



## ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Ενεργειακή Διαχείριση & Εξοικονόμηση Ενέργειας

Δρ. Τριανταφυλλιά Νικολάου

### ΕΝΟΤΗΤΑ 06

## Άσκηση 1

- ▶ 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:**

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

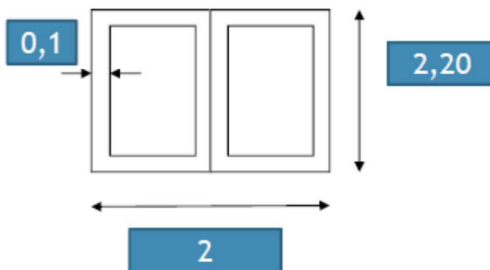
Από το σχήμα προκύπτει ότι η μπαλκονόπορτα είναι δίφυλλη και από τις διαστάσεις της έχουμε:

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

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

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

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



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 πλαισίο	Χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
	Με θερμοδιακοπή	1,0 - 4,0
Συνθετικό πλαισίο	Πολυουρεθάνη	2,8
	PVC με δύο θαλάμους	2,2
	PVC με τρεις θαλάμους	2,0
	PVC πολυθαλαμικό	1,0 - 2,0
Ξύλινο πλαισίο	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

- ▶ Από τους πίνακες της TOTEE 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 TOTEE-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 KENAK.

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 κτίριου 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).

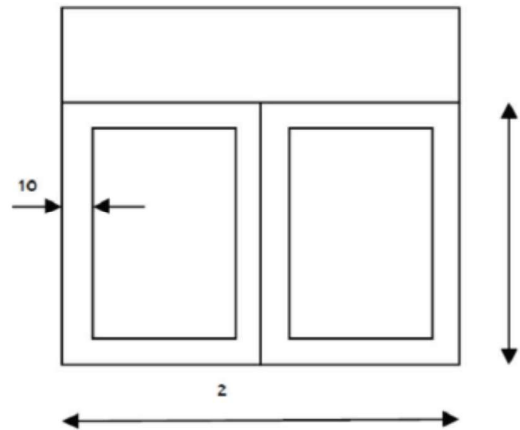
Υάλωση			$U_g$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις [mm]	Αέρας	Αργό	Κρυπτό
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής. Συνήθεις υαλοπίνακες	0,89	4-8-4	3,3	3,0	2,8
			4-8-4	3,1	2,9	2,7
			4-12-4	2,8	2,7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

Πίνακας 11α. Τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας  $\Psi_{2g}$  συναρμολή πλαισίου - υαλοπίνακα για συνήθεις τύπους αποστάτη. (Πηγή: EN ISO 10077-1).

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων $\Psi_2$ [ $W/(m \cdot K)$ ]	
	Διπλή ή τριπλή υάλωση	Διπλή με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,02	0,05
	0,08	0,11
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή	0,08	0,08
Συνθετικό πλαισίο	0,08	0,08
Ξύλινο πλαισίο	0,08	0,08

## Άσκηση2

- Να υπολογιστεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας μεταλλικού κουφώματος χωρίς θερμοδιακοπή, διαστάσεων 2Χ2,20 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.



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

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

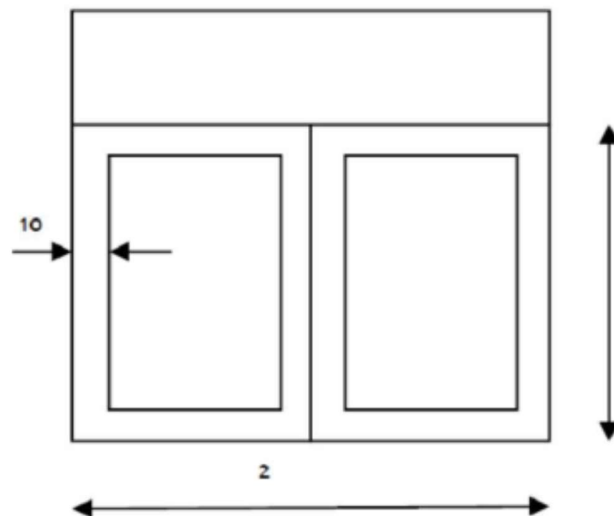
$$A_g = 0,8 \times 2 \times 2 = 3,20 \text{ m}^2$$

