

**ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ**

Μαθησιακή Ενότητα 3

Μάθημα 7: Θερμομονωτικά υλικά

UPWOOD

Βελτίωση δεξιοτήτων των τεχνιτών, οικοδομικών εργασιών, στις μεθόδους ξύλινων κατασκευών για ενεργειακά κτήρια

*truction methods for energy-efficient buildings*

UPWOOD

*Up-skilling construction workers in wood construction methods for energy-efficient buildings*

*methods for energy-efficient buildings*

UPWOOD

*Up-skilling construction workers in wood construction methods for energy-efficient buildings*

*methods for energy-efficient buildings*

UPWOOD

*Up-skilling construction workers in wood construction methods for energy-efficient buildings*

*methods for energy-efficient buildings*

UPWOOD

*Up-skilling construction workers in wood construction methods for energy-efficient buildings*

Περιεχόμενα

[1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 2](#_Toc72422793)

[2. Ορισμοί 3](#_Toc72422794)

[3. Οφέλη της θερμομόνωσης στα κτίρια 5](#_Toc72422795)

[4. Υλικά διαθέσιμα στην αγορά 8](#_Toc72422796)

[4.1. Μόνωση με Υαλοβάμβακα (Glasswool) 9](#_Toc72422797)

[4.2. Μόνωση Earthwool 10](#_Toc72422798)

[4.3. Μόνωση πολυεστέρα 10](#_Toc72422799)

[4.4. Μόνωση με Πετροβάμβακα (Rockwool) 11](#_Toc72422800)

[4.5. Ανακλαστική μόνωση αλουμινίου 12](#_Toc72422801)

[4.6. Άκαμπτοι πίνακες μόνωσης (EPS & XPS) 13](#_Toc72422802)

[4.7. Μονωτικός Αφρός Ψεκασμού 13](#_Toc72422803)

[4.8. Ίνες ξύλου 14](#_Toc72422804)

[4.9. Ίνες κυτταρίνης/χαρτιού 15](#_Toc72422805)

[4.10. Κοινά μονωτικά υλικά, τιμές, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα «R» 15](#_Toc72422806)

[5. Εφαρμογή Υλικών 18](#_Toc72422807)

[6. Βλάβες στα συστήματα μόνωσης θερμότητας - απώλειες θερμότητας 23](#_Toc72422808)

[7. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ (FAQS) 27](#_Toc72422809)

[8. ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ 28](#_Toc72422810)

[8.1. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ 1 28](#_Toc72422811)

[8.2. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ 2 29](#_Toc72422812)

[9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ 31](#_Toc72422813)

1. **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η θερμική μόνωση ορίζεται ως η μείωση της μεταφοράς θερμότητας (μεταφορά θερμικής ενέργειας μεταξύ αντικειμένων διαφορετικής θερμοκρασίας) μεταξύ αντικειμένων σε θερμική επαφή.

Κύρια θέματα:

* Η μείωση της ποσότητας ενέργειας που χρησιμοποιείται από τα ορυκτά καύσιμα είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για την προώθηση της βιωσιμότητας.
* Η μόνωση έχει τη μεγαλύτερη δυνατότητα μείωσης των εκπομπών CO2.
* Η εξοικονόμηση ενέργειας με χρήση μόνωσης υπερτερεί κατά πολύ της ενέργειας που χρησιμοποιείται στην κατασκευή της. Μόνο όταν ένα κτίριο επιτυγχάνει ένα πρότυπο «Χαμηλής Θερμοκρασίας», ο ενσωματωμένος άνθρακας μόνωσης καθίσταται σημαντικός.
* Για να μειώσετε τον εξωτερικό ήχο και το αντίθετο.
* Για τη βελτίωση της πυρασφάλειας του κτιρίου.

# Ορισμοί

Οι θερμικές ιδιότητες των μονωτικών υλικών και των δομικών υλικών είναι γνωστές ή μπορούν να μετρηθούν με ακρίβεια. Μπορεί να υπολογιστεί η ποσότητα της θερμικής μετάδοσης (ροής) μέσω οποιουδήποτε συνδυασμού υλικών. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε και να κατανοούμε ορισμένους τεχνικούς όρους για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε τις απώλειες θερμότητας και να κατανοήσουμε τους σχετικούς συντελεστές.

***Θερμική Ενέργεια***

Μια χιλιοθερμίδα (1 kcal ή 1.000 θερμίδες) είναι η ποσότητα θερμότητας (ενέργειας) που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας ενός κιλού νερού κατά έναν βαθμό Κελσίου [° C]. Η τυπική μονάδα στο SI για την ενέργεια είναι το Joule [J]. Ένα kcal είναι περίπου 4,18 kJ (αυτό διαφέρει ελαφρώς ανάλογα με τη θερμοκρασία). Μια άλλη μονάδα είναι η Btu (βρετανική θερμική μονάδα)(British thermal unit). Ένα Btu αντιστοιχεί περίπου στο 1 kJ.

**Πίνακας μετατροπής για μονάδες εργασίας, ενέργειας και θερμότητας**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **J** | **kJ** | **kWh** | **kcal** | **kpm** |
| **1J = 1Nm=1Ws** | 1 | 10-3 | 2,78\*10-7 | 2,39\*10-4 | 0,102 |
| **1kJ** | 1000 | 1 | 2,78\*10-4 | 0,239 | 102 |
| **1kWh** | 3,6\*106 | 3,6\*103 | 1 | 860 | 3,67\*105 |
| **1 kcal** | 4,19\*103 | 4,19 | 1,16\*10-3 | 1 | 427 |
| **Kpm** | 9,81 | 9,81\*10-3 | 2,72\*10-6 | 2,34\*10-3 | 1 |

Πηγή:https://www.bossard.com/global-en/assembly-technology-expert/technical-information-and-tools/technical-resources /conversion-tables/conversion-table-for-units-of-work-energy-and-heat/

**Θερμική αγωγιμότητα (τιμή k)**

Με απλά λόγια, αυτό είναι ένα μέτρο της ικανότητας ενός υλικού να μεταφέρει θερμότητα μέσω της μάζας του. Διαφορετικά μονωτικά υλικά και άλλοι τύποι υλικών έχουν συγκεκριμένες τιμές θερμικής αγωγιμότητας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση της μονωτικής τους αποτελεσματικότητας. Μπορεί να οριστεί ως η ποσότητα θερμότητας/ ενέργειας (εκφραζόμενη σε kcal, Btu ή J) που μπορεί να διεξαχθεί σε μονάδα χρόνου μέσω της μονάδας εμβαδού πάχους υλικού, όταν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μονάδας. Η θερμική αγωγιμότητα μπορεί να εκφραστεί σε [kcal/m°C], [Btu/ft°F] και στο σύστημα SI σε Watt [W/m°C]. Η θερμική αγωγιμότητα είναι επίσης γνωστή ως τιμή k.

**Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας "λ" (kcal/m2h° C)**

Ορίζεται ως λ (από το ελληνικό γράμμα λάμδα) και είναι η ποσότητα θερμότητας (σε kcal) που μεταφέρεται σε μία ώρα σε 1 m2 υλικού, με πάχος 1 m, όταν η θερμοκρασία του υλικού πέφτει υπό συνθήκες σταθερής ροής θερμότητας 1°C. Η θερμική αγωγιμότητα έχει καθοριστεί από εργαστηριακές δοκιμές και είναι η βασική μονάδα μέτρησης για οποιοδήποτε υλικό. Επίσης μπορεί να εκφραστεί σε [Btu/ft2h°F] (βρετανική θερμική μονάδα ανά τετραγωνικό πόδι, ώρα και βαθμός Φαρενάιτ) ή σε μονάδες SI σε Kelvin [W/m2K].

**Ικανότητα Θερμικής αντίστασης**

Η θερμική αντίσταση είναι το αντίστροφο της τιμής k (1/k).

**Θερμική Αντίσταση (τιμή-R)**

Η θερμική αντίσταση (τιμή R) είναι η αντίστροφη τιμή του l (1/l) και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της θερμικής αντίστασης οποιουδήποτε υλικού ή σύνθετου υλικού. Η τιμή R μπορεί να οριστεί με απλούς όρους ως η αντίσταση που προσφέρει οποιοδήποτε συγκεκριμένο υλικό στη ροή θερμότητας. Ένα καλό μονωτικό υλικό θα έχει υψηλή τιμή R. Για πάχη πέραν του 1 m, η τιμή R αυξάνεται αναλόγως με την αύξηση του πάχους του μονωτικού υλικού. Αυτό είναι x/l, όπου x αντιπροσωπεύει το πάχος του υλικού σε μέτρα.

**Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U) (kcal/m2h°C)**

Το σύμβολο U καθορίζει τον συνολικό συντελεστή θερμοπερατότητας για οποιοδήποτε τμήμα υλικού ή σύνθετο υλικό. Οι μονάδες στο σύστημα SI για το U είναι kcal ανά τετραγωνικό μέτρο τομής ανά ώρα ανά βαθμό Κελσίου, η διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα και θερμοκρασίας εξωτερικού αέρα (kcal/m2h°C). Μπορεί επίσης να εκφραστεί σε άλλα συστήματα μονάδων. Ο συντελεστής U περιλαμβάνει τις θερμικές αντιστάσεις και των δύο επιφανειών, τοίχων ή δαπέδων, καθώς και τη θερμική αντίσταση μεμονωμένων στρωμάτων και χώρων αέρα που μπορεί να περιέχονται εντός του ίδιου του τοίχου ή του δαπέδου.

# Οφέλη της θερμομόνωσης στα κτίρια

1. Η κύρια λειτουργία των θερμομονωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται στα κτίρια είναι η μείωση της μετάδοσης θερμότητας μέσω των τοίχων των κτιρίων. Η μόνωση στους τοίχους του κτιρίου μπορεί να μειώσει την ποσότητα θερμότητας ή κρύου που εισέρχεται στο κτίριο και έτσι να μειώσει την ποσότητα ενέργειας ψύξης διατηρώντας ένα ευχάριστο κλίμα μέσα στο κτίριο (~20-24οC).



*Σχήμα 1. Απώλειες θερμότητας σε κτίρια*

2. Η θερμομόνωση των κτιριακών τοίχων έχει σημαντική επίδραση στη μείωση της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας σε κτίρια που οδηγεί στη μείωση των εκπομπών CO2.

3. Ενεργειακή απόδοση με θερμική μόνωση

Για την κάλυψη ενός σημαντικού μέρους της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης και έχοντας περιορισμένους πόρους στα ορυκτά καύσιμα, όπως πετρέλαιο και φυσικό αέριο, έχουμε στις μέρες μας σαν αποτέλεσμα την κατανάλωσή τους με γρήγορους ρυθμούς. Στον κόσμο όπου οι πόροι μειώνονται σταδιακά, παρόλο που η ενεργειακή απαίτηση αυξάνεται συνεχώς, εφαρμόζεται ένα ευρύ φάσμα προγραμμάτων για τη διασφάλιση της αποτελεσματικής χρήσης της ενέργειας. Η θερμομόνωση έρχεται στο προσκήνιο ως ένα από τα πιο επιτυχημένα εργαλεία εξοικονόμησης ενέργειας.

4. Ισχυρότερα και μεγαλύτερης διάρκειας ζωής κτίρια

Η θερμομόνωση μειώνει τη μεταφορά θερμότητας και τη συμπύκνωση ατμών. Ως εκ τούτου, αποτρέπει την υγρασία, τη μούχλα, την κατάψυξη, την παραμόρφωση που μπορεί να συμβεί στο κτίριο και την εξασθένιση των σιδερένιων εξαρτημάτων λόγω διάβρωσης καθώς και βοηθά στη συντήρηση του κτηρίου. Το κτίριο έχει παρατεταμένη διάρκεια ζωής και αυξημένη αντοχή χάρη στη θερμομόνωση, η οποία συμβάλλει επίσης στην σεισμική ασφάλεια.

5. Θετική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία

Η ομοιογενής κατανομή θερμότητας μεταξύ εσωτερικών χώρων με σωστή εφαρμογή θερμομόνωσης αυξάνει την άνεση στους χώρους διαμονής σας.

Επιπλέον, η θερμομόνωση έξω από το κτίριο συμβάλλει θετικά στην υγεία του ανθρώπου, αποτρέποντας παράγοντες όπως υγρασία, μούχλα, μύκητες, σκόνη, θόρυβο και ατμοσφαιρική ρύπανση που μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

6. Περιβάλλον και οικολογική ισορροπία

Οι εφαρμογές θερμομόνωσης βοηθούν στην προστασία της οικολογικής ισορροπίας. Η ελάχιστη ενέργεια χρησιμοποιείται για θέρμανση, ψύξη και έλεγχο κλίματος θερμομονωτικών κτιρίων καθώς μειώνει της κατανάλωση ορυκτών καυσίμων όπως άνθρακας και φυσικό αέριο. Κατά συνέπεια, ελαχιστοποιείται η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO2), διοξειδίου του θείου (SO2) και άλλων επιβλαβών αερίων θερμοκηπίου που εξαπλώνονται στην ατμόσφαιρα και διαταράσσεται λιγότερο η οικολογική ισορροπία.

Όταν εφαρμόζεται θερμική μόνωση σε σωστά επιλεγμένο τύπο καυσίμου με κατάλληλη τεχνική, χρησιμοποιείται ολόκληρη η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση ή ψύξη. Επομένως, μπορείτε να ελαχιστοποιήσετε την επίδραση του καυσίμου που προκαλεί περιβαλλοντική ρύπανση χωρίς σπατάλη ενέργειας.

7. Βοηθάει στην ηχομόνωση

Η θερμομόνωση μειώνει τον θόρυβο καθώς και τις εξωτερικές καιρικές επιπτώσεις. Επομένως, βοηθά στην πρόληψη των επιβλαβών επιπτώσεων της ηχορύπανσης στον άνθρωπο. Επιπλέον, εφαρμογές θερμομόνωσης σε κενά κτιρίων όπως ανελκυστήρες, σκάλες και εγκαταστάσεις αποτρέπουν την εμφάνιση χοάνης διαφυγής ήχου.

8. Συμβολή στην Εθνική και Οικογενειακή Οικονομία

Τα έξοδα συντήρησης και επισκευής μειώνονται με τη θερμομόνωση, η οποία προστατεύει το κτίριό από εξωτερικούς παράγοντες. Μειώνει την εισαγωγή ορυκτών καυσίμων και την εξάρτηση της χώρα από τρίτες χώρες καθώς διασφαλίζει τη βέλτιστη χρήση των ενεργειακών πόρων. Επιπλέον, συμβάλλει στην οικονομία με τη μείωση της ενέργειας δόμησης και των οικογενειακών εξόδων για την υγεία.

Για να επιλεχθεί ο καλύτερος τύπο μόνωσης, πρέπει πρώτα να καθοριστούν τα εξής:

* + Πού θέλουν ή πρέπει η μόνωση να εγκατασταθεί/προστεθεί
  + Οι προτεινόμενες τιμές R για περιοχές που χρειάζονται να μονωθούν.

# Διαθέσιμα υλικά στην αγορά

Τα βιομηχανικά προϊόντα μόνωσης ταξινομούνται σε μεγάλο βαθμό σε τρεις ομάδες - ανόργανες ή ανόργανες ίνες, κυψελώδες πλαστικό και φυτικό / ζωικό προϊόν.

Τα προϊόντα **ανόργανων ή ορυκτών ινών** περιλαμβάνουν πετροβάμβακα, μαλλί σκωρίας και υαλοβάμβακα, τα οποία μπορούν να προέρχονται από ανακυκλωμένα απόβλητα. Αυτά τα υλικά τήκονται σε υψηλές θερμοκρασίες, περιστρέφονται σε ίνες και στη συνέχεια προστίθεται ένας συνδετικός παράγοντας για να σχηματίσουν άκαμπτα φύλλα και μονωτικά batts. Εάν αφαιρεθούν σε κατάλληλες συνθήκες, οι ανόργανες ίνες μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και να ανακυκλωθούν στο τέλος της ζωής τους.

