



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Αξιολόγηση επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια



Γεωργίου Πολύβια
ΑΜ: 1925

Παπαδημητρίου Αικατερίνη-Ειρήνη
ΑΜ: 1870

Επιβλέπων καθηγητής
Κατσίγιαννης Ιωάννης

Χανιά 2020

Ευχαριστίες

Με το πέρας της πτυχιακής μας εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε πρωτίστως τις οικογένειές μας για την ψυχολογική και οικονομική υποστήριξη, τους φίλους μας, και συγκεκριμένα την Κατερίνα Βαρτζόκα, την κ. Πόπη Βασιλοπούλου για την βοήθειά της στην εκμάθηση του λογισμικού που χρησιμοποιήσαμε και φυσικά τον επιβλέπων καθηγητή μας Ιωάννη Κατσίγιαννη για την καθοδήγησή του.

Πίνακας Περιεχομένων.....	2
Περίληψη.....	4
Abstract.....	5
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	7
1.1 Σκοπός της εργασίας.....	7
1.2 Δομή της εργασίας.....	7
1.3 Κτίρια και Ενέργεια.....	8
1.3.1 Τομείς παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου.....	8
1.3.2 Ευρωπαϊκή Ένωση και τελική κατανάλωση ενέργειας.....	9
1.3.3 Ευρωπαϊκή Ένωση και τελική κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα.....	11
1.3.3.1 Κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά ανά τύπο τελικής χρήσης.....	12
1.4 Ενεργειακή απόδοση κτιρίων- Ευρωπαϊκές Οδηγίες.....	13
1.5 Ενεργειακή απόδοση κτιρίων- Ελληνική Νομοθεσία.....	14
Κεφάλαιο 2: Βιοκλιματική και Ενεργειακή διαχείριση κτιρίων.....	18
2.1 Εισαγωγή στον Βιοκλιματικό σχεδιασμό.....	18
2.2 Σκοπός και Αρχές του Βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	20
2.3 Παράγοντες του Βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	21
2.4 Το κέλυφος του κτιρίου.....	24
2.5 Ήλιοπροστασία κτιρίου.....	25
2.6 Φυσικός φωτισμός κτιρίου.....	28
2.7 Φυσικός Δροσισμός-Αερισμός.....	30
2.8 Παθητικά ηλιακά συστήματα και τεχνικές.....	34
2.8.1 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα.....	38
2.8.2 Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα.....	39
2.9 ΑΠΕ στα κτίρια.....	39
Κεφάλαιο 3: Θερμομόνωση στα κτίρια.....	41
3.1 Ορισμός της μόνωσης.....	41
3.2 Θερμική άνεση.....	41
3.3 Αντικείμενο και σημασία της θερμομόνωσης.....	43
3.4 Θερμικές απώλειες και η προέλευσή τους.....	45
3.5 Θερμομόνωση και υγρασία.....	45
3.6 Βασικές έννοιες της θερμομόνωσης.....	46
3.7 Βασικές αρχές της θερμομόνωσης.....	50
3.8 Μελέτη και σχεδιασμός θερμομόνωσης κτιρίου.....	53
3.9 Θερμομόνωση κελύφους κτιρίου.....	55
3.9.1 Θερμομόνωση οροφής.....	60

3.9.2 Θερμομόνωση στέγης.....	61
3.9.3 Θερμομόνωση Κουφωμάτων.....	62
3.9.4 Θερμομόνωση δαπέδων εκτεθειμένων στο εξωτερικό περιβάλλον.....	64
3.10 Θερμομονωτικά υλικά.....	64
3.10.1 Προϋποθέσεις καταλληλότητας υλικών.....	64
3.10.2 Κριτήρια επιλογής θερμομονωτικών υλικών.....	65
3.10.3 Ιδιότητες θερμομονωτικών υλικών.....	67
3.10.4 Κατηγορίες θερμομονωτικών υλικών.....	67
3.10.5 Ανάλυση των θερμομονωτικών υλικών.....	68
Κεφάλαιο 4: Το λογισμικό Revit.....	88
4.1 Το περιβάλλον εργασίας του Revit.....	89
4.2 Διαδικασία εκτέλεσης ενεργειακής ανάλυσης στο Revit.....	93
4.2.1 Εισαγωγή θερμοφυσικών χαρακτηριστικών δομικών στοιχείων κελύφους.....	93
4.2.2 Καθορισμός χώρων και θερμικών ζωνών.....	95
4.2.3 Καθορισμός γεωγραφικής τοποθεσίας.....	97
4.2.4 Καθορισμός παραμέτρων τύπου κτιρίου.....	99
4.2.5 Καθορισμός ρυθμίσεων ανάλυσης ψυκτικών και θερμικών φορτίων.....	99
Κεφάλαιο 5: Η Ενεργειακή ανάλυση του υπό μελέτη κτιρίου.....	101
5.1 Κλιματικές συνθήκες.....	101
5.1.1 Ο Ηλιασμός του κτιρίου – Η ηλιακή τροχιά.....	101
5.1.2 Η Ηλιακή Ακτινοβολία.....	103
5.1.3 Κλιματικά Δεδομένα.....	103
5.2 Περιγραφή του υπο μελέτη κτιρίου.....	107
5.2.1 Η Γεωμετρία του κτιρίου.....	107
5.2.2 Συνθήκες λειτουργίας.....	113
5.2.3 Καθορισμός θερμικών ζωνών.....	114
5.2.4 Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας (διείσδυση του αέρα).....	115
5.2.5 Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων κτιρίου.....	116
5.2.5.1 Υπολογισμός των U-factor για κάθε δομικό στοιχείο με χρήση θερμομονωτικών υλικών.....	121
5.3 Τα Θερμικά και Ψυκτικά Φορτία.....	124
Κεφάλαιο 6: Σχόλια-Συμπεράσματα.....	131
Βιβλιογραφία.....	132

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας που φέρει τίτλο «Αξιολόγηση επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια» είναι η αξιολόγηση διαφόρων τύπων θερμομονωτικών υλικών ως επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος υφιστάμενου κτιρίου. Η επιλογή των θερμομονωτικών υλικών έγινε με γνώμονα το τοπικό κλίμα της περιοχής όπου βρίσκεται το κτίριο.

Συγκεκριμένα εκτελούνται συγκρίσεις μεταξύ του υφιστάμενου κτιρίου (κτίριο με μερική πρόνοια θερμικής προστασίας) και του ανακαινισμένου κτιρίου (κτίριο με ελάχιστο πάχος μόνωσης, σύμφωνα με την κλιματική ζώνη όπου ανήκει).

Στο ανακαινισμένο κτίριο τοποθετούνται τα θερμομονωτικά υλικά και γίνονται συγκρίσεις μεταξύ αυτών και του συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κτιρίου. Στόχος αυτών, είναι ο συντελεστής των δομικών στοιχείων να μην υπερβαίνει τα ανώτερα όρια σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ.

Επίσης εκτελείται η ανάλυση ψύξης-θέρμανσης στο υφιστάμενο και στο ανακαινισμένο κτίριο και γίνονται συγκρίσεις μεταξύ των θερμομονωτικών υλικών και της απόδοσής τους. Στόχος είναι η εύρεση των καταλληλότερων υλικών που θα αποφέρουν μείωση των θερμικών και ψυκτικών φορτίων του και κατά συνέπεια την επιθυμητή εξοικονόμηση ενέργειας.

Η εργασία αρχίζει με στατιστικά στοιχεία για την χρήση ενέργειας στην Ε.Ε και στην Ελλάδα. Παρατίθενται οι σχετικές οδηγίες της Ε.Ε. για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, καθώς και η ελληνική νομοθεσία. Στην συνέχεια παρουσιάζονται πληροφορίες για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και την ενεργειακή διαχείριση των κτιρίων. Έπειτα αναλύονται οι έννοιες, οι τρόποι και ο ρόλος της θερμομόνωσης σε ένα κτίριο, καθώς και τα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται. Για την λεπτομερή σχεδίαση του κτιρίου και την εκτέλεση των προσομοιώσεων της ανάλυσης ψύξης-θέρμανσης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Revit. Ακολουθούν η ενεργειακή ανάλυση του κτιρίου και τα αποτελέσματα των συγκρίσεων. Τέλος παρουσιάζεται ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων και τα συμπεράσματα.

Λέξεις κλειδιά: κτίρια, εξοικονόμηση ενέργειας, βιοκλιματικός σχεδιασμός, θερμομόνωση, θερμομονωτικά υλικά, Revit, ενεργειακή ανάλυση, θερμικά-ψυκτικά φορτία.

Abstract

The object of the present work entitled "Evaluation of energy saving interventions in buildings" is the evaluation of various types of thermal insulation materials as interventions in the building shell of an existing building. The choice of thermal insulation materials was based on the local climate of the area where the building is located.

Specifically, comparisons are made between the existing building (building with partial thermal protection) and the renovated building (building with minimum insulation thickness, according to the climatic zone where it belongs)¹.

The thermal insulation materials are placed in the renovated building and comparisons are made between them and the thermal permeability coefficient of the structural elements of the building. The aim of these is for the coefficient of the structural elements not to exceed the upper limits according to the greek regulation for the energy efficiency of buildings.

The cooling-heating load analysis is also performed in the existing and in the renovated building and comparisons are made between the thermal insulation materials and their performance. The aim is to find the most suitable materials that will reduce its heating and cooling loads and consequently the desired energy savings. The work begins with statistics on energy use in the EU and in Greece. The relevant EU instructions are listed. for the energy efficiency of buildings, as well as Greek legislation. The following is information on bioclimatic design and energy management of buildings. Then the concept, the ways and the role of thermal insulation in a building are analyzed, as well as the thermal insulation materials used. Revit software was used for the detailed design of the building and the execution of the simulations of the cooling-heating load analysis. The following is the energy analysis of the building and the results of the comparisons. Finally, the commentary of the results and the conclusions are presented.

¹ The division of climatic zones in Greece has been defined by the greek regulation for the energy efficiency of buildings (Κ.Εν.Ν.Α.Κ).

Keywords: *buildings, energy saving, sustainable design, thermal insulation, thermal insulation materials, Revit, energy analysis, heating and cooling loads.*

Αξιολόγηση επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Σκοπός της εργασίας

Η εκπόνηση της παρούσας εργασίας έγινε με αφορμή την παγκόσμια επιδείνωση της κλιματικής αλλαγής και τους κύριους τομείς που επιδρούν σε αυτήν δίνοντας έμφαση στον κτιριακό τομέα, ο οποίος αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο, με αυξημένες άμεσες ή έμμεσες εκπομπές ρύπων και CO₂.

Παρ' όλα αυτά ο κτιριακός τομέας κατέχει το μεγαλύτερο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας.

Με αυτό το κριτήριο η εργασία επικεντρώνεται στον βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων ως μέσο εξοικονόμησης ενέργειας.

Δίνεται έμφαση στην θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους, λόγω των μεγάλων ενεργειακών αναγκών των κτιρίων κυρίως σε θέρμανση.

Ως εκ τούτου παρατίθεται η μελέτη ενός υφιστάμενου κτιρίου το οποίο επιδέχεται επεμβάσεις θερμομόνωσης στο κέλυφος του, για έλεγχο των θερμικών και ψυκτικών αναγκών του και εύρεση της βέλτιστης λύσης που θα αποφέρει ικανοποιητική εξοικονόμηση ενέργειας.

1.2 Δομή της εργασίας

Το κύριο μέρος της εργασίας αναπτύσσεται σε 6 κεφάλαια. Αναλυτικά:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά για την χρήση ενέργειας στην Ε.Ε. και στην Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στους τομείς που παρατηρείται η μεγαλύτερη τελική κατανάλωση ενέργειας και παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου και επικεντρώνεται στον κτιριακό τομέα. Επίσης παρουσιάζονται οι Ευρωπαϊκές Οδηγίες και το ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων με στόχο την μείωση της κατανάλωσης και της σπατάλης ενέργειας.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στον βιοκλιματικό σχεδιασμό και την ενεργειακή διαχείριση των κτιρίων και συνοψίζει τις βασικές τεχνικές με τις οποίες θα επιτευχθεί βελτίωση των συνθηκών εσωτερικής άνεσης με την αξιοποίηση των διαθέσιμων φυσικών πηγών, καθώς και γίνεται αναφορά για την χρήση ΑΠΕ στον κτιριακό τομέα.

Το τρίτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στην θερμομόνωση του κελύφους των κτιρίων και παρουσιάζονται οι μέθοδοι και οι τεχνικές εφαρμογής της και τα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται.

Ακολουθεί το τέταρτο κεφάλαιο στο οποίο παρουσιάζεται το λογισμικό Revit, το οποίο μπορεί να υποστηρίξει την αρχιτεκτονική και ηλεκτρομηχανολογική σχεδίαση κτιρίων, επίσης και την ενεργειακή ανάλυσή τους, στην οποία αναφέρονται τα βήματα για την εκτέλεση αυτής.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η μελέτη του κτιρίου που σχεδιάστηκε στο Revit και τα βήματα που ακολουθήθηκαν ως την τελική ανάλυση των θερμικών και ψυκτικών φορτίων του.

Συμπερασματικά στο κεφάλαιο έξι γίνεται ανασκόπηση των όσων αναφέρθηκαν στην παρούσα εργασία και των βασικών συμπερασμάτων που προέκυψαν από αυτήν.

1.3 Κτίρια και Ενέργεια

Σε όλα τα στάδια της ζωής τους τα κτίρια από την κατασκευή, χρήση, συντήρηση, ανακαίνιση μέχρι και την κατεδάφιση τους έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα ζωής των κατοίκων και των περιοίκων τους.

Η θέρμανση, ο κλιματισμός, η παραγωγή ζεστού νερού, ο τεχνητός φωτισμός απαιτούν μεγάλες ποσότητες κατανάλωσης και παραγωγής ενέργειας για την κάλυψή τους με αυτό να συνεπάγεται τις αυξημένες άμεσες ή έμμεσες εκπομπές ρύπων και διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), οι οποίες όπως ξέρουμε μπορούν να έχουν ολέθριες επιπτώσεις στον περιβάλλον. Παραδείγματος χάρη, από τις ενεργειακές εκπομπές ενός κτιρίου σε τοπικό επίπεδο η ανθρώπινη υγεία μπορεί να επηρεαστεί, σε περιφερειακό επίπεδο επιδεινώνει τα αρνητικά φαινόμενα όπως είναι η όξινη βροχή και σε πλανητικό επίπεδο η αλλαγή του κλίματος οφείλεται σε αυξημένες συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα κρατά όση θερμότητα του ήλιου είναι απαραίτητη για την διασφάλιση της ζωής στη Γη. Όμως οι ρύποι που προέρχονται από την καύση συμβατικών καυσίμων αλλάζουν τη σύσταση της ατμόσφαιρας, με συνέπεια να εγκλωβίζεται όλο και περισσότερη θερμότητα και να ανεβαίνει η συνολική θερμοκρασία του πλανήτη. Το φαινόμενο αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή των κλιματολογικών συνθηκών και την πρόκληση ακραίων καιρικών φαινομένων και καταστροφών.

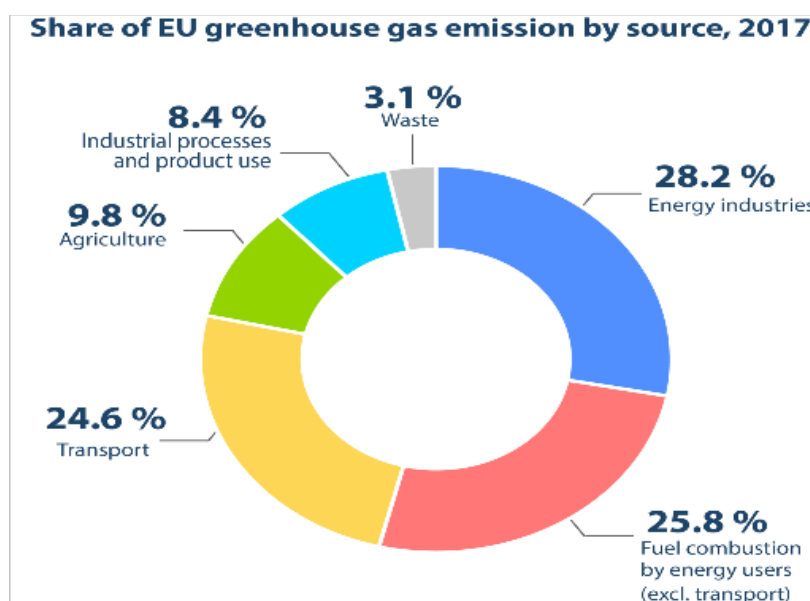
Είναι συνεπώς επιτακτική ανάγκη να μειωθεί η χρήση και η καύση ορυκτών καυσίμων για τον περιορισμό των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την εξάρτηση πολλών χωρών από τα εισαγόμενα καύσιμα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί και με τη βοήθεια της λήψης μέτρων για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στον κτιριακό τομέα.

1.3.1 Τομείς παραγωγής αερίων θερμοκηπίου

Η επιδείνωση της κλιματικής αλλαγής επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον, την ανθρώπινη ζωή και ευημερία και κατά συνέπεια τη βιώσιμη ανάπτυξη. Μετά από χρόνια ενδελεχούς έρευνας η επιστημονική κοινότητα καταλήγει πως οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες είναι υπαίτιες για την εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου (GHG, Greenhouse Gasses) που είναι υπεύθυνα για την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας της Γης. Όπως φαίνεται και στην Εικ.1.1 οι κύριοι τομείς παραγωγής των αερίων αυτών είναι οι :

- **βιομηχανίες παραγωγής ενέργειας** : εκπομπές από την καύση καυσίμων και σε ορισμένο βαθμό τις ανεξέλεγκτες εκπομπές από τις βιομηχανίες π.χ. : δημόσια ηλεκτρική ενέργεια, παραγωγή θερμότητας, δύλιση πετρελαίου.
- **καύση καυσίμων από τους χρήστες** : εκπομπές από τη καύση των καυσίμων από τα εργοστάσια παραγωγής, τον κατασκευαστικό τομέα και την μικρής κλίμακας καύση π.χ. : τη θέρμανση χώρων και την παραγωγή ζεστού νερού για νοικοκυριά, εμπορικά κτίρια, γεωργία και δασοκομία.

- **μεταφορές** : εκπομπές από την καύση καυσίμων στην εσωτερική και διεθνή αεροπορία, τις οδικές μεταφορές, τους σιδηροδρόμους και την εσωτερική ναυσιπλοΐα.
- **γεωργία/κτηνοτροφία** : αυτό περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τις εκπομπές από την εντερική ζύμωση των ζώων, τα αέρια θερμοκηπίου που παράγονται όταν τα ζώα αφομοιώνουν τα τρόφιμά τους, τις εκπομπές από τη διαχείριση της κοπριάς και τις εκπομπές από τα λιπάσματα.
- **βιομηχανικές διεργασίες** : εκπομπές που προκύπτουν από χημικές αντιδράσεις κατά τη διάρκεια της παραγωγής π.χ. : τσιμέντο, γυαλί.
- **απόβλητα** : εκπομπές από χώρους υγειονομικής ταφής , επεξεργασία λυμάτων και κομποστοποίηση.

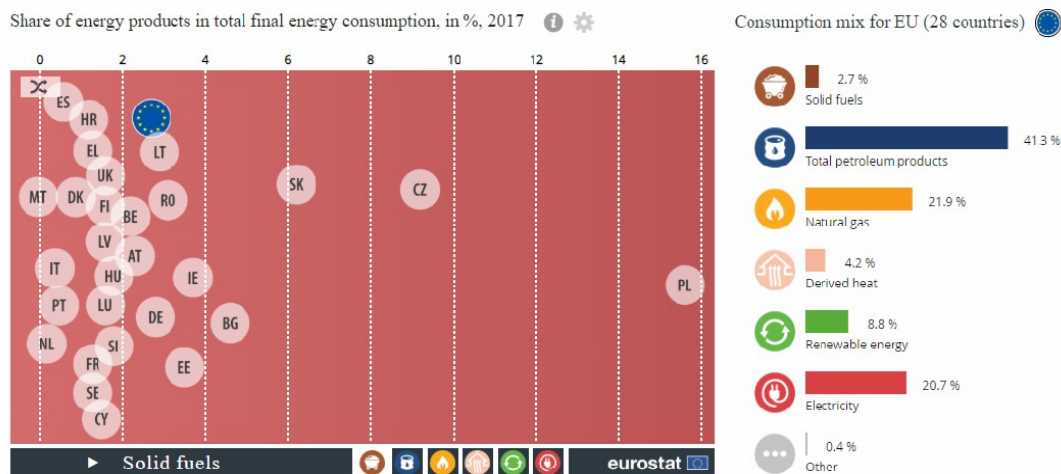


Εικ. 1.1 Παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα παραγωγής
Πηγή: European Environment Agency

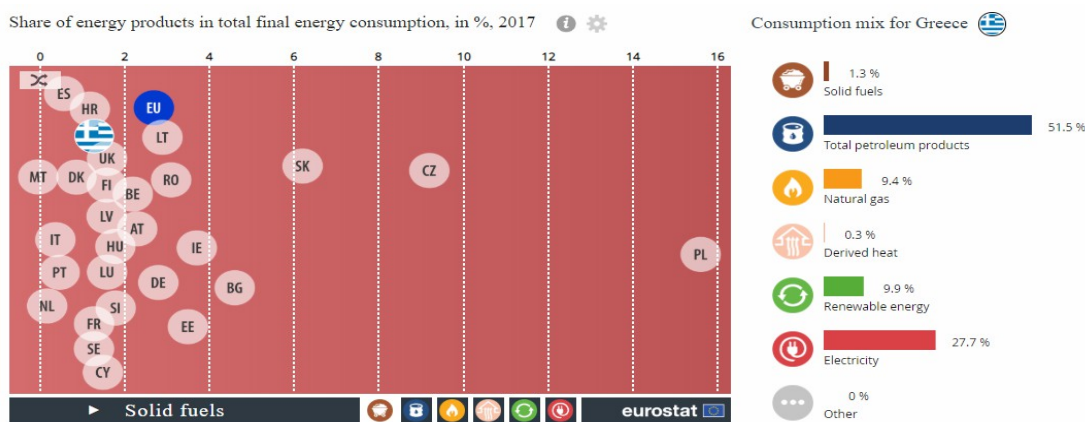
1.3.2 Ευρωπαϊκή Ένωση και τελική κατανάλωση ενέργειας

Στην Ε.Ε. το 2017, τα προϊόντα πετρελαίου (όπως το πετρέλαιο θέρμανσης, η βενζίνη, το πετρέλαιο ντίζελ), τα οποία αντιπροσωπεύουν το 41,3% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας, καταναλώθηκαν περισσότερο, ακολουθούμενα από το φυσικό αέριο και το ηλεκτρικό ρεύμα 21,9% κ' 20,7% και την άμεση χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας 8,8%, προερχόμενη θερμότητα (όπως τηλεθέρμανση) 4,2% και στερεά ορυκτά καύσιμα (κυρίως άνθρακας) 2,7%. Η πραγματική κατανάλωση από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι υψηλότερη από 10%, επειδή άλλες ανανεώσιμες πηγές περιλαμβάνονται στην ηλεκτρική ενέργεια (π.χ.υδροηλεκτρική ενέργεια, αιολική ενέργεια ή ηλιακή φωτοβολταϊκή).

Στην Ελλάδα το μεγαλύτερο ποσοστό τελικής κατανάλωσης ενέργειας αφορά τα προϊόντα πετρελαίου με ποσοστό 51,5% και ακολουθεί η ηλεκτρική ενέργεια προερχόμενη από συμβατικές πηγές με ποσοστό 27,7%.

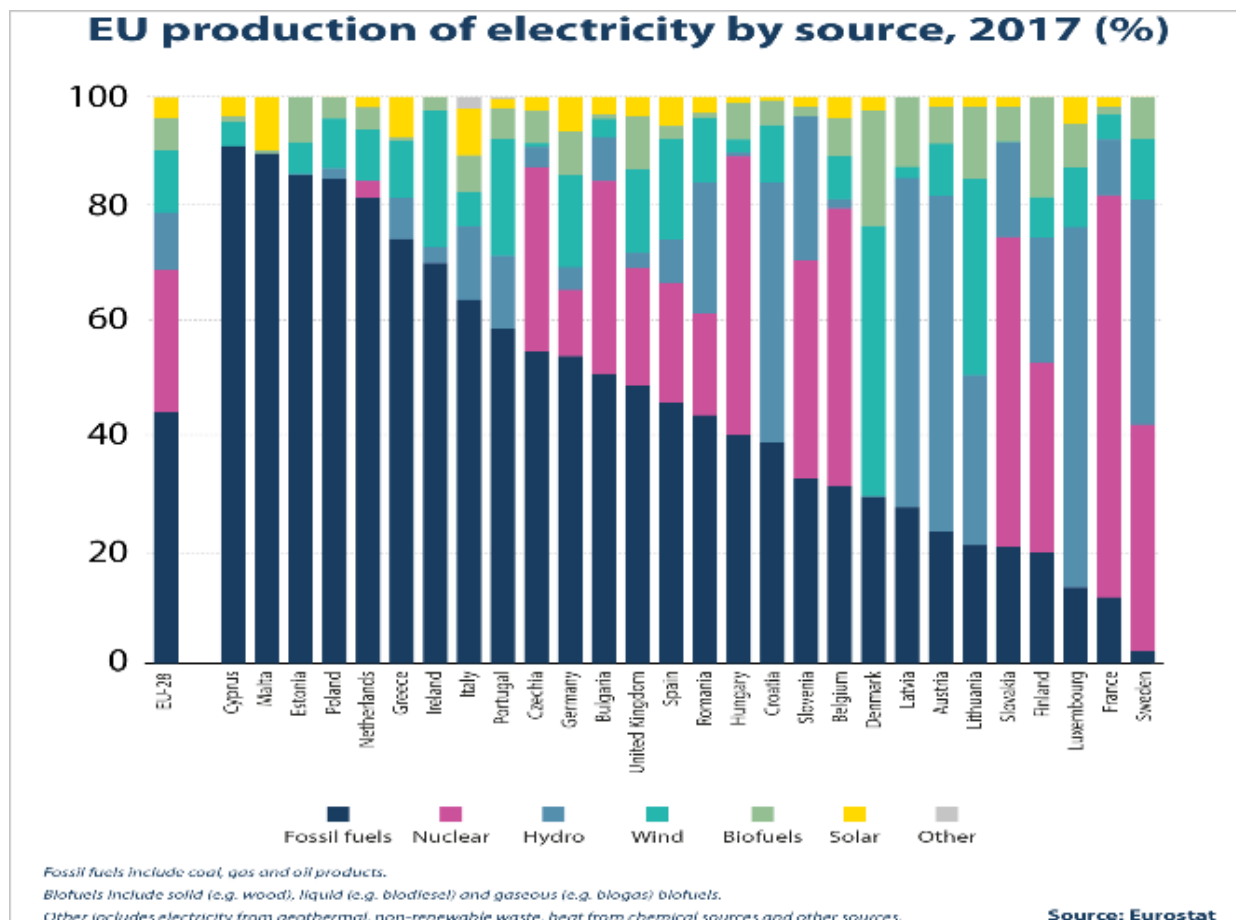


Εικ. 1.2 Μερίδιο ενεργειακών προϊόντων στη συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας-Ευρωπαϊκή Ένωση



Εικ. 1.3 Μερίδιο ενεργειακών προϊόντων στη συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας-Ελλάδα

Πάνω από το 40% της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ε.Ε. προέρχεται από εργοστάσια παραγωγής τα οποία χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα. Περίπου το 23% της συνολικής ενέργειας που χρησιμοποιούμε είναι ο ηλεκτρισμός και προέρχεται από διάφορες πηγές. Το 2017 στην Ε.Ε. το 44% της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προήλθε από σταθμούς παραγωγής που κάνουν χρήση ορυκτών καυσίμων και το 31% προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ το 25% από πυρηνικά εργοστάσια. Όσο αφορά τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το 11% προέρχεται από ανεμογεννήτριες, το 10% από υδροηλεκτρικά εργοστάσια, το 6% από βιοκαύσιμα και 4% από εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.

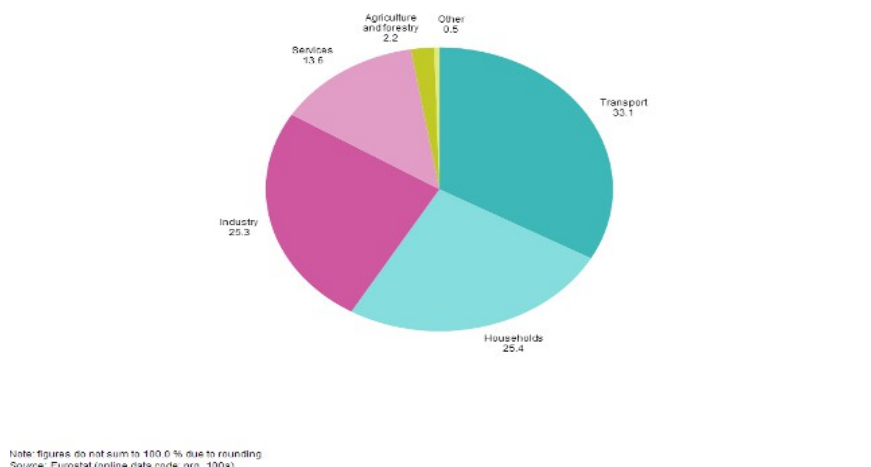


Εικ. 1.4 Πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη

1.3.3 Ευρωπαϊκή Ένωση και τελική κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα

Τα κτίρια στην Ε.Ε. είναι υπεύθυνα για την κατανάλωση του 40% της ενεργειακής κατανάλωσης και του 36% της παραγωγής CO₂, καθιστώντας τα τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας στην Ευρώπη. Το 35% των κτιρίων είναι άνω των 50 χρόνων και το 75% του συνόλου των κτιρίων είναι ενεργειακά ανεπαρκή. Η ενεργειακή βελτίωση των υφιστάμενων κτιρίων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και να διαδραματίσει κεντρικό ρόλο στη μετάβαση στην καθαρή ενέργεια, καθώς θα μπορούσε να μειώσει τη συνολική κατανάλωση ενέργειας της Ε.Ε. κατά 5-6% και να μειώσει τις εκπομπές CO₂ κατά περίπου 5%. Στην Εικ. 1.5 εμφανίζεται η κατανομή της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ε.Ε.

Αξιολόγηση επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια



Εικ. 1.5 Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση για το έτος 2017

Για το έτος 2017, τα νοικοκυριά αντιπροσώπευαν το 25,4% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Το μεγαλύτερο μέρος της τελικής κατανάλωσης ενέργειας της Ε.Ε. στα νοικοκυριά, καλύπτεται από φυσικό αέριο 36,0% και ηλεκτρική ενέργεια 24,1%. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ανέρχονται στο 17,5%, ακολουθούμενες από προϊόντα πετρελαίου 11,2%. Ένα μικρό ποσοστό 3,3% καλύπτεται ακόμη από προϊόντα άνθρακα (στερεά καύσιμα).

Στην Ελλάδα, το μεγαλύτερο μέρος της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά καλύπτεται από προϊόντα πετρελαίου, ακολουθεί ο ηλεκτρισμός και τέλος τα στερεά καύσιμα, ιδίως στις αγροτικές περιοχές της χώρας.

1.3.3.1 Κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά ανά τύπο τελικής χρήσης

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η κύρια χρήση ενέργειας από τον οικιακό τομέα αναφέρεται στην θέρμανση των κτιρίων (64,1% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα). Η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται για το φωτισμό και την χρήση των περισσότερων ηλεκτρικών συσκευών αντιπροσωπεύει το 14,4% (αυτό αποκλείει τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για την τροφοδοσία των συστημάτων κύριας θέρμανσης, ψύξης ή μαγειρέματος), ενώ το ποσοστό που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση νερού είναι ελαφρώς υψηλότερο, αντιπροσωπεύοντας το 14,8%. Οι συσκευές μαγειρέματος απαιτούν 5,6% της ενέργειας που χρησιμοποιούν τα νοικοκυριά, ενώ η ψύξη χώρου και άλλες τελικές χρήσεις καλύπτουν 0,3% και 0,9% αντίστοιχα.

Συνεπώς η θέρμανση χώρου και νερού αντιπροσωπεύει το 78,9% της τελικής ενέργειας που καταναλώνουν τα νοικοκυριά.

Στην Ελλάδα υψηλά ποσοστά παρουσιάζονται επίσης στην θέρμανση των χώρων, ακολουθεί το μαγείρεμα και οι ηλεκτρικές συσκευές.

1.4 Ενεργειακή απόδοση κτιρίων-Ευρωπαϊκές Οδηγίες

Τα τελευταία χρόνια λόγω της επιτακτικότητας για δράση στην παγκόσμια περιβαλλοντική κρίση, όλα τα ανεπτυγμένα κράτη, μαζί και η Ε.Ε. έχουν πάρει σημαντικές πρωτοβουλίες που στοχεύουν στην αποδοτικότερη χρήση ενέργειας και στη μείωση της ενεργειακής ζήτησης. Σημαντική προτεραιότητα δόθηκε στην αναγκαιότητα θέσπισης μέτρων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε ως στόχο να εξοικονομηθεί το 20% της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας των κρατών-μελών της ΕΕ έως το 2020 και το 32,5% έως το 2030. Τα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων αποτελούν βασικό εργαλείο για την επίτευξη αυτών των στόχων.

Οι Ευρωπαϊκές Οδηγίες που έχουν θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και αφορούν την ενεργειακή απόδοση είναι:

- **Οδηγία 2002/91/ΕΚ:** για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Αναφέρεται στην ορθολογική χρήση ενέργειας στα κτίρια, αφορά κατοικίες και τριτογενή τομέα. Θέτει απαιτήσεις ενεργειακής κατανάλωσης για την θέρμανση, την ψύξη, τον φωτισμό, και την ηλεκτρική χρήση στα κτίρια. Η Οδηγία ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο το 2008, με τον Νόμο 3661 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις».
- **Οδηγία 2006/32/ΕΚ:** για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες. Θέτει το νομικό πλαίσιο, καθώς και ενδεικτικά οικονομικά μέτρα και κίνητρα για την αποτελεσματική χρήση ενέργειας. Σκοπός είναι να ενισχυθεί η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση.
- **Οδηγία 2010/31/ΕΕ:** για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (αναδιατύπωση της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ). Η κύρια νομοθετική πράξη για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στην Ε.Ε. Αναφέρεται σε κοινή μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο. Δίνεται έμφαση ιδίως για την επίτευξη των πιο μακροπρόθεσμων στόχων της Οδηγίας, στα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB), όπου μεταξύ άλλων, στο άρθρο 9 (παρ. 3) αναφέρεται ότι:
 - α) Εώς τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και
 - β) Μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2018 τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας».

Βάσει της κοινοτικής οδηγίας 2010/31/ΕΕ (άρθρο 2):

«Κτίριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας» είναι ένα κτίριο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση του οποίου η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών, καλύπτεται σε πολύ μεγάλο βαθμό, από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, περιλαμβανμένης της ενέργειας που παράγεται επιτόπου ή πλησίον του κτιρίου.

Τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB) διαθέτουν: δομικά στοιχεία υψηλών ενεργειακών προδιαγραφών, ηλεκτρομηχανικές εγκαταστάσεις ιδιαίτερα υψηλής ενεργειακής απόδοσης και ένα σημαντικό μερίδιο της κατανάλωσης τους ενέργειας θα καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε τοπικό επίπεδο.

- **Οδηγία 2012/27/ΕΚ**, για την ενεργειακή αποδοτικότητα. Αυτή η οδηγία θέτει ένα κοινό πλαίσιο μέτρων για την προώθηση της ενεργειακής απόδοσης εντός της Κοινότητας, ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της εξοικονόμησης κατά 20% μέχρι το 2020. Μεταξύ άλλων τα κράτη-μέλη αναλαμβάνουν δεσμεύσεις για στρατηγικές για την ανακαίνιση του εθνικού κτιριακού αποθέματος, καθώς και για ανακαίνιση των δημοσίων κτιρίων, που έχουν επιφάνεια άνω των 500 m² σε ποσοστό τουλάχιστον 3% της συνολικής τους επιφάνειας. Τα δημόσια κτίρια θα έχουν παραδειγματικό ρόλο όσον αφορά στην ανακαίνιση, ώστε να επιτευχθούν οι ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις. Ακόμα, η οδηγία προωθεί ενεργειακούς ελέγχους που θα διενεργούνται από ειδικευμένους εμπειρογνώμονες, εγκατάσταση μετρητών ενέργειας, που θα αντικατοπτρίζουν την πραγματική ενεργειακή κατανάλωση και γενικά μέτρα για την αποδοτική χρήση ενέργειας από τους καταναλωτές, όπως φορολογικά κίνητρα, χρηματοδότηση, δανεισμό, επιδοτήσεις κ.ά.
- **Οδηγία 2018/844/ΕΕ**: Τροποποίηση της οδηγίας 2010/31/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων – Αναφέρεται σε μακροπρόθεσμες στρατηγικές ανακαίνισης του κτιριακού δυναμικού του κάθε κράτους-μέλους της Ε.Ε. και στοχεύει στην μετατροπή των υφιστάμενων κτιρίων σε κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας έως το 2050.

1.5 Ενεργειακή απόδοση κτιρίων- Ελληνική νομοθεσία

Η χώρα μας προχώρησε στις απαραίτητες διαδικασίες για την εναρμόνιση των παραπάνω οδηγιών στην εθνική νομοθεσία όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα (Πιν.1.1).

Πιν. 1.1 Εναρμόνισης ευρωπαϊκών οδηγιών για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων στην εθνική νομοθεσία

Ευρωπαϊκό πλαίσιο	Εθνικό πλαίσιο
	1980: Κανονισμός Θερμομόνωσης 2000: Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ)
Οδηγία 2002/91	2008: Ν.3661/2008 2010: Ν.3851/2010 2010: Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων(ΚΕΝΑΚ) 2010: Π.Δ. Ενεργειακών Επιθεωρητών 2017: Αναθεωρημένος Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων(ΚΕΝΑΚ)
Οδηγία 2006/32	2008: Υ.Α για τα δημόσια κτίρια 2008: 1 ^ο ΕΣΔΕΑ 2010: Ν.3855/2010 2011: Υ.Α για τις ESCOs 2011: 2 ^ο ΕΣΔΕΑ
Οδηγία 2010/31	2013: Ν.4122/2013
Οδηγία 2012/27	2015: Ν 4342/2015

-Οδηγία 2002/91/ΕΚ - Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων:

Για την εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την οδηγία **2002/91/ΕΚ** θεσμοθετήθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), όπως προβλέπεται στο Άρθρο 3 του νόμου **3661/2008** που εκδόθηκε με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος. Ο Κ.Εν.Α.Κ. είναι ο κανονισμός που ισχύει σήμερα στη χώρα μας όσον αφορά στον υπολογισμό της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων και είναι η πρώτη ολοκληρωμένη προσπάθεια για τον καθορισμό των παραμέτρων που επιδρούν στην ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου.

-Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ:

Η Οδηγία **2010/31/ΕΕ** εναρμονίστηκε στο εθνικό δίκαιο με το **Νόμο 4122/2013** για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων. Μεταξύ άλλων, στο **Νόμο 4122/2013** προβλέπεται: α) Ο καθορισμός εθνικού σχεδίου για την αύξηση του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση {nZEB} (άρθρο 9, παρ.2) και β) θέσπιση μέτρων και χρηματοδοτικών προγραμμάτων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης νέων και υφιστάμενων κτιρίων (άρθρο 10, παρ.2).

-Εναρμόνιση με την αναθεωρημένη οδηγία 2018/844/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων:

Στατηγηκή για την ανακαίνιση του κτιριακού αποθέματος της χώρας ή αντικατάστασης τους από νέα κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωσης. Έχει τεθεί ως στόχος η ενεργειακή ανακαίνιση 600.000 κτιριακών μονάδων, δηλαδή το 12%-15% του κτιριακού αποθέματος, έως το 2030.

-Εναρμόνιση με την Οδηγία 2006/32/ΕΚ:

Ο **Νόμος 3855/2010** «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις», αποτελεί εναρμόνιση με την Οδηγία **2006/32/ΕΚ**.

Με βάση την απαίτηση της Οδηγίας 2006/32/ΕΚ, θεσπίστηκε Εθνικός Ενδεικτικός Στόχος εξοικονόμησης ενέργειας (ΕΞΕ) της τάξης του 9% μέχρι το 2016, σε όλους τους τομείς (νοικοκυριά, επιχειρήσεις, βιομηχανία, μεταφορές, κλπ).

Ο στόχος αυτός τέθηκε στο 1^ο Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΣΔΕΑ) (ΥΠΕΚΑ, Ιούνιος 2008) και ήταν 18,6 TWh μέχρι το 2016, με την ανάλυση ανά τομέα να δίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πιν.1.2):

Πιν.1.2 Εθνικός στόχος εξοικονόμησης ενέργειας ανά τομέα σύμφωνα με την οδηγία 2006/32/ΕΚ

Τομέας	Εξοικονόμηση για την επίτευξη του στόχου μέχρι το 2016 (TWh)
Οικιακός	5.5
Τριτογενής	5.7
Βιομηχανία	0.7
Μεταφορές	6.7

Στο 2^ο ΕΣΔΕΑ που εκπονήθηκε το 2011, προσδιορίστηκε ο Εθνικός Ενδιάμεσος Στόχος για την εξοικονόμηση ενέργειας για το 2010, ο οποίο ήταν ίσος με 5.1 TWh (0.44 Mtoe). Ο στόχος αυτός υπερκαλύφθηκε με την ενεργοποίηση μέτρων που προδιαγράφηκαν στο 1^ο ΕΣΔΕΑ, ενώ για την επίτευξη του στόχου συνέβαλλε σημαντικά και η οικονομική ύφεση.

