

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

### ΘΕΜΑ : ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ ΤΖΑΓΚΑΡΑΚΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ (Α.Μ. 32465)

ΕΙΣΗΓΗΣΗ-ΕΠΙΒΛΕΨΗ ΤΣΟΥΚΑΤΟΥ ΣΤΕΛΛΑ

ΑΙΓΑΛΕΩ 2018

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κα Στέλλα Τσουκάτου, καθώς και την οικογένεια μου και τους φίλους που με στήριξαν καθ' όλη την διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας.

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

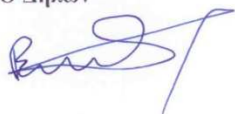
Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΤΖΑΓΚΑΡΑΚΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, του ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ, με αριθμό μητρώου 32465 φοιτητής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΤΕ. του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφαση της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Ο Δηλών



Ημερομηνία

22/03/2018

## Περιεχόμενα

<b>1.1 Ορισμός μόνωσης.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2 Ιστορία της μόνωσης .....</b>	<b>8</b>
<b>1.3 Ελληνικό κτιριακό απόθεμα.....</b>	<b>10</b>
<b>1.4 Νομοθεσία .....</b>	<b>12</b>
1.4.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία .....	12
1.4.2 Εθνική νομοθεσία.....	15
<b>2.1 Θερμομονωτικά υλικά .....</b>	<b>21</b>
2.1.1 Ο ρόλος των θερμομονωτικών υλικών .....	21
2.1.2 Ταξινόμηση των θερμομονωτικών υλικών .....	22
2.1.3 Ορισμός των κρισιμότερων ιδιοτήτων των θερμομονωτικών προϊόντων .....	23
2.1.4 Φυσικές ιδιότητες .....	23
2.1.5 Ιδιότητες των σημαντικότερων θερμομονωτικών υλικών.....	27
2.1.5.1 Υαλοβάμβακας .....	27
2.1.5.2 Πετροβάμβακας .....	30
2.1.5.3 Διογκωμένη πολυστερίνη .....	33
2.1.5.4 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη .....	36
2.1.5.5 Αφρός πολυουρεθάνης .....	39
2.1.5.6.Αφρώδης διογκωμένος φελλός .....	42
2.1.5.7 Προβατόμαλλο .....	44
2.1.5.8 Βαμβακόμαλλο.....	46
2.1.5.9. Αφρώδες γυαλί.....	48
2.1.5.10 Περλίτης .....	50
<b>2.2 Στεγανωτικά υλικά .....</b>	<b>52</b>
2.2.1 Υγρασία στις κτιριακές κατασκευές .....	52
2.2.2 Είδη υγρασίας και αντίστοιχες τεχνικές υγραμόνωσης του κελύφους. ....	53
2.2.3Υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης υδρατμών. ....	55
2.2.4 Υγρασία βροχής.....	57
2.2.5 Υγραμονωτικά υλικά. ....	58
2.2.5.1 Μεμβράνες .....	61
2.2.5.1.1 Ασφαλτικές μεμβράνες .....	61
2.2.5.1.2 Μεμβράνες κεραμοσκεπών .....	65
2.2.5.1.3 Μεμβράνες αποστράγγισης.....	68

2.2.5.1.4 Μεμβράνες EPDM EthylenePropyleneDieneMonomer (Μονομερες Αιθυλοπροπυλενοδιενιο) .....	69
2.2.5.1.5 Μεμβράνες TPO .....	70
Thermo Plastic Olefin (Θερμοπλαστική Πολυολεφίνη).....	70
2.2.5.1.6 Μεμβράνες PVC PolyVinyl Chloride (Πολυβινυλοχλωρίδιο) .....	71
2.2.5.1.7 Μεμβράνες HDPE .....	72
High Density Poly-Ethylene (Υψηλής πυκνότητας Πολυαιθυλένιο).....	72
2.2.5.1.8 Μεμβράνες FPP .....	73
Flexible PolyPropylene(Ελαστικό Πολυπροπυλένιο) .....	73
2.2.5.1.9 Μεμβράνες GCL.....	74
Geosynthetic Clay Liners (Γεωσυνθετικός Αργιλικός φραγμός – Μπεντονιτικές Μεμβράνες).....	74
2.2.5.2 Επαλειφόμενα .....	76
2.2.5.2.1 Επαλειφόμενα ασφαλτικής βάσης.....	78
2.2.5.2.2 Επαλειφόμενα τσιμεντοειδούς βάσης.....	80
2.2.5.2.3 Επαλειφόμενα ακρυλικής βάσης .....	82
2.2.5.2.4 Επαλειφόμενα πολυουρεθανικής βάσης.....	83
2.2.5.2.5 Επαλειφόμενα σιλικονούχα .....	85
<b>2.3 Ηχομόνωση.....</b>	<b>86</b>
2.3.1 Τρόποι μετάδοσης ήχου .....	86
2.3.2 Ηχομόνωση – Ηχοαπορρόφηση – Ηχογέφυρα .....	87
2.3.3 Ηχομονωτικά υλικά .....	89
2.3.3.1 Πολυαιθυλένιο .....	89
2.3.3.2 Πολυουρεθάνη .....	92
2.3.3.3 Πολυεστέρας .....	93
2.3.3.4 Ανακυκλωμένο ελαστικό.....	94
2.3.3.5 Φελλός.....	95
2.3.3.6 Προβατόμαλλο .....	96
2.3.3.7 Καλαμπόκι .....	97
2.3.3.8 Κέναφ .....	98
2.3.3.9 Υλικά περιορισμένης χρήσης .....	100
<b>2.4 Θέση μονωτικών υλικών .....</b>	<b>101</b>
2.4.1 Εσωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας, δοκών-υποστυλωμάτων .....	101
2.4.2 Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας δοκών - υποστυλωμάτων .....	104

2.4.3	Θερμομόνωση πυρήνα εξωτερικής τοιχοποιίας.....	106
2.4.4	Θερμογέφυρες .....	108
2.4.4.1	Η έννοια της θερμογέφυρας .....	108
2.4.4.2	Η επίδραση στη θερμική άνεση .....	109
2.4.4.3	Το φαινόμενο του δρόσου .....	110
2.4.4.4	Η αντιμετώπιση των θερμογεφυρών .....	113
<b>2.5</b>	<b>Μονωτικά υλικά &amp; περιβάλλον .....</b>	<b>124</b>
2.5.1	Περιβαλλοντικές ιδιότητες.....	125
2.5.2	Εναλλακτικά μονωτικά υλικά.....	127
2.5.3	Χωρα παραγωγής μονωτικών υλικών.....	129
2.5.4	Ανακύκλωση μονωτικών υλικών.....	130
<b>2.6</b>	<b>Ενδεικτικές τιμές μονωτικών υλικών .....</b>	<b>132</b>
<b>3.1</b>	<b>Αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής μονώσεως σε όλα τα στάδια της κατασκευής.....</b>	<b>133</b>
3.1.1	Θεμέλια .....	133
3.1.1.1	Θερμική μόνωση της πλακάς θεμελίωσης.....	133
3.1.2	Μόνωση τοίχων υπογείου .....	140
3.1.3	Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας .....	142
3.1.4	Θερμομόνωση δώματος.....	147
3.1.4.1	Εξωτερικά σε όλη την επιφάνεια με το συμβατικό τρόπο.....	147
3.1.4.2	Εξωτερικά σε όλη την επιφάνεια με τον αντεστραμμένο τρόπο.....	150
	<b>Συμπεράσματα.....</b>	<b>152</b>
	<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>154</b>
	<b>Ευρετήριο εικόνων.....</b>	<b>155</b>
	<b>Ευρετήριο πινάκων .....</b>	<b>157</b>

## 1.1 Ορισμός μόνωσης

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

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

- 1.Εξοικονομούνται χρήματα και ενέργεια
2. Οι κατασκευές γίνονται πιο άνετες και λειτουργικές εξασφαλίζοντας θερμική άνεση.
3. Προλαμβάνονται οι φθορές ενώ το περιβάλλον της κατασκευής παραμένει υγιεινό.

Το είδος και η αποτελεσματικότητα της μόνωσης εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως το τοπικό κλίμα, το σχήμα του κτίσματος, το μέγεθος, η τοποθεσία και η κατασκευή του κτιρίου καθώς και το πλήθος των ανθρώπων που κατοικούν στο κτίριο

Οι περισσότερες παλαιές κατασκευές έχουν λιγότερη μόνωση από τις καινούριες ή δεν έχουν καθόλου μόνωση, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η τοποθέτηση μόνωσης στις καινούριες κατασκευές αποτελεί επιπλέον κόστος καθώς μπορούν να κάνουν απόσβεση του κόστους σε λίγα μόνο χρόνια. Είτε χρειαζόμαστε θερμομόνωση, ηχομόνωση ή υγρασιμόνωση σε μία κατασκευή ένα σημείο που πρέπει να προσεχθεί με τη μόνωση είναι ο εξαερισμός.

Σε μία κατασκευή ο εξαερισμός, δηλαδή η προσαγωγή νωπού αέρα είναι **απαραίτητη** καθώς ο ελλιπής εξαερισμός μπορεί να δημιουργήσει κινδύνους για την υγεία.

Επίσης, ο εξαερισμός βοηθάει στον έλεγχο της υγρασίας, ένα βασικό στοιχείο για να παραμείνει ο χώρος υγιεινός.

Μία κατασκευή πρέπει να έχει σωστή μόνωση περιμετρικά και από τα θεμέλια μέχρι τη στέγη. Πρέπει δηλαδή να προσεχθούν οι εξωτερικοί τοίχοι, τα κουφώματα, τα δάπεδα (ειδικά εάν είναι πάνω από γκαράζ ή πυλωτές), τα υπόγεια (εάν υπάρχουν) και η στέγη.

## 1.2 Ιστορία της μόνωσης

Από τα αρχαία χρόνια ο άνθρωπος έψαχνε τρόπους να διατηρήσει ένα σταθερό περιβάλλον στην οικία τους. Λόγω των ακραίων καιρικών συνθηκών σε διάφορες περιοχές του πλανήτη η μόνωση χρησίμευε για να προστατευτεί η οικία διατηρώντας μια σταθερή θερμοκρασία έναντι του κρύου η της ζέστης.

Στις θερμότερες περιοχές είχαν κατασκευαστεί κτίρια με χοντρούς τοίχους που είχαν την ικανότητα μόνωσης από την ζέστη και διατήρησης ενός πιο δροσερού περιβάλλοντος στο εσωτερικό τους προσφέροντας άνεση. Έχουν βρεθεί πολλά αρχαία ερείπια σε περιοχές της κεντρικής Αμερικής και της Σαχάρας που είχαν χρησιμοποιήσει αυτή τη μέθοδο για να επιτευχθεί μόνωση. Η μορφολογία των κτιρίων προέβλεπε την κατασκευή χαμηλών στεγών και μικρών παραθύρων ώστε να εμποδίζεται η θερμότητα να εισχωρήσει.

Μεγάλη πρόοδο στον τομέα των μονώσεων σημείωσαν οι αρχαίοι Έλληνες με την χρήση κοιλοτήτων στους τοίχους για την θερμομόνωση των κτιρίων. Κατά την κατασκευή της τοιχοποιίας άφηναν κενό ενδιάμεσα και δημιουργούσαν κοιλότητες. Οι κοιλότητες είχαν την ιδιότητα να παγιδεύουν αέρα ανάμεσα στους τοίχους και να σταθεροποιούν την θερμοκρασία. Ίδιες μέθοδοι χρησιμοποιήθηκαν και από τους Ρωμαίους για την μόνωση των σπιτιών τους.

Σε πολλές περιοχές σαν επιπλέον μόνωση χρησιμοποιήθηκαν και τα υφάσματα.

Τοποθετούνταν κομμάτια στα παράθυρα για να εμποδίσουν την εισχώρηση σκόνης ή ζέστης στις θερμές περιοχές ή του κρύου στις ψυχρές. Για την διαχείριση της υγρασίας στα πέτρινα κτίρια χρησιμοποιούνταν ταπισερί κρεμασμένα σε τοίχους.

Στη διάρκεια της βιομηχανικής επανάστασης ο αμίαντος ήταν η βασική μόνωση λόγω των πυρίμαχων ιδιοτήτων του. Ο αμίαντος είχε χρησιμοποιηθεί και από τους αρχαίους Έλληνες και Ρωμαίους ως μονωτικό. Οι Έλληνες είχαν προσέξει ότι όσοι εκτίθεντο στον αμίαντο είχαν πνευμονολογικά προβλήματα. Για περισσότερο από ένα αιώνα ο αμίαντος ήταν το βασικό μέσον μόνωσης.



Οι βλαβερές συνέπειες του αμιάντου καταγράφηκαν στα μέσα της δεκαετίας του 1970 γεγονός που ανάγκασε στην εύρεση νέων μονωτικών υλικών λιγότερο επιβλαβών για την υγεία.. Ένα νέο υλικό που εμφανίστηκε είναι το υαλόνημα (fiberglass) και είναι ένα υλικό που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα.

Οι μελετητές πλέον έχουν ως στόχο τα νέα κτίσματα να είναι ενεργειακά αποδοτικότερα οικονομικότερα και φιλικά προς το περιβάλλον. Όσο καλύτερα είναι μονωμένο ένα κτίριο τόσο μεγαλύτερη ενεργειακή εξοικονόμηση επιτυγχάνεται. Υπάρχει πληθώρα νέων υλικών που είναι φιλικά στο περιβάλλον και έχουν εξαιρετικές μονωτικές ιδιότητες.

Η στεγανοποίηση των κατασκευών από την αρχαιότητα αποτελούσε επιτακτική ανάγκη είτε αφορούσε τα κτίρια (στεγανοποίηση δώματος η τοίχων) είτε δεξαμενές συλλογής και αποθήκευσης νερού.

Για πολλά χρόνια ήταν μυστήριο το πώς κατάφερναν να έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα χωρίς τη χρήση υλικών με την σημερινή μορφή τους. Υπάρχουν αναφορές για χρήση αυγών, ασβέστη, και τριχών από ζώα σαν συνδετικά υλικά για ενίσχυση της ποιότητας και αντοχής της λάσπης. Διάφορα κτίσματα έκαναν σαφές ότι χρησιμοποιούσαν αυτό που σήμερα ονομάζουμε τσιμέντο .

Στεγανωτικά στη ναυτιλία χρησιμοποιούνταν ρετσίνι από δέντρα , πίσσα και τζίβα ένα φυτικό προϊόν που διογκώνεται και σφραγίζει τη εισχώρηση του νερού.

### 1.3 Ελληνικό κτιριακό απόθεμα

Σύμφωνα με τα πρόσφατα στοιχεία έρευνας της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής τα οποία ανακοινώθηκαν το 2013 για την κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά νοικοκυριά, περίπου 60% των ελληνικών κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν από το 1980, δεν διαθέτουν θερμομόνωση και παρουσιάζουν χαμηλή ενεργειακή απόδοση, ενώ παράλληλα στην πλειοψηφία τους διαθέτουν παλιές Η/Μ εγκαταστάσεις.

Κατά μέσο όρο, κάθε νοικοκυριό της χώρας καταναλώνει 13.994 kWh ετησίως για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του (73,2% θερμική και 26,8% ηλεκτρική ενέργεια). Ανάλογα με την τελική χρήση, 63,7% της συνολικής ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, 17,3% για μαγείρεμα, 10,2% για ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, 5,7% για ζεστό νερό χρήσης (ZNX), 1,7% για φωτισμό, και 1,3% για ψύξη

Η πλειοψηφία του κτιριακού αποθέματος είναι κτίρια κατοικιών (περίπου 77%) και το 23% είναι κτίρια του τριτογενή τομέα

Τα ιστορικά στοιχεία που παρουσιάζονται είναι ενδεικτικά, αφού προέρχονται από διαφορετικές περιόδους συλλογής των δεδομένων. Οι πραγματικές καταναλώσεις των κτιρίων τα τελευταία χρόνια έχουν μειωθεί σημαντικά εξαιτίας της προσπάθειας περιορισμού του λειτουργικού τους κόστους, λόγω της οικονομικής κρίσης

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση εξαρτάται από την περιοχή (κλιματολογικές συνθήκες), το μέγεθος και την κατασκευή του κτιρίου, το είδος του κτιρίου (κατοικία ή γραφειακός χώρος), τον τύπο και την κατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού, και τις επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες. Ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) τέθηκε σε ισχύ μόλις το 1980. Σαν αποτέλεσμα, ένα μεγάλο ποσοστό των κτιρίων δεν έχουν θερμομόνωση, παρά το γεγονός ότι οι βαθμομέρες θέρμανσης ξεπερνούν τις 2600 στο βόρειο τμήμα της χώρας. Επίσης, κατά τη διάρκεια της πρώτης δεκαετίας της εφαρμογής του ΚΘΚ, η πλειοψηφία των κτιρίων δεν είχε πλήρη θερμομόνωση στο φέροντα οργανισμό για την αποφυγή των θερμογεφυρών.

Από προγενέστερες μελέτες, η τυπική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση σε κτίρια κατοικιών πριν το 1980 είναι περίπου 140 kWh/m<sup>2</sup> σε μονοκατοικίες και 96 kWh/m<sup>2</sup> σε πολυκατοικίες, ενώ για τα νεότερα κτίρια εκτιμάται σε 92-123 kWh/m<sup>2</sup> και 75-94 kWh/m<sup>2</sup>, αντίστοιχα. Τα κτίρια κατοικιών που αντιπροσωπεύουν την πλειοψηφία του κτιριακού αποθέματος προσφέρουν σημαντικές ευκαιρίες για μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ,

- 45,6% δεν διαθέτει κανένα είδος θερμομόνωσης
- 54,4% διαθέτει κάποιο είδος θερμομόνωσης, η οποία αναλύεται ως εξής:
  - 26,0% διπλά τζάμια
  - 14,4% διπλά τζάμια και θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας
  - 1,4% διπλά τζάμια, θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας και άλλο είδος θερμομόνωσης
  - 1,0% διπλά τζάμια και άλλο είδος θερμομόνωσης
  - 6,3% θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας
  - 0,3% θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας και άλλο είδος θερμομόνωσης
  - 5,0% άλλο είδος θερμομόνωσης.

## 1.4 Νομοθεσία

### 1.4.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία

Η σωστή ενεργειακή συμπεριφορά ενός νέου κτιρίου προϋποθέτει την σωστή αρχιτεκτονική και Η/Μ μελέτη, επίβλεψη και κατασκευή, ως αποτέλεσμα μιας καλής συνεργασίας μεταξύ των αρμόδιων μελετητών, επιβλεπόντων μηχανικών και τεχνικών, και την σωστή επιλογή και εγκατάσταση καλής ποιότητας μηχανημάτων και άλλου εξοπλισμού. Για τα υφιστάμενα κτίρια, η συστηματική συντήρηση και αναβάθμιση των κτιριακών στοιχείων και εγκαταστάσεων, πρέπει να γίνεται από ειδικευμένους μηχανικούς και τεχνίτες, εκμεταλλευόμενοι την διαθεσιμότητα νέων προϊόντων, υλικών και συστημάτων. Όλα αυτά προϋποθέτουν το κατάλληλο νομοθετικό πλαίσιο που προδιαγράφει με ακρίβεια τις απαιτούμενες μελέτες και αντίστοιχες αμοιβές, προσδιορίζει τις κατάλληλες μεθόδους και εργαλεία υπολογισμού, και προβλέπει τις διαδικασίες ελέγχου από τις αρμόδιες υπηρεσίες.

Τα τελευταία χρόνια ξεκίνησε μια μεγάλη προσπάθεια σε πανευρωπαϊκό επίπεδο για την εναρμόνιση των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) με την Ευρωπαϊκή Οδηγία (ΕΟ) για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων (EPBD 91/2002). Το πεδίο εφαρμογής καλύπτει τα κτίρια κατοικίας και τα κτίρια του τριτογενή τομέα, επιβάλλοντας την:

1. Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για όλα τα νέα κτίρια και τα υφιστάμενα άνω των 1000 m<sup>2</sup> που ανακαινίζονται ριζικά και υποχρέωση εκπόνησης μελέτης ενεργειακής απόδοσης.
2. Έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) κτιρίου για όλα τα νέα και τα ριζικά ανακαινιζόμενα καθώς και σε περίπτωση αγοραπωλησίας, μίσθωσης ή μεταβίβασης υφισταμένων ανεξαρτήτως επιφανείας.
3. Τακτική επιθεώρηση λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανση, και εγκαταστάσεων κλιματισμού.

Παράλληλα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανέθεσε στον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Τυποποίησης τη σύνταξη Ευρωπαϊκών Κανονισμών που θα καλύπτουν τις ανάγκες εφαρμογής της ΕΟ EPBD.

Για πρώτη φορά η Ευρώπη απέκτησε κοινούς κανονισμούς υπολογισμών φορτίων κλιματισμού, ενεργειακών καταναλώσεων, διαδικασιών για τις ενεργειακές επιθεωρήσεις, δημιουργίας των ενεργειακών πιστοποιητικών κλπ.

Με την αναδιατύπωση της σχετικής ΕΟ (EPBD recast 31/2010) έγιναν διάφορες αλλαγές και αποσαφηνίσεις της EPBD 91/2002, οι κυριότερες των οποίων είναι:

- Κατάργηση του ορίου επιφάνειας (1000m<sup>2</sup>) για όλα τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια που υποχρεούνται στην σύνταξη ενεργειακής μελέτης.
- Περιορισμός του ορίου επιφάνειας (1000m<sup>2</sup>) για τα δημόσια κτίρια που έχουν υποχρέωση έκδοσης ΠΕΑ σε 500m<sup>2</sup> από 9/1/2013 και σε 250m<sup>2</sup> από 9/7/2015
- Νέα κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης από 31/12/2018 για τα νέα δημόσια κτίρια και από 31/12/2020 για όλα τα νέα κτίρια
- Καθορισμός ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης από πλευράς κόστους / οφέλους στον κύκλο ζωής του κτιρίου (από 9/1/2013 για δημόσια κτίρια και 9/7/2013 για όλα τα άλλα κτίρια)
- Καθορισμός ελάχιστων απαιτήσεων της συνολικής ενεργειακής απόδοσης για την εγκατάσταση, διαστασιολόγηση, και έλεγχο των Η/Μ εγκαταστάσεων σε υφιστάμενα και ίσως νέα κτίρια (από 9/1/2013 για δημόσια κτίρια και 9/7/2013 για όλα τα άλλα κτίρια)
- Εναρμόνιση των μεθοδολογιών υπολογισμού σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα

Τα ΠΕΑ εκδίδονται για κτίρια ή κτιριακές μονάδες που κατασκευάζονται, πωλούνται ή εκμισθώνονται σε νέο ενοικιαστή, και για κτίρια με συνολική επιφάνεια >500 m<sup>2</sup> που χρησιμοποιούνται από δημόσια αρχή και τα οποία επισκέπτεται συχνά το κοινό

Επιθεώρηση λεβήτων / εγκαταστάσεων θέρμανσης (>20 kW) και συστημάτων ελέγχου & κυκλοφορητές/αντλίες. Έλεγχος απόδοσης & διαστασιολόγησης. Για >100 kW κάθε 2 χρόνια (από 9/1/2013 για τα δημόσια κτίρια και 9/7/2013 για όλα τα άλλα κτίρια)

Επιθεώρηση εγκαταστάσεων κλιματισμού (12 kW). Έλεγχος απόδοσης & διαστασιολόγησης. Για >100 kW κάθε 2 χρόνια (από 9/1/2013 για δημόσια κτίρια και 9/7/2013 για όλα τα άλλα κτίρια).

Επιπλέον, η ΕΟ 27/2012 για την ενεργειακή απόδοση τροποποίησε τις ΕΟ 125/2009 & 30/2010 και κατάργησε τις ΕΟ 8/2004 & 32/2006 με σκοπό την επίτευξη του πρωταρχικού στόχου 2020 της Ένωσης για βελτίωση 20% στην ενεργειακή απόδοση και να προετοιμάσει το έδαφος για περαιτέρω βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης πέραν της προαναφερόμενης χρονολογίας. Η οδηγία θεσπίζει κανόνες για την άρση των φραγμών στην αγορά ενέργειας και προβλέπει τη θέσπιση ενδεικτικών εθνικών στόχων ενεργειακής απόδοσης για το 2020. Ο στόχος αυτός ισοδυναμεί τουλάχιστον με ετήσια μείωση της τελικής χρήσης ενέργειας σε εθνικό επίπεδο κατά τουλάχιστον 1,5% ετησίως μέχρι το 2020 επί του μέσου όρου της τριετίας 2010-12.

Τέλος, η ΕΟ 28/2009 για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) καθορίζει σαν στόχο τη συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20% μέχρι το έτος 2020. Το ποσοστό αύξησης σε κάθε χώρα μέλος της ΕΕ καθορίζεται στο 5,5% από τα επίπεδα του 2005, ενώ η υπολειπόμενη αύξηση υπολογίζεται σύμφωνα με το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) ανά κάτοικο, για παράδειγμα, 10% για την Μάλτα έως 49% για την Σουηδία και 18% για την Ελλάδα (από 6,9% που ήταν το 2005).

Οι νέοι στόχοι της ΕΕ για το 2030 περιλαμβάνουν δεσμευτικό στόχο μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 40% σε σχέση με το 1990, μερίδιο τουλάχιστον 27% των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της ΕΕ και τουλάχιστον 27% για την ενεργειακή απόδοση (χωρίς δεσμευτικούς στόχους για τα κράτη μέλη).

## 1.4.2 Εθνική νομοθεσία

Το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο και άλλες κανονιστικές ρυθμίσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας και την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων περιλαμβάνουν:

1. Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων (Ν.4122/2013, ΦΕΚ 42 Α/19.2.13) που αποτελεί την εθνική εναρμόνιση στην ΕΟ EPBD recast (2010/31) για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (αναδιατύπωση), αντικαθιστώντας τον Ν.3661/2008 (Α΄89) και την προγενέστερη ΕΟ EPBD (2002/91), αντίστοιχα. Όλα τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια υποχρεούνται στη σύνταξη μελέτης ενεργειακής απόδοσης. Επίσης είναι υποχρεωτική για τα νέα κτίρια η κάλυψη τουλάχιστον 60% των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης από ηλιοθερμικά συστήματα (σύμφωνα και με τον Ν.3851/2015), ΑΠΕ ή υψηλών αποδόσεων αντλιών θερμότητας (Α.Θ.), και προβλέπεται ότι τα νέα κτίρια θα είναι σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης από 1.1.2021 καλύπτοντας το σύνολο της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσής τους από ΑΠΕ, συμπαραγωγή, τηλεθέρμανση, υψηλής απόδοσης Α.Θ. Ο εθνικός στόχος για τις ΑΠΕ καθορίζεται μέχρι το 2020 στο 20% για τη συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας, στο 40% για τη συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, και στο 20% για τη συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη. Το πλήρες νομοθετικό πλαίσιο και πιθανές μελλοντικές τροποποιήσεις είναι διαθέσιμες στην ιστοσελίδα του Υπ. Περιβάλλοντος & Ενέργειας– ΥΠΕΝ (τ.ΥΠΕΚΑ) ([www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)) στην ενότητα «Επιθεώρηση» και την υποενότητα «Νομικό Πλαίσιο».
2. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων - ΚΕΝΑΚ (ΦΕΚ 407/9.4.10), που προσδιορίζει
  - Ελάχιστες Απαιτήσεις Ενεργειακής Αποδοτικότητας & Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης
  - Ενεργειακή Επιθεώρηση & Πιστοποίηση Κτιρίων

- Επιθεώρηση Λεβήτων, Εγκαταστάσεων Θέρμανσης, Κλιματισμού.

Επίσης τροποποιήθηκε το άρθρο 25 του Κτιριοδομικού Κανονισμού (ΦΕΚ 380/Δ/1997) ως προς τις απαιτήσεις εκπόνησης μελετών υδραυλικών και Η/Μ εγκαταστάσεων με την 49731/2010 Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΚΑ (ΦΕΚ 498 ΑΑΠ/23.11.10). Ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων – ΚΘΚ που εφαρμόστηκε για 30 σχεδόν χρόνια στην Ελλάδα, καταργήθηκε & επικαιροποιήθηκε με νέα όρια και πλέον εντάσσεται στην μελέτη ενεργειακής απόδοσης νέων και ριζικά ανακαινιζόμενων κτιρίων σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ.

Σύμφωνα με τον Ν.4122/2013 ο ΚΕΝΑΚ καθορίζει τη σχετική μεθοδολογία υπολογισμού, τις ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων, τον τύπο και το περιεχόμενο της αναγκαίας Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (ΜΕΑ) των κτιρίων ή κτιριακών μονάδων, τη διαδικασία και τη συχνότητα διενέργειας ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτιρίων και των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, τον τύπο και το περιεχόμενο του εκδιδόμενου Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), τη διαδικασία έκδοσής του, τον έλεγχο της διαδικασίας ενεργειακής επιθεώρησης, τα προς τούτο αρμόδια όργανα, καθώς και κάθε άλλο ειδικότερο θέμα ή αναγκαία λεπτομέρεια.

Σύμφωνα με τον Ν.4122/2013 προβλέπεται η επανεξέταση του ΚΕΝΑΚ με τον υπολογισμό των βέλτιστων από πλευράς κόστους επιπέδων των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και των επιμέρους δομικών στοιχείων. Από τις αρχές του 2016 βρίσκεται σε εξέλιξη η επικαιροποίηση της εθνικής νομοθεσίας από το ΥΠΕΝ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων όπως η αναθεώρηση των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 4 του Ν.4122/2013), η αναθεώρηση του ΚΕΝΑΚ και των ΤΟΤΕΕ, όπου απαιτείται, ο ορισμός των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, η κατάρτιση εθνικού σχεδίου αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (άρθρο 9 Ν.4122/2013), η τροποποίηση του Ν.4122/2013 και των εκδιδόμενων κατ' εξουσιοδότηση αυτού διοικητικών πράξεων, κ.α.

Ο ΚΕΝΑΚ σύμφωνα με τα οριζόμενα στο άρθρο 23, παράγραφο 2, του Ν.4122/2013, εξακολουθεί να ισχύει μέχρι την έκδοση νέας απόφασης για αναθεώρηση του Κανονισμού.



3. Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (TOTEE) που εγκρίθηκαν (οικ. 17178/2010 Απόφαση ΥΠΕΚΑ ΦΕΚ 1387/Β/2.9.10) για την υποστήριξη της εφαρμογής του ΚΕΝΑΚ.

- Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (TOTEE 20701-1/2010).

- Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων (TOTEE 20701-2/2010).

- Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών (TOTEE 20701-3/2010).

- Οδηγίες και Έντυπα Ενεργειακών Επιθεωρήσεων Κτιρίων, Λεβήτων & Εγκαταστάσεων Θέρμανσης και Εγκαταστάσεων Κλιματισμού (TOTEE 20701-4/2010).

- Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού, Θερμότητας & Ψύξης: Εγκαταστάσεις σε Κτήρια (TOTEE 20701- 5/2012).

Οι σχετικές TOTEE είναι διαθέσιμες στην ιστοσελίδα του ΤΕΕ στην διεύθυνση ([http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak)).

Το ΤΕΕ διαθέτει ειδικό λογισμικό καταχώρησης των απαραίτητων στοιχείων για τις ενεργειακές επιθεωρήσεις και τον αντίστοιχο υπολογισμό για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων. Το λογισμικό (ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak)) αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΟΕΕ), του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στα πλαίσια συνεργασίας με το ΤΕΕ.

Σχετικά με τους διαπιστευμένους ενεργειακούς επιθεωρητές ([www.buildingcert.gr](http://www.buildingcert.gr)) για τις ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού, το σχετικό νομοθετικό πλαίσιο καλύπτεται από το Προεδρικό Διάταγμα ΠΔ 100/2010 (ΦΕΚ 177/Α/6.10.10). Η Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας (ΕΥΕΠΕΝ) που υπάγεται στην Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΕΓΕΠΕ) του ΥΠΕΝ, ελέγχει και παρακολουθεί την επίτευξη των εθνικών στόχων εξοικονόμησης ενέργειας και βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, καθώς και την εφαρμογή των μέτρων για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Ειδικά θέματα σχετικά με τους ενεργειακούς επιθεωρητές περιλαμβάνονται στους Ν.4342/2015 (ΦΕΚ 143 Α/9.11.15), Ν.4111/2013 (ΦΕΚ 18 Α/25.1.13), Ν.4178/2013 (ΦΕΚ 174 Α/8.8.13) και Ν.4122/2013 (ΦΕΚ 42 Α/19.2.13).

Για την ενεργειακή απόδοση (Ν.4342/2015, ΦΕΚ 143 Α/9.11.15) και εξοικονόμηση ενέργειας που αποτελεί την εθνική εναρμόνιση στην ΕΟ 27/2012, θεσπίζοντας πλαίσιο μέτρων προκειμένου η χώρα να συνεισφέρει στην επίτευξη του στόχου 2020 της Ένωσης και των ενδεικτικών εθνικών στόχων

Για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Ν.3851/2015, ΦΕΚ 85 Α/4.6.10) που αποτελεί την εθνική εναρμόνιση στην ΕΟ 28/2009.

Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ για το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ), η βαθμολόγηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου γίνεται σύμφωνα με την ποιοτική αξιολόγηση (asset rating) της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου σε σχέση με το κτίριο αναφοράς, σε σχέση με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε (kWh/m<sup>2</sup>), καταλήγοντας στην ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου (A+, A, B+, B, Γ - H). Στο ΠΕΑ περιλαμβάνεται επίσης η αντίστοιχη ετήσια εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (kg/m<sup>2</sup>), η ετήσια συνολική ενεργειακή απαίτηση (kWh/m<sup>2</sup>), η πραγματική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας με βάση την αξιολόγηση της λειτουργίας του κτιρίου (operational energy consumption) και η αντίστοιχη συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>) με τις ανάλογες αντίστοιχες ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> (kg/m<sup>2</sup>) και τέλος την εκτίμηση του ενεργειακού επιθεωρητή σχετικά με την αξιολόγηση της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος.

Στη δεύτερη σελίδα του ΠΕΑ προσδιορίζεται το είδος καυσίμου/ενέργειας (ορυκτά καύσιμα, ηλεκτρική, ΑΠΕ) για συγκεκριμένες τελικές χρήσεις (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ζεστό νερό χρήσης, φωτισμός, συσκευές) και η συνεισφορά τους στο τελικό ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου. Επιπρόσθετα, προσδιορίζεται η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>) ανά τελική χρήση.

Τέλος, και ίσως στο πιο σημαντικό τμήμα του ΠΕΑ, περιλαμβάνονται συστάσεις του ενεργειακού επιθεωρητή για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου οι οποίες θα είναι ιεραρχημένες και θα περιλαμβάνουν μια σύντομη περιγραφή, προσδιορίζοντας αντίστοιχα το αρχικό κόστος επένδυσης (€), την εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>) σύμφωνα με τα αποτελέσματα των υπολογισμών και ποσοστό (%) επί της αρχικής υπολογιζόμενης πρωτογενούς ενέργειας, την εκτιμώμενη τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh), την εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>) και την απλή περίοδο αποπληρωμής κάθε πρότασης.

Από τον Οκτώβριο του 2010, τα νέα κτίρια και τα ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια πρέπει να είναι τουλάχιστον κατηγορίας B. Το ΠΕΑ εκδίδεται με την ολοκλήρωση της κατασκευής του κτιρίου που μελετήθηκε και κατασκευάστηκε σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ.

Υποχρέωση έκδοσης ΠΕΑ:

1. Από τον Ιανουάριο του 2016, ανεξαρτήτως τετραγωνικών μέτρων σε περίπτωση αγοράς-πώλησης κτιρίου προκειμένου να ολοκληρωθεί η δικαιοπραξία και να υπογραφούν τα οριστικά συμβόλαια.
2. Από τον Ιανουάριο του 2016, σε περίπτωση νέων συμβάσεων μίσθωσης και μεταβιβάσεως ακινήτου (και όχι ανανέωσης υφιστάμενων συμβάσεων μίσθωσης) ενιαίων κτιρίων ανεξαρτήτως τετραγωνικών μέτρων όλων των κατηγοριών και χρήσεων που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του Ν.4122/2013.
3. Από τον Ιούλιο 2011, σε περίπτωση νέας μίσθωσης τμημάτων κτιρίων, που έχουν αποκλειστική χρήση κατοικία και επαγγελματική στέγη και αποτελούν αυτοτελείς οριζόντιες ιδιοκτησίες.

Σύμφωνα με τον Ν.3843/2010 (ΦΕΚ 62/Α/28.4.10) για την ηλεκτρονική ταυτότητα κτιρίων και την θέσπιση ειδικής διαδικασίας ελέγχου της κατασκευής των κτιρίων για την ορθή εκτέλεση και κατασκευή τους, την ασφάλεια και συντήρηση αυτών, καθώς και την καταπολέμηση των πολεοδομικών αυθαιρεσιών και των υπερβάσεων δόμησης, το ΠΕΑ αποτελεί ένα από τα στοιχεία που θα περιλαμβάνεται στα απαιτούμενα στοιχεία: οικοδομική άδεια, εγκεκριμένα σχέδια, ΠΕΑ, κατόψεις, στατικές μελέτες, φύλλα ελέγχου όλων των μελετών & εγκαταστάσεων, πίνακα χλιοστών , κατανομής δαπανών, κινούμενη ψηφιακή εικόνα των χώρων και των εγκαταστάσεων του κτιρίου. Όλα τα προαναφερθέντα διατηρούνται στο αρχείο του Υπουργείου, του μηχανικού (μελετητή, επιβλέποντα), και στο κτίριο. 650.000 ΠΕΑ που έκανε η ΟΕΕ (85% των οποίων αφορά σε κτίρια κατοικιών).

Από ανάλυση επιβεβαιώνεται ότι τα κτίρια παρουσιάζουν χαμηλή ενεργειακή απόδοση στην υπάρχουσα κατάσταση. Από τα πιστοποιητικά για τον οικιακό τομέα το 15% αφορά σε κτίρια μονοκατοικιών ενώ το 85% αφορά σε πολυκατοικίες (κτίρια ή διαμερίσματα). Στον τριτογενή τομέα το 55% των πιστοποιητικών αφορούν σε καταστήματα και ακολουθούν τα γραφεία με 16%. Οι κατοικίες κατατάσσονται στην ενεργειακή κλάση Η κατά 34%, ενώ μόνο το 3% κατατάσσεται στις ενεργειακές κλάσεις Β και πάνω. Η υπολογιζόμενη μέση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας είναι 261,6 kWh/m<sup>2</sup> . Όπως είναι αναμενόμενο, οι μονοκατοικίες έχουν υψηλότερη μέση κατανάλωση 384,2 kWh/m<sup>2</sup> και οι πολυκατοικίες 240,8 kWh/m<sup>2</sup> . Τα κτίρια του τριτογενή τομέα παρουσιάζουν γενικότερα καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά με το 37% να κατατάσσονται στην ενεργειακή κλάση Δ και μέση κατανάλωση 461,2 kWh/m<sup>2</sup> . Αναλυτικά στοιχεία από την στατιστική ανάλυση του ΥΠΕΝ παρουσιάζονται στην ιστοσελίδα του Υπουργείου.

## 2.1 Θερμομονωτικά υλικά

### 2.1.1 Ο ρόλος των θερμομονωτικών υλικών

Τα θερμομονωτικά υλικά καθορίζουν τη συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους από πλευράς δομικής φυσικής και έχουν ως προορισμό τους να μειώσουν το συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων με στόχο τη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο και μείωση της θερμικής προσόδου κατά τη περίοδο δροσισμού.

Η μετάδοση της θερμότητας μέσα από τα αδιαφανή δομικά στοιχεία και υλικά γίνεται στο μεγαλύτερο ποσοστό με αγωγιμότητα, η οποία ποσοτικοποιείται, στα ομοιογενή και ισότροπα υλικά, όπως προαναφέρθηκε, με τη βοήθεια του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$ . Στα σύνθετα δομικά στοιχεία η αγωγιμότητα ποσοτικοποιείται με τη βοήθεια του συντελεστή Θερμοπερατότητας  $k$ .

Γενικά, τα θερμομονωτικά υλικά οφείλουν την ιδιότητα της θερμικής αντίστασης στον αέρα που περιέχεται μέσα τους. Ο αέρας θεωρείται «κακός αγωγός» της θερμότητας, δηλαδή, έχει χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$ . Σε θεωρητικό επίπεδο η θερμική αγωγιμότητα ελαχιστοποιείται σε συνθήκες κενού, επειδή η έλλειψη μάζας καθιστά αδύνατη τη μεταφορά της θερμότητας με αγωγιμότητα. Στην πράξη, η μικρότερη δυνατή θερμική αγωγιμότητα επιτυγχάνεται όταν υπάρχει ακίνητος, ξηρός αέρας. Τα θερμομονωτικά υλικά επιτυγχάνουν το σκοπό τους, ακριβώς επειδή διαθέτουν, στην «πορώδη» μάζα τους, πολλούς μικρούς θύλακες ακίνητου αέρα, εγκλωβισμένου σε κυψέλες ή μέσα σε ένα πλέγμα ινών. Γι' αυτόν τον λόγο αυτό τα θερμομονωτικά υλικά έχουν κατά κανόνα και μικρό φαινόμενο βάρος. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  ενός πορώδους υλικού είναι μικρότερος σε σχέση με το  $\lambda$  του ίδιου υλικού εάν αυτό ήταν πιο συμπαγές.

Το φαινόμενο αυτό και η λειτουργία του πορώδους των υλικών οδήγησε στην ανάπτυξη θερμομονωτικών υλικών, κοινό γνώρισμα των οποίων είναι η ύπαρξη σε μεγάλο ποσοστό πόρων που περιέχουν είτε αέρα είτε κάποιο άλλο αέριο που χαρακτηρίζεται ως κακός αγωγός της θερμότητας και άρα διαθέτει μικρό συντελεστή αγωγιμότητας  $\lambda$ .

Η πορώδης δομή των βιομηχανικά παραγόμενων μονωτικών υλικών επιτυγχάνεται με τη χρήση λεπτών ακανόνιστων ινών ή με την παραγωγή κυψελίδων από στερεοποιητικά υλικά.

Η θερμική τους αγωγιμότητα καθορίζεται πρωταρχικά από τον αριθμό και το μέγεθος των κυψελών που υπάρχουν στη μάζα του υλικού τους και που περιέχουν τον ακίνητο, με θερμομονωτικές ιδιότητες, αέρα.

### 2.1.2 Ταξινόμηση των θερμομονωτικών υλικών

Ένας τρόπος ταξινόμησης των μονωτικών υλικών είναι με βάση τη χημική σύνθεση των συστατικών τους. Επομένως, μπορούν να ταξινομηθούν σε οργανικά, ανόργανα ή σύνθετα, που περιέχουν τόσο οργανικές όσο και ανόργανες ενώσεις.

Με βάση την πρώτη ύλη των χρησιμοποιούμενων υλικών για την παραγωγή μονωτικών υλικών τα θερμομονωτικά υλικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, και βέβαια και συνδυασμούς αυτών:

1. Ορυκτά υλικά, όπως η άμμος, ο βασάλτης, ο βωξίτης, ο δολομίτης και το γυαλί(καινούριο ή ανακυκλωμένο).
2. Πετροχημικές πρώτες ύλες για αφρώδες πλαστικό, όπως το στυρόλιο, η ουρεθάνη και η φορμαλδεΰδη.
3. Οργανικά φυσικά υλικά, όπως ο φελλός, το ξύλο, οι φυτικές ίνες, η κυτταρίνη, το μαλλί.

Άλλος τρόπος ταξινόμησης μπορεί να γίνει με βάση τη δομή τους. Δυο κατηγορίες υπάρχουν:

- τα αφρώδη, στα οποία ο αέρας υπάρχει μέσα τους με μορφή φυσαλίδων και
- τα ινώδη, στα οποία ο αέρας περιέχεται ανάμεσα στις ίνες τους, όπως ακριβώς συμβαίνει σε ένα μάλλινο ύφασμα.

### 2.1.3 Ορισμός των κρισιμότερων ιδιοτήτων των θερμομονωτικών προϊόντων

Οι ιδιότητες των θερμομονωτικών μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

- τις φυσικές ιδιότητες, που περιγράφουν τη συμπεριφορά του υλικού υπό ορισμένες συνθήκες και
- τις περιβαλλοντικές ιδιότητες, που περιγράφουν τον οικολογικό χαρακτήρα του υλικού.

