

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ
www.sml.civil.upatras.gr

Τεχνικο-οικονομική Μελέτη για την Εξωτερική Θερμομόνωση Κτιρίων με Πλάκες Διογκωμένης Πολυστερίνης

Τεχνική Έκθεση

προς

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΔΕΣΜΟ ΠΑΡΑΓΩΓΩΝ
ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗΣ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗΣ

Συντάξας:

Αθαν. Χ. Τριανταφύλλου

Αναπλ. Καθηγητής

Διευθυντής Εργαστηρίου Μηχανικής & Τεχνολογίας Υλικών

Πανεπιστήμιο Πατρών

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

(τηλ. 2610 997764, fax. 2610 996155, email: ttriant@upatras.gr)

ΠΑΤΡΑ 17 Σεπτεμβρίου 2004

Περιεχόμενα

	Σελ.
1. Εισαγωγή	3
2. Σχέση πυκνότητας υλικού θερμομόνωσης (ρ) και θερμικής αγωγιμότητας (λ)	4
3. Προσδιορισμός της θερμικής διαπερατότητας (U) εξωτερικών τοίχων	6
4. Επίδραση του πάχους εξωτερικής θερμομόνωσης ($d_{εξ}$) στην θερμική διαπερατότητα (U) εξωτερικών τοίχων <u>υφισταμένων</u> κτιρίων, για διαφορετικές πυκνότητες ($\rho = 20 \text{ kg/m}^3$ και 35 kg/m^3)	8
5. Επίδραση του πάχους εξωτερικής θερμομόνωσης ($d_{εξ}$) στην θερμική διαπερατότητα (U) εξωτερικών τοίχων <u>υφισταμένων</u> κτιρίων, για διάφορες περιπτώσεις τοίχων	10
6. Επίδραση του πάχους εξωτερικής θερμομόνωσης ($d_{εξ}$) στην θερμική διαπερατότητα (U) εξωτερικών τοίχων για <u>νέα</u> κτίρια (χωρίς εσωτερική μόνωση)	12
7. Κόστος μείωσης απωλειών θερμότητας εξωτερικών τοίχων σε <u>υφιστάμενα</u> κτίρια και υπολογισμός απόδοσης της θερμομόνωσης	14
8. Σχέση πάχους τοίχου με εξωτερική μόνωση και κόστους κατασκευής για δεδομένες απαιτήσεις θερμομόνωσης (σε <u>νέα</u> κτίρια)	19
9. Σύγκριση κόστους τοίχων με εσωτερική ή εξωτερική μόνωση για δεδομένες απαιτήσεις θερμομόνωσης (σε <u>νέα</u> κτίρια)	21

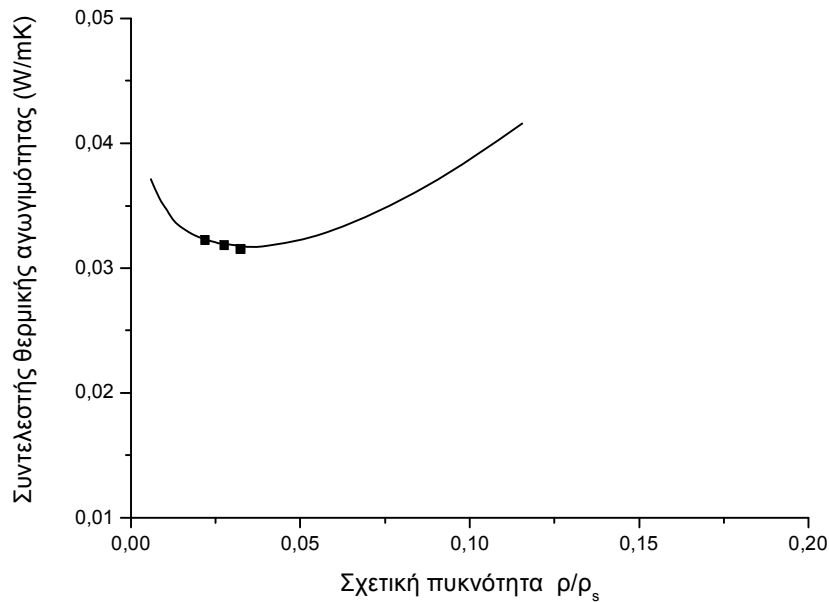
1. Εισαγωγή

Η παρούσα τεχνική έκθεση αφορά στην τεχνική και οικονομική μελέτη συστήματος για την εξωτερική θερμομόνωση κτιρίων. Το σύστημα συνίσταται στην στερέωση πλακών διογκωμένης πολυστερίνης επί των εξωτερικών επιφανειών τοίχων σε υφιστάμενες ή νέες κατασκευές. Κύριος στόχος της μελέτης είναι η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος εξωτερικής μόνωσης σε όρους θερμικής διαπερατότητας και κόστους.

Αρχικά μελετάται η σχέση πυκνότητας του υλικού θερμομόνωσης και θερμικής αγωγιμότητας. Ακολουθεί ο αναλυτικός προσδιορισμός της θερμικής διαπερατότητας τοίχων σε υφιστάμενες και νέες κατασκευές και κατόπιν αναλύεται η επίδραση του πάχους εξωτερικής θερμομόνωσης στην θερμική διαπερατότητα. Ακολουθεί μελέτη κόστους του συστήματος θερμομόνωσης και εξάγονται τα σχετικά συμπεράσματα.

2. Σχέση πυκνότητας υλικού θερμομόνωσης (ρ) και θερμικής αγωγιμότητας (λ)

Στοιχεία από την διεθνή βιβλιογραφία: Για διογκωμένη ή εξηλασμένη πολυστερίνη ο Skochdopole (1961) δίνει την ελάχιστη τιμή της θερμικής αγωγιμότητας λ για $\rho/\rho_s \approx 0.03$ ($\rho \approx 32 \text{ kg/m}^3$), ενώ ο Guenther (1962) για $\rho/\rho_s \approx 0.04$ ($\rho \approx 42 \text{ kg/m}^3$), όπου ρ η πυκνότητα του υλικού θερμομόνωσης και ρ_s η πυκνότητα του πολυστερενίου (σε στερεή μορφή, όχι κυψελωτή), θεωρούμενη ίση με $\rho_s = 1050 \text{ kg/m}^3$. Τα παραπάνω είναι σε συμφωνία με μετρήσεις επί υλικών της εταιρείας Ν. και Η. Ανδριόπουλος Α.Ε. (Σχ. 1), οι οποίες έδωσαν $\lambda = 0.0322, 0.0318$ και 0.0315 W/mK για $\rho = 23, 29$ και 34 kg/m^3 , αντίστοιχα, στους $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Έτσι εκτιμάται ότι το λ ελαχιστοποιείται για τιμές πυκνότητας γύρω στα 35 kg/m^3 .



Σχ. 1 Σχέση πυκνότητας – θερμικής αγωγιμότητας (στοιχεία από εταιρεία Ν. και Η. Ανδριόπουλος Α.Ε.).

