

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ :

**ΗΛΙΑΚΗ ΨΥΞΗ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ**

SIMEONOVA ROSITSA

ΧΑΝΙΑ, 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι.....ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΗΛΙΑΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ.....ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙDESIGN BUILDER & ENERGY PLUS - ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙV.....ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΜΙΑΣ ΠΑΘΗΤΙΚΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ.....	89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ VΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	116
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	120
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	125

« ΕΙΣΑΓΩΓΗ »

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ευημερία των ανθρώπων επηρεάζεται κατά ένα μεγάλο μέρος από την υγεία και τις συνθήκες άνεσης κατά τη διάρκεια των κύριων καθημερινών ανθρώπινων δραστηριοτήτων, καθημερινή εργασία και μεταφορά σε εσωκλειστούς χώρους, περιβάλλον στο οποίο οι ευρωπαίοι πολίτες ξοδεύουν περισσότερο από 90% του χρόνου τους. Σε περισσότερο από 40% των κλειστών χώρων οι άνθρωποι υποφέρουν και υφίστανται παράπονα σχετισμένα με την υγεία και την άνεση, που προκαλούνται από τις κακές συνθήκες μέσα στα κτήρια [Philomena M. Bluysen et al, 2004]

Η βελτίωση της υγείας και της άνεσης του ευρωπαϊκού πληθυσμού, βελτιώνοντας τις συνθήκες μέσα στους χώρους διαμονής και εργασίας, προσφέρει συνεπώς μια τεράστια δυνατότητα για οικονομικά και κοινωνικά οφέλη που οδηγούν στην αυξανόμενη παραγωγικότητα, μειωμένη άδεια για λόγους υγείας και ιατρικό κόστος, αλλά και γενικότερη φροντίδα και πρόληψη για υγιές περιβάλλον στη Γη. Εκτός από την υγεία και την άνεση η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια είναι πολύ σημαντικό ζήτημα. Έχοντας κατά νου τις κλιματολογικές αλλαγές που προκαλούνται βασικά από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, πρέπει να μειώσουμε όσο το δυνατόν περισσότερο όλες τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η οικογενειακή κατοικία είναι το είδος κτηρίου με μεγαλύτερο εύρος εξάπλωσης παντού στον κόσμο και για αυτό το λόγο είναι πολύ σημαντικό να ξεκινήσει η ανθρωπότητα με βελτίωση των συνθηκών μέσα στο σπίτι και εξοικονόμηση ενέργειας εκεί.

Το πρόβλημα των κλιματικών αλλαγών έχει γίνει τόσο μεγάλο και πλέον δημιουργεί τεράστιες ζημιές στην υγεία του ανθρώπου, που δεν μπορεί καμία

κυβέρνηση να το παραβλέψει. Έχουν ήδη παρθεί κάποιες αποφάσεις από μεγάλους παγκόσμιους οργανισμούς:

Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας [WHO Europe, 2000] έχει βάλει ως στόχο:

- Μέχρι το έτος 2015, οι ευρωπαίοι πολίτες θα πρέπει να ζουν σε ασφαλέστερο φυσικό περιβάλλον με έκθεση σε τοξικά και επικίνδυνα απόβλητα λιγότερα από τα διεθνώς συμφωνημένα στάνταρτ
- Μέχρι το έτος 2015, οι ευρωπαίοι πολίτες θα πρέπει να έχουν την ευκαιρία να ζουν σε υγιές φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον στο σπίτι, στο σχολείο, στον εργασιακό χώρο και στην τοπική κοινωνία.
-

Στόχος του Πρωτοκόλλου Κιότο [Kyoto Protocol] είναι:

"να μειώσει την απαίτηση σε ενέργεια κατά 18% μέχρι το έτος 2010, για να συμβάλει στη συνάντηση των υποχρεώσεων της Ε.Ε. να καταπολεμήσει την αλλαγή του κλίματος και να βελτιώσει την ασφάλεια του ενεργειακού ανεφοδιασμού "

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο [6th Environment Action Programme, European Parliament, 2002] έχει βάλει στόχο:

"να επιτύχει ποιότητα του περιβάλλοντος όπου τα επίπεδα προκαλούμενων από τον άνθρωπο μολυσματικών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των διαφορετικών τύπων ακτινοβολιών, δεν θα προκαλούν σημαντικές επιδράσεις ή κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία."

Για αυτό το λόγο στην παρούσα διπλωματική εργασία θα παρουσιαστεί η έννοια της παθητικής ψύξης, της παθητικής οικίας και απόδειξη ότι η παθητική οικία είναι όντως μέρος της λύσης του φαινόμενο θερμοκηπίου και των γενικών αλλαγών του κλίματος, που οφείλονται στην ανθρώπινη

δραστηριότητα. Θα χρησιμοποιηθεί προσωμοιοτικό υπολογιστικό μοντέλο, το οποίο θα εξετάσει διάφορα σενάρια για μία μονοκατοικία στην Ελλάδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

«ΠΑΘΗΤΙΚΟΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΗΛΙΑΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ

Ι.1. Θέρμανση – Ψύξη

Η θερμότητα και το φως από τον ήλιο είναι ελεύθερες και ανανεώσιμες. Ειρωνικά, η πλειοψηφία των κτηρίων σήμερα δεν έχει ως σκοπό να εκμεταλλευτεί αυτήν την ελεύθερη ενέργεια. Αντ' αυτού τα κτήρια κατασκευάζονται συχνά για να εμποδίσουν το φως του ήλιου να διαπερνά τους μονωμένους αδιάφανους τοίχους.

Η παθητική ηλιακή σχεδίαση αναφέρεται στη χρήση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη των ζωτικών χώρων. Σε αυτήν την προσέγγιση, το ίδιο το κτήριο ή κάποιο στοιχείο του εκμεταλλεύεται τα φυσικά ενεργειακά χαρακτηριστικά των υλικών και του αέρα που δημιουργούνται από την έκθεση στον ήλιο. Τα παθητικά συστήματα είναι απλά, έχουν λίγα κινούμενα μέρη, απαιτούν ελάχιστη συντήρηση και δεν απαιτούν κανένα μηχανικό σύστημα ή λειτουργία.

Τα λειτουργικά παράθυρα, η θερμική μάζα, και οι θερμικές καπνοδόχοι είναι κοινά στοιχεία, τα οποία χρησιμοποιούνται στην παθητική σχεδίαση. Τα λειτουργικά παράθυρα είναι απλά παράθυρα που μπορούν να ανοίγουν. Η θερμική μάζα αναφέρεται στα υλικά όπως η τεκτονική και το ύδωρ που μπορούν να αποθηκεύουν την ενέργεια θερμότητας για παραταθέντα χρόνο. Η θερμική μάζα αποτρέπει τις γρήγορες διακυμάνσεις θερμοκρασίας. Οι θερμικές καπνοδόχοι δημιουργούν ή και ενισχύουν την ιδιότητα του καυτού αέρα να ανεβαίνει προς τα επάνω και βοηθούν στη μετακίνηση αέρα για λόγους ψύξης. Οι τοίχοι-φτερά (wing walls) είναι κάθετα εξωτερικά χωρίσματα, τοποθετημένα κάθετα δίπλα σε παράθυρα για να ενισχύσουν τον εξαερισμό μέσω των παραθύρων.

Η παθητική σχεδίαση ασκείται σε όλο τον κόσμο και έχει αποδειχθεί ότι παραγάγει κτήρια με χαμηλές ενεργειακές δαπάνες, μειωμένη απαιτούμενη συντήρηση και ανώτερη άνεση. Το μεγαλύτερο μέρος τις επιστημονικής βιβλιογραφίας μέχρι στιγμής αφορά την παθητική ηλιακή θέρμανση. Αυτές οι πληροφορίες είναι χρήσιμες και σχετικές με την περιοχή της Ελλάδας, εντούτοις, τα ζητήματα ψύξης, που είναι πολύ σημαντικά εδώ και με την πάροδο του χρόνου θα γίνονται ακόμα σημαντικότερα, είναι ελάχιστα τεκμηριωμένα. Οι βασικές πτυχές της παθητικής σχεδίασης περιλαμβάνουν τον κατάλληλο κτηριακό προσανατολισμό σχετικά με τον ήλιο, τη χρήση της θερμικής μάζας, κατάλληλο εξαερισμό και τοποθέτηση ανοιγμάτων.

Η εκτίμηση της υψηλής υγρασίας είναι ένα βασικό ζήτημα σε πολλές περιοχές της Ελλάδας. Παραδείγματος χάριν, μια βασική παθητική στρατηγική ψύξης είναι να επιτραπεί ο πιο δροσερός αέρας της νύχτας να αερίσει ένα κτήριο και να δροσίσει τη θερμική μάζα, η οποία μπορεί κάποιο τοίχος από τούβλο, πέτρα ή τοιμέντο ή πατώματα, ή μεγάλα δοχεία ύδατος μέσα στο σπίτι. Η θερμική μάζα απορροφά τη θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας εντούτοις, η υπερβολική υγρασία μειώνει την επίδραση ψύξης από την πιο δροσερή θερμική μάζα. Τα στοιχεία του εσωτερικού ντιζάιν ενός σπιτιού στην περιοχή της Ελλάδας θα μπορούσαν να έχουν πολύ ισχυρό ρόλο στην αποτελεσματικότητα της παθητικής ψύξης. Παραδείγματος χάριν, χαλιά, κουρτίνες, και έπιπλα καλυμμένα με ύφασμα απορροφούν την υγρασία από τον υγρό αέρα, αναγκάζοντας το κλιματιστικό μηχάνημα να δουλέψει σκληρότερα για να αφαιρέσει την υγρασία.

Σαν σχεδιαστική προσέγγιση, η παθητική ηλιακή σχεδίαση μπορεί να λάβει πολλές μορφές. Μπορεί να ενσωματωθεί σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό σε ένα κτήριο. Οι βασικές εκτιμήσεις σχετικά με τη παθητική σχεδίαση καθορίζονται από τα χαρακτηριστικά της περιοχής, όπου θα βρίσκεται κάποιο κτήριο. Τα αποτελεσματικότερα σχέδια ενός κτηρίου, που θα χρησιμοποιεί τις αρχές της παθητικής ψύξης ή και θέρμανσης, είναι βασισμένα

στη κατανόηση των τοπικών ανέμων μιας περιοχής, της έκτασης, της βλάστησης, της ηλιακής έκθεσης και άλλων παραγόντων. Εντούτοις, μια βασική κατανόηση αυτών των ζητημάτων μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου.

Η ηλιακή ενέργεια υπό μορφή θερμότητας και φωτός είναι ελεύθερα διαθέσιμη σχεδόν σε όλες τις περιοχές. Σε μέρη όπου η θέρμανση και η ψύξη απαιτούνται (σε όλη την Ελλάδα, λόγω κλίματος), απαιτείται και σχέδιο για την αποδοτική χρήση της παθητικής ηλιακής ενέργειας. Ένα κτήριο πρέπει πρώτα να προσανατολιστεί κατάλληλα για να αξιοποιήσει στο μέγιστο την ηλιακή ενέργεια. Όσον αφορά η σχεδίαση κτηρίων που απαιτούν κλιματισμό και ψύξη, ο σχεδιαστής πρέπει να προσπαθήσει να ελαχιστοποιήσει τη διήθηση ηλιακής θερμότητας στο κτήριο, ενώ θα πρέπει να πετύχει το βέλτιστο φυσικό φωτισμό.

Κάθε δυνατό στοιχείο ενός κτηρίου πρέπει να χρησιμοποιείται για την εκμετάλλευση της ελεύθερης ηλιακής ενέργειας υπό μορφή θερμότητας και φωτός. Σχεδιάζοντας ένα κτήριο, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη μείωση της υπερβολικής ηλιακής θέρμανσης ειδικά στα συγκρατημένα και καυτά κλίματα.

1.2. Παθητική ηλιακή ψύξη

Σε συγκροτημένα και καυτά κλίματα, η ηλιακή θερμότητα που διεισδύει στο κτήριο είναι χαρακτηριστικά το δαπανηρότερο πράγμα που μετριάζει (δηλ. κλιματισμός). Εντούτοις, η αποτελεσματική παθητική ηλιακή σχεδίαση ψύξης μπορεί να αποβάλει ένα μεγάλο μέρος αυτής της συμβατικής λειτουργικής δαπάνης με το κατάλληλο σχέδιο οικοδόμησης. Η παθητική ηλιακή ψύξη μπορεί να μειώσει ή ακόμα και να εξαλείψει την ανάγκη για τον κλιματισμό στα σπιτία. Στην απλούστερη περίπτωση, η παθητική ψύξη περιλαμβάνει προεξοχές ή κάποιο είδος σκιάστρων για τα στραμμένα προς το νότο

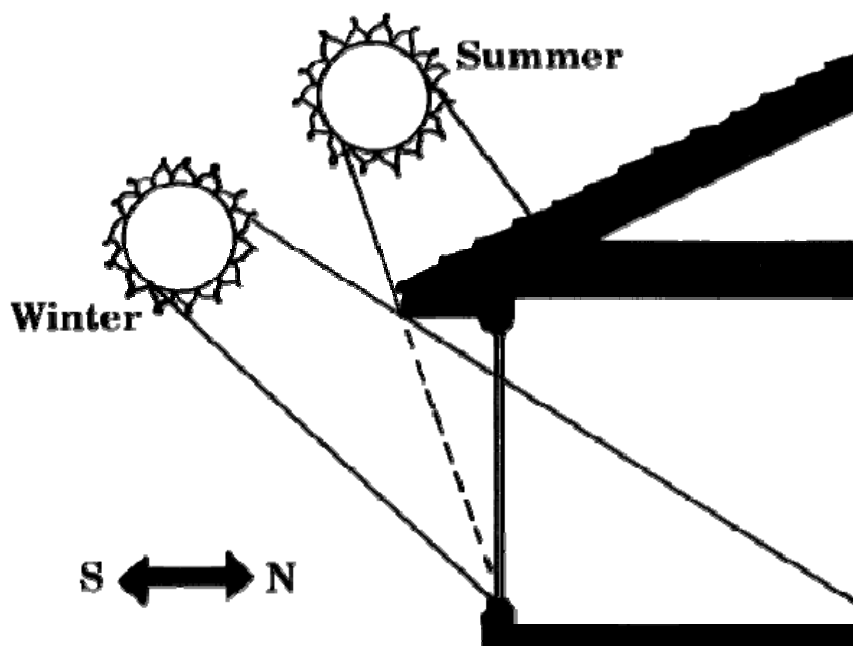
παράθυρα, λίγα παράθυρα στη δύση, υψηλή βλάστηση στον περιβάλλοντα χώρο έτσι ώστε να σκιάζουν το κτήριο (σκιόφυτα), θερμική μάζα και διαγώνιο εξαερισμό. Μερικές από τις ίδιες στρατηγικές που βοηθούν να θερμάνουν ένα σπίτι το χειμώνα το δροσίζουν επίσης το καλοκαίρι. Παραδείγματος χάριν, η εξωτερική βλάστηση μπορεί να αποτρέψει την υπερβολική ηλιακή θερμότητα από την είσοδο στο κτήριο το καλοκαίρι, ενώ τον χειμώνα να αποτρέψει την διείσδυση κρύου αέρα στο κτήριο. Ποικίλες στρατηγικές σχεδίου παρατίθενται κατωτέρω.

Η χρήση μίας ή περισσότερων στρατηγικών σκίασης είναι απαραίτητη στον σχεδιασμό ενός κτηρίου: σταθερά σκιάστρα στα παράθυρα (διακοσμητικά μέρη του κτηρίου, προεξοχές, εξωθήσεις), δέντρα ή άλλου είδους βλάστησης που παρέχουν την εποχιακή σκίαση, τέντες, οι οποίες μπορούν να επεκταθούν ή να αφαιρεθούν, κινούμενα σκιάστρα ή οποιαδήποτε σχεδιαστική λύση που μπορεί να συνεισφέρει στην σκίαση του κτηρίου, περιορισμός του μεγέθους και πλήθους των ανοιγμάτων του κτηρίου ανατολικά και δυτικά, έτσι ώστε να αποφεύγεται η απευθείας έκθεση του εσωτερικού του κτηρίου στην ηλιακή ακτινοβολία υπό μικρή γωνία τις πρωινές και απογευματινές ώρες. Η εκμετάλλευση του φυσικού εξαερισμού, ο δροσισμός εκμεταλλευόμενος τις μεγάλες διαφορές θερμοκρασιών την ημέρα και τη νύχτα μέσω ακτινοβολίας, η απομάκρυνση υγρασίας σε υγρά κλίματα είναι άλλες αξιόλογες τεχνικές παθητικού σχεδιασμού για τη ψύξη ενός κτηρίου.

Οι ακόλουθες τεχνικές χρησιμοποιούν τις παθητικές ηλιακές στρατηγικές για να παρέχουν την ψύξη:

Η παθητική ηλιακή ψύξη μπορεί να μειώσει ή ακόμα και να εξαλείψει την ανάγκη για μηχανικό κλιματισμό στα κτήρια. Παραδείγματος χάριν, με μια καλά σχεδιασμένη προεξοχή, τα στραμμένα προς το νότο παράθυρα φωτίζονται τον χειμώνα από τις ακτίνες του ήλιου λόγω της μικρής γωνίας υπό την οποία πέφτουν στη γη, ενώ το καλοκαίρι τα ίδια παράθυρα είναι υπό

σκιά, λόγω της μεγαλύτερης γωνίας υπό την οποία πέφτουν η ακτίνες. Η θερμική μάζα, η οποία αποθηκεύει θερμότητα κατά τη διάρκεια της χειμερινής μέρας για να την απελευθερώσει κατά τη διάρκεια της νύχτας και να θερμάνει το κτήριο, λειτουργεί τελείως αντίθετα κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών όπου η ίδια η θερμική μάζα ψυχραίνει την νύχτα και δροσίζει το κτήριο κατά την διάρκεια της ημέρας, επειδή διατηρεί τη χαμηλότερη θερμοκρασία της από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και συγκρατεί την εσωτερική θερμοκρασία του κτηρίου χαμηλότερη σε σχέση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.



Σχήμα 1. Θέσεις του ηλίου κατά τη διάρκεια του έτους [EPA, 2000]

Η παθητική ηλιακή σχεδίαση χρησιμοποιεί μεθόδους όπως οι προεξοχές, οι οποίες σκιάζουν το κτήριο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ενώ επιτρέπουν στο φως του ήλιου να διαπεράσει το εσωτερικό του σπιτιού κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Η παθητική ηλιακή σχεδίαση χρησιμοποιεί την ενεργειακή αποδοτικότητα. Η ενεργειακή αποδοτικότητα ελαχιστοποιεί την ανάγκη για μηχανική θέρμανση, ψύξη και ηλεκτρική ενέργεια. Οι σχεδιαστές των ηλιακών κτηρίων

χρησιμοποιούν τα υψηλότερα επίπεδα μόνωσης από εκείνα στις συμβατικές κατασκευές, ηλεκτρικές συσκευές και φωτισμό με μεγαλύτερο συντελεστή αποδοτικότητας ενέργειας. Τα ανοίγματα είναι μέχρι και δύο φορές ανθεκτικότερα στην απώλεια θερμότητας από εκείνα που χρησιμοποιούνται στη συμβατική κατασκευή. Η διείσδυση αέρα μειώνεται επίσης με προσεκτικά σφραγίσματα και καλαφάτισμα γύρω από παράθυρα και πόρτες.

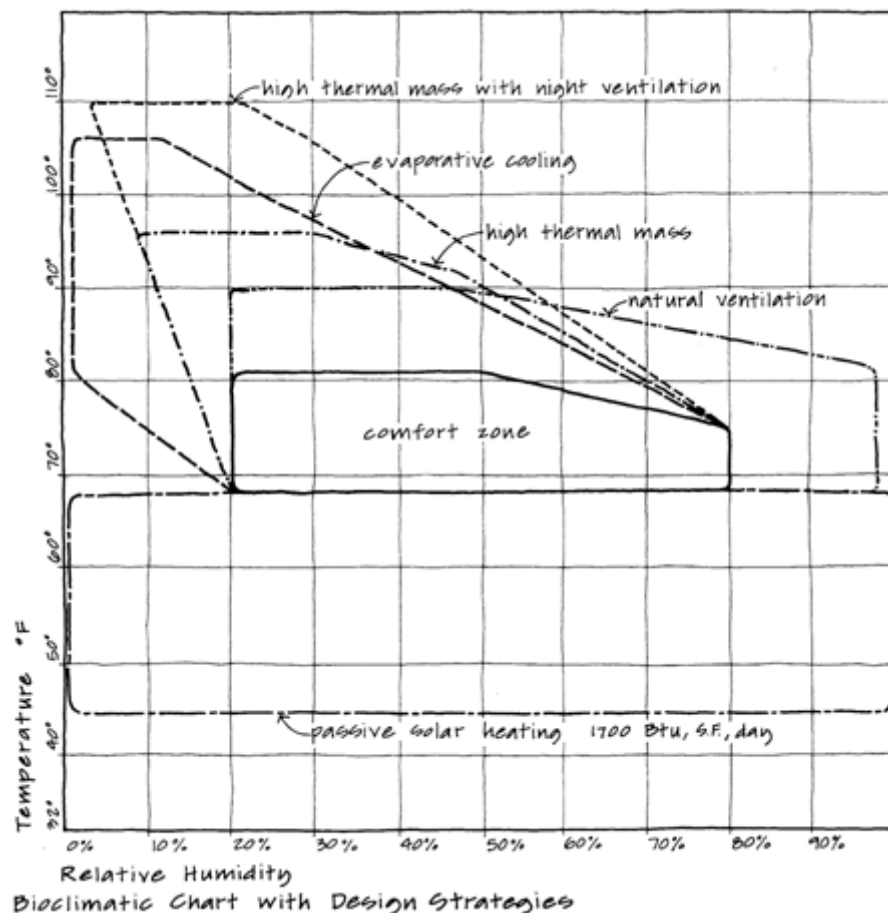
1.3. Ποια στρατηγική παθητικής ψύξης είναι η ιδανικότερη?

Προτού εμφανιστεί αρχικά η τεχνολογία ψύξης, οι άνθρωποι διατηρούσαν τους χώρους τους δροσερούς χρησιμοποιώντας τους φυσικούς μεθόδους: αέρας που διέτρεχε από τα παράθυρα, ύδωρ που εξατμιζόταν από πηγές, δοχεία και αργότερα κανάλια, καθώς επίσης και μεγάλες ποσότητες πέτρας και χώματος που απορροφούν την θερμότητα της ημέρας. Αυτές οι ιδέες αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια χιλιάδων ετών ως αναπόσπαστα τμήματα της οικοδομικής σχεδίασης. Σήμερα αυτές οι τεχνικές ονομάζονται "παθητική ψύξη." Ειρωνικά, η παθητική ψύξη θεωρείται "εναλλακτική λύση" της μηχανικής ψύξης που απαιτεί την παραγωγή περίπλοκων μηχανικών τεχνολογιών και συστημάτων ψύξης. Με την υιοθέτηση των παθητικών τεχνικών ψύξης στα σύγχρονα κτήρια, μπορεί να αποβληθεί η μηχανική ψύξη ή να μειωθεί τουλάχιστον το μέγεθος και το κόστος του εξοπλισμού.

Η παθητική ψύξη είναι βασισμένη στην αλληλεπίδραση του κτηρίου και των περιχώρων της. Πριν υιοθετηθεί μια στρατηγική παθητικής ψύξης, πρέπει να βεβαιωθεί ότι ταιριάζει με το τοπικό κλίμα.

Στο βιβλίο του «Sun, Wind and Light» («Ήλιος, Άνεμος και Φως») ο G. Z. Brown προσδιορίζει τέσσερεις στρατηγικές παθητικής ψύξης: φυσικός εξαερισμός (natural ventilation), ψύξη μέσω εξατμίσσης (evaporative cooling), υψηλή θερμική μάζα (high thermal mass), υψηλή θερμική μάζα με εξαερισμό κατά τη διάρκεια της νύχτας (high thermal mass with night ventilation). Όλες

αυτές οι στρατηγικές παθητικής ψύξης στηρίζονται στις καθημερινές αλλαγές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Οι στρατηγικές παθητικής ψύξης που είναι κατάλληλες για την περιοχή συγκεκριμένου κτηρίου μπορούν να προσδιοριστούν με τη χρήση ενός βιοκλιματικού διαγράμματος (bioclimatic chart).



Σχήμα 2. Βιοκλιματικό διάγραμμα για λήψη αποφάσεων σχετικά με τις στρατηγικές παθητικής σχεδίασης [G. Z. Brown, «Sun, Wind and Light»]

Αυτό το βιοκλιματικό διάγραμμα (G. Z. Brown, «Sun, Wind and Light») καθορίζει τέσσερις στρατηγικές παθητικής ψύξης βασισμένες στη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία. Είναι ένας πολύ καλός και αξιόπιστος τρόπος να αποφασιστεί ποια στρατηγική είναι κατάλληλη να χρησιμοποιηθεί στον σχεδιασμό κάποιου συγκεκριμένου κτηρίου σε συγκεκριμένη τοποθεσία, με συγκεκριμένο κλίμα. Για να χρησιμοποιηθεί το διάγραμμα θα πρέπει να είναι γνωστά τα ακόλουθα δεδομένα για κάθε μήνα του έτους:

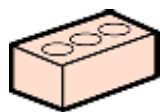
- Μέσες μέγιστες θερμοκρασίες
- Μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες
- Μέση μέγιστη σχετική υγρασία
- Μέση ελάχιστη σχετική υγρασία

Στο βιοκλιματικό διάγραμμα σχεδιάζονται δύο σημεία για κάθε μήνα. Το πρώτο σημείο είναι η ελάχιστη θερμοκρασία και η μέγιστη σχετική υγρασία (RH). Το δεύτερο σημείο είναι η μέγιστη θερμοκρασία και ελάχιστη σχετική υγρασία. (Σημείωση: η υψηλότερη θερμοκρασία είναι ζευγαρωμένη με τη χαμηλότερη σχετική υγρασία r_h και αντίστροφα.) Συνδέονται αυτά τα σημεία με μια γραμμή. Σχεδιάζεται μια παρόμοια γραμμή για κάθε μήνα. Κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει την αλλαγή στη θερμοκρασία και την σχετική υγρασία r_h κατά τη διάρκεια μιας μέσης ημέρας.

Οι στρατηγικές παθητικής ψύξης αναλύονται παρακάτω:

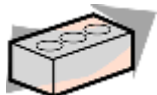


Ο φυσικός εξαερισμός (natural ventilation) εξαρτάται απλώς από τη μετακίνηση αέρα για να δροσίσει το εσωτερικό ενός κτηρίου. Η ύπαρξη ανοιγμάτων σε αντίθετες πλευρές του κτηρίου ενισχύουν το διαγώνιο εξαερισμό που οδηγείται από τα ρεύματα της περιοχής ή τον άνεμο. Δεδομένου ότι τα φυσικά ρεύματα δεν μπορούν να σχεδιαστούν, οι σχεδιαστές επιλέγουν συχνά να ενισχύσουν το φυσικό εξαερισμό χρησιμοποιώντας ψηλοτάβανους χώρους μέσα στα κτήρια, που ονομάζονται σωροί. Τα ανοίγματα κοντά στην κορυφή του σωρού βοηθούν τον θερμό αέρα να δραπετεύσει, ενώ ο πιο δροσερός αέρας εισρέει στο κτήριο από ανοίγματα κοντά στο έδαφος. Ο εξαερισμός απαιτεί το κτήριο να είναι ανοικτό κατά τη διάρκεια της ημέρας για να επιτρέπεται η ροή αέρα.



Η υψηλή θερμική μάζα (high thermal mass) εξαρτάται από τη δυνατότητα των υλικών στο κτήριο να απορροφούν τη θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Κάθε νύχτα η μάζα απελευθερώνει τη θερμότητα που

έχει απορροφήσει την ημέρα και είναι έτοιμη να λειτουργήσει με τον ίδιο τρόπο την επόμενη ημέρα. Για να είναι αποτελεσματική, η θερμική μάζα πρέπει να εκτίθεται στους ζωτικούς χώρους. Τα κατοικημένα κτήρια θεωρούνται να έχουν μία μέση μάζα όταν η εκτεθειμένη περιοχή θερμικής μάζας είναι ίση με την περιοχή πατώματος. Έτσι, για κάθε τετραγωνικό μέτρο της περιοχής πατώματος υπάρχει ένα τετραγωνικό μέτρο εκτεθειμένης θερμικής μάζας. Ένα πάτωμα με πλακάκια θα ήταν εύκολος τρόπος να ολοκληρωθεί αυτό σε ένα σχέδιο. Τα κτήρια με θερμική μάζα θα μπορούσαν να έχουν μέχρι και τρία τετραγωνικά μέτρα της εκτεθειμένης μάζας για κάθε τετραγωνικό μέτρο της περιοχής πατώματος. Αυτό όμως είναι αδύνατο ειδικά για μικρά κτήρια, τα οποία χρησιμοποιούνται ως οικίες, αποθηκευτικούς χώρους, κλπ. Εντούτοις, εύκολα θα μπορούσε να ενσωματωθεί μία θερμική μάζα σε ένα κτιστό τζάκι και στους εσωτερικούς τοίχους φτιαγμένους από τούβλα.



Η υψηλή θερμική μάζα (high thermal mass) με εξαερισμό κατά τη διάρκεια της νύχτας (night ventilation) στηρίζεται στην καθημερινή αποθήκευση θερμότητας της θερμικής μάζας που συνδυάζεται με τον εξαερισμό νύχτας ο οποίος δροσίζει τη μάζα. Το κτήριο πρέπει να είναι κλειστό κατά τη διάρκεια της ημέρας και ανοικτό τη νύχτα για να απαλλαγεί η θερμική μάζα από τη συσσωρευμένη θερμότητα μέσω εξαερισμού.

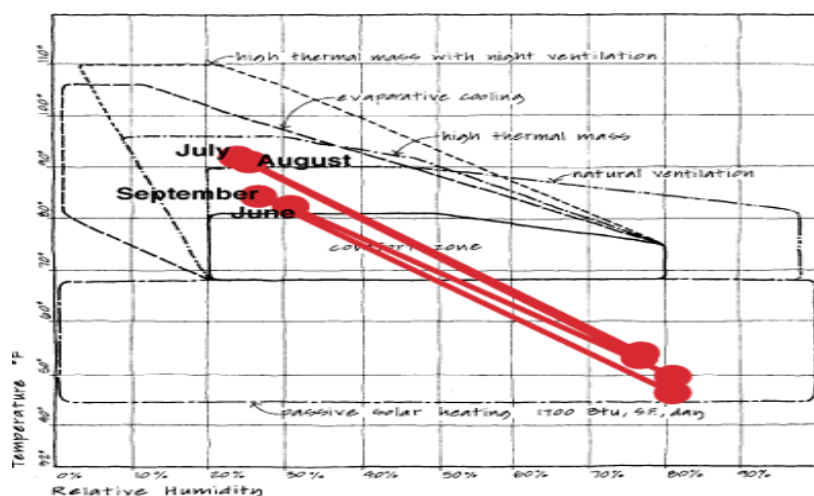


Η εξατμιστική ψύξη (evaporative cooling) ή ψύξη μέσω εξάτμισης χαμηλώνει τη θερμοκρασία εσωτερικού αέρα μέσω εξάτμιση ύδατος. Στα ξηρά κλίματα, αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται πάρα πολύ με εξάτμιση ύδατος μέσα στον εσωτερικό χώρο του κτηρίου (άμεσος τρόπος). Αλλά οι έμμεσες μέθοδοι, όπως οι λίμνες στεγών (roof ponds), επιτρέπουν στην εξατμιστική ψύξη να χρησιμοποιείται και σε άλλου είδους κλίματος επίσης.

Ο εξαερισμός και η εξατμιστική ψύξη συμπληρώνονται συχνά με μηχανικά μέσα, όπως οι ανεμιστήρες. Ακόμα κι έτσι, ουσιαστικά χρησιμοποιούν

λιγότερη ενέργεια για να διατηρήσουν την θερμική άνεση σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα ψύξης. Είναι επίσης δυνατό να χρησιμοποιηθούν αυτές οι στρατηγικές σε απολύτως παθητικά συστήματα όπου δεν απαιτείται κανένα πρόσθετο μηχανήμα ή ενέργεια για να λειτουργήσουν.

Για την κατανόηση του βιοκλιματικού διαγράμματος, παρουσιάζεται ένα παράδειγμα, το οποίο είχε δημοσιευτεί σε άρθρο του περιοδικού Energy Source Builder #51, June 1997 (©Copyright 1997 Iris Communications, Inc.). Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τα δεδομένα για τους θερινούς μήνες στο Medford, Oregon, όπου φαίνεται ότι η υψηλή θερμική μάζα και ο φυσικός εξαερισμός θα μπορούσαν να προσφέρουν ικανοποιητική ψύξη ενός κτηρίου στην περιοχή. Με τον ίδιο τρόπο θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία κάθε περιοχής με το αντίστοιχο κλίμα τους, για να σχεδιαστεί παρόμοιο διάγραμμα.



Σχήμα 3. Παράδειγμα βιοκλιματικού διαγράμματος για την περίπτωση της Καλιфорνία Αμερικής [G. Z. Brown , 2000]

Οι στρατηγικές παθητικής ψύξης παρουσιάζονται σε αυτήν την έκδοση του βιοκλιματικού διαγράμματος ως επικαλύπτουσες ζώνες. Όταν οι γραμμές διασταυρώνουν τις ζώνες, αυτό δείχνει ότι αυτή η στρατηγική μπορεί να λειτουργήσει για το συγκεκριμένο κλίμα. Οι γραμμές μερικών μηνών μπορούν να διασταυρώσουν περισσότερες από μία ζώνες διαφορετικών στρατηγικών. Για να μειωθεί το κόστος, θα επιλεγούν πιθανώς μια ή δύο

στρατηγικές, οι οποίες είναι συμβατές η μία με την άλλη και με το σχέδιο οικοδόμησης.

Οι στρατηγικές σχεδίασης που προτείνονται από αυτήν την έκδοση του βιοκλιματικού διαγράμματος είναι κατάλληλες μόνο για κατοικίες και άλλα κτήρια με μικρές εσωτερικές πηγές θερμότητας. Οι εσωτερικές πηγές για μια κατοικία υποτίθεται ότι είναι 20.000 btu ανά ημέρα ανά άτομο.

Όλες αυτές οι στρατηγικές έχουν δημιουργηθεί με το σκεπτικό να απαλλαγεί το κτήριο από την θερμότητα η οποία συσσωρεύεται στο εσωτερικό του. Φυσικά αυτός δεν είναι ο μοναδικός σκοπός της παθητικής σχεδίασης. Για να μην είναι υψηλά τα επίπεδα συσσωρευμένης θερμότητας, θα πρέπει να μειωθούν τα επίπεδα εισροής θερμότητας από το περιβάλλοντα χώρο. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί με κατάλληλο προσανατολισμό του κτηρίου προς τον ήλιο, με καλή μόνωση, με κατάλληλα υλικά της κατασκευής, των παραθύρων και των πορτών.

Η παθητική ηλιακή θέρμανση μπορεί επίσης να αξιολογηθεί χρησιμοποιώντας το βιοκλιματικό διάγραμμα. Η παθητική ηλιακή θέρμανση είναι συνήθως μια κατάλληλη στρατηγική όταν μειώνονται οπουδήποτε οι σχεδιασμένες γραμμές κάτω από τη ζώνη άνεσης.

Ι.4. Τεχνικές παθητικής σχεδίασης

Οι παθητικές τεχνικές ψύξης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειώσουν, και να αποβάλουν σε μερικές περιπτώσεις, μηχανικές απαιτήσεις κλιματισμού στις περιοχές όπου η ψύξη είναι κυρίαρχο πρόβλημα. Η αποτελεσματικότητα δαπανών και ενέργειας αυτών των επιλογών είναι τεράστια και οι στρατηγικές αυτές αξίζουν να τις λάβει κανείς σοβαρά υπ' όψη του – και κατασκευαστές, και σχεδιαστές και ιδιοκτήτες κτηρίων. Σ' αυτό το κεφάλαιο

περιλαμβάνονται αναλυτικότερες πληροφορίες για τις τεχνικές της παθητικής σχεδίασης.

Σε πολλά μέρη της Ελλάδας στα κτήρια χρειάζεται και ψύξη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και θέρμανση κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Σε όλη την Ελλάδα όμως, η θερινή ψύξη είναι αυτή που απασχολεί τους περισσότερους λόγω της διάρκειας του καλοκαιριού και των υψηλών θερμοκρασιών.

Η θερμική άνεση το καλοκαίρι σημαίνει περισσότερο από σταθεροποίηση της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα κάτω από 24°C. Βασικός παράγοντας είναι η υψηλή υγρασία του αέρα ή η παρεμπόδιση αύξησης της υγρασίας εσωτερικού αέρα. Σε συνδυασμό, τα δύο αυτά χαρακτηριστικά, θα μπορούσαν να προκαλέσουν μεγάλη δυσφορία για τους κατοίκους.

Υπάρχουν τρεις σημαντικές πηγές ανεπιθύμητης θερινής θερμότητας: άμεσες ηλιακές επιδράσεις σε ένα κτήριο μέσω των παραθύρων και των φεγγιτών, μεταφορά και διήθηση θερμότητας των εξωτερικών υψηλών θερμοκρασιών, μέσω των υλικών και των στοιχείων της δομής του κτηρίου και η εσωτερική θερμότητα που παράγεται από τις συσκευές, τον εξοπλισμό, και τους κατοίκους. Από τα τρία, το πρώτο είναι ενδεχομένως μέγιστο πρόβλημα στην Ελλάδα, αλλά είναι συνήθως το ευκολότερο να ελεγχθεί. Ο πίνακας παρακάτω παρουσιάζει κατά προσέγγιση το κέρδος θερμότητας από διάφορες πηγές για μονοκατοικίες σε κλίμα με μέση θερμοκρασία 25°C τον Ιούλιο. Οι μονοκατοικίες είναι κατασκευασμένες με τον συμβατικό αμερικάνικο τρόπο (προκατασκευασμένη οικία) με βασικό άξονα ανατολή – δύση και με 2/3 των παραθύρων τοποθετημένα στην νότια πλευρά, ενώ το υπόλοιπο βρίσκεται στους ανατολικούς και δυτικούς τοίχους. Όλα τα παράθυρα είναι απολύτως ασκίαστα. Ακόμη και υποθέτοντας ότι το φως του ήλιου θα μπορούσε να αποκλειστεί από το εσωτερικό του κτηρίου, κάτι πολύ δύσκολο το καλοκαίρι, σ' αυτά τα κτήρια θα παρατηρούνται υπερβολικά φορτία θερμότητας 250 έως 450 χιλιάδες BTU ανά ημέρα τον Ιούλιο. Χειρότερα ακόμα, κάθε σπίτι θα

απαιτούσε περίπου 4-8 τόνους κλιματισμού για να χειριστεί τα μέγιστα φορτία θερμότητας και να κρατήσει τα δωμάτια άνετα το απόγευμα.

Heat Source	1,000 sq. ft.	Floor Area 1,500 sq. ft.	2,000 sq. ft.
Direct Solar Gain	170	250	340
Transmission and Infiltration	150	210	260
Appliances and People	100	100	100
Totals	420	560	700

¹ In thousands of Btu's per day

² R-11 walls, R-19 ceiling, R-7 floors, double glass = 20% floor area

Σχήμα 4. Κέρδη θερμότητας σε μία μέση κατοικία σε κλίμα με μέση θερμοκρασία 25°C τον Ιούλιο. Consumer Energy Center (California Energy Commission, 2000)

[www.consumerenergycenter.org/home/construction/solardesign/]

1.4.1. Έλεγχος κέρδους θερμότητας

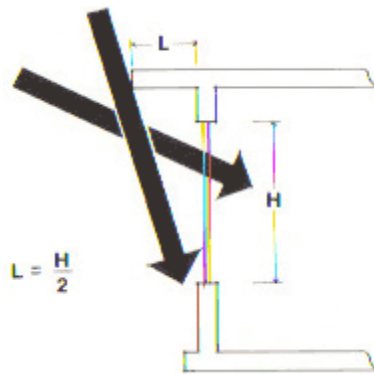
Πολλές από τις αρχές και τις τεχνικές παθητικής ηλιακής θέρμανσης είναι προσαρμόσιμες στη φυσική ψύξη. Η τεχνητή μόνωση και η φυσική μόνωση χρησιμοποιώντας τον περιβάλλοντα χώρο που αποτρέπουν την απώλεια θερμότητας το χειμώνα καθυστερούν την αύξηση θερμότητας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Τα κινητά μονωτικά παραθυρόφυλλα (παντζούρια), που χρησιμοποιούνται για τη συγκράτηση της θερμοκρασίας του εσωτερικού ενός κτηρίου κατά τη διάρκεια της χειμερινής νύχτας, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να μειώσουν τα πρωινά κέρδη θερμότητας του καλοκαιριού. Μέσα στο σπίτι, η θερμική μάζα όπως οι τοίχοι και τα πατώματα, λειτουργούν ως "σφουγγάρια θερμότητας", απορροφούν θερμότητα και επιβραδύνουν την άνοδο εσωτερικής θερμοκρασίας τις καυτές ημέρες, ενώ μπορούν κατά τη διάρκεια της νύχτας να δροσίζονται, έτσι ώστε να ψυχραίνουν με φυσικό ή μηχανικό κλιματισμό τις ώρες χαμηλού ηλεκτρικού κόστους την νύχτα. Κατάλληλα τοποθετημένα κοντά σε παράθυρο, φεγγίτη, ή κάποιο άνοιγμα, η ίδια θερμική μάζα μπορεί να εκτίθεται στο δροσερό αέρα της νύχτας για να απελευθερώνει τη θερμότητα που έχει απορροφήσει νωρίτερα. Τέλος, χαμηλά κτήρια ή γενικά κτήρια, που είναι ενσωματωμένα στο έδαφος, ωφελούνται από τη μικρότερη διαφορά

μεταξύ της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας της επιφάνειας του εδάφους.

Για τη βέλτιστη θερινή ψύξη, τα περίχωρα μιας οικοδόμησης πρέπει να σχεδιαστούν για να ελαχιστοποιούν το θερινό φως του ήλιου που χτυπά τις εξωτερικές επιφάνειες, και να αποτρέπουν την εκ νέου ακτινοβολία και την αντανάκλαση θερμότητας περιβάλλουσας περιοχής. Ο μετριασμός του ανεπιθύμητου θερινού άμεσου ήλιου και των θερμικών επιδράσεων επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης της βλάστησης, δηλαδή ψηλά δέντρα με πυκνά φύλλα που διακόπτουν την άμεση πορεία της θερινής ακτινοβολίας, και κατάλληλη χαμηλή βλάστηση που καλύπτει το έδαφος και αποτρέπει την επίγεια αντανάκλαση καθώς επίσης είναι φυσική μόνωση του εδάφους και συνεισφέρει στην παρεμπόδιση της επαναντανάκλασης.

Οι έντονες άμεσες ακτινοβολιακές επιδράσεις από τον ήλιο που ανεβαίνει το πρωί ανατολικά είναι ίσες με εκείνες του δυτικού ήλιου το απόγευμα. Ο λόγος που αισθανόμαστε μεγαλύτερη δυσφορία από τον απογευματινό ήλιο στο εσωτερικό ενός κτηρίου παρά από τον πρωινό, είναι το προστιθέμενο θερμικό φορτίο του περιβάλλοντος, οι συσσωρευμένες μεγάλες ποσότητες θερμότητας την ημέρα, ενώ αντίθετα την νύχτα το περιβάλλον δροσίζεται. Ο θερινός ήλιος είναι πολύ υψηλά στον ουρανό και ασκεί αρνητική επίδραση στους φεγγίτες και τα παράθυρα στεγών και οδηγεί σε τεράστια κέρδη ηλιακής θερμότητας. Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε ζεστά κλίματα εκτός αν είναι μονωμένα ή/και σκιασμένα. Κάθετο νότιο παράθυρο παρουσιάζει λιγότερα προβλήματα αλλά ακόμα επηρεάζει αρνητικά την εσωτερική θερμοκρασία αέρα. Μια οριζόντια προεξοχή ή κάποιο σκιάστρο ή τέντα επάνω είναι μια ανέξοδη, αποτελεσματική λύση. Εάν προεξέχει στο μισό ύψος του παραθύρου (το σχέδιο παρακάτω), μια τέτοια προεξοχή θα σκιάσει το παράθυρο εντελώς από αρχές Μαΐου έως τα μέσα Αυγούστου, όμως επιτρέπει την πρόσβαση χειμερινής ακτινοβολίας. Μια άλλη καλή στρατηγική είναι η χρήση ψηλών δέντρων που σκιάζουν τη νότια πλευρά και τη στέγη κατά τη διάρκεια του

καλοκαιριού. Όλες αυτές οι απλές και καθόλου δαπανηρές μέθοδοι λειτουργούν εξίσου καλά με τις πιο σύνθετες και ακριβές μεθόδους υδάτινου τοίχου, αυτοαεριζόμενου τοίχου, κλπ.



