

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΜΙΧΑΛΑΚΑΚΟΥ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ**

ΑΓΡΙΝΙΟ 2012

1. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΗΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ο κτηριακός τομέας θεωρείται από τους πλέον σημαντικούς στην Ευρώπη. Η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια αντιπροσωπεύει περίπου 40% της παραγόμενης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Παρά το γεγονός ότι για μερικές βόρειες χώρες η πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας για τα κτήρια έχει ελαττωθεί στη διάρκεια των τελευταίων χρόνων σαν αποτέλεσμα της ιδιαίτερα εντατικής πολιτικής εξοικονόμησης ενέργειας, η πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση στον Ευρωπαϊκό νότο έχει αυξηθεί σημαντικά. Αναφέρεται ότι κατά το 1991 η αύξηση κατανάλωσης ενέργειας στον κτιριακό τομέα στην Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν περίπου 11.5%.

Ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτηρίων προϋποθέτει ισορροπημένη απόδοση όσον αφορά τη θέρμανση, το δροσισμό και το φυσικό φωτισμό τους.

Παλαιότερες μετρήσεις της κατανάλωσης ενέργειας σε κτήρια γραφείων στην Ελλάδα έδειξαν ότι η πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων αυτών κυμαίνεται από 250 έως 350 kWh ανά τετραγωνικό μέτρο. Από αυτές τις τιμές οι 95 kWh καταναλώνονται για θέρμανση ενώ περίπου οι 110 kWh καταναλώνονται για το δροσισμό των κτηρίων.

Η ενέργεια που καταναλώνεται στα κτήρια διατίθεται για την θέρμανση, τον δροσισμό, τον φωτισμό και τις άλλες εγκαταστημένες συσκευές.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στον κτηριακό τομέα, και ειδικά σε ήδη υπάρχοντα κτήρια επιτυγχάνεται με παρεμβάσεις στα ακόλουθα συστήματα:

1. Παρεμβάσεις στο κέλυφος του κτηρίου : ορίζουμε σαν κέλυφος του κτηρίου την εξωτερική του τοιχοποιία, την οροφή, το δάπεδο και τα ανοίγματα του κτηρίου. Οι παρεμβάσεις αυτές πραγματοποιούνται στο κτηριακό κέλυφος και αφορούν κύρια:

- ✚ την θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων
- ✚ την θερμομόνωση της οροφής και του δαπέδου
- ✚ την αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς υαλοπίνακες
- ✚ την χρησιμοποίηση ειδικών σκιάστρων με αυξημένη ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία (ανοιχτού χρώματος)
- ✚ την εγκατάσταση συστήματος αυτοματισμού για το άνοιγμα/κλείσιμο των παραθύρων όταν ο αερισμός κρίνεται ανεπαρκής και τα επίπεδα συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στο εσωτερικό του κτηρίου είναι αυξημένα

- ✚ την αντικατάσταση φθαρμένων μεταλλικών πλαισίων των παραθύρων για την μείωση των ενεργειακών απωλειών

2.Παρεμβάσεις παθητικού ή υβριδικού δροσισμού : ο παθητικός δροσισμός είναι η ψύξη ενός κτιρίου χωρίς, (παθητικός) ή με μικρή, (υβριδικός), κατανάλωση συμβατικής ενέργειας. Χρησιμοποιώντας συστήματα παθητικού δροσισμού κατά την θερινή περίοδο του έτους επιτυγχάνεται η μείωση του ψυκτικού φορτίου. Τα συστήματα αυτά είναι κυρίως:

α. συστήματα σκίασης και ηλιοπροστασίας : ο περισσότερο αποτελεσματικός τρόπος ηλιοπροστασίας ενός κτηρίου είναι η σκίαση των παραθύρων του και των άλλων ανοιγμάτων του από την μη επιθυμητή ηλιακή ακτινοβολία. Ο τύπος και ο βαθμός της σκίασης εξαρτάται από την θέση του ήλιου και από την θέση και την γεωμετρία του τμήματος του κτηρίου που σκιάζεται. Η τοπογραφία (όροι, λόφοι, δένδρα και βλάστηση) και οι γειτονικές κατασκευές συχνά παρέχουν μέσα σκίασης των εξωτερικών χώρων ή των πλευρών του κτηρίου. Η μορφή του κτηρίου από μόνη της (κτήρια με σχήμα L ή U, σκίαστρα οροφής, μπαλκόνια, βεράντες, αυλές, κλπ), μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην σκίαση εξωτερικών επιφανειών.

Οι τεχνικές σκίασης μπορεί να είναι εξωτερικές, ενδιάμεσες ή εσωτερικές, σταθερές ή προσαρμόσιμες ή συνδυασμός αυτών. Τα εξωτερικά σκίαστρα μπορούν να αποδειχθούν περισσότερο αποτελεσματικά από τα εσωτερικά, καθώς εμποδίζουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία πριν φθάσει στις επιφάνειες του κτηρίου και εισχωρήσει στο εσωτερικό του. Ωστόσο, τα εσωτερικά σκίαστρα έχουν χαμηλότερο κόστος και χρησιμοποιούνται ευκολότερα. Οι τεχνικές σκίασης οι οποίες δεν έχουν την δυνατότητα να προσαρμοσθούν στο κτήριο έτσι ώστε να ακολουθούν τις γωνίες πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων, (σταθερά σκίαστρα), προσφέρουν ανεπαρκή ηλιοπροστασία. Αντίθετα, προσαρμόσιμα σκίαστρα (τέντες, περσίδες, πέργκολες, κουρτίνες, ρολλά, οριζόντιες περσίδες), μπορούν να μετατοπίζονται αυτόματα ή με το χέρι ανάλογα με το μέγεθος της ακτινοβολίας και τα επίπεδα φωτισμού.

β. φυσικός αερισμός : ο φυσικός αερισμός είναι η σημαντικότερη τεχνική παθητικού δροσισμού. Γενικά ο αερισμός των εσωτερικών χώρων ενός κτηρίου είναι απαραίτητος για να διατηρηθούν σε ικανοποιητικά επίπεδα το οξυγόνο και η ποιότητα αέρα. Παραδοσιακά, οι απαιτήσεις του αερισμού ενός κτηρίου πληρούνται με φυσικά μέσα. Στην πλειοψηφία των παλαιότερων κτηρίων, τα επίπεδα της διείσδυσης του αέρα ήταν τέτοια έτσι ώστε να παρέχονται στο κτήριο επαρκείς

ποσότητες εξωτερικού αέρα ενώ οι επί πλέον απαιτήσεις σε αερισμό ικανοποιούνται απλά ανοίγοντας τα παράθυρα.