Τα **πετροχημικά ή κυψελώδη πλαστικά** προϊόντα προέρχονται από λάδι και περιλαμβάνουν άκαμπτη πολυουρεθάνη, φαινόλη, διογκωμένο πολυστυρένιο και εξωθημένο πολυστυρένιο. Τα προϊόντα διατίθενται ως ελέυθερο γέμισμα, άκαμπτα φύλλα και αφρός. Στο παρελθόν, η διαδικασία παραγωγής περιελάμβανε παράγοντες εξάντλησης του όζοντος, όπως τα HCFC. Ωστόσο, η διαδικασία παραγωγής άλλαξε σε χρήση ουδέτερων υδρογονανθράκων. Ως εκ τούτου, κατά την προμήθεια κυψελωδών πλαστικών μονωτικών προϊόντων, είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι τα συγκεκριμένα προϊόντα έχουν διαδικασίες παραγωγής που δεν χρησιμοποιούν παράγοντες εξάλειψης του όζοντος. Τα κυψελοειδή πλαστικά προϊόντα μπορούν να ανακυκλωθούν, αλλά είναι μια δύσκολη διαδικασία. Είναι καταλληλότερο για τα πλαστικά προϊόντα η καύση με σκοπό την ανάκτηση ενέργειας στο τέλος της ζωής τους.

Τα προϊόντα που προέρχονται από **φυσικές ή ανανεώσιμες ίνες** περιλαμβάνουν ίνες κυτταρίνης, μαλλί προβάτου, βαμβάκι και λινάρι. Αυτά τα προϊόντα έχουν χαμηλή ενέργεια παραγωγής, καθώς τα υλικά μπορούν να προέρχονται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Τα προϊόντα είναι σε μορφή ινών, batts ή συμπιεσμένης σανίδας. Η παραγωγή τους περιλαμβάνει χημική επεξεργασία, για την εξασφάλιση κατάλληλων ιδιοτήτων, όπως αντοχή στη φωτιά και η μη προσβολή των υλικών από παράσιτα. Ως εκ τούτου, στο τέλος της ζωής, είναι δύσκολο να το χρησιμοποιήσετε για ανάκτηση ενέργειας μέσω της αποτέφρωσης.

**Μονωτικά Υλικά**

**Οργανικά Υλικά**

**Ανόργανα Υλικά**

**Φυσικά (ανανεώσιμα)**

**Πετροχημικά**

**Υαλοβάμβακας**

**Διογκούμενο Πολυστυρένιο**

**Πετροβάμβακας**

**Κυτταρίνη**

Καρύδα

Flax Wool

**Κάνναβη**

**Εξωθημένο Πολυστυρένιο (XPS)**

Πυριτικό ασβέστιο

Αφρόδες Γυαλί

Φαινόλη- Φορμαλδεΰδη

**Περλίτης**

**Πολυουρεθάνιο (PUR)**

**Ανακυκλωμένο Βαμβάκι**

Βερμικουλίτης

**Polyisocyanurate (PIR)**

**Expanded Clay Aggregate**

Ουρία-φορμαλδεΰδη (UF)

**Μαλλί προβάτων**

Διογκούμενο πολυγαλακτικό οξύ (PLA) (Νέο Υλικό)

**Μαλλί από ξύλο**

Πάνελ μόνωσης κενού (VIPs)   
(Νέο Υλικό)

Διογκούμενος φελλός

Greensulate (Μύκητες) (Νέο Υλικό)

Thermosheets (Νέο Υλικό)

Aerogel   
(Νέο Υλικό)

*Σχήμα 2. Υλικά θερμομόνωσης στην αγορά. Σημείωση: τα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται πιο συχνά επισημαίνονται με έντονη γραφή.*

**4.1. Μόνωση με Υαλοβάμβακα (Glasswool)**

Αυτός είναι ο συνηθέστερος τύπος μονωτικού υλικού που χρησιμοποιείται σε οικιακές, εμπορικές ή βιομηχανικές εφαρμογές. Ο υαλοβάμβακας αναφέρεται επίσης ως μόνωση από fibreglass και είναι κατασκευασμένο από έως και 80% ανακυκλωμένο γυάλινο υλικό. Το γυαλί λιώνει σε έναν κλίβανο και στη συνέχεια αποστέλλεται μέσω μηχανής που νηματοποιεί το γυαλί για τη δημιουργία ινών. Οι ίνες γυαλιού στη μόνωση από υαλοβάμβακα δημιουργούν εκατομμύρια μικροσκοπικές θήκες που παγιδεύουν αέρα. Η τιμή R της μόνωσης από υαλοβάμβακα κυμαίνεται από R1.5 για τοίχους έως R6.0 για εφαρμογές οροφής. Η μόνωση υαλοβάμβακα είναι σχετικά φθηνή σε σύγκριση με άλλα προϊόντα μόνωσης. Τα προϊόντα θερμομόνωσης υαλοβάμβακα περιλαμβάνουν: Θερμομόνωση Knauf Earthwool, Fletcher Pink Batts και Bradford.

Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα υαλοβάμβακα: υψηλή θερμική απόδοση – άνεση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, μη εύφλεκτο, εξοικονομεί ενέργεια – μειωμένοι λογαριασμοί ενέργειας, εύκολος χειρισμός και εγκατάσταση, ελαφρύς, εύκαμπτος και ανθεκτικός.

**4.2. Μόνωση Earthwool**

Η μόνωση με υαλοβάμβακα (Glasswool) είναι μια γενική κατηγορία μόνωσης, ενώ η μόνωση Earthwool είναι ένα συγκεκριμένο προϊόν που κατασκευάζεται από την Knauf Insulation. Ωστόσο, τι κάνει τη μόνωση Earthwool διαφορετική από τα κανονικά προϊόντα υαλοβάμβακα; Η μόνωση Earthwool κατασκευάζεται χρησιμοποιώντας τεχνολογία ECOSE η οποία είναι ένα βιώσιμο, ανανεώσιμο βιο-συνδετικό υλικό που δεν περιέχει πρόσθετη φορμαλδεΰδη. Δεν χρησιμοποιούνται παραδοσιακά πετροχημικά. Το Earthwool είναι ένα από τα πιο κοινά θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται σε οικιακές, εμπορικές και βιομηχανικές εφαρμογές. Διατίθεται σε τύπους προϊόντων τοίχου, οροφής, δαπέδου και για ηχομόνωση.

Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα του Earthwool: προϊόν που προκαλεί λίγο ερεθισμό που σημαίνει ότι είναι σχεδόν χωρίς καθόλου κνησμό, φιλικό προς το περιβάλλον, φυσικό συνδετικό υλικό, υψηλής θερμικής απόδοσης – θερμική προστασία παντός καιρού, διαθέσιμα προϊόντα ηχομόνωσης, μη εύφλεκτα, εγγύηση 50 ετών, συσκευασία συμπίεσης - περισσότερο προϊόν ανά συσκευασία, άοσμος.

**4.3. Μόνωση πολυεστέρα**

Ο πολυεστέρας κατασκευάζεται από τουλάχιστον 50% ανακυκλωμένα πλαστικά ΡΕΤ, όπως μπουκάλια ποτών, τα οποία διαφορετικά θα κατέληγαν σε χωματερή. Οι ίνες πολυεστέρα συνδέονται μεταξύ τους με θερμότητα και δεν χρησιμοποιούνται χημικά συνδετικά υλικά. Αυτό δίνει στον πολυεστέρα την άκαμπτη, αλλά ευέλικτη δομή του. Ο πολυεστέρας είναι ένα δημοφιλές θερμομονωτικό υλικό, καθώς δεν περιέχει εισπνεόμενα σωματίδια και είναι μια δημοφιλής επιλογή για περιπτώσεις που έχουν άσθμα ή σοβαρή αλλεργία στη σκόνη. Το υλικό από πολυεστέρα είναι απαλό στην αφή και δεν προκαλεί κνησμό, καθιστώντας το ένα εξαιρετικό υλικό DIY για ανακαίνιση ή για αναβάθμισης χώρου, καθώς δεν απαιτείται προστατευτική στολή κατά το χειρισμό του.

Σε σύγκριση με τον υαλοβάμβακα, το θερμομονωτικό υλικό από πολυεστέρα μπορεί να είναι πιο ακριβό. Ωστόσο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις ίδιες εφαρμογές με τον υαλοβάμβακα και αφορά εμπορικά και οικιστικά κτίρια. Το υλικό είναι ήδη κομμένο για να ταιριάζει στα ξύλινα πλαίσια με καρφιά σε τοίχους, οροφές, ενδο-δαπέδια και διαστήματα μεταξύ δοκών. Παραδείγματα προϊόντων μόνωσης από πολυεστέρα είναι τα: Bradford Polymax, Autex Greenstuf Polyester και Autex με εύρος ηχομόνωσης (Quietspace, Etch, Workstation).

Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα πολυεστέρα: κατασκευασμένο από ανακυκλωμένα υλικά, το ίδιο το προϊόν μπορεί να ανακυκλωθεί, μη αλλεργιογόνα σωματίδια, αναπνέει ευκολότερα, μη τοξικό και δεν προκαλεί ερεθισμό, ασφαλές στην αφή, μη εύφλεκτο, εγγύηση αντοχής 50 ετών.

**4.4. Μόνωση με Πετροβάμβακα (Rockwool)**

Η μόνωση με πετροβάμβακα είναι κατασκευασμένη από πέτρωμα όπως ο βασάλτης. Για την κατασκευή του πετροβάμβακα γίνεται πρώτα η τήξη του πετρώματος και στη συνέχεια η περιστροφή του σε υψηλές θερμοκρασίες για τη δημιουργία ινών που συνθέτουν μονωτικά batts ή ρολά. Δεν χρησιμοποιείται συνδετική ρητίνη κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας. Η μόνωση με πετροβάμβακα έχει εξαιρετικές αξιολογήσεις ως προς το ότι δεν είναι εύφλεκτος, δεν είναι αγωγός θερμότητα και μπορεί να αντέξει σε θερμοκρασίες άνω των 1000 ° C. Η ικανότητα του πετροβάμβακα να μονώνει παγιδεύοντας αέρα μεταξύ των ινών περιορίζει τη μεταφορά θερμότητας. Γενικά, ο πετροβάμβακας είναι τρεις φορές ακριβότερο από τη μόνωση υαλοβάμβακα. Ο πετροβάμβακας προσφέρει υψηλές τιμές R, ηχομόνωσης και δεν είναι εύφλεκτος. Ο πετροβάμβακας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε οικιακές όσο και σε εμπορικές τοποθετήσεις, αν και χρησιμοποιείται πιο συχνά σε κατασκευές τοίχου μεταξύ γειτονικών ενοικιαζόμενων σπιτιών. Μερικά παραδείγματα προϊόντων μόνωσης πετροβάμβακα είναι τα: James HardieFire και Bradford Fireseal.

Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα του πετροβάμβακα: εξαιρετικά ανθεκτικό, απόδοση που δεν επηρεάζεται δυσμενώς από την επαφή με το νερό, αντοχή στη φωτιά, μη εύφλεκτο, υψηλή ηχομόνωση, υψηλή θερμική απόδοση, εγγύηση 10 ετών.

**4.5. Ανακλαστική μόνωση αλουμινίου**

Αυτός ο τύπος μόνωσης έχει μια ανακλαστική επιφάνεια αλουμινίου (ή παρόμοιου υλικού). Η μόνωση αλουμινίου μπορεί να επιτρέψει σε ορισμένες εσωτερικές ανταλλαγές θερμότητας πριν εφαρμοστούν τα πλακίδια και οι επενδύσεις, βελτιώνοντας την επιτόπια ροή της αποτελεσματικότητας. Η ανακλαστική μόνωση αλουμινίου από μόνη της έχει μικρή τιμή R περίπου R1.0.

Ωστόσο, όταν εγκατασταθεί σωστά με κενό αέρος (σφραγισμένη κοιλότητα χωρίς κίνηση αέρα) μπορούν να επιτευχθούν πολύ υψηλότερες τιμές R. Είναι ο κενός χώρος που παρέχει πρόσθετη τιμή R, οπότε ουσιαστικά όσο μεγαλύτερος είναι ο κενός χώρος, τόσο μεγαλύτερη είναι η συνολική τιμή R. Το ανακλαστικό φύλλο αυξάνει την τιμή θερμομόνωσης του σπιτιού αντανακλώντας τη θερμότητα από την είσοδο στο κτίριο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εμπορικές και οικιακές εφαρμογές. Παραδείγματα μόνωσης ανακλαστικού φύλλου είναι τα: Με εύρος κυψελών αέρα Kingspan και εύρος μόνωσης Fletcher.

**Αντανακλαστικά χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα αλουμινίου:** οικονομικά αποδοτικό, λεπτό και ελαφρύ, καθιστώντας εύκολη την εργασία και την εφαρμογή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φράγμα ατμών καθώς δεν επηρεάζεται από την υγρασία, δεν αποδομείται και δεν είναι εύφλεκτο, είναι μη τοξικό και μη καρκινογόνο, καθιστώντας το πιο ασφαλές και εύκολο στην εγκατάσταση με τη χρήση λιγότερο εξοπλισμού ασφαλείας. Είναι πολύ αποτελεσματικό σε ζεστά κλίματα όπου είναι χρήσιμο για τη διατήρηση των κτιρίων δροσερών.

**4.6. Άκαμπτοι πίνακες μόνωσης (EPS & XPS)**

Πολλοί πίνακες μόνωσης έχουν σχεδιαστεί για να επιτυγχάνουν υψηλές τιμές R σε στενό πάχος, όπως το Kingspan Kooltherm, και άλλοι έχουν σχεδιαστεί για να αντανακλούν τη θερμότητα όπως μόνωση Foilboard. Οι θερμομονωτικές σανίδες μπορούν να δημιουργήσουν σταθερές εσωτερικές θερμοκρασίες και ελαχιστοποιούν την απώλεια θερμότητας το χειμώνα και την αύξηση της θερμότητας το καλοκαίρι. Οι πλάκες μόνωσης μπορεί να είναι είτε κλειστού είτε ανοιχτού πορώδους. Οι δομές κλειστού πορώδους είναι πιο σκληρές και πιο σφριγηλές, ενεργώντας ως αποτελεσματικό φράγμα ατμών, μειώνοντας τον κίνδυνο υγρασίας που εισέρχεται στο σπίτι σας. Ένα παράδειγμα πλακέτας μόνωσης κλειστού πορώδους είναι η μόνωση από πολυστυρένιο με διέλαση ή η μόνωση XPS. Το ανοικτό πορώδες από την άλλη πλευρά είναι πιο μαλακό και πιο ελαστικό και υπάρχουν κενά αέρα στο θερμομονωτικό υλικό. Ένα παράδειγμα μόνωσης ανοιχτής κυψέλης είναι η μόνωση διογκωμένης πολυστερίνης ή μόνωση EPS.

Οι σανίδες μόνωσης είναι ένα αποτελεσματικό προϊόν θερμικής μόνωσης τόσο για εμπορικές όσο και για οικιακές εξελίξεις και είναι κατάλληλα για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως: στέγες, τοίχοι, οροφές, συμπεριλαμβανομένων οροφών καθεδρικών ναών, κατοικιών με ενδοδαπέδια κατασκευή, εσωτερική επένδυση βιομηχανικών εργοστασίων.

**4.7. Μονωτικός Αφρός Ψεκασμού**

Ο αφρός ψεκασμού είναι συνήθως πιο ακριβός από τα περισσότερα άλλα μονωτικά υλικά. Απαιτείται εγκατάσταση μηχανής ψεκασμού και συνήθως απαιτείται εκπαιδευμένος επαγγελματίας εγκαταστάτης για να το χρησιμοποιήσει. Αυτό σημαίνει ότι το συνολικό κόστος μπορεί να είναι υψηλότερο. Ο αφρός ψεκασμού είναι καλύτερος στη στεγανοποίηση διαρροών αέρα, αποτρέπει τις διαρροές νερού και ελαχιστοποιεί την ανάπτυξη μούχλας. Αυτό σημαίνει ότι η μόνωση είναι λιγότερο πιθανό να καταστραφεί, επομένως δεν απαιτούνται έλεγχοι τόσο συχνά. Ο αφρός ψεκασμού έχει διάρκεια ζωής περίπου 50 χρόνια, εάν διατηρείται στεγνός. Παρόμοια με τις άκαμπτες σανίδες, υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες αφρών ψεκασμού που ονομάζονται αφροί ανοιχτού κυττάρου και αφροί κλειστού κυττάρου. Οι αφροί ψεκασμού ανοιχτού πορώδους είναι πυκνότεροι και σπογγώδεις λόγω του αέρα που εισέρχεται μέσα στα κελιά, δίνοντάς του μεγαλύτερα ηχητικά εφέ. Ο αφρός ανοιχτού πορώδους είναι λιγότερο ακριβός από τη μόνωση κλειστού πορώδους. Ωστόσο, το κλειστό πορώδες είναι πιο άκαμπτο και συμπαγές στη δομή, καθιστώντας το καλύτερο στη διατήρηση του αέρα και του νερού από τη διαρροή στο σπίτι σας. Ο αφρός ψεκασμού είναι ένα αποτελεσματικό θερμομονωτικό υλικό σε κατοικίες και είναι κατάλληλο για αναβάθμιση.

**Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα μόνωσης αφρού ψεκασμού:** μείωση λογαριασμών ενέργειας, αεροστεγής στεγανοποίηση, μείωση αεραγωγών στο σπίτι, αποτροπή ανάπτυξης μούχλας, μεγάλη διάρκεια ζωής έως και 50 χρόνια περίπου, φιλικό προς το περιβάλλον προϊόν.

**4.8. Ίνες ξύλου**

Η πρώτη ύλη για μονωτικά υλικά από ίνες ξύλου προέρχεται από Αειφορικής Δασικής Διαχείρισης, η οποία συμμορφώνεται με τις αυστηρές απαιτήσεις του FSC (Forest Stewardship Council). Ο στόχος του FSC® είναι η προώθηση φιλικής προς το περιβάλλον, κοινωνικά υπεύθυνης και οικονομικά βιώσιμης διαχείρισης των δασών. Κατά συνέπεια, όσοι χρησιμοποιούν μονωτικά υλικά από ίνες ξύλου συμβάλλουν σημαντικά στην προστασία του κλίματος. Ένα μέσο δέντρο αποθηκεύει περίπου 1 τόνο CO2 κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής του και παράλληλα παράγει 0,7 τόνους οξυγόνου. Το CO2 που αποθηκεύεται στα δέντρα με τη μορφή άνθρακα παραμένει στο τελικό προϊόν - ενώ τα αναφυτευμένα δέντρα συνεχίζουν να απορροφούν το CO2 (αέριο υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου) από την ατμόσφαιρα.

Τα μονωτικά υλικά από ίνες ξύλου χαρακτηρίζονται από καλή αντοχή στη συμπίεση καθώς και από σταθερότητα διαστάσεων. Τα μεγέθη κοπής διατηρούν τη φόρμα τους και είναι ασφαλή για εγκατάσταση ακόμη και όταν το κάνετε πάνω από το κεφάλι. Χάρη στην εύκαμπτη δομή του μονωτικού υλικού, η μικρότερη ανισότητα μπορεί να ισοπεδωθεί εύκολα. Το υλικό χρησιμοποιείται σαν σανίδες ή υποκλίνεται μεταξύ ξύλινων στηριγμάτων.

**4.9. Ίνες κυτταρίνης/χαρτιού**

Οι ιδιότητες του μονωτικού υλικού από ίνες κυτταρίνης/χαρτιού είναι παρόμοιες με τα μονωτικά υλικά από ίνες ξύλου. Το υλικό είναι κατασκευασμένο από ανακυκλωμένες εφημερίδες, όπου προστίθενται αντιμυκητοκτόνα και αντιπυρικές χημικές ουσίες. Είναι οικολογική μόνωση από ανακυκλωμένο χαρτί και χημικά χωρίς βόριο.

**Περιοχές εφαρμογής -** μόνωση με έγχυση αέρα για εφαρμογές σε ξύλο σε στέγες, τοίχους και οροφές. Ανοιχτή μόνωση σε σοφίτες. Προκατασκευές τοίχων και οροφών. Ιδανική μόνωση για ανακαίνιση οροφών και δαπέδων. Χωρίς αρμούς, δεν χρειάζεται κοπή, μονώνει όλα τα μεγέθη ξύλινων συνθέσεων για δάπεδο και οροφή (cassettes), υψηλής ποιότητας κυτταρίνη χάρη στις σύγχρονες εγκαταστάσεις παραγωγής, εξαιρετική μόνωση το χειμώνα, εξαιρετική θερμική προστασία το καλοκαίρι, υδρατμοί ανοιχτοί για ένα υγιές εσωτερικό κλίμα, μακροπρόθεσμη αντοχή σε πτώση με το ελάχιστο υλικό, κατάλληλο για χρήση με μηχανήματα όλων των μεγεθών, το εκπαιδευμένο δίκτυο εγκαταστάσεων εξασφαλίζει εγκατάσταση υψηλής ποιότητας.

**4.10. Κοινά μονωτικά υλικά, τιμές, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα «R»**

Μερικά από τα πιο κοινά υλικά που χρησιμοποιούνται για μόνωση συγκρίνονται στον παρακάτω πίνακα με τις σχετικές τιμές μόνωσης και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα συγκεκριμένων τύπων. Γενικά, τα πιο ακριβά υλικά, όπως οι αφροί πολυουρεθάνης είναι πιο αποτελεσματικοί μονωτές για δεδομένο πάχος. Χρησιμοποιώντας το σύστημα βαθμολόγησης "Τιμή R " (βλ. Ορισμούς στην παράγραφο 2.), μπορείτε να φτάσετε σε ισοδύναμες "τιμές R" για μια ποικιλία τύπων μονωτικού υλικού.

**Πίνακας 1.** Κοινά μονωτικά υλικά, «τιμές R», πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

| **Μονωτικά υλικά** | **Τιμή R, 25mm** | **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| --- | --- | --- | --- |
| Πολυουρεθάνη, πίνακας | 6.25 | Πολύ καλή τιμή R, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ρητίνες από υαλοβάμβακα | Δεν είναι πάντα εύκολα διαθέσιμο, σχετικά ακριβό |
| Πολυουρεθάνη, σπρέι | 7.0 | Πολύ καλή τιμή R, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ρητίνες υαλοβάμβακα, εύκολη εφαρμογή με εξοπλισμό ψεκασμού | Δεν είναι πάντα εύκολα διαθέσιμο, ακριβό, απαιτεί ειδικό εξοπλισμό ψεκασμού |
| Πολυουρεθάνη, ρευστό (χημική ουσία δύο μερών) | 6.6 | Πολύ καλή τιμή R, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ρητίνες υαλοβάμβακα, σχετική ευκολία εφαρμογής | Δεν είναι πάντα εύκολα διαθέσιμο, ακριβό, απαιτεί πολύ προσεκτικούς υπολογισμούς όγκου |
| Πολυστυρένιο, σε φύλλα (λείο) Γενική ονομασία “Styrofoam” | 5.0 | Άμεσα διαθέσιμο, χαμηλό κόστος, λογική τιμή R | Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ρητίνες από υαλοβάμβακα, εκτός εάν προστατεύεται, εύκολα καταστρέφεται |
| Πολυστυρένιο, αφρώδες στη τοποθέτηση και διογκώνεται σε χυτές χάντρες. Γνωστό ως Isopor, Polypor κ.λπ. | 3.5 έως 4.0 | Λογικές τιμές R, χαμηλότερο κόστος από τα φύλλα λείας επιφάνειας | Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ρητίνες από υαλοβάμβακα, εκτός εάν προστατεύεται, εύκολα καταστρέφεται |
| Πίνακας Φελλού | 3.33 | Διαθεσιμότητα σε πολλές αγορές, λογικό κόστος, μπορεί να καλυφθεί με υαλοβάμβακα | Χαμηλότερες τιμές R από την πολυουρεθάνη για αφρούς στυρενίου |
| Βatts υαλοβάμβακα | 3.3 | Χαμηλό κόστος, ευκολία εγκατάστασης | Απορροφά εύκολα νερό ή άλλα υγρά, χάνει την τιμή μόνωσης όταν είναι βρεγμένο |
| Βatts πετροβάμβακα | 3.7 | Όπως παραπάνω | Όπως παραπάνω |
| Πριονίδι τύπου Wood shavings | 2.2 | Άμεσα διαθέσιμο, χαμηλό κόστος, μη αλλεργιογόνο | Απορροφά την υγρασία και χάνει τις τιμές R όταν είναι υγρό, αποσυντίθεται |
| Ίνες Ξύλου | 3.33 | Άμεσα διαθέσιμο, χαμηλό κόστος, μη αλλεργιογόνο | Απορροφά την υγρασία και χάνει τις τιμές R όταν είναι υγρό, αποσυντίθεται |
| Ίνες κυτταρίνης/ χαρτιού | 4.16 | Άμεσα διαθέσιμο, χαμηλό κόστος, μη αλλεργιογόνο | Απορροφά την υγρασία και χάνει τις τιμές R όταν είναι υγρό, αποσυντίθεται |
| Πριονίδι | 2.44 | Άμεσα διαθέσιμο, χαμηλό κόστος | Απορροφά την υγρασία και χάνει την τιμή R όταν είναι βρεγμένο, συσκευάζεται υπό κραδασμούς |
| Άχυρο | 4.75 | Άμεσα διαθέσιμο, χαμηλό κόστος | Απορροφά την υγρασία και χάνει την τιμή R όταν είναι υγρό, φιλοξενεί έντομα κ.λπ. |
| Κενό αέρος | ~1.0 | Κανένα κόστος | Πρέπει να είναι πλήρως σφραγισμένο για να αποφευχθεί η κυκλοφορία του αέρα που προκαλεί τη διήθηση θερμότητας |

