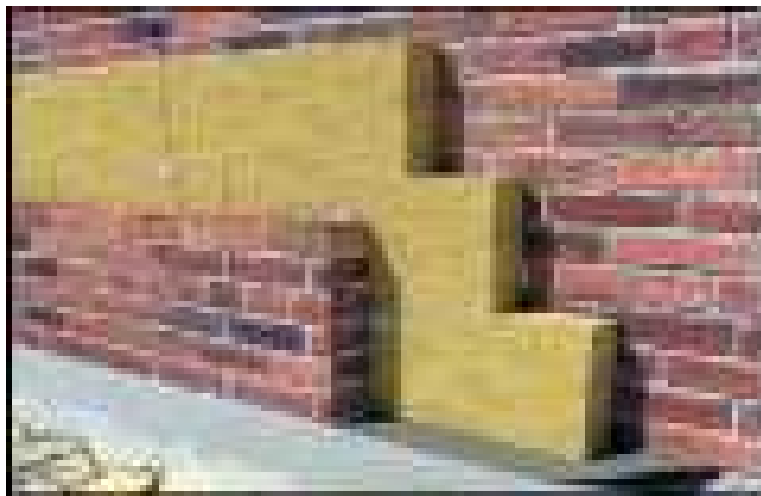


**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΜΙΑ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ (Α.Μ. 4852)
ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ (Α.Μ. 4707)**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Ι. Δ. ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ
ΕΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΠΑΤΡΑ 2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στις επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να εκτελεσθούν σε μια μονοκατοικία, τα οποία ανήκουν στην κατηγορία θέρμανσης ψύξης κλιματισμού. Είναι γνωστό ότι πολλές οικιακές καθώς και σύγχρονες βιομηχανικές εγκαταστάσεις πραγματοποιούν ενεργειακές παρεμβάσεις, διότι παρέχουν εξοικονόμηση ενέργειας και είναι ιδιαίτερος φιλικά προς το περιβάλλον.

Περιγράφονται αρχικά απαιτήσεις εξασφάλισης καλής ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος στα κτίρια. Στη συνέχεια περιεγράφηκαν μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας σε κατοικίες και σε επόμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν προτάσεις παρεμβάσεων σε κατοικίες προκειμένου να βελτιωθεί η ενεργειακή τους απόδοση.

Τέλος έγινε μελέτη σε μια υπάρχουσα μονοκατοικία και υπολογίστηκε η ενεργειακή κατηγορία στην οποία ανήκει. Προτάθηκαν παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στη συγκεκριμένη κατοικία και υπολογίστηκε η ενεργειακή κατηγορία της κατοικίας αν υλοποιηθούν οι συγκεκριμένες παρεμβάσεις.

Ευχαριστώ θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Ιωάννη Καλογήρου, Επίκ. Καθηγητή , Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε για την πραγματοποίηση της Εργασίας.

Κών/νος Μητρόπουλος Νίκος Μητρόπουλος
Ιούλιος 2017

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών: Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

Κών/νος Μητρόπουλος

Νίκος Μητρόπουλος

.....
(Υπογραφή)

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή εργασία αναφέρεται στις επεμβάσεις εξοικονόμησης Ενέργειας σε μια μονοκατοικία. Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε πέντε Κεφάλαια. Ο σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας, είναι η πρόταση μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας σε κατοικίες.

Στο πρώτο Κεφάλαιο της πτυχιακής, γίνεται εισαγωγή στον ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων και στην ενεργειακή τους κατανάλωση, κάνοντας ιστορική ανασκόπηση και καθιέρωσή της στην σημερινή εποχή.

Στο δεύτερο Κεφάλαιο της πτυχιακής περιγράφονται αρχικά απαιτήσεις εξασφάλισης καλής ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος στα κτίρια και θερμική άνεση των ανθρώπων μέσα στις κατοικίες.

Στο τρίτο Κεφάλαιο της πτυχιακής περιγράφονται μέθοδοι και εργαλεία εξοικονόμησης ενέργειας σε κατοικίες.

Στο τέταρτο Κεφάλαιο της πτυχιακής παρουσιάζονται προτάσεις παρεμβάσεων σε κατοικίες προκειμένου να βελτιωθεί η ενεργειακή τους απόδοση. Τέλος έγινε μελέτη θέρμανσης και ψύξης σε μια υπάρχουσα μονοκατοικία και υπολογίστηκε η ενεργειακή κατηγορία στην οποία ανήκει. Προτάθηκαν παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στη συγκεκριμένη κατοικία και υπολογίστηκε η ενεργειακή κατηγορία της κατοικίας αν υλοποιηθούν οι συγκεκριμένες παρεμβάσεις.

Στο πέμπτο Κεφάλαιο της πτυχιακής παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία από τις ενεργειακές επεμβάσεις που έγιναν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Το Ενεργειακό Πρόβλημα.....	1
1.2 Εξοικονόμηση ενέργειας.....	2
1.3 Ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων και ενεργειακή κατανάλωση.....	3
1.4 Ιστορική ανασκόπηση και καθιέρωση στη σημερινή εποχή.....	4
1.5 Συσχέτιση ενεργειακών απαιτήσεων και ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος.....	5
1.6 Παράμετροι Επίδρασης στην Ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος.....	7
1.6.1. Παράγοντες επίδρασης προερχόμενοι από το εξωτερικό περιβάλλον.....	7
1.6.2 Παράγοντες επίδρασης προερχόμενοι από το εσωτερικό περιβάλλον.....	8
1.6.2.1 Ανθρώπινος και Ζωικός Μεταβολισμός.....	8
1.6.2.2 Ανθρώπινη και Ζωική Δραστηριότητα.....	8
1.6.2.3 Συσκευές και Οικοδομικά υλικά.....	8
1.6.2.4 Σύστημα Ψύξης, Θέρμανσης και Αερισμού (HVAC – Heating, Ventilation and Air Condition System).....	9
1.7 Ενεργειακό Ισοζύγιο Κτιρίου.....	9
1.7.1. Ενεργειακό Ισοζύγιο για περίοδο Θέρμανσης.....	10
1.7.2. Ενεργειακό Ισοζύγιο κατά τη περίοδο Ψύξης.....	10
1.8 Επιδράσεις αλλοίωσης ποιότητας εσωτερικού αέρα.....	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

2.1 Γενικά.....	13
2.2. Αέριοι Ρύποι στους Εσωτερικούς Χώρους.....	14
2.3 Αερισμός.....	17
2.3.1 Φυσικός Αερισμός.....	17
2.3.2 Μηχανικός Αερισμός.....	20
2.4. Οδηγίες και κανονισμοί ποιότητας εσωτερικού αέρα.....	20
2.4.1. Γενικά.....	20
2.4.2. Διαφοροποιήσεις μεταξύ Κανονισμού και Οδηγίας.....	21
2.4.3 Οδηγίες ποιότητας εσωτερικού αέρα – Ανάπτυξη Οδηγιών.....	22

2.4.4. Οδηγίες Αερισμού.....	23
2.5. Οδηγίες CO ₂	25
2.6. Οδηγίες για Θερμική Άνεση.....	26
2.7. Οδηγίες στον ελληνικό χώρο.....	27
2.8 Η έννοια του εσωκλίματος.....	27
2.9 Βασικοί Παράγοντες επίδρασης θερμικής άνεσης.....	28
2.9.1 Περιβαλλοντικοί παράγοντες.....	28
2.9.1.1 Θερμοκρασία του αέρα.....	28
2.9.1.2 Σχετική υγρασία ατμοσφαιρικού αέρα.....	29
2.9.1.3 Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία.....	30
2.9.1.4 Ταχύτητα αέρα.....	30
2.9.1.5 Θόρυβος.....	31
2.9.2 Προσωπικοί Παράγοντες.....	31
2.9.2.1 Μεταβολικός Ρυθμός.....	31
2.9.2.2 Ρουχισμός.....	32
2.10 Ανθρώπινο Θερμικό Ισοζύγιο.....	32
2.11 Δείκτες Θερμικής Άνεσης: PMV (Predicted Mean Vote) – PPD (Predicted Percent of Dissatisfied People).....	33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ

3.1 Γενικά.....	36
3.2 Μείωση φορτίων μέσω βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	38
3.2.1 Βελτίωση ή και δημιουργία μικροκλίματος.....	38
3.2.2 Στρατηγική Δροσισμού.....	48
3.2.3 Φυσικός φωτισμός.....	52
3.3 Συμβατικά Η/Μ Συστήματα.....	55
3.3.1 Κεντρική Θέρμανση.....	55
3.3.2 Θερμό νερό χρήσης.....	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ

4.1 Γενικά.....	62
4.2 Ορισμοί.....	62
4.3 Μελέτη θερμομονωτικής επάρκειας.....	67
4.4 Υπολογισμός θερμικών απωλειών.....	70
4.5 Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε υπάρχουσα μονοκατοικία.....	71
4.5.1 Περιγραφή τρέχουσας κατάστασης μονοκατοικίας.....	71
4.5.2 Προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας.....	86
4.6 Υπολογισμός βαθμοημερών.....	95

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Το Ενεργειακό Πρόβλημα

Η μη προγραμματισμένη εξέλιξη στην τεχνολογία και στη βιομηχανία, με ιλιγγιώδεις ρυθμούς, τα τελευταία σαράντα χρόνια, έχει ως αποτέλεσμα να σχηματιστούν συνεχώς μεγαλύτερες ανησυχίες για προβλήματα που προκαλούνται στο περιβάλλον. Τα προβλήματα αυτά αφορούν κατά κύριο λόγο εκπομπές αέριων ρυπογόνων ουσιών που σχηματίζονται από την υπερβολικά μεγάλη χρήση ορυκτών καυσίμων και το σχηματισμό ραδιενεργών αποβλήτων, λόγω της χρήσης της πυρηνικής ενέργειας.

Η εκμετάλλευση των ορυκτών καυσίμων έχει διαδραματίσει πρωταγωνιστικό ρόλο στην πρωτοφανή ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας τα τελευταία διακόσια χρόνια. Εξαιτίας, όμως, της καθιέρωσης της χρήσης της τεχνολογίας σε κάθε πτυχή της καθημερινότητας των ανθρώπων, οι ενεργειακές ανάγκες αυξάνονται διαρκώς και ανησυχητικά πολύ λαμβάνοντας υπόψιν τα δεδομένα των υφιστάμενων πόρων. Απόρροια της διαρκώς περισσότερης ενεργειακής ζήτησης είναι η χρήση σε υπερβολικό βαθμό των ορυκτών καυσίμων. Ωστόσο, η υπερβολική κατανάλωση των πόρων αυτών, με μεγαλύτερη συνέπεια την ελαχιστοποίηση των αποθεμάτων τους, έχει οδηγήσει στην ιλιγγιώδη αύξηση των τιμών τους και κατά κύριο λόγο του πετρελαίου.

Οι αυξημένες ενεργειακές ανάγκες μαζί με την αύξηση των τιμών των ορυκτών καυσίμων και κυρίως του πετρελαίου, αλλά και η μείωση των αποθεμάτων τους, έχει σχηματίσει μεγάλη ανησυχία στη διεθνή κοινότητα. Οι κυβερνήσεις και αρκετοί φορείς οφείλουν να δώσουν λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα, επικεντρώνοντας το ενδιαφέρον τους στην εύρεση άλλων ενεργειακών πηγών. Ως εκ τούτου, έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον γύρω από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να φέρουν αποτελέσματα, χωρίς να προκαλούν πρόσθετη επιβάρυνση στο περιβάλλον.



Εικόνα 1.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

1.2 Εξοικονόμηση ενέργειας

Η υιοθέτηση ενός τρόπου συμπεριφοράς που έχει ως αποτέλεσμα να μειωθεί η κατανάλωση σε ενέργεια είναι ευρέως γνωστή και ως εξοικονόμηση ενέργειας. Η εξοικονόμηση ενέργειας ενδέχεται να είναι απλά καθημερινά πράγματα, όπως η απενεργοποίηση ενός υπολογιστή όταν δε χρησιμοποιείται, μέχρι πιο σύνθετα, όπως η ενεργειακή επιθεώρηση ενός κτιρίου για εντοπισμό σημείων από τα οποία υπάρχουν μεγάλες απώλειες ενέργειας και η κατάλληλη αντιμετώπισή τους. Η ουσιαστική υλοποίηση στην πράξη αυτού του είδους ενεργειών απαιτεί περιβαλλοντική συνείδηση από πλευράς ανθρώπων, η οποία είναι επίκτητη και άρρηκτα συνδεδεμένη με τη συστηματική πληροφόρηση. Η πληροφόρηση πρέπει να ξεκινά από το σχολείο και να συνεχίζεται σε κάθε ηλικιακό στάδιο προκειμένου να έχει αποτέλεσμα.

Η ευαισθητοποίηση των πολιτών έχει ως αποτέλεσμα τη συνειδητοποίηση της ανάγκης για μείωση της εξάρτησης από τη χρήση ορυκτών καυσίμων. Η περιορισμένη χρήση ορυκτών καυσίμων συνεπάγεται και μείωση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία είναι υπεύθυνα για τις κλιματικές αλλαγές του πλανήτη.

Βασικό παράγοντα στην εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Για αυτό το λόγο, είναι απαραίτητο να υιοθετήσουμε τρόπους οι οποίοι συμβάλλουν σ' αυτή τη μείωση και τελικά στην ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμων. Η εξοικονόμηση ενέργειας έχει ως στόχο την μείωση στην κατανάλωση των ενεργειακών αποθεμάτων διατηρώντας όμως παράλληλα την καθημερινότητα των καταναλωτών στο ίδιο επίπεδο.



Εικόνα 1.2 Αποτελέσματα εξοικονόμησης ενέργειας

1.3 Ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων και ενεργειακή κατανάλωση

Η ιλιγγιώδης αύξηση του πληθυσμού των πόλεων που παρατηρήθηκε τα τελευταία πενήντα χρόνια, είχε ως αποτέλεσμα τη μεγάλη επέκταση των αστικών κέντρων οδηγώντας στην εμφάνιση σοβαρών περιβαλλοντικών, κοινωνικών, οικονομικών και δημογραφικών προβλημάτων. Η υπερβολική κατανάλωση των πόρων, και κυρίως της ενέργειας, η αυξημένη ατμοσφαιρική ρύπανση και θερμοκρασία, το φαινόμενο της αστικής νησίδας, η ηχορύπανση, η τεράστια ποσότητα αστικών αποβλήτων, είναι κάποια από τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν. Οι δύο μεγάλες κρίσεις στην πετρελαϊκή αγορά που σημειώθηκαν τη δεκαετία του '70 αποτέλεσαν το κίνητρο της προσπάθειας μείωσης στην κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων με στόχο να εξοικονομηθούν μεγάλες ποσότητες καυσίμων και ταυτόχρονα να προστατευθεί το περιβάλλον. Οι λύσεις που προτάθηκαν και υλοποιήθηκαν από τους μηχανικούς εκείνη την εποχή είχαν σημαντικά αποτελέσματα καταφέροντας να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας σε πολύ μεγάλο βαθμό. Οι συγκεκριμένες παρεμβάσεις όμως είχαν ως παράπλευρη απώλεια την εμφάνιση ενός καινούργιου και ιδιαίτερα δυσάρεστου φαινομένου, της υποβάθμισης του εσωτερικού περιβάλλοντος. Ο μη επαρκής αερισμός των εσωτερικών χώρων, η αυξημένη συγκέντρωση ρυπογόνων ουσιών στον εσωτερικό χώρο και η επικράτηση δυσάρεστων συνθηκών στους χώρους της οικίας και της εργασίας αποτέλεσαν τα βασικά χαρακτηριστικά του φαινομένου, τα οποία ήταν απαραίτητο άμεσα να αντιμετωπιστούν χωρίς ωστόσο να προκληθεί κάποια επιπλέον επιβάρυνση στο περιβάλλον.

Η ανάγκη λοιπόν βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων με παρεμβάσεις όπως η ενεργειακή αναβάθμιση του κελύφους των κτιρίων και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οδήγησε στη διατύπωση των βασικών αρχών του ενεργειακού ή βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων. Λαμβάνοντας επίσης υπόψη μελέτες οι οποίες υποστηρίζουν ότι ο κτιριακός τομέας στην Ευρώπη απαιτεί το 40% των συνολικών απαιτήσεων ενέργειας, είναι προφανές ο λόγος για τον οποίο η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ως βασικό άξονα της ενεργειακής της πολιτικής την εξοικονόμηση ενέργειας μέσω του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων.

Απαραίτητο είναι να σημειωθεί επίσης ότι το οικονομικό κόστος της μη σωστής χρήσης της ενέργειας και της υπερβολικής κατανάλωσής της, το οποίο κοντεύει να γίνει μη βιώσιμο ακόμη και για τις αναπτυσσόμενες χώρες σύμφωνα με τα νέα οικονομικά δεδομένα της εποχής και την παρούσα οικονομική κατάσταση των περισσότερων χωρών παγκοσμίως και κυρίως στη χώρα μας. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι οι πολίτες των αναπτυσσόμενων χωρών καταναλώνουν περισσότερο από το 12% του εισοδήματός τους για τις ενεργειακές υπηρεσίες, ποσοστό πέντε φορές υψηλότερο από το μέσο όρο του Οργανισμού για την Οικονομική συνεργασία και Ανάπτυξη. Παράλληλα, οι εισαγωγές ενέργειας αποτελούν μια από τις σημαντικότερες πηγές του εξωτερικού χρέους των χωρών. Στην αντίθετη πλευρά, εκτιμήσεις δείχνουν ότι το κόστος των νέων εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτούνται ώστε να ανταπεξέλθει η παγκόσμια κοινότητα στις ενεργειακές τις απαιτήσεις τα επόμενα 30 χρόνια, θα ανέλθει σε πάνω από 2 τρισεκατομμύρια δολάρια.

Ανακεφαλαιώνοντας τα προαναφερθέντα, είναι προφανές ότι ο κτιριακός τομέας, λόγω των υπερβολικά μεγάλων απαιτήσεων του σε ενέργεια, οφείλει να ακολουθεί σχεδιασμό και διαχείριση ενεργειακά αποδοτικό προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση πετυχαίνοντας ταυτόχρονα ικανοποιητικές συνθήκες διαβίωσης στο εσωτερικό των κτιρίων.

1.4 Ιστορική ανασκόπηση και καθιέρωση στη σημερινή εποχή

Η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και η προστασία του περιβάλλοντος δεν τοποθετήθηκαν εξ αρχής στην κορυφή της λίστας προτεραιοτήτων κατά το σχεδιασμό ενός κτιρίου την εποχή της έξαρσης της οικοδόμησης στις αστικές περιοχές. Μόνον το 1974 λόγω της ενεργειακής κρίσης που ήλθε στο προσκήνιο ως απόρροια της αλόγιστης έως τότε σπατάλης των καυσίμων και ειδικότερα του πετρελαίου, η επιστημονική κοινότητα κατέστησε σαφές ότι απαιτείται προσεκτικότερη και καλύτερη διαχείριση των ενεργειακών αποθεμάτων προς αποφυγή μελλοντικών ελλείψεων. Οι μηχανικοί που έως τότε έδιναν βάση σε άλλες παραμέτρους όπως ο καλαίσθητος και εντυπωσιακός σχεδιασμός και η λειτουργικότητα των χώρων σε ένα κτίριο, αναθεώρησαν και έθεσαν στους κύριους στόχους τους την επίτευξη της ελάττωσης των ενεργειακών απαιτήσεων και καταναλώσεων στα νέα κτίρια.

Ακολουθήθηκαν λοιπόν μια σειρά από ενέργειες οι οποίες ήταν βασισμένες στις γνώσεις που προϋπήρχαν και στην επιλογή νέων υλικών όπως PVC. Ως πρώτο βήμα εξοικονόμησης ενέργειας θεωρήθηκε η μείωση του ρυθμού αλλαγής αέρα από το εσωτερικό προς το εξωτερικό περιβάλλον, δηλαδή ο ρυθμός ανανέωσης φρέσκου αέρα στο χώρο, λόγω του υψηλού κόστους θέρμανσης και ψύξης του φρέσκου αέρα που εισερχόταν στο εσωτερικό των κτιρίων. Με την αύξηση της τεχνολογίας αλλά και την επέκταση της τεχνογνωσίας, εφαρμόστηκαν περιπλοκότερες τεχνικές κυρίως στα ηλεκτρολογικά συστήματα όπως η καθυστερημένη έναρξη των μηχανημάτων ψύξης, θέρμανσης και αερισμού, και η πρόωρη λήξη τους κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ακολούθησε η εισαγωγή των ενεργειακά αποδοτικών μηχανικών συστημάτων μεταβλητής παροχής όγκου αέρα, στα οποία η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στη μείωση της παροχής αέρα μέσω του συστήματος διανομής αέρα, όταν λειτουργούν υπό μερικό φορτίο. Ταυτόχρονα, τα υπό ανέγερση κτίρια διακρίνονταν από μεγάλη στεγανότητα.

Οι παραπάνω ενέργειες συνέβαλαν σε αξιοσημείωτες μειώσεις ενέργειας για τη λειτουργία των κτιρίων στα τέλη της δεκαετίας του '80. Ένα πολύ σημαντικό όμως πρόβλημα προέκυψε, το οποίο είχε ήδη να αναφέρεται από τα τέλη της δεκαετίας του '60 και δεν ήταν άλλο από την υποβάθμιση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και την κατακόρυφη μείωση της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων. Τα φαινόμενα αυτά συνδέθηκαν με την εμφάνιση ασθενειών και προβλημάτων υγείας στους ενοίκους και χρήστες των κτιρίων. Συγκεκριμένα, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας το 1984, ύστερα από μελέτες που έλαβαν χώρα, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι καταγγελίες από δυσαρεστημένους χρήστες θα προκύψουν για το 30% τουλάχιστον των νέων εκείνη την εποχή κτιρίων. Η πρόβλεψη αυτή επιβεβαιώθηκε κατά τη δεκαετία του 1990, όπου την εμφάνισή τους έκανα πλήθος συνδρόμων και ασθενειών όπως το γνωστότερο Σύνδρομο των Άρρωστων Κτιρίων – Sick Building Syndrome, τα οποία σχετιζόνταν άμεσα με την λειτουργία των κτιρίων.

Η καθιέρωση επομένως της διασφάλισης της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και της θερμικής άνεσης εντός των κτιρίων για την επικράτηση υγιεινού και ευχάριστου περιβάλλοντος εργασίας και κατοίκησης, ήταν μια διαδικασία η οποία έγινε αποδεκτή από την παγκόσμια επιστημονική κοινότητα και το σύνολο των μηχανικών σε όλες τις χώρες.

1.5 Συσχέτιση ενεργειακών απαιτήσεων και ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος

Η δημιουργία συνθηκών άνεσης και πολύ καλού επιπέδου ποιότητας του εσωτερικού αέρα στο εσωτερικό δημόσιων (σχολεία, νοσοκομεία, αθλητικά κέντρα, αίθουσες εστίασης κτλ) αλλά και ιδιωτικών κτιρίων (κατοικιών), αποτελούν αναφαίρετο δικαίωμα εργαζομένων, ενοίκων και πολιτών. Η άμεση σύνδεση της εξασφάλισης αυτών των συνθηκών με την κατανάλωση ενέργειας γίνεται αντιληπτή από όλους. Η ποσότητα του εισερχόμενου αέρα εξασφαλίζει υψηλά ποιοτικά επίπεδα

εσωτερικών χώρων καθώς έχει την ικανότητα να εφοδιάζει τον ανθρώπινο οργανισμό με το απαιτούμενο οξυγόνο για τις μεταβολικές του διεργασίες, να παρέχει οξυγόνο για την θέρμανση και ψύξη των εσωτερικών χώρων, να διατηρεί την ποιότητα εσωτερικού αέρα μέσω των μηχανισμών διάλυσης και απομάκρυνσης των εσωτερικών ρύπων. Όσο μεγαλύτερος ο ρυθμός αερισμού, τόσο μεγαλύτερη η απομάκρυνση των ρύπων. Το ποσό ενέργειας που καταναλώνεται διαμορφώνεται ανάλογα με τη συγκέντρωση των ρύπων, με το ποσό αυτό να είναι τρομακτικά υψηλό. Έχει υπολογιστεί ότι η συνολική ετήσια απώλεια θερμικής ενέργειας λόγω του αερισμού σε μη βιομηχανικά κτίρια 13 χωρών αντιπροσωπεύει το 48%της διανεμόμενης ενέργειας κλιματισμού (Orme, 2001). Οι έρευνες τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε διεθνές επίπεδο, κατέδειξαν τις διαστάσεις του προβλήματος. Συγκεκριμένα, στην Ευρώπη, η αγορά θέρμανσης, ψύξης και αερισμού κοστολογείται στα 8000 εκατομμύρια ευρώ, με το 6% των κτιρίων που στεγάζουν γραφεία και εταιρείες και έχουν εγκατεστημένα τέτοια συστήματα, να καταλαμβάνουν 20 εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Στις Ηνωμένες πολιτείες αντίστοιχα, η έκταση των κτιρίων με εγκατεστημένα συστήματα ψύξης, θέρμανσης και αερισμού, ανέρχεται σε 3,5 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα, με ενεργειακές απαιτήσεις της τάξεως των 250 TWh το χρόνο.

Στο φαινόμενο αυτό, προστίθενται νέες μελέτες, οι οποίες καταδεικνύουν ότι η αύξηση του ρυθμού αερισμού από τον ελάχιστο επιτρεπόμενο, όπως καθορίζεται από τα σημερινά πρότυπα και οδηγίες, αυξάνει την παραγωγικότητα, τον δείκτη άνεσης και ωφελεί την υγεία των εργαζόμενων εντός γραφείων. Η ενέργεια αυτή όπως είναι φυσικό, απαιτεί την ακόμη μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση. Ως σήμερα οι σχετικοί κανονισμοί και οι οδηγίες θεωρούν ότι η ποιότητα του εσωτερικού αέρα βρίσκεται σε αποδεκτά επίπεδα, αν το ποσοστό των δυσαρεστημένων ατόμων είναι μικρότερο από 20%. Η προσπάθεια να μειωθεί το παραπάνω ποσοστό κάτω από 1%, σημαίνει ότι η ποιότητα του εσωτερικού αέρα θα πρέπει να βελτιωθεί κατά 20 ή περισσότερες φορές, γεγονός που ισοδυναμεί με τεράστια αύξηση του ρυθμού αερισμού και, φυσικά, σε υπέρογκο κόστος και κατανάλωση ενέργειας (Fagner, 2006). Έχει υπολογιστεί, στο πλαίσιο του προγράμματος European TIP-Vent, ότι η αλλαγή του ρυθμού αερισμού από 11/s.m² σε 51/s.m² μπορεί να τριπλασιάσει την ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση, ψύξη και λειτουργία των ανεμιστήρων ενός μικρού κτιρίου γραφείων σε ένα σχετικά ήπιο κλίμα, όπως είναι αυτό του Βελγίου.

Ο αερισμός παρόλα αυτά, αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του σχεδιασμού των κτιρίων καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις αποτελεί τον μοναδικό τρόπο αντιμετώπισης της εσωτερικής ρύπανσης. Ο έλεγχος της συγκέντρωσης των ρύπων στο εσωτερικό περιβάλλον, επιτυγχάνεται μέσω τριών βασικών στρατηγικών, οι οποίες ιεραρχούνται ως εξής : αρχικά, η δυνατότητα απομάκρυνσης των πηγών εκπομπής των ρύπων από το εσωτερικό των χώρων, στη συνέχεια ακολουθεί ο τοπικός εξαερισμός και τέλος ο αερισμός. Δεδομένου όμως ότι η κύρια πηγή εκπομπής ρύπων είναι οι ένοικοι των κτιρίων και ότι ο τοπικός εξαερισμός τις περισσότερες φορές είναι λειτουργικά και σχεδιαστικά αδύνατος, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η μόνη επιλογή είναι ο αερισμός. Με γνώμονα τα όσα αναφέρθηκαν στην αρχή της ενότητας για τη σημασία του αερισμού αλλά και γνωρίζοντας τις αρνητικές επιπτώσεις του στην υγεία

των ενοίκων οι οποίες θα παρουσιαστούν αναλυτικά σε επόμενη ενότητα, αντιλαμβάνεται κανείς την αναγκαιότητα ύπαρξης του παρόλη την υψηλή ενεργειακή απαίτησή του.

1.6 Παράμετροι Επίδρασης στην Ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος

Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα εξαρτάται από πλήθος περιβαλλοντικών παραγόντων, η επίδραση των οποίων αποτυπώνεται στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Η προέλευση των ρύπων βασίζεται τόσο στο εξωτερικό περιβάλλον (ρύποι που διεισδύουν από το εξωτερικό περιβάλλον εντός των κτιρίων), όσο και από τον ίδιο τον εσωτερικό χώρο του κτιρίου με υψηλές συγκεντρώσεις να προκαλούν προβλήματα υγείας στους ενοίκους. Λόγω του διαφορετικού σχεδιασμού και χρήσης υλικών στην κατασκευή του εκάστοτε κτιρίου, δεν συναντώνται οι ίδιες τιμές συγκεντρώσεων αλλά παρουσιάζονται σημαντικές διαφοροποιήσεις από κτίριο σε κτίριο. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα περιγράφονται ακολούθως.

1.6.1. Παράγοντες επίδρασης προερχόμενοι από το εξωτερικό περιβάλλον

Στα μεγάλα αστικά κέντρα όπου το πρόβλημα της ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα είναι εντονότερο, ο αερισμός των κτιρίων, είτε γίνεται με μηχανικό τρόπο είτε με φυσικό αερισμό, εισάγει στο εσωτερικό των κτιρίων μολυσμένο αέρα, υποβαθμίζοντας με αυτό τον τρόπο τη ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος. Οι βιομηχανικές εκπομπές, η ρύπανση από την κυκλοφορία των οχημάτων, κοντινές πηγές εκπομπής ρύπων καθώς και ρύποι προερχόμενοι από το χώμα αποτελούν τις σημαντικότερες υπαίθριες πηγές.

Βιομηχανικές Εκπομπές

Η έντονη εμφάνιση βιομηχανικής δραστηριότητας σε συνδυασμό με την τεχνολογική ανάπτυξη και τη συνεχώς αυξανόμενη χρήση μηχανών καύσης, ευθύνονται για τις μεγάλες συγκεντρώσεις βιομηχανικών ρύπων οι οποίοι απελευθερώνονται καθημερινώς στην ατμόσφαιρα. Στους ρύπους αυτούς συγκαταλέγονται διοξείδια του αζώτου, μονοξείδιο του άνθρακα, όζον, καπνός, μόλυβδος κ.ά.

Μέσω του φυσικού αερισμού (άνοιγμα παραθύρων) αλλά και μέσω των μηχανικών συστημάτων αερισμού, οι ρύποι αυτοί εισέρχονται στο εσωτερικό περιβάλλον. Τα φαινόμενα επίσης των θερμικών νησίδων αλλά και της διανομής ροής αέρα γύρω από τα κτίρια κάνουν το πρόβλημα εντονότερο.

Ρύπανση κυκλοφορίας

Κυρίαρχο ρόλο στους εξωτερικούς παράγοντες επίδρασης δεν θα μπορούσαν να μην διαδραματίζουν οι ρύποι των μηχανών καύσης των μηχανοκίνητων οχημάτων, ειδικότερα στα αστικά κέντρα όπου το πρόβλημα λόγω κυκλοφοριακής συμφόρησης παρουσιάζεται εντονότερο.

Μεγαλύτερη επίδραση όπως είναι φυσικό έχουν τα κτίρια των μεγάλων αστικών περιοχών με εκατομμύρια αυτοκινήτων να διασχίζουν τους δρόμους καθημερινώς.

Κοντινές πηγές καύσης – Ρύποι από το έδαφος

Μερίδιο ευθύνης εσωτερικής ρύπανσης από υπαίθριους παράγοντες κατέχουν οι μηχανές καύσης όπως πύργοι ψύξης, οι οποίοι τυχόν βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από το εξεταζόμενο κτίριο. Συνακόλουθα, η ύπαρξη πηγών ρύπων καλυμμένων με χώμα σε κοντινή απόσταση από το κτίριο συνεισφέρουν στην εσωτερική ρύπανση αυτού.

1.6.2 Παράγοντες επίδρασης προερχόμενοι από το εσωτερικό περιβάλλον

Το περιεχόμενο και η χρήση ενός χώρου ευθύνονται στο μεγαλύτερο μέρος των περιπτώσεων για τα αυξημένα επίπεδα συγκέντρωσης ρυπαντών στο εσωτερικό του χώρου παρόλο που η πλειοψηφία του πληθυσμού είτε δεν έχει γνώση για αυτό είτε το αγνοεί. Συγκεκριμένα, οι βιολογικές λειτουργίες των οργανισμών των ενοίκων και οι δραστηριότητές τους επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το κλίμα στο εσωτερικό περιβάλλον σε περιοδική βάση, δηλαδή για το χρονικό διάστημα που βρίσκονται εντός του χώρου. Από την άλλη πλευρά, συνεχής έκθεση ρύπων συμβαίνει και από επενδύσεις, έπιπλα, χρώματα και συσκευές που χρησιμοποιούνται.

1.6.2.1 Ανθρώπινος και Ζωικός Μεταβολισμός

Ο ανθρώπινος οργανισμός (όπως και ο ζωικός) εκτελεί πλήθος λειτουργιών για την κάλυψη των σωματικών του αναγκών : ανάπτυξη κυττάρων, αναπνοή, διατήρηση θερμοκρασίας, πέψη και πολλές άλλες. Κατά την διαδικασία της αναπνοής, ο οργανισμός προσλαμβάνει το οξυγόνο για τις απαραίτητες λειτουργίες του σώματος, και κατά την εκπνοή, αποβάλλεται ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα που έχει παραχθεί στο σώμα. Από μελέτες, έχει αποδειχθεί η παραγωγή και πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) από τον ανθρώπινο και ζωικό μεταβολισμό. Σημαντικά προβλήματα για την υγεία εμφανίζονται μόνο σε υψηλές συγκεντρώσεις εντός ενός κλειστού χώρου ενώ σε χαμηλότερες παρουσιάζονται προβλήματα στην ποιότητα εσωτερικού αέρα και οσμής.

1.6.2.2 Ανθρώπινη και Ζωική Δραστηριότητα

Το επίπεδο της ποιότητας αέρα σε εσωτερικό χώρο, επηρεάζεται επίσης από αυξημένη συγκέντρωση αέριων ρύπων οι οποίοι προέρχονται εκτός από την ανθρώπινη παρουσία, και από τη δραστηριότητα και τις ενέργειες των ατόμων αυτών που βρίσκονται στο χώρο. Πιο συγκεκριμένα, το κάπνισμα σε εσωτερικούς χώρους προκαλεί συγκέντρωση πλήθους ρύπων όπως διοξείδιο του άνθρακα, μονοξείδιο κτλ. Το μαγείρεμα, το καθάρισμα με απορρυπαντικά κ.ά αποτελούν ορισμένα μόνο παραδείγματα που συμβάλουν στην υποβάθμιση της ποιότητας εσωτερικού αέρα.

1.6.2.3 Συσκευές και Οικοδομικά υλικά

Σύμφωνα με μελέτες οι οποίες έχουν παρουσιαστεί εδώ και πολλά χρόνια, τόσο τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την ανέγερση ενός κτιρίου, όσο και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την τελική εμφάνισή του για χρήση από τους ενοίκους, έχει αποδειχθεί ότι ευθύνονται για χημική ρύπανση.

Συγκεκριμένα, ορισμένα οικοδομικά υλικά εξαιτίας του περιεχόμενου τους και του τρόπου προέλευσής τους, εκπέμπουν στο χώρο ρυπαντικές και τοξικές ουσίες.

Από τη πλευρά του εξοπλισμού, βερνίκια, έπιπλα, πατώματα, αντικείμενα από PVC, προκαλούν με τη σειρά τους εκπομπές επικίνδυνων για την υγεία ρύπων.

