

Ποιότητα εσωτερικού αέρα σε εκπαιδευτικά κτίρια

Αγισ Μ. Παπαδόπουλος και Αριστοτέλης Αυγελής

Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής,
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124 Θεσσαλονίκη
Τηλ. 2310-996011, Fax 2310-996012, e-mail: agis@eng.auth.gr

Εισαγωγή

Η ύπαρξη των κτιρίων, είτε αυτά λειτουργούν ως χώροι διαβίωσης είτε ως χώροι εργασίας, έχει στόχο να υποβοηθήσει 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. [1] Πιο συγκεκριμένα, πολλοί άνθρωποι παραπονιούνται για έντονα συμπτώματα κακής υγείας, όπως πονοκέφαλο, ναυτία και δυσκολία αυτοσυγκέντρωσης, συμπτώματα που συνήθως εξαφανίζονται με την απομάκρυνση από το κτίριο. Υπεύθυνη για αυτά τα προβλήματα υγείας θεωρείται η φτωχή ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου.

Κανείς δεν ήταν σε θέση να προβλέψει πριν από περίπου 30 έτη πως η αλλαγή στη φιλοσοφία σχεδιασμού και κατασκευής των κτιρίων στο πλαίσιο της εξοικονόμησης ενέργειας μετά την ενεργειακή κρίση και η χρήση νέων υλικών θα προξενούσε ένα καινούργιο πρόβλημα, αυτό της ποιότητας του εσωτερικού αέρα στα κτίρια. Η φτωχή ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων συνδέεται με την εμφάνιση αρνητικών επιδράσεων στην ανθρώπινη υγεία (Πίνακας 1) μέσω της εμφάνισης αλλεργιών και μιας σειράς συνδρόμων όπως αυτό του συνδρόμου των αρρώστων κτιρίων (Sick Building Syndrome), του συνδρόμου ασθενειών που σχετίζονται με το κτίριο (Building Related Illnesses) και του πιο σπάνιου συνδρόμου πολλαπλής χημικής ευαισθησίας (Multiple Chemical Sensitivity Syndrome). [2] Μετά λοιπόν την αναγνώριση του μεγέθους του προβλήματος, η EPA (Environmental Protection Agency) ισχυρίζεται πως η ποιότητα εσωτερικού αέρα αποτελεί το τέταρτο σημαντικότερο πρόβλημα, η ποιότητα του εσωτερικού αέρα αποτελεί προτεραιότητα στο σχεδιασμό των κτιρίων και κάθε πολιτικής απόφασης και στρατηγικής σε σχέση με τα κτίρια και την προστασία της ανθρώπινης υγείας.

Πίνακας 1. Τύποι ασθενειών και συνδρόμων στα κτίρια και βασικά χαρακτηριστικά τους

- Ασθένεια που προκαλούν τα κτίρια (Building Related Illness)

- Η ασθένεια αυτή διαπιστώνεται μετά από σειρά εξετάσεων σε ιατρικά εργαστήρια
 - Εμφανίζεται κυρίως με την μορφή βακτηριακών μολύνσεων όπως η ασθένεια των λεγεωνάριων
 - Ο αριθμός των ανθρώπων που προσβάλλονται από την ασθένεια αυτή ποικίλει και διαφοροποιείται από το αν το θύμα μένει ή όχι στο κτίριο
-

- Σύνδρομο των άρρωστων κτιρίων (Sick Building Syndrome).

- Τα συμπτώματα κακής υγείας που εμφανίζουν οι χρήστες του κτιρίου δεν είναι δυνατόν να αποδοθούν σε συγκεκριμένο αίτιο
 - Αν οι χρήστες, που εμφάνισαν τα συμπτώματα κακής υγείας του συνδρόμου, απομακρυνθούν από το κτίριο, παρατηρείται εξασθένηση ή εξαφάνιση των συμπτωμάτων
 - Ενδεικτικά τα συνήθη συμπτώματα υγείας που εμφανίζονται Δύσπνοια, δακρύρροια, πονοκέφαλος, ζαλάδα,, ναυτία., ίλιγγος, αδυναμία συγκέντρωσης, σωματική κόπωση, αναπνευστικά προβλήματα., ερεθισμός δέρματος και ματιών
-

