτιρίου

Το πρόβλημα πρωτοεμφανίστηκε στις ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου, τη δεκαετία του '70. Εκεί, άρχισαν κάποια στιγμή σε αρκετά κτίρια να χρησιμοποιούνται μηχανικά συστήματα εξαερισμού θέρμανσης – ψύξης. Για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια αυτά, μειωνόταν οι ποσότητες του εισερχόμενου φρέσκου αέρα. Διαπιστώθηκαν τότε, σε ορισμένα κτίρια, προβλήματα υγείας στα άτομα που ζούσαν και εργαζόταν σε αυτά: κόπωση, ναυτία, ερεθισμούς στα μάτια και το αναπνευστικό σύστημα που ονομάστηκαν **σύνδρομο του αρρώστου κτιρίου** (sick building syndrome, SBS) και τα αντίστοιχα κτίρια ονομάστηκαν άρρωστα κτίρια. Οι ενοχλήσεις αυτές, εξαφανίζονταν όταν τα άτομα έφευγαν από τα κτίρια αυτά [9].



Εικόνα 2.1: Άρρωστο κτίριο.

#### 2.1 Τι είναι το άρρωστο κτίριο;

Ο όρος «**άρρωστο κτίριο**» χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει τα νεόκτιστα κτίρια που δεν προορίζονται για βιομηχανική χρήση αλλά για να στεγάσουν

υπηρεσίες ή κατοικίες και τα οποία παρουσιάζουν προβλήματα «εσωτερικής ρύπανσης». [6]

## 2.2 «Σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου»

Ο όρος «**σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου**» χρησιμοποιείται για να εκφράσει την κακή κατάσταση της υγείας τουλάχιστον του 50 % των ενοίκων, η οποία χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες ενοχλήσεις, οι οποίες αποδίδονται αποκλειστικά και μόνο στην εσωτερική ρύπανση του αέρα του κτιρίου.

Τα κυριότερα συμπτώματα που παρουσιάζουν οι ένοικοι κατά την παραμονή τους σ' ένα άρρωστο κτίριο είναι:

- 1) η δύσπνοια
- 2) ο ξηρός βήχας
- 3) ο πονόλαιμος
- 4) το βράχνιασμα
- 5) η ρινόρροια
- 6) η δακρύρροια
- 7) το φτάρνισμα
- 8) ο ερεθισμός του δέρματος (εξανθήματα)
- 9) οι πονοκέφαλοι
- 10) οι ζαλάδες
- 11) η ναυτία
- 12) η πνευματική κόπωση και σύγχυση
- 13) η σωματική κόπωση
- 14) ο λήθαργος
- 15) οι πεπτικές διαταραχές

Επίσης μπορούν να προκληθούν ασθένειες από τη μακροχρόνια παραμονή σ' ένα άρρωστο κτίριο, όπως:

- 1) ρινίτιδες (αλλεργικές ή μη αλλεργικές)
- 2) ιγμορίτιδες
- 3) ωτίτιδες
- 4) επιπεφυκίτιδες
- 5) πνευμονίες
- 6) δερματίτιδες (εκζέματα)
- 7) παθήσεις του πεπτικού συστήματος

και άλλες ασθένειες όπως:

- 8) νεοπλασίες
- 9) παθήσεις του ήπατος
- 10) παθήσεις των νεφρών
- 11) παθήσεις του κεντρικού νευρικού συστήματος

Τέλος, στον πίνακα 2.1 που ακολουθεί παρατίθενται μολυσματικές ασθένειες που μπορεί να προσβάλλουν τον ανθρώπινο οργανισμό και την πηγή προέλευση τους.

**Πίνακας 2.1: Γνωστότερες μολυσματικές ασθένειες**

Μολυσματικές ασθένειες	Πηγή προέλευσης
Γρίπη	Ιός - γρίπης <i>Influenza</i> - <i>Parainfluenza</i>
Φαρυγγίτιδα	Βακτήριο <i>Chlamydia pneumoniae</i>
Φυματίωση	Βακτήριο <i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Ασθένεια των λεγεωνάριων	Βακτήριο <i>Legionella pneumophila</i>
Πυρετός Pontiac	Βακτήριο <i>Legionella pneumophila</i>
Πνευμονία	- Βακτήριο <i>Streptococcus pneumoniae</i> - Ιός <i>Respiratory Syncytial Virus</i>
Διφθερίτιδα	Βακτήριο <i>Corynebacterium diphtheria</i>
Μηνιγγίτιδα	Βακτήρια - <i>Neisseria meningitidis</i> - <i>Haemophilus influenzae</i>
Παρά	Ιός <i>Morbillivirus</i>
Μαγουλάδες	Ιός <i>Paramyxovirus</i>
Ανεμοβλογιά	Ιός <i>Varicella-zoster</i>
Ασθένεια ιστοπλάσμωση	Μύκητας <i>Histoplasma</i>
Κρυπτοκοκκικές λοιμώξεις	Ζύμη <i>Cryptococcus neoformans</i>
Ακτινομυκητίαση	Βακτήριο <i>Actinomyces israelii</i>
Πνευμονικό Σύνδρομο	Ιός <i>Hanta</i>
Πανούκλα (πανώλη)	Βακτήριο <i>Yersinia pestis</i>

### 2.3 Χημικοί παράγοντες

Οι χημικοί παράγοντες που μπορούν να υποβαθμίσουν την ποιότητα αέρα σε ένα εσωτερικό χώρο παρατίθενται παρακάτω:

- **Η φορμαλδεΰδη (HCHO)**, η οποία είναι υποπροϊόν καύσης και ευρέως χρησιμοποιούμενη χημική ουσία που βρίσκεται σε πολλά βιομηχανικά προϊόντα. Η παρουσία της φορμαλδεΰδης στους εσωτερικούς χώρους οφείλεται κατά κύριο λόγο στη μεγάλη χρήση ρητινών που την εμπεριέχουν και από τις οποίες απελευθερώνεται. Τέτοιες ρητίνες χρησιμοποιούνται στην κατασκευή μονωτικών υλικών, επίπλων από κόντρα πλακέ, νοβοπάν ή άλλα συνθετικά ξύλα, συνθετικών μοκετών, υφασμάτων επιπλώσεως κ.λπ. Επίσης, η φορμαλδεΰδη, μαζί με άλλες αλδεΰδες, αποτελεί επίσης ένα από τα προϊόντα που απελευθερώνονται κατά την καύση των τσιγάρων. [6]
- **Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)** είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο. Όταν εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό ενώνεται με την αιμοσφαιρίνη και εμποδίζει

την κατανομή του οξυγόνου στα κύτταρα. Ένα μέρος της ποσότητας του μονοξειδίου του άνθρακα που εντοπίζεται στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων προέρχεται από το εξωτερικό περιβάλλον δεδομένου ότι αποτελεί προϊόν αφενός μεν της οδικής κυκλοφορίας, αφετέρου δε της βιομηχανικής δραστηριότητας και των κεντρικών συστημάτων θέρμανσης. Στους εσωτερικούς χώρους το μονοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται κατά την καύση των τσιγάρων, καθώς επίσης και από τη χρήση μαγειρικών συσκευών αερίου. [6]

- **Τα οξείδια του αζώτου (NO-NO<sub>2</sub>)** απελευθερώνονται στον εσωτερικό χώρο με τη χρήση μαγειρικών συσκευών φυσικού αερίου και από τις σόμπες αερίου. Οι επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό είναι ερεθισμός σε μάτια, μύτη, λαιμό και χρόνια βρογχίτιδα μετά από μακροχρόνια έκθεση. [6]

- **Το διοξείδιο του άνθρακα** σχετίζεται άμεσα με την παρουσία ατόμων μέσα στον εσωτερικό χώρο. Μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην αναπνοή, ζαλάδα και έντονο αίσθημα κόπωσης σε υψηλές συγκεντρώσεις. [6]


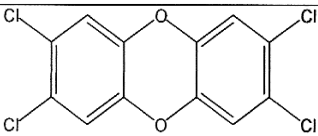
- **Ο αμιάντος** αποτελεί τη συλλογική ονομασία ορισμένων ορυκτών ινώδους μορφής και κρυσταλλικής δομής. Ο αμιάντος ως πρώτη ή δευτερεύουσα ύλη εντοπίζεται σε περισσότερες από 3.000 διαφορετικές τεχνικές εφαρμογές. Αναμιγνύεται με διάφορες συγκολλητικές ουσίες, όπως το τσιμέντο, και χρησιμοποιείται σαν οικοδομικό υλικό με τη μορφή των φύλλων και των σωλήνων αμιαντοτσιμέντου. Επίσης χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό στα πλακάκια, τους φούρνους, τις σόμπες, τα ηλεκτρικά σίδερα και άλλα προϊόντα. Η απελευθέρωση του στον εσωτερικό χώρο των κτιρίων οφείλεται στη σταδιακή γήρανση του υλικού, καθώς επίσης και στις παρεμβάσεις συντήρησης. [6]

- **Οι τεχνητές ορυκτές ίνες** Χρησιμοποιούνται σαν θερμομονωτικά υλικά σε υποκατάσταση του αμιάντου. Τέτοιες ίνες είναι ο πετροβάμβακας και ο υαλοβάμβακας. Η απελευθέρωση του στον εσωτερικό χώρο των κτιρίων οφείλεται κυρίως στις παρεμβάσεις συντήρησης.

- **Το παθητικό κάπνισμα** είναι ένα σημαντικό μέρος της ρύπανσης του εσωτερικού αέρα και οφείλεται στα προϊόντα καύσης του καπνού των τσιγάρων, της πίπας και των πούρων. Ο καπνός που παράγεται αποτελεί ένα μείγμα αερίων, αιωρούμενων στερεών σωματιδίων και οργανικών ουσιών που προέρχονται από την ατελή καύση τόσο του καπνού, όσο και του χαρτιού των τσιγάρων. Στον καπνό του τσιγάρου έχουν εντοπισθεί περίπου 4.300 χημικές ουσίες, ορισμένες από τις οποίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν διάφορα πνευμονικά νοσήματα αλλά και καρκίνο στους παθητικούς

καπνιστές (πίνακας 2.2). Ο καπνός του τσιγάρου στους κλειστούς εσωτερικούς χώρους αυξάνει τις συγκεντρώσεις τόσο των αιωρούμενων στερεών σωματιδίων, όσο και των άλλων αέριων ρύπων όπως της νικοτίνης, των αρωματικών υδρογονανθράκων, του μονοξειδίου του άνθρακα κ.λπ.

**Πίνακας 2.2:** Ρύποι του αέρα που συμβάλλουν στην ανάπτυξη Καρκίνου του πνεύμονα σε μη καπνιστές.

<p><i>ΡΑΗ</i></p> $\text{H}_2\text{C}=\overset{\text{H}}{\text{C}}-\overset{\text{H}}{\text{C}}=\text{CH}_2$ <p><i>1-3 βουταδιένιο</i></p>	<p><i>Αμίαντος</i></p> <p><i>Αρσενικό-As</i></p>
<p><i>Χρώμιο -Cr</i></p>	$\text{H}_2\text{C}=\overset{\text{H}}{\text{C}}-\text{Br}$ <p><i>Αιθυλενοβρωμίδιο</i></p>
 <p><i>Βενζόλιο</i></p>	$\text{H}_2\text{C}=\overset{\text{H}}{\text{C}}-\text{Cl}$ <p><i>Αιθύλενοχλωρίδιο</i></p>
$\text{H}_2\text{C}=\text{O}$ <p><i>Φορμαλδεΰδη</i></p>	 <p><i>Διοξίνη</i></p>
<p><i>Χλωροφόρμιο-CHCl<sub>3</sub></i></p>	<p><i>Πτητικοί οργανικοί διαλύτες</i></p>
<p><i>Τετραχλωράνθρακας -CCl<sub>4</sub></i></p>	<p><i>Βινυλοχλωρίδιο</i></p>

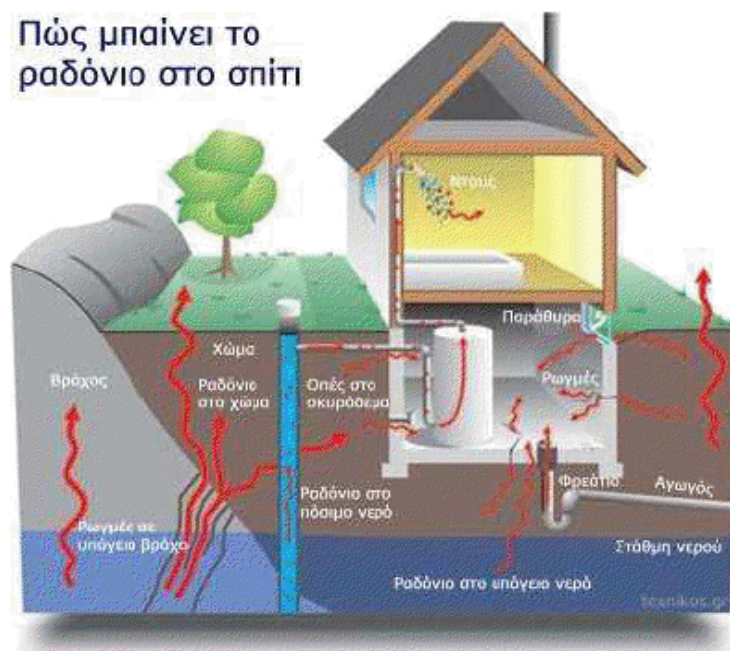
- **Οι πτητικές οργανικές ουσίες** είναι χημικές ουσίες όπως το τριχλωροαιθυλένιο, το τριχλωροαιθάνιο, το τριχλωρομεθάνιο καθώς και άλλοι αλογονωμένοι διαλύτες, οι οποίοι εξαερώνονται με τη θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων από διάφορα προϊόντα (χρώματα, πλαστικά, κόλλες κ.λπ.) στα οποία υπάρχουν ως διαλύτες. Προκαλούν ερεθισμό σε μάτια, μύτη, λαιμό, πονοκέφαλο, απώλεια προσανατολισμού, βλάβη στα νεφρά και στο ήπαρ, στο αναπνευστικό και στο νευρικό σύστημα.

