

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ**

# **ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Κ.Ε.Ν.Α.Κ ΚΑΙ ΕΣΟΤΕΣΤ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΙ ΜΙΚΡΗΣ ΕΞΟΧΙΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ**

---

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΤΟΜΟΣ Α**



**ΒΑΤΟΥΓΙΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ  
ΚΟΙΛΙΑΡΗ ΣΤΑΜΑΤΟΥΛΑ**

**Επιβλέπων: Τζουβαδάκης Ιωάννης, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.  
Αθήνα, Μάρτιος 2011**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Καθηγητή Ε.Μ.Π. κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη για την καθοδήγηση και την άψογη συνεργασία του. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον αρχιτέκτονα κ. Μενέλαο Ξενάκη και τον κ. Γεώργιο Κατσαλή για τη βοήθειά τους.



## **ΣΥΝΟΨΗ**

Η κατανάλωση ενέργειας παρουσιάζει συνεχή αύξηση προκαλώντας σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον, στην εξάντληση των φυσικών πόρων και κατά συνέπεια στην ποιότητα ζωής. Για το λόγο αυτό επιτακτική είναι η ανάγκη εύρεσης οικολογικών αλλά και οικονομικών λύσεων μέσω του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Σε αυτό το πνεύμα κινήθηκε και η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία στην οποία παρουσιάζονται μερικοί από τρόπους επέμβασης στο κέλυφος μέσω της χρήσης των προγραμμάτων K.Ev.A.K. και Ecotect Analysis, με στόχο να αξιολογηθεί η συνεισφορά του κάθε μέτρου στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, σε συνδυασμό με το κόστος αυτού. Όπως παρατηρήθηκε, κάποιες από τις λύσεις που προτάθηκαν, παρουσίασαν σημαντική βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, καθιστώντας τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική και τη χρήση σύγχρονων μέσων απαραίτητα στοιχεία κατά το σχεδιασμό των κτιρίων.

## **ABSTRACT**

The continuously increasing consumption of energy affects severely the environment, causing depletion of the natural resources and consequently the quality of life. It is imperative to find economical and environmentally friendly solutions through the bioclimatic designs. This Thesis was focused in accordance of the aforementioned spirit in which some of the intervening means of the building elements are displayed through the usage of the K.Ev.A.K. and Ecotect Analysis software programs, with the goal to evaluate the contribution of each mean in the reduction of the energy consumption in combination with the costs. As it was concluded, some of the proposals presented significant improvement of the building's energy behavior, making the usage of modern bioclimatic architectural design for the buildings necessary.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται διαρκώς προκαλώντας σοβαρές επιπτώσεις στην εξάντληση των φυσικών πόρων, στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος και κατά συνέπεια στην ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Για την αντιμετώπιση όλων αυτών των επιπτώσεων, καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει η εξοικονόμηση ενέργειας, η οποία συνδράμει στη βελτίωση της παγκόσμιας οικονομίας, στην κάλυψη των κοινωνικών και αναπτυξιακών αναγκών και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Επιτακτική κρίνεται λοιπόν, η στροφή των ανθρώπων στο βιοκλιματικό σχεδιασμό, που αποτελεί και το αντικείμενο αυτής της διπλωματικής εργασίας με σκοπό την εύρεση οικολογικών και οικονομικών λύσεων για την αποφυγή της συστηματικής καταστροφής και αλλοίωσης του φυσικού περιβάλλοντος.

Αρχικά, αναλύονται οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, οι παράμετροι που τον επηρεάζουν, οι απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται, οι στρατηγικές που ακολουθούνται, με στόχο την όσο το δυνατό καλύτερη αξιοποίηση των φυσικών χαρακτηριστικών και της μορφής του κτιρίου, προκειμένου να υπάρξει ελαχιστοποίηση της ενεργειακής του κατανάλωσης. Γίνεται, λοιπόν, αναφορά στην θετική επίδραση του φυσικού δροσισμού μέσω της κατάλληλης χωροθέτησης και της μορφής του κτιρίου και στη θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους μέσω της κατάλληλης θερμομόνωσης.

Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στη χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης, διατάξεων δηλαδή που αξιοποιούν άμεσα, είτε έμμεσα την ηλιακή ακτινοβολία εξοικονομώντας ενέργεια της τάξεως του 15-40% για θέρμανση και ολική κάλυψη των αναγκών ψύξης των κτιρίων σε σχέση με συμβατικά κτίρια της ίδιας ηλικίας. Ακολουθούν η θερμική και η οπτική άνεση που αποτελούν τις σημαντικότερες συνισταμένες της ευεξίας του ανθρώπου και εξαρτώνται σε σημαντικό βαθμό από το κέλυφος και τα χαρακτηριστικά του εσωκλίματος.

Σημαντικό κεφάλαιο αποτελεί η εφαρμογή του λογισμικού Κ.ΕΝ.Α.Κ. επί διώροφης μικρής εξοχικής κατοικίας. Σε πρώτη φάση παρουσιάζεται το αρχικό σενάριο που εισήχθη στο λογισμικό όσον αφορά το κέλυφος (τοιχοποιία, δοκοί-υποστυλώματα, δάπεδο, οροφή, διαφανείς επιφάνειες) και τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Στη συνέχεια ακολουθούν εναλλακτικά σενάρια σχετικά με τα μονωτικά υλικά και το είδος των οπτοπλίνθων για το κέλυφος, το είδος των πλαισίων και των υαλοπινάκων, για τις αδιαφανείς επιφάνειες, καθώς και διαφορετικά σενάρια για τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα και την οροφή. Για καθεμία από αυτές τις περιπτώσεις αλλά και για συνδυασμό αυτών, υπολογίζεται η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση, η ενεργειακή κατηγορία στην οποία ανήκει το κτίριο και το συνολικό κόστος με σκοπό να βρεθεί το βέλτιστο ενεργειακά και οικονομικά συμφέρον σενάριο.

Ακολούθησε η εφαρμογή του λογισμικού Ecotect Analysis στο οποίο εισήχθησαν τα δεδομένα του αρχικού σεναρίου και στη συνέχεια τα δεδομένα του βέλτιστου ενεργειακά σεναρίου που προέκυψε από το Κ.Εν.Α.Κ. (με επέμβαση μόνο στα υλικά του κελύφους). Πραγματοποιήθηκαν θερμικές αναλύσεις χωρίς συστήματα θέρμανσης-ψύξης, στις οποίες υπολογίστηκαν η ετήσια κατανομή θερμοκρασίας, οι ωριαίες θερμοκρασίες και τα διαγράμματα ωριαίων κερδών και δεν παρατηρήθηκε ιδιαίτερη διαφορά μεταξύ των δύο σεναρίων. Κατά τη θερμική ανάλυση με συστήματα μελετήθηκαν τα ωριαία κέρδη και τα μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης, από όπου εξήχθη το συμπέρασμα πως η διαφορά μεταξύ των ενεργειακών φορτίων θέρμανσης-ψύξης μεταξύ των δύο σεναρίων αγγίζει το

19%, ποσοστό ίσιο σχεδόν με το αντίστοιχο των ενεργειακών καταναλώσεων των αντίστοιχων σεναρίων από το λογισμικό του Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Τέλος, μετά από αξιολόγηση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε σύγκριση των δύο προγραμμάτων. Η σύγκριση αυτή αφορά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα δύο λογισμικά αλλά και τον τρόπο εφαρμογής καθενός από αυτά.

Ωστόσο το σημαντικότερο εύρημα της παρούσας έρευνας είναι η ανάγκη συνειδητοποίησης πως ο σωστός ενεργειακός σχεδιασμός ενός κτιρίου λαμβάνοντας υπόψη τον προσανατολισμό, τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των χώρων και των ανοιγμάτων και την σωστή θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους έχει σαν αποτέλεσμα σημαντική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και συνεπώς σημαντική μείωση του ενεργειακού κόστους. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την διαρκή αύξηση του κόστους της παραγόμενης ενέργειας, καθιστούν αναγκαία τη στροφή προς τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ-ΤΟΜΟΣ Α'

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ</b>                                  | <b>1</b>  |
| 1.1      | Ο ρόλος του βιοκλιματικού σχεδιασμού   | 1         |
| 1.1.1    | Πολεοδομική αρχιτεκτονική  | 1         |
| 1.2      | Βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού   | 2         |
| 1.3      | Το κλίμα και ο ρόλος του στο βιοκλιματικό σχεδιασμό                                  | 2         |
| 1.3.1    | Φυσικές παράμετροι που επηρεάζουν το βιοκλιματικό σχεδιασμό                          | 2         |
| 1.3.1.1  | Θερμοκρασία  | 3         |
| 1.3.1.2  | Θέση του ήλιου   | 3         |
| 1.3.1.3  | Ηλιακή ακτινοβολία   | 5         |
| 1.3.1.4  | Άνεμος   | 6         |
| 1.3.1.5  | Υγρασία  | 6         |
| 1.3.2    | Μικρόκλιμα   | 6         |
| 1.3.2.1  | Φαινόμενο αστικής χαράδρας   | 7         |
| 1.3.2.2  | Φαινόμενο θερμικής νησίδας   | 8         |
| 1.4      | Ο ρόλος των φυτών στο βιοκλιματικό σχεδιασμό   | 9         |
| <b>2</b> | <b>ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ</b>  | <b>11</b> |
| 2.1      | Το κτίριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης   | 11        |
| 2.1.1    | Κατάλληλη χωροθέτηση κτιρίου   | 11        |
| 2.1.2    | Σχήμα κτιρίου  | 11        |
| 2.1.3    | Προσανατολισμός κτιρίου  | 11        |
| 2.1.4    | Μορφή κτιρίου  | 12        |
| 2.1.5    | Σχέση με άλλα κτίρια   | 12        |
| 2.1.6    | Προσανατολισμός και μέγεθος ανοιγμάτων   | 12        |
| 2.1.7    | Χωρισμός σε θερμικές ζώνες-Λειτουργική διάταξη εσωτερικών χώρων                      | 13        |
| 2.1.8    | Το χρώμα των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου                                       | 14        |
| <b>3</b> | <b>ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ</b>   | <b>15</b> |
| 3.1      | Ηλιοπροστασία ανοιγμάτων και τοποθέτηση ειδικών διατάξεων για το σκιασμό του κτιρίου | 15        |
| 3.2      | Μείωση εξωτερικών θερμικών κερδών  | 18        |
| 3.3      | Μείωση εσωτερικών θερμικών κερδών  | 18        |
| 3.4      | Φυσικός αερισμός κτιρίου   | 19        |
| 3.4.1    | Διαμπερής αερισμός μέσω ανοιγμάτων   | 21        |
| 3.4.2    | Υβριδικός αερισμός   | 21        |
| 3.4.3    | Καμινάδα αερισμού  | 22        |