Οι πολλαπλές καταγραφές και διαπιστώσεις επιβάρυνσης της υγείας από υψηλές συγκεντρώσεις τοξικών ρύπων κατά τη διάρκεια πολλών χρόνων και σε κτίρια πολλαπλών χρήσεων, οδήγησε στη λήψη αυστηρών μέτρων που έπρεπε να ακολουθήσει η βιομηχανία κατασκευής κτιρίων για περιβαλλοντική προστασία. Τα υλικά ελέγχθηκαν σχολαστικά και πλέον ενδείκνυται και προτιμάται η χρήση υλικών χαμηλής εκπομπής έτσι ώστε να επιτευχθούν πολλαπλοί στόχοι : αφενός η διατήρηση ποιότητας εσωτερικού αέρα και η περιβαλλοντική προστασία , αφετέρου η μείωση του απαιτούμενου ρυθμού εξαερισμού και συνακόλουθα η εξοικονόμηση ενέργειας.

Καταλήγοντας, σκόπιμο κρίνεται να αναφερθεί το γεγονός ότι πάσης φύσεως ηλεκτρικές συσκευές και εξοπλισμός γραφείου όπως φωτοτυπικά μηχανήματα, εκτυπωτές, φαξ, υπολογιστές εκπέμπουν ρύπους, η συγκέντρωση των οποίων εξαρτάται από το είδος και την συχνότητα χρήσης τους. Οι συσκευές φυσικού αερίου απελευθερώνουν μοριακά υπολείμματα, διοξείδιο του αζώτου και μονοξείδιο του άνθρακα και θα πρέπει να απομονώνονται από τους κύριους δίαυλους του αέρα.

1.6.2.4 Σύστημα Ψύξης, Θέρμανσης και Αερισμού (HVAC – Heating, Ventilation and Air Condition System)

Τα συστήματα HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning Systems) – Συστήματα Ψύξης, Θέρμανσης και Αερισμού, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και της επιστήμης, καθίσταται δυνατό να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζουν τις επιθυμητές συνθήκες για τη θερμοκρασία του εσωτερικού περιβάλλοντος και τον επαρκή αερισμό αλλά ταυτόχρονα, μέσω ελέγχων πίεσης και διήθησης, απομονώνονται και απομακρύνονται οι ρυπαντικοί και μολυσματικοί παράγοντες. Η αφαίρεση των οσμών, ο έλεγχος της υγρασίας και η οπτική άνεση, αποτελούν επίσης παράγοντες οι οποίοι ελέγχονται από ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα HVAC.

Υπάρχουν όμως περιπτώσεις, στις οποίες το σύστημα HVAC ευθύνεται για την εμφάνιση υψηλών συγκεντρώσεων των ρύπων και για την υποβάθμιση συνεπώς της ποιότητας εσωτερικού αέρα, η οποία οδηγεί σε προβλήματα υγείας των ενοίκων.

1.7 Ενεργειακό Ισοζύγιο Κτιρίου

Όπως είναι ευρέως γνωστό από τον θερμοδυναμικό νόμο, η ροή θερμότητας έχει κατεύθυνση από υψηλό δυναμικό σε χαμηλότερο. Στην περίπτωση της θερμοκρασίας, κάθε περιοχή, χώρος ή αντικείμενο με υψηλή θερμοκρασία έχει τη τάση να μεταφέρει θερμότητα σε περιοχή, χώρο ή αντικείμενο χαμηλότερης θερμοκρασίας.

Στην περίπτωση των κτιρίων, το καλοκαίρι οι τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας είναι υψηλότερες από την εσωτερική με αποτέλεσμα την εισροή θερμότητας στο κτίριο, σε αντίθεση με τον χειμώνα που η ροή θερμότητας έχει κατεύθυνση από το υψηλότερης θερμοκρασίας εσωτερικό προς το ψυχρό εξωτερικό περιβάλλον. Δημιουργούνται με αυτό τον τρόπο δύο ξεχωριστά ενεργειακά ισοζύγια, ένα για τη περίοδο θέρμανσης του κτιρίου (χειμώνας) και ένα για τη περίοδο ψύξης (καλοκαίρι).

Το ενεργειακό ισοζύγιο χαρακτηρίζεται και στις δύο περιπτώσεις από τις θερμικές ροές προς και από τον χώρο οι οποίες διακρίνονται σε θερμικά κέρδη ή εισροές και σε θερμικές απώλειες ή εκροές. Οι αναλυτικές εξισώσεις για τις δύο περιπτώσεις παρουσιάζονται στη συνέχεια.

1.7.1. Ενεργειακό Ισοζύγιο για περίοδο Θέρμανσης

Η μαθηματική σχέση που εκφράζει το ισοζύγιο είναι η ακόλουθη :

$$Q_h + Q_i + Q_s = Q_T + Q_V \quad (1.1)$$

όπου,

Q_h : το ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται από το σύστημα θέρμανσης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης [J]

Q_i : τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από ηλεκτρικές / ηλεκτρονικές συσκευές, φωτισμό , ανθρώπους και κατοικίδια ζώα [J]

Q_s : τα ηλιακά θερμικά κέρδη από ανοίγματα και παθητικά ηλιακά συστήματα [J]

Q_T : οι θερμικές απώλειες λόγω μετάδοσης της θερμότητας με αγωγιμότητα και ακτινοβολία, μέσα από το κέλυφος και τα ανοίγματα του κτιρίου [J]

Q_V : οι θερμικές απώλειες λόγω μηχανικού και φυσικού αερισμού και διαφυγών αέρα από τις χαραμάδες [J]

1.7.2. Ενεργειακό Ισοζύγιο κατά τη περίοδο Ψύξης

Η αντίστοιχη μαθηματική έκφραση για αυτή τη περίπτωση είναι :

$$Q_i + Q_s + Q_{TH} + Q_{VH} = Q_C + Q_{TN} + Q_{VN} \quad (1.2)$$

όπου,

Q_i : τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από ηλεκτρικές / ηλεκτρονικές συσκευές, φωτισμό , ανθρώπους και κατοικίδια ζώα [J]

Q_s : τα ηλιακά θερμικά κέρδη από ανοίγματα και παθητικά ηλιακά συστήματα [J]

Q_{TH} : τα θερμικά κέρδη λόγω μετάδοσης της θερμότητας με αγωγιμότητα και ακτινοβολία, μέσα από το κέλυφος και τα ανοίγματα του κτιρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας [J]

Q_{VH} : τα θερμικά κέρδη λόγω μηχανικού και φυσικού αερισμού και διαφυγών αέρα από τις χαραμάδες κατά τη διάρκεια της ημέρας [J]

Q_C : η ενεργειακή απαίτηση του συστήματος ψύξης [J]

Q_{TN} : οι θερμικές απώλειες λόγω μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία και αγωγιμότητα μέσα από το κέλυφος και τα ανοίγματα του κτιρίου κατά τη διάρκεια της νύχτας [J]

Q_{VN} : οι θερμικές απώλειες λόγω μηχανικού και φυσικού αερισμού και διαφυγών αέρα από τις χαραμάδες κατά τη διάρκεια της νύχτας [J]

1.8 Επιδράσεις αλλοίωσης ποιότητας εσωτερικού αέρα

Εξετάζοντας τους παράγοντες που αναλύθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, εύκολα προκύπτει το συμπέρασμα ότι η πολυπλοκότητα και το πλήθος των παραγόντων επιβάλλουν την επίτευξη ικανοποιητικών συνθηκών και ειδικότερα του αερισμού εφόσον ο αερισμός αποτελεί συχνά το μοναδικό τρόπο απομάκρυνσης των ρύπων από το εσωτερικό όπως προαναφέρθηκε. Η επικράτηση υψηλών συγκεντρώσεων ρύπων στο εσωτερικό των κτιρίων και ο μη επαρκής αερισμός επηρεάζει σε πολλές βαθμίδες τους ενοίκους. Την κυριότερη αποτελούν οι επιπτώσεις στην υγεία με ασθένειες να σημειώνονται αλλά και ενοχλήσεις και συμπτώματα όπως πονοκέφαλοι, ζαλάδες, υπνηλία, αίσθημα ξηρότητας στο λαιμό και στα μάτια, βήχας, καταρροή και άλλα. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι από τις έρευνες που πραγματοποιήθηκαν προέκυψε ότι οι ένοικοι δεν γνώριζαν τους λόγους προέλευσης των συμπτωμάτων, απλώς τα αισθάνονταν.

Επιπτώσεις επίσης καταγράφονται στην απόδοση των εργαζομένων στα κτίρια γραφείων με την απόδοση των εργαζομένων να επηρεάζεται αρνητικά με την επικράτηση συνθηκών δυσφορίας. Σύμφωνα με μελέτες, η μειωμένη απόδοση εργαζομένων συνδεόταν με το άσχημο εργασιακό περιβάλλον το οποίο συνδεόταν με χαμηλή θερμική, οπτική και ηχητική άνεση.

Τα συμπτώματα αυτά οδήγησαν τους μελετητές στην χρήση του όρου «Σύνδρομο Άρρωστων Κτιρίων – Sick Building Syndrome» σε περιπτώσεις που καταγράφονται συμπτώματα ασθενείας στους ενοίκους αλλά χωρίς να καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός προέλευσής τους. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, τα άτομα που περνούν μεγάλο μέρος της μέρας τους σε κτίρια στεγανά και βιώνουν αυτό το σύνδρομο, «κοστίζουν στην κοινωνία περισσότερο από όσο αυτή κερδίζει από τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας» .



Εικόνα 1.1 Σύνδρομο άρρωστου κτιρίου

Η συμπτωματολογία του συνδρόμου δεν είναι σταθερή σε όλες τις περιπτώσεις και δεν έχει καθοριστεί πλήρως, αλλά εξαρτάται από την ευαισθησία και τον οργανισμό του κάθε ενοίκου. Τα συμπτώματα όμως που συναντώνται σε όλες τις περιπτώσεις είναι εκείνα της υπνηλίας, πονοκεφάλου, ενοχλήσεων στα μάτια και στη ρινική κοιλότητα. Σημαντικό κρίνεται να αναφερθεί επίσης το γεγονός, ότι όταν οι ένοικοι εγκαταλείπουν το κτίριο, τα συμπτώματα μετά από λίγη ώρα υποχωρούν.

Παρόλο που η σημασία και ανάγκη για επικράτηση υγιεινών συνθηκών στο εσωτερικό των χώρων είναι γνωστή ήδη από τις αρχές του 20ου αιώνα, τα πρώτα βήματα για αναγνώριση και αντιμετώπιση του προβλήματος της μειωμένης ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος έγιναν μόλις το 1974, κυρίως λόγω των κακής ποιότητας συνθηκών που επικρατούσαν μετά τον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο. Η ποιότητα επηρεάστηκε κυρίως από το πρόβλημα αστικοποίησης που προκλήθηκε από τον πόλεμο και την αύξηση του κόστους εργασίας. Η άσχημη οικονομική κατάσταση των χωρών οδήγησε στη χρήση χαμηλής ποιότητας υλικών για την κατασκευή κτιρίων σε αντικατάσταση του ακριβού ξύλου. Επίσης, η εξάπλωση του PVC σε πολλά αντικείμενα οικιακής χρήσης όπως έπιπλα, γραφεία, εσωτερικό αυτοκινήτων κ.ά. σε συνδυασμό με την αλόγιστη χρήση νεοεισαχθέντων στην αγορά προϊόντων καθαρισμού όπως απορρυπαντικά, εντομοκτόνα, απολυμαντικά, αποσμητικά κτλ, οδήγησε στην υποβάθμιση της ποιότητας εσωτερικών χώρων.

Η ενεργειακή κρίση του 1974 αποτέλεσε το τελειωτικό χτύπημα καθώς επιβλήθηκε η μόνωση και στεγανοποίηση των κτιρίων για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Στη σημερινή εποχή, ο ενεργειακός σχεδιασμός σε συνδυασμό με την επικράτηση συνθηκών θερμικής άνεσης και υψηλής ποιότητας εσωτερικού αέρα, έχει οδηγήσει σε μεγάλη μείωση την εμφάνιση του συνδρόμου. Παρόλα αυτά, η εμφάνισή του σε ορισμένες περιοχές ευθύνεται κυρίως στο σύστημα εξαερισμού των κτιρίων καθώς και σε εσωτερικούς, υπαίθριους και βιολογικούς μολυσματικούς παράγοντες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

2.1 Γενικά

Σήμερα, η ποιότητα του εσωτερικού αέρα σε κατοικίες, συγκροτήματα γραφείων, δημόσια κτίρια και κτίρια παροχής υπηρεσιών έχει υποβαθμιστεί σε μεγάλο βαθμό και η λήψη κατάλληλων μέτρων αντιμετώπισης αποτελούν αντικείμενο πολλών επιστημόνων και ερευνητών και συγκεντρώνουν την προσοχή ολοένα και περισσότερων πολιτών. Η συσχέτιση δε του φαινομένου με αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στην παραγωγικότητα των ενοίκων και στην άνεσή τους εντός του κτιρίου χρήζει άμεσης αντιμετώπισης.

Η EPA (Environmental Protection Agency), σε έρευνα που δημοσιεύθηκε το 1990, υποστηρίζει ότι ανάμεσα στους πέντε σημαντικότερους περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την δημόσια υγεία συγκαταλέγεται η ρύπανση του εσωτερικού αέρα. Προφανώς, η ποιότητα του εσωτερικού αέρα αποτελεί βασικό παράγοντα αν αναλογιστεί κανείς ότι τα επίπεδα της συγκέντρωσης ορισμένων ρύπων εντός των κτιρίων είναι υψηλότερα από ότι στο εξωτερικό περιβάλλον, ο αστικός πληθυσμός καταναλώνει περίπου το 90% του χρόνου του κατά τη διάρκεια της ημέρας εντός κάποιου κτιρίου αλλά και το γεγονός ότι τον περισσότερο χρόνο τους εντός των κτιρίων καταναλώνουν οι ευπαθείς ομάδες, δηλαδή οι ηλικιωμένοι και τα παιδιά.

Η έννοια της ποιότητας εσωτερικού αέρα είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στην περιγραφή του αέρα σε ένα κλειστό περιβάλλον και εκφράζει τα επίπεδα ρύπανσης στο χώρο αυτό που επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία και ευεξία. Πρέπει να αναφερθεί επίσης το γεγονός ότι, υπό μία γενικότερη έννοια, ο όρος περιλαμβάνει και τις θερμικές συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό του χώρου παρόλο που αυτές συσχετίζονται τις περισσότερες φορές και μελετώνται με σκοπό τον προσδιορισμό της άνεσης παρά της ποιότητας εσωτερικού αέρα.

Οι δύο βασικές ενέργειες οι οποίες διαδραματίζουν τον πιο σημαντικό ρόλο και καθορίζουν τα επίπεδα της ποιότητας του αέρα είναι ο αερισμός (ventilation) και η συγκέντρωση των ρύπων στους εσωτερικούς χώρους. Άλλωστε, με βάση τους δύο αυτούς παράγοντες και τα ανώτερα όριά τους που έχει θεσπίσει τόσο η παγκόσμια κοινότητα, όσο και αυτά που ισχύουν για τον Ελληνικό χώρο πραγματοποιείται ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων.

Ειδικότερα, η ποιότητα του εσωτερικού αέρα αποτελεί τον βασικό παράγοντα του ενεργειακού σχεδιασμού, με τον ρυθμό αερισμού και την συγκέντρωση των ρύπων να μελετώνται και να εξετάζονται κατά τον σχεδιασμό αλλά και κατά τη λειτουργία του κτιρίου, για επικράτηση ικανοποιητικών συνθηκών.

2.2. Αέριοι Ρύποι στους Εσωτερικούς Χώρους

Η ύπαρξη και οι υψηλές συγκεντρώσεις αέριων ρύπων στο εσώκλιμα, επηρεάζουν άμεσα την ανθρώπινη υγεία όπως πολλές φορές αναφέρθηκε. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, η καύση στερεών καυσίμων στους εσωτερικούς χώρους είναι υπεύθυνη για 1,6 εκατομμύρια πρόωρους θανάτους το χρόνο, δηλαδή περισσότερους από τρεις ανθρώπους το λεπτό, και για το 1,3% ως 4% της παγκόσμιας επιβάρυνσης των ασθενειών (Warwick κ.α., 2004). Συνακόλουθα, έρευνες της EPA, φέρνουν στο φως στοιχεία όπως 1,5 εκατομμύριο σχολικές ημέρες οι οποίες χάνονται κάθε χρόνο παγκοσμίως σε όλα τα σχολεία λόγω της πρόκλησης άσθματος και ασθενειών από την υποβαθμισμένη ποιότητα του αέρα στα σχολεία και τις κατοικίες (Πίνακας 2.2).

Τα προβλήματα υγείας ξεκινούν στις περιπτώσεις αντίχενυσης συγκεντρώσεων των ρύπων εξαιρετικά υψηλών που ξεπερνούν τα ανεκτά για την ανθρώπινη υγεία όρια. Τους σημαντικότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους αποτελούν το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), ο λεγόμενος «περιβαλλοντικός καπνός τσιγάρου» - (ETS, Environmental Tobacco Smoke), η φορμαλδεΐδη, η υγρασία, η μυρωδιά, το όζον, μόρια και πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs, Volatile Organic Compounds). Στο σύνολό τους προέρχονται από πηγές εντός του κτιρίου και συγκεκριμένα από τον εξοπλισμό του κτιρίου αλλά και από εξωτερικές πηγές όπως είναι για παράδειγμα ο μολυσμένος αέρας, εκπομπές από γειτονικές πηγές κ.ά.

Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί το πιο συχνά εμφανιζόμενο και στις υψηλότερες συγκεντρώσεις στοιχείο εξαιτίας του γεγονότος ότι προέρχεται από υλικά που περιέχουν άνθρακα αλλά κυρίως λόγω του ότι αποτελεί το κύριο προϊόν του ανθρώπινου μεταβολισμού. Οι παράγοντες αυτοί συνάδουν στο να αποτελεί το CO₂ και οι τιμές του στον εσωτερικό χώρο, τον σημαντικότερο δείκτη, μαζί με τον αερισμό, για την επικράτηση υψηλής ποιότητας αέρα. Στον πίνακα 2.1 απεικονίζεται η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται ανάλογα με τη μεταβολική δραστηριότητα των ενοίκων.

Δραστηριότητα	Μεταβολικό Ποσοστό [W]	Ποσοστό Παραγωγής CO ₂ [l/s]
Στατική εργασία	100	0.004
Ελαφριά εργασία	150-300	0.006-0.012
Μέτρια εργασία	300-500	0.012-0.020
Βαριά εργασία	500-650	0.020-0.026
Πολύ βαριά εργασία	650-800	0.026-0.032

Πίνακας 2.1 Ποσοστό παραγωγής CO₂ για διάφορες δραστηριότητες

Σε υψηλές συγκεντρώσεις υπάρχει περίπτωση να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα, λήθαργο και ναυτίες στους ενοίκους. Σύμφωνα με μελέτες της ASRHAE, έχει προκύψει κατηγοριοποίηση για τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα και διακρίνει τρεις κατηγορίες σύμφωνα με τη τιμή της συγκέντρωσής του στο εσωτερικό του χώρου, υπό την προϋπόθεση ότι ο άνθρωπος αποτελεί τη μόνη πηγή ρύπανσης και στο εξωτερικό περιβάλλον η συγκέντρωση ανέρχεται σε 350 ppm. Η πρώτη κατηγορία είναι στα 460 ppm και αντιστοιχεί σε δυσφορία για το 15% των ενοίκων, η δεύτερη κατηγορία είναι στα 660 ppm και αντιστοιχεί σε δυσφορία για το 20% των ενοίκων και η τρίτη κατηγορία είναι στα 1190 ppm και αντιστοιχεί σε δυσφορία για το 30% των ενοίκων.

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι ευρέως γνωστό ως άοσμο, άγευστο και άχρωμο αέριο που εκλύεται από συσκευές θέρμανσης, μηχανοκίνητων οχημάτων και τσιγάρα. Αποτελεί προϊόν ελλιπούς καύσης και σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι εξαιρετικά τοξικό, προκαλώντας θάνατο κατά την εισπνοή του.

Ο περιβαλλοντικός καπνός τσιγάρου (ETS) αντιστοιχεί στον καπνό που εκλύεται από τσιγάρα, πούρα, πίπες, το περιεχόμενο του οποίου περιλαμβάνει περισσότερες από 40 διαφορετικές, επικίνδυνες ουσίες. Οι περισσότερες από αυτές όπως η πίσσα, η νικοτίνη, αμμωνία, φορμαλδεΐδη, αρσενικό, μεθάνιο, κυανιούχο άλας, κάδμιο κτλ είναι άκρως τοξικές σε υψηλές συγκεντρώσεις καθώς επίσης και ιδιαίτερα εθιστικές.

Η φορμαλδεΐδη οφείλει την εμφάνισή της σε εσωτερικούς χώρους σε οικοδομικά υλικά, στο κάπνισμα, στη χρήση μηχανών καύσης. Πρόκειται για άχρωμο αέριο με χαρακτηριστική οσμή που προκαλεί αίσθηση καψίματος στα μάτια και στο λαιμό, δυσκολία στην αναπνοή και ναυτία.

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις αποτελούν χημικές ουσίες που συγκρατούν διοξείδιο που συμμετέχουν σε φωτοχημικές αντιδράσεις στον περιβαλλοντικό αέρα. Είναι οργανικές ενώσεις που μπορούν να βρεθούν στη φάση ατμού στις περιβαλλοντικές θερμοκρασίες. Τα VOCs έχουν διάφορες πηγές που σχετίζονται με οικοδομικά υλικά όπως η διαδικασία βαψίματος, η χρήση διαλυτών, η αποθήκευση καυσίμων, η κάλυψη με τάπητα, οι κόλλες, τα μηχανοκίνητα οχήματα, ο καπνός του τσιγάρου, τα λουτρά και τα καλλυντικά, οι προμήθειες καθαρισμού. Γενικά, παράγονται όταν ορισμένα προϊόντα καταναλώνονται. Ορισμένες μελέτες δείχνουν ότι η εσωτερική συγκέντρωση των περισσότερων VOCs είναι δύο έως δέκα φορές υψηλότερη από των υπαίθριων.

Ο πίνακας 2.2 απεικονίζει τις πηγές εκπομπής και τους αντίστοιχους ρύπους σε εσωτερικούς χώρους εκπαιδευτικών κτιρίων (αίθουσες διδασκαλίας, γυμναστήρια, βιβλιοθήκες, κυλικεία κτλ), η χρήση των οποίων οδηγεί σε προβλήματα υγείας όπως άσθμα και αλλεργίες χιλιάδων παιδιών παγκοσμίως.

Μελετώντας τον πίνακα προκύπτει ότι την ευθύνη για τις εκπομπές των περισσότερων ρύπων φέρουν τα υλικά και ο εξοπλισμός του χώρου αλλά και η ανθρώπινη παρουσία και δραστηριότητα. Ο τρόπος αντιμετώπισής τους προτείνει τη χρήση υλικών περιβαλλοντικά φιλικών, με οικολογικό χαρακτήρα, η χρήση των οποίων προωθείται από την παγκόσμια κοινότητα τα τελευταία χρόνια.

Στην περίπτωση της ανθρώπινης δραστηριότητας όμως και του μεταβολισμού, δεν είναι δυνατή η βελτίωση των τιμών των ρύπων (δηλαδή του CO₂ κυρίως και του CO) λόγω του ότι είναι αδύνατο να απομακρυνθούν οι χρήστες από το εσωτερικό του κτιρίου ή να μειωθεί ο χρόνος εργασίας τους εντός αυτού. Τρόπος αντιμετώπισης των υψηλών συγκεντρώσεων του CO₂ αποτελεί ο επαρκής και σωστός αερισμός, είτε με μηχανικά μέσα είτε με φυσικό τρόπο.

Χώρος	Πηγές	Ρύποι
Αίθουσα Διδασκαλίας	Πάτωμα	Φορμαλδεΐδη, τολουόλιο, ξυλόλια, στυρόλιο, μύκητες
	Οροφή	Μικρόβια, μύκητες
	Ανθρώπινη Δραστηριότητα	CO, CO ₂
	Προϊόντα Καθαρισμού	Τοξικές ουσίες, αλισίβα
	Νιπτήρας	Βακτήρια, μόλυβδος, εμφάνιση ιών
	Χρώματα Ζωγραφικής	Τοξικές Ουσίες
	Θερμομονωτικά Υλικά	Ίνες, VOCs
	Έδρανα	VOCs, βαρέα μέταλλα
	Κουρτίνες	Φορμαλδεΐδη, αλδεΐδες
	Άρωμα	Τοξικές ουσίες
	Κιμωλία	Ανθρακικό ασβέστιο
Ντύσιμο	Μύκητες, βακτήρια	
Γυμναστήριο	Ανθρώπινη δραστηριότητα	CO, CO ₂
	Πάτωμα	Φαινόλη, φορμαλδεΐδη
	Συνθετικό γυαλί	Ίνες
	Σύστημα αεραγωγών	Ανάπτυξη μικροοργανισμών
	Αποδυτήρια	Τοξικές ουσίες, βακτήρια, ιοί
Βιβλιοθήκη	Μοκέτα	Τοξικές ουσίες, βακτήρια
	Η/Υ	Όζον, VOCs, Φωσφορικό οξύ
	Φωτοτυπικό	VOCs, όζον, NO
	Εκτυπωτής	Αλδεΐδες, φορμαλδεΐδη
	Ταπετσαρία	VOCs, φορμαλδεΐδη
	Διαχωριστικά εσωτερικών χώρων	Φορμαλδεΐδη, τολουόλιο, βενζόλιο
	Κουρτίνες	Φορμαλδεΐδη, αλδεΐδες
	Έπιπλα	Φορμαλδεΐδη, VOCs
Σύστημα αεραγωγών	Ανάπτυξη μικροβίων, ιοί	
Εργαστήριο	Ανθρώπινη Δραστηριότητα	Χημικές Ουσίες πειραμάτων

Πίνακας 2.2 Πηγές εκπομπής και αντίστοιχοι ρύποι σε εσωτερικούς εκπαιδευτικούς χώρους

2.3 Αερισμός

Ο μηχανισμός του αερισμού βασίζεται στην ανανέωση του εσωτερικού αέρα με φρέσκο από το εξωτερικό περιβάλλον. Σε όλα τα κτίρια απαιτείται η εφαρμογή του με σκοπό τη διατήρηση της ποιότητας του αέρα σε ικανοποιητικές για τους ενοίκους συνθήκες όσον αφορά την παροχή οξυγόνου στο χώρο, την απομάκρυνση οσμών και την διάλυση ρύπων, καθώς και για την επίτευξη θερμικής άνεσης. Μέσα από τα παραπάνω, προκύπτει ο λόγος για τον οποίο η θερμική άνεση συνδέεται άμεσα με τον αερισμό κατά το σχεδιασμό και λειτουργία του κτιρίου. Το ελάχιστο ποσοστό αέρα που πρέπει να εισέρχεται καθορίζεται από τις εσωτερικές απαιτήσεις του χώρου έτσι ώστε η μέγιστη συγκέντρωση για κάθε ρύπο να είναι μικρότερη από τη μέγιστη αποδεκτή τιμή.

Εάν τα κτίρια δεν αερίζονταν θα υπήρχαν δυσμενείς συνθήκες για την ανθρώπινη υγεία και θα επικρατούσε ένα διαρκές αίσθημα δυσαρέσκειας στους ενοίκους του. Πιο συγκεκριμένα, οσμές, εμφάνιση υψηλών τιμών υγρασίας που θα οδηγούσαν στην παρουσίαση μούχλας, ιδιαίτερα υψηλές ή χαμηλές τιμές θερμοκρασίας, σκόνη, τοξικά αέρια από την ανθρώπινη δραστηριότητα και πλήθος άλλων διεργασιών θα έκαναν την εμφάνισή τους, προκαλώντας προβλήματα υγείας και χρήσης του χώρου.

Σημειώνεται ότι κατά τη διάρκεια καλοκαιρινών μηνών ο ρυθμός αερισμού είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο του χειμώνα, δηλαδή το ελάχιστο ποσοστό ροής είναι μεγαλύτερο από τον απαιτούμενο ρυθμό αέρα για την διατήρηση της υγιεινής. Η ενέργεια αυτή πραγματοποιείται για την φυσική ψύξη του κτιρίου. Αντίστοιχα, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ο απαιτούμενος ρυθμός αέρα καθορίζεται από τον ρυθμό που εξασφαλίζει συνθήκες υγιεινής εντός του χώρου. Ανάλογα με τον τρόπο που αερίζεται ένα κτίριο, διακρίνεται σε φυσικά αεριζόμενο κτίριο ή κτίριο με μηχανικά μέσα αερισμού.

2.3.1 Φυσικός Αερισμός

Ο φυσικός αερισμός πραγματοποιείται είτε μέσω της εισροής του αέρα μέσω των αρμών του κελύφους (διήθηση – infiltration) είτε μέσω του άμεσου και εκτεταμένου αερισμού μέσω ανοιχτών παραθύρων και ανοιγμάτων που υπάρχουν στο κτίριο (ventilation).

Ο φυσικός αερισμός μέσω της διήθησης αέρα οφείλεται στη διαφορά πίεσης στο κέλυφος του κτιρίου. Η διαφορά αυτή προκύπτει λόγω των διαφορετικών τιμών ανέμου και πυκνότητας αέρα μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος. Η διαφορά αυτή της πίεσης, ΔP , προκύπτει από την παρακάτω εξίσωση:

$$\Delta P = P_o + P_w - P_i + \Delta P_s \quad (2.1)$$

όπου,

P_0 η υψομετρική πίεση

P_W η πίεση του ανέμου

P_i η πίεση από το εσωτερικό του κτιρίου

ΔP_S η διαφορά πυκνότητας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

Η πίεση του ανέμου P_W προσδιορίζεται εύκολα μέσω της εξίσωσης Bernoulli :

$$P_W = (\rho/2) \cdot C_p \cdot W^2 \quad (2.2)$$

Όπου,

ρ η πυκνότητα του αέρα (kg/m^3)

C_p συντελεστής πίεσης επιφάνειας

W η μέση ταχύτητα του αέρα στο επιθυμητό ύψος

Η πίεση του ανέμου αναφέρεται στη θετική και αρνητική πίεση στο κέλυφος ενός κτιρίου, όταν αυτό βάλλεται από τον άνεμο. Θετική πίεση δημιουργείται στην πλευρά που φυσάει ο αέρας και αρνητική πίεση στην αντίθετη πλευρά.

Οι πιέσεις στις άλλες πλευρές μεριές του κτιρίου, εξαρτώνται από το σχήμα του κτιρίου και την κατεύθυνση του αέρα. Η διαφορά πυκνότητας και θερμοκρασίας συνακόλουθα, ευθύνεται για την ύπαρξη του φυσικού αερισμού των κτιρίων. Η διαφορά αυτών των δύο παραμέτρων μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος, δημιουργεί ένα φυσικά δημιουργούμενο δυναμικό σύστημα αερισμού. Η δημιουργία του συστήματος αυτού στο φαινόμενο της πυκνότητας του αέρα σε υψηλή και χαμηλή θερμοκρασία. Όπως είναι ευρέως γνωστό, ο θερμός αέρας έχει μικρότερη πυκνότητα και είναι πιο ελαφρύς από τον ψυχρό που είναι βαρύτερος εξαιτίας της μεγαλύτερης πυκνότητάς του. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού του κτιρίου, δημιουργεί «κενά» στην ομοιογένεια της πυκνότητας με αποτέλεσμα να τα αισθάνεται το άτομο ως ρεύματα αέρα. Στο εσωτερικό του κτιρίου, παρατηρείται το φαινόμενο της καμινάδας, δηλαδή της ανύψωσης του θερμού αέρα με σκοπό την διαφυγή του από το κτίριο την ίδια στιγμή που ο ψυχρός αέρας καταλαμβάνει τα κατώτερα στρώματα του χώρου αναπληρώνοντας το κενό που άφησε ο εσωτερικός αέρας. Ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα αερισμού πρέπει να είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο, ώστε να εκμεταλλεύεται το φαινόμενο αυτό κατά τη λειτουργία του.

Στην περίπτωση των παραθύρων και των ανοιγμάτων, οι υπολογισμοί και τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα είναι πολύπλοκότερα και βασίζονται στην διαφορά των συγκεντρώσεων αέρα, στον ρυθμό αέρα που εισέρχονται, στην θερμοκρασία και πλήθος άλλων παραγόντων. Συγκεκριμένα, ο φυσικός αερισμός βελτιώνεται όταν τα παράθυρα ή ανοίγματα του κτιρίου βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο και μεγιστοποιείται όταν βρίσκονται παρακείμενα λόγω του ότι υποχρεώνουν τον αέρα να αλλάξει κατεύθυνση. Ένας ορθός σχεδιασμός ανοιγμάτων βελτιώνει τον φυσικό αερισμό και αυτό επιτυγχάνεται μέσω τριών μεθόδων :

- απλοποιημένη εμπειρική φόρμουλα: Βασίζεται σε εξισώσεις υπολογισμού του ρυθμού εναλλαγής αέρα σε σχέση με την επιφάνεια των ανοιγμάτων ενός κτιρίου. Οι εξισώσεις αυτές είναι σχετικά απλές και παραδείγματα αυτής της μεθοδολογίας είναι η μέθοδος ASHRAE 1993, η Απλοποιημένη Μέθοδος (Πανεπιστήμιο Αθηνών),

η μέθοδος του Aynsley και των συνεργατών του, η μέθοδος ηλιακής ενέργειας της Φλόριδας 1(για ομοιόμορφα ανοίγματα) και 2(για μη ομοιόμορφα ανοίγματα).

- προσέγγιση σε ζώνες: Η μέθοδος αυτή, έχει ως βάση της την αρχή διατήρησης της μάζας, σύμφωνα με την οποία, κάθε περιοχή ενός κτιρίου απλοποιείται σε κομβικά σημεία. Οι χώροι ή τα δωμάτια του εσωτερικού αντιπροσωπεύονται από κόμβους πίεσης ενώ τα εξωτερικά σημεία του κτιρίου από κόμβους ορίων. Τα κομβικά αυτά σημεία ενώνονται από τη ροή του αέρα, δημιουργώντας ένα δίκτυο το οποίο, προσεγγίζεται από εξισώσεις που αντιπροσωπεύουν τα κύρια χαρακτηριστικά ροής κάθε ανοίγματος καθώς και τις δυνάμεις που τα υποκινούν. Μέσω αυτής της τεχνικής επιτυγχάνεται σωστός σχεδιασμός των ανοιγμάτων για επαρκή φυσικό αερισμό και υπολογίζει το ποσοστό μηχανικού και φυσικού εξαερισμού, το μέγεθος, την κατεύθυνση και την ταχύτητα διείσδυσης του αέρα, τις εσωτερικές πιέσεις και τον τρόπο ροής του αέρα μεταξύ των ζωνών. Στην περίπτωση αυτών των μοντέλων υπάρχει διαφοροποίηση εάν είναι μονοζωνικά ή πολυζωνικά. Σε κάθε περίπτωση όμως επιβάλλεται να συμπεριληφθούν όλα τα ανοίγματα κατά τους υπολογισμούς για αποφυγή μεγάλων αποκλίσεων στα αποτελέσματα από τις πραγματικές συνθήκες.
- υπολογιστική ρευστοδυναμική (Computational Fluid Dynamics): Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που οι συγκεντρώσεις του αέρα δεν είναι σταθερές και απαιτούνται επιπλέον πληροφορίες για τη ροή και διανομή του αέρα. Οι πληροφορίες αυτές είναι η ροή του αέρα των δωματίων και μεγάλων γειτονικών χώρων, η απόδοση εναλλαγής αέρα, η αποτελεσματικότητα μείωσης της εσωτερικής ρύπανσης, η διανομή θερμοκρασίας, ταχύτητας αέρα, αναταραχής και πίεσης, η ροή του αέρα γύρω από το κτίριο και η μετακίνηση του καπνού σε περιπτώσεις πυρκαγιάς εντός του κτιρίου. Η μέθοδος βασίζεται σε βασικές αρχές της υδροδυναμικής, που εξετάζεται η συμπεριφορά υγρού σωματιδίου, το οποίο παραμορφώνεται εύκολα και λαμβάνει υπόψη την κίνηση της σχετικής μάζας (η οποία δεν είναι απλά περιστροφική όπως στη περίπτωση στερεού σωματιδίου) και την ταχύτητα στο χώρο για συγκεκριμένο χρόνο. Η περιγραφή των παραπάνω γίνεται μέσω των εξισώσεων του Euler και του Lagrange. Η περιγραφή κατά Euler λαμβάνει υπόψη την πίεση και την πυκνότητα συναρτήσει του χώρου και του χρόνου στο πεδίο. Η περιγραφή αντίστοιχα κατά Lagrange θέτει ως βάση της τους νόμους του Νεύτωνα καθώς και τις βασικές αρχές της θερμοδυναμικής. Με βάση αυτά, γίνεται διαχωρισμός της κάθε μονάδας σε 30.000 κομμάτια, για το καθένα από τα οποία υπολογίζεται η ροή και όλες οι παράμετροι που την καθορίζουν σύμφωνα με τα όσα προαναφέρθηκαν (ταχύτητα, πίεση κτλ). Ο διαχωρισμός παρέχει τη δυνατότητα εστίασης σε κομμάτια που έχουν περισσότερο ενδιαφέρον για τον μελετητή λόγω του ότι δεν απαιτείται να είναι ομοειδής.