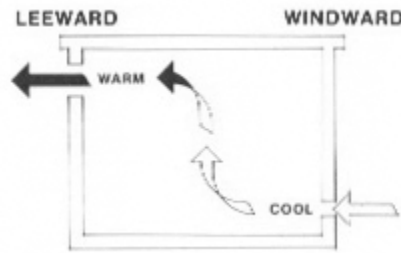
Σχήμα 5. Η σκίαση των παραθύρων πρέπει να σχεδιάζεται με την χρήση της ανώτερου μεθόδου (Το πλάτος του σκιάστρου θα πρέπει να είναι το μισό από το ύψος του παραθύρου) [Energy Plus Manual, 2007]

Ο μετριασμός για τη στέγη και τους ανατολικούς και δυτικούς τοίχους απαιτεί διαφορετική προσέγγιση. Δεδομένου ότι ο ήλιος είναι χαμηλός στον ορίζοντα κατά τη διάρκεια της ανατολής και του ηλιοβασιλέματος, οι προεξοχές δεν είναι αποτελεσματικές για τον ηλιακό μετριασμό και η κάθετη σκίαση είναι απαραίτητη. Η βλάστηση είναι ίσως ο αποτελεσματικότερος τρόπος για να εμποδίζεται η έντονη ακτινοβολία το πρωί και το απόγευμα, αλλά η ίδια η βλάστηση δεν πρέπει να παρεμποδίζει τον νυχτερινό δροσισμό με την βοήθεια των ρευμάτων την νύχτα, που είναι βασικό στοιχείο στην ψύξη ενός κτηρίου. Εάν η βλάστηση είναι μη πρακτική, ένας συνδυασμός από διάφορους άλλους τρόπους σκίασης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να μην είναι άμεσα εκτεθειμένα τα ανατολικά και δυτικά παράθυρα στην ακτινοβολία υπό χαμηλής γωνίας. Επιπλέον, το χρώμα ολόκληρου του κτηρίου πρέπει να είναι προσεκτικά διαλεγμένο ώστε να μην αντανακλά ή και απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και θερμότητα.

I.4.2. Μοντέλα μεταφοράς θερμότητας για τη χρήση τους στην ψύξη ενός κτηρίου

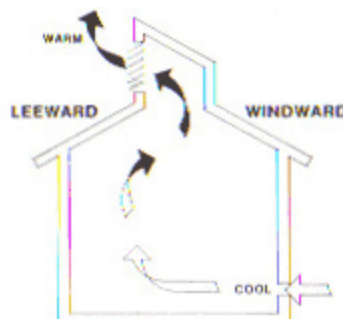
Κατά κανόνα οι μέθοδοι ελέγχου της εισροής θερμότητας που συζητούνται ανωτέρω πρέπει να αρκούν να κρατούν τις θερμοκρασίες δωματίου σε αρκετά χαμηλά επίπεδα ώστε να είναι άνετα για τους κατοίκους, σε κλίματα με ήπιες θερινές θερμοκρασίες. Αλλά σε περιοχές που εκδηλώνονται πολύ υψηλές θερμοκρασίες, ιδιαίτερα οι περιοχές ερήμων, η πρόσθετη ψύξη είναι συνήθως απαραίτητη. Το επόμενο βήμα στη φυσική ψύξη είναι να εκμεταλλευθούν οι μέθοδοι ψύξης μεταφοράς θερμότητας, εκείνες που χρησιμοποιούν τους ανέμους που επικρατούν και τη φυσική βαρύτητα, η οποία προκαλεί τη μεταφορά θερμότητας και τη χρησιμοποιεί για τον αερισμό κτηρίων στις κατάλληλες χρονικές στιγμές της ημέρας.

Η παλαιότερη απλή μέθοδος μεταφοράς χρησιμοποιεί το δροσερό αέρα της νύχτας για να μετακινήσει και να διώξει το θερμό αέρα από το εσωτερικό του κτηρίου. Εάν τα αέρια ρεύματα είναι κυρίαρχα, τα υψηλά ανοίγματα του κτηρίου ή και τα ανοικτά παράθυρα στην αντίθετη πλευρά των ρευμάτων (leeward side) αφήνουν τον ζεστό αέρα, που βρίσκεται κατά τον νόμο της φυσικής ψηλότερα από τον ψυχρό αέρα, να διαφύγει από το εσωτερικό του κτηρίου. Ο πιο δροσερός αέρας της νύχτας που εισέρχεται στο κτήριο μέσω χαμηλών ανοιγμάτων ή παραθύρων στην πλευρά των αέριων ρευμάτων (windward side) αντικαθιστά την μάζα ζεστού αέρα και δημιουργεί συνθήκες άνετης διαβίωσης, φέρει ανακούφιση (σχέδιο). Για να είναι αποτελεσματική η μέθοδος, τα ανοίγματα της πλευράς εξόδου ζεστού αέρα (leeward side) πρέπει να έχουν την ουσιαστικά μεγαλύτερη συνολική περιοχή (50% 100% μεγαλύτερος) από εκείνοι στην προσηνέμη πλευρά του σπιτιού.



Σχήμα 6. Μεταφορά θερμότητας εκμεταλλευόμενη την φυσική ροή του αέρα [Energy Plus Manual, 2007]

Εάν υπάρχουν μόνο ασθενείς άνεμοι, η φυσική μεταφορά θερμότητας μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί για τον αερισμό και δροσισμό ενός κτηρίου εφ' όσον ο υπαίθριος αέρας είναι πιο δροσερός από τον εσωτερικό αέρα στην αιχμή του σπιτιού. Δεδομένου ότι ο θερμός αέρας ανεβαίνει ψηλά, οι διέξοδοι που βρίσκονται στα υψηλά σημεία στο εσωτερικό επιτρέπουν στο θερμό αέρα να δραπετεύσει ενώ πιο δροσερές υπαίθριες μάζες αέρα εισρέουν μέσω των χαμηλών ανοιγμάτων για να τον αντικαταστήσουν (σχέδιο). Ο πιο δροσερός αέρας γύρω από ένα σπίτι βρίσκεται συνήθως από τη βόρεια πλευρά, ειδικά εάν αυτή η περιοχή σκιάζεται καλά από δέντρα ή θάμνους και έχει χαρακτηριστικά πιο υψηλή συγκέντρωση υγρασίας. Τα ανοίγματα εισροής κρύου αέρα πρέπει να τοποθετούνται κατά κανόνα όσο το δυνατόν χαμηλότερα στη βόρεια πλευρά. Όσο μεγαλύτερη η διαφορά ύψους μεταξύ των χαμηλών και υψηλών διεξόδων, τόσο γρηγορότερη ροή της φυσικής μεταφοράς και του περισσότερου μετριασμού θερμότητας μπορεί να εμφανιστεί.



Σχήμα 7. Μεταφορά θερμότητας σε κλίματα με ασθενέστερα αέρια ρεύματα [Energy Plus Manual, 2007]

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι να ενισχυθεί το ποσοστό ψύξης με μεταφορά θερμότητας:

- Μέσω αύξησης όγκου του αέρα που δραπετεύει ανά λεπτό
- Μέσω αύξησης όγκου δροσερού αέρα που εισρέει στο κτήριο

Εάν το ΔT είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εκρέοντα εσωτερικού αέρα και του εισερχόμενου υπαίθριου αέρα, το γενικό ποσοστό ψύξης (cooling rate) σε μονάδες BTU ανά ώρα δίνεται από την απλή εξίσωση:

$$\text{Cooling rate} = 1.08 \times V \times \Delta T$$

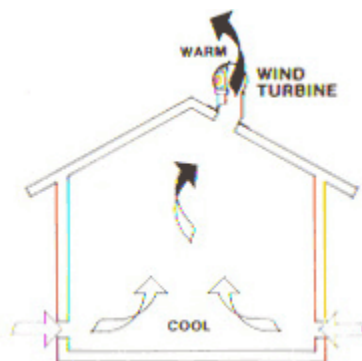
όπου το V είναι ο όγκος του αέρα που δραπετεύει σε κυβικά πόδια ανά λεπτό (ft^3/min , cfm). Ο παρακάτω πίνακας περιέχει τιμές δειγμάτων του ποσοστού ψύξης για επιλεγμένα ποσοστά ροής αέρα και τις διαφορές θερμοκρασίας. Παραδείγματος χάριν, μια ταχύτητα ροής αέρα 1-2 feet/sec μέσω ενός ανοίγματος 10 τετραγωνικών ποδιών θα οδηγήσει στα ποσοστά ροής αέρα μεταξύ 500 και 1000 κυβικών ποδιών ανά λεπτό. Εάν ο εισερχόμενος αέρας είναι 10 βαθμούς ψυχρότερος από τον εσωτερικό αέρα, το γενικό ποσοστό ψύξης θα είναι περίπου 5 έως 10 χιλιάδες BTU ανά ώρα.

Air Flow, V	Temperature Difference, ΔT			
	5°F	10°F	15°F	20°F
100 cfm	0.5	1.1	1.6	2.2
500 cfm	2.7	5.4	8.1	10.8
1000 cfm	5.4	10.8	16.2	21.6
2000 cfm	10.8	21.6	32.4	43.2

*In thousands of Btu's per hour

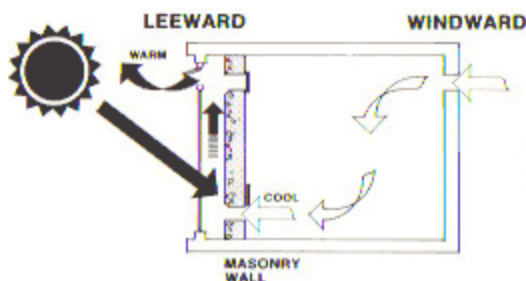
Σχήμα 8. Συντελεστές ποσοστού μεταφοράς θερμότητας [Energy Plus Manual, 2007]

Ως ένα σημείο, η αύξηση της περιοχής διεξόδων αυξάνει το ποσοστό ροών αέρος μέσω της φυσικής μεταφοράς θερμότητας. Οι διέξοδοι στροβίλων στην κορυφή στεγών είναι ένας τρόπος να ενισχυθεί η ροή αέρος και να βελτιωθεί το ποσοστό ψύξης. Ακόμη και τα ευγενή ρεύματα που ρέουν επάνω και γύρω από την στέγη δημιουργούν μια ανοδική αναρρόφηση που σύρει έξω το θερμό εσωτερικό αέρα.



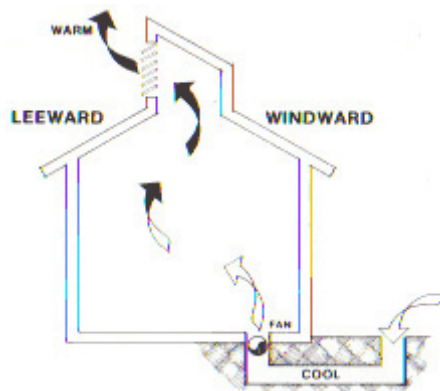
Σχήμα 9. Στροβιλική άνοδος αέριων μαζών για αύξηση εξαερισμού του κτηρίου [Energy Plus Manual, 2007]

Μια ακόμα καλύτερη προσέγγιση είναι να χρησιμοποιηθεί η ηλιακή ακτινοβολία για να προκαλέσει μια γρηγορότερη ροή. Μια από τις πολλές πιθανές προσεγγίσεις, που παρουσιάζεται στο σχήμα 10 χρησιμοποιεί τοίχο βαριάς κατασκευής (Trombe wall) που αερίζεται στο εξωτερικό. Το φως του ήλιου που χτυπά το συγκεκριμένο τοίχο θα θερμάνει τον αέρα στο διάστημα μεταξύ του γυαλιού και του τοίχου ως θερμοκρασίες επάνω από 65°C . Αυτός ο πολύ καυτός αέρας ανεβαίνει γρήγορα και δραπετεύει, επισύροντας την προσοχή το δροσερό αέρα στο σπίτι μέσω των χαμηλών διεξόδων στο βόρειο τοίχο. Επιπλέον, ειδικά κατασκευασμένοι "ηλιακοί καπνοδόχοι", αποτελούμενοι από παθητικούς θερμαντήρες αέρα με λειτουργία ανάλογα την εποχή - η καπνοδόχος αυτή μπορεί να οδηγεί τον ζεστό συσσωρευμένο αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου τον χειμώνα και να οδηγεί την ίδια ζεστή μάζα στο περιβάλλον το καλοκαίρι, βοηθώντας την ψύξη του κτηρίου.



Σχήμα 10. Ένας ενδιάμεσος τοίχος από τούβλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δραματική αύξηση του φαινομένου μεταφοράς θερμότητας σε γειτονικούς χώρους, ώστε να μειωθεί σημαντικά η θερμοκρασία εσωτερικού χώρου [Energy Plus Manual, 2007]

Μια άλλη στρατηγική ψύξης με μεταφορά θερμότητας είναι μέσω σωλήνων θαμμένοι στο έδαφος, οι οποίοι καταλήγουν στο κτήριο, να οδηγείται ο ψυχρός αέρας της ατμόσφαιρας στο εσωτερικό του κτηρίου. Φτιαγμένοι από υλικό που επιτρέπει την εύκολη θερμική μεταφορά, αυτοί οι σωλήνες θάβονται αρκετά βαθιά για να αποφύγουν τις θερμότερες πρωινές θερμοκρασίες της επιφάνειας εδάφους. Ο θερμός υπαίθριος αέρας που εισρέει στο σωλήνα ελευθερώνει τη θερμότητά του στην πιο δροσερή γη, και ουσιαστικά δροσίζεται πριν διέλθει στο κτήριο (σχέδιο ...). Ο θερμικός κορεσμός της περιβάλλουσας γης πρέπει να ελέγχεται με τη βοήθεια της βλάστησης και ποτίσματος, με αυτόν τον τρόπο αφαιρείται η κερδισμένη θερμότητα και περιορίζεται το φαινόμενο μεταφοράς θερμότητας ανάμεσα στον σωλήνα και το έδαφος. Αν και η συμπύκνωση είναι σπάνια πρόβλημα στα ξηρά κλίματα, τέτοιοι σωλήνες πρέπει να κλιθούν ελαφρώς και να έχουν επαρκή αποξήρανση για να ασφαλίσουν ότι η συγκέντρωση ύδατος δεν εμποδίζει τη μετάβαση του αέρα. Η άκρη του σωλήνα που καταλήγει στο εσωτερικό του κτηρίου πρέπει να βρίσκεται σε σκιερό μέρος και μακριά από συχνή ανθρώπινη κυκλοφορία. Όταν είναι κατάλληλα σχεδιασμένοι, χτισμένοι και ταξινομημένοι, αυτοί οι υπόγειοι σωλήνες μπορούν να παρέχουν δροσερό αέρα κατά τη διάρκεια ημέρας με μέγιστα θερμικά φορτία ακόμη και στα πιο ζεστά κλίματα.



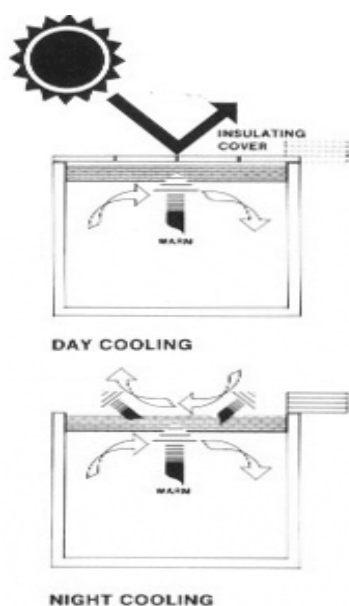
Σχήμα 11. Με τη χρήση υπόγειων σωλήνων αέρα, μπορεί να επιτευχθεί σημαντική βελτίωση του μικροκλίματος ενός κτηρίου [Energy Plus Manual, 2007]

1.4.3. Μέθοδοι ψύξης μέσω ακτινοβολίας

Τα εξωτερικά συστήματα υδάτινων τοίχων και στεγών ύδατος αναφερθέντα νωρίτερα είναι επίσης πολύ αποτελεσματικές στρατηγικές θερινής ψύξης. Στον κύκλο ψύξης (σχέδιο 12), τα πάνελ μόνωσης παραμένουν κλειστά κατά τη διάρκεια της ημέρας για να απορρίψουν την ανεπιθύμητη ηλιακή θερμότητα. Οι δροσερές λίμνες (cool ponds – υδάτινες μάζες στο εσωτερικό κτηρίων, συνήθως στο ταβάνι) ενεργούν ως "θερμικά σφουγγάρια", απορροφώντας τη θερμότητα δωματίων. Τη νύχτα τα μονωτικά πάνελ ανοίγουν, εκθέτοντας τα υδάτινα σώματα (δροσερές λίμνες) στον πιο ψυχρό αέρα της νύχτας, ώστε να εξισορροπηθούν οι θερμοκρασίες τους. Οι λίμνες χάνουν τη θερμότητα από την ακτινοβολία στον μαύρο ουρανό της νύχτας και από τη φυσική μεταφορά θερμότητας στον αέρα. Τα συστήματα στεγών με λίμνες είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε περιοχές χαμηλής υγρασίας και ήπιου θερινού κλίματος. Συνθήκες για τοποθέτηση τέτοιων συστημάτων υπάρχουν σε όλη τη γραμμή της Μεσογείου. Εάν οι συνθήκες δεν είναι οι ιδανικές, μπορεί να ενσωματωθεί αυξημένος διασκεδασμός θερμότητας με εξάτμιση (augmented heat dissipation).

Για αποτελεσματικότερη ψύξη, το βάθος δροσερών λιμνών μπορεί να κυμανθεί από 15 έως 30 cm, ανάλογα με τη θέση και τις τοπικές συνθήκες, και πρέπει να καλύπτουν όσο το δυνατόν περισσότερη επιφάνεια της στέγης. Μία μέση μονοκατοικία στο κλίμα της Μεσογείου μπορεί εύκολα να κερδίσει 200.000 έως 400.000 BTU σε μία καυτή ημέρα του Ιουλίου. Μια λίμνη στέγης βαθιά 15 cm που καλύπτει ολόκληρη τη στέγη, θα αυξήσει τη θερμοκρασία της κατά τη διάρκεια της μέρας μόνο κατά 1°C το μέγιστο, ενώ τη νύχτα και με τα ποσοστά νυχτερινής ψύξης 25-30 BTU/hr/ft (Σχήμα 12). Όλα αυτά δείχνουν ότι η θερμοκρασία του εσωτερικού μπορεί να απελευθερώνεται και κατά τη διάρκεια της ημέρας ανεμπόδιστα.

Μερικές εκτιμήσεις για τα συστήματα στεγών και τις δροσερές λίμνες. Πρέπει να έχουν μια ανεμπόδιστη πορεία προς τα πάνω (άμεσα από πάνω). Τα παρακείμενα δέντρα, οι τοίχοι και άλλα κτήρια μπορούν να προσκρούσουν στο ποσοστό ψύξης με τη μείωση της ακτινοβολίας. Τα δέντρα και οι τοίχοι επίσης απορροφούν την ηλιακή θερμότητα την ημέρα και ακτινοβολούν και απελευθερώνουν την ενέργεια στις λίμνες τη νύχτα. Η κάλυψη σύννεφων μπορεί να παρεμποδίσει την απόδοση ψύξης ενός συστήματος λιμνών στεγών. Για αυτόν τον λόγο, οι λίμνες στεγών είναι λιγότερο αποτελεσματικές σε παράκτιες περιοχές όπου ένα χαμηλό στρώμα σύννεφων ή μια πυκνή ομίχλη κυλά συχνά μέσα από τη θάλασσα το βράδυ. Ευτυχώς, τέτοιες παράκτιες περιοχές χρειάζονται ελάχιστες τεχνικές ψύξης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.



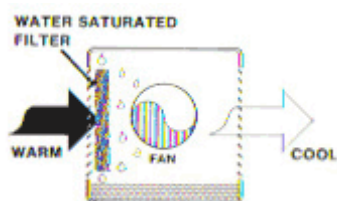
Σχήμα 12. Σύστημα ψύξης στη στέγη με δροσερή λίμνη [Energy Plus Manual, 2007]

1.4.4. Μέθοδοι ψύξης με εξάτμιση

Όταν το ύδωρ εξατμίζεται απορροφά ένα μεγάλο ποσό θερμότητας από τα περιχώρά του (περίπου 1000 BTU ανά λίβρα του ύδατος που εξατμίζεται). Το πιο γνωστό παράδειγμα αυτού είναι η επίδραση ψύξης της διαπνοής εξάτμισης στο ανθρώπινο δέρμα. Στα ξηρά, ζεστά κλίματα η θερμοκρασία σωμάτων ελέγχεται μερικώς από τη γρήγορη εξάτμιση της διαπνοής από την επιφάνεια του δέρματος. Στα ζεστά κλίματα με υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία

η επίδραση ψύξης είναι λιγότερη λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε υγρασία του περιβάλλοντος. Και στις δύο καταστάσεις, εντούτοις, το ποσοστό εξάτμισης αυξάνεται καθώς η μετακίνηση αέρα αυξάνεται. Και τα δύο γεγονότα μπορούν να εφαρμοστούν στη φυσική ψύξη των κτηρίων.

Οι μέθοδοι ψύξης με εξάτμιση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενισχύσουν τα ποσοστά ψύξης στα συστήματα ψύξης με μεταφορά θερμότητας. Ένας τρόπος είναι να εισαχθεί ο υπαίθριος αέρας στο κτήριο μέσω ενός υγρού φίλτρου όπως φαίνεται στο σχήμα 13. Ο γνωστός εξατμιστικός ψύκτης, πρόδρομος του κλιματιστικού μηχανήματος, είναι ένα μηχανικό σύστημα που χρησιμοποιεί τις παραπάνω αρχές σε μια μηχανή μετακίνησης και διανομής αέρα. Οι παθητικές στρατηγικές ψύξης με υπόγειους σωλήνες ή και με δροσερούς πύργους με στροβίλους αέρα χρησιμοποιούν τις ίδιες αρχές αλλά χρησιμοποιούν φυσικά συστήματα για οδήγηση και διανομή αέρα. Εάν οι υπόγειοι σωλήνες εισαγωγής είναι φτιαγμένοι από κάποιο πορώδες υλικό, και το έδαφος επάνω δροσιζεται και ποτίζεται, κάποια εξάτμιση θα εμφανιστεί στην εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα.



Σχήμα 13. Σύστημα ψύξης – στέγνωσης, ο ατμοσφαιρικός αέρας σύρεται μέσω ενός υγρού «μαξιλαριού», το αποτέλεσμα είναι πιο δροσερός αέρας. [Energy Plus Manual, 2007]

Οι δροσεροί πύργοι χρησιμοποιούν τη δύναμη της βαρύτητας και δοχεία με ρευστό, που λέγονται κοινώς υγρά μαξιλάρια. Ο βαρύτερος, ψυχρός αέρας "πέφτει" στο κτήριο λόγω της βαρύτητας και πλημμυρίζει με την ορμή του την κατοικήσιμη περιοχή. Η λειτουργία ψύξης των πύργων, καθώς επίσης και αυτή των υπόγειων σωλήνων ψύξης, μπορεί να ενισχυθεί με τοποθέτηση θερμικής καπνοδόχου, που αυξάνει τον όγκο και την ταχύτητα του κινούμενου αέρα μέσα στο κτήριο. Σε αυτή τη περίπτωση, ο πιο δροσερός

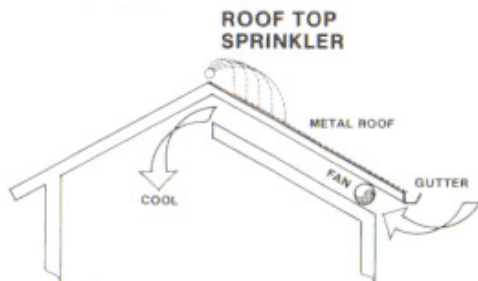
αέρας έχει υψηλότερη σχετική υγρασία, αλλά αυτό συνήθως δεν είναι πρόβλημα και μπορεί ακόμη να είναι όφελος στα ξηρά κλίματα.

Σε μερικές περιοχές, μπορεί να υπάρξει χρονική περίοδο υψηλότερης υγρασίας. Ενώ η αισθητή θερμότητα συνεχίζει να μετριάζεται από τις τεχνικές παθητικής ψύξης, η λανθάνουσα θερμότητα που περιλαμβάνεται στον υγρό αέρα είναι δυσκολότερο να διαλυθεί, γεγονός το οποίο καθιστά την ψύξη με εξάτμιση λιγότερο αποτελεσματική. Η ενσωμάτωση ενός συστήματος ζήρασης αέρα διορθώνει εύκολα αυτό το βραχυπρόθεσμο πρόβλημα.

Οι στρατηγικές ψύξης μέσω εξάτμισης είναι εφαρμόσιμες και αποτελεσματικές σε περιοχές ακόμη και με τις αυστηρότερες απαιτήσεις ψύξης. Σε περιοχές ερήμων, ο θερμός αέρας νύχτας ($25^{\circ}\text{C} +$) μπορεί να εμποδίσει το φυσικό διασκεδασμό μεταφοράς θερμότητας μέσω ενός συστήματος ψύξης με λίμνη στέγης. Αυτός είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους το ποσοστό ψύξης μειώνεται σε περίπου 25 BTU/hr/ft^2 σε περιοχές με πολύ ζεστό κλίμα όπως είναι οι νοτιοανατολικές πολιτείες των ΗΠΑ. Η απλή εισαγωγή ενός λεπτού στρώματος ύδατος πάνω από την επιφάνεια συγκράτησης ύδατος μπορεί να αυξήσει το γενικό ποσοστό ψύξης της στέγης κατά 50-100% λόγω της προκύπτουσας εξάτμισης (σχήμα 14).

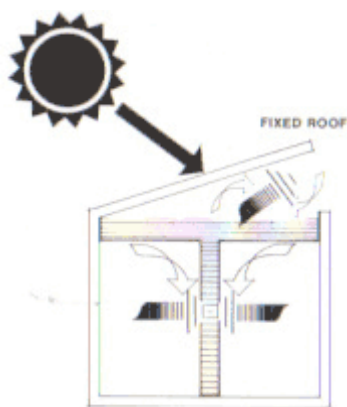
Στα πιο ακραία κλίματα όπου οι θερμοκρασίες νυχτερινού αέρα παραμένουν συχνά επάνω από 30°C το καλοκαίρι, οι ψεκασμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιτύχουν τη μέγιστη φυσική ψύξη σε τυποποιημένες στέγες και σε συνδυασμό με συστήματα ψύξης στεγών όπως τη τεχνική με λίμνη στέγης. Το καλοκαίρι, οι ψεκασμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιτύχουν τη βέλτιστη φυσική ψύξη. Στην προσέγγιση που παρουσιάζεται στο σχήμα 14, το ύδωρ αντλείται στους ψεκαστήρες κατά μήκος της στέγης ενός σπιτιού και επιτρέπει την αργή ροή πάνω στην κεκλιμένη στέγη. Το ποσοστό εξάτμισης ενισχύεται πολύ σε ένα τέτοιο σύστημα επειδή μια πολύ μεγαλύτερη περιοχή της επιφάνειας της

στέγης εκτίθεται στον ζεστό νυχτερινό αέρα. Οι ψεκασμοί στεγών απαιτούν μικρή εξωτερική δύναμη για να φτάσει το ύδωρ στη στέγη και ως εκ τούτου δεν είναι κοινώς αποδεκτοί ως απολύτως παθητική στρατηγική. Παρ' όλα αυτά το συνολικό ποσό ενέργειας που καταναλώνεται για την άντληση είναι πολύ λιγότερο σε σχέση με την ενέργεια που εξοικονομείται από το προστιθέμενο ποσοστό ψύξης που επιτυγχάνεται. Το περισσευούμενο ύδωρ μπορεί να συγκεντρώνεται και να επαναχρησιμοποιείται στον ψεκασμό ή να χρησιμοποιείται για άλλες χρήσης, π.χ. πότισμα.



Σχήμα 14. Ψεκαστήρας στέγης – αυξάνει την δροσιστική δράση των υπόλοιπων τεχνικών ψύξης [Energy Plus Manual, 2007]

Ένα παθητικό σύστημα με εξάτμιση, το οποίο έχει αναπτυχθεί στην Καλιφορνία των ΗΠΑ παρουσιάζεται στο σχήμα 15. Ένα ανοικτό δοχείο γεμάτο με νερό τοποθετείται στο ταβάνι πάνω από τους κατοικήσιμους χώρους στη βόρεια πλευρά ενός σπιτιού, η οποία είναι σκιασμένη από το θερινό ήλιο αλλά εκτεθειμένη στα δροσερά βόρεια ρεύματα όλο το εικοσιτετράωρο. Η εξάτμιση από την επιφάνεια του δοχείου, που βοηθιέται από την ακτινοβολία και τη φυσική μεταφορά θερμότητας, κρατά τη θερμοκρασία του νερού τουλάχιστον 10°C χαμηλότερη από την εξωτερική θερμοκρασία αέρα κατά τη διάρκεια μιας ζεστής θερινής ημέρας, χωρίς τη χρήση κάποιων μηχανικών τρόπων μόνωσης. Το νερό κυκλοφορεί μέσα στο κτήριο και το ψύχει όπως φαίνεται στο σχήμα παρακάτω.



Σχήμα 15. Συνδυασμός συστήματος λίμνη στέγης και κυκλοφορία νερού μέσα από εσωτερικό τοίχο κτηρίου [Energy Plus Manual, 2007]

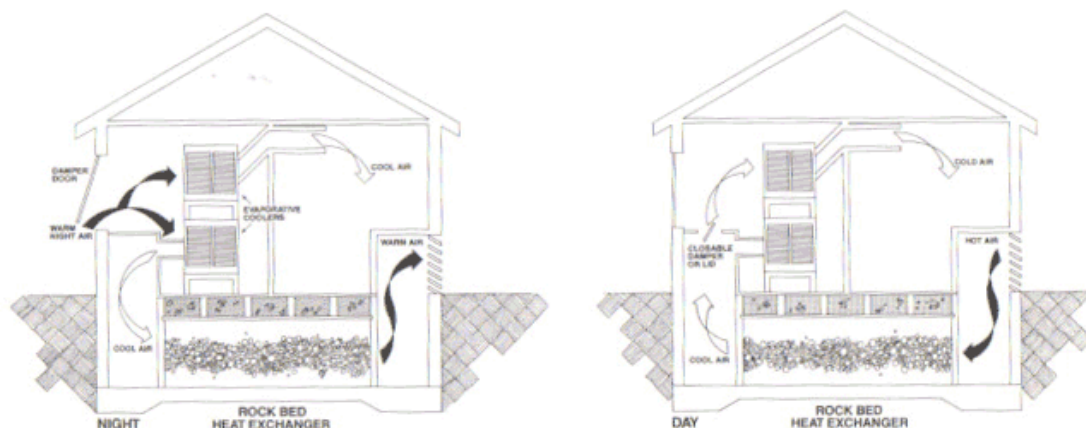
Σε όλες τις μεθόδους ψύξης με εξάτμιση είναι σημαντικό να μεγιστοποιείται η ροή αέρος πάνω από το εκτεθειμένο ύδωρ. Φρέσκος αέρας πρέπει να είναι συνεχώς διαθέσιμος για να αντικαθιστά τον υγρό αέρα που δημιουργείται πλησίον ή γύρω από το ύδωρ. Διαφορετικά, ο αέρας θα διαποτιστεί γρήγορα με υδρατμούς, και τα ποσοστά εξάτμισης και ψύξης μειώνονται απότομα. Κάθε είδος εμποδίων που θα μπορούσαν να εκτρέψουν αέρια ρεύματα ή ανέμους μακριά από τις επιφάνειες ύδατος πρέπει να αποφεύγονται επιμελώς. Μερικές φορές, ένας μικρός ανεμιστήρας, ο οποίος κυκλοφορεί τον αέρα πάνω από το δοχείο ύδατος ενισχύει πολύ το ποσοστό εξάτμισης κατά τη διάρκεια μιας καυτής αποπνικτικής ημέρας ή νύχτας.

Ακόμη και με ενεργητικά συστήματα ψύξης με εξάτμιση, η παροχή εσωτερικής θερμικής μάζας συνδυασμένη με ενεργητική εξατμιστική ψύξη είναι σωστή σχεδιαστική λύση που λειτουργεί αποτελεσματικά. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η δομή αυτή μπορεί να χρησιμοποιεί υποθηκευμένη δροσιά σε τοίχους και πατώματα, για να διατηρεί βελτιωμένο επίπεδο άνεσης μειώνοντας τις απαιτήσεις σε ενέργεια οποιουδήποτε ενεργητικού συστήματος ψύξης. Σε πολλά ζεστά κλίματα που θεωρούνται κατά κανόνα ξηρά, σε περιόδους με υψηλή υγρασία καθιστούν αυτά τα συστήματα ανεπαρκή ακόμα και όταν χρησιμοποιούνται βελτιστοποιημένες τεχνικές. Μια λύση σ' αυτό το πρόβλημα είναι το σύστημα ψύξης με εξάτμιση σε δύο στάδια όπως περιγράφηκε παραπάνω (με τη χρήση λίμνη στέγης και κυκλοφορία του ύδατος μέσα στο κτήριο μέσω τοίχων και πατωμάτων), το οποίο έχει

αποδειχθεί να είναι αποτελεσματική εναλλακτική λύση της ενεργητικής εξατμιστικής ψύξης ή του συμβατικού κλιματιστικού.

Παρ' όλο που δεν θεωρείται παθητική στρατηγική, η εξατμιστική ψύξη δύο σταδίων είναι ένα σημαντικό στοιχείο που εξετάζεται ως τμήμα των στρατηγικών παθητικής ψύξης. Η ψύξη είναι αποτέλεσμα της πρώιμης ψύξης του περιβάλλοντα αέρα χωρίς τη διαδικασία εμπλουτισμού με υγρασία πριν από περαιτέρω ψύξη με εξάτμιση. Ο ψυχρός αέρας που εισρέει το κτήριο είναι έπειτα εξαντλημένος, συνήθως σε μέρη του κτηρίου με μεγάλα θερμικά φορτία όπως είναι τα παράθυρα ή η σοφίτα.

Το εξατμιστικό σύστημα δύο σταδίων μπορεί επίσης να συνδυαστεί με ενεργητικά και υβριδικά συστήματα ηλιακής θέρμανσης χρησιμοποιώντας το ίδιο σύστημα αποθήκευσης και για τις δύο εποχές. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου συστήματος που αποτελείται από δύο εξατμιστικά δοχεία ψύξης και ένα μεγάλο κρεβάτι βράχου παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 16. Σύστημα ψύξης μέσω εξάτμισης σε δύο στάδια [Energy Plus Manual, 2007]

Σε αυτά τα συστήματα πρέπει να χρησιμοποιείται πάντα ψυχομετρικό διάγραμμα για την ανάλυση των μεταβαλλόμενων αέριων συνθηκών. Εμπειρικά, προψύχοντας τον αέρα με δέκα βαθμούς προκαλεί μια μείωση τριών βαθμών στη θερμότητα που παράγει ένας αέριος ψυχαντήρας με

εξάτμιση. Μη ορθή χρήση αυτού του κανόνα μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα της ανάλυσης μεταβαλλόμενων αέριων συνθηκών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

«ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ

II.1. Σχεδιασμός ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της παθητικής ηλιακής σχεδίασης είναι ότι είναι ολιστικό (στηρίζεται στην ολοκληρωμένη μελέτη της αρχιτεκτονικής του κτιρίου, στην επιλογή υλικών και τα μηχανικά συστήματα για μείωση των θερμαντικών και δροσιζόντων φορτίων). Η σχεδίαση αυτή παίρνει υπόψη τις τοπικές συνθήκες κλίματος, όπως η θερμοκρασία, την ηλιακή ακτινοβολία και τον άνεμο, για να δημιουργήσει κατασκευές κατάλληλες για κάποιο συγκεκριμένο κλίμα, με κατάλληλη ενεργειακή συντήρηση και με τροφοδοσία με κατάλληλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μερικά οφέλη των κτηρίων σχεδιασμένα με τις στρατηγικές της παθητικής ηλιακής σχεδίασης παρουσιάζονται παρακάτω:

- Αυξημένη άνεση χρηστών: τα κατάλληλα σχεδιασμένα, παθητικά ηλιακά κτήρια είναι φωτεινά και ηλιόλουστα και εν αρμονία με τις αποχρώσεις του κλίματος και της φύσης.
- Η θερμική μάζα μειώνει την ταλάντευση θερμοκρασίας και παράγει έναν υψηλό βαθμό σταθερότητας θερμοκρασίας και θερμικής άνεσης.
- Αυξημένη παραγωγικότητα χρηστών: ως ευχάριστοι χώροι διαμονής και εργασίας, τα παθητικά ηλιακά κτήρια μπορούν να συμβάλουν προς την αυξημένη ικανοποίηση και παραγωγικότητα.
- Μειωμένες εκπομπές: με τη στήριξη στην ηλιακή ενέργεια, μια ανανεώσιμη, μη ρυπαντική πηγή ενέργειας, το παθητικό ηλιακό σχέδιο δεν παράγει αέρια θερμοκηπίου και επιβραδύνει τη μείωση συμβατικών καυσίμων.

Για κτήρια μικρού μεγέθους και μεγαλύτερου θερμικού φορτίου από τον περιβάλλοντα χώρο σε κρύα και συγκρατιμένα κλίματα, η παθητική ηλιακή

σχεδίαση συχνά περιλαμβάνει τη χρήση της ηλιακής ενέργειας για παροχή θέρμανσης του χώρου. Για κατασκευές μεγαλύτερου μεγέθους ή και με μεγαλύτερο θερμικό φορτίο από τον εσωτερικό χώρο του κτηρίου σε ζεστά κλίματα, μία υπεύθυνη παθητική ηλιακή σχεδίαση δίνει περισσότερη έμφαση στην αποφυγή μηχανικής ψύξης του χώρου και χρησιμοποιεί κατάλληλες μεθόδους με διάφορους τρόπους σκίασης, κατάλληλη μόνωση, τοποθέτηση παραθύρων υψηλής απόδοσης θερμομόνωσης, τα οποία ταυτόχρονα παρέχουν τον βέλτιστο φωτισμό για τις δραστηριότητες στο εσωτερικό του κτηρίου.

Σε μια κατασκευή μικρού μεγέθους με λίγες δραστηριότητες στο εσωτερικό της, η κατανάλωση ενέργειας υπαγορεύεται πρώτιστα από την επιρροή του εξωτερικού κλίματος στο κτηριακό κέλυφος. Παράδειγμα τέτοιου είδους κτηρίων είναι τυπικές οικίες ευρωπαϊκού τύπου, μικρές αποθήκες εμπορευμάτων, μικρές λιανικές εγκαταστάσεις. Σε αντίθεση, τα κτήρια με μεγάλη δραστηριότητα στο εσωτερικό τους, όπως σχολεία, γραφεία, ή μεγάλα εμπορικά κέντρα καταναλώνουν συχνά την πλειοψηφία της ενέργειάς τους για να παρέχουν τον εσωτερικό φωτισμό και την ψύξη, για να μειωθεί η θερμότητα που εκπέμπεται από ανθρώπους, σταθερά θερμικά φορτία (όπως υπολογιστές, διάφορα ηλεκτρικά μηχανήματα), κουφώματα και άλλες εσωτερικές πηγές. Τέτοια κτήρια μπορούν να απαιτούν ψύξη καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Εντούτοις, ένα καλά-σκιασμένο νότιο παράθυρο το καλοκαίρι εισάγει λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία από ένα ομοίως σκιασμένο παράθυρο από το βορρά, την ανατολή, ή τη δυτική πλευρά του κτηρίου.

Ανάλογα με το κλίμα, η παθητική ηλιακή σχεδίαση ενός κτηρίου με **εξωτερικές** πηγές θερμικού φορτίου περιλαμβάνει:

- προσανατολισμός περισσότερων παραθύρων στο νότο
- σκιάσεις για την αποφυγή του θερινού ηλίου
- θερμική ενσωμάτωση ογκωδών δομικών υλικών
- παροχή κατάλληλα ταξινομημένης και εγκατεστημένης μόνωσης

- συρρίκνωση εξοπλισμού HVAC (Heating, ventilation and air conditioning systems), συστήματα τα οποία ελέγχουν το κλίμα του χώρου και προσφέρουν άνεση για τους ανθρώπους με τη ρύθμιση της θερμοκρασίας και της ροής αέρα

Ανάλογα με το κλίμα, η παθητική ηλιακή σχεδίαση ενός κτηρίου με **εσωτερικές** πηγές θερμικού φορτίου περιλαμβάνει:

- εργασιακή χώροι με βέλτιστο φυσικό φωτισμό με την βοήθεια κατάλληλα προσανατολισμένων και ελεγχόμενων παραθύρων
- χρήση υαλοπινάκων υψηλής απόδοσης, οι οποίοι μειώνουν την εισροή θερμότητας και αυξάνουν την εισροή ορατού φωτός για την επίτευξη βέλτιστου φωτισμού του χώρου
- επιλογή συστημάτων HVAC υψηλής απόδοσης
- χρήση επαρκών συσκευών και συστημάτων σκίασης

II.2. Τι είναι το παθητικό ηλιακό σπίτι ή βιοκλιματικό σπίτι?

Κατά την μεγάλη πλειοψηφία της κοινωνικής άποψης ο όρος «παθητικό σπίτι» ή «παθητική οικία» ή «βιοκλιματικό κτήριο» σχετίζεται με κάποιους κανόνες και στάνταρτ, που προσφέρουν άνετες κλιματικές συνθήκες στο εσωτερικό ενός κτηρίου κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου, χωρίς τη χρήση συμβατικού κλιματιστικού ή θέρμανσης. Συνήθως, αυτοί οι κανόνες περιλαμβάνουν πολύ καλή μόνωση, πολύ καλά επίπεδα διανομής φυσικού φωτός μέσα στο κτήριο, ενώ η καλή ποιότητα εσωτερικού αέρα είναι εγγυημένη από φυσικό ή μηχανικό εξαερισμό υψηλής ενεργειακής απόδοσης.

