



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΣΕ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ
ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ ΑΠΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΧΩΡΟΔΙΚΤΥΩΜΑ



ΜΑΡΙΑ ΓΑΛΕΡΑΚΗ

Επιβλέπων Καθηγητής: Τζιράκης Κωνσταντίνος

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2013

Ευχαριστίες

Προτού ξεκινήσει η ανάγνωση αυτής της πτυχιακής εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τη χαρά μου που ασχολήθηκα με ένα θέμα τόσο ενδιαφέρον και επίκαιρο : τη θερμομόνωση σε βιοκλιματικά κτίρια με τοιχοποιία από μεταλλικό χωροδικτύωμα. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον δάσκαλο μου Κο.Τζιράκη Κωνσταντίνο για τις γνώσεις που μου μετέφερε όσον αφορά την μετάδοση θερμότητας αλλά και για την στήριξη του στην εκπόνηση αυτής της εργασίας μου, καθώς και τους πολιτικούς μηχανικούς Φανουράκη Ευγενία και Καλαϊτζιδάκη Χρήστο για την πολύτιμη βοήθειά τους στην άντληση των απαραίτητων πληροφοριών για τη συγγραφή της. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Γαλεράκη Παντελή και Ουρανία που με μεγάλωσαν με αγάπη και με στηρίζουν όλα αυτά τα χρόνια, ιδιαίτερος τον πατέρα μου για την πρακτική βοήθεια του στην πτυχιακή εργασία μου και που με έμαθε να αγαπάω αυτό που κάνω. Και φυσικά τα πέντε αγαπημένα μου αδέρφια.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	σελ.1
1. Η έννοια της προκατασκευής.....	σελ.2
1.1. Ιστορική εξέλιξη.....	σελ.2
1.1.1. Εξέλιξη της προκατασκευής έως τη νεότερη ιστορία.....	σελ.2
1.1.2. Νεότερη ιστορία της προκατασκευής.....	σελ.4
1.2. Χαρακτηριστικά προκατασκευής.....	σελ.7
1.2.1. Ορισμός.....	σελ.7
1.2.2. Μέρη πραγματοποίησης προκατασκευής.....	σελ.8
1.2.3. Διαχωρισμός προκατασκευής.....	σελ.8
1.3. Πλεονεκτήματα των μεταλλικών προκατασκευασμένων έναντι των Συμβατικών κατασκευών.....	σελ.9
2. Κτίρια από μεταλλικό χωροδικτύωμα.....	σελ. 11
2.1. Γενικά στοιχεία για τις μεταλλικές κατασκευές.....	σελ. 11
2.1.1 Το μέταλλο σαν υλικό.....	σελ. 11
2.2.2 Μεταλλικές κατασκευές στον Ελλαδικό χώρο.....	σελ. 12
2.2. Γενικά στοιχεία για το μεταλλικό χωροδικτύωμα με συγκόλληση.....	σελ. 13
2.2.1 Υλικά χωροδικτύωματος συγκολλητών κατασκευών.....	σελ. 13
2.2.2 Πλεονεκτήματα μεταλλικού χωροδικτύωματος	σελ. 15
2.2.3 Μειονεκτήματα μεταλλικού χωροδικτύωματος.....	σελ. 18
2.3. Τρόπος κατασκευής κτιρίου από μεταλλικό χωροδικτύωμα.....	σελ. 19
2.4. Διαδικασία τοποθέτησης θερμοπρόσοψης.....	σελ. 28
3. Θερμομόνωση.....	σελ. 32
3.1. Σημασία της θερμομόνωσης.....	σελ. 32
3.2. Βασικές αρχές μετάδοσης θερμότητας.....	σελ. 34
3.2.1. Μετάδοση θερμότητας με θερμική αγωγή.....	σελ. 35
3.2.2. Μετάδοση θερμότητας με μεταφορά (ή συναγωγή).....	σελ. 38
3.2.3. Μετάδοση θερμότητας με θερμική ακτινοβολία.....	σελ. 38
3.3. Θερμικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων.....	σελ.39
3.3.1. Θερμοπερατότητα.....	σελ.39
3.3.2. Βαθμός αεροστεγανότητας.....	σελ.43
3.3.3. Θερμοχωρητικότητα.....	σελ.43
3.4. Τρόποι θερμομόνωσης.....	σελ.44
3.5. Θερμομονωτικά υλικά.....	σελ.46
3.5.1. Εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS).....	σελ.47

3.5.2. Πετροβάμβακας	σελ.49
3.5.3. Υαλοβάμβακας	σελ.50
3.5.4. Περλομπετόν	σελ.52
3.5.5. Πολυουρεθάνη	σελ.53
3.5.6. Διογκωμένη πολυστερίνη (EPS)	σελ.54
3.6. Σύγκριση θερμομονωτικών	σελ.58
4. Μελέτη θερμομόνωσης σε κτίρια από μεταλλικό χωροδικτύωμα με χρήση διογκωμένης πολυστερίνης.....	σελ.60
4.1. Υπολογισμός U-value για διάφορες κατηγορίες δομικών στοιχείων.....	σελ.61
4.1.1. Τοιχοποιία με θερμοπρόσοψη Φ.1.1.....	σελ.63
4.1.2. Τοιχοποιία με θερμοπρόσοψη Φ.1.2.....	σελ.65
4.1.3. Τοιχοποιία με θερμοπρόσοψη Φ.1.3.....	σελ.67
4.1.4. Τοιχοποιία με θερμοπρόσοψη Φ.1.4.....	σελ.69
4.1.5. Τοιχοποιία με πέτρα εξωτερικά Φ.2.....	σελ.71
4.1.6. Τοιχοποιία με πέτρα εξωτερικά και εσωτερικά Φ.3.....	σελ.73
4.1.7. Τοιχοποιία με πέτρα εξωτερικά Φ.4.....	σελ.75
4.1.8. Θερμομόνωση δώματος Φ.5.2. (Εξωτερική θερμομόνωση 3cm).....	σελ.77
4.1.9. Θερμομόνωση δώματος Φ.5.3. (Εξωτερική θερμομόνωση 4cm).....	σελ.79
4.1.10. Θερμομόνωση δώματος Φ.5.4. (Εξωτερική θερμομόνωση 5cm).....	σελ.80
4.2. Σύγκριση δομικών στοιχείων από μεταλλικό χωροδικτύωμα έναντι συμβατικών δομικών στοιχείων	σελ.82
4.3. Θερμοχωρητικότητα.....	σελ.86
4.3.1. Ο ρόλος της θερμοχωρητικότητας.....	σελ.88
5. Βιοκλιματικός σχεδιασμός και μεταλλικά χωροδικτυώματα.....	σελ.90
5.1. Φυσικός αερισμός	σελ.90
5.2. Φυσικός φωτισμός – σκίαση	σελ.92
5.3. Άλλοι παράγοντες που ευνοούν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό.....	σελ.96
6. Συμπεράσματα	σελ.100

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Πρόλογος

Ο σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη και εφαρμογή θερμομόνωσης σε κατασκευές κατοικιών από μεταλλικό χωροδικτύωμα. Πρόκειται για μια νεωτεριστική μέθοδο προκατασκευής η οποία συνδυάζει τα βασικά πλεονεκτήματα της προκατασκευής, που είναι η μείωση του κόστους και χρόνου δόμησης, με τις απαιτήσεις αντισεισμικότητας και ενεργειακού σχεδιασμού. Το θέμα είναι εμπνευσμένο από την πρακτική μου άσκηση στην κατασκευαστική εταιρία ΔΙΑΣ Α.Κ.Ε.Ε, η οποία είναι εξειδικευμένη στην κατασκευή και τυποποίηση μεγάλων Project κατοικιών με το συγκεκριμένο καινοτόμο σύστημα του μεταλλικού χωροδικτυώματος.

Κατασκευές με χρήση μεταλλικού χωροδικτυώματος έχουν εφαρμοστεί μέχρι σήμερα σε μεγάλα έργα όπως είναι ο πύργος του Eiffel, το μεγαλύτερο φράγμα της Ευρώπης στο χωριό Maeslankering της Ολλανδίας, οι γερανοί , τα στέγαστρα γηπέδων, το στάδιο του Πεκίνου που κατασκευάστηκε για τους Ολυμπιακούς το 2008, έργα του γνωστού Ισπανού αρχιτέκτονα από την Βαλένθια, Καλατράβα κ.α. Επειδή οι κατασκευές με χωροδικτύωμα προτείνονται σε περιπτώσεις που επιθυμούμε μεγάλα στατικά ανοίγματα, μεγάλες αντοχές διατομών, μικρό βάρος κατασκευής και αυξημένη αντισεισμικότητα, μέχρι πριν λίγο καιρό είχαν εφαρμογή μόνο σε μεγάλα έργα. Υπήρχε η πεποίθηση πως μια τέτοια εφαρμογή σε κατοικία θα ήταν πολύ δαπανηρή και κατ' επέκταση ασύμφορη. Η προαναφερθείσα εταιρεία ασχολείται με το συγκεκριμένο είδος κατασκευής, επιδιώκοντας να την κάνει όλο και περισσότερο προσιτή σε μία ευρύτερη κοινωνική ομάδα ανθρώπων που θέλουν μία αντισεισμική, οικονομική και γρήγορη κατασκευή.

Κατασκευές και ο άνω περιγραφόμενος τρόπος δόμησης της εταιρείας έχουν παρουσιαστεί στο διεθνές συνέδριο στο Ινσμπουργκ Αυστρίας 3-5 Φεβρουαρίου 2011 και στο εθνικό συνέδριο 29/9-1/10 2011 στο Βόλο μέσω του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, με τις καλύτερες κριτικές - σχόλια από διακεκριμένους επιστήμονες (Ερμόπουλος, Μυστακίδης, Καραμάνος, Μπανιωτόπουλος, Ευθυμίου, Ζυγομαλάς, Braganca, Blok, Gervacio, Velikovic, Borg κ.α). Επίσης έχει γίνει παρουσίαση στο τεχνικό περιοδικό «Κτίριο» τον Ιούνιο του 2009, σε Κρητικά τοπικά περιοδικά (ΣΤΙΓΜΕΣ Νοέμβριος 2011, κ.α) και σε τηλεοπτικές εκπομπές (TV CRETA, 2009).

1 Η έννοια της Προκατασκευής

1.1 Ιστορική εξέλιξη

1.1.1. Εξέλιξη της προκατασκευής έως τη νεότερη ιστορία

Ο συγκεκριμένος τρόπος εκτέλεσης έργου δεν είναι καινούριος, μπορεί να πει κανείς πως είναι τόσο παλιός όσο και τα έργα του ανθρώπινου πολιτισμού αφού η προκατασκευή χρησιμοποιείται από τους αρχαίους χρόνους. Μάλιστα υποστηρίζεται ότι στον παγκόσμια παλαιότερο γνωστό κατασκευασμένο δρόμο Sweet Track στην Αγγλία το 3800 π.Χ., χρησιμοποιήθηκαν προκατασκευασμένα ξύλινα στοιχεία.

Η πρώτη εφαρμογή της προκατασκευής στον Ελλαδικό χώρο, εμφανίστηκε το 3.000 π.Χ. στα υδρευτικά και αποχετευτικά συστήματα της αρχαίας Αθήνας με τη χρήση προκατασκευασμένων πυλοσωλήνων. Η προκατασκευή φορέων και τμημάτων κτιρίων εμφανίστηκε στη Κλασική Αρχιτεκτονική όπου κάθε έργο ανήκε σε ένα ρυθμό. Στο δωρικό ναό όλα τα μέλη ήταν τυποποιημένα και ο ναός υπάκουε σε ένα κανόνα αναλογιών με μέτρο τον εμβάτη. Οι δωρικοί ναοί μοιάζουν ίδιοι μεταξύ τους, αλλά ο καθένας διαφέρει στις λεπτομέρειες και είναι πρωτότυπος. Χαρακτηριστική είναι η διαφορά που υπάρχει μεταξύ μηχανικής επανάληψης και τυποποίησης. Ενώ η τυποποίηση και η επανάληψη εμφανίζεται σε κάθε έργο, γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε τα αποτελέσματα να διαφέρει από έργο σε έργο.

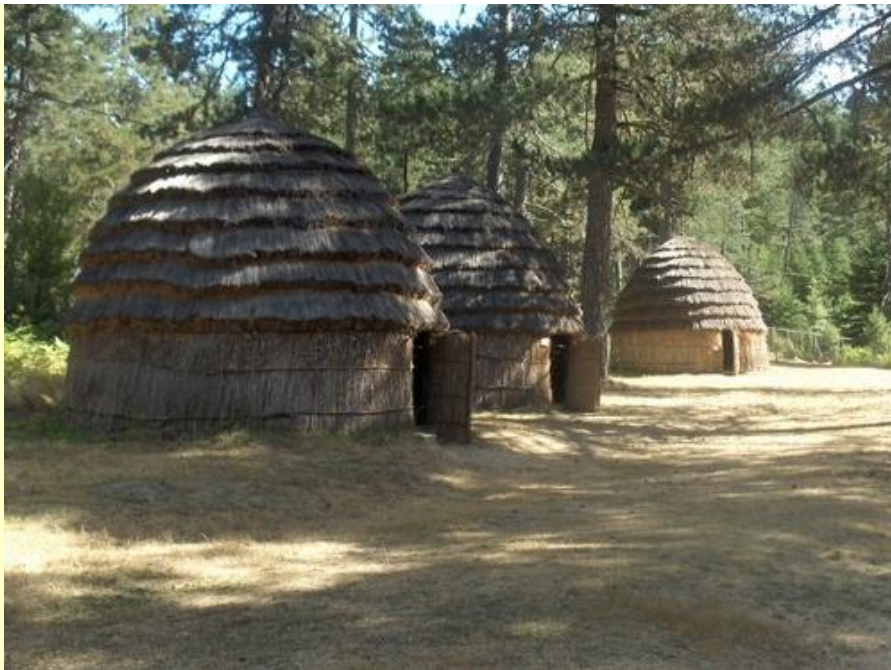
Μεγάλα και θαυμαστά έργα των αρχαίων λαών, όπως οι πυραμίδες της Αιγύπτου, ο Παρθενώνας και τα περισσότερα μνημεία του αρχαίου κόσμου κατασκευάστηκαν με την συναρμολόγηση μεγάλων δομικών στοιχείων που προκατασκευάστηκαν σε άλλη θέση. Αυτά τα δομικά στοιχεία ήταν ογκόλιθοι ή μαρμάρινα τεμάχια που επεξεργάστηκαν κοντά στα λατομεία εξόρυξής τους, και στην συνέχεια μεταφέρθηκαν και συναρμολογήθηκαν στον τόπο του έργου.

Μεταγενέστερα, την εποχή της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, οι Ρωμαίοι μιμήθηκαν τα μορφολογικά στοιχεία της Ελληνικής Αρχιτεκτονικής ορθολογικά, αλλοιώνοντας έτσι το νόημα του ρυθμού τους. Η τυποποίηση πλέον γινόταν με γνώμονα την επανάληψη και όχι τη διαφοροποίηση. Τότε ήρθε ως αντίδραση η θεωρία του Πλωτίνου, που επηρέασε όλη τη μετέπειτα τέχνη, μέχρι τη Βυζαντινή, σύμφωνα με την οποία η ομοιομορφία του έργου δεν εξαρτάται από την ευμετρία

αλλά από την κεντρική ιδέα του έργου, διότι αυτή ενοποιεί τα μέλη του. Το βάρος από τη μορφή μετατέθηκε στο περιεχόμενο του έργου. Μοιραία από τότε η προκατασκευή άρχισε να ατονεί, διότι με τον ορθολογισμό της αρνείται στο τεχνίτη κάθε πρωτοβουλία και ελευθερία στην εκτέλεση.

Στοιχεία προκατασκευής γίνονται αντιληπτά και στις κοινότητες των νομάδων. Αυτή τη φορά γνώμονας είναι αποκλειστικά η ευκολία μεταφοράς και συναρμολόγησης των δομικών στοιχείων και όχι η αισθητική ή διαφοροποίηση των κατασκευών. Ο ξύλινος σκελετός των κατοικιών αυτού του είδους αποτελείται από 3 τμήματα:

- α) Ένα κυκλικό τοίχο στο ύψος ενός μέσου ανθρώπου,
- β) Ένα κορυφαίο κυκλικό στοιχείο που παίρνει τη μορφή κόλυρης πυραμίδας
- γ) Έναν αριθμό ακτινοειδώς τοποθετούμενων γραμμικών στοιχείων.



Εικόνα 1. Κατοικία νομάδων

1.1.2. Νεότερη ιστορία της προκατασκευής

Η σύγχρονη ιστορία των προκατασκευασμένων κτιρίων ξεκινάει από την Αγγλία, όταν το 1624 άγγλοι ψαράδες μετέφεραν στο Cape Ann (Μασαχουσέτη) ένα ξύλινο σπίτι που αποτελείτο από ξύλινα πετάσματα και το οποίο αποσυναρμολογήθηκε και ξανασυναρμολογήθηκε αρκετές φορές σε διαφορετικά σημεία. Η πρώτη προκατασκευασμένη οικία αποτελούμενη από ξύλινα φατνώματα, μεταφέρθηκε ακτοπλοϊκά το 1642 από την Βρετανία στη Μασαχουσέτη για να καλύψει τις προσωρινές στεγαστικές ανάγκες του αλιευτικού στόλου της εποχής. Αργότερα το 1727 δύο κατοικίες έτοιμες προς συναρμολόγηση μεταφέρθηκαν από τη Νέα Ορλεάνη στις δυτικές Ινδίες.

Στον σύγχρονο κόσμο, η βιομηχανική επανάσταση υπήρξε η αφετηρία για μια σειρά αλλαγών και επηρέασε βαθιά ολόκληρη τη δομή της κοινωνίας. Από την εποχή του άνθρακα και του σιδήρου και την πρώτη φάση της βιομηχανικής επανάστασης (1750-1870) που σημαδεύεται από τη χρήση του σιδηροδρόμου και του ατμόπλοιου στις μεταφορές η βιομηχανική επανάσταση παίρνει άλλη μορφή με την χρήση νέων μορφών ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο) και την εφαρμογή επιστημονικής γνώσης.

Η μεγάλη σημασία της βιομηχανίας είναι προφανής και η εκβιομηχάνιση γίνεται διεθνώς ο πρωτεύων σκοπός της οικονομικής πολιτικής και αναγνωρίζεται ότι συμβάλλει ουσιωδώς στην οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας. Μέσα σε αυτό το κύμα εκβιομηχάνισης ήταν αναμενόμενο η «σύγχρονη» προκατασκευή να εμφανιστεί στην χώρα που ήταν καρδιά της βιομηχανικής επανάστασης δηλαδή στην Μ. Βρετανία. Το Crystal Palace του Joseph Paxton υλοποιήθηκε το 1851, αξιοποιώντας σε μέγιστο βαθμό τις πρώιμες ακόμα τεχνικές. Στις ΗΠΑ η μέθοδος συναρμολόγησης προκατασκευασμένων μεταλλικών τμημάτων οδήγησε από το 1870 στην ανέγερση κτηρίων πολύ μεγάλου ύψους - ουρανοξύστες – όπως το Empire State Building σε εξαιρετικά σύντομο χρονικό διάστημα για την εποχή.



Εικόνα 2. Crystal palace του J. Paxton, 1851 στο Λονδίνο (Hyde Park)



Εικόνα 3. Empire State Building των Lamb, Shreve και Harmon, 1931 στο Manhattan

Το πρώτο μεταλλικό προκατασκευασμένο κτίριο κατασκευάστηκε λίγο πριν το 1830 στο Tipton Green, Staffordshire στην Αγγλία. Η πραγματική ώθηση στη παραγωγή των προκατασκευασμένων κατοικιών ήρθε το 1848 κατά τη περίοδο που ονομάζεται “Gold rush”.

Στις αρχές του προηγούμενου αιώνα ξεκίνησαν οι πρώτοι πειραματισμοί με το σκυρόδεμα ως πρώτη ύλη. Ο Grosvenor Atterbury το 1902 πειραματίστηκε με το υλικό αυτό σε νέες τεχνικές κατασκευής κατοικιών. Γύρω στο 1907 παρουσίασε ένα σύστημα προκατασκευασμένων πετασμάτων για τοίχους, πατώματα και οροφές. Μεταξύ του 1910 και 1918 εκατοντάδες σπίτια κατασκευάστηκαν με αυτό τον τρόπο από τη Russell Sage Foundation στο Forest Hills του Long Island.

Μετά το τέλος του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, η συντονισμένη προσπάθεια βιομηχανοποίησης της δόμησης είχε ως αφετηρία την επιτακτική ανάγκη μιας εκτεταμένης και ταχείας δόμησης, με την απασχόληση όσο το δυνατόν λιγότερων εργατικών χεριών. Η καταστροφή μεγάλων αστικών τμημάτων Ευρώπης και Ιαπωνίας, σε συνδυασμό με την πληθυσμιακή έκρηξη που σημειώθηκε τη μεταπολεμική εποχή, δημιούργησαν την ανάγκη για στέγαση εκατομμυρίων ανθρώπων άμεσα και με το χαμηλότερο δυνατό κόστος.

Η ύπαρξη ενός αποκλειστικού πελάτη, του κράτους, και η απαίτηση για γρήγορη και αποτελεσματική αντιμετώπιση του προβλήματος, αποτέλεσαν γόνιμο έδαφος για την ανάπτυξη και την εφαρμογή βιομηχανικών κατασκευαστικών μεθόδων. Πρωτεργάτες στον τομέα υπήρξαν κατασκευαστικές εταιρίες από την Ευρώπη και την Ιαπωνία οι οποίες εισήγαγαν τις νέες μεθόδους στην τεχνολογία τις βιομηχανοποιημένης ή συστηματοποιημένης δόμησης. Ενδεικτικά, 125.000 κτήρια κατασκευάστηκαν στη Μ.Βρετανία ακολουθώντας τρεις βασικές προκατασκευαστικές μεθόδους (Uni-Seco, Arcon και Airoh), ενώ μέχρι το 1948 είχαν φτάσει τις 160.000 με κόστος κοντά στις 216 εκατομμύρια λίρες.

Στις Δυτικές χώρες όμως αυτό το είδος των κατασκευών γρήγορα θεωρήθηκε ως κατώτερης κατηγορίας διότι παρουσίαζε ομοιόμορφες όψεις και επαναλαμβανόμενους όγκους. Με το σύστημα IMS, που σχεδιάστηκε στη Γιουγκοσλαβία, έγινε παραγωγή 10.000 οικιστικών μονάδων το χρόνο στις χώρες τις Σοβιετικής κυριαρχίας. Το IMS διέθετε υπομονάδες για κουζίνες, λουτρά, ανελκυστήρες κ.λπ. οι οποίες με την συναρμολόγηση τους πραγματοποιούσαν κτήρια μέχρι 26 ορόφων. Οι προκατασκευασμένες κατοικίες της εποχής αυτής σχεδιάστηκαν με μια διάρκεια ζωής λίγο πάνω από 10 έτη, πολλές όμως από αυτές τα ξεπέρασαν κατά πολύ με κάποιες να υπάρχουν και μέχρι σήμερα.

Στη δεκαετία του '70 η προκατασκευή βρήκε πεδίο εφαρμογής σε κτήρια του δημόσιου τομέα όπως πανεπιστήμια, σχολικά κτήρια, νοσοκομεία, κτήρια γραφείων στρέφοντας τη βιομηχανοποιημένη δόμηση προς τη βαριά προκατασκευή. Ωστόσο η πορεία της βιομηχανοποιημένης δόμησης εμφάνισε προβλήματα κυρίως όσο αφορά την ποιότητα και την ασφάλεια καθώς πολλά ήταν τα συστήματα προκατασκευής που απέτυχαν. Συγκεκριμένα, το 1968 στην Αγγλία στη προκατασκευασμένη πολυκατοικία 22 ορόφων Ronan Point, σε γωνιακό σημείο του 18ου ορόφου, σημειώθηκε έκρηξη λόγω διαρροής αερίου η οποία οδήγησε στην κατάρρευση του γωνιακού τμήματος σε όλο το ύψος της πολυκατοικίας. Η λανθασμένη σύνδεση των κατακόρυφων τοιχίων με την πλάκα ήταν η αιτία της κατάρρευσης ολόκληρου του τμήματος της κατασκευής και παρά το γεγονός ότι για το μέγεθος της καταστροφής οι 4 νεκροί και 17 τραυματίες είναι σχετικά μικρός αριθμός, η εικόνα της προκατασκευής υπέστη σοβαρό πλήγμα.

Με την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών στην κατασκευή και το σχεδιασμό, η προκατασκευή εδραιώνεται ως μια ασφαλής μέθοδος που δεν υπολείπεται σε ποιότητα και αισθητική των συμβατικών μεθόδων κατασκευής. Σήμερα η προκατασκευή βρίσκεται σε μια σταθερά ανοδική πορεία. Εκτιμάται πως το 24% των κατοικιών που κατασκευάζονται στη Γερμανία ανήκουν στην κατηγορία των προκατασκευασμένων με το ποσοστό αυτό να ανέρχεται στο 30% και 42% για τις ΗΠΑ και τη Σκανδιναβία αντίστοιχα.

1.2 Χαρακτηριστικά προκατασκευής

1.2.1 Ορισμός

Προκατασκευή είναι ο βιομηχανικός τρόπος παραγωγής κτισμένου χώρου. Ένα κτήριο θεωρείται προκατασκευασμένο όταν αποτελείται από προκατασκευασμένα εντός ή εκτός του εργοταξίου τεμάχια του φέροντος οργανισμού ή/και του οργανισμού πληρώσεως τους.

Μία από τις βασικές προϋποθέσεις για την άσκηση της προκατασκευής είναι η ένταξη ολόκληρου του έργου σε μία ή περισσότερες ομοιότυπες μονάδες. Στη προκατασκευή πραγματοποιείται ο σχεδιασμός του συνολικού προϊόντος, το οποίο

διασπάται σε επιμέρους στοιχεία ή τμήματα και στη συνέχεια υπολογίζεται και σχεδιάζεται η σύνθεση των στοιχείων αυτών.

Η προκατασκευή βασίζεται στους εξής παράγοντες:

- στη τυποποίηση των πρώτων υλών και των μεθόδων παραγωγής ,
- στη μηχανοποίηση των διαδικασιών παραγωγής, μεταφοράς και εκτέλεσης του έργου,
- στη συστηματοποίηση του συνόλου των εργασιών, από το στάδιο της μελέτης-σχεδιασμού και τον προϋπολογισμό της κατασκευής, ως τη μεταφορά, τοποθέτηση και συναρμολόγηση των δομικών στοιχείων αυτής.

1.2.2 Μέρη πραγματοποίησης προκατασκευής

- Σε μονάδα παραγωγής

Σε αυτή τη περίπτωση το στοιχείο παράγεται στο εργοστάσιο μεταφέρεται στη τελική τοποθεσία και συνδέεται στη τελική του θέση.

- Στο εργοτάξιο

Κατασκευάζεται στη τελική τοποθεσία, αλλά τοποθετείται στη τελική του θέση αργότερα.

1.2.3 Διαχωρισμός προκατασκευής

Οι δύο βασικές κατευθύνσεις σύμφωνα με τις οποίες γίνεται ο διαχωρισμός της μελέτης της προκατασκευής είναι:

Η ελαφριά προκατασκευή όπου βασίζεται στη παραγωγή στοιχείων τα οποία συνδέονται μεταξύ τους χωρίς χρήση τσιμέντου. Τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου κατασκευασμένου με αυτό τον τρόπο μπορεί να είναι:

1. *Μεταλλικά:* Οι συνδέσεις μπορεί να είναι αρθρωτές ή συγκολλητές
2. *Ξύλινα*

3. *Αλουμινένια*

Η βαριά προκατασκευή όπου εννοούμε τη κατασκευή σε μονάδα παραγωγής στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα, όπου γίνεται χρήση τσιμέντου για τη σύνδεση των μεμονωμένων στοιχείων. Κυριαρχούν δύο διαφορετικές τάσεις. Η προκατασκευή στην τοποθεσία του έργου και αυτή στο εργοστάσιο.

Μία κατασκευή επίσης μπορεί να είναι και σύμμεικτη, δηλαδή ο συνδυασμός προκατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα και μεταλλικής κατασκευής, π.χ. κολόνες και τοιχεία προκατασκευασμένα από μπετόν, σε συνδυασμό με μεταλλική στέγη, ή μεταλλικές κολόνες και δοκάρια και πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα.

1.3 Πλεονεκτήματα των μεταλλικών προκατασκευασμένων κτιρίων έναντι των συμβατικών κατασκευών

- Μικρότερη ποσότητα αποβλήτων
- Έλεγχος στις ποσότητες των χρησιμοποιούμενων υλικών
- Μείωση του συνολικού κόστους κατασκευής
 - Μικρότερο κόστος χρησιμοποιούμενων υλικών
 - Μικρότερος αριθμός εργατοώρων (Μειωμένο Ι.Κ.Α)
- Μεγαλύτερη ταχύτητα ανέγερσης κατά συνέπεια παράδοση στο μικρότερο δυνατό χρόνο του έργου , με σημαντικά οικονομικά οφέλη για τον ιδιοκτήτη (π.χ. Αν νοικιάζει ή αν κατασκευάζει ένα επαγγελματικό χώρο)
- Η αποθήκευση και η μεταφορά τους γίνεται γρήγορα, εύκολα και οποιαδήποτε χρονική περίοδο.
- Μικρότερο βάρος κατασκευής σε σχέση με τη συμβατική
 - Μικρότερο βάρος κατασκευής συνεπάγεται μικρότερα σεισμικά φορτία και άρα μικρότερη σεισμική επιπόνηση κατά τη διάρκεια της σεισμικής διέγερσης.

- Επειδή είναι ελαφριές κατασκευές ενδείκνυται η χρήση τους σε προσθήκες επί υφιστάμενων κτιρίων. Τις περισσότερες φορές δεν απαιτείται ενίσχυση του υπάρχοντος κτιρίου.
- Ανακύκλωση υλικών
- Λειτουργικά οφέλη
- Επειδή τις περισσότερες φορές ο σκελετός περιλαμβάνει και τι τοιχοποιίες , αυτές έχουν πάχος 10-15εκ , αντί 25εκ των συμβατικών κατασκευών . Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα σε μία κατασκευή 100μ² να έχουμε επιπλέον ωφέλιμη επιφάνεια 4μ².
 - Το πάχος του τοίχου συμβάλλει θετικά και στη δημιουργία περισσότερου ωφέλιμου χώρου στην περίπτωση που έχουμε οικόπεδα πολύ μικρά π.χ 60m² και η κατασκευή συνορεύει με τις όμορες ιδιοκτησίες.
 - Συνήθως οι χώροι που δημιουργούνται είναι καθαροί , δηλαδή δεν υπάρχουν εσοχές κι εξοχές από την ύπαρξη στύλων, οπότε και η τοποθέτηση των επίπλων γίνεται πιο εύκολη.

2. Κτίρια από μεταλλικό χωροδικτύωμα

2.1. Γενικά στοιχεία για τις μεταλλικές κατασκευές



Εικόνα 4. Κατασκευή από μεταλλικό χωροδικτύωμα

2.1.1. Το μέταλλο σαν υλικό

Τα μέταλλα είναι μια μεγάλη κατηγορία χημικών στοιχείων που εμφανίζουν ορισμένες κοινές ιδιότητες, όπως είναι η λάμψη, η υψηλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα, η δυνατότητα σχηματισμού ελασμάτων (ελατά) και συρμάτων (όλκιμα). Τα περισσότερα, αλλά όχι όλα, έχουν μεγάλη πυκνότητα και είναι σκληρά και ανθεκτικά. Διακρίνονται από τα αμέταλλα, που αποτελούν επίσης τη δεύτερη μεγάλη κατηγορία των στοιχείων, τόσο από τις φυσικές όσο, κυρίως, από τις χημικές τους ιδιότητες.

Χαρακτηριστικά μέταλλα είναι ο σίδηρος, ο χαλκός, το αργίλιο (αλουμίνιο), το νάτριο, το ασβέστιο, ο ψευδάργυρος, το μαγνήσιο, το τιτάνιο και το ουράνιο. Τα μέταλλα προσφέρονται για την κατασκευή πλήθους προϊόντων με μεθόδους που αποτελούν το κύριο αντικείμενο της μεταλλοτεχνίας ή "μεταλλοτεχνικής" που αποτελεί ιδιαίτερο κλάδο της Μεταλλογνωσίας. Για την καλύτερη παραγωγή προϊόντων συχνά χρησιμοποιούνται αναμείξεις αυτών, τα κράματα.

Κράμα είναι το υλικό που συνίσταται από διαφορετικές χημικές ουσίες, η οποία όταν είναι στερεό χαρακτηρίζεται από τη συμμετοχή και όλων των ουσιών στο κρυσταλλικό πλέγμα. Τα κράματα μετάλλων δημιουργούνται προκειμένου να συνδυαστούν ιδιότητες των βασικών συστατικών σε ένα νέο υλικό. Έτσι, για παράδειγμα, ο χάλυβας (κράμα σιδήρου με άνθρακα) είναι πιο σκληρός και ανθεκτικός από τον σίδηρο, ένα από τα βασικά συστατικά του. Βασικός λόγος, λοιπόν, παραγωγής κραμάτων είναι η βελτίωση σκληρότητας, αντοχής, βάρους, αντίστασης στη διάβρωση κ.λπ. των καθαρών (πρωτογενών) μετάλλων.

Ένα χαρακτηριστικό των κραμάτων, σε αντίθεση με τα πρωτογενή μέταλλα, είναι ότι δεν έχουν καθορισμένο σημείο τήξης, συγκεκριμένη θερμοκρασία δηλαδή, στην οποία λιώνουν. Σε αυτά υπάρχει ένα εύρος θερμοκρασιών, μέσα στο οποίο τα κράματα βρίσκονται μεταξύ στερεάς και υγρής κατάστασης.

2.1.2. Μεταλλικές κατασκευές στον Ελλαδικό χώρο

Οι μεταλλικές κατασκευές είναι κλάδος των κατασκευών που έφτασε στον Ελλαδικό χώρο τα τελευταία χρόνια συγκριτικά με τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα, οι οποίες γίνονται τις τελευταίες δεκαετίες. Αν και στην Ελληνική πραγματικότητα, τα μεταλλικά κτίρια και οι μεταλλικές κατασκευές δεν έχουν τόσο διαδεδομένη χρήση όσο έχουν στο εξωτερικό, παρατηρείται ωστόσο, ολοένα και περισσότερο, σημαντική άνοδος της χρήσης τους, γεγονός το οποίο οφείλεται στην ανάπτυξη υπολογιστικών μεθόδων που βασίζονται στη βελτίωση της γνώσης της μεταλλικής συμπεριφοράς, των τεχνολογιών κατασκευής, της ύπαρξης κανονισμών για τον υπολογισμό και τον σχεδιασμό αυτών των κατασκευών, αλλά και τα σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν έναντι των συμβατικών κατασκευών και των προκατασκευασμένων από άλλα δομικά υλικά.

2.2 Γενικά στοιχεία για το μεταλλικό χωροδικτύωμα με συγκόλληση

Το χωροδικτύωμα είναι ένας δικτυωτός/στατικός φορέας ο οποίος δημιουργείται από ένα σύμπλεγμα κόμβων και ράβδων, και αποτελείται από πολλά πεπερασμένα στοιχεία που βρίσκονται στο χώρο (δηλ. στις 3 διαστάσεις) και όχι στο επίπεδο (2 διαστάσεις).

Ενδεικτικά έργα στα οποία προτείνεται η άνω κατασκευή είναι :

- Κατοικίες
- Γραφεία, επαγγελματικοί χώροι
- Κτίρια πρόνοιας , σχολεία
- Βιομηχανικοί χώροι
- Εμπορικά – εκθεσιακά κέντρα
- Γυμναστήρια
- Στέγαστρα – προβολείς γηπέδων

2.2.1. Υλικά χωροδικτυώματος συγκολλητών κατασκευών

Για την δημιουργία ενός χωροδικτυώματος απαιτούνται τα παρακάτω υλικά:

1. Ράβδοι χωροδικτυώματος
2. Κόμβοι χωροδικτυώματος
3. Ορθοστάτες
4. Τεγίδες
5. Στηρίξεις
6. Επικαλύψεις κελύφους

Ανάλυτικά:

1. ΡΑΒΔΟΙ ΧΩΡΟΔΙΚΤΥΩΜΑΤΟΣ

Οι ράβδοι του χωροδικτυώματος κατασκευάζονται από κοιλοδοκούς . Η διατομή της κοιλοδοκού καθορίζονται από την στατική επίλυση. Οι κοιλοδοκοί είναι γαλβανισμένοι είτε απλοί.

2. ΚΟΜΒΟΙ ΧΩΡΟΔΙΚΤΥΩΜΑΤΟΣ

Οι κόμβοι του χωροδικτυώματος είναι τα σημεία ένωσης των ράβδων. Για την ένωση χρησιμοποιούνται εξωρραφές με αργκόν, το πάχος των οποίων καθορίζεται από τη στατική μελέτη.

3. ΟΡΘΟΣΤΑΤΕΣ

Οι ορθοστάτες είναι ειδικά τεμάχια μεταβλητού μήκους τα οποία συγκολλούνται στην πάνω μεριά των κόμβων της άνω σχάρας του χωροδικτυώματος με σκοπό την δημιουργία της επιθυμητής ρύσης του στεγάστρου. Οι ορθοστάτες είναι γαλβανισμένοι είτε απλοί.

4. ΤΕΓΙΔΕΣ

Οι τεγίδες βιδώνονται πάνω στους ορθοστάτες και χρησιμοποιούνται για την στήριξη των επικαλύψεων της στέγης. Η διατομή των τεγίδων εξαρτάται από τον κλίμακα του χωροδικτυώματος και τα φορτία που επιβάλλονται. Οι τεγίδες είναι γαλβανισμένες είτε απλές .

5. ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ

Η στήριξη των χωροδικτυωμάτων μπορεί να γίνει είτε σε οπλισμένο σκυρόδεμα (τοιχείο, δοκός, κολόνα, πλάκα) . Η μορφή αλλά και η γεωμετρία της στήριξης καθορίζονται από την στατική μελέτη.

6. ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Το χωροδικτύωμα είναι σε θέση να λάβει όλα τα γνωστά είδη επικάλυψης όπως:

- πλάκα σκυροδέματος , πλακίδια , μάρμαρο
- Κεραμίδια
- Επίχρισμα
- Panel πολυουρεθάνης, τσιμεντοσανίδες
- Πολυκαρβονικά φύλλα
- Τζάμι

2.2.2 Πλεονεκτήματα μεταλλικού χωροδικτυώματος

ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

- Μεγάλη ταχύτητα κατασκευής. Τα στοιχεία του προκατασκευασμένου κτιρίου κατασκευάζονται σε ειδικό στεγασμένο χώρο και στη συνέχεια μεταφέρονται στο εργοτάξιο για τοποθέτηση και συγκόλληση. Η κατασκευή για μία μέση οικία 120μ² ολοκληρώνεται σε 8-10 ώρες .

- Επειδή οι τοιχοποιίες έχουν πάχος 10εκ κι όχι 25εκ όπως στις συμβατικές κατασκευές από σκυρόδεμα και τοιχοποιίες από πλίνθους (τούβλα), στην κατασκευή μιας κατοικίας 100μ² , υπάρχει επιπλέον οφέλιμη επιφάνεια 5μ². Δηλαδή αν κατασκευάσουμε ένα σπίτι 100μ² με συμβατική κατασκευή έχουμε ωφέλιμο χώρο 90μ², ενώ με μεταλλικό χωροδικτύωμα 95μ².

- Μειωμένο ΙΚΑ – μικρότερος αριθμός εργατοωρών

ΣΤΑΤΙΚΟΤΗΤΑ – ΑΣΦΑΛΕΙΑ

- Επιτρέπει τη στέγαση κτιρίων μεγάλων ανοιγμάτων (δηλαδή χωρίς ενδιάμεσα υποστυλώματα) με κατασκευή δοκαριών μικρού σχετικά ύψους, η οποία είναι πολλές φορές ανέφικτη σε κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα.

- Τα δομικά στοιχεία των μεταλλικών κατασκευών, παράγονται σε βιομηχανικές μονάδες που ικανοποιούν πλήρως τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Σε όλες τις υπόλοιπες κατασκευές (σκυρόδεμα, πέτρινα, ξύλο κτλ) η αντοχή ελέγχεται στο εργοτάξιο είτε σε εργαστήριο. Επομένως μονάχα ο δομικός χάλυβας έχει συγκεκριμένη αντοχή, ομοιόμορφη και σταθερή, δηλαδή είναι πιο αξιόπιστο υλικό. Αυτό το λαμβάνουν υπόψη και οι κανονισμοί στους συντελεστές ασφαλείας.

- Λόγω της υπερστατικότητας που έχει, δηλαδή των πολλών σημείων – κόμβων που ενώνει το σκελετό, του παρέχεται περισσότερη ασφάλεια στατικά κι αυτό διότι ακόμη κι αν υπάρχει αστοχία σε ένα σημείο (το οποίο πρακτικά δεν συμβαίνει), το κτίριο δεν επηρεάζεται σχεδόν καθόλου. Αντίθετα σε ένα συμβατικό κτίριο, η κατάρρευση θα ήταν αναπόφευκτη. Σε μία συμβατική κατασκευή αναλογεί μία κολόνα /10μ², ενώ σε μία κατασκευή με δικτύωμα η αναλογία είναι μία κολόνα /1,2μ².

- Οι μεταλλικές κατασκευές είναι πιο ελαφριές σε σχέση με τις συμβατικές. Αυτό έχει το εξής πλεονέκτημα. Η δράση του σεισμού σε ένα κτίριο εξαρτάται από ένα σεισμικό συντελεστή κι από τη μάζα του κτιρίου, κατά συνέπεια από το βάρος του. Συνεπώς όσο πιο ελαφριά είναι μια κατασκευή τόσο λιγότερο επιπονείται κατά τη διάρκεια του σεισμού και τόσο λιγότερες μόνιμες παραμορφώσεις δέχεται.

Ο μεγάλος αριθμός των κολονών, επιτρέπει στην ομοιόμορφη κι όχι στην τοπική κατανομή των φορτίων. Το κτίριο επιπονείται ομοιόμορφα κι όχι τοπικά.

- Μεγάλη αντοχή, ακαμψία, πλαστιμότητα και πολύ καλή αντισεισμική συμπεριφορά. Λόγω της μεγάλης ελαστικότητας των μεταλλικών κατασκευών παρουσιάζουν μέγιστη μετατόπιση σε περίπτωση ισχυρού σεισμού της τάξης των 1-2 χιλιοστών / στάθμη.

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ- ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ

- Αρχιτεκτονική ευελιξία και βελτιωμένη αισθητική: Ο κατά πολύ αραιότερος κάναβος τοποθέτησης των υποστυλωμάτων εξασφαλίζει πολύ μεγαλύτερη ευελιξία στο σχεδιασμό του κτιρίου, δηλαδή πολύ μεγαλύτερη ευχέρεια στη διαμόρφωση της κάτοψης. Έτσι ο καθένας μπορεί να σχεδιάσει αυτό που επιθυμεί.
- Στην περίπτωση κατασκευής με μεταλλικό χωροδικτύωμα, όλοι οι χώροι είναι καθαροί, δηλαδή δεν υπάρχουν εσοχές κι εξοχές λόγω των στύλων και των δοκών, οπότε και η τοποθέτηση των επίπλων γίνεται πιο εύκολη.
- Κατά τη διάρκεια της κατασκευής επειδή δεν έχουμε τα σκαψίματα στους τοίχους, τα σενάζ και γενικότερα όλες τις εργασίες που αφορούν στις τοιχοποιίες από πλίνθους και στα σκυροδέματα, το εργοτάξιο παραμένει καθαρό. Επιπλέον δεν καταστρέφεται κι η τοιχοποιία αφού οι εγκαταστάσεις δένονται επί του τοίχου.

ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Τα υλικά μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν - ανακύκλωση, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες κατασκευές που δημιουργούν μόνο μάζα. Δηλαδή αν κατά την τοποθέτηση ενός μεταλλικού σκελετού, υπάρξει κάποια αλλαγή στο σχεδιασμό, ο σκελετός μπορεί να μεταφερθεί και να χρησιμοποιηθεί κάπου αλλού, οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Αντίθετα το σκυροδέμα το οποίο δε χρησιμοποιείται εντός 1.5 ώρας από την παραγωγή του, είναι άχρηστο.
- Επειδή είναι ελαφριές κατασκευές ενδείκνυται η χρήση τους σε προσθήκες επί υφιστάμενων κτιρίων. Τις περισσότερες φορές δεν απαιτείται ενίσχυση του υπάρχοντος κτιρίου.
- Η αποθήκευση και η μεταφορά του γίνεται γρήγορα, εύκολα και οποιαδήποτε χρονική περίοδο.
- Η κατασκευή τους μπορεί να πραγματοποιηθεί στο εργοστάσιο. Έτσι το χρονικό διάστημα που εκτελούνται άλλες εργασίες επί τόπου (καθαρισμός –

εκσκαφή του οικοπέδου, κατασκευή υπογείου κλπ) ,κατασκευάζεται ο μεταλλικός σκελετός. Έτσι με την ολοκλήρωση των προεργασιών, τοποθετείται το κτίριο. Ουσιαστικά γίνονται ταυτόχρονα περισσότερες εργασίες, οπότε εξοικονομείται χρόνος. Επιπλέον αποφεύγεται ο χρόνος αναμονής που απαιτείται σε κατασκευές από σκυρόδεμα (πήξη του σκυροδέματος, καλούπωμα, ξεκαλούπωμα κλπ).

- Υπάρχει μεγάλη ακρίβεια στις διαστάσεις (ακρίβεια χιλιοστού), δηλαδή οι διαστάσεις είναι πολύ συγκεκριμένες.

- Ελλατώνει κατά 70% τα ραδιοκύματα από κινητή τηλεφωνία.

2.2.3 Μειονεκτήματα μεταλλικού χωροδικτυώματος

Παραπάνω αναλύθηκαν τα πλεονεκτήματα της κατασκευής του μεταλλικού χωροδικτυώματος. Στη συνέχεια παρατίθενται συνοπτικά διάφοροι περιορισμοί του συγκεκριμένου τρόπου δόμησης. Μερικοί από αυτούς είναι:

➤ Πυροπροστασία

Η αντοχή του χάλυβα απομειούται όσο η θερμοκρασία αυξάνεται, μηδενίζεται δε περί τους 1200ο C. Εάν επομένως η αύξηση της θερμοκρασίας, στην διάρκεια του χρόνου, δεν ανασταλεί είναι δεδομένο ότι ένα χαλύβδινο φέρον στοιχείο, είτε απροστάτευτο , είτε προστατευμένο (μονωμένο), θα καταρεύσει υπό τα φορτία στα οποία υπόκειται την ώρα της φωτιάς, εντός κάποιου μικρότερου ή μεγαλύτερου χρονικού διαστήματος.

Κτίρια με μεταλλικό σκελετό έχουν μικρότερους δείκτες πυροπροστασίας σε σχέση με κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Προσεγγιστικά, ο δείκτης πυροπροστασίας ενός μεταλλικού κτιρίου είναι 60 min - 120 min ανάλογα με το αν έχουν εφαρμοστεί πυράντοχα υλικά (πχ. πυράντοχη βαφή, πυράντοχα κονιάματα). Αντίθετα, στις συμβατικές κατασκευές ο αντίστοιχος δείκτης είναι περίπου 180 min, δηλαδή 2 - 3 φορές μεγαλύτερος.

➤ **Λειτουργικότητα – προσαρμοστικότητα**

Υφιστάμενα κτίρια, τα οποία έχουν σχεδιαστεί με μεταλλικό χωροδικτύωμα, δεν επιδέχονται εύκολα αλλαγές – μετατροπές που αφορούν το εσωτερικό τους (πχ. γκρέμισμα τοίχων). Αυτό συμβαίνει διότι οι τοίχοι έχουν σχεδιαστεί κατά τρόπο τέτοιο ώστε να αποτελούν φέροντα δομικά στοιχεία τις κατασκευής και επομένως οποιαδήποτε αλλαγή στην διάταξή τους θα έχει επιπτώσεις στην στατική συμπεριφορά του κτιρίου.

Αλλαγές τέτοιου είδους θα πρέπει να έχουν προβλεφτεί κατά το στάδιο του αρχικού σχεδιασμού ώστε τοίχοι που ενδεχομένως να χρειαστεί να γκρεμιστούν μελλοντικά να μην έχουν ληφθεί υπόψη ως φέροντες. Σε αντίθεση περίπτωση, οποιαδήποτε αλλαγή θα έχει σημαντικό κόστος (ανάγκη υποστύλωσης και πρόσθετης στατικής στήριξης στα σημεία αλλαγών).

- Δεν υπάρχουν προδιαγραφές τοποθέτησης μεταλλικού σκελετού εντός εδάφους.

2.3. Τρόπος κατασκευής κτιρίου από μεταλλικό χωροδικτύωμα

Στη παρούσα ενότητα παρουσιάζονται συνοπτικά σε εικόνες οι διάφορες φάσεις κατασκευής ενός κτιρίου (κατοικία) με τη χρήση μεταλλικού χωροδικτύωματος με θερμοπρόσοψη.

I. Εκσκαφή



Εικόνα 5.

Στάδιο εκσκαφής.
Απαιτείται για την
ορθή θεμελίωση του
κτιρίου.

II. Τοποθέτηση φράγματος υδρατμών



Εικόνα 6.

Τοποθέτηση νάυλον
για την προστασία της
θεμελίωσης από την
υγρασία του εδάφους.

III. Θεμελίωση



Εικόνα 7.

Ξυλότυπος
θεμελίωσης.

IV. Θερμομόνωση πλάκας ισογείου



Εικόνα 8.

Μόνωση πλάκας
ισογείου με
διογκωμένη
πολυστερίνη.



Εικόνα 9.

Σκυροδέτηση
δαπέδου ισογείου.

V. Στίσιμο τοιχοποιίας



Εικόνα 10.

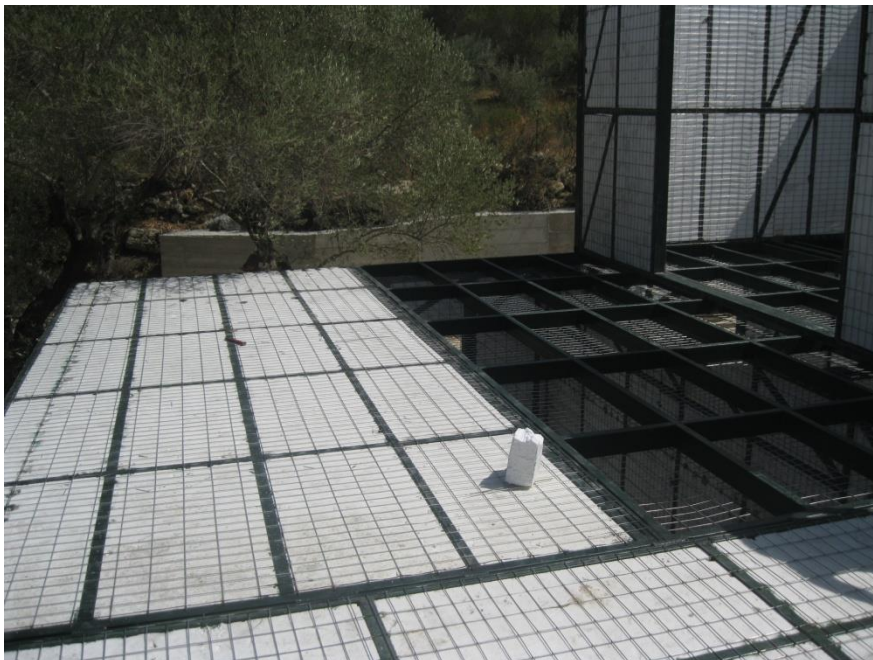
Στίσιμο
τοιχοποιίας
ισογείου.



Εικόνα 11.

Στίσιμο
τοιχοποιίας 1^{ου}
ορόφου.

VI. Σκυροδέτηση δώματος – θερμομόνωση με διογκωμένη πολυστερίνη



Εικόνα 12.

Θερμομόνωση
δώματος με
διογκωμένη
πολυστερίνη.

VII. Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις



Εικόνα 13.
Ηλεκτρολογικές
Εγκαταστάσεις.



Εικόνα 14.
Υδραυλικές
Εγκαταστάσεις.

VIII. Τοποθέτηση Επιχρισμάτων



Εικόνα 15.

Τοποθέτηση τσιμεντοκονιάς στις τοιχοποιίες (πρώτη στρώση).

Στεγανοποιητικό τσιμεντοειδές αντίστοιχο με αυτά που χρησιμοποιούνται στις δεξαμενές, πισίνες κτλ.



Εικόνα 16.

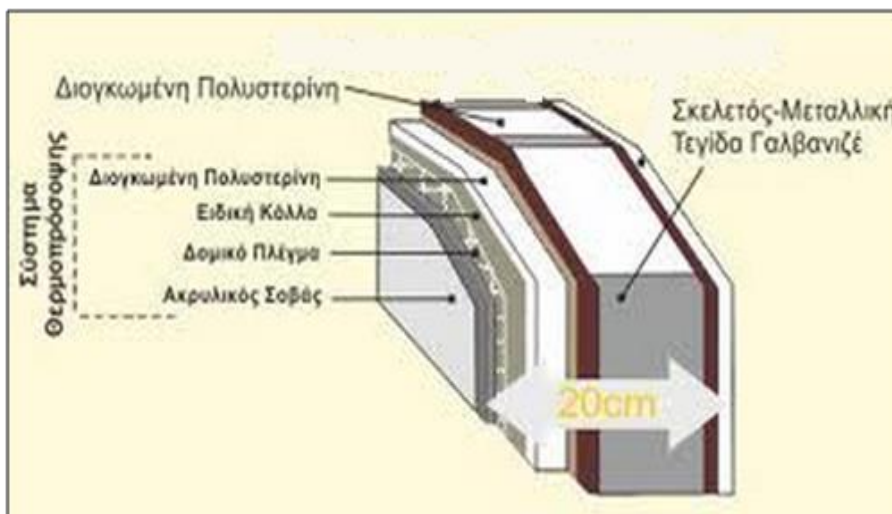
Σοβάντισμα τοιχών – τελικό πέρασμα πριν τη θερμοπρόσοψη.

ΙΧ. Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας – Θερμοπρόσοψη



Εικόνα 17.

Τοποθέτηση
θερμοπρόσοψης
με χρήση
διογκωμένης
πολυστερίνης.



Εικόνα 18.

Μορφή - πάχος
θερμοπρόσοψης.

- Τοποθέτηση των πλακών διογκωμένης πολυστερίνης εξωτερικά της τοιχοποιίας
- Τοποθέτηση των στηριγμάτων
- Εφαρμογή του δίχτυ με κόλλα
- Εφαρμογή του έτοιμου σοβά πάνω από το δίκτυ (υπάρχει και δυνατότητα σοβά χρωματισμένου)

(Στην επόμενη ενότητα περιγράψετε αναλυτικά η διαδικασία τοποθέτησης θερμοπρόσοψης εξωτερικά για ένα κτίριο.)

X. Τελική φάση κτηρίου



Εικόνα 19.

Τελική όψη κατοικίας.

2.4. Διαδικασία τοποθέτησης θερμοπρόσοψης

Το σύστημα εξωτερικής θερμοπρόσοψης εφαρμόζεται στην εξωτερική πλευρά των κτιρίων σε νέες ή παλαιές κατοικίες και αποτελείται από θερμομονωτικό υλικό συνήθως διογκωμένη πολυστερίνη και σε ειδικές περιπτώσεις πετροβάμβακα ή εξηλασμένη πολυστερίνη, το οποίο «σοβατίζεται» με ένα πολυμερισμένο κονίαμα το οποίο προσφέρει ισχυρή μηχανική αντοχή και στεγανοποίηση. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες του κτιρίου από τους εξωτερικούς τοίχους και έχει μεγάλη αποτελεσματικότητα κυρίως τους θερινούς μήνες στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα σημαντικά πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού είναι:

1. Ολοκληρωμένη θερμομόνωση χωρίς να δημιουργούνται θερμογέφυρες στα στοιχεία του κτιρίου από σκυρόδεμα π.χ δοκάρια, κολώνες, τοιχεία κ.λ.π.
2. Προστατεύει τις επιφάνειες των τοίχων από υγρασίες, διότι δεν δημιουργούνται συνθήκες υγραποίησης υδρατμών στο εσωτερικό του κτιρίου ή μέσα στον τοίχο.
3. Επιτρέπει την πλήρη εκμετάλευση του χώρου και δε μειώνει το εμβαδόν του, δεδομένου ότι επιτρέπει την τοποθέτηση της θερμοπρόσοψης εκτός του εμβαδού της επιτρεπόμενης προς ανέγερση επιφάνειας.
4. Μειώνει το κόστος συντήρησης του κτιρίου, προστατεύει τα στοιχεία του σκυροδέματος του κτιρίου από ρηγματώσεις.
5. Η εφαρμογή του συστήματος εξοικονομεί τη δημιουργία μπαζών, λόγω της χρήσης ειδικών πολυμερισμένων κονιαμάτων τα οποία τοποθετούνται σε μικρό πάχος.
6. Η ποιότητα κατασκευής του συστήματος χαρακτηρίζεται ως πολύ υψηλή, καθώς χρησιμοποιούνται ειδικά πρόσθετα τεμάχια για την προστασία των γω-

νιών, νεροσταλάκτες, υαλόπλεγμα ως οπλισμό σ' όλη την επιφάνεια εφαρμογής του επιχρίσματος.

Για τη σύγκρισή του συστήματος θερμοπρόσοψης με το συμβατικό- στην Ελλάδα- τρόπο θερμομόνωσης πρέπει να ληφθούν υπόψη τέσσερεις σημαντικοί οικονομικοί παράμετροι που το καθιστούν ιδιαίτερα ανταγωνιστικό:

α) Εξοικονομούνται επιπλέον τετραγωνικά μέτρα λειτουργικού χώρου λόγω της θερμοπρόσοψης εξωτερικά της τοιχοποιίας.

β) Αυξάνεται σημαντικά η θερμομονωτική αντίσταση της τοιχοποιίας

γ) Βαθμονομείται υψηλά το κτίριο ως προς την ενεργειακή του σήμανση

Για μια παλαιά κατοικία όπου είτε δεν έχει θερμομόνωση στην τοιχοποιία είτε αυτή είναι ελλιπής, η εξωτερική θερμομόνωση παρουσιάζεται ως η μόνη αξιόπιστη λύση θερμικής προστασίας του κτιρίου.

Τρόπος εφαρμογής του συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης (γενική αποτύπωσή του):

Σειρά εργασιών:

1. Αλφαδιάζεται – επιπεδώνεται ο εξωτερικός τοίχος με ράμματα.
2. Τοποθετούνται οι μαρμαροποδιές των παραθύρων καθώς θα πρέπει να προεξέχουν της τελικής επιφάνειας του συστήματος.
3. Ορίζεται στη βάση του τοίχου, (συνήθως 50 εκατοστά ύψος από αυτή) είτε με ράμμα είτε με ειδικό μεταλλικό τεμάχιο, οριζόντιος οδηγός ο οποίος πρέπει να είναι απολύτως κάθετος προς τις κάθετες ακμές-γωνίες του κτιρίου.
4. Επικολλώνται οι θερμομονωτικές πλάκες από διογκομένη πολυστερίνη ή άλλο θερμομονωτικό υλικό τοποθετημένες έτσι ώστε το μεγαλύτερο μήκος τους να αναπτύσσεται οριζόντια (δηλαδή παράλληλα με το έδαφος) παίρνοντας ως βάση έναρξης τον οριζόντιο οδηγό.

5. Ειδικά στη βάση, κάτω από τον οδηγό η πυκνότητα του θερμομονωτικού υλικού αυξάνεται (ή ακόμη αλλάζει σε ορισμένες περιπτώσεις και το ίδιο το υλικό) ώστε να αποφευχθεί μελλοντικά εμφάνιση ανερχόμενης υγρασίας
6. Ανάλογα με το ύψος της τοιχοποιίας αλλά και το αν αυτή είναι οπτοπλινθοδομή, από σκυρόδεμα ή από τσιμεντοσανίδα, οι θερμομονωτικές πλάκες πακτώνονται με ειδικά βύσματα ώστε να εξασφαλίζεται πρόσθετη μηχανική στερέωση.
7. Πληρώνονται τα κενά ανάμεσα στους αρμούς των θερμομονωτικών φύλλων ή στην επαφή που αυτά έχουν με στοιχεία που διακόπτουν τη συνέχεια της επιφάνειας και κατόπιν τρίβονται όλα τα σημεία που εξέχουν από τα θερμομονωτικά φύλλα έτσι ώστε να εξασφαλισθεί επίπεδη επιφάνεια χωρίς ανωμαλίες (καμπύλες ή ακμές).
8. Τοποθετούνται τα γωνιόκρανα και οι νεροσταλάκτες με το αρχικό υλικό επιχρίσματος ώστε να διαμορφωθεί το πλαίσιο μέσα στο οποίο θα εφαρμοσθεί το ειδικό επίχρισμα και ενισχύονται με ορθογώνια τεμάχια υαλοπλέγματος, η νοητή προέκταση των διαγωνίων των παραθύρων και των εξωτερικών θυρών.
9. Ακολουθεί διάστρωση με οδοντωτή σπάτουλα (υπό γωνία 45 μοιρών) ώστε να προσδιορίζεται το πάχος της στρώσης, μία πρώτη στρώση επιχρίσματος καλύπτοντας την πολυστερίνη (η οποία σημειωτέον πρέπει να έχει προηγουμένως καθαρισθεί από υπολείμματα λόγω του τριψίματος που προηγήθηκε). Η έναρξη διάστρωσης του επιχρίσματος γίνεται ξεκινώντας τώρα από την οροφή και καταλήγοντας προς τα κάτω.
10. Με νωπό και μαλακό ακόμα το επίχρισμα τοποθετούμε το υαλόπλεγμα (καρέ 4 X 4 mm) βυθίζοντάς το μέσα στο επίχρισμα με την ίσια πλευρά της σπάτουλας, αποφεύγοντας να δημιουργήσουμε ζάρες ή φούσκες (σημεία δηλαδή όπου δε θα έχει καλυφθεί από το επίχρισμα).

11. Μετά τη σκλήρυνση του πρώτου στρώματος ακολουθεί η τελική στρώση οποία μπορεί να πάρει ειδική υφή ανάλογα με τη διάμετρο του χαλαζιακού του κόκκου αλλά και την τεχνοτροπία που θα επιλέξει ο αρχιτέκτονας ή ο ιδιοκτήτης του έργου.

Σημαντικό για την αποφυγή προβλημάτων αλλά και αύξησης του κόστους εφαρμογής του συστήματος είναι η κατάλληλη μελέτη και προεργασία για την αποφυγή προβλημάτων και θερμογεφυρών. Αυτό σημαίνει τα παρακάτω:

α) Η εξωτερική θερμομόνωση δεν πρέπει να τραυματίζεται από μερεμέτια και ύστερες επεμβάσεις καθώς αυτό θα δημιουργήσει αισθητικά προβλήματα αφού θα είναι εμφανή τα «μπαλώματα» των επιδιορθωτικών επεμβάσεων.

β) Πρέπει να δίνεται έμφαση σε μια επίπεδη επιφάνεια τοιχοποιίας και σκυροδέματος.

γ) Πρέπει να αποφεύγεται η ανάπτυξη σωληνώσεων από την εξωτερική όψη της τοιχοποιίας και όταν αυτό είναι αδύνατον να επιτευχθεί, τουλάχιστον θα πρέπει οι σωλήνες αυτές να «τρέχουν» σε κάθετες ή οριζόντιες κατευθύνσεις, προκειμένου να μη δημιουργείται πρόβλημα στην εφαρμογή των θερμομονωτικών φύλλων.

δ) Ιδιαίτερο βάρος πρέπει να δοθεί στους λαμπάδες στα παράθυρα και στις πόρτες 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.

ε) Σε παλαιά κτίρια και πριν την έναρξη εφαρμογής του συστήματος πρέπει να ελέγχεται επιμελώς η επιφάνεια, ώστε να αποκαλυφθεί αν το υπόστρωμα είναι σαθρό σε τμήματά του. Σε περίπτωση τέτοια είναι αναγκαία η εξυγίανση-αποκατάσταση της σταθερότητάς του.

3. Θερμομόνωση

3.1 Σημασία της θερμομόνωσης

Μία από τις βασικότερες παραμέτρους του σύγχρονου σχεδιασμού κτιρίων είναι η θερμομόνωση. Με την πρόβλεψη για θερμομόνωση στις κτιριακές κατασκευές λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ώστε να παρεμποδίζεται η διαφυγή της θερμότητας από ένα χώρο προς την ατμόσφαιρα ή προς ένα άλλο ψυχρότερο γειτονικό χώρο –ή και αντίστροφα -και συγχρόνως δημιουργείται αίσθημα θερμικής άνεσης για τους χρήστες του κτιρίου καθ'όλη τη διάρκεια του έτους.

Σε παλαιότερες εποχές, η ανάγκη για μια τέτοια πρόβλεψη δεν ήταν επιβεβλημένη, αφού οι βαριές κατασκευές του περιβλήματος (τοιχοί, στέγη), η διάταξη των χώρων καθώς και η σύνθεση χαμηλών όγκων των παραδοσιακών κτισμάτων, ήταν καθοριστικοί παράγοντες ρύθμισης της θερμομονωτικής ικανότητας, αλλά και της ροής θερμότητας.

Η θερμομόνωση σε ένα κτίριο, ουσιαστικά, παρέχει ένα «προστατευτικό περίβλημα» το οποίο μειώνει τη μετάδοση θερμότητας από και προς το εσωτερικό του. Το χειμώνα μειώνει το ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα χάνεται από το κτίριο και το καλοκαίρι μειώνεται ο ρυθμός με τον οποίο η θερμότητα εισάγεται σε αυτό. Η μείωση των θερμικών διαφυγών από και προς τους εσωτερικούς χώρους ενός κτιρίου, έχει ως συνέπεια τη μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας με την οποία τροφοδοτούνται τα διάφορα τεχνητά συστήματα θέρμανσης-ψύξης. Η μείωση αυτή μπορεί να είναι σημαντική, αρκεί η θερμομόνωση να εφαρμόζεται ορθολογικά και σύμφωνα με τις απαιτήσεις του σχετικού διατάγματος που καθορίζει τους μέγιστους συντελεστές θερμοπερατότητας των επιμέρους δομικών στοιχείων του κελύφους.

Σήμερα, ο κτιριακός τομέας καταναλώνει περίπου το 40% της συνολικής ενέργειας και στο 45% των εκπομπών CO₂ (Υ.Π.Ε.Κ.Α, 2010). Ταυτόχρονα, η θέρμανση καταλαμβάνει περίπου το 60% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας στις κατοικίες κτιρίων. Σύμφωνα με μελέτη του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α, 2010) το 89% των κτιρίων που υπάρχουν έχουν ανεγερθεί πριν από τον Κανονισμό Θερμομόνωσης (1980) και κατ' επέκταση είναι θερμικά απροστάτευτα. Υπολογίζεται ότι μόνο με την ορθή θερμομόνωση των κτιρίων αυτών μπορεί να εξοικονομηθεί ενέργεια κατά 42%.



Εικόνα 20. Κατοικία προ 1989 χωρίς θερμομόνωση

Στα πλαίσια της εξοικονόμησης ενέργειας και του ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων, οι σύγχρονοι ελληνικοί κανονισμοί (KENAK) έχουν αυξήσει ιδιαίτερα τις απαιτήσεις θερμομόνωσης των κτιρίων σε σχέση με τον παλιό Κανονισμό Θερμομόνωσης. Παράλληλα, οι μελλοντικοί στόχοι για εξοικονόμηση ενέργειας είναι ιδιαίτερα υψηλοί. Συγκεκριμένα, στόχος για το 2020 που έχει τεθεί προσβλέπει σε:

- 20% ενέργεια από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
- 20% εξοικονόμηση ενέργειας (από θερμομόνωση, αεροστεγανότητα, αποδοτικότητα Η/Μ εγκαταστάσεων κτλ.)
- 20% μείωση εκπομπών CO₂

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτή η σημασία της θερμικής θωράκισης των κατοικιών καθώς επίσης και τα τεράστια ενεργειακά οφέλη από αυτή.

Τεχνοοικονομικά σωστή θερμομόνωση θεωρείται αυτή που για να γίνει δεν απαιτείται υπερβολικά μεγάλο αρχικό κόστος κατασκευής και που, ωστόσο, εξασφαλίζει μακροχρόνια οικονομία στη χρήση του κτιρίου και περιορισμό στην εφαρμογή ενεργοβόρων τεχνητών συστημάτων ελέγχου του εσωτερικού περιβάλλοντος.

Κάτω από συνθήκες οικονομικά προσιτές, μια καλή θερμική μόνωση πρέπει να εξασφαλίζει:

- Την υγιεινή, άνετη κι ευχάριστη διαβίωση, χωρίς να διαταράσσεται το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος και να προκαλούνται σοβαρές θερμικές αλληλοεπιδράσεις κρύου ή ζέστης ανάμεσα σ' αυτό και στο χώρο που το περιβάλλει. Το θερμικό ισοζύγιο είναι αυτό που κυρίως καθορίζει το αίσθημα άνεσης του ανθρώπινου οργανισμού.
- Την οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας, με τον περιορισμό των θερμικών απωλειών από το κέλυφος του κτιρίου.
- Τον περιορισμό του αρχικού κόστους κατασκευής της εγκατάστασης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης ή κλιματισμού.
- Την ταυτόχρονη προστασία από τους θορύβους, αφού τα περισσότερα από τα θερμομονωτικά υλικά είναι και ηχομονωτικά.
- Τη βελτίωση της προστασίας του περιβάλλοντος γενικότερα, αφού μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας ελαττώνεται αντίστοιχα και η ποσότητα των εκλυόμενων καυσαερίων προς την ατμόσφαιρα.

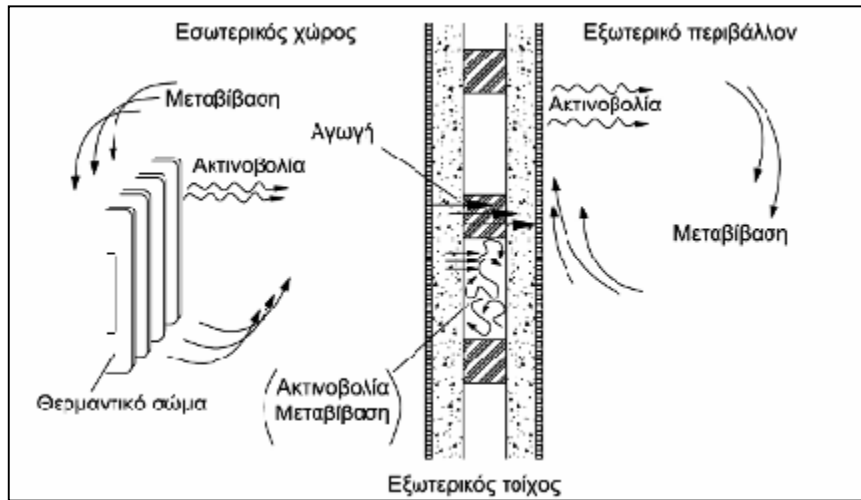
3.2 Βασικές αρχές μετάδοσης θερμότητας

Θερμικές απώλειες: Είναι γνωστό ότι, ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες, προκαλείται συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο και ότι οι θερμικές απώλειες δεν νοούνται μόνο για την απώλεια της ζέστης ενός χώρου το χειμώνα αλλά και της δροσιάς το καλοκαίρι, όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι θερμότερος.

Αυτή η ροή θερμότητας είναι αδύνατον να εμποδιστεί τελείως και μπορεί, μόνο, να περιοριστεί ως προς την ένταση και τη διάρκειά της. Αυτό είναι κατορθωτό μόνο όταν υπάρχει έλεγχος των θερμικών απωλειών. Ο επιδιωκόμενος έλεγχος και περιορισμός των θερμικών απωλειών επιτυγχάνεται με τη θερμομόνωση του κελύφους, η οποία μειώνει το ρυθμό μετάδοσης της θερμότητας μέσω των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου.

Μετάδοση θερμότητας : Η θερμότητα μεταδίδεται στο χώρο με τρεις διαφορετικούς τρόπους (Εικόνα 21):

- Αγωγή
- Συναγωγή
- Ακτινοβολία.



Εικόνα 21. Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας στο χώρο

3.2.1 Μετάδοση θερμότητας με θερμική αγωγή

Μετάδοση με θερμική αγωγή ονομάζεται η μετάδοση της θερμότητας από μόριο σε μόριο στα στερεά, υγρά και αέρια σώματα. Αυτή βασίζεται στην ιδιότητα των μορίων των υλικών σωμάτων να προσλαμβάνουν θερμότητα από γειτονικά μόρια υψηλότερης θερμοκρασίας και να μεταδίδουν τη θερμότητά τους σε γειτονικά μόρια χαμηλότερης θερμοκρασίας. Στα στερεά σώματα η μετάδοση της θερμότητας επιτυγχάνεται εύκολα λόγω της πολύ μικρής απόστασης (πρακτικά όταν έρχονται σε επαφή) μεταξύ των μορίων κάθε σώματος. Στα υγρά, την αγωγιμότητα βοηθούν οι ελαστικές κρούσεις των μορίων. Στα μέταλλα, η ροή της θερμότητας με αγωγή οφείλεται κύρια στη διάχυση των ελεύθερων ηλεκτρονίων.

Η μετάδοση θερμότητας με θερμική αγωγή διαμέσου των διαδοχικών στρώσεων υλικών των δομικών στοιχείων είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου (U) όπως φαίνεται από την εξίσωση 1 (KENAK,2010).

$$Q = U_i * A_i * (T_{ei} - T_{eo}) \quad (\text{Watt}) \quad (\text{Εξ.1})$$

Όπου:

Q [W]	Οι απώλειες θερμότητας μέσω θερμικής αγωγής
U_i [W/m ² .K]	Συντελεστής θερμοπερατότητας
A_i [m ³]	Η επιφάνεια του προς εξέταση δομικού στοιχείου
T_{ei} [K]	Η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου
T_{eo} [K]	Η εξωτερική θερμοκρασία του χώρου

Σύμφωνα με το νέο κανονισμό θερμομόνωσης (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2010), για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου θεωρούμε κατά παραδοχή ότι η ροή θερμότητας είναι μονοδιάστατη και κάθετη προς την επιφάνεια του.

Ο συντελεστής Θερμοπερατότητας U ενός δομικού στοιχείου υπολογίζεται από το παρακάτω τύπο (Εξ.2) :

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{ai} + R_a} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (\text{Εξ.2})$$

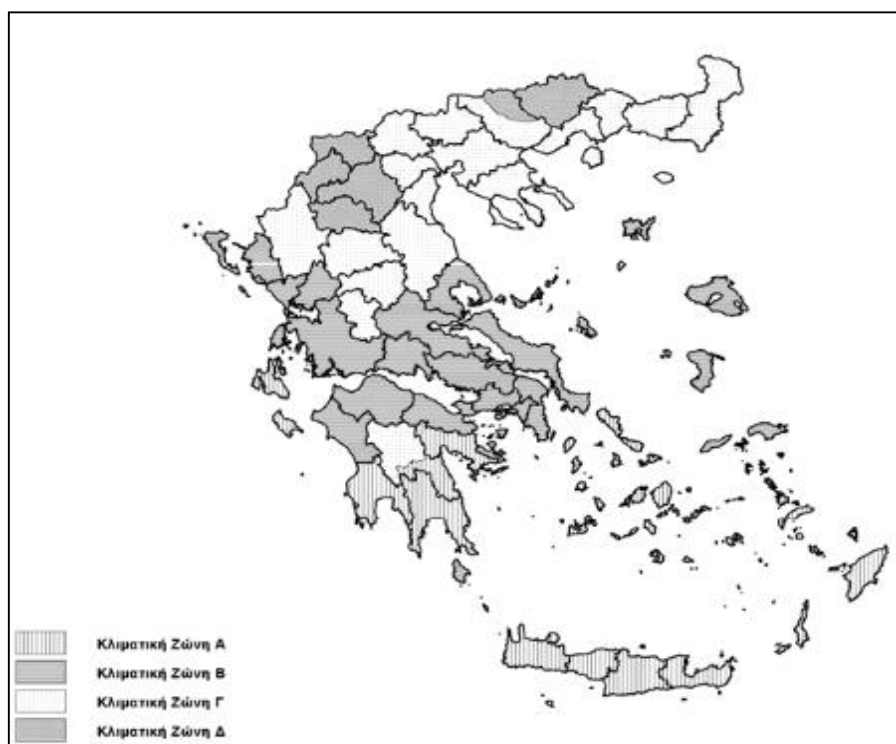
Όπου:

U [W/(m ² .K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου
n [-]	το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου
d [m]	Το πάχος κάθε στρώσης δομικού στοιχείου
λ [w/(m.K)]	Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού κάθε στρώσης
R_{ai} [m ² .K/W]	η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος.
R_i [m ² .K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,
R_a [m ² .K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Ανάλογα με τη θέση του δομικού στοιχείου στο κτίριο (εξωτερικός τοίχος, εσωτερικός τοίχος, δώμα, δάπεδο κτλ), η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας θα πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση μιας μέγιστης τιμής που ορίζεται από το κανονισμό για κάθε μια από τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στις οποίες είναι χωρισμένη η ελληνική επικράτεια (Πιν. 1, Εικ. 2).

Πίνακας 1. Μέγιστες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας ανά κλιματική ζώνη

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



Εικόνα 22. Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της Ελλάδας

3.2.2 Μετάδοση θερμότητας με μεταφορά (ή συναγωγή)

Μετάδοση με μεταφορά ονομάζεται η μετάδοση της θερμότητας με τη μετακίνηση θερμών μορίων υγρών ή αερίων διαμέσου του χώρου. Αυτή βασίζεται στη δυνατότητα μεταβίβασης της θερμότητας σε υγρά ή αέρια σώματα μέσω αυτής της μετακίνησης. Στα κτίρια, με τη φυσική κυκλοφορία του αέρα διακινούνται σημαντικά ποσά θερμότητας. Εκτός από τη φυσική κυκλοφορία του αέρα, που οφείλεται σε θερμοκρασιακές μεταβολές μέσα στους χώρους, μετακινήσεις του αέρα προκαλούν και οι άνεμοι, οι κινήσεις των ανθρώπων, τα ανοίγματα θυρών και παραθύρων, η λειτουργία ανεμιστήρων κ.ά.

Η απώλειες θερμότητας ενός χώρου μέσω αυτού του μηχανισμού μετάδοσης ενέργειας μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με την εξ. 3 (CIBSE GUIDE B, 2005):

$$Q_v = \left(\frac{1}{3}\right) * N * V * (T_a - T_{ao}) \quad (\text{Watt}) \quad \text{Εξ.3}$$

Όπου:

Q_v [W]	Οι απώλειες θερμότητας ενός χώρου
N [air changes/h]	Είναι ο ρυθμός ανανέωσης του αέρα ενός χώρο. Εξαρτάται από την αεροστεγανότητα του χώρου, το είδος του (πχ κατοικία) και το βαθμό έκθεσής του σε άνεμο) (CIBSE GUIDE A, 2006)
V [m ³]	Ο όγκος του χώρου
T_a [K]	Η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου
T_{ao} [K]	Η εξωτερική θερμοκρασία του χώρου

3.2.3 Μετάδοση θερμότητας με θερμική ακτινοβολία

Μετάδοση με θερμική ακτινοβολία ονομάζεται η ανταλλαγή θερμότητας με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μεταξύ των επιφανειών στερεών σωμάτων με διαφορετική θερμοκρασία που απέχουν μεταξύ τους (διαχωρίζονται από αέρα).

3.3 Θερμικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων

Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη θερμική συμπεριφορά του κελύφους του κτιρίου και είναι οι ακόλουθες :

- Θερμοπερατότητα (U-value)
- Βαθμός αεροστεγανότητας
- Θερμοχωρητικότητα

Στις ακόλουθες υποενότητες γίνεται αναλυτική επεξήγηση των παραπάνω όρων θερμικών ιδιοτήτων.

3.3.1. Θερμοπερατότητα

Η **θερμοπερατότητα (U-value)** δίνει την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στη μονάδα του χρόνου σε σταθερό θερμοκρασιακό πεδίο μέσω της μοναδιαίας επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στις δύο όψεις του δομικού στοιχείου ισούται με τη μονάδα.

Αυτή εξαρτάται από τις ιδιότητες που έχουν τα υλικά που συνθέτουν την κατασκευή ενός δομικού στοιχείου, δηλαδή από:

- Τη θερμική αγωγιμότητα (συντελεστής λ)
- Την περιεκτικότητά τους σε υγρασία και
- Το πάχος τους.

Ο **συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας** είναι χαρακτηριστικό μέγεθος του υλικού, το οποίο καθορίζει τη θερμομονωτική ικανότητά του και αναφέρεται σε ομοιογενή υλικά. Όσο μικρότερη είναι η τιμή του λ , τόσο περισσότερο αποτελεσματικό είναι το υλικό ως θερμομονωτικό.

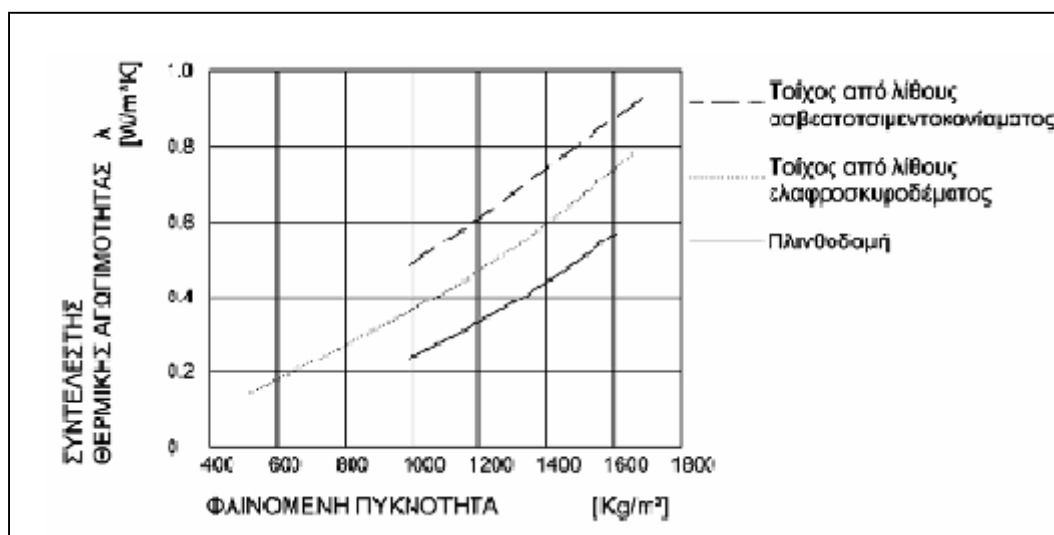
Τα δομικά υλικά ανάλογα με την τιμή του λ διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες :

- α. Φυσικοί λίθοι με $\lambda = 2,7 - 4,1$ (W/m*K),
- β. Κάθε φύσης δομικό υλικό με $\lambda = 0,1 - 2,7$ (W/m*K),
- γ. Θερμομονωτικό υλικό με $\lambda = 0,005 - 0,1$ (W/m*K).

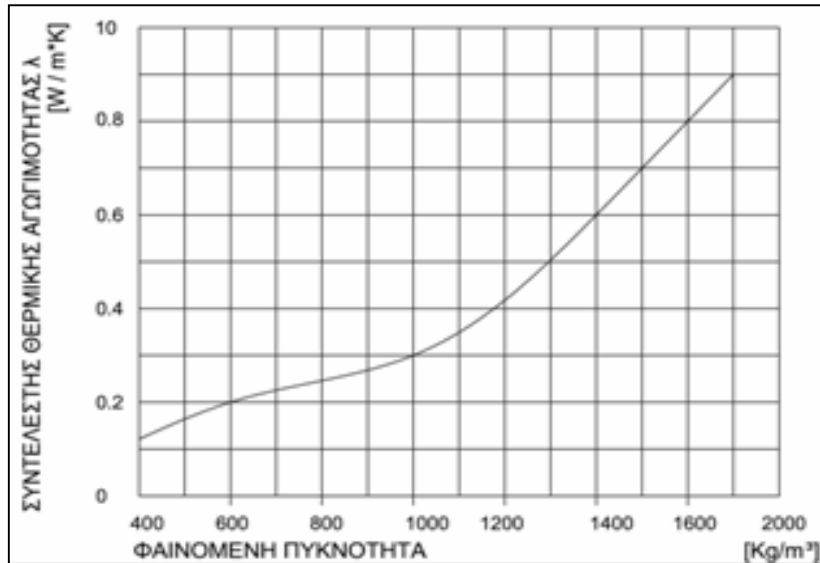
Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία ρέει σε 1ώρα μέσα από στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια 1m² και πάχος 1m, όταν η πτώση της θερμοκρασίας προς την κατεύθυνση της ροής της θερμότητας (διαφορά θερμοκρασίας των δύο επιφανειών) είναι 1K και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση, δηλαδή η θερμοκρασία τοπικά παραμένει σταθερή με το χρόνο. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μετράται σε βατ ανά μέτρο και ανά βαθμό Κέλβιν (W / m*K).

- **Συντελεστής λ και φαινόμενη πυκνότητα δομικού στοιχείου**

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας εξαρτάται από τη φαινόμενη πυκνότητα του τοίχου (Εικ 23) και του σκυροδέματος (Εικ 24).



Εικόνα. 23: Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ, σε συνάρτηση με τη φαινόμενη πυκνότητα τοίχου εν ξηρώ.