Σε γενικές γραμμές, ο φυσικός αερισμός χαρακτηρίζεται από καλή ανακύκλωση του αέρα αν ο αριθμός των ανοιγμάτων είναι ικανοποιητικός, δεν απαιτεί υψηλό κόστος συντήρησης και χώρο για νέα μηχανήματα και είναι πολύ οικονομικός. Παρόλα αυτά, υπάρχει η πιθανότητα να δημιουργηθούν προβλήματα στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα καθώς δεν είναι αρκετά αποδοτικός σε μεγάλα αστικά κέντρα, πολύ μολυσμένες περιοχές και ακραία κλίματα καθώς εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από της γεωγραφική περιοχή και τα χαρακτηριστικά της.

Συνακόλουθα, το φιλτράρισμα του αέρα δεν είναι εύκολα πραγματοποιήσιμο καθώς επίσης ο έλεγχος του εξαερισμού είναι περιορισμένος.

2.3.2 Μηχανικός Αερισμός

Ο μηχανικός αερισμός επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση και χρήση μηχανημάτων εντός του κτιρίου όπως σύστημα HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning System), ανεμιστήρες οροφής κτλ. Ο αερισμός, ο έλεγχος της θερμοκρασίας, της υγρασίας, το φιλτράρισμα του αέρα, ο ρυθμός εναλλαγής του αέρα και των άλλων παραμέτρων, επιτυγχάνονται μέσω μηχανικών μέσων. Ο τρόπος λειτουργίας των συστημάτων αυτών βασίζεται σε δύο μεθοδολογίες : στην παροχή αέρα για μείωση της πυκνότητας των εσωτερικών ρύπων και απομάκρυνση ίδιου όγκου μολυσμένου αέρα με τον εισαγόμενο, και στην εκτόπιση του ρύπου από την πηγή προέλευσής του πριν προλάβει να διαχυθεί στο χώρο.

Ο μηχανικός αερισμός περιλαμβάνει τον μηχανικό αερισμό με παροχή αέρα, τον ελεγχόμενο αερισμό καθώς και συνδυασμούς παροχής αέρα οι οποίοι ονομάζονται Ισορροπημένοι συνδυασμοί Μηχανικού Αερισμού.

Οι Ισορροπημένοι συνδυασμοί Μηχανικού Αερισμού αποτελούνται επίσης από τα παρακάτω συστήματα :

- Ισορροπημένος Μικτός Μηχανικός Αερισμός
- Ισορροπημένη Εκτόπιση Μολυσμένου Αέρα

Όπως εύκολα μπορεί να αντιληφθεί κανείς, εάν η σχεδίαση των παραπάνω μηχανισμών είναι σωστή και ολοκληρωμένη, τότε το κτίριο στο οποία θα εφαρμοστούν, θα χαρακτηρίζεται από υψηλής ποιότητας εσωτερικό αέρα με τις διαδικασίες αερισμού, εξαερισμού, φιλτραρίσματος του αέρα να πραγματοποιούνται επιτυχώς και τις τιμές της θερμοκρασίας, υγρασίας και των λοιπών παραμέτρων να ανέρχονται στα επιθυμητά επίπεδα ώστε να επικρατεί θερμική άνεση, υπό την προϋπόθεση ότι η χρήση τους θα γίνεται ορθά από τους χρήστες. Παρόλα αυτά, όλα τα συστήματα χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος τοποθέτησης και συντήρησης και σε ορισμένες περιπτώσεις το κτίριο θα πρέπει αν είναι εντελώς μονωμένο, δεν θα καθίσταται δυνατός ο πλήρης έλεγχος ορισμένων παραμέτρων κ.ά.

2.4. Οδηγίες και κανονισμοί ποιότητας εσωτερικού αέρα

2.4.1. Γενικά

Η επικράτηση συνθηκών ικανοποιητικής ποιότητας αέρα και άνεσης για χρήση ενός εσωτερικού χώρου, τέθηκε ως ζήτημα ήδη από την αρχή της εγκατάστασης του ανθρώπου σε σπήλαια, περίπου 2 εκατομμύρια χρόνια πριν.

Η εύρεση από μελετητές της εποχής, μεγάλων ανοιγμάτων που είχαν δημιουργηθεί στο πάνω μέρος των σπηλαίων, μαρτυρά το πρώτο ίσως είδος εξαερισμού που ο άνθρωπος κατασκεύασε για την διαφυγή του καπνού από το εσωτερικό του χώρου.

Οι πρώτες πραγματικές μελέτες για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα βασισμένες σε αποτελέσματα επιστημόνων, σημειώθηκαν πολύ αργότερα, τη σημερινή εποχή, κατά τη δεκαετία του '60. Συγκεκριμένα, μελέτες για την αέρια ρύπανση συντελέστηκαν το 1965 αλλά τα πρώτα αποτελέσματα δημοσιεύθηκαν μόλις το 1975. Αποτελέσματα οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η εξωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει άμεσα το εσωτερικό περιβάλλον και τις συνθήκες που το διακατέχουν, συνεπώς οι έρευνες άρχισαν να επικεντρώνονται και στο εσωτερικό των κτιρίων.

Στις μέρες μας, το τοπίο έχει μεταβληθεί και έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σε ζητήματα ποιότητας εσωτερικού αέρα σε σχέση με το πρόσφατο παρελθόν. Οι οδηγίες ποιότητας εσωτερικού αέρα από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, αποτελούν σημαντικό επίτευγμα για την πολιτική του οργανισμού αλλά κυρίως για τους ίδιους τους ανθρώπους αφού η ποιότητα αέρα αποτελεί βασική συνιστώσα της ανθρώπινης υγείας και της ευημερίας εντός εσωτερικού χώρου. Η Ευρωπαϊκή Ένωση εστίασε μέχρι σήμερα στα ζητήματα, κατεξοχήν, της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Υπό την έννοια αυτή προτεραιότητα δόθηκε στην ανάπτυξη ενός νομικού πλαισίου αναφορικά με τα πρότυπα ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, με τις μέγιστες εκπομπές ρύπων σε εθνικό επίπεδο και με τις μέγιστες επιτρεπόμενες εκπομπές ρύπων από τα οχήματα και τις βιομηχανίες. Η τρέχουσα στρατηγική επικεντρώνεται στην ποιότητα αέρα στο αστικό περιβάλλον με στόχο την αποτελεσματική προστασία της υγείας των ευρωπαϊκών πολιτών. ωστόσο, από το Έκτο Σχέδιο δράσης για το Περιβάλλον τα ζητήματα της ποιότητας του εσωτερικού αέρα βρίσκονται στο κέντρο του ενδιαφέροντος. (EEC, 2002)

2.4.2. Διαφοροποιήσεις μεταξύ Κανονισμού και Οδηγίας

Ο ρόλος των οδηγιών ποιότητας εσωτερικού αέρα, σύμφωνα με τον ΠΟΥ, είναι να παρέχουν μία βάση για την προστασία της δημόσιας υγείας από τις επιβλαβείς συνέπειες της ρύπανσης του αέρα και να εξαλείψουν ή να μειώσουν στο ελάχιστο αυτούς τους αέριους ρύπους που είναι γνωστό ή πιθανό να έχουν επιβλαβείς συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία και ευεξία. (WHO, 1987). Αντίθετα, ένας κανονισμός ποιότητας αέρα αποτελεί μια περιγραφή ενός επιπέδου ποιότητας αέρα, ο οποίος υιοθετείται από μία νομοθετική αρχή και επιβάλλεται στους χρήστες των κτιρίων. Μέσα από τους δύο παραπάνω ορισμούς υπογραμμίζεται η διαφορά μεταξύ κανονισμών και οδηγιών. Οι οδηγίες δεν διακρίνονται από καθολικότητα και απαίτηση εφαρμογής της αλλά έχει ως σκοπό την παροχή πληροφοριών για την ανάπτυξη, διαμόρφωση και θεσμοθέτηση των κανονισμών. Όταν ένας αναγνωρισμένος οργανισμός παρουσιάσει μια οδηγία – τιμή , τότε καθίσταται ευκολότερη η διαδικασία για την θεσμοθέτηση της μέσω ενός κανονισμού. Αλλά και σε αυτή τη περίπτωση, πρέπει να ληφθούν υπόψη παράλληλα πολλοί παράγοντες όπως τα επίπεδα έκθεσης, οι περιβαλλοντικές, πολιτικές, πολιτισμικές και οικονομικές συνθήκες των χωρών στις οποίες θα εφαρμοστεί ο κανονισμός.

2.4.3 Οδηγίες ποιότητας εσωτερικού αέρα – Ανάπτυξη Οδηγιών

Η ανάπτυξη, διατύπωση και εφαρμογή των οδηγιών και των κανονισμών αποσκοπούν στον έλεγχο των πηγών εκπομπής ρύπων και στην καταγραφή των αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα ή την εφαρμογή μοντέλων για την διάχυση της ατμόσφαιρας με σκοπό τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών να αποτελέσουν οδηγό για την ανθρώπινη συμπεριφορά και ορθολογική χρήση εντός των κτιρίων. Από την άλλη πλευρά, η στρατηγική εφαρμογής οδηγιών και κανονισμών δεν αποτελεί ίσως την καταλληλότερη επιλογή. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε δύο φαινόμενα : αφενός στο πλήθος, την πολυπλοκότητα και την αλληλεξάρτηση των παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα εσωτερικού αέρα και καθιστούν δύσκολη την εξαγωγή ομόφωνων αποτελεσμάτων και, αφετέρου, η μοναδικότητα του εκάστοτε εσωκλίματος που εξετάζεται. Πιο συγκεκριμένα, ο κάθε υπό μελέτη εργασιακός ή οικιστικός χώρος, χρησιμοποιείται με διαφορετικό τρόπο από τους ενοίκους και πολλές δραστηριότητες δεν πραγματοποιούνται με τον ίδιο τρόπο σε όλα τα είδη κτιρίων όπως η συχνότητα του καπνίσματος, ο τρόπος και τα απορρυπαντικά καθαρισμού, ο εξοπλισμός που περιλαμβάνει, η χρήση και συντήρηση του συστήματος ψύξης – θέρμανσης κτλ. Αυτή η μοναδικότητα και η ανομοιομορφία σε κάθε εσωτερικό χώρο που εξετάζεται καθιστούν δύσκολο τον έλεγχο και προσδιορισμό της ποιότητας εσωτερικού αέρα στη βάση των κανονισμών και των οδηγιών.

Παρόλα αυτά, η σημαντικότητα του προβλήματος της ποιότητας αέρα και το αυξανόμενο ενδιαφέρον και οι ανησυχίες από την πλευρά τόσο της επιστημονικής κοινότητας όσο και των πολιτών για επικράτηση ικανοποιητικών συνθηκών στους χώρους, οδήγησε τη διεθνή κοινότητα στην εφαρμογή οδηγιών και κανονισμών. Στη διατύπωση και παρουσίαση των οδηγιών, λόγω της πολυπλοκότητας του θέματος, εμπλέκονται πολλοί φορείς όπως οργανισμοί υγείας, ασφάλειας και προστασίας καταναλωτών, οργανισμοί για έλεγχο της αέριας ρύπανσης, για επικράτηση συνθηκών υγιεινής σε χώρους εργασίας και εκπαιδευτικά κτίρια καθώς και οργανισμοί για τη διατύπωση κτιριακών και αρχιτεκτονικών κανονισμών.

Σε διεθνές επίπεδο, τον σημαντικότερο ρόλο στην ανάπτυξη οδηγιών διαδραματίζει η ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) και ο ΠΟΥ (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας). Βιβλιογραφικά και ερευνητικά κριτήρια για το εσωτερικό περιβάλλον έχουν επίσης καθοριστεί από την ISO (International Organization for Standardization) και την Ευρωπαϊκή CEN (European Committee for Standardization).

Ο αερισμός αναγνωρίστηκε ως η σημαντικότερη παράμετρος μελέτης λόγω του ότι αποτελεί τον βασικό τρόπο διατήρησης ικανοποιητικής ποιότητας εσωτερικού αέρα ήδη από τον 18ο αιώνα. Τον επόμενο αιώνα, εξαιτίας της ραγδαίας βιομηχανικής ανάπτυξης και της τεράστιας οικιστικής ανάπτυξης σε μεγάλα αστικά και βιομηχανικά κέντρα, η συσχέτιση μεταξύ αερισμού και ποιότητας εσωτερικού αέρα, κατέστη σαφέστερη. Ο T. Tredgold, το 1836, δημοσίευσε στην Αμερική τις πρώτες εκτιμήσεις του ρυθμού αερισμού λαμβάνοντας υπόψη στις μελέτες του τον ανθρώπινο μεταβολισμό.

Ο ελάχιστος ρυθμός αερισμού πέρασε από πολλές διακυμάνσεις μέχρι την αρχή της δεκαετίας του '70 όπου η πετρελαϊκή κρίση παραμέρισε την ποιότητα του εσωτερικού αέρα στις μελέτες και το βάρος μετατοπίστηκε στην αεροστεγανότητα και μόνωση των κτιρίων με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και καυσίμου. Επιβλήθηκαν αυστηροί κανονισμοί για τις απώλειες ενέργειας λόγω μετάδοσης θερμότητας και για χρήση υψηλής ποιότητας θερμομονωτικών υλικών, γεγονός το οποίο οδήγησε σε σχετική αύξηση ψυκτικών και θερμικών φορτίων, παρόλο που ο αερισμός ήταν σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα (2.5 l/sec/άτομο).

Ο συνδυασμός των παραπάνω ενεργειών οδήγησε, στην εμφάνιση ενός νέου φαινομένου που αναμενόταν να αποτελέσει αντικείμενο ιδιαίτερης προσοχής και πολλών μελετών λόγω των δυσμενών επιπτώσεών του στην ανθρώπινη υγεία, την υποβάθμιση της ποιότητας εσωτερικού αέρα.

Οι οδηγίες που παρουσιάστηκαν στην συνέχεια και εφαρμόστηκαν από την παγκόσμια κοινότητα, έδωσαν ιδιαίτερη προσοχή στη διασφάλιση της ποιότητας εσωτερικού αέρα. Το κύριο πρότυπο της ASHRAE που αντιμετωπίζει τα θέματα ποιότητας εσωτερικού αέρα, εκδόθηκε το 1973 και έκτοτε αναθεωρείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο σε διεθνές επίπεδο και έχει την ονομασία πρότυπο 62.1 και ανανεώθηκε τελευταία φορά το 2004.

2.4.4. Οδηγίες Αερισμού

Η καθιέρωση του αερισμού ως βασικότερη παράμετρο για την επικράτηση συνθηκών υψηλής ποιότητας εσωτερικού αέρα και θερμικής άνεσης, εναπόθεσε το βάρος των μελετητών στην μελέτη και παρουσίαση οδηγίας για τις τιμές αυτού.

Μακροχρόνιες μελέτες της ASHRAE και αποτύπωσή τους στο Standard 62.1, καθώς και της CEN με ανάπτυξη της τεχνικής οδηγίας CR1752 (θέτοντας ως βάση της την οδηγία TC156), μέσω αναλυτικών διαδικασιών για τον υπολογισμό καθορισμένου ρυθμού αερισμού, συνέταξαν τους πίνακες τιμών των παραμέτρων που αναρτώνται ακολούθως. Οι αναλυτικές αυτές διαδικασίες περιλαμβάνουν υπολογισμούς με βάση τον τύπο του ρυπαντή, τον ρυθμό εκπομπής του ρύπου και την αποδεκτή τιμή συγκέντρωσής του στο εσωτερικό περιβάλλον. Αξίζει να αναφερθεί ότι, όλα τα προτεινόμενα standards συνάδουν με τα θέματα υγείας και όχι μόνο με θέματα άνεσης.

Ο προτεινόμενος ρυθμός αερισμού μετράται σε αλλαγή αέρα ανά ώρα για τον εκάστοτε χώρο και /ή ανεφοδιασμό εξωτερικού αέρα και /ή προτεινόμενο εξαερισμό (σε χώρους όπως η κουζίνα, το μπάνιο, η τουαλέτα). Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, ακολουθείται η εξής διαδικασία : αρχικά υπολογίζεται ο απαραίτητος ρυθμός αερισμού για την διασφάλιση των συνθηκών θερμικής άνεσης και στη συνέχεια πραγματοποιείται νέος υπολογισμός με στόχο την αποδεκτή τιμή για διασφάλιση της ποιότητας εσωτερικού αέρα. Η τιμή που λαμβάνεται ως όριο είναι η υψηλότερη από τις δύο τιμές που προκύπτουν.

Ο εσωτερικός χώρος χαρακτηρίζεται από την ποιότητα του περιβάλλοντος και κατηγοριοποιείται σε τρεις κλάσεις A, B και C (κλάσεις ASHRAE – οι αντίστοιχες της CEN είναι I, II, III) που αντιστοιχούν σε υψηλό (15% PPD), μέσο (20% PPD) και μέτριο (30% PPD) επίπεδο προσδοκίας. Λόγω του ότι ο ρυθμός αερισμού εξαρτάται από δύο παράγοντες : τον απαιτούμενο αερισμό αν ληφθούν υπόψη μόνο οι ένοικοι ως ρυπαντές και την αντίστοιχη τιμή που λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς η ρύπανση από το κτίριο και τον εξοπλισμό. Συνυπολογίζοντας τον αριθμό των ατόμων που έχει σχεδιαστεί να χρησιμοποιείται ο χώρος, οι δύο αυτές τιμές προστίθενται τελικώς, και προκύπτει ο συνολικός ρυθμός αερισμού, τιμή σύμφωνα με την οποία σχεδιάζεται το κτίριο και η λειτουργία του συστήματος HVAC. Σε αυτό το σημείο δεν πρέπει να μεριμνήσει κανείς τον διαχωρισμό των κτιρίων σε κτίρια πολύ χαμηλής, χαμηλής και όχι χαμηλής ρύπανσης, με τη κάθε κατηγορία να έχει διαφορετικά όρια.

Ο Πίνακας 2.3 παρουσιάζει τον βασικό προτεινόμενο ρυθμό αερισμού για τις τρεις κατηγορίες κτιρίων που αναφέρθηκαν.

Κατηγορία Κτιρίου	Ρυθμός Αερισμού ανά άτομο [l/s/άτομο]	Ρυθμός Αερισμού για τις εκπομπές των κτιρίων [l/s/άτομο]		
		Πολύ χαμηλής ρύπανσης κτίριο	Χαμηλής ρύπανσης κτίριο	Όχι χαμηλής ρύπανσης κτίριο
I	10	0.5	1	2
II	7	0.35	0.7	1.4
III	4	0.2	0.4	0.8

Πίνακας 2.3 Προτεινόμενες τιμές ρυθμού αερισμού με βάση τους βιολογικούς ρύπους του ατόμου και τους ρύπους κτιρίου και εξοπλισμού [Πηγή : Οδηγία CEN/TC 156,2006]

Για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων του Πίνακα 2.3 έχει θεωρηθεί ότι η μόνη πηγή ρύπανσης από πλευράς του ατόμου είναι ο μεταβολικός του ρυθμός. Αφορά επομένως κτίρια και χώρους στα οποία το κάπνισμα απαγορεύεται. Στην περίπτωση που ο σχεδιασμός αφορά χώρους στους οποίους θα εισέρχονται και καπνιστές, ακολουθούνται τα κριτήρια του Πίνακα 2.4. Η πρώτη στήλη αντιστοιχεί σε χώρους που απαγορεύεται το κάπνισμα και στην δεύτερη, τρίτη και τέταρτη στήλη θεωρείται ότι το ποσοστό των ατόμων που καπνίζει επί των συνολικών ατόμων στο χώρο είναι 20%, 40% και 100% αντίστοιχα.

Κατηγορία Κτιρίου	Καθόλου κάπνισμα	Ρυθμός Αερισμού ανά χρήστη [l/s/άτομο]		
		20%	40%	100%
I	10	20	30	30
II	7	14	21	21
III	4	8	12	12

Πίνακας 2.4 Προτεινόμενες τιμές ρυθμού αερισμού με την προϋπόθεση ότι οι ένοικοι αποτελούν τη μοναδική πηγή ρύπανσης [Santamouris, 2006]

Συνακόλουθα, ο απαιτούμενος ρυθμός αερισμού δεν έχει την ίδια τιμή σε όλους τους χώρους του κτιρίου. Παραδείγματος χάρη, δωμάτια όπως η κουζίνα, το μπάνιο, η τουαλέτα, απαιτούν καλύτερο εξαερισμό από το σαλόνι ή τα υπνοδωμάτια λόγω της μεγαλύτερης συγκέντρωσης ρύπων στους χώρους αυτούς.

Επίσης, οι τιμές διαφοροποιούνται όπως είναι φυσικό, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου, αν δηλαδή προορίζονται για κατοικίες ή γραφεία.

2.5 Οδηγίες CO₂

Τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα, όπως πολλές φορές έχει τονιστεί νωρίτερα, θεωρούνται ο σημαντικότερος ίσως εσωτερικός ρύπος αφού αποτελούν το κύριο προϊόν της μεταβολικής διεργασίας του ανθρώπινου οργανισμού.

Οι κλάσεις αντίστοιχα σε αυτή τη περίπτωση, διακρίνονται με βάση τη συγκέντρωση του CO₂ (ανώτερες από αυτές που σημειώνονται στο εξωτερικό περιβάλλον) για ενεργειακούς υπολογισμούς και έλεγχο των απαιτήσεων του κτιρίου σε ενέργεια.

Κλάση	Συγκέντρωση CO ₂ [ppm]	PPD [%]
I	460	15
II	660	20
III	1190	30

Πίνακας 2.6. - Διαχωρισμός κλάσεων των εσωτερικών χώρων με βάση την συγκέντρωση CO₂

Στον πίνακα 2.7 παρουσιάζονται προτεινόμενες τιμές συγκέντρωσης του CO₂ πάνω από τα επίπεδα του περιβάλλοντος για ενεργειακούς υπολογισμούς.

Κατηγορία κτιρίου	CO ₂ (πάνω από τα επίπεδα εξ. περιβάλλοντος) [ppm]	PPD (%)	Ρυθμός Αερισμού [l/s/άτομο]	CO ₂ (πάνω από τα επίπεδα εξ. περιβάλλοντος) [ppm]	CO ₂ (αν τα επίπεδα εξ. Περιβάλλοντος είναι 340 ppm) [ppm]
I	350	15	10	460	800
II	500	20	7	660	1000
III	800	30	4	1190	1530
IV	<800	>30	<4	>1190	>1530

Πίνακας 2.7 – Προτεινόμενες συγκεντρώσεις CO₂ πάνω από τα επίπεδα εξωτερικού περιβάλλοντος για ενεργειακούς υπολογισμούς [Olsen, 2007]

*Οι τιμές της 5^{ης} στήλης είναι μεγαλύτερες από της 2^{ης} λόγω του ότι συμπεριλαμβάνονται και οι εκπομπές των ρύπων από το ίδιο το κτίριο.

2.6 Οδηγίες για Θερμική Άνεση

Στην ενότητα αυτή, παρατίθενται οι πίνακες τιμών για τις παραμέτρους θερμικής άνεσης, όπως αυτές καθορίζονται από την ASHRAE και την CEN. Συγκεκριμένα, καθορίζονται οι τιμές της θερμοκρασίας σε διάφορους εσωτερικούς χώρους κατοικιών και κοινής χρήσης όπως γραφεία, αίθουσες συνεδριάσεων, διδασκαλίας κτλ., της υγρασίας, της ταχύτητας αέρα, του θορύβου.

- **Θερμοκρασία:** Οι απαιτήσεις για θερμική άνεση σύμφωνα με το μοντέλο PMV –PPD (θερμοκρασίες λειτουργίας για τοπική θερμική ικανοποίηση), αποτυπώνονται στις τιμές των προτεινόμενων θερμοκρασιών και παρουσιάζονται σε πρότυπα και οδηγούς όπως τα EN7730, CR 1752, ASHRAE 55 κτλ. Λόγω της αδυναμίας καθολικής αποδοχής των προτεινόμενων τιμών από όλες τις χώρες εξαιτίας κλιματολογικών, γεωγραφικών, οικονομικών και πολιτικών διαφορών, παρέχεται η δυνατότητα καθορισμού των ορίων από την εκάστοτε χώρα ή από συνεννόηση μεταξύ μηχανικών και ιδιοκτήτη του κτιρίου.
- **Ταχύτητα Αέρα:** Τα πρότυπα της ASHRAE και της ISO, αποδέχονται την τιμή της ταχύτητας αέρα που έχει προκύψει από έρευνες στο πεδίο για κτίρια με εγκατεστημένα συστήματα ψύξης – θέρμανσης, και ανέρχεται σε 0,8 m/s. Η τιμή της ωστόσο θα πρέπει να ελέγχεται συνεχώς. Τα κτίρια στα οποία δεν είναι εγκατεστημένα συστήματα HVAC αλλά αρκούνται στον φυσικό αερισμό, απαιτείται το καλοκαίρι το άνοιγμα των παραθύρων ή αεριστήρες οροφής για διατήρηση της ποιότητας του αέρα.
- **Υγρασία – Θόρυβος:** Η υγρασία, σε γενικές γραμμές, έχει μικρό αντίκτυπο στη θερμική άνεση και στην ποιότητα αέρα σε ένα δωμάτιο όπου γίνεται σταθερή χρήση αυτού. Εντούτοις, η τιμή της πρέπει να ελέγχεται σχολαστικά ώστε να μην εμφανίζει μεγάλες αυξομειώσεις διότι η μακροπρόθεσμη έκθεση σε υψηλές τιμές (>70%) προκαλεί ανάπτυξη μικροβίων και εμφάνιση μούχλας, ενώ η έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις (< 15 – 20%) προκαλεί ξηρότητα, προβλήματα στην όραση και στην αναπνευστική οδό. Γενικά, μία τιμή μεταξύ 30-60% θεωρείται ικανοποιητική.

Στην περίπτωση του θορύβου, η έντασή του δεν πρέπει να ξεπερνά τα 35 dB όταν ο θόρυβος προέρχεται από το εσωτερικό του κτιρίου. Αντίθετα, αν η πηγή του θορύβου είναι εξωτερική, δεν πρέπει να υπερβαίνεται το φράγμα των 55 dB ώστε ο θόρυβος να μην επηρεάζει τόσο την απόδοση και διάθεση των ενοίκων, όσο και την υγεία τους προκαλώντας πονοκεφάλους, ζαλάδες και άλλα συμπτώματα.

2.7 Οδηγίες στον ελληνικό χώρο

Γεωγραφικοί, πολιτικοί, οικονομικοί, κλιματολογικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες, επιτάσσουν την διαφοροποίηση όπου είναι απαραίτητο, των προτεινόμενων τιμών κατά τη φάση κατασκευής αλλά και λειτουργίας των κτιρίων. Για αυτό το λόγο, καθίσταται δύσκολη η δημιουργία ενός διεθνούς προτύπου.

Στα περισσότερα ήδη υπάρχοντα στάνταρς ή οδηγίες για τη ποιότητα εσωτερικού αέρα, τα κριτήρια ή απαιτήσεις δίνονται σε ρυθμούς αερισμού. Στην Ελλάδα, τα όρια θερμικής άνεσης και ποιότητας εσωτερικού αέρα καθορίζονται από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, σύμφωνα πάντα με τα διεθνή πρότυπα.

2.8 Η έννοια του εσωκλίματος

Το σύνολο μιας σειράς περιβαλλοντικών παραμέτρων ή στοιχείων όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα, η κατεύθυνση και η σύνθεση του αέρα σε κλειστό χώρο, αποτελεί το εσωκλίμα (Πέρδιος, 2006). Οι παράμετροι αυτές θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να εκτιμώνται κατά το σχεδιασμό των κτιρίων αλλά και να υπολογίζονται συνεχώς κατά τη διάρκεια χρήσης του κτιρίου από τους ενοίκους διότι με βάση τη τιμή των παραμέτρων, καθορίζεται το αίσθημα της θερμικής άνεσης.

Θερμική άνεση στο εσωτερικό ενός χώρου επικρατεί όταν ο ανθρώπινος οργανισμός εντός του χώρου, καταναλώνει την ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια, ώστε να διατηρηθεί το θερμικό του ισοζύγιο. Η θερμορύθμιση του ατόμου, δηλαδή η διαδικασία με την οποία το σώμα διατηρεί τη θερμοκρασία του σε ανεκτά όρια, πρέπει να είναι η ελάχιστη για την δημιουργία της αίσθησης της θερμικής άνεσης.

Η θερμορύθμιση στον ανθρώπινο οργανισμό αποτελεί διαδικασία η οποία βασίζεται σε δύο ενέργειες του σώματος, στην διαστολή των αγγείων και την πρόκληση εφίδρωσης στις περιπτώσεις αύξησης της θερμοκρασίας ενώ σε περίπτωση ελάττωσής της, ο μηχανισμός της συστολής των αγγείων αρχικά και στη συνέχεια η εμφάνιση ρίγους, αυξάνει την παραγόμενη από το σώμα θερμότητα.

Η ιδανική θερμοκρασία για το σώμα σε περίοδο ανάπαυσης ανέρχεται σε 36,8 °C ενώ είναι γνωστό ότι σε θερμοκρασίες μικρότερες των 28 °C δημιουργείται καρδιακή αρρυθμία. Αντίθετα, σε περίπτωση αύξησης της θερμοκρασίας άνω των 40 °C , προκαλούνται στον ανθρώπινο οργανισμό εγκεφαλικά προβλήματα με μη αναστρέψιμα αποτελέσματα.

2.9 Βασικοί Παράγοντες επίδρασης θερμικής άνεσης

Το αίσθημα της θερμικής άνεσης για τον εκάστοτε ανθρώπινο οργανισμό διαφοροποιείται και εξαρτάται από πλήθος παραγόντων, καθιστώντας την θέσπιση συγκεκριμένων ορίων των εσωτερικών παραμέτρων σε διεθνές επίπεδο, ανέφικτη. Συγκεκριμένα, τόσο περιβαλλοντικοί όσο και προσωπικοί παράγοντες έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν ή να εξαλείψουν το αίσθημα της θερμικής άνεσης.

2.9.1 Περιβαλλοντικοί παράγοντες

2.9.1.1 Θερμοκρασία του αέρα

Η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον γίνεται αντιληπτή από τους ενοίκους μέσω των αισθητήριων οργάνων τους τα οποία βρίσκονται στο δέρμα. Αποτελεί ίσως τον σημαντικότερο παράγοντα, αφού μαζί με την σχετική υγρασία έχουν την δυνατότητα να καθορίσουν σε μεγάλο ποσοστό τον δείκτη θερμικής άνεσης εντός κλειστών χώρων. Συγκεκριμένα, επηρεάζει το θερμικό ισοζύγιο του ατόμου, την θερμική άνεση και την πρόκληση δυσφορίας και σαφώς την ποιότητα του εσωτερικού αέρα.

Η θερμοκρασία του αέρα επηρεάζεται με τη σειρά της από πλήθος παραμέτρων όπως το εξωτερικό περιβάλλον, το προσανατολισμό του κτιρίου και τη γεωγραφική του θέση. Καθίσταται σαφές ότι στο ήπιο κλίμα του Ελληνικού χώρου, η θερμοκρασία στο εσωτερικό των κτιρίων θα είναι ευκολότερο να προσαρμοστεί με βάση τις εξωτερικές συνθήκες από ότι στο ψυχρό κλίμα της Σουηδίας. Συνακόλουθα, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του κτιρίου καθώς και η θερμομόνωση που έλαβε χώρα, διαδραματίζουν μαζί με τον τρόπο αερισμού του κτιρίου, σημαντικό ρόλο για τη τιμή της θερμοκρασίας εντός αυτού. Κρίσιμο σημείο αποτελεί ο τρόπος σχεδιασμού του κτιρίου, της κατασκευής και λειτουργίας του αλλά και το σύστημα θέρμανσης που εγκαθίσταται σε αυτό. Επιπροσθέτως, ο μεγάλος αριθμός ηλεκτρικών συσκευών, μηχανημάτων και παντός είδους εξοπλισμός, αυξάνει αυτόματα την θερμοκρασία. Καταλήγοντας, οι ίδιοι οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να επηρεάσουν τις τιμές θερμοκρασίας με τον τρόπο που επιλέγουν να διαχειριστούν τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης του χώρου τους.

Οι ένοικοι των κτιρίων έχουν τη δυνατότητα να διαμορφώσουν επίσης τον δείκτη θερμικής άνεσης με προσωπικές τους ενέργειες. Ο ρουχισμός και η μεταβολική διαδικασία συγκαταλέγονται σε αυτές. Εύκολα προκύπτει το συμπέρασμα ότι τόσο ο βαρύς ρουχισμός όσο και η έντονη άσκηση κατά την καλοκαιρινή περίοδο αποτελούν ενέργειες που απαιτούν μειωμένες τιμές θερμοκρασίας. Αντίστοιχα, τον χειμώνα, ο ελαφρύς ρουχισμός και η καθιστική εργασία απαιτούν πολύ υψηλές εσωτερικές θερμοκρασίες.

Στον Πίνακα 2.8, παρατίθενται τιμές θερμοκρασίας άνεσης συναρτήσει του ρουχισμού και της δραστηριότητας των ενοίκων όπως αυτές προέκυψαν με τη χρήση του μοντέλου MEMI (Munich Energy Balance Model for Individuals) στην έρευνα του P. Horpe το 1988. Οι συνθήκες μέτρησης ήταν η θερμοκρασία αέρα ίση με τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, πίεση ατμών = 10 hPa και ταχύτητα αέρα = 0.1 m/s.

Εργασία	Μεταβολική Δραστηριότητα [W]	Ρουχισμός [clo]	Θερμοκρασία Άνεσης T_a [°C]
Ηρεμία	0	0.5	31
	0	1	29
Καθιστική Εργασία	43	0.5	27
	43	1	23
Ελαφριά Εργασία	100	0.5	22
	100	1	16
Έντονη Εργασία	20	0.5	12
		1	

Πίνακας 2.8: Θερμοκρασία άνεσης σε σχέση με ρουχισμό και δραστηριότητα (Πηγή, Τριανταφυλλιά Νικολάου M.Sc. , Πολυτεχνείο Κρήτης)

Η έννοια της θερμικής άνεσης, δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί και να οριοθετηθεί πλήρως, λόγω της υποκειμενικότητας με την οποία λαμβάνονται τα αποτελέσματα αλλά και το πλήθος των παραγόντων που όπως παρουσιάστηκε, διακρίνονται από μεγάλη πολυπλοκότητα. Ο εκάστοτε οργανισμός με λίγα λόγια, αντιλαμβάνεται διαφορετικά τις παραμέτρους αυτές και ο κάθε χρήστης θεσπίζει διαφορετικά όρια ανεκτικότητας.

