

Κεφάλαιο 6: Θερμικά – Ψυκτικά φορτία

6.1. Στοιχεία από τη θεωρία θερμικής άνεσης

6.1.1. Εισαγωγή

Η ευεξία που αισθάνεται ένας άνθρωπος όντας μέσα σε ένα κτηριακό περιβάλλον εξαρτάται τόσο από υποκειμενικούς παράγοντες, όσο και από την ποιότητα του περιβάλλοντος αυτού. Ορισμένοι ενδεικτικοί παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητα του εσωτερικού κτηριακού περιβάλλοντος, ως προς τον άνθρωπο είναι:

- θερμική άνεση (thermal comfort),
- ποιότητα του αέρα (indoor air quality),
- θόρυβος,
- δονήσεις,
- φωτισμός,
- οσμές,
- ακτινοβολίες,
- άλλα χαρακτηριστικά όπως διαρρύθμιση του χώρου, χρώματα, υφή των υλικών, λουλούδια κλπ, η επίδραση των οποίων δεν μπορεί να καθοριστεί με τεχνικούς όρους.

Στις επόμενες ενότητες θα ασχοληθούμε και θα παρουσιάσουμε τις έννοιες και τις αρχές που αφορούν στη θερμική άνεση.

6.1.2. Θερμική άνεση

Σύμφωνα με την Αμερικανική Ένωση Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Enginners), ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση του μυαλού κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή του εσωτερικού περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες.

Όπως είναι προφανές, η κατάσταση στην οποία ένα άτομο αισθάνεται θερμικά άνετα έχει υποκειμενικό χαρακτήρα. Έτσι στον ίδιο χώρο είναι δυνατόν κάποιο άτομο να εκφράζει την ικανοποίησή του για τις θερμικές συνθήκες, ενώ κάποιο άλλο άτομο τη δυσαρέσκειά του. Η λέξη άνεση εμπεριέχει ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων, από τους οποίους καθορίζεται ξεχωριστά για κάθε άτομο. Πέρα από τους παράγοντες που συνδέονται με την κοινωνική και ψυχολογική κατάσταση του ατόμου, προκειμένου να αξιολογηθεί επιστημονικά η θερμική άνεση και επομένως να αποκτήσει και αντικειμενικό χαρακτήρα, ορίστηκαν οι φυσικές παράμετροι οι οποίες την επηρεάζουν όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 6.1.

Όλες οι παράμετροι του πίνακα 6.1, και κυρίως οι φυσικές, επηρεάζουν τη ροή ενέργειας υπό τη μορφή θερμότητας από τον άνθρωπο προς το περιβάλλον. Ο άνθρωπος διαθέτει μηχανισμούς οι οποίοι ως στόχο έχουν να διατηρούν τη θερμική κατάσταση του σώματος σταθερή και να την προσαρμόζουν στις συνθήκες του περιβάλλοντος. Εξισορροπώντας τα θερμικά κέρδη και τις απώλειες θερμότητας (αυξομείωση των καύσεων, εφίδρωση), το ανθρώπινο σώμα καθορίζει την αναφερθείσα ροή θερμότητας.

Πίνακας 6.1: Παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμική άνεση.	
Παράμετροι	Μονάδες
Φυσικές παράμετροι	
Θερμοκρασία του αέρα	°C
Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών	°C
Υγρασία ή σχετική υγρασία του αέρα	%
Ταχύτητα του εσωτερικού αέρα	m/s
Χωροταξική κατανομή των παραπάνω μεγεθών	
Βιολογικές παράμετροι	
Το φύλο των χρηστών του χώρου	
Η ηλικία των χρηστών του χώρου	
Οι συνήθειες των χρηστών του χώρου	
Εξωτερικές παράμετροι	
Το είδος των δραστηριοτήτων των χρηστών του χώρου	met (1met = 58,15W/m ²)
Ο τύπος του ρουχισμού των χρηστών του χώρου	clo (1clo = 0,155m ² ·K/W)

6.1.3. Η φυσιολογία της θερμικής άνεσης

Αμέσως παρακάτω δίνονται ορισμένες έννοιες και φυσιολογικά χαρακτηριστικά που αφορούν στη φυσιολογία της θερμικής άνεσης:

- *Θερμορύθμιση* είναι η διαδικασία με την οποία το σώμα διατηρεί τη θερμοκρασία του μέσα σε ανεκτά όρια.
- *Υπερθερμία* είναι η υπερθέρμανση του σώματος που λαμβάνει χώρα, όταν έχουμε ανεπαρκή αποβολή θερμότητας.
- *Υποθερμία* είναι η ψύξη του σώματος λόγω της υπερβολικής απώλειας θερμότητας.
- *Μεταβολισμός* είναι το σύνολο των χημικών μεταβολών που γίνονται στα ζωντανά κύτταρα, δηλαδή οι χημικές μεταβολές των θρεπτικών υλών μετά από την πέψη και την απορρόφησή τους από τον οργανισμό.

Οι αντιδράσεις του μεταβολισμού που αναφέρονται στη σύνθεση νέων συστατικών και καταναλώνουν ενέργεια ονομάζονται *αναβολισμός*, ενώ εκείνες που αναφέρονται στην αποικοδόμηση και αποδίδουν ενέργεια ονομάζονται *καταβολισμός*.

Το ανθρώπινο σώμα διαθέτει ένα αποτελεσματικό σύστημα ρύθμισης της θερμοκρασίας, η οποία διατηρείται περίπου στους 36,5°C. Όταν η θερμοκρασία του σώματος αρχίσει να αυξάνεται, είτε λόγω κλιματολογικών συνθηκών, είτε λόγω έντονης δραστηριότητας, ενεργοποιούνται δύο μηχανισμοί για την ελάττωσή της. Πρώτον, τα αιμοφόρα αγγεία διαστέλλονται, αυξάνοντας τη ροή του αίματος στο δέρμα (διοχετεύεται στο δέρμα μέχρι και 15 φορές περισσότερο αίμα), ώστε να αυξηθούν οι απώλειες μέσω συναγωγής και ακτινοβολίας και δευτερευόντως αρχίζει η λειτουργία της εφίδρωσης. Η εφίδρωση και το αποτέλεσμα της, η ψύξη μέσω εξάτμισης, είναι ο βασικός μηχανισμός ψύξης του δέρματος. Αύξηση ενός βαθμού στη θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος, μπορεί να ενεργοποιήσει το μηχανισμό της εφίδρωσης που τετραπλασιάζει τη μετάδοση θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα προς το περιβάλλον.

Όταν η θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος αρχίσει να μειώνεται, τα αιμοφόρα αγγεία συστέλλονται, μειώνοντας τη ροή του αίματος στο δέρμα, ώστε να μειωθεί η απώλεια θερμότητας μέσω συναγωγής και ακτινοβολίας. Στη συνέχεια, η θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος αυξάνεται με την αύξηση των εσωτερικών

καύσεων, την ενεργοποίηση των μυών και την εμφάνιση ρίγους. Η κίνηση αυτή των μυών αυξάνει τις καύσεις, άρα και την παραγόμενη από το σώμα θερμότητα.

Το σύστημα ρύθμισης της θερμοκρασίας του σώματος λαμβάνει υπόψη εκτός από τα αισθητήρια όργανα του δέρματος και τις εντολές που δίδονται από τον υποθάλαμο. Ο υποθάλαμος είναι υπεύθυνος για την ενεργοποίηση των μηχανισμών ψύξης του σώματος, όταν η θερμοκρασία του ξεπεράσει τους 37°C. Τα αισθητήρια όργανα του δέρματος ενεργοποιούν τους αμυντικούς μηχανισμούς του σώματος, όταν η θερμοκρασία του μειωθεί κάτω από τους 34°C. Τα αποτελέσματα λοιπόν της επίδρασης των περιβαλλοντικών παραγόντων γίνονται αισθητά από τις μεταβολές της θερμοκρασίας του δέρματος και το είδος των σημάτων που λαμβάνει ο εγκέφαλος από τα αισθητήρια όργανα του δέρματος.

Ο άνθρωπος θεωρεί το περιβάλλον του ως θερμικά άνετο, όταν δεν υπάρχει κάποιο σήμα από τα αισθητήρια όργανα για πτώση ή άνοδο της θερμοκρασίας του σώματος. Αυτή η κατάσταση μπορεί να περιγραφεί ως θερμική ισορροπία. Έτσι, σε μια τέτοια κατάσταση, ένα άτομο δεν αισθάνεται ούτε κρύο ούτε ζέστη.

Η επιθυμητή θερμοκρασία (set point) εξαρτάται και από τη δραστηριότητα του ατόμου και παίρνει συνήθως τις τιμές :

- 36,8°C για ξεκούραση,
- 37,4°C για περπάτημα,
- 37,9°C για ελαφρό τρέξιμο.

Η θερμότητα που παράγεται από έναν ενήλικα ο οποίος ξεκουράζεται είναι περίπου 100W.

Η θερμική παραγωγή της μεταβολικής δραστηριότητας μετριέται σε μονάδα met (1met = 58,15W/m² επιφάνειας σώματος).

Η επιφάνεια του σώματος A_D δίδεται από τη σχέση 6.1. (σχέση DuBoise) [1].

$$A_D = 0,202 \cdot m^{0,425} \cdot l^{0,725} \quad (6.1)$$

όπου:

- m: η μάζα του σώματος σε kg
l: το ύψος του σώματος σε m.

Ο ιδρώτας παράγεται στους ιδρωτοποιούς αδένες και η εξάτμισή του δημιουργεί τοπική ψύξη. Όταν οι συνθήκες εξάτμισης είναι καλές, το δέρμα μένει σχετικά ξηρό και η εφίδρωση γίνεται αμυδρά αντιληπτή. Για να αντιμετωπιστεί η ανεπαρκής εξάτμιση, ο ιδρώτας απλώνεται ώστε να καταλάβει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη επιφάνεια δέρματος.

Η υγρασία του δέρματος καθορίζεται από το λόγο του δέρματος που είναι καλυμμένο με νερό προς τη συνολική επιφάνεια δέρματος. Η άνεση περιορίζεται για ένα καθήμενο άτομο σε ποσοστό υγρασίας 25%. Η δυσφορία που οφείλεται στην υγρασία ενισχύεται καθώς αυξάνεται η τριβή ανάμεσα στο δέρμα και τα ρούχα και σκληραίνουν οι ίνες των υφασμάτων.

Το αλάτι που περιέχεται στον ιδρώτα μειώνει την πίεση των ατμών του νερού και εμποδίζει την εξάτμιση. Το φαινόμενο γίνεται πιο έντονο καθώς το αλάτι παραμένει μετά την εξάτμιση του νερού από το δέρμα και συσσωρεύεται σε αυτό. Πάντως μετά από παρατεταμένη έκθεση σε θερμότητα, η περιεκτικότητα του αλατιού στον ιδρώτα μειώνεται.

6.1.4. Μοντέλα υπολογισμού της θερμικής άνεσης – Ενεργειακό ισοζύγιο του ανθρώπινου οργανισμού

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. Το θερμικό ισοζύγιο ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το περιβάλλον περιγράφεται από τη σχέση 6.2 [2].

$$M - W = H + E_C + C_{res} + E_{res} \quad (6.2)$$

όπου:

- M :** ο ρυθμός μετατροπής της χημικής ενέργειας σε θερμότητα και μηχανικό έργο, μέσω αερόβιων και αναερόβιων διεργασιών μέσα στο σώμα, σε W/m^2 επιφάνειας σώματος
- W :** το ωφέλιμο μηχανικό έργο, σε W/m^2 επιφάνειας σώματος
- H :** οι απώλειες ενέργειας υπό τη μορφή θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος, μέσω αγωγής, συναγωγής και ακτινοβολίας, σε W/m^2 επιφάνειας σώματος
- E_C :** το ποσό της θερμότητας που απάγεται λόγω εξάτμισης σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας, σε W/m^2 επιφάνειας σώματος
- C_{res} :** το ποσό της θερμότητας που απάγεται με συναγωγή κατά την αναπνοή, σε W/m^2 επιφάνειας σώματος
- E_{res} :** το ποσό της θερμότητας που απάγεται λόγω εξάτμισης κατά την αναπνοή, σε W/m^2 επιφάνειας σώματος.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η αντίσταση διέλευσης της θερμότητας που οφείλεται στην ενδυμασία μετράται σε clo (clothing), ενώ ισχύει ότι $1\text{ clo} = 0,155\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$. Τιμές του clo για διάφορες καταστάσεις ένδυσης δίδει ο πίνακας 6.2 [2].

<i>Πίνακας 6.2: Μέσες τιμές σε clo ανάλογα με την ένδυση.</i>	
Κατάσταση ένδυσης	clo
Γυμνός	0
Ελαφρά ντυμένος	0,5
Ντυμένος με πουκάμισο, παντελόνι, κάλτσες, παπούτσια	0,7
Κανονικά ντυμένος	0,8 – 1,0
Ελαφρά ντυμένος με σακάκι	1,0
Βαριά ντυμένος με σακάκι	1,25
Βαριά ντυμένος με παλτό	1,5 – 2,0
Βαριά ντυμένος για πολύ κρύο καιρό	3,0 – 4,0

Η σχέση 6.2 είναι ένα εργαλείο υπολογισμού της θερμικής άνεσης που μπορεί να επιτευχθεί σε ένα χώρο, μετρώντας ή γνωρίζοντας τις φυσικές παραμέτρους του πίνακα 6.1. Ο υπολογισμός της θερμικής άνεσης με βάση αυτή την εξίσωση ανήκει στον P.O. Fanger [2] και θεωρείται ο πρόδρομος και άλλων εξισώσεων ή μοντέλων υπολογισμού της θερμικής άνεσης.

Η ικανοποίηση της εξίσωσης θερμικής άνεσης είναι μία συνθήκη για την επίτευξη θερμικής ευεξίας. Ωστόσο, η εξίσωση παρέχει μόνο πληροφορίες για το πως 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 κτηρίων όπου οι παράμετροι δεν ικανοποιούν την εξίσωση θερμικής άνεσης. Για τον παραπάνω λόγο, ο P.O. Fanger ακολούθησε μια πειραματική διαδικασία με στόχο τη δημιουργία ενός απλού δείκτη για το χαρακτηρισμό των θερμικών συνθηκών ενός χώρου. Συγκεκριμένα, ανέπτυξε το δείκτη της μέσης προβλεπόμενης τιμής ψηφοφορίας PMV (Predicted Mean Vote), και το δείκτη δυσαρέσκειας των ανθρώπων ή αλλιώς δείκτη PPD (Predicted Percent of Dissatisfied people). Οι δύο αυτοί δείκτες, ως συνέχεια της θεωρίας του P.O. Fanger, κάνουν εύκολη την εξαγωγή συμπερασμάτων για την αίσθηση του θερμικού περιβάλλοντος που επικρατεί σε έναν χώρο. Οι δύο αυτοί δείκτες είναι σύνθετες μαθηματικές σχέσεις που λαμβάνουν υπόψη ένα πλήθος παραμέτρων.

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. Η μηδενική τιμή είναι η τιμή στην οποία το άτομο αισθάνεται άνετα με τις θερμικές συνθήκες.

Η σχέση 6.3 δίνει τον υπολογισμό του δείκτη PMV σύμφωνα με τα μεγέθη που εισήχθησαν στην εξίσωση θερμικής άνεσης.

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028) \cdot [(M - W) - H - E_C - C_{res} - E_{res}]. \quad (6.3)$$

Ο δείκτης PMV χρησιμοποιείται ταυτόχρονα με το δείκτη PPD (%), δηλαδή του ποσοστού των ατόμων που βρίσκονται σε ένα χώρο και δηλώνουν ότι δεν αισθάνονται θερμικά άνετα, σε σχέση με το συνολικό αριθμό των ατόμων που βρίσκονται στο χώρο αυτό.

Υπολογίζοντας το δείκτη PMV σύμφωνα με τη σχέση 6.3, μπορούμε, μέσω του διαγράμματος PPD και με βάση τον τρόπο υπολογισμού που παρουσιάζεται στο σχήμα 6.1, να βρούμε το ποσοστό των δυσαρεστημένων με τις θερμικές συνθήκες ατόμων σε έναν χώρο. Σύμφωνα με το διάγραμμα PPD φαίνεται ότι ακόμη και αν ο δείκτης $PMV = 0$, και άρα βρισκόμαστε σε κατάσταση θερμικής άνεσης, θα υπάρχει πάντα ένα ποσοστό $PPD = 5\%$ των ατόμων του εξεταζόμενου χώρου που θα είναι δυσαρεστημένοι με τις θερμικές συνθήκες. Επίσης, στις ακραίες τιμές, που είναι $PMV = \pm 3$ ή, ο δείκτης $PPD = 99,12\%$, που σημαίνει ότι ακόμη και σε συνθήκες πολύ ζεστής ή κρύου θα υπάρχει πάντα ένα ποσοστό ατόμων, περίπου 1% , που θα είναι ικανοποιημένοι με τις θερμικές συνθήκες. Σε πολλές χώρες όπου έχει γίνει αποδεκτή η θεωρία του Fanger, θεωρείται ότι η κατάσταση που θα επικρατεί σε έναν χώρο θα είναι ικανοποιητική, όταν το ποσοστό των δυσαρεστημένων (PPD) δεν θα ξεπερνά το 10% . Η μαθηματική σχέση που συνδέει τους δύο δείκτες είναι:

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-\left(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2\right)}. \quad (6.4)$$

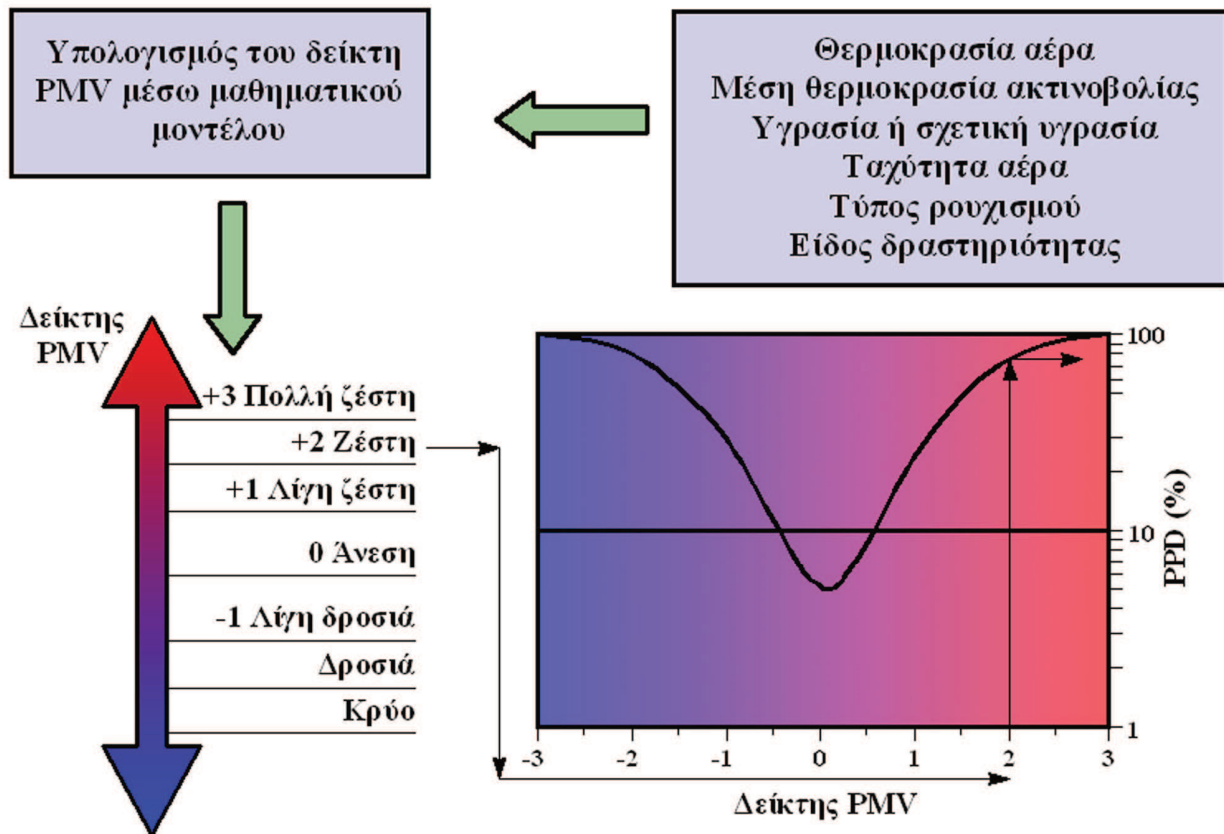
Η θεωρία του Fanger και οι εξισώσεις των PMV και PPD έχουν περιληφθεί σε πολλά πρότυπα που προσδιορίζουν τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη θερμική άνεση (ASHRAE, ISO, AFNOR κλπ).

Έτσι για τη μελέτη της *θερμικής αίσθησης* έχει προταθεί από την ASHRAE η παρακάτω κλίμακα [1]:

Πίνακας 6.3: Κλίμακα θερμικής αίσθησης.

Χαρακτηρισμός θερμικής αίσθησης	Αριθμητική αναπαράσταση
Καύσωνας	+3
Ζέστη	+2
Λίγο ζέστη	+1
Ουδέτερα	0
Ψύχρα	-1
Κρύο	-2
Παγωνιά	-3

Από την άλλη η θεωρία του Fanger για τον υπολογισμό ή καλύτερα τη μοντελοποίηση της θερμικής αίσθησης των ατόμων, δεν είναι η μόνη. Οι εξελίξεις τα τελευταία χρόνια έχουν αναδείξει και άλλα μοντέλα υπολογισμού της θερμικής άνεσης ως συνέπεια της κριτικής που έχει δεχθεί η θεωρία του Fanger.



Σχήμα 6.1: Ολοκληρωμένο σχήμα υπολογισμού του ποσοστού των δυσαρεστημένων PPD.

6.1.5. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση

6.1.5.α. Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του αέρα είναι αναμφισβήτητα καθοριστική παράμετρος όταν αναφερόμαστε στο εσωτερικό περιβάλλον του κτηρίου. Επηρεάζει την άνεση με πολλούς τρόπους και σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες αποτελεί το κλειδί για το ενεργειακό ισοζύγιο μας, την αίσθηση του θερμικού περιβάλλοντος, την άνεση, τη δυσφορία και την αίσθηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό των κτηρίων όπως αναφέρονται παρακάτω, μπορούν να ενταχθούν σε τρεις κατηγορίες:

- εξωτερικό περιβάλλον,
- σχεδιασμός του κτηρίου,
- σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού.

Αναλυτικότερα, οι παράμετροι αυτές είναι:

- η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος,
- ο προσανατολισμός του κτηρίου,
- τα υλικά κατασκευής και τα υλικά θερμομόνωσης του κτηρίου,
- ο τρόπος αερισμού του κτηρίου (μηχανικός ή φυσικός),
- ο τρόπος σχεδιασμού, κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης ενός μηχανικά αεριζόμενου κτηρίου,
- ο τρόπος σχεδιασμού ενός φυσικά αεριζόμενου κτηρίου,
- ο τρόπος σχεδιασμού, κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος θέρμανσης και του συστήματος ψύξης του κτηρίου,
- ο τύπος και ο αριθμός των ηλεκτρικών συσκευών, μηχανημάτων ή εξοπλισμού γραφείων που υπάρχουν στο κτήριο και παράγουν θερμότητα (π.χ. οθόνες Η/Υ, ηλεκτροκινητήρες κλπ),
- ο τρόπος λειτουργίας του κτηρίου και των συστημάτων αερισμού, θέρμανσης και ψύξης από τους χρήστες του κτηρίου.

Το πρόβλημα που εντοπίζεται στη μελέτη της θερμοκρασίας ως παραμέτρου της θερμικής άνεσης έγκειται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει μια τιμή της θερμοκρασίας που να αποτελεί τη βέλτιστη λύση, αλλά ένα πεδίο τιμών της ως συνάρτηση και άλλων παραγόντων. Το σώμα μας αντιλαμβάνεται τη θερμοκρασία του αέρα και των άλλων παραμέτρων του θερμικού περιβάλλοντος από τα αισθητήρια όργανα του δέρματος και του υποθαλάμου, ρυθμίζοντας τη θερμοκρασία του.

Πιο αναλυτικά, η θερμοκρασία επηρεάζει το ανθρώπινο σώμα και τις λειτουργίες ανταλλαγής θερμότητας με το περιβάλλον. Η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα τείνει να μειώσει τις απώλειες θερμότητας με συναγωγή και ακτινοβολία, ενώ αυξάνονται οι απώλειες θερμότητας λόγω εφίδρωσης. Η θερμοκρασία του αέρα επηρεάζει και τη μέση θερμοκρασία του δέρματος. Το φυσικό αυτό μέγεθος έχει εισαχθεί για την πληρέστερη αξιολόγηση της θερμικής άνεσης. Έρευνες του P. Hoppe που πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια μαθηματικών μοντέλων, κατέληξαν στη συσχέτιση της θερμοκρασίας του αέρα και της μέσης θερμοκρασίας του δέρματος [3]. Έτσι από τα σχετικά διαγράμματα προκύπτει ότι, η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα t_a οδηγεί σε συνεχόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του δέρματος έως και τους 21°C. Η περαιτέρω αύξηση της t_a ενεργοποιεί το μηχανισμό της εφίδρωσης με άμεση συνέπεια την ψύξη του δέρματος και γι' αυτό το λόγο η κλίση της ευθείας στο αντίστοιχο διάγραμμα μειώνεται σημαντικά μετά τους 21°C. Η μέση θερμοκρασία δέρματος που θεωρείται ως φυσιολογική (σε αντιστοιχία με τη θερμοκρασία ισορροπίας του σώματός μας στους 37,6°C) είναι κοντά στους 33,5°C, όπως προκύπτει από τα σχετικά διαγράμματα. Για τη διατήρηση αυτής της μέσης θερμοκρασίας δέρματος η θερμοκρασία του αέρα θα πρέπει να είναι κοντά στους 20°C.

Δύο μεγέθη που επηρεάζουν επίσης ισχυρά τη θερμοκρασία άνεσης είναι ο τύπος του ρουχισμού και η μεταβολική δραστηριότητα. Στον πίνακα 6.4 παρουσιάζεται η μεταβολή της θερμοκρασίας άνεσης καθώς μεταβάλλονται τα παραπάνω μεγέθη [2].

Πίνακας 6.4: Θερμοκρασία άνεσης αέρα σε σχέση με τη μεταβολική δραστηριότητα και τον τύπο του ρουχισμού.

Εργασία	Μεταβολική δραστηριότητα (W)	Ρουχισμός (clo)	Θερμοκρασία άνεσης t_a (°C)
Ηρεμία	0	0,5	31
	0	1,0	29
Καθιστική εργασία	43	0,5	27
	43	1,0	23
Ελαφριά εργασία	100	0,5	22
	100	1,0	16
Έντονη εργασία	20	0,5	12

Η προδιαγραφή της θερμοκρασίας άνεσης γενικότερα είναι δύσκολη εξαιτίας κυρίως του μεγάλου αριθμού παραγόντων που επηρεάζουν τη διατήρηση μιας θερμοκρασίας σ' έναν χώρο και των παραγόντων που επηρεάζουν την καταγραφή αυτής της θερμοκρασίας, ως άνετης ή όχι, από το σώμα μας.

6.1.5.β. Υγρασία

Η υγρασία, μαζί με τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, αποτελούν τα δυσκολότερα μεγέθη κατά την αξιολόγηση του εσωκλίματος και εκφράζεται με σχετικούς και απόλυτους όρους. Ως ορισμός η υγρασία είναι το ποσό των υδρατμών που υπάρχει στον αέρα. Η σχετική υγρασία, που χρησιμοποιείται συχνότατα στην αξιολόγηση της θερμικής άνεσης, εκφράζει ως ποσοστό το κατά πόσον ο αέρας είναι κορεσμένος σε υδρατμούς, σε ορισμένη θερμοκρασία του (βλέπε Κεφάλαιο 4). Η σχετική υγρασία επενεργεί στην εξάτμιση του νερού από την επιδερμίδα μεταβάλλοντας τη θερμοκρασία του δέρματος και επηρεάζοντας το θερμικό ισοζύγιο του σώματος. Συνοπτικά, η υγρασία του αέρα επηρεάζει τους εξής τρεις μηχανισμούς του σώματός μας:

- το μηχανισμό διάχυσης των υγρών υπό τη μορφή αερίων/ατμών μέσω του δέρματος,
- το μηχανισμό εξάτμισης του ιδρώτα από την επιφάνεια του δέρματος,
- το μηχανισμό ύγρανσης του εισπνεόμενου αέρα.

Οι μηχανισμοί της διάχυσης και της εξάτμισης εξαρτώνται άμεσα από τη σχετική υγρασία του αέρα. Αν το περιεχόμενο του αέρα είναι υψηλό σε υδρατμούς (σχετική υγρασία > 60 – 70%) και η θερμοκρασία του αέρα υψηλή, το σώμα μας ενεργοποιεί το μηχανισμό της εφίδρωσης. Ωστόσο, η εξάτμιση του ιδρώτα είναι αδύνατη σε αέρα με υψηλό περιεχόμενο υδρατμών και έτσι ο ιδρώτας παραμένει στο δέρμα διαβρέχοντάς το. Η κατάσταση αυτή οδηγεί το σώμα μας να αισθάνεται τον αέρα πιο ζεστό απ' όσο πραγματικά είναι και η ατμόσφαιρα μοιάζει να είναι κολλώδης. Αντίθετα, το μικρό περιεχόμενο υδρατμών του αέρα (σχετική υγρασία < 30%) καθιστά εφικτή την εξάτμιση μεγάλων ποσοτήτων υγρών, άρα και του ιδρώτα του δέρματος.

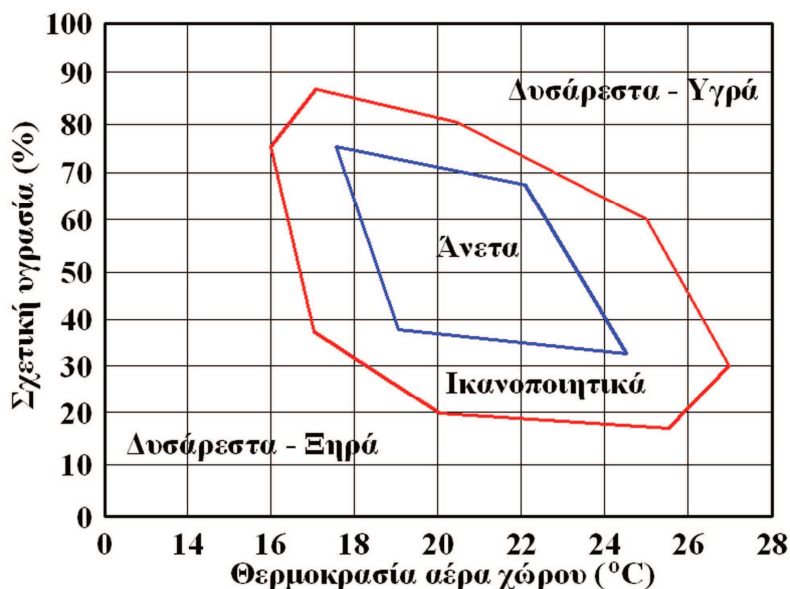
Πέρα από τις παραπάνω επιδράσεις της υγρασίας, περαιτέρω έρευνες έχουν γίνει για τη σχέση των τιμών της σχετικής υγρασίας με το δέρμα και την αναπνευστική οδό. Έτσι προέκυψαν διαγράμματα που παρουσιάζουν τη μέση θερμοκρασία του δέρματος σε σχέση με τη μεταβολή της σχετικής υγρασίας. Στα διαγράμματα αυτά φαίνεται καθαρά η μικρή επίδραση της σχετικής υγρασίας στη μέση θερμοκρασία του δέρματος. Για παράδειγμα, 50% μεταβολή σχετικής υγρασίας, επιφέρει μεταβολή μόνον κατά 1,2 – 1,3°C της μέσης θερμοκρασίας δέρματος [2].

Σε γενικές γραμμές, η ανοσοποιητική ικανότητα του δέρματος μειώνεται, όταν το δέρμα δεν υγραίνεται επαρκώς. Απ' την άλλη μεριά το αίσθημα της δυσανεξίας εμφανίζεται, όταν το δέρμα είναι έντονα βρεγμένο, υπό την παρουσία υψηλών θερμοκρασιών, υψηλής σχετικής υγρασίας και δραστηριότητας εντονότερης της καθιστικής. Τα παραπάνω έχουν αποδειχτεί από μελετητές όπως ο John Toftum, P.O. Fanger κλπ.

Τα αποδεκτά όρια σχετικής υγρασίας του αέρα είναι λιγότερο σαφή από αυτά της θερμοκρασίας και το ανώτερο επιτρεπτό επίπεδο της εξακολουθεί ακόμη να βρίσκεται υπό μελέτη. Ωστόσο, όπως και στην περίπτωση της θερμοκρασίας του αέρα, τα αποδεκτά όρια της σχετικής υγρασίας για την επίτευξη θερμικής άνεσης εξαρτώνται από συνδυασμό παραμέτρων.

Το ζήτημα της θερμικής άνεσης είναι λοιπόν πολυπαραγοντικό με τη θερμοκρασία του αέρα, ιδιαίτερα, να παίζει κρίσιμο ρόλο στον προσδιορισμό της αποδεκτής σχετικής υγρασίας. Ως αποτέλεσμα του παραπάνω γεγονότος, τα διαγράμματα θερμικής άνεσης, όπως αυτά της σχετικής υγρασίας σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία, όπως στο σχήμα 6.2 [2], οριοθετούν το πεδίο θερμικής ευεξίας και προσδιορίζουν το κατάλληλο ζεύγος τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.

Με βάση τη θεωρία της θερμικής άνεσης πολλοί Οργανισμοί έχουν εκδώσει οδηγίες και κανονισμούς για τα επιτρεπτά επίπεδα των τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Στη χώρα μας το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ) με την τεχνική οδηγία 2425/86 προτείνει ως συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους, τις τιμές που παρουσιάζονται στον πίνακα 6.5 [4].



Σχήμα 6.2: Διάγραμμα θερμικής άνεσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.

Πίνακας 6.5: Συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία 2425/86 του ΤΕΕ [4].

Συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους το χειμώνα		
Κατηγορία χώρου	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
Κατοικίες	22	30-50
Κτήρια γραφείων	21-23	30-35
Βιβλιοθήκες – Μουσεία	20-22	40-50
Νοσοκομεία	24	30
Εστιατόρια και κέντρα διασκέδασης	21-23	30-40
Συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους το καλοκαίρι		
Κατηγορία χώρου	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
Κατοικίες	25-26	40-50
Κτήρια γραφείων	25-26	40-50
Βιβλιοθήκες – Μουσεία	22	40-55
Εστιατόρια και κέντρα διασκέδασης	23-26	50-60
Εκπαιδευτικά κτήρια	26	45-50
Νοσοκομεία	Αίθουσες	24
	Χειρουργεία	20-24
	Αναρρωτήρια	24

6.1.5.γ. Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας

Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ($t_{\text{τη}}$) ενός χώρου ορίζεται ως εκείνη η θερμοκρασία μιας συμπαγούς μαύρης επιφάνειας για την οποία παρατηρείται η ίδια απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας, όση και για την εξεταζόμενη επιφάνεια.

Ο υπολογισμός της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας είναι ιδιαίτερα επίπονος, καθώς απαιτείται ο πλήρης υπολογισμός του συντελεστή θέας μεταξύ του ατόμου και της εξεταζόμενης επιφάνειας και προσφυγή στη χρήση Η/Υ και πινάκων των προτύπων ASHRAE 55 – 92 και ISO 7730 για τους συντελεστές θέας.

Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας παίζει κυρίαρχο ρόλο στην ανταλλαγή θερμότητας με ακτινοβολία μεταξύ του σώματος και του περιβάλλοντος. Η θερμική επίδραση στο ανθρώπινο σώμα του μεγέθους $t_{\text{τη}}$ είναι παρόμοια με αυτή της θερμοκρασίας του αέρα. Σε χαμηλές ταχύτητες αέρα, κοντά στα 0,1m/s, η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 1°C προκαλεί το ίδιο θερμικό αποτέλεσμα με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας κατά 1°C. Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας διαφοροποιείται από τη θερμοκρασία του αέρα, γιατί είναι πρωτίστως υπεύθυνη για τις χωροταξικές διαφορές της θερμοκρασίας σε ένα χώρο και τη δημιουργία τοπικής δυσφορίας.

6.1.5.δ. Ταχύτητα αέρα

Η κίνηση του αέρα συνδέεται με δύο παραμέτρους:

- την ταχύτητα του αέρα,
- τη μορφή της ροής του αέρα, αν δηλαδή είναι στρωτή ή τυρβώδης.

Το ανθρώπινο σώμα δε διαθέτει ειδικά αισθητήρια για την ταχύτητα του αέρα. Αυτή προσδιορίζεται έμμεσα από τον ανθρώπινο εγκέφαλο, από τις μεταβολές τις θερμοκρασίες στο δέρμα. Είναι προφανές ότι η ταχύτητα του αέρα μεταβάλλει τις απώλειες θερμότητας του σώματος. Σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και υψηλής σχετικής υγρασίας, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα προσφέρει αυξημένες απώλειες θερμότητας με αποτέλεσμα ισορροπημένο θερμικό ισοζύγιο. Σε αντίθετη περίπτωση χαμηλής θερμοκρασίας η αυξημένη ταχύτητα

αέρα επιταχύνει τις απώλειες θερμότητας από το σώμα σε σημείο, ώστε να προκαλείται δυσφορία. Οι μεταβολές στη θερμοκρασία του σώματος από την ταχύτητα του αέρα είναι μάλλον απότομες, καθώς ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας δεν είναι γραμμικός. Έτσι έχει καταγραφεί ότι στις μικρές ταχύτητες, μικρές μεταβολές της ταχύτητας προκαλούν μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας σε σχέση με τις ίδιες μικρές μεταβολές ταχύτητας σε υψηλότερες ταχύτητες αέρα.

Η ταχύτητα του αέρα σε φυσικά αεριζόμενα κτήρια είναι κοντά στα 0,1m/s, ενώ στους χώρους όπου διατηρούν μηχανικό αερισμό η ταχύτητα του αέρα εμφανίζεται μεγαλύτερη και καθορίζεται από διεθνή πρότυπα ή/και εθνικές προδιαγραφές.

Η δεύτερη παράμετρος που επηρεάζει καθολικά τις απώλειες θερμότητας από το σώμα είναι ο τύπος της ροής του αέρα. Στα κεντρικά κλιματιζόμενα κτήρια η ροή του αέρα δεν είναι στρωτή, καθώς η ταχύτητα του αέρα μεταβάλλεται με κάποια συχνότητα. Η περιοδικά μεταβαλλόμενη ροή του αέρα προκαλεί συναισθήματα δυσφορίας, συγκρινόμενη με τη στρωτή ροή. Έτσι σε διάφορες έρευνες έχει καταγραφεί πως ο τύπος της ροής, και συγκεκριμένα η ένταση της τύρβης, επηρεάζει τη θερμοκρασία του δέρματος ακόμη και με τη μέση ταχύτητα του αέρα σταθερή.

Νεότερες έρευνες έρχονται να επιβεβαιώσουν μια υπόθεση που είχε γίνει στα τέλη της δεκαετίας του 1970 από τον P.O. Fanger [5-7], σύμφωνα με την οποία οι άνθρωποι φαίνεται να μην προτιμούν μεταβολές στην ταχύτητα του αέρα, μεταβολές που όπως είπαμε προσομοιώνουν την τυρβώδη ροή, καθώς σε υψηλά ποσοστά τύρβης το ποσοστό των δυσαρεστημένων ατόμων είναι μεγάλο.

Τα παραπάνω συμπεράσματα οδηγούν στη δημιουργία συστημάτων μηχανικού αερισμού, ώστε να παρέχουν τη ροή του αέρα στη ζώνη χρήσης των χώρων με χαμηλές τιμές τύρβης. Αυτή η απαίτηση έρχεται σε σύγκρουση με την απαίτηση επαρκούς ανάμιξης του εξωτερικού αέρα με τον εσωτερικό, ώστε να επιτευχθεί αραιώση των ρύπων και ομοιογενή εσωτερική ατμόσφαιρα, διότι η στρωτή ροή δεν έχει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά ανάμιξης, σε αντίθεση με την τυρβώδη ροή.

Είναι φανερό ότι, για να επιτύχουμε ένα συμβιβασμό σε αυτές τις δύο απαιτήσεις, χρειάζεται περαιτέρω μελέτη παραμέτρων και συνδυασμού τους στις οποίες περιλαμβάνονται η ταχύτητα εξόδου του αέρα από τα τερματικά ανοίγματα προσαγωγής (ή απαγωγής) αέρα του μηχανικού συστήματος, το μέγεθος των παροχών του αέρα και η απόσταση των τερματικών ανοιγμάτων από τη ζώνη χρήσης των χώρων. Ωστόσο ο αερισμός εκτόπισης (displacement ventilation) φαίνεται να ικανοποιεί τις δύο παραπάνω συνθήκες.

Σε ό,τι αφορά στις οδηγίες και κανονισμούς σχετικά με την ταχύτητα αέρα έχουν υιοθετηθεί δύο προσεγγίσεις. Στα φυσικώς αεριζόμενα κτήρια χρησιμοποιείται μια μονάδα που δε σχετίζεται άμεσα με την ταχύτητα του αέρα, αλλά με τον αριθμό εναλλαγών του αέρα ενός χώρου. Η μονάδα αυτή πρακτικά προδιαγράφει πόσες φορές την ημέρα ή την ώρα είναι απαραίτητο να ανανεωθεί πλήρως ο αέρας ενός χώρου. Ο αριθμός των αλλαγών του αέρα εξαρτάται από συγκεκριμένες παραμέτρους, όπως:

- η χρήση του χώρου (κυρίως από το αν επιτρέπεται ή όχι το κάπνισμα),
- ο αριθμός των ατόμων του χώρου,
- το μέγεθος του χώρου σε m^2 ,
- η ταχύτητα του αέρα εντός του χώρου, η οποία εξαρτάται από το είδος και το μέγεθος των ανοιγμάτων του χώρου και από τον τρόπο που ο χρήστης του χώρου τα χειρίζεται.