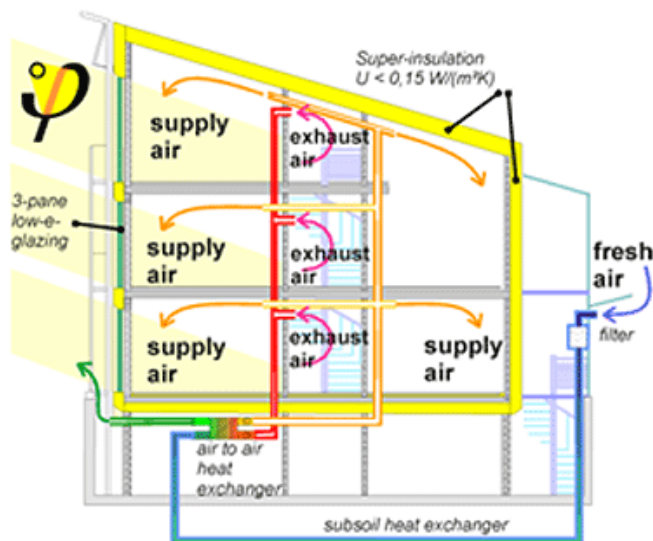
Η επιστημονική έννοια της παθητικής οικίας αναφέρεται σε ειδικά κατασκευαστικά στάνταρτ και κανόνες για κτήρια διαμονής με τις βέλτιστες δυνατές συνθήκες διαβίωσης κατά τη διάρκεια των δύο ακραίων εποχών – χειμώνας και καλοκαίρι, χωρίς τη χρήση παραδοσιακών και συμβατικών συστημάτων θέρμανσης και ενεργητικού κλιματισμού. Χαρακτηριστικά, αυτή

συμπεριλαμβάνει πολύ υψηλά επίπεδα μόνωσης, βέλτιστο φυσικό φωτισμό σε όλο το κτήριο και πολύ υψηλή ποιότητα εσωτερικού αέρα, που οφείλεται σε φυσικό εξαερισμό ή μηχανικό εξαερισμό πολύ χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Εξ αιτίας αυτού το σχεδιαστικό θερμικό φορτίο περιορίζεται στο φορτίο που μπορεί να μεταφερθεί από τον ελάχιστο όγκο αέρα, που θα φέρει το μέγιστο ικανοποιητικό εξαερισμό. Ωστόσο, η θέρμανση του χώρου δεν είναι απαραίτητο να σχεδιάζεται έτσι ώστε να διαχέεται μέσω του εξαεριστικού συστήματος. Σύμφωνα με τις τελευταίες προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης η ολική ενεργειακή απαίτηση για ψύξη και θέρμανση μιας οικίας δεν πρέπει να ξεπερνά τα 15 kWh/m² κατοικημένης επιφάνειας, η ολική πρωταρχική ενέργεια που χρησιμοποιείται από όλες τις ηλεκτρικές συσκευές, θέρμανση του νερού, θέρμανση και ψύξη ενός κτηρίου περιορίζεται στις 120 kWh/m². Μία παθητική οικία διαθέτει υψηλά επίπεδα μόνωσης με ελάχιστες θερμικές γέφυρες, χαμηλή διήθηση και αξιοποιεί την παθητική ηλιακή ενέργεια, χωρίς να τη μετατρέπει σε ηλεκτρική, για να δημιουργήσει άνετες συνθήκες για τους κατοίκους μιας οικίας. Κατά συνέπεια, κάθε είδος ανανεώσιμης πηγής ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες ενός κτηρίου.

Μία παθητική οικία είναι άκρως ενεργειακά αποδοτικό κτήριο με άνετες εσωτερικές κλιματικές συνθήκες κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου. Σε μία παθητική οικία, η υψηλή ενεργειακή απόδοση είναι στρατηγική απόκτησης βέλτιστων εσωτερικών κλιματικών συνθηκών. Η ιδέα του παθητικού κτηρίου βασίζεται στην ελάχιστη απώλεια θερμότητας του κτηρίου, χωρίς τη χρήση συμβατικών κλιματιστικών ή ενεργητικών συστημάτων θέρμανσης/ ψύξης. Η επένδυση σε ένα τέτοιο κτήριο μπορεί να είναι υψηλότερη από την επένδυση σε συμβατικό κτήριο, αλλά τα λειτουργικά έξοδα είναι αισθητά μικρότερα. Τα χαμηλά λειτουργικά έξοδα κάνουν το βιοκλιματικό κτήριο οικονομικά αποδεκτό και κερδοφόρο μακροπρόθεσμα.

Ένα παθητικό κτήριο αποσκοπεί σε πολύ χαμηλή απαίτηση σε ενέργεια μη ανανεώσιμης πηγής συγκριτικά με ένα συμβατικό κτήριο. Στην Ε.Ε.

επιδιώκεται πια η ετήσια απαίτηση σε ενέργεια για τον κλιματισμό μιας οικίας να μην υπερβαίνει τις 15 kWh/m² καθαρής κατοικήσιμης επιφάνειας και η ολική ενεργειακή απαίτηση όλων των ηλεκτρικών συσκευών, θέρμανσης νερού και θέρμανσης - ψύξης του κτηρίου να μην υπερβαίνει τις 120 kWh/m² ανεξάρτητα από τη πηγή ενέργειας. Η ιδέα του παθητικού κτηρίου είναι ασφαλής και σχετικά οικονομική μέθοδος για την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας.

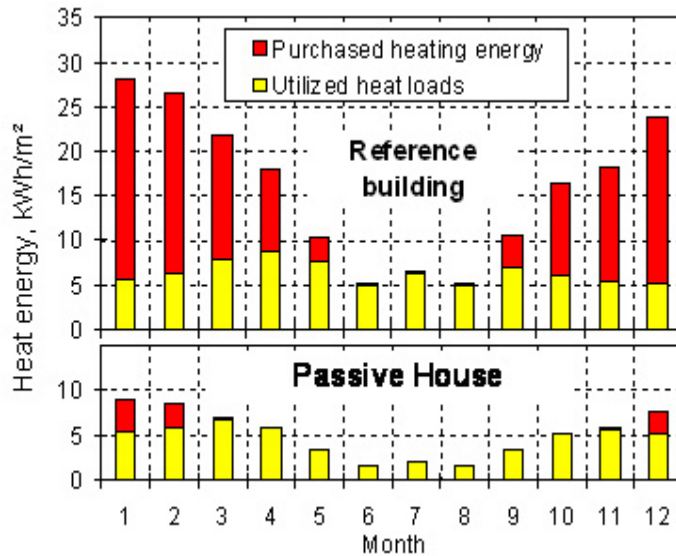


Σχήμα 17. Τα παθητικά κτήρια δεν χρειάζονται συμβατικά συστήματα διανομής θερμότητας. Η απαιτούμενη θερμότητα μπορεί να επιτευχθεί μέσω απλού και οικονομικού συστήματος αερισμού. [European Energy Network, 2000]

Όλες οι αποφάσεις κατά τη διάρκεια σχεδιαστικής και κατασκευαστικής διαδικασίας είναι στενά συνδεδεμένες με το μακροπρόθεσμο οικονομικό κόστος και τις περιβαλλοντικές συνέπειες και αντίκτυπο. Ένα παθητικό κτήριο προσφέρει τρία πολύ σημαντικά οφέλη για τους χρήστες του:

1. Υψηλή θερμική άνεση και εξαιρετική ποιότητα εσωτερικών συνθηκών, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές συνθήκες (κλίμα, αέρια ρύπανση, θόρυβος)
2. Χαμηλότερους και σταθερότερους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας
3. Εύρωστες και ανθεκτικές λύσεις που χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση

Η κατασκευή είναι βασισμένη σε απλά και αποτελεσματικά υλικά, δομές και συστήματα, τα οποία πληρούν τις προδιαγραφές για χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και άνεση στο εσωτερικό του κτηρίου.



Σχήμα 18. Τα παθητικά κτήρια μπορούν να αξιοποιήσουν την ηλιακή ενέργεια και όλα τα θερμικά φορτία για την αποτελεσματική θέρμανσή τους. [European Energy Network, 2000]

Η εμφάνιση ενός παθητικού κτηρίου δεν διαφέρει από τις συμβατικές οικίες. Επίσης, η διαμονή σε τέτοια οικία δεν απαιτεί κάποιο συγκεκριμένο τρόπο ζωής, όπως επίσης αυτά τα κτήρια δεν απευθύνονται σε συγκεκριμένο κύκλο της κοινωνίας ή κάποια ιδιαίτερη κατηγορία ανθρώπων.



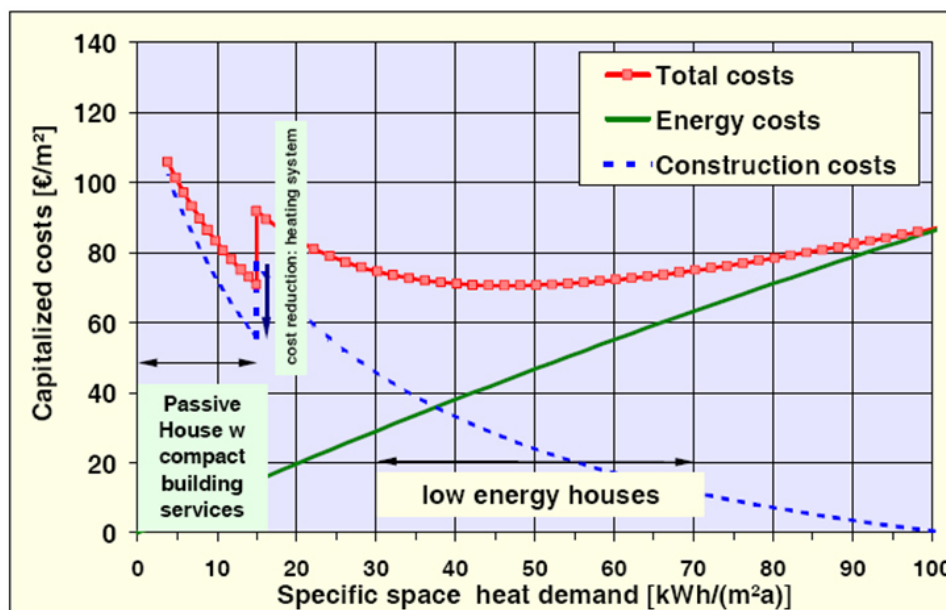
Σχήμα 19. Η αρχιτεκτονική ενός βιοκλιματικού κτηρίου μπορεί να ποικίλλει από συμβατική μέχρι υψηλού βαθμού ευελιξίας. [<http://www.geocities.com/ResearchTriangle/>]

Η ιδέα της παθητικής οικίας εκφράζει την ανάγκη του ανθρώπου για ευημερία από κάθε άποψη, εκμεταλλευόμενη όλα τα οφέλη από την εξοικονόμηση ενέργειας – περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά. Κατάλληλος σχεδιασμός και ποιοτική κατασκευή ευνοούν εξοικονόμηση χρημάτων, η οποία καλύπτει σχεδόν εξολοκλήρου τα πρόσθετα κόστη ενός ενεργειακά αποδοτικού κτηρίου. Εφ' όσον η ενεργειακή απαίτηση είναι χαμηλή, είναι δυνατή η μείωση εξοπλισμού για ψύξη και θέρμανση κατά συνέπεια ελαττώνεται και η απαίτηση για μεγάλη ισχύ των μονάδων παραγωγής ενέργειας.

Ο έλεγχος και η διατήρηση των συνθηκών στο εσωτερικό ενός κτηρίου είναι σχετικά εύκολη υπόθεση. Λόγω της χαμηλής απαίτησης σε ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση και ψύξη, τα παραδοσιακά συμβατικά συστήματα διανομής θερμότητας καταλήγουν να είναι ξεπερασμένα και παλιομοδίτικα. Ακόμα και σε Βόρεια πολύ κρύα κλίματα τα συμβατικά συστήματα διανομής θερμότητας μπορούν να εξελιχθούν σε ενεργειακά αποδοτικά μέχρι και παθητικά συστήματα. Δεν χρειάζονται σώματα θέρμανσης δίπλα σε ανοίγματα για να αναπληρώνουν την εισροή κρύων μαζών αέρα, προκαλούμενη από την κρύα επιφάνεια παραθύρων και πόρτων. Απλά συστήματα αερισμού μπορούν να είναι εξίσου αποτελεσματικά και πολύ πιο οικονομικά.

Εφ' όσον η κατανάλωση ενέργειας είναι μικρότερη, ένα παθητικό κτήριο είναι λιγότερο ευαίσθητο στις κοινωνικοοικονομικές αλλαγές του κόσμου. Η οικονομική αποδοτικότητα είναι φυσιολογικός στόχος της σχεδίασης και κατασκευής, από τη στιγμή που η υψηλή άνεση του εσωτερικού ενός κτηρίου και η υψηλή ποιότητα ζωής έχουν επιτευχθεί με τις στρατηγικές παθητικής ψύξης και θέρμανσης. Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας με απλά οικονομικά αποδοτικά μέσα συνεισφέρει στην γενική παρουσίαση και ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου.

Για τους ιδιοκτήτες μία παθητική οικία φέρνει οφέλη από την βελτιωμένη απόδοση και τα μειωμένα λειτουργικά έξοδα. Η χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση και η χαμηλή απαίτηση σε ενεργειακή ισχύ μειώνουν τα ολικά ενεργειακά κόστη και όλα τα λειτουργικά έξοδα μακροπρόθεσμα. Η ελάχιστη απαίτηση ψύξης και θέρμανσης προϋποθέτει ελάχιστη επένδυση σε συστήματα κλιματισμού, γεγονός το οποίο είναι οικονομικά αποδοτικό και κατά τη διαδικασία κατασκευής και κατά τη λειτουργία του κτηρίου. Σε περίπτωση που η κατασκευή του παθητικού κτηρίου ολοκληρώνεται ορθά, το ολικό κατασκευαστικό κόστος μπορεί να είναι ίσο ή ελάχιστα ακριβότερο από αυτό ενός συμβατικού κτηρίου.

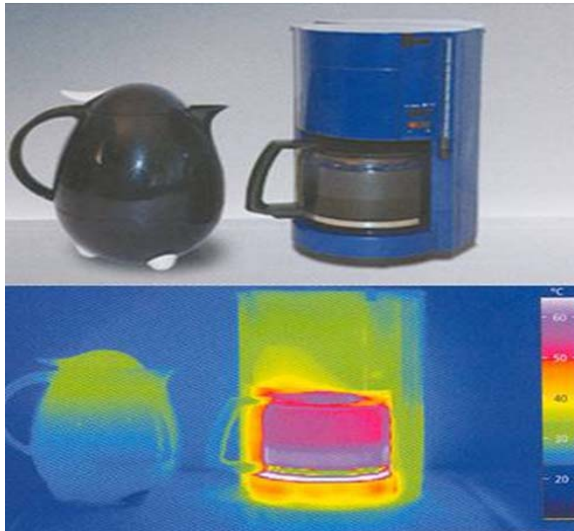


Σχήμα 20. Τα παθητικά κτήρια αποσκοπούν στο ελάχιστο κόστος για όλο το κύκλο ζωής του κτηρίου και των μερών του μέσω ενεργειακών τεχνολογιών υψηλής απόδοσης και απλά κατασκευαστικά λειτουργικά συστήματα. [Passivhaus Institut Darmstadt, 2005]

Είναι ξεκάθαρο ότι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου απαιτεί περισσότερες δυνάμεις στη σχεδίασή του και στη κατασκευή του κτηριακού φακέλου (building envelop). Εάν η ενεργειακή απόδοση βελτιστοποιείται με απλά και οικονομικά μέσα, τα αποτελέσματα συνήθως είναι εξίσου ικανοποιητικά με κάποιους σύνθετους μεθόδους της συμβατικής κατασκευής. Όλα τα κόστη μειώνονται με τη χρήση φυσικών και απλών μεθόδων και μέσων.

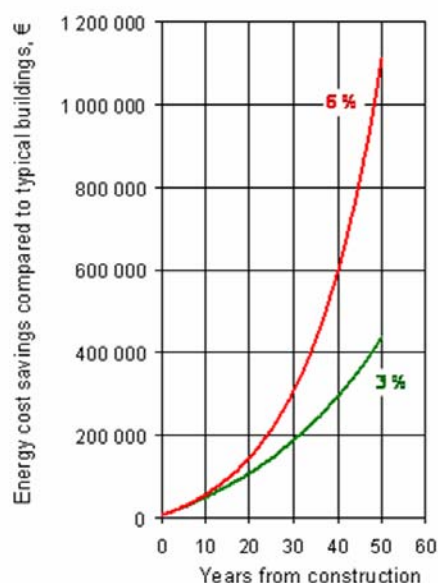
Ένα παθητικό κτήριο μπορεί να απαιτεί σε μερικές περιπτώσεις επιπλέον σχεδιαστικά και κατασκευαστικά έξοδα από ένα συμβατικό κτήριο, αλλά αυτά τα επιπλέον κόστη για την καλύτερη ενεργειακή απόδοση δύσκολα μπορούν να παρουσιαστούν κατηγορηματικά και αναλυτικά. Η βασική επιρροή της οικονομικής επένδυσης προέρχεται από τη ολική διαχείριση της ολοκλήρωσης ενός τέτοιου κτηρίου. Επένδυση στην ολική διαχείριση και στην αναλυτική προσχεδίαση επιφέρουν οικονομική αποταμίευση, η οποία μαζί με την ενεργειακή απόδοση καλύπτουν τα επιπλέον έξοδα υψηλών επιπέδων μόνωσης, παραθύρων υψηλής απόδοσης, βελτιωμένου φυσικού φωτισμού του

κτηρίου, κλπ. Συνήθως, η περίοδος απόσβεσης επένδυσης επιπλέον συστημάτων ενεργειακής απόδοσης ενός παθητικού κτηρίου είναι μικρότερη από 10 χρόνια.



Σχήμα 21. Τα παθητικά κτήρια λειτουργούν όπως τα οικιακά σκεύη με καλή μόνωση. [Passivhaus Institut, 2005]

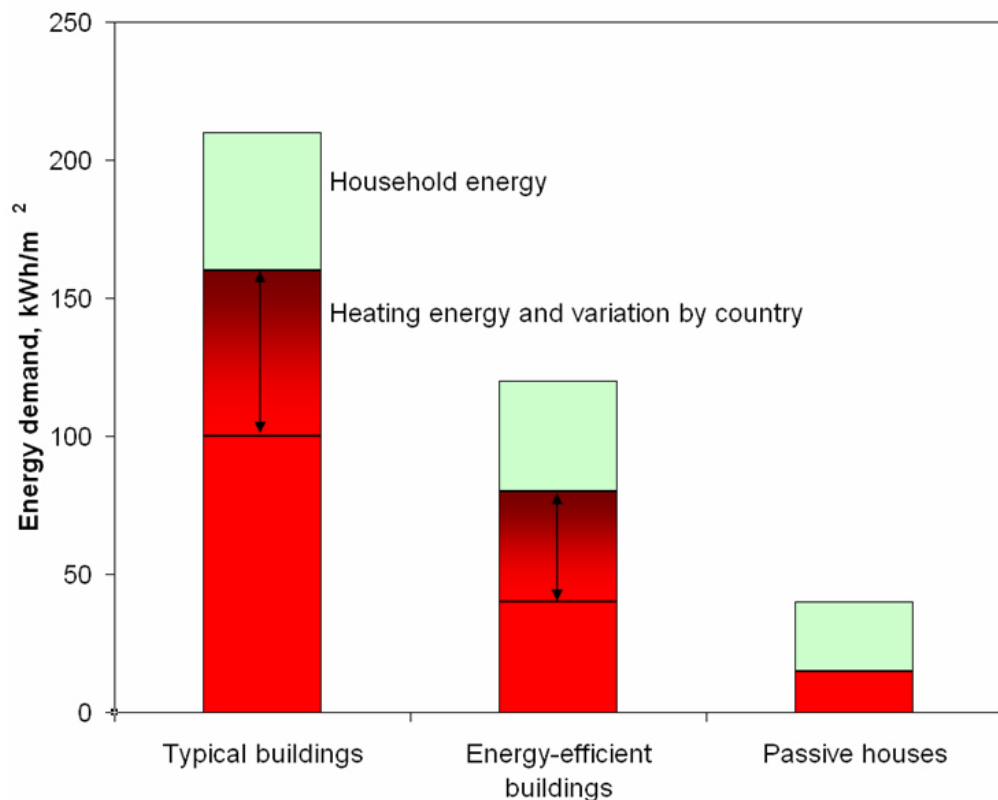
Η στρατηγική για ενεργειακή απόδοση ενός παθητικού κτηρίου βασίζεται στην ελαχιστοποίηση θερμικών κερδών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και την ελαχιστοποίηση θερμικών απωλειών κατά τη διάρκεια του χειμώνα, πριν την εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτή είναι ξεκάθαρα μία οικολογικά και περιβαλλοντικά φιλική μέθοδος για οικονομικά και ενεργειακά αποδοτική κατασκευή ενός κτηρίου.



Σχήμα 22. Τα παθητικά κτήρια μπορούν να συνεισφέρουν σε ουσιαστική πραγματική εξοικονόμηση στα λειτουργικά τους έξοδα. Το παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζει αποτελέσματα από τη μελέτη ευρωπαϊκών επιστημόνων όπου συγκρίνουν τα ενεργειακά κόστη συμβατικών και παθητικών οικιών. Οι προβλεπόμενη αύξηση των ενεργειακών εξόδων αναμένεται να έχει τεράστια διαφορά με εμφανή προβάδισμα για τις παθητικές οικίες. [Passivhaus Institut Darmstadt, 2005]

Η χαμηλή ενεργειακή απαίτηση είναι κλειδί για ένα ικανοποιητικό και άνετο κλίμα στο εσωτερικό ενός κτηρίου. Η θερμική άνεση χωρίς συμβατικά κλιματιστικά, ο ποιοτικός αέρας μέσω απλών συστημάτων αερισμού, η ακουστική και φωτιστική ποιότητα των χώρων είναι χαρακτηριστικά, τα οποία μπορούν εύκολα να διατηρούνται μέσα σε ένα παθητικό σπίτι.

Τα οικονομικά, κοινωνικά και ζωτικά οφέλη από την ενεργειακή απόδοση είναι τεράστια. Ένα κτήριο, κατασκευασμένο σύμφωνα με τους κανόνες παθητικής σχεδίασης, εξοικονομεί 75 - 90% από την ενέργεια που θα χρησιμοποιούσε ένα συμβατικό σπίτι για θέρμανση και έως και 100% - από την ενέργεια που θα χρησιμοποιούσε για ψύξη. Η ενεργειακή απόδοση είναι επίσης τρόπος ανεξαρτητοποίησης από μελλοντικές αυξήσεις των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας και απαλλαγή από τόνους ρύπων στην ατμόσφαιρα. Σε αυτό το πλαίσιο, ένα παθητικό κτήριο είναι βέλτιστη επένδυση για το μέλλον.



Σχήμα 23. Η απαίτηση σε ηλεκτρική ενέργεια ενός παθητικού κτηρίου είναι 50% μικρότερη από την απαίτηση σε ενέργεια ακόμη και ενός απλού συμβατικού ενεργειακά αποδοτικού κτηρίου. [Passivhaus Institut Darmstadt, 2005]

II.3. Παθητική Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό κτηρίων με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές, αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτήρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των χώρων, αλλά κυρίως οι τεχνικές δόμησης των κτηρίων που βελτιώνουν τη φυσική λειτουργία και την ενεργειακή συμπεριφορά του κελύφους διεποχιακά[ΚΑΠΕ, 2004].

Ένα κτήριο πρέπει να προσαρμόζεται σε διάφορες ανάγκες όλων των χρηστών. Αυτή η απαίτηση συμπεριλαμβάνει την καταλληλότητα του κατοικήσιμου χώρου όσον αφορά και το εσωτερικό design και τη γενική χρήση του χώρου, αλλά και το σύνολο όλων των απαραίτητων και μη δραστηριοτήτων και η άνεσή για την εκτέλεσή τους.

Οι παθητικές οικίες είναι άκρως ενεργειακά αποδοτικά κτήρια με θερμικά άνετες συνθήκες κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου. Λόγω της βέλτιστης δυνατής μόνωσης του κτιριακού φακέλου και του αποδοτικού ελέγχου αέριας κυκλοφορίας στο εσωτερικό της κατασκευής, η θερμοκρασία των επιφανειών μέσα στο σπίτι διατηρείται σε επιθυμητά επίπεδα. Δεν υπάρχει άμεση αλληλεπίδραση από τα ακραία κλιματολογικά φαινόμενα.

Όπως τα συμβατικά κτήρια, οι παθητικές οικίες είναι κατάλληλες για όλες τις κοινωνικές ομάδες και με ειδικές μελέτες και εξετάσεις μπορούν να εξυπηρετούν πολύ καλύτερα από τα συμβατικά, τις απαιτήσεις των ανθρώπων με ειδικές ανάγκες. Η διαμονή σε παθητική οικία δεν προϋποθέτει κάποιο συγκεκριμένο τρόπο ζωής και τα κτήρια δεν είναι κατασκευασμένα και σχεδιασμένα για κάποια συγκεκριμένη κατηγορία ανθρώπων. Κάθε

παθητική οικία μπορεί να προσφέρει την λειτουργικότητα ενός συμβατικού κτηρίου για όλες τις δυνατές ανθρώπινες δραστηριότητες μέσα στον βιοτικό χώρο.

Η εμφάνιση ενός παθητικού κτηρίου δεν διαφέρει σε τίποτα από αυτήν ενός συμβατικού κτηρίου, ενώ δίνει τη δυνατότητα των σχεδιαστών να δημιουργούν κάθε είδος όψης – ακόμα και πιο σύγχρονα και μοντερνίστηκα σχέδια, τα οποία επιτρέπουν φουτουριστικές λεπτομέρειες, που μπορούν να προσφέρουν υψηλή ενεργειακή αποδοτικότητα και ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Τα παθητικά κτήρια μπορούν να κατασκευάζονται με όλα τα παραδοσιακά κατασκευαστικά υλικά πλαισίων στήριξης φορτίου. Το παθητικό κτήριο μπορεί να κατασκευάζεται είτε από ξύλινο πλαίσιο, τούβλα, σκυρόδεμα ή ακόμα και προκατασκευασμένα ελαφρά πάνελ, κατάλληλα μονωμένα. Ακόμα και οι μοντέρνες ατσάλινες δομές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή παθητικού κτηρίου.



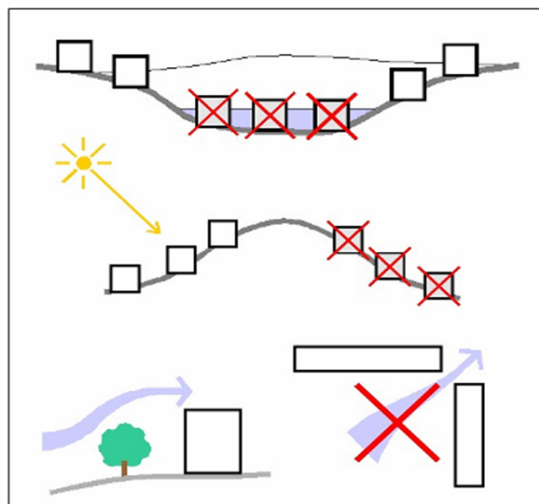
Σχήμα 24. Τα παθητικά κτήρια μπορούν να κατασκευάζονται από οποιοδήποτε υλικό – ατσάλινες κατασκευές ή συμπαγής βαριά κατασκευή. [Passivhaus Institut Darmstadt,2005]

II.4. Τοποθεσία και Προσανατολισμός Κτηρίου

Ο τρόπος με τον οποίο ένα κτήριο είναι τοποθετημένο έχει μείζουσα επίπτωση στην ενεργειακή του απόδοση. Ο προσανατολισμός έχει βασικό ρόλο στην βέλτιστη απόδοση όπως και για την θερμική απαίτηση των χειμώνα, έτσι και για την απαίτηση ψύξης το καλοκαίρι. Η βελτιστοποίηση της σχεδίασης σύμφωνα με την προσέγγιση ηλιακής ακτινοβολίας και εποχιακών ανέμων και ρευμάτων βοηθάει στον ορθό σχεδιασμό για τη διαχείριση του θερμικού φορτίου ανάλογα με την εποχή του έτους.

Με σκοπό να ελαχιστοποιούνται τα ενεργειακά φορτία των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης ενός κτηρίου και να βελτιώνεται η άνεση των ανθρώπων, όπως στο εσωτερικό του κτηρίου, έτσι και στον περιβάλλοντα χώρο, οι βασικές σχεδιαστικές κατευθυντήριες γραμμές είναι:

- Χαμηλή, ηλιόλουστη πλαγιά, όπου το θερμοκρασιακό ισοζύγιο μπορεί να γίνει θετικό κατά τη διάρκεια του χειμώνα λόγω μικρής γωνίας ακτινοβολίας του ήλιου και το καλοκαίρι εκμεταλλεύεται τη υψηλή θέση του ήλιου για φυσική σκίαση – Σ' αυτή τη περίπτωση μπορούν να ενσωματώνονται παθητικές και ενεργητικές στρατηγικές χρησιμοποιώντας την ανεξάντλητη ηλιακή ενέργεια
- Η τοποθεσία πρέπει να επιτρέπει τον βέλτιστο προσανατολισμό κτηρίου, τη βέλτιστη συγκέντρωση ηλιακής θερμότητας των χειμώνα, την παρεμπόδιση υπερθέρμανσης το καλοκαίρι, βέλτιστη απόσταση με γειτονικά κτήρια, βλάστηση που εμποδίζει την άμεση καλοκαιρινή ακτινοβολία και ταυτόχρονα δεν εμποδίζει την άμεση ακτινοβολία των χειμώνα, κατάλληλη βλάστηση, η οποία προστατεύει το κτήριο από τους κρύους ανέμους τον χειμώνα
- Η τοποθεσία πρέπει να βρίσκεται ψιλότερα από κοιλάδες, οι οποίες των χειμώνα λειτουργούν σαν ψυγεία και το καλοκαίρι συγκεντρώνουν και κατακρατούν μεγάλα φορτία θερμότητας.



Σχήμα 25. Η βέλτιστη τοποθεσία προσφέρεται για την μέγιστη εκμετάλλευση της παθητικής ηλιακής ενέργειας, παρ' όλο που η σχεδίαση παθητικού κτηρίου δίνει έμφαση σε τεχνικές οι οποίες δεν εξαρτώνται από την ηλιακή ακτινοβολία. [ΔΙΠΕ.,2000]

Οι τεχνικές οι οποίες δεν εξαρτώνται από την ηλιακή ακτινοβολία συμπεριλαμβάνουν τοποθέτηση παραθύρων και πόρτων υψηλής απόδοσης, θερμική και ακουστική μόνωση, υψηλή αέρια στεγανότητα και απλά συστήματα εξαερισμού. Αν και η βέλτιστη λύση είναι ο προσανατολισμός του κτηρίου να είναι προς τον νότο, η εμπειρία δείχνει ότι τα παθητικά κτήρια μπορούν να λειτουργούν αρκετά ικανοποιητικά και τοποθετημένα προς τον βορρά.

II.5. Το παθητικό βιοκλιματικό κτήριο - Άνετη οικία

Η σύνθετη μελέτη για την κατασκευή και τη χρήση ενός κτηρίου είναι ο βασικός παράγοντας για τη μείωση της απαίτησης σε ενέργεια. Οι τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας δίνουν τη δυνατότητα το βασικό σημείο εστίασης να είναι οι ανάγκες και οι απαιτήσεις του χρήστη, ιδιοκτήτη του κτηρίου. Ο συνδυασμός λογικού κόστους και ποιότητας για την εκπλήρωση των παθητικών στρατηγικών είναι απαραίτητος, αλλά γενικά η σχεδίαση πρέπει να καθοδηγείται από της ανάγκες του χρήστη.

Λόγω των υψηλών αποδοτικών επιπέδων μόνωσης του κατασκευαστικού φακέλου, παραθύρων και πόρτων υψηλής ενεργειακής απόδοσης, ικανοποιητικής σκίασης, η απαίτηση επένδυσης σε κλιματιστικών συστημάτων ψύξης και θέρμανσης ελαττώνεται κατακόρυφα. Ακόμα και σε

πολύ κρύα βόρεια κλίματα δεν υφίσταται απαραίτητη η τοποθέτηση συμβατικών σωμάτων θέρμανσης (καλοριφέρ), γεγονός το οποίο επιτρέπει την ενεργητική χρήση όλης της επιφάνειας πατώματος του εσωτερικού χώρου για τις ανάγκες των χρηστών.



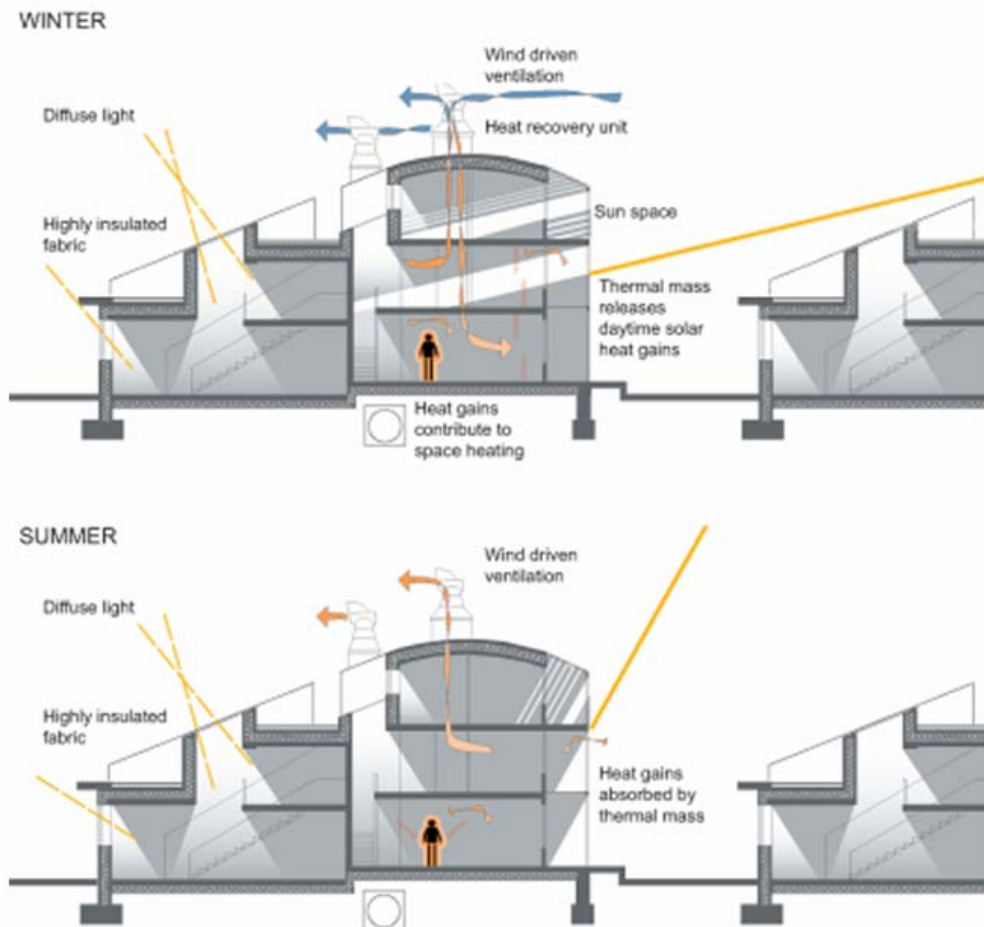
Σχήμα 26.
Βιοκλιματικό κτήριο -
Άνετη οικία
[<http://www.grayspain.com>]

Ένα παθητικό κτήριο μπορεί να χρησιμοποιεί το εσωτερικό του θερμικό φορτίο, που παράγεται από τις ηλεκτρικές συσκευές της κουζίνας, από πλυντήριο, υπολογιστές ή κάθε άλλο είδος ηλεκτρικής συσκευής για την θέρμανση των χειμώνα. Αλλά, από την άλλη το ίδιο θερμικό φορτίο θα μπορούσε να δημιουργήσει υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων το καλοκαίρι. Για αυτό το λόγο σε ζεστά κλίματα, οι συσκευές αυτές θα πρέπει να τοποθετούνται σε εξωτερικούς τοίχους, ενώ αντίθετα σε ψυχρότερα, κρύα κλίματα θα πρέπει να τοποθετούνται σε εσωτερικούς τοίχους του σπιτιού.

Ένα παθητικό κτήριο μπορεί να αερίζεται και να θερμαίνεται με απλό σύστημα αερισμού και θέρμανσης. Η αποτελεσματικότερη εγκατάσταση τέτοιου συστήματος αποτελείται από κοντούς αεραγωγούς σε ευθείες κοντινών αποστάσεων. Ο χώρος που μία τέτοια εγκατάσταση απαιτεί θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν κατά τη διαδικασία σχεδιασμού του κτηρίου. Για αυτό το λόγο οι αρχιτέκτονες θα πρέπει να συνεργάζονται στενά με μηχανολόγους μηχανικούς που σχεδιάζουν συστήματα HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning), έτσι ώστε να υπάρχει αρκετός χώρος,

κατάλληλα δομημένος για την διαδρομή όλης της εγκατάστασης. Ψευδοροφές, εντοιχισμένες ντουλάπες, μπάνια, αποθήκες και κάθε είδος αποθηκευτικού χώρου είναι κατάλληλα μέρη για την τοποθέτηση του συστήματος. Αεραγωγοί θα πρέπει να τοποθετούνται επίσης σε ταβάνια ή σοφίτες, όπου παρατηρείται η μεγαλύτερη μεταφορά θερμότητας. Οι τερματικές μονάδες θα πρέπει να εγκαθίστανται ανάλογα με το κλίμα που υπερισχύει όπως όλες οι υπόλοιπες συσκευές είτε σε εσωτερικό αποθηκευτικό χώρο σε κρύα κλίματα ή όσο το δυνατόν πιο κοντά στο εξωτερικό του κτηρίου σε ζεστά κλίματα.

Η ιδέα του παθητικού κτηρίου βασίζεται στην απαίτηση για άρτια λειτουργία που εκφράζεται σε χαμηλή απαίτηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση και χαμηλή ολική απαίτηση για ενεργειακή κατανάλωση. Συνήθως για να επιτευχθεί η χαμηλή ενεργειακή απαίτηση χρειάζεται εφαρμογή μέτρων διατήρησης του ενεργειακού εσωτερικού ισοζυγίου που επιτρέπει βαρυσήμαντη μείωση των θερμικών απωλειών του κτηρίου, όπως επίσης και την εισροή είτε θερμών είτε ψυχρών αέριων μαζών μέσα στο κτήριο. Απαιτείται και η βέλτιστη χρήση της παθητικής ηλιακής ενέργειας κάθε εποχή του έτους.



Σχέδιο 27. Το αρχιτεκτονικό σχέδιο έχει σημαντική επιρροή στην απαίτηση του κτηρίου σε συστήματα ψύξης και θέρμανσης [BedZed in UK <http://www.suntool.net/>]

Τα παθητικά κτήρια μπορούν να εκμεταλλεύονται αξιόλογα και πολύ ικανοποιητικά την παθητική ηλιακή ενέργεια για την θέρμανσή τους τον χειμώνα. Το καλοκαίρι όμως, άμεσα θερμικά κέρδη από τον ήλιο που εισβάλουν στο κτήριο μέσα από μεγάλες επιφάνειες παραθύρων αυξάνουν τη πιθανότητα υπερθέρμανσης και κατά συνέπεια θα πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα. Μπαλκόνια, καλά μελετημένες προεξοχές ή πρόστεγα της σκεπής και ηλιακά σκιάστρα μπορούν να αποτρέψουν την υπερθέρμανση. Επιπρόσθετα, τα μπαλκόνια, οι προεξοχές, τα σταθερά σκιάστρα ελαχιστοποιούν τον πιθανό κίνδυνο εμφάνισης υγρασίας στα δομικά μέρη ενός κτηρίου. Συνήθως οι επιφάνειες παραθύρων είναι 15 έως 20% της επιφάνειας του πατώματος ενός κτηρίου. Για να αποφεύγονται τυχόντα αέρια ρεύματα ή ανέμους σε κρύα βόρεια κλίματα, τα παράθυρα δεν πρέπει να

υπερβαίνουν το ύψος των 1.8 m και να μην συνδέεται άμεσα με το πάτωμα για να προσφέρουν ταυτόχρονα θερμική άνεση και αέρια στεγανότητα.

Οι δύο βασικότερες προϋποθέσεις για να υφίσταται παθητικό κτήριο είναι ο κατασκευαστικός (κτηριακός) φάκελος (building envelop) να διαθέτει μόνωση υψηλής ποιότητας και απόδοσης και καλή αέρια στεγανότητα. Τυπικά θερμικά φορτία (U values), τα οποία έχουν υιοθετηθεί από την Ε.Ε. για κατασκευή παθητικής οικίας είναι:

- Τοίχος 0,9 – 0,15 W/m²K
- Πάτωμα 0,08 – 0,15 W/m²K
- Στέγη 0,07 – 0,15 W/m²K
- Παράθυρο 0,8 – 1,0 W/m²K
- Παράθυρο σκεπής 0,6 – 0,85 W/m²K
- Πόρτα 0,4 – 0,8 W/m²K

Οι παραπάνω τιμές αναφέρονται για το κλίμα όλης της Ευρώπης, οι μικρότερες είναι κατάλληλες για μονοκατοικίες στις βορειότερες χώρες της ηπείρου, ενώ οι μεγαλύτερες για τις νοτιότερες.

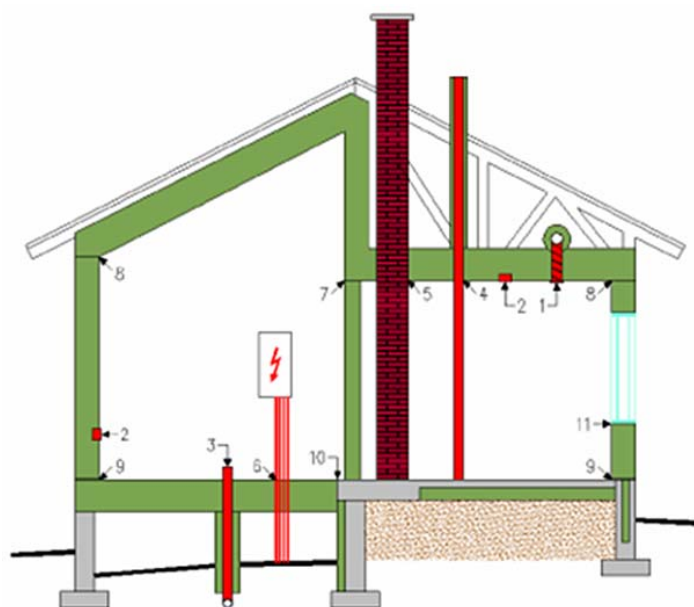
Ο κύριος προσανατολισμός των παραθύρων πρέπει να είναι από νοτιοανατολικά προς νοτιοδυτικά για καλύτερη εκμετάλλευση του χειμερινού ήλιου και αποφυγή της άμεσης θερινής ακτινοβολίας. Τυπικές τιμές του θερμικού φορτίου των παραθύρων είναι 0,7 – 0,8 W/m²K. Παράθυρα με τέτοια απόδοση είναι συνήθως με τρεις υαλοπίνακες με κρυπτόν ή αργών ανάμεσά τους. Οι κάσες παραθύρων θα πρέπει να έχουν θερμική γέφυρα.

II.6. Αέρια Στεγανότητα του Βιοκλιματικού Κτηρίου

Η αεροστεγανότητα του κτηριακού φακέλου είναι πολύ σημαντική. Απλές και σαφώς προσδιορισμένες δομές εξυπηρετούν την συνεκτικότητα του στρώματος αέριου φράγματος και την αέρια στεγανότητα. Επίσης,

συνεισφέρουν στην ευκολία σύνδεσης όλων των στοιχείων του κατασκευαστικού φακέλου – μόνωση, παράθυρα, πόρτες, ηλεκτρικές και άλλες υποδομές. Ξύλινα ή μεταλλικά προκατασκευασμένα πλαίσια συνήθως διευκολύνουν την κατασκευή ενός αεροστεγούς κτηρίου. Η συνεκτικότητα του αέριου φράγματος στους δομικούς συνδέσμους πρέπει να σχεδιάζεται, κατασκευάζεται και τοποθετείται πολύ προσεκτικά.

