ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΕΜΠΟΡΙΟΥ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
& ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ

Μέθοδος υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας και αποτελεσματικής θερμοχωρητικότητας

Νίκος Χατζηνικολάου
Λειτουργός Βιομηχανικών Εφαρμογών
Υπηρεσία Ενέργειας

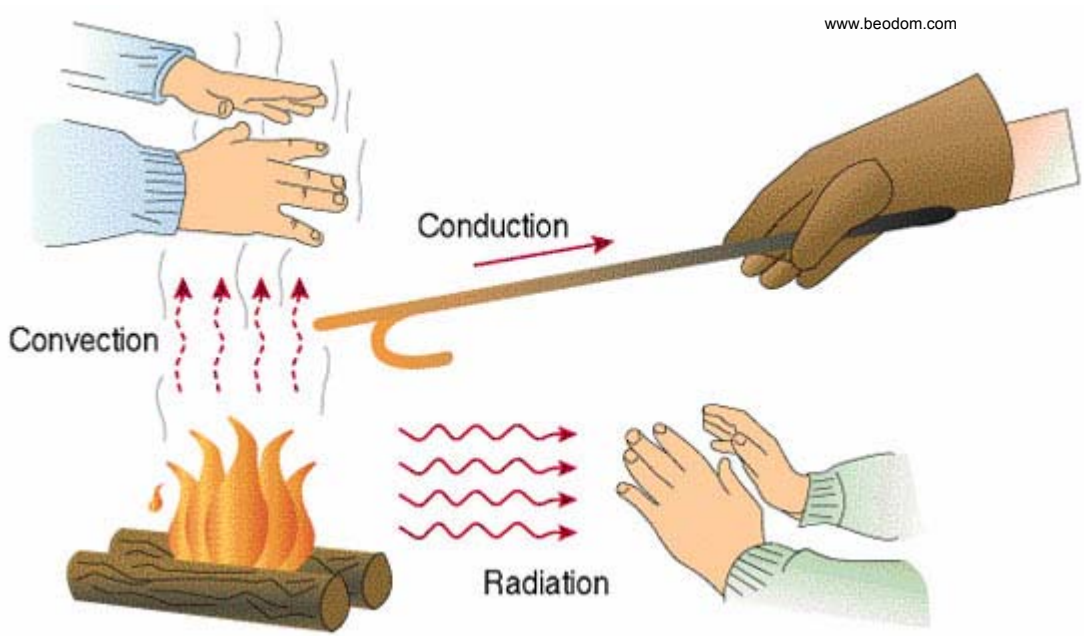
Βασικές Ορολογίες

- **Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας (λ)**: Είναι η ποσότητα θερμότητας ανα μονάδα χρόνου που περνά μέσα από τις απέναντι πλευρές ομοιογενούς υλικού πάχους 1m όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών αυτών είναι ίση με 1^0K. (W/mK)
- **Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U-Value)**: Είναι η ποσότητα θερμότητας ανα μονάδα χρόνου που περνά μέσα από $1m^2$ στοιχείου κατασκευής με πάχος d (m) όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών αυτών είναι ίση με 1^0K. (W/m^2K)
- **Θερμική Αντίσταση (R)**: Είναι η αντίσταση των στοιχείων στην ροή θερμότητας διαμέσου ομοιογενούς υλικού για διαφορά θερμοκρασίας στις δυο πλευρές του στοιχείου 1 ^{0}K. (m^2K/W)
- **Εσωτερική Επιφανειακή Αντίσταση (R_{si})**: Είναι η αντίσταση στη ροή θερμότητας πάνω στην εσωτερική επιφάνεια του κατασκευαστικού στοιχείου. (m^2K/W)
- **Εξωτερική Επιφανειακή Αντίσταση (R_{se})**: Είναι η αντίσταση στη ροή θερμότητας πάνω στην εξωτερική επιφάνεια του κατασκευαστικού στοιχείου. (m^2K/W)