Από τις ελληνικές εθνικές προδιαγραφές λοιπόν (ΤΟΤΕΕ 2423/1986) [8] για τα φυσικά αεριζόμενα κτήρια, δίνεται η προτεινόμενη τιμή σε σχέση με τον αριθμό των χρηστών και το μέγεθος του χώρου στον πίνακα 6.6. Στα μηχανικώς αεριζόμενα κτήρια, η ενδεικνυόμενη ταχύτητα του αέρα μέσα στους χώρους δίδεται στον πίνακα 6.7.

Πίνακας 6.6: Ενδεικνυόμενες τιμές αερισμού χώρων (TOTEE 2423/86).

Είδος Χώρου	Καπνίζοντες	Ανανέωση όγκου αέρα (m ³ /h·άτομο)
Διαμερίσματα συνήθη	Μερικοί	8,5
Διαμερίσματα πολυτελή	Μερικοί	8,5
Κουρέια	Σημαντικός αριθμός	17,0
Μπαρ	Πάρα πολλοί	25,5
Καταστήματα	Κανένας	8,5
Γραφεία διευθυντών	Εκτάκτως πολλοί	25,5
Εργοστάσια	Κανένας	8,5
Νοσοκομεία, χειρουργεία	Κανένας	Ειδικός κλιματισμός
Νοσοκομεία, θάλαμοι ασθενών	Κανένας	25,5
Νοσοκομεία, χώροι προσωπικού	Κανένας	17,0
Δωμάτια ξενοδοχείων	Πάρα πολλοί	25,5
Εργαστήρια	Μερικοί	8,5
Χώροι συγκεντρώσεων	Εκτάκτως πολλοί	25,5
Γραφεία συλλογικά	Μερικοί	8,5
Γραφεία προσωπικά	Κανένας	8,5
Γραφεία προσωπικά	Σημαντικός αριθμός	25,5
Καφέ-μπαρ	Σημαντικός αριθμός	17,0
Εστιατόρια	Σημαντικός αριθμός	17,0
Σχολεία-αίθουσες διδασκαλίας	Κανένας	17,0
Θέατρα	Κανένας	8,5
Τουαλέτες (εξαερισμός)		36 m ³ /h.m ² δαπέδου

Πίνακας 6.7: Ενδεικνυόμενες τιμές για την ταχύτητα του αέρα σε κλειστούς χώρους (TOTEE 2423/86).

Ταχύτητα αέρα (m/s)	Επίδραση	Συνιστώμενη χρήση
0 – 0,08	Παράπονα για έλλειψη κίνησης του αέρα	
0,125	Ιδανική κατάσταση	
0,125 – 0,25	Πολύ ικανοποιητική κατάσταση, αλλά η ταχύτητα των 0,25m/s πλησιάζει τη μέγιστη επιτρεπόμενη	
0,325	Όχι ικανοποιητική για χώρους γραφείων. Ο αέρας παρασύρει ελαφριά χαρτιά από τα γραφεία	
0,375	Μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα για άτομα που κινούνται	Εμπορικά καταστήματα
0,375 – 1,5		Επιτρεπόμενη μόνο για βιομηχανικές εφαρμογές
Οι παραπάνω ταχύτητες αναφέρονται στη ζώνη διαμονής ατόμων κάθε χώρου, από το δάπεδο μέχρι 2m ύψους περίπου.		

6.1.5.ε. Απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων για την εκπόνηση Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης

Στην TOTEE 20701-1/2010 [9] παρατίθεται ο Πίνακας 2.3 «Απαιτούμενος νωπός αέρας ανά χρήση κτηρίου, για χώρους μη καπνιζόντων, για τον υπολογισμό της ενεργειακής τους απόδοσης» και επισημαίνονται τα παρακάτω.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι υπολογισμού της απαραίτητης ποσότητας νωπού αέρα σύμφωνα με το BS EN 15251:2007 [10]. Για τις ανάγκες υπολογισμού του αερισμού σε μελέτες εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, ο πιο εύχρηστος τρόπος υπολογισμού της ανανέωσης αέρα είναι βάσει των ελάχιστων ποσοτήτων που απαιτούνται σύμφωνα με τα εξής δύο κριτήρια:

- την εξασφάλιση των συνθηκών υγιεινής για τους χρήστες,
- την ελάχιστη ανανέωση βάσει του όγκου και της χρήσης του κτηρίου.

Σε γενική κατεύθυνση, οι απαιτήσεις νωπού αέρα ανά κατηγορία κτηρίου (χρήση) θα πρέπει να καθορίζονται έτσι, ώστε να καλύπτουν τον ελάχιστο απαιτούμενο αερισμό ($\text{m}^3/\text{h}/\text{άτομο}$), ανάλογα με την πυκνότητα πληθυσμού ($\text{άτομα}/\text{m}^2$) ανά χρήση κτηρίου. Λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις αερισμού όπως ορίζονται στο πρότυπο BS EN 15251:2007, στο πρότυπο της ASHRAE 62.1-2010 [11] και στις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου 2423/86, 2425/86, και 20701-1/2010 (πίνακας 2.3), καθορίζονται ο αριθμός ατόμων ανά 100m^2 μεικτής δομημένης επιφάνειας, ο ενδεικνυόμενος απαιτούμενος νωπός αέρας ανά άτομο ($\text{m}^3/\text{h}/\text{άτομο}$) και ο ενδεικνυόμενος απαιτούμενος νωπός αέρας ανά μονάδα επιφάνειας δαπέδου ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$) για κάθε χρήση κτηρίου ή χρήση θερμικής ζώνης. Αυτές οι τιμές αερισμού αποτελούν μέσες τιμές των όσων καθορίζονται στα προαναφερόμενα πρότυπα και οδηγίες και λαμβάνονται υπόψη για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης κτηρίου, τόσο κατά την εκπόνηση μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτηρίου, όσο και για τη διενέργεια ενεργειακής επιθεώρησης.

Δεδομένου ότι τα ισχύοντα πρότυπα αλλά και οι τεχνικές οδηγίες και οι κανονισμοί δίνουν ένα εύρος τιμών σχεδιασμού των συστημάτων αερισμού ανά χρήση, ο μελετητής, κατά τη φάση σχεδιασμού του συστήματος, μπορεί να επιλέξει όποια τιμή εκτιμά πως προσιδιάζει καλύτερα στο κτήριο, αρκεί να είναι μέσα στα όρια των κανονισμών. Ωστόσο, κατά τους υπολογισμούς που διεξάγονται στο πλαίσιο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης, καθώς και της ενεργειακής επιθεώρησης κτηρίου, πρέπει να χρησιμοποιείται η αναφερόμενη τυπική τιμή του πίνακα 2.3. Διευκρινίζεται πως για τον υπολογισμό του απαιτούμενου αέρα για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης, οι βοηθητικοί χώροι (π.χ. κλιμακοστάσια, διάδρομοι, λουτρά, αποθήκες κλπ) κάθε θερμικής ζώνης θα συνυπολογίζονται με την τιμή του πίνακα 2.3. που αντιστοιχεί σε βοηθητικούς χώρους. Δηλαδή, σε θερμική ζώνη που περιλαμβάνει και βοηθητικούς χώρους (π.χ. θερμική ζώνη γραφείων συμπεριλαμβανομένων των διαδρόμων), ο υπολογισμός του απαιτούμενου αερισμού θα γίνει με άλλη τυπική τιμή για το εμβαδόν της χρήσης και με άλλη τυπική τιμή για το εμβαδόν των βοηθητικών χώρων, σύμφωνα με τον πίνακα 2.3. Επίσης στις περιπτώσεις θερμικών ζωνών που αποτελούνται μόνο από βοηθητικούς χώρους, είναι σαφές πως ο υπολογισμός του αερισμού θα γίνει βάσει της τυπικής τιμής του πίνακα 2.3. που αντιστοιχεί σε βοηθητικούς χώρους.

Επισημαίνεται ότι στους υπολογισμούς για την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου δε λαμβάνονται υπόψη οι απαιτήσεις και η παροχή νωπού αέρα σε περιπτώσεις ειδικών εφαρμογών, όπως ο τοπικός αερισμός μαγειρείων, αποθήκευσης ή συντήρησης τροφίμων, ειδικών ιατρικών εργαστηρίων κλπ, οι οποίες δεν εξυπηρετούν την κάλυψη των αναγκών αερισμού των χρηστών των χώρων.

Συνοψίζοντας, για τον αερισμό των χώρων ενός κτηρίου, σε όλες τις περιπτώσεις, ακόμη και όταν οι τιμές σχεδιασμού των συστημάτων αερισμού είναι διαφορετικές από τις τυπικές τιμές του πίνακα 2.3, ο μελετητής πρέπει:

- i. Να χρησιμοποιήσει τις τυπικές τιμές αερισμού του πίνακα 2.3. για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης.
- ii. Να αγνοήσει εντελώς τις ιδιαίτερες απαιτήσεις αερισμού ειδικών εφαρμογών (όπως προαναφέρθηκε), για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης.
- iii. Στην τεχνική περιγραφή των εγκαταστάσεων αερισμού να τεκμηριώσει με σαφήνεια και πληρότητα τις τιμές σχεδιασμού που έχει επιλέξει, οι οποίες θα πρέπει να βρίσκονται εντός των ορίων των κατά περίπτωση ισχυόντων κανονισμών, σχετικών τεχνικών οδηγιών και προτύπων.

6.1.5.στ. Δευτερεύοντες παράγοντες επηρεασμού της θερμικής άνεσης

Οι συνθήκες θερμικής άνεσης επηρεάζονται και από δευτερεύοντες παράγοντες όπως είναι οι παρακάτω:

- Διαφορές επιθυμητής θερμοκρασίας από ημέρα σε ημέρα. Πειράματα (Fanger, 1973) έχουν αποδείξει ημερήσια απόκλιση 0,6°C, η οποία θεωρείται αμελητέα [5, 6].
- Ηλικία. Έχει αποδειχτεί (Fanger, 1982) ότι νέοι και ηλικιωμένοι άνθρωποι προτιμούν το ίδιο θερμικό περιβάλλον [7]. Η πτώση του μεταβολισμού με την ηλικία αντισταθμίζεται με τη μικρότερη απώλεια λόγω εξάτμισης. Η ηλικία διαφοροποιεί όμως την ευαισθησία στη ζέστη και στο κρύο. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι ο ρυθμός δραστηριότητας στους διάφορους κλειστούς χώρους, πέφτει με την ηλικία.
- Εγκλιματισμός. Πειράματα (Fanger, 1982) [7] έχουν αποδείξει ότι οι άνθρωποι δεν μπορούν να προσαρμοστούν στο να προτιμούν διαφορετικά περιβάλλοντα, αλλά και ότι οι συνθήκες ανέσεως μπορούν να εφαρμοστούν σε όλο τον κόσμο. Παρόλα αυτά οι μελέτες σε διαφορετικές περιοχές του πλανήτη πρέπει να περιλαμβάνουν και προσαρμογές σε διαφορετικές τιμές clo.
- Φύλο. Έχει παρατηρηθεί (Fanger, 1982) ότι οι γυναίκες προτιμούν υψηλότερες θερμοκρασίες από τους άνδρες [7]. Αυτό αποδίδεται στον ελαφρύτερο ρουχισμό που συνήθως προτιμούν. Ο χαμηλότερος μεταβολισμός τους εξάλλου, αντισταθμίζεται από τις χαμηλές απώλειες λόγω εξάτμισης.
- Βιολογικοί ρυθμοί. Η εσωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει ημερήσια διακύμανση, από ένα ελάχιστο νωρίς το πρωί, μέχρι ένα μέγιστο, αργά το απόγευμα. Γενικά όμως δεν παρατηρείται διαφορά στην επιθυμητή περιβάλλουσα θερμοκρασία από το πρωί μέχρι το βράδυ.

6.1.5.ζ. Παράγοντες θερμικής δυσφορίας

Οι παράγοντες θερμικής δυσφορίας είναι :

- Ασύμμετρη θερμική ακτινοβολία. Ορίζεται ως η διαφορά θερμοκρασιών λόγω ακτινοβολίας που προέρχεται από διαφορετικές μεριές του περιβάλλοντος ενός ατόμου. Αυτή μπορεί να προκληθεί από αμόνωτες οροφές, κρύα παράθυρα, μηχανήματα κλπ. Ως γενική αρχή μπορεί να διατυπωθεί ότι η ευαισθησία των ανθρώπων σε ασυμμετρικές κλιμακώνεται σε (από τη μεγαλύτερη στη μικρότερη) ζεστές οροφές, κρύους τοίχους, κρύες οροφές και θερμούς τοίχους.
- Ρεύματα αέρα. Σε ουδέτερα περιβάλλοντα οι άνθρωποι μένουν ανεπηρέαστοι από ρεύματα με ταχύτητα μικρότερη από 0,25m/s. Η κίνηση του αέρα είναι πιθανός παράγοντας δυσφορίας, κυρίως για το δροσερό αέρα του κλιματισμού το καλοκαίρι. Επίσης η ανεκτή ταχύτητά του είναι σημαντική για τη διευκόλυνση της εξάτμισης της υγρασίας του δέρματος.
- Θερμοκρασιακή διαφορά κατά την κάθετη κατεύθυνση. Η θερμοκρασία του αέρα συνήθως αυξάνεται με την απόσταση από το πάτωμα. Παρότι το σώμα βρίσκεται γενικά σε ουδέτερη θερμική κατάσταση, η διαφορά θερμοκρασίας από τα πόδια μέχρι το κεφάλι, μπορεί να προκαλέσει δυσφορία. Η δυσφορία λόγω της θερμοκρασιακής διαφοράς είναι εντονότερη στα πόδια απ' ότι στο κεφάλι.
- Ζεστά ή κρύα πατώματα. Η άμεση επαφή των ποδιών με το πάτωμα και η θερμοκρασιακή ευαισθησία του κάτω σώματος καθιστούν τη θερμοκρασία του δαπέδου σοβαρό παράγοντα ανέσεως. Η αίσθηση των κρύων ποδιών ισοσταθμίζεται με τη ζήτηση περισσότερης θέρμανσης, που όμως είναι ενεργειακά

ασύμφορη. Η ενεργειακή αυτή δαπάνη αποφεύγεται με τη χρήση δαπέδων με χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (ξύλο, φελλό, χαλιά) σε συνδυασμό με ενδοδαπέδια συστήματα θέρμανσης.

6.1.5.η. Αναθεώρηση μοντέλων θερμικής άνεσης

Τα υπάρχοντα πρότυπα θερμικής άνεσης διακρίνονται από τα εξής δύο βασικά χαρακτηριστικά τους:

- τη στατική μορφή τους,
- την καθολική ισχύ τους.

Θεωρώντας το κτήριο ως ένα σύστημα, το οποίο αλληλοεπιδρά με εξωτερικά και εσωτερικά στοιχεία, τα υπάρχοντα πρότυπα θερμικής άνεσης προδιαγράφουν τις «ιδανικές» συνθήκες θερμικής άνεσης, βασισμένες σε ένα μοντέλο ανταλλαγής θερμότητας του σώματος με το περιβάλλον και δεν εισάγουν καμία ανάδραση στο σύστημα, γεγονός που τα καθιστά στατικά. Ωστόσο, η προσέγγιση αυτή απέχει πολύ από τη δυναμική κατάσταση ενός πραγματικού κτηρίου. Είναι σαφές ότι η εφαρμογή ενός προτύπου που αναπτύχθηκε σε ερευνητικό περιβάλλον, άρα και ελεγχόμενο, δεν μπορεί να ανταποκριθεί αξιόπιστα στις πραγματικές συνθήκες ενός δυναμικού εσωτερικού περιβάλλοντος, όπως αυτό των κτηρίων.

Τα σημερινά πρότυπα θερμικής άνεσης ISO-7730 [12] και ASHRAE Standard-55 [13] βασίζονται στο στατικό μοντέλο θερμικής άνεσης, σύμφωνα με το οποίο ο άνθρωπος θεωρείται ως παθητικός αποδέκτης θερμικών ερεθισμάτων και η αλληλεπίδρασή του με το θερμικό περιβάλλον διαμορφώνεται αποκλειστικά με τους νόμους της φυσικής που περιγράφουν το φαινόμενο της μετάδοσης θερμότητας. Η διεθνής εφαρμογή των προτύπων του ASHRAE 55 και του ISO-7730, ανεξαρτήτως του κλίματος, του γεωγραφικού πληθυσμού και του τύπου του κτηρίου, έχει αναγνωριστεί ως προβληματική ή, αυστηρότερα, ως λανθασμένη. Έτσι, σήμερα εκφράζονται μεγάλες διαφωνίες από μια μεγάλη μερίδα ερευνητών για την καθολική ισχύ των υπαρχόντων προτύπων θερμικής άνεσης. Ενώ τα πρότυπα λοιπόν είχαν αναπτυχθεί για κτήρια με κεντρικά συστήματα κλιματισμού, η χρήση τους έχει λάβει γενικό χαρακτήρα και εφαρμόζονται σε όλων των τύπων τα κτήρια, υπό οποιοδήποτε κλίμα και για οποιοδήποτε πληθυσμό.

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκε η δυναμική θεωρία της θερμικής άνεσης που συμπληρώνει την κλασική, αναγνωρίζοντας την ικανότητα του ανθρώπου να προσαρμόζεται στις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες και μάλιστα με μηχανισμούς που ξεπερνούν τη φυσική ή τη φυσιολογία και επεκτείνονται και στην ανθρώπινη ψυχολογία (μοντέλο προσαρμογής).

Η διαφορετική προσέγγιση από τη μέχρι τώρα συμβατική θεωρία της θερμικής άνεσης εισάγει καινούργιους παράγοντες, πέρα από τη φυσική και τη φυσιολογία που επηρεάζουν τη θερμική αίσθηση και άρα τα αποτελέσματα του προτύπου. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- Δημογραφικοί παράγοντες. Σε αυτούς τους παράγοντες αναφέρουμε το φύλο, την ηλικία, την οικονομική κατάσταση, το μορφωτικό επίπεδο.
- Παράγοντες συναφείς με το περιβάλλον τόσο το εξωτερικό, όσο και το εσωτερικό. Σε αυτούς τους παράγοντες αναφέρουμε το εξωτερικό κλίμα, το τρίπτυχο σχεδιασμός – κατασκευή – λειτουργία του κτηρίου, εποχή του χρόνου, θέση του κτηρίου.
- Παράγοντες συναφείς με τους χρήστες. Σε αυτούς του παράγοντες αναφέρουμε τον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον, τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλουν τη συμπεριφορά τους (μεταβάλλοντας το ρουχισμό ή τη δραστηριότητά τους) ή τέλος τη σταδιακή προσαρμογή των θερμικών προσδοκιών τους, ώστε να εναρμονίζονται με τα δεδομένα του θερμικού περιβάλλοντός τους.

Ο γενικός όρος της προσαρμογής στις θερμικές συνθήκες μεταφράζεται ως η σταδιακή υποβάθμιση των αποκρίσεων του οργανισμού στα συνεχή θερμικά ερεθίσματα του περιβάλλοντος και περιλαμβάνει όλες τις ενέργειες στις οποίες καταφεύγει ο χρήστης ενός χώρου, προκειμένου οι προσωπικές προτιμήσεις να προσαρμόζονται στο εσωτερικό κλίμα του χρήστη ή στις συλλογικές προτιμήσεις μιας ομάδας χρηστών ή ως οι αντιδράσεις ή ενέργειες των χρηστών ενός κτηρίου, που εξυπηρετούν την επαναφορά της άνεσης μετά από την αλλαγή οποιασδήποτε

παραμέτρου προς τέτοια κατεύθυνση, που να προκαλεί δυσφορία ή δυσαρέσκεια. Στη διεθνή βιβλιογραφία παρουσιάζονται τρεις κατηγορίες προσαρμογής:

1. ρυθμίσεις συμπεριφοράς,
2. φυσιολογικές ρυθμίσεις,
3. ψυχολογικές ρυθμίσεις.

Η βασική υπόθεση της θεωρίας προσαρμογής είναι η εξής: η θερμοκρασία και η άνεση που προσδοκούν οι χρήστες του κτηρίου θα μετακινηθεί προς τέτοια κατεύθυνση, ώστε να προσεγγίζονται οι μέσες συνθήκες που βιώνουν οι χρήστες στην καθημερινή ζωή τους μέσα και έξω από το κτήριο.

6.2. Διαδικασία υπολογισμού θερμικών φορτίων

Οι θερμικές ανάγκες ενός χώρου, και γενικότερα ενός κτηρίου, είναι το ποσό θερμότητας ανά μονάδα χρόνου που πρέπει να ληφθεί ως βάση για το σχεδιασμό της εγκατάστασης θέρμανσης.

Οι θερμικές ανάγκες είναι ιδιότητα του χώρου ή του κτηρίου και είναι ανεξάρτητες από το σύστημα θέρμανσης που θα εγκατασταθεί. Εξαρτώνται από το μέγεθος του χώρου, τον τρόπο κατασκευής του κτηριακού κελύφους, το μέγεθος και το υλικό κατασκευής των ανοιγμάτων, τον αερισμό του κτηρίου και από άλλους παράγοντες.

Προτού γίνει ο υπολογισμός των θερμικών αναγκών σε ένα νέο κτήριο, πρέπει να γίνεται έλεγχος της θερμομόνωσης, δηλαδή κατά πόσο το κτήριο εκπληρώνει τις απαιτήσεις του παλαιότερου Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (Κ.Θ.Κ.) και του ισχύοντος σήμερα Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) [14].

Ο υπολογισμός των θερμικών αναγκών γίνεται για κάθε χώρο του κτηρίου ξεχωριστά, για να μπορεί να προσδιορισθεί το μέγεθος των θερμαντικών σωμάτων του κάθε χώρου. Το σύνολο των θερμικών αναγκών του κτηρίου προκύπτει από το άθροισμα των θερμικών αναγκών όλων των χώρων που θερμαίνονται.

Οι πραγματικές θερμικές απώλειες ενός κτηρίου είναι μικρότερες από το ποσό θερμότητας που μπορεί να δώσει η εγκατάσταση θέρμανσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο σχεδιασμός της εγκατάστασης γίνεται έτσι ώστε να καλύπτει τις απώλειες του κτηρίου ακόμη και στις ελάχιστες πιθανές τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας (μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία της περιοχής). Οι θερμικές ανάγκες ενός κτηρίου επομένως, αποτελούν συγχρόνως και τις μέγιστες θερμικές απώλειες.

Η μεθοδολογία του υπολογισμού των θερμικών αναγκών βασίζεται στους νόμους της μετάδοσης θερμότητας. Επειδή όμως κατά τους υπολογισμούς πρέπει να καθοριστούν και να επιλεγούν πολλά μεγέθη, όπως π.χ. θερμοκρασίες χώρων διαφόρων χρήσεων, ποσότητες αερισμού κλπ και για να αποφευχθούν αυθαίρετες παραδοχές, οι διάφορες χώρες καθιέρωσαν έναν ενιαίο τρόπο υπολογισμού που δίνεται σε μορφή κανονισμού. Οι κανονισμοί αυτοί μπορούν να διαφέρουν από χώρα σε χώρα.

6.2.1. Μέθοδοι υπολογισμού θερμικών αναγκών κτηρίων

Στη χώρα μας δεν υπάρχει ακόμα κανονισμός υπολογισμού των θερμικών αναγκών των κτηρίων. Ο ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων, που βασίζεται κυρίως στο γερμανικό DIN 4108, περιείχε πολλά απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό των θερμικών αναγκών.

Από τις διάφορες μεθοδολογίες υπολογισμού θερμικών απωλειών (DIN, ASHRAE, ISO κ.α.) στην Ελλάδα έχει επικρατήσει αυτή που βασίζεται στους Γερμανικούς κανονισμούς (Deutsche Institute Normes) DIN 4701. Ειδικότερα υπάρχουν 2 παραλλαγές του DIN 4701, το DIN 4701/1977 και το DIN 4701/1983. Οι διαφορές τους εντοπίζονται σε μικροτροποποιήσεις τιμών σε διάφορους πίνακες αλλά και στον τρόπο υπολογισμών, όπως π.χ. είναι ο υπολογισμός της προσαύξησης λόγω ανεμόπτωσης για ύψος μεγαλύτερο των 10m στο DIN 4701/1983.

Στην Ελλάδα συνήθως προτιμούνταν το DIN 4701/1977 [15], καθώς αντιμετωπίζει ασφαλέστερα τις διακοπές λειτουργίας, όπως εμφανίζονται στις Ελληνικές εγκαταστάσεις.

Σε γενικές γραμμές, ο τρόπος υπολογισμού των φορτίων της μεθόδου DIN 4701/1977 διατηρήθηκε και στην καινούργια έκδοση του 1983. Η νέα έκδοση του κανονισμού περιέλαβε και τις σύγχρονες αντιλήψεις σχετικά με τη διείσδυση του αέρα στα κτήρια, την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη θερμοχωρητικότητα των κτηρίων. Εκτός από αυτό, η χρησιμοποίηση κατάλληλων συστημάτων αυτόματου ελέγχου οδήγησε στην κατάργηση του συντελεστή προσαύξησης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας. Επίσης καταργήθηκε και ο συντελεστής προσαύξησης λόγω προσανατολισμού.

Υπολογισμός θερμικών απωλειών μπορεί να γίνει και με βάση τη μέθοδο της ASHRAE, η οποία δεν προβλέπει γενικά προσαυξήσεις και υπολογίζει με διαφορετικό τρόπο τις απώλειες προς το έδαφος από ότι το DIN 4701. Γενικά η μέθοδος αυτή είναι απλούστερη στην εφαρμογή της και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τον υπολογισμό των φορτίων ψύξης με τις εξής επισημάνσεις:

- Τα ηλιακά θερμικά κέρδη και οι εσωτερικές πηγές θερμότητας δεν συνυπολογίζονται, δηλαδή δεν αφαιρούνται από το συνολικό φορτίο.
- Η αποθήκευση θερμότητας στο κτήριο αγνοείται.

Έτσι οι θερμικές απώλειες θεωρούνται στιγμιαίες, η μεταφορά θερμότητας γίνεται κυρίως με αγωγή και η λανθάνουσα θερμότητα, δηλαδή η θερμική ενέργεια που προέρχεται από τους περιεχόμενους υδρατμούς στον ατμοσφαιρικό αέρα, αντιμετωπίζεται ως αναπλήρωση της υγρασίας του χώρου που χάνεται στο εξωτερικό περιβάλλον.

Η εφαρμογή τα τελευταία λίγα χρόνια της σχετικής Ευρωπαϊκής νομοθεσίας, η θεσμοθέτηση και η εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ) και των σχετικών Τεχνικών Οδηγιών του Τ.Ε.Ε. (ΤΟΤΕΕ 20701/1,2,3,4), η ανάγκη εκπόνησης Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης των κτηρίων, έφεραν αναγκαστικά στο προσκήνιο και άλλες νεότερες μεθοδολογίες υπολογισμού των θερμικών φορτίων, όπως για παράδειγμα αυτήν που περιγράφεται στο πρότυπο EN ISO 12831 [16].

Για το λόγο αυτό, παρακάτω, θα αναφερθούμε εκτενώς τόσο στο DIN 4701/1977, (θα παρουσιαστούν και οι βασικές αλλαγές/τροποποιήσεις του DIN 4701/1983), όσο και στη μεθοδολογία που αναπτύσσεται στο πρότυπο EN ISO 12831, καθώς η τελευταία τείνει να αντικαταστήσει σιγά-σιγά το DIN 4701.

6.3. Υπολογισμός Θερμικών απωλειών κατά DIN 4701/1977

Στον υπολογισμό των θερμικών αναγκών διακρίνουμε τις κανονικές και τις ειδικές περιπτώσεις. Κανονικές είναι οι συνηθισμένες κατασκευές που περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος των κτηρίων όπως π.χ. μονοκατοικίες, πολυκατοικίες, δημόσια κτήρια, εμπορικά καταστήματα, τράπεζες, εκπαιδευτικά κτήρια, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, εργοστάσια κλπ.

Ως ειδικές περιπτώσεις ορίζονται:

- α. οι σπάνια θερμαινόμενοι χώροι (π.χ. εκκλησίες),
- β. τα κτήρια με βαριά κατασκευή (π.χ. καταφύγια, κλειστά υπόγεια γκαράζ),
- γ. οι μεγάλες αίθουσες,
- δ. τα θερμοκήπια.

Ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών γίνεται για μόνιμη κατάσταση θέρμανσης, δηλαδή παραδεχόμενα ότι όλα τα μεγέθη που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς παραμένουν σταθερά με το χρόνο.

Επίσης παραδεχόμενα ότι η θερμοκρασία στις επιφάνειες των διαχωριστικών τοίχων που συνορεύουν με θερμαινόμενους χώρους είναι η ίδια με τη θερμοκρασία του αέρα του χώρου. Έτσι οι εσωτερικοί τοίχοι ανταλλάζουν ακτινοβολία μόνο με την εσωτερική επιφάνεια των εξωτερικών τοίχων.

Οι κανονικές (υπολογιζόμενες) θερμικές ανάγκες δεν είναι απαραίτητο να συμφωνούν με τις πραγματικές θερμικές ανάγκες. Εάν π.χ. τοποθετηθούν θερμαντικές επιφάνειες με μεγάλο ποσοστό μετάδοσης θερμότητας με

ακτινοβολία μπροστά από τζάμια, οι απώλειες του χώρου θα είναι μεγαλύτερες. Τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να αποφεύγονται, για να μη γίνεται σπατάλη ενέργειας.

Γενικά οι συνολικές θερμικές απώλειες ενός χώρου οφείλονται στις απώλειες αγωγιμότητας και στις απώλειες αερισμού.

Αν με Q_h παρασταθούν οι συνολικές θερμικές απώλειες (σε kcal/h ή W) ενός θερμαινόμενου χώρου, θα υπάρχουν απώλειες αγωγιμότητας μέσω στερεών τοιχωμάτων Q_t και ακόμη οι απώλειες για τη θέρμανση ψυχρού αέρα Q_L (απώλειες αερισμού), ο οποίος εισέρχεται στο χώρο, διώχνοντας αντίστοιχη ποσότητα θερμού αέρα στο περιβάλλον. Άρα θα είναι:

$$Q_h = Q_t + Q_L \quad (6.5)$$

Οι θερμικές απώλειες αγωγιμότητας πρέπει να υπολογίζονται ξεχωριστά για κάθε δομικό στοιχείο, όταν υπάρχει διαφορετικός συντελεστής θερμοπερατότητας ή διαφορετική διαφορά θερμοκρασίας στις δύο πλευρές του δομικού στοιχείου.

Ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών αερισμού γίνεται με βάση μία απλοποιημένη προσομοίωση καθορισμού των ποσοτήτων αέρα που εισέρχονται από τους αρμούς και τις χαραμάδες των ανοιγμάτων του χώρου. Ο υπολογισμός παίρνει υπόψη τις διαφορές πίεσης που δημιουργούνται από την πρόσπτωση ανέμου και τη θερμική άνοση, καθώς και τις αντιστάσεις ροής μέσα από τους αρμούς των εσωτερικών και εξωτερικών δομικών στοιχείων του χώρου (παραθύρων και θυρών).

Όταν ο αερισμός είναι εξαναγκασμένος (μηχανικός αερισμός με τη βοήθεια ανεμιστήρων) λαμβάνεται υπόψη το επιπλέον ποσό αέρα που εισέρχεται στο χώρο.

Οι τιμές που προκύπτουν από τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών με τη βοήθεια του κανονισμού (κανονικές θερμικές ανάγκες) εξασφαλίζουν μια ικανοποιητική εγκατάσταση θέρμανσης, επειδή λαμβάνονται υπόψη οι ελάχιστες εξωτερικές θερμοκρασίες, οι ταχύτητες των πιο συχνών ανέμων κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η θερμοχωρητικότητα του κτηρίου, η στεγανότητα των παραθύρων κλπ. Προφανώς κατά την κατασκευή του κτηρίου θα πρέπει να δίνεται προσοχή, ώστε να εξασφαλίζονται -χωρίς μεγάλη απόκλιση- οι τιμές των μεγεθών που λήφθηκαν υπόψη στους υπολογισμούς.

Έτσι, εκτός από την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου υπολογισμού των θερμικών απωλειών, είναι απαραίτητη και η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων που αφορούν στην εξωτερική θερμοκρασία, στην ταχύτητα των ανέμων, στον τρόπο κατασκευής του κτηρίου από άποψη στεγανότητας καθώς και στον τρόπο λειτουργίας (συνεχή ή διακοπτόμενο) της εγκατάστασης, ώστε να εξασφαλίζεται πάντοτε επαρκής θέρμανση.

Επίσης, εκτός από την ικανοποιητική θέρμανση, στόχος των υπολογισμών, είναι και η εξασφάλιση ομοιόμορφης θέρμανσης στο κτήριο με βάση τις απαιτούμενες εσωτερικές θερμοκρασίες. Αυτό είναι εφικτό μέσα σε ορισμένα όρια και εξαρτάται κυρίως από τη θερμική συμπεριφορά του κτηρίου και από την επιλογή των αυτοματισμών και του τρόπου λειτουργίας των.

Στη χώρα μας η θέρμανση γίνεται συνήθως διακεκομμένα, για λόγους οικονομίας. Η εγκατάσταση θέρμανσης (θερμαντικά σώματα, λέβητας, σωληνώσεις) είναι μεγαλύτερη από αυτή που υπολογίζεται με βάση τον κανονισμό. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται γρήγορη αναθέρμανση των χώρων μετά τη διακοπή.

Πιο σωστό είναι η εγκατάσταση θέρμανσης να έχει το κανονικό μέγεθος και η διάρκεια λειτουργίας να ρυθμίζεται από το αυτόματο σύστημα ρύθμισης της εγκατάστασης, με βάση είτε την εσωτερική θερμοκρασία των χώρων είτε τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα.

6.3.1. Απώλειες αγωγιμότητας

Οι απώλειες αγωγιμότητας προέρχονται από το κέλυφος του κτηρίου, δηλαδή τους τοίχους, τα ανοίγματα, τα δάπεδα και τις οροφές. Όταν σε έναν χώρο έχει επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία, παρατηρούνται απώλειες θερμότητας από το χώρο αυτό προς κάθε γειτονικό χαμηλότερης θερμοκρασίας και βέβαια προς το εξωτερικό ψυχρό περιβάλλον. Οι σχετικές απώλειες θα εξαρτώνται από τη διαφορά θερμοκρασίας, τη θερμοπερατότητα των παρεμβαλλομένων δομικών στοιχείων και τις μετακινήσεις ποσοτήτων αέρα διαμέσου των χαραμάδων των ανοιγμάτων.

Οι απώλειες λόγω αγωγιμότητας ενός δομικού στοιχείου ενός χώρου q_v , εξαρτώνται από την επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου θ_i , το συντελεστή θερμοπερατότητας k_v του στερεού τοιχώματος στο οποίο αναφερόμαστε και από τη θερμοκρασία του αέρα στην άλλη πλευρά του τοιχώματος θ_o . Οι απώλειες θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου υπολογίζονται επομένως από τη σχέση:

$$q_v = k_v \cdot F_v \cdot (\theta_i - \theta_o) \quad (6.6)$$

όπου:

- k_v : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου σε kcal/h·m²·°C ή W/m²·K, ο οποίος στη μελέτη θερμικών απωλειών μπορεί να ληφθεί μεγαλύτερος από αυτόν που έχει υπολογιστεί στη μελέτη θερμομόνωσης, με γνώμονα τη γήρανση της μόνωσης με την πάροδο του χρόνου, κατασκευαστικές ατέλειες, αλλά και το γεγονός ότι στην πραγματικότητα υπάρχουν σε πολλές θέσεις του κτηρίου θερμογέφυρες, που συντελούν στην αύξηση των θερμικών απωλειών
- F : το εμβαδόν του δομικού στοιχείου σε m²
- θ_i : η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία του χώρου σε °C, η οποία, για τις ανάγκες υπολογισμού, λαμβάνεται ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου από τον πίνακα 6.8 [17]
- θ_o : η θερμοκρασία του αέρα στην εξωτερική πλευρά του δομικού στοιχείου °C.

Για τον υπολογισμό των απωλειών αγωγιμότητας ισχύουν τα εξής:

- i. Στην περίπτωση εξωτερικού στοιχείου, ως θ_o λαμβάνεται η εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία ελληνικών πόλεων, για υπολογισμούς θερμικών απωλειών, δίδεται στον πίνακα 6.9 [17].
- ii. Στην περίπτωση εσωτερικού δομικού στοιχείου προς μη θερμαινόμενο χώρο, ως θ_o λαμβάνεται η θερμοκρασία του μη θερμαινόμενου χώρου. Στον πίνακα 6.10 δίδεται μια εκτίμηση για τις θερμοκρασίες των γειτονικών μη θερμαινόμενων χώρων, σε σχέση με το χώρο που εξετάζεται [17].
- iii. Στην περίπτωση δαπέδου ή στοιχείου που έχει επαφή με το έδαφος, ως θ_o λαμβάνεται η θερμοκρασία του εδάφους, η οποία θεωρείται σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης.
- iv. Στην περίπτωση εσωτερικού στοιχείου προς θερμαινόμενο χώρο, διακρίνουμε τις εξής υποπεριπτώσεις:
 - Όταν ο θερμαινόμενος χώρος ακολουθεί διαφορετικό χρονοπρόγραμμα θέρμανσης, τότε ως θ_o λαμβάνεται (εκτός ειδικών εξαιρέσεων) η θερμοκρασία του ως μη θερμαινόμενου χώρου
 - Όταν ο θερμαινόμενος χώρος ακολουθεί το ίδιο χρονοπρόγραμμα θέρμανσης, τότε ως θ_o θεωρείται η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου, οπότε οι απώλειες θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου μηδενίζονται.

Στην παρουσίαση του θέματος σ' αυτή την ενότητα ακολουθούμε τους συμβολισμούς που είχαν υιοθετήσει τόσο το DIN 4701, όσο και ο Κ.Θ.Κ. Έτσι οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων συμβολίζονται με το k (kcal/h·m²·°C), το εμβαδόν των επιφανειών των δομικών στοιχείων με F (m²) κ.ο.κ. Οι συμβολισμοί αυτοί έχουν τροποποιηθεί με τον Κ.Εν.Α.Κ., όπου για παράδειγμα οι συντελεστές θερμοπερατότητας συμβολίζονται πλέον με το U (W/m²·K), το εμβαδόν με A (m²) κλπ.

Πίνακας 6.8: Θερμοκρασίες χώρων ενδιαιτήσεως.

Χώροι	Θερμοκρασία (°C)
1. Κατοικίες	
Καθημερινά, υπνοδωμάτια, κουζίνες	20
Προθάλαμοι, διάδρομοι, WC	15
Κλιμακοστάσια	10
Λουτρά	22
2. Καταστήματα και γραφεία	
Καταστήματα, γραφεία, εστιατόρια, δωμάτια ξενοδοχείων	20
Κλιμακοστάσια, διάδρομοι, WC	15
3. Εκπαιδευτικά κτήρια	
Αίθουσες διδασκαλίας	20
Χώροι εργαστηρίων	15 έως 18
Αμφιθέατρα	18
Κλειστά γυμναστήρια	15
Αίθουσες λουτρών, αποδυτήρια	22
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια, κλειστές αίθουσες διαλειμμάτων, WC	5 έως 10
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια, και WC νηπιαγωγείων	15
Ιατρεία	24
Χώροι διαφύλαξης οργάνων και βεστιάρια	15

Πίνακας 6.9: Μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία Ελληνικών πόλεων.

	Μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία (°C)	Υψόμετρο σταθμού (m)	Επικρατούντες άνεμοι τους μήνες Ιανουάριο – Φεβρουάριο	Ζώνη
Αγρίνιο	-3	45,8	A	B
Αθήνα (Αστεροσκοπείο)	+1	107,0	B και N	B
Αίγιο	0	64,0	BΔ	B
Αλεξανδρούπολη	-7	2,5	BA	Γ
Αλίαρτος	-2	110,0	BΔ	B
Ανάβρота	-2	290,0	B και NΔ	B
Αργοστόλι	+1	1,7	BA και NΔ	A
Άρτα	-2	42,0	BA και N	B
Βόλος	-3	2,7	B	B
Δράμα	-8	74,0	NΔ	Γ
Έδεσσα	-7	273,0	B	Γ
Ελευσίνα	0	29,5	B	B
Ελληνικό Αττικής	+2	10,2	B	B
Ζάκυνθος	+2	6,6	BA	A
Ηράκλειο	+3	38,5	N	A
Θάσος	-6	2,0	BA	Γ
Θεσσαλονίκη (Μίκρα)	-5	2,8	BΔ	Γ
Θήρα	+3	208,0	B	A
Ιεράπετρα	+4	13,0	B	A

Πίνακας 6.9: Μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία Ελληνικών πόλεων.

	Μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία (°C)	Υψόμετρο σταθμού (m)	Επικρατούντες άνεμοι τους μήνες Ιανουάριο – Φεβρουάριο	Ζώνη
Ιωάννινα	-6	483,0	NA	Γ
Καβάλα	-8	62,8	NA	Γ
Καλάβρυτα	-6	731,0	B και N	Γ
Καλαμάτα	+1	4,6	B	A
Καλαμπάκα	+6	226,5	Δ	Γ
Κάρπαθος	+5	9,0	Δ	A
Κάρυστος	+	10,0	B	B
Κατερίνη	-5	31,5	B	Γ
Κέρκυρα	0	1,0	NA	B
Κοζάνη	-10	625,0	B	Γ
Κομοτηνή	-7	30,0	BA	Γ
Κόνιτσα	-6	542,0	B	Γ
Κόρινθος	+1	14,4	N	B
Κύθηρα	+4	166,0	BA	A
Κύμη	0	221,1	B	B
Κως	+3	10,0	N	A
Λαμία	-4	143,0	Δ	B
Λάρισα	-7	72,7	B και A	Γ
Λευκάδα	0	2,4	NA	A
Λήμνος	0	12,3	BA	B
Μέγαρα	0	36,0	BΔ	B
Μεθώνη	+1	33,0	BA και Δ	A
Μεσολόγγι	-2	1,0	Δ και BΔ	B
Μήλος	+3	182,0	NΔ	A
Μυτιλήνη	+2	3,2	N	B
Νάξος	+4	9,0	B	A
Ναύπλιο	0	1,5	B	B
Νέα Φιλαδέλφεια	0	136,0	BA	B
Ξάνθη	-8	82,0	B	Γ
Ορεστιάδα	-9	43,0	BΔ	Γ
Παλαιοχώρα Κρήτης	+5	8,0	B	A
Πάτρα	-1	1,0	NΔ	B
Πειραιάς	+2	2,0	BA	B
Πολύγυρος	-8	550,0	BA και B	Γ
Πρέβεζα	0	11,8	BA	B
Πτολεμαΐδα	-12	601,0	BΔ	Γ
Πύργος	-1	132,0	BΔ	B
Ρέθυμνο	+3	16,0	N και B	A
Ρόδος	+3	34,7	N και Δ	A
Σάμος	+3	48,4	NA και BΔ	A

Πίνακας 6.9: Μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία Ελληνικών πόλεων.

	Μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία (°C)	Υψόμετρο σταθμού (m)	Επικρατούντες άνεμοι τους μήνες Ιανουάριο – Φεβρουάριο	Ζώνη
Σέρρες	-9	32,5	A	Γ
Σητεία	+4	25,2	BΔ	A
Σκύρος	+2	4,0	BA	A
Σουφλί	+10	15,0	B	Γ
Σπάρτη	0	212,0	B	B
Σταυρός Χαλκιδικής	-7	10,0	Δ	Γ
Σύρος	+3	25,0	B	A
Τανάγρα	-2	138,8	Δ	B
Τρίκαλα	-6	116,0	BΔ	Γ
Τρίπολη	-5	661,4	B και NΔ	Γ
Φλώρινα	-11	661,0	Δ	Γ
Χαλκίδα	+2	4,0	B	B
Χανιά	+3	62,5	NΔ	A
Χίος	+3	60,0	B	A

Πίνακας 6.10: Θερμοκρασίες γειτονικών μη θερμαινόμενων χώρων (°C).

Είδος χώρου	Εξωτερική θερμοκρασία		
	$0 \leq \theta_o \leq +5^\circ\text{C}$	$-4 \leq \theta_o \leq +2^\circ\text{C}$	$\theta_o \leq -5^\circ\text{C}$
	Ζώνη		
	A	B	Γ
Γειτονικές οικοδομές θερμαινόμενες με καλοριφέρ και εσωτερικοί χώροι που συνορεύουν μόνο με θερμαινόμενους	+15	+15	+15
Γειτονικές οικοδομές μη θερμαινόμενες	+10	+7	+3
Εσωτερικοί χώροι, με ασήμαντα ή χωρίς ανοίγματα	+13	+10	+6
Εσωτερικοί χώροι με ανοίγματα	+8	+5	+1
Χώροι κάτω από μη θερμαινόμενη στέγη και κλιμακοστάσια απροστάτευτα	$\theta_o + 3$	$\theta_o + 3$	$\theta_o + 3$
Ημιυπόγεια με ανοίγματα και ενδιάμεσοι όροφοι και κλιμακοστάσια προστατευμένα	+10	+7	+3
Υπόγεια κλειστά	+12	+9	+5
Λεβητοστάσιο	+20	+20	+20

Επειδή κάθε χώρος διαθέτει περισσότερα του ενός διακεκριμένα χωρίσματα, προκύπτουν θερμικές απώλειες $q_1, q_2 \dots q_n$, όπου n είναι το σύνολο των χωρισμάτων. Αθροιζόμενες οι παραπάνω τιμές δίνουν το σύνολο των θερμικών απωλειών του χώρου προς το περιβάλλον και τους γειτονικούς μη θερμαινόμενους χώρους, λόγω αγωγιμότητας:

$$Q_t = \sum q_v = \sum k_v \cdot F_v \cdot (\theta_i - \theta_o) \quad (6.7)$$

όπου Q_t είναι το άθροισμα των επιμέρους απωλειών θερμότητας q_v , οι οποίες εμφανίζονται σε κάθε διαχωριστική επιφάνεια F_v του χώρου.

Οι τιμές των θερμικών απωλειών που προκύπτουν από τους παραπάνω υπολογισμούς αναφέρονται σε κατασκευές και όψεις κτηρίων που δεν υφίστανται την επίδραση κάποιου ειδικού παράγοντα. Όπως θα δούμε στη συνέχεια, στην πράξη υπάρχουν παράγοντες που εξαρτώνται από τη θέση, τη λειτουργία και την κατασκευή, που επιβάλλουν τη διορθωτική αύξηση ή μείωση της τιμής των θερμικών απωλειών, που προέκυψαν από ένα πρώτο αναλυτικό υπολογισμό.

Οι αιτίες που επιβάλλουν διορθωτικές προσαυξήσεις ή μειώσεις είναι συνήθως ο προσανατολισμός, το ύψος και η περιοδικότητα λειτουργίας της εγκατάστασης.

6.3.1.α. Συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων

Ο υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων βασίζεται στη μέθοδο που υποδεικνύεται από τον εκάστοτε θεσμοθετημένο κανονισμό. Στον εκάστοτε ισχύοντα κανονισμό δίνονται οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και οι πυκνότητες των πιο συνηθισμένων στον ελληνικό χώρο υλικών, καθώς και ο τρόπος υπολογισμού της θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων που προκύπτουν από συνδυασμό αυτών των υλικών.

Από το 1979 έως το 2010 στην Ελλάδα εφαρμοζόταν ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων (Κ.Θ.Κ.), ο οποίος από τον Οκτώβριο του 2010 αντικαταστάθηκε από τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.).

Μια σημαντική διαφορά στον τρόπο υπολογισμού του «μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτηρίου» (U_m) είναι ότι σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. στον υπολογισμό του U_m θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι γραμμικές θερμογέφυρες που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία, ιδίως στα όρια της περιμέτρου των δομικών στοιχείων, κάτι που δεν υπολογιζόταν στον παλιό Κ.Θ.Κ. Επίσης στον Κ.Εν.Α.Κ., σημαντικά διαφοροποιημένες (δηλαδή μικρότερες, σε σχέση με τον Κ.Θ.Κ.) είναι και οι «μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας» των διαφόρων δομικών στοιχείων. Και οι δύο παραπάνω προϋποθέσεις, σε συνδυασμό με την απαίτηση για έλεγχο μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής και έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης, (Π.Ε.Α) μας οδηγούν σε σημαντικά καλύτερα θερμομονώσεις και επομένως σε περιορισμό των απωλειών ψύξης και θέρμανσης.

Επομένως σήμερα για τον υπολογισμό των θερμικών ή ψυκτικών φορτίων κτηρίων συνιστάται ο μελετητής να προχωρήσει στους υπολογισμούς των συντελεστών θερμοπερατότητας των διαφόρων δομικών στοιχείων του κτηρίου (τοιχούς, δάπεδα, οροφές, ανοίγματα κλπ) αλλά και του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτηρίου (U_m), σύμφωνα με τα αναφερόμενα στον Κ.Εν.Α.Κ. και στις εφαρμοστικές Τεχνικές Οδηγίες (ΤΟΤΕΕ) και ιδίως σύμφωνα με όσα αναφέρονται στην ΤΟΤΕΕ 20701-2 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» [18]. Στο βαθμό μάλιστα που η κείμενη νομοθεσία απαιτεί και την εκπόνηση της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (Μ.Ε.Α.), η οποία στηρίζεται στις παραπάνω παραδοχές και υπολογισμούς των συντελεστών θερμοπερατότητας, και με απαιτούμενη επίσης την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης μετά την κατασκευή του κτηρίου, περιορίζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό το φαινόμενο της «απόκλισης» ανάμεσα στις υπολογιζόμενες τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας και στις «πραγματικές» τιμές που προέκυπταν μετά την κατασκευή.

Ωστόσο, στον υπολογισμό των θερμικών απωλειών, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν συντελεστές θερμοπερατότητας προσαυξημένοι τουλάχιστον κατά το ποσοστό που οι θερμογέφυρες επιβαρύνουν ή προσ αυξάνουν το μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας του κτηρίου (U_m). Το ποσοστό αυτό p προκύπτει με βάση τα παρακάτω:

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτηρίου U_m [σε $W/(m^2.K)$] δίδεται από τη σχέση:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b + \sum_{i=1}^v \ell_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad (6.8)$$

όπου:

- A_j : το εμβαδό επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτηρίου σε m^2
- U_j : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου j του κελύφους του κτηρίου σε $W/(m^2.K)$
- n : το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτηρίου
- ℓ_j : το συνολικό μήκος της κάθε τύπου θερμογεφυράς που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτηρίου σε m
- v : το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας A_j του κελύφους
- Ψ_j : ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτηρίου σε $W/(m.K)$
- b : μειωτικός συντελεστής, $b = 1$, εκτός αν πρόκειται για διαχωριστικές επιφάνειες προς μη θερμαινόμενους χώρους ή προς θερμαινόμενους χώρους του κτηρίου (περίπτωση προσθήκης) οπότε $b = 0,5$.

Ο U_m αναλύεται σε δύο συνιστώσες, ως εξής:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} + \frac{\sum_{i=1}^v \ell_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad (6.9)$$

Ο πρώτος όρος αντιπροσωπεύει την καθεαυτό θερμοπερατότητα, έστω $U_{m\theta}$, που οφείλεται στην μεταφορά θερμότητας μέσω των δομικών στοιχείων του κτηρίου κάθετα προς αυτά, ενώ ο δεύτερος όρος αποτελεί την προσαύξηση αυτής της θερμοπερατότητας λόγω των θερμογεφυρών. Αυτή η επιπλέον ποσότητα μπορεί να θεωρηθεί ότι προσ αυξάνει τον $U_{m\theta}$ κατά ένα ποσοστό p , ώστε να προκύψει ο πραγματικός συντελεστής θερμοπερατότητας U_m . Δηλαδή:

$$\frac{\sum_{i=1}^v \ell_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} = p \cdot U_{m\theta} \quad \text{ή} \quad \frac{\sum_{i=1}^v \ell_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} = p \cdot \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad (6.10)$$

και

$$U_m = U_{m\theta} + p \cdot U_{m\theta} = U_{m\theta} \cdot (1 + p) \quad (6.11)$$

Επομένως, για να προκύψουν οι πραγματικές θερμικές απώλειες του κτηρίου, πρέπει οι επιμέρους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων να ληφθούν προσ αυξημένοι, κατά τουλάχιστον αυτό το

ποσοστό p , όπως υπολογίζεται από τη σχέση 6.10. Συνιστάται το ποσοστό αυτό να λαμβάνεται ελαφρώς μεγαλύτερο.

6.3.2. Προσαυξήσεις λόγω προσανατολισμού

Από την πείρα είναι γνωστό ότι ο προσανατολισμός ενός χώρου σχετίζεται άμεσα με την επίδραση των ψυχρών βόρειων ανέμων στην τελική θερμοκρασία αυτού. Οι βόρειοι τοίχοι, για παράδειγμα, θεωρούνται περιοχές ψύχους και γι' αυτό άλλωστε στις περισσότερες κατοικίες τα ανοίγματα αποφεύγεται -κατά το δυνατόν- να τοποθετηθούν στη βόρεια πλευρά τους.

Αντίθετα, στους χώρους με μεσημβρινό προσανατολισμό (N, NA, ΝΔ) έχει διαπιστωθεί ότι οι θερμικές απώλειες είναι μικρότερες από τις αναμενόμενες, βάσει των γνωστών υπολογισμών, λόγω της ευμενούς επίδρασης του προσανατολισμού.

Οι Γερμανικοί κανονισμοί, που κυρίως ακολουθούνται στη χώρα μας, δίδουν προσαυξήσεις και μειώσεις λόγω προσανατολισμού, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 6.11 [15]. Οι προσαυξήσεις αυτές δίδονται ως ποσοστό (%) και χαρακτηρίζονται με το σύμβολο Z_H .

<i>Πίνακας 6.11: Προσαυξήσεις Z_H (%) των θερμικών απωλειών χώρου, λόγω προσανατολισμού.</i>	
Προσανατολισμός	Προσαύξηση (%)
B, BA, ΒΔ	+5
A, Δ	0
N, NA, ΝΔ	-5

Η απόκλιση από -5 έως +5% είναι εξαιρετικά μεγάλη και κάνει φανερό ότι δεν νοείται διαδικασία υπολογισμού θερμικών απωλειών χωρίς να είναι γνωστός ο προσανατολισμός, ο οποίος σημειώνεται στα σχέδια κάτοψης ή το τοπογραφικό της οικοδομής με ένα βέλος (ή άλλο σύμβολο) που δείχνει το Βορρά.

Για όσους χώρους έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον μόνο ένας τοίχος, ο τοίχος αυτός καθορίζει και τον προσανατολισμό του χώρου. Εάν υπάρχουν δύο τοίχοι του ίδιου χώρου που βρίσκονται σε επαφή με το περιβάλλον και σχηματίζουν γωνία, τον προσανατολισμό καθορίζει η ακμή. Εάν υπάρχουν περισσότεροι εκτεθειμένοι στο περιβάλλον τοίχοι ο μελετητής, αιτιολογημένα, κρίνει για την προσαύξηση αυτή, βάσει της δυσμενέστερης περίπτωσης. Για τους εσωτερικούς χώρους δεν λαμβάνονται προσαυξήσεις ή μειώσεις προσανατολισμού.

6.3.3. Προσαυξήσεις λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας

Σε όλες σχεδόν τις εγκαταστάσεις η λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης δεν είναι συνεχής, αλλά διακοπτόμενη. Οι διακοπές αυτές μπορεί να είναι ολιγόωρες και προγραμματισμένες χρονικά (π.χ. πρωινή απουσία των ενοίκων του κτηρίου στην εργασία τους), ή μπορεί να σχετίζονται με τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας (αντιστάθμιση) ή και να πραγματοποιούνται για σχετικά μακρά χρονικά διαστήματα (π.χ. εξοχικές κατοικίες που χρησιμοποιούνται τα Σαββατοκύριακα ή και σπανιότερα).

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, κατά την εκάστοτε έναρξη της διαδικασίας θέρμανσης, απαιτούνται πρόσθετα ποσά θερμικής ενέργειας, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για να αυξήσουν γρήγορα τη θερμοκρασία του χώρου μέχρι τα επιθυμητά όρια. Επομένως κάθε εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης πρέπει να επαρκεί, τόσο για την κάλυψη των θερμικών απωλειών, όταν ήδη στους χώρους επικρατεί η επιθυμητή θερμοκρασία, όσο και για την αντιμετώπιση ενός πρόσκαιρα περισσότερο ψυχρού εσωτερικού περιβάλλοντος. Θα πρέπει μάλιστα η βελτίωση της εσωτερικής θερμοκρασίας του χώρου και των στερεών αντικειμένων που περιέχονται μέχρι την επιθυμητή τιμή, να επιτυγχάνονται σε εύλογο χρονικό διάστημα.

Στους Γερμανικούς κανονισμούς, αλλά και στην Ελληνική βιβλιογραφία, με:

- (I) χαρακτηρίζεται μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης όταν έχει μόνο μικρής χρονικής διάρκειας διακοπές (συνήθως μόνο τη νύκτα) ή εργάζεται συνεχώς
- (II) χαρακτηρίζεται μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης όταν λειτουργεί 12 έως 15 ώρες ημερησίως
- (III) χαρακτηρίζεται μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης όταν λειτουργεί 8 έως 12 ώρες ημερησίως.

Προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι ανάγκες για λειτουργία του συστήματος κλιματισμού με αυξημένη ισχύ μετά τις περιόδους παύσης, υπεισέρχεται στον υπολογισμό η προσαύξηση των φορτίων θέρμανσης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας. Η προσαύξηση αυτή εκτελείται με την εισαγωγή ενός συντελεστή Z_D , ο οποίος δίνεται στον πίνακα 6.12.

Πίνακας 6.12: Προσαυξήσεις Z_D (%) των θερμικών απωλειών χώρου, λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας.				
Κατηγορία λειτουργίας ανά 24 ωρο	Τιμές του συντελεστή D			
	0,1 – 0,3	0,3 – 0,7	0,7 – 1,5	> 1,5
I	7	7	7	7
II	20	15	15	15
III	30	25	20	15

Στον πίνακα 6.12 υπεισέρχεται η τιμή της «μέσης θερμοπερατότητας» D ενός χώρου (σε W/m^2K). Η τιμή αυτή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$D = \frac{Q_o}{F \cdot (\theta_i - \theta_o)} \quad (6.12)$$

όπου:

- Q_o : το σύνολο των θερμικών απωλειών αγωγιμότητας του χώρου χωρίς προσαυξήσεις σε W
 F είναι το εμβαδόν (σε m^2) όλων των επιφανειών οι οποίες περιορίζουν το χώρο, ασχέτως αν είναι τοίχοι, δάπεδα, θύρες, παράθυρα ή οροφές.

6.3.4. Προσαυξήσεις λόγω ύψους

Στα υψηλά κτήρια υπάρχουν αρκετοί λόγοι που οδηγούν στην προσαύξηση των θερμικών απωλειών. Χώροι που βρίσκονται υψηλότερα είναι λογικό να εμφανίζουν αυξημένες θερμικές απώλειες, λόγω μεγαλύτερης έκθεσής τους στις καιρικές συνθήκες. Επίσης, το ζεστό νερό το οποίο αναχωρεί από το λέβητα με κάποια υψηλή θερμοκρασία, για να φθάσει σε υψηλούς ορόφους, όπως και σε απομακρυσμένους χώρους, έχει αυξημένες απώλειες και τροφοδοτεί τα θερμαντικά σώματα με νερό χαμηλότερης θερμοκρασίας. Έτσι, για τους χώρους αυτούς πρέπει να προβλεφθεί αυξημένη ποσότητα θερμικής ενέργειας, ανάλογη των πρόσθετων απωλειών και της ποσότητας η οποία χάνεται στη διαδρομή.

Για τις προσαυξήσεις λόγω ύψους ισχύουν οι εξής κανόνες :

- η συνολική προσαύξηση λόγω ύψους δεν επιτρέπεται να υπερβεί το 20%,
- τα πρώτα 4m ύψους έχουν μηδενική προσαύξηση,
- μετά από τα πρώτα 4m ύψους έχουν 2% προσαύξηση για κάθε μέτρο ύψους

Ως ύψος ορίζεται η απόσταση από το μέσο του ορόφου ως την επιφάνεια του εδάφους. Ο συντελεστής προσαύξησης θερμικών φορτίων λόγω ύψους συμβολίζεται με Z_Y .

6.3.5. Απώλειες λόγω αερισμού

Οι απώλειες λόγω αερισμού οφείλονται στην εναλλαγή αέρα με το εξωτερικό περιβάλλον. Διακρίνουμε δύο υποπεριπτώσεις:

1. Στην περίπτωση που υπάρχει εξαερισμός τότε ισχύει η σχέση:

$$Q_L = \dot{V} \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_i - \theta_o) \quad (6.13)$$

όπου:

- Q_L : η θερμική ισχύς των απωλειών λόγω αερισμού σε kW
- \dot{V} : η παροχή όγκου του εισερχόμενου αέρα σε m³/s
- ρ : η πυκνότητα του αέρα σε kg/m³
- c : η ειδική θερμότητα του αέρα σε kJ/kg·K
- $\theta_i - \theta_o$: η διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου - εξωτερικού περιβάλλοντος σε K.

2. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει εξαερισμός, υπολογίζονται οι απώλειες από τις χαραμάδες. Οι απώλειες αερισμού Q_L προκύπτουν από τη συναλλαγή αέρα μεταξύ χώρου και περιβάλλοντος, η οποία οφείλεται στη μικρή υπερπίεση που παρατηρείται στους θερμαινόμενους χώρους και τη διαφορά θερμοκρασίας με γειτονικούς χώρους και το περιβάλλον. Η μικρή υπερπίεση που αναπτύσσεται στους θερμαινόμενους χώρους ωθεί προς τα έξω αέρα του χώρου διαμέσου των χαραμάδων των κουφωμάτων ή περισσότερο έντονα, όταν ανοίγουν πόρτες ή παράθυρα. Την ποσότητα αυτή του θερμού αέρα αντικαθιστούν ρεύματα ψυχρού αέρα, τα οποία εισέρχονται στα χαμηλότερα επίπεδα (κοντά στο δάπεδο) και προέρχονται άμεσα ή έμμεσα από το εξωτερικό περιβάλλον.

Οι ποσότητες αυτές του νωπού αέρα, όταν είναι μικρές, είναι απόλυτα αναγκαίες για την ανανέωση του αέρα των χώρων και η θερμική επιβάρυνση που δημιουργούν είναι μικρή. Όταν όμως οι χαραμάδες θυρών και παραθύρων είναι μεγάλες (λόγω παλαιότητας ή κακής ποιότητας κατασκευής των κουφωμάτων), ή οι χρήστες του χώρου αφήνουν ανοικτά παράθυρα ή πόρτες, οι δαπάνες σε ενέργεια γίνονται πολύ σημαντικές.

Οι δαπάνες ενέργειας για τη θέρμανση των ποσοτήτων αέρα που εισέρχονται σ' ένα θερμαινόμενο χώρο αποτελούν το δεύτερο σκέλος της ενεργειακής εξισώσης που προσδιορίζει το σύνολο των θερμικών απωλειών για ένα χώρο, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

Η θερμότητα Q_L εξαρτάται από τη διαπερατότητα των ανοιγμάτων και τη ροή (κατεύθυνση και ταχύτητα) του πνέοντος ανέμου, ο οποίος δημιουργεί μεταβαλλόμενες χρονικά και τοπικά καταστάσεις της πίεσης. Για το θεωρητικό υπολογισμό του Q_L χρησιμοποιείται η σχέση:

$$Q_L = \sum Q_{A_i} = \alpha \cdot \sum l \cdot R \cdot H \cdot Z_T \cdot \Delta\theta \quad (6.14)$$

όπου:

- α : ο συντελεστής διείσδυσης ή διαπερατότητας αέρα του κάθε ανοίγματος, ο οποίος εκφράζει το λόγο του όγκου αέρα ο οποίος εισέρχεται ανά μέτρο μήκους σχισμής και ανά ώρα, για διαφορά πιέσεως 1kρ/m² και ο οποίος δίνεται στον πίνακα 6.13 [15]
- $\sum l$: η περίμετρος του ανοίγματος, σε m
- R : συντελεστής διεισδυτικότητας, ο οποίος προκύπτει από τη σχέση 6.15 ή τον πίνακα 6.14
- H : συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης, ο οποίος δίνεται επίσης από τον πίνακα 6.15
- Z_T : συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων, ο οποίος παίρνει συνήθως την τιμή 1,0, εκτός της περίπτωσης γωνιακών ανοιγμάτων που παίρνει την τιμή 1,2
- $\Delta\theta$: η διαφορά θερμοκρασίας στις δύο πλευρές του ανοίγματος σε K.

Πίνακας 6.13: Συντελεστής διείσδυσης (α) αέρα μέσω ανοιγμάτων.

Είδος ανοίγματος		α
Ανοιγμα ξύλινο ή πλαστικό	Απλό	3,0
	Διπλό	2,0
Ανοιγμα μεταλλικό	Απλό	1,5
	Διπλό	1,2
Εσωτερική πόρτα	Στεγανή	1,5
	Μη στεγανή	4,0

Υπολογισμός χαρακτηριστικού αριθμού χώρου ή συντελεστή διεισδυτικότητας R

Η τιμή του συντελεστή διεισδυτικότητας R προκύπτει από τη σχέση:

$$R = \frac{1}{\frac{\sum (\alpha \cdot l)_A}{\sum (\alpha \cdot l)_N} + 1} \quad (6.15)$$

όπου:

$\sum (\alpha \cdot l)_A$: οι διαφυγές αέρα προς το εξωτερικό περιβάλλον

$\sum (\alpha \cdot l)_N$: οι διαφυγές αέρα προς εσωτερικούς χώρους από σχισμές, ανοίγματα και χαραμάδες εσωτερικών ανοιγμάτων.

Ο υπολογισμός του R από την προαναφερθείσα σχέση δεν συνηθίζεται αλλά προτιμάται η εκλογή του R από τον πίνακα 6.14. Ο υπολογισμός του R με τη βοήθεια του πίνακα βασίζεται στο λόγο F_A / F_N όπου:

F_A : είναι το συνολικό εμβαδόν των εξωτερικών ανοιγμάτων του χώρου (θύρες, παράθυρα, μπαλκονόπορτες, φεγγίτες κλπ)

F_N : είναι το συνολικό εμβαδόν των εσωτερικών ανοιγμάτων του χώρου, δηλαδή των μη προσβαλλομένων από τον άνεμο.

Πίνακας 6.14: Συντελεστής διεισδυτικότητας ανοιγμάτων R.

Υλικό παραθύρου	Εσωτερικές πόρτες	$\frac{\text{Επιφάνεια εξωτερικών ανοιγμάτων } (F_A)}{\text{Επιφάνεια εσωτερικής πόρτας } (F_N)}$	R
Ξύλο ή πλαστικό	Μη στεγανές	< 3,0	0,9
	Στεγανές	< 1,5	0,9
Μέταλλο	Μη στεγανές	< 6,0	0,9
	Στεγανές	< 2,5	0,9
Ξύλο ή πλαστικό	Μη στεγανές	από 3,0 έως 9,0	0,7
	Στεγανές	από 1,5 έως 3,0	0,7
Μέταλλο	Μη στεγανές	από 6,0 έως 20	0,7
	Στεγανές	Από 2,5 έως 6,0	0,7

Υπολογισμός συντελεστή θέσης και ανεμόπτωσης H

Ο συντελεστής προσβολής ανέμου ή συντελεστής ανεμόπτωσης H είναι χαρακτηριστικός αριθμός για κάθε οικοδομή και εξαρτάται από την ειδική θέση της σε σχέση με τους πνέοντες ανέμους. Οι τιμές του συντελεστή προσβολής ανέμου H προκύπτουν από τον πίνακα 6.15, αφού προηγουμένως εξεταστεί αν η οικοδομή βρίσκεται σε προφυλαγμένη ως προς τους ανέμους θέση, σε εκτεθειμένη θέση ή σε ασυνήθιστα εκτεθειμένη θέση.

Ειδικότερα:

α. Προφυλαγμένη θέση: Μία οικοδομή θεωρείται ότι βρίσκεται σε προφυλαγμένη θέση όταν βρίσκεται στο εσωτερικό πόλεως με συνηθισμένο πλάτος δρόμων και συνεχή οικοδομική γραμμή ή μικρές διακοπές.

β. Εκτεθειμένη θέση: Οικοδομές σε αραιοκατοικημένους συνοικισμούς ή χωριά με απόσταση μεταξύ των κτηρίων, πολύ υψηλές οικοδομές πόλεων ή συγκροτήματα οικοδομών απέναντι στη θάλασσα, σε λίμνη ή μεγάλο ποταμό.

γ. Ασυνήθιστα εκτεθειμένη θέση: Μεμονωμένες οικοδομές σε ανοικτά πεδία (προ θαλάσσης, λίμνης, ποταμού, ή επί λόφου, βουνού κλπ).

Η διάκριση α, β και γ μπορεί να γίνει και για κάθε χώρο και όχι υποχρεωτικά για όλη την οικοδομή, κατά την κρίση του μελετητή. Είναι επομένως δυνατό σε μια πολυκατοικία ορισμένοι χώροι να ανήκουν στην προφυλαγμένη θέση, άλλοι στην εκτεθειμένη και άλλοι, κυρίως των τελευταίων ορόφων, στην ασυνήθιστα εκτεθειμένη θέση.

Πίνακας 6.15: Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης H κτηρίων.

Τοποθεσία	Θέση	Ταχύτητα ανέμου (m/s)	Συνεχόμενα κτήρια	Μεμονωμένο κτήριο
Συνήθης περιοχή από πλευράς ισχύος πνοής ανέμων	Προστατευμένη	4	0,24	0,34
	Εκτεθειμένη	6	0,41	0,58
	Ασυνήθιστα εκτεθειμένη	8	0,60	0,84
Περιοχή με ισχυρούς ανέμους	Προστατευμένη	6	0,41	0,58
	Εκτεθειμένη	8	0,60	0,84
	Ασυνήθιστα εκτεθειμένη	10	0,82	1,14
	Εξαιρετικά εκτεθειμένη	20	1,04	1,45

Ο υπολογισμός του Q_L από τη σχέση 6.14 πραγματοποιείται στις περιπτώσεις εκείνες που επιζητείται ακρίβεια ή εξετάζονται εξαιρετικά δυσμενείς περιπτώσεις. Σε συνήθεις πρακτικές εφαρμογές μπορεί να χρησιμοποιηθεί η προσεγγιστική σχέση:

$$Q_L = (10 \text{ έως } 30) \cdot I_{\alpha} \quad (6.16)$$

όπου I_{α} είναι το συνολικό μήκος των χαραμάδων, των εξωτερικών ανοιγμάτων του υπό εξέταση χώρου, με βασική παραδοχή διαφορά θερμοκρασίας περίπου 20°C , δηλαδή $\theta_i - \theta_o = 20^{\circ}\text{C}$.

Για κατοικίες συνήθους κατασκευής μπορούν εξάλλου να θεωρηθούν ικανοποιητικές οι τιμές του πίνακα 6.16.

<i>Πίνακας 6.16: Ενδεικτικές τιμές για προσεγγιστικό υπολογισμό των απωλειών αερισμού, για συνηθισμένες κατοικίες στην Ελλάδα.</i>	
Για τα ανοίγματα ημιυπόγειων χώρων, Ισογείου και Α΄ ορόφου	$Q_L = 15 \cdot I_{ολ}$
Για ανοίγματα των πρώτων ορόφων (Β΄ και Γ΄)	$Q_L = 20 \cdot I_{ολ}$
Για ανοίγματα των πιο πάνω ορόφων	$Q_L = 25 \cdot I_{ολ}$
Για τα «ρετιρέ»	$Q_L = 30 \cdot I_{ολ}$
Για απώλειες από κλειστά ανοίγματα εσωτερικών χώρων	$Q_L = 10 \cdot I_{ολ}$

6.3.6. Υπολογισμός θερμικών απωλειών στην πράξη

Για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών χρησιμοποιούνται διάφορα βοηθητικά έντυπα όπως το παρακάτω που παρουσιάζεται στον πίνακα 6.17, το οποίο είναι εξαιρετικά απλό και εύχρηστο. Στο άνω δεξιό τμήμα αναγράφεται ο όροφος (υπόγειο, ισόγειο, Α΄ όροφος, κλπ) και παραπλεύρως τίθεται ο αύξων αριθμός του φύλλου για καλύτερη ταξινόμηση.

Ο κυρίως υπολογισμός χωρίζεται στον υπολογισμό των θερμικών απωλειών λόγω αγωγιμότητας Q_T (στήλες 1 έως 18) και στην εκ των υστέρων προσθήκη των απωλειών αερισμού Q_L . Για τη συμπλήρωση των στηλών 1 έως 18 ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

- Στη στήλη (1) τίθεται συντομογραφικά το είδος της επιφάνειας που πρέπει να υπολογιστούν οι απώλειες θερμότητας ($T_{εξ}$, Θ , Π , Δ , κλπ).

<i>Ενδεικτικές συντομογραφίες για το είδος των επιφανειών που περιβάλλουν τους διαφόρους χώρους ενός κτηρίου.</i>	
$T_{εξ}$	Τοίχος εξωτερικός
$T_{εσ}$	Τοίχος εσωτερικός
$\Theta_{εξ}$	Θύρα εξωτερική
$\Theta_{εσ}$	Θύρα εσωτερική
Π	Παράθυρο
Δ	Δάπεδο
O	Οροφή
Σ	Στέγη

- Στη στήλη (2) τίθεται συντομογραφικά ο προσανατολισμός της επιφάνειας (B, ΒΔ, Α κλπ) χωρίς να δίνεται κάποια προσαύξηση ακόμα.

<i>Ενδεικτικές συντομογραφίες για τον προσανατολισμό των επιφανειών που περιβάλλουν τους διαφόρους χώρους ενός κτηρίου.</i>	
B	Βορράς ή Βόρειος
N	Νότος ή Νότιος
A	Ανατολή ή Ανατολικός
Δ	Δύση ή Δυτικός
ΒΑ	Βορειοανατολικός
ΒΔ	Βορειοδυτικός
ΝΑ	Νοτιοανατολικός
ΝΔ	Νοτιοδυτικός

- Στη στήλη (8) γράφονται τα τελικά εμβαδά, τα οποία προκύπτουν μετά από τις πράξεις των παραπάνω.
- Στη στήλη (9) γράφεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας k (ή U) του τοιχώματος, όπως έχει προκύψει από υπολογισμούς ή πίνακες.
- Στη στήλη (10) γράφεται η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου (θ_i).
- Στη στήλη (11) γράφεται η θερμοκρασία του αέρα στην εξωτερική πλευρά του τοιχώματος (θ_o).
- Στη στήλη (12) γράφεται η διαφορά θερμοκρασίας $\Delta\theta$ (σε °C) μεταξύ των δύο χώρων τους οποίους χωρίζει το εξεταζόμενο τοίχωμα.
- Στη στήλη (13) «Απώλειες θερμότητας χωρίς προσαυξήσεις», γράφονται τα γινόμενα των τριών προηγούμενων στηλών (8, 9 και 12), δηλαδή το γινόμενο:

$$q_v = k_v \cdot F_v \cdot (\theta_i - \theta_o). \quad (6.17)$$

Το γινόμενο αυτό αντιπροσωπεύει τις θερμικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας μιας επιφάνειας του χώρου.

Η εργασία στις στήλες (1) έως (13) επαναλαμβάνεται κατά ακριβώς όμοιο τρόπο, για κάθε επιφάνεια του χώρου (τοιχος, άνοιγμα, δάπεδο, οροφή) και οι τιμές που προκύπτουν συγκεντρώνονται στη στήλη (13). Το άθροισμα των απωλειών του συνόλου των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο είναι προφανώς το σύνολο των απωλειών του χώρου, χωρίς να ληφθούν υπ' όψη οι αναγκαίες προσαυξήσεις:

$$Q_o = \sum q_v = \sum k_v \cdot F_v \cdot (\theta_i - \theta_o). \quad (6.18)$$

Στις στήλες (από 14 έως 17) γίνεται ο υπολογισμός των διαφορών προσαυξήσεων, δηλαδή:

- Στη στήλη (14) γράφεται η προσαύξηση λόγω προσανατολισμού, σε %.
- Στη στήλη (15) γράφεται η προσαύξηση λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης, σε %.
- Στη στήλη (16) γράφεται η προσαύξηση λόγω ύψους του ορόφου που βρίσκεται ο χώρος, σε %.
- Στη στήλη (17) γράφεται το σύνολο των προσαυξήσεων, το οποίο προκύπτει από τη σχέση:

$$Z = 1 + \frac{Z_D + Z_H + Z_Y}{100}. \quad (6.19)$$

- Στην τελευταία στήλη του εντύπου (18) αναγράφεται το γινόμενο των στηλών (13) και (17), το οποίο αποτελεί και το σύνολο των απωλειών λόγω αγωγιμότητας, του χώρου Q_T .

Στη συνέχεια γίνεται ο υπολογισμός των απωλειών αερισμού, είτε με εφαρμογή της αναλυτικής σχέσης:

$$Q_L = \sum Q_{Ai} = a \cdot \sum l \cdot R \cdot H \cdot Z_T \cdot \Delta\theta$$

ή της απλοποιημένης σχέσης:

$$Q_L = (10 \text{ έως } 30) \cdot l_{\omega l}.$$

Το άθροισμα των απωλειών θερμότητας Q_T και των απωλειών αερισμού Q_L μας δίνει πλέον το σύνολο των απωλειών του χώρου Q_h :

$$Q_h = Q_T + Q_L, \text{ σε kcal/h ή W}$$

Με τη χρονοβόρα διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω γίνεται για κάθε χώρο της οικοδομής ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών, το άθροισμα των οποίων είναι οι ολικές θερμικές απώλειες (το θερμικό φορτίο) της εγκατάστασης. Πέραν τούτου όμως ο υπολογισμός αυτός δίνει μια γενική και αναλυτική εικόνα των απωλειών σε κάθε χώρο της οικοδομής και μπορεί να είναι χρήσιμος για εντοπισμό διαφόρων προβλημάτων, τόσο στη φάση της μελέτης, όσο και μελλοντικά κατά τη λειτουργία.

6.3.7. Τροποποιήσεις στο DIN 4701/1983

Οι τροποποιήσεις στο DIN 4701/1983 σε σχέση με το DIN 4701/1977 εντοπίζονται κυρίως στα εξής σημεία:

- Ο συντελεστής Z_D μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή του D , περίπου γραμμικά παίρνοντας τιμές από 0 έως και 13%.
- Ο συντελεστής Z_Y προσαυξάνεται αυτόματα για ύψος πάνω από 10m.

Παράδειγμα 6.1

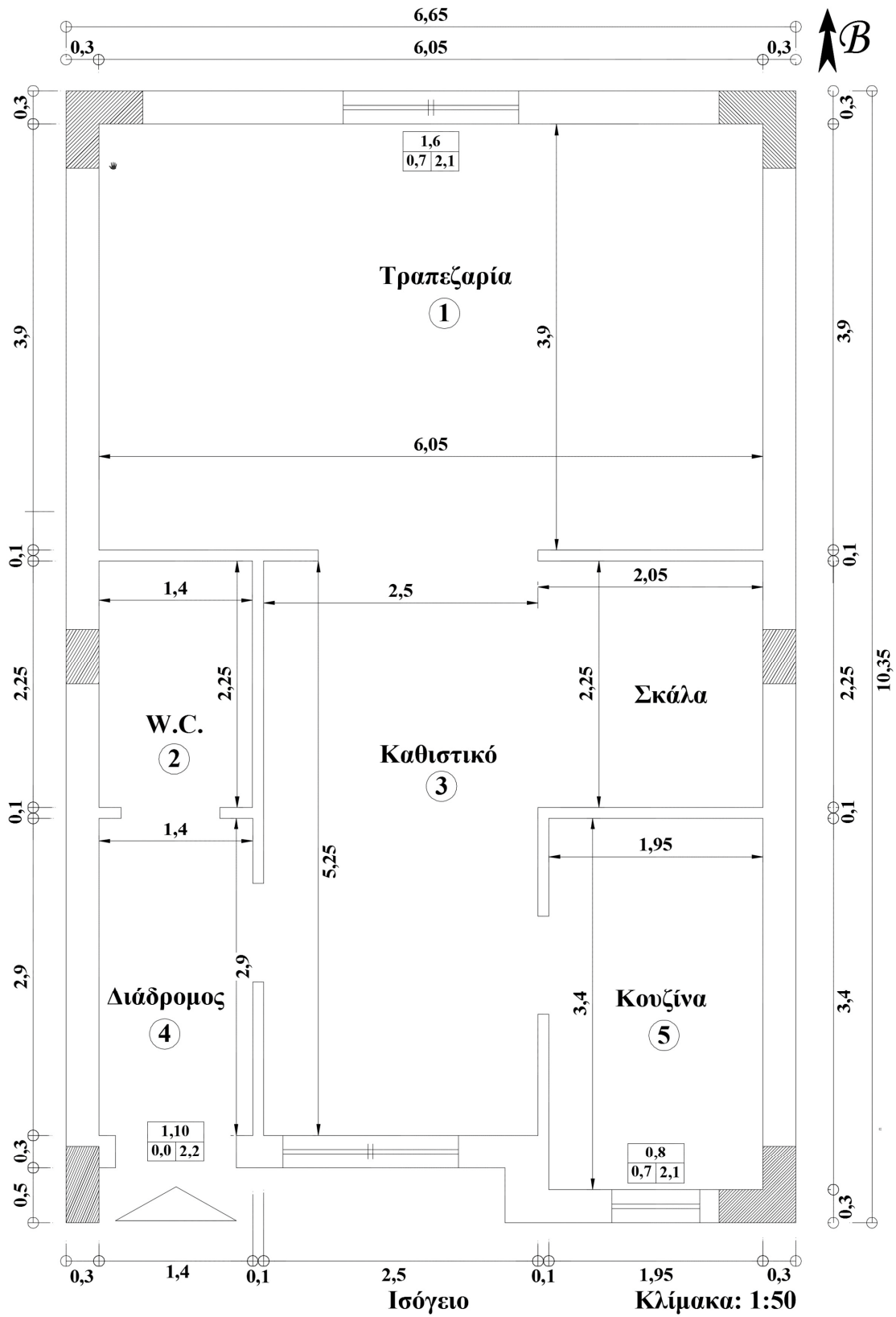
Υπολογισμός θερμικών απωλειών κτηρίου σύμφωνα με το DIN 4701/77

Στα σχήματα 6.3 και 6.4 δίδονται οι κατόψεις μιας διώροφης μονοκατοικίας (ισόγειο και 1^{ος} όροφος) με ημιυπόγειο μη θερμαινόμενο, ενώ στον πίνακα που ακολουθεί δίδονται και τα υπόλοιπα θερμικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του κτηρίου, τα οποία είναι απαραίτητα για τους υπολογισμούς των θερμικών απωλειών. Ζητείται ο αναλυτικός προσδιορισμός των θερμικών απωλειών των διαφόρων χώρων του κτηρίου σύμφωνα με το DIN 4701/1977.