Παρακάτω σχολιάζεται κάθε ιδιότητα που αποτελεί ταυτόχρονα και κριτήριο των προδιαγραφών των θερμομονωτικών υλικών αναλυτικά.

### 2.1.4 Φυσικές ιδιότητες

- **Πυκνότητα**: Ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής και την απαίτηση της τελικής χρήσης, κάθε υλικό παράγεται για ένα εύρος πυκνοτήτων. Όπως προαναφέρθηκε, η πυκνότητα του υλικού επηρεάζει την τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ.
- **Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ**: Είναι ο συντελεστής που περιγράφει το ποσό της θερμότητας που περνά ανά μονάδα επιφάνειας του υλικού και για διαφορά θερμοκρασίας μιας μονάδας μεταξύ των δύο όψεών του. Όσο χαμηλότερος ο συντελεστής λ, τόσο μικρότερη η θερμορροή και, επομένως, τόσο καλύτερη η θερμομονωτική του ικανότητα.
- **Εύρος χρήσης**: Όπως όλα τα υλικά, έτσι και τα θερμομονωτικά έχουν ένα όριο θερμικής αντοχής. Ως εύρος χρήσης ορίζεται το θερμοκρασιακό διάστημα, μέσα στο οποίο η χημική σύσταση, η θερμομονωτική ικανότητα και η μηχανική αντοχή του υλικού είναι σε επιθυμητά επίπεδα, τέτοια ώστε να είναι ομαλή η απόδοση του υλικού.
- **Αντοχή στην επίδραση της υγρασίας**: Η αντοχή στην επίδραση της υγρασίας εκφράζεται με δύο μεγέθη, τον συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών και την ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης.

**Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών:** Ο συντελεστής αυτός δηλώνει πόσο μεγαλύτερη αντίσταση στη διάχυση υδρατμών παρουσιάζει το υλικό από ένα στρώμα αέρα ίδιου πάχους και στις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος. Η φυσική σημασία του συντελεστή, ο οποίος πρακτικά θεωρείται ανεξάρτητος από τη θερμοκρασία και την πίεση, είναι ευκολία με την οποία διαπερνούν οι διαχεόμενοι υδρατμοί το θερμομονωτικό υλικό. Όσο μεγαλύτερη η τιμή του, τόσο δυσκολότερα οι υδρατμοί διέρχονται μέσω της μάζας του.

**Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης:** Τα θερμομονωτικά υλικά απορροφούν νερό σε υγρή κατάσταση ή σε μορφή υδρατμών. Η ποσότητα της απορροφούμενης υγρασίας, που εξαρτάται από το πορώδες του υλικού, την υδρατμοστεγανότητα και την κατανομή των τριχοειδών αγγείων στη μάζα του, προκαλεί αισθητή αλλαγή στις ιδιότητες του υλικού και κυρίως του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ. Για την περιγραφή των παραπάνω ορίζεται η τιμή της ποσότητας υγρασίας εξομοίωσης, η οποία εκφράζει το ποσό της υγρασίας που απορροφήθηκε στο υλικό υπό ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας περιβάλλοντος και σχετικής υγρασίας.

• **Αντίσταση στη φωτιά - πυραντοχή:** Η συμπεριφορά των υλικών σε περίπτωση πυρκαγιάς, προσδιορίζεται κατά το DIN 4102, σύμφωνα με το οποίο τα υλικά κατατάσσονται σε κλάσεις πυραντοχής, ανάλογα με το χρονικό διάστημα, μέσα στο οποίο το υλικό διατηρεί τις βασικές του ιδιότητες κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Οι κλάσεις της πυραντοχής από την καλύτερη (μεγάλη διάρκεια αντοχής κατά την πυρκαγιά) είναι: A1/A2/A3/B1/B2/B3/C1/C2/C3.

Πιο αναλυτικά:

- τα μη εύφλεκτα δομικά υλικά τυποποιούνται ως A1 ή A2,
- τα υλικά που αντιστέκονται στη φωτιά ως B1,
- κανονικά υλικά ως B2 και
- εύφλεκτα υλικά ως B3.

Τα υλικά της κατηγορίας A1 δεν επιτρέπεται να παρουσιάσουν καμιά ανάφλεξη, ενώ τα υλικά της κατηγορίας A2 μπορούν να αναφλεγούν για χρόνο μέχρι 20s.



Τα μη αναφλέξιμα υλικά της κατηγορίας A, καθώς και τα υλικά της κατηγορίας B1 που αντιστέκονται στη φωτιά, χρειάζονται ένα πιστοποιητικό αποτελεσματικότητας σύμφωνα με το νέο γερμανικό νόμο ή άδεια από το DIBt.

Για τα μη αναφλέξιμα υλικά και τους επιβραδυντές της φωτιάς της κλάσης A, απαιτείται τα αέρια της καύσης να μην είναι τοξικά. Η συμπεριφορά των δομικών υλικών σε περίπτωση πυρκαγιάς προσδιορίζεται με βαθμούς «ανάφλεξης» από F30 έως F90, όπου ο αριθμός δείχνει τον ελάχιστο χρόνο σε λεπτά, που το δομικό υλικό αντέχει στη φωτιά ή αποτρέπει την εξάπλωση της φωτιάς. Η μη αναφλεξιμότητα χαρακτηρίζεται από το γράμμα A ή B π.χ F30-B. Σε περίπτωση που σημαντικά συστατικά του δομικού υλικού δεν καίγονται, το δομικό υλικό χαρακτηρίζεται με τα γράμματα AB.

• **Αντοχή σε εφελκυσμό και όριο θραύσης:** Πρόκειται για τα όρια αντοχής του υλικού σε τάσεις και εκφράζεται με τα μεγέθη αντοχής σε εφελκυσμό, του ορίου θραύσης και της θλιπτικής τάσης σε βράχυνση. Η αντοχή σε εφελκυσμό είναι η τάση, μετά την οποία το υλικό παραμορφώνεται πλαστικά. Το όριο θραύσης είναι η τιμή της τάσης, μετά την οποία το υλικό χάνει τη συνοχή του, δηλαδή κόβεται. Όπως είναι αναμενόμενο, τα οργανικά αφρώδη υλικά, έχουν πολύ μεγαλύτερη αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις από τα ανόργανα ινώδη.

• **Βαθμός απορρόφησης ήχου:** Οι ηχομονωτικές ιδιότητες, που ενώ αποτελούν διαφορετική παράμετρο της δομικής φυσικής, σε ό,τι αφορά τα υλικά οφείλουν να συνεξετάζονται με τις θερμομονωτικές ιδιότητες. Με την έννοια ηχομόνωση εννοούμε την προσπάθεια προστασίας των χρηστών ενός χώρου από τους θορύβους, δηλαδή από την επίδραση κάθε ενοχλητικού ή δυσάρεστου ήχου. Οι θόρυβοι μπορεί να προέρχονται είτε από το εξωτερικό περιβάλλον π.χ. κυκλοφορία οχημάτων, λειτουργία μηχανημάτων, είτε από το εσωτερικό περιβάλλον των κτιρίων. Οι απαιτήσεις για ηχοπροστασία βασίζονται σε προδιαγραμμένες τιμές ανεκτής στάθμης θορύβων, οι οποίες υπολογίζονται σε μονάδες Decibel. Κάθε μια μονάδα Decibel αντιστοιχεί σε αύξηση της έντασης του θορύβου κατά 26%. Ο βαθμός απορρόφησης ήχου περιγράφει την ηχοαπορροφητικότητα του υλικού για διάφορες συχνότητες ήχου. Όσο μεγαλύτερος ο συντελεστής, τόσο καλύτερη η ηχοαπορροφητικότητα του υλικού.

- **Ευκολία κατεργασίας και τοποθέτησης:** Πρόκειται για μία πολύ σημαντική ιδιότητα, αφού αφορά άμεσα στους πραγματικούς χρήστες των υλικών, στους τεχνίτες στο εργοτάξιο. Είναι εύλογο, ότι ένα υλικό που είναι ελαφρύ, μεταφέρεται εύκολα στο εργοτάξιο ενός κτιριακού έργου.

Ένα υλικό που είναι μαλακό και όχι εύθρυπτο κόβεται εύκολα και προσαρμόζεται στις κατασκευαστικές διαμορφώσεις ενός ξυλότυπου ή μίας τοιχοποιίας. Ένα υλικό που ψεκάζεται με μορφή αφρού, μπορεί να καλύψει μία γεωμετρικά περίπλοκη επιφάνεια, όπως έναν θόλο, μεταλλικές κατασκευές, κ.ό.κ. Η αξιολόγηση και ταξινόμηση των υλικών γίνεται ως προς την κατεργασία και τοποθέτηση ποιοτικά, με βάση τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τους, και ανάλογα με τις ικανότητες του συγκεκριμένου εργατικού δυναμικού.

- **Η διάρκεια ζωής σε σχέση με τη φθορά στο χρόνο:** Η αντοχή στο χρόνο αποτελεί ακόμη μια παράμετρο των θερμομονωτικών υλικών, παράμετρο που εκφράζεται σε έτη διάρκειας ζωής, όπως προκύπτει από εργαστηριακές δοκιμές γήρανσης των υλικών και από πολυετείς παρατηρήσεις σε πραγματικές συνθήκες.

## 2.1.5 Ιδιότητες των σημαντικότερων θερμομονωτικών υλικών

### 2.1.5.1 Υαλοβάμβακας

Ο υαλοβάμβακας προέρχεται από ορυκτές πρώτες ύλες, ανήκει στα ανόργανα ινώδη υλικά και τα βασικά συστατικά του είναι το διοξείδιο του πυριτίου, ο δολομίτης, ο ασβεστόλιθος, η ανθρακική σόδα και η αλουμίνα.

Ο υαλοβάμβακας παρασκευάζεται σε κλίβανο μέσω μιας διαδικασίας φυγοκέντρισης, κατά την οποία τα υλικά εξαιτίας της φυγόκεντρης δύναμης υπό τη μορφή ινών παγιδεύουν τον αέρα.

Ο υαλοβάμβακας συναντάται στις εξής εμπορικές μορφές:

- σε μορφή παπλώματος είτε σε ρολά χωρίς επένδυση είτε με επένδυση αλουμινίου (επικάλυψη φύλλου αλουμινίου, υαλοϋφάσματος ή χαρτιού Kraff από τη μία τους πλευρά) είτε με ενισχυμένο μεταλλικό πλέγμα,
- σε μορφή πλακών και
- σε μορφή ειδικά μορφοποιημένα κογχυλιών για χρήση ως μόνωση σωληνώσεων.

Ο υαλοβάμβακας αποτελεί μία καλή θερμομονωτική λύση υπό την προϋπόθεση ότι προστατεύεται από τη διείσδυση της υγρασίας. Όσο μικρότερο είναι το πάχος των ινών και όσο μεγαλύτερο το μήκος τους τόσο υψηλότερη θερμική προστασία προσφέρει αλλά και μεγαλύτερο κόστος αποκτά. Η προσβολή από την υγρασία έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ. Για αυτό το λόγο, όταν χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό στα κτίρια, κρίνεται απαραίτητη η προστασία του με φράγμα υδρατμών στη θερμή όψη. Αξίζει να σημειωθεί πως λόγω της ινώδους μορφής του, ο υαλοβάμβακας σε ελεύθερη κατάσταση δεν απορροφά υγρασία. Επειδή όμως συχνά βρίσκεται κλεισμένος στα άλλα δομικά υλικά, η υγρασία που εγκλωβίζεται στα τελευταία τον προσβάλλει και εξαπλώνεται σε όλη την έκτασή του.

Όσον αφορά στις ιδιότητες πυραντοχής του υαλοβάμβακα, προσοχή απαιτείται στα υλικά που προστίθενται για την βελτίωση της συνοχής (υδρίδιο του πυριτίου), στα συνδετικά υλικά (ρητίνες φαινοφορμαλδεΰδης), καθώς και στα υδατοαποθητικά έλαια (σιλικονόνες ή ορυκτέλαια), διότι αυτά τα υλικά δύναται να υποβαθμίσουν την αντοχή του υαλοβάμβακα σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Γενικότερα, πάντως, ο υαλοβάμβακας παρουσιάζει καλή συμπεριφορά στην πυρκαγιά καθώς ανήκει στις A1, A2 και B1 κατηγορίες πυραντοχής.

Ο υαλοβάμβακας διαθέτει επίσης ανθεκτικότητα στη θερμοκρασία για ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών από  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  έως  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Η αντοχή στον εφελκυσμό ( $0,005\text{ N/mm}^2$ ) και το όριο θραύσης ( $0,005\text{-}0,015\text{ N/mm}^2$ ) κρίνονται ικανοποιητικές.

Ωστόσο, εμφανίζει μικρή αντοχή σε συμπίεση και ως εκ τούτου δεν προσφέρεται η χρήση του για δάπεδα και δώματα με ισχυρές φορτίσεις. Η απόδοσή του ως ηχομονωτικό υλικό θεωρείται ιδιαίτερα καλή σε σύγκριση με άλλα ως προς αυτήν την ιδιότητα υλικά. Ο υαλοβάμβακας δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά ούτε από χημικές ενώσεις με εξαίρεση το υδροχλωρικό οξύ.

Ο πίνακας 1 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του υαλοβάμβακα με τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές να οφείλονται σε διαφοροποιήσεις που παρουσιάζονται από τεχνολογικής πλευράς κατά την διαδικασία παραγωγής.



**Εικόνα 1** Υαλοβάμβακας

Πίνακας 1. Τεχνικά χαρακτηριστικά υαλοβάμβακα [FMI F, 1994]

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

<sup>1</sup> Σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας στους 10°C ορίζεται 0,041 W/(mK).

### 2.1.5.2 Πετροβάμβακας

Ο πετροβάμβακας είναι ινώδους μορφής, καθώς αποτελείται από μια μάζα εξαιρετικά λεπτών ινών (διάμετρος < 4 ή 5 μm) και παρασκευάζεται από μίγμα ορυκτογενών πετρωμάτων, που αφθονούν στη φύση, όπως βασάλτη, μεταβασάλτη, διαβάση, αμφιβολίτη, ασβεστόλιθο, δολομίτη και βωξίτη.

Για την παραγωγή του πετροβάμβακα, το μίγμα των ορυκτογενών πετρωμάτων θερμαίνεται και λιώνει είτε μέσα σε υψικάμινο είτε σε ηλεκτρικό φούρνο (πιο σύγχρονη μέθοδος, καθώς επιτυγχάνει διαστασιακή ομοιομορφία στις παραγόμενες ίνες μέσω της σταθερά ελεγχόμενης θερμοκρασίας του τήγματος, καθώς και μηδαμινή μόλυνση του περιβάλλοντος). Στη συνέχεια και με τη βοήθεια της φυγοκέντρισης διαμορφώνεται στην τελική ινώδη μορφή. Η συγκόλληση των ινών μεταξύ τους επιτυγχάνεται με την προσθήκη συνθετικής φαινολικής ρητίνης και σιλικονέλαιου.

Στο εμπόριο συναντάται σε πάπλωμα χωρίς επένδυση ή με επένδυση μεταλλικού πλέγματος ή σκληρών πλακών, καθώς και σε μορφή κοχυλιών.

Ο πετροβάμβακας έχει υψηλή πυκνότητα (30 kg/m<sup>3</sup>) και ιδιαίτερα καλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που κυμαίνεται από 0,033 ως 0,045 W/(mK). Η υψηλή θερμομονωτική ικανότητά του όμως επηρεάζεται σημαντικά στην περίπτωση προσβολής του από την υγρασία, έτσι ώστε να κρίνεται αναγκαία η λήψη μέτρων προστασίας από την υγρασία είτε με την προσθήκη οργανικών ενώσεων του πυριτίου (σιλάνια) είτε με την τοποθέτηση επικάλυψης φύλλων αλουμινίου ή γύψου. Η θερμομονωτική ικανότητα του πετροβάμβακα επηρεάζεται αρνητικά επίσης και από την αυξημένη παρουσία συμπαγών σφαιριδίων τήξης, χρώματος καφέ ή μαύρου, που δημιουργούνται παράλληλα με τις επιθυμητές ίνες στη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.

Ο πετροβάμβακας διαθέτει ιδιαίτερα υψηλή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, κάτι που οφείλεται στο γεγονός ότι οι πρώτες ύλες και τα πρόσθετα στον πετροβάμβακα κατά την παραγωγή λιώνουν σε μεγάλες θερμοκρασίες. Η ανώτερη θερμοκρασία εφαρμογής (750 °C) καθορίζει μέχρι ποια θερμοκρασία διατηρεί το μονωτικό υλικό τις ιδιότητές του.

Για αυτό και ο πετροβάμβακας βρίσκει εφαρμογή σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, στη μόνωση λεβήτων, σε πόρτες πυρασφαλείας, σε κατασκευές που αφορούν στην πυρασφάλεια σε πλοία, καθώς και στην περιοχή της τεχνολογίας του εξαερισμού (αγωγοί εξαερισμού).

Ο πετροβάμβακας διαθέτει πολύ καλή συμπεριφορά στην πυρκαγιά, καθώς ανήκει στις A1, A2 και B1 κατηγορίες πυραντοχής. Αντίθετα, εμφανίζει μικρή αντοχή στον εφελκυσμό ( $0,005 \text{ N/mm}^2$ ) και χαμηλό όριο θραύσης από  $0,00012$  έως  $0,0075 \text{ N/mm}^3$ . Όσον αφορά στις ακουστικές ιδιότητές του παρουσιάζει χαμηλό βαθμό απορρόφησης του ήχου σε σχέση με τον υαλοβάμβακα στις χαμηλές συχνότητες, αλλά στις υψηλές συχνότητες εμφανίζει πολύ καλές. Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά ούτε και από χημικές ενώσεις.

Ο πίνακας 2 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφαλείας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του πετροβάμβακα.



**Εικόνα 2** Πετροβάμβακας

Πίνακας 2. Τεχνικά χαρακτηριστικά πετροβάμβακα [FMI F, 1994] και [RockwoolF,1994]

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



### 2.1.5.3 Διογκωμένη πολυστερίνη

Ο αφρός πολυστερίνης παράγεται από διόγκωση πολυμερισμένου στυρολίου και αποτελείται σύμφωνα με το DIN 18164 από 1,5 έως 2% πολυστερίνη και 98 με 98,5% αέρα, ανάλογα με την πυκνότητα. Ο αέρας βρίσκεται εγκλωβισμένος μέσα σε μεγάλο αριθμό κυψελίδων.

Στο εμπόριο συναντάται σε πλάκες για εφαρμογές σε τοίχους, τοιχία, πλάκες σκυροδέματος και υπόγεια. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής διογκωμένης πολυστερίνης χρησιμοποιείται σε εφαρμογές στα κτίρια ως θερμομόνωση δωματίων, τοίχων και πατωμάτων.

Η διογκωμένη πολυστερίνη διαθέτει ικανοποιητική θερμομονωτική ικανότητα (0,029-0,041 W/mK). Ωστόσο απαιτείται προσοχή κατά την παραγωγή της, διότι αν σχηματιστούν κενά που δε διαμορφώνουν κλειστούς πόρους, είναι δυνατόν να εισχωρήσει νερό και να αυξηθεί σημαντικά ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ. Γενικότερα πάντως η διογκωμένη πολυστερίνη παρουσιάζει καλή αντοχή στη διάχυση υδρατμών και στην απορρόφηση υγρασίας. Επιπρόσθετα, διαθέτει καλές ιδιότητες όσον αφορά στην αντοχή στον εφελκυσμό και στη συμπίεση.

Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης είναι μικρότερο από αυτό του υαλοβάμβακα και του πετροβάμβακα, καθώς κυμαίνεται από -700C ως 900C. Η διογκωμένη πολυστερίνη ανήκει στα εύφλεκτα υλικά και παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται βρωμιούχοι αλειφατικοί κυκλικοί υδρογονάνθρακες (κυρίως Hexabromcyclododecan), σε ποσοστό 5 ως 7%, ως μέσο αύξησης της πυραντοχής κατατάσσεται στις κατηγορίες πυραντοχής B1 και B2. Η διογκωμένη πολυστερίνη προσβάλλεται από έντομα, τρωκτικά και ποικιλία χημικών διαλυτών (κετόνες, βενζόλιο, βενζίνη κ.ά.) και δεν προτείνεται η χρήση ασφαλτόπανων. Είναι ευαίσθητη στην ηλιακή ακτινοβολία, καθώς σε εκτεταμένης διάρκειας έκθεση στον ήλιο, μετά την αλλαγή του χρώματός της σε ελαφρώς κιτρινωπό, σκληραίνεται και θρυμματίζεται.

Ιδιαίτερο πλεονέκτημα της διογκωμένης πολυστερίνης αποτελεί η ευκολία τοποθέτησής της.

Σχετικά με τις ηχομονωτικές ιδιότητες της διογκωμένης πολυστερίνης δεν έχουν καταχωρηθεί στοιχεία στο συγκεντρωτικό πίνακα των ιδιοτήτων της, καθώς δεν παρουσιάζει ηχοαπορροφητικές ιδιότητες και επομένως δεν χρησιμοποιείται για ηχομόνωση.

Ο πίνακας 3 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) της διογκωμένης πολυστερίνης.



**Εικόνα 3** Διογκωμένη πολυστερίνη

**Πίνακας 3.** Τεχνικά χαρακτηριστικά διογκωμένης πολυστερίνης

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

<sup>1</sup> Ο κανονισμός θερμομόνωσης επιβάλλει τη χρήση του υλικού με πυκνότητα ίση ή μεγαλύτερη των 20 kg/m<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,041 W/(mK) στους 10 °C

#### 2.1.5.4 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, συγγενές θερμομονωτικό υλικό της διογκωμένης πολυστερίνης, έχει όμοια σύσταση με αυτήν, αλλά διαφορετική μέθοδο επεξεργασίας. Για την παραγωγή αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη η πολυστερίνη, το CO<sub>2</sub> ως προωθητικό αέριο σε ποσοστό από 3 ως 7%, στοιχεία αύξησης της πυραντοχής σε ποσοστό από 1 ως 6% και ως βοηθητικές ύλες το ταλκ και χρωστικές ουσίες, που δίνουν το χαρακτηριστικό για κάθε εταιρία χρώμα στο τελικό προϊόν.

Παράγεται σε μορφή πλακών, διαφορετικής πυκνότητας ανάλογα με την εφαρμογή, με επίπεδη ή ανάγλυφη επιφάνεια, για την επίτευξη καλύτερης πρόσφυσης του κονιάματος του επιχρίσματος. Ακόμη παράγονται πλάκες με επικάλυψη τσιμεντοκονίας ή ψηφίδας, στη μία τους πλευρά, για χρήση στο αντεστραμμένο δώμα.

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη διαθέτει καλές θερμομονωτικές ιδιότητες με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που κυμαίνεται από 0,025 έως 0,035 W/(mK). Η τιμή του συντελεστή αυτού οφείλεται κατά κύριο λόγο στην θερμική αγωγιμότητα του μίγματος αέρα και αερίων που κατέχουν περίπου το 95% του όγκου του υλικού. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αποτελούν τις τιμές κατά τη χρήση της εξηλασμένης πολυστερίνης. Στην πραγματικότητα κατά την παραγωγή της ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας είναι μικρότερος αλλά σταδιακά αυξάνεται, γεγονός το οποίο οφείλεται στη διαδικασία εξισορρόπησης του R12 του αέριου μίγματος με τον εξωτερικό αέρα. Έχει υπολογιστεί μάλιστα πως το αέριο σε R12 υποδιπλασιάζεται κάθε 50 έτη, περίπου δηλαδή όσο και η διάρκεια ζωής ενός κτιρίου.

Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης της είναι σχετικά περιορισμένο, καθώς το κατώτερο σε -60C και το ανώτερο όριο ανέρχεται σε 75C. Ο τρόπος παραγωγής της εξηλασμένης πολυστερίνης, δηλαδή η κατεργασία της εξέλασης, αποτελεί τον κύριο υπεύθυνο για τη μεγάλη αντοχή που παρουσιάζει στον εφελκυσμό (0,30 ως 0,35N/mm<sup>2</sup>) και στη συμπίεση, στην αυξημένη αντίσταση στη διάχυση υδρατμών (80 ως 200) και στην απορρόφηση νερού. Η μέγιστη απορροφητικότητα φθάνει το 0,1 με 0,2% του όγκου του υλικού.

Η εξηλασμένη πολυστερίνη έχει όμοια συμπεριφορά με την διογκωμένη πολυστερίνη σε ότι αφορά την προσβολή της από έντομα και τρωκτικά και την ευαισθησία της σε διαλύτες και στην ηλιακή ακτινοβολία, η οποία αποχρωματίζει την επιφάνειά της και καθιστά τις κυψέλες της εύθραυστες. Η τεχνική λύση για την αποφυγή της προσβολής από έντομα και τρωκτικά συστήνει τον εγκλωβισμό της εξηλασμένης πολυστερίνης στο δομικό στοιχείο ή την επικάλυψη με επίχρισμα. Η προστασία της από την ηλιακή ακτινοβολία επιτυγχάνεται επίσης με επικάλυψη με τσιμεντοσανίδες, πλάκες ορυκτών ινών και ψευδομωσαϊκού, γυψοσανίδες ή ξηρή χαλικόστρωση. Παρά τη χρήση επιβραδυντών καύσης με τον εμπλουτισμό της εξηλασμένης πολυστερίνης με στοιχεία αύξησης της πυραντοχής σε ποσοστό από 1 έως 6% κατά τη διαδικασία παραγωγής της, παραμένει εύφλεκτο υλικό και κατατάσσεται στις B1 και B2 κατηγορίες πυραντοχής.

Τέλος, δεν χρησιμοποιείται ως ηχομονωτικό υλικό, καθώς δεν διαθέτει ικανοποιητικές ιδιότητες ηχοαπορρόφησης. Ο πίνακας 4 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) της εξηλασμένης πολυστερίνης.



**Εικόνα 4** Εξηλασμένη πολυστερίνη

Πίνακας 4. Τεχνικά χαρακτηριστικά εξηλασμένης πολυστερίνης [Ceuterick, 1993]HeraklithF, 1994], [BASF, 1994] και [G+H, 1994].

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

### 2.1.5.5 Αφρός πολυουρεθάνης

Ο αφρός πολυουρεθάνης είναι σκληροποιημένος αφρός, του οποίου οι πόροι σε ποσοστό τουλάχιστον 90% είναι κλειστοί και παρασκευάζεται με την βοήθεια καταλυτών και προωθητικών μέσων, μέσω της χημικής αντίδρασης των πολυϊσοκυανικών ενώσεων με συνδετικό μέσο πολυολένιο ή με διάσπαση των πολυϊσοκυανικών ενώσεων.

Παλιότερα, ως προωθητικό μέσο, χρησιμοποιούταν το FCKW (R11), αλλά τώρα έχει αντικατασταθεί με υδρογονάνθρακες όπως το πεντάνιο, CO<sub>2</sub> ή HFCKW.

Διατίθεται στο εμπόριο είτε σε μορφή αφρού, που χρησιμοποιείται για την επικάλυψη των καθαρών από ξένες ουσίες επιφανειών στο εργοτάξιο με επί τόπου ψεκασμό και ιδιαίτερα κυλινδρικών, σφαιρικών και καμπύλων επιφανειών είτε σε μορφή σκληρών πλακών και μορφοποιημένων κομματιών από αφρό, πλακών με επιφανειακή επίστρωση αδιαβροχοποιημένου χαρτιού, πολλαπλών στρωμάτων ή φύλλων αλουμινίου. Οι τελευταίες παράγονται και σχηματοποιούνται από τον αφρό πολυουρεθάνης στο εργοστάσιο και οι πλάκες έρχονται έτοιμες για τοποθέτηση στο εργοτάξιο. Μία τρίτη μορφή χρήσης του αφρού πολυουρεθάνης είναι και τα ειδικά μορφοποιημένα «κοχύλια» που βρίσκουν εφαρμογή στη μόνωση σωληνώσεων.

Ο αφρός πολυουρεθάνης αποτελεί το θερμομονωτικό υλικό με τον μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda=0,02 \text{ W/(mK)}$ . Ωστόσο, με την από το 1995 απαγόρευση της χρήσης FCKW ως προωθητικού μέσου και με την αντικατάστασή του από το πεντάνιο αυξήθηκε η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και ως σήμερα ο αφρός πολυουρεθάνης δεν κατάφερε ακόμη να φτάσει στην κατηγορία θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,02 \text{ W/(mK)}$ .

Όσον αφορά στην αντοχή σε εφελκυσμό ο αφρός πολυουρεθάνης αντέχει σε αναπτυσσόμενες τάσεις που κυμαίνονται από 20 έως 30 N/cm<sup>2</sup> και συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών από 50 έως και πάνω από 100 και παρουσιάζει εξαιρετικά μικρή απορρόφηση υγρασίας. Ουσιαστικά δηλαδή πρόκειται για ένα αδιάβροχο υλικό, λόγω της κλειστής δομής των κυψελίδων του.

Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης είναι σχετικά περιορισμένο, αν συγκριθεί με αυτό του υαλοβάμβακα και του πετροβάμβακα με κατώτερο όριο τους -50 0C και ανώτερο 120 0C. Ο αφρός πολυουρεθάνης δεν παρέχει ικανοποιητική προστασία αν και κατά την παραγωγή του προστίθενται μέσα αύξησης της πυραντοχής και κατατάσσεται στις B1 και B2 κατηγορίες πυραντοχής.

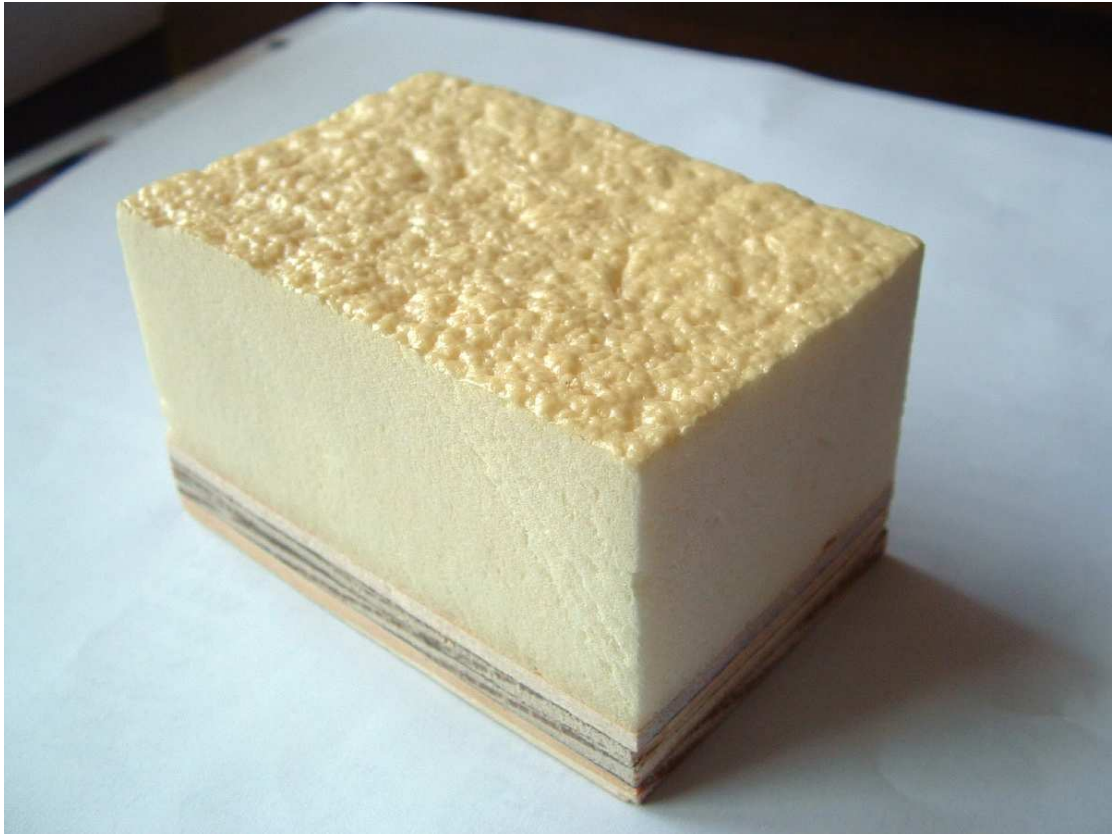
Για την εκπλήρωση των όρων πυρασφαλείας στις εφαρμογές στα κτίρια, ο αφρός μπορεί να περιέχει και άλλα μέσα αύξησης της πυραντοχής. Σημειώνεται ότι κατά την καύση του παράγει σε μικρές ποσότητες τοξικά αέρια. Ο αφρός πολουρεθάνης επηρεάζεται αν μείνει εκτεθειμένος στην ηλιακή ακτινοβολία, καθώς οι επιφανειακές κυψέλες αδυνατίζουν και το υλικό θρυμματίζεται. Διαθέτει ιδιαίτερα καλές συγκολλητικές ιδιότητες, αφού προσκολλάται στα περισσότερα οικοδομικά υλικά· για αυτό και συχνά παρασκευάζεται επί τόπου στα έργα με εκτόξευση με ψεκασμό. Τέλος, το υλικό δεν παρέχει προστασία ηχομόνωσης και ως εκ τούτου δεν χρησιμοποιείται ως ηχομονωτικό υλικό.

Ο πίνακας 5 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του αφρού πολουρεθάνης.

Πίνακας 5. Τεχνικά χαρακτηριστικά αφρού πολουρεθάνης [IVPU F, 1994].

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





Εικόνα 5 Πολυουρεθάνη

### 2.1.5.6. Αφρώδης διογκωμένος φελλός

Ο διογκωμένος φελλός ανήκει στα οργανικά αφρώδη θερμομονωτικά υλικά. Η παραγωγή του γίνεται με τη βοήθεια της θερμότητας και του εγκλωβισμένου νερού και ρητίνης, χωρίς την προσθήκη προωθητικού μέσου. Για την κατασκευή των πλακών φελλού από κυψελίδες φελλού χρειάζονται ασφαλικά πρόσθετα. Συναντάται στο εμπόριο με τη μορφή πλακών και κογχυλιών.

Παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας μεταξύ 0,040 και 0,065 W/(mK) ενώ ενδείκνυται για ηχομόνωση καθώς διαθέτει καλές ηχομονωτικές ιδιότητες. Ο πίνακας 6 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του διογκωμένου φελλού.

Πίνακας.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά διογκωμένου φελλού.

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
<b>Μηχανικές ιδιότητες</b>				
Πάχος υλικού	cm	2	2,5/3/4/5/6/7	10
Πυκνότητα	kg/m <sup>3</sup>	100	110/120	130
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm <sup>2</sup>		>0,03	
Όριο θραύσης	N/mm <sup>2</sup>			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm <sup>2</sup>		>0,1	
<b>Ιδιότητες θερμικής προστασίας</b>				
Θερμική αγωγιμότητα λ <sub>R</sub> στους 10°C	W/(mK)	0,040	0,05	0,065
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-100		120
<b>Ιδιότητες υγραπροστασίας</b>				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	10		30
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			10	
<b>Ιδιότητες πυρασφάλειας</b>				
Κατηγορία πυραντοχής	-		B2	
<b>Ακουστικές ιδιότητες</b>				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
στα 250Hz	-			
στα 1000Hz	-			
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m <sup>2</sup>			
Δυναμική ακαμψία	MN/m <sup>3</sup>			
<b>Αντοχή στη χρήση</b>				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος			
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες			όχι	
<b>Οικονομικά στοιχεία</b>				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m <sup>3</sup>		16	



**Εικόνα 6** Διογκωμένος Φελλός

### 2.1.5.7 Προβατόμαλλο

Το προβατόμαλλο ανήκει στα οργανικά ινώδη θερμομονωτικά υλικά. Παράγεται με χρήση μαλλιού προβάτου και διατίθεται σε μορφή πλακών για την μόνωση σωλήνων και ως ηχοαπορροφητικά πετάσματα για λόγους ηχομόνωσης.

Ο πίνακας 7 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υδροπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του προβατόμαλλου.

**Πίνακας 7.** Τεχνικά στοιχεία προβατόμαλλου

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
<b>Μηχανικές ιδιότητες</b>				
Πάχος υλικού	cm	2	3/4/5/6/8/9/10/11/12	20
Πυκνότητα	kg/m <sup>3</sup>	20		80
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm <sup>2</sup>		0,005	0,02
Οριο θραύσης	N/mm <sup>2</sup>			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm <sup>2</sup>			
<b>Ιδιότητες θερμικής προστασίας</b>				
Θερμική αγωγιμότητα λ <sub>R</sub> στους 10°C	W/(mK)	0,0337		0,037
Εύρος χρήσεως min/max	°C	100		160
<b>Ιδιότητες υδροπροστασίας</b>				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	1		2
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία		14,5	18,6	20
<b>Ιδιότητες πυρασφάλειας</b>				
Κατηγορία πυραντοχής	-		B2	
<b>Ακουστικές ιδιότητες</b>				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-	0,4		0,56
στα 250Hz	-	0,75		0,81
στα 1000Hz	-	0,5	0,9	1,05
στα 4000Hz	-	0,72	1	1,07
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m <sup>2</sup>	4829		5810
Δυναμική ακαμψία	MN/m <sup>3</sup>			
<b>Αντοχή στη χρήση</b>				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	50		100
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες		όχι		ναι
<b>Οικονομικά στοιχεία</b>				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m <sup>3</sup>		38 για 25kg/m <sup>3</sup>	



Εικόνα 7 Προβατόμαλλο

### 2.1.5.8 Βαμβακόμαλλο

Το βαμβακόμαλλο είναι ένα ινώδες μονωτικό υλικό από φυτικές ίνες, οι οποίες είναι βιοδιασπόμενες και χρειάζεται προσθήκη ουσιών για να αυξηθεί η πυραντοχή τους. Έτσι, η σύσταση του μονωτικού υλικού είναι 97% ακατέργαστο βαμβακόμαλλο και 3% βορικό άλας ως μέσο αύξησης της πυραντοχής. Οι μορφές, με τις οποίες διατίθεται, είναι πλάκες διάφορων παχών και «μαλλί» για την μόνωση σωλήνων Το βαμβακόμαλλο είναι κατάλληλο για θερμομόνωση και ηχομόνωση σε οικιακές συσκευές και στην αυτοκινητοβιομηχανία. Ο πίνακας 8 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγροπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του βαμβακόμαλλου.

Πίνακας 8. Τεχνικά χαρακτηριστικά βαμβακόμαλλου

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
<b>Μηχανικές ιδιότητες</b>				
Πάχος υλικού	cm	0,4-1	6/8/10/12/12,5/14/16	18
Πυκνότητα	kg/m <sup>3</sup>	20		60
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm <sup>2</sup>		0,031	
Όριο θραύσης	N/mm <sup>2</sup>			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm <sup>2</sup>			
<b>Ιδιότητες θερμικής προστασίας</b>				
Θερμική αγωγιμότητα λ <sub>R</sub> στους 10°C	W/(mK)		0,0355	
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-80		100
<b>Ιδιότητες υγροπροστασίας</b>				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	1		2
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			11,6	
<b>Ιδιότητες πυρασφάλειας</b>				
Κατηγορία πυραντοχής	-		B2	
<b>Ακουστικές ιδιότητες</b>				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-		0,56	
στα 250Hz	-		0,70	
στα 1000Hz	-		0,75	
στα 4000Hz	-		0,84	
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m <sup>2</sup>			8,8
Δυναμική ακαμψία	MN/m <sup>3</sup>			
<b>Αντοχή στη χρήση</b>				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος		>50	
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες			ναι	
<b>Οικονομικά στοιχεία</b>				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m <sup>3</sup>		10	



Εικόνα 8 Βαμβακόμαλλο

### 2.1.5.9. Αφρώδες γυαλί

Πρόκειται για ένα υλικό ορυκτής προέλευσης με κυψελωτή δομή και υψηλών προδιαγραφών για εξειδικευμένες εφαρμογές. Τα βασικά συστατικά του αφρώδους γυαλιού είναι φυσικά, τις άμμος, δολομίτης και ανθρακικό νάτριο. Με θερμική επεξεργασία και με προσθήκη μικρών ποσοτήτων άνθρακα το αφρώδες γυαλί τελικά στερεοποιείται σε μπλοκ. Τις συνυπάρχουν μικρές ποσότητες H<sub>2</sub>S.

Κατά τη διαδικασία δημιουργίας αφρού το μονωτικό υλικό αποκτάει κλειστή κυψελοειδή μορφή με την σύνθεση των εγκλωβισμένων αερίων (με πίεση 0,25 bar) τις κυψελίδες να είναι 99% CO<sub>2</sub> και 0,5% H<sub>2</sub>S.

Η βασική εφαρμογή του αφρώδους γυαλιού είναι η θερμομόνωση, αλλά χρησιμοποιείται και σε βιομηχανικές και τεχνικές εφαρμογές, τις υψηλής θερμοκρασίας μόνωση και μόνωση σωλήνων. Ο πίνακας 9 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του αφρώδους γυαλιού. Από τον σχετικό πίνακα απουσιάζουν οι ακουστικές ιδιότητες, διότι δεν υπάρχουν σχετικά διαθέσιμα στοιχεία.



Εικόνα 9 Αφρώδες Γυαλί



Πίνακας 9. Τεχνικά χαρακτηριστικά αφρώδους γυαλιού

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

### 2.1.5.10 Περλίτης

Πρόκειται στην πραγματικότητα για μία ευρύτερη οικογένεια διογκωμένων ανόργανων πορωδών υλικών, γνωστότερο των οποίων είναι ο περλίτης. Τα διογκωμένα πορώδη υλικά αποτελούνται από τον περλίτη, το οξείδιο του πυριτίου και το διογκωμένο φυσικό γυαλί (ηφαιστειακής προέλευσης) ή από διογκωμένο γυαλί, το οποίο προέρχεται από καθαρό, χωρίς άλλες προσθήκες, γυαλί.

Τα διογκωμένα πορώδη υλικά χρησιμοποιούνται κυρίως στη θερμομόνωση κτιρίων, στη θερμομόνωση δωματίων και στην εξασφάλιση των κλίσεων τους, στην ηχοπροστασία από κτυπογενείς ήχους δαπέδων και σε περιπτώσεις θερμομόνωσης και εξοικονόμησης βάρους στα επιχρίσματα των οικοδομών.

Ο πίνακας 10 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του περλίτη. Για το πάχος δεν μπορεί να δοθεί μια τυπική τιμή, αφού πρόκειται για χύδην υλικό και αντίστοιχα, η πυκνότητα παρουσιάζει μια διακύμανση από 80 kg/m<sup>3</sup> έως 800 kg/m<sup>3</sup>, η οποία οφείλεται στην διαφορετική σύνθεση του βασικού υλικού γυαλί ή ηφαιστειακό πέτρωμα. Από τον σχετικό πίνακα απουσιάζουν οι ακουστικές ιδιότητες, διότι υπάρχουν σχετικά διαθέσιμα στοιχεία αν και υπάρχουν εφαρμογές στην ηχομόνωση.



Εικόνα 10 Περλίτης

**Πίνακας 10.** Τεχνικά χαρακτηριστικά περλίτη

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά στοιχεία		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
<b>Μηχανικές ιδιότητες</b>				
Πάχος υλικού	cm			
Πυκνότητα	kg/m <sup>3</sup>	50	80/90/100/170	800
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm <sup>2</sup>		-	
Όριο θραύσης	N/mm <sup>2</sup>		-	
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm <sup>2</sup>			
<b>Ιδιότητες θερμικής προστασίας</b>				
Θερμική αγωγιμότητα λ <sub>R</sub> στους 10°C <sup>1</sup>	W/(mK)	0,040	0,042	0,065
Εύρος χρήσεως Min/Max	°C	-273		750
<b>Ιδιότητες υγροπροστασίας</b>				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	3		4
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία				
<b>Ιδιότητες πυρασφάλειας</b>				
Κατηγορία πυραντοχής	-		A1	
<b>Ακουστικές ιδιότητες</b>				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-	0		0,2
στα 250Hz	-	0,1		0,25
στα 1000Hz	-	0,25		0,6
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m <sup>2</sup>	1,5		110
Δυναμική ακαμψία	MN/m <sup>3</sup>			
<b>Αντοχή στη χρήση</b>				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος			
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες			Όχι	
<b>Οικονομικά στοιχεία</b>				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m <sup>3</sup>	90		140

<sup>1</sup> Σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης ο συντελεστής αγωγιμότητας πρέπει να είναι λ=0,064 W/(mK) στους 10 °C.

