

# ΘΕΡΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΚΤΗΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Μέρος 3<sup>ο</sup> - 4<sup>ο</sup>  
Θερμοχωρητικότητα & Θερμονωτικά υλικά

Αλέξανδρος Κρίθαρης  
Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.  
Προσωρινός Ενεργειακός Επιθεωρητής

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Θερμοχωρητικότητα υλικού

## 3.1. Θερμοχωρητικότητα των υλικών

### Θερμοχωρητικότητα C:

Υλικού ή συστήματος ή δομικού στοιχείου καλείται η ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά 1 βαθμό K ή °C.

Καταδεικνύει την ικανότητα του σώματος να αποθηκεύει θερμότητα και δίνεται από τη σχέση:

$$C = \frac{dQ}{dT}$$

όπου : C [J/K] η Θερμοχωρητικότητα  
dQ [J] η αποθηκευμένη θερμότητα  
dT [K] η διαφορά θερμοκρασίας

**Ειδική θερμοχωρητικότητα c** : η ανοιγμένη τιμή της θερμοχωρητικότητας του σώματος ανά μονάδα μάζας σε [J/(K\*kg)].

Η αποθηκευμένη θερμότητα **αυξάνεται** με

την **αύξηση** της διαφοράς θερμοκρασίας καθώς επίσης  
με την **αύξηση** της θερμοχωρητικότητας και της μάζας του σώματος.

Η **θερμοχωρητικότητα** ενός δομικού στοιχείου (τοιχοποιία, οροφή) που βρίσκεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον **επηρεάζει** τις **θερμικές ανάγκες** του χώρου και την **θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειάς του** όταν η θέρμανση του χώρου δεν είναι σταθερή και υπάρχει διακύμανση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

**Υψηλή τιμή** της θερμοχωρητικότητας σημαίνει **χαμηλό ρυθμό ροής** θερμότητας ή ψύξης στο χώρο και **μείωση** των αναγκών θέρμανσής του. Έτσι:

Στην περίπτωση που ένα κτήριο έχει ανάγκη **ταχείας** θέρμανσης (αλλά και ψύξης) τότε τοποθετείται ένα θερμομονωτικό υλικό στο **εσωτερικό** των επιφανειών των εξωτερικών δομικών στοιχείων και η επίδραση της θερμοχωρητικότητας δεν λαμβάνεται υπόψη.

Αντίθετα, εάν χρειάζεται / απαιτείται η επίδραση της θερμοχωρητικότητας, τότε το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται στην **εξωτερική** πλευρά του δομικού στοιχείου.

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ / ΚΤΗΡΙΟΥ

## 3.1. Θερμοχωρητικότητα των υλικών

### Εσωτερική θερμοχωρητικότητα Θερμικής Ζώνης / Κτηρίου $C_m$ :

Υπολογίζεται από την σχέση:

$$C_m = \sum (k_j \cdot A_j)$$

όπου :

$C_m$	[kJ/K]	η εσωτερική θερμοχωρητικότητα της θερμικής ζώνης
$k_j$	[kJ/(m <sup>2</sup> K)]	η εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα επιφάνειας του δομικού στοιχείου j
$A_j$	[m <sup>2</sup> ]	η εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου j.

η τιμή του  $k_j$  υπολογίζεται από τη θερμοχωρητικότητα των **επιμέρους** υλικών που αποτελούν το δομικό στοιχείο και βρίσκονται μέχρι το «μέγιστο» **ενεργό βάθος** του δομικού στοιχείου.

Ως **ενεργό βάθος** ορίζεται η **μικρότερη** τιμή μήκους από την **εσωτερική** επιφάνεια του δομικού στοιχείου μέχρι:  
τη θέση της θερμομονωτικής στρώσης του δομικού στοιχείου,  
το ήμισυ του πάχους του δομικού στοιχείου ή  
το βάθος των 10 cm του δομικού στοιχείου (από την εσωτερική του πλευρά).

### Εσωτερική θερμοχωρητικότητα δομικού στοιχείου ανά μονάδα επιφάνειας:

Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα επιφάνειας του δομικού στοιχείου δίνεται για όλες τις εσωτερικές επιφάνειες της θερμικής ζώνης / ορόφου / κτηρίου από την ακόλουθη σχέση:

$$k_j = \sum \rho_j C_j d_j$$

όπου :	$\rho_j$	[kg/m <sup>3</sup> ]	η πυκνότητα του υλικού j
	$d_j$	[m]	το πάχος του υλικού j και
	$c_j$	[kJ/(kgK)]	η ειδική θερμοχωρητικότητα του υλικού.

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Θερμομονωτικά υλικά.

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

### 3.2.1 Γενικές έννοιες

**Θερμομονωτικά** χαρακτηρίζονται τα υλικά τα οποία συντελούν στη μείωση της ροής θερμότητας μέσω της μάζας τους.

Συμπεριλαμβάνονται ή αποτελούν τα ίδια, δομικά στοιχεία μιας κτιριακής κατασκευής και συμβάλλουν στη βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς της.

Η **θερμική προστασία** που παρέχουν οφείλεται στον **αέρα** που είναι εγκλωβισμένος στη μάζα τους, είτε μέσα σε κλειστές ή ανοικτές κυψελίδες, είτε ανάμεσα σε πολλές μικρές και λεπτές ίνες, ο οποίος θεωρείται **πρακτικά ακίνητος** και ως εκ τούτου παρουσιάζει **πολύ μικρή** θερμική αγωγιμότητα.

Σε ακραίες περιπτώσεις, ο αέρας μπορεί να καταλαμβάνει μέχρι και το 96% του όγκου των θερμομονωτικών υλικών, γι' αυτό το βάρος τους είναι συνήθως πολύ χαμηλότερο από αυτό των λοιπών οικοδομικών υλικών.

Όπως προκύπτει από τα σχετικά πρότυπα, ένα υλικό χαρακτηρίζεται ως **θερμομονωτικό** όταν ο συντελεστής θερμοπερατότητάς του ανήκει σε ένα εύρος τιμών από **0,060 – 0,100 W/(m\*K)**.

Αλλά και αρκετά ακόμη υλικά που **υπερβαίνουν** αυτές τις καθοριζόμενες τιμές δεν παύουν να προσφέρουν θερμική προστασία και να συνυπολογίζονται στα θερμομονωτικά υλικά.

Τα θερμομονωτικά υλικά αναλόγως της **πρώτης ύλης** παραγωγής τους, του **τρόπου επεξεργασίας** της, της **μορφής** και των **ιδιοτήτων** των τελικών προϊόντων μπορούν να ταξινομηθούν σε κατηγορίες. Έτσι, ανάλογα με τα κριτήρια διαχωρισμού τους μπορούν να διακριθούν:

- σε **οργανικά** και **ανόργανα** (με βασικό κριτήριο την πρώτη ύλη παραγωγής τους),
- σε **ινώδη**, **κυψελώδη** και **κοκκώδη** (με βασικό κριτήριο τη μορφή τους),
- σε **προσβαλλόμενα** και **μη από την υγρασία**, **ανθεκτικά** σε υψηλές θερμοκρασίες κ.τ.λ. (με βασικό κριτήριο τις ιδιότητές τους),
- σε **πλάκες**, **παπλώματα**, **χύδην**, **άκαμπτα** ή **εύκαμπτα** (με βασικό κριτήριο τη μορφή τους),
- σε **φυσικά** και **τεχνητά** (με βασικό κριτήριο την παραγωγή τους),
- σε **βαριά** και σε **ελαφρά** (με βασικό κριτήριο το βάρος τους).

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Θερμομονωτικά υλικά Βασικές ιδιότητες, πρότυπα

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

### 3.2.2 Βασικές ιδιότητες

Η γνώση των βασικών ιδιοτήτων των θερμομονωτικών υλικών αποτελεί προϋπόθεση για την ορθή χρήση τους στις κατασκευές.

Οι κυριότερες ιδιότητες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι:

- τα ιδιαίτερα **θερμοτεχνικά** του χαρακτηριστικά, οι **μηχανικές** του ιδιότητες,
- η **ανθεκτικότητά** του στους περιβαλλοντικούς παράγοντες, και η **φιλικότητα** προς το περιβάλλον,
- οι **δυνατότητες χρήσης** και εφαρμογής του, η **συνεργασιμότητά** του με τα άλλα υλικά.

Επίσης, σημαντικό κριτήριο για την επιλογή ενός υλικού αποτελούν τα **κόστη**:

**προμήθειας**

**μεταφοράς και**

**τοποθέτησης.**

Οι περισσότερες από τις ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών και τα όρια εντός των οποίων καθιστούν αυτά τα υλικά αποδεκτά στη δόμηση περιγράφονται στα διαγράμματα.

ΑΙΑ	ΠΡΟΤΥΠΟ	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ
1	ΕΛΟΤ EN 13162 E2 (2009)	Θερμομονωτικά προϊόντα κτηρίων. - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από ορυκτόμαλλο (MW). - Προδιαγραφή.
2	ΕΛΟΤ EN 13163 E2 (2009)	Θερμομονωτικά προϊόντα κτηρίων. - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από διογκωμένη πολυστερίνη (EPS). - Προδιαγραφή
3	ΕΛΟΤ EN 13164 E2 (2009)	Θερμομονωτικά προϊόντα κτηρίων. - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από εξηλασμένο αφό ηολυστερίνικ (XPS). - Προδιαγραφή
4	ΕΛΟΤ EN 13165 E2 (2009)	Θερμομονωτικά προϊόντα κτηρίων. - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από άκαμπτο αφρό πολυουρεθάνης (PUR). - Προδιαγραφή
5	ΕΛΟΤ EN 13166 E2 (2009)	Θερμομονωτικά προϊόντα κτηρίων. - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από φαινολικό αφρό (PF). - Προδιαγραφή
6	ΕΛΟΤ EN 13167 E2 (2009)	Θερμομονωτικά προϊόντα κτηρίων. - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από κυψελωτό γυαλί (CG). - Προδιαγραφή
7	ΕΛΟΤ EN 13168 E2 (2009)	Θερμομονωτικά προϊόντα κτηρίων. - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από ξυλόμαλλο (VWV). - Προδιαγραφή
8	ΕΛΟΤ EN 13169 E2 (2009)	Θερμομονωτικά προϊόντα κτηρίων. - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από διογκωμένο περλίτη (EPB). - Προδιαγραφή
9	ΕΛΟΤ EN 13170 E2 (2009)	Θερμομονωτικά προϊόντα κτηρίων. - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από διογκωμένο φελλό (ICB). - Προδιαγραφή
10	ΕΛΟΤ EN 13171 E2 (2009)	Θερμομονωτικά προϊόντα κτηρίων. - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από ίνες ξύλου (NF). - Προδιαγραφή
11	ΕΛΟΤ EN 14316.01 (2005)	Θερμομονωτικά προϊόντα κτηρίων. - Επί τόπου κατασκευαζόμενη θερμομόνωση από προϊόντα διογκωμένου περλίτη (EP). - Μέρος 1: Προδιαγραφή για συνδεδεμένα και χαλαρής πλήρωσης προϊόντα πριν από την εγκατάσταση
12	ΕΛΟΤ EN 14316.02 (2007)	Θερμομονωτικά προϊόντα κτηρίων. - Επί τόπου κατασκευαζόμενη θερμομόνωση από προϊόντα διογκωμένου περλίτη (EP). - Μέρος 2: Προδιαγραφή για εγκατεστημένα προϊόντα
13	ΕΛΟΤ EN 14317.01 (2005)	Θερμομονωτικά προϊόντα κτηρίων. - Επί τόπου κατασκευαζόμενη θερμομόνωση από προϊόντα διογκωμένου βερρικούλιτη (EV). - Μέρος 1 : Προδιαγραφή για συνδεδεμένα και χαλαρής πλήρωσης προϊόντα πριν από την εγκατάσταση

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Ιδιότητες θερμικών υλικών (Συντ. θερμικής αγωγ. λ)

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά 3.2.2 Βασικές ιδιότητες

### 3.2.2.1 Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας

Ο **συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ**, ορίζει την ποσότητα της ροής θερμότητας, που διέρχεται από τη μονάδα επιφάνειας ενός υλικού, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο απέναντι επιφανειών του είναι ίση με τη μονάδα.