Η Οδηγία 2006/32/ΕΚ, καταργήθηκε από την Οδηγία 2012/27/ΕΕ που τέθηκε σε ισχύ τον Δεκέμβριο του 2012.

-Εναρμόνιση με την Οδηγία 2012/27/ΕΕ:

Η **Οδηγία 2012/27/ΕΕ** τέθηκε σε ισχύ τον Δεκέμβριο του 2012, καταργώντας τις Οδηγίες **2006/32/ΕΚ** και **2004/8/ΕΚ** για την συμπαραγωγή, με προθεσμία συμμόρφωσης έως 05.06.2014. Η πρόοδος στην πορεία προς τον ενδεικτικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας κατά 9% έως το 2016, βάσει της 2006/32/ΕΚ, αποτελεί σημείο αναφοράς στο πλαίσιο της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ και του 3^{ου} Εθνικού Σχεδίου Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΣΔΕΑ), ΥΠΕΚΑ (2014).

Στο πλαίσιο της **Οδηγίας 2012/27/ΕΕ** για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα:

"Ως στόχος ενεργειακής απόδοσης για το 2020 τίθεται η επίτευξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας στα 18.4Μtoe."

Η **Οδηγία 2012/27/ΕΕ** εναρμονίστηκε στο εθνικό δίκαιο με το **Νόμο 4342/2015** (9 Νοεμβρίου 2015) «για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των Οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των Οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ».

Άρθρο 3: Εθνικός στόχος ενεργειακής απόδοσης

Στο πλαίσιο εφαρμογής του άρθρου 3 της **Οδηγίας 2012/27/ΕΕ** (κατ' αντιστοιχία με το άρθρο 4 του Ν.4342/2015), καθορίστηκε ο Ενδεικτικός Στόχος Ενεργειακής Απόδοσης σε εθνικό επίπεδο (Πιν.1.3):

Πιν.1.3 Ενδεικτικός Στόχος Ενεργειακής Απόδοσης

	2007	2009	2011	2020 (Εθνικός ενδεικτικός στόχος στο πλαίσιο της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ)
Ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας (Μtoe)	31,5	30,5	27,8	25,4
Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (Μtoe)	30,7	29,6	26,9	24,7
Συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας (Μtoe)	22,1	20,5	18,9	18,4
Ενεργειακή ένταση πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας (koe/€)	0,137	0,128	0,129	0,109
Ενεργειακή ένταση τελικής κατανάλωσης ενέργειας (koe/€)	0,099	0,089	0,091	0,081

Κεφάλαιο 2: Βιοκλιματική και Ενεργειακή διαχείριση κτιρίων

2.1 Εισαγωγή στον Βιοκλιματικό σχεδιασμό



Η Ευρωπαϊκή Ένωση αντιμετωπίζει ένα οξύτατο ενεργειακό πρόβλημα. «Το 1973, με την πρώτη πετρελαϊκή κρίση, οι χώρες της Ε.Ε. συνειδητοποίησαν ότι η οικονομική αλλά και η καθημερινή ζωή των πολιτών τους εξαρτάται από το εισαγόμενο πετρέλαιο αφού οι ίδιες απαιτήσεις τους σε ενέργεια ήταν κατά πολύ περισσότερες από αυτήν που μπορούσαν να διαθέσουν» .

Το γεγονός αυτό καθιστούσε την Ευρώπη ενεργειακά, οικονομικά και πολιτικά δέσμια σε τρίτα κράτη. Έτσι ξεκίνησε μία σοβαρή προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας και αξιοποίησης των εναλλακτικών πηγών αυτής, ιδίως των ανανεώσιμων πηγών. Μέσω της προσπάθειας αυτής αναπτύχθηκαν και τέθηκαν σε εφαρμογή τεχνικές και τεχνολογίες ωφέλιμες προς το περιβάλλον, μέσα σε αυτές και ο βιοκλιματικός σχεδιασμός.

«Ενώ τα τελευταία χρόνια καθιερώθηκε διεθνώς ο όρος «βιοκλιματικός σχεδιασμός» υπάρχουν και άλλοι όροι όπως «ενεργειακός σχεδιασμός» και «παθητικός ηλιακός σχεδιασμός». Η ονομασία αυτή ανταποκρίνεται πληρέστερα στην αντίληψη εναρμόνισης των κτιρίων με το κλίμα και το

περιβάλλον, διασφαλίζοντας παράλληλα άνετη και υγιεινή διαβίωση του ανθρώπου μέσα στα κτίρια, αλλά και στον εξωτερικό χώρο».

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική συνώνυμη του βιοκλιματικού σχεδιασμού αφορά το σχεδιασμό κτιρίων και χώρων (εσωτερικών, εξωτερικών και υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός θεωρείται από πολλούς ως μία νέα «θεώρηση» στην αρχιτεκτονική και σχετίζεται περισσότερο με την οικολογία, παρά με την ενέργεια και την εξοικονόμηση που δύναται να επιφέρει, αν και θα έπρεπε να θεωρείται πρωταρχικός στόχος κατά την μελέτη και σχεδίαση οικοδομημάτων. Εντούτοις η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αποτελεί την κατευθυντήρια γραμμή για την κατασκευή κτιρίων παγκοσμίως ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια.

Λόγω του ότι μέσω της πρακτικής της προκύπτουν εξαιρετικά οφέλη, κυρίως ενεργειακά (εξοικονόμηση και θερμική/οπτική άνεση), περιβαλλοντικά (μείωση ρύπων), οικονομικά (μείωση κόστους ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων) αλλά και κοινωνικά.

Για αυτό το λόγο η χρήση του βιοκλιματικού σχεδιασμού γίνεται ολοένα και επιτακτικότερη στη σημερινή εποχή με βάση τις δυσμενείς συνθήκες που επικρατούν σε περιβαλλοντικό επίπεδο αλλά και σε κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο.

Όπως προαναφέρθηκαν τα ενεργειακά οφέλη από την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού που προκύπτουν, είναι τα εξής:

- Εξοικονόμηση ενέργειας από τη σημαντική μείωση ενεργειακών απωλειών λόγω της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων.
- Παραγωγή θερμικής ενέργειας μέσω των ηλιακών συστημάτων άμεσου ή έμμεσου κέρδους με συμβολή στις θερμικές ανάγκες των χώρων προσάρτησης και μερική κάλυψη των απαιτήσεων θέρμανσης του κτιρίου.
- Δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης και μείωση των απαιτήσεων όσον αφορά στη ρύθμιση θερμοστάτη (σε χαμηλότερες θερμοκρασίες τον χειμώνα και υψηλότερες το καλοκαίρι).
- Διατήρηση της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα σε υψηλά επίπεδα το χειμώνα (και αντίστοιχα χαμηλά το καλοκαίρι), με αποτέλεσμα τη μείωση του φορτίου για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από τα επικουρικά συστήματα κατά τη χρήση του κτιρίου.

Στα πλαίσια της συνολικής θερμικής λειτουργίας του κτιρίου και την άμεση σχέση του με το περιβάλλον επιτυγχάνεται η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και των περιβαλλοντικών πηγών. Η θερμική λειτουργία ενός κτιρίου αποτελεί μια δυναμική κατάσταση, η οποία:

- Εξαρτάται από τις τοπικές κλιματικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους (την ηλιοφάνεια, τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα, τη σχετική υγρασία, τον άνεμο, τη βλάστηση, το

σκιασμό από κοντινά κτίρια), αλλά και τις συνθήκες χρήσης του κτιρίου (κατοικία, γραφεία, νοσοκομεία, κλπ.)

κ'

- Βασίζεται στην αντίστοιχη ενεργειακή συμπεριφορά των δομικών του στοιχείων και κατ' επέκταση των ενσωματωμένων παθητικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και το ενεργειακό προφίλ που προκύπτει από τη λειτουργία του κτιρίου.

Η απόδοση του βιοκλιματικού σχεδιασμού εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, γεγονός που τον καθιστά «ευαίσθητο» σε εξωγενείς και μη-τεχνικούς παράγοντες.

Γι' αυτό το λόγο, τα βασικά κριτήρια για την εφαρμογή του οφείλουν να είναι τα εξής:

- Η απλότητα της χρήσης των εφαρμογών και η αποφυγή πολύπλοκων παθητικών συστημάτων και τεχνικών
- Η μικρή συμβολή του χρήστη του κτιρίου στη λειτουργία των συστημάτων
- Η χρήση ευρέως εφαρμοσμένων συστημάτων

2.2 Σκοπός και Αρχές του Βιοκλιματικού σχεδιασμού

Βασικός σκοπός είναι η προσαρμογή του κτιρίου στο κλίμα και το περιβάλλον της περιοχής έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η άνεση των ενοίκων και η λειτουργικότητα των κτιρίων μέσω της ικανοποιητικής ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων με τη μικρότερη δυνατή δαπάνη ενέργειας. Οι θετικοί παράμετροι που στοχεύετε η εφαρμογή τους είναι οι λοιποί:

- Μελέτη του μικροκλίματος της περιοχής
- Η θέση του κτιρίου
- Ο προσανατολισμός του κτιρίου
- Ο τρόπος κατασκευής του κτιρίου
- Ο φυσικός φωτισμός
- Η χρήση οικοδομικών υλικών φιλικών προς το περιβάλλον

Η θερμική προστασία του κελύφους, τα παθητικά ηλιακά συστήματα, οι τεχνικές φυσικού δροσισμού και φωτισμού και η ορθολογική χρήση μονωτικών υλικών, είναι τεχνικές που εφαρμόζονται μέσω του βιοκλιματικού σχεδιασμού και αποτελούν τις βασικές του αρχές.

Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και της εξοικονόμησης ενέργειας, βασίζονται στα παρακάτω:

- Θερμική προστασία των κτιρίων τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων, ιδιαίτερα με την κατάλληλη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του.
- Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων τη χειμερινή περίοδο και για φυσικό φωτισμό όλο το χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο προσανατολισμό των χώρων και ιδιαίτερα των ανοιγμάτων (ο νότιος προσανατολισμός ορίζεται ως καταλληλότερος) και τη διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων ανάλογα με τις θερμικές τους ανάγκες.
- Προστασία των κτιρίων από τον καλοκαιρινό ήλιο, μέσω της σκίασης και της κατάλληλης κατασκευής του κελύφους.
- Απομάκρυνση της θερμότητας που το καλοκαίρι συσσωρεύεται μέσα στο κτίριο με φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον με συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού, όπως ο φυσικός αερισμός, κυρίως τις νυχτερινές ώρες.
- Βελτίωση-ρύθμιση των περιβαλλοντικών συνθηκών μέσα στους χώρους έτσι ώστε οι άνθρωποι να νιώθουν άνεση.
- Εξασφάλιση επαρκούς ηλιασμού και ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας για φυσικό φωτισμό των κτιρίων, ώστε να εξασφαλίζεται η επάρκεια και η κατανομή του φωτός μέσα στους χώρους.
- Βελτίωση του κλίματος έξω και γύρω από τα κτίρια με τον σχεδιασμό των χώρων γύρω και έξω από τα κτίρια με βάση της παραπάνω αρχές .

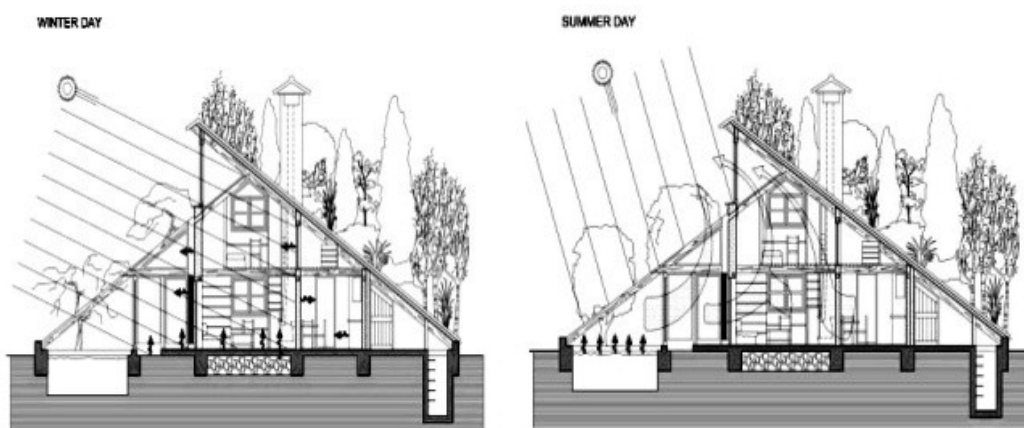
Επομένως, κύριο μέλημα είναι το οικοδόμημα να λειτουργεί:

- Ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης το χειμώνα
- Ως αποθήκη θερμότητας
- Ως παγίδα θερμότητας
- Ως αποθήκη φυσικής ψύξης το καλοκαίρι.

2.3 Παράγοντες του Βιοκλιματικού σχεδιασμού

Οι κυριότεροι παράγοντες σύμφωνα με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίων, που πρέπει να λαμβάνονται και να μελετώνται είναι οι εξής:

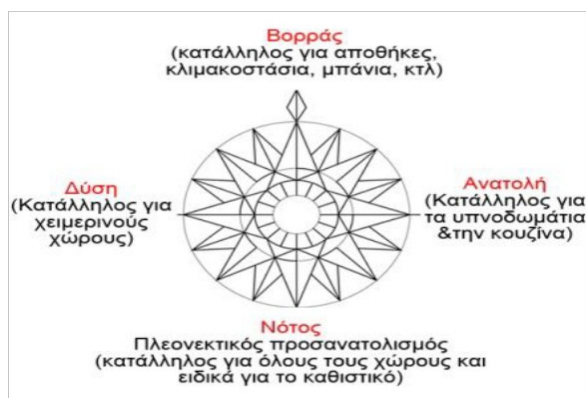
- **Κλίμα:** Τα πρώτα στοιχεία που πρέπει να εξετάζονται κατά το σχεδιασμό ενός κτιρίου, είναι οι κλιματικές συνθήκες, δηλαδή η εξωτερική θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η κίνηση του ήλιου, η ηλιοφάνεια και οι νεφώσεις, ο άνεμος και οι βροχοπτώσεις.
- **Προσανατολισμός:** Ο σωστός προσανατολισμός ενός κτιρίου σε συνάρτηση με την ηλιακή τροχιά είναι προϋπόθεση για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Σύμφωνα με έρευνες, θέτοντας την κύρια πλευρά του κτιρίου προσανατολισμένη προς το νότο εξασφαλίζει περισσότερες ώρες ηλιασμού τη χειμερινή περίοδο και ταυτόχρονα τη δυνατότητα σκίασης κατά τους θερινούς μήνες.
Καθώς τους χειμερινούς μήνες ο ήλιος ανατέλλει και δύει νοτιότερα της Ανατολής και της Δύσης και διαγράφει μικρή τροχιά. Κινείται χαμηλά, κοντά στον ορίζοντα και προς την πλευρά του Νότου. Αντίστοιχα τους καλοκαιρινούς μήνες ο ήλιος ανατέλλει και δύει βορειότερα της Ανατολής και της Δύσης και διαγράφει μεγάλη τροχιά. Κινείται προς την πλευρά του Νότου αλλά αυτή τη φορά βρίσκεται ψηλά, γι' αυτό το λόγο οι νότιες όψεις μπορούν να σκιαστούν πλήρως με τη βοήθεια σκιάστρων Εικ.1.1 κ' 1.2.



Εικ. 2.1 κ' Εικ. 2.2 Προσανατολισμός του κτιρίου σε συνάρτηση με την ηλιακή τροχιά

- **Αρχιτεκτονική δομή του κτιρίου:** Η καταλληλότερη μορφή κτιρίου για οποιοδήποτε κλίμα, είναι η επιμήκης προς την Ανατολή και τη Δύση με τις μεγάλες επιφάνειες εκτεθειμένες προς το Νότο. Οι βορινές επιφάνειες πρέπει να είναι μικρότερες ή προστατευμένες από έδαφος, στέγες, ανεμοφράκτες ή γειτονικά κτίρια. Επίσης, τα κατακόρυφα και τα οριζόντια στοιχεία κυρίως προς το Βορρά (τοιχοι-στέγες-οροφές) ενός κτιρίου, θα πρέπει να αποτελούνται από συμπαγή υλικά έτσι ώστε να μπορέσουν να προστατέψουν ένα κτίριο από τις ακραίες καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Αποτελεσματικότερο είναι τα μεγάλα ανοίγματα αν είναι προσανατολισμένα προς το Νότο, τα μέτρια προς την Ανατολή και τη Δύση και τα μικρά προς το Βορρά.
Πολύ σημαντικός παράγοντας στην αρχιτεκτονική δομή ενός κτιρίου, είναι επίσης και η διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων σε μια κατοικία και για το λόγο αυτό, είναι προτιμότερο στο βόρειο τμήμα ενός κτιρίου, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών κατά τη

διάρκεια του χειμώνα, να τοποθετούνται τα κλιμακοστάσια, τα λουτρά, οι αποθήκες και οι χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων. Ενώ στο Νότιο τμήμα, τοποθετούνται οι χώροι κύριας απασχόλησης, όπως είναι το καθιστικό και το γραφείο, έτσι ώστε να απολαμβάνουν τα θερμικά κέρδη του ηλίου (Εικ. 2.3).



Εικ. 2.3 Βέλτιστη διαρρύθμιση εσωτερικών χώρων
Πηγή: www.decobook.gr

- **Περιβάλλον χώρος:** Μέσω της κατάλληλης φύτευσης στον εξωτερικό χώρο, η οποία πρέπει να εντάσσεται στο οικοσύστημα της κάθε περιοχής και να μην εμποδίζει τη ροή του ανέμου, εξασφαλίζονται σε μεγάλο βαθμό η ηλιοπροστασία και ο σκιασμός με την προσθήκη φυλλοβόλων δέντρων προς το Νότο και αντίστοιχα με την προσθήκη αειθαλών δέντρων και θάμνων προς το Βορρά το κτίριο προστατεύεται από τους χειμερινούς ανέμους. Προτείνεται ο περιορισμός επικαλύψεων του εδάφους των ακάλυπτων χώρων του οικοπέδου καθώς τα κτίρια που έχουν άμεση επαφή με το έδαφος έχουν καλύτερη θερμική συμπεριφορά και καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια από τα κτίρια με πυλωτή.
- **Ανοίγματα:** Τα **νότια** ανοίγματα του κτιρίου αποτελούν το χειμώνα την κύρια είσοδο της ηλιακής ενέργειας στον εσωτερικό του χώρο. Πρέπει να είναι μεγάλα και να μη σκιάζονται κατά τη χειμερινή περίοδο. Εμφανίζουν πλεονεκτήματα όπως: τη σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση του κτιρίου, εξασφαλίζουν μεγάλα ηλιακά κέρδη το χειμώνα και μικρά το καλοκαίρι, παρουσιάζουν μικρότερο κίνδυνο υπερθέρμανσης το καλοκαίρι σχετικά με τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα, η ηλιοπροστασία πραγματοποιείται εύκολα με τη χρήση σκιάστρων. Τα **βόρεια** ανοίγματα χρησιμοποιούνται κυρίως για την παροχή φυσικού φωτισμού καλής ποιότητας στο εσωτερικό του κτιρίου καθώς επιτρέπουν την είσοδο μόνο της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας και όχι της άμεσης, είναι πιο χρήσιμα για τον αερισμό κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Προϋπόθεση είναι να έχουν μικρό μέγεθος και να είναι προστατευμένα. Τα **ανατολικά** και **δυτικά** ανοίγματα δέχονται το χειμώνα μικρές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση του φυσικού φωτισμού και της οπτικής άνεσης. Αντίθετα, το καλοκαίρι επιτρέπουν την είσοδο

επιβαρυντικής ακτινοβολίας. Οι διαστάσεις τους πρέπει να είναι περιορισμένες και επίσης να σκιάζονται είτε από φυλλοβόλα δέντρα, είτε από κατακόρυφες τέντες ή παντζούρια.

2.4 Το κέλυφος του κτιρίου

Το **κέλυφος** του κτιρίου ονομάζεται το σύνολο των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων τα οποία διαχωρίζουν τον εσωτερικό χώρο από τον εξωτερικό χώρο, μέσω του κελύφους το κτίριο αλληλεπιδρά με το περιβάλλον.

Ο τρόπος κατασκευής του κελύφους είναι καθοριστικός για την θερμική και ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου και κατ' επέκταση τη διαμόρφωση του εσωτερικού κλίματος.

Το κέλυφος ενός κτιρίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποθήκη θερμότητας, το δομικό στοιχείο που αποθηκεύεται η θερμότητα ονομάζεται θερμική μάζα. Η μεγάλη θερμική μάζα ενός κτιρίου μπορεί να δράσει ευεργετικά τόσο τη θερινή όσο και τη χειμερινή περίοδο, καθώς η ηλιακή ενέργεια αποθηκεύεται και αργότερα απελευθερώνεται σταδιακά στο εσωτερικό του κτιρίου. Έτσι κατά τη διάρκεια του χειμώνα η αποθηκευμένη θερμότητα απελευθερώνεται στο εσωτερικό του κτιρίου τις νυχτερινές ώρες που είναι συνήθως ψυχρότερες, με αυτόν τον τρόπο καλύπτεται ένα μέρος των θερμικών αναγκών του κτιρίου. Αντίστοιχα τη θερινή περίοδο η θερμική μάζα καθυστερεί την απόδοση της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη διάρκεια της μέρας. Η αποθηκευμένη θερμότητα απελευθερώνεται σταδιακά όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του κτιρίου. Συνεπώς όσο μεγαλύτερη είναι η θερμική μάζα των δομικών στοιχείων τόσο περισσότερος χρόνος απαιτείται για την άνοδο της θερμοκρασίας αυτών και του εσωτερικού περιβάλλοντος. Η κατανομή της θερμικής μάζας στο εσωτερικό του κτιρίου καθορίζεται από τον προσανατολισμό της επιφάνειας που εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία και στην επιθυμητή χρονική καθυστέρηση όσον αφορά την απελευθέρωση της θερμότητας.

Η **θερμομόνωση** του κτιρίου αποτελεί τη βασική θερμική προστασία έναντι των καιρικών συνθηκών, στα ψυχρότερα κλίματα η απαίτηση για θερμομόνωση είναι μεγαλύτερη. Επιβάλλεται προσθήκη κατάλληλου πάχους μόνωσης, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς, σε τοίχους, οροφές και δάπεδο, ώστε να επιτυγχάνεται μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας των συμπαγών στοιχείων του κελύφους και συνεπώς μείωση των θερμικών απωλειών. Η περισσότερο επιβαρυνμένη περιοχή του κτιρίου είναι η επικάλυψη του (δώμα, στέγη) γιατί δέχεται την έντονη ακτινοβολία του ήλιου σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Τα μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι τέτοια που να επιτρέπουν οπωσδήποτε την άδηλη αναπνοή του κελύφους, ζήτημα πολύ σημαντικό για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, την υγιεινή των χώρων και την αίσθηση ευεξίας των ενοίκων.

Τα **κουφώματα** έχουν σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη χώρων γιατί από αυτά μεταφέρεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Τη χειμερινή περίοδο χάνεται θερμότητα από το εσωτερικό προς το εξωτερικό ενώ τη θερινή περίοδο εισέρχεται από το εξωτερικό στο εσωτερικό, η διαδικασία αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών παραθύρων, τα οποία πρέπει να είναι αεροστεγανά, να έχουν υαλοπίνακες και κουφώματα με καλές θερμομονωτικές ιδιότητες.

2.5 Ηλιοπροστασία κτιρίου

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων του κτιρίου είναι η βασικότερη τεχνική για τη μείωση των θερμικών φορτίων ενός κτιρίου τη θερινή περίοδο, καθώς η ηλιακή ακτινοβολία η οποία εισέρχεται μέσα από τα ανοίγματα αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή θερμότητας. Η σωστή ηλιοπροστασία είναι βασική προϋπόθεση για την αποδοτική εφαρμογή κάθε άλλης τεχνικής για το δροσισμό ενός κτιρίου, είτε αυτός γίνεται με φυσικό είτε με τεχνητό τρόπο. Όσο αναφορά το φυσικό δροσισμό ενός κτιρίου η ηλιοπροστασία συνεισφέρει σημαντικά στη διατήρηση των θερμοκρασιών μέσα στους χώρους σε ανεκτά επίπεδα και, συνεπώς στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης. Αντίστοιχα για τον τεχνητό δροσισμό συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη του κτιρίου και στη μείωση του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής που προκύπτει, καθώς υπάρχει σημαντικά μειωμένη θερμική επιβάρυνση από την ηλιακή ακτινοβολία.

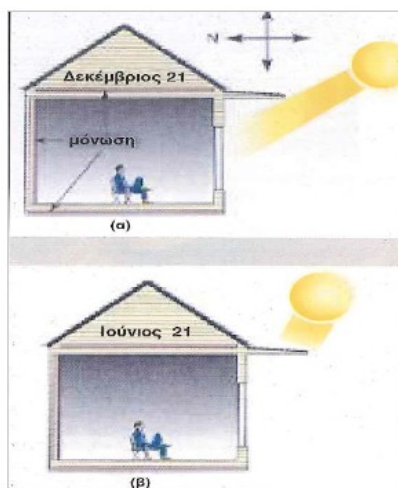
Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων εξαρτάται από τον προσανατολισμό τους, για παράδειγμα:

- Για τα ανοίγματα με νότιο προσανατολισμό , τα κατάλληλα συστήματα σκίασης είναι τα οριζόντια σε μορφή προβόλου λόγω της υψηλής τροχιάς του ηλίου, τους καλοκαιρινούς μήνες . Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στις διαστάσεις του συστήματος αυτού, διότι μπορεί να είναι σταθερό ή κινητό, έτσι ώστε να παρέχει σκιασμό το καλοκαίρι και αντίστοιχα να επιτρέπει την διέλευση του ηλίου το χειμώνα.
- Για τα ανοίγματα ανατολικού και δυτικού προσανατολισμού: τα κατάλληλα συστήματα σκιασμού είναι τα κατακόρυφα , κάθετα στην όψη του κτιρίου ή υπό κλίση, λόγω της χαμηλής τροχιάς του ηλίου.
- Για τα ανοίγματα νοτιοανατολικού και νοτιοδυτικού προσανατολισμού: Σε αυτήν την περίπτωση, η επιλογή για την σκίαση καθορίζεται από το ύψος και το αζιμούθιο του ήλιου, για τους μήνες του καλοκαιριού., τα ηλιοπροστατευτικά στοιχεία αποτελούνται από το συνδυασμό οριζοντίων και κατακόρυφων περσίδων, σε μορφή εσχάρας .
- Ο βόρειος προσανατολισμός δέχεται ελάχιστη ηλιακή πρόσπτωση κατά τη διάρκεια της ημέρας και προτιμάτε για χώρους που τα ηλιακά κέρδη είναι ανεπιθύμητα ενώ απαιτείται φυσικός φωτισμός.

Η σκίαση αποτελεί και μέσο ελέγχου του φυσικού φωτισμού και, ιδιαίτερα, της θάμβωσης, καθώς μειώνει την άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στους χώρους. Συνεπώς, κατά την επιλογή του κατάλληλου σκιάστρου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη τόσο η θερμική, όσο και η οπτική του απόδοση όλο το χρόνο.

Παραθέτονται κύρια παραδείγματα ηλιοπροστασίας:

- **Μόνιμα εξωτερικά σκίαστρα:** Γίνεται με την εφαρμογή οριζοντίου πρόβολου , όπου το μέγεθος του εξαρτάται από το γεωγραφικό της τοποθεσίας του κτιρίου. Εάν ένας τέτοιος πρόβολος τοποθετηθεί σε ένα νότιο άνοιγμα επιτρέπει στον χειμερινό ήλιο, που βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα να περάσει, ενώ το καλοκαίρι τον εμποδίζει όμως δεν μπορεί να ανακόψει τις ηλιακές ακτίνες που έρχονται χαμηλά από την κατεύθυνση της ανατολής ή της δύσης κατά τη διάρκεια το καλοκαιριού. Για το λόγο αυτό, στα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα προτιμώνται τα μόνιμα κατακόρυφα σκίαστρα (Εικ. 2.4).

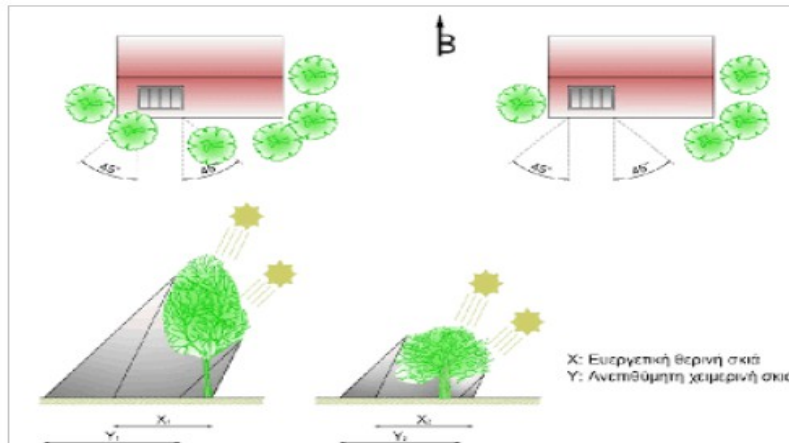


Εικ. 2.4 Σκίαση από οριζόντιο σταθερό σκίαστρο σε παράθυρο με νότιο προσανατολισμό α) το χειμώνα και β) το καλοκαίρι, Πηγή: ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ

- **Κινητά σκίαστρα:** Εξωτερικά κινητά σκίαστρα μπορεί να είναι παντζούρια, περσίδες, τέντες, ρολά, κ.ά. Τα κινητά συστήματα σκίασης είναι αποτελεσματικότερα και πιο ανταποδοτικά στην λειτουργία τους είναι πιο αποτελεσματική η εμπόδιση της ηλιακής ακτινοβολίας πριν περάσει το περίβλημα του κτιρίου διότι έχουν την δυνατότητα χειρισμού και ρύθμισης. Ο αυτόματος χειρισμός τους μπορεί να ενταχθεί σε ένα σύστημα συνολικής ενεργειακής διαχείρισης του κτιρίου.
- **Ειδικό υαλοπίνακες:** Υπάρχουν διάφορα είδη υαλοπινάκων: έγχρωμοι, απορροφητικοί, ανακλαστικοί, ημιδιαφανείς, επιλεκτικοί, ηλεκτροχρωμικοί κ.ά. με μεγάλη ποικιλία θερμικών και οπτικών ιδιοτήτων, κατάλληλοι για εφαρμογή σε κτίρια διαφόρων τύπων.

- **Βλάστηση:** Ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδος ηλιοπροστασίας του κτιρίου και των ανοιγμάτων του είναι και η χρήση βλάστησης. Οι κατάλληλες θέσεις φύτευσης φυλλοβόλων δέντρων, η επένδυση στα κατακόρυφα στοιχεία με αναρριχώμενα φυτά και η φύτευση δωματίων, διακόπτουν τον ηλιασμό του κτιρίου τους καλοκαιρινούς μήνες. Τα φυλλοβόλα δέντρα παρέχουν σταδιακή ηλιοπροστασία από την άνοιξη ως και το φθινόπωρο, ενώ το χειμώνα αφήνουν τις ωφέλιμες ηλιακές ακτίνες να εισχωρούν στο κτίριο και έτσι αποτελούν ιδανική λύση για νότιο προσανατολισμό. Ιδιαίτερα ωφέλιμη είναι η σκίαση που παρέχουν τα δέντρα (είτε αειθαλή είτε φυλλοβόλα) σε ανοίγματα με ανατολικό ή/και δυτικό προσανατολισμό.

Ένα άλλο πλεονέκτημα της βλάστησης είναι ότι έχει την ιδιότητα να παρέχει δροσισμό από την εξάτμιση μέσω των φυλλωμάτων και συχνά, να εμποδίζει ή να κατευθύνει τους ανέμους προς ή από το κτίριο, συντελώντας έτσι στο φυσικό δροσισμό ή τη θερμική προστασία του. Τέλος, η βλάστηση συντελεί στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος με αποτέλεσμα να περιορίζεται η θερμική επιβάρυνση του κτιρίου κατά τις θερμές περιόδους, αλλά και να δημιουργείται ευχάριστη ατμόσφαιρα για την παραμονή των ενοίκων εκτός του κτιρίου για μεγάλες περιόδους του χρόνου (Εικ. 2.5).



Εικ. 2.5 Σκίαση με βλάστηση, Πηγή: www.sites.google.com

2.6 Φυσικός φωτισμός Κτιρίου

Ο φυσικός φωτισμός αποτελείται από το άμεσο ηλιακό φως (φως που προέρχεται απ' ευθείας απ' τον ήλιο), το διάχυτο φως που προέρχεται από την διάχυση ηλιακού φωτός στην ατμόσφαιρα και τέλος το ανακλώμενο φως που προκύπτει μέσω της ανάκλασης από το έδαφος ή άλλες επιφάνειες.

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
- φωταγωγοί.

Μέσω του σωστού σχεδιασμού των συστημάτων φυσικού φωτισμού στοχεύεται η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεων σε φωτισμό από το φυσικό φως, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου, η επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτίρια και η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας.

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού προς όφελος του κτιρίου γίνεται μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών. Ζήτημα είναι να εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους επαρκής ποσότητα (στάθμη φωτισμού) αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν φαινόμενο «θάμβωσης». Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ανακλαστικότητα).

Για τη βελτιστοποίηση των συστημάτων φωτισμού απαιτείται να εξετασθούν οι εξής παράγοντες:

- **Η γεωμετρία των εσωτερικών χώρων:** Η κατασκευή χώρων με μεγάλο βάθος από το κέλυφος του κτιρίου πρέπει να αποφεύγεται ενώ πρέπει να επιδιώκεται η μεγιστοποίηση της επιφάνειας των χώρων με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του βάθους.

- **Η γεωμετρία και η τοποθέτηση των ανοιγμάτων:** Σημαντικές παράμετροι για την επίτευξη βέλτιστων συνθηκών φυσικού φωτισμού είναι το συνολικό ύψος και πλάτος των ανοιγμάτων. Τα ανοίγματα μεγάλου πλάτους έχουν ως αποτέλεσμα την ομοιογενή κατανομή της φωτεινότητας καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αντίθετα, τα ανοίγματα μεγάλου ύψους προκαλούν χωρική κατανομή της φωτεινότητας, οδηγώντας έτσι σε ένα φωτεινό περιβάλλον το οποίο μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Με αυτόν τον τύπο ανοιγμάτων είναι δυνατή βαθύτερη διείσδυση του φωτός και επιπλέον προσφέρεται μεγαλύτερη δυνατότητα για φυσικό αερισμό, από την άλλη όμως προκαλεί μεγαλύτερη θάμβωση. Η τοποθέτηση ενός ανοίγματος στο μέσο του τοίχου οδηγεί σε καλή κατανομή του φωτισμού, ενώ ένα γωνιακό παράθυρο προκαλεί λιγότερη θάμβωση.
- **Η ανακλαστικότητα των εσωτερικών επιφανειών:** Όσο μεγαλύτερη είναι η ανακλαστικότητα, τόσο περισσότερη είναι η διείσδυση του φυσικού φωτός και η ομοιογενής του κατανομή στο χώρο.
- **Το μέγεθος και ο τύπος των γειτονικών κτιρίων ή λοιπών ψηλών εμποδίων:** Λόγω των εμποδίων αποκόπτεται το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας και επηρεάζεται το φως που ανακλάται μέσα στους χώρους. Γι' αυτό το λόγο η διαθεσιμότητα του φυσικού φωτισμού σε πυκνό αστικό περιβάλλον είναι περιορισμένη.
- **Ο τύπος του ουρανού και ο προσανατολισμός των στοιχείων που εισάγουν φως στο κτίριο:** Ο αίθριος ουρανός παρέχει φως ικανό να υπερτονίσει και την παραμικρή λεπτομέρεια του κτιρίου, αντιθέτως πιο ήπιες και σκιώδεις κατανομές φυσικού φωτισμού δημιουργούνται από ένα νεφοσκεπή ουρανό .

Οι βασικότερες τεχνικές φυσικού φωτισμού είναι:

- Κατακόρυφα ανοίγματα (παράθυρα-φεγγίτες) κατάλληλων γεωμετρικών διαστάσεων
- Ανοίγματα οροφής
- Αίθρια
- Φωταγωγοί
- Ειδικό Υαλοπίνακες
- Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά
- Διαφανή μονωτικά υλικά
- Ράφια φωτισμού-ανακλαστήρες, περσίδες
- Σκίαστρα

Ο **τεχνητός** φωτισμός αποτελεί σημαντική πηγή κατανάλωσης ενέργειας. Επιπλέον ένα ποσοστό του φορτίου φωτισμού, ανάλογα με τον τύπο των λαμπτήρων, μετατρέπεται σε θερμότητα που επηρεάζει το θερμικό και ψυκτικό φορτίο του κτιρίου. Σημαντικό βήμα είναι να γίνεται επιλογή λαμπτήρων υψηλής ενεργειακής απόδοσης και χαμηλής κατανάλωσης, παραδείγματος χάριν οι λάμπες LED υπόσχονται μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.

2.7 Φυσικός Δροσισμός-Αερισμός

Η χρήση συμβατικών κλιματιστικών συσκευών καταναλώνει μεγάλα ποσά ενέργειας και επιπλέον έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως είναι η έκλυση χλωροφθορανθράκων στην ατμόσφαιρα που έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση του ατμοσφαιρικού όζοντος και τη μείωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα στα κτίρια. Εναλλακτικές τεχνικές παθητικού δροσισμού παρουσιάζουν μεγάλη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια και έχουν ήδη διεισδύσει σημαντικά στην ενεργειακή διαχείριση των κτιρίων.

Ο φυσικός δροσισμός αποτελεί εναλλακτική πρακτική για την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης στα κτίρια, ακολουθεί στρατηγικές οι οποίες αποσκοπούν στην αποτροπή υπερθέρμανσης κτιρίου. Η **προστασία** του κτιρίου, ιδιαίτερα των ανοιγμάτων του, από την πρόσπτωση της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας είναι το πρωταρχικό βήμα για την επίτευξη της θερμικής άνεσης. Το επόμενο βήμα είναι η **απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας** από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

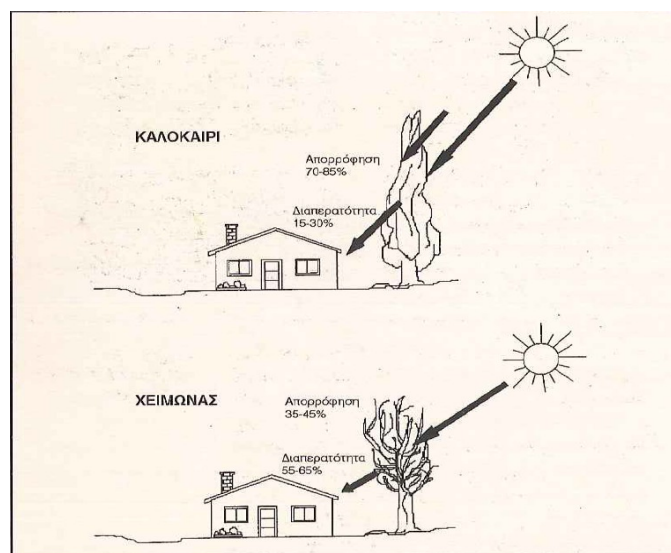
Με το φυσικό δροσισμό επιτυγχάνονται τα εξής:

- Απομακρύνεται η θερμότητα από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες το επιτρέπουν.
- Απομακρύνεται η αποθηκευμένη θερμότητα από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου (όταν αυτά αποτελούνται από επαρκή θερμική μάζα
- Απομακρύνεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου, ακόμα και σε σχετικά ψηλές θερμοκρασίες.¹⁴

Οι τεχνικές και σχεδιαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου, οι οποίες συμβάλλουν στον φυσικό του δροσισμό, είναι οι ακόλουθες:

- **Ηλιοπροστασία** του κτιρίου από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία και κυρίως σκίαση των ανοιγμάτων του, έτσι ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου.