## 2.2 Στεγανωτικά υλικά

### 2.2.1 Υγρασία στις κτιριακές κατασκευές

Η υγρασία αποτελεί έναν από τους πιο διαβρωτικούς παράγοντες των κτιριακών κατασκευών και οι φθορές που προκαλεί δημιουργούν πολλές φορές σοβαρά προβλήματα τα οποία απαιτούν ειδική αντιμετώπιση για την επίλυσή τους. Η υγρασία αρχικά κάνει αισθητή την παρουσία της υπό μορφή κηλίδων, εξανθημάτων, αποχρωματισμών η και μυκήτων (μούχλας) σε επιφάνειες τοίχων, οροφών η δαπέδων. Αν δεν αντιμετωπιστεί στο αρχικό στάδιο εμφάνισής της είναι σχεδόν βέβαιο ότι το πρόβλημα θα ενταθεί.

Πέρα από τις φυσικές, μηχανικές και χημικές αλλοιώσεις που προκαλεί στα δομικά υλικά των κτιρίων, μειώνει σε μεγάλο βαθμό τις θερμομονωτικές ιδιότητες των υλικών (γίνεται εκτενέστερη αναφορά στα “Θερμομονωτικά ΥΛΙΚΑ”) και συμβάλει στη δημιουργία-ανάπτυξη φυτικών και ζωικών οργανισμών (μούχλα) με άμεσο αντίκτυπο στην υγεία των ενοίκων (ιδιαίτερα σε ανθρώπους που αντιμετωπίζουν αναπνευστικά προβλήματα).

Σε πολλές περιπτώσεις, το πρόβλημα της υγρασίας δεν αντιμετωπίζεται εύκολα, αλλά χρήζει επανειλημμένες επεμβάσεις μέχρι να εξαλειφθεί. Αυτό έχει να κάνει σε μεγάλο βαθμό με το ότι δεν είναι πάντα εύκολη η διάγνωση της πηγής που προκαλεί το φαινόμενο της υγρασίας. Το νερό έχει την ιδιότητα να ακολουθεί διάφορες διαδρομές μέσα από τα υλικά και να κάνει την εμφάνισή του σε περιοχές αρκετά μακριά από εκεί που ξεκίνησε. Λόγω αυτού παραπλανούμαστε εύκολα και οδηγούμαστε σε λάθος συμπεράσματα. Έτσι διορθώνοντας τοπικά το αποτέλεσμα δεν έχουμε λύσει το αίτιο που το προκαλεί και κάποια στιγμή το φαινόμενο επαναλαμβάνεται. Η ορθή διάγνωση αποτελεί το Α και το Ω για την αποτελεσματική αντιμετώπιση ενός προβλήματος υγρασίας.

Για όλους τους παραπάνω λόγους ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης της υγρασίας στις κτιριακές κατασκευές είναι η πρόληψη, που σημαίνει λήψη προστατευτικών μέτρων έναντι της υγρασίας στη φάση της μελέτης και της κατασκευής ενός κτιρίου.

## 2.2.2 Είδη υγρασίας και αντίστοιχες τεχνικές υγρομόνωσης του κελύφους.

Η υγρασία που εμφανίζεται στις οικοδομές είναι αποτέλεσμα πολλών παραγόντων. Ανάλογα με το αίτιο προέλευσής της, η υγρασία διακρίνεται σε διάφορα είδη, τα οποία είναι δυνατόν να εμφανιστούν ταυτόχρονα σε μια κατασκευή, αν οι αντίστοιχοι παράγοντες εμφάνισής τους είναι ευνοϊκοί. Οι τεχνικές υγρομόνωσης που χρησιμοποιούνται προς αντιμετώπιση της υγρασίας διαφέρουν ανάλογα με το είδος της. Ακολουθεί η ανάλυση των κυριότερων κατηγοριών υγρασίας και των αντίστοιχων τεχνικών υγρομόνωσης:

### **Υγρασία εδάφους.**

Η υγρασία αυτή οφείλεται σε υπόγεια ή επιφανειακά, στάσιμα ή τρεχούμενα ύδατα, τα οποία δια μέσου των τριχοειδών αγγείων ανεβαίνουν από τη θεμελίωση και προσβάλλουν την τοιχοποιία. Η κατανομή της είναι ομοιόμορφη σε όλο το πάχος του τοίχου και το ύψος μέχρι το οποίο φθάνει εξαρτάται από παράγοντες όπως οι συνθήκες περιβάλλοντος, ο ηλιασμός των τοίχων, το πάχος τους και η ηλικία του κτιρίου.

Η αντιμετώπιση αυτού του είδους υγρασίας πρέπει να προβλέπεται ήδη από τη φάση σχεδιασμού του κτιρίου και να πραγματοποιείται κατά τη φάση κατασκευής του, καθώς δύσκολα μπορεί να γίνει κάτι μετά την ολοκλήρωση της οικοδομής. Οι τρόποι υγρομόνωσης που χρησιμοποιούνται για αυτήν την περίπτωση είναι οι εξής:

- Τοποθέτηση οριζόντιου φράγματος υγρασίας σε όλο το πάχος του τοίχου.
- Τοποθέτηση επαλειφόμενης ή υπό μορφή μεμβράνης, υγρομονωτικής στρώσης στην εξωτερική επιφάνεια της τοιχοποιίας. Κατασκευή περιμετρικής τάφρου έμπροσθεν της τοιχοποιίας.
- Μείωση της επιφάνειας απορρόφησης.

Αν για οποιαδήποτε αιτία η υγρομόνωση πρέπει να τοποθετηθεί στο κτίριο μετά την κατασκευή του, τότε υποχρεωτικά επαλείφεται η εξωτερική επιφάνεια του τοίχου με στεγανωτικό κονίαμα, αφού έχει αφαιρεθεί ο σοβάς.

### **Υγρασία επιφανειακής συμπύκνωσης υδρατμών.**

Αυτό το είδος υγρασίας οφείλεται στο φαινόμενο της επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών. Οι αιτίες που προκαλούν την εμφάνιση της στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου είναι οι ακόλουθες:

Αναπνευστική και θερμορυθμιστική λειτουργία έμψυχων οργανισμών.

Ο αέρας που προέρχεται από τους πνεύμονες ανθρώπων και ζώων περιέχει υδρατμούς. Ακόμη, υδρατμοί απελευθερώνονται μέσω των πόρων του δέρματος από τις διαδικασίες της εφίδρωσης και της διαπνοής του. Όταν ο αέρας των εσωτερικών χώρων έχει ήδη υψηλή σχετική υγρασία και επομένως πλησιάζει την κατάσταση κορεσμού, οι υδρατμοί που μπορεί να απορροφήσει είναι μικρής ποσότητας. Οι υπόλοιποι συμπυκνώνονται σε σταγόνες νερού και προκαλούν το φαινόμενο της υγρασίας επιφανειακής συμπύκνωσης υδρατμών.

### **Εξάτμιση οικοδομικών στοιχείων.**

Τα οικοδομικά στοιχεία, τα οποία δεν έχουν αποβάλλει ακόμα την υγρασία δόμησης, αποτελούν σημαντική πηγή προέλευσης υδρατμών. Επιπλέον, υδρατμοί προέρχονται και από δομικά στοιχεία τα οποία εμφανίζουν υγρασία εδάφους ή έχουν ρωγμές. Ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι διάφορες δραστηριότητες των ανθρώπων που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό ενός οποιουδήποτε κτιρίου – και συνήθως απαιτούν διάφορες συσκευές ή συστήματα για την πραγματοποίησή τους – παράγουν υδρατμούς. Έναρξη περιόδου θέρμανσης του χώρου. Όταν οι ψυχροί εσωτερικοί χώροι ενός κτιρίου θερμαίνονται, ο αέρας, εξαιτίας της μικρής ειδικής θερμότητας που τον χαρακτηρίζει, θερμαίνεται πιο γρήγορα από τις επιφάνειες των δομικών στοιχείων. Επομένως η επιφανειακή θερμοκρασία των στοιχείων είναι σημαντικά χαμηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία και βρίσκεται πιο κοντά στα επίπεδα του σημείου δρόσου. Απουσία ακτινοβολούμενης θερμότητας από τα δομικά στοιχεία. Σε εσωτερικές περιοχές του περιβλήματος του κτιρίου, όπου ο αέρας είναι εξαιρετικά ήρεμος, υπάρχει έλλειψη ακτινοβολούμενης θερμότητας εκ μέρους των δομικών στοιχείων, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη μη αναθέρμανση του αέρα των περιοχών αυτών και την ενδεχόμενη συμπύκνωση των υδρατμών.

Η υγρασία που οφείλεται στην επιφανειακή συμπύκνωση των υδρατμών, προκαλεί την εμφάνιση γκριζόμαυρων κηλίδων στην επιφάνεια των τοίχων και της οροφής, οι οποίες οφείλονται στην ανάπτυξη μυκήτων μούχλας και στην προσκόλληση μορίων σκόνης. Οι κηλίδες αυτές αρχικά είναι πολύ μικρές, αλλά η επιφάνειά τους μεγαλώνει συνεχώς με την μεγέθυνση του φαινομένου. Η υγρασία εμφανίζεται σε σημεία πίσω από: ντουλάπια κουζίνας, έπιπλα σε επαφή με τοίχο, βαριές κουρτίνες, ταπετσαρίες και αλλού. Αποτέλεσμα της υγρασίας αυτής είναι η καταστροφή του χρώματος των τοίχων και της οροφής.

Επιπλέον, οι μύκητες μούχλας μπορούν να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα υγείας στους χρήστες του κτιρίου, πέραν των προβλημάτων που προκαλεί η ίδια η υγρασία ως φαινόμενο. Προς αποφυγή αυτού του είδους υγρασίας πρέπει να εξασφαλίζουμε επιφανειακή εσωτερική θερμοκρασία τοιχωμάτων υψηλότερη του σημείου δρόσου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με βελτίωση του αερισμού του χώρου, βελτίωση της θερμομόνωσης του κτιριακού κελύφους και καλή θέρμανση του χώρου.

### **2.2.3 Υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης υδρατμών.**

Η υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης υδρατμών οφείλεται και αυτή στο φαινόμενο της συμπύκνωσης των υδρατμών σε θερμοκρασίες χαμηλότερες του σημείου δρόσου, μόνο που αυτή τη φορά οι υδρατμοί υγροποιούνται στο εσωτερικό της μάζας των δομικών στοιχείων και όχι στην επιφάνειά τους. Η διέλευση των υδρατμών από τη μάζα των δομικών στοιχείων είναι ένα φαινόμενο που οφείλεται στην πάγια ροή των υδρατμών από τη μεγαλύτερη θερμοκρασία προς τη μικρότερη, όπως ακριβώς συμβαίνει με τη θερμότητα. Έτσι, το χειμώνα έχουμε ροή υδρατμών από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, ενώ το καλοκαίρι από το εξωτερικό περιβάλλον προς το κτίριο. Ο ρυθμός διέλευσης των υδρατμών από ένα δομικό στοιχείο (π.χ. τοίχος, οροφή) εξαρτάται από τη συνολική αντίσταση του στοιχείου στη διέλευση των υδρατμών, η οποία είναι το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων των υλικών που το απαρτίζουν. Η αντίσταση κάθε υλικού είναι το γινόμενο του πάχους του υλικού επί το συντελεστή αντίστασης  $\mu$  του υλικού στη διέλευση των υδρατμών. Ο συντελεστής  $\mu$  αποτελεί χαρακτηριστικό στοιχείο κάθε υλικού. Ο ακίνητος αέρας παρουσιάζει το μικρότερο συντελεστή,  $\mu = 1$ . Η διέλευση των υδρατμών χωρίς τη δημιουργία υγρασίας στο εσωτερικό των στοιχείων, είναι ακίνδυνη.

Αντίθετα, η εσωτερική συμπύκνωση των υδρατμών μπορεί να προκαλέσει διάφορες καταστροφές στο κέλυφος του κτιρίου, όπως καταστροφή της μόνωσης, αποσάθρωση της τοιχοποιίας, σκούριασμα των σίδερων και σάπισμα των ξύλων. Τα τοιχώματα του κτιρίου κατασκευάζονται με μια κατάλληλη τεχνική προκειμένου να προστατευτούν από την υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης υδρατμών.

Η τεχνική αυτή προβλέπει την τοποθέτηση ενός υδρατμοδιαπερατού επιχρίσματος στην εξωτερική πλευρά του τοίχου και τη χρήση πορωδών υλικών που διευκολύνουν την «αναπνοή» του τοίχου. Η θερμομόνωση τοποθετείται προς την εξωτερική πλευρά του τοίχου, ενώ φράγμα υδρατμών, το οποίο αποτελεί την υγρομόνωση του τοίχου, τοποθετείται προς την εσωτερική πλευρά του.

Το φράγμα υδρατμών είναι ένα λεπτό στρώμα υλικού ή υλικών με μεγάλο συντελεστή αντίστασης στη διέλευση των υδρατμών. Τα υλικά από τα οποία μπορεί να αποτελείται είναι φύλλο αλουμινίου ή PVC ή πολυαιθυλενίου, στεγανωτικό ελαστικό χρώμα (π.χ. αλουμινίου), κ.α. Η χρήση του είναι απαραίτητη σε περιοχές με ηπειρωτικό κλίμα ή με μεγάλη υγρασία, αλλά όχι σε περιοχές με ήπιο κλίμα (π.χ. στα νησιά).

Η υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης υδρατμών συμβαίνει κατά τη διάρκεια του χειμώνα εξαιτίας των χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν, οι οποίες ευνοούν την εμφάνιση θερμοκρασιών εντός των δομικών στοιχείων που να είναι ίσες ή μικρότερες του σημείου δρόσου. Την ίδια χρονική περίοδο οι υδρατμοί ρέουν από το εσωτερικό του κτιρίου προς το περιβάλλον. Η κατεύθυνση της ροής των υδρατμών δικαιολογεί τη θέση τοποθέτησης του φράγματος υδρατμών. 80 Γενικότερα, κατά την κατασκευή ενός τοίχου, είναι πάγιος κανόνας η τοποθέτηση των υλικών με το μεγαλύτερο συντελεστή  $\mu$  (στεγανωτικά υλικά) προς την εσωτερική πλευρά του τοίχου και εκείνων με το μικρότερο συντελεστή  $\lambda$  (θερμομονωτικά υλικά) προς την εξωτερική πλευρά του τοίχου. Τα φράγματα υδρατμών είναι απαραίτητα σε χώρους που παρουσιάζουν μεγάλη σχετική υγρασία όπως τα κλειστά κολυμβητήρια και διάφοροι βιομηχανικοί χώροι.



## 2.2.4 Υγρασία βροχής.

Το νερό της βροχής έχει τη δυνατότητα να εισχωρεί στο εσωτερικό των τοιχωμάτων του κτιρίου έως ένα ορισμένο βάθος. Το βάθος αυτό δεν ξεπερνά τα 6 - 8 cm για ένα σωστά κατασκευασμένο τοίχο.

Όταν όμως ο τοίχος παρουσιάζει κατασκευαστικά προβλήματα, τότε μπορεί να παρουσιαστεί υγρασία στην εσωτερική πλευρά του, η οποία οφείλεται είτε στο νερό της βροχής που έχει απορροφήσει ο τοίχος και στη συνέχεια έχει εξατμιστεί, είτε στην εισχώρηση της βροχής σε μεγαλύτερο βάθος από το αναμενόμενο. Τα προβλήματα που μπορεί να παρουσιάζει ο τοίχος, τα οποία ευνοούν τη βαθύτερη διείσδυση του νερού της βροχής είναι η ύπαρξη ρωγμών στους σοβάδες, τα κακής ποιότητας χρώματα και οι έντονα απορροφητικές επιφάνειες. Τα μέτρα υγρασιμότητας που λαμβάνονται κατά τη φάση της κατασκευής ώστε να περιοριστεί η διείσδυση της βροχής στα τοιχώματα είναι τα παρακάτω:

- Τοποθέτηση συμπαγών τούβλων στην εξωτερική σειρά του τοίχου.  
Αν γίνει χρήση διάτρητων τούβλων, αυτά πρέπει να τοποθετηθούν με τις οπές σε παράλληλη διεύθυνση προς το μήκος του τοίχου. Επάλειψη και της πλάγιας πλευράς του τοίχου με το συνδετικό κονίαμα για την κάλυψη τυχόν κενών. Τοποθέτηση υγρασιμότητας στρώσης στην εξωτερική πλευρά του τοίχου. Αν τα τοιχώματα και η οροφή παρουσιάζουν προβλήματα όπως ρωγμές και σαθρούς, ρηγματωμένους ή αποκολλημένους σοβάδες, τα οποία εμφανίστηκαν μετά την κατασκευή του κτιρίου, τότε η σφράγιση και στεγάνωση τους αποτελεί αναγκαίο μέτρο για την προστασία του κτιρίου από την υγρασία του νερού της βροχής (και όχι μόνο). Η στεγάνωση αυτών των ανωμαλιών γίνεται προφανώς με τη χρήση στεγανωτικών στρώσεων. Μη αντιμετώπιση της υγρασίας βροχής μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα από μια απλή αποκόλληση χρώματος μέχρι την πλήρη αποσάθρωση του σοβά.
- Υγρασία κακοτεχνιών του κτιρίου. Προέλευση αυτού του είδους υγρασίας είναι οι διάφορες κακοτεχνίες και αστοχίες που υπάρχουν στο κέλυφος του κτιρίου, όπως ρωγμές και κενά στις ταράτσες, στα μπαλκόνια, στην τοιχοποιία και στα σημεία επαφής των τοίχων με στοιχεία κατασκευασμένα από σκυρόδεμα (π.χ. πλάκες, δοκοί, κολόνες). Οι κακοτεχνίες αυτές μπορεί οφείλονται στην κακή κατασκευή του κτιρίου ή στην έλλειψη συντήρησης.

- Άλλη αιτία που προκαλεί υγρασία είναι τυχόν προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν στους σωλήνες των θερμοϋδραυλικών εγκαταστάσεων, τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε διαρροή νερού. Επικίνδυνη μπορεί να είναι και η κατάβρεξη των τοίχων με μεγάλες ποσότητες νερού για τον καθαρισμό τους. Η αντιμετώπιση των κακοτεχνιών που υπάρχουν στο κέλυφος γίνεται με τη σφράγιση και τη στεγάνωση τους. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται στεγανωτικά φύλλα ή επαλειφόμενα στεγανωτικά υλικά, ανάλογα με το σημείο που παρατηρούνται οι ατέλειες.

### 2.2.5 Υγρομονωτικά υλικά.

Υγρομονωτικά ή στεγανωτικά ή στεγανοποιητικά υλικά ονομάζονται όλα τα ειδικά δομικά υλικά που έχουν σαν κύριο σκοπό την προστασία των κατασκευών από τη διαβρωτική και καταστροφική επίδραση του νερού.

Τα στεγανωτικά υλικά είναι κυρίως συνθετικά υλικά. Βάσει της μηχανικής και θερμικής συμπεριφοράς τους, τα συνθετικά υλικά χωρίζονται σε ελαστομερή, θερμοπλαστικά πολυμερή και θερμοσκληρυνόμενα πολυμερή. Ελαστομερή ή ελαστικά ονομάζονται τα συνθετικά υλικά που παρουσιάζουν μεγάλες και αντιστρεπτές παραμορφώσεις, ακόμα και υπό την άσκηση μικρών τάσεων, χωρίς να επέρχεται θραύση. Όταν θερμαίνονται, δεν μπορούν να διαμορφωθούν.

Θερμοπλαστικά πολυμερή ή πλαστομερή ονομάζονται τα συνθετικά υλικά που μπορούν να παραμορφωθούν – με αντιστρεπτό τρόπο – αφού αρχικά έχουν θερμομανθεί.

Τέλος, θερμοσκληρυνόμενα πολυμερή ονομάζονται τα συνθετικά υλικά που μπορούν να παραμορφωθούν – με μη αντιστρεπτό τρόπο – αφού θερμομανθούν. Έτσι, μετά την πήξη τους η παραμόρφωσή τους είναι μόνιμη.

Βάσει της μορφής με την οποία είναι διαθέσιμα στο εμπόριο, τα στεγανωτικά υλικά διακρίνονται σε στεγανωτικά υλικά υπό μορφή μεμβρανών (φύλλων) και σε επαλειφόμενα στεγανωτικά υλικά. Κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες περιλαμβάνει ένα πλήθος ελαστομερών, θερμοπλαστικών και θερμοσκληρυνόμενων πολυμερών υλικών. Πέραν των δύο βασικών κατηγοριών, υπάρχουν ακόμη μικρότερες κατηγορίες υγρομονωτικών υλικών όπως είναι τα ασφαλτικά κεραμίδια και τα υλικά για την ελαστική στεγάνωση των αρμών στις κατασκευές.

Τα στεγανοποιητικά υλικά που διατίθενται στο εμπόριο υπό μορφή μεμβρανών χρησιμοποιούνται για τη στεγάνωση δωματίων (ταρατσών), ταρατσόκηπων, υπογείων και τοιχίων. Τέτοια υλικά είναι οι μεμβράνες πολυβινυλοχλωριδίου (PVC), πολυαιθυλενίου, πολυπροπυλενίου και αλουμινίου και οι ασφαλικές μεμβράνες ή κοινώς ασφαλτόπανα.

Τα ασφαλτόπανα είναι ιδιαίτερα δημοφιλή στην Ελλάδα και χρησιμοποιούνται κυρίως για την υγραμόνωση των δωματίων. Αποτελούνται από ένα πυρήνα σπλισμού (ο οποίος τα προστατεύει από το σχίσμο και τη διάτρηση) και το ασφαλικό υλικό που περιβάλλει τον πυρήνα. Διακρίνονται σε ελαστομερή και πλαστομερή.

Ο σπλισμός τους επηρεάζει καθοριστικά την ποιότητα και την τιμή τους. Η εφαρμογή των ασφαλτόπανων γίνεται με τη βοήθεια φλόγιστρου προπανίου.

Μια ειδική υποκατηγορία στεγανωτικών υλικών υπό μορφή μεμβράνης είναι οι μεμβράνες κεραμοσκεπών. Αυτές είναι φύλλα μικρού πάχους και βάρους, σε αντιδιαστολή με τις ασφαλικές μεμβράνες. Χρησιμοποιούνται κάτω από τα κεραμίδια και πάνω από την θερμομόνωση σαν μια επιπλέον προστασία από το νερό της βροχής. Διακρίνονται σε ασφαλικές και συνθετικές μεμβράνες κεραμοσκεπών. Οι τελευταίες είναι συνήθως ατμοδιαπερατές.

Τα επαλειφόμενα στεγανωτικά υλικά, ελαστομερή και μη, διατίθενται στο εμπόριο σε ημίρρευστη μορφή. Η εφαρμογή τους γίνεται με επάλειψη σε τοίχους, ταρατσες, τοιχία και υπόγεια. Μετά το στέγνωμα τους, τα ελαστομερή επαλειφόμενα υλικά σχηματίζουν μια στεγανή, μόνιμα ελαστική μεμβράνη. Στα επαλειφόμενα στεγανοποιητικά υλικά ανήκουν τα τσιμεντοειδή κονιάματα με στεγανωτικά υλικά, τα στεγανωτικά ακρυλικά χρώματα, τα πολυουρεθανικά ελαστομερή, τα ασφαλτικά ελαστομερή που έχουν ως βάση το νερό, και τα ασφαλτικά γαλακτώματα ή νερόπισσες που χρησιμοποιούνται για το παραδοσιακό μαύρισμα των τοιχίων, αλλά πλέον θεωρούνται ξεπερασμένα.

Στην κατηγορία των επαλειφόμενων στεγανωτικών υλικών ανήκουν και όλα τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά το προπαρασκευαστικό στάδιο της υγραμόνωσης και ονομάζονται αστάρια. Τέτοια υλικά είναι τα ασφαλτικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται σαν αστάρια για τη συγκόλληση των ασφαλτόπανων.

Τα στεγανοποιητικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την ελαστική σφράγιση των αρμών ονομάζονται αλλιώς και σφραγιστικά υλικά ή μαστίχες. Πρόκειται για υλικά υπό μορφή πάστας που όταν σκληρυνθούν παραμένουν μόνιμα ελαστικά και προσαρμόζονται χωρίς πρόβλημα στις συστολές-διαστολές των αρμών, εγγυώμενα παράλληλα την απόλυτη στεγανοποίηση των αρμών.

Τέλος, τα ασφατικά κεραμίδια χρησιμοποιούνται για την υγρομόνωση στεγών. Οι στέγες πρέπει να έχουν κλίση μεγαλύτερη από 20%. Για μικρότερες κλίσεις έως και 10% χρειάζεται σαν υπόστρωμα μια ελαστομερής μεμβράνη.

Η τοποθέτηση ασφατικών κεραμιδιών απαιτεί την ύπαρξη ξύλινου υποστρώματος. Η διάρκεια ζωής τους κυμαίνεται από 15 έως 20 χρόνια. Αντέχουν περισσότερο σε περιοχές με λιγότερη ηλιοφάνεια και ζέστη. Πλεονεκτήματα τους είναι το χαμηλό βάρος, η υψηλή αισθητική, η ποικιλία σχεδίων και χρωμάτων και η εύκολη προσαρμογή τους ακόμα και στα πιο πολύπλοκα σημεία της στέγης.

#### *Πινάκας 11 Στεγανοποιητικά υλικά*

<b>ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ</b>	
<b>MEMBRANES</b>	<b>ΕΠΑΛΕΙΦΟΜΕΝΑ</b>
ΑΣΦΑΛΤΙΚΕΣ	ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ
PVC	ΤΣΙΜΕΝΤΟΕΙΔΗ
EPDM	ΑΚΡΥΛΙΚΑ
TPO	ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΙΚΑ
HDPE	ΣΙΛΙΚΟΝΟΥΧΑ
GCL	

## 2.2.5.1 Μεμβράνες

### 2.2.5.1.1 Ασφαλτικές μεμβράνες



**Εικόνα 11** Ασφαλτικές Μεμβράνες

Οι ασφαλτικές μεμβράνες διατίθενται σε μορφή προκατασκευασμένων φύλλων, πάχους μερικών χιλιοστών, συσκευασμένων συνήθως σε ρολά πλάτους 1 m και μήκους 10 m. Είναι η πιο διαδεδομένη κατηγορία στεγανωτικών μεμβρανών με μεγάλο εύρος εφαρμογών σε κτιριακά έργα όσο και σε έργα υποδομής.

Η εύκαμπτη μάζα αυτών των υλικών αποτελείται από μείγματα ασφάλτου, έναν εσωτερικό οπλισμό για σταθεροποίηση και ενίσχυση, και δυο επικαλύψεις στην άνω και κάτω επιφάνεια .

#### **Τροπος εφαρμογης**

Οι ασφαλτικές μεμβράνες εφαρμόζονται με επικόλληση, συνήθως επάνω σε επιφάνειες σκυροδέματος (μπετού), μπορούν όμως να επικολληθούν και σε άλλες επιφάνειες όπως ξύλο, μέταλλο κ.λπ. με τη χρήση του κατάλληλου ασταριού ή της κατάλληλης κόλλας. Εφαρμόζονται σε οριζόντιες, κατακόρυφες ή και καμπύλες επιφάνειες.

Σε κάθε περίπτωση η επιφάνεια πάνω στην οποία θα γίνει η επικόλληση πρέπει να είναι απαλλαγμένη από σαθρά υλικά, να είναι στεγνή και να έχει καθαριστεί ώστε να εξασφαλιστεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα επικόλλησης. Στη συνέχεια εφαρμόζεται επάνω στην επιφάνεια ένα ασφαλτικής βάσης αστάρι (ασφαλτικό βερνίκι ή ασφαλτικό γαλάκτωμα) με τη βοήθεια του οποίου αναπτύσσεται η απαιτούμενη πρόσφυση της μεμβράνης στο υπόστρωμα (η χρήση του ασταριού επιβάλλεται).

Ακολουθεί η επικόλληση της μεμβράνης με προοδευτικό ξετύλιγμα του ρολού. Ταυτόχρονα με το ξετύλιγμα, τα ασφαλτόπανα θερμαίνονται στην κάτω επιφάνεια με τη χρήση ενός φλόγιστρου όπου και έχουν επικολλημένο ένα λεπτό φιλμ πολυαιθυλενίου (νάιλον) το οποίο λιώνει με αποτέλεσμα να μπορεί έρθει σε επαφή το αστάρι με το ασφαλικό μείγμα. Υπάρχει και η δυνατότητα της μη χρήσης φλόγιστρου, όπως σε επιφάνειες ξύλου. Σε εκείνες τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται ειδική ασφαλική κόλλα η τοποθετούνται αυτοκόλλητα ασφαλτόπανα.

Στην άνω επιφάνεια των ασφαλικών μεμβρανών υπάρχει πάντα μια λωρίδα η οποία είναι γυμνή (χωρίς επικάλυψη) περίπου 10 εκατοστών κάθετα και οριζόντια ώστε κατά την διάστρωση των ρολών να αλληλεπικαλύπτονται και να επικολλώνται στα σημεία αυτά (ραφές). Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται μια ενιαία στεγανωτική επιφάνεια. Η σωστή και επιμελημένη εργασία στις περιοχές των ραφών είναι πολύ μεγάλης σημασίας διότι μπορούν να αποτελέσουν σημεία εισόδου υγρασίας και να προκληθεί μεγάλη ζημιά. Για επιπλέον ασφάλεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν υλικά όπως ασφαλικές σφραγιστικές ταινίες ή ασφαλικές μαστίχες.

### **Τεχνικά Χαρακτηριστικά**

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά μιας ασφαλικής μεμβράνης, τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή του κατάλληλου τύπου σε μια εφαρμογή, είναι:

**Ο τύπος του ασφαλικού μείγματος**, που είναι το κύριο συστατικό της. Έτσι διαχωρίζονται σε μεμβράνες οξειδωμένου ασφάλτου, σε πλαστομερείς μεμβράνες και σε ελαστομερείς μεμβράνες. Οι ασφαλικές μεμβράνες **οξειδωμένου ασφάλτου** (ιστορικά παλαιότερες) είναι μεμβράνες “χαμηλών” απαιτήσεων. Καλύπτουν αρκετές εφαρμογές αλλά λόγω της μειωμένης ελαστικότητάς τους συνήθως δεν ενδείκνυνται για θερμοκρασίες μικρότερες των 0 °C.

Οι **πλαστομερείς** ασφαλικές μεμβράνες αναπτύχθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1960 και παράγονται από ειδικούς τύπους ασφάλτου και πολυμερή υλικά (Ατακτικό Πολυπροπυλένιο - APP) και παρουσιάζουν βελτιωμένα χαρακτηριστικά σε σχέση με τις μεμβράνες οξειδωμένου ασφάλτου. Δεν παρουσιάζουν πρόβλημα λειτουργίας ακόμη και στους -10°C η και -12°C.

Οι ασφαλικές μεμβράνες με τα καλύτερα τεχνικά χαρακτηριστικά είναι οι ελαστομερείς οι οποίες εμφανίστηκαν την δεκαετία του 1970.

Το μείγμα αυτών των ασφαλτόπανων είναι τροποποιημένο με θερμοπλαστικά ελαστομερή (Στυρένιο-Βουταδιένιο-Στυρένιο - SBS) που προσδίδουν τις βελτιωμένες ιδιότητες έναντι όλων των υπολοίπων. Έχουν μεγάλο εύρος εφαρμογών και χρησιμοποιούνται σε περιοχές όπου οι θερμοκρασίες που μπορεί να σημειωθούν φτάνουν μέχρι και  $-25^{\circ}\text{C}$ . Επίσης παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή στην γήρανση (φθορά που παρουσιάζουν τα υλικά στο πέρασμα του χρόνου) και στις έντονες θερμοκρασιακές εναλλαγές (συστολοδιαστολές υλικών).

Οι θερμοκρασίες που αναφέρονται παραπάνω είναι ενδεικτικές. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να συμβουλευτούμε το τεχνικό φυλλάδιο του προϊόντος γιατί οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά διαφέρουν από κατασκευαστή σε κατασκευαστή ακόμη και μεταξύ “ίδιων” φαινομενικά προϊόντων.

**Ο εσωτερικός οπλισμός**, ο οποίος βρίσκεται στη μάζα του ασφαλτικού μείγματος και ρόλος του είναι να σταθεροποιεί και να ενισχύει τη μεμβράνη. Μπορεί να αποτελείται από ένα πολυεστερικό πλέγμα ή υαλόπλεγμα, από μη υφασμένες ίνες γυαλιού (υαλοπίλημα) ή από φύλλο αλουμινίου.

Στο εμπόριο συναντώνται συνήθως ασφαλτικές μεμβράνες με οπλισμό πολυεστερικού υφάσματος ή υαλοπιλήματος με το πρώτο να υπερέχει σε χαρακτηριστικά όπως αντοχή σε θραύση, σχίσιμο κ.λπ

**Η άνω και κάτω επικάλυψή της**. Η κάτω επικάλυψη είναι συνήθως ένα φύλλο πολυαιθυλενίου (λεπτό νάιλον), το οποίο αποσκοπεί στο να μην συγκολλώνται μεταξύ τους τα φύλλα όσο είναι συσκευασμένα σε ρολλά. Το φύλλο αυτό λιώνει με τη χρήση του φλόγιστρου και αποκαλύπτει το ασφαλτικό μείγμα που θα κολλήσει τελικά στο υπόστρωμα. Η άνω επικάλυψη μπορεί να είναι λεπτό φύλλο αλουμινίου, ορυκτή ψηφίδα ή χαλαζιακή αμμος.

Στην περίπτωση που θα τοποθετηθεί το ασφαλτόπανο ως τελική επιφάνεια και θα είναι εκτεθειμένο στον ήλιο, επιβάλλεται το ασφαλτόπανο να έχει άνω επικάλυψη. Αυτό, διότι τα ασφαλτικά μείγματα των μεμβρανών φθείρονται όταν εκτίθενται στις υπεριώδεις ακτινοβολίες του ήλιου. Στην περίπτωση που δεν θα είναι εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία και θα βρίσκεται προστατευμένο από άλλο υλικό, μπορούν και η δυο πλευρές να έχουν επικάλυψη πολυαιθυλενίου.

**Το πάχος της και το βάρος της σε kg/m<sup>2</sup>**. Το βάρος μιας ασφαλτικής μεμβράνης ποικίλει συνήθως από 2 - 5 kg/m<sup>2</sup> και ανάλογα με το ασφαλτικό μείγμα της, ποικίλει και το πάχος της από 1.5 – 5 mm.

## **Εφαρμογές**

Ενδεικτικά, οι ασφαλτικές μεμβράνες χρησιμοποιούνται για υγρομόνωση σε:

- δώματα και στέγες οικοδομικών και βιομηχανικών κτιρίων
- τοιχεία και δάπεδα υπογείων χώρων
- φυτεμένα δώματα (rooftopgardens), δεξαμενές (εξωτερικά)
- έργα υποδομής (γέφυρες, σήραγγες, αρδευτικά κανάλια)

Οι ασφαλτικές μεμβράνες ως Υγρομονωτικά-Στεγανωτικά υλικά εφαρμόζονται εδώ και πολλά χρόνια και προστατεύουν τις κατασκευές με μεγάλη επιτυχία. Απαιτούν όμως ιδιαίτερη προσοχή κατά την εφαρμογή τους και πρέπει να τοποθετούνται μόνο από εξειδικευμένα συνεργεία που διαθέτουν εκτός από τον κατάλληλο εξοπλισμό, κυρίως την εμπειρία και την προσοχή στην λεπτομέρεια.



### 2.2.5.1.2 Μεμβράνες κεραμοσκεπών



**Εικόνα 12** Μεμβράνη κεραμοσκεπών

Οι μεμβράνες κεραμοσκεπών είναι προκατασκευασμένα φύλλα συσκευασμένα σε μορφή ρολού με συνήθεις διαστάσεις 1-1,5m πλάτος και 30-50m μήκος. Είναι πολύ λεπτές (< 1mm) και έχουν βάρος από 100gr/m<sup>2</sup> μέχρι 700gr/m<sup>2</sup>.

Όπως μαρτυράει και το όνομά τους, οι μεμβράνες κεραμοσκεπών έχουν αποστολή να προσφέρουν μια επιπλέον προστασία (εκτός εκείνης που προσφέρουν τα κεραμίδια) στις σκεπές των κτιρίων. Τα κεραμίδια σε συνδυασμό με την κλίση της σκεπής οδηγούν στην απορροή των υδάτων της βροχής. Δεν προσφέρουν όμως πλήρη στεγανότητα στη σκεπή. Έτσι, ο σκελετός της σκεπής (συνήθως ξύλινος), η ενδεχόμενη θερμομονωτική στρώση, ο χώρος κατοικίας κάτω από τη σκεπή (σοφίτα), αλλά ακόμη και η πλάκα σκυροδέματος του τελευταίου ορόφου είναι εκτεθειμένες σε περίπτωση που τα καιρικά φαινόμενα είναι έντονα (π.χ. βροχή με δυνατό άνεμο) ή σε περίπτωση που έχουν υποστεί κάποια ζημιά τα κεραμίδια. Με την τοποθέτηση μιας μεμβράνης κεραμοσκεπών κάτω από τη στρώση των κεραμιδιών εξασφαλίζεται η επιπλέον προστασία της κατασκευής.

## Τρόπος Εφαρμογής

Οι μεμβράνες κεραμοσκεπών τοποθετούνται κατά κανόνα με μηχανική στερέωση (κάρφωμα), με τη χρήση πλατυκέφαλων ανοξείδωτων καρφιών, επάνω στους αμείβοντες (κάθετες υπό κλίση δοκοί) ή στα σανίδια του πετσώματος του σκελετού. Ξετυλίγονται οριζόντια ξεκινώντας από το χαμηλότερο σημείο της σκεπής (παράλληλα στην υδρορροή) και τοποθετούνται με αλληλοεπικάλυψη των διαδοχικών στρώσεων κατά 10-20cm ανάλογα με την κλίση της σκεπής. Πάνω από την μεμβράνη τοποθετούνται οι τεγίδες (πηχάκια) πάνω στις οποίες θα στερεωθούν τα κεραμίδια.

## Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Οι μεμβράνες κεραμοσκεπών ανάλογα με το βασικό συστατικό της χημικής τους σύστασης διακρίνονται σε ασφαλικές μεμβράνες, σε μεμβράνες πολυαιθυλενίου και σε σύνθετες μεμβράνες κεραμοσκεπών.

Ασφαλικές: Οι μεμβράνες αυτές παράγονται από τροποποιημένη ασφαλτο εμποτισμένη με πολυπροπυλενικές ή πολυεστερικές υφασμένες ή συγκολλημένες ίνες. Είναι οι περισσότερο διαδεδομένες μεμβράνες μιας και παρουσιάζουν τα καλύτερα χαρακτηριστικά έναντι των άλλων. Η κάτω επικάλυψη του ασφαλικού μείγματος αποτελείται συνήθως από ένα λεπτό φύλλο πολυαιθυλενίου (νάιλον) ή από γεωύφασμα, ενώ η πάνω πλευρά επικαλύπτεται από φύλλο πολυαιθυλενίου, χαλαζιακή άμμο ή γεωύφασμα. Η επικάλυψη της επάνω πλευράς με χαλαζιακή άμμο ή γεωύφασμα αποσκοπεί κυρίως στην αντιολισθηρότητα της μεμβράνης κατά την τοποθέτησή της από το συνεργείο. Η επικάλυψη από πολυαιθυλένιο μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα επικίνδυνη όταν η κλίση της σκεπής είναι μεγάλη μιας και ο τεχνίτης κατά την εφαρμογή της χρειάζεται να κινείται επάνω στην μεμβράνη.

Πολυαιθυλενίου: Είναι λεπτά φύλλα πολυαιθυλενίου (νάιλον) με οπλισμό και κατά τις δυο διευθύνσεις από νήματα υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλενίου (HDPE – High Density Polyethylene). Παρουσιάζουν μειωμένες αντοχές σε σχέση με τις ασφαλικές και είναι κατά πολύ ελαφρύτερες. Βέβαια είναι αρκετά οικονομικότερες χωρίς αυτό σημαίνει ότι οι ασφαλικές μπορούν να θεωρηθούν ακριβές. Παράγονται σε μαύρο χρώμα, λευκό διάφανο, σε λευκό ημιδιάφανο (γαλακτούχο) και άλλα χρώματα.

Μεμβράνες Κεραμοσκεπών με Ανακλαστική Θερμομόνωση: Οι μεμβράνες κεραμοσκεπών με ανακλαστική θερμομόνωση ανήκουν στην κατηγορία των σύνθετων μεμβρανών, μιας και αποτελούνται από στρώσεις διαφορετικών υλικών όπως φύλλα αλουμινίου, φύλλα πολυαιθυλενίου κ.ά.

Σκοπός αυτών των προϊόντων, τα οποία έχουν εμφανιστεί τα τελευταία χρόνια στην ελληνική αγορά, είναι να προστατεύουν διπλά την κατασκευή. Πέραν της υγρομόνωσης της σκεπής παρέχουν μια επιφανειακή στρώση ενός θερμοανακλαστικού υλικού (λεπτό φύλλο αλουμινίου) προσδίδοντας επιπλέον και θερμική προστασία στην κατασκευή. Ουσιαστικά δεν αντικαθιστούν τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά αλλά λειτουργούν συμπληρωματικά με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες μιας και αποτρέπουν την είσοδο της ακτινοβολίας του ήλιου διαμέσου των δομικών στοιχείων.

## **Υδρατμοδιαπερατότητα Μεμβρανών**

Είτε πρόκειται για ασφαλικές μεμβράνες κεραμοσκεπών είτε για μεμβράνες πολυαιθυλενίου, ένα χαρακτηριστικό που θα πρέπει να προσέξει κανείς είναι η υδρατμοδιαπερατότητα. Υδρατμοδιαπερατό είναι ένα υλικό το οποίο σε μικρό ή μεγάλο βαθμό επιτρέπει την διάχυση των υδρατμών μέσα από την μάζα του. Προσδιορίζεται με έναν συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών ( $\mu$ ).

Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η μεμβράνη επιτρέπει ή όχι την διάχυση υδρατμών (ελεύθερη διέλευση υδρατμών) από την μάζα της. Οι υδρατμοί αυτοί παράγονται από τις διάφορες δραστηριότητες εντός της κατοικίας (μαγείρεμα – μπάνιο) και προσπαθούν να διαφύγουν μέσα από τα δομικά υλικά της κατασκευής προς τα έξω. Στην περίπτωση που η μεμβράνη λειτουργεί ως φράγμα υδρατμών (τέτοιες είναι η ανακλαστικές μεμβράνες), δηλαδή δεν επιτρέπει την διάχυση των υδρατμών, οι υδρατμοί θα εγκλωβιστούν κάτω από την μεμβράνη και θα προσβάλουν σταδιακά τον ξύλινο σκελετό με τα γνωστά αποτελέσματα (μούχλιασμα, σάπισμα των ξύλων) Στην περίπτωση που δημιουργείται φράγμα υδρατμών με την μεμβράνη η με κάποιο άλλο υλικό το οποίο βρίσκεται πάνω από τον ξύλινο σκελετό της σκεπής, για να αποφύγουμε την συμπύκνωση των υδρατμών εντός της περιοχής του σκελετού τοποθετούμε ένα επιπλέον φράγμα υδρατμών (π.χ. φύλλο πολυαιθυλενίου κάτω από τον ξύλινο σκελετό της σκεπής αποτρέποντας στους υδρατμούς να εισέλθουν στον χώρο του σκελετού.

### 2.2.5.1.3 Μεμβράνες αποστράγγισης



**Εικόνα 13** Μεμβράνη Αποστράγγισης (Αυγουλιέρα)

Είναι μεμβράνες οι οποίες έχουν ως βάση το HDPE (High Density Polyethylene), δηλαδή το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας, και χρησιμεύουν αφ' ενός ως μέρος ενός συστήματος αποστράγγισης των υπόγειων υδάτων μιας κατασκευής και αφ' ετέρου ως προστατευτική στρώση των υλικών στεγανοποίησης. Τοποθετούνται περιμετρικά των τοιχίων του υπογείου αφού έχουν εφαρμοστεί τα υλικά υγρομόνωσης ή κάτω από τα θεμέλια πριν την σκυροδέτηση των θεμελίων (ως αντικατάσταση του μπετόν καθαριότητας).