Η μοντέρνα αρχιτεκτονική και ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτηρίων, έχει μειώσει την διείσδυση του αέρα στο ελάχιστο έτσι ώστε να μειώνεται η επίδρασή της στο ψυκτικό και στο θερμικό φορτίο. Οι νεότερες και καλύτερες κατασκευές έχουν σαν αποτέλεσμα κτήρια σφραγισμένα από το εξωτερικό περιβάλλον. Ειδικότερα, η κατασκευή κτηρίων γραφείων από γυαλί, τα οποία δεν επιτρέπουν το άνοιγμα των παραθύρων, ελάττωσε περαιτέρω την δυνατότητα χρήσης φυσικού αερισμού των κτηρίων αυτών. Με δεδομένο ότι οι εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες είναι ευνοϊκές, η χρήση του φυσικού αερισμού μπορεί να ελαττώσει το ψυκτικό φορτίο, να ενισχύσει τις συνθήκες θερμικής άνεσης και να διατηρήσει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα μέσα στο κτήριο. Η αποτελεσματικότητα των τεχνικών φυσικού αερισμού καθορίζεται από τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες, από το μικροκλίμα καθώς και από τα χαρακτηριστικά του κτηρίου (προσανατολισμός, μέγεθος, θέση, και αριθμός των παραθύρων, κλπ.). Η εξωτερική θερμοκρασία, η υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου είναι καθοριστικοί παράγοντες που συμβάλλουν στην επιτυχή εφαρμογή των τεχνικών φυσικού αερισμού. Για τον δροσισμό, ο αέρας που εισέρχεται στο κτήριο πρέπει να έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από την θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα του κτηρίου. Η υγρασία του αέρα είναι σημαντικότερος περιοριστικός παράγοντας για την εφαρμογή των τεχνικών του φυσικού αερισμού. Υψηλά επίπεδα υγρασίας έχουν αρνητική επίδραση στην θερμική άνεση μέσα στο κτήριο. Σαν αποτέλεσμα, σε περιοχές με υψηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας στην διάρκεια του καλοκαιριού, η χρήση συμβατικών συστημάτων κλιματισμού είναι απαραίτητη, για την απόρριψη της υγρασίας από το εσωτερικό περιβάλλον του κτηρίου (αφύγρανση). Υπό αυτές τις συνθήκες καλό είναι να αποφευγεται ο φυσικός αερισμός τόσο στην διάρκεια της ημέρας όσο και την νύκτα. Ο φυσικός αερισμός πραγματοποιείται εξ' αιτίας της διαφοράς πίεσης του αέρα λόγω του ανέμου. Ο φυσικός αερισμός επιτυγχάνεται με διείσδυση του αέρα ή επιτρέποντας στον αέρα να ρέει μέσα και έξω από το κτήριο με το άνοιγμα των παραθύρων και των θυρών του. Ο όρος «διείσδυση» χρησιμοποιείται για την περιγραφή της τυχαίας ροής του εξωτερικού αέρα μέσω διαφόρων διαδρομών διαρροής που υπάρχουν στο κέλυφος του κτηρίου.

γ. νυκτερινός αερισμός : οι τεχνικές φυσικού αερισμού για τον δροσισμό ενός κτηρίου είναι επίσης αποτελεσματικές στην διάρκεια της νύχτας, όταν οι τιμές της

θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος είναι μικρότερες από τις εσωτερικές. Σαν αποτέλεσμα, το ψυκτικό φορτίο ελαττώνεται σημαντικά και οι μέγιστες θερμοκρασίες στο εσωτερικό του κτηρίου ελαττώνονται από 1 έως 3°C.

δ. ανεμιστήρες οροφής : οι ανεμιστήρες οροφής συμβάλλουν στην σημαντική μείωση του ψυκτικού φορτίου που μπορεί να φθάσει και το 25%.

ε. φυσικός δροσισμός : ο φυσικός δροσισμός περιλαμβάνει παθητικά κυρίως αλλά και υβριδικά συστήματα δροσισμού που βασίζουν την λειτουργία τους στην απόρριψη της πλεονάζουσας θερμότητας μέσω των ακολούθων τριών φυσικών δεξαμενών:

- ✚ Νερό (εξατμιστικοί ψύκτες)
- ✚ Αέρας (ψύκτες ακτινοβολίας)
- ✚ Έδαφος (εναλλάκτες θερμότητας εδάφους-αέρα)

Τα συστήματα φυσικού δροσισμού θα περιγραφούν εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο.

3.Παρεμβάσεις στο σύστημα φωτισμού : Ο φωτισμός του κτηρίου είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες ενεργειακής κατανάλωσης. Οι προτάσεις παρέμβασης για την βελτίωση του φωτισμού του κτηρίου με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας στοχεύουν στα ακόλουθα αποτελέσματα:

- ❖ μείωση του επιπέδου φωτισμού μέσα στο κτήριο
- ❖ βελτίωση των επιπέδων φυσικού φωτισμού
- ❖ βελτίωση του ελέγχου των συσκευών φωτισμού του κτηρίου
- ❖ βελτίωση της ποιότητας των ήδη υπαρχόντων φωτιστικών
- ❖ βελτίωση της απόδοσης των φωτιστικών
- ❖ βελτίωση της απόδοσης του στραγγαλιστικού πηνίου των λαμπτήρων

Οι σημαντικότερες προτάσεις βελτίωσης του συστήματος φωτισμού μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- ❖ Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρρακτώσεως από λαμπτήρες φθορισμού
- ❖ Αύξηση του αριθμού των διακοπών σε κάθε γραφείο για τον έλεγχο ενός φωτιστικού ή μιας μικρής ομάδας φωτιστικών.
- ❖ Βελτίωση της ποιότητας των φωτιστικών με αντικατάσταση των προθερμαινόμενων λαμπτήρων με λαμπτήρες γρήγορης εκκίνησης.

- ❖ Εγκατάσταση συστήματος αυτοματισμού για τον έλεγχο του ανοίγματος/κλεισίματος των φωτιστικών. Το σύστημα αυτό μπορεί να συνδυαστεί και να ενσωματωθεί σε ένα γενικότερο σύστημα αυτοματισμού της ενεργειακής διαχείρισης. Το σύστημα αυτοματισμού μπορεί να χρησιμοποιεί χρονοδιακόπτες ή αισθητήρες φυσικού φωτισμού ή αισθητήρες παρουσίας ατόμων.
- ❖ Εγκατάσταση συστήματος ελέγχου του φυσικού φωτισμού έτσι ώστε όταν ο φυσικός φωτισμός ξεπερνάει τα 600 Lux να σβήνουν αυτόματα οι λαμπτήρες και το αντίστροφο.

4.Παρεμβάσεις στο σύστημα ψύξης-θέρμανσης του κτιρίου : τακτική συντήρηση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης, (λέβητας-καυστήρας), χρησιμοποίηση κατάλληλων μονώσεων για τον λέβητα και της σωληνώσεις, τακτική συντήρηση των split units για τον δροσισμό των εσωτερικών χώρων, κλπ.