Βασικές Ορολογίες

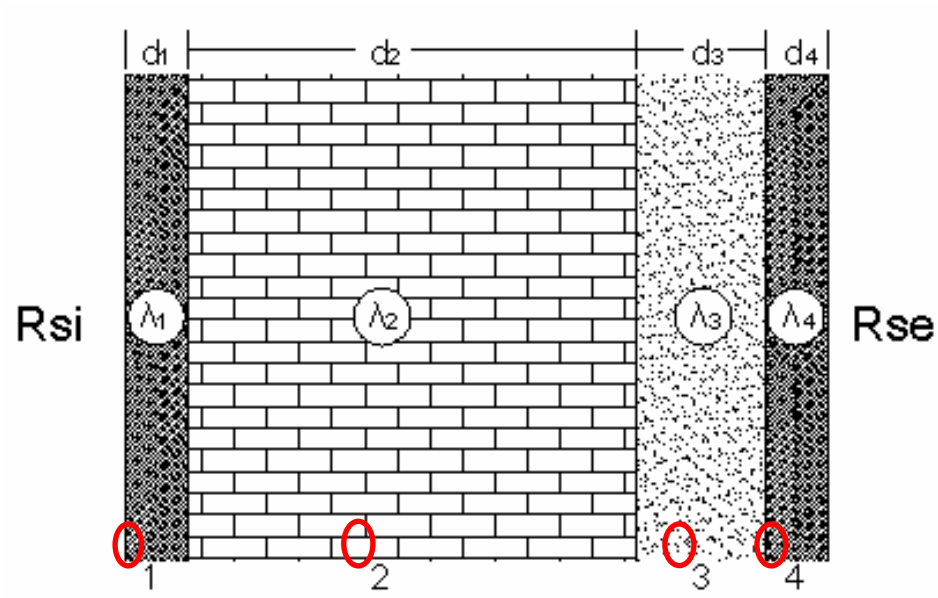
- **Θερμογέφυρα**: Είναι το τμήμα ενός κατασκευαστικού στοιχείου που ο βαθμός θερμομόνωσης του υπολείπεται σημαντικά της μέσης συνολικής τιμής του στοιχείου.
- **Ειδική Θερμότητα (C_p)**: Είναι η ποσότητα θερμότητας ενός σώματος που απαιτείται για να ανυψωθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας του σώματος αυτού κατά 1 ^{0}K. (J/Kg ^{0}K)
- **Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα (C)**: Είναι η ποσότητα θερμότητας που αποθηκεύει ένα στοιχείο κατασκευής ενός χώρου που θερμαίνεται (ή κλιματίζεται) όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών του είναι πάντα ίση με 1^{0}K. (KJ/ ^{0}K)
- **Συντελεστής Εκπομπής Θερμικής Ακτινοβολίας (ε)** : Είναι η αναλογία εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας ενός σώματος προς την θερμική ακτινοβολία μελανού σώματος. (0-1)

Μετάδοση Θερμότητας



- **Μετάδοση θερμότητας με αγωγή**
- **Μετάδοση θερμότητας με μεταφορά**
- **Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία**

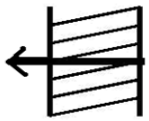
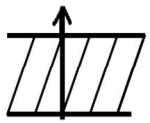
Υπολογισμός του Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U-value) για αδιαφανή δομικά υλικά



$$U_i = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R_1 + R_2 + \ldots . R_n + R_{se}}$$ **(Σχέση 1)**

R_T Η συνολική αντίσταση στην ροή θερμότητας του στοιχείου κατασκευής που αποτελείται από ομοιογενές επιφάνειες

Επιφανειακές αντιστάσεις (Τιμές αναφοράς)

R_{si} (m^2K / W)			R_{se} (m^2K / W)
Διεύθυνση ροής θερμότητας			
			
0.13	**0.10**	**0.17**	**0.04**
ΣΗΜ. 1	Οριζόντια επίπεδη επιφάνεια ορίζεται η επιφάνεια με κλίση μέχρι και ±30° από το οριζόντιο επίπεδο.		
ΣΗΜ. 2	Για τον υπολογισμού 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 επιφανιακές αντιστάσεις υπολογίζονται με: ε=0,9, το h_{ro} υπολογισμένο για θερμοκρασία 10 ^oC, 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 την μέθοδο που περιγράφεται στο Πρότυπο CYS EN ISO 6946:2007.		

Στις περιπτώσεις όπου οι προϋποθέσεις που αναφέρονται στον ποιο πάνω πίνακα διαφέρουν σημαντικά, τότε η επιφανειακή αντίσταση μπορεί να υπολογιστή χρησιμοποιώντας τη σχέση 6.7 του Οδηγού Θερμομόνωσης Κτιρίων (2η Έκδοση).