Προστατεύουν τα υλικά στεγανοποίησης (επαλειφόμενη στρώση στεγανοποίησης η μεμβράνη στεγανοποίησης) από τραυματισμούς το μπάζωμα του υπογείου, αποτρέπουν την άμεση επαφή των εδαφών (ρίζες φυτών δέντρων κτλ) με το κτίριο κατά τη διάρκεια ζωής του και συνεισφέρουν στην απομάκρυνση – αποστράγγιση των υπόγειων υδάτων σε περίπτωση που έχει προβλεφτεί σύστημα αποστράγγισης. Η επιφάνεια τους δεν είναι απολύτως επίπεδη αλλά φέρουν κωνικές προεξοχές οι οποίες εξασφαλίζουν ένα στρώμα αερισμού μεταξύ μεμβράνης και δομικού στοιχείου ( π.χ τοιχίου υπογείου). Για μια αποτελεσματικότερη αποστραγγιστική λειτουργία υπάρχουν μεμβράνες με επικολημένο γεωφάσμα από τη μια πλευρά. Τέτοιου είδους μεμβράνες χρησιμοποιούνται και σε φυτεμένα δώματα αντικαθιστώντας την στρώση χαλικιού για την αποστράγγιση των υδάτων. Λόγο των κωνικών προεξοχών συνηθίζονται να λέγονται και “ αυγουλιέρες”.

#### 2.2.5.1.4 Μεμβράνες EPDM EthylenePropyleneDieneMonomer (Μονομερες Αιθυλοπροπυλενοδιενιο)



Εικόνα 14 Μεμβράνη EPDM

#### **Εφαρμογές:**

Κυρίως εφαρμόζονται σε δώματα και στέγαστρα όλων των ειδών βιομηχανικών & εμπορικών κτιρίων και κατοικιών. Επίσης βρίσκουν εφαρμογή και σε γεωτεχνικά έργα (γεωμεμβράνες) όπως λιμνοδεξαμενές, στεγανολεκάνες κ.α. Δεν ενδείκνυνται για επαφή με πόσιμο νερό, υγρά καύσιμα και χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων Χ.Υ.Τ.Α.

#### **Βασικά Χαρακτηριστικά:**

Έχουν πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής, μεγάλη ελαστικότητα (έως και 450%), αυξημένες μηχανικές αντοχές, αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV) και στο όζον.

Παράγονται σε μαύρο χρώμα και σε ρολά μεγάλων διαστάσεων μέχρι και 6 x 30m.

Έτσι εξασφαλίζεται μικρότερος χρόνος εγκατάστασης και λιγότερες πιθανότητες αστοχίας της υγρομόνωσης λόγω των μειωμένων ενώσεων (ραφών) των μεμβρανών.

Για την τοποθέτηση και συγκόλλησή τους υπάρχει μια γκάμα ειδικών υλικών όπως αστάρια, κόλλες, ταινίες κ.λπ.

#### 2.2.5.1.5 Μεμβράνες TPO

#### *Thermo Plastic Olefin (Θερμοπλαστική Πολυολεφίνη)*



Εικόνα 15 Μεμβράνη TPO

### **Εφαρμογές**

Κυρίως εφαρμόζονται σε δώματα και στέγαστρα όλων των ειδών βιομηχανικών & εμπορικών κτιρίων και κατοικιών.

### **Βασικά Χαρακτηριστικά**

Είναι θερμοπλαστικές (συγκολλούνται με θερμική επεξεργασία), έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (μεγαλύτερη από τις PVC), παράγονται με οπλισμό πολυεστέρα ή υαλοπίλημα, έχουν αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Παράγονται συνήθως σε ανοικτό γκρι ή σε λευκό χρώμα. Συνδυάζουν τη μακροχρόνια σταθερότητα του καουτσούκ και την εν θερμό συγκολλητικότητα των θερμοπλαστικών μεμβρανών. Επίσης είναι φιλικές προς το περιβάλλον (λόγω έλλειψης πλαστικοποιητών).

#### 2.2.5.1.6 Μεμβράνες PVC PolyVinyl Chloride (Πολυβινυλοχλωρίδιο)



Εικόνα 16 Μεμβράνες PVC

### Εφαρμογές

Κυρίως εφαρμόζονται σε δώματα και στέγαστρα όλων των ειδών βιομηχανικών & εμπορικών κτιρίων και κατοικιών. Επίσης βρίσκουν εφαρμογές σε γεωτεχνικά έργα (γεωμεμβράνες) όπως στεγανοποίηση υπογείων-θεμελίων (στεγανολεκάνες), λιμνοδεξαμενές, δεξαμενές πόσιμου νερού, σήραγγες, αρδευτικά κανάλια κ.α.

### Βασικά Χαρακτηριστικά

Είναι θερμοπλαστικές (συγκολλούνται με θερμική επεξεργασία), έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, παράγονται οπλισμένες ή άοπλες (συνήθως πολυεστερικό ύφασμα ή υαλούφασμα), έχουν μεγάλη ελαστικότητα(κυρίως οι άοπλες), έχουν αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV) καθώς και σε ασφαλτικά, γράσα και υδρογονάνθρακες (όχι όμως για μόνιμη επαφή). Παρέχουν τη δυνατότητα αποθήκευσης πόσιμου νερού και παράγονται σε διάφορες αποχρώσεις ακόμη και με διαφάνεια.

Οι περισσότερες PVC μεμβράνες περιέχουν πλαστικοποιητές. Οι πλαστικοποιητές είναι ουσίες οι οποίες με το πέρασμα του χρόνου αποβάλλονται από τις μεμβράνες με αποτέλεσμα να μειώνονται οι αντοχές και η διάρκεια ζωής τους σε σχέση με άλλες μεμβράνες όπως οι EPDM και οι TPO. Επίσης, οι πλαστικοποιητές είναι επιβλαβής για το περιβάλλον.

### 2.2.5.1.7 Μεμβράνες HDPE

#### *High Density Poly-Ethylene (Υψηλής πυκνότητας Πολυαιθυλένιο)*



**Εικόνα 17** Μεμβρανες HDPE

### **Εφαρμογές**

Εφαρμόζονται αποκλειστικά σε γεωτεχνικά έργα (γεωμεμβράνες), όπως Χ.Υ.Τ.Α-Χ.Α.Δ.Α, λιμνοδεξαμενές, δεξαμενές πόσιμου νερού, δεξαμενές υγρών καυσίμων, σήραγγες, αρδευτικά κανάλια, στεγανολεκάνες κ.α.

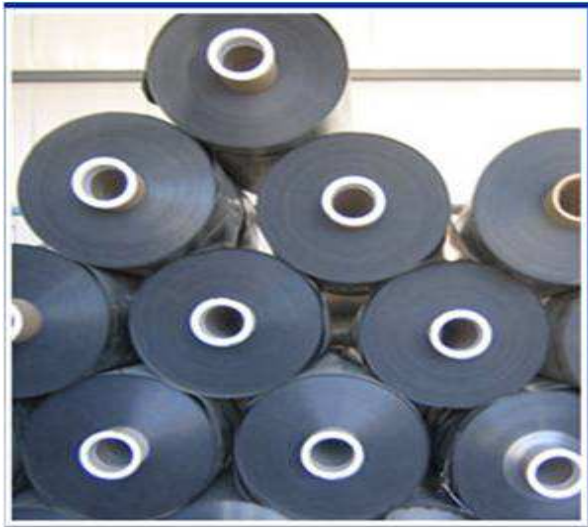
### **Βασικά Χαρακτηριστικά**

Είναι θερμοπλαστικές (συγκολλούνται με θερμική επεξεργασία), έχουν πολύ μεγάλες αντοχές σε χημικές ουσίες (οι μοναδικές που είναι κατάλληλες για Χ.Υ.Τ.Α-Χ.Α.Δ.Α), καλύπτουν όλα τα γεωτεχνικά έργα, έχουν αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV), είναι κατάλληλες για αποθήκευση πόσιμου νερού και για δεξαμενές υγρών καυσίμων, παράγονται σε μεγάλα ρολά και αποτελούν την πιο οικονομική λύση μεταξύ των μεμβρανών. Παράγονται κυρίως σε μαύρο χρώμα και παρουσιάζουν αυξημένη δυσκαμψία σε σχέση με τις υπόλοιπες μεμβράνες. Αυτός είναι και ένας λόγος για τον οποίο δεν ενδείκνυνται για στεγανοποίηση δωματίων.



#### 2.2.5.1.8 Μεμβράνες FPP

#### *Flexible PolyPropylene(Ελαστικό Πολυπροπυλένιο)*



**Εικόνα 18** Μεμβράνες FPP

#### **Εφαρμογές**

Εφαρμόζονται αποκλειστικά σε γεωτεχνικά έργα, όπως λιμνοδεξαμενές, δεξαμενές πόσιμου νερού, αρδευτικά κανάλια κ.α.

#### **Βασικά Χαρακτηριστικά**

Είναι θερμοπλαστικές (συγκολλούνται με θερμική επεξεργασία), καλύπτουν τα περισσότερα γεωτεχνικά έργα, έχουν αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV), είναι κατάλληλες για αποθήκευση πόσιμου νερού και παράγονται σε μεγάλα ρολά.

#### 2.2.5.1.9 Μεμβράνες GCL

### *Geosynthetic Clay Liners (Γεωσυνθετικός Αργιλικός φραγμός – Μπεντονιτικές Μεμβράνες)*



Εικόνα 19 Μεμβράνες GCL

### **Εφαρμογές**

Εφαρμόζονται σε γεωτεχνικά έργα, όπως Χ.Υ.Τ.Α. – Χ.Α.Δ.Α, λιμνοδεξαμενές, στεγανολεκάνες κ.α. , εκτός των περιπτώσεων επαφής με υφάλμυρο νερό (παραθαλάσσιο περιβάλλον).

### **Βασικά Χαρακτηριστικά**

Είναι μεμβράνες που συνδυάζουν τον διογκούμενο μπετονίτη ενσωματωμένο σε δυο στρώσεις γεωφάσματος από ίνες πολυπροπυλενίου. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και έχουν ενεργητική δράση έναντι της υγρασίας (ο μπετονίτης ενεργοποιείται όταν έρχεται σε επαφή με το νερό). Σε περίπτωση τραυματισμού δεν παρουσιάζουν διαρροή λόγω της δράσης (διόγκωση) του μπετονίτη. Αντικαθιστά αργιλικές στρώσεις σε γεωτεχνικά έργα, προσαρμόζεται στις παραμορφώσεις του εδάφους και έχει την ευκολότερη διαδικασία εφαρμογής μεταξύ των υπολοίπων.

## **Εφαρμογή θερμοπλαστικών στεγανωτικών μεμβρανών (TPO-PVC-HDPE-FPP)**

### **Θερμοσυγκόλληση**

Οι θερμοπλαστικές μεμβράνες έχουν την ιδιότητα με την επίδραση της θερμότητας, μέχρι κάποιες συγκεκριμένες τιμές θερμοκρασίας, να μαλακώνουν (λιώνουν) και με την επανέκθεσή τους σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος να επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση διατηρώντας τις ιδιότητές τους πριν και μετά.

Με αυτό τον τρόπο πραγματοποιείται η συγκόλλησή τους. Μεγάλο πλεονέκτημα διότι δεν απαιτούν ειδικές κόλλες και παρελκόμενα, παρά μόνο κάποια ειδικά εργαλεία.

Οι αλληλοεπικαλύψεις των μεμβρανών συγκολλούνται με πιστόλι χειρός θερμού αέρα και ρολά πίεσης, ή με αυτόματα μηχανήματα θερμού αέρα με αυτόνομη ρυθμιζόμενη και ελεγχόμενη θερμοκρασία συγκόλλησης και δυνατότητα απλής ή διπλής ραφής.

### **Εφαρμογή μεμβρανών EPDM**

Στην περίπτωση των μεμβρανών EPDM δεν ακολουθείται η μέθοδος της θερμοσυγκόλλησης διότι οι μεμβράνες αυτές δεν είναι θερμοπλαστικές. Για την συγκόλλησή τους χρησιμοποιούνται ειδικά αστάρια και κόλλες.

### 2.2.5.2 Επαλειφόμενα

Μια κατηγορία υδρομονωτικών υλικών με μεγάλο εύρος χρήσεων είναι τα επονομαζόμενα «Επαλειφόμενα Υδρομονωτικά-Στεγανωτικά υλικά.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ανάλογα με την χημική κυρίως σύνθεσή τους, όλα όμως έχουν μεταξύ τους έναν κοινό παρονομαστή. Εφαρμόζονται με επάλειψη (βούρτσα, ρολό) επάνω στις επιφάνειες προς στεγανοποίηση. Λόγω της ρευστής τους κατάστασης κατά την εφαρμογή, μπορεί να επιλεγεί και ο ψεκασμός αντί της επάλειψης ο οποίος όμως απαιτεί εξειδικευμένα εργαλεία.

Τα επαλειφόμενα υδρομονωτικά υλικά (Ε.Υ.Υ.) διατίθενται στο εμπόριο είτε συσκευασμένα σε μεταλλικά ή πλαστικά δοχεία (ρευστή μορφή, έτοιμα προς χρήση) είτε σε σάκους σε στερεά μορφή κονιάς (σκόνης). Στην δεύτερη περίπτωση απαιτούν ανάμειξη με νερό ή κάποιο άλλο χημικό προϊόν προκειμένου να λάβουν την τελική τους μορφή η οποία και πάλι θα είναι ρευστή.

Τα Ε.Υ.Υ. μετά την εφαρμογή τους στερεοποιούνται και δημιουργούν μια μονολιθική στρώση - επιφάνεια η οποία είναι αδιαπέραστη από το νερό. Η επιφάνεια αυτή έχει πολύ μικρό πάχος, από κλάσματα του χιλιοστού μέχρι μερικά χιλιοστά.

Εφαρμόζονται επάνω σε οριζόντιες, κεκλιμένες ή κάθετες επιφάνειες από τούβλα, μπετό, επιχρίσματα, μέταλλο κ.λπ.

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα των επαλειφόμενων υδρομονωτικών υλικών σε σχέση με τις έτοιμες μεμβράνες, είναι η εύκολη εφαρμογή τους χωρίς την απαραίτητη χρήση κάποιου ειδικού εξοπλισμού και χωρίς την ανάγκη εξειδικευμένου συνεργείου. Για το λόγο προωθούνται τα υλικά αυτά με την λογική του “φτιάξε το μόνος”

(DIY: Do It Yourself). Μεγάλο πλεονέκτημα επίσης αποτελεί το γεγονός ότι μπορούν να εφαρμοστούν σε οποιασδήποτε μορφής επιφάνεια ακολουθώντας την μορφολογία της (ανωμαλίες, εξογκώματα κ.λπ).

Η επιτυχής ολοκλήρωση της υδρομόνωσης εξαρτάται από τη σωστή προετοιμασία του επαλειφόμενου υλικού και της επιφάνειας που πρόκειται να υδρομονωθεί. Επίσης πρέπει να τηρούνται οι κατάλληλες συνθήκες (θερμοκρασίας, υγρασίας κ.λπ.) και προϋποθέσεις κατά την εφαρμογή και μέχρι την ωρίμανση του υλικού έως ότου λάβει την οριστική του μορφή (στερεοποίηση).

Σε όλες τις περιπτώσεις η επιφάνεια προς επάλειψη πρέπει να είναι απαλλαγμένη από υπολείμματα λαδιού, σκόνες, σαθρά υλικά και οτιδήποτε άλλο θα μπορούσε να εμποδίσει την πρόσφυση του εφαρμοζόμενου προϊόντος επάνω σε αυτή. Ανάλογα με την περίπτωση μπορεί να απαιτείται χρήση ασταριού. Κάποιες φορές αρκεί μόνο να διαβραχεί η επιφάνεια και κάποιες άλλες πρέπει να είναι εντελώς στεγνή. Οι θερμοκρασιακές συνθήκες, ο άνεμος ή ο έντονος ήλιος θα παίξουν μεγάλο ρόλο. Όλες οι παραπάνω λεπτομέρειες είναι καθοριστικές για την επιτυχία του αποτελέσματος και πρέπει απαραίτητα να τηρούνται. Βέβαια περιγράφονται αναλυτικά στα τεχνικά φυλλάδια των υδρομονωτικών προϊόντων και ο χρήστης αρκεί πριν την έναρξη των εργασιών να μελετήσει προσεκτικά όλες τις πληροφορίες που του παρέχει το φυλλάδιο. Στην περίπτωση που δεν καλύπτεται από τις πληροφορίες του φυλλαδίου μπορεί να συμβουλευτεί κάποιον ειδικό από το κατάστημα αγοράς του προϊόντος, η ακόμη και τον ίδιο τον παραγωγό (στις συσκευασίες προϊόντων αναγράφονται τηλέφωνα εξυπηρέτησης πελατών).

Παρακάτω θα εξετάσουμε τις κατηγορίες των πιο διαδεδομένων επαλειφόμενων υλικών διακρίνοντάς τα ανάλογα με την χημική τους σύσταση μιας και είναι εκείνη που καθορίζει στο μεγαλύτερο βαθμό τις χρήσεις και τις ιδιότητές τους.

### 2.2.5.2.1 Επαλειφόμενα ασφαλτικής βάσης

Τα επαλειφόμενα στεγανωτικά υλικά ασφαλτικής βάσης είναι συσκευασμένα προϊόντα σε ρευστή μορφή και διατίθενται στο εμπόριο σε μεταλλικά συνήθως δοχεία και βαρέλια. Χρησιμοποιούνται είτε ως κύρια υλικά στεγανοποίησης επιφανειών είτε ως βοηθητικά υλικά προεπάλειψης επιφανειών (αστάρια), πριν την επικόλληση αυτών με στεγανωτικές ασφαλτικές μεμβράνες. Διακρίνονται σε ασφαλτικά βερνίκια και σε ασφαλτικά γαλακτώματα.

**Ασφαλτικά βερνίκια:** Τα ασφαλτικά βερνίκια είναι μείγματα ασφάλτου τα οποία αναμειγνύονται με διαλύτες (π.χ. βενζίνη) και χρησιμοποιούνται είτε για την στεγανοποίηση επιφανειών από σκυρόδεμα, μέταλλο ή ξύλο είτε ως αστάρια προεπάλειψης πριν την επικόλληση ασφαλτικών μεμβρανών. Συνηθίζουν να λέγονται και βενζινόπισσες λόγω του ότι διαλύονται με βενζίνη. Έχουν μαύρο χρώμα και παρουσιάζουν μεγάλη διεισδυτικότητα λόγω του χαμηλού ιξώδους. Η επιφάνεια στην οποία θα εφαρμοστούν (με χόρτινη βούρτσα, ρολό ή ψεκασμό) πρέπει να είναι απαλλαγμένη από σκόνες, σαθρά υλικά και νερό. Ενδεικτικά χρησιμοποιούνται σε στεγανοποιήσεις τοιχίων υπογείων, ζαρντινιέρων, στεγών σκυροδέματος (κάτω από τα κεραμίδια), μεταλλικών επιφανειών (προστασία έναντι οξειδωσης) κ.λπ.

**Ασφαλτικά γαλακτώματα:** Τα ασφαλτικά γαλακτώματα είναι μείγματα ασφάλτου τα οποία αναμειγνύονται με νερό και έχουν τις ίδιες χρήσεις με τα ασφαλτικά βερνίκια. Στην αγορά «ακούνε» και στο όνομα νερόπισσες λόγω της ανάμειξής τους με νερό όπως και στο όνομα «μπλάκ» λόγω του χρώματός τους.

Οι συνηθέστερες εφαρμογές τους είναι η στεγανοποίηση τοιχίων σκυροδέματος υπογείων, υπόγειων δεξαμενών, βάσεων γεφυρών, τοίχων αντιστήριξης, προστασία θεμελίων κ.λπ. Το πλεονέκτημα τους έναντι των ασφαλτικών βερνικιών είναι ότι μπορούν να εφαρμοστούν σε ελαφρώς υγρές επιφάνειες πράγμα που βοηθάει πολύ τους εφαρμοστές. Τα ασφαλτικά γαλακτώματα είναι τα περισσότερο διαδεδομένα υλικά στεγανοποίησης στην ελληνική αλλά και ευρωπαϊκή αγορά για τοιχία υπογείων και για τεχνικά έργα όπως τα προαναφερθέντα. Ο λόγος είναι αφενός η μακροχρόνια παρουσία των ασφαλτικών υλικών στον χώρο των υγρομονώσεων και αφετέρου το χαμηλό κόστος και η εύκολη εφαρμογή τους.

Με τον καιρό όμως τείνουν να αντικατασταθούν σε πολλές εφαρμογές από άλλα περισσότερο αποτελεσματικά υλικά.

Είτε πρόκειται για ασφατικά γαλακτώματα είτε για ασφατικά βερνίκια ισχύει το εξής: Δεν ενδείκνυνται για επιφάνειες οι οποίες είναι εκτεθειμένες στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία διότι προσβάλλονται από την επίδραση της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Επίσης δεν μπορούν να παραλάβουν αρνητικές πιέσεις υδάτων όπως συμβαίνει π.χ. στην εσωτερική πλευρά τοιχίων υπογείων.



Εικόνα 20 Επαλειφόμενο ασφατικής βάσης

#### 2.2.5.2.2 Επαλειφόμενα τσιμεντοειδούς βάσης

Τα τσιμεντοειδή υγρομονωτικά υλικά αποτελούνται από μια κονία (σκόνη) η οποία έχει ως βάση το τσιμέντο. Επιπλέον περιέχει αδρανή κατάλληλης κοκκομετρίας και υδρόφοβες ενώσεις (ενώσεις που απωθούν το νερό).

Συνήθως είναι ενσακισμένα προϊόντα σε σάκους των 5 kg ή των 25 kg. Για την παρασκευή τους απαιτούν ανάμειξη μόνο με νερό ή νερό με προσθήκη μιας βελτιωτικής ρητίνης σε αναλογίες που ορίζει ο παραγωγός.

Μετά την ανάμειξη προκύπτει ένα πολτός ο οποίος είναι έτοιμος προς επάλειψη. Η προσθήκη ρητίνης προσδίδει στο μείγμα του πολτού ελαστικότητα, βελτιωμένη πρόσφυση με το υπόστρωμα, αντοχή σε τριβή κ.ά.

Τα τσιμεντοειδή υγρομονωτικά χρησιμοποιούνται κυρίως για την στεγάνωση επιφανειών σκυροδέματος, ή άλλων επιφανειών τσιμεντοειδούς βάσης (π.χ. επιχρισμάτων).

Είναι κατάλληλα για υγρομόνωση:

- Υπόγειων τοιχίων και δαπέδων
- Ταρατσών , βεραντών και μπαλκονιών (όχι όμως ως τελική επιφάνεια)
- Πισινών
- Φρεατίων
- Έργων υποδομής (Δεξαμενών νερού και βιολογικού καθαρισμού , Αρδευτικών καναλιών , Λιμενικών έργων κ.α.).

Το μεγάλο τους πλεονέκτημα έναντι των υπολοίπων Ε.Υ.Υ είναι ότι εκτός από αυξημένες θετικές υδροστατικές πιέσεις είναι σε θέση να παραλάβουν και αρνητικές πιέσεις. Έτσι σε περιπτώσεις ύπαρξης αρνητικών υδροστατικών πιέσεων (π.χ. δάπεδα ή τοιχία υπογείων χώρων, εσωτερικά) αποτελούν την μοναδική επιλογή μεταξύ των Ε.Υ.Υ.

Το βασικό τους μειονέκτημα είναι η χαμηλή τους ελαστικότητα. Ακόμη και εκείνα με πρόσθετες ρητίνες («εύκαμπτα στεγανωτικά τσιμεντοειδή») δεν είναι σε θέση να παραλάβουν τυχόν έντονες συστολοδιαστολές του υποστρώματος, με αποτέλεσμα να ρηγματώνονται και να χάνουν την υγρομονωτική τους ιδιότητα. Αυτό τα καθιστά ακατάλληλα για επιφάνειες που είναι εκτεθειμένες στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία ή σε επιφάνειες η οποίες δέχονται απότομες θερμοκρασιακές μεταβολές.





Εικόνα 21 Επαλειφόμενα τσιμεντοειδούς βάσης

### 2.2.5.2.3 Επαλειφόμενα ακρυλικής βάσης

Τα επαλειφόμενα στεγανωτικά υλικά ακρυλικής βάσης είναι συσκευασμένα προϊόντα σε ρευστή μορφή και διατίθενται στο εμπόριο σε μεταλλικά ή πλαστικά δοχεία διαφόρων μεγεθών. Ως βάση έχουν ακρυλικές ρητίνες. Είναι έτοιμα προς χρήση αυτούσια ή μετά από ανάμειξη με ποσότητα νερού, ανάλογα με τις οδηγίες του παραγωγού και το επιθυμητό αποτέλεσμα εργασιμότητας (ρευστότητας).

Παράγονται συνήθως σε λευκό χρώμα διότι χρησιμοποιούνται κυρίως για στεγανοποιήσεις επιφανειών που είναι εκτεθειμένες στον ήλιο, όπως είναι τα δώματα (ταράτσες). Το λευκό χρώμα βοηθάει στην αντανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας συμμετέχοντας έτσι στην θερμομόνωση του δώματος (Ψυχρές οροφές).

Κατά την εφαρμογή τους (με ρολό, βούρτσα ή ψεκασμό) έχουν παχύρευστη μορφή και μετά την στερεοποίησή τους δημιουργούν μια ενιαία μεμβράνη η οποία παρουσιάζει μεγάλη ελαστικότητα, είναι αδιαπέραστη από το νερό αλλά ταυτόχρονα επιτρέπει την διάχυση υδρατμών μέσα από την μάζας της.

Τα ακρυλικά υγρομονωτικά υλικά είναι πολύ δημοφιλή μιας και μπορούν να εφαρμοστούν από τον οποιονδήποτε χωρίς καμία δυσκολία. Δεν απαιτούν ειδικά εργαλεία.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των ακρυλικών επαλειφόμενων υλικών είναι ότι παρουσιάζουν μεγάλη ελαστικότητα, προσφύονται σε πολλά υποστρώματα (σκυρόδεμα, μέταλλο, ξύλο, ασφατικές μεμβράνες κ.λπ.), είναι ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία, έχουν σχετικά με άλλα χαμηλό κόστος, είναι εύχρηστα στην εφαρμογή και δεν περιέχουν τοξικά και διαλύτες που θα μπορούσαν να προσβάλουν διάφορα υλικά.

Ένα βασικό τους μειονέκτημα είναι ότι έχουν περιορισμένες μηχανικές αντοχές. Αυτό σημαίνει πως η επιφάνεια προς στεγανοποίηση θα πρέπει να προορίζεται για ήπια χρήση. Για παράδειγμα μπορεί να είναι ένα επισκέψιμο δώμα χωρίς όμως να δέχεται έντονη καταπόνηση από κυκλοφορία πεζών. Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό είναι η μειωμένη αντοχή στην συνεχή παρουσία νερού. Δεν ενδείκνυνται δηλαδή για περιπτώσεις όπου υπάρχει μόνιμη παρουσία νερού, όπως λιμνάζοντα νερά. Θα πρέπει να προβλέπετε άμεση απορροή των επιφανειακών υδάτων με ειδικά διαμορφωμένες κλίσεις (τουλάχιστον 2% κλίση της επιφάνειας, π.χ. του δώματος).



Εικόνα 22 Επαλοιφόμενα ακρυλικής βάσης

#### ***2.2.5.2.4 Επαλειφόμενα πολυουρεθανικής βάσης***

Τα πολυουρεθανικής βάσης Ε.Υ.Υ έχουν φαινομενικά μεγάλη ομοιότητα με τα ακρυλικής βάσης στεγανωτικά. Στο εμπόριο κυκλοφορούν συσκευασμένα σε μεταλλικά συνήθως δοχεία. Τα χρώματα στα οποία συναντώνται είναι συνήθως το λευκό, το γκρι αλλά και το κεραμιδί. Η μεγάλη διαφορά ως προς τη χρήση σε σχέση με τα ακρυλικά είναι ότι δεν αναμειγνύονται σε καμία περίπτωση με νερό.

Αναμειγνύονται με ειδικούς διαλύτες η οποίοι μπορούν να προσβάλουν ευαίσθητα σε διαλύτες υποστρώματα (ασφαλτικά, πολυστερίνες κ.α).

Ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους τα πολυουρεθανικής βάσης υλικά σε σχέση με τα ακρυλικής βάσης έχουν πολύ μεγαλύτερες μηχανικές και χημικές αντοχές, έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και δεν επηρεάζονται από την μόνιμη επαφή με το νερό. Όπως γίνεται αντιληπτό υπερέχουν σε όλους τους τομείς έναντι των ακρυλικών, με μόνο μειονέκτημα το μεγαλύτερο κόστος αγοράς.

Τα ελαστομερή πολυουρεθανικά υλικά εφαρμόζονται με βούρτσα, ρολό ή πιστόλι ψεκασμού. Στην αρχική τους μορφή είναι παχύρρευστα, ενώ μόλις έρθουν σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα πολυμερίζονται και στερεοποιούνται σχηματίζοντας ένα υλικό με :

- Μεγάλη ελαστικότητα
- Αντοχή στην τριβή
- Αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία
- Αντοχή στην υδρόλυση και τους μικροοργανισμούς
- Διαπερατότητα στους υδρατμούς
- Εξαιρετική πρόσφυση σε όλα σχεδόν τα υποστρώματα
- Αντοχή σε ισχυρά οξέα και βάσεις, στο θαλασσίνο νερό, στη βενζίνη και το πετρέλαιο.

Τα Ε.Υ.Υ. πολυουρεθανικής βάσης λόγω των πολλαπλών ιδιοτήτων τους βρίσκουν εφαρμογή σε:

Οικοδομικά έργα. Εφαρμόζονται κυρίως σε δώματα αλλά και οπουδήποτε αλλού όπως σε ζαρντινιέρες, τοιχία υπογείων, λουτρά, φρεάτια, πισίνες κ.α.

Έργα υποδομής. Εφαρμογές σε δεξαμενές, γέφυρες, κανάλια, σήραγγες κ.α.



**Εικόνα 23** Επαλοιφώμενα πολυουρεθανικής βάσης

#### 2.2.5.2.5 Επαλειφόμενα σιλικονούχα

Είναι υδαταπωθητικά και στεγανοποιητικά υλικά για προστασία κατακόρυφων ή κεκλιμένων επιφανειών από την βροχή, με βάση την σιλίκονη ή τη σιλοξάνη. Στην αρχική τους μορφή είναι υγρά διαφανή (προς το υποκίτρινο). Χρησιμοποιούνται είτε για εμποτισμό των πόρων του υποστρώματος, είτε για δημιουργία λεπτού υμένα πάνω στο υπόστρωμα που εφαρμόζονται. Εφαρμόζονται πολύ εύκολα με βούρτσα ή πιστόλι ψεκασμού, αραιωμένα με διαλύτη ή νερό, ή και χωρίς αραιώση. Κατά κύριο λόγο, τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου δεν είναι επιθυμητό να αλλοιωθεί η αισθητική εμφάνιση της τελικής επιφάνειας, αλλά να επιτευχθεί η προστασία της επιφάνειας από την επίδραση της βροχής (διείσδυση, ανάπτυξη φυτικών οργανισμών, θρυμματισμός από επαναλαμβανόμενη τήξη και πήξη νερού κλπ). Σε περίπτωση που απαιτείται "αναπνοή" του δομικού στοιχείου, επιλέγονται υλικά που εμποτίζουν το υπόστρωμα, και όχι αυτά που δημιουργούν υμένα.

Είναι κατάλληλα για την προστασία από την βροχή κατακόρυφων επιφανειών από:

- Εμφανές σκυρόδεμα
- Διακοσμητικά επιχρίσματα
- Τούβλα επενδύσεων, φυσικούς λίθους και μη εφραλωμένα κεραμικά πλακίδια.

Δεν είναι κατάλληλα για χρήση σε οριζόντιες επιφάνειες και όπου υπάρχει στάσιμο νερό ή νερό υπό πίεση.



**Εικόνα 24** Επαλειφόμενα σιλικονούχα

## 2.3 Ηχομόνωση

Ηχομόνωση στις κτιριακές κατασκευές λέγεται το σύνολο των κατασκευαστικών μέτρων που λαμβάνονται για την μείωση της μετάδοσης του ήχου, τόσο από τις εξωτερικές πηγές θορύβου (κυκλοφοριακός, αεροπορικός κλπ) προς το εσωτερικό του, όσο και μεταξύ εσωτερικών χώρων του ίδιου κτιρίου διαφορετικής ή μη χρήσης.

Η ηχομόνωση έχει ως σκοπό να ελέγξει τη μετάδοση κάθε ανεπιθύμητου ήχου, στο εσωτερικό ενός κτιρίου, προσφέροντας ένα ικανοποιητικό ακουστικό περιβάλλον στους χώρους εργασίας, διημέρευσης, ανάπαυσης και αναψυχής των ενοίκων. Κάθε ανεπιθύμητος ήχος, τόσο του εξωτερικού περιβάλλοντος, όσο και ο θόρυβος από τις εγκαταστάσεις των κτιρίων και ο θόρυβος των γειτονικών εσωτερικών χώρων, θα πρέπει, να περιοριστεί με μία ηχομονωτική προστασία η οποία θα εξασφαλίσει ένα άνετο και ευχάριστο ακουστικό περιβάλλον.

Τα ηχητικά κύματα σ' ένα κτίριο ακολουθούν διάφορες οδούς μέσα από τα δομικά υλικά της κατασκευής και τον αέρα. Για την επίτευξη μιας αποτελεσματικής ηχομόνωσης απαιτείται η πρόβλεψη όλων των πιθανών διαδρομών διάδοσης του ήχου και η λήψη κατάλληλων μέτρων για τον περιορισμό του.

### 2.3.1 Τρόποι μετάδοσης ήχου

Οι ήχοι διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο διάδοσής τους και την πηγή από την οποία προέρχονται σε δύο κατηγορίες.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι αερόφερτοι ήχοι οι οποίοι προέρχονται από πηγές όπως η ομιλία, η μουσική, κ.λπ. και διαδίδονται μέσω του αέρα στους γειτονικούς χώρους. Εφ' όσον οι αερόφερτοι ήχοι μεταδίδονται μέσω του αέρα (εξ' ου και αερόφερτοι), η πορεία τους διακόπτεται ή όχι από τα διάφορα ανοίγματα (πόρτες, παράθυρα, σχισμές) των κτιρίων.

Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν κτυπογενείς (στερεόφερτοι) ήχοι. Αυτοί προέρχονται από την εφαρμογή κρούσεων (κτυπημάτων) πάνω σε δομικά στοιχεία.

Πρακτικά τέτοιου τύπου ήχοι θα μπορούσαν να δημιουργηθούν από την κρούση ενός τοίχου με κάποιο σφυρί, από την πτώση ενός αντικειμένου στο δάπεδο κ.λπ.

Μέσω της κρούσης που δέχεται ένα οποιοδήποτε στερεό διεγείρετε, ταλαντώνεται και μπορεί να μεταφέρει τον ήχο με μικρή απόσβεση σε μεγάλες αποστάσεις.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο ήχος που προκαλείται από ένα κρουστικό δράπανο στον τελευταίο όροφο μιας πολυώροφης οικοδομής και η ένταση με την οποία φτάνει να ακούγεται έως και στον ισόγειο όροφο. Συνεπώς ο έλεγχος μετάδοσης των κτυπογενών ήχων είναι σημαντικός.

Για να είναι αποτελεσματική η ηχομόνωση στο σύνολο μιας κτιριακής κατασκευής πρέπει να λαμβάνονται μέτρα ηχομόνωσης έναντι των αερόφερτων όσο και των κτυπογενών ήχων.

### 2.3.2 Ηχομόνωση – Ηχοαπορρόφηση – Ηχογέφυρα

Η ηχομόνωση και η ηχοαπορρόφηση είναι δυο διαφορετικές έννοιες και κατά συνέπεια αυτών διαχωρίζονται τα ηχομονωτικά από τα ηχοαπορροφητικά υλικά. Ποιο συγκεκριμένα:

Ηχομονωτικά είναι τα υλικά που μειώνουν σημαντικά την ένταση των ηχητικών κυμάτων που τα διαπερνούν. Δηλαδή αποστολή τους είναι να μειώσουν την μετάδοση του ήχου από έναν χώρο σε έναν άλλο. Αυτά τα υλικά έχουν συνήθως μεγάλη μάζα ανά μονάδα επιφάνειας.

Ηχοαπορροφητικά είναι τα υλικά που δεν επιτρέπουν την ανάκλαση των ηχητικών κυμάτων και ως εκ τούτου χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της ακουστικής ενός χώρου. Βασική ιδιότητα των υλικών αυτών είναι να απορροφούν την ηχητική ενέργεια (μετατρέποντας την κυρίως σε θερμική) με αποτέλεσμα την μείωση της στάθμης του ήχου και περιορισμό της αντήχησης, μέσα στον συγκεκριμένο χώρο που εφαρμόζονται. Τα υλικά αυτά είναι συνήθως ελαφρά και πορώδη και δε μειώνουν σημαντικά την ηχητική ένταση (π.χ. πετροβάμβακας, αφρώδη πολυουρεθάνη).

Και εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι ο συνδυασμός των προαναφερθέντων κατηγοριών υλικών εξασφαλίζει το βέλτιστο αποτέλεσμα.

## **Ηχογέφυρα**

Είναι το τμήμα ενός κατασκευαστικού στοιχείου του οποίου η ποιότητα ηχομόνωσης είναι σημαντικά κατώτερη από τη μέση τιμή ηχομόνωσης του συνόλου του στοιχείου.

Σε πολλές περιπτώσεις ενώ χρησιμοποιούνται ειδικά ηχομονωτικά και ηχοαπορροφητικά υλικά, δεν δίνεται η απαραίτητη σημασία στα σημεία που μπορούν να λειτουργήσουν ως ηχογέφυρες με αποτέλεσμα να έχουμε σημαντική μείωση της συνολικής ηχομόνωσης της κατασκευής. Ηχογέφυρα μπορεί να αποτελέσουν οι συνδέσεις-στηρίξεις ξύλινων δαπέδων στα σημεία επαφής των καδρονιών με την πλάκα, τα σημεία επαφής του μεταλλικού σκελετού των γυψοσανίδων με τον τοίχο ή με το δάπεδο, ή το σημείο επαφής ενός πλωτού δαπέδου με τον πλαϊνό τοίχο.

Για να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο της ηχογέφυρας αποτελεσματικά πρέπει να παρεμβληθεί μεταξύ των προαναφερθέντων σημείων ελαστικό υλικό (π.χ. εξηλασμένο πολυαιθυλένιο, συνθετικό καουτσούκ κ.α.)



## 2.3.3 Ηχομονωτικά υλικά

### 2.3.3.1 Πολυαιθυλένιο

Πρόκειται για ένα από τα πολυμερή που ανήκουν στην κατηγορία των θερμοπλαστικών, πλαστικών δηλαδή, που αποκτούν μεγαλύτερη πλαστικότητα, δηλαδή ευκολία στο να παραμορφωθούν και να αποκτήσουν το σχήμα που επιθυμούμε, κάθε φορά που θερμαίνονται. Στη σύγχρονη ηχομόνωση, το συναντάμε υπό διάφορες μορφές ή/και σε συνδυασμό με άλλα υλικά

- Το αφρώδες διογκωμένο πολυαιθυλένιο είναι υλικό με κλειστές κυψέλες που παράγεται από θερμομονωτικό πολυμερές που, με μια διαδικασία συνεχούς εξέλασης και διόγκωσης, παίρνει τη μορφή ρολοποιημένου φύλλου. Το υλικό είναι εύκαμπτο και συμπιεστό, δεν οξειδώνεται, δεν προσβάλλεται από μύκητες και βακτήρια και έχει άριστη συνεργασία με τα συνήθη οικοδομικά υλικά (τσιμέντο, γύψο, ασβέστη, άμμο). Είναι άριστο ηχομονωτικό υλικό για κτυπογενείς θορύβους, ενώ επίσης παρουσιάζει πολύ καλή θερμομονωτική ικανότητα. Είναι εύκολο στη μεταφορά, στην κοπή και την τοποθέτηση και προσαρμόζεται σε οποιοδήποτε σχήμα απαιτεί η προς επίστρωση επιφάνεια, εξασφαλίζοντας την ηχομόνωση σε δάπεδα μεταξύ των ορόφων (δημιουργία κολυμβητών ή πλωτών δαπέδων), καθώς και σε σωληνώσεις που τοποθετούνται κάτω από τα δάπεδα, εμποδίζοντας τη διάδοση του ήχου μέσω των πατωμάτων. Το υλικό είναι κατάλληλο για εφαρμογή σε ποικιλία κατασκευών δαπέδου, όπως σε δάπεδο σκυροδέματος ή ξηράς κατασκευής με τελική επιφάνεια laminate, κεραμικών πλακιδίων, μαρμάρου, μοκέτας κ.α.
- Υπάρχει ακόμη ένα σύνθετο ηχομονωτικό υλικό για ενίσχυση ελαφρών δομικών στοιχείων και σωληνώσεων. Αποτελείται από συνδυασμό δύο στρώσεων λείου πολυαιθυλενίου, με ενδιάμεση στρώση ηχομονωτικού φύλλου μολύβδου. Εφαρμόζεται για ηχομόνωση αερόφερτου θορύβου και διατίθεται σε συσκευασίες ρολοποιημένου φύλλου. Το φύλλο μολύβδου, λόγω του μεγάλου ειδικού βάρους και της ειδικής εύκαμπτης σύνθεσης του, προσφέρει πολύ καλά ηχομονωτικά αποτελέσματα. Τα δύο φύλλα αφρώδους πολυαιθυλενίου προστατεύουν το φύλλο μολύβδου και το καθιστούν ασφαλές, αλλά και εύκολο στην τοποθέτηση.

Τοποθετείται με κόλλα σε επίπεδες ή καμπύλες επιφάνειες(καθαρές από υγρά και σκόνη). Για καλύτερα ηχομονωτικά αποτελέσματα οι αρμοί θα πρέπει να επικαλύπτονται.

- Υπάρχει επίσης ένα ηχομονωτικό και αντικραδασμικό υλικό που χρησιμοποιείται για την μείωση του κτυπογενούς θορύβου σε πλωτά/ηχομονωτικά δάπεδα, δάπεδα με τελική επιφάνεια πλακιδίου, παρκέ και laminate. Κατασκευάζεται από ελαστικό αφρώδες πολυαιθυλένιο διασταυρωμένων μοριακών αλυσίδων και φέρει επένδυση φράγματος υδρατμών με υπερκάλυψη. Διατίθεται σε μορφή ρολών.
- Έχουμε ακόμη ένα αντικραδασμικό και θερμομονωτικό υλικό από διογκωμένο φύλλο πολυαιθυλενίου με επικάλυψη φύλλου επαλουμινιωμένου πολυπροπυλενίου. Είναι ιδανικό για ανάκλαση ήχου και θερμότητας στην ενδοδαπέδια θέρμανση. Προσφέρει εξαιρετικό φράγμα θερμότητας και υδρατμών, ενώ είναι κατάλληλο για πλωτά δάπεδα με σταθερότητα στο χρόνο και φυσική αντοχή στην υγρασία και την πίεση των υδρατμών. Διατίθεται σε μορφή ρολών.
- Υπάρχει επίσης ένα υπόστρωμα κατασκευασμένο από ειδικό μίγμα πολυαιθυλενίου, το οποίο έχει στην επιφάνειά του ακρυλική κόλλα πάνω στην οποία επικολλούνται τα παρκέτα. Διαθέτει άριστες ηχομονωτικές ιδιότητες, δημιουργεί ευχάριστη αίσθηση βαδίσματος και αποτρέπει τη δημιουργία κενών αέρος κάτω από τις σανίδες των παρκέτων. Επίσης, αποτρέπει το άνοιγμα των ενώσεων μεταξύ των παρκέτων λόγω της συστολοδιαστολής, φαινόμενο το οποίο παρατηρείται έντονα στην περίπτωση της ενδοδαπέδιας θέρμανσης και παράλληλα προσφέρει πιστοποιημένη θερμική αγωγιμότητα για χρήση επάνω από ενδοδαπέδια θέρμανση. Τέλος, δεν αλλοιώνεται και δεν απελευθερώνει επιβλαβείς ουσίες. Το υπόστρωμα αυτό διατίθεται σε 2 τύπους: υπόστρωμα με κόλλα στην επάνω επιφάνεια στην οποία επικολλούνται τα παρκέτα και υπόστρωμα με κόλλα και στις δυο επιφάνειές του (στην άνω επιφάνεια επικολλούνται τα παρκέτα, ενώ η κάτω επικολλάται στην τσιμεντοκονία ή σε οποιαδήποτε στεγνή, λεία και επίπεδη επιφάνεια. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα μονολιθικό σύστημα μεταξύ τσιμεντοκονίας και παρκέτου).