Με βάση στοιχεία που συλλέχθηκαν από διάφορες μελέτες και τους υπολογισμούς των ειδικών ενεργειακών καταναλώσεων ανά τομέα χρήσης, διερευνήθηκε το ποσό του ενεργειακού δυναμικού διαφόρων ενεργειακών τεχνολογιών και τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας. Συγκεκριμένα εξοικονόμηση ενέργειας στους τομείς θέρμανσης, δροσισμού, φωτισμού και συσκευών.

Εξοικονόμηση ενέργειας για Θέρμανση

Η μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται για την θέρμανση των κτηρίων μπορεί να επιτευχθεί κύρια με τους ακόλουθους τρόπους:

- ✚ περιορισμό του ολικού συντελεστή απωλειών του κτηρίου προσθέτοντας θερμομόνωση στο εξωτερικό κέλυφος του κτηρίου ή χρησιμοποιώντας διπλά υαλοστάσια.
- ✚ ανάκτηση της αποβαλλόμενης θερμότητας από το σύστημα αερισμού.
- ✚ βελτίωση της απόδοσης του συστήματος παραγωγής και διανομής θερμότητας.
- ✚ σωστός προσανατολισμός του κτηρίου έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η αύξηση των άμεσων ηλιακών κερδών.
- ✚ χρήση παθητικών συστημάτων θέρμανσης

Ονομάζουμε θερμικό φορτίο το ποσόν της ενέργειας που πρέπει να προσφερθεί σε

ένα κτίριο με συμβατικά μέσα κατά την χειμερινή περίοδο του έτους έτσι ώστε να διατηρηθεί η θερμοκρασία του σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο, που για την Ελλάδα το χειμώνα είναι 21 με 22°C. Με βάση την ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων, υπολογίζεται ο συντελεστής θερμικών απωλειών κάθε κτηρίου. Υπολογίστηκε ότι για ένα μεγάλο αριθμό κτηρίων που μελετήθηκαν, η χρήση της απαιτούμενης θερμομόνωσης θα είχε σαν αποτέλεσμα την μείωση κατά 17-48% της θερμικής ενέργειας, (θερμικό φορτίο). Πιο συγκεκριμένα, η μείωση θα αντιστοιχούσε σε 17% για κτήρια γραφείων, 38% για εμπορικά κτήρια, 43.9% για σχολεία, 37% για νοσοκομεία και 48% για ξενοδοχεία. Έχει υπολογισθεί ότι σε ένα υπάρχον κτήριο, μια τέτοια παρέμβαση θα απαιτούσε κατά μέσον όρο 6-8 χρόνια για να αποσβεσθεί, ανάλογα με τον τύπο του κτηρίου.

Εξοικονόμηση Ενέργειας για Δροσισμό

Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για τον δροσισμό των κτηρίων μπορεί να επιτευχθεί με τους ακόλουθους τρόπους:

- βελτιστοποίηση του κελύφους των κτηρίων ώστε να μειωθούν τα θερμικά κέρδη.
- κατάλληλη χωροταξική διαρρύθμιση και κατάλληλη χρήση των εξωτερικών χώρων.
- ηλιοπροστασία και σκιασμός των διαφανών και αδιαφανών στοιχείων του κελύφους.
- θερμομόνωση
- χρησιμοποίηση εναλλακτικών τεχνικών δροσισμού

Ονομάζουμε ψυκτικό φορτίο το ποσό της ενέργειας που πρέπει να προσφερθεί σε ένα κτίριο με συμβατικά μέσα κατά την θερινή περίοδο του έτους έτσι ώστε να διατηρηθεί η θερμοκρασία του σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο, που για την Ελλάδα το καλοκαίρι είναι 26 με 27°C.

Τα αποτελέσματα από προσομοιώσεις έδειξαν ότι ο κατάλληλος σκιασμός του κτηρίου μπορεί να μειώσει το ψυκτικό φορτίο κατά 30%, ενώ η χρήση αξονικών ανεμιστήρων σε συνδυασμό με σωστά επίπεδα αερισμού προκαλεί μείωση του ψυκτικού φορτίου μέχρι και 70%. Ακόμα, ο νυκτερινός αερισμός του κτηρίου, όταν οι εξωτερικές συνθήκες είναι ευνοϊκές, μπορεί να μειώσει την εσωτερική θερμοκρασία κατά 1-2°C. Ο νυκτερινός αερισμός μπορεί να επιτευχθεί αφήνοντας

ανοικτά τα παράθυρα, αφού βέβαια ληφθεί υπ' όψη το θέμα της ασφάλειας του κτιρίου.

Η χρησιμοποίηση εναλλακτικών τεχνικών για δροσισμό, όπως οι εναλλάκτες εδάφους και τα συστήματα άμεσης εξατμιστικής ψύξης, μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην μείωση του ψυκτικού φορτίου.

Οι εναλλακτικές τεχνικές για το δροσισμό των κτηρίων που βασίζονται στην αυξημένη θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους, καθώς και στην απόρριψη της πλεονάζουσας θερμότητας του κτηρίου σε θερμικές δεξαμενές όπως ο αέρας, το έδαφος και το νερό, παρουσιάζουν μεγάλη ανάπτυξη κατά τα τελευταία χρόνια. Οι τεχνικές αυτές είναι γνωστές με τον όρο "παθητικός και υβριδικός δροσισμός", και έχουν ήδη διεισδύσει σημαντικά στην αγορά των κτηρίων. Η χρήση τεχνικών και συστημάτων παθητικού και υβριδικού δροσισμού παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως τα ακόλουθα:

- ✚ Σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας
- ✚ Βελτιωμένη ποιότητα αέρα
- ✚ Μείωση έως εξαφάνιση των προβλημάτων φορτίου αιχμής
- ✚ Οικονομικά οφέλη σε σχέση με το αρχικό κεφάλαιο, με το κεφάλαιο συντήρησης και με το κόστος λειτουργίας των συστημάτων δροσισμού
- ✚ Απλότητα και ευκολία στην χρήση

Εξοικονόμηση Ενέργειας για Φωτισμό

Μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται για τον φωτισμό των εσωτερικών χώρων μπορεί να επιτευχθεί με τους ακόλουθους τρόπους:

- σωστή χρήση του φυσικού φωτισμού
- χρήση φωτιστικών συστημάτων υψηλών αποδόσεων

Συγκεκριμένα, στα κτήρια γραφείων, η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό είναι 20 kWh/m², που αντιπροσωπεύει περίπου το 25% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε κτήρια γραφείων. Υπολογίσθηκε ότι η αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρρακτώσεως με λαμπτήρες φθορισμού περιορίζει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά

24%. Ακόμα η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, σε ένα σωστά σχεδιασμένο κτήριο μπορεί να μειώσει μέχρι και 80% την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε σύγκριση με ένα κτήριο που χρησιμοποιεί λαμπτήρες πυρρακτώσεως.

