

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜ. ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Ενεργειακή Διαχείριση & Εξοικονόμηση Ενέργειας

ΔΙΑΛΕΞΗ 06: ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΤΙΡΙΟΥ III

Δρ. Τριανταφυλλιά Νικολάου

Βιβλιογραφία: ΤΟΤΕΕ 20701-2/20

Περιεχόμενα

7. ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ

ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΦΑΝΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

8. ΜΕΣΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

7.1 Εισαγωγή

Στα διαφανή δομικά στοιχεία, δηλαδή στα κουφώματα, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος (U_w) μπορεί:

- είτε να υπολογισθεί αναλυτικά
- είτε να θεωρηθεί δεδομένη με αποδοχή της πιστοποιημένης τιμής που διαθέτει ο κατασκευαστής.

Στην περίπτωση του αναλυτικού υπολογισμού η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος προκύπτει από τους συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος και του υαλοπίνακα κατά την ποσοστιαία αναλογία των εμβαδών των δύο υλικών στην επιφάνεια του κουφώματος, λαμβανομένης υπόψη και της γραμμικής θερμογέφυρας που αναπτύσσεται μεταξύ πλαισίου και υαλοπίνακα, όπως περιγράφεται παρακάτω για μονό και για διπλό κούφωμα. Όταν στο κούφωμα περιλαμβάνονται και αδιαφανή τμήματα, πέραν του πλαισίου, λαμβάνονται υπόψη και αυτά στον υπολογισμό.

Στην περίπτωση που ο μελετητής επιλέξει να χρησιμοποιήσει την τιμή θερμοπερατότητας του κουφώματος που δίνει ο κατασκευαστής του, θα πρέπει στη μελέτη να συνυποβάλει και το σχετικό πιστοποιητικό ελέγχου από διαπιστευμένο εργαστήριο βάσει του προτύπου προδιαγραφών του υλικού για σήμανση CE.

Πάντως ανεξαρτήτως του τρόπου με τον οποίο θα ληφθεί η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος (υπολογισμός ή πιστοποιημένη τιμή), αυτή οφείλει να είναι μικρότερη ή ίση της μέγιστης επιτρεπόμενης, που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. (πίνακας 5α όταν πρόκειται για νεόδμητο κτήριο και πίνακας 5β, όταν πρόκειται για ριζικώς ανακαινιζόμενο κτήριο).

7.2 U_w μονού κουφώματος

Βάσει των παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος με μονό, διπλό ή τριπλό υαλοπίνακα επί ενιαίου πλαισίου (μονού κουφώματος) προκύπτει από τον τύπο:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + \ell_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g}$$

[W/(m²·K)]



όπου	U_w [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,
	U_f [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος,
	U_g [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (διπλού ή περισσότερων φύλλων),
	A_f [m ²]	το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,
	A_g [m ²]	το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,
	ℓ_g [m]	το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - υαλοπίνακα, δηλαδή η περίμετρος του υαλοπίνακα),
	Ψ_g [W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

7.2 U_w μονού κουφώματος

Πίνακες τιμών

- Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα (U_g) λαμβάνεται από τη σήμανση CE του προϊόντος. Ενδεικτικές τιμές δίνονται στον πίνακα 9 ή υπολογίζεται όπως ορίζεται παρακάτω.
- Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου (U_f) λαμβάνεται από τα πιστοποιητικά μετρήσεων του παραγωγού. Ενδεικτικές τιμές δίνονται στον πίνακα 10 ανάλογα με το υλικό κατασκευής του.
- Η τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας (Ψ_g) λαμβάνεται από τους πίνακες 11α και 11β, που ορίζουν τους τύπους των γραμμικών θερμογεφυρών μεταξύ πλαισίου και υαλοπίνακα.

Οι Πίνακες και οι
σελίδες
αναφέρονται στην
ΤΟΤΕΕ 20701-
2/2017

7.2 U_w μονού κουφώματος

Πίνακας 9. Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας υαλοπινάκων (πηγή: EN ISO 10077-1).

Υάλωση			U_g [W/(m ² ·K)] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις [mm]	Αέρας	Αργό	Κρυπτό
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής. Συνήθεις υαλοπίνακες	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8
			4-8-4	3,1	2,9	2,7
			4-12-4	2,8	2,7	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,10	4-6-4	2,6	2,2	1,7
			4-8-4	2,2	1,9	1,4
			4-12-4	1,8	1,5	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,05	4-6-4	2,5	2,1	1,5
			4-8-4	2,1	1,7	1,3
			4-12-4	1,7	1,3	1,1
			4-16-4	1,4	1,2	1,2
Τριπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής. Συνήθεις υαλοπίνακες	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,10	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5

Σελ. 72

7.2 U_w μονού κουφώματος

U_f

Πίνακας 10. Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας πλαισίου (πηγή: EN ISO 10077-1).

Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου U_f [$W/(m^2 \cdot K)$]
Μεταλλικό πλαίσιο	Χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
	Με θερμοδιακοπή	1,0 - 4,0
Συνθετικό πλαίσιο	Πολυουρεθάνη	2,8
	PVC με δύο θαλάμους	2,2
	PVC με τρεις θαλάμους	2,0
	PVC πολυθαλαμικό	1,0 - 2,0
Ξύλινο πλαίσιο	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,4
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,0
	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,7
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,5

Σελ. 72

7.2 U_w μονού κουφώματος

Ψ_g

Σελ. 73

Πίνακας 11α. Τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας $\Psi_{g,ση}$ συναρμογή πλαισίου - υαλοπίνακα για συνήθεις τύπους αποστάτη. (Πηγή: EN ISO 10077-1).

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων Ψ_g [W/(m·K)]	
	Διπλή ή τριπλή υάλωση	Διπλή με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου
	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Τριπλή υάλωση με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,02	0,05
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή	0,08	0,11
Συνθετικό πλαίσιο	0,08	0,08
Ξύλινο πλαίσιο	0,08	0,08

7.2 Ψ_w μονού κουφώματος

Ψ_g

Πίνακας 11β. Τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου - υαλοπίνακα, για θερμικά βελτιωμένους τύπους αποστάτη (Πηγή: EN ISO 10077-1).

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων Ψ_g [W/(m·K)]	
	Διπλή ή τριπλή υάλωση	Διπλή με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου
	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Τριπλή υάλωση με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,01	0,04
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή	0,06	0,06
Συνθετικό πλαίσιο	0,05	0,06
Ξύλινο πλαίσιο	0,05	0,06

Σελ. 73

7.2 U_w μονού κουφώματος

- Σε περίπτωση που το κούφωμα δεν περιλαμβάνει διαφανές τμήμα, η σχέση 2.12. εφαρμόζεται δίδοντας στις μεταβλητές A_g και ℓ_g τιμή ίση με το μηδέν.
- Σε περίπτωση που στη θέση του υαλοπίνακα υπάρχει πέτασμα, υπολογίζεται από τη σχέση 2.14. της επόμενης παραγράφου, έχοντας μηδενική τιμή στις παραμέτρους που αναφέρονται στον υαλοπίνακα.
- Αντιθέτως, εάν πρόκειται για συμπαγές ξύλινο κούφωμα εναλλακτικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση 2.5., θεωρώντας το κούφωμα ως μονοστρωματικό δομικό στοιχείο από ξύλο.
- Ομοίως, σε περίπτωση που το κούφωμα δεν περιλαμβάνει πλαίσιο και αποτελείται μόνο από υαλοπίνακα, η σχέση 2.12. εφαρμόζεται, θέτοντας τα A_r και ℓ_g ίσα με το μηδέν.

$$U_w = \frac{A_r \cdot U_r + A_g \cdot U_g + \ell_g \cdot \Psi_g}{A_r + A_g}$$

[W/(m²·K)]

(2.12.)

παρακάτω

επόμενη
διαφάνεια

7.2 U_v μονού κουφώματος

$$U_v = \frac{1}{R_i + \sum_{l=1}^n \frac{d_l}{\lambda_l} + R_s + R_v + R_a}$$

[W/(m²·K)]

(2.5.)

7.2 U_w μονού κουφώματος

Αν η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_w) του υαλοπίνακα δεν ληφθεί απευθείας από τον πίνακα 9, μπορεί να υπολογισθεί αναλυτικά από τον τύπο:

$$U_w = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_{j=1}^{n-1} R_s + R_e} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (2.13.)$$

όπου	U_w	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα,
	n	[-]	το πλήθος των φύλλων του υαλοπίνακα: για n = 1 μονός υαλοπίνακας, για n = 2 διπλός υαλοπίνακας, για n = 3 τριπλός υαλοπίνακας,
	d	[m]	το πάχος του κάθε φύλλου του υαλοπίνακα,
	λ	[W/(m·K)]	ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της υάλου,
	R_s	[m ² ·K/W]	η θερμική αντίσταση του εγκλωβισμένου στρώματος αέρα στο διάκενο ανάμεσα στα φύλλα του υαλοπίνακα, η οποία μπορεί να ληφθεί από τον πίνακα 3β,
	R_i	[m ² ·K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο (πίνακας 2β),
	R_e	[m ² ·K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον (πίνακας 2β).

7.2 U_w μονού κουφώματος

Πίνακας 2β. Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946, εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο (πηγή: πρωτότυπος πίνακας, επεξεργασμένος βάσει του ISO 6946).

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		$1/R_i$	$1/R_a$	R_i	R_a
		W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	(m ² ·K)/W	(m ² ·K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7,70	7,70	0,13	0,13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7,70	–	0,13	0,00
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	25,00	0,10	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	10,00	0,10	0,10
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	25,00	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	5,88	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5,88	–	0,17	0,00

Παρατηρήσεις

- Οι τιμές για την αντίσταση θερμικής μετάβασης εσωτερικού χώρου έχουν υπολογισθεί κατά παραδοχή για θερμοκρασία εσωτερικού χώρου $\theta_i = 20^\circ\text{C}$.
- Οι τιμές για την αντίσταση θερμικής μετάβασης εξωτερικού χώρου έχουν υπολογισθεί κατά παραδοχή για θερμοκρασία εξωτερικού χώρου $\theta_a = 0^\circ\text{C}$ και ταχύτητα ανέμου $u = 4 \text{ m/s}$.

7.2 U_w μονού κουφώματος

Πίνακας 3β. Θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου υαλοπίνακα.

Πάχος διακένου mm	Θερμική αντίσταση διακένου υαλοπινάκων $R_{s,w}$ [$W/(m^2 \cdot K)$]		
	Χωρίς επίστρωση	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ίσης με:	
		0,20	0,10
6	0,127	0,191	0,211
9	0,154	0,259	0,299
12	0,173	0,316	0,377
15	0,186	0,364	0,447
50	0,179	0,336	0,406

Παρατήρηση

- Οι τιμές του πίνακα ισχύουν για κατακόρυφα τοποθετημένα παράθυρα με αέρα στο διάκενο.

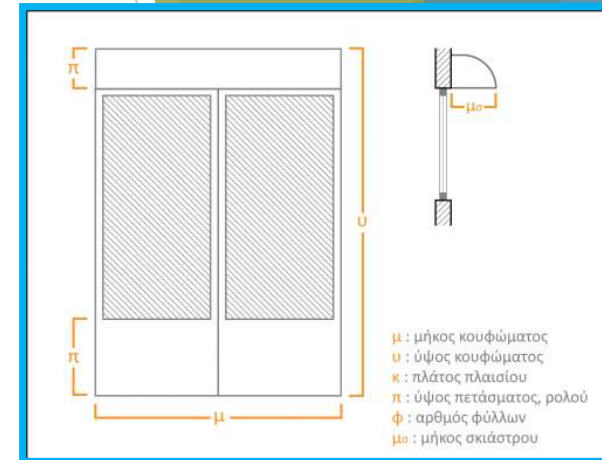
7.3 U_w μονού κουφώματος με πέτασμα

Βάσει των παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος με μονό, διπλό ή τριπλό υαλοπίνακα επί ενιαίου πλαισίου (μονού κουφώματος) που περιλαμβάνει πέτασμα προκύπτει από τον τύπο:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + \ell_g \cdot \Psi_g + A_p \cdot U_p + \ell_p \cdot \Psi_p}{A_f + A_g + A_p} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (2.14.)$$

όπου	U_w	$[W/(m^2 \cdot K)]$	ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,
	U_f	$[W/(m^2 \cdot K)]$	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος,
	U_g	$[W/(m^2 \cdot K)]$	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων),
	U_p	$[W/(m^2 \cdot K)]$	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πετάσματος του κουφώματος,
	A_f	$[m^2]$	το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,
	A_g	$[m^2]$	το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,
	A_p	$[m^2]$	το εμβαδό επιφάνειας του πετάσματος του κουφώματος,
	ℓ_g	$[m]$	το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - υαλοπίνακα, δηλαδή η περίμετρος του υαλοπίνακα),
	Ψ_g	$[W/(m \cdot K)]$	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος στη συναρμογή πλαισίου και υαλοπίνακα,
	ℓ_p	$[m]$	το μήκος της θερμογέφυρας του πετάσματος του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - πετάσματος, δηλαδή η περίμετρος του πετάσματος),
	Ψ_p	$[W/(m \cdot K)]$	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του πετάσματος του κουφώματος στη συναρμογή πλαισίου και πετάσματος.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πετάσματος υπολογίζεται από τη σχέση 1.7.



$$\frac{1}{U} = R + \sum_{i=1}^n R_i + R_s$$

$[m^2 \cdot K/W]$

(1.7.)