- **Χρώμα και υφή των εξωτερικών επιφανειών** βοηθούν στη ρύθμιση της θερμοκρασίας της εξωτερικής επιφάνειας και κατ' επέκταση της εσωτερικής θερμοκρασίας, διότι καθορίζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται, την ποσότητα της θερμότητας που αποβάλλεται το βράδυ προς την ατμόσφαιρα. Η υφή των εξωτερικών επιφανειών (αδρή ή λεία) επηρεάζει την ανακλαστική τους ικανότητα και κατά συνέπεια την απορρόφηση ή μη της θερμότητας.
- **Θερμομόνωση του κελύφους του κτιρίου** μειώνει το ψυκτικό του φορτίο.
- **Φυσικός αερισμός του εσωτερικού χώρου.**
- **Διαμόρφωση μικροκλίματος** της περιοχής μέσω της τροποποίησης των συνθηκών του άμεσου εξωτερικού περιβάλλοντος του κτηρίου, με τη χρήση βλάστησης, υδάτινων επιφανειών και κατάλληλων υλικών επίστρωσης δαπέδων (ψυχρών υλικών, υδατοδιαπερατών υλικών κλπ). Η βλάστηση μέσω της εξατμισοδιαπνοής απορροφά θερμότητα από τον αέρα και τα φύλλα έχουν την ιδιότητα να απορροφούν μεγαλύτερα ποσά θερμότητας από αυτά που εκπέμπουν. Η θερμοκρασία του αέρα σε περιοχές με πυκνή βλάστηση τη νύχτα είναι μεγαλύτερη και τη ημέρα μικρότερη λόγω του ότι μέρος της άμεσης ακτινοβολίας εμποδίζεται από το να φτάσει στο έδαφος. Όσον αφορά τις υδάτινες επιφάνειες τροποποιούν το μικροκλίμα διότι μέσω της εξάτμισης του νερού απορροφάται θερμότητα από τον αέρα και ο θερμός αέρα ψύχεται κατά την επαφή με την ψυχρότερη επιφάνεια του νερού. Μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα σε υγρά κλίματα καθώς αυξάνουν την υγρασία του αέρα ενώ είναι πολύ ευεργετικές σε ξηρά κλίματα (Εικ.2.6).

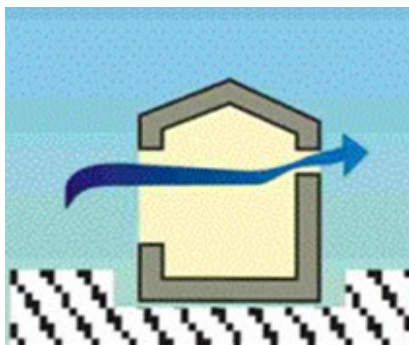


Εικ. 2.6 Πηγή: ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ

Ο **φυσικός αερισμός** είναι η σημαντικότερη τεχνική του φυσικού δροσισμού, πραγματοποιείται με τη διείσδυση του εξωτερικού αέρα μέσω των ανοιγμάτων και των ρωγμών που υπάρχουν στο κέλυφος του κτιρίου στο εσωτερικό του. Ο φυσικός αερισμός των κτιρίων έχει τη δυνατότητα να εξοικονομήσει μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας διότι μπορεί να αντικαταστήσει ικανοποιητικά ένα κλιματιστικό σύστημα.

Ο φυσικός αερισμός, ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται μπορεί να είναι:

- **Διαμπερής:** Διαμπερής αερισμός επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων και εξαρτάται άμεσα από τη διαφορά των πιέσεων σε αυτά. Επηρεάζεται από την εξωτερική και εσωτερική επιφάνεια και τη σχετική θέση των ανοιγμάτων, την εξωτερική και εσωτερική διαρρύθμιση του κτιρίου σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους, τη θέση του κτιρίου σε σχέση με τον πολεοδομικό ιστό, την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου και τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο εσωτερικό και στο εξωτερικό περιβάλλον (Εικ.2.7).



Εικ. 2.7 Διαμπερής αερισμός, Πηγή: www.cres.gr

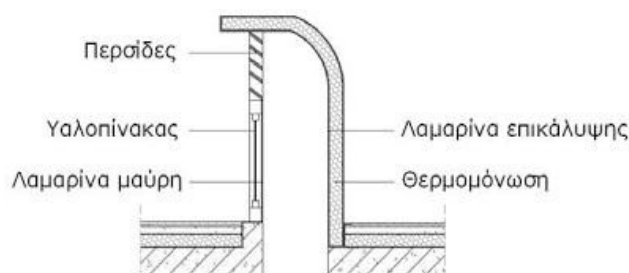
Ο νυχτερινός διαμπερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες, κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός. Όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων ακτινοβολούν θερμότητα προς τον ουρανό, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας το καλοκαίρι. Όσο πιο καθαρός είναι ο ουρανός τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα της εκπεμπόμενης θερμικής ακτινοβολίας. Ο νυχτερινός αερισμός συνεισφέρει και στην αποθήκευση «δροσιάς» στη θερμική μάζα του κτιρίου, σαρώνοντας τις επιφάνειες του κτιρίου με δροσερό αέρα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη επιβάρυνση του κτιρίου κατά την επόμενη μέρα.

- **Κατακόρυφος** (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού) : Η καμινάδα αερισμού λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, καθώς ο θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω και έτσι δημιουργείται ρεύμα στο εσωτερικό των χώρων, μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτιρίου. Η λειτουργία της καμινάδας αερισμού γίνεται σε συνδυασμό με κατάλληλα ανοίγματα του κτιρίου. Όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτίριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα (Εικ2.8).



Εικ.2.8 Κατακόρυφος αερισμός, Πηγή: www.cres.gr

- **Κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα:** Μια τέτοια ηλιακή καμινάδα φέρει στο νότιο η νοτιοδυτικό τμήμα της υαλοπίνακα και περσίδες στο άνω μέρος της. Στο ανώτατο σημείο της καμινάδας είναι τοποθετημένη θυρίδα αερισμού η οποία συμβάλει στην συνεχή κίνηση και ανανέωση του αέρα, όπου σαν αποτέλεσμα το φυσικό δροσισμό του χώρου. Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi, μέσω της θέρμανσης της θυρίδας αερισμό από τον ήλιο προκαλείται ανωστική ροή του εσωτερικού αέρα. Συμβάλλει αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους, συνιστάται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τη θερινή περίοδο (Εικ.2.9).



Εικ.2.9 Τομή ηλιακής καμινάδας.
Πηγή: sites.google.com

2.8 Παθητικά ηλιακά συστήματα και τεχνικές

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά του βιοκλιματικού σχεδιασμού, εκμεταλλεύονται φυσικές πηγές ενέργειας όπως ο ήλιος, ο άνεμος, το νερό, η βλάστηση για να καλύψουν τις ανάγκες θέρμανσης ή ψύξης των κτιρίων χωρίς τη χρήση μηχανικών μέσων. Πρόκειται για απλές κατασκευές ενσωματωμένες στο κέλυφος του κτιρίου κατασκευασμένες από κοινά οικοδομικά υλικά.

Η θέρμανση των κτιρίων με παθητικά ηλιακά συστήματα βασίζεται πάνω:

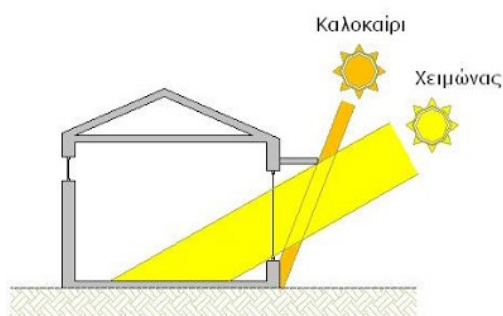
- Στη συλλογή και μετατροπή της ηλιακής ενέργειας
- Στην αποθήκευση της θερμικής ενέργειας
- Στη διατήρηση της θερμότητας στο κτίριο
- Στη διανομή της θερμότητας

Επιπλέον όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα απαιτούν το κτίριο να έχει νότιο προσανατολισμό με απόκλιση $\pm 25^\circ$, ώστε να υπάρχει ηλιακή πρόπτωση κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας το χειμώνα, να είναι σχεδιασμένο με βάση ενεργειακά κριτήρια και το κέλυφος του κτιρίου θα πρέπει να πληροί τις προϋποθέσεις όσο αναφορά τη θερμομόνωση και τη θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία αποθηκεύει και αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο με χρονική καθυστέρηση εξυπηρετώντας έτσι καλύτερα τις θερμικές απαιτήσεις του κτιρίου μέσα στο εικοσιτετράωρο. Τέλος θα πρέπει τη θερινή περίοδο να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία και δυνατότητα αερισμού.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης διακρίνονται σε συστήματα άμεσου ή έμμεσου ηλιακού κέρδους.

Τα συνηθέστερα παθητικά συστήματα είναι:

- **Σύστημα άμεσου κέρδους (Νότιο υαλοστάσιο):** Ως σύστημα άμεσου κέρδους ορίζεται το σύστημα το οποίο αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια, η οποία συλλέγεται από ανοίγματα κατάλληλου προσανατολισμού για θέρμανση των χώρων. Αποτελείται από τα ανοίγματα, κατάλληλα τοποθετημένα και διαστασιολογημένα, την απαιτούμενη θερμική μάζα (χρήση υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας), την κατάλληλη θερμική προστασία (μόνωση του περιβλήματος, διπλοί υαλοπίνακες, νυκτερινή μόνωση), αλλά και την απαιτούμενη ηλιοπροστασία κατά τους θερινούς μήνες. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της προκύπτουσας θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από το γυαλί, μέρος της αποθηκεύεται στη μάζα του κτιρίου (τοίχοι, δάπεδα, οροφές, όταν αυτά έχουν επαρκή θερμοχωρητικότητα) και αποδίδεται στο χώρο με χρονική υστέρηση (Εικ. 2.10).



Εικ. 2.10 Αρχή λειτουργίας παθητικού ηλιακού συστήματος άμεσου κέρδους
Πηγή: www.sites.google.com

- **Συστήματα έμμεσου κέρδους-Ηλιακοί τοίχοι:** Συστήματα έμμεσου κέρδους είναι τα παθητικά ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, προσαρτώμενα σε νότιες όψεις κτιρίων, και την αποδίδουν με έμμεσο τρόπο στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, μέσω είτε δομικών στοιχείων είτε ανοιγμάτων διαφόρων ειδών (θυρίδων, αγωγών, κ.ά.). Οι ηλιακοί τοίχοι αποτελούνται από τοιχοποιίες μονωμένες ή αμόνωτες μεγάλης όμως θερμικής μάζας με υαλοστάσιο σταθερό ή ανοιγόμενο και μπορεί να φέρει μονούς ή διπλούς υαλοπίνακες, τοποθετημένο εξωτερικά, σε απόσταση 5-15 cm. Οι ηλιακοί τοίχοι συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και τη μεταδίδουν σε μορφή θερμότητας στους χώρους, προκύπτει ότι μπορούν να συνεισφέρουν σε εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση κατοικιών σε ποσοστό 10-40%.

A) Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης (έμμεσου κέρδους):

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης αποτελούνται από τοίχο κατασκευασμένο από υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας όπως σκυρόδεμα, πέτρα, συμπαγή τούβλα, ή δοχεία που περιέχουν νερό ή άλλο υλικό (υλικό αλλαγής φάσης). Η εξωτερική τους επιφάνεια είναι σκούρου χρώματος για αύξηση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απορροφώμενη ακτινοβολία μεταδίδεται με αγωγή, ακτινοβολία και συναγωγή (μεταφορά μέσω του αέρα) στον εσωτερικό χώρο.

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης μπορεί να είναι:

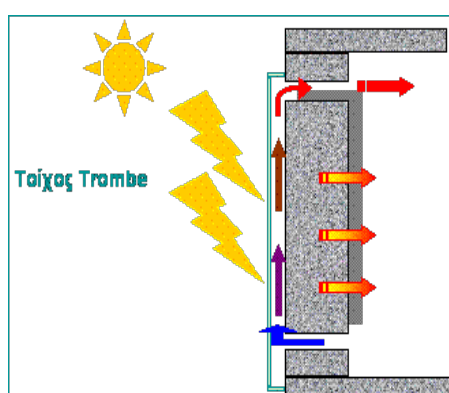
- απλοί τοίχοι μάζας (μη θερμοσιφωνικής ροής, χωρίς θυρίδες) είτε συμπαγής, είτε αποτελούμενοι από δοχεία που περιέχουν νερό ή υλικά αλλαγής φάσης.
- τοίχοι μάζας Trombe-Michel (θερμοσιφωνικής ροής, με θυρίδες στο πάνω και κάτω μέρος τους) {Εικ.2.11}.

Οι θυρίδες του τοίχου βρίσκονται στο άνω και κάτω μέρος του και παραμένουν ανοικτές κατά τη διάρκεια της ημέρας το χειμώνα. Με αυτόν τον τρόπο μέρος της θερμικής ενέργειας που συσσωρεύεται στο διάκενο (μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου) μεταφέρεται με φυσική κυκλοφορία του αέρα από τις θυρίδες στο επάνω μέρος του τοίχου στον εσωτερικό χώρο. Αντίστοιχα, ο ψυχρός αέρας του χώρου μεταφέρεται μέσω των θυρίδων στο κάτω μέρος του τοίχου στο διάκενο, όπου και θερμαίνεται και ανέρχεται, δημιουργώντας συνεχή ροή θερμότητας προς το χώρο. Κατά τη διάρκεια της νύκτας και τις νεφοσκεπείς ημέρες οι θυρίδες στο επάνω μέρος του τοίχου μπορούν να

παραμένουν κλειστές, ώστε να εμποδίζεται η αντίστροφη κίνηση του θερμού αέρα από το χώρο προς την εξωτερική ψυχρή επιφάνεια του υαλοπίνακα.

Για όλους τους τοίχους θερμικής αποθήκευσης απαιτείται ηλιοπροστασία της συλλεκτικής επιφάνειας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού με κινητά εξωτερικά πετάσματα. Παράλληλα, συνιστάται κατά τη διάρκεια της νύχτας να ανοίγουν τμήματα του υαλοστασίου, ώστε ο αέρας που βρίσκεται στο διάκενο, να κατευθύνεται προς το εξωτερικό περιβάλλον, παρασύροντας και τον αέρα του εσωτερικού χώρου.

Στις περιοχές όπου παρατηρούνται χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη χειμερινή περίοδο συνιστώνται διπλοί υαλοπίνακες στο υαλοστάσιο καθώς και νυχτερινή προστασία με κινητά θερμομονωτικά εσωτερικά (στο διάκενο) ή εξωτερικά πετάσματα.



Εικ. 2.11 Λειτουργία τοίχου Trombe, Πηγή: www.cres.gr

B) Θερμοσιφωνικό πάνελο (απομονωμένου κέρδους)

Αποτελεί σύστημα παρόμοιας κατασκευής και λειτουργίας με τον τοίχο Trombe - Michel, χωρίς την ύπαρξη και λειτουργία της θερμικής μάζας. Η βασική διαφορά από τον τοίχο μάζας θερμοσιφωνικής ροής είναι ότι ο τοίχος του πανέλου απομονώνεται θερμικά από το διάκενο με χρήση θερμομόνωσης και η μεταφορά θερμότητας γίνεται μόνο με συναγωγή (μεταφορά) από τον αέρα του διακένου, ο οποίος μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω των θυρίδων ή αγωγών.

Το θερμοσιφωνικό πάνελο συνήθως φέρει στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου προς το διάκενο μεταλλική απορροφητική πλάκα για μεγαλύτερη απόδοση.

Κατά τη χειμερινή περίοδο, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο συλλέκτη μετατρέπεται σε θερμική και μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω θυρίδων στο άνω τμήμα του πανέλου. Θυρίδες στο κατώτερο τμήμα επιτρέπουν την εισροή αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου στο διάκενο του θερμοσιφωνικού πανέλου. Κατά τη θερινή περίοδο, η λειτουργία του αντιστρέφεται. Ανοίγματα στο άνω τμήμα του υαλοστασίου επιτρέπουν την κίνηση του θερμού αέρα προς τον εξωτερικό χώρο με αποτέλεσμα το δροσισμό του κτιρίου.

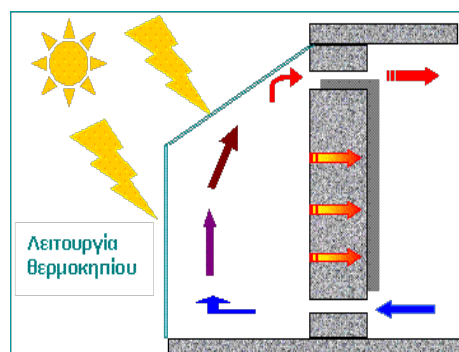
Γ) Ηλιακός χώρος (θερμοκήπιο)

Ο ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο είναι ο συνδυασμός παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους και τοίχου θερμικής αποθήκευσης, είναι χώρος κλειστός, μη θερμαινόμενος και προσαρτημένος στο κτίριο, με μεγάλη γυάλινη επιφάνεια σε ευνοϊκό νότιο προσανατολισμό για τη δέσμευση ηλιακής ακτινοβολίας. Συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην εξασφάλιση συνθηκών άνεσης, βοηθά στην ανάπτυξη των φυτών και προσφέρει χρήσιμο χώρο στους ενοίκους.

Για να μπορέσει να λειτουργήσει αποτελεσματικά απαιτούνται τα εξής:

- Νότιος προσανατολισμός $\pm 30^\circ$ N
- Θυρίδες ή και άλλα ανοίγματα προς το εσωτερικό του κτιρίου
- Σύστημα σκιασμού και αερισμού

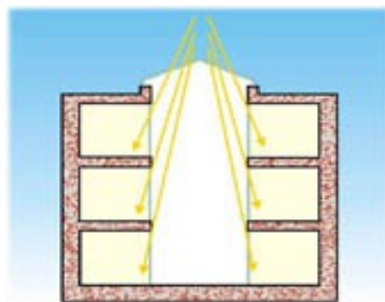
Λειτουργεί ως εξής, η ηλιακή ακτινοβολία διέρχεται από τα νότια ηλιοστάσια μετατρέπεται σε θερμική και διανέμεται μέσω των ανοιγμάτων ή θυριδών στο χώρο, ένα μέρος της θερμότητας αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του χώρου και αποδίδεται με χρονική καθυστέρηση (Εικ.2.12). Για τη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο, συνιστάται η νυχτερινή προστασία του υαλοστασίου με θερμομονωτικά εσωτερικά πετάσματα, εκτός και αν το τμήμα του κτιριακού κελύφους που έρχεται σε επαφή, είναι θερμομονωμένο. Για τη θερινή περίοδο, προς αποφυγή της υπερθέρμανσης, απαιτείται σκιασμός της γυάλινης επιφάνειας του θερμοκηπίου, με εξωτερικά - κατά προτίμηση - κινητά σκίαστρα, με σταθερά στέγαστρα, ή με φυλλοβόλο βλάστηση.



Εικ. 2.12 Λειτουργία θερμοκηπίου, Πηγή: www.cres.gr

Δ) Ηλιακό αίθριο

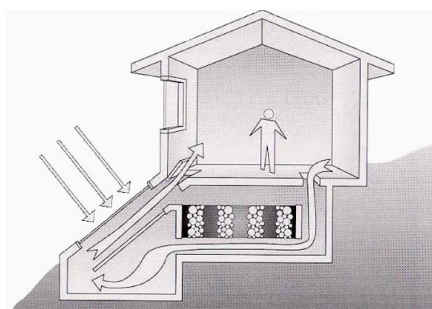
Τα ηλιακά αίθρια στα κτίρια αποτελούν χώρους οι οποίοι επικαλύπτονται με υαλοστάσια και αποτελούν ένα άλλο σύστημα έμμεσου ηλιακού κέρδους. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από το γυάλινο στοιχείο της οροφής, συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο και μέρος της μεταφέρεται στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, ενώ μέρος της αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Κατά τη χειμερινή περίοδο το ηλιακό αίθριο λειτουργεί και ως χώρος θερμικής ανάσχεσης. Κατά τη θερινή περίοδο όμως, για την αποφυγή υπερθέρμανσης, απαιτείται αερισμός του αιθρίου μέσω ανοιγμάτων στη γυάλινη οροφή καθώς και πλήρης σκιασμός (Εικ.2.12).



Εικ. 2.12 Ηλιακό αίθριο, Πηγή: www.cres.gr

Ε) Θερμοσιφωνικό πανέλο (εκτός του κτιριακού περιβλήματος)

Το απομονωμένο θερμοσιφωνικό πανέλο λειτουργεί όπως και το θερμοσιφωνικό πανέλο που είναι προσαρτημένο στη όψη του κτιρίου, βρίσκεται όμως εκτός του κτιριακού περιβλήματος. Αποτελείται από υαλοπίνακα, διάκενο αέρα και μεταλλική σκουρόχρωμη επιφάνεια, που φέρει μόνωση εξωτερικά. Τοποθετείται εν γένει χαμηλότερα από τους κύριους χώρους του κτιρίου με κλίση 40° περίπου. Η θερμότητα που συλλέγεται στο διάκενο αέρα, μεταφέρεται μέσω αγωγών με θερμοσιφωνική ροή είτε απ' ευθείας στους χώρους του κτιρίου, είτε σε αποθήκη θερμότητας (rock bed) απ' όπου αποδίδεται σταδιακά στους χώρους (Εικ.2.13).



Εικ. 2.13 Θερμοσιφωνικό πανέλο, Πηγή: www.cres.gr

2.8.1 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα

Ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι απλής τεχνολογίας μηχανολογικά συστήματα τα οποία συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, τη μετατρέπουν σε θερμότητα, την αποθηκεύουν και τη μεταφέρουν μέσω ρευστών όπως το νερό και ο αέρας συστημάτων.

Χρησιμοποιούνται κυρίως για τη παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για θέρμανση νερού σε πισίνες, για θέρμανση και ψύξη χώρων, για βιομηχανικές διεργασίες, για αφαλάτωση, για διάφορες βιομηχανικές διεργασίες .

Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες οι οποίοι είναι μαύροι και έχουν συνήθως μεταλλική επιφάνεια οι οποίοι απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και θερμαίνεται, πάνω από την απορροφητική επιφάνεια βρίσκεται ένα διαφανές κάλυμμα (συνήθως από γυαλί ή πλαστικό) που παγιδεύει τη θερμότητα (φαινόμενο θερμοκηπίου).

Σε επαφή με την απορροφητική επιφάνεια τοποθετούνται λεπτοί σωλήνες μέσα στους οποίους διοχετεύεται κάποιο υγρό, που παράγει την θερμότητα και τη μεταφέρει, με τη βοήθεια μικρών αντλιών (κυκλοφορητές), σε μια μεμονωμένη δεξαμενή αποθήκευσης. Το πιο απλό και διαδεδομένο σήμερα ενεργητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού είναι ο ηλιακός θερμοσίφοντας. Τοποθετούνται συνήθως στις οροφές των κτιρίων με νότιο προσανατολισμό και κλίση 30° - 60° προς τον ορίζοντα ώστε να μεγιστοποιηθεί το ποσό της ακτινοβολίας που συλλέγεται ετησίως.

2.8.2 Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β) μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου, δηλαδή την άμεση μετατροπή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτό οφείλεται στην ιδιότητα κάποιων υλικών, όπως το πυρίτιο, να λειτουργούν σαν ημιαγωγοί, έχουν δηλαδή τη δυνατότητα να δημιουργούν διαφορά δυναμικού όταν φωτίζονται και κατά συνέπεια να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Η μέγιστη απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων (Φ/Β), ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους κυμαίνεται από 7% (ηλιακά στοιχεία άμορφου πυριτίου) έως 12-15% (ηλιακά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου), η επιλογή του είδους φωτοβολταϊκού είναι συνάρτηση των ενεργειακών αναγκών, της οικονομικής δυνατότητας και του διαθέσιμου χώρου. Το σημαντικό είναι ότι η ενέργεια που παράγεται με αυτό τον τρόπο, μπορεί να αποθηκευτεί σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές (μπαταρίες) με αποτέλεσμα να υπάρχει ανεξάντλητη, ανανεώσιμη, φθηνή και κυρίως "καθαρή" ενέργεια. Μπορούν να τοποθετηθούν σε οικόπεδα, στέγες ή σε προσόψεις κτιρίων με κλίση προς το Νότο με κλίση 30° σε χώρο ασκίαστο καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να είναι:

-**Αυτόνομη**, δηλαδή ανεξάρτητη από το δίκτυο της ΔΕΗ, καλύπτει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου και μόνη προϋπόθεση είναι να διαθέτει μονάδα αποθήκευσης και διαχείρισης ενέργειας.

-**Διασυνδεδεμένο σύστημα**, δηλαδή σε συνεργασία με το δίκτυο της ΔΕΗ, στην περίπτωση αυτή καταναλώνεται ρεύμα από το δίκτυο της ΔΕΗ όταν η παραγωγή του φωτοβολταϊκού συστήματος δεν επαρκεί και δίνει ρεύμα στο δίκτυο όταν η παραγωγή υπερκαλύπτει τις ανάγκες.

2.9 ΑΠΕ στα κτίρια

Σημαντικό στάδιο στον σχεδιασμό ενός ενεργειακού κτιρίου είναι η ενσωμάτωση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) όπως ο ήλιος, ο άνεμος, η γεωθερμία, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες λόγω του ότι αναπληρώνονται μέσω των φυσικών κύκλων, επιπλέον η παραγωγή τους δεν επιβαρύνει αρνητικά το περιβάλλον σε αντίθεση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας όπως το πετρέλαιο, η βενζίνη και ο άνθρακας.

Οι μορφές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι:

- Η **ηλιακή ενέργεια** η οποία αξιοποιείται με τα : Παθητικά ηλιακά συστήματα, Ενεργητικά ηλιακά συστήματα, Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα όπου προαναφέρθηκαν οι δυνατότητες τους.
- Η **αιολική ενέργεια** η οποία αξιοποιείται με την χρήση ανεμογεννητριών, οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Η ανεμογεννήτρια θα πρέπει να είναι ψηλότερη από τα γύρω εμπόδια όπως κτίρια, δέντρα κ.α.
- **Βιομάζα** ορίζεται η ύλη που έχει οργανική προέλευση και παράγει ενέργεια κατά τη καύση του. Πιο συγκεκριμένα συμπεριλαμβάνονται: φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα(αυτοφυή φυτά, δάση) είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες γεωργικών και δασικών ειδών (καλλιέργειες με σκοπό την παραγωγή βιομάζας). Υποπροϊόντα και κατάλοιπα φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής(άχυρα, πριονίδια, κλαδοδέματα, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια, φύκη, κοπριά, άχρηστα αλιεύματα) και υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών. Καθώς επίσης βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών. Η κύριες χρήσεις της βιομάζας στα κτίρια είναι η θέρμανση κτιρίων με συστήματα καύσης όπως τζάκια, σόμπες και συστήματα κεντρικής θέρμανσης τα οποία καταναλώνουν διάφορα είδη βιομάζας (καυσόξυλα, πέλετς, ελαιοπυρηνόξυλο) και η **τηλεθέρμανση** όπου ένας κεντρικός σταθμός παραγωγής θερμότητας προμηθεύει, μέσω προ-μονωμένου δικτύου αγωγών, θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων.
- Η **Γεωθερμία** είναι μία ήπια και ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, υπάρχει στο εσωτερικό της γης και αξιοποιείται μέσω των γεωθερμικών ρευστών. Η μέθοδος εφαρμογής της γεωθερμίας στα κτίρια είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του διαθέσιμου ρευστού. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150 °C) η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σε περίπτωση που η θερμοκρασία των ρευστών είναι χαμηλότερη αξιοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών, θερμοκηπίων, κτηνοτροφικών μονάδων, ιχθυοκαλλιεργειών κ.λπ.
- Η **Υδραυλική ενέργεια** ονομάζεται η ενέργεια του νερού, μια παραδοσιακή πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια από τον άνθρωπο. Το νερό πέφτοντας από ύψος ή ρέοντας με μεγάλη ταχύτητα μπορεί να περιστρέφει τροχούς με πτερύγια (υδροστροβίλους). Η περιστροφή αυτή αξιοποιείται παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς.

Κεφάλαιο 3: Θερμομόνωση στα κτίρια

3.1 Ο ορισμός της μόνωσης



Πηγή: www.trakadas.gr

Ως **μόνωση** ορίζεται η απομόνωση ενός χώρου από υγρά, θερμότητα ή ψύχος, από τον ήχο, κ.α. Επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης κατάλληλων υλικών με θερμομονωτικές, ηχομονωτικές ή στεγανοποιητικές ιδιότητες.

Ο όρος **κτιριακή μόνωση** αναφέρεται ευρέως σε κάθε αντικείμενο και υλικό το οποίο χρησιμοποιείται μέσα στο κτίριο και εξυπηρετεί σκοπούς μόνωσης. Χρήσης τέτοιων υλικών αποσκοπεί κυρίως σε θερμομόνωση τμημάτων του κτιρίου, αλλά ο όρος δεν παύει να αναφέρεται και σε ηχομόνωση, πυροπροστασία, κρουστική μόνωση (εφαρμογές βιομηχανίας). Πολλές φορές τα μονωτικά υλικά επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε να πραγματοποιούν παράλληλα πολλές από τις προαναφερθείσες λειτουργίες.

Ως **θερμομόνωση** τις κτιριακές κατασκευές ορίζεται το σύνολο των κατασκευαστικών μέτρων τα οποία λαμβάνονται για τη μείωση της μετάδοσης θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου στην ατμόσφαιρα ή μεταξύ εσωτερικών γειτονικών χώρων του κτιρίου διαφορετικής θερμοκρασίας, έχει σαν αποτέλεσμα των θερμική άνεση των χρηστών καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

3.2 Θερμική άνεση

Ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός ενός κτιρίου θα πρέπει να έχει ως στόχο τη βελτιστοποίηση των περιβαλλοντολογικών παραμέτρων στο εσωτερικό του, ώστε ο χρήστης να ζει σε πλήρη θερμική, οπτική και ακουστική άνεση σε ένα υγιεινό περιβάλλον. Οι εσωτερικοί χώροι πρέπει να καλύπτουν τις απαιτούμενες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, αερισμού, φωτισμού, χρωμάτων, ακουστικής και ποιότητας αέρα. Η επίτευξη των κατάλληλων συνθηκών άνεσης και η ταυτόχρονη διατήρηση της μικρότερης δυνατής κατανάλωσης ενέργειας είναι εξαιρετικά σημαντικές.

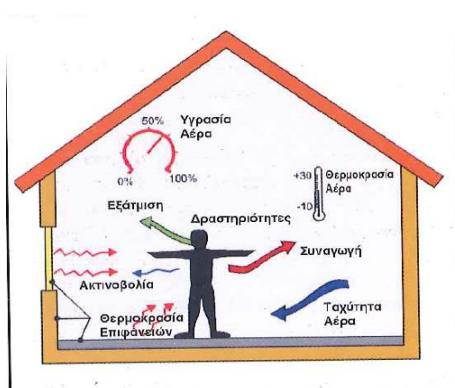
Άρα μία σωστά μελετημένη κατασκευή θα πρέπει να φροντίζει να υπάρχουν τόσο οι αποδεκτές συνθήκες διαβίωσης, όσο και η εξοικονόμηση ενέργειας.

Ως **θερμική άνεση** ορίζονται οι συνθήκες στις οποίες ευρισκόμενο ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή. Η λέξη άνεση εμπεριέχει ένα μεγάλο βαθμό παραγόντων που την ορίζουν κάθε φορά για κάθε άτομο γι' αυτό και είναι ένα υποκειμενικό συναίσθημα.

Ένας άλλος ορισμός προέρχεται από την Αμερικανική Επιστημονική Εταιρία Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning) όπου "ως θερμική άνεση ορίζεται μία πνευματική κατάσταση του μυαλού κατά την οποία το άτομο είναι ικανοποιημένο και δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή στο εσωτερικό του χώρου στον οποίο ζει ή εργάζεται".

Ο ανθρώπινος οργανισμός, έχει την ικανότητα να διατηρεί τη θερμοκρασία του σταθερή με την κατάλληλη ρύθμιση των λειτουργιών του (εφίδρωση, αυξομείωση καύσεων), σε κάποιες περιπτώσεις όμως οι λειτουργίες αυτές δεν είναι αρκετές για την διατήρηση της θερμικής του άνεσης και χρειάζονται υποστήριξη από θερμαντικά και κλιματιστικά συστήματα.

Για την επιστημονική αξιολόγηση της θερμικής άνεσης ορίστηκαν παράμετροι οι οποίες την επηρεάζουν (Εικ. 3.1):



Εικ. 3.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση
Πηγή: ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ

Φυσικές παράμετροι:

- Θερμοκρασία του αέρα [$^{\circ}\text{C}$]
- Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών [$^{\circ}\text{C}$]
- Η υγρασία και η σχετική υγρασία του αέρα [Pa]
- Η ταχύτητα του εσωτερικού αέρα [m/s]
- Χωροταξική κατανομή των παραπάνω μεγεθών
- Οι οσμές
- Το χρώμα των επιφανειών
- Τα επίπεδα φωτισμού και θορύβου

Βιολογικές παράμετροι:

- Η ηλικία των χρηστών των κτιρίων
- Το φύλο των χρηστών των κτιρίων
- Οι συνήθειες των χρηστών των κτιρίων

Εξωτερικές παράμετροι:

- Το είδος των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν μέρος στο κτίριο
- Ο τύπος ρουχισμού των χρηστών

Πλέον σημαντικές θεωρούνται οι θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία, η ταχύτητα του αέρα, η ατμοσφαιρική πίεση, ο ρουχισμός και το είδος των δραστηριοτήτων.

Η θερμική ισορροπία του σώματος είναι μια δυναμική κατάσταση μεταξύ της παραγόμενης θερμότητας (ως αποτέλεσμα του ανθρώπινου μεταβολισμού) και της θερμότητας που μεταδίδεται με μεταφορά, αγωγή, ακτινοβολία και εξάτμιση από ή προς το περιβάλλον.

Το θερμικό ισοζύγιο ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το περιβάλλον ρυθμίζεται από την παρακάτω σχέση:

- $QM = Q_{dif} + Q_{evap} + Q_{resp} + Q_r + Q_c$
Όπου:
- QM = η θερμότητα που παράγεται μέσω του μεταβολισμού
- Q_{dif} = η θερμότητα που διαχέεται μέσω του δέρματος
- Q_{evap} = η θερμότητα που απάγεται χάρη στην εξάτμιση του ιδρώτα
- Q_{resp} = η λανθάνουσα θερμότητα που απαιτείται για την εφίδρωση
- Q_r = οι απώλειες θερμότητας με ακτινοβολία από την εξωτερική επιφάνεια ενός ντυμένου ατόμου προς το περιβάλλον
- Q_c = μετάδοση θερμότητας με μεταφορά προς το περιβάλλον

Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο σωστός και συστηματικός αερισμός των χώρων, αφού έτσι επιτυγχάνεται η θερμική άνεση και διατηρούνται τα θεμιτά επίπεδα ποιότητας του αέρα στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, τα συστήματα αερισμού εισάγουν τις απαραίτητες ποσότητες φρέσκου αέρα, ρυθμίζοντας έτσι την ποιότητα, τη θερμοκρασία και την υγρασία του. Προσοχή πρέπει να δίνεται στη διανομή του αέρα στους χώρους καθώς η ταχύτητα επηρεάζει άμεσα τη θερμική άνεση, επιπλέον σε μεγάλα αστικά κέντρα που ο εξωτερικός αέρας είναι ρυπασμένος χρειάζεται καθαρισμός και φιλτράρισμα για λόγους υγιεινής.

3.3 Αντικείμενο και σημασία της Θερμομόνωσης

Οι θερμικές απώλειες προκαλούνται σε ένα κτίριο από τη μετάδοση της θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή/και αντίστροφα.

Σε δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας με διαφορετικές θερμοκρασίες υπάρχει μια συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο στο ψυχρότερο. Έτσι και το χειμώνα υπάρχει ανταλλαγή θερμότητας από το εσωτερικό (θερμότερο) του κτιρίου προς το εξωτερικό (ψυχρότερο), αντίστοιχα το καλοκαίρι από τον εξωτερικό θερμό αέρα προς το δροσερό εσωτερικό του κτιρίου.

Η ροή θερμότητας αυτή είναι αδύνατον να εμποδιστεί τελείως, μπορεί όμως να περιοριστεί ως προς την ένταση και τη διάρκεια της με την θερμομόνωση του κτιρίου. Με την θερμομόνωση των επιφανειών του κτιρίου που χωρίζουν περιοχές ή χώρους διαφορετικής θερμοκρασίας

(πχ. πατώματα, τοίχοι, κουφώματα, στέγες/ταράτσες) επιβραδύνεται η ταχύτητα της ανταλλαγής θερμότητας.

Σε παλαιότερες εποχές, η ανάγκη για θερμομόνωση δεν ήταν επιβεβλημένη. Οι παραδοσιακές πέτρινες κατασκευές διέθεταν τοίχους με μεγάλα πάχη μαζί τις ξύλινες στέγες και τα φυσικά υλικά εξασφάλιζαν στον εσωτερικό χώρο ενός κτιρίου τις συνθήκες εκείνες που θα έκανα τη διαβίωση σε αυτό ικανοποιητικά άνετη. Το κομμάτι της ψύξης του χώρου δεν ήταν πρόβλημα τις καλοκαιρινές περιόδους καθώς οι κατασκευές ήταν φυσικά δροσερές, τις χειμερινές περιόδους η καύση φθηνών καυσίμων όπως κάρβουνο και ξύλο σε τζάκια και σόμπες εξασφάλιζαν ικανοποιητικά τη θέρμανση των χώρων. Άλλωστε οι βαριές κατασκευές του περιβλήματος (τοίχοι, στέγες), η διάταξη των χώρων στην κάτοψη καθώς και η σύνθεση των όγκων του κτίσματος ρύθμιζαν καθοριστικά τη θερμομονωτική ικανότητα αλλά και τη ροή θερμότητας. Η ηλιακή ενέργεια έπαιζε και αυτή σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του μικροκλίματος. Τη νύχτα, η συσσωρευμένη αυτή θερμότητα επανεκπεμπούταν στους εσωτερικούς χώρους.

Με το πέρασμα του χρόνου οι κατασκευές έγιναν ελαφρότερες, πιο σύνθετες και λιγότερο ανθεκτικές στις καιρικές συνθήκες, έτσι τα διάφορα τεχνητά συστήματα ελέγχου του μικροκλίματος όπως η κεντρική θέρμανση και ο κλιματισμός ανέλαβαν την προστασία από τις θερμικές μεταβολές. Η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία τους δεν αποτελούσε πρόβλημα, μέχρι την Ενεργειακή Κρίση όπου οι ενεργειακές πηγές έπαψαν να είναι φθηνές και τότε άρχισε να συνειδητοποιείται η μεγάλη σημασία της θερμομόνωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας.

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

- Την υγιεινή, άνετη κι ευχάριστη διαβίωση χωρίς να διαταράσσεται το θερμικό ισοζύγιο του ανθρωπίνου σώματος και να και να προκαλούνται σοβαρές θερμικές αλληλοεπιδράσεις κρύου η ζεστής ανάμεσα σε αυτό και στο χώρο που περιβάλλει. Το θερμικό ισοζύγιο είναι αυτό που κυρίως καθορίζει το αίσθημα άνεσης του ανθρωπίνου οργανισμού.
- Την οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας με τον περιορισμό των θερμικών απωλειών των εσωτερικών χώρων.
- Τον περιορισμό του αρχικού κόστους κατασκευής και εγκαταστάτης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης η κλιματισμού.
- Την αποφυγή προβλημάτων που μπορεί να προκαλέσουν οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας όπως είναι η διάρρηξη των σωληνώσεων του νερού από τον παγετό η αποκόλληση κατασκευών από την επίδραση των υδρατμών κλπ.

- Την ταυτόχρονη προστασία από τους θορύβους αφού τα περισσότερα από τα θερμομονωτικά υλικά είναι τα ηχομονωτικά. Έτσι μια με μελέτη θερμομονώσεις θεωρείται απόλυτα σωστή όταν η θερμική και ηχητική μόνωση συνδυάζονται σε μια και μονή κατασκευή.
- Τη βελτίωση της προστασίας του περιβάλλοντος γενικότερα αφού ελαττώνοντας την ποσότητα των εκλυόμενων καυσαερίων μειώνεται αντίστοιχα η ρύπανση της ατμόσφαιρας.

3.4 Θερμικές απώλειες και η προέλευσή τους

Θερμικές απώλειες προκαλούνται σε ένα κτίριο από τη μετάδοση της θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους η/και αντίστροφα. Ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες προκαλείται συνεχής ροή θερμότητας, από το θερμότερο στο ψυχρότερο, η ροή θερμότητας είναι αδύνατο να εμποδιστεί μπορεί όμως να περιοριστεί με τον έλεγχο των θερμικών απωλειών.

Ένας κλειστός θερμαινόμενος χώρος μεταδίδει θερμότητα στο κοντινό, ψυχρότερο περιβάλλον του, επίσης θερμότητα μπορεί να διαφύγει από ατέλειες του κελύφους. Οι θερμικές απώλειες αντιμετωπίζονται με τη χρήση μόνωσης, αρκεί να εφαρμόζεται μετά από σωστή μελέτη και να εφαρμόζεται με βάση τις προδιαγραφές των υλικών κατασκευής του κτιρίου. Σημαντική προϋπόθεση με τον περιορισμό της αθέλητης διείσδυσης αέρα, είναι η συνεχής ανανέωση του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου, για την υγεία και υγιεινή διαβίωση των χρηστών.

Η μείωση των θερμικών απωλειών έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων που χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση τεχνητών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.