Η προσαρμογή καμπύλης στα παραπάνω πειραματικά δεδομένα οδηγεί στην παρακάτω σχέση θερμικής αγωγιμότητας – σχετικής πυκνότητας. Σημειώνεται ότι η σχέση αυτή έχει ισχύ για τιμές πυκνότητας κοντά στην περιοχή των μετρήσεων. Έτσι θεωρείται αξιόπιστη για ρ στην περιοχή $20 - 35 \text{ kg/m}^3$.

$$\lambda(10 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,0342 - 0,106\left(\frac{\rho}{\rho_s}\right) + 0,731\left(\frac{\rho}{\rho_s}\right)^2 \quad (1)$$

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας αυξάνεται με τη θερμοκρασία, περίπου κατά 0,3-0,4% ανά βαθμό. Έτσι στους 20 °C το λ είναι:

$$\lambda(20 \text{ }^{\circ}\text{C}) \approx 1,035\lambda(10 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,0354 - 0,110\left(\frac{\rho}{\rho_s}\right) + 0,756\left(\frac{\rho}{\rho_s}\right)^2 \quad (2)$$

Για παράδειγμα, η εξ. (2) δίνει:

$$\lambda = 0,034 \text{ W/mK για } \rho = 20 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda = 0,033 \text{ W/mK για } \rho = 35 \text{ kg/m}^3$$

Οι παραπάνω τιμές για το λ είναι αρκετά κοντά, γιαυτό και όπως θα δούμε και παρακάτω, δεδομένης της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης, δεν συνιστάται η χρήση πολυστερίνης μεγάλης πυκνότητας, εκτός και αν αυτό επιβάλλεται λόγω άλλων απαιτήσεων (π.χ. μηχανικές καταπονήσεις). Πυκνότητες της τάξης των 20 kg/m³ θεωρούνται επαρκείς.

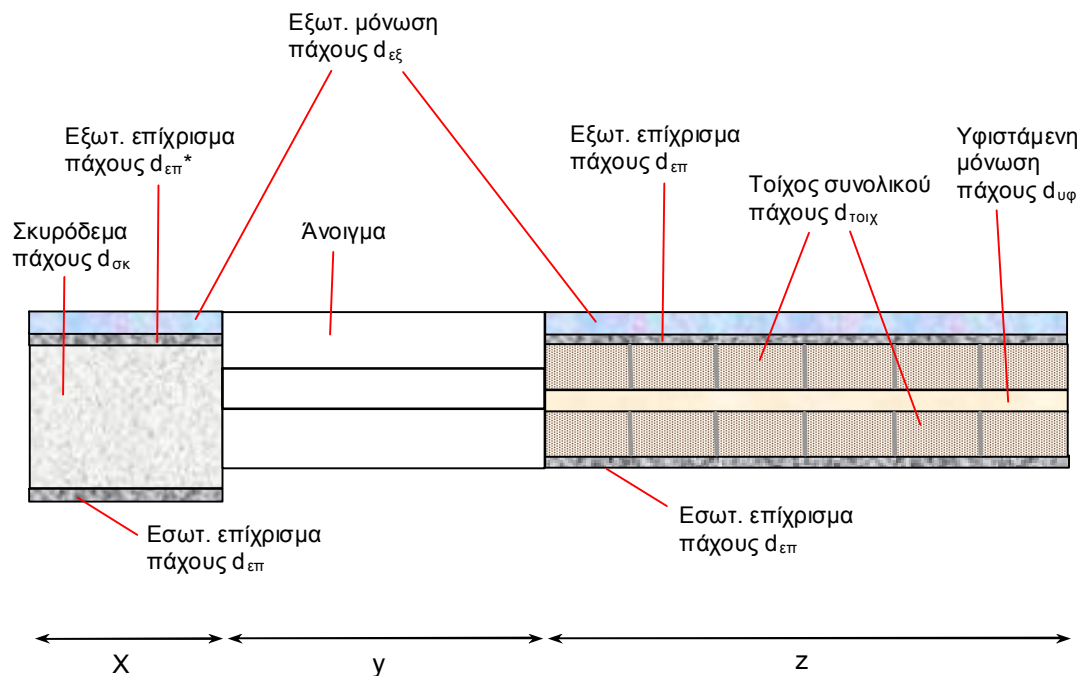
3. Προσδιορισμός της θερμικής διαπερατότητας (U) εξωτερικών τοίχων

Με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενός τυπικού εξωτερικού τοίχου όπως δίνεται στο Σχ. 2, η θερμική διαπερατότητα U του τοίχου δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$U = \frac{1}{R} \quad (3)$$

όπου R η θερμική αντίσταση, ίση με

$$U = \frac{1}{\alpha_{εξ}} + x \left(\frac{d_{εξ}}{\lambda_{εξ}} + \frac{d_{επ}}{\lambda_{επ}} + \frac{d_{σκ}}{\lambda_{σκ}} + \frac{d_{επ}}{\lambda_{επ}} \right) + y \frac{1}{U_{αν}} + z \left(\frac{d_{εξ}}{\lambda_{εξ}} + \frac{d_{επ}}{\lambda_{επ}} + \frac{d_{τοιχ}}{\lambda_{τοιχ}} + \frac{d_{υφ}}{\lambda_{υφ}} + \frac{d_{επ}}{\lambda_{επ}} \right) + \frac{1}{\alpha_{εσ}} \quad (4)$$



* δεν υφίσταται σε νέα κτίρια με εξωτερική θερμομόνωση

Σχ. 2 Τομή εξωτερικού τοίχου και ορισμός γεωμετρικών παραμέτρων.

Στην εξ. (4) $1/\alpha_{εξ}$ είναι η αντίσταση θερμικής μετάβασης προς τον αέρα, $1/\alpha_{εσ}$ η αντίσταση θερμοδιαφυγής, x , y και z τα ποσοστά κάλυψης του τοίχου με οπλισμένο σκυρόδεμα (Ο/Σ), τοιχοποιία και ανοίγματα, αντίστοιχα, $U_{αν}$ η θερμική διαπερατότητα των ανοιγμάτων και λ_i η θερμική αγωγιμότητα του στοιχείου i του τοίχου, ως εξής:

$\lambda_{εξ}$ = θερμική αγωγιμότητα του εξωτερικού θερμομονωτικού υλικού,

$\lambda_{επ}$ = θερμική αγωγιμότητα του επιχρίσματος,

$\lambda_{σκ}$ = θερμική αγωγιμότητα του σκυροδέματος,

$\lambda_{τοιχ}$ = θερμική αγωγιμότητα του τοίχου,

$\lambda_{υφ}$ = θερμική αγωγιμότητα του υφιστάμενου θερμομονωτικού υλικού.