Η τιμή του υπολογίζεται εργαστηριακά σε θερμοκρασία 10°C και σε ξηρή κατάσταση και κατόπιν γίνεται μια προσαύξηση, ώστε να ληφθεί υπόψη η επίδραση της "**πρακτικής υγρασίας**", δηλαδή της υγρασίας που προσλαμβάνει το υλικό από το περιβάλλον του υπό κανονικές συνθήκες.

Στον πίνακα 2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 περί «**θερμοφυσικών ιδιοτήτων των δομικών υλικών και έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων**» που συνοδεύει τον Κ.Εν.Α.Κ. δίδονται οι τιμές των περισσότερων και συνηθέστερα χρησιμοποιούμενων δομικών υλικών. Αυτές οι τιμές είναι ενδεικτικές και ο μελετητής μηχανικός κατά τη σύνταξη της ενεργειακής μελέτης μπορεί να κάνει χρήση αυτής ή άλλης τιμής του υλικού, που ενδεχομένως να μην υπάρχει στον πίνακα των υλικών της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., αρκεί αυτή να είναι πιστοποιημένη κατά CE.

### 3.2.2.2 Επίδραση της θερμοκρασίας

Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας επηρεάζεται από τη θερμοκρασία.

**Άνοδος** της θερμοκρασίας επιφέρει και **άνοδο** της τιμής του λ και άρα **μείωση** της θερμομονωτικής ικανότητας του υλικού.

Όμως για **συνηθισμένες αυξομειώσεις** της θερμοκρασίας (ημερήσιες ή εποχιακές) η μεταβολή της τιμής του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας θεωρείται αμελητέα και **δεν** λαμβάνεται υπόψη.

Ωστόσο, κάποια θερμομονωτικά υλικά είναι **ευπαθή** σε πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές τιμές της θερμοκρασίας, καθώς προκαλείται αλλοίωση της υφής τους και **θραύση** των κυψελών τους. *Τέτοια συμπεριφορά στη θερμότητα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή του θερμομονωτικού υλικού, όπως για παράδειγμα στη θερμομόνωση ενός δώματος, στο οποίο αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες κατά τη θερινή περίοδο με έντονη ηλιακή ακτινοβολία (έχουν καταμετρηθεί τιμές μεγαλύτερες των 70°C), στη θερμομόνωση αεραγωγών θερμού αέρα (καπνοδόχου) ανοικτών εστιών καύσης (τζακιών) ή αγωγών μεταφοράς θερμού νερού κ.τ.λ.*

Εκτός από ενδεχόμενη βλάβη, η **άνοδος** της θερμοκρασίας επιφέρει **επιμήκυνση** των διαστάσεων των υλικών σε βαθμό που εξαρτάται από το **συντελεστή θερμοδιαστολής** τους. Στα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται υπό μορφή σκληρών πλακών τυχόν επιμήκυνση λόγω διαστολής μπορεί να **επιφέρει ανασήκωσή** τους και η συρρίκνωσή τους να δημιουργήσει **θερμογέφυρες** στις ακμές συναρμογής τους. Γι' αυτό είναι σκόπιμο οι πλάκες αυτών των υλικών να σχηματίζουν περιμετρικά αναβαθμό (**πατούρα**), προκειμένου να αφήνεται ο απαραίτητος αρμός και ταυτόχρονα να αποφεύγεται ο σχηματισμός θερμογεφυρών.

*Θερμομονωτικά υλικά που κατασκευάζονται με θερμικές διεργασίες και που μετά την ψύξη τους παρουσιάζουν μικρή συρρίκνωση των αρχικών τους διαστάσεων της τάξης του 0,3% λόγω απομάκρυνσης της υγρασίας που απέκτησαν κατά το στάδιο παραγωγής. είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται αφού περάσει το απαραίτητο διάστημα αποβολής της υγρασίας.*

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Ιδιότητες θερμικών υλικών (Υγρασία, Ηλ. ακτινοβολία)

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά 3.2.2 Βασικές ιδιότητες

### 3.2.2.3 Επίδραση της υγρασίας

Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας επηρεάζεται άμεσα και από την υγρασία.

Υλικά που έχουν εμποτισθεί με υγρασία **μειώνουν** ή ακόμη και χάνουν τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες και **αυξάνουν** αντιστοίχως τη **θερμική τους αγωγιμότητα**.

Όταν ένα υλικό εμποτισθεί από την υγρασία ουσιαστικά το νερό εκτοπίζει τον αέρα που βρίσκεται ανάμεσα στις ίνες του ή στις ανοικτές κυψελίδες του και καταλαμβάνει τη θέση του.

Για το νερό το  $\lambda_n = 0,60 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ , και για τον αέρα το  $\lambda_a = 0,025 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Επειδή  $\lambda_n/\lambda_a \approx 24$ , γίνεται φανερό πως η πλήρωση των κυψελίδων με νερό αυξάνει δραματικά τη θερμική αγωγιμότητα του εμποτισμένου υλικού.

### 3.2.2.4 Επίδραση της Ηλιακής ακτινοβολίας

Τα **αφρώδη** συνήθως **οργανικά** θερμομονωτικά υλικά και κυρίως τα **πολυστερινικά** και **πολυουρεθανικά** επηρεάζονται από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, όταν παραμένουν επί μακρόν εκτεθειμένα σ' αυτήν.

Οι ακτίνες του ηλίου **αλλοιώνουν** σταδιακά το υλικό, **μειώνοντας** την αντοχή του και καθιστώντας το πιο εύθραυστο.

Τα συμπτώματα εμφανίζονται συνήθως με ελαφρά απόχρωση της επιφάνειάς του και κατόπιν με θρυμματισμό του υλικού.

Προκειμένου να περιορισθεί η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στα ευπρόσβλητα από τον ήλιο υλικά αυτά οφείλουν να παραμένουν μέχρι τη χρήση τους προφυλαγμένα σε υπόγειους χώρους ή τουλάχιστον σε χώρους σκιασμένους και με κατάλληλο προστατευτικό επικάλυμμα.

Ομοίως μετά την τοποθέτησή τους στα δομικά στοιχεία πρέπει σε σύντομο χρονικό διάστημα να επικαλύπτονται από άλλα υλικά.

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ = Ιδιότητες θερμικών υλικών (Αντίσταση σε χημ. προσβολή, φωτιά)

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά 3.2.2 Βασικές ιδιότητες

### 3.2.2.5 Αντίσταση σε χημική προσβολή

Ορισμένα **οργανικά** θερμομονωτικά υλικά προσβάλλονται από ποικιλία **χημικών διαλυτών**, όπως είναι οι βενζίνες, το ασετόν, το βενζόλιο κ.ά.

Επίσης τα περισσότερα **αφρώδη** οργανικά υλικά επηρεάζονται από την **πίσσα** και τη **ρευστή άσφαλτο**.

Κατά τις κατασκευές των δωματίων οι **ασφαλικές μεμβράνες** **δεν πρέπει** να επικολλώνται επάνω σε **πολυστερινικής προέλευσης** υλικά, διότι υπάρχει κίνδυνος καταστροφής τους.

Ομοίως, ορισμένες κόλλες και χημικοί διαλύτες μπορούν να καταστρέψουν θερμομονωτικά υλικά που έχουν ως πρώτη ύλη το ξύλο ή διάφορα άλλα είδη φυτών (άχυρα καλάμια κ.τ.λ.).

### 3.2.2.6 Αντίσταση στη φωτιά

Όλα σχεδόν τα θερμομονωτικά υλικά **ανόργανης προέλευσης** παρουσιάζουν **πολύ καλή** συμπεριφορά απέναντι στη φωτιά.

Τα περισσότερα από αυτά δεν αναφλέγονται και δεν συντηρούν τη φωτιά.

Τέτοια είναι ο υαλοβάμβακας, ο πετροβάμβακας, το αφρώδες γυαλί, ο περλίτης κ.ά.

Αντιθέτως, τα περισσότερα θερμομονωτικά υλικά **οργανικής προέλευσης**, φυσικά ή τεχνητά, έχουν γενικά **κακή** συμπεριφορά στη φωτιά.

Κατατάσσονται στην κατηγορία των **Καυστών** υλικών και καίγονται ή αναφλέγονται αν εκτεθούν απευθείας σε φλόγα.

Όταν δεν αναφλέγονται και δεν συντηρούν τη φωτιά, κατατάσσονται στην κατηγορία των καυστών μεν αλλά **αυτοσβεννόμενων** υλικών.

Σ' αυτήν την κατηγορία υπάγονται τα πολυστερινικά και πολυουρεθανικά υλικά και τα παράγωγα από ξύλα και φυτά (ξυλόμαλλο, φελλός, καλάμια, γιούτα).

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Ιδιότητες θερμικών υλικών (Μηχανική αντοχή, Ηχομική ικανότητα)

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά 3.2.2 Βασικές ιδιότητες

### 3.2.2.7 Μηχανική αντοχή

Η αντοχή των θερμομονωτικών υλικών σε θλιπτικά ή εφελκυστικά φορτία **άλλοτε είναι πολύ σημαντική και άλλοτε όχι**.

Η μηχανική αντοχή της θερμομονωτικής στρώσης στον πυρήνα μιας τοιχοποιίας πλήρωσης είναι αδιάφορη, όμως αν η τοιχοποιία είναι φέρουσα και το θερμομονωτικό υλικό ανήκει στα φέροντα στοιχεία της κατασκευής (π.χ. θερμομονωτικά τούβλα), είναι πρωτίστης σημασίας.

Ενδιαφέρει σημαντικά όταν πρόκειται να τοποθετηθούν σε δώμα ή σε δάπεδο και πρόκειται να ασκηθούν σ' αυτό ισχυρά φορτία.

Κάποια υλικά (π.χ. **ξυλόμαλλο, αφρώδες γυαλί**) παρουσιάζουν **πολύ υψηλές** αντοχές και ορισμένα εξ αυτών μπορούν να χρησιμεύσουν ταυτοχρόνως και **ως ξυλότυποι** κατά την κατασκευή.

Άλλα πάλι (π.χ. πάπλωμα **υαλοβάμβακα**) δεν προσφέρονται καθόλου για καταπονήσεις,

ενώ άλλα (διογκωμένη **πολυστερίνη**, εξηλασμένη πολυστερίνη) είναι επιδεκτικά **γραμμικών φορτίων**, **όχι** όμως και **συγκεντρωμένων**.

Επίσης η γνώση της αντοχής των θερμομονωτικών υλικών σε εφελκυσμό είναι χρήσιμη, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως αυτοφερόμενες κατασκευές ή να τοποθετηθούν σε **ψευδοροφές** που παρουσιάζουν μεγάλα ανοίγματα.

### 3.2.2.8 Ηχομονωτική ικανότητα

Πολλά θερμομονωτικά υλικά παρουσιάζουν καλή **ηχομονωτική** του συμπεριφορά.