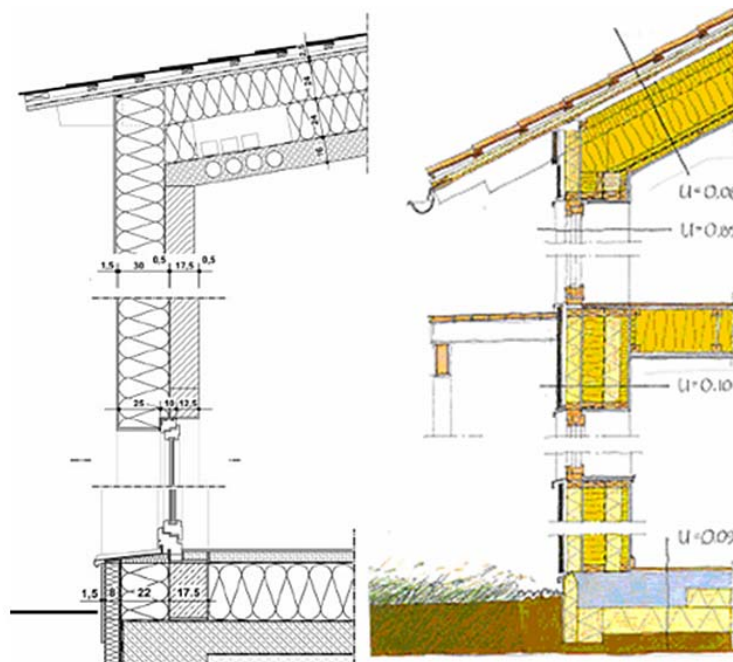
Η τιμή της απαιτούμενης αέριας στεγανότητας ενός κτηρίου ή η τιμή n50 μετριέται σε μονάδες ach (air changes per hour) και είναι 0,6 ach. Το n50 και η τιμή της διήθησης αέρα σε ένα παθητικό κτήριο είναι πολύ μικρότερες από τις αντίστοιχες σε ένα συμβατικό κτήριο. Η αέρια στεγανότητα είναι άκρως σημαντική όχι μόνο για την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου, αλλά και για την αποφυγή εμφάνισης υγρασίας και η μεταφορά της μέσα στο κτήριο. Είναι πολύ σημαντικό να αποτρέπεται η διείσδυση του υγρού εσωτερικού αέρα στις καλά μονωμένες δομές του κτηρίου, όπου δημιουργείται φαινόμενο υγροποίησης και περαιτέρω προβλήματα λόγω υγρασίας. Ο ποιοτικός σχεδιασμός και κατασκευή έχουν κύριο ρόλο στην επίτευξη ολοκλήρωσης μιας παθητικής οικίας.



Σχήμα 28. Έντεκα χαρακτηριστικά σημεία όπου αντιμετωπίζονται προβλήματα αέριας στεγανότητας στην κατασκευή μονοκατοικίας [<http://www.puuinfo.fi/>]

Οι απαιτήσεις της αέριας στεγανότητας επηρεάζουν το αρχιτεκτονικό σχέδιο όπως και ο σχεδιασμός συστημάτων ψύξης - θερμότητας. Η πολύπλοκη μορφή, ο μεγάλος αριθμός διαφόρων δομικών λεπτομερειών, οι ηλεκτρολογικές και άλλες εγκαταστάσεις, ο ελλιπής χώρος για ολοκληρωμένα συστήματα κλιματισμού και όλες οι καλωδιακές εγκαταστάσεις αυξάνουν τη πιθανότητα παρουσίας ελαττωμάτων και αέριας διαρροής. Σε γενικές γραμμές, το σχέδιο θα πρέπει να υποστηρίζει εύκολες στην εφαρμογή τεχνικές στεγανότητας.

Η θερμική μάζα βοηθάει στην μέγιστη αξιοποίηση κάθε παθητικής ενέργειας, όπως ηλιακή ενέργεια, θερμότητα εκπεμπόμενη από τους κατοίκους και τις ηλεκτρικές συσκευές στο εσωτερικό ενός κτηρίου. Η αποδοτική εκμετάλλευση της θερμικής μάζας εξαρτάται από τον όγκο της, την επιφάνειά της, τον συντελεστή απόδοσής της στη μεταφορά θερμότητας την αγωγιμότητα των άλλων επιφανειών μέσα στο κτήριο - καλύμματα, πατώματα, χαλιά, κουρτίνες, τα οποία επίσης επηρεάζουν κατά πολύ την ανταλλαγή θερμότητας. Η θερμική μάζα αποδίδει καλύτερα, όταν βρίσκεται σε εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής.



Σχήμα 29. Κάθε είδους κτηρίου - είτε βαριάς είτε ελαφριάς κατασκευής μπορεί να διαθέτει αποδοτική θερμική μάζα [ΚΑΠΕ]

Εντούτοις, ο συνολικός όγκος της θερμικής μάζας δεν είναι πολύ μεγάλος, π.χ. συμπαγές πάτωμα σε κτήριο ελαφριάς κατασκευής είναι επαρκές. Η θερμική μάζα είναι μία από τις λύσεις, η οποίες υιοθετούνται για διατήρηση άνετων θερμικών συνθηκών το καλοκαίρι, έτσι ώστε αποφεύγεται η υπερθέρμανση του κτηρίου. Η θερμότητα της ημέρας συσσωρεύεται στην θερμική μάζα και την νύχτα αποχωρεί με τη βοήθεια κατάλληλου εξαερισμού (φυσικού ή μηχανικού).

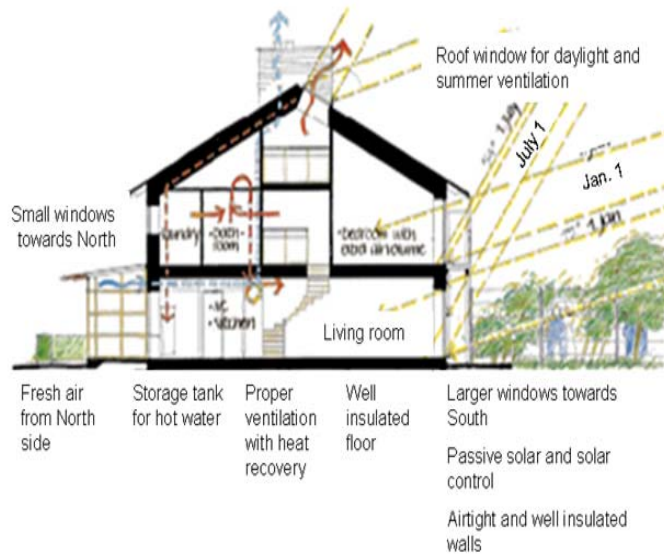
Η διατήρηση της ενέργειας υπαινίσσεται σε χοντρά μονωτικά στρώματα. Το συνολικό πάχος ενός τοίχου μαζί με τη μόνωση κυμαίνεται από 300 έως 600 mm ανάλογα με τη ποσότητα του θερμικού φορτίου του κτηρίου και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Η μόνωση της στέγης μπορεί να φτάνει τα 600 mm. Η μόνωση του πατώματος σε αεριζόμενο πάτωμα μπορεί να φτάνει μέχρι 500 mm και 250 – 300 mm σε πάτωμα που βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους. Σε κρύα κλίματα η μόνωση των θεμελίων είναι πολύ σημαντική λόγω παγετώνα , ο οποίος μπορεί να δημιουργήσει κατασκευαστικά προβλήματα σε ένα κτήριο. Σε ήπια κλίματα το πάχος της μόνωσης δεν χρειάζεται να είναι τόσο μεγάλο και υπολογίζεται ανάλογα με τις συνθήκες.

Παθητικές οικίες κατασκευάζονται πλέον σε πολλά μέρη της Ευρώπης, ειδικά στη Γερμανία και Αυστρία, όπου υπάρχουν πλέον ειδικά σχεδιασμένες και ανεπτυγμένες παθητικές κοινότητες. Τα παρακάτω παραδείγματα δείχνουν ποικιλία αισθητικής άποψης και κατασκευαστικής νοοτροπίας διαφορετικών χωρών. Παρ' όλα αυτά, κάθε οικία πληρεί τις προδιαγραφές για να είναι παθητική.



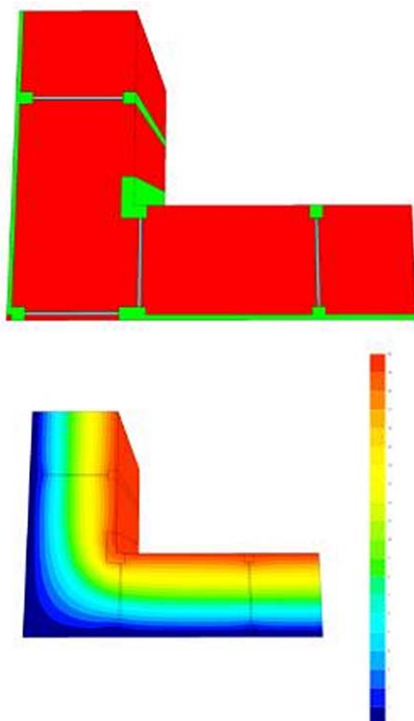
Σχήμα 30. Βιοκλιματικές οικίες στην Γερμανία και Αυστρία [<http://www.grayspaint.com/>]
Η παθητική οικία αποσκοπεί σε ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας και ελάχιστη απαίτηση σε ενέργεια για ψύξη και θέρμανση. Για αυτό το λόγο μία παθητική οικία εκπέμπει ελάχιστες ποσότητες διοξείδιο του άνθρακα.

Στο παθητικό σπίτι, η ενεργειακή αποδοτικότητα είναι τρόπος επίτευξης ικανοποιητικών συνθηκών διαβίωσης. Η ιδέα βασίζεται σε ελάχιστες απώλειες θερμότητας του κτηρίου, κατά συνέπεια δεν χρειάζονται περίπλοκα συστήματα διατήρησης του μικροκλίματος. Για τον ενεργειακό σχεδιασμό, βασική προϋπόθεση είναι η σωστή διαστατική ανάλυση των απλών συστημάτων ψύξης - θέρμανσης.



Σχήμα 31.
Ροή αέρα
σε
βιοκλιματικό
κτήριο
[<http://www.grayspaint.com/>]

Οι σχεδιαστές της ενεργειακής απόδοσης και εγκατάστασης πρέπει να γνωρίζουν λεπτομερέστερα τις απαιτήσεις των χρηστών, την τοποθεσία, το κλίμα, για τον σωστό υπολογισμό των θερμικών φορτίων και κατά συνέπεια των απαραίτητων τεχνικών και συστημάτων για την επίτευξη της μέγιστης θερμικής άνεσης στο κτήριο.



Ένα παθητικό κτήριο έχει τη βέλτιστη δυνατή μόνωση με ελάχιστες θερμικές γέφυρες, χαμηλή διήθηση και εκμεταλλεύεται στο μέγιστο την παθητική ηλιακή ενέργεια, για να φέρει εις πέρας τις ανάγκες σε θερμότητα και τα αέρια ρεύματα για τη ψύξη του κτηρίου.

Η παθητική κτιριακή δομή πρέπει να σχεδιάζεται χωρίς θερμικές γέφυρες.

Ένα αεροστεγές κτήριο χρειάζεται καλοσχεδιασμένο και σωστά υπολογισμένο σύστημα εξαερισμού, το οποίο θα προσφέρει ποιοτικό εσωτερικό αέρα, και το αντίθετο κάθε σύστημα εξαερισμού (φυσικό, μηχανικό ή υβριδικό) χρειάζεται αεροστεγανότητα του χώρου για να είναι εφικτός ο έλεγχος της ροής αέρα.

Κάθε δωμάτιο σε ένα κτήριο μπορεί να έχει διαφορετική θερμοκρασία λόγω των θερμικών κερδών από τον ήλιο, της κατοίκησης του χώρου και των εσωτερικών θερμικών φορτίων. Κατά τη διαδικασία σχεδίασης ενός κτηρίου πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν όλοι οι ενδεχόμενοι παράγοντες, για να σχεδιάζονται και ενσωματώνονται τα κατάλληλα παθητικά μέτρα για κάθε χώρο του σπιτιού σύμφωνα με τις ανάγκες του. Τα ηλιακά σκιάστρα, ο νυχτερινός φυσικός αερισμός και απλά συστήματα εξαερισμού είναι προτιμότερα από κάθε είδος μηχανικού κλιματισμού. Όσο είναι δυνατόν αποφεύγονται τα μηχανικά συστήματα τα οποία καταναλώνουν αρκετή ενέργεια και χρησιμοποιούνται υπόγειοι αεραγωγοί και υδάτινα συστήματα για την θερμική άνεση στο σπίτι.

Η παθητική ψύξη μέσω εξωτερικών προεξοχών και σκιάστρων είναι αποτελεσματική μέθοδος, η οποία μπορεί να μειώσει κατά 50 - 60% τις ενεργειακές ανάγκες σε ψυκτικά συστήματα ακόμη και στις πολύ ζεστές χώρες της Μεσογείου.

Τέλος, έχει αποδειχθεί ότι το τελικό κόστος κατασκευής μιας παθητικής οικίας είναι το πολύ 3-4 % πιο ακριβή από την κατασκευή μιας συμβατικής οικίας. Η πράξη έχει αποδείξει σε χώρες σαν τη Γερμανία, Αυστρία, Ιταλία και Ισπανία που επενδύουν ενεργητικά στην κατασκευή παθητικών κτηρίων, ότι το πραγματικό κατασκευαστικό κόστος παθητικής οικίας δεν υπερβαίνει το 2-4% πάνω από τη τιμή μιας συμβατικής οικίας. Στατιστικά δεδομένα της Ευρωπαϊκής Ένωσης φαίνονται παρακάτω και απεικονίζουν τη πραγματικότητα.

	Standard House	Passive House	% Increase
Germany	1.400	1.494	6,71
Italy	1.200	1.284	7
France	940	1.034	10
Spain	720	740	2,85
UK	881	930	5,54
	Specific Construction Cost (Euro / m ²)	Specific Construction Cost (Euro / m ²)	

Σχήμα 32. Χαρακτηριστικές τιμές κατασκευής για συμβατικές και παθητικές οικίες σε μερικές χώρες της Ευρώπης. [European Commission, 2005]

Έχοντας υπ' όψιν την δραστική μείωση των λειτουργικών εξόδων μιας παθητικής οικίας, βγαίνει το συμπέρασμα ότι ουσιαστικά τα παθητικά σπιτία είναι πολύ πιο οικονομικά από τα συμβατικά, εκτός το γεγονός ότι είναι φιλικά προς το περιβάλλον και την υγεία του ανθρώπου. Στον πίνακα παρακάτω φαίνονται οι τιμές των απαιτήσεων σε θέρμανση και ψύξη σε διάφορες χώρες.

	Heating Demand			Cooling Demand	
	Standard	Passive		Standard	Passive
	kWh/m² yr			kWh/m² yr	
Germany	90	50		0	0
Italy	83	10.5		4.63	3
France	69.6	17.4		n/a	5
Spain	59	8.7		23.1	7.9
UK	59	15		0	0

Σχήμα 33. Ενεργειακή απαίτηση σε θέρμανση και ψύξη σε χώρες της Ε.Ε. [European Commission, 2005]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

«DESIGN BUILDER & ENERGY PLUS - ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

DESIGN BUILDER & ENERGY PLUS – ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

ΙΙΙ.1. Αρχές λειτουργίας του Energy Plus

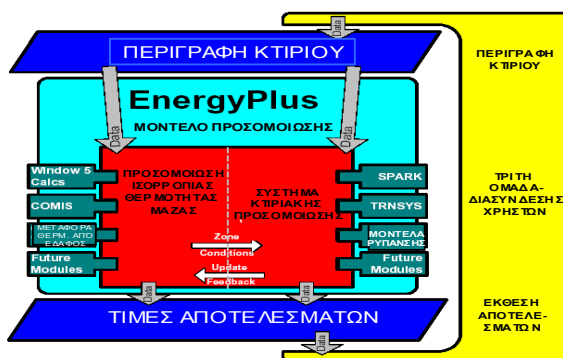
Το Energy Plus προέρχεται από τα προγράμματα BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) και DOE-2 που αναπτύχθηκαν, αξιοποιήθηκαν και έγιναν γνωστά στα τέλη του 1970 και στις αρχές του 1980 ως εργαλεία προσομοίωσης ενεργειακού φορτίου. Κοινός σκοπός τους αποτελούσε ο μηχανικός ή αρχιτεκτονικός σχεδιασμός του εκάστοτε εξοπλισμού ώστε να ταξινομηθούν κατά μέγεθος HVAC (Heating Ventilating Air Conditioning), ενώ παράλληλα αναπτύχθηκαν ανάλογες μελέτες για το κόστος του κύκλου ζωής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Μαζί με τα πρωτογενή προγράμματα, το Energy Plus είναι ένα μοντέλο ενεργειακής ανάλυσης και προσομοίωσης θερμικού φορτίου. Βασίζεται στη περιγραφή του κτιρίου από τον ίδιο το χρήστη, και συγκεκριμένα στη πιστή περιγραφή των χαρακτηριστικών της κάθε πλευράς της φυσικής κατασκευής συσχετισμένη με το μηχανολογικό σύστημα της. Το Energy Plus υπολογίζει τη θέρμανση και τη ψύξη που επικρατεί στην εγκατάσταση, ώστε να ρυθμιστεί και να διατηρηθεί η θερμότητα, κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες ενός υποδεέστερου συστήματος HVAC . Γίνεται αναπαράσταση με λεπτομερή περιγραφή του εξοπλισμού της βασικής εγκατάστασης, ώστε τα αποτελέσματα της κατανάλωσης ενέργειας να επαληθεύονται ικανοποιητικά από αυτά του πραγματικού κτιρίου. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά από το πρώτο Energy Plus που τέθηκε σε κυκλοφορία. Προσπαθώντας να βοηθήσει στη κατανόηση της εφαρμογής των διαφορετικών περιπτώσεων προσομοίωσης:

- Στο Energy Plus ο ταυτόχρονος συνδυασμός λύσεων αποτελεί την απάντηση για τα αρχικά και τα δευτερεύοντα συστήματά του, τα οποία είναι στενά συνδεδεμένα μεταξύ τους (η επαλήθευση μιας λύσης γίνεται μόνο όταν είναι απαραίτητο).
- Με ρυθμό περίπου μιας ώρας πραγματοποιείται από το χρήστη προσδιορισμός της αλληλεπίδρασης μεταξύ της θερμικής ζώνης και του περιβάλλοντος. Έλλειψη σταθερότητας παρουσιάζει η σχέση ανάμεσα στη θερμική ζώνη και στο HVAC σύστημα (που αυτομάτως μεταβάλλεται ώστε η σταθερότητα της επίλυσης να είναι εγγυημένη).
- Το απόσπασμα ASCII ασχολείται με τη κατάσταση του καιρού με τη βοήθεια εισαγόμενων και εξερχόμενων αρχείων που περιλαμβάνουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν ανά μία ώρα περίπου. Το IFC προωθεί το προσδιορισμό του αντικειμένου που μελετάται και παρουσιάζει αναγνωρισμένες σχετικές αναφορές.
- Η θερμική ισορροπία εξασφαλίζεται από ένα σύνολο τεχνικών μεθόδων. Με τη χρήση του θερμικού φορτίου του κτιρίου επιτρέπεται ο ταυτόχρονος υπολογισμός και των ακτινοβολιών και των επιδράσεων της θερμότητας ανά ώρα, τόσο στην αναπαράσταση του εσωτερικού χώρου όσο και του εξωτερικού.
- Η απότομη μεταβολή της έντασης της θερμικής αγωγιμότητας λόγω των στοιχείων του κτιρίου όπως τοίχοι, πατώματα, σκεπή, τάρατσα κ.α. οδηγεί στη χρήση της αγωγιμότητας σε τροποποιημένες συναρτήσεις.
- Με τη βοήθεια μοντελοποίησης μιας τρισδιάστατης πεπερασμένης πράσινης έκτασης αναβαθμίζεται ο υπολογισμός της θερμότητας εδάφους, στην οποία υπάρχουν διαφορετικές βασικές συνθήκες από τα μοντέλα προσομοίωσης εδάφους και τις απλουστευμένες αναλυτικές τεχνικές.
- Υπάρχει συνδυαστικό μοντέλο μεταφοράς μάζας και θερμότητας που εκτιμά την προσρόφηση, απορρόφηση, εξάτμιση της υγρασίας. Στις συναρτήσεις χρησιμοποιείται η μεταβολή της αγωγιμότητας είτε σε ένα ολοκληρωμένο έδαφος χωρισμένο σε στρώματα είτε σε ένα πραγματικό, διεισδυτικό-διαπερατό και βαθθ έδαφος μοντέλου EMPD.

- Περιέχει επιπλέον ένα υποστηρικτικό, βοηθητικό μοντέλο για τη θερμοκρασία βασισμένο στη δράση της υγρασίας μέσα στους βολβούς (στις ρίζες των φυτών) που βρίσκονται μέσα σε ένα υγρό έδαφος .
- Παράλληλα υπάρχει το μοντέλο ανισοτροπικού κλίματος (όσον αφορά μόνο τον καιρό στην ανώτερη ατμόσφαιρα) με σκοπό την βελτίωση των υπολογισμών της διαχεόμενης ηλιακής ακτινοβολίας που επιβαρύνει την επιφάνεια.
- Βελτιωμένη δημιουργία υπολογιστικού συστήματος παραθύρων που είναι ικανό να ελέγχει κάθε κρυμμένη, σκεπασμένη κατασκευή όπως παράθυρα, πατζούρια, ηλεκτροκίνητες υαλοκατασκευές κ.α. Ακόμα, εκτιμά τα ξεχωριστά στρώματα θερμότητας και υπολογίζει την αντίστοιχη θερμική ενέργεια που απορροφούν τα τζάμια των παραθύρων και παρουσιάζει τη συλλογή και την απόδοση των πολυάριθμων παραθύρων που βρίσκονται στο εμπόριο.
- Στο Energy Plus γίνεται έλεγχος της φωτεινότητας με υπολογισμό της φωτεινής ροής ανά μονάδα επιφάνειας στον εσωτερικό χώρο που εξετάζεται. Γίνεται μελέτη, έλεγχος και ρύθμιση της φωτεινότητας μέσω της προσομοίωσης της ώστε να γίνουν εμφανείς οι επιδράσεις στη θέρμανση ή στη ψύξη από τη μείωση του τεχνητού φωτισμού.
- Η σύνδεση των αγωγών του κυκλώματος βασίζονται στο μορφοποιημένο HVAC σύστημα (ένα συμβατικό σύστημα που εκπέμπει ακτινοβολία) που επιτρέπει στους χρήστες να μοντελοποιήσουν τυπικά και ελαφρώς μοντελοποιημένα συστήματα χωρίς να χρειαστεί να ανασυνταχθεί ο αρχικός κώδικας.
- Περιέχει υπολογισμούς για την ατμοσφαιρική ρύπανση που προβλέπει συγκεντρώσεις των CO₂, SO_x, NO_x, CO με διαφορετικές ουσίες σωματιδίων και προϊόντων υδρογονάνθρακα. Επιπλέον υπολογίζει τη παραμικρή ενεργειακή μετατροπή.
- Συμπεράσματα άλλων γνωστών προσομοιώσεων περιβάλλοντος όπως τα WINDOW5, COMIS (μοντέλο ροής αέρα), TRNSYS και SPARK οδηγούν το χρήστη σε μια λεπτομερέστερη ανάλυση των κτιριακών συνιστωσών.

Γενικά κανένα πρόγραμμα δεν είναι ικανό να αντεπεξέλθει σε όλες τις περιπτώσεις προσομοίωσης. Το Energy Plus διαχειρίζεται ένα μεγάλο αριθμό κτιρίων και πολλές μορφές σχεδίου HVAC είτε κατευθείαν είτε έμμεσα διαμέσου συνδυασμού άλλων προγραμμάτων. Ο στόχος του προγράμματος είναι ο υπολογισμός του θερμικού φορτίου και της ενεργειακής κατανάλωσης σε διάστημα ενός εικοσιτετράωρου ή μιας εκτεταμένης περιόδου (έως και περίοδος μεγαλύτερο από ένα χρόνο). Καθώς η πρώτη απόδοση του προγράμματος περιλαμβάνει τα βασικά χαρακτηριστικά που είναι άμεσα συνδεδεμένα με τις διάφορες μορφές θερμότητας των κτιρίων, η μελλοντική έκδοση του προγράμματος επιχειρεί να διευρυνθεί με άλλα θέματα που είναι σημαντικά για το υπαρκτό περιβάλλον του κτιρίου που εξετάζεται όπως νερό, ηλεκτρικά συστήματα κ.α.



Σχήμα 33. Περιγραφή της διαδικασίας λειτουργίας του Energy Plus [Energy Plus Manual]

Σημαντικό είναι επίσης να σημειωθεί τι δεν είναι το Energy Plus:

- Το Energy Plus μελλοντικά θα αποτελεί μηχανή προσομοίωσης που θα μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες των χρηστών ολοκληρωτικά επειδή παρουσιάζει τρισδιάστατα αποτελέσματα. Τα δεδομένα που εισάγονται και που εξάγονται αποτελούν βασικά θέματα του ASCII που συνοδεύονται από επεξηγήσεις και που κάλλιστα μπορούν να τοποθετηθούν στο GUI (σύνδεση με χρήστη γραφικά). Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στους δημιουργούς του προγράμματος να βελτιώσουν το σχεδιασμό της. Η τελευταία προσέγγιση του

μοντέλου επιτρέπει σε μελετητές, μηχανικούς και κατασκευαστές να βελτιώσουν το σχεδιασμό της εκάστοτε κατασκευής με τα ποιοτικά εργαλεία, που προσφέρει το πρόγραμμα

- Το Energy Plus δεν είναι ένα εργαλείο ανάλυσης του κόστους του κύκλου ζωής. Παράγει αποτελέσματα που μπορούν να χρησιμοποιούνται από μεγάλο εύρος ανθρώπων. Γενικά για υπολογισμούς αυτού του τύπου είναι προτιμότερο να γίνεται χρήση μικρότερων τυποποιημένων προγραμμάτων που μπορούν να ανταποκριθούν γρηγορότερα σε περιπτώσεις μετατροπών όπως αύξηση των τιμών ή αλλαγής της καθορισμένης μεθοδολογίας.
- Το Energy Plus δεν αντικαθιστά το αρχιτεκτονικό ή μηχανολογικό σχέδιο.

Δεν ελέγχει τις εισερχόμενες τιμές, δεν επαληθεύει αν η κλίμακα ή το σύνολο των μεταβλητών και των παραμέτρων είναι αποδεκτές και δεν επιχειρεί να ερμηνεύσει τα αποτελέσματα. Καθώς πολλά προγράμματα βοηθούν το χρήστη να συντονίσει και να διορθώσει τα εισερχόμενα λάθη. Το Energy Plus λειτουργεί με “εισερχόμενα σκουπίδια” (input trash) και “εξερχόμενα σκουπίδια” (output trash), δηλαδή με στοιχεία που ο χρήστης επιλέγει να εισάγει και όχι με κάποια επιστημονικά τεκμηριωμένα δεδομένα. Συμπερασματικά, οι μηχανικοί και οι αρχιτέκτονες θα είναι βασικοί συντελεστές για τη πρόοδο και την εξέλιξη των σχεδιαστικών συστημάτων που ασχολούνται με τις διάφορες μορφές θερμότητας.

III.2. ENERGY PLUS - τρόπος εισαγωγής και λειτουργίας μιας προσομοίωσης

Ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα για την εισαγωγή δεδομένων και προσομοίωση κτιρίου:

III.2.1. Βήμα 1 - Γενικές πληροφορίες για το κτίριο

Κάποιες εισαγωγικές κατευθύνσεις θα διευκολύνουν την συλλογή και τη σύνταξη των εισαγόμενων δεδομένων. Το Energy Plus χρειάζεται πληροφορίες που έχουν να κάνουν με την εξωτερική υπάρχουσα διάταξη του κτιρίου. Βέβαια, επιπλέον

δεδομένα που θα χρησιμεύσουν στο μοντέλο θα εξασφαλιστούν δυσκολότερα. Αρχικά θα πρέπει να συμπληρωθεί ένας κατάλογος στοιχείων πριν το σχεδιασμό του αρχείου εισαγωγής δεδομένων.

- Από την τοποθεσία γίνεται καταγραφή των κλιματολογικών πληροφοριών της πόλης ή της επαρχίας στην οποία βρίσκεται το κτίριο. Εάν είναι δυνατόν χρησιμοποιούνται τα κλιματολογικά αρχεία για τη περίοδο που θα τρέξει το πρόγραμμα.
- Χρειάζονται αρκετές πληροφορίες για τη κατασκευή του κτιρίου και των επιφανειών του (συμπεριλαμβανομένου τους εξωτερικούς και εσωτερικούς τοίχους, τους διαφορετικούς ορόφους και πατώματα, τα ταβάνια, τη σκεπή, τα παράθυρα και τις πόρτες) ώστε να παρουσιαστεί λεπτομερώς η συνολική γεωμετρία του.
- Απαραίτητες είναι οι επαρκείς πληροφορίες για τη χρήση του κτιρίου ώστε να δηλωθούν λεπτομερώς τα στοιχεία όπως ο φωτισμός, ο εξοπλισμός (π.χ. ηλεκτρικός, αέρια κ.α.) ή ο αριθμός των ανθρώπων σε κάθε ξεχωριστό χώρο της εγκατάστασης.
- Πρέπει να εξασφαλιστούν αρκετά δεδομένα που αφορούν τον θερμοστατικό έλεγχο του κάθε χώρου με σκοπό να γίνουν παραδοχές για τη στρατηγική που ακολουθείται για να ρυθμίζεται η θερμοκρασία σε κάθε δωμάτιο του κτιρίου.
- Πρέπει να δηλωθούν οι διάφορες εφαρμογές HVAC για να παρουσιαστούν καταλεπτώς στο μοντέλο.
- Χρειάζονται επαρκής πληροφορίες για τη κεντρική εγκατάσταση για να εισαχθούν στο μοντέλο τα συστήματα που υπάρχουν στο κτίριο όπως λέβητες, μηχανές ψύξης ή άλλοι εξοπλισμοί.

III.2.2. Βήμα 2 - Χωρισμός του κτιρίου σε ζώνες

Η επιφάνεια του κτιρίου είναι το βασικό στοιχείο για την μοντελοποίηση του κτιρίου.

Γενικά υπάρχουν δύο τύποι “επιφανειών” στο Energy Plus:

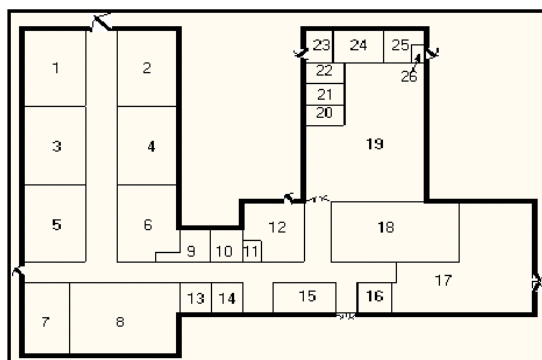
1. Επιφάνειες που μεταφέρουν θερμότητα
2. Επιφάνειες που αποθηκεύουν θερμότητα

Η βασική αρχή της μοντελοποίησης κτιρίων είναι: “Πάντα να ορίζεται η επιφάνεια ως επιφάνεια που συσσωρεύει θερμική ενέργεια εκτός αν πρέπει να οριστεί ως επιφάνεια στην οποία μεταφέρεται θερμότητα”. Οι ζώνες δεν διακρίνονται με βάση τις σημαντικές διαφορές στη θερμοκρασία, χωρίζονται ανάλογα με τη μεταφορά θερμότητας της κάθε επιφάνειας.

Οι εξωτερικές επιφάνειες όπως εξωτερικοί τοίχοι, οροφές και πατώματα είναι επιφάνειες μεταφοράς θερμικής ενέργειας. Ενώ εσωτερικές επιφάνειες (χωρισμένες) είναι κάτι σαν αποθήκες θερμότητας αν αποτελούν ξεχωριστοί χώροι που συντηρούν την ίδια θερμοκρασία και μεταφορείς θερμότητας αν οι ξεχωριστοί χώροι έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες.

Για ανακεφαλαίωση, ο κατάλληλος τρόπος για να χωριστούν οι ζώνες του κτιρίου σωστά είναι να αναγνωριστεί σε ποια από τις δύο κατηγορίες ανήκει.

Η ζώνη βασίζεται στη θερμική ενέργεια και όχι στη γεωμετρία της κατασκευής. Είναι κάτι σαν αέριος όγκος με σταθερή θερμοκρασία που η επιφάνεια του θα έχει την ικανότητα να αποθηκεύει ή να μεταφέρει τη θερμότητα της. Το Energy Plus υπολογίζει την ενέργεια που απαιτείται για να διατηρηθεί σε κάθε ζώνη μια καθορισμένη θερμοκρασία για κάθε ώρα της ημέρας. Έτσι το Energy Plus παρουσιάζει τη κάθε ζώνη ως θερμικό ισοζύγιο. Ο αντικειμενικός στόχος αυτής της άσκησης είναι να σχεδιαστούν όσο το δυνατόν λιγότερες ζώνες χωρίς σημαντικές αποκλίσεις από τη σωστή προσομοιωμένη εγκατάσταση. Παρόλα αυτά ο καθορισμός των ζωνών ενός κτιρίου είναι τέχνη. Μερικοί βασικοί κανόνες θα κρατήσουν τους καινούργιους χρήστες μακριά από προβλήματα στη προσομοίωση. Το παρακάτω σχήμα δείχνει το σχέδιο των επιφανειών του Ft. Monmouth Education Center



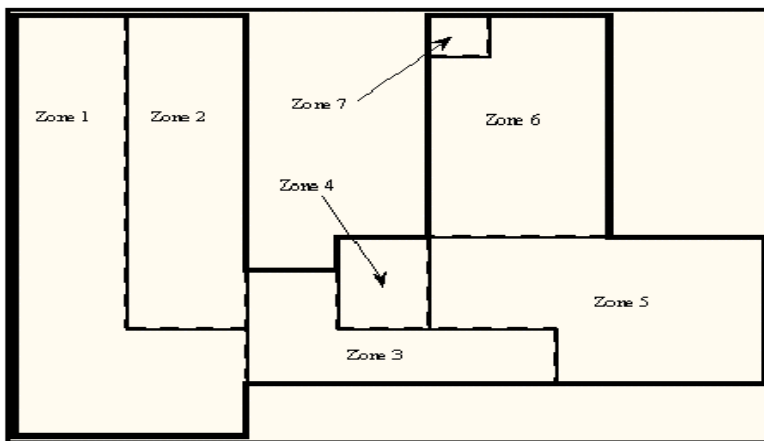
Σχήμα 34. Εκπαιδευτικό Κέντρο Monmouth [Energy Plus Manual]

Το βασικό ερώτημα είναι “πόσες θερμικές ζώνες πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να μοντελοποιηθεί το κτίριο;”. Κάποιος άπειρος σχεδιαστής κτιρίων μπορεί να ορίσει κάθε δωμάτιο ως μία ξεχωριστή ζώνη, όμως η ζώνη αποτελεί έναν αέριο όγκο με ενιαία θερμοκρασία. Επομένως η βασική αρχή για τον προσδιορισμό του αριθμού των ζωνών είναι να χρησιμοποιείται ο αριθμός των συστημάτων εξαερισμού (ή συστημάτων εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας) και όχι ο αριθμός των δωματίων της κατασκευής. Ο κατώτατος αριθμός ζωνών σε μια γενικότερη προσομοίωση συνήθως είναι ίσος με τον αριθμό των συστημάτων που προσφέρουν υπηρεσίες στο κτίριο.

Πέντε συστήματα έχουν χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό του Ft. Monmouth Education Center. Αυτά τα συστήματα μαζί με τις θερμικές τους ζώνες εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα. Η θέση της κάθε ζώνης παρουσιάζεται στο αμέσως παρακάτω σχήμα.

Αριθμός Συστημάτων	Όνομα Συστήματος	CFM	Ζώνη που ανήκει
1	Τέσσερις σωλήνες εξαερισμού με ελικοειδή μορφή-ανεμιστήρες	3900	Ζώνη 1
1	Τέσσερις σωλήνες εξαερισμού με ελικοειδή μορφή-ανεμιστήρες	2500	Ζώνη 2
2	Μοναδική ζώνη σχεδιασμένη σε μια πλευρά	1400	Ζώνη 3
3	Μοναδική ζώνη σχεδιασμένη σε μια πλευρά	2250	Ζώνη 5
4	Μοναδική ζώνη σχεδιασμένη σε μια πλευρά	2450	Ζώνη 6
5	Μονάδα θέρμανσης	185	Ζώνη 4
5	Μονάδα θέρμανσης	41	Ζώνη 7

Σχήμα 35. Ζώνες με βάση το είδος των συστημάτων του κτιρίου



Σχήμα 36. Θερμικές ζώνες στο Εκπαιδευτικό Κέντρο. [Energy Plus Manual]

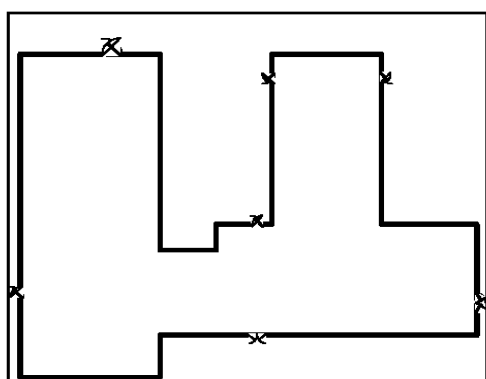
Παρατηρήσεις για τις ζώνες 1, 2, 4 και 7 – οι πιο σημαντικές αρχές για να χωριστούν οι ζώνες φαίνονται από τον τρόπο που σχεδιάστηκαν οι ζώνες του Monmouth Education Center, όπου ενισχύουν την κεντρική ιδέα των θερμικών ζωνών και υποστηρίζουν τη χρήση απλοποιημένων μοντέλων.

1η Σημείωση: Στη ζώνη 4 και 7 περιλαμβάνονται δύο δωμάτια που δεν συνορεύουν το ένα με το άλλο αλλά εξυπηρετούνται από το ίδιο σύστημα. Επειδή η θερμοκρασία του αέρα στους δύο χώρους είναι ενιαία παρόλο που διακόπτονται χωροταξικά μπορούν να οριστούν στην ίδια ζώνη. Λόγω κάποιων αποτελεσμάτων που πρέπει να υπολογιστούν θα χωριστούν σε δύο διαφορετικές.

2η Σημείωση: Η ζώνη 1 και 2 βρίσκονται στο ίδιο σύστημα εξαερισμού και έτσι θα μπορούσαν να οριστούν ως μια ζώνη η οποία θα τροφοδοτείται από κλιματιστικό μηχάνημα 7650cfm. Ο όγκος όμως αυτός διαιρείται σε δύο ζώνες επειδή ο σχεδιαστής περιμένει υψηλότερο ηλιακό φορτίο στη νότια και τη δυτική πλευρά και θέλει να εξετάσει τη κατανομή όσο και το μέγεθος του φορτίου στο χώρο.

Υπάρχουν επιπλέον δύο θεμελιώδεις αρχές όσον αφορά το διαχωρισμό των ζωνών. Το πλαίσιο των τζαμιών ενός παραθύρου είναι ένας παράγοντας εξίσου σημαντικός που επηρεάζει το τρόπο που θα γίνει η τμηματοποίηση των χώρων του κτιρίου σε ζώνες.

Με την βοήθεια των απλών μοντέλων μπορεί να υπολογιστεί το ολικό φορτίο του κτιρίου. Για παράδειγμα το ολικό κτιριακό φορτίο του Monmouth Education Center υπολογίζεται χρησιμοποιώντας το μοντέλο έχοντας μια ζώνη μόνο (το σχήμα βρίσκεται από κάτω) το οποίο **ΔΕΝ** θα είναι σημαντικά διαφορετικό από το ολικό κτιριακό φορτίο αν γινόταν η εφαρμογή του σύνθετου μοντέλου. Η κατανομή του φορτίου εντός του κτιρίου δεν μπορεί να εκτιμηθεί αν εφαρμοστεί το απλουστευμένο μοντέλο, σε αντίθεση με το μέγεθός του που μπορεί να βρεθεί γρήγορα.



Σχήμα 37. Μοντέλο με μία μοναδική ζώνη για Εκπαιδευτικό Κέντρο Monmouth [Energy Plus Manual]

Με την βοήθεια των απλών μοντέλων μπορεί να υπολογιστεί το ολικό φορτίο του κτιρίου. Για παράδειγμα το ολικό κτιριακό φορτίο μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας το μοντέλο έχοντας μια ζώνη μόνο, το οποίο **ΔΕΝ** θα είναι σημαντικά διαφορετικό από το ολικό κτιριακό φορτίο αν γινόταν εφαρμογή του σύνθετου μοντέλου. Η κατανομή του φορτίου εντός του κτιρίου δεν μπορεί να εκτιμηθεί αν εφαρμοστεί το απλουστευμένο μοντέλο, σε αντίθεση με το μέγεθος του που μπορεί να βρεθεί γρήγορα.

III.2.3. Βήμα 3 – Προετοιμασία πριν τη κατασκευή του κτιριακού μοντέλου.

Δουλεύοντας με τη βοήθεια μηχανολογικών σχεδίων, περιγραμμάτων ή σχεδιαγραμμάτων και ακολουθώντας τις κατευθυντήριες γραμμές από το Βήμα 2 ο διαχωρισμός των ζωνών θα είναι ήδη καθορισμένος. Προτείνεται οι μηχανικοί να σημειώνουν στα μηχανολογικά σχέδια, τις ζώνες και το μέγεθος των επιφανειών των κτιρίων. Πληροφορίες που αφορούν τη γεωμετρία και την

επιφάνεια του κτιρίου πρέπει να συγκεντρωθούν πριν αρχίσουν να περιγράφουν τα εισερχόμενα στοιχεία του προγράμματος. Συγκεκριμένα στο μοντέλο πρέπει:

1. Να καθοριστεί αν μεταφέρουν ή αν αποθηκεύουν θερμότητα οι επιφάνειες .
2. Να προσδιοριστούν οι ισοδύναμες επιφάνειες.
3. Να αναφερθούν λεπτομερώς οι υπάρχουσες επιφάνειες, τα στοιχεία και τα υλικά κάτω από αυτές (παράθυρα, πόρτες, κ.α.),τα υλικά και τον τρόπο κατασκευής τους.
4. Να γίνει συλλογή και σύνθεση όλων των στοιχείων για τις επιφάνειες και τα υλικά κάτω από αυτές.

Έπειτα από την ανάλυση των αρχικών βημάτων που πρέπει να ακολουθήσει ο κάθε χρήστης, έρχεται η στιγμή που θα ξεκινήσει να παρουσιάζει το αρχείο εισαγωγής δεδομένων. Χρησιμοποιώντας το τελευταίο μοντέλο BLAST και συγκεκριμένα με τη βοήθεια του μεταφραστικού προγράμματος του μοντέλου BLAST κατασκευάζεται το αρχείο εισαγωγής δεδομένων του Energy Plus. Η περιγραφή του μοντέλου που χρησιμοποιεί μια μόνο ζώνη θα εμφανίζεται σε αρχεία με παραδείγματα (Example Files) μετά την εγκατάσταση του Energy Plus. Το αρχείο αυτό μπορεί να χρησιμεύσει στη περιγραφή και άλλων τμημάτων του προγράμματος με τρόπο ώστε να γίνεται καλλίτερη ανάλυση του οικοδομήματος.

III.2.4. Προσδιορισμός της θερμικής μεταφοράς ή της αποθηκευτικότητας των επιφανειών

Οι επιφάνειες της κάθε κατασκευής μπορούν να περιγραφούν με πολλούς τρόπους, ένας από αυτούς είναι ως σύνολο ομαδοποιημένων στοιχείων ώστε να κατανοηθούν καλύτερα τα εισερχόμενα αρχεία. Για τη περιγραφή και τη κατηγοριοποίηση με ακρίβεια των επιφανειών πρέπει να είναι γνωστή κάθε λεπτομέρεια από τα κατασκευαστικά τους υλικά μέχρι και τις ιδιότητες τους. Επιτρεπτά είδη επιφανειών παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Τύποι επιφανειών	Εφαρμογές
Επιφάνεια: Μεταβιβαστής θερμότητας	τοιχος, στέγη, οροφή, υλικό επιστρώσεως τοίχου
Επιφάνεια: Μεταβιβαστής θερμότητας-στο κάτω μέρος	παράθυρο, πόρτα, γυάλινη πόρτα
Επιφάνεια: Μεταβιβαστής θερμότητας-στον εσωτερικό όγκο	χώρος εσωτερικά της ζώνης
Επιφάνεια: Με χρωματική διαβάθμιση για σκίαση-Χωρισμένη	Συσκευές φωτοσκίασης στη πρόσοψη του κτιρίου (άλλα κτίρια ,δέντρα κ.α.)
Επιφάνεια: Με χρωματική διαβάθμιση για σκίαση-Ενωμένη	Συσκευές φωτοσκίασης ενωμένες στο κτίριο (που προεξέχουν ή κρέμονται)

Σημειώνεται ότι οι κατασκευές πάνω στις επιφάνειες του κτιρίου (παράθυρα, πόρτες) θα υιοθετήσουν τις ιδιότητες των επιφανειών που βρίσκονται πάνω.