Στην παρούσα εργασία γίνονται οι εξής παραδοχές:

$x = 0,10$ (δηλ. αν υπάρχει σκελετός οπλισμένου σκυροδέματος θεωρείται ότι καταλαμβάνει το 10% της εξωτερικής επιφάνειας), $y = 0,20$ (20% κάλυψη με ανοίγματα) και $z = 0,70$ αν υπάρχει και Ο/Σ ή $0,80$ αν δεν υπάρχει Ο/Σ. Επίσης, $1/\alpha_{εξ} = 0,04$ m^2K/W , $1/\alpha_{εσ} = 0,12$ m^2K/W , $U_{αν} = 4,00$ W/m^2K , $d_{επ} = 0,02$ m, $d_{σκ} = 0,3$ mm, $d_{τοιχ} = 0,25$ m για μπατική τοιχοποιία ή $0,125$ m για δρομική, $d_{υφ} = 0,03$ m (αν υπάρχει υφιστάμενη μόνωση), $\lambda_{επ} = 0,87$ W/mK , $\lambda_{σκ} = 2,00$ W/mK , $\lambda_{τοιχ} = 0,52$ W/mK και $\lambda_{υφ} = 0,04$ W/mK .

4. Επίδραση του πάχους εξωτερικής θερμομόνωσης ($d_{εξ}$) στην θερμική διαπερατότητα (U) εξωτερικών τοίχων υφισταμένων κτιρίων, για διαφορετικές πυκνότητες ($\rho = 20 \text{ kg/m}^3$ και 35 kg/m^3)

Εξετάζονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

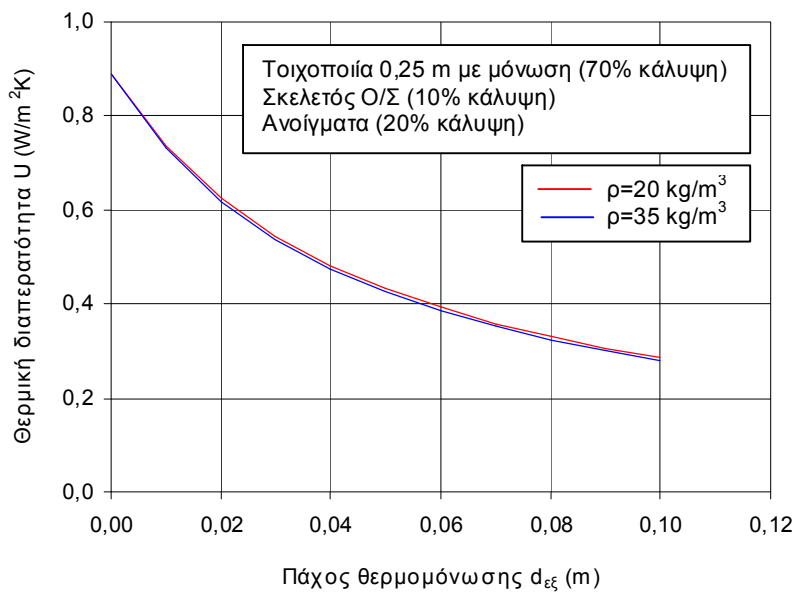
Περίπτωση Α (Τοιχ+Μόν, Ο/Σ)

- Υφιστάμενη τοιχοποιία πάχους 0,25 m με μόνωση, κάλυψη 70%
- Σκελετός Ο/Σ πάχους 0,30 m, κάλυψη 10%
- Ανοίγματα με κάλυψη 20%

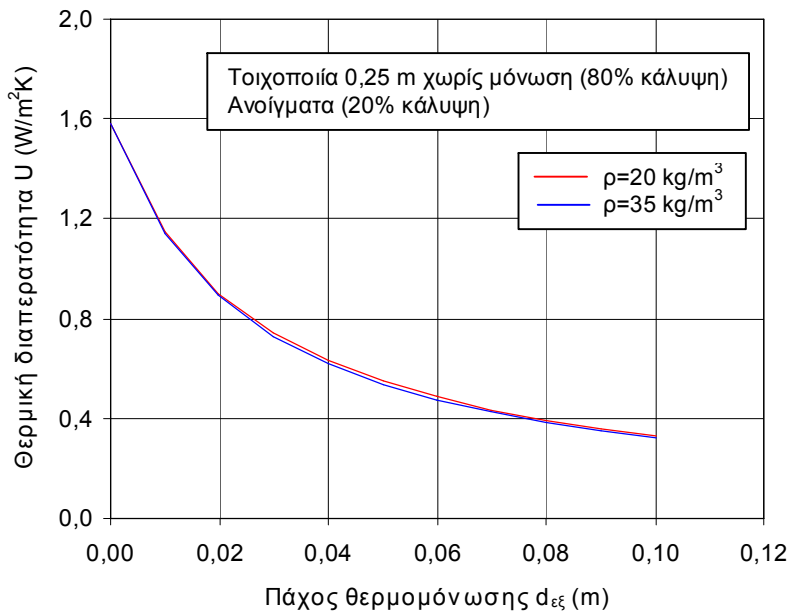
Περίπτωση Β (Τοιχ)

- Υφιστάμενη τοιχοποιία πάχους 0,25 m χωρίς μόνωση, κάλυψη 80%
- Ανοίγματα με κάλυψη 20%

Τα αποτελέσματα για την θερμική διαπερατότητα U (η οποία αποτελεί ουσιαστικά ένα μέτρο των απωλειών θερμότητας μέσω του εξωτερικού τοίχου) δίνονται στο Σχ. 3.



(α)



(β)

Σχ. 3 Θερμική διαπερατότητα συναρτήσει του πάχους εξωτερικής θερμομόνωσης.

Συμπεράσματα

- Η επίδραση της πυκνότητας του υλικού θερμομόνωσης στην θερμική διαπερατότητα U μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα. Δεδομένης της αξιοσημείωτης διαφοράς κόστους υλικών θερμομόνωσης με διαφορετικές πυκνότητες στο εύρος $20\text{-}35 \text{ kg/m}^3$, προτείνεται η χρήση υλικών με πυκνότητα $\rho = 20 \text{ kg/m}^3$, εκτός αν άλλες απαιτήσεις (π.χ. μηχανικές αντοχές) επιβάλλουν τη χρήση μεγαλύτερων πυκνοτήτων.

Στην διερεύνηση που ακολουθεί θεωρείται $\rho = 20 \text{ kg/m}^3$.