3.5 Θερμομόνωση και υγρασία

Η υγρασία στους χώρους καθορίζεται κατά κύριο λόγο από την απόλυτη υγρασία του εξωτερικού αέρα. Το καλοκαίρι επικρατεί υψηλή απόλυτη θερμοκρασία έξω, ενώ το χειμώνα η απόλυτη υγρασία είναι χαμηλή λόγω χαμηλών θερμοκρασιών. Όταν το χειμώνα θερμαίνονται οι χώροι, εμφανίζονται χαμηλές τιμές της σχετικής υγρασίας. Παράλληλα όμως στους εσωτερικούς χώρους παράγεται υγρασία από την αναπνοή των ενοίκων, από φυτά, λουτρό κλπ. Για το λόγο αυτό παρατηρούνται αυξημένες τιμές απόλυτης υγρασίας σε σύγκριση με αυτή του εξωτερικού αέρα. Η υγρασία αυξάνεται ανάλογα με τον όγκο του χώρου και μειώνεται ανάλογα με το ρυθμό εναλλαγής του αέρα.

Διάφορες λειτουργίες που λαμβάνουν χώρα καθημερινά σε μία κατοικία παράγουν τις παρακάτω ποσότητες υδρατμών:

- Αναπνοή: περίπου 50 g/h ανά άτομο
- Μαγείρεμα: περίπου 500 έως 1000 g/h (περίπου 1000-3000 g/ημέρα)
- Λουτρό: περίπου 1000 έως 3000 g/ημέρα

Η απόλυτη υγρασία σε ένα χώρο είναι παντού η ίδια για κάθε σημείο του χώρου, καθώς οι διαφορές συγκέντρωσης υδρατμών εξομοιώνονται γρήγορα λόγω της κίνησης του αέρα και της διάχυσης. Επειδή όμως μέσα σε ένα χώρο εμφανίζονται διαφορετικές θερμοκρασίες, επικρατούν στον ίδιο χώρο τελείως διαφορετικές σχετικές υγρασίες.

Εκεί όπου η θερμοκρασία είναι χαμηλή έχουμε υψηλή σχετική υγρασία, π.χ. σε εξωτερικό τοίχο πίσω από μία ντουλάπα, ενώ όπου η θερμοκρασία είναι υψηλή η σχετική υγρασία είναι χαμηλή, π.χ. κοντά σε μία θερμαντική επιφάνεια.

Η απόλυτη υγρασία του αέρα σε ένα χώρο δεν μπορεί ποτέ να είναι υψηλότερη από την τιμή εκείνη που αντιστοιχεί στην πίεση κορεσμού. Η θερμοκρασία που αντιστοιχεί στην πίεση κορεσμού ονομάζεται θερμοκρασία δρόσου. Στην περίπτωση που οι επιφάνειες ενός χώρου έχουν θερμοκρασία χαμηλότερη από τη θερμοκρασία δρόσου, τότε δημιουργείται σε αυτές συμπύκνωση. Αυτό σημαίνει ότι οι υδρατμοί που φτάνουν σε ένα κτιριακό σημείο ενδέχεται να συμπυκνωθούν εάν η θερμοκρασία του στοιχείου αυτού είναι χαμηλή, πράγμα που συμβαίνει κατά την ψυχρή περίοδο, όταν τα στοιχεία δεν είναι επαρκώς θερμομονωμένα. Τότε έχουμε συγκέντρωση νερού είτε σε εσωτερική επιφάνεια, για παράδειγμα στη συμβολή οροφής και τοίχου, σε περίπτωση θερμογέφυρας στο δοκάρι είτε στο εσωτερικό του κτιριακού στοιχείου, όπως στην περίπτωση τοιχοποιίας από σκυρόδεμα ή δρομική πλινθοδομή με εσωτερική θερμομόνωση, με σοβαρή πιθανότητα συμπύκνωσης υδρατμών μεταξύ θερμομονωτικού και φέροντος υλικού (διαπίδυση υδρατμών).

Συνήθως η υγρασία προέρχεται κύρια από το εσωτερικό του κτίριο, εφόσον στο εξωτερικό συνήθως λαμβάνεται μέριμνα για την ταχεία απομάκρυνση των υδρατμών.

Ένα ενδιαφέρον σημείο είναι η υγρασία των κτιριακών στοιχείων, η οποία σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από τη θερμομόνωση αλλά και άλλες ιδιότητες των υλικών, όπως υδατοπερατότητα, υγροσκοπικότητα και διάχυση των υδρατμών. Αυτή υποβαθμίζει τη θερμομονωτική ικανότητα των υλικών σε μεγάλο βαθμό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ένα σύστημα θέρμανσης να λειτουργεί για μεγάλο χρονικό διάστημα αποκλειστικά για να στεγνώσει τα κτιριακά στοιχεία.

3.6 Βασικές έννοιες της θερμομόνωσης

- **Θερμομόνωση κτιρίου η κατασκευής :** Με τη θερμομόνωση κτιρίου ή κατασκευής επιδιώκετε να μειωθεί η ταχύτητα ανταλλαγής θερμότητας μέσα στα τοιχώματα που χωρίζουν περιοχές ή χώρους διαφορετικής θερμοκρασίας. Η θερμομόνωση συνίσταται από ένα σύνολο κατασκευαστικών στοιχείων (υλικών, μελετών, διαδικασιών και μεθόδων κατασκευής) και συνδέεται άμεσα με το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των κτιρίων, τμημάτων θερμικών μηχανών και πολλών βιομηχανικών εγκαταστάσεων.
- **Μετάδοση θερμότητας με αγωγή :** Αυτή βασίζεται στην ιδιότητα των μορίων των υλικών σωμάτων να προσλαμβάνουν θερμότητα τους από γειτονικά μόρια υψηλότερης θερμοκρασίας και να μεταδίδουν την θερμότητα 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.

- **Μετάδοση θερμότητας με μεταφορά** : Αυτή βασίζεται στη δυνατότητα μεταβίβασης της θερμότητας σε υγρά ή αέρια σώματα μέσω της μετακίνησης θερμών μορίων. Στα κτίρια, με τη φυσική κυκλοφορία του αέρα, που οφείλεται σε θερμοκρασιακές μεταβολές μέσα στους χώρους, μετακινήσεις του αέρα των χώρων προκαλούν και οι άνεμοι, οι κινήσεις των ανθρώπων, τα ανοίγματα θυρών και παραθύρων, η λειτουργία ανεμιστήρων κ.ά.
- **Μετάδοση με ακτινοβολία** : Αυτή συμβαίνει μεταξύ στερεών σωμάτων που διαχωρίζονται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.
- **Ειδική θερμότητα (c)**: Έτσι ονομάζεται η ποσότητα ενέργειας που χρειάζεται για να υψωθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας ενός υλικού κατά 1°C. Οι μονάδες της ειδικής θερμότητας είναι το kcal/kg °C ή 1Wh/kg K.
- **Θερμοχωρητικότητα (Q)** : Έτσι ονομάζεται η ικανότητα ενός κατασκευαστικού στοιχείου να αποθηκεύει, κατά τη θέρμανση του, ποσότητες θερμότητας. Η θερμοχωρητικότητα υπολογίζεται από τη σχέση : $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, όπου m είναι η μάζα του στοιχείου, c η ειδική θερμότητά του και ΔT η διαφορά θερμοκρασίας, ενώ μετράται σε kcal.
- **Συντελεστής θερμοχωρητικότητας (W)**: Εκφράζει την ποσότητα της ενέργειας που αποθηκεύεται σε 1 m² στοιχείου κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του στοιχείου και του αέρα που το περιβάλλει είναι 1 °C. Οι μονάδες του συντελεστή αυτού είναι τα : kcal/m² °C.

Στους προηγούμενους ορισμούς εμφανίζεται στις μονάδες των διάφορων μεγεθών η **χιλιοθερμίδα (kcal)**. Ως Χιλιοθερμίδα ορίζεται η ποσότητα της θερμότητας που απαιτείται για να ανέβει η θερμοκρασία 1 λίτρου νερού κατά 1°C, ειδικότερα από τους 14.5 °C στους 15.5 °C. Επίσης , προκειμένου να συσχετισθεί η Χιλιοθερμίδα με τα μεγέθη του Διεθνούς Συστήματος (S.I.) ισχύει ότι : 1kcal=4186.8J ή 1kcal =1.163 Wh

- **Θερμογέφυρα** : Είναι το τμήμα ενός κατασκευαστικού στοιχείου του οποίο η ποιότητα θερμομόνωσης είναι σημαντικά κατώτερη από τη μέση τιμή θερμομόνωσης του συνόλου του στοιχείου .Το πρόβλημα της θερμογέφυρας παρουσιάζεται συνήθως στις απολήξεις των πλακών ,τα όρια της εξωτερικής τοιχοποιίας ,της αυξημένης ροής της θερμότητας ,παρουσιάζονται στις εσωτερικές πλευρές του τοιχώματος χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες ,με αποτέλεσμα τη συχνή εμφάνιση τοπικής υγρασίας.

- **Υγρασία :** Είναι η περιεκτικότητα (κατά βάρος ή στα % μέρη) μιας ουσίας σε νερό. Ειδικά για τον αέρα, υγρασία είναι η περιεκτικότητά του σε νερό με τη μορφή υδρατμών. Αυτή εξαρτάται από τη δυνατότητα απόληξης ποσοτήτων νερού με τη μορφή υδρατμών.

Αυτή εξαρτάται από τη δυνατότητα απόληξης ποσοτήτων νερού (ελεύθερες επιφάνειες νερού ή υγρά σώματα στο χώρο, και εκτεθειμένα σε ρεύματα αέρα, ανθρώπινες εκπνοές και ιδρώτας) από τον αέρα, από τη θερμοκρασία και την πίεση του αέρα, καθώς και από την επιφανειακή θερμοκρασία των τοιχωμάτων ή άλλων αντικειμένων στο χώρο. Με την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα αυξάνεται η δυνατότητα του να παραλαμβάνει υγρασία, ενώ με τη μείωση της θερμοκρασίας του μπορεί να επέλθει κορεσμός και στη συνέχεια, να εμφανίσει υγροποίηση των υδρατμών (εμφάνιση σταγόνων στην επιφάνεια των ψυχρότερων αντικειμένων ή τοιχωμάτων).

- **Σημείο δρόσου t_s :** Είναι η θερμοκρασία στην οποία αρχίζει η υγροποίηση του υδρατμού αέρα όταν αυτός ψύχεται σε ($^{\circ}\text{C}$).
- **Απόλυτη υγρασία (w):** Είναι η ποσότητα υδρατμών (σε gr) που περιέχεται στην μονάδα όγκου του αέρα και συνήθως, μετράται σε gr/m^3 .
- **Σημείο κορεσμού ή μέγιστη υγρασία (w_s):** Είναι η μέγιστη ποσότητα υδρατμών που μπορεί να συγκρατήσει 1m^3 αέρα, σε ορισμένη θερμοκρασία του συστήματος αέρας – χώρος και σε δεδομένη πίεση (ατμοσφαιρική). Το σημείο κορεσμού εκφράζεται συνήθως σε gr/m^3 .
- **Σχετική υγρασία του αέρα (ϕ):** Ο λόγος της περιεκτικότητας υδρατμού στον αέρα σε καθορισμένη θερμοκρασία προς τη μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα υδρατμού στη θερμοκρασία αυτή, επί τοις εκατό. Δηλαδή: $\phi = w(\text{gr}/\text{m}^3) / w_s(\text{gr}/\text{m}^3) \cdot 100\%$ ή $\phi = P/P_s \cdot 100\%$ (οι ορισμοί των P και P_s δίνονται στη συνέχεια).

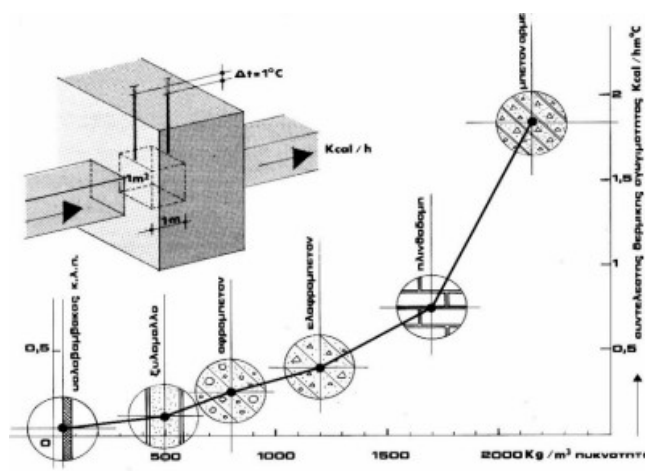
Για να κατανοήσουμε επόμενες έννοιες πρέπει να αναλυθούν οι λοιπές παράμετροι θερμικής μεταφοράς.

Ορισμοί παραμέτρων θερμικής μεταφοράς και οι μονάδες τους:

- **Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) :**
Η ποσότητα θερμότητας που ρέει σε μία ώρα μέσα από τη στρώση υλικού επιφάνειας 1m^2 , όταν η θερμοκρασιακή πτώση κατά τη διεύθυνση της ροής της θερμότητας είναι $1^{\circ}\text{C}/\text{μέτρο}$ (Εικ.3.2).
Μονάδες: $1\text{kcal}/\text{hm}^{\circ}\text{C} = 1.163\text{ W}/\text{mK}$
- **Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας ή θερμοδιαφυγής (Λ) :**
Η ποσότητα θερμότητας που διέρχεται σε μία ώρα από επιφάνεια 1m^2 στρώσης υλικού, όταν μεταξύ των επιφανειών της υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας 1°C .
Μονάδες: $1\text{kcal}/\text{hm}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ή $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

- **Αντίσταση θερμοδιαφυγής (1/Λ):**
Είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμοδιαφυγής και εκφράζει τη θερμομονωτική ικανότητα ενός στοιχείου.
Μονάδες: $\text{hm}^2 \text{ }^\circ\text{C/kcal}$ ή $\text{m}^2\text{K/W}$
- **Συντελεστής θερμικής μεταβίβασης (α) :**
Η ποσότητα θερμότητας που μεταδίδεται σε μία ώρα μεταξύ 1m^2 της επιφάνειας ενός στοιχείου κατασκευής και του αέρα που βρίσκεται σε επαφή, όταν η μεταξύ τους διαφορά είναι $1 \text{ }^\circ\text{C}$.
Μονάδες: $\text{kcal/hm}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ή $\text{W/ m}^2\text{K}$
- **Αντίσταση θερμικής μετάβασης (1/α) :**
Είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμικής μετάβασης.
Μονάδες: $\text{hm}^2 \text{ }^\circ\text{C/ kcal}$ ή $\text{m}^2\text{K/W}$
- **Συντελεστής θερμοπερατότητας (k):**
Η ποσότητα θερμότητας που μεταδίδεται σε μια ώρα από επιφάνεια 1m^2 ενός στοιχείου κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα που εφάπτεται στις δύο πλευρές του στοιχείου είναι $1 \text{ }^\circ\text{C}$.
Μονάδες: $\text{kcal/hm}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ή $\text{m}^2\text{K/W}$
- **Αντίσταση θερμοπερατότητας (1/k) :**
Είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμοπερατότητας k.
Μονάδες: $\text{Hm}^2 \text{ }^\circ\text{C/kcal}$ ή $\text{m}^2\text{K/W}$
- **Μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου (k_m):**
Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας δίνει τις απώλειες του εσωτερικού του κτιρίου ανοιγμένες στη μονάδα της εξωτερικής επιφάνειας που εμφανίζει απώλειες θερμότητας, για διαφορά θερμοκρασίας 1K μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού αέρα.
Μονάδες: $\text{kcal/ hm}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ή $\text{W/ m}^2\text{K}$
- **Συντελεστής θερμοπερατότητας (U):**
Ο συντελεστής θερμοπερατότητας καθορίζει τη θερμομονωτική ικανότητα του στοιχείου κατασκευής και δίδει την ποσότητα της θερμότητας ανά μονάδα χρόνου η οποία μεταδίδεται σε σταθερή θερμική κατάσταση, από επιφάνεια 1m^2 του στοιχείου κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα που βρίσκεται σε επαφή με τις δυο πλευρές του στοιχείου είναι 1 K . Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από την επιφάνεια της κατασκευής, το πάχος και το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ των οικοδομικών υλικών.
Μονάδες: $\text{W/m}^2\text{K}$

- **Πυκνότητα (ρ)** : Πυκνότητα ενός υλικού ορίζεται ως η μάζα του υλικού ανά μονάδα όγκου.
Μονάδες: Kg/m^3
- **Θερμική αντίσταση (R)**:
Είναι η αντίσταση των στοιχείων στη ροή θερμότητας και είναι το αντίστροφο του συντελεστή Θερμοπερατότητας.
Μονάδες: $\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$



Εικ. 3.2 Σχηματική απεικόνιση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και της μεταβολής του σε σχέση με την πυκνότητα του υλικού.

Πηγή: Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

3.7 Βασικές αρχές της θερμομόνωσης

Οι βασικές αρχές της θερμομόνωσης, από τις οποίες εξαρτάται η μελέτη και η σωστή εφαρμογή της σε ένα κτιριακό έργο είναι :

α) Η θερμομονωτική ικανότητα, δηλαδή αντίσταση θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$) των στοιχείων κατασκευής .Αυτή εξαρτάται από τις ιδιότητες των βασικών υλικών που συνθέτουν μια κατασκευή θερμομόνωσης δηλαδή :

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

β) Ο βαθμός διαπερατότητας του αέρα των στοιχείων κατασκευής, που εξαρτάται από :

- Το είδος της κατασκευής που διαμορφώνει το περίβλημα ενός χώρου .Τοίχοι και οροφές επενδυμένοι με επίχρισμα μαρμαροκονίας έχουν, γενικά μικρή διαπερατότητα αέρα και επομένως ,μικρές απώλειες θερμότητας από θερμική μεταφορά .
- Την επιφάνεια των κουφωμάτων και τον τρόπο συναρμογής τους .Μεγάλες ποσότητες θερμότητας χάνονται από τις πόρτες και τα παράθυρα μιας όψης ,ανάλογα με το μέγεθος των υαλοπινάκων και τον τρόπο κατασκευής τους .Έτσι, τα μεγάλα ανοίγματα με υαλοπίνακες μεγάλης θερμικής αγωγιμότητας παρουσιάζουν πολλές θερμικές απώλειες .Το ίδιο συμβαίνει με 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 (k) ,γιατί οι θερμικές απώλειες ,όπως αναφέρθηκε, προκαλούνται όχι μόνο από θερμική αγωγιμότητα αλλά και από θερμική μεταφορά.

γ) Η θερμοχωρητικότητα (Q) των στοιχείων της κατασκευής ,που συμβάλει στον περιορισμό της ταχύτητας μεταβολής της αρχικής κατάστασης της θερμοκρασίας. Όταν οι τοίχοι και οι οροφές έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα η θερμότητα που συγκεντρώνουν όσο λειτουργεί το σύστημα θέρμανσης αποβάλλεται όταν αυτό σταματήσει, με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η γρήγορη ψύξη των χώρων .Το αντίστοιχο συμβαίνει με την ψύξη το καλοκαίρι. Ανάλογα με την θέση της μόνωσης (στην εξωτερική η εσωτερική επιφάνεια)οι τοίχοι και οι οροφές ενεργούν ως (Εικ.3.3) :

- 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 αποβάλλουν και πάλι με ακτινοβολία .Με τη διαδικασία αυτή αυξάνεται αντίστοιχα η διάρκεια μεταβολής των συνθηκών θερμοκρασίας σε χώρους στους οποίους είναι απαραίτητο να υφίσταται το αίσθημα της θερμικής άνεσης (κατοικίες ,χώροι εργασίας κ.λπ.) και
- Φράγμα προστασίας όταν η θερμική μόνωση τοποθετείται στην εσωτερική τους επιφάνεια .στις περιπτώσεις που δεν ενδιαφέρει η διάρκεια αποθήκευσης η απόψυξης των χώρων (θέατρα ,εκκλησίες κ.λπ.)αλλά, αντίθετα η προστασία των κατασκευών από την θερμότητα ή την ψύξη που αναπτύσσεται μέσα στους χώρους αυτούς.



συσσωρευτές θερμότητας

φράγμα προστασίας

Εικ. 3.3 Θερμοχωρητικότητα δομικών στοιχείων ανάλογα με τη θέση της θερμικής μόνωσης (εσωτερικά ή εξωτερικά).

δ) Οι τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας και αντίστασης θερμοδιαφυγής των διαφόρων υλικών που συγκροτούν μια κατασκευή. Οι τιμές αυτές είναι παγκόσμια αποδεκτές όπως τις έχει καθορίσει ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) και αφορούν :

- Τη θερμική αγωγιμότητα (λ) των πιο συνηθισμένων οικοδομικών υλικών και
- Την αντίσταση θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$) των στρωμάτων αέρος ανάλογα με το πάχος τους.

ε) Οι απαιτήσεις θερμομονώσης που επιβάλλει ο Κανονισμός Θερμομόνωσης. Αυτές αφορούν τον καθορισμό:

- Των ελάχιστων θερμοκρασιών χώρων, για τις οποίες εξασφαλίζονται άνετες συνθήκες διαβίωσης μέσα στους χώρους ενός κτιρίου ,ανάλογα με τη χρήση τους.
- Των ορίων θερμικών απωλειών των στοιχείων κατασκευής ώστε ο τελικός συντελεστής θερμοπερατότητας (k_m) να μην ξεπερνά ορισμένες τιμές.
- Των ορίων των θερμικών απωλειών κτιρίων ,ώστε ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας (k_m) να μην ξεπερνά τις τιμές που καθορίζει ο Κανονισμός, ανάλογα με τις ζώνες θερμομονωτικών απαιτήσεων στις οποίες έχει διαιρεθεί η χώρα μας.
- Οικονομικά βέλτιστης θερμομόνωσης , ώστε να μειώνονται σημαντικά οι δαπάνες θέρμανσης, αλλά και να αποφεύγονται άσκοπες δαπάνες υπερβολικής θερμικής προστασίας.

3.8 Μελέτη και σχεδιασμός θερμομόνωσης κτιρίου

Πριν καταφύγει κανείς σε οποιοσδήποτε βοηθητικές οικοδομικές κατασκευές για τον έλεγχο των θερμικών απωλειών πρέπει, κατά το σχεδιασμό, να έχει υπόψη του τους βασικότερους παράγοντες που τις προκαλούν κυρίως. Το θέμα της θερμομόνωσης πρέπει να συνεξετάζεται μαζί με αυτό της **υγροπροστασίας**.

Τέτοιοι παράγοντες είναι:

- Ο προσανατολισμός και η θέση του κτηρίου μέσα στον περιβάλλοντα χώρο. Έτσι όσο περισσότερο εκτεθειμένο είναι ένα κτήριο στους ανέμους τόσο μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας εμφανίζει. Επίσης όσο περισσότερο προσβάλλεται από την ηλιακή ακτινοβολία τόσο οι απώλειες ψύξης των εσωτερικών χώρων του είναι μεγαλύτερες.
- Το μέγεθος των επιφανειών του εξωτερικού περιβλήματος, του φλοιού δηλαδή του κτηρίου, που είναι άμεσα εκτεθειμένος στις καιρικές συνθήκες, σε συνάρτηση με τον όγκο του (V), καθορίζουν το συντελεστή θερμοπερατότητας (k_m). Ένα ελεύθερο στο χώρο κτήριο εμφανίζει πολύ μεγαλύτερες απώλειες από ένα άλλο που είναι ενταγμένο σε ένα συνεχές σύστημα δόμησης.
- Το πόσο εκτεθειμένοι στο ύπαιθρο είναι οι διάφοροι χώροι του κτηρίου. Χώροι τελείως εσωτερικοί θεωρείται ότι δεν παρουσιάζουν καμία θερμική μεταβολή. Αντίθετα, χώροι που εκτείνονται σε δύο ή περισσότερους ορόφους, όπως για παράδειγμα τα κλιμακοστάσια, παρουσιάζουν μεγάλες απώλειες.
- Τα εξωτερικά κουφώματα, τα οποία, ανάλογα με το μέγεθος, τον αριθμό και τη θέση τους στις όψεις ενός κτηρίου, επηρεάζουν τη ροή της θερμότητας. Τα μεγάλα παράθυρα αυξάνουν σημαντικά τις απώλειες, αφού η κακή προσαρμογή τόσο αυτών με τις υπόλοιπες κατασκευές, όσο και των στοιχείων που τα συγκροτούν (φύλλα, υαλοπίνακες) μεταξύ τους, επιτρέπει τη διείσδυση ρευμάτων αέρα με συνέπειες δυσάρεστες, που δύσκολα αντιμετωπίζονται (infiltration).

Η κατασκευή της θερμομόνωσης ενός κτιριακού έργου πρέπει να εκτελείται με ορισμένες προϋποθέσεις που τις καθορίζουν:

- Η μελέτη θερμομόνωσης
- Η θέση της επιφάνειας που πρόκειται να προστατευτεί και
- Η θέση της μονωτικής στρώσης μέσα στο σύνθετο δομικό στοιχείο (εσωτερικά ή εξωτερικά).

Παραθέτονται συνοπτικά τα πιο ευάλωτα στοιχεία ενός κτιρίου ως προς την θερμική προστασία τους:

Α. Η οροφή (επίπεδη ή κεκλιμένη) και η στέγη, δέχονται άμεσα όλες τις επιδράσεις των καιρικών συνθηκών.

Β. Τα εξωτερικά τοιχώματα, δέχονται αλληλουχία επιδράσεων που μαζί με τον τρόπο κατασκευής τους μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες θερμικές απώλειες (Εικ.3.4). Σε όλες τις περιπτώσεις πλευρικών εξωτερικών τοιχωμάτων λαμβάνονται τα εξής μέτρα:

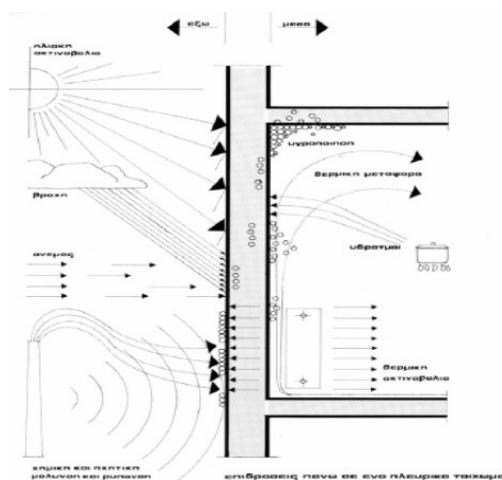
- Φράγμα υδρατμών για την προστασία του θερμομονωτικού υλικού από συμπύκνωση και δρόσο.
- Παρεμπόδιση διείσδυσης της βροχής όπου καταστρέφει το θερμομονωτικό υλικό.
- Αποφυγή της δημιουργίας θερμογεφυρών.
- Αποφυγή διάτρησης εξωτερικών τοιχωμάτων για να περαστούν σωληνώσεις ή άλλες κατασκευές.

Γ. Τα ανοίγματα, τα πιο ευάλωτα στοιχεία ενός κτιρίου. Για τη μείωση των θερμικών απωλειών πρέπει οι αρμοί προσαρμογής να είναι αδιαπέραστοι από τον αέρα, τα υλικά των κουφωμάτων να είναι άριστης ποιότητας, προτιμούνται συνήθως κουφώματα αλουμινίου. Τα υαλοστάσια πρέπει να έχουν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας.

Δ. Το κατώτερο δάπεδο του κτιρίου, απαιτείται θερμική προστασία κατά την περίπτωση που το δάπεδο είναι εκτεθειμένο στο εξωτερικό περιβάλλον (πχ. πυλωτή).

Ε. Τα στηθαία των παραθύρων, διαθέτουν μειωμένο πάχος για λειτουργικούς λόγους.

ΣΤ. Τα μπαλκόνια και οι προεξοχές πλάκας, στην περίπτωση που δεν προστατεύονται λειτουργούν σαν θερμογέφυρες και να προκαλούνται βλάβες στις κατασκευές λόγω συμπύκνωσης. Η μόνωση τους έχει εξαιρετικά υψηλό κόστος.



Εικ. 3.4 Οι επιδράσεις που δέχεται ένα πλευρικό τοίχωμα εσωτερικά και εξωτερικά
Πηγή: Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω Θερμομόνωσης, ΚΑΠΕ

3.9 Θερμομόνωση κελύφους κτιρίου

Η θερμομονωτική ικανότητα του κτιριακού κελύφους περιλαμβάνει παρεμβάσεις στους εξωτερικούς τοίχους, το δώμα και το δάπεδο όταν αυτό συνορεύει με μη θερμαινόμενους χώρους (υπόγειο) ή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτή), σε εσωτερικά δομικά στοιχεία τα οποία συνορεύουν με μη θερμαινόμενους χώρους (αποθήκες, κλειστά δωμάτια κ.α.). Ο βαθμός της παρέμβασης στη θερμομόνωση του κτιρίου εξαρτάται κατά πολύ από το αν κατασκευάζεται εξ αρχής μιας και τα νέα κτίρια είναι υποχρεωμένα λόγω κανονισμών το κτίριο τους να είναι βέλτιστα μονωμένο. Αντίθετα τα παλαιότερα κτίρια δεν ήταν υποχρεωμένα να ακολουθούν τέτοιους κανονισμούς με αποτέλεσμα κατά την ανακαίνισή τους να υπάρχει δυσκολία σημαντικής βελτίωσης στη θερμομόνωση του κελύφους τους.

Τρόποι θερμομόνωσης:

Ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να θερμομονωθεί ένα κτίριο εξαρτάται από:

- Την αντίσταση θερμοδιαφυγής των στοιχείων κατασκευής (οροφή, τοίχοι, δάπεδο, κλπ).
- Τη διαπερατότητα των στοιχείων κατασκευής από τον αέρα και ιδιαίτερα φυσικά των εξωτερικών στοιχείων.
- Τη θερμοχωρητικότητα των στοιχείων κατασκευής.
- Τη χρήση των χώρων που θερμομονώνονται.

Σε περίπτωση θερμομόνωσης τοίχου ,σε όποια θέση και να τοποθετηθεί η θερμομόνωση θα πρέπει:

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

Τα είδη θερμομόνωσης που συναντάμε στη μόνωση του κελύφους ενός κτιρίου είναι:

α) Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας δοκών – υποστυλωμάτων:

Γίνεται με την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού από την εξωτερική πλευρά των δομικών στοιχείων της κατασκευής. Χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων της, τοποθετείται σε κτίρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης, ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού όπως σε μόνιμες κατοικίες, νοσοκομεία κ.λ.π.

Η χρήση της σε υφιστάμενα μη θερμομονωμένα κτίρια πρέπει να γίνεται με προσοχή, λόγω δυσκολίας κατασκευής, υψηλού κόστους και αύξησης περιμέτρου του κτιρίου που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα συντελεστή δόμησης.

Χρειάζεται ειδική προστασία από στρώσεις υλικών που θα το προστατεύσουν από εξωτερικές καιρικές συνθήκες (Εικ. 3.5).

Τα **πλεονεκτήματα** της εξωτερικής θερμομόνωσης:

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

Τα **μειονεκτήματα** της είναι:

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



*Εικ. 3.5 Εξωτερική θερμομόνωση σε κτίριο
Πηγή: www.monoseis-online.gr*

β) Εσωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας, δοκών-υποστυλωμάτων:

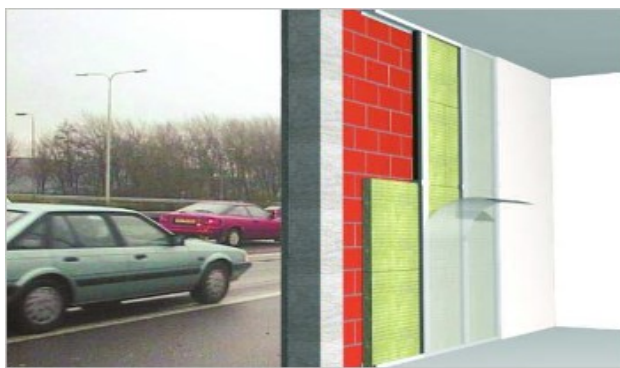
Γίνεται με την τοποθέτηση μονωτικού υλικού στην εσωτερική πλευρά των δομικών στοιχείων. Χρησιμοποιείται σε κτίρια στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης χωρίς χρονική καθυστέρηση, και δεν μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία μετά τη διακοπή του κλιματισμού, δηλαδή, παραθεριστικές κατοικίες, σχολεία, κτίρια γραφείων ημερήσιας λειτουργίας κ.λπ. Η εσωτερική θερμομόνωση καλύπτεται με συνδυασμό πλέγματος και επιχρίσματος, με γυψοσανίδα (Εικ.3.6).

Τα **πλεονεκτήματα** της εσωτερικής θερμομόνωσης είναι:

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

Τα **μειονεκτήματά** της είναι:

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



Εικ. 3.6 Εσωτερική θερμομόνωση τοίχου

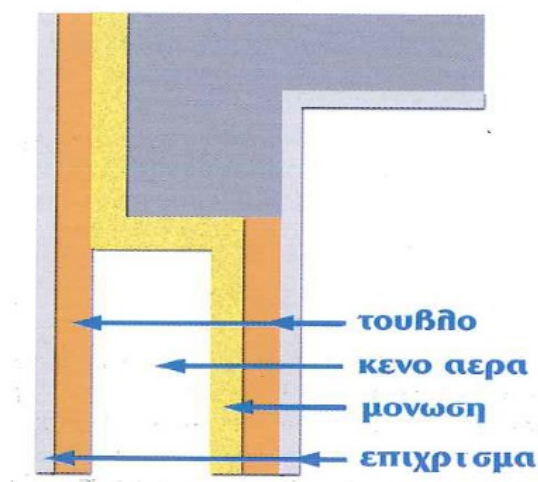
γ) Θερμομόνωση πυρήνα εξωτερικής τοιχοποιίας:

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

Ο εσωτερικός επιμέρους τοίχος από τούβλο θα απορροφήσει και θα συγκρατήσει τη θερμική ενέργεια ενώ το κτίριο θερμαίνεται. Ο τοίχος θα επιστρέψει τη θερμότητα αυτή στα δωμάτια όταν το κτίριο δεν θερμαίνεται, διατηρώντας έτσι μια πιο ομοιόμορφη εσωτερική θερμοκρασία. Ο τοίχος από τούβλα είναι πορώδης. Σε μακρές περιόδους βροχοπτώσεων, το νερό της βροχής θα διεισδύσει από τον εξωτερικό τοίχο και μπορεί να τρέξει στο εσωτερικό μέτωπο του τοίχου αυτού.

Για να αποφευχθεί το πέρασμα της υγρασίας από τον εξωτερικό τοίχο στο θερμομονωτικό υλικό, θα πρέπει να υπάρχει ένα σαφές διάκενο μεταξύ του εξωτερικού τοίχου και των θερμομονωτικών πλακών. Ένα καθαρό κενό πάχους 5 cm, είναι κατάλληλο για όλους τους βαθμούς έκθεσης. Για ορισμένες περιπτώσεις, ένα καθαρό κενό των 2,5 cm θα είναι αρκετό για να αποτρέψει την είσοδο της υγρασίας στο θερμομονωτικό υλικό.

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



Εικ. 3.7 Μόνωση διπλής τοιχοποιίας με κενό αέρα
Πηγή: Βιβλίο, ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ, ΔΙΠΕ

δ) Τοιχοποιία από θερμομονωτικά τούβλα:

Τα θερμομονωτικά τούβλα (τούβλα από κυψελωτό σκυρόδεμα, ειδικά θερμομονωτικά τούβλα, monoblock, thermoblock) είναι πορώδη υλικά με μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (Εικ.3.8). Ο παγιδευμένος αέρας στον πολύ μεγάλο αριθμό των κοιλοτήτων του εσωτερικού του υλικού αυξάνει την μονωτική τους ικανότητα, χρήζοντας την επιπλέον προσθήκη μονωτικού υλικού σχεδόν περιττή (ειδικά σε μεσογειακά κλίματα). Προτείνεται η χρήση μονωτικού επιχρίσματος (Εικ.3.9). Δοκοί και υποστυλώματα μονώνονται εσωτερικά ή εξωτερικά.

Πλεονεκτήματα:

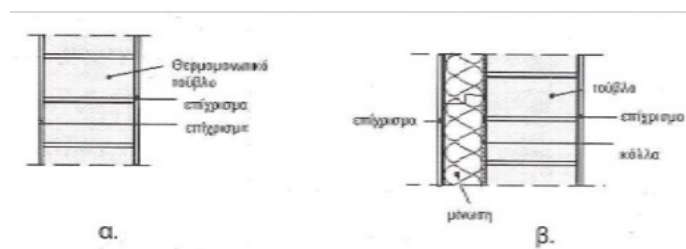
- Ευκολία κατασκευής.
- Εξοικονόμηση ωφέλιμου εσωτερικού χώρου.
- Ταυτόχρονη εξασφάλιση ικανοποιητικού επιπέδου ακουστικής άνεσης.

Μειονεκτήματα:

- Δυσκολία κρεμάσματος πινάκων, ραφιών κ.λπ. σε κατασκευές με κυψελωτό σκυρόδεμα.
- Χρήση σε ελαφριές κατασκευές.
- Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις που απαιτείται υψηλή θερμοχωρητικότητα.



Εικ. 3.8 Θερμομονωτικό τούβλο
Πηγή: www.tsakiroglou.gr



Εικ. 3.9 α) Τοίχος από θερμομονωτικό τούβλο β) Τοίχος με τούβλα και εξωτερική μόνωση

ε) Ενίσχυση θερμομόνωσης τοιχοποιίας, δοκών και υποστρωμάτων με θερμοσοβά:

Ο θερμοσοβάς κυρίως χρησιμοποιείται ως συμπλήρωμα της θερμομόνωσης. Τοποθετείται εύκολα σε κάθε είδους υπόστρωμα και εξομαλύνει επιφάνειες σκυροδέματος. Μπορεί να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμική απόδοση με εφαρμογή πολλών στρώσεων. Εγγυάται θερμική άνεση τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι.

3.9.1 Θερμομόνωση οροφής

Η σωστή θερμομόνωση της οροφής, είτε είναι **κεκλιμένη** είτε **επίπεδη**, είναι σημαντική για τη βέλτιστη ενεργειακή συμπεριφορά όλου του κτιρίου. Το θερμομονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετηθεί είτε πάνω ή κάτω από την πλάκα.

-Θερμομόνωση κάτω από την πλάκα:

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε περιπτώσεις κτιρίων στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού (εξοχικές κατοικίες, γραφεία, καταστήματα κ.λπ.). Το μονωτικό υλικό τοποθετείται είτε πριν την σκυροδέτηση ή μετά. Καλύπτεται με συνδυασμό πλέγματος και επιχρίσματος ή με γυψοσανίδα ή με όποιου τύπου ψευδοροφή, εφόσον το επιτρέπει το ύψος του χώρου.

Πλεονεκτήματα:

- Άμεση απόδοση συστήματος κλιματισμού.
- Τα μονωτικά υλικά δεν χρειάζονται προστασία από εξωτερικές επιδράσεις (άνεμοι, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία).

Μειονεκτήματα:

- Γρήγορη ψύξη του χώρου μετά τη διακοπή της θέρμανσης
- Πιθανότητα δημιουργίας υγρασίας και μούχλας στις γωνιές λόγω συμπύκνωσης των υδρατμών.

-Θερμομόνωση πάνω από την πλάκα:

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε κτίρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού.

Το θερμομονωτικό υλικό, ανάλογα με τη συμπεριφορά του στην υγρασία, τοποθετείται κάτω από την στεγάνωση (περίπτωση κλασσικής μόνωσης) ή πάνω από αυτήν (ανεστραμμένη μόνωση). Στην πρώτη περίπτωση όποιο στεγανωτικό και να χρησιμοποιηθεί απαιτείται φράγμα υδρατμών πάνω από την πλάκα.

Πλεονεκτήματα:

- Διατήρηση της θερμότητας στο χώρο και μετά τη διακοπή της θέρμανσης λόγω της θερμοχωρητικότητας της πλάκας.
- Μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μικρότερης χρονικά χρήσης του συστήματος κλιματισμού, εξαιτίας της αποθήκευσης ενέργειας στην πλάκα.
- Προστασία εξωτερικής επιφάνειας πλάκας από συστολές και διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών.
- Στην περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτίρια αφενός μεν δεν εμποδίζει τη λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και αφετέρου δεν μειώνει το ωφέλιμο ύψος του.

Μειονεκτήματα:

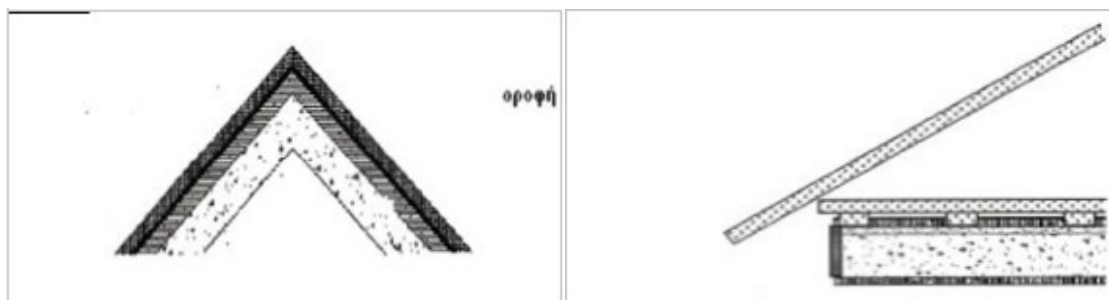
- Απαιτείται προσοχή στην κατασκευή σε συνδυασμό με τη στεγάνωση.