Τα αποτελέσματα μελετών, όπως ο Fagner το 1982, βασίζεται σε υπολογισμό των μέσων τιμών των παραμέτρων μέσω ψηφοφορίας. Συγκεκριμένα, ο κάθε ένοικος, ερωτάται για την ανεκτικότητα σύμφωνα με τις παραμέτρους της θερμοκρασίας, υγρασίας και ταχύτητας του αέρα, σημειώνοντας επίσης τον ρουχισμό και την δραστηριότητα του κάθε ενός. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός, ότι σε καμία περίπτωση δεν υπήρχε 100% ποσοστό αποδοχής αλλά τουλάχιστον ένα κομμάτι της τάξεως του 5% , ήταν δυσαρεστημένο.

Η ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditions Engineers) παρόλα αυτά, μέσω μελετών, θεωρεί ότι το 80% των ατόμων αισθάνεται θερμική άνεση όταν η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 21,5 °C και 25 °C , και η σχετική υγρασία στο 50% (ASHRAE, 1992).

2.9.1.2 Σχετική υγρασία ατμοσφαιρικού αέρα

Το ποσοστό του κορεσμένου αέρα σε υδρατμούς εκφράζεται μέσω του όρου της σχετικής υγρασίας, έννοια η οποία χρησιμοποιείται συχνά για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης. Η επίδρασή της στο θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου οργανισμού, γίνεται αντιληπτή μέσω των μηχανισμών εφίδρωσης και εξάτμισης στην επιφάνεια του δέρματος, οι οποίοι πραγματοποιούνται σε περίπτωση υψηλών και χαμηλών αντίστοιχα τιμών σχετικής υγρασίας. Σε κάθε περίπτωση, η θερμοκρασία του σώματος μεταβάλλεται.

Σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η επίδραση της σχετικής υγρασίας γίνεται εντονότερα αντιληπτή.

Ο ανθρώπινος οργανισμός επηρεάζεται συνακόλουθα από τη σχετική υγρασία μέσω της αναπνευστικής οδού. Ο αέρας που εισέρχεται, ψύχεται στις βλεννώδεις μεμβράνες, διαδικασία που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αντίληψη του θερμικού περιβάλλοντος. Επίσης, μέσω της αναπνευστικής οδού ρυθμίζεται η θερμοκρασία του αέρα πριν αυτός φτάσει στους πνεύμονες. Η αντίληψη της ποιότητας εσωτερικού αέρα μέσω της αναπνευστικής οδού, βασίζεται στους δύο αυτούς λόγους.

Τα όρια της υγρασίας για την επικράτηση συνθηκών θερμικής άνεσης βρίσκονται ακόμη σε ερευνητικό στάδιο καθώς είναι δυσκολότερο να καθοριστούν εξετάζοντάς τη μονόπλευρα. Σε συνδυασμό όμως με την θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα, η εξέταση αποδεκτών τιμών σχετικής υγρασίας, καθιστά δυνατή την εξαγωγή αποτελεσμάτων και τον καθορισμό ορίων. Τα όρια αυτά παρουσιάζονται πάντοτε συνδυαστικά, με ταυτόχρονη ανάδειξη ποσοστού σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας αέρα.

Μελέτες έχουν αποδείξει ότι η υγρασία γίνεται αισθητή για τον άνθρωπο, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι μικρότερη από 20°C και μεγαλύτερη από 25°C. Σε χώρους θερμοκρασίας μεταξύ 18 – 20 °C και με ποσοστό σχετικής υγρασίας 50 – 60%, το εσώκλιμα χαρακτηρίζεται ξηρό. Οι χαρακτηρισμοί υγρό και πολύ υγρό αντιστοιχούν σε ίδιες θερμοκρασίες αλλά με τιμές σχετικής υγρασίας 60-75% και μεγαλύτερη από 75% αντίστοιχα. Ο οποιοσδήποτε συνδυασμός υψηλής υγρασίας και υψηλής θερμοκρασίας, προκαλεί αίσθημα δυσφορίας για το χώρο αυτό. Η αύξηση επομένως της σχετικής υγρασίας από 20% σε 60% απαιτεί την ελάττωση της θερμοκρασίας κατά 1°C ώστε να μην διαταραχθεί η θερμική άνεση.

2.9.1.3 Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία

Η παράμετρος της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας, θερμοκρασία που αντιστοιχεί στον μέσο όρο των επιφανειακών θερμοκρασιών των τοίχων που περικλείουν το χώρο, επηρεάζει σε μικρό, αλλά αντιληπτό για τον άνθρωπο, επίπεδο τη θερμική άνεση. Η αρχιτεκτονική του κτιρίου πρέπει να γίνεται με τρόπο, ώστε η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα και των επιφανειών των τοίχων, να είναι μικρότερη από 4 °C. Σύμφωνα με μελέτες της ASHRAE, κάθε διαφορά της τάξης των 0,55°C μεταξύ θερμοκρασίας του αέρα και της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας, αντισταθμίζεται με μεταβολή της αισθητής θερμοκρασίας κατά 0,28°C.

2.9.1.4 Ταχύτητα αέρα

Η ταχύτητα του αέρα σε εσωτερικούς χώρους, έχει τη δυνατότητα να προκαλεί αίσθηση δροσιάς στον ένοικο όταν η θερμοκρασία αέρα είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του σώματός του. Στην αντίθετη περίπτωση, όταν δηλαδή η θερμοκρασία του σώματος είναι υψηλότερη, στον ένοικο δημιουργείται η αίσθηση του ψύχους. Στον Πίνακα 2.9, παρουσιάζεται η μεταβολή στη θερμοκρασία αέρα που αισθάνεται το ανθρώπινο σώμα ανάλογα με την ταχύτητα του αέρα.

Ταχύτητα αέρα [m/s]	Θερμοκρασία αέρα [°C]			
	4.4	1.6	-1.1	-4
2.2	-2.8	0	-2.2	-6.1
4.5	-5.6	-6.1	-8.9	-12.2
6.7	-7.7	-9.4	-12.2	-16.7
8.9	-9.4	-11.7	-15.6	-19.4
11.2	-11.1	-13.9	-17.8	-21.6

Πίνακας 2.9 Αίσθηση ψύχους στο ανθρώπινο σώμα σε [° C]

2.9.1.5 Θόρυβος

Σκόπιμο κρίνεται να αναφερθεί η επίδραση του θορύβου στην διατήρηση ενός επιθυμητού επιπέδου θερμικής άνεσης. Ως θόρυβος εννοείται κάθε ήχος ο οποίος προκαλεί όχληση και είναι ανεπιθύμητος για τους ενοίκους. Η ένταση και η προέλευση του ήχου αποτελούν βασικά στοιχεία που καθιστούν τον ήχο στην κατηγορία του θορύβου. Η προέλευσή του οφείλεται είτε σε πηγές από το εξωτερικό του κτιρίου όπως αεροπλάνα, αυτοκίνητα, μηχανήματα και άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες, είτε από το εσωτερικό του όπως το σύστημα θέρμανσης, αερισμού και ψύξης. Μπορεί να είναι συνεχής ή ασυνεχής ανάλογα την προέλευσή του και η όχληση που δημιουργείται διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες : υποκειμενική (όχληση συναισθημάτων και διατάραξη ησυχίας), παρεμβολή ή διακοπή δραστηριότητας και έντονη όχληση (η οποία οδηγεί σε συμπτώματα άγχους όπως πονοκέφαλο, κούραση, ερεθιστικότητα και χαμηλό ηθικό). Ο θόρυβος μπορεί ακόμη να δημιουργήσει προβλήματα στην επικοινωνία, ενώ αντίθετα η επίδρασή του στην παραγωγικότητα και απόδοση του ατόμου είναι είτε θετική είτε αρνητική καθώς εξαρτάται από το είδος του θορύβου και της εργασίας.

Η ποιότητα εσωτερικού αέρα επηρεάζεται επίσης από το θόρυβο, καθώς οι επιπτώσεις του έχουν αντίκτυπο στον επαρκή ή όχι αερισμό του χώρου. Πιο συγκεκριμένα, στη περίπτωση του φυσικού αερισμού, οι ένοικοι δεν επιλέγουν να ανοίξουν τα παράθυρα για ανανέωση φρέσκου αέρα και αίσθηση δροσιάς το καλοκαίρι εξαιτίας τυχόν εξωτερικών θορύβων. Και στη περίπτωση που είναι αναγκασμένοι να το κάνουν, πρέπει να ανεχτούν την όχληση αυτή. Επίσης, στη περίπτωση μηχανικού αερισμού, το σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού προκαλεί ανάλογα τη κατασκευή του πολλές φορές μεγάλη όχληση κατά τη λειτουργία του, υποβαθμίζοντας με αυτό τον τρόπο τη ποιότητα του εσωτερικού χώρου.

2.9.2 Προσωπικοί Παράγοντες

2.9.2.1 Μεταβολικός Ρυθμός

Η ενέργεια η οποία καταναλώνεται από τον ανθρώπινο οργανισμό για να πραγματοποιήσει τις ζωικές λειτουργίες του όπως η αναπνοή, η λειτουργία της καρδιάς και των υπόλοιπων εσωτερικών οργάνων αλλά και η θερμοκρασία του σώματός του σε ικανοποιητικά επίπεδα, αποτελεί το βασικό μεταβολικό ρυθμό.

Η ηλικία του ατόμου, το φύλο του, η σωματική δραστηριότητα, η σωματική διάπλαση, επηρεάζουν έντονα τον μεταβολικό ρυθμό ο οποίος με τη σειρά του, μέσω της θερμότητας που εκπέμπεται από κάθε ανθρώπινο σώμα, έχει την δυνατότητα να επηρεάσει τις επικρατούσες συνθήκες σε ένα κλειστό χώρο.

Συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερη σωματική διάπλαση έχει κάποιος και όσο πιο έντονη σωματική κίνηση κάνει εντός ενός χώρου, τόσο περισσότερη ενέργεια υπό τη μορφή θερμότητας ελευθερώνει.

2.9.2.2 Ρουχισμός

Το επίπεδο ρουχισμού σε εσωτερικούς χώρους μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τα επίπεδα θερμικής άνεσης καθώς βαρύς ρουχισμός σε υψηλές θερμοκρασίες συγκρατούν τη θερμότητα του σώματος και τα σκουρόχρωμα υφάσματα απορροφούν περισσότερη ακτινοβολία. Με αυτό τον τρόπο, ο ένοικος αισθάνεται αίσθημα δυσφορίας παρόλο που η θερμοκρασία μπορεί να βρίσκεται σε φυσιολογικά επίπεδα εντός του χώρου. Αντίστοιχα, το χειμώνα, ο ελαφρύς ρουχισμός δεν αρκεί ορισμένες φορές για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος με αποτέλεσμα ο ένοικος να αισθάνεται ψύχος παρά τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης.

Το είδος των ρούχων που επιλέγει ένα άτομο να φορέσει εκφράζεται για τον προσδιορισμό της θερμικής άνεσης μέσω της θερμικής αντίστασης που αντιστοιχεί στο κάθε είδος και εκφράζεται σε φυσικές μονάδες και μονάδες ρουχισμού (clothing – clo). Σημειώνεται ότι μία μονάδα ρουχισμού (clo) αντιστοιχεί σε 0,15 m²K/W για να εκφραστεί η ποσότητα θερμικής αντίστασης.

2.10 Ανθρώπινο Θερμικό Ισοζύγιο

Η επικράτηση συνθηκών Θερμικής Άνεσης σε ένα χώρο όπως προαναφέρθηκε εξαρτάται από πλήθος διαφορετικών παραγόντων αλλά και από την προσωπική γνώμη και επιθυμίες του κάθε ένοικου όσον αφορά την έννοια των βέλτιστων συνθηκών διαβίωσης και εργασίας.

Συνεπώς, για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης και την ανάπτυξη των μοντέλων για αυτό το σκοπό, πρέπει πρωτίστως να μελετηθεί το ανθρώπινο θερμικό ισοζύγιο και οι παράγοντες από τους οποίους καθορίζεται. Η θερμική ισορροπία του σώματος είναι μια δυναμική κατάσταση μεταξύ της παραγόμενης θερμότητας (ως αποτέλεσμα του ανθρώπινου μεταβολισμού) και της θερμότητας που μεταδίδεται με μεταφορά, αγωγή, ακτινοβολία και εξάτμιση από ή προς το περιβάλλον. Η σχέση μέσω της οποίας περιγράφεται είναι η ακόλουθη:

$$M - W = H + E_C + C_{RES} + E_{RES} \quad (2.3)$$

όπου:

M: ρυθμός μετατροπής της χημικής ενέργειας σε θερμότητα και μηχανικό έργο, μέσω αερόβιων και αναερόβιων διεργασιών μέσα στο σώμα [W/m²].

W: το ωφέλιμο μηχανικό έργο [W/m²].

H : οι απώλειες ενέργειας υπό την μορφή θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος μέσω αγωγής, συναγωγής και ακτινοβολίας [W/m^2].

E_C : το ποσό της θερμότητας που απάγεται λόγω εξάτμισης σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας [W/m^2].

C_{RES} : το ποσό της θερμότητας που απάγεται με αγωγή κατά την αναπνοή [W/m^2].

E_{RES} : το ποσό της θερμότητας που απάγεται λόγω εξάτμισης κατά την αναπνοή [W/m^2].

Μέσω της σχέσης αυτής, επιτυγχάνεται ο υπολογισμός της θερμικής άνεσης εντός του υπό μελέτη χώρου έχοντας ως δεδομένο τις φυσικές παραμέτρους που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες του κεφαλαίου ή υπολογίζοντας και μετρώντας τες. Δημοσιεύθηκε το 1970 από τον P.O. Fanger και θεωρείται από την επιστημονική κοινότητα ο πρόδρομος για την δημιουργία των υπόλοιπων σχέσεων ή μοντέλων υπολογισμού της θερμικής άνεσης που ακολούθησαν κατά τη διάρκεια των επόμενων χρόνων μέχρι σήμερα. Μέσω της εξίσωσης αυτής, ο Fanger εφηύρε δύο πολύ σημαντικούς και χρήσιμους δείκτες, τον PMV (Predicted Mean Vote) και τον PPD (Predicted Percent of Dissatisfied People).

2.11 Δείκτες Θερμικής Άνεσης: PMV (Predicted Mean Vote) – PPD (Predicted Percent of Dissatisfied People)

Η ικανοποίηση της εξίσωσης της θερμικής άνεσης είναι μία συνθήκη για την επίτευξη θερμικής ευεξίας. Ωστόσο, η εξίσωση παρέχει πληροφορίες μόνο για το πώς οι παράμετροι πρέπει να συνδυαστούν ώστε να δημιουργηθούν συνθήκες θερμικής ευεξίας στο εσωκλίμα. Ως εκ τούτου, δεν είναι κατάλληλη άμεσα για την εξακρίβωση της αίσθησης ενός τυχαίου θερμικού περιβάλλοντος από τους χρήστες των κτιρίων όπου οι παράμετροι δεν ικανοποιούν την εξίσωση θερμικής άνεσης.

Ο Fanger συνεπώς, το 1982, έπειτα από μια σειρά μελετών η οποία περιλάμβανε μια πειραματική διαδικασία, πρότεινε μια μέθοδο υπολογισμού της μέσης προτίμησης των ατόμων για τα επίπεδα θερμικής άνεσης μέσω ενός δείκτη. Οι παράμετροι για τους οποίους ερωτήθηκαν αφορούσαν τη θερμοκρασία, την υγρασία και την ταχύτητα του αέρα και καταγράφηκε επίσης ο ρουχισμός και η δραστηριότητα εντός του δωματίου για τον εκάστοτε ερωτηθέντα. Ο δείκτης που προέκυψε από τη μελέτη αυτή, ονομάστηκε από τον Fanger PMV – Predicted Mean Vote, καθώς ήταν βασισμένος σε αποτελέσματα ψηφοφορίας και όχι σε μετρήσεις παραμέτρων με όργανα ή μηχανήματα. Ο αντίστοιχος δείκτης για τη δυσαρέσκεια των ενοίκων, ο PPD (Predicted Percent of Dissatisfied People), εξήχθη από αυτήν την έρευνα. Με τη χρήση και των δύο αυτών δεικτών μπορεί να προσδιοριστεί η θερμική άνεση σε ένα χώρο. Το πρότυπο EN – ISO 7730 που παρουσιάστηκε το 1993, αποτελεί τον πιο συχνά χρησιμοποιούμενο από μελετητές και ερευνητές πρότυπο, ώστε να αποδοθεί ο δείκτης θερμικής άνεσης σε έναν υπό εξέταση χώρο ή κτίριο. Ο δείκτης PMV είναι μια κλίμακα 7 σημείων και αποτελεί τη μέση τιμή εκτίμησης της θερμικής άνεσης από τα άτομα που βρίσκονται μέσα σε ένα χώρο με δεδομένες συνθήκες (Πίνακας 2.10). Η μηδενική τιμή είναι η τιμή στην οποία το άτομο αισθάνεται άνετα με τις θερμικές συνθήκες.

Δείκτης Θερμικής Άνεσης	
-3 Κρύο -2 Κρύο	Αίσθηση ψύχους
-1 Ελαφρύ κρύο 0 Άνεση 1 Ελαφριά ζέστη	Άνεση
2 Ζέστη 3 Καύσωνα	Αίσθηση Καύσωνα

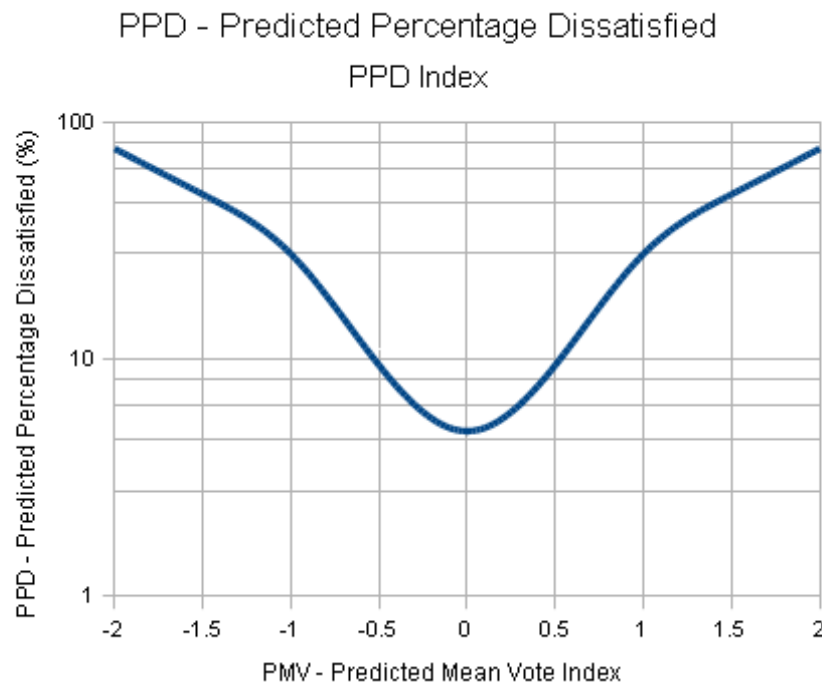
Πίνακας 2.10 Δείκτης Θερμικής άνεσης EN-ISO 7730

31

Ο μαθηματικός προσδιορισμός του δείκτη γίνεται με τη βοήθεια της εξίσωσης του θερμικού ανθρώπινου ισοζυγίου που μελετήθηκε προηγουμένως:

$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028) \cdot [M - W = H + E_C + C_{RES} + E_{RES}] \quad (2.4)$$

όπου η παράμετρος m αντιστοιχεί στην ειδική μεταβολική δραστηριότητα [W/m^2] και ο δείκτης PPD, υπολογίζεται εάν είναι γνωστός ο PMV μέσω του διαγράμματος PMV-PPD που απεικονίζεται στην εικόνα 2.1



Εικόνα 2.1 Δείκτης PMV συναρτήσει PPD

Σύμφωνα με το διάγραμμα PPD ακόμη και στην περίπτωση που ο δείκτης PMV έχει μηδενική τιμή, οπότε ο άνθρωπος βρίσκεται σε κατάσταση θερμικής άνεσης, θα υπάρχει πάντα ένα ποσοστό 5% ατόμων που θα δηλώνει δυσφορία για τις θερμικές συνθήκες του σχετικού χώρου. Στις περιπτώσεις, επίσης, εκείνες κατά τις οποίες οι τιμές του PMV είναι ακραίες, είναι δηλαδή +3 ή -3, ο δείκτης PPD είναι 99,12%. Όταν, με άλλα λόγια, υπάρχει πολύ ζέστη ή πολύ κρύο, θα υπάρχει πάντα ένα ποσοστό ατόμων, περίπου 1%, που θα είναι ικανοποιημένο με τις θερμικές συνθήκες.

Εκείνοι που υιοθετούν τη θεωρία του Fanger εκλαμβάνουν κατά κανόνα τη θερμική κατάσταση σε ένα χώρο ως ικανοποιητική, όταν το ποσοστό των δυσαρεστημένων ατόμων (PPD) δεν ξεπερνά το 10%.

Πολλά είναι τα πρότυπα που χρησιμοποιούν μοντέλα υπολογισμού της θερμικής άνεσης στα οποία εφαρμόζονται η θεωρία του Fanger και οι εξισώσεις των PMV και PPD, όπως είναι για παράδειγμα το αμερικάνικο πρότυπο ASHRAE 55 και το διεθνές πρότυπο ISO 7730.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ

3.1 Γενικά

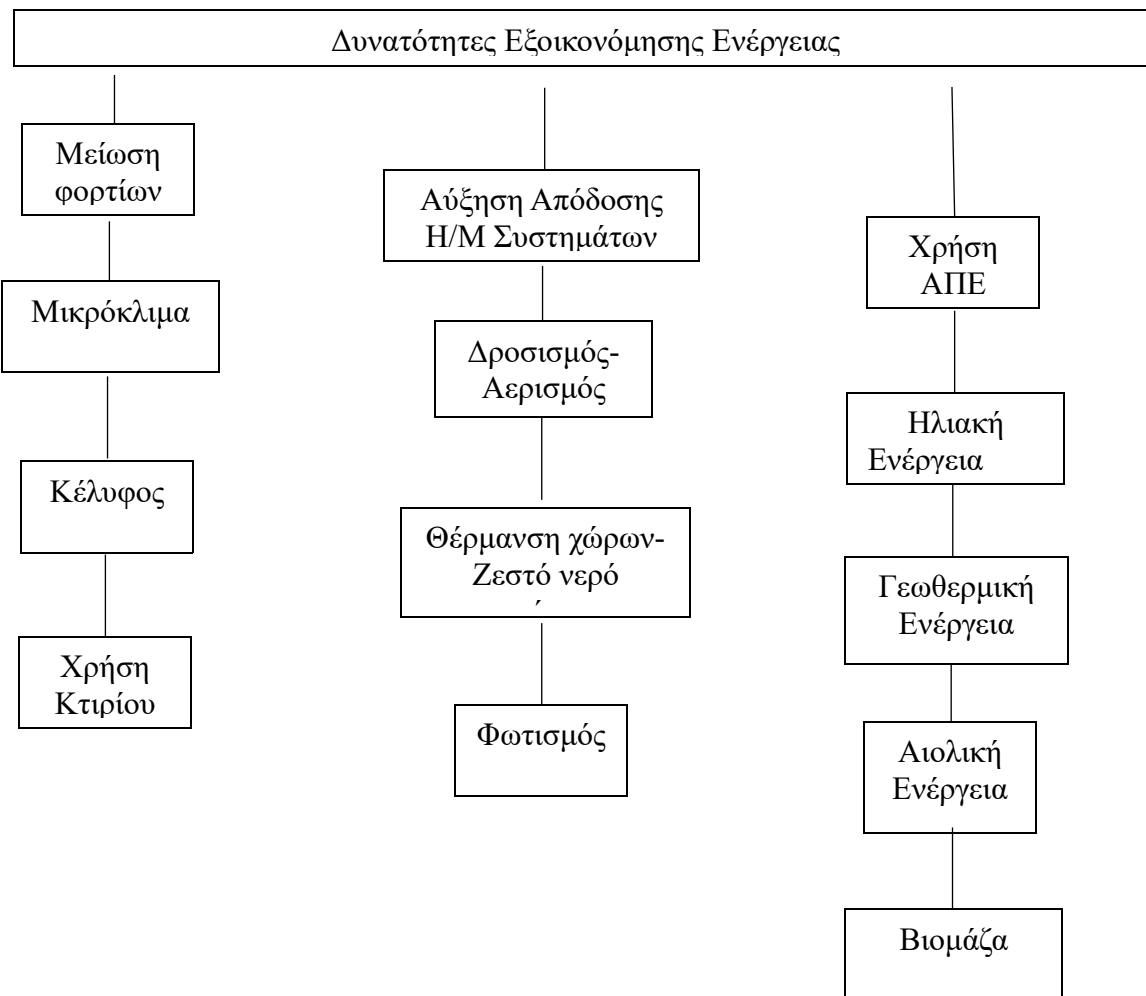
Ο ρόλος ενός κτιρίου είναι να προσφέρει το καλύτερο δυνατό εσωτερικό περιβάλλον στους χρήστες του. Αυτό σημαίνει ό τι οι εσωτερικοί χώροι πρέπει να εξασφαλίζουν τις απαιτούμενες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτισμού, χρωμάτων, ακουστικής και ποιότητας αέρα. Η επίτευξη των επιθυμητών τιμών για όλες αυτές τις παραμέτρους, επιτρέπει στους χρήστες να ζουν σε πλήρη θερμική, οπτική και ακουστική άνεση, μέσα σ' ένα υγιεινό περιβάλλον.

Όπως αναφέρθηκε εκτενώς προηγουμένως θερμική άνεση αποτελούν οι συνθήκες στις οποίες βρίσκεται ένα άτομο και δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή. Είναι ουσιαστικά υποκειμενικό συναίσθημα που καθορίζεται από τη θερμοκρασία του αέρα, τη σχετική υγρασία, την ταχύτητα του αέρα (περιβαλλοντικοί παράγοντες), τον ρυθμό μεταβολισμού και τον βαθμό ένδυσης (προσωπικοί παράγοντες).

Η οπτική άνεση σε έναν εσωτερικό χώρο εξαρτάται από τις ποσοτικές και ποιοτικές ανάγκες του χώρου σε φωτισμό, σε συνδυασμό με τη χρήση και τις λειτουργικές απαιτήσεις του.

Η ποιότητα του αέρα στους εσωτερικούς χώρους όπως επίσης περιεγράφηκε σε προηγούμενη ενότητα επηρεάζεται από την ποιότητα του εξωτερικού αέρα και την εσωτερική παραγωγή ρύπων, οι οποίοι οφείλονται στα δομικά υλικά, τα έπιπλα, τα χρώματα και τις ανθρώπινες δραστηριότητες (μαγείρεμα, καθαρισμός χώρου, κάπνισμα κλπ). Η κακή ποιότητα του αέρα επηρεάζει αρνητικά την ανθρώπινη υγεία και αποτελεί το κύριο αίτιο των “άρρωστων κτιρίων”, δηλαδή των κτιρίων στα οποία οι ένοικοι παρουσιάζουν ναυτίες, λήθαργο, αλλεργίες του αναπνευστικού συστήματος, δερματικούς ερεθισμούς, πονοκεφάλους κλπ. Ο σύγχρονος τρόπος ζωής που έχει ως συνέπεια την αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων, η αύξηση των τιμών ενέργειας, κυρίως του πετρελαίου, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η οικονομική ανάπτυξη και τέλος η ρύπανση του περιβάλλοντος που προκαλείται από τις συνηθισμένες πηγές ενέργειας οδηγούν την ανθρωπότητα να απευθυνθεί σε νέους τρόπους για εκπλήρωση των αναγκών της. Για την υπερβολική κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια υπεύθυνοι είναι ο κακός σχεδιασμός και η λάθος νοοτροπία.

Συνεπώς, οι προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας θα πρέπει να εξετασθούν σύμφωνα με τις ανάγκες του ανθρώπου, αλλά και τις δυνατότητες που μπορούν να υπάρξουν όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχεδιάγραμμα.



Εικόνα 3.1 Σχεδιάγραμμα δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας

Από το παραπάνω σχεδιάγραμμα συμπεραίνεται ότι εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια μπορεί να γίνει με μείωση των φορτίων που επηρεάζουν το εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου, που είναι:

- οι εξωτερικές συνθήκες (μικρόκλιμα, θέση και μορφή του κτιρίου)
- το κέλυφος του κτιρίου (δομικά και αρχιτεκτονικά στοιχεία) και
- το περιεχόμενο και η χρήση του κτιρίου (παρουσία ζώντων οργανισμών, φωτισμός, συσκευές, έπιπλα, χρώματα κλπ).

Για την επίτευξη της μείωσης των φορτίων σημαντικό ρόλο παίζει ο βιοκλιματικός σχεδιασμός. Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητη η αύξηση της απόδοσης των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται για τις ανάγκες του δροσισμού και αερισμού των κτιρίων, τον φωτισμό, καθώς επίσης και της θέρμανσης και του ζεστού νερού χρήσης.

Τέλος, εξαιτίας του γεγονότος ότι τα αποθέματα των βασικών πρώτων υλών παραγωγής ενέργειας (άνθρακας, πετρέλαιο) εξαντλούνται, καθώς και η διαπίστωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την καύση τους, θα πρέπει να υιοθετηθούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.) για την κάλυψη των αναγκών, όπως είναι η ηλιακή ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια, η αιολική ενέργεια και η βιομάζα.

3.2 Μείωση φορτίων μέσω βιοκλιματικού σχεδιασμού

Βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου είναι ο σχεδιασμός ο οποίος λαμβάνοντας υπόψη το κλίμα κάθε περιοχής, στοχεύει στην εξασφάλιση των απαραίτητων εσωκλιματικών συνθηκών (θερμική και οπτική άνεση, ποιότητα αέρα) με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, αξιοποιώντας τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές πηγές (ήλιος, αέρα – άνεμο, νερό, έδαφος).

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας για την θέρμανση, την ψύξη και τον φωτισμό των κτιρίων. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού ακολουθούνται οι εξής στρατηγικές:

- Βελτίωση ή και δημιουργία μικροκλίματος.
- Στρατηγική της θέρμανσης.
- Στρατηγική της ψύξης.
- Φυσικός φωτισμός.

3.2.1 Βελτίωση ή και δημιουργία μικροκλίματος

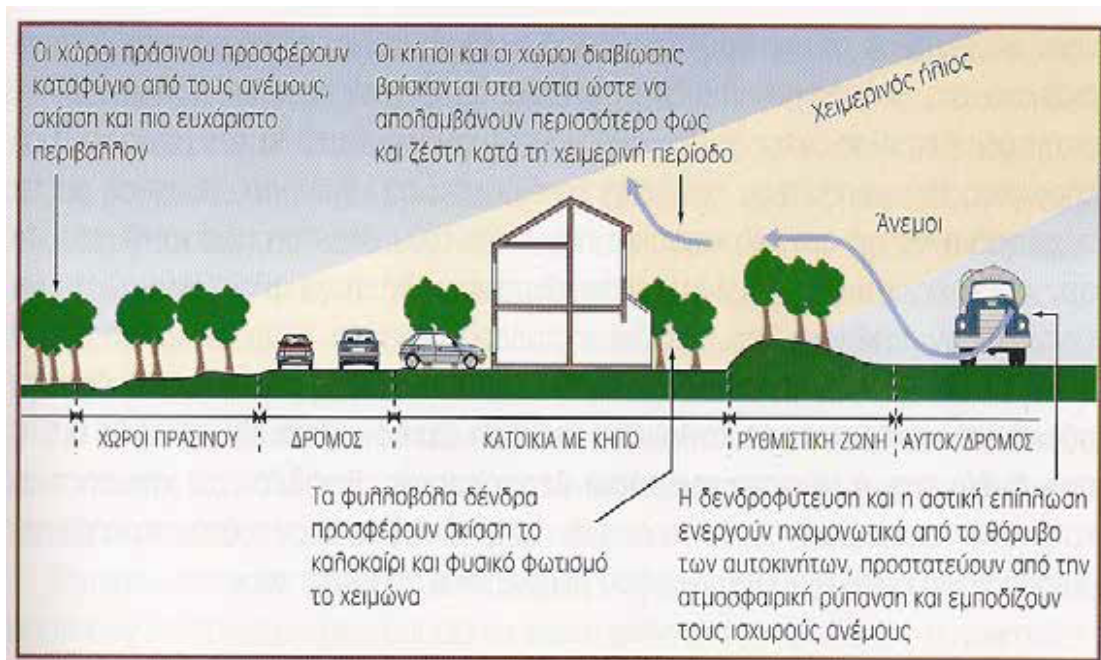
Σε κάθε τοποθεσία, η παρέμβαση του ανθρώπου μπορεί να τροποποιήσει το περιβάλλον κοντά στα κτίρια, δημιουργώντας συνθήκες γνωστές ως το μικρόκλιμα ή το κλίμα μιας μικρής επιφάνειας.

Οι αλλαγές στο σχεδιασμό σε μικροκλιματική στάθμη μπορεί να εξασφαλίσουν αξιοσημείωτα αποτελέσματα, σε αντίθεση με το γενικό μακρόκλιμα και μεσόκλιμα της περιοχής που είναι πέρα από κάθε επίδραση. Οι αλλαγές αφορούν εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και του ανέμου, καθώς και της υγρασίας του αέρα.

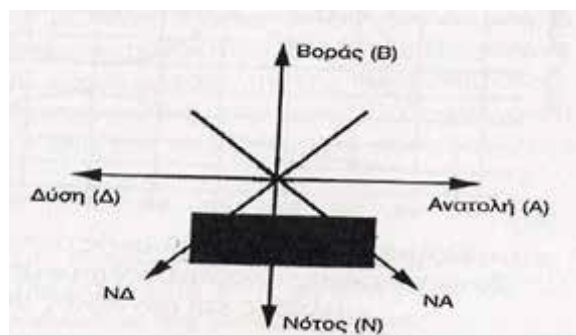
Το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνεται σε μια τοποθεσία εξαρτάται από την τοπική καλλιεργημένη βλάστηση, το σχήμα, το προσανατολισμό και τη θέση των γειτονικών κτιρίων. Η βλάστηση είναι ένας παράγοντας διαφορετικός σε σχέση με άλλα εμπόδια που δεν επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να πέσει σε μια τοποθεσία.

Ορισμένοι τύποι καλλιέργειας αλλάζουν με τις εποχές. Πολλοί (π.χ. φυλλοβόλα δέντρα) παρέχουν μόνο μερικό προπέτασμα, φιλτράροντας την ακτινοβολία που πέφτει αντί να την εμποδίζουν εντελώς, γεγονός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πλεονέκτημα.

Στην Εικόνα 3.3 απεικονίζεται ένα κτήριο επίμηκες κατά τον άξονα Ανατολής – Δύσης το οποίο προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το Νότο για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας τον χειμώνα. Για το μεσογειακό κλίμα, η άριστη αναλογία στις διαστάσεις του κτιρίου είναι 1:1,8. Το κτήριο κύβος δεν είναι το βέλτιστο σχήμα για οποιονδήποτε τύπο, ενώ το επίμηκες κτήριο κατά τον άξονα Βορά – Νότου, λειτουργεί λιγότερο αποτελεσματικά όλο τον χρόνο σε σχέση με το κτήριο κύβος.