Υπολογισμός του Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U-Value) για αδιαφανή δομικά υλικά

$$U_i = \frac{1}{R_{si} + \boxed{\sum \frac{d_i}{\lambda_i}} + R_{se}} \quad [W / m^2 K]$$

(Σχέση 2)

d Πάχος του υλικού (m)

λ Τυπικός συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (W/m^0K)

Αδιαφανή δομικά υλικά

Τυπικός Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας: Είναι η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ενός δομικού υλικού ή προϊόντος κάτω από καθορισμένες εσωτερικές και εξωτερικές συνθήκες που μπορεί να θεωρηθούν ως τυπικές για την συμπεριφορά του υλικού όταν ενσωματωθεί σε ένα δομικό στοιχείο

Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας μπορεί να εξαχθεί **μόνο** από:

- Παράρτημα Α του Οδηγού Θερμομόνωσης
- Σήμανση CE του δομικού υλικού ή προϊόντος που δίνει ο κατασκευαστής του {Οι περί των Βασικών Απαιτήσεων (Προϊόντα Δομικών Κατασκευών) Κανονισμοί του 2003}

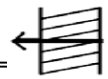
Θερμική αντίσταση στρώματος αέρα (Rα)

Στις περιπτώσεις οπού στρώμα αέρα βρίσκεται εγκλωβισμένο μεταξύ δομικών αδιαφανών υλικών ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U_i = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \boxed{R_a} + R_{se}}$$

(Σχέση 3)

Θερμική αντίσταση αέρα (R_a) που βρίσκεται εγκλωβισμένος στο στοιχείο

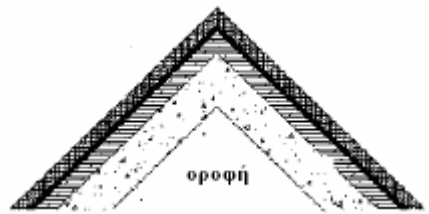
R_a για ΜΗ ανακλαστική επιφάνεια και στις δύο πλευρές (ε≥0,8) (m²K / W)			
Πάχος στρώματος αέρα (mm)	**Διεύθυνση ροής θερμότητας**		
			
0	0,00	0,00	0,00
5	0.11	0.11	0.11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0.15
15	0,17	0,16	0,17
25	0,18	0,16	0,19
50	0,18	0,16	0,21
100	0,18	0,16	0,22
300	0,18	0,16	0,23

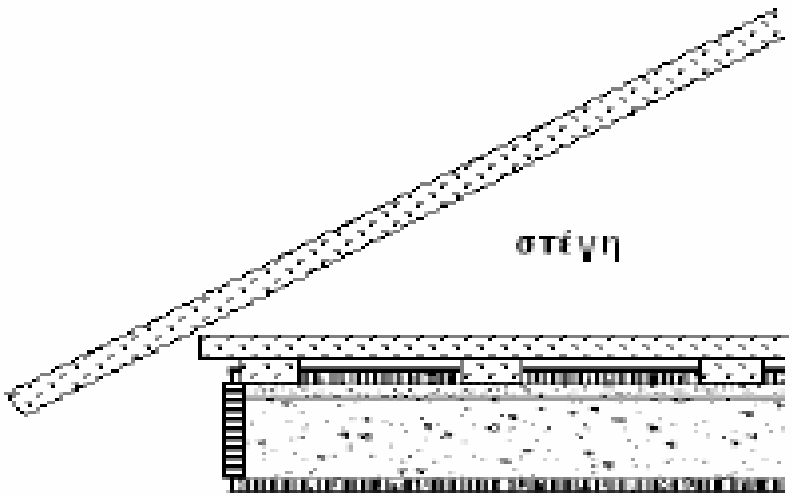
Οι τιμές ισχύουν για στρώματα αέρα που:

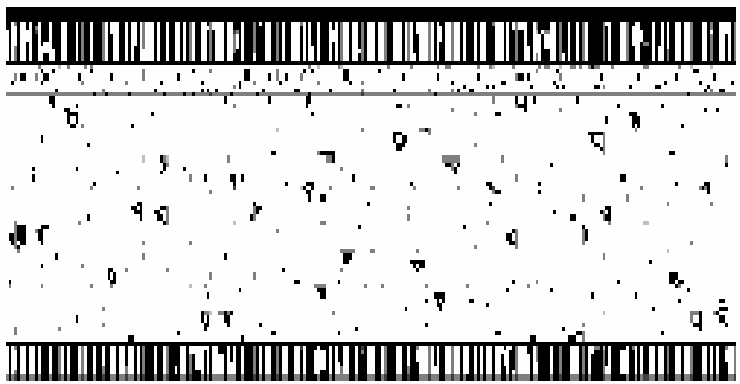
- περιβάλλονται από δύο παράλληλες επιφάνειες που είναι κάθετες προς την ροή θερμότητας για συνήθεις μη ανακλαστικές επιφάνειες, με συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας ε≥0.8
- έχουν πάχος (παράλληλα με την ροή θερμότητας) όχι μεγαλύτερο από 0.3 m (για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας 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/DIS 13789: 2005)
- δεν θα πρέπει να υπάρχει εναλλαγή αέρα με το εσωτερικό περιβάλλον

