

# ΟΔΗΓΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

2η έκδοση



**ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού



# ΟΔΗΓΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

2η έκδοση

Σεπτέμβριος **2010**

**ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>9</b>
	Αντικείμενο και σημασία της θερμομόνωσης	11
<b>2</b>	<b>ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ</b>	<b>13</b>
2.1	Θερμικές απώλειες	13
2.2	Μελέτη και σχεδιασμός θερμομόνωσης κτιρίου	13
2.3	Θερμομόνωση των δομικών στοιχείων	13
2.3.1	Χαρακτηριστικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων	14
2.3.2	Στοιχεία του κτιρίου ευάλωτα στην θερμοδιαφυγή	15
<b>3</b>	<b>ΥΛΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ</b>	<b>19</b>
3.1	Κριτήρια επιλογής θερμομονωτικών υλικών	19
3.2	Συνηθισμένα θερμομονωτικά υλικά	20
<b>4</b>	<b>ΤΥΠΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>	<b>23</b>
4.1	Βασικές έννοιες	23
4.2	Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας, δοκών-υποστυλωμάτων	25
4.2.1	Εσωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας, δοκών-υποστυλωμάτων	26
4.2.2	Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας, δοκών - υποστυλωμάτων	28
4.2.3	Θερμομόνωση πυρήνα εξωτερικής τοιχοποιίας	30
4.2.4	Τοιχοποιία από θερμομονωτικά τούβλα	31
4.2.5	Ενίσχυση θερμομόνωσης τοιχοποιίας, δοκών και υποστυλωμάτων με θερμοσουβά	31
4.3	Θερμομόνωση Κουφωμάτων	32
4.4	Οροφές και στέγες	34
4.4.1	Θερμομόνωση επίπεδης και κεκλιμένης οροφής από οπλισμένο σκυρόδεμα	34
4.4.1.1	Θερμομόνωση κάτω από την πλάκα	34
4.4.1.2	Θερμομόνωση πάνω από την πλάκα	35
4.4.2	Θερμομόνωση στέγης	36
4.5	Θερμομόνωση δαπέδων εκτεθειμένων στο εξωτερικό περιβάλλον	37
4.5.1	Θερμομόνωση στην κάτω πλευρά της πλάκας	37
4.5.2	Θερμομόνωση στην πάνω πλευρά της πλάκας	38
<b>5</b>	<b>ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ-ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ</b>	<b>41</b>
5.1	Πρόνοιες διατάγματος	41



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

...συνέχεια

<b>6</b>	<b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ</b>	<b>44</b>
6.1	<b>Συμβολισμοί</b>	45
6.2	<b>Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον</b>	47
6.2.1	Γενικά	47
6.2.1	Θερμική αντίσταση στρώματος αέρα	50
6.2.2	Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων και στοιχείων της φέρουσας κατασκευής (κολόνες, δοκοί και τοιχία) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου	54
6.2.3	Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικών οριζόντιων δομικών στοιχείων (δώματα, στέγες, εκτεθειμένα δάπεδα) και οροφών που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου	60
6.2.3.1	Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας αεριζόμενης στέγης (ψυχρή)	65
6.2.4	Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας στην περίπτωση που το κτίριο εφάπτεται με μη-θερμαινόμενο χώρο	68
6.2.5	Στοιχεία με ανισόπεδες επιφάνειες	69
6.2.5.1	Θερμική αντίσταση επίπεδων επιφανειών	70
6.3	<b>Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας δαπέδου υπερκείμενου κλειστού μη θερμαινόμενου υπογείου ή ημιυπόγειου χώρου</b>	72
6.4	<b>Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος</b>	74
6.5	<b>Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας εξωτερικών κουφωμάτων (πόρτες- παράθυρα) που συνιστούν μέρος του κελύφους</b>	78
6.5.1	Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας για παράθυρα	79
6.5.2	Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας για υαλοστάσια	82
6.5.3	Σύντομος τρόπος υπολογισμού	83
6.6	<b>Μεθοδολογία υπολογισμού του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας <math>U_m</math> εξωτερικών τοίχων, στοιχείων της φέρουσας κατασκευής (κολόνες, δοκοί και τοιχία) και κουφωμάτων που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου</b>	95
<b>7</b>	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ</b>	<b>102</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α:</b>	<b>ΤΥΠΙΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ / ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ</b>	109
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β:</b>	<b>ΕΝΤΥΠΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ</b>	121
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ:</b>	<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΟΔΗΓΟΥ</b>	125





# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μία από τις βασικότερες παραμέτρους του σύγχρονου αρχιτεκτονικού σχεδιασμού είναι και η θερμομόνωση.

Με την πρόβλεψη για θερμομόνωση στις κτιριακές κατασκευές λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ώστε να παρεμποδίζεται η διαφυγή της θερμικής ενέργειας από ένα χώρο προς την ατμόσφαιρα ή προς ένα άλλο, ψυχρότερο γειτονικό χώρο - ή αντίστροφα - και συγχρόνως δημιουργείται αίσθημα θερμικής άνεσης για τους χρήστες του κτιρίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Σε παλαιότερες εποχές, η ανάγκη για μια τέτοια πρόβλεψη δεν ήταν επιβεβλημένη, αφού οι βαριές κατασκευές του περιβλήματος (τοίχοι, στέγη), η διάταξη των χώρων καθώς και η σύνθεση των όγκων των παραδοσιακών κτισμάτων, ήταν καθοριστικοί παράγοντες ρύθμισης της θερμομονωτικής ικανότητας, αλλά και της ροής θερμότητας. Αξιοσημείωτο είναι πως, σε αντίθεση με σήμερα και μολονότι τα βασικά υλικά κατασκευής ήταν κοινά, η τυπολογία οικισμών και κτισμάτων διαφοροποιούνταν από τόπο σε τόπο με βάση τις κλιματολογικές συνθήκες κάθε περιοχής. Επιπλέον, η ορθή ένταξη και προσανατολισμός των κτιρίων αυτών στο περιβάλλον, με τη σωστή διαμόρφωση χώρων και επιλογή υλικών κατασκευής, καθιστούσε επιτρεπτό τον επιθυμητό φωτισμό-ηλιασμό και παρέιχε τη δυνατότητα φυσικού δροσισμού.

Δυστυχώς σύγχρονες αρχιτεκτονικές τάσεις που υιοθετήθηκαν στη χώρα μας τα προηγούμενα χρόνια αγνοούν σε μεγάλο βαθμό τον παράγοντα κλίμα, ήλιο κ.λπ. και στα πλαίσια ενός κακώς νοούμενου διεθνισμού δημιουργήθηκαν κτίρια απομακρυσμένα από την παράδοση, και των οποίων μιμήσεις συναντά κανείς σε τόπους με διαφορετικό εντελώς κλίμα.

Με την πάροδο του χρόνου, οι κατασκευές έγιναν ελαφρότερες, περισσότερο σύνθετες και λιγότερο ανθεκτικές στις καιρικές συνθήκες. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας η προστασία από τις θερμικές μεταβολές μεταβιβάστηκε στα διάφορα συστήματα ελέγχου του μικροκλίματος, όπως η κεντρική θέρμανση και ο κλιματισμός. Η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία των συστημάτων αυτών δεν αποτελούσε πρόβλημα μέχρι τη στιγμή που τα διαθέσιμα αποθέματα των συμβατικών καυσίμων – ουσιαστικά του πετρελαίου – μειώθηκαν και έπαψαν να είναι φτηνά. Επακόλουθο αυτού ήταν μια παγκόσμια προσπάθεια διαφύλαξης και ορθολογικής εκμετάλλευσης των αποθεμάτων ενέργειας και έτσι άρχισε να διαφαίνεται, μεταξύ άλλων, ο πρωτεύοντας ρόλος που έχει η θερμομόνωση στην εξοικονόμηση ενέργειας.



## Αντικείμενο και σημασία της θερμομόνωσης

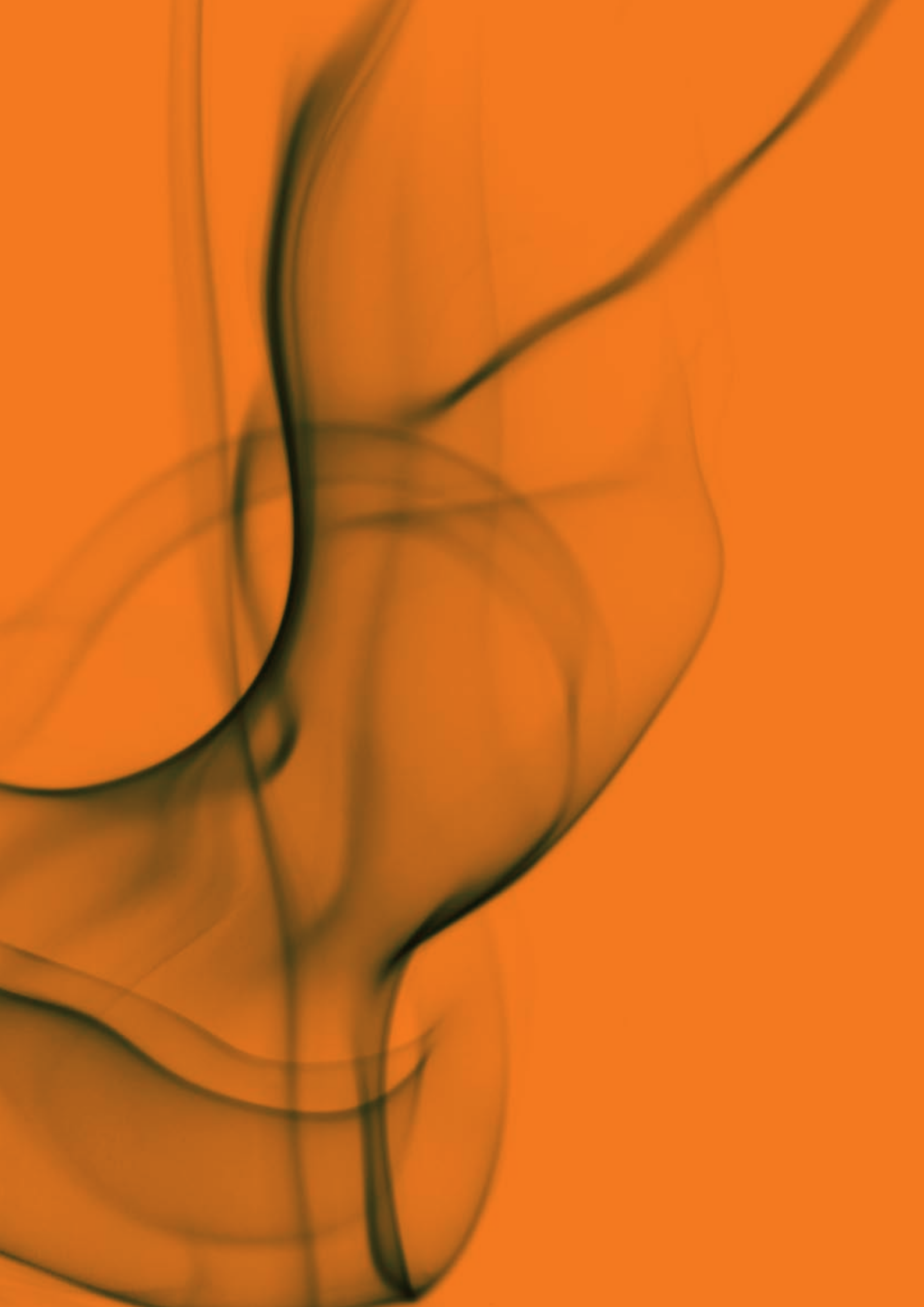
Η θερμομόνωση σ' ένα κτίριο, ουσιαστικά παρέχει σ' αυτό ένα «προστατευτικό περίβλημα» το οποίο μειώνει τη μετάδοση θερμότητας από και προς το εσωτερικό του. Το χειμώνα μειώνει το ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα χάνεται από το κτίριο και το καλοκαίρι μειώνεται ο ρυθμός με τον οποίο η θερμότητα εισάγεται σε αυτό.

Η μείωση των θερμικών διαφυγών από και προς τους εσωτερικούς χώρους ενός κτιρίου έχει ως συνέπεια τη μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας με την οποία τροφοδοτούνται τα διάφορα τεχνητά συστήματα θέρμανσης-ψύξης. Η μείωση αυτή μπορεί να είναι σημαντική, αρκεί η θερμομόνωση να εφαρμόζεται ορθολογικά και σύμφωνα με τις απαιτήσεις του σχετικού διατάγματος που καθορίζει τους μέγιστους συντελεστές θερμοπερατότητας των επιμέρους δομικών στοιχείων του κελύφους.

Στις περισσότερες χώρες με ψυχρότερα κλίματα κανονισμοί και τεχνικές προδιαγραφές, που καθορίζουν τις απαιτήσεις, τις ιδιότητες και τον τρόπο σύνθεσης των υλικών, ισχύουν εδώ και πολλά χρόνια. Οι κανονισμοί αυτοί, μαζί με τις τεχνικές προδιαγραφές, εξασφαλίζουν μία τεχνοοικονομικά σωστή θερμομόνωση. Τέτοια θεωρείται αυτή που για να γίνει δεν απαιτείται υπερβολικά μεγάλο αρχικό κόστος εγκατάστασης και που, ωστόσο, εξασφαλίζει μακροχρόνια οικονομία στη χρήση του κτιρίου και περιορισμό στην εφαρμογή ενεργοβόρων τεχνητών συστημάτων ελέγχου του εσωτερικού περιβάλλοντος.

Κάτω από συνθήκες οικονομικά προσιτές, μια καλή θερμική μόνωση πρέπει να εξασφαλίζει:

- Την υγιεινή, άνετη κι ευχάριστη διαβίωση, χωρίς να διαταράσσεται το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος και να προκαλούνται σοβαρές θερμικές αλληλοεπιδράσεις κρύου ή ζέστης ανάμεσα σ' αυτό και στο χώρο που το περιβάλλει. Το θερμικό ισοζύγιο είναι αυτό που κυρίως καθορίζει το αίσθημα άνεσης του ανθρώπινου οργανισμού.
- Την οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας, με τον περιορισμό των θερμικών απωλειών από το κέλυφος του κτιρίου.
- Τον περιορισμό του αρχικού κόστους κατασκευής της εγκατάστασης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης ή κλιματισμού.
- Την ταυτόχρονη προστασία από τους θορύβους, αφού τα περισσότερα από τα θερμομονωτικά υλικά είναι και ηχομονωτικά.
- Τη βελτίωση της προστασίας του περιβάλλοντος γενικότερα, αφού μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας ελαττώνεται αντίστοιχα και η ποσότητα των εκπεμπόμενων καυσαερίων προς την ατμόσφαιρα.



## 2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

### 2.1 Θερμικές απώλειες

Είναι γνωστό ότι ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες προκαλείται συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο και πως οι θερμικές απώλειες δεν νοούνται μόνο για την απώλεια της ζέστης ενός χώρου το χειμώνα αλλά και της δροσιάς το καλοκαίρι, όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι θερμότερος. Αυτή η ροή θερμότητας είναι αδύνατο να εμποδιστεί τελείως και μπορεί, μόνο, να περιοριστεί ως προς την ένταση και τη διάρκειά της. Αυτό είναι κατορθωτό μόνο όταν υπάρχει έλεγχος των θερμικών απωλειών.

Ο επιδιωκόμενος έλεγχος και περιορισμός των θερμικών απωλειών επιτυγχάνεται με τη θερμομόνωση του κελύφους, η οποία μειώνει το ρυθμό μετάδοσης της θερμότητας μέσω των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου.

### 2.2 Μελέτη και σχεδιασμός θερμομόνωσης κτιρίου

Πριν καταφύγει κανείς σε οποιαδήποτε μέτρα θερμομόνωσης για τον έλεγχο των θερμικών απωλειών πρέπει, κατά το σχεδιασμό, να έχει υπόψη του τους βασικότερους παράγοντες που τις προκαλούν. Τέτοιοι παράγοντες είναι:

Η **τοποθεσία** και ο **προσανατολισμός του κτιρίου** μέσα στον περιβάλλοντα χώρο. Έτσι, όσο περισσότερο εκτεθειμένο είναι ένα κτίριο στους ανέμους τόσο μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας εμφανίζει. Επίσης, όσο περισσότερο προσβάλλεται από την ηλιακή ακτινοβολία τόσο οι απώλειες ψύξης των εσωτερικών χώρων του είναι μεγαλύτερες.

Το μέγεθος των **επιφανειών του εξωτερικού περιβλήματος** του κτιρίου που είναι άμεσα εκτεθειμένες στις καιρικές συνθήκες, σε συνάρτηση με τον όγκο του κτιρίου. Ένα ελεύθερο στο χώρο κτίριο εμφανίζει πολύ μεγαλύτερες απώλειες από ένα άλλο που είναι ενταγμένο σε ένα συνεχές σύστημα δόμησης.

Το πόσο **εκτεθειμένοι στο περιβάλλον** είναι οι διάφοροι χώροι του κτιρίου. Χώροι τελείως εσωτερικοί θεωρείται ότι δεν παρουσιάζουν καμία θερμική μεταβολή. Αντίθετα, χώροι που εκτείνονται σε δύο ή περισσότερους ορόφους, όπως για παράδειγμα τα κλιμακοστάσια, παρουσιάζουν μεγάλες απώλειες.

Τα **εξωτερικά κουφώματα**, τα οποία, ανάλογα με το μέγεθος, τον αριθμό και τη θέση τους στις όψεις ενός κτιρίου, επηρεάζουν τη ροή της θερμότητας και η κακή συναρμογή τους επιτρέπει τη διείσδυση ρευμάτων αέρα.

### 2.3 Θερμομόνωση των δομικών στοιχείων

Ο ρυθμός ροής θερμότητας διαμέσου του κελύφους ενός κτιρίου εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από το σύνολο των μέτρων που λαμβάνονται και κυρίως από τα υλικά που χρησιμοποιούνται.

Η μελέτη και η σωστή εφαρμογή της θερμομόνωσης βασίζεται στον βέλτιστο συνδυασμό των μεθόδων και υλικών κατασκευής, τα οποία προσδίδουν συγκεκριμένες χαρακτηριστικές ιδιότητες στα δομικά στοιχεία του κτιρίου.

### 2.3.1 Χαρακτηριστικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων

Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη θερμική συμπεριφορά του κελύφους του κτιρίου και είναι οι ακόλουθες:

- α. Ο **συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value)**, δηλαδή η ποσότητα θερμότητας που περνά σε ένα δευτερόλεπτο μέσα από τις απέναντι πλευρές ενός κύβου πλευράς 1 m όταν η διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ των δυο επιφανειών του στοιχείου είναι 1 °K. Αυτή εξαρτάται από τις ιδιότητες που έχουν τα υλικά που συνθέτουν την κατασκευή ενός δομικού στοιχείου, δηλαδή:
  - Το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (συντελεστής λ)
  - Την περιεκτικότητά τους σε υγρασία και
  - Το πάχος τους.
- β. Ο **βαθμός διαπερατότητας** του αέρα διαμέσου των δομικών στοιχείων, που εξαρτάται από:
  - Το είδος της κατασκευής που διαμορφώνει το περίβλημα ενός χώρου.
  - Την επιφάνεια των ανοιγμάτων και τον τρόπο συναρμογής των κουφωμάτων. Μεγάλες ποσότητες θερμότητας χάνονται από τις πόρτες και τα παράθυρα μιας όψης, ανάλογα με το μέγεθος του τζαμιού και τον τρόπο κατασκευής τους, καθώς και με τους αρμούς επαφής μεταξύ των φύλλων και του πλαισίου ενός κουφώματος. Το γεγονός αυτό κάνει τα παράθυρα και τις πόρτες να εμφανίζουν υπερβολικά μεγάλο συντελεστή θερμοπερατότητας, γιατί οι θερμικές απώλειες, όπως είναι γνωστό, προκαλούνται όχι μόνο από θερμική αγωγιμότητα αλλά κι από θερμική μεταφορά.
- γ. Η **ειδική θερμότητα (c)** των δομικών στοιχείων του κτιρίου, που συμβάλλει στον περιορισμό του ρυθμού μεταβολής της θερμοπερατότητας των στοιχείων. Όταν οι τοίχοι και οι οροφές έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα, τότε η θερμότητα που συγκεντρώνουν ενόσω λειτουργεί η θέρμανση, αποβάλλεται όταν αυτή σταματήσει με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η γρήγορη ψύξη των χώρων. Το αντίθετο συμβαίνει το καλοκαίρι όταν οι χώροι ψύχονται. Ανάλογα με τη θέση της μόνωσης - στην εξωτερική ή εσωτερική επιφάνεια - οι τοίχοι και οι οροφές ενεργούν:
  - Ως συσσωρευτές θερμότητας, όταν η θερμική μόνωση τοποθετείται στην εξωτερική τους επιφάνεια. Στην περίπτωση αυτή, συσσωρεύουν επί ένα μεγάλο χρονικό διάστημα τη θερμότητα, για να την αποβάλουν και πάλι μέσα στο χώρο με ακτινοβολία (Σχήμα 2.3.1.α). Με τη διαδικασία αυτή αυξάνεται αντίστοιχα η διάρκεια μεταβολής της θερμοκρασίας σε χώρους στους οποίους είναι απαραίτητο να δημιουργείται αίσθημα άνεσης (κατοικίες, χώροι εργασίας, κ.λπ.).
  - Ως φράγμα προστασίας, όταν η θερμική μόνωση τοποθετείται στην εσωτερική τους επιφάνεια, στις περιπτώσεις που δεν μας ενδιαφέρει η διάρκεια αποθέρμανσης ή απόψυξης των χώρων (θέατρα, εκκλησίες κ.λπ.) αλλά αντίθετα επιθυμούμε τη γρήγορη θέρμανση ή ψύξη των χώρων αυτών (Σχήμα 2.3.1.β).



Σχήμα 2.3.1. Θερμοχωρητικότητα δομικών στοιχείων ανάλογα με τη θέση της θερμικής μόνωσης (εσωτερικά ή εξωτερικά)

- δ. Οι τιμές των συντελεστών **θερμικής αγωγιμότητας και ειδικής θερμότητας** των διαφόρων υλικών που συγκροτούν μια κατασκευή.

Το CYS EN ISO 10456: 2007 περιέχει πίνακα με:

- τη **θερμική αγωγιμότητα (λ)** ορισμένων οικοδομικών υλικών
- την **ειδική θερμότητα (c)** ορισμένων οικοδομικών υλικών, και
- την **πυκνότητα (ρ)**.

### 2.3.2 Στοιχεία του κτιρίου ευάλωτα στη θερμοδιαφυγή

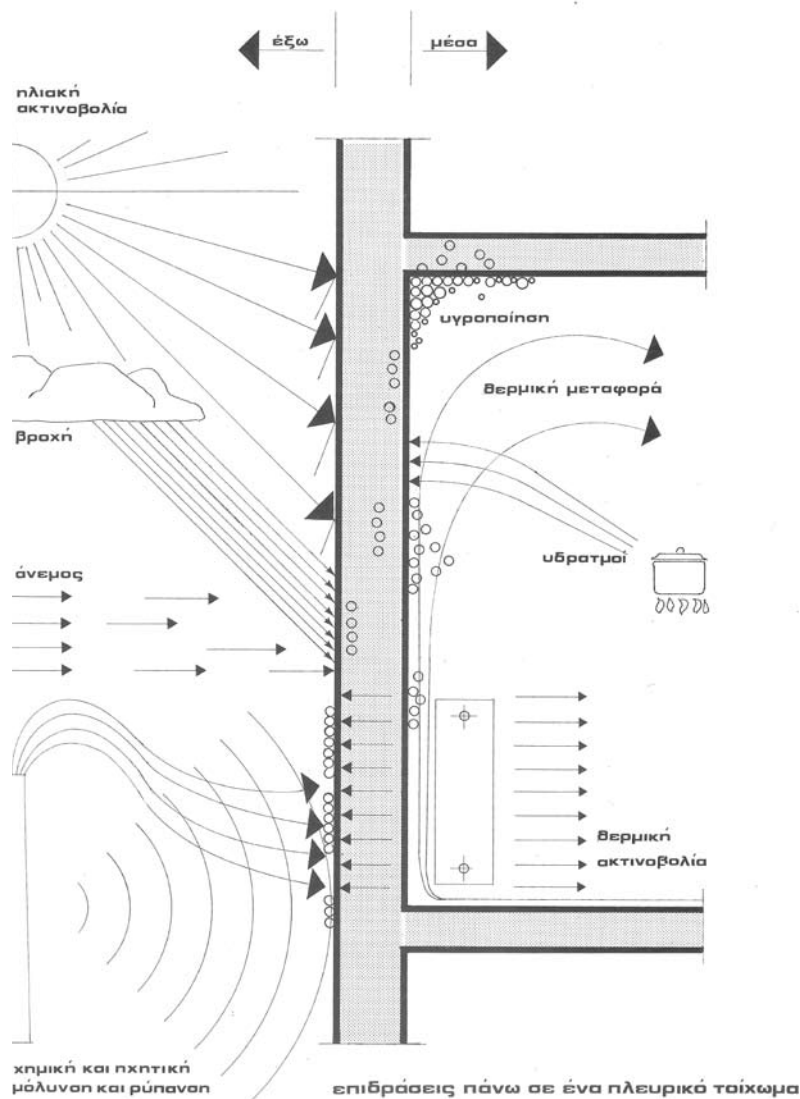
Η κατασκευή της θερμομόνωσης ενός κτιρίου πρέπει να γίνεται σύμφωνα με ορισμένες προϋποθέσεις που ανάλογα με τη θέση της επιφάνειας που πρόκειται να προστατευθεί και τη θέση της μονωτικής στρώσης μέσα στην κατασκευή (εσωτερικά ή εξωτερικά). Είναι ευνόητο ότι δεν μπορούν να αγνοηθούν οι απαιτήσεις προστασίας από την υγρασία. Για το λόγο αυτό, το πρόβλημα της θερμομόνωσης - όπως ήδη τονίστηκε - δεν μπορεί να εξετάζεται μεμονωμένα, αλλά σε συνδυασμό με άλλες απαιτήσεις προστασίας και πάντοτε σε συνεργασία με τον αρχιτέκτονα του έργου.

Στη συνέχεια γίνεται συνοπτική αναφορά στα πιο ευάλωτα στοιχεία ενός κτιρίου, που έχουν ανάγκη θερμικής προστασίας. Αυτά είναι:

- α. Η **οροφή (επίπεδη ή κεκλιμένη) και η στέγη**, που παρουσιάζουν μεγάλες θερμικές απώλειες, μια και είναι τα μέρη εκείνα του κτιρίου που δέχονται άμεσα όλες τις επιδράσεις των καιρικών συνθηκών.
- β. Τα **εξωτερικά τοιχώματα**, που υπόκεινται σε μια σειρά επιδράσεων και τα οποία ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους, προκαλούν μεγάλες θερμικές απώλειες. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η προστασία των εξωτερικών τοιχωμάτων μπορεί να γίνει εσωτερικά ή εξωτερικά, ανάλογα με τη χρήση των χώρων που προστατεύουν και το βασικό μέρος της δομής τους. Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις τοιχωμάτων στις οποίες η θερμική μόνωση τοποθετείται ανάμεσα σε δυο κατακόρυφα στρώματα ομοιογενών ή ανομοιογενών υλικών και είναι σχετικά απλή λύση η οποία όμως, όπως και οι προηγούμενες, έχει και πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Γενικά σε όλες τις περιπτώσεις πλευρικών εξωτερικών τοιχωμάτων παίρνονται μέτρα για:
- Προστασία του θερμομονωτικού υλικού από συμπύκνωση και δρόσο, με φράγμα υδρατμών.
  - Παρεμπόδιση της διείσδυσης νερών βροχής, που θα έχει ως συνέπεια την πρόκληση ανεπανόρθωτης ζημιάς στο θερμομονωτικό υλικό, και
  - Αποφυγή της δημιουργίας θερμογεφυρών που αυξάνουν τις θερμικές απώλειες και δημιουργούν θερμικές τάσεις στα επιμέρους υλικά που συνθέτουν την κατασκευή (Σχήμα 2.3.2.).

Επιπλέον πρέπει να αποφεύγεται η διάτρηση των εξωτερικών τοιχωμάτων για να περάσουν σωληνώσεις εγκαταστάσεων ή άλλου είδους κατασκευές. Όπου αυτό είναι απαραίτητο, τότε επιβάλλεται ιδιαίτερη μέριμνα για την προστασία των ευάλωτων αυτών στοιχείων, τόσο από τη θερμότητα όσο και από την υγρασία.

- γ. Τα **ανοίγματα**, που είναι από τα πιο ευάλωτα στοιχεία ενός κτιρίου. Για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών πρέπει οι αρμοί συναρμογής των πλαισίων να είναι απόλυτα αδιαπέραστοι από τον αέρα. Τα υλικά που συγκροτούν το κούφωμα (ξύλο, αλουμίνιο, πλαστικό) να είναι άριστης ποιότητας ώστε να αποφεύγονται οι παραμορφώσεις των φύλλων. Για ξύλινα παράθυρα ή πόρτες, αυτό δεν είναι εύκολα κατορθωτό εξαιτίας της φύσης του υλικού. Στην περίπτωση όμως κουφωμάτων αλουμινίου, η πρόβλεψη ειδικών παρεμβυσμάτων στους αρμούς επαφής δίνει συνήθως άριστα αποτελέσματα. Επιπλέον τα υαλοστάσια των ανοιγμάτων θα πρέπει να έχουν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας.

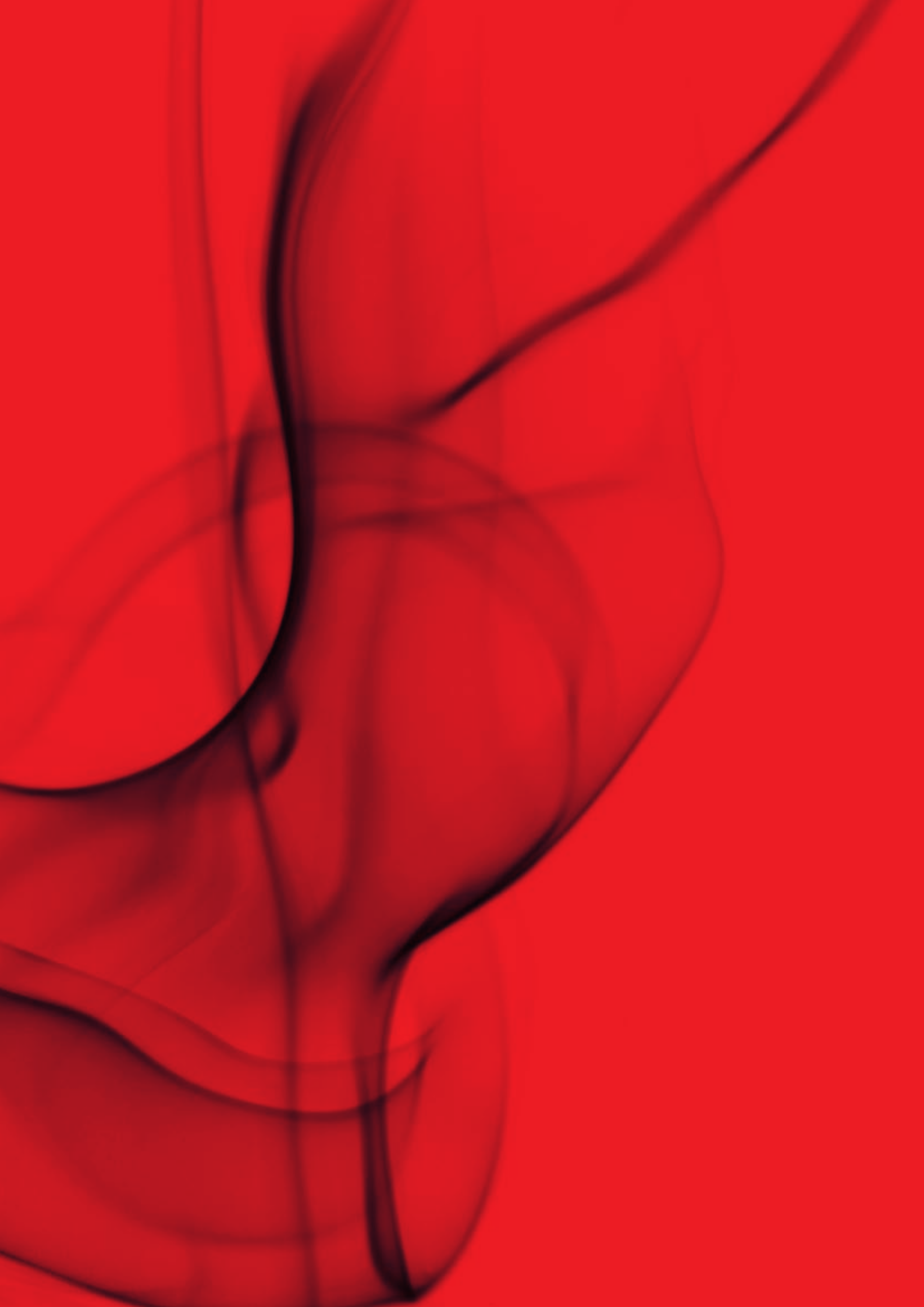


Σχήμα 2.3.2. Επιδράσεις σε πλευρικό τοίχωμα

- δ. Το **κατώτερο δάπεδο** του κτιρίου το οποίο όμως δεν χρειάζεται πάντα θερμική προστασία, εκτός εάν χρησιμοποιείται ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης (δάπεδο ισογείου σε επαφή με το έδαφος). Οποσδήποτε όμως, απαιτείται θερμική προστασία στις περιπτώσεις δαπέδου εκτεθειμένου προς το εξωτερικό περιβάλλον (π.χ. κτίριο σε πυλωτή).
- ε. Τα **στηθαία των παραθύρων**, όπου συνήθως τοποθετούνται τα θερμαντικά σώματα επειδή λειτουργικοί λόγοι επιβάλλουν συχνά τη μείωση του πάχους του τοιχώματος στις θέσεις αυτές. Επίσης, η έντονη θερμική ακτινοβολία προκαλεί συμπύκνωση στις θέσεις αυτές γρηγορότερα παρά στις υπόλοιπες επιφάνειες του χώρου, με αποτέλεσμα να καταπονούνται περισσότερο τα δομικά στοιχεία που γειτονεύουν με σώματα θέρμανσης.
- στ. Τα **μπαλκόνια και οι προεξοχές της πλάκας**, όταν δεν προστατεύονται από τη θερμότητα, λειτουργούν σαν θερμογέφυρες, με αποτέλεσμα να μην ελέγχονται απόλυτα οι θερμικές απώλειες των εσωτερικών χώρων και να προκαλούνται βλάβες στις κατασκευές λόγω συμπύκνωσης. Όμως η μόνωσή τους είναι συχνά προβληματική γιατί ανεβάζει υπέρμετρα το ολικό κόστος για τη θερμομόνωση του κτιρίου.