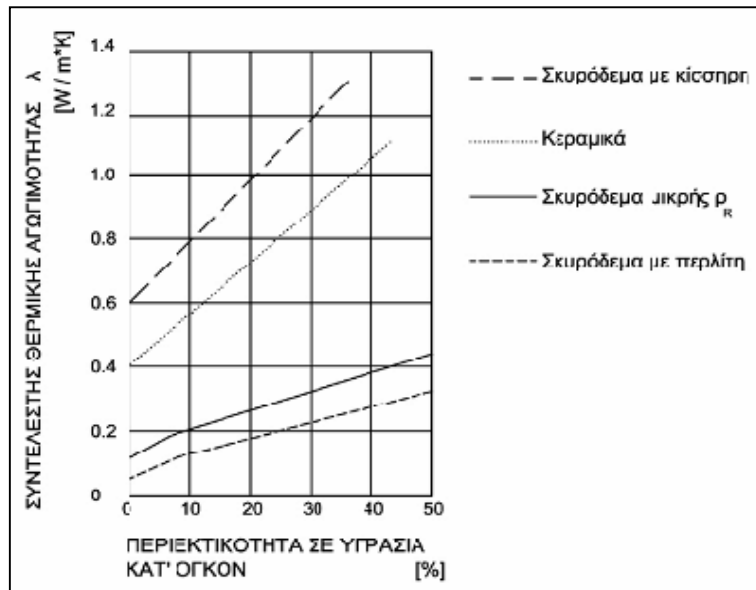


Εικόνα 24. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ , σε συνάρτηση με τη φαινόμενη πυκνότητα σκυροδέματος διάφορων τύπων, εν ξηρώ, ανάλογα τη με δομή και τη σύστασή τους.

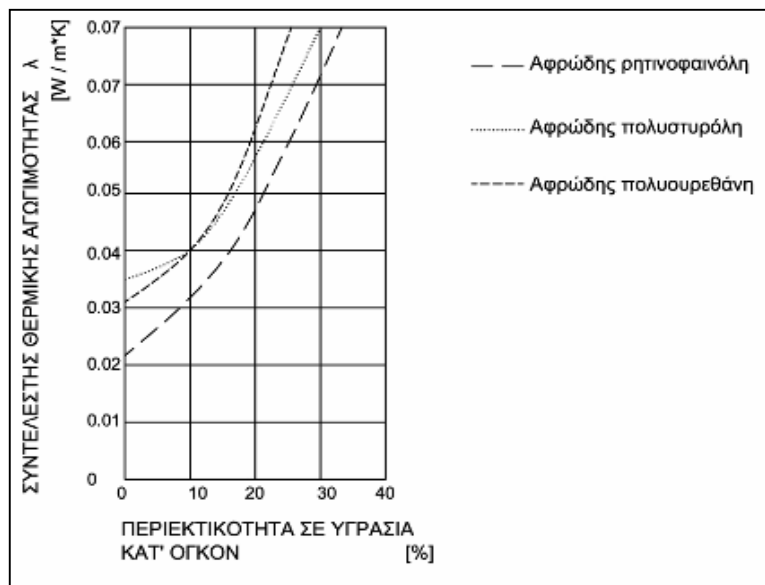
- **Συντελεστής λ σε σχέση με ποσοστό υγρασίας**

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας δεν είναι σταθερό μέγεθος αλλά μια γραμμική συνάρτηση που αυξάνεται σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Συνήθως, χαρακτηρίζεται από μια μέση τιμή. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ , ενός υλικού εξαρτάται από το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας στο υλικό και μάλιστα η τιμή του λ αυξάνεται με την αύξηση του ποσοστού της υγρασίας. Δηλαδή, η περιεχόμενη υγρασία αυξάνει τη θερμοαγωγιμότητα του υλικού (Σχήματα 5 και 6). Αυτό επιβεβαιώνεται αν σκεφτούμε ότι η θερμική αγωγιμότητα του νερού είναι 0,57 W/m*k, δηλαδή πολύ μεγαλύτερη από αυτή του ακίνητου, ξηρού αέρα. Οι τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας που δίνονται από τις διάφορες εταιρείες ισχύουν συνήθως με μια ανοχή 5 - 10% ανάλογα με το είδος του υλικού. Η προσαύξηση αυτή λαμβάνει υπόψη της λάθη μετρήσεων και την ανομοιομορφία των περισσότερων μονωτικών.

Στην πράξη, στις κατασκευές, τα θερμομονωτικά υλικά απορροφούν υγρασία παρά τη χρήση φράγματος υδρατμών. Επίσης λόγω των ιδιοτήτων τους και του τρόπου κατασκευής τους τα περισσότερα μονωτικά υλικά γερνάνε εξαιτίας μηχανικών αλληλεξαρτήσεων και θερμοκρασιακών αλλαγών. Έτσι αλλοιώνεται η αρχική ισορροπία των στερεών και των αέριων συστατικών.



Εικόνα 25. Επίδραση του περιεχόμενου ποσοστού υγρασίας στο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, λ διάφορων δομικών υλικών.



Εικόνα 26. Επίδραση του περιεχόμενου ποσοστού υγρασίας στο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, λ , διάφορων θερμομονωτικών υλικών.

Παρά τις έρευνες που γίνονται στον τομέα αυτόν οι μηχανισμοί γήρανσης των θερμομονωτικών υλικών παραμένουν σε μεγάλο βαθμό άγνωστοι. Αυτό που είναι σίγουρο είναι ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας πάντοτε αυξάνεται και ποτέ δεν μειώνεται.

3.3.2. Βαθμός αεροστεγανότητας

Ο βαθμός αεροστεγανότητας των δομικών στοιχείων εξαρτάται από:

- Το είδος της κατασκευής που διαμορφώνει το περίβλημα ενός χώρου.
- Την επιφάνεια των ανοιγμάτων και τον τρόπο συναρμογής των κουφωμάτων. Μεγάλες ποσότητες θερμότητας χάνονται από τις πόρτες και τα παράθυρα μιας όψης, ανάλογα με το μέγεθος του τζαμιού και τον τρόπο κατασκευής τους, καθώς και από τους αρμούς επαφής μεταξύ των φύλλων και του πλαισίου ενός κουφώματος. Το γεγονός αυτό κάνει τα παράθυρα και τις πόρτες να εμφανίζουν υπερβολικά μεγάλο συντελεστή θερμοπερατότητας, γιατί οι θερμικές απώλειες, όπως είναι γνωστό, προκαλούνται όχι μόνο από θερμική αγωγιμότητα αλλά κι από θερμική μεταφορά.

3.3.3. Θερμοχωρητικότητα

Η Θερμοχωρητικότητα ενός σώματος ή στοιχείου κατασκευής είναι η ικανότητά του να αποθηκεύει κάποια ποσότητα θερμότητας, όταν θερμαίνεται. Η ποσότητα της θερμότητας, η οποία αποθηκεύεται, αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ του στοιχείου της κατασκευής και του αέρα που το περιβάλλει και είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η ειδική θερμοχωρητικότητα και η μάζα του στοιχείου.

Η ειδική θερμοχωρητικότητα (c) δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία 1 Kg του υλικού κατά ένα βαθμό Κέλβιν ή η ποσότητα ενέργειας σε kcal που χρειάζεται για να υψωθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας ενός υλικού κατά 1°C. Η ειδική θερμοχωρητικότητα μετράται σε βατώρες ανά χιλιόγραμμα και ανά βαθμό Κέλβιν ($W \cdot h / Kg \cdot K$) ή σε ($kcal/kg \cdot ^\circ C$) και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q = m * c * \Delta T$$

όπου m είναι η μάζα του στοιχείου, c η ειδική θερμότητά του, και ΔT η διαφορά θερμοκρασίας, ενώ μετράται σε kcal.

Η θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων του κτιρίου, που συμβάλλει στον περιορισμό του ρυθμού μεταβολής της θερμοπερατότητας των στοιχείων. Έτσι ονομάζεται η ικανότητα ενός κατασκευαστικού στοιχείου να αποθηκεύει, κατά τη θέρμανσή του, ποσότητες θερμότητας.

Όταν οι τοίχοι και οι οροφές έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα, τότε η θερμότητα που συγκεντρώνουν, ενόσω λειτουργεί η θέρμανση, αποβάλλεται όταν αυτή σταματήσει, με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η γρήγορη ψύξη των χώρων. Το αντίθετο συμβαίνει το καλοκαίρι, όταν οι χώροι ψύχονται.

Ανάλογα με τη θέση της μόνωσης - στην εξωτερική ή εσωτερική επιφάνεια - οι τοίχοι και οι οροφές ενεργούν:

- Ως συσσωρευτές θερμότητας, όταν η θερμική μόνωση τοποθετείται στην εξωτερική τους επιφάνεια. Στην περίπτωση αυτή, συσσωρεύουν επί ένα μεγάλο χρονικό διάστημα τη θερμότητα, για να την αποβάλουν και πάλι μέσα στο χώρο με ακτινοβολία (Σχήμα 2). Με τη διαδικασία αυτή αυξάνεται αντίστοιχα η διάρκεια μεταβολής της θερμοκρασίας σε χώρους, στους οποίους είναι απαραίτητο να δημιουργείται αίσθημα άνεσης (κατοικίες, χώροι εργασίας, κ.λπ.).
- Ως φράγμα προστασίας, όταν η θερμική μόνωση τοποθετείται στην εσωτερική τους επιφάνεια, στις περιπτώσεις που δεν μας ενδιαφέρει η διάρκεια αποθέρμανσης ή απόψυξης των χώρων (θέατρα, εκκλησίες κ.λπ.), αλλά αντίθετα επιθυμούμε τη γρήγορη θέρμανση ή ψύξη των χώρων αυτών (Σχήμα 2).

3.4. Τρόποι θερμομόνωσης

Οι θερμικές απώλειες προκαλούνται σ' ένα κτίριο από τη μετάδοση της θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή/και αντίστροφα. Είναι γνωστό ότι ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες, προκαλείται μία συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο, κάτι που συμβαίνει το χειμώνα από το εσωτερικό του κτιρίου προς τον εξωτερικό κρύο αέρα, αλλά και το καλοκαίρι

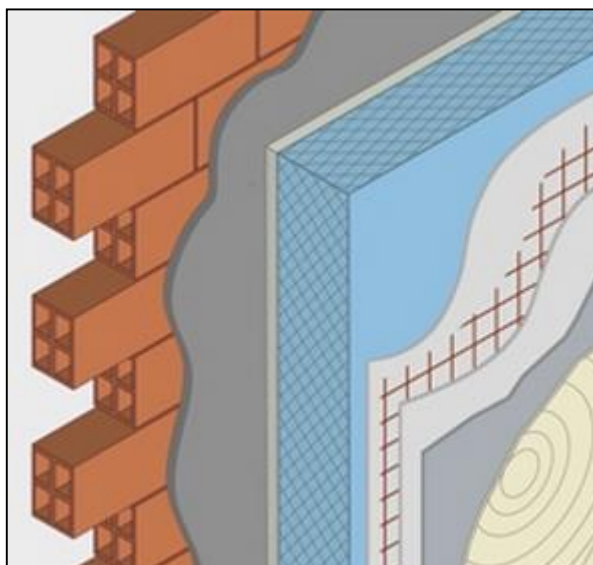
από τον εξωτερικό θερμό αέρα προς το δροσερότερο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτή η ροή θερμότητας είναι αδύνατο να εμποδιστεί τελείως και μπορεί μόνο να περιοριστεί ως προς την ένταση και τη διάρκειά της. Αυτό γίνεται κατορθωτό με την θερμομόνωση του κτιρίου, η οποία επιβραδύνει την ταχύτητα ανταλλαγής θερμότητας μέσα από τις επιφάνειες (τοίχους, στέγες, πατώματα, κουφώματα) που χωρίζουν περιοχές ή χώρους διαφορετικής θερμοκρασίας.

Έτσι έχουμε δύο τρόπους θερμομόνωσης

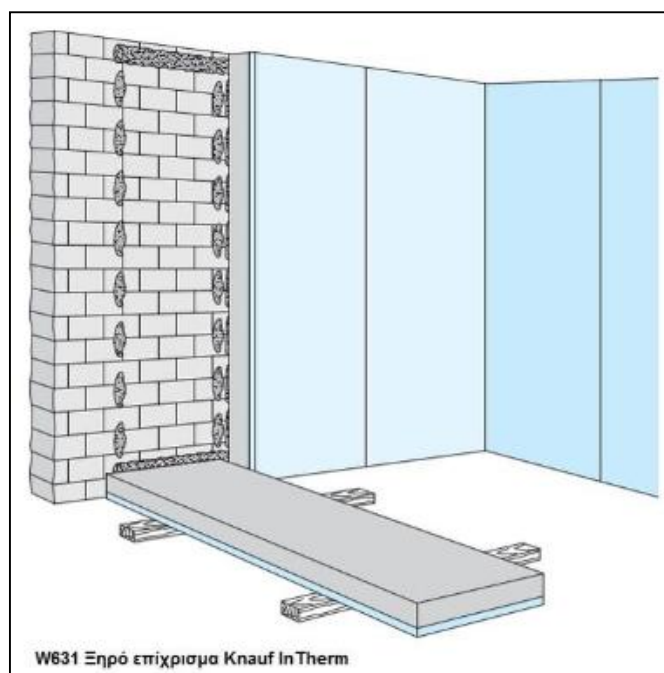
α) από την εξωτερική πλευρά του τοίχου του κτιρίου

β) από την εσωτερική πλευρά του τοίχου του κτιρίου

Ειδικότερα για την περίπτωση θερμομόνωσης σε τοιχοποιία, υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης του θερμομονωτικού υλικού στο μέσο του δομικού στοιχείου (θερμομόνωση τύπου Sandwich). Ο τύπος αυτός θερμομόνωσης είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στην Ελλάδα κυρίως σε κατασκευές τοίχου από οπτόπλινθους με διπλή δομική τοιχοποιία, όπου το μονωτικό υλικό χρησιμοποιείται ως στοιχείο πλήρωσης του κενού μεταξύ των δυο στρώσεων τούβλων.



Εικόνα 27. Εξωτερική θερμομόνωση σε τοιχοποιία



Εικόνα 28. Εσωτερική θερμομόνωση σε τοιχοποιία

3.5. *Θερμομονωτικά υλικά*

Θερμομονωτικά υλικά θεωρούνται όλα τα μονωτικά υλικά που καταφέρνουν να εγκλωβίσουν ακίνητο αέρα στην μάζα τους. Οι υψηλές μηχανικές αντοχές θεωρούνται απαραίτητες σε πολλές θερμομονωτικές εργασίες, δεν επηρεάζουν όμως ιδιαίτερα τις θερμομονωτικές ικανότητες που εμφανίζουν τα μονωτικά υλικά.

Ξεχωρίζουμε ποια θερμομονωτικά υλικά προσφέρουν μεγαλύτερη θερμική προστασία, από τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ).

Όσο πιο χαμηλός είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) τόσο καλύτερο είναι το θερμομονωτικό υλικό.

Σήμερα στην αγορά υπάρχει μεγάλη ποικιλία θερμομονωτικών υλικών όπως:

- Εξηλασμένη πολυστερίνη
- Διογκωμένη πολυστερίνη
- Υαλοβάμβακας
- Πολυουρεθάνη
- Αφρώδες Γυαλί

- Περλιτοειδή
- Πετροβάμβακας
- Φελλός
- PVC
- Κυψελωτό σκυρόδεμα
- Θερμομονωτικά τούβλα
- Πλάκες περλιτοϋάλου

Παρακάτω αναλύονται μερικά από τα πιο διαδεδομένα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα:

3.5.1. Εξηλασμένη πολυστερίνη



Η εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS - Extruded polystyrene) ανήκει στα οργανικά τεχνητά θερμομονωτικά υλικά. Αποτελείται από 88 έως 93% κατά βάρος από κρυσταλλική πολυστερίνη, ένα πολυμερές που αποτελείται από άνθρακα και υδρογόνο. Το προϊόν διατίθεται αποκλειστικά σε μορφή πλακών, που διαφέρουν μεταξύ τους σε διαστάσεις, πυκνότητα και κατά συνέπεια σε φυσικές και μηχανικές ιδιότητες.

Εικόνα 29. Εξηλασμένη πολυστερίνη

Η εξηλασμένη πολυστερίνη χρησιμοποιείται κατ'εξοχήν σε κτιριακά έργα, για θερμομόνωση, σε εξωτερική τοιχοποιία και στοιχεία από σκυρόδεμα, σε δώματα και στέγες, σε τοιχεία υπόγειων χώρων, σε δάπεδα κλπ. Πρόκειται για ένα υλικό με υψηλές θερμομονωτικές ιδιότητες, με αντοχή στην υγρασία και σχεδόν μηδενική υδατοαπορρόφηση, υψηλή αντοχή σε συμπίεση, δεν προσβάλλεται από μύκητες και βακτηρίδια και μεταφέρεται και τοποθετείται πολύ εύκολα.

Η εξηλασμένη πολυστερίνη παράγεται σε πλάκες με την μέθοδο της εξέλασης, κατά τη διάρκεια της οποίας γίνεται πολυμερισμός της θερμοπλαστικής

πολυστερίνης. Έχει μονωτικές ιδιότητες λόγω παγίδευσης αερίου σε κλειστές κυψελίδες. Ένα κύριο χαρακτηριστικό της είναι οι κλειστοί πόροι και η έλλειψη απορρόφησης νερού, κάτι που κάνει την εξηλασμένη πολυστερίνη κατάλληλη για εφαρμογές σε υψηλή υγρασία. Σημαντικό μέρος του προϊόντος αποτελεί προωθητικό αέριο με χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, το οποίο προσφέρει και επιβραδυντική επίδραση στη φωτιά. Το αέριο αυτό είναι ο χλωροφθοράνθρακας HCFC 142b.

Διατίθεται σε διαστάσεις πλακών:

- 1,25m x 0,60m και πάχος 5cm (Roofmate), για τη θερμομόνωση δωματίων
- 2,50m x 0,60m και πάχος 3cm ή 5cm, ραβδωτό (Shapemate), για τη θερμομόνωση σκυροδέματος
- 2,50m x 0,60m και πάχος από 2cm, 3cm, 4cm και 5cm, λείο (Wallmate), για τη θερμομόνωση τοίχων

Πίνακας 2. Ιδιότητες εξηλασμένης πολυστερίνης σε σχέση με το περιβάλλον

1.	Προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (υδρογονάνθρακες)
2.	Γκρίζα ενέργεια (ενεργοβόρος η παραγωγή της) 450 KWh/μ3, έως 850 KWh/μ3
3.	Μόλυνση: Διαφυγή τοξικών πτητικών αερίων στο περιβάλλον, όπως CFC (χλωροφθοράνθρακες) και πεντανίου (καταστρέφουν τη στοιβάδα του όζοντος και ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου).
4.	Μη ανακυκλώσιμα
5.	Επιπτώσεις στην υγεία: Διαφυγή στυρενίου στην ατμόσφαιρα (ουσία νευροτοξική, που ενοχοποιείται για καρκινογενέσεις). Σε περίπτωση φωτιάς, παραγωγή τοξικών βρωμιούχων αερίων, εξ αιτίας των ουσιών που περιέχει για την καθυστέρηση εκδήλωσης πυρκαγιάς. Ανάπτυξη ισχυρών ηλεκτροστατικών πεδίων. Καμία δυνατότητα διαπνοής του κτηρίου.

3.5.2. Πετροβάμβακας



Εικόνα 30. Πετροβάμβακας

Πετροβάμβακας ονομάζεται ένα ινώδες μονωτικό υλικό το οποίο χρησιμοποιείται στις οικοδομές αλλά και σε τεχνικές εφαρμογές. Ο πετροβάμβακας αποτελείται από ίνες οξειδίου πυριτίου- αλουμινίου και έχει θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες. Είναι άκαυστος και παράγεται με τήξη πετρωμάτων στους 1550-1600 °C. Με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων παίρνει τη μορφή ινών με διάμετρο 6-20 μm.

Τα υλικά με παρόμοια χαρακτηριστικά και ιδιότητες είναι οι ορυκτοβάμβακες, υαλοβάμβακας και κεραμοβάμβακας, με τη διαφορά ότι ο υαλοβάμβακας αποτελείται από ίνες γυαλιού με πυριτική σύσταση και χαμηλότερη θερμοκρασία παραγωγής, ενώ ο κεραμοβάμβακας αποτελείται από κεραμικές ίνες με υψηλότερη θερμοκρασία παραγωγής και χρήσης και από τα δυο άλλα υλικά. Και τα τρία αυτά υλικά χαρακτηρίζονται με τους γενικούς όρους MMVF (Man made vitrous fibers - Ινώδη τεχνητά υαλώδη υλικά) ή τον παραπλήσιο όρο MMMF (Man made mineral fibers - Ινώδη τεχνητά υλικά από ορυκτά).

Ιδιότητες

Ο πετροβάμβακας έχει θερμομονωτικές, ηχομονωτικές ιδιότητες καθώς επίσης και αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες. Αν και οι ίνες αυτές καθαυτές είναι αγωγοί της θερμότητας, ο συνδυασμός τους στον πετροβάμβακα περιέχει τόσο μεγάλο ποσοστό ελεύθερου χώρου (αέρα) που ακόμη και όταν συμπιέζονται σε ρολά ή σε πλάκες, ο πετροβάμβακας έχει εξαιρετικές μονωτικές ιδιότητες.

Τα προϊόντα πετροβάμβακα έχουν συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ) μεταξύ 0,03 και 0,04 W/mK σε θερμοκρασία περιβάλλοντος καθώς επίσης και ηχομονωτικές ιδιότητες (σε αντίθεση με άλλα οικοδομικά θερμομονωτικά υλικά που δεν έχουν τόσο καλές ηχομονωτικές ιδιότητες όπως η εξηλασμένη και η διογκωμένη

πολυστερίνη). Είναι άκαυστος και μπορεί να αντέξει σε θερμοκρασία μέχρι 1000 °C, ενώ για υψηλότερες θερμοκρασίες χρησιμοποιείται κεραμοβάμβακας. Λόγω της ιδιότητάς του αυτής ο πετροβάμβακας χρησιμοποιείται σε διατάξεις πυροπροστασίας. Αν υποβληθεί σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 1000 °C δεν καίγεται, αλλά αρχίζει και λιώνει.

Χρήσεις

Η κυριότερη χρήση του πετροβάμβακα είναι σαν μονωτικό υλικό στις οικοδομές, αλλά χρησιμοποιείται και σε βιομηχανικές εφαρμογές, ιδιαίτερα σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες μέχρι 1000 °C. Μια σημαντική εφαρμογή είναι στη ναυπηγική βιομηχανία. Χρησιμοποιείται επίσης ως υπόστρωμα σε υδροπονικές εφαρμογές.

Οι πετροβάμβακες δεν ελκύουν τα τροφτικά. Αφήνουν την υγρασία να περάσει μέσα τους (στεγνώνουν εύκολα) και δεν αναπτύσσουν μούχλα, εκτός αν παραμείνουν σε υγρό περιβάλλον.

3.5.3 Υαλοβάμβακας



Εικόνα 31. Υαλοβάμβακας

Ο υαλοβάμβακας είναι μονωτικό υλικό που αποτελείται από πολύ λεπτές ίνες γυαλιού. Χρησιμοποιείται ως ενισχυτικό υλικό για πολλά πολυμερή προϊόντα, δημιουργώντας σύνθετα υλικά γνωστά ως «πολυμερή ενισχυμένα με ίνες» (fiber-reinforced polymers FRP) ή «πλαστικά ενισχυμένα με γυαλί» (glass-reinforced plastic GRP).

Οι παραγωγοί γυαλιού είχαν πειραματιστεί από παλαιά με τις ίνες γυαλιού, αλλά η μαζική παρασκευή υαλοβάμβακα έγινε δυνατή μόνο με την εμφάνιση της ιδιαίτερα λεπτών εργαλειομηχανών. Το 1893 ο Edward Drummond Libbey παρουσίασε ένα φόρεμα στην Παγκόσμια Κολομβιανή Έκθεση με ίνες γυαλιού διαμέτρου και υφής μεταξιού. Το υλικό όμως που σήμερα είναι γνωστό ως υαλοβάμβακας εφευρέθηκε το 1938 από τον Russell Games Slayter της εταιρείας Οουενς-Κόρνιν (Owens-Corning) ως μονωτικό υλικό. Η αγγλική λέξη για τον υαλοβάμβακα Fiberglas είναι εμπορικό σήμα της Οουενς-Κόρνιν που σήμερα είναι ένα από τα ονόματα που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν το προϊόν ανεξάρτητα από τον κατασκευαστή, αν και η κυρίως χρησιμοποιούμενη λέξη είναι το «glasswool».

Παραγωγή

Οι ίνες του υαλοβάμβακα διαμορφώνονται όταν λεπτές λωρίδες πυριτικού (ή άλλης σύστασης) γυαλιού εξωθούνται παράγοντας πολλές ίνες με μικρή διάμετρο κατάλληλες για ύφανση. Το γυαλί, ακόμη και ως ίνα, είναι άμορφο στερεό (χωρίς κρυσταλλική δομή). Οι ιδιότητες της δομής του γυαλιού όταν αυτό μαλακώνει και έχει αρχίσει να λιώνει είναι παρόμοιες με τις ιδιότητές του όταν γνέθεται σε ίνες.

Η τεχνική της τήξης και επεξεργασίας του γυαλιού σε λεπτές ίνες ήταν γνωστή για χιλιετίες, εντούτοις η χρήση αυτών των ινών για παραγωγή υφασμάτων είναι πίο πρόσφατη. Η πρώτη εμπορική παραγωγή του υαλοβάμβακα ήταν το 1936. Το 1938, η Owens-Illinois Glass Company και Corning Glass Works ενώθηκαν για να σχηματίσουν την εταιρεία Owens-Corning Fiberglas Corporation. Μέχρι τότε όλος ο υαλοβάμβακας παραγόταν σε ίνες ορισμένου μεγέθους. Όταν οι δύο επιχειρήσεις ενώθηκαν για να παράγουν και να προάγουν τον υαλοβάμβακα, εισήγαγαν ένα νέο προϊόν με συνεχή ίνα γυαλιού (πολύ μεγάλου μήκους). Η εταιρεία Owens-Corning είναι μέχρι σήμερα ο μεγαλύτερος παραγωγός υαλοβάμβακα παγκοσμίως.

3.5.4. Περλομπετόν



Εικόνα 32. Περλομπετόν

Η πιο συνηθισμένη εφαρμογή του περλίτη είναι στην παραγωγή περλομπετόν (που κατατάσσεται στα ελαφροσκυροδέματα). Το περλομπετόν παράγεται επί τόπου στο έργο αναμιγνύοντας περλίτη, τσιμέντο και νερό σε αναλογίες που καθορίζονται από τον προμηθευτή του υλικού, ανάλογα με το σημείο εφαρμογής και τις αντίστοιχες απαιτούμενες μηχανικές αντοχές ή διατίθεται

σε ενστικισμένη μορφή με σταθερή σύνθεση από το εργοστάσιο παραγωγής και

αναμιγνύεται με τσιμέντο (ελάχιστη πρόσθετη ποσότητα τσιμέντου 250kg ανά m³ περλομπετόν) και νερό στο εργοτάξιο.

Είναι μείγμα πολύ πιο ελαφρύ από το μπετόν αλλά και από το γκρο μπετόν, δίνοντας τη δυνατότητα με τη χρήση του να περιοριστούν τα φορτία στην οικοδομή. Παράλληλα έχει σαφώς καλύτερες μονωτικές ιδιότητες. Εφαρμόζεται για την πλήρωση δαπέδων πριν την επίστρωση της τελικής επιφάνειας και τη δημιουργία ρύσεων σε δώματα.

Πλεονεκτήματα:

- 1) Λιγότερο βάρος
- 2) Θερμο-ηχομονωτικές ιδιότητες

Μειονεκτήματα:

Μεγαλύτερο κόστος σε σχέση με την τσιμεντοκονία, λόγω του περλίτη (υλικό με κυψέλες).

3.5.5. Πολυουρεθάνη



Εικόνα 33. Φύλλο πολυουρεθάνης

Ανήκει στην κατηγορία των σκληρών αφρωδών μονωτικών υλικών κλειστής κυψελικής δομής. Διεθνώς ο συντεταγμένος όρος του άκαμπτου αφρού πολυουρεθάνης είναι PUR (Poluourethane Foam).

Η πολυουρεθάνη υπό μορφή αφρού ψεκασμού και σε σύντομο χρονικό διάστημα πολυμερίζεται με την υγρασία της ατμόσφαιρας και στερεοποιείται. Προσφύεται στα περισσότερα οικοδομικά υλικά και ιδιαίτερα στα πετρώδη. Δεν έχει καλή πρόσφυση επάνω σε φύλλα πολυαιθυλενίου, σιλκόνες, σε ορισμένα πλαστικά, καθώς και σε επιφάνειες με έλαια ή λίπη. Δεν σαπίζει και δεν σχηματίζει μούχλα και μικροοργανισμούς. Προσβάλλεται από ορισμένα έντομα και από τα τρωκτικά.

Τόσο ο εκτοξευμένος αφρός πολυουρεθάνης, όσο και οι σκληρές πλάκες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη θερμομονωτική προστασία:

- Εξωτερικών τοιχοποιιών,
- Δοκών, τοιχείων και υποστυλωμάτων με τοποθέτηση είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά,
- Δαπέδων σε ευπρόσβλητες από την υγρασία κατασκευές,
- Δωματίων συμβατικού ή ανεστραμμένου τύπου,
- Ψευδοροφών,

- Ψυκτικών θαλάμων και ψυγείων,
- Δεξαμενών αποθήκευσης ρευστών

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

Ο αφρός πολυουρεθάνης σε φυάλες με ψεκασμό ενδείκνυται για πλήρωση αρμών, σφράγιση οπών ή σχισμών, στερέωση υλικών και συγκόλληση μεταξύ τους κ.α. .

Τα προκατασκευασμένα πετάσματα πολυουρεθάνης έχουν περισσότερο εφαρμογές σε λυόμενες κατασκευές, βιομηχανικά κτήρια, περίπτερα εκθέσεων. Υπό μορφή κογχυλίων η πολυουρεθάνη χρησιμοποιείται στη θερμομονωτική προστασία σωληνώσεων θέρμανσης και κλιματισμού, σωληνώσεων μεταφοράς αερίου κ.α.

3.5.6. Διογκωμένη πολυστερίνη



Εικόνα 34. Διογκωμένη πολυστερίνη

Η Διογκωμένη Πολυστερίνη, ή EPS για συντομία, είναι ένα ελαφρύ αφρώδες πλαστικό υλικό. Ο κάθε κόκκος Διογκωμένης Πολυστερίνης (EPS) αποτελείται από 98% αέρα και 2% πλαστικό. Είναι πρακτικά αδιαπέραστος από την υγρασία και η σταθερότητα του αέρα στο εσωτερικό του προσδίδει μεγάλη θερμομονωτική ικανότητα. Η διογκωμένη πολυστερίνη παράγεται σε μεγάλα μπλοκ, τα οποία κόβονται σε πλάκες.

Τα προϊόντα της Διογκωμένης Πολυστερίνης (EPS) αποτελούνται από χιλιάδες κόκκους διογκωμένου πολυστερενίου και χαρακτηρίζονται για τις άριστες θερμικές τους ιδιότητες, από τη μεγάλες μηχανικές τους αντοχές, την αντοχή τους στο χρόνο, την εξαιρετική απορρόφηση κραδασμών, το χαμηλό τους βάρος και από την απόλυτη αντοχή τους στην υγρασία. Η Διογκωμένη Πολυστερίνη μπορεί εύκολα να διαμορφωθεί σε ότι σχήμα και πυκνότητα απαιτείτε, με την ανάλογη διαδικασία παραγωγής. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα της Διογκωμένης Πολυστερίνης (EPS) είναι ο πολύ καλός συντελεστής απόδοσης τιμής που έχει και αυτό γίνεται εμφανές σε πολλές εφαρμογές της, καταρτίζοντας την ως το καλύτερο και το οικονομικότερο μονωτικό υλικό και υλικό συσκευασίας στο κόσμο.

Η διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) έχει πάνω από το 60% της αγοράς των μονωτικών υλικών στην κατασκευή στην Ευρώπη και χρησιμοποιείται με αναμφισβήτητα και μόνιμα αποτελέσματα τα τελευταία 40 χρόνια.

Γενικά η Διογκωμένη Πολυστερίνη (EPS) έχει τις παρακάτω ιδιότητες:

- Εξαιρετικές θερμομονωτικές ιδιότητες
- Μεγάλη απορρόφηση κραδασμών
- Πολύ μικρό ποσοστό μετάδοσης ήχου.
- Ευκολία διαμόρφωσης
- Μεγάλες μηχανικές αντοχές
- Ανθεκτική στην υγρασία
- Πολύ χαμηλή υδροπερατότητα και υδατοαπορρόφηση
- Ανθεκτική στο χρόνο
- Μεγάλη ευελιξία παραγωγής
- Ευέλικτες μηχανικές αντοχές
- Μεταφέρεται εύκολα
- Τοποθετείται εύκολα
- Την καλύτερη απόδοση/ τιμή στην αγορά
- Βραδύκαυστο και αυτοσβεννύμενο υλικό (νέα τεχνολογία)
- Απολύτως ασφαλή – αβλαβές για τον άνθρωπο
- Δεν χρειάζεται ειδικά προστατευτικά μέσα μεταχείρισης

- Εύκολα ανακυκλώσιμο
- Οικολογικό υλικό

➤ Που χρησιμοποιείται η διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) ;

Η διογκωμένη πολυστερίνη (EPS), χρησιμοποιείται κυρίως στο τομέα της κατασκευής και για μια μεγάλη γκάμα άλλων εφαρμογών όπως:

- Μόνωση διπλής τοιχοποιίας
- Εξωτερική μόνωση – Θερμοπρόσοψη
- Εσωτερική μόνωση σε συνδυασμό με ξηρά δόμηση
- Μόνωση οροφών και σκεπών
- Μόνωση υπογείων
- Μόνωση θεμελιώσεων
- Μόνωση εσωτερικών δαπέδων – ελαφρύ σκυρόδεμα με κόκκους EPS
- Έργα πολιτικού μηχανικού σε γεμίσματα και υποστρώματα
- Ενεργειακά συστήματα δόμησης ICF με καλούπια από διογκωμένη πολυστερίνη
- Θεμελιώσεις
- Υλικό δημιουργίας πάνελ μετάλλου, ξύλου, γυψοσανίδας
- Μόνωση ενδοδαπέδιας θέρμανσης
- Κατασκευή πλωτών δαπέδων για ηχομόνωση
- Θερμομόνωση ψυκτικών θαλάμων.
Άριστη συμπεριφορά σε χαμηλές συνθήκες.
- Ελαφρύ μονωτικό υπόστρωμα σε έργα πολιτικού μηχανικού σε δρόμους, γέφυρες, αεροδρόμια, σιδηροδρόμους και σε μαλακά εδάφη.

- Σε επιπλέουσες κατασκευές, εξέδρες, μαρίνες κ.α.
- Διακόσμηση εσωτερικών και εξωτερικών χώρων
- Ως βάση για τη κατασκευή θεματικών αντικειμένων, σκηνικών, μοντέλων κ.α.
- Ως καλούπι για μπετό
- Για χύτευση περίπλοκων σχημάτων
- Ως υλικό συσκευασίας με απεριόριστες εφαρμογές όπως κουτιά μεταφοράς, ποτήρια, πιάτα, αγροτικές εφαρμογές, βάσεις για ηλεκτρικά είδη, καθίσματα, έπιπλα κ.α.

Οι θερμομονωτικές πλάκες, διογκωμένης πολυστερίνης, λευκού χρώματος, παράγεται σε διάφορα βάρη, από ελαφρύ τύπου 15 kg/m³ έως και βαρέως τύπου 30 kg/m³.

Διατίθεται σε διαστάσεις πλακών:

- 200 cm x 100 cm
- 100 cm x 50 cm
- 100 cm x 100 cm
- 50 cm x 50 cm κ.α

Οι τεχνικές και φυσικές ιδιότητες της διογκωμένης πολυστερίνης την καθιστούν το πιο ασφαλές, αποτελεσματικό, εύχρηστο και οικονομικά ωφέλιμο θερμομονωτικό υλικό στην αγορά για χρήση συστημάτων εξωτερικής θερμομόνωσης. Και αυτό αφορά τόσο τη φάση κατασκευής όσο και την λειτουργία των κτιρίων για όσες δεκαετίες αυτά χρησιμοποιούνται.

Με βάση τα χαρακτηριστικά όλων των παραπάνω θερμομονωτικών υλικών η επιλογή της μόνωσης για την κατασκευή που θα μελετηθεί στη παρούσα εργασία είναι η διογκωμένη πολυστερίνη.

3.6. Σύγκριση θερμομονωτικών υλικών

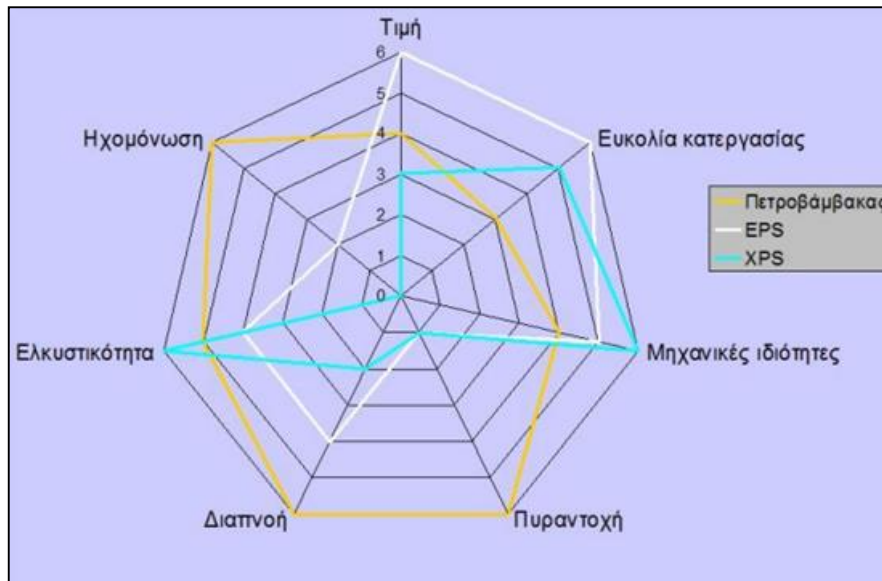
Όπως μπορούμε να διακρίνουμε από τον πίνακα της εικόνας 35, τα βασικά θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται ως επι το πλείστον στην κατασκευή κτιρίων (XPS, EPS, πετροβάμβακας) έχουν συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας (λ) οι οποίοι κυμαίνονται περίπου στα ίδια όρια τιμών (0.03 – 0.045 W/m.K). Με άλλα λόγια τα βασικά θερμομονωτικά υλικά έχουν παραπλήσια θερμομονωτική ικανότητα.

Υλικό	Αφρώδη οργανικά			Ινώδη ανόργανα		
	Διογκωμένη Πολυστερίνη	Εξηλασμένη Πολυστερίνη	Πολύ-ουρεθάνη	Πετροβάμβακας	Υαλοβάμβακας	Ξυλό-μαλλο
Θερμική αγωγιμότητα (W/mK)	0,031 – 0,048	0,030 – 0,038	0,028 - 0,040	0,032 – 0,045	0,033 – 0,040	0,070 – 0,090
Πυραντοχή	F - E	E	F (PIR E)	A1	A1	B1
Αντοχή σε συμπίεση	Μέχρι 250	Μέχρι 500	Μέχρι 500	Μέχρι 250	Μεχρι 200	Μέχρι 500
Υδατοαπορρόφηση	Μέχρι 3%	Μέχρι 3%	Μέχρι 3%	Μέχρι 3 kg/m ³	Μέχρι 5 kg/m ³	
Θερμοκρασίες εφαρμογής	-50 έως 75 C	-50 έως 75 C	-150 έως 120 C	-20 έως 1000 C	-20 έως 350 C	- 50 έως 300 C
Αντίσταση στη διάχυση υδρατμών	10 - 20	50 - 80	N.A.	1 - 3	1 - 3	2 - 5

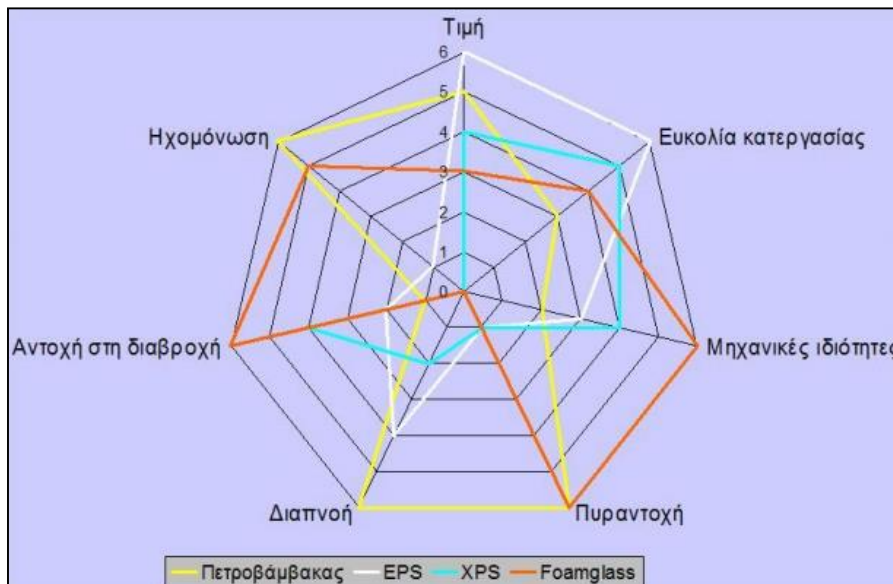
Εικόνα 35. Θερμικές ιδιότητες θερμομονωτικών υλικών

Επομένως η επιλογή του κατάλληλου θερμομονωτικού υλικού θα πρέπει να μελετηθεί λαμβάνοντας υπόψη και άλλες παραμέτρους. Στις εικόνες 36 και 37 παρουσιάζεται μια γραφική σύγκριση μεταξύ των βασικών θερμομονωτικών υλικών και συγκεκριμένα μεταξύ του πετροβάμβακα, διογκωμένης πολυστερίνης, εξηλασμένης πολυστερίνης αλλά και του υαλοβάμβακα. Στον πίνακα 2 συνοψίζονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στην επιλογή του καταλληλότερου κάθε φορά θερμομονωτικού υλικού όπως :

- ✓ Το κόστος
- ✓ Η ευκολία κατεργασίας
- ✓ Η συμπεριφορά σε υγρασία
- ✓ Η πυραντοχή
- ✓ Η ηχομόνωση
- ✓ Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και επιπτώσεις στην υγεία



Εικόνα 36. Σύγκριση βασικών θερμομονωτικών υλικών σε διάφορα επίπεδα.



Εικόνα 37. Σύγκριση βασικών θερμομονωτικών υλικών σε διάφορα επίπεδα.

Πίνακας 2. Βασικά χαρακτηριστικά κύριων θερμομονωτικών υλικών

Υλικό	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	<ol style="list-style-type: none"> 1. καλή ηχομόνωση 2. καλή πυραντοχή 3. σχετικά χαμηλό κόστος 	<ol style="list-style-type: none"> 1. περιορισμένη κατεργασία 2. μη φιλικό προς το περιβάλλον 3. προβλήματα με υγρασία
ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ (XPS)	<ol style="list-style-type: none"> 1. μεγάλη ευκολία κατεργασίας 2. σχετικά χαμηλό κόστος 3. περιορισμός υγρασίας 	<ol style="list-style-type: none"> 1. χαμηλή ηχομόνωση 2. μη φιλικό προς το περιβάλλον 3. μηδενική πυραντοχή
ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ (EPS)	<ol style="list-style-type: none"> 1. μεγάλη ευκολία κατεργασίας 2. φιλικό προς το περιβάλλον 3. περιορισμός υγρασίας 	<ol style="list-style-type: none"> 1. χαμηλή ηχομόνωση 2. μεγαλύτερο κόστος 3. μηδενική πυραντοχή

4. Μελέτη θερμομόνωσης σε κτίρια από μεταλλικό χωροδικτύωμα με χρήση διογκωμένης πολυστερίνης

Όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 2, κατά την κατασκευή μεταλλικού χωροδικτυώματος σε κατοικίες, το θερμομονωτικό υλικό που χρησιμοποιείται έχει δύο λειτουργίες:

- Καθιστά το κτίριο θερμικά προστατευμένο
- Λειτουργεί ως στοιχείο πλήρωσης ανάμεσα στους τοίχους ώστε να καλυφθούν τα κενά που δημιουργεί ο μεταλλικός σκελετός και να πέσουν από πάνω οι επόμενες στρώσεις των δομικών στοιχείων (πχ. σοβάς). Ουσιαστικά δηλαδή η θερμομόνωση παίζει και το ρόλο του “καλουπιού” για τις επόμενες στρώσεις.

Αφρόδη θερμομονωτικά υλικά όπως είναι η διογκωμένη και η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι κατάλληλα για αυτού του είδους κατασκευές λόγω του ότι μπορούν να παίξουν το ρόλο του “καλουπιού” αλλά και λόγω της ευκολίας κατεργασίας τους και του χαμηλού συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας τους.

Στον παρών κεφάλαιο θα μελετηθεί η θερμομόνωση με διογκωμένη πολυστερίνη για το λόγο ότι είναι υλικό πιο φιλικό προς το περιβάλλον σε σχέση με την εξηλασμένη, αλλά και γιατί αποτελεί το περισσότερο δημοφιλές θερμομονωτικό υλικό στις κατασκευές κατοικιών. Συγκεκριμένα θα υπολογιστούν οι συντελεστές θερμοπερατότητας για διάφορες κατηγορίες δομικών στοιχείων που κατασκευάζονται με μεταλλικό χωροδικτύωμα καθώς επίσης και για διάφορα πάχη θερμομόνωσης. Οι τιμές αυτές θα συγκριθούν με τις μέγιστες τιμές θερμοπερατότητας όπως ορίζονται από τον ΚΕΝΑΚ για κάθε κλιματική ζώνη.

Παράλληλα θα πραγματοποιηθεί μια σύγκριση με θερμομονωμένα δομικά στοιχεία συμβατικών κατασκευών ως προς την θερμοπερατότητα (U-value), θερμοχωρητικότητα και αλλών στοιχείων που επηρεάζουν την θερμική προστασία μιας κατοικίας.

4.1. Υπολογισμός U-value για διάφορες κατηγορίες δομικών στοιχείων

Επειδή στην κατασκευή με μεταλλικό χωροδικτύωμα η μορφή της εξωτερικής τοιχοποιίας αποτελείται από ανομοιογενείς στρώσεις, για τον υπολογισμό του συντελεστή U δουλεύουμε βάση της παραγράφου 2.1.9 της ΤΟΤΕΕ 2. Σύμφωνα με αυτή τη παράγραφο η θερμική αντίσταση ενός σύνθετου δομικού στοιχείου υπολογίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$R_{ολ} = \frac{R_{ολ, \max} + R_{ολ, \min}}{2}$$

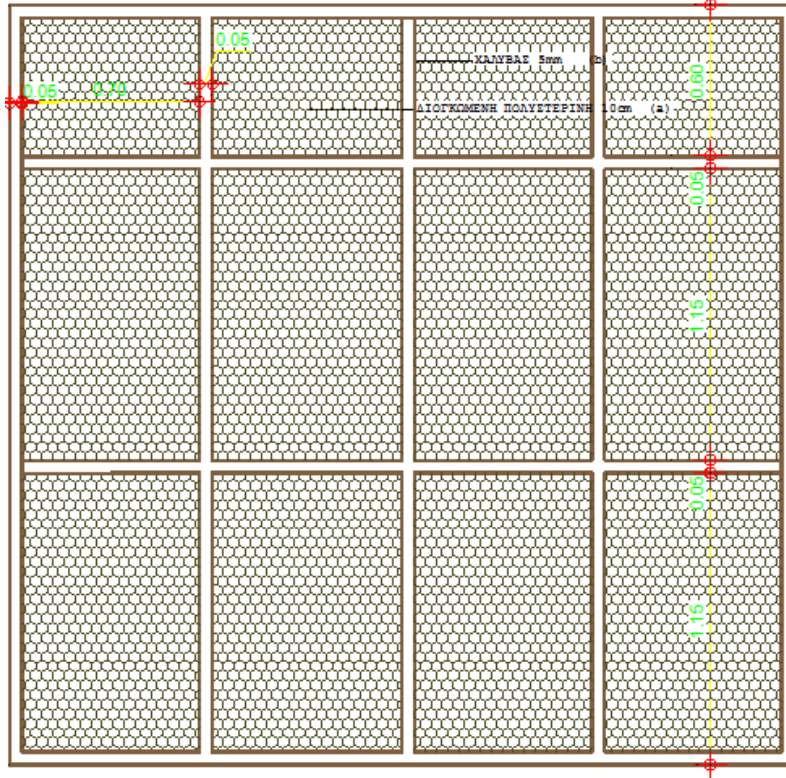
$$R_{ολ, \max} = \frac{1}{\frac{f_a}{R_i + R_1 + \dots + R_{k,a} + \dots + R_n + R_a} + \frac{f_b}{R_i + R_1 + \dots + R_{k,b} + \dots + R_n + R_a}} \quad [(m^2 \cdot K)/W]$$

$$R_{ολ, \min} = R_i + R_1 + \dots + \frac{1}{\frac{f_a}{R_{k,a}} + \frac{f_b}{R_{k,b}}} + \dots + R_n + R_a \quad [(m^2 \cdot K)/W]$$

Όπου:

$R_{ολ, \max}$	[m ² .K/W]	Το άνω όριο θερμικής αντίστασης του δομικού στοιχείου
$R_{ολ, \min}$	[m ² .K/W]	Το κάτω όριο θερμικής αντίστασης του δομικού στοιχείου
n	[-]	Το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου
R_1 ... R_n	[m ² .K/W]	Η θερμική αντίσταση της πρώτης έως και της n-οστής στρώσης του δομικού στοιχείου
$R_{k,a}$	[m ² .K/W]	Η θερμική αντίσταση της στρώσης k στη θέση ύπαρξης του υλικού a
f_a	[-]	Το ποσοστό της στρώσης k που καταλαμβάνεται από το υλικό a
$R_{k,b}$	[m ² .K/W]	Η θερμική αντίσταση της στρώσης k στη θέση ύπαρξης του υλικού b
f_b	[-]	Το ποσοστό της στρώσης k που καταλαμβάνεται από το υλικό b
R_i	[m ² .K/W]	Η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο.
R_a	[m ² .K/W]	Η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον

Εικ. 38. Ποσοστό της στρώσης που καταλαμβάνεται από κάθε υλικό

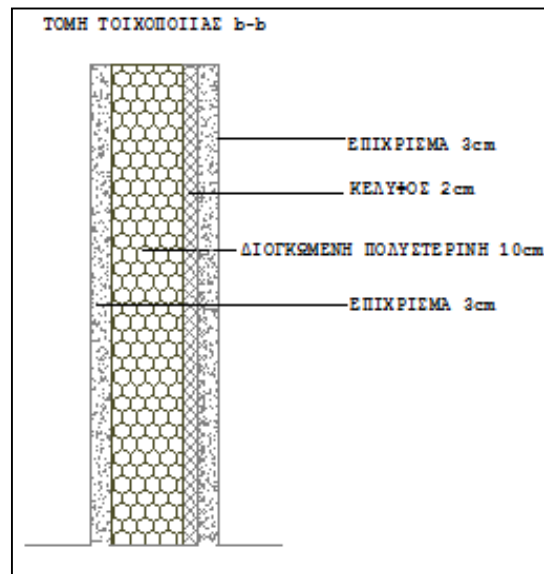
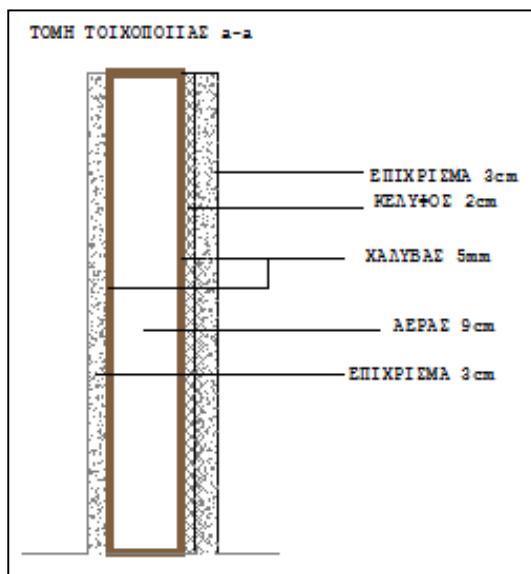
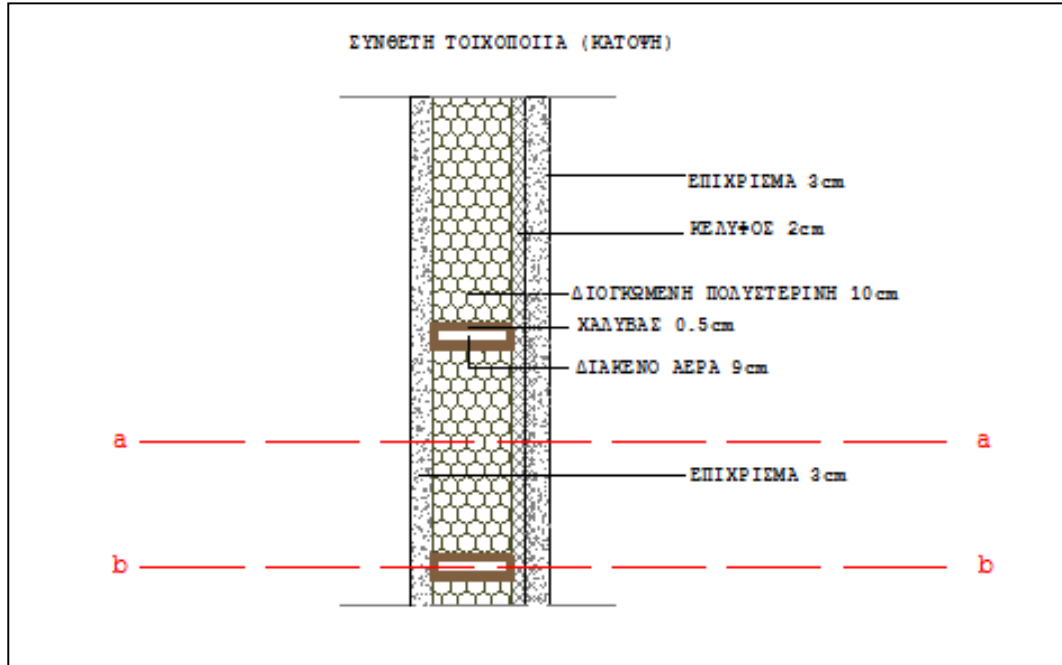


διατομή a = 87%
διατομή b = 13%

Παρακάτω επισυνάπτονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για διάφορα πάχη θερμοπρόσοψης σε εξωτερικούς τοίχους και πλάκες (δώμα). Τα δάπεδα δεν μελετήθηκαν διότι η κατασκευή τους δεν διαφέρει σε τίποτα από τον συμβατικό τρόπο κατασκευής των σύγχρονων κατοικιών.

4.1.1. Τοιχοποιία με θερμοπρόσοψη Φ.1.1

- Πάχος εξωτερικής θερμομόνωσης 2cm

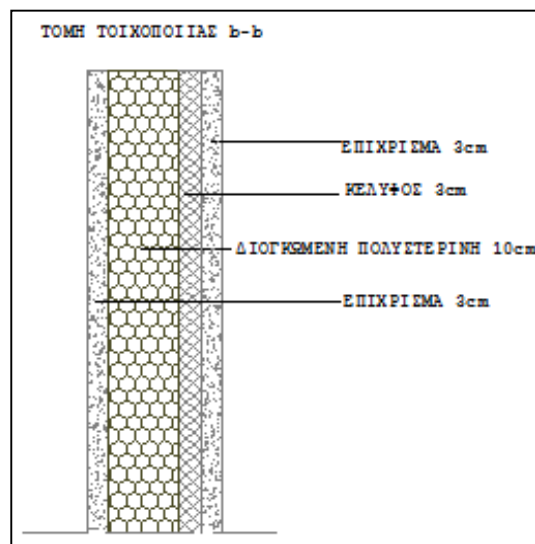
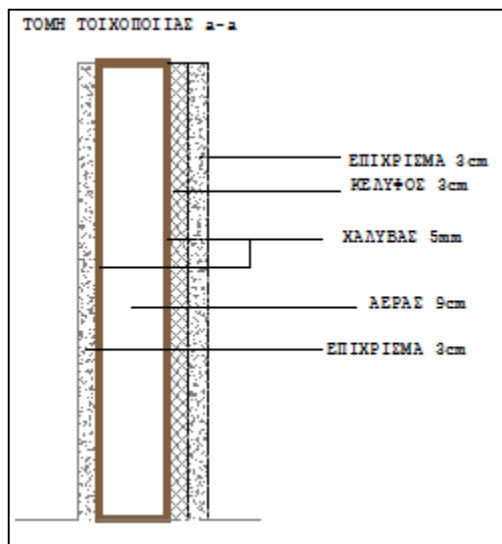
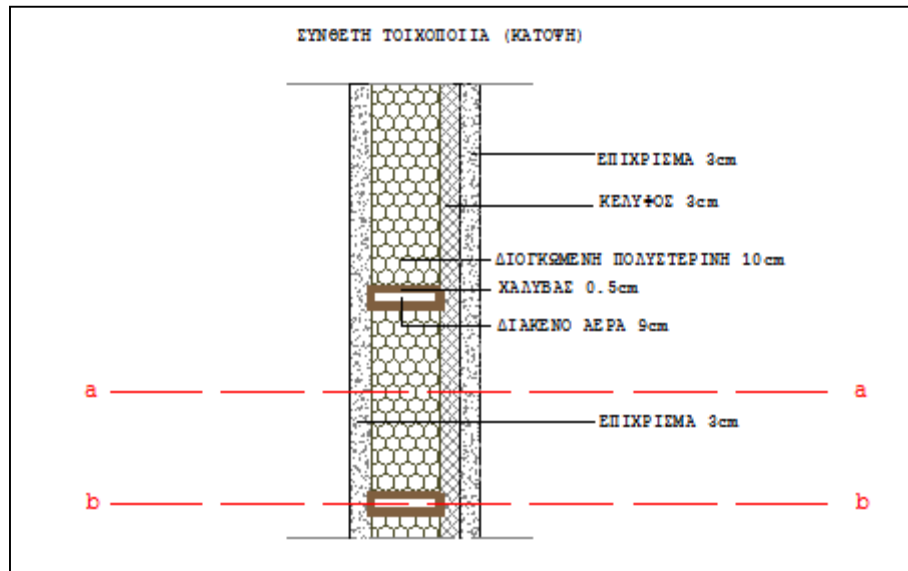


Πίνακας 4. Υπολογισμός U – value για το δομικό στοιχείο Φ.1.1.

Υλικό		Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	πάχος d (m)	Θερμική αντίσταση d/λ
Διατομή a		Ποσοστό fa		0.87
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
κέλυφος	(02)	0.036	0.020	0.556
διογκωμένη πολυστερίνη	(03)	0.036	0.100	2.778
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
			0.180	3.402
Διατομή b		Ποσοστό b		0.13
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
κέλυφος	(02)	0.036	0.020	0.556
χάλυβας	(04)	17	0.005	0.000
διάκενο αέρα	(05)		0.090	-
χάλυβας	(04)	17	0.005	0.000
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
			0.180	0.625
εσωτερική αντίσταση μετάβ.	Ri		0.100	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής b	Rδ1		0.160	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής a	Rδ2		0.000	m2K/W
εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβ.	Ra		0.040	m2K/W
Άνω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου m2K/W				2.457
Κάτω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου m2K/W				1.685
Συνθήκη $R_{o,max} < 1,50 * R_{o,min}$ (3,817 < 4,041)				OK
θερμική αντίσταση συνθετου δομικού στοιχείου (m2K/W) - R _{oλ}				2.071
συντελεστής θερμοπερατότητας σύνθετης διατομής (W/m2K) U				0.483

4.1.2. Τοιχοποιία με θερμοπρόσοψη Φ.1.2

- Πάχος εξωτερικής θερμομόνωσης 3cm

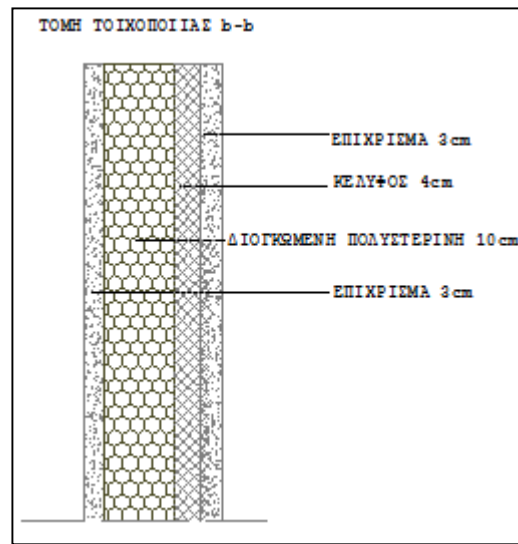
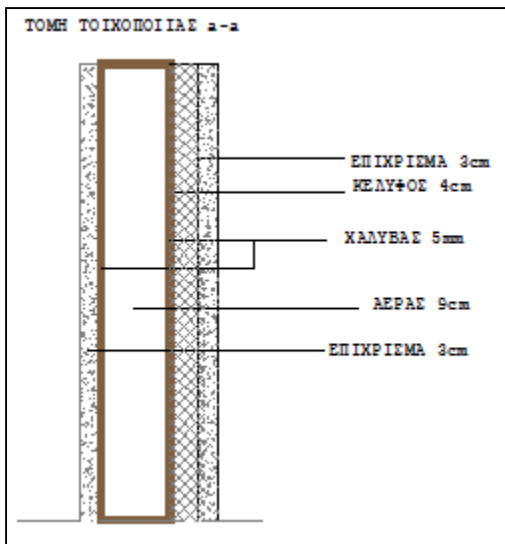
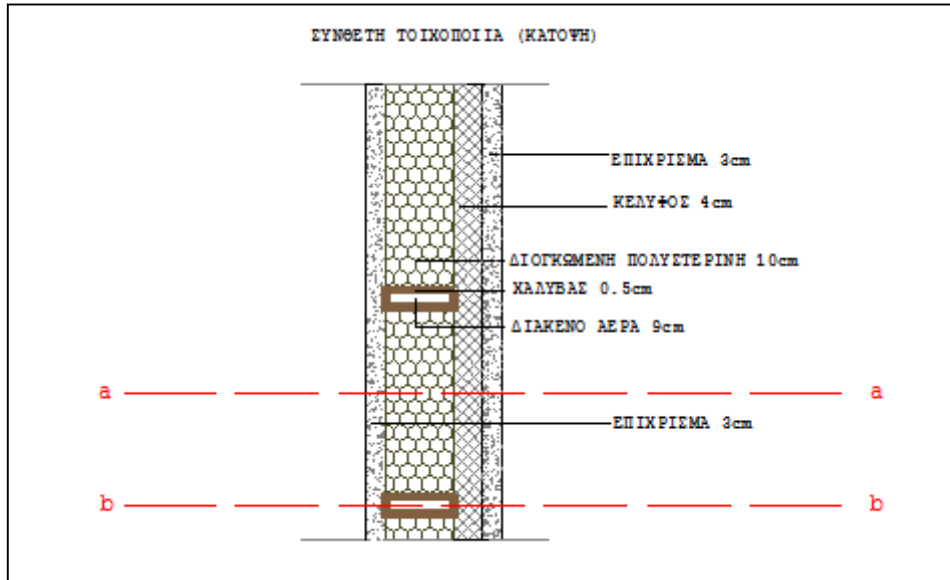


Πίνακας 5. Υπολογισμός U – value για το δομικό στοιχείο Φ.1.2

Υλικό		Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	πάχος d (m)	Θερμική αντίσταση d/λ
Διατομή a		Ποσοστό fa		0.87
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
κέλυφος	(02)	0.036	0.030	0.833
διογκωμένη πολυστερίνη	(03)	0.036	0.100	2.778
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
			0.190	3.680
Διατομή b		Ποσοστό b		0.13
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
κέλυφος	(02)	0.036	0.030	0.833
χάλυβας	(04)	17	0.005	0.000
διάκενο αέρα	(05)		0.090	-
χάλυβας	(04)	17	0.005	0.000
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
			0.190	0.903
εσωτερική αντίσταση μετάβ.	Ri		0.100	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής b	Rδ1		0.160	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής a	Rδ2		0.000	m2K/W
εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβ.	Ra		0.040	m2K/W
Άνω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				2.881
Κάτω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				1.963
Συνθήκη $R_{o\lambda} < 1,50 * R_{o\lambda min}$ (3,817 < 4,041)				OK
θερμική αντίσταση συνθετου δομικού στοιχείου (m2K/W) - R _{oλ}				2.422
συντελεστής θερμοπερατότητας σύνθετης διατομής (W/m2K) U				0.413

4.1.3. Τοιχοποιία με θερμοπρόσοψη Φ.1.3

- Πάχος εξωτερικής θερμομόνωσης 4cm

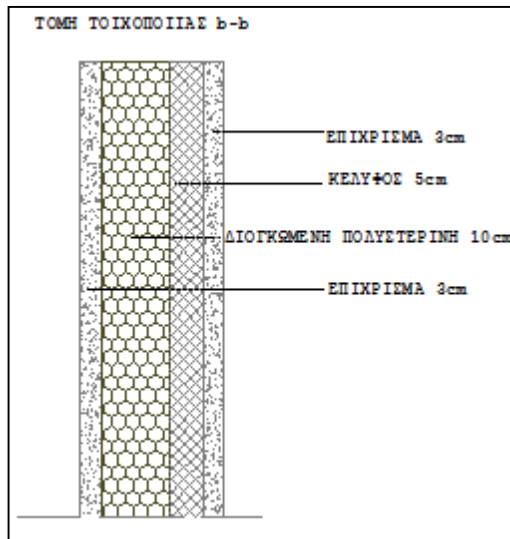
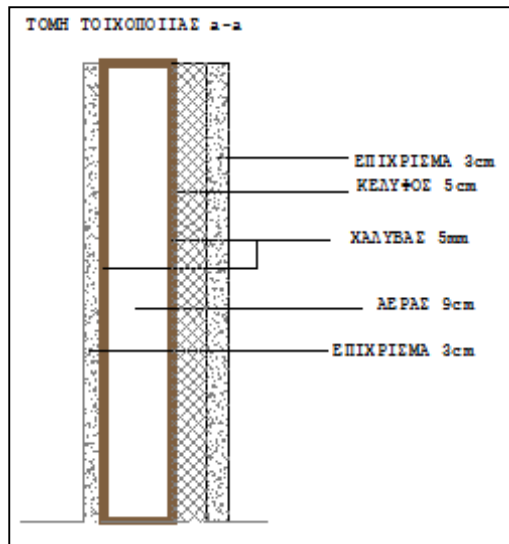
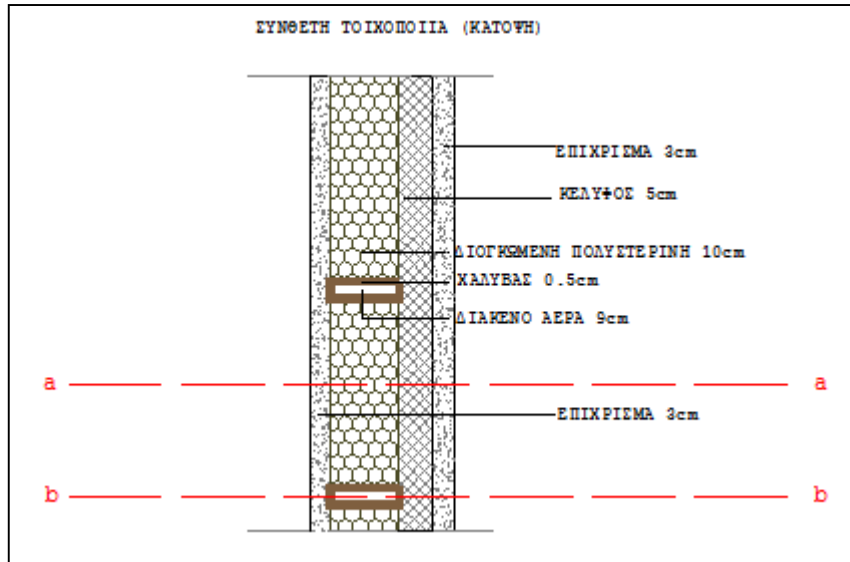


Πίνακας 6. Υπολογισμός U – value για το δομικό στοιχείο Φ.1.3

Υλικό		Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	πάχος d (m)	Θερμική αντίσταση d/λ
Διατομή a		Ποσοστό fa		0.87
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
κέλυφος	(02)	0.036	0.040	1.111
διογκωμένη πολυστερίνη	(03)	0.036	0.100	2.778
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
			0.20	3.958
Διατομή b		Ποσοστό b		0.13
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
κέλυφος	(02)	0.036	0.040	1.111
χάλυβας	(04)	17	0.005	0.000
διάκενο αέρα	(05)		0.090	-
χάλυβας	(04)	17	0.005	0.000
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
			0.180	1.181
εσωτερική αντίσταση μετάβ.	Ri		0.100	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής b	Rδ1		0.160	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής a	Rδ2		0.000	m2K/W
εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβ.	Ra		0.040	m2K/W
Άνω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				3.257
Κάτω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				2.241
Συνθήκη $R_{o\max} < 1,50 * R_{o\min}$ (3,817 < 4,041)				OK
θερμική αντίσταση συνθετου δομικού στοιχείου (m2K/W) - Rολ				2.749
συντελεστής θερμοπερατότητας σύνθετης διατομής (W/m2K) U				0.364

4.1.4. Τοιχοποιία με θερμοπρόσοψη Φ.1.4

- Πάχος εξωτερικής θερμομόνωσης 5cm

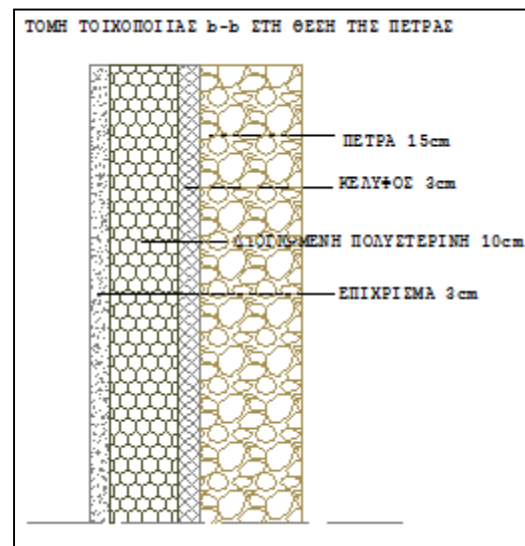
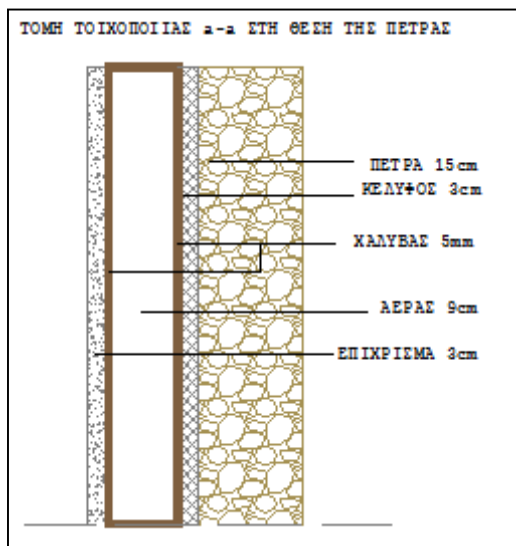
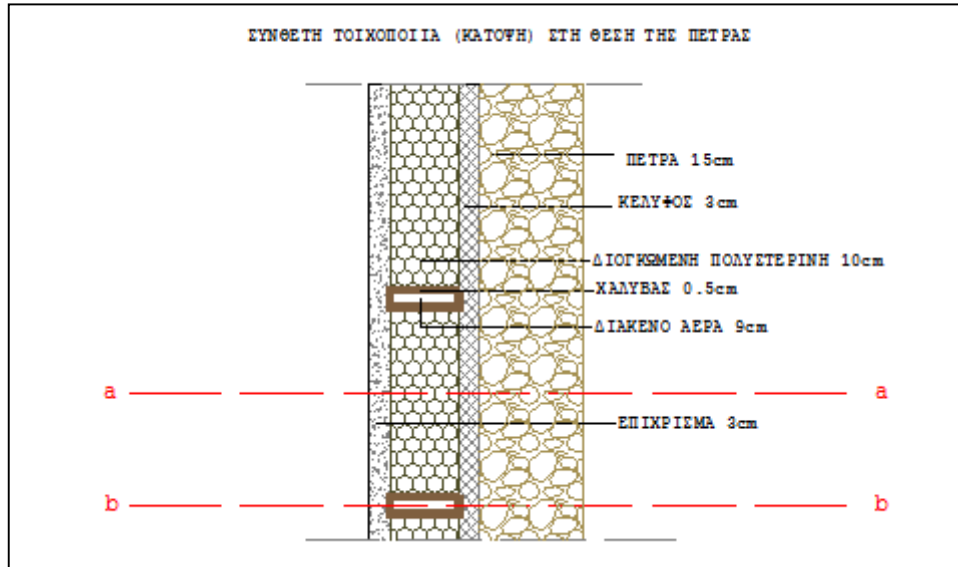


Πίνακας 7. Υπολογισμός U – value για το δομικό στοιχείο Φ.1.4

Υλικό		Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	πάχος d (m)	Θερμική αντίσταση d/λ
Διατομή a		Ποσοστό fa		0.87
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
κέλυφος	(02)	0.036	0.050	1.389
διογκωμένη πολυστερίνη	(03)	0.036	0.100	2.778
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
			0.21	3.958
Διατομή b		Ποσοστό b		0.13
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
κέλυφος	(02)	0.036	0.050	1.389
χάλυβας	(04)	17	0.005	0.000
διάκενο αέρα	(05)		0.090	-
χάλυβας	(04)	17	0.005	0.000
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
			0.180	1.458
εσωτερική αντίσταση μετάβ.	Ri		0.100	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής b	Rδ1		0.160	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής a	Rδ2		0.000	m2K/W
εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβ.	Ra		0.040	m2K/W
Άνω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				3.606
Κάτω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				2.519
Συνθήκη $R_{o\max} < 1,50 * R_{o\min}$ (3,817 < 4,041)				OK
θερμική αντίσταση συνθετου δομικού στοιχείου (m2K/W) - R _{oλ}				3.062
συντελεστής θερμοπερατότητας σύνθετης διατομής (W/m2K) U				0.327

4.1.5. Τοιχοποιία με πέτρα εξωτερικά Φ.2

- Πάχος εξωτερικής θερμομόνωσης 3cm.

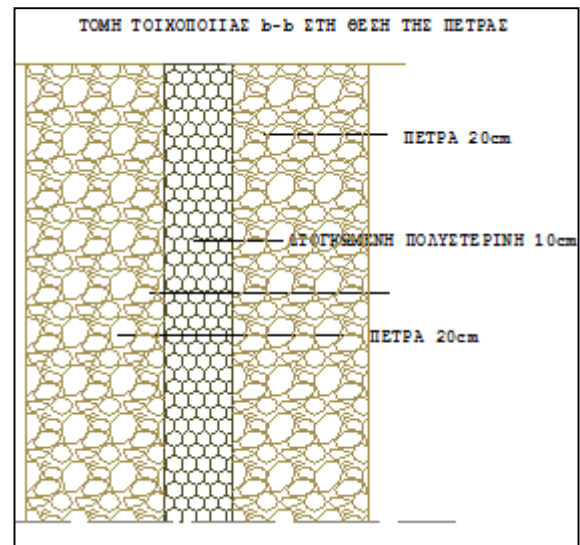
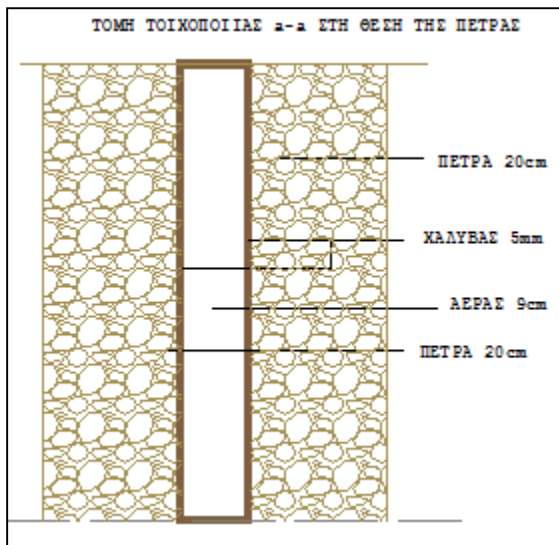
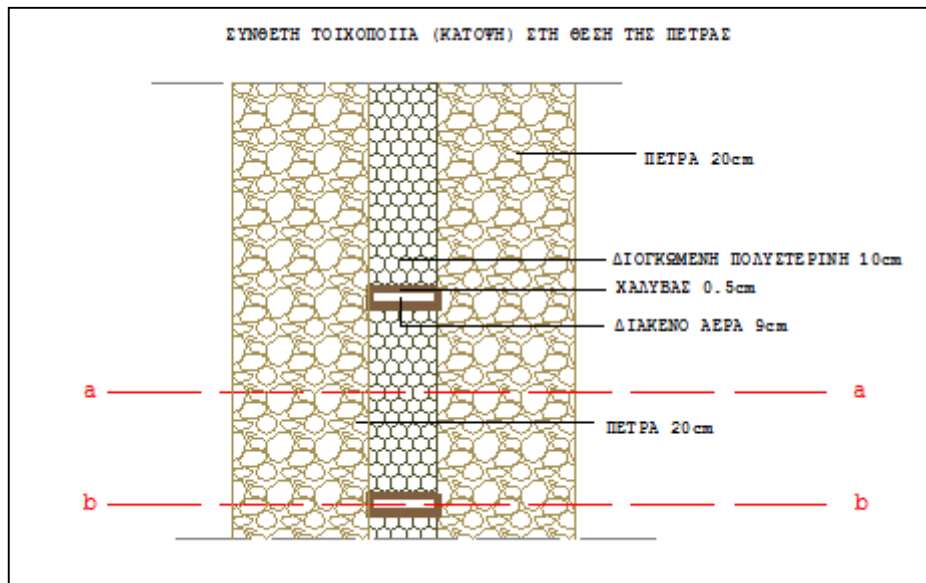


Πίνακας 8. Υπολογισμός U – value για το δομικό στοιχείο Φ.2

Υλικό		Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	πάχος d (m)	Θερμική αντίσταση d/λ
Διατομή a		Ποσοστό fa		0.87
πέτρα	(01)	1.1	0.150	0.136
κέλυφος	(02)	0.036	0.030	0.833
διογκωμένη πολυστερίνη	(03)	0.036	0.100	2.778
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
			0.310	3.782
Διατομή b		Ποσοστό b		0.13
πέτρα	(01)	1.1	0.150	0.136
κέλυφος	(02)	0.036	0.050	0.833
χάλυβας	(04)	17	0.005	0.000
διάκενο αέρα	(05)		0.090	-
χάλυβας	(04)	17	0.005	0.000
πέτρα	(01)	0.87	0.030	0.034
			0.310	1.005
εσωτερική αντίσταση μετάβ.	Ri		0.130	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής b	Rδ1		0.160	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής a	Rδ2		0.000	m2K/W
εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβ.	Ra		0.040	m2K/W
Άνω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				3.023
Κάτω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				2.065
Συνθήκη $R_{o\max} < 1,50 * R_{o\min}$ (3,817 < 4,041)				OK
θερμική αντίσταση συνθετου δομικού στοιχείου (m2K/W) - R _{oλ}				2.544
συντελεστής θερμοπερατότητας σύνθετης διατομής (W/m2K) U				0.393

4.1.6. Τοιχοποιία με πέτρα εξωτερικά και εσωτερικά Φ.3

➤ Χωρίς εξωτερική θερμομόνωση

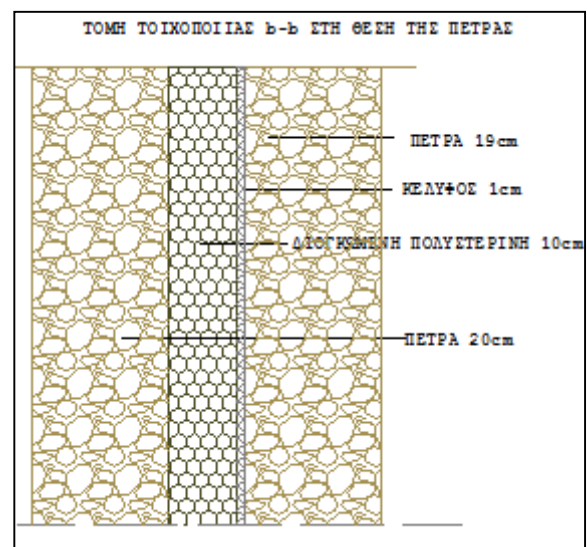
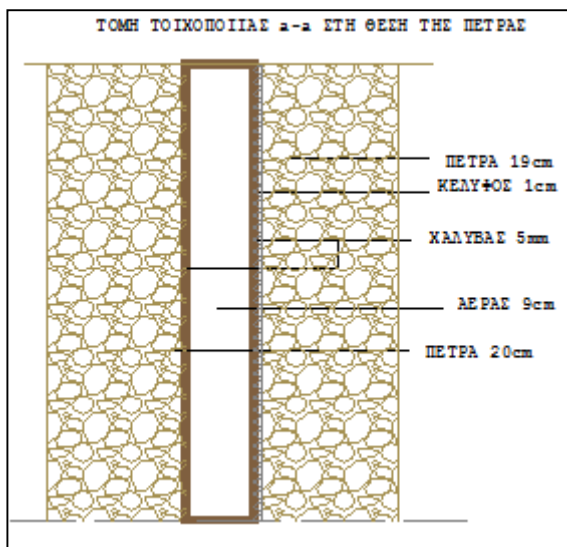
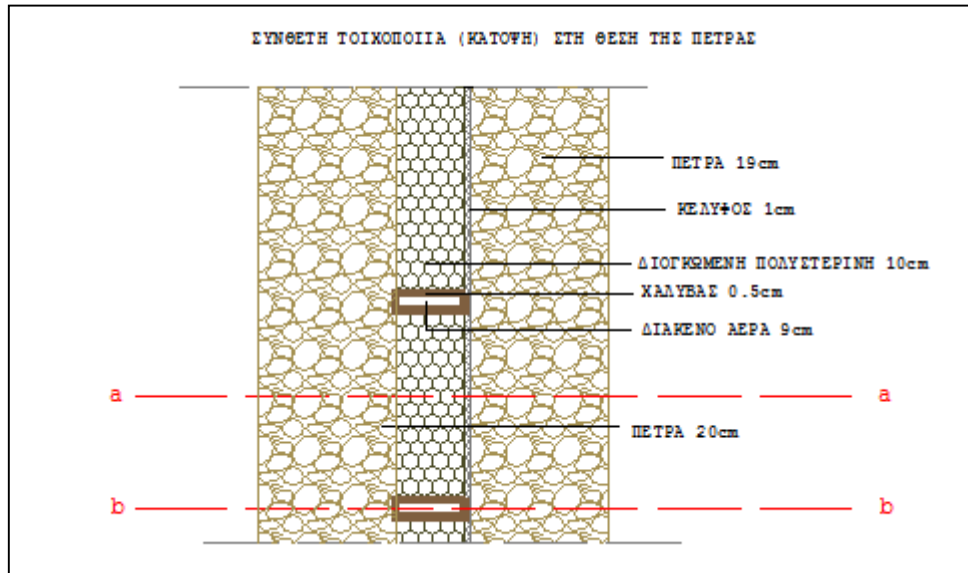


Πίνακας 9. Υπολογισμός U – value για το δομικό στοιχείο Φ.3

Υλικό		Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	πάχος d (m)	Θερμική αντίσταση d/λ
Διατομή a		Ποσοστό fa		0.87
πέτρα	(01)	1.1	0.200	0.136
κέλυφος	(02)	0.036	0.000	0.000
διογκωμένη πολυστερίνη	(03)	0.036	0.100	2.778
πέτρα	(01)	1.1	0.200	0.182
			0.500	3.141
Διατομή b		Ποσοστό b		0.13
πέτρα	(01)	1.1	0.200	0.182
κέλυφος	(02)	0.036	0.000	0.000
χάλυβας	(04)	17	0.005	0.000
διάκενο αέρα	(05)		0.090	-
χάλυβας	(04)	17	0.005	0.000
επίχρισμα	(01)	1.1	0.200	0.182
			0.310	0.364
εσωτερική αντίσταση μετάβ.	Ri		0.130	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ. αέρα διατομής b	Rδ1		0.160	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ. αέρα διατομής a	Rδ2		0.000	m2K/W
εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβ.	Ra		0.040	m2K/W
Άνω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου m2K/W				1.976
Κάτω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου m2K/W				1.424
Συνθήκη $R_{o\max} < 1,50 * R_{o\min}$ (3,817 < 4,041)				OK
θερμική αντίσταση συνθετου δομικού στοιχείου (m2K/W) - R _{oλ}				1.700
συντελεστής θερμοπερατότητας σύνθετης διατομής (W/m2K) U				0.588