Έχουν δηλαδή την ικανότητα των υλικών να **περιορίζουν** τη μετάδοση του ήχου (αερόφερτου ή κτυπογενούς).

Αερόφερτος ήχος : Είναι ο μεταφερόμενος μέσω του αέρα

Κτυπογενής ήχος : Είναι ο παραγόμενος από την κρούση δύο στερεών υλικών.

Ορισμένα από τα θερμομονωτικά υλικά που απορροφούν τον ήχο είναι :

**Ανόργανα ινώδη** (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας)

**Οργανικά πορώδη ή ινώδη** (φελλός, ξυλόμαλλο).

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Πιστοποίηση των δομικών υλικών

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

### 3.2.3 Πιστοποίηση των δομικών υλικών

**Οι προδιαγραφές που πρέπει να πληροί ένα θερμομονωτικό υλικό ορίζονται από πρότυπα.**

Αυτά καθορίζουν τις απαιτήσεις ως προς τις ιδιότητές τους, τις ικανότητές τους και τη συμπεριφορά τους.

Σύμφωνα με τις κοινοτικές οδηγίες που ισχύουν ήδη από το 1988 (Οδηγία 89/106/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Δεκεμβρίου 1988), ένα προϊόν θεωρείται κατάλληλο προς χρήση, εφόσον ανταποκρίνεται προς ένα εναρμονισμένο πρότυπο, μια ευρωπαϊκή τεχνική έγκριση ή μια μη εναρμονισμένη τεχνική προδιαγραφή, αναγνωρισμένη σε κοινοτικό επίπεδο.

**Τα προϊόντα που ικανοποιούν αυτές τις απαιτήσεις αποκτούν το δικαίωμα να φέρουν τη σήμανση CE.**

Η ένδειξη CE ουσιαστικά αποτελεί ένα **πιστοποιητικό** που δηλώνει ότι για την παραγωγή του προϊόντος έχουν τηρηθεί όλες οι προδιαγραφές που θέτουν τα πρότυπα.

Η τήρηση των προδιαγραφών βεβαιώνεται με τον έλεγχο της παραγωγής στο εργοστάσιο και με τις δοκιμές των δειγμάτων του προϊόντος.

Σύμφωνα με την κοινή υπουργική απόφαση **9451/208** (Φ.Ε.Κ. 815B/24-5-07) όλοι οι παραγωγοί θερμομονωτικών προϊόντων οφείλουν πλέον να συμμορφωθούν προς τις απαιτήσεις των προτύπων και τα **βιομηχανικά παραγόμενα θερμομονωτικά προϊόντα τους ΠΡΕΠΕΙ να φέρουν την ένδειξη CE.**

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

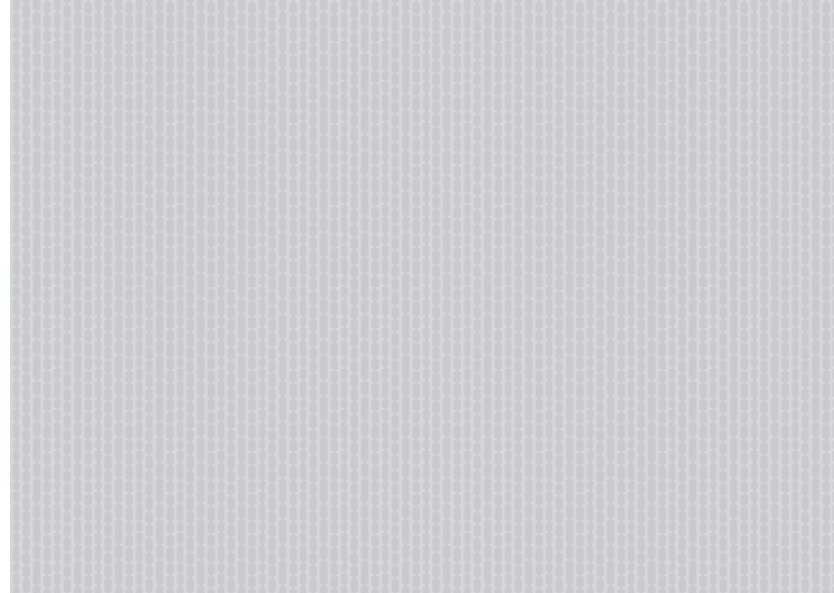
---

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ = Θερμομονωτικά υλικά – Διογκωμένη πολυστερίνη, Πληροφορίες

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.1 Διογκωμένη πολυστερίνη - πληροφορίες

- Προέλευση : Από την πετροχημική βιομηχανία και ανήκει στην κατηγορία των **αφρωδών συνθετικών** υλικών.
- Ονομασία : Διεθνώς είναι γνωστή ως **EPS (expanded polystyrene)**.
- Οσμή / δομή: Άοσμο υλικό κι έχει δομή κλειστών κυψελίδων.
- Εμπορική μορφή: Σε κόκκους (χύμα) κυρίως για την πλήρωση κενών.  
Σε ορθογωνισμένες πλάκες. (σε διάφορα πάχη, ανάλογα με την κάθε εταιρεία παραγωγής μεταξύ 2 cm και 10 cm).  
Οι πλάκες μπορεί να είναι απόλυτα ορθογωνισμένες ή με περιμετρικό αναβαθμό (πατούρα), προκειμένου κατά τη συναρμογή να αποφεύγεται ο αρμός καθ' όλο το πάχος της στρώσης, που λειτουργεί ως θερμογέφυρα.  
Ανάλογα με τον τύπο τους οι πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης μπορεί να έχουν τελική επιδερμίδα ή όχι.
- Χρώμα: Χρώμα λευκό (συνήθως), αλλά και απαλό κίτρινο ή ροζ, για λόγους διάκρισης - marketing.  
Γκρι με απόκλιση προς το ασημί εφόσον περιέχει **γραφήτη** στη μάζα της.  
Οι πλάκες με γραφήτη παρουσιάζουν **καλύτερη τιμή** του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.
- Αντοχή σε θλίψη: 30-500 kPa. (κατανεμημένα φορτία )  
Κατατάσσονται βάσει της αντοχής τους σε διαφορετικούς τύπους (πρότυπο EN 13163/2009),  
(για παράδειγμα, ο τύπος EPS 100, δηλώνει θλιπτική αντοχή 100 kPa=kN/m<sup>2</sup> ~ 100kp/m<sup>2</sup>).
- Καθώς η δ. πολυστερίνη δεν παρουσιάζει αντοχή σε συγκεντρωμένα φορτία, η εφαρμογή ισχυρών συγκεντρωμένων φορτίων μπορεί να οδηγήσει σε παραμόρφωση και θραύση των υπερκείμενων υλικών και γι' αυτό συνήθως απαιτείται η μεσολάβηση στρώσεων από ισχυρά υλικά, κατά προτίμηση οπλισμένων με πλέγμα, που παραλαμβάνουν πρώτα τα συγκεντρωμένα φορτία και τα μετατρέπουν σε κατανεμημένα ή γραμμικά.
- Χρήση: Για τη θερμική προστασία των περισσότερων δομικών στοιχείων κατακόρυφων στοιχείων φέροντος οργανισμού (δοκών, υποστρωμάτων, τοιχίων), κατά προτίμηση όταν δεν είναι εκτεθειμένα στην επίδραση της βροχής, τοιχοποιίας πλήρωσης, δαπέδων επί εδάφους, που είναι προστατευμένα έναντι της υγρασίας εδάφους, δαπέδων επάνω από υπόγειο ή πιλοτή, ψευδοροφών, δωματίων (συμβατικού τύπου) και στεγών, κεκλιμένων επιφανειών των στεγών και οριζόντιων οροφών κάτω από μη θερμομονωμένες στέγες.
- Συμπέρασμα Λόγω των καλών θερμομονωτικών της ιδιοτήτων και του σχετικά χαμηλού κόστους της, η διογκωμένη πολυστερίνη αποτελεί ένα από τα περισσότερο προτιμώμενα θερμομονωτικά υλικά.



Διογκωμένη πολυστερίνη

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Θερμομονωτικά υλικά - Διογκωμένη πολυστερίνη, ιδιότητες

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.1 Διογκωμένη πολυστερίνη - ιδιότητες

Οι κυριότερες φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες της διογκωμένης πολυστερίνης παρουσιάζονται στον πίνακα

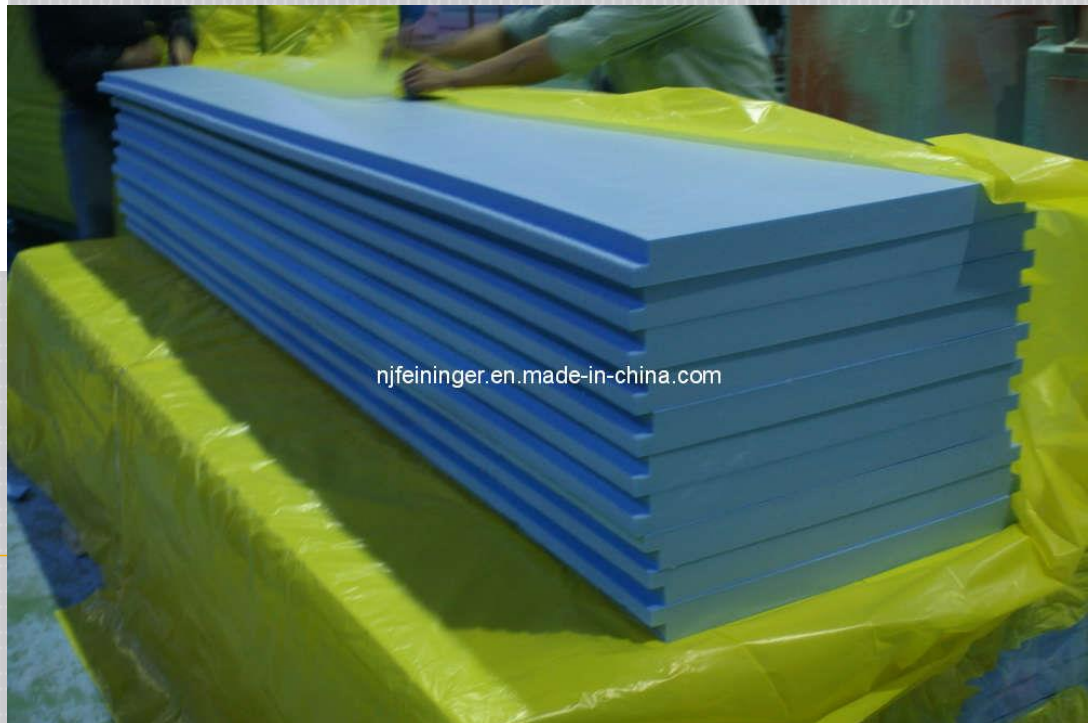
Μορφή	Σε πλάκες. Συνήθη πάχη 2 - 10 cm Σε μορφή κόκκων (Χύμα)
Προσβολή από έντομα / πουλιά / τρωκτικά	Ναι
Προσβολή από χημικούς διαλύτες	Ναι: από ακετόνη (ασετόν), αιθέρα, βενζόλιο, βενζίνες, κετόνες, ρευστή ασφαλτο και υλικά που περιέχουν πίσσα
Προσβολή από την ηλιακή ακτινοβολία	Ναι
Συμπεριφορά στη θερμότητα	Αντοχή περίπου από -80°C έως +80°C
Θερμική αγωγιμότητα (σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010)	Σε κόκκους 0,033 - 0,038 W/(m' K) Σε πλάκες 0,033 - 0,038 W/(m' K) Με γραφίτη, σε πλάκες 0,030 - 0,032 W/(m' K)
Απορρόφηση νερού (σύμφωνα με το πρότυπο EN 13163/2009)	Μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό απορροφόμενου νερού μικρότερο από 2% έως 5% κατ' όγκο.
Αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών	Σε πλάκες $\mu = 20 - 100$ Με γραφίτη, σε πλάκες $\mu = 30 - 80$
Αντοχή στη συμπίεση	Ικανοποιητική
Μεταβολή διαστάσεων	Σχετική σταθερότητα. Σύμφωνα με το πρότυπο δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 1 % σε συγκεκριμένες συνθήκες υπό παραμονή 48 ωρών.
Συμπεριφορά σε φωτιά	Εύφλεκτο και αυτοσβεννόμενο υλικό Με γραφίτη: άφλεκτο υλικό

