



**Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**“ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ”**

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ-ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ  
ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΥΣ ΙΣΧΥΟΝΤΕΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ

-  
STUDY OF THERMAL INSULATION ON RESIDENTIAL  
BUILDINGS UNDER APPLICABLE REGULATIONS



Σπουδαστής  
ΜΠΑΜΙΧΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Επιβλέπων Καθηγητής  
ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2013

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας οφείλεται σε ένα μεγάλο βαθμό στη βοήθεια αρκετών προσώπων, στα οποία θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της πτυχιακής μου, Μαλατέστα Παντελή, καθηγητή του ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, για την πολύτιμη βοήθεια του καθώς και την υπομονή που έδειξε καθολη τη διάρκεια διεκπαιρώσής της.

Έπειτα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον προϊστάμενο μου Κ. Γελεγένη Σεραφείμ, Μηχανολόγο-Μηχανικό του Μετσόβιου Πολυτεχνείου, καθώς και την KNAUF και DOW XENERGY για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου παρείχαν, αλλά ιδιαίτερα για τα δείγματα/υλικά που μου στείλανε και με βοήθησαν σημαντικά στη διεξαγωγή της έρευνας και συγγραφής της πτυχιακής εργασίας.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου, για την στήριξη που μου παρείχαν, καθώς και τους φίλους και συναδέλφους μου για τις πολύτιμες συμβουλές τους.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>Πρόλογος</b> .....	<b>2</b>
<b>1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ”</b> .....	<b>3</b>
1.1    Εισαγωγή.....	3
1.2    Η Μόνωση Γενικά .....	4
1.3    Η Θερμομόνωση Γενικά .....	5
1.3.1    Ποιότητα Θερμομόνωσης.....	6
1.3.2    Βασικοί Ορισμοί της Θερμομόνωσης.....	7
1.3.3    Μετάδοση θερμότητας.....	10
1.3.4    Θερμογέφυρες.....	11
<b>2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ”</b> .....	<b>13</b>
2.1    Ρόλος και Κριτήρια Επιλογής των Θερμομονωτικών Υλικών .....	13
2.2    Θερμομονωτικά υλικά .....	16
2.3    Μεθοδολογία θερμομόνωσης .....	34
<b>3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ”</b> .....	<b>41</b>
3.1    Πληροφορίες Κτηρίου / Κατοικίας προς Μελέτη.....	41
3.2    Διαδικασία Μελέτης .....	43
3.2.1    Αδιαφανείς Επιφάνειες .....	44
3.2.2    Διαφανείς Επιφάνειες .....	48
3.2.2    Κόστος μελέτης και εγκατάστασης θερμομόνωσης .....	55
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>57</b>

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στη σύγχρονη εποχή που διανύουμε, η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας έχει γίνει αντιληπτή σε παγκόσμια κλίμακα. Είναι γεγονός πως το κτιριακό απόθεμα της Ελλάδας είναι από τα πιο ενεργειακά σπάταλα της Ευρώπης

Παλαιότερα η ανάγκη για θερμομόνωση δεν ήταν επιβεβλημένη καθώς οι βαριές κατασκευές του περιβλήματος, η διάταξη των χώρων αλλά και η σύνθεση των παραδοσιακών κτισμάτων, ήταν από μόνοι τους καθοριστικοί παράγοντες ρύθμισης της θερμομόνωσης.

Δυστυχώς με την πάροδο του χρόνου υιοθετήθηκαν σύγχρονες αρχιτεκτονικές τάσεις και έτσι η ανάγκη για θερμομόνωση έγινε επιτακτική καθώς οι κατασκευές έγιναν ελαφρότερες, πιο σύνθετες, και περισσότερο επιρρεπείς στις καιρικές συνθήκες. Αποτέλεσμα αυτού η ολοένα και μεγαλύτερη χρήση συστημάτων ελέγχου του κλίματος ( κεντρική θέρμανση, κλιματιστικό κτλ. ) που σε ένα μη ορθά ή και καθόλου θερμομονωμένο κτίριο θα οδηγήσει σε σίγουρη σπατάλη ενέργειας.

Ευτυχώς ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων(Φ.Ε.Κ 407/9.4.2010 ) αποτέλεσε την πρώτη οργανωμένη κίνηση στην προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας.

Σήμερα, σε αυτήν την πτυχιακή εργασία, θα ασχοληθούμε με την θερμομόνωση κτιρίων-κατοικιών και πιο συγκεκριμένα στους τρόπους με του οποίους επιτυγχάνεται η σωστή θερμομόνωση σε παλιά, νέο ανεγερθέντα ή σε υπό κατασκευή κτίρια .

# 1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## “ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ”

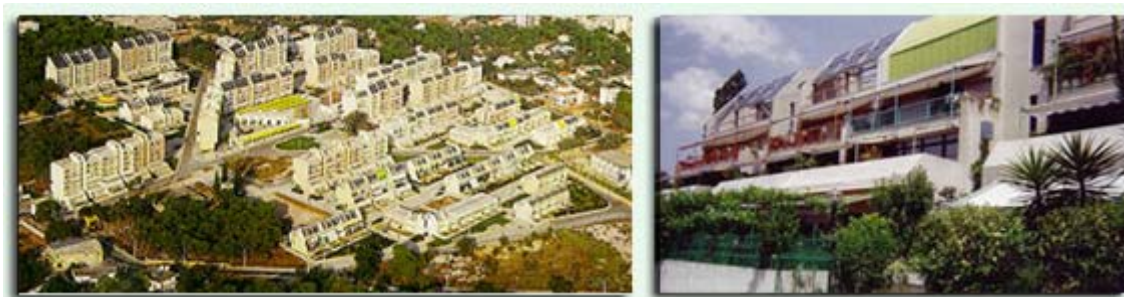
### 1.1 Εισαγωγή

Η δεκαετία του 1970 συνοδεύτηκε από την προσπάθεια απάντησης του επιστημονικού κόσμου στις δύο πετρελαϊκές κρίσεις, η οποία οδήγησε στην υιοθέτηση κανονιστικών ρυθμίσεων για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων. Στην προσπάθεια αυτήν περιλαμβάνονταν η θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους, η μείωση των απωλειών ακούσιου αερισμού και ο περιορισμός του εκούσιου αερισμού στα απολύτως αναγκαία επίπεδα. Σαν προσέγγιση, σε ποσοτικό επίπεδο, άφηναν ικανοποιητικά αποτελέσματα, όμως σε ποιοτικό επίπεδο παρέμειναν αρκετά θέματα ανοιχτά : κακή ποιότητα αέρα, ανεπαρκής φυσικός φωτισμός, οπτική αποξένωση από το φυσικό περιβάλλον καθώς και προβλήματα υγρασίας λόγω ανεπαρκούς αερισμού.

Κατά την δεκαετία του 80' και 90' είχαμε τις πρώτες προσπάθειες υλοποίησης των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Δόθηκε έμφαση στην προσέγγιση ενός κτιρίου χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας με βασικό εργαλείο τον βιοκλιματικό σχεδιασμό, που αξιοποιεί το φυσικό περιβάλλον (ηλιασμό, ηλιοπροστασία, φυσικό αερισμό) . Μια τέτοια εφαρμογή μεγάλης κλίμακας στη χώρα μας είναι το Ηλιακό Χωριό της Λυκόβρυσης - Πεύκης. Στις αρχές του νέου αιώνα τα σύγχρονα κτίρια καταναλώνουν για θέρμανση το ένα έκτο της ενέργειας απ' ό,τι αυτά που κατασκευάστηκαν πριν το 1970, χωρίς να περιορίζουν τις επιλογές του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού.

Υπήρξαν, ωστόσο, και αρνητικές εξελίξεις. Στις νότιες ευρωπαϊκές χώρες, συμπεριλαμβανομένου και την Ελλάδα, αλλά όχι μόνο σε αυτές, η αλλαγή του κλίματος αναδείχθηκε το μείζον πρόβλημα της ραγδαίας αύξησης των φορτίων κλιματισμού. Η μεταβολή των μικροκλιματικών συνθηκών στα αστικά κέντρα, και οι αυξημένες απαιτήσεις εσωκλιματικών συνθηκών από τους κατοίκους, αποτελούν τους βασικότερους παράγοντες. Η εξέλιξη αυτή υπενθυμίζει, ότι η ηλιοπροστασία, η

αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας και η θερμομόνωση είναι αρετές ενός κτιρίου που πολύ δύσκολα υποκαθίστανται



Εικόνα 1.1.1 Ηλιακό χωριό Λυκόβρυσης - Πεύκης

## 1.2 Η Μόνωση Γενικά

Ως μόνωση ορίζεται ο γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει την προστασία της κατασκευής από τη θερμότητα, τον ήχο και την υγρασία (σε καθημερινούς όρους θερμομόνωση, ηχομόνωση, στεγάνωση). Ειδικότερα για τις κατασκευές χρησιμοποιούνται οι όροι θερμομόνωση, ηχομόνωση και υγρομόνωση (στεγάνωση-στεγανοποίηση).

Σε μία κατασκευή η μόνωση είναι βασικό στοιχείο για τρεις βασικούς λόγους:

1. Εξοικονομούνται χρήματα και ενέργεια.
2. Οι κατοικίες και οι χώροι εργασίας γίνονται πιο άνετοι και λειτουργικοί.
3. Το περιβάλλον της κατασκευής παραμένει υγιεινό

Η αποτελεσματικότητα της μόνωσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η τοποθεσία, το τοπικό κλίμα, η κατασκευή του χώρου αλλά και το πλήθος των ανθρώπων που κατοικούν στο χώρο. Όπως προ είπαμε οι περισσότερες παλαιές κατασκευές έχουν λιγότερη μόνωση συγκριτικά με τις καινούργιες, χωρίς όμως να αποκλείουμε την ενίσχυση της μόνωσης και στις καινούργιες κατασκευές, καθώς μπορεί να γίνει απόσβεση του κόστους σε λίγα μόνο χρόνια.

Κατά την θερμομόνωση, ηχομόνωση ή υγρομόνωση, είναι ζωτικής σημασίας να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στον εξαερισμό, καθώς ο ελλιπής εξαερισμός μπορεί να δημιουργήσει κινδύνους για την υγεία. Επίσης, να επισημάνουμε πως ο σωστός

εξαερισμός βοηθάει στον έλεγχο της υγρασίας. Μια κατασκευή πρέπει να έχει σωστή μόνωση περιμετρικά και από τα θεμέλια έως και τη στέγη.

Μετρα εξοικονόμησης ενέργειας.	Κατηγορίες Κτηρίων					
	Μονο/οικία	Πολυ/οικία	Νοσ/μεία	Ξεν/χεία	Σχολεία	Γραφεία
Μόνωση εξωτερικών τοίχων	50%	42%	30%	20%	20%	32%
Μόνωση οροφής	12%	8%	6%	6%	10%	5%
Διπλά τζάμια	2%	6%	2%	4%	2%	4%
Αεροστεγανωση	10%	8%	10%	10%	5%	10%

**Πίνακας 1.2.1** Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας μετά από εφαρμογή μονωτικών μεθόδων

Τα μονωτικά υλικά μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τη χημική σύνθεση των συστατικών τους. Επομένως ταξινομούνται σε οργανικά, ανόργανα και σύνθετα (οργανικές και ανόργανες ενώσεις) .

### 1.3 Η Θερμομόνωση Γενικά

Ως θερμομόνωση, στις κτιριακές κατασκευές, ορίζεται το σύνολο των κατασκευαστικών μέτρων τα οποία λαμβάνονται για τη μείωση της μετάδοσης θερμότητας είτε μεταξύ των εσωτερικών χώρων του κτιρίου και της ατμόσφαιρας είτε μεταξύ εσωτερικών χώρων του κτιρίου διαφορετικής θερμοκρασίας.

Όταν η θερμική μόνωση γίνει με τα κατάλληλα υλικά και την κατάλληλη μεθοδολογία τότε θα μας εξασφαλίσει :

- Ευχάριστη και υγιεινή διαμονή των ενοίκων μια κατοικίας
- Την ταυτόχρονη προστασία από τους θορύβους, καθώς πολλά θερμομονωτικά υλικά είναι και ηχομονωτικά.
- Μείωση των εξόδων θέρμανσης των κτιρίων, ειδικά τους κρύους μήνες του χρόνου, όπου η ανάγκη για τεχνητά συστήματα ελέγχου του εσωτερικού περιβάλλοντος είναι υπαρκτά.
- Μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος, είτε ατμοσφαιρική είτε θερμική.

### 1.3.1 Ποιότητα Θερμομόνωσης

Παλαιότερα, ένα βασικό κατασκευαστικό λάθος ήταν η μερική θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων, αφού λόγω τεχνικών δυσκολιών δεν μονωνόταν ο φέροντας οργανισμός των κτιρίων, δοκάρια και κολώνες. Ένας άλλος λόγος είναι ότι το μπετόν, έχει πολύ υψηλό συντελεστή θερμοπερατότητας, είναι καλός αγωγός της ελλιπής εφαρμογής της θερμομόνωσης και δημιουργεί θερμογέφυρες στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου.

Στις νέες κατασκευές, ιδιαίτερα στις πολυκατοικίες ήρθε να προστεθεί ένα καινούργιο πρόβλημα στην ενεργειακή απόδοση τους, με την κατασκευή πιλοτής. Η πιλοτή είναι και αυτή μια οριζόντια επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό ψυχρό αέρα και κατά συνέπεια συμβάλλει στις θερμικές απώλειες του κτίσματος.

Σήμερα οι τεχνικές εφαρμογής θερμομόνωσης στα κτίρια έχουν βελτιωθεί, μαζί και η δημιουργία θερμογεφυρών και οι συνέπειες τους. Για παράδειγμα, η θερμομόνωση πρέπει να τοποθετείται στο εσωτερικό τμήμα της διπλής πλινθοδομής, ιδιαίτερα σε περίπτωση εγκατάστασης συρόμενων ανοιγμάτων, προκειμένου να είναι αποδοτική. Τα συρόμενα παράθυρα λειτουργούν σαν δίοδοι κυκλοφορίας του εξωτερικού ψυχρού αέρα ανάμεσα στην διπλή πλινθοδομή, και σε περίπτωση μόνωσης του εξωτερικού τμήματος της πλινθοδομής, ο αέρας μεταδίδει το ψύχος πολύ εύκολα στους εσωτερικούς θερμαινόμενους χώρους. Η κακή εγκατάσταση συρόμενων ανοιγμάτων δημιουργεί στην ουσία ακόμα μία θερμογέφυρα στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου.

Επιβάλλεται ο σωστός έλεγχος και κατασκευή της θερμομόνωσης, ιδιαίτερα στα σημεία ένωσης των θερμομονωτικών πλακών. Το μεγαλύτερο ποσοστό απωλειών παρουσιάζεται στις οριζόντιες εξωτερικές επιφάνειες ενός κτίσματος. Ιδιαίτερα η οροφή παρουσιάζει τις μεγαλύτερες απώλειες ανά μονάδα επιφανείας, και σε περίπτωση κακοτεχνίας λόγω συχνής συγκέντρωσης βρόχινων νερών, η ενεργειακή συμπεριφορά της επιβαρύνεται. Από τα παλιά κτίρια κατοικιών που έχουν εφαρμόσει θερμομόνωση, το μεγαλύτερο ποσοστό αφορά την οροφή, και αυτό μειώνει αυτόματα τις απώλειες θερμότητας.



### 1.3.2 Βασικοί Ορισμοί της Θερμομόνωσης

Πριν προχωρήσουμε στα επόμενα κεφάλαια, στην ανάλυση και μελέτη της θερμομόνωσης, θα αναλύσουμε τους βασικότερους ορισμούς που την διέπουν.