4.1.7. Τοιχοποιία με πέτρα εξωτερικά και εσωτερικά Φ.4

- Πάχος εξωτερικής θερμομόνωσης 1cm

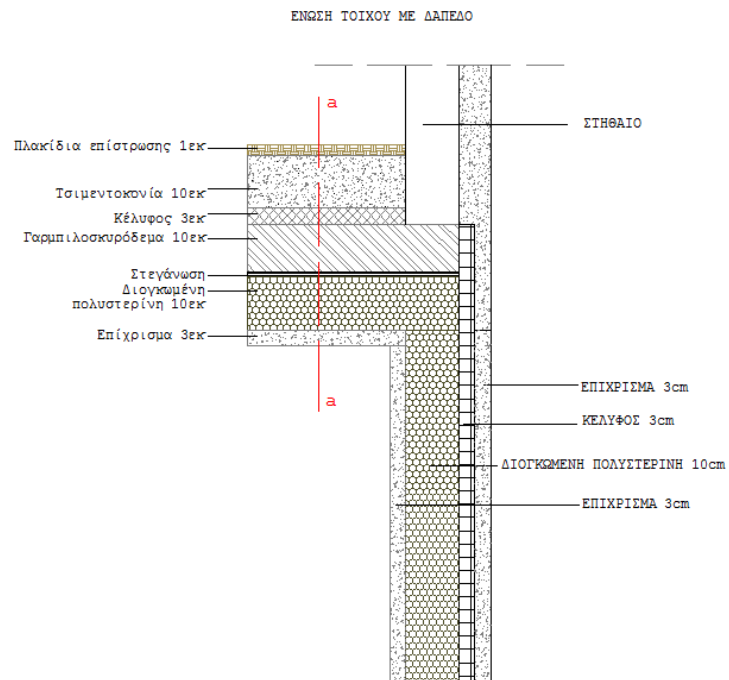


Πίνακας 10. Υπολογισμός U – value για το δομικό στοιχείο Φ.4

Υλικό		Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	πάχος d (m)	Θερμική αντίσταση d/λ
Διατομή a		Ποσοστό fa		0.87
πέτρα	(01)	1.1	0.200	0.136
κέλυφος	(02)	0.036	0.010	0.278
διογκωμένη πολυστερίνη	(03)	0.036	0.100	2.778
πέτρα	(01)	1.1	0.190	0.173
			0.500	3.410
Διατομή b		Ποσοστό b		0.13
πέτρα	(01)	1.1	0.200	0.182
κέλυφος	(02)	0.036	0.010	0.278
χάλυβας	(04)	17	0.005	0.000
διάκενο αέρα	(05)		0.090	-
χάλυβας	(04)	17	0.005	0.000
επίχρισμα	(01)	1.1	0.190	0.173
			0.500	0.633
εσωτερική αντίσταση μετάβ.	Ri		0.130	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής b	Rδ1		0.160	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής a	Rδ2		0.000	m2K/W
εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβ.	Ra		0.040	m2K/W
Άνω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				2.470
Κάτω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				1.693
Συνθήκη $R_{o\lambda max} < 1,50 * R_{o\lambda min}$ (3,817 < 4,041)				OK
θερμική αντίσταση συνθετου δομικού στοιχείου (m2K/W) - R _{oλ}				2.081
συντελεστής θερμοπερατότητας σύνθετης διατομής (W/m2K) U				0.480

4.1.8. Θερμομόνωση Δώματος Φ.5.2. (Εξωτερική θερμομόνωση 3cm)

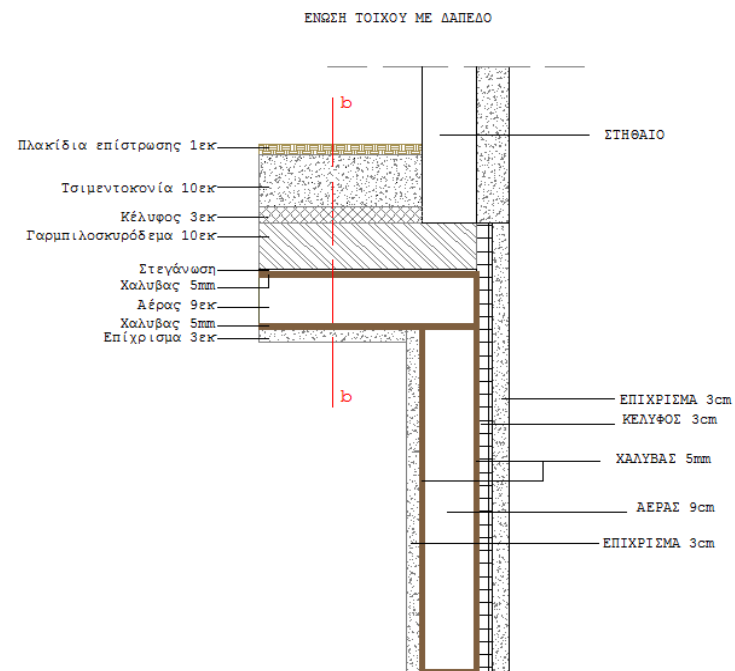
Εικόνα 39. Διατομή a (χωρίς μεταλλικό σκελετό)



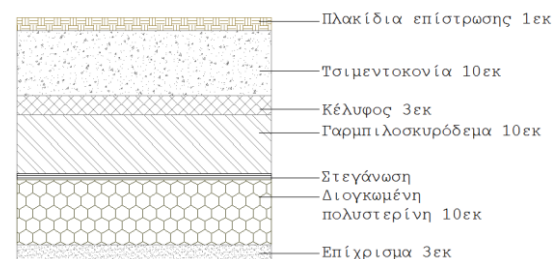
ΤΟΜΗ ΟΡΟΦΗΣ a-a



Εικόνα 40. Διατομή b (με μεταλλικό σκελετό)



ΤΟΜΗ ΟΡΟΦΗΣ b-b



Πίνακας 11. Υπολογισμός U – value για το δομικό στοιχείο Φ.5. 2

Υλικό		Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	πάχος d (m)	Θερμική αντίσταση d/λ
Διατομή a		Ποσοστό fa		0.87
Κεραμικά πλακίδια	(01)	1.84	0.010	0.005
τσιμεντοκονία	(02)	1.40	0.100	0.071
κέλυφος	(08)	0.035	0.030	0.857
γαρμπιλομπετόν	(03)	0.81	0.100	0.123
Διογκωμένη πολυστερίνη	(04)	0.036	0.100	2.778
επίχρισμα	(05)	0.87	0.030	0.034
			0.360	3.870
Διατομή b		Ποσοστό b		0.13
Κεραμικά πλακίδια	(01)	1.84	0.010	0.005
τσιμεντοκονία	(02)	1.40	0.100	0.071
κέλυφος	(08)	0.035	0.030	0.857
γαρμπιλομπετόν	(03)	0.81	0.100	0.123
χάλυβας	(06)	17	0.005	0.000
διάκενο αέρα	(07)		0.090	
χάλυβας	(06)	17	0.005	0.000
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
			0.370	1.093
εσωτερική αντίσταση μετάβ.	Ri		0.100	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής b	Rδ1		0.160	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής a	Rδ2		0.000	m2K/W
εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβ.	Ra		0.040	m2K/W
Άνω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				3.101
Κάτω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				2.123
Συνθήκη $R_{o\lambda max} < 1,50 * R_{o\lambda min}$ (3,817 < 4,041)				OK
θερμική αντίσταση συνθετου δομικού στοιχείου (m2K/W) - R _{oλ}				2.612
συντελεστής θερμοπερατότητας σύνθετης διατομής (W/m2K) U				0.383

4.1.9. Θερμομόνωση Δώματος Φ.5.3. (Εξωτερική θερμομόνωση 4cm)

Πίνακας 12. Υπολογισμός U – value για το δομικό στοιχείο Φ.5.3

Υλικό		Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	πάχος d (m)	Θερμική αντίσταση d/λ
Διατομή a		Ποσοστό fa		0.87
Κεραμικά πλακίδια	(01)	1.84	0.010	0.005
τσιμεντοκονία	(02)	1.40	0.100	0.071
κέλυφος	(08)	0.035	0.040	1.143
γαρμπιλομπετόν	(03)	0.81	0.100	0.123
Διογκωμένη πολυστερίνη	(04)	0.036	0.100	2.778
επίχρισμα	(05)	0.87	0.030	0.034
			0.370	4.155
Διατομή b		Ποσοστό b		0.13
Κεραμικά πλακίδια	(01)	1.84	0.010	0.005
τσιμεντοκονία	(02)	1.40	0.100	0.071
κέλυφος	(08)	0.035	0.040	1.143
γαρμπιλομπετόν	(03)	0.81	0.100	0.123
χάλυβας	(06)	17	0.005	0.000
διάκενο αέρα	(07)		0.090	
χάλυβας	(06)	17	0.005	0.000
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
			0.380	1.378
εσωτερική αντίσταση μετάβ.	Ri		0.100	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής b	Rδ1		0.160	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής a	Rδ2		0.000	m2K/W
εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβ.	Ra		0.040	m2K/W
Άνω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				3.470
Κάτω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				4.408
Συνθήκη $R_{o\max} < 1,50 * R_{o\min}$ (3,817 < 4,041)				OK
θερμική αντίσταση συνθετου δομικού στοιχείου (m2K/W) - R _{oλ}				2.939
συντελεστής θερμοπερατότητας σύνθετης διατομής (W/m2K) U				0.340

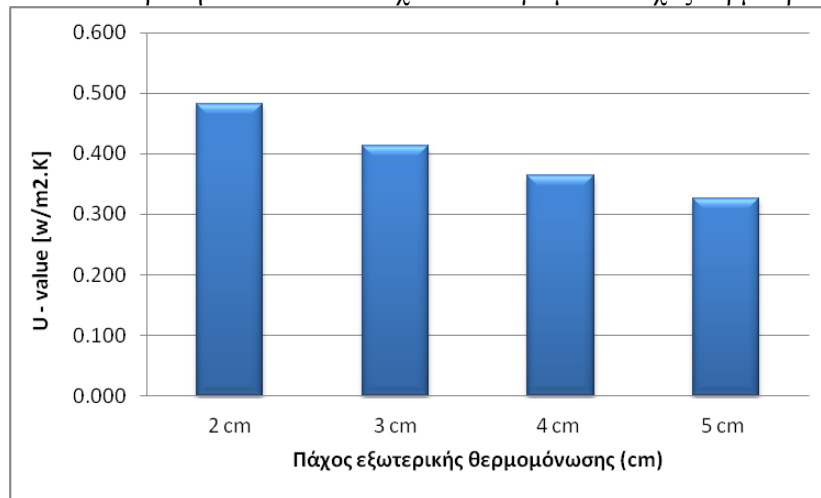
4.1.10. Θερμομόνωση Δώματος Φ.5.4 (Εξωτερική θερμομόνωση 5cm)

Πίνακας 13. Υπολογισμός U – value για το δομικό στοιχείο Φ.5.4.

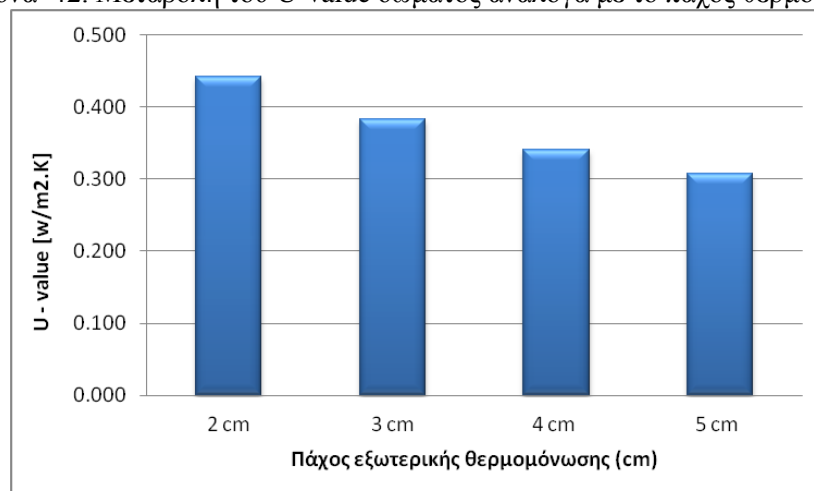
Υλικό		Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	πάχος d (m)	Θερμική αντίσταση d/λ
Διατομή a		Ποσοστό fa		0.87
Κεραμικά πλακίδια	(01)	1.84	0.010	0.005
τσιμεντοκονία	(02)	1.40	0.100	0.071
κέλυφος	(08)	0.035	0.050	1.429
γαρμπιλομετόν	(03)	0.81	0.100	0.123
Διογκωμένη πολυστερίνη	(04)	0.036	0.100	2.778
επίχρισμα	(05)	0.87	0.030	0.034
			0.380	4.441
Διατομή b		Ποσοστό b		0.13
Κεραμικά πλακίδια	(01)	1.84	0.010	0.005
τσιμεντοκονία	(02)	1.40	0.100	0.071
κέλυφος	(08)	0.035	0.050	1.429
γαρμπιλομετόν	(03)	0.81	0.100	0.123
χάλυβας	(06)	17	0.005	0.000
διάκενο αέρα	(07)		0.090	
χάλυβας	(06)	17	0.005	0.000
επίχρισμα	(01)	0.87	0.030	0.034
			0.390	1.664
εσωτερική αντίσταση μετάβ.	Ri		0.100	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής b	Rδ1		0.160	m2K/W
θερμική αντίσταση διάκ.αέρα διατομής a	Rδ2		0.000	m2K/W
εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβ.	Ra		0.040	m2K/W
Άνω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				3.817
Κάτω όριο θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου				2.694
Συνθήκη $R_{o\lambda max} < 1,50 * R_{o\lambda min}$ (3,817 < 4,041)				OK
θερμική αντίσταση συνθετου δομικού στοιχείου (m2K/W) - Rολ				3.256
συντελεστής θερμοπερατότητας σύνθετης διατομής (W/m2K) U				0.307

- Μεταβολή του U – value των παραπάνω δομικών στοιχείων σε σχέση με το πάχος της θερμοπρόσοψης.

Εικόνα 41. Μεταβολή του U-value τοίχου ανάλογα με το πάχος θερμοπρόσοψης.



Εικόνα 42. Μεταβολή του U-value δώματος ανάλογα με το πάχος θερμοπρόσοψης.



4.2. Σύγκριση στοιχείων από μεταλλικό χωροδικτύμα με συμβατικά δομικά στοιχεία

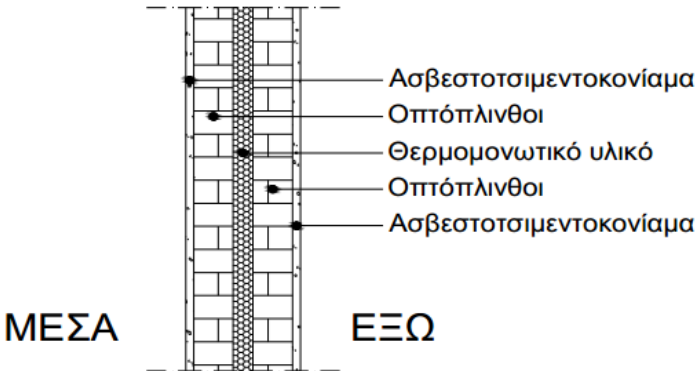
Η σύγκριση θα πραγματοποιηθεί σε δύο επίπεδα:

1. Θερμοπερατότητα (U-value)
2. Ειδική θερμοχωρητικότητα (c)

4.2.1. Θερμοπερατότητα

Ο υπολογισμός της τιμής θερμοπερατότητας των συμβατικών δομικών στοιχείων πραγματοποιήθηκε για τις πιο συνήθεις διατομές τοιχοποιίας και δώματος. Συγκεκριμένα υπολογίστηκαν τα U – values για δικέλυφη δρομική τοιχοποιία με χρήση διαφορετικού πάχους θερμομόνωσης και συνολικού πάχους τοίχου. Παράλληλα υπολογίστηκε το U – value για τη συμβατική και πιο διαδεδομένη μορφή βατού δώματος.

Πίνακας 14. Υπολογισμός U – value

ΔΙΚΕΛΥΦΗ ΔΡΟΜΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΜΕ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ 5cm ΣΤΟ ΜΕΣΟ (πάχος τοίχου 25cm)				
				
a/a	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης (cm)	Λ (W/m.K)	Θερμική αντίσταση d/ λ (m ² .K/W)
1.	Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	0,025	0,870	0.029
2.	Οπτοπλινθοδομή	0,060	0.510	0.118
3.	Θερμομονωτικό υλικό	0.050	0.036	1.389
4.	Οπτοπλινθοδομή	0,090	0.510	0.176
5	Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	0,025	0.870	0.029
		$\Sigma d = 0.25$	$R_{\Lambda} = 1.740$	
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερ)		Ri	(m ² .K/W)	0.13
Αντίσταση θερμοδιαφυγής		R	(m ² .K/W)	1.740
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερ)		Ra	(m ² .K/W)	0.04
Αντίσταση θερμοπερατότητας		Ro λ	(m ² .K/W)	1.910
Συντελεστής θερμοπερατότητας		U	(W/m ² .K)	0.523

Πίνακας 15. Υπολογισμός U – value

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ 5cm (ΔΟΚΑΡΙ)				
a/a	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης (cm)	Λ (W/m.K)	Θερμική αντίσταση d/ λ (m ² .K/W)
1.	Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	0,025	0,870	0.029
2.	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.25	2.500	1.389
3.	Θερμομονωτικό υλικό	0.05	0.036	0.100
4.	Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	0,025	0.870	0.029
	0.35	$\Sigma d =$		$R_{\Lambda} = 1.546$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερ)	Ri	(m ² .K/W)		0.13
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m ² .K/W)		1.546
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερ)	Ra	(m ² .K/W)		0.04
Αντίσταση θερμοπερατότητας	Rολ	(m ² .K/W)		1.716
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	(W/m ² .K)		0.582

Πίνακας 16. Υπολογισμός U – value

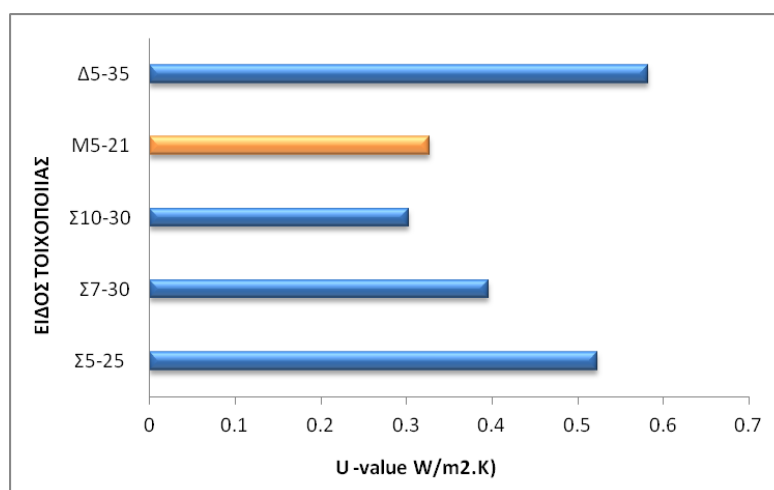
ΔΩΜΑ - ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ 7cm (πάχος 37cm)				
a/a	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης (cm)	Λ (W/m.K)	Θερμική αντίσταση d/λ (m2.K/W)
1.	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,025	0,870	0.029
2.	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.200	2.500	0.080
3.	Ελαφροσκυρόδεμα κλίσεων	0,050	0.200	0.250
4.	Θερμομονωτικό υλικό	0.070	0.036	1.944
5.	Τσιμεντοκονίαμα	0.025	0.870	0.029
Σd = 0.37			R_Λ = 2.332	
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερ)				
	Ri	(m2.K/W)	0.10	
Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
	R	(m2.K/W)	2.332	
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερ)				
	Ra	(m2.K/W)	0.04	
Αντίσταση θερμοπερατότητας				
	Rολ	(m2.K/W)	2.472	
Συντελεστής θερμοπερατότητας				
	U	(W/m2.K)	0.400	

Σύγκριση

Στον συνοπτικό πίνακα 17 παρουσιάζονται οι τιμές θερμοπερατότητας των συμβατικών τοιχοποιιών και της τοιχοποιίας του μεταλλικού χωροδικτύωματος με θερμοπρόσοψη που έχει 5cm πάχος διογκωμένης πολυστερίνης.

Πίνακας 17. Συνοπτικός πίνακας που δίνει το U-value διάφορα είδη τοιχοποιιών

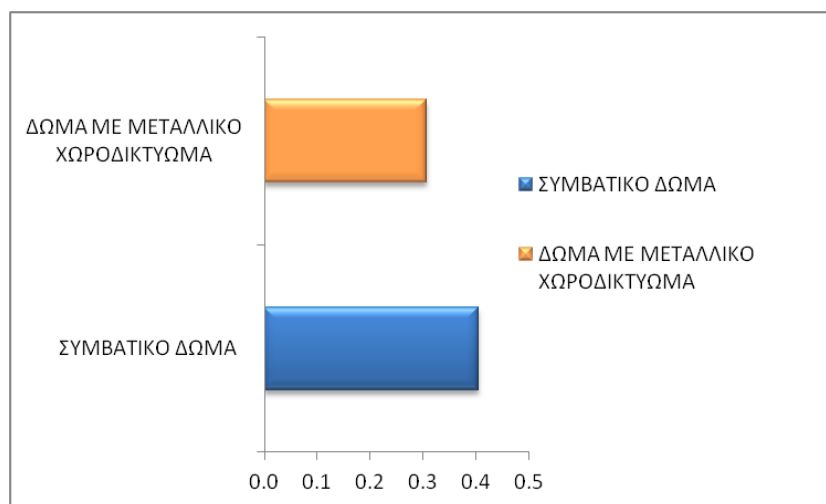
ΕΙΔΟΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ	U - value
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ 5cm ΣΤΟ ΜΕΣΟ (πάχος τοίχου 25cm)	Σ5-25	0.523429
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ 7cm ΣΤΟ ΜΕΣΟ (πάχος τοίχου 30cm)	Σ7-30	0.396062
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ 10cm ΣΤΟ ΜΕΣΟ (πάχος τοίχου 30cm)	Σ10-30	0.303088
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΣΤΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΧΩΡΟΔΙΚΤΥΩΜΑ (5cm ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ - ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΟΥ 21 cm)	M5-21	0.326548
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ 5cm (ΔΟΚΑΡΙ)	Δ5-35	0.582628



Εικόνα 43. Σύγκριση τοιχοποιιών ως προς τα U-values

Όπως μπορούμε εύκολα να διακρίνουμε και από το διάγραμμα της εικόνας 43, η τοιχοποιία που αναφέρεται στο χωροδικτύωμα, λόγω που διαθέτει διπλή στρώση θερμομόνωσης (εξωτερικά και εσωτερικά ως στοιχείο πλήρωσης) έχει ιδιαίτερα χαμηλή τιμή θερμοπερατότητας για σχετικά μικρό πάχος τοίχου (21 cm). Στην περίπτωση της δικέλυφης δρομικής τοιχοποιίας με θερμομόνωση στο μέσο η επίτευξη αντίστοιχα χαμηλής τιμής θερμοπερατότητας επιβάλλει τη τοποθέτηση 9-10 cm διογκωμένης πολυστερίνης και πάχος τοίχου γύρω στα 30 cm που μπορεί να μειώσει σημαντικά τον ελεύθερο χώρο μιας κατοικίας.

Αντίστοιχα, στο Σχήμα της εικόνας 44 δίνεται η διαφορά του U – value μεταξύ ενός συμβατικού δώματος και ενός τυπικού δώματος μεταλλικού χωροδικτύωματος.



Εικόνα 44. Σύγκριση δώματος ως προς τα U-values

4.3. Θερμοχωρητικότητα

4.3.1. Ο ρόλος της θερμοχωρητικότητας

Θερμοχωρητικότητα κτηρίου είναι η ικανότητα του να αποθηκεύει θερμότητα στο εσωτερικό του, δηλαδή στη θερμική του μάζα. Η θερμική μάζα αποτελείται από το σύνολο των θερμοσυσσωρευτικών υλικών των εσωτερικών δομικών στοιχείων.

Θερμοχωρητικά είναι όλα τα οικοδομικά υλικά με πυκνή μοριακή δομή, δηλαδή τα βαριά υλικά όπως πέτρα, μάρμαρο, σκυρόδεμα, τούβλο (ψημένο ή ωμό), πηλός, κεραμικά υλικά. Η θερμική μάζα απορροφά θερμότητα είτε από την ηλιακή ακτινοβολία είτε από το θερμό αέρα στο εσωτερικό των κτηρίων, την οποία συσσωρεύει και αποθηκεύει. Για το λόγο αυτό ονομάζεται και αποθήκη θερμότητας του κτηρίου. Τα δομικά στοιχεία αποθηκεύουν θερμότητα όταν ο εσωτερικός αέρας είναι θερμότερος από αυτά, ενώ, όταν ο αέρας είναι ψυχρότερος, τα δομικά στοιχεία αποδίδουν θερμότητα.

Χειμώνας

Το χειμώνα, κατά τη διάρκεια των ημερών ηλιοφάνειας, η ηλιακή ακτινοβολία διεισδύει από τα νότια ανοίγματα βαθιά στο εσωτερικό των κτηρίων και θερμαίνει τον αέρα των χώρων και τη θερμική τους μάζα, δηλαδή τα θερμοχωρητικά τους

δομικά στοιχεία. Ο αέρας δεν αποθηκεύει θερμότητα. Τη χάνει κάθε φορά που ανανεώνεται για λόγους αερισμού ή λειτουργικών αναγκών. Όμως τα δομικά στοιχεία αποθηκεύουν θερμότητα και τη συγκρατούν. Το βράδυ, μετά τη Δύση του ήλιου, όταν η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα πέφτει, τα θερμά δομικά στοιχεία αποδίδουν θερμότητα (με ακτινοβολία και συναγωγή) προς τους χώρους. Η θερμική μάζα του κτηρίου πρέπει να είναι τόση, ώστε:

- Να προλαβαίνει να θερμανθεί ικανοποιητικά κατά τη διάρκεια της μέρας.
- Να αποδίδει θερμότητα και να διατηρεί συνθήκες θερμικής άνεσης όλη τη νύχτα, μέχρι το επόμενο πρωί.

Καλοκαίρι

Το καλοκαίρι, κατά τις θερμές μέρες, η εσωτερική θερμοκρασία των κτηρίων αυξάνεται. Κατά κανόνα υπερβαίνει σημαντικά τα ανεκτά επίπεδα θερμικής άνεσης, προκαλώντας δυσφορία. Όταν τα δομικά στοιχεία των χώρων είναι ψυχρά, απορροφούν θερμότητα από τον εσωτερικό αέρα και τον ψύχουν, ενώ ταυτόχρονα τα ίδια θερμαίνονται. Τα δομικά στοιχεία ψύχονται τη νύχτα. Αποβάλλουν τη θερμότητα τους προς το δροσερό νυχτερινό αέρα, με την προϋπόθεση να γίνεται πλήρης και διαρκής νυχτερινός αερισμός. Η θερμική μάζα του κτηρίου πρέπει να είναι τόση, ώστε τα δομικά στοιχεία:

- Να προλαβαίνουν να ψυχθούν κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Να εξακολουθούν, έστω και οριακά, να ψύχουν τον εσωτερικό αέρα, έως τη δύση του ήλιου ή την ώρα κατά την οποία η εξωτερική θερμοκρασία αρχίζει να πέφτει σε επίπεδα χαμηλότερα από την εσωτερική.

Έτσι η θερμική μάζα είναι ο ρυθμιστής της εσωτερικής θερμοκρασίας.

- Καθυστερεί την ψύξη των χώρων κατά τις χειμερινές νύχτες, διατηρώντας τους θερμούς ως το πρωί.
- Καθυστερεί τη θέρμανση των χώρων κατά τις θερινές μέρες, διατηρώντας τους δροσερούς ως το βράδυ.
- Συμβάλει στη μείωση των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων στο εσωτερικό των κτηρίων, μεταξύ μέρας και νύχτας, αλλά και μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού.

Θέση θερμικής μάζας

Η θερμική μάζα τοποθετείται στο εσωτερικό του κτηρίου. Προυπόθεση για την αποδοτική λειτουργία της είναι η πλήρης εξωτερική της κάλυψη με θερμομόνωση. Έτσι, απορροφά και αποδίδει θερμότητα μόνο από και προς τον εσωτερικό χώρο και όχι από και προς το περιβάλλον.

Η σωστή θερμική λειτουργία του κτηρίου και διατήρηση της θερμικής ισορροπίας μεταξύ των χώρων του (μείωση θερμοκρασιακών διακυμάνσεων), δεν εξαρτάται μόνο από τη συνολική ποσότητα της θερμικής μάζας αλλά και από την ισορροπημένη κατανομή της.

4.3.1. Η θερμοχωρητικότητα στο μεταλλικό χωροδικτύωμα

Το μεταλλικό χωροδικτύωμα είναι μια ελαφριά κατασκευή με στοιχεία πλήρωσης τα οποία διαθέτουν χαμηλή θερμοχωρητικότητα (θερμική μάζα). Συγκεκριμένα, οι τοίχοι αποτελούνται από υλικά με πολύ χαμηλή ειδική θερμοχωρητικότητα όπως είναι η διογκωμένη πολυστερίνη και τα επιχρίσματα (lightweight construction) και συνεπώς δεν μπορούν να εκμεταλλευτούν τα θερμικά πλεονεκτήματα που αναφέρονται στη προηγούμενη παράγραφο.