7.3 U_w μονού κουφώματος με πέτασμα

Προηγούμενες
διαφάνειες

Πίνακες τιμών

- Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_g) του υαλοπίνακα λαμβάνεται από τη σήμανση CE του προϊόντος. Ενδεικτικές τιμές δίνονται στον πίνακα 9 ή υπολογίζεται όπως ορίζεται από τη σχέση 2.13.
- Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_f) του πλαισίου λαμβάνεται από τα πιστοποιητικά μετρήσεων του παραγωγού. Ενδεικτικές τιμές δίνονται στον πίνακα 10 ανάλογα με το υλικό κατασκευής του.
- Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_p) του πετάσματος του κουφώματος λαμβάνεται από τα πιστοποιητικά μετρήσεων του παραγωγού ή υπολογίζεται από τη σχέση 2.1.
- Η τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας (Ψ_g) λαμβάνεται από τους πίνακες 11α και 11β, που ορίζουν τους τύπους των γραμμικών θερμογεφυρών μεταξύ πλαισίου και υαλοπίνακα.

$$U = \frac{1}{R_g + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_f + R_a} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (2.1.)$$

7.3 Ψ_σ μονού κουφώματος με πέτασμα

- Η τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας (Ψ_p) λαμβάνεται από τον πίνακα 14α που ορίζει τους τύπους των γραμμικών θερμογεφυρών μεταξύ πλαισίου και αδιαφανούς πετάσματος.

Σε περίπτωση που το κούφωμα δεν περιλαμβάνει διαφανές τμήμα, η σχέση 2.14. εφαρμόζεται θέτοντας τα A_g και ζ_g ίσα με το μηδέν.

Πίνακας 14α. Τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας για αδιαφανή πετάσματα Ψ_p (πηγή: EN ISO 12631).

Τύπος πετάσματος	Θερμική αγωγιμότητα θερμοδιακοπής	* Συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας
Εσωτερική / εξωτερική επίστρωση	λ [W/(m·K)]	Ψ_p [W/(m·K)]
Θερμομονωτικό πέτασμα με στρώση διακένου αέρα		
Αλουμίνιο / αλουμίνιο Αλουμίνιο / γυαλί Σίδηρος / γυαλί	–	0,13
Θερμομονωτικό πέτασμα χωρίς στρώση διακένου αέρα		
Αλουμίνιο / αλουμίνιο	0,2	0,20
	0,4	0,29
Αλουμίνιο / γυαλί	0,2	0,18
	0,4	0,20
Σίδηρος / γυαλί	0,2	0,14
	0,4	0,18

* Αυτή η τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν δεν υπάρχουν άλλες πληροφορίες από μετρήσεις ή αναλυτικούς υπολογισμούς.

7.4 U_w μονού κουφώματος με ρολό

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος με μονό, διπλό ή τριπλό υαλοπίνακα επί ενιαίου πλαισίου (μονού κουφώματος) που περιλαμβάνει επικαθήμενο ρολό προκύπτει από τον τύπο:

$$U_w = \frac{A_r \cdot U_r + A_g \cdot U_g + \ell_g \cdot \Psi_g + A_{rb} \cdot U_{rb}}{A_r + A_g + A_{rb}} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (2.15.)$$

όπου	U_w [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,
	U_r [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος,
	U_g [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων),
	U_{rb} [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου περιέλιξης του επικαθήμενου ρολού,
	A_r [m ²]	το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,
	A_g [m ²]	το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,
	A_{rb} [m ²]	το εμβαδό επιφάνειας του επικαθήμενου ρολού,
	ℓ_g [m]	το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - υαλοπίνακα, δηλαδή η περίμετρος του υαλοπίνακα),
	Ψ_g [W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

7.4 U_w μονού κουφώματος με ρολό

Προηγούμενες
διαφάνειες

Πίνακες τιμών

- Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_g) του υαλοπίνακα λαμβάνεται από τη σήμανση CE του προϊόντος. Ενδεικτικές τιμές δίνονται στον πίνακα 9 ή υπολογίζεται όπως ορίζεται βάσει της σχέσης 2.13.
- Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_f) του πλαισίου λαμβάνεται από τα πιστοποιητικά μετρήσεων του παραγωγού. Ενδεικτικές τιμές δίνονται στον πίνακα 10 ανάλογα με το υλικό κατασκευής του.
- Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_{fb}) λαμβάνεται από το τη σήμανση CE του προϊόντος. Ενδεικτικές τιμές δίνονται στον πίνακα 12 ανάλογα με το υλικό κατασκευής του:
- Η τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας (Ψ_g) λαμβάνεται από τον πίνακα 11, που ορίζει τους τύπους των γραμμικών θερμογεφυρών στη συναρμογή μεταξύ πλαισίου και υαλοπίνακα.

7.5 $U_{w,rb}$ μονού κουφώματος με εξωτερικά φύλλα

Η χρήση ρολών ή εξωφύλλων κατά τη διάρκεια της νύχτας, ειδικά σε κτήρια κατοικίας, είναι συνηθισμένη πρακτική και βελτιώνει σημαντικά την ενεργειακή συμπεριφορά των κουφωμάτων.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας κουφώματος με ρολό ή εξώφυλλο (παντζούρι) σε κλειστή θέση προκύπτει από τον τύπο:

$$U_{w,rb} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + R_{rb}} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (2.16.)$$

- όπου $U_{w,rb} [W/(m^2 \cdot K)]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος με το ρολό ή το εξώφυλλο σε κλειστή θέση,
 $U_w [W/(m^2 \cdot K)]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος,
 $R_{rb} [m^2 \cdot K/W]$ η θερμική αντίσταση, που προσφέρει η χρήση του ρολού ή του εξωφύλλου.

7.5 U_w μονού κουφώματος με εξωτερικά φύλλα

Πίνακες τιμών

- Η τιμή του συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος (U_w) υπολογίζεται όπως περιγράφεται στις προηγούμενες παραγράφους 2.2.1., 2.2.2. και 2.2.3.
- Η τιμή της θερμικής αντίστασης (R_{t0}), που προσφέρει η χρήση του ρολού ή του εξωφύλλου λαμβάνεται από τον πίνακα 13, αναλόγως, αν τα ρολά έχουν χαμηλή, μέση ή υψηλή αεροστεγανότητα.
 - Χαμηλή αεροστεγανότητα έχουν τα ρολά και τα εξώφυλλα στην περίπτωση που σε κλειστή θέση υπάρχουν οπές στις περσίδες ή δημιουργούνται σχισμές στις ενώσεις τους.
 - Υψηλή αεροστεγανότητα έχουν τα ρολά και τα εξώφυλλα στην περίπτωση που δεν υπάρχουν οπές ή σχισμές και περιμετρικά υπάρχουν λάστιχα σφράγισης.
 - Μέση αεροστεγανότητα έχουν τα ρολά και τα εξώφυλλα σε όλες τις άλλες περιπτώσεις.

7.5 U_w μονού κουφώματος με εξωτερικά φύλλα

Πίνακας 13. Η τιμή της θερμικής αντίστασης (R_{t0}), που προσφέρει η χρήση του ρολού ή του εξωφύλλου αναλόγως της προσφερόμενης αεροστεγανότητας (πηγή EN ISO 10077-1).

Τύπος περσίδας	Η τιμή της θερμικής αντίστασης R_{t0} για αεροστεγανότητα ρολού ή εξωφύλλου:		
	χαμηλή	μέση	υψηλή
	[$m^2 \cdot K/W$]	[$m^2 \cdot K/W$]	[$m^2 \cdot K/W$]
Αλουμινίου	0,09	0,12	0,15
Ξύλινες	0,12	0,16	0,22
Συνθετικές	0,12	0,16	0,22
Συνθετικές με γέμισμα αφρού	0,13	0,19	0,26

Παρατηρήσεις

- Χαμηλή αεροστεγανότητα έχουν τα ρολά και τα εξώφυλλα στην περίπτωση που σε κλειστή θέση υπάρχουν οπές στις περσίδες ή δημιουργούνται σχισμές στις ενώσεις τους.
- Υψηλή αεροστεγανότητα έχουν τα ρολά και τα εξώφυλλα στην περίπτωση που δεν υπάρχουν οπές ή σχισμές και περιμετρικά υπάρχουν λάστιχα σφράγισης.
- Μέση αεροστεγανότητα έχουν τα ρολά και τα εξώφυλλα σε όλες τις άλλες περιπτώσεις.

7.5 U_w μονού κουφώματος με εξωτερικά φύλλα

Ωστόσο, τα ρολά και τα εξώφυλλα συνήθως παραμένουν κλειστά κατά τη διάρκεια της νύκτας και ανοικτά τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας. Γι' αυτό και η πραγματική ενεργειακή συμπεριφορά του κουφώματος είναι απόρροια μιας ενδιάμεσης κατάστασης του κουφώματος, δηλαδή αυτής με το ρολό ή το εξώφυλλο σε ανοικτή θέση και εκείνης σε κλειστή θέση και εκφράζεται με ένα διορθωμένο συντελεστή θερμοπερατότητας κουφώματος ($U_{W, διορθ.}$), για τον υπολογισμό του οποίου λαμβάνεται υπόψη ο χρόνος χρήσης του ρολού ή του εξωφύλλου σύμφωνα με τη σχέση:

$$U_{W, διορθ.} = U_W \cdot (1 - f_{rb}) + U_{W,rb} \cdot f_{rb} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (2.17.)$$

όπου	$U_{W, διορθ.}$ [W/(m ² ·K)]	ο διορθωμένος συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος με χρήση ρολού ή εξωφύλλου,
	$U_{W,rb}$ [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος με το ρολό ή το εξώφυλλο σε κλειστή θέση,
	U_W [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος,
	f_{rb} [–]	ο συντελεστής χρήσης του ρολού ή του εξωφύλλου.

Πίνακες τιμών

- Ο συντελεστής χρήσης του ρολού ή του εξωφύλλου λαμβάνεται ίσος με 0,5.

7.5 U_w μονού κουφώματος με εξωτερικά φύλλα

Διευκρινίσεις

- Ο υπολογισμός του $U_{w,rb}$ γίνεται, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης για την εισαγωγή των τιμών των συντελεστών θερμοπερατότητας του κάθε κουφώματος στο υπολογιστικό πρόγραμμα.
- Κατά τον έλεγχο θερμομονωτικής επάρκειας ο έλεγχος πληρότητας του κανονισμού τόσο ως προς την επάρκεια του συντελεστή θερμοπερατότητας U_w του κάθε κουφώματος, όσο και της τιμής του μέσου συντελεστή U_m του κτηρίου δεν γίνεται χρήση της τιμής του συντελεστή

θερμοπερατότητας με κλειστά τα εξωτερικά προστατευτικά φύλλα ($U_{w,rb}$) αλλά αυτής χωρίς την ύπαρξη των προστατευτικών φύλλων (U_w).

7.6 U_w διπλού κουφώματος

Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός διπλού κουφώματος, δηλαδή ενός κουφώματος αποτελούμενου από δύο χωριστά κουφώματα με τους υαλοπίνακές τους (μονούς, διπλούς ή τριπλούς) θα υπολογισθεί σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία και κατ' εφαρμογή της σχέσης 2.12. ξεχωριστά για την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κάθε κουφώματος (δηλαδή των τιμών $U_{w,a}$ του εξωτερικού κουφώματος και $U_{w,i}$ του εσωτερικού) και κατόπιν για την τιμή του διπλού κουφώματος στο σύνολό του βάσει του τύπου:

$$U_w = \frac{1}{\left(\frac{1}{U_{w,i}} - R_a\right) + R_{\delta,w} + \left(\frac{1}{U_{w,a}} - R_i\right)}$$

[W/(m²·K)] (2.18.)