- Μονάδα θερμότητας

Ως μονάδα μέτρησης της θερμότητας ορίζεται η χιλιοθερμίδα (Kcal), η οποία είναι η ποσότητα της θερμότητας που απαιτείται για να θερμανθεί 1 Kg νερού σε ατμοσφαιρική πίεση κατά μία μονάδα θερμότητας και συγκεκριμένα από τους 14,5 °C στους 15,5 °C. Η ενέργεια μετράται επίσης σε τζάουλ (J) και σε βατώρες (W\*h). Η αντιστοιχία μεταξύ των μονάδων αυτών είναι :

$$1 \text{ Kcal} = 4.186,8 \text{ J} = 1,163 \text{ W*h}$$

Με τον όρο θερμότητα νοείται η θερμική ενέργεια

- Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία ρέει σε 1 ώρα μέσα από στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια 1m<sup>2</sup> και πάχος 1m, όταν η πτώση της θερμοκρασίας προς την κατεύθυνση της ροής της θερμότητας (διαφορά θερμοκρασίας των δύο επιφανειών) είναι ένας βαθμός Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση, δηλαδή η θερμοκρασία τοπικά παραμένει σταθερή με το χρόνο. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μετράται σε βατ ανά μέτρο και βαθμό Κέλβιν ( W / m\*K ).

- Συντελεστής θερμοδιαφυγής, Λ

Ο συντελεστής θερμοδιαφυγής δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία ρέει σε 1 ώρα μέσα από στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια 1m<sup>2</sup> και πάχος d m, όταν μεταξύ των δύο επιφανειών υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ενός βαθμού Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση. Ο συντελεστής θερμοδιαφυγής μετράται σε βατ ανά τετραγωνικό μέτρο και βαθμό Κέλβιν (W/ m<sup>2</sup>\*K).

Για ομοιογενή υλικά είναι :

$$\Lambda = d$$

λ σε (W/m<sup>2</sup>\*K)

- Αντίσταση θερμοδιαφυγής,  $1/\Lambda$

Ως αντίσταση θερμοδιαφυγής ορίζεται το αντίστροφο του συντελεστή θερμοδιαφυγής. Η αντίσταση θερμοδιαφυγής μετράται σε τετραγωνικά μέτρα επί βαθμούς Κέλβιν ανά βατ ( $m^2 \cdot K/W$ ).

- Συντελεστής θερμικής μεταβίβασης,  $\alpha$

Ο συντελεστής θερμικής μεταβίβασης δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία μεταβιβάζεται σε 1 ώρα μεταξύ στοιχείου της κατασκευής, που έχει επιφάνεια  $1m^2$  και του αέρα, ο οποίος βρίσκεται σε επαφή μ'αυτό, όταν μεταξύ τους υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ενός βαθμού Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση. Ο συντελεστής θερμικής μεταβίβασης μετράται σε βατ ανά τετραγωνικό μέτρο και βαθμό Κέλβιν ( $W/ m^2 \cdot K$ ).

- Αντίσταση θερμικής μεταβίβασης,  $1/\alpha$

Ως αντίσταση θερμικής μεταβίβασης ορίζεται το αντίστροφο του συντελεστή θερμικής μεταβίβασης. Η αντίσταση θερμικής μεταβίβασης μετράται σε τετραγωνικά μέτρα επί βαθμούς Κέλβιν ανά βατ ( $m^2 \cdot K/W$ ).

- Συντελεστής θερμοπερατότητας,  $K$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία διέρχεται σε 1 ώρα μέσα από επιφάνεια  $1m^2$  της κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα, που βρίσκεται στη μία και στην άλλη πλευρά της κατασκευής, είναι ένας βαθμός Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας μετράτε σε βατ ανά τετραγωνικό μέτρο και βαθμό Κέλβιν ( $W/ m^2 \cdot K$ ).

- Αντίσταση θερμοπερατότητας,  $1/K$

Ως αντίσταση θερμοπερατότητας ορίζεται το αντίστροφο του συντελεστή θερμοπερατότητας. Η αντίσταση θερμοπερατότητας μετράται σε τετραγωνικά μέτρα επί βαθμούς Κέλβιν ανά βατ ( $m^2 \cdot K/W$ ).

- Μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας κτηρίου,  $K_m$

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας κτηρίου δίνεται από τη σχέση:

$$K_m = F \cdot \Delta T$$

οπ σε ( $W / m^2 \cdot K$ ) (2)

όπου είναι :

$Q_T$  η ποσότητα της θερμότητας που μεταδίδεται σε 1 ώρα από τον εσωτερικό χώρο του κτηρίου στο εξωτερικό περιβάλλον σε βατώρες ( $W \cdot h$ ),

$F$  το εμβαδόν της εξωτερικής επιφάνειας του κτηρίου σε τετραγωνικά μέτρα ( $m^2$ ) και

$\Delta T$  η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού χώρου και του εξωτερικού περιβάλλοντος σε βαθμούς Κέλβιν ( $K$ ).

- Ειδική θερμοχωρητικότητα,  $c$

Η ειδική θερμοχωρητικότητα δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία 1 Kg του υλικού κατά ένα βαθμό Κέλβιν. Η ειδική θερμοχωρητικότητα μετράται σε βατώρες ανά χιλιόγραμμα και βαθμό Κέλβιν ( $W \cdot h / Kg \cdot K$ ).

- Συντελεστής θερμοχωρητικότητας,  $S$

Ο συντελεστής θερμοχωρητικότητας δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία 1  $m^3$  του υλικού κατά ένα βαθμό Κέλβιν. Ο συντελεστής θερμοχωρητικότητας μετράται σε βατώρες ανά κυβικό μέτρο και βαθμό Κέλβιν ( $W \cdot h / m^3 \cdot K$ ).

### 1.3.3 Μετάδοση θερμότητας

Η όλη διαδικασία της θερμομόνωσης γίνεται για να μειώσουμε τους ρυθμούς ροής της θερμότητας μέσα από τα τοιχώματα που χωρίζουν χώρους με διαφορετικές θερμοκρασίες.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί μηχανισμοί με τους οποίους πραγματοποιείται αυτή η μεταφορά ενέργειας.

#### 1. Μετάδοση θερμότητας με αγωγή :

Η αγωγή θερμότητας αναφέρεται σε μακροσκοπικώς ακίνητα σώματα, στερεά ή ρευστά, και συνδέεται με τη συναλλαγή ενέργειας σε μοριακό επίπεδο. Στην περίπτωση των στερεών σωμάτων η μετάδοση της θερμότητας επιτυγχάνεται εύκολα λόγω της πολύ μικρής απόστασης μεταξύ των μορίων κάθε σώματος. Στα υγρά σώματα, την αγωγιμότητα βοηθούν οι ελαστικές κρούσεις των μορίων.

#### 2. Μετάδοση θερμότητας με μεταφορά (συναγωγή) :

Βασίζεται στη δυνατότητα μεταβίβασης της θερμότητας σε υγρά ή αέρια σώματα μέσω της μετακίνησης των θερμών μορίων. Έχουμε δυο περιπτώσεις μετάδοσης της θερμότητας, με φυσική κυκλοφορία ή με εξαναγκασμένη κυκλοφορία. Ένα καλό παράδειγμα της πρώτης περίπτωσης είναι η χρήση σωμάτων κεντρικής θέρμανσης ενός σπιτιού, όπου ο θερμαινόμενος (αρχικά μόνο με αγωγή) ακίνητος αέρας, λόγω μείωσης της πυκνότητας του, προκαλεί φυσική κυκλοφορία στο εσωτερικό του δωματίου. Στην περίπτωση της εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, ένα καλό παράδειγμα είναι η χρήση ανεμιστήρα για την ψύξη μιας θερμής επιφάνειας.

Ο μηχανισμός της συναγωγής είναι πολύ πιο έντονος από τον αντίστοιχο της αγωγής.

#### 3. Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία :

Αυτή συμβαίνει μεταξύ στερεών σωμάτων με διαφορετική θερμοκρασία που διαχωρίζονται από αέρα και μεταδίδεται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Η ακτινοβολία δημιουργείται με αλλαγές στην ενεργειακή κατάσταση των ηλεκτρονίων των ατόμων του σώματος. Σε αντίθεση με τους άλλους δυο μηχανισμούς μετάδοσης θερμότητας η μετάδοση με ακτινοβολία δεν απαιτεί την ύπαρξη ύλης, αλλά μπορεί να πραγματοποιηθεί και εν κενό. Ένα παράδειγμα

μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία αφορά την περίπτωση μιας μικρής επιφάνειας η οποία περικλείεται ολοκληρωτικά από μια αρκετά μεγαλύτερη επιφάνεια, η οποία βρίσκεται σε διαφορετική θερμοκρασία. (π.χ. τα τοιχώματα ενός φούρνου)

### 1.3.4 Θερμογέφυρες

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι μιας μελέτης θερμομόνωσης είναι οι θερμογέφυρες. Ως θερμογέφυρες χαρακτηρίζονται τα επί μέρους τμήματα ή σημεία του εξωτερικού κελύφους του κτιρίου, η θερμική αντίσταση των οποίων υπολείπεται σημαντικά των δομικών στοιχείων του υπόλοιπου περιβλήματος. Το πρόβλημα της θερμογέφυρας παρουσιάζεται συνήθως στις απολήξεις των πλακών, τα όρια της εξωτερικής τοιχοποιίας, τις ποδιές ανοιγμάτων, τα ανώφλια κ.ά.

Οι συνέπειες των θερμογεφυρών σε ένα κτίριο είναι οι εξής :

- Απώλεια θερμότητας. Οι θερμικές απώλειες από τις θερμογέφυρες αποτελούν σημαντικό ποσοστό των ολικών απωλειών του κτηρίου, παρά το γεγονός ότι συνήθως αποτελούν ένα μικρό τμήμα του εξωτερικού κελύφους του.
- Συμπύκνωση υδρατμών. Η συμπύκνωση και υγραποίηση των υδρατμών στον εσωτερικό χώρο της περιοχής σχηματισμού θερμογέφυρας σε ένα δομικό στοιχείο, είναι το πιο συνηθισμένο αποτέλεσμα ελλιπούς θερμομόνωσης του στοιχείου αυτού. Το πρόβλημα αρχίζει, καθώς οι υδρατμοί που δημιουργούνται κατά τη χρησιμοποίηση του κτηρίου έρχονται σε επαφή (λόγω μετάδοσης της θερμότητας) με τα ψυχρότερα τμήματα του εξωτερικού κελύφους, στην περιοχή των θερμογεφυρών (λόγω ελλιπούς θερμομόνωσής τους). Κατά την επαφή αυτή, οι υδρατμοί μετατρέπονται σε νερό και τελικά σε μούχλα και επιφανειακές βλάβες.
- Επιφανειακές βλάβες. Η συμπύκνωση υδρατμών και οι ανομοιόμορφες επιφανειακές θερμοκρασίες δημιουργούν τοπική συσσώρευση της αιωρούμενης σκόνης στην εσωτερική επιφάνεια του κτηρίου. Το αποτέλεσμα είναι η εμφάνιση λεκέδων και ξεφλουδισμάτων του υφιστάμενου εσωτερικού επιχρίσματος στην περιοχή της θερμογέφυρας, το οποίο έχει σαν συνέπεια τη συνεχή ανάγκη

επισκευών και συντήρησης. Μειωμένη θερμική άνεση. Στα σημεία ή τμήματα των δομικών στοιχείων στα οποία σχηματίζονται θερμογέφυρες, λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας τους, δημιουργείται μία δυσάρεστη αίσθηση ρευμάτων αέρα στον άνθρωπο (λόγω ακτινοβολίας). Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα από την εσωτερική επιφάνεια του αμόνωτου δομικού στοιχείου.

Οι θερμογέφυρες προσαυξάνουν τις ενεργειακές απώλειες ενός κτιρίου κατά ένα ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 5% και 30% .



**Εικόνα 1.3.4.1** Σημάδια από υγρασία συμπύκνωσης, που είναι αποτέλεσμα ελλιπούς θερμομόνωσης του στοιχείου αυτού. Το σημείο αυτό αποτελεί θερμογέφυρα.

## 2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ”

#### 2.1 Ρόλος και Κριτήρια Επιλογής των Θερμομονωτικών Υλικών

Τα θερμομονωτικά υλικά καθορίζουν τη συμπεριφορά του κτηριακού κελύφους από πλευράς δομικής φυσικής και σκοπός τους είναι η μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας.

Γενικά, τα θερμομονωτικά υλικά οφείλουν την ιδιότητα της θερμικής τους αντίστασης στον αέρα που περιέχεται μέσα τους. Ο αέρας θεωρείται «κακός αγωγός» της θερμότητας, δηλαδή έχει χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Έτσι μπορούμε να ξεχωρίσουμε ποια θερμομονωτικά υλικά προσφέρουν μεγαλύτερη θερμική προστασία.

Στις ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών συγκαταλέγονται :

- Η πυκνότητα
- Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$
- Η συμπεριφορά έναντι της υγρασίας
- Η αντοχή του σε θερμικές καταπονήσεις
- Η επίδραση σ' αυτό της ηλιακής ακτινοβολίας
- Η πυραντοχη του
- Η ηχομονωτική του ικανότητα
- Οι μηχανικές του αντοχές
- Η διάρκεια ζωής του

Πιο αναλυτικά, τα κριτήρια επιλογής των θερμομονωτικών υλικών είναι :

##### 1. Θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά

- Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$ .
- Η εξάρτηση του  $\lambda$  από τη θερμοκρασία
- Η εξάρτηση του  $\lambda$  από την υγρασία. Αυξάνει σημαντικά με τη συμπύκνωση υδρατμών μέσα στη μάζα και αν διαβραχεί όλη η μάζα του τότε παύει να έχει θερμομονωτική δράση.

- Η ειδική θερμότητα
  - Ο συντελεστής θερμικής διαστολής. Όσο χαμηλότερος είναι, τόσο μικρότερος ο κίνδυνος οικοδομικών μικροζημιών
2. Τρόπος εφαρμογής
- Προκατασκευασμένα προϊόντα ή κατασκευή επί τόπου
  - Απαιτούμενα προστατευτικά μέτρα
  - Δυνατότητα ελέγχου κατά την κατασκευή
3. Μηχανικές ιδιότητες
- Αντοχή σε θλίψη, κάμψη και δονήσεις
  - Αλλοιώσεις με το χρόνο
  - Πυκνότητα
  - Ελαστικότητα, ευθραυστότητα
4. Χημική συμπεριφορά – ανθεκτικότητα
- Αντίσταση στη διάβρωση, στους μικροοργανισμούς, έντομα, κτλ.
  - Συμπεριφορά στην υγρασία
  - Συμπεριφορά στη φωτιά και στις μέγιστες επιτρεπόμενες θερμοκρασίες λειτουργίας
  - Βαθμός ευαισθησίας σε υπεριώδη ακτινοβολία, σε διάφορα αέρια και σε διάφορους διαλύτες ή το θαλασσινό νερό
5. Οικονομικά στοιχεία
- Επιπρόσθετο κόστος προμήθειας και εγκατάστασης
  - Χρόνος απόσβεσης δαπάνης
  - Ποσοστό προστιθέμενης αξίας στην όλη κατασκευή