Οι επιφάνειες είναι αυτές που προσδιορίζουν το εξωτερικό περιβάλλον τους, τα υλικά των επιστρώσεων τους, τις οροφές τους, τα δάπεδά τους και τα σημεία που διαιρείται ο χώρος ώστε να δημιουργούνται τμήματα που θα παρουσιάζεται ελεγχόμενη θερμοκρασία.

Το πρόγραμμα αναλαμβάνει να διαχωρίσει τμήματα επιφανειών στα οποία η κάθε πλευρά τους θα έχει την ίδια θερμοκρασία. Αυτό σημαίνει ότι ακόμα και αν η θερμική ενέργεια αποθηκευτεί στη πάνω πλευρά του δωματίου ή στο πάτωμα ή στο μέρος που συνορεύουν δυο διαφορετικοί χώροι δεν πρόκειται να “φύγει”.

Επιπλέον μερικές επιφάνειες κατανέμουν στο χώρο μια σταθερή τιμή θερμοκρασίας που την παίρνουν από το εξωτερικό περιβάλλον. Επιφάνειες που λόγω της τοποθεσίας του κτιρίου τους υποβάλλονται στην επίδραση του ήλιου και του αέρα (π.χ. εξωτερικοί τοίχοι, εξωτερικά πατώματα, σκεπές) λαμβάνουν όλη την ηλιακή ακτινοβολία, την εξωτερική θερμοκρασία και την ένταση του ανέμου. Ενώ τα επίπεδα των στερεών σωμάτων του κτιρίου που προστατεύονται από τον ήλιο, την ταχύτητα και τη διεύθυνση του αέρα μεταδίδουν με σταθερό ρυθμό θερμότητας εξωτερικά.

Όσον αφορά τοίχους του υπογείου και πλάκες των δαπέδων διαχωρίζουν την κατασκευή από το φυσικό περιβάλλον του εδάφους. Όμως η θερμοκρασία αυτών των εξωτερικών επιφανειών επηρεάζεται από τη θερμοκρασία εδάφους.

Όσον αφορά άλλες επιφάνειες που χωρίζουν τις ζώνες που μπορεί να έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες. Είναι ένας τύπος επιφανειών που επιτρέπει τη μετάδοση θερμότητας από μια ζώνη με υψηλότερη θερμοκρασία σε μια ζώνη χαμηλότερης θερμοκρασίας (δια μέσου των τοίχων). Τμήμα της επιφάνειας μιας ζώνης που μεταφέρει θερμότητα δεν επηρεάζει σημαντικά τους υπολογισμούς εκτός εάν πρόκειται για μελέτη ειδικευμένη στην ηλιακή ενέργεια. Οι ανώτερες επιφάνειες (τοίχοι σε εξωτερικό χώρο) μπορούσαν να σχεδιαστούν καλύτερα ως ξεχωριστές ζώνες. Οι ισοδύναμες επιφάνειες εξυπηρετούν την εύκολη μοντελοποίηση. Το αντικείμενο που προσομοιώνεται πρέπει να χωριστεί σε όσο το δυνατόν λιγότερες ζώνες. Να περιέχει το κτίριο όσο το δυνατόν λιγότερες επιφάνειες χωρίς να γίνονται σημαντικοί συμβιβασμοί και να απέχει πολύ από την ακέραια προσομοίωση.

Ελαχιστοποιείται ο αριθμός και η πολυπλοκότητα, με το να ομαδοποιούνται οι ισοδύναμες επιφάνειες πριν την εισαγωγή των δεδομένων. Προτού μοιραστούν οι επιφάνειες ανάλογα με την ομοιότητά τους είναι προτιμότερο να βασιστεί η προσομοίωση στην βασική αρχή των ζωνών που στηρίζεται στις θερμικές τους ιδιότητες.

Το Energy Plus παρουσιάζει τη θερμική διακύμανση σε μια ξεχωριστή ζώνη μιας επιφάνειας και σε μια ζώνη ατμόσφαιρας. Για τους υπολογισμούς της τιμής της θερμότητας που μεταδίδεται και της γεωμετρικής κατάστασης της κατασκευής δεν χρησιμοποιούνται οι ζώνες των επιφανειών. Οι επιφάνειες δεν απαιτείται να είναι συνδεδεμένες. Εφόσον το πρόγραμμα γνωρίζει ποια είναι η κάθε θερμική ζώνη (μάζας ή αέρα) θα υπολογίζει σωστά το σύνολο του ισοζυγίου θερμότητας για κάθε επιφάνεια. Για παράδειγμα, για να βρεθεί το σύνολο της αποθηκευμένης θερμότητας των επιφανειών μιας κατασκευής μαζί με τις ζώνες

της μπορεί να οριστεί ως ενιαία ανεξάρτητη ορθογώνια επιφάνεια. Το μέγεθος των ισοδύναμων επιφανειών που ανήκουν σε μια ζώνη, ισούται με το ολικό άθροισμα της έκτασης των επιφανειών που αποθηκεύουν ποσότητα θερμότητας.

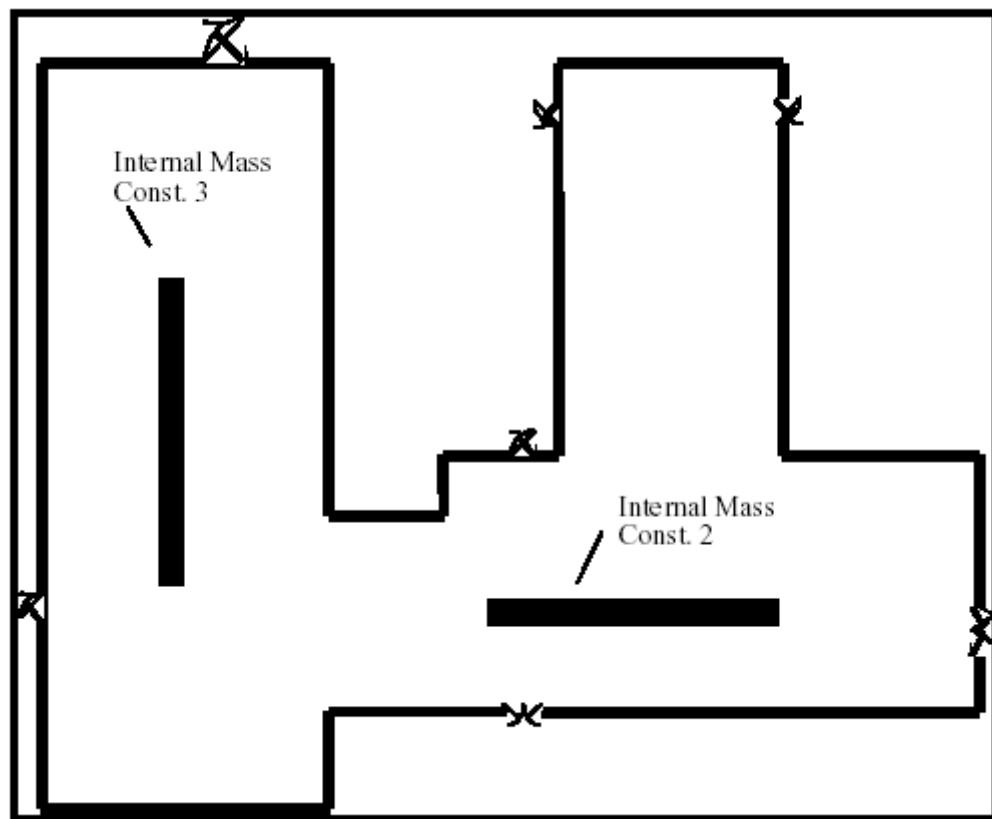
Μερικοί απλοί κανόνες θα βοηθήσουν στην κατανόηση των ισοδύναμων επιφανειών και πώς πραγματοποιείται ο χειρισμός τους. Γνωρίζοντας ότι αυτά αποτελούν μη δεσμευτικές οδηγίες για την απλοποίηση των εισαγόμενων δεδομένων. Κάθε απλοποίηση βοηθάει να προσδιοριστεί σημαντικά η επιρροή της σταθερής φωτοσκίασης, τα αποτελέσματα του κέρδους της θερμότητας σε εσωτερικούς χώρους από τον ήλιο ή την επίδραση των χαρακτηριστικών ενός ιδιαίτερου φωτισμού στο χώρο. Ο τελικός στόχος είναι να ερευνηθεί αν το μοντέλο βρίσκεται σε ικανοποιητικό επίπεδο όσον αφορά την συλλογή δεδομένων που συλλέγονται από τα βασικά χαρακτηριστικά της κατασκευής, χωρίς να ξοδεύεται υπερβολικός χρόνος για τη περιγραφή και τον υπολογισμό ασήμαντων λεπτομερειών.

1. Γίνεται περιγραφή κάθε ορόφου του κτιρίου σαν να είναι μια ζώνη σχήματος τετραγώνου. Με τη σειρά της, κάθε ζώνη μπορεί να έχει μια ορθογώνια οροφή και πάτωμα σχήματος ορθογωνίου.
2. Πραγματοποιείται σχεδιασμός του συνόλου των επιφανειών μιας εγκατάστασης που συσσωρεύουν θερμική ενέργεια σαν μια επιφάνεια που αποτελεί μια ζώνη. Το μέγεθός της υπολογίζεται από την άθροιση των επιφανειών που ανήκουν στην ζώνη. Λόγω αυτού αν οι χωρισμένες επιφάνειες ανήκουν ακριβώς σε μια ζώνη (όλες οι πλευρές της κάθε επιφάνειας) τότε για τους υπολογισμούς απαιτείται να προστεθεί όλο το εμβαδόν των ισοδύναμων τμημάτων αυτών. Εάν όμως οι επιφάνειες χωρίζονται σε δύο ζώνες θα προστεθούν ξεχωριστά τις ισοδύναμες επιφάνειες.
3. Ενώνονται όλα τα παράθυρα από το εξωτερικό τμήμα και θεωρούνται ως ένα ενιαίο παράθυρο. Συνήθως, κάθε εξωτερική επιφάνεια έχει από ένα παράθυρο διαφορετικής κατασκευής. Όμως για να δημιουργηθεί φωτοσκίαση

μπορεί να χρειαστούν περισσότερα παράθυρα που μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους για καλλίτερα αποτελέσματα.

Επιπλέον το Energy Plus έχει προγραμματιστεί για τη περίπτωση που στο κτίριο υπάρχουν γυάλινες πόρτες (χρησιμοποιούν τον τρόπο κατασκευής γυάλινων παραθύρων) οι οποίες μεταφέρουν την ηλιακή ακτινοβολία μέσα στην αντίστοιχη ζώνη. Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται το παράδειγμα του Fort Monmouth Education Center στο οποίο το σύνολο των επιφανειών του και των κατασκευών πάνω στις επιφάνειες του ανήκουν σε μια ζώνη.

Αφότου δημιουργήθηκαν δυο είδη διαχωρισμού των επιφανειών ενός κτιρίου ορίστηκαν και δύο είδη επιφανειών που αποθηκεύουν θερμότητα. Όπου όπως φαίνεται και από το σχήμα οι όγκοι των δύο επιφανειών βρίσκονται μέσα στις άλλες.



Σχήμα 38. Απλοποιημένη προσομοίωση χρησιμοποιώντας ισοδύναμες επιφάνειες [Energy Plus Manual]

III.2.5. Προσδιορίζοντας τα στοιχεία της κατασκευής.

Το BLAST, DOE-2 και άλλα προγράμματα συχνά εμπεριέχονται σε βιβλία κατασκευών, έγγραφα και μελέτες προσομοίωσης κτιρίων. Μετά τη δημιουργία του EnergyPlus πολλοί μηχανικοί και απλοί χρήστες βασίστηκαν και αξιοποίησαν το μοντέλο ενσωματώνοντας κάθε είδους βάσης δεδομένων, με το να επεξεργάζονται στοιχεία άλλων χρηστών. Σε πολλές περιπτώσεις η ομάδα δημιουργίας του Energy Plus βοήθησε τους χρήστες τροφοδοτώντας με αναφορές διαμορφωμένων παραδειγμάτων και δεδομένων (Reference Data Sets RDS), εφαρμογές όμοιων κατασκευών και υλικών (IDF). Έτσι το Energy Plus έχει ένα ολοκληρωμένο αρχείο δεδομένων – αφού όλα τα στοιχεία είναι απαραίτητο να συμπληρωθούν για να τρέξει το μοντέλο, όπου έπειτα συγχωνεύονται σε ένα ξεχωριστό αρχείο εισερχόμενων δεδομένων (IDF). Ο αμέσως επόμενος πίνακας περιέχει ονόματα διαφορετικών υλικών που περιλαμβάνονται στην έκδοση του BLAST. Στο Energy Plus έτσι και στο BLAST χρειάζεται να εισαχθούν τα υλικά κατασκευής κάθε ζώνης από έξω προς τα μέσα, με την αντίστοιχη σειρά. Ο παρακάτω πίνακας εμφανίζει τα κατασκευαστικά υλικά του Εκπαιδευτικού κέντρου.

Διαπιστώσεις:

- Οι διαφορετικοί τύποι επιφανειών που υπάρχουν είναι τοίχοι, πατώματα, οροφές, παράθυρα και πόρτες.
- Όλοι οι χρήστες πρέπει να γνωρίζουν τα ονόματα των διαφορετικών στοιχείων που υπάρχουν στην εγκατάσταση.
- Το Energy Plus αποτελεί συντόμευση της πρότυπης έκδοσης του BLAST
- Το ολοκληρωμένο όνομα των υλικών βρίσκεται στην έκδοση του μοντέλου BLAST.

Αριθμός	Τύπος (1)	Όνομα (2)	Συντόμευση (3)	Υλικά(4)
1	τοιχος	κατασκευή1	A2	4 IN ΠΥΚΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥΒΛΩΝ
			C8	8 IN HW ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
			IN3	ΣΚΛΗΡΟΙ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ 6IN
			PL4	ΓΥΨΙΝΑ LWA 5 / 8 IN
2	χώρισμα	κατασκευή2	PL4	ΓΥΨΙΝΑ LWA 5 / 8 IN
			A2	4 IN ΠΥΚΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥΒΛΩΝ
			C8	8 IN HW ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
			PL4	ΓΥΨΙΝΑ LWA 5 / 8 IN
3	χώρισμα	κατασκευή3	PL4	ΓΥΨΙΝΑ LWA 5 / 8 IN
			B1	ΑΝΤΟΧΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΚΕΝΟΥ ΑΕΡΟΣ
			PL4	ΓΥΨΙΝΑ LWA 5 / 8 IN
4	τοιχος	κατασκευή4	PL4	ΓΥΨΙΝΑ LWA 5 / 8 IN
			C8	8 IN HW ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
			A2	4 IN ΠΥΚΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥΒΛΩΝ
			PL4	ΓΥΨΙΝΑ LWA 5 / 8 IN
5	οροφή	κατασκευή5	RF4	ΠΟΛΥΣΤΡΩΜΑΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΓΙΑ ΟΡΟΦΕΣ ΚΑΙ ΣΤΕΓΕΣ 3 / 8 IN
			IN71	EXPANDED EXT POLYSTYRENE R12 2 IN
			E4	ΥΛΙΚΟ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΕΤΑΙ ΑΕΡΑΣ
			BB17	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΤΟΙΧΟΥ ΚΑΙ ΟΡΟΦΗΣ ΓΙΑ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ 3 / 4 IN
6	πάτωμα	κατασκευή6	DIRT 12 IN	ΧΩΜΑ 12 IN
			CO17	ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΙΟ ΑΠΟ ΣΤΕΓΝΗ ΑΜΜΟ ΚΑΙ ΧΑΛΙΚΙ 4 IN
			FF5	ΥΛΙΚΟ ΤΕΛΕΙΩΜΑΤΟΣ ΠΑΤΩΜΑΤΟΣ -ΠΛΑΚΑΚΙΑ 1 / 16 IN

III.2.6. Κτιριακές πληροφορίες

1. Προσανατολισμός του κτιρίου : Αυτή η σύνταξη απλοποιεί την σύνθετη γεωμετρία του κτιρίου με το να προσδιορίζει τη κλίση που σχηματίζεται από έναν τοίχο του κτιρίου με τον βορρά. Η τιμή της κλίσης του κτιρίου με τον βόρειο άξονα είναι μετρημένη από το πραγματικό βορρά (σύμφωνα με τη πυξίδα). Επιπλέον καθορίζεται με τη βοήθεια της οπτικής κρίσης του χρήστη ποια είναι η επιφάνεια του τοίχου που θα μετρηθεί η κλίση με το βόρειο άξονα. Διάφορες καταχωρήσεις τιμών της κλίσης παραπέμπονται σε αρχεία του BLAST.

2. *Ύψος του τοίχου*: Αυτό εισάγεται μία φορά. Υποθέτοντας ότι όλοι οι τοίχοι έχουν το ίδιο καθορισμένο ύψος. Αν το ύψος ενός τοίχου δίνεται ότι δεν είναι το ίδιο με τους υπόλοιπους, τότε το μήκος του τοίχου το ρυθμίζεται ώστε να είναι ισοδύναμο με το πραγματικό.

Συμπερασματικά:

Όπως προαναφέρθηκε ήδη, για τον υπολογισμό των θερμικών και ψυκτικών φορτίων ενός χώρου, πρέπει να εξεταστεί και να επιλεγεί μια μεγάλη σειρά παραμέτρων. Για τους υπολογισμούς χρειάζονται πληροφορίες για:

1. Τα δομικά χαρακτηριστικά και τη φύση της κατασκευής (τοίχοι, δάπεδα, οροφές ανοίγματα, κ.α.).
2. Τη γεωμετρία του χώρου (θέση και διαστάσεις κάθε στοιχείου), την χρήση του χώρου.
3. Την παραμονή, διαμονή ή εργασία των ανθρώπων (γενικά ζώντων οργανισμών) σε αυτόν.
4. Τις τιμές των παροχών και τους συντελεστές θερμικών και ψυκτικών φορτίων της διέλευσης και της λειτουργίας δικτύων και αγωγών (θέρμανση, φωτισμός, δίκτυα νερού, ψυχρών και θερμών ρευστών, κ.α.).
5. Τη λειτουργία συσκευών, μηχανών (διαφόρων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων).
6. Την επίδραση του προσανατολισμού και ιδιαίτερα της ηλιακής ακτινοβολίας.

III.2.7. Ισοζύγιο θερμότητας της κάθε ζώνης

$$C_z \frac{dT}{dt} = \sum_{i=1}^{N_{sl}} Q_i + \sum_{i=1}^{N_{surfaces}} h_i A_i (T_{si} - T_z) + \sum_{i=1}^{N_{zones}} m_i C_p (T_{zi} - T_z) + m_{inf} C_p (T_{\infty} - T_z) + Q_{sys}$$

Όπου:

$$\sum_{i=1}^{N_{sl}} Q_i - \text{το άθροισμα των εσωτερικών φορτίων λόγω συμμεταφοράς}$$

$\sum_{i=1}^{N_{surfaces}} h_i A_i (T_{si} - T_z)$ μεταφορά θερμότητας διαμέσου των επιφανειών των ζωνών λόγω συμμεταφοράς

$\sum_{i=1}^{N_{zones}} m_i C_p (T_{zi} - T_z)$ μεταφορά θερμότητας που οφείλεται στη ανάμιξη του αέρα που υπάρχει μέσα στις ζώνες

$m_{inf} C_p (T_{\infty} - T_z)$ μεταφορά θερμότητας που οφείλεται στη διείσδυση του εξωτερικού αέρα

Q_{sys} συνεισφορά του συστήματος αερισμού

$C_z \frac{dT}{dt}$ ενέργεια που αποθηκεύεται στον αέρα των ζωνών

Αν η θερμοχωρητικότητα του αέρα θεωρηθεί αμελητέα, η παραπάνω εξίσωση του μοντέλου σε σταθερές συνθήκες γίνεται:

$$-Q_{sys} = \sum_{i=1}^{N_{sl}} Q_i + \sum_{i=1}^{N_{surfaces}} h_i A_i (T_{si} - T_z) + \sum_{i=1}^{N_{zones}} m_i C_p (T_{zi} - T_z) + m_{inf} C_p (T_{\infty} - T_z)$$

Τα συστήματα αερισμού ζεστού ή κρύου αέρα στις ζώνες καλύπτουν τις απαιτήσεις για ψύξη ή θέρμανση. Η ενέργεια που παρέχει το σύστημα μπορεί λοιπόν να υπολογιστεί από τη διαφορά της ενθαλπίας του παρεχόμενου αέρα με την ενθαλπία του αέρα που απομακρύνεται από τη ζώνη, όπως φαίνεται στην παρακάτω εξίσωση:

$$Q_{sys} = m_{sys} C_p (T_{sup} - T_z)$$

Αντικαθιστώντας την παραπάνω εξίσωση στην αρχική παίρνουμε:

$$C_z \frac{dT}{dt} = \sum_{i=1}^{N_{sl}} Q_i + \sum_{i=1}^{N_{surfaces}} h_i A_i (T_{si} - T_z) + \sum_{i=1}^{N_{zones}} m_i C_p (T_{zi} - T_z) + m_{inf} C_p (T_{\infty} - T_z) + m_{sys} C_p (T_{sup} - T_z)$$

Τώρα το άθροισμα των φορτίων των ζωνών και του φορτίου που παράγει το σύστημα ισούνται με τη μεταβολή της ενέργειας που αποθηκεύεται στη ζώνη. Τυπικά η θερμοχωρητικότητα C_z είναι αυτή του αέρα της ζώνης μόνο. Παρόλα αυτά στον όρο αυτό μπορούν να συμπεριληφθούν και θερμές μάζες οι οποίες θεωρούνται πως βρίσκονται σε ισορροπία με τον αέρα των ζωνών.

Για την επίλυση της παραπάνω εξίσωσης χρησιμοποιείται η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών. Έτσι ο τύπος που δίνει τη θερμοκρασία της κάθε ζώνης, σε μια ορισμένη χρονική στιγμή είναι:

$$T_z^t = \frac{\sum_{i=1}^{N_{sl}} Q_i + \sum_{i=1}^{N_{surfaces}} h_i A_i T_{si} + \sum_{i=1}^{N_{zones}} m_i C_p T_{zi} + m_{inf} C_p T_{\infty} + m_{sys} C_p T_{sup}}{\left(\frac{11}{6}\right) \frac{C_z}{\delta t} + \sum_{i=1}^{N_{surfaces}} h_i A_i + \sum_{i=1}^{N_{zones}} m_i C_p + m_{inf} C_p + m_{sys} C_p} - \frac{\left(\frac{C_z}{\delta t}\right) \left(-3T_z^{t-\delta t} + \frac{3}{2}T_z^{t-2\delta t} - \frac{1}{3}T_z^{t-3\delta t}\right)}{\left(\frac{11}{6}\right) \frac{C_z}{\delta t} + \sum_{i=1}^{N_{surfaces}} h_i A_i + \sum_{i=1}^{N_{zones}} m_i C_p + m_{inf} C_p + m_{sys} C_p}$$

Αυτή είναι η βασική εξίσωση που χρησιμοποιείται στο Energy Plus. Μια και όλες οι διεργασίες εξαρτώνται από το φορτίο της κάθε ζώνης, το φορτίο αυτό χρησιμοποιείται ως η αρχική απαίτηση του συστήματος. Έπειτα η προσομοίωση του συστήματος παρέχει την πραγματική ικανότητα παροχής ενέργειας και η θερμοκρασία των ζωνών προσαρμόζονται αν αυτό είναι αναγκαίο.

III.3. Ισοζύγιο Θερμότητας Εξωτερικών Επιφανειών

Το ισοζύγιο θερμότητας στις εξωτερικές επιφάνειες των εξωτερικών τοίχων περιγράφεται από την εξίσωση:

$$q''_{sol} + q''_{LWR} + q''_{conv} - q''_{ko} = 0$$

Όπου:

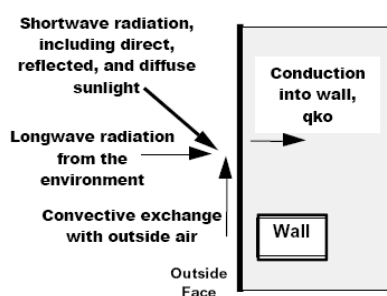
q''_{sol} Ηλιακή ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος που απορροφάται άμεσα και με διάχυση

q''_{conv} Εναλλαγή θερμότητας με τον εξωτερικό αέρα λόγω συμμεταφοράς

q''_{LWR} Καθαρή εναλλαγή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος (θερμική) με τον αέρα και το περιβάλλον

q''_{ko} Θερμότητα που μεταδίδεται στο εσωτερικό του τοίχου λόγω συναγωγής

Όλα τα q αναφέρονται σε ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας (W/m^2)



Σχήμα 39. Το ισοζύγιο θερμότητας στις εξωτερικές επιφάνειες των εξωτερικών τοίχων [Energy Plus Manual]

III.4. Εσωτερικό Ισοζύγιο Θερμότητας

Η καρδιά της μεθόδου του ισοζυγίου θερμότητας είναι το εσωτερικό ισοζύγιο θερμότητας που εμπλέκει τα εσωτερικά μέτωπα των επιφανειών των ζωνών. Αυτό το ισοζύγιο μοντελοποιείται γενικά με τη χρήση των :

- Συναγωγή διαμέσου των στοιχείων του κτιρίου.

- Συμμεταφορά μέσω του αέρα.
- Απορρόφηση και ανάκλαση ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος.
- Εναλλαγή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος.

Η ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία που μπαίνει στη ζώνη μέσω των παραθύρων και από την εκπομπή ακτινοβολίας από εσωτερικές πηγές, όπως τα φώτα. Η εναλλαγή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος περιλαμβάνει την απορρόφηση και εκπομπή ακτινοβολίας από πηγές ακτινοβολίας μικρής θερμοκρασίας όπως ο εξοπλισμός, οι άνθρωποι, και οι υπόλοιπες επιφάνειες των ζωνών

Το ισοζύγιο θερμότητας στο εσωτερικό μέτωπο των τοίχων είναι:

$$q''_{LWX} + q''_{SW} + q''_{LWS} + q''_{ki} + q''_{sol} + q''_{conv} = 0$$

Όπου:

q''_{LWX} Καθαρή εναλλαγή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος ανάμεσα στις επιφάνειες των ζωνών

q''_{SW} Ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος από τα φώτα στις επιφάνειες

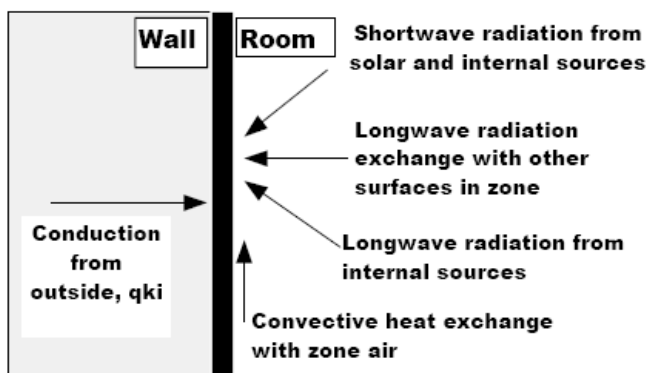
q''_{LWS} Ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος από συσκευές μέσα στη ζώνη

q''_{ki} Θερμότητα από τον εξωτερικό τοίχο μέσω συναγωγής

q''_{sol} Απορροφημένη ηλιακή ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος

q''_{conv} Θερμότητα από τον αέρα μέσα στη ζώνη που μεταδίδεται με συμμεταφορά

Οι όροι του ισοζυγίου θερμότητας παρουσιάζονται συνοπτικά στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 40. Το ισοζύγιο θερμότητας στις εξωτερικές επιφάνειες των εσωτερικών τοίχων [Energy Plus Manual]

III.5. Design Builder – Φιλική προς τον χρήστη εφαρμογή του Energy Plus

Το λογισμικό Design Builder ουσιαστικά διαθέτει φιλικό προς τον χρήστη προσομοιωτικό περιβάλλον πραγματικών κτηρίων με όλες τις εφαρμογές που προσφέρει το μη φιλικό προς τον χρήστη Energy Plus. Το Design Builder χρησιμοποιεί το μηχάνημα δυναμικής προσομοίωσης του Energy Plus για να παράγει δεδομένα αναπαράστασης. Το λογισμικό αυτό παρέχει σειρά διαφόρων δεδομένων αναπαράστασης περιβαλλοντικών συνθηκών όπως ετήσια ενεργειακή κατανάλωση κτηρίου, μέγιστες καλοκαιρινές θερμοκρασίες και μεγέθη διαφόρων στοιχείων του συστήματος HVAC. Μερικές τυπικές χρήσης του προγράμματος είναι:

- Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτηρίου
- Εκτίμηση θερμικής απόδοσης της πρόσοψης ενός κτηρίου σε συνδυασμό με προβλέψεις υπερθέρμανσης και την εμφάνιση του κτηρίου
- Θερμική προσομοίωση κτηρίων με φυσικό αερισμό
- Φυσικός φωτισμός – προσομοίωση συστημάτων ελέγχου φυσικού φωτισμού και υπολογισμός εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας
- Τρισδιάστατη εικονική αναπαράσταση του κτηρίου και των μερών του
- Υπολογισμός μεγεθών των ψυκτικών και θερμαντικών συστημάτων

- Εκπαιδευτικό εργαλείο για μηχανικούς

Το Design Builder έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς και την προσομοιωτική διαδικασία του EPlus να μπορούν να εισάγονται από το χρήστη, ενώ υπάρχουν ενσωματωμένες βιβλιοθήκες δεδομένων στο λογισμικό, οι οποίες προσφέρονται κατευθείαν στον μελετητή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

**«ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΜΙΑΣ ΠΑΘΗΤΙΚΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΟ
ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ»**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΜΙΑΣ ΠΑΘΗΤΙΚΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί μία μονοκατοικία σχεδιασμένη με τις τεχνικές παθητικής ψύξης και η θερμική απόδοσή της με τη χρήση δεδομένων του κλίματος στην Αθήνα, με σκοπό την απόδειξη του γεγονότος ότι ένα παθητικό κτήριο έχει ανθρωπιστικό, κοινωνικό, περιβαλλοντικό και οικονομικό όφελος και η δημιουργία τέτοιων κτηρίων είναι πλέον απαραίτητη, ειδικά στην Ελλάδα, όπου υπάρχει αφθονία φυσικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

IV.1. Γεωγραφία της Αττικής

Έδαφος : Το μεγαλύτερο τμήμα του εδάφους του Ν. Αττικής είναι ημιορεινό. Αναλυτικά η κατανομή του σε κατηγορίες έχει ως εξής : 26% πεδινό, 65% ημιορεινό και 9% ορεινό. **Όρη :** Τα όρη της Αττικής είναι : ο Κιθαιρώνας που βρίσκεται στα Δυτικά του νομού, ο Πατέρας που βρίσκεται Νότια του Κιθαιρώνα, τα Γεράνεια Όρη που εκτείνονται από Δυτικά προς Ανατολικά στην επαρχία Μεγαρίδας, η Πάρνηθα, η Πεντέλη, ο Υμηττός, τα Βουνά της Κερατέας, το Μαυροβούνι και οι Λόφοι των Κυθήρων. **Πεδιάδες :** Οι πεδιάδες της Αττικής δεν είναι μεγάλες. Οι κυριότερες βρίσκονται στο Μενίδι, στα Λιόσια, στη Βαρυμπόμπη, στον Άγιο Στέφανο, στα Μέγαρα, στην Ελευσίνα, στα Μεσόγεια, στον Μαραθώνα και στον Ωροπό. **Ποταμοί:** Σήμερα στο νομό δεν υπάρχουν ποταμοί. Εξάιρεση αποτελούν ο Ασωπός, που διαρρέει ελάχιστα το έδαφός του και ο Ιλισός που πηγάζει από τον Υμηττό και εκβάλλει στον Φαληρικό Όρμο. Στην αρχαιότητα υπήρχε ο πλούσιος σε νερά Κηφισός, που πηγάζει από την Πάρνηθα. Σήμερα ο Κηφισός έχει νερά μόνο το χειμώνα, σε περίοδο βροχοπτώσεων. **Λίμνες :** Μόνο μία λίμνη υπάρχει στο νομό, η λίμνη του Μαραθώνα, που είναι η μεγάλη δεξαμενή ύδρευσης για την Αθήνα. **Δάση :** Η Αττική έχει μεγάλη δασοκάλυψη. Κυριότερα δασικά δέντρα είναι το πεύκο και το έλατο. Τα περισσότερα δάση βρίσκονται στις επαρχίες Αττικής και

Μεγαρίδος. **Κλίμα** : Η Αττική έχει ξηρό κλίμα, με κύρια χαρακτηριστικά τους ήπιους και βροχερούς χειμώνες, ζεστά καλοκαίρια και, γενικά, μακρές περίοδοι ηλιοφάνειας κατά την μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. Από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο εποχές: Την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο που διαρκεί από τα μέσα του Οκτωβρίου και μέχρι το τέλος Μαρτίου και τη θερμή και άνομβρη εποχή που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο. Οι βροχές στην Αττική ακόμη και τη χειμερινή περίοδο δεν διαρκούν για πολλές ημέρες και ο ουρανός δεν μένει συννεφιασμένος για αρκετές συνεχόμενες ημέρες, όπως συμβαίνει σε άλλες περιοχές της γης. Οι χειμερινές κακοκαιρίες διακόπτονται συχνά κατά τον Ιανουάριο και το πρώτο δεκαπενθήμερο του Φεβρουαρίου από ηλιόλουστες ημέρες, τις γνωστές από την αρχαιότητα “ Αλκυονίδες ημέρες”. Κατά τη θερμή και άνομβρη εποχή ο καιρός είναι σταθερός , ο ουρανός σχεδόν αίθριος, ο ήλιος λαμπερός και δεν βρέχει εκτός από σπάνια διαλείμματα με ραγδαίες βροχές ή καταιγίδες μικρής όμως διάρκειας. Η θερμότερη περίοδος είναι το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και το πρώτο του Αυγούστου οπότε η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 29 C μέχρι 35 C. Κατά τη θερμή εποχή οι υψηλές θερμοκρασίες μετριάζονται από τη δροσερή θαλάσσια αύρα στις παράκτιες περιοχές της Αττικής και από τους βόρειους ανέμους που φυσούν κυρίως στο Αιγαίο.

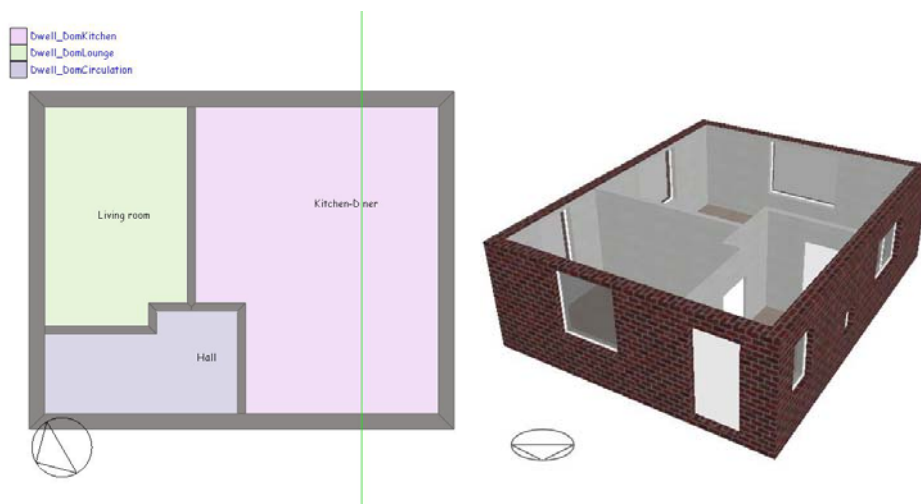
IV.2. Χαρακτηριστικά του κτηρίου

Το κτήριο, το οποίο προσομοιώνεται μέσω του Energy Plus και Design Builder είναι μονοκατοικία και έχει σχεδιαστεί με σκοπό να παρουσιάσει και να ελέγξει διάφορες εφαρμογές που εκμεταλλεύονται την παθητική ηλιακή ενέργεια. Ο σχεδιασμός του κτηρίου δίνει ιδιαίτερη έμφαση στις στρατηγικές παθητικής ψύξης, ενώ ταυτόχρονα έχει γίνει προσπάθεια για την δημιουργία βέλτιστων συνθηκών φυσικού φωτισμού.

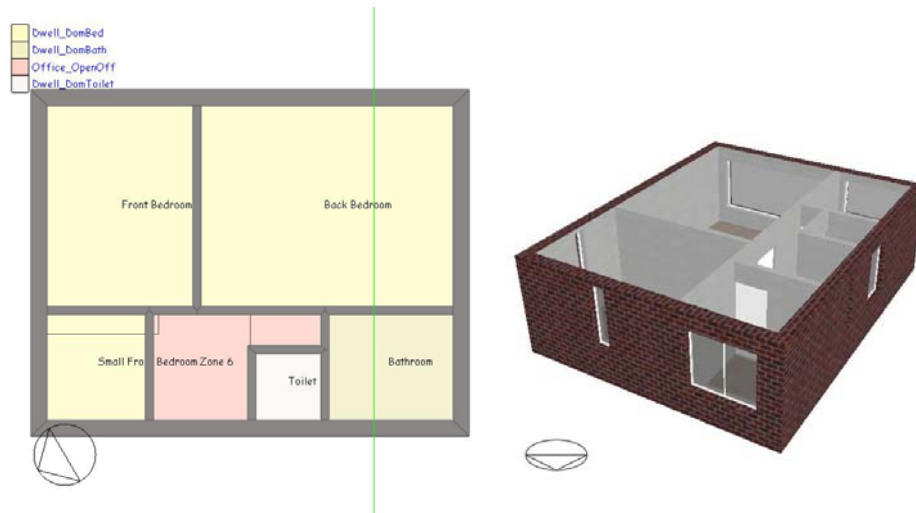
Η περιπτώσιολογία αυτής της μελέτης αναφέρεται σε μία τυπική μονοκατοικία στα προάστια της Αθήνας, δύο ορόφων, οι οποία διαθέτει μικρή αυλή. Η οικία είναι διώροφη, στο ισόγειο διαθέτει χολ, κουζίνα, τραπεζαρία και σαλόνι, ενώ στον πρώτο όροφο βρίσκονται 3 υπνοδωμάτια, ένα μπάνιο και ένα WC. Η επιφάνεια κάθε ορόφου είναι 42 τ.μ.



Σχέδιο 41. Νοτιοδυτική (αριστερά) και νοτιοανατολική (δεξιά) όψη του κτηρίου



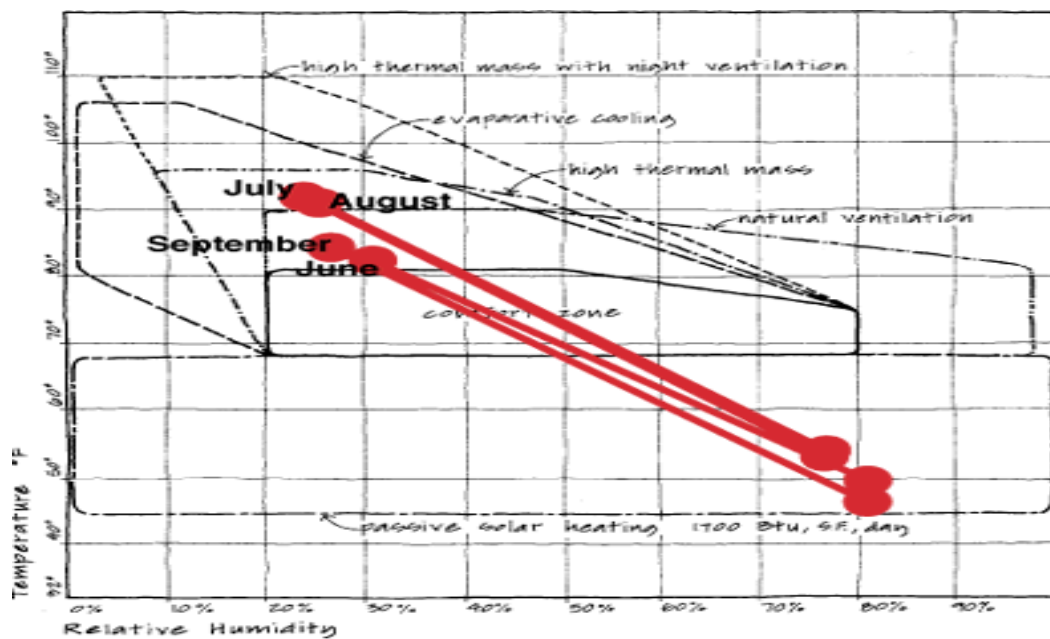
Σχέδιο 42. Ισόγειο του κτηρίου 42 τ.μ. (χολ, κουζίνα, τραπεζαρία, σαλόνι)



Σχέδιο 43. Πρώτος όροφος του κτηρίου 42 τ.μ. (τρία υπνοδωμάτια, μπάνιο, WC)

IV.3. Βιοκλιματικό Διάγραμμα - Κλίμα της Αττικής

Για την λήψη απόφασης στρατηγικής για βέλτιστη τεχνική στο συγκεκριμένο κτήριο θα εφαρμοστεί η μέθοδος του βιοκλιματικού διαγράμματος. Τα κλιματολογικά στοιχεία της Αττικής δείχνουν το ακόλουθο αποτέλεσμα:



Σχέδιο 44. Βιοκλιματικό διάγραμμα για το κλίμα της Αττικής.

Από το βιοκλιματικό διάγραμμα βασισμένο στα δεδομένα της Αττικής προκύπτει ότι κατάλληλες για τον σχεδιασμό ενός κτηρίου είναι ο φυσικός εξαερισμός και υψηλή θερμική μάζα. Χρησιμοποιώντας αυτές τις τεχνικές θα είναι δυνατή η επίτευξη βέλτιστων εσωτερικών συνθηκών.

IV.4. Δεδομένα στα Σενάρια

Γίνεται προσομοίωση του κτηρίου σε διάφορα σενάρια με βάση τα δομικά υλικά. Μελετούνται επίσης κάποιοι άλλοι παράγοντες και αποδεικνύεται ότι το κτήριο έχει καλύτερη θερμική άνεση και φωτισμό όταν αυτοί οι παράγοντες είναι σταθεροί. Πρόκειται για τον προσανατολισμό του κτηρίου, το χρώμα του, την προεξοχή της στέγης μεγέθους 50 cm., τους υαλοπίνακες.

Ο βέλτιστος προσανατολισμός του κτηρίου αποδείχτηκε να είναι ο νότιος. Η πρόσοψη του κτηρίου βρίσκεται νότια, ενώ ο μεγάλος άξονας έχει κατεύθυνση ανατολή – δύση. Τα μεγαλύτερα και περισσότερα ανοίγματα βρίσκονται στην νότια μεριά του κτηρίου, ενώ υπάρχουν ελάχιστα μικρά ανοίγματα στην βόρεια πλευρά. Βέλτιστη απόδοση στην θερμική άνεση παρατηρείται όταν το χρώμα του κτηρίου είναι άσπρο, όταν στα ανοίγματα τοποθετούνται διπλοί υαλοπίνακες με αέρια στεγανότητα και όταν υπάρχει προεξοχή της στέγης 50 cm.

Σε όλα τα σενάρια προσομοίωσης εφαρμόζεται η τεχνική του διαγώνιου φυσικού αερισμού. Είναι δεδομένο επίσης ότι το κτήριο χρησιμοποιείται σε όλο το εικοσιτετράωρο για οικιακές ανάγκες μόνο. Αυτό σημαίνει ότι είναι σε λειτουργία όλες οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές, όπως επίσης – ηλεκτρονικός υπολογιστής. Δεν εξετάζεται η επιρροή της εξωτερικής βλάστησης σε κανένα από τα σενάρια. Σε όλα τα σενάρια ο ρόλος της θερμικής μάζας έχει το ίδιο το κτήριο, για αυτό και εξετάζεται το υλικό δόμησης.

