



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Ενεργειακή Διαχείριση & Εξοικονόμηση Ενέργειας

Δρ. Τριανταφυλλιά Νικολάου

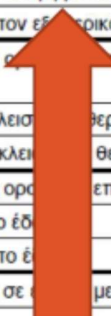
ΕΝΟΤΗΤΑ 05

ΑΣΚΗΣΗ 1

- ▶ Να υπολογιστεί το ελάχιστο πάχος μονωτικού υλικού που πρέπει να τοποθετηθεί σε εξωτερική τοιχοποιία (κλιματική ζώνη Δ) ριζικά ανακαινιζόμενης οικίας, που αποτελείται από επίχρισμα πάχους 2 cm εσωτερικά και εξωτερικά και οπτόπλινθους πάχους 18 cm.
- ▶ Δεδομένα : $\lambda_{\text{μον}}=0,035 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{επ}}= 0,870 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{οπτ}}=0,450 \text{ W/mK}$
- ▶ ΛΥΣΗ
- ▶ Σύμφωνα με τον πίνακα 3.4α της ΤΟΤΕΕ-1/2017, θα πρέπει ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κατακόρυφου δομικού στοιχείου να είναι
- ▶ $U \leq 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

Πίνακας 3.4α. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτηρίου.

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m ² ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή)	0,50	0,45	0,40	0,35
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,20	0,90	0,75	0,70
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,20	0,90	0,75	0,70
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,20	3,00	2,80	2,60
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινη πρόσοψη κτηρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,20	2,00	1,80	1,80
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,70	5,20	4,80	4,40
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,70	5,20	4,80	4,40
Γυάλινη πρόσοψη κτηρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	4,00	3,60	3,10	2,90



► Ο τύπος υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + R_d + R_e}$$

► Από τον πίνακα 2B της TOTEE - 2/2017 βρίσκουμε ότι

► $R_i = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

► $R_e = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

► $R_d = 0$ γιατί δεν υπάρχει διάκενο αέρα στην τοικοποιία.

► Επομένως

► $U = \frac{1}{R_i + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + R_d + R_e} \leq 0,40 \rightarrow$

► $\frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,870} + \frac{0,18}{0,450} + \frac{0,02}{0,870} + \frac{d_\mu}{0,035} + 0 + 0,04} \leq 0,40 \rightarrow$

► $\frac{1}{0,616 + \frac{d_\mu}{0,035}} \leq 0,40 \rightarrow 1 \leq 0,2464 + 11,428d_\mu \rightarrow 0,7536 \leq 11,428d_\mu$

► $d_\mu \geq 0,0659 \text{ m}$

► Το πάχος του μονωτικού πρέπει να είναι τουλάχιστον 7 cm.

Πίνακας 2B. 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 _e	R _i	R _e
		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 (πιλωτή) (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

Τονίζεται πως εαν πρόκειται για νέο κτήριο η τιμή του U προκύπτει από τον πίνακα 3.3α και θα είναι $U \leq 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

ΑΣΚΗΣΗ 2^Η

- ▶ Να υπολογιστεί το ελάχιστο πάχος μονωτικού υλικού που πρέπει να τοποθετηθεί σε οροφή (κλιματική ζώνη Δ) ριζικά ανακαινιζόμενου κτιρίου, που αποτελείται από επίχρισμα πάχους 2 cm, μονωτικό υλικό πάχους δμ, οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 15 cm και κεραμοσκεπή με σανίδωμα κάτω από τα κεραμίδια.
- ▶ Δεδομένα : $\lambda_{\text{μον}}=0,035 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{επ}}=0,870 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{σκυρ}}=2,00 \text{ W/mK}$
- ▶ **ΛΥΣΗ:**
- ▶ Σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.α της TOTEE-1 2017 θα πρέπει ο συντελεστής θερμοπερατότητας του οριζώντιου δομικού στοιχείου να είναι $U \leq 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

Πίνακας 3.4α. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτιρίου.