όπου U_w	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας ολόκληρου του διπλού κουφώματος,
$U_{w,i}$	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εσωτερικού κουφώματος,
$U_{w,a}$	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εξωτερικού κουφώματος,
R_a	[m ² ·K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το διάκενο μεταξύ των δύο κουφωμάτων προς το δομικό στοιχείο, που θα συνυπολογιζόταν, αν το διάκενο θεωρούνταν εξωτερικό περιβάλλον,
R_i	[m ² ·K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το διάκενο μεταξύ των δύο κουφωμάτων προς το δομικό στοιχείο, που θα συνυπολογιζόταν, αν το διάκενο θεωρούνταν εσωτερικό περιβάλλον,
$R_{\delta,w}$	[m ² ·K/W]	Η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου μεταξύ των δύο κουφωμάτων.

7.6 U_w διπλού κουφώματος

Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός διπλού κουφώματος, δηλαδή ενός κουφώματος αποτελούμενου από δύο χωριστά κουφώματα με τους υαλοπίνακές τους (μονούς, διπλούς ή τριπλούς) θα υπολογισθεί σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία και κατ' εφαρμογή της σχέσης 2.12. ξεχωριστά για την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κάθε κουφώματος (δηλαδή των τιμών $U_{w,a}$ του εξωτερικού κουφώματος και $U_{w,i}$ του εσωτερικού) και κατόπιν για την τιμή του διπλού κουφώματος στο σύνολό του βάσει του τύπου:

$$U_w = \frac{1}{\left(\frac{1}{U_{w,i}} - R_a\right) + R_{\delta,w} + \left(\frac{1}{U_{w,a}} - R_i\right)}$$

[W/(m²·K)] (2.18.)

όπου U_w	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας ολόκληρου του διπλού κουφώματος,
$U_{w,i}$	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εσωτερικού κουφώματος,
$U_{w,a}$	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εξωτερικού κουφώματος,
R_a	[m ² ·K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το διάκενο μεταξύ των δύο κουφωμάτων προς το δομικό στοιχείο, που θα συνυπολογιζόταν, αν το διάκενο θεωρούνταν εξωτερικό περιβάλλον,
R_i	[m ² ·K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το διάκενο μεταξύ των δύο κουφωμάτων προς το δομικό στοιχείο, που θα συνυπολογιζόταν, αν το διάκενο θεωρούνταν εσωτερικό περιβάλλον,
$R_{\delta,w}$	[m ² ·K/W]	Η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου μεταξύ των δύο κουφωμάτων.

7.6 U_w διπλού κουφώματος

Πίνακας τιμών

- Η τιμή της θερμικής αντίστασης του αέρα του διακένου μεταξύ των δύο κουφωμάτων λαμβάνεται από τον πίνακα 3β.
- Οι τιμές των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης των επιφανειακών στρωμάτων αέρα εκατέρωθεν των όψεων του δομικού στοιχείου λαμβάνονται από τον πίνακα 2 (πίνακα 2α ή πίνακα 2β).

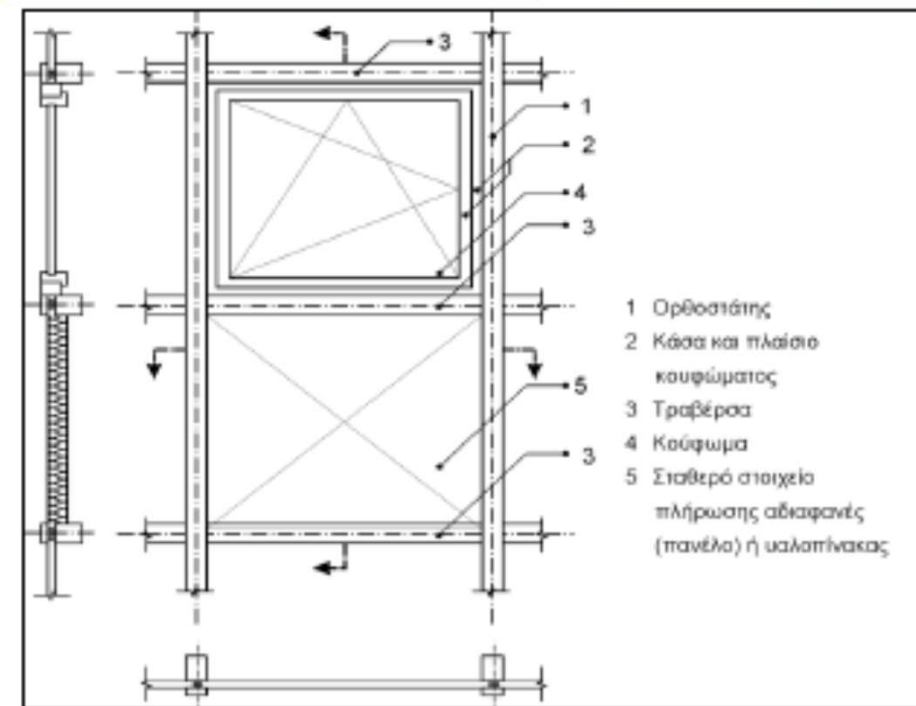
7.7 Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχοπετασμάτων

Σ' αυτή την ενότητα παρουσιάζεται η μεθοδολογία υπολογισμού της θερμοπερατότητας τοιχοπετασμάτων και υαλοπετασμάτων. Η μεθοδολογία καλύπτει τοιχοπετάσματα και υαλοπετάσματα, στα οποία το στοιχείο πλήρωσης των διακένων των πλαισίων μπορεί να είναι υαλοπίνακας, κούφωμα με υαλοπίνακα, αδιαφανές στοιχείο πλήρωσης (πέτασμα) ή και συνδυασμός αυτών.

Το πλαίσιο μπορεί να αποτελείται από ορθοστάτες (κατακόρυφα τμήματα πλαισίου) και τραβέρσες (οριζόντια τμήματα πλαισίου), ίδιας ή διαφορετικής διατομής.

Ειδικότερα ορίζονται (σχήμα 4):

- Ως **ορθοστάτης** τα κατακόρυφα τμήματα του πλαισίου στήριξης του τοιχοπετάσματος.
- Ως **τραβέρσα** τα οριζόντια τμήματα του πλαισίου στήριξης του τοιχοπετάσματος.
- Ως **υαλοπίνακας πλήρωσης** ο υαλοπίνακας που συνδέεται απευθείας με το πλαίσιο του τοιχοπετάσματος.
- Ως **υαλοπίνακας κουφώματος** ο υαλοπίνακας, ο οποίος βρίσκεται σε κούφωμα, το οποίο προσαρτάται στο πλαίσιο του τοιχοπετάσματος.
- Ως **πέτασμα** κάθε αδιαφανές στοιχείο πλήρωσης του τοιχοπετάσματος.



7.7 Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχοπετασμάτων

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός τοιχοπετάσματος γίνεται σε ένα αντιπροσωπευτικό τμήμα του τοιχοπετάσματος, το οποίο περιορίζεται από τα όρια που φαίνονται στο σχήμα 5. Ως αντιπροσωπευτικό ορίζεται το τμήμα, το οποίο επαναλαμβάνεται στην όψη περισσότερες της μιας φορές.

Εάν σε ένα τοιχοπέτασμα εμφανίζονται περισσότερα του ενός αντιπροσωπευτικά τμήματα, τότε υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε διαφορετικού αντιπροσωπευτικού τμήματος και ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$U_{cw} = \frac{\sum_{j=1}^n (U_{cw,j} \cdot A_j)}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

[W/(m²·K)] (2.19.)

όπου U_{cw} [W/(m²·K)] ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος,
 $U_{cw,j}$ [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος j,
 A_j [m²] το εμβαδό του αντιπροσωπευτικού τμήματος.

7.7 Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχοπετασμάτων

Ο καθορισμός του αντιπροσωπευτικού τμήματος γίνεται με τομές σε οριζόντιο και σε κατακόρυφο επίπεδο. Οι τομές επιλέγονται με τέτοιο τρόπο, ώστε:

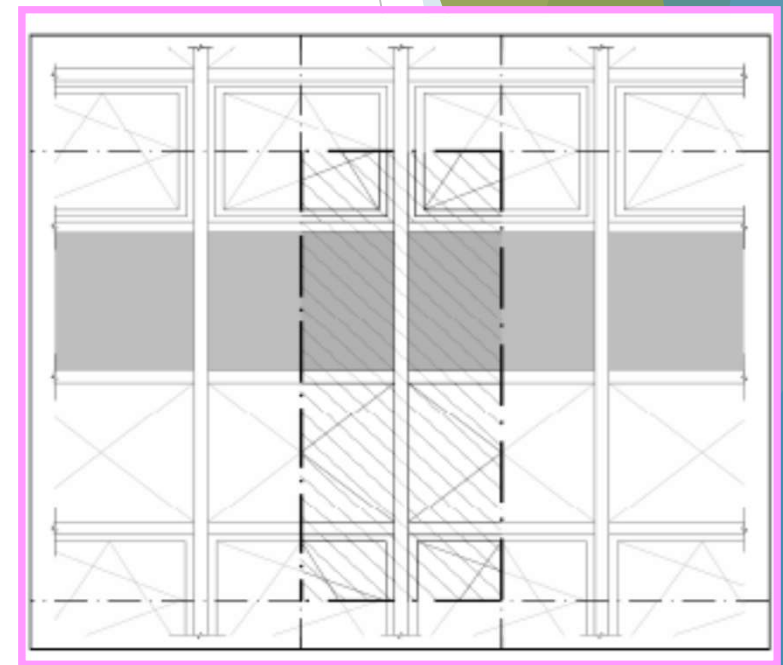
- να αντιπροσωπεύουν επίπεδα συμμετρίας του τοιχοπετάσματος ή
- να βρίσκονται σε επίπεδο κάθετο στην όψη, στο οποίο η ροή θερμότητας γίνεται κάθετα στο τοιχοπέτασμα, δηλαδή δεν υπάρχουν τρισδιάστατα φαινόμενα θερμικής αγωγιμότητας. Τέτοιες θέσεις είναι, για παράδειγμα, αυτές που βρίσκονται τουλάχιστον 19 cm μακριά από την ακμή ενός διπλού υαλοπίνακα.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός τοιχοπετάσματος, χωρίζεται το αντιπροσωπευτικό τμήμα σε επιφάνειες με διαφορετικά θερμοφυσικά χαρακτηριστικά (π.χ. υαλοπίνακες, αδιαφανή πετάσματα και κουφώματα).

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος υπολογίζεται από τους αντίστοιχους συντελεστές των επί μέρους στοιχείων με την προσθήκη όρων που περιγράφουν τη θερμική αλληλεπίδραση των τμημάτων μεταξύ τους (γραμμικές θερμογέφυρες):

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_p \cdot U_p + \sum A_f \cdot U_f + \sum A_{dp} \cdot U_{dp} + \sum A_{or} \cdot U_{or}}{A_{cw}} + \frac{\sum l_{r,g} \cdot \Psi_{r,g} + \sum l_{a,g} \cdot \Psi_{a,g} + \sum l_{r,p} \cdot \Psi_{r,p} + \sum l_p \cdot \Psi_p + \sum l_{a,r} \cdot \Psi_{a,r} + \sum l_{r,f} \cdot \Psi_{r,f}}{A_{cw}} \quad (2.20.)$$

- όπου U_{cw} [W/(m²·K)] ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος,
 U_g [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του υαλοπίνακα,
 U_p [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του πετάσματος,
 U_f [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των πλαισίων,
 U_{dp} [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των ορθοστατών,



7.7 Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχοπετασμάτων

όπου U_{cw}	[W/(m ² ·K)]	ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος,
U_g	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του υαλοπίνακα ,
U_p	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του πετάσματος,
U_f	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των πλαισίων,
U_{dp}	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των ορθοστατών,

Πίνακες τιμών

- Ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας Ψ_p λαμβάνει τιμές από τον πίνακα 14α.
- Οι συντελεστές γραμμικής διαπερατότητας $\Psi_{dp,p}$, $\Psi_{tr,p}$ λαμβάνουν τιμές από τον πίνακα 14β.
- Οι συντελεστές γραμμικής διαπερατότητας $\Psi_{dp,f}$, $\Psi_{tr,f}$ λαμβάνουν τιμές από τους πίνακες 14γ και 14δ, ανάλογα με το υλικό.