- **Τα στερεά σωματίδια** παρουσιάζονται σε μη αεριζόμενους κλειστούς εσωτερικούς χώρους, τα οποία αποτελούν το τελικό προϊόν της εκφυλιστικής διαδικασίας των υλικών.

## 2.4 Φυσικοί παράγοντες

Οι φυσικοί παράγοντες που μπορούν να υποβαθμίσουν την ποιότητα αέρα σε ένα εσωτερικό χώρο παρατίθενται παρακάτω:

- Το **ραδόνιο** αποτελεί προϊόν ραδιενεργούς μετάπτωσης του ράδιου 226 και συστατικό στοιχείο των βράχων και του εδάφους. Απελευθερώνεται σε αέρια μορφή στους κλειστούς εσωτερικούς χώρους των κτιρίων από τα κατασκευαστικά υλικά και το νερό. Υψηλές συγκεντρώσεις από ραδόνιο παρατηρούνται στους μη αεριζόμενους υπόγειους χώρους όπου το στοιχείο απελευθερώνεται από το έδαφος (εικόνα 2.2). [2]



**Εικόνα 2.2:** Τρόπος εισόδου του ραδονίου σε εσωτερικό χώρο σπιτιού.

Επιπλέον παρατηρούνται οργανικές ενώσεις και σωματίδια από τη λειτουργία υπολογιστών, εκτυπωτών και διάφορων άλλων ηλεκτρονικών μέσων όπως το βενζόλιο, η ναφθαλίνη και η τολουόλη:

**Βενζόλη** είναι μία συνήθης διαλυτική ουσία που περιέχεται στο μελάνι, στα λάδια, στα χρώματα, στα πλαστικά, στο καουτσούκ, στη γκαζολίνη, στα απορρυπαντικά, στα φαρμακευτικά, στις βαφές, στον καπνό τσιγάρου και στις συνθετικές ίνες. Προκαλεί ερεθισμό σε δέρμα και μάτια (ξηροδερμία, φλεγμονές, φλύκταινες και δερματίτιδα), ζαλάδα, αδυναμία, πονοκέφαλο, ναυτία, θολή όραση, αναπνευστικά προβλήματα, ρίγος, αρρυθμίες, βλάβες σε συκώτι και νεφρά, ανορεξία, υπνηλία, νευρική κατάσταση, ψυχικές διαταραχές, αιματολογικά νοσήματα και καρκινώματα. [6]

**Τριγλωροαιθυλένιο** είναι ένα εμπορικό προϊόν για βιομηχανική χρήση. Περιέχεται σε μεταλλικούς απολυμαντές, προϊόντα στεγνού καθαρισμού, μελάνι τυπώματος λούστρο, βερνίκια, συγκολλητικά. Προκαλεί ενδεχομένως καρκίνο στο συκώτι.



## 2.5 Βιολογικοί παράγοντες

Οι βιολογικοί παράγοντες οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τη ρύπανση του εσωτερικού αέρα των κτιρίων είναι κυρίως τα βακτήρια, οι ιοί και οι μύκητες. Αυτοί οι βιολογικοί ρυπαντές του εσωτερικού αέρα προέρχονται από τα κλιματιστικά συστήματα με πύργους ψύξης καθώς επίσης από τους ανθρώπους και τα ζώα.

Το καλοκαίρι του 1976, στο ξενοδοχείο «Bellevue-Staford» της Φιλαδέλφειας των ΗΠΑ, μια επιδημία πνευμονίας πρόσβαλε 221 ανθρώπους και προκάλεσε 34 θανάτους κατά τη διάρκεια της ετήσιας συνέλευσης των Αμερικανών απόστρατων λεγεωνάριων. [6] Αργότερα εξακριβώθηκε ότι η αιτία αυτής της πνευμονίας ήταν ένα είδος gram-αρνητικού αερόβιου βακτηριδίου- που ονομάστηκε λεγιονέλλα πνευμονόφιλος και απομονώθηκε σε υδρατμούς του νερού των κλιματιστικών κεντρικών συστημάτων. Ο ίδιος μικροοργανισμός ήταν υπεύθυνος και για μια προηγούμενη επιδημία πνευμονίας, στο ίδιο ξενοδοχείο της Φιλαδέλφειας το 1974, αλλά και για την πνευμονοπάθεια που παρουσιάστηκε το 1968 σε 144 εργαζόμενους και επισκέπτες ενός νοσοκομείου της πόλης Πόντιακ του Μίτσιγκαν και ονομάστηκε «Pontiac-Fever».

Οι διαδικασίες πρόληψης θα πρέπει να εστιάζονται:

- 1) Στην καλή συντήρηση και στον καθαρισμό των κεντρικών κλιματιστικών συστημάτων.
- 2) Στην εναλλαγή του εσωτερικού αέρα.
- 3) Στο ότι η ανακύκλωση του εσωτερικού αέρα δεν πρέπει να υπερβαίνει το 30 %.
- 4) Στη μείωση της χρήσης συνθετικών προϊόντων στην επίπλωση του χώρου.
- 5) Στην αποφυγή χρήσης χημικών καθαριστικών.
- 6) Στην απαγόρευση του καπνίσματος στους κλειστούς εσωτερικούς χώρους.
- 7) Στην ποσοτική και ποιοτική εκτίμηση των βλαπτικών παραγόντων του περιβάλλοντος εργασίας.
- 8) Στην εφαρμογή της κείμενης νομοθεσίας για την Υγεία και Ασφάλεια και στην υλοποίηση της γραπτής εκτίμησης του επαγγελματικού κινδύνου. [2]

## 2.6 Ψυχολογικοί παράγοντες

Πολλές μελέτες έχουν γίνει με θέμα την πιθανή σχέση ανάμεσα στο SBS και στο άγχος. Τα αποτελέσματα έχουν δείξει ότι το SBS μπορεί να ευθύνεται για το άγχος. Επίσης οι επιστήμονες τα τελευταία χρόνια μιλούν για το πρόβλημα της **χημικής εναισθησίας**. Με τον όρο αυτό αναφέρονται σε μια αμφιλεγόμενη και περίπλοκη

διαταραχή που αποδίδεται σε χαμηλού επιπέδου έκθεση σε χημικές ενώσεις σε βιομηχανικούς και μη βιομηχανικούς χώρους και στη χρήση καταναλωτικών προϊόντων και φαρμάκων. Η διαταραχή αυτή εμφανίζεται σε ένα υποσύνολο ανθρώπων που παρουσιάζουν κάποια από τα συμπτώματα του SBS, αλλά αυτά τα συγκεκριμένα προβλήματα δεν δείχνουν να εξαφανίζονται όταν το άτομο απομακρύνεται από τον χώρο έκθεσης. Οι ψυχολογικοί παράγοντες μπορεί να επιτείνουν την αύξηση του άγχους των ανθρώπων και να τους κάνουν περισσότερο ευαίσθητους σε περιβαλλοντικούς παράγοντες.

## Κεφάλαιο 3

### Ποιότητα εσωτερικού αέρα σε εκπαιδευτικά κτίρια

Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος στα εκπαιδευτικά κτίρια εμφανίζει ιδιαίτερη σημασία και προσελκύει όλο και περισσότερο το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας, των εκπαιδευτικών, των διευθυντών και διαχειριστών των εκπαιδευτικών εγκαταστάσεων και γενικότερα του κοινωνικού συνόλου. Αξίζει να σημειωθεί πως υπάρχουν περισσότεροι από 71 εκατομμύρια μαθητές και περίπου 4,5 εκατομμύρια δάσκαλοι και καθηγητές στη πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ευρωπαϊκή Ένωση, αντιπροσωπεύοντας το 20 % του συνολικού πληθυσμού. Επιπρόσθετα στις μισές χώρες της ΕΕ τα παιδιά βρίσκονται πάνω από 800 ώρες το χρόνο στις αίθουσες, δηλαδή περίπου το ένα τρίτο μιας τυπικής μέρας.

Το ενδιαφέρον αυξάνεται και επειδή πέρα από το γεγονός ότι τα εκπαιδευτικά κτίρια αποτελούν χώρο παραγωγής εκπαιδευτικού έργου, σε αυτά βρίσκονται άνθρωποι μικρής ηλικίας, δηλαδή ομάδες πληθυσμών με αυξημένες απαιτήσεις υγιεινής. Πράγματι, το ανοσοποιητικό σύστημα των μαθητών είναι πιο ευπαθές από των ενηλίκων με αποτέλεσμα να προσβάλλονται πιο εύκολα από χημικούς παράγοντες που εκπέμπονται στους χώρους των σχολείων. Έτσι έχουμε την εμφάνιση συμπτωμάτων κακής υγείας όπως κρυώματα, αλλεργίες, κούραση, γρίπη, ερεθισμός δέρματος. Επιπλέον, ο οργανισμός των μαθητών βρίσκεται σε ανάπτυξη και αναπνέει μεγαλύτερο όγκο αέρα ανά μονάδα βάρους που υπολογίζεται σε περίπου 400 ml/min/kg σε αντίθεση με τους ενήλικες που είναι 150 ml/min/kg.

Ένας ακόμα παράγοντας σε αυτό το σημείο που διαφοροποιεί την έκθεση των ενηλίκων από τους ανήλικους στους ρύπους έγκειται στο γεγονός ότι συχνά τα παιδιά, ιδίως προσχολικής ηλικίας, παίζουν πάνω σε χαλιά και μοκέτες που όπως θα αναφερθεί παρακάτω, αποτελούν κύρια πηγή εκπομπών ρύπων. Επομένως, οι ρύποι που υπάρχουν στα σχολικά κτίρια επηρεάζουν περισσότερο τους μαθητές με συνέπεια την εμφάνιση αναπνευστικών προβλημάτων και κυρίως αύξηση των κρουσμάτων άσθματος. Τα κρούσματα άσθματος είναι μάλιστα ιδιαίτερα υψηλά στην Αμερική και κυρίως στις βιομηχανικές περιοχές. [3]

Πέρα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που εμφανίζει η ευαίσθητη ομάδα πληθυσμού των μαθητών υφίστανται επιπρόσθετα και άλλοι τέσσερις κρίσιμοι παράγοντες που καθιστούν τα εκπαιδευτικά κτίρια πιο πιθανούς χώρους εμφάνισης

φτωχής ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος σε σύγκριση με άλλα κτίρια. Οι παράγοντες αυτοί είναι οι παρακάτω:

1. **Η ηλικία των κτιρίων:** Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχεδόν το 90 % των σχολείων χτίστηκαν πριν από το 1980, και ειδικότερα, το 50 % κατά τη δεκαετία του '60. Αν και οι συνέπειες της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος μπορούν να εμφανιστούν σε οποιοδήποτε παλιό ή νέο κτίριο, οι αυξανόμενοι κίνδυνοι στα παλαιότερα κτίρια οφείλονται στα ξεπερασμένα συστήματα εξαερισμού.

2. **Η έλλειψη χρημάτων για την ανακαίνιση και την συντήρηση των σχολικών κτιρίων:** Πολλά σχολικά κτίρια και ιδιαίτερα τα δημόσια δεν διαθέτουν επαρκείς οικονομικούς πόρους ώστε να προβαίνουν σε περιοδική είτε ανακαίνιση είτε επιδιόρθωση και συντήρηση ή ακόμα και αλλαγή του εξοπλισμού και των όποιων μηχανικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού διαθέτουν. Η δυσκολία αυτή συντελεί στη δημιουργία έντονων προβλημάτων στο σύστημα εξαερισμού, στις στέγες, και σε άλλες περιοχές των σχολικών κτιρίων.

3. **Ο μεγάλος αριθμός μαθητών και καθηγητών που εισέρχονται στα σχολικά κτίρια:** Συχνά παρατηρείται το φαινόμενο της υπέρβασης του αριθμού των μαθητών σε μία αίθουσα διδασκαλίας με αποτέλεσμα ο αρχικός σχεδιασμός των αιθουσών όσον αφορά στον αερισμό τους να μη καλύπτει τις επιπρόσθετες ανάγκες σε φρέσκο αέρα. Έρευνα στα σχολικά κτίρια στις Η.Π.Α. έδειξε πως στο 10 % των σχολικών αιθουσών, ο αριθμός των μαθητών είναι μεγαλύτερος κατά 25 %.