5. Επίδραση του πάχους εξωτερικής θερμομόνωσης ($d_{εξ}$) στην θερμική διαπερατότητα (U) εξωτερικών τοίχων υφισταμένων κτιρίων, για διάφορες περιπτώσεις τοίχων

Εξετάζονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

Περίπτωση Α (Τοιχ+Μόν, Ο/Σ)

- Υφιστάμενη τοιχοποιία πάχους 0,25 m με μόνωση, κάλυψη 70%
- Σκελετός Ο/Σ πάχους 0,30 m, κάλυψη 10%
- Ανοίγματα με κάλυψη 20%

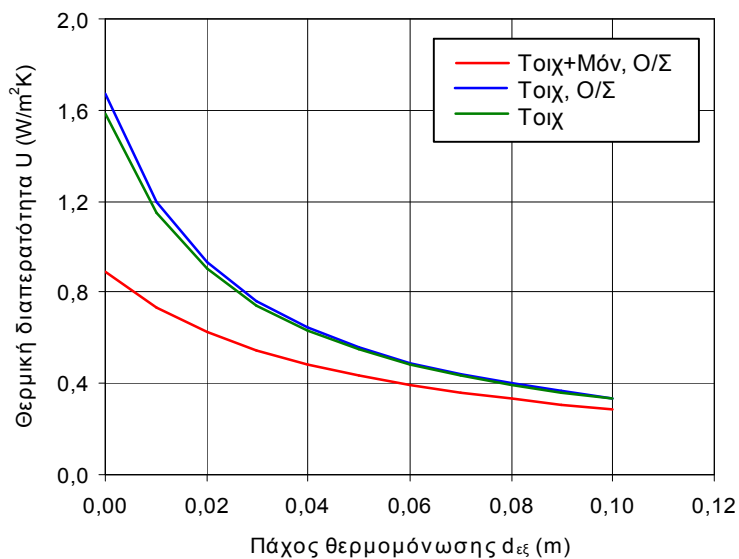
Περίπτωση Β (Τοιχ, Ο/Σ)

- Υφιστάμενη τοιχοποιία πάχους 0,25 m χωρίς μόνωση, κάλυψη 70%
- Σκελετός Ο/Σ πάχους 0,30 m, κάλυψη 10%
- Ανοίγματα με κάλυψη 20%

Περίπτωση Γ (Τοιχ)

- Υφιστάμενη τοιχοποιία πάχους 0,25 m χωρίς μόνωση, κάλυψη 80%
- Ανοίγματα με κάλυψη 20%

Τα αποτελέσματα για την θερμική διαπερατότητα δίνονται στο Σχ. 4.



Σχ. 4 Θερμική διαπερατότητα συναρτήσεως του πάχους εξωτερικής θερμομόνωσης για διάφορες περιπτώσεις τοίχων.

Συμπεράσματα

- Η θερμική διαπερατότητα υφιστάμενων τοίχων μειώνεται σημαντικά αυξάνοντας το πάχος υλικού εξωτερικής θερμομόνωσης. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι: Για υφιστάμενους τοίχους χωρίς μόνωση η μείωση του U είναι της τάξης του 50% με πάχος υλικού εξωτερικής θερμομόνωσης λιγότερο από 30 mm. Για υφιστάμενους τοίχους με μόνωση το U μειώνεται κατά 50% με πάχος υλικού εξωτερικής θερμομόνωσης περίπου ίσο με 50 mm.
- Η παρουσία σκελετού οπλισμένου σκυροδέματος (σε ποσοστό 10%) διαφοροποιεί ελάχιστα τα αποτελέσματα για την θερμική διαπερατότητα.

6. Επίδραση του πάχους εξωτερικής θερμομόνωσης ($d_{εξ}$) στην θερμική διαπερατότητα (U) εξωτερικών τοίχων για νέα κτίρια (χωρίς εσωτερική μόνωση)

Εξετάζονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

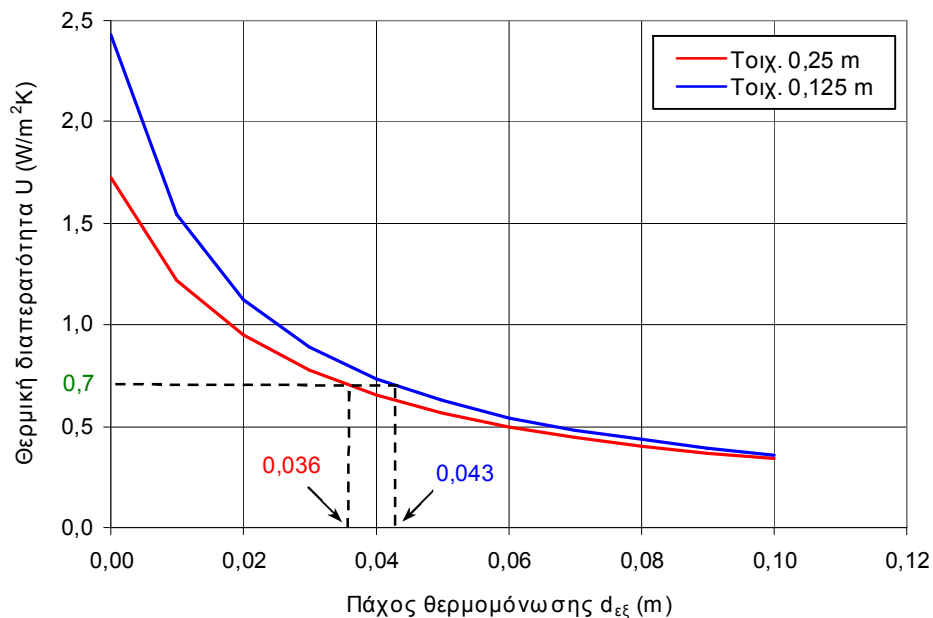
Περίπτωση Α (Τοιχ. 0,25 m)

- Τοιχοποιία πάχους 0,25 m χωρίς εσωτερική μόνωση, κάλυψη 70%
- Σκελετός Ο/Σ πάχους 0,30 m, κάλυψη 10%
- Ανοίγματα με κάλυψη 20%

Περίπτωση Β (Τοιχ. 0,125 m)

- Τοιχοποιία πάχους 0,125 m χωρίς εσωτερική μόνωση, κάλυψη 70%
- Σκελετός Ο/Σ πάχους 0,30 m, κάλυψη 10%
- Ανοίγματα με κάλυψη 20%

Τα αποτελέσματα για την θερμική διαπερατότητα δίνονται στο Σχ. 5.



Σχ. 5 Θερμική διαπερατότητα συναρτήσεως του πάχους εξωτερικής θερμομόνωσης για διαφορετικά πάχη τοίχων.

Συμπεράσματα

- Η θερμική διαπερατότητα νέας τοιχοποιίας μειώνεται σημαντικά αυξάνοντας το πάχος υλικού εξωτερικής θερμομόνωσης. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η κάλυψη της απαίτησης $U = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ σε μπατικούς τοίχους επιτυγχάνεται με πάχος εξωτερικής μόνωσης 36 mm και σε δρομικούς τοίχους με πάχος εξωτερικής μόνωσης 43 mm.

7. Κόστος μείωσης απωλειών θερμότητας εξωτερικών τοίχων σε υφιστάμενα κτίρια και υπολογισμός απόδοσης της θερμομόνωσης

Παραδοχές

- Κόστος υλικού εξωτερικής θερμομόνωσης = 40 €/m³
- Κόστος υλικών στερέωσης και επικάλυψης = 10 €/m²
- Κόστος εφαρμογής = 8 €/m²

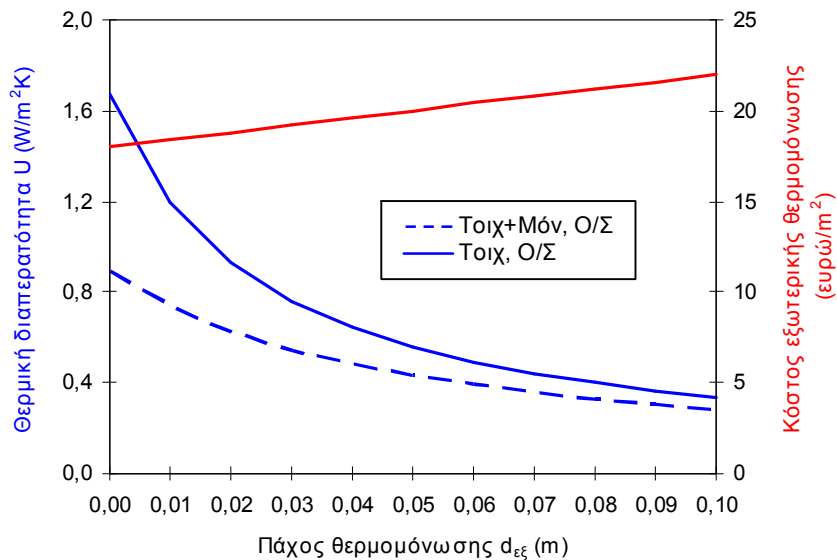
Εξετάζονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

Περίπτωση Α (Τοιχ+Μόν, Ο/Σ)

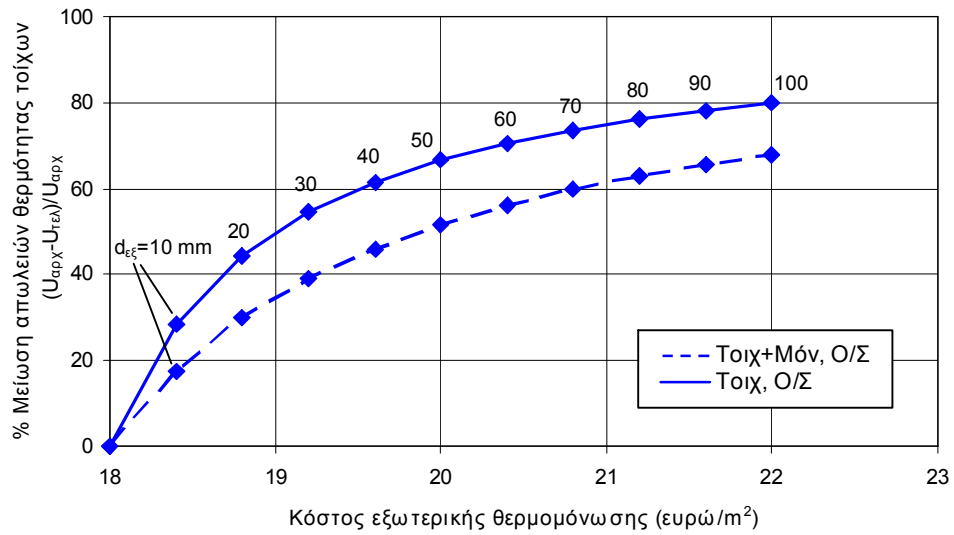
- Υφιστάμενη τοιχοποιία πάχους 0,25 m με μόνωση, κάλυψη 70%
- Σκελετός Ο/Σ πάχους 0,30 m, κάλυψη 10%
- Ανοίγματα με κάλυψη 20%

Περίπτωση Β (Τοιχ, Ο/Σ)

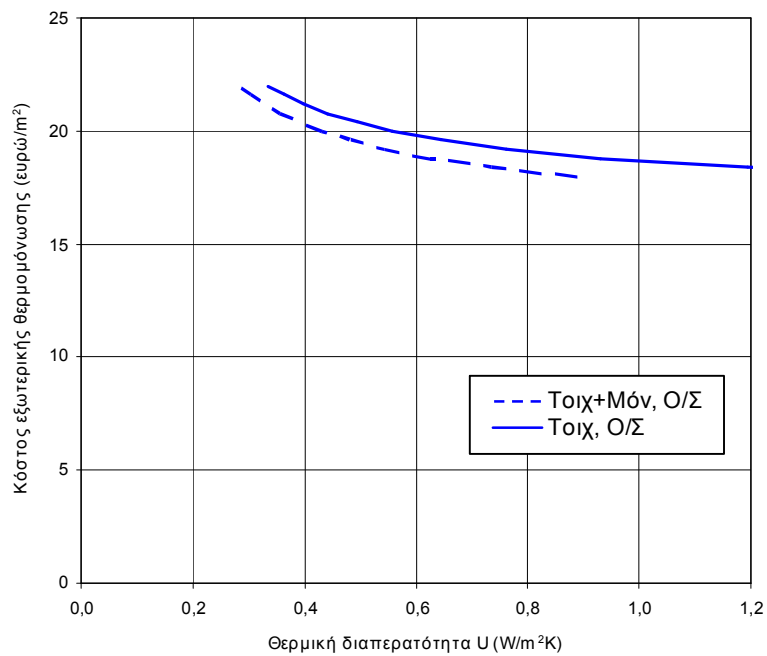
- Υφιστάμενη τοιχοποιία πάχους 0,25 m χωρίς μόνωση, κάλυψη 70%
- Σκελετός Ο/Σ πάχους 0,30 m, κάλυψη 10%
- Ανοίγματα με κάλυψη 20%



Σχ. 6 Θερμική διαπερατότητα και κόστος εξωτερικής θερμομόνωσης συναρτήσει του πάχους θερμομόνωσης για υφιστάμενους τοίχους με ή χωρίς μόνωση.



Σχ. 7 Σχέση κόστους – μείωσης απωλειών θερμότητας για υφιστάμενους τοίχους με ή χωρίς μόνωση.



Σχ. 8 Κόστος εξωτερικής θερμομόνωσης συναρτήσεως της θερμικής διαπερατότητας για υφιστάμενους τοίχους με ή χωρίς μόνωση.

Με βάση τα γραφήματα των Σχ. 6-8 μπορεί κανείς να εκτιμήσει το κόστος εξωτερικής θερμομόνωσης (υλικών και εφαρμογής) ανά m^2 τοίχου για δεδομένες απαιτήσεις θερμικής διαπερατότητας υφισταμένων τοίχων και για περιπτώσεις τοίχων με ή χωρίς υφιστάμενη μόνωση. Παρατηρούμε ότι:

- Το κόστος εξωτερικής θερμομόνωσης αυξάνεται γραμμικά με το πάχος θερμομόνωσης.
- Η ποσοστιαία μείωση των απωλειών θερμότητας για δεδομένο κόστος εξωτερικής μόνωσης είναι μεγαλύτερη για τοίχους χωρίς υφιστάμενη θερμομόνωση. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι με κόστος 20 ευρώ/ m^2 οι απώλειες θερμότητας μειώνονται άνω του 65% για τοίχους χωρίς υφιστάμενη μόνωση και άνω του 50% για τοίχους με υφιστάμενη μόνωση.