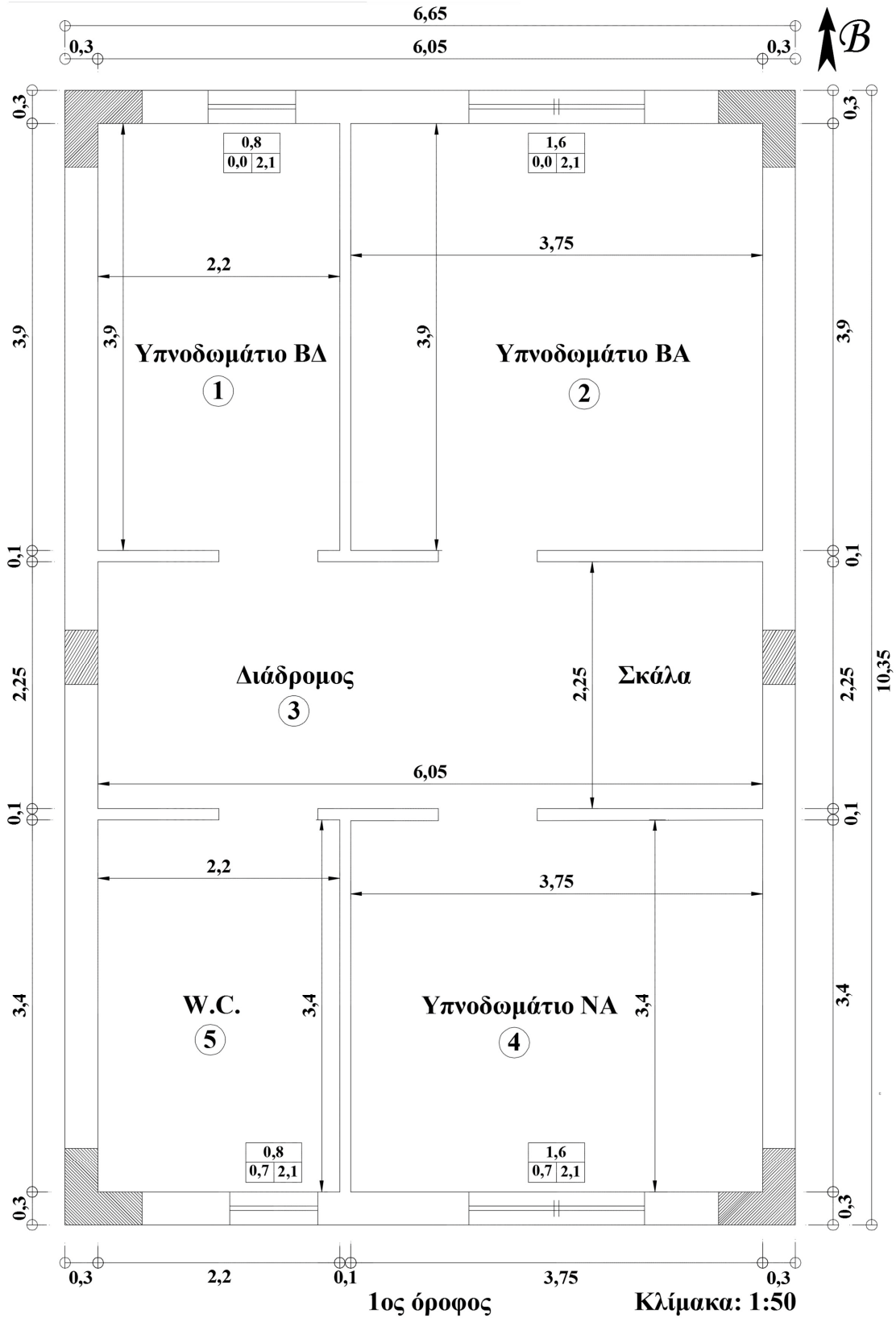
Λύση:

Με βάση τα αναφερόμενα στις ενότητες που προηγήθηκαν, οι βασικές παράμετροι υπολογισμού του προβλήματος παρουσιάζονται στον πίνακα 6.18.

Πίνακας 6.18: Παράμετροι υπολογισμού παραδείγματος.		
Πόλη	Μεσολόγγι	
Κλιματική ζώνη	B (από πίνακα 6.9)	
Μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία	-2°C (από πίνακα 6.9)	
Τύπος κτηρίου	διώροφη μονοκατοικία (ισόγειο & 1 ^{ος} όροφος) με ημιυπόγειο, μη θερμαινόμενο	
Θερμοκρασία μη θερμαινόμενου ημιυπογείου	7°C (από πίνακα 6.10)	
Λειτουργία εγκατάστασης	12-16 h ανά 24ωρο Κατηγορία II για προσαυξήσεις λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας (από πίνακα 6.12)	
Ανοίγματα μεταλλικά με διπλό υαλοπίνακα	συντελεστής διείσδυσης ή διαπερατότητας ανοιγμάτων $\alpha = 1,2$ (από πίνακα 6.13)	
	Συντελεστής διεισδυτικότητας ανοιγμάτων $R = 0,9$ (από πίνακα 6.14)	
Περιοχή με ισχυρούς ανέμους, ασυνήθιστα εκτεθειμένη, μεμονωμένο κτήριο	Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης κτηρίου $H=1,14$ (από πίνακα 6.15)	
Συντελεστές θερμοπερατότητας $U_{επ}$ (W/m ² ·°C)		
	Κατά Κ.ΕΝ.Α.Κ.	Προσαυξημένοι, λόγω επίδρασης θερμογεφυρών
Τοίχος εξωτερικός $U_{Τεξ}$	0,46	0,60
Παράθυρο $U_{Π}$	3,2	3,2
Μπαλκονόπορτα $U_{Μπ}$	3,2	3,2
Θύρα εξωτερική, ξύλινη $U_{Θεξ}$	2,8	2,8
Τοίχος εσωτερικός $U_{Τεσ}$	1,6	1,8
Θύρα εσωτερική $U_{Θεσ}$	2,2	2,2
Δάπεδο προς ΜΘΧ $U_{Δ,υ}$	0,8	1,0
Δάπεδο προς περιβάλλον $U_{Δεξ}$	0,5	0,66
Οροφή $U_{Ορ}$	0,47	0,64



Σχήμα 6.3: Κάτοψη ισόγειου παραδείγματος.



Σχήμα 6.4: Κάτοψη 1^{ου} ορόφου παραδείγματος.

Στη συνέχεια ακολουθεί ο υπολογισμός των φορτίων του κτηρίου με βάση τα αναφερόμενα στις προηγούμενες παραγράφους.

Πίνακας 6.19α: Υπολογισμός θερμικών απωλειών χώρων κτηρίου: ισόγειο – τραπεζαρία.

Υπολογισμός θερμικών απωλειών												Όροφος			Φύλλο / χώρος				
												Ισόγειο			1. Τραπεζαρία				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Υπολογισμός επιφανειών						Υπολογισμός απωλειών						Προσαυξήσεις					
		Μήκος	Πλάτος ή ύψος	Επιφάνεια	Αριθμός ομοίων επιφανειών	Αφαιρούμενη επιφάνεια	Τελική επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας U	Εσωτερική θερμοκρασία	Εξωτερική θερμοκρασία	Διαφορά θερμοκρασίας	Απώλειες θεرمότητας λόγω αγωγιμότητας χωρίς προσαυξήσεις	Προσανατολισμού Z _H	Διακοπτόμενης λειτουργίας Z _D	Λόγω ύψους Z _o	Σύνολο προσαυξήσεων $1 + (Z_H + Z_D + Z_o) / 100$	Σύνολο απωλειών αγωγιμότητας		
		m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² C)	°C	°C	°C		%	%	%		W		
$\Delta t = t_i - t_o = 22^\circ\text{C}$		$Q_o = 1.134\text{W}$						$F_{o\lambda} = (6,65 + 4,25)\text{m} \times 3,30\text{m} \times 2 + (6,65\text{m} \times 4,25\text{m}) \times 2 = 128,46\text{m}^2$						$D = 1.134 / (128,46 \times 22) = 0,40$					
Π _{εξ}	B	1,6	1,4	2,24	-	-	2,2	3,20	20	-2	22	158	-	-	-	-	-		
T _{εξ}	B	6,65	3,3	21,95	-	2,2	19,	0,60	20	-2	22	260	-	-	-	-	-		
T _{εξ}	A	4,25	3,3	14,03	-	-	14,	0,60	20	-2	22	185	-	-	-	-	-		
T _{εξ}	Δ	4,25	3,3	14,03	-	-	14,	0,60	20	-2	22	185	-	-	-	-	-		
T _{εσ}	-	1,75	3,3	5,78	-	-	5,7	1,80	20	22	-2	-21	-	-	-	-	-		
Δυ	-	6,65	4,25	28,26	-	-	28,	1,00	20	7	13	367	-	-	-	-	-		
												Q _o =	1.134	5	15	0	1,20	1.36	
Απώλειες αερισμού χαραμάδων $Q_L = \alpha \cdot (\Sigma l) \cdot R \cdot H \cdot Z_\Gamma \cdot (t_i - t_o) = 1,2 \times 7,4 \times 0,9 \times 1,14 \times 1 \times 22 = 200$																			
Συνολικές απώλειες χώρου (λόγω αγωγιμότητας & αερισμού χαραμάδων) $Q = Q_T + Q_L (W) = 1.56$																			
α =	1,20	συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων																	
Σl =	7,40m	συνολικό μήκος χαραμάδων ανοιγμάτων του χώρου																	
R =	0,9	συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός χώρου)																	
H =	1,14	συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου)																	
Z _Γ =	1	συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων																	
Δt =	22°C	θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος																	

Πίνακας 6.19β: Υπολογισμός θερμικών απωλειών χώρων κτηρίου: ισόγειο – W.C.

Υπολογισμός θερμικών απωλειών												Όροφος			Φύλλο / χώρος			
												Ισόγειο			2. W.C.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Υπολογισμός επιφανειών						Υπολογισμός απωλειών						Προσαυξήσεις				
		Μήκος	Πλάτος ή ύψος	Επιφάνεια	Αριθμός ομοίων επιφανειών	Αφαιρούμενη επιφάνεια	Τελική επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας U	Εσωτερική θερμοκρασία	Εξωτερική θερμοκρασία	Διαφορά θερμοκρασίας	Απώλειες θερμοότητας λόγω αγωγιμότητας χωρίς προσαυξήσεις	Προσανατολισμού Z _H	Διακοπτόμενης λειτουργίας Z _D	Λόγω ύψους Z _O	Σύνολο προσαυξήσεων 1 + (Z _H + Z _D + Z _O) / 100	Σύνολο απωλειών αγωγιμότητας	
		m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² C)	°C	°C	°C		%	%	%		W	
Δt = t _i - t _o = 24°C		Q _o = 253W						F _{ολ} = (2,35 + 1,75)m x 3,30m x 2 + (2,35m x 1,75m) x 2 = 35,28m ² D = 253 / (35,28 x 24) = 0,29										
T _{εξ}	Δ	2,35	3,3	7,76	-	-	7,7	0,60	22	-2	24	112	-	-	-	-	-	
Θ _{εσ}	N	0,9	2,1	1,89	-	-	1,8	2,20	22	20	2	8	-	-	-	-	-	
T _{εσ}	N	1,75	3,3	5,78	-	1,8	3,8	1,80	22	20	2	14	-	-	-	-	-	
T _{εσ}	A	2,35	3,3	7,76	-	-	7,7	1,80	22	20	2	28	-	-	-	-	-	
T _{εσ}	B	1,75	3,3	5,78	-	-	5,7	1,80	22	20	2	21	-	-	-	-	-	
Δυ	-	2,35	1,75	4,11	-	-	4,1	1,00	22	7	15	62	-	-	-	-	-	
O	-	2,35	1,75	4,11	-	-	4,1	1,00	22	20	2	8	-	-	-	-	-	
												Q _o =	253	0	20	0	1,20	304
Απώλειες αερισμού χαραμάδων Q _L = α · (Σ l) · R · H · Z _Γ · (t _i - t _o) = 1,2 x 6 x 0,9 x 1,14 x 1 x 2 =																	15	
Συνολικές απώλειες χώρου (λόγω αγωγιμότητας & αερισμού χαραμάδων) Q = Q _T + Q _L (W) =																	319	
α =	1,20	συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων																
Σl =	6,00m	συνολικό μήκος χαραμάδων ανοιγμάτων του χώρου																
R =	0,9	συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός χώρου)																
H =	1,14	συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου)																
Z _Γ =	1	συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων																
Δt =	24°C	θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος																

Πίνακας 6.19γ: Υπολογισμός θερμικών απωλειών χώρων κτηρίου: ισόγειο – καθιστικό.																	
Υπολογισμός θερμικών απωλειών													Όροφος		Φύλλο / χώρος		
													Ισόγειο		3. Καθιστικό		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Υπολογισμός επιφανειών						Υπολογισμός απωλειών					Προσαυξήσεις				
		Μήκος	Πλάτος ή ύψος	Επιφάνεια	Αριθμός ομοίων επιφανειών	Αφαιρούμενη επιφάνεια	Τελική επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας U	Εσωτερική θερμοκρασία	Εξωτερική θερμοκρασία	Διαφορά θερμοκρασίας	Απώλειες θεرمότητας λόγω αγωγιμότητας χωρίς προσαυξήσεις	Προσανατολισμού Z _H	Διακοπτόμενης λειτουργίας Z _D	Λόγω ύψους Z _o	Σύνολο προσαυξήσεων 1 + (Z _H + Z _D + Z _o) / 100	Σύνολο απωλειών αναμιχθείσας
		m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² C)	°C	°C	°C		%	%	%		W
Δt = t _i - t _o = 22°C		Q _o = 575W					F _{ολ} = (5,6 + 4,9)m x 3,3m x 2 + (2,6m x 5,6m) x 2 + (2,35m x 2,3m) x 2 = 109,2m ² D = 575 / (109,2 x 22) = 0,24										
Π _{εξ}	N	1,6	1,4	2,24	-	-	2,2	3,20	20	-2	22	158	-	-	-	-	-
T _{εξ}	N	2,6	3,3	8,58	-	2,2	6,3	0,60	20	-2	22	84	-	-	-	-	-
T _{εξ}	A	2,35	3,3	7,76	-	-	7,7	0,60	20	-2	22	102	-	-	-	-	-
T _{εσ}	Δ	2,35	3,3	7,76	-	-	7,7	1,80	20	22	-2	-28	-	-	-	-	-
Δυ	-	2,6	5,6	14,56	-	-	14,	1,00	20	7	13	189	-	-	-	-	-
Δυ	-	2,35	2,3	5,41	-	-	5,4	1,00	20	7	13	70	-	-	-	-	-
Q _o =												575	-5	20	0	1,15	661
Απώλειες αερισμού χαραμάδων Q _L = α · (Σ l) · R · H · Z _Γ · (t _i - t _o) = 1,2 x 7,4 x 0,9 x 1,14 x 1 x 22 =																	200
Συνολικές απώλειες χώρου (λόγω αγωγιμότητας & αερισμού χαραμάδων) Q = Q _T + Q _L (W) =																	861
α =	1,20	συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων															
Σl =	7,40m	συνολικό μήκος χαραμάδων ανοιγμάτων του χώρου															
R =	0,9	συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός χώρου)															
H =	1,14	συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου)															
Z _Γ =	1	συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων															
Δt =	22°C	θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος															

Πίνακας 6.19δ: Υπολογισμός θερμικών απωλειών χώρων κτηρίου: ισόγειο – διάδρομος.																		
Υπολογισμός θερμικών απωλειών													Όροφος		Φύλλο / χώρος			
													Ισόγειο		4. Διάδρομος			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Υπολογισμός επιφανειών						Υπολογισμός απωλειών					Προσαυξήσεις					
		Μήκος	Πλάτος ή ύψος	Επιφάνεια	Αριθμός ομοίων επιφανειών	Αφαιρούμενη επιφάνεια	Τελική επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας U	Εσωτερική θερμοκρασία	Εξωτερική θερμοκρασία	Διαφορά θερμοκρασίας	Απώλειες θερμότητας λόγω αγωγιμότητας χωρίς προσαυξήσεις	Προσανατολισμού Z _H	Διακοπτόμενης λειτουργίας Z _D	Λόγω ύψους Z _o	Σύνολο προσαυξήσεων 1 + (Z _H + Z _D + Z _o) / 100	Σύνολο απωλειών ανωνυμότητας	
		m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² C)	°C	°C	°C		%	%	%		W	
$\Delta t = t_i - t_o = 22^\circ\text{C}$		$Q_o = 376\text{W}$					$F_{ολ} = (3,25 + 1,75)\text{m} \times 3,30\text{m} \times 2 + (3,25\text{m} \times 1,75\text{m}) \times 2 = 44,37\text{m}^2$											
$\Theta_{εξ}$	N	1,1	2,2	2,42	-	-	2,4	2,80	20	-2	22	149	-	-	-	-	-	
$T_{εξ}$	N	1,75	3,3	5,78	-	2,4	3,3	0,60	20	-2	22	44	-	-	-	-	-	
$T_{εξ}$	Δ	3,25	3,3	10,73	-	-	10,	0,60	20	-2	22	142	-	-	-	-	-	
$\Theta_{εσ}$	-	0,9	2,1	1,89	-	-	1,8	2,20	20	22	-2	-8	-	-	-	-	-	
$T_{εσ}$	-	1,75	3,3	5,78	-	1,8	3,8	1,80	20	22	-2	-14	-	-	-	-	-	
Δv	-	3,25	1,75	5,69	-	-	5,6	1,00	20	7	13	74	-	-	-	-	-	
O	-	3,25	1,75	5,69	-	-	5,6	1,00	20	22	-2	-11	-	-	-	-	-	
												$Q_o =$	376	-5	15	0	1,10	414
Απώλειες αερισμού χαραμάδων $Q_L = \alpha \cdot (\Sigma l) \cdot R \cdot H \cdot Z_\Gamma \cdot (t_i - t_o) = 1,2 \times 6,6 \times 0,9 \times 1,14 \times 1 \times 22 =$																	179	
Συνολικές απώλειες χώρου (λόγω αγωγιμότητας & αερισμού χαραμάδων) $Q = Q_T + Q_L (W) =$																	593	
$\alpha =$	1,20	συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων																
$\Sigma l =$	6,60m	συνολικό μήκος χαραμάδων ανοιγμάτων του χώρου																
$R =$	0,9	συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός χώρου)																
$H =$	1,14	συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου)																
$Z_\Gamma =$	1	συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων																
$\Delta t =$	22°C	θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος																

Πίνακας 6.19ε: Υπολογισμός θερμικών απωλειών χώρων κτηρίου: ισόγειο – κουζίνα.																	
Υπολογισμός θερμικών απωλειών													Όροφος		Φύλλο / χώρος		
													Ισόγειο		5. Κουζίνα		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Υπολογισμός επιφανειών						Υπολογισμός απωλειών					Προσαυξήσεις				
		Μήκος	Πλάτος ή ύψος	Επιφάνεια	Αριθμός ομοίων επιφανειών	Αφαιρούμενη επιφάνεια	Τελική επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας U	Εσωτερική θερμοκρασία	Εξωτερική θερμοκρασία	Διαφορά θερμοκρασίας	Απώλειες θερμότητας λόγω αγωγιμότητας χωρίς προσαυξήσεις	Προσανατολισμού Z _H	Διακοπτόμενης λειτουργίας Z _D	Λόγω ύψους Z _o	Σύνολο προσαυξήσεων 1 + (Z _H + Z _D + Z _o) / 100	Σύνολο απωλειών αγωγιμότητας
		m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² C)	°C	°C	°C		%	%	%		W
$\Delta t = t_i - t_o = 22^\circ\text{C}$		$Q_o = 461\text{W}$					$F_{\text{ολ}} = (3,75 + 2,3)\text{m} \times 3,3\text{m} \times 2 + (3,75\text{m} \times 2,3\text{m}) \times 2 = 57,18\text{m}^2$ $D = 461 / (57,18 \times 22) = 0,37$										
P _{εξ}	N	0,8	1,4	1,12	-	-	1,1	3,20	20	-2	22	79	-	-	-	-	-
T _{εξ}	N	2,3	3,3	7,59	-	1,1	6,4	0,60	20	-2	22	85	-	-	-	-	-
T _{εξ}	A	3,75	3,3	12,38	-	-	12,	0,60	20	-2	22	163	-	-	-	-	-
T _{εξ}	Δ	0,5	3,3	1,65	-	-	1,6	0,60	20	-2	22	22	-	-	-	-	-
Δυ	-	3,75	2,3	8,63	-	-	8,6	1,00	20	7	13	112	-	-	-	-	-
$Q_o =$												461	-5	15	0	1,1	507
Απώλειες αερισμού χαραμάδων $Q_L = \alpha \cdot (\Sigma l) \cdot R \cdot H \cdot Z_{\Gamma} \cdot (t_i - t_o) = 1,2 \times 4,4 \times 0,9 \times 1,14 \times 1 \times 22 =$																	119
Συνολικές απώλειες χώρου (λόγω αγωγιμότητας & αερισμού χαραμάδων) $Q = Q_T + Q_L (W) =$																	626
$\alpha =$	1,20	συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων															
$\Sigma l =$	4,40m	συνολικό μήκος χαραμάδων ανοιγμάτων του χώρου															
$R =$	0,9	συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός χώρου)															
$H =$	1,14	συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου)															
$Z_{\Gamma} =$	1	συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων															
$\Delta t =$	22°C	θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος															

Πίνακας 6.19στ: Υπολογισμός θερμικών απωλειών χώρων κτηρίου: 1^{ος} όροφος – υπνοδωμάτιο ΒΔ.

Υπολογισμός θερμικών απωλειών												Όροφος			Φύλλο / χώρος		
												1 ^{ος} όροφος			1. Υπνοδωμάτιο ΒΔ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Υπολογισμός επιφανειών						Υπολογισμός απωλειών						Προσαυξήσεις			
		Μήκος	Πλάτος ή ύψος	Επιφάνεια	Αριθμός ομοίων επιφανειών	Αφαιρούμενη επιφάνεια	Τελική επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας U	Εσωτερική θερμοκρασία	Εξωτερική θερμοκρασία	Διαφορά θερμοκρασίας	Απώλειες θερμότητας λόγω αγωγιμότητας χωρίς προσαυξήσεις	Προσανατολισμού Z _H	Διακοπτόμενης λειτουργίας Z _D	Λόγω ύψους Z _o	Σύνολο προσαυξήσεων 1 + (Z _H + Z _D + Z _o) / 100	Σύνολο απωλειών αγωγιμότητας
		m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² C)	°C	°C	°C		%	%	%		W
$\Delta t = t_i - t_o = 22^\circ\text{C}$		$Q_o = 545\text{W}$					$F_{oL} = (2,55 + 4,25)\text{m} \times 3,30\text{m} \times 2 + (2,55\text{m} \times 4,25\text{m}) \times 2 = 66,56\text{m}^2$ $D = 545 / (66,56 \times 22) = 0,37$										
$\Theta_{εξ}$	B	0,8	2,1	1,68	-	-	1,68	3,20	20	-2	22	118	-	-	-	-	-
$T_{εξ}$	B	2,55	3,3	8,42	-	1,68	6,74	0,60	20	-2	22	89	-	-	-	-	-
$T_{εξ}$	Δ	4,25	3,3	14,03	-	-	14,03	0,60	20	-2	22	185	-	-	-	-	-
O	-	2,55	4,25	10,84	-	-	10,84	0,64	20	-2	22	153	-	-	-	-	-
$Q_o =$												545	5	15	0	1,20	654
Απώλειες αερισμού χαραμάδων $Q_L = \alpha \cdot (\Sigma l) \cdot R \cdot H \cdot Z_\Gamma \cdot (t_i - t_o) = 1,2 \times 5,8 \times 0,9 \times 1,14 \times 1 \times 22 =$																	157
Συνολικές απώλειες χώρου (λόγω αγωγιμότητας & αερισμού χαραμάδων) $Q = Q_T + Q_L (W) =$																	811
$\alpha =$	1,20	συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων															
$\Sigma l =$	5,80m	συνολικό μήκος χαραμάδων ανοιγμάτων του χώρου															
$R =$	0,9	συντελεστής διείσδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός χώρου)															
$H =$	1,14	συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου)															
$Z_\Gamma =$	1	συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων															
$\Delta t =$	22°C	θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος															

Πίνακας 6.19ζ: Υπολογισμός θερμικών απωλειών χώρων κτηρίου: 1 ^{ος} όροφος – υπνοδωμάτιο ΒΑ.																		
Υπολογισμός θερμικών απωλειών													Όροφος			Φύλλο / χώρος		
													1 ^{ος} όροφος			2. Υπνοδωμάτιο ΒΑ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Υπολογισμός επιφανειών						Υπολογισμός απωλειών					Προσαυξήσεις					
		Μήκος	Πλάτος ή ύψος	Επιφάνεια	Αριθμός ομοίων επιφανειών	Αφαιρούμενη επιφάνεια	Τελική επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας U	Εσωτερική θερμοκρασία	Εξωτερική θερμοκρασία	Διαφορά θερμοκρασίας	Απώλειες θερμότητας λόγω αγωγιμότητας χωρίς προσαυξήσεις	Προσανατολισμού Z _H	Διακοπτόμενης λειτουργίας Z _D	Λόγω ύψους Z _o	Σύνολο προσαυξήσεων 1 + (Z _H + Z _D + Z _o) / 100	Σύνολο απωλειών αγωγιμότητας	
		m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² C)	°C	°C	°C		%	%	%		W	
$\Delta t = t_i - t_o = 22^\circ\text{C}$		$Q_o = 801\text{W}$					$F_{\text{ολ}} = (4,1 + 4,25)\text{m} \times 3,30\text{m} \times 2 + (4,1\text{m} \times 4,25\text{m}) \times 2 = 89,96\text{m}^2$ $D = 801 / (89,96 \times 22) = 0,40$											
$\Theta_{\text{εξ}}$	B	1,6	2,1	3,36	-	-	3,3	3,20	20	-2	22	237	-	-	-	-	-	
$T_{\text{εξ}}$	B	4,1	3,3	13,53	-	3,3	10,	0,60	20	-2	22	134	-	-	-	-	-	
$T_{\text{εξ}}$	A	4,25	3,3	14,03	-	-	14,	0,60	20	-2	22	185	-	-	-	-	-	
O	-	4,1	4,25	17,43	-	-	17,	0,64	20	-2	22	245	-	-	-	-	-	
												$Q_o =$	801	5	15	0	1,20	961
Απώλειες αερισμού χαραμάδων $Q_L = \alpha \cdot (\Sigma l) \cdot R \cdot H \cdot Z_\Gamma \cdot (t_i - t_o) = 1,2 \times 9,5 \times 0,9 \times 1,14 \times 1 \times 22 =$																	257	
Συνολικές απώλειες χώρου (λόγω αγωγιμότητας & αερισμού χαραμάδων) $Q = Q_T + Q_L (W) =$																	1.21	
$\alpha =$	1,20	συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων																
$\Sigma l =$	9,50m	συνολικό μήκος χαραμάδων ανοιγμάτων του χώρου																
$R =$	0,9	συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός χώρου)																
$H =$	1,14	συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου)																
$Z_\Gamma =$	1	συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων																
$\Delta t =$	22°C	θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος																

Πίνακας 6.19η: Υπολογισμός θερμικών απωλειών χώρων κτηρίου: 1^{ος} όροφος – διάδρομος.

Υπολογισμός θερμικών απωλειών												Όροφος			Φύλλο / χώρος			
												1 ^{ος} όροφος			3. Διάδρομος			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Υπολογισμός επιφανειών						Υπολογισμός απωλειών					Προσαυξήσεις					
		Μήκος	Πλάτος ή ύψος	Επιφάνεια	Αριθμός ομοίων επιφανειών	Αφαιρούμενη επιφάνεια	Τελική επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας U	Εσωτερική θερμοκρασία	Εξωτερική θερμοκρασία	Διαφορά θερμοκρασίας	Απώλειες θερμότητας λόγω αγωγιμότητας χωρίς προσαυξήσεις	Προσανατολισμού Z _H	Διακοπτόμενης λειτουργίας Z _D	Λόγω ύψους Z _o	Σύνολο προσαυξήσεων $1 + (Z_H + Z_D + Z_o) / 100$	Σύνολο απωλειών αγωγιμότητας	
		m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² C)	°C	°C	°C		%	%	%		W	
$\Delta t = t_i - t_o = 22^\circ\text{C}$		$Q_o = 508\text{W}$					$F_{\text{ολ}} = (6,65 + 2,35)\text{m} \times 3,30\text{m} \times 2 + (6,65\text{m} \times 2,35\text{m}) \times 2 = 90,66\text{m}^2$ $D = 508 / (90,66 \times 22) = 0,25$											
T _{εξ}	Δ	2,35	3,3	7,76	-		7,76	0,60	20	-2	22	102	-	-	-	-	-	
T _{εξ}	A	2,35	3,3	7,76	-	-	7,76	0,60	20	-2	22	102	-	-	-	-	-	
Θ _{εσ}	-	0,9	2,1	1,89	-	-	1,89	2,20	20	22	-2	-8						
T _{εσ}	-	2,55	3,3	8,42	-	1,89	6,53	1,80	20	22	-2	-24						
Δv	-	2,35	1,75	4,11	-	-	4,11	1,00	20	22	-2	-8	-	-	-	-	-	
O	-	2,35	6,65	15,6	-	-	15,63	1,00	20	-2	22	344	-	-	-	-	-	
												Q _o =	508	0	20	0	1,20	610
Απώλειες αερισμού χαραμάδων $Q_L = \alpha \cdot (\Sigma l) \cdot R \cdot H \cdot Z_\Gamma \cdot (t_i - t_o) = 1,2 \times 0 \times 0,9 \times 1,14 \times 1 \times 22 =$																	0	
Συνολικές απώλειες χώρου (λόγω αγωγιμότητας & αερισμού χαραμάδων) $Q = Q_T + Q_L \text{ (W)} =$																	610	
α =	1,20	συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων																
Σl =	0,0m	συνολικό μήκος χαραμάδων ανοιγμάτων του χώρου																
R =	0,9	συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός χώρου)																
H =	1,14	συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου)																
Z _Γ =	1	συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων																
Δt =	22°C	θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος																

Πίνακας 6.190: Υπολογισμός θερμικών απωλειών χώρων κτηρίου: 1^{ος} όροφος – υπνοδωμάτιο ΝΑ.

Υπολογισμός θερμικών απωλειών												Όροφος			Φύλλο / χώρος			
												1 ^{ος} όροφος			4. Υπνοδωμάτιο ΝΑ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Υπολογισμός επιφανειών						Υπολογισμός απωλειών					Προσαυξήσεις					
		Μήκος	Πλάτος ή ύψος	Επιφάνεια	Αριθμός ομοίων επιφανειών	Αφαιρούμενη επιφάνεια	Τελική επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας U	Εσωτερική θερμοκρασία	Εξωτερική θερμοκρασία	Διαφορά θερμοκρασίας	Απώλειες θερμότητας λόγω αγωγιμότητας χωρίς προσαυξήσεις	Προσανατολισμού Z _H	Διακοπτόμενης λειπουρίας Z _D	Λόγω ύψους Z _O	Σύνολο προσαυξήσεων 1 + (Z _H + Z _D + Z _O) / 100	Σύνολο απωλειών αγωγιμότητας	
		m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² C)	°C	°C	°C		%	%	%		W	
$\Delta t = t_i - t_o = 22^\circ\text{C}$		$Q_o = 655\text{W}$					$F_{ολ} = (3,75 + 4,1)\text{m} \times 3,3\text{m} \times 2 + (3,75\text{m} \times 4,1\text{m}) \times 2 = 82,56\text{m}^2$ $D = 655 / (82,56 \times 22) = 0,36$											
P _{εξ}	N	1,6	1,4	2,24	-	-	2,24	3,20	20	-2	22	158	-	-	-	-	-	
T _{εξ}	N	4,1	3,3	13,5	-	2,2	11,2	0,60	20	-2	22	149	-	-	-	-	-	
T _{εξ}	A	3,75	3,3	12,3	-	-	12,3	0,60	20	-2	22	163						
T _{εσ}	-	3,75	3,3	12,3	-	-	12,3	1,80	20	22	-2	-45						
O	-	3,75	4,1	15,3	-	-	15,3	0,64	20	-2	22	217	-	-	-	-	-	
Δ _{εξ}	-	0,5	1,8	0,9	-	-	0,9	0,66	20	-2	22	13	-	-	-	-	-	
												Q _o =	655	-5	15	0	1,1	721
Απώλειες αερισμού χαραμάδων $Q_L = \alpha \cdot (\Sigma l) \cdot R \cdot H \cdot Z_\Gamma \cdot (t_i - t_o) = 1,2 \times 7,40 \times 0,9 \times 1,14 \times 1 \times 22 = 200$																		
Συνολικές απώλειες χώρου (λόγω αγωγιμότητας & αερισμού χαραμάδων) $Q = Q_T + Q_L (W) = 921$																		
$\alpha =$	1,20	συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων																
$\Sigma l =$	7,40m	συνολικό μήκος χαραμάδων ανοιγμάτων του χώρου																
$R =$	0,9	συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός χώρου)																
$H =$	1,14	συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου)																
$Z_\Gamma =$	1	συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων																
$\Delta t =$	22°C	θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος																

Πίνακας 6.19i: Υπολογισμός θερμικών απωλειών χώρων κτηρίου: 1 ^{ος} όροφος – υποδομάτιο ΝΑ.																		
Υπολογισμός θερμικών απωλειών												Όροφος			Φύλλο / χώρος			
												1 ^{ος} όροφος			5. W.C.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Υπολογισμός επιφανειών						Υπολογισμός απωλειών					Προσαυξήσεις					
		Μήκος	Πλάτος ή ύψος	Επιφάνεια	Αριθμός ομοίων επιφανειών	Αφαιρούμενη επιφάνεια	Τελική επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας U	Εσωτερική θερμοκρασία	Εξωτερική θερμοκρασία	Διαφορά θερμοκρασίας	Απώλειες θερμότητας λόγω αγωγιμότητας χωρίς προσαυξήσεις	Προσανατολισμού Z _H	Διακοπτόμενης λειτουργίας Z _D	Λόγω ύψους Z _o	Σύνολο προσαυξήσεων 1 + (Z _H + Z _D + Z _o) / 100	Σύνολο απωλειών αγωγιμότητας	
		m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² C)	°C	°C	°C		%	%	%		W	
$\Delta t = t_i - t_o = 24^\circ\text{C}$		$Q_o = 574\text{W}$					$F_{\text{ολ}} = (3,75 + 2,55)\text{m} \times 3,30\text{m} \times 2 + (3,75\text{m} \times 2,55\text{m}) \times 2 = 60,70\text{m}^2$ $D = 574 / (60,70 \times 24) = 0,39$											
T _{εξ}	Δ	3,75	3,3	12,3	-	-	12,3	0,60	22	-2	24	178	-	-	-	-	-	
Π _{εξ}	N	0,8	1,4	1,12	-	-	1,12	3,20	22	-2	24	86	-	-	-	-	-	
T _{εξ}	N	2,55	3,3	8,42	-	1,12	7,30	0,60	22	-2	24	105						
Θ _{εσ}	-	0,9	2,1	1,89	-	-	1,89	2,20	22	20	2	8						
T _{εσ}	-	2,55	3,3	8,42	-	1,89	8,42	1,80	22	20	2	30						
O	-	3,75	2,55	9,56	-	-	9,56	0,64	22	-2	24	147	-	-	-	-	-	
Δ _{εξ}	-	0,5	2,55	1,28	-	-	1,28	0,66	22	-2	24	20	-	-	-	-	-	
												Q _o =	574	-5	15	0	1,1	631
Απώλειες αερισμού χαραμάδων $Q_L = \alpha \cdot (\Sigma l) \cdot R \cdot H \cdot Z_\Gamma \cdot (t_i - t_o) = 1,2 \times 4,40 \times 0,9 \times 1,14 \times 1 \times 22 =$																	130	
Συνολικές απώλειες χώρου (λόγω αγωγιμότητας & αερισμού χαραμάδων) $Q = Q_T + Q_L (W) =$																	761	
α =	1,20	συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων																
Σl =	4,40m	συνολικό μήκος χαραμάδων ανοιγμάτων του χώρου																
R =	0,9	συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός χώρου)																
H =	1,14	συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου)																
Z _Γ =	1	συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων																
Δt =	24°C	θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος																

6.4. Υπολογισμός θερμικών απωλειών κατά ΕΛΟΤ-EN-ISO 12831

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του Κεφαλαίου αυτού, η θεσμοθέτηση και η εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ) και των σχετικών Τεχνικών Οδηγιών του Τ.Ε.Ε. (TOTEE 20701/1,2,3,4) και η ανάγκη εκπόνησης Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (Μ.Ε.Α) των κτηρίων έφεραν αναγκαστικά στο προσκήνιο και άλλες, νεότερες μεθοδολογίες υπολογισμού των θερμικών φορτίων, όπως για παράδειγμα αυτήν που περιγράφεται στο πρότυπο EN ISO 12831.

Μία σημαντική καινοτομία του προτύπου ΕΛΟΤ EN 12831 είναι η λεπτομερής θεώρηση των θερμογεφυρών στις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου. Η επίδραση των θερμογεφυρών λαμβάνεται υπόψη με διορθώσεις στους συντελεστές θερμικών απωλειών των δομικών στοιχείων του κτηρίου, ανάλογα με τη θέση των δομικών στοιχείων στο κτήριο και τον τύπο κατασκευής τους.

Στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12831 εισάγεται η έννοια της θερμοχωρητικότητας μόνο ως μία προσαύξηση στα συνολικά θερμικά φορτία σχεδιασμού, λόγω ρύθμισης της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτηρίου σε χαμηλότερα επίπεδα κατά τη διάρκεια της νύχτας (night setback). Δηλαδή, ανάλογα με τη μάζα κατασκευής του κτηρίου και την πτώση της εσωτερικής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της νύχτας, τα θερμικά φορτία προσαυξάνονται (ισχύς αναθέρμανσης) ανάλογα με τον αριθμό των ωρών μέσα στις οποίες επιθυμούμε η θερμοκρασία του κτηρίου να επανέλθει στα κανονικά επίπεδα.

Επίσης στο πρότυπο η επίδραση των υπόγειων υδάτων στις θερμικές απώλειες προς το έδαφος λαμβάνεται υπόψη με ένα διορθωτικό συντελεστή.

Η μεθοδολογία σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12831 χαρακτηρίζεται από πληρότητα και περιέχει όλες τις σύγχρονες αντιλήψεις για τα φαινόμενα που υπεισέρχονται στον υπολογισμό θερμικών φορτίων σχεδιασμού σε κτήρια, με εξαίρεση ίσως τις εσωτερικές πηγές θερμότητας.

Στη μέθοδο υπολογισμού θεωρείται ότι επικρατεί μόνιμη θερμική κατάσταση και συνεπώς όλα τα μεγέθη υπολογισμού παραμένουν σταθερά. Επίσης θεωρείται ότι η θερμοκρασία στις επιφάνειες των διαχωριστικών τοίχων που συνορεύουν με θερμαινόμενους χώρους, είναι η ίδια με αυτή της θερμοκρασίας του αέρα.

Ως θερμική απώλεια ορίζεται το ποσόν της θερμότητας που πρέπει να προστεθεί σε ένα κτήριο, ώστε να διατηρείται στους διάφορους χώρους του η θερμοκρασία που έχει επιλεγεί και να πληρούνται οι συνθήκες ευεξίας, όταν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν οι συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα. Γενικά η συνολική θερμική απώλεια των χώρων του κτηρίου οφείλεται στις θερμικές απώλειες αγωγιμότητας και στις θερμικές απώλειες αερισμού.

Στις απώλειες αγωγιμότητας περιλαμβάνονται αθροιστικά όλες οι ροές θερμότητας μέσω τοίχων, παραθύρων, θυρών, ορόφων, δαπέδων και κάθε είδους επιφανειών που συνορεύουν με τον έξω χώρο ή με μη θερμαινόμενους χώρους. Για δομικά στοιχεία που εφάπτονται με το έδαφος υπολογίζονται οι απώλειες μέσω του εδάφους προς τον εξωτερικό αέρα και οι απώλειες προς τα υπόγεια ύδατα.

Οι απώλειες αγωγιμότητας διορθώνονται με διάφορους συντελεστές, για να ληφθούν υπόψη παράγοντες που επηρεάζουν μεν το τελικό αποτέλεσμα αλλά δεν λαμβάνονται υπόψη στους τελικούς υπολογισμούς, γιατί θα τους έκαναν υπερβολικά πολύπλοκους.

Οι απώλειες αερισμού οφείλονται στη διείσδυση αέρα που εισέρχεται από τις χαραμάδες και τα ανοίγματα του κτηρίου και που πρέπει να θερμανθεί στην προβλεπόμενη θερμοκρασία.

Η διαφορά πίεσης μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού χώρου, που είναι προϋπόθεση για τη ροή του αέρα, μπορεί να προκληθεί είτε από την πρόσπτωση του ανέμου, σε συνδυασμό με την αεροδυναμική συμπεριφορά του κτηρίου, είτε από τις δυνάμεις άνωσης που οφείλονται σε διαφορές θερμοκρασίας που δημιουργούν σε υψηλά κτήρια ρεύματα αέρα μέσω των κλιμακοστασίων, είτε από τον συνδυασμό αυτών των δύο αιτιών.

Η επίδραση του ύψους ενός κτηρίου στις απώλειες αερισμού λόγω αύξησης της ταχύτητας του ανέμου και της διαφοράς πίεσης λαμβάνεται υπόψη με την προσθήκη συντελεστών προσαύξησης λόγω ύψους.

Στις θερμικές απώλειες αερισμού περιλαμβάνεται εκτός από το φορτίο διείσδυσης του αέρα και το φορτίο που οφείλεται στον απαραίτητο αερισμό των χώρων με μηχανικά μέσα (εξαεριστήρες κλπ).

6.4.1. Εισαγωγή στη μεθοδολογία υπολογισμού

Το πρότυπο ορίζει μια μέθοδο υπολογισμού της θερμότητας που απαιτείται να δοθεί σε ένα κτήριο σε συνθήκες σχεδιασμού, προκειμένου να βεβαιωθεί ότι διατηρείται η απαιτούμενη εσωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού. Με άλλα λόγια περιγράφει τον υπολογισμό του θερμικού φορτίου σχεδιασμού:

- από δωμάτιο σε δωμάτιο ή από θερμαινόμενο χώρο σε θερμαινόμενο χώρο, με σκοπό να διαστασιοποιηθούν τα θερμαντικά σώματα,
- για ολόκληρο το κτήριο ή για μια ανεξάρτητη κατοικία σε σειρά κατοικιών, με σκοπό να προσδιοριστεί η παρεχόμενη θερμότητα (θερμική ισχύς).