Τα δεδομένα που εισάχθηκαν για την προσομοίωση στο Energy Plus είναι συγκεντρωμένα στον παρακάτω πίνακα:

Σενάρια Προσομοίωσης	Συμβατικό κτήριο χωρίς μόνωση	Συμβατικό κτήριο με κενό αέρα στον τοίχο	Συμβατικό κτήριο με κενό αέρα στον τοίχο	Energy Code Light Weight	Energy Code Medium Weight	Energy Code Heavy Weight
External Walls	Brickwork 0,22 m	Concrete Block 0,10 m	Brickwork 0,22 m	Metallic Cladding 0,006 m	Brickwork 0,22 m	Brickwork 0,105 m
	Plaster 0,013 m	Air Gap 10mm 0,05 m	Air Gap 10mm 0,05 m	XPS Extruded Polystyrene 0,06 m	MW Glasswool 0,05m	XPS Extruded Polystyrene 0,118 m
		Concrete Block 0,10 m	Brickwork 0,22 m	Gypsum Plasterboard 0,013 m	Brickwork 0,22 m	Concrete Block 0,108 m
		Gypsum Plastering 0,015 m	Plaster 0,013 m		Plaster 0,013 m	Gypsum Plastering 0,015 m
Internal Partitions	Plaster (Lightweight) 0,013 m	Plaster (Lightweight) 0,013 m	Plaster (Lightweight) 0,013 m	Gypsum Plasterboard 0,025 m	105mm brick (plastered both sides)	105mm brick (plastered both sides)
	Brickwork (Inner Leaf) 0,105 m	Brickwork (Inner Leaf) 0,105 m	Brickwork (Inner Leaf) 0,105 m	Air Gap 10mm		
	Plaster (Lightweight) 0,013 m	Plaster (Lightweight) 0,013 m	Plaster (Lightweight) 0,013 m	Gypsum Plasterboard 0,025 m		
Flat Roof	Asphalt 0,019 m	Asphalt 0,019 m	Asphalt 0,019 m	Asphalt 0,019 m	Asphalt 0,019 m	Asphalt 0,019 m
	Screed 0,075 m	Screed 0,075 m	Fibreboard 0,013 m	Fibreboard 0,013 m	Fibreboard 0,013 m	Fibreboard 0,013 m
	Cast Concrete 0,10 m	Wood Wool Slab 0,05 m	XPS Extruded Polystyrene 0,065 m	XPS Extruded Polystyrene 0,074 m	XPS Extruded Polystyrene 0,065 m	XPS Extruded Polystyrene 0,065 m
		Cast Concrete 0,10 m	Cast Concrete (Lightweight) 0,10 m	Cast Concrete (Lightweight) 0,10 m	Cast Concrete 0,10 m	Cast Concrete 0,10 m
Pitched roof	Clay tile 0,025 m	Clay tile 0,025 m	Clay tile 0,025 m	Clay tile 0,025 m	Clay tile 0,025 m	Clay tile 0,025 m
	MW Stone wool 0,095 m	MW Stone wool 0,095 m	MW Stone wool 0,095 m	MW Stone wool 0,095 m	MW Stone wool 0,095 m	MW Stone wool 0,095 m
	Roofing Felt 0,005 m	Roofing Felt 0,005 m	Roofing Felt 0,005 m	Roofing Felt 0,005 m	Roofing Felt 0,005 m	Roofing Felt 0,005 m
External door	Painted Oak 0,035 m	Painted Oak 0,035 m	Painted Oak 0,035 m	Painted Oak 0,035 m	Painted Oak 0,035 m	Painted Oak 0,035 m
External floor	External Rendering 0,025 m	External Rendering 0,025 m	External Rendering 0,025 m	External Rendering 0,025 m	External Rendering 0,025 m	External Rendering 0,025 m
	MW Stone wool 0,077 m	MW Stone wool 0,077 m	MW Stone wool 0,077 m	MW Stone wool 0,077 m	MW Stone wool 0,077 m	MW Stone wool 0,077 m
Internal Floor Slab	Cast Concrete 0,10 m	Cast Concrete 0,10 m	Fibreboard 0,02 m	Cast Concrete 0,10 m	Fibreboard 0,02 m	Fibreboard 0,02 m
Ground Floor Slab	Cast Concrete 0,13 m	Cast Concrete 0,13 m	Cast Concrete 0,13 m	XPS Extruded Polystyrene 0,066 m	Cast Concrete 0,13 m	XPS Extruded Polystyrene 0,066 m
				Cast Concrete 0,10 m		Cast Concrete 0,13 m
Internal Thermal Mass	Cast Concrete 0,10 m	Cast Concrete 0,10 m	Cast Concrete 0,10 m	Cast Concrete 0,10 m	Cast Concrete 0,10 m	Cast Concrete 0,10 m

Πίνακας 1. Υλικά δόμησης στα σενάρια προσομοίωσης με Energy Plus

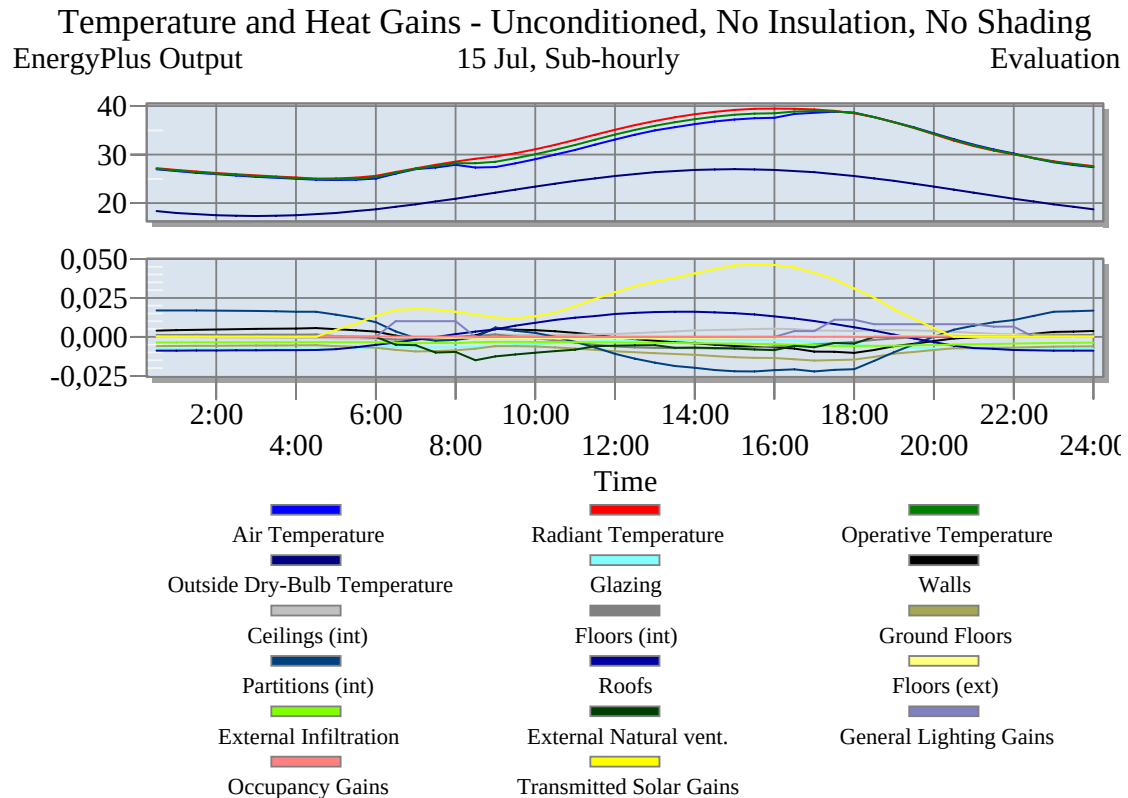
IV.5. Σενάρια προσομοίωσης

Ακολουθούν αποτελέσματα 6 σεναρίων προσομοιώσεις για το κτήριο που αναφέρεται παραπάνω. Όλα τα σενάρια βασίζονται στον παράγοντα δομικά υλικά. Έχουν χρησιμοποιηθεί έξι διαφορετικές περιπτώσεις για να βρεθεί η καλύτερη λύση για το κλίμα της Αττικής. Παρουσιάζονται κάποια διαγράμματα με αποτελέσματα από την προσομοίωση για την θερμοκρασία, τα κέρδη θερμότητας, τα εσωτερικά κέρδη θερμότητας στο παράρτημα της εργασίας.

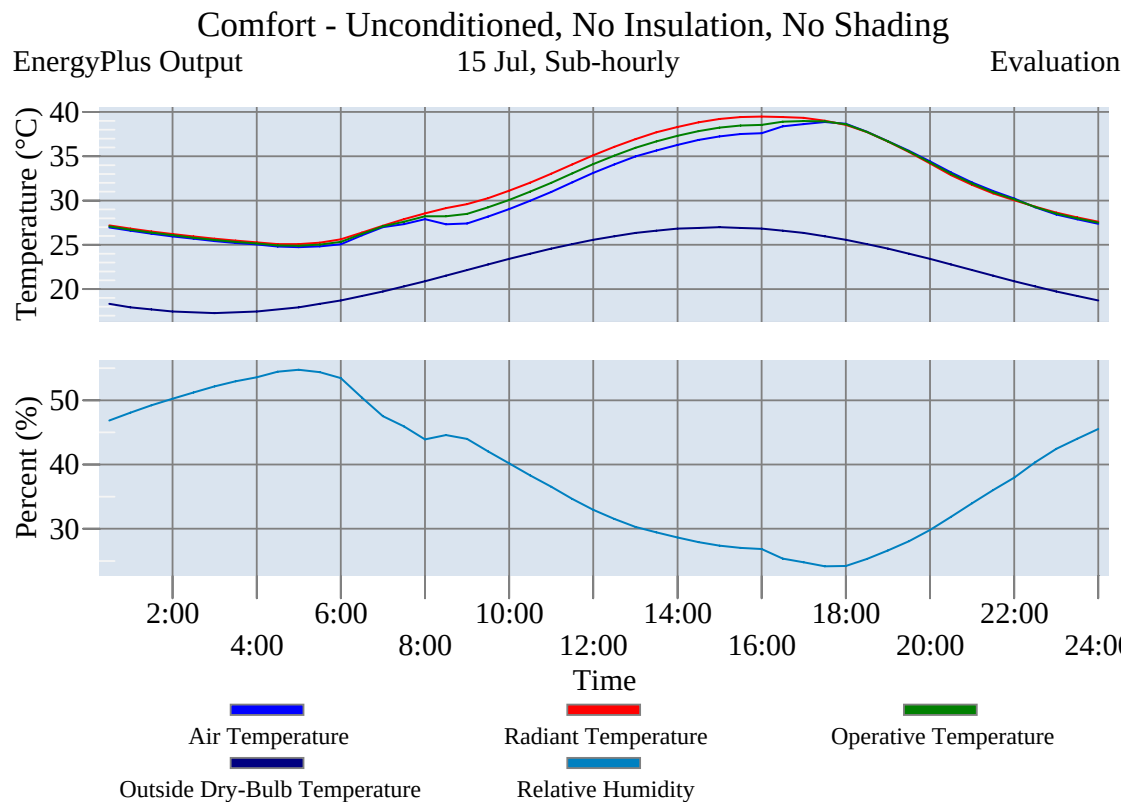
Τα σενάρια, τα οποία εξετάζουν τα δομικά υλικά του κτηρίου είναι:

- **Πρώτο** σενάριο προσομοίωσης - συμβατικό κτήριο χωρίς μόνωση και χωρίς καμία σκίαση
- **Δεύτερο** σενάριο προσομοίωσης - συμβατικό κτήριο με κενό αέρα στους εξωτερικούς τοίχους και τοιμεντόλιθους χωρίς καμία σκίαση
- **Τρίτο** σενάριο προσομοίωσης - συμβατικό κτήριο με μόνωση στους εξωτερικούς τοίχους και τούβλα χωρίς καμία σκίαση
- **Τέταρτο** σενάριο προσομοίωσης - για βαριά κατασκευή Energy Code Heavy Weight με μόνωση, χωρίς σκίαση
- **Πέμπτο** σενάριο προσομοίωσης - για ελαφριά κατασκευή Energy Code Light Weight με μόνωση, χωρίς σκίαση
- **Έκτο** σενάριο προσομοίωσης - για μέσου βάρους κατασκευή Energy Code Medium Weight με μόνωση, χωρίς σκίαση

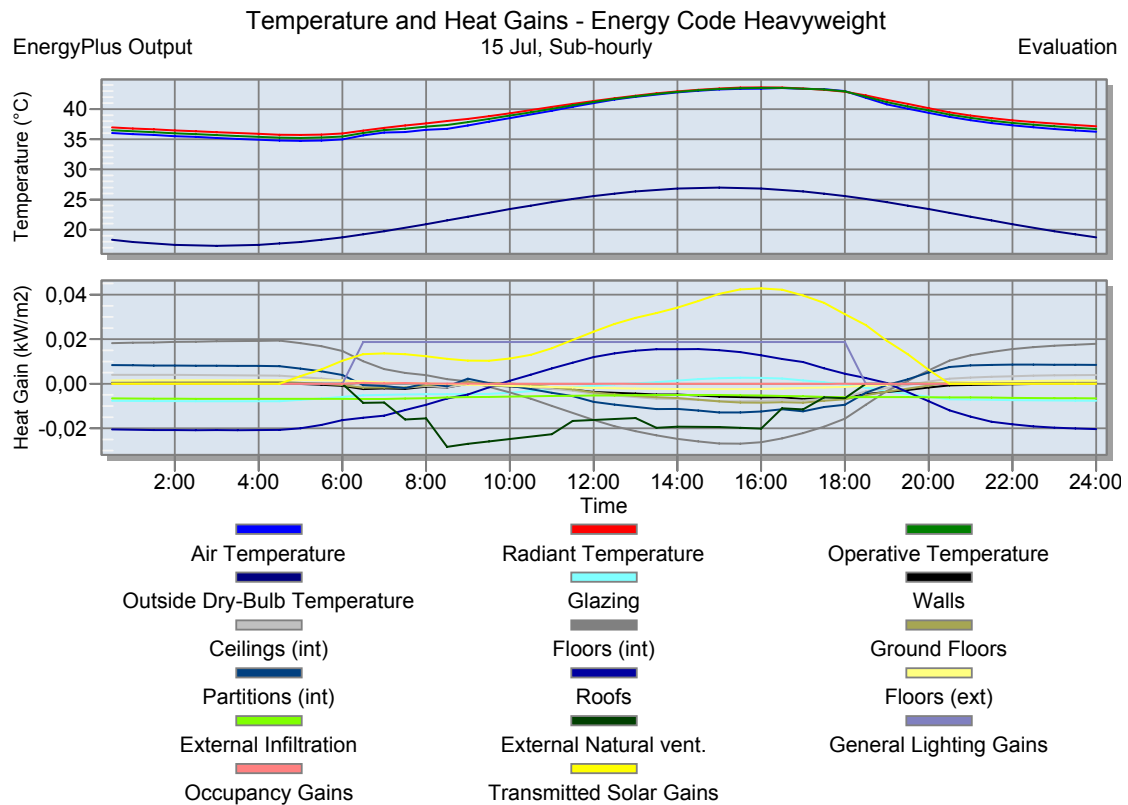
Παρακάτω παρουσιάζονται τα γραφικά αποτελέσματα για το καλύτερο και το χειρότερο σενάριο των προσομοιώσεων. Το χειρότερο σενάριο αποδείχθηκε να είναι όπως αναμενόταν το σενάριο, στο οποίο εξετάστηκε συμβατικό κτήριο χωρίς καμία μόνωση. Αυτό το σενάριο χρησιμοποιήθηκε ως σενάριο αναφοράς. Το καλύτερο σενάριο είναι αυτό που εξέτασε την περίπτωση της βαριάς κατασκευής του Energy Code – best practice.



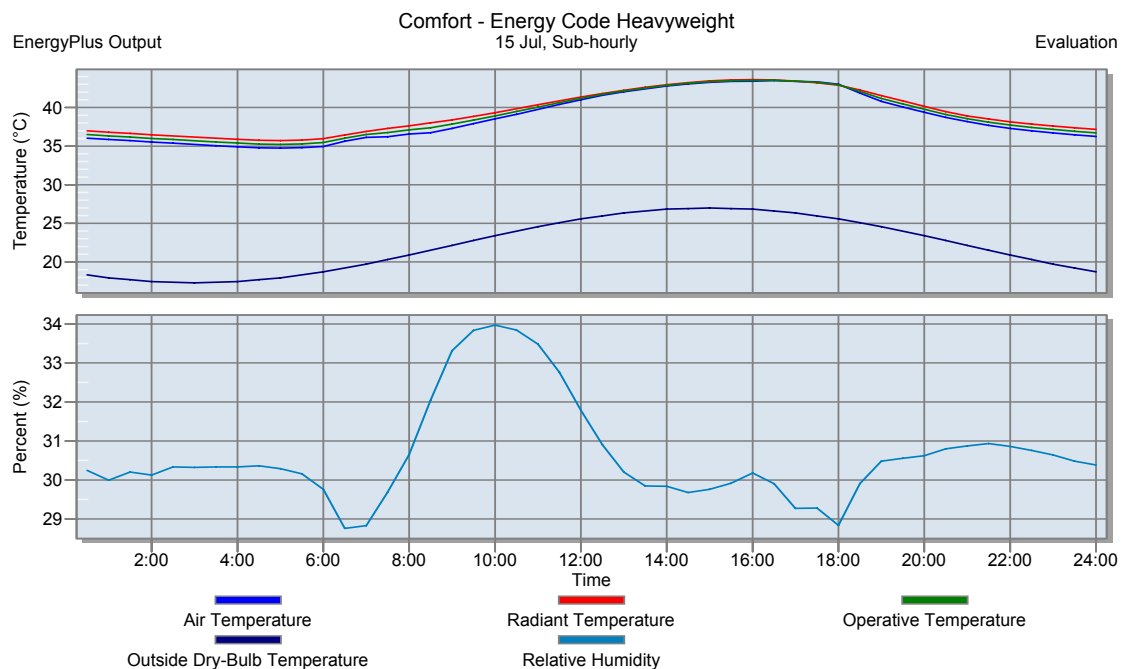
Διάγραμμα 1. Θερμοκρασία και θερμικά κέρδη σε συμβατικό κτήριο χωρίς σκίαση και μόνωση



Διάγραμμα 2. Θερμική άνεση σε συμβατικό κτήριο χωρίς σκίαση και μόνωση



Διάγραμμα 3. Θερμοκρασία και θερμικά κέρδη σε κτήριο βαριάς κατασκευής Energy Code Heavy Weight με μόνωση, χωρίς σκίαση



Διάγραμμα 4. Θερμική άνεση σε κτήριο βαριάς κατασκευής Energy Code Heavy Weight με μόνωση, χωρίς σκίαση

Συμπεραίνουμε από τα αποτελέσματα ότι η καλύτερη δυνατή λύση από τις εξεταζόμενες είναι η περίπτωση στην οποία χρησιμοποιήθηκε το Energy Code Heavy Weight με μόνωση εξωθημένο πολυστυρόλιο, χωρίς σκίαση. Σε όλες τις περιπτώσεις θα είχε πολύ καλύτερα αποτελέσματα εάν είχε προστεθεί και οποιοδήποτε μέσο σκίασης, αλλά το ζητούμενο της παρούσας μελέτης ήταν να βρεθεί το καταλληλότερο για το κλίμα της Αττικής τρόπο κατασκευής. Στη συνέχεια θα εξεταστεί εκτενέστερα η θερμική άνεση στο συγκεκριμένο κτήριο με τα επιλεγμένα δομικά υλικά.

Εν' συντομία από τη μελέτη αυτή σε σχέση με τα σενάρια προσομοίωσης προέκυψε ότι:

- Η χωροθέτηση (προσανατολισμός) του κτηρίου έχει σημαντικότερο ρόλο για την θερμική και ενεργειακή συμπεριφορά του
- Το χρώμα του κτίσματος έχει επίσης βασικό ρόλο για την θερμική και ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου, όσο πιο ανοιχτό είναι το χρώμα τόσο λιγότερο ενεργοβόρο είναι το κτήριο και προσφέρει καλύτερη θερμική άνεση στους κατοίκους
- Όπως αναμενόταν η περίπτωση χωρίς ή με ελάχιστη μόνωση είχαν χειρότερη συμπεριφορά από αυτές με καλύτερη μόνωση
- Στο κλίμα της Αττικής θα μπορούσε να εφαρμοστεί άνετα ο τρόπος κατασκευής του Energy Code Heavy Weight, σε συνδυασμό με ελεγχόμενο φυσικό αερισμό, έτσι ώστε το κτήριο να έχει τη μέγιστη απαιτούμενη θερμική άνεση, χωρίς να χρειάζεται η εφαρμογή σύνθετων και ακριβών συστημάτων κλιματισμού

Σε σχέση με το πρόγραμμα Energy Plus, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα μελέτη, συμπεραίνουμε:

- Το πρόγραμμα προσομοιώνει πραγματικά δεδομένα και έχει ορθά αποτελέσματα
- Το πρόγραμμα δείχνει την θερμική συμπεριφορά ενός κτηρίου και είναι χρήσιμο εργαλείο για τη γενική μελέτη των κτηρίων

- Το βασικότερο μειονέκτημα του προγράμματος είναι το ανεπαρκές interface του, υπάρχουν όμως εμπορικά προγράμματα όπως το Design Builder, τα οποία προσφέρουν πολύ εύκολο και χρήσιμο εργασιακό περιβάλλον για το Energy Plus
- Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του Energy Plus είναι ότι δίνει τη δυνατότητα του μελετητή να εισάγει πραγματικά δεδομένα και να επεμβαίνει με κάθε τρόπο στον σχεδιασμό του κτηρίου
- Το Energy Plus θα μπορούσε να χρησιμοποιείται ως βοηθητικό εργαλείο στην εκμάθηση της θερμικής και ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων σε κάθε σχετικό μάθημα όπως στην ανώτατη εκπαίδευση, έτσι και σε χαμηλότερα επίπεδα εκπαίδευσης

IV.6. Θερμική άνεση κατοίκων στο κτήριο

Ο στόχος αυτής της μελέτης είναι να αξιολογηθεί και να συγκριθεί η επίδραση της θερμοκρασίας εξωτερικών επιφανειών για τη θερμική άνεση ενός προσώπου. Αυτή η μελέτη συγκρίνει τις προβλέψεις θερμικής άνεσης με δύο τύπους υπολογισμών σχετικής θερμοκρασίας μέσης ακτινοβολίας (MRT – mean radiant temperature) - «ζώνη που υπολογίζονται κατά μέσο όρο» (zone averaged) και «επιφάνεια που σταθμίζεται» (surface weighted) - χρησιμοποιώντας το λογισμικό EnergyPlus. Λόγω των διαφορών θερμοκρασίας μεταξύ τυποποιημένο MRT και μεμονωμένης θερμοκρασίας μιας επιφάνειας, οι αισθήσεις θερμικής άνεσης θα αλλάξουν σύμφωνα με τη σχετική θέση των ανθρώπων μέσα σε ένα χώρο. Η εισαγωγή της ζώνης που υπολογίζεται κατά μέσο όρο και που μιας μεμονωμένης επιφάνειας MRT θα είναι χρήσιμη για την ακριβή πρόβλεψη των αισθήσεων θερμικής άνεσης χωρίς πληροφορίες λεπτομερειών για τη θέση των επιφανειών ή των ανθρώπων. Αυτό το μέρος της παρούσας εργασίας εξετάζει τρεις διαφορετικές περιπτώσιολογικές μελέτες χρησιμοποιώντας τρεις χώρους του εξεταζόμενου κτηρίου που έχουν διαφορετική χρήση (σαλόνι, γραφείο και γυμναστήριο). Χρησιμοποιούνται τρία καθιερωμένα πρότυπα θερμικής άνεσης - του Fanger,

του Pearce και το KSU. Με τη βοήθεια του E+ η μελέτη δείχνει ότι είναι δυνατό να βρεθούν οι σχετικές διαφορές στους δείκτες θερμικής άνεσης ανάλογα με τη ζώνη που υπολογίζεται κατά μέσο όρο και μιας μεμονωμένης επιφάνειας MRT.

Ένα από τα κύρια καθήκοντα των περιβαλλοντικών συστημάτων ελέγχου είναι να παρέχουν θερμικά άνετες εσωτερικές συνθήκες για τους κατοίκους ή χρήστες του κτηρίου. Με σκοπό την αξιολόγηση του επιπέδου άνεσης των ανθρώπων, πολλά από μαθηματικά πρότυπα σχετικά με τη θερμική άνεση έχουν αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων 40 ετών. Από αυτά, τρία πρότυπα πρόβλεψης θερμικής άνεσης από P.O. Fenger, J.B Pierce Foundation, και οι ερευνητές του κρατικού πανεπιστημίου του Κάνσας έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως. Και τα τρία πρότυπα συσχετίζονται με τις εξισώσεις ισορροπίας θερμότητας του ανθρώπινου σώματος και της κλίμακας θερμικής αίσθησης. Για να προβλέψουν τη θερμική αίσθηση, τα πρότυπα χρησιμοποιούν βασικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως το MAT(mean air temperature – μέση θερμοκρασία αέρα), MRT (mean radiant temperature – μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας), RH (relative humidity – σχετική υγρασία), η ταχύτητα αέρα, και παράγοντας μόνωσης. Ο συνδυασμός αυτών των παραγόντων καθώς επίσης και τα επίπεδα δραστηριότητας και αποδοτικότητας εργασίας επιτρέπει για να γίνει ο υπολογισμός της πρόβλεψης θερμικής αίσθησης. Μια συνοπτική επισκόπηση αυτών των τριών προτύπων θερμικής άνεσης δίνεται παρακάτω.

Η βιβλιογραφία προτείνει κάποιες τιμές για να κρίνεται η θερμική άνεση και ο δείκτης PMV. Στον κάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές αυτές:

Category	Thermal State of the body as a whole		Operative Temperature		Max. Mean Air Velocity	
	PPD %	PMV	Summer Cooling	Winter Heating	Summer Cooling	Winter Heating
A	< 6	-0.2< PMV< +0.2	23,5 – 25,5	21,0 – 23,0	0,18	0,15
B	< 10	-0.5< PMV< +0.5	23,0 – 26,0	20,0 – 24,0	0,22	0,18
C	< 15	-0.7< PMV< +0.7	22,0 – 27,0	19,0 – 25,0	0,25	0,22

Σχήμα 45. Τρεις κατηγορίες θερμικού περιβάλλοντος. Ποσοστό δυσaráσκείας λόγω της γενικής άνεσης και της τοπικής δυσaráσκείας [ISO EN 7730, 2005, CR1752, 1998]

Μοντέλο Άνεσης Fanger

Αυτό το μοντέλο θερμικής άνεσης αναπτύχθηκε από τον P. O. Fanger στο κρατικό πανεπιστήμιο του Κάνσας και το πολυτεχνείο της Δανίας το 1967 και δημοσιεύτηκε το 1972. Το μοντέλο λαμβάνει υπόψη όλες τις σημαντικές απώλειες του ανθρώπινου σώματος, ενώ ο άνθρωπος βρίσκεται σε σταθερή κατάσταση (steady state). Το μοντέλο συσχετίστηκε με πειραματικά δεδομένα και αποτελέσματα στατιστικής έρευνας «ψήφου μέσου όρου» (PMV – predicted mean vote). Τα αποτελέσματα αυτής της στατιστικής μελέτης υπολογίζονται με την παρακάτω εξίσωση:

$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028) (H - L)$$

Όπου:

H – το ποσοστό εσωτερικής παραγωγής θερμότητας ενός κατοίκου ανά μονάδα επιφάνειας (= M – W), W/m²

L – όλες οι θερμικές απώλειες ενός ανθρώπινου σώματος, W/m²

M – το μεταβολικό ποσοστό ανά μονάδα επιφάνειας, W/m²

Η προκύπτουσα αξία του PMV αξιολογείται σε μια κλίμακα από 0 (μηδέν) έως 7 (επτά), όπου το 0 αντιπροσωπεύει τη σχετική άνεση στις δεδομένες θερμικές συνθήκες, ενώ οι θετικοί αριθμοί δείχνουν ότι ένα μέσο πρόσωπο θα αισθάνεται θερμότερα όσο αυξάνεται ο αριθμός, οι αρνητικοί αριθμοί δείχνουν ότι θα αισθάνεται ότι κρυώνει.

Μοντέλο Pierce Two-Node

Το ίδρυμα John B. Pierce στο πανεπιστήμιο Γέιλ άρχισε την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου θερμικής άνεσης το 1970. Το μοντέλο διαιρεί το ανθρώπινο σώμα σε δύο σημαντικά διαμερίσματα. Το ένα αντιπροσωπεύει τον εσωτερικό πυρήνα και το άλλο αντιπροσωπεύει το δέρμα. Για να καθοριστούν οι θερμικές αισθήσεις του ανθρώπινου σώματος λαμβάνονται υπόψη η παθητική διεξαγωγή θερμότητας από τον πυρήνα στο δέρμα και τις αποκλίσεις

του πυρήνα και της θερμοκρασίας δέρματος από καθορισμένα σημεία. Οι θερμικές αισθήσεις (TSENS thermal sensations) ενός μέσου ανθρώπου υπολογίζονται χρησιμοποιώντας μια από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$\begin{aligned} \text{TSENS} &= 0.4689 (T_b - T_{b,c}) & T_b < T_{b,c} \text{ σε κρύο περιβάλλον} \\ \text{TSENS} &= 4.7\eta_{ev} (T_b - T_{b,c}) / (T_{b,h} - T_{b,c}) & T_{b,c} \leq T_b \leq T_{b,h} \text{ σε θερμό περιβάλλον} \\ \text{TSENS} &= 4.7\eta_{ev} + 0.4689 (T_b - T_{b,h}) & T_{b,h} < T_b \end{aligned}$$

Όπου:

T_b - μέση θερμοκρασία σώματος, $^{\circ}\text{C}$

$T_{b,c}$ - μέση θερμοκρασία σώματος, κατώτερο όριο της εξατμιστικής ζώνης κανονισμού, $^{\circ}\text{C}$

$T_{b,h}$ - μέση θερμοκρασία σώματος, ανώτερο όριο της εξατμιστικής ζώνης κανονισμού, $^{\circ}\text{C}$

η_{ev} - εξατμιστική αποδοτικότητα

Η παράμετρος θερμικής αίσθησης που προκύπτει από αυτές τις εξισώσεις συγκρίνεται με μια κλίμακα παρόμοια με αυτήν που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό PMV στο μοντέλο Fanger.

Μοντέλο KSU Two-Node

Αυτό το μοντέλο αναπτύχθηκε στο κρατικό πανεπιστήμιο του Κάνσας και δημοσιεύθηκε αρχικά το 1974. Οι κύριες βελτιώσεις που προωθούνται από είναι η παραλλαγή της θερμικής αγωγιμότητας μεταξύ του πυρήνα και του δέρματος στο κρύο περιβάλλον και η παραλλαγή υγρασίας του δέρματος στο θερμό περιβάλλον. Το πρότυπο δύο-κόμβων KSU οδηγεί σε μια θερμική ψηφοφορία αίσθησης (TSV - thermal sensation vote) που χρησιμοποιεί παρόμοια κλίμακα με τα παραπάνω μοντέλα. Η TSV αξιολογείται χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$TSV = -1.46 e_{vc} + 3.75 e_{vc}^2 - 6.17 e_{vc}^3$$

σε κρύο περιβάλλον

$$TSV = [5.0 - 6.56(RH - 0.5)]e_{wsw}$$

σε θερμό περιβάλλον

Όπου:

e_{vc} – παράγοντας αγγειοσυστολής

e_{wsw} – παράγοντας υγρασίας δέρματος

RH – σχετική υγρασία

Energy Plus

Όπως προαναφέρθηκε το EnergyPlus είναι πρόγραμμα προσομοίωσης για την θερμική απόδοση κτηρίων. Το EnergyPlus είναι σε θέση να υπολογίζει τις θερμικές συνθήκες σε υπό- ωριαίο επίπεδο και έχει τη δυνατότητα να ενσωματώνει στους υπολογισμούς του είτε ολόκληρα τα κτήρια, είτε ξεχωριστά τμήματα συστημάτων και εγκαταστάσεων που επιτρέπουν την λεπτομερέστερη αξιολόγηση αυτών.

Δύο χαρακτηριστικά γνωρίσματα του E+ καθιστούν το πρόγραμμα ιδανικό για αυτήν την μελέτη. Κατ' αρχάς, επειδή είναι βασισμένο σε μια θεμελιώδη διαδικασία ισορροπίας θερμότητας όπου οι θερμοκρασίες επιφάνειας αξιολογούνται ως μέρος της διαδικασίας λύσης, μπορεί να εξεταστεί η θερμική άνεση, η οποία επηρεάζεται από την επίδραση των επιφανειών. Οι υπολογισμοί θερμικής άνεσης δεν είναι δυνατοί χωρίς τη γνώση των θερμοκρασιών εσωτερικής επιφάνειας. Δεύτερο, το E+ έχει ενσωματώσει στον αλγόριθμο προσομοίωσής του τα τρία μοντέλα θερμικής άνεσης που αναφέρονται παραπάνω.

Υπολογισμός μέσης θέσης και «σταθμισμένης επιφάνειας»

Μέχρι τώρα οι περισσότερες μελέτες θερμικής άνεσης που συνδέονται με τα προγράμματα θερμικής προσομοίωσης αντιμετωπίζουν δύο πιθανά προβλήματα: είτε έλλειψη πληροφοριών για την θερμοκρασία των επιφανειών είτε απαίτηση ξεχωριστών υπολογισμών από τον χρήστη για τους σύνθετους

«παράγοντες γωνίας» για να καθοριστεί η θέση των κατοίκων στον χώρο. Στο E+ παρουσιάζεται μια νέα προσέγγιση MRT, όπου ο υπολογισμός έχει εισαχθεί αυτόματα. Ενώ είναι δυνατό να ληφθούν οι προβλέψεις θερμικής άνεσης για μια «μέση» θέση των κατοίκων μέσω τυποποιημένου υπολογισμού MRT, έχει αναπτυχθεί και η προσέγγιση μιας «σταθμισμένης επιφάνειας» (surface weighted) για τον καλύτερο απολογισμό της θέσης ενός ατόμου χωρίς λεπτομερείς προδιαγραφές για την θέση του στον χώρο.

Λόγω της διαφοράς μεταξύ MRT για κάποια μέση θέση δωματίου και της θερμοκρασίας μιας συγκεκριμένης επιφάνειας στον ίδιο χώρο, οι δείκτες θερμικής άνεσης αλλάζουν σύμφωνα με τη σχετική θέση ενός ατόμου μέσα στον χώρο. Όταν το πρόσωπο είναι κοντά σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια, εκείνη η επιφάνεια θα έχει πολύ μεγαλύτερη επίδραση στη θερμική άνεση του προσώπου. Αυτό το προφανές γεγονός είναι ο σκοπός πίσω από το υπολογισμό MRT «σταθμισμένης επιφάνειας».

Η μέση τιμή του MRT μιας ζώνης υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την μέση τιμή ικανότητας ακτινοβολίας όλων των επιφανειών του χώρου χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση:

$$T_r = T_{r-avg} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i A_i T_i / \sum_{i=1}^n \varepsilon_i A_i$$

Όπου:

T_r – μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, C°

T_{r-avg} – μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας της ζώνης, C°

ε_i – ικανότητα ακτινοβολίας μιας επιφάνειας i

A_i – επιφάνεια i, m²

T_i – θερμοκρασία μιας επιφάνειας i, C°

Ο υπολογισμός της μέσης τιμής MRT μιας ζώνης γίνεται μόνο μέσω της επιφάνειας και την ικανότητά της για ακτινοβολία, δεν χρειάζεται κανένα άλλο δεδομένο. Η ιδέα για την εφαρμογή της τιμής MRT μιας σταθμισμένης επιφάνειας είναι να επιτρέπει στον χρήστη του προγράμματος να διευκρινίζει

την επιφάνεια, η οποία επηρεάζει ανά πάσα στιγμή την θερμική άνεση των κατοίκων. Όσο ο κάτοικος πλησιάζει την επιφάνεια, η τιμή του δείκτη επιρροής θα πλησιάζει την τιμή 0.5. Έτσι ο υπολογισμός της θερμικής άνεσης γίνεται πιο αξιόπιστος και πλησιάζει την πραγματικότητα. Ο υπολογισμός γίνεται με την ακόλουθη εξίσωση:

$$T_r = (T_{r-avg} + T_{surf}) / 2$$

Όπου T_{surf} είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας σε $^{\circ}C$. Στην πραγματικότητα αυτός ο τρόπος τείνει να υπέρ - υπολογίζει την επίδραση της επιφάνειας, επειδή ο κάτοικος δεν βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια. Επιπλέον, δεδομένου ότι η εν λόγω θερμοκρασία επιφάνειας είναι ήδη μέρος του υπολογισμένου κατά μέσο όρο MRT ζώνης, υπάρχει σχετική επικάλυψη στην θερμοκρασίας επιφάνειας στις δύο τιμές MRT. Εντούτοις, ο υπολογισμός της τιμής MRT σταθμισμένης επιφάνειας είναι αρκετά απλός και απαιτεί μόνο τον προσδιορισμό της κοντινότερης στον κάτοικο επιφάνειας από τον χρήστη του EnergyPlus.

Περιορισμοί για την κατοικία στην Αττική

Για την επίδειξη υπολογισμού των δύο παραπάνω τιμών (μέση τιμή MRT ζώνης και η τιμή MRT σταθμισμένης επιφάνειας) και οι επιδράσεις τους στην πρόβλεψη θερμικής άνεσης, εξετάζονται τρεις περιπτώσεις για το κτήριο της παρούσας μελέτης. Οι τρεις περιπτώσεις αναφέρονται σε τρεις χώρους που υπάρχουν στις περισσότερες σύγχρονες οικίες - κρεβατοκάμαρα, γραφείο και γυμναστήριο (ή οποιοσδήποτε χώρος μέσα σε μία οικία με έντονη σωματική δραστηριότητα). Σε όλες τις περιπτώσεις, δεδομένου ότι η επιφάνεια των παραθύρων επηρεάζεται σε μέγιστο βαθμό από την υπαίθρια θερμοκρασία και την ηλιακή ακτινοβολία, τα νότια παράθυρα επιλέγονται ως εξεταστική επιφάνεια για τον υπολογισμό της τιμής MRT σταθμισμένης επιφάνειας. Παρακάτω παρουσιάζονται ξεχωριστά οι τρεις περιπτώσεις.

Κρεβατοκάμαρα

Εξετάζεται η περίπτωση της κρεβατοκάμαρας και υποτίθεται ότι δύο άνθρωποι καταλαμβάνουν θέση στον χώρο σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο, σύμφωνα με το πρόγραμμα ενός μέσου ανθρώπου. Επιπλέον τα μόνα άλλα εσωτερικά κέρδη στον χώρο θα προέρχονται από δύο λαμπτήρες φωτός. Η περίφραξη δωματίων αποτελείται από δύο εξωτερικούς τοίχους (προς την ανατολή και το νότο) και δύο εσωτερικά χωρίσματα. Ο στραμμένος προς το νότο εξωτερικός τοίχος έχει ένα ενιαίο παράθυρο που προσδιορίζεται ως εξεταστέα επιφάνεια και χρησιμοποιείται στον υπολογισμό MRT σταθμισμένης επιφάνειας. Κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών υποτίθεται ότι η θερμοκρασία είναι σταθερή και ελέγχεται στους 20 C° από τις 6 έως τις 8 το πρωί και από τις 6 έως τις 11 το βράδυ, και 16 C° όλο το υπόλοιπο χρονικό διάστημα. Αυτό είναι ένα λογικό πρόγραμμα για δύο εργαζόμενους ενήλικους κατοίκους.

Γραφείο

Το παράδειγμα του γραφείου προορίζεται να απεικονίσει ένα τυποποιημένο γραφείο με δύο εξωτερικούς τοίχους (νότιος και δυτικός) και δύο εσωτερικά χωρίσματα. Το δωμάτιο γραφείο έχει τον χαρακτηριστικό φωτισμό και εξοπλισμό. Η εσωτερική μάζα που παρατίθεται αντιπροσωπεύει είτε ένα έπιπλο γραφείου είτε μια καρέκλα. Το διπλό παράθυρο στο νότιο τοίχο επιλέγεται ως επιφάνεια για τον υπολογισμό της τιμής MRT σταθμισμένης επιφάνειας. Επιπλέον, η εσωτερική μάζα χρησιμοποιείται επίσης ως βασική επιφάνεια στο υπολογισμό MRT σταθμισμένης επιφάνειας για να προσεγγίσει την εργασία στον χώρο. Για την εποχή θέρμανσης, κατά τη διάρκεια των ωρών απασχόλησης, η θερμοκρασία αέρα γραφείων ελέγχεται σε 20°C και ειδάλλως, τίθεται σε 15°C. Κατά τη διάρκεια της εποχής ψύξης, το γραφείο ελέγχεται σε 23°C κατά τη διάρκεια των ωρών απασχόλησης και επιτρέπεται να φτάνει μέχρι και 30°C κατά τη διάρκεια των ωρών νύχτας και Σαββατοκύριακου.

Γυμναστήριο (Η οποιοσδήποτε χώρος έντονης σωματικής άσκησης)

Το παράδειγμα του γυμναστηρίου απεικονίζει έναν μικρό χώρο με τρία μηχανήματα σωματικής άσκησης για οικιακή χρήση. Ο φωτισμός είναι ίδιος με αυτών της περίπτωση του γραφείου και οι τοίχοι ξανά είναι δύο εξωτερικοί (νότιος και δυτικός) και δύο εσωτερικοί. Το νότιο παράθυρο επιλέγεται και πάλι ως εξεταστική επιφάνεια για τον υπολογισμό της τιμής MRT σταθμισμένης επιφάνειας. Υποτίθεται ότι ο χώρος χρησιμοποιείται βραδινές ώρες από δύο άτομα ταυτόχρονα και η θερμοκρασία του χώρου κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι 20°C όταν ο χώρος χρησιμοποιείται και 15°C στο υπόλοιπο διάστημα, ενώ κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού όταν χρησιμοποιείται η θερμοκρασία θα πρέπει να είναι 23°C και έως 30°C το υπόλοιπο διάστημα.