Η επιφάνεια του τοιχοπετάσματος υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$A_{cw} = A_g + A_p + A_f + A_{dp} + A_{tr} \quad [m^2] \quad (2.21.)$$

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου του τοιχοπετάσματος δεν λαμβάνουν υπόψη την παρουσία κοχλιών στερέωσης του πλαισίου στα δομικά στοιχεία της όψης του κτηρίου. Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η σημειακή θερμογέφυρα που δημιουργείται στη σύνδεση με την όψη, οι συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου αυξάνονται κατά 0,3 W/(m²·K) όταν η απόσταση των κοχλιών είναι μικρότερη ή ίση των 0,3 m. Όταν η απόσταση μεταξύ των κοχλιών υπερβαίνει τα 0,3 m, η επίδρασή τους μπορεί να αγνοηθεί.

U_{tr}	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των τραβερσών,
$\Psi_{t,p}$	[W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου και υαλοπίνακα,
$\Psi_{dp,p}$	[W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή ορθοστάτη και υαλοπίνακα,
$\Psi_{tr,p}$	[W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή τραβέρσας και υαλοπίνακα,
Ψ_p	[W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή πετάσματος και πλαισίων,
$\Psi_{dp,f}$	[W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου κουφώματος και ορθοστάτη,
$\Psi_{tr,f}$	[W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου κουφώματος και τραβέρσας,
A_g	[m ²]	το εμβαδό του υαλοπίνακα πλήρωσης του τοιχοπετάσματος,
A_p	[m ²]	το εμβαδό του πετάσματος πλήρωσης του τοιχοπετάσματος,
A_{dp}	[m ²]	το εμβαδό ορθοστάτη του πλαισίου του τοιχοπετάσματος,
A_{tr}	[m ²]	το εμβαδό ης τραβέρσας του πλαισίου του τοιχοπετάσματος,
A_f	[m ²]	το εμβαδό του πλαισίου του κουφώματος,
$l_{t,p}$	[m]	το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή κουφώματος και υαλοπίνακα κουφώματος,
$l_{dp,p}$	[m]	το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή ορθοστάτη πλαισίου και υαλοπίνακα πλήρωσης,
$l_{tr,p}$	[m]	το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή τραβέρσας πλαισίου και υαλοπίνακα πλήρωσης,
l_p	[m]	το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή πετάσματος και πλαισίου τοιχοπετάσματος (στη θέση της τραβέρσας ή του ορθοστάτη),
$l_{dp,f}$	[m]	το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή ορθοστάτη πλαισίου και κουφώματος,
$l_{tr,f}$	[m]	το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή τραβέρσας πλαισίου και

7.7 Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχοπετασμάτων

Πίνακες τιμών

- Ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας Ψ_p λαμβάνει τιμές από τον πίνακα 14α.
- Οι συντελεστές γραμμικής διαπερατότητας $\Psi_{dp,g}$, $\Psi_{tr,g}$ λαμβάνουν τιμές από τον πίνακα 14β.
- Οι συντελεστές γραμμικής διαπερατότητας $\Psi_{dp,t}$, $\Psi_{tr,t}$ λαμβάνουν τιμές από τους πίνακες 14γ και 14δ, ανάλογα με το υλικό.

Η επιφάνεια του τοιχοπετάσματος υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$A_{cw} = A_g + A_p + A_t + A_{dp} + A_{tr} \quad [m^2] \quad (2.21.)$$

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου του τοιχοπετάσματος δεν λαμβάνουν υπόψη την παρουσία κοχλιών στερέωσης του πλαισίου στα δομικά στοιχεία της όψης του κτηρίου. Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η σημειακή θερμογέφυρα που δημιουργείται στη σύνδεση με την όψη, οι συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου αυξάνονται κατά $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ όταν η απόσταση των κοχλιών είναι μικρότερη ή ίση των $0,3 \text{ m}$. Όταν η απόσταση μεταξύ των κοχλιών υπερβαίνει τα $0,3 \text{ m}$, η επίδρασή τους μπορεί να αγνοηθεί.

7.7 Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχοπετασμάτων

Πίνακας 14α. Τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας για αδιαφανή πετάσματα Ψ_p (πηγή: EN ISO 12631).

Τύπος πετάσματος	Θερμική αγωγιμότητα θερμοδιακοπής	*Συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας
Εσωτερική / εξωτερική επίστρωση	λ [W/(m·K)]	Ψ_p [W/(m·K)]
Θερμομονωτικό πέτασμα με στρώση διακένου αέρα		
Αλουμίνιο / αλουμίνιο Αλουμίνιο / γυαλί Σίδηρος / γυαλί	–	0,13
Θερμομονωτικό πέτασμα χωρίς στρώση διακένου αέρα		
Αλουμίνιο / αλουμίνιο	0,2	0,20
	0,4	0,29
Αλουμίνιο / γυαλί	0,2	0,18
	0,4	0,20
Σίδηρος / γυαλί	0,2	0,14
	0,4	0,18

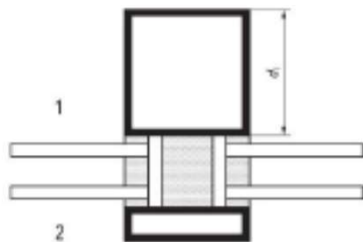
* Αυτή η τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν δεν υπάρχουν άλλες πληροφορίες από μετρήσεις ή αναλυτικούς υπολογισμούς.

7.7 Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχοπετασμάτων

Πίνακας 14β. Τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας $\Psi_{αφ,δ}$ και $\Psi_{τρ,δ}$, που χρησιμοποιούνται σε ορθοστάτες και τραβέρσες (Πηγή: EN ISO 12631).

Τύπος πλαισίου τοιχοπετάσματος		Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων $\Psi_{αφ,δ}$, $\Psi_{τρ,δ}$ [W/(m·K)]	
		Δίδυμος ή τριπλός υαλοπίνακας χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Δίδυμος ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής
Αλουμίνιο - ξύλο για συνήθεις τύπους αποστάτη		0,08	0,11
Μέταλλο με θερμοδιακοπή για συνήθεις τύπους αποστάτη	$d_i \leq 100$ mm	0,13	0,17
	$100 < d_i \leq 200$ mm	0,15	0,19
Αλουμίνιο - ξύλο για θερμικά βελτιωμένους τύπους αποστάτη		0,08	0,08
Μέταλλο με θερμοδιακοπή για θερμικά βελτιωμένους τύπους αποστάτη	$d_i \leq 100$ mm	0,09	0,11
	$100 < d_i \leq 200$ mm	0,10	0,12

d_i : είναι το εσωτερικό βάθος του ορθοστάτη ή της τραβέρσας.



- 1 Μέσα
- 2 Έξω
- d_i Εσωτερικό βάθος ορθοστάτη ή τραβέρσας

Εσωτερικό βάθος ορθοστάτη ή τραβέρσας
(Πηγή: EN ISO 12631).

7.7 Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχοπετασμάτων

Πίνακας 14γ. Τιμές γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου τοιχοπετάσματος – κουφώματος για διατομές αλουμινίου και σιδήρου(Πηγή: EN ISO 12631).

α/α	Περιγραφή	Τιμές γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας * $\Psi_{dp,t}$ ή $\Psi_{tr,t}$
1	Συναρμογή του πλαισίου κουφώματος στο πλαίσιο τοιχοπετάσματος με την παρεμβολή διατομής αλουμινίου με θερμοδιακοπή	0,11
2	Συναρμογή του πλαισίου κουφώματος στο πλαίσιο τοιχοπετάσματος με την παρεμβολή μιας διατομής με υλικό χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας (π.χ. πολυαμίδιο με 25% ίνες γυαλιού)	0,05
3	Συναρμογή του πλαισίου κουφώματος στο πλαίσιο τοιχοπετάσματος μέσω προεξοχής της θερμοδιακοπής του κουφώματος	0,07
4	Συναρμογή του πλαισίου κουφώματος στο πλαίσιο τοιχοπετάσματος μέσω της επέκτασης διατομής αλουμινίου του εξωτερικού πλαισίου.	0,07

* Αυτή η τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί, όταν δεν υπάρχουν μετρημένα ή αναλυτικά υπολογισμένες τιμές. Η τιμή είναι έγκυρη μόνο όταν το πλαίσιο του τοιχοπετάσματος καθώς και του κουφώματος έχουν θερμοδιακοπή και καμία θερμοδιακοπή δεν διακόπτεται από αγωγίμο στοιχείο του άλλου πλαισίου.

Πίνακας 14δ. Τιμές γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου τοιχοπετάσματος - κουφώματος για διατομές ξύλου και αλουμινίου(πηγή: EN ISO 12631).

Είδος συναρμογής	Τιμές γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας * $\Psi_{dp,t}$ ή $\Psi_{tr,t}$
$U_{dp} \text{ ή } U_{tr} > 2,0 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))}$	0,02
$U_{dp} \text{ ή } U_{tr} \leq 2,0 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))}$	0,04

* Αυτή η τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν δεν υπάρχουν μετρημένα ή αναλυτικά υπολογισμένες τιμές.

8. Μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου (U_m) προκύπτει από το συνυπολογισμό των συντελεστών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων του περιβλήματος του θερμαινόμενου χώρου του κτηρίου κατά την ποσοστιαία αναλογία των αντίστοιχων εμβαδών τους. Στον υπολογισμό του U_m θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι γραμμικές θερμογέφυρες που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία, ιδίως στα όρια της περιμέτρου των δομικών στοιχείων.

Στη γενική του έκφραση ο υπολογισμός του U_m προκύπτει από τον τύπο:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b_j + \sum_{l=1}^v I_l \cdot \Psi_l \cdot b_{\theta_l}}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

[W/(m²·K)]

(2.23.)

όπου	U_m	[W/(m ² ·K)]	ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτηρίου,
	n	[-]	το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτηρίου,
	v	[-]	το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας A_j του κελύφους,
	A_j	[m ²]	το εμβαδό επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτηρίου,
	U_j	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου j του κελύφους του κτηρίου,
	ℓ_j	[m]	το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτηρίου,
	Ψ_j	[W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτηρίου,
	b_j	[-]	μειωτικός συντελεστής (όπως αναλύεται στην επόμενη ενότητα για κάθε τύπο δομικού στοιχείου),
	$b_{\Theta j}$	[-]	μειωτικός συντελεστής του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας (Ψ) σε κάθε θέση θερμογέφυρας (όπως αναλύεται στις διευκρινίσεις της § 2.4. για κάθε τύπο δομικού στοιχείου),

Το ευρισκόμενο ηηλίκο U_m συγκρίνεται με αυτό που ορίζεται για κάθε κλιματική ζώνη ως μέγιστο επιτρεπόμενο $U_{m,max}$ από το λόγο A/V σύμφωνα με:

- τον πίνακα 6α όταν πρόκειται για νεόδμητο κτήριο και
- τον πίνακα 6β, όταν πρόκειται για ριζικώς ανακαινιζόμενο κτήριο.

Πρέπει πάντα να ισχύει:

$$U_m \leq U_{m,max} \quad (2.24.)$$

Οι παραπάνω τιμές των ελάχιστων απαιτήσεων ισχύουν για κάθε κτήριο, αδιαφόρως της χρήσης που αυτό έχει.

Αν δεν ικανοποιείται αυτή η συνθήκη, ο υπολογισμός επαναλαμβάνεται από την αρχή, έχοντας προηγουμένως βελτιώσει τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των επί μέρους δομικών στοιχείων (π.χ. αύξηση του πάχους της θερμομονωτικής στρώσης των αδιαφανών στοιχείων, βελτίωση της ποιότητας των κουφωμάτων, μείωση του μεγέθους των ανοιγμάτων κ.ά.).

Πίνακας 6α. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτηρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτηρίου προς τον όγκο του σε περίπτωση ανέγερσης νέου κτηρίου (πηγή: Κ.Εν.Α.Κ.).

Λόγος Α/Ν [m ⁻¹]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U _m [W/(m ² ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
≤ 0,2	1,25	1,13	1,04	0,95
0,3	1,17	1,05	0,96	0,88
0,4	1,10	0,99	0,91	0,83
0,5	1,04	0,93	0,86	0,78
0,6	0,98	0,89	0,81	0,73
0,7	0,92	0,83	0,76	0,68
0,8	0,86	0,77	0,71	0,63
0,9	0,80	0,73	0,65	0,59
≥ 1,0	0,77	0,69	0,62	0,55

Πίνακας 6β. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτηρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτηρίου προς τον όγκο του σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτηρίου (πηγή: Κ.Εν.Α.Κ.).