|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.4.4    | Ηλιακή καμινάδα.....  | 22        |
| 3.4.5    | Αεριζόμενο κέλυφος .....  | 23        |
| 3.5      | Δροσισμός από το έδαφος .....                                   | 23        |
| 3.6      | Δροσισμός από ακτινοβολία .....                                 | 24        |
| 3.7      | Εξατμιστικός δροσισμός .....                                    | 25        |
| 3.8      | Εναλλακτικές πηγές δροσισμού-τεχνητός κλιματισμός κτιρίων ..... | 25        |
| <b>4</b> | <b>ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ.....</b>                | <b>27</b> |
| 4.1      | Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας στα κτίρια .....                | 28        |
| 4.2      | Θερμικές ιδιότητες υλικών οικοδομικού κελύφους.....             | 28        |
| 4.3      | Θερμομόνωση κτιρίων.....  | 29        |
| 4.3.1    | Θερμογέφυρες.....   | 29        |
| 4.4      | Θερμομονωτικά υλικά και οι ιδιότητές τους.....                  | 32        |
| 4.4.1    | Θερμομονωτικά υλικά που διατίθενται στην ελληνική αγορά.....    | 33        |
| 4.4.2    | Οικολογικά θερμομονωτικά υλικά .....                            | 38        |
| 4.5      | Θέση μόνωσης στο περίβλημα.....                                 | 39        |
| 4.5.1    | Θερμομόνωση στις εξωτερικές τοιχοποιίες .....                   | 41        |
| 4.5.1.1  | Αεριζόμενο κέλυφος.....   | 42        |
| 4.5.2    | Θερμομόνωση σε στέγες-δώματα.....                               | 42        |
| 4.5.2.1  | Φυτεμένο δώμα .....   | 45        |
| 4.5.3    | Θερμομόνωση στα δάπεδα .....                                    | 46        |
| 4.5.4    | Υαλοστάσια-ανοίγματα .....                                      | 46        |
| <b>5</b> | <b>ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....</b>                           | <b>49</b> |
| 5.1      | Συστήματα άμεσου ή απευθείας ηλιακού κέρδους.....               | 49        |
| 5.2      | Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους .....                         | 50        |
| 5.2.1    | Τοίχος θερμικής αποθήκευσης .....                               | 51        |
| 5.2.2    | Τοίχος Trombe-Michel .....                                      | 52        |
| 5.2.3    | Τοίχος νερού .....  | 54        |
| 5.2.4    | Οροφή νερού.....  | 55        |
| 5.2.5    | Θερμοσιφωνικό πανέλο/τοίχος Barra- Constantini.....             | 55        |
| 5.2.6    | Ηλιακοί χώροι / θερμοκήπια .....                                | 56        |
| 5.2.6.1  | Θερμική συμπεριφορά του θερμοκηπίου.....                        | 57        |
| 5.2.7    | Ηλιακά αίθρια .....   | 58        |
| 5.3      | Συστήματα απομονωμένου κέρδους.....                             | 59        |
| 5.4      | Κόστος παθητικών ηλιακών συστημάτων .....                       | 59        |
| <b>6</b> | <b>ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ.....</b>                                       | <b>61</b> |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 6.1      | Παράγοντες θερμικής άνεσης .....  | 61         |
| 6.2      | Θερμικές ενδείξεις .....  | 64         |
| <b>7</b> | <b>ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ .....</b>   | <b>69</b>  |
| 7.1      | Το φαινόμενο της θάμβωσης.....  | 69         |
| 7.2      | Φυσικός φωτισμός κτιρίων .....  | 71         |
| 7.2.1    | Αξιοποίηση φυσικού φωτισμού.....  | 71         |
| 7.2.2    | Παράγοντες φυσικού φωτισμού .....                                       | 72         |
| 7.2.3    | Συστήματα φωτισμού .....  | 73         |
| <b>8</b> | <b>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ Κ.ΕΝ.Α.Κ.....</b>                           | <b>81</b>  |
| 8.1      | Κτίριο-Εισαγωγικά στοιχεία.....   | 82         |
| 8.1.1    | Θερμαινόμενη ζώνη.....  | 82         |
| 8.1.2    | Κέλυφος κτιρίου.....  | 83         |
| 8.1.3    | Θερμογέφυρες.....   | 90         |
| 8.1.4    | Συστήματα.....  | 94         |
| 8.2      | Σενάρια .....   | 96         |
| 8.2.1    | Εναλλακτικά σενάρια τοιχοποιίας .....                                   | 97         |
| 8.2.1.1  | Κόστος εναλλακτικών σεναρίων τοιχοποιίας.....                           | 98         |
| 8.2.2    | Εναλλακτικά σενάρια δοκών - υποστυλωμάτων .....                         | 102        |
| 8.2.2.1  | Κόστος εναλλακτικών σεναρίων δοκών – υποστυλωμάτων.....                 | 103        |
| 8.2.3    | Συνδυασμός ευνοϊκότερων σεναρίων τοιχοποιίας και δοκών -υποστυλωμάτων   | 107        |
| 8.2.3.1  | Κόστος συνδυαστικών λύσεων .....  | 107        |
| 8.2.4    | Εναλλακτικά σενάρια οροφής .....  | 112        |
| 8.2.5    | Εναλλακτικά σενάρια Διαφανών επιφανειών - Ανοιγόμενων κουφωμάτων ...    | 114        |
| 8.2.5.1  | Κόστος εναλλακτικών σεναρίων διαφανών επιφανειών-Ανοιγόμενων κουφωμάτων | 115        |
| 8.2.6    | Σενάρια Ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων.....                            | 117        |
| 8.2.6.1  | Κόστος εναλλακτικών σεναρίων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων .....      | 118        |
| 8.2.7    | Προσθήκη ανεμιστήρων .....  | 119        |
| 8.2.8    | Συνδυασμός ευνοϊκότερων σεναρίων .....                                  | 120        |
| <b>9</b> | <b>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ECOTECT ANALYSIS .....</b>                  | <b>121</b> |
| 9.1      | Παραδοχές.....  | 121        |
| 9.2      | Ανάλυση καιρικών συνθηκών μελέτης – weather analysis .....              | 124        |
| 9.2.1    | Ηλιακή θέση-Solar position.....   | 125        |
| 9.2.2    | Ψυχομετρία-psychometry .....  | 127        |
| 9.2.3    | Ανάλυση ανέμου-wind analysis .....                                      | 131        |

|                           |  |            |
|---------------------------|--|------------|
| 9.2.4                     | Κλιματικά δεδομένα .....   | 133        |
| 9.2.5                     | Θερμική ανάλυση- solar analysis .....                                | 135        |
| 9.3                       | Θερμική ανάλυση .....  | 138        |
| 9.3.1                     | Θερμική ανάλυση χωρίς συστήματα θέρμανσης ψύξης .....                | 138        |
| 9.3.1.1                   | Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας-temperature distribution .....          | 138        |
| 9.3.1.2                   | Ωριαίες θερμοκρασίες-hourly temperatures.....                        | 141        |
| 9.3.1.3                   | Διαγράμματα ωριαίων κερδών-hourly gains .....                        | 144        |
| 9.3.2                     | Θερμική ανάλυση με συστήματα θέρμανσης-ψύξης.....                    | 149        |
| 9.3.2.1                   | Ωριαία κέρδη και απώλειες- hourly heat gains/losses .....            | 149        |
| 9.3.2.2                   | Μηνιαία φορτία θέρμανσης/ψύξης - monthly heating/cooling loads ..... | 155        |
| 9.3.3                     | Εύρεση Βέλτιστου Προσανατολισμού .....                               | 156        |
| 9.4                       | Σύγκριση αποτελεσμάτων Κ.Εν.Α.Κ και Ecotect Analysis .....           | 159        |
| 9.5                       | Επίλογος .....   | 160        |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>  |  | <b>163</b> |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>  |  | <b>165</b> |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-ΤΟΜΟΣ Β'</b> |  |            |
| <b>ΣΧΕΔΙΑ</b>             |  |            |

# **1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

## **1.1 Ο ρόλος του βιοκλιματικού σχεδιασμού**

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό κτιρίων και χώρων, εσωτερικών ή εξωτερικών-υπαίθρων προσαρμοσμένων στις ειδικές κλιματολογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες κάθε περιοχής. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στοχεύει στην εξασφάλιση θερμικής και οπτικής άνεσης αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος που διαθέτει η κάθε περιοχή. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά ηλιακά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτίρια και καλύπτουν τις ανάγκες τους για ψύξη, θέρμανση και φωτισμό.

Τα οφέλη του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι πολλαπλά και συνοψίζονται στα παρακάτω:

- **Ενεργειακά:** επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας μέσω βελτιωμένης ενεργειακής συμπεριφοράς του κελύφους και των δομικών στοιχείων του κτιρίου, παραγωγή θερμότητας μέσω των ηλιακών συστημάτων άμεσου ή έμμεσου κέρδους που συνεπάγεται τη μερική κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση, διατήρηση της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα σε υψηλά επίπεδα το χειμώνα και χαμηλά το καλοκαίρι καθώς και δημιουργία συνθηκών άνεσης. Όλα αυτά έχουν σαν άμεση συνέπεια τον περιορισμό μηχανολογικού εξοπλισμού για θέρμανση ή ψύξη ενός κτιρίου, γεγονός που οδηγεί στην απεξάρτηση από το πετρέλαιο και στη στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- **Οικονομικά:** μείωση κόστους ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου.
- **Περιβαλλοντικά:** μείωση ρύπων και περιορισμός του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- **Κοινωνικά:** βελτίωση της ποιότητας ζωής. [11,12]

### **1.1.1 Πολεοδομική αρχιτεκτονική**

Η ενέργεια επηρεάζει όχι μόνο την αρχιτεκτονική ενός μεμονωμένου κτιρίου, αλλά και τη γενικότερη πολεοδομική οργάνωση ενός τόπου. Έχει διαπιστωθεί ότι ο σχεδιασμός μιας πόλης είναι ανάλογος με τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν σε αυτήν. Πιο συγκεκριμένα, η χωροθέτηση των κτιρίων μεταβάλλεται ανάλογα με το αν οι κλιματολογικές αυτές συνθήκες είναι «φιλικές» ή «εχθρικές». Για παράδειγμα, ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι σε εύκρατα κλίματα, που οι κλιματολογικές συνθήκες είναι ευνοϊκές, οι οικισμοί είναι πιο ανοιχτοί που σημαίνει ότι έχουν μια διάταξη πιο ελεύθερη. Αντίθετα, σε θερμές και ξηρές περιοχές, η πολεοδομική οργάνωση αντιμετωπίζει τη ζέστη με την πυκνή δόμηση. Οι όγκοι των κτιρίων και οι κήποι χρησιμοποιούνται για το σκιασμό των δρόμων και γι' αυτό το λόγο οι κατοικίες τοποθετούνται γύρω από κλειστές αυλές που αποτελούν χώρους δροσιάς.

Βασικός στόχος της πολεοδομικής αρχιτεκτονικής είναι η εξασφάλιση καλύτερων συνθηκών υγιεινής που συνδέονται άμεσα με την ποσότητα ηλιασμού που δέχονται τα κτίρια. Στην Αθήνα τα κτίρια είναι τοποθετημένα σε σειρά και στις δύο πλευρές του δρόμου με αποτέλεσμα ο ηλιασμός τους να είναι ανεπαρκής. Ένας τρόπος δόμησης που χαρακτηρίζεται ως αποτελεσματικός για τον ηλιασμό των κτιρίων προβλέπει την κλιμακωτή οργάνωση τους με τα δώματα του ενός ορόφου να χρησιμοποιούνται για αυλή του επόμενου.[3,8]

## 1.2 Βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού

Άμεσος στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελεί η εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης μέσω στρατηγικών φυσικού δροσισμού-αερισμού, ηλιοπροστασίας και εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, έτσι ώστε να καταναλώνεται η ελάχιστη δυνατή συμπληρωματική ενέργεια. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι τα παθητικά ηλιακά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτίρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων αυτών. Γίνεται προσπάθεια να χρησιμοποιούνται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, να περιορίζεται η κατανάλωση συμβατικών καυσίμων και να αποφεύγεται η χρήση των κλιματιστικών για την ψύξη του κτιρίου συμβάλλοντας έτσι στην απορρύπανση της ατμόσφαιρας και στη συνεπαγόμενη ισορροπία των οικοσυστημάτων του πλανήτη.