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

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

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

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



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

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

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

Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου $U_f$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]
Μεταλλικό πλαισίο	Χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
	Με θερμοδιακοπή	1,0 - 4,0
Συνθετικό πλαισίο	Πολυουρεθάνη	2,8
	PVC με δύο θαλάμους	2,2
	PVC με τρεις θαλάμους	2,0
	PVC πολυθαλαμικό	1,0 - 2,0
Ξύλινο πλαισίο	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

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

Υάλωση			U <sub>g</sub> [W/(m <sup>2</sup> ·K)] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις [mm]	Αέρας	Αργό	Κρυστό
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	1,8	1,4	1,3
			4-20-4	1,8	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
			4-20-4	1,5	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

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

► U<sub>rb</sub> = 7 W/(m<sup>2</sup>K)

Υλικό κουτιού	Συντελεστής θερμοπερατότητας κουτιού περιέλιξης ρολού (U <sub>rb</sub> ) [W/(m <sup>2</sup> ·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 $\Psi_g$ [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 TOTEE 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 KENAK.

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m <sup>2</sup> ·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.Ε.Ν.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:

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

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

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

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

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

$$\lambda\mu = 0,035 W/mK$$

### 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 ( $R_L$ )

a/a	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Πάχος στρ. d m	Συντ. θερμ. αγωγιμ. $\lambda$ W/(mK)	Θερμ. αντίστ. d/ $\lambda$ (m <sup>2</sup> K)/W
1	Επίχρεια	1900	0.020	0.872	0.023
2	Τοίχος	1200	0.060	0.523	0.115
3	Τοίχος	1200	0.060	0.523	0.115
4	SHAPEMATE GREC-A	32	0.08	0.035	2.286
5	Επίχρεια	1900	0.020	0.872	0.023
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
			$\Sigma d=0.270$		$R_L=2.618$

### 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 (pilots)	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 <sup>2</sup> K)/W	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R$	(m <sup>2</sup> K)/W	2.618
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	(m <sup>2</sup> K)/W	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{o\lambda}$	(m <sup>2</sup> K)/W	2.788

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

Πρέπει  $U \leq U_{max}$   
**ΙΣΧΥΕΙ**

#### 1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Δοκοί υποστυλώματα 25



#### 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ ( $R_{\lambda}$ )

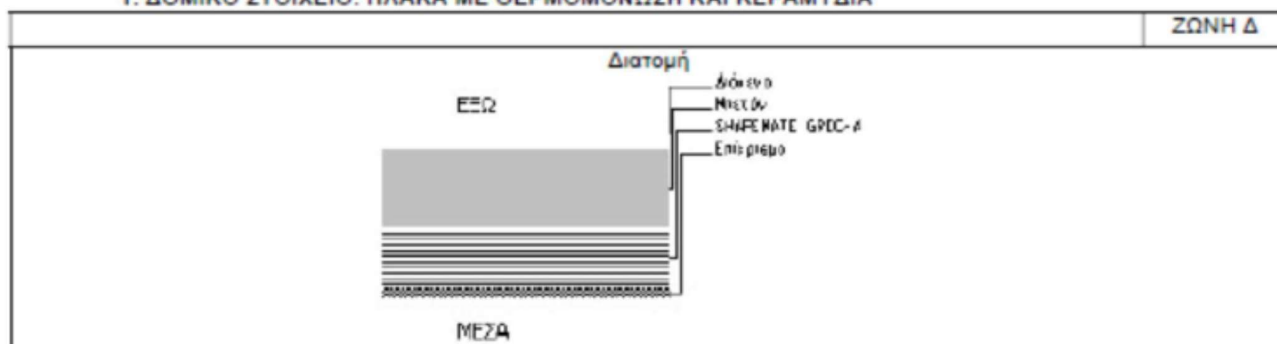
a/a	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα $\rho$	Πάχος στρ. $d$	Συντ. θερμ. αγωγιμ. $\lambda$	Θερμ. αντίστ. $d/\lambda$
		kg/m <sup>3</sup>	m	W/(mK)	(m <sup>2</sup> K)/W
1	Επίχρσις	1900	0.020	0.872	0.023
2	Δοκός κολώνα	2400	0.250	2.035	0.123
3	SHAPEMATE GREC-A	32	0.08	0.035	2.286
4	Επίχρσις	1900	0.020	0.872	0.023
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
			$\Sigma d=0.370$		$R_{\lambda}=2.454$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ		$R_i$ (εσωτερ.)	$R_a$ (εξωτερ.)	
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξwt. 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 <sup>2</sup> K)/W	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m <sup>2</sup> K)/W	2.454
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	(m <sup>2</sup> K)/W	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	(m <sup>2</sup> K)/W	2.624
Συντελεστής θερμοπερατότητας		U	W/(m <sup>2</sup> K)	0.381
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας		$U_{max}$	W/(m <sup>2</sup> 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 $\rho$	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. $\lambda$	Θερμ. αντίστ. d/ $\lambda$
		kg/m <sup>3</sup>	m	W/(mK)	(m <sup>2</sup> K)/W
1	Επίχρυσμα	1900	0.02	0.872	0.023
2	SHAPERMATE 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					
			$\Sigma d=0.320$		$R_L=3.154$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ		R <sub>i</sub> (εσωτερ.)	R <sub>a</sub> (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)		0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο		0.130	0.130
<del>Τοίχος σε επαφή με το έδαφος</del>		<del>0.130</del>	<del>0.000</del>
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 <sub>i</sub>	(m <sup>2</sup> K)/W	0.10
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m <sup>2</sup> K)/W	3.154
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>a</sub>	(m <sup>2</sup> K)/W	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	R <sub>ολ</sub>	(m <sup>2</sup> K)/W	3.294

Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/(m <sup>2</sup> K)	0.304
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας	U <sub>max</sub>	W/(m <sup>2</sup> K)	0.35

Πρέπει  $U \leq U_{max}$   
**ΙΣΧΥΕΙ**

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ		R <sub>i</sub> (εσωτερ.)	R <sub>a</sub> (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 <sub>i</sub>	(m <sup>2</sup> K)/W	0.17
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m <sup>2</sup> K)/W	1.678
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>a</sub>	(m <sup>2</sup> K)/W	0.17
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	R <sub>ολ</sub>	(m <sup>2</sup> K)/W	2.018

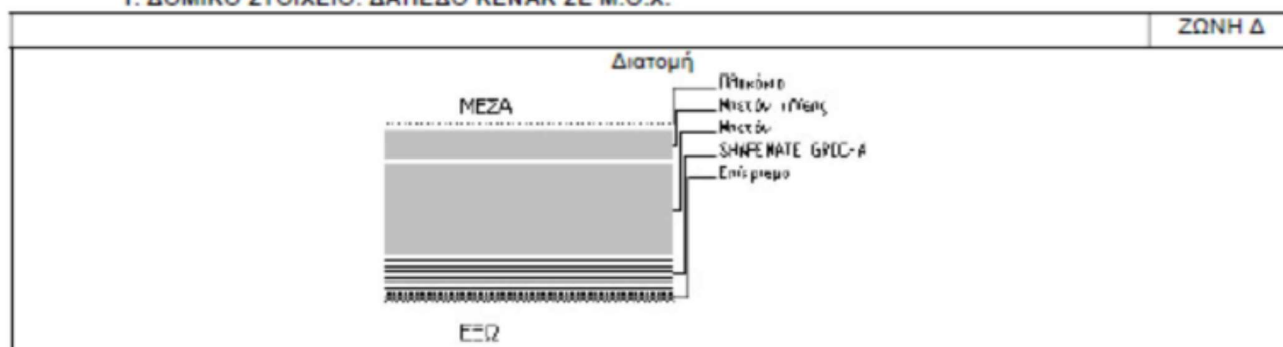
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/(m <sup>2</sup> K)	0.496
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας	U <sub>max</sub>	W/(m <sup>2</sup> K)	0.70

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.

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



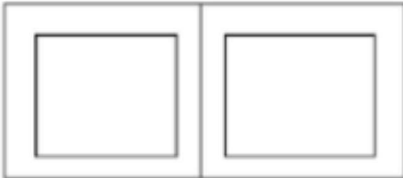
2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ ( $R_L$ )

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα $\rho$	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. $\lambda$	Θερμ. αντίστ. d/ $\lambda$
		kg/m <sup>3</sup>	m	W/(mK)	(m <sup>2</sup> 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	ΣΗΑΡΕΜΑΤΕ 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					
			$\Sigma d=0.280$		$R_L=1.678$

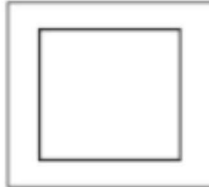
### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΦΑΝΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Για τα κουφώματα ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται από τη σχέση:

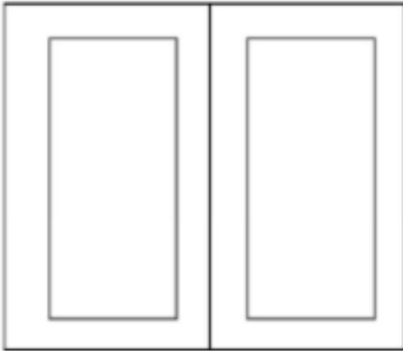
$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_w}$$



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



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



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

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  $U_{k1}$

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

Για το κούφωμα 0,50X0,50 Uκ2

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

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<sup>ου</sup> κουφώματος και γίνεται:

Για το κούφωμα 2X1

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

Για το κούφωμα 0,50X0,50

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

Για το κούφωμα 2X2,20 Uκ3

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

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  $\psi_{\delta-o}=0,50$  (Δ38) για την ένωση δοκαριού – οροφής και  $\psi_{\kappa-o}=0,55$  (Δ36) για την ένωση κολώνας οροφής.

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

Για την ένωση κουφωμάτων με τοιχοποιία από τούβλο προκύπτει από τον πίνακα 16κ για λαμπά  $\psi_{\lambda-\tau}=0,35$  (Λ7) και από τον πίνακα 16λ για ανωκάσι – κατωκάσι  $\psi_{\alpha-\tau}=0,70$  (ΑΚ 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  $A_\delta=9 \times 10=90\text{ m}^2$
- iii. Για το μετέ 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  $A_{\mu\kappa}=34\text{m}^2$
- iv. Για την τοιχοποιία από τούβλο από το συνολικό εμβαδόν των τοίχων πρέπει να αφαιρεθεί το εμβαδόν του σκυροδέματος και των ανοιγμάτων  $A_\tau=[(9+10+9+10) \times 3]-[34+4,4+4,4+2+2+2,20+0,25]=114-49,25=64,75\text{m}^2$

Ο τύπος για τον συντελεστή θερμοπερατότητας του κτηρίου γίνεται

$$U = \frac{U_{\tau} \cdot A_{\tau} \cdot b + U_{μπ} \cdot A_{μπ} \cdot b + U_o \cdot A_o \cdot b + U_{\delta} \cdot A_{\delta} \cdot b + U_{\kappa 1} \cdot A_{\kappa 1} \cdot b + U_{\kappa 2} \cdot A_{\kappa 2} \cdot b + U_{\kappa 3} \cdot A_{\kappa 3} \cdot b + U_{\kappa 4} \cdot A_{\kappa 4} \cdot b + l \cdot \Psi_{\delta-o} \cdot b + l \cdot \Psi_{\kappa-o} \cdot b + l \cdot \Psi_{\kappa-\delta} \cdot b + l \cdot \Psi_{\tau-\delta} \cdot b + l \cdot \Psi_{\lambda-\tau} \cdot b + l \cdot \Psi_{\alpha-\tau} \cdot b}{A_{\tau} + A_{μπ} + A_o + A_{\delta} + A_{\kappa 1} + A_{\kappa 2} + A_{\kappa 3} + A_{\kappa 4}} =$$

$$= \frac{0,359 \cdot 64,75 + 0,381 \cdot 34 + 0,304 \cdot 90 + 0,496 \cdot 90 \cdot 0,50 + 1,876 \cdot 4 + 1,864 \cdot 0,25 + 1,867 \cdot 8,80 + 1,3 \cdot 2,20 + 32 \cdot 0,50 + 6 \cdot 0,55 + 6 \cdot 0,80 \cdot 0,50 + 32 \cdot 0,65 \cdot 0,50 + 18,2 \cdot 0,35 + 19 \cdot 0,70}{64,75 + 34 + 90 + 90 + 4 + 0,25 + 8,80 + 2,20}$$

$$= \frac{164,903}{294} = 0,560 \text{ W/m}^2\text{K}$$

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.