- Τέλος, υπάρχει και ένα προϊόν ιδιαίτερα αποτελεσματικό για ηχομόνωση κτυπογενούς θορύβου σε δάπεδα. Παράγεται από XLPE (ελαστικό εξηλασμένο αφρώδες πολυαιθυλένιο κλειστών κυψελίδων με διασταυρωμένες μοριακές αλυσίδες / crosslinked). Η δομή κλειστών κυψελίδων προσδίδει ελαστικότητα (συμπίεση και επαναφορά) λόγω του εγκλωβισμού αέρα στις αεροστεγείς κυψελίδες και επιπλέον άριστη αντίσταση στη διάχυση υδρατμών και στην απορρόφηση υγρασίας.

Η διασταύρωση των μοριακών αλυσίδων προσδίδει χαμηλή μόνιμη παραμόρφωση λόγω φορτίου, υψηλή θερμική και μηχανική αντοχή και αντοχή σε χημικά περιβάλλοντα, στην υπεριώδη ακτινοβολία και τη γήρανση, μεγάλη διάρκεια ζωής με σταθερή απόδοση. Τα συστατικά του είναι φιλικά προς το περιβάλλον και δεν περιέχουν HFC. Διατίθεται σε μορφή ρολών.



**Εικόνα 25,26** Πολυαιθυλένιο σε ρολό και πλάκες

### 2.3.3.2 Πολυουρεθάνη

Η γνωστή από τη θερμομόνωση, πολυουρεθάνη αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ηχομονωτικά υλικά σήμερα. Η πολυουρεθάνη είναι ένα από τα πλέον σημαντικά και ασταθή μέλη της οικογένειας των πλαστικών. Η διόρθωση και η απορρόφηση του ήχου είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των μηχανικών και ελαστικών ιδιοτήτων της πολυουρεθάνης και της μορφολογίας της επιφάνειας του υλικού. Οι ελαστικές ιδιότητες του αφρού είναι τέτοιες, έτσι ώστε με την παραμόρφωση, που υφίσταται όταν εισέρχεται ένα ηχητικό κύμα να γίνεται και απορρόφηση μέρους της ενέργειας. Η κυψελωτή δομή του αφρού διευρύνει την "απορροφητική επιφάνεια", αυξάνοντας την ικανότητα ηχοαπορρόφησης. Το μέρος του ήχου που δεν απορροφάται από μια κυψέλη, ανακλάται στα τοιχώματά της ή κάποιας γειτονικής, με αποτέλεσμα σε κάθε πρόπτωση να χάνεται μέρος της ηχητικής ενέργειας και η ηχοαπορρόφηση να αυξάνεται. Συνδυάζοντας δε, το αφρώδες υλικό με ηχοανακλαστικά υλικά (ενσωματωμένα ως εσωτερική στρώση 'σάντουιτς' μέσα στη μάζα του αφρού), μπορούν να καλυφθούν σημαντικές απαιτήσεις ηχομόνωσης. Τα προϊόντα παράγονται σε μορφή φύλλων και ρολών. Η τελική εξωτερική επιφάνεια μπορεί να είναι βαμμένη ή επικαλυμμένη με διάφορα υλικά (λεπτή ελαστική μεμβράνη, ύφασμα, φύλλο αλουμινίου) για διάφορους λόγους (αισθητικούς, προστασίας, πρόσθετης ηχοαπορρόφησης). Η κάτω επιφάνεια μπορεί να είναι αυτοκόλλητη για ευκολότερη τοποθέτηση. Τα ηχοαπορροφητικά/ηχομονωτικά υλικά από αφρό πολυουρεθάνης έχουν ένα ευρύ πεδίο εφαρμογής, για την ακουστική βελτίωση ή ηχομόνωση οποιουδήποτε κτιριακού χώρου και για τη μείωση του βιομηχανικού θορύβου σε χώρους παραγωγής και μηχανολογικών εγκαταστάσεων.



**Εικόνα 27** Πλάκες πολυουρεθάνης

### 2.3.3.3 Πολυεστέρας

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται στην ηχομόνωση παράγονται, εν προκειμένω, από πολυεστερικές, θερμοσυγκολλητές ίνες μεγάλης αντοχής. Παράγονται έτσι, θερμομονωτικά και ηχοαπορροφητικά υλικά τα οποία:

- Είναι οικολογικά, φιλικά προς τον άνθρωπο και μη καρκινογόνα.
- Δεν επηρεάζονται από τις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου, την υγρασία και δεν προσβάλλονται από μούχλα, βακτηρίδια και μικροοργανισμούς.
- Είναι αυτοσβενύμμενα και δεν παράγουν τοξικά αέρια ή καπνούς σε περίπτωση πυρκαγιάς.
- Υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα διαφόρων πυκνοτήτων και παχών.
- Είναι σχετικά εύκαμπτα και συνεπώς, εύκολα στην τοποθέτηση.

Οι εφαρμογές που μπορεί να έχουν τα υλικά από πολυεστέρα είναι πολλές:

- Ψευδοροφές, χωρίσματα, τοίχοι και πατώματα κτιρίων, όπου απαιτείται ένας συνδυασμός θερμικής και ακουστικής μόνωσης.
- Ηχομόνωση και ρύθμιση ακουστικής σε κτίρια γραφείων και κατοικιών, studio ηχογραφήσεων, γυμναστήρια, clubs, κέντρα διασκέδασης και γενικότερα σε χώρους αναψυχής.
- Ιδιαίτερα κατάλληλα για νοσοκομεία, χειρουργεία και σχολικά συγκροτήματα.
- Ανακατασκευές κτιρίων.



**Εικόνα 28** Πολυεστέρας

#### 2.3.3.4 Ανακυκλωμένο ελαστικό

Παράγονται υλικά, ηχομονωτικά και αντιδονητικά, από μίγμα συνθετικών και φυσικών ελαστομερών από ανακύκλωση P.F.U. (μη χρησιμοποιήσιμου λάστιχου και ως συνδετικό υλικό χρησιμοποιείται υγρή πολυουρεθάνη. Τα επιστρώματα αυτά πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας πρωτοποριακές συμπιεστικές τεχνικές που δίνουν στο προϊόν άριστα τεχνικά, φυσικά και ηχητικά χαρακτηριστικά. Έχουν υψηλές μηχανικές αντιστάσεις, άριστες ικανότητες απορρόφησης κραδασμών, είναι ανθεκτικά στις τριβές και παρουσιάζουν άριστα χαρακτηριστικά ελαστικότητας. Χρησιμοποιούνται σαν διαχωριστικά επιστρώματα σε πλωτά δάπεδα για την ελάττωση κτυπογενών ήχων. Είναι ιδανικά για να εφαρμοστούν σε πλάκα οροφής, σε τσιμέντο με προσμείξεις και σαν υποδάπεδο κατά της δόνησης σε εμπορικά κέντρα, δημόσια κτίρια, studio, συνεδριακούς χώρους, βιομηχανικούς χώρους κ.λ.π. Τέλος, λόγω της μεγάλης επιφανειακής μάζας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την μείωση αερόφερτου θορύβου σε τοιχοποιία με διπλό τούβλο, σε επένδυση τοιχοποιίας με ξηρά δόμηση κ.α. Διατίθενται σε μορφή ρολών.



**Εικόνα 29** Ρολό από ανακυκλωμένο ελαστικό

### 2.3.3.5 Φελλός

Ο φελλός είναι ο εξωτερικός φλοιός της φελλόδρυος (*Quercus Suber*), δένδρο με κύρια εξάπλωση στη δυτική Μεσόγειο. Η κυψελωτή δομή του (περιέχει εκατομμύρια κυψέλες με αέρα ανά m<sup>3</sup>) και η ικανότητά του να ανακτά το αρχικό του σχήμα μετά από συμπίεση του προσδίδει τις εξαιρετικές του ιδιότητες, σαν ηχομονωτικό, θερμομονωτικό και αντικραδασμικό υλικό. Διατίθεται σε ρολά και φύλλα διαφόρων διαστάσεων και σε διάφορα πάχη από 2 έως 6mm. Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του, τόσο αυξάνεται η ηχομείωση που προσφέρει. Ο φελλός χρησιμοποιείται σαν υπόστρωμα σε δάπεδα από μασίφ ξύλο, multilayer και laminate που εφαρμόζονται καρφωτά, κολλητά ή πλωτά, αλλά και κάτω από κεραμικά πλακίδια ή μοκέτες. Επιπρόσθετα, το υπόστρωμα από φελλό, εξομαλύνει μικροανωμαλίες του υποστρώματος και προστατεύει το δάπεδο από ρηγματώσεις. Χαρακτηριστικά των υλικών παραγόμενα από φελλό μικρής κοκκομετρίας και πολυουρεθανικό συνδετικό υλικό είναι η εξαιρετική αντοχή τους σε ιδιαίτερες συνθήκες θερμοκρασίας, έκθεσης σε λάδια, Οξέα κ.λ.π., καθιστώντας τα κατάλληλα για χώρους μηχανοστασίων και η μείωση του κτυπογενούς θορύβου σε πλωτά δάπεδα. Παράγονται σε μορφή ρολών.



**Εικόνα 30** Ρολό φελλού

### 2.3.3.6 Προβατόμαλλο

Το πρόβειο μαλλί είναι από τα αρχαιότερα μονωτικά που χρησιμοποιούσαν στις πρωτόγονες κατοικίες. Είναι το ιδανικό υλικό για την κατασκευή, σύμφωνα με τις αρχές της βιοκλιματικής δόμησης. Είναι ελαστικό και διαπνέον, αποτελεί άριστη κλιματιστική ίνα σε κρύο και ζέστη ενώ χαρακτηρίζεται για την αξιόλογη υγροσκοπική του ιδιότητα. Η ιδιαιτερότητα του αποτελείται στο ότι είναι αδιάβροχο και παράλληλα απορροφάει την υγρασία. Αυτό σημαίνει ότι απομακρύνει το νερό στην υγρή του μορφή και παράλληλα έχει την ικανότητα να απορροφήσει τον υδρατμό έως και το 33% του βάρους του χωρίς να εμφανιστεί υγρασία. Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται μια φυσική ρύθμιση της υγρασίας στο εσωτερικό των κατοικιών και μειώνεται ο κίνδυνος συμπίκνωσης που φέρνει μελλοντικές φθορές στην δομή. Για την κατασκευή του ηχομονωτικού υλικού από προβατόμαλλο το κουρεμένο χωριάτικο πρόβειο μαλλί, πλένεται με φυσικό σαπούνι και υποβάλλεται σε αντισκωρική επεξεργασία. Στη συνέχεια ξαίνεται και θερμοσυγκολλάται στους 180°, θερμοκρασία που παράλληλα εξασφαλίζει την αποστείρωση του υλικού. Χάρη στην ιδιαίτερη μοριακή δομή του, το πρόβειο μαλλί προτείνεται ως άριστη και φυσική θερμοηχητική μόνωση, εναλλακτική στις ορυκτές ίνες. Επίσης, το μαλλί είναι μια ανανεώσιμη και ανακυκλώσιμη πρώτη ύλη και η διαδικασία μεταποίησης της σε μονωτική πλάκα απαιτεί μια ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Χρησιμοποιείται για θερμική και ηχητική μόνωση σε στέγαστρα, οροφές, εσωτερικά χωρίσματα, προσόψεις και ξύλινες κατασκευές. Είναι ιδανικό για καινούργιες κατασκευές και αναπαλαιώσεις αφού πρόκειται για ελαφρύ υλικό με αποστραγγιστικές ιδιότητες. Διατίθεται σε μορφή πλακών και ποικιλία διαστάσεων.



**Εικόνα 31** Προβατόμαλλο



### 2.3.3.7 Καλαμπόκι

Ένα νέο ηχοαπορροφητικό, θερμομονωτικό και οικολογικό υλικό είναι αυτό που είναι κατασκευασμένο από ίνες προερχόμενες από κόκκους καλαμποκιού.

Αποτελείται αποκλειστικά από ίνες που παράγονται με εξέλαση και διαδοχική πλέξη πολυγαλακτικού οξέος (PLA), πολυμερούς του γαλακτικού οξέος, που προέρχεται από την ελεγχόμενη ζύμωση κόκκων καλαμποκιού. Το PLA έχει δείκτη πρόσληψης οξυγόνου (Limit Oxygen Index) LOI περίπου 26, που το καθιστά από τη φύση του δύσφλεκτο και αυτοσβεννύμενο, με περιορισμένη έκλυση καπνού κατά την καύση του. Δεν παράγονται επίσης κατά την καύση του τοξικά αέρια. Οι ίνες του έχουν ελάχιστη διάμετρο 21 μm, μέση διάμετρο 34 μm και μέσο μήκος 51 mm.

Η θερμοκρασία λειτουργίας του είναι από -30 έως +120 οC. Είναι πρωτότυπο και καινοτόμο προϊόν, που παρουσιάζει ένα χωρίς σύγκριση θετικό, από οικολογική άποψη, ισοζύγιο σε ολόκληρο τον κύκλο της ζωής του και παράλληλα χαμηλού ολικού κόστους, κάτι που δεν είναι δυνατό στην περίπτωση των προϊόντων από συνθετικές ίνες.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του υλικού είναι πολλά και σημαντικά:

- Είναι απόλυτα φιλικό προς την ανθρώπινη υγεία σε όλη τη διάρκεια του κύκλου της ζωής του, δηλαδή την προέλευση της πρώτης ύλης, την παραγωγή, τη μεταφορά και αποθήκευση καθώς και τη χρήση του.
- Δεν απελευθερώνει ίνες στην ατμόσφαιρα.
- Δεν είναι καρκινογόνο.
- Δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών, βακτηριδίων, μυκήτων και εντόμων.
- Έχει εξαιρετική ηχοαπορροφητική ικανότητα, ιδιαίτερα στις χαμηλές συχνότητες.
- Είναι απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον αφού οι ίνες από καλαμπόκι είναι 100% βιοδιασπάσιμες και όταν ολοκληρώσουν τον κύκλο ζωής τους, μπορούν εύκολα να ανακυκλωθούν. Θαλασσινό νερό και χώμα με μικροοργανισμούς, μετατρέπουν τις ίνες από καλαμπόκι σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό σε μια περίοδο δύο έως τριών ετών.



**Εικόνα 32** Πλάκες από Καλαμπόκι

#### 2.3.3.8 Κέναφ

Πρόκειται για ένα ηχοθερμομονωτικό υλικό από Κέναφ, μια φυτική ίνα όμοια με την κάνναβη που χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο από τα αρχαία χρόνια. Το ομώνυμο φυτό (επιστημονική ονομασία: *hibiscus cannabinus*) από το οποίο βγαίνει η ίνα ανήκει στην οικογένεια των μαλαχοειδών και είναι μια πλήρως αειφορική καλλιέργεια με εποχιακή σοδειά. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται προέρχεται από ιταλική βιολογική καλλιέργεια. Κάνοντας ένα συνολικό οικολογικό απολογισμό του υλικού αυτού, πολλές είναι οι ιδιότητες του Κέναφ:

- το φυτό αυτό απορροφά περισσότερο μονοξείδιο του άνθρακα από κάθε άλλο είδος καλλιέργειας,
- είναι καθαρικό του εδάφους από τοξικά στοιχεία όπως τα βαριά μέταλλα,
- προσκομίζει μεγάλες ποσότητες οξυγόνου στο έδαφος,
- έχει καλή αντοχή στην ξηρασία, ενώ η καλλιέργεια της δεν απαιτεί χρήση φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων γιατί το Κέναφ δεν περιέχει πρωτεϊνικές ουσίες.

Τα υπολείμματα από το διαχωρισμό της ίνας χρησιμοποιούνται ως σανό και καύσιμα βιομάζας. Η διαδικασία μεταποίησης, από φυτό σε ολοκληρωμένο μονωτικό προϊόν, απαιτεί μια μέτρια κατανάλωση ενέργειας.

Για να κατασκευαστεί το εν λόγω ηχομονωτικό υλικό, οι ίνες Κέναφ αναμιγνύονται με ένα ινώδες πλέγμα, συμπυκνώνονται μηχανικά και συγκολλούνται με θερμική μέθοδο, χωρίς κανένα χημικό πρόσθετο. Το τελικό προϊόν έχει χαρακτηριστικά υψηλής διαπνοής, αντοχής και ελαστικότητας. Τα χαρακτηριστικά της μοριακής δομής του Κέναφ χαρίζουν στο υλικό άριστη μονωτική ικανότητα από θερμότητα και ήχο, αξιοσημείωτη αντοχή στις καταπονήσεις από τις καιρικές συνθήκες και καλή ελαστικότητα. Είναι ένα ελαφρύ και ελαστικό υλικό που διατίθεται σε πλάκες και ρολό για να τοποθετείται εύκολα. Στο εσωτερικό του περικλείεται υψηλή ποσότητα αέρα που παρέχει άριστη θερμική μόνωση. Απρόσβλητο από έντομα και τρωκτικά, έχει και άριστη αντοχή στην μούχλα και στο σάπισμα. Επίσης, το προϊόν αυτό είναι πλήρως ανακυκλώσιμο.

Τέλος, είναι ιδανικό υλικό για οικολογική δόμηση και άριστη λύση για διαμόρφωση φυσικά κλιματιζόμενων και ευχάριστων εσωτερικών χώρων. Χρησιμοποιείται για θερμική και ηχητική μόνωση των διάκενων σε διπλούς τοίχους, εσωτερικά χωρίσματα, προσόψεις, πατώματα, στέγαστρα. Είναι ιδανικό για καινούργιες κατασκευές και αναπαλαιώσεις μιας και αποτελεί ένα ελαφρύ υλικό με άριστες αποστραγγιστικές ιδιότητες. Διατίθεται σε μορφή ρολών και πλακών διαφόρων μεγεθών και παχών.



Εικόνα 33 Κέναφ

### 2.3.3.9 Υλικά περιορισμένης χρήσης

Παρακάτω θα αναφερθούν κάποια υλικά των οποίων η χρήση είναι περιορισμένη σε σχέση με τα υπόλοιπα του είδους.

- Ανακυκλωμένο καουτσούκ: Πρόκειται για υλικό γενικής χρήσης που διαθέτει μεγάλη ηχομονωτική και αντικραδασμική ικανότητα. Είναι κατάλληλο για απλά ή σύνθετα πλωτά δάπεδα, τοίχους από τούβλα, γυψοσανίδες και ανακαίνιση ορόφων.
- Βαμβακερές ίνες: Πρόκειται για την κατασκευή σύνθετου υλικού αποτελούμενου από 2 στρώσεις ηχοαπορροφητικού υλικού βαμβακερών ινών και άκαυστων ρητινών με ενδιάμεση στρώση ηχομονωτικής στρώσης βισκοελαστικού ελαστομερούς EPDM. Η χρήση του περιορίζεται σε κατασκευή ανάμεσα σε διπλό τούβλο.
- MDF: Το MDF αποτελείται από ίνες ξύλου που προέρχονται από κορμούς, υπολείμματα υλοτομίας, πριστηρίων κ.τ.λ. Η χρήση του στον τομέα της ηχομόνωσης γίνεται μέσω ενός συστήματος ηχοαπορροφητικών στοιχείων από MDF με επένδυση μελαμίνης για την επένδυση οροφών, τοίχων και διαχωριστικών πετασμάτων. Προσφέρει ακουστική άνεση σε συνδυασμό με αισθητική παρουσία σε αίθουσες κάθε είδους εκδηλώσεων, κτίρια γραφείων και κατοικίες. Η μορφή του επιτρέπει πολλαπλές λύσεις συναρμολόγησης με ελάχιστη απώλεια υλικού και μεγάλη ευκολία τοποθέτησης. Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί πως υπάρχει δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης όλων των υλικών.

## 2.4 Θέση μονωτικών υλικών

### Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας - δοκών - υποστρωμάτων

Οι βασικοί τρόποι θερμομόνωσης της εξωτερικής τοιχοποιίας, δοκών και υποστρωμάτων είναι οι ακόλουθοι:

#### Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας:

- Θερμομόνωση στην εσωτερική επιφάνεια
- Θερμομόνωση στην εξωτερική επιφάνεια
- Θερμομόνωση στον πυρήνα
- Χρήση θερμομονωτικών τούβλων.

Στις περιπτώσεις θερμομόνωσης τοίχου, σε όποια θέση και να τοποθετηθεί η θερμομόνωση θα πρέπει:

- Να παρέχει επαρκή θερμική αντίσταση ώστε να πληρούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης.
- Να παρέχει ένα συνεχές θερμομονωτικό στρώμα χωρίς θερμογέφυρες.
- Να αντιστέκεται στη διείσδυση νερού.

#### Θερμομόνωση Δοκών - Υποστρωμάτων:

- Θερμομόνωση στην εσωτερική παρειά
- Θερμομόνωση στην εξωτερική παρειά.

### 2.4.1 Εσωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας, δοκών-υποστρωμάτων

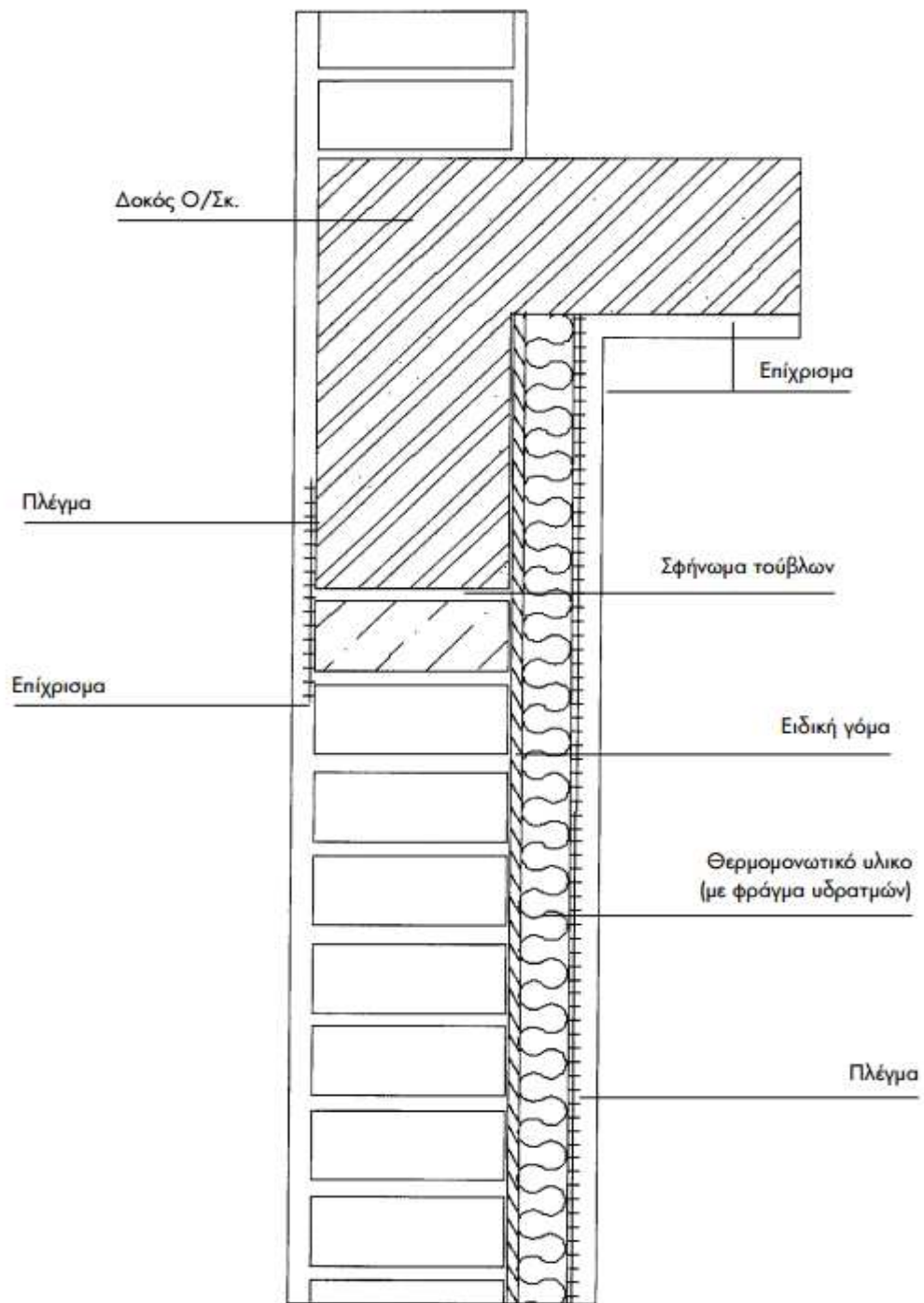
Η εσωτερική θερμομόνωση τοποθετείται σε κτίρια στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης χωρίς χρονική καθυστέρηση, και δεν μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία μετά τη διακοπή του κλιματισμού, δηλαδή, παραθεριστικές κατοικίες, σχολεία, κτίρια γραφείων ημερήσιας λειτουργίας κ.λπ. Η εσωτερική θερμομόνωση καλύπτεται με συνδυασμό πλέγματος και επιχρίσματος, με γυψοσανίδα κ.λπ.

Τα πλεονεκτήματα της εσωτερικής θερμομόνωσης είναι:

- Απλή και γρήγορη κατασκευή
- Οικονομικότερη κατασκευή σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση
- Άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης
- Τα μονωτικά υλικά δεν χρειάζονται προστασία από εξωτερικές επιδράσεις (άνεμοι, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία κ.λπ.).

Τα μειονεκτήματά της είναι:

- Πρόβλημα θερμογεφυρών (κυρίως στα σημεία όπου υπάρχουν συναρμογές εξωτερικών και εσωτερικών τοίχων), αν η μόνωση δεν είναι ενιαία.
- Γρήγορη ψύξη του χώρου μετά τη διακοπή της θέρμανσης.
- Αδυναμία προστασίας δομικών στοιχείων από συστολές - διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών.
- Πιθανότητα δημιουργίας επιφανειακής υγρασίας από συμπύκνωση υδρατμών που για να αποφευχθεί απαιτείται η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών (φύλλα αλουμινίου, ασφαλτόπανο, νάιλον κ.λπ.)μπροστά από το μονωτικό υλικό και προς την κλιματιζόμενη πλευρά του χώρου.
- Δυσκολία, όχι αξιόπιστα, στο να κρεμαστούν ράφια, πίνακες κ.λπ. μεγάλου βάρους και τοποθέτηση ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.
- Στην περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτίρια εμποδίζει την ομαλή λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και μειώνει το ωφέλιμο εμβαδόν του.



Εικόνα 34 Εσωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας

## 2.4.2 Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας δοκών - υποστυλωμάτων

Τοποθετείται σε κτίρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ ψύξης, ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού, δηλαδή σε κατοικίες μόνιμης διαμονής, νοσοκομεία κ.λπ. Η χρήση της σε υφιστάμενα μη θερμομονωμένα κτίρια πρέπει να γίνεται με προσοχή, λόγω δυσκολίας κατασκευής, υψηλού κόστους και αύξησης περιμέτρου του κτιρίου που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα συντελεστή δόμησης.

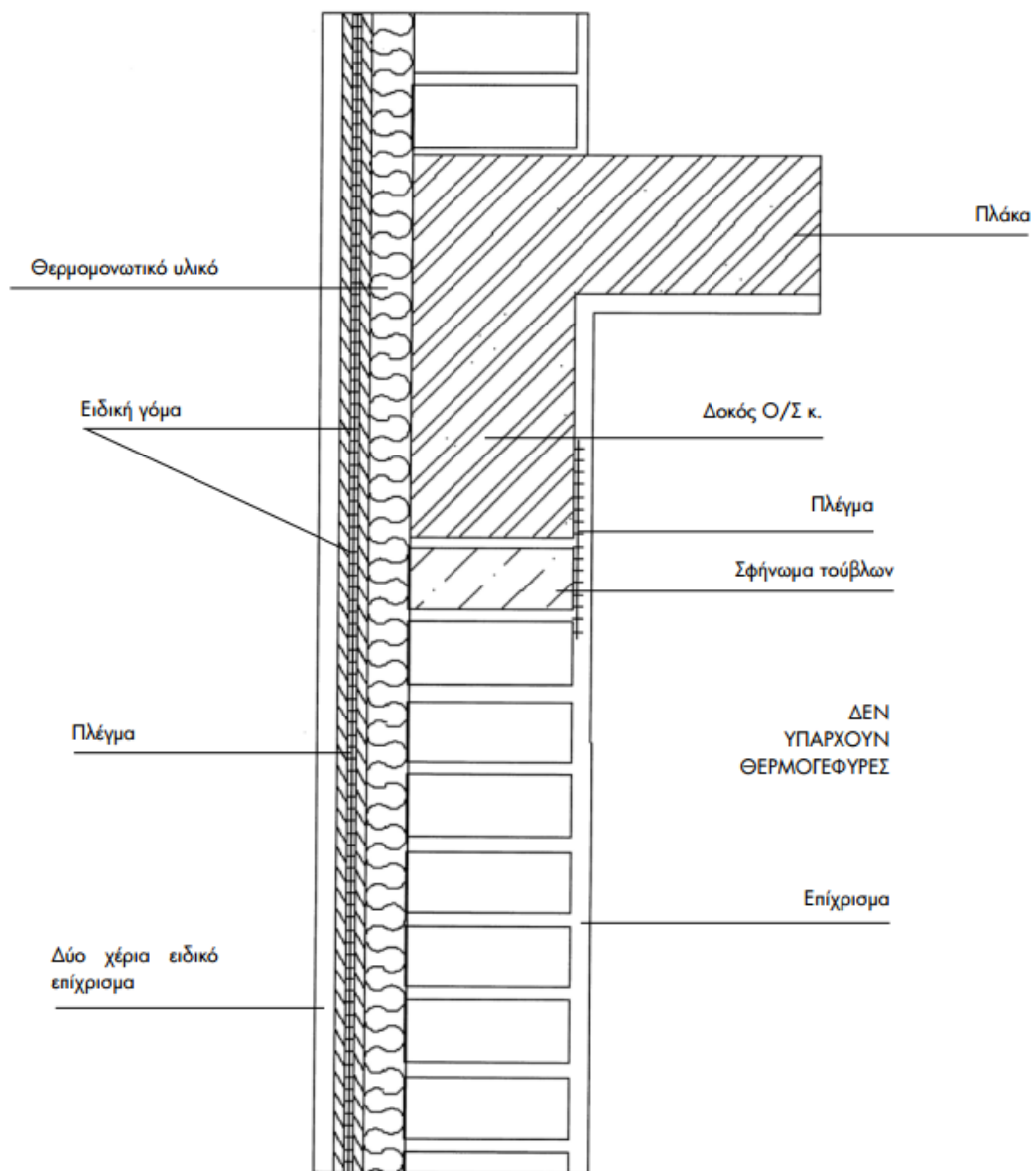
### Τα πλεονεκτήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης

- Διατήρηση της θερμότητας στο χώρο και μετά τη διακοπή της θέρμανσης λόγω της θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων.
- Μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μικρότερης χρονικά χρήσης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης εξαιτίας της αποθήκευσης ενέργειας στα νότια κυρίως δομικά στοιχεία από τον ήλιο εφόσον εξασφαλίζεται η απαιτούμενη θερμοχωρητικότητα με την κατασκευή τοιχοποιίας, δοκών και υποστυλωμάτων επαρκούς πάχους.
- Προστασία εξωτερικών επιφανειών τοίχων από συστολές και διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών.
- Ελαχιστοποίηση έως μηδενισμός των θερμογεφυρών.
- Σε περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτίρια αφενός μεν δεν εμποδίζει τη λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και αφετέρου δεν μειώνει το ωφέλιμο εμβαδόν του
- . • Προστασία από καιρικές συνθήκες.

### Τα μειονεκτήματα της είναι:

- Αυξημένο κόστος κατασκευής.
- Απαιτείται προσοχή στην κατασκευή (ορθή επιλογή υλικών, ορθή τοποθέτηση) για αποφυγή δημιουργίας ρωγμών στην όψη.
- Δυσκολία/Αδυναμία εφαρμογής σε κτίρια με έντονες εξωτερικές μορφολογικές όψεις.





**Εικόνα 35** Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας

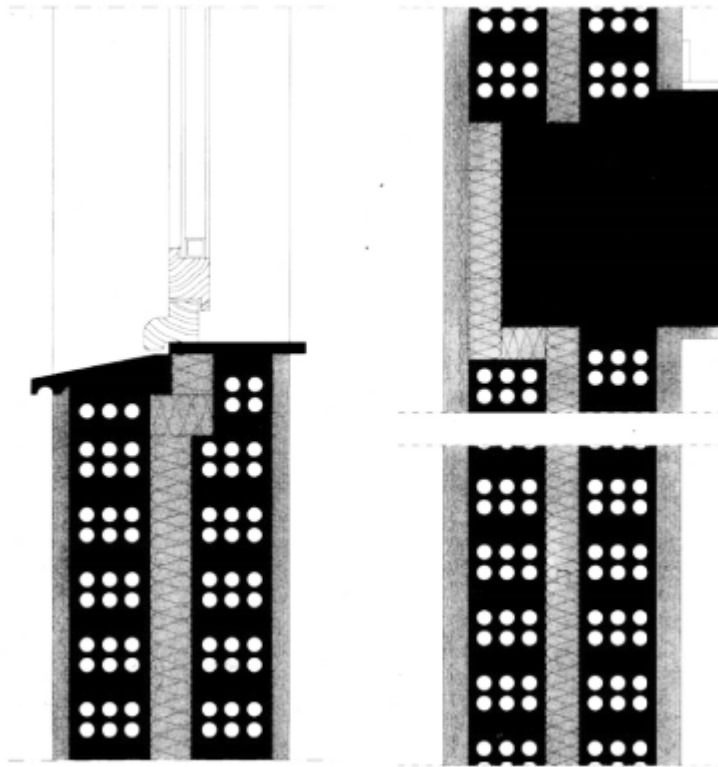
### 2.4.3 Θερμομόνωση πυρήνα εξωτερικής τοιχοποιίας

Η εξωτερική τοιχοποιία με διάκενο, συνήθως αποτελείται από δύο επιμέρους τοίχους που ενώνονται μεταξύ τους. Ο εξωτερικός τοίχος είναι, συνήθως, από τούβλο όπως και ο εσωτερικός, παρόλο που χρησιμοποιούνται και κατασκευές τούβλου/μπλοκ και μπλοκ/μπλοκ. Για συμμόρφωση με τις ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης που ισχύουν, θα πρέπει να τοποθετηθεί θερμική μόνωση στο διάκενο.

Ο εσωτερικός επιμέρους τοίχος από τούβλο θα απορροφήσει και θα συγκρατήσει τη θερμική ενέργεια ενώ το κτίριο θερμαίνεται. Ο τοίχος θα επιστρέψει τη θερμότητα αυτή στα δωμάτια όταν το κτίριο δεν θερμαίνεται, διατηρώντας έτσι μια πιο ομοιόμορφη εσωτερική θερμοκρασία.

Ο τοίχος από τούβλα είναι πορώδης. Σε μακρές περιόδους βροχοπτώσεων, το νερό της βροχής θα διεισδύσει από τον εξωτερικό τοίχο και μπορεί να τρέξει στο εσωτερικό μέτωπο του τοίχου αυτού. Για να αποφευχθεί το πέρασμα της υγρασίας από τον εξωτερικό τοίχο στο θερμομονωτικό υλικό, θα πρέπει να υπάρχει ένα σαφές διάκενο μεταξύ του εξωτερικού τοίχου και των θερμομονωτικών πλακών. Ένα καθαρό κενό πάχους 5 cm, είναι κατάλληλο για όλους τους βαθμούς έκθεσης. Για ορισμένες περιπτώσεις, ένα καθαρό κενό των 2,5 cm θα είναι αρκετό για να αποτρέψει την είσοδο της υγρασίας στο θερμομονωτικό υλικό.

Η χρήση θερμομονωτικών υλικών εντός ενός διακένου που δεν αερίζεται, δεν προδικάζει τις ιδιότητες πυραντοχής του τοίχου. Οι πλάκες του θερμομονωτικού υλικού είναι απίθανο να αναφλεγούν αν η φωτιά διεισδύσει σε ένα κενό που δεν αερίζεται. Η εξάπλωση της φλόγας θα είναι ελάχιστη αφού δεν θα υπάρχει αρκετός αέρας για να διατηρήσει την καύση.



**Εικόνα 36** Θερμομόνωση πυρήνα τοιχοποιίας

## 2.4.4 Θερμογέφυρες

### 2.4.4.1 Η έννοια της θερμογέφυρας

Ως θερμογέφυρα ορίζεται το τμήμα εκείνο του περιβλήματος του κτιρίου, στο οποίο η θερμική του αντίσταση εμφανίζεται μειωμένη συγκριτικά με τη θερμική αντίσταση στο υπόλοιπο κέλυφος και κατά συνέπεια στη θέση εκείνη η θερμική ροή είναι αυξημένη.

Γι' αυτό το λόγο και οι θερμογέφυρες θεωρούνται ως τα "ασθενή" σημεία του κτιριακού κελύφους και λειτουργούν επιβαρυντικά στη θερμική του προστασία. Επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου και επιφέρουν μείωση της αίσθησης της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του χώρου, ενώ ευνοούν την εκδήλωση του φαινομένου της συμπύκνωσης των υδρατμών και την ανάπτυξη μυκήτων μούχλας και διαφόρων μικροοργανισμών στην επιφάνεια των δομικών στοιχείων.

Τη δημιουργία μιας θερμογέφυρας μπορεί να προκαλέσουν κατασκευαστικές αδυναμίες, κακοτεχνίες, αστοχίες, αμέλεια και παραλείψεις, άγνοια ή ακόμη και φθορές, οφειλόμενες στο πέρασμα του χρόνου. Σε όλες τις περιπτώσεις κοινή συνισταμένη αναδεικνύεται η μειωμένη θερμομονωτική προστασία στη θέση εκείνη.

Σε γενικές γραμμές, η εμφάνιση μιας θερμογέφυρας μπορεί να οφείλεται:

- Σε κατασκευαστικούς λόγους που καθιστούν δυσχερή ή πρακτικά αδύνατη την πλήρη θερμομονωτική προστασία της κατασκευής.
- Στη μεταβολή του πάχους των υλικών μεταξύ δύο γειτονικών θέσεων.
- Στην αλλαγή της σύνθεσης των υλικών (χρήση στο περίβλημα του κτιρίου υλικών με διαφορετική θερμική αγωγιμότητα) ή της διαδοχής των στρώσεων ενός φαινομενικά ενιαίου δομικού στοιχείου (π.χ. σημείο συναρμογής στοιχείου του φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης).
- Στη διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης σε κάποια θέση του εξωτερικού περιβλήματος.
- Στη συνάντηση δύο κάθετων μεταξύ τους δομικών στοιχείων, των οποίων η πλήρης θερμομονωτική προστασία είναι δυσχερής ή πρακτικά ανέφικτη.
- Στην απουσία θερμομονωτικής στρώσης ή στη μείωση του πάχους της.
- Στη διαφορά μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών, όπως συμβαίνει σε διέδρες ή τρίεδρες εξωτερικές γωνίες, στο εμβαδό της εξωτερικής επιφάνειας των οποίων αντιστοιχεί πολύ μικρότερο εμβαδό εσωτερικής επιφάνειας.

Είναι σκόπιμο οι θέσεις των θερμογεφυρών να προσδιορίζονται εξ αρχής σε ένα κτίριο, δηλαδή από το στάδιο της κατασκευής του, έτσι ώστε να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την κατά το δυνατόν αποφυγή ή περιορισμό των επιπτώσεών τους.

Η εκ των υστέρων αντιμετώπισή τους συχνά είναι δυσχερής και απαιτεί πιο σύνθετες οικοδομικές εργασίες που αποθαρρύνουν την εφαρμογή τους. Άλλοτε πάλι λανθασμένη εκτίμηση του αιτίου πρόκλησης των φθορών ή λανθασμένη προσέγγιση του προβλήματος οδηγεί σε εσφαλμένες λύσεις που όχι μόνο δεν αντιμετωπίζουν την κατάσταση, αλλά αντίθετα, την επιδεινώνουν.

Γενική κατεύθυνση για την αποφυγή εμφάνισης θερμογεφυρών σε μια κατασκευή αποτελεί η πλήρης θερμική προστασία της. Ωστόσο, πρακτικά δεν είναι εφικτή η κατασκευή ενός συμβατικού κτιρίου χωρίς τη δημιουργία θερμογεφυρών. Και αυτό όχι κατ' ανάγκη επειδή δεν θα έχει εκπονηθεί η απαραίτητη μελέτη θερμικής προστασίας ή επειδή αυτή δεν θα έχει εφαρμοσθεί πλήρως, αλλά επειδή κάποιο σημείο ή τμήμα ενός δομικού στοιχείου λόγω της θέσης του ή του κατασκευαστικού σχήματος του περιβλήματος θα παρουσιάζει υψηλότερες θερμικές απώλειες, τις οποίες ένας συμβατικός τρόπος δόμησης δεν μπορεί να αντιμετωπίσει.

#### **2.4.4.2 Η επίδραση στη θερμική άνεση**

Στη θέση μιας θερμογέφυρας το δομικό στοιχείο εμφανίζει μειωμένη θερμική προστασία με αποτέλεσμα την αύξηση των ροών θερμότητας που διέρχονται από τη θέση αυτή και την εμφάνιση μιας διαφορετικής κατανομής των θερμοκρασιών στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου, συγκριτικά πάντα με τις θέσεις που δεν αποτελούν θερμογέφυρες. Αυτός είναι και ο λόγος που η εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία του δομικού στοιχείου στη θέση της θερμογέφυρας εμφανίζεται χαμηλότερη. Επηρεάζει, επομένως, το αίσθημα της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό ενός χώρου, καθώς η επιφανειακή θερμοκρασία μαζί με τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία του αέρα και την ταχύτητα κίνησής του στο εσωτερικό του χώρου είναι παράγοντες αποφασιστικής σημασίας στις ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ ανθρώπινου σώματος και περιβάλλοντος.

Χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες των δομικών στοιχείων μπορούν να δημιουργήσουν το αίσθημα της δυσφορίας σε ένα χώρο κατοικίας ή εργασίας, ανατρέποντας τη θερμική ισορροπία του ανθρώπινου σώματος.

Είναι ωστόσο σαφές, ότι η επίδραση αυτή συναρτάται απόλυτα από την επιφάνεια στην οποία εκτείνεται η θερμογέφυρα. Όσο μικρότερης έκτασης είναι αυτή, τόσο μικρότερη είναι η επίδραση και αντιστοίχως όσο περισσότερο εκτείνεται, τόσο μεγαλύτερη επίδραση έχει. Έτσι για παράδειγμα, η έλλειψη θερμικής προστασίας στον περίδεσμο ενίσχυσης (σενάζ) μιας περιμετρικής τοιχοποιίας δεν πρόκειται να επηρεάσει τη διαμόρφωση του εσωκλίματος στο εσωτερικό του χώρου και θα γίνεται αντιληπτή μόνον κατά την επαφή του ανθρώπινου σώματος με την επιφάνεια του τοίχου. Αντίθετα, η έλλειψη θερμικής προστασίας ενός τοιχίου ή ενός υποστρώματος γίνεται εύκολα αντιληπτή και επηρεάζει το αίσθημα της ευεξίας όσο το ανθρώπινο σώμα βρίσκεται πλησιέστερα προς αυτή την επιφάνεια. Αισθάνεται κανείς τότε σαν να δέχεται την "εκπομπή ψύχους" από το μη μονωμένο δομικό στοιχείο. Αυτή η αίσθηση οφείλεται στις μεγαλύτερες ροές θερμότητας που παρουσιάζονται στη θέση εκείνη.

#### **2.4.4.3 Το φαινόμενο του δρόσου**

##### **Η σχετική υγρασία του αέρα**

Σημαντική είναι η επίδραση των θερμογεφυρών στην πρόκληση δρόσου, δηλαδή στην εμφάνιση υγρασίας λόγω συμπύκνωσης των υδρατμών της ατμόσφαιρας επάνω στην επιφάνεια των δομικών στοιχείων. Η συμπύκνωση εκδηλώνεται στις θέσεις εκείνες, στις οποίες η επιφανειακή θερμοκρασία είναι χαμηλότερη λόγω μεγαλύτερων θερμικών απωλειών. Και αυτό οφείλεται στην αδυναμία του αέρα να συγκρατήσει σε χαμηλότερες θερμοκρασίες την ποσότητα των υδρατμών που περιέχονται στη μάζα του.