Λόγος A/V [m ⁻¹]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U _m [W/(m ² ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
≤ 0,2	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
≥ 1,0	0,81	0,73	0,66	0,60

Για την εύρεση του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτηρίου (U_m) και τον έλεγχο της θερμικής του επάρκειας είναι απαραίτητος ο υπολογισμός των γεωμετρικών μεγεθών του κτηρίου και συγκεκριμένα:

- Ο υπολογισμός των εμβαδών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων του κελύφους του κτηρίου, που έχουν διαφορετική τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας U .
- Ο υπολογισμός των μηκών των γραμμικών θερμογεφυρών.
- Ο όγκος του κτηρίου.

Αυτά τα μεγέθη είναι σκόπιμο να υπολογισθούν κατ' όροφο, κατά επιφάνεια και κατά προσανατολισμό, προκειμένου να διευκολυνθεί ο υπολογισμός. Πρόσφορη είναι η χρήση σκαριφημάτων και πίνακα υπολογισμού, στον οποίο θα ορίζονται με σαφή τρόπο:

- το πλάτος του κάθε δομικού στοιχείου,
- το ύψος του,
- το εμβαδό του.

Το άθροισμα των επί μέρους εμβαδών κάθε δομικού στοιχείου θα πρέπει να ισοδυναμεί με την συνολική έκταση του κελύφους του κτηρίου.

Κατ' αντίστοιχο τρόπο, δηλαδή με τη χρήση σκαριφημάτων και πίνακα υπολογισμού, θα πρέπει να ορίζονται και να υπολογίζονται με σαφή τρόπο τα μήκη των γραμμικών θερμογεφυρών για κάθε τύπο θερμογέφυρας.

Για την εμβαδομέτρηση των στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιούνται οι διαστάσεις (μήκος, πλάτος, ύψος), όπως αυτές αποτυπώνονται στα σχέδια της αρχιτεκτονικής μελέτης ή όπως αυτές μετρώνται / εκτιμώνται επί τόπου στο κτήριο κατά τη διεξαγωγή της ενεργειακής επιθεώρησης, εάν δεν υπάρχουν τα σχέδια της αρχιτεκτονικής μελέτης και χωρίς να αφαιρεθούν τα πάχη της θερμομονωτικής στρώσης των δομικών στοιχείων.

Ωστόσο, σε μια ενεργειακή επιθεώρηση (και όχι σε μελέτη ενεργειακής απόδοσης), εάν δεν υφίστανται τα αρχιτεκτονικά σχέδια, ή εάν διατυπώνονται επιφυλάξεις για την ορθότητά τους, ο ενεργειακός επιθεωρητής έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει τα γεωμετρικά δεδομένα κατά απλοποιητικό τρόπο, όπως ορίζεται στην παράγραφο 3.1. της αναθεωρημένης έκδοσης της τεχνικής οδηγίας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

Για τον υπολογισμό του λόγου A/V λαμβάνονται υπόψη όλες οι εξωτερικές επιφάνειες, που διαμορφώνουν το κέλυφος του κτηρίου είτε έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είτε έρχονται σε επαφή με το έδαφος είτε με χώρο χαμηλότερης θερμοκρασίας.

Ειδικότερα:

- Για την εύρεση του εμβαδού A υπεισέρχονται στον υπολογισμό οι εξωτερικές επιφάνειες του κελύφους στο σύνολό τους και με τις εξωτερικές τους διαστάσεις, παρακολουθώντας απολύτως τη γεωμετρία του κτηρίου.
- Αντιστοίχως, ο όγκος V είναι ο όγκος του κτηρίου, που περικλείεται από όλες αυτές τις επιφάνειες.

Στον όγκο του κτηρίου **δεν** συμπεριλαμβάνονται:

- Ο ανοικτός υπόστυλος χώρος που βρίσκεται στην πυλωτή.
- Ο χώρος της εισόδου, το κλιμακοστάσιο και η απόληξή του στο δώμα, οι διάδρομοι πολυκατοικίας και γενικώς όλοι οι κοινόχρηστοι χώροι, αν θεωρηθούν ως μη θερμαινόμενοι. Αντιθέτως, συμπεριλαμβάνονται στον όγκο του κτηρίου αν θεωρηθούν θερμαινόμενοι.
- Οι χώροι των υπογείων, όταν δεν είναι θερμαινόμενοι.
- Οι χώροι των αποθηκών που βρίσκονται μέσα στο κυρίως σώμα του κτηρίου ή σε επαφή με αυτό, εφόσον δεν θεωρούνται θερμαινόμενοι.
- Ο χώρος του προσαρτημένου θερμοκηπίου, που λειτουργεί ως παθητικό ηλιακό σύστημα (και είναι μη θερμαινόμενος χώρος).
- Οι κλειστοί χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων.

- Κάθε κλειστός χώρος που δεν θεωρείται θερμαινόμενος(π.χ. εργαστήρια που από τη φύση της λειτουργίας τους δεν θερμαίνονται).
- Όλοι οι όγκοι, τους οποίους καταλαμβάνουν οι αίθριοι χώροι μέσα στο σώμα του κτηρίου, δηλαδή –σύμφωνα με το Ν.Ο.Κ.– τα μη στεγασμένα τμήματα του κτηρίου, που περιβάλλονται από όλες τις πλευρές τους από το κτήριο ή από άλλα κτήρια του οικοπέδου.
- Οι φωταγωγοί του κτηρίου.
- Οι υποχρεωτικώς ή προαιρετικώς ακάλυπτοι χώροι.
- Ο χώρος που διαμορφώνεται μεταξύ της μη θερμομονωμένης κεκλιμένης επιφάνειας της στέγης και της οριζόντιας θερμομονωμένης οροφής του ανώτερου ορόφου του κτηρίου. Αντιθέτως, όταν η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης γίνεται στην κεκλιμένη επιφάνεια της στέγης και η οριζόντια οροφή του ανώτερου ορόφου του κτηρίου παραμένει χωρίς θερμομονωτική προστασία, ο χώρος που διαμορφώνεται μεταξύ των δύο επιφανειών (κεκλιμένης και οριζόντιας) συμπεριλαμβάνεται στον όγκο του κτηρίου. Τέλος, αν και οι δύο επιφάνειες είναι θερμομονωμένες ο μελετητής οφείλει να προσδιορίσει ποια από τις δύο θεωρεί ως εξωτερικό κέλυφος του κτηρίου και αναλόγως να συμπεριλάβει η όχι τον ενδιάμεσο των δύο επιφανειών όγκο στο θερμικά προστατευμένο όγκο του κτηρίου.
- Κάθε ανοικτός χώρος, που έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, είτε βρίσκεται μέσα στο κυρίως σώμα του κτηρίου είτε όχι.

2.6.1. Ο μειωτικός συντελεστής (b)

Ο μειωτικός συντελεστής (b) προσαρμόζει τις υπολογισθείσες θερμικές απώλειες από κάθε επιφάνεια του κελύφους του κτηρίου στις πραγματικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Η κάθε ποσότητα $A \cdot U$ (συντελεστής μεταφοράς θερμότητας) ορίζει τη μεταφερόμενη ποσότητα θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον μέσω των επί μέρους δομικών στοιχείων του κελύφους του κτηρίου στη μονάδα του χρόνου και για διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού - εξωτερικού περιβάλλοντος 1°C (ή 1 K). Όμως σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως σε επιφάνειες που συνορεύουν με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος αυτή η ποσότητα είναι υπερεκτιμημένη. Με το μειωτικό συντελεστή επιχειρείται η επαναφορά της σε μέγεθος πλησιέστερα προς την πραγματικότητα.

Έτσι, ο μειωτικός συντελεστής (b) λαμβάνει τιμές όπως ορίζονται σε καθεμιά από τις παρακάτω περιπτώσεις:

Αναλυτικά στην ΤΟΤΕΕ-2/2017 σελ. 51-53

2.6.2. Παρατηρήσεις κατά τον υπολογισμό του U_m

Για τη εύρεση του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου (U_m) λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Στον υπολογισμό του U_m συμμετέχουν όλες οι επιφάνειες που περικλείουν το κέλυφος του κτηρίου. Συμμετέχουν επίσης παντός είδους επιφάνειες που συνορεύουν με αίθριους χώρους, φωταγωγούς κ.τ.λ., και βρίσκονται μέσα στο σώμα του κτηρίου, όπως περιγράφονται αναλυτικά στην ενότητα 2.4. για τον προσδιορισμό του λόγου AV .

Το άθροισμα όλων αυτών των επιφανειών δίνει τον παρονομαστή $\sum A_i$ της σχέσης 2.23.

- Ο τοίχος Trombe, ο τοίχος θερμικής μάζας και γενικώς οποιοσδήποτε τοίχος ή άλλο στοιχείο θερμικής συσσώρευσης υπεισέρχεται στον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου (U_m) κατά παραδοχή με τιμή τη μέγιστη επιτρεπόμενη για εξωτερικό τοίχο σε επαφή με εξωτερικό αέρα της αντίστοιχης κλιματικής ζώνης από τον πίνακα 5α όταν πρόκειται για νεόδμητο κτήριο και από τον πίνακα 5β, όταν πρόκειται για ριζικώς ανακαινιζόμενο κτήριο.
- Το προσαρτημένο θερμοκήπιο θεωρείται μη θερμαινόμενος χώρος και ως εξωτερικό στοιχείο του κελύφους λαμβάνεται το διαχωριστικό δομικό στοιχείο μεταξύ του κυρίως χώρου του κτηρίου και του προσαρτημένου θερμοκηπίου. Αυτό το δομικό στοιχείο θα υπεισέρχεται στον υπολογισμό κατά παραδοχή με τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή U που προβλέπεται ανά ζώνη από τον πίνακα 5α όταν πρόκειται για νεόδμητο κτήριο και από τον πίνακα 5β, όταν πρόκειται για ριζικώς ανακαινιζόμενο κτήριο ως εξής:
 - Για αδιαφανές δομικό στοιχείο (τοιχοποιία) με την τιμή της τοιχοποιίας, της ερχόμενης σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο.
 - Για διαφανές δομικό στοιχείο (κούφωμα) με την τιμή του κουφώματος ανοίγματος.

Αν, ωστόσο, ένα δομικό στοιχείο του ενδιάμεσου διαχωριστικού τοίχου του προσαρτημένου θερμοκηπίου παρουσιάζει τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας U μικρότερη της μέγιστης επιτρεπόμενης, υπεισέρχεται στον υπολογισμό μ' αυτήν την καλύτερη τιμή.

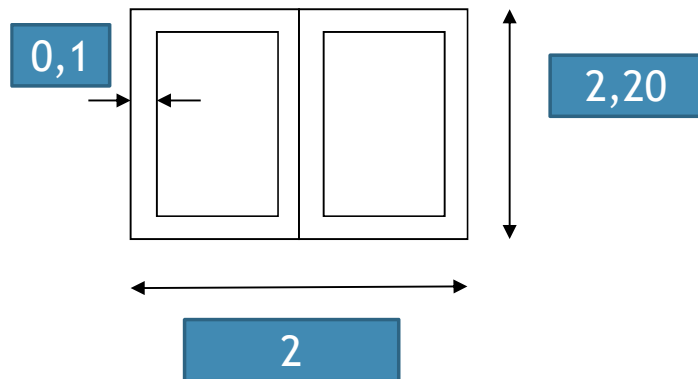
Όλα τα δομικά στοιχεία του προσαρτημένου θερμοκηπίου, θεωρούμενα ως δομικά στοιχεία προς μη θερμαινόμενο χώρο, υπεισέρχονται στον υπολογισμό του U_m με το μειωτικό συντελεστή, όπως αυτός υπολογίζεται από τη σχέση 2.23.

Άσκηση²1

- ▶ Να υπολογιστεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας συνθετικού κουφώματος πολυουρεθάνης, διαστάσεων 2 X 2,20 m, με διπλό υαλοπίνακα διακένου αέρα 6 mm, χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής και πάχος πλαισίου 10 cm. Κατόπιν να γίνει έλεγχος αν ο συγκεκριμένος υαλοπίνακας ικανοποιεί τις προδιαγραφές του ΚΕΝΑΚ για την κλιματική ζώνη Δ και για νέο κτήριο.