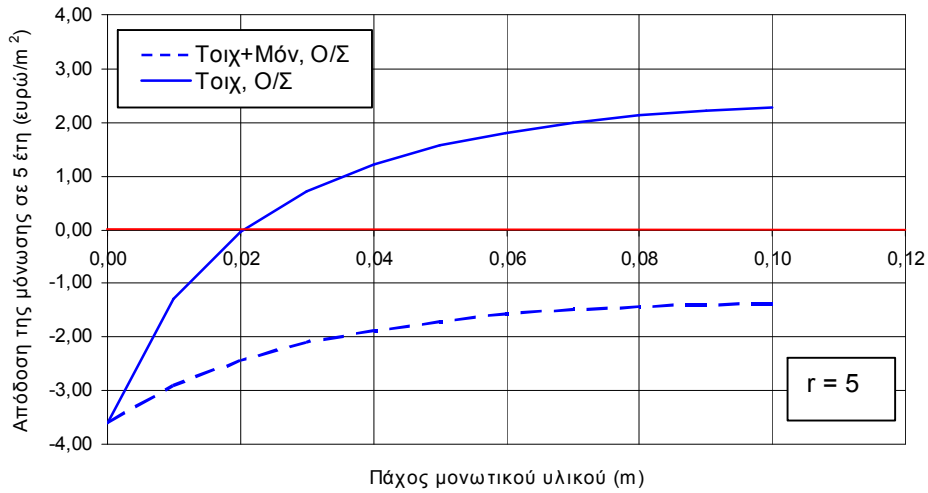
Η οικονομία που προκύπτει ανά m^2 επιφάνειας τοίχου (στην οποία εφαρμόζεται εξωτερική θερμομόνωση) και για κάθε έτος είναι ανάλογη με τη βελτίωση της θερμικής απόδοσης U του τοίχου. Προσεγγιστικά, η εξοικονόμηση γ (σε ευρώ) είναι:

$$\gamma = r(U_{\alpha\rho\chi} - U_{\tau\epsilon\lambda}) \quad (5)$$

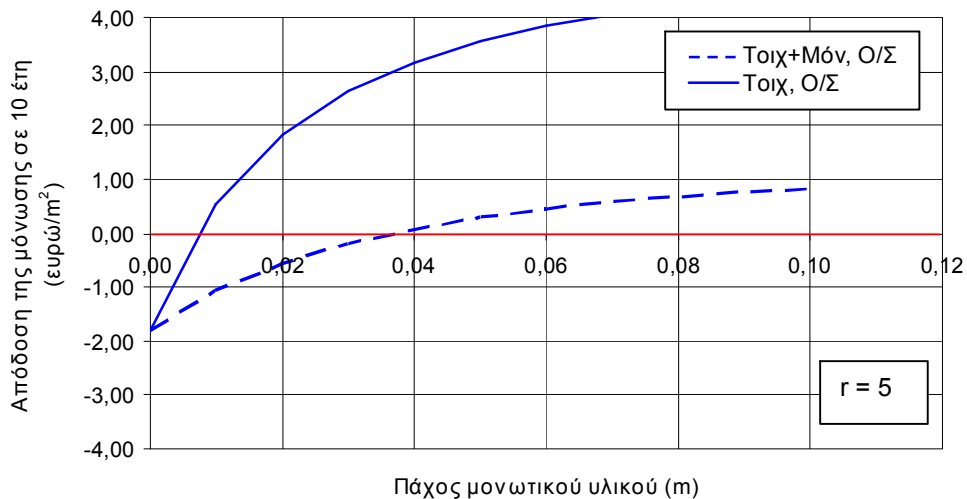
όπου $U_{\alpha\rho\chi}$ και $U_{\tau\epsilon\lambda}$ η θερμική απόδοση του τοίχου πριν και μετά την εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης. Η σταθερά αναλογίας r είναι ένας κλιματικός συντελεστής που εξαρτάται από την τιμή του καυσίμου, τον τύπο και την απόδοση του συστήματος θέρμανσης, τις βαθμοημέρες κλπ. Η εκτίμηση του συντελεστή αυτού είναι γενικά αρκετά δύσκολη. Βάσει της αιτιολογικής έκθεσης του Κτιριοδομικού Κανονισμού για την Θερμομόνωση Κτιρίων και βάσει στοιχείων και προσωπικών επαφών με προμηθευτές συστημάτων θέρμανσης γίνεται μία χονδρική εκτίμηση του r , στην περιοχή των 5 ευρώ/(W/ m^2K).

Για να εξετάσουμε την αποδοτικότητα μίας νέας θερμομόνωσης σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (π.χ. 5, 10 έτη) υπολογίζουμε το αλγεβρικό άθροισμα της εξοικονόμησης χρημάτων (θετική τιμή) στο συγκεκριμένο διάστημα και του κόστους θερμομόνωσης Γ (αρνητική τιμή), υποθέτοντας (απλουστευτικά) ότι το τελευταίο επιμερίζεται αναλογικά στο εν λόγω χρονικό διάστημα (γραμμική απόσβεση). Το άθροισμα συμβολίζεται με R και ονομάζεται “απόδοση”. Θετικές τιμές απόδοσης αντιστοιχούν σε κέρδος και αρνητικές σε ζημία. Το χρονικό διάστημα στο οποίο η

απόδοση είναι μηδέν για δεδομένο πάχος μόνωσης αντιστοιχεί στον χρόνο απόσβεσης. Η απόδοση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την επιλογή του κατάλληλου πάχους μόνωσης με δεδομένο τον χρόνο απόσβεσης. Σχετικά είναι τα Σχ. 9-10.