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m ² ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πλαστή)	0,50	0,45	0,40	0,35
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,20	0,90	0,75	0,70
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,20	0,90	0,75	0,70
Κοίμημα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,20	3,00	2,80	2,60
Κοίμημα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς	2,20	2,00	1,80	1,80

- ▶ Ο τύπος υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + R_d + R_u + R_a}$$

- ▶ Από τον πίνακα 2B της TOTEE 2 βρίσκουμε ότι
- ▶ $R_i=0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$
- ▶ $R_a=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$
- ▶ $R_d=0$ γιατί δεν υπάρχει διάκενο αέρα και
- ▶ $R_u=0,20$ σύμφωνα με τον πίνακα 4 της TOTEE 2

Πίνακας 2B. 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	Συντελεστής θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		$1/R_1$	$1/R_2$	R_1	R_2
		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 (τυλιωτή) (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

Πίνακας 4. Η θερμική αντίσταση που προβάλλει στρώμα αέρα μεταξύ οριζόντιας θερμομονωμένης οροφής και κεκλιμένης στέγης (πηγή: ISO 6946).

Α/Α	Περιγραφή της οροφής	R_u
		($m^2 \cdot K$)/W
1	Στέγη με επικάλυψη από αργιλικά κεραμίδια (βυζαντινού, ρωμαϊκού, γαλλικού ή ολλανδικού τύπου) / φυσική πέτρα / μεταλλικά / ασφαλτικά ή συνθετικά κεραμίδια, επί τεγίδων, χωρίς ενδιάμεσο σανίδωμα ή στεγανοποιητική υδροαποδιαπερατή μεμβράνη	0,06
2	Κεραμοσκεπή με σανίδωμα ή μεμβράνη κάτω από τα αργιλικά κεραμίδια (βυζαντινού, ρωμαϊκού, γαλλικού ή ολλανδικού τύπου).	0,20
3	Στέγη με επικάλυψη από φυσική πέτρα, μεταλλικά, συνθετικά ή ασφαλτικά φύλλα και με επικάλυψη φύλλου αλουμινίου με σανίδωμα ή μεμβράνη κάτω από τα κεραμίδια.	0,20
4	Στέγη με φυσική πέτρα, μεταλλικά, συνθετικά ή ασφαλτικά φύλλα και με επικάλυψη φύλλου αλουμινίου ή άλλη χαμηλής εκπομπής επιφάνεια κάτω από τα κεραμίδια.	0,30
5	Στέγη αποτελούμενη από σανίδωμα και μεμβράνη.	0,30

Παρατήρηση

- Στις τιμές του R_u συμπεριλαμβάνεται και η θερμική αντίσταση που προβάλλουν οι στρώσεις της κεκλιμένης στέγης.

83

▶ Επομένως

$$▶ U = \frac{1}{R_i + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + R_\delta + R_u + R_a} \leq 0,35 \rightarrow$$

$$▶ \frac{1}{0,10 + \frac{0,02}{0,870} + \frac{0,15}{2,00} + \frac{d_\mu}{0,035} + 0 + 0,20 + 0,04} \leq 0,35 \rightarrow$$

$$▶ \frac{1}{0,438 + \frac{d_\mu}{0,035}} \leq 0,35 \rightarrow 1 \leq 0,1533 + 10d_\mu \rightarrow 0,8467 \leq$$

$$10d_\mu$$

$$▶ d_\mu \geq 0,0846 \text{ m}$$

▶ Το πάχος του μονωτικού πρέπει να είναι τουλάχιστον 9 cm.

84

ΑΣΚΗΣΗ 3^Η

- ▶ Να υπολογιστεί το ελάχιστο πάχος μονωτικού υλικού που πρέπει να τοποθετηθεί σε δάπεδο (κλιματική ζώνη Δ) ριζικά ανακαινιζόμενου κτηρίου, πανταχόθεν ελεύθερο διαστάσεων 10X20 m, που συνορεύει με έδαφος σε βάθος 2m και αποτελείται από μονωτικό πάχους δm και οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20 cm. Να βρεθεί επίσης ο ισοδύναμος συντελεστής U'