4. **Η αλλαγή χρήσης των κτιρίων:** Πολλές φορές οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες στεγάζονται σε δημόσια κτίρια που αρχικά δεν είχαν σχεδιαστεί για να παρέχουν τέτοιες υπηρεσίες. Ως εκ τούτου οι συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος με την δημιουργία εκ των υστέρων αιθουσών με την κατεδάφιση ή κατασκευή ενδιάμεσων τοίχων και με την παρουσία μεγάλου αριθμού ατόμων σε αυτούς τους νέους διαμορφωμένους χώρους δεν πληρούν συχνά τα απαραίτητα κριτήρια για την επίτευξη ικανοποιητικής ποιότητας εσωτερικού αέρα.

Οι συνέπειες της φτωχής ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος στα εκπαιδευτικά κτίρια είναι καταλυτικές για την ορθή λειτουργία ενός σχολικού συγκροτήματος, την απόδοση των μαθητών και των δασκάλων και καθηγητών καθώς και για την υγεία των παραπάνω. Μια συνοπτική καταγραφή των συνεπειών ενός μη ικανοποιητικού εσωτερικού περιβάλλοντος στα σχολικά κτίρια παρουσιάζεται στον πίνακα 3.1.

**Πίνακας 3.1 Συνέπειες της φτωχής ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος στα εκπαιδευτικά κτίρια.**

Προβλήματα υγείας σε μαθητές και προσωπικό όπως κρύωμα, γρίπη, πονοκέφαλος.
Επιδείνωση των προβλημάτων υγείας ατόμων με αλλεργίες, άσθμα, ή ευαίσθητα σε χημικές ουσίες στο εσωτερικό χώρο των σχολικών κτιρίων.
Ξαφνική απουσία μεγάλου αριθμού μαθητών και προσωπικού για μια μέρα.
Επίδραση στο περιβάλλον μάθησης των μαθητών.
Μείωση της αποδοτικότητας των μαθητών.
Κλείσιμο των σχολείων όταν τα συμπτώματα υγείας παρουσιάζονται σε μεγάλη κλίμακα σε ακραίες περιπτώσεις.
Τεταμένες σχέσεις μεταξύ γονιών και προσωπικού που δουλεύουν στα σχολικά κτίρια.

### **3.1 Πηγές ρύπων στα σχολικά κτίρια**

Οι πηγές εκπομπής στα σχολικά κτίρια διακρίνονται σε εσωτερικές και εξωτερικές.

#### ***Εξωτερικές πηγές ρύπανσης στα σχολεία:***

Στην κατηγορία των εξωτερικών πηγών ρύπανσης συγκαταλέγονται τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, οι διάφορες πηγές εκπομπών σωματιδίων (σκουπιδότοποι, φυτοφάρμακα) και οι διεργασίες καύσης με όλα τα επακόλουθα τόσο στην ανθρώπινη υγεία όσο και στο περιβάλλον.

Αποτελεί επομένως κρίσιμο ζήτημα η τοποθεσία που βρίσκεται το σχολικό συγκρότημα. Σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει να βρίσκεται κοντά σε περιοχές με έντονα επιβαρυνόμενη ατμοσφαιρική ρύπανση μιας και σε μία τέτοια περίπτωση οι περιεκτικότητες των ρύπων θα εμφανίζονται ιδιαίτερα αυξημένες.

Από μετρήσεις που έχει διενεργήσει η EPA σε σχολεία της Οκλαχόμα έχει βρεθεί ότι σχολείο που βρίσκεται 1000 μέτρα από μεγάλη εθνική οδό έχει υποστεί ρύπανση που αντιστοιχεί στο 10% της ρύπανσης σχολείου που βρίσκεται μόλις 300 μέτρα από αυτήν. Σε ένα πυκνοδομημένο αστικό περιβάλλον είναι δυστυχώς αναμενόμενο τα εκπαιδευτικά κτίρια συχνά να γειτνιάζουν σε κεντρικούς οδικούς άξονες με αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο. Συνεπακόλουθα οι ρύποι (κυρίως διοξείδιο του άνθρακα, οξειδία του αζώτου, όζον και διάφορα σωματίδια) εισέρχονται στα σχολικά κτίρια μέσω του συστήματος των αεραγωγών και των παραθύρων. [3]

#### ***Εσωτερικές πηγές ρύπανσης στα σχολεία:***

Τα σχολικά κτίρια αποτελούνται από χώρους διάφορων δραστηριοτήτων, στους οποίους ο μαθητής διδάσκεται, γυμνάζεται, διαλογίζεται, ξεκουράζεται και επομένως είναι εύλογο οι πηγές εκπομπής ρύπων να ποικίλουν από χώρο σε χώρο. Ο πίνακας 4 παρουσιάζει τις εσωτερικές πηγές εκπομπής ρύπων στα εκπαιδευτικά κτίρια και τους ρύπους που συναντώνται σε αυτά για κάθε χώρο δραστηριότητας ξεχωριστά.

Συνοψίζοντας οι σημαντικότεροι ρύποι που συναντιούνται στα σχολικά κτίρια είναι οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC), και ιδιαίτερα η φορμαλδεΐδη, το διοξείδιο του άνθρακα, το μονοξείδιο του άνθρακα και τα βακτήρια (πίνακας 3.2).

**Πίνακας 3.2** Εσωτερικές πηγές εκπομπής στα εκπαιδευτικά κτίρια.

	Πηγές	Ρύποι
<b>Αίθουσα Διδασκαλίας</b>	Πάτωμα	Φορμαλδεΐδη, τολουόλιο, ξυλόλια, στυρόλιο, μύκητες
	Οροφή	Ανάπτυξη μικροβίων, βακτήρια, μύκητες
	Ανθρώπινη δραστηριότητα	CO <sub>2</sub> , CO
	Προϊόντα καθαρισμού	Τοξικές ουσίες, κρεσόλη, αλισίβα Φορμαλδεΐδη.
	Νιπτήρας	Βακτήρια, μόλυβδος, εμφάνιση ιών
	Χρώματα ζωγραφικής	Τοξικές ουσίες
	Θερμομονωτικά υλικά	Ίνες, πτητικές οργανικές ενώσεις
	Έδρανα	Φορμαλδεΐδη, πτητικές οργανικές ενώσεις, τοξικές ουσίες, βαρέα μέταλλα
	Κουρτίνες	Φορμαλδεΐδη, αλδεΐδες
	Αρωμα	Τοξικές ουσίες
	Κιμωλία	Ανθρακικό ασβέστιο
	Ντύσιμο	Μικρόβια, μύκητες
<b>Γυμναστήριο</b>	Ανθρώπινη δραστηριότητα	CO <sub>2</sub> , CO

	Πάτωμα	Φαινόλη, Φορμαλδεΐδη
	Συνθετικό γυαλί	Ίνες
	Σύστημα αεραγωγών	Ανάπτυξη μικροβίων, ιοί
	Αποδυτήρια	Τοξικές ουσίες, βακτήρια, ιοί
<b>Βιβλιοθήκη</b>	Μοκέτα	Τοξικές ουσίες, βακτήρια
	Ηλεκτρονικός υπολογιστής	Όζον, πτητικές οργανικές ενώσεις, φωσφορικό οξύ, τριφένυλο φωσφορικός εστέρας.
	Φωτοτυπικό μηχάνημα	Πτητικές οργανικές ενώσεις, όζον, NO, σωματίδια γραφίτη, ατμοί αμμωνίας και οξικού οξέος
	Εκτυπωτής laser	αλδεΐδες, στυρόλιο, υδρογονάνθρακες, όζον, Φορμαλδεΐδη, σωματίδια γραφίτη
	Ταπετσαρία	Πτητικές οργανικές ενώσεις, Φορμαλδεΐδη
	Διαχωριστικά εσωτερικών χώρων	Φορμαλδεΐδη, τολουόλιο,



		βενζόλιο, βακτήρια
	Κουρτίνες	Φορμαλδεύδη, αλδεύδες
	Έπιπλα	Πτητικές οργανικές ενώσεις, Φορμαλδεύδη, τοξικές ουσίες
	Σύστημα αεραγωγών	Ανάπτυξη μικροβίων, ιοί
<b>Κυλικείο</b>	Καπνός τσιγάρου	CO, Φορμαλδεύδη, NO <sub>x</sub> , βενζόλιο, υδραζίνη
	Πάτωμα	Στυρόλιο, τολουόλιο, Φορμαλδεύδη
	Απορρίμματα	Βακτήρια, μύκητες
	προϊόντα καθαρισμού, εντομοκτόνα	Τοξικές ουσίες
	Ανθρώπινη δραστηριότητα	CO <sub>2</sub> , CO
	Πλαστικά υλικά	DEHP, DINP
	Φούρνος	CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , βακτήρια, μύκητες
	Νιπτήρας	Βακτήρια, ιοί
<b>Εργαστήριο</b>	Ανθρώπινη δραστηριότητα	Χημικές ουσίες πειραμάτων

### 3.2 Συνθήκες ευεξίας

Πέρα από τη παρουσία αέριων ρύπων και οι συνθήκες θερμικής άνεσης επιδρούν τόσο στην αποτελεσματικότητα της μαθησιακής διαδικασίας όσο και στην ανθρώπινη υγεία. Οι συνθήκες ευεξίας επηρεάζονται από διάφορες παραμέτρους, οι οποίες

διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες που παρουσιάζονται στον πίνακα 3.3, με κυριότερες τη θερμοκρασία, την υγρασία και την ταχύτητα κίνησης του αέρα. [3]

### **Πίνακας 3.3 Παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες ευεξίας.**

Η θερμοκρασία του αέρα στο χώρο.
Η θερμοκρασία των επιφανειών που περιβάλλουν τον χώρο.
Η υγρασία του αέρα στο χώρο.
Η κίνηση του αέρα στο χώρο.
Ο αερισμός και η καθαρότητα του αέρα.
Ο θόρυβος.
Τα επίπεδα φωτισμού (οπτική άνεση).
Οργανικές παράμετροι, οι οποίες αναφέρονται στην ηλικία, το φύλο και τα εθνικά χαρακτηριστικά των ευρισκομένων σε ένα χώρο.
Εξωτερικοί παράμετροι, που αναφέρονται σε σωματική δραστηριότητα (η οποία έχει σχέση με τον μεταβολισμό), τον τύπο ένδυσης και κοινωνικές συνθήκες.

### **3.3 Οδηγίες και Κανονισμοί ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος**

Εξαιτίας λοιπόν των ενδεχόμενων επιπτώσεων στην υγεία που μπορεί προκληθούν από τη μη ικανοποιητική ποιότητα εσωτερικού αέρα δημιουργήθηκε η ανάγκη ανάληψης ουσιαστικών προσπαθειών και άμεσων μέτρων για τον περιορισμό της ανθρώπινης έκθεσης σε ρύπους του εσωτερικού περιβάλλοντος. Σε αυτή την κατεύθυνση, η διεθνής επιστημονική κοινότητα εστίασε τις ενέργειες της στην διαμόρφωση και πρόταση γενικών οδηγιών και συμβουλών για τη βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και τα κράτη στη θέσπιση σχετικής νομοθεσίας.

Οι κανονισμοί και οι οδηγίες όσον αφορά στην ποιότητα αέρα θέτουν όρια τόσο ως προς την ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή συγκέντρωσης ενός μεγάλου πλήθους ρύπων όσο και ως προς την ελάχιστη τιμή εναλλαγών αέρα ανά ώρα.

Η TOTEE 2425/86 ορίζει για κάθε είδος χώρου τον μέγιστο επιτρεπόμενο αριθμό ατόμων ανά 100 τμ. επιφάνειας δαπέδου και τον ελάχιστο και προτεινόμενο ρυθμό αερισμού ανά άτομο σε κυβικά μέτρα ανά ώρα. Οι σχετικές τιμές παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4 για τα εκπαιδευτικά κτίρια.