Στις περιπτώσεις των ελαφρώς και καλά αεριζόμενων στρωμάτων αέρα ο τρόπος υπολογισμού της θερμικής αντίστασης αέρα (Ra) αναφέρεται στο υποκεφάλαιο 6.2.1 του Οδηγού Θερμομόνωσης των Κτιρίων 2010

Οροφές και στέγες







Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας αεριζόμενης μη θερμαινόμενης στέγης

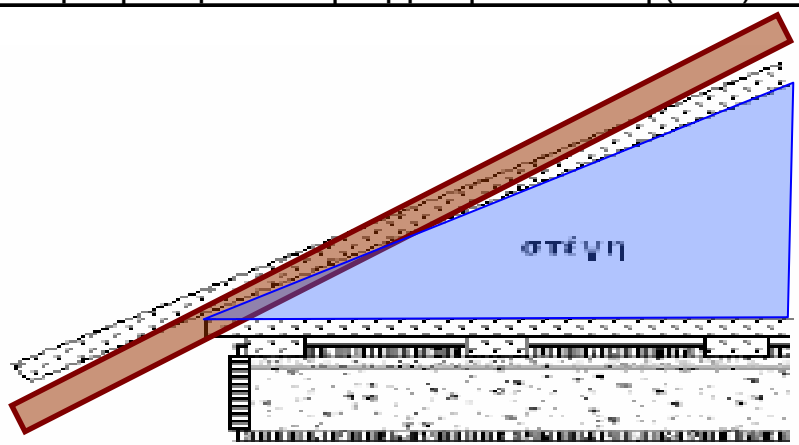
Στην περίπτωση αεριζόμενης στέγης με θερμομονωμένη την οριζόντια επιφάνεια, η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα που περικλείεται μεταξύ της κεκλιμένης οροφής και της οριζόντιας επιφάνειας (R_u) θα πρέπει να συνυπολογιστεί στην ποιο κάτω σχέση

$$U_i = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_u + R_{se}}$$

(Σχέση 4)

Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας αεριζόμενης μη θερμαινόμενης στέγης

Χαρακτηριστικά της στέγης		R_u (m^2K / W)
1	Στέγη με κεραμίδια τοποθετημένα απ' ευθείας σε μορίνες χωρίς πίλημα (τσόχα) ή πλακάζ	0,06
2	Στέγη με κεραμίδια τοποθετημένα με πίλημα (τσόχα) ή πλακάζ	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 πίλημα (τσόχα) ή πλακάζ	0,3
Οι τιμές στον ποιο πάνω πίνακα συμπεριλαμβάνουν την θερμική αντίσταση του αεριζόμενου χώρου καθώς και την θερμική αντίσταση της κεκλιμένης κατασκευής της οροφής. Δεν περιλαμβάνει την εξωτερική επιφανειακή θερμική αντίσταση (Rse).		

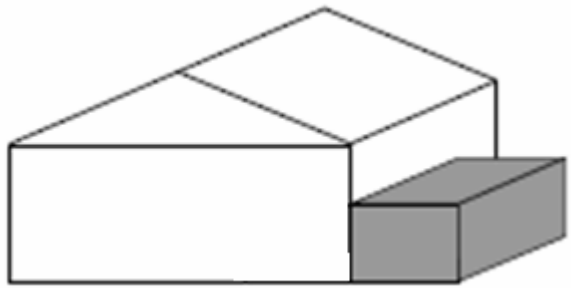


Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας στοιχείου του κτιρίου που εφάπτεται με μη-θερμαινόμενο χώρο