## 3. ΥΛΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Σύμφωνα με την Οδηγία 89/106/ΕΟΚ για τα Προϊόντα Δομικών Κατασκευών, καθώς και σύμφωνα με τους Περί των Βασικών Απαιτήσεων Νόμους, που πρέπει να πληρούν καθορισμένες κατηγορίες προϊόντων, και τους Περί των Βασικών Απαιτήσεων Κανονισμούς, που πρέπει να πληρούν καθορισμένες κατηγορίες προϊόντων, τα προϊόντα δομικών κατασκευών για τα οποία υπάρχει εναρμονισμένο πρότυπο και η περίοδος συνύπαρξης του με αντίστοιχο εθνικό πρότυπο έχει λήξει, μπορούν να διατίθενται στην αγορά μόνο εάν φέρουν τη Σήμανση Συμμόρφωσης CE. Επομένως, για σκοπούς υπολογισμών θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι δηλωμένες τιμές που αναγράφονται στη Σήμανση Συμμόρφωσης CE.

Η επιλογή των θερμομονωτικών υλικών θα πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη τις διάφορες καταπονήσεις (μηχανικές, υγροθερμικές και φυσικοχημικές) που υφίστανται τα υλικά στο συγκεκριμένο έργο, νοούμενου ότι οι συγκεκριμένες καταπονήσεις επηρεάζουν άμεσα τη θερμική απόδοσή τους. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση του βέλτιστου συνδυασμού των κριτηρίων επιλογής θερμομονωτικών υλικών.

### 3.1 Κριτήρια επιλογής θερμομονωτικών υλικών

Τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή θερμομονωτικών υλικών είναι:

#### α. Θερμοτεχνικά Χαρακτηριστικά

- Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ.
- Η εξάρτηση του λ από τη θερμοκρασία.
- Η εξάρτηση του λ από την υγρασία. Η τιμή του λ αυξάνει σημαντικά με τη συμπύκνωση υδρατμών μέσα στη μάζα του και αν διαβραχεί όλη η μάζα του τότε παύει να υπάρχει θερμομονωτική δράση.
- Η ειδική θερμότητα.
- Ο συντελεστής θερμικής διαστολής. Όσο χαμηλότερος είναι, τόσο απομακρύνεται ο κίνδυνος οικοδομικών μικροζημιών ή καταστροφής των στεγανώσεων.

#### β. Τρόπος Εφαρμογής

- Προκατασκευασμένα προϊόντα ή κατασκευή επί τόπου.
- Απαιτούμενα προστατευτικά μέτρα (για προστασία από μηχανικές βλάβες ή δυσμενείς περιβαλλοντικές επιδράσεις).
- Δυνατότητα ελέγχου κατά την κατασκευή.

#### γ. Μηχανικές Ιδιότητες

- Αντοχή σε θλίψη, κάμψη και δονήσεις.
- Αλλοιώσεις με το χρόνο (γήρανση)
- Πυκνότητα
- Ελαστικότητα, ευθραυστότητα.

**δ. Χημική συμπεριφορά - ανθεκτικότητα**

- Αντίσταση στη διάβρωση, στους μικροοργανισμούς, έντομα, κ.λπ.
- Συμπεριφορά στην υγρασία (τυχόν μεταβολή των διαστάσεων, διαπερατότητα στους υδρατμούς, απορροφητικότητα νερού).
- Συμπεριφορά στη φωτιά και μέγιστες επιτρεπόμενες θερμοκρασίες λειτουργίας.
- Βαθμός ευαισθησίας σε υπεριώδη ακτινοβολία, σε διάφορα αέρια και σε διάφορους διαλύτες ή το θαλασσίνο νερό, κ.λπ.

**ε. Οικονομικά Στοιχεία**

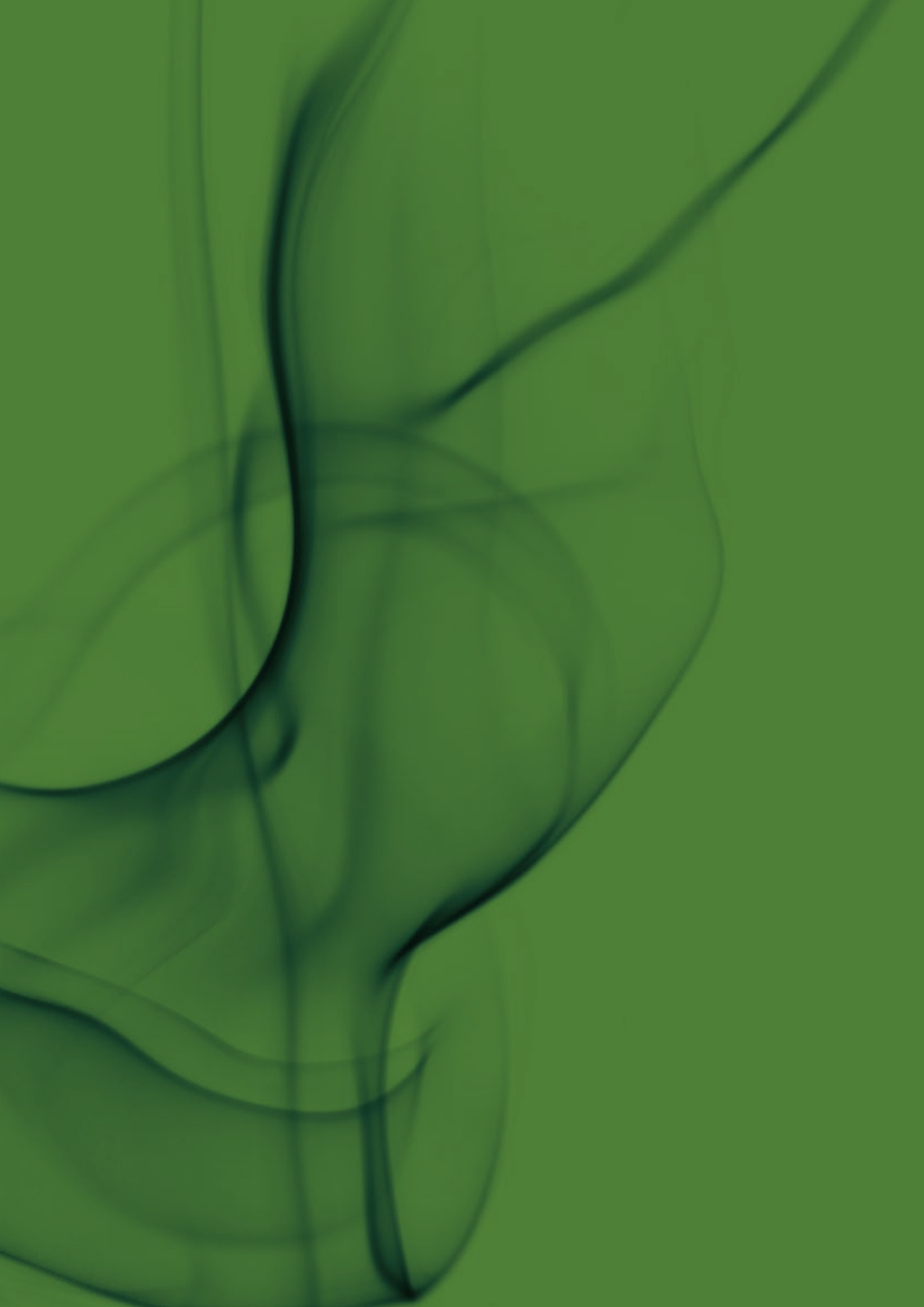
- Επιπρόσθετο κόστος προμήθειας και εγκατάστασης.
- Χρόνος απόσβεσης δαπάνης.
- Ποσοστό προστιθέμενης αξίας στην όλη κατασκευή.

**3.2 Συνηθισμένα θερμομονωτικά υλικά**

Σήμερα στην αγορά υπάρχει μεγάλη ποικιλία θερμομονωτικών υλικών όπως:

- Εξηλασμένη πολυστερίνη
- Διογκωμένη πολυστερίνη
- Υαλοβάμβακας
- Πολυουρεθάνη
- Αφρώδες Γυαλί
- Περλιτοειδή
- Πετροβάμβακας
- Φελλός
- PVC
- Κυψελωτό σκυρόδεμα
- Θερμομονωτικά τούβλα
- Πλάκες περλιτοϋάλου





## 4. ΤΥΠΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Ένα κτίριο πρέπει να θερμομονώνεται σε όλες τις εξωτερικές επιφάνειές του, κατακόρυφες και οριζόντιες, που περικλείουν κλιματιζόμενους χώρους από τους οποίους είναι δυνατό να διαφύγει θερμική ενέργεια (επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με ατμοσφαιρικό αέρα ή μη κλιματιζόμενους χώρους).

Ως εκ τούτου, τα πιο βασικά μέρη ενός κτιρίου τα οποία πρέπει να θερμομονώνονται είναι:

### 4.1 Βασικές έννοιες

#### Θερμομόνωση κτιρίου:

Με τη λήψη μέτρων για θερμομόνωση του κελύφους ενός κτιρίου επιδιώκεται η μείωση του ρυθμού ροής θερμότητας μέσα από τα τοιχώματα που χωρίζουν περιοχές ή χώρους με διαφορετική θερμοκρασία. Η θερμομόνωση συνίσταται από ένα σύνολο στοιχείων (υλικά, διαδικασίες και μέθοδοι κατασκευής) και συνδέεται άμεσα με το κόστος κατασκευής και λειτουργίας του κτιρίου.

#### Μετάδοση θερμότητας με αγωγή:

Αυτή βασίζεται στην ιδιότητα των μορίων των υλικών σωμάτων να προσλαμβάνουν θερμότητα από γειτονικά μόρια υψηλότερης θερμοκρασίας και να μεταδίδουν τη θερμότητά τους σε γειτονικά μόρια χαμηλότερης θερμοκρασίας. Στα στερεά σώματα η μετάδοση της θερμότητας επιτυγχάνεται εύκολα λόγω της πολύ μικρής απόστασης (πρακτικά όταν έρχονται σε επαφή) μεταξύ των μορίων κάθε σώματος. Στα υγρά, την αγωγιμότητα βοηθούν οι ελαστικές κρούσεις των μορίων. Στα μέταλλα, η ροή της θερμότητας με αγωγή οφείλεται κύρια στη διάχυση των ελεύθερων ηλεκτρονίων.

#### Μετάδοση θερμότητας με μεταφορά:

Αυτή βασίζεται στη δυνατότητα μεταβίβασης της θερμότητας σε υγρά ή αέρια σώματα μέσω της μετακίνησης των θερμών μορίων. Στα κτίρια, με τη φυσική κυκλοφορία του αέρα διακινούνται σημαντικά ποσά θερμότητας. Εκτός από τη φυσική κυκλοφορία του αέρα, που οφείλεται σε θερμοκρασιακές μεταβολές μέσα στους χώρους, μετακινήσεις του αέρα προκαλούν και οι άνεμοι, οι κινήσεις των ανθρώπων, τα ανοίγματα θυρών και παραθύρων, η λειτουργία ανεμιστήρων κ.ά.

#### Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία:

Αυτή συμβαίνει μεταξύ στερεών σωμάτων με διαφορετική θερμοκρασία που διαχωρίζονται από αέρα και μεταδίδεται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

#### Ειδική θερμότητα (c):

Έτσι ονομάζεται η ποσότητα ενέργειας που χρειάζεται για να υψωθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας ενός υλικού κατά  $1^{\circ}\text{C}$ . Οι μονάδες της ειδικής θερμοχωρητικότητας είναι το  $\text{kcal/kg } ^{\circ}\text{C}$  ή  $\text{J/kg K}$ .

#### Θερμογέφυρα:

Είναι το τμήμα ενός κατασκευαστικού στοιχείου του οποίου ο βαθμός θερμομόνωσης είναι σημαντικά χαμηλότερος από τη μέση τιμή θερμομόνωσης του συνόλου του στοιχείου.

Το πρόβλημα της θερμογέφυρας παρουσιάζεται συνήθως στις απολήξεις των πλακών, τα όρια της εξωτερικής τοιχοποιίας, τις ποδιές ανοιγμάτων, τα ανώφλια κ.ά. Στην περιοχή της θερμογέφυρας, λόγω της αυξημένης ροής της θερμότητας, παρουσιάζονται στις εσωτερικές πλευρές του τοιχώματος χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα τη συχνή εμφάνιση τοπικής υγρασίας και μούχλας.

#### Γραμμική Θερμογέφυρα ( $\Psi$ ):

Η πρόσθετη απώλεια θερμότητας που αποδίδεται στη σύνδεση εκφράζεται ως γραμμική θερμική μετάδοση, τιμή  $\Psi$  ( $\text{W/m.K}$ ).

**Υγρασία:**

Είναι η περιεκτικότητα (κατά βάρος ή στα % μέρη) μιας ουσίας σε νερό. Ειδικά για τον αέρα, υγρασία είναι η περιεκτικότητά του σε νερό με τη μορφή υδρατμών. Αυτή εξαρτάται από τη δυνατότητα λήψης ποσοτήτων νερού (από ελεύθερες επιφάνειες νερού ή από υγρά σώματα στο χώρο εκτεθειμένα σε ρεύματα αέρα, ανθρώπινες εκπνοές και ιδρώτα) από τον αέρα, από τη θερμοκρασία και την πίεση του αέρα, καθώς και από την επιφανειακή θερμοκρασία των τοιχωμάτων ή άλλων αντικειμένων στο χώρο. Με την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα αυξάνεται η δυνατότητά του να παραλαμβάνει υγρασία, ενώ με τη μείωση της θερμοκρασίας του μπορεί να επέλθει κορεσμός και, στη συνέχεια, να εμφανισθεί υγροποίηση των υδρατμών (εμφάνιση σταγόνων στην επιφάνεια των ψυχρότερων αντικειμένων ή τοιχωμάτων).

**Φράγμα υδρατμών:**

Αυτό είναι λεπτό στρώμα υλικού μεγάλης αντίστασης υδατοδιαφυγής (π.χ. φύλλο αλουμινίου, PVC, πισσόχαρτου, γυαλιού, στρώμα πλαστικού χρώματος κ.ά.) που τοποθετείται στη θερμότερη πλευρά των χώρων όπου υπάρχει αυξημένη υγρασία για να εμποδίζει τους υδρατμούς να εισχωρήσουν και να ψυχθούν στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου.

**Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα ( $C_m$ ):**

Η ποσότητα της θερμότητας που μπορεί να προσλάβει ένα υλικό ονομάζεται αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα και οι μονάδες είναι  $\text{kJ}/(\text{kgK})$ .

**Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ ):**

Είναι η ποσότητα θερμότητας που ρέει ανά μονάδα χρόνου ( $\text{J}/\text{s}$ ) μέσα από τη στρώση ομοιογενούς υλικού επιφάνειας  $1\text{m}^2$ , όταν η θερμοκρασιακή πτώση κατά τη διεύθυνση ροής της θερμότητας είναι  $1^\circ\text{C}/\text{m}$  ή  $1\text{K}/\text{m}$  και οι μονάδες μέτρησης του είναι  $\text{W}/\text{mK}$ .

**Συντελεστής θερμοπερατότητας ( $U$ ):**

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας καθορίζει τη θερμομονωτική ικανότητα του στοιχείου κατασκευής και δίδει την ποσότητα της θερμότητας ανά μονάδα χρόνου η οποία μεταδίδεται σε σταθερή θερμική κατάσταση, από επιφάνεια  $1\text{m}^2$  του στοιχείου κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα που βρίσκεται σε επαφή με τις δυο πλευρές του στοιχείου είναι  $1$  βαθμός Κέλβιν. Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από την επιφάνεια της κατασκευής, το πάχος και το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  των οικοδομικών υλικών και η μονάδα μέτρησης του είναι  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

**Πυκνότητα ( $\rho$ ):**

Πυκνότητα ενός υλικού ορίζεται ως η μάζα του υλικού ανά μονάδα όγκου ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ).

**Κέλυφος κτιρίου:**

“κέλυφος του κτιρίου” σημαίνει το σύνολο των επιφανειών των δομικών στοιχείων που διαχωρίζουν τον θερμαινόμενο χώρο από το εξωτερικό περιβάλλον (αέρα, έδαφος ή νερό) ή από εφαιπόμενα κτίρια ή μη θερμαινόμενους χώρους.

**Θερμαινόμενος χώρος:**

Θερμαινόμενος χώρος είναι η κλειστή περιοχή για την οποία απαιτείται ενέργεια για επίτευξη και διατήρηση συνθηκών θερμικής άνεσης (θέρμανση, ψύξη).

**Θερμική αντίσταση ( $R$ ):**

Είναι η αντίσταση των στοιχείων στη ροή θερμότητας και είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμοπερατότητας ( $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ).



## 4.2 Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας - δοκών - υποστυλωμάτων

Οι βασικοί τρόποι θερμομόνωσης της εξωτερικής τοιχοποιίας, δοκών και υποστυλωμάτων είναι οι ακόλουθοι:

### Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας:

- Θερμομόνωση στην εσωτερική επιφάνεια
- Θερμομόνωση στην εξωτερική επιφάνεια
- Θερμομόνωση στον πυρήνα
- Χρήση θερμομονωτικών τούβλων

Στις περιπτώσεις θερμομόνωσης τοίχου, σε όποια θέση και να τοποθετηθεί η θερμομόνωση θα πρέπει:

- Να παρέχει επαρκή θερμική αντίσταση ώστε να πληρούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης.
- Να παρέχει ένα συνεχές θερμομονωτικό στρώμα χωρίς θερμογέφυρες.
- Να αντιστέκεται στη διείσδυση νερού.

### Θερμομόνωση Δοκών - Υποστυλωμάτων:

- Θερμομόνωση στην εσωτερική παρειά
- Θερμομόνωση στην εξωτερική παρειά

### Ενίσχυση Θερμομόνωσης:

- Χρήση θερμοσοβά

### 4.2.1 Εσωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας, δοκών-υποστρωμάτων (Σχήμα 4.1.1)

Η εσωτερική θερμομόνωση τοποθετείται σε κτίρια στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης χωρίς χρονική καθυστέρηση, και δεν μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία μετά τη διακοπή του κλιματισμού, δηλαδή, παραθεριστικές κατοικίες, σχολεία, κτίρια γραφείων ημερήσιας λειτουργίας κ.λπ.

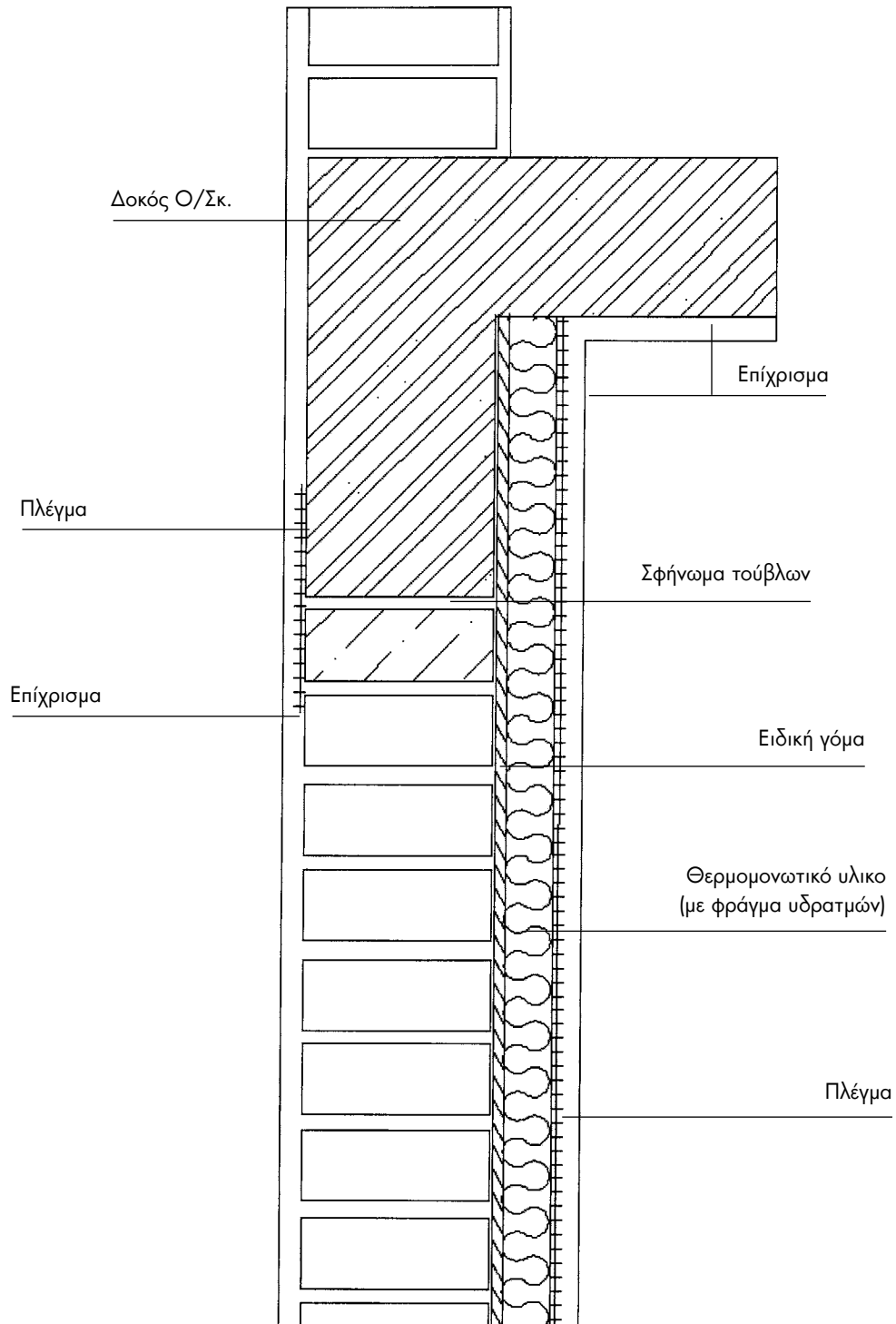
Η εσωτερική θερμομόνωση καλύπτεται με συνδυασμό πλέγματος και επιχρίσματος, με γυψοσανίδα κ.λπ.

#### Τα πλεονεκτήματα της εσωτερικής θερμομόνωσης είναι:

- Απλή και γρήγορη κατασκευή
- Οικονομικότερη κατασκευή σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση
- Άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης
- Τα μονωτικά υλικά δεν χρειάζονται προστασία από εξωτερικές επιδράσεις (άνεμοι, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία κ.λπ.)

#### Τα μειονεκτήματά της είναι:

- Πρόβλημα θερμογεφυρών (κυρίως στα σημεία όπου υπάρχουν συναρμογές εξωτερικών και εσωτερικών τοίχων).
- Γρήγορη ψύξη του χώρου μετά τη διακοπή της θέρμανσης.
- Αδυναμία προστασίας δομικών στοιχείων από συστολές - διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών.
- Πιθανότητα δημιουργίας επιφανειακής υγρασίας από συμπύκνωση υδρατμών που για να αποφευχθεί απαιτείται η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών (φύλλα αλουμινίου, ασφαλτόπανο, νάιλον κ.λπ.) μπροστά από το μονωτικό υλικό και προς την κλιματιζόμενη πλευρά του χώρου.
- Δυσκολία, όχι αξιόπιστα, στο να κρεμαστούν ράφια, πίνακες κ.λπ. μεγάλου βάρους και τοποθέτηση ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.
- Στην περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτίρια εμποδίζει την ομαλή λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και μειώνει το ωφέλιμο εμβαδόν του.



Σχήμα 4.1.1 Εσωτερική θερμομόνωση τοίχου με μονωτικό υλικό με φράγμα υδρατμών (μπροστά από το μονωτικό και προς την κλιματιζόμενη πλευρά του χώρου).

#### 4.2.2 Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας δοκών - υποστυλωμάτων (Σχήμα 4.1.2)

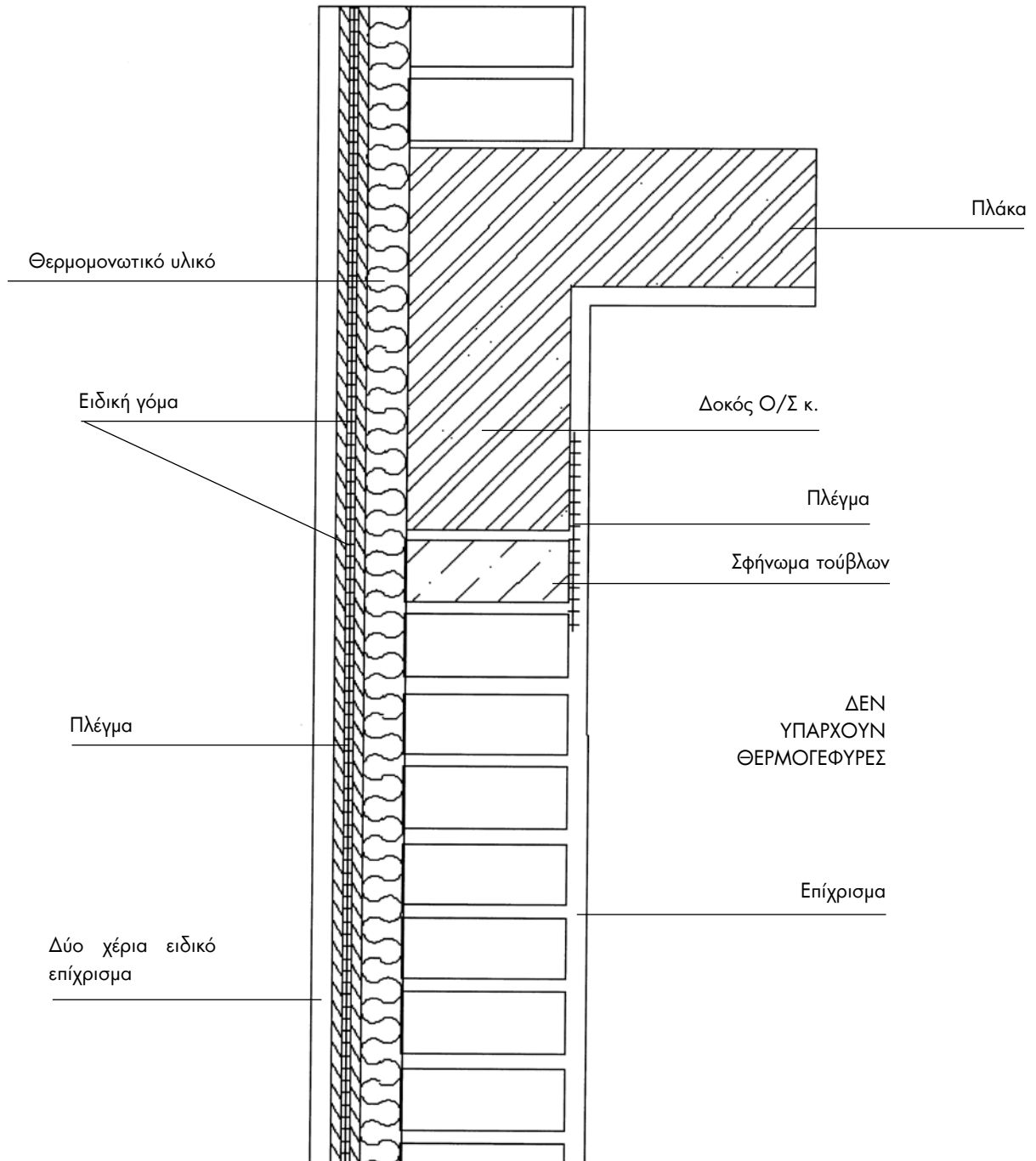
Τοποθετείται σε κτίρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης, ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού, δηλαδή σε κατοικίες μόνιμης διαμονής, νοσοκομεία κ.λπ. Η χρήση της σε υφιστάμενα μη θερμομονωμένα κτίρια πρέπει να γίνεται με προσοχή, λόγω δυσκολίας κατασκευής, υψηλού κόστους και αύξησης περιμέτρου του κτιρίου που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα συντελεστή δόμησης.

##### Τα πλεονεκτήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης

- Διατήρηση της θερμότητας στο χώρο και μετά τη διακοπή της θέρμανσης λόγω της θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων.
- Μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μικρότερης χρονικά χρήσης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης εξαιτίας της αποθήκευσης ενέργειας στα νότια κυρίως δομικά στοιχεία από τον ήλιο εφόσον εξασφαλίζεται η απαιτούμενη θερμοχωρητικότητα με την κατασκευή τοιχοποιίας, δοκών και υποστυλωμάτων επαρκούς πάχους.
- Προστασία εξωτερικών επιφανειών τοίχων από συστολές και διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών.
- Ελαχιστοποίηση έως μηδενισμός των θερμογεφυρών.
- Σε περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτίρια αφενός μεν δεν εμποδίζει τη λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και αφετέρου δεν μειώνει το ωφέλιμο εμβαδόν του.
- Προστασία από καιρικές συνθήκες

##### Τα μειονεκτήματα της είναι:

- Αυξημένο κόστος κατασκευής.
- Απαιτείται προσοχή στην κατασκευή (ορθή επιλογή υλικών, ορθή τοποθέτηση) για αποφυγή δημιουργίας ρωγμών στην όψη.
- Δυσκολία/Αδυναμία εφαρμογής σε κτίρια με έντονες εξωτερικές μορφολογικές όψεις.



Σχήμα 4.1.2 Εξωτερική θερμομόνωση τοίχου με μονωτικό υλικό

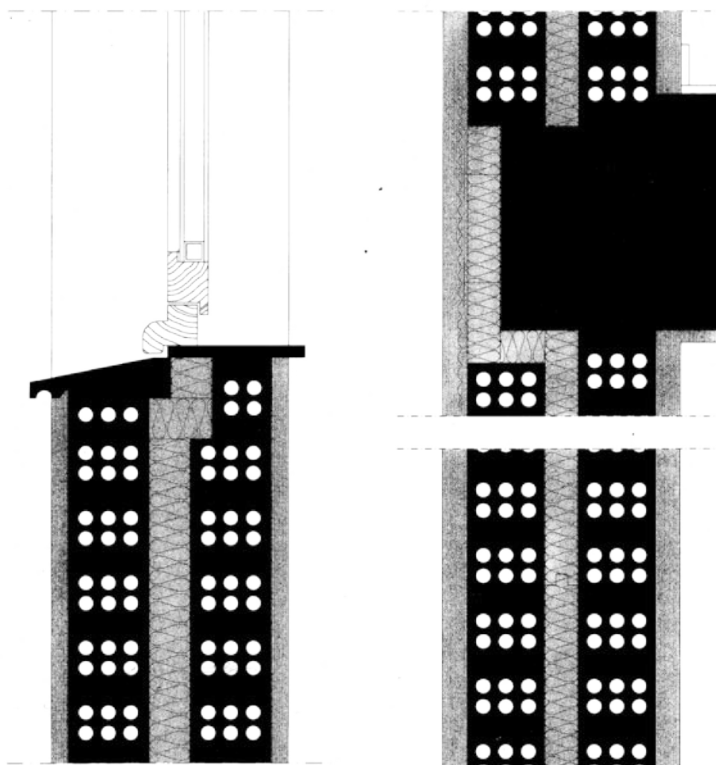
### 4.2.3 Θερμομόνωση πυρήνα εξωτερικής τοιχοποιίας

Η εξωτερική τοιχοποιία με διάκενο, συνήθως αποτελείται από δύο επιμέρους τοίχους που ενώνονται μεταξύ τους. Ο εξωτερικός τοίχος είναι, συνήθως, από τούβλο όπως και ο εσωτερικός, παρόλο που χρησιμοποιούνται και κατασκευές τούβλου/μπλοκ και μπλοκ/μπλοκ. Για συμμόρφωση με τις ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης που ισχύουν, θα πρέπει να τοποθετηθεί θερμική μόνωση στο διάκενο.

Ο εσωτερικός επιμέρους τοίχος από τούβλο θα απορροφήσει και θα συγκρατήσει τη θερμική ενέργεια ενώ το κτίριο θερμαίνεται. Ο τοίχος θα επιστρέψει τη θερμότητα αυτή στα δωμάτια όταν το κτίριο δεν θερμαίνεται, διατηρώντας έτσι μια πιο ομοιόμορφη εσωτερική θερμοκρασία.