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Θερμομονωτικά υλικά - Εξηλασμένη πολυστερίνη, πληροφορίες

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.2 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη - πληροφορίες

Προέλευση :	Από την πετροχημική βιομηχανία και ανήκει στην κατηγορία των αφρωδών συνθετικών υλικών.
Ονομασία :	Διεθνώς είναι γνωστή ως <b>XPS (extruded polystyrene)</b> .
Οσμή / δομή:	Άοσμο υλικό κι έχει δομή κλειστών πολυεδρικών κυψελίδων.
Εμπορική μορφή:	Σε κόκκους (χύμα) κυρίως για την πλήρωση κενών. Σε ορθογωνισμένες πλάκες. (σε διάφορα πάχη, ανάλογα με την κάθε εταιρεία παραγωγής μεταξύ 2 cm και 10 cm). Οι πλάκες μπορεί να είναι απόλυτα ορθογωνισμένες ή με περιμετρικό αναβαθμό (πατούρα), προκειμένου κατά τη συναρμογή να αποφεύγεται ο αρμός καθ' όλο το πάχος της στρώσης, που λειτουργεί ως θερμογέφυρα. Μπορεί να έχουν τελική επιδερμίδα ή όχι (εφόσον προέρχονται από την κοπή μεγαλ. τεμαχίων), λεία ή τραχιά επιφάνεια.
Χρώμα:	Χρώμα γαλάζιο (συνήθως), αλλά και ανοικτό πράσινο, ώχρας ή άλλο για λόγους διάκρισης - marketing. Γκρι με απόκλιση προς το ασημί εφόσον περιέχει γραφίτη στη μάζα της. Οι πλάκες με γραφίτη παρουσιάζουν καλύτερη τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.
Αντοχή σε θλίψη:	100-1000 kPa. (κατανεμημένα φορτία ) (CS(10N)100 - CS(10N)1000) (1kPa=kN/m <sup>2</sup> ~ 100kp/m <sup>2</sup> ). Κατατάσσονται βάσει της αντοχής τους σε διαφορετικούς τύπους (πρότυπο EN 13163/2009),  Καθώς, όπως και η δ. πολυστερίνη δεν παρουσιάζει αντοχή σε συγκεντρωμένα φορτία, όταν εφαρμόζονται στις εξωτερικές στρώσεις δομικών στοιχείων απαιτείται προστασία έναντι εφαρμογής ισχυρών συγκεντρωμένων φορτίων (μόνιμων ή κρουστικών), η οποία επιτυγχάνεται, για παράδειγμα, με την επίχρισή τους με σπλισμένο κονίαμα για τη μετατροπή των συγκεντρωμένων φορτίων σε κατανεμημένα.
Χρήση:	Για τη θερμική προστασία σχεδόν όλων των δομικών στοιχείων, κατακόρυφων στοιχείων φέροντος οργανισμού (δοκών, υποστυλωμάτων, τοιχίων), τοιχίων υπογείων που έρχονται σε επαφή με το έδαφος, τοιχοποιίας πλήρωσης, δαπέδων επί εδάφους, δαπέδων επάνω από υπόγειο ή πιλοτή, ψευδοροφών, δωματίων συμβατικού ή αντεστραμμένου τύπου και στεγών.
Συμπέρασμα	Έχει σημαντικό μερίδιο στην αγορά θερμομονωτικών προϊόντων, υπολείπεται όμως αυτού της διογκωμένης πολυστερίνης.



Εξηλασμένη πολυστερίνη

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Θερμομονωτικά υλικά - Εξηλασμένη πολυστερίνη, ιδιότητες

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.1 Αφρώσης εξηλασμένη πολυστερίνη - ιδιότητες

Οι κυριότερες φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες της εξηλασμένης πολυστερίνης παρουσιάζονται στον πίνακα

Μορφή	Πλάκες. Συνήθη πάχη 2 - 10 cm
Προσβολή από έντομα / πουλιά / τρωκτικά	Ναι
Προσβολή από χημικούς διαλύτες	Ναι: από ακετόνη (ασετόν), αιθέρας, βενζόλιο, βενζίνες, κετόνες, ρευστή άσφαλτος και υλικά που περιέχουν πίσσα
Προσβολή από την ηλιακή ακτινοβολία	ΝΑΙ
Συμπεριφορά στη θερμότητα	Αντοχή από -50°C ως + 75°C
Θερμική αγωγιμότητα (σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010)	σε πλάκες 0,031 - 0,038 W/(m*K) με άνθρακα σε πλάκες 0,030 - 0,032 W/(m*K)
Απορρόφηση νερού (σύμφωνα με το πρότυπο EN 13163/2009)	Μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό απορροφόμενου νερού μικρότερο από 0,7% έως 3% κατ' όγκο.
Αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών	$\mu = 80 - 250$
Αντοχή στη συμπίεση	Ικανοποιητική
Μεταβολή διαστάσεων	Σχετική σταθερότητα. Σύμφωνα με το πρότυπο δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 2% σε συγκεκριμένες συνθήκες υπό παραμονή 48 ωρών.
Συμπεριφορά σε φωτιά	Εύφλεκτο και αυτοσβεννόμενο υλικό

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ = Θερμομονωτικά υλικά – Πολυουρεθάνη

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.3 Πολυουρεθάνη - πληροφορίες

Προέλευση : Από την πετροχημική βιομηχανία και ανήκει στην κατηγορία των σκληρών (ακάμπτων) αφρωδών συνθετικών υλικών.

Ονομασία : Διεθνώς είναι γνωστή ως **PUR (polyurethane foam)**.

Οσμή / δομή: Άοσμο υλικό με κλειστή κυψελωτή δομή.

Εμπορική μορφή: Σε σκληρές πλάκες, σε αφρό σε φιάλες για ατομική χρήση ή σε κυλινδρικά κιβώτια για γενικό ψεκασμό, σε μορφοποιημένα κογχύλια, σε μορφή πετασμάτων τύπου σάντουιτς με εκατέρωθεν επικαλύψεις μεταλλικών φύλλων, σε πλάκες με επικάλυψη λεπτού φύλλου αλουμινίου επίπεδης ή τραπεζοειδούς μορφής.

Χρώμα: Κίτρινο σε αποχρώσεις έως το πορτοκαλί.

Αντοχή σε θλίψη: 25-800 kPa. (κατανεμημένα φορτία ) (Οι ελάχιστες τυποποιημένες τιμές) (1kPa=kN/m<sup>2</sup> ~ 100kp/m<sup>2</sup>). Κατατάσσονται βάσει της αντοχής τους σε διαφορετικούς τύπους (πρότυπο EN 13163/2009),

Δεν παρουσιάζει αντοχή σε συγκεντρωμένα φορτία, οπότε όταν εφαρμόζεται στις εξωτερικές στρώσεις δομικών στοιχείων απαιτείται προστασία έναντι ισχυρών συγκεντρωμένων φορτίων (μόνιμων ή κρουστικών), με τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται μετατροπή των συγκεντρωμένων φορτίων σε κατανεμημένα.

Εφαρμογή: Υπό μορφή αφρού, ψεκάζεται και σε σύντομο χρονικό διάστημα πολυμερίζεται με την υγρασία της ατμόσφαιρας και στερεοποιείται. Προσφύεται στα περισσότερα οικοδομικά υλικά και ιδιαίτερα στα πετρώδη, Δεν έχει καλή πρόσφυση επάνω σε φύλλα πολυαιθυλενίου, σιλικόνες, σε ορισμένα πλαστικά, καθώς και σε ρυπαρές επιφάνειες με λίπη και έλαια.

Χρήση: Έχει στη δόμηση ευρεία χρήση, ανεξάρτητα από τη μορφή της. Βρίσκει εφαρμογή στη θερμομονωτική προστασία εξωτερικών τοιχοποιιών, δοκών, τοιχίων και υποστυλωμάτων με τοποθέτηση είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά, δαπέδων σε ευπρόσβλητες από την υγρασία κατασκευές, δωματίων συμβατικού ή αντεστραμμένου τύπου, ψευδοροφών

Ο εκτοξευόμενος αφρός πολυουρεθάνης χρησιμοποιείται επιπλέον σε καμπύλες, θολωτές ή σφαιρικές επιφάνειες, στις οποίες δεν είναι δυνατή η χρήση πλακών.

Τα προκατασκευασμένα πετάσματα πολυουρεθάνης έχουν περισσότερο εφαρμογές σε λυόμενες κατασκευές, βιομηχανικά κτήρια, περιπτώρα εκθέσεων, στα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα και ως στοιχεία πλήρωσης .



Αφρώδης πολυουρεθάνη

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

- Θερμομονωτικά υλικά - Πολυουρεθάνη, Ιδιότητες

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

## 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.3 Πολυουρεθάνη - ιδιότητες

Οι κυριότερες φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες της πολυουρεθάνης παρουσιάζονται στον πίνακα

Προσβολή από έντομα / πουλιά / τρωκτικά	Ναι
Προσβολή από χημικούς διαλύτες	Ναι: από ακετόνη (ασετόν) και άλλοι ισχυροί διαλύτες Όχι: από βενζίνη και πετρελαιοειδή, οξέα και βάσεις
Προσβολή από την ηλιακή ακτινοβολία	Ναι
Συμπεριφορά στη θερμότητα	Αντοχή από -50 °C έως +11 °C
Θερμική αγωγιμότητα (σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010)	0,023 - 0,030 W/(m*K)
Απορρόφηση νερού	Όχι
Αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών	$\mu = 50 - 100$
Αντοχή στη συμπίεση	Ικανοποιητική
Μεταβολή διαστάσεων	Σχετική σταθερότητα. Σύμφωνα με το πρότυπο, για μικρότερη διάσταση των 1000 mm η ανοχή στην απόκλιση είναι $\pm 5$ mm σε συγκεκριμένες συνθήκες.
Συμπεριφορά σε φωτιά	Αυτοσβεννόμενο υλικό

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ = Θερμομονωτικά υλικά – Υαλοβάμβακας

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.4. Υαλοβάμβακας - πληροφορίες

Κατηγορία : Ανόργανων ινωδών υλικών.

Εμπορική μορφή: Ο υαλοβάμβακας στο εμπόριο κυκλοφορεί σε διάφορες μορφές, ανάλογα με τη χρήση του, όπως ως πάπλωμα σε ρολά, ως πάπλωμα προστατευμένο από τη μια του όψη με φύλλο αλουμινίου, ως πάπλωμα ενισχυμένο με μεταλλικό πλέγμα, ως απλές ή ενισχυμένες πλάκες, ως κογχύλια για θερμομονώσεις και ηχομονώσεις σωληνώσεων.