- ▶ Δεδομένα : $\lambda_{\text{μον}}=0,035 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{σκυρ}}=2,00 \text{ W/mK}$

ΛΥΣΗ

- ▶ Σύμφωνα με τον πίνακα 3.3.α της ΤΟΤΕΕ 2017, θα πρέπει ο συντελεστής θερμοπερατότητας του οριζώντιου δομικού στοιχείου να είναι

$$U \leq 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- ▶ Ο τύπος υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + R_d + R_a}$$

- ▶ Από τον πίνακα 2B της ΤΟΤΕΕ 2 βρίσκουμε ότι

$$R_i = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_a = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$$

- ▶ $R_d = 0$ γιατί δεν υπάρχει διάκενο αέρα.

Πίνακας 3.4α. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτηρίου.

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m ² ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή)	0,50	0,45	0,40	0,35
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,20	0,90	0,75	0,70
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,20	0,90	0,75	0,70
Κοίφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,20	3,00	2,80	2,60
Κοίφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινη πρόσοψη κτηρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 2B. 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 (πιλωτή) (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

▶ Επομένως

$$\text{▶ } U = \frac{1}{Ri + \sum_{i=1}^n \frac{di}{\lambda i} + R\delta + R} \leq 0,70 \rightarrow$$

$$\text{▶ } \frac{1}{0,17 + \frac{0,20}{2,00} + \frac{d\mu}{0,035} + 0 + 0,00} \leq 0,70 \rightarrow$$

$$\text{▶ } \frac{1}{0,27 + \frac{d\mu}{0,035}} \leq 0,70 \rightarrow 1 \leq 0,189 + 20d\mu \rightarrow 0,811 \leq 20d\mu$$

$$\text{▶ } d\mu \geq 0,0405 \text{ m}$$

▶ Το πάχος του μονωτικού πρέπει να είναι τουλάχιστον 5 cm.

▶ Υπενθυμίζεται πως εάν πρόκειται για νέο κτήριο η τιμή του U προκύπτει από τον πίνακα 3.3α και θα είναι $U \leq 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

1

Πίνακας 8α. (συνέχεια). Ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας οριζόντιου δομικού στοιχείου (πλάκας) σε επαφή με το έδαφος U' [$W/(m^2 \cdot K)$].

Όνομ. συντ. U' [$W/(m^2 \cdot K)$]	z (m)	Χαρακτηριστική διάσταση πλάκας B' (m)														
		≤ 2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	18	22	26	≥ 30
0.70	0.00	0.48	0.43	0.40	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.23	0.20	0.20	0.17	0.15	0.14
	0.50	0.45	0.41	0.38	0.36	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.22	0.19	0.19	0.17	0.15	0.14
	1.00	0.43	0.39	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.27	0.26	0.21	0.18	0.18	0.16	0.15	0.13
	1.50	0.41	0.37	0.34	0.32	0.31	0.29	0.27	0.26	0.25	0.21	0.18	0.18	0.16	0.14	0.13
	2.00	0.39	0.36	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24	0.20	0.18	0.18	0.16	0.14	0.13
	2.50	0.37	0.34	0.32	0.30	0.28	0.27	0.25	0.24	0.23	0.20	0.17	0.17	0.15	0.14	0.13
	3.00	0.35	0.33	0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	0.24	0.22	0.19	0.17	0.17	0.15	0.13	0.12
	4.00	0.33	0.30	0.28	0.27	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.18	0.16	0.16	0.14	0.13	0.12
	5.00	0.30	0.28	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.17	0.15	0.15	0.14	0.12	0.11
	6.00	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.21	0.21	0.20	0.19	0.17	0.15	0.15	0.13	0.12	0.11
9.00	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.15	0.13	0.13	0.12	0.11	0.10	
0.60	0.00	0.43	0.39	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.27	0.26	0.21	0.18	0.18	0.16	0.15	0.13
	0.50	0.41	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.25	0.21	0.18	0.18	0.16	0.14	0.13
	1.00	0.39	0.36	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24	0.20	0.18	0.18	0.16	0.14	0.13
	1.50	0.37	0.34	0.32	0.30	0.28	0.27	0.26	0.24	0.23	0.20	0.17	0.17	0.15	0.14	0.13
	2.00	0.36	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.19	0.17	0.17	0.15	0.13	0.12
	2.50	0.34	0.32	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.19	0.16	0.16	0.15	0.13	0.12
	3.00	0.33	0.30	0.28	0.27	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.18	0.16	0.16	0.14	0.13	0.12
	4.00	0.30	0.28	0.27	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.17	0.15	0.15	0.14	0.12	0.11
	5.00	0.28	0.26	0.25	0.24	0.22	0.21	0.21	0.20	0.19	0.17	0.15	0.15	0.13	0.12	0.11
	6.00	0.26	0.25	0.23	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.16	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11
9.00	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.16	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.10	