Ο τοίχος από τούβλα είναι πορώδης. Σε μακρές περιόδους βροχοπτώσεων, το νερό της βροχής θα διεισδύσει από τον εξωτερικό τοίχο και μπορεί να τρέξει στο εσωτερικό μέτωπο του τοίχου αυτού. Για να αποφευχθεί το πέρασμα της υγρασίας από τον εξωτερικό τοίχο στο θερμομονωτικό υλικό, θα πρέπει να υπάρχει ένα σαφές διάκενο μεταξύ του εξωτερικού τοίχου και των θερμομονωτικών πλακών. Ένα καθαρό κενό πάχους 5 cm, είναι κατάλληλο για όλους τους βαθμούς έκθεσης. Για ορισμένες περιπτώσεις, ένα καθαρό κενό των 2,5 cm θα είναι αρκετό για να αποτρέψει την είσοδο της υγρασίας στο θερμομονωτικό υλικό.

Η χρήση θερμομονωτικών υλικών εντός ενός διακένου που δεν αερίζεται, δεν προδικάζει τις ιδιότητες πυραντοχής του τοίχου. Οι πλάκες του θερμομονωτικού υλικού είναι απίθανο να αναφλεγούν αν η φωτιά διεισδύσει σε ένα κενό που δεν αερίζεται. Η εξάπλωση της φλόγας θα είναι ελάχιστη αφού δεν θα υπάρχει αρκετός αέρας για να διατηρήσει την καύση.



Σχήμα 4.1.3 Θερμομόνωση τοιχοποιίας στο διάκενο μεταξύ των δύο τοίχων

#### 4.2.4 Τοιχοποιία από θερμομονωτικά τούβλα

Στις περιπτώσεις αυτές δεν τοποθετούνται μονωτικά υλικά καθότι τα δομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της τοιχοποιίας είναι ειδικά τούβλα που εμφανίζουν θερμομονωτικές ιδιότητες (τούβλα από κυψελωτό σκυρόδεμα, ειδικά θερμομονωτικά τούβλα), ή τούβλα που περιλαμβάνουν στην εργοστασιακή κατασκευή τους θερμομονωτικά υλικά. Δοκοί και υποστύλωματα μονώνονται εσωτερικά ή εξωτερικά.

##### **Πλεονεκτήματα:**

- Ευκολία κατασκευής
- Εξοικονόμηση ωφέλιμου εσωτερικού χώρου
- Ταυτόχρονη εξασφάλιση ικανοποιητικού επιπέδου ακουστικής άνεσης

##### **Μειονεκτήματα:**

- Δυσκολία κρεμάσματος πινάκων, ραφιών κ.λπ. σε κατασκευές με κυψελωτό σκυρόδεμα.
- Χρήση σε ελαφριές κατασκευές.
- Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις που απαιτείται ψηλή θερμοχωρητικότητα.

#### 4.2.5 Ενίσχυση θερμομόνωσης τοιχοποιίας, δοκών και υποστύλωμάτων με θερμοσοβά

○ θερμοσοβάς κυρίως χρησιμοποιείται ως συμπλήρωμα της θερμομόνωσης.

### 4.3 Θερμομόνωση Κουφωμάτων

Η τοποθέτηση, διαστασιολόγηση και τυπολογία των κουφωμάτων κατά τη διάρκεια του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού είναι ένα ιδιαίτερο πρόβλημα με πολλές παραμέτρους, όπως:

- Θέα
- Ηλιοφάνεια
- Σκιασμός
- Φωτισμός
- Αερισμός
- Δροσισμός
- Μορφή
- Ενεργειακά οφέλη
- Ενεργειακές απώλειες

Τα κουφώματα είναι παρειές του κτιρίου και μέσα επαφής με το περιβάλλον, άρα στοιχεία από τα οποία μπορεί να διαφύγει ενέργεια. Επομένως, ο ρόλος τους στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη των χώρων είναι σημαντικός. Το χειμώνα χάνεται θερμότητα από μέσα προς τα έξω ενώ το καλοκαίρι εισέρχεται θερμότητα στον εσωτερικό χώρο από το ζεστό εξωτερικό περιβάλλον. Η διαδικασία αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση κατάλληλα κατασκευασμένων, ενεργειακά αποδοτικών κουφωμάτων. Τα κουφώματα αυτά θα πρέπει να έχουν υαλοπίνακες και σκελετούς με καλές θερμομονωτικές ιδιότητες και επί πλέον, θα πρέπει να είναι αεροστεγανά, ώστε να εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας από χαραμάδες οι οποίες μπορούν να φέρουν σημαντικές απώλειες θερμότητας, όπως παρατηρείται σε παλαιά κτίρια ή κτίρια κακής κατασκευής.

Υπάρχουν κουφώματα ξύλινα, μεταλλικά, αλουμινίου και συνθετικά πλαστικά σε διάφορες τυπολογίες ανοίγματος (επάλληλα, συρόμενα εσωτερικά σε τοίχο ή εξωτερικά, ανοιγόμενα, περιστρεφόμενα περί οριζόντιο ή κατακόρυφο άξονα) και σταθερά.

Από ενεργειακής πλευράς καλό είναι να αποφεύγονται τα εσωτερικά σε τοίχο συρόμενα κουφώματα λόγω αυξημένων θερμικών απωλειών.



**Πλαίσια:**

Από πλευράς υλικού κατασκευής των πλαισίων των κουφωμάτων, τα πλαίσια αλουμινίου έχουν τις μεγαλύτερες θερμικές απώλειες, εκτός αν υπάρχει φράγμα ροής θερμότητας (thermal break) τοποθετημένο στον πυρήνα του προφίλ του αλουμινίου.

Τα ξύλινα και συνθετικά πλαστικά πλαίσια παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας και ως εκ τούτου εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας.

**Παντζούρια:**

Τα παντζούρια που χρησιμοποιούνται στα παράθυρα, όποτε χρησιμοποιούνται, είναι ομοίως ξύλινα, αλουμινίου και πλαστικά συνθετικά σε τυπολογίες όπως εξωτερικά ή εσωτερικά ανοιγόμενα, συρόμενα και ρολά.

Τα κουτιά των ρολών καλό είναι να μονώνονται εσωτερικά και τα φύλλα των ρολών εάν είναι πλαστικά να έχουν γέμιση με μονωτικό αφρό.

Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίνεται στη θέση τους σε σχέση με το πάχος της τοιχοποιίας. Έτσι προτιμώνται παράθυρα τα οποία βρίσκονται σε συνέχεια με το θερμομονωτικό υλικό των τοίχων.

**Υαλοστάσια:**

Η χρήση των διπλών υαλοστασίων με ή χωρίς χαμηλό συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας ή/ και με θερμομονωτικό αέριο στο διάκενο, προσφέρουν εκτός από θερμομόνωση και ηχοπροστασία.

Πρέπει επιπλέον όμως να τονιστεί ότι η ορθολογική χρήση των κουφωμάτων και των παντζουριών από τους χρήστες μπορεί να συνεισφέρει πολλαπλάσια οφέλη στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, καθώς και στον δροσισμό τους σε συνδυασμό με διάφορα άλλα αρχιτεκτονικά στοιχεία του κτιρίου όπως πέργκολες, σκίαστρα κ.λπ.

## 4.4 Οροφές και στέγες

### 4.4.1 Θερμομόνωση επίπεδης και κεκλιμένης οροφής από οπλισμένο σκυρόδεμα

Οροφή θεωρείται η κατασκευή η οποία είναι κεκλιμένη ή οριζόντια.

Το θερμομονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετηθεί:

4.4.1.1 Κάτω από την πλάκα

4.4.1.2 Πάνω από την πλάκα

#### 4.4.1.1 Θερμομόνωση κάτω από την πλάκα (Σχήμα 4.3.1)

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε περιπτώσεις κτιρίων στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού (εξοχικές κατοικίες, γραφεία, καταστήματα κ.λπ.).

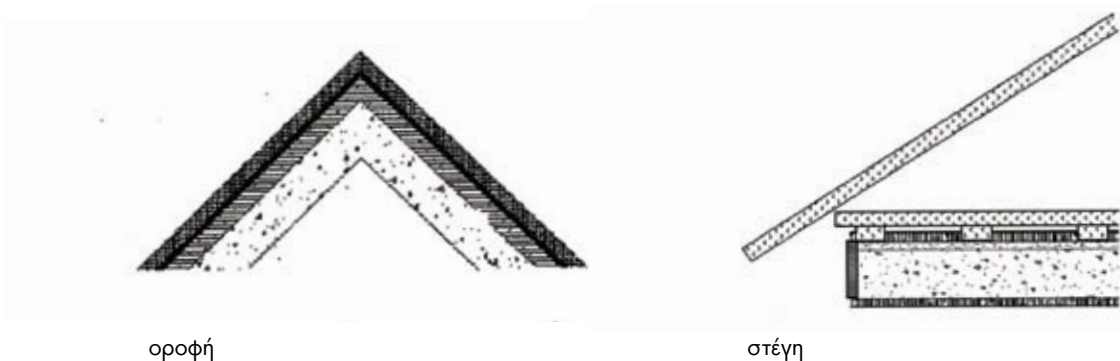
Το μονωτικό υλικό τοποθετείται είτε πριν την σκυροδέτηση ή μετά. Καλύπτεται με συνδυασμό πλέγματος και επιχρίσματος ή με γυψοσανίδα ή με όποιου τύπου ψευδοροφή, εφόσον το επιτρέπει το ύψος του χώρου.

#### Πλεονεκτήματα:

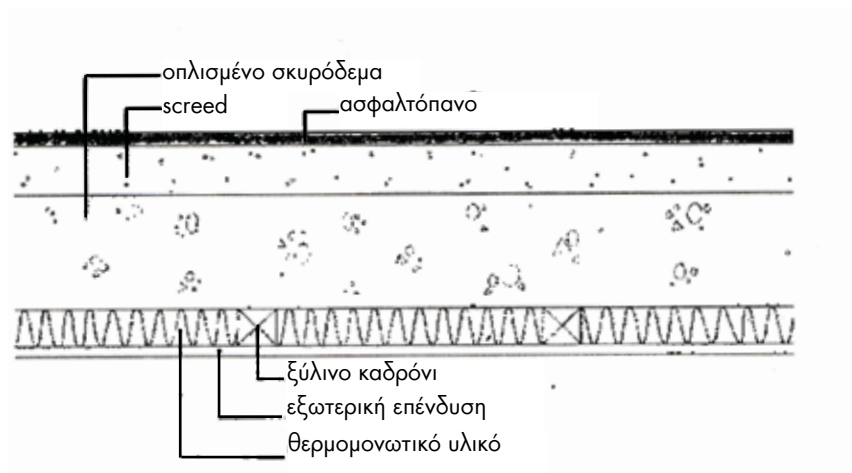
- Άμεση απόδοση συστήματος κλιματισμού
- Τα μονωτικά υλικά δεν χρειάζονται προστασία από εξωτερικές επιδράσεις (άνεμοι, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία)

#### Μειονεκτήματα:

- Γρήγορη ψύξη του χώρου μετά τη διακοπή της θέρμανσης
- Πιθανότητα δημιουργίας υγρασίας και μούχλας στις γωνίες λόγω συμπύκνωσης των υδρατμών.



Σχήμα 4.3. Διάκριση μεταξύ οροφής και στέγης.



Σχήμα 4.3.1 Θερμομόνωση επίπεδης οροφής κάτω από την πλάκα οπλισμένου Σκυροδέματος

#### 4.4.1.2 Θερμομόνωση πάνω από την πλάκα

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε κτίρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού.

Το θερμομονωτικό υλικό, ανάλογα με τη συμπεριφορά του στην υγρασία, τοποθετείται κάτω από την στεγάνωση (περίπτωση κλασσικής μόνωσης) ή πάνω από αυτήν (ανεστραμμένη μόνωση).

Στην πρώτη περίπτωση όποιο στεγανωτικό και να χρησιμοποιηθεί απαιτείται φράγμα υδρατμών πάνω από την πλάκα.

##### Πλεονεκτήματα:

- Διατήρηση της θερμότητας στο χώρο και μετά τη διακοπή της θέρμανσης λόγω της θερμοχωρητικότητας της πλάκας.
- Μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μικρότερης χρονικά χρήσης του συστήματος κλιματισμού, εξαιτίας της αποθήκευσης ενέργειας στην πλάκα.
- Προστασία εξωτερικής επιφάνειας πλάκας από συστολές και διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών.
- Στην περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτίρια αφενός μεν δεν εμποδίζει τη λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και αφετέρου δεν μειώνει το ωφέλιμο ύψος του.

##### Μειονεκτήματα:

- Απαιτείται προσοχή στην κατασκευή σε συνδυασμό με τη στεγάνωση.

#### 4.4.2 Θερμομόνωση στέγης

##### Τύποι Στεγών

Στέγη θεωρείται η κατασκευή η οποία συνδυάζει κεκλιμένη και οριζόντια οροφή. Οι στέγες κάτω από τις οποίες συνήθως κατοικούν ή εργάζονται άτομα θεωρούνται θερμές στέγες. Σ' αυτή την περίπτωση η θερμομόνωση τοποθετείται εξωτερικά ή εσωτερικά στην κεκλιμένη επιφάνεια της στέγης. Η πρώτη περίπτωση προτιμάται κυρίως κατασκευαστικά ενώ η δεύτερη επισκευαστικά. Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να εξασφαλίζεται η ύπαρξη αερισμού για αποφυγή συμπύκνωσης υδρατμών.

Σε περίπτωση που ο χώρος μεταξύ της κεκλιμένης και οριζόντιας οροφής έχει περιορισμένη επισκεψιμότητα, τότε η στέγη χαρακτηρίζεται ψυχρή. Σ' αυτή την περίπτωση η θερμομόνωση γίνεται επί της οριζόντιας πλάκας. Τα θερμομονωτικά υλικά που προορίζονται για τη θερμομόνωση στεγών πρέπει να έχουν ιδιότητες κατάλληλες για την εφαρμογή όπως:

- Χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  για να χρησιμοποιείται το μικρότερο δυνατό πάχος υλικού.
- Αντίσταση στη διαπερατότητα υδρατμών για να μειώνεται ο κίνδυνος συμπύκνωσης υδρατμών στην περιοχή επαφής στοιχείου από σκυρόδεμα και μονωτικού υλικού, όταν το τελευταίο τοποθετείται εσωτερικά.
- Ευκολία χειρισμού όσον αφορά το βάρος, τις διαστάσεις στις μηχανικές αντοχές και στον τρόπο στερέωσης του υλικού.
- Ευκολία κοπής, διαμόρφωσης στα σχήματα των στοιχείων της στέγης.
- Δυνατότητα καλής συναρμογής των τεμαχίων του μονωτικού υλικού, για να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες και οι γραμμές συμπύκνωσης υδρατμών στους αρμούς του.

## 4.5 Θερμομόνωση δαπέδων εκτεθειμένων στο εξωτερικό περιβάλλον

Η θερμομόνωση σε εκτεθειμένο δάπεδο τοποθετείται

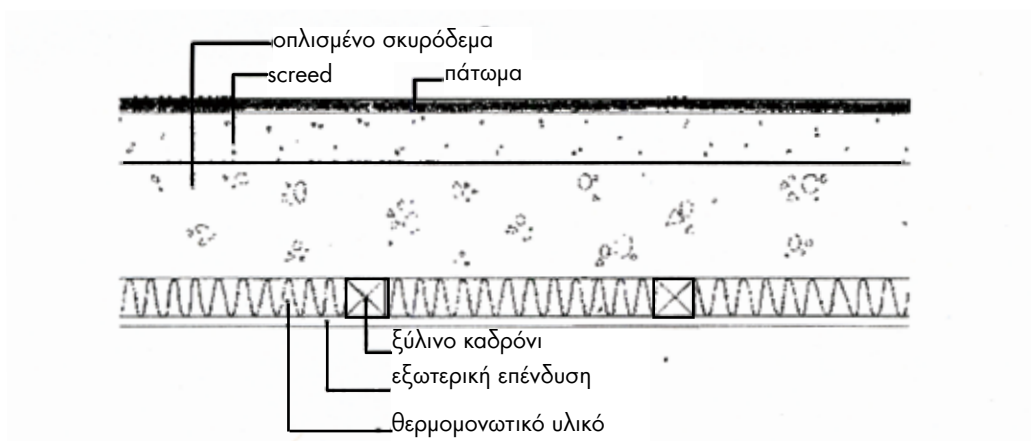
4.5.1 Στην κάτω πλευρά της πλάκας, ή

4.5.2 Στην πάνω πλευρά της πλάκας

### 4.5.1 Θερμομόνωση στην κάτω πλευρά της πλάκας (Σχήμα 4.4.1)

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε κτίρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού (μόνιμες κατοικίες, νοσοκομεία κ.λπ.).

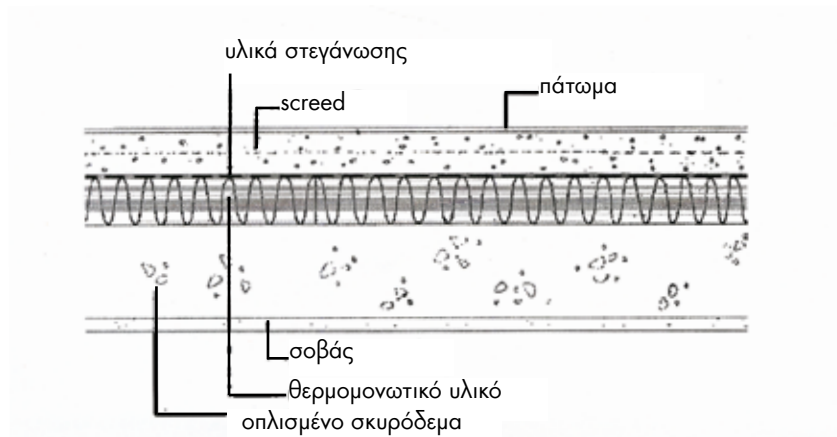
Το μονωτικό υλικό τοποθετείται είτε πριν την σκυροδέτηση είτε μετά. Καλύπτεται κυρίως με συνδυασμό πλέγματος και επιχρίσματος.



Σχήμα 4.4.1 Θερμομόνωση δαπέδου εκτεθειμένου στο εξωτερικό περιβάλλον τοποθετημένη στην κάτω πλευρά της πλάκας

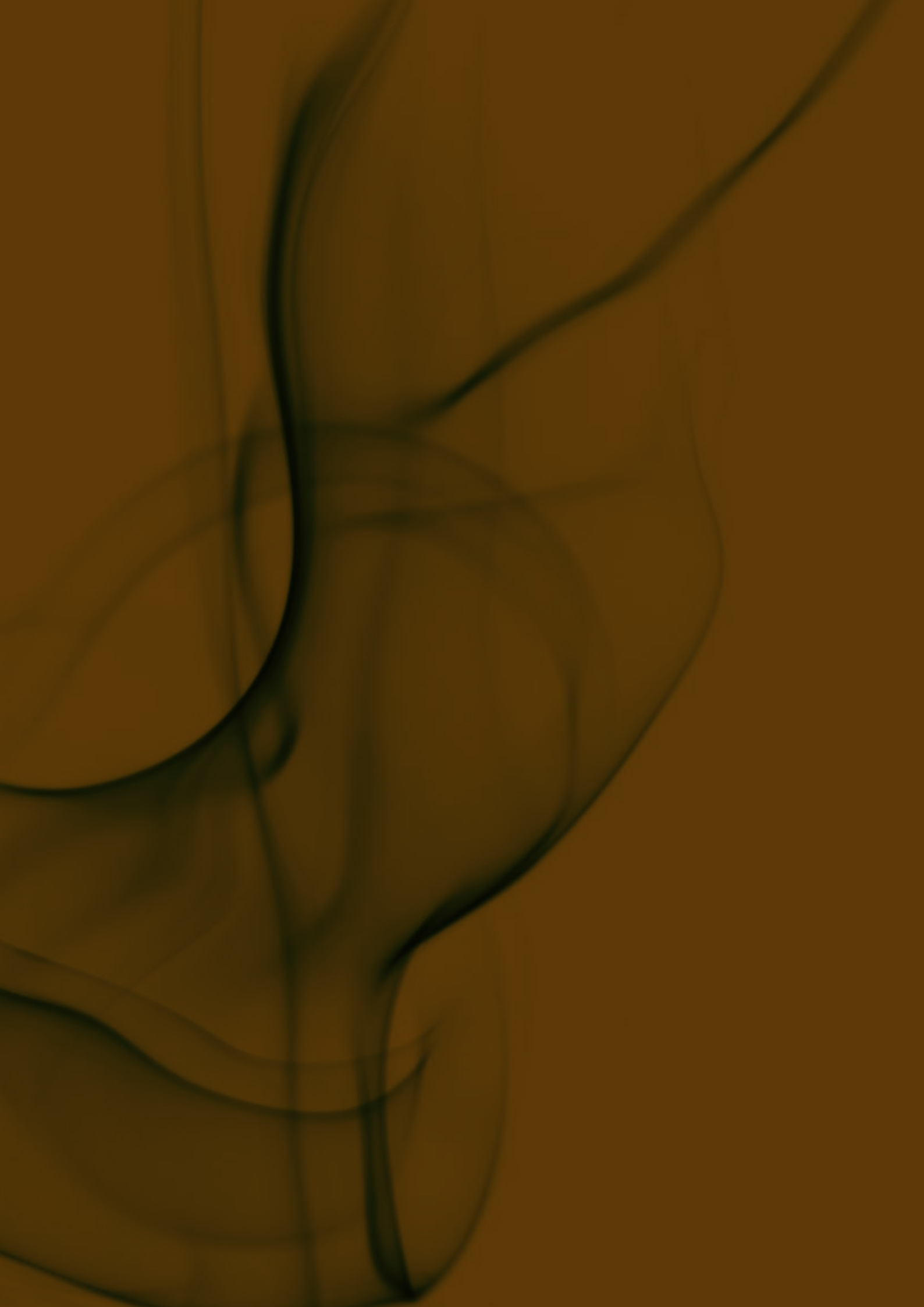
#### 4.5.2 Θερμομόνωση στην πάνω πλευρά της πλάκας (Σχήμα 4.4.2)

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε περιπτώσεις κτιρίων στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού (εξοχικές κατοικίες, γραφεία, καταστήματα ημερήσιας χρήσης κ.λπ.).



Σχήμα 4.4.2 Θερμομόνωση δαπέδου εκτεθειμένου στο εξωτερικό περιβάλλον τοποθετημένη στην πάνω πλευρά της πλάκας







## 5. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ - ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

(Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας)

Οι απαιτήσεις για θερμομόνωση του κελύφους του κτιρίου καθορίζονται στο εκάστοτε περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Απαιτήσεις Ελάχιστης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου) Διάταγμα, που εκδίδεται από τον Υπουργό Εμπορίου Βιομηχανίας και Τουρισμού δυνάμει του άρθρου 15(1) των περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων Νόμων του 2006 και 2009 και δημοσιεύεται στην Επίσημη Εφημερίδα της Δημοκρατίας.

### 5.1 Πρόνοιες διατάγματος

Οι πρόνοιες του Διατάγματος θα πρέπει να εφαρμόζονται για κάθε νέο κτίριο, καθώς και για κάθε κτίριο συνολικής ωφέλιμης επιφάνειας άνω των χιλίων τετραγωνικών μέτρων που υφίσταται ριζική ανακαίνιση.

Το διάταγμα καθορίζει μέγιστους συντελεστές θερμοπερατότητας  $U$  για:

- τους εξωτερικούς τοίχους και στοιχεία της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου (κολόνες, δοκοί και τοιχία) που συνιστούν μέρος του κελύφους<sup>1</sup> του κτιρίου.  
[ $U \leq 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ ]

Σημείωση:

Επιτρέπεται υπερκάλυψη του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  για τοίχους θερμικής αποθήκευσης στις περιπτώσεις χρήσης Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων (π.χ. τοίχοι Trombe, τοίχοι μεγάλης θερμικής μάζας).

- τα εξωτερικά οριζόντια δομικά στοιχεία (δώματα, στέγες, εκτεθειμένα δάπεδα) και οροφές που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου. [ $U \leq 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ ]
- δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου υπόγειου ή ημιυπόγειου χώρου.  
[ $U \leq 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ ]
- τα εξωτερικά κουφώματα (πόρτες, παράθυρα) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.  
[ $U \leq 3,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ]

**Σημείωση: Εξαιρούνται οι βιτρίνες των καταστημάτων.**

Σημείωση:

1. «κελύφος του κτιρίου» είναι το σύνολο των επιφανειών των δομικών στοιχείων που διαχωρίζουν το θερμαινόμενο χώρο<sup>2</sup> από το εξωτερικό περιβάλλον (αέρα, έδαφος ή νερό) ή από εφραπτόμενα κτίρια ή μη θερμαινόμενους χώρους
2. «θερμαινόμενος χώρος» είναι η κλειστή περιοχή για την οποία απαιτείται ενέργεια για επίτευξη και διατήρηση συνθηκών θερμικής άνεσης (θέρμανση, ψύξη).
3. «φέρουσα κατασκευή κτιρίου» είναι το τμήμα που μεταφέρει άμεσα ή έμμεσα στο έδαφος τα μόνιμα και τα ωφέλιμα φορτία του κτιρίου, καθώς και τις επιρροές γενικά των δυνάμεων που επενεργούν σε αυτό, όπως οι δοκοί, οι κολόνες, τα τοιχία, οι οριζόντιες πλάκες οροφής και δαπέδων.

Από 1/1/2010 τίθενται σε ισχύ **πρόσθετες** απαιτήσεις ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, ως ακολούθως:

1. Η κατηγορία ενεργειακής απόδοσης κτιρίου στο Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου, για όλα τα νέα κτίρια, πρέπει να είναι **ίση ή καλύτερη από Β**.
2. Ο μέγιστος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας  $U_m$  κελύφους εξαιρουμένων δαπέδων δωματίων στεγών και οροφών που συνιστούν μέρος του κελύφους:

Για κτίρια που χρησιμοποιούνται ως κατοικίες [ $U_m \leq 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ]

Για κτίρια που δεν χρησιμοποιούνται ως κατοικίες [ $U_m \leq 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ]

Νοείται ότι για κτίρια που έχουν μικτή χρήση το μέρος του κτιρίου που χρησιμοποιείται ως κατοικία πρέπει να ικανοποιεί την απαίτηση για κατοικίες και το κτίριο στο σύνολο του να ικανοποιεί την απαίτηση για μη κατοικίες.

Στους υπολογισμούς πρέπει να συμπεριλαμβάνονται και οι προθήκες των καταστημάτων.

3. Σε όλα τα νέα κτίρια πρέπει να τοποθετείται πρόνοια για χρήση συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) π.χ. φωτοβολταϊκά συστήματα, ανεμογεννήτριες, κ.ά.

#### Σημείωση

Η πρόνοια να τοποθετείται σε συνεννόηση με τον προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας (Α.Η.Κ. ή άλλος) και να περιλαμβάνει: (α) την τοποθέτηση στο κτίριο μεγαλύτερου κιβωτίου μετρητών ηλεκτρισμού ώστε να υπάρχει πρόσθετος διαθέσιμος χώρος για εγκατάσταση του μετρητή Α.Π.Ε., και (β) την τοποθέτηση κατάλληλης σωλήνωσης η οποία να ξεκινά από το κιβώτιο μετρητών και να καταλήγει στη μελλοντική πιθανή θέση εγκατάστασης του συστήματος Α.Π.Ε.

4. Σε όλες τις νέες κατοικίες πρέπει να εγκαθίσταται ηλιακό σύστημα για ικανοποίηση των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης, σύμφωνα με τον Τεχνικό Οδηγό Ηλιακών Συστημάτων που ετοίμασε η Υπηρεσία Ενέργειας (Κέντρο Εφαρμογών Ενέργειας, τηλ. 22442592).

#### Σημείωση

Σε περίπτωση που η εγκατάσταση ηλιακού συστήματος δεν είναι εφικτή, ο μελετητής θα πρέπει να ετοιμάζει τεχνικοοικονομική ανάλυση που να τεκμηριώνει το γεγονός αυτό, την οποία θα αποστέλλει στην Υπηρεσία Ενέργειας του Υπουργείου Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού για έγκριση.



## 6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Ο υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας του κελύφους του κτιρίου δύναται να διενεργηθεί με τη χρήση σχετικού υπολογιστικού εργαλείου (U-value calculation tool) που διατίθεται δωρεάν από την Υπηρεσία Ενέργειας του Υπουργείου Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται σε έντυπα όπως φαίνεται στο παράρτημα Β.

Σε περιπτώσεις κτιρίων που απαιτείται η έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) οι υπολογισμοί των συντελεστών θερμοπερατότητας αποτελούν μέρος των υπολογισμών ενεργειακής απόδοσης κτιρίου.

## 6.1 Συμβολισμοί

Συμβολισμός	Περιγραφή Φυσικού Μεγέθους	Τυπικές Μονάδες
$A_i$	εμβαδόν επιφάνειας δομικού στοιχείου	(m <sup>2</sup> )
$d_i$	πάχος στρώσης δομικού υλικού	(m)
$j$	αύξοντας αριθμός ανά είδος τοίχου	-
$k$	αύξοντας αριθμός ανά είδος φέρουσας κατασκευής	-
$l$	αύξοντας αριθμός ανά είδος κουφώματος	-
$R_a$	η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα που βρίσκεται εγκλωβισμένος στο στοιχείο	(m <sup>2</sup> K / W)
$R_{se}$	η εξωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην εξωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου)	(m <sup>2</sup> K/W)
$R_{si}$	η εσωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εσωτερικό περιβάλλον και στην εσωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου)	(m <sup>2</sup> K/W)
$R_u$	θερμική αντίσταση παρακείμενου, μη θερμαινόμενου χώρου	(m <sup>2</sup> K/W)
$R_{T_u}$	συνολική θερμική αντίσταση ενός μη αεριζόμενου στρώματος αέρα	(m <sup>2</sup> K/W)
$R_{T_v}$	η συνολική θερμική αντίσταση ενός καλά αεριζόμενου στρώματος αέρα	(m <sup>2</sup> K/W)
$R_{sp}$	η επιφανειακή αντίσταση του στοιχείου που προεξέχει	(m <sup>2</sup> K/W)
$R_s$	επιφανειακή αντίσταση ενός επίπεδου στοιχείου	(m <sup>2</sup> K/W)
$R_f$	η θερμική αντίσταση θερμομονωτικών υλικών μέσα στο πάτωμα	(m <sup>2</sup> K/W)
$U_f$	συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος	(W/m <sup>2</sup> K)
$U_g$	συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοστασίου του κουφώματος	(W/m <sup>2</sup> K)
$U_i$	συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου	(W/m <sup>2</sup> K)

**συνέχεια**

Συμβολισμός	Περιγραφή Φυσικού Μεγέθους	Τυπικές Μονάδες
$U_m$	μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων	(W/m <sup>2</sup> K)
$U_{bw}$	ο συντελεστής θερμοπερατότητας των τοίχων του υπογείου	(W/m <sup>2</sup> K)
$U_{bf}$	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πατώματος υπογείου	(W/m <sup>2</sup> K)
$\lambda_i$	θερμική αγωγιμότητα υλικού	(W / mK)
$A_v$	το εμβαδόν των ανοιγμάτων	m <sup>2</sup>
$\epsilon$	ο συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας	-
$h_{ro}$	ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία μαύρου σώματος	W/(m <sup>2</sup> .K)
$\sigma$	η σταθερά Stefan-Boltzmann	[5,67x10-8W/(m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup> )]
$T_m$	η μέση Θερμοδυναμική Θερμοκρασία της επιφάνειας και των γύρω χώρων	°C <sub>m</sub>
$P$	η περίμετρος πατώματος σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον	m
$B'$	χαρακτηριστική διάσταση πατώματος	m
$z$	το βάθος του υπογείου κάτω από το έδαφος	m
$w$	πάχος των εξωτερικών τοίχων του κτιρίου	m
$\Psi$	είναι ο συντελεστής θερμικής μεταφοράς	(W/m.K)
$h_r$	είναι ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία	W/m <sup>2</sup> K
$V$	Ο όγκος του μη θερμαινόμενου χώρου	m <sup>3</sup>
$\Psi_g$	γραμμική θερμική μετάδοση	W/m K
$l_g$	μήκος της θερμογέφυρας	m
$A_g$	Εμβαδό υαλοστασίου	m <sup>2</sup>
$A_f$	Εμβαδό πλαισίου	m <sup>2</sup>
$v$	η ταχύτητα του αέρα που είναι σε επαφή με την εξωτερική επιφάνεια	m/s

## 6.2 Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον

### 6.2.1 Γενικά

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου γίνεται για κάθε ένα δομικό στοιχείο ξεχωριστά (τοίχοι, πατώματα, οροφές και στέγες), σύμφωνα με το πρότυπο CYS EN ISO 6946: 2007.