Όταν το κτίριο εφάπτεται με ένα χώρο ο οποίος δεν θερμαίνεται (π.χ. αποθηκευτικοί χώροι, γκαράζ) αλλά είναι μέρος του κτιρίου, τότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος μπορεί να υπολογιστεί εάν συμπεριλάβουμε την θερμική αντίσταση (Ru) του μη-θερμαινόμενου χώρου στη σχέση 4. Η θερμική αντίσταση (Ru) υπολογίζεται ως εξής:

$$R_U = \frac{A_i}{\sum_k (A_{e,k} \bullet U_{e,k}) + 0{,}33 \bullet nV}$$

(Σχέση 5)



όπου

A_i - Η συνολική επιφάνεια όλων των κατασκευαστικών υλικών μεταξύ του εσωτερικού χώρου και του μη-θερμαινόμενου χώρου σε 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

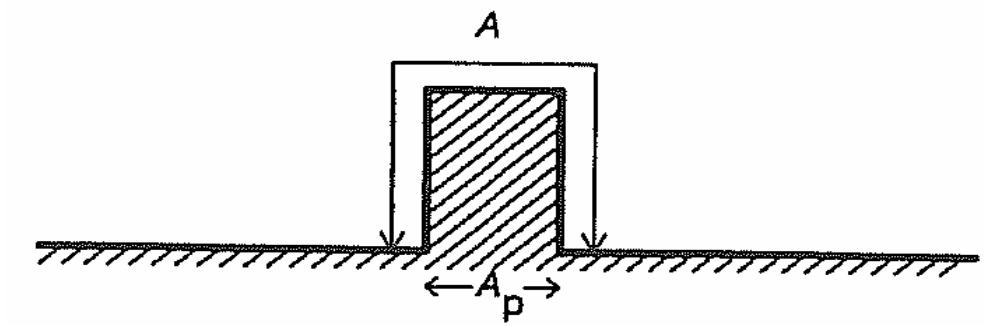
V - Ο όγκος του μη θερμαινόμενου χώρου σε m^3

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

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 (λ) ≤ 2.5 W/(m.K). Αν το τμήμα του δομικού υλικού που προεξέχει είναι κατασκευασμένο από υλικό με θερμική αγωγιμότητα (λ) > 2.5 W/(m.K), και δεν είναι μονωμένο τότε ο υπολογισμός της επιφανειακή αντίστασης του στοιχείου προεξέχει γίνεται με τον πιο κάτω τρόπο.

$$R_{sp} = R_s \bullet \frac{A_p}{A}$$ **(Σχέση 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 Οδηγό Θερμομόνωσης Κτιρίων 2010
A_p είναι η προβαλλόμενη επιφάνεια του στοιχείου που προεξέχει
A είναι η συνολική επιφάνεια του στοιχείου που προεξέχει

Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος

Κατηγορία	Περιγραφή εδάφους	θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W / mK)
1	Άργιλος	1,5
2	Άμμος-χαλίκι	2,0
3	Ομοιογενές πέτρωμα	3,5

Θερμικές ιδιότητες εδάφους

Σε περίπτωση που ο τύπος του εδάφους δεν είναι γνωστός τότε να χρησιμοποιούνται η ακόλουθη τιμή: λ=2,0 W/(m.K)

$$B' = \frac{A}{0.5P} \qquad \textbf{(Σχέση 7)}$$

Όπου

Β είναι η χαρακτηριστική διάσταση
Α είναι το εμβαδό του πατώματος
Ρ είναι η περίμετρος του θερμαινόμενου κτιρίου που είναι εκτεθειμένη στο εξωτερικό περιβάλλον

Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος

$$dt = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) \qquad \textbf{(Σχέση 8)}$$

Όπου

d_t συνολικό ισοδύναμο πάχος πατώματος
w το πάχος των εξωτερικών τοίχων.
R_f είναι η θερμική αντίσταση των στρωμάτων του πατώματος από μονωτικό υλικό.