2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

Τα συστήματα φυσικού δροσισμού βασίζουν την λειτουργία τους στις ύπαρξη των τριών μεγάλων φυσικών δεξαμενών απόρριψης της πλεονάζουσας θερμότητας που μας παρέχει η φύση. Οι δεξαμενές αυτές είναι οι ακόλουθες:

1. **Το έδαφος** : το έδαφος κατά την θερινή περίοδο παρουσιάζει χαμηλότερη θερμοκρασία από εκείνη του ατμοσφαιρικού αέρα. Την ιδιότητα αυτή του εδάφους την εκμεταλλευόμαστε άμεσα με τον σχεδιασμό κτιρίων που περισσότερες από μία επιφάνειες τους έρχονται σε επαφή με το έδαφος καθώς και έμμεσα με τον σχεδιασμό των εναλλακτών θερμότητας εδάφους-αέρα.
2. **Το νερό** : οι εξατμιστικοί ψύκτες βασίζουν την λειτουργία τους στην φυσική διεργασία της εξάτμισης του νερού.
3. **Ο ουρανός** : οι ψύκτες ακτινοβολίας βασίζουν την λειτουργία τους στο φαινόμενο της απόρριψης της πλεονάζουσας θερμότητας μέσω του ατμοσφαιρικού παραθύρου.

2.1 Έδαφος

Η χρήση του εδάφους για τον δροσισμό των εσωτερικών χώρων βασίζεται στην θεωρία απόρριψης της θερμότητας από ένα κτίριο προς το έδαφος το οποίο έχοντας στην διάρκεια της θερινής περιόδου μικρότερη θερμοκρασία από εκείνη του ατμοσφαιρικού αέρα λειτουργεί σαν μια φυσική δεξαμενή θερμότητας. Αυτή η απόρριψη της θερμότητας προς το έδαφος λαμβάνει χώρα με τους εξής δύο τρόπους:

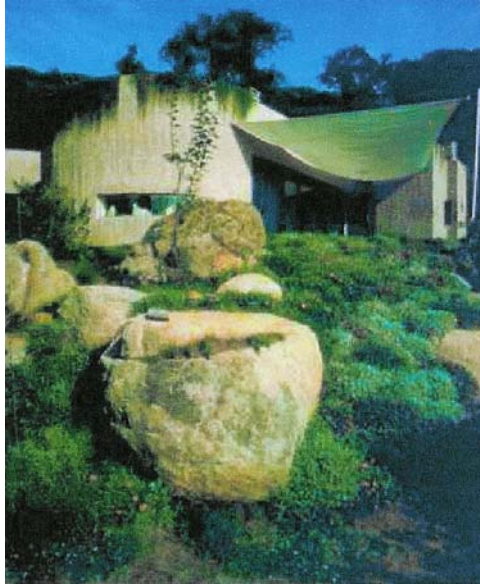
- ✚ Με άμεση επαφή ενός σημαντικού μέρους του κτιριακού κελύφους με το έδαφος
- ✚ Με την χρήση των εναλλακτών θερμότητας εδάφους-αέρα

2.1.1 Δροσισμός με άμεση επαφή του κτιρίου με το έδαφος

Ένα κτήριο ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον σύμφωνα με τις τρεις διαδικασίες μετάδοσης θερμότητας, την αγωγή, την μεταφορά και την ακτινοβολία. Για τα περισσότερα κτίρια, ο κύριος μηχανισμός ανταλλαγής θερμότητας με το περιβάλλον είναι η μεταφορά αφού το μεγαλύτερο τμήμα του κτηριακού κελύφους έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Μετά την μεταφορά έρχεται η ακτινοβολία και τελευταία η αγωγή αφού η επιφάνεια του κτιρίου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος είναι συνήθως πολύ μικρή. Η ιδέα του παθητικού δροσισμού ενός κτηρίου με την άμεση επαφή του με το έδαφος βασίζεται στην αύξηση της ανταλλαγής θερμότητας ανάμεσα στο κτίριο και το περιβάλλον με την διαδικασία της αγωγής (Σχήμα 1).

Ένα παράδειγμα κτηρίου που ψύχεται με την άμεση επαφή του με το έδαφος είναι η περίπτωση ενός κτιρίου κτισμένου σε μία πλευρά με κλίση του οποίου η βόρεια πλευρά του είναι σε επαφή με το έδαφος. Κατ'αυτόν τον τρόπο η ανταλλαγή θερμότητας αυξάνει και η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου ελαττώνεται, αφού το έδαφος έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από τον ατμοσφαιρικό αέρα στην διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους.

Το ακριβώς αντίθετο φαινόμενο, δηλαδή την μετάδοση θερμότητας με αγωγή από το έδαφος προς το κτήριο, παρατηρείται στην διάρκεια της ψυχρής περιόδου. Η θερμική επαφή του κτιρίου με το έδαφος παρουσιάζει ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα όσον αφορά την θερμική συμπεριφορά του κτιρίου. Η θερμική αδράνεια του κτηρίου αυξάνει αφού το κτίριο έχει σαν όριο του το έδαφος, το οποίο έχει μεγάλη θερμική αδράνεια. Είναι το γεγονός ότι οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μέσα στο κτήριο, οι οποίες προκαλούνται από την σημαντική μεταβολή της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος, γίνονται πολύ μικρότερες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μικρότερες τιμές θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου την θερινή περίοδο και υψηλότερες στην διάρκεια της ψυχρής περιόδου.

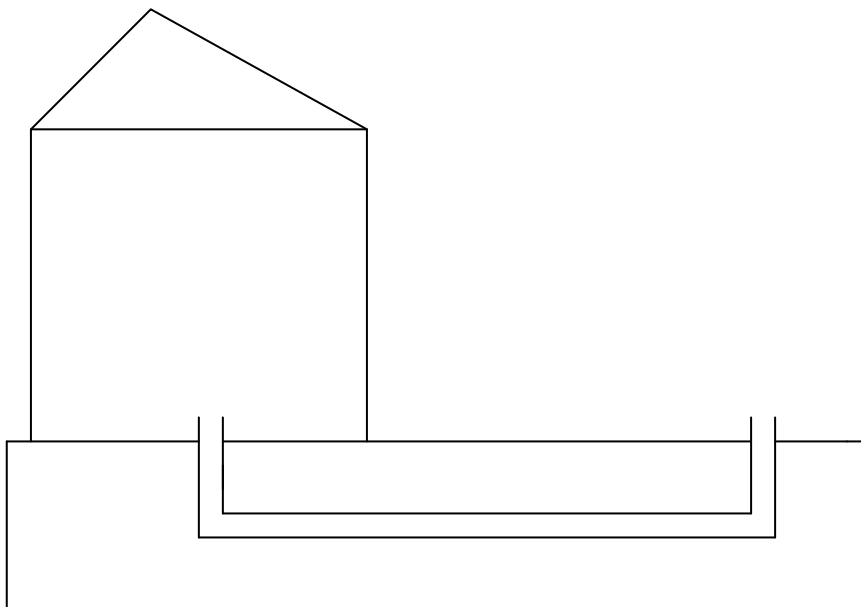


Σχήμα 1 : Δροσισμός με άμεση επαφή με το έδαφος

2.1.2 Εναλλάκτες θερμότητας εδάφους-αέρα

Οι εναλλάκτες θερμότητας εδάφους-αέρα είναι σωλήνες τοποθετημένοι οριζόντια σε κάποιο βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Μέσα στους σωλήνες αυτούς κυκλοφορεί αέρας με την βοήθεια ηλεκτρικών ανεμιστήρων. Η τεχνική αυτή αναπτύχθηκε σχετικά πρόσφατα, βασίσθηκε όμως σε παρόμοιες εφαρμογές των αρχαίων Ελλήνων και των Περσών.