- Σύνδρομο πολλαπλής χημικής ευαισθησίας

- Προκαλείται από την αδυναμία του ανθρώπινου οργανισμού να αντιμετωπίσει τη χημική ρύπανση
 - Η χημική ρύπανση προκαλείται από ρύπους που εκπέμπουν τα νέα υλικά, που χρησιμοποιούνται για την μόνωση και των εξοπλισμό των κτιρίων. Ως παράδειγμα, αναφέρονται οι πτητικές οργανικές ενώσεις οι οποίες υπάρχουν σε πάρα πολλά νέα οικοδομικά υλικά και στα έπιπλα
 - Ενδεικτικά παραδείγματα συμπτωμάτων αποτελούν ο ερεθισμός ματιών και επιδείνωση των αναπνευστικών προβλημάτων
-

- Αλλεργίες

- Προκαλούνται από βιολογικούς παράγοντες όπως η σκόνη, η γύρη των λουλουδιών, οι μικροοργανισμοί.
 - Χαρακτηριστικό παράδειγμα κατά το οποίο ο αριθμός των αλλεργιών έχει αυξηθεί κατακόρυφα τα τελευταία 20 χρόνια, εξαιτίας του συνδρόμου των άρρωστων κτιρίων, αποτελεί η Σουηδία (το 20% περίπου των πολιτών της Σουηδίας παρουσιάζουν αλλεργικά συμπτώματα)
-

Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος στα 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. [3] 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 ενήλικων 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.

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 παλαιό ή νέο κτίριο, οι αυξανόμενοι κίνδυνοι στα παλαιότερα κτήρια 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 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 2.

Πίνακας 2. Συνέπειες της φτωχής ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος στα εκπαιδευτικά κτίρια

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

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 επιβαρημένη ατμοσφαιρική μίας 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, οξείδια του αζώτου, όζον και διάφορα σωματίδια) εισέρχονται στα σχολικά κτίρια μέσω του συστήματος των αεραγωγών και των παραθύρων.

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 3 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. Εσωτερικές πηγές εκπομπής στα εκπαιδευτικά κτίρια

Χώρος	Πηγές	Ρύποι
-------	-------	-------

Αίθουσα διδασκαλίας	Πάτωμα	Φορμαλδεΰδη, τολουόλιο, ξυλόλια, στυρόλιο, μύκητες
	Οροφή	Ανάπτυξη μικροβίων, βακτήρια, μύκητες
	Ανθρώπινη δραστηριότητα	CO ₂ , CO
	Προϊόντα καθαρισμού	Τοξικές ουσίες, κρεσόλη, αλισίβα Φορμαλδεΰδη.
	Νιπτήρας	Βακτήρια, μόλυβδος, εμφάνιση ιών
	Χρώματα ζωγραφικής	Τοξικές ουσίες
	Θερμομονωτικά υλικά	Ίνες, πτητικές οργανικές ενώσεις
	Έδρανα	Φορμαλδεΰδη, πτητικές οργανικές ενώσεις, τοξικές ουσίες, βαρέα μέταλλα
	Κουρτίνες	Φορμαλδεΰδη, αλδεΰδες
	Άρωμα	Τοξικές ουσίες
	Κιμωλία	Ανθρακικό ασβέστιο
	Ντύσιμο	Μικρόβια, μύκητες
Γυμναστήριο	Ανθρώπινη δραστηριότητα	CO ₂ , CO
	Πάτωμα	Φαινόλη, Φορμαλδεΰδη
	Συνθετικό γυαλί	Ίνες
	Σύστημα αεραγωγών	Ανάπτυξη μικροβίων, ιοί
	Αποδυτήρια	Τοξικές ουσίες, βακτήρια, ιοί
Βιβλιοθήκη	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	αλδεΰδες, στυρόλιο, υδρογονάνθρακες, όζον, Φορμαλδεΰδη, σωματίδια γραφίτη
	Ταπετσαρία	Πτητικές οργανικές ενώσεις, Φορμαλδεΰδη
	Διαχωριστικά εσωτερικών χώρων	Φορμαλδεΰδη, τολουόλιο, βενζόλιο, βακτήρια
	Κουρτίνες	Φορμαλδεΰδη, αλδεΰδες
	Έπιπλα	Πτητικές οργανικές ενώσεις, Φορμαλδεΰδη, τοξικές ουσίες
	Σύστημα αεραγωγών	Ανάπτυξη μικροβίων, ιοί
Κυλικείο	Καπνός τσιγάρου	CO, Φορμαλδεΰδη, NO _x , βενζόλιο, υδραζίνη
	Πάτωμα	Στυρόλιο, τολουόλιο, Φορμαλδεΰδη
	Απορρίμματα προϊόντα καθαρισμού, εντομοκτόνα	Βακτήρια, μύκητες
	Ανθρώπινη δραστηριότητα	Τοξικές ουσίες
	Ανθρώπινη δραστηριότητα	CO ₂ , CO
	Πλαστικά υλικά	DEHP, DINP
	Φούρνος	CO, SO ₂ , NO ₂ , βακτήρια, μύκητες
	Νιπτήρας	Βακτήρια, ιοί
Εργαστήριο	Ανθρώπινη δραστηριότητα	Χημικές ουσίες πειραμάτων