3.9.2 Θερμομόνωση στέγης

Στέγη θεωρείται η κατασκευή η οποία συνδυάζει κεκλιμένη και οριζόντια οροφή . Οι στέγες κάτω από τις οποίες συνήθως κατοικούν ή εργάζονται άτομα θεωρούνται θερμές στέγες. Σ' αυτή την περίπτωση η θερμομόνωση τοποθετείται εξωτερικά ή εσωτερικά στην κεκλιμένη επιφάνεια της στέγης. Η πρώτη περίπτωση προτιμάται κυρίως κατασκευαστικά ενώ η δεύτερη επισκευαστικά. Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να εξασφαλίζεται η ύπαρξη αερισμού για αποφυγή συμπύκνωσης υδρατμών (Εικ.3.10).

Σε περίπτωση που ο χώρος μεταξύ της κεκλιμένης και οριζόντιας οροφής έχει περιορισμένη επισκευσιμότητα, τότε η στέγη χαρακτηρίζεται ψυχρή. Σ' αυτή την περίπτωση η θερμομόνωση γίνεται επί της οριζόντιας πλάκας. Τα θερμομονωτικά υλικά που προορίζονται για τη θερμομόνωση στεγών πρέπει να έχουν ιδιότητες κατάλληλες για την εφαρμογή όπως:

- Χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ για να χρησιμοποιείται το μικρότερο δυνατό πάχος υλικού.
- Αντίσταση στη διαπερατότητα υδρατμών για να μειώνεται ο κίνδυνος συμπύκνωσης υδρατμών στην περιοχή επαφής στοιχείου από σκυρόδεμα και μονωτικού υλικού, όταν το τελευταίο τοποθετείται εσωτερικά.
- Ευκολία χειρισμού όσον αφορά το βάρος, τις διαστάσεις στις μηχανικές αντοχές και στον τρόπο στερέωσης του υλικού.
- Ευκολία κοπής, διαμόρφωσης στα σχήματα των στοιχείων της στέγης.
- Δυνατότητα καλής συναρμογής των τεμαχίων του μονωτικού υλικού, για να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες και οι γραμμές συμπύκνωσης υδρατμών στους αρμούς του.



Εικ. 3.10 Διάκριση μεταξύ οροφής και στέγης.

Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων, 2^η Έκδοση, 2010, Υπηρεσία Ενέργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού

3.9.3 Θερμομόνωση Κουφωμάτων

Η τοποθέτηση, διαστασιολόγηση και τυπολογία των κουφωμάτων κατά τη διάρκεια του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού είναι ένα ιδιαίτερο πρόβλημα με πολλές παραμέτρους, όπως:

- Θέα
- Ηλιοφάνεια
- Σκιασμός
- Φωτισμός
- Αερισμός
- Δροσισμός
- Μορφή
- Ενεργειακά οφέλη
- Ενεργειακές απώλειες

Τα κουφώματα είναι παρειές του κτιρίου και μέσα επαφής με το περιβάλλον, άρα στοιχεία από τα οποία μπορεί να διαφύγει ενέργεια. Επομένως, ο ρόλος τους στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη των χώρων είναι σημαντικός. Το χειμώνα χάνεται θερμότητα από μέσα προς τα έξω ενώ το καλοκαίρι εισέρχεται θερμότητα στον εσωτερικό χώρο από το ζεστό εξωτερικό περιβάλλον.

Η διαδικασία αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση κατάλληλα κατασκευασμένων, ενεργειακά αποδοτικών κουφωμάτων. Τα κουφώματα αυτά θα πρέπει να έχουν υαλοπίνακες και σκελετούς με καλές θερμομονωτικές ιδιότητες και επί πλέον, θα πρέπει να είναι αεροστεγανά, ώστε να εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας από χαραμάδες οι οποίες μπορούν να φέρουν σημαντικές απώλειες θερμότητας, όπως παρατηρείται σε παλαιά κτίρια ή κτίρια κακής κατασκευής.

Υπάρχουν κουφώματα ξύλινα, μεταλλικά, αλουμινίου και συνθετικά πλαστικά σε διάφορες τυπολογίες ανοίγματος (επάλληλα, συρόμενα εσωτερικά σε τοίχο ή εξωτερικά, ανοιγόμενα, περιστρεφόμενα περί οριζόντιο ή κατακόρυφο άξονα) και σταθερά (Εικ.3.11).

Από ενεργειακής πλευράς καλό είναι να αποφεύγονται τα εσωτερικά σε τοίχο συρόμενα κουφώματα λόγω αυξημένων θερμικών απωλειών.

Πλαίσια: Από πλευράς υλικού κατασκευής των πλαισίων των κουφωμάτων, τα πλαίσια αλουμινίου έχουν τις μεγαλύτερες θερμικές απώλειες, εκτός αν υπάρχει φράγμα ροής θερμότητας (thermal break) τοποθετημένο στον πυρήνα του προφίλ του αλουμινίου. Τα ξύλινα και συνθετικά πλαστικά πλαίσια παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας και ως εκ τούτου εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας.

Παντζούρια: Τα παντζούρια που χρησιμοποιούνται στα παράθυρα, όποτε χρησιμοποιούνται, είναι ομοίως ξύλινα, αλουμινίου και πλαστικά συνθετικά σε τυπολογίες όπως εξωτερικά ή εσωτερικά ανοιγόμενα, συρόμενα και ρολά.

Τα κουτιά των ρολών καλό είναι να μονώνονται εσωτερικά και τα φύλλα των ρολών εάν είναι πλαστικά έχουν γέμιση με μονωτικό αφρό. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίνεται στη θέση τους σε σχέση με το πάχος της τοιχοποιίας. Έτσι προτιμώνται παράθυρα τα οποία βρίσκονται σε συνέχεια με το θερμομονωτικό υλικό των τοίχων.

Υαλοστάσια: Η χρήση των διπλών υαλοστασίων με ή χωρίς χαμηλό συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας ή/και με θερμομονωτικό αέριο στο διάκενο, προσφέρουν εκτός από θερμομόνωση και ηχοπροστασία.

Πρέπει επιπλέον όμως να τονιστεί ότι η ορθολογική χρήση των κουφωμάτων και των παντζουριών από τους χρήστες μπορεί να συνεισφέρει πολλαπλάσια οφέλη στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, καθώς και στον δροσισμό τους σε συνδυασμό με διάφορα άλλα αρχιτεκτονικά στοιχεία του κτιρίου όπως πέργκολες, σκίαστρα κ.λπ.



Εικ. 3.11 Διπλό παράθυρο με ξύλινο πλαίσιο
Πηγή: Βιβλίο, ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ, ΔΙΠΕ

3.9.4 Θερμομόνωση δαπέδων εκτεθειμένων στο εξωτερικό περιβάλλον

Στην περίπτωση που το δάπεδο είναι σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο ή με το εξωτερικό η προσθήκη μόνωσης είναι ενδεδειγμένη. Στα θερμά κλίματα η έλλειψη μόνωσης στο δάπεδο βοηθά την απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας στο έδαφος.

Θερμομόνωση σε εκτεθειμένο δάπεδο τοποθετείται στην κάτω πλευρά της πλάκας ή στην πάνω πλευρά της πλάκας.

-Θερμομόνωση στην κάτω πλευρά της πλάκας:

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε κτίρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού (μόνιμες κατοικίες, νοσοκομεία κ.λπ.).

Το μονωτικό υλικό τοποθετείται είτε πριν την σκυροδέτηση είτε μετά. Καλύπτεται κυρίως με συνδυασμό πλέγματος και επιχρίσματος.

-Θερμομόνωση στην πάνω πλευρά της πλάκας:

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε περιπτώσεις κτιρίων στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού (εξοχικές κατοικίες, γραφεία, καταστήματα ημερήσιας χρήσης κ.λπ.).

3.10 Θερμομονωτικά υλικά

Τα θερμομονωτικά υλικά αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα των κτιριακών εφαρμογών, καθορίζουν τη συμπεριφορά του κτιρίου και μπορούν να καθυστερήσουν την ανεπιθύμητη μετάδοση θερμότητας. Η μετάδοση θερμότητας στα δομικά υλικά γίνεται στο μεγαλύτερο ποσοστό με αγωγιμότητα. Γι' αυτό και το πιο σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης των θερμομονωτικών υλικών είναι η τιμή του συντελεστή θερμοαγωγιμότητάς τους λ . Η τιμή αυτή καθορίζεται πρωταρχικά από τον αριθμό και το μέγεθος των κλειστών κυψελών που υπάρχουν στη μάζα του υλικού και που περιέχουν τον ακίνητο, με θερμομονωτικές ιδιότητες, αέρα. Ο αέρας θεωρείται «κακός αγωγός» της θερμότητας, δηλαδή έχει χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Έτσι μπορούμε να ξεχωρίσουμε ποια θερμομονωτικά υλικά προσφέρουν μεγαλύτερη θερμική προστασία.

3.10.1 Προϋποθέσεις καταλληλότητας υλικών:

Η Οδηγία 89/106/ΕΟΚ «Οδηγία Δομικών Προϊόντων-Ο.Δ.Π» αναφέρεται στην ελεύθερη μετακίνηση, χρήση και κυκλοφορία των δομικών προϊόντων στην ΕΟΚ. Σύμφωνα με την ΟΔΠ, τα δομικά προϊόντα που προορίζονται για χρήση σε δομικά έργα διατίθενται και κυκλοφορούν στην αγορά, μόνο εάν είναι κατάλληλα για τη χρήση για την οποία προορίζονται.

Η καταλληλότητα ενός δομικού προϊόντος για την προβλεπόμενη χρήση προσδιορίζεται από την σήμανση «CE», η οποία βεβαιώνει τη συμμόρφωση του προϊόντος προς τις τεχνικές προδιαγραφές (εναρμονισμένα ευρωπαϊκά πρότυπα και ευρωπαϊκές τεχνικές εγκρίσεις). Η σήμανση «CE» τοποθετείται στο προϊόν από τον παραγωγό του και επιβεβαιώνει τη συμμόρφωση του προϊόντος προς τις ισχύουσες τεχνικές προδιαγραφές για την προοριζόμενη χρήση και τις διατάξεις της σχετικής εθνικής νομοθεσίας (ΠΔ334/94).

Οι βασικές απαιτήσεις των δομικών έργων που θεσπίζονται από την Οδηγία είναι οι ακόλουθες:

- Μηχανική αντοχή και ευστάθεια.
- Πυρασφάλεια.
- Υγιεινή, υγεία και περιβάλλον.
- Ασφάλεια χρήσης.
- Προστασία κατά του θορύβου.
- Εξοικονόμηση ενέργειας και συγκράτηση θερμότητας.

3.10.2 Κριτήρια επιλογής θερμομονωτικών υλικών

Τα κριτήρια επιλογής θερμομονωτικών υλικών είναι:

α) Θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά:

- Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ .
- Η εξάρτηση του λ από τη θερμοκρασία .
- Η εξάρτηση του λ από την υγρασία .Η τιμή του λ αυξάνει σημαντικά με την συμπύκνωση υδρατμών μέσα στη μάζα του και αν διαβρέχει όλη η μάζα του τότε παύει να υπάρχει θερμομονωτική δράση .
- Η ειδική θερμότητα .
- Ο συντελεστής θερμικής διαστολής. Όσο χαμηλότερος είναι, τόσο απομακρύνεται ο κίνδυνος οικοδομικών μικροζημιών ή καταστροφής των στεγνώσεων.

β) Τρόπος εφαρμογής:

- Προκατασκευασμένα προϊόντα ή κατασκευή επί τόπου.
- Απαιτούμενα προστατευτικά μέτρα (για προστασία από μηχανικές βλάβες ή δυσμενείς περιβαλλοντικές επιδράσεις).
- Δυνατότητα έλεγχου κατά την κατασκευή.

γ) Μηχανικές ιδιότητες:

- Αντοχή σε θλίψη ,κάμψη και δονήσεις.
- Αλλοιώσεις με το χρόνο (γήρανση).
- Πυκνότητα.
- Ελαστικότητα , ευθραυστότητα.

δ) Χημική συμπεριφορά – ανθεκτικότητα:

- Αντίσταση στην διάβρωση , στους μικροοργανισμούς , έντομα, κ.λ.π.
- Συμπεριφορά στην υγρασία (τυχόν μεταβολή των διαστάσεων, διαπερατότητα στους υδρατμούς απορροφητικότητα νερού).
- Συμπεριφορά στη φωτιά και μέγιστε επιτρεπόμενες θερμοκρασίες λειτουργείας.
- Βαθμός ευαισθησίας σε υπεριώδη ακτινοβολία, σε διάφορα αέρια και σε διάφορους διαλυτές ή το θαλασσινό νερό, κ.λ.π.

ε) Οικονομικά Στοιχεία:

- Επιπρόσθετο κόστος προμήθειας και εγκατάστασης.
- Χρόνος απόσβεσης δαπάνης .
- Ποσοστό προστιθέμενης αξίας στην όλη κατασκευή.

3.10.3 Ιδιότητες θερμομονωτικών υλικών

Τα θερμομονωτικά υλικά παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία ως προς τη μορφή, την προέλευση και τις μονωτικές τους ιδιότητες. Κοινό χαρακτηριστικό τους αποτελεί ο **μικρός συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας**. Οφείλουν τη μονωτική τους ιδιότητα στην ύπαρξη μεγάλου αριθμού κυψελίδων παγιδευμένου αέρα, ο ακίνητος αέρας παρουσιάζει τη μικρότερη γνωστή τιμή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0.02 \text{ kcal/hm } ^\circ\text{C}$.

Η παρουσία σημαντικού αριθμού κυψελίδων αέρα έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση **μικρού φαινομενικού βάρους** το οποίο είναι ένα δεύτερο κοινό χαρακτηριστικό των θερμομονωτικών υλικών.

Οι θερμομονωτικές ιδιότητες ενός υλικού επηρεάζονται από τη θερμοκρασία και την υγρασία. Η υγρασία αποτελεί σημαντικό πρόβλημα διότι εκτοπίζει τον παγιδευμένο αέρα και γεμίζει τις κυψελίδες, καταστρέφοντας προσωρινά ή και οριστικά τις θερμομονωτικές ιδιότητες του υλικού. Ικανοποιητική λύση στο πρόβλημα αυτό δίνει η χρήση υλικών που δεν εμφανίζουν έντονη τάση απορρόφησης νερού (υγροσκοπικότητα) ή χρησιμοποιούνται κατασκευαστικές λύσεις που εξασφαλίζουν την προστασία των μονωτικών υλικών από την υγρασία (υγρομόνωση).

Τα θερμομονωτικά υλικά εμφανίζουν κι' άλλες ιδιότητες όπως η μηχανική αντοχή (σε θλιπτικά φορτία), η σταθερότητα του όγκου τους, η ανθεκτικότητα τους στις μεταβολές της θερμοκρασίας και η διάρκεια ζωής τους. Το θέμα της αντοχής τους σε φορτία πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στην περίπτωση που το θερμομονωτικό δομικό υλικό ανήκει στα φέροντα στοιχεία της οικοδομής (πχ. Θερμομονωτικά τούβλα).

Οι ιδιότητες τους χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες:

α) Στις φυσικές ιδιότητες, περιγράφουν τη συμπεριφορά του υλικού.

β) Στις περιβαλλοντικές ιδιότητες, περιγράφουν τον οικολογικό χαρακτήρα του υλικού.

Η επιλογή ενός θερμομονωτικού υλικού εκτός από τις φυσικές του ιδιότητες εξαρτάται και από το κόστος του, την επάρκεια του στην αγορά, τη δυνατότητα μεταφοράς και σωστής τοποθέτησής του.

3.10.4 Κατηγορίες θερμομονωτικών υλικών

Τα θερμομονωτικά υλικά χαρακτηρίζονται κυρίως ως (βλ. Πιν.3.1):

1. Ανόργανα η οργανικά (ανάλογα με την προέλευση και τη σύστασή τους).
2. Φυσικής προέλευσης ή τεχνητά (ανάλογα με το βαθμό επεξεργασίας που έχουν υποστεί).
3. Ανοικτών ή κλειστών κυψελών ή πόρων αέρα.
4. Μεγάλου ή μικρού φαινομένου βάρους, διακρίνονται σε βαριά και ελαφριά.

Αναλόγως με την προέλευσή τους που μπορεί να είναι ανόργανη η οργανική και την επεξεργασία που έχουν υποστεί, τα θερμομονωτικά υλικά χωρίζονται περαιτέρω σε πιο εξειδικευμένους τύπους όπως:

-Με βάση τη δομή τους:

- Αφρώδη: υπάρχει μέσα τους αέρας με μορφή φυσαλίδων.
- Ινώδη: ο αέρας περιέχεται ανάμεσα στις ίνες τους.

-Με βάση το βαθμό επεξεργασίας:

- Φυσικής προέλευσης.
- Τεχνητά.

Πιν. 3.1 Τύποι θερμομονωτικών υλικών

Τύποι Θερμομονωτικών Υλικών	Υλικά
Ανόργανα Φυσικά	Αμίαντος, κίσηρης
Ανόργανα Τεχνητά	Βερμικουλίτης, υαλοβάμβακας, σκωριόμαλλο, περλίτης, κυψελοειδές γυαλί, μονωτικά τούβλα, ορυκτοβάμβακας
Οργανικά Φυσικά	Φυσικός φελλός, πλάκες τύρφης, καλάμια, πλάκες αχύρου, γιούτα
Οργανικά Τεχνητά	Επεξεργασμένος φελλός, Διογκωμένος φελλός, ξυλόμαλλο, καουτσούκ, συνθετικά πλαστικά, πολυουρεθάνη, πολυστερίνη, PVC, φαινολικά μονωτικά
Σκυροδέματα Φυσικά	Κισσηρόδεμα, σκωριόδεμα
Σκυροδέματα Τεχνητά	Αερομεπτόν, Κυψελομεπτόν

3.10.5 Ανάλυση των θερμομονωτικών υλικών

ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΥΛΙΚΑ:

Ανόργανα Ινώδη:

Αμίαντος (asbestos) :



Εικ. 3.12 Ορυκτός λευκός αμίαντος πάνω σε μοσχοβίτη
Πηγή: el.wikipedia.org

Ο αμίαντος της οικοδομής είναι σε μορφή μικρών ινών. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι η αντοχή σε φωτιά και σε επίδραση οξέων, συνήθως χρησιμοποιείται σαν ίνες αμιάντου ή σαν αμιαντομπετόν (με ανάμειξη τσιμέντου και νερού). Δεν χρησιμοποιείται πλέον καθώς θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες καρκινογένεσης, στην περίπτωση που οι ίνες του εισχωρήσουν στον ανθρώπινο οργανισμό. Η διαπιστωμένη, πλέον, ενοχοποίηση του για καρκινογένεση έχει οδηγήσει πολλές χώρες στη λήψη αυστηρών μέτρων για τον περιορισμό της χρήσης του και τη σταδιακή πλήρη απαγόρευσή του.

- Ανισοτροπικό υλικό
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $W/m.K = 0,067$
- Πυκνότητα $kg/m^3 = 1600 kg/m^3$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) $C_p (J/Kg.K)=0.84$
- Διαπερατότητα στην υγρασία = Μεγάλη
- Αντοχή σε θερμότητα = Εξαιρετική

Υαλοβάμβακας:



Εικ. 3.13 Πλάκες υαλοβάμβακα
Πηγή: www.isoren.gr

Ο υαλοβάμβακας είναι ινώδες ανόργανο μονωτικό υλικό που αποτελείται από λεπτές ίνες γυαλιού, παράγεται από ανακυκλωμένο γυαλί έως και 80%. Είναι από τα λίγα μονωτικά υλικά που θεωρούνται κατάλληλα για θερμομόνωση, ηχομόνωση και πυροπροστασία. Προσφέρει αντοχή, διαπνοή (ατμοπερατότητα) και πολύ μικρή αύξηση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας σχετικά με την αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

Υαλοβάμβακας σε μορφή πλακών:

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 20 - 110$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,033 - 0,041$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$)=840
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->1,0 - 1,5

Πετροβάμβακας:



Εικ. 3.14 Πλάκες πετροβάμβακα
Πηγή: www.ergatex.gr

Το ορυκτό μαλλί ή πετροβάμβακας είναι κατασκευασμένο από λιωμένο γυαλί, ηφαιστειακές ή οργανικές πέτρες ή σκωρία που μετά από κατάλληλες διαδικασίες και σε περίπου 1500°C παίρνουν τη μορφή ινών. Η ανόργανη πέτρα ή σκωρία είναι τα κύρια συστατικά (συνήθως 98%) του πετροβάμβακα. Το υπόλοιπο οργανικό περιεχόμενο 2% είναι γενικά ένα θερμοσκληρυνόμενο συνδετικό ρητίνης (ένα συγκολλητικό) και λίγο λάδι.

Πετροβάμβακας σε μορφή πλακών:

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 50 - 180$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,033 - 0,041$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 840
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->1,0 - 1,5

Ανόργανα Κυψελωτής δομής:

Αφρώδες γυαλί:



Εικ. 3.15 Πλάκες από αφρώδες γυαλί

Πηγή: el.decorexpro.com

Το αφρώδες ή κυψελωτό γυαλί είναι μονωτικό υλικό που προέρχεται από ορυκτές πρώτες ύλες και αποτελείται από πολλές μικρές κυψέλες, ανήκει δηλαδή στα ανόργανα κυψελωτά υλικά. Τα βασικά συστατικά του είναι η άμμος και ο άνθρακας. Παράγεται με την τήξη των δύο υλικών στους 1000°C σε καλούπια. Οι ψηλές θερμοκρασίες οξειδώνουν τον άνθρακα παράγοντας πυκνό αφρό και ομοιόμορφες φυσαλίδες στη μάζα του υλικού που το διογκώνουν και αυξάνουν τον όγκο του. Με την ελεγχόμενη ψύξη του τήγματος, σχηματίζεται σώμα μικρών, πυκνών, ερμητικά κλειστών κυψελίδων με λεπτά τοιχώματα. Στο εσωτερικό των κυψελίδων εγκλωβίζεται διοξείδιο του άνθρακα και μικρή ποσότητα υδρόθειου. Η ειδική του κατεργασία αυξάνει σημαντικά το κόστος αγοράς του υλικού.

Το αφρώδες γυαλί κυκλοφορεί στο εμπόριο σε πλάκες μικρών διαστάσεων πάχους 25X120mm. Για θερμομόνωση δωματίων παράγεται σε πλάκες 60-180mm πάχος. Είναι υλικό γκρίζου χρώματος που όταν χαραχθεί αφήνει ελαφριά μυρωδιά κλούβιου αυγού λόγω των θειικών ενώσεων που έχει.

Το αφρώδες γυαλί παρουσιάζει τις καλύτερες ιδιότητες εναντίον της υγρασίας από όλα τα θερμομονωτικά υλικά. Έχει μηδενική απορροφητικότητα και μπορεί το ίδιο το υλικό να χρησιμοποιηθεί ως φράγμα υδρατμών.

Οι ιδιότητες του αυτές το καθιστούν ιδανικό για εξωτερικές μονώσεις και όπου υπάρχει υγρασία. Πρέπει όμως να δοθεί η σωστή σημασία κατά την τοποθέτηση του στην καλή μόνωση των ενώσεων των πλακών μεταξύ τους.

Έχει μεγάλη αντοχή στη γήρανση χωρίς να αλλοιώνονται οι ιδιότητες του.

Δεν έχει ηχομονωτικές ιδιότητες.

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 125 - 140$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,040 - 0,052$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 1000
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->100000
Υγρό->100000

Τρίμματα θηραϊκής γης (Ποζολάνη):



Εικ. 3.16 Θηραϊκή γή
Πηγή: www.kritharis.gr

Η θηραϊκή γή ή αλλιώς ηφαιστειακή γαία (Ιανα) είναι φυσικό, ανόργανο, ηφαιστειακό υλικό. Έχει πάρει το όνομα της από το νησί της Θήρας από όπου και προέρχεται. Χρησιμοποιείται τη σημερινή εποχή για την ενίσχυση κονιαμάτων και τους εξασφαλίζει μεγάλη αντοχή και διάρκεια ζωής.

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 150 - 230$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,060 - 0,080$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 1000

Ανόργανα Κοκκώδη:

Διογκωμένος Περλίτης:



Εικ. 3.17 Περλίτης σε διάφορα στάδια



Εικ. 3.18 Μονωτική πλάκα περλίτη

Πηγή: www.naturahellas.blogspot.com

Ο περλίτης είναι μονωτικό υλικό που προέρχεται από ορυκτές ηφαιστιογενείς πρώτες ύλες και αποτελείται από πολλές μικρές κυψέλες, ανήκει στα ανόργανα κυψελωτά υλικά. Τα βασικά συστατικά του είναι το διοξείδιο του πυριτίου και το οξείδιο του αργιλίου, ενώ περιέχει αλκαλικά και άλλα οξείδια. Η πρώτη ύλη έχει υψηλή περιεκτικότητα σε νερό. Το ορυκτό τρίβεται σε κόκκους και πυρακτώνεται απότομα σε θερμοκρασία περίπου 900°C με αποτέλεσμα να διογκώνεται έως και 20 φορές. Στο εσωτερικό των κόκκων δημιουργούνται κλειστές κυψέλες. Οι κυψέλες δίνουν στον περλίτη θερμομονωτικές ιδιότητες. Χάρη στην ελεύθερη ροή του, η έγχυση περλίτη σε κοιλότητες θεωρείται εύκολη και ως εκ τούτου ο περλίτης χρησιμοποιείται ευρέως ως υλικό πληρώσεων κενού διπλών τοίχων, ως υλικό γεμισμάτων δαπέδων σε συνδυασμό με τσιμέντο (π.χ. Σε μεταλλικά πατάρια, βατά δώματα, κλπ.), ως υλικό γεμίματος ρωγμών, καθώς επίσης και για τη δημιουργία ρύσεων σε ταράτσες υπό τη μορφή περλομπετό. Ο περλίτης έχει λευκό χρώμα, είναι άοσμο και ελαφρύ. Δεν προσβάλλεται από υγρασία, χαμηλή χημική αδράνεια, αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και εμποδίζει την εξάπλωση φωτιάς.

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 50 - 130$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,070$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 900
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->1 – 2

Ανόργανα Πορώδη:

Ασβεστόλιθος μαλακός :



Εικ. 3.19 Ασβεστόλιθος σαν ορυκτό
Πηγή: www.geo.auth.gr

Ο **ασβεστόλιθος** είναι ιζηματογενές πέτρωμα, του οποίου το βασικό συστατικό είναι ο ασβεστίτης (CaCO_3). Η βασική χρήση του ασβεστόλιθου είναι στην αρχιτεκτονική, όπου χρησιμοποιείται ως οικοδομικό υλικό είτε αυτούσιος, σε λιγότερο ή περισσότερο λαξευμένα τμήματα, είτε σε μίγμα για την κατασκευή του σκυροδέματος (τόσο η άμμος όσο και το χαλίκι στο κοινό σκυρόδεμα είναι ασβεστολιθικής σύστασης).

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 1800$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m.K} = 1,100$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J}/\text{Kg.K}$)=1000
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->40
Υγρό->25

Κίσηρης ή ελαφρόπετρα (pumice):



Εικ. 3.20 Μορφή ελαφρόπετρας
Πηγή: www.lafarge.gr

Η ελαφρόπετρα είναι ένα ηφαιστειογενές, ελαφρύ και πορώδες υλικό. Η πορώδης δομή του αποδίδεται στην απότομη ψύξη του μάγματος και στον εγκλεισμό φυσαλίδων αερίων μέσα στη μάζα του. Λόγω της μικρής πυκνότητάς της χρησιμοποιείται ως συστατικό ελαφριού σκυροδέματος, ενώ η ύπαρξη φυσαλίδων αερίων δρουν ως μονωτικό.

- Ηφαιστειογενές πορώδες υλικό
- Isotropic material (ισοτροπικό)
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) W/ m.K = 0,044
- Πυκνότητα kg / m³ = 641
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p (J/Kg.K)=0,870
- Porosity = high
- Permeability (διαπερατότητα)=low
- Μικρη αντοχή σε τριβή και πίεση

ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΦΥΣΙΚΑ Η ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΥΛΙΚΑ:

Φυσικός Φελλός:



Εικ. 3.21 Πλάκες φελλού
Πηγή: www.baufox.com

Ο φελλός είναι ένα από τα πρώτα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για θερμομόνωση και είναι οργανικό αφρώδες υλικό. Ο φελλός προέρχεται από τη φελλοφόρο δρυ, είδος αιθαλούς βελανιδιάς που ευδοκίμει κυρίως γύρω από τη λεκάνη της Μεσογείου. Το δένδρο φθάνει τα 30m ύψος με διάμετρο κορμού 2-5m, ζει 150-300 χρόνια χρόνια. Σήμερα πρώτη χώρα παραγωγής φελλού είναι η Πορτογαλία. Η συλλογή του φελλού ξεκινά όταν το δένδρο είναι περίπου 20 χρονών και

επαναλαμβάνεται κάθε 10-15 χρόνια όταν ο φελλός αναγεννιέται. Έχει τη χαρακτηριστική μυρωδιά του ξύλου και το βρίσκουμε σε αποχρώσεις του καφέ.

Σκληρά πλακίδια από φελλό:

- Θερμική αγωγιμότητα (λ) W/ m.K = 0,065
- Πυκνότητα kg / m³ = >400
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p (J/Kg.K)=1500
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->40
Υγρό->20

Φύλλα και πλάκες από φελλό

- Πυκνότητα kg / m³ = 100 - 150
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) W/ m.K = 0,042 - 0,046
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p (J/Kg.K)=1560
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->10-30
- Porosity = high
- Permeability (διαπερατότητα)=low

Άλλα Οργανικά Φυσικά υλικά:

Πλάκες τύρφης:

- Τύρφη (σε ξηρή κατάσταση) :
- Πυκνότητα kg / m³ = 400
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) W/ m.K = 0,200
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p (J/Kg.K)=1000

Πλάκες από Καλάμια:



Εικ. 3.22 Πλάκες καλαμιών (πρεσαριστών) που βρίσκουμε στο εμπόριο, Πηγή: www.ecoshadow.gr

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 120 - 230$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,065 - 0,090$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 1200

Ξύλο:

- Κατεργασμένη και ακατέργαστη ξυλεία, γενικώς:
- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 450$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,120$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 1600
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->50
Υγρό->20

Λινάρι:

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 20-80$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,038 - 0,045$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 1300 – 1600

Φύκια θαλάσσης:

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 75-80$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,045 - 0,050$
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->2

Βαμβάκι:

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 20 - 60$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,040$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 840 – 1300

Μαλλί προβάτου:



Εικ. 3.23 Μαλλί προβάτου σε μη επεξεργασμένη μορφή και σε εφαρμογή σε θερμομόνωση
Πηγή: www.intechopen.com

Το μαλλί των προβάτων είναι ένας βιώσιμος, φυσικός πόρος του οποίου τα εγγενή χαρακτηριστικά το καθιστούν ελκυστικό ως μονωτικό υλικό. Η κοπή μαλλιού προβάτων είναι μια τεχνική χωρίς πόνο που συνήθως πραγματοποιείται τουλάχιστον μία φορά το χρόνο για την ανακούφιση από το άγχος και την ταλαιπωρία των προβάτων, ειδικά σε ζεστές και υγρές συνθήκες. Ως αποτέλεσμα αυτής της μη επεμβατικής τεχνικής, το μαλλί προβάτου παραδοσιακά χρησιμοποιείται για την κατασκευή συμβατικών μάλλινων προϊόντων στη βιομηχανία κλωστοϋφαντουργίας, όπως χαλιά, ενδύματα, κουρτίνες, καλύμματα και κλινοσκεπάσματα. Είναι μια εύκολα ανανεώσιμη, εύκολα ανακυκλώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή πρώτων υλών.

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 29,7$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,06$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 2,02

Φυσικό καουτσούκ:



Εικ. 3.24 Φυσικό καουτσούκ σε στερεή κατάσταση
Πηγή: www.jwtrubber.blogspot.com

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 910$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,130$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 1100
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->10000
Υγρό->10000

Naturtherm CA:



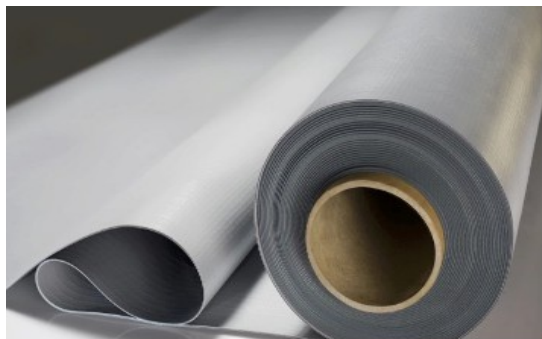
Εικ. 3.25 Πάνελ Naturtherm CA, Πηγή: www.maiano.it

Σχηματίζεται από ίνες κάνναβης άνω του 90%, είναι 100% ανακυκλώσιμο. Η καλλιέργεια κάνναβης έχει εκτεταμένη παράδοση στην Ευρώπη και είναι απολύτως οικολογική: απαιτεί λίγο νερό, δεν χρειάζεται φυτοφάρμακα και συμβάλλει στην ορθή εκμετάλλευση των φυσικών πόρων.

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 50$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,040$
- Θερμική αντίσταση (R) = 1,05
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 1700

ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ :

Φύλλο χλωριούχου πολυβινυλίου (PVC):



Εικ. 3.26 Φύλλο χλωριούχου πολυβινυλίου (PVC)
Πηγή: el.decorexpro.com

Το πολυβινυλοχλωρίδιο {polyvinyl chloride ή poly(vinyl chloride)} ή PVC είναι ένα πολυμερές με καλές μονωτικές ιδιότητες. Έχει μεγάλη σκληρότητα και υψηλές μηχανικές ιδιότητες, με την προσθήκη σταθεροποιητή θερμότητας κατά τη διεργασία του αυξάνεται η θερμική του σταθερότητα, είναι καλός ηλεκτρικός μονωτής. Χρησιμοποιείται ευρέως στα πλαίσια ανοιγμάτων. Στη μορφή εύκαμπτου φύλλου εφαρμόζεται για την στεγάνωση κτιρίων και ειδικότερα των οροφών. Έχει υψηλή απόδοση, χαμηλό βάρος και η εγκατάστασή του είναι εύκολη.

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 1390$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m.K} = 0,170$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J}/\text{Kg.K}$)=900
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->50000
Υγρό->50000

Πλάκες ξυλόμαλλου:



Εικ. 3.27 Πλάκα ξυλόμαλλου
Πηγή: www.knaufinsulation.gr

Το ξυλόμαλλο είναι μονωτικό υλικό που προέρχεται από φυτικές πρώτες ύλες και αποτελείται από πολλές μικρές ίνες. Ανήκει στα οργανικά ινώδη υλικά. Τα βασικά συστατικά του είναι το ξύλο (πέυκο ή έλατο) και προϊόντα ξυλείας όπως ροκανίδια, κλαδιά, καλάμια, άχυρα και άλλα φυτικά ινώδη υλικά συγκολλημένα μεταξύ τους με ορυκτές συγκολλητικές ύλες. Το υλικό διατίθεται σε πλάκες που έχουν ψηλές μηχανικές ιδιότητες. Ανάλογα με τις απαιτήσεις το βρίσκουμε σε μορφή σάντουιτς, όπου δύο πλάκες ξυλόμαλλου περιβάλλουν μία στρώση διογκωμένης πολυστερίνης ή πετροβάμβακα, για βελτίωση των θερμομονωτικών του ιδιοτήτων. Οι πλάκες έχουν διαστάσεις μέχρι $2000*600\text{mm}$ και πάχος από 25-80mm. Είναι άοσμο υλικό, σχετικά βαρύ, φαιού χρώματος με χαρακτηριστική επιφάνεια ινών ξύλου.

Με ανόργανο συνδετικό κονίαμα, $d < 25 \text{ mm}$:

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 570$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m.K} = 0,150$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J}/\text{Kg.K}$)=1470
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->2 - 5

Με ανόργανο συνδετικό κονίαμα, $d \geq 25 \text{ mm}$:

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 360 - 480$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,090 - 0,100$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 1470
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->2 - 5

Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη:



Εικ. 3.28 Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης
Πηγή: www.technomorfi.gr

Σε πλάκες:

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 30 - 40$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,031 - 0,038$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 1450
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->80 – 250

Φαινολικός αφρός:



Εικ. 3.29 Φαινολικός αφρός σε πλάκες
Πηγή: www.greenspec.co.uk

Ο φαινολικός αφρός γνωστός και σαν ισοκυανουρίνη είναι σκληροποιημένος αφρός ο οποίος όπως και οι πολυστερίνες ανήκει στα αφρώδη υλικά με κλειστή κυψελωτή δομή. Για την παραγωγή του γίνεται ανάμειξη τηγμένης πρώτης ύλης με διογκωτικό μέσο. Στη συνέχεια προστίθεται μέσα στο μείγμα σκληρυντικό υλικό με ταυτόχρονη ανάδευση, προκαλώντας εξώθερμη αντίδραση με αποτέλεσμα τον αφρισμό της ρητίνης. Κατά τη ψύξη του υλικού δημιουργούνται κλειστές κυψέλες στις οποίες παγιδεύεται το διογκωτικό αέριο που προσδίδει στο υλικό τις θερμομονωτικές του ιδιότητες. Οι πόροι του υλικού είναι κατά 95% κλειστοί.

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 40 - 50$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,026 - 0,038$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 1400
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->50
Υγρό->50

Διογκωμένη Πολυστερίνη (φελιζόλ):



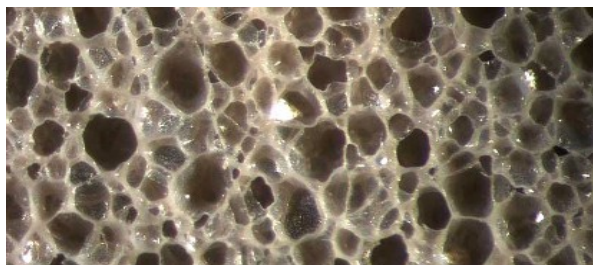
Εικ. 3.30 Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ)
Πηγή: www.monotikaylika.gr

Είναι συνθετικό οργανικό υλικό κυψελωτής δομής.

Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες :

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 15-30$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,032 - 0,041$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 1450
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->25 – 70

Αφρός πολυϊσοκυανουρικού / πολυουρεθάνης (PIR / PUR):



Εικ. 3.31 Κοντινή ματιά στο υλικό αφρού πολυϊσοκυανουρικού / πολυουρεθάνης (PIR / PUR)
Πηγή: www.greenspec.co.uk

Η πολυουρεθάνη (PUR και PU) είναι ένα πολυμερές αποτελούμενο από οργανικές μονάδες που συνδέονται με συνδέσμους καρβαμικού (ουρεθάνης).

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 30-40$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,023-0,026$
- Θερμική αντίσταση στα 100mm $\text{Km}^2 / \text{W} = 4,50$

Airgel(Αερογέλη):



Εικ. 3.32 Μικρού μεγέθους πλάκα αερογέλης
Πηγή: en.wikipedia.org

Το Airgel είναι ένα συνθετικό πορώδες πολύ ελαφρύ υλικό που προέρχεται από ένα πήκτωμα, στο οποίο το υγρό συστατικό του πήγματος έχει αντικατασταθεί με ένα αέριο. Το αποτέλεσμα είναι ένα στερεό με εξαιρετικά χαμηλή πυκνότητα και χαμηλή θερμική αγωγιμότητα.

Οι αερογέλες είναι καλοί θερμικοί μονωτές επειδή σχεδόν ακυρώνουν δύο από τις τρεις μεθόδους μεταφοράς θερμότητας (μεταφορά, αγωγιμότητα και ακτινοβολία). Είναι καλοί αγωγάιμοι μονωτές επειδή αποτελούνται σχεδόν εξ ολοκλήρου από αέριο και τα αέρια είναι πολύ κακοί αγωγοί θερμότητας. Είναι καλοί αναστολείς της μεταφοράς, επειδή ο αέρας δεν μπορεί να κυκλοφορήσει μέσω του πλέγματος. Οι αερογέλες είναι κακοί μονωτές ακτινοβολίας επειδή η υπέρυθη ακτινοβολία (που μεταφέρει θερμότητα) διέρχεται από αυτά.

Η αερογέλη πυριτίας είναι ο πιο κοινός τύπος αερογέλης. Η πυριτία στερεοποιείται σε τρισδιάστατα, αλληλένδετα σμήνη που αποτελούν μόνο το 3% του όγκου. Η αγωγιμότητα μέσω του στερεού είναι επομένως πολύ χαμηλή. Το υπόλοιπο 97% του όγκου αποτελείται από αέρα σε εξαιρετικά μικρούς νανοπόρους. Ο αέρας έχει λίγο χώρο για κίνηση, εμποδίζοντας τόσο τη μεταφορά όσο και την αγωγή αερίου-φάσης.

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 150$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,014$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 1000
- Θερμική αντίσταση στα 50mm $\text{Km}^2 / \text{W} = 3,8$ για 50mm

Icynene H2FoamLite / LD-C-50:



Εικ. 3.33 Κοντινή ματιά στο υλικό Icynene
Πηγή: www.greenspec.co.uk

Το H2FoamLite είναι μια αποκλειστική μόνωση που κατασκευάζεται από την Icynene, μια εταιρεία με έδρα τον Καναδά. Το προϊόν παρασκευάζεται από δύο υγρά συστατικά, το ισοκυανικό (BaseSeal) και τη ρητίνη (H2FoamLite)

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 7,5-8,3$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,039$

Hempcrete:



Εικ. 3.34 Κοντινή ματιά στο υλικό Hempcrete, Πηγή: www.greenspec.co.uk

Μείγμα κάνναβης (shives) και ασβέστη (πιθανώς συμπεριλαμβανομένου φυσικού υδραυλικού ασβέστη, άμμου, pozzolans ή τσιμέντου) που χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό και υλικό κατασκευών.