Οι βασικές αρχές που πρέπει να εφαρμόζονται στα κτίρια προκειμένου αυτά να λειτουργούν βιοκλιματικά συνοψίζονται στις παρακάτω:

- **Εξασφάλιση ηλιασμού το χειμώνα:** αν την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου που είναι η μέρα με τη μικρότερη διάρκεια εμφάνισης του ήλιου εξασφαλίζεται πλήρως ο ηλιασμός του κτιρίου, τότε σίγουρα εξασφαλίζεται και για όλο τον υπόλοιπο χειμώνα.
- **Εξασφάλιση ηλιοπροστασίας το καλοκαίρι:** η ηλιοπροστασία ενός κτιρίου το καλοκαίρι περιορίζει την επιβάρυνσή του από πρόσθετη θερμότητα, η οποία οφείλεται στην έντονη ηλιακή ακτινοβολία.
- **Εξασφάλιση ανεμοπροστασίας το χειμώνα:** η ανεμοπροστασία συμβάλλει στον περιορισμό της διείσδυσης του αέρα, αλλά και στη μείωση των θερμικών απωλειών ενός κτιρίου.
- **Εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων το καλοκαίρι:** οι δροσεροί άνεμοι το καλοκαίρι συμβάλλουν σημαντικά στο φυσικό δροσισμό ενός κτιρίου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.[1,2,10,11]

## 1.3 Το κλίμα και ο ρόλος του στο βιοκλιματικό σχεδιασμό

Το κλίμα της περιοχής όπου πρόκειται να παραχθεί ένα κτίριο είναι η πρώτη παράμετρος που απαιτείται να λάβει υπόψη του ο μελετητής, ώστε να μπορέσει να συγχρονίσει το κτίριο σαν ένα ζωντανό οργανισμό με τη φύση.

Η γενικευμένη κλιματική εικόνα μιας ευρύτερης περιοχής που εκφράζεται μέσα από χάρτες και κλιματικές ζώνες λέγεται **μακρόκλιμα**. Οι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν το μακρόκλιμα επηρεάζονται με τη σειρά τους από τοπικές συνθήκες όπως είναι η τοπογραφική διαμόρφωση, η βλάστηση και η φύση της περιοχής και του γύρω από αυτήν χώρου και διαμορφώνουν το **μεσόκλιμα**. Διάφοροι τύποι μεσοκλίματος είναι οι παραλιακές περιοχές, η επίπεδη ανοιχτή ύπαιθρος, τα δάση, οι κοιλάδες, οι πόλεις και οι ορεινές περιοχές. Τέλος, σε κάθε τοποθεσία η παρέμβαση του ανθρώπου μπορεί τροποποιήσει το περιβάλλον κοντά στα κτίρια και να δημιουργήσει νέες συνθήκες που αποτελούν το **μικρόκλιμα** ή αλλιώς το κλίμα μιας μικρής επιφάνειας.[5,8]

### 1.3.1 Φυσικές παράμετροι που επηρεάζουν το βιοκλιματικό σχεδιασμό

Ο μελετητής για να σχεδιάσει ένα κτίριο που θα υπακούει στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού απαιτείται να συλλέξει πληροφορίες για τις εξής παραμέτρους του κλίματος της περιοχής στην οποία αυτό θα παραχθεί:

### 1.3.1.1 Θερμοκρασία

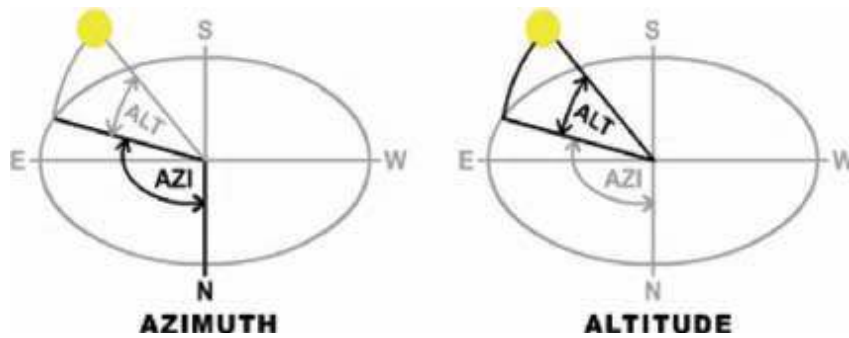
Η θερμοκρασία του αέρα σε μια τοποθεσία επηρεάζεται από την ταχύτητα του ανέμου. Όταν έχουμε μικρές ταχύτητες ανέμου, τοπικοί παράγοντες όπως η θέρμανση του εδάφους από την ηλιοφάνεια και η νυχτερινή ψύξη από ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος, που εξέρχεται από τη γη, ασκούν μεγάλη επιρροή στη θερμοκρασία του αέρα κοντά στο έδαφος. Αντίθετα, για μεγάλες ταχύτητες ανέμου οι τοπικοί αυτοί παράγοντες επηρεάζουν σε πολύ μικρότερο βαθμό τη θερμοκρασία του αέρα. Επίσης, η τυπική μέση θερμοκρασία της εισερχόμενης αέριας μάζας εξαρτάται από τον τόπο προέλευσής της. Έτσι, ο αέρας από πολικές περιοχές είναι συνήθως ψυχρός και ξηρός, από τον Ατλαντικό είναι συνήθως υγρός και σχετικά θερμός το χειμώνα ενώ υγρός και σχετικά ψυχρός το καλοκαίρι και τέλος από την ανατολή είναι ψυχρός και ξηρός το χειμώνα και σχετικά θερμός και θολός το καλοκαίρι.

Η θερμική επίδραση του εδάφους στον αέρα καθορίζει τις θερμοκρασίες του αέρα στις διάφορες στάθμες των κτιρίων. Πολύ κοντά στο έδαφος η θερμοκρασία του αέρα πλησιάζει τη θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους. Η επίδραση μειώνεται με την απόσταση από την επιφάνεια. Έτσι, σε ορισμένες περιπτώσεις η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα στην κορυφή ενός κτιρίου μπορεί να διαφέρει σημαντικά από τη θερμοκρασία που επικρατεί στο ισόγειο. Τη νύχτα λόγω της εκπομπής ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος από τη γη στον ουρανό ενδέχεται η θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους να πέσει αρκετά χαμηλά και σε ορισμένες περιπτώσεις να φτάσει ακόμα κάτω από το σημείο δρόσου και τότε αν επικρατεί ψύχος να δημιουργηθεί πάγος. Το φαινόμενο αυτό ενισχύεται με την επικράτηση ανέμου χαμηλών ταχυτήτων.

Προκειμένου να έχουμε συγκρίσιμες μετρήσεις θερμοκρασιών σε διάφορες τοποθεσίες τα θερμόμετρα τοποθετούνται σε ύψος 1.20m πάνω από το έδαφος σε λευκοβαμμένο μετεωρολογικό σταθμό που αερίζεται. Οι σταθμοί αυτοί τοποθετούνται σε κουρεμένο γρασιδί στο επίπεδο του εδάφους και αρκετά μακριά από δέντρα, κτίρια, τοίχους και άλλα εμπόδια. Οι θερμοκρασίες που μετριοούνται πιο κοντά στο έδαφος δείχνουν σε πιο μεγάλη έκταση τις ημερήσιες μεταβολές. Στην Ελλάδα η μέση μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία που δίνεται από τους σταθμούς αυτούς παρουσιάζει μόνο μια γενική εικόνα του κλίματος μιας περιοχής, καθώς η θερμοκρασία παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις ακόμα και μέσα στην ίδια πόλη. Για παράδειγμα, μέσα σε κεντρικές αστικές περιοχές λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης του πληθυσμού, της έλλειψης πρασίνου και της πυκνής δόμησης παρουσιάζονται πολύ ψηλότερες θερμοκρασίες από αυτές των προαστιακών περιοχών.[5,8]

### 1.3.1.2 Θέση του ήλιου

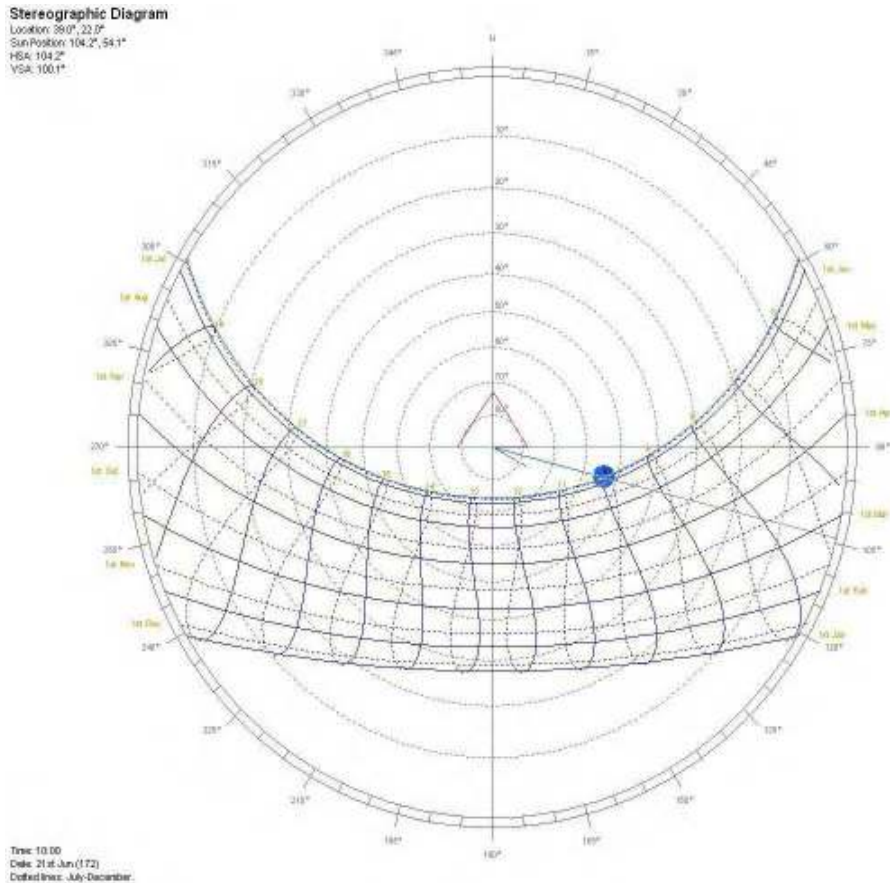
Η θέση του ήλιου στον ουρανό προσδιορίζεται από το ηλιακό ύψος (altitude) και το ηλιακό αζιμούθιο. Το ηλιακό ύψος ( $\gamma$ ) είναι η γωνία μεταξύ της ευθείας προς το κέντρο του ήλιου και του οριζοντίου επιπέδου. Επομένως, όταν ο ήλιος είναι ακριβώς στον ορίζοντα το  $\gamma$  ισούται με 0 μοίρες ενώ, όταν ο ήλιος είναι στο ζενίθ, δηλαδή ακριβώς από πάνω, η γωνία ισούται με 90 μοίρες. Το αζιμούθιο ( $\alpha$ ) προσδιορίζεται από τη γωνία του αληθινού νότου και του σημείου στον ορίζοντα ακριβώς κάτω από τον ήλιο. Κατά σύμβαση θεωρείται αρνητικό πριν από το μεσημέρι και θετικό μετά το μεσημέρι.



Εικόνα 1.1.1: αζιμούθιο και ηλιακό ύψος  
 ([http://www.flashlight.gr/images/news/100927\\_a.akrivou\\_meros1.pdf](http://www.flashlight.gr/images/news/100927_a.akrivou_meros1.pdf))

Η θέση του ήλιου αλλάζει από εποχή σε εποχή και από μήνα σε μήνα. Στο βόρειο ημισφαίριο όπου ανήκει η Ελλάδα, ο ήλιος βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο κατά τη μεσημβρία της 21<sup>ης</sup> Ιουνίου όπου έχουμε και τη μεγαλύτερη μέρα του έτους, ενώ αντίθετα την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου το ηλιακό ύψος το μεσημέρι έχει το μικρότερο ύψος και η μέρα αντίστοιχα τη μικρότερη διάρκεια. Στις εαρινές και φθινοπωρινές ισημερίες (21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου αντίστοιχα) η διάρκεια της μέρας και της νύχτας είναι ίση.