Για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου που αποτελούνται από ομοιογενείς στρώσεις υλικών<sup>1</sup> και διαχωρίζουν το εσωτερικό από το εξωτερικό περιβάλλον, ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_i$  δίνεται από τη σχέση:

$$U_i = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se}} \quad (\text{W/m}^2 \cdot \text{K}) \quad (\text{Σχέση 6.1})$$

όπου,

$R_{si}$ : η εσωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εσωτερικό περιβάλλον και στην εσωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου) (Πίνακας 6.1) [m<sup>2</sup>K / W]

$R_{se}$ : η εξωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην εξωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου) (Πίνακας 6.1) [m<sup>2</sup>K / W]

$d_i$ : πάχος υλικού [m]

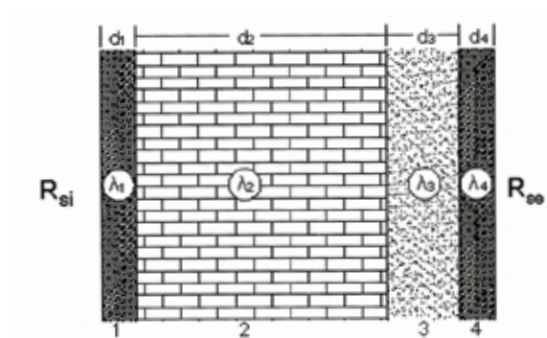
$\lambda_i$ : θερμική αγωγιμότητα υλικού [W / mK]

<sup>1</sup> Πίνακες τιμών θερμικών ιδιοτήτων υλικών δίνονται στο Παράρτημα Α

Οι τιμές των επιφανειακών θερμικών αντιστάσεων ( $R=d/\lambda$ ) σε ενδιάμεσους υπολογισμούς πρέπει να υπολογίζονται σε τουλάχιστον τρία δεκαδικά ψηφία.

Εφαρμόζοντας την σχέση 6.1 στο παράδειγμα που φαίνεται πιο κάτω προκύπτει η σχέση:

$$U_i = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + R_{se}}$$



Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  ενός δομικού στοιχείου, τα υλικά που λαμβάνονται υπόψη είναι μόνο αυτά που συμβάλλουν ουσιαστικά στη διαμόρφωση της θερμικής αντίστασης του δομικού στοιχείου.

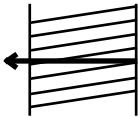
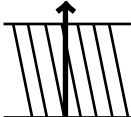
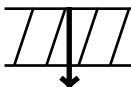
Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μπογιές, γόμες κ.λπ. μπορούν να αγνοηθούν κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.

Οι επιφανειακές αντιστάσεις  $R_{si}$  και  $R_{se}$  επιλέγονται από τον Πίνακα 6.1, ενώ η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα  $R_a$  επιλέγεται από τον Πίνακα 6.2.1 ή τον Πίνακα 6.2.2 ανάλογα με την περίπτωση.



Επιφανειακές αντιστάσεις ( $R_{si}$ ,  $R_{se}$ )

**Πίνακας 6.1** Τιμές αναφοράς επιφανειακών αντιστάσεων αδιαφανών δομικών στοιχείων (για συνήθεις μη ανακλαστικές επιφάνειες, με συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας  $\epsilon > 0.8$ )

$R_{si}$ ( $m^2K / W$ )			$R_{se}$ ( $m^2K / W$ )
<b>Διεύθυνση ροής θερμότητας</b>			
			
<b>0.13</b>	<b>0.10</b>	<b>0.17</b>	<b>0.04</b>
ΣΗΜ. 1	Οριζόντια επίπεδη επιφάνεια ορίζεται η επιφάνεια με κλίση μέχρι και $\pm 30^\circ$ από το οριζόντιο επίπεδο.		
ΣΗΜ. 2	Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας για επίπεδα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου όπου δεν ορίζεται η ροή θερμότητας, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι τιμές για οριζόντια ροή θερμότητας.		
ΣΗΜ.3	Οι πιο πάνω τιμές για τις επιφανειακές αντιστάσεις υπολογίζονται με: $\epsilon=0,9$ , το $h_{ro}$ υπολογισμένο για θερμοκρασία $10^\circ C$ , και ταχύτητα αέρα $v=4m/s$ .		
ΣΗΜ. 4	Για συνθήκες που δεν ανταποκρίνονται στις πιο πάνω απαιτήσεις τότε οι συντελεστές $R_{si}$ και $R_{se}$ θα πρέπει να υπολογίζονται με τη μέθοδο που περιγράφεται στο Πρότυπο CYS EN ISO 6946:2007.		

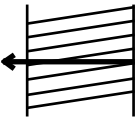
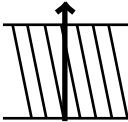
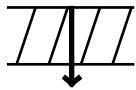
### 6.2.1 Θερμική αντίσταση στρώματος αέρα ( $R_a$ )

Στις περιπτώσεις όπου στρώμα αέρα βρίσκεται εγκλωβισμένο μεταξύ δομικών αδιαφανών στοιχείων, η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα ( $R_a$ ) επιλέγεται από τους Πίνακες 6.2.1 και 6.2.2 ανάλογα με την περίπτωση και ανάλογα με τη διεύθυνση της ροής θερμότητας και το ποσοστό αερισμού

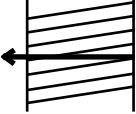
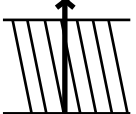
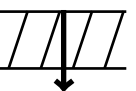
$$U_i = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_a + R_{se}} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}) \quad (\text{Σχέση 6.2})$$

$R_a$ : η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα που βρίσκεται εγκλωβισμένος στο στοιχείο (Πίνακας 6.2.1 και Πίνακας 6.2.2) ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ )

**Πίνακας 6.2.1** Τιμές αναφοράς θερμικής αντίστασης στρώματος αέρα που βρίσκεται εγκλωβισμένος ενδιάμεσα σε αδιαφανή δομικά στοιχεία που έχουν επίπεδες μη ανακλαστικές επιφάνειες (μη αεριζόμενα στρώματα αέρα)

$R_a$ για ΜΗ ανακλαστική επιφάνεια και στις δύο πλευρές ( $\epsilon \geq 0,8$ ) ( $m^2K / W$ )			
Πάχος στρώματος αέρα (mm)	Διεύθυνση ροής θερμότητας		
			
0	0.00	0.00	0.00
5	0.11	0.11	0.11
7	0.13	0.13	0.13
10	0.15	0.15	0.15
15	0.17	0.16	0,17
25	0.18	0.16	0.19
50	0.18	0.16	0.21
100	0.18	0.16	0.22
300	0.18	0.16	0.23
Ενδιάμεσες τιμές μπορούν να υπολογιστούν με τη μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής			
ΣΗΜ. 1	Οι πιο πάνω τιμές ισχύουν για στρώματα αέρα που:		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• περιβάλλονται από δύο παράλληλες επιφάνειες που είναι κάθετες προς τη ροή θερμότητας για συνήθεις μη ανακλαστικές επιφάνειες, με συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας <math>\epsilon \geq 0.8</math> (για ανακλαστικές στη μία πλευρά επιφάνειες με συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας <math>\epsilon &lt; 0.2</math> βλέπε Πίνακα 6.2.2)</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• έχουν πάχος (παράλληλα με τη ροή θερμότητας) όχι μεγαλύτερο από 0.3 m (για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας για επίπεδα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου με στρώματα αέρα πάχους μεγαλύτερο από 0.3 m θα πρέπει να ακολουθείται η μέθοδος που περιγράφεται στο Πρότυπο ISO 13789)</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• δεν θα πρέπει να υπάρχει εναλλαγή αέρα με το εσωτερικό περιβάλλον <math>\epsilon = 0,9</math>, το <math>h_{to}</math> υπολογισμένο για θερμοκρασία 10 °C, και ταχύτητα αέρα <math>v = 4m/s</math>.</li> </ul>		

**Πίνακας 6.2.2** Τιμές αναφοράς θερμικής αντίστασης στρώματος αέρα που βρίσκεται εγκλωβισμένος στα αδιαφανή δομικά στοιχεία που έχουν επίπεδη επιφάνεια εκ των οποίων η μία ανακλαστική επιφάνεια (μη αεριζόμενα στρώματα αέρα)

$R_o$ για ανακλαστική επιφάνεια στη μία πλευρά ( $\epsilon < 0.2$ ) ( $m^2K / W$ )			
Πάχος στρώματος αέρα (mm)	Διεύθυνση ροής θερμότητας		
			
5	0.17	0.17	0.17
10	0.29	0.29	0.29
20	0.37	0.37	0.43
50-100	0.34	0.34	0.61
ΣΗΜ. 1	Για συνθήκες που δεν ανταποκρίνονται στις πιο πάνω απαιτήσεις θα πρέπει ο συντελεστής $R_o$ να υπολογίζεται με τη μέθοδο που περιγράφεται στο Πρότυπο EN ISO 6946:2007.		
ΣΗΜ. 2	Οριζόντια επίπεδη επιφάνεια ορίζεται η επιφάνεια με κλίση μέχρι και $\pm 30^\circ$ από το οριζόντιο επίπεδο.		

**Μη αεριζόμενα στρώματα αέρα**

Στρώματα αέρα χωρίς θερμομόνωση μεταξύ τους και του εξωτερικού περιβάλλοντος αλλά με μικρά ανοίγματα προς το εξωτερικό περιβάλλον, θα πρέπει επίσης να θεωρούνται σαν μη αεριζόμενα εφόσον δεν επιτρέπουν τη ροή αέρα μέσα από αυτά και το εμβαδόν τους δεν υπερβαίνει τα:

- 500 mm<sup>2</sup> ανά m για κάθετα στρώματα αέρα
- 500 mm<sup>2</sup> ανά m<sup>2</sup> επιφάνειας για οριζόντια στρώματα αέρα.

**Ελαφρώς αεριζόμενα στρώματα αέρα**

Ελαφρώς αεριζόμενα στρώματα αέρα θεωρούνται αυτά όπου υπάρχει πρόνοια για περιορισμένη ροή αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον και το εμβαδόν των ανοιγμάτων κυμαίνεται στο πεδίο τιμών:

- >500 mm<sup>2</sup> αλλά  $\geq 1500$  mm<sup>2</sup> ανά m, για κάθετα στρώματα αέρα
- >500 mm<sup>2</sup> αλλά  $\geq 1500$  mm<sup>2</sup> ανά m<sup>2</sup> επιφάνειας, για οριζόντια στρώματα αέρα.

Η επίδραση του εξαερισμού επηρεάζεται από το μέγεθος και την κατεύθυνση των ανοιγμάτων του εξαερισμού. Η συνολική Θερμική Αντίσταση ( $R_T$ ) για ένα στοιχείο με ελαφρώς αεριζόμενα στρώματα αέρα υπολογίζεται κατά προσέγγιση με την ακόλουθη σχέση:

$$R_T = \frac{1500 - A_v}{1000} \cdot R_{T,u} + \frac{A_v - 500}{1000} \cdot R_{T,v} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}) \quad (\text{Σχέση 6.3})$$

όπου

$R_{T,u}$  είναι η συνολική θερμική αντίσταση ενός μη αεριζόμενου στρώματος αέρα σύμφωνα με το υποκεφάλαιο Μη αεριζόμενα στρώματα αέρα

$R_{T,v}$  είναι η συνολική θερμική αντίσταση ενός καλά αεριζόμενου στρώματος αέρα σύμφωνα με το υποκεφάλαιο Καλά αεριζόμενα στρώματα αέρα

$A_v$  Αν είναι το εμβαδόν των ανοιγμάτων

#### **Καλά αεριζόμενα στρώματα αέρα**

Είναι αυτά που το εμβαδόν των ανοιγμάτων μεταξύ του στρώματος αέρα και του εξωτερικού περιβάλλοντος ξεπερνά τα:

- 1500 mm<sup>2</sup> ανά m, για κάθετα στρώματα αέρα
- 1500 mm<sup>2</sup> ανά m<sup>2</sup> επιφάνειας, για οριζόντια στρώματα αέρα.

Η ολική θερμική αντίσταση δομικού στοιχείου που περιέχει καλά αεριζόμενο στρώμα αέρα θα πρέπει να υπολογιστεί αγνοώντας τη θερμική αντίσταση όλων των στρωμάτων αέρα μεταξύ του αεριζόμενου στρώματος και του εξωτερικού περιβάλλοντος και χρησιμοποιώντας ως τιμή της εξωτερικής επιφανειακής αντίστασης την τιμή που αντιστοιχεί στην εσωτερική επιφανειακή αντίσταση του δομικού στοιχείου.

### 6.2.2 Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων και στοιχείων της φέρουσας κατασκευής (κολόνες, δοκοί και τοιχία) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας της εξωτερικής τοιχοποιίας καθώς επίσης και των εξωτερικών κολόνων, δοκών και τοιχίων σε ένα κτίριο θα πρέπει να γίνεται με βάση τη μαθηματική σχέση 6.1 που δίνεται πιο πάνω. Για τον υπολογισμό αυτό ο μελετητής θα πρέπει να γνωρίζει τα ακόλουθα:

- (α) Το πάχος ( $d$ ) των υλικών που αποτελούν το δομικό στοιχείο και
- (β) το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  των υλικών.

Οι θερμικές επιφανειακές αντιστάσεις  $R_{si}$  και  $R_{se}$  λαμβάνονται από τον Πίνακα 6.1 και για συνηθισμένες περιπτώσεις το  $R_{si}=0.13$  και το  $R_{se}=0.04$ .

Στη συνέχεια δίνονται παραδείγματα υπολογισμού των συντελεστών θερμοπερατότητας εξωτερικών στοιχείων και στοιχείων της φέρουσας κατασκευής.

**Παράδειγμα 1:** Εξωτερικός τοίχος από συνηθισμένο τρυπητό τούβλο (30x20x10) πάχους 20 cm, σοβατισμένος εσωτερικά και εξωτερικά με σοβά πάχους 2.5 cm.

Τύπος κατασκευής		Εξωτερικός τοίχος πάχους 25 cm ΧΩΡΙΣ θερμομόνωση			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.025	1	0.025	
2	Τούβλο	0.2	0.4	0.5	
3	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.025	1	0.025	
4	*				
5					
Ροή Θερμότητας		$R_{si}$ (W/m <sup>2</sup> W)	$R_{se}$ (W/m <sup>2</sup> W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας <b>U</b> (W/m <sup>2</sup> K)	
Οριζόντια		0.13	0.04	<b>1.389</b>	
<b>Σημείωση</b>		ΔΕΝ ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.85$			

\* Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μπογιές, γόμες κ.λπ. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.

**Παράδειγμα 2:** Εξωτερικός τοίχος από συνηθισμένο τρυπητό τούβλο (30x20x10) πάχους 20 cm με 3 cm πάχος θερμομόνωσης εξωτερικά σοβατισμένου εσωτερικά και εξωτερικά με σοβά πάχους 2.5 cm.

Τύπος κατασκευής		Τοίχος 20 cm. θερμομονωμένος εξωτερικά			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.025	1	0.025	
2	Τούβλο	0.2	0.4	0.5	
3	Θερμομονωτικό υλικό *	-	-	0.909	
4	Επίχρισμα τσιμεντοκονίαμα	0.025	1	0.025	
5					
Ροή Θερμότητας		$R_{si}$ (W/m <sup>2</sup> W)	$R_{se}$ (W/m <sup>2</sup> W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας <b>U</b> (W/m <sup>2</sup> K)	
Οριζόντια		0.13	0.04	<b>0.614</b>	
<b>Σημείωση</b>		Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.85$			

\* Τα στοιχεία αυτά έχουν απαλειφθεί από τον πίνακα για να μην θεωρηθεί ότι προωθούνται συγκεκριμένα θερμομονωτικά υλικά.

\*\* Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μπογιές, γόμες κ.λπ. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.



**Παράδειγμα 3:** Στοιχεία της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου (κολόνες/δοκοί/τοιχία) με 3 cm πάχος θερμομόνωσης εξωτερικά, σοβατισμένα εσωτερικά και εξωτερικά με σοβά πάχους 2.5 cm.

Τύπος κατασκευής		Θερμομονωμένες κολόνες και δοκοί			
A/A	Όνομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.025	1	0.025	
2	Οπλισμένο σκυρόδεμα (1% χάλυβα)	0.25	2.3	0.109	
3	Θερμομονωτικό υλικό *	-	-	0.909	
4	Επίχρισμα τσιμεντοκονίαμα	0.025	1	0.025	
5	**	-	-	-	
Ροή Θερμότητας		$R_{si}$ (W/m <sup>2</sup> W)	$R_{se}$ (W/m <sup>2</sup> W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας <b>U</b> (W/m <sup>2</sup> K)	
Οριζόντια		0.13	0.04	<b>0.808</b>	
<b>Σημείωση</b>		Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.85$			

\* Τα στοιχεία αυτά έχουν απαλειφθεί από τον πίνακα για να μην θεωρηθεί ότι προωθούνται συγκεκριμένα θερμομονωτικά υλικά.

\*\* Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μπογιές, γόμες κ.λπ. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.

**Παράδειγμα 4:**

Διπλός εξωτερικός τοίχος από συνηθισμένο τρυπητό τούβλο (30x20x10) πάχους 10 cm με 5 cm διάκενο αέρα, σοβατισμένος εσωτερικά και εξωτερικά με σοβά πάχους 2.5 cm.

Τύπος κατασκευής		Διπλός τοίχος με θερμομόνωση και διάκενο (μη αεριζόμενο)			
A/A	Όνομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.025	1	0.025	
2	Τούβλο	0.10	0.4	0.25	
3	Διάκενο	0.05	-	0.18	
4	Τούβλο	0.10	0.4	0.25	
5	Επίχρισμα τσιμεντοκονίαμα	0.025	1	0.025	
6	*	-	-	-	
7					
Ροή Θερμότητας		$R_{si}$ (W/m <sup>2</sup> W)	$R_{se}$ (W/m <sup>2</sup> W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας <b>U</b> (W/m <sup>2</sup> K)	
Οριζόντια		0.13	0.04	<b>1.111</b>	
<b>Σημείωση</b>		ΔΕΝ ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.85$			

\* Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μογιές, γόμες κ.λπ. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.

**Παράδειγμα 5:** Διπλός εξωτερικός τοίχος από συνηθισμένο τρυπητό τούβλο (30x20x10) τούβλο πάχους 10 εκ., με 2.5εκ. θερμομονωτικό υλικό, 2.5εκ. διάκενο αέρα σοβατισμένος εσωτερικά και εξωτερικά με σοβά πάχους 2.5 cm.

Τύπος κατασκευής		Διπλός τοίχος με θερμομόνωση και διάκενο (μη αεριζόμενο)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.025	1	0.025	
2	Τούβλο	0.10	0.4	0.25	
3	Θερμομονωτικό υλικό	-	-	0.757	
4	Διάκενο	0.05	-	0.18	
5	Τούβλο	0.10	0.4	0.25	
6	Επίχρισμα τσιμεντοκονίαμα	0.025	1	0.025	
7	*	-	-	-	
Ροή Θερμότητας		$R_{si}$ (W/m <sup>2</sup> W)	$R_{se}$ (W/m <sup>2</sup> W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας <b>U</b> (W/m <sup>2</sup> K)	
Οριζόντια		0.13	0.04	<b>0.603</b>	
Σημείωση		Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.85$			

\* Τα στοιχεία αυτά έχουν απαλειφθεί από τον πίνακα για να μην θεωρηθεί ότι προωθούνται συγκεκριμένα θερμομονωτικά υλικά

\*\* Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μπογιές, γόμες κ.λπ. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.

### 6.2.3 Μέθοδος υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικών οριζόντιων δομικών στοιχείων (δώματα, στέγες, εκτεθειμένα δάπεδα) και οροφών που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας των εξωτερικών οριζόντιων δομικών στοιχείων ενός κτιρίου (δώματα, στέγες, δάπεδα σε πυλωτή και οροφές), θα πρέπει να ακολουθείται η ίδια μέθοδος που περιγράφεται στην παράγραφο 6.2 (σχέση 6.1).

Οι θερμικές επιφανειακές αντιστάσεις  $R_{si}$  και  $R_{se}$  λαμβάνονται από τον Πίνακα 6.1. Για συνηθισμένες περιπτώσεις οροφών το  $R_{si}=0.10$  και το  $R_{se}=0.04$ , ενώ για συνηθισμένες περιπτώσεις δαπέδων σε πυλωτή το  $R_{si}=0.17$  και το  $R_{se}=0.04$ .

Όταν κεκλιμένη οροφή έχει κλίση μέχρι και  $30^\circ$  από το οριζόντιο επίπεδο τότε αυτή θεωρείται οριζόντια και η διεύθυνση της ροής θερμότητας λαμβάνεται από τον Πίνακα 6.1 ως κατακόρυφη προς τα πάνω, οπότε το  $R_{si}=0.10$  και το  $R_{se}=0.04$ .

Όταν κεκλιμένη οροφή έχει κλίση μεγαλύτερη από  $30^\circ$  από το οριζόντιο επίπεδο τότε αυτή θεωρείται κάθετη και η διεύθυνση της ροής θερμότητας λαμβάνεται από τον Πίνακα 6.1 ως οριζόντια. Οπότε το  $R_{si}=0.13$  και το  $R_{se}=0.04$ .

**Παράδειγμα 6:** Οριζόντια πλάκα πάχους 15 cm, με 5 cm πάχος θερμομόνωσης και με υγραμόνωση.

Τύπος κατασκευής		Οριζόντια θερμομονωμένη πλάκα			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Ασφαλτόπανο	0.004	0.230	0.017	
2	Screeed Ρύσεων (σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας)	0.050	1.350	0.037	
3	Θερμομονωτικό υλικό*	-	-	1.515	
4	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (2% χάλυβα)	0.150	2.500	0.073	
5	Επίχρισμα τσιμεντοκονίαμα	0.025	1	0.025	
6	*	-	-	-	
Ροή Θερμότητας		$R_{si}$ (W/m <sup>2</sup> W)	$R_{se}$ (W/m <sup>2</sup> W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας <b>U</b> (W/m <sup>2</sup> K)	
Προς τα πάνω		0.1	0.04	<b>0.553</b>	
<b>Σημείωση</b>		Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.75$			

\* Τα στοιχεία αυτά έχουν απαλειφθεί από τον πίνακα για να μην θεωρηθεί ότι προωθούνται συγκεκριμένα θερμομονωτικά υλικά.

\*\* Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μπογιές, γόμες κ.λπ. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.

**Παράδειγμα 7:** Κεκλιμένη οροφή έως και 30° κλίση, με πλάκα πάχους 20 cm. με 5 cm πάχος θερμομόνωσης και με κεραμίδια

Τύπος κατασκευής		Κεκλιμένη οροφή έως και 30° κλίση θερμομονωμένη (θεωρείται ως οριζόντια)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Κεραμίδια	0.02	1	0.02	
2	Ασφαλτόπανο	0.01	0.23	0.0435	
3	Θερμομονωτικό υλικό*	-	-	1.515	
4	Οπλισμένο σκυρόδεμα (2% χάλυβα)	0.2	2.5	0.08	
5	**	-	-	-	
Ροή Θερμότητας		$R_{si}$ (W/m <sup>2</sup> W)	$R_{se}$ (W/m <sup>2</sup> W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας <b>U</b> (W/m <sup>2</sup> K)	
Προς τα πάνω		0.10	0.04	<b>0.556</b>	
<b>Σημείωση</b>		Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.75$			

\* Τα στοιχεία αυτά έχουν απαλειφθεί από τον πίνακα για να μην θεωρηθεί ότι προωθούνται συγκεκριμένα θερμομονωτικά υλικά.

\*\* Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μπογιές, γόμες κ.λπ. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.

**Παράδειγμα 8:** Κεκλιμένη οροφή με κλίση μεγαλύτερη των 30° (θεωρείται ως κάθετη), με πλάκα πάχους 20 cm με 5 cm πάχος θερμομόνωσης και με κεραμίδια

Τύπος κατασκευής		Κεκλιμένη οροφή έως και 30° κλίση θερμομονωμένη (θεωρείται ως κάθετη)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Κεραμίδια	0.02	1	0.02	
2	Ασφαλτόπανο	0.01	0.23	0.0435	
3	Θερμομονωτικό υλικό*	-	-	1.515	
4	Οπλισμένο σκυρόδεμα (2% χάλυβα)	0.2	2.5	0.08	
5	**	-	-	-	
Ροή Θερμότητας		$R_{si}$ (W/m <sup>2</sup> W)	$R_{se}$ (W/m <sup>2</sup> W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας <b>U</b> (W/m <sup>2</sup> K)	
Οριζόντια		0.10	0.04	<b>0.547</b>	
<b>Σημείωση</b>		Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.75$			

\* Τα στοιχεία αυτά έχουν απαλειφθεί από τον πίνακα για να μην θεωρηθεί ότι προωθούνται συγκεκριμένα θερμομονωτικά υλικά.

\*\* Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μπογιές, γόμες κ.λπ. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.

**Παράδειγμα 9:** Δάπεδο από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 15 cm με 5 cm. πάχος θερμομόνωσης και γρανίτη εκτεθειμένο στον ατμοσφαιρικό αέρα (εκτεθειμένο δάπεδο)

Τύπος κατασκευής		Εκτεθειμένο δάπεδο			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Γρανίτης	0.030	2.700	0.01111	
2	Screeed Ρύσεων (σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας)	0.050	1.350	0.037	
3	Οπλισμένο σκυρόδεμα (2% χάλυβα)	0.150	2.50	0.07389	
4	Θερμομονωτικό υλικό*	-	-	1.51515	
5	Επίχρισμα τσιμεντοκονίαμα	0.025	1	0.02500	
6	**	-	-	-	
Ροή Θερμότητας		$R_{si}$ (W/m <sup>2</sup> W)	$R_{se}$ (W/m <sup>2</sup> W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας <b>U</b> (W/m <sup>2</sup> K)	
Προς τα κάτω		0.17	0.04	<b>0.534</b>	
<b>Σημείωση</b>		Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.75$			

\* Τα στοιχεία αυτά έχουν απαλειφθεί από τον πίνακα για να μην θεωρηθεί ότι προωθούνται συγκεκριμένα θερμομονωτικά υλικά.

\*\* Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μπογιές, γόμες κ.λπ. Δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.



### 6.2.3.1 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας αεριζόμενης στέγης (Μη θερμαινόμενος χώρος)

Στην περίπτωση αεριζόμενης στέγης με θερμομονωμένη μόνο την οριζόντια επιφάνεια, η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα που περικλείεται μεταξύ της κεκλιμένης οροφής και της οριζόντιας επιφάνειας ( $R_u$ ) θα πρέπει να συνυπολογιστεί στη σχέση 6.1. Η νέα σχέση που προκύπτει είναι:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_u + R_{se}} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}) \quad (\text{Σχέση 6.4})$$

Η θερμική αντίσταση του περικλειομένου χώρου δίνεται στον Πίνακα 6.3 ανάλογα με τον τύπο της στέγης.

**Πίνακας 6.3:** Θερμική αντίσταση του χώρου που περικλείεται από οριζόντια θερμομονωμένη επιφάνεια και κεκλιμένη στέγη.  $R_u$

Χαρακτηριστικά της στέγης		$R_u$ ( $\text{m}^2\text{K} / \text{W}$ )
1	Στέγη με κεραμίδια τοποθετημένα απ' ευθείας σε μορίνες χωρίς πύλημα (τσόχα) ή πλακάτζ	0.06
2	Στέγη με κεραμίδια τοποθετημένα με πύλημα (τσόχα) ή πλακάτζ	0.2
3	Όπως στο 2 αλλά με επιφάνεια επικαλυμμένη από αλουμίνιο ή άλλη επιφάνεια χαμηλής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας (low emissivity)	0.3
4	Στέγη με επικάλυψη από πύλημα (τσόχα) ή πλακάτζ	0.3

Οι τιμές στον Πίνακα 6.3 συμπεριλαμβάνουν τη θερμική αντίσταση του αεριζόμενου χώρου καθώς και τη θερμική αντίσταση της κεκλιμένης κατασκευής της οροφής. Δεν περιλαμβάνει την εξωτερική επιφανειακή θερμική αντίσταση ( $R_{se}$ ).

**Παράδειγμα 10:** Οριζόντια πλάκα πάχους 15 cm με 5 cm πάχος θερμομόνωσης και με αεριζόμενη κεκλιμένη στέγη με κεραμίδια τοποθετημένα απ' ευθείας σε μορίες χωρίς πύλημα ή πλακάτζ.

Τύπος κατασκευής		Οριζόντια θερμομονωμένη πλάκα με αεριζόμενη κεκλιμένη στέγη			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Ασφαλτόπανο	0.004	0.230	0.01739	
2	Screeed Ρύσεων (σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας)	0.05	1.35	0.037	
3	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (2% χάλυβα)	0.150	2.500	0.073	
4	Θερμομονωτικό υλικό*	-	-	1.515	
5	Επίχρισμα τσιμεντοκονίαμα	0.025	1	0.025	
6	Θερμική αντίστ. χώρου R <sub>v</sub> (από πίνακα 6.3)	-	-	0.06	
7	**	-	-	-	
Ροή Θερμότητας		R <sub>si</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m <sup>2</sup> K)	
Προς τα πάνω		0.10	0.04	<b>0.539</b>	
<b>Σημείωση</b>		Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι U≤0.75			

\* Τα στοιχεία αυτά έχουν απαλειφθεί από τον πίνακα για να μην θεωρηθεί ότι προωθούνται συγκεκριμένα θερμομονωτικά υλικά.

\*\* Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μπογιές, γόμες κ.λπ. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.

**Παράδειγμα 11:** Ταβάνι θερμομονωμένο πάχους 2 cm με 5 cm πάχος θερμομόνωσης και με αεριζόμενη κεκλιμένη στέγη με κεραμίδια τοποθετημένα με πύλημα και πλακάτζ

Τύπος κατασκευής		Ταβάνι θερμομονωμένο με αεριζόμενη κεκλιμένη στέγη			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	OSB	0.020	0.140	0.143	
2	Θερμομονωτικό υλικό*	-	-	1.220	
3	Ru (βλέπε πίνακα 6.3)	-	-	0.300	
4	**	-	-	-	
5					
Ροή Θερμότητας		R <sub>si</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m <sup>2</sup> K)	
Προς τα πάνω		0.10	0.04	<b>0.555</b>	
<b>Σημείωση</b>		Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι U ≤ 0.75			

\* Τα στοιχεία αυτά έχουν απαλειφθεί από τον πίνακα για να μην θεωρηθεί ότι προωθούνται συγκεκριμένα θερμομονωτικά υλικά.

\*\* Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μπογιές, γόμες κ.λπ. Δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.

#### 6.2.4 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας στην περίπτωση που το κτίριο εφάπτεται με μη-θερμαινόμενο χώρο

Όταν το κτίριο εφάπτεται με ένα χώρο ο οποίος δεν θερμαίνεται (π.χ. αποθηκευτικοί χώροι, γκαράζ) τότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος μπορεί να υπολογιστεί εάν συμπεριλάβουμε τη θερμική αντίσταση ( $R_v$ ) του μη-θερμαινόμενου χώρου στη σχέση 6.1. Η θερμική αντίσταση ( $R_v$ ) υπολογίζεται ως εξής:

$$R_U = \frac{A_i}{\sum_k (A_{e,k} \cdot U_{e,k}) + 0,33 \cdot nV} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}) \quad (\text{Σχέση 6.5})$$

όπου

- $A_i$  Η συνολική επιφάνεια όλων των κατασκευαστικών υλικών μεταξύ του εσωτερικού χώρου και του μη-θερμαινόμενου χώρου1 σε  $\text{m}^2$
- $A_{e,k}$  Η συνολική επιφάνεια του στοιχείου k μεταξύ του μη-θερμαινόμενου χώρου και του εξωτερικού περιβάλλοντος
- $U_{e,k}$  Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου k μεταξύ του μη-θερμαινόμενου χώρου και του εξωτερικού περιβάλλοντος
- n Ο ρυθμός εξαερισμού του μη-θερμαινόμενου χώρου. σε αλλαγές αέρα την ώρα
- V Ο όγκος του μη-θερμαινόμενου χώρου σε  $\text{m}^3$

Το άθροισμα γίνεται για όλα τα στοιχεία μεταξύ του μη-θερμαινόμενου χώρου και του εξωτερικού περιβάλλοντος εκτός του δαπέδου με επαφή με το έδαφος.

Όπου δεν υπάρχουν τιμές για τα εξωτερικά στοιχεία του μη-θερμαινόμενου χώρου τότε:  $U_{e,k} = 2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  και  $n = 3$  αλλαγές αέρα την ώρα.

##### Σημείωση 1:

Σε περίπτωση που υπάρχουν περισσότερα από ένα κατασκευαστικά υλικά μεταξύ του θερμαινόμενου και του μη-θερμαινόμενου χώρου, η θερμική αντίσταση  $R_v$  πρέπει συμπεριλαμβάνεται στους υπολογισμούς για τον συντελεστή θερμοπερατότητας του κάθε υλικού.

### 6.2.5 Στοιχεία με ανισόπεδες επιφάνειες

Τμήματα δομικών υλικών που προεξέχουν από επίπεδες επιφάνειες, όπως υποστυλώματα, δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της συνολικής θερμικής αντίστασης αν το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο έχει  $(\lambda) \geq 2.5 \text{ W/(m.K)}$ . Αν το τμήμα του δομικού υλικού που προεξέχει είναι κατασκευασμένο από υλικό με θερμική αγωγιμότητα  $(\lambda) > 2.5 \text{ W/(m.K)}$ , και δεν είναι μονωμένο τότε ο υπολογισμός της επιφανειακής αντίστασης του στοιχείου που προεξέχει γίνεται με τον πιο κάτω τρόπο.

$$R_{sp} = R_s \cdot \frac{A_p}{A} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K/W}) \quad (\text{Σχέση 6.6})$$

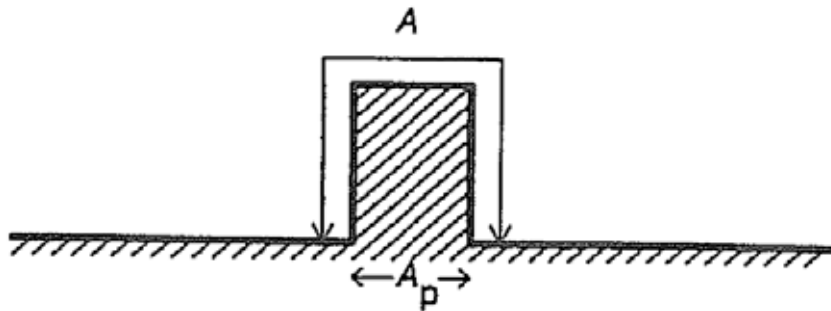
όπου

$R_{sp}$  είναι η επιφανειακή αντίσταση του στοιχείου που προεξέχει

$R_s$  είναι η επιφανειακή αντίσταση ενός επίπεδου στοιχείου σύμφωνα με την διαδικασία που περιγράφεται στο 6.2.5.1

$A_p$  είναι η προβαλλόμενη επιφάνεια του στοιχείου που προεξέχει

$A$  είναι η συνολική επιφάνεια του στοιχείου που προεξέχει



Σχήμα 6.1.1 Παράδειγμα στοιχείου με ανισόπεδες επιφάνειες

Η σχέση 6.6 εφαρμόζεται και για εσωτερικές και εξωτερικές θερμικές αντιστάσεις.