Όπως είναι γνωστό ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει στη μάζα του υδρατμούς που όμως δεν είναι ορατοί και γι' αυτό δεν γίνονται αντιληπτοί. Η ποσότητα αυτή των συγκρατούμενων υδρατμών εξαρτάται από την πίεση και από τη θερμοκρασία του αέρα. Από τους δύο παράγοντες η επίδραση του πρώτου θεωρείται αμελητέα και γι' αυτό συνήθως δεν λαμβάνεται υπόψη. Η επίδραση του δευτέρου όμως είναι σημαντική. Με την άνοδο της θερμοκρασίας αυξάνεται και η ικανότητα του αέρα να συγκρατεί υδρατμούς, ενώ με την πτώση της θερμοκρασίας η ικανότητα του αυτή μειώνεται.

## **Η εκδήλωση του φαινομένου**

Η υγρασία συμπύκνωσης εμφανίζεται συνήθως στο εσωτερικό των κτιρίων κατά τη χειμερινή περίοδο και όταν η εξωτερική θερμοκρασία πέφτει σε χαμηλά επίπεδα ή όταν κατά τη διάρκεια της νύχτας η κεντρική θέρμανση παύει να λειτουργεί, η εσωτερική θερμοκρασία μειώνεται και η σχετική υγρασία αυξάνεται. Οι υδρατμοί που επικάθονται υπό υγρή φάση ως σταγονίδια στις ψυχρές επιφάνειες των δομικών στοιχείων απορροφώνται από αυτά και εμποτίζουν τη μάζα τους.

Στις θέσεις των θερμογεφυρών το φαινόμενο εκδηλώνεται επάνω στα δομικά στοιχεία με περιορισμένες ή εκτεταμένες ζώνες μικρών σταγονιδίων (ανάλογα με την έκταση της θερμογέφυρας). Συνήθως εκδηλώνεται στις σχηματιζόμενες διέδρες ή τρίεδρες γωνίες που σχηματίζουν οι περιμετρικοί εξωτερικοί τοίχοι με το δάπεδο ή την οροφή (σχήμα 4), στις ποδιές των παραθύρων, στις θέσεις συναρμογής του τοίχου με τις κάσες των κουφωμάτων, επάνω στους υαλοπίνακες και στα πλαίσια των κουφωμάτων (ιδίως των κουφωμάτων αλουμινίου που δεν είναι μονωμένα) και γενικώς σε κάθε θέση που μπορεί να αποτελεί ισχυρή θερμογέφυρα.

Η υγρασία άλλοτε έχει τη μορφή απλού νοτίσματος (όταν είναι ελαφριάς μορφής) και τότε γίνεται αντιληπτή διά της αφής και άλλοτε έχει τη μορφή επιφανειακών φαιών στιγμάτων και –σε πίο προχωρημένη κατάσταση– τη μορφή σταγονιδίων που μπορεί να εξελιχθούν σε μικρής ποσότητας επιφανειακό ρέον ύδωρ (π.χ. στα μεταλλικά μη μονωμένα πλαίσια και στους υαλοπίνακες των κουφωμάτων ή σε τοίχους βαμμένους με λαδομπογιές).

Σε εντονότερη μορφή η συμπύκνωση παρατηρείται στους ιδιαίτερα υγρούς χώρους ή σε χώρους με έντονη παραγωγή υδρατμών, όπως σε λουτρό, κουζίνες, πλυντήρια κ.τ.λ.

Γενικώς πάντως οι μικρές θερμογέφυρες προκαλούν κατά κανόνα και περιορισμένης έκτασης φθορές, που συνήθως μπορούν να αποκατασταθούν με ευκολία και χωρίς ιδιαίτερα υψηλή δαπάνη, ενώ οι μεγαλύτερες θερμογέφυρες ορισμένες φορές μπορεί να προκαλέσουν εκτεταμένες φθορές, για την αποκατάσταση των οποίων απαιτούνται πολυέξοδες οικοδομικές εργασίες. Στις γωνίες κυρίως, αλλά σε μικρότερη έκταση και σε άλλα σημεία των τοίχων και της οροφής, παρατηρούνται φουσκώματα και αποφλοιώσεις των επιχρισμάτων, σχηματίζεται μούχλα ή εμφανίζονται μύκητες και άλλοι μικροοργανισμοί.

## Χαρακτηριστικά στοιχεία αναγνώρισης

Πολλές φορές γίνεται σύγχυση μεταξύ της υγρασίας που οφείλεται στη δρόσο και στην υγρασία που οφείλεται σε άλλα αίτια (υγρασία εδάφους, βροχής, οφειλόμενη σε φθορές των σωληνώσεων ύδρευσης, αποχέτευσης κ.τ.λ.). Για το λόγο αυτό θα πρέπει κανείς να έχει υπόψη του τα βασικά χαρακτηριστικά διάκρισής της.

Διακρίνεται από τις άλλες μορφές υγρασίας από τον τρόπο εμφάνισής:

- Είναι κατά κανόνα παροδικό και περιοδικό φαινόμενο.
- Σε τοίχους κατασκευασμένους από τα ίδια υλικά εκτείνεται σε όλη την επιφάνειά τους, ενώ σε τοίχους από διαφορετικά υλικά (π.χ. πλίνθους και πέτρες) προσβάλλει κατ' αρχήν τις θέσεις με τα βαρύτερα και πλέον συμπαγή υλικά (πέτρες, σκυρόδεμα κ.τ.λ.) ή τις θέσεις με τα ψυχρότερα υλικά (υαλοπίνακες παραθύρων) και δυσκολότερα τις θέσεις, στις οποίες βρίσκονται ελαφρά υλικά (πλίνθοι, κονιάματα, κισσηροδέματα κ.τ.λ.).
- Η προσβολή δεν προχωρεί σε βάθος στο δομικό στοιχείο, αλλά παραμένει επιφανειακή σε αντίθεση με άλλες μορφές υγρασίας.
- Είναι φαινόμενο του εσωτερικού χώρου, γι' αυτό και εμφανίζεται στη εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου.

Πάντως η υγρασία συμπύκνωσης εμφανίζεται στις κατασκευές άλλοτε ως ένα μεμονωμένο φαινόμενο και άλλοτε σε συνδυασμό με άλλες μορφές υγρασίας. Στη δεύτερη περίπτωση της συνδυασμένης εμφάνισης δύο ή περισσοτέρων μορφών υγρασίας τα αίτια της καθεμιάς μπορεί να είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, μπορεί όμως να είναι και αλληλένδετα και πιθανόν η εξάλειψη της μιας μορφής υγρασίας να επιφέρει την εξάλειψη και της άλλης.

Έτσι, δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις που η υγρασία εδάφους, εξαμιζόμενη από τα δομικά στοιχεία προς τον εσωτερικό χώρο, εμπλουτίζει τον αέρα με υδρατμούς, οι οποίοι στη συνέχεια επικάθονται λόγω συμπύκνωσης στις ψυχρές επιφάνειες των δομικών στοιχείων. Εξάλειψη της υγρασίας εδάφους θα εξυγιάνει το χώρο και από την υγρασία συμπύκνωσης.

Αλλά και ένας υγρός από τη βροχή τοίχος μπορεί να προκαλέσει συμπύκνωση στην εσωτερική του επιφάνεια, όταν αυτή ψυχθεί λόγω άντλησης από τον τοίχο της απαιτούμενης ποσότητας θερμότητας για την εξάτμιση του νερού της βροχής (η εξάτμιση είναι ενδόθερμη αντίδραση).



## **Επιπτώσεις**

Όποια και αν είναι όμως τα αίτια εμφάνισης της υγρασίας συμπύκνωσης, αλλά και κάθε άλλης μορφής υγρασίας, αυτή δεν παύει να είναι επιβλαβής τόσο για την ίδια την κατασκευή, όσο και για την υγεία των ανθρώπων.

Και αυτό επειδή:

- Προσβάλλει και καταστρέφει τα δομικά υλικά λόγω της απορρόφησής της απ' αυτά.
- Μειώνει τη θερμομονωτική ικανότητα των δομικών στοιχείων λόγω παραμονής της μέσα στους πόρους και στις κυψέλες των θερμομονωτικών υλικών.
- Ευνοεί την ανάπτυξη φυτοφυΐας και την παραμονή μικροοργανισμών μέσα στα υλικά, κυρίως όταν συνοδεύεται από υψηλή θερμοκρασία.
- Δημιουργεί αίσθημα δυσφορίας στους ανθρώπους που ζουν ή εργάζονται σ' έναν υγρό χώρο.
- Επιδρά δυσμενώς στην υγεία των ανθρώπων, όταν πρόκειται για μακροχρόνια και σταθερή κατάσταση.
- Δημιουργεί αντιαισθητική εικόνα στο χώρο (μούχλα).

Σε όλες τις περιπτώσεις, γενικός κανόνας για να αποφευχθεί η συμπύκνωση, είναι να διατηρείται η επιφανειακή θερμοκρασία των δομικών στοιχείων σε επίπεδα ανώτερα της θερμοκρασίας δρόσου για τις συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του χώρου.

### **2.4.4.4 Η αντιμετώπιση των θερμογεφυρών**

Για την καλύτερη αντιμετώπιση του προβλήματος απαραίτητη είναι η εξεύρεση του πραγματικού αίτιου δημιουργίας της υγρασίας και στην προκειμένη περίπτωση ο προσδιορισμός της θερμογέφυρας και στη συνέχεια η εξάλειψή της ή ο περιορισμός της επίδρασής της.

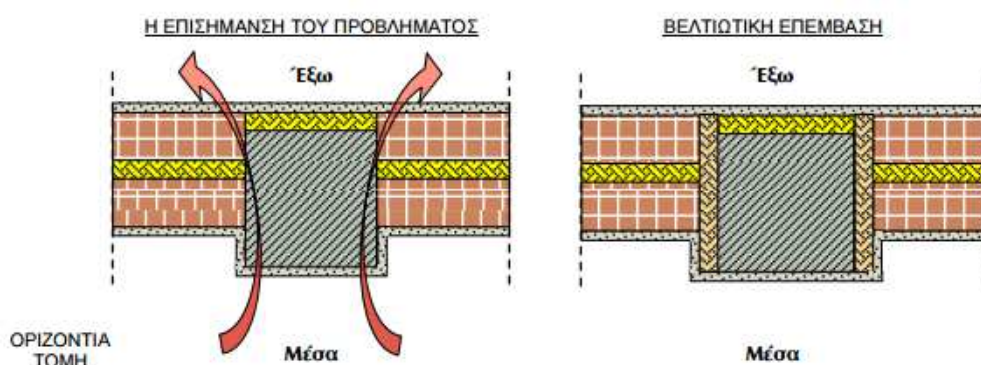
Για το λόγο αυτό δίνονται παρακάτω οι πιο αντιπροσωπευτικοί τύποι θερμογεφυρών και προτείνονται απλές οικοδομικές επεμβάσεις για την εξάλειψη ή τον περιορισμό της επίδρασής τους.

### **Το σημείο σύνδεσης στοιχείων φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης**

Πρόκειται για τις θέσεις, στις οποίες η τοιχοποιία πλήρωσης συναντά τα φέροντα στοιχεία του σκελετού (δοκάρια, υποστυλώματα, τοιχία). Στην περίπτωση αυτή είτε παρατηρείται διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης είτε απουσία θερμομονωτικής στρώσης.

Η θερμομονωτική στρώση στα στοιχεία του φέροντος οργανισμού συνήθως είναι τοποθετημένη στην εξωτερική όψη, ενώ στην τοιχοποιία πλήρωσης, που κατά κανόνα είναι δικέλυφη, βρίσκεται στον πυρήνα. Η απόσταση μεταξύ των δύο θερμομονωτικών στρώσεων αποτελεί θερμογέφυρα. Το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπισθεί, αν τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού θερμομονωθούν όχι μόνον από την κύρια όψη αλλά και πλευρικά, ώστε η θερμομονωτική τους στρώση να συναντά τη θερμομονωτική στρώση της τοιχοποιίας.

Ωστόσο, θα πρέπει να τονισθεί ότι μια τέτοια κατασκευή οφείλει πλέον να ξεφύγει από τον τυποποιημένο τρόπο δόμησης στη χώρα μας. Το θερμομονωτικό υλικό είναι σκόπιμο να μην τοποθετηθεί –όπως συνηθίζεται– μέσα στο καλούπι, πριν από την έγχυση του σκυροδέματος, αλλά εκ των υστέρων, με επικόλληση και ταυτόχρονη μηχανική στερέωση. Διαφορετικά, δεν θα είναι εύκολο να ελεγχθεί τυχόν σχηματισμός «φωλεών» στο σκυρόδεμα (δημιουργούμενα κενά κατά την έγχυση του σκυροδέματος).



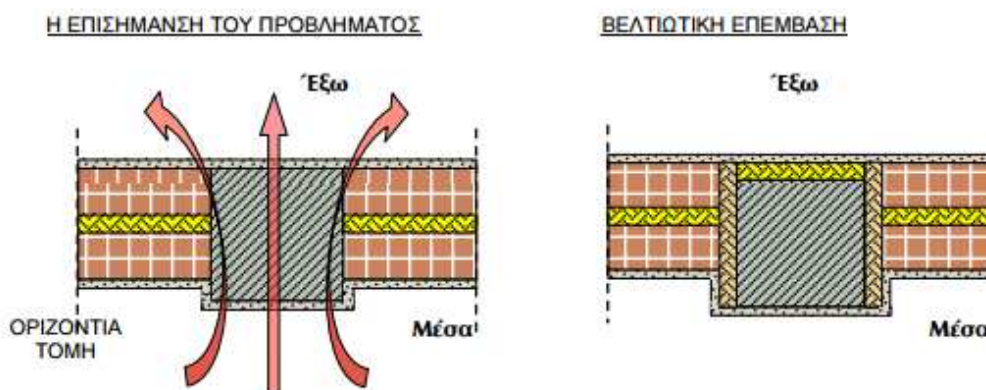
**Εικόνα 37** Θερμογέφυρα σε φέρον οργανισμό

### **Απουσία θερμομόνωσης σε στοιχεία του φέροντος οργανισμού**

Αν και η θερμομονωτική προστασία όλων των εξωτερικών στοιχείων του φέροντος οργανισμού είναι απαραίτητη, μερικοί κατασκευαστές δεν τηρούν της υποχρεώσεις αυτές. Και αυτό δεν συμβαίνει πάντα για λόγους οικονομίας, αλλά προκειμένου να επιτευχθεί η ευθυγράμμιση των εσωτερικών επιφανειών των φερόντων στοιχείων με αυτές της τοιχοποιίας πλήρωσης, ώστε να μη σχηματίζεται το γνωστό αντιαισθητικό «γόβυ» στην επιφάνεια του τοίχου, που χαλάει τη συνέχεια του.

Θα μπορούσε βέβαια αυτό να αποφευχθεί αν διαπλατυνόταν η τοιχοποιία πλήρωσης, αυξάνοντας το πάχος της κατά 5 με 8 cm, ώστε η εσωτερική της επιφάνεια να ευθυγραμμισθεί με αυτήν των δοκαριών και των τοιχίων. Μια τέτοια λύση όμως περιορίζει –έστω και ελάχιστα– τον ωφέλιμο εσωτερικό χώρο. Λειτουργεί όμως η αισθητική και η κακώς νοούμενη οικονομία χώρου σε βάρος της θερμομονωτικής προστασίας και της ποιότητας της κατασκευής.

Το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπισθεί με το αυτονόητο, με τη θερμομονωτική προστασία των στοιχείων του φέροντος οργανισμού. Ομοίως, και σ' αυτήν την περίπτωση είναι σκόπιμο το θερμομονωτικό υλικό να μην τοποθετηθεί εξ αρχής μέσα στο καλούπι (στον ξυλότυπο), αλλά να προστεθεί εκ των υστέρων, μετά την αφαίρεση του ξυλότυπου, με συγκόλληση και ταυτόχρονη μηχανική στερέωση, για να μπορούν να ελεγχθούν τυχόν «φωλιές» κατά την έγχυση του σκυροδέματος.



Εικόνα 38 Φέρον οργανισμός χωρίς θερμομόνωση

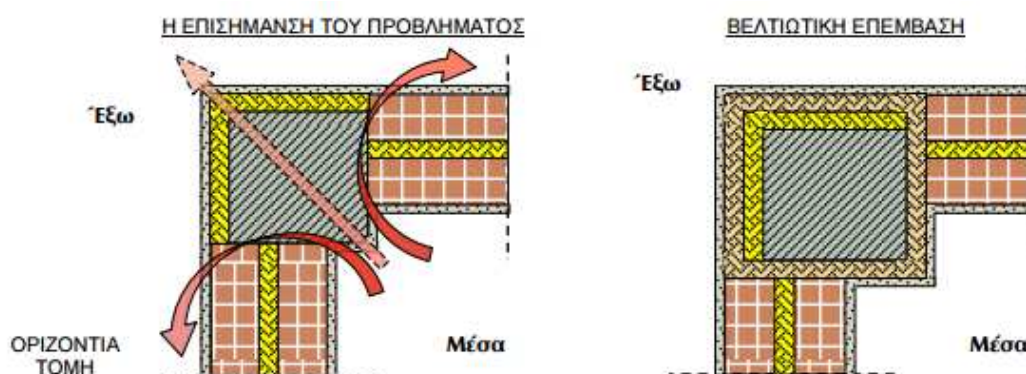
### Η διαφορά εμβαδού μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας γωνιακών δομικών στοιχείων

Συμπεριφορά θερμογέφυρας, παρουσιάζουν επίσης και τα γωνιακά δομικά στοιχεία, κυρίως υποστυλώματα, ακόμη και αν είναι θερμομονωμένα και από τις δύο ελεύθερες όψεις τους. Στην περίπτωση αυτή η εσωτερική γωνιακή επιφάνεια είναι πολύ μικρότερη της εξωτερικής αντιδιαμετρικής της και οι αντίστοιχες ροές θερμότητας είναι αυξημένες, προκειμένου να καλυφθούν οι θερμικές απώλειες από τη μεγάλη εξωτερική επιφάνεια.

Βέβαια, η περίπτωση αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως θερμογέφυρα μόνο με την ευρεία έννοια του όρου, καθώς η θερμομονωτική προστασία του δομικού στοιχείου δεν είναι κατ' ανάγκη μειωμένη.

Ακόμη και μια ισχυρή αύξηση του πάχους της θερμομονωτικής στρώσης, μπορεί να βελτιώσει την κατάσταση, όμως οι απώλειες θερμότητας δεν θα πάνε να είναι αυξημένες.

Και πάλι επισημαίνεται η ανάγκη τοποθέτησης του θερμομονωτικού υλικού εκ των υστέρων και όχι μέσα στο καλούπι, προκειμένου να είναι δυνατός ο έλεγχος σχηματισμού «φωλεών».

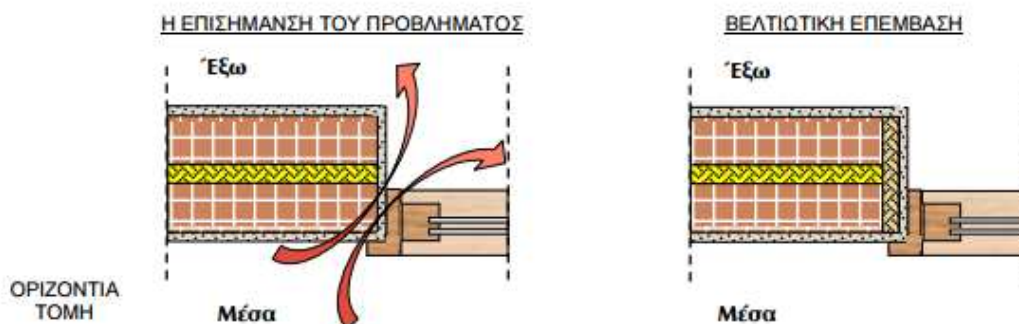


**Εικόνα 39** Διαφορά εμβαδού μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας

### Οι παραστάδες και τα υπέρθυρα των ανοιγμάτων

Στις περισσότερες κατασκευές η θερμομονωτική στρώση στις δικέλυφες τοιχοποιίες βρίσκεται στον πυρήνα, και στα φέροντα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος στην εξωτερική τους πλευρά, ενώ τα κουφώματα που συμπληρώνουν τα ανοίγματα συνήθως τοποθετούνται "πρόσωπο" με την εσωτερική επιφάνεια. Αφήνουν έτσι ουσιαστικά τις παραστάδες (λαμπάδες) και τα υπέρθυρα (πρέκια) μέχρι τη θέση του κουφώματος θερμικά απροστάτευτα, δημιουργώντας θερμογέφυρες.

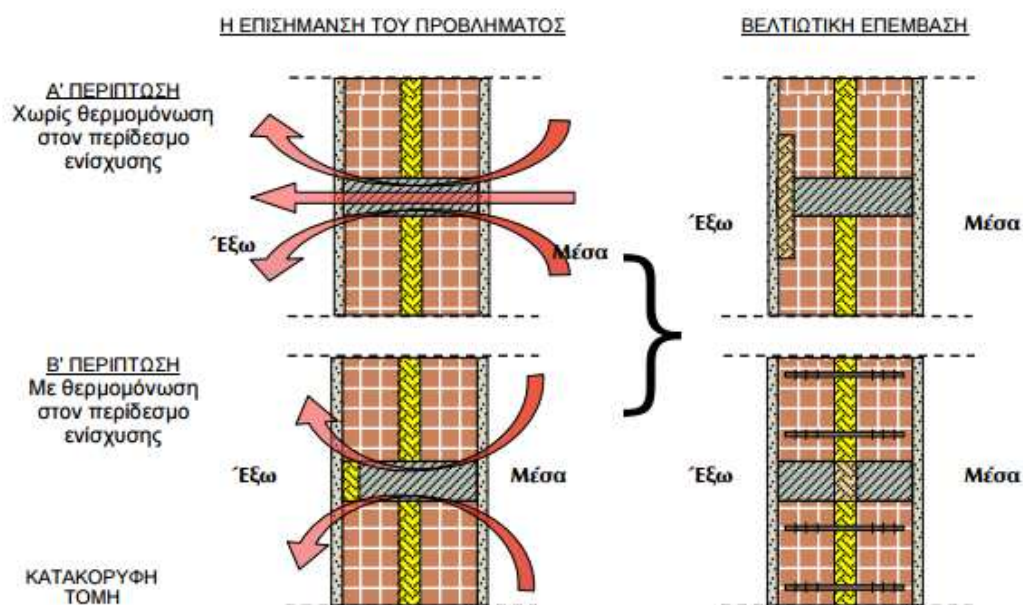
Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την τοποθέτηση θερμομονωτικής στρώσης περιμετρικά του ανοίγματος, δηλαδή στις παραστάδες, στα υπέρθυρα και στις ποδιές των παραθύρων.



**Εικόνα 40** Θερμογέφυρα σε κούφωμα παράθυρου

## Οι περιόδισμοι ενίσχυσης

Θερμογέφυρες εμφανίζονται στη θέση των περιόδισμων ενίσχυσης (σενάζ) κατά τρόπο ανάλογο με αυτόν που εκδηλώνονται στις τοιχοποιίες. Είτε δηλαδή στερούνται πλήρως της θερμομονωτικής προστασίας είτε υπάρχει μεν θερμομονωτική στρώση, αλλά αυτή στην εξωτερική θέση που βρίσκεται δεν αποτελεί συνέχεια της θερμομονωτικής στρώσης ανάμεσα στα δύο κελύφη των οπτόπλινθων. Οι επιπτώσεις όμως μπορούν να περιορισθούν, αν η θερμομονωτική στρώση δεν περιορισθεί μόνο στο ύψος του περιόδισμου, αλλά επεκταθεί κατά 10 με 20 cm περίπου εκατέρωθεν αυτού προς το μέρος των οπτόπλινθων. Μπορεί επίσης να κατασκευασθούν διαφορετικοί περιόδισμοι ενίσχυσης σε κάθε κέλυφος και η στρώση της θερμομόνωσης να μη διακοπεί. Μεταξύ τους δε οι τοιχοποιίες να "δεθούν" με μεταλλικά ελάσματα που θα διέρχονται από τη θερμομονωτική στρώση και θα εκτείνονται σε όλο το πάχος του τοίχου.



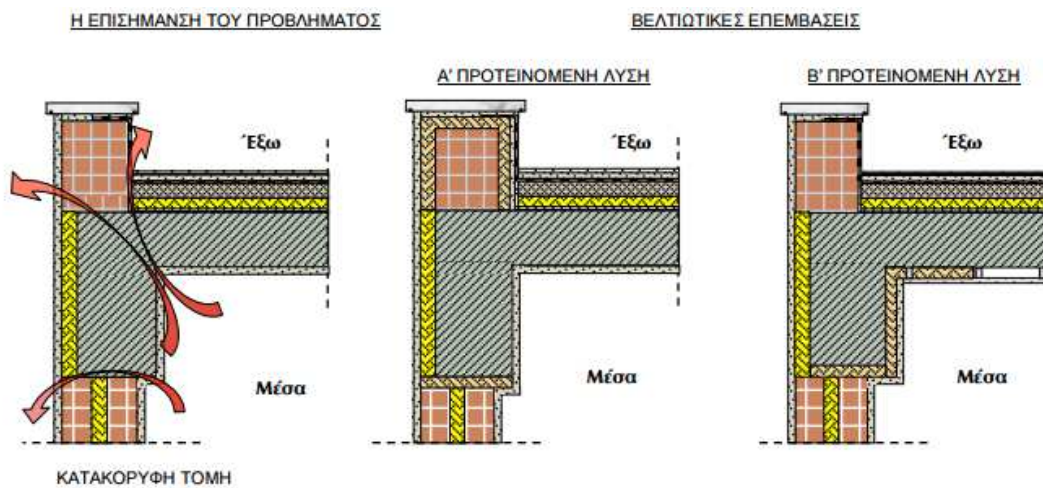
Εικόνα 41 Θερμογέφυρα σε σενάζ

## Οι απολήξεις των εξωτερικών δομικών στοιχείων

Συχνά στις απολήξεις των εξωτερικών δομικών στοιχείων για κατασκευαστικούς λόγους παρεμποδίζεται η πλήρης θερμομονωτική προστασία του κελύφους και διακόπτεται η συνέχεια της θερμομονωτικής στρώσης, δημιουργώντας στις θέσεις αυτές θερμογέφυρα. Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα αποτελούν τα στηθαία στα δώματα των κτιρίων.

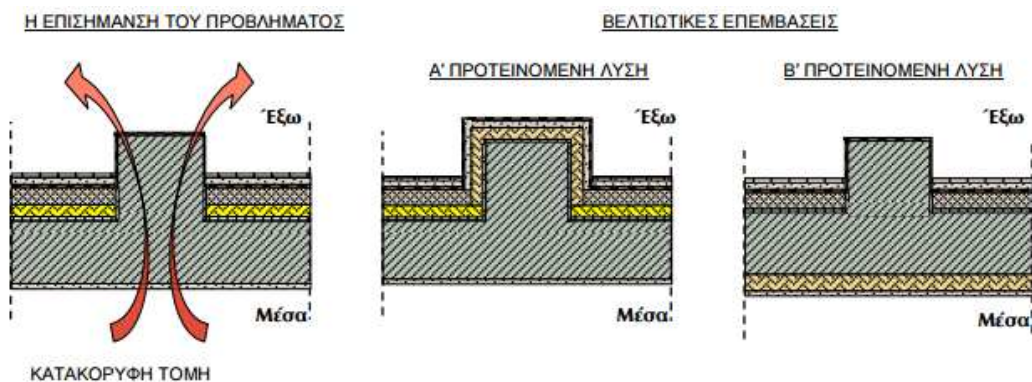
Η θερμογέφυρα αντιμετωπίζεται με δύο τρόπους:

- Με εξωτερική περιμετρική θερμομονωτική προστασία του στηθαίου. Η λύση αυτή εξαλείφει πλήρως τη θερμογέφυρα, όμως πλησιάζει "στα όρια της υπερβολής".
- Με πρόσθετη θερμομόνωση στις εσωτερικές γωνίες στις θέσεις που η κατακόρυφη τοιχοποιία συναντά την οροφή. Αυτή εκτείνεται κατά μήκος της δοκού στο κάτω μέρος της οροφής σε μια λωρίδα πλάτους περίπου 30 με 40 cm. Η λύση αυτή είναι προτιμότερη τόσο λόγω μειωμένου κόστους, όσο και λόγω ευκολίας της κατασκευής.



**Εικόνα 42** Θερμογέφυρα σε απολήξεις των εξωτερικών δομικών στοιχείων

Ίδιο είναι το πρόβλημα και κατ' επέκταση και η αντιμετώπισή του, όταν στο δώμα διαμορφώνονται αντεστραμμένα δοκάρια που προεξέχουν προς τα επάνω ή δίπλα στηθαία για τη διαμόρφωση αρμών διαστολής στο κτίριο.



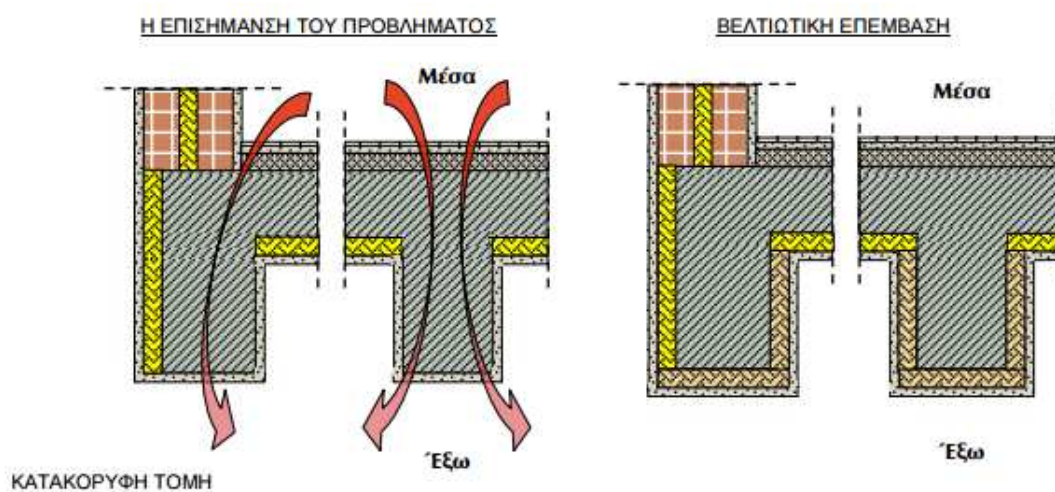
**Εικόνα 43** Θερμογέφυρα σε αντεστραμμένο δώμα

### Οι θέσεις των δοκών στην οροφή υπογείου ή πιλοτής

Συμβαίνει, συχνά –από μια κακώς νοούμενη οικονομία και πέρα από τα προβλεπόμενα στη μελέτη θερμομόνωσης– τα δοκάρια στα υπόγεια και στις πιλοτές να παραμένουν θερμικά απροστάτευτα, παρουσιάζοντας έτσι μεγάλες θερμικές απώλειες.

Το πρόβλημα οφείλει να αντιμετωπίζεται από τη φάση της κατασκευής με κατάλληλη περιμετρική θερμομονωτική προστασία των δοκών, δηλαδή με την τοποθέτηση θερμομονωτικής στρώσης και από τις τρεις όψεις της δοκού. Μάλιστα, ιδιαίτερα πρόσφορες για μια τέτοια κατασκευή είναι οι πλάκες ξυλλόμαλου, απλές ή τύπου σάντουιτς με ενδιάμεση στρώση αφρώδους υλικού, που μπορούν οι ίδιες να χρησιμεύσουν και ως ξυλότυποι του σκυροδέματος.

Σε υφιστάμενη κατασκευή η θερμομονωτική στρώση μπορεί να τοποθετηθεί εκ των υστέρων περιμετρικά και για λόγους προστασίας να καλυφθεί με γυψοσανίδες ή τσιμεντοσανίδες.



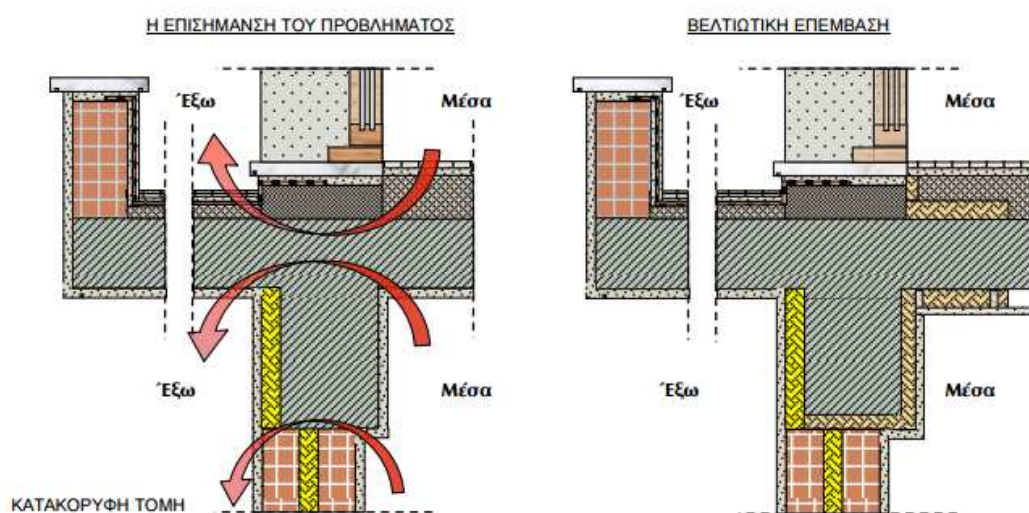
Εικόνα 44 Θερμογέφυρα σε δοκάρι υπόγειου - πιλοτής

### Η προέκταση των φερόντων στοιχείων πέραν του κύριου όγκου του κτιρίου

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται κυρίως οι πρόβολοι και τα προστεγάσματα, που αποτελούν κατασκευαστική προέκταση της διαχωριστικής φέρουσας πλάκας μεταξύ των ορόφων και εκτείνονται έξω από τον κύριο όγκο του κτιρίου. Τη θερμογέφυρα αποτελεί ο ίδιος ο πρόβολος που, προεξέχοντας, διακόπτει τη θερμομονωτική προστασία των κατακόρυφων δομικών στοιχείων τόσο των φερόντων, όσο και των στοιχείων πλήρωσης.

Η θερμομόνωση του προβόλου μπορεί σε θεωρητικό επίπεδο να γίνει περιμετρικά, αλλά μια τέτοια κατασκευή μπορεί μεν να αντιμετωπίζει το πρόβλημα της θερμικής γεφύρωσης, θεωρείται όμως μάλλον υπερβολική. Έτσι, είναι προτιμότερο τόσο το δάπεδο του υπερκείμενου ορόφου, όσο και η οροφή του υποκείμενου να δεχθούν μια ενισχυτική συμπληρωματική θερμομονωτική προστασία κατά μήκος του προβόλου και σε πλάτος προς το εσωτερικό του κτιρίου περίπου 30 με 50 cm (λαφίδα θερμομονωτικής στρώσης). Η λύση αυτή μπορεί να μην εξαλείφει απόλυτα τη θερμογέφυρα, περιορίζει όμως κατά πολύ τη δράση της.

Ανάλογη περίπτωση θερμογέφυρας αποτελούν και τα υποστυλώματα ή τα τοιχεία, τα οποία για λόγους αισθητικούς (π.χ. αρχιτεκτονική προεξοχή) ή κατασκευαστικούς (π.χ. διαχωριστικός τοίχος σε ημιυπαίθριο χώρο και σε επαφή με γειτονικό κτίριο) προεξέχουν της όψης του κτιρίου.



**Εικόνα 45** Θερμογέφυρα στην προέκταση των φερόντων στοιχείων

### **Εγκάρσια συναρμογή εξωτερικού κελύφους με εσωτερικό τοίχο**

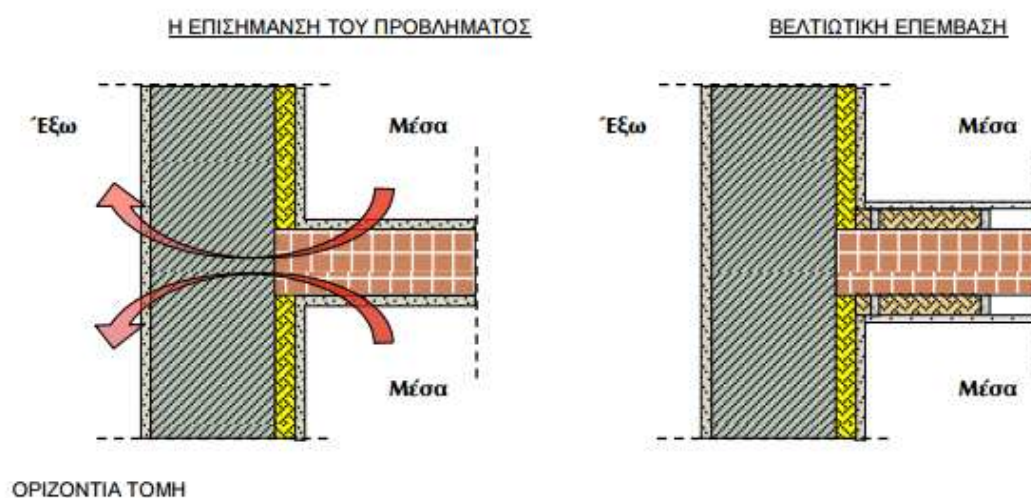
Το πρόβλημα συνήθως παρουσιάζεται όταν το εξωτερικό κέλυφος θερμομονώνεται από την εσωτερική του πλευρά. Τότε η θερμομονωτική στρώση διακόπτεται από εσωτερικές τοιχοποιίες, μεμονωμένα δοκάρια ή τυχόν άλλα δομικά στοιχεία που συναντούν εγκάρσια το εξωτερικό κέλυφος.



Εννοείται ότι η θερμογέφυρα μπορεί εξαρχής να αποφευχθεί, αν η θερμομονωτική στρώση τοποθετηθεί εξωτερικά ή στον πυρήνα σε δικέλυφη κατασκευή.

Σε περίπτωση όμως που κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, μπορεί να θερμομονωθεί το εγκάρσιο δομικό στοιχείο εκατέρωθεν των όψεών του σε μια κατακόρυφη λωρίδα πλάτους 30 με 50 cm, υπολογιζόμενη από το σημείο συνάντησής του με το εξωτερικό κέλυφος.

Με τον τρόπο αυτό δεν εξαλείφεται απόλυτα η θερμογέφυρα, περιορίζεται όμως στο ελάχιστο η επίδρασή της.



**Εικόνα 46** Θερμογέφυρα σε εγκάρσια συναρμογή εξωτερικού κελύφους με εσωτερικό τοίχο

#### **Οπτόπλινθοι με τις οπές κάθετα στο εξωτερικό περίβλημα του κτιρίου**

Αποτελεί περίπτωση ανάλογη της προηγούμενης με τη διαφορά ότι οι οπτόπλινθοι της εγκάρσιας τοιχοποιίας καταλήγουν μέχρι την εξωτερική επιφάνεια του κελύφους, αφήνοντας τις οπές να "βλέπουν" προς τα έξω. Αυτές οι θέσεις των οπών προφυλάσσονται μόνον από το εξωτερικό επίχρισμα και αποτελούν θερμογέφυρες για την κατασκευή. Μπορούν να εξαλειφθούν, αν πριν την επίχριση της τοιχοποιίας οι οπές πληρωθούν με αφρώδες θερμομονωτικό υλικό (π.χ. αφρό πολυουρεθάνης).

### **Τα σημεία διέλευσης σωληνώσεων**

Σωληνώσεις παντός τύπου, καθώς και καμινάδες και αεραγωγοί που διαπερνούν το εξωτερικό περίβλημα του κτιρίου λειτουργούν ως θερμογέφυρες και αποτελούν ευαίσθητα σημεία στη θερμική προστασία μιας κατασκευής, που δεν είναι δυνατόν πάντοτε να αντιμετωπισθούν.

Η καλύτερη λύση είναι η περιμετρική θερμομονωτική προστασία των αγωγών. Ελαχιστοποιείται έτσι η επίδραση της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος στον αγωγό και περιορίζεται η πτώση της θερμοκρασίας του. Ωστόσο, η ίδια η οπή των αεραγωγών δεν παύει να αποτελεί θερμογέφυρα.

### **Τα σημεία συναρμογής των κουφωμάτων με τις τοιχοποιίες**

Ευαίσθητα σημεία αποτελούν πολύ συχνά τα σημεία συναρμογής των κουφωμάτων με τις τοιχοποιίες. Καθώς κανένας συμβατικός τοίχος επιχρισμένων οπτόπλινθων στο τελείωμά του δεν σχηματίζει απόλυτη ευθεία, είναι πρακτικά αδύνατη η πλήρης επαφή μεταξύ κάσας του κουφώματος και τοιχοποιίας. Τα κενά που δημιουργούνται κατά την εφαρμογή –άλλοτε ευμεγέθη και άλλοτε σχεδόν αδιόρατα– λειτουργούν πάντα ως θερμογέφυρες.

Η θερμογέφυρα αντιμετωπίζεται με την πλήρη κάλυψη των δημιουργούμενων κενών μεταξύ τοιχοποιίας και κάσας του κουφώματος με αφρό πολυουρεθάνης ή με οποιοδήποτε άλλο θερμομονωτικό υλικό που θα εγχυθεί ενδιάμεσα και θα τα φράξει. Οφείλει κατόπιν να καλυφθεί με αρμοκάλυπτρο προκειμένου να αποφύγει την επίδραση της υπερϊώδους ηλιακής ακτινοβολίας.

### **Τα κουτιά των περιελισσόμενων περσίδων των κουφωμάτων**

Τα επιμήκη κιβώτια στα οποία περιελίσσονται οι περσίδες, τα γνωστά ρολά των εξωστόθυρων και των παραθύρων σχεδόν ποτέ δεν προστατεύονται θερμομονωτικά και αποτελούν σημαντικές θερμογέφυρες.

Η θερμογέφυρα αντιμετωπίζεται με τη θερμομονωτική προστασία του κουτιού, που μπορεί να προβλεφθεί εξαρχής από την κατασκευάστρια εταιρεία ή να πραγματοποιηθεί απευθείας στο έργο. Η θερμομονωτική στρώση θα πρέπει να τοποθετηθεί από την εσωτερική πλευρά και να αγκαλιάσει το κουτί από την επάνω και κάτω επιφάνειά του και όχι εξωτερικά, διότι ο εσωτερικός χώρος του κουτιού επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον μέσω της σχισμής περιέλιξης των περσίδων.

Σε περίπτωση που το κουτί προεξέχει της τοιχοποιίας η θερμομονωτική στρώση μπορεί να τοποθετηθεί μεταξύ του κουτιού και του εσωτερικού κελύφους που σχηματίζουν το πρέκι με τις οπτόπλινθους.

### **Κατασκευαστικά λάθη**

Θερμογέφυρες μπορεί να προκαλέσουν σε μια κατασκευή η κακοτεχνία, η απροσεξία ή η άγνοια. Στην κατηγορία αυτή μπορεί να υπαχθεί ένα πλήθος περιπτώσεων λόγω διαφορετικών αιτίων, του ίδιου όμως αποτελέσματος.

Έτσι, χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της κακής τοποθέτησης κάποιων θερμομονωτικών πλακών σε μια δικέλυφη τοιχοποιία, κατά τρόπο τέτοιο που δεν επιτρέπει την πλήρη επαφή τους με τα δύο κελύφη (απόκλιση από την κατακόρυφο), αφήνοντας ενδιάμεσα διάκενα.

Κακή επαφή μπορεί να προκληθεί και από απροσεξία κατά την τοποθέτηση της θερμομονωτικής πλάκας, αν παραπέσει μεταξύ αυτής και του κελύφους (οπτοπλινθοδομής) υπόλειμμα συνδετικού κονιάματος ή άλλου υλικού (ξένου σώματος) που θα παρεμποδίζει την πλήρη επαφή και θα κρατά τις δύο στρώσεις σε απόσταση, δημιουργώντας μεταξύ τους κενό.