- ▶ **Λύση:**

- ▶
$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g}$$



Από το σχήμα προκύπτει ότι η μπαλκονόπορτα είναι δίφυλλη και από τις διαστάσεις της έχουμε:

$$A_g = 0,8 \times 2 \times 2 = 3,20 \text{ m}^2$$

$$A_w = 2 \times 2,2 = 4,40 \text{ m}^2$$

$$A_f = 4,40 - 3,20 = 1,20 \text{ m}^2$$

$$L_g = (0,8 + 2 + 0,8 + 2) \times 2 = 11,20 \text{ m}$$

▶ Από τους πίνακες της ΤΟΤΕΕ 2017 βρίσκουμε ότι

▶ $U_g = 3,3 \frac{W}{m^2 K}$

▶ $U_f = 2,8 \frac{W}{m^2 K}$

▶ $\Psi_g = 0,06 W/mK$

▶ Επομένως

▶
$$U_w = \frac{1,20 \cdot 2,80 + 3,20 \cdot 3,30 + 11,20 \cdot 0,06}{1,20 + 3,20} =$$

$3,31 W/m^2 K$

▶ Σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.α της ΤΟΤΕΕ-1 2017, θα πρέπει ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κατακόρυφου δομικού στοιχείου να είναι $U \leq 2,20 W/m^2 K$. Άρα ο συγκεκριμένος υαλοπίνακας δεν ικανοποιεί τις προδιαγραφές του ΚΕΝΑΚ.

Πίνακας 10. Τυπικές πμές συντελεστών θερμοπερατότητας πλαισίου (πηγή: EN ISO 10077-1).

Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου $U_f [W/(m^2 \cdot K)]$
Μεταλλικό πλάισιο	Χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
	Με θερμοδιακοπή	1,0 - 4,0
Συνθετικό πλάισιο	Πολυουρεθάνη	2,8
	PVC με δύο θαλάμους	2,2
	PVC με τρεις θαλάμους	2,0
	PVC πολυθαλαμικό	1,0 - 2,0
Ξύλινο πλάισιο	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,4
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,0
	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,7
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,5

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας $U [W/(m^2 \cdot K)]$			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,10	1,90	1,75	1,70

Πίνακας 9. Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας υαλοπινάκων (πηγή: EN ISO 10077-1).

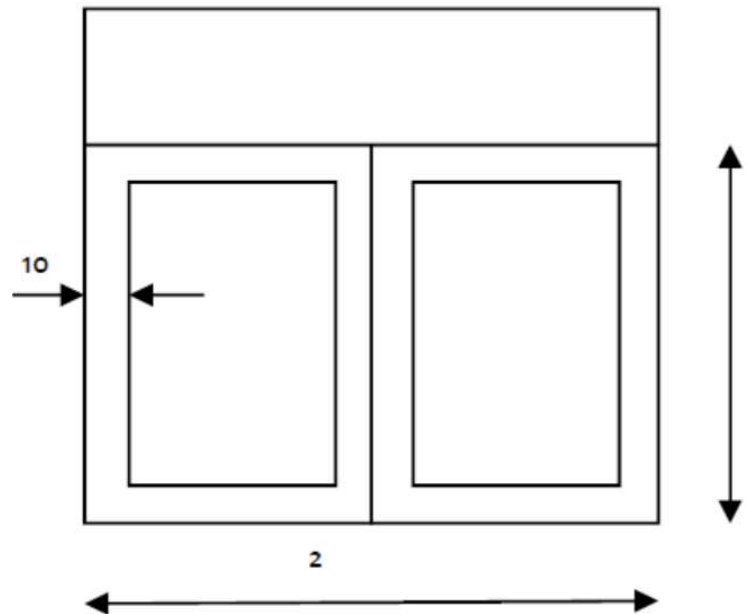
Υάλωση			U_0 [$W/(m^2 \cdot K)$] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις [mm]	Αέρας	Αργό	Κρυπτό
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής. Συνήθεις υαλοπίνακες	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8
			4-8-4	3,1	2,9	2,7
			4-12-4	2,8	2,7	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤ 0,10	4-6-4	2,6	2,2	1,7
			4-8-4	2,2	1,9	1,4
			4-12-4	1,8	1,5	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤ 0,05	4-6-4	2,5	2,1	1,7
			4-8-4	2,1	1,7	1,3
			4-12-4	1,7	1,3	1,2
4-16-4			1,4	1,2	1,2	
Τριπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής. Συνήθεις υαλοπίνακες	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,9
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,8
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,7
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,10	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,1
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,9
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,8
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	1,0
			4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,8
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,8

Πίνακας 11α. Τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ_{0st} συναρμογή πλαισίου - υαλοπίνακα για συνήθεις τύπους αποστάτη. (Πηγή: EN ISO 10077-1).

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων Ψ_0 [$W/(m \cdot K)$]	
	Διπλή ή τριπλή υάλωση	Διπλή με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου
	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Τριπλή υάλωση με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,02	0,05
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή	0,08	0,11
Συνθετικό πλαίσιο	0,08	0,08
Ξύλινο πλαίσιο	0,06	0,08

Άσκηση2

- ▶ Να υπολογιστεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας μεταλλικού κουφώματος χωρίς θερμοδιακοπή, διαστάσεων $2 \times 2,20$ m, με διπλό υαλοπίνακα διακένου 12 mm και αργό, με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου ($\epsilon=0,08$) και πάχος πλαισίου 10 cm. Πάνω από το κούφωμα υπάρχει το μεταλλικό ρολό σκίασης (παντζούρι), με ίδιο συντελεστή θερμοπερατότητας με το κούφωμα, ύψους 0,30 m. Κατόπιν να γίνει έλεγχος αν ο συγκεκριμένος υαλοπίνακας ικανοποιεί τις προδιαγραφές του ΚΕΝΑΚ για την κλιματική ζώνη Α και για νέο κτήριο.



$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + \ell_g \cdot \Psi_g + A_{rb} \cdot U_{rb}}{A_f + A_g + A_{rb}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (2.15.)$$

όπου	U_w [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,
	U_f [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος,
	U_g [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων),
	U_{rb} [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κυτίου περιέλιξης του επικαθήμενου ρολού,
	A_f [m ²]	το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,
	A_g [m ²]	το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,
	A_{rb} [m ²]	το εμβαδό επιφάνειας του επικαθήμενου ρολού,
	ℓ_g [m]	το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - υαλοπίνακα, δηλαδή η περίμετρος του υαλοπίνακα),
	Ψ_g [W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

Από το παραπάνω σχήμα προκύπτει ότι η μπαλκονόπορτα είναι δίφυλλη και από τις διαστάσεις της έχουμε:

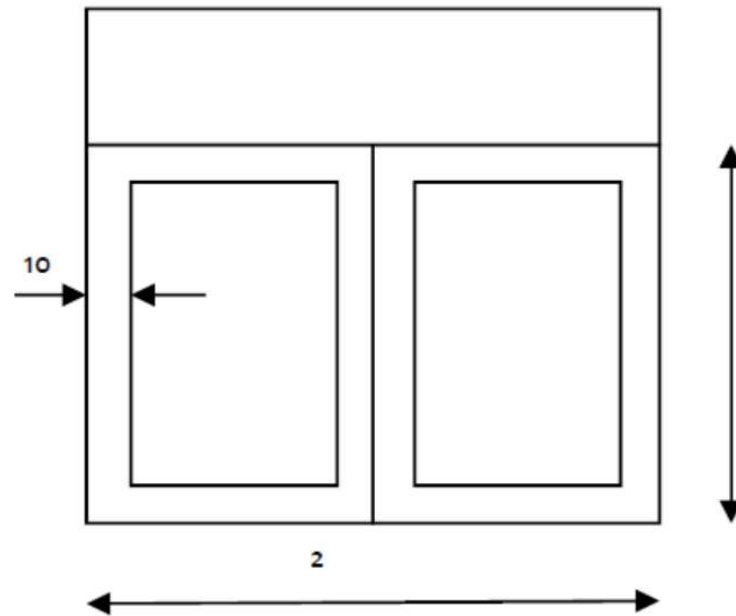
$$A_g = 0,8 \times 2 \times 2 = 3,20 \text{ m}^2$$

$$A_w = 2 \times 2,2 = 4,40 \text{ m}^2$$

$$A_f = 4,40 - 3,20 = 1,20 \text{ m}^2$$

$$A_{rb} = 0,30 \times 2 = 0,60 \text{ m}^2$$

$$L_g = (0,8 + 2 + 0,8 + 2) \times 2 = 11,20 \text{ m}$$



Από τους πίνακες 3.8, 3.9, 3.10 της ΤΟΤΕΕ 2017 βρίσκουμε ότι

$$U_f = 7,0 \frac{W}{m^2 K}$$

Πίνακας 10. Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας πλαισίου (πηγή: EN ISO 10077-1).

Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου U_f [$W/(m^2 \cdot K)$]
Μεταλλικό πλαίσιο	Χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
	Με θερμοδιακοπή	1,0 - 4,0
Συνθετικό πλαίσιο	Πολυουρεθάνη	2,8
	PVC με δύο θαλάμους	2,2
	PVC με τρεις θαλάμους	2,0
	PVC πολυθαλαμικό	1,0 - 2,0
Ξύλινο πλαίσιο	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,4
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,0
	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,7
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,5

$$U_g = 1,5 \frac{W}{m^2 K}$$

Πίνακας 9. Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας υαλοπινάκων (πηγή: EN ISO 10077-1).

Υάλωση			U _g [W/(m ² ·K)] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις [mm]	Αέρας	Αργό	Κρυπτό
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής. Συνήθεις υαλοπίνακες	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8
			4-8-4	3,1	2,9	2,7
			4-12-4	2,8	2,7	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,10	4-6-4	2,6	2,2	1,7
			4-8-4	2,2	1,9	1,4
			4-12-4	1,8	1,5	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3
			4-20-4	1,6	1,4	1,4
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,05	4-6-4	2,5	2,1	1,5
			4-8-4	2,1	1,7	1,3
4-12-4			1,7	1,3	1,1	
4-16-4			1,4	1,2	1,2	
Τριπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής. Συνήθεις υαλοπίνακες	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,10	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9
4-8-4-8-4			1,3	1,0	0,7	
4-12-4-12-4			1,0	0,8	0,5	

► $U_{rb} = 7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Υλικό κουτιού	Συντελεστής θερμοπερατότητας κουτίου περιέλιξης ρολού (U_{rb}) [W/(m ² ·K)]
Μεταλλικό χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
Μεταλλικό με θερμοδιακοπή και θερμομόνωση	1,0 - 2,0
Συνθετικό	1,0 - 1,5

$\Psi_g=0,05 \text{ W/mK}$

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων Ψ_g [W/(m·K)]	
	Διπλή ή τριπλή υάλωση	Διπλή με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου
	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Τριπλή υάλωση με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,02	0,05
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή	0,08	0,11
Συνθετικό πλαίσιο	0,06	0,08
Ξύλινο πλαίσιο	0,06	0,08