Κατασκευές με μικρή θερμική μάζα είναι ιδιαίτερα αποδοτικές για χώρους που έχουν συγκεκριμένα ωράρια λειτουργίας και που πρέπει να θερμαίνονται ή να ψύχονται γρήγορα. Τέτοιοι χώροι είναι τα γραφεία, τα θέατρα, σχολεία κτλ.

Αντίθετα, οι συμβατικές κατασκευές από διάτρητους οπτόπλινθους έχουν μεγαλύτερες τιμές θερμικής μάζας και μπορούν να αντιστέκονται στις απότομες θερμοκρασιακές μεταβολές. Αυτές οι μεταβολές μπορεί να οφείλονται είτε από εξωγενείς παράγοντες (υψηλή εξωτερική θερμοκρασία), είτε από απότομη αύξηση των θερμικών κερδών μέσα στο εσωτερικό ενός χώρου (θερμότητα εκλυόμενη από ηλεκτρικές συσκευές, ανθρώπινο σώμα, ηλιακά κέρδη κτλ). Με αυτό το τρόπο διατηρούν μια σχετικά σταθερή θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Για αυτό το λόγο ενδείκνυνται περισσότερο για χώρους κατοικίες.

Πίνακας 18. Τυπικές τιμές ανηγμένης θερμοχωρητικότητας ανά κατηγορία κτηρίου

Κατηγορία	Περιγραφή	Ανηγμένη θερμοχωρητικότητα (kJ/(m ² .K))
1	Ελαφριά κατασκευή με ξύλινο σκελετό και στοιχεία πλήρωσης από γυψοσανίδα ή ξύλο και εσωτερική θερμομόνωση σε όλα τα δομικά στοιχεία (τοιχοποιία, οροφή, δάπεδο).	80
2	Φέρων οργανισμός από ελαφριά μεταλλική κατασκευή, πλήρωση από υαλοπετάσματα ή ελαφριά πετάσματα με θερμομόνωση.	110
3	Φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα, στοιχεία πλήρωσης από ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθους ή γυψοσανίδα και ύπαρξη ψευδοροφών.	165
4	Φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από διάτρητες οπτόπλινθους.	260
5	Φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από βαριά υλικά, όπως πέτρα, συμπαγείς οπτόπλινθους, ωμόπλινθους ή σκυρόδεμα.	370

Μεταλλικό
χωροδικτύωμα

Συμβατική
κατασκευή

5. Βιοκλιματικός σχεδιασμός και μεταλλικά χωροδικτυώματα

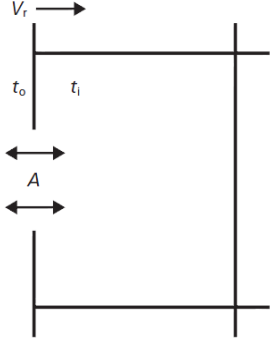
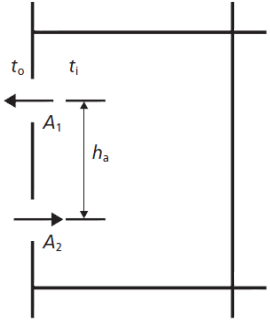
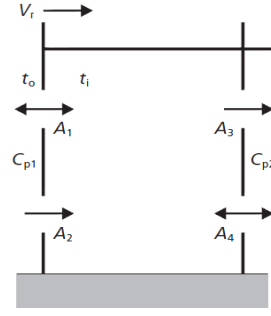
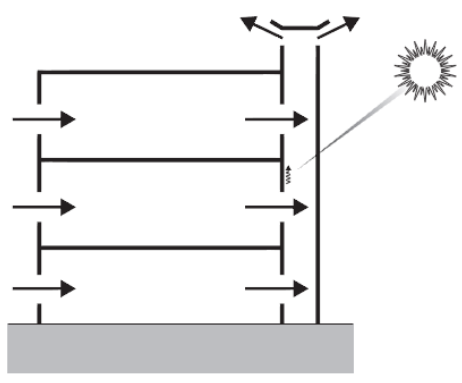
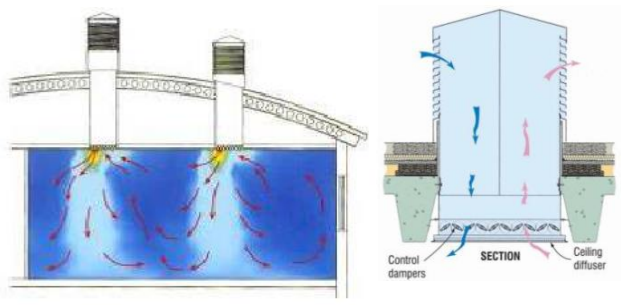
Η χρήση μεγάλης θερμικής μάζας στον χώρο των κατοικιών αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο που ευνοεί τον σχεδιασμό βιοκλιματικών κτιρίων. Ωστόσο, όπως αναλύεται παρακάτω δεν αποτελεί και απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξή αλλά μπορεί να αντισταθμιστεί με την χρησιμοποίηση άλλων μεθόδων που επηρεάζουν καταλυτικά την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου.

5.1. Φυσικός αερισμός

Μια άποψη που επικρατεί στο εξωτερικό, στο χώρο του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων, είναι το “ build tight, ventilate right”. Κατά την άποψη αυτή, ένας κτίριο μπορεί να σχεδιαστεί έχοντας χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση όταν ελαχιστοποιεί τις θερμικές απώλειες (καλή θερμομόνωση, μείωση των θερμογεφυρών, καλή αεροστεγανότητα) και αερίζεται με ελεγχόμενο και αποδοτικό τρόπο ώστε να απομακρύνει τη θερμότητα από το κτίριο τους θερμούς μήνες μειώνοντας το απαιτούμενο ψυκτικό φορτίο. Ο αποδοτικός τρόπος αερισμού ενός κτιρίου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως :

- Σωστός προσανατολισμός του κτιρίου.
- Ορθή χωροθέτηση και προσανατολισμός των ανοιγμάτων. Εκμετάλλευση των επικρατέστερων ανέμων μιας περιοχής για φυσικό αερισμό.
- Επιλογή κατάλληλων κουφωμάτων (αεροστεγανότητα, εμβαδόν ανοίγματος, τρόπος ανοίγματος).
- Ορθός σχεδιασμός ανοιγμάτων ως προς τη θέση τους καθ' ύψος του κτιρίου. Εκμετάλλευση της κίνησης του αέρα λόγω φυσικού ελκυσμού (διαφορά πίεσης). Ο αέρας κινείται πάντοτε από τις περιοχές υψηλής πίεσεως προς τις περιοχές χαμηλής πίεσεως.
- Ελεγχόμενος βραδυνός αερισμός όταν απαιτείται.
- Επιλογή κατάλληλων ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων αερισμού με υψηλή αποδοτικότητα – Χρήση αυτοματισμών.

➤ Επιλογή κατάλληλης μεθόδου φυσικού αερισμού

Μονόπλευρος αερισμός με ένα άνοιγμα	Μονόπλευρος αερισμός με δύο ανοίγματα	Διαμετρής αερισμός
		
<p>Επιτυγχάνεται με τη διαφορά θερμοκρασίας (εσωτερικό - εξωτερικό)</p> <p>Εξαρτάται από το μέγεθος και τη θέση των ανοιγμάτων.</p> <p>Έχει τη μικρότερη απόδοση σε σχέση με τις άλλες μεθόδους.</p>	<p>Εξαρτάται από τη θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων.</p> <p>Εξαρτάται από τη διεύθυνση και την ταχύτητα ανέμου</p> <p>Πιο συνηθισμένη και αποτελεσματική μέθοδος</p>	
Κατακόρυφος αερισμός (Ελκυσμός)	Windcatchers	
		
<p>Φαινόμενο καμινάδας</p> <p>Η αποτελεσματικότητά του εξαρτάται από την διαφορά θερμοκρασίας και τα ανοίγματα (μέγεθος, ύψος)</p> <p>Κατάλληλο κυρίως για ψηλά κτίρια</p>	<p>Ταυτόχρονη εκμετάλλευση ανέμου και διαφοράς θερμοκρασίας.</p> <p>Ταυτόχρονη εισαγωγή και εξαγωγή αέρα</p> <p>Κατάλληλο σύστημα για ελεγχόμενο βραδυνό αερισμό.</p> <p>Ο αερισμός ρυθμίζεται ανάλογα με την θερμοκρασία και ποσότητα CO₂.</p>	

Εικόνα 45. Μέθοδοι φυσικού αερισμού

5.2. Φυσικός φωτισμός – Σκίαση

Η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού στα κτίρια γίνεται για δύο λόγους :

1. Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού προς όφελος του κτιρίου με στόχο την επίτευξη οπτικής άνεσης, μειώνοντας έτσι την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για τεχνητό φωτισμό.
2. Εκμετάλλευση των ηλιακών θερμικών κερδών κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, μειώνοντας έτσι την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση.

Η επίτευξη οπτικής άνεσης γίνεται μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών, που εξασφαλίζουν στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους επαρκή ποσότητα (στάθμη φωτισμού), αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν φαινόμενο «θάμβωσης». Παράλληλα, τα συστήματα αυτά λειτουργούν ως εμπόδια για τη διείσδυση της ανεπιθύμητης ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια των θερινών και ζεστών μηνών μειώνοντας έτσι την απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη.

Σύστημα φυσικού φωτισμού νοείται το σύνολο:

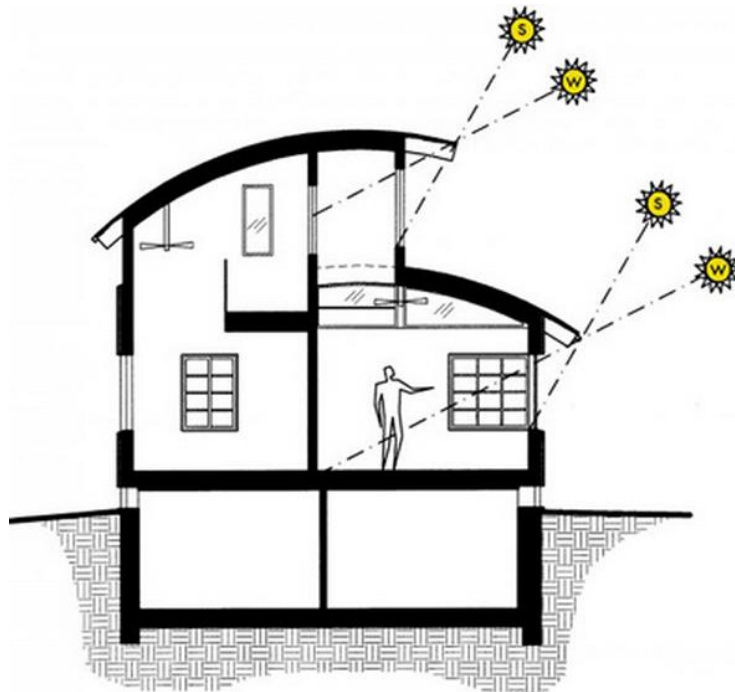
- Υαλοπίνακας ή άλλο φωτοδιαπερατό στοιχείο
- Πλαίσιο
- Διάταξη σκιασμού (είτε δομικό στοιχείο είτε άλλο)

Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται στις εξής τέσσερις μεγάλες κατηγορίες: ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία, ανοίγματα οροφής, αίθρια και φωταγωγοί.

Αντίστοιχα, οι διάφορες τεχνικές εφαρμοζόμενες στο σύστημα ή και στον εσωτερικό χώρο αυξάνουν την απόδοση του συστήματος και βελτιώνουν τις συνθήκες οπτικής άνεσης.

Οι βασικότερες τεχνικές φυσικού φωτισμού είναι:

- Κατακόρυφα ανοίγματα (παράθυρα-φεγγίτες) κατάλληλων γεωμετρικών διαστάσεων
 - Ανοίγματα οροφής
 - Αίθρια
 - Φωταγωγοί
 - Ειδικοί Υαλοπίνακες
 - Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά
 - Διαφανή μονωτικά υλικά
 - Σκίαστρα
- ✓ Ράφια φωτισμού-ανακλαστήρες,
 - ✓ Περσίδες (οριζόνιες – νότια ανοίγματα, κατακόρυφες – δυτικά/ανατολικά ανοίγματα)
 - ✓ Οριζόντια σκίαστρα (εξώστες, ημιυπαίθριοι χώροι, τέντες κτλ.)



Εικόνα 46. Απεικόνιση οριζόντιας σκίασης ανοιγμάτων το χειμώνα και το καλοκαίρι



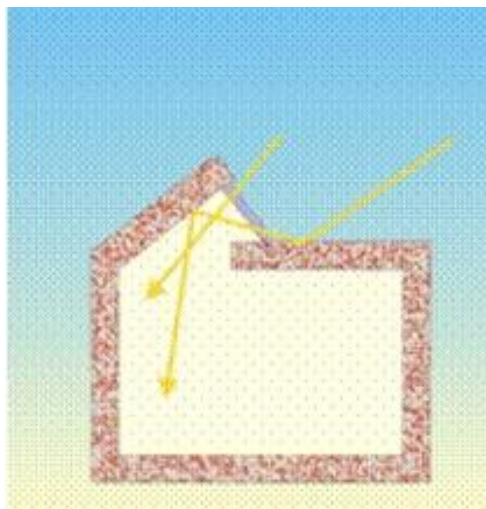
Εικόνα 47. Ράφια φωτισμού – ανακλαστήρες



Εικόνα 48. Σημασία επιλογής κατάλληλου συστήματος υαλοπίνακα



Εικόνα 49. Σύστημα ηλιακού φωτισμού – Φωτοσωλήνες



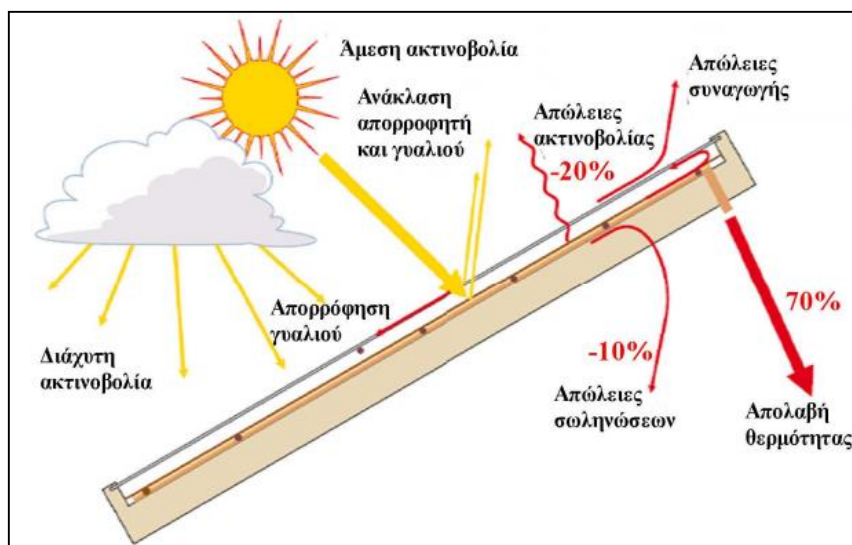
Εικόνα 50. Χρήση βορινών φεγγιτών. Εκμετάλλευση του βορινού διάχυτο φωτός.

5.3. Άλλοι παράγοντες που ευνοούν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Μεγαλύτερη εφαρμογή στον κτιριακό σχεδιασμό και συγκεκριμένα στα κτίρια με χρήση κατοικίας έχουν τα παρακάτω συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας:

- Ηλιακοί συλλέκτες : διακρίνονται σε επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες και σωλήνες κενού. Στις κατοικίες συνθεότεροι είναι οι επίπεδοι (ηλιακός θερμοσίφωνας). Έχουν διάφορες εφαρμογές όπως :
 - Για ζεστό νερό χρήσης (σύνηθες)
 - Για θέρμανση χώρου (σπανιότερο)
 - Για κλιματισμό χώρου (σπανιότερο)

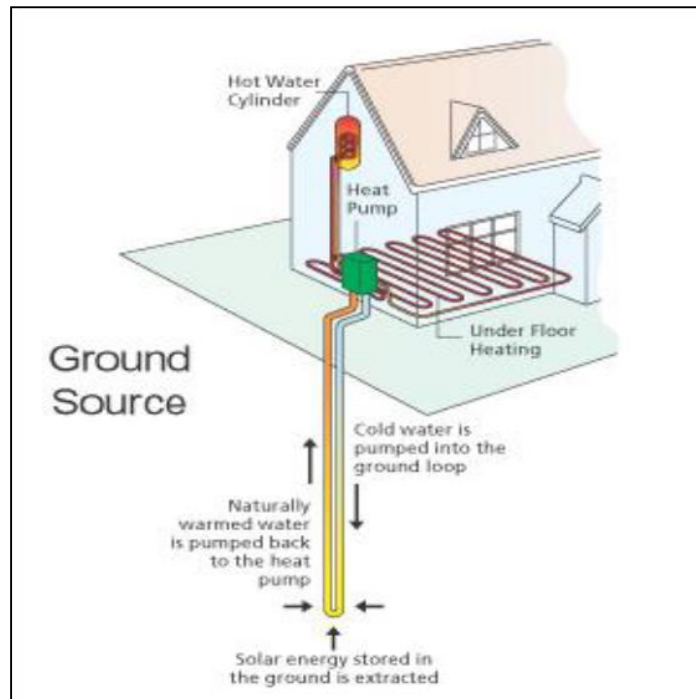


Εικόνα 51. Σύστημα επίπεδου ηλιακού συλλέκτη



Εικόνα 52. Ηλιακοί σωλήνες κενού. Έχουν κυρίως εφαρμογή σε βιομηχανικά κτίρια.

- Φωτοβολταϊκά συστήματα : Χρησιμοποιούνται για τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος από ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, diesel, λιγνίτης κτλ.)
- Συστήματα Γεωθερμίας : Η αρχή της γεωθερμικής ενέργειας είναι εξαιρετικά απλή και βασίζεται στο γεγονός ότι λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης η θερμοκρασία του εδάφους είναι σταθερή στους 14-20°C καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου. Συνεπώς με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ υπεδάφους και επιφάνειας είναι δυνατή η θέρμανση ενός χώρου το χειμώνα και αντίστοιχα η ψύξη του το καλοκαίρι.



Εικόνα 53. Σύστημα γεωθερμίας

- Ανεμογεννήτριες μικρής ισχύος :



Εικόνα 54. Ανεμογεννήτριες μικρής ισχύος. Εφαρμογή σε κατοικίες.

Βελτίωση μικροκλίματος

- Χρήση μεγάλων επιφανειών φυτεμένων ακάλυπτων χώρων.
- Φυτεμένα δώματα. Ενισχύουν τη παρουσία πρασίνου στις κατοικίες και λειτουργούν ως σύστημα απορρόφησης της ανεπιθύμητης ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, διατηρώντας έτσι τη θερμοκρασία των υποκείμενων εσωτερικών χώρων σε χαμηλά επίπεδα.
- Ενίσχυση του υδάτινου στοιχείου στα περίξ του κτιρίου (πισίνες κτλ.).

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε ο τρόπος θερμομόνωσης σε κτήρια που είναι κατασκευασμένα από μεταλλικό χωροδικτύωμα. Ουσιαστικά, παρουσιάστηκε μια συγκεκριμένη μέθοδος θερμομόνωσης κτηρίων, όπως εφαρμόζεται από την κατασκευαστική εταιρεία ΔΙΑΣ Α.Κ.Ε.Ε, η οποία συγκρίθηκε με τον συμβατικό τρόπο θερμομόνωσης κτηρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα και οπτόπλινθους.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε μια σύντομη περιγραφή του συγκεκριμένου τρόπου δόμησης κτηρίων από μεταλλικό χωροδικτύωμα και παρουσιάστηκαν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του. Κυριότερα πλεονεκτήματα των κτηρίων από μεταλλικό χωροδικτύωμα είναι η μείωση του κόστους κατασκευής, η μεγάλη ταχύτητα ανέγερσης και η μείωση του βάρους της ανωδομής. Αντίθετα χαρακτηριστικότερο μειονέκτημά τους είναι η περιορισμένη πυραντοχή τους που όμως επιδέχεται βελτίωση με κατάλληλες πυράντοχες βαφές. Ταυτόχρονα εξετάστηκε η σημασία της θερμοπρόσοψης στην θερμική προστασία του κτηρίου όσον αφορά τον περιορισμό των θερμογεφυρών και της υγρασίας.

Στη συνέχεια παρουσιάστηκαν οι βασικές αρχές μετάδοσης της θερμότητας,. Εξηγήθηκε ο ρόλος της θερμοπερατότητας και της θερμοχωρητικότητας και έγινε μια σύντομη αναφορά στα διάφορα είδη θερμομονωτικών υλικών και τα χαρακτηριστικά τους. Από τη σύγκριση των βασικότερων θερμομονωτικών υλικών (διογκωμένη πολυστερίνη, εξηλασμένη πολυστερίνη και πετροβάμβακα), τα οποία χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον στις κτιριακές κατασκευές, επιλέχθηκε να μελετηθεί η θερμομόνωση με διογκωμένη πολυστερίνη για τους εξής λόγους:

- ✓ μεγάλη ευκολία κατεργασίας

- ✓ χαμηλός συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας
- ✓ φιλικό προς το περιβάλλον υλικό
- ✓ περιορισμός υγρασίας

Στα αρνητικά αυτού του είδους θερμομόνωσης συγκαταλέγεται η κακή ηχομόνωση και η μικρή πυραντοχή.

Στο κεφάλαιο 4 μελετήθηκε η απόδοτικότητα της θερμομόνωσης κτηρίου από μεταλλικό χωροδικτύωμα με χρήση διογκωμένης πολυστερίνης. Στη κατασκευή που μελετήθηκε, η διογκωμένη πολυστερίνη εφαρμόζεται σε δύο στρώσεις:

- ✓ Μια στρώση σταθερού πάχους μέσα στα δομικά στοιχεία (10cm)
- ✓ Τη στρώση που συνθέτει τη θερμοπρόσοψη (μεταβλητού πάχους 2 – 5cm)

Αυτό σημαίνει ότι λειτουργεί και ως στοιχείο πλήρωσης μέσα στους τοίχους και το δώμα αλλά και ως θερμομονωτικό υλικό. Ως στοιχείο πλήρωσης καταλαμβάνει περίπου το 87% της επιφάνειας του μεταλλικού τοίχου, ενώ το άλλο 13% το καταλαμβάνει ο μεταλλικός σκελετός. Τα μεταλλικά δομικά στοιχεία (τοίχοι και δώμα) συγκρίθηκαν με αντίστοιχα συμβατικά τα οποία χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον στις κτιριακές κατασκευές. Η σύγκριση πραγματοποιήθηκε σε δυο επίπεδα:

1. Σύγκριση με βάση τις προκύπτουσες τιμές θερμοπερατότητας (U –value) των δομικών στοιχείων.
2. Σύγκριση ως προς την θερμοχωρητικότητα του κτηρίου.

Όσον αφορά τη θερμοπερατότητα, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι λόγω του αυξημένου πάχους θερμομόνωσης, τα στοιχεία από μεταλλικό χωροδικτύωμα παρουσίασαν πολύ μικρές τιμές θερμοπερατότητας (μέσα στα όρια του KENAK).

Ιδιαίτερα στις τοιχοποιίες το U – value ήταν αρκετά μικρό για σχετικά μικρό πάχος τοίχου, σε αντίθεση με τα συμβατικούς τοίχους (διπλή δρομική τοιχοποιία με θερμομόνωση στο μέσο) στους οποίους οι αντίστοιχες τιμές του U – value αναλογούσαν σε πάχος τοίχου μεγαλύτερο κατά 30% περίπου.

Εξετάζοντας τα αποτελέσματα ως προς τη θερμοχωρητικότητα, είναι εμφανές ότι λόγω της μικρής θερμικής τους μάζας, τα κτήρια από μεταλλικό χωροδικτύωμα παρουσιάζουν σχεδόν υπόδιπλάσια ανηγμένη θερμοχωρητικότητα σε σχέση με τα συμβατικά που έχουν υλικά με μεγάλη θερμική μάζα (οπτόπλινθοι, σκυρόδεμα). Αυτό αποτελεί και ένα μειονέκτημα των μεταλλικών κτηρίων.

Η μεγάλη θερμοχωρητικότητα αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα βιοκλιματικού σχεδιασμού, ιδιαίτερα στις κατοικίες όπου η διατήρηση μιας σχετικά σταθερής θερμοκρασίας καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου είναι σημαντική για τη μείωση του θερμικού και ψυκτικού φορτίου το χειμώνα και το καλοκαίρι αντίστοιχα. Στη περίπτωση των μεταλλικών κατασκευών το μειονέκτημα αυτό μπορεί να αντισταθμιστεί με άλλες μεθόδους βιοκλιματικού σχεδιασμού που επηρεάζονται από το προσανατολισμό του κτηρίου, τη μορφή, τη θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων και την ύπαρξη φυσικών εμποδίων. Τέτοιες μέθοδοι είναι :

- Ο σωστός φυσικός αερισμός
- Ο ορθός ηλιασμός και συνθήκες οπτικής άνεσης
- Ο κατάλληλος σκιασμός

Τέλος, ιδιαίτερα σημαντικοί παράγοντες βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η διαμόρφωση ευνοϊκού μικροκλίματος (χώροι πρασίνου, ύπαρξη υδάτινου στοιχείου κτλ) και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2 (2010) Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων. Τ.Ε.Ε

Υ.Π.Ε.Κ.Α (2010) : <http://www.ashrae.gr/Karavasili.pdf>

<http://www.ergatex.gr/>

Εφαρμογές μετάδοσης θερμότητας, Μιχάλης Ι. Κτενιαδάκης, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ – ΑΘΛΗΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ – ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ, ΣΤΑΜΑΤΗΣ Δ.ΠΕΡΔΙΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΛΩΖΑΝΗΣ, ΣΕΛΚΑ-4Μ ΕΚΔΟΤΙΚΗ

Θέρμανση Αερισμός Κλιματισμός, Σ. Ν. ΛΕΓΓΑ, Ν.Ι. ΠΑΡΙΚΟΥ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ «ΙΩΝ»

CIBSE (2005), *CIBSE Guide B: Heating, ventilation, air conditioning and refrigeration*, Chartered Institution of Building Services Engineers, London: CIBSE.

CIBSE (2006), *CIBSE Guide A: Environmental design*, Chartered Institution of Building Services Engineers, London: CIBSE.

(Α.Π.Θ,2010)

[http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/B62543CD3AFF148EC22575AD002CBC82/\\$file/%CE%A5%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AC%202010.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/B62543CD3AFF148EC22575AD002CBC82/$file/%CE%A5%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AC%202010.pdf)

Οδηγός θερμομόνωσης κτιρίων

[http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/6E84927174274B7AC22575AD002C8BB7/\\$file/ODIGOS%20THERMOMONOSIS%20KTIRIWN%202H%20EKDOSI_%20P/INAKAS%20DIORTHOSEWN.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/6E84927174274B7AC22575AD002C8BB7/$file/ODIGOS%20THERMOMONOSIS%20KTIRIWN%202H%20EKDOSI_%20P/INAKAS%20DIORTHOSEWN.pdf)

<http://www.psem.gr/>

<http://www.anelixi.org/ereuna-efarmoges/bioklimatikos-sxediasmos-ktirion/thermomonosi-thermiki-maza/>

http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_thermomonosi.htm

<http://www.anelixi.org/ereuna-efarmoges/bioklimatikos-sxediasmos-ktirion/thermomonosi-thermiki-maza/>

<http://www.firesecurity.gr/xalybas.html>

http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_rafia_fotismou.htm

http://www.tm.teiher.gr/Portals/23/Shmeioseis/anan_piges_enegeias/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CE%AF%20%CF%83%CF%85%CE%BB%CE%BB%CE%AD%CE%BA%CF%84%CE%B5%CF%82.pdf

http://www.zeroenergybuildings.org/2012/03/blog-post_16.html

<http://www.ecoarchitects.gr/seminaria/prokat.pdf>

<http://www.rizakos.gr/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page

<http://www.epshellas.com/>

http://www.isoren.gr/index.php?main_page=index

<http://www.ecoarchitects.gr/seminaria/prokat.pdf>

<http://macon.gr/>

Υλικό (πληροφορίες για τα κτήρια από μεταλλικό χωροδικτύωμα, οδηγίες για τη μελέτη θερμομόνωσης) από την εταιρία ΔΙΑΣ Α.Κ.Ε.Ε.