Για το βιοκλιματικό σχεδιασμό ενός κτιρίου χρησιμοποιούνται βοηθητικά ηλιακά διαγράμματα στα οποία αποτυπώνεται η τροχιά του ηλίου για κάθε γεωγραφικό πλάτος. Τα πιο εύχρηστα από αυτά είναι τα σφαιρικά διαγράμματα. Απεικονίζουν τη θέση του ήλιου οποιαδήποτε ώρα της ημέρας, κάθε μήνα και τις τιμές του ηλιακού ύψους και του αζιμούθιου για κάθε θέση. Οι τελευταίες αυτές τιμές είναι ιδιαίτερα χρήσιμες, διότι προσδιορίζουν τη γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας και έτσι αποφασίζεται και το σύστημα των σκιάστρων που θα χρησιμοποιηθεί στις όψεις ενός κτιρίου.[2,5,8]



**Εικόνα 1.1.2: σφαιρικό ηλιακό διάγραμμα**  
[http://www.flashlight.gr/images/news/100927\\_a.akrivou\\_meros1.pdf](http://www.flashlight.gr/images/news/100927_a.akrivou_meros1.pdf)

### 1.3.1.3 Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι το σύνολο της ενέργειας που ακτινοβολείται από τον ήλιο και πέφτει σ' ένα τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας μια τυχαία στιγμή. Μετράται σε  $\text{Watts/m}^2$ .

Η ποσότητα και η διάρκεια της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους σε μια περιοχή εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας, την ώρα της ημέρας, την εποχή του έτους και από άλλους μετεωρολογικούς παράγοντες.

Όταν η δέσμη της ηλιακής ακτινοβολίας περνάει από την ατμόσφαιρα διαχέεται από τα μόρια του αέρα, τα σωματίδια της σκόνης και τα σταγονίδια του νερού και σε κάποιο μέρος απορροφάται από τους υδρατμούς, το διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια. Τα σύννεφα ιδιαίτερα προκαλούν διάχυση και απορρόφηση. Γενικά όσο πιο μεγάλο είναι το μήκος της διαδρομής της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα από την ατμόσφαιρα και όσο πιο μεγάλο είναι το ποσοστό των υδρατμών και των σωματιδίων της σκόνης, τόσο πιο ασθενής είναι η ηλιακή δέσμη που φτάνει στο έδαφος.

Το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει κατευθείαν στη γη από τον ήλιο ονομάζεται άμεση ακτινοβολία, ένα άλλο προέρχεται από διάχυση, όπως προαναφέραμε, και ένα τρίτο από ανάκλαση σε φυσικά ή τεχνητά εμπόδια και εξαρτάται κάθε φορά από την τοπογραφία της περιοχής. Το σύνολο της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας είναι γνωστό ως ολική ακτινοβολία και είναι αυτό που δίνεται για κάθε πόλη σε ωριαίες, ημερήσιες,



μηνιαίες ή ετήσιες τιμές από μετεωρολογικούς σταθμούς. Ο προσδιορισμός της ωριαίας ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια επιφάνεια κατά τη διάρκεια μιας ημέρας γίνεται με τη βοήθεια του ηλιακού χάρτη ή του μετρητή ηλιακής ακτινοβολίας.

Οι κεκλιμένες, οι οριζόντιες και οι κατακόρυφες επιφάνειες δέχονται διαφορετικά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας ημερησίως. Πάντως μέγιστες τιμές ηλιακής ακτινοβολία προκύπτουν σε νότιο προσανατολισμό και σε κεκλιμένο επίπεδο, πληροφορία πολύ χρήσιμη για την αποτελεσματική τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών.[2,5,8]

#### **1.3.1.4 Άνεμος**

Άνεμος ή κίνηση του αέρα στη γήινη ατμόσφαιρα προκαλείται από διαφορές πίεσης που δημιουργούνται κάτω από σύνθετους κλιματικούς παράγοντες. Είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τις επικρατέστερες διευθύνσεις και ταχύτητες του ανέμου σε μια περιοχή. Πληροφορίες για τα στοιχεία αυτά παίρνουμε από μετεωρολογικά δίκτυα ύψους 10m που επιλέγουμε να βρίσκονται σε τοποθεσίες εκτεθειμένες σε όλες τις διευθύνσεις. Οι πληροφορίες αυτές δίνονται υπό μορφή ανεμομετροδεικτικών διαγραμμάτων.

Η τοπογραφική διαμόρφωση μιας περιοχής είναι δυνατόν να τροποποιήσει τη διεύθυνση του ανέμου, να προστατεύσει ή ακόμα και αν εκθέσει μια τοποθεσία σε δυνατούς ανέμους. Στις πόλεις τα ουσιαστικά εμπόδια ροής του ανέμου βρίσκονται στο επίπεδο του εδάφους και για αυτό είναι δυνατόν η κίνηση του αέρα να εμφανίζεται με στροβιλισμούς σε αρκετές περιπτώσεις.

Η γνώση του ανέμου αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για το σχεδιασμό ενός κτιρίου, καθώς επηρεάζει την άνεση, τροποποιεί την ανταλλαγή θερμότητας στο κέλυφος του κτιρίου και προκαλεί διείδυση του αέρα στο κτίριο. Είναι επομένως, πολύ βασικός παράγοντας για την κατάλληλη τοποθέτηση ανοιγμάτων στις όψεις, έτσι ώστε να υπάρχει δυνατότητα αερισμού και δροσισμού των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου και παράλληλα να παρέχεται προστασία ενός κτίσματος σε περιοχές όπου επικρατούν ισχυρά ανεμολογικά φαινόμενα.[5,8]

#### **1.3.1.5 Υγρασία**

Η παρουσία βλάστησης και λιμνών, ποταμών ή θαλασσών κοντά σε μια περιοχή επηρεάζει την υγρασία. Εκφράζεται σαν πηλίκιο ή σαν ποσοστό. Η υγρασία είναι ένα στοιχείο που επηρεάζει σημαντικά την αίσθηση άνεσης σε ένα χώρο. Έλλειψη θερμικής άνεσης παρατηρείται σε κλίματα που παρουσιάζονται υψηλές θερμοκρασίες με υψηλά επίπεδα υγρασίας ή υψηλές θερμοκρασίες με χαμηλά επίπεδα υγρασίας. Συνήθως σχετική υγρασία κάτω από 30% και πάνω από 70% προκαλεί έλλειψη θερμικής άνεσης.[5,8]

#### **1.3.2 Μικρόκλιμα**

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, η υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μιας περιοχής επηρεάζονται από τις ανθρώπινες παρεμβάσεις. Τεχνητά εμπόδια όπως τα πολύ ψηλά κτίρια, ο αλληλοσκιασμός των κτιρίων, το μεγάλο ποσοστό κάλυψης του εδάφους, οι ιδιότητες των οικοδομικών υλικών που χρησιμοποιούνται, ο προσανατολισμός των δρόμων και πολλοί άλλοι παράγοντες μεταβάλλουν τα φυσικά χαρακτηριστικά ενός κλίματος μιας περιοχής. Ιδιαίτερα εμφανείς είναι αυτές οι αλλοιώσεις του κλίματος στα πυκνοδομημένα αστικά κέντρα. Το αστικό μικρόκλιμα επηρεάζεται κυρίως από

το φαινόμενο της αστικής χαράδρας και το φαινόμενο της θερμικής νησίδας (heat island effect).

Οι ανθρωπογενείς παράγοντες που συμβάλλουν στην αλλοίωση του περιβάλλοντος, αν είναι αρνητικοί, μπορούν με κατάλληλους χειρισμούς να ανατραπούν σε όφελος του κλίματος. Οι παράγοντες αυτοί συνοψίζονται στους παρακάτω:

- **Ανθρωπογενής παραγωγή θερμότητας:** οφείλεται στην υπερσυγκέντρωση του πληθυσμού στην πόλη και στις δραστηριότητές του. Σημαντική πηγή παραγωγής θερμότητας είναι τα μέσα μαζικής μεταφοράς.
- **Μείωση της ροής του αέρα:** προκαλείται από το φαινόμενο της αστικής χαράδρας που θα περιγραφεί αναλυτικά παρακάτω και αφορά τον ανεπαρκή αερισμό και τον εγκλωβισμό της θερμότητας στα χαμηλά στρώματα του δόμου.
- **Μείωση της υγρασίας:** οφείλεται στην έλλειψη χώρων πρασίνου και υδάτινων επιφανειών. Η βλάστηση και η εξάτμιση από υδάτινες επιφάνειες αυξάνουν τα ποσοστά υγρασίας δημιουργώντας μεγαλύτερη αίσθηση άνεσης στον άνθρωπο.
- **Μόλυνση της ατμόσφαιρας:** οφείλεται στην εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, τη θερμική παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος λόγω εκτεταμένης χρήσης κλιματιστικών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού κ.ά. συμβάλλοντας έτσι στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και αυξάνοντας τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας.
- **Υλικά:** υλικά με σκουρόχρωμες επιφάνειες, μεγάλη θερμοχωρητικότητα και μικρή ανακλαστικότητα, έχουν την ιδιότητα να απορροφούν και να αποθηκεύουν μεγάλα ποσά θερμότητας κατά τη διάρκεια της μέρας που τα εκπέμπουν τη νύχτα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα στις πόλεις όπου τέτοια υλικά κυριαρχούν (μπετό, ασφαλτος) να έχουμε πολύ μικρή πτώση της θερμοκρασίας τις βραδινές ώρες σε αντίθεση με ανοικτές ή προαστιακές περιοχές.

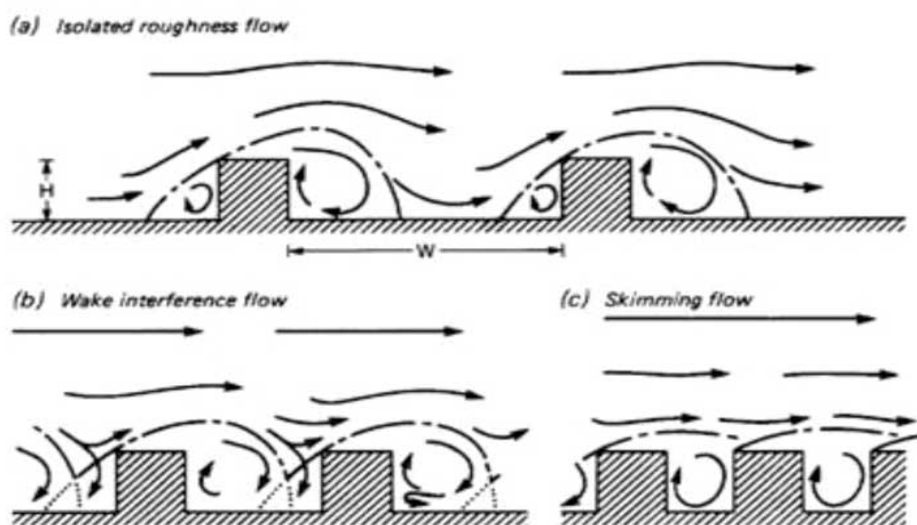
Οι τεχνικές βελτιώσεις που μπορούν να συμβάλλουν στην καλύτερη λειτουργία των αστικών μικροκλιμάτων είναι η φύτευση, η σκίαση, η χρησιμοποίηση του νερού ως μέσο δροσισμού, τα κατάλληλα υλικά και χρώματα, η μείωση των τροχοφόρων, η δημιουργία πεζοδρομίων και τέλος ο κατάλληλος προσανατολισμός των δρόμων και η ορθή σχέση πλάτους δρόμων και ύψους κτιρίων, έτσι ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία του φαινομένου της αστικής χαράδρας.[5,8]

### 1.3.2.1 Φαινόμενο αστικής χαράδρας

Το φαινόμενο της αστικής χαράδρας είναι ένα φαινόμενο που σχετίζεται με τη μεταβολή του ανέμου. Ο τρόπος δόμησης των οικοδομικών όγκων επηρεάζει, μεταξύ άλλων, τις ροές των ρευμάτων του αέρα, συμβάλλοντας έτσι στο φαινόμενο της αστικής χαράδρας και διαμορφώνοντας τις συνθήκες περιβάλλοντος μιας περιοχής. Η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου μεταβάλλονται, όταν ο άνεμος προσκρούει σε ένα εμπόδιο. Στα αστικά μικροκλίματα λοιπόν, ιδιαίτερα ψηλά κτίρια, πολυώροφες οικοδομές που υψώνονται πάνω σε χαμηλές μπορούν να οδηγήσουν σε πολύπλοκη ροή αέρα και να αυξήσουν την ταχύτητα του ανέμου στο επίπεδο του δρόμου, δημιουργώντας έτσι στροβιλισμούς του ανέμου, δυσάρεστους τις περισσότερες φορές για τους πεζοδούς.