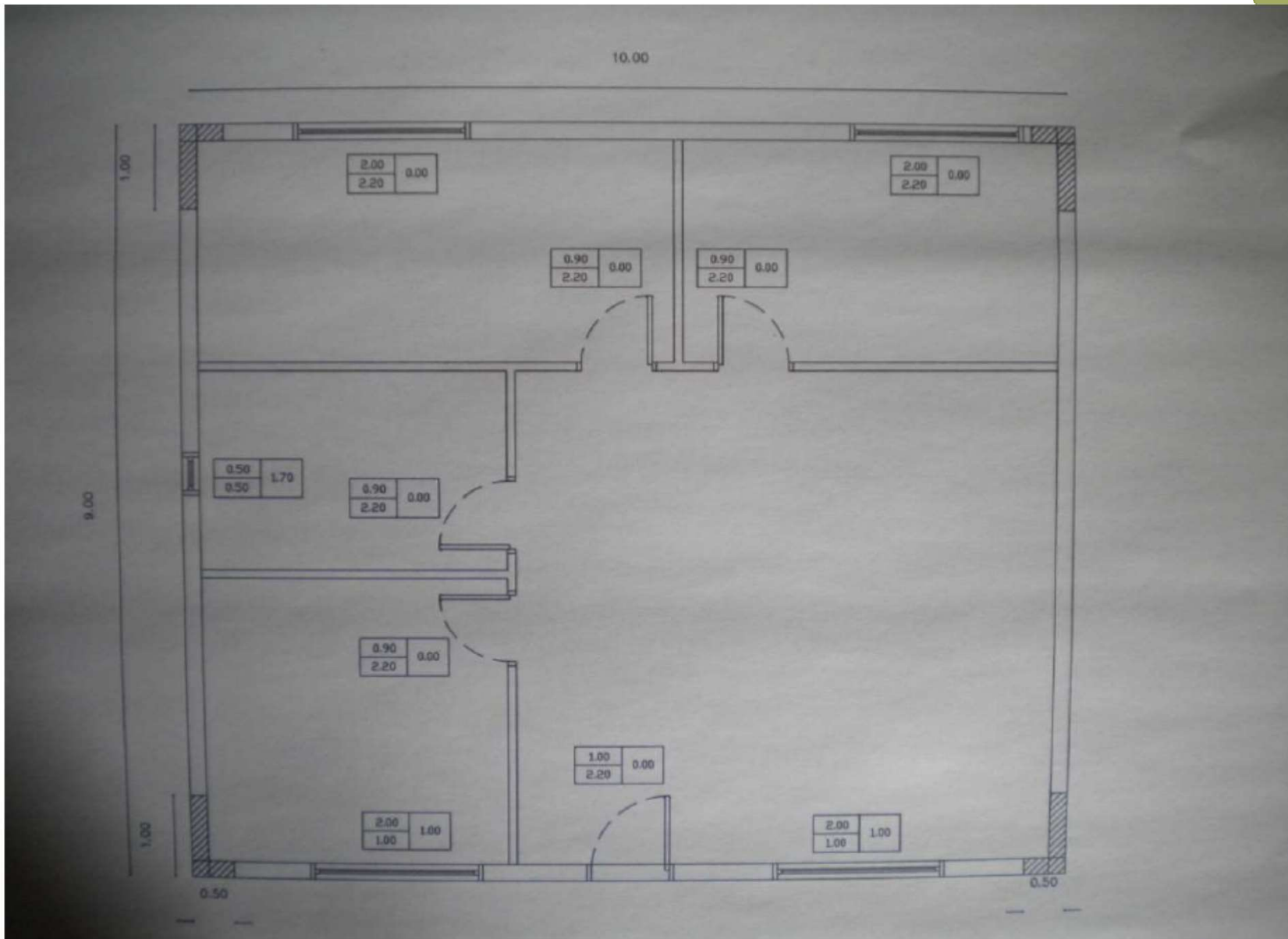
$$\blacktriangleright U_w = \frac{1,20 \cdot 7,00 + 3,20 \cdot 1,50 + 11,20 \cdot 0,05 + 0,60 \cdot 7,00}{1,20 + 3,20 + 0,60} = 3,59 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.α της ΤΟΤΕΕ 2017, θα πρέπει ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κατακόρυφου δομικού στοιχείου να είναι $U \leq 2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$. Άρα ο συγκεκριμένος υαλοπίνακας δεν ικανοποιεί τις προδιαγραφές του ΚΕΝΑΚ.

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m ² ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,10	1,90	1,75	1,70

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ

Να γίνει μελέτη θερμομονωτικής επάρκειας σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. για τη ριζικά ανακαινιζόμενη μονοκατοικία του παρακάτω σχήματος. Η μονοκατοικία βρίσκεται στην Κοζάνη (Δ θερμική ζώνη) και είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα και οπτόπλινθους. Το οπλισμένο σκυρόδεμα έχει πάχος 25 cm, ενώ η τοιχοποιία είναι κατασκευασμένη από διπλό τούβλο πάχους 9 cm και 6 cm έκαστο. Οι πλάκες συροδέματος έχουν πάχος 15 cm και το μπετόν κλίσης 5 cm. Το επίχρισμα έχει πάχος 2 cm. Τα κουφώματα είναι συνθετικά με διπλό τζάμι απόστασης 12 mm, τοποθετημένα στο εσωτερικό του κελύφους, με πλαίσιο πάχους 10 cm και επίστρωση χαμηλής εκπομπής. Το δάπεδο συνορεύει με υπόγειο ενώ πάνω από την πλάκα της οροφής υπάρχει στέγη αποτελούμενη από σανίδωμα και κεραμίδια. Η μόνωση στην κατακόρυφη τοιχοποιία τοποθετείται εξωτερικά, ενώ στο δάπεδο και την οροφή κάτω από την πλάκα σκυροδέματος. Το ύψος της μονοκατοικίας είναι 3 m και το ύψος των δοκαριών 0,50 m.



Δίνεται:

$$\lambda_{\tau} = 0,523 \frac{W}{mK}$$

$$\lambda_{\mu\pi} = 2,035 \frac{W}{mK}$$

$$\lambda_{\varepsilon\pi} = 0,872 \frac{W}{mK}$$

$$\lambda_{\pi\lambda} = 1,047 \frac{W}{mK}$$

$$\lambda_{\mu\pi.\kappa\lambda} = 0,349 \frac{W}{mK}$$

$$\lambda_{\mu} = 0,035 \frac{W}{mK}$$

ΛΥΣΗ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΑΔΙΑΦΑΝΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Πρέπει ο συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου να ικανοποιεί τη σχέση $U < U_{\max}$. Ο γενικός τύπος για τον υπολογισμό του U κάθε δομικού στοιχείου είναι:

$$U = 1 / (Ri + \sum_i^n \frac{di}{\lambda i} + R\delta + Ra)$$

όπου $R\delta$ η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου.

Στην περίπτωση της μονοκατοικίας δεν υπάρχει διάκενο εκτός από τη στέγη επομένως ο όρος $R\delta$ παραλείπεται.

Εφαρμόζοντας τη σχέση για τα δομικά στοιχεία της μονοκατοικίας έχουμε:

Υπολογισμός θερμομονωτικής επάρκειας κτηρίου

υπολογισμός
 συντελεστή θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου

Τύπος εντύπου 1
Αριθμός φύλλου 1.3

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Εξωτερική τοιχοποιία



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ kg/m ³	Πάχος στρ. d m	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ W/(mK)	Θερμ. αντίστ. d/λ (m ² K)/W
1	Επίχρσιμα	1900	0.020	0.872	0.023
2	Τοίχος	1200	0.060	0.523	0.115
3	Τοίχος	1200	0.090	0.523	0.172
4	SHAREMATE GREC-A	32	0.08	0.035	2.286
5	Επίχρσιμα	1900	0.020	0.872	0.023
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
			Σd=0.270		R _L =2.618

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ

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

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	$(m^2K)/W$	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	$(m^2K)/W$	2.618
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_o	$(m^2K)/W$	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{o\lambda}$	$(m^2K)/W$	2.788

	Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	$W/(m^2K)$	0.359
	Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας	U_{max}	$W/(m^2K)$	0.4

Πρέπει $U \leq U_{max}$
ΙΣΧΥΕΙ

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Δοκοί υποστυλώματα 25



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m^3	m	W/(mK)	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$
1	Επίχρσιμα	1900	0.020	0.872	0.023
2	Δοκός κολώνα	2400	0.250	2.035	0.123
3	ΣΗΑΡΕΜΑΤΕ GREC-A	32	0.08	0.035	2.286
4	Επίχρσιμα	1900	0.020	0.872	0.023
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
			$\Sigma d=0.370$		$R_L=2.454$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

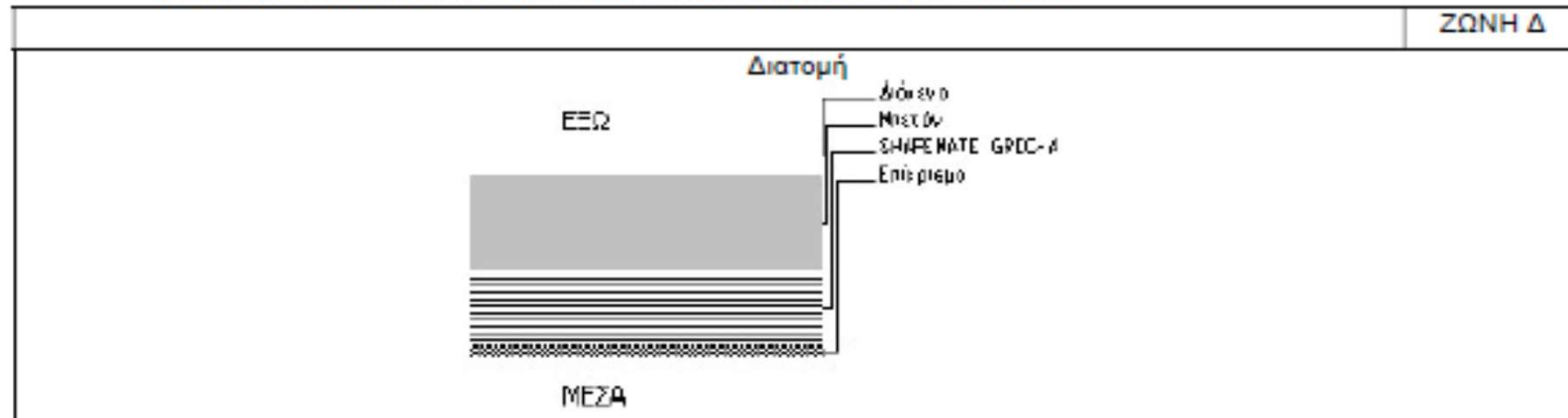
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	R_i (εσωτερ.)	R_a (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο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

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	(m ² K)/W	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m ² K)/W	2.454
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	(m ² K)/W	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	(m ² K)/W	2.624

Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/(m ² K)	0.381
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας	U_{max}	W/(m ² K)	0.4

Πρέπει $U \leq U_{max}$
ΙΣΧΥΕΙ

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: ΠΛΑΚΑ ΜΕ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΚΕΡΑΜΥΔΙΑ



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m ³	m	W/(mK)	(m ² K)/W
1	Επίχρισμα	1900	0.02	0.872	0.023
2	ΣΗΡΕΜΑΤΕ GREC-A	32	0.10	0.035	2.857
3	Μπετόν	2400	0.15	2.035	0.074
4	Διάκενο		0.05		0.200
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
			Σd=0.320		R _L =3.154

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΡΑΓΜΑΤΟΤΗΤΑΣ Ψ

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

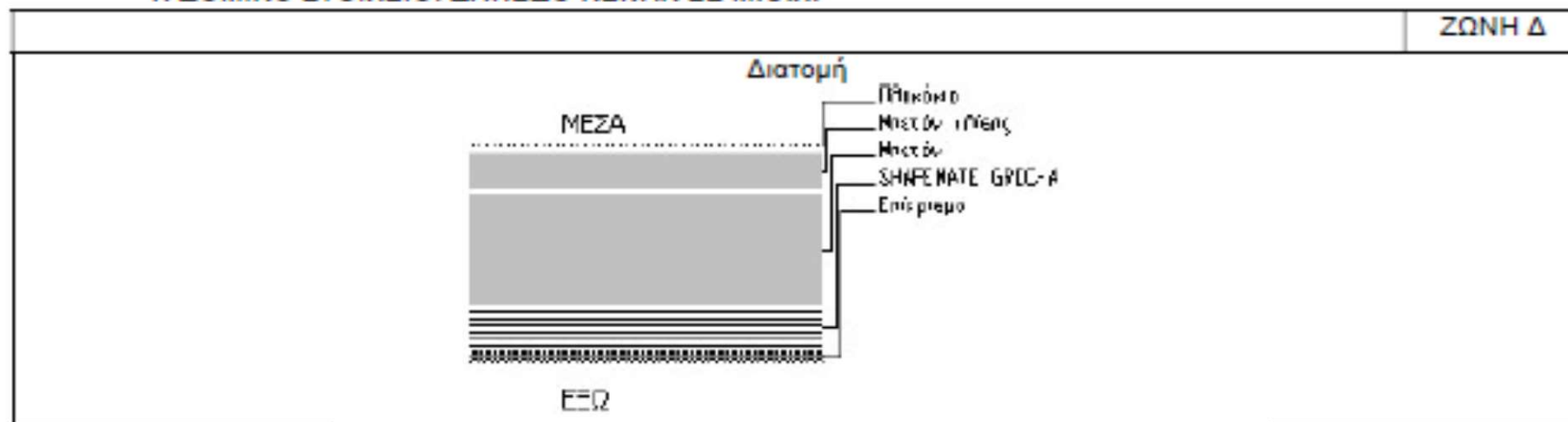
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	R_i (εσωτερ.)	R_a (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο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

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	$(m^2K)/W$	0.10
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	$(m^2K)/W$	3.154
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	$(m^2K)/W$	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$(m^2K)/W$	3.294

Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	$W/(m^2K)$	0.304
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας	U_{max}	$W/(m^2K)$	0.35

Πρέπει $U \leq U_{max}$
ΙΣΧΥΕΙ

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: ΔΑΠΕΔΟ ΚΕΝΑΚ ΣΕ Μ.Θ.Χ.