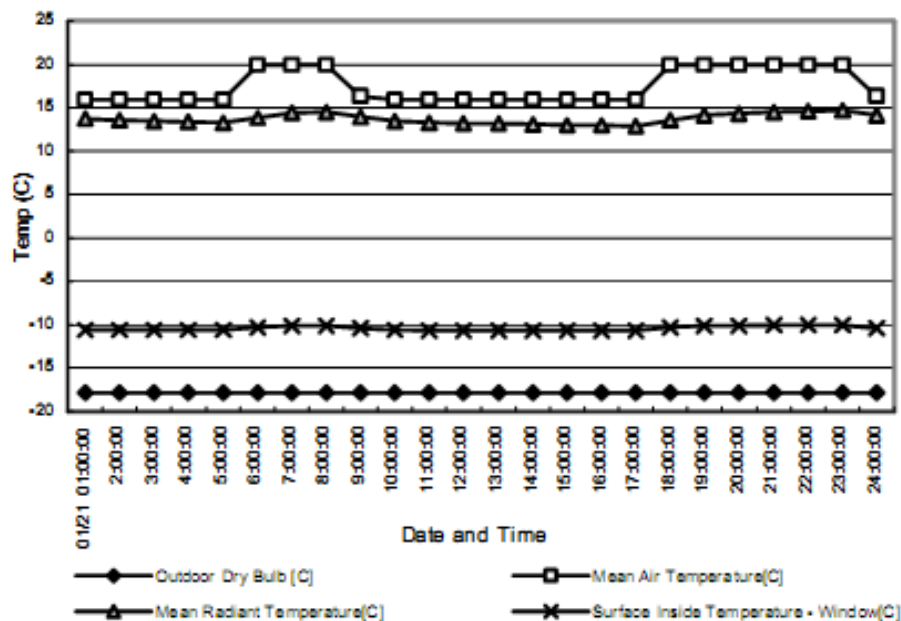
Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι μπορούν να υπάρξουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των προβλέψεων θερμικής άνεσης βασισμένων στις δύο διαφορετικές τιμές MRT. Σε όλες τις περιπτώσεις, είναι αρκετά εύκολο να ακολουθηθούν οι τάσεις μεταξύ των υπολογισμών της ζώνης που υπολογίζεται κατά μέσο όρο και η τιμή του MRT σταθμισμένης επιφάνειας παρακολουθώντας τις αλλαγές της μέσης θερμοκρασίας αέρα, την θερμοκρασία ακτινοβολίας και τη θερμοκρασία της επιφάνειας που εξετάζεται. Η βασικότερη τάση είναι ότι οι διαφορές μεταξύ της ζώνης που υπολογίζεται κατά μέσο όρο και της σταθμισμένης επιφάνειας είναι σημαντικά μεγαλύτερες το χειμώνα απ' ότι το καλοκαίρι για όλες τις περιπτώσεις. Αυτό προκύπτει από τις μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ υπολογισμένου κατά μέσο όρο ζώνης MRT και των θερμοκρασιών της επιφάνειας παραθύρων το χειμώνα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν επίσης το γεγονός ότι οι δείκτες θερμικής αίσθησης σταθμισμένης επιφάνειας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ακολουθούν αυξητική πορεία την ημέρα λόγω της ηλιακής απορρόφησης από την επιφάνεια των παραθύρων. Ενώ τον χειμώνα συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο, η

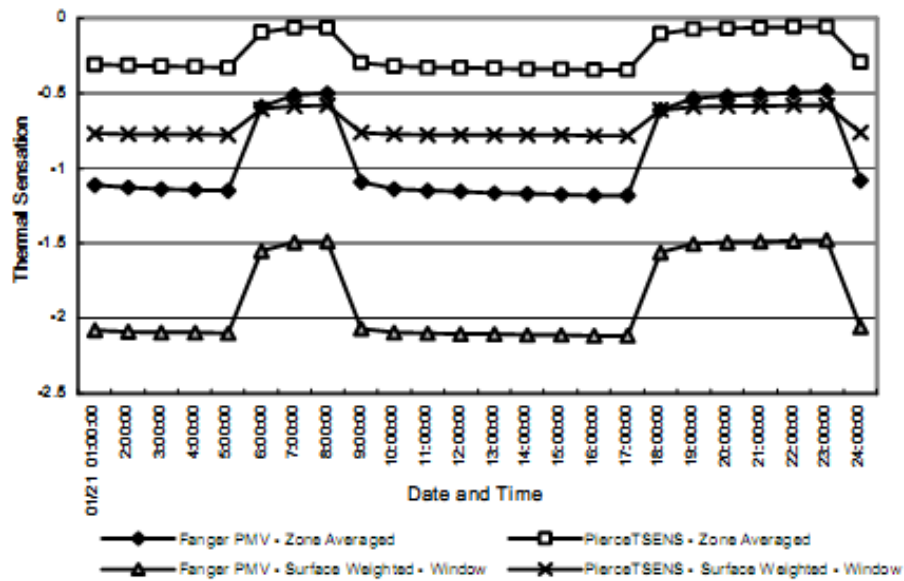
ηλιακή απορρόφηση είναι πολύ μικρότερη, άρα ο δείκτης μέσης θερμοκρασίας ζώνης είναι μεγαλύτερος. Στον χώρο του γραφείου, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι υπήρξε πολύ λίγη διαφορά ανάμεσα στους δύο δείκτες. Αυτό δείχνει ότι υπάρχουν μερικές περιπτώσεις όπου η χρήση του δείκτη MRT υπολογισμένο κατά μέσο όρο για μία ζώνη είναι λογική και ότι η επιρροή από μεμονωμένη επιφάνεια δεν είναι τόσο έντονη όπως αναμένεται. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν χρησιμοποιήθηκε η ίδια μόνωση 1.0 clo. Επιπλέον, οι μελέτες θερμικής άνεσης δεν έλαβαν υπόψη τη στρωματοποίηση αέρα, την ηλιακή ακτινοβολία που απορροφήθηκε άμεσα από τους κατοίκους και τη χρήση των καλυμμάτων στην κατοικία. Όλοι αυτοί οι παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν τα τελικά αποτελέσματα.

Τα γραφικά αποτελέσματα ακολουθούν παρακάτω:

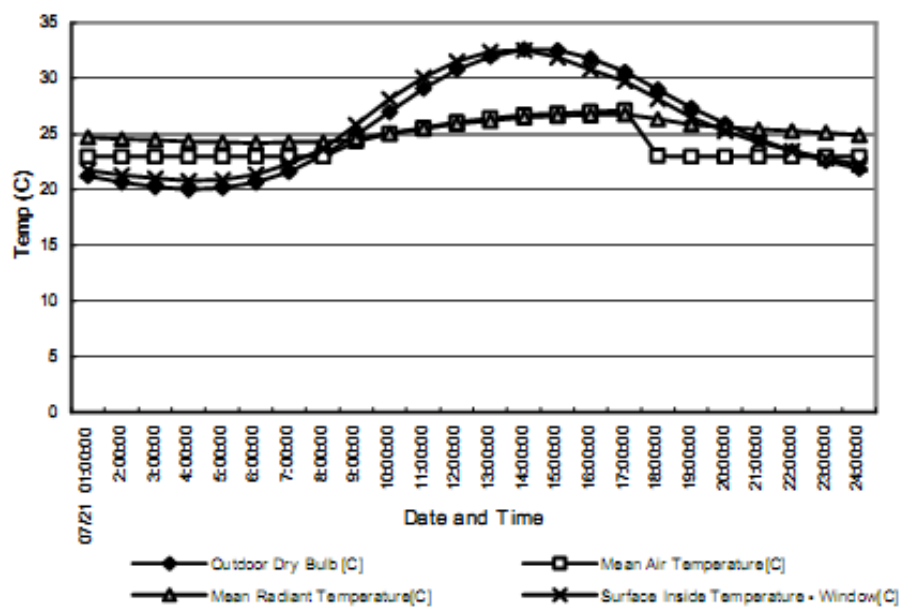
- Κρεβατοκάμαρα



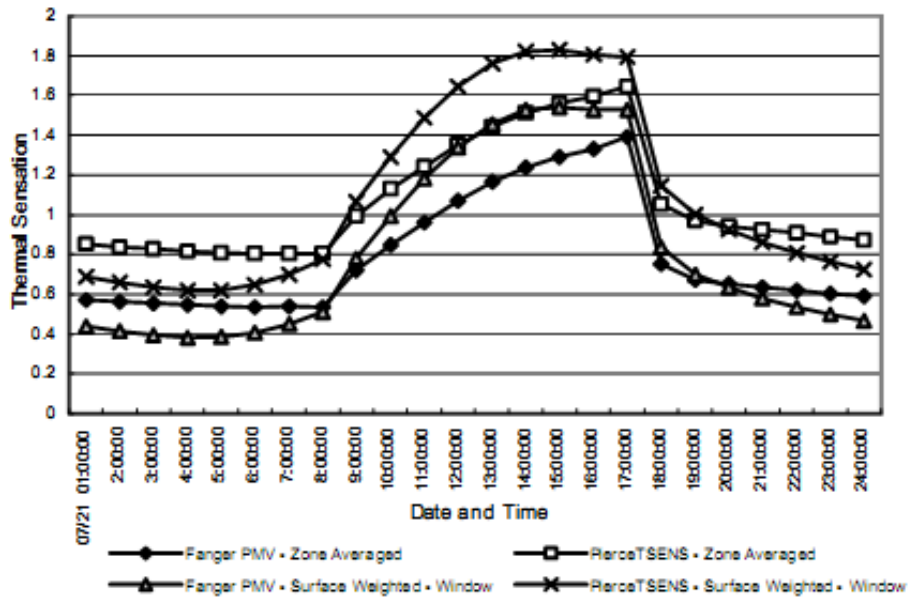
Σχήμα 46. Θερμοκρασιακό προφίλ κρεβατοκάμαρας τον χειμώνα



Σχήμα 47. Πρόβλεψη θερμικής αίσθησης για την κρεβατοκάμαρα τον χειμώνα

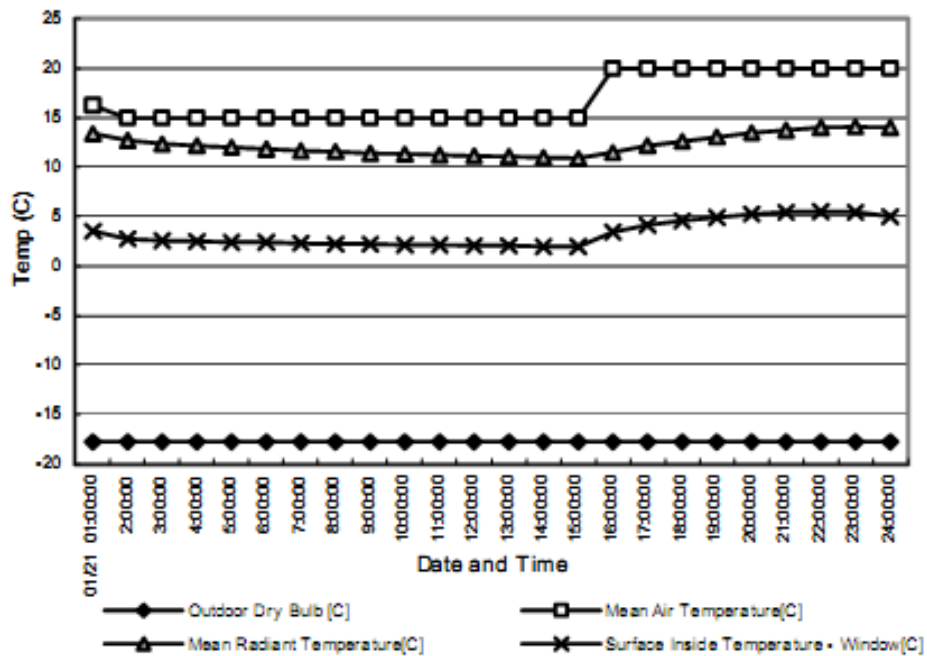


Σχήμα 48. Θερμοκρασιακό προφίλ κρεβατοκάμαρας το καλοκαίρι

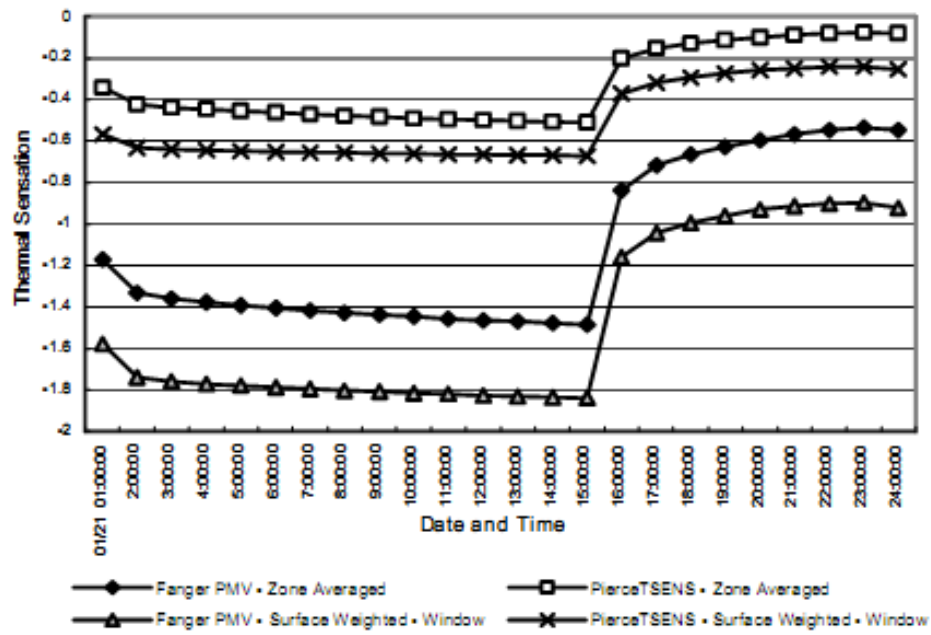


Σχήμα 49. Πρόβλεψη θερμικής αίσθησης για την κρεβατοκάμαρα το καλοκαίρι

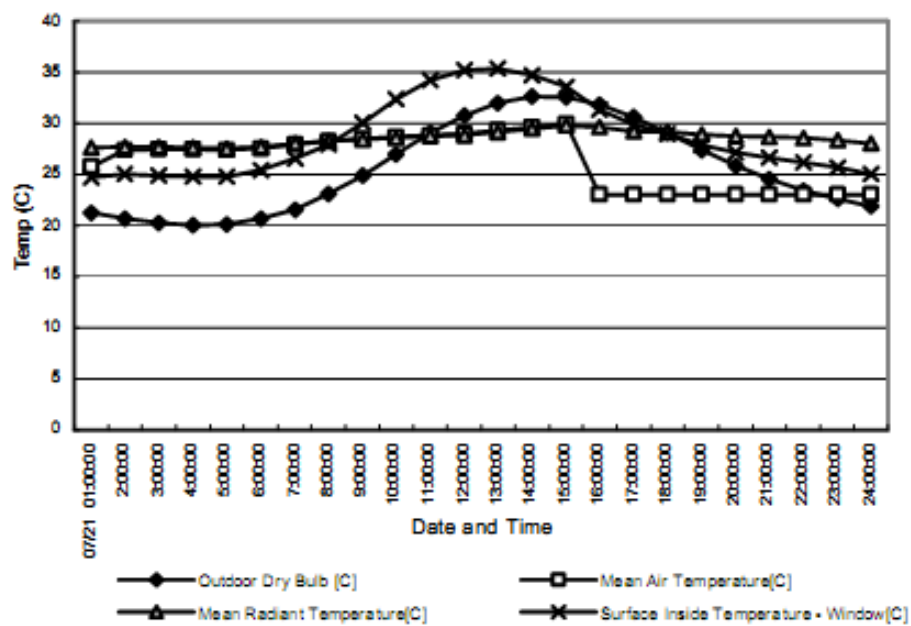
- Γυμναστήριο



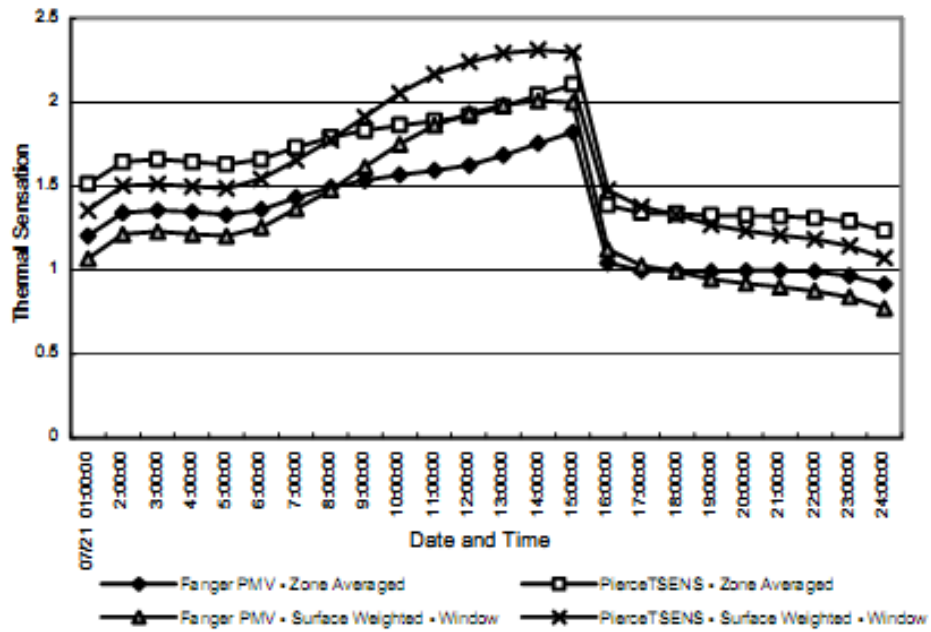
Σχήμα 50. Θερμοκρασιακό προφίλ γυμναστηρίου τον χειμώνα



Σχήμα 51. Πρόβλεψη θερμικής αίσθησης για το γυμναστήριο τον χειμώνα

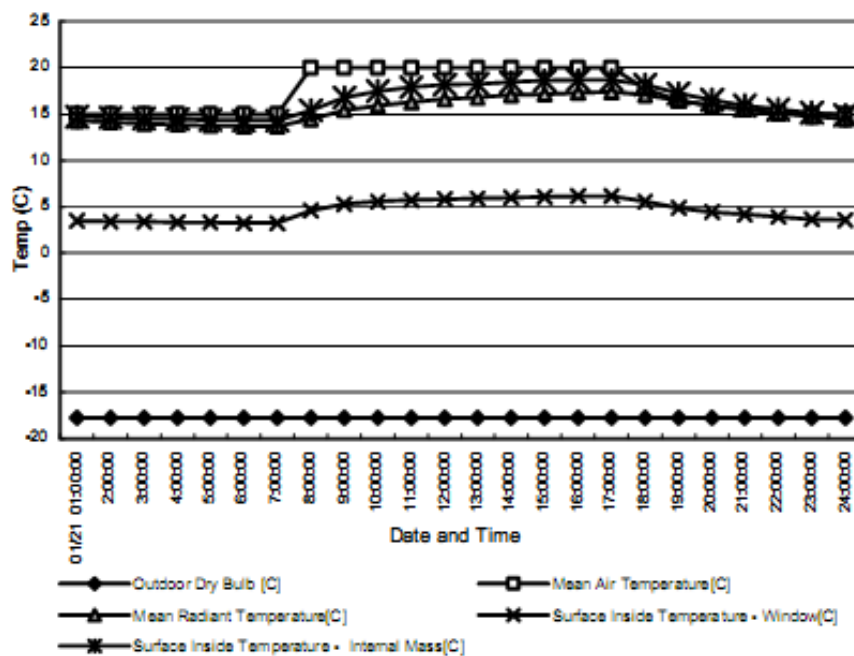


Σχήμα 52. Θερμοκρασιακό προφίλ γυμναστηρίου το καλοκαίρι

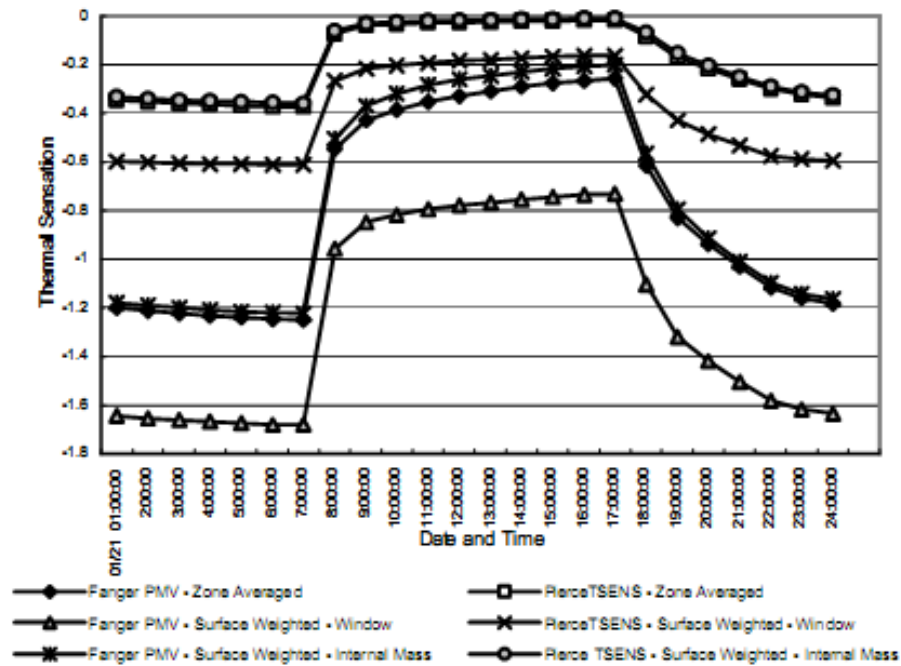


Σχήμα 53. Πρόβλεψη θερμικής αίσθησης για το γυμναστήριο το καλοκαίρι

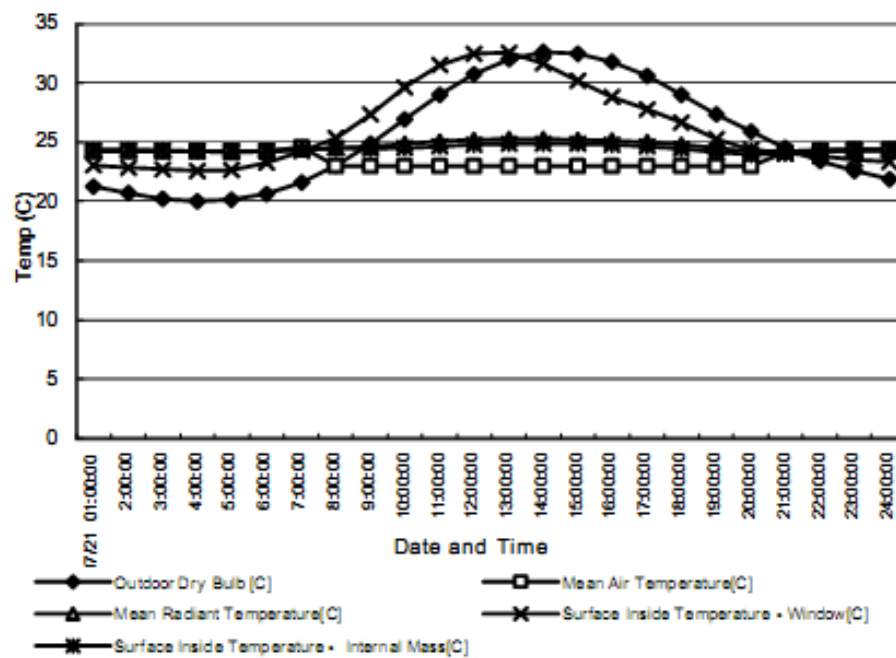
- Γραφείο



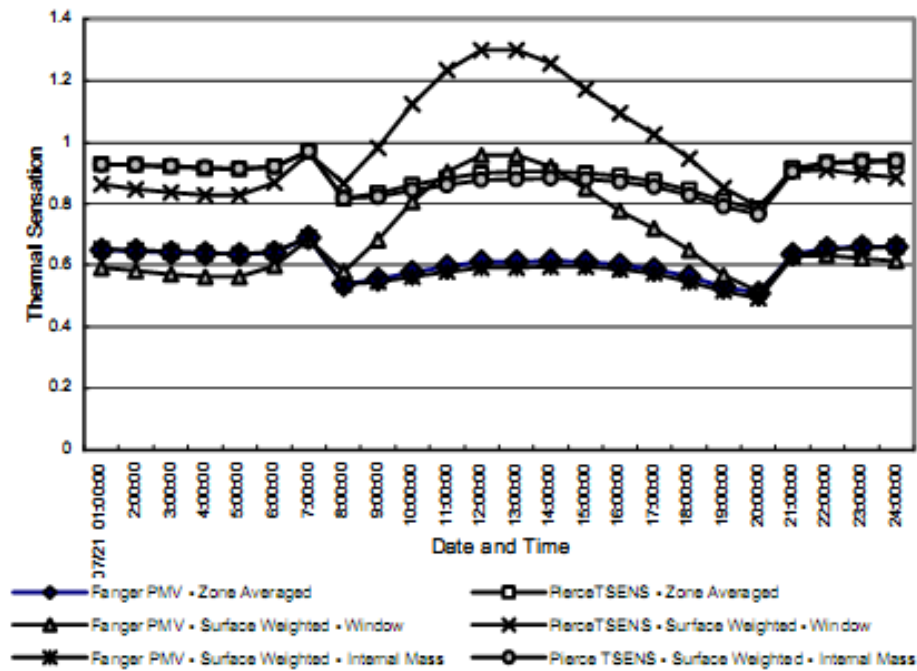
Σχήμα 54. Θερμοκρασιακό προφίλ γραφείου τον χειμώνα



Σχήμα 55. Πρόβλεψη θερμικής αίσθησης για το γραφείο τον χειμώνα



Σχήμα 56. Θερμοκρασιακό προφίλ γραφείου το καλοκαίρι



Σχήμα 57. Πρόβλεψη θερμικής αίσθησης για το γραφείο το καλοκαίρι

Σε όλη τη μελέτη και την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης με EnergyPlus, μια ενδιαφέρουσα επίδραση παρατηρήθηκε. Αντίθετα με τα άλλα δύο μοντέλα, το μοντέλο KSU έχει μια ασυνέχεια στη πρόβλεψη θερμικής αίσθησης λόγω του διαφορετικού τρόπου αντιμετώπισης του προβλήματος. Η χρήση δύο διαφορετικών εξισώσεων για τις διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες είχε ως αποτέλεσμα το μοντέλο TSV να έχει μεγάλες ασυνέχειες παρά το γεγονός ότι οι όροι μέσα στη ζώνη δεν είχαν αλλάξει σημαντικά. Λόγω αυτής της ασυνέχειας, τα αποτελέσματα από το μοντέλο KSU δεν συμπεριλαμβάνονται σε αυτή την εργασία. Συμπερασματικά, αυτή η μελέτη παρουσιάζει την αξία των υπολογισμών θερμικής άνεσης και την ανάγκη για ακριβή στοιχεία για την θέση των κατοίκων μέσα σε ένα χώρο. Χρησιμοποιώντας τους δύο δείκτες είναι δυνατός ο προσδιορισμός της επίδρασης του κατοίκου στην θερμική του άνεση, όπως και του ίδιου του κτηρίου στην θερμική άνεση του κατοίκου. Οι παραπάνω περιπτώσεις δείχνουν ότι ο άνθρωπος επηρεάζει την θερμική άνεση πολύ περισσότερο των χειμών. Τα αποτελέσματα δείχνουν επίσης την σημαντικότητα της ύπαρξης προγραμμάτων σχεδιασμού θερμικών συνθηκών και ενεργειακών απαιτήσεων όπως το EnergyPlus.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

«ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η επιβίωση της ανθρωπότητας εξαρτάται από δύο βασικά ζητήματα:

- Την αποκατάσταση της ισορροπίας των οικοσυστημάτων του πλανήτη
- Την ποσότητα της διαθέσιμης ενέργειας η οποία αποτελεί προϋπόθεση για τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου

Η ρύπανση του περιβάλλοντος και η διατάραξη της ισορροπίας των οικοσυστημάτων, όπως επισημαίνονται σήμερα από επιστήμονες και οικολογικά κινήματα, αλλά και ευαίσθητους στοχαστές αφορούν συνολικά την ανθρώπινη κοινότητα με μικρότερη ή μεγαλύτερη ένταση σε τοπικό επίπεδο. Οι επιβαρύνσεις αυτές των οικοσυστημάτων οφείλονται σε πολλούς παράγοντες, οι οποίοι σχετίζονται με την ανθρώπινη δραστηριότητα και των τρόπο ζωής κυρίως στις μεγάλες πόλεις, όπου υπάρχει η μεγαλύτερη συγκέντρωση πληθυσμού.

Καλή αρχή για την αποκατάσταση του κλίματος σε φυσιολογικά επίπεδα είναι ο επαναπροσδιορισμός και επανασχεδιασμός των πιο ευρέως εξαπλωμένων στον πλανήτη μας κτηρίων – τις οικίες μας, με κριτήρια τέτοια ώστε ο ανθρώπινος βίος να μην επηρεάζει αρνητικά το περιβάλλον του.

Όπως φάνηκε στην παραπάνω μελέτη, ο παθητικός σχεδιασμός κτηρίων ικανοποιεί τις ενεργειακές ανάγκες μιας μονοκατοικίας στην Ελλάδα και προσφέρει άνετες και υγιείς συνθήκες διαβίωσης των κατοίκων. Αποδεικνύεται ότι μία μονοκατοικία μπορεί να λειτουργεί χωρίς ιδιαίτερες οικονομικές επιβαρύνσεις και δύσκολα προσαρμόσιμες κατασκευαστικές λύσεις ως συλλέκτης και αποθήκη ψύξης. Εξασφαλίζεται εξοικονόμηση ενέργειας και άνεση στους χώρους του κτηρίου με απλούς τρόπους:

- Προστασία του κτηρίου από τον ήλιο με σκίαση μέσω βλάστησης και διαφόρων μορφών σκίασης στα ανοίγματα (παράθυρα, πόρτες)
- Εξασφάλιση επαρκούς φυσικού αερισμού στον εσωτερικό χώρο, κυρίως τις νυχτερινές ώρες μέσω φυσικού εξαερισμού εκμεταλλευόμενη την διαφορά θερμοκρασίας την ημέρα και την νύχτα
- Εξασφάλιση της θερμικής αδράνειας στην κατασκευή με χρήση υλικών που έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα
- Το χρώμα των εξωτερικών επιφανειών – ανοιχτό για να μειώνεται η απορροφημένη θερμότητα
- Φυσική ψύξη με τη διαδικασία της εξάτμισης

Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί ότι για το κλίμα της Ελλάδας με πολύ ζεστά καλοκαίρια, η παρουσία θερμικής μάζας (υλικά από μπετόν, τούβλο, πέτρα ή χώμα) συμβάλλει στην διατήρηση της θερμικής άνεσης, γιατί απορροφά αρκετή ποσότητα θερμότητας χωρίς να επιβαρύνεται το εσωτερικό του κτηρίου. Παράλληλα οι διακυμάνσεις τις θερμοκρασίας είναι ήπιες με αρκετή χρονική υστέρηση, γεγονός που διευκολύνει την αποφυγή χρήσης τεχνητού κλιματισμού ειδικά σε κτήρια που δεν συγκεντρώνουν κατά κανόνα μεγάλο αριθμό ατόμων και ηλεκτρικού εξοπλισμού οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες φυσικού αερισμού στο εσωτερικό του κτηρίου είναι οι εξωτερικές συνθήκες και κυρίως οι κατεύθυνση των δροσερών ανέμων στην περιοχή, η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων, η χρήση του κτηρίου και η δραστηριότητα των ενοίκων, το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών και ρεύματα αερισμού μέσω εξάτμισης.

Όσον αφορά την χρήση του προγράμματος EnergyPlus, έχει αποδειχθεί ότι είναι πολύ χρήσιμο εργαλείο μελέτης και προσομοίωσης πραγματικών καταστάσεων και συνθηκών. Θα μπορούσε να χρησιμοποιείται ως εκπαιδευτικό μέσο σε πολυτεχνικές σχολές, αλλά και σε οποιοδήποτε μάθημα, ο σκοπός των οποίων είναι να διδάσκουν θερμική φυσική και μηχανική, και HVAC.

Η αειφόρος ανάπτυξη δεν απαιτεί απώλεια στην ποιότητα της ζωής, αλλά απαιτεί αλλαγή στη νοοτροπία και στις αξίες προς λιγότερο φυματικό τρόπο ζωής. Αυτές οι αλλαγές πρέπει να αγκαλιάσουν την περιβαλλοντική διαχείριση, την κοινωνική ευθύνη και την οικονομική βιωσιμότητα. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων χρησιμοποιεί μια εναλλακτική προσέγγιση στο παραδοσιακό σχέδιο που ενσωματώνει αυτή τη καινούρια νοοτροπία. Η διαδικασία καθορισμού ενός βιοκλιματικού κώδικα σχεδιασμού κτηρίου είναι δύσκολη υπόθεση, επειδή απαιτεί την κοινωνική αποδοχή και κατανόηση. Χρειάζονται, όμως άμεσες λύσεις και αποφάσεις για το νομικό πλαίσιο του προβλήματος σε όλο τον κόσμο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ανδρεαδάκη - Χρονάκη Ελένη, 1985 «Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική και Παθητικά Ηλιακά Συστήματα», Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Ανανιάδου - Τζημοπούλου Μ., 1997, «Αρχιτεκτονική Τοπίου - Σχεδιασμός Αστικών Χώρων. Κριτική και Θεωρία. Σύγχρονες τάσεις σχεδιασμού τοπίου», Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Ανανιάδου - Τζημοπούλου Μ., Σαρηγιάννης Ι., 1995, «Σχεδιασμός Αντικειμένων Αστικών Χώρων». Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Αραβαντινός Αθ., 1997, «Πολεοδομικός σχεδιασμός, για μια Βιώσιμη Ανάπτυξη του Αστικού χώρου», εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

Αραβαντινός Αθ. & Π. Κοσμάκη, 1988, «Υπαιθριοι χώροι στην πόλη. Θέματα ανάλυσης και πολεοδομικής οργάνωσης αστικών ελεύθερων χώρων και πρασίνου». Αθήνα, Εκδόσεις Συμεών.

Γιαννιού Α. & Γκάρτζου Ε., 2003, «Η ανάπτυξη του Ελαιώνα. Αποτίμηση και προοπτικές» Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος.

Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών (ΔΙΠΕ & ΥΠΕΧΩΔΕ)
<http://www.dipe.gr/>

«Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική. Το Ευρωπαϊκό εγχειρίδιο για τα Παθητικά Ηλιακά κτίρια» Εκδ. Μάλλιαρης Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Ένωση Μετάφραση Ερωτόκριτος Π. Τσίγκα, 1996.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1996, “Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική – Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα Παθητικά Ηλιακά Κτίρια”, Θεσσαλονίκη.

Καλκάνη Γ., Χατήρη Ι., 1992, «Τεχνολογία υλικών». Εκδόσεις Ίων. Αθήνα.

ΚΑΠΕ - Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική-Εφαρμογές στην Ελλάδα, Αθήνα 1992.

ΚΑΠΕ, 1998, «Βιοκλιματικό κτίριο γραφείων Χαμηλής Ενεργειακής Κατανάλωσης, Αθήνα Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας», Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – Παθητικά Ηλιακά Συστήματα, Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Πρόγραμμα ALTENER, Αθήνα.

ΚΑΠΕ, 2004, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα. Πρόγραμμα ALTENER

Κοντορούπη Μ. Γ., Επικ. Καθηγητή Ε.Μ.Π., 1984, «Ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων», Αθήνα

Κοσμάκη Π., (2000): «Βελτίωση των όρων διαβίωσης και της ποιότητας του περιβάλλοντος στον ιστό της πόλης» στο Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων και Περιβάλλοντος Χώρου. Τόμος Β', Προβλήματα Αποκατάστασης στη μικρή κλίμακα του αστικού Χώρου. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Κοσμόπουλος Π., (2004): «Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός», Δοκίμιο Εισαγωγής εκδ. University Studio Press, Δεύτερη έκδοση, Θεσσαλονίκη.

Μπεριάτος Η. (2002): «Χωροταξία III: Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός και Πολιτική», Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας – Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης.

Μπίκας Κ. Δημήτρης, 2005, «Περιβαλλοντική και ενεργειακή θεώρηση των κτιριακών κατασκευών», Πανεπιστημιακές σημειώσεις. ΠΜΣ Προστασία περιβάλλοντος και βιώσιμη ανάπτυξη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Οικονόμου Ι. Θεώνη, 2003, “Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων – Νέα Μέθοδος 5000 – Πρόγραμμα Ηλιακός Σχεδιασμός Κτιρίων”, Μεταπτυχιακή Εργασία, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Παπαδάκης Γιώργος, 2005, “Μέτρηση Λειτουργίας Βιοκλιματικού Κτιρίου”, Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Κρήτης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Μηχανολογίας, Ηράκλειο.

Σανταμούρης Μ. – Ασημακόπουλος Ν.Δημήτρης, 1994, «Ηλιακή ενέργεια και εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια αστικού περιβάλλοντος», Πρόγραμμα COMETT ,από τη σειρά ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ, KENE.

Σανταμούρης Μάνθος και Ασημακόπουλος Δημ. (Editors), 1994, «Energy conservation in buildings», SAVE European Commission, DIRECTORATE GENERAL FOR ENERGY, Central Institution Energy Efficiency Education C.I.EN.E, DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS, UNIVERSITY OF ATHENS.

Σανταμούρης Μάνθος και Ασημακόπουλος Δημ. (Editors), 1994, «Passive cooling of buildings», SAVE European Commission, DIRECTORATE GENERAL FOR ENERGY, Central Institution Energy Efficiency Education C.I.EN.E, DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS, UNIVERSITY OF ATHENS.

Σελλούντου Η. Βαίου, 1995, «Θέρμανσης και ενέργεια», Εκδόσεις “Φοίβος”.

Στασινόπουλος Ν. Θάνος, 2001 «Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού», Σημειώσεις Μεταπτυχιακού Μαθήματος, Τμήμα Αρχιτεκτόνων, Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Στασινόπουλος Ν. Θάνος, 2001, «Έλεγχος Ηλιασμού», Σημειώσεις Μεταπτυχιακού Μαθήματος, Τμήμα Αρχιτεκτόνων, Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Στασινόπουλος Ν. Θάνος, 2001, «Ηλιακή Γεωμετρία», Σημειώσεις Μεταπτυχιακού Μαθήματος, Τμήμα Αρχιτεκτόνων, Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Στασινόπουλος Ν. Θάνος, 2001, «Φυσικός Αερισμός», Σημειώσεις Μεταπτυχιακού Μαθήματος, Τμήμα Αρχιτεκτόνων, Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Τζανάκης Ιάκωβος, Καφετάκης Μιχάλης, 2005, «Μελέτη Κατανομής Θερμοκρασίας και Ταχύτητας του Αέρα Κτιρίου Βιοκλιματικής Σχεδίασης», Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Κρήτης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Μηχανολογίας, Ηράκλειο.

Τσιπήρας Στεφ. Κώστας, 1996, «Το Οικολογικό Σπίτι», «Νέα Σύνορα» - Α. Α. Λιβάνη, Αθήνα.

Τσιπήρας Στεφ. Κώστας, 2000, «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων», π - Systems International, Αθήνα.

Τσιπήρας Στεφ. Κώστας & Τσιπήρας Στεφ. Θέμης, 2005, «Οικολογική Αρχιτεκτονική», Κέδρος, Αθήνα.

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (ΦΕΚ) 362 Δ', "Θερμομόνωσης Κτιρίων", Προεδρικό Διάταγμα της 1.6/4.7.1979. 26. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (ΦΕΚ) 880 Β', "Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας", Προεδρικό Διάταγμα της 19.8.1998.

Χρυσομαλλίδου, Ν. Νιόβη, 2000, Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική & Παθητικά Ηλιακά Συστήματα. Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Εργαστήριο Οικοδομικής & Δομικής Φυσικής-Τμήμα πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Brown G. Z., «*Sun, Wind and Light*», 2000

Colombo R., Landabaso A., Sevilla A., 1995, Εγχειρίδιο σχεδιασμού. Παθητική ηλιακή Αρχιτεκτονική για την περιοχή της Μεσογείου, Κοινό κέντρο ερευνών, Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Ινστιτούτο μηχανικής συστημάτων και πληροφορικής, Μονάδα αλληλεπίδρασης «Ενέργεια και Περιβάλλον» Βρυξέλλες.

European Parliament, 2002, 6th Environment Action Programme

JAEWOOK LEE and RICHARD K. STRAND, PH.D., 2005, "An Analysis of the Effect of the Building Envelope on Thermal Comfort using the EnergyPlus Program", School of Architecture, University of Illinois at Urbana-Champaign.

John R.Goulding, J.Owen Lewis, Theo C.Steemers, 1986, Energy In Architecture.

Irina Bliuc, Rodica Rotberg and Laura Dumitrescu, 2007, "Assessing thermal comfort of dwellings in summer using EnergyPlus".

Kyoto Protocol

Krishnan Gowri, 2001, EnerXML – A Schema for Representing Energy Simulation Data, Seventh International IBPSA Conference.

Mario Ciampi et. al., 2003, University of Pisa – Faculty of Engineering "Energy efficiency in buildings: a parameter for the thermal qualifications of opaque building envelope".

Passivhaus Institut Darmstadt, 2005, www.passiv.de

Philomena M. Bluysen et al, 2004, ECOSPACE: Human friendly, safe and efficient spaces through integration of knowledge and technological innovations from different sectors, disciplines and stakeholders, with a focus on social housing, B4E conference, Oct 14-15, Maastricht

Wendehorst Rejnhard, 1981, «Δομικά υλικά». Εκδότης Μ. Γκιούρδας, Αθήνα.