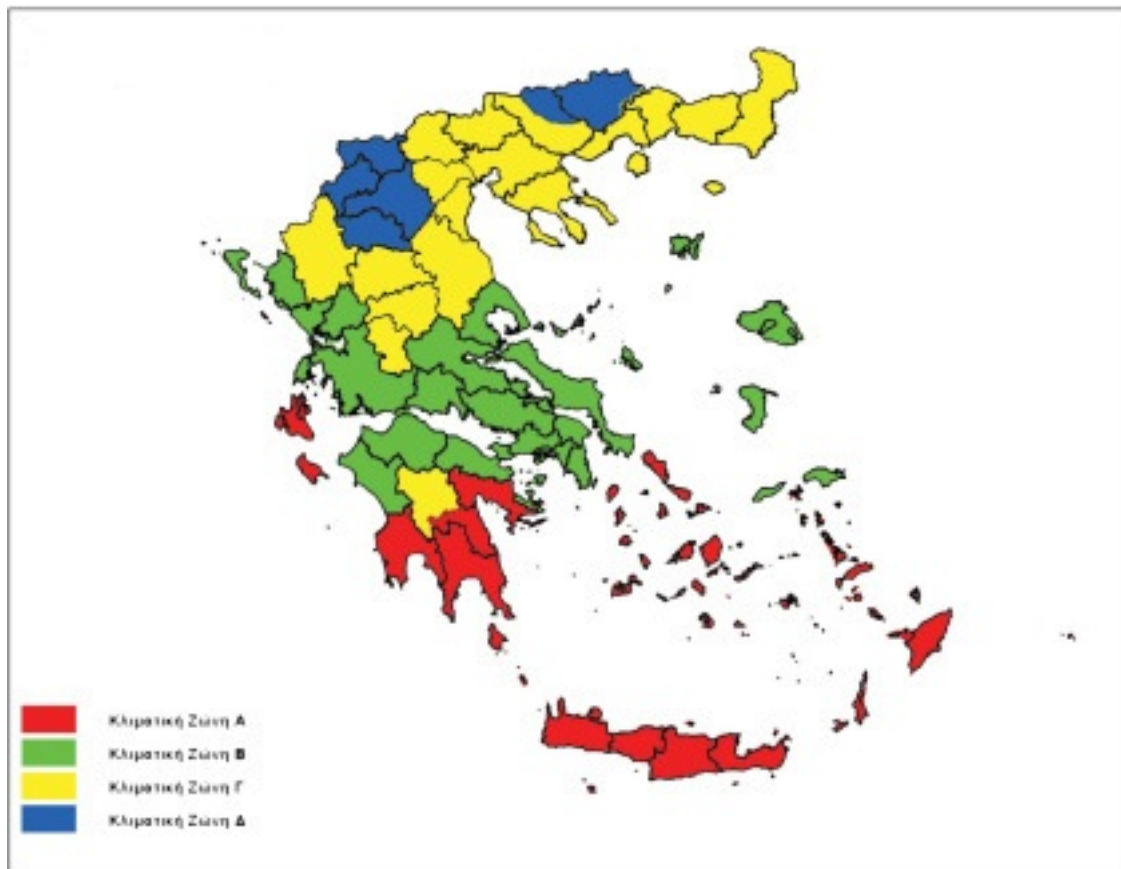
Εκτός από τα παραπάνω, η επιλογή πρέπει να γίνεται βάσει μελέτης από τον μηχανικό λαμβάνοντας υπόψη και τις εξής παραμέτρους :

- Την κλιματική ζώνη και τα ανώτατα όρια του συντελεστή θερμοπερατότητας που ορίζονται από τους κανονισμούς. Αυτό ουσιαστικά ρυθμίζει το πάχος της μόνωσης προκειμένου να μη γίνει υπέρβαση στα επιβαλλόμενα όρια.
- Το τοπικό κλίμα και κυρίως την υγρασία της περιοχής. Η υγρασία είναι ένας κλιματικός παράγοντας που επηρεάζει την συμπεριφορά αρκετών μονωτικών



υλικών, και στην χειρότερη περίπτωση προκαλεί εξασθένηση στις θερμομονωτικές τους ιδιότητες. Πρέπει λοιπόν τα θερμομονωτικά υλικά να επιλέγονται βάσει των προδιαγραφών τους για την κάθε κλιματική περίπτωση, αλλά και το δομικό στοιχείο στο οποίο θα τοποθετηθούν. Είναι σκόπιμο στις οροφές να εφαρμόζεται παράλληλα και υγρομόνωση.

- Τη διάρκεια ζωής μίας θερμομόνωσης, που εξαρτάται από πολλούς παράγοντες αλλά κυρίως τους κλιματολογικούς, όπως η υγρασία, και η θερμοκρασία.



**Εικόνα 2.1.1** Οι κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα

Πέραν της καλής κατασκευής της θερμομόνωσης, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα και για την προστασία της. Η θερμομόνωση ενός κτιρίου πρέπει να προστατεύεται έναντι των καιρικών συνθηκών μόνο με την κάλυψή της από δομικά στοιχεία που αντέχουν σε παγετούς, βροχοπτώσεις και ισχυρές ανεμοπτώσεις. Για την εξασφάλιση της καλής απόδοσης μια θερμομόνωσης πρέπει να υπάρχει εξωτερική κάλυψη με κατάλληλο υδατοστεγές επίχρισμα ή επένδυση με υλικά ανθεκτικά στον παγετό που θα φέρουν

επιμελής αρμολόγηση με τσιμεντοκονία, όπως κεραμικών πλακών φυσικούς λίθους τεχνητές λίθινες πλάκες.

## 2.2 Θερμομονωτικά υλικά

Τα θερμομονωτικά υλικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες, με βάση την πρώτη ύλη των υλικών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αυτών. Οπότε έχουμε :

- Ορυκτά υλικά, όπως η άμμος, το γυαλί κ.τ.λ.
- Πετροχημικές πρώτες ύλες για αφρώδες πλαστικό, όπως το στυρόλιο και η ουρεθάνη
- Οργανικά φυσικά υλικά, όπως ο φελλός, το ξύλο, η κυτταρίνη και το μαλλί

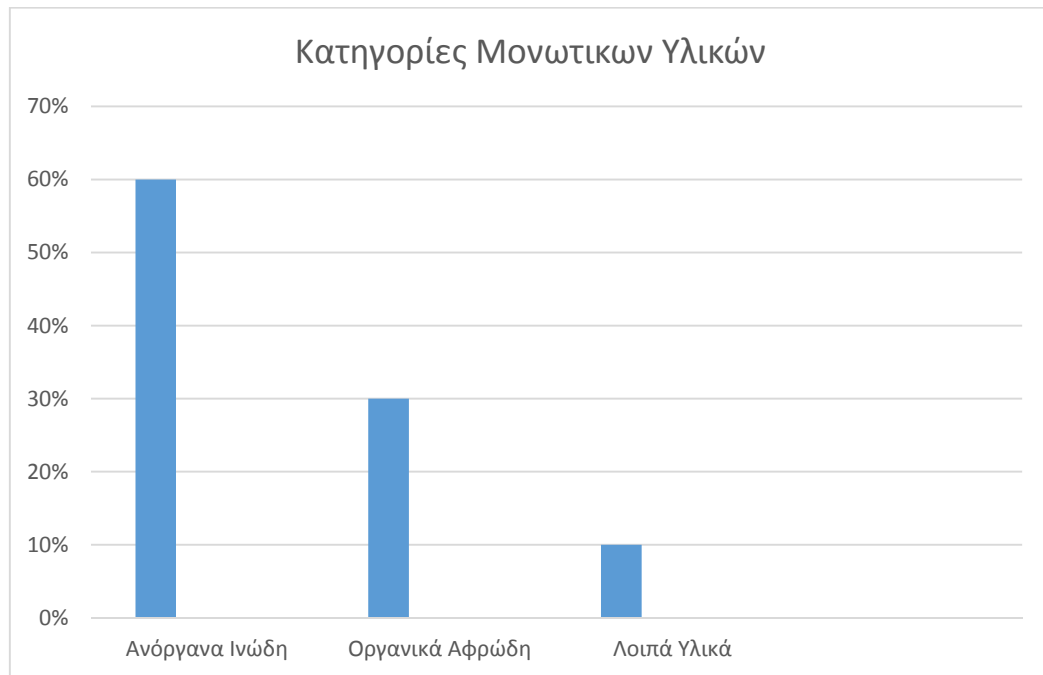
Εάν τα ταξινομούσαμε με βάση τη δομή τους θα μπορούσαμε να τα χωρίσουμε σε :

- Αφρώδη, στα οποία ο αέρας υπάρχει μέσα τους με μορφή φυσαλίδων
- Ινώδη, στα οποία ο αέρας περιέχεται ανάμεσα στις ίνες του, όπως συμβαίνει σε ένα μάλλινο ύφασμα.

Σήμερα στην αγορά υπάρχει μεγάλη ποικιλία θερμομονωτικών υλικών όπως :

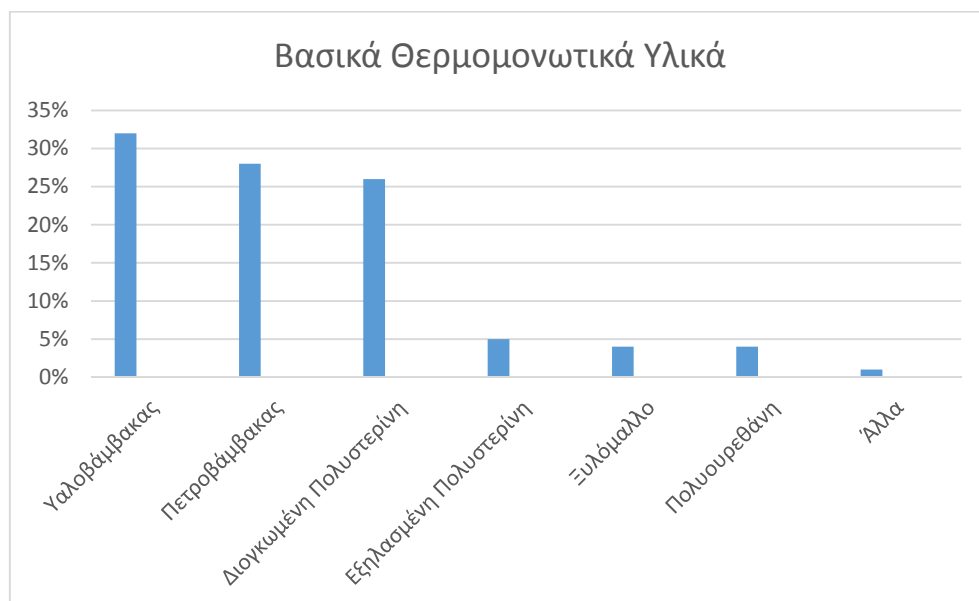
- Εξηλασμένη πολυστερίνη (Extruded Polystyrene - XPS)
- Διογκωμένη πολυστερίνη (Expanded Polystyrene - EPS)
- Πολυουρεθάνη (PUR)
- Υαλοβάμβακας (Glass Wool – GW)
- Ξυλόμαλλο (Wood Wool – WW)
- Πετροβάμβακας ( Rock Wool – RW)
- Περλιτοειδή
- Αφρώδες γυαλί (Cellular Glass - CG)
- Φελλός
- PVC
- Κυψελωτό σκυρόδεμα
- Θερμομονωτικά τούβλα
- Πλάκες περλιτουάλου

Στην κεντροευρωπαϊκή αγορά κυριαρχούν τα ανόργανα ινώδη υλικά, με τα οργανικά αφρώδη να έπονται και τα υπόλοιπα υλικά να συμπληρώνουν το εναπομείναν ποσοστό.



**Σχήμα 2.2.1** Κατηγορίες μονωτικών υλικών.

Πιο συγκεκριμένα :



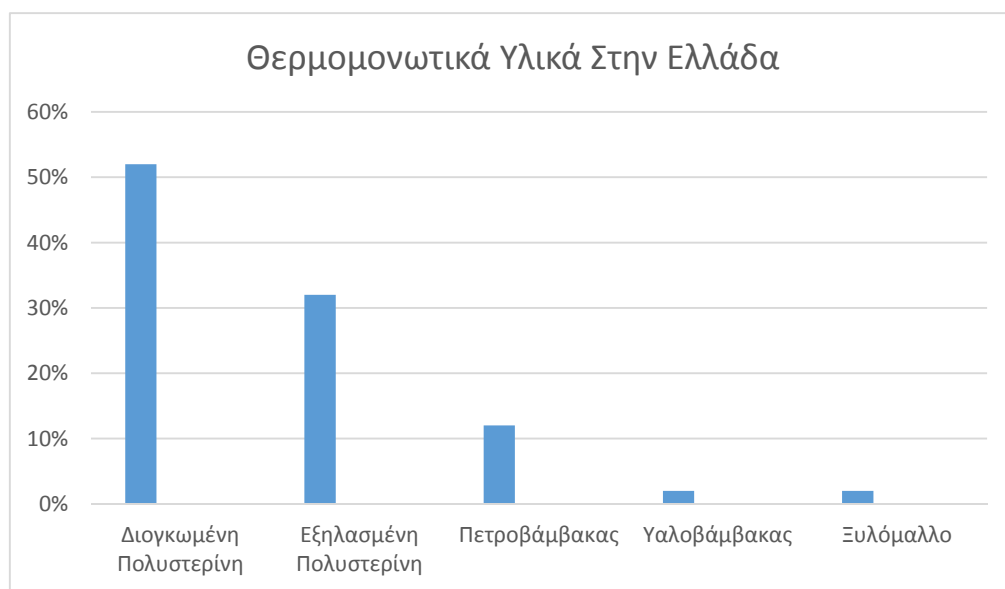
**Σχήμα 2.2.2** Ποσοστό χρήσης θερμομονωτικών υλικών στην Ευρωπαϊκή αγορά

Κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 90' εμφανίστηκαν δυο νέες κατηγορίες υλικών, τα διαφανή θερμομονωτικά υλικά και τα οργανικά ινώδη υλικά από οικολογική πρώτη ύλη ( μαλλί προβάτων ). Παρά το ενδιαφέρον, από την επιστημονική κοινότητα, παρέμειναν στο περιθώριο της αγοράς, εξαιτίας του υψηλού κόστους τους. Είναι όμως σημαντικό να

αναφέρουμε πως, η εξέλιξη των υλικών ( όπως το προβατόμαλλο) προέκυψε από την ανάγκη παραγωγής ενός θερμομονωτικού υλικού το οποίο θα έχει όσο το δυνατόν λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον, μετά το πέρας της ωφέλιμης ζωής του. Συνοψίζοντας παρατηρούμε πως η ευρωπαϊκή αγορά χαρακτηρίζεται από διαφοροποίηση και πολυμορφία στην προσπάθεια αναζήτησης του κατάλληλου υλικού ανάλογα με το δομικό στοιχείο, τη μορφολογία του κτηρίου, και τους οικονομικούς περιορισμούς.

Στην Ελλάδα, η δεκαετία του 80' χαρακτηρίστηκε από εξαιρετική ανάπτυξη, ενώ στη δεκαετία του 1990 πήρε τη μορφή που παρουσιάζει και σήμερα η εγχώρια ζήτηση. Παράλληλα έγινε μια σημαντική προσπάθεια διάδοσης της αναγκαιότητας της θερμομόνωσης στους τελικούς καταναλωτές, με πολύ καλά αποτελέσματα. Σήμερα, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός επιχειρήσεων, με πιο γνωστές τις Knauf και Dow Xenergy που ασχολούνται με την παραγωγή, εισαγωγή και διακίνηση μονωτικών υλικών. Όμως, παρά το γεγονός ότι υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός μονωτικών υλικών, τρία από αυτά μονοπωλούν την αγορά αφού καλύπτουν πάνω από το 90% της ζήτησης.

Στην Ελληνική αγορά κυριαρχούν η διογκωμένη και η εξηλασμένη πολυστερίνη, ενώ σε μικρό ποσοστό εμφανίζονται το ξυλόμαλλο, ο υαλοβάμβακας και η πολυουρεθάνη.



**Σχήμα 2.2.3** Χρήση θερμομονωτικών υλικών στην Ελληνική αγορά τη δεκαετία του 2000

Παρακάτω αναλύουμε τις ιδιότητες των σημαντικότερων θερμομονωτικών υλικών.

- **Διογκωμένη πολυστερίνη**

Ένα από τα πιο διαδεδομένα θερμομονωτικά υλικά στην Ελλάδα αλλά και στην Ευρώπη γενικότερα, είναι η διογκωμένη πολυστερίνη, ή εν συντομία EPS (Expanded Polystyrene). Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι ένα ελαφρύ, άκαμπτο, πλαστικό και αφρώδες υλικό που παράγεται από συμπαγείς σταγόνες πολυστυρολίου και αποτελείται κατά 98% από αέρα. Το υλικό αυτό όταν θερμανθεί με ατμό, παράγει τέλεια κλειστές σφαιρικές κυψέλες EPS. Η διαστολή επιτυγχάνεται λόγω των μικρών ποσοτήτων πεντανίου αερίου που απελευθερώνονται μέσα στο πολυστυρόλιο κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.