Ομοίως, θερμογέφυρα μπορεί να προκληθεί σε μια τοιχοποιία λόγω κακής στερέωσης ενός ινώδους θερμομονωτικού υλικού (π.χ. παπλώματος υαλοβάμβακα ή πετροβάμβακα) επάνω στον τοίχο. Αν, για παράδειγμα, ένα πάπλωμα υαλοβάμβακα δεν στερεωθεί με κατάλληλο πλέγμα η με ειδικά καρφιά (τύπου "Hilti") και απλώς καρφωθεί υπάρχει ο κίνδυνος λόγω βάρους να "κρεμάσει" και να κατακαθίσει στις χαμηλότερες θέσεις, αφήνοντας κενό στο ανώτερο τμήμα της δικέλυφης τοιχοποιίας.

## 2.5 Μονωτικά υλικά & περιβάλλον

Ο σωστός συνδυασμός του είδους του μονωτικού υλικού και της ποσότητας που χρησιμοποιείται είναι μια επιλογή που μπορεί να μειώσει κατά ένα πολύ σημαντικό μέρος τη συνολική περιβαλλοντική επίδραση μιας κατασκευής.

Στην εποχή μας χρησιμοποιούνται κυρίως οι μονώσεις πολυστερίνης (polystyrene) και πολυουρεθάνης (polyurethane).

Ο αφρός πολυουρεθάνης αποτελεί το θερμομονωτικό υλικό με το μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,024 \text{ W/(mK)}$ , δηλαδή με ένα ελάχιστο πάχος μπορεί να επιτευχθεί η απαιτούμενη μόνωση. Είναι ελαφρό υλικό, με μεγάλη ελαστικότητα, αντέχει σε ακραίες θερμοκρασίες και έχει πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής. Η διογκωμένη και η εξηλασμένη πολυστερίνη, με θερμικές αγωγιμότητες 0,034 έως 0,041 W/(mK) και 0,033 έως 0,038 W/(mK) αντίστοιχα, είναι με τη σειρά τους και αυτά άριστα θερμομονωτικά υλικά με πολλές εφαρμογές. Επίσης χρησιμοποιούνται ο υαλοβάμβακας και ο πετροβάμβακας, οι οποίοι παράγονται από φυσικές ορυκτές ίνες που είναι ανακυκλώσιμες.

Συνήθως το είδος της μόνωσης που θα χρησιμοποιηθεί καθορίζεται από τις θερμικές της ιδιότητες, το κόστος και τη διαθεσιμότητά της στην αγορά. Ωστόσο, η επιλογή και η χρήση των μονωτικών υλικών σχετίζεται με μια πληθώρα θεμάτων, τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαδικασία της μελέτης. Δεδομένου ότι τα συμβατικά μονωτικά υλικά παράγονται από τη χημική βιομηχανία, κατά τις διαδικασίες παραγωγής τους καταναλώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας (η λεγόμενη ενσωματωμένη ενέργεια ή "γκρίζα ενέργεια"), με επακόλουθες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Εκτός από τη χρήση ενέργειας, αυτά τα υλικά καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες πρωτογενών πόρων και στις περισσότερες περιπτώσεις παρασκευάζονται από συστατικά που δεν είναι ανανεώσιμα. Σχετικά με την επιλογή μονωτικών είναι και τα υψηλά επίπεδα τοξικότητας ορισμένων από αυτά και τα θέματα υγείας που προκύπτουν κατά τη παραγωγή και τη χρήση τους.

Και ενώ σταδιακά η χρήση αερίων που επιδρούν στην τρύπα του όζοντος απαγορεύεται μέσα από τη νομοθεσία, ορισμένα συμβατικά μονωτικά υλικά συνεχίζουν να χρησιμοποιούν υδρογονοχλωροφθοράνθρακες (HCFC) και υδρογονοφθοράνθρακες (HFC) στην παραγωγή και στη σύστασή τους.

Τέλος, η ικανότητα ανακύκλωσης αυτών των προϊόντων αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα περιβαλλοντικής διαχείρισης.

### 2.5.1 Περιβαλλοντικές ιδιότητες

Τα θερμομονωτικά υλικά πέρα από τη σημαντική συνεισφορά τους στην προστασία του περιβάλλοντος που επιτυγχάνεται από τη μείωση των απωλειών θερμότητας με συνέπεια τη μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση, η οποία και οδηγεί στην ελάττωση της ποσότητας των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων, δεν παύουν να επιβαρύνουν το περιβάλλον από την παραγωγή έως την τελική απόθεσή τους, όπως άλλωστε και κάθε υλικό γενικότερα. Η περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι είτε άμεση είτε έμμεση. Η έμμεση περιβαλλοντική επιβάρυνση οφείλεται στην ενσωματωμένη ενέργεια στα θερμομονωτικά υλικά που αποτελείται από το άθροισμα της "εσωτερικής" ενέργειας των υλικών και της ενέργειας που καταναλώθηκε για την παραγωγή τους. Η ενσωματωμένη ενέργεια των θερμομονωτικών υλικών συνδέεται και εντέλει μετατρέπεται σε ισοδύναμη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και της όξινης βροχής(διοξειδίου του άνθρακα και διοξειδίου του θείου αντίστοιχα).

- Περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια: Η περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια εκφράζει το ποσό ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας όγκου θερμομονωτικού υλικού, συνήθως σε μονάδες kWh/m<sup>3</sup> ή kWh/kg. Τα τελευταία χρόνια διαπιστώνεται μία τάση για χρήση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον, τάση που δεν περιορίζεται ασφαλώς μόνο στα θερμομονωτικά υλικά, αλλά γενικότερα στο σύνολο του πεδίου των κατασκευών. Επομένως, προτιμώνται υλικά με χαμηλή περιεχόμενη ενέργεια.

- Η αντοχή σε προσβολές από μικροοργανισμούς και έντομα:

Τα θερμομονωτικά υλικά κινδυνεύουν από έντομα, σκώρο, τροφτικά και μύκητες. Για το λόγο αυτό, προστίθενται σ' αυτά διάφορες πρόσθετες χημικές ουσίες, που στόχο έχουν την προστασία των θερμομονωτικών υλικών από βιολογικούς παράγοντες. Επειδή οι ουσίες αυτές επιβαρύνουν το περιβάλλον συνιστάται να αποφεύγεται η χρήση τους και να αναζητούνται άλλοι τρόποι αντιμετώπισης επιθέσεων από μικροοργανισμούς.

Η αντοχή σε προσβολές από μικροοργανισμούς και έντομα εκφράζεται ποιοτικά, με το αν ένα υλικό είναι ευπρόσβλητο ή όχι, μετά από εργαστηριακές δοκιμές γήρανσης των υλικών και από πολυετείς παρατηρήσεις σε πραγματικές συνθήκες .

Παρακάτω στον πίνακα 12 δίνονται συγκεντρωτικά οι σημαντικότερες ιδιότητες των περισσότερο συνηθισμένων θερμομονωτικών υλικών.

ΥΛΙΚΟ		ΥΛΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	ΛΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	ΑΦΡΟΣ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ	
Φυσικές ιδιότητες	Πυκνότητα [kg/m <sup>3</sup> ]	min	13	30	20	8	30
		max	100	180	80	50	80
	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [W/mK]	min	0,030	0,033	0,025	0,029	0,020
		max	0,045	0,045	0,035	0,041	0,027
	Εύρος χρήσης (°C)	min	-100	-100	-60	-80	-50
		max	500	750	75	80	120
	Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	min	<1	<1	80	25	50
		max	1	1	200	200	>100
	Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C/80%RH	min	<0,1	<0,1	<1*	5*	5*
		max	1	1,5			
	Κατηγορία πυραντοχής		A1 A2 B1	A1 A2 B2	B1 B2	B1 B2	B1 B2
	Αντοχή στον εφελκυσμό [N/mm <sup>2</sup> ]	min	0,005*		0,30	0,15	
		max			0,35	0,52	
	Όριο θραύσης [N/mm <sup>2</sup> ]	min	0,00500	0,00012		0,09000	
max		0,01500	0,00750		0,22000		
Βαθμός απορρόφησης στα 125 Hz	min	0,10	0,05				
	max	0,79	0,19				
Βαθμός απορρόφησης στα 1000 Hz	min	0,71	0,92				
	max	0,97	0,99				
Περιβαλλοντικές ιδιότητες	Πρόσθετα για προστασία από βιολογικούς παράγοντες	OXI	OXI	OXI	OXI	ΝΑΙ	
	Περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια [kWh/m <sup>3</sup> ]	min	90	110	85	151	15,8
max		430	660	114	269	36,1	

*Πίνακας 12 . Βασικές φυσικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες των κυριότερων θερμομονωτικών υλικών.*

## 2.5.2 Εναλλακτικά μονωτικά υλικά

Στον τομέα της θερμομόνωσης, τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί πολυάριθμα εναλλακτικά μονωτικά υλικά, τα οποία είτε προέρχονται από φυσικές πρώτες ύλες με χαμηλά επίπεδα επεξεργασίας είτε παρασκευάζονται με την ανακύκλωση διαφόρων υλών. Και στις δύο περιπτώσεις τα υλικά προέρχονται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Όλο και περισσότερα εναλλακτικά υλικά εμφανίζονται στην αγορά το καθένα με τις δικές του ιδιότητες και εφαρμογές, είναι όμως διαθέσιμα σε σχετικά μικρής κλίμακας κανάλια διανομής.

### • Φελλός

Ο φελλός αποτελεί ένα φυσικό υλικό που προέρχεται από το φλοιό ορισμένων δένδρων (π.χ. από τη δρυ τη φυλλοφόρο ή φελλόδρυ), τα οποία καλλιεργούνται σε φυτείες κυρίως στην Ιβηρική Χερσόνησο.

Ως μονωτικό υλικό ο φελλός είναι αδιάβροχος και έχει θερμική αγωγιμότητα 0,043 - 0,063 W/(mK). Οι πλάκες του βρίσκουν εφαρμογή στη θερμική και ακουστική μόνωση οροφών, αλλά και κατακόρυφων στοιχείων του κελύφους. Παρασκευάζονται από θρύμματα φελλού που υποβάλλονται σε μεγάλες θερμοκρασίες και κατόπιν συμπιέζονται.

Το μονωτικό υλικό μπορεί να παραχθεί από καινούργιο φυσικό ή και από ανακυκλωμένο φελλό. Η συγκόλληση στη πρώτη περίπτωση γίνεται μέσω φυσικών συστατικών του υλικού. Ωστόσο, σε περιπτώσεις που ο φελλός είναι ανακυκλωμένος, η συγκόλληση μπορεί να γίνει και με συνθετικές κόλλες, οπότε τέτοιες πλάκες πρέπει να αποφεύγονται διότι περιέχουν τοξικές ουσίες.

### • Μαλλί προβάτου

Το μονωτικό υλικό από μαλλί προβάτου παρασκευάζεται είτε από ανακυκλωμένο μαλλί είτε από καινούργιο μαλλί και παρέχεται σε μορφή ρολών ή πετασμάτων σε διαφορετικά μεγέθη και πάχη. Επειδή οι ίνες του μαλλιού είναι υγροσκοπικές, έχουν τη δυνατότητα να απορροφούν μεγάλα ποσά υγρασίας. Ως υλικό είναι πιο κατάλληλο για διαπνέουσες κατασκευές και προσφέρει δροσισμό του χώρου το καλοκαίρι και θέρμανσή του το χειμώνα.

### • Βαμβάκι

Το βαμβάκι είναι μια πρώτη ύλη που έχει ικανοποιητικές θερμομονωτικές ιδιότητες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μονωτικό υλικό. Ωστόσο, επειδή η καλλιέργεια βαμβακιού είναι μια άκρως εντατική διαδικασία που χρησιμοποιεί παρασιτοκτόνα, λιπάσματα και μεγάλα ποσά νερού, η χρήση καινούργιου βαμβακιού δεν συνιστάται. Οι ανακυκλωμένες ίνες βαμβακιού χρησιμοποιούνται στην παρασκευή μονωτικών υλικών και μπορούν να δώσουν θερμική αγωγιμότητα της τάξης του  $\lambda = 0,03$  W/(mK).

### • Καλαμπόκι

Ένα άλλο παράδειγμα θερμομονωτικού υλικού που παράγεται αποκλειστικά από οργανικές πρώτες ύλες είναι και το βιοπολυμερές από ίνες κόκκων καλαμποκιού. Το υλικό είναι 100% βιοδιασπώμενο και διατίθεται σε πλάκες διαφόρων παχών. Παράγεται μέσα από τη διαδικασία ελεγχόμενης ζύμωσης κόκκων καλαμποκιού και δεν είναι εύφλεκτο.



## 2.5.3 Χωρα παραγωγής μονωτικών υλικών

Η βιομηχανία παραγωγής μονωτικών υλικών στην Ελλάδα είναι αρκετά ανεπτυγμένη μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιδράσεις από την μεταφορά των υλικών (π.χ από αλλά κράτη) και μειώνοντας το κόστος προς τον τελικό καταναλωτή.

Υπάρχουν δεκάδες βιομηχανίες παραγωγής μονωτικών υλικών που κατά βάση ασχολούνται με συγκεκριμένες κατηγορίες. Έτσι για παράδειγμα βλέπουμε εταιρίες που παράγουν ασφαλτικά μονωτικά (π.χ. ESHA), σιλικονούχα, τσιμεντοειδή και μεμβράνες (isomat, durostick) και θερμομονωτικά όπως πετροβάμβακα, διογκωμένη πολυστερίνη, πλάκες πολυουρεθάνης, εξηλασμένη πολυστερίνη (ESHA, Fibran).

Πίνακας 13 Αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων υλικών

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΟΥΣ		
ΥΛΙΚΟ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
Πλάκες φελλού	120 kg/m <sup>3</sup>	A
Ανακυκλωμένη μόνωση κυτταρίνης	24 kg/m <sup>3</sup>	A+
Διογκωμένη πολυστερίνη (EPS)	15 kg/m <sup>3</sup>	A+
Διογκωμένη πολυστερίνη (EPS)	20 kg/m <sup>3</sup>	A+
Διογκωμένη πολυστερίνη (EPS)	25 kg/m <sup>3</sup>	A+
Διογκωμένη πολυστερίνη (EPS)	30 kg/m <sup>3</sup>	A+
Εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) (με χρήση HFC)	35 kg/m <sup>3</sup>	E
Υαλοβάμβακας	10 kg/m <sup>3</sup>	A+
Υαλοβάμβακας	12 kg/m <sup>3</sup>	A+
Υαλοβάμβακας	24 kg/m <sup>3</sup>	A+
Υαλοβάμβακας	32 kg/m <sup>3</sup>	A+
Υαλοβάμβακας	48 kg/m <sup>3</sup>	A+
Υαλοβάμβακας	80 kg/m <sup>3</sup>	A
Άκαμπτη πολυουρεθάνη (με χρήση πεντανίου)	32 kg/m <sup>3</sup>	A
Μαλί προβάτου	25 kg/m <sup>3</sup>	A
Πετροβάμβακας	33 kg/m <sup>3</sup>	A
Πετροβάμβακας	45 kg/m <sup>3</sup>	B
Πετροβάμβακας	60 kg/m <sup>3</sup>	B
Πετροβάμβακας	80 kg/m <sup>3</sup>	C
Πετροβάμβακας	100 kg/m <sup>3</sup>	A+
Πετροβάμβακας	128 kg/m <sup>3</sup>	A+
Πετροβάμβακας	140 kg/m <sup>3</sup>	A+
Πετροβάμβακας	160 kg/m <sup>3</sup>	A
Μόνωση από άχυρα		A
Πλάκες από άχυρο (420 kg/m <sup>3</sup> )		C

Τα μονωτικά υλικά είναι γενικά χαμηλής πυκνότητας υλικά με υψηλά επίπεδα θερμικής αντίστασης. Ωστόσο, καθώς το πρότυπο δόμησης βελτιώνεται και οι χαμηλοί συντελεστές θερμοπερατότητας γίνονται κανόνας, οι περιβαλλοντικές επιδράσεις των μονωτικών υλικών σε σύγκριση με το δομικό σκελετό στο οποίο εφαρμόζονται έχουν αυξηθεί.

(?????:Jane Anderson, David Shiers and Kristian Steele (2009), The Green Guide to Specificat

A+ = βέλτιστη περιβαλλοντική απόδοση, E = χειρίστη περιβαλλοντική απόδοση

## 2.5.4 Ανακύκλωση μονωτικών υλικών

Η παραγωγή των συμβατικών μονωτικών υλικών (πολυστερίνης, αφρού πολυουρεθάνης) βασίζεται στην πετροχημική βιομηχανία και απαιτεί την εντατική χρήση πρώτων υλών που λαμβάνονται από την επεξεργασία ορυκτών καυσίμων. Αλλά και η παραγωγή του πετροβάμβακα και του υαλοβάμβακα αποτελεί εξαιρετικά ενεργοβόρα διαδικασία.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, η σημασία της ανακύκλωσης στην περιβαλλοντική διαχείριση του κλάδου των μονωτικών υλικών είναι πολύ μεγάλη, χωρίς όμως να είναι επιθυμητή σε όλες ανεξαιρέτως τις περιπτώσεις, αφού πολλές διαδικασίες ανακύκλωσης μπορεί να απαιτούν εκτεταμένη θέρμανση του προϊόντος, προκειμένου αυτό να λιώσει και επομένως να καταναλώνονται μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Ενώ πολλά μονωτικά υλικά είναι ανακυκλώσιμα, η δυσκολία επεξεργασίας τους, ιδιαίτερα στην περίπτωση του υαλοβάμβακα και της πολυουρεθάνης, αποτελεί έναν ανασταλτικό παράγοντα για την ευρεία ανακύκλωσή τους.

Ως επιπρόσθετος περιορισμός έχει επίσης αναφερθεί και το χαμηλό κόστος της μόνωσης και ο μικρός αριθμός εγκαταστάσεων ανακύκλωσης γι' αυτά τα υλικά. Ένα άλλο πρόβλημα που εμφανίζεται κατά την ανακύκλωση των συμβατικών μονωτικών υλικών είναι η περιεκτικότητά υδροχλωροφθορακθράκων (HCFC) στη σύστασή τους. Αν και από το 2004 έχει απαγορευτεί η χρήση υλικών με υψηλό δείκτη καταστροφής του όζοντος (Ozone Depleting Potential -ODP), όπως είναι τα CFC και τα HCFC, τα μονωτικά υλικά που παρήχθησαν πριν από το 2004 είναι πιθανόν να περιέχουν αυτές τις ουσίες και επομένως πρέπει να αποστέλλονται για επεξεργασία σε ειδικές εγκαταστάσεις.

Όσον αφορά στα συμβατικά μονωτικά υλικά, η διογκωμένη πολυστερίνη είναι ανακυκλώσιμη είτε μέσα από διεργασίες ανάπλασης, οπότε και χρησιμοποιείται αντί των πρωτογενών πολυμερών στην παραγωγή νέας διογκωμένης πολυστερίνης, είτε με το άλεσμά της και την μείξη της με τσιμέντο, οπότε χρησιμοποιείται ξανά ως μονωτικό υλικό.

Η διογκωμένη πολυστερίνη μπορεί επίσης να ανακυκλωθεί για την παρασκευή άλλων ειδών προϊόντων, όπως επίπλων και κορνιζών. Η εξηλασμένη πολυστερίνη μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί, εφόσον βρίσκεται σε καλή κατάσταση αλλά δεν ανακυκλώνεται λόγω της σύστασής της. Η πολυουρεθάνη και αυτή δεν ανακυκλώνεται, αν και αναφέρονται περιπτώσεις κατά τις οποίες το υλικό λιώνει και επεξεργάζεται για την παραγωγή άλλων μορφοποιημένων προϊόντων. Τέλος, τα ινώδη συμβατικά μονωτικά υλικά, δηλαδή ο πετροβάμβακας και υαλοβάμβακας, είναι ανακυκλώσιμα.

Στην περίπτωση των φυσικών μονωτικών υλικών, η ανακύκλωση είναι εφικτή, αφού γενικά ισχύει ο κανόνας ότι τα υλικά που έχουν απλές διαδικασίες βιομηχανικής παραγωγής ανακυκλώνονται εύκολα.

Πρωτοβουλίες για την ανακύκλωση τέτοιων μονωτικών υλικών βρίσκουν εφαρμογή κυρίως μετά από την εκδήλωση ενδιαφέροντος από τους ίδιους τους παρασκευαστές.

## 2.6 Ενδεικτικές τιμές μονωτικών υλικών

Παρακάτω στους πίνακες δίνονται ενδεικτικές τιμές της αγοράς ανά κατηγορία μονωτικών υλικών.

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	ΤΙΜΕΣ
ΥΑΛΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	Από 2,5€/m <sup>2</sup>
ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	Από 2€/m <sup>2</sup>
ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	2.2€/m <sup>2</sup> - 12.50€/m <sup>2</sup> αναλογως το παχος φυλλου
ΑΦΡΩΔΗΣ ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	3.8€ – 12.65€ αναλογως το παχος φυλλου
ΑΦΡΟΣ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ	3,5€/kg βαρελι 240kg
ΑΦΡΩΔΗΣ ΔΙΟΦΚΩΜΕΝΟΣ ΦΕΛΛΟΣ	25€/m <sup>2</sup>
ΠΡΟΒΑΤΟΜΑΛΛΟ	14,7€/m <sup>2</sup> -23,5€/m <sup>2</sup> αναλογως το παχος
ΒΑΜΒΑΚΟΜΑΛΛΟ	8€/m <sup>2</sup> τιμη από Αμερικη
ΑΦΡΩΔΕΣ ΓΥΑΛΙ	15,2€/m <sup>2</sup> τιμη από Αγγλια
ΠΕΡΛΙΤΗΣ	4€/50lt

*Πίνακας 14 τιμές θερμομονωτικών υλικών*

ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	ΤΙΜΕΣ
ΑΣΦΑΛΤΙΚΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ	2€/m <sup>2</sup>
ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΚΕΡΑΜΟΣΚΕΠΩΝ	1€/m <sup>2</sup>
ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΕΡΔΜ, ΤΡΟ, ΗΔΡΕ, FPP, GCL	1€-1.5€/m <sup>2</sup>
ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ PVC	7€/m <sup>2</sup>
ΕΠΑΛΟΙΦΩΜΕΝΑ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ	32€/17KG
ΕΠΑΛΟΙΦΩΜΕΝΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΕΙΔΗΣ ΒΑΣΗΣ	17€/25KG
ΕΠΑΛΟΙΦΩΜΕΝΑ ΑΚΡΥΛΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ	4.6€/KG
ΕΠΑΛΟΙΦΩΜΕΝΑ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ	6€/KG
ΕΠΑΛΟΙΦΩΜΕΝΑ ΣΙΛΙΚΟΝΟΥΧΑΣ ΒΑΣΗΣ	8€/LIT

*Πίνακας 15 τιμές στεγανωτικών υλικών*

ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	ΤΙΜΕΣ
ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	Από 1€/m <sup>2</sup>
ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗ	28,40€/m <sup>2</sup>
ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΑΣ	Από 2,8€/m <sup>2</sup>
ΑΝΑΚΥΚΛΟΜΕΝΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟ	13€/m <sup>2</sup>
ΦΕΛΛΟΣ	15€/m <sup>2</sup>
ΠΡΟΒΑΤΟΜΑΛΛΟ	14,7€/m <sup>2</sup>
ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	9,35€/m <sup>2</sup>
ΚΕΝΑΦ	10€/m <sup>2</sup>
MDF	4€/m <sup>2</sup>

*Πίνακας 16 τιμές ηχομονωτικών υλικών*

## 3.1 Αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής μονώσεως σε όλα τα στάδια της κατασκευής

### 3.1.1 Θεμέλια

Σε αρκετούς φαίνεται παράξενη η τοποθέτηση θερμομόνωσης στο σκυρόδεμα της θεμελίωσης που δεν έχει άμεση επαφή με τα εσωτερικά τμήματα της κατασκευής. Όμως η μάζα του σκυροδέματος, έχει την ικανότητα να συσσωρεύει αποτελεσματικά τόσο το κρύο όσο και τη ζέστη, επηρεάζοντας το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου. Η επίδραση αυτή είναι μεγαλύτερη στα επιφανειακά θεμέλια των μονοκατοικιών από ό, τι στα βαθύτερα θεμέλια υψηλότερων κτηρίων που βρίσκονται σε θερμικά πιο σταθερό υπόδαφος.

Η θερμομόνωση που χρησιμοποιούμε στο υπόδαφος, πρέπει να έχει υψηλή θλιπτική αντοχή και εξαιρετικά χαμηλή απορρόφησης νερού.

#### 3.1.1.1 Θερμική μόνωση της πλακάς θεμελίωσης

Η τοποθέτηση των θερμομονωτικών πλακών στην βάση κάτω από το κτήριο προσφέρει την υψηλότερη δυνατή ενεργειακή ασπίδα. Με την ομοιόμορφη τοποθέτηση της θερμομόνωσης στην βάση κάτω από την πλάκα αποφεύγονται οι θερμικές γέφυρες, περιορίζονται οι θερμικές απώλειες και ταυτόχρονα το συμπαγές δομικό στοιχείο τους σκυροδέματος προσφέρει σημαντική θερμοσυσσώρευση.

Παρακάτω παρουσιάζονται εν συντομία οι βασικές διαδικασίες θερμομόνωσης μιας πλακάς.

Διαδικασία κατασκευής ενεργειακής ασπίδας στο έδαφος :

- Τοποθέτηση δικτύων κάτω από την πλάκα θεμελίωσης

Όλα τα δίκτυα (αποχέτευση, νερό, φυσικό αέριο, ηλεκτρική ενέργεια ...) τοποθετούνται κάτω από το επίπεδο της πλακάς θεμελίωσης και κατασκευάζονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές που θέτουν οι εθνικοί κανονισμοί αντισεισμικής προστασίας.

- Προετοιμασία του εδάφους

Μετά την τοποθέτηση των δικτύων, η επιφάνεια του εδάφους σταθεροποιείται και ενισχύεται με ομοιόμορφα συμπιεσμένο χαλίκι ως ενδιάμεσο στρώμα. Οι απαιτήσεις του υπεύθυνου μηχανικού για τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του έργου θα πρέπει να ληφθούν υπόψη. Προκειμένου να ισοσταθμιστεί η επιφάνεια με ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια, διαστρώνεται ψιλή άμμος ή μπετό καθαριότητας. Μετά από τη προετοιμασία της βάσης κατ' αυτόν τον τρόπο, πάνω σε αυτήν τοποθετείται η πρώτη στρώση θερμομόνωσης.

- Θερμομόνωση

Σύμφωνα με το υπολογιζόμενο φορτίο του κτηρίου, επιλέγεται από τον υπεύθυνο μηχανικό για τα στατικά, το είδος της μόνωσης. Οι θερμομονωτικές πλάκες τοποθετούνται μεταξύ τους σφιχτά, αποφεύγοντας έτσι το σχηματισμό θερμογεφυρών.

Το πρώτο στρώμα μόνωσης πρέπει να επεκτείνεται περιμετρικά περά από το συνολικό εμβαδόν της θεμελίωσης, παρέχοντας μια ελαφρώς πιο εκτεταμένη επιφάνεια από αυτήν της πλάκας θεμελίωσης για θερμική προστασία από το έδαφος. Γιατί; Σε περίπτωση που το κτήριο δεν έχει υπόγειο, η πλάκα θεμελίωσης συνήθως δεν βρίσκεται σε αρκετό βάθος ώστε να μην επηρεάζεται από τον παγετό, ως εκ τούτου η οριζόντια επιφάνεια θερμομόνωση κατασκευάζεται μεγαλύτερη, δημιουργώντας συνθήκες παρόμοιες με αυτές όπως θα ήταν εάν η πλάκα βρισκόταν βαθύτερα μέσα στο έδαφος και σε πιο σταθερές θερμοκρασιακές συνθήκες.

Οι θερμομονωτικές πλάκες εξασφαλίζουν τη θερμομόνωση κάτω από την πλάκα θεμελίωσης των μονοκατοικιών (π.χ. υπόγειο + ισόγειο + 1ος όροφος). Με μήκος πλακών 2.5m εξασφαλίζεται γρήγορη τοποθέτηση και μικρότερο αριθμό ενώσεων. Η περιμετρική πατούρα τύπου (L) στα άκρα των πλακών δίνει τη δυνατότητα τοποθέτησης και σε μια μόνο στρώση χωρίς τη δημιουργία θερμογεφυρών.

Για τα κτήρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης το συνιστώμενο πάχος θερμομόνωσης είναι τουλάχιστον 12 cm, αλλά για μια βέλτιστη θερμομόνωση σε ένα παθητικό κτήριο το συνιστώμενο συνολικό πάχος είναι περίπου 24 cm και τοποθετείται σε δύο στρώσεις.

Όταν επιλέγεται η θερμομόνωση με τοποθέτηση διπλής στρώσης, ενδείκνυται η χρήση του πλεονεκτήματος τοποθέτησης και προστασίας της στεγανοποιητικής στρώσης ανάμεσα στις δύο στρώσεις θερμομόνωσης.

- Στεγανοποιητική στρώση

Η στεγανοποιητική στρώση (αυτοκόλλητη ασφαλτική μεμβράνη, μεμβράνη πολυολεφίνης, EPDM μεμβράνη, ή άλλη) τοποθετείται επί της πρώτης θερμομονωτικής στρώσης και στη συνέχεια προστατεύονται με τη δεύτερη στρώση των θερμομονωτικών πλακών. Με τον τρόπο αυτό ταυτόχρονα επιτυγχάνεται μιας καλής ποιότητας στεγανοποίηση, προστατευμένη και σε περίπτωση σεισμού, κάτω από τα κτήρια.

- Καλούπωμα της πλάκας θεμελίωσης

Η πρώτη στρώση της θερμομόνωσης είναι μεγαλύτερη από την επιφάνεια της πλάκας θεμελίωσης. Πριν από την τοποθέτηση της δεύτερης στρώσης της θερμομόνωσης και αφού έχει τοποθετηθεί η στεγανοποιητική στρώση, τοποθετείται το καλούπι (π.χ. ξυλότυπος) γύρω από την πλάκα θεμελίωσης.

Η δεύτερη στρώση θερμομόνωσης τοποθετείται στο εσωτερικό του καλουπιού της πλάκας θεμελίωσης και χρησιμεύει παράλληλα ως προστασία της στεγανοποιητικής μεμβράνης από διάτρηση.

- Σφραγιστική μεμβράνη

Πριν από την τοποθέτηση του μεταλλικού οπλισμού και τη διάστρωση του σκυροδέματος, συνιστάται η τοποθέτηση σφραγιστικής μεμβράνης, η οποία εμποδίζει τη ροή του τσιμεντοπολτού διαμέσου των ενώσεων των θερμομονωτικών πλακών.

- Οπλισμός της πλάκας θεμελίωσης

Η πλάκα θεμελίωσης κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το πάχος της πλάκας η ποιότητα του σκυροδέματος, ο τύπος, η ποσότητα και η θέση του οπλισμού καθορίζεται από την μελέτη του μηχανικού.

- Δάπεδο πάνω από την πλάκα θεμελίωσης

Στην περίπτωση της πλάκας θεμελίωσης που είναι μονωμένη από κάτω, δεν υπάρχει ανάγκη για ένα πρόσθετο γέμισμα δαπέδου. Αυτό είναι ένα πλεονέκτημα που έχουμε εξασφαλίσει με την επιλογή της κατασκευής της πλάκας θεμελίωσης. Επίσης τόσο η στεγανοποίηση όσο και η θερμομόνωση έχουν ήδη τοποθετηθεί. Η πλάκα θεμελίωσης (γενική κοιτόστρωση) λειτουργεί ως ένας μεγάλος συσσωρευτής θερμότητας, υψηλής θερμικής αδράνειας, παρέχοντας σταθερή θερμοκρασία στον εσωτερικό χώρο. Κατά τη διάρκεια των πρώτων ημερών χρήσης θα απαιτηθεί ένα μεγαλύτερο ποσό θερμότητας να εισαχθεί στο κτήριο για θέρμανση. Με την πάροδο του χρόνου η θερμότητα συσσωρεύεται στη μάζα του σκυροδέματος και στη συνέχεια λειτουργεί ως παθητική πηγή θερμότητας.

#### Αντισεισμική προστασία (Σεισμική μόνωση)

Οι θερμομονωτικές πλάκες έχουν ελεγχθεί ως προς την συμβολή τους στην προστασία των κτηρίων κατά τη διάρκεια σεισμών. Σύμφωνα λοιπόν με τις μελέτες όταν εφαρμόζεται κάτω από το σύνολο της επιφάνειας της πλάκας θεμελίωσης ενός κτηρίου, μειώνει τις επιπτώσεις από τις σεισμικές δονήσεις. Σε περίπτωση ενός ισχυρού σεισμού, η σεισμική μόνωση με χρήση πλακών απορροφά μέρος της ενέργειας και επιτρέπει μια ελαφριά κίνηση του κτηρίου, όπως ακριβώς και στην περίπτωση εάν είχαμε τοποθετήσει αντισεισμική στρώση άμμου, μειώνοντας σημαντικά το αποτέλεσμα των καταστροφικών δυνάμεων στο κτήριο.



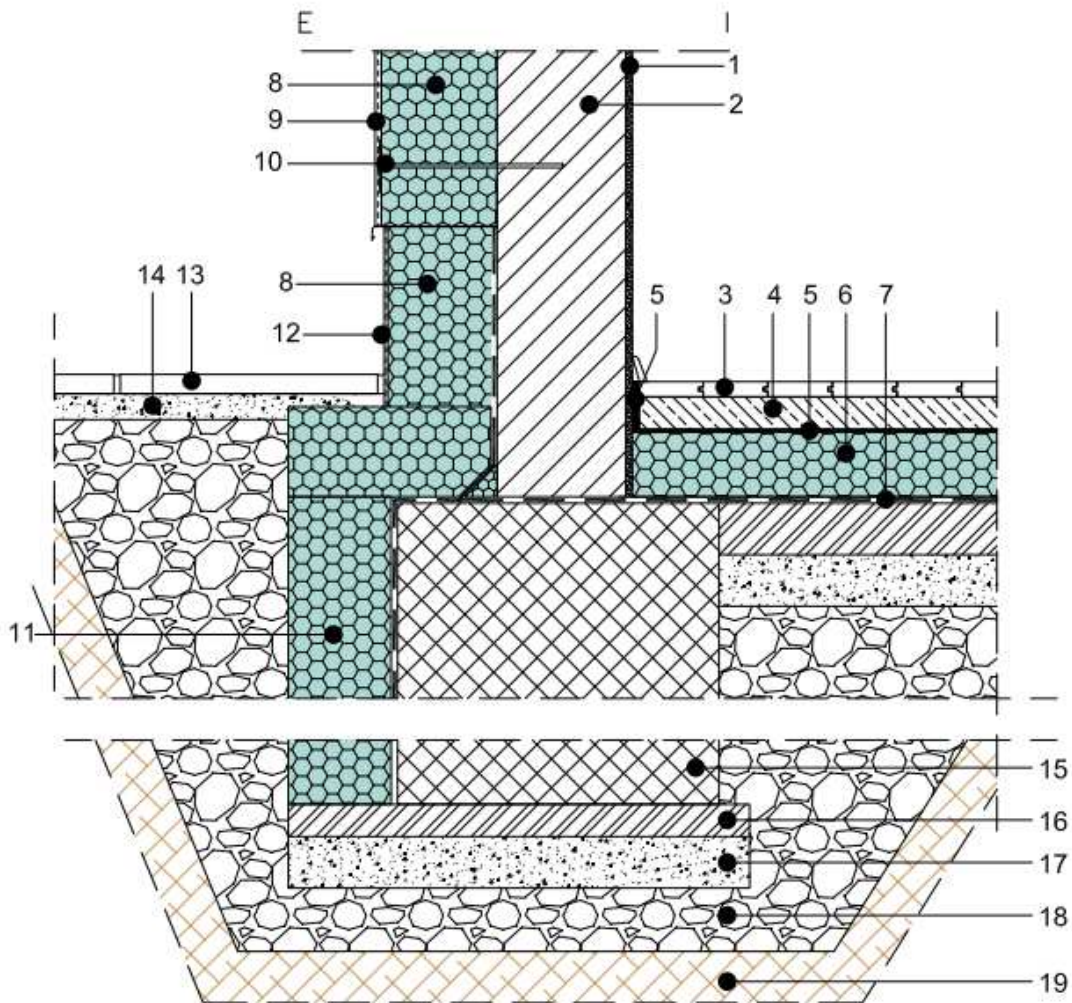


**Εικόνα 47** Πανοραμική όψη μόνωσης θεμελίωσης με θερμομονωτικές πλάκες



**Εικόνα 48** Οπλισμός πεδילוδοκών και θερμομονωτικές πλάκες

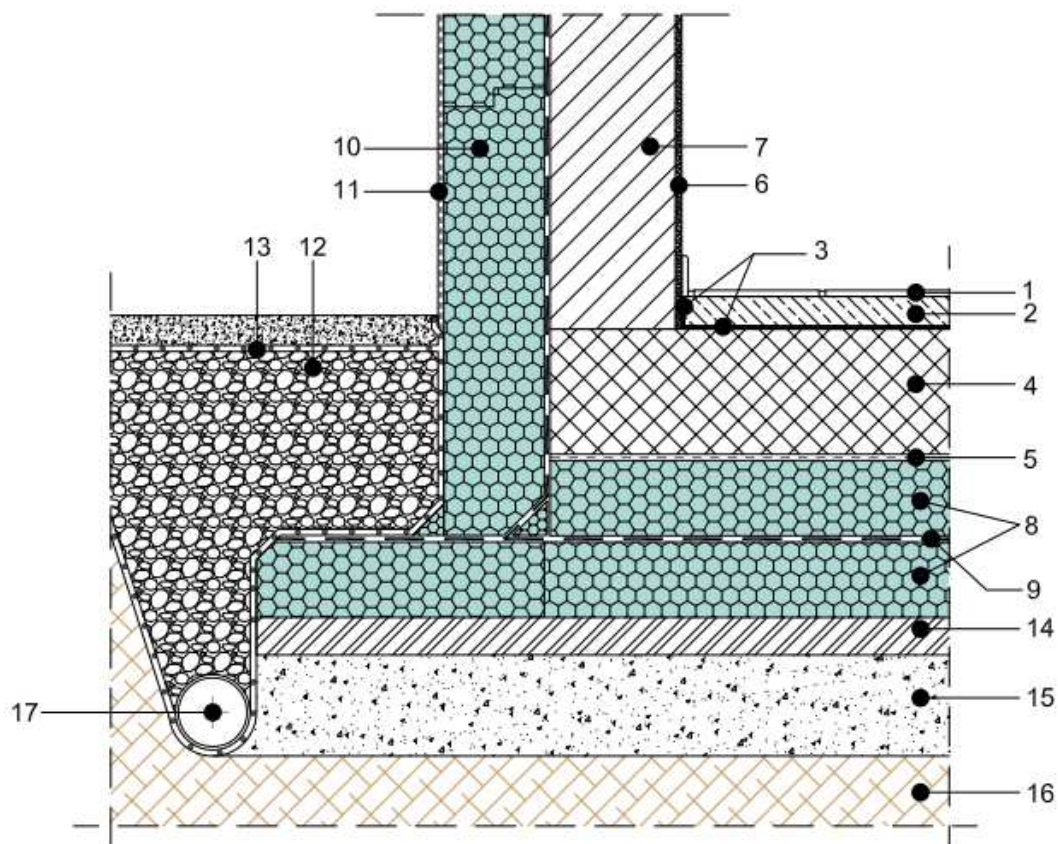
**Εικόνα 49** Πεδιλοδοκός κύριο τμήμα θερμομόνωση



Σύνθεση δομικού στοιχείου:

1. Εσωτερικός σοβάς 2. Εξωτερικός τοίχος 3. Παρκέτο 4. Γαρμπιλοσκυρόδεμα
5. Αντικραδαστικό φύλλο 6. Θερμομονωτικές πλάκες 7.Στεγανοποιητική στρώση
8. Θερμομονωτικές πλάκες 9. Οπλισμένη βασική στρώση & επίχρισμα 10. Βύσμα μηχανικής στερέωσης 11. Θερμομονωτικές πλάκες 12. Οπλισμένη βασική στρώση & επίχρισμα 13. Πλάκες πεζοδρομίου 14. Άμμος 15. Πεδιλοδοκός 16. Μπετόν καθαριότητας 17. Άμμος εξομάλυνσης 18. Κροκάλα 19. Έδαφος

**Εικόνα 50** Γενική κοιτόστρωση θερμομόνωσης



Σύνθεση δομικού στοιχείου:

1. Κεραμικά πλακίδια
2. Γαρμπιλοσκυρόδεμα
3. Αντικραδασμικό φύλλο
4. Πλάκα θεμελίωσης
5. Φύλλο πολυαιθυλενίου
6. Εσωτερικός σοβάς
7. Εξωτερικός τοίχος
8. Θερμομονωτικές πλάκες
9. Στεγανοποιητική στρώση
10. Θερμομονωτικές πλάκες
11. Οπλισμένη βασική στρώση
12. Χαλίκι
13. Αποστραγγιστική μεμβράνη-γεώφασμα
14. Μπετόν καθαριότητας
15. Κροκάλα
16. Έδαφος
17. Σωλήνας αποστράγγισης

### 3.1.2 Μόνωση τοίχων υπογείου

Η θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων υπογείων κατοικήσιμων χώρων είναι απαραίτητη καθώς μειώνει τις ενεργειακές-θερμικές απώλειες του χώρου αποκλείοντας παράλληλα την συμπύκνωση των υδρατμών στο εσωτερικό των δομικών στοιχείων τα οποία περιβάλλει.

Η επαφή του συστήματος με το έδαφος επιβάλλει την επιλογή θερμομονωτικών υλικών με τις παρακάτω ιδιότητες:

- Υψηλή και σταθερή θερμομονωτική αξία
- Μεγάλη αντίσταση στην διάχυση υδρατμών
- Ασήμαντη απορρόφηση υγρασίας
- Υψηλή αντοχή στην συμπίεση και γενικά στις μηχανικές καταπονήσεις
- Απόλυτη σταθερότητα διαστάσεων
- Αντοχή στα περισσότερα οξέα και βάσεις.

Μετά την αφαίρεση των ξυλοτύπων, η επιφάνεια καθαρίζεται προσεκτικά, εξομαλύνονται υπάρχουσες μικροανωμαλίες και κόβονται τυχόν προεξοχές από φουρκέτες του σιδηρού οπλισμού. Ακολουθεί η στεγάνωση. Υπάρχουν τρεις κύριοι τρόποι στεγάνωσης:

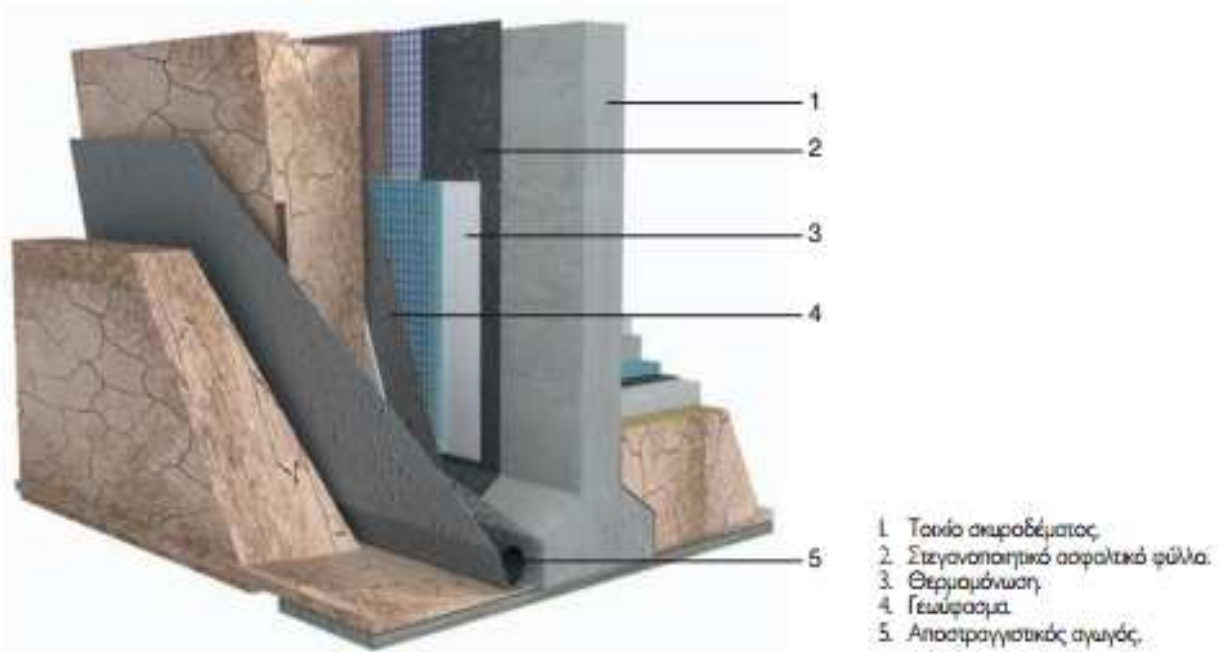
- Με χρήση ελαστομερών / πλαστομερών ασφαλοπάνων
- Ελαστομερών ασφαλικών γαλακτωμάτων
- Τσιμεντοειδών στεγανωτικών υλικών.