Γενικά, η ταχύτητα και η ροή του ανέμου εξαρτάται από τη σχέση του πλάτους του δρόμου και του ύψους των κτιρίων που βρίσκονται κατά μήκος του ( $H/W$ , ύψος κτιρίου προς πλάτος

δρόμου). Όταν ο λόγος  $H/W$  είναι μεγαλύτερος από 0.05, δεν παρατηρούνται σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ρευμάτων αέρα και των στροβιλισμών που δημιουργούνται από την παρουσία των κτιρίων, λόγω της επαρκούς μεταξύ τους απόστασης (Εικόνα 1.3(a): *isolated roughness flow*). Αντίθετα, όταν το ύψος των κτιρίων, η πυκνότητά τους και τον πλάτος των δρόμων είναι τέτοια που δημιουργούν πιο στενά διαστήματα μεταξύ τους παρατηρείται ανάμειξη των ρευμάτων ροής (Εικόνα 1.3 (b): *wake interference flow*). Στην περίπτωση αυτή δημιουργούνται δευτεροβάθμιες ροές ανάμεσα στα κτίρια και η ροή στην προσήνεμη όψη του δεύτερου κτιρίου ενισχύεται από την ανακλώμενη ροή αέρα της πίσω κοιλότητας του πρώτου κτιρίου. Τέλος σε ακόμα μεγαλύτερους λόγους  $H/W$  και μεγαλύτερες πυκνότητες οικοδομημάτων τα υπερκείμενα ρεύματα ροής αέρα δεν εισέρχονται μέσα στη χαράδρα και χαρακτηρίζονται από σταθερή δίνη κυκλοφορίας ανάμεσα στα κτίρια (Εικόνα 1c: *skimming flow*).



Εικόνα 1.1.3: ροή ανέμου ανάμεσα στα κτίρια καθώς αυξάνει ο λόγος  $H/W$   
[http://www.econ3.gr/readmore.php?article\\_id=36071295619849](http://www.econ3.gr/readmore.php?article_id=36071295619849)

Στα μεγάλα αστικά κέντρα όπου το ύψος των κτιρίων είναι πολλές φορές μεγαλύτερο από το πλάτος των δρόμων δημιουργείται το φαινόμενο της αστικής χαράδρας. Οι όψεις των κτιρίων λειτουργούν σαν τα πλευρικά τοιχώματα μιας φυσικής χαράδρας με αποτέλεσμα την κατακόρυφη σταδιακή μείωση της ταχύτητας του αέρα προς την επιφάνεια του δρόμου, ενώ πάνω από τα κτίρια η ταχύτητα του ανέμου παραμένει σε υψηλά επίπεδα. Αυτό το φαινόμενο έχει αρνητικές συνέπειες στον αερισμό και στο δροσισμό το καλοκαίρι των αστικών κτιρίων λόγω της κακής κυκλοφορίας του αέρα που σε συνδυασμό με τη μόλυνση της ατμόσφαιρας οδηγεί στην παγίδευση της θερμικής ακτινοβολίας στα χαμηλότερα στρώματα του δρόμου και άρα στην υπερθέρμανση.[8,12]

### 1.3.2.2 Φαινόμενο θερμικής νησίδας

Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας σχετίζεται με τη μεταβολή της θερμοκρασίας στα αστικά μικροκλίματα και συγκεκριμένα την ανάπτυξη υψηλότερων θερμοκρασιών στο κέντρο μιας πόλης σε σύγκριση με την περιφέρεια. Στη διαμόρφωση της θερμικής νησίδας συμβάλλουν τα σκούρα και θερμά υλικά των αστικών επιφανειών που έχουν χαμηλή ανακλαστικότητα, οι πρόσθετες ανθρωπογενείς πηγές ενέργειας που προέρχονται από τις μεταφορές, τις βιομηχανίες αλλά και τον κλιματισμό των κτιρίων καθώς και το ύψος και η διάταξη των κτιρίων γύρω από στενούς δρόμους που εμποδίζουν τη διαφυγή της ηλιακής ενέργειας και

την κυκλοφορία του αέρα. Επίσης ένα άλλο στοιχείο που είναι ιδιαίτερα έντονο στις ελληνικές αστικές πόλεις και συμβάλλει ιδιαίτερα στο φαινόμενο της θερμικής νησίδας είναι η απουσία πρασίνου.

Πέρα από το γεγονός ότι η διαφορά θερμοκρασίας στο κέντρο μιας πόλης και στα προάστια αυτής είναι από 3-7°C παρατηρείται επίσης διαφορά 3 °C στην ίδια πόλη κοντά σε ψηλά κτίρια και σε ανοικτούς χώρους, όπως πάρκα. Στην Αθήνα το φαινόμενο της θερμικής νησίδας είναι ιδιαίτερα έντονο με τη θερμοκρασία να έχει διαφορά 10 °C το καλοκαίρι στο κέντρο της και στα προάστια και 5-6 °C στα πάρκα όπως, ο Εθνικός Κήπος και το Άλσος του Πεδίου του Άρεως. Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας εξηγεί και τη μεγάλη ανάγκη για χρήση κλιματιστικών συστημάτων πολύ περισσότερο στο κέντρο της Αθήνας από ότι στις περιφερειακές συνοικίες της. [1,8,13]

#### **1.4 Ο ρόλος των φυτών στο βιοκλιματικό σχεδιασμό**

Τα φυτά και τα δέντρα μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στον έλεγχο της θερμοκρασίας των κτιρίων το χειμώνα και το καλοκαίρι και επομένως και στην εξοικονόμηση της ενέργειας. Προσφέρουν ηλιοπροστασία το καλοκαίρι, ανεμοπροστασία το χειμώνα, μειώνουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, μειώνουν το θόρυβο, εμποδίζουν τη διάβρωση των εδαφών που προκαλούν οι βροχοπτώσεις και μειώνουν τους επικίνδυνους εξωτερικούς και εσωτερικούς ρύπους των κτιρίων μέσω της εξατμισοδιαπνοής.

Η διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής περιλαμβάνει την απώλεια νερού από τα φύλλα προς το περιβάλλον με τη μορφή υδρατμών. Η θερμότητα που απαιτείται για τη μετατροπή του νερού σε υδρατμούς είναι τεράστια. Επομένως, όταν υπάρχουν φυτά σε ένα χώρο, η θερμότητα αυτή αντλείται από τον αέρα του περιβάλλοντος με αποτέλεσμα την τοπική μείωση της θερμοκρασίας. Για παράδειγμα, ένα δέντρο μεγάλου μεγέθους κατά τη διάρκεια μιας θερινής μέρας πετυχαίνει φυσικό δροσισμό που ισοδυναμεί με τη λειτουργία 5 μικρών κλιματιστικών συσκευών που λειτουργούν 20 ώρες ημερησίως.

Τα φυτά μπορούν να συνεισφέρουν στο βιοκλιματικό σχεδιασμό με τους εξής τρόπους:

- Χρησιμοποίηση του ανάγλυφου του εδάφους ή της βλάστησης για προστασία κατά τους χειμερινούς μήνες. Η επιφάνεια του εδάφους που προστατεύεται από τους ανέμους εξαρτάται από το ύψος της ανεμοπροστασίας. Το μέγιστο μήκος της ανεμοπροστασίας αναπτύσσεται όταν το πλάτος του ανεμοφράκτη δεν υπερβαίνει το 10% του ύψους του. Αν για κάποιο λόγο το πλάτος είναι υπερβολικό θα πρέπει να τροποποιηθεί το σχήμα του ανεμοφράκτη στο πάνω μέρος του. Το μέγιστο μήκος ανεμοπροστασίας εξασφαλίζεται όταν το μήκος του ανεμοφράκτη είναι τουλάχιστον ίσο με το εντεκαπλάσιο του ύψους του. Τέλος, η διαπερατότητα ή πυκνότητα του ανεμοφράκτη επηρεάζει το μήκος του κατάντη προστατευόμενου τμήματος. Έτσι, οι πυκνοί ανεμοφράκτες από υψηλή βλάστηση προσφέρουν μεγαλύτερη μείωση της ταχύτητας του ανέμου.
- Χρησιμοποίηση του ανάγλυφου του εδάφους ή της βλάστησης για προστασία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Πρέπει να υπολογίζεται σωστά ανάλογα με το ύψος του δέντρου και τον προσανατολισμό της πλευράς στην οποία φυτεύεται, η απόστασή του από την οικοδομή. Πάντως τα κοντά και πλατιά δέντρα προσφέρουν προσφορότερη σκιά τόσο το καλοκαίρι όσο και το χειμώνα.

- Προστασία από τον ήλιο της στέγης και των τοίχων που είναι εκτεθειμένοι στον ήλιο του καλοκαιριού. Σε ένα κτίριο, προκειμένου αυτό να προστατευτεί από την ηλιακή ακτινοβολία, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την ύπαρξη πρασίνου με τους παρακάτω τρόπους: πράσινο σ' επαφή με το κέλυφος του κτιρίου σε κατακόρυφο τοίχο, πέτασμα πρασίνου σε μικρή απόσταση από το κτίριο, πράσινο σε πέργκολα προσκείμενη στη μια πλευρά του κτιρίου, πράσινο που δημιουργεί ένα κλειστό προστατευόμενο χώρο σε άμεση επαφή με το κτίριο, πράσινο σ' επαφή με τη στέγαση του κτιρίου και το φυτεμένο δώμα και τέλος, πράσινο σε πέργκολα στο δώμα.
- Φυτεμένα δώματα: η δημιουργία ενός φυτεμένου δώματος έχει κάποιες προϋποθέσεις, οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την κατασκευή του. Πρώτα απ' όλα απαιτείται να γίνει έλεγχος αν η φέρουσα ικανότητα του κτιρίου και η κατασκευαστική επικάλυψη του δώματος είναι ικανές να δεχτούν τα πρόσθετα φορτία του κήπου. Πρέπει επίσης να γίνει διαχωρισμός μεταξύ της κατασκευαστικής επικάλυψης του δώματος και της κατασκευής του κήπου, έτσι ώστε να αποφεύγονται χημικές και μηχανικές επιδράσεις της επικάλυψης του δώματος καθώς επίσης και διείσδυση των ριζών σ' αυτήν. Τέλος, απαιτείται η πρόβλεψη για άρδευση κι απορροή πλεονάζοντος νερού. Ένα φυτεμένο δώμα πρέπει να έχει απαραίτητα τις ακόλουθες κατασκευαστικές στρώσεις καθεμία από τις οποίες επιτελούν ένα συγκεκριμένο σκοπό: στρώση αποστράγγισης, στρώση φύτευσης και διαχωριστικό φύλλο μεταξύ στρώσεων φύτευσης και αποστράγγισης.
- Φυτά και ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων. Η ύπαρξη φυτών σε έναν εσωτερικό χώρο βοηθάει, σύμφωνα με τους μελετητές, στην καταπολέμηση των εκατομμυρίων μορίων που αιωρούνται στον αέρα του σπιτιού μας. Σημαντικοί τοξικοί ρύποι όπως, το βενζόλιο και η φορμαλδεΐδη μπορούν να αντιμετωπιστούν σε μεγάλο βαθμό με τη χρήση των φυτών. Επίσης, τα φυτά μπορούν να συμβάλλουν και στις αρνητικές επιδράσεις που έχουν σ' ένα χώρο οι συσκευές εκπομπής ακτινοβολίας χαμηλού επιπέδου.[1,2]

## **2 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**

Προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού θα πρέπει το κτίριο να λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης, αποθήκη θερμότητας, παγίδα θερμότητας και παγίδα φυσικού δροσισμού και ψύξης, έτσι ώστε να καλύπτονται σε μεγάλο βαθμό οι ανάγκες του, για ψύξη το καλοκαίρι και θέρμανση το χειμώνα. Για να επιτευχθούν ευκολότερα οι παραπάνω στόχοι είναι πολύ σημαντικό να γίνεται διαχωρισμός των κτιρίων σε θερμικές ζώνες.

### **2.1 Το κτίριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης**

Ένα κτίριο προκειμένου να λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης και να καλύπτονται οι ανάγκες του για θέρμανση με τον ηλιασμό του κατά τη διάρκεια του χειμώνα πρέπει να σχεδιάζεται κατάλληλα και ο μελετητής του να φροντίζει για τα εξής:

#### **2.1.1 Κατάλληλη χωροθέτηση κτιρίου**

Βασικό μας μέλημα για την ορθή τοποθέτηση ενός κτιρίου σε ένα χώρο, είναι η εξασφάλιση επαρκούς ηλιασμού του από τις 9.0 π.μ.-3-0 μ.μ. καθημερινά κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το κτίριο τοποθετείται συνήθως προς τη βορεινή πλευρά ενός οικοπέδου αλλά για την ακριβή του θέση χρησιμοποιούνται ηλιακοί ή ενεργειακοί χάρτες ή ακόμα διαγράμματα που απεικονίζουν τις τροχιές του ήλιου και προσδιορίζουν επαρκώς τη διάρκεια ηλιασμού και την ένταση της θερμικής ακτινοβολίας. Με τη χρήση των ηλιακών χαρτών αντιλαμβανόμαστε για ένα οικόπεδο που βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη περιοχή, πώς είναι ο σκιασμός του από τα δέντρα, τους λόφους και τα γύρω κτίρια και έτσι καθορίζεται ποιος είναι ο ελεύθερος χώρος του, όπου ο ηλιασμός του είναι ανεμπόδιστος και μπορεί να τοποθετηθεί το κτίριο. Μετά μπορούμε να διαμορφώσουμε τον εξωτερικό γειτονικό στο κτίριο χώρο κατάλληλα, διότι οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τους εξωτερικούς χώρους όταν έχει λιακάδα. Οι νότιες προσόψεις τέλος, παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον όσον αφορά τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας.[2,3]

#### **2.1.2 Σχήμα κτιρίου**

Το σχήμα ενός κτιρίου είναι ανάλογο με τις ανάγκες του για θέρμανση και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Ένα κτίριο κύβος δεν αποτελεί πάντοτε το κατάλληλο σχήμα για οποιοδήποτε τόπο. Σύμφωνα με έρευνες, ένα κτίριο επίμηκες στον άξονα ανατολής-δύσης με διαφορετικές αναλογίες στις διαστάσεις του προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα και αποτελεί συνήθως τη βέλτιστη λύση. Για τα μεσογειακά κλίματα η άριστη αναλογία στις διαστάσεις του κτιρίου είναι 1:1.8.[2,3]

#### **2.1.3 Προσανατολισμός κτιρίου**

Ο προσανατολισμός του κτιρίου θα πρέπει να εξασφαλίζει τον πλήρη ηλιασμό του κατά τη διάρκεια του χειμώνα και σκιασμό το καλοκαίρι. Το πρόβλημα του προσανατολισμού όμως είναι αρκετά σύνθετο, διότι επηρεάζεται από την τοπογραφία της περιοχής, το φυσικό τοπίο, τις απαιτήσεις ιδιωτικότητας, τη μείωση του θορύβου και άλλες κλιματικές παραμέτρους. Έχει αποδειχτεί ότι για την εύκρατη ζώνη (γεωγραφικό πλάτος περίπου 40°), ο καταλληλότερος προσανατολισμός είναι ο νότιος, γιατί η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν τριπλάσια σε σχέση με το δυτικό και τον ανατολικό για την περίοδο του χειμώνα και μειώνεται

σχεδόν στο μισό το καλοκαίρι. Σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη, οι νότιες επιφάνειες έχουν ακόμα μεγαλύτερο ηλιακό κέρδος το χειμώνα, ενώ οι ανατολικές και οι δυτικές είναι ιδιαίτερα επιβαρυνμένες αφού δέχονται 2-3 φορές περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία. Για να διασφαλιστεί ο ηλιασμός όλου του εσωτερικού χώρου από τα ανοίγματα της νότιας πρόσοψης, θα πρέπει το βάθος του κτιρίου να μην είναι μεγαλύτερο από 2.5 φορές το ύψος του παραθύρου με αφητηρία το δάπεδο, γεγονός που εξασφαλίζει ταυτόχρονα και επαρκή φυσικό φωτισμό στο χώρο.[2,3]

#### **2.1.4 Μορφή κτιρίου**

Ένα κτίριο χαρακτηρίζεται ως κλειστό, όταν η επιφάνεια των αδιαφανών στοιχείων του κελύφους είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με την επιφάνεια που καταλαμβάνουν τα διαφανή (ανοίγματα). Αντίθετα, όταν οι επιφάνειες των αδιαφανών και διαφανών στοιχείων είναι συγκρίσιμες, το κτίριο χαρακτηρίζεται ως ανοιχτό.

Η ανοιχτή μορφολογία επιλέγεται όταν ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι νότιος ή νοτιοανατολικός και οι συνθήκες δόμησης επιτρέπουν τον ηλιασμό του, έτσι ώστε να αξιοποιούνται τα θερμικά ηλιακά κέρδη. Η επιλογή της κλειστής μορφολογίας απαιτεί καλή θερμομόνωση των αδιαφανών στοιχείων (τοίχοι, οροφή κ.α.), γιατί η μείωση των θερμικών απωλειών μπορεί να αντισταθμίσει τα περιορισμένα ηλιακά κέρδη.[2]

#### **2.1.5 Σχέση με άλλα κτίρια**

Τα κτίρια που είναι τελείως ελεύθερα από όλες τις πλευρές τους ή βρίσκονται στο τέλος μιας σειράς κτιρίων, έχουν μεγαλύτερες θερμικές απώλειες σε σχέση με αυτά που έχουν μικρότερη επιφάνεια σ' επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Τα κτίρια που βρίσκονται σ' επαφή με το έδαφος έχουν καλύτερη θερμική συμπεριφορά και καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια από τα κτίρια με πυλωτή. [2]

#### **2.1.6 Προσανατολισμός και μέγεθος ανοιγμάτων**

Το γυαλί είναι ένα υλικό με πολύ κακές θερμομονωτικές ιδιότητες, αλλά ταυτόχρονα είναι μεγάλη πηγή θερμικών κερδών από την ηλιακή ακτινοβολία αρκεί να έχει τον κατάλληλο προσανατολισμό. Η γυάλινη επιφάνεια είναι ο πιο οικονομικός και αποδοτικός ηλιακός συλλέκτης αν προσανατολίζεται στο νότο με ανοχή  $\pm 30^\circ$  ανατολικότερα ή δυτικότερα. Αυτός ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων κρίνεται ο καταλληλότερος διότι:

- Επιτυγχάνει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση του κτιρίου.
- Εξασφαλίζει μεγάλα ηλιακά κέρδη το χειμώνα και μικρά το καλοκαίρι.
- Παρουσιάζει μικρότερο κίνδυνο υπερθέρμανσης το καλοκαίρι σε σχέση με αυτόν που συνεπάγεται η ύπαρξη ανατολικών και δυτικών ανοιγμάτων.
- Η ηλιοπροστασία γίνεται εύκολα με τη χρήση απλών οριζόντιων σκιάστρων.

Γενικά, προτείνεται για ένα κτίριο η ύπαρξη μεγάλων ανοιγμάτων στο νότο με μονό ή διπλό υαλοπίνακα, ανοιγμάτων μετρίων διαστάσεων σε ανατολή και δύση και μικρών ανοιγμάτων με διπλό υαλοπίνακα στο βορρά. Προκειμένου ένα άνοιγμα να λειτουργήσει ως ηλιακός συλλέκτης, δηλαδή να κερδίζει περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία απ' ό τι χάνει, θα πρέπει να έχει τα καλύτερα θερμικά χαρακτηριστικά, δηλαδή διπλό υαλοπίνακα εξώφυλλα μονωτικά και καλή συναρμογή των κουφωμάτων. Τέλος, τα ανοίγματα επιβάλλεται να έχουν και την κατάλληλη διάταξη σκίασης, ώστε να εξασφαλίζουν υψηλή αεροστεγανότητα. [2,3]

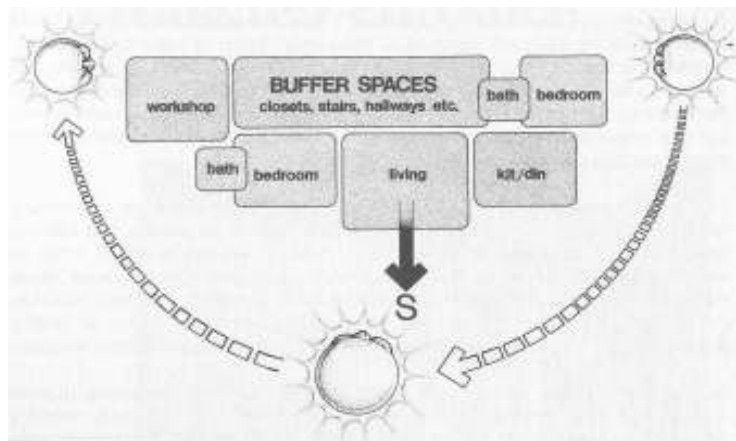
### 2.1.7 Χωρισμός σε θερμικές ζώνες-Λειτουργική διάταξη εσωτερικών χώρων

Ο χωρισμός σε θερμικές ζώνες βοηθά το μελετητή να χωροθετήσει τα δωμάτια ενός κτιρίου με τρόπο κατάλληλο, έτσι ώστε να επιτυγχάνουμε τις επιθυμητές ανταλλαγές θερμότητας από χώρο σε χώρο. Στις κατοικίες, για παράδειγμα, υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας από δωμάτιο σε δωμάτιο και πολύ συχνά έχουμε ανταλλαγή θερμότητας από τον ένα χώρο στον άλλο, κάτι που σε ορισμένες περιπτώσεις είναι επιθυμητό διότι υπάρχουν δωμάτια που υπερθερμαίνονται, ενώ ταυτόχρονα υπάρχουν άλλα που είναι αρκετά ψυχρά. Το εύρος των ανταλλαγών αυτών εξαρτάται από την οριζόντια και κατακόρυφη διάταξη των χώρων σε ένα κτίριο, την ύπαρξη διαχωριστικών μεταξύ τους, το μέγεθος της διαφοράς θερμοκρασίας τους, καθώς και από το αν οι πόρτες είναι ανοιχτές ή κλειστές στους χώρους αυτούς.