Η διογκωμένη πολυστερίνη χρησιμοποιείται στη δόμηση για την θερμική προστασία πολλών δομικών στοιχείων, όπως δωματίων και στεγών, ψευδοροφών, δαπέδων επί εδάφους, κατακόρυφων στοιχείων φέροντος οργανισμού και αλλά πολλά. Κατά κανόνα χρησιμοποιείται σε πλάκες και σπάνια σε μορφή κόκκων, κυρίως για την πλήρωση κενών.



**Εικόνα 2.2.4** Πλάκες EPS



**Εικόνα 2.2.5** Κόκκοι EPS

Διαθέτει ικανοποιητική θερμομονωτική ικανότητα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας από 0.029 έως 0.041 W/mK, καθώς και καλή αντοχή στη διάχυση υδρατμών και στην απορρόφηση υγρασίας. Απαιτείται προσοχή κατά την παραγωγή της, καθώς μπορεί σχηματιστούν κενά που δεν θα διαμορφώνουν κλειστούς πόρους, με αποτέλεσμα να εισχωρήσει νερό και να αυξηθεί σημαντικά ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Κατά την εγκατάσταση χρησιμοποιείται τσιμεντοειδούς βάσης κόλλα, για την στερέωση της στα εξωτερικά δομικά στοιχεία, και αντιαλκαλικό υαλόπλεγμα

ενίσχυσης, μεταξύ των πλακών πολυστερίνης και του επιχρίσματος έτοιμου σοβά τιμμεντοειδούς βάσης.

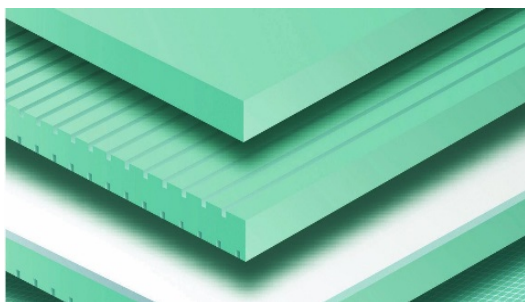
Βασικό της πλεονέκτημα, είναι η ευκολία τοποθέτησης αλλά και η αναλογία τιμής/απόδοσης που προσφέρει. Από την άλλη όμως, προσβάλλεται εύκολα από έντομα, τρωκτικά αλλά και από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, πράγμα που οδηγεί σε περετέρω εργασίες διαφύλαξης της κατασκευής, όπως η επικάλυψη με επίχρισμα.

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
<b>Μηχανικές ιδιότητες</b>				
Πάχος υλικού	cm	1,4	1,6/2/2,5/3/3,5	4,0
Πυκνότητα <sup>1</sup>	kg/m <sup>3</sup>	8	13/15/20/30	50
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm <sup>2</sup>	0,15		0,52
Όριο θραύσης	N/mm <sup>2</sup>	0,09		0,22
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm <sup>2</sup>	0,07		0,26
<b>Ιδιότητες θερμικής προστασίας</b>				
Θερμική αγωγιμότητα λ <sub>R</sub> στους 10°C <sup>2</sup>	W/(mK)	0,029		0,041
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-70		90
<b>Ιδιότητες υγραπροστασίας</b>				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	25	30/40/50/60/70	200
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			5	
<b>Ιδιότητες πυρασφάλειας</b>				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
<b>Ακουστικές ιδιότητες</b>				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
στα 250Hz	-			
στα 1000Hz	-			
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m <sup>2</sup>			
Δυναμική ακαμψία	MN/m <sup>3</sup>	60		100
<b>Αντοχή στη χρήση</b>				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	50		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
<b>Οικονομικά στοιχεία</b>				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m <sup>3</sup>	151	190	269

**Σχήμα 2.2.6** Τεχνικά χαρακτηριστικά διογκωμένης πολυστερίνης

- **Εξηλασμένη πολυστερίνη**

Η εξηλασμένη πολυστερίνη ή εν συντομία XPS ( Extruded Polystyrene ), αποτελεί συγγενικό θερμομονωτικό υλικό της διογκωμένης πολυστερίνης, έχει όμοια σύσταση με αυτήν , αλλά διαφορετική μέθοδο επεξεργασίας. Κυκλοφορεί στο εμπόριο σε μορφή πλακών, διαφορετικής πυκνότητας ανάλογα με την εφαρμογή, με επίπεδη ή ανάγλυφη επιφάνεια για την επίτευξη καλύτερης πρόσφυσης του κονιάματος του επιχρίσματος. Όπως και η διογκωμένη πολυστερίνη, η εξηλασμένη πολυστερίνη χρησιμοποιείται στη δόμηση για την θερμική προστασία σχεδόν όλων των δομικών στοιχείων. Διαθέτει πολύ καλές θερμομονωτικές ιδιότητες με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που κυμαίνεται από 0.025 έως 0.035 W/mK.



**Εικόνα 2.2.7** EPS με ανάγλυφη επιφάνεια

Η εξηλασμένη πολυστερίνη έχει όμοια συμπεριφορά με την διογκωμένη πολυστερίνη, όσον αφορά την προσβολή της από έντομα, τρωκτικά και την ευαισθησία της στην ηλιακή ακτινοβολία, η οποία αποχρωματίζει την επιφάνεια της και καθιστά τις κυψέλες της εύθραυστες. Η μέθοδος εγκατάστασης είναι η ίδια με αυτή της διογκωμένης πολυστερίνης. Τέλος, ούτε η διογκωμένη αλλά ούτε και η εξηλασμένη πολυστερίνη παρουσιάζουν ηχομονωτικές ιδιότητες.

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
<b>Μηχανικές ιδιότητες</b>				
Πάχος υλικού	cm	2	2,5/3/4/5	12
Πυκνότητα	kg/m <sup>3</sup>	20	30/35/40/60	80
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm <sup>2</sup>	0,30	0,33/0,34	0,35
Όριο θραύσης	N/mm <sup>2</sup>			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm <sup>2</sup>	0,15	0,20/0,25/0,30/0,5	0,70
<b>Ιδιότητες θερμικής προστασίας</b>				
Θερμική αγωγιμότητα λ <sub>R</sub> στους 10°C	W/(mK)	0,025	0,032/0,33	0,035
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-60		75
<b>Ιδιότητες υγροπροστασίας</b>				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	80	100/160/200	200
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			<1	
<b>Ιδιότητες πυρασφάλειας</b>				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
<b>Ακουστικές ιδιότητες</b>				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
στα 250Hz	-			
στα 1000Hz	-			
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m <sup>2</sup>			
Δυναμική ακαμψία	MN/m <sup>3</sup>			
<b>Αντοχή στη χρήση</b>				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος		50	
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
<b>Οικονομικά στοιχεία</b>				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m <sup>3</sup>	23	28	32

Σχήμα 2.2.8 Τεχνικά χαρακτηριστικά εξηλασμένης πολυστερίνη



- **Υαλοβάμβακας**

Ο υαλοβάμβακας ανήκει στην κατηγορία των ανόργανων ινώδων υλικών. Προέρχεται από ορυκτές πρώτες ύλες και τα βασικά του συστατικά είναι το διοξείδιο του πυριτίου (χαλαζίας), ο δολομίτης, ο ασβεστόλιθος και η ανθρακική σόδα. Κυκλοφορεί στο εμπόριο σε μορφή παπλώματος με ή χωρίς επένδυση αλουμίνιου, σε μορφή πλακών και σε μορφή ειδικά μορφοποιημένων κογχυλιών για χρήση σε μόνωση σωληνώσεων. Τα προϊόντα υαλοβάμβακα έχουν συνήθως κίτρινο χρώμα, το οποίο προκύπτει από την επεξεργασία των ινών του γυαλιού με τη θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη.

Ο υαλοβάμβακας είναι άοσμος, δεν προσβάλλεται από μικροοργανισμούς, δεν φθείρεται, ούτε αποσυντίθεται με την πάροδο του χρόνου. Διαθέτει επίσης ανθεκτικότητα στη θερμοκρασία για ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών από  $-100^{\circ}\text{C}$  έως  $500^{\circ}\text{C}$ . Επιπλέον η απόδοση του ως ηχομονωτικό υλικό είναι σε καλύτερα επίπεδα σε σύγκριση με αλλά ως προς αυτήν την ιδιότητα υλικά.



**Εικόνα 2.2.9** Υαλοβάμβακας με ή χωρίς επικάλυψη αλουμίνιου

Τέλος, ο υαλοβάμβακας αποτελεί μια καλή θερμομονωτική λύση υπό την προϋπόθεση ότι προστατεύεται από τη διείσδυση της υγρασίας, για αυτό κρίνεται απαραίτητη η προστασία του με φράγμα υδρατμών στη θερμή όψη.

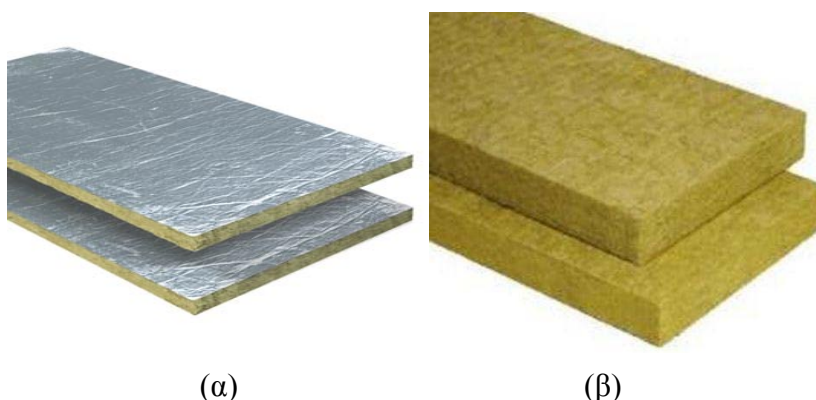
Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
<b>Μηχανικές ιδιότητες</b>				
Πάχος υλικού	cm	1	3/4/5/8/10/12/14/ 15	18
Πυκνότητα	kg/m <sup>3</sup>	13	18/23/60/65/80	100
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm <sup>2</sup>		0,005	
Όριο θραύσης	N/mm <sup>2</sup>	0,005		0,015
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm <sup>2</sup>		0,1	
<b>Ιδιότητες θερμικής προστασίας</b>				
Θερμική αγωγιμότητα λ <sub>R</sub> στους 10°C <sup>1</sup>	W/(mK)	0,030	0,0338	0,045
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-100	-	500
<b>Ιδιότητες υγροπροστασίας</b>				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	<1		1
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία		<0,1	0,2/0,5...1	1
<b>Ιδιότητες πυρασφάλειας</b>				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B1	A2	A1
<b>Ακουστικές ιδιότητες</b>				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-	0,1		0,79
στα 250Hz	-	0,26		0,79
στα 1000Hz	-	0,71		0,97
στα 4000Hz	-	0,96		0,95
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m <sup>2</sup>	5	8/12/18	>35
Δυναμική ακαμψία	MN/m <sup>3</sup>	>25	17/13/10	<5
<b>Αντοχή στη χρήση</b>				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
<b>Οικονομικά στοιχεία</b>				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m <sup>3</sup>	90	110	430

**Σχήμα 2.2.10** Τεχνικά χαρακτηριστικά υαλοβάμβακα

- **Πετροβάμβακας**

Όπως και ο υαλοβάμβακας έτσι και ο πετροβάμβακας ανήκει στην κατηγορία των ανόργανων ινώδων υλικών. Ο πετροβάμβακας παράγεται με την ίδια διαδικασία που παράγεται ο υαλοβάμβακας με μόνη διαφορά τις πρώτες ύλες, που στην περίπτωση του πετροβάμβακα χρησιμοποιούνται ο δολομίτης, ο ασβεστόλιθος, ο βωξίτης και τα πλουτώνια πετρώματα που δεν περιέχουν χαλαζία. Επίσης, ο πετροβάμβακας, παρουσιάζει τις ίδιες ιδιότητες με τον υαλοβάμβακα. ( άσμος, δεν φθείρεται κτλ. ) .

Τελευταία, η χρήση του πετροβάμβακα αυξάνεται ολοένα και περισσότερο στον κατασκευαστικό κλάδο της Ελλάδας. Στο εμπόριο συναντάται σε «πάπλωμα» κιτρινοπράσινου χρώματος, χωρίς επένδυση ή με επένδυση μεταλλικού πλέγματος ή σκληρών πλακών, καθώς και σε μορφή κογχυλιών.



**Εικόνα 2.2.11** Πετροβάμβακας με επένδυση (α) ή χωρίς (β)

Ο πετροβάμβακας έχει υψηλή πυκνότητα ( $30 \text{ kg/m}^3$ ) και ιδιαίτερα καλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ( από 0.033 ως 0.045 W/mK ) .

Προτιμάται σε χώρους όπου αναπτύσσονται υψηλότερες θερμοκρασίες, επειδή παρουσιάζει υψηλότερες αντοχές στη θερμότητα γεγονός που οφείλεται στο ότι οι πρώτες ύλες και τα πρόσθετα στον πετροβάμβακα κατά την παραγωγή λιώνουν σε μεγάλες θερμοκρασίες ( έως  $750 \text{ }^\circ\text{C}$  ). Βρίσκει ευρεία εφαρμογή στη βιομηχανία, κυρίως στη θερμική προστασία δεξαμενών, λεβήτων, φούρνων, πόρτες πυρασφάλειας κ.τ.λ..

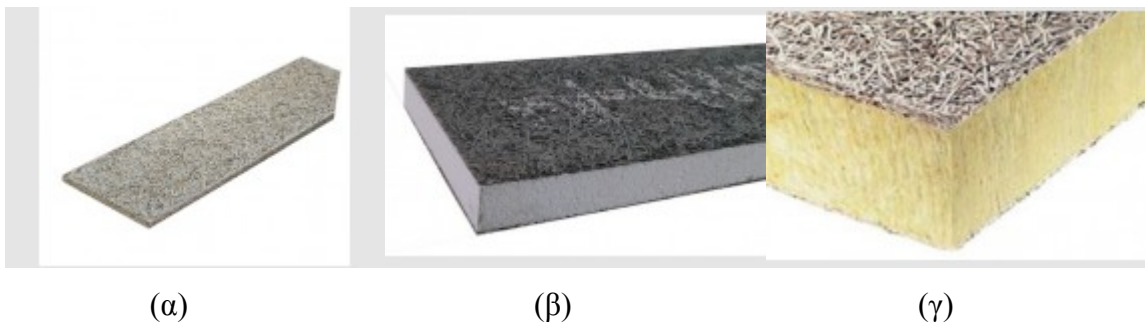
Τέλος, όσον αφορά στις ακουστικές ιδιότητες του, παρουσιάζει καλύτερες ηχομονωτικές δυνατότητες σε σχέση με τον υαλοβάμβακα.