Αν $\mathbf{d_t < B'}$ δηλαδή αν το πάτωμα είναι μέτρια ή καθόλου μονωμένο ο συντελεστής θερμοπερατότητας U_o υπολογίζεται από τη σχέση

$$Uo = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \bullet \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right) \qquad \textbf{(Σχέση 9)}$$

Αν $\mathbf{d_t \geq B'}$ δηλαδή αν το πάτωμα είναι καλά μονωμένο ο συντελεστής θερμοπερατότητας Uo υπολογίζεται από τη σχέση

$$U_o = \frac{\lambda}{0{,}457 \bullet B' + d_t} \qquad \textbf{(Σχέση 10)}$$

Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος

Παράδειγμα

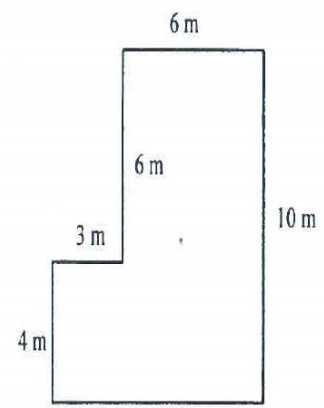
Στο παράδειγμα εξετάζεται πάτωμα σχήματος L όπως φαίνεται στο ποιο κάτω σχήμα χωρίς μόνωση. Το πάχος των τοίχων είναι w=0.3m και η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους λ=2 W/(m.K).

Η περίμετρος δίνεται από:

P=10+6+6+3+4+9=38m

Το εμβαδό A=(10x6)+(3x4)=72m^2

Υπολογίζεται η χαρακτηριστική διάσταση **B'**=72/0,5χ38=3,789



<u>Για πάτωμα χωρίς μόνωση η θερμική αντίσταση του πατώματος δεν λαμβάνεται υπόψη</u>

$d_{t=}$0.3+2(0.17+0+0.04)=0.72m

d_t< **B'** (χωρίς μόνωση)

U=U_o=(2x2)/(3.142x3.789+0.72)x ln(3.142x3.789/0.72)+1)=**0.91W/(m^2.K)**

Σύντομος τρόπος υπολογισμού - Παράδειγμα

Για να καταστεί δυνατός ο υπολογισμός του ολικού συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος ο μελετητής θα πρέπει να έχει στην διάθεση του:

- Την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοστασίου (U_g)
- Την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου (U_f)
- Τύπο εξαρτήματος διαχωρισμού υαλοπινάκων
- Ποσοστό εμβαδού πλαισίων σε σχέση με το συνολικό εμβαδό του κουφώματος

<u>Παράδειγμα</u>

- Διπλό υαλοστάσιο
- Πάχος υαλοπινάκων 4 χιλ.
- Διάκενο 12χιλ.
- Είδος αερίου στο διάκενο αέρας
- Συνήθης υαλοπίνακας (χωρίς προστασία)
- Υλικό κατασκευής πλαισίου – Αλουμίνιο χωρίς φράγμα ροής θερμότητας
- Εξαρτήματα συνένωσης υαλοστασίου – κοινού τύπου
- Ποσοστό εμβαδού πλαισίου ως προς το κούφωμα – 20%

Σύντομος τρόπος υπολογισμού - Παράδειγμα

Συντελεστές θερμοπερατότητας διπλών και τριπλών υαλοστασίων με διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο

Υαλοστάσια				Συντελεστής Θερμοπερατότητας για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο [a]				
				U_g				
Τύπος	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας(ε)	Διαστάσεις mm	Αέρας (Air)	Αργό (Argon)	Κρυπτόν (Krypton)	SF_6 [b]	Ξένον (Xenon)
Διπλά Υαλοστά-σια	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 στην 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		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

Συντελεστές θερμοπερατότητας για κουφώματα με ποσοστό εμβαδού πλαισίου ως προς το συνολικό εμβαδόν του κουφώματος 20% για συνηθισμένου τύπου εξαρτημάτων διαχωρισμού υαλοπινάκων

Τύπος Υαλοστασίου	U_g W/(m².K)	Συντελεστές θερμοπερατότητας για συνηθισμένου τύπου εξαρτημάτων διαχωρισμού υαλοπινάκων (spacer bars) U_f W/(m².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