ΑΣΚΗΣΗ 4^Η

- ▶ Να υπολογιστεί αν θα υπάρξει υγραποίηση υδρατμών, σε αμόνωτη τοιχοποιία που αποτελείται από επίχρισμα πάχους 2 cm εσωτερικά και εξωτερικά και ανάμεσα δύο τούβλα πάχους 9 cm έκαστο. Ο εσωτερικός αέρας έχει θερμοκρασία 12 °C και υγρασία 80%, ενώ ο εξωτερικό αέρας έχει θερμοκρασία -10 °C.
- ▶ Υπολογίστε αν θα υπάρξει υγραποίηση υδρατμών για τις ίδιες συνθήκες, αν τοποθετηθεί μονωτικό πάχους 5 cm με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda_{\mu}=0,035$ W/mK
- ▶ Δεδομένα : $\lambda_{\mu\text{ον}}=0,035$ W/mK, $\lambda_{\text{επ}}=0,870$ W/mK, $\lambda_{\text{οπτ}}=0,450$ W/mK

- ▶ Ο τύπος υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + R_\delta + R_a}$$

- ▶ Από τον πίνακα 2B της TOTEE 2 βρίσκουμε ότι

- ▶ $R_i = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

- ▶ $R_a = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

- ▶ $R_\delta = 0$ γιατί δεν υπάρχει διάκενο αέρα στην τοικοποιία.

Πίνακας 2B. 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

- ▶ Επομένως

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + R_\delta + R_a} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,870} + \frac{0,18}{0,450} + \frac{0,02}{0,870} + 0 + 0,04} \Rightarrow$$

- ▶ $U = 1,623 \text{ W/m}^2\text{K}$

- ▶ Από τον τύπο $Q = U \cdot \Delta\theta$ θα υπολογίσουμε τη ροή θερμότητας σε W/m^2 .

- ▶ $q = Q/A \Rightarrow q = U \cdot \Delta\theta = 1,623 \cdot (12 - (-10)) = 35,7 \text{ W/m}^2$

- ▶ Θα πρέπει να υπολογίσουμε τη θερμοκρασία στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου θ_{ie} .

- ▶ Για το U θα χρησιμοποιήσουμε μόνο τη θερμική αντίσταση του εσωτερικού αέρα, δηλαδή το R_i .

- ▶ $U' = \frac{1}{R_i} = \frac{1}{0,13} = 7,69 \text{ W/m}^2\text{K}$

- ▶ Άρα $q = U' \cdot (12 - \theta_{ie}) \Rightarrow 35,7 = 7,69 \cdot (12 - \theta_{ie}) \Rightarrow \theta_{ie} = 7,36 \text{ }^\circ\text{C}$

- ▶ Για πάχος μονωτικού 5 cm προκύπτει $U = 0,59 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ▶ Η χαρακτηριστική διάσταση της πλάκας ορίζεται ως
- ▶ $B = 2 \frac{A}{\pi} = 2 \frac{10 \times 20}{10+20+10+2} = 2 \frac{200}{60} = 6,666$
- ▶ Και το βάθος έδρασης είναι 2m.
- ▶ Από τον πίνακα 8^α της ΤΟΤΕΕ 2 προκύπτει με γραμμική παρεμβολή για χαρακτηριστική διάσταση πλάκας $B=6\text{m}$, $U'=0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ▶ Ενώ για χαρακτηριστική διάσταση πλάκας $B=7\text{m}$, $U'=0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ▶ Χρησιμοποιώντας πάλι γραμμική παρεμβολή για τις δύο χαρακτηριστικές διαστάσεις προκύπτει ότι για $B=6,666$ το $U=0,265 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ▶ Αυτή η τιμή του U θα χρησιμοποιηθεί τελικά για τον υπολογισμό του U_{m} του κτιρίου.