**Πίνακας 3.4 TOTEE 2425/86 για τα εκπαιδευτικά κτίρια Άτομα ανά 100 τμ επιφάνειας δαπέδου.**

	Αερισμός ανά άτομο (m <sup>3</sup> /h)	Ελάχιστη τιμή	Προτεινόμενη τιμή
Αίθουσα	55	17	17-26
Βιβλιοθήκη	22	12	17-21
Γυμναστήριο	75	34	42-51

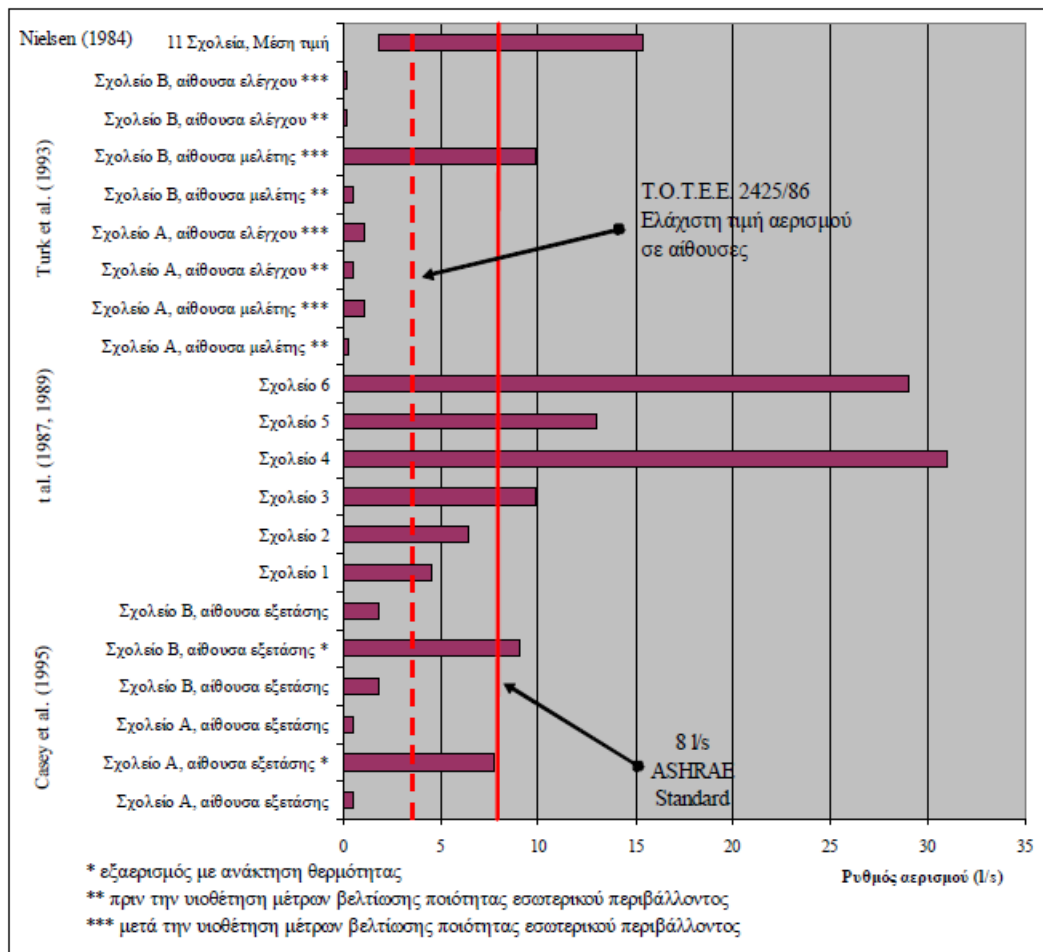
### **3.4 Υφιστάμενη κατάσταση στα εκπαιδευτικά κτίρια**

Είναι γενικότερα αποδεκτό πως η ποιότητα του εσωτερικού αέρα και ο ρυθμός αερισμού στις σχολικές αίθουσες επηρεάζουν την υγεία των μαθητών και έμμεσα την ικανότητα μάθησης. Η παραπάνω δήλωση πηγάζει τόσο από δεδομένα μελετών στα εκπαιδευτικά κτίρια, που ωστόσο στη βιβλιογραφία η εύρεση τέτοιων στοιχείων είναι περιορισμένη, όσο και σε ‘ισοδύναμα’ κτίρια όπως τα κτίρια γραφείων.

Αν και ο ρυθμός αερισμού αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την επίτευξη ικανοποιητικής ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος, περιορισμένος αριθμός σχετικών μετρήσεων στα εκπαιδευτικά κτίρια είναι διαθέσιμος. Στο ιστογράμμα 1 παρουσιάζεται ο ρυθμός αερισμού σχετικών δημοσιευμένων ερευνών σε εκπαιδευτικά κτίρια στις Η.Π.Α. και στην Ευρώπη. Όπως παρατηρείται συχνά παρουσιάζεται το φαινόμενο, ο ρυθμός αερισμού να είναι μικρότερος από την τιμή που ορίζει το διεθνώς αποδεκτό πρότυπο του οργανισμού ASHRAE. [3]

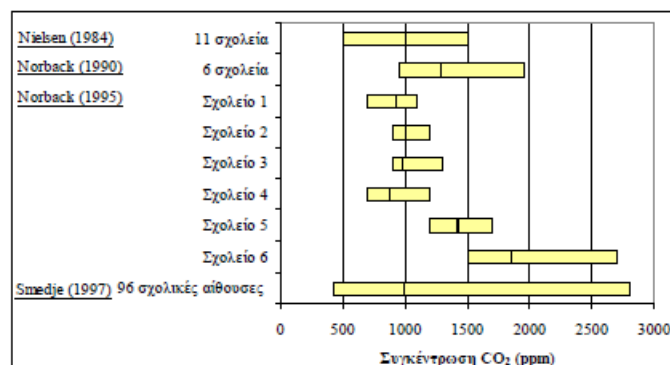
Στα ιστογράμματα 2 και 3 παρουσιάζονται η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα σε εκπαιδευτικά κτίρια της Ευρώπης και των ΗΠΑ και Καναδά αντίστοιχα. Το διοξείδιο του άνθρακα συχνά χρησιμοποιείται ως δείκτης του αερισμού ενός χώρου ιδιαίτερα σε χώρους που βρίσκεται μεγάλος αριθμός ατόμων. Όπως φαίνεται από τα σχετικά ιστογράμματα πολλές έρευνες αναφέρουν συγκεντρώσεις υψηλότερες από τη τιμή των 1000 ppm που προτείνει ο αμερικανικός οργανισμός ASHRAE. Ωστόσο στην Ελλάδα η τιμή της Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας είναι 9000 ppm, τιμή πολύ μεγαλύτερη από αυτή που συστήνει ο οργανισμός ASHRAE, γεγονός που υπογραμμίζει πως σήμερα οι οδηγίες και οι

κανονισμοί διαφοροποιούνται ανάμεσα στους διάφορους αρμόδιους οργανισμούς και τις κρατικές νομοθεσίες.[3]



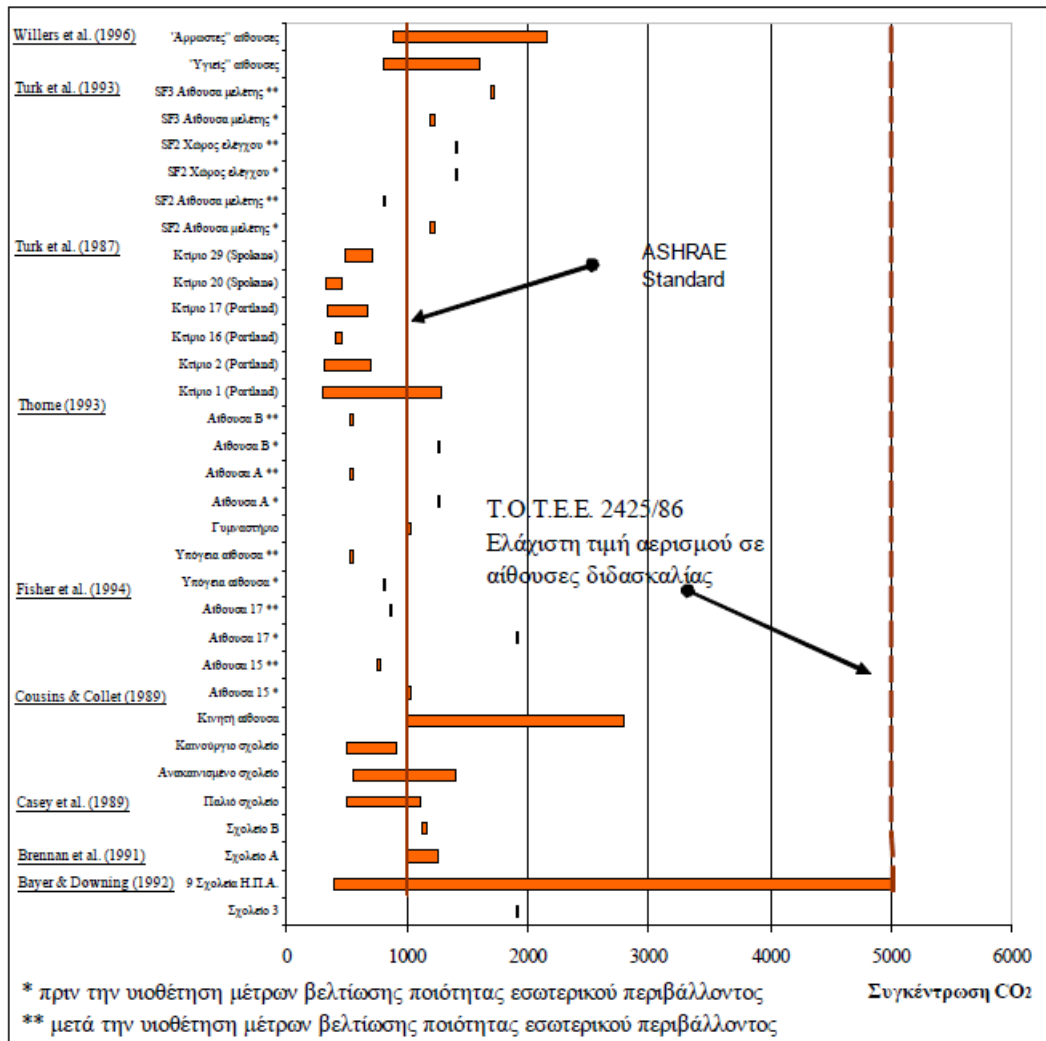
Ιστόγραμμα 1. Ο ρυθμός αερισμού σχετικών δημοσιευμένων ερευνών σε εκπαιδευτικά κτίρια στις Η.Π.Α. και στην Ευρώπη.

(source: Daisey J. M., Angell W. J. and Apte M. G. (2003) Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information, Indoor Air 2003, Vol. 13, p. 53-64)



Ιστόγραμμα 2. Η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα σε εκπαιδευτικά κτίρια της Ευρώπης

[3]



Ιστόγραμμα 3. Η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα σε εκπαιδευτικά κτίρια των ΗΠΑ και Καναδά

## Κεφάλαιο 4

### Ποιότητα εσωτερικού αέρα σε μεγάλα κτίρια στην Ελλάδα

Έχει διερευνηθεί η ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων σε περισσότερα από 30 μεγάλα κτίρια στην Ελλάδα. Τα κτίρια που ελέγχθηκαν βρίσκονταν στην περιοχή της Αττικής συμπεριλαμβανομένων κτιρίων που βρίσκονταν στο κέντρο των Αθηνών, στα προάστια καθώς και σε μεγάλες λεωφόρους με πολύ κίνηση. Κάποια από αυτά τα κτίρια ελέγχθηκαν στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων, ενώ όλα τα άλλα αξιολογήθηκαν μετά από αίτημα του διαχειριστή του κτιρίου. Συνήθως, εκτίμηση της ποιότητας του αέρα στο εσωτερικό ενός μεγάλου κτιρίου διεξάγεται είτε στα πλαίσια μιας περιβαλλοντικής πολιτικής που ακολουθείται από τον ιδιοκτήτη του κτιρίου είτε σε περιπτώσεις συμπτωμάτων ή παραπόνων για την υγεία που αναφέρονται από τους ενοίκους του κτιρίου.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη διερεύνηση της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων σε καθένα από αυτά τα κτίρια, περιλάμβανε επιθεώρηση του κτιρίου προκειμένου να γίνουν αντιληπτά τα χαρακτηριστικά του χρησιμοποιώντας τυποποιημένη λίστα ελέγχου και διεξαγωγή μετρήσεων χημικών και φυσικών παραμέτρων. Οι χημικές παράμετροι που μετρήθηκαν στις περισσότερες περιπτώσεις περιλάμβαναν Ολικά Αιωρούμενα Σωματίδια (TSP), TVOC και CO<sub>2</sub>. Η ανάλυση των χαρακτηριστικών των κτιρίων που ελέγχθηκαν έδειξε ότι περίπου όλα είχαν μηχανικό σύστημα αερισμού (κεντρικό κλιματισμό).[6]

Ωστόσο σημαντικές διαφορές διαπιστώθηκαν σε:

- τύπο συστήματος εξαερισμού (μόνο σύστημα τροφοδοσίας, σύστημα διπλού αγωγού, VAV, κλπ)
- μέθοδοι θέρμανσης/ψύξης (μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (fan coils), θέρμανση αέρα, προθέρμανση φρέσκου αέρα, κλπ)
- θέση εισαγωγής εξωτερικού αέρα: στα περισσότερα κτίρια η τροφοδοσία φρέσκου αέρα βρισκόταν στην ταράτσα του κτιρίου, ενώ σε άλλα κτίρια υπήρχε ξεχωριστή εισαγωγή αέρα σε κάθε όροφο. Σε αυτή την περίπτωση κάθε όροφος διαθέτει τη δική του μονάδα χειρισμού αέρα
- ποσοστό επανακυκλοφορίας αέρα: σε περίπου το ήμισυ των κτιρίων η εισαγωγή εξωτερικού αέρα ήταν 100 %, ενώ στα άλλα κτίρια υπήρχε ποσοστό επανακυκλοφορούμενου αέρα

- φιλτράρισμα και ύγρανση: χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα σάκου σε περίπου όλες τις μονάδες χειρισμού αέρα, ενώ σε μικρό ποσοστό των κτιρίων υπήρχε σύστημα ύγρανσης