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
<b>Μηχανικές ιδιότητες</b>				
Πάχος υλικού	cm	2	3-6/8/10/11/16	18
Πυκνότητα	kg/m <sup>3</sup>	30	30-40/55/90/100/130	180
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm <sup>2</sup>	0,00012	0,0003/0,002	0,0075
Όριο θραύσης	N/mm <sup>2</sup>	0,005	0,02	0,05
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση				
<b>Ιδιότητες θερμικής προστασίας</b>				
Θερμική αγωγιμότητα λ <sub>R</sub> στους 10°C	W/(mK)	0,033	0,0375	0,045
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-100		750
<b>Ιδιότητες υγραπροστασίας</b>				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	<1		1
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23°C και 80% σχ. υγρασία		<0,1	0,2	1,5
<b>Ιδιότητες πυρασφάλειας</b>				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2	A2	A1
<b>Ακουστικές ιδιότητες</b>				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-	0,05	0,14	0,19
στα 250Hz	-	0,34	0,37/0,55	0,88
στα 1000Hz	-	0,92	0,93/0,96	0,99
στα 4000Hz	-	0,92	0,93	1,06
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m <sup>2</sup>	5	11/12/15/30	70
Δυναμική ακαμψία	MN/m <sup>3</sup>			
<b>Αντοχή στη χρήση</b>				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
<b>Οικονομικά στοιχεία</b>				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m <sup>3</sup>	110	250/450/540/600	660

Σχήμα 2.2.12 Τεχνικά χαρακτηριστικά πετροβάμβακα

- **Ξυλόμαλλο**

Το ξυλόμαλλο ή εν συντομία WW ( WoodWool ) , ανήκει στην κατηγορία των σύνθετων θερμομονωτικών υλικών και αποτελείται από ξυλώδεις ίνες, που έχει αναμιχθεί με τσιμέντο υψηλής αντοχής ή καυστική Μαγνησία. Στο εμπόριο κυκλοφορούν είτε ως απλές συμπαγείς πλάκες, που χρησιμοποιούν σαν πρώτη ύλη μεγάλες ίνες ξυλόμαλλου και τσιμέντο ( ή καυστικό οξείδιο του μαγνησίου), είτε ως πλάκες τύπου «σάντουιτς» με εξωτερικές στρώσεις ξυλόμαλλου και ενδιάμεση στρώση διογκωμένης πολυστερίνης ή πετροβάμβακα.



**Εικόνα 2.2.13** Πλάκες ξυλόμαλλου :(α) Απλή συμπαγείς, (β) με πυρήνα διογκωμένης πολυστερίνης, (γ) με πυρήνα πετροβάμβακα .

Το ξυλόμαλλο είναι άοσμο και εκτός από θερμομονωτικό είναι και ηχομονωτικό υλικό. Προσφέρεται για την θερμομονωτική προστασία όλων σχεδόν των δομικών στοιχείων, αρκεί να μην προσβάλλονται από την υγρασία. Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση του σε δομικά στοιχεία εκτεθειμένα στο νερό καθώς η υπερβολική έκθεση του στο νερό μπορεί να οδηγήσει σε σήψη.

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά στοιχεία		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
<b>Μηχανικές ιδιότητες</b>				
Πάχος υλικού	cm	1,5	3/3,5/4/4,5/5	10
Πυκνότητα	kg/m <sup>3</sup>	360		570
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm <sup>2</sup>			
Όριο θραύσης	N/mm <sup>2</sup>			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm <sup>2</sup>	0,15		0,2
<b>Ιδιότητες θερμικής προστασίας</b>				
Θερμική αγωγιμότητα λ <sub>R</sub> στους 10°C <sup>1</sup>	W/(mK)	0,055		0,065
Εύρος χρήσεως Min/Max	°C			250
<b>Ιδιότητες υγροπροστασίας</b>				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών		5		10
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			6	
<b>Ιδιότητες πυρασφάλειας</b>				
Κατηγορία πυραντοχής			B1	
<b>Ακουστικές ιδιότητες</b>				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz			0,17	
στα 250Hz			0,22	
στα 1000Hz			0,78	
στα 4000Hz			0,65	
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m <sup>2</sup>			
Δυναμική ακαμψία	MN/m <sup>3</sup>			
<b>Αντοχή στη χρήση</b>				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος		>75	
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες			ναι	
<b>Οικονομικά στοιχεία</b>				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/kg		65	

Σχήμα 2.2.14 Τεχνικά χαρακτηριστικά ξυλόμαλλου

- **Αφρώδες γυαλί**

Το αφρώδες γυαλί ή εν συντομία CG ( Cellular Glass ) είναι υλικό ορυκτής προέλευσης με κυψελωτή δομή. Τα βασικά συστατικά του είναι η άμμος, ο δολομίτης και το ανθρακικό νάτριο. Για την παρασκευή του γίνεται θερμική επεξεργασία και προσθέτοντας μικρές ποσότητες άνθρακα, το αφρώδες γυαλί στερεοποιείται σε μορφή μπλοκ. Η βασική του εφαρμογή είναι η θερμομόνωση αλλά ενίοτε χρησιμοποιείται και σε βιομηχανικές εφαρμογές, όπως υψηλής θερμοκρασίας μόνωση και μόνωση σωλήνων.



**Εικόνα 2.2.15** Αφρώδες γυαλί σε μορφή μπλοκ.

Στα πλεονεκτήματα του συγκαταλέγοντε το γεγονός ότι δεν σαπίζει, δεν σχηματίζει μούχλα, δεν φθείρεται και εμποδίζει την μετάδοση της φωτιάς καθώς είναι άκαυστο υλικό. Είναι το μοναδικό υλικό που παρουσιάζει πρακτικά μηδενική απορροφητικότητα και υδατοπερατότητα. Θα μπορούσε κανείς να το χαρακτηρίσει ως «φράγμα» υδρατμών. Τέλος, όπως και πολλά αλλά θερμομονωτικά υλικά που αναφέραμε, δεν παρουσιάζει ηχομονωτικές ιδιότητες.

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
<b>Μηχανικές ιδιότητες</b>				
Πάχος υλικού	cm	2,5	3/7/14/15	18
Πυκνότητα	Kg/m <sup>3</sup>	100	106/120/165	180
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm <sup>2</sup>	0,24		0,28
Όριο θραύσης	N/mm <sup>2</sup>	0,3		0,5
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm <sup>2</sup>			
<b>Ιδιότητες θερμικής προστασίας</b>				
Θερμική αγωγιμότητα λ <sub>R</sub> στους 10°C	W/(mK)	0,038		0,063
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-260		430
<b>Ιδιότητες υγραπροστασίας</b>				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-		∞	
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σγ. υγρασία			0	
<b>Ιδιότητες πυρασφάλειας</b>				
Κατηγορία πυραντοχής	-		A1	
<b>Ακουστικές ιδιότητες</b>				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
στα 250Hz	-			
στα 1000Hz	-			
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m <sup>2</sup>			
Δυναμική ακαμψία	MN/m <sup>3</sup>			
<b>Αντοχή στη χρήση</b>				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος		50	
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες			όχι	
<b>Οικονομικά στοιχεία</b>				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	MJ/kg	25		50

Σχήμα 2.2.16 Τεχνικά χαρακτηριστικά αφρώδους γυαλιού



- **Αφρός Πολυουρεθάνης**

Ο αφρός Πολυουρεθάνης ή εν συντομία PUR ( Polyurethane Foam ) ανήκει στην κατηγορία των σκληρών αφρώδων υλικών κλειστής κυψελικής δομής. Η πολυουρεθάνη σε μορφή αφρού ψεκασμού πολυμερίζεται με την υγρασία της ατμόσφαιρας και στερεοποιείται. Διαθέτει ιδιαίτερα καλές συγκολλητικές ιδιότητες, αφού προσφύεται στα περισσότερα οικοδομικά υλικά και ενδείκνυται για πλήρωση αρμών, σφράγιση οπών ή σχισμών, στερέωση υλικών κ.τ.λ. . Γενικά όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την θερμομονωτική προστασία εξωτερικών τοιχοποιιών, δοκών, ψευδοροφών, ψυκτικών θαλάμων και πολλά άλλα.



(α)



(β)

**Εικόνα 2.2.17** Αφρός πολυουρεθάνης όπως υπάρχει στο εμπόριο (α), και σε στερεή μορφή (β)

Ο αφρός πολυουρεθάνης επηρεάζεται αν μείνει εκτεθειμένος στην ηλιακή ακτινοβολία, καθώς οι επιφανειακές κυψέλες αδυνατίζουν και το υλικό θρυμματίζεται. Υπό αυτήν την προϋπόθεση, ο αφρός πολυουρεθάνης, δεν σαπίζει και δεν σχηματίζει μούχλα και μικροοργανισμούς.

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
<b>Μηχανικές ιδιότητες</b>				
Πάχος υλικού	cm		2-20	
Πυκνότητα	kg/m <sup>3</sup>	30	31-35	80
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm <sup>2</sup>			
Όριο θραύσης	N/mm <sup>2</sup>			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm <sup>2</sup>	10		>15
<b>Ιδιότητες θερμικής προστασίας</b>				
Θερμική αγωγιμότητα λ <sub>R</sub> στους 10°C	W/(mK)	0,02		0,027
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-50	-50/-40/100	120
<b>Ιδιότητες υγραπροστασίας</b>				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	50	65	>100
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			5	
<b>Ιδιότητες πυρασφάλειας</b>				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
<b>Ακουστικές ιδιότητες</b>				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
στα 250Hz	-			
στα 1000Hz	-			
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m <sup>2</sup>			
Δυναμική ακαμψία	MN/m <sup>3</sup>			
<b>Αντοχή στη χρήση</b>				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30	50	50
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		ναι	
<b>Οικονομικά στοιχεία</b>				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m <sup>3</sup>	16	28/33	36

Σχήμα 2.2.18 Τεχνικά χαρακτηριστικά αφρού πολουρεθάνης

- **Λοιπά θερμομονωτικά υλικά**

Υπάρχουν και αλλά πολλά θερμομονωτικά υλικά, στα οποία όμως δεν θα αναφερθούμε εκτενώς, καθώς τα συναντάμε σπανιότερα, τόσο στην ευρωπαϊκή όσο και στην ελληνική αγορά. Τέτοια είναι :

- Το προβατόμαλλο
- Το βαμβακόμαλλο
- Οι ίνες κάνναβης
- Ο αφρώδης διογκωμένος φελλός
- Ο περλίτης
- Η κυτταρίνη
- Τα φύκια θαλάσσης
- Οι πλάκες πεπιεσμένου άχυρου

## 2.3 Μεθοδολογία θερμομόνωσης

Η θερμομονωτική προστασία μιας τοιχοποιίας μπορεί να επιτευχθεί με διαφορετικούς

τρόπους, ανάλογα με τον τύπο της κατασκευής, τα χρησιμοποιούμενα υλικά και τις λειτουργικές ανάγκες των χώρων της.

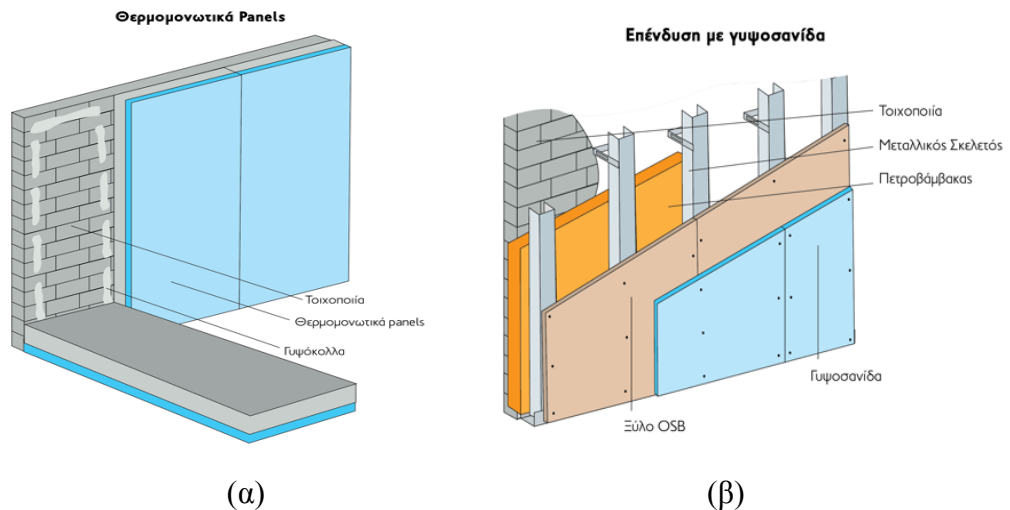
Ο τρόπος με τον οποίο πρόκειται να θερμομονωθεί μία κτιριακή κατασκευή εξαρτάται από τα εξής:

- Την αντίσταση θερμοδιαφυγής των στοιχείων κατασκευής ( όροφοι, τοίχοι, δάπεδο κ.τ.λ. )
- Την διαπερατότητα των στοιχείων κατασκευής από τον αέρα και ιδιαίτερα φυσικά των εξωτερικών στοιχείων
- Την θερμοχωρητικότητα των στοιχείων της κατασκευής
- Την χρήση των χώρων που θερμομονώνονται

**Οι πλέον συνήθεις τρόποι θερμομόνωσης είναι γενικά οι εξής :**

### 1. Εσωτερική θερμομόνωση

Γίνεται με την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού από την εσωτερική πλευρά των δομικών στοιχείων και καλύπτεται από επίχρισμα, γυψοσανίδα, μοριοσανίδα ή άλλο ελαφρό πέτασμα. Κατά την εγκατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε θερμομονωτικό υλικό. Η τοποθέτηση την θερμομονωτικής στρώσης εσωτερικά προσφέρει μεν θερμική προστασία στο χώρο, αλλά όχι και στο ίδιο το δομικό στοιχείο ( εξωτερικό περίβλημα κτιρίου) το οποίο παραμένει εκτεθειμένο. Η θερμομονωτική στρώση εφαρμόζεται πάνω στην καθαρή και λεία επιφάνεια της τοιχοποιίας και ύστερα επικαλύπτεται με κατασκευή ξηρής δόμησης διότι η συγκεκριμένη μέθοδος παρουσιάζει ευκολία και ταχύτητα στην κατασκευή.



**Εικόνα 2.3.1** Εσωτερική θερμομόνωση με (α) θερμομονωτικά panels και (β) γυψοσανίδα

### Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα της εσωτερικής θερμομόνωσης

Πλεονεκτήματα :

- Ευνοεί τη σύντομη θέρμανση του χώρου. Δεν απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα, αλλά μόνο κάλυψη των θερμομονωτικών υλικών
- Γίνεται εφικτή οποιαδήποτε οικοδομική εργασία στο εξωτερικό περίβλημα του κτηρίου και υπο οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες
- Είναι εύκολη και απλή κατασκευή

Μειονεκτήματα :

- Επιτρέπει την γρήγορη ψύξη του χώρου μετά τη διακοπή λειτουργίας των θερμαντικών συστημάτων εντός της οικίας
- Δεν εκμεταλλεύεται την θερμοχωρητικότητα της υφιστάμενης τοιχοποιίας
- Ευνοεί τον σχηματισμό των θερμογεφυρών ιδιαίτερα στα σημεία διακοπής της τοιχοποιίας από τις πλάκες των οροφών.
- Η εξωτερική τοιχοποιία παραμένει απροστάτευτη έναντι των μεταβολών της θερμοκρασίας
- Ευνοεί τον σχηματισμό συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών
- Κατά την εγκατάσταση σε υφιστάμενες κατασκευές επιφέρει διακοπή της λειτουργίας του χώρου

## 2. Εξωτερική θερμομόνωση

Η εξωτερικές πλευρές του κτιρίου είναι αυτές που δέχονται τις μεγαλύτερες καταπονήσεις λόγω των διαφόρων καιρικών συνθηκών που επικρατούν. Αποτελεί μονοκέλυφη κατασκευή, στην οποία το σύνολο της μάζας της τοιχοποιίας βρίσκεται εσωτερικά της θερμομονωτικής στρώσης και αυτή καλύπτεται εξωτερικά από επίχρυσμα, μεταλλικό φύλλο, αδιάβροχο ελαφρό πέτασμα, ορθομαρμάρωση ή άλλου τύπου πλάκες. Η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης στην εξωτερική όψη των δομικών στοιχείων αποτελεί μία ξεχωριστή οικοδομική εργασία και πραγματοποιείται

όταν θα έχει πλέον ολοκληρωθεί η κατασκευή ολόκληρης της εξωτερικής τοιχοποιίας



**Εικόνα 2.3.2** Εξωτερική θερμομόνωση με χρήση εξηλασμένης πολυστερίνης

### **Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης**

Πλεονεκτήματα :

- Γίνεται σωστή εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας της τοιχοποιίας
- Διατηρεί για αρκετό διάστημα την θερμοκρασία του χώρου μετά το πέρας λειτουργίας των μέσων εσωτερικής θέρμανσης.
- Οι πιθανότητες σχηματισμού θερμογεφυρών είναι πολύ μικρές.
- Μειώνει στο ελάχιστο τον κίνδυνο σχηματισμού υγρασίας
- Είναι αποτρεπτικός παράγοντας εμφάνισης ζημιών στους σωλήνες ύδρευσης από υγρασία και παγωνιά.