Χρώμα: Κίτρινο, που το αποκτούν κατά την επεξεργασία των ινών του γυαλιού με τη θερμοσκληρυνμένη ρητίνη, ενώ ορισμένα προϊόντα του συναντώνται και σε λευκό χρώμα.

Αντοχή σε θλίψη: Γενικά, ο υαλοβάμβακας δεν παρουσιάζει μηχανικές αντοχές. Ειδικά τα παπλώματα υαλοβάμβακα παρουσιάζουν πολύ μικρή αντοχή σε συμπίεση και γι' αυτό δεν πρέπει να τοποθετούνται ως ενδιάμεση στρώση σε οριζόντια δομικά στοιχεία, όταν δέχονται θλιπτικά φορτία διότι κινδυνεύουν να συμπιεστούν και να μειώσουν τόσο το πάχος, όσο και την προσφερόμενη θερμομονωτική τους προστασία.

Χρήση: Ως θερμομονωτικό υλικό, στη θερμική προστασία των διαφόρων δομικών στοιχείων των κτιριακών κατασκευών, καθώς και τη θερμική προστασία φούρνων, καυστήρων, καπνοδόχων, αεραγωγών, δεξαμενών κτλ.

Ως ηχομονωτικό υλικό στη ηχομόνωση τόσο επί μέρους δομικών στοιχείων και εγκαταστάσεων (σωληνώσεων, αεραγωγών, μηχανημάτων), όσο και χώρων με έντονη παραγωγή ήχου (χώρων ψυχαγωγίας, εργαστηρίων με θορυβώδη μηχανήματα κ.α).

Υπό μορφή παπλώματος εξυπηρετεί τη θερμική προστασία δοχείων, καμπύλων επιφανειών, δομικών στοιχείων με ακανόνιστη επιφάνεια, ξύλινων δαπέδων, επειδή μπορεί να παρακολουθήσει τη μορφή της επιφάνειας που καλύπτει.

Υπο την μορφή κογχυλίων χρησιμοποιείται κυρίως για τη θερμική προστασία σωληνώσεων, αεραγωγών.

Υπό μορφή παπλώματος, χρησιμοποιείται σε ξύλινα πατώματα, σε ψευδοροφές, στις κεκλιμένες επιφάνειες των στεγών και σε οριζόντιες οροφές κάτω από μη θερμομονωμένες στέγες κτηρίων.

Υπό την μορφή σκληρών ή ημίσκληρων πλακών, σε δάπεδα επάνω από υπόγεια ή πιλοτές με τοποθέτηση του υλικού κατά προτίμηση από την κάτω πλευρά της πλάκας, σε δώματα συμβατικού τύπου.

Προϋπόθεση Πρέπει πάντα να εξασφαλίζεται η προστασία από την υγρασία, όταν τοποθετείται εξωτερικά.



Υαλοβάμβακας



*Fiberglass Batt Insulation*

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

- Θερμομονωτικά υλικά - Υαλοβάμβακας.ιδιότητες

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

## 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.4 Υαλοβάμβακας - ιδιότητες

Οι κυριότερες φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες του υαλοβάμβακα παρουσιάζονται στον πίνακα

Προσβολή από έντομα / πουλιά / τρωκτικά	Όχι
Προσβολή από χημικούς διαλύτες	Όχι (προσβάλλεται όμως από το υδροχλωρικό οξύ)
Προσβολή από την Ηλιακή ακτινοβολία	Όχι
Συμπεριφορά στη θερμότητα	Αντοχή έως 400°C
Θερμική αγωγιμότητα	Παπλώματα 0,035 - 0,041 W/(m*K)
(σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010)	Σκληρές πλάκες 0,033 - 0,041 W/(m* K)
Συγκράτηση νερού	Ναι
Αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών	$\mu = 1,0 - 1,5$
Αντοχή στη συμπίεση	Όχι (το πάπλωμα)
Μεταβολή διαστάσεων	Σταθερότητα (όταν δεν συμπιέζεται)
Συμπεριφορά σε φωτιά	Άκαυστο

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ = Θερμομονωτικά υλικά – Πετροβάμβακας

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.5. Πετροβάμβακας - πληροφορίες

Κατηγορία : Ανόργανων ινωδών υλικών.

Ο πετροβάμβακας παράγεται με την ίδια διαδικασία που παράγεται και ο υαλοβάμβακας με τη διαφορά ότι ως πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται δολομίτης, ασβεστόλιθος, βωξίτης και πλουτώνια πετρώματα που δεν περιέχουν χαλαζία.

Εμπορική μορφή: Ο πετροβάμβακας στο εμπόριο κυκλοφορεί σε διάφορες μορφές, ανάλογα με τη χρήση του, όπως ως πάπλωμα σε ρολό, απλό ή ενισχυμένο με μεταλλικό πλέγμα, ως απλές ή ενισχυμένες πλάκες, ως κογχύλια για θερμομονώσεις και ηχομονώσεις σωληνώσεων, σε ακανόνιστη μορφή.

Παράγεται επίσης με διάφορες επικαλύψεις (π.χ. με υαλοϋφασμα, με φύλλο αλουμινίου, με ασφαλομένο υαλοπίλημα) ως πάπλωμα προστατευμένο από τη μια του όψη με φύλλο αλουμινίου,

Χρώμα: Σκούρο κιτρινοπράσινο χρώμα.

Παραγωγή: Για την παραγωγή του χρησιμοποιούνται φυσικά πετρώματα σε ποσοστό περίπου 80% και δεν αφήνει πολύ μεγάλες ποσότητες αποβλήτων, ενώ και οι ίνες του προϊόντος κατά την αποκομιδή τους σε βάθος χρόνου είναι βιοδιαλυτές. Ωμως, κατά τη διαδικασία παραγωγής του απαιτείται η κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας (υψηλή εμπεριεχόμενη ενέργεια).

Αντοχή σε θλίψη: Γενικά, ο πετροβάμβακας δεν παρουσιάζει μηχανικές αντοχές, διότι μπορεί να συμπιεστεί. Στη μορφή των πλακών εμφανίζονται ελαφρώς καλύτερες αντοχές (5 ~20 kPa σύμφωνα με διάφορους παραγωγούς), οι οποίες και πάλι όμως δεν επαρκούν για την τοποθέτηση των πλακών σε οριζόντια δομικά στοιχεία που αναμένεται να δεχθούν συμπίεση.

Χρήση: Ο πετροβάμβακας έχει σχεδόν τις ίδιες χρήσεις που έχει και ο υαλοβάμβακας τόσο στη δόμηση, όσο και στη βιομηχανία. Επιπλέον όμως προτιμάται σε χώρους στους οποίους αναπτύσσονται υψηλότερες θερμοκρασίες, επειδή παρουσιάζει υψηλότερες αντοχές στη θερμότητα.

Ο πετροβάμβακας, (όπως και ο υαλοβάμβακας), δεν πρέπει να τοποθετείται με γυμνά χέρια αλλά με γάντια λόγω μικρών τριμμάτων που μπορεί να αφήσουν οι ίνες του.

Προϋπόθεση Πρέπει πάντα να εξασφαλίζεται η προστασία από την υγρασία, όταν τοποθετείται εξωτερικά.



Πετροβάμβακας

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

- Θερμομονωτικά υλικά - Πετροβάμβακας Ιδιότητες

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

## 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.5 Πετροβάμβακας - ιδιότητες

Οι κυριότερες φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες του πετροβάμβακα παρουσιάζονται στον πίνακα

Προσβολή από έντομα / πουλιά / τρωκτικά	Όχι
Προσβολή από χημικούς διαλύτες	Όχι (προσβάλλεται όμως από το υδροχλωρικό οξύ)
Προσβολή από την ηλιακή ακτινοβολία	Όχι
Συμπεριφορά στη θερμότητα	Αντοχή έως 750 °C
Θερμική αγωγιμότητα	Παπλώματα 0,035 - 0,041 W/(m*K)
(σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010)	Σκληρές πλάκες 0,033 - 0,041 W/(m*K)
	Χύμα (κοκκώδης μορφή) 0,058 W/(m* K)
Συγκράτηση νερού	Ναι
Αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών	$\mu=1,0-1,5$
Αντοχή στη συμπίεση	Όχι
Μεταβολή διαστάσεων	Σταθερότητα (όταν δεν συμπιέζεται)
Συμπεριφορά σε φωτιά	Άκαυστο, πυράντοχο

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Θερμομονωτικά υλικά - Αφρώδες γυαλί

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.6. Αφρώδες γυαλί - πληροφορίες

Κατηγορία :	Ανόργανων ινωδών υλικών.
Προέλευση	Ορυκτής προέλευσης Έχει ως βασικό υλικό παραγωγής την καθαρή άμμο και παρασκευάζεται με θερμική διεργασία αλεσμένου γυαλιού που έχει αναμειχθεί με άνθρακα.
Δομή:	Κυψελωτή . Αποτελείται από πλήθος πολύ μικρών κυψελών ερμητικά κλειστών και ανεξάρτητων μεταξύ τους.
Ονομασία :	Διεθνώς είναι γνωστή ως <b>CG (cellular glass)</b>
Εμπορική μορφή:	Στο εμπόριο κυκλοφορεί σε πλάκες μικρών διαστάσεων, με ενιαίο πάχος, που κυμαίνεται από 2,5 έως 12,0 cm ή με μεταβλητό πάχος για θερμομόνωση δωματίων, προκειμένου με την τοποθέτησή του να διαμορφωθούν οι απαραίτητες κλίσεις. Στην Ελλάδα δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο ως θερμομονωτικό υλικό.
Αντοχή σε θλίψη:	Το αφρώδες γυαλί είναι πρακτικά ασυμπίεστο υλικό και παρουσιάζει μεγάλη αντοχή σε θλίψη (600 έως 1200 kPa),  Γι' αυτό και χρησιμοποιείται στη θερμομόνωση δαπέδων και άλλων επιφανειών, στα οποία ασκούνται υψηλά φορτία. Παρουσιάζει όμως ευαισθησία στα κρουστικά φορτία.
Χρήση:	Το αφρώδες γυαλί είναι κατάλληλο για θερμική προστασία τοιχοποιίας με θερμομόνωση εξωτερικά ή στον πυρήνα, συνολικών όψεων εξωτερικά, τοιχίων υπόγειων χώρων, δωματίων, πλακών οροφής κάτω από στέγη και κεκλιμένης στέγης, δαπέδων σε επαφή ή όχι με το έδαφος.  Στις κατακόρυφες επιφάνειες το υλικό στερεώνεται με ισχυρά βύσματα και με ειδικές ελαστικές κόλλες ασφαλικής βάσης.  Σε δάπεδα και σε δώματα επικολλάται σε καθαρό υπόστρωμα με τη βοήθεια θερμής ή ψυχρής ασφάλτου.