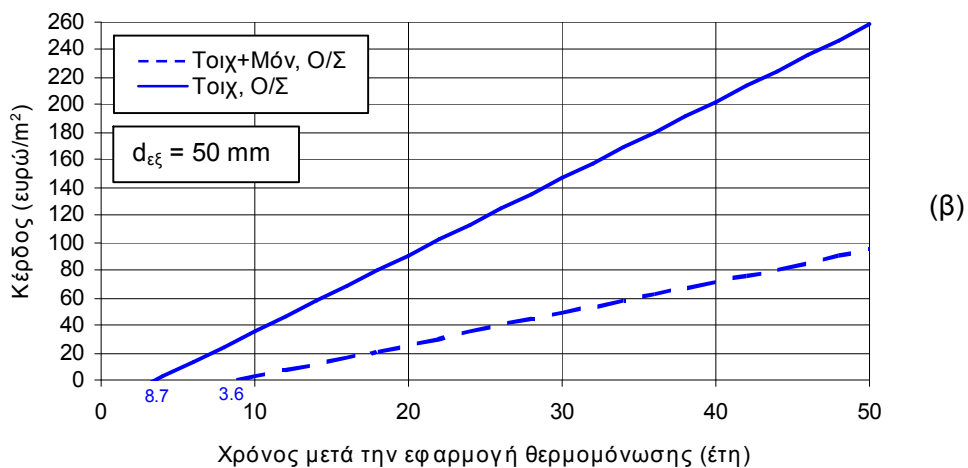
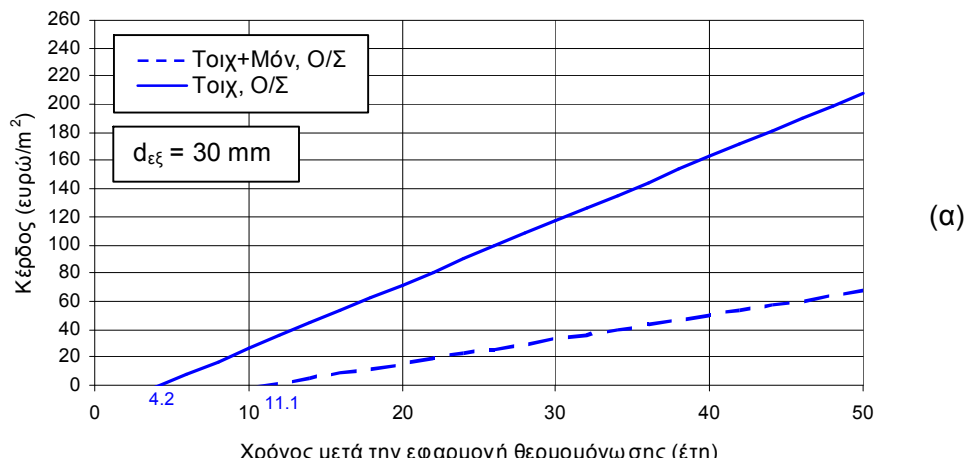
Σχ. 9 Απόδοση θερμομόνωσης σε 5 έτη.



Σχ. 10 Απόδοση θερμομόνωσης σε 10 έτη.

Με βάση τα Σχ. 9-10 συμπεραίνουμε ότι για τοίχους χωρίς υφιστάμενη μόνωση η απόσβεση του κόστους θερμομόνωσης επιτυγχάνεται σε σχετικά μικρό αριθμό ετών και με μικρά πάχη θερμομονωτικού υλικού (π.χ. πάχος θερμομονωτικού υλικού 20 mm οδηγεί σε απόσβεση μετά από 5 έτη). Για τοίχους με υφιστάμενη μόνωση η απόσβεση του κόστους απαιτεί μεγαλύτερο αριθμό ετών αλλά και μεγαλύτερα πάχη θερμομονωτικού υλικού (π.χ. πάχος θερμομονωτικού υλικού λίγο μεγαλύτερο από 35 mm οδηγεί σε απόσβεση μετά από 10 έτη).

Στο Σχ. 11 δίνεται το κέρδος ανά m^2 τοίχου λόγω της εφαρμογής θερμομόνωσης, συναρτήσει του χρόνου, για δύο διαφορετικά πάχη υλικού θερμομόνωσης (30 mm και 50 mm).



Σχ. 11 Κέρδος λόγω εξωτερικής θερμομόνωσης.

8. Σχέση πάχους τοίχου με εξωτερική μόνωση και κόστους κατασκευής για δεδομένες απαιτήσεις θερμομόνωσης (σε νέα κτίρια)

Παραδοχές

- Κόστος υλικού εξωτερικής θερμομόνωσης = 40 €/m³
- Κόστος υλικών στερέωσης και επικάλυψης = 10 €/m²
- Κόστος εφαρμογής = 8 €/m²
- Κόστος κατασκευής δρομικού τοίχου = 3 €/m²
- Κόστος υλικών για δρομικό τοίχο = 5 €/m²
- Κόστος σοβατίσματος (εργατικά) = 4 €/m²
- Κόστος σοβατίσματος (υλικά) = 4 €/m²

Εξετάζονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

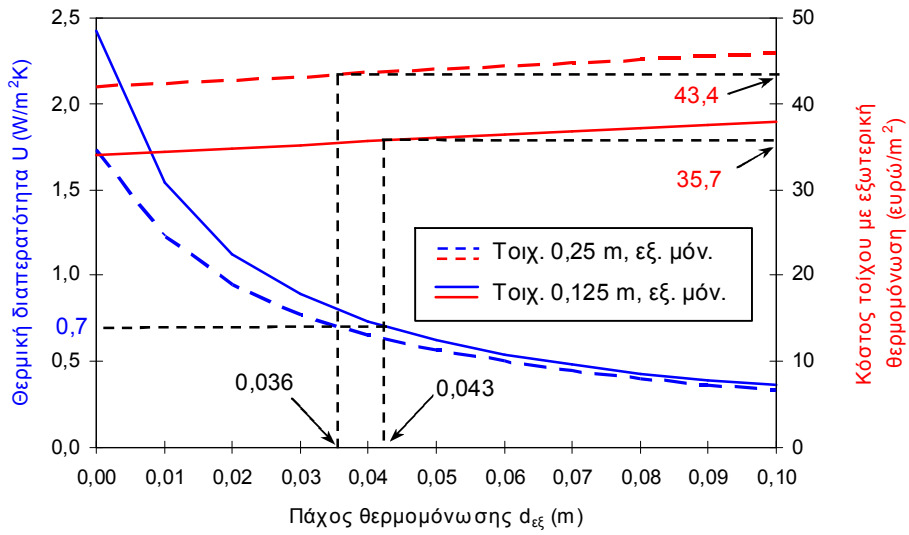
Περίπτωση Α (Τοιχ. 0,25 m, εξ. μόν.)

- Τοιχοποιία πάχους 0,25 m με εξωτερική μόνωση, κάλυψη 70%
- Σκελετός Ο/Σ πάχους 0,30 m, κάλυψη 10%
- Ανοίγματα με κάλυψη 20%