- ▶ Θα πρέπει να υπολογίσουμε τη θερμοκρασία στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου θ_{ie} .
- ▶ Για το U θα χρησιμοποιήσουμε μόνο τη θερμική αντίσταση του εσωτερικού αέρα, δηλαδή το R_i .
- ▶ $U' = \frac{1}{R_i} = \frac{1}{0,13} = 7,69 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ▶ Άρα $q = U' * (12 - \theta_{ie}) \Rightarrow 35,7 = 7,69 * (12 - \theta_{ie}) \Rightarrow \theta_{ie} = 7,36 \text{ }^\circ\text{C}$

- ▶ Σύμφωνα με τον πίνακα της θερμομονωτικής επάρκειας η θερμοκρασία κάτω από την οποία θα σχηματιστεί συμπύκνωση υδρατμών είναι για τις δεδομένες συνθήκες **8,7 οC**.
- ▶ Επειδή, $7,36 < 8,7$ βγάζουμε το συμπέρασμα ότι θα σχηματιστεί συμπύκνωση υδρατμών.
- ▶ Στην περίπτωση που προσθέσουμε μόνωση θα μεταβληθεί το U, επομένως και η θερμοκρασία θτ του τοίχου.
- ▶ Δοκιμάστε μόνοι σας να υπολογίσετε τη θερμοκρασία και θα διαπιστώσετε ότι η προσθήκη μόνωσης αποτρέπει τον σχηματισμό συμπυκνώματος.