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 275$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m.K} = 0,06$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p (J/Kg.K) = 1500-1700
- Θερμική αντίσταση στα 100mm $\text{Km}^2 / \text{W} = 1,429$

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ:

NATURTHERM – KE:



Εικ. 3.35 Πλάκα NATURTHERM – KE
Πηγή: www.psem.gr

Είναι ένα ηχοθερμομονωτικό υλικό από Κέναφ, μια φυτική ίνα όμοια με την κάνναβη που χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο από τα αρχαία χρόνια. Εύκολο στην χρήση και επαναχρησιμοποίηση και απόλυτα ανακυκλώσιμο. Φιλικό προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον, χωρίς την δυνατότητα ανάπτυξης μικροοργανισμών, βακτηριδίων, μυκήτων και εντόμων. Όχι τοξικό και αντιαλλεργικό υλικό χωρίς προσθήκη κόλλας ή άλλων χημικών υλών. Το φυτό απορροφά περισσότερο μονοξείδιο του άνθρακα από κάθε άλλο είδος καλλιέργειας, είναι καθαρικό του εδάφους από τοξικά στοιχεία όπως τα βαριά μέταλλα και προσκομίζει μεγάλες ποσότητες οξυγόνου στο έδαφος, έχει καλή αντοχή στην ξηρασία, ενώ η καλλιέργεια της δεν απαιτεί χρήση φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων γιατί το Κέναφ δεν περιέχει πρωτεϊνικές ουσίες. Τα υπολείμματα από το διαχωρισμό της ίνας χρησιμοποιούνται ως σανό και καύσιμα βιομάζας. Η διαδικασία μεταποίησης, από φυτό σε ολοκληρωμένο μονωτικό προϊόν, απαιτεί μια μέτρια κατανάλωση ενέργειας. Για να κατασκευαστεί το NATURTHERM-KE, οι ίνες Κέναφ αναμιγνύονται με ένα ινώδες πλέγμα, συμπυκνώνονται μηχανικά και συγκολλούνται με θερμική μέθοδο, χωρίς κανένα χημικό πρόσθετο. Το τελικό προϊόν έχει χαρακτηριστικά υψηλής διαπνοής, αντοχής και ελαστικότητας.

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 100$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,030$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 1700
- 100% ανακυκλώσιμο

Recycletherm:



Εικ. 3.36 Πάνελ Recycletherm
Πηγή: www.maiano.it

Μετατρέπει τις ίνες που λαμβάνονται από την επεξεργασία απορριμμάτων από κοντινές βιομηχανίες στην περιοχή κλωστοϋφαντουργίας και από ανακυκλωμένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που έχουν φτάσει στο τέλος του κύκλου ζωής τους σε θερμομονωτικά και ακουστικά πάνελ.

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 60$ ή 80
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,0381$ ή $0,0358$
- Θερμική αντίσταση (R) = $1,05$
- 100% ανακυκλώσιμο

SINTHERM FR:



Εικ. 3.37 Πλάκα υλικού SINTHERM FR, Πηγή: www.maiano.it

Πρόκειται για υλικό υψηλής απόδοσης κατασκευασμένο με ίνες πολυεστέρα που λαμβάνονται από ανακυκλωμένα πλαστικά μπουκάλια.

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 60$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,034$
- Θερμική αντίσταση (R) = $1,18$
- 100% ανακυκλώσιμο

Sintherm EVO:



Εικ. 3.38 Πλάκα Sintherm EVO, Πηγή: www.maiano.it

Μονωτικό υλικό κατασκευασμένο από επιλεγμένες ίνες που λαμβάνονται από ανακυκλωμένο PET.

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 25$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,034$
- Θερμική αντίσταση (R) = 0,88
- 100% ανακυκλώσιμο

Recotherm-PL:



Εικ. 3.39 Πάνελ Recotherm-PL, Πηγή: www.maiano.it

Το Recotherm-PL είναι ένα οικολογικό μονωτικό υλικό κατασκευασμένο από 100% ανακυκλωμένες ίνες αποβλήτων. Είναι ανακυκλώσιμο, διαθέτει υψηλή απόδοση, είναι εξαιρετικά καινοτόμο και αποτελεσματικό και δεν περιέχει χημικές ουσίες που προκαλούν ερεθισμό.

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 50$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,035$
- Θερμική αντίσταση (R) = 1,14
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) C_p ($\text{J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$) = 1200
- 100% ανακυκλώσιμο

Κυτταρίνη:



Εικ. 3.40 Κοντινή ματιά στο υλικό της κυτταρίνης
Πηγή: www.greenspec.co.uk

Κολλώδης:

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 120 - 220$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,040 - 0,060$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) $C_p (\text{J}/\text{Kg} \cdot \text{K}) = 800 - 1100$

Ινώδης:

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 30 - 80$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,040 - 0,045$
- Ειδική Θερμότητα (Specific Heat) $C_p (\text{J}/\text{Kg} \cdot \text{K}) = 1700 - 2100$

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ:

Κισσηρόδεμα, ελαφροσκυρόδεμα:

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 500$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,200$
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->5-20

Σύμμεικτα ελαφροσκυροδέματα με διογκωμένη πολυστερίνη:

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 200$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,065$
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->11

Περλιτόδεμα:

α) Περλιτόδεμα χωρίς τη χρήση αφροποιητικού παράγοντα:

- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 350$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,130$

β) Περλιτόδεμα με τη χρήση αφροποιητικού παράγοντα:

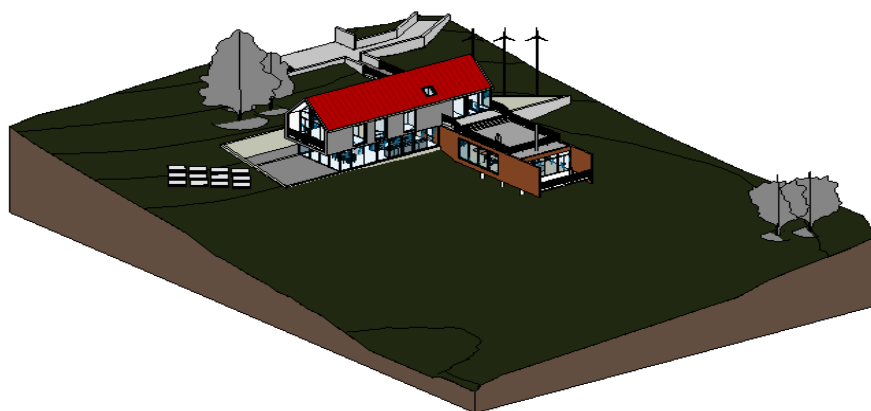
- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 350$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,094$

Γαρμπιλοσκυρόδεμα, γαρμπιλόδεμα:

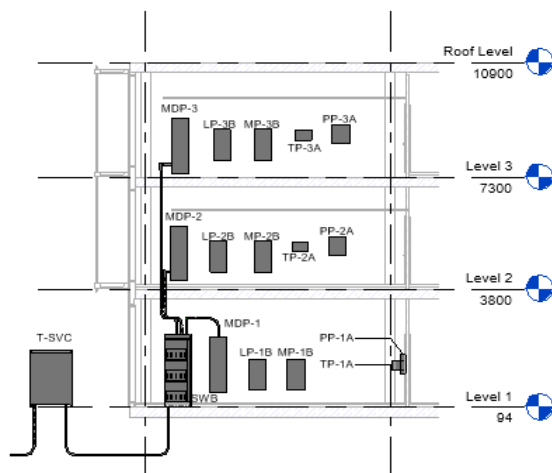
- Πυκνότητα $\text{kg} / \text{m}^3 = 1500$
- Θερμική αγωγιμότητα (λ) $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} = 0,640$
- Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση ατμών μ : Ξηρό->20

Κεφάλαιο 4: Το λογισμικό Revit

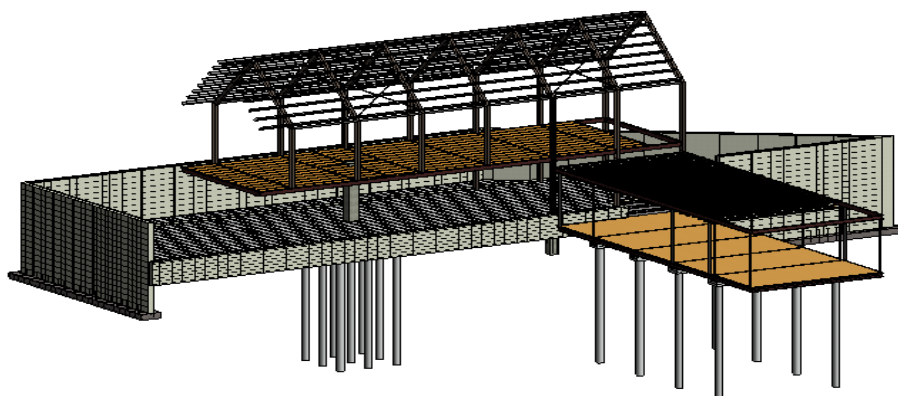
Το Revit είναι ένα λογισμικό στο οποίο χρησιμοποιείται η τεχνολογία BIM, δηλαδή Building Information Modeling. Παρέχει τη δυνατότητα σχεδιασμού και τεκμηρίωσης κτιριακών μελετών και υποστηρίζει την κατασκευή κτιριακών μοντέλων και τη δημιουργία χρονοδιαγραμμάτων, δίνοντας στους μελετητές την δυνατότητα να ανιχνεύουν τυχόν προβλήματα και να λαμβάνουν τις βέλτιστες αποφάσεις από τα πρώτα στάδια σχεδιασμού. Χρησιμοποιεί ένα παραμετρικό σύστημα, το οποίο αναφέρεται στις σχέσεις μεταξύ όλων των στοιχείων του και αναπαριστά ψηφιακά όλα τα φυσικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός κτιρίου. Οι όποιες αλλαγές στο κτιριακό μοντέλο ενημερώνονται αυτόματα ή τις δημιουργούμε εμείς κατά τον σχεδιασμό. Οι κύριες λειτουργίες του αναφέρονται στον αρχιτεκτονικό, ηλεκτρολογικό και μηχανολογικό σχεδιασμό, καθώς και στον σχεδιασμό δομικών κατασκευών. Επίσης μπορεί να πραγματοποιήσει την φωτορεαλιστική απόδοση ενός τρισδιάστατου μοντέλου και ενεργειακές μελέτες οι οποίες πραγματοποιούνται είτε απευθείας από το λογισμικό είτε με την βοήθεια του GBS (Το GBS είναι η μηχανή ενεργειακής προσομοίωσης της Autodesk). Τέλος το Revit είναι ένα εμπορικό λογισμικό το οποίο διατίθεται από την Autodesk σε επαγγελματίες και δωρεάν για εκπαιδευτικούς σκοπούς.



Εικ. 4.1 Λεπτομερές τρισδιάστατο αρχιτεκτονικό μοντέλο στο Revit.



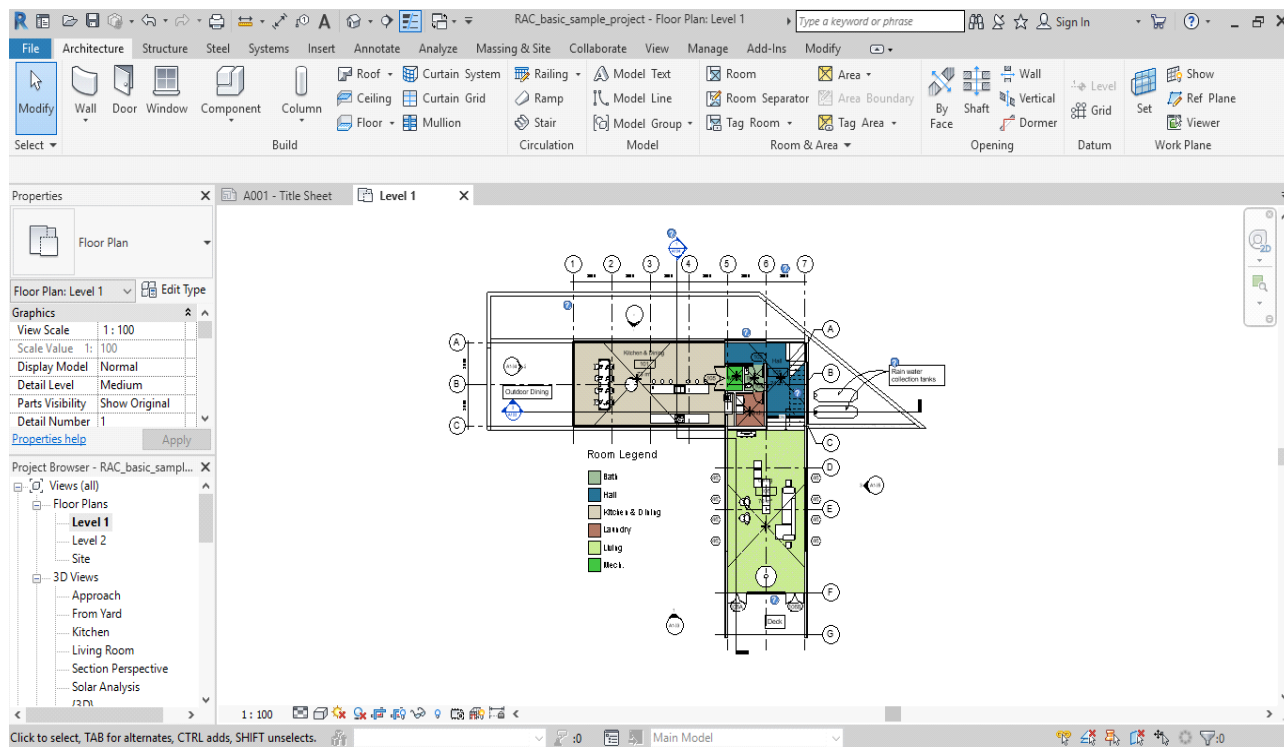
Εικ. 4.2 Ηλεκτρολογική μελέτη με το Revit.



Εικ. 4.3 Τρισδιάστατο στατικό μοντέλο στο Revit.

4.1 Το περιβάλλον εργασίας του Revit

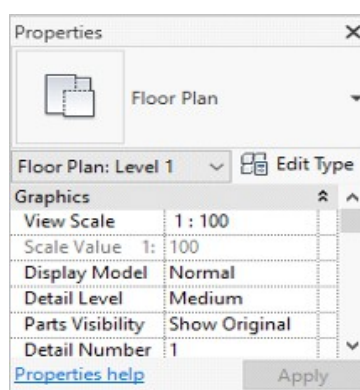
Παρακάτω παρατίθενται οι βασικές λειτουργίες του λογισμικού:



Εικ. 4.4 Το περιβάλλον εργασίας του Revit.

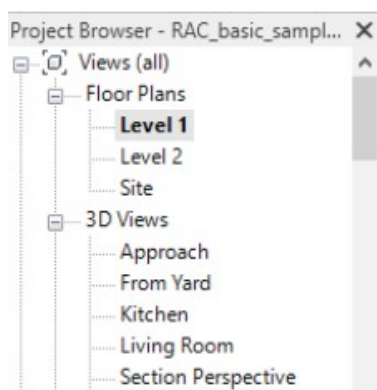
α) Drawing Area: Περιοχή σχεδίασης – Παρουσιάζει τις όψεις της μελέτης.

β) Properties Palette: Παλέτα ιδιοτήτων – Εδώ μπορούν να μεταβληθούν οι παράμετροι που καθορίζουν τις ιδιότητες των στοιχείων.



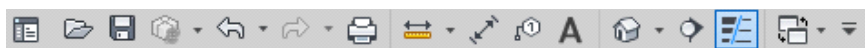
Εικ. 4.5 Properties Palette

γ) Project Browser: Περιηγητής μελέτης – Παρουσιάζει όλες τις προβολές της μελέτης, τα στοιχεία του μοντέλου και τα χρονοδιαγράμματα.



Εικ. 4.6 Project Browser

δ) Quick Access Toolbar: Γραμμή εργαλείων γρήγορης πρόσβασης – Στην γραμμή γρήγορης πρόσβασης εμπεριέχονται τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται συχνά.



Εικ. 4.7 Quick Access Toolbar

ε) Status bar: Γραμμή κατάστασης – Εμφανίζει οδηγίες για τις εντολές.

Click to select, TAB for alternates, CTRL adds, SHIFT unselects.

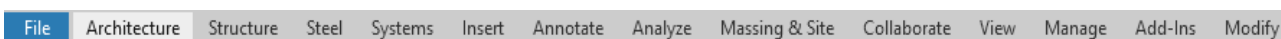
Εικ. 4.8 Status bar

στ) Control bar: Γραμμή ελέγχου – Εμπεριέχονται τα εργαλεία για την επεξεργασία της εκάστοτε προβολής.



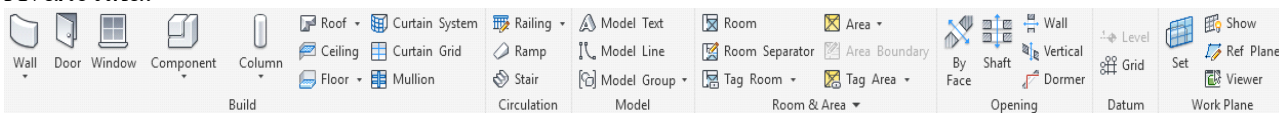
Εικ. 4.9 Control bar

ζ) Ribbon: Κορδέλα – Περιέχει καρτέλες με εργαλεία για την επίτευξη της μελέτης.

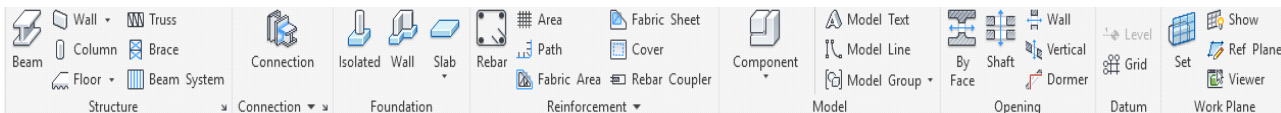


Εικ. 4.10 Ribbon

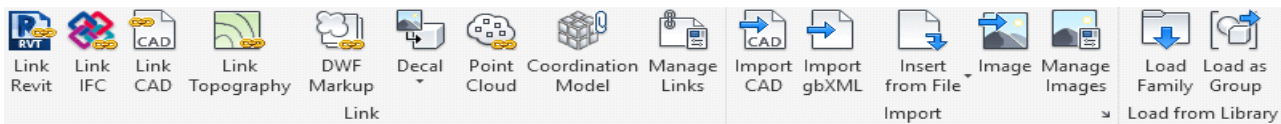
Αναλυτικά:



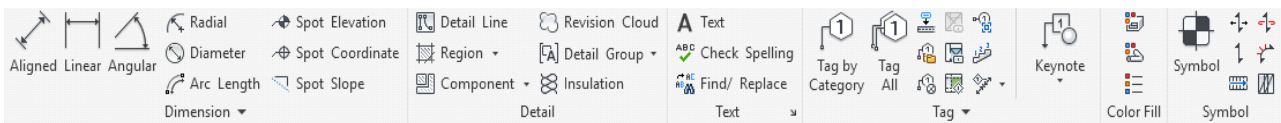
Εικ. 4.11 Καρτέλα – Architecture: Για αρχιτεκτονική σχεδίαση.



Εικ. 4.12 Καρτέλα - Structure: Για σχεδίαση δομικών κατασκευών.

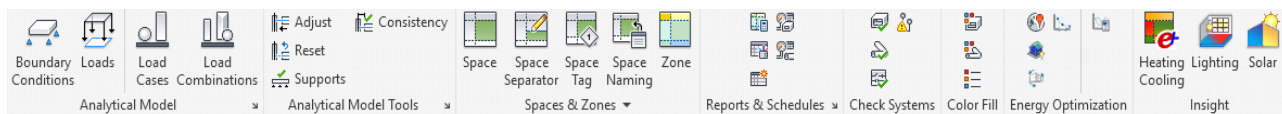


Εικ. 4.13 Καρτέλα - Insert: Για συνεργασία με άλλα προγράμματα.

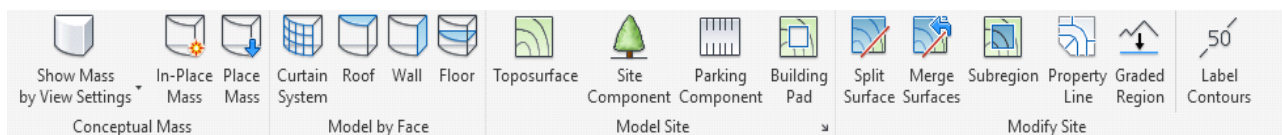


Εικ. 4.14 Καρτέλα – Annotate: Για να εισάγουμε διαστάσεις στις προβολές.

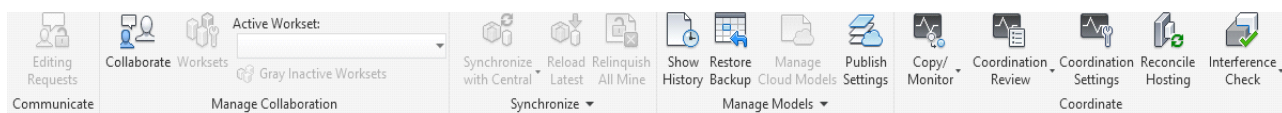
Αξιολόγηση επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια



Εικ. 4.15 Καρτέλα – Analyze: Για την διεξαγωγή μελετών.



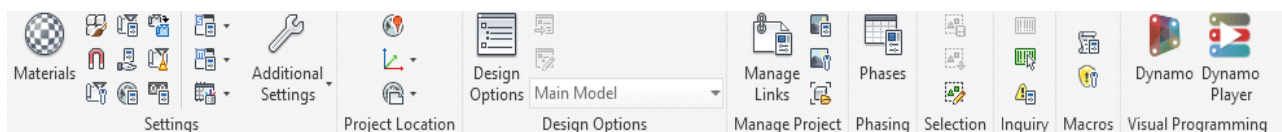
Εικ. 4.16 Καρτέλα – Massing and Site: Για την δημιουργία τοπογραφικής επιφάνειας.



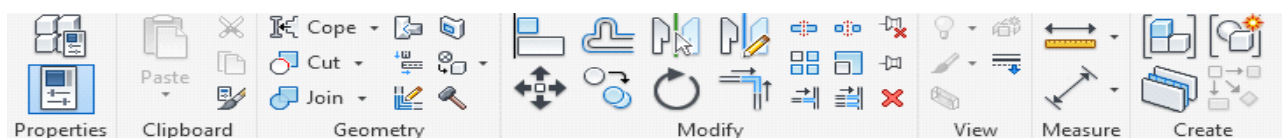
Εικ. 4.17 Καρτέλα – Collaborate: Για συνεργασία με άλλους χρήστες.



Εικ. 4.18 Καρτέλα – View: Τρόποι εμφάνισης προβολής και εργαλεία επεξεργασίας της.



Εικ. 4.19 Καρτέλα – Manage:



Εικ. 4.20 Καρτέλα – Modify: Για την επεξεργασία των στοιχείων της προβολής.


4.2 Διαδικασία εκτέλεσης ενεργειακής ανάλυσης στο Revit

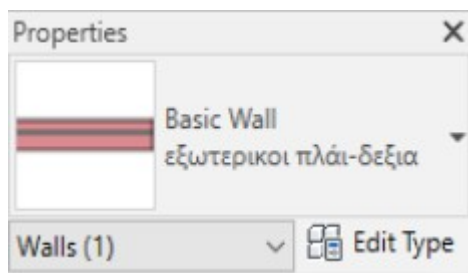
Όπως προαναφέρθηκε το Revit έχει την δυνατότητα να πραγματοποιήσει ενεργειακές μελέτες απευθείας από το λογισμικό, με την βοήθεια του GBS, ή εξ'ολοκλήρου στο GBS. Οι μελέτες που πραγματοποιούνται μέσα από το λογισμικό είναι η ανάλυση φωτισμού του κτιρίου (lighting analysis), η ανάλυση ηλιασμού του κτιρίου (solar analysis) και η ανάλυση ψύξης-θέρμανσης (Heating and Cooling Loads analysis). Η ενεργειακή ανάλυση στο Revit με την βοήθεια του GBS ή απευθείας στο GBS μας δίνει αναλυτικά αποτελέσματα για την ετήσια κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου από καύσιμα και ηλεκτρισμό, το ενδεχόμενο εξοικονόμησης ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα και οικιακές ανεμογεννήτριες και το ενδεχόμενο εξοικονόμησης ενέργειας από φυσικό δροσισμό. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται η ανάλυση ψύξης-θέρμανσης μέσα από το λογισμικό, χρησιμοποιώντας το υπάρχον κτιριακό μοντέλο και τροποποιώντας το, ώστε να δημιουργηθούν διαφορετικά σενάρια με στόχο την επιλογή της πιο βιώσιμης λύσης. Παρακάτω παρατίθενται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την τελική ανάλυση.

4.2.1 Εισαγωγή θερμοφυσικών χαρακτηριστικών δομικών στοιχείων

Καθορίζονται οι θερμικές ιδιότητες όλων των δομικών στοιχείων που αποτελούν το κτίριο (τοίχοι, δάπεδα, δοκάρια, υποστυλώματα κ.λ.π) ακολουθώντας την παρακάτω διαδικασία:

α) Επιλέγεται ένα δομικό στοιχείο π.χ. Ένας τοίχος

β) Στην παλέτα ιδιοτήτων επιλέγεται Edit type 



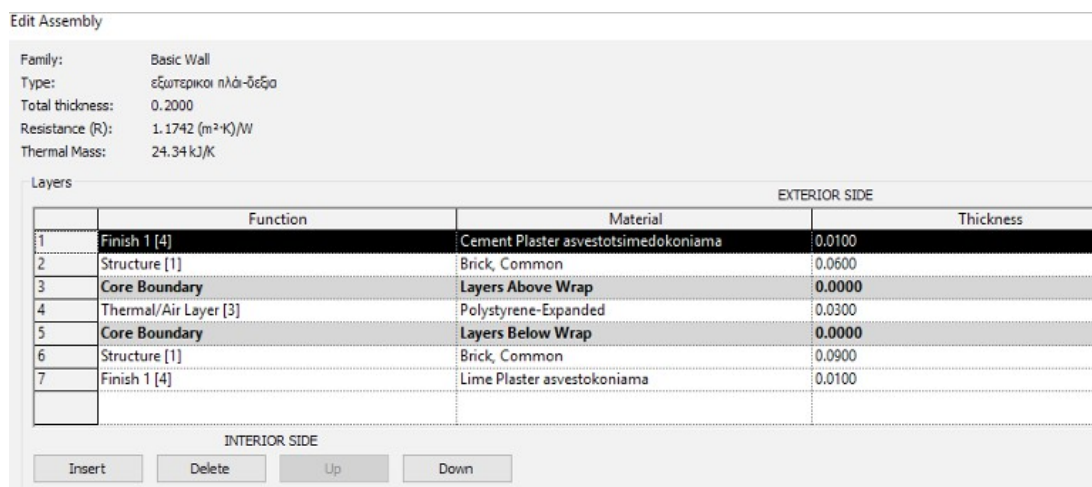
Εικ. 4.21 Properties palette (επεξεργασία τοίχου)

γ) Στο παράθυρο που εμφανίζεται (Type parameters) και στην στήλη Constuction επιλέγεται Edit type από την κατηγορία Structure.

Type Parameters	
Parameter	Value
Construction	
Structure	Edit...

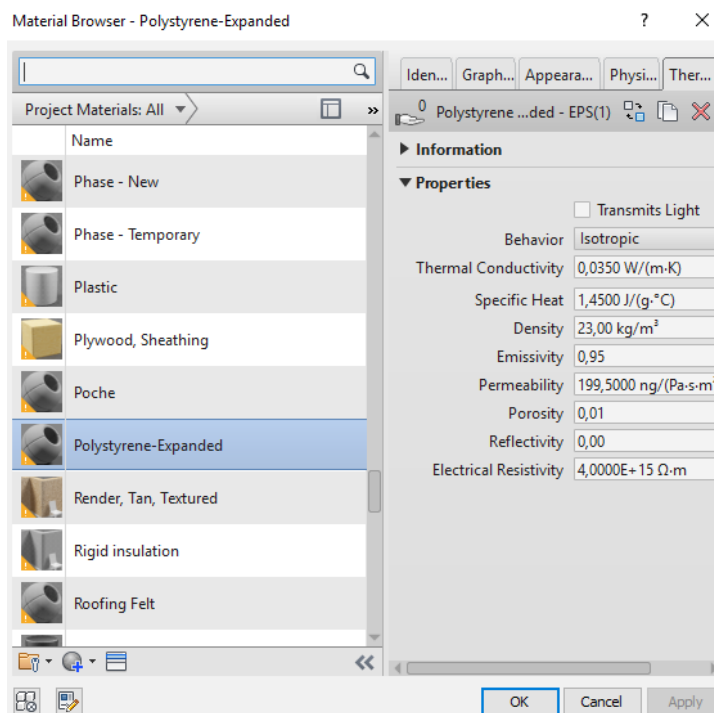
Εικ. 4.22 Παράθυρο διαλόγου-Type parameters

δ) Στο παράθυρο διαλόγου Edit Assembly εμφανίζεται η κατασκευή του δομικού στοιχείου, δηλαδή οι επιμέρους στρώσεις του (layers) στις οποίες ορίζεται το πάχος της κάθε στρώσης (thickness) και το υλικό κατασκευής της (material) και το είδος της (function).



Εικ. 4.23 Παράθυρο διαλόγου - Edit Assembly


ε) Επιλέγεται ένα υλικό από την στήλη material και ανοίγει ο material browser. Σε αυτόν ορίζονται οι θερμικές ιδιότητες του υλικού, δηλαδή η πυκνότητα (density), η θερμική αγωγιμότητα (thermal conductivity) και η ειδική θερμοχωρητικότητα (specific heat).



Εικ. 4.24 Παράθυρο διαλόγου – Material Browser

Για τα παράθυρα ακοθουθείται η εξής διαδικασία:

α) Επιλέγεται ένα παράθυρο

β) Στην παλέτα ιδιοτήτων επιλέγεται Edit type 

γ) Στο παράθυρο που εμφανίζεται (Type parameters) στην στήλη analytical properties ορίζεται από το analytic constuction ο τύπος της κατασκευής του.



Εικ. 4.25 Παράθυρο διαλόγου - Type parameters

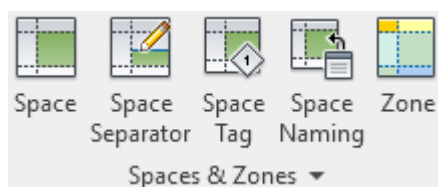
4.2.2 Καθορισμός χώρων και θερμικών ζωνών

Στην συνέχεια καθορίζονται οι χώροι του κτιρίου (spaces) και οι θερμικές ζωνές HVAC zones που το αποτελούν.

Ορισμός χώρων (spaces):

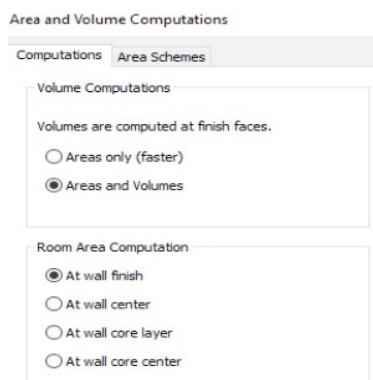
α) Αρχικά επιλέγουμε μια κάτοψη στην οποία θέλουμε να τοποθετήσουμε ένα space.

β) Στην κορδέλα ribbon επιλέγουμε την καρτέλα analyze και στη συνέχεια Spaces and Zones.



Εικ. 4.26 Από καρτέλα Analyze – Spaces and Zones

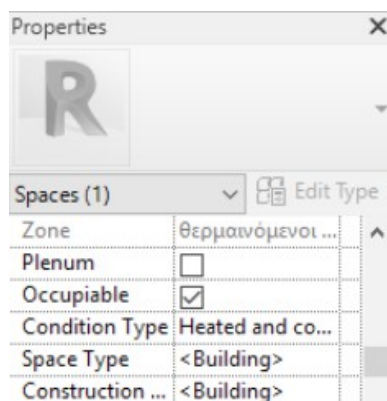
γ) Επιλεγουμε Area and Volume Computations για να ορίσουμε τον τρόπο με τον οποίο θα υπολογιστεί το εμβαδόν και ο όγκος του κάθε χώρου.



Εικ. 4.27 Παράθυρο διαλόγου – Area and Volume Computations

δ) Στην ίδια καρτέλα (analyze) επιλέγουμε space και τοποθετούμε το ποντίκι μας στον σημείο της κάτοψης που θα οριστεί το space. Πρέπει τα δωμάτια να είναι «κλειστά» για να εφαρμοστεί η εντολή, διαφορετικά μπορούν να γίνουν τροποποιήσεις με το space separator.

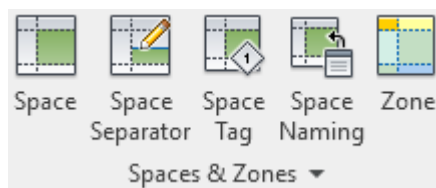
ε)Αφού έχουν τοποθετηθεί τα spaces στην κάτοψη μπορούν να εισαχθούν οι τιμές των παραμέτρων που καθορίζουν τις ιδιότητες του χώρου από την παλέτα ιδιοτήτων.



Εικ. 4.28 Properties palette (επεξεργασία space)

Ορισμός θερμικών ζωνών (zones):

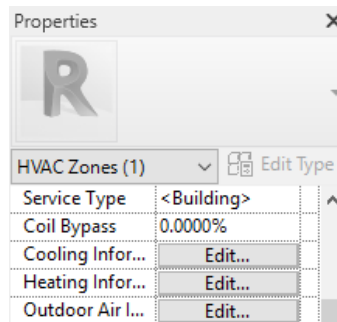
α) Για να γίνει ο καθορισμός των θερμικών ζωνών επιλέγονται τα spaces που ανείκουν στην ίδια θερμική ζώνη. Στην κορδέλα ribbon επιλέγουμε την καρτέλα analyze → zones και επιλέγουμε με το ποντίκι τους χώρους που ανείκουν στην ίδια θερμική ζώνη.



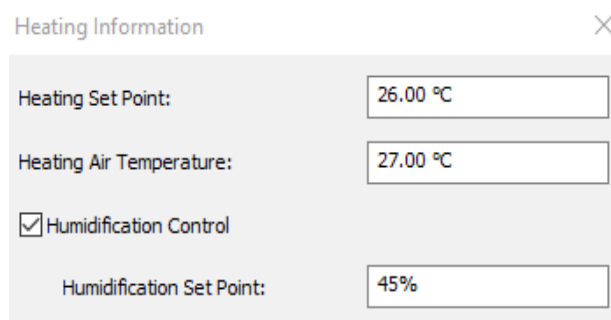
Εικ. 4.29 Από καρτέλα Analyze – Spaces and Zones

β) Στην παλέτα ιδιοτήτων ορίζονται οι τιμές των θερμοκρασιών και υγρασίας της ζώνης, οι οποίες είναι ίδιες για όλους τους χώρους που ανείκουν σε αυτήν.

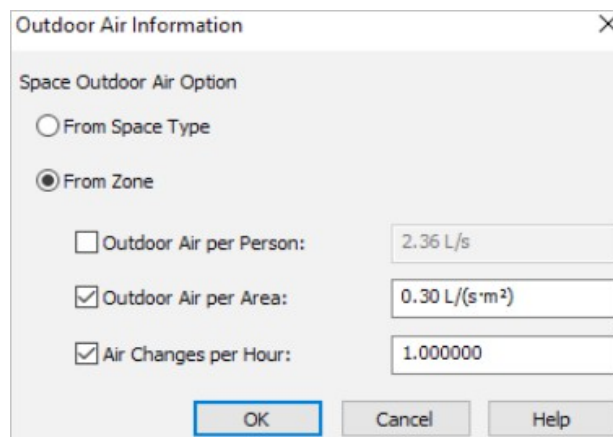
Αξιολόγηση επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια



Εικ. 4.30 Properties palette (επεξεργασία zones)



Εικ. 4.31 Παράθυρο διαλόγου – Heating Information




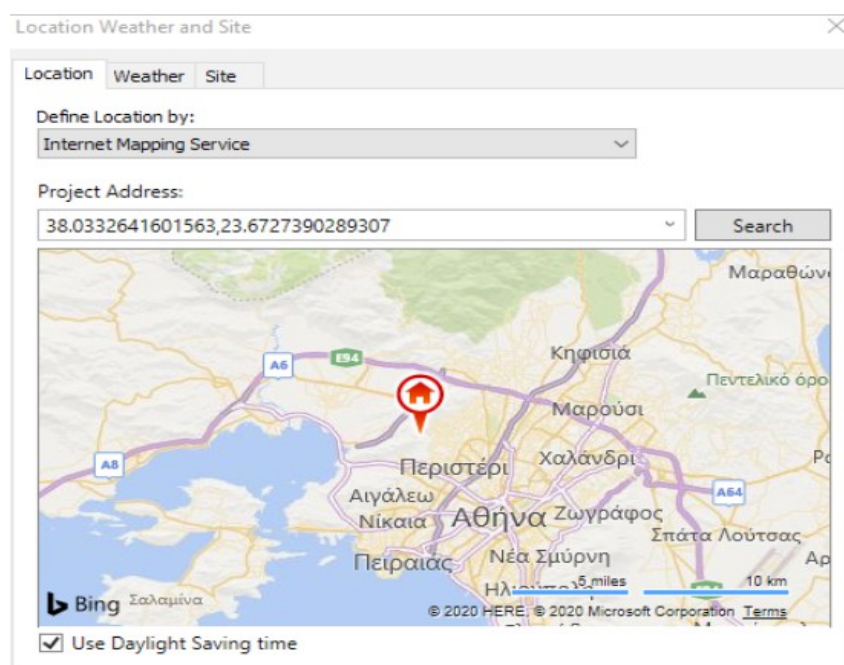
Εικ. 4.32 Παράθυρο διαλόγου – Outdoor Air Information

4.2.3 Καθορισμός γεωγραφικής τοποθεσίας

Καθορίζεται στο λογισμικό η γεωγραφική τοποθεσία του κτιρίου (το γεωγραφικό πλάτος και μήκος του), από την οποία παρέχονται μετεωρολογικά δεδομένα για το τοπικό κλίμα και αποτελούν απαραίτητα στοιχεία για την ενεργειακή ανάλυση .

Συγκεκριμένα:

- Στην κορδέλα ribbon επιλέγουμε την καρτέλα manage και το εικονίδιο της τοποθεσίας 
- Ανοίγει το παράθυρο διαλόγου Location Weather and Site, στην καρτέλα Location ορίζουμε την διεύθυνση του κτιρίου που μελετάμε στο project address.



Εικ. 4.33 Παράθυρο διαλόγου – Location Weather and Site – καρτέλα Location

- Στην καρτέλα Weather προβάλλονται οι εξωτερικές θερμοκρασίες σχεδιασμού, οι οποίες έχουν ληφθεί από τον κοντινότερο μετεωρολογικό σταθμό που έχει επιλεγθεί.

Location Weather and Site

Location Weather Site

Use closest weather station (ELEFSIS (HEL-AFB))

Cooling Design Temperatures

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul
Dry Bulb	17 °C	18 °C	21 °C	25 °C	31 °C	35 °C	38 °C
Wet Bulb	13 °C	13 °C	14 °C	17 °C	20 °C	22 °C	24 °C
Mean Daily Range	7 °C	8 °C	8 °C	9 °C	10 °C	10 °C	10 °C


Heating Design Temperature:

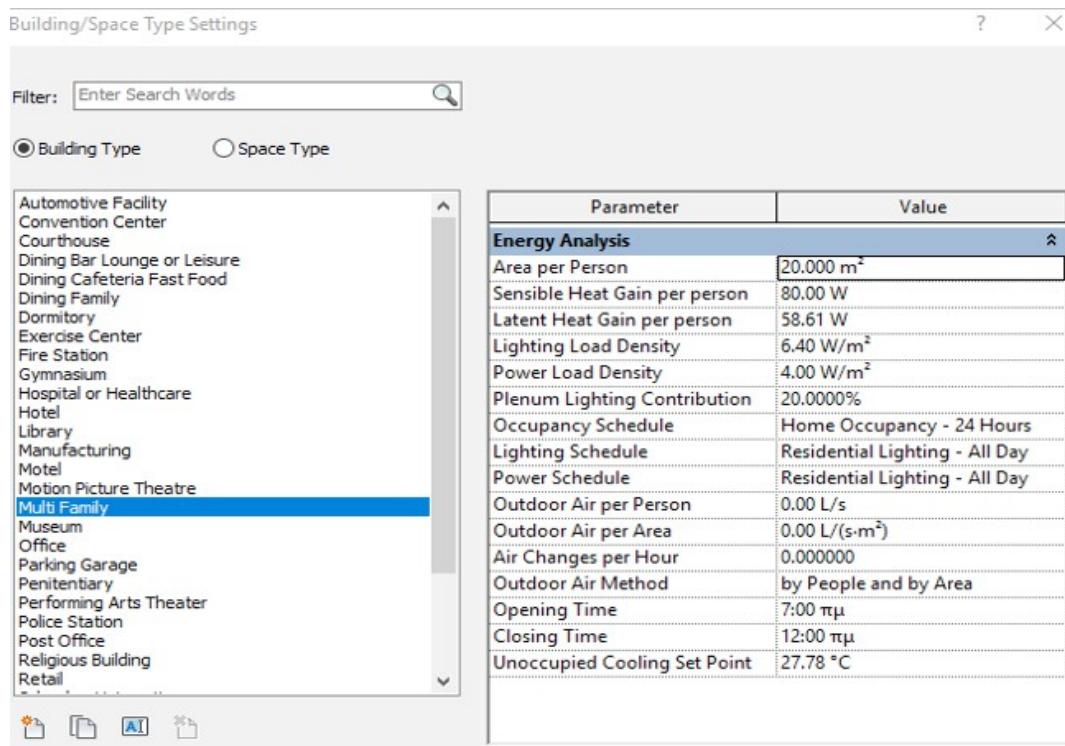
Clearness Number:

Εικ. 4.34 Παράθυρο διαλόγου – Location Weather and Site – καρτέλα Weather

4.2.4 Καθορισμός παραμέτρων τύπου κτιρίου

Επιλέγεται ο τύπος του κτιρίου και εισάγονται οι τιμές των παραμέτρων που καθορίζουν τις συνθήκες λειτουργίας του.