Συνθήκες ευεξίας

Πέρα από τη παρουσία αέριων ρύπων και οι συνθήκες θερμικής άνεσης επιδρούν τόσο στην αποτελεσματικότητα της μαθησιακής διαδικασίας όσο και σε συνέργια με τους ρύπους του εσωτερικού χώρου στην ανθρώπινη υγεία. Οι συνθήκες ευεξίας επηρεάζονται από διάφορες παραμέτρους, οι οποίες διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες που παρουσιάζονται στον πίνακα 4, με κυριότερες τη θερμοκρασία, την υγρασία και την ταχύτητα κίνησης του αέρα.

Πίνακας 4. Παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες ευεξίας

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 συγκέντρωση 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 5 για τα εκπαιδευτικά κτίρια.

Πίνακας 5. TOTEE 2425/86 για τα εκπαιδευτικά κτίρια

	Άτομα ανά 100 τμ επιφάνειας δαπέδου	Αερισμός ανά άτομο (m ³ /h)	
		Ελάχιστη τιμή	Προτεινόμενη μί
Αίθουσα	55	17	17-26
Βιβλιοθήκη	22	12	17-21
Γυμναστήριο	75	34	42-51

Ακόμη η οδηγία του ΤΕΕ συστήνει όρια και όσον αφορά τις επιτρεπόμενες τιμές συγκέντρωσης ρύπων στους εσωτερικούς χώρους. Ενδεικτικά στον πίνακα 6

παρουσιάζονται οι τιμές για τους κυριότερους ρύπους του εσωτερικού περιβάλλοντος.

Πίνακας 6. Οριακές τιμές ρύπων στην Ελλάδα για τους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων

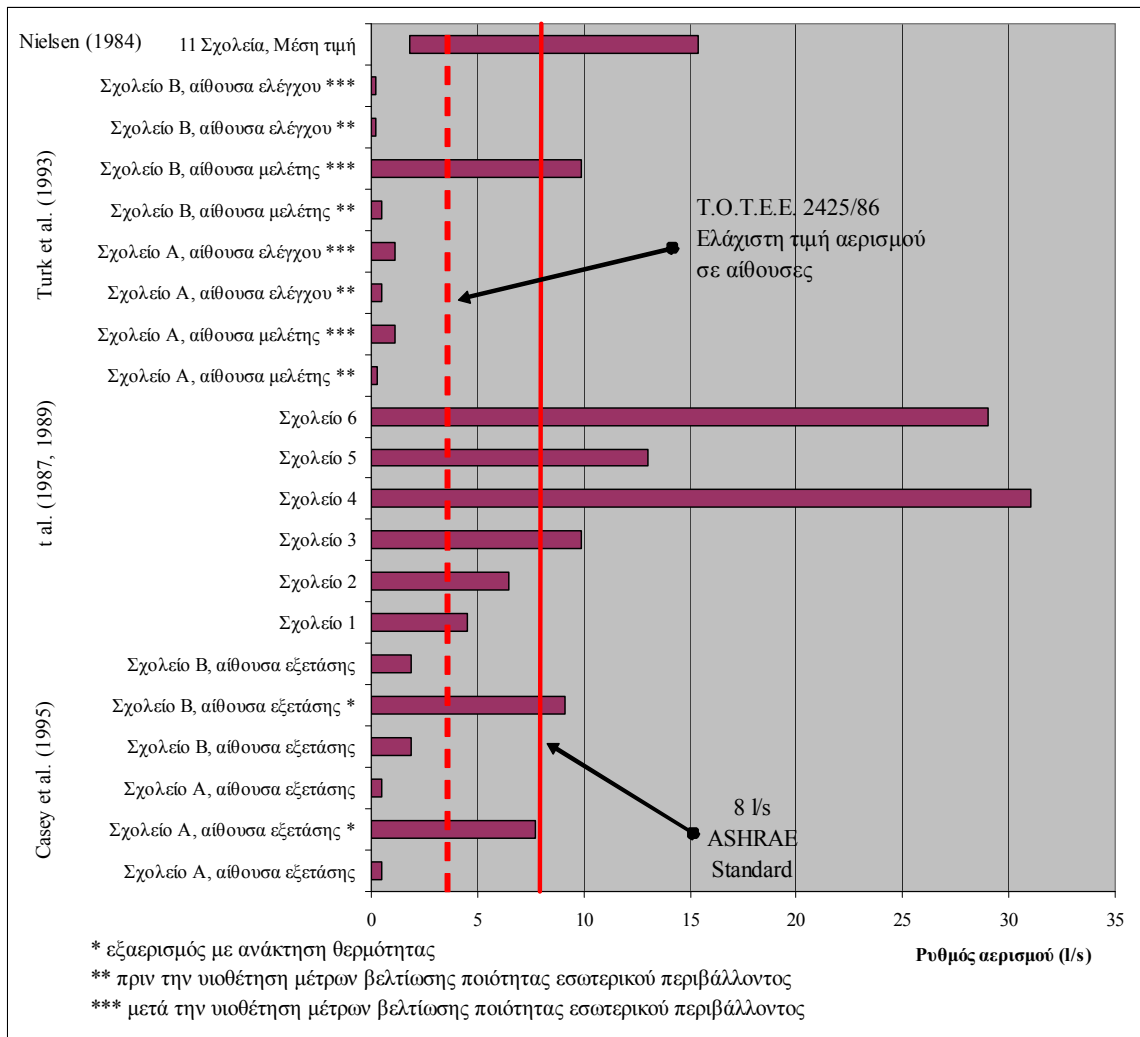
Ρύποι	Οριακές τιμές(mg/m ³)	Χρονικό διάστημα έκθεσης
CO ₂	9000	
CO	10 30 60	8 ώρες 1 ώρα 30 λεπτά
NO ₂	0.2 0.04	1 ώρα ετησίως
NO	30	
Όζον	0,12	8 ώρες
Φορμαλδεΐδη	0,1	30 λεπτά
Αιωρούμενα σωματίδια PM ₁₀	0,07	ετησίως

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.

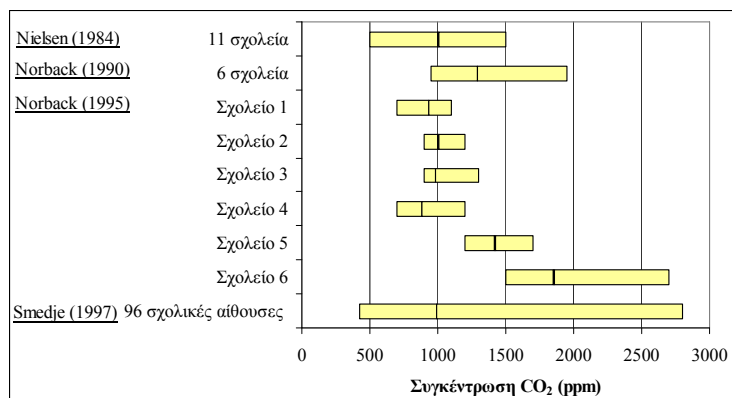
Αν και ο ρυθμός αερισμού αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την επίτευξη ικανοποιητικής ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος, περιορισμένος αριθμός σχετικών μετρήσεων στα εκπαιδευτικά κτίρια είναι διαθέσιμος. Στο ιστόγραμμα 1 παρουσιάζεται ο ρυθμός αερισμού σχετικών δημοσιευμένων ερευνών σε εκπαιδευτικά κτίρια στις Η.Π.Α. και στην Ευρώπη. [4] Όπως παρατηρείται συχνά παρουσιάζεται το φαινόμενο ο ρυθμός αερισμού να είναι μικρότερος από την τιμή που ορίζει το διεθνώς αποδεκτό πρότυπο του οργανισμού ASHRAE.