Εικόνα 3.2 Η επιλογή των σωστών ειδών δέντρων σε συνδυασμό με την κατάλληλη τοποθέτησή τους στο οικόπεδο συντελούν στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος



Εικόνα 3.3 Κτίριο επίμηκες κατά τον άξονα Ανατολής – Δύσης

Ο προσανατολισμός του κτιρίου πρέπει να εξασφαλίζει πλήρη ηλιασμό κατά τους χειμερινούς μήνες και σκίασμό κατά τους θερινούς. Σε μία περιοχή με 40° βόρειο γεωγραφικό πλάτος ο προσανατολισμός πρέπει να είναι νότιος ή νοτιοανατολικός, γιατί η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν τριπλάσια την χειμερινή περίοδο σε σχέση με τον ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό και η ακτινοβολία αυτή μειώνεται στο μισό το καλοκαίρι. Σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη, οι νότιες επιφάνειες έχουν ακόμη μεγαλύτερο ηλιακό κέρδος τον χειμώνα, ενώ οι ανατολικές και οι δυτικές είναι ιδιαίτερα επιβαρυνμένες δεχόμενες 2-3 φορές περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία.

Τα κτίρια που είναι πανταχόθεν ελεύθερα ή βρίσκονται στο τέλος μίας σειράς κτιρίων, έχουν μεγαλύτερες θερμικές απώλειες σε σχέση με τα κτίρια, που έχουν μικρότερη επιφάνεια σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Οι απώλειες αυτές μπορούν να περιορισθούν με τη βελτίωση της θερμομόνωσης ή να αντισταθμιστούν με την αύξηση των ηλιακών θερμικών κερδών (π.χ. μ έσω της χρήσης νότιων ανοιγμάτων).

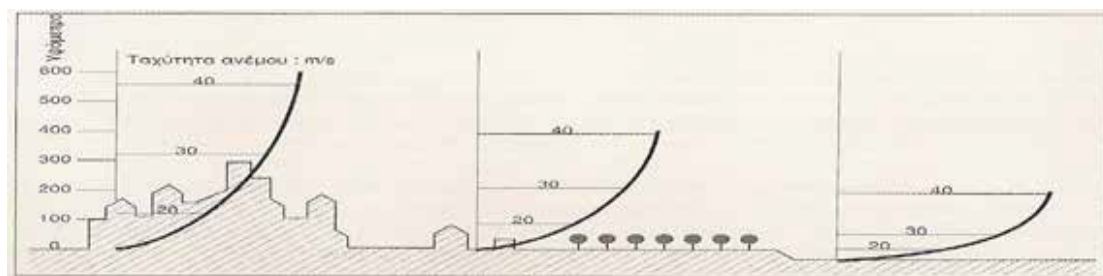
Επιπλέον, τα κτίρια που βρίσκονται σε άμεση επαφή με το έδαφος, έχουν καλύτερη θερμική συμπεριφορά και καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια από τα κτίρια με πυλωτή. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι τα κτίρια με πυλωτή έχουν 5% μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και δροσισμό. Αυτό οφείλεται στην αργή μεταβολή της θερμοκρασίας του εδάφους, λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητάς του. Έτσι, σε ορισμένο βάθος, το έδαφος είναι πιο θερμό από τον ατμοσφαιρικό αέρα τον χειμώνα και πιο δροσερό το καλοκαίρι.

Οι συνθήκες του τοπικού ανέμου μπορούν να τροποποιηθούν από την παρουσία βλάστησης, κτιρίων και κτιστών προπετασμάτων.

Οι ζώνες προστασίας αποτελούν ένα κοινό παροχής προστασίας από τον άνεμο. Τα κωνοφόρα δέντρα παρέχουν προστασία όλο το χρόνο, αλλά εμποδίζουν το ηλιακό φως το χειμώνα. Το φυλλοβόλο παρέχουν περισσότερη προστασία, όταν έχουν φύλλωμα το θέρος, παρά όταν είναι γυμνά τον χειμώνα. Ακόμα και τον χειμώνα, παρ' όλα αυτά, τα γυμνά κλαδιά, εξακολουθούν να παρέχουν κάποια μείωση στις ταχύτητες του ανέμου.

Όταν ο άνεμος αντιμετωπίζει ένα εμπόδιο, η ταχύτητά του και η διεύθυνσή του τροποποιούνται. Μια στερεή μάζα, όπως αυτή που διαθέτει ένα κτίριο, αναγκάζει τον άνεμο να πηγαίνει γύρω ή πάνω από αυτήν. Η πλευρά του κτιρίου που εκτίθενται στον άνεμο είναι κάτω από θετική (αύξουσα) πίεση, ενώ η απέναντι πλευρά που προστατεύεται αντιμετωπίζει μειωμένη πίεση. Γενικά, η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με το ύψος πάνω από το έδαφος. Εξαιτίας του αριθμού των εμποδίων στη ροή που εμφανίζονται στις πόλεις, η μέση ταχύτητα ανέμου σε ένα δοσμένο ύψος είναι πιο χαμηλή στις πόλεις από ό,τι πάνω από καθαρή επιφάνεια. Το μέγεθος των εμποδίων επηρεάζει την κατακόρυφη διαβάθμιση.

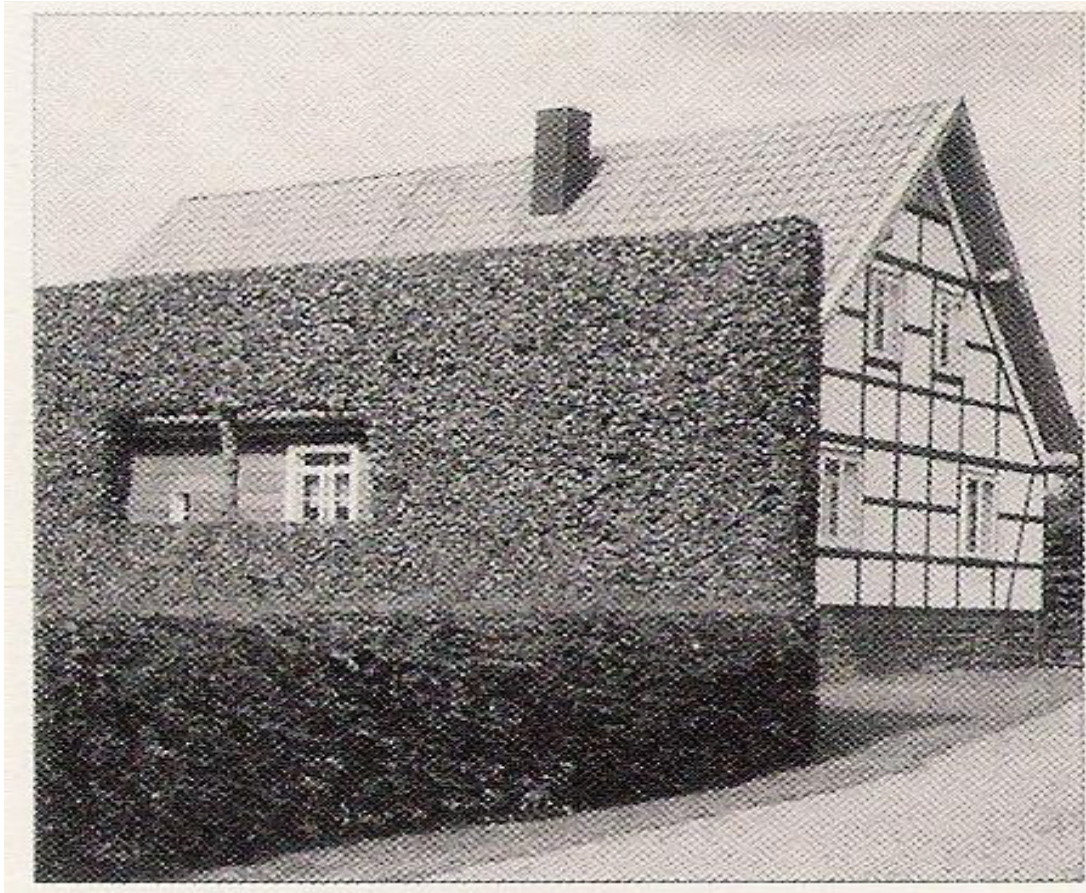
Η ροή του ανέμου στις πόλεις είναι πιο στροβιλώδης και αλλάζει πιο εύκολα κατεύθυνση από ό,τι στην ύπαιθρο που τις περιβάλλει. Ιδιαίτερα οι ισχυρές ανεμοθύελλες μπορεί να ενεργήσουν στη βάση των ψηλών κτιρίων.



Εικόνα 3.4 Σύγκριση ταχύτητας ανέμου ανάλογα με τα εμπόδια

Μελετημένη προστασία μπορεί να δημιουργηθεί με το φύτεμα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ή με κτιστά προπετάσματα. Η αποτελεσματικότητα της προστασίας ενός μακριού ευθύγραμμου προπετάσματος προσδιορίζεται από το ύψος του και τη διαπερατότητά του στον άνεμο. Σχετικά με τα προπετάσματα σημειώνεται ότι πυκνά προπετάσματα δημιουργούν μεγαλύτερη μείωση της ταχύτητας του ανέμου από ό,τι κάνουν τα διαπερατά προπετάσματα. Το βάθος της ζώνης που προστατεύεται, όμως, δεν είναι τόσο μεγάλο με ένα πυκνό περίφραγμα.

Το βάθος της ζώνης που προστατεύεται είναι ανάλογο προς το ύψος του προπετάσματος. Για ένα προπέτασμα περιορισμένου πλάτους, όπως ένα κτίριο, η προστατευμένη ζώνη αυξάνει σε βάθος από τις γωνίες προς το μέσο. Το βάθος της προστατευμένης ζώνης αυξάνεται με το πλάτος του κτιρίου εφόσον το τελευταίο φτάνει να είναι περίπου δέκα φορές το ύψος του κτιρίου. Σε αυτό το σημείο, το βάθος της προστατευμένης ζώνης είναι περίπου οκτώ φορές το ύψος του κτιρίου.



Εικόνα 3.5 Κτιστό προπέτασμα

Η υγρασία του αέρα σε μια τοποθεσία επηρεάζεται από την παρουσία νερού και βλάστησης. Σιντριβάνια, νερό που κυκλοφορεί κάτω από πορώδεις επιστρώσεις, δεξαμενές και κανάλια επιφέρουν ύγρανση, άρα ψύξη, του παρακείμενου αέρα, αν και είναι σημαντικό να εξασφαλίζεται ό τι η υγρασία στην τοποθεσία θα παραμένει στην περιοχή άνεσης. Η διαδικασία εξάτμισης – διαπνοής της κοντινής βλάστησης έχει επίσης ψυκτική επίδραση στον αέρα.

Το κτίριο πρέπει να λειτουργεί ως παγίδα θερμότητας, δηλαδή να έχει τη δυνατότητα να παγιδεύσει τη θερμότητα, που δέχτηκε και αποθήκευσε στο εσωτερικό του, έτσι ώστε να περιοριστούν στο ελάχιστο οι απώλειες θερμότητας. Η απώλεια θερμότητας σε ένα κτίριο γίνεται με τρεις τρόπους:

- με αγωγιμότητα, μέσα από τα δομικά στοιχεία (τοίχοι, οροφή, δάπεδο, ανοίγματα)
- με μετάβαση, λόγω της κίνησης του αέρα μέσα από τους αρμούς στα πλαίσια των ανοιγμάτων ή από τα ανοίγματα και

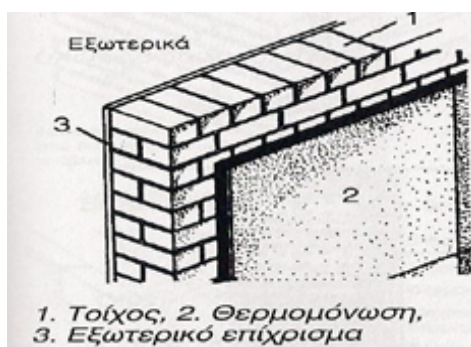
- με ακτινοβολία από το κέλυφος του κτιρίου, όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη από τη εξωτερική

Ο περιορισμός των θερμικών απωλειών εξασφαλίζεται με τα ακόλουθα μέτρα:

- μείωση των εκτεθειμένων πλευρών του κτιρίου προς το Βορά, καλύπτοντας ακόμη και με χώμα τμήμα της βορεινής όψης
- προστασία των εκτεθειμένων πλευρών του κτιρίου από τους ψυχρούς ανέμους με βλάστηση ή δέντρα
- χρήση διπλών υαλοπινάκων στα βορεινά ανοίγματα

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ			
Τύπος υαλοπίνακα	Πάχος υαλοπίνακα-διάκενου-υαλοπίνακα (mm)	Αέρια διάκενου	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² K)
Μονός	6	-	5.7
Μονός	8	-	5
Διπλός	4-6-4	Αέρας	3.4
Διπλός	4-12-4	Αέρας	2.9
Διπλός-χαμηλής εκπομπής	4-10-4	Αέρας	2.0-2.4
Διπλός-χαμηλής εκπομπής	4-12-4	Αέρας	1.7-2.4
Διπλός-χαμηλής εκπομπής	4-6-4	Αργό	2.1-2.6
Διπλός-χαμηλής εκπομπής	4-12-4	Αργό	1.3-1.7

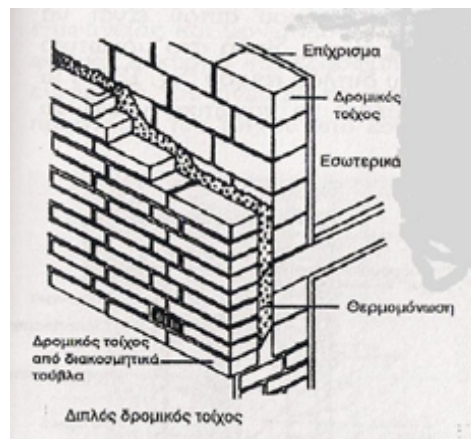
- τοποθέτηση θερμομόνωσης στα δομικά στοιχεία για τη μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας



Εικόνα 3.7 Εσωτερική θερμομόνωση



Εικόνα 3.8 Εξωτερική θερμομόνωση



Εικόνα 3.9 Θερμομόνωση στον πυρήνα της τοιχοποιίας

- μείωση των ανοιγμάτων στη βορεινή όψη του κτιρίου
- στεγάνωση των αρμών στα πλαίσια των ανοιγμάτων
- νυχτερινή προστασία των ανοιγμάτων με ρολά ή παντζούρια

Τα αρχιτεκτονικά στοιχεία, που ρυθμίζουν τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου είναι τα γυάλινα ανοίγματα, οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης και τα προσαρτημένα στο κτίριο θερμοκήπια.

Τα συστήματα θέρμανσης, που αξιοποιούν τον ήλιο για την θέρμανση του κτιρίου χωρίς την παρεμβολή μηχανικών μέσων, ονομάζονται παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης. Τα συστήματα αυτά είναι, συνήθως, απλές κατασκευές ενσωματωμένες στο κέλυφος του κτιρίου και τα υλικά κατασκευής τους είναι κοινά οικοδομικά υλικά.

Ο βασικός τους σκοπός είναι η συλλογή της ηλιακής ενέργειας, η αποθήκευση υπό μορφή θερμότητας και η διανομή της στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Τέλος, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους
- συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους

Τα συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους αξιοποιούν άμεσα την ηλιακή ενέργεια, που συλλέγεται από τα γυάλινα ανοίγματα νότιου προσανατολισμού και απαιτούν α) μεγάλες γυάλινες επιφάνειες στη νότια όψη του κτιρίου β) θερμομόνωση των τοίχων, γ) μεγάλη θερμική μάζα και δ) κινητή μόνωση με ρολά ή παντζούρια για τη νυχτερινή προστασία των ανοιγμάτων κατά τη χειμερινή περίοδο.

Η αποτελεσματικότητα τέτοιων συστημάτων επηρεάζεται από τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων (το 90% της ηλιακής ακτινοβολίας δεσμεύεται όταν τα ανοίγματα προσανατολίζονται στο νότο με δυνατότητα απόκλισης 30° ανατολικά ή δυτικά), την κλίση των ανοιγμάτων (τα κατακόρυφα ανοίγματα έχουν μεγάλο ηλιασμό τον χειμώνα και μικρό το καλοκαίρι – Εικόνα 3.10), το μέγεθος των ανοιγμάτων (εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και είναι αντιστρόφως ανάλογο της εξωτερικής θερμοκρασίας το χειμώνα), τη θέση των ανοιγμάτων, τον τύπο του υαλοπίνακα (προτείνεται η χρήση υαλοπινάκων που διαχέουν το φως, γιατί διανέμουν τη θερμική ενέργεια προς όλες τις κατευθύνσεις και συνεισφέρουν στην αποφυγή της θάμβωσης αλλά μικρής διαπερατότητας για τα θερμά κλίματα και μεγάλης για τα ψυχρά), τη θερμική μάζα των δομικών στοιχείων (τα δομικά στοιχεία ενός χώρου πρέπει να έχουν τουλάχιστον εννέα φορές μεγαλύτερη επιφάνεια από τα ανοίγματα και να κατασκευάζονται από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα, για να μπορούν να απορροφούν και να αποθηκεύουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία.

ΜΕΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΩΝ ΧΕΙΜΩΝΑ [°C]		ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ 1 m ² [m ²]
Ψυχρό κλίμα	-9,4	0,27 - 0,42 (με νυχτερινή μόνωση)
	-6,7	0,24 - 0,38 (με νυχτερινή μόνωση)
	-3,9	0,21 - 0,33
	-1,1	0,19 - 0,29
Εύκρατο κλίμα	1,7	0,16 - 0,25
	4,5	0,13 - 0,21
	7,2	0,11 - 0,17

Σημειώσεις
 - Οι τιμές του πίνακα μπορούν να εφαρμοστούν για κτίρια με καλή μόνωση.
 - Για μικρότερα γεωγραφικά πλάτη χρησιμοποιούνται οι χαμηλότερες τιμές και για μεγαλύτερα οι υψηλότερες.

Εικόνα 3.10 Πίνακας με μεγέθη ανοιγμάτων νότιου προσανατολισμού

Τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους αξιοποιούν με έμμεσο τρόπο την ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση των κτιρίων και διακρίνονται σε τρία είδη: α) Τοίχος θερμικής αποθήκευσης, β) Θερμοκήπιο προσαρτημένο σε κτίριο και γ) Ηλιακό αίθριο.

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι ο συνδυασμός τοίχου νότιου προσανατολισμού και εξωτερικού υαλοστασίου, το οποίο βρίσκεται σε απόσταση 10cm περίπου από τον τοίχο και είναι σταθερό ή ανοιγόμενο με μονούς ή διπλούς υαλοπίνακες. Ο τοίχος κατασκευάζεται από υλικό μεγάλης θερμοχωρητικότητας (μπετόν, πέτρα, τούβλα) για να διασφαλίζει χρονική καθυστέρηση 6-8 h, έτσι ώστε η εσωτερική του επιφάνεια να έχει τη μέγιστη θερμοκρασία στην αρχή της νύχτας.

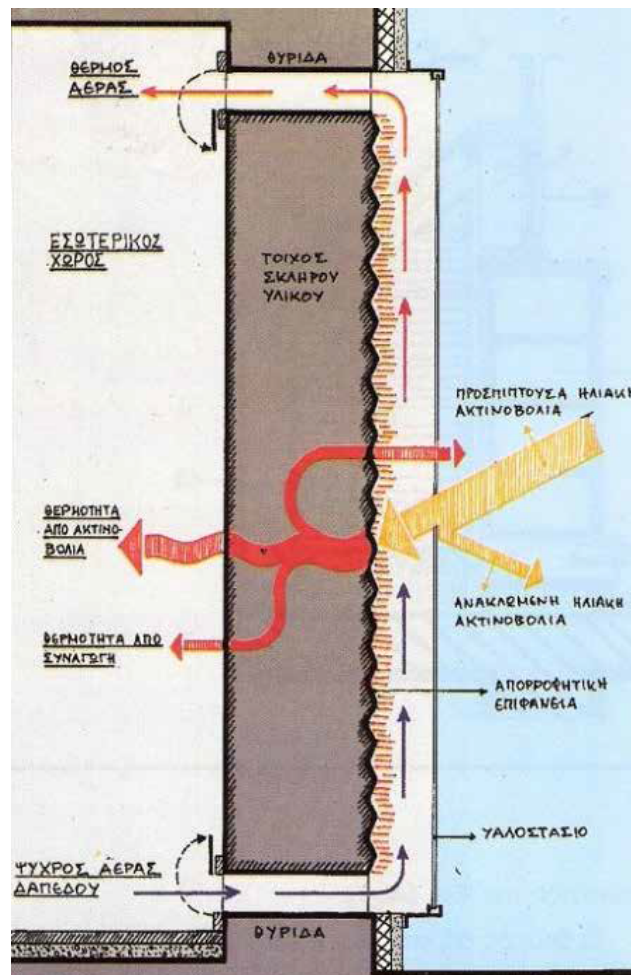
Η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά το υαλοστάσιο, εγκλωβίζεται στον κενό χώρο μεταξύ αυτού και του τοίχου και μετατρέπεται σε θερμότητα. Στη συνέχεια η θερμότητα απορροφάται από τον τοίχο, θερμαίνοντας την εξωτερική πλευρά, τη μάζα του και την εσωτερική πλευρά με αγωγιμότητα και, τέλος, μεταδίδεται με μετάβαση και ακτινοβολία στον εσωτερικό χώρο.

Στην εξωτερική πλευρά του τοίχου πρέπει να υπάρχει οπωσδήποτε κινούμενο σκίαστρο, το οποίο προστατεύει το χώρο από την υπερθέρμανση το καλοκαίρι και τις θερμικές απώλειες τις νύχτες του χειμώνα.

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης παρουσιάζεται με δύο διαφορετικές μορφές: α) τον τοίχο Trombe και β) τον τοίχο νερού. Ο τοίχος Trombe αποτελείται από ένα τοίχο από μπετόν πάχους 30-40cm βαμμένο εξωτερικά με σκούρο χρώμα, μπροστά από τον οποίο υπάρχει υαλοστάσιο σε απόσταση 5cm περίπου. Σε όλο το μήκος του τοίχου, στο πάνω και κάτω μέρος, υπάρχουν θυρίδες για να διευκολύνουν την κίνηση του αέρα.

Η λειτουργία του συστήματος οφείλεται στο φαινόμενο του θερμοσιφονισμού και πραγματοποιείται με την κυκλοφορία του αέρα στο χώρο ανάμεσα στον υαλοπίνακα και τον τοίχο, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας. Έτσι κατά τη διάρκεια της ημέρας ο θερμός αέρας κινείται προς τα πάνω και μέσα από τη θυρίδα μπαίνει στον εσωτερικό χώρο, ενώ ο ψυχρότερος αέρας από τον εσωτερικό χώρο περνάει από την κάτω θυρίδα και αντικαθιστά το κενό, που δημιουργήθηκε στο χώρο μεταξύ υαλοπίνακα και τοίχου.

Κατά τη διάρκεια της νύχτας η λειτουργία του συστήματος αντιστρέφεται. Οι θυρίδες κλείνουν και η θέρμανση του χώρου γίνεται με ακτινοβολία της θερμότητας, που αποθηκεύτηκε στον τοίχο.



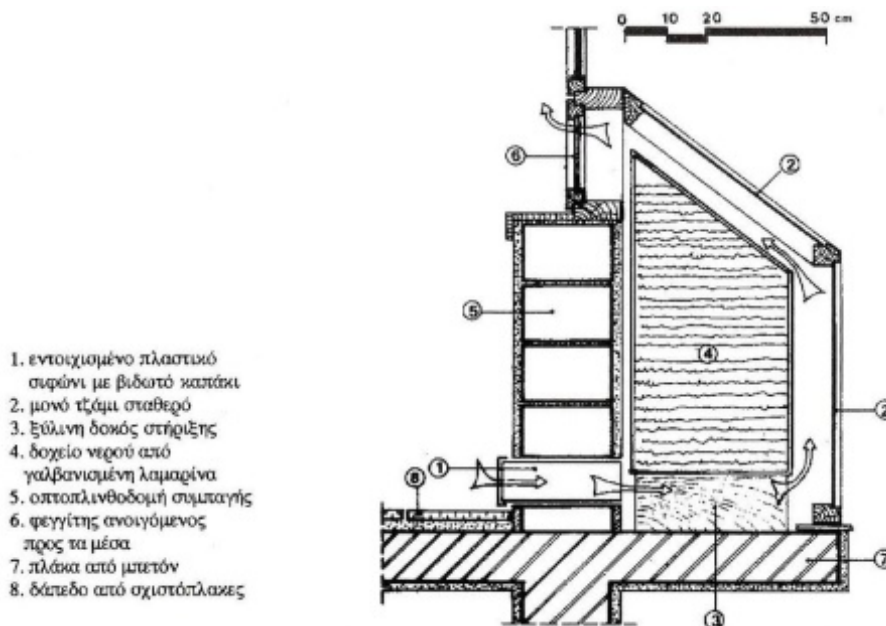
Εικόνα 3.11 Τοίχος Trombe

Το καλοκαίρι, όλο το 24ωρο, η πάνω θυρίδα παραμένει κλειστή, ενώ ταυτόχρονα ανοίγει ένα τμήμα στο πάνω μέρος του υαλοστασίου (φεγγίτης), από το οποίο εξασφαλίζεται η απομάκρυνση του ζεστού αέρα προς τα έξω.

Τέλος, ένα κινούμενο σκίαστρο στην εξωτερική πλευρά προστατεύει τον χώρο από την υπερθέρμανση το καλοκαίρι και τις θερμικές απώλειες τις νύχτες του χειμώνα.

Ο τοίχος νερού είναι τοίχος θερμικής αποθήκευσης περιλαμβάνει μία ποσότητα νερού πίσω από ένα υαλοστάσιο. Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στη μεγάλη θερμοχωρητικότητα του νερού, το οποίο αποθηκεύει το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο υλικό, γι' αυτό και ο τοίχος νερού έχει μικρότερη επιφάνεια από τον τοίχο Trombe.

Επειδή όμως το νερό θερμαίνεται ομοιόμορφα η θερμοκρασία στην επιφάνεια του τοίχου είναι ίση εσωτερικά και εξωτερικά, με αποτέλεσμα το βράδυ να έχουμε ακτινοβολία θερμότητας προς τα μέσα και προς τα έξω. Για το λόγο αυτό επιβάλλεται η νυχτερινή θερμική μόνωση στην εξωτερική πλευρά του τοίχου.



Εικόνα 3.12 Τοίχος νερού

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης εξαρτώνται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Μέγεθος επιφάνειας τοίχου: Εξαρτάται από το κλίμα της περιοχής, το γεωγραφικό πλάτος και τις θερμικές απώλειες του κτιρίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας, τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι η επιφάνεια του τοίχου. Όσο αυξάνεται το γεωγραφικό πλάτος, τόσο μειώνεται η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και, συνεπώς, απαιτείται μεγαλύτερη επιφάνεια τοίχου. Ένας χώρος καλά μονωμένος χρειάζεται μικρότερη επιφάνεια τοίχου από ένα χώρο με θερμικές απώλειες.
- Υλικά κατασκευής και πάχος τοίχου: Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού, τόσο το πάχος του τοίχου πρέπει να αυξάνεται για να μην μειωθεί η χρονική καθυστέρηση. Όσο πιο μεγάλο είναι το πάχος του τοίχου, τόσο μικρότερες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις έχουμε στον εσωτερικό χώρο.
- Εξωτερικό χρώμα τοίχου: Όσο πιο σκούρο είναι το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου, τόσο μεγαλύτερη ικανότητα απορρόφησης της θερμικής ενέργειας παρουσιάζει.

Ένα άλλο σύστημα έμμεσου ηλιακού κέρδους είναι το θερμοκήπιο προσαρτημένο σε κτίριο. Το θερμοκήπιο ή σέρα είναι ένας κλειστός χώρος με μεγάλο ποσοστό γυάλινης επιφάνειας και νότιο προσανατολισμό, ο οποίος προσαρτάται σε ένα τμήμα του κτιρίου. Ο χώρος αυτός μπορεί να διαθέτει παράθυρα ή πόρτα προς το εσωτερικό του κτιρίου, ή διαχωριστικό τοίχο με θυρίδες στη βάση και την οροφή.

Ένα θερμοκήπιο προσαρτημένο σε κτίριο εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Προσανατολισμός θερμοκηπίου: Το θερμοκήπιο πρέπει να προσαρτάται στη νότια πλευρά του κτιρίου και να έχει σχήμα επίμηκες κατά τον άξονα ανατολή – δύση. Η θερμική λειτουργία του βελτιώνεται αν υπάρχει τοίχος θερμικής αποθήκευσης, που το διαχωρίζει από το εσωτερικό του κτιρίου και γίνεται ακόμη καλύτερη αν ενσωματωθεί στο κτίριο, έτσι ώστε να περικλείεται από τοίχους ανατολικά και δυτικά, γιατί με τον τρόπο αυτό μειώνονται οι θερμικές απώλειες.
- Μέγεθος θερμοκηπίου: Εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και την επιφάνεια του εσωτερικού χώρου.
- Υλικά κατασκευής: Το υλικό κάλυψης είναι διαφανές (γυαλί ή πλαστικό) για να δεσμεύεται το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ το πλαίσιο κατασκευάζεται από ξύλο ή μέταλλο.
- Κλίση υαλοστασίου: Η καλύτερη κλίση, σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, είναι 40° – 70° για τις μεσογειακές χώρες και 30° – 60° για τις περιοχές με μεγαλύτερο γεωγραφικό πλάτος.
- Σύνδεση θερμοκηπίου με το κτίριο: Το σύστημα λειτουργεί καλύτερα αν μεταξύ θερμοκηπίου και κτιρίου υπάρχει τοίχος θερμικής αποθήκευσης από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας (μπετόν, τούβλο, νερό), του οποίου η εξωτερική επιφάνεια είναι βαμμένη με σκούρο χρώμα.

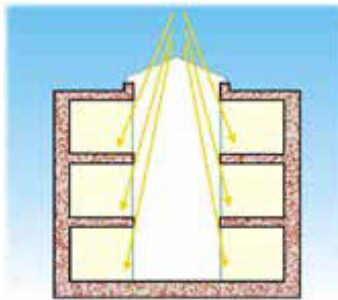


Εικόνα 3.13 Θερμοκήπιο προσαρτημένο σε κτίριο

Οι συνθήκες υπερθέρμανσης που εύκολα δημιουργούνται το καλοκαίρι, αντιμετωπίζονται με τρία μέτρα: α) σκιασμό του θερμοκηπίου με κουρτίνες ή μεταλλικές περσίδες, β) άνοιγμα στην οροφή του θερμοκηπίου για να απομακρύνεται προς τα έξω ο ζεστός αέρας και γ) καλό αερισμό με την εισαγωγή αέρα από ανοίγματα στο κάτω μέρος του υαλοστασίου.

Τέλος, το ηλιακό αίθριο είναι ο εσωτερικός χώρος του κτιρίου, που έχει γυάλινη οροφή. Το καλοκαίρι απαιτείται αερισμός του αίθριου μέσω ανοιγμάτων στην οροφή και πλήρης σκιασμός. Το σύστημα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους κοινόχρηστους χώρους, που δημιουργούνται στο εσωτερικό των οικοδομικών τετραγώνων από τις πολυκατοικίες.

Έτσι, οι χώροι αυτοί αντί να αποτελούν εστίες απορριμμάτων και μόλυνσης, μπορούν να μετατραπούν σε πυρήνες πρασίνου και να συμβάλλουν παράλληλα στη μείωση των θερμικών απωλειών και την αύξηση των ηλιακών κερδών των παρακείμενων κατοικιών.



Εικόνα 3.14 Ηλιακό αίθριο

3.2.2 Στρατηγική Δροσισμού

Στις θερμές περιόδους του έτους, οι ακτίνες του ήλιου, η διείσδυση του θερμού εξωτερικού αέρα στο κτίριο και τα εσωτερικά κέρδη από τις δραστηριότητες των ενοίκων και τις συσκευές μπορεί να οδηγήσουν σε μη αποδεκτές καταστάσεις. Για να επιτευχθεί μια άνετη εσωτερική θερμοκρασία, θα μπορούσε να ληφθεί μια σειρά από μέτρα.

Τα συστήματα δροσισμού, που αξιοποιούν τον άνεμο για την ψύξη των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου χωρίς την παρεμβολή μηχανικών μέσων, ονομάζονται παθητικά συστήματα δροσισμού. Τα συστήματα αυτά εξοικονομούν ενέργεια γιατί υποκαθιστούν την ηλεκτρική ενέργεια, που καταναλώνεται στα κλιματιστικά μηχανήματα, βελτιώνουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, περιορίζουν τα προβλήματα φορτίου αιχμής και προστατεύουν το περιβάλλον, γιατί συμβάλλουν στη μείωση της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα και χλωροφθορανθράκων στην ατμόσφαιρα, που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την τρύπα του όζοντος.

Τα παθητικά συστήματα δροσισμού διακρίνονται σε συστήματα ηλιοπροστασίας, συστήματα φυσικού αερισμού και συστήματα δροσισμού με ακτινοβολία.

- Συστήματα ηλιοπροστασίας: Τους καλοκαιρινούς μήνες, τόσο στα θερμά όσο και στα εύκρατα κλίματα, το κτίριο απορροφά πολύ θερμότητα και ενδέχεται να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης στο εσωτερικό του. Η υπερθέρμανση αποτρέπεται με την ηλιοπροστασία του κτιρίου, η οποία εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να διεισδύσει στο εσωτερικό του.

Τα συστήματα ηλιοπροστασίας διακρίνονται σε:

- Σκιασμός κτιρίων και ανοιγμάτων: Ο σκιασμός του κτιρίου εξασφαλίζεται με την τοποθέτηση βλάστησης ή φυλλοβόλων δέντρων στην κατάλληλη θέση ώστε να διακόπτεται ο άμεσος ηλιασμός του κτιρίου. Ο σκιασμός των ανοιγμάτων εξασφαλίζεται με τη χρήση ειδικών διατάξεων, που ονομάζονται σκίαστρα. Τα εξωτερικά σκίαστρα είναι πιο αποτελεσματικά από τα εσωτερικά, γιατί σταματούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία πριν εισέλθει και παγιδευτεί μέσα στο χώρο.

Η χρήση κινητών σκιάστρων επιτρέπει τη σκίαση των ανοιγμάτων όταν αυτή κρίνεται απαραίτητη.