Ένα σύγχρονο σύστημα εναλλάκτη θερμότητας εδάφους-αέρα φαίνεται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2 : Σύστημα εναλλακτών θερμότητας εδάφους-αέρα

Ο ατμοσφαιρικός αέρας εξαναγκάζεται με την βοήθεια ενός ανεμιστήρα να εισέλθει στο σωλήνα και μετά στο κτίριο. Στην διάρκεια του καλοκαιριού, η θερμοκρασία του εδάφους είναι σημαντικά μικρότερη από εκείνη του ατμοσφαιρικού αέρα και επομένως η θερμοκρασία του αέρα στην έξοδο του εναλλάκτη είναι μικρότερη από εκείνη στην είσοδό του. Το αντίθετο ακριβώς φαινόμενο παρατηρείται το χειμώνα.

Οι εναλλάκτες θερμότητας εδάφους-αέρα εφαρμόζονται τόσο σε ένα ανοικτό σύστημα ανακύκλωσης όσο και σε κλειστό σύστημα ανακύκλωσης. Το παράδειγμα του σχήματος είναι ένα ανοικτό σύστημα ανακύκλωσης. Σε ένα κλειστό σύστημα τόσο η είσοδος όσο και η έξοδος του εναλλάκτη βρίσκονται μέσα στο κτίριο. Οι εναλλάκτες είναι κυρίως πλαστικοί ή ακόμα και μεταλλικοί.

Η ψυκτική απόδοση του συστήματος, δηλ. η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα μέσα στον εναλλάκτη εξαρτάται από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- ✚ **Το μήκος του εναλλάκτη** : η απόδοση του συστήματος αυξάνει όταν αυξάνεται το μήκος του εναλλάκτη.
- ✚ **Η ακτίνα του εναλλάκτη** : η απόδοση του συστήματος ελαττώνεται όταν αυξάνει η ακτίνα του εναλλάκτη σαν αποτέλεσμα της αύξησης της επιφάνειας μεταφοράς θερμότητας.
- ✚ **Το βάθος ταφής του εναλλάκτη** : η απόδοση του συστήματος αυξάνει με την αύξηση του βάθους ταφής του σωλήνα
- ✚ **Η ταχύτητα του αέρα μέσα στον σωλήνα** : η απόδοση του συστήματος ελαττώνεται όταν αυξάνει η ταχύτητα του αέρα μέσα στον σωλήνα σαν αποτέλεσμα της αύξησης της ροής του αέρα.
- ✚ **Οι θερμικές ιδιότητες του εδάφους** : η θερμική διαχυτικότητα και η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους έχουν σημαντική επίδραση στην απόδοση του συστήματος.

2.2 Νερό - Εξατμιστική ψύξη

Για την μετατροπή υγρού σε ατμό, κατά την εξάτμιση, απαιτείται να προσδοθεί στο νερό ένα ποσό θερμότητας, γνωστή ως λανθάνουσα θερμότητα. Όταν αυτή, η

θερμότητα παρέχεται από τον αέρα παρατηρείται μια πτώση της θερμοκρασίας του, η οποία συνοδεύεται από μία αύξηση του ποσοστού υγρασίας του. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται στον δροσισμό του κτιρίου με εξάτμιση, για την απαγωγή της πλεονάζουσας θερμοκρασίας στο περιβάλλον.

Η Εξατμιστική ψύξη χωρίζεται σε άμεση και έμμεση. Στην άμεση εξάτμιση ο εξωτερικός αέρας πριν εισέλθει στο κτίριο έρχεται σε επαφή με εξατμιζόμενο νερό μειώνοντας έτσι την θερμοκρασία του. Όμως, ο τρόπος αυτός μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε περιοχές όπου η σχετική υγρασία είναι χαμηλή γιατί μπορεί να διαταράξει τις συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό χώρο, καθώς αυξάνει την υγρασία του. Στο δροσισμό με έμμεση εξάτμιση, ο εξωτερικός αέρας δεν έρχεται σε άμεση επαφή με το νερό, αλλά εισέρχεται μέσα από εναλλάκτες θερμότητας. Με αυτό τον τρόπο η υγρασία του αέρα παραμένει σταθερή.

Ο διαχωρισμός σε παθητική και υβριδική έχει σχέση με το κατά πόσο χρησιμοποιούνται τεχνικά μέσα. Έτσι, ο έμμεσος δροσισμός με εξάτμιση είναι υβριδικός αλλά παρόλα αυτά η ενεργειακή του κατανάλωση είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με την χρήση των συμβατικών κλιματιστικών.

Ακόμα υπάρχουν μέθοδοι δροσισμού με εξάτμιση που δροσίζουν το κέλυφος του κτιρίου και όχι απευθείας τον εσωτερικό χώρο. Μία από αυτές είναι ο ψεκασμός με νερό της οροφής. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία σε μονοκατοικίες με «φτωχή» μόνωση. Στην κατηγορία παθητικού δροσισμού του κελύφους ανήκει και η κατασκευή δεξαμενής νερού στην οροφή. Πρόσθετο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου αποτελεί ότι το νερό παίζει το ρόλο θερμικής μάζας για την αποθηκευμένη θερμότητα. Έτσι, το χειμώνα η δεξαμενή οροφής αποθηκεύει θερμότητας την ημέρα και την αποδίδει την νύχτα, ενώ το καλοκαίρι η διαδικασία είναι αντίστροφη (σχήμα 3). Βέβαια για τις δυο τελευταίες μεθόδους πρέπει πρώτα να εξασφαλιστεί ότι υπάρχει καλή υγραμόνωση στην οροφή ώστε να μην υπάρξουν προβλήματα υγρασίας στις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου.



Σχήμα 3: Λειτουργία δεξαμενής οροφής κατά την ημέρα και κατά την νύχτα, το χειμώνα και το καλοκαίρι

Τα συστήματα άμεσης εξατμιστικής ψύξης είναι γνωστά πάνω από 60 χρόνια. Η απόδοση των συστημάτων αυτών είναι συνάρτηση των κλιματικών δεδομένων της περιοχής και ιδίως της υγρασίας του περιβάλλοντος. Παράλληλα θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι η χρήση τέτοιου είδους συστημάτων αυξάνει την υγρασία του εσωτερικού αέρα και έτσι η χρήση τους θα πρέπει να συνδυάζεται με έλεγχο της εσωτερικής υγρασίας του κτιρίου.

2.3 Ουρανός – Ψύξη με ακτινοβολία

Η αρχή λειτουργίας των συστημάτων ψύξης με ακτινοβολία βασίζεται στις απώλειες θερμότητας λόγω εκπομπών μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας από ένα σώμα προς ένα άλλο γειτονικό του που έχει μικρότερη θερμοκρασία και έχει την θέση της δεξαμενής θερμότητας. Στην περίπτωση των κτιρίων το ψυχόμενο σώμα είναι το κτίριο ενώ η δεξαμενή θερμότητας είναι ο ουρανός, αφού η θερμοκρασία του ουρανού είναι μικρότερη από τις θερμοκρασίες των περισσοτέρων σωμάτων πάνω στη γη.

2.3.1 Βασικές αρχές λειτουργίας των ψυκτών ακτινοβολίας

Εάν δύο σώματα που έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες βρίσκονται το ένα απέναντι από το άλλο, παρατηρείται μια καθαρή ροή ακτινοβολίας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα. Εάν το ψυχρότερο σώμα διατηρείται σε σταθερή θερμοκρασία, τότε το άλλο σώμα θα ψυχθεί έτσι ώστε να έλθει σε θερμική ισορροπία με το ψυχρότερο σώμα. Αυτή η φυσική αρχή της θεωρίας μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία αποτελεί την βάση της λειτουργίας των ψυκτών ακτινοβολίας. Το σώμα με την υψηλότερη θερμοκρασία είναι το κέλυφος του κτιρίου ή κάποιο άλλο σώμα

που ακτινοβολεί προσαρμοσμένο ή όχι στο κτίριο και το ψυχρότερο σώμα ο ουράνιος θώλος, ο οποίος όταν είναι ανέφελος μέσω του ατμοσφαιρικού παραθύρου λειτουργεί σαν δεξαμενή απόρριψης της πλεονάζουσας θερμότητας.

Το φαινόμενο της ψύξης με ακτινοβολία εξελίσσεται συνεχώς πάνω στην επιφάνεια της γης και είναι ο μοναδικός μηχανισμός που επιτρέπει στον πλανήτη να απορρίπτει την πλεονάζουσα θερμότητα που προσλαμβάνει από τον ήλιο έτσι ώστε να διατηρεί την θερμική του ισορροπία.

Η λειτουργία ενός ψύκτη ακτινοβολίας βασίζεται στην ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στον ψύκτη και στον ουράνιο θώλο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο ψύκτης είναι ένα πραγματικό σώμα και όχι ένα μέλαν σώμα, είναι φανερό ότι θα χαρακτηρίζεται από την εκπεμπτικότητά του.

Κάθε αντικείμενο πάνω στην επιφάνεια της γης ανταλλάσσει θερμική ακτινοβολία με κάθε γειτονικό αντικείμενο και επομένως και με την ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα εκπέμπει θερμική ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος. Η ατμόσφαιρα απορροφά την μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία, δηλαδή είναι αδιαφανής στην μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία εκτός από μια μικρή φασματική περιοχή (8-11 μm). Στην περιοχή αυτή η ατμόσφαιρα είναι διαφανής στην υπέρυθρη ακτινοβολία. Η περιοχή αυτή ονομάζεται ατμοσφαιρικό παράθυρο. Εάν ένα σώμα πάνω στην γη εκπέμπει θερμική ακτινοβολία μέσα στο ατμοσφαιρικό παράθυρο και οι μετεωρολογικές συνθήκες είναι τέτοιες που να επιτρέπουν στο ατμοσφαιρικό παράθυρο να είναι ανοικτό, (καθαρός ουρανός και μικρή σχετική υγρασία), τότε η θερμοκρασία του σώματος ελαττώνεται. Ένας ψύκτης ακτινοβολίας λειτουργεί καλύτερα κάτω από καθαρό ουρανό παρά κάτω από μερική νεφοκάλυψη αφού ο καθαρός ουρανός επιτρέπει στον ψύκτη να εκπέμπει μεγαλύτερα ποσά ενέργειας προς τον χαμηλής θερμοκρασίας ουρανό. Τα νέφη απορροφούν και επανεκπέμπουν την θερμική ακτινοβολία και συνεπώς επιβραδύνουν τον ρυθμό ψύξης με ακτινοβολία.

2.3.2 Συστήματα ψύξης με ακτινοβολία

α. Λευκή οροφή

Η απλούστερη τεχνική παθητικής ψύξης με ακτινοβολία είναι το να βάψει κανείς την οροφή του κτιρίου του λευκή. Το λευκό χρώμα δεν επηρεάζει σημαντικά τον ρυθμό ακτινοβολίας στην διάρκεια της νύχτας αφού το λευκό και το μαύρο χρώμα έχουν περίπου την ίδια εκπεμπτικότητα στην μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία. Το

πλεονέκτημα μιάς λευκής οροφής είναι ότι καθώς η λευκή οροφή απορροφά μικρότερα ποσά ακτινοβολίας στην διάρκεια της ημέρας λόγω της αυξημένης ανακλαστικότητας του λευκού χρώματος στην ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία της παραμένει μικρή και επομένως ψύχεται ευκολότερα με την ακτινοβολία την νύχτα. Η τεχνική αυτή έχει εκτεταμένη εφαρμογή στην παραδοσιακή Ελληνική αρχιτεκτονική και ιδιαίτερα στα νησιά των Κυκλάδων.

β. Κινητή μόνωση

Τα συστήματα κινητής μόνωσης εφαρμόζονται στις οροφές των κτιρίων. Αποτελούνται από ένα μονωτικό υλικό το οποίο μπορεί να μετακινείται πάνω από την οροφή του κτιρίου. Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν την έκθεση της θερμικής μάζας της οροφής (ή ενός πρόσθετου θερμικά ευαίσθητου αποθηκευτικού υλικού τοποθετημένου πάνω στην οροφή) προς τον ουρανό στην διάρκεια της νύχτας. Την ημέρα η ίδια μάζα καλύπτεται με ένα μονωτικό υλικό έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται τα θερμικά κέρδη λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας.

Αυτό το στρώμα μόνωσης μπορεί να μετακινείται με το χέρι ή μηχανικά. Το πλεονέκτημα αυτών των συστημάτων είναι ότι η λειτουργία τους μπορεί να αντιστραφεί κατά την ψυχρή περίοδο του έτους : η μάζα εκτίθεται στον ήλιο και μονώνεται την νύχτα για να ελαττώνονται οι θερμικές απώλειες ενώ μεταδίδει την πλεονάζουσα θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου. Το βασικότερο μειονέκτημα είναι το επιπλέον κόστος ιδιαίτερα όταν επιλέγονται μηχανικά μέσα μετακίνησης της μόνωσης.

γ. Κινητή θερμική μάζα

Η τεχνική της κινητής θερμικής μάζας αποτελεί μια παραλλαγή του προηγούμενου συστήματος, παρουσιάζει όμως μεγαλύτερο κόστος. Προυποθέτει την κατασκευή μιάς θερμικά μονωμένης δεξαμενής νερού στην οροφή του κτιρίου πάνω από ένα στρώμα μονωτικού υλικού. Κατά την διάρκεια της νύχτας η δεξαμενή γεμίζει νερό το οποίο ακτινοβολεί προς την ατμόσφαιρα και ψύχεται. Το νερό αυτό διοχετεύεται κατά την διάρκεια της ημέρας σε χώρο που έχει δημιουργηθεί μεταξύ της μόνωσης και της οροφής και απάγει ποσά θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου.

δ. Ο επίπεδος μεταλλικός νυχτερινός ψύκτης ακτινοβολίας

Πρόκειται για μια πολύ απλή τεχνική που μοιάζει με έναν επίπεδο ηλιακό συλλέκτη χωρίς γυαλί. Αποτελείται από έναν οριζόντιο παραλληλόγραμμο αγωγό. Η επάνω επιφάνεια του αγωγού είναι μεταλλική και αποτελεί τον ψύκτη ακτινοβολίας. Η μεταλλική επιφάνεια θα πρέπει να καλύπτεται από ένα υλικό με υψηλή εκπεμπτικότητα στην μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία καθώς οι εκπομπές των μετάλλων ελαττώνονται με την θερμοκρασία. Η απλούστερη λύση του προβλήματος είναι το βάνιμ του ψύκτη με μαύρο χρώμα. Μια σχετική έρευνα διαφόρων υλικών με μεγάλη εκπεμπτικότητα στην περιοχή 8-11 μm έδειξε ότι τα οξείδια του τιτανίου, αλουμινίου, ασβεστίου και ψευδαργύρου είναι τα καταλληλότερα καλύμματα για τους ψύκτες ακτινοβολίας αφού παρουσιάζουν επίσης μεγάλη ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία.

Ο ψύκτης λειτουργεί ως εξής: ο ψύκτης ψύχεται λόγω της νυχτερινής του έκθεσης στον ουράνιο θάλο. Ο αέρας ο οποίος κυκλοφορεί κάτω από τον ψύκτη με την βοήθεια μηχανικών μέσων ψύχεται επίσης με μεταφορά και στην συνέχεια εισάγεται στον χώρο του κτιρίου που θέλουμε να ψυχθεί.

Το στοιχείο που κύρια διαφοροποιεί έναν επίπεδο ψύκτη ακτινοβολίας από ένα επίπεδο ηλιακό συλλέκτη είναι, εκτός φυσικά από την διαφορετική περίοδο της ημέρας κατά την οποία λειτουργεί το κάθε σύστημα, η έλλειψη γυάλινης επιφάνειας στους ψύκτες ακτινοβολίες καθώς το γυαλί δεν είναι διαφανές (=απορροφά) την μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία.

3. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η ποιότητα του αέρα στους εσωτερικούς χώρους, ρυθμίζεται και καθορίζεται από ένα πλήθος παραμέτρων όπως:

- Η εσωτερική συγκέντρωση αερίων χημικών ενώσεων, αερομεταφερόμενων σωματιδίων και βιολογικών ρύπων.
- Η ύπαρξη ραδιενεργών στοιχείων εντός του κτιρίου.
- Τα επίπεδα της εσωτερικής θερμοκρασίας και υγρασίας.
- Ο ρυθμός ανανέωσης του αέρα του εσωτερικού χώρου .
- Τα επίπεδα του θορύβου καθώς και οι οσμές
- Τα επίπεδα του φωτισμού.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα φαίνονται στον επόμενο πίνακα.

| ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ | |
|--|--|
| ΦΥΣΙΚΟΙ | Θερμοκρασία (20-26ο C) |
| | Σχετική υγρασία (20-70%) |
| | Επαρκής Αερισμός |
| | Επαρκής Φωτισμός |
| | Θόρυβος (<70-80 dB) |
| | Σκόνη |
| ΧΗΜΙΚΟΙ | Αιωρούμενα σωματίδια (προϊόντα καύσης, ίνες αμιάντου, κ.λ.π) |
| | Βαρέα μέταλλα, τοξικά στοιχεία (Pb, Cd, Hg, κα.) |
| | Ιόντα |
| | Πτητικές οργανικές ενώσεις |
| | Ανόργανες αέριες ενώσεις (SO ₂ , NO _x , O ₃ , Rn, κ.α.) |
| ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ | Μικροοργανισμοί (ιοί, βακτήρια, μύκητες, κ.α) |
| | Αλλεργιογόνα (γύρη, έντομα, ζώα, κ.α) |

Οι κύριες δραστηριότητες που συντελούν στην αύξηση της συγκέντρωσης των ρύπων και οφείλονται στο εξωτερικό περιβάλλον είναι συνήθως :

α) οι βιομηχανικές εκπομπές (τοπικές ή απομακρυσμένες) που συνήθως είναι υπεύθυνες για τις υψηλές συγκεντρώσεις οξειδίων του αζώτου, θείου, όζοντος, μόλυβδου, πτητικών οργανικών ενώσεων, καπνού, μορίων και ινών.

β) Η ρύπανση λόγω της κίνησης των οχημάτων που κύρια προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης των οξειδίων του αζώτου, του μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα, των αιωρούμενων σωματιδίων, του μόλυβδου κλπ.

γ) Η ύπαρξη πηγών ρύπανσης πλησίον των κτιρίων, όπως η καύση απορριμμάτων, οι εκπομπές από συστήματα αερισμού, κλπ.

δ) Η ρύπανση που πιθανά προέρχεται από το έδαφος, όπως το ραδόνιο.