Η στεγάνωση επιβάλλεται να «αγκαλιάζει» όλη την κατασκευή και να επεκτείνεται μέχρι ένα μέτρο πάνω από τη στάθμη του εδάφους.

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών της στεγάνωσης, τοποθετούνται οι πλάκες θερμομόνωσης, με πάχος που υπολογίζεται από τη μελέτη θερμομόνωσης. Οι πλάκες στερεώνονται στα τοιχεία με πυκνό ασφαλικό γαλάκτωμα ή τσιμεντοκονίαμα, ανάλογα με τη υποκείμενη στεγάνωση (αν είναι ασφαλικής ή τσιμεντοειδούς βάσης).

Στη συνέχεια καλύπτονται οι πλάκες θερμομόνωσης με γεώφασμα για προστασία από τα χόματα ή τα σκύρα που θα γεμίσουν το διάκενο μεταξύ τοιχείων και εδάφους.

Το γέμισμα του διακένου γίνεται αμέσως μετά το στέγνωμα της κόλλας στερέωσης των θερμομονωτικών πλακών (1 ημέρα) και ανά στρώσεις, που το ύψος τους να μην ξεπερνά τα 50cm. Κάθε στρώση συμπυκνώνεται προσεκτικά.



**Εικόνα 51** μόνωση τοιχείου υπόγειου



**Εικόνα 52** συγκόλληση θερμομονωτικών πλακών

**Εικόνα 53** τοποθέτηση μεμβράνης (αυγουλιέρα)

### 3.1.3 Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας

Τα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης μπορούν να εφαρμοστούν είτε σε νέα είτε σε παλαιά κτίρια. Το κτίριο επενδύεται εξωτερικά με ένα θερμομονωτικό υλικό και στη συνέχεια σοβατίζεται με ένα ειδικό ελαστικό πολύ ισχυρό στεγανό επίχρισμα. Έτσι, εξασφαλίζεται η ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών του κτιρίου από τους εξωτερικούς τοίχους. Επιπλέον, αποκλείεται και η εισροή θερμότητας το καλοκαίρι από το περιβάλλον προς το εσωτερικό του κτιρίου.

#### Ο τρόπος εφαρμογής του συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης

Οι εργασίες γίνονται με την εξής σειρά:

- **Προετοιμασία της επιφάνειας**  
Ο εξωτερικός τοίχος αλφαδιάζεται και επιπεδώνεται με ράμματα.
- **Οι μαρμαροποδιές των παραθύρων**  
Τοποθετούνται οι μαρμαροποδιές των παραθύρων, έτσι ώστε να προεξέχουν από το επίπεδο της τελικής επιφάνειας του συστήματος.
- **Οριζόντιος οδηγός στη βάση του κτιρίου**  
Στη βάση του τοίχου (σε ύψος 50cm πάνω από τη βάση) ορίζεται, είτε με ράμμα είτε με ειδικό μεταλλικό τεμάχιο, οριζόντιος οδηγός ο οποίος πρέπει να είναι απολύτως κάθετος προς τις κάθετες ακμές / γωνίες του κτιρίου.
- **Οι θερμομονωτικές πλάκες**  
Επικολλώνται οι θερμομονωτικές πλάκες από πολυστερίνη ή άλλο θερμομονωτικό υλικό τοποθετημένες με τρόπο ώστε το μεγαλύτερο μήκος τους να αναπτύσσεται οριζόντια (δηλαδή παράλληλα με το έδαφος) λαμβάνοντας ως βάση έναρξης τον οριζόντιο οδηγό. Οι πλάκες αυτές είναι σημαντικό να διασταυρώνονται με τέτοιο τρόπο ώστε οι κάθετες απολήξεις τους να συμπίπτουν με τις κάθετες απολήξεις των θερμομονωτικών πλακών της από κάτω σειράς. Δηλαδή αυτό ακριβώς που προσέχουμε και όταν χτίζουμε έναν τοίχο με τούβλα. Ειδικά στη βάση της κατασκευής, κάτω από τον οδηγό, η πυκνότητα του θερμομονωτικού υλικού αυξάνεται (ή ακόμη αλλάζει σε ορισμένες περιπτώσεις και το ίδιο το υλικό) ώστε να αποτραπεί μελλοντική εμφάνιση ανερχόμενης υγρασίας.
- **Πάκτωση των πλακών με ειδικά βύσματα**  
Ανάλογα με το ύψος της τοιχοποιίας αλλά και ανάλογα με το αν αυτή είναι οπτοπλινθοδομή ή από σκυρόδεμα ή από τσιμεντοσανίδα, οι θερμομονωτικές πλάκες πακτώνονται με ειδικά βύσματα, προκειμένου να εξασφαλιστεί πρόσθετη μηχανική στερέωση.

- **Πλήρωση αρμών και επιπέδωση επιφάνειας θερμομονωτικών φύλλων**  
 Πληρώνονται τα κενά ανάμεσα στους αρμούς των θερμομονωτικών φύλλων ή στην επαφή που αυτά έχουν με στοιχεία που διακόπτουν τη συνέχεια της επιφάνειας και στη συνέχεια τρίβονται όλα τα σημεία που προεξέχουν από τα θερμομονωτικά φύλλα, προκειμένου να εξασφαλισθεί επίπεδη επιφάνεια χωρίς ανωμαλίες (καμπύλες ή ακμές).
- **Γωνιόκρανα, νεροσταλάκτες και υαλόπλεγμα**  
 Τοποθετούνται τα γωνιόκρανα και οι νεροσταλάκτες με το αρχικό υλικό επιχρίσματος, έτσι ώστε να διαμορφωθεί το πλαίσιο μέσα στο οποίο θα εφαρμοσθεί το ειδικό επίχρισμα. Επίσης, ενισχύεται με ορθογώνια τεμάχια υαλοπλέγματος η νοητή προέκταση των διαγωνίων των παραθύρων και των εξωτερικών θυρών.
- **Διάστρωση πρώτης στρώσης επιχρίσματος**  
 Ακολουθεί διάστρωση με οδοντωτή σπάτουλα (υπό γωνία 45°), έτσι ώστε να προσδιορίζεται το πάχος της στρώσης, μία πρώτη στρώση επιχρίσματος καλύπτοντας την πολυστερίνη (η οποία θα πρέπει οπωσδήποτε να έχει καθαρισθεί από υπολείμματα που έμειναν από το τρίψιμο που προηγήθηκε). Η διάστρωση του επιχρίσματος ξεκινάει από την οροφή και καταλήγει προς τα κάτω.
- **Τοποθέτηση υαλοπλέγματος**  
 Με νωπό και μαλακό ακόμα το επίχρισμα τοποθετούμε το υαλόπλεγμα (καρέ 4 x 4 mm): το βυθίζουμε μέσα στο επίχρισμα με την ίσια πλευρά της σπάτουλας, αποφεύγοντας να δημιουργήσουμε ζάρες ή φούσκες (δηλαδή σημεία όπου το πλέγμα δε θα έχει καλυφθεί επαρκώς από το επίχρισμα).
- **Διάστρωση τελικής στρώσης επιχρίσματος και τεχνοτροπία**  
 Μετά τη σκλήρυνση του πρώτου στρώματος ακολουθεί η τελική στρώση, η οποία μπορεί να πάρει ειδική υφή ανάλογα με τη διάμετρο του χαλαζιακού κόκκου αλλά και την τεχνοτροπία που θα επιλέξει ο αρχιτέκτονας ή ο ιδιοκτήτης του έργου.

## **Μελέτη και προεργασία για την αποφυγή προβλημάτων**

Σημαντικό για την αποφυγή προβλημάτων αλλά και περιττής αύξησης του κόστους εφαρμογής του συστήματος είναι να έχει γίνει η κατάλληλη μελέτη και προεργασία για την αποφυγή προβλημάτων και θερμογεφυρών. Αυτό στην πράξη σημαίνει τα εξής:

- **Αποφυγή επεμβάσεων εκ των υστέρων**

Η εξωτερική θερμομόνωση δεν θα πρέπει να τραυματίζεται από μερεμέτια και άλλες ύστερες επεμβάσεις, επειδή κάτι τέτοιο θα δημιουργήσει αισθητικά προβλήματα, αφού θα είναι εμφανή τα «μπαλώματα» των επιδιορθωτικών επεμβάσεων.

- **Επίπεδη επιφάνεια**

Πρέπει να δίνεται έμφαση στο να επιτευχθεί μία επίπεδη επιφάνεια τοιχοποιίας και σκυροδέματος.

- **Σωληνώσεις**

Πρέπει να αποφεύγεται η τοποθέτηση σωληνώσεων στην εξωτερική όψη της τοιχοποιίας. Αν αυτό είναι αδύνατο να αποφευχθεί, τουλάχιστον θα πρέπει οι σωλήνες να τοποθετούνται σε κατακόρυφες ή οριζόντιες κατευθύνσεις, για να μη δημιουργείται πρόβλημα στην εφαρμογή των θερμομονωτικών φύλλων.

- **Οι λαμπάδες στα παράθυρα και στις πόρτες**

Ιδιαίτερο βάρος πρέπει να δοθεί στους λαμπάδες στα παράθυρα και στις πόρτες, έτσι ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί το θερμομονωτικό υλικό στα σημεία αυτά χωρίς να μειώνει τις διαστάσεις τους ή το πάχος του προκειμένου αυτές να διατηρηθούν.

- **Έλεγχος για τυχόν σαθρό υπόστρωμα**

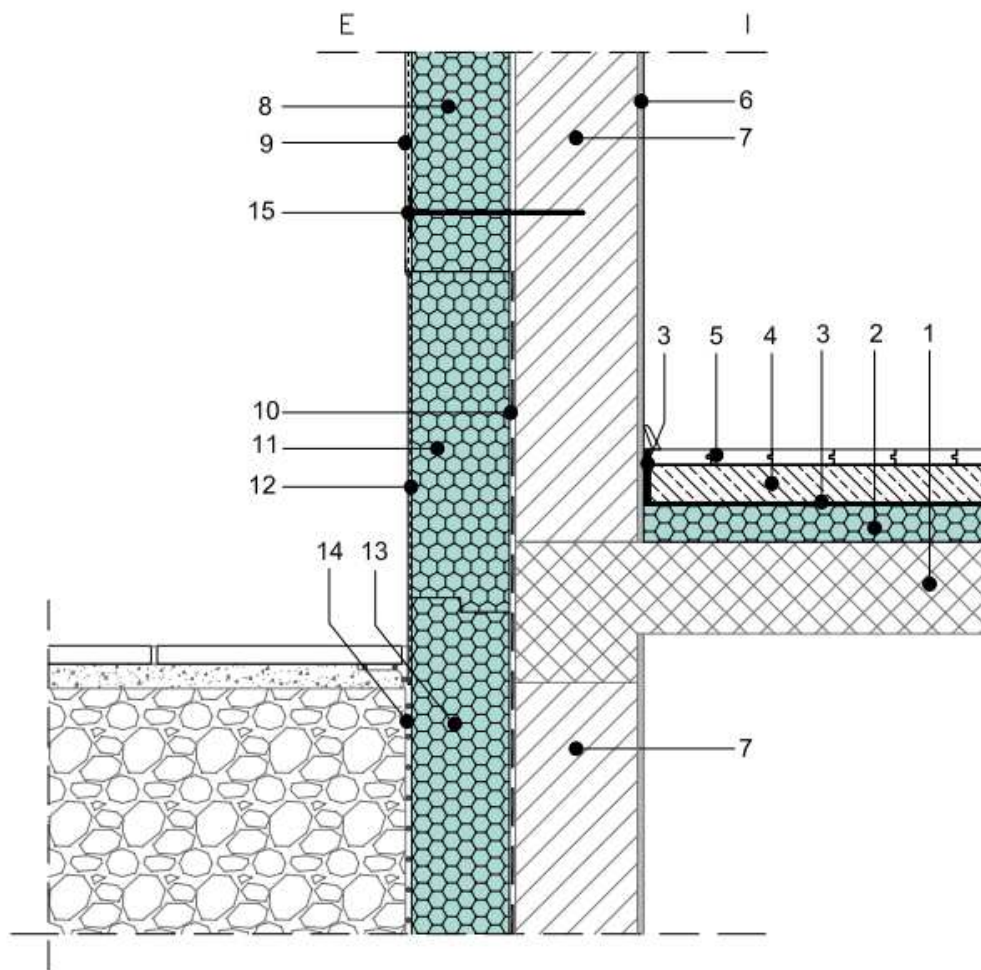
Σε παλαιά κτίρια και πριν από την έναρξη εφαρμογής του συστήματος πρέπει να ελέγχεται επιμελώς η επιφάνεια, ώστε να αποκαλυφθεί αν το υπόστρωμα είναι σαθρό σε κάποια τμήματά του. Σε τέτοια περίπτωση είναι αναγκαίο η αποκατάσταση της σταθερότητάς του να προηγηθεί της εφαρμογής του συστήματος.



## Χρήσιμες συμβουλές

- Το θερμομονωτικό υλικό να έχει επαρκές πάχος  
Το σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης έχει ως κύριο στόχο του τη θερμική θωράκιση του κτιρίου. Κατά συνέπεια, η προσπάθεια εξοικονόμησης χρημάτων μέσα από τη μείωση του πάχους του θερμομονωτικού υλικού όχι μόνο δε δημιουργεί οικονομικό όφελος αλλά αντιθέτως υπονομεύει τον αρχικό μας σκοπό. Πράγματι, σε σχέση με το συνολικό κόστος του συστήματος το κόστος του θερμομονωτικού υλικού είναι το μικρότερο και μία μείωση του πάχους του συνήθως «εξοικονομεί» από το κόστος κατασκευής μόλις από 1-3 το πολύ Ευρώ ανά m<sup>2</sup>.
- Η διαπνοή του κτιρίου  
Το σύστημα που θα επιλέξουμε πρέπει να εξασφαλίζει την καλή διαπνοή του κτιρίου, κοινώς να αναπνέει.
- Η επιλογή του θερμομονωτικού υλικού  
Η επιλογή του θερμομονωτικού υλικού πρέπει να γίνεται με βάση τις ιδιαίτερες ανάγκες του έργου. Για παράδειγμα, μία ιδιαίτερη ανάγκη για αυξημένη πυροπροστασία της τοιχοποιίας καθιστά αναγκαία την επιλογή του πετροβάμβακα.
- Η κλιματική ζώνη  
Για την επιλογή του πάχους του θερμομονωτικού υλικού είναι σημαντικό να γνωρίζουμε την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκεται το κτίριο.
- Μόνωση των εξοχών του κτιρίου  
Οι εξοχές του κτιρίου (μαρκίζες, βεράντες, στηθαία κτλ.) πρέπει επίσης να μονώνονται για την αποφυγή θερμογεφυρών.
- Πιστοποιημένο ή εξουσιοδοτημένο συνεργείο εφαρμογής  
Σε κάθε περίπτωση επιλέξτε ένα πιστοποιημένο συνεργείο εφαρμογής (πτυχιούχο τεχνικό μονώσεων δηλαδή από έγκριτο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα) ή, έστω, ένα συνεργείο εξουσιοδοτημένο από την εταιρεία που παράγει ή αντιπροσωπεύει το σύστημα που θα επιλέξετε, για την αποφυγή δυσάρεστων εκπλήξεων και κακοτεχνιών.

**Εικόνα 54** Εξωτερικός τοίχος σύνθετο σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης



Σύνθεση δομικού στοιχείου:

1. Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 2. Θερμομονωτικές πλάκες 3. Αντικραδασμικό φύλλο 4. Γαρμπιλοσκυρόδεμα 5. Παρκέτο 6. . Εσωτερικός σοβάς 7. Εξωτερικός τοίχος 8. Θερμομονωτικές πλάκες 9. Οπλισμένη βασική στρώση & επίχρισμα 10. Στεγανοποιητική στρώση 11. Θερμομονωτικές πλάκες 12. Οπλισμένη βασική στρώση & επίχρισμα 13. Θερμομονωτικές πλάκες 14. Αποστραγγιστική μεμβράνη-γεωφάσμα 15. Βύσμα μηχανικής στερέωσης

### 3.1.4 Θερμομόνωση δώματος

Τα δώματα είναι τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους, που δέχονται εντονότερα από όλα τα άλλα τις επιδράσεις του περιβάλλοντος που καταπονούν συνεχώς της επιφάνειά τους και είναι πρόξενοι των περισσοτέρων φθορών. Αποκολλήσεις υλικών, φουσκώματα στις στρώσεις, πρόωρη γήρανση των στεγανοποιητικών και θερμομονωτικών υλικών, θραύσεις και ρηγματώσεις, σχηματισμός εξανθημάτων και κηλίδων στην εσωτερική επιφάνεια είναι μερικές μόνο φθορές που υφίστανται τα δώματα και που κατά κανόνα οφείλονται στην ελλιπή, κακή ή πλημμελή προστασία τους.

Προϋπόθεση για την αποφυγή όλων αυτών των προβλημάτων και για τη σωστή λειτουργία τους αποτελεί η τήρηση ορισμένων κανόνων της τεχνικής και εφαρμογή των αρχών της φυσικής των κατασκευών και επιπροσθέτως η συνεχής συντήρηση και προστασία του έργου καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του.

Η θερμομόνωση ενός δώματος μπορεί να επιτευχθεί με 2 εναλλακτικούς τρόπους:

#### 3.1.4.1 Εξωτερικά σε όλη την επιφάνεια με το συμβατικό τρόπο

Μόνωση κατά την οποία η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται ΚΑΤΩ από την στρώση στεγανοποίησης της μόνωσης.

Τα στάδια κατασκευής είναι τα ακόλουθα:

- **Φράγμα υδρατμών**

Ακριβώς πάνω από την πλάκα σκυροδέματος του τελευταίου ορόφου δημιουργείται μια επιφάνεια από ασφαλτικό ή τσιμεντοειδές υλικό με σκοπό την να αποτραπεί η συμπύκνωση των υδρατμών που διαχέονται από το εσωτερικό του κτηρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον. Οι διαχεόμενοι υδρατμοί παραμένουν στο σημείο του φράγματος υδρατμών σε αέρια μορφή χωρίς να δημιουργούν προβλήματα υγρασίας στο δομικό στοιχείο.

- **Θερμομονωτική στρώση**

Χρησιμοποιούνται θερμομονωτικά υλικά όπως η διογκωμένη πολυστερίνη, η εξηλασμένη πολυστερίνη, η πολυουρεθάνη κλπ.. Η επιλογή του κατάλληλου υλικού γίνεται ανάλογα με την θερμομονωτική ικανότητα που θέλουμε να δώσουμε στο κτήριο και την αντοχή του όσον αφορά τα υπερκείμενα από αυτό βάρη των επόμενων στρώσεων της μόνωσης.

- **Προστατευτικό φύλλο από την υγρασία**

η θερμομονωτική στρώση που αναφέραμε προηγουμένως πρέπει απαραίτητα να προστατευτεί από τα νερά του κονιάματος ρύσεων της επόμενης στρώσης. Σύνηθες προστατευτικό φύλλο είναι το φύλλο πολυαιθυλενίου.

- **Στρώση κλίσεων**

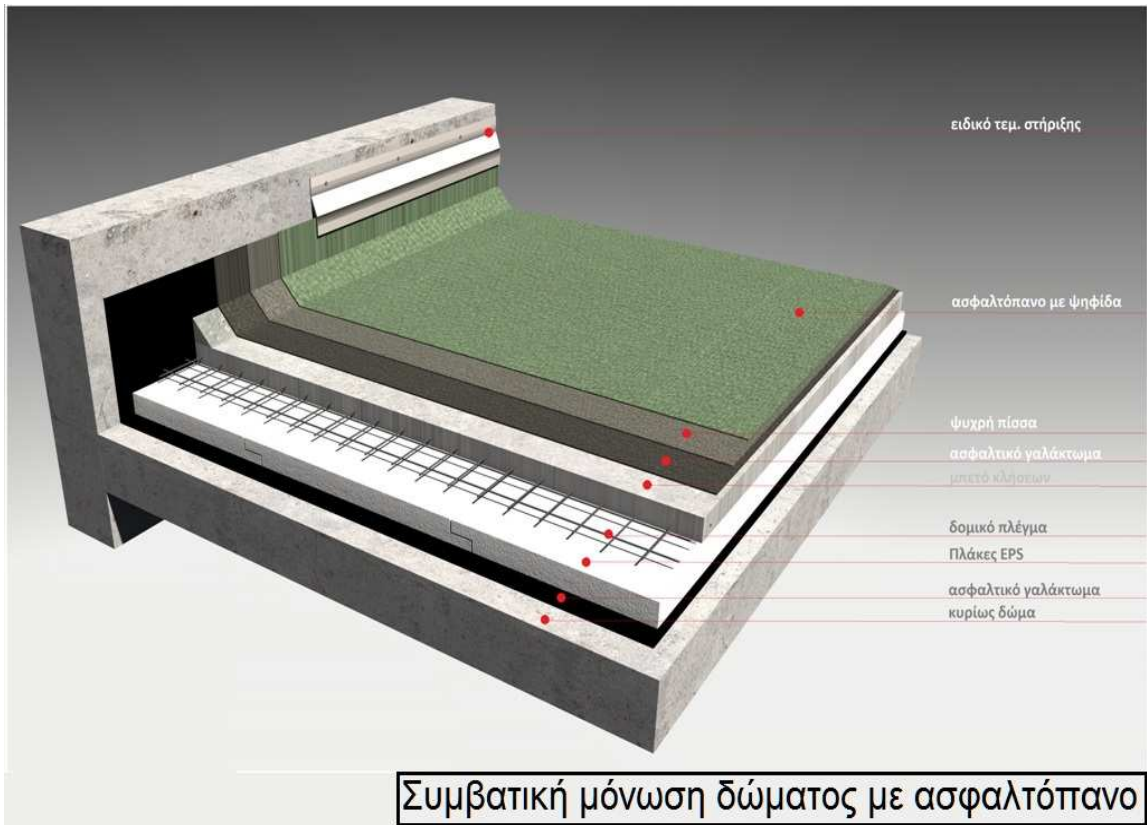
Διαστρώνεται ελαφροσκυρόδεμα με σκοπό την δημιουργία κατάλληλων κλίσεων στην άνω επιφάνεια της μόνωσης για την απομάκρυνση των νερών που πέφτουν σε αυτή.

- **Στεγανοποιητική στρώση**

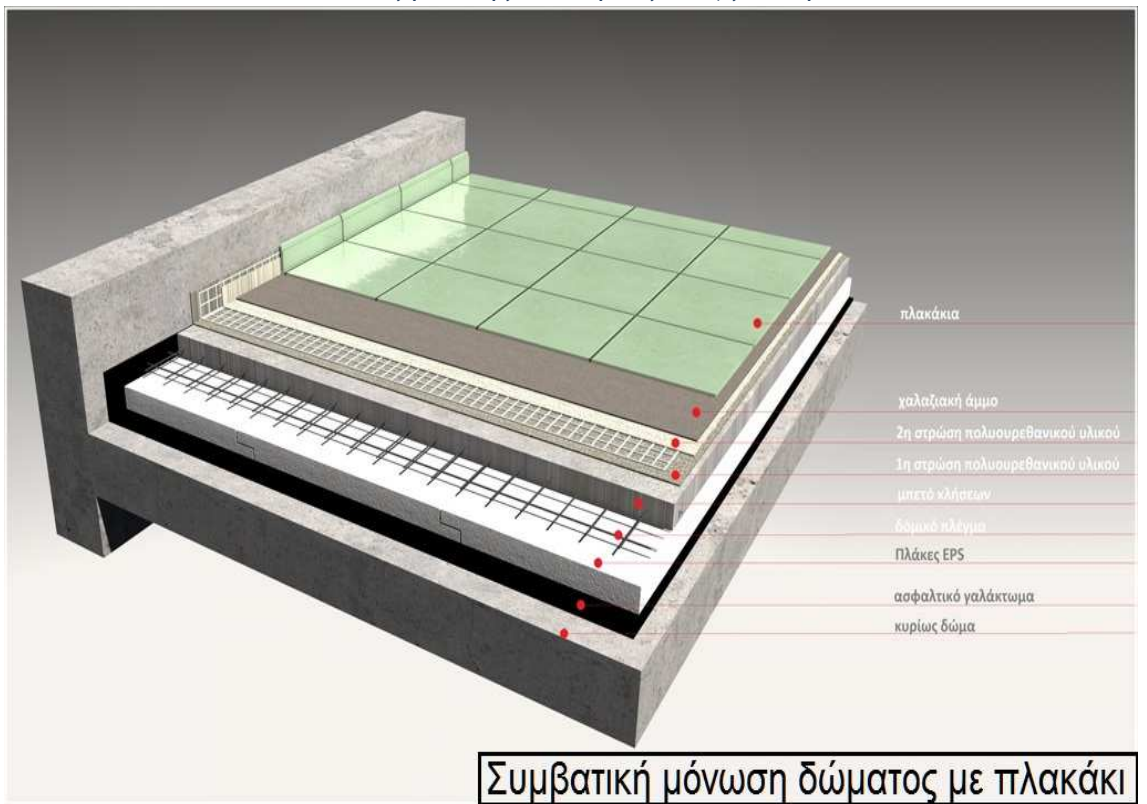
Διαστρώνεται σε όλη την επιφάνεια του δώματος Στεγανοποιητική μεμβράνη είτε από ασφαλτόπανο είτε από PVC είτε από ειδικά επαλληπτικά στεγανωτικά υλικά. Στόχος η φραγή της εισχώρησης νερών στην μόνωση.

- **Τελική στρώση μόνωσης**

Αυτή είναι η τελευταία στρώση της μόνωσης που έχει και την απευθείας επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον του κτηρίου. Ταυτόχρονα αποτελεί και προστασία της υποκείμενης στεγανοποιητικής στρώσης. Όταν το δώμα είναι βατό και χρησιμοποιούμενο η τελευταία στρώση γίνεται με κεραμικά πλακάκια ή μάρμαρα ή ταρατσόπλακες επί τσιμεντοκονιάματος με μεγάλες αντοχές στην συστολή – διαστολή. Όταν το δώμα δεν είναι βατό μπορεί να γίνει από βότσαλα.



**Εικόνα 55** Συμβατική μόνωση δώματος με ασφαλτοπανο



**Εικόνα 56** Συμβατική μόνωση δώματος με πλακάκι

### 3.1.4.2 Εξωτερικά σε όλη την επιφάνεια με τον αντεστραμμένο τρόπο

Μόνωση κατά την οποία η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται ΠΑΝΩ από την στρώση στεγανοποίησης της μόνωσης.

- **Στρώση κλίσεων**

Διαστρώνεται ελαφροσκυρόδεμα με σκοπό την δημιουργία κατάλληλων κλίσεων στην άνω επιφάνεια της μόνωσης για την απομάκρυνση των νερών που πέφτουν σε αυτή.

- **Στεγανοποιητική στρώση**

Διαστρώνεται σε όλη την επιφάνεια του δώματος στεγανοποιητική μεμβράνη είτε από ασφαλτόπανο είτε από PVC είτε από ειδικά επαληπτικά στεγανωτικά υλικά. Στόχος η φραγή της εισχώρησης νερών στην μόνωση.

- **Γεωύφασμα**

ως προστατευτική στρώση.

- **Θερμομονωτική στρώση**

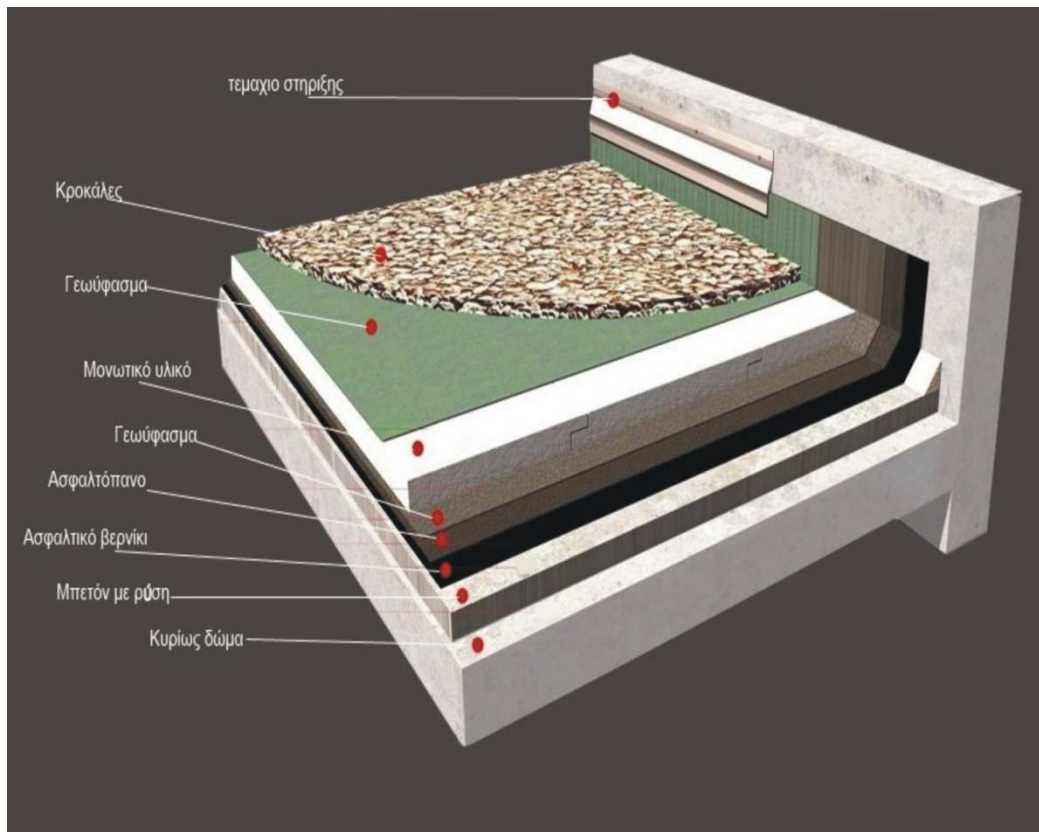
Χρησιμοποιούνται θερμομονωτικά υλικά όπως η διογκωμένη πολυστερίνη, η εξηλασμένη πολυστερίνη, η πολυουρεθάνη κλπ.. Η επιλογή του κατάλληλου υλικού γίνεται ανάλογα με την θερμομονωτική ικανότητα που θέλουμε να δώσουμε στο κτήριο και την αντοχή του όσον αφορά τα υπερκείμενα από αυτό βάρη των επόμενων στρώσεων της μόνωσης.

- **Προστατευτικό φύλλο (γεωύφασμα)**

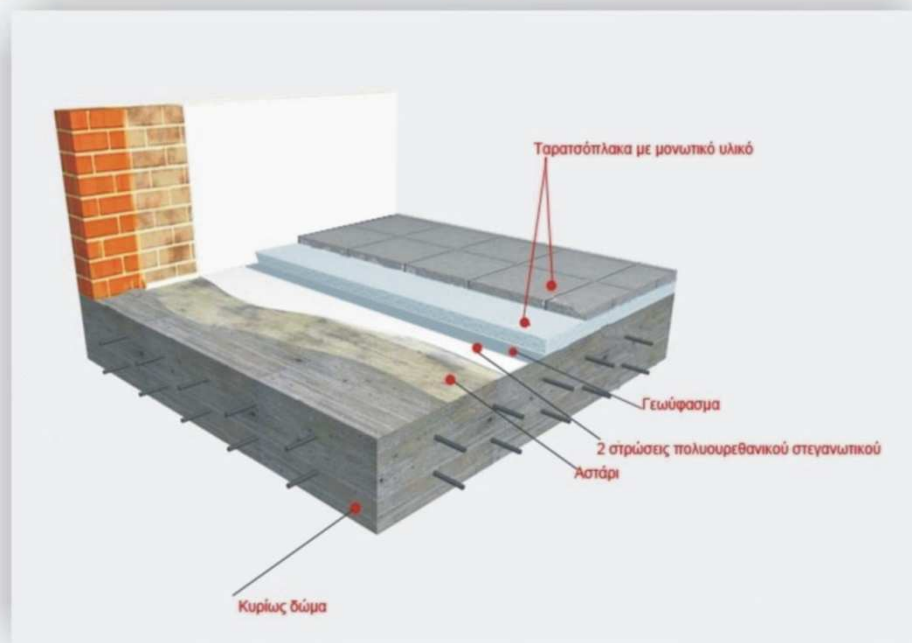
Η θερμομονωτική στρώση που αναφέραμε προηγουμένως πρέπει απαραίτητα να προστατευτεί από ρύπους και υλικά που μπορεί να την καταστρέψουν.

- **Τελική στρώση μόνωσης**

Αυτή είναι η τελευταία στρώση της μόνωσης που έχει και την απευθείας επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον του κτηρίου. Όταν το δώμα είναι βατό και χρησιμοποιούμενο η τελευταία στρώση γίνεται με κεραμικά πλακάκια ή μάρμαρα ή ταρατσόπλακες επί τσιμεντοκονιάματος με μεγάλες αντοχές στην συστολή – διαστολή.



**Εικόνα 57** αντεστραμμένη μόνωση δώματος με κροκάλες (μη βάτο)



**Εικόνα 58** αντεστραμμένη μόνωση δώματος με πλάκες (βάτο)

## Συμπεράσματα

- **Ανάγκη αναβάθμισης κτιρίων λόγω μη επαρκής μόνωσης**

Μεγάλο ποσοστό κτιρίων στην Ελλάδα δεν διαθέτουν καθόλου θερμομόνωση η διαθέτουν μη επαρκή θερμομόνωση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ανάγκη ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων.

- **Οικονομική κρίση**

Η οικονομική κρίση των τελευταίων ετών έχει κάνει αναγκαία την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων λόγω της ζήτησης αποδοτικότερης θέρμανσης – ψύξης με τη λιγότερο δυνατή κατανάλωσης ενέργειας εξαιτίας της αύξησης του κόστους ενέργειας.

- **Εξέλιξη νομοθεσίας**

Με την θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής αποδοτικότητας κάθε νέο κτίριο σχεδιάζεται ώστε να είναι ενεργειακά αποδοτικότερο μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις .

- **Μεγάλη ποικιλία μονωτικών υλικών για διάφορες εφαρμογές**

Η εξέλιξη της βιομηχανίας μονωτικών υλικών τις τελευταίες δεκαετίες που είχε ως αποτέλεσμα την παραγωγή διαφόρων τύπων μονωτικών υλικών ώστε να καλύπτουν όλες τις κατασκευαστικές απαιτήσεις.

- **Θερμογέφυρες**

Η μόνωση των κτιρίων χρειάζεται μια σωστή μελέτη για να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες και να υπάρχει σωστή θερμική προστασία.

- **Παραγωγή μονωτικών υλικών στην Ελλάδα**

Στην Ελλάδα υπάρχουν πολλές βιομηχανίες παραγωγής μονωτικών υλικών με αποτέλεσμα τις μειωμένες περιβαλλοντικές επιδράσεις από τη μεταφορά τους και το μειωμένο κόστος προς τον καταναλωτή.



- **Οικολογικά μονωτικά υλικά**

Η ανάγκη για προστασία του περιβάλλοντος έχει οδηγήσει τις βιομηχανίες στην δημιουργία-εύρεση υλικών που να είναι ανακυκλώσιμα και να έχουν τις μικρότερες δυνατές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Έτσι και στον τομέα των μονωτικών υλικών υπάρχουν αρκετά οικολογικά υλικά.

- **Ανακύκλωση**

Η ανακύκλωση των μονωτικών υλικών είναι σε πρώιμο στάδιο λόγω δυσκολίας και επειδή είναι οικονομικά ασύμφορη και έτσι οι μορφές ανακύκλωσης είναι είτε η επαναχρησιμοποίηση του ίδιου υλικού είτε η εύρεση κατασκευαστικής εταιρίας μονωτικών που να έχει μονάδα ανακύκλωσης

## Βιβλιογραφία

- Προδιαγραφές ιδιοτήτων θερμομονωτικών υλικών(2004), Πανεπιστήμιο  
Τυπογραφείο, Θεσσαλονίκη. Παπαδόπουλος
- Τυπολογία Ελληνικών Κτιρίων Κατοικίας (2016)Ε.Γ. Δασκαλάκη, Κ. Δρούτσα, Κ.Α.  
Μπαλαράς, Σ. Κοντογιαννίδης
- Επίδραση των θερμογεφυρών στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Προβλήματα  
και τρόποι αντιμετώπισης τους (2009) Δημήτρης Αραβαντινός
- Οδηγός θερμομόνωσης κτιρίων (2010) Υπηρεσία Ενέργειας Κύπρου
- Πληροφορίες και φωτογραφικό υλικό από τον επίσημο ιστότοπο της εταιρίας  
FIBRAN ([www.fibran.gr](http://www.fibran.gr))
- Πληροφορίες και φωτογραφικό υλικό από τον επίσημο ιστότοπο Τεχνικού  
Επιμελητηρίου Ελλάδος (web.tee.gr)
- Πληροφορίες και φωτογραφικό υλικό από τον επίσημο ιστότοπο της εταιρίας ESHA  
(<http://esha.gr/home>)
- Πληροφορίες και φωτογραφικό υλικό από τον επίσημο ιστότοπο της εταιρίας  
ISOMAT (<http://www.isomat.gr/index.php>)
- Πληροφορίες και φωτογραφικό υλικό από τον επίσημο ιστότοπο της εταιρίας  
<http://www.fragopoulos.gr>
- Πανελλήνιος σύνδεσμος εταιριών μόνωσης ( <http://www.psem.gr>)
- Θερμομονωτικά υλικά (2005) Πτυχιακή εργασία Αντωνιάδου Σοφία Τ.Ε.Ι. Καβάλας
- Οικολογικά δομικά υλικά (2015) Ιάσων Τζανακάκης
- Θερμομονωτικά και υγρομονωτικά υλικά στις σύγχρονες κατασκευές (2012)  
Διπλωματική εργασία Νικολάου Κονδύλη – Μιχάλη Ροκανά Ε.Μ.Π

## Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1 Υαλοβάμβακας .....	28
Εικόνα 2 Πετροβάμβακας .....	31
Εικόνα 3 Διογκωμένη πολυστερίνη .....	34
Εικόνα 4 Εξηλασμένη πολυστερίνη.....	37
Εικόνα 5 Πολυουρεθάνη.....	41
Εικόνα 6 Διογκωμένος Φελλός.....	43
Εικόνα 7 Προβατόμαλλο.....	45
Εικόνα 8 Βαμβακόμαλλο .....	47
Εικόνα 9 Αφρώδες Γυαλί .....	48
Εικόνα 10 Περλίτης .....	50
Εικόνα 11 Ασφαλτικές Μεμβράνες.....	61
Εικόνα 12 Μembrάνη κεραμοσκεπών .....	65
Εικόνα 13 Μembrάνη Αποστράγγισης (Αυγουλιέρα).....	68
Εικόνα 14 Μembrάνη EPDM .....	69
Εικόνα 15 Μembrάνη TPO .....	70
Εικόνα 16 Μembrάνες PVC.....	71
Εικόνα 17 Μembrάνες HDPE.....	72
Εικόνα 18 Μembrάνες FPP.....	73
Εικόνα 19 Μembrάνες GCL .....	74
Εικόνα 20 Επαλειφόμενο ασφαλτικής βάσης .....	79
Εικόνα 21 Επαλειφόμενα τσιμεντοειδούς βάσης.....	81
Εικόνα 22 Επαλειφόμενα ακρυλικής βάσης .....	83
Εικόνα 23 Επαλειφόμενα πολυουρεθανικής βάσης.....	84
Εικόνα 24 Επαλειφόμενα σιλικονούχα.....	85
Εικόνα 25,26 Πολυαιθυλένιο σε ρολό και πλάκες .....	91
Εικόνα 28 Πολυεστέρας.....	93
Εικόνα 29 Ρολό από ανακυκλωμένο ελαστικό.....	94
Εικόνα 30 Ρολό φελλού.....	95
Εικόνα 31 Προβατόμαλλο.....	96
Εικόνα 32 Πλάκες από Καλαμπόκι.....	98
Εικόνα 33 Κενάφ .....	99

Εικόνα 34	Εσωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας.....	103
Εικόνα 35	Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας .....	105
Εικόνα 36	Θερμομόνωση πυρήνα τοιχοποιίας.....	107
Εικόνα 37	Θερμογέφυρα σε φέρων οργανισμό .....	114
Εικόνα 38	Φέρων οργανισμός χωρίς θερμομόνωση.....	115
Εικόνα 39	Διαφορά εμβαδού μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας ..	116
Εικόνα 40	Θερμογέφυρα σε κούφωμα παράθυρου .....	116
Εικόνα 41	Θερμογέφυρα σε σενάζ .....	117
Εικόνα 42	Θερμογέφυρα σε απολήξεις των εξωτερικών δομικών στοιχείων.....	118
Εικόνα 43	Θερμογέφυρα σε αντεστραμμένο δόμα .....	118
Εικόνα 44	Θερμογέφυρα σε δοκάρι υπόγειου - πιλοτής .....	119
Εικόνα 45	Θερμογέφυρα στην προέκταση των φερόντων στοιχείων.....	120
Εικόνα 46	Θερμογέφυρα σε εγκάρσια συναρμογή εξωτερικού κελύφους με εσωτερικό τοίχο.....	121
Εικόνα 47	Πανοραμική όψη μόνωσης θεμελίωσης με θερμομονωτικές πλάκες	137
Εικόνα 48	Οπλισμός πεδιλοδοκών και θερμομονωτικές πλάκες.....	137
Εικόνα 49	Πεδιλοδοκός κύριο τμήμα θερμομόνωση .....	138
Εικόνα 50	Γενική κοιτόστρωση θερμομόνωσης .....	139
Εικόνα 51	μόνωση τοιχείου υπόγειου.....	141
Εικόνα 52	συγκόλληση θερμομονωτικών πλακών.....	141
Εικόνα 53	τοποθέτηση μεμβράνης (αυγουλιέρα) .....	141
Εικόνα 54	Εξωτερικός τοίχος σύνθετο σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης....	146
Εικόνα 55	Συμβατική μόνωση δώματος με ασφαλοπανο .....	149
Εικόνα 57	αντεστραμμένη μόνωση δώματος με κροκάλες (μη βάτο) .....	151
Εικόνα 58	αντεστραμμένη μόνωση δώματος με πλάκες (βάτο).....	151

## Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1. Τεχνικά χαρακτηριστικά υαλοβάμβακα [FMI F, 1994].....	29
Πίνακας 2. Τεχνικά χαρακτηριστικά πετροβάμβακα [FMI F, 1994] και [RockwoolF,1994].....	32
Πίνακας 3. Τεχνικά χαρακτηριστικά διογκωμένης πολυστερίνης .....	35
Πίνακας 4. Τεχνικά χαρακτηριστικά εξηλασμένης πολυστερίνης .....	38
Πίνακας 5. Τεχνικά χαρακτηριστικά αφρού πολυουρεθάνης .....	40
Πίνακας.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά διογκωμένου φελλού.....	42
Πίνακας 7. Τεχνικά στοιχεία προβατόμαλλου .....	44
Πίνακας 8. Τεχνικά χαρακτηριστικά βαμβακόμαλλου.....	46
Πίνακας 9. Τεχνικά χαρακτηριστικά αφρώδους γυαλιού .....	49
Πίνακας 10. Τεχνικά χαρακτηριστικά περλίτη .....	51
Πίνακας 11 Στεγανοποιητικά υλικά.....	60
Πίνακας 12 . Βασικές φυσικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες των κυριότερων θερμομονωτικών υλικών. ....	126
Πίνακας 13 Αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων υλικών .....	129
Πίνακας 14 τιμές θερμομονωτικών υλικών.....	132
Πίνακας 15 τιμές στεγανωτικών υλικών .....	132
Πίνακας 16 τιμές ηχομονωτικών υλικών.....	132