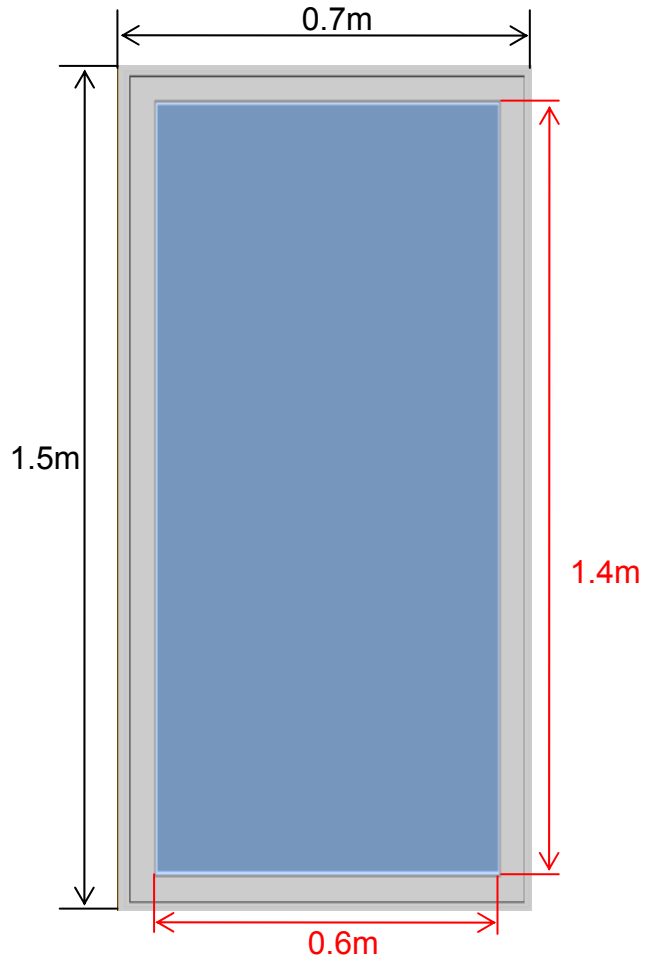
Αριθμητικός τρόπος υπολογισμού

$$U_W = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum l_g \cdot \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f}$$ **(Σχέση 11)**

όπου
U_g είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοστασίου
U_f είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου
Ψ_g είναι η γραμμική θερμική μετάδοση
l_g είναι η περίμετρος του ορατού υαλοστασίου ως προς το πλαίσιο

Είδος πλαισίου	Γραμμική θερμική μετάδοση για διάφορους τύπους υαλοστάσιον Ψ_g	
	Διπλό ή Τριπλό υαλοστάσιο χωρίς προστασία γυαλιού, αέρα ή άλλου τύπου αέριο στο διάκενο	Διπλό ή Τριπλό υαλοστάσιο με χαμηλό συντελεστή ακτινοβολίας (ε)και 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

Αριθμητικός τρόπος υπολογισμού



Παίρνοντας το U_g και το U_f από το παράδειγμα του σύντομου τρόπου υπολογισμού και χρησιμοποιώντας τη σχέση 11 έχουμε:

U_g= 2.8 W/ m²K

U_f= 7 W/ m²K

A_g = 1.4 x 0.6 = 0.84m²

A_f = (1.5 χ 0.7) – 0.84 = 0.21m²

A_t = 0.84 + 0.21 = 1.05m²

l_g = 1.4 + 0.6 +1.4 + 0.6 = 4m

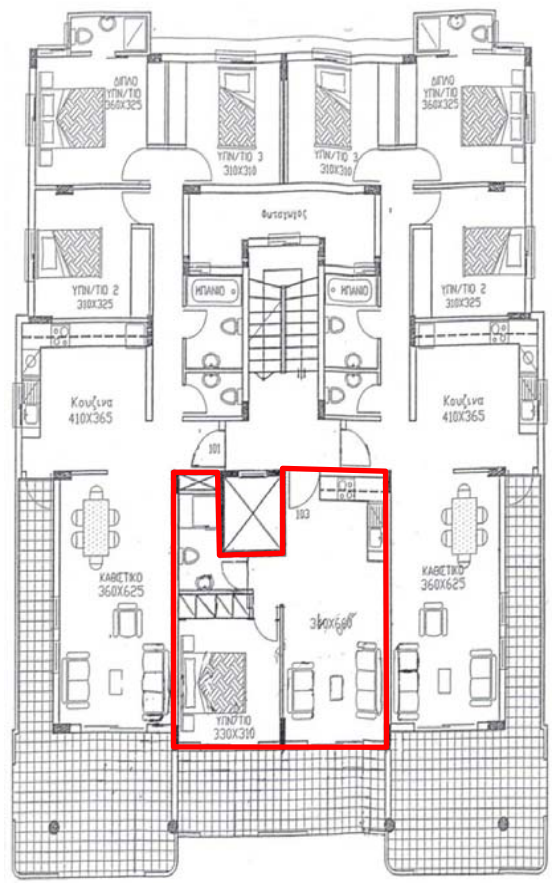
Ψ_g = 0.02

$$U = \frac{(2.8x0.84) + (0.21x7) + (4x0.02)}{1.05} = 3.7 \text{ W/ m}^2\text{K}$$