Το πρότυπο αυτό παρέχει επίσης μια απλουστευμένη μέθοδο υπολογισμού.

Το πρότυπο διευκρινίζει τις μεθόδους υπολογισμού του θερμικού φορτίου για τις βασικές περιπτώσεις στις συνθήκες σχεδιασμού. Οι βασικές περιπτώσεις περιλαμβάνουν όλα τα κτήρια με ένα ορισμένο ύψος δωματίων που δεν υπερβαίνει τα 5m και που υποτίθεται ότι θερμαίνονται υπό σταθερές συνθήκες, κάτω από τις συνθήκες σχεδιασμού.

Παραδείγματα τέτοιων κτηρίων είναι κτήρια κατοικιών, γραφεία και κτήρια διοίκησης, σχολεία, βιβλιοθήκες, νοσοκομεία, κτήρια ψυχαγωγίας, φυλακές, καταστήματα και άλλα κτήρια που χρησιμοποιούνται ως χώροι εργασίας καθώς και βιομηχανικά κτήρια.

Στο πρότυπο είναι επίσης διαθέσιμες πληροφορίες για την εξέταση και των ακόλουθων ειδικών περιπτώσεων:

- κτήρια με οροφές μεγάλου ύψους ή με μεγάλο όγκο,
- κτήρια όπου η θερμοκρασία αέρα και η μέση αισθητή θερμοκρασία (μέση θερμοκρασία αέρα και θερμοκρασία περιβαλλουσών επιφανειών) διαφέρουν σημαντικά.

6.4.2. Σύμβολα, μονάδες και δείκτες στο πρότυπο ISO-EN-ΕΛΟΤ 12831

Τα μεγέθη υπολογισμού με τους αντίστοιχους συμβολισμούς και τις αντίστοιχες μονάδες μέτρησης, σύμφωνα με το πρότυπο ISO-EN-ΕΛΟΤ 12831, δίδονται στον πίνακα 6.20.

Πίνακας 6.20: Σύμβολα και μονάδες μέτρησης μεγεθών στο ISO-EN-ΕΛΟΤ 12831.

Σύμβολο	Ονομασία	Μονάδα
a, b, c, f	Συντελεστές διόρθωσης	-
A	Εμβαδόν	m ²
B	Χαρακτηριστική παράμετρος	m
c _p	Ειδική θερμοχωρητικότητα υπό σταθερή πίεση	J/(kg·K)
D	Πάχος	m
e _i	Συντελεστής προστασίας	-
e _k , e _i	Διορθωτικοί παράγοντες για την εξωτερική περιβάλλουσα επιφάνεια	-
G _w	Διορθωτικός παράγοντας για υπόγεια νερά	-
h	Επιφανειακός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας	W/(m ² ·K)
H	Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας	W/K
L(l)	Μήκος	m
n	Ρυθμός ανανέωσης εξωτερικού αέρα	h ⁻¹
n ₅₀	Ρυθμός ανανέωσης αέρα λόγω διαφοράς πίεσης 50 Pa μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού του κτηρίου	h ⁻¹
P	Περίμετρος της πλάκας πατώματος	m
Q	Ποσό θερμότητας, ποσό ενέργειας	J
T	Θερμοδυναμική θερμοκρασία σε βαθμούς Κέλβιν	K
U	Συντελεστής θερμοπερατότητας	W/(m ² ·K)
v	Ταχύτητα ανέμου	m/s
V	Όγκος	m ³
Ḃ	Ρυθμός ροής αέρα	m ³ /s
ε	Διορθωτικός παράγοντας ύψους	-
Φ	Θερμική απώλεια, θερμική ισχύς	W
Φ _{HL}	Θερμικό φορτίο	W
η	Απόδοση	%
λ	Θερμική αγωγιμότητα	W/(m·K)
θ	Θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου	°C
ρ	Πυκνότητα του αέρα για εσωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού	kg/m ³
Ψ	Συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας (σύμφωνα και με την TOTEE 20701-2)	W/(m·K)

Οι δείκτες των διαφόρων μεγεθών που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων, σύμφωνα πάντα με το πρότυπο ISO-EN-ΕΛΟΤ 12831, δίδονται στον παρακάτω πίνακα 6.21.

Πίνακας 6.21: Δείκτες μεγεθών στο ISO-EN-ΕΛΟΤ 12831.			
Σύμβολο	Περιγραφή	Σύμβολο	Περιγραφή
a	Αέρας	l	Θερμογέφυρα
A	Ανεξάρτητη κατοικία σε σειρά κατοικιών	m	Μέσος ετήσιος
Bdg, B	Κτήριο	mech	Μηχανικός
bf	Πάτωμα υπογείου	min	Ελάχιστος
bw	Τοίχος υπογείου	nat	Φυσικός
e	Εξωτερικός, εξωτερικό περιβάλλον	o	Ενεργός
env	Περίβλημα	r	Μέση ακτινοβολία
equiv	Ισοδύναμος	RH	Αναθέρμανση
ex	Εξαερισμός	su	Παροχή
g	Έδαφος	T	Μετάδοση
h	Ύψος	tb	Τύπος κτηρίου
inf	Διείσδυση μέσω αρμών	u	Μη θερμαινόμενος χώρος
int	Εσωτερικός	V	Αερισμός
i, j	Θερμαινόμενος χώρος	Δθ	Θερμοκρασιακή διαφορά
k	Δομικό στοιχείο	W	Νερό, παράθυρο

6.4.3. Γενικές αρχές της μεθόδου υπολογισμού

Η μέθοδος υπολογισμού για τις βασικές περιπτώσεις είναι βασισμένη στις ακόλουθες υποθέσεις:

- Η κατανομή της θερμοκρασίας (θερμοκρασία αέρα και θερμοκρασία σχεδιασμού) υποτίθεται ότι είναι ομοιόμορφη
- Οι θερμικές απώλειες υπολογίζονται υπό σταθερές συνθήκες υποθέτοντας σταθερές ιδιότητες για τιμές όπως η θερμοκρασία, τα χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων και άλλων.

Η διαδικασία για τις βασικές περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην πλειοψηφία των κτηρίων:

- με ένα ανώτατο ύψος δωματίων που δεν υπερβαίνει τα 5m,
- που θερμαίνονται ή που υποτίθεται ότι θερμαίνονται σε μια ορισμένη σταθερή θερμοκρασία, όπου η θερμοκρασία του αέρα και η ενεργός θερμοκρασία υποτίθεται ότι έχουν την ίδια τιμή.

Στα κακώς μονωμένα κτήρια και κατά τη διάρκεια της έναρξης λειτουργίας της θέρμανσης με συστήματα εκπομπής με υψηλή μετάδοση, π.χ. θέρμανση με αέρα ή μεγάλες επιφάνειες θέρμανσης, με σημαντικό ποσοστό ακτινοβολίας, π.χ. θέρμανση δαπέδων ή οροφών, μπορούν να υπάρξουν σημαντικές διαφορές μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα και της ενεργού θερμοκρασίας, καθώς επίσης και μια απόκλιση από μια ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας στο δωμάτιο, το οποίο θα μπορούσε να οδηγήσει σε απόκλιση από τη βασική περίπτωση. Σε αυτές τις συνθήκες μπορεί να εξεταστεί και η περίπτωση ανομοιόμορφης κατανομής θερμοκρασίας.

Αρχικά υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες σχεδιασμού. Αυτά τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται μετέπειτα για να καθοριστεί το θερμικό φορτίο σχεδιασμού. Για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών σχεδιασμού σε έναν θερμαινόμενο χώρο θα πρέπει να εξεταστούν τα ακόλουθα:

- Η απώλεια θερμικής μετάδοσης σχεδιασμού, που είναι η θερμική απώλεια στο εξωτερικό περιβάλλον ως αποτέλεσμα της μετάδοσης θερμότητας μέσω του περιβλήματος του κτηρίου, καθώς επίσης και της θερμικής μετάδοσης μεταξύ των θερμαινόμενων χώρων, εξαιτίας του γεγονότος ότι οι παρακείμενοι θερμαινόμενοι χώροι μπορούν να θερμανθούν (ή υποτίθεται ότι θερμαίνονται) συμβατικά σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Για παράδειγμα, τα παρακείμενα δωμάτια που ανήκουν σε ένα άλλο διαμέρισμα μπορεί να

υποθεθεί ότι θερμάνθηκαν σε μια σταθερή θερμοκρασία που αντιστοιχεί σε ένα μη κατοικημένο διαμέρισμα.

- Η απώλεια θερμότητας σχεδιασμού λόγω αερισμού, η οποία είναι η απώλεια θερμότητας στο εξωτερικό περιβάλλον εξαιτίας του αερισμού ή μέσω της διείσδυσης του αέρα από τους αρμούς – χαραμάδες και της θερμότητας που μεταφέρεται μέσω του αερισμού από ένα μη θερμαινόμενο χώρο σε έναν άλλον θερμαινόμενο χώρο μέσα στο κτήριο.

6.4.4. Διαδικασία υπολογισμού σε θερμαινόμενο χώρο

Τα βήματα για τη διαδικασία υπολογισμού για έναν θερμαινόμενο χώρο είναι τα παρακάτω:

- Καθορίζεται η εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού (θ_e) και η μέση ετήσια εξωτερική θερμοκρασία ($\theta_{m,e}$).
- Καθορίζεται η κατάσταση κάθε χώρου (θερμαινόμενος ή μη θερμαινόμενος χώρος) και οι τιμές της εσωτερικής θερμοκρασίας σχεδιασμού (θ_{int}).
- Καθορίζονται οι διαστάσεις και τα θερμικά χαρακτηριστικά όλων των δομικών στοιχείων, για κάθε θερμαινόμενο χώρο και για κάθε μη θερμαινόμενο χώρο.
- Υπολογίζεται ο συντελεστής απώλειας θερμικής μετάδοσης σχεδιασμού και πολλαπλασιάζεται με τη διαφορά θερμοκρασίας σχεδιασμού, για να βρεθεί η απώλεια θερμικής μετάδοσης σχεδιασμού ($\Phi_{T,i}$), του θερμαινόμενου χώρου.
- Υπολογίζεται ο συντελεστής απώλειας θερμικής μετάδοσης σχεδιασμού λόγω αερισμού και πολλαπλασιάζεται με τη διαφορά θερμοκρασίας σχεδιασμού για να βρεθεί η απώλεια θερμικής μετάδοσης σχεδιασμού λόγω αερισμού ($\Phi_{V,i}$) του θερμαινόμενου χώρου.
- Υπολογίζεται η συνολική απώλεια θερμότητας σχεδιασμού του θερμαινόμενου χώρου (Φ_i), προσθέτοντας την απώλεια θερμικής μετάδοσης σχεδιασμού και την απώλεια θερμικής μετάδοσης σχεδιασμού λόγω αερισμού.
- Υπολογίζεται η επιπλέον θερμική ισχύς του θερμαινόμενου χώρου, δηλαδή η πρόσθετη ισχύς που απαιτείται για να αντισταθμίσει τα αποτελέσματα της διακοπτόμενης θέρμανσης.
- Υπολογίζεται το συνολικό θερμικό φορτίο σχεδιασμού του θερμαινόμενου χώρου, προσθέτοντας τη συνολική απώλεια θερμότητας σχεδιασμού και την επιπλέον θερμική ισχύ.

Για τη διαστασιολόγηση της συσκευής παροχής θερμότητας, είτε πρόκειται για εναλλάκτη θερμότητας ή για λέβητα, θα πρέπει να υπολογιστεί το συνολικό θερμικό φορτίο σχεδιασμού, είτε μιας ανεξάρτητης κατοικίας σε σειρά κατοικιών ή ολόκληρου του κτηρίου. Η διαδικασία υπολογισμού βασίζεται προφανώς στα αποτελέσματα που προέκυψαν για τους επιμέρους θερμαινόμενους χώρους, τα οποία προκύπτουν σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω.

- Αθροίζονται οι απώλειες θερμικής μετάδοσης σχεδιασμού όλων των θερμαινόμενων χώρων χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η θερμότητα που μεταφέρεται μέσα στα διευκρινισμένα όρια του συστήματος (π.χ. από κατοικία σε κατοικία), για να βρεθεί η συνολική απώλεια θερμικής μετάδοσης σχεδιασμού της ανεξάρτητης κατοικίας σε σειρά κατοικιών ή του κτηρίου.
- Αθροίζονται οι απώλειες θερμικής μετάδοσης σχεδιασμού λόγω αερισμού όλων των θερμαινόμενων χώρων, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η θερμότητα που μεταφέρεται μέσα στα διευκρινισμένα όρια του συστήματος (π.χ. από κατοικία σε κατοικία), για να βρεθεί η συνολική απώλεια θερμικής μετάδοσης σχεδιασμού λόγω αερισμού της ανεξάρτητης κατοικίας σε σειρά κατοικιών ή του κτηρίου.
- Υπολογίζεται η συνολική απώλεια θερμότητας σχεδιασμού της ανεξάρτητης κατοικίας σε σειρά κατοικιών ή του κτηρίου, προσθέτοντας τη συνολική απώλεια θερμικής μετάδοσης σχεδιασμού και τη συνολική απώλεια θερμικής μετάδοσης σχεδιασμού λόγω αερισμού.

- iv. Αθροίζεται η επιπλέον θερμική ισχύς όλων των θερμαινόμενων χώρων για να βρεθεί η συνολική επιπλέον θερμική ισχύς της ανεξάρτητης κατοικίας σε σειρά κατοικιών ή του κτηρίου, που απαιτείται για να αντισταθμίσει τα αποτελέσματα της διακοπτόμενης θέρμανσης.
- v. Υπολογίζεται το συνολικό θερμικό φορτίο σχεδιασμού της ανεξάρτητης κατοικίας σε σειρά κατοικιών ή του κτηρίου, προσθέτοντας τη συνολική απώλεια σχεδιασμού και τη συνολική επιπλέον θερμική ισχύ.

6.4.5. Κλιματικά δεδομένα, δεδομένα κτηρίου

Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτούνται τα ακόλουθα κλιματικά δεδομένα:

- i. εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού (θ_e), για τον υπολογισμό της απώλειας θερμότητας σχεδιασμού στο εξωτερικό περιβάλλον
- ii. μέση ετήσια εξωτερική θερμοκρασία εδάφους ($\theta_{m,e}$), για τον υπολογισμό της απώλειας θερμότητας στο έδαφος.

Για τα κλιματικά δεδομένα σχεδιασμού πρέπει να χρησιμοποιηθούν καθορισμένες και δημοσιευμένες εθνικές τιμές. Για τον υπολογισμό και την παρουσίαση της εξωτερικής θερμοκρασίας σχεδιασμού θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η χαμηλότερη θερμοκρασία των δύο ημερών του έτους, η οποία έχει παρατηρηθεί δέκα φορές κατά τη διάρκεια εικοσαετίας. Για την Ελλάδα η θερμοκρασία αυτή είναι η μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία.

Η εσωτερική θερμοκρασία που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της απώλειας θερμότητας σχεδιασμού είναι η εσωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού (θ_{in}). Για τη βασική περίπτωση η ενεργός θερμοκρασία και η εσωτερική θερμοκρασία αέρα υποτίθεται ότι έχουν την ίδια τιμή. Οι πληροφορίες για τις εσωτερικές θερμοκρασίες σχεδιασμού και οι τιμές που χρησιμοποιούνται δίνονται σε εθνικά πρότυπα και κανονισμούς.

Τα δεδομένα εισόδου που απαιτούνται, για τον υπολογισμό από δωμάτιο σε δωμάτιο είναι τα εξής:

- V_i : εσωτερικός όγκος αέρα κάθε δωματίου (θερμαινόμενοι και μη θερμαινόμενοι χώροι), σε m^3
- A_k : εμβαδόν κάθε δομικού στοιχείου, σε m^2
- U_k : συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου, σε $W/m^2 \cdot K$
- Ψ_i : συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας της κάθε γραμμικής θερμογέφυρας, σε $W/m \cdot K$
- l_i : μήκος της κάθε γραμμικής θερμογέφυρας, σε m .

Ο υπολογισμός των τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας U των δομικών στοιχείων θα πρέπει να πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη τις οριακές συνθήκες και τα χαρακτηριστικά των υλικών που καθορίζονται από το εκάστοτε συγκεκριμένο πρότυπο.

Στη χώρα μας σήμερα μετά τη θεσμοθέτηση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) και των σχετικών Τεχνικών Οδηγιών του Τ.Ε.Ε. (TOTEE 20701-1, 2, 3, 4), καθώς και της διαδικασίας της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (Μ.Ε.Α.), υπάρχει πλέον όλο το απαραίτητο θεσμικό «οπλοστάσιο», το οποίο καθοδηγεί το μελετητή τόσο για τους υπολογισμούς των συντελεστών θερμοπερατότητας των διαφόρων υλικών, όσο και για την εκτίμηση και τον υπολογισμό διαφόρων άλλων μεγεθών που απαιτούνται για την εφαρμογή του προτύπου ISO-EN-ΕΛΟΤ 12831.

Για τον καθορισμό εξάλλου του συντελεστή απώλειας θερμικής μετάδοσης λόγω αερισμού, χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα μεγέθη ανάλογα με την περίπτωση:

- n_{min} : ελάχιστη ανανέωση του εξωτερικού αέρα ανά ώρα, σε h^{-1}
- n_{50} : ρυθμός ανανέωσης αέρα ως αποτέλεσμα μιας διαφοράς πίεσης 50Pa μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος ανά ώρα, σε h^{-1}
- \dot{V}_{inf} : ρυθμός ροής αέρα μέσω αρμών λόγω μη στεγανότητας των στοιχείων περιβλήματος του κτηρίου, λαμβάνοντας υπόψη την ταχύτητα του ανέμου, σε m^3/s
- \dot{V}_{su} : ρυθμός ροής παρεχόμενου αέρα, σε m^3/s

- \dot{V}_{ex} : ρυθμός ροής αέρα εξαερισμού, σε m^3/s
 n_v : συντελεστής απόδοσης του συστήματος ανάκτησης θερμότητας.

Το πρότυπο διευκρινίζει επίσης ότι οι διαστάσεις του κτηρίου που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να δηλώνονται ξεκάθαρα. Για οποιαδήποτε επιλογή δε των διαστάσεων, θα πρέπει να περιληφθούν οι απώλειες μέσω της συνολικής επιφάνειας των εξωτερικών τοίχων. Οι εσωτερικές και εξωτερικές διαστάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν σύμφωνα με το πρότυπο EN13789, αλλά η επιλογή των διαστάσεων του κτηρίου θα πρέπει να δηλωθεί καθώς και να κρατηθεί ίδια σε όλο τον υπολογισμό. Στον Κ.Εν.Α.Κ. χρησιμοποιούνται και λαμβάνονται υπόψη οι εξωτερικές διαστάσεις του κτηρίου.

6.4.6. Υπολογισμός των συνολικών θερμικών απωλειών σχεδιασμού

Για να μπορούν οι αναγνώστες του βιβλίου να σχηματίσουν ίδια άποψη και να έχουν –αν το θελήσουν– άμεση πρόσβαση στα σημεία του προτύπου EN 12831 στα οποία γίνονται αναφορές, παραθέτονται στη συνέχεια σε μετάφραση στα Ελληνικά ορισμένες παράγραφοι από τα κεφάλαια που αναφέρονται στους υπολογισμούς των θερμικών απωλειών. Στα περισσότερα σημεία, δίπλα στην Ελληνική μετάφραση, δίδεται και το αυθεντικό αγγλικό κείμενο, ώστε να αρχίζει να εξοικειώνεται ο αναγνώστης και με την ορολογία του προτύπου.

6.4.6.a. Σύνολο θερμικών απωλειών σχεδιασμού θερμαινόμενου χώρου

Σύμφωνα με την παράγραφο 7 του EN 12831 (Total design heat loss for a heated space - Basic cases), το σύνολο των θερμικών απωλειών σχεδιασμού Φ_i του θερμαινόμενου χώρου (i) σε W, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}, \text{ σε W} \quad (6.20)$$

όπου:

- $\Phi_{T,i}$: θερμικές απώλειες σχεδιασμού από μεταφορά του θερμαινόμενου χώρου (i), καθοριζόμενες σύμφωνα με την ενότητα 7.1 του προτύπου, σε W
 design transmission heat loss for heated space (i), determined in accordance with 7.1
- $\Phi_{V,i}$: θερμικές απώλειες σχεδιασμού από αερισμό του θερμαινόμενου χώρου (i), καθοριζόμενες σύμφωνα με την ενότητα 7.2 του προτύπου, σε W
 design ventilation heat loss for heated space (i), determined in accordance with 7.2.

6.4.6.β. Θερμικές απώλειες σχεδιασμού από μεταφορά

Σύμφωνα με την παράγραφο 7.1 του EN 12831 (Design transmission heat loss), οι θερμικές απώλειες σχεδιασμού $\Phi_{T,i}$ του θερμαινόμενου χώρου (i) σε W, υπολογίζονται από τη σχέση:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (6.21)$$

όπου:

- $H_{T,ie}$: συντελεστής θερμικών απωλειών από μεταφορά από το θερμαινόμενο χώρο (i) προς το εξωτερικό (e) διαμέσου του κτηριακού κελύφους, καθοριζόμενος σύμφωνα με το 7.1.1, σε W/K
 transmission heat loss coefficient from heated space (i) to the exterior (e) through the building envelope, determined in accordance with 7.1.1

- $H_{T,ie}$: συντελεστής θερμικών απωλειών από μεταφορά από το θερμαινόμενο χώρο (i) προς το εξωτερικό (e) διαμέσου μη θερμαινόμενου χώρου (u), καθοριζόμενος σύμφωνα με το 7.1.2, σε W/K
 transmission heat loss coefficient from heated space (i) to the exterior (e) through the unheated space (u), determined in accordance with 7.1.2
- $H_{T,jg}$: συντελεστής σταθεράς κατάστασης θερμικών απωλειών από μεταφορά από το θερμαινόμενο χώρο (i) προς το έδαφος (g), καθοριζόμενος σύμφωνα με το 7.1.3, σε W/K
 steady state ground transmission heat loss coefficient from heated space (i) to the ground (g), determined in accordance with 7.1.3
- $H_{T,ij}$: συντελεστής θερμικών απωλειών από μεταφορά από το θερμαινόμενο χώρο (i) προς γειτονικό θερμαινόμενο χώρο (j) που βρίσκεται σε σημαντικά διαφορετική θερμοκρασία, π.χ. ένας διπλανός θερμαινόμενος χώρος του ίδιου κτηρίου ή ένας θερμαινόμενος χώρος ενός διπλανού κτηρίου, καθοριζόμενος σύμφωνα με το 7.1.4, σε W/K
 transmission heat loss coefficient from heated space (i) to a neighbouring heated space (j) heated at a significantly different temperature, i.e. an adjacent heated space within the building entity or a heated space of an adjacent building entity, determined in accordance with 7.1.4
- $\theta_{int,i}$: εσωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού του θερμαινόμενου χώρου (i), σε °C
 internal design temperature of heated space (i)
- $\theta_{int,e}$: εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού, σε °C
 external design temperature.

Τιμές για την εσωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού του θερμαινόμενου χώρου $\theta_{int,i}$ έχουν ήδη δοθεί στον πίνακα 6.5 ή 6.8, ενώ οι τιμές για την εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού θ_e λαμβάνονται επίσης από τον πίνακα 6.9.

Σύμφωνα με την Ενότητα 7.1.1. του πρότυπου 12831 με θέμα «Θερμικές απώλειες απευθείας προς το εξωτερικό - Συντελεστής θερμικών απωλειών $H_{T,ie}$ » (Heat losses directly to the exterior - Heat loss coefficient $H_{T,ie}$), ο συντελεστής θερμικών απωλειών $H_{T,ie}$ από μεταφορά από το θερμαινόμενο χώρο (i) στο εξωτερικό (e) οφείλεται σε όλα τα δομικά στοιχεία και θερμικές γέφυρες που διαχωρίζουν το θερμαινόμενο χώρο από το εξωτερικό περιβάλλον, όπως τοίχοι, δάπεδο, οροφή, πόρτες, παράθυρα. Ο συντελεστής $H_{T,ie}$ σε W/K υπολογίζεται από τη σχέση 6.19.

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \Psi_i \cdot l_i \cdot e_i \quad (6.22)$$

όπου:

- A_k : επιφάνεια του δομικού στοιχείου (k) σε m²
 area of building element (k)
- e_k, e_i : συντελεστές διόρθωσης, αν δεν έχουν ληφθεί υπόψη στο υπολογισμό της τιμής U μία σειρά από παράμετροι
 correction factors for the exposure taking into account climatic influences such as different insulation, moisture absorption of building elements, wind velocity and temperature, provided these influences have not already been taken into account in the determination of the U-values
- U_k : συντελεστής θερμοπερατότητας σε W/(m²·K) του δομικού στοιχείου (k), υπολογιζόμενος σύμφωνα με
 - EN ISO 6946 (για αδιαφανή στοιχεία),

- EN ISO 10077-1 (για πόρτες και παράθυρα)

thermal transmittance of the building element (k), calculated according to:

- EN ISO 6946 (for opaque elements),
- EN ISO 10077-1 (for doors and windows)

l_i : μήκος της γραμμικής θερμικής γέφυρας (l) μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού, σε m
length of the linear thermal bridge (l) between the interior and the exterior
συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας σε W/(m·K) της γραμμικής θερμικής γέφυρας (l), καθοριζόμενος με ένα από τα παρακάτω:

- για χονδρική αξιολόγηση, χρησιμοποιούμε τιμές από τους πίνακες του EN ISO 14683,
- υπολογίζεται σύμφωνα με το EN ISO 10211-2

Ψ_i : linear thermal transmittance of the linear thermal bridge (l), determined in one of the following two ways:

- for a rough assessment, use tabulated values provided in EN ISO 14683,
- calculated according to EN ISO 10211-2.

Σύμφωνα με την Ενότητα 7.1.2. του πρότυπου 12831 με θέμα «Θερμικές απώλειες διαμέσου μη θερμαινόμενου χώρου – Συντελεστής θερμικών απωλειών $H_{T,iue}$ » (Heat losses through unheated space – Heat loss coefficient $H_{T,iue}$) αν υπάρχει ένας μη θερμαινόμενος χώρος (u) μεταξύ του θερμαινόμενου χώρου (i) και του εξωτερικού (e), ο συντελεστής $H_{T,iue}$ οφείλεται σε όλα τα δομικά στοιχεία και θερμικές γέφυρες που διαχωρίζουν το θερμαινόμενο χώρο από το μη θερμαινόμενο χώρο, όπως τοίχοι, δάπεδο, οροφή, πόρτες, παράθυρα. Ο συντελεστής $H_{T,iue}$ σε W/K, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum \Psi_i \cdot l_i \cdot b_u \quad (6.23)$$

όπου:

A_k : επιφάνεια του δομικού στοιχείου (k) σε m²
area of building element (k)

b_u : συντελεστής διόρθωσης θερμοκρασίας που λαμβάνει υπόψη τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του μη θερμαινόμενου χώρου και της εξωτερικής θερμοκρασίας σχεδιασμού
temperature reduction factor taking into account the difference between temperature of the unheated space and external design temperature

U_k : συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου (k) σε W/(m²·K), υπολογιζόμενος σύμφωνα με:
• EN ISO 6946 (για αδιαφανή στοιχεία)
• EN ISO 10077-1 (για πόρτες και παράθυρα)
thermal transmittance of the building element (k), calculated according to:
• EN ISO 6946 (for opaque elements)
• EN ISO 10077-1 (for doors and windows)

l_i : μήκος της γραμμικής θερμικής γέφυρας (l) μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού σε m
length of the linear thermal bridge (l) between the interior and the exterior

Ψ_i : συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας σε W/(m·K) της γραμμικής θερμικής γέφυρας (l), καθοριζόμενος με ένα από τα παρακάτω :

- για χονδρική αξιολόγηση, χρησιμοποιούμε τιμές από τους πίνακες του EN ISO 14683,
- υπολογίζεται σύμφωνα με το EN ISO 10211-2

linear thermal transmittance of the linear thermal bridge (l), determined in one of the following two ways:

- for a rough assessment, use tabulated values provided in EN ISO 14683,
- calculated according to EN ISO 10211-2.

Ο συντελεστής διόρθωσης θερμοκρασίας b_u μπορεί να καθοριστεί με έναν από τους τρεις παρακάτω τρόπους:

α. Αν η θερμοκρασία σχεδιασμού του μη θερμαινόμενου χώρου θ_u είναι γνωστή ή μπορεί να υπολογιστεί, ο b_u υπολογίζεται από τη σχέση:

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (6.24)$$

β. Αν η θερμοκρασία σχεδιασμού του μη θερμαινόμενου χώρου θ_u είναι άγνωστη, ο b_u υπολογίζεται από τη σχέση:

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (6.25)$$

όπου:

συντελεστής θερμικών απωλειών από το θερμαινόμενο χώρο (i) προς το μη θερμαινόμενο χώρο (u) σε W/K, που λαμβάνει υπόψη τις απώλειες μετάδοσης θερμότητας από το θερμαινόμενο χώρο στο μη θερμαινόμενο αλλά και τις απώλειες θερμότητας λόγω αερισμού μεταξύ του θερμαινόμενου χώρου και του μη θερμαινόμενου

H_{iu} :

heat loss coefficient from the heated space (i) to the unheated space (u)

συντελεστής θερμικών απωλειών από το μη θερμαινόμενο χώρο (u) προς το εξωτερικό (e) σε W/K που λαμβάνει υπόψη τις απώλειες μετάδοσης θερμότητας από το μη θερμαινόμενο χώρο στο εξωτερικό περιβάλλον και στο έδαφος, αλλά και τις απώλειες θερμότητας λόγω αερισμού μεταξύ του μη θερμαινόμενου χώρου και του εξωτερικού περιβάλλοντος

H_{ue} :

heat loss coefficient from the unheated space (u) to the exterior (e).

γ. Ελλείπει τιμών, από εθνικά πρότυπα ή από προκαθορισμένες τιμές, όπως αυτές που δίδονται στον πίνακα 6.22.

Πίνακας 6.22: Τιμές για τον παράγοντα μείωσης της θερμοκρασίας b_u .	
Μη θερμαινόμενος χώρος	b_u
Δωμάτιο	
Με ένα μόνο εξωτερικό τοίχο	0,4
Με δύο τουλάχιστον εξωτερικούς τοίχους χωρίς εξωτερικές πόρτες	0,5
Με δύο τουλάχιστον εξωτερικούς τοίχους με εξωτερικές πόρτες (π.χ. χωλ, γκαράζ)	0,6
Με τρεις τουλάχιστον εξωτερικούς τοίχους (π.χ. εξωτερική σκάλα)	0,8
Υπόγειο	
Χωρίς παράθυρα / εξωτερικές πόρτες	0,5
Με παράθυρα / εξωτερικές πόρτες	0,8
Χώρος στέγης	
Υψηλός ρυθμός αερισμού του χώρου στέγης (π.χ. στέγες με κεραμίδια ή άλλα υλικά που δίνουν ασυνεχή κάλυψη)	1,0
Άλλη μη μονωμένη στέγη	0,9
Μονωμένη στέγη	0,7
Περιοχές εσωτερικής κυκλοφορίας	
Χωρίς εξωτερικούς τοίχους, ανανέωση αέρα μικρότερη από $0,5h^{-1}$	0
Περιοχές ελεύθερης κυκλοφορίας αέρα	
Περιοχή με λόγο επιφάνειας ανοιγμάτων προς όγκο χώρου μεγαλύτερο από $0,005m^2/m^3$	1,0
Ισόγειο πάνω από υπόγειο	
Πάτωμα πάνω από το υπόγειο	0,8

Σύμφωνα με την Ενότητα 7.1.3. του πρότυπου 12831 με θέμα «Θερμικές απώλειες διαμέσου του εδάφους- Συντελεστής θερμικών απωλειών $H_{T,ig}$ » (Heat losses through the ground - Heat loss coefficient $H_{T,ig}$), η ροή των θερμικών απωλειών διαμέσου του δαπέδου και των τοίχων του υπογείου, σε άμεση ή έμμεση επαφή με το χώμα, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Σε αυτούς περιλαμβάνονται:

- η επιφάνεια,
- η εκτεθειμένη περίμετρος της πλάκας του δαπέδου,
- το βάθος του δαπέδου από την επιφάνεια του εδάφους,
- οι θερμικές ιδιότητες του εδάφους.

Ο συντελεστής $H_{T,ig}$ σε W/K υπολογίζεται από τη σχέση:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad (6.26)$$

όπου:

f_{g1} : Συντελεστής διόρθωσης που λαμβάνει υπόψη την επίδραση από την ετήσια μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας και ο οποίος πρέπει να καθορίζεται σε εθνικό επίπεδο, διαφορετικά προτεινόμενες τιμές δίδονται στο D.4.3. του πρότυπου.

Correction factor taking into account the influence from annual variation of the external temperature. This factor shall be determined on a national basis. In the absence of national values, default value is given in D.4.3.

Συντελεστής μείωσης της θερμοκρασίας που λαμβάνει υπόψη τη διαφορά μεταξύ της ετήσιας μέσης εξωτερικής θερμοκρασίας $\theta_{m,e}$ και της εξωτερικής θερμοκρασίας σχεδιασμού θ_e και δίδεται από τη

$$f_{g2} : \text{σχέση: } f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} .$$

Temperature reduction factor taking into account the difference between annual mean external temperature, $\theta_{m,e}$, and external design temperature, θ_e , given by: $f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} .$

A_k : Επιφάνεια του δομικού στοιχείου (k) που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος σε m^2 .
Area of the building element (k) in contact with the ground.

$U_{equiv,k}$: Ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας σε $W/(m^2 \cdot K)$ του δομικού στοιχείου (k) που ορίζεται σύμφωνα με τους πίνακες 4, 5, 6, 7 του προτύπου.

Equivalent thermal transmittance of the building element (k) determined according to the floor-typology (see tables 4 to 7).

G_w : Συντελεστής διόρθωσης που λαμβάνει υπόψη την επίδραση από υπόγεια νερά. Αν η απόσταση μεταξύ του υδροφόρου ορίζοντα και της πλάκας του υπογείου είναι μικρότερη από 1m, αυτή η επίδραση πρέπει να ληφθεί υπόψη. Ο συντελεστής μπορεί να υπολογισθεί σύμφωνα με το EN ISO 13370 αν συμφωνηθεί σε εθνικό επίπεδο. Στην αντίθετη περίπτωση, προτεινόμενες τιμές δίδονται στο D.4.3 του προτύπου.

Correction factor taking into account the influence from ground water. If the distance between the assumed water table and the basement floor level (floor slab) is less than 1 m, this influence has to be taken into account. This factor can be calculated according to EN ISO 13370 and shall be determined on a national basis. In the absence of national values, default value are given in D.4.3.

Ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας του πατώματος (k) που εδράζεται σε έδαφος $U_{equiv,k}$, εξαρτάται από τον τύπο και το είδος μόνωσης του πατώματος, από το βάθος έδρασης Z της πλάκας του πατώματος και από τη χαρακτηριστική παράμετρο B' , η οποία δίδεται από τη σχέση:

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P} \quad (6.27)$$

όπου:

A_g : Εμβαδόν της εξεταζόμενης πλάκας πατώματος, σε m^2 . Για ένα ολόκληρο κτήριο το A_g είναι η συνολική επιφάνεια που συνορεύει με το έδαφος. Για ένα μέρος ενός κτηρίου, π.χ. μια ανεξάρτητη κατοικία σε μια σειρά κατοικιών, το A_g είναι η επιφάνεια του δαπέδου της κατοικίας που εξετάζεται.

P : Περίμετρος της εξεταζόμενης πλάκας, σε m. Για ένα ολόκληρο κτήριο το μέγεθος P είναι η συνολική περίμετρος του κτηρίου. Για ένα μέρος ενός κτηρίου, π.χ. μια ανεξάρτητη κατοικία σε μια σειρά κατοικιών, το P περιλαμβάνει μόνο το μήκος των εξωτερικών τοίχων που χωρίζουν το θερμαινόμενο χώρο του κτηρίου που εξετάζεται από το εξωτερικό περιβάλλον.

Στους παρακάτω πίνακες 6.23, 6.24, 6.25 δίδονται οι τιμές του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου (k) του πατώματος $U_{equiv,k}$ συναρτήσει του τύπου και το είδους της μόνωσης του πατώματος,

δηλαδή της τιμής του $U_{\text{πατομ.}}$, του βάθους έδρασης Z της πλάκας του πατόματος και της χαρακτηριστικής παραμέτρου B' .

Πίνακας 6.23: Ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας για πάτωμα επί του εδάφους ($z = 0$).

B' (m)	$U_{\text{equiv.bf}}$ (για $z = 0$ μέτρα, δηλαδή επί του εδάφους), σε $W/(m^2 \cdot K)$				
	Χωρίς μόνωση	$U_{\text{πατομ.}} = 2,0$ $W/(m^2 \cdot K)$	$U_{\text{πατομ.}} = 1,0$ $W/(m^2 \cdot K)$	$U_{\text{πατομ.}} = 0,5$ $W/(m^2 \cdot K)$	$U_{\text{πατομ.}} = 0,25$ $W/(m^2 \cdot K)$
2	1,30	0,77	0,55	0,33	0,17
4	0,88	0,59	0,45	0,30	0,17
6	0,68	0,48	0,38	0,27	0,17
8	0,55	0,41	0,33	0,25	0,16
10	0,47	0,36	0,30	0,23	0,15
12	0,41	0,32	0,27	0,21	0,14
14	0,37	0,29	0,24	0,19	0,14
16	0,33	0,26	0,22	0,18	0,13
18	0,31	0,24	0,21	0,17	0,12
20	0,28	0,22	0,19	0,16	0,12

Πίνακας 6.24: Ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας για πάτωμα που βρίσκεται 1,5m κάτω από το έδαφος ($z = 1,5m$).

B' (m)	$U_{\text{equiv.bf}}$ (για $z = 1,5m$ κάτω από το έδαφος), σε $W/(m^2 \cdot K)$				
	Χωρίς μόνωση	$U_{\text{πατομ.}} = 2,0$ $W/(m^2 \cdot K)$	$U_{\text{πατομ.}} = 1,0$ $W/(m^2 \cdot K)$	$U_{\text{πατομ.}} = 0,5$ $W/(m^2 \cdot K)$	$U_{\text{πατομ.}} = 0,25$ $W/(m^2 \cdot K)$
2	0,86	0,58	0,44	0,28	0,16
4	0,64	0,48	0,38	0,26	0,16
6	0,52	0,40	0,33	0,25	0,15
8	0,44	0,35	0,29	0,23	0,15
10	0,38	0,31	0,26	0,21	0,14
12	0,34	0,28	0,24	0,19	0,14
14	0,30	0,25	0,22	0,18	0,13
16	0,28	0,23	0,20	0,17	0,12
18	0,25	0,22	0,19	0,16	0,12
20	0,24	0,20	0,18	0,15	0,11

Πίνακας 6.25: Ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας για πάτωμα που βρίσκεται 3,0m κάτω από το έδαφος ($z = 3,0m$).

B' (m)	$U_{equiv,bf}$ (για $z = 3,0m$ κάτω από το έδαφος), σε $W/(m^2 \cdot K)$				
	Χωρίς μόνωση	$U_{πατομ.} = 2,0$ $W/(m^2 \cdot K)$	$U_{πατομ.} = 1,0$ $W/(m^2 \cdot K)$	$U_{πατομ.} = 0,5$ $W/(m^2 \cdot K)$	$U_{πατομ.} = 0,25$ $W/(m^2 \cdot K)$
2	0,63	0,46	0,35	0,24	0,14
4	0,51	0,40	0,33	0,24	0,14
6	0,43	0,35	0,29	0,22	0,14
8	0,37	0,31	0,26	0,21	0,14
10	0,32	0,27	0,24	0,19	0,13
12	0,29	0,25	0,22	0,18	0,13
14	0,26	0,23	0,20	0,17	0,12
16	0,24	0,21	0,19	0,16	0,12
18	0,22	0,20	0,18	0,15	0,11
20	0,21	0,18	0,16	0,14	0,11

Στον πίνακα 6.26 δίδονται οι τιμές του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός τοίχου (k) σε επαφή με έδαφος $U_{equiv,k}$ συναρτήσει του τύπου και του είδους μόνωσης του τοίχου, δηλαδή της τιμής του $U_{τοίχου}$ και του βάθους z μέχρι το οποίο ο τοίχος έρχεται σε επαφή με το έδαφος.

Πίνακας 6.26: Ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας των τοίχων ενός θερμαινόμενου υπογείου που έχουν επαφή με το έδαφος για βάθος z μέτρα (m).

$U_{τοίχου}$ ($W/m^2 \cdot K$)	$U_{equiv,bw}$ $W/(m^2 \cdot K)$			
	$z = 0m$	$z = 1m$	$z = 2m$	$z = 3m$
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,44	0,39	0,35	0,32
0,75	0,63	0,54	0,48	0,43
1,00	0,81	0,68	0,59	0,53
1,25	0,98	0,81	0,69	0,61
1,50	1,14	0,92	0,78	0,68
1,75	1,28	1,02	0,85	0,74
2,00	1,42	1,11	0,92	0,79
2,25	1,55	1,19	0,98	0,84
2,50	1,67	1,27	1,04	0,88
2,75	1,78	1,34	1,09	0,92
3,00	1,89	1,41	1,13	0,96

Τέλος ο G_w είναι διορθωτικός παράγοντας που λαμβάνει υπόψη την επιρροή από υπόγεια νερά. Ο παράγοντας αυτός ισούται με 1 αν η απόσταση μεταξύ της υποτιθέμενης στάθμης νερού και της πλάκας πατώματος είναι μεγαλύτερη από 1m, ενώ ισούται με 1,15 εάν η απόσταση μεταξύ της υποτιθέμενης στάθμης νερού και της πλάκας πατώματος είναι μικρότερη από 1m.