Εικόνα 3.15 Τα σκίαστρα που θα συμβάλλουν στο φυσικό δροσισμό του κτιρίου τα καλοκαίρια

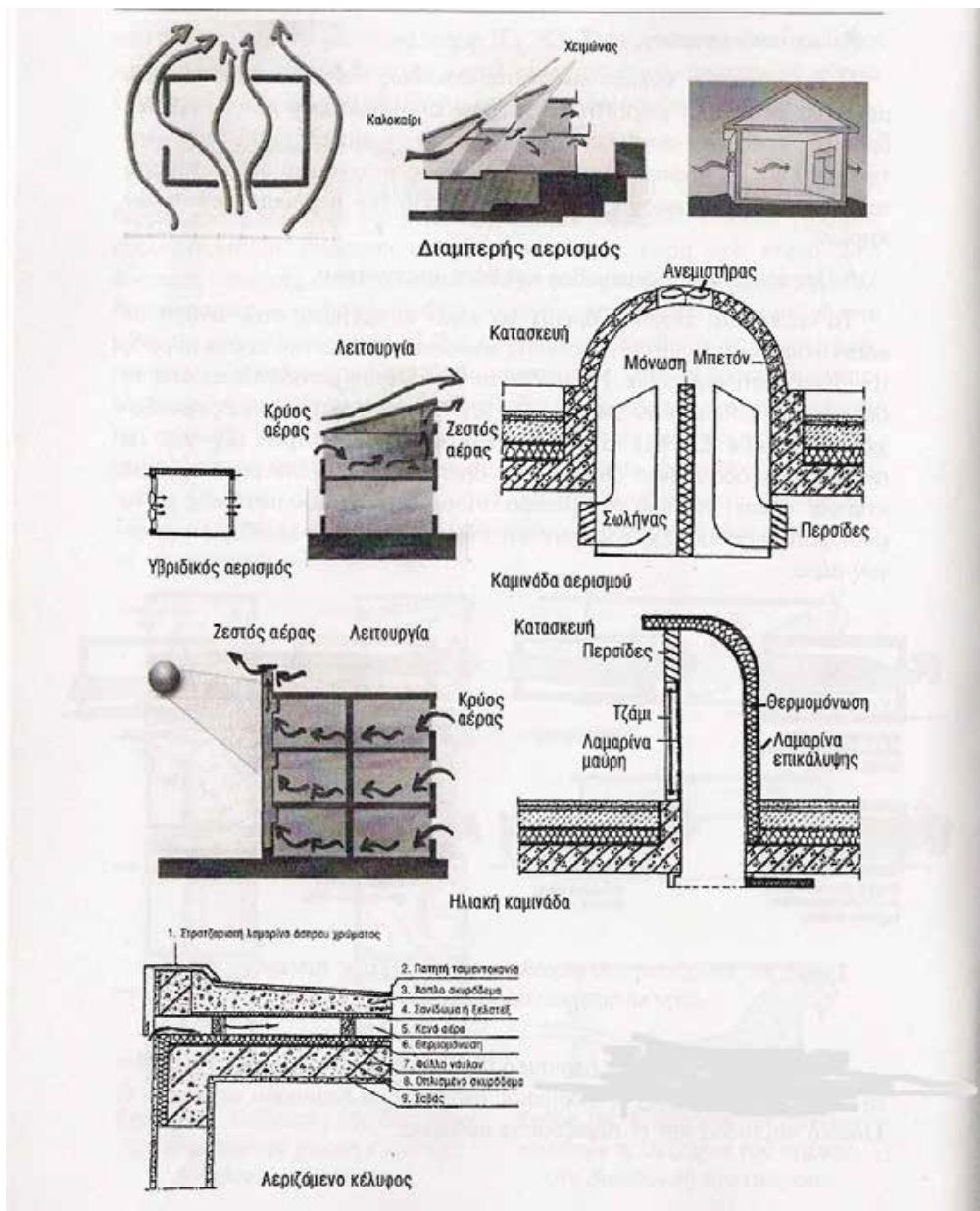
- Χρήση ειδικών υαλοπινάκων: Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι υαλοπινάκων που συνεισφέρουν σημαντικά στην ηλιοπροστασία του κτιρίου.
- Εξωτερικός χρωματισμός: Ο εξωτερικός χρωματισμός του κτιρίου επηρεάζει σημαντικά το θερμικό και ψυκτικό του φορτίο. Στα θερμά κλίματα επιβάλλεται η χρήση ανοιχτών χρωμάτων και υλικών με μικρό συντελεστή απορροφητικότητας και μεγάλο συντελεστή ανακλαστικότητας στις εξωτερικές επιφάνειες, για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του κτιρίου.
- Φύτμα δώματος: Η εγκατάσταση κήπου στο δώμα ενός κτιρίου έχει σημαντικές θερμομονωτικές ιδιότητες για τον χειμώνα και το καλοκαίρι. Ο κήπος στο δώμα μειώνει το φορτίο κλιματισμού και θέρμανσης στον τελευταίο όροφο σε ποσοστό 30% το καλοκαίρι και 10% το χειμώνα αντίστοιχα.

- Παράλληλα, αποτελούν φυσικές μονάδες οξυγόνου γιατί αφενός μειώνουν την ατμοσφαιρική ρύπανση λόγω της φωτοσύνθεσης και αφετέρου δημιουργούν μια ασπίδα προστασίας με οξυγόνο για τους ενοίκους του κτιρίου, καθώς και ο οξυγονωμένος αέρας γίνεται βαρύτερος και κατεβαίνει προς τα κάτω. Τέλος, συγκρατούν και απορροφούν την απορροή του βρόχινου νερού (από μισή έως 2,5 ώρες ανάλογα με την ένταση της βροχής και για πάχος χώματος 15 cm), μειώνοντας τα πλημμυρικά φαινόμενα. Η εγκατάσταση κήπου στο δώμα ενός κτιρίου απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή τόσο κατά το σχεδιασμό, όσο και κατά την κατασκευή του.

Πριν την κατασκευή απαιτείται έλεγχος της φέρουσας κατασκευής, που πρόκειται να δεχτεί τα πρόσθετα φορτία του κήπου.

- Συστήματα φυσικού αερισμού: Ο φυσικός αερισμός είναι η σημαντικότερη τεχνική παθητικού δροσισμού και διευκολύνει την απομάκρυνση της θερμότητας από το κτίριο και το ανθρώπινο σώμα. Υπό την προϋπόθεση ότι οι εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες είναι ευνοϊκές, η χρήση του φυσικού αερισμού μπορεί να ελαττώσει το ψυκτικό φορτίο, να αυξήσει τη θερμική άνεση και να διατηρήσει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα στο κτίριο. Τα συστήματα φυσικού αερισμού διακρίνονται σε:
 - Διαμπερής αερισμός: Γίνεται από τα ανοίγματα στις όψεις του κτιρίου και τις θυρίδες στο πάνω και κάτω μέρος των εσωτερικών τοίχων.
 - Υβριδικός αερισμός: Γίνεται με τη χρήση ανεμιστήρων (ειδικότερα ανεμιστήρων οροφής), οι οποίοι ενισχύουν τον φυσικό αερισμό και συνεισφέρουν στην επίτευξη θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες 2°C υψηλότερες από τις συνηθισμένες, επειδή με την κίνηση του αέρα η μετάδοση της θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα γίνεται με μετάβαση. Το σύστημα αυτό απαιτεί ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.
 - Καμινάδα αερισμού: Λειτουργεί με το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και μπορεί να έχει ανεμιστήρα στο υψηλότερο σημείο της. Ο θερμός αέρας του χώρου που είναι λιγότερο πυκνός και πιο ελαφρύς, μεταφέρεται προς τα πάνω και το κενό που δημιουργείται καλύπτεται από τον βαρύτερο ψυχρό αέρα, ο οποίος εισέρχεται από τα ανοίγματα του κτιρίου.
 - Ηλιακή καμινάδα: Είναι η καμινάδα, που έχει υαλοπίνακες στην νότια ή νοτιοδυτική της επιφάνεια και περσίδες στο πάνω μέρος της ίδιας πλευράς. Ο αέρας μέσα στην καμινάδα θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και κινείται με μεγάλη ταχύτητα προς τα επάνω, ενισχύοντας σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού. Λόγω της συνεχούς ανανέωσης του αέρα, το σύστημα αυτό συνιστάται σε περιοχές με αρκετή υγρασία το καλοκαίρι.
 - Αεριζόμενο κέλυφος: Πρόκειται για κατασκευή διπλού κελύφους στην οροφή ή στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου, όπου μέσα στο διάκενο κυκλοφορεί ο αέρας του περιβάλλοντος και συνεισφέρει στη μεταφορά θερμότητας από το κέλυφος του κτιρίου στην ατμόσφαιρα.

- Συστήματα δροσισμού με ακτινοβολία: Ο δροσισμός με ακτινοβολία βασίζεται στις απώλειες θερμότητας λόγω εκπομπών μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας, από ένα σώμα σ' ένα άλλο γειτονικό του, το οποίο έχει μικρότερη θερμοκρασία και αποτελεί τη δεξαμενή θερμότητας. Στην περίπτωση των κτιρίων το ψυχόμενο σώμα είναι το κέλυφος και η δεξαμενή θερμότητας είναι ο ουράνιος θόλος. Τα συστήματα δροσισμού με ακτινοβολία διακρίνονται σε:
- Λευκή οροφή: Το βάψιμο της οροφής με λευκό χρώμα (μονωτικό χρώμα ή ασβέστης) είναι το απλούστερο σύστημα δροσισμού με ακτινοβολία. Το πλεονέκτημα της λευκής οροφής είναι ότι απορροφά μικρή ποσότητα θερμότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας, οπότε η θερμοκρασία της παραμένει χαμηλή κι έτσι ψύχεται εύκολα τη νύχτα.
- Κινητή μόνωση: Αποτελείται από ένα μονωτικό υλικό, που μετακινείται με το χέρι ή μηχανικά ώστε να καλύπτει την οροφή του κτιρίου. Το καλοκαίρι η οροφή καλύπτεται την ημέρα για να ελαχιστοποιούνται τα ηλιακά θερμικά κέρδη, ενώ το βράδυ αφαιρείται το κάλυμμα και διευκολύνεται η ψύξη της με ακτινοβολία. Τον χειμώνα, η οροφή εκτίθεται στον ήλιο την ημέρα για να δεχτεί τα ηλιακά θερμικά κέρδη, ενώ το βράδυ μονώνεται προκειμένου να μειωθούν οι θερμικές απώλειες και να διοχετευτεί η πλεονάζουσα θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου.



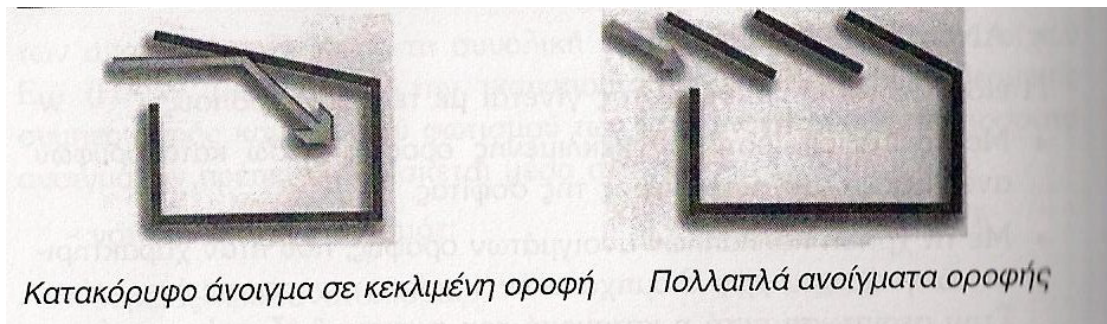
Εικόνα 3.16 Συστήματα φυσικού αερισμού

3.2.3 Φυσικός φωτισμός

Φυσικό φως ονομάζεται το ορατό τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (380-770 nm), που εκπέμπει ο ήλιος και προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης. Το φυσικό φως αποτελείται από το άμεσο ηλιακό φως, δηλαδή το φως που έρχεται απευθείας από τον ήλιο, το διάχυτο φως, δηλαδή εκείνο που προέρχεται από τη διάχυση του ηλιακού φωτός στην ατμόσφαιρα και από το ανακλώμενο φως, δηλαδή εκείνο που προκύπτει από την ανάκλαση του ηλιακού φωτός από το έδαφος και τις άλλες επιφάνειες.

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού γίνεται με έξι τεχνικές:

- Ανοίγματα οροφής: Η είσοδος του ηλιακού φωτός γίνεται με τέσσερις τρόπους:
- Με την αξιοποίηση της κεκλιμένης οροφής, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων στο πάνω μέρος της σοφίτας.
- Με τη χρήση πολλαπλών ανοιγμάτων οροφής, που ήταν χαρακτηριστικό γνώρισμα των βιομηχανικών κτιρίων τον περασμένο αιώνα. Στην περίπτωση αυτή η κατανομή του φωτισμού εξαρτάται από τον αριθμό των ανοιγμάτων και τις μετεωρολογικές συνθήκες. Όταν ο ουρανός είναι νεφοσκεπής έχουμε ομοιογενή φωτισμό, ενώ όταν είναι αίθριος, η κατανομή του φωτισμού εξαρτάται από τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων. Τα βόρεια ανοίγματα παρέχουν ομαλή κατανομή του φυσικού φωτός και τα νότια επιτρέπουν την είσοδο της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο.



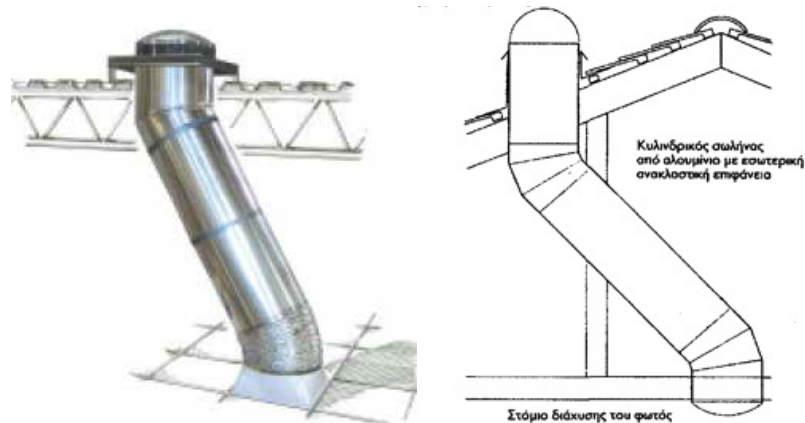
Εικόνα 3.17 Ανοίγματα οροφής με αξιοποίηση κατακόρυφου ανοίγματος σε κεκλιμένη οροφή και με αξιοποίηση πολλαπλών ανοιγμάτων οροφής

- Με κατακόρυφους φεγγίτες οροφής, δηλαδή ανοίγματα τοποθετημένα στις πλευρές ανυψωμένων τομέων της στέγης.
- Με την κατασκευή αίθριου, το οποίο εκτός του φυσικού φωτισμού, συνεισφέρει και στη μείωση του θερμικού φορτίου του κτιρίου, λόγω των σημαντικών ηλιακών κερδών κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το μοναδικό μειονέκτημα του αίθριου είναι το πρόβλημα υπερθέρμανσης το καλοκαίρι, γι' αυτό και πρέπει να αποφεύγεται στα θερμά κλίματα. Τέλος, σε ήπια κλίματα απαιτείται η εφαρμογή κατάλληλων στρατηγικών σκίασης και αερισμού του αίθριου.
- Ειδικοί Υαλοπίνακες: Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι υαλοπινάκων που συνεισφέρουν σημαντικά στην αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.
- Διαφανή μονωτικά υλικά: Είναι υλικά φωτοδιαπερατά με μεγάλη θερμομονωτική ικανότητα, τα οποία χρησιμοποιούνται σε τοίχους που εκτίθενται σε άμεση ηλιακή ακτινοβολία και σε ανοίγματα που δεν απαιτείται θέα (π.χ. φεγγίτες), ή αποφεύγεται εσκεμμένα η διαφάνεια (π.χ. ανοίγματα λουτρών).



Εικόνα 3.18 Κτίριο με χρήση διαφανών μονωτικών υλικών

- Ανακλαστικές περσίδες: Είναι ανακλαστικά κινητά στοιχεία μικρού μεγέθους που τοποθετούνται μέσα ή έξω από τα ανοίγματα.
- Ανακλαστήρες φωτισμού: Συχνά ονομάζονται ράφια φωτισμού και είναι επίπεδα στοιχεία με έντονη ανακλαστική επίστρωση, τα οποία στερεώνονται εσωτερικά ή εξωτερικά στο ανώτερο μέρος του πλαισίου του ανοίγματος. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι κατευθύνουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία προς τις εσωτερικές επιφάνειες του χώρου, εξασφαλίζοντας ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτισμού. Έχουμε, δηλαδή, αύξηση του φωτισμού σε περιοχές μακριά από τα ανοίγματα και μείωση του φωτισμού στις ζώνες των ανοιγμάτων.
- Φωτοσωλήνες: Τοποθετούνται στην οροφή του κτιρίου και μεταφέρουν το φυσικό φως μέχρι και δύο ορόφους χαμηλότερα. Ο φωτοσωλήνας είναι ένας κενός μεταλλικός ή ακρυλικός σωλήνας, με εσωτερικά τοιχώματα μεγάλης ανακλαστικότητας, στην κορυφή του οποίου τοποθετείται ένας ανακλαστήρας. Ο ανακλαστήρας αναγκάζει το ηλιακό φως να εισέλθει στο σωλήνα, όπου μέσω πολλαπλών ανακλάσεων οδηγείται στο εσωτερικό του κτιρίου. Στη βάση του σωλήνα υπάρχει ένας φακός που επιτρέπει την ομοιόμορφη διάχυση του φωτός στο χώρο. Επειδή το σύστημα αυτό λειτουργεί μόνο όταν υπάρχει ηλιοφάνεια, έχουν προταθεί φωτοσωλήνες, που περιλαμβάνουν λαμπτήρες στο εσωτερικό τους.



Εικόνα 3.19 Φωτοσωλήνες

3.3 Συμβατικά Η/Μ Συστήματα

3.3.1 Κεντρική Θέρμανση

Κεντρική θέρμανση ονομάζεται η παραγωγή θερμότητας για τη θέρμανση χώρων ή και την παραγωγή θερμού νερού χρήσης από ένα κεντρικό σύστημα, που είναι εγκατεστημένο στο κτίριο για το σκοπό αυτό. Το κεντρικό σύστημα αποτελείται από ένα σύνολο αλληλοσυνδεδεμένων συσκευών και οργάνων και η παραγόμενη ενέργεια μεταφέρεται στους διάφορους χώρους από ένα θερμαινόμενο μέσο (νερό, ατμός ή αέρας), μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων ή αεραγωγών.

Μία εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης περιλαμβάνει τα παρακάτω όργανα και συσκευές:

- **Λέβητας:** Είναι η συσκευή στην οποία πραγματοποιείται η παραγωγή θερμότητας με την καύση στερεών, υγρών ή αερίων καυσίμων και η μετάδοση της στο θερμαινόμενο μέσο, που στις περισσότερες φορές στην Ελλάδα, είναι θερμό νερό χαμηλών θερμοκρασιών. Είναι δηλαδή ένας εναλλάκτης θερμότητας όπου έχουμε συναλλαγή θερμότητας μεταξύ του θερμαντικού μέσου (καυσαέρια της εστίας) και του θερμαινόμενου μέσου (π.χ. νερό). Τα ρευστά κυκλοφορούν χωρίς να αναμιγνύονται στο εσωτερικό και στο εξωτερικό κατάλληλα διαμορφωμένων στοιχείων (αυλοί, κανάλια) και η συναλλαγή θερμότητας γίνεται μέσω των τοιχωμάτων των στοιχείων αυτών.

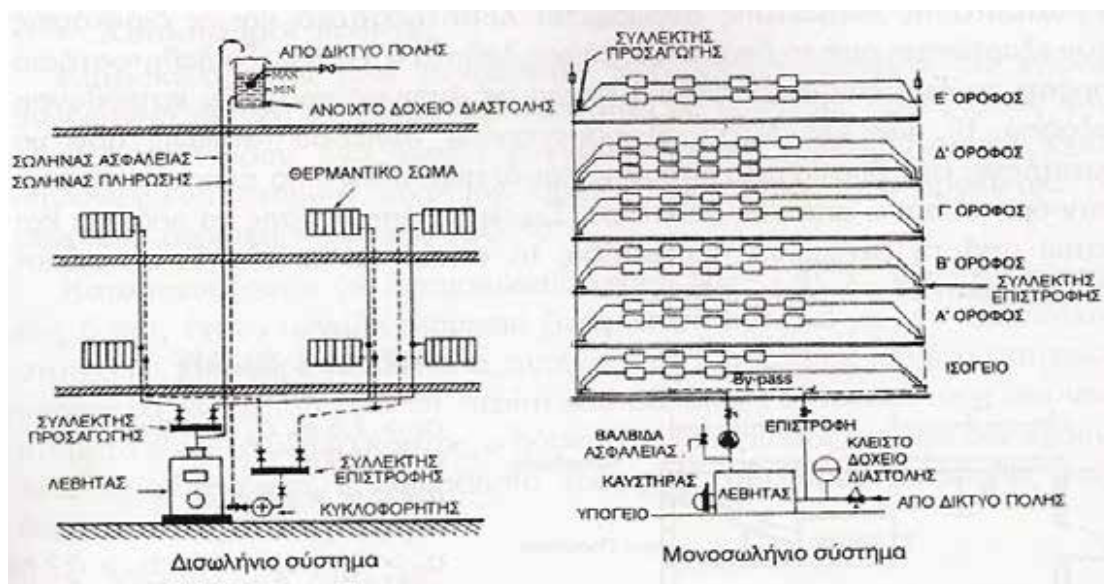
Ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους οι λέβητες διακρίνονται σε χυτοσιδηρούς (μαντεμένιους) και χαλύβδινους. Η χρήση λεβήτων υψηλής απόδοσης σε κεντρικά συστήματα θέρμανσης, επιτρέπει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Οι λέβητες αυτοί μπορούν να μειώσουν το κόστος λειτουργίας κατά 15-20% και έχουν περίοδο απόσβεσης 4-5 χρόνια. Τέτοιοι λέβητες θεωρούνται ο λέβητας συμπύκνωσης και ο λέβητας αερίου παλμικής καύσης.

Τα βασικά πλεονεκτήματα ενός λέβητα αερίου παλμικής καύσης είναι α) ο υψηλός βαθμός απόδοσης (95%) επειδή τα καυσαέρια έχουν χαμηλή θερμοκρασία (50-60°C) και όλη σχεδόν τη θερμότητα της καύσης χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του νερού, β) η μικρή εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα, γ) χρειάζεται το μισό χρόνο για να φτάσει στη θερμοκρασία λειτουργίας του και τέλος δ) δεν υπάρχει διάβρωση στην καπνοδόχο επειδή τα καυσαέρια περιέχουν μικρή ποσότητα υδρατμών.

- **Καυστήρας:** Είναι μία συσκευή προσαρμοσμένη πάνω στο λέβητα, που εξασφαλίζει την ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα έτσι ώστε να προκαλείται και να συντηρείται η καύση. Οι καυστήρες διαθέτουν τον αναγκαίο εξοπλισμό και τους κατάλληλους αυτοματισμούς για την προσαγωγή, τον διασκορπισμό, την ανάμιξη με τον αέρα και την καύση του καυσίμου. Ανάλογα με τον τρόπο διασκορπισμού και την ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα, διακρίνονται στους καυστήρες εξάτμισης, τους περιστροφικούς καυστήρες και τους καυστήρες διασκορπισμού. Στις εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης χρησιμοποιούνται οι καυστήρες διασκορπισμού, οι οποίοι περιλαμβάνουν τον φυγοκεντρικό ανεμιστήρα, την αντλία πετρελαίου, το σύστημα ανάφλεξης και το ακροφύσιο (μπεκ).
- **Κυκλοφορητής:** Είναι αντλία φυγοκεντρικού τύπου, που κινείται με τη βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος και τοποθετείται κοντά στο λέβητα, η οποία εξασφαλίζει τη μεταφορά του νερού από το λέβητα στα θερμαντικά σώματα και αντιστρόφως.
- **Διατάξεις ασφαλείας:** Είναι οι διατάξεις που εξασφαλίζουν τη σταθερή πίεση του νερού μέσα στην εγκατάσταση θέρμανσης και αποτελούνται από το δοχείο διαστολής, τον αυτόματο πλήρωσης, τη βαλβίδα ασφαλείας, τους θερμοστάτες και την ηλεκτροβάννα καυσίμου.
- **Βάνα ανάμιξης:** Εξασφαλίζει την ανάμιξη του θερμού νερού, που αναχωρεί από τον λέβητα, με το νερό που επιστρέφει από τα θερμαντικά σώματα, από την οποία προκύπτει η τελική θερμοκρασία προσαγωγής του νερού. Η βάννα μπορεί να είναι τρίοδη ή τετράοδη. Η πρώτη μεταβάλλει τη θερμοκρασία ή την παροχή του νερού (απομόνωση δικτύου θέρμανσης και προσαγωγή θερμού νερού μόνο στο θερμαντήρα ή boiler), ενώ η δεύτερη μεταβάλλει μόνο τη θερμοκρασία. Με την τετράοδη βάννα ένα μέρος του θερμού νερού του λέβητα επιστρέφει προς αυτόν. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη διατήρηση της θερμοκρασίας του λέβητα σε επίπεδα, που σημαίνει εξοικονόμηση ενέργειας και αύξηση του χρόνου ζωής, επειδή δεν δημιουργούνται συμπυκνώματα καυσαερίων που διαβρώνουν το λέβητα.
- **Δίκτυο σωληνώσεων:** Αποτελεί το σύστημα μεταφοράς του νερού στα θερμαντικά σώματα και κατασκευάζεται από χαλκοσωλήνες και πλαστικούς σωλήνες, που χρησιμοποιούνται ολόενα και περισσότερο. Το δίκτυο διακρίνεται σε δύο συστήματα, το μονοσωλήνιο και δισωλήνιο.
- **Θερμαντικά σώματα:** Αποτελούν τις τελικές συσκευές μέσω των οποίων η θερμότητα, που μεταφέρεται από το θερμαινόμενο μέσο, μεταδίδεται στους εσωτερικούς χώρους με ακτινοβολία και μετάβαση. Τροφοδοτούμενα με νερό

- θερμοκρασίας 70-90°C αποκτούν μία μέση επιφανειακή θερμοκρασία 65-70°C, η οποία διαφέρει κατά 45-65°C από τη θερμοκρασία του αέρα. Κατασκευάζονται από χάλυβα ή αλουμίνιο σε διάφορους τύπους (ΑΚΑΝ, RUNTAL, PANEL κλπ) και διαθέτουν διακόπτες για την απομόνωσή τους και βαλβίδες εξαερισμού για την εξαέρωσή τους.
- Καπνοδόχος: Απάγει τα καυσαέρια από το χώρο καύσης προς το περιβάλλον, πρέπει να εκτείνεται τουλάχιστον 1 m από τη στέγη και να βρίσκεται 0,7 m πάνω από οποιαδήποτε ακμή γειτονικού κτιρίου, το οποίο είναι σε ακτίνα 3 m από την καπνοδόχο. Η σύνδεση της καπνοδόχου με το λέβητα γίνεται με τον καπιναγωγό, που πρέπει να έχει ανοδική κλίση από τον λέβητα προς την καπνοδόχο τουλάχιστον 15% και διατομή 20% μεγαλύτερη από αυτή της καπνοδόχου.
- Δεξαμενή πετρελαίου: Μπορεί να είναι μεταλλική ή πλαστική και τοποθετείται σε απόσταση 2 m τουλάχιστον από τον λέβητα, εφόσον έχει χωρητικότητα έως 3 m³ και η θερμική ισχύς του λέβητα είναι μέχρι 150 kW (130.000 kcal/h). Για λέβητες μεγαλύτερης ισχύος η δεξαμενή πρέπει να βρίσκεται σε ιδιαίτερο χώρο.

Ο χώρος μέσα στον οποίο βρίσκονται οι συσκευές και τα όργανα της εγκατάστασης θέρμανσης ονομάζεται λεβητοστάσιο. Το λεβητοστάσιο πρέπει να διαθέτει α) μεταλλική πόρτα με άνοιγμα προς την κατεύθυνση εξόδου, β) παροχή νερού, γ) οσμοπαγίδα δαπέδου (σιφόνι) που να καταλήγει στο δίκτυο αποχέτευσης και δ) πυροσβεστήρα αναρτημένο από την οροφή πάνω από τον καυστήρα.



Εικόνα 3.20 Συστήματα κεντρικής θέρμανσης

Οι σημαντικότερες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, όσον αφορά την κεντρική θέρμανση, είναι οι ακόλουθες:

- Μείωση προκαθορισμένης θερμοκρασίας χώρου: Η μείωση της θερμοκρασίας του χώρου κατά 1°C εξασφαλίζει εξοικονόμηση καυσίμων 6% περίπου.
- Θερμομόνωση περιβλήματος λέβητα: Οι απώλειες ενός μονωμένου λέβητα δεν ξεπερνούν το 1% ενώ σε ένα αμόνωτο λέβητα είναι μεγαλύτερες από 5%.
- Θερμομόνωση σωληνώσεων και θερμαντήρα νερού.
- Τακτική επιθεώρηση και συντήρηση εγκατάστασης.
- Σωστή επιλογή ακροφυσίου (μπεκ): Το ακροφύσιο ή εγχυτήρας καυσίμου (μπεκ) είναι ένα πολύ βασικό εξάρτημα του συστήματος τροφοδοσίας καυσίμου, γιατί ψεκάζει το πετρέλαιο μέσα στο λέβητα με τη μορφή νέφους σταγόνων και εξασφαλίζει την καλύτερη ανάμιξη του με τον αέρα. Η επιτυχημένη ανάμιξη πετρελαίου και αέρα αποτελεί βασική προϋπόθεση για να έχουμε σωστή καύση του μίγματος.
- Τοποθέτηση μόνιμου μετρητικού συστήματος: Επιτρέπει τη συνεχή παρακολούθηση των παραμέτρων της καύσης (ανάλυση καυσαερίων, μέτρηση καυσίμων κλπ).
- Τοποθέτηση διαφράγματος στον καπναγωγό: Το διάφραγμα (ντάμπερ) περιορίζει τις θερμικές απώλειες λόγω ελκυσμού κατά τα ενδιάμεσα διαστήματα αργίας του συγκροτήματος. Τοποθετείται στον καπναγωγό και περιστρέφεται από ένα ηλεκτρομαγνήτη, που παίρνει τη σχετική εντολή από τον καυστήρα. Οι σύγχρονοι καυστήρες φέρουν ενσωματωμένο αυτόματο διάφραγμα.
- Χρήση θερμοστατικών διακοπών: Τοποθετούνται στα θερμαντικά σώματα και διατηρούν τη θερμοκρασία ενός χώρου σε προκαθορισμένο επίπεδο, ρυθμίζοντας την παροχή του νερού. Μοιάζουν με τους απλούς διακόπτες, τους οποίους μπορούν να αντικαταστήσουν, αλλά στη θέση της χειρολαβής έχουν μια θερμοστατική κεφαλή, που φέρει αριθμούς για τη ρύθμιση. Όταν ο αέρας είναι κρύος το θερμό νερό διέρχεται ελεύθερα από τον διακόπτη. Μόλις ο χώρος θερμανθεί ο διακόπτης περιορίζει ή σταματά τη ροή του θερμού νερού και η θερμοκρασία διατηρείται στο προκαθορισμένο επίπεδο.
- Χωρισμός εγκατάστασης σε ζώνες: Με βάση τη χρήση ενός κτιρίου μπορεί να γίνει ο χωρισμός των χώρων σε ζώνες, που χρειάζονται θέρμανση σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα (π.χ. καταστήματα – γραφεία- κατοικίες). Στην περίπτωση αυτή η ρύθμιση της λειτουργίας γίνεται για κάθε ζώνη με χρονοδιακόπτες και χρονοθερμοστάτες.
- Αντικατάσταση λέβητα με λέβητα υψηλής απόδοσης: Ένας λέβητας υψηλής απόδοσης μπορεί να μειώσει το κόστος λειτουργίας κατά 15-20% κι έχει περίοδο απόσβεσης 4-5 χρόνια.
- Αποφυγή κυκλικής λειτουργίας λέβητα.

Οι λέβητες έχουν καλύτερο βαθμό απόδοσης όταν λειτουργούν με τη μέγιστη θερμική τους ισχύ. Όμως, στις εγκαταστάσεις θέρμανσης, σπάνια υπάρχουν φορτία αιχμής και οι λέβητες λειτουργούν υπό συνθήκες μερικού φορτίου. Έχουν, δηλαδή, μια κυκλική λειτουργία εκκίνησης – διακοπής, που μειώνει το βαθμό απόδοσης, επειδή σε κάθε διακοπή χάνεται θερμότητα από την καμινάδα και ψύχεται το νερό στους σωλήνες διανομής. Η αποφυγή της κυκλικής λειτουργίας εξασφαλίζεται α) με τον

καθορισμό ελέγχων, που χρησιμοποιούν βηματικούς (υψηλός – χαμηλός – μηδενικός) ή μεταβλητούς ρυθμούς καύσης (από 15-100%) και β) με τη χρήση πολλών μικρών λεβήτων. Στη δεύτερη περίπτωση εκκινεί αρχικά ένας λέβητας για να καλύψει τα μικρά θερμικά φορτία και μόλις αυτά αυξηθούν εκκινούν διαδοχικά και οι άλλοι λέβητες. Όταν τα φορτία μειωθούν οι λέβητες βγαίνουν διαδοχικά εκτός λειτουργίας.

3.3.2 Θερμό νερό χρήσης

Σε κάθε ενεργειακό σύστημα υπάρχουν ενεργειακές εισροές, που ονομάζονται θερμικά κέρδη και ενεργειακές εκροές, που ονομάζονται θερμικές απώλειες. Σε μια εγκατάσταση θερμού νερού χρήσης τα θερμικά κέρδη προέρχονται, ανάλογα με το σύστημα, από τα ορυκτά καύσιμα (μέσω λέβητα), από τον ηλεκτρισμό (μέσω αντίστασης ή αντλίας θερμότητας), ή από άλλες πηγές ενέργειας (ήλιος, ανάκτηση θερμότητας) και συμπληρώνονται από την ηλεκτρική ενέργεια, που καταναλώνεται στους κυκλοφορητές.

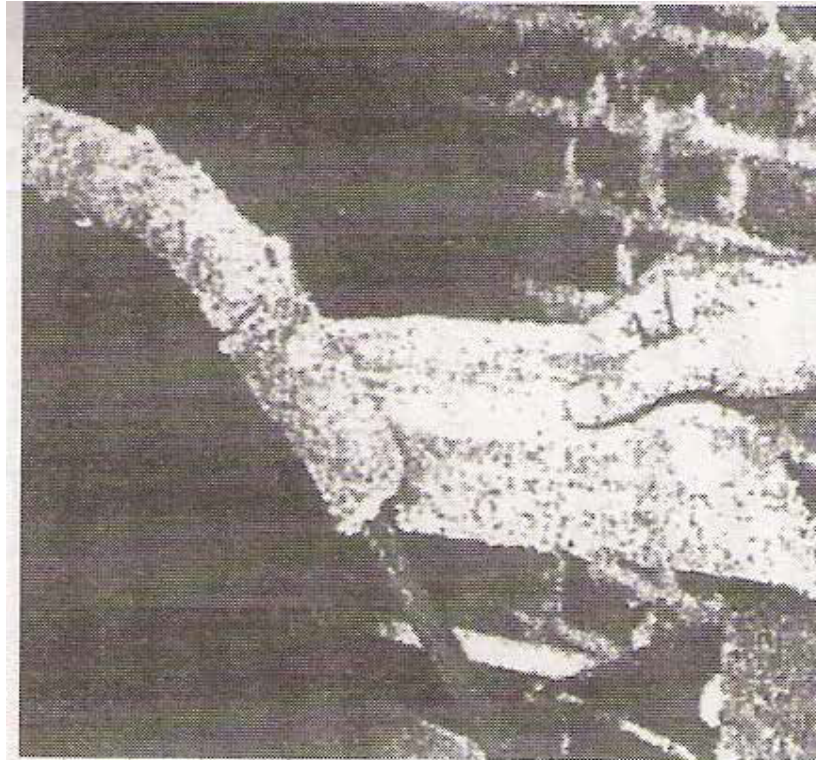
Οι θερμικές απώλειες παρουσιάζονται σε όλα τα στάδια της ροής από την παραγωγή έως τη χρήση του θερμού νερού και διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- Απώλειες λέβητα, λόγω κακής ρύθμισης και ανεπάρκειας της θερμομόνωσης.
- Απώλειες αποθήκευσης, που οφείλονται σε κακή σύνδεση του θερμοαντήρα νερού με το δίκτυο, ανεπάρκεια της θερμομόνωσης και κακή στρωμάτωση του νερού στον θερμοαντήρα, λόγω μεγάλης ταχύτητας ροής και μίξης με το νερό ανακυκλοφορίας.
- Απώλειες διανομής, λόγω ανεπάρκειας της θερμομόνωσης στις σωληνώσεις και κακής λειτουργίας των κυκλοφορητών.
- Απώλειες χρήσης, που οφείλονται στη άσκοπη κατανάλωση του νερού και στη υπερβολική θερμοκρασία του.

Από τα παραπάνω, γίνεται σαφές ότι οι μεγαλύτερες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας υπάρχουν στη θερμομόνωση των σωληνώσεων, στον περιορισμό της άσκοπης κατανάλωσης νερού και στη μείωση της θερμοκρασίας του.