Αφρώδες γυαλί CG

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Θερμομονωτικά υλικά - Αφρώδες γυαλί, ιδιότητες

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

## 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.6 Αφρώδες γυαλί - ιδιότητες

Οι κυριότερες φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες του αφρώδους γυαλιού παρουσιάζονται στον πίνακα

Προσβολή από έντομα / πουλιά / τρωκτικά	Όχι
Προσβολή από χημικούς διαλύτες	Όχι: (προσβάλλεται όμως από το υδροφθορικό οξύ)
Προσβολή από την ηλιακή ακτινοβολία	Όχι
Συμπεριφορά στη θερμότητα	Αντοχή από -260° έως 430°C
Θερμική αγωγιμότητα  (σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010)	0,040 - 0,052 W/(m*K)
Απορρόφηση νερού	Μηδενική
Αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών	$\mu = 100.000$
Αντοχή στη συμπίεση	Ναι
Μεταβολή διαστάσεων	Σχετική σταθερότητα. Σύμφωνα με το πρότυπο δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 1 % σε συγκεκριμένες συνθήκες υπό παραμονή 48 ωρών.
Συμπεριφορά σε φωτιά	Άκαυστο

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ = Θερμομονωτικά υλικά – Ξυλόμαλλο

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.7. Ξυλόμαλλο - πληροφορίες

Κατηγορία :	Οργανικών ινωδών υλικών.
Προέλευση	Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται το ξύλο και σε συγγενή προϊόντα προς το ξυλόμαλλο χρησιμοποιούνται ροκανίδια, άχυρα και άλλα φυτικά προϊόντα υπό μορφή ινών.  Αποτελείται από ξυλώδεις ίνες, που έχουν αναμειχθεί και ορυκτοποιηθεί με τσιμέντο υψηλής αντοχής.
Ωσμή / Χρώμα:	Άοσμο , με Φαιό (Γκρι-καφέ) χρώμα.
Συμβολισμός :	με τους χαρακτήρες <b>W W</b> (wood wool).
Εμπορική μορφή:	Το ξυλόμαλλο κυκλοφορεί στο εμπόριο σε δυο βασικούς τύπους Απλές συμπαγείς πλάκες. Πλάκες τύπου σάντουιτς με εκατέρωθεν εξωτερικές στρώσεις ξυλόμαλλου και ενδιάμεση στρώση διογκωμένης πολυστερίνης ή πετροβάμβακα, οι οποίες παρουσιάζουν το πλεονέκτημα να είναι ελαφρότερες των συμπαγών πλακών και να συνδυάζουν τις ιδιότητες του ξυλόμαλλου και της διογκωμένης πολυστερίνης ή του πετροβάμβακα.
Αντοχή σε θλίψη:	Το ξυλόμαλλο αποτελεί ένα από τα θερμομονωτικά υλικά με τις μεγαλύτερες αντοχές σε θλίψη (1000 ~ 1800) kPa. Μπορεί να παραλάβει χωρίς προβλήματα τόσο κατανεμημένα, όσο και συγκεντρωμένα φορτία χωρίς κίνδυνο παραμόρφωσης.
Χρήση:	Προσφέρεται για τη θερμομονωτική προστασία όλων σχεδόν των δομικών στοιχείων, αρκεί να μην προσβάλλονται από την υγρασία. Το ξυλόμαλλο, εκτός από θερμομονωτικό θεωρείται και καλό ηχομονωτικό υλικό.  Λόγω των υψηλών αντοχών του μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως παραμένον ξυλότυπος σε στοιχεία φέροντος οργανισμού. Προτιμάται κυρίως στη θερμομόνωση στοιχείων του φέροντος οργανισμού (αρκεί να μην προσβάλλονται από την υγρασία),  Μπορεί να τοποθετηθεί : στην εσωτερική θερμομόνωση οροφών μεγάλων χώρων, στους οποίους παραμένει ως εμφανές στοιχείο, σε πλάκες οροφής κάτω από στέγη και σε κεκλιμένες στέγες, στην εξωτερική θερμομόνωση υπόστυλων χώρων και ανοικτών διαβάσεων (πιλοτών), σε επιφάνειες που πρέπει να επιχρισθούν, λόγω της καλής πρόσφυσης κάθε τύπου επιχρίσματος σ' αυτό, σε χώρους, στους οποίους εκτός από θερμομονωτική απαιτείται και ηχητική προστασία.  Η επιφάνειά του μπορεί να επιχριστεί, να καλυφθεί με ταπετσαρία , να μείνει ελεύθερη ή να βαφτεί με ένα κοινό διακοσμητικό υδατοδιαλυτό χρώμα

Ξυλόμαλλο



# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

- Θερμομονωτικά υλικά - Ξυλόμαλλο, ιδιότητες

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

## 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.7 Ξυλόμαλλο - ιδιότητες

Οι κυριότερες φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες του ξυλόμαλλου παρουσιάζονται στον πίνακα

Προσβολή από έντομα / πουλιά / τρωκτικά	Ναι
Προσβολή από χημικούς διαλύτες	Όχι
Προσβολή από την ηλιακή ακτινοβολία	Όχι
Συμπεριφορά στη θερμότητα	Ικανοποιητική
Θερμική αγωγιμότητα (σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010)	Πλάκες πάχους < 25 mm      0,150W/(m*K) Πλάκες πάχους ≥ 25 mm      0,090-0,100 W/(m*K)
Απορρόφηση νερού	Ναι
Αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών	$\mu = 2,0 - 5,0$
Αντοχή στη συμπίεση	Ναι
Μεταβολή διαστάσεων	Σταθερότητα
Συμπεριφορά σε φωτιά	Θεωρείται πυράντοχο μόνο με την επίχρισή του

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Θερμομονωτικά υλικά - Πορώδη διακοσμ. Τούβλα

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.8. Πορώδη διακοσμητικά τούβλα - πληροφορίες

**Περιγραφή:** Πρόκειται για τούβλα στη μάζα των οποίων έχουν δημιουργηθεί πολλές μικρές κυψελίδες αέρα.

Τα θερμομονωτικά τούβλα διαφέρουν από τα λοιπά θερμομονωτικά υλικά στο γεγονός ότι δεν χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικά υλικά για να προσδώσουν στην κατασκευή θερμική προστασία, αλλά ως κύρια δομικά υλικά που παρέχουν ταυτόχρονα και τη θερμική προστασία.

**Παραγωγή:** Τα πορώδη θερμομονωτικά τούβλα παράγονται με την πρόσμειξη κόκκων διογκωτικού υλικού στη μάζα της αργίλου πριν ακόμη αυτή να ψηθεί. Με το ψήσιμο των τούβλων σε υψηλές τιμές θερμοκρασίας το διογκωτικό υλικό καίγεται και αφήνει στη μάζα της αργίλου κυψέλες με αέρα.

**Εμπορική μορφή:** Δεν υπάρχουν κοινώς αποδεκτές προδιαγραφές για τις διαστάσεις των θερμομονωτικών τούβλων. Στο εμπόριο κυκλοφορούν σε πολλές διαστάσεις σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ορίζει η κάθε εταιρεία παραγωγής.

**Χρώμα / μορφή:** Τα θερμομονωτικά τούβλα έχουν το χρώμα και τη μορφή των κοινών τούβλων. Είναι κατά 25% - 40% ελαφρότερα από τα κοινά διάτρητα τούβλα.

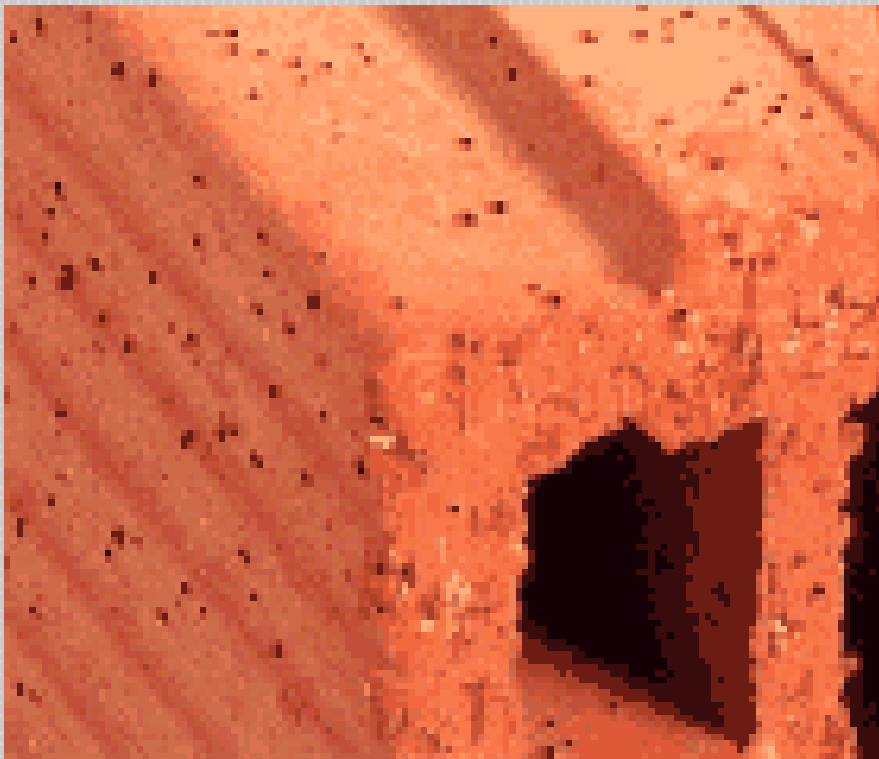
**Αντοχή σε θλίψη:** Τα πορώδη θερμομονωτικά τούβλα εμφανίζουν παρόμοιες μηχανικές αντοχές με τα συνηθισμένα τούβλα. Η αντοχή σε θλίψη φτάνει μέχρι τα 5.000 kPa. Εμφανίζουν εξαιρετική συμπεριφορά και μπορούν να παραλάβουν χωρίς προβλήματα τόσο κατανεμημένα, όσο και συγκεντρωμένα φορτία χωρίς κίνδυνο παραμόρφωσης.

**Χρήση:** Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εξωτερικών τοιχοποιιών πλήρωσης, χωρίς τη χρήση κάποιου πρόσθετου θερμομονωτικού υλικού.

Σύμφωνα με τους παραγωγούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κατασκευή φερουσών εξωτερικών τοιχοποιιών χαμηλών κτισμάτων. Ωστόσο, δεν συνιστάται η χρήση τους ως φερόντων δομικών στοιχείων.

Εσωτερικά και εξωτερικά επιχρίονται με όλα τα επιχρίσματα που εφαρμόζονται και στα κοινά τούβλα. Αυτό πάντως που θα πρέπει να προσέξει κανείς κατά την κατασκευή μιας τοιχοποιίας με θερμομονωτικά τούβλα είναι το **συνδεδετικό τους κονίαμα** που πρέπει να παρουσιάζει **χαμηλό** συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ανάλογο αυτού των θερμομονωτικών τούβλων. Διαφορετικά οι μεταξύ τους αρμοί κινδυνεύουν να λειτουργήσουν ως θερμογέφυρες.

Τα θερμομονωτικά τούβλα λόγω του πορώδους της μάζας τους παρουσιάζουν **μικρότερη θερμοχωρητικότητα** έναντι των κοινών τούβλων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ικανότητα συσσώρευσης μικρότερης ποσότητας θερμότητας και αντίστοιχα επαναπόδοσής της μέσα στο χώρο όταν θα διακοπεί η λειτουργία της θέρμανσης.



Θερμομονωτικά τούβλα

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

- Θερμομονωτικά υλικά - Πορώδη διακοσμ. Τούβλα, ιδιότητες

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

## 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.8 Πορώδη διακοσμητικά τούβλα - ιδιότητες

Οι κυριότερες φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες των πορωδών διακοσμητικών τούβλων παρουσιάζονται στον πίνακα

Προσβολή από έντομα / πουλιά / τρωκτικά	Όχι
Προσβολή από χημικούς διαλύτες	Όχι
Προσβολή από την ηλιακή ακτινοβολία	Όχι
Συμπεριφορά στη θερμότητα	Αντοχή σε παγετό και υψηλές θερμοκρασίες
Θερμική αγωγιμότητα (σύμφωνα με την Τ.ΟΤ.Ε.Ε. 20701-2/2010)	$\lambda = 0,260 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ για πυκνότητα $\rho = 940 \text{ kg}/\text{m}^3$ *
Απορρόφηση νερού	Ναι
Αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών	$\mu = 10$
Αντοχή στη συμπίεση	Ναι
Μεταβολή διαστάσεων	Σταθερότητα
Συμπεριφορά σε φωτιά	Άκαυστα

\* Οι διάφορες εταιρείες παραγωγής πορωδών θερμομονωτικών οπτόπλινθων δίνουν καλύτερες τιμές για τα προϊόντα τους.