Σύμφωνα με την Ενότητα 7.1.4. του πρότυπου 12831 με θέμα «Θερμικές απώλειες προς ή από χώρους που θερμαίνονται σε διαφορετική θερμοκρασία - Συντελεστής θερμικών απωλειών $H_{T,ij}$ » (Heat losses to or from spaces heated at a different temperature directly to the exterior - Heat loss coefficient $H_{T,ij}$), ο συντελεστής $H_{T,ij}$ εκφράζει τη θερμική ροή από μεταφορά από το θερμαινόμενο χώρο (i) προς το γειτονικό θερμαινόμενο χώρο (j) που θερμαίνεται σε μια σαφώς διαφορετική θερμοκρασία. Ο γειτονικός χώρος μπορεί να είναι:

- ένα διπλανό δωμάτιο στο ίδιο το κτήριο (π.χ. μπάνιο, αποθήκη),
- ένα δωμάτιο που ανήκει σε ένα διπλανό διαμέρισμα,
- ένα δωμάτιο που ανήκει σε ένα διπλανό κτήριο που μπορεί να μην θερμαίνεται.

Ο συντελεστής $H_{T,ij}$ σε W/K, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$H_{T,ij} = \left(\sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k \right) \quad (6.28)$$

όπου:

συντελεστής ελάττωσης της θερμοκρασίας που λαμβάνει υπόψη τη διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του διπλανού χώρου και της εξωτερικής θερμοκρασίας σχεδιασμού και δίνεται από:

$$f_{ij} = \frac{(\theta_{int,i} - \theta_{adjustment\ space})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

f_{ij} : temperature reduction factor taking into account the difference between temperature of the adjacent space and the external design temperature, given by:

$$f_{ij} = \frac{(\theta_{int,i} - \theta_{adjustment\ space})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

επιφάνεια του δομικού στοιχείου (k), σε m^2

A_k : area of the building element (k)

συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου (k) σε $W/(m^2 \cdot K)$, υπολογιζόμενος σύμφωνα με:

- EN ISO 6946 για αδιαφανή στοιχεία,
- EN ISO 10077-1 για πόρτες και παράθυρα

U_k : thermal transmittance of the building element (k), calculated according to:

- EN ISO 6946 for opaque elements,
- EN ISO 10077-1 (for doors and windows).

Η θερμοκρασία $\theta_{adjustment\ space}$ που εμφανίζεται στη σχέση υπολογισμού του συντελεστή f_{ij} δίνεται στον πίνακα 6.27.

Πίνακας 6.27: Θερμοκρασίες των παρακείμενων θερμαινόμενων χώρων.	
Θερμότητα που μεταφέρεται από θερμαινόμενο χώρο (i) σε:	$\theta_{adjustment\ space}$ (°C)
Παρακείμενο δωμάτιο στο ίδιο κτήριο	Η $\theta_{adjustment\ space}$ πρέπει να διευκρινιστεί π.χ. για μπάνιο, αποθήκη κ.α.
Παρακείμενο δωμάτιο που ανήκει σε άλλο κτήριο (π.χ. άλλο διαμέρισμα)	$\frac{(\theta_{int,i} + \theta_{m,e})}{2}$
Παρακείμενο δωμάτιο που ανήκει σε ξεχωριστό κτήριο, που θερμαίνεται ή όχι	$\theta_{m,e}$

6.4.7. Θερμικές απώλειες σχεδιασμού λόγω αερισμού

Σύμφωνα με την παράγραφο 7.2 του EN 12831 (Design ventilation heat loss), οι θερμικές απώλειες σχεδιασμού από αερισμό $\Phi_{v,i}$, σε W του θερμαινόμενου χώρου (i), υπολογίζονται από τη σχέση 6.26.

$$\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (6.29)$$

όπου:

- f_{ij} : συντελεστής θερμικών απωλειών από αερισμό του θερμαινόμενου χώρου (i), σε W/K
design ventilation heat loss coefficient
- $\theta_{int,i}$: εσωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού του θερμαινόμενου χώρου (i), σε °C
internal design temperature of heated space (i)
- θ_e : εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού, σε °C
external design temperature.

Ο συντελεστής θερμικών απωλειών από αερισμό $H_{v,i}$ σε W/K υπολογίζεται από τη σχέση:

$$H_{v,i} = \dot{V}_i \cdot \rho_i \cdot c_p \quad (6.30)$$

όπου:

- \dot{V}_i : παροχή όγκου αέρα του θερμαινόμενου χώρου (i), σε m³/s
air flow rate of heated space (i)
- ρ_i : πυκνότητα του αέρα σε θερμοκρασία $\theta_{int,i}$, σε kg/m³
density of air at $\theta_{int,i}$
- c_p : ειδική θερμότητα του αέρα σε θερμοκρασία $\theta_{int,i}$, σε J/kg·K
specific heat of air at $\theta_{int,i}$.

Θεωρώντας σταθερές τα ρ και c_p , η σχέση 6.30 απλοποιείται στη σχέση:

$$H_{v,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad (6.31)$$

όπου η παροχή όγκου \dot{V}_i εκφράζεται σε m³/h.

Η διαδικασία υπολογισμού της παροχής όγκου αέρα εξαρτάται από την ύπαρξη ή όχι συστήματος εξαερισμού.

- Χωρίς σύστημα εξαερισμού

Χωρίς συστήματα εξαερισμού υποτίθεται ότι ο παρεχόμενος αέρας έχει τα θερμικά χαρακτηριστικά του εξωτερικού αέρα. Επομένως η απώλεια θερμότητας είναι ανάλογη προς τη διαφορά μεταξύ της εσωτερικής θερμοκρασίας σχεδιασμού και της εξωτερικής θερμοκρασίας του αέρα. Η τιμή του ρυθμού ροής αέρα ενός θερμαινόμενου χώρου (i) που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του συντελεστή απώλειας θερμότητας σχεδιασμού λόγω αερισμού $H_{v,i}$ είναι το μέγιστο του ρυθμού ροής αέρος μέσω αρμών $\dot{V}_{inf,i}$ ή χαραμάδων της

περιβάλλουσας επιφάνειας του κτηρίου και του ελάχιστου ρυθμού ροής αέρα $\dot{V}_{\min,i}$ που απαιτείται για λόγους υγιεινής:

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{\text{inf},i}, \dot{V}_{\text{min},i}) \quad (6.32)$$

όπου οι παροχές όγκου $\dot{V}_{\text{inf},i}$ και $\dot{V}_{\text{min},i}$ θα καθοριστούν στη συνέχεια.

- Με σύστημα εξαερισμού

Ο παρεχόμενος αέρας δεν έχει απαραίτητως τα θερμικά χαρακτηριστικά του εξωτερικού αέρα. Η εξίσωση για τον καθορισμό της παροχής όγκου αέρα του θερμαινόμενου χώρου (i) που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του συντελεστή απώλειας θερμικής μετάδοσης σχεδιασμού λόγω αερισμού είναι η ακόλουθη:

$$\dot{V}_i = \dot{V}_{\text{inf},i} + \dot{V}_{\text{su},i} \cdot f_{v,i} + \dot{V}_{\text{mech,inf},i} \quad (6.33)$$

όπου:

$\dot{V}_{\text{inf},i}$: ρυθμός ροής αέρα μέσω αρμών του θερμαινόμενου χώρου, σε m^3/h

$\dot{V}_{\text{su},i}$: ρυθμός αερισμού του θερμαινόμενου χώρου, σε m^3/h

$\dot{V}_{\text{mech,inf},i}$: επιπλέον ρυθμός ροής αέρα του θερμαινόμενου χώρου, σε m^3/h

$f_{v,i}$: παράγοντας μείωσης θερμοκρασίας που δίδεται από τη σχέση $f_{v,i} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{\text{su},i}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e}$

$\theta_{\text{su},i}$: θερμοκρασία του παρεχόμενου αέρα στο θερμαινόμενο χώρο (i), η οποία μπορεί να είναι υψηλότερη ή χαμηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία αέρα, σε $^{\circ}\text{C}$.

Για την ελάχιστη απαιτούμενη παροχή όγκου ανανέωσης αέρα ισχύει η σχέση:

$$\dot{V}_{\text{min},i} = n_{\text{min}} \cdot V_i \quad (6.34)$$

όπου:

n_{min} : ελάχιστη ανανέωση εξωτερικού αέρα ανά ώρα, σε h^{-1}

V_i : ο όγκος του θερμαινόμενου χώρου (i) σε m^3 .

Η ελάχιστη ανανέωση του εξωτερικού αέρα δίνεται στον πίνακα 6.28 και είναι βασισμένη στις εσωτερικές διαστάσεις του κτηρίου.

Πίνακας 6.28: Ελάχιστη ανανέωση του εξωτερικού αέρα.	
Τύπος δωματίου	$n_{\text{min}} (\text{h}^{-1})$
Κατοικήσιμο δωμάτιο	0,5
Κουζίνα ή λουτρό με παράθυρο	1,5
Γραφείο	1,0
Αίθουσα συνεδριάσεων, τάξη	2,0

Εάν χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό οι εξωτερικές διαστάσεις, οι αντίστοιχες τιμές που δίνονται από τον πίνακα 6.28 θα πολλαπλασιαστούν με την αναλογία μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού όγκου του χώρου. Ως προσέγγιση, η προκαθορισμένη τιμή αυτής της αναλογίας είναι 0,8.

Για το ρυθμό ροής αέρα μέσω αρμών του θερμαινόμενου χώρου ισχύει η σχέση:

$$\dot{V}_{\text{inf},i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_1 \cdot \varepsilon_1 \quad (6.35)$$

όπου:

- n_{50} : ποσοστό ανταλλαγής αέρα ανά ώρα ως αποτέλεσμα μιας διαφοράς πίεσης των 50Pa μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού του κτηρίου
- e_1 : συντελεστής προστασίας
- ε_1 : διορθωτικός παράγοντας ύψους, ο οποίος λαμβάνει υπόψη την αύξηση στην ταχύτητα αέρα με το ύψος του χώρου από το επίπεδο του εδάφους.

Παρατηρεί κανείς στην παραπάνω εξίσωση τον αριθμό 2 επειδή η τιμή του n_{50} δίνεται για ολόκληρο το κτήριο. Ο υπολογισμός πρέπει να λάβει υπόψη τη χειρότερη περίπτωση, όπου όλος ο αέρας μέσω των αρμών εισάγεται από μια πλευρά του κτηρίου.

Η τιμή $\dot{V}_{\text{inf},i}$ πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη από το μηδέν.

Οι τιμές για το n_{50} δίνονται από τον πίνακα 6.29. Οι τιμές του συντελεστή προστασίας και του διορθωτικού παράγοντα ύψους δίνονται από τους πίνακες 6.30 και 6.31.

Πίνακας 6.29: Ποσοστό ανταλλαγής αέρα ανά ώρα ως αποτέλεσμα μιας διαφοράς πίεσης των 50Pa μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού του κτηρίου.

Κατασκευή	$n_{50} \text{ (h}^{-1}\text{)}$		
	Βαθμός στεγανότητας του περιβλήματος του κτηρίου (ποιότητα στεγανοποίησης ανοιγμάτων)		
	Υψηλός (υψηλή ποιότητα στεγανότητας παραθύρων και θυρών)	Μέσος (διπλά παράθυρα, κανονική στεγανότητα)	Χαμηλός (μονό παράθυρο, καμία στεγανότητα)
Μονοκατοικία	< 4	4 – 10	> 10
Άλλες κατοικίες ή κτήρια	< 2	2 – 5	> 5

Πίνακας 6.30: Τιμές του συντελεστή προστασίας e .

Κατηγορία προστασίας	e		
	Θερμαινόμενος χώρος χωρίς εκτεθειμένα ανοίγματα	Θερμαινόμενος χώρος με ένα εκτεθειμένο άνοιγμα	Θερμαινόμενος χώρος με περισσότερα από ένα εκτεθειμένα ανοίγματα
<u>Καμία προστασία:</u> κτήρια σε περιοχές με ανέμους, ψηλά κτήρια στα κέντρα πόλεων	0	0,03	0,05
<u>Μέτρια προστασία:</u> κτήρια στην ύπαιθρο με δένδρα ή άλλα κτήρια γύρω τους, προάστια	0	0,02	0,03
<u>Μεγάλη προστασία:</u> κτήρια μέσου ύψους στα κέντρα πόλεων, κτήρια στα δάση	0	0,01	0,02

Πίνακας 6.31: Τιμές του διορθωτικού παράγοντα ύψους ϵ .

Ύψος θερμαινόμενου χώρου πάνω από το επίπεδο του εδάφους	ϵ
0 – 10m	1,0
> 10 και έως 30m	1,2
> 30m	1,5

Εάν το σύστημα αερισμού είναι άγνωστο, ο ρυθμός αερισμού $\dot{V}_{su,i}$ ενός θερμαινόμενου χώρου (i) καθορίζεται με τη διαστασιολόγηση του συστήματος αερισμού και δίνεται από το σχεδιαστές συστημάτων εξαερισμού.

Για τον επιπλέον ρυθμό ροής αέρα του θερμαινόμενου χώρου ισχύει:

$$\dot{V}_{mech,inf} = \max(\dot{V}_{ex} - \dot{V}_{su}, 0) \quad (6.36)$$

όπου:

\dot{V}_{ex} : ρυθμός εξαερισμού για ολόκληρο το κτήριο, σε m^3/h

\dot{V}_{su} : ρυθμός αερισμού για ολόκληρο το κτήριο, σε m^3/h .

Η παροχή όγκου $\dot{V}_{mech,inf}$ αναφέρεται σε ολόκληρο το κτήριο. Αν θέλει κανείς να βρει τι γίνεται με κάθε επιμέρους χώρο του κτηρίου, τότε σύμφωνα με τον όγκο του κάθε χώρου θα ισχύει:

$$\dot{V}_{mech,inf,i} = \dot{V}_{mech,inf} \cdot \frac{V_i}{\sum V_i} \quad (6.37)$$

6.4.8. Περιοδικά θερμαινόμενοι χώροι

Στους περιοδικά θερμαινόμενους χώρους πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και μια επιπλέον θερμική ισχύς. Η επιπλέον θερμική ισχύς εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- τη θερμοχωρητικότητα των στοιχείων οικοδόμησης,
- το χρόνο αναθέρμανσης,
- την πτώση θερμοκρασίας κατά τη ρύθμιση σε χαμηλότερη θερμοκρασία σχεδιασμού,
- τα χαρακτηριστικά του συστήματος ελέγχου.

Μια επιπλέον θερμική ισχύς μπορεί να μην είναι πάντα απαραίτητη, παραδείγματος χάριν εάν:

- Το σύστημα ελέγχου είναι σε θέση να ακυρώσει τη ρύθμιση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες σχεδιασμού κατά τη διάρκεια των πιο κρύων ημερών.
- Οι απώλειες θερμότητας (απώλειες λόγω αερισμού) μπορούν να μειωθούν κατά τη διάρκεια της περιόδου ρύθμισης σε χαμηλότερη θερμοκρασία σχεδιασμού.

Η επιπλέον θερμική ισχύς σε W που απαιτείται για να αντισταθμίσει τα αποτελέσματα της διακοπόμενης θέρμανσης σε ένα θερμαινόμενο χώρο (i) υπολογίζεται ως εξής:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad (6.38)$$

όπου:

A_i : το εμβαδόν δαπέδου του θερμαινόμενου χώρου (i), σε m^2

f_{RH} : ο παράγοντας διορθώσεων ανάλογα με το χρόνο αναθέρμανσης και την υποτιθέμενη πτώση της εσωτερικής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια ρύθμισης σε χαμηλότερη θερμοκρασία σχεδιασμού (seatback), με τιμές από τους πίνακες 6.32 και 6.33 για 12 και 8 ώρες αναθέρμανσης αντίστοιχα, σε W/m^2 .

Πίνακας 6.32: Διορθωτικός παράγοντας για χρόνο αναθέρμανσης ίσο με 12 ώρες.

Ωρες αναθέρμανσης	f_{RH} (W/m^2)								
	Υποτιθέμενη πτώση εσωτερικής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια setback								
	1K			2K			3K		
	Μάζα κτηρίου			Μάζα κτηρίου			Μάζα κτηρίου		
	Μικρή	Μεσαία	Μεγάλη	Μικρή	Μεσαία	Μεγάλη	Μικρή	Μεσαία	Μεγάλη
1	18	23	25	27	30	27	36	27	31
2	9	16	22	18	20	23	22	24	25
3	6	13	18	11	16	18	18	18	18
4	4	11	16	6	13	16	11	16	16

Πίνακας 6.33: Διορθωτικός παράγοντας για χρόνο αναθέρμανσης ίσο με 8 ώρες.

Ωρες αναθέρμανσης	f_{RH} (W/m^2)		
	Υποτιθέμενη πτώση εσωτερικής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια setback		
	1K	2K	3K
	Μεγάλη μάζα κτηρίου	Μεγάλη μάζα κτηρίου	Μεγάλη μάζα κτηρίου
1	11	22	45
2	6	11	22
3	4	9	16
4	2	7	13

Στα καλά μονωμένα και αεροστεγή κτήρια μια υποτιθέμενη πτώση εσωτερικής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του setback μεγαλύτερη από 2 έως 3K δεν είναι πιθανή. Γενικά τούτη εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες και τη θερμική μάζα του κτηρίου.

6.4.9. Υπολογισμός θερμικού φορτίου σχεδιασμού θερμαινόμενου χώρου

Για ένα θερμαινόμενο χώρο (i) το θερμικό φορτίο σχεδιασμού υπολογίζεται ως εξής:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i} + \Phi_{RH,i} \quad (6.39)$$

όπου:

$\Phi_{T,i}$: θερμικές απώλειες λόγω μετάδοσης του θερμαινόμενου χώρου (i), σε W

$\Phi_{V,i}$: θερμικές απώλειες λόγω αερισμού του θερμαινόμενου χώρου (i), σε W

$\Phi_{RH,i}$: επιπλέον θερμική ισχύς που απαιτείται για να αντισταθμίσει τα αποτελέσματα της διακοπτόμενης θέρμανσης του θερμαινόμενου χώρου (i), σε W.

6.4.10. Υπολογισμός θερμικού φορτίου σχεδιασμού για μια ανεξάρτητη κατοικία σε σειρά κατοικιών ή σε ένα κτήριο

Ο υπολογισμός του θερμικού φορτίου σχεδιασμού για μια ανεξάρτητη κατοικία σε σειρά κατοικιών ή σε ένα κτήριο δεν λαμβάνει υπόψη τη θερμότητα που μεταφέρεται λόγω μετάδοσης ή λόγω αερισμού μέσα από τη συνολική περιβάλλουσα επιφάνεια της οικοδόμησης, π.χ. απώλειες θερμότητας μεταξύ των διαμερισμάτων. Το θερμικό φορτίο σχεδιασμού σε μια ανεξάρτητη κατοικία σε σειρά κατοικιών ή σε ένα κτήριο υπολογίζεται ως εξής:

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{v,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad (6.40)$$

όπου:

- $\sum \Phi_{T,i}$: σύνολο των θερμικών απωλειών λόγω μετάδοσης, όλων των θερμαινόμενων χώρων, αποκλείοντας τη θερμότητα που μεταφέρεται μέσα στην ανεξάρτητη κατοικία σε σειρά κατοικιών ή στο κτήριο, σε W
- $\sum \Phi_{v,i}$: σύνολο των θερμικών απωλειών λόγω αερισμού όλων των θερμαινόμενων χώρων, αποκλείοντας τη θερμότητα που μεταφέρεται μέσα στην ανεξάρτητη κατοικία σε σειρά κατοικιών ή στο κτήριο, σε W
- $\sum \Phi_{RH,i}$: άθροισμα της επιπλέον θερμικής ισχύος όλων των θερμαινόμενων χώρων που απαιτείται για να αντισταθμιστούν τα αποτελέσματα της διακοπτόμενης θέρμανσης, σε W.

Ο ρυθμός ροής του εξωτερικού αέρα στο κτήριο υπολογίζεται ως εξής:

- Χωρίς σύστημα εξαερισμού

$$\sum \dot{V}_i = \max\left(0,5 \cdot \sum \dot{V}_{inf,i}, \sum \dot{V}_{min,i}\right) \quad (6.41)$$

- Με σύστημα εξαερισμού

$$\sum \dot{V}_i = 0,5 \cdot \sum \dot{V}_{inf,i} + (1 - n_v) \sum \dot{V}_{su,i} + \sum \dot{V}_{mech,inf,i} \quad (6.42)$$

όπου:

- n_v : Η απόδοση του συστήματος ανάκτησης θερμότητας στον αέρα απόρριψης. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει ανάκτηση θερμότητας $n_v = 0$.

6.4.11. Απλουστευμένη μέθοδος υπολογισμού για ένα θερμαινόμενο χώρο

Για τον υπολογισμό αυτό θα χρησιμοποιούνται οι εξωτερικές διαστάσεις του κτηρίου. Η βάση για τις κατακόρυφες διαστάσεις είναι η απόσταση από την επιφάνεια πατωμάτων στην επιφάνεια πατωμάτων, δηλαδή το πάχος του πατώματος υπογείων δεν λαμβάνεται υπόψη. Κατά την εξέταση των εσωτερικών τοίχων, η βάση για τις οριζόντιες διαστάσεις είναι η απόσταση στο κέντρο του τοίχου, δηλαδή οι εσωτερικοί τοίχοι ξεετάζονται μέχρι το μισό πάχος τους.

Η συνολική απώλεια θερμότητας σχεδιασμού για ένα θερμαινόμενο χώρο (i) υπολογίζεται ως εξής:

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}) \cdot f_{\Delta\theta,i} \quad (6.43)$$

όπου:

- $\Phi_{T,i}$: θερμικές απώλειες σχεδιασμού λόγω μετάδοσης για το θερμαινόμενο χώρο (i), σε W
- $\Phi_{V,i}$: θερμικές απώλειες σχεδιασμού λόγω αερισμού για το θερμαινόμενο χώρο (i), σε W
- $f_{\Delta\theta,i}$: παράγοντας διόρθωσης θερμοκρασίας που λαμβάνει υπόψη την πρόσθετη απώλεια θερμότητας των δωματίων που θερμαίνονται σε μια υψηλότερη θερμοκρασία από τα παρακείμενα θερμαινόμενα δωμάτια, π.χ. θερμαινόμενο λουτρό στους 24°C, σε W, για τον οποίο ισχύουν οι τιμές του πίνακα 6.34.

Πίνακας 6.34: Τιμές του διορθωτικού παράγοντα θερμοκρασίας $f_{\Delta\theta}$.

Εσωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού δωματίου	$f_{\Delta\theta}$
<u>Κανονική</u> (όση προδιαγράφεται για το χώρο από Κανονισμούς)	1,0
<u>Υψηλότερη από την κανονική</u>	1,6

Εξάλλου ισχύει:

$$\Phi_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (6.44)$$

όπου:

- f_k : συντελεστής διόρθωσης θερμότητας του δομικού στοιχείου (k) που λαμβάνει υπόψη τη διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας της περίπτωσης που εξετάζεται και της εξωτερικής θερμοκρασίας σχεδιασμού, ο οποίος δίδεται στον πίνακα 6.35
- A_k : το εμβαδόν του δομικού στοιχείου (k), σε m²
- U_k : συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου (k), σε W/(m²·K).

Πίνακας 6.35: Τιμές του διορθωτικού παράγοντα θερμότητας f_k του δομικού στοιχείου (k).

Απώλεια θερμότητας	f_k	Σχόλια
Άμεσα στο εξωτερικό	1,00	Εάν οι θερμογέφυρες είναι μονωμένες
	1,40	Εάν οι θερμογέφυρες δεν είναι μονωμένες
	1,00	Για τα παράθυρα, πόρτες
Μέσω μη θερμαινόμενου χώρου	0,80	Εάν οι θερμογέφυρες είναι μονωμένες
	1,12	Εάν οι θερμογέφυρες δεν είναι μονωμένες
Μέσω του εδάφους	0,30	Εάν οι θερμογέφυρες είναι μονωμένες
	0,42	Εάν οι θερμογέφυρες δεν είναι μονωμένες
Μέσω του χώρου της στέγης	0,90	Εάν οι θερμογέφυρες είναι μονωμένες
	1,26	Εάν οι θερμογέφυρες δεν είναι μονωμένες
Δάπεδο πάνω από υπόγειο	0,90	Εάν οι θερμογέφυρες είναι μονωμένες
	1,26	Εάν οι θερμογέφυρες δεν είναι μονωμένες
Σε ένα παρακείμενο κτήριο	0,50	Εάν οι θερμογέφυρες είναι μονωμένες
	0,70	Εάν οι θερμογέφυρες δεν είναι μονωμένες
Σε μια παρακείμενη ανεξάρτητη κατοικία σε σειρά κατοικιών	0,30	Εάν οι θερμογέφυρες είναι μονωμένες
	0,42	Εάν οι θερμογέφυρες δεν είναι μονωμένες

Ακόμα ισχύει:

$$\Phi_{v,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_{\min,i} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \quad (6.45)$$

όπου:

$\dot{V}_{\min,i}$: ελάχιστος ρυθμός ροής αέρα του θερμαινόμενου χώρου (i) σε m³/h που απαιτείται για λόγους υγιεινής, ο οποίος δίδεται από τη σχέση $\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i$.

Ο υπολογισμός του συνολικού θερμικού φορτίου σχεδιασμού για ένα θερμαινόμενο χώρο περιγράφεται από τη σχέση:

$$\Phi_{\text{HL},i} = \Phi_i + \Phi_{\text{RH},i} \quad (6.46)$$

όπου:

Φ_i : συνολική απώλεια θερμότητας σχεδιασμού του θερμαινόμενου χώρου (i), σε W

$\Phi_{\text{RH},i}$: επιπλέον θερμική ισχύς του θερμαινόμενου χώρου (i), σε W.

Για τους περιοδικά θερμαινόμενους χώρους προκύπτει:

$$\Phi_{\text{RH},i} = A_i \cdot f_{\text{RH}} \quad (6.47)$$

όπου:

A_i : εμβαδόν πατωμάτων του θερμαινόμενου χώρου (i), σε m²

f_{RH} : παράγοντας αναθέρμανσης ανάλογα με τον τύπο του κτηρίου, την οικοδόμηση κτηρίου, το χρόνο αναθέρμανσης και τη θεωρούμενη πτώση της εσωτερικής θερμοκρασίας κατά τη ρύθμιση σε χαμηλότερη θερμοκρασία σχεδιασμού.

Το συνολικό θερμικό φορτίο σχεδιασμού για μια ανεξάρτητη κατοικία σε σειρά κατοικιών ή για ένα κτήριο είναι:

$$\Phi_{\text{HL}} = \sum \Phi_{\text{T},i} + \sum \Phi_{v,i} + \sum \Phi_{\text{RH},i} \quad (6.48)$$

όπου:

$\sum \Phi_{\text{T},i}$: σύνολο των θερμικών απωλειών λόγω μετάδοσης όλων των θερμαινόμενων χώρων, αποκλείοντας τη θερμότητα που μεταφέρεται στο εσωτερικό της ανεξάρτητης κατοικίας σε σειρά κατοικιών ή στο κτήριο, σε W

$\sum \Phi_{v,i}$: σύνολο των θερμικών απωλειών λόγω αερισμού όλων των θερμαινόμενων χώρων, αποκλείοντας τη θερμότητα που μεταφέρεται στο εσωτερικό της ανεξάρτητης κατοικίας ή στο κτήριο, σε W

$\sum \Phi_{\text{RH},i}$: άθροισμα της επιπλέον θερμικής ισχύος όλων των θερμαινόμενων χώρων που απαιτείται για να αντισταθμιστούν τα αποτελέσματα της διακοπτόμενης θέρμανσης, σε W.

Όλα τα παραπάνω ισχύουν θεωρώντας ότι έχουμε ομοιόμορφη θερμοκρασία των θερμαινόμενων χώρων με ύψος 5m ή λιγότερο. Αυτή η υπόθεση δεν ισχύει εάν το ύψος δωματίων υπερβαίνει τα 5m και έτσι δεν μπορεί να παραμεληθεί η κατακόρυφη μεταβολή (κλίση) της θερμοκρασίας του αέρα που ενισχύει τις απώλειες θερμότητας, ιδιαίτερα μέσω της στέγης. Για τα κτήρια με τις απώλειες θερμότητας σχεδιασμού λιγότερες ή ίσες με 60W/m² δαπέδου, η συνολική απώλεια θερμότητας σχεδιασμού, για τους χώρους με τα υψηλά ανώτατα όρια, μπορεί να διορθωθεί με την εισαγωγή ενός παράγοντα διορθώσεων ανώτατου ύψους, σύμφωνα με τη σχέση:

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{h,i} \quad (6.49)$$

όπου το $f_{h,i}$ δίδεται από τον πίνακα 6.36.

Πίνακας 6.36: Τιμές του διορθωτικού παράγοντα ανώτατου ύψους $f_{h,i}$.		
Απώλεια θερμότητας	Συντελεστής $f_{h,i}$	
	Ύψος θερμαινόμενου χώρου	
	5 έως 10m	10 έως 15m
Κυρίως με ακτινοβολία		
Θερμό πάτωμα	1,00	1,0
Θερμή οροφή (θερμοκρασιακό επίπεδο < 40)	1,15	Δεν έχει εφαρμογή
Προς τα κάτω ακτινοβολία μέσης και υψηλής θερμοκρασίας από υψηλό επίπεδο	1,00	1,0
Κυρίως με μεταφορά		
Φυσική μεταφορά θερμού αέρα	1,15	Δεν έχει εφαρμογή
Εξαναγκασμένος θερμός αέρας	1,30	1,60
Διαγώνια ροή σε χαμηλό επίπεδο προς τα κάτω από το υψηλό επίπεδο	1,21	1,45
Διαγώνια ροή αέρα μέσης και υψηλής θερμοκρασίας από το ενδιάμεσο επίπεδο	1,15	1,30

6.5. Ψυκτικά φορτία

6.5.1. Βασικές έννοιες

Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν μεθοδολογίες υπολογισμού των ψυκτικών φορτίων ενός χώρου. Πριν όμως γίνει κάτι τέτοιο, είναι σκόπιμο να δοθούν μερικοί βασικοί ορισμοί, προκειμένου να ξεκαθαριστούν οι αντίστοιχες έννοιες.

- Θερμικό κέρδος χώρου:

Είναι το σύνολο των θερμικών ροών (ισχύων) που εισέρχονται σε ένα χώρο ή και δημιουργούνται σε αυτόν σε δεδομένη χρονική στιγμή (ρυθμός εισροής ή παραγωγής θερμότητας). Αυτές οι ροές θερμότητας διακρίνονται σε επιμέρους συνιστώσες ανάλογα με τις πηγές (παράγοντες) που τις δημιουργούν και με την επίπτωση που έχουν στις συνθήκες του χώρου. Στον πίνακα 6.37 παρουσιάζονται βασικές πηγές θερμικού κέρδους ενός χώρου, η πηγή προέλευσής τους και αν προκαλούν αισθητή ή λανθάνουσα θερμότητα στο χώρο.

Πίνακας 6.37: Πηγές και κατηγορίες θερμικών κερδών.

Πηγή θερμικού κέρδους	Κατηγορία	Είδος
Αγωγιμότητα από εξωτερικά τοιχώματα	Εξωτερικά	Αισθητά
Αγωγιμότητα από εσωτερικά τοιχώματα	Εξωτερικά	Αισθητά
Ηλιακή ακτινοβολία μέσω τζαμιών	Εξωτερικά	Αισθητά
Φωτισμός	Εσωτερικά	Αισθητά
Άτομα	Εσωτερικά	Αισθητά και λανθάνοντα
Συσκευές & εξοπλισμός	Εσωτερικά	Αισθητά ή / και λανθάνοντα
Ηλεκτροκινητήρες	Εσωτερικά	Αισθητά
Εισαγωγή εξωτερικού αέρα	Εξωτερικά	Αισθητά και λανθάνοντα

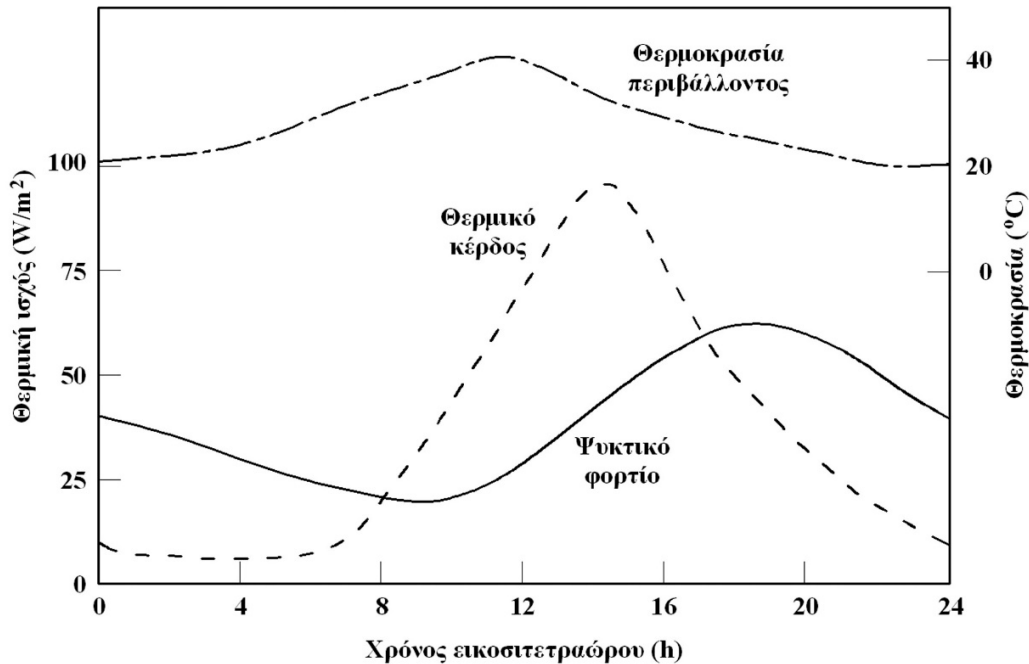
- Ψυκτικό φορτίο χώρου:

Είναι η θερμική ισχύς που πρέπει να αφαιρείται από ένα χώρο, προκειμένου ο αέρας του χώρου αυτού να διατηρείται σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Το ψυκτικό φορτίο χώρου δεν ταυτίζεται με το θερμικό φορτίο χώρου σε δεδομένη χρονική στιγμή. Υπάρχει χρονική καθυστέρηση μεταξύ της χρονικής στιγμής εισροής του θερμικού κέρδους και της χρονικής στιγμής μεταφοράς του στο χώρο ως ψυκτικό φορτίο. Τούτο οφείλεται σε δύο λόγους:

- Ένα μέρος των θερμικών κερδών μεταφέρεται (επιστρέφει) μέσω των δομικών στοιχείων στο περιβάλλον και δεν εμφανίζεται ποτέ ως ψυκτικό φορτίο.
- Τα φορτία λόγω αγωγής, συναγωγής και ακτινοβολίας από το περιβάλλον προς τον εσωτερικό κλιματιζόμενο χώρο ενός κτηρίου δεν εισέρχονται στο χώρο ακαριαία. Αντίθετα, διέρχονται μέσω της μάζας του κτηριακού κελύφους, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του σε σχέση με αυτή του χώρου. Μετά την αύξηση της θερμοκρασίας των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους, τα θερμικά κέρδη μεταφέρονται μέσω αγωγιμότητας προς το εσωτερικό του κτηρίου. Κατά συνέπεια, υπάρχει πάντα μία χρονική υστέρηση ανάμεσα στο ψυκτικό φορτίο ενός χώρου και στο θερμικό κέρδος.

Το θερμικό κέρδος που απάγεται προς το περιβάλλον και δεν εμφανίζεται ως ψυκτικό φορτίο προκύπτει από τα αισθητά φορτία του χώρου. Αντίθετα, το λανθάνον θερμικό κέρδος επηρεάζει αμέσως τις συνθήκες του χώρου (την υγρασία του) και επομένως ταυτίζεται χρονικά και ποσοτικά με το λανθάνον ψυκτικό φορτίο.

Το διάγραμμα του σχήματος 6.5 παρουσιάζει παραστατικά τη χρονική συσχέτιση ανάμεσα στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, στη δημιουργία του θερμικού κέρδους και στην εμφάνιση του ψυκτικού φορτίου.



Σχήμα 6.5: Χρονική συσχέτιση ανάμεσα στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, στη δημιουργία του θερμικού κέρδους και στην εμφάνιση του ψυκτικού φορτίου.

- Αφαιρούμενη θερμική ισχύς:

Είναι η θερμική ισχύς που αφαιρείται από τον κλιματιζόμενο χώρο κάθε χρονική στιγμή, μέσω των συστημάτων ψύξης. Η αφαιρούμενη θερμική ισχύς ταυτίζεται με το ψυκτικό φορτίο χώρου μόνο αν η θερμοκρασία του χώρου παραμένει σταθερή. Στην πραγματικότητα, λόγω των συστημάτων ελέγχου και της διακοπόμενης λειτουργίας του ψυκτικού εξοπλισμού, η θερμοκρασία του χώρου είναι μεταβαλλόμενη (με διακύμανση). Πρακτικά, η θερμοκρασία του χώρου παίρνει υψηλότερες τιμές από την προδιαγραφόμενη και επομένως η αφαιρούμενη θερμική ισχύς είναι μικρότερη από το ψυκτικό φορτίο.

- Ψυκτικό φορτίο συσκευής:

Είναι η θερμική ισχύς που αφαιρείται από το ψυκτικό στοιχείο μιας κλιματιστικής συσκευής που εξυπηρετεί ένα ή περισσότερους κλιματιζόμενους χώρους. Ισούται για κάθε χρονική στιγμή με το άθροισμα των ψυκτικών φορτίων των χώρων καθώς και οποιωνδήποτε άλλων φορτίων που πιθανώς επιβαρύνουν το ψυκτικό στοιχείο. Αυτά τα επιπλέον φορτία μπορεί να είναι το φορτίο λόγω εισαγωγής νωπού αέρα στο χώρο, το θερμικό κέρδος από αεραγωγούς, ανεμιστήρες, αντλίες κλπ.

6.5.2. Η μέθοδος υπολογισμού CLTD/CLF

Η μέθοδος CLTD / CLF [1] αποσκοπεί στον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων ενός χώρου, αποφεύγοντας τη δυναμική ανάλυση μεταφοράς θερμότητας, χρησιμοποιώντας τα μεγέθη: της θερμοκρασιακής διαφοράς ψυκτικού φορτίου (cooling load temperature difference – CLTD) και του συντελεστή ψυκτικού φορτίου (cooling load factor – CLF). Για την παρουσίαση της μεθόδου, αρχικά ας υπενθυμιστεί ότι η μεταφορά θερμικής ισχύος μέσω αγωγής από το περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο ενός κτηρίου, μέσω ενός δομικού στοιχείου επιφάνειας A και θερμικής διαπερατότητας U δίνεται από τη σχέση:

$$\dot{Q}_{c,cond} = U \cdot A \cdot (\theta_o - \theta_i) \quad (6.50)$$

υπό μόνιμες συνθήκες, δηλαδή θεωρώντας τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος θ_o και εσωτερικού χώρου θ_i σταθερές για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, αν η μεταβολή των θερμοκρασιών αυτών χαρακτηρίζεται από μία περιοδικότητα, το θερμικό φορτίο $\dot{Q}_{c,cond}$ θα ακολουθεί την ίδια περιοδικότητα επίσης. Αν υποθέσουμε ότι το θερμικό φορτίο $\dot{Q}_{c,cond}$ για ένα δομικό στοιχείο έχει με κάποιο τρόπο υπολογιστεί, θα μπορούσε να οριστεί ένα μέγεθος, το CLTD, ως η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ περιβάλλοντος και εσωτερικού χώρου η οποία δίνει το ίδιο ψυκτικό φορτίο πολλαπλασιαζόμενη με το γινόμενο $U \cdot A$. Με τον υπολογισμό τέτοιων θερμοκρασιακών διαφορών για τυπικές κτηριακές κατασκευές και συνθήκες περιβάλλοντος, είναι δυνατή η χρήση τους για τον άμεσο υπολογισμό ψυκτικών φορτίων μέσω των δομικών στοιχείων ενός κτηρίου. Έτσι, το ψυκτικό φορτίο από το περιβάλλον προς τον κλιματιζόμενο χώρο μέσω των δομικών στοιχείων του κτηρίου με αγωγή θα δίνεται πλέον από τη σχέση:

$$\dot{Q}_{c,cond,t} = U \cdot A \cdot CLTD_t \quad (6.51)$$

όπου ο δείκτης t υποδεικνύει την τρέχουσα ώρα υπολογισμού εντός του εικοσιτετραώρου.

Ομοίως, στην περίπτωση ύπαρξης ενός σταθερού θερμικού κέρδους από ένα δομικό στοιχείο ενός κτηρίου μέσω ακτινοβολίας, το αντίστοιχο ψυκτικό φορτίο θα ισούται με το συγκεκριμένο θερμικό κέρδος. Αν το θερμικό κέρδος λόγω ακτινοβολίας ακολουθεί μία περιοδικότητα, τότε το ψυκτικό φορτίο θα χαρακτηρίζεται από την ίδια περιοδικότητα. Ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου CLF ορίζεται έτσι, ώστε να δίνει το ψυκτικό φορτίο τη χρονική στιγμή t , πολλαπλασιαζόμενος με το μέγιστο ημερήσιο θερμικό κέρδος \dot{Q}_{max} . Ας σημειωθεί ότι στα περισσότερα (εκτεθειμένα) κτήρια το μέγιστο ψυκτικό φορτίο εμφανίζεται το απόγευμα ή νωρίς το βράδυ.

$$\dot{Q}_{c,rad,t} = \dot{Q}_{max} \cdot CLF_t \quad (6.52)$$

Με το συντελεστή CLF εισάγεται στον υπολογισμό το γεγονός ότι τα ακτινοβολούμενα θερμικά κέρδη μέσω ηλιακής ακτινοβολίας, φωτισμού κλπ, απορροφούνται πρώτα από τη μάζα του κτηριακού κελύφους, για να μετατραπούν τελικά σε ψυκτικά φορτία μόνο αφού αποδοθούν μέσω αγωγής – συναγωγής στον εσωτερικό χώρο. Μόνο τα θερμικά κέρδη μέσω συναγωγής μπορεί να θεωρηθεί ότι ταυτίζονται χρονικά με τα ψυκτικά φορτία. Επίσης κάποια θερμικά κέρδη, π.χ. από τους ενοίκους ενός κτηρίου, είναι μερικώς φορτία μέσω συναγωγής και μερικώς φορτία μέσω ακτινοβολίας. Η ιδιαιτερότητα αυτή λαμβάνεται υπόψη μέσω των συντελεστών CLF.