Ανάλογα, ομαδοποιημένες κατά προέλευση, οι σημαντικότερες εσωτερικές πηγές ρύπων είναι:

- Ο Ανθρώπινος και ζωικός μεταβολισμός
- Οι Δραστηριότητες των χρηστών
- Τα Οικοδομικά υλικά και ο εξοπλισμός
- Τα Συστήματα κλιματισμού, θέρμανσης και αερισμού

Περιληπτικά οι κυριότερες ιδιότητες των σημαντικότερων ρύπων εσωτερικού περιβάλλοντος είναι:

- Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα ιδιαίτερα τοξικό μη ανιχνεύσιμο - άοσμο, άχρωμο και άγευστο - αέριο που είναι αποτέλεσμα ελλιπούς καύσης.
- Τα αέρια και τα σωματίδια που εκπέμπονται από το κάπνισμα, (Environmental Tobacco Smoke- ETS).
- Η φορμαλδεΐδη είναι άχρωμο αέριο που μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό στα μάτια τον λαιμό, ναυτία και δυσκολία στην αναπνοή. Σημαντικές πηγές φορμαλδεΐδης είναι οικοδομικά υλικά, το κάπνισμα, τα οικιακά προϊόντα, κλπ.
- Το όζον προέρχεται από το εξωτερικό περιβάλλον καθώς και από τις συσκευές γραφείων (φωτοτυπικά μηχανήματα, εκτυπωτές λέιζερ) και μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικές δυσκολίες.

- Τα αιωρούμενα σωματίδια όπως η σκόνη, τα οργανικά σωματίδια, οι ίνες και τα μόρια καπνού μπορούν να έχουν ποικίλα επίπεδα τοξικότητας ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος
- Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds -VOCs) αναφέρονται σε χημικές ουσίες που συγκρατούν διοξείδιο και μπορεί να συμμετέχουν σε φωτοχημικές αντιδράσεις στον περιβαλλοντικό αέρα. Είναι οργανικές ενώσεις που μπορούν να βρεθούν σε αέρια φάση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Οι οργανικές πτητικές ενώσεις παράγονται από διάφορες πηγές όπως τα χρώματα, οι διαλύτες, τα αποθηκευμένα καύσιμα, οι τάπητες και οι μοκέτες, οι κόλλες, τα οχήματα, ο καπνός του τσιγάρου, τα καλλυντικά και καθαριστικά προϊόντα.

A. Οι φυσικές παράμετροι που επηρεάζουν την ποιότητα αέρα εσωτερικού περιβάλλοντος δίνονται από τον ακόλουθο πίνακα:

| Φυσικές παράμετροι |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Θερμοκρασία του αέρα [°C] ○ Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών [°C] ○ Η υγρασία και η σχετική υγρασία του αέρα ○ Η ταχύτητα του εσωτερικού αέρα [m/s] |

B. Οι σημαντικότεροι χημικοί ρύποι που επηρεάζουν την ποιότητα αέρα εσωτερικού περιβάλλοντος είναι:

- τα οξείδια (μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου, διοξείδιο του θείου),
- η νικοτίνη,
- η φορμαλδεΐδη,
- η καπρολακτάμη
- το τροποσφαιρικό όζον,
- οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες και
- οι πτητικές οργανικές ενώσεις

Γ. Η σωματιδιακή ρύπανση που επηρεάζει την ποιότητα αέρα του εσωτερικού περιβάλλοντος περιλαμβάνει τους ακόλουθους ρύπους:

- αμίαντος και συνθετικές ίνες
- σωματίδια καύσης
- σωματίδια σκόνης
- σωματίδια από τον καπνό του τσιγάρου
- σωματίδια από την παρουσία ανθρώπων, ζώων και φυτών στους εσωτερικούς χώρους

Οι σημαντικότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ποιότητας του αέρα του εσωτερικού περιβάλλοντος συνοψίζονται ως εξής:

- Καταγραφή των χαρακτηριστικών του κτιρίου χρησιμοποιώντας λίστα ελέγχου (checklist).
- Συλλογή δεδομένων που αφορούν στην αντίδραση των εργαζομένων στις περιβαλλοντικές συνθήκες και τα πιθανά συμπτώματα που παρουσιάζουν σύμφωνα με τυποποιημένα ερωτηματολόγια.
- Μετρήσεις των σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν τους εσωτερικούς χώρους.

A. Καταγραφή των χαρακτηριστικών του κτιρίου

Τα γενικά χαρακτηριστικά του κτιρίου περιλαμβάνουν:

- προσανατολισμός, περιοχή, χρήση, κυκλοφοριακό πρόβλημα στους κοντινούς δρόμους, εξωτερικές πηγές ρύπανσης, ηλικία του κτιρίου, δομικά υλικά του κτιρίου, γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, γενικές δραστηριότητες των ενοίκων του κτιρίου, συσκευές εξοπλισμού, συχνότητα καθαρισμού των κτιρίων και προϊόντα καθαρισμού.
- Τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου: συστήματα μηχανικού αερισμού, θέρμανσης και ψύξης, ύπαρξη συστήματος ανακύκλωσης και ύγρανσης του αέρα, ύπαρξη φίλτρων, συχνότητα καθαρισμού και συντήρησης των συστημάτων μηχανικού αερισμού, κλπ
- Τους χώρους όπου θα πραγματοποιηθούν μετρήσεις: επιφάνεια δωματίου, επιφάνεια παραθύρων, επιφάνεια χνουδωτών υλικών, αριθμός ενοίκων,

αριθμός και είδη ηλεκτρικών συσκευών, δομικά υλικά και υλικά επίπλωσης των δωματίων, συνθήκες φωτισμού, έλεγχος θορύβου.

B. Συλλογή δεδομένων που αφορούν στην αντίδραση των εργαζομένων στις περιβαλλοντικές συνθήκες και τα πιθανά συμπτώματα που παρουσιάζουν σύμφωνα με τυποποιημένα ερωτηματολόγια

Τα ερωτηματολόγια αυτά περιλαμβάνουν ερωτήσεις σχετικά με πιθανά συμπτώματα των ενοίκων του κτιρίου που αφορούν:

- στεγνά-ξηρά μάτια – ερεθισμός στα μάτια
- μάτια που τρέχουν
- κλεισμένη μύτη
- μύτη που τρέχει
- ερεθισμένος λαιμός
- βήχας
- δύσπνοια
- σφίξιμο στο στήθος ή δυσκολία αναπνοής
- συμπτώματα παρόμοια με την γρίπη
- ξηρό δέρμα
- ερεθισμένο ή κόκκινο δέρμα
- πονοκέφαλοι και υπνηλία/κούραση
- αδυναμία συγκέντρωσης
- ζαλάδα
- δυσκολία στον ύπνο

Γ. Μετρήσεις των σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν τους εσωτερικούς χώρους.

- Μετρήσεις φυσικών παραμέτρων: αφορούν κυρίως μετρήσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου, της σχετικής του υγρασίας, της ταχύτητας αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου, του επιπέδου αερισμού του κτιρίου, του φωτισμού και του θορύβου.
- *Μετρήσεις χημικών παραμέτρων:* αφορούν μετρήσεις των συγκεντρώσεων των κυριοτέρων ρύπων του εσωτερικού περιβάλλοντος

- *Μετρήσεις βιολογικών παραμέτρων:* αφορούν μετρήσεις βιολογικών παραγόντων, όπως είναι οι μύκητες, τα βακτήρια, η γύρη, οι μικροοργανισμοί, κ.λ.π.