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_Λ)

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m ³	m	W/(mK)	(m ² K)/W
1	Πλακάκια		0.01	1.047	0.010
2	Μπετόν κλίσης	800	0.05	0.349	0.143
3	Μπετόν	2400	0.15	2.035	0.074
4	ΣΗΡΕΜΑΤΕ GREC-A	32	0.05	0.035	1.429
5	Επίχρισμα	1900	0.02	0.872	0.023
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
			Σd=0.280		R _Λ =1.678

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

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

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	$(m^2K)/W$	0.17
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	$(m^2K)/W$	1.678
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	$(m^2K)/W$	0.17
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$(m^2K)/W$	2.018

Συντελεστής θερμοπερατότητας		U	$W/(m^2K)$	0.496
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας		U_{max}	$W/(m^2K)$	0.70

Πρέπει $U \leq U_{max}$
ΙΣΧΥΕΙ

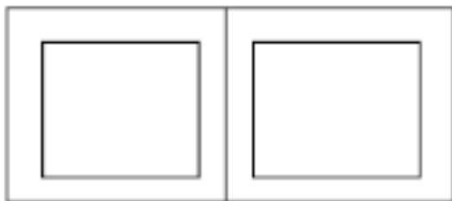
Αν για κάποιο από τα δομικά στοιχεία δεν ισχύει η ανίσωση $U \leq U_{max}$ τότε επιλέγουμε μεγαλύτερο σε πάχος μονωτικό ή επιλέγουμε μονωτικό με καλύτερο συντελεστή αγωγιμότητας λ .

Για τη στέγη η θερμική αντίσταση του διακένου προκύπτει από τον πίνακα 5 σελ 56 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. τεύχος 2.

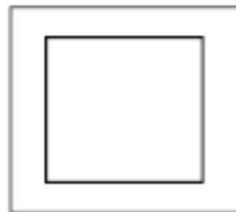
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΦΑΝΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Για τα κουφώματα ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται από τη σχέση:

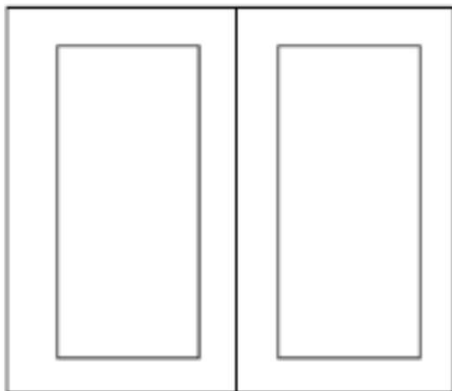
$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + i_g \cdot \Psi_g}{A_w}$$



$A_f=0,72 \text{ m}^2$, $A_g=1,28 \text{ m}^2$, $A_w=2 \text{ m}^2$ $l_g=6,4\text{m}$



$A_f=0,16\text{m}^2$, $A_g=0,09 \text{ m}^2$, $A_w=0,25 \text{ m}^2$, $l_g=1,2 \text{ m}$



$A_f=1,20 \text{ m}^2$, $A_g=3,20 \text{ m}^2$, $A_w=4,40 \text{ m}^2$, $l_g=11,2\text{m}$

Τα παραπάνω κουφώματα είναι κατά σειρά 2Χ1, 0,50Χ0,50 και 2Χ2,20 με πάχος πλαισίου το καθένα 10 cm.

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. τεύχος 1 και τους πίνακες 3.9, 3.10 και 3.11 έχουμε:

$U_f=2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_g=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ και $\psi_g=0,08$

Για το κούφωμα 2Χ1 $U_{κ1}$

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + I_g \cdot \Psi_g}{A_w} = \frac{0,72 \cdot 2,80 + 1,28 \cdot 1,80 + 6,4 \cdot 0,08}{2} \\ = 2,416 < 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Για το κούφωμα 0,50X0,50 Uκ2

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_w} = \frac{0,16 \cdot 2,80 + 0,09 \cdot 1,80 + 1,2 \cdot 0,08}{0,25}$$
$$= 2,824 > 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Επειδή το συγκεκριμένο κούφωμα δεν ικανοποιεί την ανίσωση επιλέγουμε συνθετικό κούφωμα με καλύτερο $U_f=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Αλλάζει και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του 1^{ου} κουφώματος και γίνεται:

Για το κούφωμα 2X1

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_w} = \frac{0,72 \cdot 1,30 + 1,28 \cdot 1,80 + 6,4 \cdot 0,08}{2}$$
$$= 1,876 < 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Για το κούφωμα 0,50X0,50

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_w} = \frac{0,16 \cdot 1,30 + 0,09 \cdot 1,80 + 1,2 \cdot 0,08}{0,25}$$
$$= 1,864 < 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Για το κούφωμα 2X2,20 Uκ3

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_w} = \frac{1,20 \cdot 1,30 + 3,20 \cdot 1,80 + 11,2 \cdot 0,08}{4,40}$$
$$= 1,867 < 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Η κεντρική πόρτα εισόδου δεν έχει τζάμι οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι $U_{κ4}=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Ο τύπος για τον υπολογισμό του U_m είναι:

$$U_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot U_i \cdot b + \sum_{i=1}^y l_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Ο συντελεστής b παίρνει την τιμή 0,5 όταν μια επιφάνεια συνορεύει με Μη Θερμαινόμενο Χώρο, δηλαδή για τη δική μας περίπτωση για το δάπεδο που συνορεύει με υπόγειο.

Στις ενώσεις των δομικών στοιχείων δεν υπάρχει θερμογέφυρα στην ένωση τοίχου από σκυρόδεμα με τοίχο από τούβλο γιατί η μόνωση είναι τοποθετημένη εξωτερικά και στα δύο δομικά στοιχεία.

Αντίθετα υπάρχει θερμογέφυρα στην ένωση δοκαριού (σκυρόδεμα) με την οροφή, στην ένωση κολώνας με την οροφή, όπως επίσης και στην ένωση τοιχοποιίας από τούβλο με δάπεδο και κολώνας με δάπεδο.

Από τους πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2 και συγκεκριμένα πίνακας 16δ σελ 83 προκύπτει $\psi_{\delta-o}=0,50$ ($\Delta 38$) για την ένωση δοκαριού – οροφής και $\psi_{κ-o}=0,55$ ($\Delta 36$) για την ένωση κολώνας οροφής.

Επίσης για την ένωση κολώνας – δαπέδου από τον πίνακα 16ε προκύπτει $\psi_{κ-δ}=0,80$ ($\Delta \Pi 6$) και για την ένωση τοίχου με δάπεδο $\psi_{\tau-δ}=0,65$ ($\Delta \Pi 7$).

Για την ένωση κουφωμάτων με τοιχοποιία από τούβλο προκύπτει από τον πίνακα 16κ για λαμπά $\psi_{\lambda-\tau}=0,35$ ($\Lambda 7$) και από τον πίνακα 16λ για ανωκάσι – κατωκάσι $\psi_{\alpha-\tau}=0,70$ ($\text{AK } 7$)

Τα μήκη των θερμογεφυρών είναι:

- i. Για την ένωση δοκαριού με οροφή όλη η περίμετρος της οροφής είναι $l=9+10+9+10=38\text{m}$. Αφαιρούμε τα μήκη από τις κολώνες (6m) οπότε $l=38-6=32\text{m}$.
- ii. Για την ένωση κολώνας – οροφής το άθροισμα των μηκών από τις κολώνες σε όλη την περίμετρο δαπέδου, δηλαδή $l=1+0,50+1+0,50+1+0,50+1+0,50=6\text{m}$.
- iii. Για την ένωση κολώνας – δαπέδου το άθροισμα των μηκών από τις κολώνες σε όλη την περίμετρο δαπέδου, δηλαδή $l=1+0,50+1+0,50+1+0,50+1+0,50=6\text{m}$
- iv. Για την ένωση τοιχοποιίας από τούβλο με δάπεδο η υπολειπόμενη περίμετρο, δηλαδή $l=38-6=32\text{m}$.
- v. Για την ένωση λαμπά – τούβλου $l=(2,2 \times 6)+(1 \times 4)+(0,5 \times 2)=18,2\text{ m}$
- vi. Για την ένωση ανωκάσι, κατωκάσι – τούβλου $l=(2 \times 8)+(2 \times 1)+(2 \times 0,5)=19\text{m}$

Οι επιφάνειες υπολογισμού είναι αναλυτικά:

- i. Για την οροφή $A_o=9 \times 10=90\text{ m}^2$
- ii. Για το δάπεδο $A_s=9 \times 10=90\text{ m}^2$
- iii. Για το μπετό το εμβαδόν από τις κολώνες $(1+0,5) \times 3 \times 4=18\text{m}^2$ και το εμβαδόν από τα δοκάρια $(9+7+9+7) \times 0,5=16\text{m}^2$. Δηλαδή $A_{μπ}=34\text{m}^2$
- iv. Για την τοιχοποιία από τούβλο από το συνολικό εμβαδόν των τοίχων πρέπει να αφαιρεθεί το εμβαδόν του σκυροδέματος και των ανοιγμάτων $A_t=[(9+10+9+10) \times 3]-[34+4,4+4,4+2+2+2,20+0,25]=114-49,25=64,75\text{m}^2$

Ο τύπος για τον συντελεστή θερμοπερατότητας του κτηρίου γίνεται

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{U_{\tau} \cdot A_{\tau} \cdot b + U_{\mu\pi} \cdot A_{\mu\pi} \cdot b + U_{\sigma} \cdot A_{\sigma} \cdot b + U_{\delta} \cdot A_{\delta} \cdot b + \\
 &\quad + U_{\kappa 1} \cdot A_{\kappa 1} \cdot b + U_{\kappa 2} \cdot A_{\kappa 2} \cdot b + U_{\kappa 3} \cdot A_{\kappa 3} \cdot b + \\
 &\quad + U_{\kappa 4} \cdot A_{\kappa 4} \cdot b + l \cdot \Psi_{\delta-\sigma} \cdot b + l \cdot \Psi_{\kappa-\sigma} \cdot b + l \cdot \Psi_{\kappa-\delta} \cdot b + l \cdot \Psi_{\tau-\delta} \cdot b \\
 &\quad + l \cdot \Psi_{\lambda-\tau} \cdot b + l \cdot \Psi_{\alpha-\tau} \cdot b}{A_{\tau} + A_{\mu\pi} + A_{\sigma} + A_{\delta} + A_{\kappa 1} + A_{\kappa 2} + A_{\kappa 3} + A_{\kappa 4}} = \\
 \\
 &= \frac{0,359 \cdot 64,75 + 0,381 \cdot 34 + 0,304 \cdot 90 + 0,496 \cdot 90 \cdot 0,50 + 1,876 \cdot 4 + 1,864 \cdot 0,25 + \\
 &\quad + 1,867 \cdot 8,80 + 1,3 \cdot 2,20 + 32 \cdot 0,50 + 6 \cdot 0,55 + 6 \cdot 0,80 \cdot 0,50 + 32 \cdot 0,65 \cdot 0,50 + \\
 &\quad + 18,2 \cdot 0,35 + 19 \cdot 0,70}{64,75 + 34 + 90 + 90 + 4 + 0,25 + 8,80 + 2,20} \\
 \\
 &= \frac{164,903}{294} = 0,560 \text{ W/m}^2\text{K}
 \end{aligned}$$

Για να εκτιμήσουμε αν το κτήριο μας είναι επαρκώς θερμομονωμένο πρέπει να συγκρίνουμε αυτόν τον συντελεστή με το μέγιστο που δίνεται στον πίνακα 7, σελ 57 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2.

Για το κτήριο μας έχουμε

$$A/V = \frac{[(9 + 10 + 9 + 10) \cdot 3] + 90 + 90}{90 \cdot 3} = \frac{294}{270} = 1,08$$

Επομένως σύμφωνα με τον πίνακα ο μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής είναι για τη Δ ζώνη

$$U_{\max} = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Στη συγκεκριμένη μονοκατοικία $U = 0,560 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\max} = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ άρα το κτήριο είναι επαρκώς θερμομονωμένο.