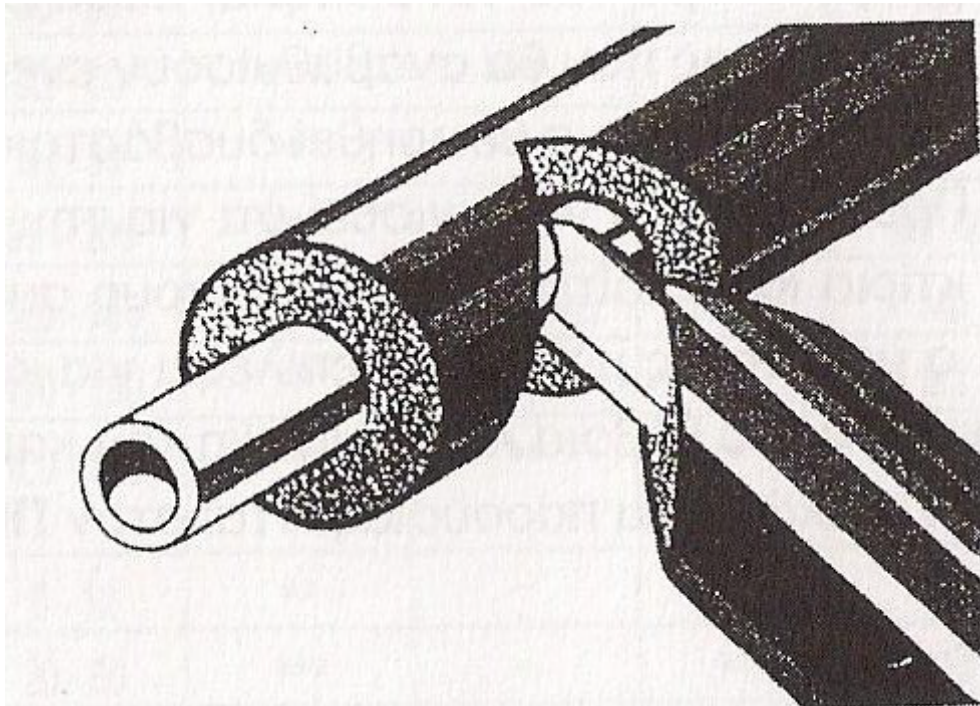
Η μόνωση στους σωλήνες θερμικής εγκατάστασης σε ένα κτίριο είναι απολύτως απαραίτητη γιατί προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα στη σωστή λειτουργία του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης. Βασικός λόγος της θερμομόνωσης σωλήνων είναι η εξοικονόμηση ενέργειας, αφού αυτή μειώνει σημαντικά τον ρυθμό με τον οποίο χάνεται η θερμότητα. Η μόνωση των σωληνώσεων γίνεται με δυο τρόπους, με μονωτικές λωρίδες και με μονωτικά κοχύλια.

Οι μονωτικές λωρίδες δημιουργούνται συνήθως με κόψιμο μονωτικών παπλωμάτων υαλοβάμβακα ή ορυκτοβάμβακα. Αυτές εφαρμόζονται γύρω στον σωλήνα με τύλιγμα σε σπειροειδή μορφή και αλληλοεπικάλυψη τουλάχιστον κατά ένα εκατοστό.



Εικόνα 3.21 Μονωτικές λωρίδες

Υπάρχουν τριών κατηγοριών μονωτικά κοχύλια, ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο μονωτικό υλικό. Κοχύλια με ινώδη μονωτικά, κοχύλια από αφρώδη ελαστικά και κοχύλια από κυψελωτό γυαλί. Μεγάλα πλεονεκτήματα των κοχυλιών είναι ότι η εργασία γίνεται εύκολα και σε σημεία που δεν έχουν εύκολη πρόσβαση. Το κοχύλι μπορεί να εφαρμοστεί στο πλησιέστερο ορατό τμήμα του σωλήνα και στη συνέχεια να σπρωχθεί ώστε να εφαρμόσει στο πιο δύσκολο τμήμα.



Εικόνα 3.22 Μονωτικά κοχύλια

Έχει παρατηρηθεί ότι οι καταναλωτές ανοίγουν τη βρύση για ένα μάλλον σταθερό χρονικό διάστημα, που είναι ανεξάρτητο της παροχής θερμού ή κρύου νερού. Η πρακτική αυτή οδηγεί σε σπατάλη ενέργειας (για το θερμό νερό) και σε αύξηση της ποσότητας των λυμάτων που επιβαρύνουν το περιβάλλον.

Επιβάλλεται, λοιπόν, η αντικατάσταση των κοινών χειροκίνητων κρουνών με κρουνοί που ελέγχονται από φωτοκύταρρο, υπέρυθρους αισθητήρες ή μηχανικά μέσα και η χρήση ρυθμιστών πίεσης στα συστήματα διανομής νερού. Οι ρυθμιστές πίεσης είναι απαραίτητοι και για τον πρόσθετο λόγο ότι στα πολυόροφα κτίρια, η ρύθμιση της πίεσης γίνεται για να ικανοποιείται ο υψηλότερος υδραυλικός υποδοχέας. Αυτό σημαίνει ότι οι χαμηλότεροι υδραυλικοί υποδοχείς βρίσκονται υπό μεγαλύτερη πίεση και καταναλώνουν άσκοπα περισσότερο νερό.

Το θερμό νερό έχει συνήθως θερμοκρασία 50-60°C και αναμιγνύεται με κρύο νερό πριν τη χρήση του, για να φτάσει τελικά στο επιθυμητό επίπεδο θερμοκρασίας. Επειδή σε ορισμένες χρήσεις απαιτείται μεγαλύτερη θερμοκρασία νερού, θα πρέπει να υπάρχουν τοπικοί ταχυθερμαντήρες, που ανυψώνουν τη θερμοκρασία πέραν της κανονικής χωρίς να πρέπει να θερμαίνεται όλη η ποσότητα του νερού στη θερμοκρασία αυτή. Είναι ευνόητο ότι με τον τρόπο αυτό απαιτούνται μικρότερες δεξαμενές και θερμοκρασίες αποθήκευσης στο κεντρικό σύστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ

4.1 Γενικά

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο, εξασφαλίζεται εν μέρει με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδεκτών δομικών στοιχείων και συστημάτων, και εν μέρει, μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων, η οποία προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του, καθώς και των σχετικών τεχνικών μελετών που τον προδιαγράφουν.

Άλλος ένας καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας, είναι η ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου, μια συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων.

Ένα κτίριο δαπανά ενέργεια, εκτός της ηλεκτρικής, για την χρήση ηλεκτρικών συσκευών, π.χ. διαφόρων οικιακών συσκευών, ηλεκτρονικών υπολογιστών, μηχανημάτων της βιομηχανίας, δαπανά ενέργεια και για Θέρμανση, Ψύξη, Κλιματισμό (ΘΨΚ), Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX) και φωτισμό. Κατά τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου, σκοπός είναι ο υπολογισμός της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης και φωτισμό) αθροιστικά, και κατόπιν η σύγκριση αυτής με την αντίστοιχη κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς, προκειμένου να καταταχθεί ενεργειακά το υπό εξέταση κτίριο.

4.2 Ορισμοί

- **Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου**

Η ενεργειακή κατάταξη ενός κτιρίου αποδίδει σε αυτό έναν ποιοτικό δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης (A+, A, B+, B, Γ, Δ, E, Z, H), ο οποίος επιτρέπει στον κάθε ένοικο ή γενικότερα χρήστη του κτιρίου να έχει μια γενική άποψη, για την ποιότητα της κατασκευής του (από άποψη θερμομονώσεως αλλά και εφαρμογής ‘έξυπνων’ ενεργειακών λύσεων) και των ηλεκτρομηχανολογικών του εγκαταστάσεων, και κατ’ επέκταση του ύψους των εξόδων που απαιτούνται για να εξασφαλίζονται στο κτίριο οι επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες.

- **Ενεργειακή απόδοση κτιρίου**

Είναι η ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται ή εκτιμάται ότι ικανοποιεί τις διάφορες ανάγκες που συνδέονται με τη συνήθη χρήση του κτιρίου, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τη θέρμανση, την παραγωγή ζεστού νερού, την ψύξη, τον εξαερισμό και το φωτισμό. Η ποσότητα αυτή εκφράζεται με έναν ή περισσότερους αριθμητικούς δείκτες, οι οποίοι έχουν υπολογισθεί λαμβάνοντας υπόψη:

- τη μόνωση,
- τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης,
- το σχεδιασμό και τη θέση του κτιρίου σε σχέση με κλιματολογικούς παράγοντες,
- την έκθεση στον ήλιο και την επίδραση γειτονικών κατασκευών,
- την παραγωγή ενέργειας του ίδιου του κτιρίου και
- άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ζήτηση, στους οποίους περιλαμβάνονται και οι κλιματικές συνθήκες στο εσωτερικό του κτιρίου.

- **Ενεργειακή επιθεώρηση**

Ονομάζεται η διαδικασία εκτίμησης των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας, των παραγόντων που την επηρεάζουν, καθώς και των μεθόδων βελτίωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Η ενεργειακή επιθεώρηση διενεργείται:

- στα κτίρια
- στους λέβητες και στις εγκαταστάσεις θερμάνσεων
- στις εγκαταστάσεις κλιματισμού ($>12 \text{ kW}$) και
- στα συστήματα φωτισμού

- **Ενεργειακός επιθεωρητής**

Είναι το φυσικό ή το νομικό πρόσωπο που διενεργεί ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων ή λεβήτων και κλιματιστικών. Υπάρχουν δύο κατηγορίες αδειών:

- Α τάξης για κτίρια < 1000 τ.μ. και
- B τάξης για κτίρια > 1000 τ.μ.

- **Κτίριο αναφοράς**

Είναι ένας όρος που αναφέρεται πάρα πολύ συχνά μέσα στον ΚΕΝΑΚ (Κανονισμός ΕΝεργειακής Απόδοσης Κτιρίων) και αφορά ένα εικονικό κτίριο που δημιουργείται ξεχωριστά για κάθε περίπτωση, και έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Το κτίριο αναφοράς φέρνει τις ελάχιστες προδιαγραφές που πρέπει να έχει το εξεταζόμενο κτίριο.

- **Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου**

Αναφέρεται στο άθροισμα των επιμέρους υπολογιζόμενων ενεργειακών καταναλώσεων ενός κτιρίου για ΘΨΚ (θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό), παραγωγή ΖΝΧ (ζεστό νερό χρήσης) και φωτισμό.

- **Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου**

Είναι η συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου, μετά από αναγωγή σε πρωτογενής ενέργεια (Φυσικό αέριο, Πετρέλαιο Θέρμανσης, Ηλεκτρική Ενέργεια, Βιομάζα)

- **Θερμική Ζώνη κτιρίου**

Είναι το σύνολο (ομάδα) των χώρων μέσα στο κτίριο με όμοιες απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες και χρήση.

- **Μέσος συντελεστής θερμικών απωλειών**

Το ποσοστό συνολικών θερμικών απωλειών του δικτύου διανομής επί της συνολικής κατανάλωσης θερμικής ενέργειας ανά τελική χρήση του κτιρίου ή της θερμικής ζώνης.

- **Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης**

Είναι η μελέτη που αναλύει και αξιολογεί την απόδοση του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων. Οι ενεργειακές μελέτες κτιρίων και οικιστικών συνόλων, έχουν ως στόχο την βελτίωση της απόδοσης, την εξασφάλιση ενεργειακών οφελών και τη βελτίωση των συνθηκών άνεσης, με εφαρμογή του ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού.

Εκπονείται τόσο για νέα, όσο και για υφιστάμενα, ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια (Ν. 3661, άρθρο. 4, άρθρο 5), του οικιακού και του τριτογενή τομέα. Αντικαθιστά την υφιστάμενη Μελέτη Θερμομόνωσης (άρθρο 13, Ν. 3661) και θα συμπεριλαμβάνεται στο φάκελο που υποβάλλεται στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία για την έκδοση οικοδομικής άδειας. Ο έλεγχος, η έγκριση και η παρακολούθηση της εφαρμογής της μελέτης ενεργειακής απόδοσης, θα γίνεται σύμφωνα με τα ισχύοντα για την έκδοση οικοδομικών αδειών.

Δεν αναιρεί τις σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις, εκπονούμενες μελέτες, αλλά αποτελεί πρόσθετη μελέτη επί των μελετών: Αρχιτεκτονικής, Διαμόρφωσης περιβάλλοντος χώρου, Θέρμανσης, Ψύξης, Ζεστού νερού Χρήσης και Τεχνητού Φωτισμού.

Στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης κτιρίου θα πρέπει να περιγράφονται αναλυτικά, τα συστήματα που έχουν ενταχθεί στη μελέτη του κτιρίου, και τα οποία συμβάλλουν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής του, καθώς επίσης και η μέθοδος, οι παραδοχές και τα αποτελέσματα του υπολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης για Θέρμανση, Ψύξη, Φωτισμό και Ζεστό Νερό Χρήσης. Τα αποτελέσματα που θα πάρουμε από την εκπόνηση μιας τέτοιας μελέτης, αφορούν τις ενεργειακές απώλειες/κέρδη του κτιρίου, σαν κέλυφος και συστήματα, την ενεργειακή ζήτηση και κατανάλωση που έχει το κτίριο καθώς και τις εκπομπές ρύπων σε ετήσια βάση. Συνοπτικά, μπορούμε να δούμε όλα τα παραπάνω δεδομένα εξόδου στον παρακάτω πίνακα:

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ														
Χρήση Ενέργειας	Απώλειες (kWh/m ² έτος)					Θερμικά Κέρδη			Επιπλέον ηλεκτρικές καταναλώσεις	Καύσιμο	Απόδοση Συστήματος	Ενεργειακή Ζήτηση	Κατανάλωση Ενέργειας	Εκπομπές CO ₂
	Κέλφος	Αερισμός	Σώματα Κλιματισμού	Συστήματα Διανομής	Δέβητας	Παρασιτική Ενέργεια	Εσωτερικά κέρδη	Ηλιακά Κέρδη						
Θέρμανση														
Ψύξη														
ZNX														
Φωτισμός														

Πίνακας 4.1 Αποτελεσμάτων Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου

Σύμφωνα με το πρότυπο EN 15217:2006, βάσει της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου ("ΕΚ"), για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης (ZNX) και φωτισμό, εκφρασμένης σε kWh/(m²*έτος), ορίζονται κατηγορίες ενεργειακών ορίων, από το Α έως το Η, συναρτήσει:

- του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος (Rs), ο οποίος αντιστοιχεί στην ενεργειακή κατανάλωση του 50% του κτιριακού αποθέματος,
- του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού (Rr), δηλαδή τη μέγιστη επιτρεπόμενη, από τον κανονισμό, ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων.

Οι δείκτες Rr και Rs αφορούν στο σύνολο των ενεργειακών απαιτήσεων (θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης). Και οι δύο δείκτες είναι εκφρασμένοι σε kWh/(m²*έτος). Η κλίμακα ενεργειακής βαθμολόγησης του κτιρίου, δίνεται σε πίνακες ανάλογα με την ενεργειακή του κατανάλωση, την κατηγορία χρήσης κτιρίου και την κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει. Όλα τα νέα κτίρια, καθώς και τα υφιστάμενα άνω των 1000 τ.μ. που υφίστανται ριζική ανακαίνιση, θα πρέπει να βρίσκονται -κατ' ελάχιστον- εντός του εύρους ενεργειακής κατανάλωσης της κατηγορίας Β.

Ο λόγος T είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και αποτελεί τη βάση για τον καθορισμό των κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης.

Κατηγορία	Όρια Κατηγορίας	Όρια Κατηγορίας
A+	$EP \leq 0.33R_R$	$T \leq 0.33$
A	$0.33R_R < EP \leq 0.50R_R$	$0.33 < T \leq 0.50$
B	$0.50R_R < EP \leq 0.75R_R$	$0.50 < T \leq 0.75$
B+	$0.75R_R < EP \leq 1.00R_R$	$0.75 < T \leq 1.00$
Γ	$1.00R_R < EP \leq 1.41R_R$	$1.00 < T \leq 1.41$
Δ	$1.41R_R < EP \leq 1.82R_R$	$1.41 < T \leq 1.82$
E	$1.82R_R < EP \leq 2.27R_R$	$1.82 < T \leq 2.27$
Z	$2.27R_R < EP \leq 2.73R_R$	$2.27 < T \leq 2.73$
H	$2.73R_R < EP$	$2.73 < T$

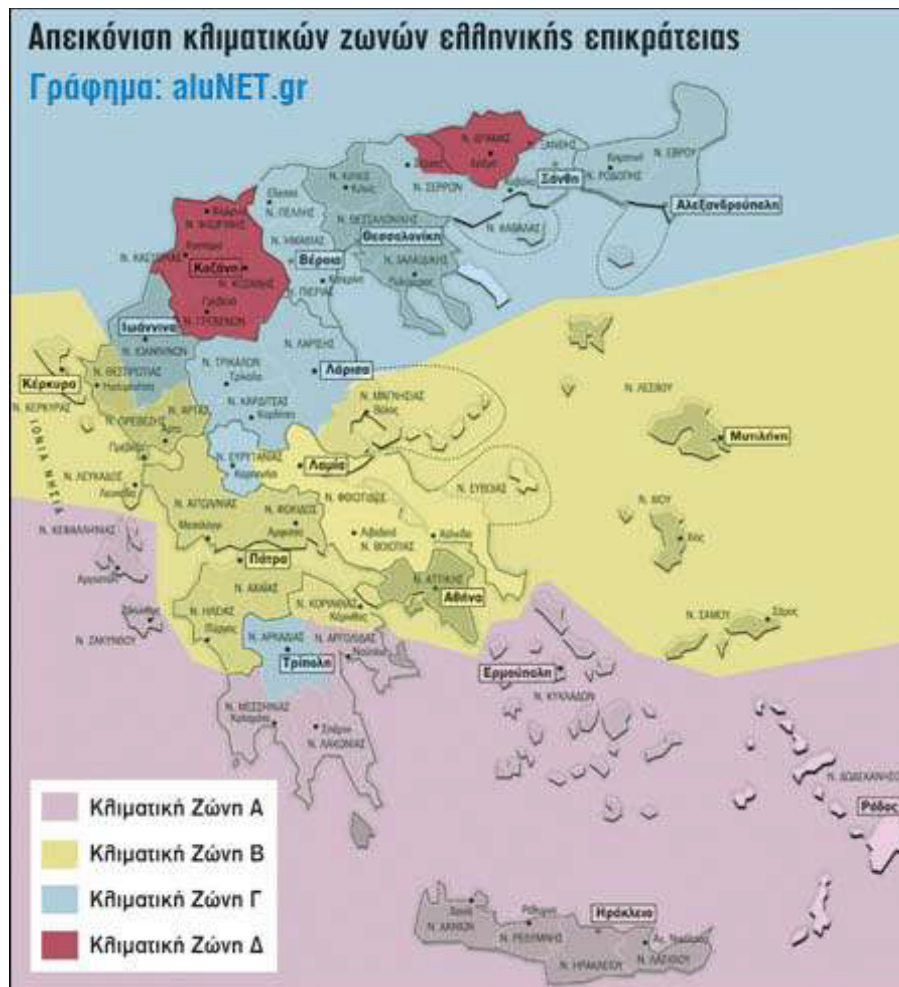
Πίνακας 4.2 Όρια Ενεργειακών κατηγοριών ΚΕνΑ.Κ.

Για την εκπόνηση της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομέρες θέρμανσης. Στον επόμενο πίνακα προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από τη θερμότερη στην ψυχρότερη).

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

Πίνακας 4.3 Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς

Σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη, από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω. Για την Δ ζώνη όλες οι περιοχές ανεξαρτήτως υψόμετρου περιλαμβάνονται στην ζώνη Δ.



Σχήμα 4.4 Κλιματικές Ζώνες

4.3 Μελέτη θερμομονωτικής επάρκειας

Βασικό ρόλο στην μελέτη θερμομονωτικής επάρκειας, όπως και σε όλες τις μελέτες διαδραματίζουν τα στοιχεία του κτιρίου δηλ. αδιαφανή δομικά υλικά, διαφανή δομικά υλικά, αρχιτεκτονική τεκμηρίωση, γειτονικά κτίρια, προσανατολισμός, τοποθεσία κ.α.

Η μελέτη αυτή, εξετάζει εάν οι συντελεστές θερμοπερατότητας U για κάθε δομικό στοιχείο και ο μέσος συντελεστής U_m του συνόλου του κτιριακού κελύφους, δεν ξεπερνούν τους μέγιστους επιτρεπτούς συντελεστές U_{max} που ορίζει ο κανονισμός για κάθε κλιματική ζώνη και δομικό στοιχείο.

Στον Πίνακα 4.5 απεικονίζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη.

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² ·K)]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U _R	0.50	0.45	0.40	0.35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U _T	0.60	0.50	0.45	0.40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές)	U _{FA}	0.50	0.45	0.40	0.35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U _{TU}	1.50	1.00	0.80	0.70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U _{TB}	1.50	1.00	0.80	0.70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U _{FU}	1.20	0.90	0.75	0.70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U _{FB}	1.20	0.90	0.75	0.70
Κουφώματα ανοιγμάτων	U _w	3.20	3.00	2.80	2.60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U _{GF}	2.20	2.00	1.80	1.80

Πίνακας 4.5 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη

Ο έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας υπολογίζεται με βάση τις παρακάτω σχέσεις της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010

3 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_g + R_a} \quad [W/m^2 K] \quad (4.1)$$

U [W/m² K]

n Το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου

d_j Το πάχος της στρώσης του κάθε δομικού στοιχείου

λ_j Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ομογενούς και ισότροπου υλικού κάθε στρώσης (πίνακας 2 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-2/2010)

R_i R_a οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης εκατέρωθεν του δομικού στοιχείου

R_g η θερμική αντίσταση κλειστού διάκενου αέρα

4 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κουφώματος

$$U_w = \frac{A_f U_f + A_g U_g + l_g \Psi_g}{A_f + A_g} \quad [W/m^2 K] \quad (4.2)$$

όπου

U_w ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος

U_f ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος

U_g ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος

A_f το εμβαδόν επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος

A_g το εμβαδόν επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος

I_g το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος και

Ψ_g ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος

Σε κάθε περίπτωση πρέπει τόσο για τα διαφανή όσο και για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία να ισχύει:

$$U \leq U_{\delta,\sigma,max} \quad (4.3)$$

όπου

U ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας δομικού στοιχείου όπως υπολογίστηκε βάσει των σχέσεων (4.1) ή (4.2) και $U_{\delta,\sigma,max}$ η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για το δομικό στοιχείο Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας κατοικίας

Αφότου όλα τα δομικά στοιχεία καλύπτουν τις απαιτήσεις, θα ελεγχτεί αν και το κτίριο στο σύνολο του καλύπτει τον μέσο συντελεστή θερμικής διαπερατότητας που προκύπτει από τον πίνακα 4.2.

Ο υπολογισμός θα γίνει από την σχέση :

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j U_j b + \sum_{i=1}^v l_i \Psi_i b}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad [W/m^2K] \quad (4.4)$$

U_m ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτιρίου

A_j το εμβαδό δομικού στοιχείου j

U_j ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου j

Ψ_i ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας της θερμογέφυρας i

l_i το μήκος της θερμογέφυρας i και

b ο μειωτικός συντελεστής

Σε κάθε περίπτωση πρέπει:

$$U_m \leq U_{m,max} \quad (4.5)$$

όπου $U_{m,max}$ είναι ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου και δίνεται στον πίνακα 4.2.

Σε περίπτωση που $U_m > U_{m,max}$ ο μελετητής είναι υποχρεωμένος να ακολουθήσει μια εκ των τριών παρακάτω επιλογών ή συνδυασμό τους και να αρχίσει εκ νέου τον υπολογισμό:

-να βελτιώσει τη θερμική προστασία των αδιαφανών δομικών στοιχείων,

-να βελτιώσει τη θερμική προστασία των διαφανών δομικών στοιχείων,

-να μειώσει τη δημιουργία θερμογεφυρών στο κτιριακό κέλυφος, τροποποιώντας τον σχεδιασμό των δομικών στοιχείων στα οποία οφείλονται αυτές.

Βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων» για τον υπολογισμό των θερμογεφυρών, ο μελετητής έχει δύο επιλογές:

-να επακολουθήσει την απλουστευμένη μέθοδο της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010

-να κάνει αναλυτικά τους υπολογισμούς με χρήση των πινάκων της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010.

Ο μειωτικός συντελεστής b υπολογίζεται με χρήση της σχέσης της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010. Εναλλακτικά, και για λόγους απλοποίησης, μπορεί να θεωρηθεί ίσος με 0,5.

4.4 Υπολογισμός θερμικών απωλειών

Όπως ορίζει ο ΚΕΝΑΚ., είναι απαραίτητη η μελέτη ενεργειακή αποδοτικότητας συστημάτων θέρμανσης, γι' αυτό και ο μελετητής είναι υποχρεωμένος να υπολογίσει τα θερμικά φορτία όλων των θερμικών ζωνών του υπό μελέτη κτηρίου, για να μπορεί να επιλέξει με ποιο σύστημα θα θερμάνει τον όγκο του κτιρίου. Έτσι, θα μπορεί να υπολογίσει την ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος θέρμανσης.

Με βάση το DIN 4701, οι θερμικές απώλειες ενός χώρου συνίστανται από:

- α) Απώλειες θερμοπερατότητας Q_o , που προέρχονται από τα περιβάλλοντα δομικά στοιχεία (τοίχοι, ανοίγματα, δάπεδα, οροφές κλπ)
- β) Απώλειες λόγω προσαυξήσεων
- γ) Απώλειες αερισμού χώρου Q_L

Οι απώλειες θερμοπερατότητας υπολογίζονται από τη σχέση:

$$Q_o = U * F * (t_i - t_a) = \frac{F * (t_i - t_a)}{\frac{1}{U}} \text{ (kcal/h) (4.6)}$$

όπου:

Q_o οι απώλειες θερμότητας

F η επιφάνεια του δομικού τμήματος m^2

U ο συντελεστής θερμοπερατότητας $kcal/m^2K$

1/U η αντίσταση θερμοπερατότητας σε $m^2 K/W$

t_i η θερμοκρασία χώρου σε $^{\circ}C$

t_a η θερμοκρασία εξωτερικού αέρα σε $^{\circ}C$

Οι προσαυξήσεις υπολογίζονται % και διακρίνονται σε:

-προσαύξηση Z_H την επίδραση του προσανατολισμού

($Z_H=-5$ για Ν,ΝΔ,ΝΑ $Z_H=+5$ για Β,ΒΔ,ΒΑ και $Z_H=0$ για Δ και Α)

-προσαύξηση $Z_U+Z_A=Z_D$ διακοπής λειτουργίας και ψυχρών εξωτερικών τοίχων (στο DIN 4701/83 αγνοείται ο συντελεστής Z_U). Η προσαύξηση Z_D προσδιορίζεται με βάση το $D = Q_o / (F_{ges} \times \Delta t)$, όπου F_{ges} η συνολική επιφάνεια που περιβάλλει τον χώρο, και τις ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, σύμφωνα με τον πίνακα:

Τρόπος Λειτουργίας	Τιμή D		
	0.1-0.29	0.30-0.69	0.70-1.49
0 ώρες διακοπής	7	7	7
8-12 ώρες διακοπής	20	15	15
12-16 ώρες διακοπής	30	25	20

Πίνακας 4.6 Z_D για DIN77

Ο συντελεστής Z_D για το DIN83 μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή του D περίπου γραμμικά παίρνοντας τιμές από το 0 μέχρι το 13.

Επομένως οι θερμικές απαιτήσεις μαζί με τις προσαυξήσεις είναι:

$$Q_T = Q_0(1 + Z_D + Z_H) = Q_0 + Z \quad (\text{kcal/h}) \quad (4.7)$$

Οι απώλειες αερισμού Q_L υπολογίζονται εναλλακτικά:

$$Q_L = V * \rho * C(t_i - t_a) \quad (\text{kcal/h}) \quad (4.8)$$

όπου:

V : Όγκος εισερχομένου αέρα σε m^3/s

c : Ειδική θερμότητα του αέρα σε kJ/g K

ρ : Πυκνότητα του αέρα σε kg/m^3

Το τελικό σύνολο των θερμικών απωλειών δεν είναι παρά το άθροισμα των Q_T και Q_L , δηλαδή:

$$Q_{\text{ολ}} = Q_T + Q_L \quad (4.9)$$

4.5 Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε υπάρχουσα μονοκατοικία

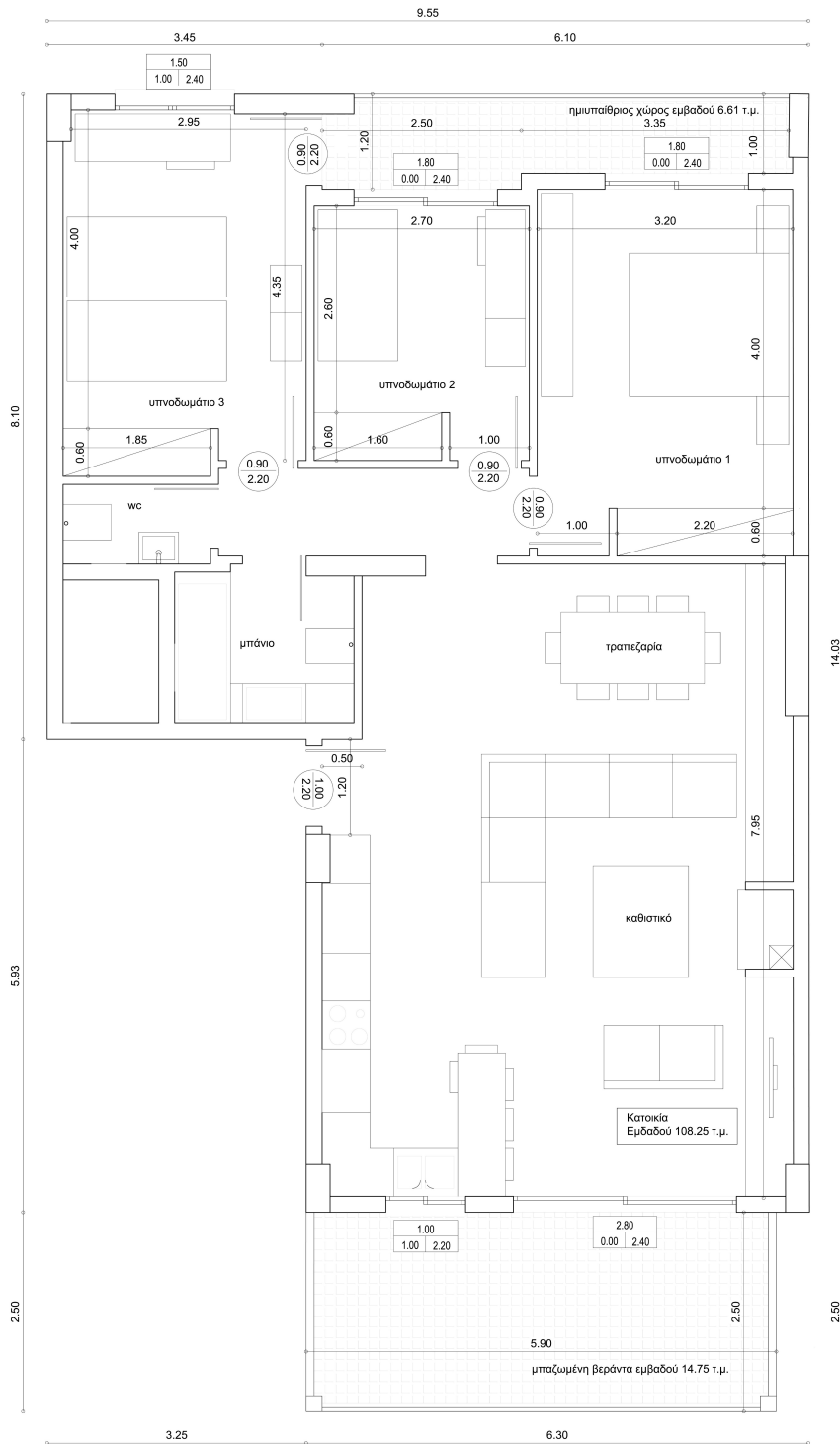
4.5.1 Περιγραφή τρέχουσας κατάστασης μονοκατοικίας

Η υπό μελέτη κατοικία βρίσκεται στην πόλη της Πάτρας στην περιοχή Μπεγουλάκι. Επομένως ανήκει στην κλιματική ζώνη Β. Κατασκευάστηκε το 1980 και έχει συνολική επιφάνεια 137m^2 . Η θερμαινόμενη-ψυχόμενη επιφάνεια της κατοικίας είναι 137m^2 . Στο Σχήμα 4.5 απεικονίζεται η κάτοψη της υπό μελέτη κατοικίας. Στην κάτοψη απεικονίζονται αναλυτικά όλα τα γεωμετρικά στοιχεία με βάση τα οποία θα υπολογιστούν τα εμβαδά των δομικών στοιχείων και οι όγκοι των δωματίων και με βάση αυτά θα γίνουν οι υπολογισμοί που ακολουθούν. Τα δομικά στοιχεία της κατοικίας τα οποία χωρίζουν τον θερμαινόμενο από τον μη θερμαινόμενο χώρο της κατοικίας είναι τα εξής:

- Εξωτερική τοιχοποιία , συνολικού πάχους 0.25 m αποτελούμενη από εξωτερικό επίχρισμα, τούβλο, αέρα, τούβλο και πάλι επίχρισμα.
- Εσωτερική τοιχοποιία , συνολικού πάχους 0.10 m αποτελούμενη από επίχρισμα, τούβλο και επίχρισμα.
- Υποστυλώματα, τα οποία έχουν μεταβαλλόμενο πάχος και αποτελούνται από ασβεστοκονίαμα, μπετόν και ασβεστοκονίαμα.
- Δάπεδο το οποίο αποτελείται από κάτω προς τα πάνω από πλάκα-μπετόν Β120, γαρπυλόδεμα, ασβεστοκονίαμα και πλακάκια.
- Οροφή η οποία αποτελείται από ασβεστοκονίαμα, πλάκα-μπετόν Β 120, μπετόκλισης, στεγάνωση και γαρμπιλομωσαϊκό
- Ανοίγματα- Παράθυρα τα οποία αποτελούνται από ξύλινο πλαίσιο και υαλοπίνακα
- Κεντρική Πόρτα η οποία αποτελείται από ξύλο, αέρα, ξύλο και έρχεται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο

Με βασική παραδοχή ότι η ροή θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου αντιμετωπίζεται ως μονοδιάστατο μέγεθος και με διεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου γίνονται οι υπολογισμοί της παρούσης μελέτης. Η μεταβολή της θερμότητας θεωρείται σταθερή με το χρόνο και δεν επηρεάζεται από εξωγενείς παράγοντες. Ομοίως όλα τα δομικά υλικά θεωρούνται κατά παραδοχή ομογενή και ισότροπα, με σταθερά θερμοφυσικές χαρακτηριστικά και ανεπηρέαστα από τις μεταβολές της θερμοκρασίας.

B



Σχήμα 4.5 Κάτοψη της υπό μελέτη κατοικίας

Οι επιμέρους θερμικές αγωγιμότητες λ [$\text{W/m}^*\text{K}$] των υλικών που αποτελούνται τα δομικά στοιχεία επιλέχθηκαν από τους παρακάτω πίνακες.