Η βόρεια πλευρά ενός κτιρίου είναι η πιο σκοτεινή και η λιγότερο ευνοϊκή από πλευράς ηλιασμού. Η ανατολική και η δυτική δέχονται ίσα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας που είναι μεγαλύτερα το καλοκαίρι και μικρότερα το χειμώνα. Όμως, η δυτική πλευρά είναι πιο επιβαρυνμένη, γιατί τις απογευματινές ώρες στην ήδη υψηλή θερμοκρασία του περιβάλλοντος προστίθεται και η ηλιακή θερμότητα. Η νότια πλευρά δέχεται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα και τη λιγότερη το καλοκαίρι και είναι η φωτεινότερη απ' όλες, όπως προαναφέρθηκε. Βέβαια, ο αυστηρός διαχωρισμός του εσωτερικού της κατοικίας σε βόρειες και νότιες ζώνες είναι καλό να αποφεύγεται, διότι μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την κίνηση του αέρα, την κίνηση του αέρα και να προκαλέσει τη δημιουργία σκοτεινών και μουντών δωματίων στη βόρεια πλευρά. Η διευθέτηση του χώρου κατά τον άξονα ανατολή-δύση προσφέρει καλό φωτισμό και αερισμό σε όλη την κατοικία και εις βάθος διείσδυση των ηλιακών κερδών.

Κατά γενικό κανόνα, στη δυσμενέστερη πλευρά του κτιρίου, δηλαδή στη βόρεια επιλέγουμε να τοποθετούμε χώρους που χρησιμοποιούνται για πρόσκαιρες δραστηριότητες όπως αποθήκες, κλιμακοστάσια, γκαράζ κ.α. Οι χώροι αυτοί λειτουργούν ως εμπόδια, με ρόλο παθητικό, των θερμικών απωλειών και έτσι προστατεύουν τους κύριους χώρους του κτιρίου. Άλλο είδος εμποδίων που έχουν όμως ρόλο ενεργητικό είναι τα θερμοκήπια και οι βεράντες που τοποθετούνται στη νότια πλευρά του κτιρίου και συμβάλλουν θετικά στο θερμικό ισοζύγιο δεσμεύοντας την ηλιακή θερμική ενέργεια. Τα θερμοκήπια και οι υπόλοιποι μη θερμαινόμενοι χώροι πρέπει να διαχωρίζονται από τα υπόλοιπα μη θερμαινόμενα δωμάτια με ψηλούς και καλά μονωμένους τοίχους. Εάν τα θερμοκήπια είναι κατοικήσιμοι χώροι ή όχι, αυτό εξαρτάται από τη χωροθέτησή τους και την αλληλεπίδρασή τους με τους γειτονικούς τους χώρους. Ο βαθμός επικοινωνίας του θερμοκηπίου με το κυρίως κτίριο, καθορίζει την αποτελεσματικότητα του θερμοκηπίου ως συλλέκτη θερμότητας. [2,3]





Εικόνα 2.1:Σωστή διάταξη χώρων στην κάτοψη  
<http://www.arch.auth.gr/uploads/media/HLIASMOS.pdf>

### 2.1.8 Το χρώμα των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου

Το χρώμα των εξωτερικών δομικών στοιχείων επηρεάζει την ποσότητα της θερμικής ενέργειας που μπαίνει στο εσωτερικό ενός κτιρίου, με τα σκούρα χρώματα να απορροφούν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία απ' ό,τι τα ανοιχτά. Για θερμά κλίματα κρίνεται απαραίτητη η χρήση ανοιχτών χρωμάτων και υλικών με μικρό συντελεστή απορροφητικότητας και ανακλαστικότητας στις εξωτερικές επιφάνειες, έτσι ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του κτιρίου. Αντίθετα, στα ψυχρά κλίματα όπου οι ανάγκες για θέρμανση είναι αυξημένες πρέπει να επιλέγονται σκούρα χρώματα για να μεγιστοποιείται η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. [1,2,3]

### **3 ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ**

Η εξασφάλιση τεχνικών δροσισμού σε ένα κτίριο είναι απαραίτητες στη χώρα μας εξαιτίας των ιδιαίτερα υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται κατά τους θερινούς μήνες. Οι παράγοντες που παίζουν κυρίαρχο ρόλο, ώστε το κτίριο να δροσίζεται με φυσικό τρόπο είναι οι εξής :

- Ο σκιασμός του κτιρίου
- Η μείωση των εξωτερικών θερμικών κερδών
- Η μείωση των εσωτερικών θερμικών κερδών
- Ο φυσικός αερισμός

#### **3.1 Ηλιοπροστασία ανοιγμάτων και τοποθέτηση ειδικών διατάξεων για το σκιασμό του κτιρίου.**

Παρόλο που τα παράθυρα καλύπτουν συνήθως μικρό ποσοστό της εξωτερικής επιφάνειας ενός κτιρίου, τα ηλιακά κέρδη που προκύπτουν από αυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά επειδή τα συμβατικά κρύσταλλα έχουν πολύ μικρή αντίσταση στο πέρασμα της θερμογόνου ηλιακής ακτινοβολίας και επομένως χρειάζονται απαραίτητα ηλιοπροστασία. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία ηλιοπροστατευτικών στοιχείων όπως τέντες, πατζούρια, ρολά, περσίδες, τα οποία μπορεί να είναι κινητά ή μόνιμα, εσωτερικά ή εξωτερικά.

Η σκίαση είναι αποτελεσματική όταν γίνεται πριν εισέλθει η ηλιακή ακτινοβολία και εγκλωβιστεί μέσω των υαλοπινάκων στους χώρους και γι' αυτό προτιμώνται τα εξωτερικά από τα εσωτερικά σκιάστρα. Παράλληλα η χρήση κινητών σκιάστρων δίνει τη δυνατότητα σκίασης των χώρων όταν αυτή είναι απαραίτητη, δηλαδή όταν οι εσωτερικές θερμοκρασίες υπερβαίνουν τα όρια άνεσης. Επομένως, καταλήγουμε στο ότι η χρήση εξωτερικών κινητών σκιάστρων είναι ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος σκιασμού των ανοιγμάτων. Όμως τα εξωτερικά σκιάστρα με κινητές περσίδες είναι ιδιαίτερα ακριβά και έτσι προτείνεται εναλλακτικά σταθερή εξωτερική σκίαση σε συνδυασμό με εσωτερικά στόρια. Η εξωτερική σταθερή σκίαση εξασφαλίζει τη στοιχειώδη ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων κατά τη θερινή περίοδο και τον ηλιασμό κατά το χειμώνα, ενώ τα εσωτερικά στόρια συμπληρώνουν τη λειτουργία της, όταν αυτή δεν επαρκεί και παράλληλα συντελούν στην αποφυγή της θάμβωσης.

Επίσης, τα σκιάστρα μπορεί να είναι οριζόντια ή κατακόρυφα. Τα οριζόντια επιτρέπουν την ελεύθερη θέα από τα υαλοστάσια και συμμετέχουν στην ογκοπλασία της κατασκευής. Τα κατακόρυφα ενώ παρέχουν περισσότερη σκίαση περιορίζουν τη θέα και δε συμμετέχουν στην ογκοπλασία της κατασκευής.

Καθώς τα συστήματα σκίασης αποτελούν στοιχεία των όψεων υφίστανται καταπονήσεις από τα καιρικά φαινόμενα, τις θερμοκρασιακές μεταβολές, την ηλιακή ακτινοβολία και επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Σημαντικότερη από αυτές τις καταπονήσεις κρίνεται η επίδραση του ανέμου, η οποία παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό της όψης ενός κτιρίου, και πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στην επιλογή του κατάλληλου συστήματος σκίασης.

Η σύνδεση των σκιάστρων γίνεται με συγκόλληση των επιμέρους στοιχείων τους, η οποία εξασφαλίζει πολύ ασφαλέστερο και ισχυρότερο αποτέλεσμα από τη σύνδεση με εξαρτήματα.

Για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος ηλιοπροστασίας σε μορφή, μέγεθος και θέση των ανοιγμάτων είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί το περίγραμμα της μάσκας σκιασμού. Γι' αυτό το λόγο, χρησιμοποιούνται τα ηλιακά διαγράμματα όπου μεταφέρονται οι ισόθερμες καμπύλες. Έτσι αποσαφηνίζονται οι γωνίες ύψους του ηλιοπροστατευτικού πετάσματος και προσδιορίζεται η μορφή του, η θέση του, το μέγεθός του, αν θα είναι οριζόντιο ή κατακόρυφο (εξαρτάται από τον προσανατολισμό), ποιο θα είναι το μήκος προεξοχής του και ποια η κλίση του σε σχέση με το νότο. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος σκίασης επηρεάζεται επίσης από οικονομικά, κατασκευαστικά και αισθητικά κριτήρια.

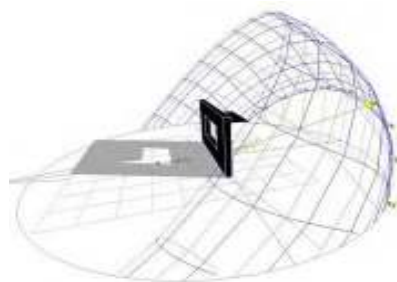
Επιγραμματικά, τα βασικά κριτήρια που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος ηλιοπροστασίας είναι:

- το σχήμα του χώρου
- η χρήση του χώρου
- ο προσανατολισμός του
- η διαμόρφωση των ανοιγμάτων του
- η αισθητική του χώρου

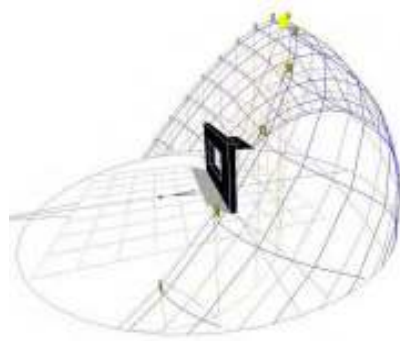
Ανάλογα με τον προσανατολισμό του κτιρίου προτείνονται οι κατάλληλες τεχνικές σκίασης ώστε να επιτυγχάνεται το επιθυμητό αποτέλεσμα:

Οριζόντια εξωτερικά σταθερά σκίαστρα: είναι κατάλληλα για νότιο προσανατολισμό. Μπορεί να έχουν τη μορφή προβόλου ή ανακλαστικών ραφιών ή περσίδων. Στα οριζόντια σκίαστρα αποφεύγεται η πυκνή τοποθέτηση στηριγμάτων για αισθητικούς κυρίως λόγους και έτσι προκύπτουν μεγάλα ελεύθερα μήκη.

Κατακόρυφα εξωτερικά σταθερά σκίαστρα: είναι κατάλληλα για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Μπορεί να είναι κάθετα ή κεκλιμένα ως προς το επίπεδο της κάτοψης του ανοίγματος. Στα κατακόρυφα σκίαστρα το ελεύθερο μήκος των περσίδων μπορεί να περιοριστεί με την τοποθέτηση ενδιάμεσων στηρίξεων.



**Εικόνα 3.1: Σταθερό σκίαστρο σε νότια όψη στις 21 Ιουνίου**  
([http://www.flashlight.gr/images/news/100927\\_a.akrivou\\_meros1.pdf](http://www.flashlight.gr/images/news/100927_a.akrivou_meros1.pdf))



**Εικόνα 3.2: Σταθερό σκίαστρο σε νότια όψη στις 21 Δεκεμβρίου**  
([http://www.flashlight.gr/images/news/100927\\_a.akrivou\\_meros1.pdf](http://www.flashlight.gr/images/news/100927_a.akrivou_meros1.pdf))

Εξωτερικά κινητά σκίαστρα: για νότιο προσανατολισμό είναι κατάλληλες οι οριζόντιες μεταλλικές περσίδες, ενώ για ανατολικό/δυτικό προσανατολισμό οι κατακόρυφες κινούμενες σε οδηγούς με χειροκίνητο ή αυτόματο μηχανισμό ρύθμισης.



**Εικόνα 3.3: Κινητές κατακόρυφες περσίδες**  
([http://www.flashlight.gr/images/news/100927\\_a.akrivou\\_meros1.pdf](http://www.flashlight.gr/images/news/100927_a.akrivou_meros1.pdf))

Εσωτερικά κινητά σκίαστρα: είναι κατάλληλα για νότιους ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς και προτείνεται να χρησιμοποιούνται σε χώρους σχολείων βενετικά στόρια με κινούμενα σε οδηγούς για λόγους καλής λειτουργίας και μεγαλύτερου χρόνου ζωής.