- Προστατεύει την τοιχοποιία από τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας.

Μειονεκτήματα :

- Υπάρχει σημαντική καθυστέρηση στην αρχική θέρμανση του χώρου λόγω της θερμοσυσσώρευσης των τοίχων
- Υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης ρηγμάτων εάν μεταξύ θερμομονωτικής στρώσης και επιχρίσματος δεν παρεμβληθεί μεταλλικό πλέγμα ως οπλισμός ενίσχυσης του επιχρίσματος.
- Έχει αρκετά υψηλό κόστος κατασκευής σε σύγκριση με άλλες μεθόδους.

### 3. Θερμομόνωση πυρήνα

Το μονωτικό υλικό τοποθετείται στο ενδιάμεσο κενό ενός διπλού τοίχου, που μπορεί να είναι ορθοδρομικός, δρομικός ή δρομικός και ορθοδρομικός. Πρόκειται για δυο ανεξάρτητες τοιχοποιίες που συνδέονται μεταξύ τους με σεναζ και έχουν ανάμεσα τους τη θερμομονωτική στρώση. Η θερμομονωτική στρώση, που τοποθετείται ανάμεσα στα δυο «κελύφη» μπορεί να αποτελείται από οποιοδήποτε θερμομονωτικό υλικό. Είναι επίσης απαραίτητο να προστατεύεται από την υγρασία, έτσι ώστε να διατηρεί την θερμομονωτική της ικανότητα. Ο τρόπος αυτός δεν εξασφαλίζει τη θερμομόνωση του σκελετού και οικονομικά βρίσκεται μεταξύ της εξωτερικής και εσωτερικής θερμομόνωσης.



**Εικόνα 2.3.3** Θερμομόνωση τοιχοποιίας στο διάκενο μεταξύ δυο τοίχων

#### **Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα της θερμ. στον πυρήνα της τοιχοποιίας**

Πλεονεκτήματα :

- Εύκολη τοποθέτηση των μονωτικών υλικών
- Η θερμομονωτική προστασία του τοίχου παραμένει ανεπηρέαστη από την επίδραση της βροχής
- Προσφέρει ισορροπημένης μορφής θερμική προστασία

- Επιτρέπει την ελεύθερη αρχιτεκτονική διαμόρφωση των όψεων

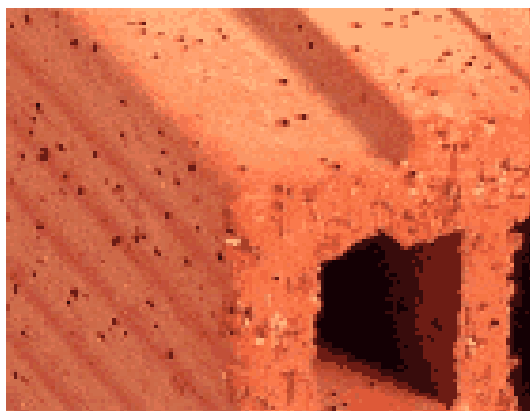
Μειονεκτήματα :

- Δεν έχει καλή αντισεισμική συμπεριφορά
- Δεν εκμεταλλεύεται πλήρως την θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας
- Η απομάκρυνση της υγρασίας είναι δύσκολο έργο σε περίπτωση που το θερμομονωτικό υλικό προσβληθεί από αυτή, συνήθως λόγω βροχής ή διάχυσης των υδρατμών.

Σε γενικές γραμμές είναι μια μέθοδος που προτιμάτε στην Ελλάδα, αλλά είναι απαγορευτική σε υφιστάμενες κατοικίες, καθώς ο τρόπος εγκατάστασης της είναι ενδεδυγμένος για υπο κατασκευή κατοικίες. Το κόστος της βρίσκεται κάπου μεταξύ της εξωτερικής και εσωτερικής θερμομόνωσης.

#### **4. Θερμομόνωση με θερμομονωτικά τούβλα**

Ο τοίχος κατασκευάζεται με ειδικά τούβλα ( τούβλα από Κυψελωτό σκυρόδεμα, ειδικά θερμομονωτικά τούβλα ή τούβλα που περιλαμβάνουν στην εργοστασιακή κατασκευή τους θερμομονωτικά υλικά ) ,που εμφανίζουν θερμομονωτικές ιδιότητες, τα οποία έχουν χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Οι τοιχοποιίες αυτού του τύπου είναι μονοκέλυφες και δεν έχουν θερμομονωτική στρώση, καθώς τα ίδια τα λιθώματα είναι αυτά που θα πρέπει να προσφέρουν την απαραίτητη θερμομονωτική προστασία



**Εικόνα 2.3.4** Πορώδες τύπος θερμομονωτικού οπτόπλινθου



## Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα τοιχοποιίας με θερμομονωτικά λιθοσώματα

Πλεονεκτήματα :

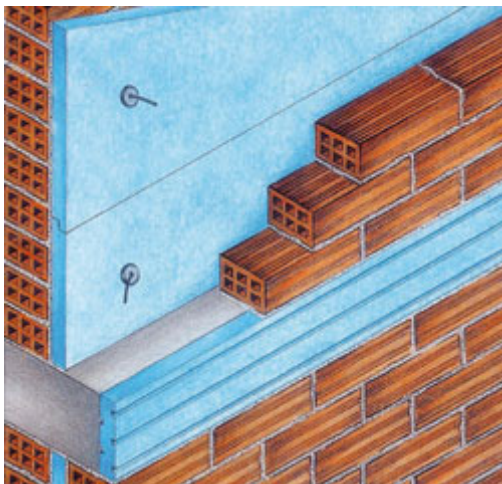
- Ευκολία κατασκευής
- Είναι μονοκέλυφη κατασκευή, οπότε δεν απαιτεί την διαμόρφωση περιδέσεων ενίσχυσης
- Εξοικονόμηση ωφέλιμου χώρου
- Εκμεταλλεύεται πλήρως τη θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας
- Κοστίζει λιγότερο και κατασκευάζεται ταχύτερα.

Μειονεκτήματα :

- Χρήση σε ελαφριές κατασκευές
- Έχει μικρότερη θερμοχωρητικότητα
- Βρίσκεται οριακά, όσον αφορά την απαιτούμενη θερμική προστασία που επιβάλλει ο κανονισμός
- Προσβάλλεται πιο εύκολα από την υγρασία της βροχής

### 5. Αεριζόμενη θερμομόνωση ( διάκενο )

Στην εξωτερική πλευρά του τοίχου τοποθετείται το μονωτικό υλικό και στερεώνεται με ανοξείδωτα καρφιά. Σε απόσταση δύο έως τέσσερα εκατοστά από αυτό αναρτάται οπλισμένη τσιμεντόπλακα, στο κάτω μέρος της οποίας υπάρχουν θυρίδες εξαερισμού. Πιο συγκεκριμένα, αποτελεί δικέλυφη κατασκευή με ενδιάμεσο διάκενο αερισμού και θερμική προστασία του εσωτερικού κελύφους. Στην ουσία είναι μια εγκατάσταση εξωτερικής θερμομόνωσης με ένα παραπάνω «τοίχος» προστασίας.



**Εικόνα 2.3.5** Εξωτερική θερμομόνωση με ενδιάμεσο διάκενο αερισμού

## **Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα μελέτης θερμομόνωσης με διάκενο αερισμού**

Πλεονεκτήματα :

- Μειώνει στο ελάχιστο τον σχηματισμό θερμογεφυρών,
- Προστατεύεται από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και από τα εξωτερικά καιρικά φαινόμενα
- Επιτρέπει την διαπνοή του τοίχου, και αποτρέπει την εμφάνιση υγρασίας
- Εκμεταλλεύεται την θερμοχωρητικότητα του κελύφους

Μειονεκτήματα :

- Απαιτεί μεγάλη προσοχή στην στερέωση του εξωτερικού κελύφους, ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος πτώσης του
- Περιορίζει την αρχιτεκτονική διαμόρφωση των όψεων
- Σε περίπτωση που οι οπές αερισμού δεν προστατευτούν καλά με σίτα, τότε το διάκενο αερισμού ενέχεται να φιλοξενήσει έντομα, πτηνά και άλλους οργανισμούς.

## 3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ”

#### 3.1 Πληροφορίες Κτηρίου / Κατοικίας προς Μελέτη

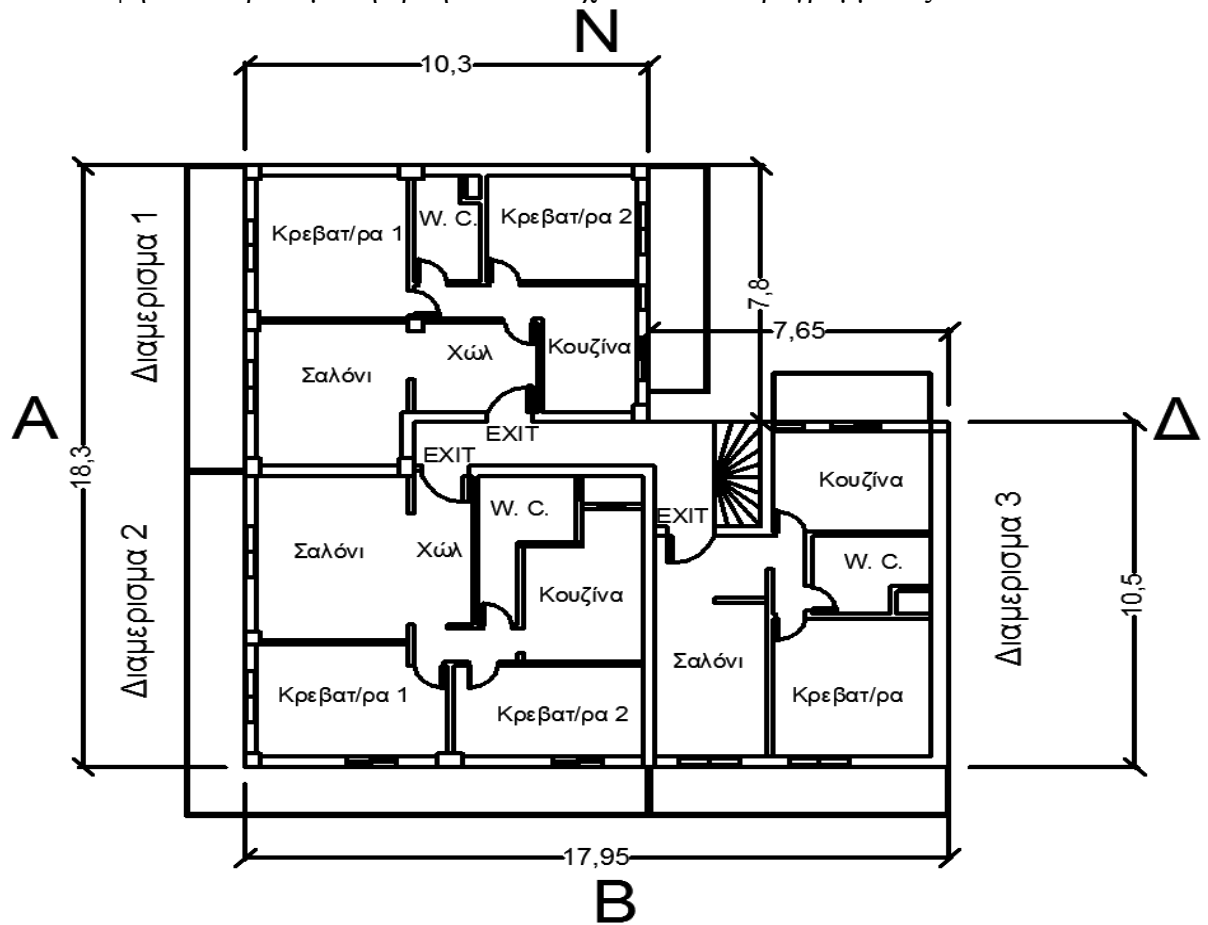
Η Μελέτη θερμομόνωσης θα πραγματοποιηθεί για μονώροφη πολυκατοικία τριών διαμερισμάτων.

Για καλύτερη κατανόηση του χώρου και του κτηρίου γενικότερα :

- Εξωτερική φωτογραφία του κτιρίου.



- Κάτοψη του κτιρίου με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος AUTOCAD.



- Κάτοψη όλων των κτιρίων που συμπεριλαμβάνονται στο οικοδομικό τετράγωνο με τη βοήθεια του Google Earth.



**Μπορντό γραμμή :** Οικοδομικό τετράγωνο , **Πράσινη γραμμή :** Υπο μελέτη κτίριο

Το κτίριο, πάνω στο οποίο θα κάνουμε τη μελέτη θερμομόνωσης, βρίσκεται στην Δάφνη Αττικής επί των οδών Κωστή Παλαμά 38 και Ηλιουπόλεως 84 γωνία. ( ΒΑ του οικοδομικού τετραγώνου )

Το συγκεκριμένο κτίριο συγκαταλέγεται στα «παλιά» κτίρια της Αθήνας, καθώς η πρώτη άδεια λειτουργίας του εκδόθηκε το 1972. Το κτίριο ως αυτό δεν διαθέτει πιλοτή. Εως και σήμερα, εξαιρώντας την στεγανοποίηση της ταράτσας, δεν έχει γίνει καμία άλλη προσπάθεια βελτίωσης την ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Η εξωτερική τοιχοποιία ολόκληρου του κτιρίου, κατασκευαστικά, χαρακτηρίζεται ως **δικέλυφη ή μπατική δρομική οπτοπλινθοδομή**. Ως μπατική τοιχοποιία ορίζεται εκείνη που έχει 19 cm πλάτος και αποτελείται από διπλή σειρά πλίνθων τοποθετημένων κατά μήκος, χωρίς διάκενο μεταξύ τους.

Παρακάτω φαίνονται τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κτιρίου :

	Διαμέρισμα 1	Διαμέρισμα 2	Διαμέρισμα 3	Σύνολο
Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	72	71	50	193
Θερμαινόμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	72	71	50	193
Ψυχόμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	72	71	50	193
Ύψος Ορόφου (m)	3,2	3,2	3,2	
Συνολικός Όγκος (m <sup>3</sup> )	223,2	220,1	155	598,3
Θερμαινόμενος Όγκος (m <sup>3</sup> )	223,2	220,1	155	598,3
Ψυχόμενος Όγκος (m <sup>3</sup> )	223,2	220,1	155	598,3
Πλάτος εξωτερικής τοιχοποιίας(cm)	19	19	19	

### 3.2 Διαδικασία Μελέτης

Έχοντας μελετήσει προσεκτικά τις ενότητες 2.2 και 2.3, που συμπεριλαμβάνουν τα θερμομονωτικά υλικά και τις μεθόδους θερμομόνωσης, όσον αφορά το υπο μελέτη κτίριο, καταλήξαμε στα εξής :

- Θερμομονωτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί : Λευκές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης ( EPS ) με  $\lambda = 0.036 \text{ W/ m} \cdot \text{K}$
- Μέθοδος θερμομόνωσης : Εξωτερική

Ο λόγος που επιλέξαμε την διογκωμένη πολυστερίνη έναντι των υπολοίπων υλικών, και ιδιαίτερα της εξηλασμένη πολυστερίνης (σχεδόν ίδιο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  αλλά αρκετά μεγαλύτερη τιμή αγοράς για το ίδιο πάχος μόνωσης), είναι διότι οι τεχνικές και

φυσικές ιδιότητες της διογκωμένης πολυστερίνης την καθιστούν το πιο ασφαλές, αποτελεσματικό, εύχρηστο και οικονομικά ωφέλιμο θερμομονωτικό υλικό στην αγορά για τη συγκεκριμένη χρήση.

Επίσης, επιλέξαμε ως μέθοδο θερμομόνωσης την εξωτερική, καθώς τα πλεονεκτήματα που προσφέρει, συμβαδίζουν με τις ανάγκες των κατοίκων του κτιρίου.

Παρακάτω θα εκπονήσουμε την μελέτη θερμομόνωσης στις διαφανείς ( παράθυρα/κουφώματα κ.τ.λ. ) και αδιαφανείς επιφάνειες (κατακόρυφα δομικά στοιχεία ) του κελύφους

### 3.2.1 Αδιαφανείς Επιφάνειες

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., για τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια, έχουν οριστεί κάποιες μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του Συντελεστή Θερμοπερατότητας  $U$  (  $W/m^2 \cdot K$  ) των δομικών στοιχείων, για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα του TOTEE.

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> .K)]			
		Κλιματική ζώνη			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές).	U <sub>V,D</sub>	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	U <sub>V,W</sub>	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτή).	U <sub>V,DL</sub>	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.	U <sub>V,G</sub>	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με μη θερμαινόμενους χώρους.	U <sub>V,WE</sub>	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, μπαλκονόπορτες κ.ά.)	U <sub>V,F</sub>	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες.	U <sub>V,GF</sub>	2,20	2,00	1,80	1,80

**Πίνακας 3.2.1.α.** Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα

Επίσης, έχει οριστεί και ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος Συντελεστής Θερμοπερατότητας  $U_m$  (  $W/m^2 \cdot K$  ), όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

A/V (m <sup>-1</sup> )	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής ( $U_m$ ) σε [W/m <sup>2</sup> ·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

**Πίνακας 3.2.1.β.** Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος Συντελεστής Θερμοπερατότητας  $U_m$  κτηρίου για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.

Ο παρακάτω πίνακας του TOTEE , μας δείχνει τον Συντελεστή Θερμοπερατότητας  $U$  (  $W/m^2 \cdot K$  ) κτιρίων όπως και αυτό που μελετάμε, δηλαδή που η οικοδομική τους άδεια εκδόθηκε πριν το 1979.

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
<b>Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm)</b>						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,65	2,75	4,30	1,00	0,90	1,05
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,40	2,60	–	1,00	0,90	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,45	2,00	2,90	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,90	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	3,50	2,05	4,00	1,00	0,90	1,05

Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,05	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
<b>Οπτοπλινθοδομή, φέρουσα ή πλήρωσης (με ή χωρίς κλειστό διάκενο αέρος)</b>						
<b>Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή</b>						
Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις.	2,30	1,90	2,55	0,85	0,80	0,90
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	2,20	1,85	–	0,85	0,80	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	1,90	1,60	2,05	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,10	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	2,25	1,85	2,45	0,85	0,80	0,85
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,55	1,35	1,65	0,70	0,70	0,75
<b>Δρομική οπτοπλινθοδομή</b>						
Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,25	2,50	3,75	0,95	0,90	1,00
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	3,05	2,40	–	0,95	0,85	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,50	2,00	2,75	0,85	0,80	0,90
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,80	2,25	3,20	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	3,10	2,40	3,55	0,95	0,85	1,00
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή	1,90	1,65	2,05	0,80	0,75	0,85

**Πίνακας 3.2.1.γ.** Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα στοιχεία που συναντώνται σε κτίρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (1979 )

Τα στοιχεία που γνωρίζουμε εως τώρα για το υπο μελέτη κτίριο :

- Βρίσκεται στην Κλιματική ζώνη Β σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ
- Πρώτη άδεια λειτουργίας το 1972 ( Ο κανονισμός θερμομόνωσης κτηρίων εφαρμόστηκε πρώτη φορά στις 4 Ιουλίου 1979 )
- Το κέλυφος του κτιρίου είναι μπατικής δρομικής με οπτοπλινθοδομή κατασκευής, επιχρισμένη και από τις δυο όψεις.



Συνοψίζοντας, αυτή τη στιγμή, πριν κάνουμε οποιαδήποτε προσπάθεια θερμομόνωσης του κτιρίου, με βάση τον **Πίνακα 3.2.1.γ.**, ο Συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων που μελετάμε είναι :

$$U_{αρχ} = 2.20 \text{ ( W/m}^2\text{*K )},$$

Ο στόχος μας, για να αποκτήσουμε ένα σωστά θερμομονωμένο κτίριο, με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ. είναι :

$$U_{στ} \leq 0.5 \text{ ( W/m}^2\text{*K )} .$$

Αρχικά θα πρέπει να υπολογίσουμε το πάχος  $d$  των πλακών διογκωμένης πολυστερίνης που θα εγκαταστήσουμε. Το πάχος του υλικού προκύπτει από την παρακάτω εξίσωση :

$$R_{\delta-\pi} = d / \lambda$$

Όπου R: η θερμική αντίσταση του υλικού, και

$\lambda$  : ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού

Πρώτα θα υπολογίσουμε την θερμική αντίσταση της μπατικής τοιχοποιίας. Οπότε έχουμε :

$$R_{\mu\pi-\tau} = d / \lambda = 0.19 \text{ m} / 0.28 \text{ W} / \text{m}^2\text{*K} = \mathbf{0.6785 \text{ m}^2 \text{* K} / \text{W}} .$$

Έπειτα, χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο, θα προσδιορίσουμε το ελάχιστο απαιτούμενο πάχος που πρέπει να έχουν οι πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης για να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα ( $U_{στ} \leq 0.5 \text{ ( W/m}^2\text{*K )}$ ) σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., για την κλιματική ζώνη Β )

$$U = 1 / ( R_{\mu\pi-\tau} + R_{\delta-\pi} ) = 1 / ( 0,6785 + ( d / 0,036 ) ) \Rightarrow$$

$$0.5 = 1 / ( 0,6785 + ( d / 0,036 ) ) \Rightarrow$$

$$\mathbf{d = 0.047574 \text{ m} = 4.7574 \text{ cm}}$$

Άρα, θα χρησιμοποιήσουμε πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης πάχους  $\mathbf{d = 0.05 \text{ m}}$  . Και έτσι ο τελικός συντελεστής θερμοπερατότητας που θα αποκτήσει η εξωτερική επιφάνεια του κτηρίου , μετά την εγκατάσταση θερμομονωτικού υλικού πάχους  $d= 0.05 \text{ m}$  είναι :

$$U_{\mu.\theta.} = 1 / ( R_{\mu\pi-\tau} + R_{\delta-\pi} ) = 1 / ( ( 0.19/0.28 ) + ( 0.05/0.036 ) ) = 1 / ( 0.6785 + 1.39 ) \Rightarrow$$

$$\mathbf{U_{\mu.\theta.} = 1 / 2.0685 = 0.48344 \text{ W/m}^2\text{*K}}$$

**Συμπεράσματα :** Χρησιμοποιώντας διογκωμένη πολυστερίνη για την εξωτερική θερμομόνωση του κτιρίου καταφέραμε να ρίξουμε, τον συντελεστή θερμοπερατότητας, κάτω από τα μέγιστα όρια που μας επιτρέπει ο Κ.Εν.Α.Κ, για τον συγκεκριμένο τύπο κτιρίου. Δηλαδή  $U_{μ.θ.} < U_{στ.}$ . Συνοψίζοντας, το αποτέλεσμα της μόνωσης ήταν παραπάνω από ικανοποιητικό, πράγμα που επιβεβαιώνει την ανάγκη που υπάρχει για σωστή θερμομόνωση, καθώς είναι ένας βασικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας και χρημάτων.

### 3.2.2 Διαφανείς Επιφάνειες

Είναι γεγονός πως, λόγω της παλαιότητας του κτηρίου, τα υπάρχοντα κουφώματα χρειάζονται άμεση αντικατάσταση με θερμομονωτικά κουφώματα νέας τεχνολογίας που παρέχουν καλύτερο συντελεστή θερμοπερατότητας και ελάχιστες θερμογέφυρες. Ας δούμε όμως πρώτα το επίπεδο της θερμομόνωσης που μας παρέχουν τα υπάρχοντα κουφώματα.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος θα πρέπει να προσδιοριστούν η επιφάνεια και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου και του υαλοπίνακα ανάλογα με τον τύπο τους, καθώς και η γραμμική θερμογέφυρα που σχηματίζεται κατά μήκος της ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο.

Ο γενικός τύπος του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + I_g \cdot \Psi_g}{A_w} \quad (1)$$

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

$A_f$  m<sup>2</sup> Το συνολικό εμβαδό της επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος

$A_g$  m<sup>2</sup> Το συνολικό εμβαδό του υαλοπίνακα του κουφώματος

$I_g$  m Το συνολικό περιμετρικό μήκος του υαλοπίνακα

$\Psi_g$  W/(m<sup>2</sup>·K) Ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα

$A_w$  m<sup>2</sup> Το συνολικό εμβαδό της επιφάνειας του κουφώματος

### Συντελεστής Θερμοπερατότητας Υαλοπίνακα

Σύμφωνα με τον ΤΟΤΕΕ, στην περίπτωση κτηρίων, των οποίων η πρώτη οικοδομική άδεια εκδόθηκε πριν από την ημερομηνία ισχύος του Κ.Εν.Α.Κ., ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα.

Τύπος υαλοπίνακα	U <sub>g</sub>
	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
Μονός υαλοπίνακας	5,70
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 6 mm	3,30
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12 mm	2,80
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 6mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας (ε = 0,10)	2,60
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας (ε = 0,10)	1,80
Υαλότουβλα	3,50

**Πίνακας 3.2.2.α** Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοπίνακα.

### Συντελεστής Θερμοπερατότητας Υαλοπίνακα

Όπως για τον υαλοπίνακα έτσι και για το πλαίσιο, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας λαμβάνεται από τον παρακάτω πίνακα.

Τύπος πλαισίου	U <sub>f</sub> [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	7,00
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	3,50
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24 mm	2,80
Συνθετικό πλαίσιο	2,80
Ξύλινο πλαίσιο	2,20

**Πίνακας 3.2.2.β** Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας πλαισίου

### Συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων Ψ <sub>g</sub> [W/(m.K)]	
	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής
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

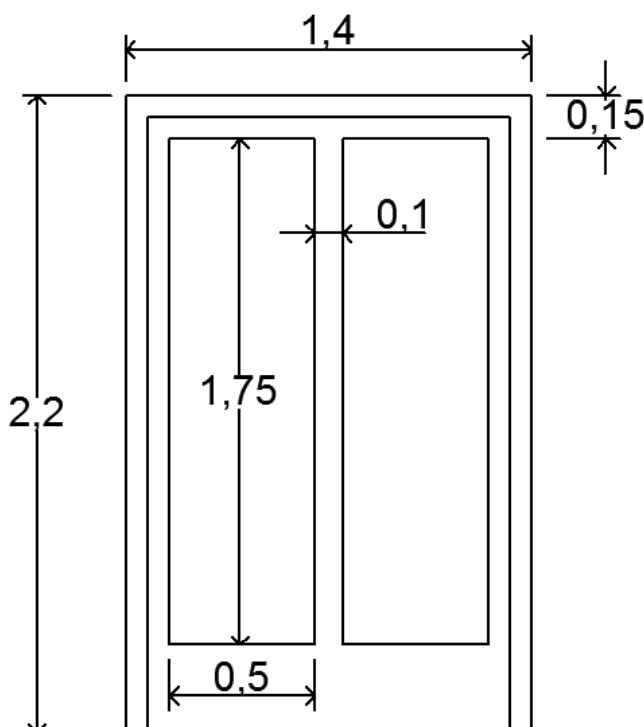
**Πίνακας 3.2.2.γ.** Τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας

Το κτίριο μας αποτελείται από:

- 7 δίφυλλες μπαλκονόπορτες, ξύλινου πλαισίου με μονό υαλοπίνακα
- 2 μονόφυλλες μπαλκονόπορτες, μεταλλικού πλαισίου με μονό υαλοπίνακα
- 2 δίφυλλα παράθυρα, μεταλλικού πλαισίου με μονό υαλοπίνακα
- 2 δίφυλλα παράθυρα, ξύλινου πλαισίου με μονό υαλοπίνακα

Ας πάρουμε κάθε κατηγορία ξεχωριστά :

- **Δίφυλλη μπαλκονόπορτα, ξύλινου πλαισίου με μονό υαλοπίνακα**



Έχουμε :

$$U_f = 2.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) , \text{ από πίνακα 3.2.2.}\beta$$

$$U_g = 5.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) , \text{ από πίνακα 3.2.2.}\alpha$$

$$A_w = 1.4 * 2.2 = 3.08 \text{ m}^2$$

$$A_g = 0.5 * 1.75 * 2 = 1.75 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 1.33 \text{ m}^2$$

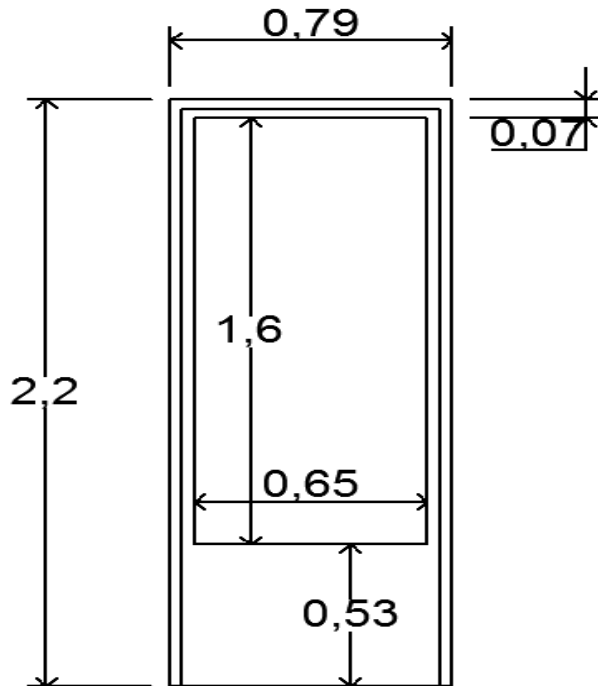
$$I_g = 2 * 0.5 + 2 * 1.75 = 4.5 \text{ m}$$

$\Psi_g = 0$  , διότι, σύμφωνα με τον ΤΟΤΕΕ(20701-1,σελ 63)στην περίπτωση κουφωμάτων που φέρουν μονούς υαλοπίνακες, ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας ισούται με μηδέν.

Οπότε, η εξίσωση (1) γίνεται :

$$U_w = \frac{2.2 * 1.33 + 5.7 * 1.75 + 4.5 * 0}{3.08} = 12.901 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- Μονόφυλλη μπαλκονόπορτα, μεταλλικού πλαισίου με μονό υαλοπίνακα.



Έχουμε :

$$U_f = 7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) , \text{ από πίνακα 3.2.2.β}$$

$$U_g = 5.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) , \text{ από πίνακα 3.2.2.α}$$

$$A_w = 0.79 * 2.2 = 1.738 \text{ m}^2$$

$$A_g = 1.6 * 0.65 = 1.04 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 0,698 \text{ m}^2$$

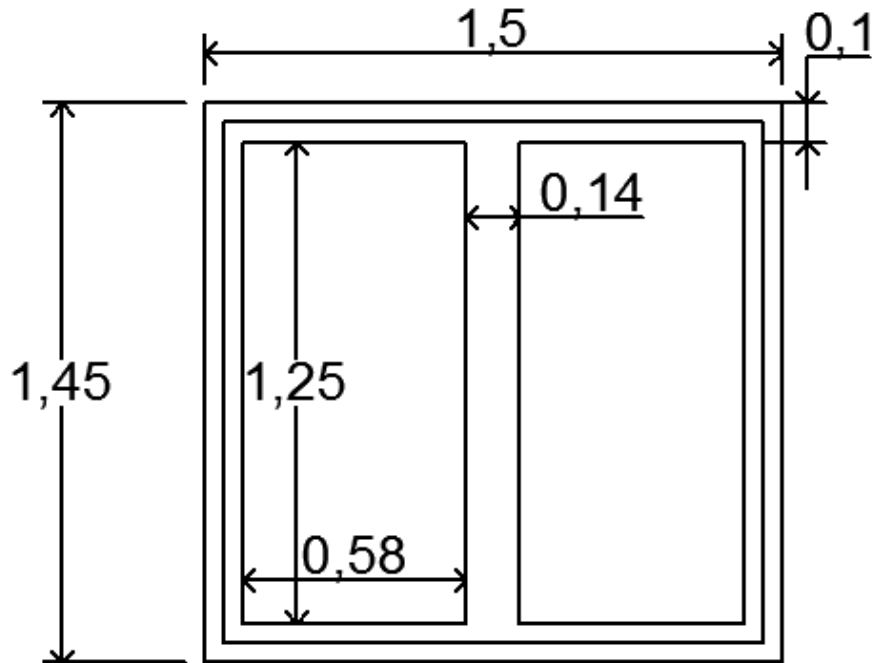
$$I_g = 1.6 + 0.65 = 2.25 \text{ m}$$

$\Psi_g = 0$  , διότι, σύμφωνα με τον ΤΟΤΕΕ(20701-1,σελ 63)στην περίπτωση κουφωμάτων που φέρουν μονούς υαλοπίνακες, ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας ισούται με μηδέν.

Οπότε, η εξίσωση (1) γίνεται :

$$U_w = \frac{7 * 0.698 + 5.7 * 1.04 + 2.25 * 0}{1.738} = 10,814 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- Δίφυλλα παράθυρα, ξύλινου πλαισίου με μονό υαλοπίνακα



Έχουμε :

$$U_f = 2,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) , \text{ από πίνακα 3.2.2.β}$$

$$U_g = 5,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) , \text{ από πίνακα 3.2.2.α}$$

$$A_w = 1,5 * 1,45 = 2,175 \text{ m}^2$$

$$A_g = 0,58 * 1,25 * 2 = 1,45 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 0,725 \text{ m}^2$$

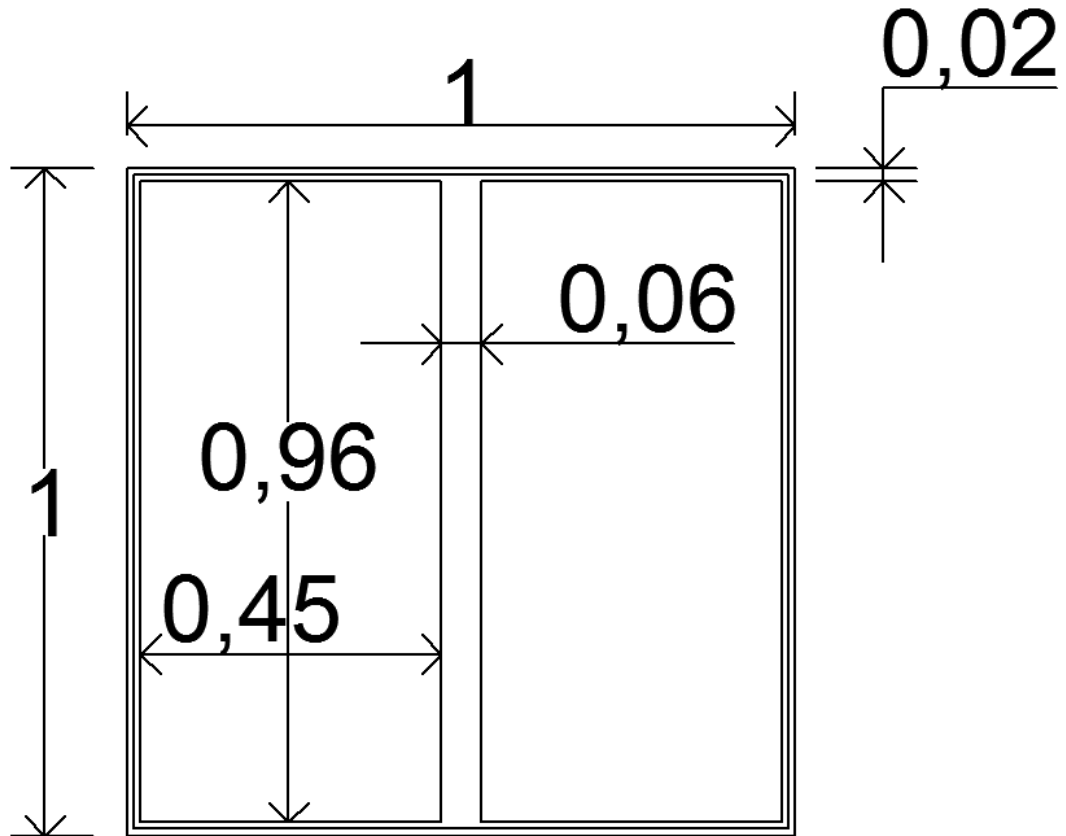
$$I_g = 1,6 + 0,65 = 2,25 \text{ m}$$

$\Psi_g = 0$  , διότι, σύμφωνα με τον ΤΟΤΕΕ(20701-1,σελ 63)στην περίπτωση κουφωμάτων που φέρουν μονούς υαλοπίνακες, ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας ισούται με μηδέν.

Οπότε, η εξίσωση (1) γίνεται :

$$U_w = \frac{2,2 * 0,725 + 5,7 * 1,45 + 2,25 * 0}{1,738} = 9,86 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- Δίφυλλα παράθυρα, μεταλλικού πλαισίου με μονό υαλοπίνακα



Έχουμε :

$$U_f = 7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}), \text{ από πίνακα 3.2.2.}\beta$$

$$U_g = 5.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}), \text{ από πίνακα 3.2.2.}\alpha$$

$$A_w = 1 \cdot 1 = 1 \text{ m}^2$$

$$A_g = 0.45 \cdot 0.96 \cdot 2 = 0.864 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 0.136 \text{ m}^2$$

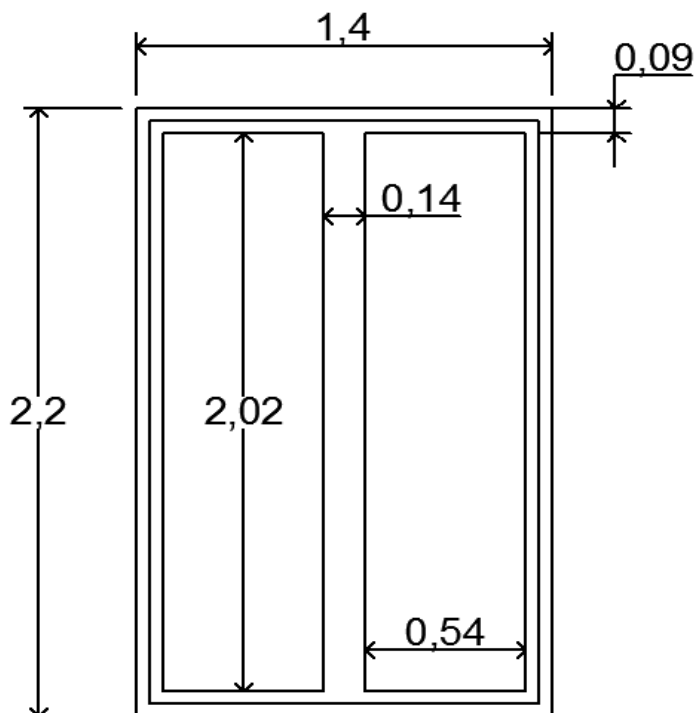
$$I_g = 2 \cdot 0.45 + 2 \cdot 0.96 = 2.82 \text{ m}$$

$\Psi_g = 0$  , διότι, σύμφωνα με τον ΤΟΤΕΕ(20701-1,σελ 63)στην περίπτωση κουφωμάτων που φέρουν μονούς υαλοπίνακες, ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας ισούται με μηδέν.

Οπότε, η εξίσωση (1) γίνεται :

$$U_w = \frac{7 \cdot 0.136 + 5.7 \cdot 0.864 + 2.82 \cdot 0}{1} = 5,8768 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Στη συνέχεια, θα προσπαθήσουμε να υπολογίσουμε τον συντελεστή θερμοπερατότητας για κάποιο από τα κουφώματα νέας τεχνολογίας, που υπάρχουν τώρα στην αγορά. Ένα πολύ καλο παράδειγμα είναι το **δίφυλλο ενεργειακό κούφωμα Euroora 5500 hybrid**, με ενεργειακό τζάμι με πλήρωση αερίου argon.



Έχουμε :

$$U_f = 2.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}), \text{ από πίνακα 3.2.2.β}$$

$$U_g = 1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}), \text{ από πίνακα 3.2.2.α}$$

$$A_w = 1.4 \cdot 2.2 = 3.08 \text{ m}^2$$

$$A_g = 0.54 \cdot 2.02 \cdot 2 = 2.18 \text{ m}^2$$

$$A_f = A_w - A_g = 3.08 - 2.18 = 0.9 \text{ m}^2$$

$$I_g = 4 \cdot 0.54 + 4 \cdot 2.02 = 10.24 \text{ m}$$

$$\Psi_g = 0.11 \text{ W}/\text{mK}, \text{ από πίνακα 3.2.2.γ}$$

Οπότε, η εξίσωση (1) γίνεται :

$$U_w = \frac{2.5 \cdot 0.9 + 1 \cdot 2.18 + 10.24 \cdot 0.11}{3.08} = 1.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

**Συμπέρασμα:** Εάν αντικαταστήσουμε την δίφυλλη μπαλκονόπορτα, ξύλινου πλαισίου με μονό υαλοπίνακα, με αυτή του παραπάνω παραδείγματος, η διαφορά επι τοις εκατό σε θερμοπερατότητα θα είναι :  $1 - (1.8/12.9) = 86$  . Αρα ένα ενεργειακό κούφωμα θα μας προσφέρει **μείωση δαπανών ενέργειας** κατά 86% σε σχέση με τα υπάρχοντα κουφώματα.



### 3.2.2 Κόστος μελέτης και εγκατάστασης θερμομόνωσης

Μετά από μια έρευνα αγοράς που κάναμε, καταλήξαμε πως η μέση τιμή ενός τετραγωνικού μέτρου διογκωμένης πολυστερίνης είναι τα 40 ευρώ. Οπότε για να υπολογίσουμε το συνολικό κόστος της θερμομόνωσης στις αδιαφανείς επιφάνειες του κτηρίου, θα πρέπει να αφαιρέσουμε, από την συνολική επιφάνεια του κελύφους, τις επιφάνειες των κουφωμάτων.

**Για τις διαφανείς επιφάνειες έχουμε :**

$$\text{Για τις δίφυλλες μπαλκονόπορτες } 7 * 3.08 = 21.56 \text{ m}^2$$

$$\text{Για τις μονόφυλλες μπαλκονόπορτες } 2 * 1.738 = 3.476 \text{ m}^2$$

$$\text{Για τα δίφυλλα παράθυρα ξύλινου πλαισίου } 2 * 2.175 = 4.35 \text{ m}^2$$

$$\text{Για τα δίφυλλα παράθυρα μεταλλικού πλαισίου } 2 * 1 = 2 \text{ m}^2$$

$$\text{Σύνολο : } 21.56 + 3.476 + 4.35 + 2 = 31,386 \text{ m}^2$$

**Η συνολική επιφάνεια του κελύφους είναι :**

$$(18,1 + 17,75 + 7,65 + 7,8 + 0,4) * 3.2 = 51.7 * 3.2 = 165.44 \text{ m}^2$$

Οπότε, τα συνολικά τετραγωνικά μέτρα διογκωμένης πολυστερίνης που χρειάζονται είναι :

$$165.44 - 31.386 = \underline{\underline{134,054 \text{ m}^2}}$$

$$\text{Τελικό κόστος : } 134,054 \text{ m}^2 * 40 \text{ €} = \underline{\underline{5362,16 \text{ €}}}$$

**Κόστος ανά διαμερίσμα :**

**Συνολικά τετραγωνικά διαμερίσματος 1 :**

**Αδιαφανείς - Διαφανείς**

$$((9,3 * 3,2) + (7,8 * 3,2)) - ((3 * 3,08 + 1 * 1,738 + 1 * 1)) = 54,72 - 11,978 = 42.742 \text{ m}^2$$

$$\text{Κόστος σε ευρώ : } 42.742 * 40 = 1709.68 \text{ €}$$

**Συνολικά τετραγωνικά διαμερίσματος 2 :**

**Αδιαφανείς - Διαφανείς**

$$((8,8 * 3,2 + 10,1 * 3,2)) - ((2 * 3,08 + 2 * 2,175)) = 60,48 - 10.51 = 49.97 \text{ m}^2$$

$$\text{Κόστος σε ευρώ : } 49,97 * 40 = 1998,8 \text{ €}$$

**Συνολικά τετραγωνικά διαμερίσματος 3 :**

**Αδιαφανείς - Διαφανείς**

$$((8,95 * 3,2 + 7,35 * 3,2)) - ((2 * 3,08 + 1 * 1 + 1 * 1,738)) = 53,12 - 8,898 = 44,22$$

**m<sup>2</sup>**

$$\text{Κόστος σε ευρώ : } 44.22 * 40 = 1768,8 \text{ €}$$

**Σημείωση :** Τυχόν αποκλίσεις οφείλονται σε στρογγυλοποιήσεις.

Εφόσον βρήκαμε το κόστος εγκατάστασης της εξωτερικής θερμομόνωσης, σειρά έχουν τα κουφώματα. Υπάρχουν πολλοί τύποι κουφωμάτων , όπως τα συρόμενα, τα ανοιγόμενα, τα τοξωτά, τα ρολά- παντζούρια κ.ο.κ. Επίσης τα κουφώματα διαφέρουν και ως προς το υλικό κατασκευής. Υπάρχουν κουφώματα αλουμινίου, PVC-πλαστικά, μεταλλικά κ.ο.κ. Βέβαια το καθένα έχει τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του, και έτσι η επιλογή παραμένει στον καταναλωτή.

Η αλήθεια είναι πως το παραπάνω παράδειγμα που δώσαμε ( Europa 5500 hybrid ) είναι από τις πιο ακριβές επιλογές που μπορεί κανείς να κάνει.

Μετά από μια μικρή έρευνα που κάναμε καταλήξαμε στις εξής μέσες τιμές :

- Δίφυλλη μπαλκονόπορτα ~ **1000 €**
- Δίφυλλα παράθυρα ~ **600 €**
- Μονόφυλλη μπαλκονόπορτα ~ **800 €**

**Κόστος αντικατάστασης κουφωμάτων :**

- Διαμέρισμα 1 :  $( 3*1000 ) + ( 1*800 ) + ( 1*600 ) = 4400 €$
- Διαμέρισμα 2 :  $( 2*1000 ) + ( 3*600 ) = 3800 €$
- Διαμέρισμα 3 :  $( 2*1000 ) + ( 1*800 ) + ( 1*600 ) = 3400 €$

**Συνολικό Κόστος :**  $4400 + 3800 + 3400 = 11600 €$

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 ( ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ )
2. ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 ( ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ )
3. «ΟΔΗΓΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ»  
ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ : ΣΥΛΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΟ  
ΕΚΔΟΤΗΣ : ΚΤΙΡΙΟ
4. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΑΠΟ ΤΟ ΕΠΙΣΗΜΟ SITE  
(<http://www.dowxenergy.eu/eu/grc/el/> )
5. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΑΠΟ ΤΟ ΕΠΙΣΗΜΟ SITE  
(<http://www.knauf.gr/www/el/index.php> )
6. EUROPA ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ



**Τόπος**  
**ΑΘΗΝΑ**  
**Μήνας – Έτος**  
**ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ - 2013**