1. **Εφαρμογή Υλικών**

| **Τύπος** | **Υλικό** | **Εφαρμογή** | **Μέθοδος μόνωσης** | **Πλεονεκτήματα** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| [**Κουβέρτες: batts**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#batts) **και ρολά** | Υαλοβάμβακας  Ορυκτοβάμβακας (Πέτρωμα ή σκωρία)  Πλαστικές ίνες  Φυσικές ίνες | Ημιτελείς τοίχοι, συμπεριλαμβα-νομένων των τοίχων θεμελίωσης  Δάπεδα και οροφές | Προσαρμόζεται μεταξύ καρφιών και δοκών. | Do-it-yourself.  Κατάλληλο για στάνταρ διάκενο και δοκούς που είναι σχετικά απαλλαγμένοι από εμπόδια. Σχετικά φθηνό. |
| **Μόνωση από σκυρόδεμα**  **και μονωτικοί τσιμεντόλιθοι** | Πίνακας αφρού, που τοποθετείται έξω από τον τοίχο (συνήθως νέα κατασκευή) ή στο εσωτερικό του τοίχου (υπάρχουσες κατοικίες): Ορισμένοι κατασκευαστές ενσωματώνουν αφρώδη σφαιρίδια ή αέρα στο μείγμα σκυροδέματος για να αυξήσουν τις τιμές R | Ημιτελείς τοίχοι, συμπεριλαμβα-νομένων των τοίχων θεμελίωσης  Νέα κατασκευή ή μεγάλες ανακαινίσεις  Τοίχοι (μονωτικά τσιμεντόλιθους) | Απαιτήστε εξειδικευμένες δεξιότητες  Τα μονωτικά μπλοκ σκυροδέματος μερικές φορές στοιβάζονται χωρίς κονίαμα (ξηρή στοίβαξη) και επιφανειακή συγκόλληση. | Η μόνωση πυρήνων αυξάνει την τιμή R του τοίχου.  Η μόνωση εξωτερικά από το τσιμεντένιο τοίχωμα τοποθετεί τη μάζα μέσα σε κλιματιζόμενο χώρο, που μπορεί να μετριάσει τις εσωτερικές θερμοκρασίες.  Οι μονάδες τοιχοποιίας με αυτόκλειστο σκυρόδεμα και κυψελώδης τοιχοποιίες με αυτόκλειστο σκυρόδεμα έχουν 10 φορές την αξία μόνωσης από το συμβατικό σκυρόδεμα. |
| [**Πίνακας Αφρού ή άκαμπτος αφρός**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#foam) | Πολυστυρένιο  Πολυϊσοκυα-νουρικό  Πολυουρεθάνη | Ημιτελείς τοίχοι, συμπεριλαμβα-νομένων των τοίχων θεμελίωσης  Δάπεδα και οροφές  Στέγες με χαμηλές κλίσεις χωρίς αεραγωγό | Εσωτερικές εφαρμογές: πρέπει να καλύπτεται με γυψοσανίδα 1/2 ιντσών ή άλλο υλικό που έχει εγκριθεί με οικοδομικό κωδικό για πυρασφάλεια.  Εξωτερικές εφαρμογές: πρέπει να καλύπτονται με αδιάβροχο προσανατολισμό. | Υψηλή μονωτική αξία για σχετικά μικρό πάχος.  Μπορεί να μπλοκάρει θερμικά κυκλώματα όταν εγκαθίσταται επανειλημμένα πάνω σε πλαίσια ή σε δοκούς |
| [**Μόνωση από μπετόν (ICFs)**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#icf) | Πίνακες αφρού ή μπλοκ αφρού | Ημιτελείς τοίχοι, συμπεριλαμβα-νομένων των τοίχων θεμελίωσης για νέες κατασκευές | Εγκαθίστανται ως μέρος της δομής του κτιρίου. | Η μόνωση είναι κυριολεκτικά ενσωματωμένη στους τοίχους του σπιτιού, δημιουργώντας υψηλή θερμική αντίσταση. |
| [**Loose-fill και blown-in**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#loosefill) | Κυτταρίνη  Υαλοβάμβακας  Ορυκτοβάμβα-κας (Πέτρωμα ή σκωρία) | Κλειστός υπάρχων τοίχος ή άνοιγμα νέων κοιλοτήτων τοίχου  Ημιτελή δάπεδα σοφίτας  Άλλα μέρη δύσκολα προσβάσιμα | Τοποθετείται χρησιμοποιώντας ειδικό εξοπλισμό, μερικές φορές χύνεται. | Καλό για την προσθήκη μόνωσης σε υπάρχουσες τελικές περιοχές, περιοχές με ακανόνιστο σχήμα και γύρω από εμπόδια. |
| [**Αντανακλαστικό σύστημα**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#radiant) | Φυλλοειδές χαρτί kraft, πλαστικές μεμβράνες, φυσαλίδες πολυαιθυλενίου ή χαρτόνι | Ημιτελείς τοίχοι, οροφές και δάπεδα | Φύλλα, μεμβράνες ή χαρτιά τοποθετημένα μεταξύ καρφιών, και διαφόρων δοκών. | Do-it-yourself.  Κατάλληλο για πλαισίωση σε σταθερές αποστάσεις.  Μορφή φυσαλίδων κατάλληλη εάν το πλαίσιο είναι ακανόνιστο ή εάν υπάρχουν εμπόδια.  Πιο αποτελεσμα-τικό στην αποτροπή της ροής θερμότητας προς τα κάτω, η αποτελεσμα-τικότητα εξαρτάται από την απόσταση. |
| [**Rigid fibrous ή**  **μόνωση ινών**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#rigidfiber) | Υαλοβάμβακας  Ορυκτοβάμβα-κας (Πέτρωμα ή σκωρία) | Αγωγοί σε μη μορφοποιη-μένους χώρους  Άλλα μέρη που απαιτούν μόνωση που μπορεί να αντέξει σε υψηλές θερμοκρασίες | Οι εργολάβοι HVAC κατασκευάζουν τη μόνωση σε αγωγούς είτε στα καταστήματά τους είτε στους χώρους εργασίας. | Αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες. |
| **[Αφρός Ψεκασμού](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation" \l "sprayedfoam" \o "Read more about Sprayed foam and foamed-in-place)** | Τσιμέντο  Φαινόλη  Πολυϊσοκυανουρικό  Πολυουρεθάνη | Κλειστός υπάρχων τοίχος ή άνοιγμα νέων κοιλοτήτων τοίχου  Ημιτελή δάπεδα σοφίτας | Εφαρμόζεται χρησιμοποιώντας μικρά δοχεία ψεκασμού ή σε μεγαλύτερες ποσότητες ως προϊόν με ψεκασμό υπό πίεση (αφρώδες επί τόπου). | Καλό για την προσθήκη μόνωσης σε υπάρχουσες τελικές περιοχές, περιοχές με ακανόνιστο σχήμα και γύρω από εμπόδια. |
| [**Δομικό μονωτικό πάνελ (SIPs)**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#sips) | Πίνακας αφρού ή πυρήνας μόνωσης υγρού αφρού  Πυρήνας μόνωσης από άχυρο | Ημιτελείς τοίχοι, οροφές, δάπεδα και στέγες για νέες κατασκευές | Οι εργάτες κατασκευάζουν τα SIP μαζί για να σχηματίσουν τοίχους και στέγη σπιτιού. | Τα σπιτάκια SIP παρέχουν ανώτερη και ομοιόμορφη μόνωση σε σύγκριση με τις πιο παραδοσιακές μεθόδους κατασκευής. Χρειάζονται επίσης λιγότερο χρόνο για την κατασκευή. |

Το Oικονομικό Πάχος (Economic Thickness) του θερμομονωτικού υλικού επιλέγεται το πάχος της μόνωσης που αποδίδει το ελάχιστο συνολικό κόστος κύκλου ζωής. Τα οικονομικά πάχη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για:

1. να επιλεχθεί το βέλτιστο πάχος μόνωσης για μια συγκεκριμένη μόνωση,

2. να αξιολογηθούν δύο ή περισσότερα μονωτικά υλικά ως προς το μικρότερο κόστος για ένα δεδομένο επίπεδο θερμικής απόδοσης.