Οι χαρακτηριστικές τιμές για τους συντελεστές CLTD και CLF έχουν αναπτυχθεί από την ASHRAE με σκοπό να διατηρηθεί το πλήθος των αριθμητικών δεδομένων σε εύλογο μέγεθος. Για το σκοπό αυτό έχουν ληφθεί υπόψη περιορισμένος αριθμός κατασκευαστικών τύπων κτηρίων και συνθηκών περιβάλλοντος. Για την επέκταση της εφαρμογής της μεθόδου έχουν επίσης εισαχθεί διορθωτικοί συντελεστές, διατηρούμενου όμως πάντα του περιορισμού σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας κλιματιζόμενων χώρων θ_i .

Θα πρέπει επίσης να τονιστεί ότι όλες οι μέθοδοι υπολογισμού ψυκτικών φορτίων δεν είναι στατικές. Αντίθετα, με τον εμπλουτισμό της εμπειρίας και της γνώσης πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο, οι μέθοδοι εξελίσσονται συνεχώς. Η επέκταση της μεθόδου CLTD / CLF είναι η μέθοδος CLTD / SCL / CLF.

6.5.2.a. Ψυκτικά φορτία μέσω τοιχοποιίας και οροφής

Για την εξωτερική τοιχοποιία και την οροφή τα ψυκτικά φορτία μέσω αγωγής υπολογίζονται με χρήση των συντελεστών CLTD. Αριθμητικές τιμές μπορούν να βρεθούν στους ακόλουθους πίνακες ως εξής:

- Στον πίνακα 6.38 δίνονται οι τιμές CLTD για εξωτερική τοιχοποιία, και συγκεκριμένα για 7 διαφορετικούς τύπους τοιχοποιίας.
- Στον πίνακα 6.39 δίνονται οι τιμές CLTD για 13 διαφορετικούς τύπους οροφής χωρίς ψευδοροφή.
- Στον πίνακα 6.40 δίνονται οι τιμές CLTD για 13 διαφορετικούς τύπους οροφής με ψευδοροφή.
- Στον πίνακα 6.41 παρουσιάζονται περιγραφές και κατασκευαστικά στοιχεία για τους διαφορετικούς τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας του πίνακα 6.38.
- Στον πίνακα 6.42 παρουσιάζονται περιγραφές και κατασκευαστικά στοιχεία για τους διαφορετικούς τύπους οροφής των πινάκων 6.39 και 6.40.

Γενικά, οι τιμές της CLTD (K) στους πίνακες 6.38 – 6.40 ισχύουν για τις ακόλουθες συνθήκες:

- υψηλή απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία (σκουρόχρωμος τοίχος ή οροφή),
- ηλιακή ακτινοβολία για τις 21 Ιουλίου και γεωγραφικό πλάτος 40°B ,
- επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου $\theta_i = 25,5^{\circ}\text{C}$,
- μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος $\theta_{o,\max} = 35^{\circ}\text{C}$,
- ημερήσια μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος $\theta_{o,\text{av}} = (\theta_{o,\max} + \theta_{o,\min})/2 = 29,4^{\circ}\text{C}$,
- ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας περιβάλλοντος $\theta_{\text{dr}} = \theta_{o,\max} - \theta_{o,\min} = 11,7^{\circ}\text{C}$,
- εξωτερικός συντελεστής συναγωγής $h_o = 17\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
- εσωτερικός συντελεστής συναγωγής $h_e = 8,3\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
- δεν υπάρχει εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα ή αεραγωγοί στο χώρο της οροφής.

Παράδειγμα 6.1

Υπολογισμός αισθητού ψυκτικού φορτίου αγωγής μέσω εξωτερικής τοιχοποιίας

Να υπολογιστεί το μέγιστο αισθητό ψυκτικό φορτίο διά αγωγής μέσω τοιχοποιίας με δυτικό προσανατολισμό, μεταλλικής κατασκευής (τύπος G), συνολικής επιφάνειας 18m^2 και συντελεστή θερμοπερατότητας $0,52\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Οι συνθήκες σχεδιασμού είναι εκείνες για τις οποίες ισχύουν οι τιμές της CLTD στους πίνακες 6.38 – 6.40.

Λύση:

Από τον πίνακα 6.38 για τύπο τοιχοποιίας G και για δυτικό προσανατολισμό παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή CLTD εμφανίζεται στις 17:00 και ισούται με 40K. Συνεπώς, το αισθητό φορτίο διά αγωγής υπολογίζεται ως:

$$\dot{Q}_t = U \cdot A \cdot \text{CLTD}_t \Leftrightarrow \dot{Q}_t = 0,52 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 18\text{m}^2 \cdot 40\text{K} \Leftrightarrow \dot{Q}_t = 374,4\text{W}$$

Πίνακας 6.38: Τιμές CLTD για διαφορετικούς τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας, ανά ώρα εικοσιτετραώρου.

Τοιχοποιία Α																												
ΠΡΟΣ.	Ηλιακός χρόνος																								Ώρα μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά μέγιστου - ελάχιστου CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
B	8	8	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	2	6	8	2	
BA	11	11	11	10	9	9	9	8	8	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	11	22	8	11	3	
A	13	13	13	13	12	12	11	11	11	10	11	11	11	12	12	13	13	13	14	14	14	14	14	22	10	14	4	
NA	13	13	13	12	12	11	11	11	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	13	13	22	10	13	3		
N	11	11	11	11	10	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	9	9	10	11	11	11	11	23	8	11	3	
NΔ	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	11	10	9	9	9	9	10	11	11	12	13	13	14	24	9	14	4	
Δ	15	15	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	11	10	10	10	10	11	11	12	13	14	14	1	10	15	5	
BΔ	12	12	12	11	11	11	11	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8	9	9	10	11	11	12	1	8	12	4	
Τοιχοποιία Β																												
ΠΡΟΣ.	Ηλιακός χρόνος																								Ώρα μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά μέγιστου - ελάχιστου CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
B	8	8	8	7	7	6	6	6	5	5	5	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8	8	8	24	4	8	4	
BA	11	10	9	9	8	8	7	7	7	7	8	8	9	9	10	11	11	11	11	12	12	12	11	21	7	12	5	
A	13	12	12	11	10	9	9	8	8	8	9	11	12	12	13	14	14	14	15	15	14	14	14	20	8	15	7	
NA	13	12	12	11	10	9	9	8	8	8	8	9	10	11	12	13	13	14	14	14	14	14	13	21	8	14	7	
N	12	11	11	10	9	8	8	7	7	6	6	6	6	7	8	8	9	11	11	12	12	12	12	23	6	12	6	
NΔ	15	14	14	13	12	12	11	10	9	8	8	8	7	7	8	8	9	11	12	14	15	16	16	24	7	16	8	
Δ	16	16	15	14	13	13	12	11	10	9	9	8	8	8	8	8	9	11	12	14	15	16	17	24	8	17	9	
BΔ	13	12	12	11	11	10	9	8	8	7	7	7	6	7	7	7	8	9	11	12	12	13	13	24	6	13	7	

Πίνακας 6.38: Τιμές CLTD για διαφορετικούς τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας, ανά ώρα εικοσιτετραώρου.

Τοιχοποιία C																												
ΠΡΟΣ.	Ηλιακός χρόνος																								Ώρα μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά μέγιστου - ελάχιστου CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
B	8	8	7	7	6	6	5	4	4	4	4	4	4	5	6	7	7	8	8	9	9	9	9	9	22	4	9	6
BA	11	9	9	8	7	6	6	6	6	7	8	9	11	11	12	12	12	13	13	13	13	12	12	11	20	6	13	7
A	12	12	11	9	8	8	7	7	8	9	11	12	14	15	16	16	17	17	17	16	16	15	14	13	18	7	17	10
NA	12	12	11	9	8	8	7	7	7	7	9	11	12	13	14	16	16	16	16	16	16	15	14	13	19	7	16	9
N	12	11	10	9	8	7	7	6	5	5	5	6	6	8	9	11	12	13	14	14	14	14	13	12	20	5	14	9
NΔ	16	15	14	12	11	10	9	8	7	7	6	6	6	7	8	10	12	14	16	18	18	18	18	17	22	6	18	12
Δ	17	16	15	14	12	11	10	9	8	7	7	7	7	7	8	9	11	13	16	18	19	19	19	18	22	7	19	13
BΔ	14	13	12	11	10	9	8	7	6	6	6	6	6	6	7	7	8	10	12	14	15	15	14	22	6	15	9	
Τοιχοποιία D																												
ΠΡΟΣ.	Ηλιακός χρόνος																								Ώρα μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά μέγιστου - ελάχιστου CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
B	8	7	7	6	5	4	3	3	3	3	3	4	4	6	7	7	8	9	10	11	11	11	10	9	21	3	11	7
BA	9	8	7	6	6	4	4	4	6	8	9	11	12	13	13	13	13	14	14	13	13	12	11	10	19	4	14	10
A	11	9	8	7	6	5	4	5	7	9	12	15	17	18	18	18	18	18	17	17	16	14	13	12	16	4	18	14
NA	11	9	8	7	6	6	4	4	6	7	9	12	14	16	17	18	18	18	17	17	16	14	13	12	17	4	18	13
N	11	9	8	7	6	5	4	4	3	3	4	5	7	9	11	13	15	16	16	16	15	14	13	12	19	3	16	13
NΔ	16	14	12	11	9	8	7	6	5	4	4	4	6	7	9	12	15	18	20	21	21	21	19	17	21	4	21	17
Δ	17	15	13	12	10	8	7	6	6	5	5	5	6	6	8	10	13	17	20	22	23	22	21	19	21	5	23	18
BΔ	14	12	11	9	8	7	6	5	4	4	4	4	5	6	7	8	10	12	15	17	18	18	17	15	22	4	18	14

Πίνακας 6.38: Τιμές CLTD για διαφορετικούς τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας, ανά ώρα εικοσιτετραώρου.

Τοιχοποιία Ε																												
ΠΡΟΣ.	Ηλιακός χρόνος																								Ώρα μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά μέγιστου - ελάχιστου CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
B	7	6	4	4	3	2	2	2	3	3	4	5	6	7	8	9	11	11	12	13	11	10	9	8	20	2	13	11
BA	7	6	5	4	3	2	3	5	8	11	13	14	14	14	14	14	14	14	14	13	12	11	9	8	16	2	14	12
A	8	7	6	4	3	3	3	6	10	14	18	20	21	21	20	19	18	18	17	16	14	12	11	9	13	3	21	18
NA	8	7	6	4	4	3	3	4	7	11	14	17	19	21	21	20	19	18	17	16	14	13	11	9	15	3	21	18
N	8	7	6	4	4	3	2	2	2	3	5	7	11	13	16	18	19	18	17	16	14	13	11	9	17	2	19	17
NΔ	12	10	8	7	6	4	3	3	3	3	4	5	7	10	13	18	21	24	25	24	22	19	17	14	19	3	25	22
Δ	14	12	9	8	6	5	4	3	3	3	4	5	6	8	11	15	20	24	27	27	25	22	19	16	20	3	27	24
BΔ	11	9	8	6	5	4	3	3	3	3	3	4	6	7	9	11	14	18	21	21	20	18	16	13	20	3	21	18
Τοιχοποιία F																												
ΠΡΟΣ.	Ηλιακός χρόνος																								Ώρα μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά μέγιστου - ελάχιστου CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
B	4	3	3	2	1	1	1	2	3	4	5	6	8	9	11	12	12	13	13	13	11	9	7	6	19	1	13	13
BA	5	4	3	2	1	1	3	8	13	16	17	16	16	15	15	15	14	13	12	11	9	7	6	11	1	17	16	
A	6	4	3	2	2	1	3	9	16	21	24	25	24	22	20	19	18	17	15	13	12	9	8	7	12	1	25	24
NA	6	4	3	2	2	1	2	6	11	16	20	23	24	23	22	20	19	17	16	14	12	10	8	7	13	1	24	23
N	6	4	3	2	2	1	1	1	2	4	7	11	15	19	21	22	21	19	17	14	12	10	8	7	16	1	22	21
NΔ	8	6	5	3	3	2	1	1	2	3	4	6	9	14	19	24	28	29	29	25	21	16	13	10	18	1	29	28
Δ	9	7	6	4	3	2	2	2	2	3	4	6	8	11	16	22	27	32	33	30	24	19	15	12	19	2	33	32
BΔ	8	6	4	3	2	2	1	1	2	3	4	6	7	8	12	15	19	23	26	24	19	16	12	10	19	1	26	24

Πίνακας 6.38: Τιμές CLTD για διαφορετικούς τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας, ανά ώρα εικοσιτετραώρου.

Τοιχοποιία G																												
ΠΡΟΣ.	Ηλιακός χρόνος																								Ώρα μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά μέγιστου - ελάχιστου CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
B	2	1	1	0	-1	1	4	4	5	7	8	10	12	13	13	13	14	14	12	8	6	5	4	3	18	-1	14	15
BA	2	1	1	0	-1	5	15	20	22	19	17	14	14	15	15	14	14	12	10	8	6	5	4	3	9	-1	22	22
A	2	1	1	0	-1	6	17	26	30	31	28	22	18	17	17	16	15	13	11	8	7	6	4	3	10	-1	31	31
NA	2	1	1	0	-1	3	10	18	23	27	28	27	23	20	18	17	15	13	11	8	7	6	4	3	11	-1	28	29
N	2	1	1	0	-1	0	1	3	7	12	17	22	25	26	24	21	17	14	11	8	7	6	4	3	14	-1	26	26
NΔ	3	2	2	1	0	0	1	3	4	7	9	14	21	28	33	35	34	29	21	13	9	7	6	4	16	0	35	35
Δ	3	3	2	1	1	1	1	3	4	6	8	11	15	23	31	37	40	37	27	16	11	8	6	4	17	1	40	39
BΔ	3	2	1	1	0	0	1	3	4	6	8	10	12	15	21	26	31	31	23	14	9	7	6	4	18	0	31	31

Πίνακας 6.39: Τιμές CLTD για διαφορετικούς τύπους οροφής, χωρίς ψευδοροφή, ανά ώρα εικοσιτετραώρου.

Αριθμός οροφής	Ηλιακός χρόνος																								Ωρα μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά μέγιστου - ελάχιστου CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
1	1	-1	-2	-2	-3	-2	3	11	19	27	34	39	43	44	43	39	33	25	17	10	7	4	3	2	14	-3	44	47
2	3	2	0	-1	-2	-2	-1	2	8	15	22	29	34	39	41	41	39	34	28	21	16	11	8	5	16	-2	41	43
3	5	3	1	0	-1	-2	-2	1	5	11	18	24	31	36	39	41	39	37	32	25	19	14	10	7	16	-2	41	42
4	7	4	3	2	0	-1	-1	2	6	11	17	23	28	33	36	37	37	34	30	25	20	16	12	9	16	-1	37	37
5	2	0	-2	-2	-3	-4	-3	-2	3	9	15	22	27	32	35	36	34	32	27	21	14	10	6	4	16	-4	36	39
6	12	9	7	5	3	2	1	1	2	4	8	13	18	24	28	32	34	36	34	32	28	23	19	16	18	1	36	35
7	16	13	11	9	7	6	4	3	3	5	7	11	15	19	23	27	29	31	31	30	27	24	22	19	19	3	31	28
8	19	17	14	12	10	8	6	5	4	4	5	7	11	14	18	22	26	28	29	30	29	27	25	22	20	4	30	26
9	14	12	10	8	7	5	4	4	6	8	11	14	18	22	26	28	29	29	29	27	24	21	19	17	18	4	29	25
10	17	14	13	11	9	7	6	5	4	5	7	9	13	16	20	23	26	27	28	28	26	24	22	19	19	4	28	24
11	19	17	16	14	12	11	9	8	7	7	8	10	12	14	17	20	22	24	25	26	25	24	22	21	20	7	26	18
12	17	16	14	12	11	9	8	8	8	9	10	12	14	17	20	22	24	25	25	24	23	22	21	19	19	8	25	17
13	21	20	18	17	16	14	12	11	10	9	9	9	10	12	13	16	18	20	22	23	24	24	23	22	22	9	24	15

Πίνακας 6.40: Τιμές CLTD για διαφορετικούς τύπους οροφής, με ψευδοροφή, ανά ώρα εικοσιτετραώρου.

Αριθμός οροφής	Ηλιακός χρόνος																								Ώρα μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά μέγιστου - ελάχιστου CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
1	1	0	-1	-2	-2	-2	-1	5	13	21	28	34	39	43	43	41	37	31	23	16	10	7	4	3	15	-2	43	46
2	11	8	6	4	3	2	1	2	4	7	12	17	22	27	31	33	34	34	32	28	24	21	17	14	17	1	34	33
3	11	8	6	4	2	1	0	0	2	6	11	16	22	27	31	34	36	36	34	30	26	21	17	13	17	0	36	36
4	16	14	13	11	9	8	7	7	8	9	11	14	17	19	22	24	26	26	26	24	23	21	19	18	18	7	26	19
5	14	11	9	7	6	4	3	3	4	7	10	14	18	23	27	29	32	32	31	29	26	22	19	16	18	3	32	29
6	18	16	13	11	9	7	6	4	4	4	6	9	12	16	20	23	27	29	30	30	28	26	23	21	20	4	30	26
7	19	17	16	14	13	12	10	9	8	8	9	10	12	14	17	19	21	23	24	24	24	23	22	21	21	8	24	16
8	22	20	18	16	14	13	11	10	8	8	8	8	9	11	14	16	19	21	23	25	26	25	24	23	21	8	26	18
9	17	16	15	14	13	12	12	11	11	12	12	13	15	16	18	19	20	21	21	21	21	20	19	18	19	11	21	10
10	19	18	17	16	14	13	12	11	10	10	10	11	12	14	16	18	19	21	22	23	23	22	22	21	21	10	23	13
11	17	16	16	15	14	14	13	13	12	12	12	13	13	14	14	16	16	17	18	18	18	18	18	18	22	12	18	6
12	16	16	15	14	14	13	13	12	12	12	12	13	14	14	16	17	18	18	19	19	19	18	18	17	20	12	19	7
13	19	19	18	18	17	16	15	14	13	13	12	12	12	12	13	14	15	17	18	19	19	20	21	20	23	12	21	9

Πίνακας 6.41: Περιγραφές και κατασκευαστικά στοιχεία για τους διαφορετικούς τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας του πίνακα 6.38.

Περιγραφή τοιχοποιίας	Κωδικός τοίχου	Περιγραφή πρόσθετης κατασκευής	Βάρος (kg/m ²)	U (W/m ² ·K)
Τούβλο πάχους 100mm (+ τούβλο)	C	Αέρας & τούβλο πάχους 100mm	400	2,03
	D	Τούβλο πάχους 100mm	440	2,36
	C	Αέρας ή μόνωση πάχους 25mm & τούβλο πάχους 100mm	440	1 - 1,71
	B	Μόνωση πάχους 50mm & τούβλο πάχους 100mm	430	0,63
	B	Τούβλο πάχους 200mm	630	1,71
	A	Μόνωση ή αέρας και διπλή τοιχοποιία από τούβλο πάχους 200mm	630	0,87 - 1,38
Τούβλο πάχους 100mm (+ μπλόκος από ελαφρύ ή βαρύ σκυρόδεμα)	E	Μπλόκος σκυροδέματος πάχους 100mm	300	1,81
	D	Αέρας ή μόνωση & μπλόκος σκυροδέματος πάχους 100mm	300	0,86 - 1,40
	D	Μπλόκος σκυροδέματος πάχους 200mm	340	1,56
	C	Αέρας ή μόνωση πάχους 25mm & μπλόκος σκυροδέματος πάχους 150mm ή 200mm	360 - 430	1,25 - 1,56
	B	Μόνωση πάχους 50mm & μπλόκος σκυροδέματος πάχους 200mm	430	0,55 - 0,61
Τοίχος από βαρύ σκυρόδεμα	E	Σκυρόδεμα πάχους 100mm	310	3,32
	D	Σκυρόδεμα πάχους 100mm και μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	310	0,68 - 1,14
	C	Σκυρόδεμα πάχους 100mm και μόνωση πάχους 50mm	310	0,68
	C	Σκυρόδεμα πάχους 200mm	530	2,78
	B	Σκυρόδεμα πάχους 200mm και μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	540	0,65 - 1,06
	A	Σκυρόδεμα πάχους 200mm και μόνωση πάχους 50mm	760	0,65
	B	Σκυρόδεμα πάχους 300mm	760	2,39
	A	Σκυρόδεμα πάχους 300mm και μόνωση	760	0,64
Μεταλλική τοιχοποιία	G	Με / χωρίς αέρα & μόνωση πάχους 25mm / 50mm / 75mm	20 - 30	0,52 - 1,31
Συνθετική τοιχοποιία	G	Μόνωση πάχους 25mm έως 75mm.	80	0,46 - 1,01

Πίνακας 6.42: Περιγραφές και κατασκευαστικά στοιχεία για τους διαφορετικούς τύπους οροφής των πινάκων 6.39 και 6.40.

Αριθμός οροφής	Κατασκευή	Χωρίς ψευδοροφή		Με ψευδοροφή	
		Μάζα (kg/m ²)	U (W/m ² ·K)	Μάζα (kg/m ²)	U (W/m ² ·K)
1	Φύλλο χάλυβα με μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	30 (40)	1,21 (0,70)	40 (50)	0,65
2	Εύλο πάχους 25mm με μόνωση πάχους 25mm	40	0,97	50	0,65
3	Ελαφρύ σκυρόδεμα πάχους 100mm	90	1,21	100	0,76
4	Βαρύ σκυρόδεμα πάχους 50mm με μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	140	1,17 (0,69)	150	0,74
5	Εύλο πάχους 25mm με μόνωση πάχους 50mm	40	0,62	50	0,47
6	Ελαφρύ σκυρόδεμα πάχους 150mm	120	0,90	130	0,62
7	Εύλο πάχους 65mm με μόνωση πάχους 25mm	60	0,74	70	0,55
8	Ελαφρύ σκυρόδεμα πάχους 200mm	100	0,72	160	0,53
9	Βαρύ σκυρόδεμα πάχους 100mm με μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	250 (250)	1,14 (0,68)	260 (260)	0,73 (0,51)
10	Εύλο πάχους 65mm με μόνωση πάχους 50mm	60	0,53	70	0,41
11	Οροφή βατή (σκυρόδεμα πάχους 100mm τουλάχιστον, στεγανωτική μεμβράνη, μόνωση 50mm, τσιμεντοκονία πρόσφυσης, πλακάκια ή πλάκες ταρατσών)	370	0,60	380	0,47
12	Βαρύ σκυρόδεμα πάχους 150mm με μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	370 (370)	1,09 (0,66)	380 (380)	0,71 (0,50)
13	Εύλο πάχους 100mm με μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	80 (90)	0,60 (0,44)	90 (100)	0,47 (0,36)

Στη γενική περίπτωση που τα δομικά στοιχεία του κτηρίου δεν συμπίπτουν με αυτά που παρουσιάζονται στους πίνακες 6.38 – 6.40, τότε ο μελετητής θα πρέπει να έχει υπόψη του ότι γενικά μεταβάλλονται δύο μεγέθη, η θερμική διαπερατότητα του δομικού στοιχείου U και η τιμή CLTD. Είναι αυτονόητο ότι θα πρέπει πάντα να χρησιμοποιείται η ορθή τιμή της θερμικής διαπερατότητας U για την πραγματική κατασκευή του δομικού στοιχείου και όχι αυτή που δίνεται από τους παρακάτω πίνακες. Στην περίπτωση αυτή η πραγματική τιμή της θερμικής διαπερατότητας υπολογίζεται αναλυτικά με βάση τη σχέση ορισμού της, συναρτήσει των συντελεστών θερμικής μετάβασης, των συντελεστών αγωγιμότητας και των παχών των στρώσεων των υλικών του δομικού στοιχείου.

Για τον υπολογισμό της τιμής της CLTD στην περίπτωση διαφορετικής κατασκευής εξωτερικής τοιχοποιίας ή οροφής, θα πρέπει να επιλέγεται η αντίστοιχη κατηγορία τοίχου ή οροφής από τους πίνακες 6.38 – 6.40 η οποία προσεγγίζει περισσότερο την πραγματική κατασκευή, αναφορικά με το βάρος του δομικού στοιχείου και τη θερμοχωρητικότητά του.

Πρόσθετη μόνωση: Για την εξωτερική τοιχοποιία, στην περίπτωση πρόσθετης μόνωσης, τότε για κάθε επιπλέον 1,23m²·K/W θερμικής αντίστασης της τοιχοποιίας θα πρέπει να επιλέγεται:

- Στην περίπτωση όπου η πρόσθετη μόνωση είναι εσωτερική, η προηγούμενη κατηγορία δομικού στοιχείου του πίνακα από αυτή που προσεγγίζει περισσότερο τα πραγματικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του.
- Στην περίπτωση όπου η πρόσθετη μόνωση είναι εξωτερική, η κατηγορία δομικού στοιχείου που βρίσκεται δύο θέσεις ψηλότερα στον πίνακα από αυτή που προσεγγίζει περισσότερο τα πραγματικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του.

Αν η παραπάνω αλλαγή δεν είναι δυνατό να γίνει, γιατί η κατηγορία που προσεγγίζει περισσότερο τα πραγματικά χαρακτηριστικά του δομικού στοιχείου είναι ήδη η κατηγορία Α, τότε θα πρέπει να εισαχθούν οι ακόλουθες τιμές της CLTD, ανάλογα με τον προσανατολισμό του τοίχου:

<i>Πίνακας 6.43: Τιμές CLTD εξωτερικής τοιχοποιίας συναρτήσει του προσανατολισμού της για επιπρόσθετη μόνωση.</i>					
Προσανατολισμός	B	BA ή ΒΔ	A ή Δ	NA ή ΝΔ	N
CLTD (K)	6,1	9,4	12,2	11,6	9,4

Για την περίπτωση οροφής, στην περίπτωση πρόσθετης μόνωσης, τότε για κάθε επιπλέον $1,23\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ θερμικής αντίστασης της οροφής θα πρέπει να επιλέγεται η κατηγορία εκείνη που είναι περίπου η ίδια με την πραγματική, με εμφάνιση όμως της μέγιστης τιμής CLTD δύο ώρες αργότερα. Στην περίπτωση που τούτο δεν είναι εφικτό, γιατί έχει ήδη επιλεγεί η κατηγορία οροφής με τη μεγαλύτερη χρονική υστέρηση στην εμφάνιση της μέγιστης CLTD, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τιμή $\text{CLTD} = 16\text{K}$.

Διαφορετικές συνθήκες: Αν οι συνθήκες σχεδιασμού είναι διαφορετικές από εκείνες για τις οποίες ισχύουν οι τιμές της CLTD των πινάκων 6.4 – 6.6, τότε η τιμή της CLTD που τελικά θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να διορθωθεί με βάση τη σχέση:

$$\text{CLTD}_{\text{cor}} = (\text{CLTD} + \text{LM})\text{K} + (25,5^\circ\text{C} - \theta_i) + (\theta_{\text{o,av}} - 29,4^\circ\text{C}) \quad (6.53)$$

όπου:

- LM : διορθωτικός συντελεστής για το γεωγραφικό πλάτος της θέσης μελέτης και τη χρονική στιγμή υπολογισμού
 K : συντελεστής για το χρώμα του δομικού στοιχείου
 $\theta_i, \theta_{\text{o,av}}$: οι πραγματικές τιμές του προβλήματος.

Ο διορθωτικός συντελεστής LM που αφορά τη θέση και τη χρονική στιγμή υπολογισμού δίνεται από τον πίνακα 6.44.

Ο διορθωτικός συντελεστής χρώματος K λαμβάνεται 1 για σκουρόχρωμες επιφάνειες και 0,5 για ανοιχτόχρωμες επιφάνειες. Γενικότερα τιμές του K μικρότερες της μονάδας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο αν υπάρχει βεβαιότητα ότι το δομικό στοιχείο διατηρεί μόνιμα χαμηλή απορροφητικότητα.

Η μέση ημερήσια θερμοκρασία $\theta_{\text{o,av}}$ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\theta_{\text{o,av}} = \theta_{\text{o,max}} - 0,5 \cdot \theta_{\text{dr}} \quad (6.54)$$

όπου θ_{dr} η ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και $\theta_{\text{o,max}}$ η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος, που αποτελεί και τη θερμοκρασία υπολογισμού των ψυκτικών φορτίων.

Πίνακας 6.44: Διορθωτικός συντελεστής LM για τον υπολογισμό της CLTD, για διαφορετική θέση και χρονική στιγμή υπολογισμού σε σχέση με τις πρότυπες συνθήκες σχεδίασης.

Γ.Π. (°)	Μήνας	B	BA / BA	A / Δ	NA / NA	N	Οριζόντιο
0	Δεκέμβριος	-1,7	-2,8	-1,1	1,7	5,0	-0,6
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-1,7	-2,2	-0,6	1,1	3,9	-0,6
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-1,7	-1,1	-0,6	0,0	0,0	0,0
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	0,6	-0,6	-1,7	-4,4	0,0
	Απρίλιος / Αύγουστος	2,8	1,7	-1,1	-3,3	-4,4	-1,1
	Μάιος / Ιούλιος	5,6	2,8	-1,7	-4,4	-4,4	-2,2
	Ιούνιος	6,7	2,8	-1,7	-5,0	-4,4	-2,8
8	Δεκέμβριος	-2,2	-3,3	-1,7	2,2	6,7	-2,8
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-1,7	-3,3	-1,1	1,7	5,6	-2,2
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-1,7	-1,7	-0,6	0,6	2,2	-0,6
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-0,6	-0,6	-1,1	-2,2	0,0
	Απρίλιος / Αύγουστος	1,1	1,1	-0,6	-2,8	-3,9	-0,6
	Μάιος / Ιούλιος	3,9	2,2	-1,1	-3,9	-3,9	-1,1
	Ιούνιος	5,0	2,2	-1,1	-4,4	-3,9	-1,1
16	Δεκέμβριος	-2,2	-4,4	-2,2	2,2	7,2	-5,0
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-2,2	-3,9	-2,2	2,2	6,7	-3,9
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-1,7	-2,8	-1,1	1,1	3,9	-2,2
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-1,1	-0,6	0,0	0,0	-0,6
	Απρίλιος / Αύγουστος	-0,6	-0,6	-0,6	-1,7	-3,3	0,0
	Μάιος / Ιούλιος	2,2	1,7	-0,6	-2,8	-3,9	0,0
	Ιούνιος	3,3	2,2	-0,6	-3,3	0,0	-3,9
24	Δεκέμβριος	-2,8	-5,0	-3,9	1,7	7,2	-7,2
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-2,2	-4,4	-3,3	5,0	7,2	-6,1
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-2,2	-3,3	-1,7	1,7	5,6	-3,9
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-1,7	-0,6	0,6	2,2	-1,7
	Απρίλιος / Αύγουστος	-1,1	0,0	-0,6	-0,6	-1,7	0,0
	Μάιος / Ιούλιος	0,6	1,1	0,0	-1,7	-3,3	0,6
	Ιούνιος	1,7	1,7	0,0	-2,2	-3,3	0,6
32	Δεκέμβριος	-2,8	-5,6	-4,4	1,1	6,7	-9,4
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-2,8	-5,0	-4,4	-2,2	5,0	6,7
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-2,2	-3,9	-2,2	2,2	6,1	-5,6
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-2,2	-1,1	1,7	3,9	-2,8
	Απρίλιος / Αύγουστος	-1,1	-0,6	0,0	0,0	0,6	-0,6
	Μάιος / Ιούλιος	0,6	0,6	0,0	-0,6	-1,7	0,6
	Ιούνιος	0,6	1,1	0,0	-1,1	-2,2	1,1
40	Δεκέμβριος	-3,3	-5,6	-5,6	0,0	5,6	-11,7
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-2,8	-5,6	-5,0	0,6	6,1	-10,6
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-2,8	-4,4	-3,3	1,7	6,7	-7,8
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-2,2	-2,8	-1,7	2,2	5,6	-4,4
	Απρίλιος / Αύγουστος	-1,1	-1,1	0,0	1,1	2,2	-1,7
	Μάιος / Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6
	Ιούνιος	0,6	0,6	0,6	0,0	-0,6	1,1
48	Δεκέμβριος	-3,3	-6,1	-7,2	-1,7	3,3	-13,9
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-3,3	-6,1	-6,1	-0,6	4,4	-13,3
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-2,8	-5,6	-4,4	0,6	6,1	-10,0

Πίνακας 6.44: Διορθωτικός συντελεστής LM για τον υπολογισμό της CLTD, για διαφορετική θέση και χρονική στιγμή υπολογισμού σε σχέση με τις πρότυπες συνθήκες σχεδίασης.

Γ.Π. (°)	Μήνας	B	BA / BA	A / Δ	NA / NA	N	Οριζόντιο
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-2,2	-3,3	-2,2	2,2	6,1	-6,1
	Απρίλιος / Αύγουστος	-1,7	-1,7	-0,6	2,2	3,9	-2,8
	Μάιος / Ιούλιος	0,0	0,0	0,6	1,7	2,2	0,0
	Ιούνιος	0,6	1,1	1,1	1,1	1,7	1,1
56	Δεκέμβριος	-3,9	-6,7	-8,9	-5,0	-1,7	-15,6
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-3,3	-6,1	-7,8	-3,3	1,1	-15,0
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-3,3	-5,6	-5,6	0,0	5,0	-12,2
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-2,8	-3,9	-2,8	2,2	6,7	-8,3
	Απρίλιος / Αύγουστος	-1,7	-2,2	-0,6	2,8	5,0	-4,4
	Μάιος / Ιούλιος	0,0	0,0	1,1	2,8	3,9	-1,1
	Ιούνιος	1,1	1,1	1,7	2,2	3,3	0,6
64	Δεκέμβριος	-3,9	-6,7	-9,4	-8,9	-6,7	-16,7
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-3,9	-6,7	-8,9	-7,2	-4,4	-16,1
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-3,3	-6,1	-7,2	-2,2	2,2	-14,4
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-2,8	-5,0	-3,9	-1,7	6,1	-11,1
	Απρίλιος / Αύγουστος	-1,7	-2,2	-0,6	2,8	6,1	-6,1
	Μάιος / Ιούλιος	0,6	0,6	1,7	3,3	5,6	-1,7
	Ιούνιος	1,1	1,1	2,2	3,3	5,0	0,0

Παράδειγμα 6.2

Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου αγωγής μέσω εξωτερικής τοιχοποιίας για μη πρότυπες συνθήκες

Να υπολογιστεί το μέγιστο (αισθητό) ψυκτικό φορτίο διά αγωγής μέσω τοιχοποιίας με δυτικό προσανατολισμό, μεταλλικής κατασκευής (τύπος G), συνολικής επιφάνειας 18m², με προσθήκη μόνωσης που αυξάνει τη θερμική αντίσταση της τοιχοποιίας κατά 1,23m²·K/W, οπότε ο τελικός συντελεστής θερμοπερατότητας έχει τιμή 0,32W/(m²·K). Η θερμοκρασία περιβάλλοντος (σχεδιασμού) δίνεται 32,2°C και η επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου 25,5°C. Η ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας είναι 8,3K. Η θέση του κτηρίου βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 25,5°B. Η επιφάνεια της τοιχοποιίας είναι σκουρόχρωμη. Η χρονική στιγμή υπολογισμού είναι εντός του Ιουλίου.

Λύση:

Καταρχήν από τον πίνακα 6.44, για τοίχο με δυτικό προσανατολισμό, θέση μελέτης με γεωγραφικό πλάτος 24°B (κατά προσέγγιση το πλησιέστερο στο πραγματικό γεωγραφικό πλάτος της θέσης) και μήνα Ιούλιο, ο συντελεστής LM βρίσκεται ίσος με 0,0. Για σκουρόχρωμη επιφάνεια ο συντελεστής K διατηρείται ίσος με 1,0.

Η τοιχοποιία που περιγράφεται ανήκει κανονικά στην κατηγορία G. Ωστόσο, προκειμένου να ληφθεί υπόψη η προσθήκη επιπλέον μόνωσης, η τιμή της CLTD λαμβάνεται για τον τοίχο της προηγούμενης κατηγορίας, δηλαδή της κατηγορίας F. Για την κατηγορία αυτή η μέγιστη ημερήσια τιμή της CLTD εμφανίζεται στις 19:00 και για δυτικό προσανατολισμό ισούται με 33K.

Η μέση ημερήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος προκύπτει από τη σχέση 6.54:

$$\theta_{o,av} = \theta_{o,max} - 0,5 \cdot \theta_{dr} \Leftrightarrow \theta_{o,av} = 32,2 - 0,5 \cdot 8,3 \Leftrightarrow \theta_{o,av} = 28,05^{\circ} \text{C}$$

Η διορθωμένη τιμή για τη CLTD προκύπτει από τη σχέση 6.53:

$$\begin{aligned} CLTD_{cor} &= (CLTD + LM)K + (25,5^\circ C_o - \theta_i) + (\theta_{o,av} - 29,4^\circ C) \Leftrightarrow \\ CLTD_{cor} &= (33 + 0) \cdot 1 + (25,5^\circ C - 25,5^\circ C) + (28,05^\circ C - 29,4^\circ C) \Leftrightarrow \\ CLTD_{cor} &= 31,65K \end{aligned}$$

Τελικά, το μέγιστο ψυκτικό φορτίο μέσω της συγκεκριμένης τοιχοποιίας υπολογίζεται:

$$\dot{Q}_t = U \cdot A \cdot CLTD_{cor} \Leftrightarrow \dot{Q}_t = 0,32 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 18m^2 \cdot 31,65K \Leftrightarrow \dot{Q}_t = 182,3W$$

6.5.2.β. Ψυκτικά φορτία μέσω ανοιγμάτων

Τα θερμικά κέρδη μέσω παραθύρων υπολογίζονται ξεχωριστά ως θερμικά κέρδη μέσω αγωγής και θερμικά κέρδη μέσω της μεταφερόμενης ή απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας διαμέσου του υαλοπίνακα.

Τα θερμικά κέρδη μέσω αγωγής υπολογίζονται από τη σχέση:

$$\dot{Q}_{c,cond,glaz,t} = U \cdot A \cdot CLTD_{glaz,t} \quad (6.55)$$

Οι τιμές της $CLTD_{glaz,t}$ δίνονται από τον πίνακα 6.45. Παρατηρείται ότι οι τιμές του πίνακα αυτού είναι ανεξάρτητες του προσανατολισμού ανοίγματος, καθώς στη σχέση 6.55 δε συνυπολογίζονται τα θερμικά κέρδη λόγω ηλιακής ακτινοβολίας. Για τον ίδιο λόγο δεν γίνονται διορθώσεις LM στη σχέση 6.53.

Πίνακας 6.45: Τιμές CLTD για τον υπολογισμό θερμικών κερδών αγωγιμότητας μέσω υαλοπινάκων.

Ηλιακός χρόνος	$CLTD_{glaz}$ (°C)	Ηλιακός χρόνος	$CLTD_{glaz}$ (°C)
1	1	13	7
2	0	14	7
3	-1	15	8
4	-1	16	8
5	-1	17	7
6	-1	18	7
7	-1	19	6
8	0	20	4
9	1	21	3
10	2	22	2
11	4	23	2
12	5	24	1

Τα ηλιακά κέρδη μέσω υαλοπινάκων υπολογίζονται με βάση το συντελεστή ηλιακών κερδών (Solar Heat Gain Factor – SHGF). Μέσω του συντελεστή αυτού εκφράζεται η μεταφορά ηλιακής ακτινοβολίας από το περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο μέσω της διαπερατότητας και της απορροφητικότητας του υαλοπίνακα. Η ηλιακή ακτινοβολία που μεταφέρεται λόγω της διαπερατότητας του υαλοπίνακα στο εσωτερικό ενός κτηρίου θεωρείται ότι απορροφάται όλη από το εσωτερικό περιβάλλον και μετατρέπεται σε θερμότητα. Η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται από τον υαλοπίνακα οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας του, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της θερμικής διαπερατότητας U του υλικού του υαλοπίνακα. Ο SHGF συνδυάζει και τις δύο ροές θερμότητας από το περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο. Για απλό, μονό υαλοπίνακα δίνεται από τη σχέση:

$$SHGF = F \cdot I \quad (6.56)$$

όπου ο συντελεστής F ισούται με 0,87 και I είναι η ολική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στον υαλοπίνακα.

Για τύπους υαλοπίνακα διαφορετικούς από τον υαλοπίνακα αναφοράς, οι τιμές του SHGF θα πρέπει να πολλαπλασιαστούν με το συντελεστή σκίασης SC του υαλοπίνακα, ο οποίος έχει οριστεί στο Κεφάλαιο 5. Ενδεικτικές τιμές του συντελεστή σκίασης για διάφορους τύπους υαλοπινάκων δίνονται στον πίνακα 5.11.

Έτσι το στιγμιαίο ηλιακό κέρδος μέσω του υαλοπίνακα δίνεται τελικά από τη σχέση:

$$\dot{Q}_{sol} = A \cdot SC \cdot SHGF \quad (6.57)$$

όπου A η επιφάνεια του υαλοπίνακα. Ο υπολογισμός του ψυκτικού φορτίου που τελικά προκύπτει στον εσωτερικό χώρο του κτηρίου από το ανωτέρω ηλιακό κέρδος προσεγγίζεται με την εισαγωγή του συντελεστή ψυκτικού φορτίου CLF:

$$\dot{Q}_{c,sol,t} = A \cdot SC \cdot SHGF_{max} \cdot CLF_t \quad (6.58)$$

όπου ο συντελεστής $SHGF_{max}$ είναι ο μέγιστος συντελεστής ηλιακών κερδών, ο οποίος δίνεται από τον πίνακα 6.46 για μη σκιασμένους υαλοπίνακες και από τον πίνακα 6.47 για σκιασμένους υαλοπίνακες. Με βάση τη σχέση 6.56, η μέγιστη τιμή του SHGF προκύπτει τη χρονική στιγμή που μεγιστοποιείται η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στον υαλοπίνακα, για συγκεκριμένο προσανατολισμό και συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος.