### 6.2.5.1 Θερμική αντίσταση επίπεδων επιφανειών

Η θερμική αντίσταση ( $R_s$ ) δίνεται κατά προσέγγιση από τη σχέση:

$$R_s = \frac{1}{h_c + h_r} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}) \quad (\text{Σχέση 6.7})$$

Όπου

$h_c$  είναι ο συντελεστής θερμικής μεταφοράς

$h_r$  είναι ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία και

$$h_r = \varepsilon \cdot h_{r0}$$

$$h_{r0} = 4\sigma T_m^3$$

όπου

$\varepsilon$  είναι ο συντελεστής εκπομπής ακτινοβολίας

$h_{r0}$  είναι ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία μαύρου σώματος

$\sigma$  είναι η σταθερά Stefan-Boltzmann [ $5.67 \times 10^{-8} \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ ]

$T_m$  είναι η μέση Θερμοδυναμική Θερμοκρασία της επιφάνειας και των γύρω χώρων.

Το πρότυπο CYS EN ISO 6946:2007 αναφέρει ότι  $\varepsilon=0.9$  είναι συνήθως μια κατάλληλη τιμή για το συντελεστή  $\varepsilon$  για εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες. Σε περιπτώσεις όπου θα χρησιμοποιηθούν άλλες τιμές πρέπει να ληφθούν υπόψη η φθορά και η συσσώρευση σκόνης.

**Πίνακας 6.4** Τιμές του συντελεστή  $h_{r0}$

Μέση θερμοκρασία (°C)	$h_{r0}$ (W/(m <sup>2</sup> ·K))
-10	4.1
0	4.6
10	5.1
20	5.7
30	6.3

Για εσωτερικές επιφάνειες σε επαφή με καλά αεριζόμενο στρώμα αέρα

$$h_c = h_{ci}$$

όπου

$$h_{ci} = 5.0 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \text{ για ανοδική ροή θερμότητας}$$

$$h_{ci} = 2.5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \text{ για οριζόντια ροή Θερμότητας}$$

$$h_{ci} = 0.7 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \text{ για καθοδική ροή θερμότητας}$$

Για εξωτερικές επιφάνειες σε επαφή με καλά αεριζόμενο στρώμα αέρα

$$h_c = h_{ce}$$

όπου

$$h_{ce} = 4 + 4v$$

και

$v$  είναι η ταχύτητα του αέρα που είναι σε επαφή με την εξωτερική επιφάνεια σε m/s.

Τιμές εξωτερικών θερμικών αντιστάσεων  $R_{se}$  για τις αντίστοιχες τιμές ταχύτητας του αέρα δίνονται στον παρακάτω πίνακα

**Πίνακας 6.5** Τιμές  $R_{se}$  για τις αντίστοιχες τιμές  $v$

Ταχύτητα Αέρα ( $v$ ) m/s	$R_{se}$ m <sup>2</sup> .K/W
1	0.08
2	0.06
3	0.05
4	0.04
5	0.04
7	0.03
10	0.02

### 6.3 Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας δαπέδου υπερκείμενου κλειστού μη θερμαινόμενου υπόγειου ή ημιυπόγειου χώρου.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας των δαπέδων υπερκείμενων κλειστού μη-θερμαινόμενου υπογείου ή ημιυπόγειου χώρου θα πρέπει να ακολουθείται η ίδια μέθοδος που περιγράφεται στην παράγραφο 6.2.1 (σχέση 6.1).

**Παράδειγμα 12:** Δάπεδο από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 15 cm με screed υπερκείμενο κλειστού μη-θερμαινόμενου υπογείου ή ημιυπόγειου χώρου

Περιγραφή κατασκευής		Δάπεδο υπερκείμενο κλειστού μη-θερμαινόμενου υπόγειου ή ημιυπόγειου χώρου			
A/A	Όνομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Μάρμαρο	0.030	3.500	0.00857	
2	Screed (σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας)	0.100	1.350	0.074	
3	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (2% χάλυβα)	0.150	2.500	0.060	
4	Τσιμεντοκονίαμα	0.025	1	0.025	
5	*	-	-	-	
Ροή Θερμότητας		Κάθετη		<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας</b>	
$R_{si}$ (m <sup>2</sup> K/W)		0.170		<b>U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	
$R_{se}$ (m <sup>2</sup> K/W)		0.170**		<b>1.970</b>	
<b>Σημείωση</b>		Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 2.00$			

\* Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μπογιές, γόμες κ.λπ. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.

\*\* Το στοιχείο δεν βρίσκεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον αλλά με το γειτονικό κλειστό χώρο. συνεπώς η τιμή που δίνεται στο  $R_{se}$  αντιστοιχεί στην εσωτερική θερμική επιφανειακή αντίσταση.



**Παράδειγμα 13:** Δάπεδο από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 15 cm με ελαφροπέτον. υπερκείμενο κλειστού μη θερμαινόμενου υπογείου ή ημιυπόγειου χώρου

Περιγραφή κατασκευής		Δάπεδο υπερκείμενο κλειστού μη-θερμαινόμενου υπόγειου ή ημιυπόγειου χώρου			
A/A	Όνομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Μάρμαρο	0.030	3.500	0.00857	
2	Ελαφροπετόν	0.100	0.200	0.500	
3	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (2% χάλυβα)	0.150	2.500	0.060	
4	Τσιμεντοκονίαμα	0.025	1	0.025	
5	*	-	-	-	
Ροή Θερμότητας		Κάθετη		<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας</b>	
$R_{si}$ (m <sup>2</sup> K/W)		0.170		<b>U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	
$R_{se}$ (m <sup>2</sup> K/W)		0.170**		<b>1.071</b>	
<b>Σημείωση</b>		Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 2.00$			

\* Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μπογιές, γόμες κ.λπ. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.

\*\* Το στοιχείο δεν βρίσκεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον αλλά με το γειτονικό κλειστό χώρο, συνεπώς η τιμή που δίνεται στο  $R_{se}$  αντιστοιχεί στην εσωτερική θερμική επιφανειακή αντίσταση.

## 6.4 Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας πατωμάτων σε επαφή με το έδαφος υπολογίζονται σύμφωνα με το πρότυπο CYS EN ISO 13370:1998. Για αυτούς τους υπολογισμούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα θερμικά χαρακτηριστικά του εδάφους που δίνονται για την κάθε περιοχή παίρνοντας το μέσο όρο σε βάθος ίσο με το πλάτος του κτιρίου και για κανονικές συνθήκες υγρασίας για την κάθε περιοχή.

Αν τα παραπάνω δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα να χρησιμοποιηθούν οι τιμές από τον πιο κάτω πίνακα.

**Πίνακας 6.6** Θερμικές ιδιότητες εδάφους

Κατηγορία	Περιγραφή εδάφους	Θερμική αγωγιμότητα υλικού $\lambda$ (W / mK)	Ειδική θερμότητα ανά όγκο (J/(m <sup>3</sup> .K))
1	Άργιλος-ίλος	1.5	3.0
2	Άμμος-χαλίκι	2.0	2.0
3	Ομοιογενής βράχος	3.5	2.0

Σε περίπτωση που ο τύπος του εδάφους δεν είναι γνωστός τότε να χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες τιμές:  $\lambda=2.0$  W/(m.K).  $\rho_c=2.0 \cdot 10^6$  J/(m<sup>3</sup>.K)

Οι επιφανειακές αντιστάσεις ( $R_{se}$ ,  $R_{si}$ ) δίνονται στον πίνακα 6.1.

Η μέθοδος υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας για κάποιες περιπτώσεις δαπέδων δίνονται στον πίνακα 6.7 πιο κάτω. Περισσότερες λεπτομέρειες για τους συντελεστές θερμοπερατότητας δαπέδων δίνονται στο πρότυπο CYS EN ISO 13370:1998.

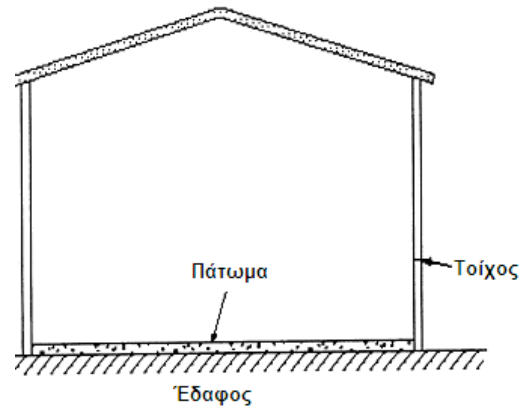
Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των συντελεστών θερμοπερατότητας των πατωμάτων.

Πίνακας 6.7 Μέθοδος υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας πατώματων

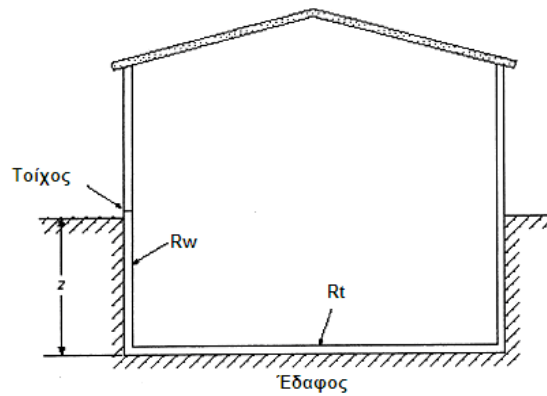
Τύπος πατώματος	Για όλους τους τύπους πατώματος η χαρακτηριστική διάσταση $B'$ δίνεται από	$B' = \frac{A}{0.5P}$ <p>A: το εμβαδόν του πατώματος P*: η περίμετρος του θερμαινόμενου κτιρίου που είναι εκτεθειμένη στο εξωτερικό περιβάλλον</p>
Πάτωμα σε επαφή με το έδαφος (Σχήμα 6.4.1)	<p>U<sub>o</sub> ο συντελεστής θερμοπερατότητας πατώματος σε επαφή με το έδαφος</p> $d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se})$ <p>όπου d<sub>t</sub> συνολικό ισοδύναμο πάχος πατώματος w το πάχος των εξωτερικών τοίχων. R<sub>f</sub> είναι η θερμική αντίσταση των στρωμάτων του πατώματος από μονωτικό υλικό.</p>	<p>αν <math>d_t &lt; B'</math> δηλαδή αν το πάτωμα είναι μέτρια ή καθόλου μονωμένο ο συντελεστής θερμοπερατότητας U<sub>o</sub> υπολογίζεται από τη σχέση</p> $U_o = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \cdot \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right)$ <p>αν <math>d_t \geq B'</math> δηλαδή αν το πάτωμα είναι καλά μονωμένο ο συντελεστής θερμοπερατότητας U<sub>o</sub> υπολογίζεται από τη σχέση</p> $U_o = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t}$
Πάτωμα θερμαινόμενου υπογείου (Σχήμα 6.4.2)	$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se})$ <p>όπου d<sub>t</sub> συνολικό ισοδύναμο πάχος πατώματος (πάτωμα) w το πάχος των εξωτερικών τοίχων. R<sub>f</sub> είναι η θερμική αντίσταση των στρωμάτων του πατώματος από μονωτικό υλικό. d<sub>w</sub> = λ(R<sub>si</sub> + R<sub>w</sub> + R<sub>se</sub>) d<sub>w</sub> συνολικό ισοδύναμο πάχος πατώματος (τοιχίσι υπογείου) R<sub>w</sub> θερμική αντίσταση όλων των στοιχείων της του υπογείου z** είναι το βάθος του πατώματος από την επιφάνεια του εδάφους</p> <p>U<sub>bf</sub> ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πατώματος</p> <p>U<sub>bw</sub> ο συντελεστής θερμοπερατότητας των τοίχων του υπογείου.</p>	<p>αν <math>d_t + \frac{1}{2}z &lt; B'</math> (δηλαδή αν το πάτωμα είναι μέτρια ή καθόλου μονωμένο) ο συντελεστής θερμοπερατότητας</p> $U_{bf} = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t + \frac{1}{2}z} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t + \frac{1}{2}z} + 1\right)$ <p>αν <math>d_t + \frac{1}{2}z \geq B'</math> (δηλαδή αν το πάτωμα είναι καλά μονωμένο ο συντελεστής θερμοπερατότητας)</p> $U_{bf} = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t + \frac{1}{2}z}$ <p>Αν <math>d_w \geq d_t</math> τότε:</p> $U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z} \left(1 + \frac{0,5d_t}{d_t + z}\right) \cdot \ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$ <p>Αν <math>d_w &lt; d_t</math> τότε το d<sub>w</sub> πρέπει να αντικατασταθεί από d<sub>t</sub></p>

\* Μη-θερμαινόμενοι χώροι που εφάπτονται εξωτερικά του μονωμένου κελύφους του κτιρίου όπως αποθηκευτικοί χώροι, γκαράζ, εξαιρούνται από τον υπολογισμό του P και A (αλλά το μήκος του τοίχου μεταξύ του θερμαινόμενου κτιρίου και του μη-θερμαινόμενου χώρου συμπεριλαμβάνεται στην περίμετρο P).

\*\* Το βάθος του πατώματος από την επιφάνεια του εδάφους (z) στις περιπτώσεις που μέρος του δαπέδου του κτιρίου είναι υπόγειο και μέρος του μη. Σαν προσέγγιση μπορεί να θεωρηθεί ότι όλη η επιφάνεια του δαπέδου του κτιρίου είναι υπόγειο και για z να χρησιμοποιηθεί το μισό του πραγματικού βάθους του υπογείου.



Σχήμα 6.4.1 Πάτωμα σε επαφή με το έδαφος.

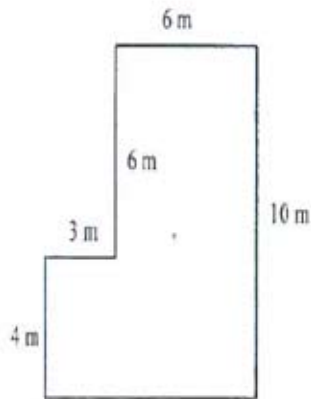


Σχήμα 6.4.2 Πάτωμα υπογείου

**Παράδειγμα 14:** Πάτωμα σε επαφή με το έδαφος.

(α) Στο παράδειγμα εξετάζεται πάτωμα σχήματος L όπως φαίνεται στο σχήμα 6.4.3 χωρίς μόνωση.

Το πάχος των τοίχων είναι  $w=0.3\text{m}$  και η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους  $\lambda=2\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .



Σχήμα 6.4.3 Κάτοψη πατώματος σε επαφή με το έδαφος

Η περίμετρος δίνεται από:

$$P=10+6+6+3+4+9=38\text{m}$$

Το εμβαδόν  $A=(10 \times 6)+(3 \times 4)=72\text{m}^2$ .

Υπολογίζεται η χαρακτηριστική διάσταση  $B'=72/0.5 \times 38=3.789\text{m}$

**Για πάτωμα χωρίς μόνωση η θερμική αντίσταση του πατώματος δεν λαμβάνεται υπόψη.**

$$d_f=0.3+2(0.17+0+0.04)=0.72\text{m}$$

$d_f < B'$  (χωρίς μόνωση)

$$U=U_o=(2 \times 2)/(3.142 \times 3.789+0.72) \times \ln(3.142 \times 3.789/0.72) + 1)=0.91\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$$

(β) Σε περίπτωση που το πάτωμα περιέχει μονωτικό υλικό πάχους 100mm με θερμική αγωγιμότητα  $0.04\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  τότε  $R_f=0.1/0.04=2.5\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ .

$$d_f=0.3+2(0.17+2.5+0.04)=5.72\text{m}$$

$d_f \geq B'$

$$U=2/(0.457 \times 3.789+5.72)=0.27\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$$

## 6.5 Μέθοδος υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας εξωτερικών κουφωμάτων (πόρτες-παράθυρα) που συνιστούν μέρος του κελύφους

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων, (ανοιγόμενων, συρόμενων ή σταθερών) υπολογίζεται αριθμητικά με τη μέθοδο που περιγράφεται στο πρότυπο EN ISO 10077-1:2006.

Εναλλακτική μέθοδος στην αριθμητική είναι η πειραματική μέθοδος μέτρησης ολόκληρου του κουφώματος (παραθύρου ή θύρας) με βάση το πρότυπο CYS EN ISO 12567-1:2000 ή για παράθυρο οροφής με βάση το πρότυπο CYS EN ISO 12567-2:2000.

Η αριθμητική μέθοδος υπολογισμού βασίζεται στα πιο κάτω τέσσερα συστατικά μέρη του ολικού συντελεστή θερμοπερατότητας:

### 1. Υαλοστάσια

Για στοιχεία που περιλαμβάνουν υαλοστάσια, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοστασίου υπολογίζεται αριθμητικά με βάση το πρότυπο EN 673 ή πειραματικά με βάση τα πρότυπα EN 674 ή EN 675.

### 2. Αδιαφανείς επιφάνειες

Για στοιχεία που περιλαμβάνουν αδιαφανείς επιφάνειες, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των επιφανειών υπολογίζεται αριθμητικά με βάση τα πρότυπα CYS EN ISO 6946: 2007 ή/και ISO 10211-1:1995 ή πειραματικά με βάση τα πρότυπα ISO 8301 ή/και ISO 8202.

### 3. Πλαίσια

Για τα πλαίσια ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται αριθμητικά με βάση το πρότυπο EN ISO 10077-2:2006 ή πειραματικά με βάση το πρότυπο EN 12412-2 ή εξασφαλίζεται από το παράρτημα D του προτύπου EN ISO 10077-1:2006

### 4. Γραμμικός συντελεστής θερμοπερατότητας

Για το σημείο επαφής πλαισίου/υαλοστασίου, ο γραμμικός συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται αριθμητικά με βάση το πρότυπο ISO 10077-2 ή εξασφαλίζεται από το παράρτημα E του προτύπου ISO 10077-1.

Πιο αναλυτικές εξισώσεις για τον υπολογισμό της ροής θερμότητας διαμέσου των παραθύρων δίδονται στο πρότυπο ISO 15099.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του Curtain Walling δύναται να υπολογιστεί αριθμητικά με βάση το πρότυπο pr EN 13947.

Στο πρότυπο EN 13241-1 δίδονται οι διαδικασίες που εφαρμόζονται σε θύρες οι οποίες έχουν σκοπό να προσφέρουν πρόσβαση σε χώρους όπως αποθήκες ή χώρους στάθμευσης.

### 6.5.1 Μεθοδολογία Υπολογισμού Συντελεστή Θερμοπερατότητας για Παράθυρα (Αριθμητική Μέθοδος)

Για κούφωμα με μόνο ένα παράθυρο ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U_w$  υπολογίζεται με την πιο κάτω σχέση.

$$U_w = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum l_g \cdot \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f} \quad (\text{Σχέση 6.8})$$

όπου

- $U_g$  είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοστασίου
- $U_f$  είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου
- $\Psi_g$  είναι η γραμμική θερμική μετάδοση
- $l_g$  είναι η περίμετρος του ορατού υαλοστασίου ως προς το πλαίσιο

**Πίνακας 6.8** Γραμμική θερμική μετάδοση  $\Psi_g$  για διάφορους τύπους υαλοστασίων

Είδος πλαισίου	Γραμμική θερμική μετάδοση για διάφορους τύπους υαλοστασίων $\Psi_g$ (W/m.K)	
	Διπλό ή Τριπλό υαλοστάσιο χωρίς προστασία, με αέρα ή άλλου τύπου αέριο στο διάκενο	Διπλό ή Τριπλό υαλοστάσιο με χαμηλό συντελεστή ακτινοβολίας ( $\epsilon$ ) και με αέρα ή άλλου τύπου αέριο στο διάκενο
Ξύλο ή PVC	0.06	0.08
Μέταλλα με φράγμα θερμότητας	0.08	0.11
Μέταλλα χωρίς φράγμα θερμότητας	0.02	0.05

Για τύπους εξαρτημάτων διαχωρισμού υαλοπινάκων βελτιωμένης θερμικής απόδοσης η τιμή της γραμμικής θερμικής απόδοσης  $\Psi_g$  για διάφορους τύπους υαλοστασίων είναι διαφορετική και χρησιμοποιείται ο πίνακας 6.9.

**Πίνακας 6.9** Γραμμική θερμική μετάδοση  $\Psi_g$  για διάφορους τύπους υαλοστασίων για τύπους εξαρτημάτων διαχωρισμού υαλοπινάκων βελτιωμένης θερμικής απόδοσης

Είδος πλαισίου	Γραμμική θερμική μετάδοση για διάφορους τύπους υαλοστασίων $\Psi_g$ (W/m.K)	
	Διπλό ή Τριπλό υαλοστάσιο χωρίς προστασία, με αέρα ή άλλου τύπου αέριο στο διάκενο	Διπλό ή Τριπλό υαλοστάσιο με χαμηλό συντελεστή ακτινοβολίας ( $\epsilon$ ) και με αέρα ή άλλου τύπου αέριο στο διάκενο
Ξύλο ή PVC	0.05	0.06
Μέταλλα με φράγμα θερμότητας	0.06	0.08
Μέταλλα χωρίς φράγμα θερμότητας	0.01	0.04

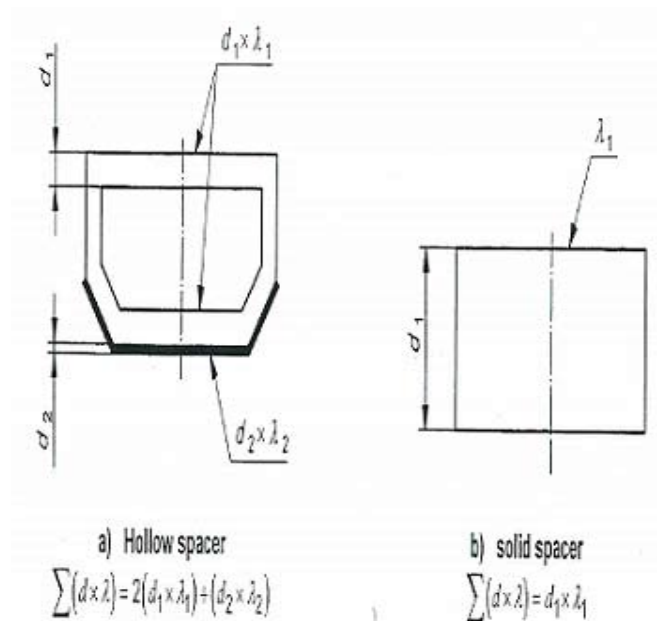
Τύποι εξαρτημάτων διαχωρισμού υαλοπινάκων βελτιωμένης θερμικής απόδοσης ορίζονται οι τύποι εξαρτημάτων που πληρούν το πιο κάτω κριτήριο

$$\sum (d \times \lambda) \leq 0.007 \quad (\text{Σχέση 6.9})$$

όπου

- d είναι το πάχος των εξαρτημάτων διαχωρισμού σε μέτρα
- λ είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού του εξαρτήματος διαχωρισμού σε W/(m.K)





Σχήμα 6.5.1 Τρόπος υπολογισμού αθροίσματος  $d \times \lambda$  για κίλους και συμπαγείς τύπους εξαρτημάτων διαχωρισμού υαλοπινάκων

Σημείωση: Στο πιο πάνω σχήμα τα εξαρτήματα διαχωρισμού υαλοπινάκων φαίνονται σε τομή.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας για ένα σύστημα που αποτελείται από δύο ξεχωριστά παράθυρα δίνεται από τη σχέση:

$$U_W = \frac{1}{\frac{1}{U_{W1}} - R_{si} + R_s - R_{se} + \frac{1}{U_{W2}}} \quad (\text{Σχέση } 6.10)$$

όπου

$U_{W1}$ ,  $U_{W2}$  είναι οι συντελεστές θερμοπερατότητας του εξωτερικού και εσωτερικού παραθύρου αντίστοιχα όπως υπολογίζεται στη σχέση 6.8

$R_{se}$  η εξωτερική επιφανειακή αντίσταση

$R_{si}$  η εσωτερική επιφανειακή αντίσταση

$R_s$  είναι η επιφανειακή αντίσταση του στρώματος αέρα μεταξύ των παραθύρων (πίνακας 6.10)

Σημείωση 1: Τυπικές τιμές για  $R_{se}$  και  $R_{si}$  δίνονται στον πίνακα 6.1 για  $e \geq 0.8$

### 6.5.2 Μεθοδολογία Υπολογισμού Συντελεστή Θερμοπερατότητας για Υαλοστάσια

Για μονό υαλοστάσιο ο συντελεστής θερμοπερατότητας ( $U_g$ ) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{si}} \quad (\text{Σχέση } 6.11)$$

$R_{se}$  η εξωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην εξωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου)

$R_{si}$  η εσωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εσωτερικό περιβάλλον και στην εσωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου)

$\lambda_j$  είναι η θερμική αγωγιμότητα του υλικού  $j$

$d_j$  είναι το πάχος του υλικού  $j$

Για πολλαπλό υαλοστάσιο ο συντελεστής θερμοπερατότητας ( $U_g$ ) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_j R_{sj} + R_{si}} \quad (\text{Σχέση } 6.12)$$

$R_{se}$  η εξωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην εξωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου)

$R_{si}$  η εσωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εσωτερικό περιβάλλον και στην εσωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου)

$\lambda_j$  είναι η θερμική αγωγιμότητα του υλικού  $j$

$d_j$  είναι το πάχος του υλικού  $j$

$R_{sj}$  είναι η επιφανειακή αντίσταση στρώματος αέρα  $j$

**Πίνακας 6.10** Θερμική αντίσταση ( $R_s$ ) μη αεριζόμενων στρωμάτων αέρα διπλών κάθετων παραθύρων, διπλών υαλοστασίων, κατασκευών με αέρα στο διάκενο τους και υαλοστάσια χωρίς θερμική προστασία ή με θερμική προστασία στα πλευρά.

Πάχος στρώματος αέρα (mm)	Επιφανειακή θερμική αντίσταση $R_s$ ( $m^2 \cdot K/W$ )				
	Υαλοστάσια με επικάλυψη στη μια πλευρά με συντελεστή θερμικής ακτινοβολίας ( $\epsilon$ )				Χωρίς επικάλυψη
	0.1	0.2	0.4	0.8	
6	0.211	0.191	0.163	0.132	0.127
9	0.299	0.259	0.211	0.162	0.154
12	0.377	0.316	0.247	0.182	0.173
15	0.447	0.364	0.276	0.197	0.186
50	0.406	0.336	0.260	0.189	0.179

### 6.5.3 Σύντομος τρόπος υπολογισμού

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των κουφωμάτων μπορεί να υπολογιστεί γρήγορα και απλά χρησιμοποιώντας τους Πίνακες 6.13 / 6.14 – για συνηθισμένου τύπου εξαρτήματα διαχωρισμού υαλοπινάκων (common types of glazing space bars) ή τους Πίνακες 6.15 / 6.16 – για τύπους εξαρτημάτων διαχωρισμού υαλοπινάκων βελτιωμένης θερμικής απόδοσης (glazing space bars with improved thermal performance), όπως αυτοί παρουσιάζονται στο πρότυπο CYS EN ISO 10077-1:2006.

Οι Πίνακες 6.13, 6.14, 6.15 και 6.16 ισχύουν για κουφώματα τα οποία:

1. Είναι εγκατεστημένα κάθετα.
2. Έχουν εμβαδόν πλαισίου 20% ή 30% σε σχέση με το ολικό εμβαδόν του κουφώματος,.

#### Σημείωση:

- Εάν το εμβαδόν πλαισίου είναι  $\leq 25\%$  σε σχέση με το ολικό εμβαδόν του κουφώματος τότε να επιλέγεται ο πίνακας για ποσοστό 20%.
- Εάν το εμβαδόν πλαισίου είναι  $> 25\%$  σε σχέση με το ολικό εμβαδόν του κουφώματος, τότε να επιλέγεται ο πίνακας για ποσοστό 30%.

Για να καταστεί δυνατός ο υπολογισμός του ολικού συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος με βάση τους Πίνακες 6.13, 6.14, 6.15 και 6.16, θα πρέπει ο μελετητής να έχει στη διάθεσή του, τουλάχιστον, τα ακόλουθα δεδομένα:

#### **(α) Την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοστασίου του κουφώματος $U_g$**

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοστασίου μπορεί να βρεθεί από τον Πίνακα 6.9. εφόσον υπάρχουν διαθέσιμες οι ακόλουθες πληροφορίες:

- Κατά πόσο το υαλοστάσιο είναι μονό, διπλό ή τριπλό.
- Κατά πόσο υπάρχει ή όχι στρώση χαμηλής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας (low-emissivity layer) στους υαλοπίνακες και σε πόσες επιφάνειες.
- Ο συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας «ε» του υαλοστασίου.
- Το πάχος των υαλοπινάκων και το διάκενο μεταξύ τους.
- Το είδος του αερίου που υπάρχει στο διάκενο.

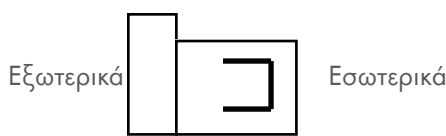
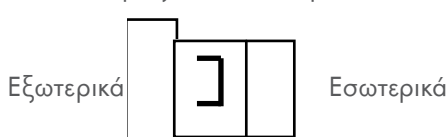
#### **(β) Την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος $U_f$**

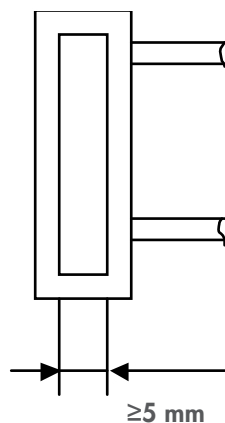
Σε περίπτωση που το υλικό κατασκευής του πλαισίου είναι από μέταλλο (π.χ. αλουμίνιο) χωρίς φράγμα ροής θερμότητας (thermal break) τότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου ισούται με:  $U_f = 7.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Σε περίπτωση που το υλικό κατασκευής του πλαισίου είναι από πλαστικό (π.χ. PVC) τότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου δίδεται στον Πίνακα 6.11.

Ο Πίνακας 6.11 δίδει κατά προσέγγιση τιμές για πλαίσια από πλαστικό με μεταλλική ενίσχυση. Εάν δεν υπάρχουν άλλα δεδομένα διαθέσιμα οι τιμές του Πίνακα 6.11 δύναται να χρησιμοποιηθούν και για πλαίσια χωρίς μεταλλική ενίσχυση.

**Πίνακας 6.11:** Συντελεστές θερμοπερατότητας πλαστικών πλαισίων με μεταλλική ενίσχυση

Υλικό πλαισίου	Τύπος πλαισίου	$U_f$ W/(m <sup>2</sup> .K)
Πολυουρεθάνη	με μεταλλικό πυρήνα πάχος του PUR $\geq 5$ mm	2.8
PVC - με κοίλο προφίλ <sup>a</sup>	Δύο κοίλοι θάλαμοι 	2.2
	Τρεις κοίλοι θάλαμοι 	2.0
<sup>a</sup> Με ελάχιστο διάστημα μεταξύ εσωτερικών επιφανειών κοίλου θαλάμου 5 mm (Βλέπε Σχήμα 6.4.2)		



Σχήμα 6.5.1 Κοίλος θάλαμος πλαστικού πλαισίου.

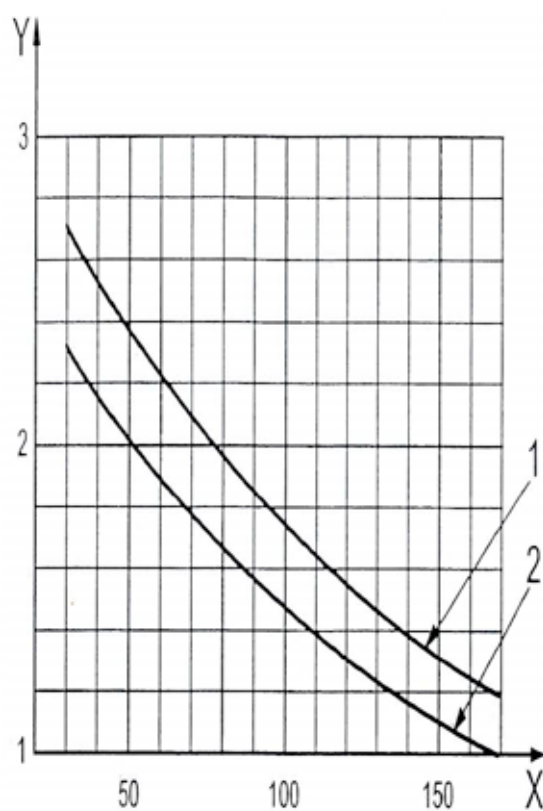
Για άλλου είδους πλαστικά προφίλ ο συντελεστής  $U_f$  θα πρέπει να ευρίσκεται πειραματικά ή να υπολογίζονται αριθμητικά.

Σε περίπτωση που το υλικό κατασκευής του πλαισίου είναι από ξύλο τότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου υπολογίζεται από την πιο κάτω γραφική παράσταση σύμφωνα με το πρότυπο EN ISO 10077-1:2006.

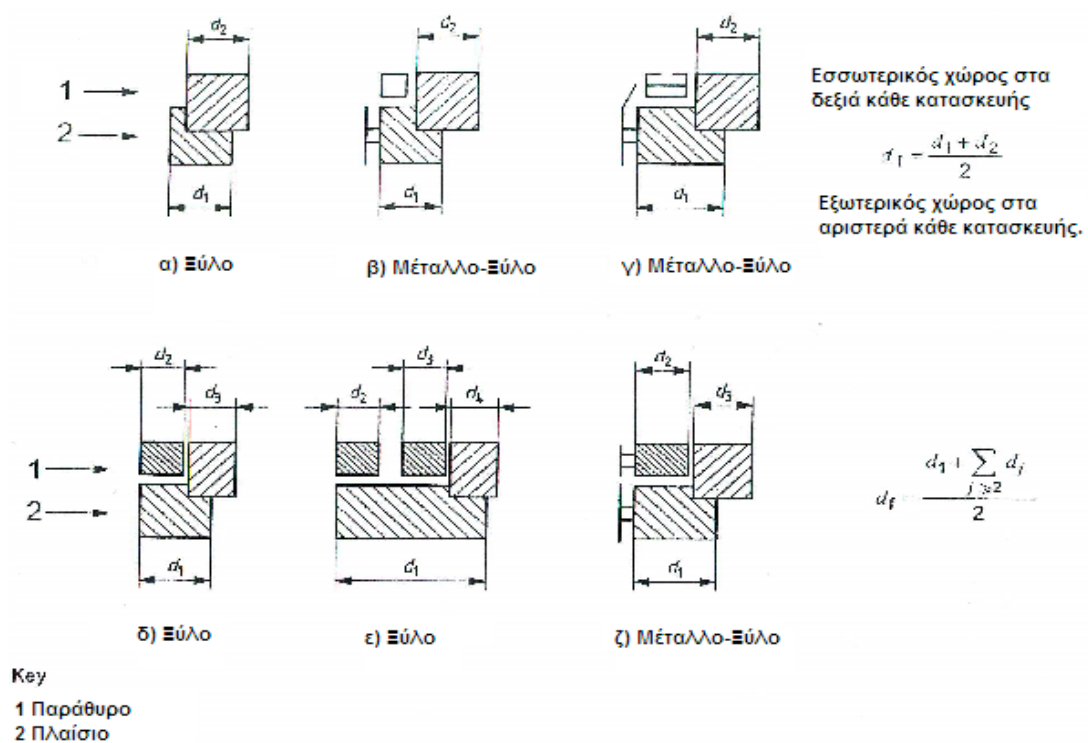
Για τις συγκεκριμένες τιμές θεωρείται ότι η περιεκτικότητα του πλαισίου σε υγρασία είναι 12%.

Ο ορισμός του πάχους του δίδεται από το σχήμα 6.5.2.

Γραφική Παράσταση υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας ξύλινου πλαισίου.



- Χ είναι το πάχος του πλαισίου  $d_f$  σε mm  
 Υ είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου  $U_f$  σε  $W/(m^2.K)$   
 1 για σκληρό ξύλο (πυκνότητα  $700Kg/m^3$ ).  $\lambda=0.18 W/(m.K)$   
 2 για μαλακό ξύλο (πυκνότητα  $500Kg/m^3$ ).  $\lambda=0.13 W/(m.K)$



Σχήμα 6.5.2 Ορισμός του πάχους του πλαισίου  $d_f$  για διάφορα συστήματα παραθύρων

- (γ) Τον τύπο του εξαρτήματος διαχωρισμού υαλοπινάκων, αν δηλαδή είναι συνηθισμένου τύπου ή βελτιωμένης θερμικής απόδοσης.
- (δ) Το ποσοστό του εμβαδού του πλαισίου σε σχέση με το συνολικό εμβαδόν του κουφώματος, αν δηλαδή είναι 20% ή 30%.

**Πίνακας 6.12:** Συντελεστές θερμοπερατότητας διπλών και τριπλών υαλοστασίων με διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο

Υαλοστάσια			Συντελεστής Θερμοπερατότητας για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο <sup>a</sup> $U_g$					
Τύπος	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας(ε)	Διαστάσεις mm	Αέρας (Air)	Αργό (Argon)	Κρυπτόν (Krypton)	SF <sub>6</sub> b	Ξένο (Xenon)
Διπλά Υαλοστάσια	Χωρίς προστασία (συνήθεις υαλοπίνακες)	0.89	4-6-4	3.3	3.0	2.8	3.0	2.6
			4-8-4	3.1	2.9	2.7	3.1	2.6
			4-12-4	2.8	2.7	2.6	3.1	2.6
			4-16-4	2.7	2.6	2.6	3.1	2.6
			4-20-4	2.7	2.6	2.6	3.1	2.6
	Με προστασία στη μία πλευρά	≤0.2	4-6-4	2.7	2.3	1.9	2.3	1.6
			4-8-4	2.4	2.1	1.7	2.4	1.6
			4-12-4	2.0	1.8	1.6	2.4	1.6
			4-16-4	1.8	1.6	1.6	2.5	1.6
			4-20-4	1.8	1.7	1.6	2.5	1.7
	Με προστασία στη μια πλευρά	≤0.15	4-6-4	2.6	2.3	1.8	2.2	1.5
			4-8-4	2.3	2.0	1.6	2.3	1.4
			4-12-4	1.9	1.6	1.5	2.3	1.5
			4-16-4	1.7	1.5	1.5	2.4	1.5
			4-20-4	1.7	1.5	1.5	2.4	1.5
	Με προστασία στη μια πλευρά	≤0.1	4-6-4	2.6	2.2	1.7	2.1	1.4
			4-8-4	2.2	1.9	1.4	2.2	1.3
			4-12-4	1.8	1.5	1.3	2.3	1.3
			4-16-4	1.6	1.4	1.3	2.3	1.4
			4-20-4	1.6	1.4	1.4	2.3	1.4
Με προστασία στη μια πλευρά	≤0.05	4-6-4	2.5	2.1	1.5	2.0	1.2	
		4-8-4	2.1	1.7	1.3	2.1	1.1	
		4-12-4	1.7	1.3	1.1	2.1	1.2	
		4-16-4	1.4	1.2	1.2	2.2	1.2	
		4-20-4	1.5	1.2	1.2	2.2	1.2	
Τριπλά Υαλοστάσια	Χωρίς προστασία (συνήθεις υαλοπίνακες)	0.89	4-6-4-6-4	2.3	2.1	1.8	1.9	1.7
			4-8-4-8-4	2.1	1.9	1.7	1.9	1.6
			4-12-4-12-4	1.9	1.8	1.6	2.0	1.6
	Με προστασία σε δύο πλευρές	≤0.2	4-6-4-6-4	1.8	1.5	1.1	1.3	0.9
			4-8-4-8-4	1.5	1.3	1.0	1.3	0.8
			4-12-4-12-4	1.2	1.0	0.8	1.3	0.8
	Με προστασία σε δύο πλευρές	≤0.15	4-6-4-6-4	1.7	1.4	1.1	1.2	0.9
			4-8-4-8-4	1.5	1.2	0.9	1.2	0.8
			4-12-4-12-4	1.2	1.0	0.7	1.3	0.7
	Με προστασία σε δύο πλευρές	≤0.1	4-6-4-6-4	1.7	1.3	1.0	1.1	0.8
			4-8-4-8-4	1.4	1.1	0.8	1.1	0.7
			4-12-4-12-4	1.1	0.9	0.6	1.2	0.6
	Με προστασία σε δύο πλευρές	≤0.05	4-6-4-6-4	1.6	1.2	0.9	1.1	0.7
			4-8-4-8-4	1.3	1.0	0.7	1.1	0.5
			4-12-4-12-4	1.0	0.8	0.5	1.1	0.5



Σημείωση:

Οι τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας στον πίνακα έχουν υπολογιστεί με βάση το EN673. Ισχύουν για τους συντελεστές εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας και συγκέντρωσης αερίων που αναφέρονται. Ο συντελεστής θερμικής ακτινοβολίας και οι συγκεντρώσεις αερίων δύναται να διαφοροποιηθούν με την πάροδο του χρόνου. Διαδικασίες για την εκτίμηση του φαινομένου της γήρανσης των θερμικών χαρακτηριστικών των μονάδων υαλοστασίων δίδονται στο πρότυπο EN 1279-1 [12] και EN 1279-3 [13].

<sup>a</sup> Συγκέντρωση αερίου.

<sup>b</sup> Η χρήση SF<sub>6</sub> απαγορεύεται σε κάποιες περιπτώσεις.

**Πίνακας 6.13:** Συντελεστές θερμοπερατότητας για κάθετα κουφώματα με ποσοστό εμβαδού πλαισίου ως προς το συνολικό εμβαδόν του κουφώματος 30% για συνηθισμένου τύπου εξαρτήματα διαχωρισμού υαλοπινάκων

Τύπος Υαλοστασίου	U <sub>g</sub> W/(m <sup>2</sup> .K)	Συντελεστές θερμοπερατότητας για συνηθισμένου τύπου εξαρτήματα διαχωρισμού υαλοπινάκων (spacer bars) U <sub>f</sub> W/(m <sup>2</sup> .K)													
		0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	7.0	
Μονό	5.7	4.2	4.3	4.3	4.4	4.5	4.5	4.6	4.6	4.8	4.9	5.0	5.1	6.1	
Διπλό ή Τριπλό	3.3	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	4.5	
	3.2	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	4.4	
	3.1	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.3	3.4	3.5	4.3	
	3.0	2.5	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	4.2	
	2.9	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	4.2	
	2.8	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2	3.3	4.1	
	2.7	2.3	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	4.0	
	2.6	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.7	2.6	2.9	3.0	3.2	4.0	
	2.5	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.5	2.8	3.0	3.1	3.9	
	2.4	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.8	2.9	3.0	3.8	
	2.3	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.4	2.7	2.8	3.0	3.8	
	2.2	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.3	2.6	2.8	2.9	3.7	
	2.1	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.6	2.7	2.8	3.6	
	2.0	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.3	2.5	2.6	2.7	2.8	3.6	
	1.9	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.1	2.3	2.4	2.5	2.5	2.7	3.6	
	1.8	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6	2.7	3.5	
	1.7	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	3.4	
	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.3	
	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	2.0	2.1	2.2	2.3	2.5	3.3	
	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	3.2	
	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	2.3	3.1	
	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.3	3.1	
	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	3.0	
1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.9		
0.9	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.9		
0.8	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.8		
0.7	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.7		
0.6	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.7		
0.5	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.6		

Σημείωση:

Ορισμός για κάθετα παράθυρα  $90^\circ \geq \alpha \geq 60^\circ$  όπου  $\alpha$  η γωνία εγκατάστασης του παραθύρου. Στις περιπτώσεις όπου τα παράθυρα δεν είναι κάθετα δηλ.  $60^\circ \geq \alpha \geq 0^\circ$  και οι κατασκευαστές δεν είναι σε θέση να προσκομίσουν κατάλληλα πιστοποιητικά με τα θερμικά τους χαρακτηριστικά ( $U_g$  και  $U_f$ ), για σκοπούς υπολογισμού του ολικού συντελεστή θερμοπερατότητας να χρησιμοποιούνται οι πιο πάνω τιμές.

**Πίνακας 6.14:** Συντελεστές θερμοπερατότητας για κάθετα κουφώματα με ποσοστό εμβαδού πλαισίου ως προς το συνολικό εμβαδόν του κουφώματος 20% για συνηθισμένου τύπου εξαρτήματα διαχωρισμού υαλοπινάκων

Τύπος Υαλοστασίου	U <sub>g</sub> W/(m <sup>2</sup> .K)	Συντελεστές θερμοπερατότητας για συνηθισμένου τύπου εξαρτήματα διαχωρισμού υαλοπινάκων (spacer bars) U <sub>f</sub> W/(m <sup>2</sup> .K)													
		0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	7.0	
Μονό	5.7	4.7	4.8	4.8	4.8	4.9	4.9	5.0	5.0	5.1	5.2	5.2	5.3	6.0	
Διπλό ή Τριπλό	3.3	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.5	3.5	3.6	4.1	
	3.2	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.5	4.0	
	3.1	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.9	
	3.0	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.1	3.2	3.3	3.4	3.9	
	2.9	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.1	3.2	3.3	3.8	
	2.8	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.1	3.2	3.7	
	2.7	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.1	3.6	
	2.6	2.4	2.4	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.6	2.9	3.0	3.1	3.5	
	2.5	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	2.5	2.8	2.9	3.0	3.5	
	2.4	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.6	2.4	2.7	2.8	2.9	3.4	
	2.3	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.4	2.7	2.7	2.8	3.3	
	2.2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.3	2.6	2.7	2.7	3.2	
	2.1	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.5	2.6	2.7	3.1	
	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.1	
	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	3.1	
	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	3.0	
	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.9	
	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.8	
	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.7	
	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.7	
1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.6		
1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.5		
1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.4		
1.0	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.3		
0.9	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	2.3		
0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	2.2		
0.7	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	2.1		
0.6	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	2.0		
0.5	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.9		

Σημείωση:

Ορισμός για κάθετα παράθυρα  $90^\circ \geq \alpha \geq 60^\circ$  όπου  $\alpha$  η γωνία εγκατάστασης του παραθύρου. Στις περιπτώσεις όπου τα παράθυρα δεν είναι κάθετα δηλ.  $60^\circ \geq \alpha \geq 0^\circ$  και οι κατασκευαστές δεν είναι σε θέση να προσκομίσουν κατάλληλα πιστοποιητικά με τα θερμικά τους χαρακτηριστικά ( $U_g$  και  $U_f$ ), για σκοπούς υπολογισμού του ολικού συντελεστή θερμοπερατότητας να χρησιμοποιούνται οι πιο πάνω τιμές.

**Πίνακας 6.15:** Συντελεστές θερμοπερατότητας για κάθετα κουφώματα με ποσοστό εμβαδού πλαισίου ως προς το συνολικό εμβαδόν του κουφώματος 30% για τύπους εξαρτημάτων διαχωρισμού υαλοπινάκων βελτιωμένης θερμικής απόδοσης.

Τύπος Υαλοστασίου	U <sub>g</sub> W/(m <sup>2</sup> .K)	Συντελεστές θερμοπερατότητας για συνηθισμένου τύπου εξαρτήματα διαχωρισμού υαλοπινάκων (spacer bars) βελτιωμένης θερμικής απόδοσης U <sub>f</sub> W/(m <sup>2</sup> .K)													
		0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	7.0	
Μονό	5.7	4.2	4.3	4.4	4.4	4.5	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	6.1	
Διπλό ή Τριπλό	3.3	2.7	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	4.4	
	3.2	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	4.4	
	3.1	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.5	4.3	
	3.0	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.3	3.4	4.2	
	2.9	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	4.2	
	2.8	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	4.1	
	2.7	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2	4.0	
	2.6	2.2	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.9	3.0	3.1	3.9	
	2.5	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.5	2.8	2.9	3.0	3.9	
	2.4	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.5	2.7	2.8	3.0	3.8	
	2.3	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.7	2.8	2.9	3.7	
	2.2	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.3	2.3	2.3	2.6	2.7	2.8	3.7	
	2.1	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.3	2.2	2.5	2.6	2.8	3.6	
	2.0	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.6	
	1.9	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.7	3.5	
	1.8	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	3.5	
	1.7	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	3.4	
	1.6	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.5	3.3	
	1.5	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	3.2	
	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	2.3	3.2	
	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	3.1	
	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	3.0	
	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	3.0	
1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.9		
0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.8		
0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.8		
0.7	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	2.7		
0.6	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.6		
0.5	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	2.5		

Σημείωση:

Ορισμός για κάθετα παράθυρα  $90^\circ \geq \alpha \geq 60^\circ$  όπου  $\alpha$  η γωνία εγκατάστασης του παραθύρου. Στις περιπτώσεις όπου τα παράθυρα δεν είναι κάθετα δηλ.  $60^\circ \geq \alpha \geq 0^\circ$  και οι κατασκευαστές δεν είναι σε θέση να προσκομίσουν κατάλληλα πιστοποιητικά με τα θερμικά τους χαρακτηριστικά ( $U_g$  και  $U_f$ ), για σκοπούς υπολογισμού του ολικού συντελεστή θερμοπερατότητας να χρησιμοποιούνται οι πιο πάνω τιμές.

**Πίνακας 6.16:** Συντελεστές θερμοπερατότητας για κάθετα κουφώματα με ποσοστό εμβαδού πλαισίου ως προς το συνολικό εμβαδόν του κουφώματος 20% για τύπους εξαρτημάτων διαχωρισμού υαλοπινάκων βελτιωμένης θερμικής απόδοσης

Τύπος Υαλοστασίου	U <sub>g</sub> W/(m <sup>2</sup> .K)	Συντελεστές θερμοπερατότητας για συνηθισμένου τύπου εξαρτήματα διαχωρισμού υαλοπινάκων (spacer bars) βελτιωμένης θερμικής απόδοσης U <sub>f</sub> W/(m <sup>2</sup> .K)													
		0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	7.0	
Μονό	5.7	4.7	4.8	4.8	4.8	4.9	4.9	5.0	5.0	5.1	5.2	5.2	5.3	6.0	
Διπλό ή Τριπλό	3.3	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	4.1	
	3.2	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.5	4.0	
	3.1	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.9	
	3.0	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.1	3.2	3.2	3.3	3.8	
	2.9	2.6	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.2	3.2	3.7	
	2.8	2.5	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.7	
	2.7	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.6	
	2.6	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.6	2.8	2.9	3.0	3.5	
	2.5	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.5	2.8	2.8	2.9	3.4	
	2.4	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.4	2.7	2.8	2.8	3.3	
	2.3	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.6	2.7	2.8	3.3	
	2.2	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.3	2.5	2.6	2.7	3.2	
	2.1	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.2	2.4	2.5	2.6	3.1	
	2.0	1.9	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	3.1	
	1.9	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.5	2.5	3.0	
	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.9	
	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.9	
	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.8	
	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.7	
	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.6	
	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.5	
	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.5	
	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.4	
1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	2.3		
0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	2.2		
0.8	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	2.1		
0.7	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	2.1		
0.6	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.0		
0.5	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9		

Σημείωση:

Ορισμός για κάθετα παράθυρα  $90^\circ \geq \alpha \geq 60^\circ$  όπου  $\alpha$  η γωνία εγκατάστασης του παραθύρου. Στις περιπτώσεις όπου τα παράθυρα δεν είναι κάθετα δηλ.  $60^\circ \geq \alpha \geq 0^\circ$  και οι κατασκευαστές δεν είναι σε θέση να προσκομίσουν κατάλληλα πιστοποιητικά με τα θερμικά τους χαρακτηριστικά ( $U_g$  και  $U_f$ ), για σκοπούς υπολογισμού του ολικού συντελεστή θερμοπερατότητας να χρησιμοποιούνται οι πιο πάνω τιμές.

**Παράδειγμα 15:** Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κουφώματος

**Δεδομένα:**

**1. Συντελεστής Θερμοπερατότητας Υαλοστασίου  $U_g$**

- Διπλό
- Πάχος Υαλοπινάκων – 4mm
- Διάκενο – 12 mm
- Είδος αερίου στο διάκενο – Αέρας
- Συνήθης υαλοπίνακας (χωρίς προστασία) με συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας ( $\epsilon$ ) = 0.89

Με βάση τα πιο πάνω δεδομένα η τιμή για τον συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοστασίου  $U_g$  επιλέγεται από τον Πίνακα 6.12 και είναι  $U_g = 2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$

**2. Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου  $U_f$**

- Υλικό κατασκευής πλαισίου – Αλουμίνιο χωρίς φράγμα ροής θερμότητας.

Με βάση το πρότυπο EN ISO 10077-1 στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν δεδομένα από τον κατασκευαστή και το υλικό κατασκευής του πλαισίου είναι μέταλλο χωρίς φράγμα ροής θερμότητας τότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι  $U_f = 7.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

**3. Εξαρτήματα συνένωσης υαλοστασίων**

- Κοινού τύπου (Δεν πληρούν το κριτήριο ώστε να θεωρούνται θερμικά βελτιωμένα).

**4. Ποσοστό πλαισίου ως προς το συνολικό εμβαδόν του κουφώματος**

- 20%

Με βάση τα πιο πάνω δεδομένα ο κατάλληλος πίνακας για την επιλογή του συνολικού συντελεστή θερμοπερατότητας είναι ο Πίνακας 6.14. Με δεδομένο τον  $U_g = 2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$  στον κάθετο άξονα και  $U_f = 7.0 \text{ W/m}^2\text{K}$  στον οριζόντιο άξονα ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος είναι ίσος με  $3.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Ικανοποιείται η απαίτηση που είναι  $U \leq 3.80 \text{ W / m}^2\text{K}$ .

## 6.6 Μεθοδολογία υπολογισμού του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας $U_m$ τοίχων στοιχείων της φέρουσας κατασκευής (κολόνες, δοκοί και τοιχία) και κουφωμάτων που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας  $U_m$  των τοίχων, φέρουσας κατασκευής (κολόνες, δοκοί και τοιχία) και κουφωμάτων ορόφου ενός κτιρίου, υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$U_m = \frac{\sum U_i A_i}{\sum A_i}$$

$$= \frac{\sum U_{j,\text{τοιχίου}} A_{j,\text{τοιχίου}} + \sum U_{k,\text{φερ. κατασκευής}} A_{k,\text{φερ. κατασκευής}} + \sum U_{l,\text{κουφώματος}} A_{l,\text{κουφώματος}}}{\sum A_{j,\text{τοιχίου}} + \sum A_{k,\text{φερ. κατασκευής}} + \sum A_{l,\text{κουφώματος}}}$$

(m<sup>2</sup>.K/W) (Σχέση 6.13)

όπου:

j αύξοντας αριθμός ανά είδος τοίχου

k αύξοντας αριθμός ανά είδος φέρουσας κατασκευής

l αύξοντας αριθμός ανά είδος κουφώματος

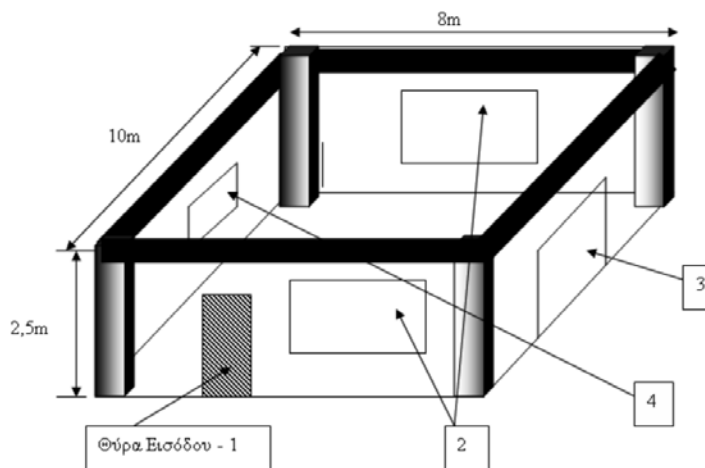
$U_j, U_k, U_l$  ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου [W / m<sup>2</sup>K]

$A_j, A_k, A_l$  το εμβαδόν επιφάνειας του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου [m<sup>2</sup>]

Το εμβαδόν επιφάνειας κάθε δομικού στοιχείου προσδιορίζεται με βάση τις εξωτερικές του διαστάσεις

Χρησιμοποιώντας τη σχέση 6.13 που φαίνεται πιο πάνω και γνωρίζοντας το εμβαδόν και τον συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε στοιχείου του ορόφου. Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας ανά όροφο υπολογίζεται όπως στο παράδειγμα που ακολουθεί.

**Παράδειγμα 16:** Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων στοιχείων της φέρουσας κατασκευής (κολόνες, δοκοί και τοιχία) και κουφωμάτων που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου που χρησιμοποιείται ως κατοικία.



**Στοιχεία Κτιρίου**

Τα στοιχεία που ακολουθούν δεν βασίζονται σε πραγματική στατική ανάλυση

- 1. Διαστάσεις κτιρίου 10m x 8m x 2.5m
- 2. Διαστάσεις τομής υποστυλωμάτων 0.2m x 0.2 m
- 3. Διαστάσεις τομής δοκών 0.2m x 0.2m
- 4. Όλα τα δομικά στοιχεία είναι θερμομονωμένα εξωτερικά
- 5. Διαστάσεις Κουφωμάτων

Κουφωμα	Πλάτος m	Ύψος m
1	1.0	2.0
2	2.0	1.5
3	2.0	2.0
4	1.5	1.0



6. Η θύρα εισόδου (1) είναι πάχους 40mm κατασκευασμένη από σκληρή ξυλεία με εγκάρσιες ίνες. Τα παράθυρα είναι κατασκευασμένα από σκελετούς αλουμινίου με διπλούς υαλοπίνακες με διάκενο 12mm.

• Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας (U) τοιχοποιίας

Τύπος κατασκευής		Τοίχος θερμομονωμένος εξωτερικά			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.025	1.0	0.025	
2	Τούβλο	0.2	0.4	0.5	
3	Θερμομονωτικό Υλικό	0.05	0.030	1.667	
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.05	1	1	
5	*	-	-	-	
Ροή Θερμότητας		$R_{si}$ (m <sup>2</sup> K/W)	$R_{se}$ (m <sup>2</sup> K/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας <b>U</b> (W/m <sup>2</sup> K)	
Οριζόντια		0.13	0.04	<b>0.419</b>	
Σημείωση		Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.85$			

\* Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μπογιές, γόμες κ.λπ. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.

• Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας (U) δοκών και υποστυλωμάτων

Τύπος κατασκευής		Θερμομονωμένες κολόνες και δοκοί			
A/A	Όνομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.025	1.0	0.025	
3	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (2% χάλυβα)	0.2	2.5	0.080	
3	Θερμομονωτικό Υλικό	0.03	0.030	1.000	
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.025	1.0	0.025	
5	*	-	-	-	
Ροή Θερμότητας		$R_{si}$ (m <sup>2</sup> K/W)	$R_{se}$ (m <sup>2</sup> K/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m <sup>2</sup> K)	
Οριζόντια		0.13	0.04	<b>0.769</b>	
Σημείωση		Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.85$			

\* Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μογιές, γόμες κ.λπ. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.

• Συντελεστές θερμοπερατότητας κουφωμάτων

$$U_{\text{κουφωμάτων}} = 3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{θυραεισοδου}} = 3,23 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Υπολογισμός των εμβαδών των δομικών στοιχείων.

#### Συνολικό Εμβαδόν Κτιρίου

Όψη m	Πλάτος m	Ύψος m <sup>2</sup>	Εμβαδόν
A	8.00	2.50	20
B	10.00	2.50	25
Γ	8.00	2.50	20
Δ	10.00	2.50	25
<b>Σύνολο</b>			<b>90</b>

**A<sub>tot</sub>=90**

#### Σύνολο εμβαδού δοκών και υποστρωμάτων

	Συνολικό Πλάτος m	Ύψος m	Εμβαδόν m <sup>2</sup>
Υποστρώματα	1.6	2.3	3.68
Δοκοί	36	0.2	7.2
<b>Σύνολο</b>			<b>10.88</b>

**A<sub>δοκ-υποστ.</sub>= 10.88m<sup>2</sup>**

#### Συνολικό Εμβαδόν Κουφωμάτων

Παράθυρα A/A	Πλάτος	Ύψος	Ποσότητα	Εμβαδόν
2	2.0	1.5	1	3.0
3	2.0	2.0	2	8.0
4	2.0	1.0	1	2.0
<b>Σύνολο</b>				<b>13</b>

**A<sub>παρ</sub>= 13m<sup>2</sup>**

#### Θύρα

	Πλάτος	Ύψος	Ποσότητα	Εμβαδόν
1	1	2	1	2

**A<sub>θυρ</sub>=2m<sup>2</sup>**

#### Εμβαδόν Τοιχοποιίας

$$A_{\text{τοιχ.}} = A_{\text{tot}} - (A_{\text{δοκ.-υποστ.}} + A_{\text{παρ.}} + A_{\text{θυρ}})$$

**A<sub>τοιχ</sub> = 64.12m<sup>2</sup>**

- Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων, στοιχείων της φέρουσας κατασκευής και κουφωμάτων που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.

$$U_m = \frac{\sum U_i A_i}{\sum A_i}$$

$$U_m = \frac{U_{\text{τοιχ}} \cdot A_{\text{τοιχ}} + U_{\text{Δοκ υποστ. δοκ υποστ.}} \cdot A_{\text{δοκ υποστ.}} + U_{\text{παρ παρ.}} \cdot A_{\text{παρ παρ.}} + U_{\text{θυρ θυρ}} \cdot A_{\text{θυρ θυρ}}}{A_{\text{tot}}}$$

$$U_m = \frac{0,419 \times 64,12 + 0,769 \times 10,88 + 3,7 \times 13 + 3,23 \times 2}{90} = 0.998 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι  $U_m \leq 1.30$

Εξεταζόμενο κτίριο		Ισόγειο		
A/A	Περιγραφή κατασκευής	Συντελεστής Θερμοπερ. κατασκευής $U_i$ (W/m <sup>2</sup> k)	Εμβαδόν κατασκευής $A_i$ (m <sup>2</sup> )	$U_i \times A_i$ κατασκευής (W/k)
1	Τοιχοποιία	0.419	64.120	26.866
2	Δοκοί-Υποστύλωματα	0.769	10.880	8.3667
3	Παράθυρα	3.700	13.000	48.100
4	Θύρα	3.230	2.000	6.460
5				0.000
ΣΥΝΟΛΟ			90.000	89.72
ΜΕΣΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ. $U_m$				<b>0.998</b>



## 7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

Κάθε υλικό έχει την ιδιότητα να προσλαμβάνει και να αποθηκεύει θερμότητα. Η ποσότητα της θερμότητας που μπορεί να προσλάβει ένα υλικό ονομάζεται αποτελεσματική και οι μονάδες είναι kJ/(kg K).

Για να την υπολογίσουμε χρησιμοποιούμε την πιο κάτω σχέση:

$$C_m = \sum_j \sum_i \rho_{i,j} C_{i,j} d_{i,j} A_j \quad (\text{Σχέση 7.1})$$

Όπου:

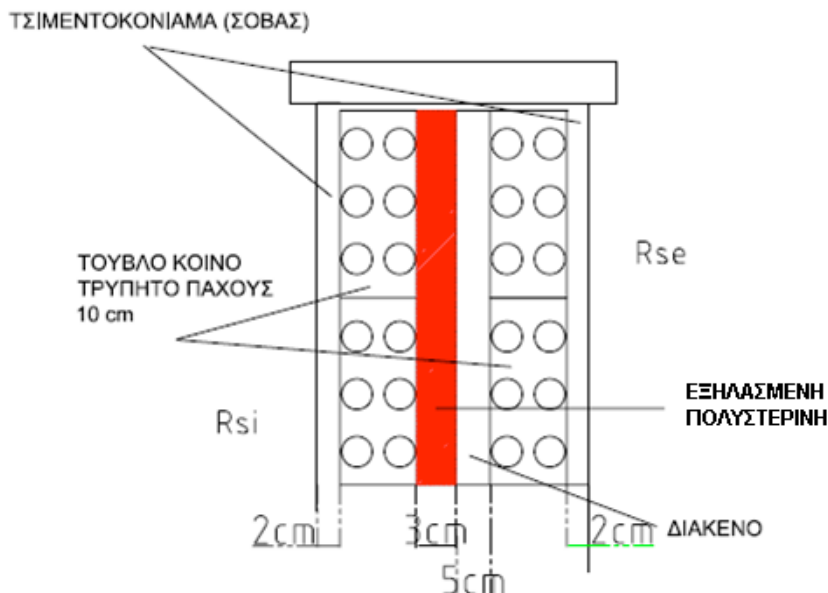
- A    Επιφάνεια του στοιχείου j (m)
- $\rho_{i,j}$     Πυκνότητα του υλικού της επιφάνειας i στο στοιχείο j (kg/m)
- $C_{i,j}$     Ειδική θερμότητα (J/kgK)
- $d_{i,j}$     Πάχος του υλικού της επιφάνειας i στο στοιχείο j (m)

Το άθροισμα γίνεται για όλες τις επιφάνειες του δομικού στοιχείου αρχίζοντας από την εσωτερική επιφάνεια και σταματώντας στην:

Πρώτη επιφάνεια θερμομόνωσης, το μέσο του δομικού στοιχείου και πάχος κατασκευής 10cm.

Οποιοδήποτε από τα πιο πάνω συμβεί πρώτο (βλέπε τα παραδείγματα 17,18 και 19).

**Παράδειγμα 17:** Διπλός εξωτερικός τοίχος με κοινό τρυπητό τούβλο (30X20X10 cm), με Εξηλασμένη πολυστερίνη, διάκενο αέρα (μη αεριζόμενο), σοβατισμένος εσωτερικά και εξωτερικά.

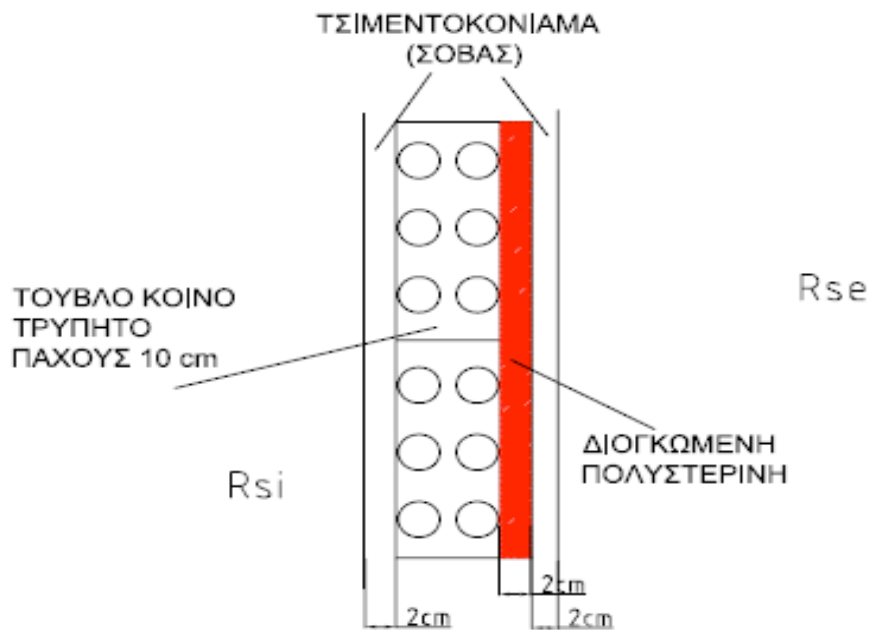


Υπολογίστε την Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα ( $C_m$ ) της Κατασκευής, συμπληρώνοντας το Έντυπο Παρουσίασης Υπολογισμού Αποτελεσματικής Θερμοχωρητικότητας Κατασκευής που δίδεται πιο κάτω, και χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από το Παράρτημα:

**ΕΝΤΥΠΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗΣ  
ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

A/A	Όνομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Πυκνότητα Υλικού <b>p</b> (Kg/m <sup>3</sup> )	Ειδική Θερμότητα <b>C<sub>p</sub></b> (kJ/(kgK))	Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα Υλικού <b>C<sub>m</sub></b> (kJ/m <sup>2</sup> K)
1	Τσιμεντοκονίαμα	0.02	1800	1	36
2	Τούβλο κοινό	0.08	1000	1	80
3					
4					
<b>Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα Κατασκευής</b>				<b>C<sub>m</sub> (kJ/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>116</b>
<b>Σημείωση:</b> Στην περίπτωση αυτή ισχύει ότι αθροίσαμε όλες τις επιφάνειες του δομικού στοιχείου αρχίζοντας από την εσωτερική επιφάνεια και σταματώντας στα 10cm πάχος κατασκευής					

**Παράδειγμα 18:** Εξωτερικός τοίχος με κοινό τρυπητό τούβλο (30Χ20Χ10 cm), με θερμομόνωση εξωτερικά, σοβατισμένος εσωτερικά και εξωτερικά.



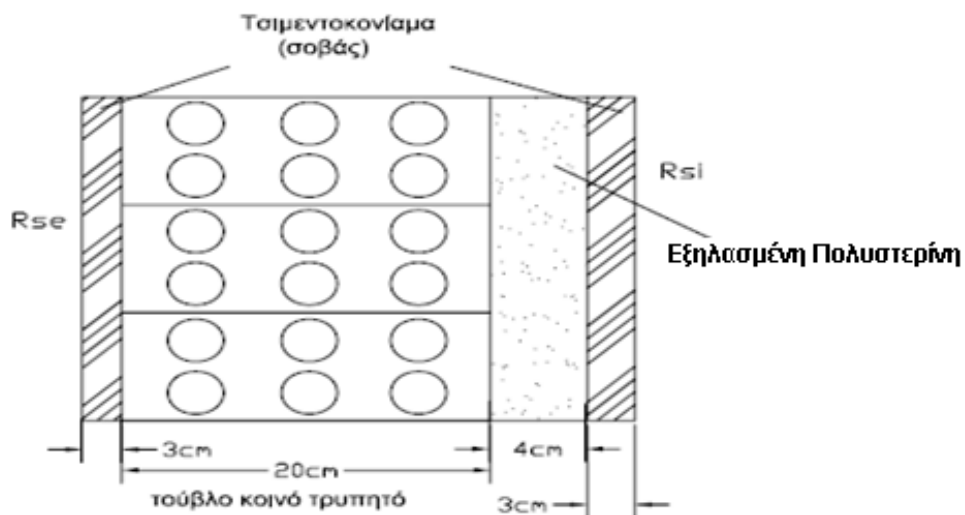
Υπολογίστε την Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα ( $C_m$ ) της Κατασκευής, συμπληρώνοντας το Έντυπο Παρουσίασης Υπολογισμού Ωφέλιμης Θερμοχωρητικότητας Κατασκευής που δίδεται πιο κάτω, και χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από το Παράρτημα:



**ΕΝΤΥΠΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗΣ  
ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

A/A	Όνομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Πυκνότητα Υλικού <b>p</b> (Kg/m <sup>3</sup> )	Ειδική Θερμότητα <b>C<sub>p</sub></b> (kJ/(kgK))	Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα Υλικού <b>C<sub>m</sub></b> (kJ/m <sup>2</sup> K)
1	Τσιμεντοκονίαμα	0.02	1800	1	36
2	Τούβλο κοινό	0.060	1000	1	60
3					
4					
<b>Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα Κατασκευής</b>				<b>C<sub>m</sub> (kJ/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>96</b>
<p><b>Σημείωση:</b> Στην περίπτωση αυτή ισχύει ότι αθροίσαμε όλες τις επιφάνειες του δομικού στοιχείου αρχίζοντας από την εσωτερική επιφάνεια και σταματώντας στα μέσα του δομικού στοιχείου (16/2 = 8 cm)</p>					

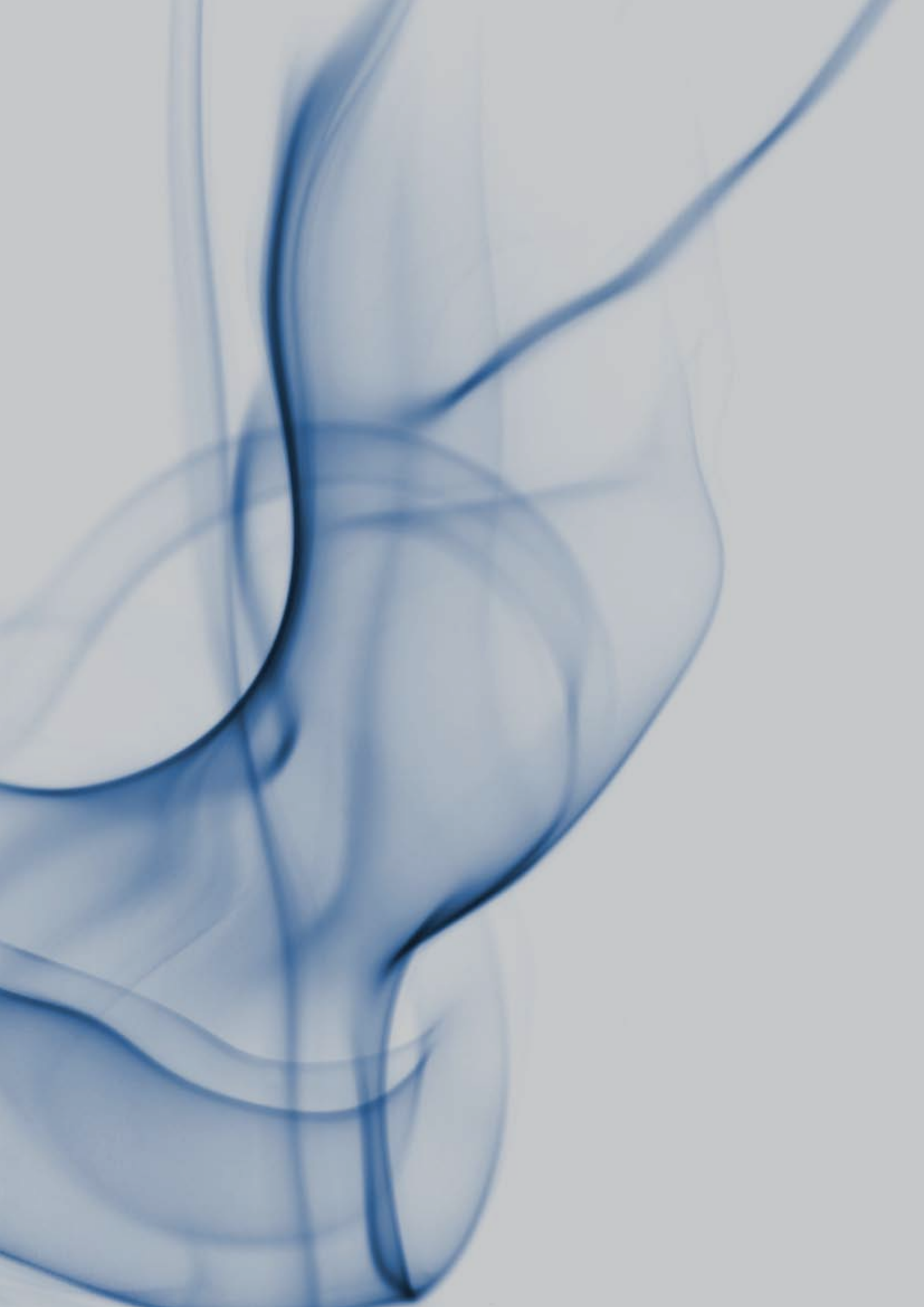
**Παράδειγμα 19:** Εξωτερικός τοίχος με κοινό τρυπητό τούβλο (30X20X10 cm), με θερμομόνωση εσωτερικά, σοβατισμένος εσωτερικά και εξωτερικά.



Υπολογίστε την Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα ( $C_m$ ) της Κατασκευής, συμπληρώνοντας το Έντυπο Παρουσίασης Υπολογισμού Ωφέλιμης Θερμοχωρητικότητας Κατασκευής που δίδεται πιο κάτω, και χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από το Παράρτημα.

**ΕΝΤΥΠΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗΣ  
ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

A/A	Όνομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Πυκνότητα Υλικού <b>ρ</b> (Kg/m <sup>3</sup> )	Ειδική Θερμότητα <b>C<sub>p</sub></b> (kJ/(kgK))	Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα Υλικού <b>C<sub>m</sub></b> (kJ/m <sup>2</sup> K)
1	Τσιμεντοκονίαμα	0.030	1800	1	54
2					
3					
4					
<b>Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα Κατασκευής</b>				<b>C<sub>m</sub> (kJ/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>54</b>
<p><b>Σημείωση:</b> Στην περίπτωση αυτή ισχύει το ότι αθροίσαμε όλες τις επιφάνειες του δομικού στοιχείου αρχίζοντας από την εσωτερική επιφάνεια και σταματώντας στην πρώτη επιφάνεια θερμομόνωσης</p>					



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α:

Τυπικοί συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας  
διαφόρων υλικών/προϊόντων

*Σύμφωνα με την Οδηγία 89/106/ΕΟΚ για τα Προϊόντα Δομικών Κατασκευών, καθώς και σύμφωνα με τους Περί των Βασικών Απαιτήσεων Νόμους και Κανονισμούς, τα προϊόντα δομικών κατασκευών για τα οποία υπάρχει εναρμονισμένο πρότυπο και η περίοδος συνύπαρξής του με αντίστοιχο εθνικό πρότυπο έχει λήξει, μπορούν να διατίθενται στην αγορά μόνο εάν φέρουν την Σήμανση Συμμόρφωσης CE. Επομένως, για σκοπούς υπολογισμών, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι δηλωμένες τιμές που αναγράφονται στη Σήμανση Συμμόρφωσης CE.*

Στην απουσία συγκεκριμένων τιμών του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας των διαφόρων υλικών/προϊόντων, πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι τυπικές τιμές του Πίνακα 1.

Οι τιμές του πίνακα αφορούν θερμικά ομοιογενή δομικά υλικά/προϊόντα και για θερμοκρασίες σχεδιασμού μεταξύ  $-30^{\circ}\text{C}$  και  $+60^{\circ}\text{C}$ .

Όπου δίνεται ένα εύρος τιμών για ένα υλικό/προϊόν βάσει της πυκνότητας, οι ενδιάμεσες τιμές μπορούν να υπολογιστούν με τη μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής.

**Πίνακας 1:** Συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας δομικών υλικών/προϊόντων

A/A	Ομάδα Υλικού ή Εφαρμογή	Πυκνότητα $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού - $\lambda$ [W/(mK)]	Ειδική Θερμότητα $C_p$ [kJ/(kgK)]
<b>1.</b>	<b>ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ</b>			
1.1	<b>Λίθοι</b>			
1.1.1	Φυσικοί λίθοι:			
1.1.1.1	Κρυσταλλικός βράχος	2800	3.50	1.00
1.1.1.2	Ιζηματογενής βράχος	2600	2.30	
1.1.1.3	Ιζηματογενής βράχος ελαφρύς	1500	0.85	
1.1.1.4	Πορώδης π.χ. λάβα	1600	0.55	
1.1.2	Βασάλτης	2700-3000	3.50	
1.1.3	Γνέσιος	2400-2700	3.50	
1.1.4	Γρανίτης	2500-2700	2.80	
1.1.5	Μάρμαρο	2800	3.50	
1.1.6	Σχιστόλιθος	2000-2800	2.20	
1.1.7	Ασβεστόλιθος:			
	Πολύ μαλακός	1600	0.85	
	Μαλακός	1800	1.10	
	Ημίσκληρος	2000	1.40	
	Σκληρός	2200	1.70	
	Πολύ σκληρός	2600	2.30	
1.1.8	Ψαμμίτης (πυρίτιο)	2600	2.30	
1.1.9	Φυσική κίσηρις	400	0.12	
1.1.10	Τεχνητή λίθος	1750	1.30	
1.2	<b>Άργιλος</b>			
1.2.1	Πλίνθοι συμπαγείς ωμοί		0.93	
1.2.2	Πλίνθοι μετ' άχυρου ωμοί	1300	0.70	
1.3	<b>Τούβλα (αργιλικά)</b>			
1.3.1	200x300x100	1000	0.40	1.00
1.3.2	Συμπαγή	1600	0.70	1.00
1.4	<b>Ξηρά υλικά πληρώσεως τοποθετούμενα χύδην εις διάκενα οροφών, τοίχων κ.λπ.</b>			
1.4.1	Άμμος διαμέτρου κόκκου $\leq 5$ mm		0.58	
1.4.2	Ψηφίδες διαμέτρου κόκκου 5-10 mm συλλέκτες και θραύστες		0.81	
1.4.3	Χονδρόκοκκος κίσηρις		0.19	
1.4.4	Θραύσματα οπτόπλινθων και κεράμων		0.41	
1.4.5	Περλίτης διογκωμένος		0.064	

A/A	Ομάδα Υλικού ή Εφαρμογή	Πυκνότητα $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού - $\lambda$ [W/(mK)]	Ειδική Θερμότητα $C_p$ [kJ/(kgK)]
1.5	<b>Επιχρίσματα και κονιάματα</b>			
1.5.1	<i>Επίχρισμα από γύψο:</i>			
1.5.1.1	Μονωτικό	600	0.18	1.00
1.5.1.2	Πυκνότητας:			
1.5.1.2.1		1000	0.40	1.00
1.5.1.2.2		1300	0.57	1.00
1.5.2	<i>Άμμος και:</i>			
1.5.2.1	Γύψος	1600	0.80	1.00
1.5.2.2	Ασβέστης	1600	0.80	1.00
1.5.2.3	Τσιμέντο	1800	1.00	1.00
1.6	<b>Τύποι Σκυροδεμάτων</b>			
1.6.1	<i>Σκυρόδεμα:</i>			
1.6.1.1	Μέσης πυκνότητας			
		1800	1.15	1.00
		2000	1.35	
		2200	1.65	
1.6.1.2	Υψηλής πυκνότητας	2400	2.00	
1.6.1.3	Οπλισμένο με 1% χάλυβα	2300	2.30	
1.6.1.4	Οπλισμένο με 2% χάλυβα	2400	2.50	
1.6.2	<b>Σκυροδέματα και ελαφρά σκυροδέματα (σε κατασκευαστικά στοιχεία χωρίς αρμούς και σε μεγάλης μεγέθους πλάκες</b>			
1.6.2.1	Σκυρόδεμα δια συλλεκτών ή θραυστών αδρανών κλειστής δομής:			
1.6.2.1.1	Κατηγορία σκυροδέματος $\leq$ B120	1.51		
1.6.2.1.2	Κατηγορία σκυροδέματος $\geq$ B160	2.03		
1.6.2.1.3	Ελαφροσκυρόδεμα	500	0.18	
		600	0.20	
		700	0.23	
1.6.2.1.4	Αφροσκυρόδεμα	500	0.18	
		600	0.20	
1.6.2.2	<i>Γαρμπιλοσκυρόδεμα:</i>			
1.6.2.2.1		1500	0.64	
1.6.2.2.2		1700	0.81	
1.6.2.2.3		1900	1.10	
1.6.2.4	<i>Κυψελωτό σκυρόδεμα σκληρυνθέν δί' ατμού:</i>			
1.6.2.4.1		400	0.14	
1.6.2.4.2		500	0.19	
1.6.2.4.3		600	0.23	
1.6.2.4.4		800	0.29	
1.6.2.4.5		1000	0.35	



A/A	Ομάδα Υλικού ή Εφαρμογή	Πυκνότητα $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού - $\lambda$ [W/(mK)]	Ειδική Θερμότητα $C_p$ [kJ/(kgK)]
1.6.2.5	Περλιτόδεμα [τσιμέντο/περλίτης(κατά όγκο)]:			
1.6.2.5.1	1:4		0.198	
1.6.2.5.2	1:5		0.163	
1.6.2.5.3	1:6		0.145	
1.6.2.5.4	1:7		0.134	
1.6.2.5.5	1:8		0.128	
1.6.2.5.6	1:20		0.081	
1.6.2.6	Πλάκες εκ σκυροδέματος, γύψου και αμιαντοτσιμέντου:			
1.6.2.6.1	Πλάκες εκ κισσηροδέματος	800	0.29	
1.6.2.6.2	Πλάκες εξ ελαφρού σκυροδέματος με ανάμικτα αδρανή	1400	0.58	
1.6.2.6.3	Πλάκες εξ αμιαντοτσιμέντου	1800	0.35	
1.6.2.7	Τοιχοποιία εκ τσιμεντόπλινθων συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών			
1.6.2.7.1	Τσιμεντόλιθοι πλήρεις με ασβεστολιθικά αδρανή:	1600	0.79	
		1800	0.99	
		2000	1.10	
1.6.2.7.2	Τσιμεντόλιθοι διάτρητοι με ασβεστολιθικά αδρανή	1200	0.56	
		1400	0.70	
		1600	0.79	
1.6.2.7.3	Τσιμεντόλιθοι με διάκενα, με ασβεστολιθικά αδρανή			
		1000	0.50	
		1200	0.56	
1.6.2.7.4	Κισσηρόλιθοι πλήρεις	800	0.41	
		1000	0.46	
		1200	0.52	
		1400	0.64	
		1600	0.79	
1.6.2.7.5	Κισσηρόλιθοι με διάκενα 2 διάκενων	1000	0.44	
		1200	0.49	
		1400	0.56	
1.6.2.7.6	Κισσηρόλιθοι με διάκενα,3 διάκενων	1400	0.49	
		1600	0.56	
1.6.2.7.7	Πλίνθοι εκ κυψελωτού σκυροδέματος εσκληρυμένοι δι' ατμού	600	0.35	
		800	0.41	
		1000	0.46	
1.6.2.7.8	Πλίνθοι εκ σκυροδέματος εσκληρυμένοι στον αέρα			
		800	0.44	
		1000	0.56	
		1200	0.70	

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α:

## Τυπικοί συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας διαφόρων υλικών/προϊόντων

A/A	Ομάδα Υλικού ή Εφαρμογή	Πυκνότητα $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού - $\lambda$ [W/(mK)]	Ειδική Θερμότητα $C_p$ [kJ/(kgK)]
1.6.2.7.8	Πλίνθοι εκ σκυροδέματος εσκληρυμένοι στον Αέρα	800	0.44	
		1000	0.56	
		1200	0.70	
1.6.2.8	Τοιχοποιία εξ οπτόπλινθων συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών			
1.6.2.8.1	Οπτόπλινθοι πλήρεις	1000	0.46	
		1200	0.52	
		1400	0.60	
		1800	0.79	
1.6.2.8.2	Οπτόπλινθοι διάτρητοι	1000	0.46	
		1200	0.52	
		1400	0.60	
1.6.2.8.3	Πλακίδια επιστρώσεως	2000	1.05	
<b>1.7</b>	<b>Γύψος</b>			
1.7.1	Γύψος πυκνότητας:			
1.7.1.1		600	0.18	1.00
1.7.1.2		860	0.20	
1.7.1.3		900	0.30	
1.7.1.4		1200	0.43	
1.7.1.5		1500	0.56	
1.7.2	Γυψοσανίδα από γύψο β πυκνότητας:	700	0.21	1.00
		900	0.25	
<b>2.</b>	<b>ΕΔΑΦΙΚΑ ΥΛΙΚΑ</b>			
2.1	Άργιλος ή ιλύς	1200-1800	1.50	1.67-2.5
2.2	Άμμος και χαλίκια	1700-2200	2.0	910-1180
<b>3.</b>	<b>ΞΥΛΕΙΑ</b>			
3.1	Ξυλεία πυκνότητας:			
3.1.1		450	0.12	1.6
3.1.2		500	0.13	
3.1.3		700	0.17	
3.2	Δρυς		0.21	
3.3	Οξιά		0.17	
3.4	Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο, κ.λπ.)		0.14	
3.5	Κόντρα πλακέ, πλακάτζ, κ.λπ.	300	0.09	1.6
3.5.1		500	0.13	1.6
3.5.2		700	0.17	1.6
3.5.3		1000	0.24	1.6

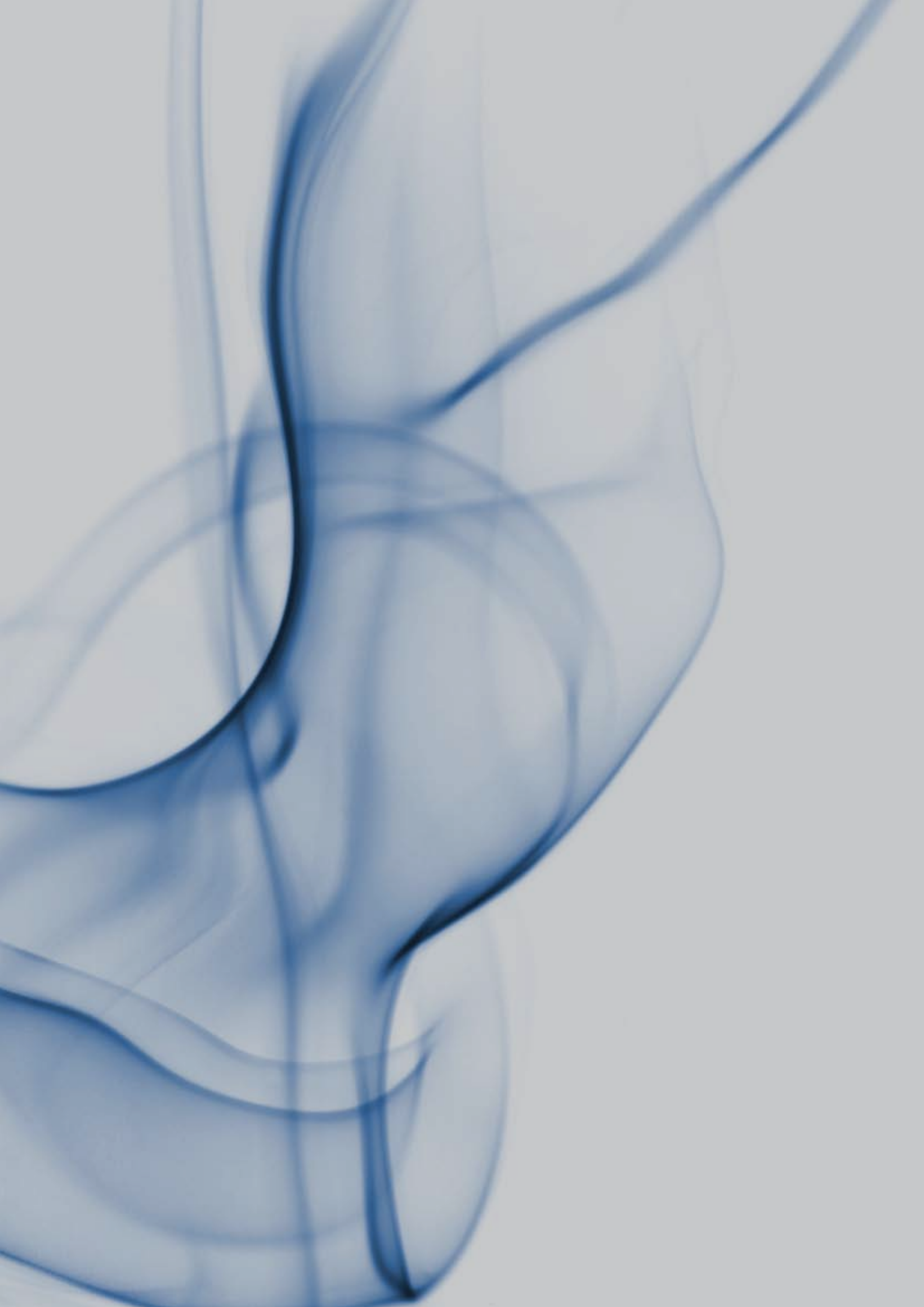
A/A	Ομάδα Υλικού ή Εφαρμογή	Πυκνότητα $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού - $\lambda$ [W/(mK)]	Ειδική Θερμότητα $C_p$ [kJ/(kgK)]
3.6	<b>Μοριοσανίδες</b>	300	0.10	1.7
3.6.1		600	0.14	1.7
3.6.2		900	0.18	1.7
3.7	<b>Μαλακό ξύλο με:</b>			
3.7.1	Παράλληλες ίνες	650	0.13	1.7
3.7.2	Εγκάρσιες ίνες	500	0.24	
3.8	<b>Σκληρό ξύλο με:</b>			
3.8.1	Παράλληλες ίνες	700	0.15	
3.8.2	Εγκάρσιες ίνες	700	0.29	
<b>4.</b>	<b>ΜΕΤΑΛΛΑ</b>			
4.1	<b>Χυτοσίδηρος</b>	7500	50	0.45
4.2	<b>Χαλκός</b>			
4.2.1	Χαλκός	8900	380	0.38
4.3	<b>Ορείχαλκος</b>	8400	120	0.38
4.4	<b>Αλουμίνιο</b>			
4.4.1	Αλουμίνιο		200	
4.4.2	Κράματα αλουμινίου	2800	160	0.88
4.5	<b>Μπρούντζος</b>	8700	65	0.38
4.6	<b>Μόλυβδος</b>	11300	35	0.13
4.7	<b>Χάλυβας</b>	7800	50	0.45
4.7.1	Χάλυβας ωστενικός ή ωστ/φερριτικός	7900	17	0.50
4.7.2	Χάλυβας μαρτενσιτικός	7900	30	0.46
4.8	Ψευδάργυρος	7200	110	0.38
<b>5.</b>	<b>ΥΑΛΟΣ</b>			
5.1	<b>Ύαλος:</b>			
5.1.1	Κοινός	2500	1.00	0.75
5.1.2	Από χαλαζία	2200	1.40	0.75
5.1.3	Μωσαϊκό	2000	1.20	0.75
<b>6.</b>	<b>ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΣ</b>			
6.1	<b>Λινόλεουμ</b>	1200	0.17	1.40
6.2	<b>Ασφαλτικό σκυρόδεμα</b>	2100	0.70	1.00
6.3	<b>Άσφαλτος</b>	1050	0.17	
6.4	<b>Ασφαλτόπανο</b>	1100	0.23	

A/A	Ομάδα Υλικού ή Εφαρμογή	Πυκνότητα $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού - $\lambda$ [W/(mK)]	Ειδική Θερμότητα $C_p$ [kJ/(kgK)]
<b>7.</b>	<b>ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ</b>			
7.1.1	Πλάκες υαλοβάμβακα βακελιτούχες και εκ λιθοβάμβακος(ορυκτοβάμβακος)		0.041	
7.1.2	Υαλοβάμβακας/Ορυκτοβάμβακας	40	0.041	
7.2	<b>Υαλοβάμβακας μη μορφοποιημένος</b>	50	0.041	
7.3	<b>Πλάκες ελαφρών κατασκευών εκ ξυλόμαλλου μετά ανόργανου συνδετικής κονίας πάχους</b>	15mm	570	0.14
		25 –35mm	460-415	0.093
		≥50 mm	<390	0.081
7.4	<b>Πλάκες εκ διογκωμένου φελλού</b>			
		120	0.041	
		160	0.044	
		200	0.046	
7.5	<b>Πλακίδια εκ φελλού</b>	450	0.064	
7.6	<b>Διογκωμένα συνθετικά υλικά</b>		0.041	
7.7	<b>Σκληροί αφροί εκ συνθετικών υλικών</b>		0.041	
7.8	<b>Διογκωμένη πολυστερίνη</b>	min 20	0.041	
7.9	<b>Εξηλασμένη πολυστερίνη</b>	>20	0.030	
7.10	<b>Πολυουρεθάνη αφρός</b>	70	0.05	2.3
<b>8.</b>	<b>ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΔΑΠΕΔΩΝ</b>			
8.1	<b>Ελαστικό</b>	1200	0.17	1.40
8.2	<b>Πλαστικό</b>	1700	0.25	1.40
8.3	<b>Υπόστρωμα:</b>			
8.3.1	Κυψελοειδές ελαστικό ή πλαστικό	270	0.10	1.40
8.3.2	Πίλημα (τούχα)	120	0.05	1.30
8.3.3	Βάμβακας	200	0.06	1.30
8.3.4	Φελλός	<200	0.05	1.50
8.4	<b>Πλακίδια φελλός</b>	>400	0.065	1.50
8.5	<b>Χαλί/ ύφασμα πατώματος</b>	200	0.06	1.30
8.6	<b>Λινόλεουμ</b>	1200	0.17	1.40
<b>9.</b>	<b>ΑΕΡΙΑ</b>			
9.1	<b>Αέρας</b>	1.23	0.025	1.008
9.2	<b>Διοξείδιο άνθρακα</b>	1.95	0.014	0.82
9.3	<b>Αργό</b>	1.70	0.017	0.519
9.4	<b>Εξαφθοριούχο θείο</b>	6.36	0.013	0.614
9.5	<b>Κρυστόν</b>	3.56	0.0090	0.245
9.6	<b>Ξένον</b>	5.58	0.0054	0.16

A/A	Ομάδα Υλικού ή Εφαρμογή	Πυκνότητα $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού - $\lambda$ [W/(mK)]	Ειδική Θερμότητα $C_p$ [kJ/(kgK)]
<b>10.</b>	<b>ΥΔΩΡ</b>			
10.1	<b>Πάγος:</b>			
10.1.1	στους -10°C	920	2.30	2.00
10.1.2	στους 0°C	900	2.20	2.00
10.2	<b>Χιόνι:</b>			
10.2.1	φρέσκο (<30mm)	100	0.05	2.00
10.2.2	μαλακό (30mm έως 70mm)	200	0.12	
10.2.3	ελαφρώς συμπυκνωμένο (70mm έως 100mm)	300	0.23	
10.2.4	συμπυκνωμένο (> 200mm)	500	0.60	
10.3	<b>Ύδωρ:</b>			
10.3.1	στους 10°C	1000	0.60	4.19
10.3.2	στους 40°C	990	0.63	
10.3.3	στους 80°C	970	0.67	
<b>11.</b>	<b>ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΣΕ ΣΤΕΡΕΑ ΜΟΡΦΗ</b>			
11.1	Ακρυλικό	1050	0.20	1.50
11.2	Πολυανθρακικά	1200	0.20	1.20
11.3	Πολυτετραφθοροαιθυλαίνιο (PTFE)- τεφλόν	2200	0.25	1.00
11.4	Πολυβινυλοχλωρίδιο(PVC)	1390	0.17	0.90
11.5	Πολυμεθυλομεθακρίλιο (PMMA)	1180	0.18	1.50
11.6	Πολυοξικό	1410	0.30	1.40
11.7	Πολυαμίδιο (nylon)	1150	0.25	1.60
11.8	Πολυαμίδιο 6.6 με 25% ίνες ύαλου	1450	0.30	1.60
11.9	Πολυαιθυλένιο/ πολυθύνιο:			
11.9.1	Υψηλής πυκνότητας	980	0.50	1.80
11.9.2	Χαμηλής πυκνότητας	920	0.33	2.20
11.10	Πολυστυρένιο - πολυστερίνη	1050	0.16	1.30
11.11	Πολυπροπυλένιο	910	0.22	1.80
11.12	Πολυπροπυλένιο με 25% ίνες ύαλου	1200	0.25	1.80
11.13	Πολυουρεθάνη (PU)	1200	0.25	1.80
11.14	<b>Ρητίνη:</b>			
11.14.1	Εποξειδική	1200	0.20	0.20
11.14.2	Φαινολική	1300	0.30	0.30
11.14.3	Πολυεστέρα	1400	0.19	0.19
<b>12.</b>	<b>ΕΛΑΣΤΙΚΟ</b>			
12.1	Φυσικό	910	0.13	1.10
12.2	Νεοπρένιο(πολυχλωροπρένιο)	1240	0.23	2.14

A/A	Ομάδα Υλικού ή Εφαρμογή	Πυκνότητα $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού - $\lambda$ [W/(mK)]	Ειδική Θερμότητα $C_p$ [kJ/(kgK)]
12.3	Βουτύλιο (ισοβουτένιο). στερεό/ θερμοπλαστικό	1200	0.24	1.40
12.4	Αφρό - ελαστικό	60-80	0.06	1.50
12.5	Σκληρό ελαστικό (εβονίτης) στερεό	1200	0.17	1.40
12.6	Μονομερές Αιθυλενίου προπυλενίου διενίου (EPMD)	1150	0.25	1.00
12.7	Πολυισοβουτυλένιο	930	0.20	1.10
12.8	Πολυσουλφίδιο	1700	0.40	1.00
12.9	Βουταδιένιο	980	0.25	1.00
<b>13.</b>	<b>ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ. ΤΑΙΝΙΕΣ ΑΠΟΦΡΑΞΗΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ ΚΑΙ ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ</b>			
13.1	Κόκκοι οξειδίου του πυρπίου	720	0.13	1.00
13.2	Σιλικόνη καθαρή	1200	0.35	1.00
13.3	Πλήρωση με σιλικόνη	1450	0.50	1.00
13.4	Αφρός σιλικόνης	750	0.12	1.00
13.5	Ουρεθάνη/ πολυουρεθάνη (θερμικό φράγμα)	1300	0.21	1.80
13.6	Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) εύκαμπτο με 40% μαλακτικό	1200	0.14	1.00
13.7	Ελαστομερές αφρός εύκαμπτος	60-80	0.05	1.50
13.8	Αφρός πολυουρεθάνης (PU)	70	0.05	1.50
13.9	Αφρός πολυαιθυλενίου	70	0.05	2.30
<b>14.</b>	<b>ΠΛΑΚΕΣ</b>			
14.1	<b>Οροφής:</b>			
14.1.1	Αργιλικές	2000	1.00	0.80
14.1.2	Σκυροδέματος	2100	1.50	1.00
14.1.3	Κιτσηροδέματος	800	0.29	
14.1.4	Ελαφρύ σκυρόδεμα με ανάμικτα αδρανή	1400	0.58	
14.1.5	Αμίαντο τσιμέντου	1800	0.35	
14.2	<b>Άλλες:</b>			
14.2.1	Κεραμικές/ Πορσελάνινες	2300	1.30	0.84
14.2.2	Πλαστικές	1000	0.20	1.00
14.2.3	Υαλοβάμβακος βακελιτούχες και ορυκτοβάμβακα		0.041	

A/A	Ομάδα Υλικού ή Εφαρμογή	Πυκνότητα $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού - $\lambda$ [W/(mK)]	Ειδική Θερμότητα $C_p$ [kJ/(kgK)]
<b>15.</b>	<b>ΠΛΑΙΣΙΑ ΜΕ ΞΥΛΙΝΗ ΒΑΣΗ</b>			
15.1	<b>Κοντραπλακέ πυκνότητας:</b>			
15.1.1		300	0.09	1.60
15.1.2		500	0.13	
15.1.3		700	0.17	
15.1.4		1000	0.24	
15.2	<b>Τσιμεντοδεμένη Μοριοσανίδα</b>	1200	0.23	1.50
15.3	<b>Μοριοσανίδα πυκνότητας:</b>			
15.3.1		300	0.10	1.70
15.3.2		600	0.14	
15.3.3		800	0.18	
15.3.4		900	0.18	
15.4	<b>Σανίδα προσανατολισμένης λωρίδας (OSD)</b>	650	0.13	1.70
15.5	<b>Ινοσανίδα συμπεριλαμβανομένου MDF ε πυκνότητας:</b>			
15.5.1		250	0.07	1.70
15.5.2		400	0.10	
15.5.3		600	0.14	
15.5.4		800	0.18	
ΣΗΜ. 1	Για σκοπούς υπολογισμού η τιμή $\infty$ μπορεί να αντικατασταθεί μια τυχαία μεγάλη τιμή π.χ. 10 <sup>6</sup>			
ΣΗΜ. 2	Οι συντελεστές αντίστασης των υδρατμών δίνονται ως τιμές ξηρού κύπελλου και υγρού κύπελλου βλ. 8.3.			
$\alpha$	Η πυκνότητα του σκυροδέματος είναι η ξηρή πυκνότητα.			
$\beta$	Η θερμική αγωγιμότητα περιλαμβάνει την επίδραση των paper liners.			
$\gamma$	Η πυκνότητα της ξυλείας και των προϊόντων από ξυλεία είναι η πυκνότητα σε ισορροπία με 20°C και 65% σχετική υγρασία.			
$\delta$	Είναι ένα αντισταθμιστικό μέτρο και έως ότου υπάρξουν διαθέσιμα ικανοποιητικά σημαίνοντα στοιχεία για συμπαγή ξύλινα πλαίσια (SWP) και laminated veneer lumber (LVL) μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τιμές που δίνονται για κοντραπλακέ.			
$\epsilon$	MDF: Medium Density Fibreboard (ινοσανίδα μέσης πυκνότητας) ξηρής επεξεργασίας.			





## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β:

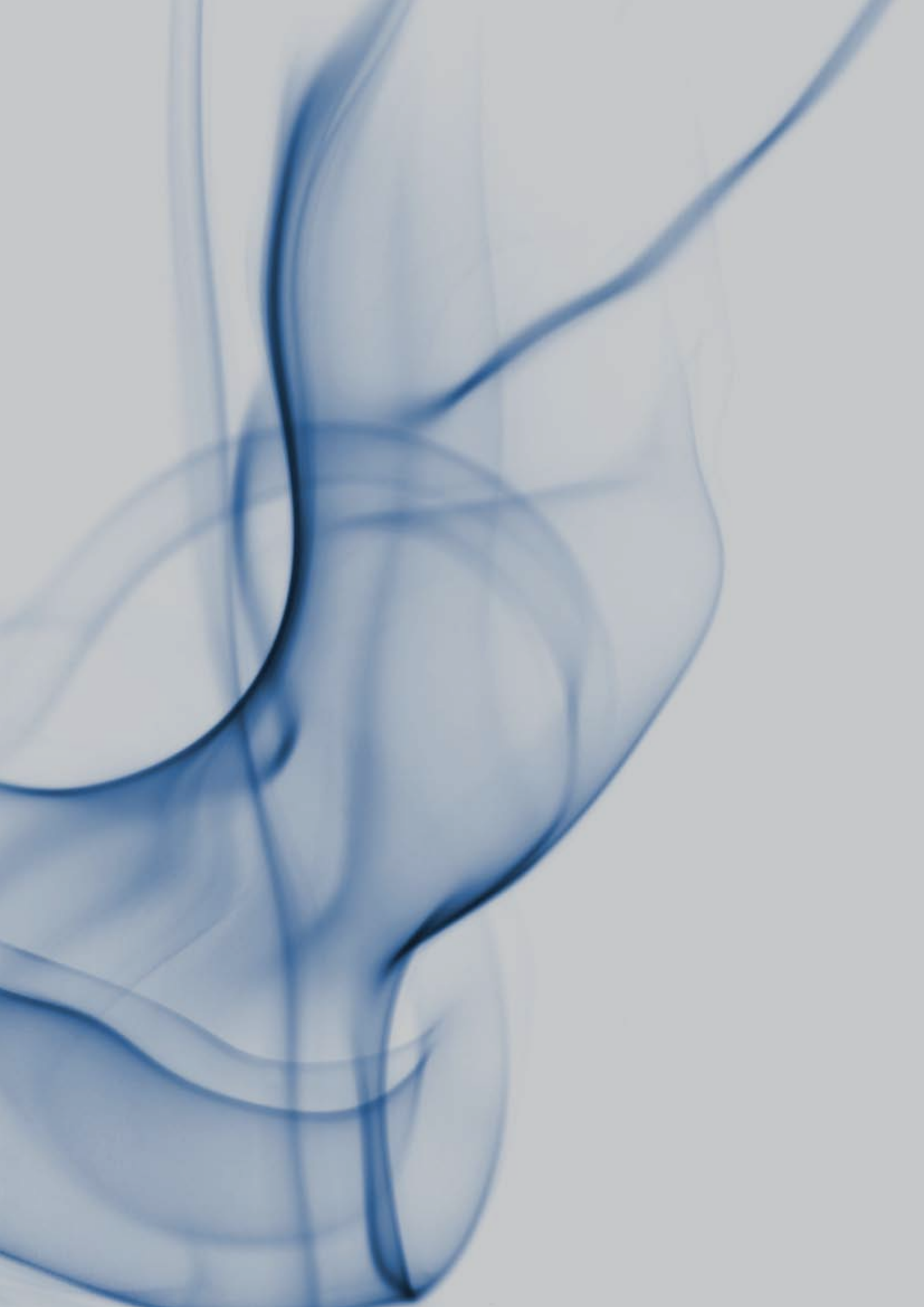
**Έντυπα παρουσίασης υπολογισμού  
συντελεστών θερμοπερατότητας κελύφους**

**ΕΝΤΥΠΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ  
ΑΔΙΑΦΑΝΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ**

Τύπος κατασκευής					
A/A	Όνομασία Υλικού	Πάχος Υλικού <b>d</b> (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <b>λ</b> (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού <b>R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
Ροή Θερμότητας $R_{si}$ (m <sup>2</sup> K/W) $R_{se}$ (m <sup>2</sup> K/W)				Συντελεστής Θερμοπερατότητας $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	
Σημείωση					

**ΕΝΤΥΠΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ  
ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ.  $U_m$**

Εξεταζόμενο κτίριο				
A/A	Περιγραφή κατασκευής	Συντελεστής Θερμοπερ. κατασκευής $U_i$ (W/m <sup>2</sup> k)	Εμβαδόν κατασκευής $A_i$ (m <sup>2</sup> )	$U_i \times A_i$ κατασκευής (W/k)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
ΣΥΝΟΛΟ				
<b>ΜΕΣΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ. <math>U_m</math></b>				



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ:

**Κατάλογος Προτύπων που χρησιμοποιήθηκαν  
για την έκδοση του Οδηγού Θερμομόνωσης**

- CYS EN ISO 6946: 2007 Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method
- CYS EN ISO 13370:1998 Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground – Calculation Methods
- CYS EN ISO 10077-1:2006 Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 1: General.
- CYS EN ISO 10456:2007 Building materials and products – Hydrothermal thermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values
- EN 13790 Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling
- EN 1745 Masonry and masonry products – Methods for determining design thermal values



# ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

---





# ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

---



# ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

---



# ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

---



## **ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Υπουργείο Εμπορίου,  
Βιομηχανίας και Τουρισμού

Ανδρέα Αραούζου 13-15  
1421 Λευκωσία  
Κύπρος

Τηλ.: +357 22867100

[www.mcit.gov.cy](http://www.mcit.gov.cy)



Γ.Τ.Π. 290/2010 - 5.000 ISBN 978-9963-38-760-1

Εκδόθηκε από το Γραφείο Τύπου και Πληροφοριών

Εκτύπωση: Zovallis Litho Ltd

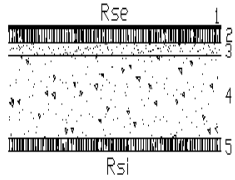
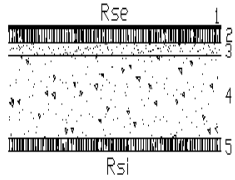
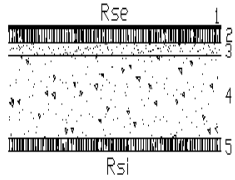
Σχεδιασμός: Design for Life Ltd



**ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΟΡΘΩΣΕΩΝ**  
**ΓΙΑ ΤΟΝ ΟΔΗΓΟ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ 2<sup>η</sup> ΕΚΔΟΣΗ**

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΕΛ.																		
1	<p>4.1 Βασικές έννοιες</p> <p>Ειδική Θερμότητα (c): Οι μονάδες της <b>ειδικής θερμοχωρητικότητας θερμότητας</b> είναι kcal/kg °C ή J/kg.K.                      Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα (Cm): Οι μονάδες είναι (kJ/K).</p>	21, 22																		
2	<p>6.1 Συμβολισμοί</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Συμβολισμός</th> <th style="width: 45%;">Περιγραφή Φυσικού Μεγέθους</th> <th style="width: 30%;">Τυπικές Μονάδες</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">σ</td> <td>η σταθερά του Stefan - Boltzman</td> <td style="text-align: center;"><b>[5,67 x 10<sup>-8</sup> W/(m<sup>2</sup>.K<sup>4</sup>)]</b></td> </tr> </tbody> </table>	Συμβολισμός	Περιγραφή Φυσικού Μεγέθους	Τυπικές Μονάδες	σ	η σταθερά του Stefan - Boltzman	<b>[5,67 x 10<sup>-8</sup> W/(m<sup>2</sup>.K<sup>4</sup>)]</b>	44, 68												
Συμβολισμός	Περιγραφή Φυσικού Μεγέθους	Τυπικές Μονάδες																		
σ	η σταθερά του Stefan - Boltzman	<b>[5,67 x 10<sup>-8</sup> W/(m<sup>2</sup>.K<sup>4</sup>)]</b>																		
3	<p>5.1 Πρόνοιες Διατάγματος</p> <p>Το διάταγμα καθορίζει μέγιστους συντελεστές θερμοπερατότητας U για:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">A/A</th> <th style="width: 60%;">ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</th> <th style="width: 30%;">U (W/m2K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td> <p>Τους τοίχους και τα στοιχεία της φέρουσας κατασκευής (κολόνες, δοκοί και τοιχία ) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.</p> <p>Επιτρέπεται υπερκάλυψη του συντελεστή θερμοπερατότητας U για τοίχους θερμικής αποθήκευσης στις περιπτώσεις χρήσης παθητικών ηλιακών συστημάτων (π.χ. τοίχοι Trombe, τοίχοι μεγάλης θερμικής μάζας).</p> </td> <td style="text-align: center;">≤ 0.85</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td> <p>Τα οριζόντια δομικά στοιχεία , <b>τα οποία είναι εκτεθειμένα στο εξωτερικό περιβάλλον</b> (δάπεδα σε πυλωτή ή σε πρόβολο, δώματα, στέγες) και οροφών, που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.</p> </td> <td style="text-align: center;">≤0.75</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td> <p>Τα δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου χώρου που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.</p> </td> <td style="text-align: center;">≤2,00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td> <p>Τα κουφώματα (πόρτες, παράθυρα) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.</p> <p>Εξαιρούνται οι προθήκες των καταστημάτων.</p> </td> <td style="text-align: center;">≤ 3,80</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td> <p>Μέγιστος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας Umean κελύφους εξαιρουμένων των δαπέδων, δωματίων, στεγών και οροφών που συνιστούν μέρος</p> </td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	U (W/m2K)	1	<p>Τους τοίχους και τα στοιχεία της φέρουσας κατασκευής (κολόνες, δοκοί και τοιχία ) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.</p> <p>Επιτρέπεται υπερκάλυψη του συντελεστή θερμοπερατότητας U για τοίχους θερμικής αποθήκευσης στις περιπτώσεις χρήσης παθητικών ηλιακών συστημάτων (π.χ. τοίχοι Trombe, τοίχοι μεγάλης θερμικής μάζας).</p>	≤ 0.85	2	<p>Τα οριζόντια δομικά στοιχεία , <b>τα οποία είναι εκτεθειμένα στο εξωτερικό περιβάλλον</b> (δάπεδα σε πυλωτή ή σε πρόβολο, δώματα, στέγες) και οροφών, που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.</p>	≤0.75	3	<p>Τα δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου χώρου που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.</p>	≤2,00	4	<p>Τα κουφώματα (πόρτες, παράθυρα) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.</p> <p>Εξαιρούνται οι προθήκες των καταστημάτων.</p>	≤ 3,80	5	<p>Μέγιστος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας Umean κελύφους εξαιρουμένων των δαπέδων, δωματίων, στεγών και οροφών που συνιστούν μέρος</p>		39
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	U (W/m2K)																		
1	<p>Τους τοίχους και τα στοιχεία της φέρουσας κατασκευής (κολόνες, δοκοί και τοιχία ) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.</p> <p>Επιτρέπεται υπερκάλυψη του συντελεστή θερμοπερατότητας U για τοίχους θερμικής αποθήκευσης στις περιπτώσεις χρήσης παθητικών ηλιακών συστημάτων (π.χ. τοίχοι Trombe, τοίχοι μεγάλης θερμικής μάζας).</p>	≤ 0.85																		
2	<p>Τα οριζόντια δομικά στοιχεία , <b>τα οποία είναι εκτεθειμένα στο εξωτερικό περιβάλλον</b> (δάπεδα σε πυλωτή ή σε πρόβολο, δώματα, στέγες) και οροφών, που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.</p>	≤0.75																		
3	<p>Τα δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου χώρου που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.</p>	≤2,00																		
4	<p>Τα κουφώματα (πόρτες, παράθυρα) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.</p> <p>Εξαιρούνται οι προθήκες των καταστημάτων.</p>	≤ 3,80																		
5	<p>Μέγιστος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας Umean κελύφους εξαιρουμένων των δαπέδων, δωματίων, στεγών και οροφών που συνιστούν μέρος</p>																			

	<p>του κελύφους: (α) για κτίρια που χρησιμοποιούνται ως κατοικίες</p> <p>(β) για κτίρια που δεν χρησιμοποιούνται ως κατοικίες</p> <p>Νοείται ότι για κτίρια που μέρος τους χρησιμοποιείται ως κατοικία και μέρος τους δεν χρησιμοποιείται ως κατοικία, το μέρος του κτιρίου που χρησιμοποιείται ως κατοικία πρέπει να ικανοποιεί την απαίτηση (α) και το κτίριο στο σύνολο του να ικανοποιεί την απαίτηση (β).</p> <p>Στους υπολογισμούς του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας <math>U_{mean}</math> κελύφους, πρέπει να συμπεριλαμβάνονται και οι προθήκες των καταστημάτων.</p>	<p>1,3</p> <p>1,8</p>																																																									
4	<p>Ελαφρώς Αεριζόμενα στρώματα αέρα : - &gt;500 mm<sup>2</sup> αλλά ≤ 1500 mm<sup>2</sup> ανά m, για κάθετα στρώματα αέρα</p> <p>- &gt;500 mm<sup>2</sup> αλλά ≤ 1500 mm<sup>2</sup> ανά m<sup>2</sup>, επιφάνειας, για οριζόντια στρώματα αέρα</p>		50																																																								
5	<p>Παράδειγμα 2:</p> <p><b>Παράδειγμα 2:</b> Εξωτερικός τοίχος από συνηθισμένο τρυπητό τούβλο (30x20x10) πάχους 20 cm, με 3 cm πάχος θερμομόνωσης εξωτερικά, σοβατισμένου εσωτερικά και εξωτερικά με σοβά πάχους 2,5 cm.</p>		54																																																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Τύπος κατασκευής</th> <th colspan="4">Τοίχος 20 cm, θερμομονωμένος εξωτερικά</th> </tr> <tr> <th>A/A</th> <th>Ονομασία Υλικού</th> <th>Πάχος Υλικού d (m)</th> <th>Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)</th> <th>Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m<sup>2</sup>K/W)</th> <th>Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Επίχρισμα</td> <td>0.025</td> <td>1</td> <td>0.025</td> <td rowspan="5"> </td> </tr> <tr> <td>2</td> <td><b>Τούβλο</b></td> <td>0.2</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Θερμομονωτικό υλικό*</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.909</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Επίχρισμα</td> <td>0.025</td> <td>1</td> <td>0.025</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>**</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Ροή Θερμότητας</td> <td><b>Rsi</b> (m<sup>2</sup>K/W)</td> <td><b>Rse</b> (m<sup>2</sup>K/W)</td> <td colspan="2">Συντελεστής Θερμοπερατότητας U(W/ m<sup>2</sup>K)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Οριζόντια</td> <td>0.13</td> <td>0.04</td> <td colspan="2">0.614</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Σημείωση</td> <td colspan="4">Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι U≤0.85</td> </tr> </tbody> </table>	Τύπος κατασκευής		Τοίχος 20 cm, θερμομονωμένος εξωτερικά				A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια	1	Επίχρισμα	0.025	1	0.025		2	<b>Τούβλο</b>	0.2	0.4	0.5	3	Θερμομονωτικό υλικό*	-	-	0.909	4	Επίχρισμα	0.025	1	0.025	5	**	-	-	-	Ροή Θερμότητας		<b>Rsi</b> (m <sup>2</sup> K/W)	<b>Rse</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U(W/ m <sup>2</sup> K)		Οριζόντια		0.13	0.04	0.614		Σημείωση		Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι U≤0.85					
Τύπος κατασκευής		Τοίχος 20 cm, θερμομονωμένος εξωτερικά																																																									
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια																																																						
1	Επίχρισμα	0.025	1	0.025																																																							
2	<b>Τούβλο</b>	0.2	0.4	0.5																																																							
3	Θερμομονωτικό υλικό*	-	-	0.909																																																							
4	Επίχρισμα	0.025	1	0.025																																																							
5	**	-	-	-																																																							
Ροή Θερμότητας		<b>Rsi</b> (m <sup>2</sup> K/W)	<b>Rse</b> (m <sup>2</sup> K/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U(W/ m <sup>2</sup> K)																																																							
Οριζόντια		0.13	0.04	0.614																																																							
Σημείωση		Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι U≤0.85																																																									

	<p>* Τα στοιχεία αυτά έχουν απαλειφθεί από τον πίνακα για να μην θεωρηθεί ότι προωθούνται συγκεκριμένα θερμομονωτικά υλικά.</p> <p>** Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση πχ. μπογιές, γόμες κ.λ.π. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.</p>																																												
6	Στα παραδείγματα 1,2,3, 4,5,6,7,8 και 9 οι μονάδες των επιφανειακών αντιστάσεων $R_{si}$ και $R_{se}$ είναι ( $m^2K/W$ ).	53-57 και 59-62																																											
7	<p>Παράδειγμα 6:</p> <p><b>Παράδειγμα 6:</b> Οριζόντια πλάκα πάχους 15 cm , με 5 cm πάχος θερμομόνωσης και με υγραμόνωση.</p> <table border="1" data-bbox="274 770 1361 2016"> <thead> <tr> <th colspan="2">Τύπος κατασκευής</th> <th colspan="4">Οριζόντια θερμομονωμένη πλάκα</th> </tr> <tr> <th>A/A</th> <th>Ονομασία Υλικού</th> <th>Πάχος Υλικού <math>d</math> (m)</th> <th>Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού <math>\lambda</math> (W/mK)</th> <th>Θερμική Αντίσταση Υλικού <math>R</math> (<math>m^2K/W</math>)</th> <th>Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Ασφαλτόπανο</td> <td>0.004</td> <td>0.230</td> <td>0.01739</td> <td rowspan="6">  </td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Screed Ρύσεων (σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας)</td> <td>0.050</td> <td>1.350</td> <td>0.03704</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Θερμομονωτικό υλικό *</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1.51515</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td><b>Οπλισμένο Σκυρόδεμα (2% χάλυβα)</b></td> <td><b>0.150</b></td> <td><b>2.500</b></td> <td><b>0.06</b></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)</td> <td>0.025</td> <td>1</td> <td>0.025</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>**</td> <td>-</td> <td>-</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Τύπος κατασκευής		Οριζόντια θερμομονωμένη πλάκα				A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού $d$ (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού $\lambda$ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού $R$ ( $m^2K/W$ )	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια	1	Ασφαλτόπανο	0.004	0.230	0.01739		2	Screed Ρύσεων (σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας)	0.050	1.350	0.03704	3	Θερμομονωτικό υλικό *	-	-	1.51515	4	<b>Οπλισμένο Σκυρόδεμα (2% χάλυβα)</b>	<b>0.150</b>	<b>2.500</b>	<b>0.06</b>	5	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.025	1	0.025	6	**	-	-		59
Τύπος κατασκευής		Οριζόντια θερμομονωμένη πλάκα																																											
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού $d$ (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού $\lambda$ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού $R$ ( $m^2K/W$ )	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια																																								
1	Ασφαλτόπανο	0.004	0.230	0.01739																																									
2	Screed Ρύσεων (σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας)	0.050	1.350	0.03704																																									
3	Θερμομονωτικό υλικό *	-	-	1.51515																																									
4	<b>Οπλισμένο Σκυρόδεμα (2% χάλυβα)</b>	<b>0.150</b>	<b>2.500</b>	<b>0.06</b>																																									
5	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.025	1	0.025																																									
6	**	-	-																																										

Ροή Θερμότητας	Rsi (m <sup>2</sup> K/W)	Rse (m <sup>2</sup> K/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m <sup>2</sup> K)		
Προς τα πάνω	0.10	0.04	<b>0.557</b>		
<b>Σημείωση</b>	Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι U≤0.75				
<p>* Τα στοιχεία αυτά έχουν απαλειφθεί από τον πίνακα για να μην θεωρηθεί ότι προωθούνται συγκεκριμένα θερμομονωτικά υλικά.</p> <p>** Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση πχ. μπογιές, γόμες κ.λ.π. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.</p>					
8	<b>Παράδειγμα 8:</b> <b>Παράδειγμα 8:</b> Κεκλιμένη οροφή με κλίση μεγαλύτερη των 30° (θεωρείται ως κάθετη), με πλάκα πάχους 20 cm, με 5 cm πάχος θερμομόνωσης και με κεραμίδια			61	
Τύπος κατασκευής		Κεκλιμένη οροφή με κλίση μεγαλύτερη των 30° θερμομονωμένη (θεωρείται ως κάθετη)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα α Υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m <sup>2</sup> K/W)	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Κεραμίδια	0.02	1	0.02	
2	Ασφαλτόπανο	0.01	0.23	0.0435	
3	Θερμομονωτικό υλικό *	-	-	1.515	
4	Οπλισμένο σκυρόδεμα (2% χάλυβα)	0.2	2.5	0.08	
5	**	-	-	-	
Ροή Θερμότητας		<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>	<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>	<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U</b>	

			(W/m <sup>2</sup> K)																	
	Οριζόντια	<b>0.13</b>	0.04	<b>0.547</b>																
	<b>Σημείωση</b>	Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.85$ .																		
	<p>* Τα στοιχεία αυτά έχουν απαλειφθεί από τον πίνακα για να μην θεωρηθεί ότι προωθούνται συγκεκριμένα θερμομονωτικά υλικά.</p> <p>** Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση πχ. μπογιές, γόμες κ.λ.π. δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου.</p>																			
9	Παράδειγμα 9/ σημ.3: Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m <sup>2</sup> K/W) είναι ίση με <b>0.06</b> .			62																
10	Παράδειγμα 10/ σημ.3: Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m <sup>2</sup> K/W) είναι ίση με <b>0.06</b> .			64																
11	6.2.5 Στοιχεία με ανισόπεδες επιφάνειες:  Τα τμήματα δομικών υλικών που προεξέχουν από επίπεδες επιφάνειες, <b>δεν λαμβάνονται</b> υπόψη στον υπολογισμό της συνολικής θερμικής αντίστασης αν το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο <b>έχει <math>\lambda \leq 2.50 \text{ W/mK}</math></b> .			67																
12	6.4 Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος  <b>Πίνακας 6.6.</b> Θερμικές ιδιότητες εδάφους			72																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Κατηγορία</th> <th>Περιγραφή εδάφους</th> <th>Θερμική αγωγιμότητα υλικού <math>\lambda</math>(W/mK)</th> <th>Θερμοχωρητικότητα ανά όγκο (J/m<sup>3</sup>·K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Άργιλος - ίλυς</td> <td>1.5</td> <td><b><math>3.0 \times 10^6</math></b></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Άμμος - χαλίκι</td> <td>2.0</td> <td><b><math>2.0 \times 10^6</math></b></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Ομοιογενής βράχος</td> <td>3.5</td> <td><b><math>2.0 \times 10^6</math></b></td> </tr> </tbody> </table> <p>Σε περίπτωση που ο τύπος του εδάφους δεν είναι γνωστός τότε να χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες τιμές <math>\lambda=2.0</math>(W/m.K), <math>\rho_c=2.0 \times 10^6</math> (J/m<sup>3</sup>·K)</p>				Κατηγορία	Περιγραφή εδάφους	Θερμική αγωγιμότητα υλικού $\lambda$ (W/mK)	Θερμοχωρητικότητα ανά όγκο (J/m <sup>3</sup> ·K)	1	Άργιλος - ίλυς	1.5	<b><math>3.0 \times 10^6</math></b>	2	Άμμος - χαλίκι	2.0	<b><math>2.0 \times 10^6</math></b>	3	Ομοιογενής βράχος	3.5	<b><math>2.0 \times 10^6</math></b>
Κατηγορία	Περιγραφή εδάφους	Θερμική αγωγιμότητα υλικού $\lambda$ (W/mK)	Θερμοχωρητικότητα ανά όγκο (J/m <sup>3</sup> ·K)																	
1	Άργιλος - ίλυς	1.5	<b><math>3.0 \times 10^6</math></b>																	
2	Άμμος - χαλίκι	2.0	<b><math>2.0 \times 10^6</math></b>																	
3	Ομοιογενής βράχος	3.5	<b><math>2.0 \times 10^6</math></b>																	
13	Για σκοπούς υπολογισμού ένα υλικό θεωρείται θερμομονωτικό όταν η αγωγιμότητα του είναι <b><math>\lambda \leq 0.08 \text{ W/mK}</math></b> .  (Χρήση: Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα: Πρώτη επιφάνεια θερμομόνωσης σελ.100)			100																
14	(α) Την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοστασίου του κουφώματος $U_g$ : Ο συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοστασίου μπορεί να βρεθεί από τον <b>Πίνακα 6.12</b>			82																

15	Πίνακας 6.15: Συντελεστές θερμοπερατότητας για <b>συνηθισμένους</b> τύπους εξαρτημάτων διαχωρισμού υαλοπινάκων (spacer bars) <b>βελτιωμένης θερμικής απόδοσης</b> $U_f$ $W/(m^2 \cdot K)$ .	90																									
16	Πίνακας 6.16: Συντελεστές θερμοπερατότητας για <b>συνηθισμένους</b> τύπους εξαρτημάτων διαχωρισμού υαλοπινάκων (spacer bars) <b>βελτιωμένης θερμικής απόδοσης</b> $U_f$ $W/(m^2 \cdot K)$ .	91																									
17	6.6 Μεθοδολογία υπολογισμού του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας $U_m$ τοίχων, στοιχείων της φέρουσας κατασκευής (κολόνες, δοκοί και τοιχία) και κουφωμάτων που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου  Χρησιμοποιώντας τη σχέση 6.13 που φαίνεται πιο πάνω και γνωρίζοντας το εμβαδόν και τον συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε στοιχείου <b>του ερόφου κτιρίου</b> . Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας <b>ανά έροφε του κτιρίου</b> υπολογίζεται .....	94																									
18	<b>Παράδειγμα 16</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>Υπολογισμός των εμβαδών των δομικών στοιχείων</li> </ul> <p><b>Συνολικό Εμβαδόν Κουφωμάτων</b></p> <table border="1" data-bbox="397 1048 1268 1516"> <thead> <tr> <th>Παράθυρα Α/Α</th> <th>Πλάτος m</th> <th>Ύψος m</th> <th>Ποσότητα α</th> <th>Εμβαδόν</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>2.0</td> <td>1.5</td> <td>2</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>1</td> <td>4.0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1.5</td> <td>1.0</td> <td>1</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right;"><b>Σύνολο</b></td> <td><b>11.5</b></td> </tr> </tbody> </table> <div data-bbox="1091 1583 1326 1671" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <b>Απαρ=11.5m<sup>2</sup></b> </div>	Παράθυρα Α/Α	Πλάτος m	Ύψος m	Ποσότητα α	Εμβαδόν	2	2.0	1.5	2	6.0	3	2.0	2.0	1	4.0	4	1.5	1.0	1	1.5	<b>Σύνολο</b>				<b>11.5</b>	97, 98
Παράθυρα Α/Α	Πλάτος m	Ύψος m	Ποσότητα α	Εμβαδόν																							
2	2.0	1.5	2	6.0																							
3	2.0	2.0	1	4.0																							
4	1.5	1.0	1	1.5																							
<b>Σύνολο</b>				<b>11.5</b>																							

Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων, στοιχείων της φέρουσας κατασκευής και κουφωμάτων που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.

$$U_m = \frac{\sum U_i A_i}{\sum A_i}$$

$$U_m = \frac{U_{\text{τοιχ. τοιχ.}} \cdot A_{\text{τοιχ. τοιχ.}} + U_{\text{Δοκ. υποστ. δοκ. υποστ.}} \cdot A_{\text{Δοκ. υποστ. δοκ. υποστ.}} + U_{\text{παρ. παρ.}} \cdot A_{\text{παρ. παρ.}} + U_{\text{θυρ. θυρ.}} \cdot A_{\text{θυρ. θυρ.}}}{A_{\text{tot}}}$$

$$U_m = \frac{0,419 \times 65,620 + 0,769 \times 10,88 + 3,7 \times 11,5 + 3,23 \times 2}{90} = 0,943 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι  $U_m \leq 1,30$

Εξεταζόμενο κτίριο		Ισόγεια Κατοικία		
A/A	Περιγραφή κατασκευής	Συντελεστής Θερμοπερ. κατασκευής $U_i$ (W/m <sup>2</sup> k)	Εμβαδόν κατασκευής $A_i$ (m <sup>2</sup> )	$U_i \times A_i$ κατασκευής (W/k)
1	Τοιχοποιία	0.419	<b>65.62</b>	27.494
2	Δοκοί-Υποστυλώματα	0.769	10.880	8.3667
3	Παράθυρα	3.700	<b>11.500</b>	42.550
4	Θύρα	3.230	2.000	6.460
ΣΥΝΟΛΟ			90.000	84.871
ΜΕΣΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ, $U_m$				<b>0.943</b>