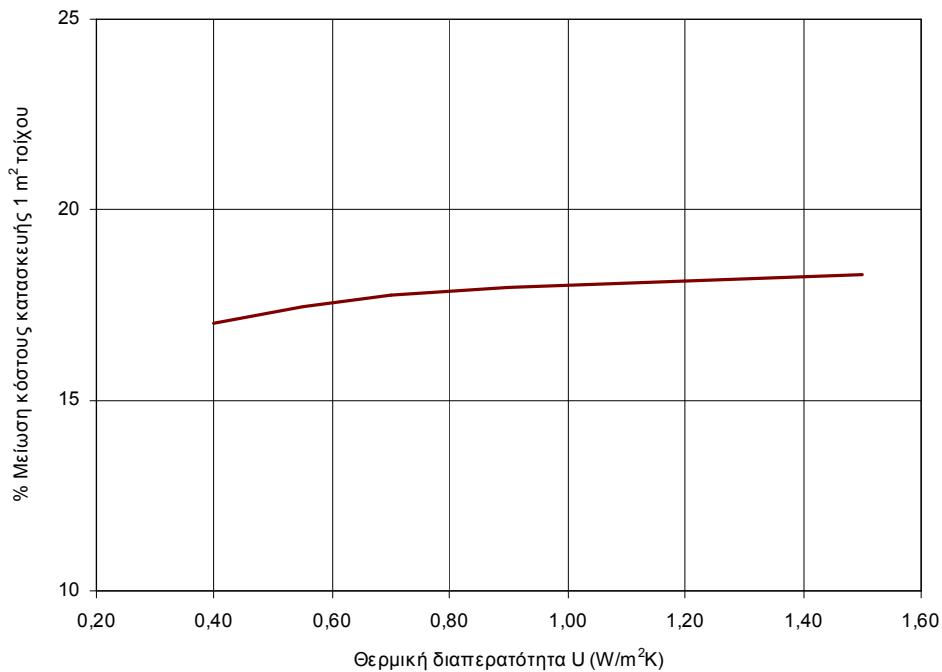
Περίπτωση Β (Τοιχ. 0,125 m, εξ. μόν.)

- Τοιχοποιία πάχους 0,125 m με εξωτερική μόνωση, κάλυψη 70%
- Σκελετός Ο/Σ πάχους 0,30 m, κάλυψη 10%
- Ανοίγματα με κάλυψη 20%

Τα αποτελέσματα για την θερμική διαπερατότητα σε σχέση με το κόστος κατασκευής ανά m² τοίχου δίνονται στα Σχ. 12-13. Κύριο συμπέρασμα είναι ότι η κατασκευή δρομικού τοίχου (με εξωτερική μόνωση) σε σχέση με μπατικό τοίχο (πάλι με εξωτερική μόνωση) έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του κόστους κατασκευής κατά ποσοστό της τάξης του 18% (η σύγκριση γίνεται ανά 1 m² του τοίχου).



Σχ. 12 Θερμική διαπερατότητα και κόστος κατασκευής ανά m^2 τοίχου (περιλαμβανομένων των εσωτερικών επιχρισμάτων) συναρτήσει του πάχους εξωτερικής θερμομόνωσης για δύο διαφορετικά πάχη τοίχων.



Σχ. 13 Μείωση του κόστους κατασκευής $1 m^2$ τοίχου για μείωση του πάχους κατά 50% (από 0,25 m σε 0,125 m).

9. Σύγκριση κόστους τοίχων με εσωτερική ή εξωτερική μόνωση για δεδομένες απαιτήσεις θερμομόνωσης (σε νέα κτίρια)

Παραδοχές

- Κόστος υλικού θερμομόνωσης = 40 €/m³
- Κόστος υλικών στερέωσης και επικάλυψης για εξωτερική μόνωση = 10 €/m²
- Κόστος εφαρμογής εξωτερικής μόνωσης = 8 €/m²
- Κόστος εφαρμογής εσωτερικής μόνωσης = 1 €/m²
- Κόστος κατασκευής δρομικού τοίχου = 3 €/m²
- Κόστος υλικών για δρομικό τοίχο = 5 €/m²
- Κόστος σοβατίσματος (εργατικά) = 4 €/m²
- Κόστος σοβατίσματος (υλικά) = 4 €/m²
- Κόστος κατασκευής και υλικών διπλού τοίχου ≈ διπλάσιο κόστους κατασκευής και υλικών δρομικού τοίχου

Εξετάζονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

Περίπτωση Α (Διπλός τοίχος, εσ. μόν.)

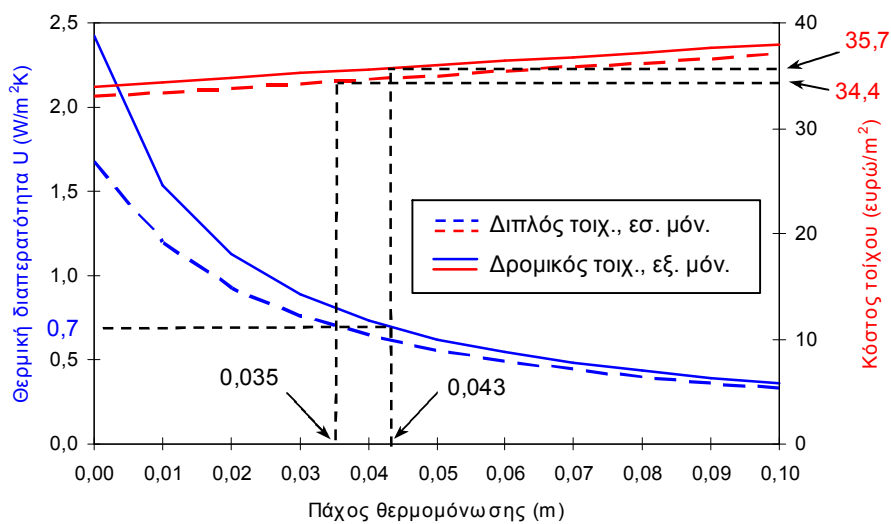
- Διπλός τοίχος με εσωτερική μόνωση, κάλυψη 70%
- Σκελετός Ο/Σ πάχους 0,30 m, κάλυψη 10%
- Ανοίγματα με κάλυψη 20%

Περίπτωση Β (Δρομικός τοίχος, εξ. μόν.)

- Δρομική τοιχοποιία με εξωτερική μόνωση, κάλυψη 70%
- Σκελετός Ο/Σ πάχους 0,30 m, κάλυψη 10%
- Ανοίγματα με κάλυψη 20%

Τα αποτελέσματα για την θερμική διαπερατότητα σε σχέση με το κόστος κατασκευής ανά m² τοίχου δίνονται στο Σχ. 14. Κύριο συμπέρασμα είναι ότι η κατασκευή δρομικού τοίχου με εξωτερική μόνωση σε σχέση με διπλό τοίχο με εσωτερική μόνωση έχει ως αποτέλεσμα μία πολύ μικρή αύξηση του κόστους κατασκευής κατά ποσοστό της τάξης του 3.5%, ήτοι περίπου 1.0-1.5€/m². Όμως, αν ληφθεί υπόψη η εξοικονόμηση

τετραγωνικών μέτρων (κάτοψης) λόγω μείωσης του πάχους των εξωτερικών τοίχων (περίπου κατά 10 cm), η χρήση του συστήματος εξωτερικής μόνωσης αποτελεί λύση σαφώς οικονομικότερη.



Σχ. 14 Θερμική διαπερατότητα και κόστος κατασκευής ανά m² τοίχου (περιλαμβανομένων των επιχρισμάτων) συναρτήσει του πάχους θερμομόνωσης για διπλό τοίχο με εσωτερική μόνωση και δρομικό τοίχο με εξωτερική μόνωση.