- Στην κορδέλα ribbon επιλέγουμε την καρτέλα manage και το εικονίδιο MEP settings. Από αυτό επιλέγουμε Building/Space Type Settings. 
- Στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται επιλέγεται ο τύπος του κτιρίου (multi family) και ορίζονται τα εξής: Ωράριο λειτουργίας κτιρίου (occupancy schedule), απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων (area per person), εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (lighting load density), εσωτερικά κέρδη από χρήστες (sensible heat gain per person) και εσωτερικά κέρδη από εξοπλισμό (power load density).

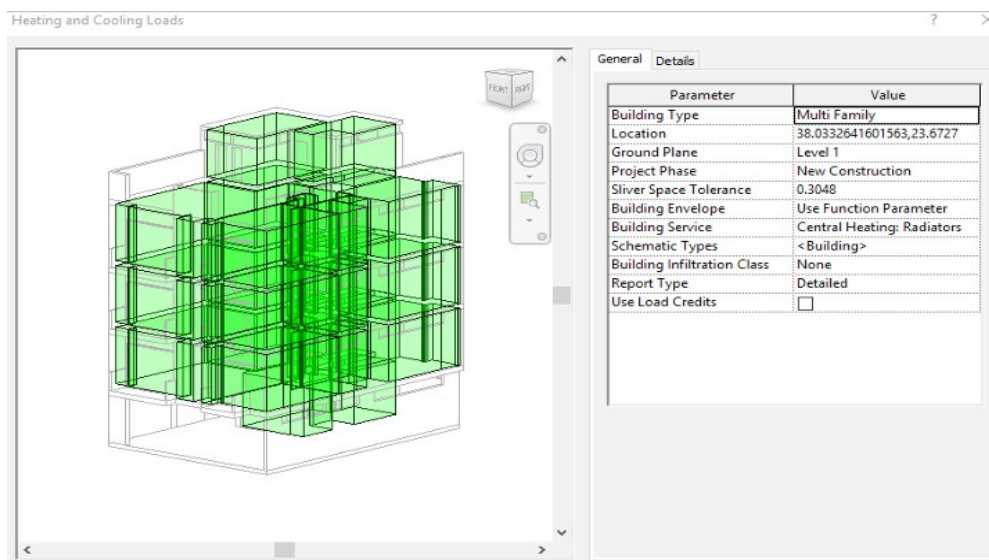


Εικ. 4.35 Παράθυρο διαλόγου – Building/Space Type Settings

4.2.5 Καθορισμός ρυθμίσεων ανάλυσης ψυκτικών και θερμικών φορτίων

Τέλος ορίζονται οι τελικές ρυθμίσεις για την ανάλυση ψύξης – θέρμανσης.

- Στην κορδέλα ribbon επιλέγουμε την καρτέλα analyze και το εικονίδιο Heating and Cooling Loads. 
- Εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου και επιλέγονται ο τύπος του κτίριου (building type), η γεωγραφική τοποθεσία του (location), το επίπεδο εδάφους (ground plane) και το σύστημα θέρμανσης-ψύξης (building service).



Εικ. 4.36 Παράθυρο διαλόγου – Heating and Cooling Loads

Κεφάλαιο 5: Η ενεργειακή ανάλυση του κτιρίου

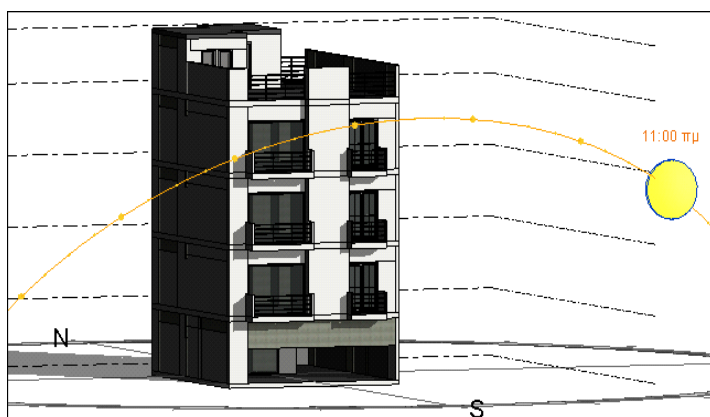
Σ' αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου και συγκεκριμένα η ανάλυση των θερμικών και ψυκτικών φορτίων του, δοκιμάζοντας θερμομονωτικά υλικά στο κτιριακό κέλυφος, κατάλληλα για το κλίμα της περιοχής, καθώς και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ως την τελική ανάλυση.

5.1 Κλιματικές συνθήκες

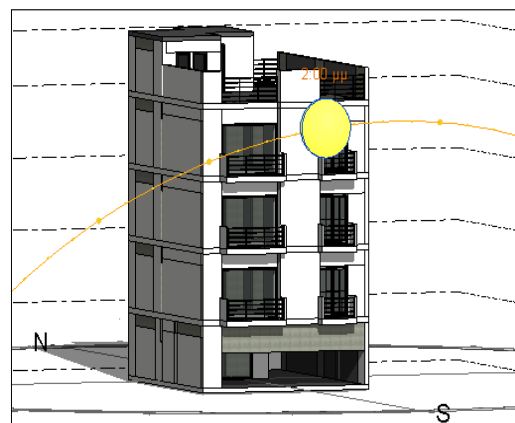
Σ' αυτήν την ενότητα μελετούνται οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής, δηλαδή οι εξωτερικές θερμοκρασίες, η ηλιοφάνεια, οι νεφώσεις, ο άνεμος, τα ποσά βροχόπτωσης, η κίνηση του ηλίου και τα ποσά της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτουν στις επιφάνειες του κτιρίου, κριτήρια, με βάση τα οποία εξετάστηκε πως το υφιστάμενο κτίριο « αλληλεπιδρά » με αυτά, καθώς επίσης έγινε και η επιλογή των θερμομονωτικών υλικών για τις επεμβάσεις στο κέλυφός του.

5.1.1 Ο Ηλιασμός του κτιρίου – Ηλιακή τροχιά

Για να μπορέσουν από ένα κτίριο να αξιοποιηθούν τα θερμικά ηλιακά κέρδη το χειμώνα και να διασφαλιστεί επαρκής σκίαση τους καλοκαιρινούς μήνες για την αποφυγή υπερθέρμανσης, θα πρέπει να ελέγχεται η πορεία του ηλίου από την ανατολή ως τη δύση του. Δεδομένου ότι η 21 Δεκεμβρίου είναι η μέρα με την μικρότερη εμφάνιση του ηλιακού φωτός, αν υπάρχει στο κτίριο επαρκής ηλιασμός αυτήν τη μέρα τότε θα υπάρχει και τους υπόλοιπους χειμερινούς μήνες. Αντίστοιχα για την 21 Ιουνίου, την μεγαλύτερη ημέρα του έτους θα πρέπει να παρέχεται η απαιτούμενη σκίαση. Στις επομενές εικόνες απεικονίζεται το κτίριο με τον πραγματικό του προσανατολισμό και την γεωγραφική τοποθεσία του κατά το χειμερινό και θερινό ηλιοστάσιο.

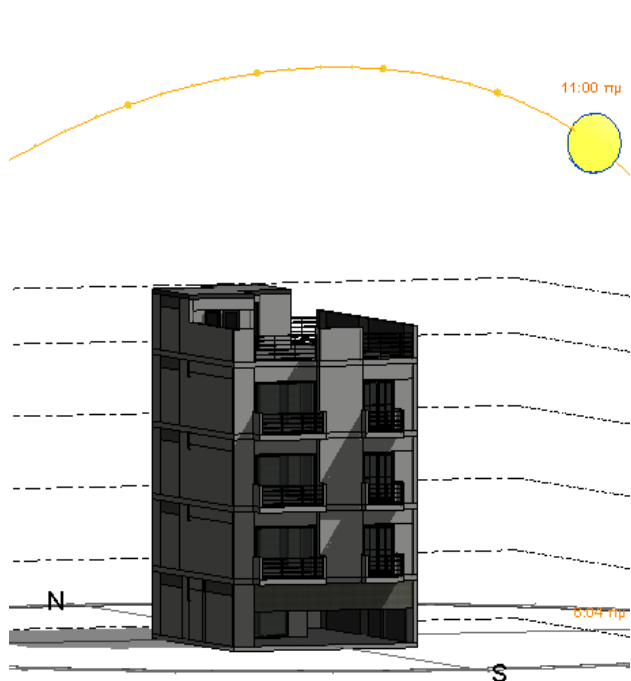


Εικ. 5.1

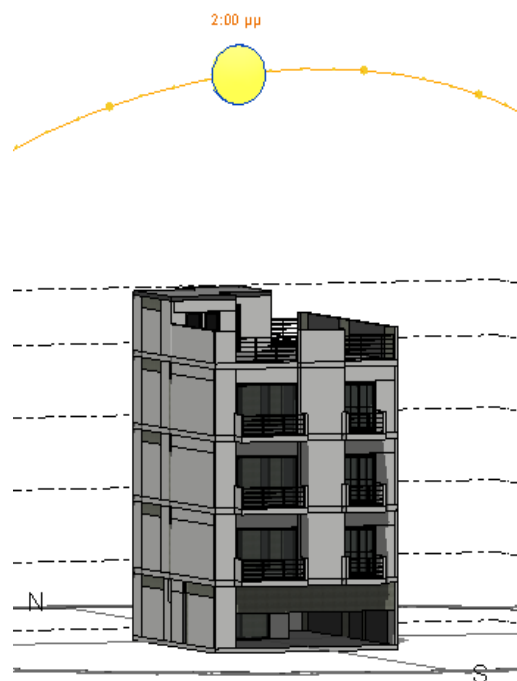


Εικ. 5.2

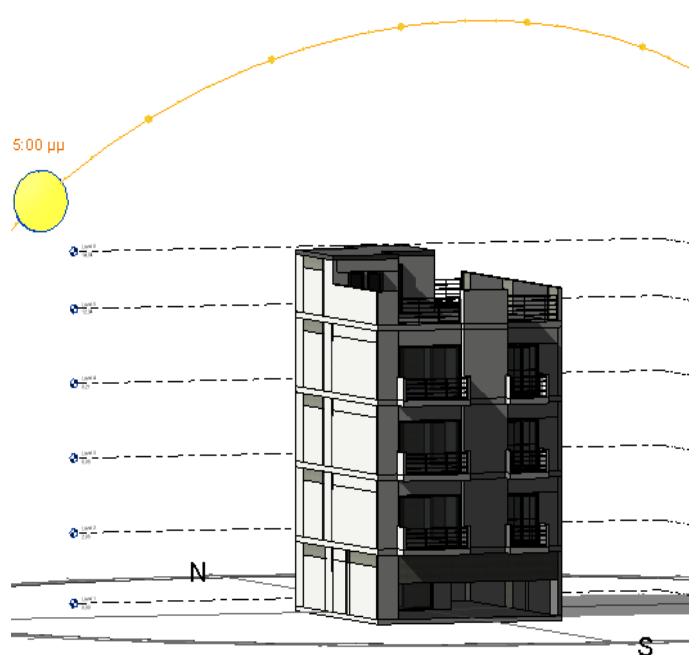
Εικ. 5.1 κ' Εικ. 5.2 Σκιάσεις κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο (21/12) στις 11 π.μ. και στις 2 μ.μ.



Εικ. 5.3



Εικ. 5.4



Εικ. 5.5

Εικ. 5.3, 5.4, 5.5 Σκιάσεις κατά το θερινό ηλιοστάσιο (21/6) στις 11 π.μ, στις 2 μ.μ. και στις 5 μ.μ.

Παρόμοιοι έλεγχοι μπορούν να γίνουν και για ενδεχόμενη τοποθέτηση φωτοβολταϊκών ή άλλων θερμικών συστημάτων, καθώς για σχεδιασμούς ανοιγμάτων του κτιριακού κελύφους που να καλύπτουν τις ανάγκες για φυσικό φωτισμό.

5.1.2 Η ηλιακή ακτινοβολία

Η ολική ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια είναι το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας.

Άμεση ονομάζεται η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει απευθείας από τον ήλιο στην επιφάνεια της Γης, χωρίς να έχει υποστεί σκέδαση.

Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία ονομάζεται το ποσό της ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της Γης μετά από ανάκλαση ή σκέδαση μέσα στην ατμόσφαιρα, αλλά και από ανάκλαση πάνω στο έδαφος.

Παρακάτω δίνεται η ολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο κτίριο, σε όλες τις επιφάνειές του για ένα έτος, όπως υπολογίζεται από το Revit (Πιν. 5.1).

Πιν. 5.1 Ετήσια ποσά ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτουν στο κτίριο κατά την διάρκεια ενός έτους.

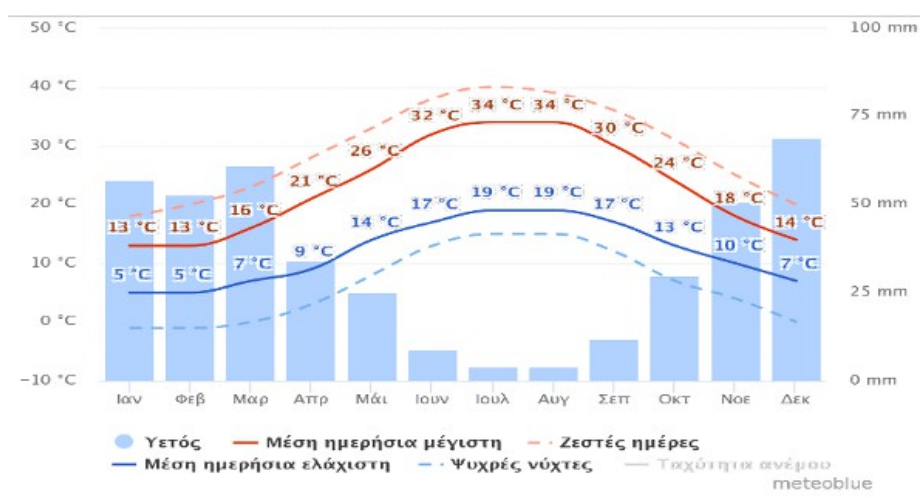
Ολική ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m²)	
Ετήσια αθροιστική ολική ηλιακή ακτινοβολία	214 kWh/m ²
Μέγιστο ποσό ολικής ηλιακής ακτινοβολίας που παρουσιάζεται ετησίως	0,16kWh/m ²
Μέση ετήσια ολική ηλιακή ακτινοβολία	0,05 kWh/m ²

5.1.3 Κλιματικά δεδομένα

Κατά τον ενεργειακό σχεδιασμό ενός κτιρίου, καθώς και για οποιαδήποτε ανακαίνιση με στόχο την αύξηση της ενεργειακής του απόδοσης πρέπει να λαμβάνονται δεδομένα για το τοπικό κλίμα.

Για την τοποθεσία του κτιρίου (Περιστέρι Δυτικής Αττικής) μελετήθηκαν τα εξής :

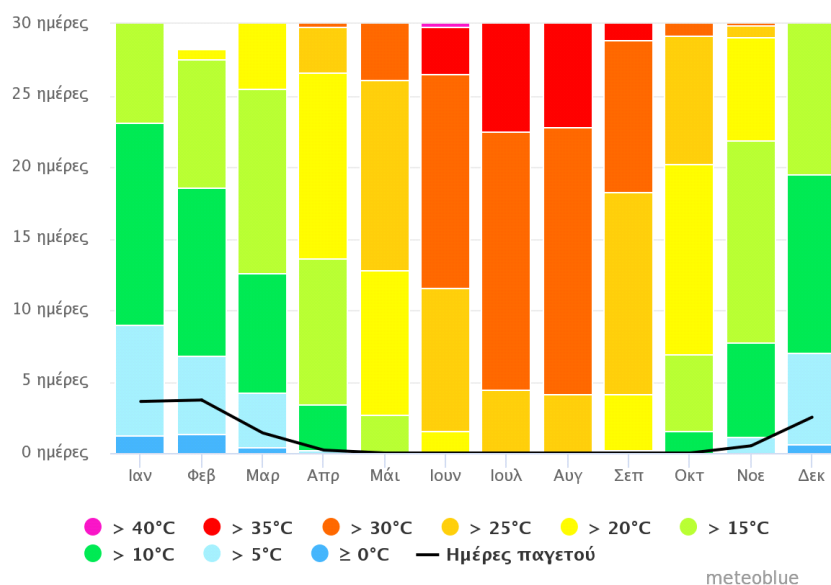
α) Μέσες μηνιές θερμοκρασίες και ποσά βροχόπτωσης:



Εικ. 5.6 Μέσες μηνιές θερμοκρασίες και ποσά βροχόπτωσης

Η «ημερίσια μέση μέγιστη» (συμπαγής κόκκινη γραμμή) δείχνει τη μέγιστη θερμοκρασία μιας μέσης ημέρας για κάθε μήνα. Ομοίως, «ημερίσια μέση ελάχιστη» (συμπαγής μπλε γραμμή) δείχνει τη μέση ελάχιστη θερμοκρασία. Οι ζεστές ημέρες και κρύες νύχτες (διακεκομμένες κόκκινες και μπλε γράμμες) δείχνουν τον μέσο όρο της πιο ζεστής μέρας και της πιο κρύας νύχτας του κάθε μήνα.

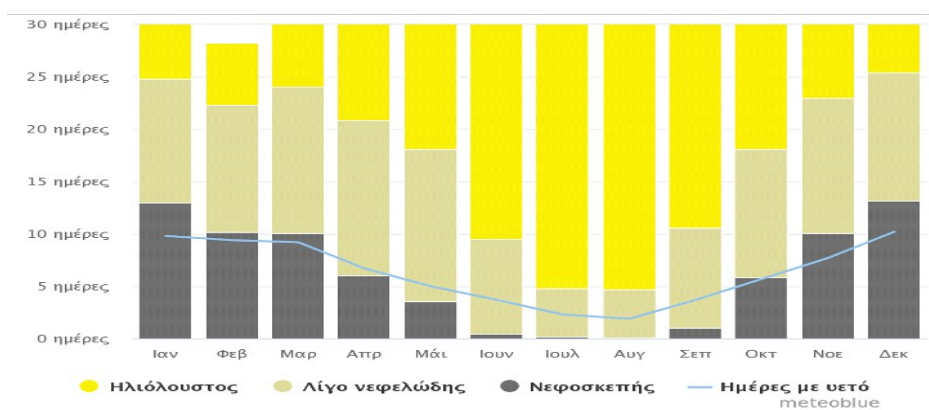
β) Μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες:



Εικ. 5.7 Μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες

Το διάγραμμα των μέγιστων και ελάχιστων θερμοκρασιών εμφανίζει πόσες μέρες ανά μήνα επιτυγχάνονται συγκεκριμένες θερμοκρασίες.

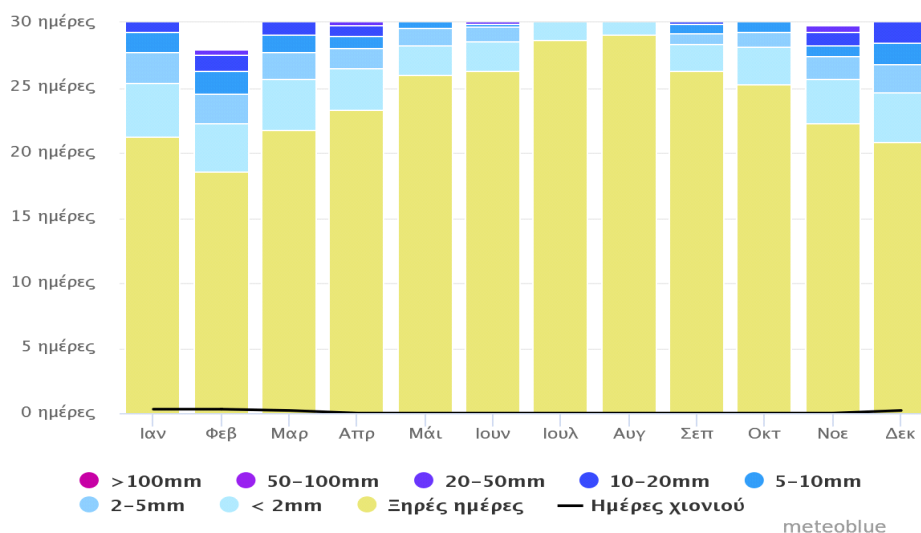
γ) Μέση ηλιοφάνεια- Μέση νέφωση- Μέση βροχόπτωση:



Εικ. 5.8 Μέση ηλιοφάνεια- Μέση νέφωση- Μέση βροχόπτωση

Απεικονίζεται ο μηνιαίος αριθμός ημερών με καιρό αίθριο, λίγο νεφελώδη, νεφοσκεπή και οι ημέρες με βροχή. Οι ημέρες με λιγότερο από 20% νεφοκάλυψη θεωρούνται ως αίθριες, με 20-80% νεφοκάλυψη, ως νεφελώδεις και με περισσότερο από 80%, ως νεφοσκεπείς.

δ) Μέσο ύψος νετού:

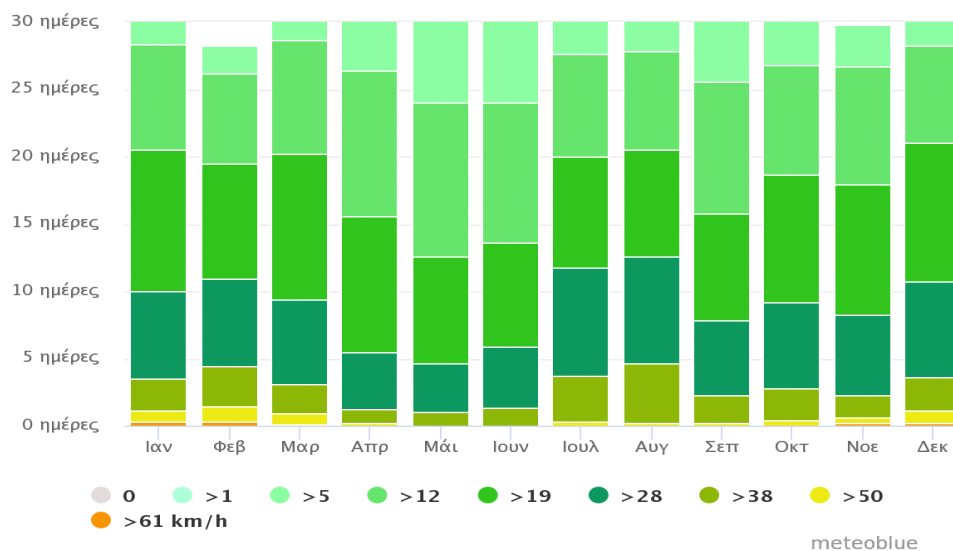


Εικ. 5.9 Μέσο ύψος νετού

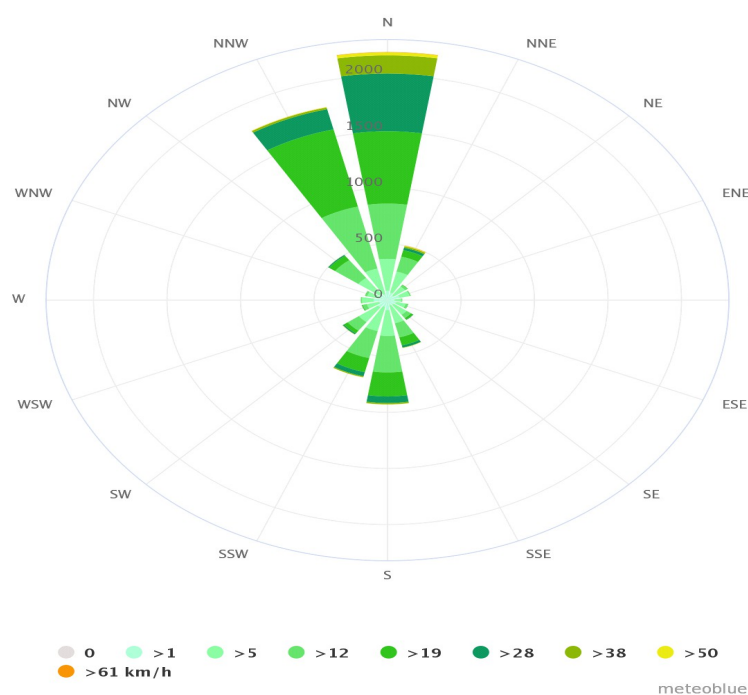
Ως νετός ονομάζεται κάθε πτώση ή εναπόθεση στο έδαφος προϊόντων του ύδατος σε υγρή, ή στερεά μορφή, τα οποία πέρχονται από συμπύκνωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας π.χ. βροχή, χαλάζι, χιόνι κ.λ.π.

Το παραπάνω διάγραμμα δείχνει πόσες μέρες ανά μήνα επιτυγχάνονται ορισμένα ποσά νετού.

ε) Ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου:



Εικ. 5.10 Ταχύτητα του ανέμου



Εικ. 5.11 Κατεύθυνση του ανέμου

Το διάγραμμα δείχνει τις ημέρες ανά μήνα, κατά τις οποίες ο άνεμος φτάνει μια ορισμένη ταχύτητα, ενώ στο ροδόγραμμα απεικονίζονται οι ώρες ετησίως, όπου ο άνεμος φυσάει υπό την υποδεικνυόμενη διεύθυνση.

Τα παραπάνω δεδομένα μας δίνουν πληροφορίες για το εξωτερικό περιβάλλον της κατοικίας, οι οποίες επηρεάζουν τους υπολογισμούς των φορτίων, για την διαστασιολόγηση συστημάτων θέρμανσης και ψύξης· μπορεί να προβλεφθεί ο σωστός σχεδιασμός της (η χωροθέτηση στο οικοπέδο, το σχήμα, η τοποθέτηση των ανοιγμάτων), καθώς και η καταλληλότερη επιλογή των υλικών των στοιχείων του κελύφους.

5.2 Περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου

Η κατοικία την οποία μελετάμε εντάσσεται στην Β' κλιματική ζώνη και το κλίμα της περιοχής θεωρείται ήπιο. Έχει κτιστεί πριν το 1979 με μερική πρόνοια θερμικής προστασίας (ανυπαρξία κανονισμού θερμομόνωσης), έτσι τα δομικά στοιχεία του κελύφους δεν ικανοποιούν τις προδιαγραφές του ελληνικού κανονισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Συγκεκριμένα το κτίριο διαθέτει μόνωση στις ανατολικές και δυτικές τοιχοποιίες, στο δώμα, στην πλάκα του πρώτου ορόφου που συνορεύει με την πιλοτή και στην οροφή των αποθηκευτικών χώρων, χωρίς όμως το πάχος της να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. Είναι τοποθετημένη στον πυρήνα της

τοιχοποιίας και στην εξωτερική πλευρά των πλακών. Όσο αφορά τα ανοίγματα, τα παράθυρα αποτελούνται από μονά τζάμια και ο βαθμός αεροστεγανότητας θεωρείται ανεπαρκής. Διαθέτει κεντρική θέρμανση με λέβητα πετρελαίου, ηλιακούς θερμοσίφωνες για παραγωγή ΖΝΧ και κλιματιστικά για ψύξη. Στο λογισμικό βρέθηκε μόνο η προσομοίωση του κεντρικού συστήματος θέρμανσης. Για αυτούς τους λόγους το κτίριο θεωρείται ενεργειακά μη αποδοτικό.

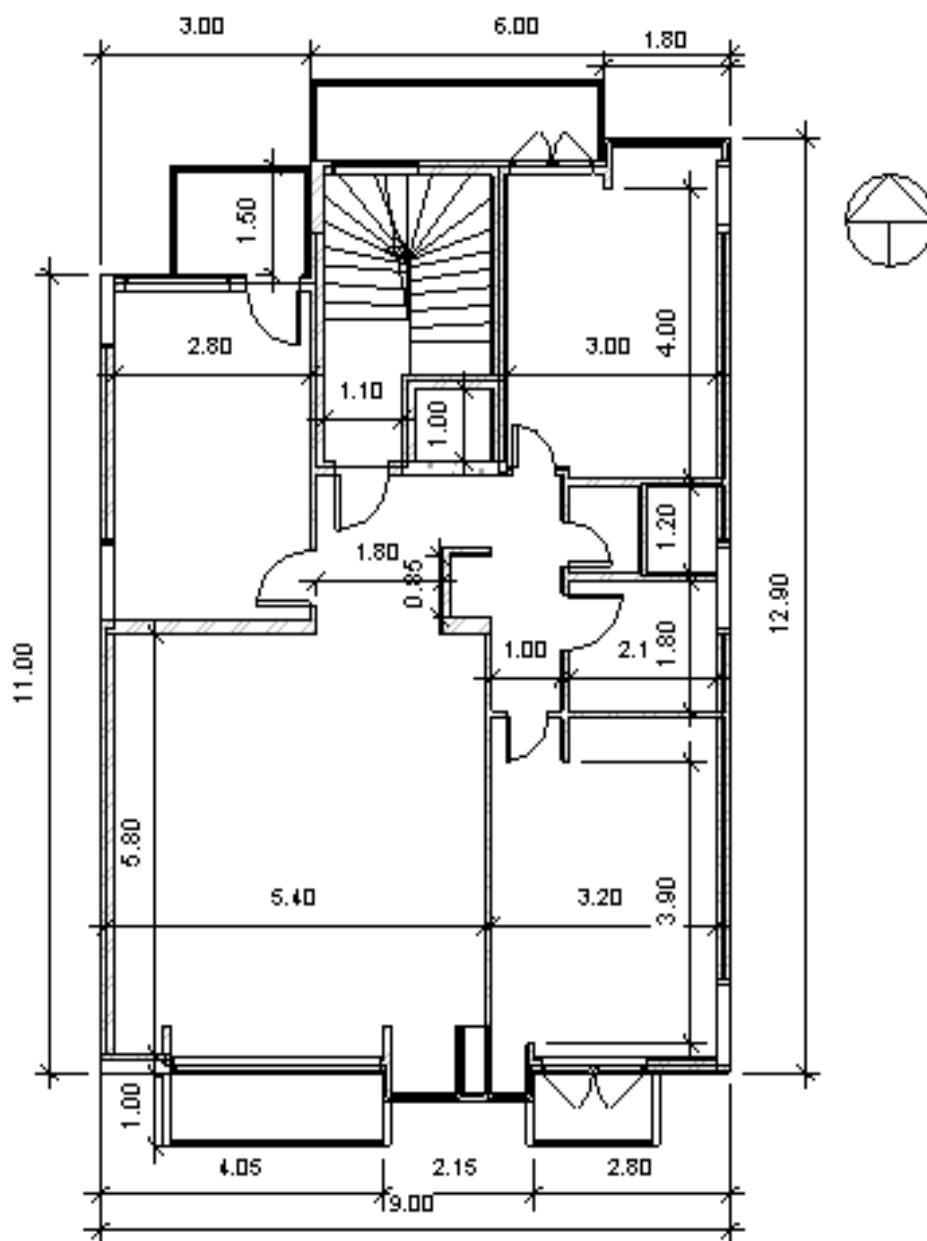
Στην παρούσα εργασία έγινε μια προσπάθεια αξιολόγησης διαφόρων τύπων θερμομονώτικων υλικών (υλικά με διαφορετικό λ), ώστε να ελεγχθεί, αν ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. και να προσδιοριστούν οι ανάγκες των θερμικών και ψυκτικών φορτίων.

Έτσι, για την ορθότητα των συγκρίσεων, το πάχος της μόνωσης γίνεται το ελάχιστο, σύμφωνα με τον κανονισμό και το είδος της θερμομόνωσης παραμένει το ίδιο με το αρχικό κτίριο.

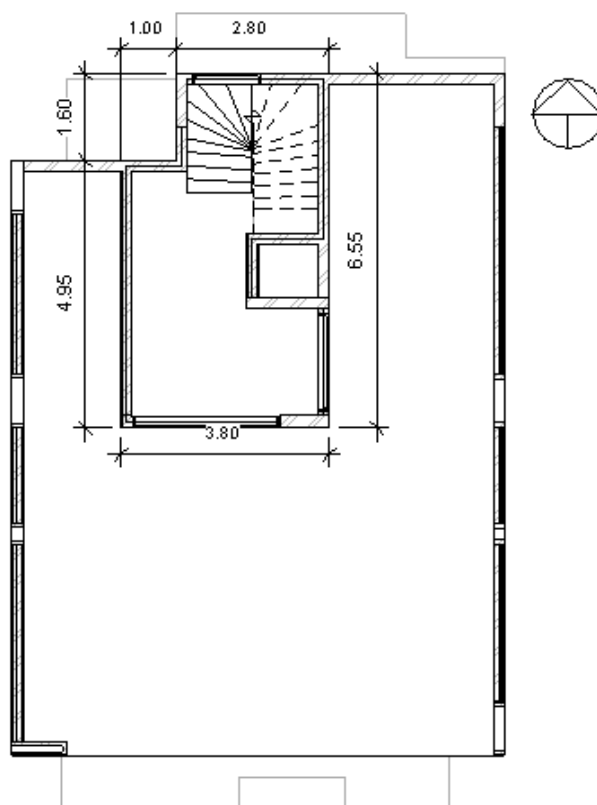
Μελετούνται μόνο τα δομικά στοιχεία στα οποία υπάρχει μόνωση στο αρχικό κτίριο, δηλαδή οι ανατολικοί και δυτικοί τοίχοι πλήρωσης, η πλάκα του δώματος, η πλάκα του πρώτου ορόφου που συνορεύει με την πιλοτή και η οροφή των αποθηκευτικών χώρων και όλες οι άλλες παράμετροι (κουφώματα, λοιπές τοιχοποιίες, συνθήκες λειτουργίας, κ.λ.π.) παραμένουν σταθερές.

5.2.1 Η Γεωμετρία του κτιρίου

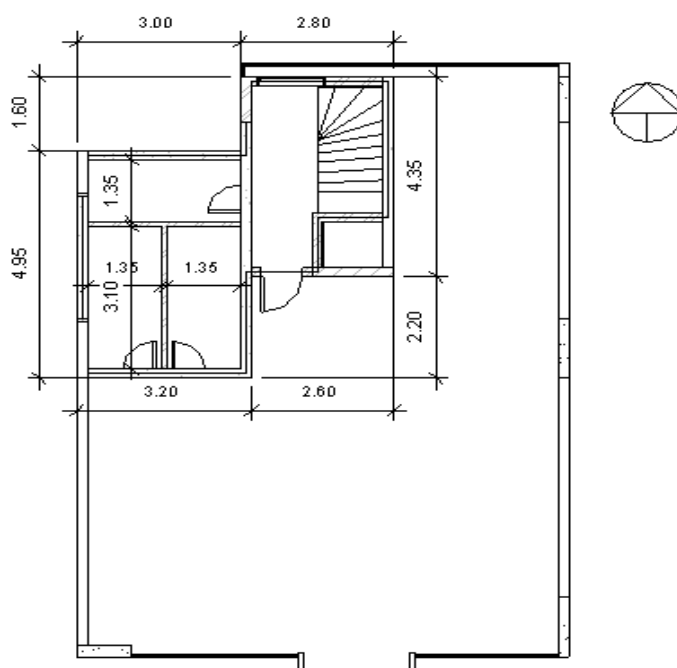
Η κατοικία που πρόκειται να προσομοιωθεί είναι μια τριόροφη πολυκατοικία με συνολικό εμβαδόν 481,58 m² και συνολικό ύψος 14,93 m. Αποτελείται από τρία διαμερίσματα, εμβαδού 95,82 m² (χωρίς τα μπαλκόνια), το καθένα, στα οποία βρίσκονται, το σαλόνι, η κουζίνα, δύο υπνοδωμάτια και δύο λουτρά. Διαθέτει πιλοτή και αποθηκευτικούς χώρους στο δώμα. Παρακάτω παρατίθενται τα αρχιτεκτονικά σχέδια (οι κατόψεις, οι όψεις, οι τομές) και η τρισδιάστατη φωτορεαλιστική απόδοσή της.



Εικ 5. 12 Κάτοψη Ορόφου

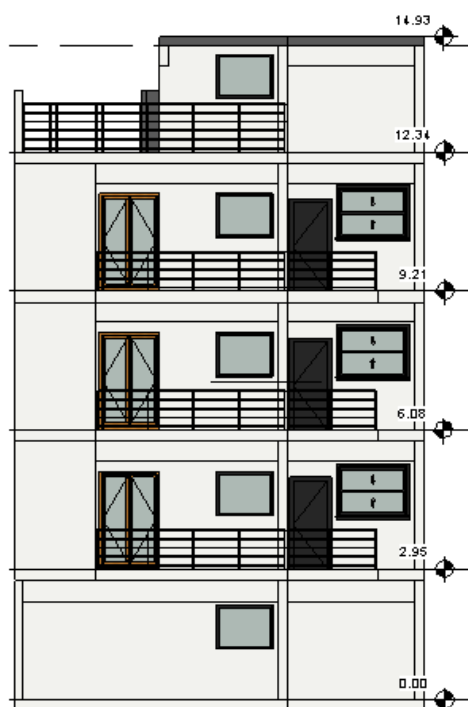


Εικ. 5.13 Κάτοψη Ισογείου

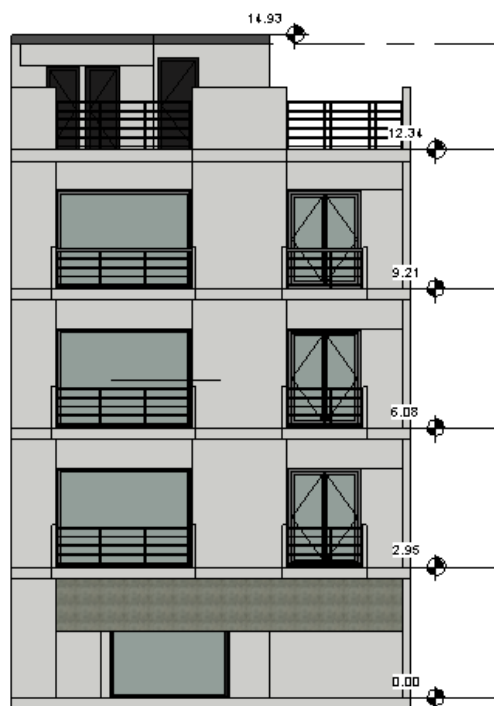


Εικ. 5.14 Κάτοψη Δώματος

Αξιολόγηση επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια



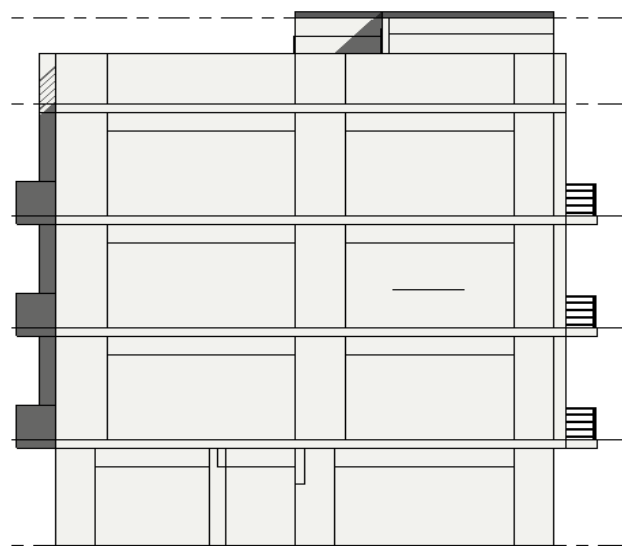
Εικ. 5.15 Βόρεια Όψη



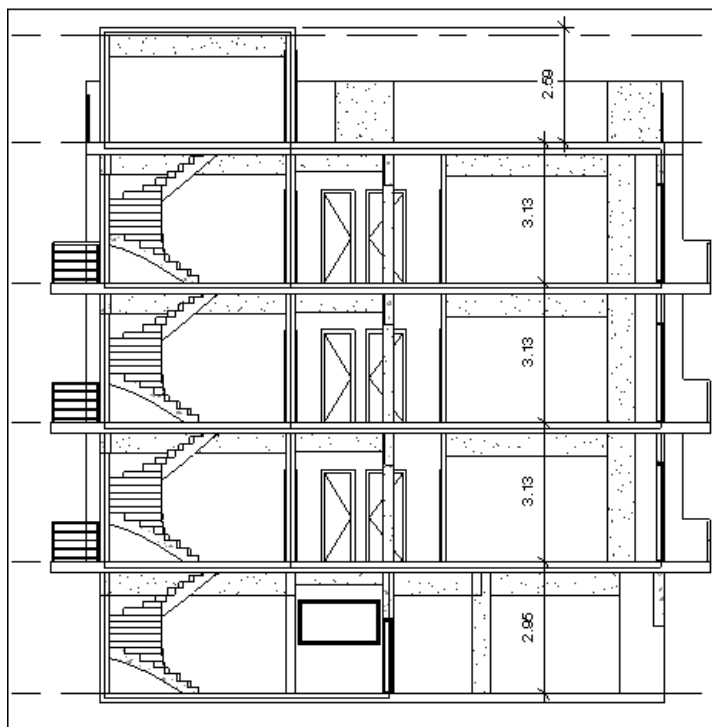
Εικ. 5.16 Νότια Όψη



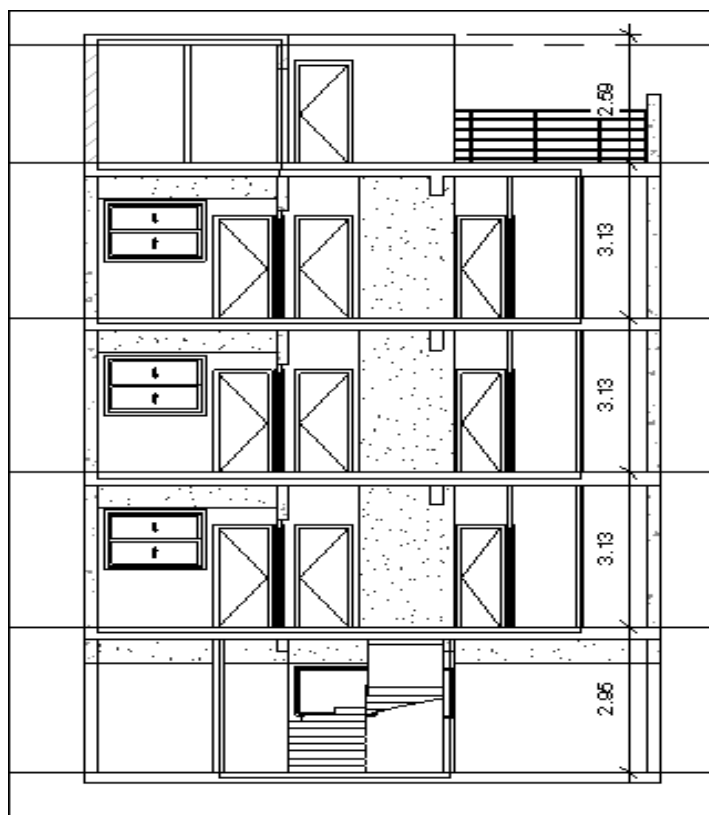
Εικ. 5.17 Δυτική Όψη



Εικ. 5.18 Ανατολική Όψη



Εικ. 5. 19



Εικ. 5. 20

Εικ. 5.19 κ' Εικ. 5. 20 Τομές



Εικ. 5. 21



Εικ. 5. 22

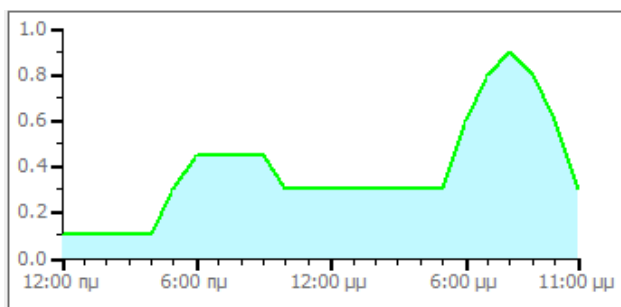
Εικ. 5. 21 κ'5.22 : 3D Φωτορεαλιστική απόδοση της κατοικίας.