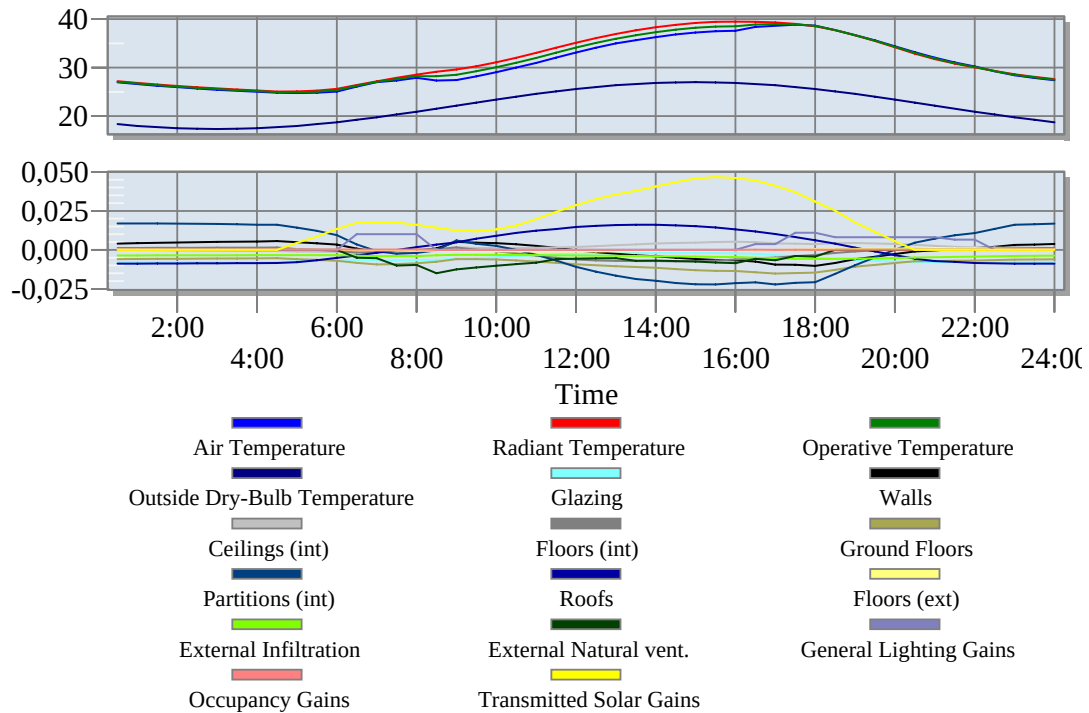
WHO Europe, 2000, European Health21 Target 10, European Health31 Target 13

Web sites:

1. EPA, 2000, www.epa.org
2. European Commission, 2005, ec.europa.eu/index_en.htm
3. Energy Plus Manual, 2007,
[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/pdfs/gettingstart
ed.pdf](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/pdfs/gettingstarted.pdf)
4. European Energy Network, 2000, www.enr-network.org/
5. [www.consumerenergycenter.org/home/construction/solardesign /](http://www.consumerenergycenter.org/home/construction/solardesign/)
6. [http://www.geocities.com/ResearchTriangle/\]](http://www.geocities.com/ResearchTriangle/)
7. <http://www.grayspaint.com>
8. <http://www.suntool.net/>
9. <http://www.puuinfo.fi/>

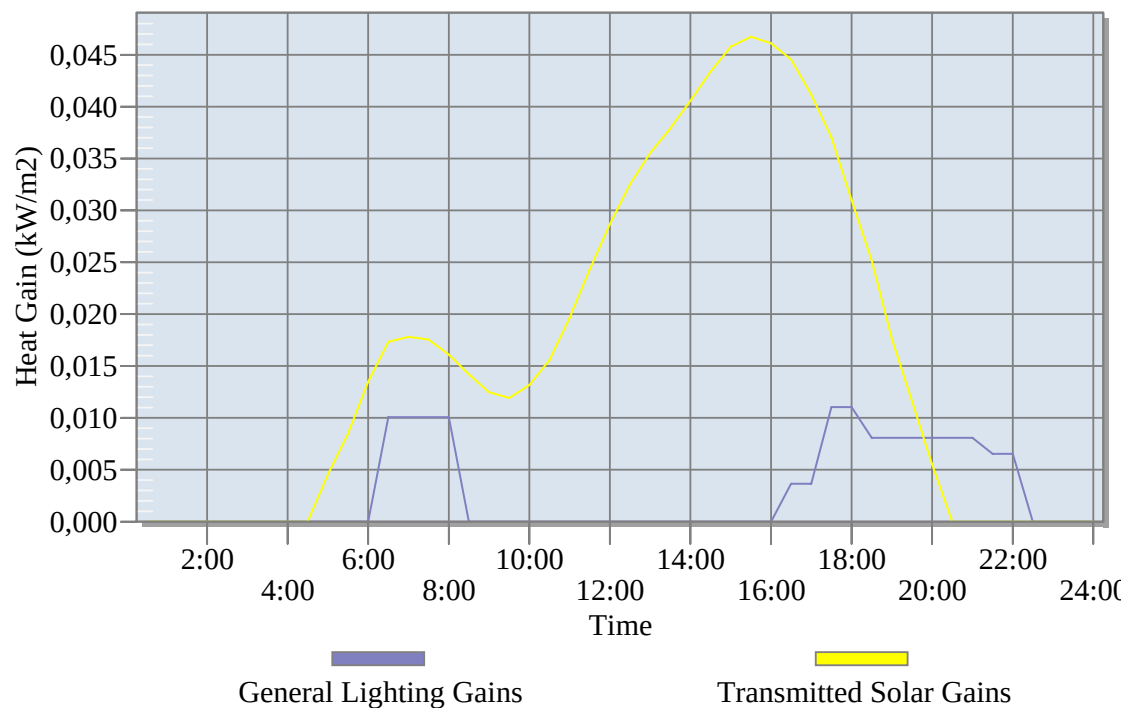
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Temperature and Heat Gains - Unconditioned, No Insulation, No Shading
EnergyPlus Output 15 Jul, Sub-hourly Evaluation

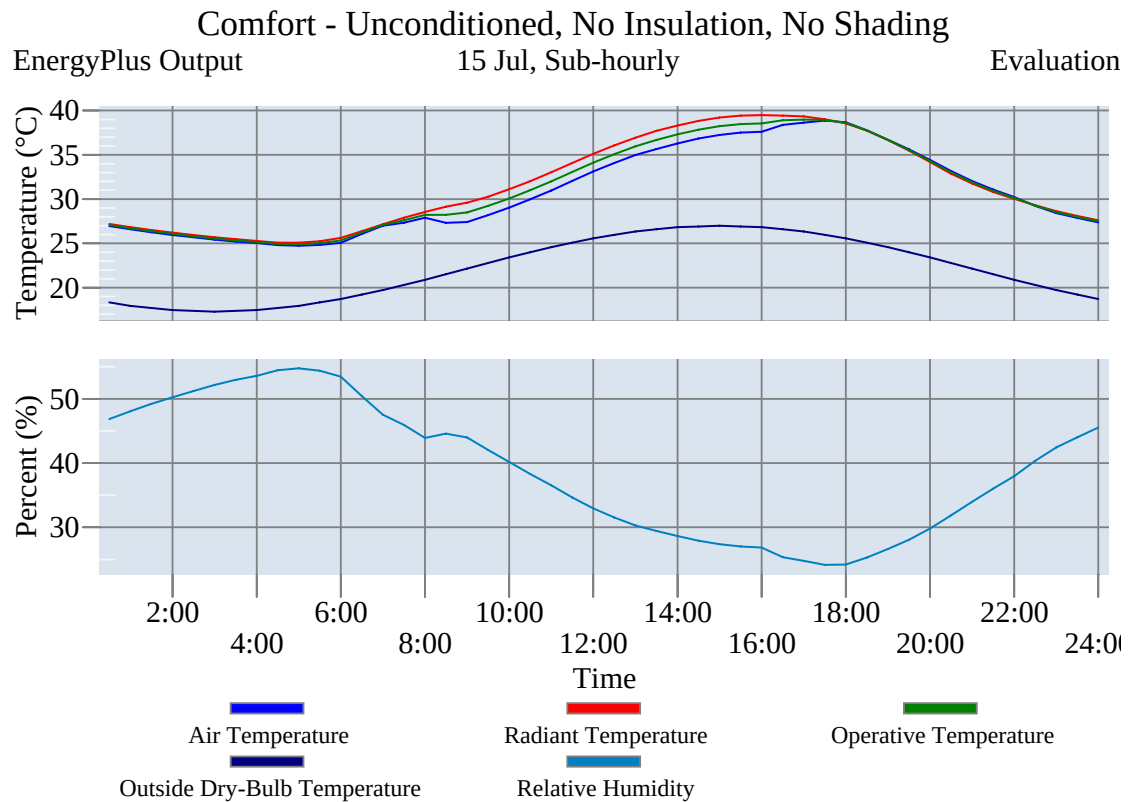


Σενάριο 1. Θερμοκρασία και θερμικά κέρδη

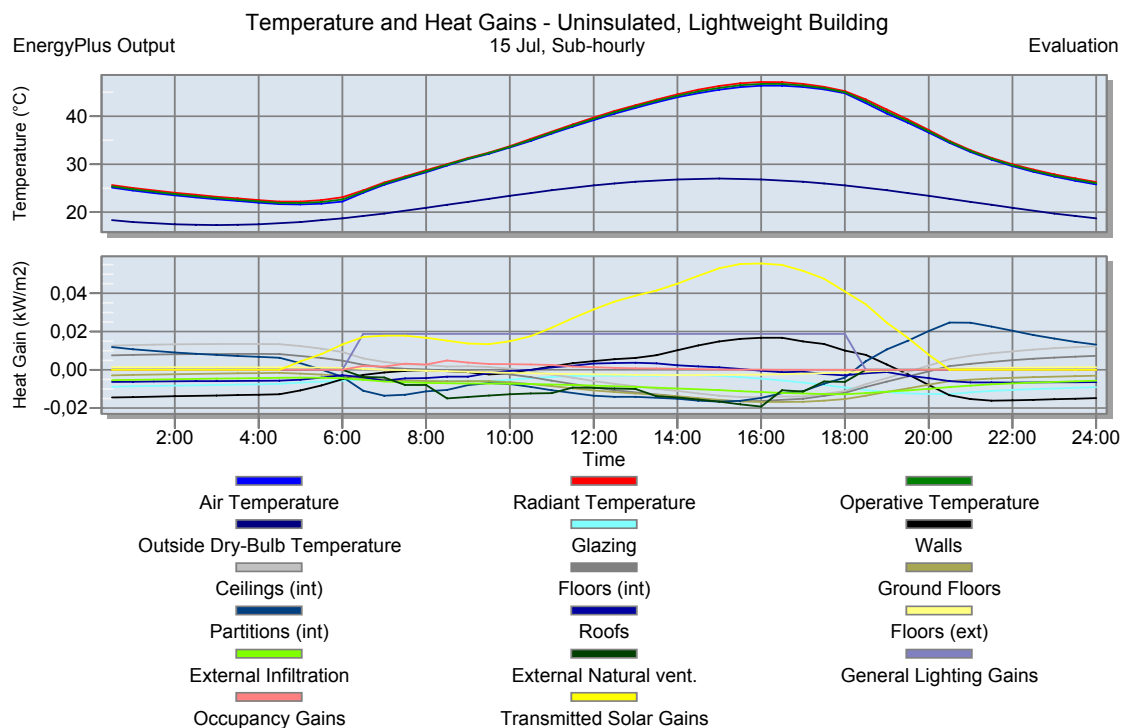
Internal Gains - Unconditioned, No Insulation, No Shading
EnergyPlus Output 15 Jul, Sub-hourly Evaluation



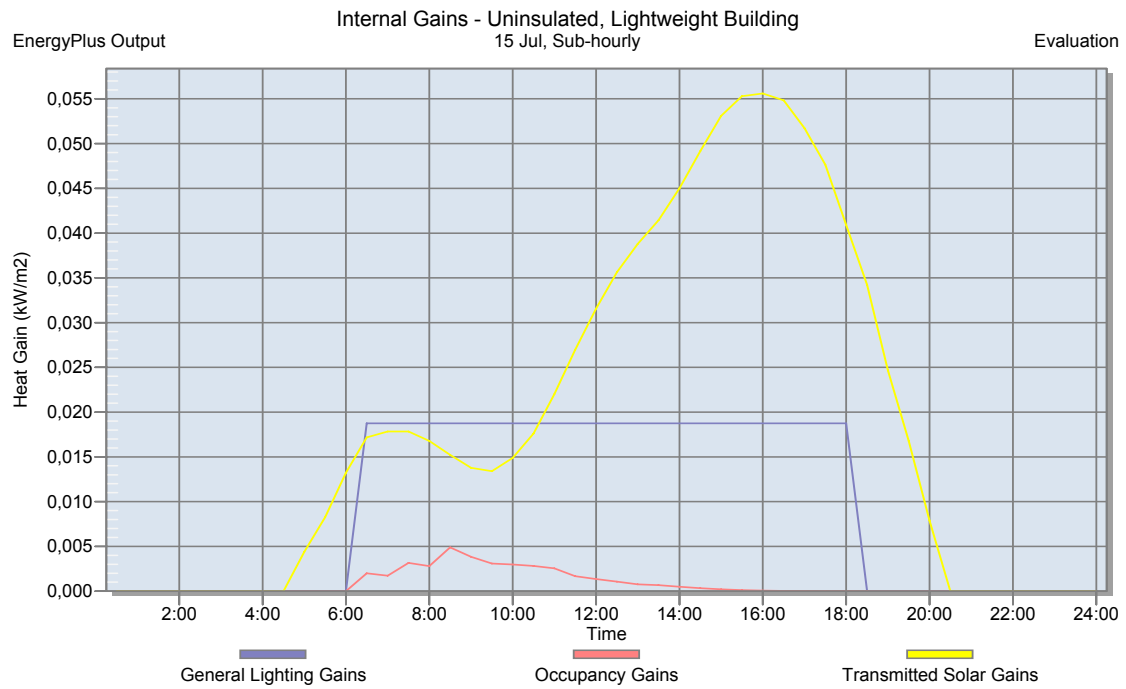
Σενάριο 1. Εσωτερικά κέρδη



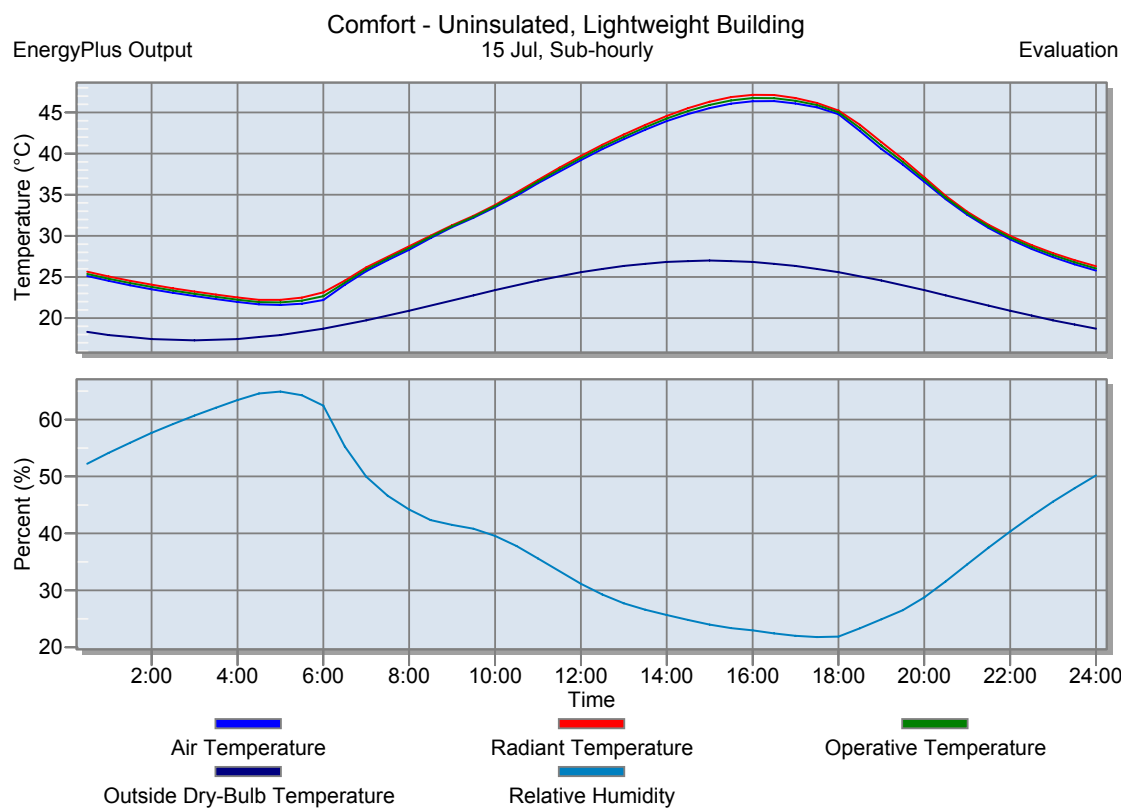
Σενάριο 1. Θερμική άνεση



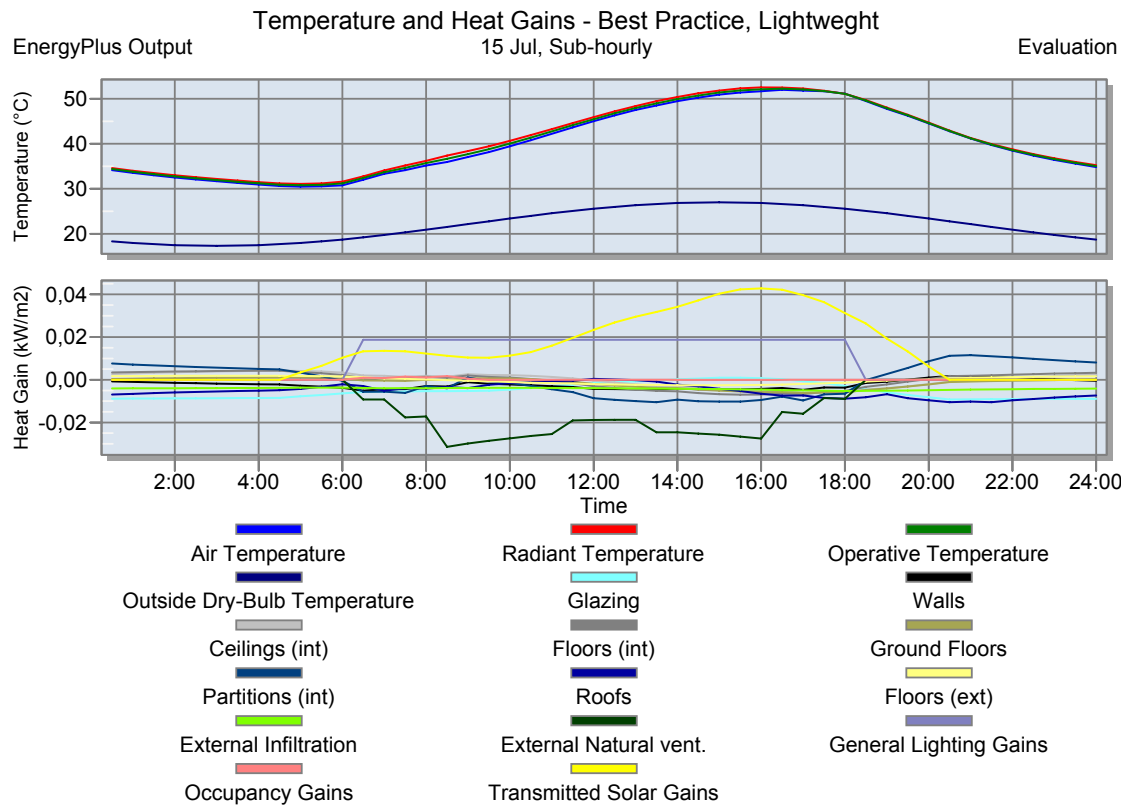
Σενάριο 2. Θερμοκρασία και θερμικά κέρδη



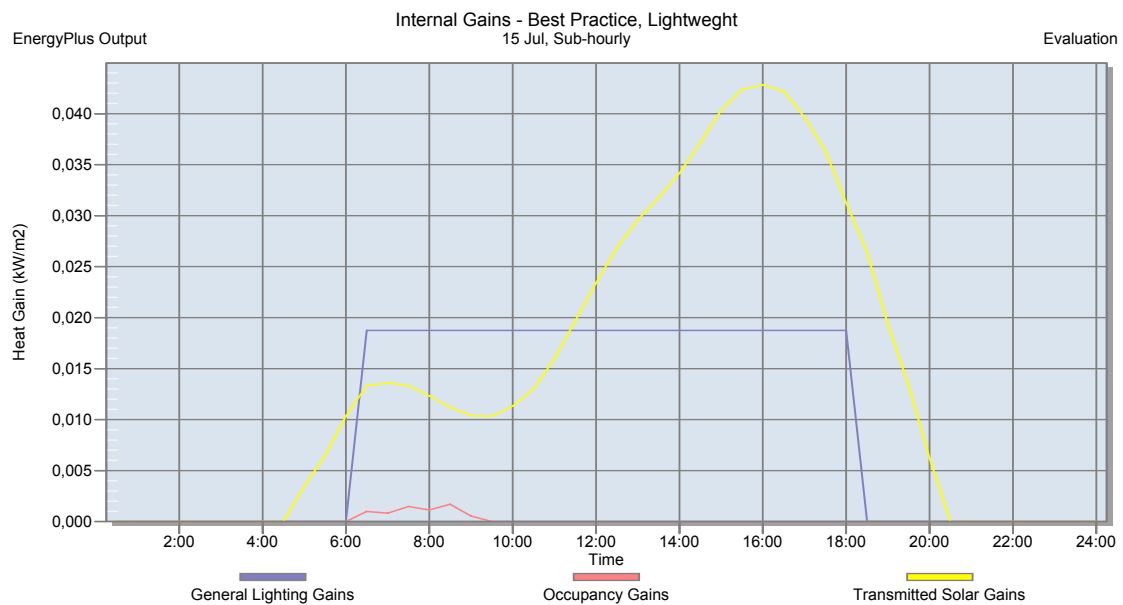
Σενάριο 2. Εσωτερικά κέρδη



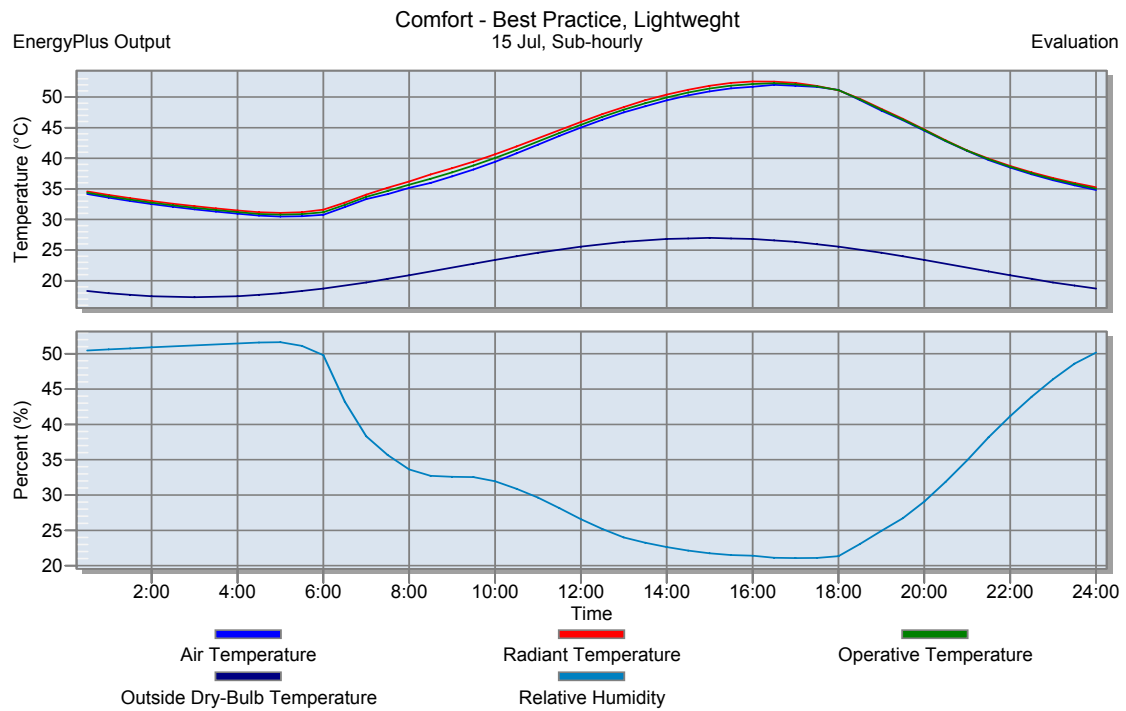
Σενάριο 2. Θερμική άνεση



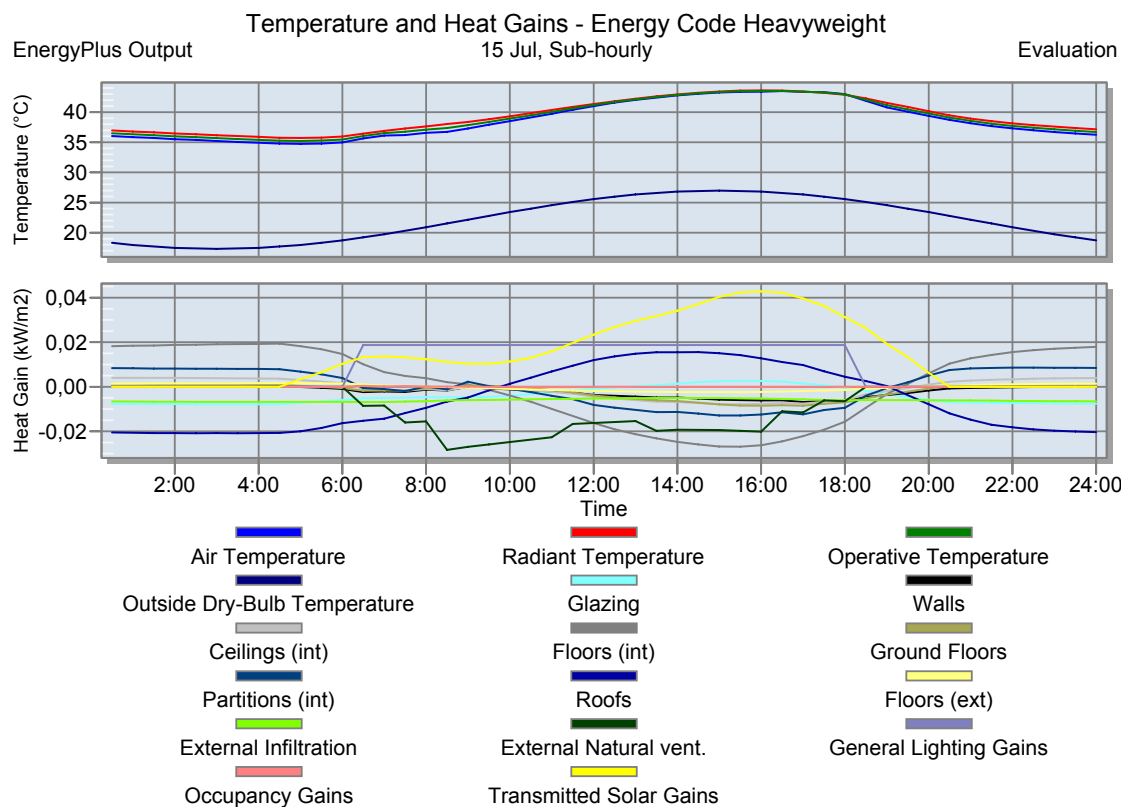
Σενάριο 3. Θερμοκρασία και θερμικά κέρδη



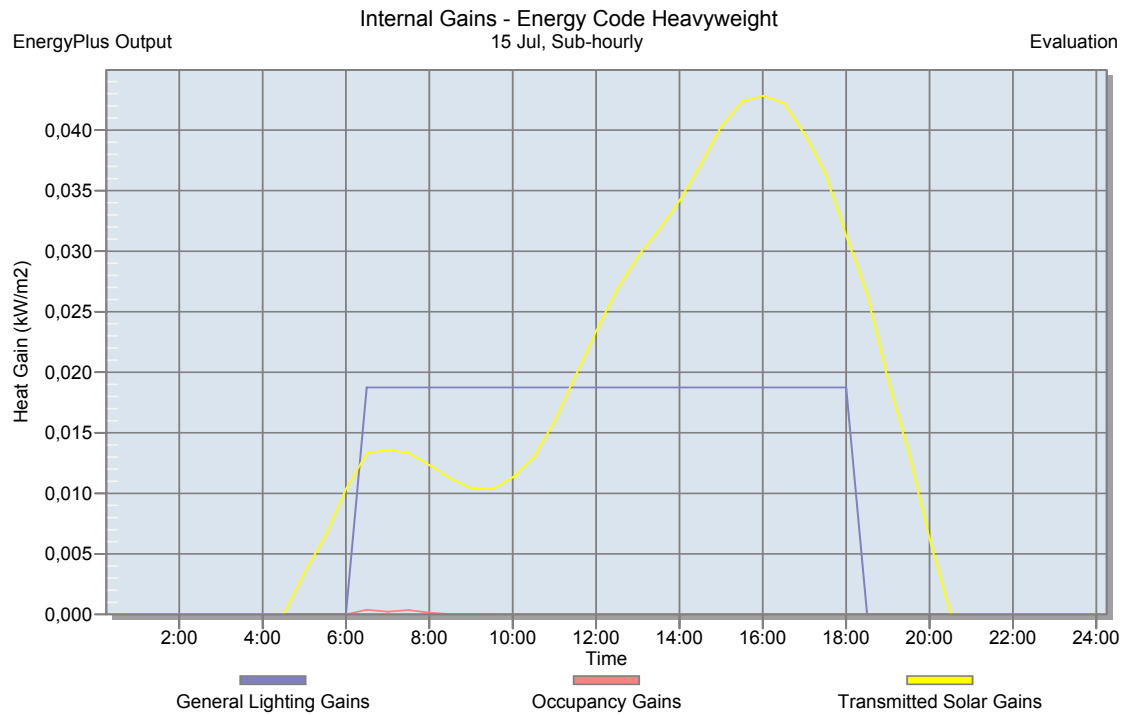
Σενάριο 3. Εσωτερικά κέρδη



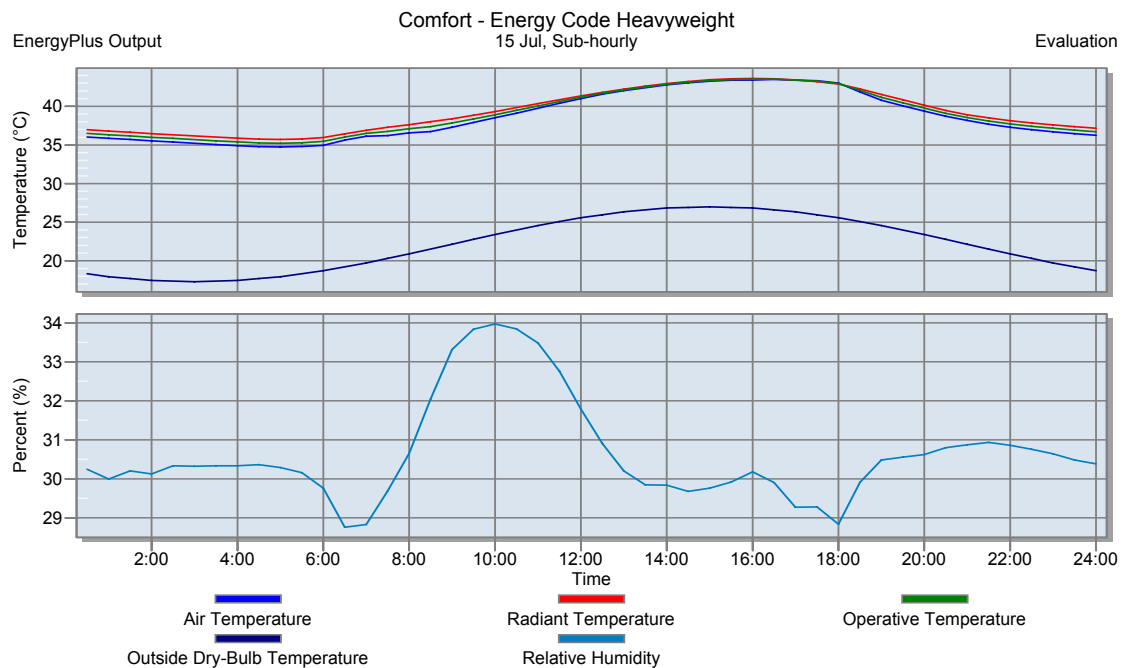
Σενάριο 3. Θερμική άνεση



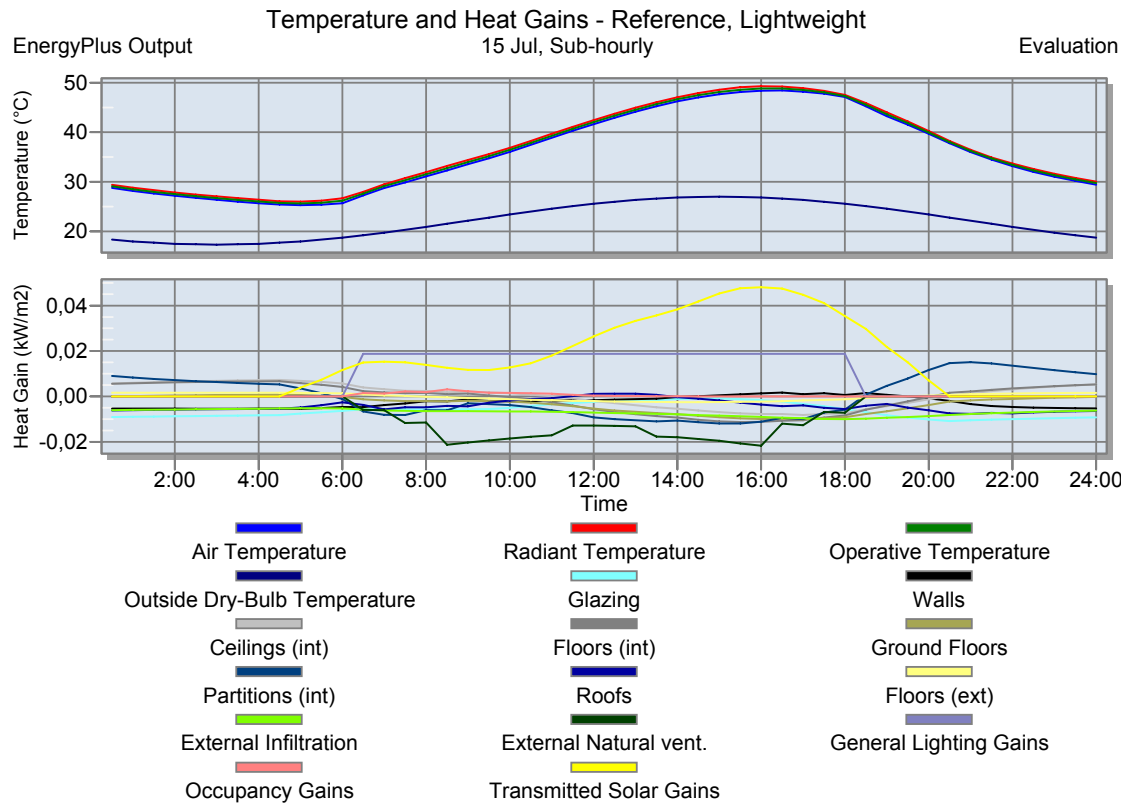
Σενάριο 4. Θερμοκρασία και θερμικά κέρδη



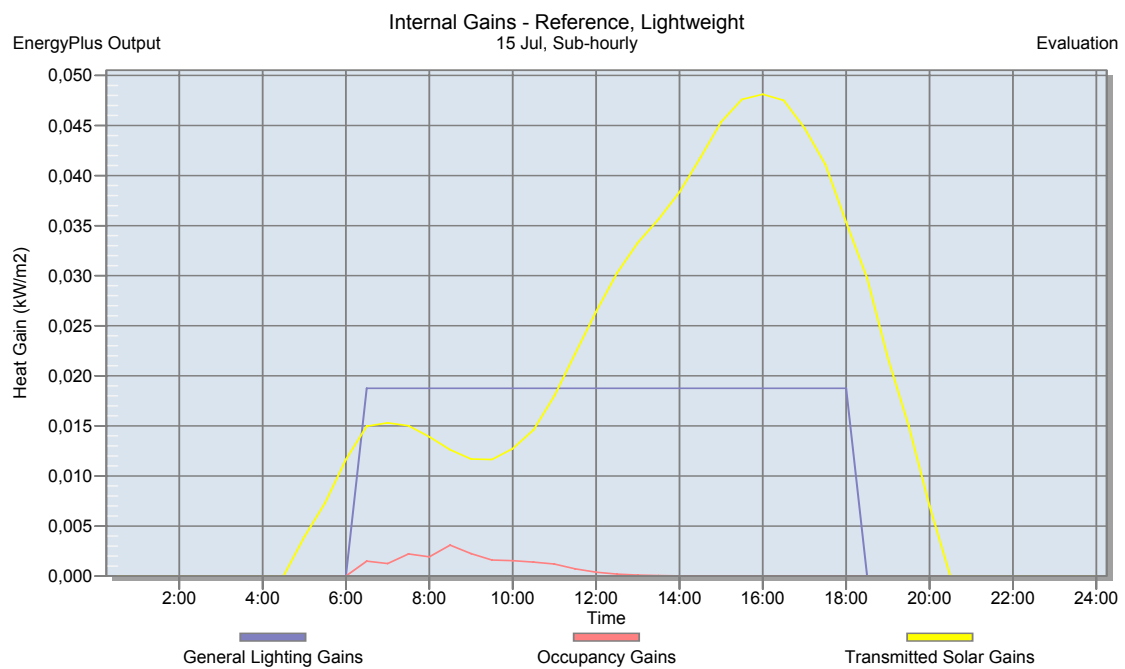
Σενάριο 4. Εσωτερικά κέρδη



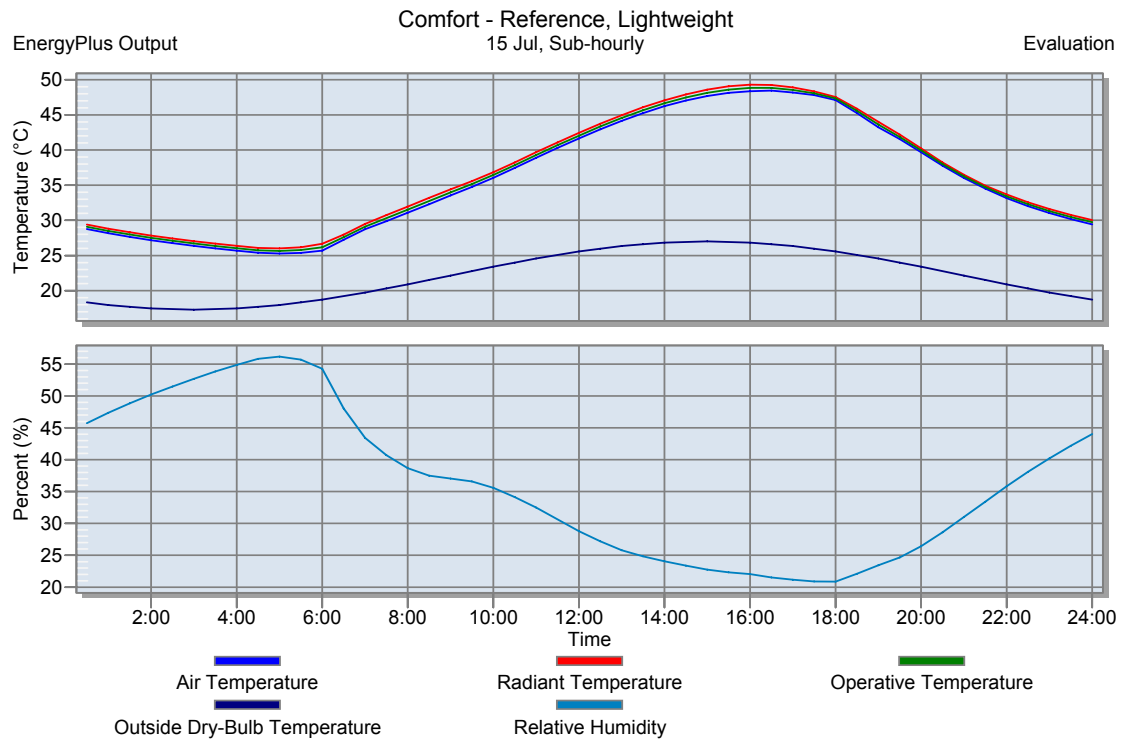
Σενάριο 4. Θερμική άνεση



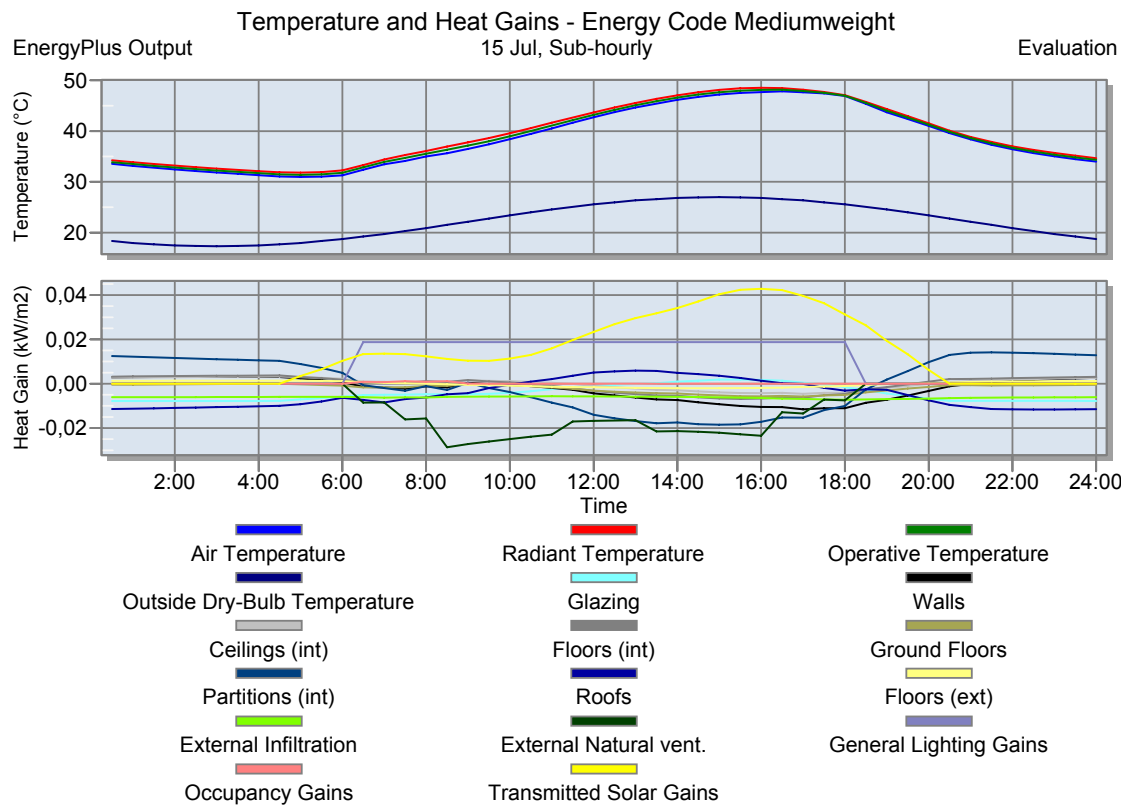
Σενάριο 5. Θερμοκρασία και θερμικά κέρδη



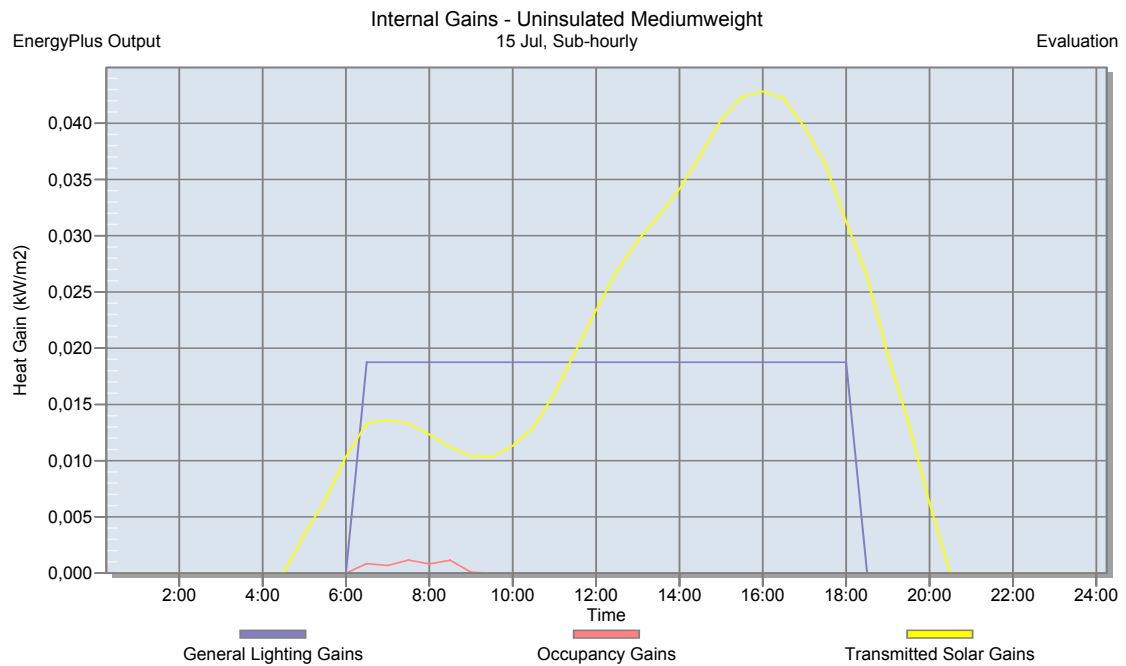
Σενάριο 5. Εσωτερικά κέρδη



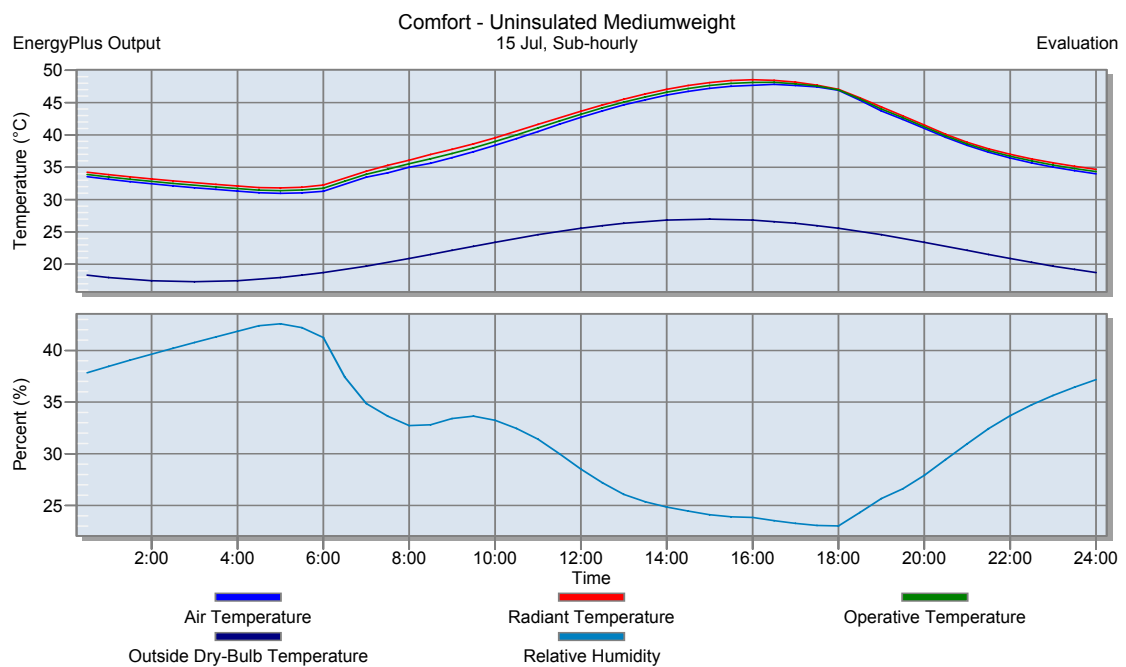
Σενάριο 5. Θερμική άνεση



Σενάριο 6. Θερμοκρασία και θερμικά κέρδη



Σενάριο 6. Εσωτερικά κέρδη



Σενάριο 6. Θερμική άνεση