Πίνακας 6.46: Μέγιστοι συντελεστές ηλιακών κερδών SHGF για μη σκιασμένους υαλοπίνακες σε βόρεια γεωγραφικά πλάτη (W/m^2).

Γ.Π.	Μήνας	B	BA / BΔ	A / Δ	NA / NΔ	N	Οριζόντιο
0°	Ιανουάριος	107	278	738	741	372	934
	Φεβρουάριος	114	416	773	662	211	965
	Μάρτιος	120	536	763	536	120	956
	Απρίλιος	224	609	697	372	117	896
	Μάιος	356	640	634	252	117	836
	Ιούνιος	407	650	603	208	117	804
	Ιούλιος	363	634	615	243	120	820
	Αύγουστος	237	590	669	353	120	871
	Σεπτέμβριος	126	514	729	514	126	924
	Οκτώβριος	117	407	744	637	208	943
	Νοέμβριος	110	278	726	726	369	924
Δεκέμβριος	107	224	713	757	435	909	
8°	Ιανουάριος	101	224	707	763	511	868
	Φεβρουάριος	107	360	754	691	347	927
	Μάρτιος	117	492	760	580	174	946
	Απρίλιος	139	580	710	423	123	912
	Μάιος	233	625	659	306	120	874
	Ιούνιος	284	631	631	259	123	849
	Ιούλιος	243	615	644	293	123	858
	Αύγουστος	148	565	681	404	129	890
	Σεπτέμβριος	120	470	726	555	177	915
	Οκτώβριος	110	353	729	666	341	909
	Νοέμβριος	104	224	694	735	505	861
Δεκέμβριος	98	174	678	779	565	836	
16°	Ιανουάριος	95	174	662	792	628	782
	Φεβρουάριος	104	303	729	735	486	868

Πίνακας 6.46: Μέγιστοι συντελεστές ηλιακών κερδών SHGF για μη σκιασμένους υαλοπίνακες σε βόρεια γεωγραφικά πλάτη (W/m^2).

Γ.Π.	Μήνας	B	BA / BA	A / Δ	NA / NA	N	Οριζόντιο
	Μάρτιος	110	442	754	621	293	918
	Απρίλιος	123	543	716	473	142	912
	Μάιος	164	596	678	363	129	890
	Ιούνιος	208	612	653	312	129	874
	Ιούλιος	174	590	662	350	132	874
	Αύγουστος	129	530	691	451	145	890
	Σεπτέμβριος	114	423	716	603	293	890
	Οκτώβριος	104	300	703	710	473	852
	Νοέμβριος	95	174	650	779	618	776
	Δεκέμβριος	91	129	625	801	669	738
24°	Ιανουάριος	85	129	599	798	716	675
	Φεβρουάριος	95	252	694	767	606	785
	Μάρτιος	107	391	738	675	432	868
	Απρίλιος	117	502	719	533	237	893
	Μάιος	136	562	688	416	145	890
	Ιούνιος	174	580	669	369	136	880
	Ιούλιος	142	555	672	407	145	877
	Αύγουστος	120	492	694	511	227	874
	Σεπτέμβριος	110	375	700	650	423	839
	Οκτώβριος	98	249	666	741	590	770
	Νοέμβριος	85	132	590	785	707	672
Δεκέμβριος	82	91	568	779	748	628	
32°	Ιανουάριος	76	91	552	785	776	555
	Φεβρουάριος	85	205	647	782	697	685
	Μάρτιος	101	338	716	716	555	795
	Απρίλιος	114	461	716	590	363	855
	Μάιος	120	536	694	489	233	874
	Ιούνιος	139	555	675	438	189	871
	Ιούλιος	126	527	678	473	227	861
	Αύγουστος	117	445	691	571	350	836
	Σεπτέμβριος	104	325	678	688	539	770
	Οκτώβριος	88	199	615	754	678	672
	Νοέμβριος	76	91	546	773	767	552
Δεκέμβριος	69	69	511	776	795	498	
40°	Ιανουάριος	63	63	486	760	801	420
	Φεβρουάριος	76	158	587	776	760	568
	Μάρτιος	91	293	688	744	650	703
	Απρίλιος	107	442	707	640	486	795
	Μάιος	117	521	694	552	356	836
	Ιούνιος	151	543	681	508	300	842
	Ιούλιος	120	514	681	536	344	827
	Αύγουστος	110	426	681	618	470	779
	Σεπτέμβριος	95	274	640	713	631	678
	Οκτώβριος	79	155	568	751	738	558
Νοέμβριος	63	63	476	748	789	416	

Πίνακας 6.46: Μέγιστοι συντελεστές ηλιακών κερδών SHGF για μη σκιασμένους υαλοπίνακες σε βόρεια γεωγραφικά πλάτη (W/m^2).

Γ.Π.	Μήνας	B	BA / ΒΔ	A / Δ	NA / ΝΔ	N	Οριζόντιο
48°	Δεκέμβριος	57	57	426	732	798	356
	Ιανουάριος	47	47	372	681	773	268
	Φεβρουάριος	63	114	530	763	789	435
	Μάρτιος	82	252	644	754	719	593
	Απρίλιος	98	416	691	678	587	713
	Μάιος	110	498	688	606	473	779
	Ιούνιος	145	521	678	568	423	795
	Ιούλιος	117	492	675	590	461	770
	Αύγουστος	104	404	666	656	568	703
	Σεπτέμβριος	85	227	603	719	694	574
	Οκτώβριος	66	110	508	735	763	429
	Νοέμβριος	47	47	363	669	757	268
Δεκέμβριος	41	41	287	615	735	205	
56°	Ιανουάριος	32	32	233	533	647	126
	Φεβρουάριος	50	66	438	703	770	287
	Μάρτιος	69	205	584	751	760	470
	Απρίλιος	88	388	666	703	662	615
	Μάιος	114	470	678	650	571	700
	Ιούνιος	167	505	672	618	530	729
	Ιούλιος	117	464	666	634	558	697
	Αύγουστος	95	375	640	678	640	609
	Σεπτέμβριος	73	183	539	716	729	454
	Οκτώβριος	50	63	416	672	738	287
	Νοέμβριος	32	32	227	521	631	126
	Δεκέμβριος	22	22	148	426	539	73

Πίνακας 6.47: Μέγιστοι συντελεστές ηλιακών κερδών SHGF για εξωτερικά σκιασμένους υαλοπίνακες σε βόρεια γεωγραφικά πλάτη 0 - 24° (W/m^2).

Μήνας	B	BA / ΒΔ	A / Δ	NA / ΝΔ	N	Οριζόντιο
Ιανουάριος	98	98	107	117	120	50
Φεβρουάριος	107	107	114	120	123	50
Μάρτιος	114	117	123	126	123	60
Απρίλιος	126	130	133	129	126	76
Μάιος	137	142	142	129	126	88
Ιούνιος	142	148	145	129	126	98
Ιούλιος	142	145	148	133	129	98
Αύγουστος	133	136	145	136	133	88
Σεπτέμβριος	117	120	129	133	129	73
Οκτώβριος	107	107	120	126	126	60
Νοέμβριος	101	101	107	120	123	54
Δεκέμβριος	95	95	101	114	117	47

Οι τιμές του πίνακα 6.47 ισχύουν για βόρεια γεωγραφικά πλάτη από 0° έως 24°. Για μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τιμές του πίνακα 6.46 για τοίχο με βόρειο προσανατολισμό. Οι τιμές για οριζόντια σκιασμένη επιφάνεια του πίνακα 6.47 ισχύουν για όλα τα γεωγραφικά πλάτη.

Ο όρος CLF_i είναι ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου για τον υαλοπίνακα, που δίνεται στον πίνακα 6.48 για υαλοπίνακα χωρίς εσωτερική σκίαση και στον πίνακα 6.49 για υαλοπίνακα με εσωτερική σκίαση. Στους πίνακες 6.48 και 6.49 ο συντελεστής CLF δίνεται συναρτήσει της μεταβλητότητας της ηλιακής ακτινοβολίας εντός του εικοσιτετραώρου. Ειδικά για τις επιφάνειες χωρίς εσωτερική σκίαση, ο συντελεστής CLF εξαρτάται επίσης από την απορροφητικότητα των αδιαφανών επιφανειών του χώρου-κτηρίου στην ηλιακή ακτινοβολία. Τούτη λαμβάνεται υπόψη μέσω της μάζας των αδιαφανών επιφανειών. Διακρίνονται τρεις περιπτώσεις χώρων-κτηρίων:

- ελαφριά κατασκευή, με πυκνότητα μάζας 150kg/m^2 περίπου,
- μέτρια κατασκευή, με πυκνότητα μάζας 300kg/m^2 περίπου,
- βαριά κατασκευή, με πυκνότητα μάζας 600kg/m^2 περίπου.

Πίνακας 6.48: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων CLF για επιφάνειες χωρίς εσωτερική σκίαση.

ΠΡΟΣ.	Στοιχεία εσωτερικού χώρου	Ηλιακός χρόνος																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
B	Ελαφρύς	0,17	0,14	0,11	0,09	0,08	0,33	0,42	0,48	0,56	0,63	0,71	0,76	0,80	0,82	0,82	0,79	0,75	0,84	0,61	0,48	0,38	0,31	0,25	0,20
	Μέσος	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,34	0,41	0,46	0,53	0,59	0,65	0,70	0,73	0,75	0,76	0,74	0,75	0,79	0,61	0,50	0,42	0,36	0,31	0,27
	Βαρύς	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,38	0,45	0,49	0,55	0,60	0,65	0,69	0,72	0,72	0,72	0,70	0,70	0,75	0,57	0,46	0,39	0,34	0,31	0,28
BA	Ελαφρύς	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,23	0,41	0,51	0,51	0,45	0,39	0,36	0,33	0,31	0,28	0,26	0,23	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05
	Μέσος	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,21	0,36	0,44	0,45	0,40	0,36	0,33	0,31	0,30	0,28	0,26	0,23	0,21	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09	0,08
	Βαρύς	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,23	0,37	0,44	0,44	0,39	0,34	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,17	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10
A	Ελαφρύς	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,19	0,37	0,51	0,57	0,57	0,50	0,42	0,37	0,32	0,29	0,25	0,22	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05
	Μέσος	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,18	0,33	0,44	0,50	0,51	0,46	0,39	0,35	0,31	0,29	0,26	0,23	0,21	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,08
	Βαρύς	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,20	0,34	0,45	0,49	0,49	0,43	0,36	0,32	0,29	0,26	0,24	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
NA	Ελαφρύς	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,13	0,28	0,43	0,55	0,62	0,63	0,57	0,48	0,42	0,37	0,33	0,28	0,24	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07
	Μέσος	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,14	0,26	0,38	0,48	0,54	0,56	0,51	0,45	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10
	Βαρύς	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,17	0,28	0,40	0,49	0,53	0,53	0,48	0,41	0,36	0,33	0,30	0,27	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
N	Ελαφρύς	0,08	0,07	0,05	0,04	0,04	0,06	0,09	0,14	0,22	0,34	0,48	0,59	0,65	0,65	0,59	0,50	0,43	0,36	0,28	0,22	0,18	0,15	0,12	0,10
	Μέσος	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,08	0,11	0,14	0,21	0,31	0,42	0,52	0,57	0,58	0,53	0,47	0,41	0,36	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14
	Βαρύς	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,11	0,14	0,17	0,24	0,33	0,43	0,51	0,56	0,55	0,50	0,43	0,37	0,32	0,26	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15
NΔ	Ελαφρύς	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,24	0,36	0,49	0,60	0,66	0,66	0,58	0,43	0,33	0,27	0,22	0,18	0,14
	Μέσος	0,15	0,14	0,12	0,10	0,09	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,23	0,33	0,44	0,53	0,58	0,59	0,53	0,41	0,33	0,28	0,24	0,21	0,18
	Βαρύς	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,25	0,34	0,44	0,52	0,56	0,56	0,49	0,37	0,30	0,25	0,21	0,19	0,17
Δ	Ελαφρύς	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14	0,20	0,32	0,45	0,57	0,64	0,61	0,44	0,34	0,27	0,22	0,18	0,14
	Μέσος	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,19	0,29	0,40	0,50	0,56	0,55	0,41	0,33	0,27	0,23	0,20	0,17
	Βαρύς	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,21	0,30	0,40	0,49	0,54	0,52	0,38	0,30	0,24	0,21	0,18	0,16
BΔ	Ελαφρύς	0,11	0,09	0,08	0,06	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,23	0,33	0,47	0,59	0,60	0,42	0,33	0,26	0,21	0,17	0,14
	Μέσος	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,21	0,30	0,42	0,51	0,54	0,39	0,32	0,26	0,22	0,19	0,16
	Βαρύς	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,18	0,19	0,22	0,30	0,41	0,50	0,51	0,36	0,29	0,23	0,20	0,17	0,15
Οριζόντιο	Ελαφρύς	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05	0,07	0,14	0,24	0,36	0,48	0,58	0,66	0,72	0,74	0,73	0,67	0,59	0,47	0,37	0,29	0,24	0,19	0,16	0,13
	Μέσος	0,16	0,14	0,12	0,11	0,09	0,11	0,16	0,24	0,33	0,43	0,52	0,59	0,64	0,67	0,66	0,62	0,56	0,47	0,38	0,32	0,28	0,24	0,21	0,18
	Βαρύς	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,15	0,20	0,28	0,36	0,45	0,52	0,59	0,62	0,64	0,62	0,58	0,51	0,42	0,35	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19

Πίνακας 6.49: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων CLF για επιφάνειες με εσωτερική σκίαση.

ΠΡΟΣ.	Ηλιακός χρόνος																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
B	0,08	0,07	0,06	0,06	0,07	0,73	0,66	0,65	0,73	0,80	0,86	0,89	0,89	0,86	0,82	0,75	0,78	0,91	0,24	0,18	0,15	0,13	0,11	0,10
BA	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,56	0,76	0,74	0,58	0,37	0,29	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,16	0,12	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
A	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,47	0,72	0,80	0,76	0,62	0,41	0,27	0,24	0,22	0,20	0,17	0,14	0,11	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03
NA	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,30	0,57	0,74	0,81	0,79	0,68	0,49	0,33	0,28	0,25	0,22	0,18	0,13	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04
N	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,09	0,16	0,23	0,38	0,58	0,75	0,83	0,80	0,68	0,50	0,35	0,27	0,19	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
NΔ	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,07	0,11	0,14	0,16	0,19	0,22	0,38	0,59	0,75	0,83	0,81	0,69	0,45	0,16	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06
Δ	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,06	0,09	0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,31	0,53	0,72	0,82	0,81	0,61	0,16	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06
BΔ	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,07	0,11	0,14	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22	0,30	0,52	0,73	0,82	0,69	0,16	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06
Οριζόντιο	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,12	0,27	0,44	0,59	0,72	0,81	0,85	0,85	0,81	0,71	0,58	0,42	0,25	0,14	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06

Παράδειγμα 6.3Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου μέσω υαλοπίνακα

Να υπολογιστεί το μέγιστο (αισθητό) ψυκτικό φορτίο διαμέσου υαλοπίνακα, χωρίς εσωτερική σκίαση, με δυτικό προσανατολισμό, επιφάνειας 6m^2 , με θερμική διαπερατότητα $3\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ και συντελεστή σκίασης $SC = 0,80$. Ισχύουν οι πρότυπες συνθήκες σχεδιασμού, δηλαδή γεωγραφικό πλάτος 40°B , μήνας Ιούλιος, επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου $\theta_i = 25,5^\circ\text{C}$, μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος $\theta_{o,\text{max}} = 35^\circ\text{C}$, ημερήσια μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος $\theta_{o,\text{av}} = 29,4^\circ\text{C}$, ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας περιβάλλοντος $\theta_{\text{dr}} = 11,7^\circ\text{C}$. Ο χώρος όπου είναι εγκατεστημένος ο υαλοπίνακας είναι ελαφριάς κατασκευής.

Λύση:

Το μέγιστο ψυκτικό φορτίο του υαλοπίνακα $\dot{Q}_{\text{tot},t}$ θα είναι το μέγιστο του αθροίσματος:

$$\dot{Q}_{\text{tot},t} = \dot{Q}_{\text{c,cond,glaz},t} + \dot{Q}_{\text{c,sol},t}$$

το οποίο θα εμφανίζεται κάποια ώρα της ημέρας, το μήνα Ιούλιο.

Εντοπίζεται αρχικά, από τον πίνακα 6.44, η μέγιστη τιμή CLTD, για την οποία θα έχουμε το μέγιστο ψυκτικό φορτίο λόγω αγωγιμότητας μέσω του υαλοπίνακα. Αυτή είναι 8K, την ώρα 16:00 (ή 15:00).

Οπότε, από τη σχέση 6.55 υπολογίζεται:

$$\dot{Q}_{\text{c,cond,glaz},t} = U \cdot A \cdot \text{CLTD}_{\text{glaz},t} \Leftrightarrow \dot{Q}_{\text{c,cond,glaz},t} = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 6\text{m}^2 \cdot 8\text{K} \Leftrightarrow \dot{Q}_{\text{c,cond,glaz},t} = 144\text{W}.$$

Στη συνέχεια από τον πίνακα 6.46, για μη σκιασμένη επιφάνεια με δυτικό προσανατολισμό, το μήνα Ιούλιο και για γεωγραφικό πλάτος 40°B , ο συντελεστής SHGF βρίσκεται $681\text{W}/\text{m}^2$. Έπειτα από τον πίνακα 6.48 την ώρα 16:00 βρίσκεται ο αντίστοιχος CLF = 0,57.

Συνεπώς υπολογίζεται το ψυκτικό φορτίο λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του υαλοπίνακα από τη σχέση 6.57:

$$\dot{Q}_{\text{c,sol},t} = A \cdot SC \cdot \text{SHGF}_{\text{max}} \cdot \text{CLF}_t \Leftrightarrow \dot{Q}_{\text{c,sol},t} = 6\text{m}^2 \cdot 0,80 \cdot 681\text{W}/\text{m}^2 \cdot 0,57 \Leftrightarrow \dot{Q}_{\text{c,sol},t} = 1.863\text{W}.$$

Έτσι, το συνολικό ψυκτικό φορτίο μέσω του υαλοπίνακα την ώρα 16:00 ισούται με:

$$\dot{Q}_{\text{tot},t} = \dot{Q}_{\text{c,cond,glaz},t} + \dot{Q}_{\text{c,sol},t} \Leftrightarrow \dot{Q}_{\text{tot},t} = 144\text{W} + 1.863\text{W} \Leftrightarrow \dot{Q}_{\text{tot},t} = 2.007\text{W}.$$

Πρέπει όμως να εξεταστεί και η περίπτωση της ώρας που το ψυκτικό φορτίο λόγω ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται μέγιστο, δηλαδή η ώρα όπου ο συντελεστής CLF γίνεται μέγιστος. Αυτή για το μήνα Ιούλιο είναι η 17:00 και ο αντίστοιχος CLF = 0,64 (πίνακας 6.48). Την ώρα αυτή η CLTD, για το φορτίο αγωγιμότητας, έχει τιμή 7K (πίνακας 6.45).

Επαναλαμβάνονται, επομένως, οι προηγούμενοι υπολογισμοί και προκύπτουν για την ώρα 17:00:

$$\dot{Q}_{\text{c,cond,glaz},t} = U \cdot A \cdot \text{CLTD}_{\text{glaz},t} \Leftrightarrow \dot{Q}_{\text{c,cond,glaz},t} = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 6\text{m}^2 \cdot 7\text{K} \Leftrightarrow \dot{Q}_{\text{c,cond,glaz},t} = 126\text{W}$$

$$\dot{Q}_{\text{c,sol},t} = A \cdot SC \cdot \text{SHGF}_{\text{max}} \cdot \text{CLF}_t \Leftrightarrow \dot{Q}_{\text{c,sol},t} = 6\text{m}^2 \cdot 0,80 \cdot 681\text{W}/\text{m}^2 \cdot 0,64 \Leftrightarrow \dot{Q}_{\text{c,sol},t} = 2.092\text{W}$$

$$\dot{Q}_{\text{tot},t} = \dot{Q}_{\text{c,cond,glaz},t} + \dot{Q}_{\text{c,sol},t} \Leftrightarrow \dot{Q}_{\text{tot},t} = 126\text{W} + 2.092\text{W} \Leftrightarrow \dot{Q}_{\text{tot},t} = 2.218\text{W}$$

Προφανώς, αυτό είναι το μέγιστο ψυκτικό φορτίο μέσω του υαλοπίνακα.

Παρατήρηση: Το ψυκτικό φορτίο μέσω υαλοπινάκων οφείλεται κατά μεγάλο ποσοστό στην ηλιακή ακτινοβολία και έτσι, για ένα συγκεκριμένο μήνα υπολογισμού, η ώρα που εμφανίζεται είναι, συνήθως, εκείνη που ο CLF γίνεται μέγιστος.

6.5.2.γ. Ψυκτικά φορτία από εσωτερικά θερμικά κέρδη

Τα ψυκτικά φορτία από εσωτερικά θερμικά κέρδη υπολογίζονται μέσω των συντελεστών ψυκτικών φορτίων CLF για τρεις διαφορετικές κατηγορίες εσωτερικών πηγών θερμότητας, δηλαδή του ένοικους, τα φωτιστικά σώματα και τις συσκευές.

Τα αισθητά ψυκτικά φορτία από τους ένοικους δίνονται από τη σχέση:

$$\dot{Q}_{occ,t} = \dot{Q}_{occ} \cdot CLF_{occ,t} \quad (6.59)$$

ενώ για τα λανθάνοντα ψυκτικά φορτία από ένοικους $CLF=1$.

Τα ψυκτικά φορτία από τα φωτιστικά σώματα δίνονται από τη σχέση:

$$\dot{Q}_{lit,t} = \dot{Q}_{lit} \cdot CLF_{lit,t} \quad (6.60)$$

Τα ψυκτικά φορτία από τις συσκευές δίνονται από τη σχέση:

$$\dot{Q}_{app,t} = \dot{Q}_{app} \cdot CLF_{app,t} \quad (6.61)$$

Στα δεξιά μέλη των ανωτέρω σχέσεων τα μεγέθη θερμικής ισχύος αντιστοιχούν στην παραγωγή θερμικής ισχύος από τις αντίστοιχες πηγές. Η παραγωγή θερμικής ισχύος θεωρείται σταθερή για συγκεκριμένες περιόδους εντός του εικοσιτετραώρου και μηδενική για τις υπόλοιπες. Στα αριστερά μέλη των σχέσεων εμφανίζονται τα ψυκτικά φορτία που αποδίδονται τελικά στο χώρο, εξαιτίας της παραγωγής της αντίστοιχης θερμικής ισχύος. Οι συντελεστές CLF δίνονται από πίνακες. Συγκεκριμένα:

- Στον πίνακα 6.50 παρουσιάζονται οι συντελεστές ψυκτικών φορτίων από τους ένοικους του κτηρίου. Οι συντελεστές αυτοί δίνονται συναρτήσει των ωρών παραμονής των ενοίκων εντός του κτηρίου. Στον πίνακα 6.51 δίνονται τα αισθητά και λανθάνοντα φορτία από τους ενοίκους ενός χώρου, ανάλογα με το βαθμό ενεργητικότητάς τους και την εσωτερική θερμοκρασία του χώρου.
- Στους πίνακες 6.52 και 6.53 δίνονται οι συντελεστές ψυκτικών φορτίων από μη αεριζόμενες (χωρίς απορροφητήρα) και αεριζόμενες (με απορροφητήρα) συσκευές αντίστοιχα. Οι συντελεστές αυτοί δίνονται συναρτήσει των ωρών λειτουργίας των συσκευών.
- Στους πίνακες 6.54 και 6.55 δίνονται οι συντελεστές ψυκτικών φορτίων από φωτισμό, για φώτα που ανάβουν για 8 και 12 ώρες αντίστοιχα. Οι συντελεστές αυτοί δίνονται συναρτήσει του συντελεστή a , ο οποίος εξαρτάται από την επίπλωση και τον αερισμό του κτηρίου σύμφωνα με τον πίνακα 6.56, και την κατηγοριοποίηση b , η οποία έχει να κάνει με τον τύπο και το πάχος του δαπέδου του κτηρίου, σύμφωνα με τον πίνακα 6.57.

Η χρήση των πινάκων θα γίνει κατανοητή με τα παραδείγματα που ακολουθούν.

Πίνακας 6.50: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων (CLF) από ένοικους συναρτήσει των ωρών παραμονής εντός του χώρου.

Συνολικές ώρες στο χώρο	Χρόνος μετά από κάθε νέα είσοδο στο χώρο (h)																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0,5	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0
8	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
10	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
12	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
14	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
16	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
18	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	1	1	1	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2

Πίνακας 6.51: Αισθητά και λανθάνοντα θερμικά κέρδη σε W ενοίκων ανάλογα με τη θερμοκρασία εσωτερικού χώρου και το βαθμό ενεργητικότητάς τους.

Βαθμός ενεργητικότητας ατόμων	$\theta_R = 23,5^\circ\text{C}$		$\theta_R = 24,5^\circ\text{C}$		$\theta_R = 25,5^\circ\text{C}$		$\theta_R = 26,5^\circ\text{C}$		$\theta_R = 27,5^\circ\text{C}$	
	\dot{Q}_S	\dot{Q}_L	\dot{Q}_S	\dot{Q}_L	\dot{Q}_S	\dot{Q}_L	\dot{Q}_S	\dot{Q}_L	\dot{Q}_S	\dot{Q}_L
Καθισμένοι σε ακινησία	70	30	65	35	60	40	56	44	51	60
Καθισμένοι σε ελαφρά εργασία	74	45	69	51	64	56	58	62	53	66
Καθισμένοι, τρώγοντας	88	80	81	87	76	93	70	99	64	105
Δουλειά γραφείου	88	63	81	70	76	76	70	81	64	87
Όρθιοι, περπατώντας αργά	105	81	96	89	89	96	83	103	76	110
Καθιστικοί εργασία (Εργοστάσιο)	116	114	108	122	100	130	92	138	85	145
Ελαφρά (Εργοστάσιο)	116	186	108	194	100	202	92	210	85	217
Μέτριος χορός	139	235	129	245	120	255	110	264	101	273
Βαριά εργασία (Εργοστάσιο)	192	279	178	293	165	306	152	318	141	330
Βαριά εργασία (Γυμναστήριο)	217	306	201	322	186	337	171	352	157	366

Πίνακας 6.52: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων για μη αεριζόμενες (χωρίς απορροφητήρα) συσκευές, συναρτήσει των ωρών λειτουργίας τους.

Ωρες λειτουργίας	Χρόνος από την έναρξη λειτουργίας συσκευής (h)																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0,6	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0,6	0,7	0,7	0,8	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0
10	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
12	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
14	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
16	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	1	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
18	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	1	1	1	1	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2

Πίνακας 6.53: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων για αεριζόμενες (με απορροφητήρα) συσκευές, συναρτήσει των ωρών λειτουργίας τους.

Ωρες λειτουργίας	Χρόνος από την έναρξη λειτουργίας συσκευής (h)																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
6	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0
8	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
10	0,3	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
12	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
14	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
16	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2
18	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	1	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3

Πίνακας 6.54: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων από φάτα για λειτουργία 8 ωρών.

Συντελεστής a	Κατηγοριοποίηση b	Χρόνος μετά την αφή των φώτων (h)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0,45	A	0	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0
	B	0,1	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	C	0,1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
	D	0,1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,55	A	0	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0
	B	0,1	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	C	0,1	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	D	0,1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,65	A	0	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
	B	0	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	C	0,1	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	D	0,1	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,75	A	0	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0
	C	0,1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	D	0,1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Πίνακας 6.55: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων από φάτα για λειτουργία 12 ωρών.

Συντελεστής a	Κατηγοριοποίηση b	Χρόνος μετά την αφή των φώτων (h)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0,45	A	0,1	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,93	0,9	1	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	B	0,1	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,83	0,9	0,9	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	C	0,2	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,79	0,8	0,8	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
	D	0,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,74	0,8	0,8	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
0,55	A	0	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,94	1	1	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	B	0,1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,86	0,9	0,9	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
	C	0,2	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,83	0,8	0,9	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	D	0,2	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,79	0,8	0,8	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,65	A	0	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,95	1	1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
	B	0,1	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,89	0,9	0,9	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
	C	0,1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,86	0,9	0,9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
	D	0,1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,84	0,8	0,9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,75	A	0	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	0,97	1	1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0
	B	0,1	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,92	0,9	0,9	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	C	0,1	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	D	0,1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,88	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Πίνακας 6.56: Συντελεστές a για την επιλογή CLF για υπολογισμό ψυκτικών φορτίων από φώτα.

a	Επίπλωση	Ανακυκλοφορία αέρα	Τύπος φωτιστικού
0,45	Βαριά, απλή επίπλωση, χωρίς χαλί	Χαμηλή, προσαγωγή και επιστροφή κάτω από την οροφή	Σε εσοχή, μη αεριζόμενο
0,55	Συνήθης επίπλωση, χωρίς χαλί	Μέση έως υψηλή; προσαγωγή και επιστροφή κάτω ή μέσα από την οροφή, μέσω θυρίδων	Σε εσοχή, μη αεριζόμενο
0,65	Συνήθης επίπλωση, με ή χωρίς χαλί	Μέση έως υψηλή ή χρήση fan coil ή κοινό κλιματιστικό, προσαγωγή μέσω διαχυτή οροφής ή τοίχου, επιστροφή μέσω θυρίδων οροφής	Αεριζόμενο
0,75 ή μεγαλύτερο	Οποιοδήποτε είδος επίπλωσης	Αεραγωγοί μέσω οροφής	Αεριζόμενο

Πίνακας 6.57: Κατηγοριοποίηση b για την επιλογή CLF για υπολογισμό ψυκτικών φορτίων από φώτα.

Τύπος δαπέδου	Ανακυκλοφορία αέρα χώρου			
	Χαμηλή	Μέση	Υψηλή	Πολύ υψηλή
Εύλινο δάπεδο πάχους 50mm (50)	B	A	A	A
Δάπεδο από σκυρόδεμα πάχους 75mm (200)	B	B	B	A
Δάπεδο από σκυρόδεμα πάχους 150mm (370)	C	C	C	B
Δάπεδο από σκυρόδεμα πάχους 200mm (590)	D	D	C	C
Δάπεδο από σκυρόδεμα πάχους 300mm (780)	D	D	D	D

Παράδειγμα 6.4

Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από εσωτερικά θερμικά κέρδη

Να υπολογιστούν τα ψυκτικά φορτία από εσωτερικά θερμικά κέρδη, την ώρα 17:00, για χώρο που βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 40°B , το μήνα Ιούλιο, με επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου $\theta_i = 25,5^{\circ}\text{C}$, μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος $\theta_{o,\max} = 35^{\circ}\text{C}$, ημερήσια μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος $\theta_{o,\text{av}} = 29,4^{\circ}\text{C}$, ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας περιβάλλοντος $\theta_{\text{dr}} = 11,7^{\circ}\text{C}$. Δίνεται η ισχύς των φωτιστικών σωμάτων ανά μονάδα στεγασμένης επιφάνειας $25\text{W}/\text{m}^2$, σε δάπεδο σκυροδέματος 300mm πάχος, συνολικής επιφάνειας 64m^2 και για λειτουργία από τις 8:00 έως τις 19:00. Στο χώρο λειτουργούν 4 ηλεκτρονικοί υπολογιστές με ισχύ 300W έκαστος και βρίσκονται ταυτόχρονα 4 εργαζόμενοι. Για τον συντελεστή επίπλωσης, κυκλοφορίας αέρα κλπ να ληφθεί $a = 0,65$.

Λύση:

Η συνολική (αισθητή) ισχύς των φωτιστικών σωμάτων προκύπτει 1.600W. Για 11 ώρες λειτουργία και δάπεδο κατηγορίας D, χρησιμοποιούνται οι τιμές του πίνακα 6.55 (περίπου 12 ώρες λειτουργίας). Κατά την ώρα υπολογισμού 17:00 έχουν περάσει 9 ώρες από το άναμμα των φώτων. Συνεπώς βρίσκεται ο συντελεστής $CLF_{lit,t} = 0,8$.

Η συνολική αισθητή ισχύς των συσκευών (ηλεκτρονικοί υπολογιστές) είναι 1.200W και από τον πίνακα 6.53 (αεριζόμενες συσκευές), για 11 ώρες λειτουργίας και 9h μετά την έναρξη λειτουργίας των συσκευών, ο συντελεστής $CLF_{app,t}$ βρίσκεται ίσος με 0,8.

Από τον πίνακα 6.51 για ενοίκους εκτελούντες εργασία γραφείου σε θερμοκρασία 25,5°C, η αισθητή και η λανθάνουσα εκπεμπόμενη ισχύς δίνονται 76W έκαστη. Για τέσσερις ενοίκους, η συνολική αισθητή και λανθάνουσα ισχύς υπολογίζεται 304W έκαστη. Τέλος, από τον πίνακα 6.50, για 11 ώρες παραμονής στο χώρο και 9h μετά την είσοδο των ατόμων στο χώρο ο συντελεστής $CLF_{occ,t}$ βρίσκεται ίσος με 0,9.

Ο υπολογισμός των αισθητών και λανθανόντων ψυκτικών φορτίων λόγω των εσωτερικών θερμικών κερδών έχει ως εξής:

- Λανθάνοντα φορτία (από ενοίκους):

$$\dot{Q}_{lat} = N \cdot \dot{Q}_{lat,unit} \Rightarrow \dot{Q}_{lat} = 4 \cdot 76W \Leftrightarrow \dot{Q}_{lat} = 304W.$$

- Αισθητά φορτία από συσκευές:

$$\dot{Q}_{t,d} = \dot{Q} \cdot CLF_t \Rightarrow \dot{Q}_{t,d} = 4 \cdot 300W \cdot 0,8 \Leftrightarrow \dot{Q}_{t,d} = 960W.$$

- Αισθητά φορτία φωτισμού:

$$\dot{Q}_{t,l} = \dot{Q} \cdot CLF_t \Rightarrow \dot{Q}_{t,l} = 64m^2 \cdot 25W/m^2 \cdot 0,8 \Leftrightarrow \dot{Q}_{t,l} = 1.600W \cdot 0,8 \Leftrightarrow \dot{Q}_{t,l} = 1.280W.$$

- Αισθητά φορτία ενοίκων:

$$\dot{Q}_{t,p} = \dot{Q} \cdot CLF_t \Leftrightarrow \dot{Q}_{t,p} = N \cdot \dot{Q}_{sens,unit} \cdot CLF_t \Rightarrow \dot{Q}_{t,p} = 4 \cdot 76W \cdot 0,9 \Leftrightarrow \dot{Q}_{t,p} = 274W.$$

Το συνολικό αισθητό φορτίο τελικά υπολογίζεται:

$$\dot{Q}_t = \dot{Q}_{t,d} + \dot{Q}_{t,l} + \dot{Q}_{t,p} \Rightarrow \dot{Q}_t = 960W + 1.280W + 274W \Leftrightarrow \dot{Q}_t = 2.514W.$$

6.5.2.δ. Ψυκτικά φορτία λόγω ανανέωσης του αέρα

Όταν ένα ρεύμα αέρα εισέρχεται εντός ενός κλιματιζόμενου χώρου, τότε προκύπτει ένα συνολικό θερμικό κέρδος για τον εσωτερικό χώρο που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\dot{Q}_t = \rho_{da} \cdot \dot{V}_s \cdot \Delta h \quad (6.62)$$

όπου:

ρ_{da} : η πυκνότητα του ξηρού αέρα, σε kg/m^3

\dot{V}_s : η παροχή όγκου του ρεύματος αέρα, σε Lt/s

Δh : η διαφορά ειδικής ενθαλπίας μεταξύ του εισερχόμενου αέρα και του εσωτερικού κλιματιζόμενου χώρου, σε kJ/kg_{da} .

Από το συνολικό θερμικό κέρδος, για συνήθη ειδική υγρασία ατμοσφαιρικού αέρα, αποδεικνύεται ότι το συνολικό αισθητό φορτίο ισούται με:

$$\dot{Q}_s = \rho_{da} \cdot c_p \cdot \dot{V}_s \cdot \Delta\theta \Leftrightarrow \dot{Q}_s = 1,23 \cdot \dot{V}_s \cdot \Delta\theta \quad (6.63)$$

όπου:

- ρ_{da} : η πυκνότητα του ξηρού αέρα, ίση με $1,225\text{kg/m}^3$
 c_p : η ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα, ίση με $1.005\text{J/kg}\cdot\text{K}$
 $\Delta\theta$: η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ κλιματιζόμενου χώρου και εισερχόμενου ρεύματος αέρα, σε K

Το λανθάνον φορτίο λόγω της εισαγωγής του ρεύματος αέρα ισούται με:

$$\dot{Q}_l = \rho_{da} \cdot h_{fg} \cdot \dot{V}_s \cdot \Delta w \Leftrightarrow \dot{Q}_l = 3.010 \cdot \dot{V}_s \cdot \Delta w \quad (6.64)$$

όπου:

- ρ_{da} : η πυκνότητα του ξηρού αέρα, ίση με $1,225\text{kg/m}^3$
 h_{fg} : η ειδική ενθαλπία των υδρατμών του αέρα, περίπου ίση για το επίπεδο της θάλασσας με 2.460kJ/kg
 Δw : η διαφορά της ειδικής υγρασίας μεταξύ εισερχόμενου ρεύματος αέρα και κλιματιζόμενου χώρου, σε kg/kg_{da} .

Τονίζεται ότι το φορτίο αερισμού λόγω διείσδυσης από χαραμάδες συνυπολογίζεται στο φορτίο χώρου, ενώ το φορτίο αερισμού λόγω εισόδου νωπού αέρα στην κλιματιστική συσκευή δεν αποτελεί φορτίο χώρου, αλλά προστίθεται στο φορτίο της συσκευής ξεχωριστά.

Παράδειγμα 6.5

Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου λόγω ανανέωσης αέρα

Να υπολογιστεί το αισθητό και λανθάνον ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης του αέρα με παροχή $\dot{V} = 53,3\text{L/s}$ (που αντιστοιχεί σε ρυθμό 1 ανανέωσης την ώρα). Η θερμοκρασία περιβάλλοντος να ληφθεί ίση με $\theta_o = 33,8^\circ\text{C}$ και η θερμοκρασία εσωτερικού χώρου $\theta_i = 25,5^\circ\text{C}$. Η ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα δίνεται $1.005\text{J/kg}\cdot\text{K}$. Τέλος δίνεται η ειδική υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα περιβάλλοντος και εσωτερικού χώρου $w_o = 0,0159\text{kg}_{\text{υδρ.}}/\text{kg}_{da}$ και $w_i = 0,0104\text{kg}_{\text{υδρ.}}/\text{kg}_{da}$ αντίστοιχα.

Λύση:

Το αισθητό ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης του αέρα δίνεται από τη σχέση:

$$\dot{Q}_t = \rho_{da} \cdot c_p \cdot \dot{V} \cdot (\theta_o - \theta_i) \Leftrightarrow \dot{Q}_t = 1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1005 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,0533 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot (33,8 - 25,5)\text{K} \Leftrightarrow \dot{Q}_t = 545\text{W}$$

Το λανθάνον ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης του αέρα δίνεται από τη σχέση:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{lat} &= \rho_{da} \cdot h_{fg} \cdot \dot{V} \cdot \Delta w \Leftrightarrow \dot{Q}_{lat} = 3.010\text{kJ/m}^3 \cdot 0,0533\text{m}^3/\text{s} \cdot (0,0159 - 0,0104)\text{kg}_{\text{υδρ.}}/\text{kg}_{da} \\ &\Leftrightarrow \dot{Q}_{lat} = 882\text{W} \end{aligned}$$

όπου $\rho = 1,225\text{kg/m}^3$ η πυκνότητα του αέρα και h_{fg} η ειδική ενθαλπία των υδρατμών. Στο επίπεδο της θάλασσας το γινόμενο $\rho \cdot h_{fg}$ ισούται περίπου με 3.010kJ/m^3 , με την ειδική ενθαλπία των υδρατμών να λαμβάνεται ίση με 2.460kJ/kg .

Αναφορές

- [1] ASHRAE (2009). *Handbook of Fundamentals*. American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.
- [2] P. O. Fanger. Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering. New York: McGraw-Hill, 1972. ISBN: 0070199159.
- [3] P. Hoppe. The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology* 1999; 43(2): 71-75.
- [4] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας 2425/1986. Εγκαταστάσεις σε κτήρια. Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτηριακών χώρων.
- [5] Fanger, P. O. (1973). Assessment of man's thermal comfort in practice. *British Journal of Industrial Medicine*, 30, 313-324.
- [6] Fanger, P. O. (1973). The variability of man's preferred ambient temperature from day to day. *Arch. Sci. Physiol*, 27(4): A403-A407.
- [7] Fanger, P.O. *Thermal comfort*. Malabar, FL, USA: Robert E. Krieger Publishing Company;1982.
- [8] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας 2423/1986. Εγκαταστάσεις σε κτήρια. Κλιματισμός κτηριακών χώρων.
- [9] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας 20701-1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης κτηρίων».
- [10] BS EN 15251:2007. Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. doi:10.3403/30133865
- [11] ASHRAE 62.1-2010. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. 2012 ASHRAE. ISSN 1041-2336.
- [12] ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. ICS: 13.180. Document published on: 2005-11-15.
- [13] ASHRAE Standard 55-2013 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ISSN 1041 – 2336.
- [14] Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) Φ.Ε.Κ. 407B'/9-4-2010.
- [15] DIN 4701/1977 και DIN 4701/1983
- [16] European Standard EN 12831:2003. Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load.
- [17] Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (Κ.Θ.Κ.) Φ.Ε.Κ. 362Δ'/4-71979
- [18] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας 20701-2/2010. Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων.