

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ
ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΤΗΡΙΑΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΝΤΟΒΑΚΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ
ΔΕΝΕΖΑΚΗ ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ

ΑΘΗΝΑ 2021

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΤΗΡΙΑΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΝΤΟΒΑΚΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

ΑΘΗΝΑ 2021

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Ντοβάκου Βασιλική του Ιωάννη, με αριθμό μητρώου cw6894 φοιτητής/τρια του Προγράμματος Διπλωματικών Σπουδών Πολιτικού Μηχανικού του Τμήματος Πολιτικών-μηχανικών της Σχολής Πολιτικού Μηχανικού του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:


«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι 30/3/2023 και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Ο/Η Δηλών/ούσα

Ντοβάκου Βασιλική

ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΝΤΟΒΑΚΟΥ


Η Διπλωματική Εργασία Εξετάστηκε Επιτυχώς από την κάτωθι
Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή

Σταυρούλα Δενεζάκη
Λέκτορα – Εφαρμογών

Τριαντάφυλλος – Φίλης Κόκκινος
Αναπληρωτής Καθηγητής



Μαρία Αλογομιά
Ακαδημαϊκή Υπότροφος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο προσδιορισμός των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των υλικών και των δομικών στοιχείων, καθώς και ο καθορισμός της μεθοδολογίας για τον έλεγχο της θερμικής επάρκειας του κτηριακού κελύφους τόσο ως προς τα επί μέρους διαφανή και αδιαφανή στοιχεία του, όσο και στο σύνολό του.

Με την θερμομονωτική προστασία των δομικών στοιχείων των κτηριακών κατασκευών επιδιώκεται ο περιορισμός στο ελάχιστο δυνατό των ανταλλαγών θερμότητας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος και η επίτευξη ενός ευχάριστου εσωκλίματος στο εσωτερικό των κτηρίων με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Έτσι, κατά την μεν χειμερινή (ψυχρή) περίοδο περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον, κατά δε τη θερινή (θερμή) περίοδο περιορίζεται η υπερθέρμανση λόγω θερμικών προσόδων από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Ταυτοχρόνως όμως με τη θερμομονωτική προστασία των κτηρίων ελαχιστοποιείται και ο κίνδυνος εκδήλωσης του φαινομένου της επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών (δρόσου) και προστατεύονται οι κατασκευές από φαινόμενα υγρασίας του εσωτερικού χώρου.

Σε γενικότερο επίπεδο περιορίζεται η απαίτηση για κατανάλωση ενέργειας και κατά συνέπεια μειώνεται η κατανάλωση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων και η ρύπανση του περιβάλλοντος από την παραγωγή αέριων ρύπων.

Η απαίτηση για θερμομονωτική προστασία των κτηριακών κατασκευών συμβάλλει προς αυτήν την κατεύθυνση, αξιολογώντας την επάρκεια της θερμομονωτικής προστασίας του κτηρίου:

1. Με τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας των επί μέρους δομικών στοιχείων,
2. Με τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας του κτηριακού κελύφους στο σύνολό του.

Σ' αυτήν την τεχνική οδηγία παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογία αυτού του διπλού ελέγχου θερμομονωτικής προστασίας του κτηρίου αφενός με τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας U κάθε επί μέρους δομικού στοιχείου και αφετέρου με τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή U_m του συνόλου του κτηριακού κελύφους.

ABSTRACT

The purpose of this work is to determine the thermophysical properties of materials and structural elements, as well as to define the methodology for checking the thermal adequacy of the building shell both in terms of its individual transparent and opaque elements and in its entirety.

The thermal insulation protection of the structural elements of the building constructions seeks to minimize the heat exchanges between indoor and outdoor environment and to achieve a pleasant indoor interior of the buildings with the lowest possible energy consumption. Thus, during the winter (cold) period, the heat losses to the outside environment are limited, and during the summer (warm) period, the overheating due to thermal revenues due to the effect of solar radiation is limited.

At the same time, however, with the thermal insulation protection of the buildings, the risk of the phenomenon of surface condensation of water vapor (dew) is minimized and the structures are protected from indoor moisture phenomena.

At a more general level, the demand for energy consumption is reduced and consequently the consumption of available energy resources and the pollution of the environment from the production of gaseous pollutants are reduced.

The requirement for thermal insulation of building constructions contributes in this direction, evaluating the adequacy of the thermal insulation protection of the building:

- By checking the thermal insulation adequacy of the individual structural elements,
- By checking the thermal insulation adequacy of the building shell as a whole.

This technical instruction presents in detail the methodology of this double check of thermal insulation of the building on the one hand by calculating the coefficient of thermal conductivity U of each individual structural element and on the other hand by calculating the average coefficient U_m of the whole building shell.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας οφείλετε σε έναν μεγάλο βαθμό στη βοήθεια αρκετών προσώπων, που θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστώ την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου Κ. Σταυρούλα Δενεζάκη, καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, για την πολύτιμη βοήθειά της που μου πρόσφερε.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστώ τον Κ. Αυτουσμή Αθανάσιο, καθηγητή του πρώην ΤΕΙ Αθήνας και καθηγητή του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, για την πολύτιμη βοήθειά του, για την στήριξή του και για την υπομονή του που μου πρόσφερε σε όλη την διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστώ τον Κ. Ψυλλιά Παναγιώτη Δπλ. Μηχανολόγο-Μηχανικό, μελετητή και κατασκευαστή για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου παρείχε και την μεγάλη στήριξη και υπομονή που μου πρόσφερε για την διεξαγωγή της έρευνας και συγγραφής της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στη οικογένεια μου, για όλα αυτά τα χρόνια που ήταν δίπλα μου. Ένα τεράστιο ευχαριστώ, στην μητέρα μου, για την μεγαλύτερη στήριξη που μου παρείχε.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ABSTRACT	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
1.1 Εισαγωγή	9
1.2 Η ενεργειακή κατανάλωση και το μοντέλο ανάπτυξης	10
1.3 Ο κανονισμός ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων Κ.Ε.Ν.Α.Κ	11
1.4 Η θερμική προστασία των κατασκευών.....	18
1.5 Οι θερμογέφυρες	22
1.6 Τα θερμομονωτικά υλικά	28
1.6.1 Κριτήρια ταξινόμησης των θερμομονωτικών υλικών	29
1.6.2 Ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών.....	30
1.7 Διογκωμένη πολυστερίνη.....	31
1.8 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	35
1.9 Πολυουρεθάνη	38
1.10 Υαλοβάμβακας – Πετροβάμβακας.....	42
1.11 Αφρώδες γυαλί.....	49
1.12 Ξυλόμαλλο.....	52
1.13 Πορώδη θερμομονωτικά τούβλα.....	56
1.14 Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι.....	59
1.15 Φελλός.....	63
1.16 Κυτταρίνη	67
1.17.1 Μαλλί προβάτου – Κάνναβη – Λινάρι κ.α.....	70
1.17.2 Η κάνναβη	72
1.17.3 Το λινάρι.....	73
1.17.4 Υπόλοιπα θερμομονωτικά φυσικά υλικά	75
1.8 Θερμομόνωση των δομικών στοιχείων	75
1.8.1 Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας	76

1.8.2 Θερμομόνωση δώματος.....	77
1.8.3 Θερμομόνωση στέγης	78
Κεφάλαιο 2 – Κ.Ε.Ν.ΑΚ.	80
2.1 ΕΛΟΤ EN ISO 13790 Ε2 13790 Ε2 (2009)	80
2.2 Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίου	82
2.3 Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.....	83
2.4 Κατηγορίες κτιρίων.....	84
2.5 Προδιαγραφές κτιριακού κελύφους	86
2.5.1 Συντελεστής θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων	88
2.5.2 Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.....	94
2.5.3 Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με το έδαφος.....	95
2.5.4 Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με μη θερμαινόμενους ή ηλιακούς χώρους	96
2.5.5 Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με άλλη θερμική ζώνη.....	97
2.5.6 Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με όμορα κτίσματα	97
2.5.7 Συντελεστής θερμοπερατότητας θερμογεφυρών	97
2.5.8 Συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών	99
2.5.9 Συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα	100
2.5.10 Διαφανή δομικά στοιχεία (κουφώματα) σε επαφή με μη θερμαινόμενους ή ηλιακούς χώρους.....	101
Κεφάλαιο 3 – Περιγραφή Μελέτης.....	101
3.1 Εισαγωγή	101
3.2 Συνθήκες υπολογισμού του υπό μελέτη κτιρίου	104
3.3 Γενικά στοιχεία κτιρίου	106
Κεφάλαιο 4 – Μελέτη του έργου: Υπολογισμοί.....	111
4.1 Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων	111
4.2 Κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία	125
4.3 Οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία.....	134
4.4 Διαφανή δομικά στοιχεία.....	135
4.5 Μη θερμαινόμενοι χώροι.....	136
4.6 Θερμογέφυρες	141
4.7 Υπολογισμός μέγιστου επιτρεπτού και πραγματοποιήσιμου U_{m} του κτιρίου	146

4.8 Υπολογισμός αθέλητου αερισμού	147
5. Συμπεράσματα	148
6. Βιβλιογραφία.....	151

1.1 Εισαγωγή

Με τον κανονισμό θερμομόνωσης κτιρίων θεσμοθετήθηκε το 1979 στην Ελλάδα η θερμομονωτική προστασία των κτιρίων. Υπήρξε αποτέλεσμα των δύο μεγάλων ενεργειακών κρίσεων, του 1973 και του 1978, και έθεσε για πρώτη φορά το ζήτημα του περιορισμού της ενεργειακής κατανάλωσης με την υποχρεωτική θερμομόνωση όλων των καινούργιων κτιρίων. Εκείνος ο κανονισμός υπήρξε ουσιαστικά αντιγραφή του αντίστοιχου γερμανικού και έμεινε σε ισχύ στη χώρα μας μέχρι πρόσφατα, παρά το γεγονός ότι ενδιάμεσα έγιναν αρκετές προσπάθειες συμπλήρωσης ή αντικατάστασής του, ιδίως με τη θεσμοθέτηση του Κανονισμού Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.), που τέθηκε σε ισχύ το 1998, αλλά στην πράξη ουδέποτε εφαρμόστηκε, διότι ποτέ δεν ολοκληρώθηκε το απαιτούμενο κανονιστικό εφαρμογής του.

Σήμερα μετά από 30 χρόνια και άνω, εκείνον τον πρώτο κανονισμό θερμομόνωσης έρχεται να αντικαταστήσει ένας νέος, ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Κ.Ε.Ν.Α.Κ), που ολοκληρώθηκε και τέθηκε σε πλήρη ισχύ την 1^η Οκτωμβρίου του 2010. Ο καινούργιος κανονισμός αντιμετωπίζει το θέμα της θερμομονωτικής προστασίας όχι μόνον από ενεργειακή άποψη, αλλά και από περιβαλλοντική. Δίνει μ' αυτόν τον τρόπο μια νέα διάσταση, με την οποία η πολιτεία επιχειρεί να αντιμετωπίσει τα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα προς διπλή κατεύθυνση:

1. Τον περιορισμό της αλόγιστης κατανάλωσης των αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο),
2. Τη μείωση των παραγόμενων αέριων ρύπων που μολύνουν το περιβάλλον και προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Παράλληλα όμως, συμβάλλει αποφασιστικά στον περιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης, άρα και του ενεργειακού κόστους, επιβάλλοντας κανόνες εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης της ενέργειας.

Ο Κ.Ε.Ν.Α.Κ. αποτελεί εφαρμογή της κοινοτικής οδηγίας 2002/91/ΕΚ, που δίνει τις γενικές κατευθύνσεις για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και τις οποίες όλες οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης όφειλαν να ενσωματώσουν στην εθνική τους νομοθεσία μέχρι την 4^η Ιανουαρίου του 2006. Η Ελλάδα, καθώς και άλλες χώρες,

έκανε χρήση του δικαιώματός της να ζητήσει τριετή αναστολή, όπως προέβλεπε η οδηγία, προκειμένου να γίνει η κατάλληλη εκπαίδευση ειδικευμένων εμπειρογνομώνων (ενεργειακών επιθεωρητών) όφειλε όμως μέχρι τότε να είχε ολοκληρώσει όλες τις άλλες ενέργειες που όριζε η οδηγία.

1.2 Η ενεργειακή κατανάλωση και το μοντέλο ανάπτυξης

Σύμφωνα με σχετικές έρευνες της Ευρωπαϊκής Ένωσης ο κτιριακός τομέας καταλαμβάνει το 37% του συνόλου της ενεργειακής κατανάλωσης. Αναμφίβολα, τα κτίρια με παλαιό έτος κατασκευής ήτοι τριακονταετίας και άνω, παρουσιάζουν υψηλή ενεργειακή κατανάλωση. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι οι κατασκευές παλαιού τύπου δεν διαθέτουν θερμομονωτική προστασία. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελούν τα κτίρια γυάλινης κατασκευής τα οποία κατά τους χειμερινούς μήνες εμφανίζουν μεγάλη απώλεια θερμότητας και κατά τους θερινούς μήνες απαιτούν εκτεταμένη χρήση κλιματιστικών ψύξης με αποτέλεσμα την κατανάλωση μεγάλων ποσών ενέργειας. Είναι γνωστό ότι στην Ευρωπαϊκή αλλά και παγκόσμια ατζέντα των τελευταίων δεκαετιών αποτελεί σταθερή και ξεχωριστή θεματική ενότητα η ενεργειακή πράσινη ανάπτυξη και η αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης. Προς αυτή την κατεύθυνση χαράσσονται πολιτικές και στρατηγικές δράσης σε εθνικό, ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο για την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων, την αντιμετώπιση της αύξησης των τιμών των ορυκτών καυσίμων, την ανάπτυξη της πράσινης ενέργειας κ.α σχετικών ζητημάτων. Με βάση τα παραπάνω συνάγεται το συμπέρασμα ότι κρίνεται επιβεβλημένη η από κοινού λήψη μέτρων αντιμετώπισης των ενεργειακών ζητημάτων τα οποία διαρκώς οξύνονται με την πάροδο των χρόνων σε Ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο.

Η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας οδήγησε στην κατακόρυφη αύξηση των αναγκών και των απαιτήσεων για ενέργεια των σύγχρονων κοινωνιών με αποτέλεσμα την εκτροπή της ισορροπίας του οικοσυστήματος και την κατασπατάληση των φυσικών πόρων για την παραγωγή ενέργειας. Στο πλαίσιο αυτό παρατηρείται ολοένα και περισσότερο:

1. εξάντληση των ορυκτών ενεργειακών πόρων, καθώς δεν είναι ανεξάντλητοι, και
2. ρύπανση της ατμόσφαιρας με την ανεξέλεγκτη εκπομπή καυσαερίων.

Αξίζει να αναφερθεί ότι το φαινόμενο της ενεργειακής κρίσης αποτελεί ζήτημα κοινού ενδιαφέροντος των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, των Η.Π.Α και του συνόλου εν γένει του παγκόσμιου πληθυσμού. Για τον λόγο αυτό απαιτείται η χάραξη μιας ενιαίας πολιτικής για την αντιμετώπιση των ζητημάτων που αφορούν στον τομέα της ενέργειας και της προστασίας του περιβάλλοντος.

Ανάμεσα στις βασικές πολιτικές που πρέπει να λάβουν χώρα είναι:

1. Η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων παλαιότερης κατασκευής με έμφαση στη θερμομονωτική προστασία,
2. Ο σχεδιασμός κτιρίων βάσει των κατά τόπους κλιματικών παραγόντων
3. Αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές επικρατούσες γεωφυσικές και μορφολογικές συνθήκες
4. Θέσπιση ενιαίων Οδηγιών και Κανόνων και ενσωμάτωσή τους στην κείμενη εσωτερική νομοθεσία κάθε κράτους.

Αποτελεί αντιπροσωπευτική παράμετρο για την κατανόηση του ενεργειακού ζητήματος η αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης την τελευταία τριακονταετία σε ποσοστό μεγαλύτερο του 80%. Αναμφίβολα, η διατήρηση της ίδιας τακτικής θα οξύνει περαιτέρω το ενεργειακό ζήτημα οδηγώντας σε εξάντληση των φυσικών πόρων και μη αναστρέψιμη καταστροφή του περιβάλλοντος. Ως μέτρο αντιστάθμισης και αναχαίτισης των παραπάνω προτείνεται η αειφόρος, πράσινη ανάπτυξη, βάσει της αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με έμφαση στη χρήση ήπιων μορφών ενέργειας φιλικών προς το περιβάλλον. Στο πλαίσιο της ενιαίας στρατηγικής των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης προσδιορίστηκαν στο πλάνο της συνδιάσκεψης της Μαδρίτης το 1994, οι βασικοί άξονες της πολιτικής για την προστασία του περιβάλλοντος και την ενθάρρυνση της αειφόρου ανάπτυξης. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα οι σχετικές Ευρωπαϊκές Οδηγίες ενσωματώθηκαν στην εσωτερική νομοθεσία ανάμεσα στις οποίες ήταν και ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των κτιρίων (Κ.Ε.Ν.Α.Κ).

1.3 Ο κανονισμός ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων Κ.Ε.Ν.Α.Κ

Ο Κανονισμός Θερμομόνωσης του 1979, αφορούσε αποκλειστικά στην θερμομονωτική προστασία των κτιρίων για την αποφυγή της απώλειας θερμότητας κατά τον χειμώνα. Δεδομένων των τότε κλιματολογικών συνθηκών οι ανάγκες για κλιματιστικά ψύξης ήταν περιορισμένες και έτσι η ενεργειακή κατανάλωση ήταν κατά πολύ μικρότερη από την σημερινή. Ωστόσο με την πάροδο των χρόνων και των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής παγκοσμίως, το φαινόμενο του θερμοκηπίου οξύνθηκε και εισήγαγε την ανάγκη χρήσης κλιματιστικών ψύξης κατά τους θερινούς μήνες στις περισσότερες μεσογειακές χώρες.

Με βάση τα παραπάνω κρίθηκε αναγκαία η σύνταξη ενός νέου Κανονισμού προσαρμοσμένου στις νέες συνθήκες και σύμφωνα με τις σύγχρονες ενεργειακές ανάγκες. Έτσι ο Κ.Ε.Ν.Α.Κ., στηρίχθηκε σε μια νέα ολοκληρωμένη βάση ενεργειακής σχεδίασης και μελέτης αναφορικά με τα κατασκευαστικά πρότυπα των κτιρίων ώστε να υπόκεινται σε συγκεκριμένες ενεργειακές προδιαγραφές κατασκευής. Ο

κανονισμός αναφέρεται τόσο σε νεόδμητα κτίρια όσο και σε κτίρια που χρήζουν ενεργειακής αναβάθμισης και ανακαίνισης. Ειδικότερα προβλέπεται για κάθε κτίριο η έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, βάσει του οποίου αποτυπώνεται η πλήρης ενεργειακή κατάστασή του. Η εν λόγω ενεργειακή κατάσταση αποτελεί βασική παράμετρο της ταυτότητας κάθε κτιρίου και αναφέρεται ξεχωριστά σε κάθε συμβολαιογραφική πράξη πώλησης, μεταβίβασης και ενοικίασης του ακινήτου καθορίζοντας την αντικειμενική του αξία. Το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης ακολουθεί πλέον κάθε κτίριο είτε πρόκειται για παλαιά είτε για νέα κατασκευή και εκδίδεται από το καθ' ύλην αρμόδιο όργανο ήτοι τον ενεργειακό επιθεωρητή, μετά από την ενεργειακή αξιολόγηση του κτιρίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ενεργειακή αξιολόγηση κάθε κτιρίου αποτελεί διαδικασία η οποία θα πρέπει να επαναλαμβάνεται με την πάροδο δέκα ετών και κάθε φορά που συντελούνται αλλαγές στο κτίριο που επηρεάζουν την ενεργειακή του συμπεριφορά. Ο νέος κανονισμός επέφερε ουσιαστικές αλλαγές στον τρόπο δόμησης και στο σχεδιασμό των κτιρίων στο πλαίσιο της μείωσης κατανάλωσης της ενέργειας και προστασίας του περιβάλλοντος.

Η ισχύς του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. άρχεται την 1^η Οκτωβρίου του 2010 και θέτει τις κάτωθι βασικές υποχρεώσεις:

1. Την υποβολή μελέτης ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου προκειμένου για την έκδοση σχετικής οικοδομικής άδειας.
2. Την διεξαγωγή ενεργειακής αξιολόγησης των κτιρίων (π.χ. είδη λεβήτων, εγκαταστάσεις θέρμανσης και ψύξης κ.α.).

Η έκθεση ενεργειακής απόδοσης αποτελεί υποχρεωτικό έγγραφο κάθε κτιριακής κατασκευής με επιφάνεια δόμησης 50 m² και άνω. Επίσης είναι υποχρεωτική για κάθε ριζικώς ανακαινιζόμενο κτίριο του οποίου το κόστος ανακαίνισης ξεπερνά το 25% της συνολικής αξίας του ακινήτου.

Ειδικότερα δε, ισχύει η υποχρέωση ενεργειακής απόδοσης στις ακόλουθες περιπτώσεις:

1. Για κάθε κτίριο που έχει εκδοθεί οικοδομική άδεια ακόμη και αν δεν έχει ακόμη ανεγερθεί,
2. Για κάθε προσθήκη που συντελείται σε δομημένη επιφάνεια 50 m² και πάνω, με την προϋπόθεση ότι η εν λόγω προσθήκη αφορά σε χώρο που είναι λειτουργικά εξαρτώμενος από το υφιστάμενο κτίριο,
3. Για κάθε αλλαγή χρήσης του κτιρίου εφόσον επηρεάζεται η ενεργειακή του απόδοση, ανεξαρτήτως εάν η οικοδομική άδεια εκδόθηκε πριν ή μετά την έναρξη ισχύος του Κ.Ε.Ν.Α.Κ.

Παράλληλα, υπάρχουν και περιπτώσεις που εξαιρούνται του πεδίου εφαρμογής του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. ήτοι οι ακόλουθες:

1. αυτοτελή κτίρια συνολικής επιφάνειας μικρότερης των 50 m²,
2. κτίρια τα οποία χαρακτηρίζονται από το νόμο μέρος προστατευόμενου περιβάλλοντος ή ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής ή ιστορικής αξίας, καθώς και διατηρητέα κτίρια, εφόσον οποιαδήποτε παρέμβαση βάσει του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. θα αλλοίωνε κατά τρόπο μη αποδεκτό τον ιστορικό τους χαρακτήρα ή την εμφάνισή τους,
3. κτίρια που χρησιμοποιούνται ως χώροι θρησκευτικής λατρείας και σχετικών δραστηριοτήτων,
4. κτίρια προσωρινής λειτουργίας διάρκειας χρήσης μέχρι δύο έτη,
5. βιομηχανικές εγκαταστάσεις
6. κτίρια αγροτικών χρήσεων με μικρές ενεργειακές απαιτήσεις,
7. χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων και πρατήρια υγρών καυσίμων.

Οι ως άνω περιπτώσεις κτιρίων που εξαιρούνται της υποχρέωσης έκδοσης πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης οφείλουν να υπόκεινται σε έλεγχο θερμομονωτικής επάρκειας. Η εφαρμογή του Κ.Ε.Ν.Α.Κ είναι υποχρεωτική για τα υφιστάμενα κτίρια κατοικιών, των οποίων η χρήση προορίζεται για διάστημα που δεν υπερβαίνει τους τέσσερις μήνες ανά έτος.

Τα εν λόγω κτίρια είχαν αρχικώς εξαιρεθεί του πεδίου εφαρμογής του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. κατόπιν όμως με τροποποίηση που συμπεριλήφθηκε στο νόμο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (άρθρο 28 ν.3889/2010, Φ.Ε.Κ. 182, Α') η εν λόγω κατηγορία αφαιρέθηκε από τις εξαιρέσεις. Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης απαιτεί τη συνυπογραφή δύο ή περισσότερων μηχανικών διαφορετικών ειδικοτήτων και υποβάλλεται στις αρμόδιες πολεοδομικές υπηρεσίες.

Επίσης με υπουργική απόφαση τροποποιείται το άρθρο 25 του Κτιριοδομικού Κανονισμού ως προς τις απαιτήσεις εκπόνησης μελετών υδραυλικών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων (ύδρευσης, θέρμανσης, ηλεκτρικών και κλιματισμού) και επεκτείνεται για όλα τα κτίρια με συνολική επιφάνεια δόμησης μεγαλύτερη των 50 m². Όπως προαναφέραμε με την περάτωση των οικοδομικών εργασιών σε νεόδμητα ή πλήρως ανακαινισμένα κτίρια απαιτείται η έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης στο οποίο αποτυπώνεται η ενεργειακή τους κατάσταση. Επίσης το πιστοποιητικό αυτό θα πρέπει να επικαιροποιείται κάθε δέκα έτη. Σε κτίρια μεικτής χρήσης το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης εκδίδεται διακριτά για κάθε βασική κατηγορία χρήσης του κτιρίου (π.χ χρήση κατοικίας, γραφείου, προσωρινής διαμονής κτλ).

Οι απαιτήσεις της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων

Προκειμένου για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα στοιχεία:

1. **η χρήση του κτιρίου.** Σε αυτή περιλαμβάνονται οι υφιστάμενες συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (π.χ θερμοκρασία, ποσοστό υγρασίας, αερισμός κ.α), τα χαρακτηριστικά λειτουργίας ο αριθμός των χρηστών κ.α.
2. **τα κατά τόπους χαρακτηριστικά του κλίματος όπου βρίσκεται το κτίριο.** Σε αυτά περιλαμβάνονται η μέση θερμοκρασία, η σχετική και απόλυτη υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου, η ηλιοφάνεια κ.α.
3. **τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού σκελετού.** Αφορά στο σχήμα και τη μορφή του κτιρίου, τα υλικά των επιφανειών, η ύπαρξη σκιάστρων, ο προσανατολισμός του κτιρίου, τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών υλικών π.χ χωρίσματα κ.ά.
4. **τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού σκελετού.** Ειδικότερα περιλαμβάνονται η θερμική διαπερατότητα, η θερμική μάζα, η απορροφητικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας κ.ά.).
5. **τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης χώρων.** Αναφέρονται στον τύπο των χρησιμοποιούμενων συστημάτων θέρμανσης, στο δίκτυο διανομής, στην απόδοση των συστημάτων θέρμανσης κ.ά.).
6. **τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης ψύξης / κλιματισμού χώρων.** Αυτά αναφέρονται στον τύπο συστημάτων ψύξης, στο δίκτυο διανομής, στην απόδοση των συστημάτων ψύξης κ.ά.).
7. **τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης μηχανικού αερισμού.**
8. **τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης παροχής ζεστού νερού.**
9. **τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης φωτισμού,** για κτίρια τριτογενούς τομέα.
10. **τα ενσωματωμένα παθητικά ηλιακά συστήματα στο σκελετό του κτιρίου.**

Άλλες παράμετροι που θα πρέπει να συνυπολογίζονται στην ενεργειακή αξιολόγηση είναι:

1. τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα καθώς και τα συστήματα παραγωγής θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρισμού με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.)
2. τη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας με τεχνολογίες ηλεκτρισμού και θερμότητας.
3. τα κατά τόπους κεντρικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης
4. το φυσικό φωτισμό.

Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι το σύνολο της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου υπολογίζεται αθροιστικά από τις τμηματικές καταναλώσεις ενέργειας με αναγωγή στα μεγέθη πρωτογενούς ενέργειας, βάσει των αντίστοιχων συντελεστών μετατροπής όπως αυτοί ορίζονται στο σχετικό κανονισμό.

Διάφορα υπολογιστικά μοντέλα και εργαλεία δύνανται να χρησιμοποιούνται για τους ως άνω υπολογισμούς από τα αρμόδια όργανα επιθεωρητών ενέργειας. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι τα στοιχεία υπολογισμού καθορίζονται από τα χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής και ηλεκτρομηχανολογικής μελέτης βάσει των σχετικών οδηγιών του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.).

Ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας

Κάθε μελέτη ενεργειακής αξιολόγησης περιλαμβάνει τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας του κτιρίου. Ο βαθμός θερμομονωτικής προστασίας των δομικών στοιχείων κτιριακής κατασκευής αναφέρεται στην ικανότητα αποφυγής της ανταλλαγής θερμότητας του εσωτερικού με το εξωτερικό περιβάλλον. Προς αυτή την κατεύθυνση επιδιώκεται ο περιορισμός της επιφανειακής συσσώρευσης υδρατμών και υγρασίας των κτιρίων. Η κτιριακή αξιολόγηση των συνθηκών θερμομονωτικής προστασίας σύμφωνα με τον Κ.Ε.Ν.Α.Κ. λαμβάνει χώρα στα ακόλουθα στάδια:

1. Αρχικά ελέγχεται η θερμική επάρκεια των δομικών στοιχείων του κτιρίου. Προκειμένου ένα δομικό στοιχείο να υπακούει στις απαιτήσεις θερμομονωτικής προστασίας του κανονισμού, πρέπει η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας $U_{\text{εξεταζ}}$ να μην ξεπερνά την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας U_{max} όπως αυτός καθορίζεται στον σχετικό κανονισμό με βάση την κλιματική ζώνη. Πρέπει δηλαδή να ικανοποιείται η σχέση:

$$U_{\text{εξεταζ}} < U_{\text{max}} \quad [W/m^2 \cdot K]$$

2. Στη συνέχεια ελέγχεται η συνολική θερμική επάρκεια του κτιρίου. Η συνθήκη που πρέπει να ισχύει είναι ότι η μέση τιμή θερμοπερατότητας U_m του υπό αξιολόγηση κτιρίου να μην ξεπερνά τα καθοριζόμενα από τον κανονισμό όρια $U_{m, \text{max}}$ στην αντίστοιχη κλιματική ζώνη. Πιο συγκεκριμένα, η ανώτερη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας $U_{m, \text{max}}$ καθορίζεται από τον λόγο της συνολικής εξωτερικής περιμετρικής επιφάνειας του κτιρίου (A) προς τον όγκο του (V). Πρέπει δηλαδή να ικανοποιείται η σχέση:

$$U_m < U_{m, \text{max}} \quad [W/m^2 \cdot K]$$

Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι με τον νέο Κανονισμό παύει να ισχύει ο ενδιάμεσος έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας για κάθε όροφο ξεχωριστά ενώ στη μέτρηση της μέσης τιμής του συντελεστή θερμοπερατότητας λαμβάνονται υπόψη και οι

Θερμογέφυρες του κτιρίου καθώς έχει αποδειχθεί ότι αυξάνουν τον μέσο όρο του συντελεστή U_m κατά 25% με 35%.

Σε κάθε μελέτη θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη και τα έτερα χαρακτηριστικά του κτιρίου όπως είναι οι υπόγειοι χώροι (αποθήκες, μη κλιμακοστάσια, υπόγεια parking) και κάθε είδους επιφάνειες που εφάπτονται στο έδαφος. Επίσης σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να συνεκτιμώνται οι θερμομονωμένες οροφές και οι θερμομονωμένες ή μη στέγες, βάσει των αντίστοιχων συντελεστών. Συγκριτικά με τον προγενέστερο Κανονισμό πρέπει να σημειώσουμε ότι οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων και του συνόλου του κτιρίου, είναι σαφώς αυστηρότερες στις αντίστοιχες ζώνες. Ενδεικτικά να αναφέρουμε ότι στη ζώνη Δ' οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του ισχύοντα κανονισμού είναι στο ήμισυ του προγενέστερου. Οι νέες καθορισμένες τιμές περιλαμβάνουν αύξηση του πάχους θερμομονωτικής στρώσης για την πλειοψηφία των δομικών στοιχείων βάσει της κλιματικής ζώνης στην οποία υπάγεται το κτίριο. Στους πίνακες Α, Β και Γ που παρατίθενται παρακάτω αποτυπώνονται για τα βασικά δομικά στοιχεία τα προκύπτοντα πάχη θερμομόνωσης για κάθε κλιματική ζώνη συγκριτικά με τα αντίστοιχα του προηγούμενου κανονισμού. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι απαιτήσεις θερμομόνωσης για:

1. δοκάρι οπλισμένου σκυροδέματος, πάχους 25 cm,
2. δικέλυφη οπτοπλινθοδομή με πάχος 9 cm ανά κέλυφος και
3. συμβατικού τύπου δώμα.

Με αυτά τα πάχη θερμομόνωσης οι συνηθισμένοι τύποι κατασκευής (π.χ. η δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα) αρχίζουν πλέον να εμφανίζουν προβλήματα στην κατασκευή.

Τα όρια ενεργειακών κατηγοριών και το κτίριο αναφοράς

Όπως προαναφέραμε κάθε νεόδμητο και πλήρως ανακαινισμένο οίκημα υπόκειται στις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης. Ο Κ.Ε.Ν.Α.Κ. προκειμένου να θέσει τις απαιτήσεις ενεργειακής κατανάλωσης βάσει της χρήσης έκαστου κτιρίου, δημιούργησε 7 κατηγορίες ενεργειακών ορίων ήτοι από Α έως Η, ενώ εισήγαγε για πρώτη φορά τον όρο του κτιρίου αναφοράς.

Ειδικότερα ως κτίριο αναφοράς ορίζεται το κτίριο που φέρει θεωρητικά τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, την ίδια θέση, τον ίδιο προσανατολισμό, την ίδια χρήση και τα ίδια χαρακτηριστικά λειτουργίας με το υπό αξιολόγηση κτίριο και που πληρεί

κατ'ελάχιστο τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Παράλληλα το κτίριο αναφοράς φέρει καθορισμένα χαρακτηριστικά των εξωτερικών δομικών στοιχείων καθώς και συγκεκριμένες προδιαγραφές των εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης, παραγωγής ζεστού νερού και φωτισμού.

Προκειμένου ένα κτίριο να υπαχθεί σε μια από τις ανωτέρω κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης λαμβάνονται υπόψη:

1. Ο **δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς (R_R)**, ο οποίος ισούται με την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς με μονάδα μέτρησης **kWh/m²/έτος**.
2. Ο **λόγος T** που προκύπτει ως το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας εκάστου κτιρίου (Q_{KPE}) προς την αντίστοιχη ενέργεια του κτιρίου αναφοράς. Ο συγκεκριμένος δείκτης χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση των κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης.

Η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς στη διάρκεια ενός έτους, αντιστοιχεί στο μέγιστο όριο της κατηγορίας ενεργειακής απόδοσης B. Ομοίως τα κτίρια που έχουν μεγαλύτερη ή μικρότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ταξινομούνται στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία.

Ειδική περίπτωση συνιστούν οι ενεργειακές κατηγορίες A+ και B+ οι οποίες δημιουργήθηκαν για να δηλώσουν την περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κατηγοριών A και B. Γενικά, τα νεόδμητα και πλήρως ανακαινισμένα κτίρια θα πρέπει να ανήκουν το λιγότερο στην κατηγορία B ενεργειακής κατανάλωσης. Τα λοιπά κτίρια υπάγονται κατόπιν του σχετικού ελέγχου σε μία από τις υπόλοιπες κατηγορίες. Η αξία των κτιρίων σχετίζεται με την ενεργειακή κατηγορία στην οποία υπάγονται με αποτέλεσμα η αξία κάθε ακινήτου να αυξάνεται με την αντίστοιχη ενεργειακή αναβάθμιση. Τέλος να τονίσουμε ότι κάθε μελέτη ενεργειακής απόδοσης οφείλει να αποτυπώνει με σαφήνεια τους τιθέμενους από τον Κ.Ε.Ν.Α.Κ. ενεργειακούς δείκτες.

Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός

Κατά την ενεργειακή αξιολόγηση των κτιρίων λαμβάνονται υπόψη οι αποδόσεις των επί μέρους ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων ήτοι οι εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης και αερισμού. Σε κάθε περίπτωση τα κτίρια θα πρέπει να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται βάσει των κατά τόπους κλιματολογικών

συνθηκών ώστε η απαιτούμενη κατανάλωση ενέργειας να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη.

Οι βασικές απαιτήσεις ως προς την ενέργεια που ορίζει ο Κ.Ε.Ν.Α.Κ. είναι οι ακόλουθες:

1. Οι κεντρικές μονάδες κλιματισμού των κτιρίων που προσφέρουν νωπό αέρα σε ποσοστό μεγαλύτερο ή ίσο του 60% θα πρέπει να εξασφαλίζουν ανάκτηση θερμότητας σε ποσοστό 50% και άνω.
2. Κάθε δίκτυο διανομής νερού ή αλλού μέσου της κεντρικής θέρμανσης, της εγκατάστασης ψύξης, ή του συστήματος παροχής ζεστού νερού οφείλει να φέρει ισχυρή θερμομονωτική προστασία.
3. Οι αεραγωγοί διανομής κλιματιζόμενου αέρα (προσαγωγής και ανακυκλοφορίας) των οποίων η διέλευση πραγματοποιείται από εξωτερικά τμήματα εντός των χώρων του κτιρίου οφείλουν να υπόκεινται σε ισχυρή θερμομονωτική προστασία.
4. Τα δίκτυα διανομής θερμού και ψυχρού μέσου οφείλουν να έχουν σύστημα θερμοκρασιακής ή υδραυλικής αντιστάθμισης προκειμένου να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις μερικών φορτίων ή κάθε άλλου ισοδύναμου συστήματος που απαιτεί μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.
5. Τα νεόδμητα ή πλήρως ανακαινισμένα κτίρια οφείλουν να εξυπηρετούν μέρος των αναγκών σε ζεστό νερό από ηλιοθερμικά συστήματα σε κατώτατο ποσοστό 60% ανά έτος. Δύνανται επίσης να χρησιμοποιούν άλλα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τον ίδιο σκοπό.
6. Όλα τα κτίρια ανεξαιρέτως οφείλουν να υπόκεινται σε έλεγχο της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου ανάλογα τη θερμική ζώνη του κτιρίου, για τον υπολογισμό των δαπανών ανά χρήστη/ιδιοκτήτη.

1.4 Η θερμική προστασία των κατασκευών

Η μετάδοση της θερμότητας

Η ροή θερμότητας

Όταν μεταξύ δύο χώρων επικρατεί διαφορετική θερμοκρασία, τότε, όπως είναι γνωστό εκδηλώνεται μια ροή θερμότητας από το χώρο με την υψηλότερη θερμοκρασία προς το χώρο με τη χαμηλότερη. Κατ'αυτόν τον τρόπο ο θερμότερος χώρος χάνει μέρος της θερμότητάς του, που την ανακτά ο ψυχρότερος.

Αυτή η ροή θερμότητας διακόπτεται μόνον όταν επέλθει μια θερμική ισορροπία μεταξύ των δύο χώρων, δηλαδή μόνον όταν οι δύο χώροι εξισώσουν τις θερμοκρασίες τους.

Το ίδιο συμβαίνει και σε ένα θερμαινόμενο κτίριο το χειμώνα με μόνη τη διαφορά ότι το ρόλο του ψυχρότερου χώρου τον αναλαμβάνει το εξωτερικό ατμοσφαιρικό περιβάλλον. Επειδή το εξωτερικό περιβάλλον έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από το εσωτερικό του κτιρίου, μέρος της παραγόμενης θερμότητας εντός αυτού μετακινείται προς τον εξωτερικό χώρο. Ομοίως, άλλη ποσότητα θερμότητας μπορεί να μετακινείται προς γειτνιάζοντα με το κτίριο μη θερμαινόμενο χώρο, εντός του οποίου επικρατεί χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτήν στο εσωτερικό του κτιρίου, ενδεχομένως όμως υψηλότερη του εξωτερικού περιβάλλοντος. Και προς μεν το χαμηλότερης θερμοκρασίας κτίριο μπορεί κάποια στιγμή να επέλθει εξίσωση των θερμοκρασιών και η ροή θερμότητας να σταματήσει, προς το εξωτερικό περιβάλλον όμως κάτι τέτοιο δεν πρόκειται να συμβεί, διότι ο χώρος του κτιρίου δεν είναι δυνατόν να καλύψει την έλλειψη θερμότητας όλης της ατμόσφαιρας.

Το αντίθετο συμβαίνει κατά τη θερινή περίοδο. Επειδή το εξωτερικό περιβάλλον είναι θερμότερο του εσωτερικού οι ροές θερμότητας εκδηλώνονται προς την αντίθετη κατεύθυνση, δηλαδή από τον εξωτερικό χώρο προς το εσωτερικό του κτιρίου. Και πάλι θεωρητικά, η ροή θερμότητας θα σταματήσει, όταν επέλθει θερμική ισορροπία, δηλαδή όταν η θερμοκρασία στο εσωτερικό του χώρου φθάσει τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας

Η μετάδοση θερμότητας συνιστά σύνθετη διαδικασία η οποία είναι δυναμική και υλοποιείται με την αγωγιμότητα, τη συναγωγή και την ακτινοβολία.

1. **Αγωγιμότητα (ή αγωγή)** είναι η εξ' επαφής μεταφορά θερμότητας από μόριο σε μόριο δύο στερεών ή υγρών ή αέριων σωμάτων απουσία κίνησης μεταξύ των μορίων.
2. Η **συναγωγή (ή μεταφορά)** αναφέρεται στην επαφή ενός ρευστού (υγρού ή αέριου) με ένα σώμα που μεταφέρει θερμότητα μέσω της κίνησης των μορίων που προκαλείται από τη μεταξύ τους επαφή. Πρακτικά οφείλεται στον συνδυασμό των φαινομένων της αγωγιμότητας που μεταδίδει τη θερμότητα μέσω επαφής και της μεταφοράς μάζας μέσω της κίνησης του ρευστού.
3. **Μετάδοση θερμότητας διά της ακτινοβολίας.** Πρόκειται για είναι η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ στερεών σωμάτων που διαχωρίζονται από στρώμα αέρα, χωρίς ωστόσο να απαιτείται για τη μετάδοση της θερμότητας η ύπαρξη κάποιου υλικού μέσου.

Είναι γνωστό ότι στον υπολογισμό της θερμοκρασίας υιοθετούμε κάποιες παραδοχές όπως το γεγονός ότι στα δομικά υλικά η θερμότητα μεταδίδεται μονοδιάστατα και κάθετα στην επιφάνεια του δομικού στοιχείου. Λαμβάνουμε επίσης υπόψη την ιδανική συνθήκη κατά την οποία η ανταλλαγή θερμότητας λαμβάνει χώρα ανεξάρτητα του χρόνου δεχόμενοι ότι παραμένει σταθερή. Τέλος, θεωρούμε το υπό εξέταση δομικό στοιχείο ανεπηρέαστο από εξωγενείς ή άλλους παράγοντες. Ως εκ τούτου πρέπει να γνωρίζουμε ότι η μελέτη παρουσιάζει πρακτικά αποκλίσεις από τις πραγματικές συνθήκες.

Η θερμική άνεση

Η μείωση της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους κατά την περίοδο του χειμώνα και αντίστοιχα η αύξηση τους καλοκαιρινούς μήνες προκαλεί εκτροπή της λεγόμενης θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου. Η προσλαμβάνουσα αίσθηση θερμικής άνεσης επηρεάζεται την εναλλαγή θερμότητας και υγρασίας μεταξύ του φυσικού προσώπου και του περιβάλλοντος και ποικίλει από άνθρωπο σε άνθρωπο. Τα συστήματα θέρμανσης που προορίζονται για τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων επιδιώκουν την αντιστάθμιση των θερμικών απωλειών που προκαλούνται εξαιτίας της κακής μόνωσης των κτιρίων. Ομοίως τα συστήματα ψύξης που χρησιμοποιούμε το καλοκαίρι επιχειρούν την μείωση της θερμοκρασίας των εσωτερικών χώρων των κτιρίων ώστε να εξασφαλίζεται η θερμική άνεση των κατοικούντων σε αυτά. Οι απώλειες της θερμότητας από το εσωτερικό στο εξωτερικό περιβάλλον και αντίστοιχα οι θερμικές πρόσδοσι από το εξωτερικό στο εσωτερικό περιβάλλον αποδίδονται κυρίως στους ακόλουθους λόγους:

1. στο βαθμό αγωγιμότητας των διάφορων αδιαφανών δομικών στοιχείων των κτιρίων όπως είναι οι εσωτερικοί και εξωτερικοί τοίχοι, τα δάπεδα, οι οροφές οι στέγες κ.α.
2. στο βαθμό αγωγιμότητας των διάφορων διαφανών δομικών στοιχείων των κτιρίων όπως είναι τα τζάμια,
3. στη διέλευση του αέρα από κενά στο σκελετό και στα κουφώματα εξαιτίας κακής κατασκευής ή άστοχης συναρμολόγησης.
4. στην ύπαρξη ή μη φυσικού ή τεχνητού αερισμού.

Εντούτοις η παρατεταμένη χρήση κλιματιστικών ψύξης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας στον εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο εξαιτίας της απορριπτόμενης εξωτερικά θερμότητας που προέρχεται από το εσωτερικό των κτιρίων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη των εσωτερικών χώρων ιδίως σε αστικές πυκνοκατοικημένες περιοχές την θερινή περίοδο, δημιουργώντας ένα περιοδικό φαινόμενο που οξύνει τελικά το πρόβλημα.

Η συμβολή της θερμομόνωσης

Είναι γνωστό ότι η μεταφορά θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου ακολουθεί αναλογικά τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στους χώρους που διαχωρίζει και αντιστρόφως ανάλογα της αντίστασης που παρουσιάζει το δομικό στοιχείο στη μεταφορά αυτή. Ως εκ τούτου συνάγεται το συμπέρασμα ότι για την μείωση της μεταφοράς θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου θα πρέπει να επιδιώκεται είτε η μείωση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των δύο χώρων είτε η αύξηση της θερμικής αντίστασης.

Κατά την περίπτωση στην οποία η εσωτερική θερμοκρασία ρυθμίζεται σταθερή η διαφορά θερμοκρασίας δύναται να μειωθεί όταν η εξωτερική θερμοκρασία ανέβει. Ομοίως, αν η εξωτερική θερμοκρασία μειωθεί, προκειμένου να διατηρηθεί η ίδια τιμή θερμοκρασίας στον εσωτερικό χώρο θα πρέπει να καταναλωθεί μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας είτε πρόκειται για θέρμανση το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι.

Ως αντισταθμιστικό μέτρο των παραπάνω δύναται να υλοποιηθεί ο περιορισμός της μεταφοράς θερμότητας μέσω της ενίσχυσης της θερμικής αντίστασης του δομικού στοιχείου. Αυτό επιτυγχάνεται με την επιλογή κατάλληλης θερμομόνωσης. Έτσι, τα ποσά ενέργειας που καταναλώνονται για την διατήρηση της άνεσης της θερμοκρασίας ενός εσωτερικού χώρου είναι σαφώς μικρότερα. Συμπερασματικά, μέσω της θερμομόνωσης μειώνεται στο ελάχιστο η ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον με αποτέλεσμα την ευκολότερη διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασιακής άνεσης ενός χώρου με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση της ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα η θερμομόνωση συντελεί στα ακόλουθα:

1. στην καλύτερη διαχείριση της θερμότητας μέσω της θερμοχωρητικότητας των υλικών,
2. στην επικράτηση υψηλών εσωτερικών επιφανειακών θερμοκρασιών προκειμένου για τη μείωση του φαινομένου εμφάνισης δρόσου,
3. στον μείωση της δημιουργίας εσωτερικής συμπύκνωσης εξαιτίας των υδρατμών,
4. στην αποτελεσματική προστασία των δομικών στοιχείων του κτιρίου από τις καταπονήσεις που προκαλούν οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω η σημασία της θερμομόνωσης είναι διττή καθώς συμβάλλει στη μείωση κατανάλωσης των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων και στον έμμεσο περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την εκπομπή καυσαερίων.

Σχετικές τεχνικές μελέτες καταδεικνύουν ότι μέσω της κατάλληλης θερμικής προστασίας σε ένα κτίριο βασικού τύπου δύναται να εξοικονομηθεί από 45% μέχρι 60% της καταναλισκόμενης ενέργειας. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι η επιλογή αξιόπιστων και αποτελεσματικών μέσων θερμομόνωσης αυξάνει το συνολικό κόστος κατασκευής κατά περίπου 3%.

1.5 Οι θερμογέφυρες

Όπως προαναφέραμε, ο ισχύον κανονισμός Κ.Ε.Ν.Α.Κ., περιλαμβάνει στη ενεργειακή μελέτη και τις θερμογέφυρες του κτιρίου που εμφανίζονται εξαιτίας των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και της μορφολογίας του εν γένει.

Οι θερμογέφυρες είναι πρακτικά τα τμήματα ή τα σημεία του εξωτερικού περιβλήματος του κτιρίου τα οποία εμφανίζουν σαφώς μικρότερη θερμική αντίσταση των δομικών στοιχείων από το υπόλοιπο σκέλος. Στα σημεία που υπάρχουν θερμογέφυρες, εξαιτίας της μικρής θερμομονωτικής προστασίας, η μεταφορά θερμότητας είναι εντονότερη από το λοιπό μέρος του κτιρίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U) στις θέσεις που υπάρχουν θερμογέφυρες να αποκλίνει από τις αντίστοιχες τιμές του υπόλοιπου τμήματος του κτιρίου. Γίνεται λοιπόν κατανοητό, ότι καθώς οι θερμογέφυρες αποτελούν τα αδύναμα σημεία του κτιρίου λειτουργώντας επιβαρυντικά στη θερμική του προστασία, θα πρέπει να λαμβάνεται σχετική μέριμνα στην θερμική αξιολόγηση και την τεχνική μελέτη που συνοδεύουν κάθε κατασκευή. Επίσης πρέπει να αναφέρουμε ότι όσο περισσότερα είναι τα σημεία που εμφανίζουν θερμογέφυρες τόσο περισσότερο επηρεάζεται η συνολική ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου με αποτέλεσμα να μειώνεται σημαντικά η λεγόμενη θερμική άνεση του εσωτερικού χώρου. Όλα τα παραπάνω επιφέρουν σημαντικά ζητήματα στη συμπεριφορά του κτιρίου όπως η εμφάνιση επιφανειακής συσσώρευσης υδρατμών. Έχει επιπρόσθετα παρατηρηθεί ότι η εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία στο σημείο μιας θερμογέφυρας είναι αισθητά μικρότερη από τις υπόλοιπες περιμετρικές θέσεις, προσεγγίζοντας την εξωτερική θερμοκρασία.

Τέλος να σημειωθεί ότι σχετικές μελέτες καταδεικνύουν ότι οι θερμογέφυρες αυξάνουν τις απώλειες σε ενέργεια του κτιρίου σε ποσοστό που δύναται να φτάσει και το 30% ανάλογα με το μέγεθος, τα γεωμετρικά και αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του κτιρίου και τον αριθμό των θερμογεφυρών που εμφανίζονται στα διάφορα σημεία.

Αιτίες για τη δημιουργία μιας θερμογέφυρας

Οι λόγοι για τους οποίους μπορεί να αναπτυχθεί μια θερμογέφυρα ποικίλουν. Οι συνηθέστεροι ωστόσο λόγοι έχουν να κάνουν γεωμετρικά και μορφολογικά στοιχεία του κτιρίου, κατασκευαστικές αστοχίες, πιθανές παραλείψεις και φθορές οι οποίες επέρχονται στα κτίρια με την πάροδο του χρόνου.

Οι λόγοι δημιουργίας θερμογέφυρας συνοψίζονται ως ακολούθως:

1. κατασκευαστικοί λόγοι που επιτρέπουν την ανάπτυξη σημείων θερμογέφυρας
2. αδυναμία επαρκούς θερμομονωτικής προστασίας της κατασκευής.
3. σύνθεση και σύσταση των δομικών στοιχείων που επιτρέπει την ανάπτυξη θερμογέφυρας
4. λύση της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης σε διάφορα σημεία του εξωτερικού περιβλήματος.
5. έλλειψη θερμομονωτικής στρώσης ή μικρό/αναπαρκές πάχος.
6. ύπαρξη δύσκολων σημείων που καθιστούν δυσχερή τη θερμομονωτική προστασία .

Το φαινόμενο δημιουργίας θερμογέφυρας θα πρέπει να αντιμετωπίζεται έγκαιρα και να λαμβάνεται μέριμνα για την πρόληψή του κατά το σχεδιασμό νέων κτιρίων καθώς κάθε εκ των υστέρων παρέμβαση απαιτεί πρόσθετες και συχνά πολύπλοκες οικοδομικές εργασίες.

Ερμηνεία του φαινομένου

Για τη φυσική ερμηνεία δημιουργίας θερμογέφυρας σε σημεία του δομικού στοιχείου πρέπει να λάβουμε υπόψη τη μειωμένη θερμική προστασία η οποία επιφέρει με τη σειρά της την αύξηση μεταφοράς της θερμότητας στα εν λόγω σημεία. Με τον τρόπο αυτό η εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία του δομικού στοιχείου στη θέση ύπαρξης θερμογέφυρας τείνει να είναι πάντοτε μικρότερη.

Η συγκεκριμένη μεταβολή της θερμοκρασίας δεν εκφράζεται σε απόλυτη τιμή θερμοκρασίας στο σημείο ύπαρξης της θερμογέφυρας. Αντιθέτως εμφανίζεται σταδιακά καθώς μεταπίπτει από τη μία κατάσταση στην άλλη. Το ίδιο γίνεται και με τη διαχεόμενη θερμότητα η οποία παρουσιάζει σταδιακή μεταβολή από το σημείο με θερμική προστασία στο σημείο της θερμογέφυρας. Η εν λόγω κλιμακούμενη μετάβαση οφείλεται στις επάλληλες στρώσεις του δομικού στοιχείου με αποτέλεσμα την παράλληλη μεταφορά της θερμότητας στον κάθετο και οριζόντιο άξονα των σημείων μεγαλύτερης θερμοκρασίας προς αυτά με χαμηλότερη.

Επιπτώσεις από την εμφάνιση των θερμογεφυρών

Η επίδραση στη θερμική άνεση

Στο σημείο ύπαρξης θερμογέφυρας η θερμοκρασία της επιφάνειας του δομικού στοιχείου εμφανίζει μικρότερη τιμή από την υπόλοιπη επιφάνεια, αφού καθορίζεται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U) του σημείου αυτού βάσει των αντίστοιχων θερμικών απωλειών. Το γεγονός αυτό επιδρά στις συνθήκες θερμοκρασίας που επικρατούν στον εσωτερικό χώρο διαμορφώνοντας αντίστοιχα το αίσθημα θερμικής άνεσης ή δυσφορίας. Η επιφανειακή θερμοκρασία σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία και την ταχύτητα ροής του που επικρατούν εσωτερικά ενός χώρου αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες στο αίσθημα της θερμοκρασίας από το ανθρώπινο σώμα.

Η υγρασία επιφανειακής συμπύκνωσης

Η συμπύκνωση οφείλεται στις μεγαλύτερες θερμικές απώλειες που σημειώνονται στις θέσεις των θερμογεφυρών και στις συνεπαγόμενες χαμηλές θερμοκρασίες που καταγράφονται στις αντίστοιχες επιφάνειες. Η πτώση της θερμοκρασίας επιφέρει και μείωση της ικανότητας του αέρα να συγκρατήσει τους υδρατμούς που έχει στη μάζα του, με αποτέλεσμα η περίσσεια των υδρατμών που δεν μπορεί πλέον να συγκρατηθεί να κατακάθεται υπό μορφή συμπυκνωμάτων στις ψυχρές επιφάνειες. Η συμπύκνωση των υδρατμών μπορεί να προκαλέσει σημαντικές φθορές στα δομικά στοιχεία που εκδηλώνονται με ποικίλες μορφές.

Αυτές οι φθορές τις περισσότερες φορές οφείλονται στην άμεση επίδραση της υγρασίας στα υλικά και στις μεταβολές που επιφέρει στις φυσικές και μηχανικές τους ιδιότητες, ενώ άλλες φορές οφείλονται στη συνδρομή που προσφέρει στη δράση άλλων παραγόντων.

Το φαινόμενο συνήθως εκδηλώνεται στις σχηματιζόμενες δίεδρες ή τρίεδρες γωνίες που σχηματίζουν οι περιμετρικοί εξωτερικοί τοίχοι με το δάπεδο ή την οροφή, στις ποδιές των παραθύρων, στις θέσεις συναρμογής του τοίχου με τις κάσες των κουφωμάτων, επάνω στους υαλοπίνακες και στα πλαίσια των κουφωμάτων (ιδίως των κουφωμάτων αλουμινίου που δεν είναι μονωμένα), στις θέσεις των περιδέσμων ενίσχυσης (σενάζ) όταν δεν είναι θερμομονωμένοι και γενικώς σε κάθε θέση που μπορεί να αποτελεί ισχυρή θερμογέφυρα. Η υγρασία άλλοτε έχει τη μορφή απλού νοτίσματος και άλλοτε σταγονιδίων που μπορεί να λάβουν τη μορφή μικρής ποσότητας ρέοντος νερού (π.χ. στα μεταλλικά μη μονωμένα πλαίσια και στους υαλοπίνακες των κουφωμάτων). Συχνά η συμπύκνωση των υδρατμών γίνεται αντιληπτή από μικρά μαύρα στίγματα ή σκιάσεις που σχηματίζονται επάνω στις επιφάνειες των δομικών στοιχείων. Οφείλονται στα μόρια σκόνης που περιέχονται

στον αέρα. Ο αέρας όταν έρχεται σε επαφή με την ψυχρή επιφάνεια της θερμογέφυρας και ψύχεται μειώνει την ικανότητά του να συγκρατεί τα μόρια της σκόνης και αυτά δημιουργούν μικρά συσσωματώματα που είτε κατευθύνονται προς την επιφάνεια είτε παραμένουν αιωρούμενα. Καθώς όμως αποτελούν πόλους έλξης των υδρατμών, παρασύρονται και επικάθονται μαζί τους στις επιφάνειες όταν αυτοί συμπυκνωθούν.

Ο υπολογισμός των θερμογεφυρών στον Κ.Ε.Ν.Α.Κ.

Οι θερμογέφυρες μπορούν να διακριθούν σε δύο βασικούς τύπους:

1. Στις γραμμικές που εκδηλώνονται κατά μία διάσταση, στο μήκος ενός δομικού στοιχείου και
2. Στις σημειακές, που εκδηλώνονται στις ενώσεις των γραμμικών θερμογεφυρών (συνήθως σε τρίεδρες γωνίες).

Στις θέσεις των θερμογεφυρών η παραδοχή περί μονοδιάστατης ροής θερμότητας παύει να ισχύει και η ροή θερμότητας παρουσιάζεται στις μεν γραμμικές θερμογέφυρες με τη διαδιάστατη μορφή της, ενώ στις θέσεις των σημειακών με την τρισδιάστατη. Οι σημειακές θερμογέφυρες λόγω της μορφής τους έχουν περιορισμένη έκταση και, αν και στις θέσεις εκείνες εκδηλώνεται εντονότερα το φαινόμενο, η αναλογική συμμετοχή τους στη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου είναι πολύ μικρή για και γι' αυτό ο Κ.Ε.Ν.Α.Κ. τις θεωρεί αμελητέες και δεν τις λαμβάνει υπόψη στον υπολογισμό. Αντίθετα, η επίδραση των γραμμικών θερμογεφυρών στη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου είναι μεγαλύτερη και συνυπολογίζεται στην ενεργειακή μελέτη.

Ο Κ.Ε.Ν.Α.Κ. προκειμένου να διευκολύνει του υπολογισμούς, διακρίνει τις θερμογέφυρες σε 3 βασικούς τύπους:

1. **Στις κατακόρυφες θερμογέφυρες**, που εμφανίζονται στη συναρμογή των κατακόρυφων δομικών στοιχείων. Αυτές μπορούν να εντοπισθούν στις κατόψεις του κτιρίου και το μήκος τους να υπολογισθεί από τα σχέδια των όψεων ή των τομών.
2. **Στις οριζόντιες θερμογέφυρες**, που εμφανίζονται στη συναρμογή των οριζόντιων δομικών στοιχείων με τα κατακόρυφα. Μπορούν να εντοπισθούν στα σχέδια των όψεων ή των τομών και να υπολογισθεί από τα σχέδια των κατόψεων.
3. **Στις θερμογέφυρες των κουφωμάτων**, που εμφανίζονται στην περίμετρο συναρμογής των κουφωμάτων με τα στοιχεία της τοιχοποιίας. Το μήκος τους ισοδυναμεί με το μήκος της περιμέτρου του ανοίγματος.

Αυτές τις τρεις κατηγορίες ο Κ.Ε.Ν.Α.Κ. τις χωρίζει σε πολλές άλλες μικρότερες με βάση τη μορφή τους και τη γεωμετρική τους θέση στο κτίριο. Η κάθε μία από αυτές ορίζεται από πίνακες στον Κ.Ε.Ν.Α.Κ. με μία ξεχωριστή τιμή που δίδεται από το συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας, μετράται σε $W/(m^*K)$ και συμβολίζεται με το γράμμα Ψ .

Ο υπολογισμός τους γίνεται με το άθροισμα των γινομένων που δίνει το μήκος της κάθε θερμογέφυρας (L) επί τον αντίστοιχο συντελεστή Ψ και υπεισέρχεται ως παράγοντας στον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου U_m .

Θα πρέπει να διευκρινισθεί ότι πρακτικά δεν είναι δυνατό να υπάρξει συμβατική κατασκευή που να μην παρουσιάζει σε κανένα σημείο του κελύφους της θερμογέφυρες. Σε ορισμένες ακραίες περιπτώσεις μάλιστα η αποφυγή τους είναι οικονομικά ασύμφορη, καθώς το όφελος από την εξάλειψή τους είναι δυσανάλογα μικρό σε σχέση με την πολυπλοκότητα και το κόστος των λύσεων για την αντιμετώπισή τους.

Έτσι, η πρόληψη ή η αντιμετώπιση πρέπει να γίνονται στο βαθμό του δυνατού και όχι καθ' υπερβολή και πρέπει τόσο από κατασκευαστική, όσο και από οικονομική άποψη να κινούνται στο πλαίσιο του εφικτού με απώτερο σκοπό να προσφέρουν την καλύτερη δυνατή θερμομονωτική προστασία στο κτίριο και να περιορίσουν στο ελάχιστο τις θερμικές απώλειες από το εξωτερικό του περίβλημα. Άλλωστε, είναι προτιμότερη μια λύση που απλά περιορίζει τη δράση της θερμογέφυρας από μία άλλη που θα μπορούσε να την εξαλείψει τελείως, αλλά που θα μείωνε ενδεχομένως την αρχιτεκτονική αξία της κατασκευής ή θα δημιουργούσε νέα ζητήματα, που με τη σειρά τους θα έπρεπε και αυτά να επιλυθούν (π.χ. η στατική επάρκεια της κατασκευής, η συνεργασία της τοιχοποιίας πλήρωσης με το φέροντα οργανισμό).

Περιπτώσεις θερμογεφυρών

Το σημείο σύνδεσης στοιχείων φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης

Πρόκειται για τις θέσεις, στις οποίες η τοιχοποιία πλήρωσης δικέλυφης οπτοπλινθοδομής συναντά τα φέροντα στοιχεία του σκελετού (δοκάρια, υποστυλώματα, τοιχία). Σ' αυτήν την περίπτωση είτε παρατηρείται διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης είτε απουσία θερμομονωτικής στρώσης. Η θερμομονωτική στρώση στα στοιχεία του φέροντος οργανισμού συνήθως είναι τοποθετημένη στην εξωτερική τους όψη και σπανιότερα στην εσωτερική, ενώ στην τοιχοποιία πλήρωσης, που κατά κανόνα είναι δικέλυφη, συνήθως βρίσκεται στον πυρήνα της, με αποτέλεσμα η θερμομονωτική στρώση του να μην παρουσιάζει συνέχεια. Η απόσταση μεταξύ των δύο θερμομονωτικών στρώσεων αποτελεί θερμογέφυρα.

Το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπισθεί, αν τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού θερμομονωθούν όχι μόνον από την κύρια όψη αλλά και πλευρικά, ώστε η θερμομονωτική τους στρώση να συναντά τη θερμομονωτική στρώση της τοιχοποιίας. Ωστόσο, μια τέτοια λύση συνήθως δημιουργεί κατασκευαστικά προβλήματα, καθώς δεν επιτρέπει αφενός την καλή συνδεσμολογία της οπτοπλινθοδομής με το στοιχείο του φέροντος οργανισμού και αφετέρου τη διαμόρφωση πλήρους εικόνας για την ομοιόμορφη διάστρωση του σκυροδέματος εντός του ξυλότυπου. Η δημιουργία "φωλεών" δεν είναι εύκολο να διαπιστωθεί, δεδομένου ότι η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται κατά την κατασκευή συνήθως μέσα στον ξυλότυπο, δηλαδή πριν από την έγχυση του σκυροδέματος, προκειμένου να γίνει ενιαίο σώμα μ' αυτό. Το πρόβλημα μπορεί να ξεπεραστεί αποτελεσματικά με την τοποθέτηση της θερμομόνωσης εξωτερικά τόσο στα στοιχεία του φέροντος οργανισμού, όσο και της τοιχοποιία πλήρωσης, διότι σ' αυτήν την περίπτωση η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται εκ των υστέρων και δεν διακόπτεται η συνέχειά της.

Απουσία θερμομόνωσης σε στοιχεία του φέροντος οργανισμού

Αν και βάσει των απαιτήσεων του κανονισμού θερμομόνωσης η θερμομονωτική προστασία όλων των εξωτερικών στοιχείων του φέροντος οργανισμού ήταν απαραίτητη, μερικοί κατασκευαστές δεν τηρούσαν τις υποχρεώσεις αυτές και παραβίαζαν τον κανονισμό.

Παρά ίσως αυτό που με μια πρώτη σκέψη θα υπέθετε κανείς, η παραβίαση συνήθως δεν γινόταν για λόγους οικονομίας, αλλά προκειμένου να επιτευχθεί η ευθυγράμμιση των εσωτερικών επιφανειών των φερόντων στοιχείων με αυτές της τοιχοποιίας. Το συνολικό πάχος της διατομής ενός δοκαριού ή ενός τοιχίου που φέρει θερμομονωτική στρώση (συνολικό πάχος περίπου 34 με 38 cm) προκύπτει μεγαλύτερο από αυτό της συμβατικής δικέλυφης κατασκευής με οπτοπλίνθους πάχους 9 cm (συνολικό πάχος περίπου 27 με 32 cm).

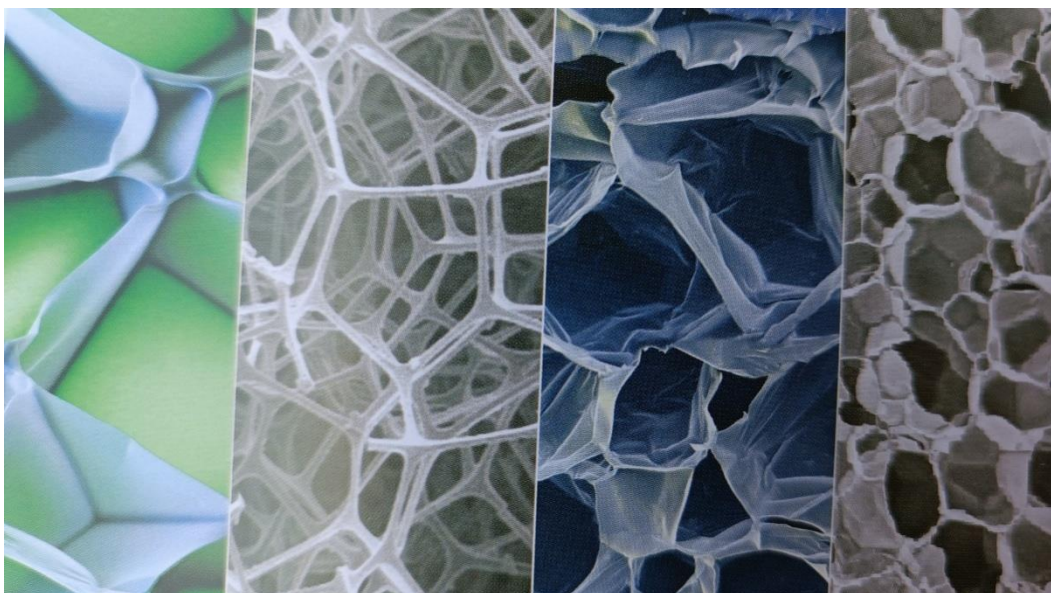
Έτσι, τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού προεξέχουν, σχηματίζοντας το γνωστό αντιαισθητικό "γόνο" στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου, που μειώνει την επιπεδότητά του.

Θα μπορούσε βέβαια αυτό να αποφευχθεί αν διαπλατυνόταν η τοιχοποιία πλήρωσης, αυξάνοντας το πάχος της κατά 5 με 8 cm, ώστε η εσωτερική της επιφάνεια να ευθυγραμμισθεί με αυτήν των δοκαριών και των τοιχίων. Όμως μια τέτοια λύση περιορίζει έστω και ελάχιστα τον ωφέλιμο εσωτερικό χώρο. Το αντίθετο, δηλαδή η αφαίρεση της θερμομονωτικής στρώσης από τα φέροντα στοιχεία σχεδόν εξισώνει τα δύο πάχη. Λειτουργεί, επομένως, η αισθητική και η κακώς νοούμενη οικονομία χώρου σε βάρος της θερμομονωτικής προστασίας και της ποιότητας της κατασκευής. Προφανώς, σ' αυτήν την περίπτωση οι θερμογέφυρες είναι πολύ πιο έντονες και κατά πολύ πιο επιζήμιες από αυτές της προηγούμενης περίπτωσης. Το πρόβλημα μπορεί

να αντιμετωπισθεί με το αυτονόητο, δηλαδή με την τήρηση των απαιτήσεων του κανονισμού (παλαιότερα του κανονισμού θερμομόνωσης και τώρα πλέον του Κ.Ε.Ν.Α.Κ.) και με τη θερμομονωτική προστασία του στοιχείου του φέροντος οργανισμού. Σε μια υφιστάμενη κατασκευή η μόνη πρακτικά εφικτή λύση είναι αυτής της εξωτερικής αναδρομικής θερμομονωτικής προστασίας που θα καλύπτει τόσο τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού, όσο και αυτά της τοιχοποιίας πλήρωσης.

1.6 Τα θερμομονωτικά υλικά

Με τα θερμομονωτικά υλικά επιδιώκεται η βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς ενός κτιρίου. Κοινό χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι η μεγάλη αντίσταση που προβάλλουν στη ροή της θερμότητας μέσω αυτών και που οφείλεται στη δομή της μάζας τους. Πρόκειται κατά κανόνα για υλικά που αποτελούνται από ένα πλέγμα μικρών, ανοικτών ή κλειστών κυψελίδων εντός των οποίων βρίσκεται εγκλωβισμένος αέρας (ή σπανιότερα άλλο αέριο) ή από ένα πυκνό πλήθος πολλών μικρών και λεπτών ινών, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται, ομοίως, αέρας. Ο αέρας θεωρείται πρακτικά ακίνητος και ο ακίνητος αέρας, παρουσιάζει πολύ μικρή αγωγιμότητα, επιτρέπει δηλαδή πολύ δύσκολα τη μετάδοση της θερμότητας μέσω αυτού. Η στερεή φάση αυτών των υλικών, ανάλογα με τη φύση και την πυκνότητά τους, κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 3% και 15% του όγκου τους, γι' αυτό και στη συντριπτική τους πλειοψηφία στα θερμομονωτικά υλικά είναι πολύ ελαφρά.



(Εικόνα 1)

θερμομονωτικά υλικά με πλέγμα μικρών κυψελίδων εγκλωβισμένου αέρα

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

1.6.1 Κριτήρια ταξινόμησης των θερμομονωτικών υλικών

Για την ταξινόμηση των θερμομονωτικών υλικών θα μπορούσε κανείς να επιλέξει πολλά κριτήρια, όπως για παράδειγμα την προέλευσή τους, δηλαδή την πρώτη ύλη (οργανικά ή ανόργανα), τη δομή τους (ινώδη, κυψελώδη ή κοκκώδη), την παρασκευή τους (φυσικά ή τεχνητά), τις ιδιότητές τους (προσβαλλόμενα και μη προσβαλλόμενα από την υγρασία, ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες κτλ.).

Συνήθως διαχωρίζονται σε:

1. Ανόργανα ινώδη (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας, ορυκτοβάμβακας),
2. Ανόργανα κοκκώδους μορφής (διογκωμένος περλίτης, ελαφρόπετρα, βερμικουλίτης),
3. Οργανικά ινώδη ή πορώδη (ξυλόμαλλο, φελλός, φυτικά ή ζωικά υλικά, μορισανίδες) και
4. Οργανικά κυψελωτής δομής ή αλλιώς αφρώδη οργανικά (διογκωμένη πολυστερίνη, αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, πολυουρεθάνη σε αφρό ή πλάκες, φαινολικός αφρός, ουρική φορμαλδεΐδη).

Το σύνολο των παραπάνω υλικών καλούνται και ελαφρά θερμομονωτικά υλικά και συγκαταλέγονται σε μια ενιαία μεγάλη κατηγορία υλικών με κύρια χαρακτηριστικά στοιχεία το μικρό ειδικό βάρος και το μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

Σχεδόν σε όλα αυτά τα υλικά η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, λ , είναι μικρότερη των $0,065 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

Τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικά στοιχεία σε μια κατασκευή και ο κατ' εξοχήν ρόλος τους είναι να προσφέρουν θερμική προστασία στην κατασκευή.

Σε αντίθεση με τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά, σε μία άλλη επίσης μεγάλη κατηγορία μπορούν να συμπεριληφθούν τα βαριά θερμομονωτικά υλικά, τα οποία, πέραν της θερμομονωτικής προστασίας που προσφέρουν, χρησιμοποιούνται και ως κύρια δομικά στοιχεία πλήρωσης και ενίοτε και ως φέροντα σε μικρές κατασκευές. Στα βαριά θερμομονωτικά υλικά θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν όλα τα κυψελωτά λιθοσώματα και πορώδη κονιάματα. Στο σύνολό τους η μάζα τους παρουσιάζει πορώδη δομή, έχοντας εγκλωβισμένες μεγάλες ποσότητες αέρα και γι' αυτό έχουν μειωμένο βάρος συγκριτικά με τα λοιπά λιθοσώματα και κονιάματα και βελτιωμένο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Ωστόσο, η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας είναι πολλαπλασίως μεγαλύτερη από αυτήν των ελαφρών θερμομονωτικών υλικών. Στην κατηγορία των βαριών θερμομονωτικών υλικών μπορούν να ενταχθούν τα κισσηροδέματα, τα επιχρίσματα περλίτη, τα θερμομονωτικά τούβλα, οι ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι, οι κισηρόλιθοι τα ελαφροσκυροδέματα και τα κυψελωτά σκυροδέματα.

Ωστόσο, η παραπάνω ταξινόμηση αποσκοπεί κυρίως στην καλύτερη οργάνωση και κατάταξη των υλικών και μικρή σημασία έχει για το μηχανικό ή τον κατασκευαστή. Πολύ σημαντικότερη γι' αυτόν είναι η γνώση των χαρακτηριστικών τους ιδιοτήτων, τόσο των φυσικών, όσο και των περιβαλλοντικών.

1.6.2 Ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών

Με τον όρο φυσικές ιδιότητες ορίζεται το σύνολο των ιδιοτήτων που έχει από τη φύση του το υλικό ή αποκτά λόγω του τρόπου παρασκευής του και σ' αυτές συγκαταλέγονται:

1. Η πυκνότητα,
2. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας,
3. Η συμπεριφορά του έναντι της υγρασίας,
4. Η αντοχή του σε θερμικές καταπονήσεις,
5. Η επίδραση σ' αυτό της ηλιακής ακτινοβολίας,
6. Η πυραντοχή του (αντίσταση στη φωτιά),
7. Η ηχομονωτική του ικανότητα,
8. Οι μηχανικές του αντοχές,
9. Η διάρκεια ζωής τους (η γήρανσή του).

Με τον όρο περιβαλλοντικές ιδιότητες ορίζεται η επίδραση και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος τόσο κατά το στάδιο της παραγωγής του υλικού, όσο και κατά η διάρκεια της χρήσης του (εφαρμογής του). Σ' αυτές τις ιδιότητες συγκαταλέγονται:

1. Η περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια,
2. Η βιοδιάσπαση και η ανακυκλωσιμότητά του,
3. Η αντοχή του σε προσβολές από έντομα και μικροοργανισμούς,
4. Επίδραση στην υγιεινή των χώρων και στην υγεία των ανθρώπων.

Αυτές οι ιδιότητες, όπως και άλλες, που αποτελούν ίδια χαρακτηριστικά κάθε υλικού, είναι σημαντικές και μαζί με το κόστος, τη διακίνηση του υλικού στην αγορά, τη δυνατότητα μεταφοράς και τοποθέτησής του, καθώς και άλλες παραμέτρους που σχετίζονται με την ιδιαιτερότητα της κάθε κατασκευής αποτελούν βασικούς παράγοντες, και πρέπει να συνεκτιμώνται για την επιλογή και χρήση του.

Έτσι, κριτήρια επιλογής των θερμομονωτικών υλικών μπορεί να αποτελέσουν:

1. Τα ιδιαίτερα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά του υλικού,
2. Οι μηχανικές του ιδιότητες,
3. Η χημικά του συμπεριφορά και η ανθεκτικότητα στην επίδραση εξωγενών παραγόντων.
4. Η περιβαλλοντική του συμπεριφορά,
5. Οι δυνατότητες χρήσης και εφαρμογής του,
6. Η συμβατότητά του με τα άλλα υλικά.

Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζει ο χρήστης ότι το κάθε θερμομονωτικό υλικό δεν προσφέρεται εξ ορισμού για κάθε εφαρμογή. Σε περιπτώσεις που ένα υλικό θεωρείται ιδανικό, ένα άλλο μπορεί να κριθεί εντελώς απρόσφορο. Ομοίως, το δομικό στοιχείο ή η θέση του θερμομονωτικού υλικού στη διαδοχική σειρά των στρώσεων του δομικού στοιχείου είναι καθοριστική για την επιλογή του ή την απόρριψή του. Το ίδιο σημαντική είναι και η συνεργασιμότητά του με τα άλλα υλικά. Γι' αυτό η καλή γνώση των ιδιοτήτων τους βοηθάει στην κατά το δυνατόν επιτυχέστερη επιλογή τους.

1.7 Διογκωμένη πολυστερίνη

Η διογκωμένη πολυστερίνη δημιουργείται στην πετροχημική βιομηχανία και υπάγεται στην κατηγορία των αφρωδών συνθετικών υλικών. Είναι γνωστή σε διεθνή κλίμακα ως EPS (εκ του expanded polystyrene).



Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης επικολλημένη σε λεπτή στρώση ξύλου.

(Εικόνα 2)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Παραγωγή

Είναι υλικό που παράγεται από τον πολυμερισμό του στυρενίου (πολυστυρόλιο) με τη χρήση του υγρού πεντανίου ως διογκωτικού αερίου. Κατά τη θέρμανση του πολυστυρολίου απελευθερώνονται μικρές ποσότητες πεντανίου, το οποίο διαστελλόμενο σχηματίζει κλειστές κυψέλες διογκωμένης πολυστερίνης υπό μορφή σφαιριδίων (κόκκων). Η συσσωμάτωση και κόλληση αυτών των σφαιριδίων υπό πίεση και επιπλέον θέρμανση δίνει τον τύπο μορφοποιημένης διογκωμένης πολυστερίνης που κόβεται σε συγκεκριμένων διαστάσεων πλάκες.

Την ποιότητα των προϊόντων διογκωμένης πολυστερίνης διασφαλίζει το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 13163/2009, που αναφέρεται στις προδιαγραφές και στις απαιτήσεις των βιομηχανικώς παραγόμενων προϊόντων δόμησης διογκωμένης πολυστερίνης. Στην αγορά συναντάται κυρίως σε δύο τύπους σε κόκκους και ορθογώνιες πλάκες.

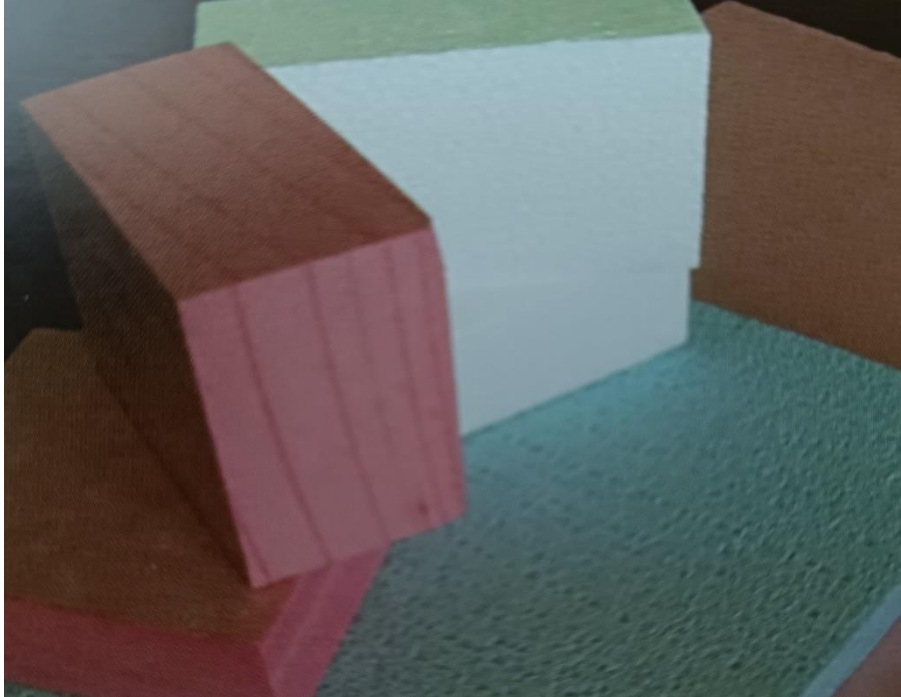
Οι πλάκες κυκλοφορούν στο εμπόριο σε διάφορα πάχη που κυμαίνονται από 2 cm έως 10 cm και δύνανται να είναι πλήρως ορθογωνισμένες ή με περιμετρικό αναβαθμό (πατούρα) έτσι ώστε στο στάδιο της συναρμολόγησης να μην δημιουργείται αρμός που μπορεί να αποτελέσει σημείο θερμογέφυρας. Κατά παραγγελία μπορεί επίσης να παραχθεί διογκωμένη πολυστερίνη με καμπυλωμένα άκρα ή πλευρές, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως καλούπι για την κατασκευή ή και τη θερμική προστασία καμπύλων τμημάτων στην κατασκευή (αψίδες, κυκλικά τόξα, σφαιρικά τρίγωνα κτλ.).

Ιδιότητες

Τα προϊόντα διογκωμένης πολυστερίνης που υπάρχουν στην αγορά φέρουν συρίως λευκό χρώμα. Ωστόσο, ορισμένοι παραγωγοί για διάκριση των δικών τους προϊόντων παρέχουν και άλλα χρώματα, συνήθως ήπιο κίτρινο και ροζ.

Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι άοσμο υλικό. Έχει δομή κλειστών κυψελίδων και στην τελική της μορφή μόνο το 2% έως το 5% του όγκου της αποτελεί τη στερεά ύλη. Τον υπόλοιπο όγκο καλύπτει ο αέρας. Ανάλογα με τον τύπο της μπορεί να έχει τελική επιδερμίδα ή όχι. Προσβάλλεται από έντομα, πουλιά και τρωκτικά. Αντιθέτως, δεν προσβάλλεται από μύκητες και βακτήρια. Είναι ανθεκτική στα φυσικά έλαια και στο τερεβινθέλαιο, προσβάλλεται όμως από ορισμένους χημικούς διαλύτες, όπως είναι

η ακετόνη (ασετόν), ο αιθέρας, το βενζόλιο, οι βενζίνες, οι κετόνες, η ρευστή ασφαλτος και από υλικά που περιέχουν πίσσα. Γι' αυτό, ακόμη και η "έν ψυχρώ" επίστρωση ασφαλτοπάνων επάνω από αυτήν, πρέπει να αποφεύγεται. Φθείρεται επίσης από την υπερίωση ηλιακή ακτινοβολία και γι' αυτό πρέπει να επικαλύπτεται με άλλο υλικό (π.χ. τσιμεντοσανίδες, επιχρίσματα κτλ).



Μόνωση διογκωμένης πολυστερίνης

(Εικόνα 3)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Η διογκωμένη πολυστερίνη παρουσιάζει ικανοποιητική αντοχή στη συμπίεση. Βάσει του Ευρωπαϊκού Πρότυπου EN 13163/2009 τα προϊόντα διογκωμένης πολυστερίνης διακρίνονται σε ξεχωριστούς τύπους ανάλογα με τη θλιπτική αντοχή που παρουσιάζουν. Επίσης εμφανίζει καλές τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ) που αποτελούν συνάρτηση της μορφής και του μεγέθους των κυψελών και της μεταξύ τους συγκόλλησης και συνοχής των κόκκων πολυστερίνης.

Ο βαθμός του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας μεταβάλλεται με τη διακύμανση της θερμοκρασίας. Υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας δίνουν και υψηλότερες τιμές του συντελεστή λ . Όμως για της συνήθεις τιμές θερμοκρασίας του περιβάλλοντος η μεταβολή στην τιμή του λ δεν είναι μεγαλύτερη του 0,3% της τιμής σχεδιασμού. Ο

Κ.Ε.Ν.Α.Κ. στον πίνακα που παραθέτει στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2 με τις ενδεικτικές τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας των διαφόρων δομικών υλικών διακρίνει τρεις διαφορετικές μορφές της διογκωμένης πολυστερίνης, για τις οποίες δίνει τις εξής τιμές:

1. σε κόκκους 0,033-0,038 W/(m*K)
2. σε πλάκες 0,033-0,038 W/(m*K)
3. με γραφίτη 0,030-0,032 W/(m*K)

Η διογκωμένη πολυστερίνη αντέχει σε θερμοκρασίες περίπου από -80° C έως +80° C. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες αρχίζει σταδιακά να χάνει τις μηχανικές της ιδιότητες, στη θερμοκρασία των 100° C αρχίζει να μαλακώνει και να λιώνει, ενώ περίπου στους 300°C αποσυντίθεται με ταχείς ρυθμούς, αποδεδειγμένα πτητικές ουσίες. Λόγω αυτού του σχετικά περιορισμένου θερμοκρασιακού εύρους δεν συνιστάται η χρήση της στη μόνωση καμινάδων, φούρνων κτλ, δηλαδή στη μόνωση δομικών στοιχείων, στα οποία λόγω της θέσης τους ή της λειτουργίας τους αναπτύσσονται πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Σύμφωνα με το πρότυπο τα παραγόμενα προϊόντα διογκωμένης πολυστερίνης οφείλουν να παρουσιάζουν μια συγκεκριμένη διαστασιακή σταθερότητα. Υπό παραμονή σε ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας (23 ± 2° C) και σχετικής υγρασίας (90 ± 5%) για 48 ώρες οι μεταβολές των διαστάσεων δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 1%.

Ο συντελεστής γραμμικής διαστολής της διογκωμένης πολυστερίνης είναι περίπου $6 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Έτσι, μία πλάκα διογκωμένης πολυστερίνης μήκους 1m για διαφορά θερμοκρασίας 10° C θα αποκτήσει μια επιμήκυνση: $6 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1} \cdot 1000\text{mm} \cdot 10 \text{ K} = 0,6 \text{ mm}$.

Η διογκωμένη πολυστερίνη εξαιτίας του κλειστού τύπου κυψελίδων που έχουν δεν δύναται να συγκρατεί μεγάλες ποσότητες νερού και ως εκ τούτου και δεν παρουσιάζει τριχοειδή φαινόμενα. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό απορρόφησης νερού δεν πρέπει να υπερβαίνει σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο το 2% έως 5% κατ' όγκο, του προϊόντος.

Μερική εμβάπτιση της διογκωμένης πολυστερίνης στο νερό δίνει μικρά ποσοστά συγκρατούμενης υγρασίας, της τάξης 0,05 -0,10% κατ' όγκο.Για τους διάφορους τύπους διογκωμένης πολυστερίνης προκύπτουν οι εξής τιμές του συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών:

1. Διογκωμένη πολυστερίνη με πλάκες: 20 – 100
2. Διογκωμένη πολυστερίνη με γραφίτη, σε πλάκες: 30 – 80

Η διογκωμένη πολυστερίνη αποτελεί εύφλεκτο υλικό και εντάσσεται στην κατηγορία των αυτοσβενόμενων υλικών. Ορισμένα προϊόντα του υλικού παράγονται με την προσθήκη επιβραδυντικών ουσιών καύσης, που στόχο έχουν να

καταστήσουν τα προϊόντα πιο δύσκολα στην ανάφλεξη και να μειώσουν τα βαθμό εξάπλωσης της φλόγας. Τα προϊόντα αυτού του τύπου έχουν των κωδικό SE.

Χρήσεις

Η χρήση της διογκωμένης πολυστερίνης στον τομέα της δόμησης αφορά στη λειτουργία της ως θερμομονωτικού υλικού προκειμένου για την προστασία από τη θερμότητα του συνόλου των δομικών στοιχείων. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιείται:

1. Σε κάθετα στοιχεία π.χ. δοκάρια, υποστυλώματα, τοιχία κ.α. τα οποία δεν είναι εκτεθειμένα στη βροχή,
2. Σε τοιχοποιία πλήρωσης,
3. Σε δάπεδα επί εδάφους τα οποία είναι προστατευμένα από την υγρασία,
4. Σε δάπεδα που βρίσκονται πάνω από υπόγεια και πιλοτές,
5. Σε ψευδοροφές,
6. Σε δώματα και στέγες.
7. Σε επιφάνειες κεκλιμένου και οριζόντιου επιπέδου π.χ στέγες καθώς και κάτω από στέγες που δεν διαθέτουν θερμική μόνωση.

Βρίσκει επίσης εφαρμογές σε βιομηχανικά κτίρια, στη θερμομόνωση ψυγείων και ψυκτικών θαλάμων. Συνήθως χρησιμοποιείται υπό μορφή πλακών και σπανιότερα υπό μορφή κόκκων, για το γέμισμα κυρίως των όποιων πιθανών κενών. Τέλος, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η διογκωμένη πολυστερίνη εξαιτίας της καλής θερμομονωτικής της συμπεριφοράς και συγχρόνως του μικρού της κόστους αποτελεί επιλογή πρώτης γραμμής στα θερμομονωτικά υλικά.

1.8 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη

Πρόκειται για υποπροϊόν της διογκωμένης πολυστερίνης που παράγεται στην πετροχημική βιομηχανία. Εντάσσεται δε, στην κατηγορία των αφρώδων συνθετικών υλικών και είναι γνωστή στο διεθνές εμπόριο ως XPS (εκ του extruded polystyrene).

Παραγωγή

Προέρχεται από τον πολυμερισμό του στυρενίου μέσω της διαδικασίας της εξέλασης. Κατά τη διεργασία της παραγωγής αναμειγνύονται διάφορα πρόσθετα που στόχο έχουν να βελτιώσουν ορισμένες ιδιότητές της (π.χ. επιβραδυντικές ουσίες καύσης) και διογκωτικό αέριο που της προσδίδει την αφρώδη μορφή. Την ποιότητα των προϊόντων αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης διασφαλίζει το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 13164/2009, που αναφέρεται στις προδιαγραφές και στις απαιτήσεις από τα βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης στη δόμηση.

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη απαντάται κυρίως στην αγορά ως μονωτικό υλικό ορθογώνιου σχήματος, το οποίο είναι ιδιαίτερα δύσκαμπτο και παράγεται σε ορθογωνισμένες πλάκες πάχους από 2 έως 10 cm. Μπορεί, ωστόσο, να παραχθεί και σε μεγαλύτερα πάχη, εφόσον κάτι τέτοιο ζητηθεί από τις εταιρείες παραγωγής. Ομοίως με τις πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης δύνανται να παράγονται σε πλήρως ορθογωνισμένες πλάκες ή με περιμετρικό αναβαθμό ώστε να αποφεύγεται το φαινόμενο εμφάνισης θερμογέφυρας από τη δημιουργία αρμών. Τέλος δύναται να φέρει ή όχι εξωτερική επιδερμίδα λείας ή τραχιάς επιφάνειας.

Ιδιότητες

Τα προϊόντα αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης βρίσκονται στην αγορά κυρίως σε γαλάζιο ή ανοιχτό πράσινο χρώμα. Ωστόσο δύνανται να υπάρχουν και σε άλλα χρώματα καθώς αυτό υπάγεται στην ευχέρεια της εταιρείας παραγωγής. Επίσης πρέπει να αναφέρουμε ότι αποτελεί άοσμο υλικό και φέρει κλειστές πολυεδρικές κυψελίδες σε ποσοστό άνω του 95% διαμέτρου έως 0,5 mm. Μόνον το 3% έως 4% του όγκου του προϊόντος αποτελεί η στερεά ύλη, ενώ το υπόλοιπο 97% έως 96% καταλαμβάνουν τα διογκωτικά αέρια. Η πυκνότητα των εν λόγω προϊόντων κυμαίνεται από 30 μέχρι 40kg/m³ χωρίς ωστόσο να αποκλείεται η ύπαρξη προϊόντων μεγαλύτερης ή μικρότερης πυκνότητας σύμφωνα με την επιλογή της εταιρείας παραγωγής. Προσβάλλεται από έντομα, πουλιά και τρωκτικά. Είναι ανθεκτική σε φυσικά έλαια, προσβάλλεται όμως από διάφορους χημικούς διαλύτες που έχουν επάνω της διαλυτική επίδραση (βενζίνη, κετόνες, άσφαλτο και υλικά που περιέχουν πίσσα).

Προσβάλλεται επίσης από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία και γι' αυτό το λόγο πρέπει να αποθηκεύεται σε καλά προστατευμένους χώρους.

Σύμφωνα με το πρότυπο EN 13164/2009 τα προϊόντα εξηλασμένης πολυστερίνης κατατάσσονται σε επίπεδα θλιπτικής αντοχής με βάση την αντοχή τους σε θλίψη ή σε παραμόρφωση 10%. Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη παρουσιάζει καλές τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ).

Η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2 διακρίνει δύο κατηγορίες του υλικού με τις εξής αντίστοιχες ενδεικτικές τιμές:

1. Αφρώδη εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες 0,031 -0,038 W/(m*K).
2. Αφρώδη εξηλασμένη πολυστερίνη με άνθρακα σε πλάκες 0,030 – 0,032 W/(m*K).

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη δεν επιτρέπεται να εκτίθεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Σύμφωνα με τους παραγώγους αντέχει σε θερμοκρασίες από -50° C ως +75° C. Λόγω αυτού του σχετικά περιορισμένου θερμοκρασιακού εύρους δεν συνιστάται η χρήση της στη μόνωση δομικών στοιχείων, στα οποία λόγω της θέσης τους ή της λειτουργίας τους αναπτύσσονται πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Σύμφωνα με το πρότυπο EN 13164 τα παραγόμενα προϊόντα αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης οφείλουν να παρουσιάζουν μια συγκεκριμένη διαστασιακή σταθερότητα. Υπό παραμονή σε ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας (23 +- 2° C) και σχετικής υγρασίας (90 +- 5%) για 48 ώρες οι μεταβολές των διαστάσεων δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 2%.

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη λόγω των κλειστών κυψελίδων που τη συνθέτουν δεν απορροφά και δεν συγκρατεί παρά μικρές μόνον ποσότητες νερού και δεν εμφανίζει τριχοειδή φαινόμενα. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό του απορροφούμενου νερού δεν πρέπει να υπερβαίνει σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο μετά από ολική εμβάπτιση στο νερό το 0,7% έως 3,0% κατ' όγκο. Στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2 του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. για όλους τους τύπους αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης οι τιμές του συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών κυμαίνονται μεταξύ 80 και 250. Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, όπως και η διογκωμένη πολυστερίνη, είναι εύφλεκτο υλικό και κατατάσσεται στην κατηγορία των αυτοσβεννόμενων υλικών. Ορισμένα προϊόντα του υλικού παράγονται με την προσθήκη επιβραδυντικών ουσιών καύσης, που στόχο έχουν να καταστήσουν τα προϊόντα πιο δύσκολα στην ανάφλεξη και να μειώσουν το βαθμό εξάπλωσης της φλόγας.

Χρήσεις

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη χρησιμοποιείται στη δόμηση ως θερμομονωτικό υλικό για τη θερμική προστασία σχεδόν όλων των δομικών στοιχείων:

1. Κατακόρυφων στοιχείων φέροντος οργανισμού (δοκών, υποστυλωμάτων, τοιχίων),
2. Τοιχίων υπογείων που έρχονται σε επαφή με το έδαφος,
3. Τοιχοποιίας πλήρωσης,

4. Δαπέδων επί εδάφους,
5. Δαπέδων επάνω από υπόγειο ή πιλοτή,
6. Ψευδοροφών,
7. Δωμάτων συμβατικού ή αντεστραμμένου τύπου και στεγών.



Αφρός πολυουρεθάνης διαστρωμένος στο επίπεδο στέγης.

(Εικόνα 4)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Βρίσκει επίσης εφαρμογές σε βιομηχανικά κτίρια, στη θερμομόνωση ψυγείων και ψυκτικών θαλάμων. Έχει σημαντικό μερίδιο στην αγορά θερμομονωτικών προϊόντων, υπολείπεται όμως αυτού της διογκωμένης πολυστερίνης.

1.9 Πολυουρεθάνη

Ανήκει στην κατηγορία των σκληρών αφρωδών μονωτικών υλικών κλειστής κυψελωτής δομής. Διεθνώς ο συντετμημένος όρος του άκαμπτου αφρού πολυουρεθάνης είναι ΡΥΚ (εκ του polyurethane foam).

Παραγωγή

Παράγεται από την ανάμειξη δισοκυανικού και πολυόλης και υπάγεται στην κατηγορία των πλαστικών θερμομονωτικών υλικών. Κατά την επεξεργασία της δημιουργούνται κλειστές κυψέλες, εντός των οποίων παγιδεύεται το αέριο που χρησιμοποιείται ως διογκωτικό μέσο. Στο εμπόριο διατίθεται σε διάφορες μορφές:

1. Σε σκληρές πλάκες,
2. Σε αφρό σε φιάλες για ατομική χρήση ή σε κυλινδρικά κιβώτια για γενικό ψεκασμό,
3. Σε μορφοποιημένα κογχύλια,
4. Σε μορφή πετασμάτων τύπου σάντουιτς με εκατέρωθεν επικαλύψεις μεταλλικών φύλλων,
5. Σε πλάκες με επικάλυψη λεπτού φύλλου αλουμινίου επίπεδης ή τραπεζοειδούς μορφής.

Ιδιότητες

Το χρώμα της πολυουρεθάνης ποικίλει από λευκό, κίτρινο μέχρι και ανοιχτό πορτοκαλί. Στην ολοκληρωμένη μορφή του προϊόντος η μάζα του καθαρού υλικού καταλαμβάνει το 3% του συνολικού όγκου καθώς το υπόλοιπο αποτελείται από τη μάζα του εγκλωβισμένου αέρα στους πόρους. Όπως αναγράφεται στον Κανονισμό η πυκνότητά της κυμαίνεται ξεκινά από 30 και φτάνει μέχρι 80kg/m³.

Η χρήση της πολυουρεθάνης σε μορφή αφρού έχει το πλεονέκτημα της εύκολης εφαρμογής καθώς πολυμερίζεται με την υγρασία της ατμόσφαιρας και στερεοποιείται σε μικρό χρονικό διάστημα. Επίσης έχει ικανότητα πρόσφυσης στο σύνολο σχεδόν των οικοδομικών υλικών και κυρίως στα πετρώδη. Η ικανότητα πρόσφυσης μειώνεται σε κάποιους τύπους πλαστικών, σε φύλλα πολυαιθυλενίου, σε σιλικόνες καθώς και σε επιφάνειες που έχουν προσβληθεί από ρύπους και έλαια. Έχει την ιδιότητα να αποτρέπει τη δημιουργία μούχλας, την προσβολή από μικροοργανισμούς και την οξείδωση. Επίσης, δεν δύναται να διαβρωθεί από βενζίνη, πετρελαιοειδή, οξέα και βάσεις.

Παράλληλα, εμφανίζει υψηλή θερμική αντοχή στην ασφαλτο ακόμα και σε θερμοκρασίες που φτάνουν τους 110° C. Ωστόσο είναι ευαίσθητη στην επαφή με ασετόν ή άλλους ισχυρούς διαλύτες καθώς και στην παρατεταμένη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία. Όταν πολυκαιρίζεται εμφανίζει ένα σκούρο κίτρινο ή καφέ χρώμα με αποτέλεσμα τη λέπτυνση των επιφανειακών κυψελών και το θρυμματισμό του προϊόντος. Τέλος να σημειωθεί ότι το εν λόγω υλικό είναι ευάλωτο σε επιθέσεις από έντομα και τρωκτικά.



Διάστρωση αφρού πολυουρεθάνης

Εικόνα 5

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ

Η πολυουρεθάνη εμφανίζει υψηλή αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις. Αντέχει σε αναπτυσσόμενες τάσεις από 20 έως 30N/cm² με την επιφύλαξη ότι όταν επιφορτίζεται με ισχυρά φορτία μπορεί να επέλθει παραμόρφωση του υλικού. Το Πρότυπο EN 13165/2009 ταξινομεί τις σκληρές πλάκες πολυουρεθάνης σε διάφορα επίπεδα θλιπτικής αντοχής βάσει της αντοχή που παρουσιάζουν στη θλίψη και τη παραμόρφωση. Επίσης, εμφανίζει καλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ). Ο Κανονισμός ορίζει ότι η ενδεικτική τιμή του προϊόντος είναι 0,023- 0,030W/(m*K) γεγονός που τα κατατάσσει ανάμεσα στα υλικά με την καλύτερη θερμομονωτική συμπεριφορά. Η αναγραφόμενη τιμή του λ αναφέρεται σε πολυουρεθάνη πυκνότητας 40kg/m³. Με τον καιρό ορισμένα από τα διογκωτικά αέρια που βρίσκονται στους πόρους του υλικού (π.χ. CO₂), δραπέτεύουν και διαχέονται προς την αντίθετη κατεύθυνση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ονομαστικής τιμής του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Αντίστοιχα σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας δύναται να αυξηθεί εξαιτίας της υγροποίησης του αερίου εντός των κυψελών.

Η πολυουρεθάνη αντέχει σε ένα εύρος θερμοκρασιών που κυμαίνεται περίπου από -50° C έως +110° C. Σύμφωνα με το πρότυπο EN 13165 οι πλάκες πολυουρεθάνης πρέπει να παρουσιάζουν μια συγκεκριμένη διαστασιακή σταθερότητα. Υπό ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας (+70 +- 2° C) και σχετικής υγρασίας (90+- 5%) για 48 +- 1 ώρες η μεταβολή του μήκους και του πλάτους δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1 έως 5% και του πάχους το 4 έως 10%. Ομοίως, σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας (-20 +- 3) για 48 +- 1 ώρες η μεταβολή του μήκους και του πλάτους δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,5 με 1,0% και του πάχους το 2%.

Σύμφωνα με το ίδιο πρότυπο η απόκλιση από την επιπεδότητα για προϊόντα με μήκος μικρότερο από 2,5 m ή επιφάνεια μικρότερη από 0,75 m² δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 5 mm, ενώ η απόκλιση από την ορθογωνικότητα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 6 mm/m. Τέλος, οι επιτρεπτές ανοχές στην απόκλιση από τις ονομαστικές διαστάσεις είναι:

1. Για μικρότερη διάσταση των 1000 mm ανοχή στην απόκλιση +-5 mm.
2. Για 1000 έως 2000 mm ανοχή στην απόκλιση +-7,5 mm.
3. Για 2001 έως 4000 mm ανοχή στην απόκλιση +-10 mm.
4. Για μεγαλύτερη διάσταση των 4000 mm ανοχή στην απόκλιση +-15 mm.

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι δεν επηρεάζεται από συνθήκες βροχής, χιονιού και παγετού καθώς πρόκειται αδιάβροχο υλικό με ελάχιστη απορρόφηση υγρασίας. Ωστόσο παρά την αδιάβροχη ιδιότητά του δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται από μόνο του ως υλικό στεγανοποίησης αλλά σε συνδυασμό με άλλα υλικά που προορίζονται αποκλειστικά για το λόγο αυτό. Ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών (μ), κυμαίνεται από 50 έως 100. Η πολυουρεθάνη αποτελεί υλικό που αποσβένει μόνο του αποτρέποντας φαινόμενα πυρκαγιάς. Σε περίπτωση πυρκαγιάς και σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 200°C το υλικό της αποσυντίθεται εκλύοντας μικρή ποσότητα τοξικών αερίων.

Χρήσεις

Η πολυουρεθάνη σε μορφή αφρού και σε πλάκες δύναται να χρησιμοποιηθεί ως θερμομονωτικό υλικό στις ακόλουθες περιπτώσεις:

1. σε εξωτερικούς τοίχους,
2. σε εξωτερικά και εσωτερικά δοκάρια και υποστρώματα
3. σε δάπεδα που προσβάλλονται από την υγρασία
4. σε δώματα (συμβατικού ή αντεστραμμένου τύπου)
5. σε ψευδοροφές
6. σε ψυκτικούς θαλάμους
7. σε δεξαμενές που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ρευστών.

Ειδικότερα ο αφρός πολυουρεθάνης χρησιμοποιείται σε καμπύλες, θολωτές ή σφαιρικές επιφάνειες όπου δεν είναι εφικτή η χρησιμοποίηση πλακών. Ο αφρός πολυουρεθάνης σε φιαλίδια ψεκασμού χρησιμοποιείται επίσης ως πληρωτικό υλικό σε αρμούς, οπές και σχισμές καθώς και για τη στερέωση και συγκόλληση διάφορων υλικών μεταξύ τους. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή του υλικού σε

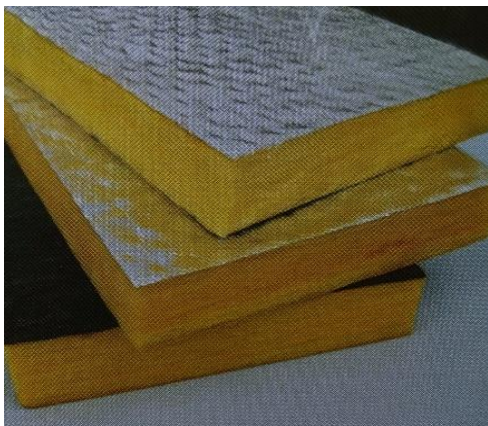
αφρό ή σε πλάκες θα πρέπει να γίνεται από έμπειρο και ειδικευμένο προσωπικό ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφο πάχος καθ' όλη την επιφάνεια εφαρμογής.

Τέλος, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε η πλήρωση με το εν λόγω υλικό να γίνεται με φειδώ καθώς ο αφρός διογκώνεται και μπορεί να υπερχειλίσει και να χρειαστεί αποκοπή του περίσσιου τμήματος πριν αποκτήσει πλήρη σκληρότητα. Ο ψεκασμός πρέπει να γίνεται πάντα σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος ανώτερες των 5°C. Τα πετάσματα πολυουρεθάνης χρησιμοποιούνται σε λυόμενες κατασκευές, βιομηχανικά κτίρια, εκθεσιακές κατασκευές κ.α. Τέλος χρησιμοποιείται για τη θερμομονωτική προστασία των σωληνώσεων θέρμανσης, κλιματισμού, μεταφοράς αερίου κ.α.

1.10 Υαλοβάμβακας – Πετροβάμβακας

Υαλοβάμβακας

Ο υαλοβάμβακας κατατάσσεται στην κατηγορία των ανόργανων ινωδών υλικών.



Πλάκες υαλοβάμβακα με επικολλημένο φύλλο αλουμινίου

Εικόνα 6

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ

Παραγωγή

Πρόκειται για ινώδες υλικό ορυκτής προέλευσης και η σύστασή του περιλαμβάνει κυρίως διοξείδιο του πυριτίου (χαλαζία), ασβεστόλιθο, δολομίτη και ανθρακική σόδα. Για την παρασκευή του πραγματοποιείται φυγοκέντριση της ρευστής μάζας το

οποίο εκσφενδονίζεται υπό μορφή λεπτών ινών γυαλιού πάχους 3 ως 20 μm ($1 \mu\text{m} = 1 * 10^6 \text{ m}$) σε θερμοκρασία τήξης 1500°C.

Οι ίνες εμποτίζονται με θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη παγιδύοντας αέρα και παράγοντας υλικό σε πυκνότητες από 15 ως 180 kg/m³.

Η προσφερόμενη θερμική προστασία του υλικού αυξάνεται με αύξηση του μήκους και λέπτυνση του πάχους των ινών του υαλοβάμβακα. Ωστόσο αυτό αυξάνει σημαντικά το κόστος του υλικού. Επίσης, ο καθαρός υαλοβάμβακας που είναι απαλλαγμένος από προσμείξεις και διαθέτει ίνες μικρής διαμέτρου, φέρει την εμπορική ονομασία υαλόμαλλο και κατατάσσεται στα υλικά υψηλών θερμομονωτικών προδιαγραφών. Η ποιότητα των προϊόντων υαλοβάμβακα καθορίζεται από το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 13162/2009 στο οποίο ορίζονται ρητά οι προδιαγραφές και οι απαιτήσεις των βιομηχανικών παραγόμενων προϊόντων.

Στην αγορά διατίθεται στις ακόλουθες μορφές, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται:

1. σε ρολά ως στρώμα
2. σε στρώμα διπλής όψης εκ των οποίων η μία καλύπτεται με φύλλο αλουμινίου
3. σε ενισχυμένο στρώμα μεταλλικού πλέγματος
4. σε πλάκες (απλές ή ενισχυμένες)
5. σε πλάκες ενισχυμένες με υαλοϋφασμα,
6. σε κογχύλια για την θερμο/ηχομόνωση σωληνώσεων.

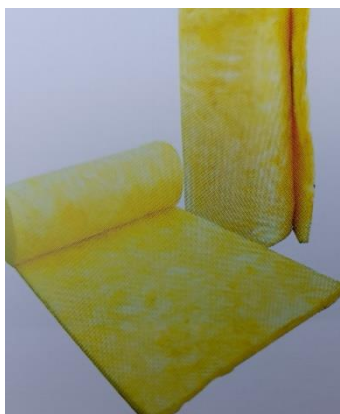
Ιδιότητες

Τα εν λόγω προϊόντα υαλοβάμβακα είναι άοσμα και φέρουν λευκό ή κίτρινο χρώμα εξαιτίας της επεξεργασίας των ινών του γυαλιού με τη ρητίνη. Εμφανίζουν ανοσία σε μικροοργανισμούς, έντομα και τρωκτικά και παρουσιάζουν ισχυρή αντοχή σε χημικές ενώσεις. Επίσης παρουσιάζουν αντοχή στον χρόνο καθώς δεν φθείρονται, ούτε αποσυντίθενται. Γενικώς στο εμπόριο ανευρίσκονται σε ποικιλία πυκνοτήτων. Ο υαλοβάμβακας σε μορφή πλακών χρησιμοποιείται κυρίως στη δόμηση. Παράγονται δε, σε τυποποιημένα πάχη από 2 cm έως 8 cm και πυκνότητες από 30 έως 180 kg/m³. Τα στρώματα υαλοβάμβακα κυκλοφορούν σε πάχη από 3 cm έως 10 cm και πυκνότητες από 30 έως 100 kg/m³.

Οι ενδεικτικές τιμές που αναφέρονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2 είναι:

1. Για υαλοβάμβακα σε μορφή παπλώματος 13 – 50 kg/m³.
2. Για υαλοβάμβακα σε μορφή πλακών 20 – 110 kg/m³.

Ωστόσο, στο εμπόριο κυκλοφορούν και σε διαφορετικές πυκνότητες, μεγαλύτερες ή μικρότερες από τις παραπάνω αναγραφόμενες τιμές. Ο υαλοβάμβακας εκτός από θερμομονωτικό θεωρείται και πολύ καλό ηχομονωτικό υλικό και χρησιμοποιείται για την ηχητική προστασία τόσο από κτυπογενείς, όσο και από αερόφερτους ήχους. Ωστόσο θα πρέπει να επισημάνουμε ότι τα προϊόντα υαλοβάμβακα δεν διαθέτουν υψηλές μηχανικές αντοχές. Ειδικότερα τα στρώματα υαλοβάμβακα παρουσιάζουν ακόμα μικρότερη αντοχή στη συμπίεση. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο δεν πρέπει να τοποθετούνται ως ενδιάμεσο στρώμα στα δομικά στοιχεία καθώς υφίστανται συμπίεση από το βάρος και μειώνεται θερμομονωτική τους ιδιότητα.



Πάπλωμα υαλοβάμβακα υπό μορφή ρολού. (Εικόνα 7)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Η αντοχή του εν λόγω υλικού στη θερμοκρασία ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του. Έτσι μπορεί να ανταπεξέλθει σε θερμοκρασίες που ξεκινούν από 250°C και φτάνουν τους 400°C ακόμα και τους 600°C σε ορισμένες περιπτώσεις. Πάντως σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες το συνδετικό υλικό των ινών του καταστρέφεται και το προϊόν παρουσιάζει έλλειψη συνοχής. Ο υαλοβάμβακας παρουσιάζει πολύ μικρές θερμοκρασιακές μεταβολές στις διαστάσεις του, δεδομένου ότι ο συντελεστής διαστολής κυμαίνεται μεταξύ $0,8 * 10^{-5}$ και $1,2 * 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ και θεωρείται ότι έχει διαστασιακή σταθερότητα. Τα προϊόντα υαλοβάμβακα κατά την παραγωγή τους εμποτίζονται με συνθετικές ρητίνες, προκειμένου να αποκτήσουν υδροφοβικές ιδιότητες. Γι' αυτό και οι ίνες δεν απορροφούν το νερό. Όμως τα προϊόντα υαλοβάμβακα είναι ευπρόσβλητα από την υγρασία, καθώς συγκρατούν το νερό ανάμεσα στις ίνες τους. Το νερό που συγκρατούν μπορούν να το αποβάλουν με την εξάτμισή του.

Γι' αυτό αν τα προσβληθέντα προϊόντα έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα η υγρασία μπορεί εύκολα να απομακρυνθεί, ενώ αν βρίσκονται ενσωματωμένα ανάμεσα στις στρώσεις των δομικών στοιχείων η απομάκρυνση καθυστερεί και εξαρτάται από την υδρατμοπερατότητα των διαφόρων υλικών.

Χρήσεις

Όπως προαναφέραμε ο υαλοβάμβακας χρησιμοποιείται συχνά στη δόμηση και στη βιομηχανία. Οι χρήσεις του αφορούν κυρίως την θερμική μόνωση και την μόνωση των ήχων.

Ως θερμομονωτικό υλικό χρησιμοποιείται:

1. για τη θερμική προστασία των δομικών στοιχείων των κτιριακών εγκαταστάσεων
2. για τη θερμική προστασία επιφανειών φούρνων, καυστήρων, υψικαμίνων, εστιών, καπνοδόχων, καμινάδων, αεραγωγών, δεξαμενών, κ.α.

Ως ηχομονωτικό υλικό χρησιμοποιείται για την ηχομόνωση:

1. των επί μέρους δομικών στοιχείων και εγκαταστάσεων (σωληνώσεων, αεραγωγών, μηχανημάτων)
2. των χώρων που εκτίθενται σε έντονη ηχορύπανση (χώρους κοντά σε σιδηρόδρομους, λεωφόρους υψηλής κυκλοφορίας οχημάτων κ.α).
3. των χώρων που παράγουν ήχους υψηλών συχνοτήτων και έντασης (κινηματογραφικές αίθουσες, θέατρα, νυκτερινά κέντρα διασκέδασης, εργαστήρια και επαγγελματικούς χώρους με θορυβώδη μηχανήματα κ.α.).

Ο υαλοβάμβακας που κυκλοφορεί στη αγορά σε μορφή στρώματος συνήθως χρησιμοποιείται για την προστασία από τη θερμότητα σε επιφάνειες με καμπυλότητα, σε δοχεία, σε δομικά στοιχεία επιφανειών ακαθόριστου σχήματος, σε ξύλινα δάπεδα (εξαιτίας της εύκολης συμπίεσης μεταξύ των δοκών). Ο υαλοβάμβακας σε μορφή κογχυλίων βρίσκει συνήθως εφαρμογή στην θερμομόνωση σωληνώσεων και αεραγωγών.

Στα δομικά στοιχεία των κτιρίων η μορφή υαλοβάμβακα που συνήθως χρησιμοποιείται είναι σε στρώματα ή πλάκες σκληρής/ημίσκληρης δομής, στο σύνολο σχεδόν των δομικών στοιχείων και ειδικότερα:

1. σε κάθετα δομικά στοιχεία. Για εξωτερικές χρήσεις συστήνεται η χρήση σκληρών πλακών ώστε να παρέχεται προστασία από την υγρασία.
2. σε τοίχους πλήρωσης στον πυρήνα ή εσωτερικούς τοίχους.
3. σε ξύλινα δάπεδα σε μορφή στρώματος.
4. σε δάπεδα που βρίσκονται πάνω από υπόγεια, πιλοτές και κλιμακοστάσια με τοποθέτηση του υλικού στην κάτω πλευρά της πλάκας.
5. σε ψευδοροφές.

- σε δώματα συμβατικού τύπου. Συστήνεται ο υαλοβάμβακας υπό μορφή σκληρών πλακών για προστασία από την υγρασία.
- σε επικλινείς επιφάνειες σκεπών και σε οριζόντιες οροφές που βρίσκονται κάτω από μη θερμομονωμένες στέγες κτιρίων.

Πετροβάμβακας

Πρόκειται για υλικό που ανήκει στην κατηγορία των ανόργανων ινωδών υλικών όπως ο υαλοβάμβακας.

Παραγωγή

Η παραγωγή του εν λόγω υλικού ομοιάζει με την παραγωγή του υαλοβάμβακα. Για την παραγωγή του πετροβάμβακα χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες ο δολομίτης, ο ασβεστόλιθος, ο βωξίτης και τα πλουτώνια πετρώματα που δεν περιέχουν χαλαζία. Οι ίνες των προϊόντων του πετροβάμβακα φέρουν διάμετρο 4 με 5 μm και προκειμένου για την μεταξύ τους συγκόλληση χρησιμοποιούνται κατάλληλες θερμοκολλητικές ρητίνες όπως είναι η φαινολική ρητίνη.

Η ποιότητα των προϊόντων πετροβάμβακα καθορίζεται από το ευρωπαϊκό πρότυπο EN13162/2009 στο οποίο προσδιορίζονται ρητώς οι προδιαγραφές και οι απαιτήσεις των βιομηχανικώς παραγόμενων προϊόντων. Στην αγορά ανευρίσκονται σε διάφορες μορφές, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται και συγκεκριμένα:

- σε ρολό στρώματος,
- σε ενισχυμένο με μεταλλικό πλέγμα στρώμα,
- σε απλές ή ενισχυμένες πλάκες,
- σε κογχύλια για θερμομονώσεις και ηχομονώσεις σωληνώσεων,
- σε ακανόνιστη μορφή (χύμα).

Κυκλοφορούν παράλληλα με διάφορες επικαλύψεις, όπως με υαλοϋφασμα, με φύλλο αλουμινίου, με ειδικό χαρτί, με ασφαλωμένο υαλοπίλημα. Στην παραγωγή του πετροβάμβακα συνήθως χρησιμοποιούνται φυσικά πετρώματα σε υψηλό ποσοστό (~ 80%) απουσία αποβλήτων. Μεγάλο πλεονέκτημα του υλικού αποτελεί το γεγονός ότι οι ίνες του προϊόντος είναι βιοδιαλυτές μετά την έκπτωσή του με το

πέρασμα του χρόνου. Ωστόσο, μεταξύ των μειονεκτημάτων του προϊόντος συγκαταλέγεται το γεγονός ότι κατά τη διαδικασία παραγωγής απαιτείται μεγάλη η κατανάλωση ενέργειας.



Πετροβάμβακας τύπου σάντουιτς

(Εικόνα 8)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Ιδιότητες

Ανάμεσα στις ιδιότητες του πετροβάμβακα είναι το βαθύ πράσινο χρώμα και η άοσμη παρουσία του. Είναι άτρωτος σε επιθέσεις εντόμων και τρωκτικών καθώς και σε χημικές ενώσεις (εκτός από το υδροχλωρικό οξύ). Επίσης, είναι ανθεκτικός στο πέρασμα του χρόνου χωρίς να φθείρεται ή να αποσυντίθεται. Παράγεται σε ποικίλες πυκνότητες και πάχη. Τα προϊόντα σε πλάκες που προορίζονται για δόμηση φέρουν πάχος από 2 cm έως 8 cm και πυκνότητα από 40 έως 200 kg/m³. Τα Προϊόντα σε μορφή στρώματος έχουν πάχος από 3 cm μέχρι 12 cm και πυκνότητα από 30 έως 100 kg/m³. Οι ενδεικτικές τιμές όπως αυτές καθορίζονται στον σχετικό Κανονισμό (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2) είναι 40 - 100 kg/m³ για προϊόντα υπό μορφή στρώματος και 50 - 180 kg/m³ για τα προϊόντα υπό μορφή πλακών.

Ωστόσο, υπάρχουν στην αγορά και προϊόντα με διαφορετικές πυκνότητες από αυτές που καθορίζονται παραπάνω.

Ο πετροβάμβακας ομοίως με τον υαλοβάμβακα, αποτελεί προϊόν με εξαιρετική ηχομονωτική συμπεριφορά ωστόσο είναι ευάλωτος στις μηχανικές καταπονήσεις. Για τις πλάκες πετροβάμβακα οι τιμές μηχανικής αντοχής είναι οι ακόλουθες:

1. Τάση θλίψης 5 – 20 kPa (για συμπίεση 10%),
2. Ακαμψία 5 – 20 MN/m³,
3. Αντοχή σε εφελκυσμό 1 kPa.

Τα στρώματα πετροβάμβακα είναι ευάλωτα στη συμπίεση για αυτό και θα πρέπει να αποφεύγεται ως ενδιάμεση στρώση σε οριζόντια δομικά στοιχεία, καθώς και η συμπίεσή τους μειώνει την παρεχόμενη θερμική προστασία.

Ο πετροβάμβακας ομοίως με τον υαλοβάμβακα θεωρείται εν γένει καλό θερμομονωτικό υλικό. Στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2 υπάρχει πίνακας με τις ενδεικτικές τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ των διάφορων δομικών υλικών και συγκεκριμένα οι τιμές αυτές για τους βασικούς τύπους του υλικού είναι:

1. 0,035 0,041 W/(m*K) για πετροβάμβακα στρώματος
2. 0,033 – 0,041 W/(m*K) για πετροβάμβακα σε σκληρές πλάκες

Ωστόσο στο εμπόριο κυκλοφορούν από τους παραγωγούς και προϊόντα υψηλότερου συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας σε άλλες μορφές όπως για παράδειγμα χύμα με τιμή $\lambda = 0,058 \text{ W/(m*K)}$.

Είναι γνωστό ότι οι τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας μεταβάλλονται με τη θερμοκρασία και έτσι για θερμοκρασίες που πλησιάζουν τους 500°C η τιμή του συντελεστή λ δύναται να διπλασιαστεί. Ο πετροβάμβακας αποτελεί υλικό που δεν φλέγεται καθώς παρουσιάζει υψηλή αντοχή στην καύση. Έχει παρατηρηθεί ότι τα προϊόντα του εν λόγω υλικού δύναται να αντέχουν θερμοκρασίες που αγγίζουν τους 750°C και οι ίνες τους τους 1000°C χωρίς να απωλέσουν τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες. Ωστόσο η έκθεση σε υψηλότερες θερμοκρασίες οδηγεί στην τήξη του προϊόντος.

Οι ίνες του πετροβάμβακα είναι υδρο-απωθητικές με την προϋπόθεση ότι έχουν εμποτιστεί με κατάλληλη σιλικόνη. Ωστόσο η παρατεταμένη έκθεση των προϊόντων σε συνθήκες βροχής έχει ως αποτέλεσμα την απορρόφηση υγρασίας από τις ίνες του. Η ποσότητα υγρασίας που εσωκλείεται στις ίνες του μπορεί να εξατμιστεί σε μεγάλο βαθμό αν το προϊόν εκτίθεται επαρκώς στον αέρα. Στην αντίθετη περίπτωση κατά την οποία το προϊόν παρεμβάλλεται στις στρώσεις του δομικού στοιχείου η απορροφούμενη υγρασία δεν μπορεί να αποβληθεί εύκολα. Επίσης θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο πετροβάμβακας εμφανίζει υψηλή υδρατμοπερατότητα και ο συντελεστής αντίστασης (μ) στη διάχυση των υδρατμών, κυμαίνεται από 1,0 εως 1,5 βαθμό. Παράλληλα καθότι ανόργανο υλικό ορυκτής προέλευσης θεωρείται άκαυστο αλλά ακόμη και σε συνθήκες πυρκαγιάς έχει την ιδιότητα να παράγει μικρή ποσότητα καπνού η οποία είναι απαλλαγμένη από τοξικά αέρια. Τέλος να αναφέρουμε ότι προκειμένου για την παραγωγή του πετροβάμβακα χρησιμοποιούνται φυσικά πετρώματα σε ποσοστό περίπου 80% και με το πέρασμα του χρόνου οι ίνες του προϊόντος βιοδιασπώνται.



(Εικόνα 9)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Χρήσεις

Τα προϊόντα πετροβάμβακα κερδίζουν διαρκώς έδαφος στην αγορά κυρίως στον κατασκευαστικό τομέα. Συστήνεται η χρησιμοποίησή του κυρίως σε χώρους που αναπτύσσονται ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες εξαιτίας της μεγάλης του αντοχής στη θερμότητα. Επιπλέον όμως βρίσκει ευρεία εφαρμογή στη βιομηχανία, κυρίως στη θερμική προστασία δεξαμενών, λέβητων, φούρνων, αεραγωγών, στην κατασκευή πυράντοχων θυρών κτλ.

Όπως και ο υαλοβάμβακας, έτσι και ο πετροβάμβακας δεν πρέπει να τοποθετείται με γυμνά χέρια αλλά με γάντια λόγω μικρών τριμμάτων που μπορεί να αφήσουν οι ίνες του. Για τον ίδιο λόγο και αυτός δεν πρέπει να τοποθετείται ελεύθερος στο χώρο, αλλά στο εσωτερικό των δομικών στοιχείων.

1.11 Αφρώδες γυαλί

Είναι γνωστό και κυψελωτό γυαλί και εμφανίζεται διεθνώς με το συμβολισμό CG(cellular glass).



Αφρώδες γυαλί

(Εικόνα 10)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Παραγωγή

Πρόκειται για υλικό ορυκτής προέλευσης με κυψελωτή δομή. Αποτελείται από πλήθος πολύ μικρών κυψελών ερμητικά κλειστών και ανεξάρτητων μεταξύ τους. Έχει ως βασικό υλικό την καθαρή άμμο και παρασκευάζεται με θερμική διεργασία αλεσμένου γυαλιού που έχει αναμειχθεί με άνθρακα.

Το αφρώδες γυαλί δεν είναι ευρέως διαδεδομένο στη χώρα μας, αν και παρουσιάζει πολύ καλές ιδιότητες. Αυτό ίσως οφείλεται και στο υψηλό του κόστος που είναι και το βασικό του μειονέκτημα. Στο εμπόριο κυκλοφορεί σε πλάκες μικρών διαστάσεων (30 cm * 30 cm, 45 cm * 45 cm, 60 cm * 60 cm), με ενιαίο πάχος, που κυμαίνεται από 2,5 έως 12,0 cm ή με μεταβλητό πάχος για θερμομόνωση δωματίων που κυμαίνεται από 6,0 έως 18,0 cm.

Ιδιότητες

Είναι ελαφρό υλικό, αλλά μάλλον βαρύ για την κατηγορία των θερμομονωτικών υλικών. Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13167 η φαινόμενη πυκνότητα παίρνει τιμές που κυμαίνονται από 90 έως 180 kg/m³. Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά. Δεν σαπίζει, δεν σχηματίζει μούχλα και μικροοργανισμούς. Δεν καταστρέφεται από χημικές ενώσεις (προσβάλλεται όμως από το υδροφθορικό οξύ). Δεν φθείρεται, ούτε αποσυντίθεται με την πάροδο του χρόνου. Κόβεται εύκολα με συνηθισμένα εργαλεία και προσαρμόζεται στις διαστάσεις εφαρμογής του. Έχει μεγάλη αντοχή σε συμπίεση (60 – 120 N/cm² ή αλλιώς 500 kPa) και σε κάμψη (περίπου 50 N/cm²). Γι' αυτό και χρησιμοποιείται στη θερμομόνωση δαπέδων και

άλλων επιφανειών, στα οποία ασκούνται υψηλά φορτία. Παρουσιάζει όμως ευαισθησία στα κρουστικά φορτία.

Παρουσιάζει καλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Σύμφωνα με τις ενδεικτικές τιμές του λ των θερμομονωτικών υλικών που παρατίθενται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2 το αφρώδες γυαλί δίνει τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,040 - 0,052 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Έχει χαμηλό συντελεστή διαστολής και παρουσιάζει μεγάλη σταθερότητα στις διαστάσεις του. Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13167 υπό παραμονή σε σταθερές θερμοκρασίες ($23\pm 2^\circ\text{C}$) και σχετικής υγρασίας ($90\pm 5\%$) για 48 ώρες οι μεταβολές των διαστάσεων μήκους και πλάτους δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 0,5% και του πάχους το 1,0%. Ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του αφρώδους γυαλιού ανά ένα βαθμό κελσίου ($^\circ\text{C}$) στους 23°C παίρνει τιμές από $8 \cdot 10^{-6}$ έως $10 \cdot 10^{-6}$.

Είναι το μόνο θερμομονωτικό υλικό που παρουσιάζει πρακτικά μηδενική απορροφητικότητα και μηδενική υδρατμοπερατότητα. Έτσι, το ίδιο το υλικό μπορεί να θεωρηθεί στην κατασκευή ως φράγμα υδρατμών. Ωστόσο, κατά την εφαρμογή του πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την καλή σφράγιση των αρμών μεταξύ των πλακών του, απ' όπου και είναι εύκολη η διείσδυση της υγρασίας στο δομικό στοιχείο.

Η τιμή του συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών μ σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2 είναι $\mu = 100.000$. Είναι άκαυστο υλικό και εμποδίζει τη μετάδοση της φωτιάς. Αντέχει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, με όρια από -260 ως $+430^\circ\text{C}$.



Επικόλληση γυαλιού σε καθαρό υπόστρωμα με ψυχρή ή θερμική άσφαλτο.

(Εικόνα 11)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Χρήσεις

Τα αφρώδες γυαλί είναι κατάλληλο για θερμική προστασία:

1. Τοιχοποιίας με θερμομόνωση εξωτερικά ή στον πυρήνα,
2. Συνολικών όψεων εξωτερικά,
3. Τοιχίων υπόγειων χώρων,
4. Δωματών,
5. Πλακών οροφής κάτω από στέγη και κεκλιμένης στέγης με τοποθέτηση ανάμεσα στους αμείβοντες,
6. Δαπέδων σε επαφή ή όχι με το έδαφος,
7. Υπέργειων ή υπόγειων δεξαμενών και χώρων μηχανολογικών εγκαταστάσεων.

Στις κατακόρυφες επιφάνειες το υλικό στερεώνεται με ισχυρά βύσματα και με ειδικές ελαστικές κόλλες ασφαλικής βάσης. Σε θερμομόνωση τοιχοποιίας από την εσωτερική πλευρά μπορεί να επικαλυφθεί με γυψοσανίδες επένδυσης που θα επικολληθούν επάνω σε αφρώδες γυαλί με γυψόκολλα. Σε δάπεδα και σε δώματα επικολλάται σε καθαρό υπόστρωμα με τη βοήθεια θερμής ή ψυχρής ασφάλτου. Επειδή έχει σχεδόν ίδιο συντελεστή θερμικής διαστολής με το σκυρόδεμα, δεν παρουσιάζει ουσιαστικές παραμορφώσεις και δεν προκαλεί σχισμές στη στεγανοποιητική μεμβράνη. Στα συμβατικά δώματα δεν χρειάζεται η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών, διότι το ρολό αυτό τον παίζει το ίδιο το υλικό.

1.12 Ξυλόμαλλο

Αποδίδεται με τους χαρακτήρες WW (wood wool).

Παραγωγή

Η σύστασή του περιλαμβάνει ξυλώδεις ίνες στις οποίες έχει προστεθεί τσιμέντο υψηλής αντοχής. Η ανάμειξη των δυο υλικών λειτουργεί προστατευτικά για το προκύπτον τελικό προϊόν από τη σήψη, τους μύκητες και κάθε άλλη προσβολή από μικροοργανισμούς. Οι πλάκες του ξυλόμαλλου υφίστανται συμπίεση υπό υψηλή θερμοκρασία. Ως πρώτη ύλη εκτός από ξύλο συμμετέχουν και άλλα όμοια προϊόντα όπως ροκανίδια, κλαδιά, καλάμια, άχυρα και ίνες φυτικών προϊόντων.

Στην αγορά μπορεί κανείς να προμηθευτεί το ξυλόμαλλο σε δύο βασικές μορφές ήτοι:

1. σε συμπαγείς πλάκες και

2. σε πλάκες τύπου σάντουιτς. Στη μορφή αυτή οι πάνω και κάτω πλάκες αποτελούνται από ξυλόμαλλο και η μεσαία είναι συνήθως πλάκα από διογκωμένη πολυστερίνη ή πετροβάμβακα. Οι πλάκες αυτές έχουν το πλεονέκτημα, έναντι των συμπαγών πλακών, να είναι πιο ελαφριές και να συνδυάζουν τις ιδιότητες των υλικών τους προσφέροντας καλή θερμική προστασία.



Εικόνα 12



Εικόνα 13



Εικόνα 14



Εικόνα 15

Υλικά πρώτης ύλης κατασκευής ξυλόμαλλου

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Τα βασικά μεγέθη πλακών που υπάρχουν στο εμπόριο είναι τα ακόλουθα:

1. 100*50 (cm)
2. 200*50 (cm)
3. 100*60 (cm)
4. 200*60 (cm)

Τα πάχη των πλακών κυμαίνονται από 2,50 cm έως 8,00 cm αλλά ανάλογα τον κατασκευαστή μπορούν να παραχθούν και σε άλλα μεγέθη κατά παραγγελία.

Ιδιότητες

Οι πιο χαρακτηριστικές ιδιότητες του ξυλόμαλλου είναι ότι είναι άοσμο, έχει χρώμα φαιό και λειτουργεί ικανοποιητικά ως θερμομονωτικό και ηχομονωτικό μέσο.

Η πυκνότητα είναι ανάλογη του πλάτους που έχουν οι πλάκες και συγκεκριμένα:

1. για πάχος 25 με 35 mm, η πυκνότητα κυμαίνεται από 460 ως 415kg/m³
2. για πάχος > 50 mm, 380 kg/m³.

Άλλες, ιδιότητες του υλικού είναι ότι εξαιτίας της μορφής του ελκύει τα τρωκτικά και τα έντομα. Εμφανίζει αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία, τις χημικές ουσίες και τα ασφαλτικά υλικά ωστόσο η επιφανειακή επισφάλτωσή του δεν θα πρέπει να γίνεται εν θερμώ. Χαρακτηριστική είναι επίσης η αντοχή του στις μηχανικές καταπονήσεις όπως στην θλίψη και την κάμψη ανάλογα με το πάχος τις πλάκας καθώς μπορεί να επιφορτιστεί με φορτία χωρίς να παραμορφώνεται.

Οι μεγάλες του αντοχές του επιτρέπουν ακόμη και κατόπιν της σκλήρυνσης του σκυροδέματος να διατηρηθεί ως θερμομονωτικό μέσο. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας σχετίζεται με το πάχος των πλακών ως εξής:

1. για πλάκες πάχους <25 mm ο συντελεστής λ λαμβάνει τιμές κοντά στο 0,150 W/(mK) και
2. για πλάκες πάχους >25 mm ο συντελεστής λ λαμβάνει τιμές από 0,090 έως 0,100 W/(m*K).

Πέρα από τις ως άνω κατηγορίες δύνανται να κατασκευαστούν και πλάκες με διαφορετικό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ανάλογα με τις ανάγκες της αγοράς.

Ανάλογα με την χρήση και τις ανάγκες που καλείται να εξυπηρετήσει το εν λόγω υλικό μπορεί να προσαρμοστεί ανάλογα τόσο το πάχος όσο και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Ειδικότερα όταν η βασική απαίτηση είναι η θερμομόνωση συστήνεται η χρήση πλακών τύπου σάντουιτς

Επίσης μια άλλη ιδιότητα του υλικού είναι ότι παραμένει σχεδόν αναλλοίωτο με το πέρασμα του χρόνου.

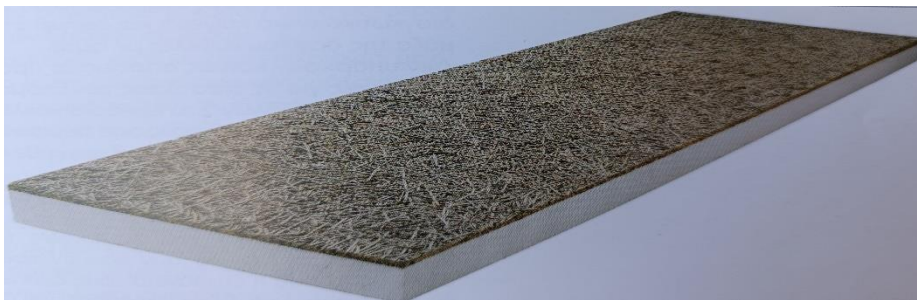
Η τοποθέτησή του πρέπει να γίνεται από έμπειρο προσωπικό καθώς μπορούν εύκολα να προκληθούν απώλειες του υλικού. Ως προς το βαθμό απορροφητικότητας της υγρασίας, το ξυλόμαλλο απορροφά υγρασία ωστόσο μπορεί εύκολα να την αποβάλλει στο περιβάλλον. Αυτό προϋποθέτει ότι το προϊόν δεν θα εκτεθεί παρατεταμένα στο νερό διότι διαφορετικά θα επέλθει σήψη.



Στερέωση ξυλόμαλλου σε τοιχοποιία. (Εικόνα 16)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Με βάση το παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι η χρήση του ξυλόμαλλου δεν συστήνεται σε δομικά στοιχεία τα οποία εκτίθενται στο νερό. Επίσης ιδιαίτερα σημαντικές είναι οι συνθήκες που επικρατούν στην αποθήκευση του υλικού καθώς χώροι με υγρασία μειώνουν την ποιότητα και την αντοχή του εξαιτίας της υδροπερατότητάς του. Η τιμή του συντελεστή αντίστασης (μ) στη διάχυση των υδρατμών κυμαίνεται από 2 μέχρι 5. Η ορυκτοποίηση των ινών του ξύλου με τσιμέντο ενισχύει την αντίσταση του υλικού στη φωτιά. Για να καταστεί πλήρως άφλεκτο θα πρέπει πραγματοποιηθεί επίχριση του ξυλόμαλλου.



Συγκολλημένη πλάκα ξυλόμαλλου με διογκωμένη πολυστερίνη. (Εικόνα 17)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Χρήσεις

Όπως προαναφέραμε η θερμική προστασία που προσφέρει το ξυλόμαλλο στο σύνολο σχεδόν των δομικών στοιχείων κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική με την προϋπόθεση να μην εκτίθεται επί μακρόν στην υγρασία.

1. Πιο συγκεκριμένα το προϊόν αυτό χρησιμοποιείται στις ακόλουθες περιπτώσεις:
2. στη θερμομόνωση στοιχείων του φέροντος οργανισμού, στα οποία χρησιμοποιείται και ως παραμένων ξυλότυπος
3. στη θερμομόνωση οροφών στο εσωτερικό μεγάλων χώρων
4. σε πλάκες οροφής κάτωθι της στέγης
5. στη θερμομόνωση δαπέδων που δέχονται μεγάλα φορτία
6. για την εξωτερική θερμομόνωση σε υποστυλώματα και πιλοτές
7. στη θερμομόνωση μεγάλων οριζόντιων και κατακόρυφων επιφανειών που χρήζουν επιχρίσματος εξαιτίας τις εύκολης πρόσφυσης των επιχρισμάτων στο εν λόγω υλικό
8. σε βιομηχανικούς χώρους
9. σε πάσης φύσεως χώρους που χρήζουν θερμομόνωσης και ηχομόνωσης.

Η επιφάνειά του μπορεί να επιχριστεί με πολλά επιχρίσματα διατηρώντας τις ιδιότητές του ωστόσο εξαιτίας της πορώδους υφής του θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι επιχρίσματα πλούσια σε τσιμέντο ενδέχεται να προκαλέσουν διάρρηξη της επιφάνειάς του. Για την αποτροπή τέτοιων φαινομένων συστήνεται η τοποθέτηση κατάλληλου μεταλλικού πλέγματος ανάμεσα στους αρμούς των πλακών του ξυλόμαλλου.

1.13 Πορώδη θερμομονωτικά τούβλα

Πρακτικά τα πορώδη θερμομονωτικά τούβλα είναι τούβλα στο εσωτερικό των οποίων υπάρχουν σφαιρικές κοιλότητες που επιτρέπουν την διέλευση του αέρα. Η διαφοροποίηση με τα άλλα θερμομονωτικά υλικά που υπάρχουν στο εμπόριο είναι ότι τα πορώδη θερμομονωτικά τούβλα δεν χρησιμεύουν αμιγώς ως υλικά θερμικής ενίσχυσης αλλά ως κύρια δομικά υλικά που έχουν κάποια θερμική αντίσταση.

Παραγωγή

Για την παραγωγή των εν λόγω προϊόντων λαμβάνει χώρα η πρόσμειξη κόκκων διογκωτικού υλικού (συνήθως πολυστερίνης) στη μάζα του αργίλου πριν το στάδιο ψησίματος των υλικών. Ωστόσο θα πρέπει να αναφέρουμε ότι καθώς δεν υφίστανται συγκεκριμένες προδιαγραφές ως προς τις διαστάσεις των θερμομονωτικών τούβλων,

υπάρχει ποικιλία προϊόντων διάφορων διαστάσεων στο εμπόριο ανάλογα με την κατασκευάστρια εταιρεία.

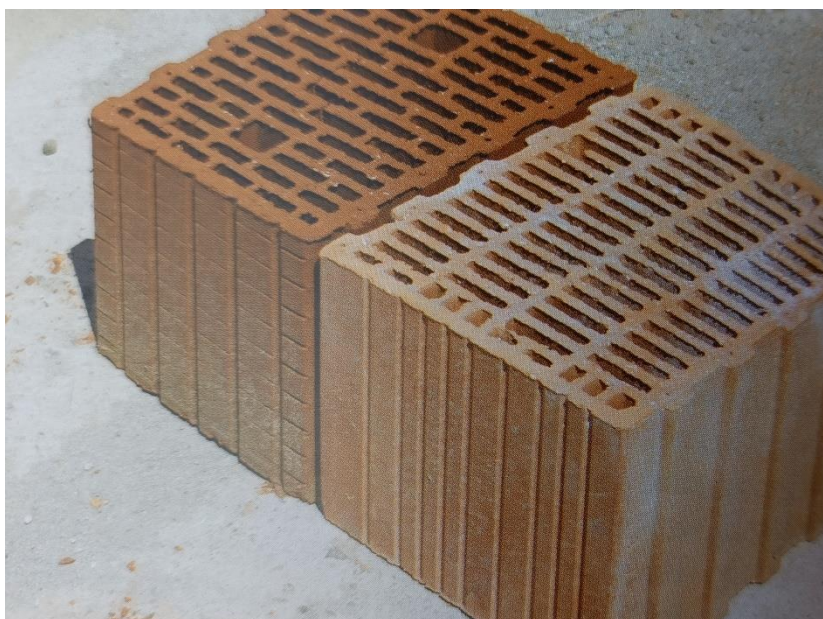
Ιδιότητες

Ανάμεσα στις βασικές ιδιότητες των θερμομονωτικών τούβλων είναι το χαρακτηριστικό κεραμιδί χρώμα, η πορώδης επιφάνειά τους και το μικρό τους βάρος. Συγκριτικά με τα κοινά τούβλα, έχουν βάρος μικρότερο κατά 25% με 40% ενώ η πυκνότητά τους είναι συναρτήσεως του αριθμού και του μεγέθους των οπών που έχουν. Παράλληλα είναι άτρωτα από έντομα και τρωκτικά και αντιδρούν στις χημικές ενώσεις με όμοιο τρόπο με τα κοινά τούβλα. Σε βάθος χρόνου παραμένουν άφθαρτα..

Η αντοχή τους σε υψηλά φορτία είναι σχεδόν όμοια με αυτή των κοινών τούβλων. Ως προς τις μηχανικές καταπονήσεις η αντοχή τους στη θλίψη ανέρχεται έως τα 5 MPa (500 N/cm²). Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τούβλα πυκνότητας $\rho = 940 \text{ kg/m}^3$ είναι της τάξεως του 0,260 W/(m*K). Επίσης η θερμομονωτική συμπεριφορά των τούβλων λαμβάνεται βάσει του συντελεστή θερμοδιαφυγής $\Lambda = \lambda/d$ (όπου d το πάχος του τούβλου). Οι χαρακτηριστικές τιμές του συντελεστή θερμοδιαφυγής Λ , παρατίθενται παρακάτω για διάφορες τιμές πάχους.

Συγκεκριμένα:

- Για d = 7,5 cm, $\Lambda = 2,25 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$
- Για d = 10,0 cm, $\Lambda = 1,71 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$
- Για d = 12,0 cm, $\Lambda = 1,50 - 1,60 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$
- Για d = 18,0 cm, $\Lambda = 0,98 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$
- Για d = 20,0 cm, $\Lambda = 0,65 - 0,70 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$
- Για d = 22,5 cm, $\Lambda = 0,63 - 0,69 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$



Πορώδη θερμομονωτικά τούβλα

(Εικόνα 18)- Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

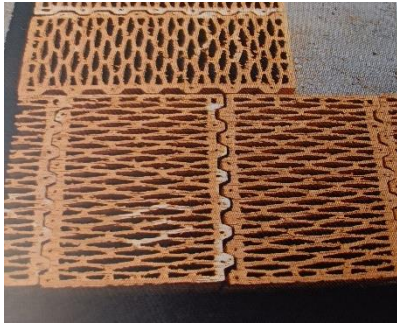
Είναι λογικό ότι εξαιτίας της πορώδους μάζας τους, τα θερμομονωτικά τούβλα χαρακτηρίζονται από μειωμένη θερμοχωρητικότητα συγκριτικά με τα κοινά τούβλα. Αυτό έχει ως μειονέκτημα να αδυνατούν να δεσμεύσουν μεγάλες ποσότητες θερμότητας και κατ' επέκταση να την αποδώσουν στον εσωτερικό χώρο όταν παύσει η επίδραση του θερμαντικού μέσου. Ένα πρόσθετο μειονέκτημα που οφείλεται στη πορώδη μορφή τους είναι η απορρόφηση υγρασίας, την οποία αποδίδουν και στον περιβάλλοντα χώρο. Τα θερμομονωτικά τούβλα χαρακτηρίζονται από χαμηλό συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών του οποίου η τιμή κυμαίνεται από 8 έως 12/. Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι είναι άφλεκτα γεγονός που περιορίζει την εξάπλωση της φωτιάς σε περίπτωση εκδήλωσης πυρκαγιάς. Αντέχουν επίσης σε δυσμενείς και ακραίες θερμοκρασίες π.χ. καύσωνα, παγετό κ.τ.λ.

Χρήσεις

Τα πορώδη θερμομονωτικά τούβλα χρησιμοποιούνται κυρίως στην κατασκευή των εξωτερικών τοίχων πλήρωσης. Επίσης δύνανται να χρησιμοποιηθούν και για την κατασκευή φερουσών εξωτερικών τοίχων χαμηλών κατασκευών με την προϋπόθεση ότι αντέχουν τα στατικά φορτία όπως ορίζουν οι σχετικοί κανονισμοί.

Αναφορικά με τη δυνατότητα επίχρισης δύνανται να επιχρίονται τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά με το σύνολο σχεδόν των επιχρισμάτων. Ωστόσο θα πρέπει να λαμβάνεται ειδική μέριμνα για το συνδετικό κονίαμα των θερμομονωτικών τούβλων, κατά το στάδιο της κατασκευής, ώστε να έχουν μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ανάλογο με τον αντίστοιχο συντελεστή των θερμομονωτικών

τούβλων. Στην αντίθετη περίπτωση οι ενδιάμεσοι αρμοί δύνανται να λειτουργήσουν ως θερμογέφυρες. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα σε βάθος χρόνου, να εμφανιστούν στην επιφάνεια του επιχρίσματος σκουρόχρωμες κάθετες γραμμές μικρού πάχους.



(Εικόνα 19-20) Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

1.14 Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι

Πρόκειται για ελαφρόλιθους από σκυρόδεμα οι οποίοι παράγονται με τη διαδικασία της υδροθερμικής επεξεργασίας. Η χρήση τους προορίζεται για την κατασκευή τοίχων από τις κατασκευαστικές εταιρείες και εντάσσονται στη γενικότερη κατηγορία των λιθοσωμάτων. Οι προδιαγραφές τους καθορίζονται σαφώς στο Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 771-04 και αναφέρονται με την ονομασία λιθοσώματα από κυψελωτό σκυρόδεμα.



(Εικόνα 21)



(Εικόνα 22)

Ελαφροβαρής τσιμεντόλιθος

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

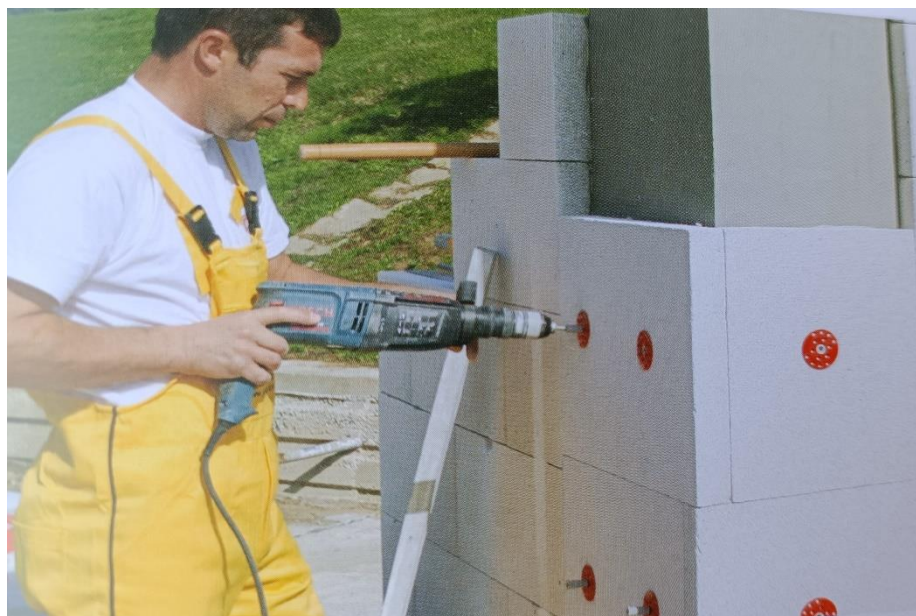
Παραγωγή

Για την παραγωγή ελαφρόλιθων από κυψελωτό σκυρόδεμα χρησιμοποιείται πορώδες κονίαμα ανοιχτής δομής και μέσω υδροθερμικής επεξεργασίας προκύπτουν τα εν λόγω προϊόντα.

Απαραίτητο δομικό στοιχείο είναι η άμμος χαλαζία, στην οποία αφού πρώτα καθαριστεί προστίθεται νερό και στην συνέχεια αλέθεται μέχρι να προκύψουν οι κόκκοι κατάλληλου διαμετρήματος. Στους κόκκους αυτούς προστίθενται στη συνέχεια τσιμέντο, υδράσβεστος, νερό και διογκωτικά μέσα προκειμένου η υφή του προϊόντος να πάρει πορώδη όψη. Το προκύπτον μείγμα λαμβάνει ομοιογενή μορφή και αφού διογκωθεί διοχετεύεται μέσα σε μήτρες ώστε να στερεοποιηθεί στο απαιτούμενο σχήμα. Στο επόμενο στάδιο, με τη βοήθεια κατάλληλων ηλεκτρονικών εργαλείων πραγματοποιείται ο τεμαχισμός των προϊόντων στις καθορισμένες διαστάσεις τα οποία στη συνέχεια μπαίνουν σε ειδικούς κλίβανους ώστε να ψηθούν σε θερμοκρασία 190-200°C.

Για να προκύψει συντομότερα η πήξη του σκυροδέματος χρησιμοποιείται ατμός πίεσης 10 bar. Η παρουσία ατμού έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση της θλιπτικής αντοχής των τσιμεντόλιθων. Η συνολική διαδικασία επεξεργασίας έχει διάρκεια μέχρι 24 ώρες και τα αέρια που εκλύονται δημιουργούν φυσαλίδες προσδίδοντας πορώδη δομή στα προϊόντα. Για την αναβάθμιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος δύναται να πραγματοποιηθούν πρόσθετες προσμίξεις όπως πλαστικοποιητές, επιταχυντές ή επιβραδυντές πήξης κ.α.

Το σχήμα των τσιμεντόλιθων είναι κυρίως ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο διαφόρων τιμών πάχους που κυμαίνονται από 5 έως 35 cm και σταθερού μήκους και ύψους 60 cm και 65 cm αντίστοιχα.



(Εικόνα 23)

Υποστυλώματα που επενδύονται με πλάκες τσιμεντόλιθου.

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Το γεγονός ότι ο τεμαχισμός των τσιμεντόλιθων είναι πρακτικά εύκολος με τη χρήση κατάλληλων εργαλείων τους καθιστά ευέλικτα προϊόντα ευρείας χρήσεως σε υδραυλικές, ηλεκτρολογικές και μηχανολογικές εγκαταστάσεις.

Ιδιότητες

Στις βασικές ιδιότητες των προϊόντων αυτών περιλαμβάνεται το γκρίζο ή λευκό τους χρώμα το οποίο μπορεί να τροποποιείται με την προσθήκη χρωστικών ουσιών παράγοντας προϊόντα διάφορων χρωματισμών ενώ η συνήθης πυκνότητα είναι από 300 μέχρι 800 kg/m³ και πιο συγκεκριμένα διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. τσιμεντόλιθοι ελαφρού τύπου πυκνότητας ρ από 400 μέχρι 800 kg/m³,
2. Διάτρητες πλίνθοι κυψελωτού σκυροδέματος πυκνότητας ρ από 600 μέχρι 1800 kg/m³,
3. Κισηρόλιθοι πυκνότητας ρ από 500 μέχρι 800 kg/m³.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το μικρό βάρος των προϊόντων αυτών τα καθιστά εύχρηστα και διαχειρίσιμα στο τομέα των κατασκευών, προσδίδοντας ταχύτητα στην υλοποίηση του έργου. Παράλληλα, οι ελαφροτσιμεντόλιθοι αποτελούν στοιχεία που χαρακτηρίζονται από ηχομονωτικές ιδιότητες, εξαιτίας της πορώδους κατασκευής, με αποτέλεσμα να ανακλούν τον ήχο. Ο μέσος όρος του δείκτη ηχομόνωσης R_w κινείται μεταξύ 31 και 48 dB. Επίσης στο πλαίσιο της ανάγκης προστασίας του περιβάλλοντος πρέπει να σημειωθεί ότι οι τσιμεντόλιθοι έχουν καλή συμπεριφορά απέναντι στο περιβάλλον καθώς οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους είναι ανόργανα υλικά. Η αντοχή τους στην ανάρτηση φορτίων είναι μεγάλη γεγονός που τα καθιστά χρήσιμα υλικά στην κατασκευή τοιχοποιίας. Βάσει του τύπου του υλικού η αντοχή σε φορτία ξεκινά από 1,1 και μπορεί να φτάσει τα 2,5 MPa. Παράλληλα, η αντοχή τους στη θλίψη και τον εφελκυσμό κρίνεται ικανοποιητική.

Ως προς τη θερμική αγωγιμότητα εμφανίζουν μικρό συντελεστή εξαιτίας κυρίως της κυψελωτής πορώδους δομής τους ο οποίος εξαρτάται από την πυκνότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται, τον αριθμό και το μέγεθος των πόρων καθώς και από τον τρόπο που είναι διατεταγμένοι στο σώμα του υλικού. Συμπερασματικά, το μεγάλο πορώδες του υλικού επηρεάζει αρνητικά τη θερμοχωρητικότητά του και μικρή μάζα του καθιστά δύσκολη τη συσσώρευση μεγάλης ποσότητας θερμότητας.

Όμοια με τα πορώδη υλικά οι ελαφροτσιμεντόλιθοι έχουν μικρή μάζα με αποτέλεσμα να αποθηκεύουν περιορισμένη ποσότητα θερμότητας την οποία αποδίδουν σταδιακά στο χώρο, όταν παύσει η λειτουργία του θερμαντικού σώματος. Η πορώδης μορφή τους επιτρέπει σε μεγάλο βαθμό την υδροαπορροφητικότητα. Έτσι, η υγρασία που απορροφάται μπορεί να αποδοθεί στον χώρο με τη μορφή εξατμισμένων

υδρατμών όταν μειωθεί η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος αέρα. Η ιδιότητα αυτή δεν κρίνεται απαραίτητα αρνητική καθώς μειώνει την ξηρότητα της ατμόσφαιρας που προκύπτει από τη χρήση θερμαντικών ή κλιματιστικών σωμάτων σε έναν κλειστό εσωτερικό χώρο. Ωστόσο η υγρασία που κατακρατείται εγκυμονεί δυνητικά τους ακόλουθους κινδύνους:

1. μείωση της θερμομονωτικής ιδιότητας. Η θερμική αγωγιμότητα αυξάνεται κατά 4% για κάθε κατακρατούμενη ποσότητα υγρασίας που αντιστοιχεί στο 1% τους βάρους τους.
2. διάρρηξη του συνεκτικού ιστού του υλικού από τη θραύση του υλικού λόγω επικράτησης θερμοκρασιών υπό το 0°C.

Οι ανοικτές κυψέλες και το πορώδες των ελαφροτσιμεντόλιθων επιτρέπουν την διαπερατότητα των υδρατμών σε μεγάλο βαθμό. Η διέλευση των διαχεόμενων υδρατμών γίνεται μέσω του σώματος του υλικού επιτρέποντας στην επιφάνεια του τοίχου να αναπνέει με αποτέλεσμα να αποβάλλει τους συσσωρευμένους υδρατμούς. Εν γένει ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών εξαρτάται από ορίζεται τη πυκνότητα του υλικού.



(Εικόνα 24)

Ελαφροτσιμεντόλιθοι με ανοικτές κυψέλες

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Σε περίπτωση εκδήλωσης πυρκαγιάς οι ελαφροτσιμεντόλιθοι έχουν την ιδιότητα να παραμένουν άφλεκτοι περιορίζοντας τη διασπορά της φωτιάς.

Χρήσεις

Οι ελαφροτσιμεντόλιθοι χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στην κατασκευή εσωτερικής και εξωτερικής τοιχοποιίας κτιριακών κατασκευών αλλά και άλλων κατασκευαστικών στοιχείων όπως κλιμακοστάσια, οροφές, στέγες κ.α.

Η τοιχοποιία με ελαφροτσιμεντόλιθους δύναται να επιχριστεί, να περαστεί με σοβά και να βαφεί με τα κατάλληλα χρώματα που υπάρχουν στο εμπόριο υπό την προϋπόθεση ότι η επιφάνεια είναι πλήρως επίπεδη μετά την τοποθέτηση των λιθοσωμάτων.

Συνήθως η τοιχοποιία επιχρίεται με κονίαμα που να απωθεί την απορρόφηση ύδατος όπου χωρίς να χάνει την ελαστικότητά του να αντέχει σε δυσμενείς κλιματολογικές συνθήκες.

1.15 Φελλός

Ο φελλός είναι από τα παλαιότερα μονωτικά υλικά που χρησιμοποιείται για τη θερμική και την ηχητική προστασία των κατασκευών. Ο επεξεργασμένος (διογκωμένος) φελλός που χρησιμοποιείται στη δόμηση είναι γνωστός με το ακρωνύμιο ICΒ.

Τα προϊόντα φελλού χρησιμοποιούνται στις κατασκευές τόσο ως θερμομονωτικά, όσο και ως ηχομονωτικά λόγω των καλών θερμομονωτικών και ηχομονωτικών τους ιδιοτήτων.



Όψη φελλού.

(Εικόνα 25)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Παραγωγή

Ο φελλός αποτελεί φυσικό προϊόν που προέρχεται από τον φλοιό της φελλοφόρου βελανιδιάς που απαντάται στις περιοχές της Μεσογείου, της Ινδικής χερσονήσου και στις δυτικές ακτές της Β. Αμερικής.

Όστοςο για την αποκομιδή του φλοιού, το δένδρο θα πρέπει να μετρά τουλάχιστον 20 με 30 χρόνια ζωής και η επανάληψη της εκ νέου συλλογής θα πρέπει να γίνεται

κάθε 10 με 15 χρόνια προκειμένου για τη φυσική ανανέωσή του. Να σημειωθεί ότι η ποιότητα του παραγόμενου φελλού είναι ανάλογη της ηλικίας του δένδρου. Η διεργασίες που πραγματοποιούνται για την φυσική επεξεργασία του φελλού και την παραγωγή των επεξεργασμένων προϊόντων λαμβάνει χώρα σε συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας, ώστε οι κόκκοι του να διογκώνονται και να συγκολλούνται με τη φυσική ρητίνη που διαθέτει. Ωστόσο στα ανακυκλωμένα προϊόντα φελλού η συγκόλληση των κόκκων μπορεί να γίνει και με τη χρήση συνθετικής κόλλας. Κατά την παραγωγή του εν λόγω υλικού δεν καταναλώνεται μεγάλο πόσο ενέργειας, και αυτό τα καθιστά υλικό φιλικό στο περιβάλλον.

Οι μορφές με τις οποίες βρίσκεται στην αγορά είναι κυρίως οι τρεις ακόλουθες.

1. φελλός κοκκώδους μορφής. Δημιουργείται από την απόξεση και την επεξεργασία του ακατέργαστου φελλού.
2. πλάκες και σανίδες. Έχουν σκληρή μορφή και δημιουργούνται από τη διόγκωση του κοκκώδους φελλού μέσω θέρμανσης στους 400°C. Η συγκόλληση των κόκκων υλοποιείται με τη βοήθεια μιας ουσίας που παράγεται από τις φυσικές εκκρίσεις των κυττάρων του φελλού.
3. υπό μορφή ανοικτών κογχυλιών για τη μόνωση σωληνώσεων.

Τέλος, παράγονται σύνθετες πλάκες ξύλου και φελλού, όπου στον πυρήνα τους περιλαμβάνουν προϊόντα ξύλου τα οποία επιφανειακά επικαλύπτονται από στρώσεις φελλού.

Ιδιότητες

Απαντάται με το φυσικό του χρώμα για εμπορική χρήση. Εντούτοις, παρέχεται η δυνατότητα για τον χρωματισμό του με την χρήση κατάλληλων βαφών. Επιπλέον, είναι απρόσβλητο στα τρωκτικά ή τους τερμίτες. Ωστόσο, δύναται να προσβληθεί από συγκεκριμένα έντομα.

Αναφορικά με την πυκνότητα των προϊόντων που κατασκευάζονται από φελλό, είναι συνάρτηση του είδους του προϊόντος, καθώς επίσης και του τύπου του.

1. Η πυκνότητα των φύλλων και των κανονικών πλακών είναι ανάμεσα στα 100 και στα 150 kg/m³.
2. Οι πλάκες που έχουν την ιδιότητα να είναι σκληρές ενδεχομένως να ξεπερνούν σε πυκνότητα τα 400 kg/m³.

Εξαιτίας της δομής του που χαρακτηρίζεται ως κλειστή κυψελωτή, κρίνεται ως ένα υλικό που παρέχει εξαιρετική ηχομόνωση. Δεν είναι τοξικό προϊόν και από τη φύση του παρουσιάζει αντιμικροβιακή συμπεριφορά. Δεν απορροφά τη σκόνη και ούτε

συγκρατεί άλλα μικροσωματίδια. Είναι αντιστατικό υλικό και αντιστέκεται στη σήψη. Τα δάπεδα φελλού μπορούν να καθαριστούν με ήπια καθαριστικά.

Επιπροσθέτως, ανακυκλώνεται εύκολα, ενώ παράλληλα δύναται να χρησιμοποιηθεί εκ νέου με αυτούσια σύσταση και δομή. Αυτό μπορεί να γίνει με την προϋπόθεση να μην υπάρξει προγενέστερη επικάλυψη από άλλη ουσία (π.χ. συγκόλλησης).

Πρόκειται για ένα αρκετά μαλακό υλικό. Εφόσον ασκηθούν θλιπτικές δυνάμεις στο φελλό υφίσταται ελαφριά παραμόρφωση. Εντούτοις, δύναται να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση. Έτσι, ενώ κατά την επιβολή θλιπτικών φορτίων στην επιφάνεια του συμπιέζεται, κατόπιν επανακτά τον όγκο του σε ποσοστό σχεδόν 97%. Το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 13170 ορίζει το ελάχιστο απαιτούμενο φορτίο θλίψης για συγκεκριμένα επίπεδα παραμόρφωσης και ταξινομεί το υλικό στις κατηγορίες CS(10)90, CS(10)100 και CS(10)110, όταν η τάση θλίψης που απαιτείται για την παραμόρφωσή του κατά 10% είναι αντίστοιχα ίση με 90, 100 και 110 kPa.

Σε σχέση με την αντοχή του φελλού σε καταπονήσεις, προκύπτει ότι η τιμή αντοχής είναι κατά μέσο όρο:

1. σε διαδικασία εφελκυσμού: $0,94 \text{ kg/cm}^2$,
2. σε διαδικασία θλίψης: $0,20 \text{ kg/cm}^2$,
3. σε διαδικασία κάμψης: $1,80 \text{ kg/cm}^2$.

Επιπλέον, τα προϊόντα αυτού του υλικού φελλού μπορεί να αξιοποιηθούν για την εξασφάλιση θερμικής προστασίας σχεδόν όλων των δομικών στοιχείων. Ακόμη, μπορούν να εμφανίσουν υψηλή αντίσταση στη ροή της θερμότητας. Βάσει στοιχείων του Κ.Ε.Ν.Α.Κ., ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας για τα πλακίδια που είναι σκληρά είναι $\lambda = 0,065 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$. Επίσης, για τις πλάκες και τα φύλλα φελλού, κυμαίνεται από $0,042 - 0,046 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$.

Πολλές εταιρείες που εμπορεύονται το προϊόν δίνουν πιστοποιημένες τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του φελλού που φτάνουν τα $0,038 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$. Ακόμη, μπορεί να αξιοποιηθεί σε ποικίλες κατασκευές. Τα όρια της θερμοκρασίας τους κυμαίνονται από -200°C και $+130^{\circ}\text{C}$.

Ο φελλός παρουσιάζει σταθερότητα διαστάσεων, ωστόσο ως φυσικό υλικό δέχεται μικρομεταβολές στις διαστάσεις του λόγω συστολοδιαστολών που οφείλονται στις διακυμάνσεις τόσο της θερμοκρασίας όσο και της σχετικής υγρασίας που εμφανίζει ο αέρας. Ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του φελλού είναι περίπου $25 \text{ έως } 50 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Σύμφωνα με το πρότυπο EN 13170 τα παραγόμενα προϊόντα φελλού οφείλουν να παρουσιάζουν διαστασιακή σταθερότητα και μετά από έκθεση 48 ωρών στους $70 \pm 2^{\circ}\text{C}$ οι μεταβολές του μήκους και του πλάτους επιβάλλεται να μην ξεπερνούν το 0,5%. Αντίστοιχα, οι μεταβολές στο πάχος των υλικών δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 1%.

Ο φελλός συνιστά ένα υλικό αδιάβροχο. Εξαιτίας της μορφής του που είναι σπογγώδης, εμφανίζει μια σχετική υγροσκοπική συμπεριφορά. Ωστόσο, όταν αναφερόμαστε στην επεξεργασμένη μορφή του, εμφανίζει ιδιότητες υδροαπωθητικές. Αυτό οφείλεται στην επιφανειακή προστατευτική στρώση επικάλυψής του.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ύπαρξη υγρασίας σε πλακίδια φελλού, προκαλεί ιδιαίτερα εύκολα μούχλα. Αυτό έχει ως συνέπεια την καταστροφή της συγκολλητικής ουσίας των κόκκων από τους οποίους αποτελείται. Κατ' αυτόν τον τρόπο περιορίζεται σημαντικά η θερμομονωτική του συμπεριφορά. Ακόμη, τα προϊόντα από φελλό δεν εμφανίζουν ιδιαίτερα μεγάλη αντίσταση στους υδρατμούς. Έτσι επιτρέπεται λεγόμενη "αναπνοή" των στοιχείων από τα οποία αποτελείται με αποτέλεσμα να προστατεύεται θερμικώς. Ο συντελεστής αντίστασης κατά τη διάχυση των υδρατμών λαμβάνει τιμή $\mu=40$ αναφορικά με τα σκληρά πλακίδια φελλού και $\mu=10-30$ σε σχέση με τις πλάκες και τα φύλλα.

Επιπροσθέτως, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι είναι υλικό που δεν καίγεται εύκολα, ενώ όταν καεί δεν εκλύονται στο περιβάλλον αέρια που να είναι τοξικά.



(Εικόνα 26)

Τοποθέτηση φελλού στην εξωτερική όψη κατασκευής αεριζόμενης τοιχοποιίας. (Εικόνα 26)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Χρήσεις

Ο φελλός δεν χρησιμοποιείται ευρέως στην Ελλάδα. Αυτό συμβαίνει, διότι θεωρείται ιδιαίτερα ακριβός. Η χρήση του αφορά κυρίως στη θερμομόνωση των τοίχων, των δαπέδων και των οροφών. Επιπλέον, μπορεί να παράσχει παράλληλα και ηχομόνωση. Απαντάται κατά κανόνα σε ξενοδοχεία ή σε μουσικές σχολές, θέατρα και σινεμά και εν γένει σε χώρους διασκέδασης.

Οι συνηθέστερες εφαρμογές που βρίσκει ο φελλός στην μόνωση σχετίζονται με τα μονωμένα συστήματα επικάλυψης. Πρόκειται για υλικό που βρίσκεται κατά κύριο λόγο στο τελικό στάδιο της επικάλυψης των τοίχων και των δαπέδων, προσδίδοντας στο χώρο ένα εξαιρετικό αισθητικό αποτέλεσμα. Σε κάθε περίπτωση θεωρούνται μεγάλα πλεονεκτήματα τόσο η σταθερότητα στις διαστάσεις του, όσο και η ελαστικότητα, καθώς επίσης και η αντίσταση που εμφανίζει στη συμπίεση. Ακριβώς γι' αυτό το λόγο, τα δάπεδα από φελλό προτιμώνται στα γυμναστήρια και σε χώρους χοροδιδασκαλίας, Επίσης, απαντώνται σε νηπιαγωγεία ή παιδικούς σταθμούς, αλλά και σε δωμάτια παιδικά.

Τα πλακίδια φελλού πριν από την τοποθέτησή τους είναι σκόπιμο να αποθηκεύονται προηγουμένως για σύντομο χρονικό διάστημα στο χώρο που θα χρησιμοποιηθούν, προκειμένου να προσαρμοσθεί στις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας του χώρου και να αποφευχθούν παραμορφώσεις λόγω συστολοδιαστολών, οφειλόμενων στις μεταβολές θερμοκρασίας μετά την τοποθέτησή τους.

1.16 Κυτταρίνη

Αποτελεί ένα υλικό που προκύπτει με τη διαδικασία της ανακύκλωση χαρτιού.



(Εικόνα 27)

Η κυτταρίνη παράγεται από απορρίμματα χαρτιών, κυρίως από εφημερίδες προς ανακύκλωση, που δέχονται μία επεξεργασία με ένα μείγμα βορικού οξέος και βορικού νατρίου που έχει ως σκοπό να καταστήσει το τελικό προϊόν άκαυστο. Επίσης, δεν προβάλλεται από μύκητες ή/και έντομα. (Εικόνα 27)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Παραγωγή

Παράγεται από απορρίμματα χαρτιών, κυρίως από εφημερίδες προς ανακύκλωση, που δέχονται μία επεξεργασία με ένα μείγμα βορικού οξέος και βορικού νατρίου που έχει ως σκοπό να καταστήσει το τελικό προϊόν τελικό προϊόν άκαυστο. Επίσης, δεν προβάλλεται από μύκητες ή/και έντομα.

Στην Ελλάδα, η χρήση κυτταρίνης είναι σπάνια. Παρόλο που μπορεί να προκύψει από την ανακύκλωση του χαρτιού και να βρεθεί με μικρό κόστος δεν βρίσκει ιδιαίτερη απήχηση στους Έλληνες τεχνικούς.

Οι υπόλοιπες χώρες το διαθέτουν σε μη μορφοποιημένο προϊόν που βρίσκεται μέσα σε σάκους. Το προϊόν αυτό μπορεί να διαστρωθεί είτε ελεύθερα είτε μέσω ψεκασμού. Πρόκειται για την χαλαρή μορφή του. Επίσης, απαντάται με την μορφή πλακών σε ένα εύρος παχών.

Προέρχεται από ανακυκλώμενα υλικά, που μπορεί να φθάσουν το 80% - 90% της μάζας του. Κατά την επεξεργασία του έχει ενσωματώσει μικρές ποσότητες ενέργειας και γι' αυτό θεωρείται φιλικό προς το περιβάλλον. Αν μάλιστα διατηρηθεί στεγνό, μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.

Ιδιότητες

Είναι άοσμο υλικό και έχει κολλώδη ή ινώδη μορφή. Ανάλογα με την μορφή του, παρουσιάζει πυκνότητα:

1. Στην κολλώδη μορφή $\rho = 120 - 220 \text{ kg/m}^3$,
2. Στην ινώδη μορφή $\rho = 30 - 80 \text{ kg/m}^3$.

Ωστόσο, όταν παράγεται από τυπωμένο δημοσιογραφικό χαρτί (εφημερίδες), μπορεί να εμφανίζει χαρακτηριστική οσμή από τα μελάνια εκτύπωσης και να απελευθερώσει φορμαλδεΐδη. Δεν παρουσιάζει σημαντική αντοχή απέναντι σε θλίψη και γι' αυτό εύκολα συμπιέζεται και παραμορφώνεται. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας αναφορικά με τη χαλαρή ινώδη μορφή του είναι $\lambda = 0,040 - 0,045 \text{ W/(m}^*\text{K)}$, ενώ σε σχέση με τη συμπαγή κολλώδη μορφή είναι: $\lambda = 0,040 - 0,060 \text{ W/(m}^*\text{K)}$.

Υπάρχουν, ωστόσο, παραγωγοί που στις προδιαγραφές δίνουν ως τιμή θερμικής αγωγιμότητας σε σχέση με τη χαλαρή ινώδη μορφή να προσεγγίζει την τιμή $\lambda = 0,038 \text{ W/(m}^*\text{K)}$.

Ωστόσο, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας δύναται να αυξηθεί είτε λόγω καθίζησης με το χρόνο είτε λόγω συμπίεσης από άλλες στρώσεις επάνω σ' αυτό. Είναι υγροσκοπικό υλικό και προσβάλλεται από την υγρασία, αναπτύσσοντας μούχλα. Γι' αυτό και πρέπει να τοποθετείται σε δομικά στοιχεία που δεν κινδυνεύουν

άμεσα από οποιαδήποτε μορφή υγρασίας. Αν εκτεθεί σε παρατεταμένη περίοδο διαβροχής ή δεχθεί μεγάλη ποσότητα νερού, οι ενώσεις του βορίου που αναμείχθηκαν κατά την επεξεργασία του ενδέχεται να διαλυθούν και το υλικό να παραμείνει υγρό για μεγάλα χρονικά διαστήματα, χάνοντας τις θερμομονωτικές του ιδιότητες.



(Εικόνα 28)

Μόνωση στέγης με πάπλωμα κυτταρίνης. (Εικόνα 28)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Είναι υδρατμοδιαπερατό υλικό και προβάλλει πολύ μικρή αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών μέσω της μάζας του. Γι' αυτό και ευνοεί τη "διαπνοή" των δομικών στοιχείων, τα οποία θερμοπροστατεύει. Ως συντελεστής αντίστασης δεν ορίζεται στην διάχυση των υδρατμών για καμία μορφή του υλικού. Οι ενώσεις του βορίου που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του λειτουργούν επιβραδυντικά στη μετάδοση της φωτιάς. Ωστόσο, το υλικό καίγεται και καταστρέφεται.

Χρήσεις

Η κυτταρίνη παρέχει θερμική προστασία στις οριζόντιες οροφές όταν οι στέγες δεν είναι θερμομονωμένες. Η τοποθέτησή τους γίνεται είτε υπό χαλαρή μορφή, όπου συμβάλλει στο γέμισμα των κενών μεταξύ των ξύλινων δοκών των ελκυστήρων των στεγών είτε στην μορφή πλακών. Στην περίπτωση αυτή, τοποθετούνται στις οριζόντιες επιφάνειες. Επιπλέον, να αναφερθεί ότι τοποθετείται σε τοιχοποιίες ή στον πυρήνα μεταξύ δύο κελυφών. Ακόμη, σε σχέση με την παροχή εσωτερικής θερμομόνωσης επικαλύπτεται με τη χρήση γυψοσανιδών, τσιμεντοσανιδών και εν

γένει υλικών ξηράς δόμησης. Να σημειωθεί, ωστόσο, ότι η βασική προϋπόθεση είναι να μην υπάρχει κίνδυνος υγρασίας για την τοιχοποιία.

1.17.1 Μαλλί προβάτου – Κάνναβη – Λινάρι κ.α.

Το μαλλί που προέρχεται από τα πρόβατα

Συνιστά ένα φυσικό προϊόν. προέρχεται από το μαλλί των προβάτων που λαμβάνουν οι βοσκοί όταν τα ξυρίσουν κατάλληλα.

Παραγωγή

Όπως προαναφέρθηκε, η παραγωγή του προέρχεται από το φυσικό μαλλί των προβάτων. Επίσης, άλλη προέλευσή του έγκειται στην ανακύκλωση ή άλλο τύπο μαλλιού άλλων ζώων.

Αναφορικά με τη διαμόρφωσή του, συνηθίζεται να επεξεργάζεται παράλληλα με την ανάμειξη ινών, είτε συνθετικών είτε φυσικών. Κατά κανόνα η επεξεργασία του γίνεται παράλληλα με τη χρήση πολυεστερικής ρητίνης. Εφόσον λάβει χώρα αυτή η διαδικασία, καθίσταται αρκετά ανθεκτικό απέναντι στις φωτιά. Επιπλέον, δεν προσβάλλεται από τα έντομα.

Συγκαταλέγεται στα υλικά που προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές. Επίσης, δεν ρυπαίνει το περιβάλλον, παρόλο που οι ρητίνες και οι ενώσεις που θεωρούνται βιοκτόνες δεν θεωρούνται υλικά που μπορούν να ανακυκλωθούν. Η παραγωγή του είναι με την μορφή παπλώματος ή με την μορφή πλακών.

Ιδιότητες

Ως φυσικό προϊόν μπορεί να προσβληθεί από έντομα και μικροοργανισμούς, αν και γενικώς προστατεύεται από αυτά με τις προσμίξεις που δέχεται κατά την επεξεργασία του. Παρουσιάζει πυκνότητα $\rho = 25 - 30 \text{ kg/m}^3$ και ο συντελεστής

θερμικής αγωγιμότητας λαμβάνει τιμές $\lambda = 0,040 - 0,050 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Ωστόσο, υπάρχουν και παραγωγοί που δίνουν τιμές ελαφρώς μικρότερες, της τάξης του $0,038 - 0,039 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Ο συντελεστής της θερμικής αγωγιμότητας μπορεί να αυξηθεί εφόσον το υλικό συμπιεστεί κατά τη διάρκεια της χρήσης του. Οι διαστάσεις του μπορούν να μεταβληθούν, δεδομένου ότι πρόκειται για ένα υλικό υγροσκοπικό.



(Εικόνα 29)

Μόνωση με πάπλωμα που παράγεται από φυσικό μαλλί προβάτου. Προέρχεται μέσω της ανακύκλωσης ή με το ξύρισμα άλλων ζώων που φέρουν πλούσιο μαλλί. (Εικόνα 29)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Είναι υγροσκοπικό υλικό και στη μορφή των παρεχόμενων προϊόντων του μπορεί να συγκρατήσει υγρασία, χωρίς όμως να μειώσει σημαντικά τη θερμομονωτική του ικανότητα. Μπορεί επίσης να αποβάλει την υγρασία όταν εκλείψουν οι λόγοι που την προκάλεσαν και να επανέλθει στην προηγούμενη κατάστασή του. Είναι υδρατμοδιαπερατό υλικό. Δεν διαθέτει μεγάλη αντίσταση όταν διαχέονται οι υδρατμοί δια μέσου της μάζας του. Με αυτόν τον τρόπο τα δομικά στοιχεία του εκτελούν σωστή “διαπνοή” με αποτέλεσμα να τα προστατεύει από τη θερμότητα. Επίσης, δεν ορίζεται συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών. Καίγεται εύκολα και καταστρέφεται, αν και οι προσμείξεις πολυεστερικών ρητίνων κατά την επεξεργασία του επιβραδύνουν τη διάδοση της φλόγας.

Χρήσεις

Στην Ελλάδα, το μαλλί από πρόβατο, κατόπιν της επεξεργασίας του χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό. Ειδικότερα αξιοποιείται για την μόνωση των οροφών όταν η στέγη είναι θερμομονωμένη. Ακόμη, χρησιμοποιείται στα κεκλιμένα επίπεδα των στεγών. Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί ότι η χρήση του δεν είναι ευρεία. Άλλες χώρες το αξιοποιούν περισσότερο. Η μορφή με την οποία χρησιμοποιείται είναι με πλάκες ή

υπό μορφή παπλώματος. Είτε διαστρώνεται πάνω στην πλάκα είτε τοποθετείται μεταξύ των ξύλινων στοιχείων της κάθε στέγης.

Δεν συνηθίζεται η χρήση του στην τοιχοποιία, χωρίς όμως να υπάρχει κάποιος απαγορευτικός λόγος για αυτό. Σε όλες τις περιπτώσεις πάντως οφείλει να προστατεύεται από την υγρασία.

1.17.2 Η κάνναβη

Η προέλευσή της έγκειται σε ένα είδος κάνναβης χαμηλής περιεκτικότητας σε τετραϋδροκανναβινόλη. Το συστατικό αυτό αποτελεί το ψυχοτρόπο συστατικό της κάνναβης.

Παραγωγή

Τα θερμομονωτικά προϊόντα κάνναβης παράγονται από κάνναβη που συνήθως αναμειγνύεται με ανακυκλωμένες ίνες βαμβακιού ή ίνες ξύλου. Με τη χρήση πολυεστερικών υλικών επιτυγχάνεται η σύνδεση των ινών. Ακόμη, με τις αυτές τις ίνες παρέχεται σταθερότητα στο προϊόν, ενώ παράλληλα διαθέτει αντίσταση στη φωτιά. Απαντάται σε μορφή πλακών και παπλωμάτων και δεν κυκλοφορεί αρκετά στην ελληνική αγορά, ενώ βρίσκονται στα σπάργανα οι πρώτες επενδυτικές πρωτοβουλίες.

Ιδιότητες

Θεωρείται βιώσιμο και ανανεώσιμο υλικό, που περιέχει μικρή ποσότητα ενσωματωμένης ενέργειας. Θεωρείται ανακυκλώσιμο και βιοαποικοδομήσιμο, αν και περιέχει ως συγκολλητικές ουσίες μη ανανεώσιμα υλικά, ενώ τα πρόσμεικτα που χρησιμοποιούνται ως επιβραδυντικά της διάδοσης της φλόγας βασίζονται στο φωσφορικό αμμώνιο.

Με την προϋπόθεση ότι θα έχει η κατάστασή του διατηρηθεί, δύναται η επαναχρησιμοποίησή του. Αντίθετα μετατρέπεται σε λίπασμα. Παρέχει λόγω της υφής του και ηχομονωτική προστάσια. Η πυκνότητά του είναι περίπου $\rho = 40 \text{ kg/m}^3$.

Παρουσιάζει θερμική αγωγιμότητα με συντελεστή λ που κυμαίνεται από την τιμή 0,038 έως 0,040 W/(m*K). Η τιμή εξαρτάται από την πυκνότητά του. Αν η πυκνότητα

μειωθεί, τότε ο συντελεστής αυξάνεται, φθάνοντας τα $0,050 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Κατά τη διαδικασία της παραγωγής του προστατεύεται από την υγρασία με τα διάφορα πρόσμεικτα που αναμειγνύονται. Ωστόσο η απορρόφηση νερού μειώνει τη θερμική του αγωγιμότητα, ενώ η μακρόχρονη έκθεση στο νερό προκαλεί σήψη. Είναι υδρατμοδιαπερατό υλικό και παρουσιάζει μικρό συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών, γεγονός που επιτρέπει τη “διαπνοή” των δομικών στοιχείων στα οποία τοποθετείται.

Χρήσεις

Πρόκειται για ένα ιδιαιτέρως ακριβό υλικό αν συγκριθεί με άλλα προϊόντα που είναι φυσικά και ανήκουν στην ίδια κατηγορία. Κατ’ αυτόν τον τρόπο, είναι περιορισμένη η χρήση του. Η κύρια αξιοποίησή του είναι ως θερμο-ηχομονωτικό υλικό. Κυρίως τοποθετείται σε δομικά στοιχεία είτε κατακόρυφα είτε οριζόντια. Εντούτοις, προτιμάται, για την επίτευξη μόνωσης στους ορόφους κάτω από στέγες που δεν έχουν θερμομόνωση ή στα κεκλιμένα επίπεδα των στεγών. Συγκεκριμένα, γίνεται η διασταύρωσή του πάνω στην πλάκα ή εναλλακτικά τοποθετείται μεταξύ των ξύλινων στοιχείων στις στέγες.

1.17.3 Το λινάρι

Η προέλευσή του στηρίζεται στις ίνες από το μίσχο του λιναριού. Το λινάρι είναι ένα φυτό. Για την χρήση του υπόκειται σε περαιτέρω επεξεργασία με χρήση βορικού νατρίου. Με αυτόν τον τρόπο, καθίσταται ανθεκτικό έναντι των εντόμων ή άλλων ζυυφίων. Ακόμη, είναι πιο ανθεκτικό στη φωτιά.



(Εικόνα 30)

Σκληρή πλάκα από ίνες λιναριού. Είναι φυσικό προϊόν και θεωρείται ανανεώσιμο, ανακυκλώσιμο και βιοδιασπώμενο υλικό. (Εικόνα 30)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Παραγωγή

Τα προϊόντα από λινάρι δεν συναντώνται στην ελληνική αγορά αλλά στην αγορά ορισμένων βόρειων ευρωπαϊκών χωρών, όπου και συναντώνται με τη μορφή ρολών ή σκληρών πλακών.

Ιδιότητες

Πρόκειται για ένα φυσικό προϊόν. Μην συνηγορούμε το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται ορισμένες ουσίες, προκειμένου να επιτευχθεί η συγκόλληση των ινών του, κρίνεται ως ένα υλικό ανακυκλώσιμο. Επίσης έχει το χαρακτηριστικό ότι είναι βιοδιασπώμενο. Τα προϊόντα που προέρχονται από το λινάρι, βάσει του τύπου τους, εμφανίζουν πυκνότητα ρ που κυμαίνεται από 20 – 80 kg/m³. Ακόμη, παρέχει θερμική προστασία. Ο συντελεστής λ της θερμικής αγωγιμότητας κυμαίνεται από 0,038 – 0,045 W/(m*K).

Η θερμική του αγωγιμότητα όμως μπορεί να αυξηθεί αν το υλικό συμπιεστεί ή προσβληθεί από την υγρασία. Είναι υγροσκοπικό υλικό και προσβάλλεται από την υγρασία. Σε παρατεταμένη χρήση στο νερό οι προσμείξεις του βορίου, με το οποίο έχει αναμειχθεί, μπορεί να διαλυθούν και το υλικό σταδιακά να οδηγηθεί σε σήψη. Παρουσιάζει χαμηλό συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών και επιτρέπει τη “διαπνοή” των δομικών στοιχείων τα οποία προστατεύει θερμικά. Καίγεται, αλλά περιέχει ουσίες που επιβραδύνουν τη μετάδοση της φωτιάς.

Χρήσεις

Παρομοίως με τα υλικά που προαναφέρθηκαν που είναι είτε φυτικής είτε ζωικής προέλευσης, δύναται να χρησιμοποιηθεί με σκοπό τη θερμική προστασία. Η θερμομόνωση λαμβάνει χώρα στα οριζόντια, αλλά και στα κατακόρυφα δομικά στοιχεία. Βασική προϋπόθεση είναι να μην υφίσταται στην θέση εκείνη υγρασία. Επιλέγεται και στην μορφή παπλώματος και στην μορφή πλακών με στόχο την

παροχή θερμομόνωσης τόσο των οριζόντιων πλακών κάτω από τη θερμομονωμένη στέγη όσο και των κεκλιμένων στεγών. Όταν πρόκειται για τις οριζόντιες πλάκες, διαστρώνεται ακριβώς πάνω στην πλάκα του σκυροδέματος. Όταν πρόκειται για την περίπτωση των κεκλιμένων στεγών, διασταυρώνεται μεταξύ των ξύλινων στοιχείων των στεγών.

1.17.4 Υπόλοιπα θερμομονωτικά φυσικά υλικά

Υπάρχουν και υλικά που έχουν θερμομονωτική ικανότητα που προέρχονται από πεπιεσμένο άχυρο, τα φύκια της θάλασσας, τις πλάκες από καλάμια, το λινάρι, το βαμβάκι κτλ. Όλα αυτά τα υλικά έχουν φυσική προέλευση. Ακόμη, είναι ανακυκλώσιμα, καθώς επίσης και βιοδιασπώμενα.

Στην Ελλάδα δεν χρησιμοποιούνται ευρέως τα εν λόγω υλικά, αλλά κατά κανόνα σε χώρες του εξωτερικού.



(Εικόνα 31)

Μονωτικό υλικό από ανακυκλωμένες ίνες βαμβακιού. (Εικόνα 31)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

1.8 Θερμομόνωση των δομικών στοιχείων

Στα κτίρια, το τμήμα που δέχεται τις πιο μεγάλες καταπονήσεις είναι το εξωτερικό κέλυφος. Το γεγονός αυτό είναι προφανές, δεδομένου ότι η επίδραση των κλιματολογικών συνθηκών είναι μεγάλη. Επομένως, επιβάλλεται να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα, τα οποία μπορούν να συμβάλλουν στην αποτελεσματική του προστασία και στην εξασφάλιση ικανοποιητικών συνθηκών διαβίωσης εντός των κτιρίων. Σ' αυτήν την κατεύθυνση, μαζί με τα απαραίτητα οικονομικά κριτήρια, θα πρέπει να μεριμνώνται οι κανόνες της φυσικής των κτιρίων. Το εξωτερικό κέλυφος επιτελεί ένα σύνθετο ρόλο. Ακριβώς γι' αυτό το λόγο, πρέπει να είναι κατάλληλα δομημένο, προκειμένου να είναι ικανό να αντιμετωπίζει ένα μεγάλο εύρος επιδράσεων από τις εποχικές και τις ημερήσιες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, τη βροχή, το χιόνι, τον παγετό, την πνοή των ανέμων και τους άλλους εξωτερικούς

παράγοντες, ταυτόχρονα όμως και τις επιδράσεις από την εσωτερική λειτουργία του χώρου.



(Εικόνα 32)

Η τοιχοποιία στις περισσότερες κτιριακές κατασκευές καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου, είναι σημαντικό η κατασκευή της να γίνεται με ιδιαίτερη φροντίδα και προσοχή. (Εικόνα 32-33)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να σημειωθεί ότι η θερμική προστασία και η προστασία από την υπερθέρμανση που παρέχουν τα υλικά, θα πρέπει να συνδυάζονται με την ανθεκτικότητα σε ζητήματα υγρασίας που συχνά προκύπτουν. Αυτή η σύνθετη αντιμετώπιση των προβλημάτων απαιτεί καλή γνώση των κανόνων της φυσικής των κτιρίων και τήρηση των αρχών και της τεχνικής της δόμησης. Αντιθέτως, άγνοια αυτών των κανόνων ή αμέλεια και ολιγωρία μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στην κατασκευή, ορισμένα των οποίων δύσκολα αντιμετωπίζονται εκ των υστέρων ή στη χειρότερη περίπτωση δεν είναι αναστρέψιμα.

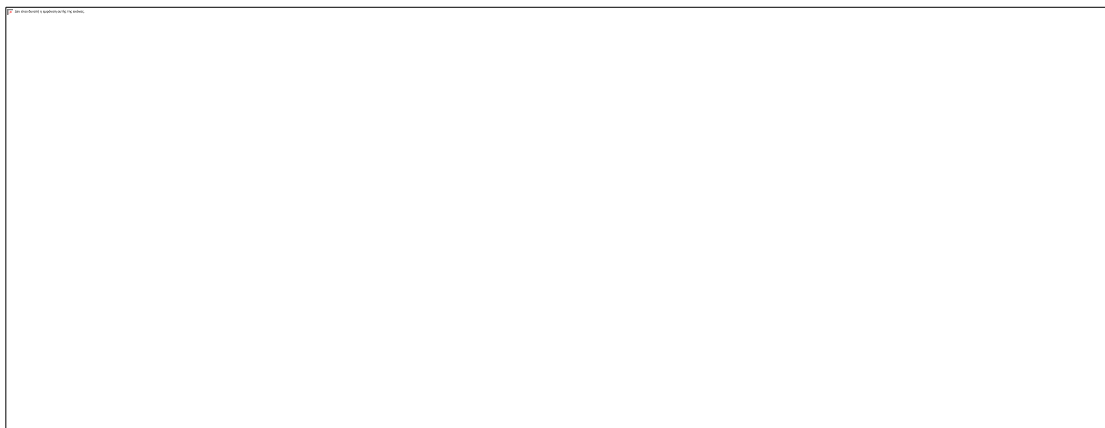
Ωστόσο, τον κυρίαρχο ρόλο τον έχει πάντοτε η θερμική προστασία των στοιχείων. Σύμφωνα με τον Κ.Ε.Ν.Α.Κ. η προστασία πρέπει να συμπεριλαμβάνει όλα τα εξωτερικά στοιχεία του κελύφους του κτιρίου, τα οποία περικλείουν θερμαινόμενους χώρους, όπως είναι οι εξωτερικές τοιχοποιίες, τα δώματα, οι ξύλινες στέγες, οι οροφές υπόστυλων χώρων, τα δάπεδα πάνω από το υπόγειο ή στο έδαφος κτλ.

1.8.1 Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας

Η τοιχοποιία στο εξωτερικό μέρος των κτιρίων, τόσο στον φέροντα οργανισμό όσο και στα στοιχεία πλήρωσης του εξωτερικού κελύφους, επιβάλλεται να διαθέτει θερμομόνωση. Επιπλέον, πρέπει να αποτρέπεται η δημιουργία θερμογεφυρών. Επιπλέον, υφίσταται η ανάγκη παροχής προστασίας από την υγρασίας χωρίς, ωστόσο

να επιβάλλεται και η στεγανοποιητική προστασία. Κατά κανόνα παίζει ρολό η ορθή σειρά της τοποθέτησης των στρώσεων εντός του δομικού στοιχείου.

Συχνά, τα ζητήματα υγρασίας στους τοίχους, αποδεικνύεται ότι δεν οφείλονται στην ικανότητα απορρόφησης ή στο τριχοειδές των υλικών. Κυρίως οφείλονται σε ενδεχόμενες κακοτεχνίες ή παραλείψεις που προκύπτουν κατά τη δόμηση.



(Εικόνα 33)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

1.8.2 Θερμομόνωση δώματος

Στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων απαντώνται τα δώματα. Πρόκειται για τα δομικά του στοιχεία, τα οποία υφίστανται τις πιο έντονες καιρικές επιδράσεις. Η καταπόνηση που δέχονται είναι ισχυρή και γι' αυτό το λόγο προκαλούνται σε αυτά φθορές. Ορισμένες από τις πιο συνηθισμένες φθορές είναι αποκολλήσεις των υλικών ή διογκώσεις στις στρώσεις τους. Επίσης, συμβαίνει συχνά να εμφανίζεται πρόωρα η γήρανση των στεγανοποιητικών και θερμομονωτικών υλικών. Ακόμη, εντοπίζονται θραύσεις ή ρηγματώσεις. Ωστόσο, ενδεχομένως η πιο συνήθης φθορά είναι η εμφάνιση εξανθημάτων ή/και κηλίδων στις οροφές που κατά βάση προέρχονται από την ελλιπή ή πλημμελή μέριμνα για την προστασία τους.

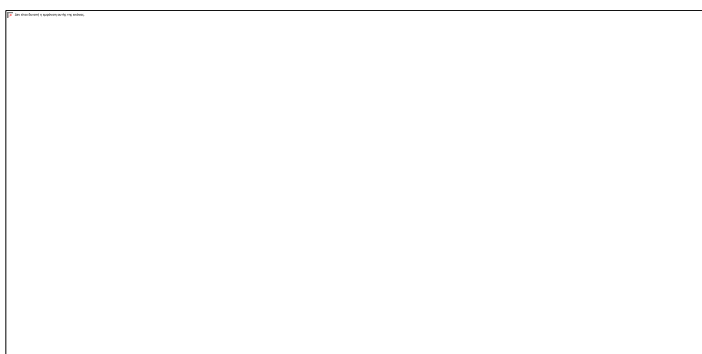
Κατ' αυτόν τον τρόπο, με την τήρηση των αρχών της φυσικής των κτιρίων ελαχιστοποιούνται σημαντικά τα ανωτέρω ζητήματα και εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία όλων των στοιχείων των δωμαίων. Ακόμη, η διαρκής μέριμνα για τη συντήρηση και την ενδεχόμενη αποκατάσταση των φθορών, επιμηκύνει σημαντικά τη διάρκεια ζωής των δωμαίων.

1.8.3 Θερμομόνωση στέγης

Η στέγη, ως δομικό στοιχείο επιστέγασης ενός κτιρίου, δέχεται, όπως και το δώμα, έντονα τις επιδράσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος. Η θερμομονωτική της προστασία βοηθάει στη μείωση αυτών των επιδράσεων στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου. Βάσει του τύπου στέγης, επιλέγεται η θερμομονωτική της προστασίας. Σύμφωνα με τα δεδομένα στην Ελλάδα διακρίνονται δύο κατηγορίες στεγών:

1. Για τη διαμόρφωση της οροφής του εσωτερικού χώρου. Ανάμεσα στον εσωτερικό χώρο και τη στέγη, δεν παρεμβάλλεται άλλο επίπεδο. Η στέγη φαίνεται εσωτερικά. Ο εσωτερικός χώρος δύναται να είναι ο τελευταίος όροφος στο κτίριο. Επίσης μπορεί να είναι σοφίτα πάνω από αυτόν. Η παροχή θερμικής προστασίας στην περίπτωση της σοφίτας γίνεται στο κεκλιμένο επίπεδο της στέγης, πάνω ή κάτω του.
2. Για τη στέγη που δεν αποτελεί την οροφή ενός εσωτερικού χώρου. Οι στέγες αυτές είθισται να είναι χαμηλές. Κείνται σε μια οριζόντια πλάκα με οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ παρέχεται προστασία στην κατασκευή απέναντι στις καιρικές συνθήκες. Η θερμομόνωση αναπτύσσεται στην οριζόντια πλάκα του σκυροδέματος. Εφόσον δεν υφίσταται πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα, στη θέση της υπάρχει ψευδοροφή.

Και στις δύο κατηγορίες, η στέγη μπορεί να είναι από ξύλο, Επίσης, μπορεί να συνίσταται από πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα που βρίσκονται με κλίση. Να σημειωθεί ότι εφόσον είναι κατασκευασμένη μια στέγη από οπλισμένο σκυρόδεμα, τότε είθισται ο χώρος της στέγης να είναι ενιαίος με τον εν λόγω όροφο. Επίσης, σε αυτήν την περίπτωση δεν υφίσταται διακοπή από έτερη οριζόντια πλάκα.



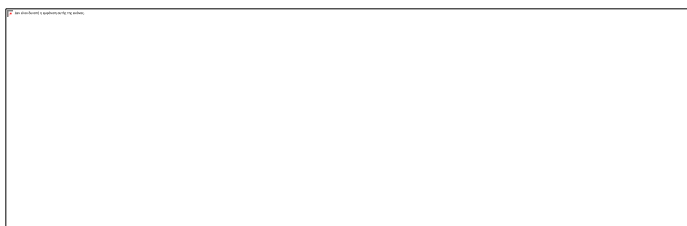
(Εικόνα 34)

Πάπλωμα υαλοβάμβακα που τοποθετείται για θερμική προστασία της στέγης. Ο υαλοβάμβακας επικαλύπτει και τους ελκυστήρες των ζευκτών. (Εικόνα 34)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Είναι πάντως διαφορετική η θερμική συμπεριφορά της στέγης στις δύο περιπτώσεις και αυτή τη διαφορά ο Κ.Ε.Ν.Α.Κ. τη λαμβάνει υπόψη του κατά τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας U :

1. Στην πρώτη περίπτωση, κατά την οποία η θερμομονωτική προστασία αναπτύσσεται στο κεκλιμένο επίπεδο της στέγης, ο Κ.Ε.Ν.Α.Κ. θεωρεί ότι λειτουργεί όπως κάθε εξωτερικό δομικό στοιχείο βρίσκεται στο εξωτερικό περιβάλλον.
2. Στη δεύτερη περίπτωση, όπου υπάρχει διάκενο ανάμεσα στην οριζόντια θερμομονωμένη οροφή και την κεκλιμένη στέγη, γίνεται ο συνυπολογισμός της θερμικής αντίστασης που προβάλλει ο αέρας του εν λόγω χώρου με την προϋπόθεση ότι δεν επικοινωνεί με τον εσωτερικό χώρο του κτιρίου και επίσης ότι ο αέρας θεωρείται ακίνητος. Τότε στον υπολογισμό του U συνυπολογίζεται μία πρόσθετη αντίσταση R_u , που είναι η αντίσταση του στρώματος του αέρα του διακένου μαζί με την αντίσταση θερμικής φύσης από τις στρώσεις της κεκλιμένης στέγης.



(Εικόνα 35)

Διάστρωση παπλώματος υαλοβάμβακα σε οριζόντια οροφή κάτω από στέγη που δεν είναι θερμομονωμένη. Κατά την τοποθέτηση των ινωδών υλικών είναι απαραίτητο να λαμβάνονται μέτρα προστασίας έναντι της εισπνοής ινών που τυχόν αποσπώνται από το υλικό και αιωρούνται στην ατμόσφαιρα. Ομοίως, πρέπει να φοριούνται γάντια για την αποφυγή ερεθισμών στα χέρια. (Εικόνα 35)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.



(Εικόνα 36)

Τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε οριζόντια οροφή κάτω από στέγη που δεν έχει θερμομονωθεί. Προτιμώνται τα εύκαμπτα και μαλακά υλικά λόγω της ευκολίας τοποθέτησής τους ανάμεσα στους ελκυστήρες και στα άλλα ξύλινα στοιχεία της στέγης. (Εικόνα 36)

Πηγή: Από βιβλίο το ΚΤΙΡΙΟ.

Επιπλέον, ο Κ.Ε.Ν.Α.Κ. κατά τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας U επιλύει τη στέγη ως οριζόντιο δομικό στοιχείο, αν η κλίση της είναι μικρότερη ή ίση των 30° και ως κατακόρυφο δομικό στοιχείο, αν είναι μεγαλύτερη των 30° .

Κεφάλαιο 2 – Κ.Ε.Ν.Α.Κ.

2.1 ΕΛΟΤ EN ISO 13790 Ε2 13790 Ε2 (2009)

Για την εκπόνηση μιας ενεργειακής αξιολόγησης ο μελετητής υλοποιεί μια σειρά υπολογισμών για την ενεργειακή απόδοση και κατάταξη του υπό μελέτη κτιρίου. Τα δεδομένα που προκύπτουν από τους υπολογισμούς αυτούς καταχωρίζονται υπό μορφή ΧΛΜ σε σχετική εφαρμογή προκειμένου να ληφθούν υπόψη στην συνολική

ενεργειακή αξιολόγηση του κτιρίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μεθοδολογία που ακολουθείται για τον υπολογισμό των σχετικών παραμέτρων γίνεται σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα βάσει των προβλεπόμενων στο ΕΛΟΤ EN ISO 13790 E2, με και σύμφωνα με τις εθνικές απαιτήσεις, όπως αυτές καθορίζονται με τις ισχύουσες Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ). Οι Οδηγίες αυτές επικαιροποιούνται σε βάθος χρόνου προκειμένου να ακολουθούν τις εγχώριες ανάγκες και εξελίξεις, αλλά και τη διεθνή πολιτική.

Είναι γνωστό ότι η ενεργειακή απόδοση προκύπτει από τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε κάθε κτίριο. Προς αυτή την κατεύθυνση οι βασικές παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην ενεργειακή μελέτη είναι οι κάτωθι:

1. Τη χρήση του κτιρίου και τις συνθήκες που είναι κατάλληλες για την ορθή λειτουργία του εσωτερικού περιβάλλοντος και την επικράτηση αίσθησης θερμικής άνεσης
2. Τις κατά τόπους επικρατούσες κλιματικές συνθήκες στη τοποθεσία που βρίσκεται το κτίριο
3. Τα αρχιτεκτονικά, τα κατασκευαστικά και τα γεωμετρικά στοιχεία του υπό μελέτη κτιρίου (προσανατολισμός, σχήμα, μορφή, διαφανείς/αδιαφανείς επιφάνειες,
4. Τα εσωτερικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων ως προς τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου (βαθμός θερμικής διαπερατότητας, βαθμός απορροφούμενης υγρασίας, βαθμός αντανάκλασης προσπίπτουσας ακτινοβολίας κ.τ.λ.
5. Την εγκατάσταση θέρμανσης (τύπος θερμαντικών μέσων, δίκτυο διανομής, ενεργειακή κλάση, βαθμός απόδοσης κ.α.).
6. Την εγκατάσταση ψύξης στους εσωτερικούς χώρους (τύπος συστημάτων ψύξης, ενεργειακή κλάση, βαθμός απόδοσης κλιματιστικών ψύξης κ.α.).
7. Για μεγάλους επαγγελματικούς χώρους τα συστήματα αερισμού/εξαερισμού
8. Τα τεχνικά στοιχεία της εγκατάστασης φωτισμού
9. Την ύπαρξη και τον αριθμό των παθητικών ηλιακών συστημάτων του κτιρίου (ηλιακοί τοίχοι, θερμοκήπια, ηλιακά αίθρια).

Πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη και άλλες παράμετροι που μπορούν να ισχύουν κατά περίπτωση όπως η ύπαρξη φωτοβολταϊκών ή άλλων μέσων εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ο φυσικός φωτισμός κ.α. Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται ως καύσιμο πετρέλαιο κίνησης (συστήματα

συμπαγωγής, παραγωγής ζεστού νερού χρήσης κ.ά.), ο συντελεστής μετατροπής του σε πρωτογενή ενέργεια είναι ο ίδιος με αυτόν του πετρελαίου θέρμανσης. Επίσης, ο συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια της βιομάζας είναι ο ίδιος τόσο για την ακατέργαστη βιομάζα (καυσόξυλα, κλαδοδέματα κ.ά.) όσο και για την τυποποιημένη βιομάζα όπως τα συσσωματώματα (pellets) κ.ά

2.2 Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίου

Το Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης αφορά στην ενεργειακή κατάταξη ενός κτιρίου ή μιας κτιριακής μονάδας προκειμένου ο κάτοχος του ακινήτου ή ο χρήστης να μπορούν να αξιολογούν και να γνωρίζουν την ενεργειακή απόδοσή του. Το εν λόγω Πιστοποιητικό έχει ισχύ για δέκα χρόνια από την ημερομηνία έκδοσής του.

Είναι γνωστό ότι σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία από τον Ιανουαρίου του 2021 κάθε κτίριο ή κτιριακή μονάδα που διατίθεται προς πώληση ή μίσθωση, θα πρέπει να φέρει πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης στο οποίο ρητώς να αναφέρεται η ενεργειακή κατηγορία στην οποία κατατάσσεται το κτίριο. Το πιστοποιητικό αποτελεί βασικό συγκριτικό στοιχείο προκειμένου ο ενδιαφερόμενος να λάβει πλήρη γνώση της ενεργειακής κατάστασης του κτιρίου ώστε να διαμορφώσει μια σαφή και συνειδητή επιλογή για αυτό.

Όπως προαναφέραμε η χρήση του κτιρίου διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στις ενεργειακές ανάγκες που παρουσιάζει.

Η υποχρέωση έκδοσης Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης ορίζεται σαφώς στο άρθρο 12 του ν.4122/2013 και συγκεκριμένα ισχύει για τις ακόλουθες περιπτώσεις:

1. μετά την περάτωση της κατασκευής νεόδμητου κτιρίου ή κτιριακής μονάδας που φέρει οικοδομική άδεια η οποία περιλαμβάνεται στις σχετικές διατάξεις του ΚΕΝΑΚ. Πρακτικά αφορά σε άδειες που εκδόθηκαν μεταγενέστερα της ημερομηνίας έναρξης εφαρμογής του ΚΕΝΑΚ 2010.
2. κατόπιν γενικής ανακαίνισης ενός κτιρίου ή μιας κτιριακής μονάδας,
3. στο στάδιο της πώλησης ενός κτιρίου ή μιας κτιριακής μονάδας, μέχρι την ενεργοποίηση της ταυτότητάς τους,
4. στην εκμίσθωση κτιριακού χώρου σε νέο χρήστη μέχρι την ενεργοποίηση της ταυτότητας του κτιρίου,
5. για όλα τα κτίρια των οποίων η επιφάνεια ξεπερνά τα 250 τ.μ. που χρησιμοποιούνται από υπηρεσίες του δημόσιου τομέα ανοικτές σε πρόσβαση από τους πολίτες.

2.3 Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα

Η ενεργειακή αξιολόγηση των κτιρίων στη χώρα μας στηρίζεται στις αντίστοιχες εγχώριες κλιματικές ζώνες οι οποίες είναι τέσσερις και χαρακτηρίζονται με τα πρώτα τέσσερα γράμματα του ελληνικού αλφάβητου. Πρόκειται για τις ζώνες Α, Β, Γ, Δ στις οποίες υπάγονται όλοι οι νομοί της χώρας. Ειδικότερα, η Ζώνη Α αντιστοιχεί στη θερμότερη ζώνη και περιλαμβάνει νομούς με θερμότερα κλίματα όπως π.χ Ηρακλείου, Χανίων, Μεσσηνίας, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου κ.τ.λ. Η Ζώνη Δ αντιστοιχεί στην ψυχρότερη ζώνη και περιλαμβάνει τους νομούς με ψυχρό κλίμα όπως π.χ Καστοριάς, Γρεβενών, Φλώρινας κ.τ.λ.

Προκειμένου για τον προσδιορισμό της κλιματικής ζώνης στην οποία υπάγεται ένας νομός θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι οι περιοχές ενός νομού που βρίσκονται σε υψομετρική κλίμακα μεγαλύτερη από 500 μέτρα μελετώνται με τα χαρακτηριστικά της αμέσως επόμενης ψυχρής ζώνης. Για παράδειγμα έστω ότι ένα κτίριο βρίσκεται στο νομό Ευρυτανίας που ανήκει στη Ζώνη Γ αλλά σε περιοχή που έχει μεγαλύτερο υψόμετρο από 500μέτρα, τότε αυτομάτως το κτίριο αυτό εντάσσεται στην επόμενη ψυχρή Ζώνη εν προκειμένω στην ανώτερη ψυχρή Ζώνη Δ.



2.4 Κατηγορίες κτιρίων

Στην ερμηνευτική εγκύκλιο του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας για την εφαρμογή του Ν. 4122/2013 καθορίζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης που θα πρέπει να πληρούν τα κτίρια σύμφωνα με τα άρθρα 4 και 6 του ως άνω νόμου. Ωστόσο ο νομοθέτης προβλέπει ένα κατάλογο κατηγοριών που περιλαμβάνει κτίρια που εξαιρούνται από την τήρηση των ελάχιστων απαιτήσεων σύμφωνα με την παράγραφο 7 του άρθρου 4 του σχετικού νόμου και συγκεκριμένα σε αφορά σε:

1. Μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς
2. Κτίρια που θεωρούνται προστατευόμενα λόγω ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής ιδιοσυγκρασίας ή ιστορικής αξίας κ.τ.λ.
3. Θρησκευτικοί Ναοί και χώροι θρησκευτικής λατρείας
4. Ειδικοί χώροι βιομηχανικών εγκαταστάσεων και λοιπών ειδικών εργαστηρίων

5. Χώροι που χρησιμοποιούνται περιστασιακά με τη μορφή προσωρινής χρήσης έως και για δύο χρόνια καθώς και βοηθητικοί χώροι αποθήκευσης, στάθμευσης αυτοκινήτων κ.τ.λ.
6. μικρά αυτόνομα κτίρια των οποίων η ωφέλιμη επιφάνεια δεν ξεπερνά τα 50 τ.μ.

Στην κείμενη πολεοδομική νομοθεσία καθορίζονται οι βασικές κατηγορίες κτιρίων καθώς και οι υποκατηγορίες αυτών βάσει της χρήσης που εξυπηρετούν. Έτσι, κάθε κτίριο που υπόκειται σε αξιολόγηση και έλεγχο ενεργειακής απόδοσης εντάσσεται σε μια από τις ως άνω κατηγορίες προκειμένου να του αποδοθεί η ενεργειακή του ταυτότητα.

Ανάλογα λοιπόν με τη χρήση των κτιρίων κατηγοριοποιούνται βάσει του εν λόγω Κανονισμού ως ακολούθως :

1. Κατοικίες. Πρόκειται για κτίρια που προορίζονται για κατοίκηση και περιλαμβάνει μονοκατοικίες και πολυκατοικίες
2. Κτίρια διαμονής πεπερασμένου χρόνου. Σε αυτά περιλαμβάνονται ξενοδοχεία, ξενώνες, οικοτροφεία κ.α.
3. Κτίρια και χώροι συνάθροισης κοινού. Πρόκειται για κατηγορία που περιλαμβάνει ευρεία γκάμα χώρων όπως συνεδριακά κέντρα, μουσεία, γκαλερί, εκθεσιακά κέντρα, συναυλιακοί χώροι, κτίρια θεάτρου και κινηματογράφου, κλειστές αθλητικές εγκαταστάσεις, τραπεζικά καταστήματα κ.α.
4. Κτίρια παροχής εκπαίδευσης όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων. Σχολεία πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης δημόσιας ή ιδιωτικής δομής, Πανεπιστήμια, κέντρα φροντιστηρίων, σχολεία δεύτερης ευκαιρίας, Κέντρα επαγγελματικής κατάρτισης κ.α.
5. Εγκαταστάσεις παροχής ιατρικής περίθαλψης και κοινωνικής μέριμνας. Νοσοκομεία δημόσια ή ιδιωτικά, ιατρεία πρωτοβάθμιας φροντίδας, κλινικές αποκατάστασης, ιδρύματα ψυχικής υγείας, οίκοι φροντίδας ηλικιωμένων κ.τ.λ.
6. Σωφρονιστικά Καταστήματα.
7. Καταστήματα εμπορίου και παροχής υπηρεσιών. Περιλαμβάνει καταστήματα λιανεμπορίου, κέντρα αισθητικής και κομμωτικής, κατάστημα, εμπορικά κέντρα κ.τ.λ.
8. Κτίρια επαγγελματικής χρήσης π.χ. γραφεία

Ωστόσο πρέπει να αναφέρουμε ότι ο Κανονισμός προβλέπει καταστάσεις κατά τις οποίες ένα κτίριο περιλαμβάνει περισσότερες από μία χρήσεις καθώς και άλλες περιπτώσεις που χρήζουν διαφοροποίησης και ειδικότερα:

1. Σε καταστάσεις κτιρίων όπου λαμβάνει χώρα περισσότερων χρήσεων από μιας ενιαίας. Στην περίπτωση αυτή οφείλεται να επιλέγεται μία εξ αυτών.
2. Καταστάσεις κτιρίων υβριδικής χρήσης κτιρίου στην οποία απαιτούνται διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Στις περιπτώσεις αυτές κάθε χρήση αντιμετωπίζεται ξεχωριστά ώστε να πραγματοποιείται διακριτός ενεργειακός έλεγχος και υπολογισμός της ενεργειακής απόδοσης για κάθε μία εξ αυτών προκειμένου για την ενεργειακή κατάταξη και την έκδοση του πιστοποιητικού του κτιρίου.
3. Καταστάσεις οι οποίες δεν δύνανται να συμπεριληφθούν στις ως άνω περιπτώσεις υπάγονται κατά προσέγγιση στην πλησιέστερη κατηγορία.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να διευκρινίσουμε ότι η έννοια του κτιρίου στην παρούσα εργασία αφορά κυρίως στην δυνατότητα που έχει προκειμένου για την υλοποίηση μιας διακριτής και αυτόνομης μελέτης ενεργειακής αξιολόγησης. Σε κάθε περίπτωση νεόδμητου ή πλήρως ανακαινισμένου κτιρίου, ο έλεγχος της ενεργειακής του επάρκειας και της θερμομονωτικής συμπεριφοράς του εν γένει πραγματοποιείται καθολικά και ανεξαιρέτως για όλα τα μέρη του κτιρίου.

2.5 Προδιαγραφές κτιριακού κελύφους

Αναμφισβήτητα η επιτυχία ενός εγχειρήματος, εν προκειμένω κατασκευαστικού, στηρίζεται στον εξαρχής σωστό σχεδιασμό. Έτσι κάθε νέο κτίριο που σχεδιάζεται θα πρέπει να περιλαμβάνει διεξοδική μελέτη της ενεργειακής συμπεριφοράς του ώστε να περιορίζονται στο ελάχιστο οι απαιτήσεις των θερμικών και ψυκτικών φορτίων για την εξασφάλιση της θερμικής άνεσης. Προς αυτή τη κατεύθυνση κάθε μελετητής θα πρέπει να λαμβάνει μέριμνα στο στάδιο του σχεδιασμού του κτιρίου για τον περιορισμό των ενεργειακών του απαιτήσεων. Παράλληλα με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται εύκολα η όποια μελλοντική βελτιωτική παρέμβαση απαιτηθεί για την ενεργειακή αναβάθμιση και λειτουργία του έχοντας αξιοποιήσει αποτελεσματικά τις τεχνικές προστασίας του κτιριακού κελύφους μειώνοντας τις ροές θερμότητας. Πιο συγκεκριμένα και βάσει του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. τα στοιχεία που χρήζουν προσοχής στο στάδιο του σχεδιασμού είναι τα ακόλουθα:

1. Σωστός προσανατολισμός του κτιρίου ώστε να εξασφαλίζεται μεγιστοποίηση των ωφελειών των κατά τόπους επικρατουσών κλιματικών συνθηκών.
2. Κατάλληλη διαχείριση και διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου ώστε να δημιουργούνται συνθήκες μικροκλίματος (π.χ. φυσική σκίαση από δέντρα και φυτά).
3. Ειδική μέριμνα στην τοποθέτηση των ανοιγμάτων του κτιρίου βάσει προσανατολισμού και χρήσης των επιμέρους εσωτερικών χώρων.

4. Υιοθέτηση εναλλακτικών τρόπων αποθήκευσης θερμότητας με την ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων
5. Εξασφάλιση τρόπων για τη φυσική και τεχνητή προστασία του κτιρίου από τον ήλιο.
6. Εξασφάλιση φυσικού αερισμού των χώρων
7. Επιλογή κατάλληλων και μη ενεργοβόρων συστημάτων φωτισμού με ταυτόχρονη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

Άλλες ειδικές παράμετροι που πρέπει να συνυπολογίζονται και να συνεκτιμώνται είναι οι ακόλουθες:

1. Το προφίλ λειτουργίας του κτιρίου π.χ. ωράριο, πλήθος χρηστών που εξυπηρετεί κ.τ.λ.
2. διαχείριση θερμικών ζωνών των εσωτερικών χώρων για την εξυπηρέτηση και την κάλυψη διαφορετικών χρήσεων λειτουργίας σύμφωνα με τις επικρατούσες εσωτερικές συνθήκες και τα επιμέρους εσωτερικά φορτία.
3. Ενίσχυση της θερμοπροστασίας του κτιριακού σκελετού με χρήση μονωμένων θερμικά δομικών στοιχείων.
4. Υιοθέτηση και ένταξη τεχνολογιών παθητικών συστημάτων εξασφάλισης θερμικής άνεσης.

Στον Κανονισμό πέρα από τις ελάχιστες προδιαγραφές για το κτιριακό περίβλημα των νεόδμητων και πλήρως ανακαινισμένων κτιρίων καθορίζονται και οι αντίστοιχες προδιαγραφές που αφορούν στο κτίριο αναφοράς, που όπως αναφέραμε στο προηγούμενο Κεφάλαιο χρησιμεύει ως προϊόν σύγκρισης και αξιολόγησης του υπό μελέτη κτιρίου. Ο μελετητής έχει στην κρίση και την ευχέρειά του την επιλογή συμβατικών ή εναλλακτικών τεχνικών δόμησης οι οποίες να εξασφαλίζουν βελτιωμένες προδιαγραφές σε σχέση με τις ελάχιστες απαιτούμενες καθώς και από τις αντίστοιχες του κτιρίου αναφοράς. Το γεγονός ότι η τελική ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου πρέπει να καλύπτει τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.Ε.Ν.Α.Κ δε σημαίνει ότι δεν μπορεί να φτιαχτεί ένα προϊόν ανώτερης ενεργειακής ποιότητας.

Στην παρούσα ενότητα καθορίζονται τα στοιχεία που αφορούν στο κέλυφος του κτιρίου και συμμετέχουν στη δείκτες μέτρησης της ενεργειακής του απόδοσης. Τα κυριότερα στοιχεία που μετέχουν στους υπολογισμούς ενεργειακής αξιολόγησης περιλαμβάνουν θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών υλικών όπως ο βαθμός θερμικής διαπερατότητας, το πλήθος των πιθανών σημείων ανάπτυξης θερμογέφυρας, τη θερμική χωρητικότητα κ.α. καθώς και έτερα εξωτερικά χαρακτηριστικά όπως η σκίαση, ο φυσικός φωτισμός, ο αερισμός κ.α. Παράλληλα πρέπει να σημειώσουμε ότι για τη μέτρηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου και ειδικότερα για τη μέτρηση των θερμικών ή και ψυκτικών φορτίων του που βρίσκονται στο κτίριο θα πρέπει να συνυπολογίζονται και άλλα στοιχεία των δομικών

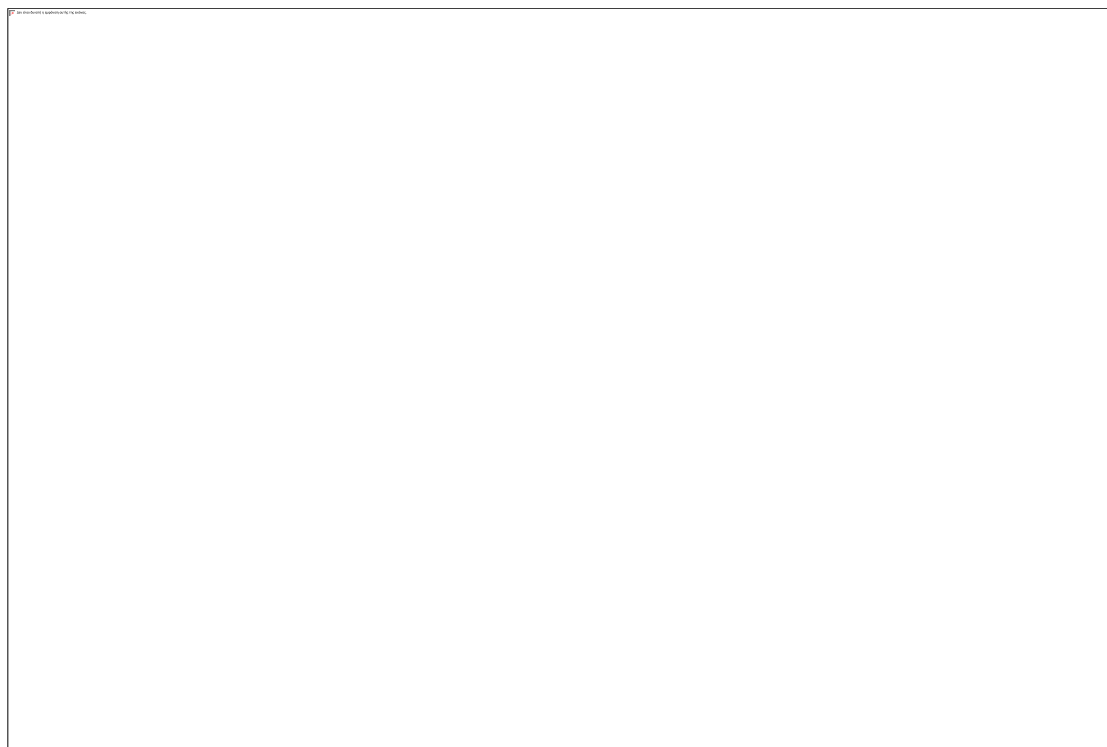
στοιχείων. Τέτοια στοιχεία είναι η ύπαρξη και ο αριθμός επιφανειών στο κτίριο που είναι διαφανείς ή αδιαφανείς, η ύπαρξη και το πλήθος χώρων που δεν διαθέτουν θέρμανση(π.χ. αποθήκες, βοηθητικοί χώροι, κλιμακοστάσια, χώροι υποδοχής κ.α.)

2.5.1 Συντελεστής θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

Στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων υπολογίζεται με τον τρόπο που αναλύεται στην αναθεωρημένη τεχνική οδηγία «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων».

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση, ο ενεργειακός επιθεωρητής καλείται να εκτιμήσει τη θερμική συμπεριφορά των αδιαφανών δομικών στοιχείων, λαμβάνοντας υπόψη και το έτος έκδοσης της οικοδομικής άδειας του κτηρίου. Προς αυτή την κατεύθυνση κωδικοποιούνται για τον έλεγχο της ενεργειακής επιθεώρησης όλα τα κτήρια σε επί μέρους κατηγορίες, σύμφωνα με την περίοδο μελέτης τους και το βαθμό της θερμομονωτικής τους προστασίας.

Ειδικότερα, ως προς την περίοδο έκδοσης της οικοδομικής άδειας ο διαχωρισμός γίνεται σε 4 γενικές κατηγορίες, όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

A large empty rectangular box, likely intended for a table or diagram, but currently blank.

Στην τελευταία κατηγορία υπάγονται και όσα κτήρια ανεγέρθηκαν πριν από την ισχύ του αναθεωρημένου Κ.Ε.Ν.Α.Κ. αλλά υπέστησαν ή πρόκειται να υποστούν, μετά την έναρξη ισχύος του νέου κανονισμού ριζική ανακαίνιση. Κάθε επέμβαση σε κτήριο ή κτηριακή μονάδα νοείται ως “ριζική ανακαίνιση” όταν η συνολική δαπάνη της ανακαίνισης που αφορά το κέλυφος του κτιρίου ή της κτηριακής μονάδας ή τα τεχνικά συστήματά τους υπερβαίνει το είκοσι πέντε τοις εκατό (25%) της τρέχουσας αξίας του κτιρίου ή της κτηριακής μονάδας, βάσει του ελαχίστου κόστους οικοδόμησης, εξαιρουμένης της αξίας του οικοπέδου επί του οποίου έχει κατασκευαστεί το κτίριο.

Ανάλογα με την πρόνοια για θερμομονωτική προστασία του κτηρίου που έχει ληφθεί, η κάθε κατηγορία υποδιαιρέθηκε σε μικρότερες υποκατηγορίες:

1. Σε κτήρια χωρίς καμία πρόνοια θερμομονωτικής προστασίας,
2. Σε κτήρια με μερική ή πλημμελή θερμομονωτική προστασία,
3. Σε κτήρια με πλήρη θερμομονωτική προστασία σύμφωνα με τον Κ.Θ.Κ. ή τον Κ.Ε.Ν.Α.Κ.

Για τις ανάγκες της ενεργειακής μελέτης ο συντελεστής θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων υπολογίζεται σύμφωνα με την αναθεωρημένη τεχνική οδηγία “Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων”.

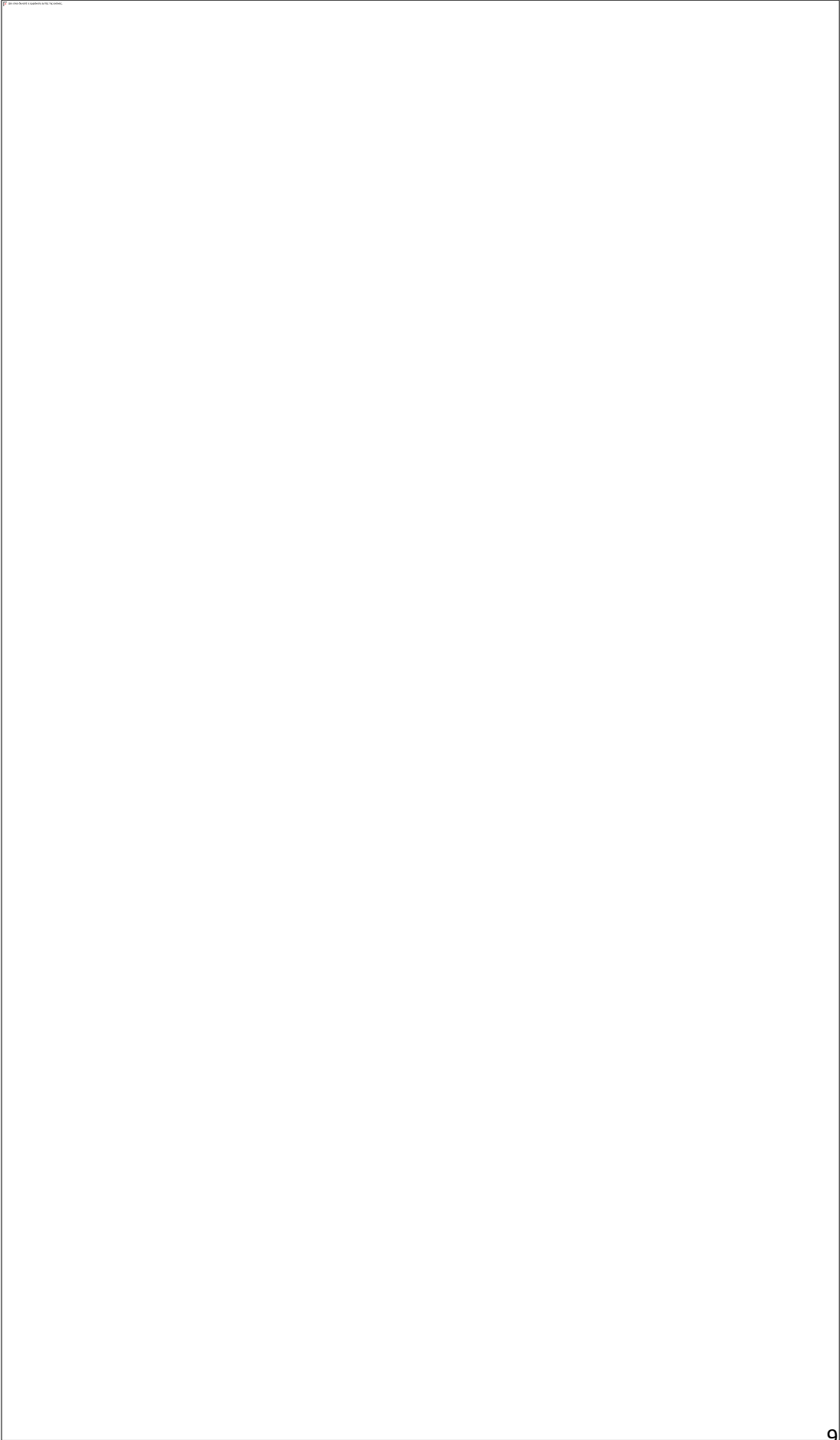
Για τις ανάγκες της ενεργειακής επιθεώρησης, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων εκτιμάται από τον ενεργειακό επιθεωρητή, ακολουθώντας τις εναλλακτικές μεθόδους που περιγράφονται παρακάτω.

Ειδικότερα, στις περιπτώσεις κτηρίων χωρίς καμία πρόνοια θερμομονωτικής προστασίας ή με μερική ή πλημμελή θερμομονωτική προστασία, στο έργο του ενεργειακού επιθεωρητή μπορεί να λειτουργήσει βοηθητικά ο παρακάτω πίνακας, στον οποίο καταγράφονται τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας U των αδιαφανών δομικών στοιχείων.

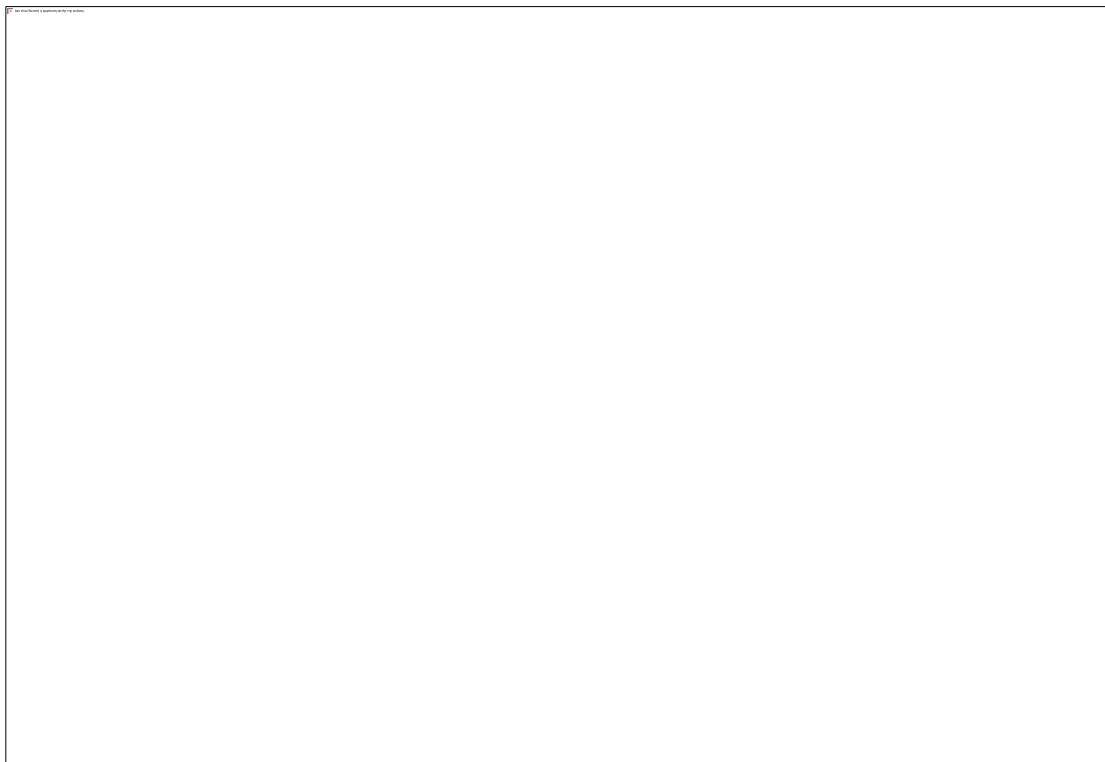
Ο ενεργειακός επιθεωρητής, κατά τον έλεγχο, έχει δύο δυνατότητες:

1. Είτε να θεωρήσει αυτές τις τιμές του πίνακα.
2. Είτε να υπολογίσει ο ίδιος τους συντελεστές σύμφωνα με όσα προβλέπει ο αναθεωρημένος Κ.Ε.Ν.Α.Κ. για τον υπολογισμό της θερμομονωτικής επάρκειας κάθε δομικού στοιχείου και του συνόλου του κτηρίου, με την προϋπόθεση πάντα ότι έχει στη διάθεσή του όλα τα απαιτούμενα θερμοφυσικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών των δομικών στοιχείων (π.χ. πάχος στρώσεων δομικού στοιχείου, ποιότητα υλικών, κ.ά.) και εφόσον η ορθότητά τους είναι αναμφισβήτηση. Τότε ο υπολογισμός οφείλει να γίνει σύμφωνα με τις τιμές των μεταβλητών που δίνει ο αναθεωρημένος Κ.Ε.Ν.Α.Κ. (2017) και όχι ο προγενέστερος κανονισμός ο Κ.Ε.Ν.Α.Κ. (2010) ή ο κανονισμός θερμομόνωσης κτηρίων.

Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια, η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. (2010).



Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. (2010).



Όταν ένα δομικό στοιχείο δεν συμπεριλαμβάνεται στον πίνακα, ο ενεργειακός επιθεωρητής μπορεί να επιλέξει την τιμή της πλησιέστερης προς αυτό διατομής του πίνακα.

Σε περίπτωση που υπάρχει μελέτη θερμομόνωσης, υπογεγραμμένη από μηχανικό και κατατεθειμένη σε υπηρεσία δόμησης και η εφαρμογή της μελέτης δεν τίθεται εμφανώς υπό αμφισβήτηση, ο ενεργειακός επιθεωρητής είναι υποχρεωμένος να ακολουθήσει τη μελέτη και να λάβει ως δεδομένες τις τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας U (του Κ.Θ.Κ.) της μελέτης.

Επίσης, εάν ο ιδιοκτήτης προσκομίσει στον επιθεωρητή έγγραφα αποδεικτικά στοιχεία, που αναμφισβήτητα αποδεικνύουν ότι τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν έχουν καλύτερες τιμές των προδιαγραφόμενων στον Κ.Θ.Κ., οι οποίες αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα, (π.χ. καλύτερη τιμή λ κάποιου υλικού), ο επιθεωρητής οφείλει να διεξαγάγει τον έλεγχο βάσει αυτών των προσκομισθέντων στοιχείων.

Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων, σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτηρίων, για τις τρεις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.



Ως τέτοια αποδεικτικά στοιχεία που πιστοποιούν την ποιότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών μπορούν, για παράδειγμα, να θεωρηθούν:

1. Η πιστοποίηση που είχε για προϊόντα της μια εταιρεία και αποδεικνύεται με τιμολόγια αγοράς ή δελτία αποστολής ότι αυτά τα υλικά χρησιμοποιήθηκαν για την ανέγερση του επιθεωρούμενου κτηρίου. Αντιθέτως, δεν θεωρούνται ως αποδεικτικά στοιχεία οι βεβαιώσεις ή άλλα πιστοποιητικά που εκδίδονται εκ των υστέρων, προκειμένου να τεκμηριώσουν την ποιότητα των υλικών που είχαν παλαιότερα χρησιμοποιηθεί.
2. Συμβολαιογραφική πράξη, ιδιωτικό συμφωνητικό ή οποιοδήποτε άλλο επίσημο έγγραφο μεταξύ πωλητή και αγοραστή κτηρίου, από το οποίο σαφώς προκύπτει και χωρίς περιθώρια αμφισβήτησης η ποιότητα και τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των χρησιμοποιηθέντων υλικών.
3. Το αποτέλεσμα διερευνητικής τομής που θα γίνει σε επί μέρους δομικά στοιχεία, εφόσον το απαιτήσει ο ιδιοκτήτης. Σ' αυτήν την περίπτωση το οικονομικό κόστος διενέργειας της τομής και αποκατάστασης της φθοράς αναλαμβάνει εξ ολοκλήρου ο ιδιοκτήτης.

Σε περίπτωση που με βάση το στέλεχος έκδοσης οικοδομικής άδειας αποδεικνύεται ότι υπήρξε και κατατέθηκε, στην οικεία υπηρεσία δόμησης, μελέτη θερμομονωτικής προστασίας ή μελέτη ενεργειακής απόδοσης και δεν συντρέχει εμφανής λόγος αμφισβήτησης της εφαρμογής της, αλλά ωστόσο δεν υφίσταται πλέον η ίδια η μελέτη (λόγω απώλειας, καταστροφής κ.τ.λ.), τότε ο ενεργειακός επιθεωρητής είναι υποχρεωμένος να διεξαγάγει την επιθεώρηση, λαμβάνοντας ως τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας U των επί μέρους δομικών στοιχείων τις μέγιστες

επιτρεπόμενες του ισχύοντος κατά την περίοδο έκδοσης της οικοδομικής άδειας κανονισμού (k_{max} του Κ.Θ.Κ. ή U_{max} του Κ.Εν.Α.Κ.).

Αναλυτικά, η εκτίμηση του συντελεστή θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων γίνεται ακολουθώντας τον τρόπο που θα περιγράψω παρακάτω, ο οποίος διαφοροποιείται ανάλογα με τη θέση του δομικού στοιχείου στο κτηριακό περίβλημα και του μέσου που το περιβάλλει από την εξωτερική του πλευρά (εξωτερικός αέρας, έδαφος, μη θερμαινόμενος χώρος κ.τ.λ.).

2.5.2 Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων για τα κτήρια της 1^{ης} κατηγορίας μπορούν να υπολογιστούν με βάση τη μεθοδολογία που περιγράφεται στην τεχνική οδηγία «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» ή να ληφθούν απευθείας από τον παραπάνω πίνακα.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις περιπτώσεις που έχει γίνει κάποια ανακαίνιση στο κτήριο για βελτίωση της θερμικής του συμπεριφοράς, π.χ. θερμομόνωση δώματος. Γι' αυτό το λόγο, κατά την ενεργειακή επιθεώρηση ο μηχανικός θα πρέπει να αναζητά ενδείξεις για μεταγενέστερες επεμβάσεις σε εξωτερικά δομικά στοιχεία, π.χ. έντονη ανισοσταθμία μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού δαπέδου στην απόληξη του κλιμακοστασίου, αυξημένο πάχος των εξωτερικών τοιχοποιιών κ.ά.

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων για τα κτήρια της 2^{ης} κατηγορίας, μπορούν να ληφθούν ίσοι με τις τιμές που προβλέπονται από τη μελέτη θερμομόνωσης που συνοδεύει την οικοδομική άδεια, εφόσον διαπιστωθεί ότι αυτή εφαρμόστηκε στη φάση κατασκευής. Στην περίπτωση που η οικοδομική άδεια δεν υπάρχει, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τιμές που δίνονται στον πίνακα, οι οποίες αντιστοιχούν στις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων.

Για κτήρια που φέρουν πετάσματα και ανήκουν στην 1^η και 2^η κατηγορία θα λαμβάνονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας που υπάρχουν στη μελέτη θερμομόνωσης και στη μελέτη κλιματισμού.

Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τα αδιαφανή τμήματα που αποτελούνται από πετάσματα που έχουν θερμομόνωση θα λαμβάνεται $U=1$ [$W/(m^2 \cdot K)$], ενώ για τα αδιαφανή που αποτελούνται από ύαλο και δεν έχουν επιπλέον θερμομόνωση θα λαμβάνονται οι τιμές που θα δίνονται στον πίνακα.

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων για τα κτήρια της 3^{ης} και 4^{ης} κατηγορίας μπορούν να ληφθούν ίσοι με τις τιμές που προβλέπονται

από τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης που συνοδεύει την οικοδομική άδεια. Ο ενεργειακός επιθεωρητής πρέπει να διασταυρώσει τόσο την ποιότητα, όσο και την ποσότητα των θερμομονωτικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή, συγκεντρώνοντας τα πιστοποιητικά και τα δελτία αποστολής τους από το μελετητή μηχανικό ή τον ιδιοκτήτη.

Σε περίπτωση που με βάση το στέλεχος έκδοσης οικοδομικής άδειας αποδεικνύεται ότι υπήρξε και κατατέθηκε, στην οικεία υπηρεσία δόμησης, μελέτη θερμομονωτικής προστασίας ή μελέτη ενεργειακής απόδοσης και δεν συντρέχει εμφανής λόγος αμφισβήτησης της εφαρμογής της, αλλά ωστόσο δεν υφίσταται πλέον η ίδια η μελέτη (λόγω απώλειας, καταστροφής κ.τ.λ.), τότε ο ενεργειακός επιθεωρητής είναι υποχρεωμένος να διεξαγάγει την επιθεώρηση, λαμβάνοντας ως τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας U των επί μέρους δομικών στοιχείων τις μέγιστες επιτρεπόμενες του αναθεωρημένου Κ.Ε.Ν.Α.Κ.

2.5.3 Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με το έδαφος

Η ροή θερμότητας από ένα δομικό στοιχείο που έρχεται σε επαφή με το έδαφος είναι ένα σύνθετο τρισδιάστατο φαινόμενο που εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, βασικότερες των οποίων είναι:

1. Η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους,
2. Το πάχος του στρώματος εδάφους που το διαχωρίζει από τον εξωτερικό αέρα,
3. Η γεωμετρία του κτηρίου,
4. Η ίδια θερμική αντίσταση του δομικού στοιχείου.

Για να γίνει εφικτή η απλοποιητική παραδοχή της μονοδιάστατης ροής θερμότητας, γίνεται χρήση του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας U , ο οποίος, όταν πρόκειται για κατακόρυφο δομικό στοιχείο, υπολογίζεται συνάρτησε:

1. Του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας U του δομικού στοιχείου και
2. Του βάθους z , μέχρι το οποίο φτάνει το δομικό στοιχείο.

Ενώ όταν πρόκειται για οριζόντιο δομικό στοιχείο υπολογίζεται συνάρτησε:

1. Του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας U του δομικού στοιχείου,
2. Του βάθους έδρασης z του δομικού στοιχείου και
3. Της χαρακτηριστικής διάστασης της πλάκας (B'), η οποία ορίζεται από το εμβαδό του οριζόντιου δομικού στοιχείου (A) και την εκτεθειμένη περίμετρό του (Π). Σύμφωνα με την σχέση $B' = 2 \chi A/\Pi [m]$.

4. Όταν η εξεταζόμενη πλάκα έρχεται περιμετρικά σε επαφή με το έδαφος, τότε ως εκτεθειμένη περίμετρος θεωρείται η περίμετρος της πλάκας.
5. Όταν η εξεταζόμενη πλάκα σε κάποια πλευρά της έρχεται σε επαφή με άλλα κτήρια ή με τον ελεύθερο εξωτερικό αέρα (λόγω ενδεχόμενης κλίσης του εδάφους), τότε το μήκος εκείνης της πλευράς δεν συνυπολογίζεται στην έκταση της περιμετρικής επιφάνειας και η εκτεθειμένη περίμετρος της πλάκας ισούται με το άθροισμα των μηκών των πλευρών της που δεν έρχονται σε επαφή με τα όμορα κτίσματα με τον ελεύθερο εξωτερικό αέρα.
6. Ομοίως, όταν από κάποια πλευρά της περιμέτρου της πλάκας υπάρχει μη θερμαινόμενος χώρος του ίδιου κτηρίου, εκείνη η πλευρά δεν συνυπολογίζεται στο άθροισμα των μηκών των πλευρών της περιμέτρου.

Ο ονομαστικός συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος υπολογίζεται με τον ίδιο τρόπο με αυτόν που υπολογίζεται για δομικά στοιχεία σε επαφή με εξωτερικό αέρα, λαμβάνοντας όμως μηδενική θερμική αντίσταση αέρα στην εξωτερική παρειά τους.

Για το κτήριο αναφοράς ο ονομαστικός συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος ισούται με το μέγιστο επιτρεπτό για την κλιματική ζώνη που ανήκει το κτήριο.

Για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου που είναι σε επαφή με το έδαφος προσδιορίζεται με τον τρόπο που αναλύεται στην τεχνική οδηγία “Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων”.

2.5.4 Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με μη θερμαινόμενους ή ηλιακούς χώρους

Για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου που είναι σε επαφή με μη θερμαινόμενο ή προσαρτημένο θερμοκήπιο (ηλιακό χώρο) και ο συντελεστής διόρθωσης της θερμοκρασίας προσδιορίζονται με βάση την αναλυτική μεθοδολογία που αναλύεται στην αναθεωρημένη τεχνική οδηγία “Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων”.

Οι μη θερμαινόμενοι χώροι και οι ηλιακοί χώροι (αίθρια), είναι χώροι ενεργειακά αδρανείς, που γειτνιάζουν με την υπό μελέτη ή επιθεώρηση θερμική ζώνη, με την οποία έχουν θερμική σύζευξη. Τα αδιαφανή δομικά στοιχεία της θερμικής ζώνης, που είναι σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο ή με προσαρτημένο θερμοκήπιο (ηλιακό χώρο), κατά τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου δεν λαμβάνονται ως αδιαβατικά, δηλαδή μεταξύ αυτών των χώρων και της θερμικής

ζώνης υπάρχει συναλλαγή θερμότητας, μέσω των αντίστοιχων διαχωριστικών επιφανειών.

Συγκεκριμένα, κατά τη διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης κτηριακής μονάδας (π.χ. διαμερίσματος), το οποίο εφάπτεται με μη θερμαινόμενους χώρους (π.χ. κλιμακοστάσιο), για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου δεν απαιτείται η πλήρης περιγραφή του μη θερμαινόμενου χώρου και των διαχωριστικών επιφανειών μεταξύ θερμικής ζώνης και μη θερμαινόμενου χώρου. Για όλα τα δομικά στοιχεία της κτηριακής μονάδας που εφάπτονται με τον μη θερμαινόμενο χώρο (τοιχοποιίες, στοιχεία φέροντος οργανισμού, πόρτες, κ.ά) γίνεται η παραδοχή πως αυτά εφάπτονται με τον εξωτερικό αέρα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητάς τους (U) λαμβάνεται μειωμένος κατά το ήμισυ του υπολογιζόμενου με βάση την πραγματική θέση του δομικού στοιχείου, δηλαδή σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο. Επίσης γίνεται η παραδοχή πως όλα τα δομικά στοιχεία της κτηριακής μονάδας που εφάπτονται με τον μη θερμαινόμενο χώρο έχουν πλήρη σκίαση (συντελεστές σκίασης ίσοι με 0) χειμώνα και καλοκαίρι. Αντίστοιχα και η εκπεμπτικότητα και η απορροφητικότητα αυτών των δομικών στοιχείων μηδενίζονται.

2.5.5 Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με άλλη θερμική ζώνη

Τόσο κατά τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης, όσο και κατά την ενεργειακή επιθεώρηση γίνεται η παραδοχή ότι οι θερμικές ζώνες δεν είναι μεταξύ τους θερμικά συζευγμένες, δηλαδή δεν ανταλλάσσουν θερμότητα. Συνεπώς τα δομικά στοιχεία που διαχωρίζουν θερμικές ζώνες λαμβάνονται ως αδιαβατικά.

2.5.6 Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με όμορα κτίσματα

Παρόλου που ο προσδιορισμός της απαιτούμενης θερμομονωτικής προστασίας των δομικών στοιχείων σε επαφή με όμορα κτίσματα γίνεται θεωρώντας ότι αυτά είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, τόσο στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης, όσο και στην επιθεώρηση λαμβάνονται ως αδιαβατικά. Στην περίπτωση που το όμορο κτίσμα θεωρείται λόγω της χρήσης του μη θερμαινόμενος χώρος, τότε γίνεται η παραδοχή ότι το εξεταζόμενο κτίσμα συνορεύει με τον εξωτερικό αέρα προς την πλευρά του όμορου κτηρίου.

2.5.7 Συντελεστής θερμοπερατότητας θερμογεφυρών

Οι θερμογέφυρες διακρίνονται σε δύο τύπους: σε γραμμικές και σε σημειακές. Οι γραμμικές θερμογέφυρες έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση. Οι σημειακές θερμογέφυρες εμφανίζονται στις ενώσεις των γραμμικών θερμογεφυρών και η επίδρασή τους στη ροή θερμότητας θεωρείται αμελητέα.

Για κάθε τύπο θερμογέφυρας που εμφανίζεται στο κτήριο εκτιμάται το ισοδύναμο μήκος ανά θερμική ζώνη. Ο τύπος, η επιφάνεια και το μήκος των θερμογεφυρών σημειώνεται σε σκαριφήματα των αρχιτεκτονικών σχεδίων (κατόψεις, αναπτύγματα όψεων κ.ά.).

Για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης, η επίδραση των θερμογεφυρών στη ροή θερμότητας από μετάδοση υπολογίζεται σύμφωνα με την τεχνική οδηγία "Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων".

- Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση κτηρίων της 1ης κατηγορίας, ο υπολογισμός των θερμογεφυρών μπορεί να παραλειφθεί, καθώς η θερμική προστασία των κτηρίων εκείνης της περιόδου είναι ούτως ή άλλως ανεπαρκής.

- Τα κτήρια της 2ης κατηγορίας θεωρητικά είναι στην πλειονότητά τους θερμομονωμένα, χωρίς όμως να πληρούν τις απαιτήσεις του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. Γι' αυτό το λόγο οι θερμογέφυρες δεν πρέπει να παραλειφθούν, αλλά προσεγγιστικά να ληφθούν υπόψη στον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, προσαυξάνοντας το συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε θερμομονωμένου δομικού στοιχείου κατά $\Delta U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, εξαιρουμένων των κουφωμάτων και των δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος. Σημειώνεται πως η προσαύξηση του συντελεστή θερμοπερατότητας των θερμομονωμένων δομικών στοιχείων κατά $\Delta U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ισχύει και για τα κτήρια της 1ης και 2ης κατηγορίας, που έχουν υποστεί θερμική ενίσχυση των δομικών τους στοιχείων.

- Στα κτήρια της 3ης και 4ης κατηγορίας η γραμμική θερμοπερατότητα των δομικών στοιχείων λαμβάνεται από τη μελέτη και, όταν αυτό δεν είναι δυνατό, υπολογίζεται αναλυτικά, όπως περιγράφεται στην εκάστοτε ισχύουσα τεχνική οδηγία "Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων". Συγκεκριμένα, για τα κτήρια της 3ης και 4ης κατηγορίας ο μηχανικός καταχωρεί στο λογισμικό τις υπολογισθείσες τιμές του συντελεστή μετάδοσης θερμότητας λόγω θερμογεφυρών $\Sigma (\Psi * l)$: χωριστά αυτές που είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (στην καρτέλα "αδιαφανείς επιφάνειες") και χωριστά αυτές που είναι σε επαφή με το μη θερμαινόμενο χώρο (στην καρτέλα "διαχωριστική επιφάνεια") και δεν καταχωρεί πουθενά στο λογισμικό τον καταμερισμό των ροών θερμότητας προς το έδαφος. Σημειώνεται ότι αυτές οι τιμές δεν θα πρέπει να εισαχθούν στο λογισμικό πολλαπλασιασμένες με τους μειωτικούς συντελεστές που λήφθηκαν υπόψη κατά τη μελέτη θερμομονωτικής επάρκειας για τον υπολογισμό του U_{m} , διότι η απομείωση των θερμικών ροών γίνεται με τον υπολογισμό του μειωτικού συντελεστή b .

Ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας λόγω θερμογεφυρών στο κτήριο αναφοράς της 1^{ης} και της 2^{ης} κατηγορίας κτηρίων λαμβάνεται υπόψη με προσαύξηση του συντελεστή θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου κατά $\Delta U = 0,20$ [W/(m²*K)]. Για τα κτίρια της 3^{ης} και 4^{ης} κατηγορίας ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας λόγω θερμογεφυρών λαμβάνει την ίδια τιμή με αυτή που έχει υπολογιστεί για το εξεταζόμενο κτήριο (από τον ίδιο το μηχανικό).

2.5.8 Συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος U_w εξαρτάται από το υλικό του πλαισίου, το σύστημα υαλοπινάκων που φέρει, το ποσοστό επιφανείας πλαισίου και υαλοπινάκων επί του κουφώματος και το μήκος της θερμογέφυρας που σχηματίζεται στα σημεία ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο. Συνεπώς, κουφώματα που αποτελούνται από τον ίδιο τύπο υαλοπίνακα και πλαισίου, αλλά είναι διαφορετικού μεγέθους μπορεί να έχουν διαφορετικό συντελεστή θερμοπερατότητας. Γι' αυτό το λόγο συστήνεται να υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε κουφώματος διαφορετικού μεγέθους ξεχωριστά.

Στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης ενός νέου ή ριζικώς ανακαινιζόμενου κτηρίου, ο υπολογισμός του U_w γίνεται με τον τρόπο που αναλύεται στην αναθεωρημένη τεχνική οδηγία "Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων".

Για την ενεργειακή επιθεώρηση ο ενεργειακός επιθεωρητής πρέπει να προσδιορίσει το συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος με σχετική ακρίβεια, καθώς η επιρροή του στην τελική διαμόρφωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηρίου είναι ιδιαίτερα σημαντική.

Στην περίπτωση που η επιθεώρηση αφορά σε κτίρια της 3^{ης} και 4^{ης} κατηγορίας, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των κουφωμάτων λαμβάνεται ίσος με αυτόν που διατυπώνεται στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, αφού ο επιθεωρητής ελέγξει την ποσότητα και τον τύπο των κουφωμάτων που τοποθετήθηκαν στο κτήριο, λαμβάνοντας υπόψη τις επιμετρήσεις των κουφωμάτων, τα δελτία αποστολής των κουφωμάτων, καθώς και τα πιστοποιητικά που τα συνοδεύουν. Στην περίπτωση που αυτό δεν είναι εφικτό (π.χ. λόγω απώλειας των σχετικών δικαιολογητικών), ο επιθεωρητής θα πρέπει να εκτιμήσει το συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων ακολουθώντας τη μεθοδολογία της αναθεωρημένης τεχνικής οδηγίας "Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων".

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος θα πρέπει να προσδιοριστούν η επιφάνεια και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου

και του υαλοπίνακα ανάλογα με τον τύπο τους, καθώς και η γραμμική θερμογέφυρα που σχηματίζεται κατά μήκος της ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο.

2.5.9 Συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα αναφέρεται με ακρίβεια στο πιστοποιητικό που συνοδεύει το προϊόν και προέρχεται από τον κατασκευαστή του. Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων της 3^{ης} και 4^{ης} κατηγορίας, ο μηχανικός πρέπει να βεβαιωθεί ότι το προϊόν που τοποθετήθηκε είναι ίδιο με αυτό που προβλεπόταν στη μελέτη, αφενός ελέγχοντας τα δελτία αποστολής των κουφωμάτων και συγκρίνοντας τις ποσότητες με αυτές που προκύπτουν από την καταγραφή των γεωμετρικών στοιχείων των ανοιγμάτων και αφετέρου πιστοποιώντας τον τύπο του με επί τόπου ελέγχους (π.χ. χρήση απλών εργαλείων για τη μέτρηση του πάχους των υαλοπινάκων και της μεταξύ τους απόστασης, την ύπαρξη μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας κ.ά.).

Στην περίπτωση κτηρίων, των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε πριν από την ημερομηνία ισχύος του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. (κτήρια 1^{ης} και 2^{ης} κατηγορίας) και ο υαλοπίνακας που τοποθετήθηκε δεν συνοδεύεται από τα αντίστοιχα πιστοποιητικά ή δεν αναγράφονται οι θερμοφυσικές ιδιότητές του στον αποστάτη μεταξύ των υαλοπινάκων ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα λαμβάνεται από τον παρακάτω πίνακα.

Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση κτηρίων.

A large empty rectangular box with a thin black border, intended for a table of thermal transmittance values for window frames.

2.5.10 Διαφανή δομικά στοιχεία (κουφώματα) σε επαφή με μη θερμαινόμενους ή ηλιακούς χώρους

Για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης ο συντελεστής θερμοπερατότητας του ανοίγματος (διαφανές δομικό στοιχείο), που είναι σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο ή με προσαρτημένο θερμοκήπιο (ηλιακό χώρο) και ο μειωτικός συντελεστής προσδιορίζονται με βάση τη μεθοδολογία που αναλύεται στην αναθεωρημένη Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 "Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων".

Τα κουφώματα της θερμικής ζώνης, που είναι σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο ή με προσαρτημένο θερμοκήπιο (ηλιακό χώρο), κατά τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου δεν λαμβάνονται ως αδιαβατικά, δηλαδή μεταξύ των χώρων αυτών και της θερμικής ζώνης υπάρχει συναλλαγή θερμότητας, μέσω των αντίστοιχων διαχωριστικών επιφανειών. Ο συντελεστής διόρθωσης της θερμοκρασίας προσδιορίζεται όπως και στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης.

Για όλα τα διαφανή δομικά στοιχεία της κτηριακής μονάδας που εφάπτονται με τον μη θερμαινόμενο χώρο (ανοίγματα, γυάλινες προσόψεις κ.ά.) ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U) λαμβάνεται μειωμένος κατά το ήμισυ του υπολογιζόμενου με βάση την πραγματική θέση του δομικού στοιχείου, δηλαδή σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο. Επίσης γίνεται η παραδοχή πως όλα τα διαφανή δομικά στοιχεία της κτηριακής μονάδας που εφάπτονται με τον μη θερμαινόμενο χώρο έχουν πλήρη σκίαση (συντελεστές σκίασης ίσοι με 0) χειμώνα και καλοκαίρι.

Κεφάλαιο 3 – Περιγραφή Μελέτης

3.1 Εισαγωγή

Θα επιχειρηθεί η μελέτη και ανάλυση της ενεργειακής απόδοσης μιας μονοκατοικίας που είναι κτισμένη στην Πάτρα. Να σημειωθεί ότι η εν λόγω μονοκατοικία διαθέτει και υπόγειο. Επίσης, θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα του κελύφους.

Βάσει του Ν. 3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α 89) καθίσταται ως υποχρεωτική η μελέτη ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Ο νόμος αφορά τα καινούργια ή τα κτίρια που έχουν υποστεί ριζική ανακαίνιση. Ωστόσο, υφίσταται ορισμένες εξαιρέσεις σύμφωνα με το άρθρο 11 του ίδιου νόμου, ο οποίος τροποποιήθηκε βάσει των άρθρων 10 και 10Α από το νόμο 3851/2010.

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων) που περιγράφεται στο ΦΕΚ 2367/Β/12-7-2017 και σε συνδυασμό με τις οδηγίες του ΤεΕ (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας), οι μελέτες ενεργειακής απόδοσης εκπονούνται και συντάσσονται με τρόπο υποστηρικτικό στον κανονισμό.

Συγκεκριμένα, μια μελέτη ενεργειακής απόδοσης στηρίζεται στις ακόλουθες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.



Επιπλέον, ενσωματώνονται τα παθητικά ηλιακά συστήματα (ΠΗΣ), οι εγκαταστάσεις των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και τα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού - θέρμανσης (ΣΗΘ). Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τις ακόλουθες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, καθορίζονται οι παράμετροι και οι προδιαγραφές βάσει του παρακάτω πίνακα.



Βάσει της εγκυκλίου οικ.1603/4.10.2010 με τίτλο: «Για την καλύτερη δυνατή εφαρμογή των απαιτήσεων της παραγράφου 1 του άρθρου 3 «Σχεδιασμός Κτιρίου», επιβάλλεται η προσέγγιση με συστηματικό τρόπο των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων. Επίσης, πρέπει να υφίσταται επαρκής τεκμηρίωση σε τεχνικό επίπεδο. Αυτό γίνεται σύμφωνα με τις κατευθύνσεις της επιστημονικής βιβλιογραφίας και μέχρι να εκδοθεί η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

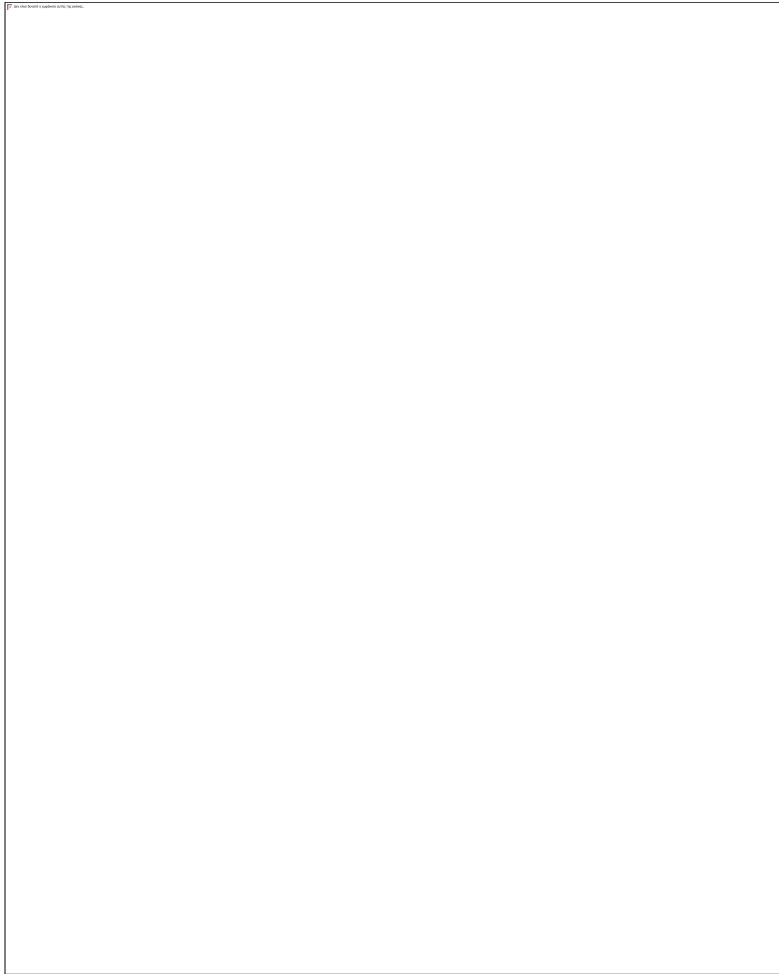
Εφόσον, υφίστανται ποικίλοι περιορισμοί πολεοδομικής φύσης, καθώς επίσης και τεχνικού, αισθητικού και οικονομικού χαρακτήρα κοκ, οι οποίοι πιθανά να αποκλείουν της εύρεσης και εφαρμογής της καλύτερης λύσης σε ενεργειακό επίπεδο, πρέπει να υποβληθεί σχετική τεχνική έκθεση. Βάσεις της έκθεσης αυτής, τεκμηριώνονται οι λόγοι για την πιθανή μη εφαρμογή των περιπτώσεων που περιγράφονται στην Παρ. 1, Άρθρου 8.

Καθίσταται σαφές ότι ο σκοπός μιας μελέτης ενεργειακής συνδέεται με την μείωση κατανάλωσης της ενέργειας εντός του κτιρίου, καθώς επίσης και την εύρυθμη λειτουργία του. Αυτό επιτυγχάνεται με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιριακών κελυφών και παράλληλα μέσω της αξιοποίησης της θέσης των κτιρίων σε σχέση με το χώρο που έχουν κτιστεί. Επίσης, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο κτίριο σε κάθε του πλευρά και η θερμομονωτική του ικανότητα με την ταυτόχρονη αποφυγή θερμογεφυρών. Επιπλέον, παίζουν σημαντικό ρόλο τα κουφώματα, ο υαλοπίνακας και το πλαίσιο.

Επιπρόσθετοι παράγοντες είναι η ορθή επιλογή των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων, τα οποία πρέπει να διαθέτουν υψηλή απόδοση, προκειμένου να καλύπτονται στο μέγιστο δυνατό οι ανάγκες θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού και φωτισμού. και ζεστό νερό χρήσης με την κατά το δυνατόν ελάχιστη κατανάλωση (ανηγμένης) πρωτογενούς ενέργειας.

Τέλος, παίζει μεγάλο ρόλο η χρήση των ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά, γεωθερμικές αντλίες κλπ., καθώς και η εφαρμογή συστημάτων αυτομάτου ελέγχου που ελέγχουν μεταξύ των άλλων τη λειτουργία των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της άσκοπης λειτουργίας και χρήσης τους.

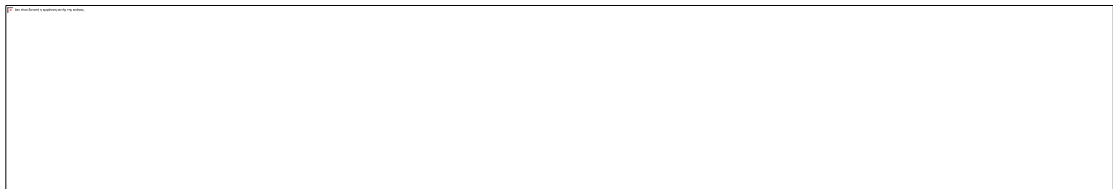
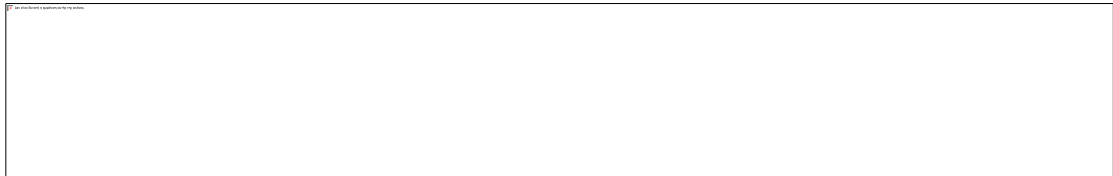
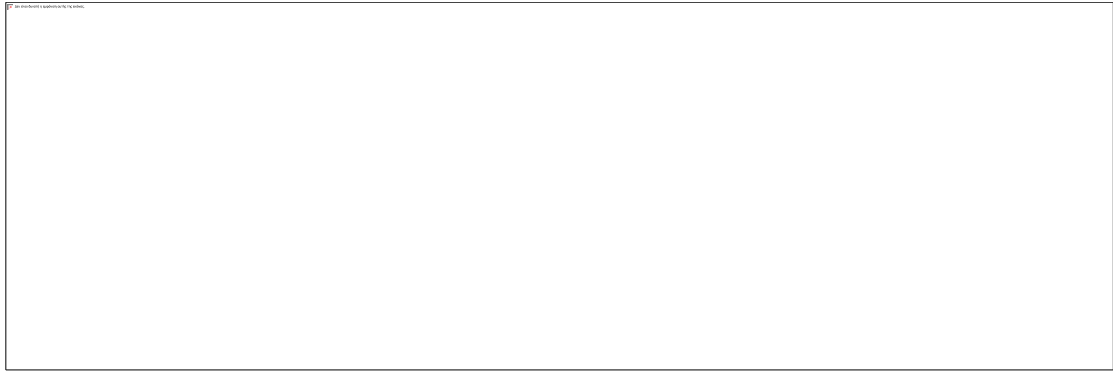
Τα κύρια στοιχεία του κτιρίου δίνονται στο παρακάτω πίνακα.



3.2 Συνθήκες υπολογισμού του υπό μελέτη κτιρίου

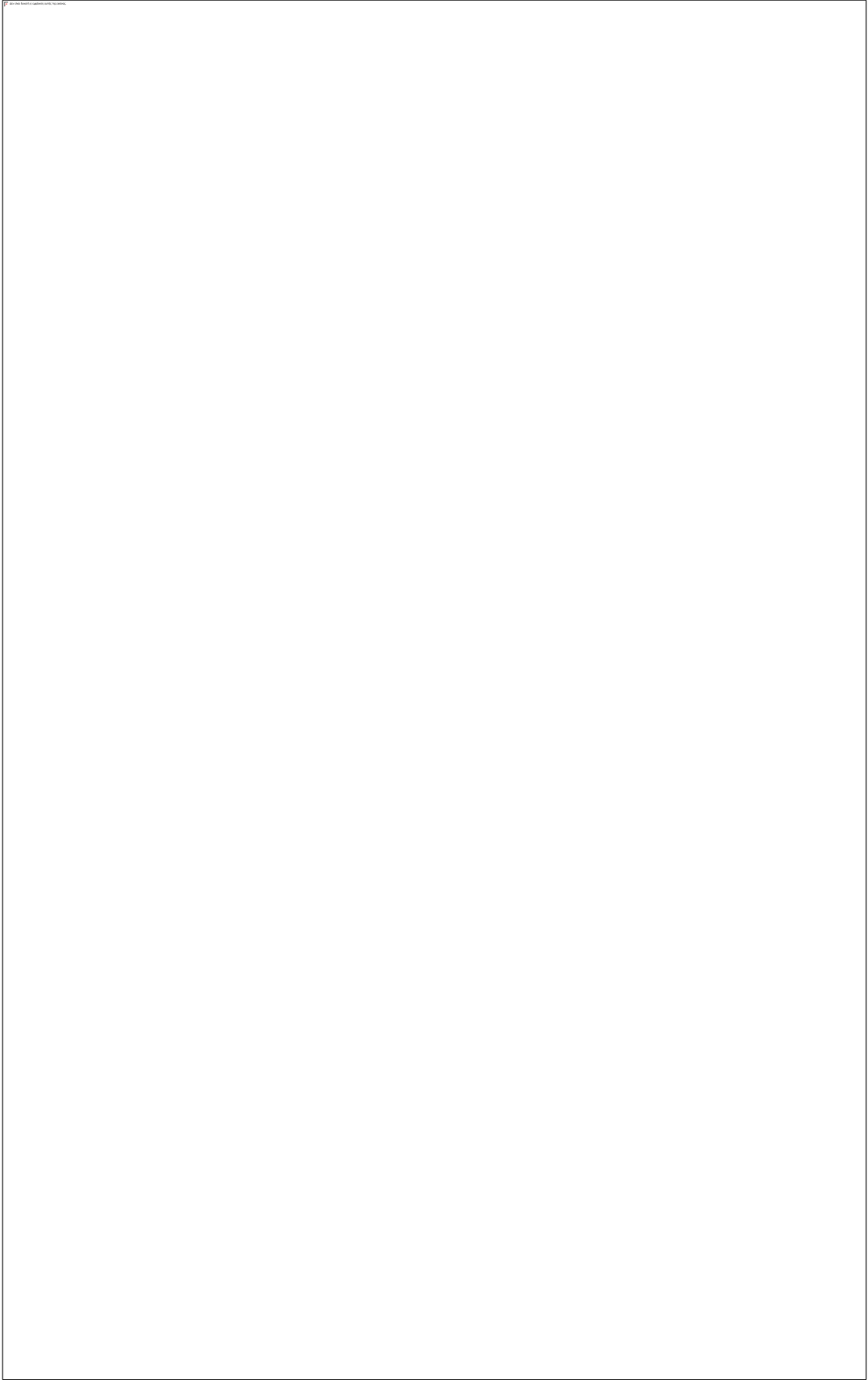
Οι αρχικές συνθήκες και οι παράμετροι για την μελέτη του κτιρίου δίνονται στους παρακάτω πίνακες.





Τέλος, αναφορικά με την μελέτη του φωτισμού του κτιρίου, στην παρούσα μελέτη αγνοείται.

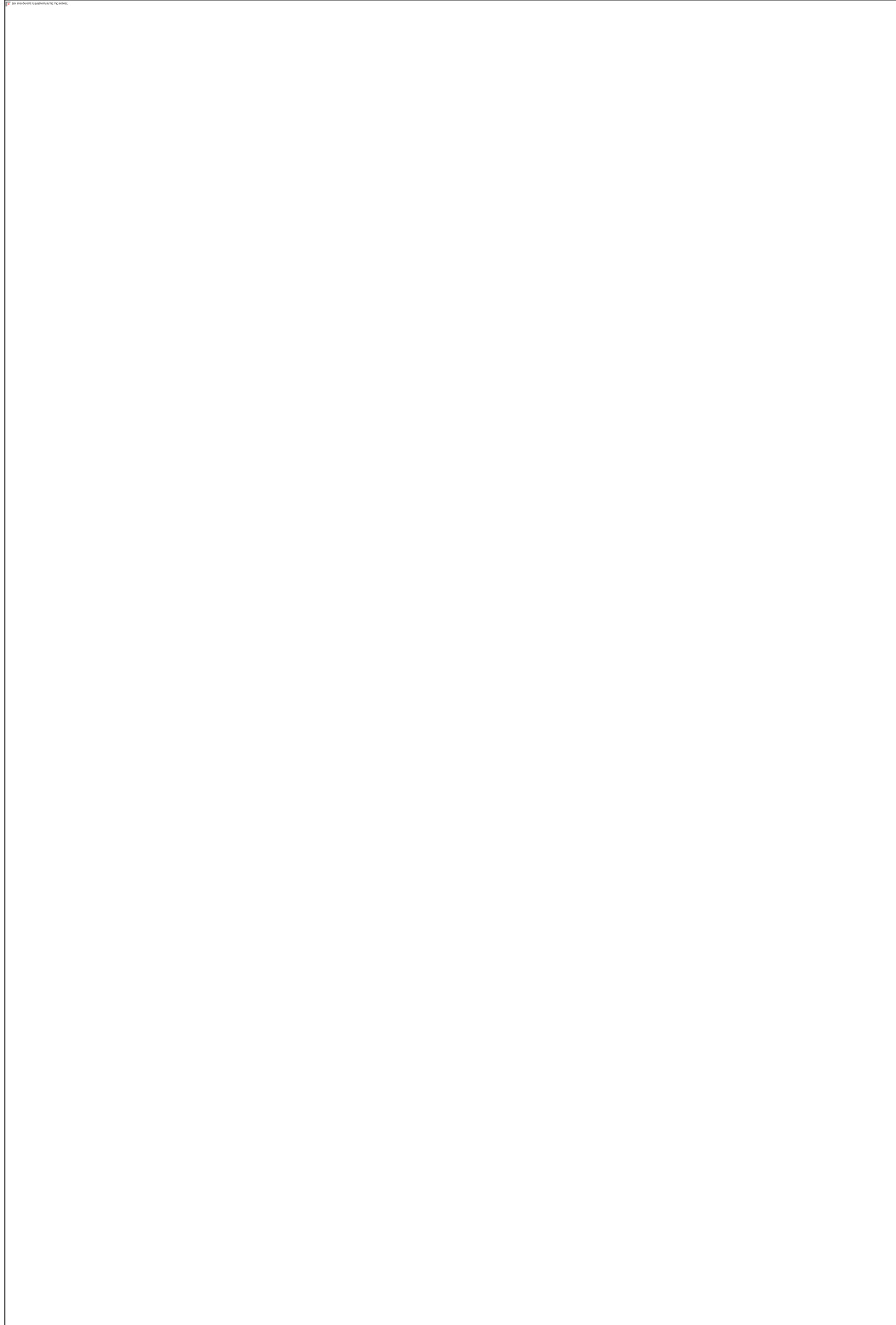
3.3 Γενικά στοιχεία κτιρίου



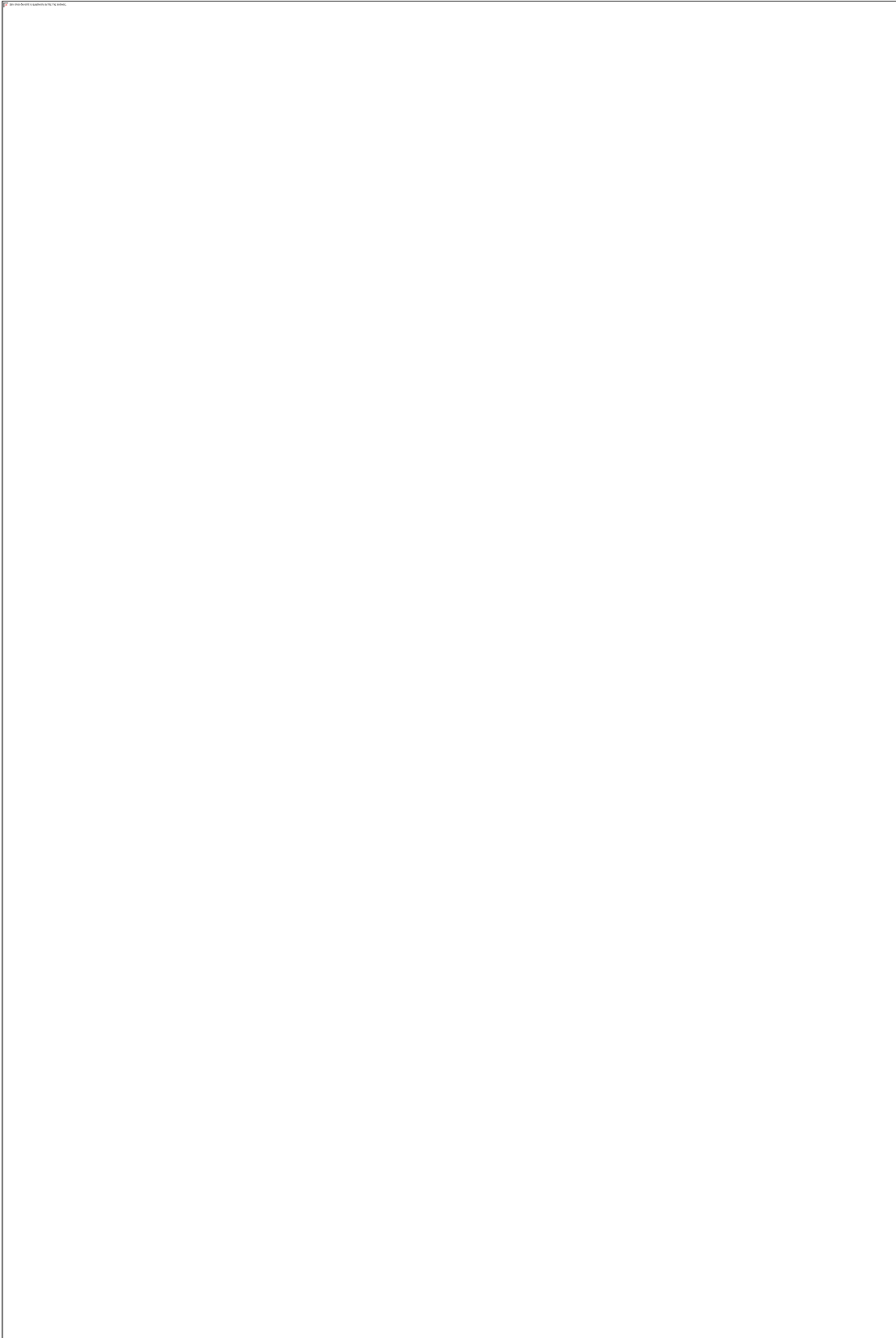


1^Ε. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ U

Ζώνη 1



Θερμικές Γέφυρες



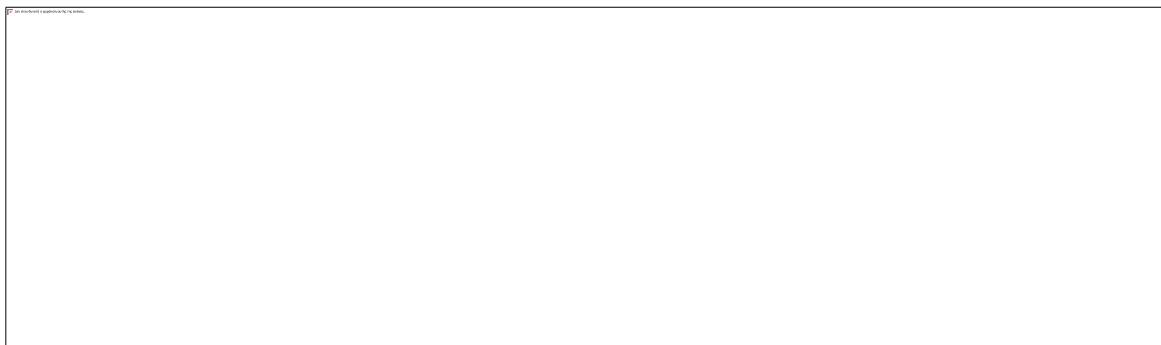
Κεφάλαιο 4 – Μελέτη του έργου: Υπολογισμοί

4.1 Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

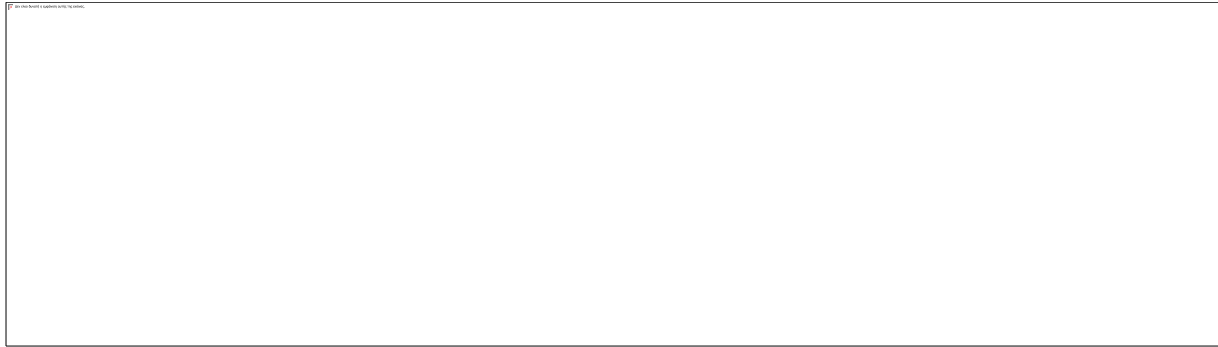
Οι υπολογισμοί έχουν ως εξής σύμφωνα με τον κάτωθι πίνακα:



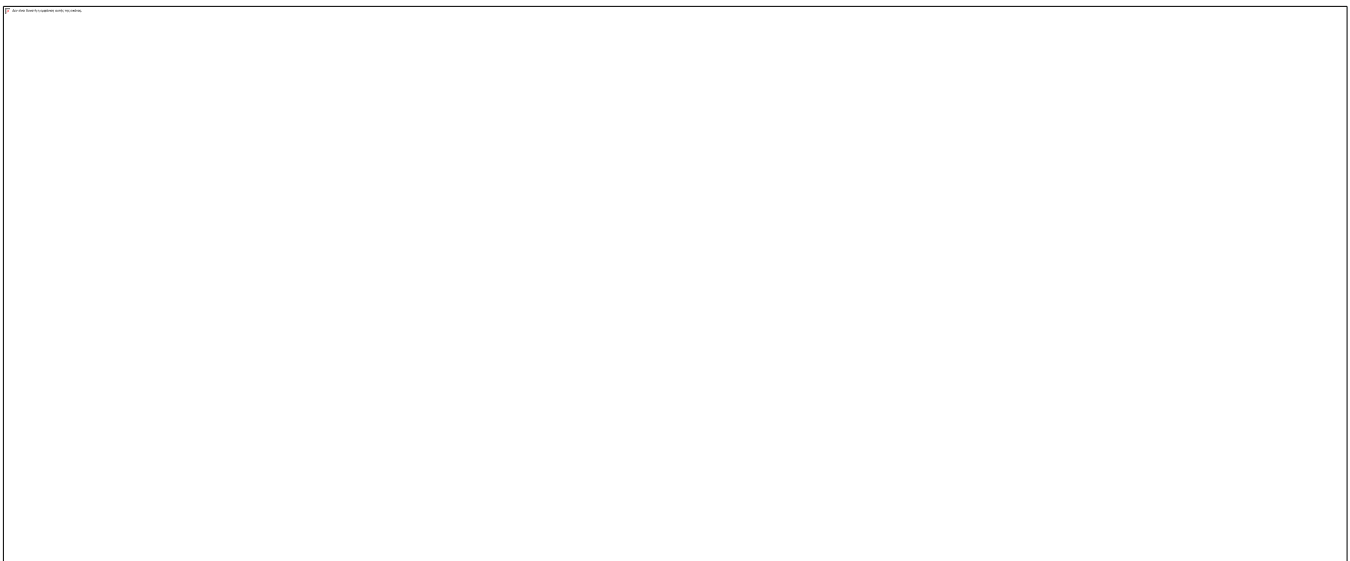
1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Εξωτερική τοιχοποιία 25



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)



3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)



Πρέπει: $U \leq U_{\max}$
ΙΣΧΥΕΙ

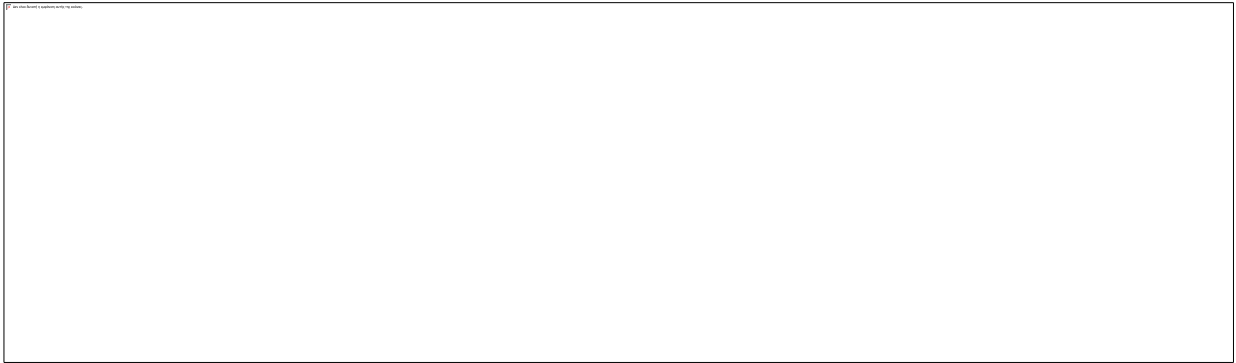
Θερμομονωτική επάρκειας κτιρίου

Εκτέλεση υπολογισμών

Συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου



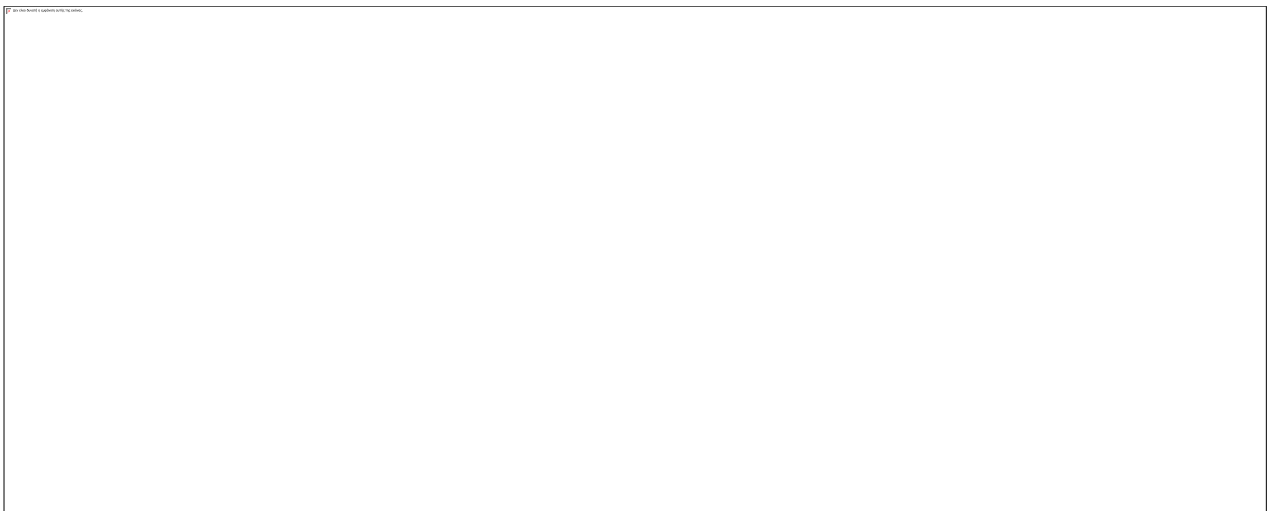
2. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Θερμομονωμένα τοιχεία που βρίσκονται σε επαφή με Φ.Ε.



3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)

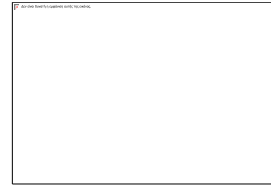


4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)



Υπολογισμός θερμομονωτικής επάρκειας κτηρίου

Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου



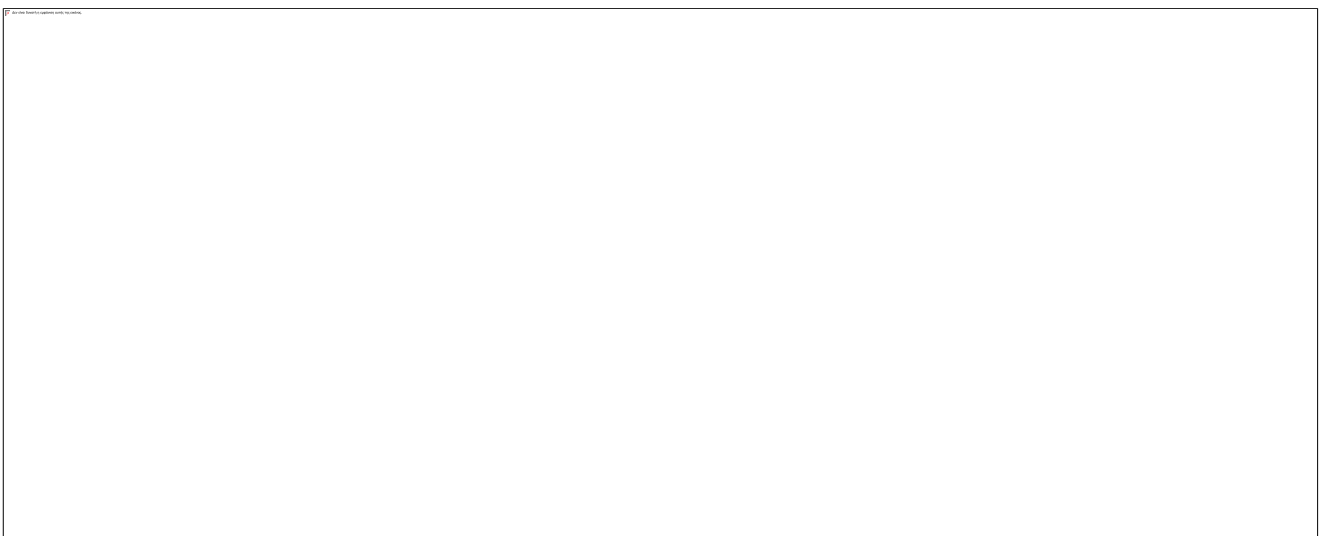
5. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Εξωτερική δοκός/υποσύλωμα/τοίχωμα



6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)



7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

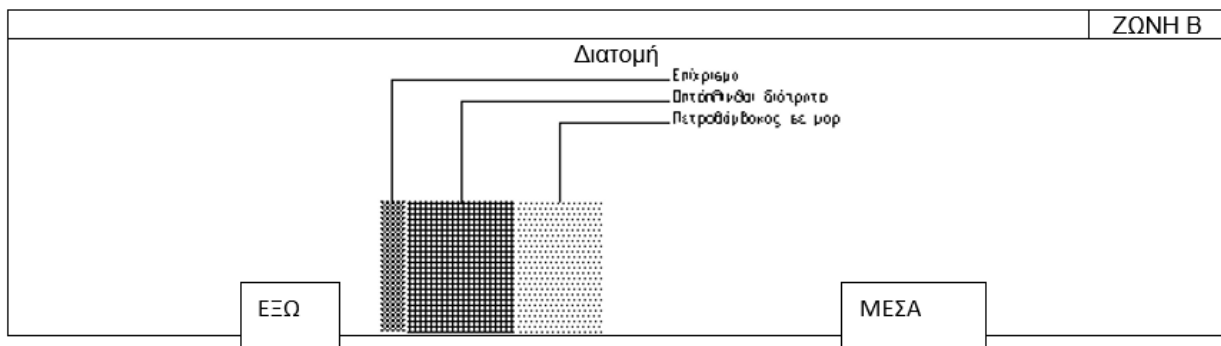


Πρέπει: $U \leq U_{\max}$
ΙΣΧΥΕΙ

Υπολογισμός θερμομονωτικής επάρκειας κτηρίου
Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου

Τύπος εντύπου 1
Αριθμός φύλλου 1.10

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Εξωτερική τοιχοποιία τζακιού



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)

a/a	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m ³	m	W/(mK)	(m ² K)/W
1	Επίχρισμα	1900	0.020	0.872	0.023
2	Οπτόπλινθοι διάτρητοι 1200	1200	0.09	0.520	0.173
3	Πετροβάμβακας σε μορφή πλακών	50-18	0.07	0.037	1.892
			Σd=0.180		R_λ=2.088

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ		R _i (εσωτερ.)	R _a (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. Αέρα)		0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο		0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος		0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)		0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο		0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)		0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)		0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος		0.170	0.000

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R _i	(m ² K)/W	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R _λ	(m ² K)/W	2.088
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R _a	(m ² K)/W	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	R _{ολ}	(m ² K)/W	2.258

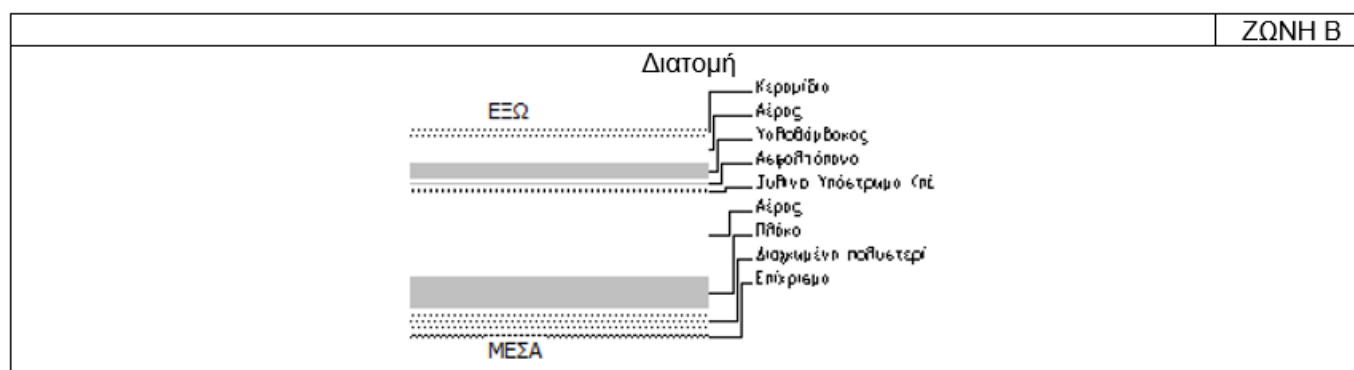
Συντελεστής θερμοπερατότητας		U	W/(m ² K)	0.443
Μέγιστος επιτρ. Συντελεστής θερμοπερατότητας		U _{max}	W/(m ² K)	0.45

Πρέπει: $U \leq U_{max}$
ΙΣΧΥΕ

Υπολογισμός θερμομονωτικής επάρκειας κτιρίου Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου

Τύπος εντύπου 1
Αριθμός φύλλου 2.2

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Ξύλινη Στέγη με ενδιάμεση οροφή (ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ)



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m^3	m	$\text{W}/(\text{mK})$	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$
1	Επίχρισμα	1900	0.015	0.872	0.017
2	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκ		0.07	0.037	1.892
3	Πλάκα	2400	0.13	2.035	0.064
4	Αέρας	1.23	0.30	0.36	0.833
5	Ξύλινο Υπόστρωμα (πέτσωμα)	550	0.015	0.140	0.107
6	Ασφαλτόπανα	1100	0.010	0.186	0.054
7	Υαλοβάμβακας	65	0.060	0.027	2.222
8	Αέρας	1.23	0.075	0.36	0.208
9	Κεραμίδια	1200	0.040	0.581	0.069
			$\Sigma d=0.715$		$R_L=5.467$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ		R_i (εσωτερ.)	R_a (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)		0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο		0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος		0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)		0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο		0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)		0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)		0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος		0.170	0.000

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	0.10
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R_L	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	5.467
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	R_{oL}	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	5.607

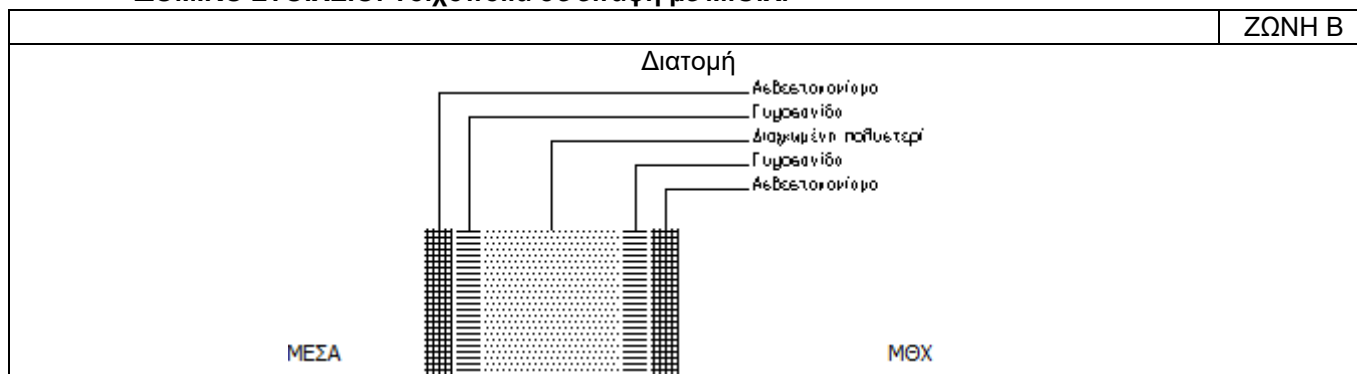
Συντελεστής θερμοπερατότητας		U	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	0.178
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας		U_{\max}	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	0.40

Πρέπει: $U \leq U_{\max}$
ΙΣΧΥΕΙ

Υπολογισμός θερμομονωτικής επάρκειας κτηρίου
 Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου

Τύπος εντύπου 1
Αριθμός φύλλου 3.1

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Τοιχοποιία σε επαφή με Μ.Θ.Χ.



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m^3	m	$W/(mK)$	$(m^2K)/W$
1	Ασβεστοκονίαμα	1800	0.015	0.870	0.017
2	Γυψοσανίδα	1200	0.0125	0.580	0.022
3	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκα	12-30	0.07	0.035	2.000
4	Γυψοσανίδα	1200	0.0125	0.580	0.022
5	Ασβεστοκονίαμα	1800	0.015	0.870	0.017
			$\Sigma d=0.125$		$R_L=2.078$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ		R_i (εσωτερ.)	R_a (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)		0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο		0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος		0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)		0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο		0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)		0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)		0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος		0.170	0.000

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	(m²K)/W	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R_λ	(m²K)/W	2.078
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	(m²K)/W	0.13
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	R_{ολ}	(m²K)/W	2.338

Συντελεστής θερμοπερατότητας		U	W/(m²K)	0.428
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας		U_{max}	W/(m²K)	0.90

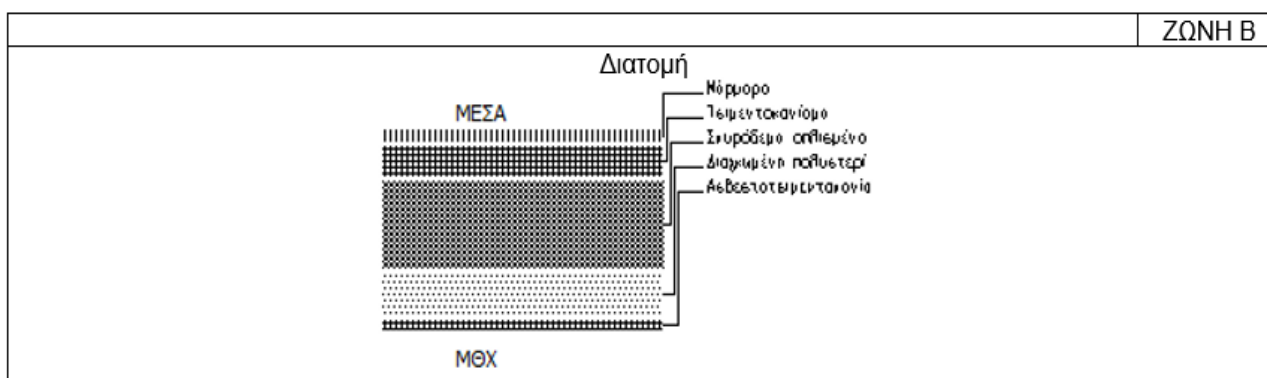
Πρέπει: $U \leq U_{max}$
ΙΣΧΥΕΙ

Υπολογισμός θερμομονωτικής επάρκειας κτηρίου

Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου

Τύπος εντύπου 1
Αριθμός φύλλου 4.2

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Δάπεδο σε επαφή με Μ.Θ.Χ.



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)

a/a	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m^3	m	$\text{W}/(\text{mK})$	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$
1	Μάρμαρο	2800	0.02	3.500	0.006
2	Τσιμεντοκονίαμα	1800	0.05	0.870	0.057
3	Σκυρόδεμα οπλισμένο με 2% χάλυ	2400	0.14	2.500	0.056
4	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκ	12-30	0.070	0.035	2.000
5	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0.015	0.870	0.017
			$\Sigma d=0.295$		$R_L=2.136$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ		R_i (εσωτερ.)	R_a (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)		0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο		0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος		0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)		0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο		0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)		0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)		0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος		0.170	0.000

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	0.17
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R_L	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	2.136
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	0.17
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	R_{oL}	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	2.476

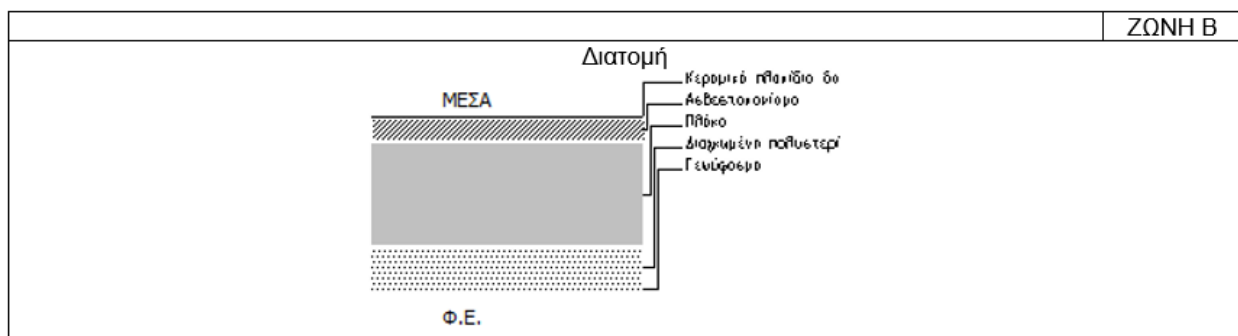
Συντελεστής θερμοπερατότητας		U	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	0.404
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας		U_{\max}	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	0.80

Πρέπει $U \leq U_{\max}$
ΙΣΧΥΕΙ

Υπολογισμός θερμομονωτικής επάρκειας κτηρίου
Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου

Τύπος εντύπου 1
Αριθμός φύλλου 4.3

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Δάπεδο σε επαφή με Φ.Ε.



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m³	m	W/(mK)	(m²K)/W
1	Κεραμικά πλακίδια δαπέδου	2000	0.005	1.840	0.003
2	Ασβεστοκονίαμα	1900	0.040	0.870	0.046
3	Πλάκα	2400	0.20	2.035	0.098
4	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκ	12-30	0.07	0.035	2.000
5	Γεωύφασμα	185	0.005	0.02	0.250
			$\Sigma d = 0.320$		$R_L = 2.397$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ		R_i (εσωτερ.)	R_a (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)		0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο		0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος		0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)		0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο		0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)		0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)		0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος		0.170	0.000

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	(m^2K)/W	0.17
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R_L	(m^2K)/W	2.397
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	(m^2K)/W	0.00
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	(m^2K)/W	2.567

Συντελεστής θερμοπερατότητας		U	W/(m^2K)	0.390
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας		U_{max}	W/(m^2K)	-

4.2 Υπολογισμός ισοδύναμων συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος

Πλάκες σε επαφή με το έδαφος

Δομικό στοιχείο	Φύλ.	U [W/(m^2K)]	Εμβαδό A [m^2]	Εκτεθειμένη περίμετρος Π [m]	$B'=2A/\Pi$ [m]	Μέσο βάθος έδρασης z [m]	U' [W/(m^2K)]
Δάπεδο	4.3	0.390	41.080	84.160	0.976	3.0	0.260
Δάπεδο	4.3	0.390	64.370	130.740	0.985	3.0	0.260

Κατακόρυφα δομικά στοιχεία σε επαφή με έδαφος

Δομικό στοιχείο	Φύλ.	U [W/(m ² K)]	Εμβαδό A [m ²]	Μέσο βάθος έκτασης z [m]	U' [W/(m ² K)]
N τοίχωμα	1.6	0.385	36.910	3.0	0.279
N τοίχωμα	1.7	0.432	0.762	3.0	0.260
N τοίχωμα	1.7	0.432	1.220	3.0	0.260
N τοίχωμα	1.7	0.432	0.762	3.0	0.260
N τοίχωμα	1.6	0.385	13.507	3.0	0.314
N τοίχωμα	1.7	0.432	1.275	3.0	0.242
N τοίχωμα	1.7	0.432	1.530	3.0	0.242
A τοίχωμα	1.6	0.385	9.345	3.0	0.230
A τοίχωμα	1.7	0.432	1.050	3.0	0.230
A τοίχωμα	1.7	0.432	1.050	3.0	0.230
B τοίχωμα	1.2	0.363	1.855	3.0	2.437
B τοίχωμα	1.7	0.432	1.530	3.0	0.242
B τοίχωμα	1.7	0.432	1.530	3.0	0.242
Δ τοίχωμα	1.6	0.385	6.857	3.0	0.318
Δ τοίχωμα	1.7	0.432	1.530	3.0	0.242
B τοίχωμα	1.6	0.385	35.992	3.0	0.279
B τοίχωμα	1.7	0.432	0.762	3.0	0.260
B τοίχωμα	1.7	0.432	1.830	3.0	0.260
Δ τοίχωμα	1.6	0.385	8.197	3.0	0.231
Δ τοίχωμα	1.7	0.432	1.230	3.0	0.231
Δ τοίχωμα	1.7	0.432	0.717	3.0	0.231

4.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων και εμβαδομετρήσεις

Τύπος πλαισίου: Μέταλλο με θερμοδιακοπή 12mm
U_f πλαισίου: 1.1 W/m ² K
Τύπος υαλοπίνακα: Διπλό διακένου 6mm (μετ.ισ.πλ.7.5cm+μεμβράνη)
U_g υαλοπίνακα: 1.1 W/m ² K
g υαλοπίνακα σε καθ. προσπτ.: 0.67
g υαλοπίνακα: 0.60
γραμμική θερμοπερατότητα συναρμογής υάλου και πλαισίου Ψ_g: 0.11 W/mK
μέσο πλάτος πλαισίου: 0.075 m

Τύπος κουφώματος	Πλάτος ανοίγματος [m]	Ύψος ανοίγματος [m]	Αριθμός φύλλων	Εμβαδό κουφώματος [m ²]
A2	2.54	0.80	1	2.03
A4	3.60	1.20	2	4.32
A5	2.02	2.70	2	5.45
A6	0.40	2.70	1	1.08
A8	0.80	1.20	1	0.96
A9	2.00	2.20	2	4.40
A10	1.00	1.20	1	1.20
A11	3.89	2.20	1	8.56
A12	1.50	1.00	2	1.50

Τύπος κουφώματος	Εμβαδό πλαισίου [m ²]	Εμβαδό επ. ρολού [m ²]	Εμβαδό υαλοπίνακα [m ²]	Ποσοστό πλαισίου υ	Μήκος L _g [m]	U κουφώματος [W/(m ² K)]	g _w κουφώματος
A2	0.48		1.55	24%	6.080	1.429	0.46
A4	0.86		3.47	20%	10.80	1.375	0.48
A5	1.07		4.39	20%	13.64	1.375	0.48
A6	0.44		0.64	41%	5.600	1.670	0.35
A8	0.28		0.68	29%	3.400	1.490	0.43
A9	0.92		3.49	21%	11.60	1.390	0.48
A10	0.31		0.89	26%	3.800	1.448	0.45
A11	0.89		7.67	10%	11.58	1.249	0.54
A12	0.48		1.02	32%	5.800	1.525	0.41

Τύπος πλαισίου: Μέταλλο με θερμοδιακοπή 12mm
U_f πλαισίου: 1.9 W/m²K
Τύπος υαλοπίνακα: Διπλό διακένου 6mm (μετ.ισ.πλ.7.5cm+μεμβράνη)
U_g υαλοπίνακα: 1.1 W/m²K
g υαλοπίνακα σε κάθε προσπτ.: 0.67
g υαλοπίνακα: 0.60
γραμμική θερμοπερατότητα συναρμογής υάλου και πλαισίου Ψ_g: 0.11 W/mK
μέσο πλάτος πλαισίου: 0.075 m

Τύπος κουφώματος	Πλάτος ανοίγματος [m]	Ύψος ανοίγματος [m]	Αριθμός φύλλων	Εμβαδό κουφώματος [m ²]
A7	1.00	2.70	1	2.70

Τύπος κουφώματος	Εμβαδό πλαισίου [m ²]	Εμβαδό επ. ρολού [m ²]	Εμβαδό υαλοπίνακα [m ²]	Ποσοστό πλαισίου υ	Μήκος L _g [m]	U κουφώματος [W/(m ² K)]	g _w κουφώματος
A7	0.53		2.17	20%	6.800	1.535	0.48

Συγκεντρωτικά στοιχεία κουφωμάτων ανά όροφο

Όροφος	Κούφωμα	Πλάτος [m]	Ύψος [m]	Τύπος	Εμβαδό [m ²]	U [W/(m ² K)]	UxA [W/K]	g _w	Αριθμός επιφανειών	
ΙΣΟΓΕΙΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑ	B1	2.02	2.70	A5	5.45	1.375	7.50	0.48	1	
	B2	2.02	2.70	A5	5.45	1.375	7.50	0.48	1	
	B3	0.40	2.70	A6	1.08	1.670	1.80	0.35	1	
	B4	0.40	2.70	A6	1.08	1.670	1.80	0.35	1	
	B5	1.00	2.70	A7	2.70	1.535	4.14	0.48	1	
	Δ1	0.80	1.20	A8	0.96	1.490	1.43	0.43	1	
	N1	2.00	2.20	A9	4.40	1.390	6.12	0.48	1	
	N2	1.00	1.20	A10	1.20	1.448	1.74	0.45	1	
	N3	2.00	2.20	A9	4.40	1.390	6.12	0.48	1	
	N4	2.00	2.20	A9	4.40	1.390	6.12	0.48	1	
			3.89	2.20	A11	8.56	1.249	10.69	0.54	1
		A1	1.50	1.00	A12	1.50	1.525	2.29	0.41	1
		B6	3.60	1.20	A4	4.32	1.375	5.94	0.48	1

Συγκεντρωτικά στοιχεία κουφωμάτων

Όροφος	Εμβαδό [m ²]	Σ(UxA) [W/K]	n	ΣΑ [m ²]	n x Σ(UxA) [W/K]
	0.00	0.00	1	0.00	0.00
ΙΣΟΓΕΙΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑ	45.51	63.18	1	45.51	63.18
Συνολικά				45.51	63.18

4.2 Κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία

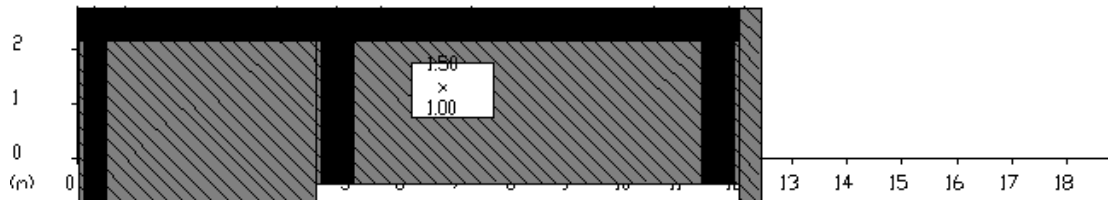
Ζώνη		1	
Όροφος		Ισόγειος κατοικία	
Προσανατολισμός		Α	
δομ. Στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ. αα	1.10 πλάτος [m]	U= ύψος [m]	0.443 εμβαδό [m ²]
1	0.40	3.70	1.48
		ΣΑ =	1.48

Ζώνη		1	
Όροφος		Ισόγειος κατοικία	
Προσανατολισμός		Α	
δομ. Στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.2	U=	0.363
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	4.30	3.70	15.91
2	-0.40	3.10	-1.24
3	-4.30	0.60	-2.58
4	7.70	3.20	24.64
5	-1.50	1.00	-1.50
6	-0.60	2.60	-1.56
7	-0.60	2.60	-1.56
8	-7.70	0.60	-4.62
		ΣΑ =	27.49

Ζώνη		1	
Όροφος		Ισόγειος κατοικία	
Προσανατολισμός		Α	
δομ. Στοιχ.:		Φέρων οργανισμός	
φύλ.:	1.7	U=	0.432
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	0.40	3.10	1.24
2	4.30	0.60	2.58
3	0.60	2.60	1.56
4	0.60	2.60	1.56
5	7.70	0.60	4.62
		ΣΑ =	11.56

Τοίχοι	28.97 m ²
Μπετόν	11.56 m ²
Ανοίγματα	1.50 m ²

ΤΟΙΧΟΙ : 28.97 m²
ΜΠΕΤΟΝ : 11.56 m²
ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 1.50 m²

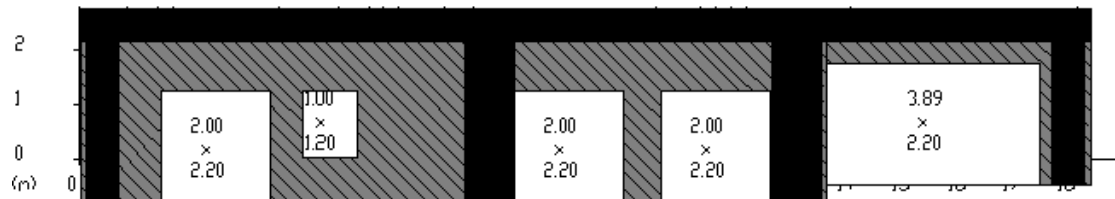


Ζώνη		1	
Όροφος		Ισόγειος κατοικία	
Προσανατολισμός		N	
δομ. Στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.2	U=	0.363
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	13.55	3.70	50.14
2	-2.00	2.20	-4.40
3	-1.00	1.20	-1.20
4	-2.00	2.20	-4.40
5	-2.00	2.20	-4.40
6	-0.90	3.10	-2.79
7	-0.90	3.10	-2.79
8	-0.60	3.10	-1.86
9	-13.55	0.60	-8.13
10	4.80	3.20	15.36
11	-3.89	2.20	-8.56
12	-0.60	2.60	-1.56
13	-4.80	0.60	-2.88
		ΣΑ =	22.53

Ζώνη		1	
Όροφος		Ισόγειος κατοικία	
Προσανατολισμός		N	
δομ. Στοιχ.:		Φέρων οργανισμός	
φύλ.:	1.7	U=	0.432
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	0.90	3.10	2.79
2	0.90	3.10	2.79
3	0.60	3.10	1.86
4	13.55	0.60	8.13
5	0.60	2.60	1.56
6	4.80	0.60	2.88
		ΣΑ =	20.01

Τοίχοι	22.53 m ²
Μπετόν	20.01 m ²
Ανοίγματα	22.96 m ²

ΤΟΙΧΟΙ : 22.53 m²
ΜΠΕΤΟΝ : 20.01 m²
ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 22.96 m²

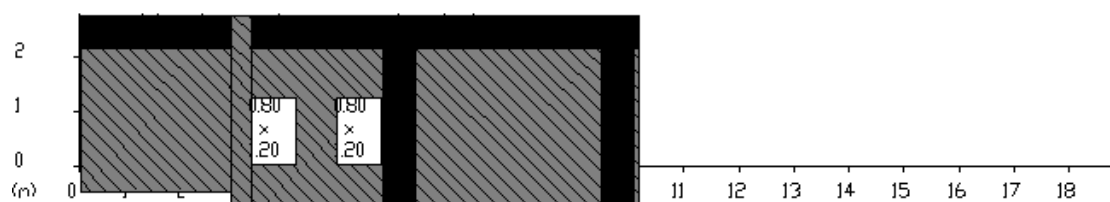


Ζώνη		1	
Όροφος		Ισόγειος κατοικία	
Προσανατολισμός		Δ	
δομ. Στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.2	U=	0.363
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	2.75	3.20	8.80
2	-2.75	0.60	-1.65
3	7.05	3.70	26.09
4	-0.80	1.20	-0.96
5	-0.80	1.20	-0.96
6	-0.60	3.10	-1.86
7	-0.60	3.10	-1.86
8	-7.05	0.60	-4.23
		ΣΑ =	23.37

Ζώνη		1	
Όροφος		Ισόγειος κατοικία	
Προσανατολισμός		Δ	
δομ. Στοιχ.:		Φέρων οργανισμός	
φύλ.:	1.7	U=	0.432
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	2.75	0.60	1.65
2	0.60	3.10	1.86
3	0.60	3.10	1.86
4	7.05	0.60	4.23
		ΣΑ =	9.60

Ζώνη		1	
Όροφος		Ισόγειος κατοικία	
Προσανατολισμός		Δ	
δομ. Στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.10	U=	0.443
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	0.40	3.70	1.48
		ΣΑ =	1.48

ΤΟΙΧΟΙ : 24.85 m²
ΜΠΕΤΟΝ : 9.60 m²
ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 1.92 m²

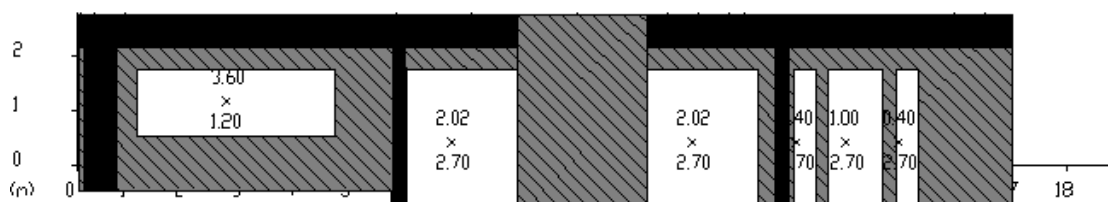


Ζώνη		1	
Όροφος		Ισόγειος κατοικία	
Προσανατολισμός		B	
δομ. Στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.2	U=	0.363
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	2.30	3.70	8.51
2	-2.02	2.70	-5.45
3	-0.25	3.10	-0.77
4	-2.30	0.60	-1.38
5	6.65	3.70	24.61
6	-2.02	2.70	-5.45
7	-0.40	2.70	-1.08
8	-0.40	2.70	-1.08
9	-1.00	2.70	-2.70
10	-0.25	3.10	-0.77
11	-6.65	0.60	-3.99
12	5.70	3.20	18.24
13	-3.60	1.20	-4.32
14	-0.60	2.60	-1.56
15	-5.70	0.60	-3.42
		ΣΑ =	19.36

Ζώνη		1	
Όροφος		Ισόγειος κατοικία	
Προσανατολισμός		B	
δομ. Στοιχ.:		Φέρων οργανισμός	
φύλ.:	1.7	U=	0.432
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	0.25	3.10	0.77
2	2.30	0.60	1.38
3	0.25	3.10	0.77
4	6.65	0.60	3.99
5	0.60	2.60	1.56
6	5.70	0.60	3.42
		ΣΑ =	11.90

Ζώνη		1	
Όροφος		Ισόγειος κατοικία	
Προσανατολισμός		B	
δομ. Στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.10	U=	0.443
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	2.35	3.70	8.69
		ΣΑ =	8.69

ΤΟΙΧΟΙ : 28.06 m²
ΜΠΕΤΟΝ : 11.90 m²
ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 20.09 m²



Ζώνη		1	
Όροφος		Ισόγειος κατοικία	
Προς ΜΘΧ σκάλα προς υπόγειο ΜΘΧ			
δομ. Στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	3.1	U=	0.428
		b	0.39
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	1.47	3.70	5.44
2	2.17	3.70	8.03
3	0.78	3.70	2.89
4	-0.70	2.20	1.54
5	3.55	3.70	13.13
6	-0.80	1.20	0.96
		ΣΑ =	27.95

Συγκεντρωτικά στοιχεία κατακόρυφων δομικών στοιχείων για τους υπολογισμούς θερμομονωτικής επάρκειας

προσανατολισμός	δομ. Στοιχ.	U [W/(m ² K)]	A [m ²]	b	ΣbxAxU [W/K]
A	Τοιχοποιία	0.443	1.48	1	0.66
A	Τοιχοποιία	0.363	27.49	1	9.98
A	Φέρων οργανισμός	0.432	11.56	1	4.99
N	Τοιχοποιία	0.363	22.53	1	8.18
N	Φέρων οργανισμός	0.432	20.01	1	8.64
Δ	Τοιχοποιία	0.363	23.37	1	8.48
Δ	Φέρων οργανισμός	0.432	9.60	1	4.15
Δ	Τοιχοποιία	0.443	1.48	1	0.66
B	Τοιχοποιία	0.363	19.36	1	7.03
B	Φέρων οργανισμός	0.432	11.90	1	5.14
B	Τοιχοποιία	0.443	8.69	1	3.85
ΜΘΧ	Τοιχοποιία	0.428	27.95	0.390	4.67
ΜΘΧ	Πόρτα	2.700	1.54	0.390	1.62
			186.96		68.05

Συγκεντρωτικά στοιχεία κατακόρυφων δομικών στοιχείων για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης

προσανατολισμός	δομ. Στοιχ.	U [W/(m ² K)]	A [m ²]	b	ΣbxAxU [W/K]
A	Τοιχοποιία	0.443	1.48	1	0.66
A	Τοιχοποιία	0.363	27.49	1	9.98
A	Φέρων οργανισμός	0.432	11.56	1	4.99
N	Τοιχοποιία	0.363	22.53	1	8.18
N	Φέρων οργανισμός	0.432	20.01	1	8.64
Δ	Τοιχοποιία	0.363	23.37	1	8.48
Δ	Φέρων οργανισμός	0.432	9.60	1	4.15
Δ	Τοιχοποιία	0.443	1.48	1	0.66
B	Τοιχοποιία	0.363	19.36	1	7.03
B	Φέρων οργανισμός	0.432	11.90	1	5.14
B	Τοιχοποιία	0.443	8.69	1	3.85
ΜΘΧ	Τοιχοποιία	0.428	27.95	0.390	4.67
ΜΘΧ	Πόρτα	2.700	1.54	0.390	1.62
			186.96		68.05

4.3 Οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία

Ζώνη		1	
Όροφος		ΙΣΟΓΕΙΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑ	
δομ. Στοιχ.:		Δάπεδο προς ΜΘΧ ΥΠΟΓΕΙΟ	
φύλ.:	4.2	U' =	0.411
τμήμα	πλάτος [m]	μήκος [m]	εμβαδό [m ²]
1	1	101.5	101.50
2	1	0.03	0.03
			101.53

Ζώνη		1	
Όροφος		ΙΣΟΓΕΙΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑ	
δομ. Στοιχ.:		Οροφή	
φύλ.:	2.2	U' =	0.178
τμήμα	πλάτος [m]	μήκος [m]	εμβαδό [m ²]
1	1	158.4	158.40
			158.40

Συγκεντρωτικά στοιχεία για τα αδιαφανή οριζόντια στοιχεία για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης

όροφος	δομικό στοιχείο	ΣΑ [m ²]	U' [W/(m ² K)]	ΣαxU' [W/K]	b	b x ΣΑxU' [W/K]
2	δάπεδο προς ΜΘΧ ΥΠΟΓΕΙΟ	101.53	0.411	41.73	0.787	32.85
	Οροφή	158.40	0.178	28.20	1.000	28.20
		259.93				61.05

Συγκεντρωτικά στοιχεία για τα αδιαφανή οριζόντια στοιχεία για τον έλεγχο θερμομονωτικής επάρκειας

όροφος	δομικό στοιχείο	ΣΑ [m ²]	U' [W/(m ² K)]	ΣαxU' [W/K]	b	b x ΣΑxU' [W/K]
2	δάπεδο προς ΜΘΧ ΥΠΟΓΕΙΟ	101.53	0.411	41.73	0.787	32.85
	Οροφή	158.40	0.178	28.20	1.000	28.20
		259.93				61.05

4.4 Διαφανή δομικά στοιχεία

Συγκεντρωτικά στοιχεία κουφωμάτων ανά όροφο για τον έλεγχο θερμομονωτικής επάρκειας

Όροφος	Κούφωμα	Πλάτος [m]	Ύψος [m]	Τύπος	Εμβαδό [m ²]	U [W/(m ² K)]	b	bxA [W/K]	
ΙΣΟΓΕΙΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑ	B1	2.02	2.70	A5	5.45	1.375	1	7.50	
	B2	2.02	2.70	A5	5.45	1.375	1	7.50	
	B3	0.40	2.70	A6	1.08	1.670	1	1.80	
	B4	0.40	2.70	A6	1.08	1.670	1	1.80	
	B5	1.00	2.70	A7	2.70	1.535	1	4.14	
	Δ1	0.80	1.20	A8	0.96	1.490	1	1.43	
	N1	2.00	2.20	A9	4.40	1.390	1	6.12	
	N2	1.00	1.20	A10	1.20	1.448	1	1.74	
	N3	2.00	2.20	A9	4.40	1.390	1	6.12	
	N4	2.00	2.20	A9	4.40	1.390	1	6.12	
			3.89	2.20	A11	8.56	1.249	1	10.69
		A1	1.50	1.00	A12	1.50	1.525	1	2.29
		B6	3.60	1.20	A4	4.32	1.375	1	5.94
			0.80	1.20	A8	0.96	1.490	0.390	0.56

Συγκεντρωτικά στοιχεία κουφωμάτων για τον έλεγχο θερμομονωτικής επάρκειας

Όροφος	Εμβαδό [m ²]	bxA (UxA) [W/K]	n	ΣA [m ²]	nxA (UxA) [W/K]
	0.00	0.00	1	0.00	0.00
ΙΣΟΓΕΙΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑ	46.47	63.74	1	46.47	63.74
Συνολικά:				46.47	63.74

4.5 Μη θερμαινόμενοι χώροι

Κατακόρυφα δομικά στοιχεία ΜΘΧ:

Προς Φ.Ε.

δομ. Στοιχ.:		Φέρων οργανισμός		
φύλ.:	1.6	U=	0.385	
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]	U' [W/(m ² K)]
1	13.00	3.05	36.910	0.260
2	-0.25	3.05	-0.762	
3	-0.40	3.05	-1.220	
4	-0.25	3.05	-0.762	
5	5.35	3.05	13.507	0.260
6	-0.50	2.55	-1.275	
7	-0.60	2.55	-1.530	
8	7.70	1.75	9.345	0.230
9	2.75	3.05	6.857	0.260
10	-0.60	2.55	-1.530	
11	12.65	3.05	35.992	0.260
12	-0.25	3.05	-0.762	
13	-0.60	3.05	-1.830	
14	4.95	2.05	8.197	0.231
15	-0.60	2.05	-1.230	
16	-0.35	2.05	-0.717	
		ΣΑ =	110.81	

Προς Φ.Ε.

δομ. Στοιχ.:		Φέρων οργανισμός		
φύλ.:	1.7	U=	0.432	
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]	U' [W/(m ² K)]
1	0.25	3.05	0.762	0.260
2	0.40	3.05	-1.220	0.260
3	0.25	3.05	-0.762	0.260
4	0.50	2.55	-1.275	0.242
5	0.60	2.55	-1.530	0.242
6	0.60	1.75	-1.050	0.230
7	0.60	1.75	-1.050	0.230
8	0.60	2.55	-1.530	0.242
9	0.60	2.55	-1.530	0.242
10	0.60	2.55	-1.530	0.242
11	0.25	3.05	-0.762	0.260
12	0.60	3.05	-1.830	0.260
13	0.60	2.05	-1.230	0.231
14	0.35	2.05	-0.717	0.231
		ΣΑ =	16.78	

Προς Φ.Ε

δομ. Στοιχ.:		Τοιχοποιία		
φύλ.:	1.2	U=	0.363	
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]	U' [W/(m ² K)]
1	5.70	3.05	1.855	0.260
		ΣΑ =	1.85	

Οριζόντια δομικά στοιχεία ΜΘΧ: ΥΠΟΓΕΙΟ

Δάπεδο προς έδαφος

δομ. Στοιχ.:		Δάπεδο προς έδαφος	
φύλ.:	4.3	U'=	0.260
τμήμα	πλάτος [m]	μήκος [m]	εμβαδό [m ²]
1	1	41.08	41.080
2	1	64.37	64.370
			105.45

Συγκεντρωτικά στοιχεία κατακόρυφων δομικών στοιχείων ΜΘΧ: ΥΠΟΓΕΙΟ για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης

προσανατολισμός	δομ. στοιχ.	U [W/(m ² K)]	A [m ²]	ΣbxAxU [W/K]
A	Άνοιγμα	1.429	2.03	2.90
B	Πόρτα	6.000	12.47	74.82
Φ.Ε.	Φέρων οργανισμός	0.260	110.81	28.81
Φ.Ε.	Φέρων οργανισμός	0.260	16.78	4.36
Φ.Ε.	Τοιχοποιία	0.260	1.85	0.48
			143.94	111.38

Συγκεντρωτικά στοιχεία οριζόντιων δομικών στοιχείων ΜΘΧ: ΥΠΟΓΕΙΟ για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης

δομικό στοιχείο	ΣΑ [m ²]	U' [W/(m ² K)]	ΣAxU' [W/K]
δάπεδο	105.45	0.260	27.42
	105.45		27.42

Προσανατολισμός: Δ

Για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης:

δομ. στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλλ.:	1.2	U=	0.363
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	2.25	3.70	8.325
2	-0.80	1.20	-0.960
3	-0.60	3.10	-1.860
4	-2.25	0.60	-1.350
		ΣΑ =	4.15

Προσανατολισμός: Δ

Για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης:

δομ. στοιχ.:		Φέρων οργανισμός	
φύλ.:	1.7	U=	0.432
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	0.60	3.10	1.860
2	-2.25	0.60	-1.350
		ΣΑ =	3.21

Προσανατολισμός: Β

Για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης:

δομ. στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.2	U=	0.363
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	1.35	3.70	4.995
2	-0.60	3.10	-1.860
3	-1.35	0.60	-0.810
		ΣΑ =	2.33

Προσανατολισμός: Β

Για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης:

δομ. στοιχ.:		Φέρων οργανισμός	
φύλ.:	1.7	U=	0.432
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	0.60	3.10	1.860
2	-1.35	0.60	-0.810
		ΣΑ =	2.67

Οριζόντια δομικά στοιχεία ΜΘΧ: Σκάλα προς υπόγειο ΜΘΧ

Δάπεδο προς ΕΠ (πιλοτή)

δομ. στοιχ.:		Δάπεδο προς ΕΠ (πιλοτή)	
φύλ.:	4.2	U'=	0.411
τμήμα	πλάτος [m]	μήκος [m]	εμβαδό [m ²]
1	1	4.76	4.760
			4.76

Οροφή

δομ. στοιχ.:		Οροφή	
φύλ.:	2.1	U'=	0.357
τμήμα	πλάτος [m]	μήκος [m]	εμβαδό [m ²]
1	1	4.75	4.750
			4.75

Συγκεντρωτικά στοιχεία κατακόρυφων δομικών στοιχείων ΜΘΧ: Σκάλα προς υπόγειο ΜΘΧ για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης

προσανατολισμός	δομ. στοιχ.	U [W/(m ² K)]	A [m ²]	ΣbxAxU [W/K]
Δ	Τοιχοποιία	0.363	4.15	1.51
Δ	Φέρων οργανισμός	0.432	3.21	1.39
Δ	Άνοιγμα	1.490	0.96	1.43
Β	Τοιχοποιία	0.363	2.33	0.84
Β	Φέρων οργανισμός	0.432	2.67	1.15
			13.32	6.32

Συγκεντρωτικά στοιχεία οριζόντιων δομικών στοιχείων ΜΘΧ: Σκάλα προς υπόγειο ΜΘΧ για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης

δομικό στοιχείο	ΣΑ [m ²]	U' [W/(m ² K)]	ΣΑxU' [W/K]
δάπεδο προς ΕΠ (πιλοτή)	4.76	0.411	1.96
Οροφή	4.75	0.357	1.70
	9.51		3.65

4.6 Θερμογέφυρες

Ζώνη: 1

Για τον έλεγχο θερμομονωτικής επάρκειας

αα	επίπεδο	κατηγορία	Ψ [W/(mK)]	l [m]	b	Σ(bxIxΨ) [W/K]
1	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	2.73	1	0.6
2	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	2.73	1	0.6
3	2	ΥΠ – 7	0.550	2.02	1	1.1
4	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
5	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
6	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	2.04	1	0.5
7	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	2.04	1	0.5
8	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	0.38	1	0.1
9	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	0.38	1	0.1
10	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	2.34	1	0.5
11	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	2.34	1	0.5
12	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	0.38	1	0.1
13	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	0.38	1	0.1
14	2	ΥΠ – 7	0.550	2.02	1	1.1
15	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
16	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
17	2	ΥΠ – 7	0.550	0.40	1	0.2
18	2	ΥΠ – 7	0.550	0.40	1	0.2
19	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
20	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
21	2	ΥΠ – 7	0.550	0.40	1	0.2
22	2	ΥΠ – 7	0.550	0.40	1	0.2
23	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
24	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
25	2	ΥΠ – 7	0.550	1.00	1	0.6
26	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
27	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
28	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	6.39	1	1.4
29	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	6.39	1	1.4
30	2	ΥΠ – 7	0.550	0.80	1	0.4
31	2	ΥΠ – 7	0.550	0.80	1	0.4
32	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20	1	0.0

33	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20	1	0.0
34	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	5.83	1	1.3
35	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	5.83	1	1.3
36	2	ΥΠ – 7	0.550	2.00	1	1.1
37	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
38	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
39	2	ΥΠ – 7	0.550	1.00	1	0.6
40	2	ΥΠ – 7	0.550	1.00	1	0.6
41	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20	1	0.0
42	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20	1	0.0
43	2	ΥΠ – 7	0.550	2.00	1	1.1
44	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
45	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
46	2	ΥΠ – 7	0.550	2.00	1	1.1
47	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
48	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
49	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	11.15	1	2.5
50	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	11.15	1	2.5
51	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	3.92	1	0.9
52	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	3.92	1	0.9
53	2	ΥΠ – 7	0.550	3.75	1	2.1
54	2	ΥΠ – 7	0.550	3.75	1	2.1
55	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
56	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
57	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	4.19	1	0.9
58	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	4.19	1	0.9
59	2	ΥΠ – 7	0.550	1.50	1	0.8
60	2	ΥΠ – 7	0.550	1.50	1	0.8
61	2	ΛΠ – 7	0.000	1.00	1	0.0
62	2	ΛΠ – 7	0.000	1.00	1	0.0
63	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	6.49	1	1.5
64	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	6.49	1	1.5
65	2	ΥΠ – 7	0.550	3.60	1	2.0
66	2	ΥΠ – 7	0.550	3.60	1	2.0
67	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20	1	0.0
68	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20	1	0.0
69	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	5.09	1	1.1
70	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	5.09	1	1.1
71	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
72	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
73	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
74	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
75	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
76	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
77	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
78	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
79	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
80	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
81	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
82	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
83	2	ΣΣ – 3	0.250	2.600	1	0.6
84	2	ΣΣ – 3	0.250	2.600	1	0.6
85	2	ΣΣ – 3	0.250	2.600	1	0.6

86	2	ΣΣ – 3	0.250	2.600	1	0.6
87	2	ΥΠ – 7	0.550	0.70	0.390	0.2
88	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	0.390	0.0
89	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	0.390	0.0
90	2	ΥΠ – 7	0.550	0.02		0.0
91	2	ΥΠ – 7	0.550	0.02		0.0
92	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20		0.0
93	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20		0.0
				244.74		53.6

Για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης

αα	επίπεδο	κατηγορία	Ψ [W/(mK)]	l [m]	b	Σ(bxlxΨ) [W/K]
1	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	2.73	1	0.6
2	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	2.73	1	0.6
3	2	ΥΠ – 7	0.550	2.02	1	1.1
4	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
5	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
6	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	2.04	1	0.5
7	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	2.04	1	0.5
8	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	0.38	1	0.1
9	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	0.38	1	0.1
10	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	2.34	1	0.5
11	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	2.34	1	0.5
12	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	0.38	1	0.1
13	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	0.38	1	0.1
14	2	ΥΠ – 7	0.550	2.02	1	1.1
15	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
16	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
17	2	ΥΠ – 7	0.550	0.40	1	0.2
18	2	ΥΠ – 7	0.550	0.40	1	0.2
19	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
20	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
21	2	ΥΠ – 7	0.550	0.40	1	0.2
22	2	ΥΠ – 7	0.550	0.40	1	0.2
23	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
24	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
25	2	ΥΠ – 7	0.550	1.00	1	0.6
26	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
27	2	ΛΠ – 7	0.000	2.70	1	0.0
28	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	6.39	1	1.4
29	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	6.39	1	1.4
30	2	ΥΠ – 7	0.550	0.80	1	0.4
31	2	ΥΠ – 7	0.550	0.80	1	0.4
32	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20	1	0.0
33	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20	1	0.0
34	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	5.83	1	1.3
35	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	5.83	1	1.3
36	2	ΥΠ – 7	0.550	2.00	1	1.1
37	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
38	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
39	2	ΥΠ – 7	0.550	1.00	1	0.6
40	2	ΥΠ – 7	0.550	1.00	1	0.6
40	2	ΥΠ – 7	0.550	1.00	1	0.6
41	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20	1	0.0
42	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20	1	0.0
43	2	ΥΠ – 7	0.550	2.00	1	1.1
44	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
45	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
46	2	ΥΠ – 7	0.550	2.00	1	1.1
47	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
48	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
49	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	11.15	1	2.5
50	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	11.15	1	2.5
51	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	3.92	1	0.9
52	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	3.92	1	0.9
53	2	ΥΠ – 7	0.550	3.75	1	2.1
54	2	ΥΠ – 7	0.550	3.75	1	2.1
55	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
56	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	1	0.0
57	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	4.19	1	0.9
58	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	4.19	1	0.9
59	2	ΥΠ – 7	0.550	1.50	1	0.8
60	2	ΥΠ – 7	0.550	1.50	1	0.8
61	2	ΛΠ – 7	0.000	1.00	1	0.0
62	2	ΛΠ – 7	0.000	1.00	1	0.0
63	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	6.49	1	1.5
64	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	6.49	1	1.5
65	2	ΥΠ – 7	0.550	3.60	1	2.0
66	2	ΥΠ – 7	0.550	3.60	1	2.0
67	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20	1	0.0
68	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20	1	0.0
69	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	5.09	1	1.1
70	2	ΕΔ – 10 (1/2)	0.225	5.09	1	1.1
71	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
72	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
73	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
74	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
75	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
76	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
77	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
78	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
79	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
80	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
81	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
82	2	ΣΣ – 3	0.250	3.100	1	0.8
83	2	ΣΣ – 3	0.250	2.600	1	0.6
84	2	ΣΣ – 3	0.250	2.600	1	0.6
85	2	ΣΣ – 3	0.250	2.600	1	0.6
86	2	ΣΣ – 3	0.250	2.600	1	0.6
87	2	ΥΠ – 7	0.550	0.70	0.390	0.2
88	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	0.390	0.0
89	2	ΛΠ – 7	0.000	2.20	0.390	0.0
90	2	ΥΠ – 7	0.550	0.02		0.0
91	2	ΥΠ – 7	0.550	0.02		0.0
92	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20		0.0
93	2	ΛΠ – 7	0.000	1.20		0.0
				244.74		53.7

4.7 Υπολογισμός μέγιστου επιτρεπτού και πραγματοποιήσιμου U_m του κτιρίου

Υπολογισμός θερμαινόμενου όγκου κτιρίου

Θερμική Ζώνη	Εμβαδό [m ²]	Ύψος [m]	Όγκος [m ³]
ΙΣΟΓΕΙΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑ	161.01		721
Συνολικά			721

	ΣΑ [m ²]	Σ[bxUxA] [W/K] ή Σ[bxΨχι] [W/K]
κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία	187.0	68.0
οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία	318.3	85.0
διαφανή δομικά στοιχεία	46.5	63.7
θερμογέφυρες	-	53.6
Συνολικά	551.7	270.5

$$\Sigma A/V=551.73(\text{m}^2)/720.81(\text{m}^3)=0.765$$

Συνεπώς μέγιστο επιτρεπτό $U_{m,\max}$ 0.791[W/(m²K)]

Πραγματοποιούμενο $U_m=270.5(\text{W/K})/551.73(\text{m}^2)=0.490<0.791[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$

4.8 Υπολογισμός αθέλητου αερισμού

Συγκεντρωτικά στοιχεία κουφωμάτων ανά όροφο για τον υπολογισμό αθέλητου αερισμού

Όροφος	Τύπος	Κούφωμα	Πλάτος [m]	Ύψος [m]	Εμβαδό [m ²]	Διείσδυση αέρα [m ³ /(m ² h)]	Διείσδυση αέρα [m ³ /h]
ΙΣΟΓΕΙΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑ	παράθυρο	A5	2.02	2.70	5.45	6.80	37
	παράθυρο	A5	2.02	2.70	5.45	6.80	37
	παράθυρο	A6	0.40	2.70	1.08	6.80	7
	παράθυρο	A6	0.40	2.70	1.08	6.80	7
	παράθυρο	A7	1.00	2.70	2.70	6.80	18
	παράθυρο	A8	0.80	1.20	0.96	6.80	7
	παράθυρο	A9	2.00	2.20	4.40	6.80	30
	παράθυρο	A10	1.00	1.20	1.20	6.80	8
	παράθυρο	A9	2.00	2.20	4.40	6.80	30
	παράθυρο	A9	2.00	2.20	4.40	6.80	30
	παράθυρο	A11	3.89	2.20	8.56	6.80	58
	παράθυρο	A12	1.50	1.00	1.50	6.80	10
	παράθυρο	A4	3.60	1.20	4.32	6.80	29
Συνολικά							309

5. Συμπεράσματα

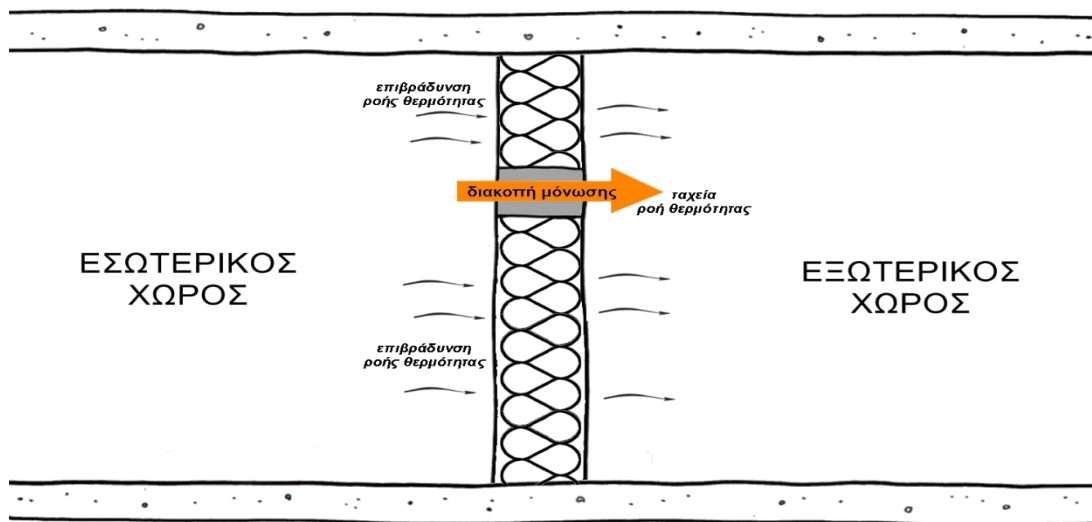
Θερμομονωτικά υλικά

Ύστερα από την έρευνα διαπιστώσαμε ότι υπάρχουν πάρα πολλά θερμομονωτικά υλικά για κάθε είδους δομικά στοιχεία. Σημαντικό είναι όταν επιλέγετε κάποιο συγκεκριμένο μονωτικό υλικό, να μπορεί κατασκευαστικά να υλοποιηθεί και να συνοδεύεται από τα αντίστοιχα πιστοποιητικά απόδοσης. Τέλος, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι πολλές φορές η επιλογή του μονωτικού υλικού είναι συνδυασμός θερμομόνωσης αλλά και παθητικής προστασίας, όταν αυτό απαιτείται από τον κανονισμό πυροπροστασίας.

Κανονισμός Κ.Ε.Ν.Α.Κ

Οι προδιαγραφές του κτηριακού κελύφους καθορίζονται από τον κανονισμό ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και τις τροποποιήσεις του.

Σημαντικό είναι να επισημάνουμε ότι στο κτηριακό κέλυφος εξετάζεται η απόδοση θερμομόνωσης της τοιχοποιίας, του δαπέδου, της οροφής, της στέγης, των κουφωμάτων (πλαίσιο – γυαλί), εσωτερικής τοιχοποιίας που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο υποστυλωμάτων και δοκαριών. Σημαντική παράμετρος είναι η αντιμετώπιση των θερμογεφυρών, ήτοι τα σημεία ή επιφάνειες του κελύφους που παρατηρούνται έντονες μεταβολές της ροής θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό περιβάλλον. Είναι τα σημεία όπου τα δομικά στοιχεία παρουσιάζουν σημαντικές θερμικές απώλειες, λόγω της μειωμένης θερμικής αντίστασης που αυτά παρουσιάζουν.



Αυτό οφείλεται στη ασυνέχεια της θερμομονωτικής στρώσης είτε στη διαφοροποίηση του υλικού κατά μήκος του δομικού στοιχείου, είτε στην αλλαγή γεωμετρίας της διατομής.

Μελέτη έργου

Το υπό μελέτη κτίριο – μονοκατοικία στην ευρύτερη περιοχή της Πάτρας, εξετάστηκε σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 24701-1 / 24701-2.

Ελήφθησαν υπόψη τα κλιματικά στοιχεία της περιοχής, ο ηλιασμός και οι σκιάσεις, από τα δομικά στοιχεία του ίδιου κτηρίου (κάθετοι και οριζόντιοι πρόβολοι) και

τοιχών διπλανών κτηρίων. Η απαίτηση του νομοθέτη σύμφωνα με την τελευταία τροποποίηση του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. είναι η επίτευξη ενεργειακής κατηγορίας Α.

Αυτό επιτεύχθηκε με τον σχεδιασμό του κελύφους, επιτυγχάνοντας μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας $U_m = 0,490$ ($W/m^2 \cdot K$) που είναι κατά πολύ πιο κάτω από τον θεωρητικό συντελεστή θερμοπερατότητας $U_m = 0,791$.

(*) Ενεργειακή κλάση Α σε συνδυασμό με την κατάλληλη επιλογή των συστημάτων, ήτοι κλιματισμός θέρμανσης, ζεστό νερό χρήσης και ηλιακό που όμως δεν είναι αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής.

Ανάλυση υπολογισμού της μελέτης του έργου

Μετά από τους κατάλληλους υπολογισμούς στον λογισμικό 4M Κ.Ε.Ν.Α.Κ. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για όλα τα δομικά στοιχεία και τα κουφώματα. Μελετώντας τα αποτελέσματα, θα διαπιστώσουμε ότι τηρούνται όλα τα προδιαγραφόμενα από την τεχνική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

6. Βιβλιογραφία

1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε
24701-1 / 24701-2 (ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ)
2. ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε
24701-1 / 24701-2 (ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ)
3. “ΟΔΗΓΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ – ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΟΥ Κ.Ε.Ν.Α.Κ
ΕΚΔΟΤΗΣ:ΚΤΙΡΙΟ
ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: ΣΥΛΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΟ
4. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΑΠΟ ΤΟ SITE
(<https://gr.depositphotos.com>)
5. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΑΠΟ ΒΙΒΛΙΟ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ
ΕΚΔΟΤΗΣ:ΚΤΙΡΙΟ
6. ΑΡΑΒΑΝΤΙΝΟΣ Δ. << Η ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΑ
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ>>.
7. ΕΛΟΤ EN 1279-5:2005+A2:2010. ΥΑΛΟΣ ΓΙΑ ΔΟΜΙΚΗ ΧΗΣΗ –
ΜΟΝΩΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΩΝ.
8. ΕΛΟΤ EN 13162:2012+A1:2015. ΘΕΡΜΟΝΩΤΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΚΤΗΡΙΩΝ –
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΠΡΟΪΝΤΑ ΑΠΟ ΟΡΥΚΤΟΜΑΛΛΟ (ΜW) –
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ.

9. ΕΛΟΤ EN 13163:2012+A1:2015. ΘΕΡΜΟΝΩΤΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΚΤΗΡΙΩΝ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΠΡΟΪΝΤΑ ΑΠΟ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ (EPS) – ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ.

-140-

10. ΕΛΟΤ EN 13164:2012+A1:2015. ΘΕΡΜΟΝΩΤΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΚΤΗΡΙΩΝ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΠΡΟΪΝΤΑ ΑΠΟ ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΟ ΑΦΡΟ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗΣ (XPS) – ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ.
11. ΕΛΟΤ EN 13165:2012+A1:2016. ΘΕΡΜΟΝΩΤΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΚΤΗΡΙΩΝ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΠΡΟΪΝΤΑ ΑΠΟ ΑΚΑΜΠΤΟ ΑΦΡΟ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ (PUR) – ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ.
12. ΕΛΟΤ EN 13166:2012+A1:2016. ΘΕΡΜΟΝΩΤΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΚΤΗΡΙΩΝ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΠΡΟΪΝΤΑ ΑΠΟ ΦΑΙΝΟΛΙΚΟ ΑΦΡΟ (PF) – ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ.
13. ΕΛΟΤ EN 13167:2012+A1:2015. ΘΕΡΜΟΝΩΤΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΚΤΗΡΙΩΝ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΠΡΟΪΝΤΑ ΑΠΟ ΚΥΨΕΛΩΤΟ ΓΥΑΛΙ (CG) – ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ.
14. ΕΛΟΤ EN 13168:2012+A1:2015. ΘΕΡΜΟΝΩΤΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΚΤΗΡΙΩΝ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΠΡΟΪΝΤΑ ΑΠΟ ΞΥΛΟΜΑΛΛΟ (WW) – ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ.
15. ΕΛΟΤ EN 13170:2012+A1:2015. ΘΕΡΜΟΝΩΤΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΚΤΗΡΙΩΝ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΠΡΟΪΝΤΑ ΑΠΟ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΟ ΦΕΛΟ (ICB) – ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ.
16. ΕΛΟΤ EN 13171:2012+A1:2015. ΘΕΡΜΟΝΩΤΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΚΤΗΡΙΩΝ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΠΡΟΪΝΤΑ ΑΠΟ ΙΝΕΣ ΞΥΛΟΥ (WF)– ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ.
17. ΑΠΟΦΑΣΗ Δ6/Β/ΟΙΚ.5825/30-03-2010 ΤΩΝ ΥΠΟΥΡΓΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ <<ΕΓΚΡΙΣΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ>> (ΦΕΚ Β΄ 407).
18. ΛΑΣΚΟΣ Κ., ΑΞΑΡΛΗ ΚΛ. <<ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ EN ISO 13790 ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΚΤΗΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ>>, 9^ο ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, Ι.Η.Τ., ΠΑΦΟΣ 26-27 ΜΑΡΤΙΟΥ 2009.