ΥΛΙΚΑ	Φαινόμενη πυκνότητα, ρ_k , Kg/m^3	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ , $\text{W/m}^*\text{K}$
I ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ		
1.1 Λίθοι		
1.1.1 Συμπαγείς λίθοι (ασβεστόλιθος, μάρμαρο, γρανίτης, βασάλτης κ.λ.π.)		3,49
1.1.2 Πορώδεις λίθοι		
1.1.2.1 Ψαμμίτης		2,33
1.1.2.2 Πλάκες τύπου Μάλτας		1,05
1.1.3 Άμμος φυσικής προέλευσης με φυσική υγρασία		1,40
1.2 Άργιλλος		
1.3.2 Ψηφίδες συλλεκτές και θραυστές με διάμετρο κόκκου 5-10mm		0,81
1.3.3 Κίσηρη χονδρόκοκκος		0,19
1.3.4 Θραύσματα από οπτόπλινθους και κεραμικά υλικά		0,41
1.3.5 Περλίτης διογκωμένος		0,064
1.4 Επιχρίσματα (εσωτερικά και εξωτερικά), συνδετική κονία αρμών από		
1.4.1 Ασβεστοκονίαμα και ασβεστοτσιμεντοκονίαμα		0,87
1.4.2 Τσιμεντοκονίαμα		1,39
1.5 Σκυροδέματα και ελαφρά σκυροδέματα (σε κατασκευαστικά στοιχεία χωρίς αρμούς και σε πλάκες μεγάλου μεγέθους)		
1.5.1 Σκυρόδεμα με συλλεκτά ή θραυστά αδρανή κλειστής δομής		
- Κατηγορία σκυροδέματος \leq C12/15		1,51
- Κατηγορία σκυροδέματος \geq C16/20		2,03
1.5.2 Γαμπίλοσκυρόδεμα	1500	0,64
	1700	0,81
	1900	1,10
1.5.3 Κίσηρόδεμα	800	0,29
	1000	0,35
	1200	0,46

1.5.7 Τσιμεντόλιθοι μαζί με το κονίαμα των αρμών ⁽¹⁾		
1.5.7.1 Τσιμεντόλιθοι πλήρεις με ασβεστολιθικά αδρανή	1600 1800 2000	0,79 0,99 1,10
1.5.7.2 Τσιμεντόλιθοι διάτρητοι με ασβεστολιθικά αδρανή	1200 ⁽²⁾ 1400 ⁽²⁾ 1600 ⁽²⁾	0,56 0,70 0,79
1.5.7.3 Τσιμεντόλιθοι με διάκενα, με ασβεστολιθικά αδρανή	1000 ⁽²⁾ 1200 ⁽²⁾	0,50 0,56
1.5.7.4 Κισσηρόλιθοι πλήρεις	800 1000 1200 1400 1600	0,41 0,46 0,52 0,64 0,79
1.5.7.5 Κισσηρόλιθοι με διάκενα, 2 διακένων	1000 ⁽³⁾ 1200 ⁽³⁾ 1400 ⁽³⁾	0,44 0,49 0,56
1.5.7.6 Κισσηρόλιθοι με διάκενα 3 διακένων	1400 ⁽³⁾ 1600 ⁽³⁾	0,49 0,56
1.5.7.7 Πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα που έχουν σκληρυνθεί με ατμό	600 800 1000	0,35 0,41 0,46
1.5.7.8 Πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα που έχουν σκληρυνθεί στον αέρα	800 1000 1200	0,44 0,56 0,70
1.5.8 Τσιχοποιία από οπτόπλινθους μαζί με το κονίαμα των αρμών ⁽¹⁾		
1.5.8.1 Οπτόπλινθοι πλήρεις	1000 1200 1400 1800	0,46 0,52 0,60 0,79
1.5.8.2 Οπτόπλινθοι διάτρητοι	1000 ⁽⁴⁾ 1200 ⁽⁴⁾ 1400 ⁽⁴⁾	0,46 0,52 0,60
1.5.8.3 Πλακίδια επίστρωσης	2000	1,05
2 ΞΥΛΑ		
2.1 Δρυς		0,21
2.2 Οξύα		0,17
2.3 Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο, κ.λ.π.)		0,14
2.4 Κόντρα πλακέ, πλακάς κ.λ.π		0,14
2.5 Μοριοσανίδες	900	0,17

3	ΜΕΤΑΛΛΑ- ΓΥΑΛΙ		
3.1	Γυαλί		0,81
3.2	Χυτοσίδηρος και χάλυβας		58,15
3.3	Χαλκός		283,79
3.4	Ορείχαλκος		53,96
3.5	Αλουμίνιο		203,52
4	ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΚΑΙ ΛΣΦΑΛΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗΣ		
4.1	Λινόλευοιμ	1200	0,19
4.2	Ασφαλτικό σκυρόδεμα	2100	0,70
4.3	Ασφαλτος	1050	0,17
4.4	Ασφαλτόχαρτο	1100	0,19
5	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ		
5.1	Πλάκες από υαλοβάμβακα με βακελίτη και λιθοβάμβακα (ορυκτοβάμβακα)		0,041
5.2	Υαλοβάμβακας μη μορφοποιημένος	50	0,041
5.3	Πλάκες ελαφρών κατασκευών από ξυλόμαλλο με ανόργανη συνδετική κονία, πάχους		
	15 mm	570	0,14
	25 μέχρι 35 mm	460-415	0,093
	50 mm και μεγαλύτερου	390 και <	0,081
5.4	Πλάκες από διογκωμένο φελλό	120	0,041
		160	0,044
		200	0,046
5.5	Πλακίδια από φελλό	450	0,064
5.6	Διογκωμένα συνθετικά υλικά ⁽⁶⁾ , ⁽⁷⁾		0,041
5.7	Σκληροί αφροί από συνθετικά υλικά ⁽⁶⁾ , ⁽⁷⁾		0,041

Πίνακας 4.7 Συντελεστές Θερμικής αγωγιμότητας ,λ, υλικών (W/m*k)

Με βάση τα παραπάνω, η θερμική αντίσταση που προβάλλει μια ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας υπολογίζεται από το γενικό τύπο:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad [m^2 K/W] \quad (4.11)$$

όπου R [$m^2 K/W$] η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας η συγκεκριμένη στρώση, d [m] το πάχος της στρώσης και λ [W/(m*K)] ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης

Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής και προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης κατά τη γενικευμένη σχέση:

$$R_{\Lambda} = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_j R_j$$

$$[\text{m}^2\text{K/W}] \quad (4.12)$$

Η συνολική θερμική αντίσταση που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό υλικό στοιχείο, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζεται από το άθροισμα των αντιστάσεων των επί μέρους στρώσεων και των αντιστάσεων του στρώματος αέρα εκατέρωθεν των όψεων του κατά την εξίσωση :

$$R_{o\lambda} = R_i + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_a \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (4.13)$$

Όπου :

$R_{o\lambda}$ η συνολική αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας το δομικό στοιχείο,

N το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου

R_i η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στην μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο.

R_a η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Οι θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου ορίζονται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U), που δίνει την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στην μονάδα του χρόνου σε σταθερό θερμοκρασιακό πεδίο μέσω της μοναδιαίας επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στις δύο όψεις του δομικού στοιχείου ισούται με την μονάδα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου ορίζεται από τη σχέση:

$$U = 1/R_{o\lambda} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (4.14)$$

Δομικό Στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
	$1/R_i$	$1/R_a$	R_i	R_a
	$\text{W/m}^2\text{K}$	$\text{W/m}^2\text{K}$	$\text{W/m}^2\text{K}$	$\text{W/m}^2\text{K}$
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7.7	25.0	0.13	0.04
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7.7	7.7	0.13	0.13
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	10.0	10.0	0.10	0.10
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5.88	-	0.17	0.00

Πίνακας 4.8 Συντελεστές και αντιστάσεις θερμικής μετάβασης ($\text{W/m}^2\text{*k}$)

Στον πίνακα που ακολουθεί έχουν υπολογιστεί οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων της κατοικίας:

Δομικό Στοιχείο	R _λ	R _i	R _a	U
	kcal/m ² °C			
Εξωτερική τοιχοποιία	0.457	0.13	0.04	1.5936
Δοκοί-Υποστυλώματα	0.166	0.13	0.04	2.9747
Δάπεδο με πλακάκια σε επαφή με το έδαφος	0.185	0.17	0	2.8189
Οροφή	0.981	0.1	0.04	0.8917
Κουφώματα				2.9083

Πίνακας 4.9 Συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων (kcal/m²°C)

Στους πίνακες που ακολουθούν υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες ανά χώρο.

					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ								
					ΧΩΡΟΣ: ΣΑΛΟΝΙ-ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ								
		T _{εσ} (°C)	25	T _{εξ} (°C)	5								
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
		ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦ. ΘΕΡΜΟΚΡ.	ΑΠΩΛ. ΘΕΡΜ.	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤ.	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜ. ΧΩΡ
		m	m	m ²	m ²	m ²	kcal / h m ² °C	°C	kcal / h	%	%	(1+ %)	kcal / h
T. Εξ	Α	7,95	6,30	50,085		50,085	1,59	20	1593				
Πατ		7,95	6,30	50,085		50,085	2,97	20	2975				
T. Εξ	N	6,30	3,50	22,050	7,920	14,130	1,59	20	450				
T. Εξ	Δ	5,93	3,50	20,755	2,200	18,555	1,59	20	590				
Tαβ		7,95	6,30	50,085		50,085	0,89	20	891				
Kουφ	Δ	1,00	2,20	2,200		2,200	2,91	10	64				
Kουφ	N	1,00	1,20	1,200		1,200	2,91	10	35				
Kουφ	N	2,80	2,40	6,720		6,720	2,91	10	195				
									6793	-5	20	1,15	7811,9
									Q_L=		243		
									ΣΥΝΟΛΟ		8055		

Πίνακας 4.10 Θερμικές απώλειες σαλόνι-τραπεζαρία

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ													
ΧΩΡΟΣ: ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1													
		T _{εσ} (°C) =	25	T _{εξ} (°C) =	5								
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤ.	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜ. ΧΩΡ
		m	m	m ²	m ²	m ²	kcal / h m ² °C	°C	kcal / h	%	%	(1+ %)	kcal / h
T. Εξ	A	4,60	3,50	16,100		16,100	1,59	20	512				
Πατ		4,00	3,20	12,800		12,800	2,97	20	760				
T. Εξ	B	3,20	3,50	11,200	4,32	6,880	1,59	20	219				
Ταβ		4,00	3,20	12,800		12,800	0,89	20	228				
Κουφ	B	1,80	2,40	4,320		4,320	2,91	10	126				
									1845	(+5)	20	1,25	2306
									Q _L =	243			
									ΣΥΝΟΛΟ	2549			

Πίνακας 4.11 Θερμικές απώλειες υπνοδωματίου 1

		ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ											
		ΧΩΡΟΣ: ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2											
		T _{εσ} (°C) =	25	T _{εξ} (°C) =	5								
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤ.	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜ. ΧΩΡ
		m	m	m ²	m ²	m ²	kcal / h m ² °C	°C	kcal / h	%	%	(1+ %)	kcal / h
Τ. Εξ	B	2,70	3,50	9,450	4,32	5,130	1,59	20	163				
Πα τ.		2,70	2,60	7,020		7,020	2,97	20	417				
Ταβ .		2,70	2,60	7,020		7,020	0,89	20	125				
Κο υφ.	B	1,80	2,40	4,320		4,320	2,91	10	126				
									831	(+5)	20	1,25	1038,7
									Q _L =				243
									ΣΥΝΟΛΟ				1282

Πίνακας 4.12 Θερμικές απώλειες υπνοδωματίου 2

		ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ											
		ΧΩΡΟΣ: ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 3											
		T _{εσ} (°C)	25	T _{εξ} (°C) =	5								
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤ.	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜ. ΧΩΡ
		m	m	m ²	m ²	m ²	kcal / h m ² °C	°C	kcal / h	%	%	(1+ %)	kcal / h
T. Εξ	Δ	4,60	3,50	16,100		16,100	1,59	20	512				
Πατ.		4,60	2,95	13,570		13,570	2,97	20	806				
T. Εξ	B	2,95	3,50	10,325	3,6	6,725	1,59	20	214				
Ταβ.		4,60	3,20	14,720		14,720	0,89	20	262				
Κου φ.	A	0,90	2,20	1,980		1,980	2,91	10	58				
Κου φ.	B	1,50	2,4	3,600		3,600	2,91	10	105				
									1957	(+5)	20	1,25	2446,25
									Q _t =				243
									ΣΥΝΟΛΟ				2690

Πίνακας 4.13 Θερμικές απώλειες υπνοδωματίου 3

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ													
ΧΩΡΟΣ: ΜΠΑΝΙΟ													
		$T_{εσ}$ (°C)	25	$T_{εξ}$ (°C) =	5								
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤ.	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜ. ΧΩΡ
		m	m	m ²	m ²	m ²	kcal / h m ² °C	°C	kcal / h	%	%	(1+ %)	kcal / h
T. Εξ Ν		3,25	3,50	11,375		11,375	1,59	20	362				
T. Εξ Δ		2,00	3,50	7,000		7,000	1,59	20	223				
Π ατ		3,25	3,25	10,563		10,563	2,97	20	628				
Tα β.		3,25	3,25	10,563		10,563	0,89	20	188				
									1401	-5	20	1,15	1611,15
									Q _l =				243
									ΣΥΝΟΛΟ				1854

Πίνακας 4.14 Θερμικές απώλειες μπάνιου

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ													
ΧΩΡΟΣ: WC													
		T _{εσ} (°C)	25	T _{εξ} (°C) =	5								
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
		ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤ.	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜ. ΧΩΡ
		m	m	m ²	m ²	m ²	kcal / h m ² °C	°C	kcal / h	%	%	(1+ %)	kcal / h
Τ. Εξ	Δ	1,00	3,50	3,500		3,500	1,59	20	112				
Πατ.		1,00	1,95	1,950		1,950	2,97	20	116				
Ταβ.		1,00	1,95	1,950		1,950	0,89	20	35				
									262,34	0	20	1,20	314,8
									Q _L =				243
									ΣΥΝΟΛΟ				558

Πίνακας 4.15 Θερμικές απώλειες WC

Στον πίνακα που ακολουθεί απεικονίζονται συγκεντρωτικά οι απώλειες ανά χώρο.

Χώρος	Συνολικές Απώλειες/Χώρο
	kcal/h
Σαλόني- Τραπεζαρία	8055
Υπνοδωμάτιο 1	2549
Υπνοδωμάτιο 2	1282
Υπνοδωμάτιο 3	2690
Μπάνιο	1854
WC	558
Σύνολο	16988

Πίνακας 4.14 Θερμικές απώλειες ανά χώρο

Σύμφωνα με τους ανωτέρω υπολογισμούς παρατηρούμε ότι οι συνολικές θερμικές απώλειες της κατοικίας ανέρχονται στα 16988 Kcal/h.

Αυτό σημαίνει ότι για να καλυφθεί η οικία από άποψη θέρμανσης θα χρειαστεί έναν λέβητα με ονομαστική ισχύ τουλάχιστον 20.000 Kcal/h διότι θα πρέπει να καλύψει ,πέρα από τις καθαρές απώλειες του κτηρίου λόγω μεταφοράς, τις απώλειες από αερισμό, τις απώλειες στο δίκτυο αλλά και τις απώλειες του εαυτού του οι οποίες αναφέρονται και ως συντελεστής απόδοσης του λέβητα.

Ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων είναι απαραίτητος ώστε να εκτιμήσουμε την καταναλισκόμενη ετήσια ενέργεια από κλιματιστικές μονάδες και το όφελος που θα προκύψει από κάθε ενεργειακή παρέμβαση στην θερμομόνωση του κτηρίου. Ο υπολογισμός των φορτίων ακολουθεί την τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας.

Για τον υπολογισμό των φορτίων λάβαμε υπόψη το αρχιτεκτονικό σχέδιο της κατοικίας ώστε να βρούμε τα απαραίτητα εμβαδά των εξωτερικών τοίχων, της οροφής και των υαλοπινάκων . Για την εύρεση του σωστού προσανατολισμού του κτηρίου χρησιμοποιήσαμε την εφαρμογή GoogleEarth. Επίσης σαν δεδομένα θεωρήσαμε τα εξής στοιχεία:

-Η οροφή είναι κατηγορίας 6 χωρίς ψευδοροφή λόγω του ότι έχει πάχος περίπου 15cm και $U=0.89 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

-Η εξωτερική τοιχοποιία είναι κατηγορίας B και έχει ολική θερμοπερατότητα $U=1.59 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

-Τα παράθυρα είναι με μονό τζάμι και η ολική τους θερμοπερατότητα είναι $U=3.0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

-Θεωρούμε στην παρούσα μελέτη ότι δεν έχουμε ύπαρξη θερμότητας από εσωτερική και εξωτερική πηγή πέρα του ηλίου

-Η εξωτερική θερμοκρασία $T_o=35^\circ\text{C}$

-Η εσωτερική θερμοκρασία της οικίας πρέπει να βρίσκεται σε 25°C ώστε να εξασφαλίζεται μια θερμική άνεση

-Η οροφή αποτελείται από ανοιχτό χρώμα ,που σημαίνει ότι ο συντελεστής k ισούται με 1

-Δεν έχουμε ύπαρξη ροής αέρα ,συνεπώς ο συντελεστής f παίρνει την τιμή 1.

-Οι υπολογισμοί έχουν γίνει για την ώρα 15:00

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				
	T_{εσ} (°C)=	25	T_{εξ} (°C) =	35
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΞΩΤ.ΤΟΙΧΩΝ		ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	
	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ A	CLTD	ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ Q
	W/m² K	m²		Watt
B	4,18	21,185	14,6	1756
A	3,33	47,125	16,6	2337
Δ	2,32	46,905	12,6	1235
N	2,31	24,505	11,6	769
ΣΥΝΟΛΟ				5925,64

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ		ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	
	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ A	CLTD	ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ Q
	W/m² K	m²		Watt
B	3,0	12,24	14,1	517,75
A	3,0	1,98	14,1	83,75
Δ	3,0	2,20	14,1	93,06
N	3,0	8,92	14,1	377,32
ΣΥΝΟΛΟ				1071,88
ΑΝΘΡΩΠΟΙ				528
ΦΩΤΙΣΜΟΣ-ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ				1096
ΤΕΛ. ΣΥΝΟΛΟ				8621,52

Πίνακας 4.15 Ψυκτικές απώλειες κατοικίας πριν τις παρεμβάσεις

Από τους παραπάνω υπολογισμούς προκύπτει ότι για να κλιματιστεί η συγκεκριμένη οικία απαιτούνται 8621,52watt. Τα παραπάνω watt προκύπτουν από την δυσμενέστερη κατάσταση, η οποία είναι στις 15:00 για οποιαδήποτε ημέρα του Ιουλίου.

4.5.2 Προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας

Στη συγκεκριμένη κατοικία προτείνονται οι εξής παρεμβάσεις:

- Ενεργειακή παρέμβαση στους εξωτερικούς τοίχους με θερμομόνωση κελύφους.
 - Ενεργειακή παρέμβαση με μόνωση της οροφής.
 - Ενεργειακή παρέμβαση στα ανοίγματα με αντικατάσταση με θερμοδιακοπόμενα πλαίσια και υαλοπίνακες με μικρό συντελεστή θερμοπερατότητας U.
- Στον παρακάτω πίνακα έχουν υπολογιστεί οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων μετά τις παρεμβάσεις

Δομικό Στοιχείο	R _λ	R _i	R _a	U
	W/m ² K			
Εξωτερική τοιχοποιία	1.622	0.13	0.04	0.653
Δοκοί-Υποστυλώματα	1.324	0.13	0.04	0.562
Δάπεδο με πλακάκια σε επαφή με το έδαφος	0.185	0.17	0	2.8189
Οροφή	3.051	0.1	0.04	0.316
Κουφώματα				2.324

Πίνακας 4.16 Συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων (W/m²*k) μετά τις παρεμβάσεις

Στους πίνακες που ακολουθούν υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες ανά χώρο μετά τις παρεμβάσεις.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ													
ΧΩΡΟΣ: ΣΑΛΟΝΙ-ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ													
		T _{εσ} (°C)	25	T _{εξ} (°C) =	5								
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
		ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤ.	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜ. ΧΩΡ
		m	m	m ²	m ²	m ²	kcal / h m ² °C	°C	kcal / h	%	%	(1+ %)	kcal / h
T. Εξ	A	7,95	6,30	50,085		50,085	0,65	20	651				
Πατ		7,95	6,30	50,085		50,085	0,32	20	321				
T.Ε ξ	N	6,30	3,50	22,050	7,920	14,130	0,65	20	184				
T.Ε ξ	Δ	5,93	3,50	20,755	2,200	18,555	0,65	20	241				
Ταβ		7,95	6,30	50,085		50,085	0,32	20	321				
Κουφ	Δ	1,00	2,20	2,200		2,200	2,32	10	51				
Κουφ	N	1,00	1,20	1,200		1,200	2,32	10	28				
Κουφ	N	2,80	2,40	6,720		6,720	2,32	10	156				
									1953	-5	20	1,15	2246
									Q _i =				243
									ΣΥΝΟΛΟ				2489

Πίνακας 4.17 Θερμικές απώλειες Σαλόνι-Τραπεζαρία

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ													
ΧΩΡΟΣ: ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1													
		T _{εσ} (°C)	25	T _{εξ} (°C) =	5								
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
		ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤ.	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜ. ΧΩΡ
		m	m	m ²	m ²	m ²	kcal / h m ² °C	°C	kcal / h	%	%	(1+ %)	kcal / h
T. Εξ	A	4,60	3,50	16,100		16,100	0,65	20	209				
Πατ		4,00	3,20	12,800		12,800	2,82	20	722				
T. Εξ	B	3,20	3,50	11,200	4,32	6,880	0,65	20	89				
Tαβ		4,00	3,20	12,800		12,800	0,32	20	82				
Κουφ	B	1,80	2,40	4,320		4,320	2,32	10	100				
									1202	(+5)	20	1,25	1502,5
									Q _L =				243
									ΣΥΝΟΛΟ				1745,5

Πίνακας 4.18 Θερμικές απώλειες υπνοδωματίου 1

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ													
ΧΩΡΟΣ: ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2													
		T _{εσ} (°C)	25	T _{εξ} (°C) =	5								
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
		ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤ.	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜ. ΧΩΡ
		m	m	m ²	m ²	m ²	kcal / h m ² °C	°C	kcal / h	%	%	(1+ %)	kcal / h
T. Εξ	B	2,70	3,50	9,450	4,320	5,130	0,65	20	67				
Πατ		2,70	2,60	7,020		7,020	2,82	20	396				
Ταβ		2,70	2,60	7,020		7,020	0,32	20	45				
Κουφ	B	1,80	2,40	4,320		4,320	2,32	10	100				
									608	(+5)	20	1,25	760
									Q _i =				243
									ΣΥΝΟΛΟ				1003

Πίνακας 4.19 Θερμικές απώλειες υπνοδωματίου 2

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ													
ΧΩΡΟΣ: ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 3													
		T _{εσ} (°C)	25	T _{εξ} (°C) =	5								
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
		ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤ.	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜ. ΧΩΡ
		m	m	m ²	m ²	m ²	kcal / h m ² °C	°C	kcal / h	%	%	(1+ %)	kcal / h
Τ. Εξ	Δ	4,60	3,50	16,100		16,100	0,65	20	209				
Πατ		4,60	2,95	13,570		13,570	2,82	20	765				
Τ. Εξ	Β	2,95	3,50	10,325	3,6	6,725	0,65	20	87				
Ταβ		4,60	3,20	14,720		14,720	0,32	20	94				
Κουφ	Α	0,90	2,20	1,980		1,980	2,32	10	46				
Κουφ	Β	1,50	2,40	3,600		3,600	2,32	10	83				
									1284	(+5)	20	1,25	1605
									Q _t =				243
									ΣΥΝΟΛΟ				1848

Πίνακας 4.20 Θερμικές απώλειες υπνοδωματίου 3

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ													
ΧΩΡΟΣ: ΜΠΑΝΙΟ													
		T _{εσ} (°C)	25	T _{εξ} (°C) =	5								
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
		ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤ.	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜ. ΧΩΡ
		m	m	m ²	m ²	m ²	kcal / h m ² °C	°C	kcal / h	%	%	(1+ %)	kcal / h
Γ. Εξ	N	3,25	3,50	11,375		11,375	0,65	20	148				
Γ. Εξ	Δ	2,00	3,50	7,000		7,000	0,65	20	91				
Π ατ		3,25	3,25	10,563		10,563	2,82	20	596				
Τα β.		3,25	3,25	10,563		10,563	0,32	20	68				
									903	-5	20	1,15	1038,45
									Q _L =				243
									ΣΥΝΟΛΟ				1281,45

Πίνακας 4.21 Θερμικές απώλειες μπάνιου

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ													
ΧΩΡΟΣ: WC													
		T _{εσ} (°C)	25	T _{εξ} (°C) =	5								
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
		ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣΣΙΛΙΑΦΟΡΑ	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣΑΠΩΛΕΙΕΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤ.	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜ. ΧΩΡ
		m	m	m ²	m ²	m ²	kcal / h m ² °C	°C	kca l / h	%	%	(1+ %)	kcal / h
Τ Ε ξ	Δ	1,00	3,50	3,500		3,500	0,65	20	46				
Π α τ.		1,00	1,95	1,950		1,950	2,82	20	110				
Τ α β.		1,00	1,95	1,950		1,950	0,32	20	12				
									168	0	20	1,20	201,6
									Q _l =				243
									ΣΥΝΟΛΟ				444,6

Πίνακας 4.22 Θερμικές απώλειες WC

Στον πίνακα που ακολουθεί έχουν υπολογιστεί οι θερμικές απώλειες ανά χώρο μετά τις παρεμβάσεις.

Χώρος	Συνολικές Απώλειες/Χώρο
	kcal/h
Σαλόνι- Τραπεζαρία	2489
Υπνοδωμάτιο 1	1745,5
Υπνοδωμάτιο 2	1003
Υπνοδωμάτιο 3	1848
Μπάνιο	1281,45
WC	444,6
Σύνολο μετά τις παρεμβάσεις	8811,55
Σύνολο πριν τις παρεμβάσεις	16988
Ποσοστό μείωσης	48,13%

Πίνακας 4.23 Θερμικές απώλειες ανά χώρο μετά τις παρεμβάσεις

Στον πίνακα που ακολουθεί έχουν υπολογιστεί οι ψυκτικές απώλειες μετά τις παρεμβάσεις.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				
	T_{εσ} (°C)=	25	T_{εξ} (°C) =	35
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΞΩΤ.ΤΟΙΧΩΝ		ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	
	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ A	CLTD	ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ Q
	W/m² K	m²		Watt
B	3,80	21,185	14,6	1175,34
A	2,83	47,125	16,6	2213,84
Δ	1,85	46,905	12,6	1093,35
N	1,69	24,505	11,6	480,40
ΣΥΝΟΛΟ				4962,93
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ		ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	
	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ A	CLTD	ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ Q
	W/m² K	m²		Watt
B	2,324	12,24	14,1	401,08
A	2,324	1,98	14,1	64,88
Δ	2,324	2,20	14,1	72,09
N	2,324	8,92	14,1	125,77
ΣΥΝΟΛΟ				663,82
ΑΝΘΡΩΠΟΙ				528
ΦΩΤΙΣΜΟΣ-ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ				1096
ΤΕΛ. ΣΥΝΟΛΟ				7250,75

Πίνακας 4.24 Ψυκτικές απώλειες κατοικίας μετά τις παρεμβάσεις

Από τους παραπάνω υπολογισμούς προκύπτει ότι για να κλιματιστεί η συγκεκριμένη οικία απαιτούνται 7250,75watt. Τα παραπάνω watt προκύπτουν από την δυσμενέστερη κατάσταση, η οποία είναι στις 15:00 για οποιαδήποτε ημέρα του Ιουλίου.

4.6 Μέθοδος Βαθμομερών

Για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών της μονοκατοικίας ανά έτος χρησιμοποιούμε:

$$Q_0 = Q / TD * D * 24 * C_D * 1 / E \quad (4.15)$$

Όπου :

Q_0 = θερμική ενέργεια που καταναλώνεται την θεωρούμενη περίοδο (kcal)

Q = θερμικές απώλειες κτιρίου (kcal/h)

TD = θερμοκρασιακή διαφορά σχεδιασμού ($^{\circ}C$)

D = αριθμός βαθμομερών για μια περίοδο

C_D = συντελεστής διόρθωσης για βαθμομέρες

E = συντελεστής διόρθωσης για τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης (0.75)

Βαθμομέρες πριν τις παρεμβάσεις :

Το σπίτι που κάνουμε μελέτη και το οποίο βρίσκεται στην Πάτρα έχει θερμικές απώλειες $Q = 16.988 \text{ kcal/h}$, $D = 1.105$, $TD = 20 - (-1) = 21 \text{ }^{\circ}C$

$$Q_0 = 16.988 / 21 * 1.105 * 24 * 0,75 * 1 / 0,75 = \mathbf{21.453.354 \text{ (kcal)}}$$

Κόστος θέρμανσης για πετρέλαιο με θερμογόνο 10.000 kcal /kg :

$$\text{Κατανάλωση πετρελαίου : } 21.453.354 / 10.000 \text{ (kcal / kcal /kg)} = 2.145,33 \text{ (kg)}$$

Πυκνότητα πετρελαίου : $\rho = 0,86 \text{ (kg /L)}$

$$\text{Λίτρο πετρελαίου : } 2.145,33 / 0,86 \text{ (kg / kg /l)} = 2.494,6 \text{ (L)}$$

Τιμή πετρελαίου = 0,93 (Ευρό / L)

$$\text{Κόστος θέρμανσης : } 2.494,6 \text{ (L)} * 0,93 \text{ (Ευρό / L)} = \mathbf{2.319,95 \text{ (Ευρώ)}}$$

Βαθμομέρες μετά τις παρεμβάσεις :

$$Q = 8.811,55 \text{ (kcal/h)}$$

$$Q_0 = 8.811,55 / 21 * 1.105 * 24 * 0,75 * 1 / 0,75 = \mathbf{11.127.792 \text{ (kcal)}}$$

$$\text{Κατανάλωση πετρελαίου : } 11.127.792 / 10.000 \text{ (kcal / kcal /kg)} = 1.112,78 \text{ (kg)}$$

$$\text{Λίτρο πετρελαίου : } 1.112,78 / 0,86 \text{ (kg / kg /l)} = 1.294 \text{ (L)}$$

$$\text{Κόστος θέρμανσης : } 1.294 \text{ (L)} * 0,93 \text{ (Ευρό / L)} = \mathbf{1.203,42 \text{ (Ευρώ)}}$$

Βαθμομέρες πριν τις παρεμβάσεις για αντλία θερμότητας :

Όπου $E = 4$, $Q = 16.988 \text{ kcal/h} = 19,76 \text{ kwatt}$:

$$Q_0 = 19,76 / 21 * 1.105 * 24 * 0,75 * 1 / 4 = \mathbf{4.678,9 \text{ (kwh)}}$$

$$\text{Αφού } 1 \text{ kWh} = 0.18 \text{ ευρώ, τότε κόστος πριν τις παρεμβάσεις } \mathbf{4.678,9 \text{ (kwh)} * 0,18 \text{ (ευρώ/kwh)} = \mathbf{842,20 \text{ (ευρώ)}}$$

Βαθμομέρες μετά τις παρεμβάσεις για αντλία θερμότητας :

Όπου $E = 4$, $Q = 8.811,55 \text{ kcal/h} = 10,25 \text{ kwatt}$:

$$Q_0 = 10,25 / 21 * 1.105 * 24 * 0,75 * 1 / 4 = \mathbf{2.427,05 \text{ (kwh)}}$$

Αφού $1 \text{ kWh} = 0.18 \text{ ευρώ}$, τότε κόστος μετά τις παρεμβάσεις $\mathbf{2.427,05 \text{ (kwh)} * 0,18}$
 $\mathbf{(\text{ευρώ/kwh}) = 436,87 \text{ (ευρώ)}}$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Συμπεράσματα

Κατά την διάρκεια των υπολογισμών, παρατηρήθηκε ότι εάν μειωθεί το πάχος της θερμομόνωσης, έστω και κατά 1cm τότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας U είναι έκτος προδιαγραφών, άρα σημαντικό ρόλο για να ισχύουν οι υπολογισμοί, διαδραματίζει το κατά πόσο τηρούνται από τους τεχνικούς οικοδομής, οι προδιαγραφές που αναφέρονται για την υλοποίηση του έργου.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η όλη μελέτη είναι παραμετρική και συνεπώς μεταβαλλόμενη, άρα για μια μικρή αλλαγή στον τύπο των υλικών μόνωσης ή στις διαστάσεις τους μπορεί να αλλάξει εντελώς τα αποτελέσματα της μελέτης. Δεν μπορεί να αποτελέσει κανόνα για όλες τις κατοικίες διότι τα αποτελέσματα της μελέτης μεταβάλλονται από κτίριο σε κτίριο. Στην παρούσα μονοκατοικία των 137 m² που μελετάμε υπολογίστηκαν οι συνολικές θερμικές απώλειες πριν τις παρεμβάσεις στα 16.988 kcal/h και στα 8.811,55 kcal/h μετά τις παρεμβάσεις έχοντας συμπεριλάβει στον υπολογισμό μας τις απώλειες από αερισμό. Άρα επιτύχαμε μείωση 48,13% στις θερμικές απώλειες. Αντίστοιχα, το σύνολο των ψυκτικών απωλειών πριν τις παρεμβάσεις είναι στις 8.621,52 watt και στις 7.250,75 watt μετά τις παρεμβάσεις. Συνεπώς, επιτύχαμε μείωση 15,9% στις ψυκτικές απώλειες.

Τέλος, το κόστος θέρμανσης με χρήση καυστήρα πετρελαίου για ένα έτος πριν τις παρεμβάσεις με τωρινή τιμή πετρελαίου στα 0,93 ευρώ/λίτρο είναι στα 2.319,95 ευρώ ανά έτος. Αντίστοιχα το κόστος θέρμανσης με χρήση καυστήρα πετρελαίου μετά τις παρεμβάσεις είναι 1.203,42 ευρώ, πετυχαίνοντας μείωση 1.116,53 ευρώ ανά έτος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. [https://www.buildingcert.gr/nomiko_plaisio/kenak.pdf\(1/2012\)](https://www.buildingcert.gr/nomiko_plaisio/kenak.pdf(1/2012))
2. [http://www.opengov.gr/minenv/?p=189\(1/2012\)](http://www.opengov.gr/minenv/?p=189(1/2012))
3. [http://www.techenergy.gr/service/meletes.html\(1/2012\)](http://www.techenergy.gr/service/meletes.html(1/2012))
4. [http://www.arch.auth.gr/uploads/media/%CE%913_apoleies_glass.pdf\(1/2012\)](http://www.arch.auth.gr/uploads/media/%CE%913_apoleies_glass.pdf(1/2012))
5. [http://www.tm.teicrete.gr/Portals/23/Shmeioseis/TH_PS_KOU_II/%CE%A8%CF%85%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC%20%CF%86%CE%BF%CF%81%CF%84%CE%AF%CE%B1.pdf\(5/2012\)](http://www.tm.teicrete.gr/Portals/23/Shmeioseis/TH_PS_KOU_II/%CE%A8%CF%85%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC%20%CF%86%CE%BF%CF%81%CF%84%CE%AF%CE%B1.pdf(5/2012))
6. [http://www.lg.com/gr\(7/2012\)](http://www.lg.com/gr(7/2012))
7. [http://www.homexpertbyhoneywell.com/enGB/EnergyEfficiency/energysavingchecklist/Pages/default.aspx\(3/2012\)](http://www.homexpertbyhoneywell.com/enGB/EnergyEfficiency/energysavingchecklist/Pages/default.aspx(3/2012))
8. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και της έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», Έκδοση Α'.
9. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων», Έκδοση Α'.
10. Διευκρινίσεις – προσθήκες Τεχνικής οδηγίας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 (2012)
11. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών», Έκδοση Α'.
12. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4/2010 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων & εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού», Έκδοση Α'.
13. Απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής Δ6/Β/οικ. 5825/09-04-2010 (ΦΕΚ Β' 407) «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ)».
14. Ν.3661/2008 «Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 89)