- η δομή του κτιρίου (ανοικτοί χώροι, κυψελωτά δωμάτια)

Οι μετρήσεις των χημικών παραμέτρων έδειξαν ότι σε περίπου όλα τα κτίρια, οι συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> στον αέρα εσωτερικών χώρων ήταν μικρότερες από 1000 ppm, που προτείνονται από το ASHRAE. Στην πραγματικότητα, οι συγκεντρώσεις σε περίπου όλα τα κτίρια βρέθηκαν μικρότερες από 800 ppm. Αυτό σημαίνει ότι, γενικά, η κατοχή του κτιρίου σε σχέση με την πρόσληψη φρέσκου αέρα ήταν ικανοποιητική στην πλειοψηφία των κτιρίων. Ωστόσο βρέθηκαν τιμές διοξειδίου του άνθρακα κοντά στα 1000 ppm, σε ειδικές περιπτώσεις όπως:

A) Σε κτίρια που βρίσκονται στο κέντρο της Αθήνας όπου η εισαγωγή εξωτερικού αέρα βρίσκεται κοντά σε δρόμο με υψηλή κυκλοφοριακή κίνηση οχημάτων

B) Κυψελωτά δωμάτια με μεγάλο αριθμό εργαζόμενων και χωρίς εισόδους αέρα. Αυτό το πρόβλημα υπάρχει συνήθως σε κτίρια που έχουν ανακαινιστεί. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι ανοικτοί χώροι χωρίζονται σε κυψελωτά δωμάτια χρησιμοποιώντας συνήθως τοιχώματα με φατώματα, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η θέση των εισόδων αέρα

Κυψελωτά δωμάτια με σφραγισμένα παράθυρα, όπου έχουν κλείσει οι ρυθμιστές στις εισόδους αέρα. Είναι πολύ σημαντικό να αναφερθεί ότι στα περισσότερα κτίρια, οι εργαζόμενοι δεν γνωρίζουν τη λειτουργία του συστήματος HVAC. Επομένως, σε πολλές περιπτώσεις κλείνουν τους ρυθμιστές των εισόδων φρέσκου αέρα θεωρώντας ότι πρόκειται για ανακυκλοφορούμενο αέρα του συστήματος κλιματισμού.

Οι συγκεντρώσεις των Ολικών Αιωρούμενων Σωματιδίων ήταν σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερες από τα όρια που δίνονται από την ελληνική νομοθεσία για την υγεία και την ασφάλεια (5000 μg/m<sup>3</sup>). Εντούτοις, αυτό το όριο αναφέρεται κυρίως σε βιομηχανικές περιοχές και όχι σε εμπορικά κτίρια και κτίρια γραφείων.

Σύμφωνα με την οδηγία της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας, η συγκέντρωση εισπνεόμενων σωματιδίων (RSP) που εγείρει ανησυχία είναι 150 μg/m<sup>3</sup>. Αυτή η οδηγία δεν σημαίνει ότι θα αναφερθούν σημαντικά προβλήματα υγείας σε περιπτώσεις που οι συγκεντρώσεις RSP είναι μεγαλύτερες από την τιμή της οδηγίας. Εντούτοις, η παρουσία υψηλότερων τιμών είναι ένδειξη δυσκολιών στην αφαίρεση της σκόνης με καθαρισμό ή εξαερισμό.

Οι μετρήσεις που διεξήχθησαν σε διάφορα κτίρια έδειξαν ότι συγκεντρώσεις RSP υψηλότερες από  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , βρέθηκαν σε αρκετές περιπτώσεις, κυρίως σε συγκεκριμένους χώρους. Ο προσδιορισμός της αιτίας για αυτές τις συγκεντρώσεις είναι δύσκολος.

Κύρια προβλήματα που έχουν ταυτοποιηθεί σε χώρους με υψηλότερες συγκεντρώσεις RSP είναι:

- το δάπεδο έχει καλυφθεί με μοκέτα η οποία είναι βρώμικη
- υπάρχει πολύ χαρτί στο δωμάτιο (για παράδειγμα ανοικτά ράφια).

Η συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων μπορεί να επηρεαστεί από αρκετές παραμέτρους όπως συγκέντρωση εξωτερικού αέρα, καθαρότητα στο μηχανικό σύστημα εξαερισμού (συντήρηση φίλτρων, αγωγών αέρα και διαδικασίες καθαρισμού), κάπνισμα, διαδικασίες καθαριότητας των χώρων όπως και από την κίνηση των ατόμων στον χώρο. Η παρουσία υψηλότερων συγκεντρώσεων RSP θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ως οδηγός για εξέταση όλων των παραπάνω παραμέτρων.

Οι συγκεντρώσεις Πτητικών Οργανικών Ενώσεων στα κτίρια που εξετάστηκαν, δείχνουν διακύμανση ακόμα και στο ίδιο κτίριο ανάλογα με την ημέρα που ελήφθησαν οι μετρήσεις ή το συγκεκριμένο δωμάτιο. Οι συγκεντρώσεις VOC σε περίπου όλες τις περιπτώσεις ήταν υψηλότερες από τις συγκεντρώσεις εξωτερικού αέρα και σε ορισμένες περιπτώσεις υπερέβησαν την τιμή της οδηγίας των  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Η κύρια αιτία για τη δυσαρέσκεια των ανθρώπων στην πλειοψηφία των κτιρίων ήταν τα υψηλά επίπεδα TVOC, παρόλο που όλες οι άλλες παράμετροι συμβάλλουν στη δημιουργία παραπόνων. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις εκπέμπονται από μεγάλο αριθμό πηγών συμπεριλαμβανομένου του εξωτερικού αέρα, των υλικών του κτιρίου, της επίπλωσης, των καταναλωτικών προϊόντων και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Συγκεκριμένα, οι κύριες αιτίες υψηλών συγκεντρώσεων VOC που βρέθηκαν στα κτίρια που εξετάστηκαν είναι:

**Ανακαίνιση του κτιρίου:** βρέθηκαν συγκεντρώσεις υψηλότερες από  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  σε χώρους που είχαν πρόσφατα ανακαινιστεί (βάψιμο, τοποθέτηση νέου χαλιού, κλπ). Η διατήρηση υψηλών επιπέδων εσωτερικού αέρα δείχνει μεγάλη εξάρτηση από τον εξαερισμό καθώς και από τις κλιματολογικές συνθήκες.

**Κάπνισμα:** σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις VOC βρέθηκαν σε καπνιστήρια σε σύγκριση με δωμάτια χωρίς καπνό στο ίδιο κτίριο. Τα επίπεδα VOC αυξήθηκαν σημαντικά σε ένα κυψελωτό δωμάτιο, όταν υπήρχαν καπνιστές στον χώρο.



**Ποιότητα εξωτερικού αέρα:** οι συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν στον αέρα εσωτερικών χώρων δείχνουν σημαντική επιρροή από τον εξωτερικό αέρα. Μετρήσεις των συγκεντρώσεων VOC στον εσωτερικό και εξωτερικό αέρα για μεγάλο χρονικό διάστημα στο ίδιο κτίριο δείχνουν ότι η διακύμανση VOC στον εσωτερικό αέρα ακολουθεί τη διακύμανση στον εξωτερικό αέρα. Στην πραγματικότητα είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μετά από ένα επεισόδιο υψηλών συγκεντρώσεων στον εξωτερικό αέρα, τα επίπεδα του εσωτερικού αέρα παρέμειναν υψηλά για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (οι VOC παγιεύτηκαν στον εσωτερικό αέρα).

**Λειτουργία και συντήρηση του συστήματος HVAC:** η λειτουργία και η συντήρηση του συστήματος HVAC φαίνεται να είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν τις συγκεντρώσεις εσωτερικού αέρα. Οι συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν σε ένα συγκεκριμένο κτίριο πριν και μετά από συντήρηση του συστήματος HVAC δείχνουν σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις VOC (αλλαγή σακόφιλτρων, καθαρισμός και συντήρηση των εισόδων αέρα και των αγωγών αέρα στο κτίριο, προσεκτική επιλογή των προϊόντων που χρησιμοποιούνται για καθαρισμό των φίλτρων, κλπ)

**Εισαγωγή εξωτερικού αέρα:** η θέση της εισαγωγής εξωτερικού αέρα σε αρκετές περιπτώσεις παίζει σημαντικό ρόλο στην αύξηση του φορτίου ρύπανσης του εσωτερικού αέρα. Βρέθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις σε συγκεκριμένους χώρους λόγω της ύπαρξης συγκεκριμένων πηγών, όπως για παράδειγμα δεξαμενών πετρελαίου κοντά στο παράθυρο του δωματίου ή κοντά στην εισαγωγή εξωτερικού αέρα. Επίσης, βρέθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις σε περιπτώσεις όπου η εισαγωγή εξωτερικού αέρα βρίσκεται κοντά στον χώρο στάθμευσης των αυτοκινήτων.

**Προϊόντα καθαρισμού:** τα προϊόντα καθαρισμού φαίνεται να συμβάλλουν στην αύξηση των συγκεντρώσεων VOC κατά τη διάρκεια της διαδικασίας καθαρισμού και για σύντομο χρονικό διάστημα μετά τον καθαρισμό. Συνήθως, τα επίπεδα μειώνονται σημαντικά σε περιπτώσεις όπου υπάρχει επαρκής αερισμός. [6]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Μεθοδολογία για βελτίωση της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων

#### 5.1 Έρευνα, το κλειδί για την πρόοδο

Στην Ευρώπη και την Αμερική η ανάγκη για έλεγχο της ποιότητας αέρα στις σύγχρονες κτιριακές εγκαταστάσεις είναι επιτακτική και επιβεβλημένη με τις ισχύουσες οδηγίες και κανονισμούς. [5] Έτσι τόσο η Carrier όσο και η Toshiba έχουν κάνει σημαντικές τεχνολογικές προόδους για την ενίσχυση συστημάτων άνεσης και την χρήση νέων μεθόδων, που βελτιώνουν ουσιαστικά την εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα.

Τα ερευνητικά κέντρα ανάπτυξης της Carrier σε Ευρώπη και Αμερική εργάζονται εντατικά σε προγράμματα ελέγχου της ατμοσφαιρικής ποιότητας για τα τελευταία δέκα έτη. Γι' αυτό, δεν αρκεί το σύστημα κλιματισμού ενός κτιρίου να ικανοποιεί μόνο τα επίπεδα θερμοκρασιακής άνεσης, αλλά να γίνεται και το σωστό εργαλείο, αυτό που θα αποδώσει τη καλύτερη ποιότητα αέρα στον εσωτερικό χώρο.

Η επιλογή του πλέον κατάλληλου κλιματιστικού συστήματος είναι βασική προϋπόθεση για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής απόδοσης και της απόλυτης άνεσης. Ο καθαρισμός του αέρα, η αθόρυβη λειτουργία και η ενεργειακή αποδοτικότητα ενός συστήματος κλιματισμού είναι οι πλέον σημαντικοί παράγοντες στην επιλογή του.

Ο πραγματικός έλεγχος της ποιότητας του αέρα του δωματίου, δεν εξαρτάται μόνο από το φιλτράρισμα του εσωτερικού αέρα, αλλά περνά από πολλά στάδια και πρόσθετες λειτουργίες, όπως είναι ο προκαταρκτικός καθαρισμός, ο βασικός καθαρισμός και η αφαίρεση μικροσκοπικών μορίων, ιών, βακτηριδίων και αλλεργιογόνων ουσιών από τον αέρα.

Ερευνητές του Πανεπιστημίου Αθηνών κατέληξαν σε ορισμένες προτάσεις, με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στους χώρους που περνάμε καθημερινά τις περισσότερες ώρες της ημέρας:

1. Πριν από την εγκατάσταση των κλιματιστικών μηχανημάτων, είναι αναγκαίο να λαμβάνονται υπόψη παράμετροι όπως η περιοχή και ο χώρος εγκατάστασης, η ηλικία και η αρχιτεκτονική του κτιρίου, η ύπαρξη ή όχι μόνωσης, όπως επίσης η διαρρύθμιση του χώρου και η επιτελούμενη σε αυτόν δραστηριότητα.
2. Προτείνεται αποφυγή του καπνίσματος στους χώρους όπου λειτουργούν κλιματιστικά μηχανήματα.
3. Είναι απαραίτητη η ανανέωση του αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο κατά διαστήματα με το άνοιγμα των παραθύρων.
4. Κριτήρια για τον καθαρισμό των φίλτρων και τη συντήρηση του κλιματιστικού μηχανήματος θα πρέπει να αποτελούν η περιοχή (π.χ. κίνηση οχημάτων), η δραστηριότητα που επιτελείται στο χώρο (π.χ. οικία, εργασιακός χώρος, κάπνισμα ή μη) και η μέση ημερήσια λειτουργία του κλιματιστικού.

## **5.2 Οι επιπτώσεις του κλιματιστικού στο χώρο**

Οι αεραγωγοί αποτελούν τους πνεύμονες κάθε κεντρικού συστήματος ψύξης και θέρμανσης. Παρ' όλα αυτά, δεν αποτελούν μέρος των εργασιών συντήρησης, ακόμη και όταν γίνεται αντικατάσταση των μηχανημάτων ή των φίλτρων. Έτσι, οι πνεύμονες του συστήματος παραμένουν ακάθαρτοι συγκεντρώνοντας ρύπους, μικρόβια κλπ, τα οποία ανακυκλοφορούν σε όλο το κτίριο μαζί με τον αέρα κλιματισμού με επικίνδυνες συνέπειες (αλλεργίες, ιώσεις, πονοκεφάλους κλπ). Οι ρυπαροί αεραγωγοί διπλασιάζουν το κόστος λειτουργίας των μηχανημάτων κλιματισμού και επιπλέον μπορούν να προκαλέσουν απώλειες ροής αέρα έως 500 %. Το 1997 μία μελέτη απέδειξε πως αν ένα κτίριο διατηρηθεί καθαρό, μπορεί να μειώσει τα λειτουργικά του έξοδα από 10 έως 25 %.[8]

## **5.3 Εξαερισμός-ανανέωση αέρα**

Σε όλα τα σύγχρονα κτίρια προβλέπεται η είσοδος φρέσκου αέρα με αντίστοιχο ποσοστό εξαερισμού μέσω αεραγωγών, γιατί η τάση είναι να μην υπάρχουν ανοιγόμενα παράθυρα τουλάχιστον σε κτίρια γραφείων. Αυτό δημιουργεί την ανάγκη τοποθέτησης αποτελεσματικών φίλτρων τα οποία πρέπει να καθαρίζονται ή να

αλλάζονται τακτικά γιατί αλλιώς δημιουργείται μεγάλη πτώση πίεσης στο δίκτυο. Η εργασία της αλλαγής φίλτρων όμως σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να υποκαθιστά τον πλήρη καθαρισμό των αεραγωγών, ο οποίος είναι αναγκαίος για τη λύση του προβλήματος. [8]

#### **5.4 Καθαρός αέρας σημαίνει οικονομία**

Παρ' όλο που δεν γίνεται άμεσα αντιληπτό το κόστος από την κακή ποιότητα του αέρα είναι τεράστιο. Οι απουσίες των εργαζομένων μειώνουν την παραγωγικότητα της Εθνικής Οικονομίας, σε ποσοστό της τάξης του 5 %!. Σε ειδικές μελέτες έχει αναφερθεί ότι το 15 % των απουσιών οφείλεται στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα, επιβαρύνοντας έτσι παράλληλα και το σύστημα υγείας με τεράστια έξοδα. Σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα το συνολικό κόστος μπορεί να είναι μεγαλύτερο και από το κόστος της θέρμανσης & ψύξης όλου του κτιρίου. Βρώμικοι αεραγωγοί μπορεί να σημαίνουν αύξηση ενέργειας κατά 35 %! Έτσι, η λύση στο πρόβλημα είναι καθαροί αεραγωγοί για καθαρό αέρα. Το σύνδρομο των "άρρωστων" κτιρίων και τα πραγματικά υψηλά κόστη μπορούν να προληφθούν.

#### **5.5 Καθαρισμός με μηχανήματα υψηλής τεχνολογίας**

Πριν από οποιαδήποτε επέμβαση στους αεραγωγούς είναι απαραίτητη η επιθεώρηση του εσωτερικού τους, μέσω ειδικής φορητής κάμερας. Ακόμη προτείνεται η λήψη δείγματος για τη διενέργεια τεστ ύπαρξης βακτηρίων & μυκήτων επιβλαβών στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Έτσι έχουμε σχηματίσει εικόνα για το πόσο βρώμικοι είναι οι αεραγωγοί & μπορούμε να επικεντρώσουμε την προσοχή μας στα πιο δύσκολα τμήματα.

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται στηρίζεται στη σύνδεση ειδικού μηχανήματος vacuum, το οποίο σε παράλληλη χρήση με βούρτσες & πεπιεσμένο αέρα καθαρίζει αποτελεσματικά όλα τα τμήματα των αεραγωγών. [8]

Κάθε τμήμα αεραγωγού καθαρίζεται ξεχωριστά με επαναλαμβανόμενη διαδικασία, είτε πρόκειται για κύριο αεραγωγό, είτε για κλάδο. Όλα τα στόμια, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, είναι προσωρινά κλεισμένα, εκτός από ένα κάθε φορά στο τμήμα αεραγωγού του οποίου εργαζόμαστε. Σε περιπτώσεις μεγάλων τμημάτων αεραγωγών αποκτάται πρόσβαση για τις βούρτσες και τον πεπιεσμένο αέρα αποκόπτοντας ένα πολύ μικρό τμήμα του, το οποίο στο τέλος αποκαθίσταται. Η σκόνη κατακρατείται στα υψηλής συγκράτησης σακκόφιλτρα της ειδικής συσκευής

απορρόφησης (97 - 99%) έτσι ώστε να μην επιβαρύνεται ο χώρος. Χρησιμοποιείται η τεχνική μέθοδος push-pull που περιλαμβάνει την χρήση ειδικών μηχανημάτων υψηλής τεχνολογίας όπως:

- Vacuum Cleaners φορητοί, για εύκολη μεταφορά παντού
- Συμπιεστές υψηλής πίεσης
- Ειδικά εξαρτήματα και εγκεκριμένα καθαριστικά
- Video επισκόπηση της κατάστασης των αεραγωγών πριν και μετά τον καθαρισμό τους

Η μέθοδος εφαρμόζεται σε όλα τα κτίρια από νοσοκομεία & κτίρια γραφείων μέχρι απλά δίκτυα σε κατοικίες. Δεδομένου ότι σε ένα ελάχιστο ποσοστό κτιρίων έχει προχωρήσει ο καθαρισμός των αεραγωγών συμπεραίνουμε ότι πρόκειται για μία μεγάλη νέα αγορά που δημιουργείται από την ίδια την πραγματικότητα. Μετά τον καθαρισμό του δικτύου είναι απαραίτητη η λήψη μέτρων με τακτική συντήρηση & επιθεώρηση για την υγιεινή λειτουργία της εγκατάστασης στο μέλλον.

## **5.6 «Πράσινο» τσιμέντο εξολοθρεύει τους ρύπους**

Φωτοκαταλυτικό σκυρόδεμα μετατρέπει την ατμοσφαιρική ρύπανση σε λίπασμα με τη βοήθεια του ήλιου και της βροχής Το τσιμέντο, το πιο πολυχρησιμοποιημένο κατασκευαστικό υλικό του κόσμου, αποκτά επιτέλους οικολογική «ταυτότητα». Επιστήμονες από το Πανεπιστήμιο του Αϊντχόβεν στην Ολλανδία κατάφεραν να δημιουργήσουν ένα ειδικό σκυρόδεμα το οποίο απορροφά μεγάλη ποσότητα ατμοσφαιρικών ρύπων, τους οποίους κατόπιν εξολοθρεύει με τη βοήθεια του ηλιακού φωτός και της βροχής. Φιλοδοξία των επιστημόνων είναι να κάνουν τους γκρίζους τοίχους εργαλεία πράσινης ανάπτυξης. Το νέο αυτό σκυρόδεμα ονομάζεται «φωτοκαταλυτικό τσιμέντο» λόγω της φωτοκαταλυτικής δράσης ορισμένων υλικών από τα οποία αποτελείται. [4]

Η φωτοκατάλυση είναι μια χημική αντίδραση που ενεργοποιείται από τις υπέρυθρες ηλιακές ακτίνες. Αέριοι ρύποι, όπως το οξείδιο του αζώτου που εκλύεται από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων, μετατρέπονται σε πιο ακίνδυνες ουσίες, όπως αθώο και χρήσιμο λίπασμα. Η σύνθεση του συγκεκριμένου τύπου τσιμέντου αποτελείται από ένα μείγμα στο οποίο κυριαρχεί το διοξείδιο του τιτανίου. Όταν το φως πέφτει στο τσιμέντο το διοξείδιο του τιτανίου ενεργοποιείται προκαλώντας μια σειρά από χημικές αντιδράσεις, που είναι ικανές να εξολοθρεύσουν μικροοργανισμούς και οργανικούς ρύπους, ακόμη και ζιζανιοκτόνα και εντομοκτόνα.

Αυτές οι αντιδράσεις όχι μόνο διασπούν τους ρύπους και τα μικρόβια που θα έρθουν σε επαφή με το διοξείδιο του τιτανίου, αλλά επιπλέον αλλάζουν, μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα, τη σύσταση των ρυπογόνων ουσιών που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα. Με αυτό τον τρόπο τα ρυπογόνα οξείδια του αζώτου γίνονται γρήγορα νιτρικό ασβέστιο, μια ουσία σαν λίπασμα. «Το νέο τσιμέντο που κατασκευάσαμε μειώνει τα επίπεδα οξειδίου του αζώτου κατά 35 % - 40 % στις περιοχές που χρησιμοποιείται» τονίζει ο καθηγητής του Πανεπιστημίου του Αϊντχόβεν και επικεφαλής της σχετικής έρευνας Τζος Μπρούβερς, ο οποίος προσθέτει ότι πειράματα σε δρόμους ευρωπαϊκών πόλεων κατέδειξαν ότι χάρη στο φωτοκαταλυτικό τσιμέντο μειώθηκαν κατά 15 % οι εκπομπές ρύπων.

Τα φωτοκαταλυτικά υλικά είναι ιδιαίτερα δημοφιλή στην Ιαπωνία, όπου αρκετοί βάφουν τα σπίτια τους με διοξείδιο του τιτανίου και πολλοί δρόμοι στο Τόκιο είναι στρωμένοι με αυτό το ειδικού τύπου σκυρόδεμα. Όπως επισημαίνουν οι Ολλανδοί επιστήμονες, το διοξείδιο του τιτανίου είναι συνηθισμένο συστατικό των καλλυντικών. Το μείγμα αυτό δεν είναι τοξικό για τον άνθρωπο και δεν αποτελεί απειλή για τον οργανισμό μας.

### **5.7 Καταπολέμηση της ρύπανσης με φυτά μέσα στο σπίτι**

Τα πράσινα φυτά δεν χρησιμεύουν μόνο για να διακοσμούν τα σαλόνια μας. Μπορούν επίσης να μεταμορφωθούν σε πολύτιμους συμμάχους στον καθημερινό αγώνα κατά της εσωτερικής ρύπανσης. [10]

Δεν είναι πολύ γνωστό, όμως ο αέρας μέσα στα σπίτια μας είναι στην πραγματικότητα πολύ πιο μολυσμένος από τον εξωτερικό. Φταίνε οι αναρίθμητες χημικές ουσίες που απελευθερώνονται από τις μοκέτες, τα χρώματα, τα έπιπλα, τα προϊόντα καθαρισμού και συντήρησης. Όμως το καλό νέο εδώ είναι ότι μπορεί κανείς να επέμβει. Πώς; Πρώτα απ' όλα αερίζοντας το σπίτι του δέκα λεπτά την ημέρα. Μετά βάζοντας μέσα σ αυτό «απορρυπαντικά φυτά». Πράγματι, πολλές μελέτες έχουν αποδείξει την ικανότητα ορισμένων φυτών να φιλτράρουν βιολογικά τον αέρα, να διαλύουν τα περισσότερα από τα μόρια που μας εμποδίζουν να αναπνεύσουμε καλά.

Οι ρύποι του αέρα απορροφώνται από τα φύλλα, τα κλαδιά, τις ρίζες, ακόμη και από τους μικροοργανισμούς που βρίσκονται στο χώμα, και μετά αποθηκεύονται, μεταμορφώνονται ή απλώς εξαφανίζονται. Αυτή την ιδιοφυή ανακάλυψη την οφείλουμε στη NASA που στη δεκαετία του 1980 αναζητούσε μια λύση στο

πρόβλημα της ανανέωσης του αέρα στα διαστημόπλοια και τους διαστημικούς σταθμούς. Συνολικά γύρω στα πενήντα είδη φυτών έχουν απορρυπαντικές ιδιότητες. «Όσο περισσότερα φυτά υπάρχουν τόσο πιο υγιεινός θα είναι ο αέρας και τόσο περισσότερο ευεργετική για την υγεία θα είναι η υγρασία που εκπέμπουν», διαβεβαιώνει η Ζενεβιέβ Σοντέ. «Προσοχή, αν δεν το φροντίσετε, το φυτό θα σκεφτεί πρώτα τον εαυτό του και δεν θα χρησιμεύει για να καθαρίζει τον αέρα», Φροντίστε να το ποτίζετε τακτικά, πάντα σε δύο δόσεις, με δέκα λεπτά απόσταση η μία από την άλλη, ώστε να μπορεί το χώμα να παραφουσκώνει. Κάθε δύο μέρες, ραντίζετε τα φύλλα με νερό χωρίς άλατα και αφαιρείτε τακτικά τη σκόνη που συσσωρεύετε πάνω τους με ένα υγρό σφουγγάρι. Φροντίστε επίσης να τους δίνετε τροφή κάθε δύο μήνες. Είναι καλό να γνωρίζετε ότι η αποτελεσματικότητα ενός φυτού αυξάνεται με τον καιρό.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, λειτουργούν ως φυσικοί ιονιστές που δεσμεύουν διοξείδιο του άνθρακα και απελευθερώνουν οξυγόνο, ενώ ταυτόχρονα ρυθμίζουν την υγρασία. Μάλιστα, έρευνες που διεξήγαγε η NASA έδειξαν ότι κάποια είδη οικιακών φυτών έχουν την ικανότητα να φιλτράρουν τον αέρα, απομακρύνοντας σκόνη και άλλες ουσίες. Για παράδειγμα, το χρυσάνθεμο, το μπαμπού, οι μαργαρίτες απορροφούν καλύτερα το βενζόλιο, η αζαλέα, η αλόη, τα κρίνα τη φορμαλδεΐδη και το φιλόδεντρο, ο πόθος, η ποϊνσέτια το τριχλωροαιθυλένιο (μελάνια, βερνίκια, μπογιές). Συγκεκριμένα

- Καθιστικό: Επιλέξτε αλεξανδρινό ή δράκαινα και, αν έχετε χώρο, φίκο, φιλόδεντρο ή κέντια.
- Κουζίνα: Αν είναι φωτεινή, τοποθετήστε κυκλάμινα ή αζαλέες, αλλιώς καλάθια ή φιλτράκια.
- Γραφείο: Σε δωμάτια με μέτριο φωτισμό, βάλτε διεφενμπάχια και σανσεβέρια, ενώ σε δωμάτια με λίγο φως σπαθίφυλλο. Αν έχετε χώρο, τοποθετήστε ένα φίκο ή ένα φιλόδεντρο. Τα φυτά θα απορροφούν επιπλέον τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που δημιουργεί ο υπολογιστής και οι άλλες συσκευές.
- Υπνοδωμάτιο: Βάλτε ορχιδέες ή βρομέλιες, που σε αντίθεση με τα περισσότερα φυτά δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα τη νύχτα.
- Μπάνιο: Επειδή συνήθως έχει λίγο φως και υγρασία, ταιριάζει το -μπαμπού. Αν είναι φωτεινό, βάλτε πάπυρο.

## 5.8 Πώς θα καθαρίσετε την ατμόσφαιρα

Ο σημαντικότερος τρόπος να βελτιωθεί ο αέρας του σπιτιού είναι ο αυτονόητος: Ανοίγετε τα παράθυρα οπωσδήποτε 1-2 φορές την ημέρα, τις ώρες που η κίνηση στους γύρω δρόμους δεν είναι αυξημένη για να ανανεώνεται ο αέρας. Οποιαδήποτε άλλη εναλλακτική μέθοδο χρησιμοποιήσετε, καλό είναι να λειτουργήσει συμπληρωματικά. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του αερισμού είναι

Πλεονεκτήματα: Απλή, φθηνή εγκατάσταση, χωρίς κινητά μέρη στο σύστημα και χωρίς δαπάνη ηλεκτρικού ρεύματος.

Μειονεκτήματα: Ο αερισμός επηρεάζεται από τον άνεμο, τη θερμοκρασία και την ανθρώπινη συμπεριφορά στο άνοιγμα των παραθύρων ή στις ειδικές συνθήκες αερισμού που οι ένοικοι επιθυμούν. Ιδιαίτερη επίδραση έχει η αεροστεγανότητα του κτιρίου και η κατανομή των διεισδύσεων. Κτίρια με διαρροές επηρεάζονται από υπερβολικό αερισμό και από ελκυσμό. Σε περίπτωση υπερβολικά αεροστεγούς κτιρίου υπάρχει κίνδυνος ανεπαρκούς αερισμού με αποτέλεσμα το σχηματισμό συμπυκνώσεων και προβλημάτων από τη μόλυνση του αέρα των χώρων. Στους χώρους απαιτείται τότε η χρήση κατακόρυφων αεραγωγών (SHUNT) ιδιαίτερα σε κτίρια με πολλούς ορόφους.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί **φυσικός αερισμός** με έλεγχο της λειτουργίας του. Ο αυτόματος έλεγχος της παροχής ή της εξαγωγής των ροών αέρα γίνεται ανάλογα με την ανεμοπίεση ή τη θερμοκρασία που επικρατεί. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του παρουσιάζονται παρακάτω

Πλεονεκτήματα: Χαμηλό κόστος που εξαρτάται από τον αυτοματισμό του συστήματος εισροής.

Μειονεκτήματα: Τα αποτελέσματα παρόμοιων συστημάτων στον αερισμό και στην κατανάλωση ενέργειας δεν έχουν αξιολογηθεί με σαφήνεια. Προβλήματα θα μπορούσαν να εμφανιστούν στον έλεγχο της ροής του αέρα και στο ποσοστό αλλαγών αέρα ιδιαίτερα όταν το κτίριο δεν είναι επαρκώς αεροστεγές και οι δυνάμεις που καθορίζουν τη λειτουργία του συστήματος περιορισμένες. Το σύστημα αυτό απαιτεί την εγκατάσταση κατακόρυφων σωληνώσεων αερισμού ιδιαίτερα στην περίπτωση κτιρίων με πολλούς ορόφους.

Επιπλέον, μπορεί να πραγματοποιηθεί με **συσκευές καθαρισμού αέρα**. Στην αγορά υπάρχει πληθώρα συσκευών που καθαρίζουν τον αέρα του σπιτιού. Για να βρείτε ποια ταιριάζει καλύτερα στις δικές σας ανάγκες, πρέπει να λάβετε υπόψη, πέρα από το κόστος αγοράς και συντήρησης, ποιους ρύπους απομακρύνει, πόσα



τετραγωνικά μέτρα καλύπτει, καθώς και τον όγκο του αέρα που φιλτράρει ανά λεπτό. Ωστόσο, καμία συσκευή δεν είναι σχεδιασμένη να απομακρύνει όλους τους ρύπους, γι' αυτό και η χρήση τους είναι συμπληρωματική. Σε γενικές γραμμές, στην αγορά υπάρχουν τα ακόλουθα συστήματα καθαρισμού:

Μηχανικά φίλτρα HEPA: Με τη βοήθεια ανεμιστήρα, ο αέρας περνά μέσα από ειδικό πλέγμα που παγιδεύει σωματίδια, όπως αλλεργιογόνα (γύρη, σκόνη) και ερεθιστικές ουσίες.

Ιονιστές: Παράγουν και εκπέμπουν αρνητικά ιόντα στην ατμόσφαιρα για να ελκύσουν και να αδρανοποιήσουν σκόνη, αλλεργιογόνα και ερεθιστικές ουσίες. Η συσκευή καλό είναι να διαθέτει και το τελευταίας τεχνολογίας φίλτρο HEPA. Οι ιονιστές παράγουν υποπροϊόντα όζοντος και γι' αυτό θα πρέπει να μάθετε αν τα επίπεδά τους είναι μέσα στα αποδεκτά όρια.

Ηλεκτροστατικά φίλτρα: Τα σωματίδια της σκόνης, αφού φορτιστούν ηλεκτροστατικά μέσα σε θάλαμο του συστήματος καθαρισμού, περνούν μέσα από φίλτρο HEPA, όπου μηχανικά παρακρατούνται.

Φίλτρα ενεργού άνθρακα: Χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση οσμών, χημικών και αερίων, όπως ο καπνός του τσιγάρου, οι αναθυμιάσεις από μπογιές και το μαγείρεμα.

Συσκευές όζοντος: Προσφέρουν απόσπηση του αέρα, σκοτώνουν μικρόβια και απομακρύνουν τη μούχλα. Ωστόσο, η χρήση τους δεν συνιστάται από τον EPA, γιατί συχνά οι εκπομπές όζοντος ξεπερνούν τα -αποδεκτά όρια και μπορεί να επηρεάσουν τον ιστό των πνευμόνων, προκαλώντας κρίση άσθματος σε όσους πάσχουν.

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους είναι τα ακόλουθα

Πλεονεκτήματα: Ο αερισμός εξαρτάται κυρίως από την ταχύτητα του ανεμιστήρα. Η αποσυμπίεση του κτιρίου μειώνει τον κίνδυνο συμπύκνωσης υγρασίας που προέρχεται από το εξωτερικό μέρος του κτιρίου. Αποτελεί μηχανικό σύστημα αερισμού χαμηλού κόστους. Σε αεροστεγές περίβλημα τα κατάλληλα τοποθετημένα στόμια εισροής του αέρα μπορεί να εξασφαλίσουν αερισμό με κατάλληλη διανομή και έλεγχο. Είναι εύκολη η εφαρμογή του και επιδέχεται ανάκτηση της θερμότητας στην εξαγωγή του αέρα (π.χ. σύζευξη με αντλία θερμότητας για την παραγωγή θερμού νερού).

Μειονεκτήματα: Υπάρχει κίνδυνος ανεπαρκούς αερισμού σε διάφορα σημεία του κτιρίου αν αυτό εμφανίζει σημεία μεγάλης στεγανότητας ιδιαίτερα σε θέσεις κοντά στην έξοδο. Οι εισοδοί αέρα πρέπει να έχουν τις κατάλληλες διαστάσεις και να είναι

τοποθετημένες σε σημεία που να περιορίζεται η ταχύτητα του αέρα σε θέσεις που εμφανίζονται ρεύματα. Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται από τη λειτουργία του ανεμιστήρα έχουν ως αποτέλεσμα τον περιορισμό ιδιαίτερα δραστικών σφραγισμάτων του κελύφους. Οι αγωγοί εισροής αέρα πρέπει να καθαρίζονται σχετικά συχνά.

Τέλος, υπάρχει το **μηχανικό σύστημα αερισμού με παροχή καθαρού αέρα** με τα παρακάτω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Πλεονεκτήματα: Όταν το κτίριο είναι αεροστεγές τότε ο αερισμός έχει εξαιρετά αποτελέσματα σε όλο το κτίριο. Δυνατότητες διευθέτησης του συστήματος παροχής αέρα με προθέρμανση και φιλτράρισμα. Η παροχή αέρα μπορεί να γίνεται από σημείο που δεν έχει μολυσμένο αέρα. Εύκολη εφαρμογή ανάληψης θερμότητας.

Μειονεκτήματα: Ακριβή εγκατάσταση ιδιαίτερα σε υφιστάμενα κτίρια. Απαιτεί κτίρια χωρίς διαρροές. Πολύ ευαίσθητο σύστημα σε διακυμάνσεις της πίεσης. Οι θόρυβοι από τους ανεμιστήρες ίσως να αποτελούν πρόβλημα. Οι διατάξεις παροχής αέρα πρέπει να εφαρμόζονται κατάλληλα ώστε να αποφεύγονται ρύποι στις επιφάνειες που συνήθως προκαλούνται από ρεύματα αέρα. Οι αεραγωγοί πρέπει να καθαρίζονται συχνά.

### **5.9 Παράγοντες εξασφάλισης σωστής λειτουργίας εξαερισμού**

Παρακάτω αναγράφονται οι παράγοντες για την σωστή λειτουργία εξαερισμού

- Να υπάρχει σωστή πίεση
- Ο εξαεριστήρας να είναι τοποθετημένος σε σημείο που να επιτυγχάνεται η καλύτερη απόδοση κατά την εκκένωση του μολυσμένου αέρα.
- Καθαρός αέρας πρέπει να έρχεται σε επαρκή ποσότητα χωρίς να ενοχλεί από πλευράς άνεσης. Το καλύτερο σημείο εφαρμογής του εξαεριστήρα είναι στο πιο ψηλό σημείο του χώρου που θα εξαεριστεί και όσο γίνεται πιο κοντά στις πηγές μόλυνσης. Οι εισοδοί του αέρα πρέπει να βρίσκονται στον ίδιο χώρο που θα τοποθετηθεί και ο εξαεριστήρας από την απέναντι πλευρά και όσο γίνεται μακρύτερα και σε χαμηλά σημεία. Ο αέρας που ανανεώνεται μπορεί έτσι να διασχίσει το σύνολο του χώρου.

### **5.10 Περιορισμός καπνίσματος**

Ο καπνός του τσιγάρου περιέχει περίπου 4.000 χημικές ενώσεις, όπως αρσενικό και κάδμιο, πολλές από τις οποίες μένουν προσωρινά στις επιφάνειες και

διοχετεύονται ξανά στον αέρα. Μάλιστα, όταν τα τσιγάρα καίγονται στο σταχτοδοχείο, παράγονται περισσότερες τοξικές ενώσεις, καθώς η καύση είναι ατελής. Καλό είναι, λοιπόν, να καπνίζετε κοντά σε ανοιχτά παράθυρα, στο τζάκι ή ακόμη καλύτερα στο μπαλκόνι.