Μέθοδος υπολογισμού του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_{mean} κελύφους εξαιρουμένων των δαπέδων, δωμάτων, στεγών και οροφών που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου

Κέλυφος κτιρίου:

Κέλυφος κτιρίου είναι το σύνολο των επιφανειών των δομικών στοιχείων που περιβάλλουν τον θερμαινόμενο χώρο του κτιρίου



ΚΑΤΟΨΗ 10Υ ΟΡΟΦΟΥ

Μέθοδος υπολογισμού του μέσου

$$U_m = \frac{\sum (U_i \, A_i)}{\sum A_i}$$

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

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 / m²K]

A_j, A_k, A_l : το εμβαδό επιφάνειας του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου [m²]

Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα

$$C = \sum_j \sum_i \rho C_{ij} d_{ij} A_j$$

- C Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα (kJ/K)
- A_j Επιφάνεια του στοιχείου j (m^2)
- ρ_{ij} Πυκνότητα του υλικού της επιφάνειας i στο στοιχείο j (kg/m^3)
- C_{ij} Ειδική θερμότητα (J/kgK)
- d_{ij} Πάχος του υλικού της επιφάνειας i στο στοιχείο j (m)

<u>Σημείωση:</u>
Για σκοπούς εισδοχής δεδομένων στο λογισμικό SBEM, στον υπολογισμό της αποτελεσματικής θερμοχωρητικότητας δεν λαμβάνεται υπόψη η επιφάνεια του στοιχείου (A_j).

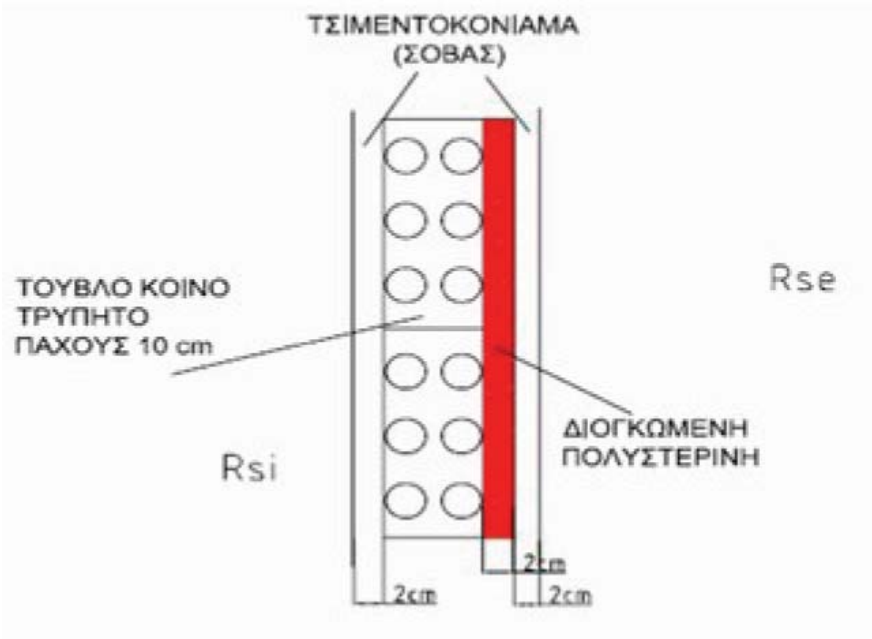
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα

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

- Πρώτη επιφάνεια θερμομόνωσης με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda \leq 0.08$ W/mK
- Το μέσο του δομικού στοιχείου
- Πάχος κατασκευής 10cm

Οποιονδήποτε από τα πιο πάνω συμβεί πρώτο

Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα



Α/Α	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού **d** (m)	Πυκνότητα Υλικού **ρ** (Kg/m^3)	Ειδική Θερμότητα C_p (kJ/(kgK))	Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα Υλικού C_m (kJ/m^2K)
1	Τσιμεντοκονίαμα	0.020	1800	1	36
2	Τούβλο κοινό	0.060	1000	1	60
3					
4					
Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα Κατασκευής				**Cm (kJ/m2K)**	**96**

Βοηθήματα

- CYS EN ISO 13790 Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling
- CYS EN ISO 6946:1997 Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance –Calculation method
- CYS EN ISO 10077-1:2006 Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance
- CYS EN ISO 10456-1:2000 Building materials and products – Procedures for determining declared and design thermal values