Πάντως για τον προσδιορισμό της θερμομονωτικής ικανότητας των τούβλων είναι προτιμότερο να λαμβάνεται υπόψη

ο συντελεστής θερμοδιαφυγής  $U_{\lambda} = \lambda / d$  (όπου  $d$  το πάχος του τούβλου) και όχι ένας θεωρητικός συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  του συμπαγούς τμήματος. Έτσι, ο συντελεστής θερμοδιαφυγής  $U_{\lambda}$  για τους διάφορους τύπους που δίνουν οι κατασκευάστριες εταιρείες

$$\text{Για } d = 7,5\text{cm}$$

$$U_{\lambda} = 2,25 \text{ W}/(\text{m}^2*\text{K})$$

$$\text{Για } d = 10,0 \text{ cm}$$

$$U_{\lambda} = 1,71 \text{ W}/(\text{m}^2*\text{K})$$

$$\text{Για } d = 12,0 \text{ cm}$$

$$U_{\lambda} = 1,50 - 1,60 \text{ W}/(\text{m}^2*\text{K})$$

$$\text{Για } d = 18,0 \text{ cm}$$

$$U_{\lambda} = 0,98 \text{ W}/(\text{m}^2*\text{K})$$

$$\text{Για } d = 20,0 \text{ cm}$$

$$U_{\lambda} = 0,65 - 0,70 \text{ W}/(\text{m}^2*\text{K})$$

$$\text{Για } d = 22,5 \text{ cm}$$

$$U_{\lambda} = 0,63 - 0,69 \text{ W}/(\text{m}^2*\text{K})$$

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

- Θερμομονωτικά υλικά – Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

## 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.9. Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι - πληροφορίες

- Περιγραφή:** Οι ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι, ή ελαφροτσιμεντόλιθοι, είναι τεχνητοί δομικοί λίθοι από αφρώδες σκυρόδεμα.
- Παραγωγή:** παράγονται με υδροθερμική κατεργασία και χρησιμοποιούνται στη δόμηση, κυρίως για την κατασκευή τοιχοποιιών. Θεωρούνται υλικά φιλικά προς το περιβάλλον, δεδομένου ότι οι πρώτες ύλες παραγωγής τους προέρχονται στο σύνολό τους από ανόργανα υλικά.
- Εμπορική μορφή:** Οι Τσιμεντόλιθοι είναι τεχνητοί λίθοι σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου με μεγάλου εύρους διαστάσεις, που καθορίζεται από την κάθε εταιρεία παραγωγής.
- Χρώμα :** έχουν συνήθως ανοικτό γκριζο ή υπόλευκο χρώμα, μπορούν όμως να αποκτήσουν και οποιοδήποτε άλλο χρώμα με ανάμειξη στη μάζα παραγωγής του επιθυμητού χρώματος
- Εφαρμογή :** Στο εργοτάξιο μπορούν να κοπούν και να τεμαχιστούν εύκολα με ειδικό πριόνι στην επιθυμητή διάσταση. Εξίσου εύκολα μπορούν να ανοιχθούν οπές στη μάζα τους ή κανάλια για τη διέλευση σωληνώσεων υδραυλικών ή ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων.
- Αντοχή σε θλίψη:** Οι αντοχή σε θλίψη είναι πολύ μεγάλη, τόσο σε κατανεμημένα όσο και σε συγκεντρωμένα φορτία. Η θλιπτική τους αντοχή βρίσκεται στην περιοχή των 2.500 έως 5.000 kPa, ανάλογα με τον τύπο του υλικού.
- Χρήση:** Οι ελαφροτσιμεντόλιθοι βρίσκουν εφαρμογή στην κατασκευή τοιχοποιιών παντός είδους κτιριακών κατασκευών τόσο του εξωτερικού τους κελύφους, όσο και των εσωτερικών διαχωριστικών τους τοίχων. Ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στην κατασκευή άλλων στοιχείων του κτηρίου όπως κλιμάκων, οροφών, στεγών κτλ. Αν και οι εταιρείες παραγωγής, προτείνουν υπό προϋποθέσεις τη χρήση των ελαφροτσιμεντόλιθων και ως φερόντων στοιχείων σε μικρές και χαμηλές κατασκευές, η συμμετοχή τους στο φέροντα οργανισμό είναι καλύτερα να αποφεύγεται.
- Οι ελαφροτσιμεντόλιθοι θεωρούνται υλικά με μικρή θερμοχωρητικότητα αλλά με καλές ηχομονωτικές ιδιότητες, καθώς το μεγάλο πορώδες τους επιτρέπει την απορρόφηση και την ανάκλαση του ήχου.
- Η τοιχοποιία από ελαφροτσιμεντόλιθους μπορεί να παραμείνει ανεπίχριστη ή να επιχρισθεί. Η ανεπίχριστη τοιχοποιία μπορεί να σπατουλαριστεί ή/και να βαφεί με συνήθη χρώματα. Συνήθως όμως η τοιχοποιία επιχρίεται με κονίαμα που κατά προτίμηση θα πρέπει να είναι υδαταπωθητικό και να προστατεύει κατά το δυνατόν την τοιχοποιία από τα νερά της βροχής.



Ytong Belgium - no use without aut



*Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι*

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

- Θερμομονωτικά υλικά - Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι, ιδιότητες

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

## 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.9 Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι - ιδιότητες

Οι κυριότερες φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες των ελαφροβαρών τσιμεντόλιθων παρουσιάζονται στον πίνακα

Προσβολή από έντομα / πουλιά / τρωκτικά	Όχι
Προσβολή από χημικούς διαλύτες	Όχι
Προσβολή από την ηλιακή ακτινοβολία	Όχι
Θερμική αγωγιμότητα (σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010)	<ul style="list-style-type: none"><li>Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι Για <math>P = 400 - 800 \text{ kg/m}^3</math> <math>\lambda = 0,110 - 0,220 \text{ W/(m}^*\text{K)}</math></li><li>Διάτρητες πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα Για <math>P = 600 - 1600 \text{ kg/m}^3</math> <math>\lambda = 0,350 - 1,000 \text{ W/(m}^*\text{K)}</math></li><li>Κισηρόλιθοι Για <math>P = 500 - 800 \text{ kg/m}^3</math> <math>\lambda = 0,170 - 0,260 \text{ W/(m}^*\text{K)}</math></li></ul>
Απορρόφηση νερού	Ναι
Αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών	$\mu = 3,0-10,0$
Αντοχή στη συμπίεση	Ναι
Μεταβολή διαστάσεων	Σταθερότητα
Συμπεριφορά σε φωτιά	Άκαυστο

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ = Θερμομονωτικά υλικά – Φελλός

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

## 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.10. Φελλός - πληροφορίες

Κατηγορία:	Ο φελλός ανήκει στην κατηγορία των φυσικών θερμομονωτικών υλικών και αποτελεί ένα από τα παλαιότερα μονωτικά υλικά με χρήση τόσο στη θερμική, όσο και στην ηχητική προστασία των κατασκευών.
Παραγωγή:	Καθώς για την παραγωγή του δεν απαιτείται η κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας, έχει μικρή ποσότητα ενσωματωμένης ενέργειας και θεωρείται υλικό φιλικό προς το περιβάλλον.
Εμπορική μορφή:	Στο εμπόριο κυκλοφορεί: υπό μορφή κοκκώδους φελλού και πλακών ή σανίδων. <ul style="list-style-type: none"><li>Υπό κοκκώδη μορφής που προέρχεται από την απόξεση και την επεξεργασία του ακατέργαστου φελλού.</li><li>Υπό μορφή πλακών σκληρής μορφής που προέρχονται από τη διόγκωση του κοκκώδους φελλού σε θερμοκρασία περίπου 400°C και υπό πίεση με συγκόλληση των κόκκων του.</li></ul> Σπανιότερα συναντάται επίσης και υπό μορφή ανοικτών «κογχυλιών» (σωληνωτή μορφή) για τη μόνωση σωληνώσεων.
Χρώμα :	Συναντάται στο εμπόριο στο φυσικό του χρώμα, ωστόσο δίνεται η δυνατότητα χρωματισμού του με ειδικές βαφές.
Αντοχή σε θλίψη:	Ο φελλός αποτελεί συμπίεσιμο υλικό, το οποίο όμως με την απομάκρυνση του φορτίου μπορεί να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση. Σύμφωνα με το πρότυπο EN 13170, η ελάχιστη αντοχή σε θλίψη (για 10% παραμόρφωση) βρίσκεται στην περιοχή 90 έως 110 kPa.
Χρήση:	Η χρήση του φελλού στην Ελλάδα δεν είναι πολύ διαδεδομένη, κυρίως λόγω υψηλού κόστους. Έτσι, δεν παρατηρείται ευρεία χρήση του ως θερμομονωτικού υλικού. Αντιθέτως, λόγω των ηχομονωτικών του ιδιοτήτων επιλέγεται κυρίως ως ηχομονωτικό υλικό και παράλληλα λειτουργεί και ως θερμομονωτικό. Οι πιο κοινές εφαρμογές μόνωσης είναι σε μονωμένα συστήματα επικάλυψης, και κυρίως ως τελική επικάλυψη τοιχοποιιών και δαπέδων λόγω του καλού αισθητικού αποτελέσματος που δίνει. Και στις δύο περιπτώσεις αξιοποιείται η σταθερότητα διαστάσεων του φελλού, η ελαστικότητά του και η αντίστασή του στη συμπίεση.



Φελλός

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Θερμομονωτικά υλικά - Φελλός, ιδιότητες

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

## 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.10 Φελλός - ιδιότητες

Οι κυριότερες φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες του φελλού παρουσιάζονται στον πίνακα

Προσβολή από έντομα / πουλιά / τρωκτικά	Προσβάλλεται από ορισμένες μόνο κατηγορίες εντόμων
Προσβολή από χημικούς διαλύτες	Ναι
Συμπεριφορά στη θερμότητα	Αντοχή από -200°C έως +130°C
Θερμική αγωγιμότητα (σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010)	Σκληρά πλακίδια 0,065 W/(m*K) Φύλλα και πλάκες 0,042 - 0,046 W/(m*K).
Απορρόφηση νερού	Αδιάβροχο
Αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών	Σκληρά πλακίδια $\mu = 40$ Φύλλα και πλάκες $\mu = 10 - 30$
Αντοχή στη συμπίεση	Ικανοποιητική
Μεταβολή διαστάσεων	Σταθερότητα. Σύμφωνα με το πρότυπο δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 0,5% σε συγκεκριμένες συνθήκες υπό παραμονή 48 ωρών.
Συμπεριφορά σε φωτιά	Καίγεται δύσκολα.

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ – Θερμομονωτικά υλικά – Φυσικά θερμ. υλικά, κυτταρίνη, μαλί

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

## 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.11. Φυσικά θερμομονωτικά υλικά

Στα θερμομονωτικά υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης μπορούν επίσης να συμπεριληφθούν προϊόντα που προέρχονται από άλλες φυσικές ύλες. Στο σύνολό τους αυτά τα υλικά θεωρούνται ανακυκλώσιμα και βιοδιασπώμενα.

Ωστόσο δύσκολα συναντώνται στην ελληνική αγορά. Αλλά και στο εξωτερικό, εκτός από ορισμένες περιπτώσεις, δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα.

#### 3.2.4.11.1. Κυτταρίνη

Είναι υλικό που προέρχεται από την ανακύκλωση του χαρτιού.

Παράγεται από απορρίμματα χαρτιών, που δέχονται κατάλληλη επεξεργασία προκειμένου να καταστούν κατά το δυνατόν ανθεκτικά έναντι της φωτιάς και απρόσβλητο από μύκητες και έντομα.

Στην ελληνική αγορά δεν συναντάται εύκολα. Σε άλλες χώρες διατίθεται σε δύο μορφές σε μη μορφοποιημένη μορφή, που διαστρώνεται ελεύθερα ή με ψεκασμό, σε μορφή πλακών.

Αποτελεί συμπίεσιμο υλικό και δεν παρουσιάζει σημαντική αντοχή σε θλίψη.

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2 οι τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας είναι:

για τη χαλαρή ινώδη μορφή του  $\lambda = 0,040 - 0,045 \text{ W}/(\text{m}^* \text{ K}),$

για τη συμπαγή κολλώδη μορφή του  $\lambda = 0,040 - 0,060 \text{ W}/(\text{m}^* \text{ K}).$

Προσφέρεται κυρίως για τη θερμική προστασία οριζόντιων οροφών κάτω από μη θερμομονωμένες στέγες είτε στη χύμα μορφή του είτε υπό μορφή πλακών.

Μπορεί πάντως να τοποθετηθεί και σε τοιχοποιίες, είτε στον πυρήνα ανάμεσα σε δύο κελύφη, είτε ως εσωτερική θερμομόνωση που θα επικαλυφθεί με υλικά ξηρής δόμησης υπό την προϋπόθεση ότι η τοιχοποιία δεν κινδυνεύει να προσβληθεί από την υγρασία.

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Θερμομονωτικά υλικά - Φυσικά θερμ. υλικά, μαλλί

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

## 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.11. Φυσικά θερμομονωτικά υλικά

#### 3.2.4.11.2. Μαλλί προβάτου

Είναι φυσικό προϊόν που παράγεται κατά κύριο λόγο από το φυσικό μαλλί του προβάτου, είτε από ανακύκλωση είτε από νέο μαλλί με κουρά του ζώου.

Για τη διαμόρφωσή του δέχεται επεξεργασία με πολυεστερικές ρητίνες, που το καθιστούν ανθεκτικό έναντι της φωτιάς και της προσβολής από έντομα.

Θεωρείται φιλικό προς το περιβάλλον, αν και οι πολυεστερικές ρητίνες και οι βιοκτόνες ενώσεις που περιέχει δεν είναι ανανεώσιμα υλικά.

Αποτελεί συμπίεσιμο υλικό χωρίς ιδιαίτερες αντοχές σε θλίψη.

Κατά την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2 η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας είναι  $\lambda = 0,040 - 0,050 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ .

Στην Ελλάδα η χρήση του ως μονωτικού υλικού είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. Χρησιμοποιείται κυρίως για τη μόνωση οροφών κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη ή και των ίδιων των κεκλιμένων επιπέδων των στεγών. Διαστρώνεται επάνω στην πλάκα ή τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα στοιχεία της στέγης.

Οφείλει πάντα να προστατεύεται από την υγρασία.

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ – Θερμομονωτικά υλικά – Φυσικά θεσμ. κάρναβη, λινάρι

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

## 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.11. Φυσικά θερμομονωτικά υλικά

#### 3.2.4.11.3. Κάρναβη

Είναι ινώδες υλικό και προέρχεται από ένα είδος κάρναβης με χαμηλή περιεκτικότητα σε τετραϋδροκάρναβινόλη, που είναι ψυχοτρόπο συστατικό της κάρναβης.

Για τη σύνδεση των ινών χρησιμοποιούνται πολυεστερικά υλικά, που προσδίδουν επίσης στο προϊόν σταθερότητα και ικανότητα αντίστασης στη φωτιά.

Παρουσιάζει συντελεστή θεσμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,038 - 0,040 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

Προσβάλλεται από την υγρασία και γι' αυτό πρέπει να προστατεύεται.

Είναι ακριβότερο υλικό σε σύγκριση με άλλα φυσικά προϊόντα της δικής του κατηγορίας.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο ως θερμομονωτικό όσο και ως ηχομονωτικό υλικό σε κατακόρυφα και οριζόντια δομικά στοιχεία.

Προτιμάται ωστόσο κυρίως για τη μόνωση οροφών κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη ή και των ίδιων των κεκλιμένων επιπέδων των στεγών.

#### 3.2.4.11.4. Λινάρι

Προέρχεται από τις ίνες του μίσχου του φυτού του λιναριού, που δέχεται επεξεργασία, προκειμένου να καταστεί ανθεκτικό απέναντι σε έντομα και ζώφια και στην επίδραση της φωτιάς.

Είναι φυσικό προϊόν και αν εξαιρεθούν οι ουσίες που χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση των ινών του, θεωρείται ανανεώσιμο, ανακυκλώσιμο και βιοδιασπώμενο υλικό.

Σύμφωνα με την Τ.ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2 παρουσιάζει συντελεστή θεσμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,038 - 0,045 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

Όπως και τα προηγούμενα υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θεσμική προστασία τόσο των οριζόντιων όσο και των κατακόρυφων δομικών στοιχείων, αρκεί αυτά να μην προσβάλλονται από την υγρασία.

Προτιμάται, ωστόσο, και στις δύο μορφές του (πάπλωμα και πλάκες) για τη θερμομόνωση οριζόντιων πλακών κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη και κεκλιμένων στεγών.

# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - Θερμομονωτικά υλικά - Θερμοανακλαστικά υλικά

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.11. Θερμοανακλαστική μόνωση - υλικά

Είναι υλικά που έχουν την ικανότητα να ανακλούν την προσπίπτουσα επί της επιφανείας τους ακτινοβολία.

Συνήθως συντίθενται από τρεις τουλάχιστον επάλληλες στρώσεις.

Η κεντρική αποτελείται από κάποιο συνθετικό υλικό που σχηματίζει κλειστές κυψελίδες με αέρα (φουσαλίδες) και εκατέρωθεν έχει μια στρώση με υψηλή ανακλαστικότητα. Ως ανακλαστικό υλικό χρησιμοποιείται κυρίως το φύλλο αλουμινίου, του οποίου η ανακλαστικότητα φθάνει το 95% - 97%.

Τα θερμοανακλαστικά υλικά συνδυάζουν την ικανότητά τους να αντιδρούν τόσο στη μετάδοση της θερμότητας με αγωγιμότητα όσο και με ακτινοβολία.

Έτσι, οι θερμοανακλαστικές επιφάνειες λειτουργούν προς διπλή κατεύθυνση:

Το καλοκαίρι παρεμποδίζουν την απορρόφηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας από τη μάζα του υλικού και την επανεκπέμπουν προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Το χειμώνα παρεμποδίζουν τη ροή της μεταδιδόμενης θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον και την επανεκπέμπουν προς τον εσωτερικό χώρο.

Τα θερμοανακλαστικά υλικά, προκειμένου να λειτουργήσουν αποτελεσματικά, πρέπει μπροστά από την ανακλαστική τους επιφάνεια να έχουν ένα λεπτό στρώμα αέρα, μέσω του οποίου ανακλάται προς την ανακλαστική επιφάνεια η μεταδιδόμενη θερμότητα και από αυτήν επαναανακλάται προς τα πίσω.

Η προβαλλόμενη αντίσταση από ένα θερμοανακλαστικό υλικό παρέχεται από τον παραγωγό και στην τιμή της συμπεριλαμβάνεται και η αντίσταση του εκατέρωθεν ευρισκόμενου πάχους αέρα (περίπου 1,0 - 1,5 cm).

Η τιμή της θερμικής αντίστασης είναι διαφορετική για οριζόντια ροή θερμότητας (κατακόρυφη θέση του δομικού στοιχείου) και διαφορετική για κατακόρυφη ροή θερμότητας προς τα επάνω (οροφή) ή προς τα κάτω (δάπεδο).

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. πρέπει να συνοδεύεται από σχετικό πιστοποιητικό διαπιστευμένου προς αυτό το σκοπό εργαστηρίου.

Τα θερμοανακλαστικά υλικά μπορούν να βρουν πεδίο εφαρμογής στα περισσότερα δομικά στοιχεία των κτιριακών κατασκευών: στο δώμα, στην τοιχοποιία πλήρωσης, σε δικέλυφη αεριζόμενη τοιχοποιία, σε δάπεδα κ.ά.



# 3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

- Θερμομονωτικά υλικά - Θερμοανακλαστικά υλικά  
- Θερμομονωτικά υλικά - Θερμοαπορροφητικά υλικά

## 3.2. Θερμομονωτικά υλικά

## 3.2.4 Παρουσίαση κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

### 3.2.4.11. Θερμοανακλαστική μόνωση - υλικά

Οι τιμές της θερμικής αντίστασης των θερμοανακλαστικών υλικών δίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Προϋπόθεση για να ισχύουν οι τιμές του πίνακα είναι:

- η στρώση του αέρα που βρίσκεται εγκλωβισμένη μέσα στο δομικό στοιχείο, να μην επικοινωνεί με το εξωτερικό ή εσωτερικό περιβάλλον και
- η στρώση του αέρα να έχει πάχος μικρότερο του  $1/10$  εκάστης των άλλων δύο διαστάσεων και πάντως όχι μεγαλύτερο των 30 cm.

*Η τιμή θερμικής αντίστασης μη αεριζόμενου στρώματος αέρα, ευρισκόμενου πρακτικά σε κατάσταση ηρεμίας για οριζόντια και κατακόρυφη ροή θερμότητας και με ανακλαστική επιφάνεια στη μια πλευρά του διακένου σύμφωνα με τον κ.Εν.Α.κ.*

*(Τ. Ο. Τ.Ε.Ε. 20701-212010 για τρεις διαφορετικές τιμές εκπνεμπτικότητας της ανακλαστικής μεμβράνης ( $\epsilon = 0,05, 0,10$  και  $0,20$ )).*

Πάχος ακίνητης ατρώασης  αέρα	Εκπεμπτικότητα $\epsilon = 0,05$			Εκπεμπτικότητα $\epsilon = 0,10$			Εκπεμπτικότητα $\epsilon = 0,20$		
	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω
mm	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$	$m^2 \cdot K/W$
5	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17
7	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,22	0,22	0,22
10	0,36	0,36	0,36	0,33	0,33	0,33	0,29	0,29	0,29
15	0,52	0,45	0,52	0,46	0,41	0,46	0,38	0,34	0,38
25	0,67	0,45	0,80	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,50
50	0,67	0,45	0,80	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,67
100	0,67	0,45	0,80	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,75
300	0,67	0,45	0,80	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,75

# ΘΕΡΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΚΤΗΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Τέλους 3<sup>ου</sup> - 4<sup>ου</sup> Μέρους  
Θερμοχωρητικότητα & Θερμονωτικά υλικά

Αλέξανδρος Κρίθαρης

Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Προσωρινός Ενεργειακός Επιθεωρητής