5.2.2 Συνθήκες λειτουργίας

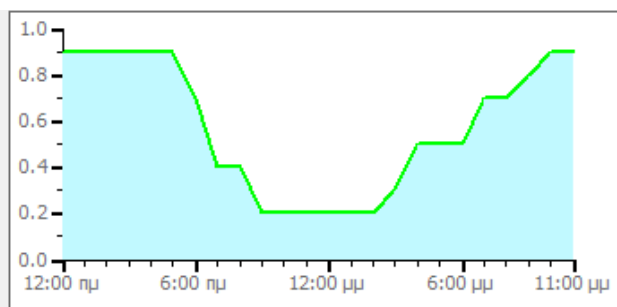
Καθορίζονται στο λογισμικό οι παράμετροι που σχετίζονται με τις συνθήκες λειτουργίας του κτιρίου, σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα, για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης. Πρόκειται για αποδεκτές τιμές, βάση αυτών των προτύπων, που έχουν οριστεί σε εθνικό επίπεδο για κτίρια συγκεκριμένης χρήσης (π.χ. ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας). Οι πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ενός κτιρίου, μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη χρήση και τους χρήστες. Για την κατηγορία - μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα) έχουν καθοριστεί για τις προσομοιώσεις οι παρακάτω συνθήκες λειτουργίας:

α) ωράριο και περίοδος λειτουργίας κτιρίου: 24 ώρες / ημέρα κ' 7 ημέρες ανά εβδομάδα

Για την συγκεκριμένη παράμετρο δεν δίνονται να οριστεί το ωράριο λειτουργίας βάση Κ.Εν.Α.Κ. : 18 ώρες / ημέρα κ' 7 ημέρες ανά εβδομάδα, όμως μέσα από τα χρονοδιαγράμματα μπορούν να μεταβληθούν οι ώρες που οι χρήστες βρίσκονται στην κατοικία, καθώς και οι ώρες λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών και των φωτιστικών (Εικ. 5.23 κ' Εικ. 5.24).



Εικ. 5.23 Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του κτιρίου



Εικ. 5.24 Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών και φωτιστικών

β) επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες χώρων : βάσει Κ.Εν.Α.Κ. καθορίζεται η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία των εσωτερικών χώρων (Πιν. 5.2).

Πιν. 5.2 Καθοριζόμενες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας των εσωτερικών χώρων του κτιρίου

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμοκρασία [°C]		Σχετική υγρασία [%]	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	20	26	40	45

γ) απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων (για χώρους μη καπνίζοντων), καθορίζεται βάσει Κ.Εν.Α.Κ. : 5 άτομα / 100 m² επιφάνειας δαπέδου.

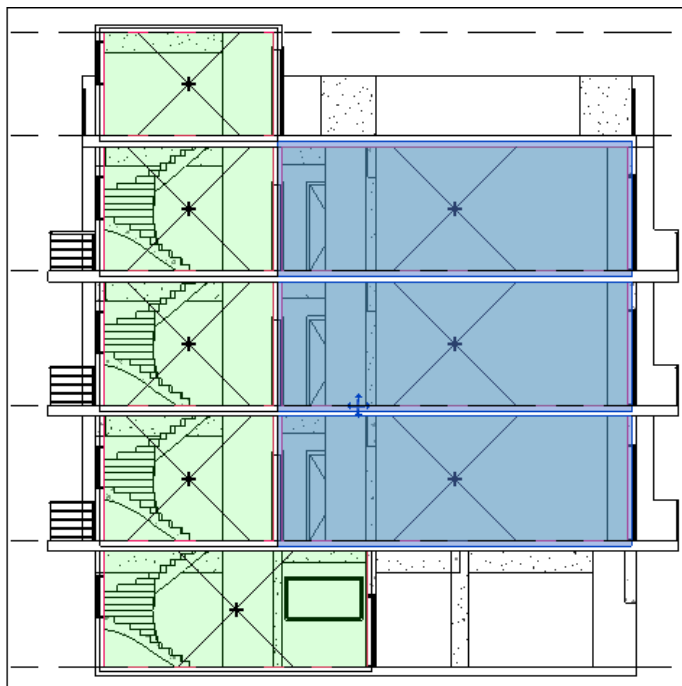
δ) εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού. (W / m^2) : 6,4 (βάσει Κ.Εν.Α.Κ.)

ε) εσωτερικά κέρδη από χρήστες. ($W / \text{άτομο}$) : 80, με μέσο συντελεστή παρουσίας 0,75 (βάσει Κ.Εν.Α.Κ.)

στ) εσωτερικά κέρδη από εξοπλισμό. (W / m^2) : 4 , με μέσο συντελεστή ετεροχρονισμού 0,5 και μέσο συντελεστή λειτουργίας 0,75

5.2.3 Καθορισμός θερμικών ζωνών

Για την ενεργειακή ανάλυση το κτίριο διαιρείται σε θερμικές ζώνες, δηλαδή τμήματα του κτιρίου με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το κτίριο χωρίστηκε σε δύο θερμικές ζώνες. Η πρώτη αναφέρεται σε όλους τους εσωτερικούς χώρους, οι οποίοι κλιματίζονται και θερμαίνονται και η δεύτερη στον χώρο της πιλοτής, το κλιμακοστάσιο και τις αποθήκες του δώματος. Οι χώροι αυτοί ορίζονται ως μη θερμαινόμενοι. Σύμφωνα με τις οδηγίες του Κ.Εν.Α.Κ., οι θερμοκρασίες μεταξύ των θερμικών ζωνών θα πρέπει να διαφέρουν περισσότερο από $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ κατά τη χειμερινή ή και την θερινή περίοδο. Στο κτίριο που μελετάμε η διακύμανση της θερμοκρασίας μεταξύ των δύο θερμικών ζωνών παραμένει σταθερή κατά την θερινή περίοδο και μεταβάλλεται κατά 5°C κατά την χειμερινή. Στην παρακάτω εικόνα εμφανίζονται οι θερμικές ζώνες του κτιρίου και ο τρόπος με τον οποίο έχουν οριστεί (Εικ. 5.25).



Εικ. 5. 25 Οι θερμικές ζώνες του κτιρίου

5.2.4 Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας (διείσδυση του αέρα)

Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές που ορίστηκαν για τον αθέλητο αερισμό των δύο θερμικών ζωνών

α) μη θερμαινόμενοι χώροι : υπάρχουν κουφώματα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, με φθορές και συνεχή αερισμό (Πιν. 5.3).

Πιν. 5.3 Συνολικός αερισμός για μη θερμαινόμενους χώρους (Κ.Εν.Α.Κ.)

Τύπος αεροστεγανότητας	Παροχή αέρα ανά όγκο μη θερμαινόμενου χώρου [$m^3/h/m^3$]
Δεν υπάρχουν κουφώματα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα*	0,1
Υπάρχουν κουφώματα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, με επαρκή αεροστεγανότητα	0,5
Υπάρχουν κουφώματα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, με ανεπαρκή αεροστεγανότητα	1,0
Υπάρχουν κουφώματα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, με φθορές και συνεχή αερισμό	3,0

β) θερμαινόμενοι χώροι : υψηλή αεροστεγανότητα, μικρά ανοίγματα για αερισμό (Πιν. 5.4).

Πιν. 5.4 Εναλλαγές αέρα ανά ώρα ενός μη αεριζόμενου χώρου με το εξωτερικό του περιβάλλον βάσει του βαθμού αεροστεγανότητάς του (Κ.Εν.Α.Κ.)

Α/Α	Βαθμός αεροστεγανότητας	Εναλλαγές αέρα ανά ώρα n_{le}
		[h^{-1}]
1	Χωρίς ανοίγματα, υψηλή αεροστεγανότητα, χωρίς αερισμό	0,1
2	Υψηλή αεροστεγανότητα, χωρίς χρήση ανοιγμάτων για αερισμό	0,5
3	Υψηλή αεροστεγανότητα, μικρά ανοίγματα για αερισμό	1
4	Χωρίς αεροστεγανότητα λόγω τοπικών διαμπερών αρμών ή λόγω μόνιμα ανοικτών ανοιγμάτων για αερισμό	3
5	Χωρίς αεροστεγανότητα λόγω μεγάλου πλήθους διαμπερών αρμών ή μεγάλων ή πολλών μόνιμα ανοικτών ανοιγμάτων για αερισμό	10

5.2.5 Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων κτιρίου

Μέσω του Revit σχεδιάστηκαν τα δομικά στοιχεία του κελύφους του κτιρίου και προσδιορίστηκαν οι θερμικές ιδιότητες των επιμέρους στρώσεων τους. Συνολικά στο κτίριο ο φέροντας οργανισμός είναι κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα και οι τοίχοι πλήρωσης από μπατική και δρομική οπτοπλινθοδομή. Παρακάτω δίνονται οι διατομές των δομικών στοιχείων στις οποίες υπάρχει θερμομονωτική προστασία, στο αρχικό και στο ανακαινισμένο κτίριο. Το πάχος της μόνωσης για το ανακαινισμένο κτίριο ορίζεται το ελάχιστο (σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ.), για την Β' κλιματική ζώνη όπου ανείκει το κτίριο που μελετάμε (Πιν. 5.5 κ' Πιν. 5.6).

Πιν. 5.5 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτιρίου. (Κ.Εν.Α.Κ.)

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m ² ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή)	0,50	0,45	0,40	0,35
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,20	0,90	0,75	0,70
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,20	0,90	0,75	0,70
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,20	3,00	2,80	2,60
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινη πρόσοψη κτηρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,20	2,00	1,80	1,80
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,70	5,20	4,80	4,40
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,70	5,20	4,80	4,40
Γυάλινη πρόσοψη κτηρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	4,00	3,60	3,10	2,90

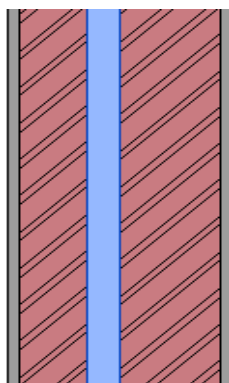
Πιν. 5.6 Ελάχιστο απαιτούμενο πάχος θερμομόνωσης (cm) δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη.

Τυπικό πάχος θερμομόνωσης (cm), αντίστοιχο στα ανωτέρω όρια θερμοπερατότητας				
Δομικό στοιχείο	Κλιματική ζώνη			
	A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	7,4	8,5	9,9	11,8
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	5,7	7,4	8,5	9,9
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,5	2,9	4,2	4,6
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,5	2,9	4,2	4,6
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πλοτή)	7,4	8,5	9,9	11,8
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	2,1	3,5	4,6	5,1

Στους επόμενους πίνακες απεικονίζονται οι διατομές των δομικών στοιχείων με ύπαρξη μόνωσης στο αρχικό και στο ανακαινισμένο κτίριο :

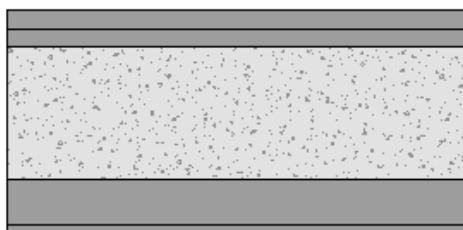
Πιν. 5.7 Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (ανατολικοί και δυτικοί τοίχοι πλήρωσης).

A/a	Υλικό κατασκευής	Ποκνότητα (kg/m ³)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (W/m·K)	Ειδική θερμοχωρητικότητα (J/kg·K)	Πάχος υλικού στο αρχικό κτίριο (m)	Πάχος υλικού στο ανακαινισμένο κτίριο (m)
	Εξωτερικά	ρ	λ	c_p	d	d
1	Επίχρισμα ασβεστοσιμεντοκονιάματος	1800	0,87	1000	0,01	0,01
2	Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτόπλινθους (δρομική πλινθοδομή)	1500	0,51	1000	0,06	0,06
3	Θερμομόνωση με διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	23	0,035	1400	0,03	0,074
4	Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτόπλινθους (πλινθοδομή μπατική)	1500	0,51	1000	0,09	0,09
5	Επίχρισμα ασβεστοκονιάματος	1800	0,87	1000	0,01	0,01
Εσωτερικά						



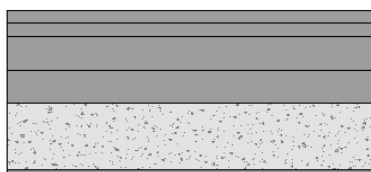
Πιν. 5.8 Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα - πιλοτή (πλάκα 1ου ορόφου που συνορεύει με την πιλοτή).

A/a	Υλικό κατασκευής	Ποκνότητα (kg/m ³)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (W/m·K)	Ειδική θερμοχωρητικότητα (J/kg·K)	Πάχος υλικού στο αρχικό κτίριο (m)	Πάχος υλικού στο ανακαινισμένο κτίριο (m)
	Εσωτερικά	ρ	λ	cp	d	d
1	Επίστρωση με μωσαϊκό μάρμαρο	1900	1,2		0,02	0,02
2	Τσιμεντοκονίαμα	2000	1,4	1100	0,02	0,02
3	Οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ σίδηρος)	2400	2,5	1000	0,15	0,15
4	Θερμομόνωση με διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	23	0,035	1450	0,05	0,085
5	Επίχρισμα ασβεστοτσιμεντοκονιάματος	1800	0,87	1000	0,01	0,01
	Εξωτερικά					



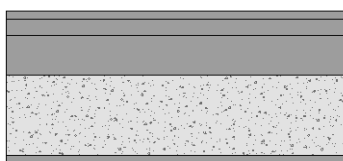
Πιν. 5.9 Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα – οροφή (πλάκα δώματος).

A/a	Υλικό κατασκευής	Ποκνότητα (kg/m ³)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (W/m·K)	Ειδική θερμοχωρητικότητα (J/kg·K)	Πάχος υλικού στο αρχικό κτίριο (m)	Πάχος υλικού στο ανακαινισμένο κτίριο (m)
	Εξωτερικά	ρ	λ	cp	d	d
1	Επίστρωση με μωσαϊκό μάρμαρο	1900	1,2		0,02	0,02
2	Τσιμεντοκονίαμα	2000	1,4	1100	0,02	0,02
3	Θερμομόνωση με διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	23	0,0 35	1450	0,05	0,0 85
4	Κισσηρόδεμα, ελαφροσκυρόδεμα	600	0,22	0,87	0,05	0,05
5	Οπλισμένο σκυρόδεμα (≥2% σίδηρος)	2400	2,5	1000	0,1	0,1
6	Επίχρισμα ασβεστοκονιάματος	1800	0,87	1000	0,01	0,01
Εσωτερικά						



Πιν. 5.10 Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα – οροφή (οροφή αποθηκευτικών χώρων).

A/a	Υλικό κατασκευής	Ποκνότητα (kg/m ³)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (W/m·K)	Ειδική θερμοχωρητικότητα (J/kg·K)	Πάχος υλικού στο αρχικό κτίριο (m)	Πάχος υλικού στο ανακαινισμένο κτίριο (m)
	Εξωτερικά	ρ	λ	cp	d	d
1	Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα)	1100	0,23	1000	0,01	0,01
2	Τσιμεντοκονίαμα	2000	1,4	1100	0,02	0,02
3	Θερμομόνωση με διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	23	0,0 35	1450	0,05	0,0 85
4	Οπλισμένο σκυρόδεμα (≥2% σίδηρος)	2400	2,5	1000	0,1	0,1
5	Επίχρισμα ασβεστοκονιάματος	1800	0,87	1000	0,01	0,01
Εσωτερικά						



5.2.5.1 Υπολογισμός των U-factor για κάθε δομικό στοιχείο με χρήση θερμομονωτικών υλικών

Παρακάτω ελέγχεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων (Πιν. 5.12 κ' Πιν. 5.13) με χρήση διαφόρων τύπων θερμομονωτικών υλικών. Τα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στις προσομοιώσεις, επιλέχθηκαν με βάση το τοπικό κλίμα της περιοχής (Πιν. 5.11).

Πιν. 5.11 Ειδικά χαρακτηριστικά θερμομονωτικών υλικών κατάλληλα για χρήση σε ήπιο κλίμα.

Θερμομονωτικά υλικά	Πυκνότητα (kg/m ³) ρ	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (W/m·K) λ	Ειδική θερμοχωρητικότητα (J/kg·K) c_p
Μαλλί προβάτου	29,7	0,06	2,02
Φελλός (φύλλα και πλάκες από φελλό)	100-150	0,042-0,046	1560
Πλάκες ξυλόμαλλου με ανόργανο συνδετικό κονίαμα d<25 mm	570	0,15	1470
Naturtherm-Ke	100	0,03	1700
Naturtherm-Ca	50	0,04	1700
Icynene H2FoamLite / LD-C-50	7,5-8,3	0,0 39	
Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	23	0,0 35	1450
Πετροβάμβακας σε μορφή πλακών	50-180	0,033-0,041	840
Αφρώδες γυαλί	125-140	0,040-0,052	1000
Τρίμματα θηραϊκής γης	150-230	0,060-0,080	1000
Κίσσηρης ή ελαφρόπετρα (pumice)	641	0,0 44	0,87

Πιν. 5.12 Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων στο αρχικό και στο ανακαινισμένο κτίριο.

Δομικά στοιχεία	Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m ² ·K)]	
	Αρχικό κτίριο	Ανακαινισμένο κτίριο
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,85 > 0,5	0,41 < 0,5
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πilotή)	0,65 > 0,45	0,4 < 0,45
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	*1 α) 0,58 > 0,45 *2 β) 0,65 > 0,45	*1 α) 0,37 < 0,45 *2 β) 0,39 < 0,45
Θερμομονωτικό υλικό - Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες		

*1 πλάκα δώματος

*2 οροφή αποθηκευτικών χώρων

Πιν. 5.13 Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων στο ανακαινισμένο κτίριο με χρήση θερμομονωτικών υλικών για το κλίμα της περιοχής.

Ανακαινισμένο κτίριο Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m ² ·K)] Δομικά στοιχεία			
Θερμομονωτικά Υλικά	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή)	Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)
Μαλλί προβάτου	0,66 > 0,5	0,66 > 0,45	* ¹ α) 0,56 > 0,45 * ² β) 0,66 > 0,45
Φελλός (φύλλα και πλάκες από φελλό)	0,48 < 0,5	0,47 > 0,45	* ¹ α) 0,43 < 0,45 * ² β) 0,47 > 0,45
Πλάκες ξυλόμαλου με ανόργανο συνδετικό κονίαμα d<25 mm	1,23 > 0,5	1,49 > 0,45	* ¹ α) 1,14 > 0,45 * ² β) 1,48 > 0,45
Naturtherm-Ke	0,36 < 0,5	0,34 < 0,45	* ¹ α) 0,32 < 0,45 * ² β) 0,34 < 0,45
Naturtherm-Ca	0,46 < 0,5	0,45 = 0,45	* ¹ α) 0,41 < 0,45 * ² β) 0,45 = 0,45
Icynene H2FoamLite / LD-C-50	0,45 < 0,5	0,44 < 0,45	* ¹ α) 0,40 < 0,45 * ² β) 0,44 < 0,45
Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	0,41 < 0,5	0,40 < 0,45	* ¹ α) 0,37 < 0,45 * ² β) 0,39 < 0,45
Πετροβάμβακας σε μορφή πλακών	0,39 < 0,5	0,37 < 0,45	* ¹ α) 0,35 < 0,45 * ² β) 0,37 < 0,45
Αφρώδες γυαλί	0,46 < 0,5	0,45 = 0,45	* ¹ α) 0,41 < 0,45 * ² β) 0,45 = 0,45
Τρίμματα θηραϊκής γης	0,65 > 0,5	0,66 > 0,45	* ¹ α) 0,58 > 0,45 * ² β) 0,66 > 0,45
Κίσσηρης ή ελαφρόπετρα (pumice)	0,5 = 0,5	0,49 > 0,45	* ¹ α) 0,45 = 0,45 * ² β) 0,49 > 0,45

*¹ πλάκα δώματος

*² οροφή αποθηκευτικών χώρων

5.3 Τα Θερμικά και Ψυκτικά φορτία

Σ' αυτήν την ενότητα παρουσιάζεται η ανάλυση ψύξης – θέρμανσης συγκεντρωτικά για το κτίριο και συγκεκριμένα οι ανάγκες των θερμικών και ψυκτικών φορτίων στο αρχικό, καθώς και στο ανακαινισμένο κτίριο στο οποίο ελέγχεται η απόδοση των θερμομονωτικών υλικών που επιλέχθηκαν για τις επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος.

Θερμικά φορτία: Οι θερμικές αναγκές ενός χώρου είναι το ποσό της θερμότητας ανά μονάδα χρόνου που πρέπει να καλύψει το σύστημα θέρμανσης του κτιρίου, ώστε να επέλθει θερμική άνεση. Εξαρτώνται από το μέγεθος του χώρου, την θερμομονωτική επάρκεια των δομικών στοιχείων του κελύφους, το μέγεθος και το υλικό κατασκευής των ανοιγμάτων, τον αθέλητο αερισμό του κτιρίου κ.α. Ο υπολογισμός των θερμικών αναγκών του κτιρίου προκύπτει από το άθροισμα των θερμικών αναγκών όλων των χώρων που θερμαίνονται.

Ψυκτικά φορτία: Με τον όρο ψυκτικά φορτία εννοούμε το ποσό της θερμότητας ανά μονάδα χρόνου που πρέπει να αφαιρείται από έναν χώρο μέσω του συστήματος κλιματισμού.

Θερμικό κέρδος: «Είναι το σύνολο των θερμικών ισχύων που εισέρχονται σε ένα χώρο ή και δημιουργούνται σε αυτόν σε δεδομένη χρονική στιγμή». Υπάρχει πάντα χρονική διαφορά μεταξύ της χρονικής στιγμής εισροής του θερμικού κέρδους και της χρονικής στιγμής εμφάνισής του ως ψυκτικό φορτίο. Αυτό γιατί:

- Ένα μέρος των θερμικών κερδών απάγεται προς το περιβάλλον μέσω των δομικών στοιχείων και δεν εμφανίζεται ποτέ ως ψυκτικό φορτίο.
- Τα φορτία λόγω αγωγής, συναγωγής και ακτινοβολίας δεν εισέρχονται αμέσως από το εξωτερικό περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο του κτιρίου. Αντιθέτως, εισέρχονται στα δομικά στοιχεία του κτιριακού κελύφους αυξάνοντας την θερμοκρασία τους και στην συνέχεια η θερμότητα αυτή απελευθερώνεται στο εσωτερικό του κτιρίου.

Στους επόμενους πίνακες παρατίθενται τα αποτελέσματα από την ανάλυση των θερμικών και ψυκτικών φορτίων για το υφιστάμενο και το ανακαινισμένο κτίριο όπως υπολογίζεται απ' το Revit.

Πιν. 5.14 Δεδομένα τύπου κτιρίου – Τοποθεσία – Κλιματικά δεδομένα

Δεδομένα	
Τύπος κτιρίου	Τριόροφη πολυκατοικία
Τοποθεσία	Περιστερι Αττικής (ζώνη Β)
Θερμοκρασία ξηρού βολβού (θερινή περίοδος)	29°C
Θερμοκρασία υγρού βολβού (θερινή περίοδος)	21°C
Θερμοκρασία ξηρού βολβού (χειμερινή περίοδος)	1°C
Μέση ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας	8°C
Εμβαδόν (m ²)	256
Όγκος (m ³)	733,37

Πιν. 5.15 Ανάλυση ψύξης – θέρμανσης αρχικού κτιρίου (θερμομονωτικό υλικό - Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες)

Αρχικό κτίριο Θερμομονωτικό υλικό - Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες Φορτία αιχμής	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	22,15
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	21,53
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	612
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	15,61
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	86,26
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	60,81

Πιν. 5.16 Ανάλυση ψύξης – θέρμανσης ανακαινισμένου κτιρίου (θερμομονωτικό υλικό - Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες)

Ανακαινισμένο κτίριο Θερμομονωτικό υλικό - Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες Φορτία αιχμής	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	21,09
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	20,56
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	530
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	13,37
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	82,51
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	52,31

Πιν. 5.17 Ανάλυση ψύξης – θέρμανσης ανακαινισμένου κτιρίου (θερμομονωτικό υλικό – Μαλλί προβάτου)

Ανακαινισμένο κτίριο Θερμομονωτικό υλικό - Μαλλί προβάτου Φορτία αιχμής	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	21,64
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	21,03
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	609
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	14,64
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	84,66
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	57,26

Πιν. 5.18 Ανάλυση ψύξης – θέρμανσης ανακαινισμένου κτιρίου (θερμομονωτικό υλικό - Φελλός {φύλλα και πλάκες από φελλό})

Ανακαινισμένο κτίριο Θερμομονωτικό υλικό - Φελλός (φύλλα και πλάκες από φελλό) Φορτία αιχμής	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	20,92
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	20,39
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	530
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	13,75
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	81,84
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	53,78

Πιν. 5.19 Ανάλυση ψύξης – θέρμανσης ανακαινισμένου κτιρίου (θερμομονωτικό υλικό - Πλάκες ξυλόμαλου με ανόργανο συνδετικό κονίαμα $d < 25 \text{ mm}$)

Ανακαινισμένο κτίριο Θερμομονωτικό υλικό - Πλάκες ξυλόμαλου με ανόργανο συνδετικό κονίαμα $d < 25 \text{ mm}$ Φορτία αιχμής	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	21,96
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	21,35
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	609
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	17,87
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m^2)	85,92
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m^2)	69,92

Πιν. 5.20 Ανάλυση ψύξης – θέρμανσης ανακαινισμένου κτιρίου (θερμομονωτικό υλικό – Naturtherm-Ke)

Ανακαινισμένο κτίριο Θερμομονωτικό υλικό - Naturtherm-Ke Φορτία αιχμής	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	20,75
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	20,22
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	530
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	13,09
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m^2)	81,16
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m^2)	51,21

Πιν. 5.21 Ανάλυση ψύξης – θέρμανσης ανακαινισμένου κτιρίου (θερμομονωτικό υλικό – Naturtherm-Ca)

Ανακαινισμένο κτίριο Θερμομονωτικό υλικό - Naturtherm-Ca Φορτία αιχμής	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	21,05
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	20,52
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	530
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	13,64
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m^2)	82,34
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m^2)	53,37

Πιν. 5.22 Ανάλυση ψύξης – θέρμανσης ανακαινισμένου κτιρίου (θερμομονωτικό υλικό - Icynene H2FoamLite / LD-C-50)

Ανακαινισμένο κτίριο Θερμομονωτικό υλικό - Icynene H2FoamLite / LD-C-50 Φορτία αιχμής	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	21,2
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	20,67
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	530
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	13,59
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	82,94
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	53,16

Πιν. 5.23 Ανάλυση ψύξης – θέρμανσης ανακαινισμένου κτιρίου (θερμομονωτικό υλικό - Πετροβάμβακας σε μορφή πλακών)

Ανακαινισμένο κτίριο Θερμομονωτικό υλικό - Πετροβάμβακας σε μορφή πλακών Φορτία αιχμής	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	21,04
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	20,51
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	530
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	13,26
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	82,33
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	51,87

Πιν. 5.24 Ανάλυση ψύξης – θέρμανσης ανακαινισμένου κτιρίου (θερμομονωτικό υλικό - Αφρώδες γυαλί)

Ανακαινισμένο κτίριο Θερμομονωτικό υλικό - Αφρώδες γυαλί Φορτία αιχμής	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	20,96
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	20,43
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	530
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	13,64
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	82,01
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	53,37

Πιν. 5.25 Ανάλυση ψύξης – θέρμανσης ανακαινισμένου κτιρίου (θερμομονωτικό υλικό - Τρίμματα θηραϊκής γης)

Ανακαινισμένο κτίριο Θερμομονωτικό υλικό - Τρίμματα θηραϊκής γης Φορτία αιχμής	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	21,35
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	20,74
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	609
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	14,64
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	83,53
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	57,26

Πιν. 5.26 Ανάλυση ψύξης – θέρμανσης ανακαινισμένου κτιρίου (θερμομονωτικό υλικό - Κίσηρης ή ελαφρόπετρα {pumice})

Ανακαινισμένο κτίριο Θερμομονωτικό υλικό - Κίσηρης ή ελαφρόπετρα (pumice) Φορτία αιχμής	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	21,15
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	20,62
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	530
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	13,85
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	82,74
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	54,19

Πιν. 5.27 Συγκεντρωτική ανάλυση ψύξης – θέρμανσης

Θερμομονωτικά υλικά	Αρχικό κτίριο		Ανακαινισμένο κτίριο									
	Διογκωμένη πολυστερίνη	Διογκωμένη πολυστερίνη	Μαλλί προβάτου	Φελλός	Ξυλόμαλλο	Naturtherm Ke	Naturtherm Ca	Icynene H2 Foam Lite / LD-C-50	Πετροβάμβακας	Αφρώδες γυαλί	Τρίμματα θηραϊκής γης	Κίσσηρης
Φορτία αιχμής												
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	22,15	21,09	21,64	20,92	21,96	20,75	21,05	21,2	21,04	20,96	21,35	21,15
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	15,61	13,37	14,64	13,75	17,87	13,09	13,64	13,59	13,26	13,64	14,64	13,85
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας												
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	86,26	82,51	84,66	81,84	85,92	81,16	82,34	82,94	82,33	82,01	83,53	82,74
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	60,81	52,31	57,26	53,78	69,92	51,21	53,37	53,16	51,87	53,37	57,26	54,19

Κεφάλαιο 6: Σχόλια-Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία έγινε αναφορά για την χρήση ενέργειας στην Ε.Ε. και στην Ελλάδα. Παρουσιάστηκε η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα και αναφέρθηκε η σχετική νομοθεσία της Ε.Ε. και η ελληνική για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Επίσης παρουσιάστηκαν οι μέθοδοι και οι τεχνικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και της θερμομόνωσης των κτιρίων, επίσης και η ανάλυση των θερμομονωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται.

Βασικό κομμάτι της εργασίας αποτέλεσε η μελέτη υφιστάμενου κτιρίου, το οποίο επιδέχεται επεμβάσεις θερμομόνωσης με χρήση θερμομονωτικών υλικών κατάλληλα για το κλίμα της περιοχής του κτιρίου, με στόχο την εύρεση των αποδοτικότερων υλικών που θα αποφέρουν μείωση των θερμικών και ψυκτικών φορτίων του.

Η σχεδίαση και η ανάλυση ψύξης-θέρμανσης διεξήχθησαν με την χρήση του λογισμικού Revit.

Συμπεράσματα που προέκυψαν:

- Η μελέτη θερμομόνωσης σε ένα υφιστάμενο ή καινούργιο κτίριο διαφέρει ανάλογα με τις ανάγκες του εκάστοτε κτιρίου και προϋποθέτει την μελέτη των κλιματικών δεδομένων της περιοχής όπου ανείκει το κτίριο, τον καθορισμό της γεωμετρίας του κτιρίου βάσει του προσανατολισμού του, την επιλογή των υλικών των επιμέρους στρώσεων των δομικών στοιχείων του κελύφους του, το πάχος των υλικών που θα αποτελέσουν τις στρώσεις αυτές.
- Οι ενεργειακές ανάγκες ενός κτιρίου αναφέρονται κυρίως στην θέρμανση των χώρων και βάσει αυτού προκύπτει για το υπό μελέτη κτίριο:
- Οι ενεργειακές απαιτήσεις σε θέρμανση του υφιστάμενου και του ανακαινισμένου κτιρίου διαφέρουν αισθητά. Άρα η αύξηση του πάχους της μόνωσης έστω και στο ελάχιστο βάσει Κ.Εν.Α.Κ. αποφέρει σημαντικά κέρδη.
- Όσον αφορά τα θερμικά φορτία, τα υλικά με την καλύτερη απόδοση φάνηκαν να είναι το Naturtherm-Ke με εξοικονόμηση ενέργειας 16,14%, ο πετροβάμβακας με 15,05%, η διογκωμένη πολυστερίνη 14,35%, το Icynene H2FoamLite / LD-C-50 με 12,94%. Ακατάλληλο υλικό για το συγκεκριμένο κτίριο κρίθηκε το ξυλόμαλλο, όπου φαίνεται ότι η χρήση του ταιριάζει σε κτίρια με αρκετά υψηλές ανάγκες για θέρμανση.
- Όσο αφορά τις ανάγκες του κτιρίου για ψύξη παρατηρούνται μικρές διαφορές ανάμεσα στα φορτία, λόγω της μεγάλης θερμικής μάζας του κτιρίου.

Βιβλιογραφία

- ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ, Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, 2000
- Τα μυστικά για την ενεργειακή βελτίωση του ακινήτου σας, Σταμάτης Περδίδης, 2010
- Environmental design of urban buildings, Mat Santamouris, 2006
- Βιοκλιματικός σχεδιασμός, περιβάλλον και βιωσιμότητα, Ανδρεαδάκη Ελένη, Εκδ. University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2006
- Θερμική Άνεση στα Κτίρια-Νέα Πρότυπα και Βελτίωση Θερμικής Άνεσης στα Κτίρια, Άγις Παπαδόπουλος, 2006
- WE QUALITY, Εγχειρίδιο για εγκαταστάτες εξωτερικής και συμβατικής θερμομόνωσης, 2014
- WE QUALIFY, Θερμομονωτικά Υλικά, 2015
- Έρευνα κατανάλωσης Ενέργειας στα νοικοκυριά, ΕΛΣΤΑΤ, 2013
- Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
- Οδηγός Θερμομόνωσης κτιρίων, Δεκέμβριος 2007, Υπηρεσία Ενέργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού
- Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων, 2^η Έκδοση, 2010, Υπηρεσία Ενέργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού
- Εφαρμογή του προεδρικού διατάγματος κανονισμού για τη θερμομόνωση κτιρίων, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ)
- Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων (τεχνική οδηγία ΤΕΕ)
- Ενεργειακή απόδοση παθητικών συστημάτων σε βιοκλιματικά κτίρια στην Ελλάδα», ΚΑΠΕ
- Ενεργειακός σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση κτιρίων-Γενικές αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού, Κλειώ Ν. Αξαρή, Εργαστήριο Οικοδομικής και Φυσικής των Κτιρίων Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.
- Εισαγωγή στον Βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίων, Ιωάννης Κατσίγιαννης, ΑΤΕΙ Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος

- Κέντρα δια βίου μάθησης Face to Face, Εγχειρίδιο προγράμματος Revit Architecture έκδοση 2019
- Ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων, Στατιστική για το έτος 2018 και της χρονικής περιόδου 2011-2018, ΥΠΕΚΑ

Links:

- www.autodesk.com
- ec.europa.eu
- www.cres.gr
- www.opengov.gr
- www.allaboutenergy.gr
- www.inzeb.org
- el.wikipedia.org
- www.psem.gr
- www.maiano.it
- el.decorexpro.com
- www.kourasanit.com
- www.meteoblue.com
- www.portal.tee.gr
- www.statistics.gr
- www.monodomiki.gr
- www.cea.org
- www.blog.xe.gr
- www.bioclima.gr

- www.fragoulakis.gr
- www.aueb.gr
- www.repository.kallipos.gr
- www.themesofschool.blogspot.com
- www.loulakis.gr
- www.lhlogismiki.gr
- www.knowledge.autodesk.com
- Autodesk Sustainability Workshop – youtube channel
- www.europarl.eu
- www.envinow.gr
- www.ypeka.gr

Πτυχιακές - Διπλωματικές Εργασίες:

- Υγεία και χαμηλή ενέργεια κατοίκησης, προσεγγίζοντας την οικολογική αρχιτεκτονική, Μαυρομάτη Δήμητρα, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, 2016
- Μέθοδοι υλοποίησης βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής σε υφιστάμενα κτίρια του αστικού περιβάλλοντος, Οικονόμου-Κυριαζόπουλος, ΤΕΙ Πειραιά
- Εφαρμογή των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού στην αναβάθμιση υπάρχουσας κατοικίας στο νομό Κορινθίας, Χαβαραι Εμιλιάνο & Αργυρώ Γκεβέζου, 2018
- Βιοκλιματική αρχιτεκτονική και βιώσιμη ανάπτυξη. Μέθοδοι και παραδείγματα σε συγκεκριμένα κτίρια, Αντωνοπούλου Σωτηρία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικονομίας και Οικολογίας, 2009
- Κτήριο, ενέργεια, θερμομόνωση, περιβάλλον και η αλληλοεξάρτηση τους, Αργυροπούλου Ανδρονίκη, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, 2009
- Θερμομονωτικά υλικά, Αντωνιάδου Σοφία, ΤΕΙ Καβάλας, Τμήμα Μηχανολογίας, 2005

- Τεχνοοικονομική ανάλυση μέτρων ενεργειακής απόδοσης σε κτήρια, Θεοφανούδη Ιωάννα, ΤΕΙ Κρήτης, Παράρτημα Χανίων, 2011
- Ενεργειακή Προσομοίωση κατοικίας στις 4 κλιματικές ζώνες με χρήση των λογισμικών REVIT και GBS, Βαρδάκη Σοφία, ΤΕΙ Κρήτης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, 2018
- Υπολογισμός βέλτιστου πάχους θερμικής μόνωσης για την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών του κτιριακού κελύφους στην Ελλάδα, Ηλιάσκου Ελένη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών-Ενεργειακός Τομέας, 2013
- Διερεύνηση δομικών υλικών, Μπαρμπαρούση Μαρία, ΤΕΙ Πειραιά, Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων, 2013
- Μελέτη θερμομόνωσης κτηρίων-κατοικιών με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς, ΑΤΕΙ Πειραιά, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, 2013