Στο ιστόγραμμα 2 και 3 παρουσιάζονται η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα σε εκπαιδευτικά κτίρια της Ευρώπης και των ΗΠΑ και Καναδά αντίστοιχα.[4] 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.



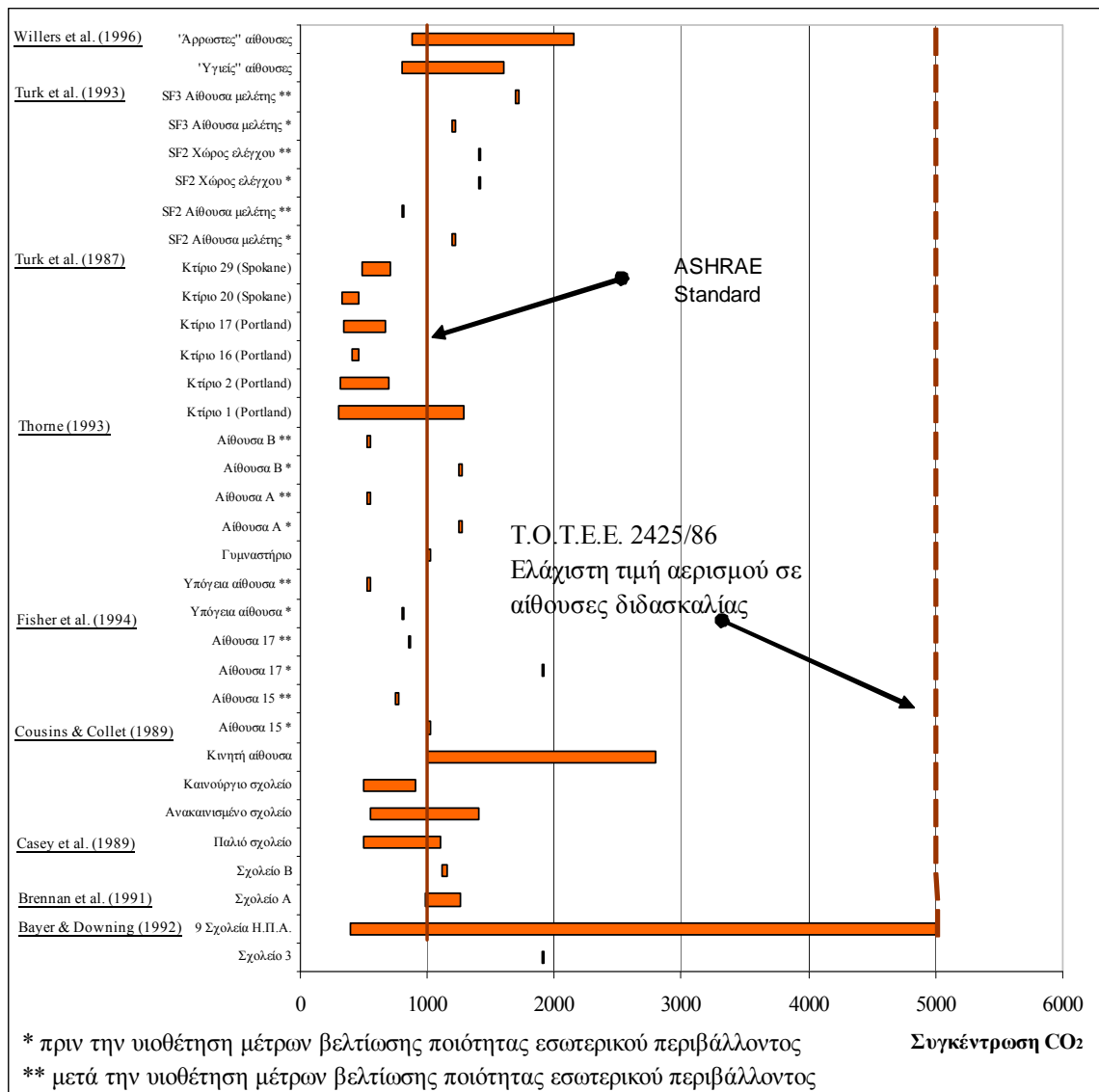
Ιστόγραμμα 1. Ο ρυθμός αερισμού σχετικών δημοσιευμένων ερευνών σε εκπαιδευτικά κτίρια στις Η.Π.Α. και στην Ευρώπη.

(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

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

(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)

Στο πλαίσιο διερεύνησης των εσωκλιματικών συνθηκών των εκπαιδευτικών κτιρίων στη Θεσσαλονίκη θεωρήθηκε σκόπιμη η διεξαγωγή συγκεκριμένων μετρήσεων, ώστε να αποκομιστούν χρήσιμα συμπεράσματα. [5] Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν σε παιδικούς σταθμούς, νηπιαγωγεία και κτίρια δημοτικών σχολείων. Ενδεικτικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις στον παιδικό σταθμό του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης ο οποίος λειτουργούσε έως το 2003. Ο παιδικός σταθμός βρισκόταν στην ανατολική πλευρά της πανεπιστημιούπολης πλησίον της λεωφόρου Γ' Σεπτεμβρίου. Τα μετρητικά όργανα τοποθετήθηκαν σε δύο κτίρια του παιδικού σταθμού με διαφορετικό προσανατολισμό. Για την ορθή αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων συλλέχθηκαν με τη χρήση ερωτηματολογίων επιπλέον δεδομένα για τον αριθμό των παιδιών που βρίσκονταν στην αίθουσα κάθε ώρα και τον τρόπο αερισμού των αιθουσών.

Οι μετρήσεις αφορούσαν τα επίπεδα θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, συγκεντρώσεως CO, συγκεντρώσεως CO₂, σωματιδίων μεγέθους άνω των 0,5μm και σωματιδίων μεγέθους άνω των 5,0μm, όπως επίσης και της ταχύτητας του αέρα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν πως όσον αφορά τις συνθήκες θερμικής άνεσης η κατάσταση δεν ήταν η ιδιαίτερος ικανοποιητική. Αυτό ισχύει ιδιαίτερος για τα επίπεδα θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, που επικρατούσαν, τα οποία παρουσίαζαν έντονες μεταβολές και κυμαίνονταν εκτός των ορίων θερμικής άνεσης, σύμφωνα με τα σχετικά πρότυπα. [6] Εξάλλου, τα επίπεδα συγκεντρώσεως CO₂ κυμαίνονταν κάτω από το όριο που ισχύει στην Ελλάδα (9000ppm), ενώ ξεπερνούσε το αντίστοιχο όριο της ASHRAE (1000ppm). [7] Επισημάνθηκε επιπρόσθετα η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ με την αύξηση του αριθμού των παιδιών καθώς και η μείωση της συγκέντρωσης όταν ο χώρος αερίζεται. Τα επίπεδα συγκεντρώσεως των σωματιδίων καταγράφηκαν σε πολύ χαμηλές τιμές, χαμηλότερες από αντίστοιχες μετρήσεις που διεξάχθηκαν σε κτίρια γραφείων εντός της πανεπιστημιούπολης. Παρατηρήθηκε ακόμη αύξηση των σωματιδίων όταν η δραστηριότητα των παιδιών ήταν 'έντονη' όπως το παιχνίδι σε σχέση με τη συγκέντρωση σωματιδίων κατά τη διάρκεια 'ήπιων' δραστηριοτήτων όπως του διαβάσματος. Η συγκέντρωση του CO, αν εξαιρέσουμε κάποιες υψηλές τιμές τις πρωινές ώρες, που οφειλόταν στην αυξημένη κυκλοφορία αυτοκινήτων εκείνες τις ώρες στους παρακείμενους δρόμους παρέμεινε και αυτή σε χαμηλά επίπεδα.

Συμπεράσματα

Η εμφάνιση του συνδρόμου των άρρωστων κτιρίων ή άλλων παρόμοιων συνδρόμων, συνδέεται με την φτωχή ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος στους χώρους των κτιρίων. Η έκθεση των χρηστών ενός κτιρίου σε μη ικανοποιητική ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος είναι πράγματι σημαντική από την στιγμή που καταναλώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό του ημερήσιου χρόνου τους μέσα στα κτίρια και επειδή συχνά οι ρύποι στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων μπορεί να εμφανίζουν συγκέντρωση και εκατό φορές μεγαλύτερη από την συγκέντρωση των αντιστοιχών ατμοσφαιρικών ρύπων.

Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος στα σχολικά κτίρια εμφανίζει ιδιαιτερότητα, έναντι των υπόλοιπων κτιρίων, εξαιτίας του γεγονότος ότι οι κύριοι χρήστες, που είναι οι μαθητές, απαιτούν ευνοϊκότερες συνθήκες υγιεινής. Η φτωχή ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα της μάθησης καθώς και οποιαδήποτε πνευματική εργασία που προϋποθέτει συγκέντρωση, μνήμη ή αρίθμηση.

Οι παράγοντες που διαμορφώνουν την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος ποικίλουν και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους δημιουργώντας ένα ιδιαίτερος πολύπλοκο ζήτημα. Οι πηγές εκπομπής ρύπων στα σχολικά κτίρια που ευθύνονται για τη φτωχή ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος ποικίλουν αφού τα σχολικά κτίρια αποτελούνται από χώρους διάφορων δραστηριοτήτων, στους οποίους ο μαθητής διδάσκεται, γυμνάζεται, διαλογίζεται, ξεκουράζεται. Στους σημαντικότερους ρύπους που συναντώνται στα εκπαιδευτικά κτίρια ανήκουν οι πτητικές οργανικές ουσίες και ιδιαίτερα η φορμαλδεΰδη, το διοξείδιο του άνθρακα, το μονοξείδιο του άνθρακα, το όζον, τα βακτήρια και άλλες τοξικές ουσίες.

Οι πηγές στη βιβλιογραφία μολονότι περιορισμένες όσον αφορά σε έρευνα σε εκπαιδευτικά κτίρια δείχνουν σαφώς τη σύνδεση της ποιότητας εσωτερικού αέρα και του αερισμού στην ικανότητα μάθησης και υγείας των μαθητών. Επιπρόσθετα οι συνθήκες που επικρατούν είναι συχνά ανεπαρκείς αφού η έρευνα έχει καταδείξει σε

πολλά σχολικά κτίρια προβλήματα τόσο όσον αφορά στο χαμηλό ρυθμό αερισμού όσο και στην παρουσία ρύπων σε υψηλές τιμές συγκέντρωσης.

Σχετική έρευνα στον παιδικό σταθμό του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, έδειξε πως δεν πληρούνται πάντοτε οι συνθήκες θερμικής άνεσης, ενώ τα επίπεδα συγκέντρωσης CO₂ -αν και κυμαίνονταν κάτω από το σχετικό όριο που ισχύει στην Ελλάδα- ξεπερνούσαν το αντίστοιχο όριο του οργανισμού ASHRAE. Μολονότι υπάρχουν επαρκείς ενδείξεις πως ο ρυθμός αερισμού και η συγκέντρωση ρύπων στα εκπαιδευτικά κτίρια δεν ανταποκρίνονται πάντα στις συνιστώμενες τιμές των οδηγιών και κανονισμών, το πρόβλημα δεν έχει καταστεί ακόμα γνωστό στους αρμόδιους φορείς αλλά και γενικότερα στο κοινωνικό σύνολο.

Αρχικά, επομένως, οφείλει να λάβει χώρα η προσεκτική διάδοση της πληροφορίας. Στη συνέχεια, και μετά από τεκμηριωμένη μελέτη, πρέπει να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα για τη διασφάλιση της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος στον ευαίσθητο χώρο των εκπαιδευτικών κτιρίων.

Πηγές

[1] [http1: www.epa.org](http://www.epa.org)

[2] [http2: www.hbiamerica.com](http://www.hbiamerica.com)

[3] EFA report 'Indoor Air Pollution in Schools' (2001), The Right to Breathe Healthy Indoor Air in Schools

[4] 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

[5] Αμανατίδης Α. και Τζήκας Κ. (2002), Ποιότητα αέρα και θερμική άνεση σε εκπαιδευτικά κτίρια, Διπλωματική εργασία, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

[6] ASHRAE Standard 55 (1981), "Thermal Environmental Condition for Human Occupancy", Atlanta

[7] ASHRAE Standard 62 (1999), "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality", Atlanta