Θετα μπαθ υδρ.	max °C	Σχετική υγρασία του αέρα															
		30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
0	4,9	-13,9	-12,1	-10,7	-9,3	-8,1	-7,0	-6,0	-5,1	-4,2	-3,4	-2,7	-1,9	-1,3	-0,6	0,0	
1	5,2	-13,1	-11,3	-9,9	-8,5	-7,3	-6,2	-5,2	-4,3	-3,4	-2,6	-1,9	-1,1	-0,4	0,4	1,0	
2	5,6	-12,3	-10,5	-9,0	-7,7	-6,5	-5,4	-4,4	-3,4	-2,6	-1,7	-1,0	-0,2	0,5	1,3	2,0	
3	5,9	-11,5	-9,7	-8,2	-6,9	-5,7	-4,6	-3,6	-2,6	-1,8	-0,9	-0,1	0,8	1,5	2,3	3,0	
4	6,3	-10,7	-8,9	-7,4	-6,0	-4,8	-3,7	-2,7	-1,7	-0,9	0,0	0,9	1,8	2,5	3,3	4,0	
5	6,8	-9,9	-8,1	-6,6	-5,2	-4,1	-3,1	-2,1	-1,1	-0,3	0,0	1,0	1,9	2,8	3,5	4,3	5,0
6	7,3	-9,1	-7,3	-5,8	-4,4	-3,2	-2,4	-1,5	-0,5	0,0	0,9	2,0	2,9	3,7	4,5	5,3	6,0
7	7,8	-8,4	-6,5	-5,0	-3,6	-2,4	-1,4	-0,2	1,0	1,9	3,0	3,9	4,7	5,5	6,3	7,0	7,8
8	8,3	-7,6	-5,7	-4,2	-2,8	-1,6	-0,4	0,7	1,9	2,9	3,9	4,8	5,7	6,5	7,3	8,0	8,8
9	8,8	-6,8	-5,0	-3,4	-2,0	-0,8	0,5	1,7	2,8	3,9	4,9	5,8	6,7	7,5	8,3	9,0	9,8
10	9,4	-6,0	-4,2	-2,6	-1,2	0,1	1,4	2,6	3,7	4,8	5,8	6,7	7,6	8,4	9,2	9,9	10,6
11	10,0	-5,2	-3,4	-1,9	-0,4	1,0	2,3	3,5	4,7	5,8	6,7	7,7	8,6	9,4	10,2	10,9	11,6
12	10,7	-4,4	-2,6	-1,0	0,4	1,8	3,2	4,4	5,7	6,7	7,7	8,7	9,6	10,4	11,2	11,9	12,6
13	11,3	-3,7	-1,9	-0,1	1,3	2,8	4,2	5,5	6,6	7,7	8,7	9,6	10,5	11,4	12,2	12,9	13,6
14	12,1	-2,9	-1,0	0,6	2,3	3,7	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4	13,2	13,9	14,6
15	12,9	-2,2	-0,3	1,5	3,2	4,7	6,1	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	12,5	13,4	14,2	14,9	15,6
16	13,8	-1,4	0,5	2,4	4,1	5,6	7,0	8,2	9,4	10,5	11,6	12,6	13,5	14,4	15,2	15,9	16,6
17	14,6	-0,6	1,4	3,3	5,0	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3	16,2	16,9	17,6
18	15,4	0,2	2,3	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,5	13,6	14,6	15,5	16,3	17,2	17,9	18,6
19	16,3	1,0	3,2	5,1	6,8	8,3	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3	18,2	18,9	19,6
20	17,3	1,9	4,1	6,0	7,7	9,3	10,7	12,0	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3	19,2	19,9	20,6
21	18,4	2,8	5,0	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2	20,9	21,6
22	19,4	3,6	5,9	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,2	21,9	22,6
23	20,6	4,5	6,7	8,7	10,4	12,0	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,2	22,9	23,6
24	21,8	5,4	7,6	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8	17,0	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,1	23,9	24,6
25	23,1	6,2	8,5	10,5	12,2	13,9	15,3	16,7	18,0	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2	24,1	24,9	25,6
26	24,4	7,1	9,4	11,4	13,2	14,8	16,3	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2	25,1	25,9	26,6
27	25,8	8,0	10,2	12,2	14,1	15,7	17,2	18,6	19,9	21,1	22,2	23,2	24,3	25,2	26,1	26,9	27,6
28	27,2	8,8	11,1	13,1	15,0	16,6	18,1	19,5	20,8	22,0	23,2	24,2	25,2	26,2	27,1	27,9	28,6
29	28,7	9,7	12,0	14,0	15,9	17,5	19,0	20,4	21,7	23,0	24,1	25,2	26,2	27,2	28,1	28,9	29,6
30	30,3	10,5	12,9	14,9	16,8	18,4	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1	29,9	30,6
31	32,0	11,4	13,7	15,8	17,7	19,3	20,9	22,3	23,6	24,9	26,1	27,2	28,2	29,2	30,1	30,9	31,6
32	34,7	12,2	14,5	16,7	18,5	20,2	21,8	23,2	24,6	25,9	27,0	28,1	29,2	30,2	31,1	31,9	32,6
33	36,7	13,1	15,4	17,5	19,4	21,2	22,7	24,2	25,5	26,8	28,0	29,1	30,1	31,1	32,1	33,0	33,7
34	38,7	13,9	16,2	18,4	20,2	22,1	23,6	25,1	26,5	27,7	28,9	30,0	31,1	32,1	33,1	34,0	34,7
35	41,0	14,8	17,0	19,3	21,1	23,0	24,5	26,0	27,4	28,7	29,9	31,0	32,1	33,1	34,1	35,0	35,7

Η εστιασική θερμοκρασία των δομικών στοιχείων, κάτω από την τιμή της οποίας σχηματίζεται συμπύκνωση των υδρατμών (βραύση) στις περιβάλλουσες επιφάνειες ενός χώρου για δεδομένη τιμή θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας και η μέγιστη ποσότητα υδρατμών που μπορεί να σχηματιστεί στη μονάδα όγκου του αέρα.