### **5.11 Η ισχύουσα νομοθεσία στη χώρα μας**

Σύμφωνα με το Προεδρικό Διάταγμα 16/1996, το οποίο προσδιορίζει τις ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας στους χώρους εργασίας, σε συμμόρφωση με την οδηγία 89/654/ΕΟΚ, στην παράγραφο 6.5., αναφέρει ρητά: *"Αποθέσεις και ρύποι στις εγκαταστάσεις κλιματισμού ή μηχανικού εξαερισμού που ενδέχεται να επιφέρουν κίνδυνο για την υγεία των εργαζομένων, λόγω μόλυνσης του εισπνεόμενου αέρα, πρέπει να περιορίζονται ΑΜΕΣΑ"*. Παρά τη γενικόλογη αναφορά γίνεται σαφής η σημασία που δίνει ο νομοθέτης στην ποιότητα του αέρα που αναπνέουν οι εργαζόμενοι. Επόμενο βήμα θεωρούμε ότι πρέπει να είναι η θέσπιση συγκεκριμένων κριτηρίων τα οποία έχουν να κάνουν με την παρουσία βακτηριδίων ή και μυκήτων στους αεραγωγούς, καθιέρωση τακτικών ελέγχων σε όλα τα κτίρια, καθώς και επιβολή προστίμων σε όσους δε συμμορφώνονται. Πριν απ' όλα όμως προέχει να γίνει μια γενική εκστρατεία ενημέρωσης για την ευαισθητοποίηση όλων των υπευθύνων. **[8]**

## **Κεφάλαιο 6**

### **Συμπεράσματα**

Η ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους που μπορούν να προκαλέσουν ενόχληση και συμπτώματα στον άνθρωπο είναι οι Πτητικές Οργανικές Ενώσεις. Εντούτοις, τα περισσότερα προβλήματα που βρέθηκαν στα κτίρια που ελέγχθηκαν φαίνεται να σχετίζονται με τον σχεδιασμό, τη λειτουργία και τη συντήρηση του συστήματος HVAC καθώς και με τη χρήση του συστήματος HVAC από τους ενοίκους. Η ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων σε εμπορικά κτίρια και κτίρια γραφείων μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά σε αρκετές περιπτώσεις με την εφαρμογή απλών μέτρων. Το κύριο εμπόδιο στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων στις περισσότερες περιπτώσεις είναι η άγνοια. Λόγω της έλλειψης των κατάλληλων οδηγιών καθώς και λόγω της έλλειψης ενημέρωσης, οι άνθρωποι δεν γνωρίζουν τη σημασία της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων στην καθημερινή ζωή. Επομένως, σε αρκετά κτίρια, απλά προβλήματα που μπορούν να επιλυθούν χωρίς οιοδήποτε κόστος, δεν αντιμετωπίζονται κατάλληλα.

Η βελτίωση της ποιότητας του αέρα στο εσωτερικό ενός κτιρίου μπορεί να επιτευχθεί εφαρμόζοντας κάποιες τυποποιημένες διαδικασίες. Αυτές οι διαδικασίες περιλαμβάνουν τακτικούς ελέγχους της λειτουργίας του κτιρίου, τήρηση αρχείων με όλα τα προβλήματα/παράπονα που εγείρονται και διεξαγωγή χημικών μετρήσεων. Σε περιπτώσεις όπου προσδιορίζεται κάποιο πρόβλημα, απαιτείται η εφαρμογή των κατάλληλων διορθωτικών μέτρων.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

[1]

[http://www.technicalreview.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=518](http://www.technicalreview.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=518)

[2]

[http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:KJQ6E8ytGqMJ:nefeli.lib.teicrete.gr/browse/steg/theka/2010/KostariEuanthia/attached-document-1286868814-803157-7437/Kostari2010.pdf+%CE%9F%CE%B9+%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82+%CE%AD%CF%81%CE%B5%CF%85%CE%BD%CE%B5%CF%82+%CF%84%CE%B7%CF%82+%CE%B1%CE%AD%CF%81%CE%B9%CE%B1%CF%82+%CF%81%CF%8D%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7%CF%82+%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82+%CE%B5%CF%83%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D%CF%82+%CF%87%CF%8E%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%82+%28Indoor+Air+Sciences%29+%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CF%80%CF%84%CF%8D%CF%83%CF%83%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B1%CE%B9+%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%B4%CE%B1%CE%AF%CE%B1+%CF%84%CE%B1+%CF%84%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%B1%CE%AF%CE%B1+%CF%87%CF%81%CF%8C%CE%BD%CE%B9%CE%B1+%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%AC+%CF%84%CE%B1+%CF%80%CF%81%CF%8E%CF%84%CE%B1&hl=el&gl=gr&pid=bl&srcid=ADGEESiru26RuaP6K5B7VRSOYbfzfyBhCizu8B2sBZEF0TDe-iYavn2wZkaZLYYcGoMh1dHqOqTKsgqwyW1g\\_tTWT8\\_lg5XwkNMvkELKUxOS TsrJBeL1mqmpk00GtOes4lK8jIm4JOLP&sig=AHIEtbSeJz9gbN-txch8UjyRGh-5STTwvA](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:KJQ6E8ytGqMJ:nefeli.lib.teicrete.gr/browse/steg/theka/2010/KostariEuanthia/attached-document-1286868814-803157-7437/Kostari2010.pdf+%CE%9F%CE%B9+%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82+%CE%AD%CF%81%CE%B5%CF%85%CE%BD%CE%B5%CF%82+%CF%84%CE%B7%CF%82+%CE%B1%CE%AD%CF%81%CE%B9%CE%B1%CF%82+%CF%81%CF%8D%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7%CF%82+%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82+%CE%B5%CF%83%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D%CF%82+%CF%87%CF%8E%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%82+%28Indoor+Air+Sciences%29+%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CF%80%CF%84%CF%8D%CF%83%CF%83%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B1%CE%B9+%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%B4%CE%B1%CE%AF%CE%B1+%CF%84%CE%B1+%CF%84%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%B1%CE%AF%CE%B1+%CF%87%CF%81%CF%8C%CE%BD%CE%B9%CE%B1+%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%AC+%CF%84%CE%B1+%CF%80%CF%81%CF%8E%CF%84%CE%B1&hl=el&gl=gr&pid=bl&srcid=ADGEESiru26RuaP6K5B7VRSOYbfzfyBhCizu8B2sBZEF0TDe-iYavn2wZkaZLYYcGoMh1dHqOqTKsgqwyW1g_tTWT8_lg5XwkNMvkELKUxOS TsrJBeL1mqmpk00GtOes4lK8jIm4JOLP&sig=AHIEtbSeJz9gbN-txch8UjyRGh-5STTwvA)

[3]

[http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Ax44rV8tRIsJ:diocles.civil.duth.gr/link/s/home/periodiko/issue19/is19ar01.pdf+%CF%80%CE%BF%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1+%CE%B5%CF%83%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D+%CE%B1%CE%AD%CF%81%CE%B1&hl=el&gl=gr&pid=bl&srcid=ADGEEShOa3aMddmRylvDPIswvBU1F9AYlvzzvPKOka\\_4TD5BnAuzv-4BVjHmc9v-ySYCeoadHM6DexnEF5uvCmUqHJw3AKL3p4b2mZk4jqkyA78wh-X-ioNFkJUYxdFhfxi2FajlvSAm&sig=AHIEtbQBWruz6lhYfw10MDCd6Sw1uz3ldQ](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Ax44rV8tRIsJ:diocles.civil.duth.gr/link/s/home/periodiko/issue19/is19ar01.pdf+%CF%80%CE%BF%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1+%CE%B5%CF%83%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D+%CE%B1%CE%AD%CF%81%CE%B1&hl=el&gl=gr&pid=bl&srcid=ADGEEShOa3aMddmRylvDPIswvBU1F9AYlvzzvPKOka_4TD5BnAuzv-4BVjHmc9v-ySYCeoadHM6DexnEF5uvCmUqHJw3AKL3p4b2mZk4jqkyA78wh-X-ioNFkJUYxdFhfxi2FajlvSAm&sig=AHIEtbQBWruz6lhYfw10MDCd6Sw1uz3ldQ)

[4]

[http://users.sch.gr/babaroutsoup/oikoik/katoikia/katoikiaprasini.htm#%C2%AB%CE%A0%CF%81%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BD%CE%BF%C2%BB\\_%CF%84%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CF%84%CE%BF\\_%CE%B5%CE%BE%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B8%CF%81%CE%B5%CF%8D%CE%B5%CE%B9\\_%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82\\_%CF%81%CF%8D%CF%80%CE%BF%CF%85%CF%82](http://users.sch.gr/babaroutsoup/oikoik/katoikia/katoikiaprasini.htm#%C2%AB%CE%A0%CF%81%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BD%CE%BF%C2%BB_%CF%84%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CF%84%CE%BF_%CE%B5%CE%BE%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B8%CF%81%CE%B5%CF%8D%CE%B5%CE%B9_%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82_%CF%81%CF%8D%CF%80%CE%BF%CF%85%CF%82)

[5]

[http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:jwtxU1qydh4J:www.carrier.gr/carriergreek/news/Enews\\_May08\\_gr.pdf+%CE%A3%CF%8D%CE%B3%CF%87%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CF%82+%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B5%CF%82+%CE%B5%CE%BB%CE%AD%CE%B3%CF%87%CE%BF%CF%85+%CF%80%CE%BF%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%82+%CE%B5%CF%83%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D+%CE%B1%CE%AD%CF%81%CE%B1&hl=el&gl=gr&pid=bl&srcid=ADGEESgi-5n0AnjI2bVOZMrSRsy1pdtjLMEZq\\_HOviVHz3oYB7L\\_66709DeDke9e4-DfRMdjQ4jtCgF2c5pbfXS4AM6p-PIYvj-MGC5egsuAUwqaOkf5kBGTHYfNtKRaVcNZZO4ZnPt&sig=AHIEtbQF-How994Ad9S2IHVGhYnwVRZo9Q&pli=1](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:jwtxU1qydh4J:www.carrier.gr/carriergreek/news/Enews_May08_gr.pdf+%CE%A3%CF%8D%CE%B3%CF%87%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CF%82+%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B5%CF%82+%CE%B5%CE%BB%CE%AD%CE%B3%CF%87%CE%BF%CF%85+%CF%80%CE%BF%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%82+%CE%B5%CF%83%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D+%CE%B1%CE%AD%CF%81%CE%B1&hl=el&gl=gr&pid=bl&srcid=ADGEESgi-5n0AnjI2bVOZMrSRsy1pdtjLMEZq_HOviVHz3oYB7L_66709DeDke9e4-DfRMdjQ4jtCgF2c5pbfXS4AM6p-PIYvj-MGC5egsuAUwqaOkf5kBGTHYfNtKRaVcNZZO4ZnPt&sig=AHIEtbQF-How994Ad9S2IHVGhYnwVRZo9Q&pli=1)

[6]

[http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:azkqAet6thkJ:diocles.civil.duth.gr/links/home/periodiko/issue19/is19ar05.pdf+arrwsto+kthrio&hl=el&gl=gr&pid=bl&srcid=ADGEESgLWF1TpOM7rCfEateBvINMmsTqLP2yV-cmW6nE6JbOvNb-iOHCb7dkbwJEsdu2OmnZLAMxYH1EeUSDkIWSvRmxPikf5hjcWX4BWbZAnxXucU4F5nignjrqcjevz\\_GXceoa8cE&sig=AHIEtbSgzIjfc4Q5eyNGOIYPilF93oWBqA](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:azkqAet6thkJ:diocles.civil.duth.gr/links/home/periodiko/issue19/is19ar05.pdf+arrwsto+kthrio&hl=el&gl=gr&pid=bl&srcid=ADGEESgLWF1TpOM7rCfEateBvINMmsTqLP2yV-cmW6nE6JbOvNb-iOHCb7dkbwJEsdu2OmnZLAMxYH1EeUSDkIWSvRmxPikf5hjcWX4BWbZAnxXucU4F5nignjrqcjevz_GXceoa8cE&sig=AHIEtbSgzIjfc4Q5eyNGOIYPilF93oWBqA)

[7] <http://www.makthes.gr/news/opinions/53071/>

[8] [http://www.klimanet.gr/katharismoi\\_aeragokon.asp](http://www.klimanet.gr/katharismoi_aeragokon.asp)

[9]

[http://www.ecocity.gr/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=1943:%CE%B7-%CE%B1%CF%80%CE%B5%CE%B9%CE%BB%CE%AE-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%AC%CF%81%CF%81%CF%89%CF%83%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%AF%CF%89%CE%BD&Itemid=63](http://www.ecocity.gr/index.php?option=com_k2&view=item&id=1943:%CE%B7-%CE%B1%CF%80%CE%B5%CE%B9%CE%BB%CE%AE-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%AC%CF%81%CF%81%CF%89%CF%83%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%AF%CF%89%CE%BD&Itemid=63)

[10] <http://www.tanea.gr/default.asp?pid=2&artid=4500838&ct=2>

[11]

[http://users.sch.gr/babaroutsoup/oikoik/katoikia/katoikia3.htm#%CE%86%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CF%82\\_%CE%B1%CE%AD%CF%81%CE%B1%CF%82\\_%CF%83%CF%84%CE%BF\\_%CF%83%CF%80%CE%AF%CF%84%CE%B9\\_%CF%83%CE%B1%CF%82!](http://users.sch.gr/babaroutsoup/oikoik/katoikia/katoikia3.htm#%CE%86%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CF%82_%CE%B1%CE%AD%CF%81%CE%B1%CF%82_%CF%83%CF%84%CE%BF_%CF%83%CF%80%CE%AF%CF%84%CE%B9_%CF%83%CE%B1%CF%82!)