Σε κάθε περίπτωση, οι οικονομικές εκτιμήσεις καθορίζουν την πιο οικονομική λύση για μόνωση σε μια συγκεκριμένη περίοδο. Η κοστολόγηση του κύκλου ζωής λαμβάνει υπόψη το αρχικό κόστος του συστήματος μόνωσης συν τη συνεχιζόμενη αξία εξοικονόμησης ενέργειας κατά την αναμενόμενη διάρκεια ζωής. Το οικονομικό πάχος ορίζεται ως το πάχος που ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος κύκλου ζωής.

Το Σχήμα 2 δείχνει το κόστος εγκατάστασης για εφαρμογή σε πολλαπλά επίπεδα. Η κλίση των καμπυλών είναι ασυνεχής και αυξάνεται με τον αριθμό των στρωμάτων επειδή το κόστος εργασίας και υλικού αυξάνεται ταχύτερα καθώς αυξάνεται το πάχος. Το κόστος εργασίας και υλικών εγκατεστημένης μόνωσης αυξάνεται με το πάχος. Η μόνωση εφαρμόζεται συχνά σε πολλαπλά επίπεδα:

1. επειδή τα υλικά δεν κατασκευάζονται σε μεμονωμένα στρώματα επαρκούς πάχους

2. σε πολλές περιπτώσεις, για τη διευθέτηση της διαστολής και της συστολής της μόνωσης και των στοιχείων του συστήματος

Το σχήμα 2 δείχνει καμπύλες του συνολικού κόστους λειτουργίας, του κόστους μόνωσης και του κόστους απώλειας ενέργειας. Το σημείο Α στην καμπύλη συνολικού κόστους αντιστοιχεί στο πάχος της οικονομικής μόνωσης, το οποίο, σε αυτό το παράδειγμα, βρίσκεται στο φάσμα του διπλού στρώματος. Η προβολή του υπολογιζόμενου οικονομικού πάχους ως ελάχιστου πάχους εξισορροπεί την απρόβλεπτη αύξηση των τιμών των καυσίμων και εξοικονόμησης ενέργειας.



*Σχήμα 2. Προσδιορισμός του οικονομικού πάχους των θερμομονωτικών υλικών - σημείο Α.*

Αρχικά, καθώς εφαρμόζεται μόνωση, το συνολικό κόστος του κύκλου ζωής μειώνεται επειδή η αξία της αυξανόμενης εξοικονόμησης ενέργειας είναι μεγαλύτερη από το αυξητικό κόστος της μόνωσης. Η πρόσθετη μόνωση μειώνει το συνολικό κόστος έως ένα πάχος όπου η μεταβολή στο συνολικό κόστος είναι μηδέν. Σε αυτό το σημείο, δεν μπορεί να επιτευχθεί περαιτέρω μείωση ενώ πέρα από αυτό, το αυξητικό κόστος μόνωσης υπερβαίνει την πρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει με την προσθήκη μιας άλλης αύξησης της μόνωσης.

# Βλάβες στα συστήματα μόνωσης θερμότητας - απώλειες θερμότητας

Οι αγώγιμες απώλειες μέσω του υφάσματος του κτιρίου (building fabric) μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

1. Επίπεδη απώλεια θερμότητας: μέσω των κύριων στοιχείων του υφάσματος του κτιρίου (στέγη, τοίχοι, παράθυρα και δάπεδο). Η τιμή U (W/m2K) μιας κατασκευής πολλαπλασιαζόμενη με το εμβαδόν αυτής της κατασκευής και δίνει την απώλεια θερμότητας σε (W/K).

2. Απώλειες θερμικής γέφυρας: μέσω γωνιών, κόμβων και δομικών στοιχείων που διεισδύουν στο μονωτικό στρώμα.

Οι επίπεδες απώλειες θερμότητας είναι σχετικά εύκολο να αποφευχθούν, προσθέτοντας επιπλέον στρώμα θερμομονωτικού υλικού.

Μια θερμική γέφυρα συμβαίνει όταν υπάρχει κενό μεταξύ υλικών και δομικών επιφανειών. Οι κύριες θερμικές γέφυρες σε ένα κτίριο βρίσκονται στις διασταυρώσεις των προσόψεων και των δαπέδων, των προσόψεων και των σταυρωτών τοίχων, επίσης σε προσόψεις και στέγες, προσόψεις και χαμηλά δάπεδα. Εμφανίζονται επίσης κάθε φορά που υπάρχει ένα άνοιγμα (πόρτες, παράθυρα, καμάρες (loggias) κ.λπ.). Πρόκειται για δομικές θερμικές γέφυρες. Αυτές οι θερμικές γέφυρες ποικίλλουν σημαντικά ανάλογα με τον τύπο του τοίχου ή της οροφής (μονωμένα ή όχι).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Termiskie tilti |  | Seite_7_Bild_6 |
| A. |  | B. |

*Σχήμα 3. Θερμικές γέφυρες στην κατασκευή. A. Προβολή θερμικής κάμερας είναι σημειωμένο σε μπλε χρώμα (στο εσωτερικό δωματίου). Β. Φωτογραφία που δείχνει την ανάπτυξη μούχλας στην οροφή μίας πλάκας σκυροδέματος δίπλα σε μια εκτεθειμένη οριακή πλάκα μιας θερμικής γέφυρας. Η συμπύκνωση σχηματίζεται εδώ συχνά ως αποτέλεσμα ψυχρότερων θερμοκρασιών εσωτερικής επιφάνειας.*

Σε ένα κτίριο που δεν είναι σωστά μονωμένο, οι θερμικές γέφυρες αντιπροσωπεύουν χαμηλές συγκριτικές απώλειες (συνήθως κάτω από 20%), καθώς οι συνολικές απώλειες μέσω των τοίχων και της οροφής είναι πολύ υψηλές (περίπου>1W/m2K).

Ωστόσο, όταν οι τοίχοι και η οροφή είναι πολύ καλά μονωμένοι, το ποσοστό απώλειας λόγω θερμικών γεφυρών γίνεται υψηλό (περισσότερο από 30%), αλλά οι γενικές απώλειες είναι πολύ χαμηλές (λιγότερο από 0,3 W/m2K). Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο σε κτίρια με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, είναι σημαντικό να έχουν πολύ υψηλές θερμικές αντιστάσεις για τοίχους και στέγες για χαμηλές απώλειες θερμότητας μέσω των κόμβων.

**Ενσωματωμένες θερμικές γέφυρες - τα σφάλματα θερμικής μόνωσης γίνονται στο στάδιο του σχεδιασμού**

Ένας τοίχος ή δάπεδο αποτελείται σχεδόν πάντα από πολλά εξαρτήματα που επικολλούνται, βιδώνονται ή συναρμολογούνται μηχανικά. Εάν δεν είναι καλά σχεδιασμένα, αυτά τα συστήματα συναρμολόγησης μπορούν να παράγουν θερμικές γέφυρες εντός του συστήματος, εξ ου και το όνομά τους, Ενσωματωμένες θερμικές γέφυρες.



*Σχήμα 4. Υπέρυθρη σάρωση θερμικής γέφυρας μπαλκονιού με υψηλότερες θερμοκρασίες στην εξωτερική πλάκα.*

**Πώς να δράσετε σε θερμικές γέφυρες;**

Σε επίπεδο σχεδιασμού, είναι επιτακτική η επιλογή διαδικασιών κατασκευής και εξαρτημάτων που μειώνουν όσο το δυνατόν περισσότερο τις επιφανειακές απώλειες και ενσωματώνουν τις μικρότερες πιθανές απώλειες στις διασταυρώσεις αυτών των επιφανειών.

1. **ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ (FAQS)**

Ερώτηση 1

Γιατί χρειάζονται υλικά θερμομόνωσης για κτίρια;

Απάντηση

Τα θερμομονωτικά υλικά χρησιμοποιούνται για κτίρια:

* Ώστε να μειωθεί την ποσότητα ενέργειας που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή ψύξη κτιρίου.
* Ώστε η μόνωση του κτιρίου να έχει τη μεγαλύτερη δυνατότητα μείωσης των εκπομπών CO2 σε συσκευές θερμότητας/ψύξης του κτιρίου.
* Για να μειώσετε τον εξωτερικό ήχο και το αντίθετο.
* Για τη βελτίωση της πυρασφάλειας του κτιρίου.

Ερώτηση 2

Τι μπορεί να γίνει κατανοητό με τον όρο «θερμική γέφυρα»;

Απάντηση

Μια θερμική γέφυρα συμβαίνει όταν υπάρχει κενό μεταξύ υλικών και δομικών επιφανειών. Οι κύριες θερμικές γέφυρες σε ένα κτίριο βρίσκονται στις διασταυρώσεις των προσόψεων και των δαπέδων, των προσόψεων και των σταυρωτών τοίχων, επίσης σε προσόψεις και στέγες, προσόψεις και χαμηλά δάπεδα.

Ερώτηση 3

Πώς να επιλέξετε το καλύτερο μονωτικό υλικό από διάφορους τύπους μόνωσης;

Απάντηση

Για να επιλέξετε τον καλύτερο τύπο μόνωσης, πρέπει πρώτα να καθορίσετε τα εξής:

* Όπου θέλετε ή πρέπει να εγκαταστήσετε/προσθέσετε μόνωση
* Οι προτεινόμενες τιμές R για περιοχές που θέλετε να μονώσετε

1. **ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ**
   1. **ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ 1**

Θέμα: Υπολογίστε τον συντελεστή θερμοπερατότητας (τιμή U) στον τοίχο από τούβλα (Utot) με τις παρακάτω παραμέτρους:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Υλικό** | **Τούβλα αργίλου** | **Υαλοβάμβακας** | **Μπλοκ Σκυροδέματος** | **Γύψος** |
| Πάχος, m **(B)** | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.013 |
| Αγωγιμότητα (Τιμή k), W/m⋅K **(K)** | 0.77 | 0.04 | 1.13 | 0.50 |

Τιμή R εξωτερικής επιφάνειας 0.040 Km²/W και τιμή R εσωτερικής επιφάνειας 0.130 Km²/W

Λύση:

Οι υπολογισμοί της τιμής U μπορούν να γίνουν λαμβάνοντας υπόψη το στρώμα-προς-στρώση της κατασκευής του στοιχείου του κτιρίου. Σημειώστε, ωστόσο, ότι αυτό δεν λαμβάνει υπόψη την ψυχρή γέφυρα (για παράδειγμα με δεσμούς τοίχου), κενά αέρα γύρω από τη μόνωση ή τις διαφορετικές θερμικές ιδιότητες, π.χ. αρμούς κονιάματος.

Βήμα 1. Υπολογίστε την τιμή θερμικής αντίστασης (τιμή R) σε κάθε υλικό (Ri):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Υλικό | Πάχος | Αγωγιμότητα (τιμή-k) | Θερμικής Αντίστασης (τιμή-R) |
| Εξίσωση | Bi | Ki | Ri=Bi/Ki |
| Εξωτερική επιφάνεια | – | – | 0.040 K m²/W |
| Τούβλα αργίλου | 0.100 m | 0.77 W/m⋅K | 0.130 K m²/W |
| Υαλοβάμβακας | 0.100 m | 0.04 W/m⋅K | 2.500 K m²/W |
| Μπλοκ Σκυροδέματος | 0.100 m | 1.13 W/m⋅K | 0.090 K m²/W |
| Γύψος | 0.013 m | 0.50 W/m⋅K | 0.026 K m²/W |
| Εσωτερική επιφάνεια | – | – | 0.130 K m²/W |

Βήμα 2. Υπολογίστε την τιμή θερμικής αντίστασης (τιμή R) στον τοίχο (Rtot):

**Rtot**=ROut+RBricks+RWool+RBlocks+Rplaster+Rins=0.040+0.130+2.500+0.090+  
+0.026+0.130=**2.916 K m²/W**

Βήμα 3. Υπολογίστε τον συντελεστή θερμοπερατότητας (τιμή U) στον τοίχο (Utot):

**Utot**=1/Rtot=1/2.916=**0.343 W/m²K**

Σημειώστε ότι στο παραπάνω παράδειγμα, οι αγωγιμότητες (τιμές k) των οικοδομικών υλικών διατίθενται ελεύθερα στο διαδίκτυο. ιδίως από κατασκευαστές υλικών. Στην πραγματικότητα, η χρήση δεδομένων από τον κατασκευαστή θα βελτιώσει την ακρίβεια, όπου συγκεκριμένα προϊόντα καθορίζονται και είναι γνωστά κατά τη στιγμή του υπολογισμού.

* 1. **ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ 2**

Θέμα: Υπολογίστε την αγώγιμη μεταφορά θερμότητας (Qtot) μέσω ενός επίπεδου τοιχώματος (από μελέτη περίπτωσης 1), με διαστάσεις τοίχου κτιρίου (H) 3m x (L) 15m και θερμοκρασία εξωτερική (-15οC) και εσωτερική (+ 22οC).

Λύση:

Βήμα 1. Υπολογίστε την επιφάνεια του τοίχου A.

**A** = HxL = 3x15=**45m2**

Βήμα 2. Υπολογίστε την διαφορά θερμοκρασίας (ΔT)

**ΔT** = T1 – T2=-15 – 22 = **-37C**

Βήμα 3. Υπολογίστε τη θερμική αγωγιμότητα από τη μελέτη περίπτωσης 1.

**Ktot**=KBricks+KWool+KBlocks+Kplaster = 0.77+0.04+1.13+0.50=**2.44 W/m⋅K**

Βήμα 4. Υπολογίστε το πάχος του τοίχου

**B**=Sum (Bi) = 0.100+0.100+0.100+0.013=**0.313 m**

Βήμα 5. Υπολογίστε για αγώγιμη απώλεια ή λήψη θερμότητας μέσω ενός επίπεδου τοιχώματος (Q)

**Q** = k x A x ΔT / X = 2.44x45x(-37)/0.313 =  **̴-12980W** = **̴-13 KW**

όπου Q είναι η απώλεια ή η λήψη θερμότητας (W ή Btu/h);

k είναι η θερμική αγωγιμότητα (W/mK ή Btu/(hr ft °F));

A είναι η περιοχή που διαχέεται η θερμότητα (m2 ή ft2);

ΔT είναι η διαφορά θερμοκρασίας (C ή F);

X είναι το πάχος του υλικού (m ή in.).

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Steico Steico.com
2. Benjamin Durakovic, Gökhan Yildiz, Mohamed E Yahia (2020) Comparative Performance Evaluation of Conventional and Renewable Thermal Insulation Materials Used in Building Envelope. ISSN 1330-3651 (Print), ISSN 1848-6339 (Online). Accs: [*https://hrcak.srce.hr/file/340548*](https://hrcak.srce.hr/file/340548) DOI: [*https://doi.org/10.17559/TV-20171228212943*](https://doi.org/10.17559/TV-20171228212943)
3. Climat technology centre & network (2021) Building envelope thermal insulation. Accs. <https://www.ctc-n.org/technologies/building-envelope-thermal-insulation>
4. Energy gov (2020) Types of Insulation. Accs. <https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation>
5. Ing dep (2017) Termiskie tilti (Thermal bridges). In Latvian. Accs. <http://www.ingdep.lv/lv/termiskie-tilti>
6. Saint Gobain Isover (2020) What is a termal bridge? Accs. <https://www.isover.com/what-thermal-bridge>
7. *ASHRAE (2013) Handbook: Fundamentals, I-P Edition ISBN 978-1-936504-46-6 or ISSN 1523-7230*
8. Engineering tool box. Thermal Conductivity of some selected Materials and Gases. Accs. <https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html>
9. Passipedia (2019) Heating load in Passive Houses. Accs. <https://www.passipedia.org/basics/building_physics_-_basics/heating_load>
10. Dylewski R. and Adamczyk J. (2011) Economic and environmental benefits of thermal insulation of building external walls. Building and Environment, Vol.46, Issue 12, December 2011, Pages 2615-2623
11. Building energy rating Ireland (2011) BER Certs. Accs. http://www.buildingenergyireland.ie/BERCerts.htm