Ειδικά διάτρητα ρολά: είναι κατάλληλα για όλους τους προσανατολισμούς και μπορούν να τοποθετηθούν εσωτερικά ή εξωτερικά. Το ύφασμα των ρολών αυτών αποτελείται από ίνες γυαλιού, πλαστικού ή αλουμινίου σε αραιή λεπτή ύφανση και μειώνουν την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία έως και 70-80%. Συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση της θάμβωσης και ταυτόχρονα επιτρέπουν μερική θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον. Το μειονέκτημά τους είναι το υψηλό κόστος.

Σκίαση από δέντρα: είναι κατάλληλη η σκίαση από φυλλοβόλα δέντρα σε ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Τα φυλλοβόλα δέντρα προστατεύουν μεγάλες επιφάνειες της όψης του κτιρίου το καλοκαίρι, αλλά αφήνουν τον ήλιο να περάσει το χειμώνα. [1,2,3,8]

### 3.2 Μείωση εξωτερικών θερμικών κερδών

Πέρα από τον επαρκή σκιασμό ενός κτιρίου άλλες τεχνικές που συμβάλλουν στη μείωση των θερμικών κερδών διαμέσου του εξωτερικού του περιβλήματος είναι οι παρακάτω:

- **ανοιχτά χρώματα και υλικά με μεγάλη ανακλαστικότητα:** χρώματα του εξωτερικού περιβλήματος καθορίζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από την κατασκευή και κυρίως από την οροφή κατά τη διάρκεια της ημέρας και τη θερμότητα που χάνεται στη διάρκεια της νύχτας, ρυθμίζοντας έτσι τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας και τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Στην περιοχή της Μεσογείου τα κτίρια είναι βαμμένα με ανοιχτά χρώματα, έτσι ώστε να αντανakλούν μεγάλο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας και να μειώνουν τη θερμοκρασία του κτιριακού κελύφους. Η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου καθορίζει το ποσό της θερμότητας που θα μεταδοθεί από τους τοίχους και την οροφή στο εσωτερικό του κτιρίου. Αποτελέσματα πειραματικών ερευνών δείχνουν ότι η στέγη μπορεί να συμβάλλει στη φυσική ψύξη του κτιρίου αρκεί η εξωτερική της επιφάνεια να είναι βαμμένη άσπρη με ασβέστη και επομένως να έχει μικρότερη θερμοκρασία από τη μέση εξωτερική. Σε ζεστά κλίματα η θερμική μόνωση ενισχύεται με τη χρήση άσπρου χρώματος με αποτέλεσμα η ροή θερμότητας απ' έξω προς το εσωτερικό του κτιρίου να μειώνεται.
- **επαρκής θερμομόνωση κελύφους:** Είναι απαραίτητη για τον περιορισμό της ροής θερμότητας διαμέσου των διαφόρων δομικών στοιχείων τόσο τους χειμερινούς όσο και τους θερινούς μήνες. (Η σημασία της θα αναλυθεί επαρκώς σε επόμενο κεφάλαιο.)
- **οικοδομικά υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα:** Τα υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα επιβραδύνουν τη μετάδοση της θερμότητας διαμέσου του κελύφους του κτιρίου και έτσι αυτή αποδίδεται στους εσωτερικούς χώρους με κάποιες ώρες καθυστέρηση. Ο χρόνος αυτός υπολογίζεται έτσι ώστε να συμπίπτει με τη μείωση των εξωτερικών θερμοκρασιών, δηλαδή το βράδυ. Έτσι, επιτυγχάνεται μείωση της μέγιστης εσωτερικής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της μέρας.
- **περιορισμός διαφανών στοιχείων στις όψεις και χρήση ειδικών υαλοπινάκων χαμηλού συντελεστή διαπερατότητας (g) της ηλιακής ακτινοβολίας:** Τα ειδικά αυτά υαλοστάσια, που συνήθως είναι ανακλαστικά τζάμια, χρησιμοποιούνται σε χώρους που δεν μπορούν να σκιαστούν εξωτερικά. Το πρόβλημα που μπορεί να δημιουργηθεί από τη χρήση τους, είναι η δημιουργία συνθηκών ανεπαρκούς φωτισμού στο εσωτερικό του κτιρίου.
- **περιορισμός εξωτερικής επιφάνειας κτιρίου εκτεθειμένης στην ηλιακή ακτινοβολία [8]**

### 3.3 Μείωση εσωτερικών θερμικών κερδών

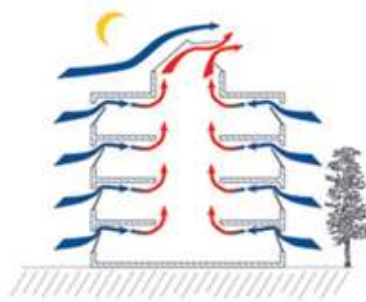
Οι τεχνικές που συμβάλλουν στη μείωση των εσωτερικών θερμικών κερδών είναι οι εξής

- **βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού:** Επιτυγχάνεται με την κατάλληλη τοποθέτηση των ανοιγμάτων, έτσι ώστε να αποφεύγεται όσο δυνατόν περισσότερο η χρήση τεχνητού φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- **χρήση φωτιστικών συσκευών υψηλής απόδοσης:** Συνίσταται η χρήση λαμπτήρων φθορισμού που έχουν καλύτερη απόδοση από τους συμβατικούς λαμπτήρες πυρακτώσεως και καταναλώνουν επίσης μικρότερες ποσότητες ενέργειας.

- **εφαρμογή συστημάτων ρυθμίσεων τεχνητού φωτισμού σύγχρονης τεχνολογίας:** Λειτουργούν συνήθως με τη χρήση αισθητήρων και ενεργοποιούνται όταν το φυσικό φως είναι ανεπαρκές, ή ακόμα καλύτερα μόνο με την παρουσία ανθρώπων σε ένα χώρο.
- **επιλογή ηλεκτρικών συσκευών νέου τύπου:** Οι συσκευές αυτές εξοικονομούν ενέργεια και αποδίδουν λιγότερη θερμότητα στο εσωτερικό περιβάλλον σε σχέση με τις συμβατικές.
- **κατάλληλη διαμόρφωση της κάτοψης:** Προσπαθούμε όσο το δυνατόν περισσότερο να συγκεντρώσουμε τις ηλεκτρικές συσκευές σε ένα χώρο που αερίζεται επαρκώς.
- **πρόβλεψη καλού φυσικού αερισμού:** Περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω και προβλέπεται ιδιαίτερα σε χώρους που συγκεντρώνονται πολλά άτομα. [8]

### 3.4 Φυσικός αερισμός κτιρίου

Η εξασφάλιση επαρκούς φυσικού αερισμού παρέχει δροσισμό απομακρύνοντας το επιπλέον θερμικό φορτίο έξω από το κτίριο και από το ανθρώπινο σώμα χρησιμοποιώντας τον αέρα. Κίνηση του αέρα είναι δυνατόν να προκληθεί από φυσικές δυνάμεις (άνεμος και φαινόμενο καπνοδόχου), ή από μηχανικά μέσα (π.χ. ανεμιστήρες οροφής). Ο αέρας κινείται από περιοχές υψηλής πίεσης σε περιοχές χαμηλής πίεσης. Όταν η εξωτερική θερμοκρασία αέρα είναι χαμηλότερη από την εσωτερική ο αερισμός του κτιρίου μπορεί να αποβάλλει προς τον εξωτερικό χώρο τα θερμικά ή ηλιακά κέρδη που συσσωρεύτηκαν κατά τη διάρκεια της ημέρας, εξασφαλίζοντας στο κτίριο δροσερό αέρα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Συμβάλλει επομένως στην εξασφάλιση θερμικής άνεσης και στην ευεξία των ανθρώπων που βρίσκονται σε ένα χώρο.



**Εικόνα 3.4: Διαδικασία φυσικού δροσισμού**  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_fysikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες φυσικού αερισμού είναι:

**εξωτερικές κλιματικές συνθήκες:** Στις εύκρατες περιοχές, όπου οι χειμωνιάτικοι μήνες είναι σχετικά υγροί και ψυχροί το ποσοστό αερισμού πρέπει να μειώνεται, ώστε να αυξάνονται οι θερμικές απώλειες. Αντίθετα το καλοκαίρι, ο φυσικός αερισμός είναι απαραίτητος για να εξασφαλιστούν συνθήκες θερμικής άνεσης με την κίνηση του αέρα να απομακρύνει τη θερμότητα και την πρόσθετη υγρασία.

**προσανατολισμός, θέση και μέγεθος ανοιγμάτων:** Ο σωστός σχεδιασμός των ανοιγμάτων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην εξασφάλιση επαρκούς αερισμού. Γενικά

τα ανοίγματα εισόδου θα πρέπει να είναι αντιμέτωπα στον άνεμο, γιατί οποιαδήποτε απόκλιση ελαττώνει την ταχύτητα ροής του αέρα στον εσωτερικό χώρο. Όσον αφορά τα ανοίγματα εξόδου, πρέπει να είναι μεγαλύτερα ή τουλάχιστον ίσα με τα ανοίγματα εισόδου έτσι ώστε να διευκολύνεται η ελεύθερη κίνηση του αέρα μέσα στο χώρο και να μη δημιουργούνται φαινόμενα υποπίεσης. Η διεύθυνση του ανέμου μπορεί να τροποποιηθεί με τη διάταξη εσωτερικών χωρισμάτων και τη χρήση βλάστησης μικρών θάμνων, συστάδας δέντρων αλλά και με τις ίδιες τις αρχιτεκτονικές προεξοχές. Βέβαια η μελέτη του συστήματος ανοιγμάτων για τον αερισμό μπορεί να συμπεριλάβει αλληλοσυγκρουόμενες απαιτήσεις φυσικού φωτισμού, ασφάλειας ή ηλιακού κέρδους.

**χρήση κτιρίου και δραστηριότητα ενοίκων:** Η επιθυμητή ροή του αέρα και η διανομή της ταχύτητας του μεταβάλλονται ανάλογα με τη χρήση του χώρου. Η ψύξη του κτιρίου με φυσικό αερισμό για δεδομένη διαφορά εσωτερικής-εξωτερικής θερμοκρασίας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\frac{q}{\rho \cdot c_p \cdot (\theta_2 - \theta_1)}$$

όπου Q ποσοστό αερισμού(m<sup>3</sup>/h)

q συνολικό θερμικό κέρδος από ενοίκους και συσκευές

(kcal/h)

ρ μέση πυκνότητα αέρα(g/cm<sup>3</sup>)

c<sub>p</sub> ειδική θερμότητα αέρα(kcal/kg/C)

θ<sub>2</sub>-θ<sub>1</sub> διαφορά θερμοκρασίας(C)

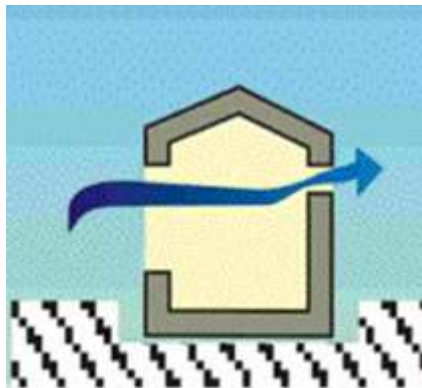
**φυσική ψύξη κτιρίου με εξάτμιση νερού:** Επιτυγχάνεται με τη ροή του αέρα πάνω ή μέσα από υγρές επιφάνειες προκαλώντας έτσι εξάτμιση του νερού και επομένως πτώση της θερμοκρασίας. Εξάτμιση συμβαίνει όταν η πίεση ατμών του νερού είναι υψηλότερη από τη μερική πίεση υδρατμών στην παρακείμενη ατμόσφαιρα. Η αλλαγή του νερού από υγρό σε ατμό συνοδεύεται από την απορρόφηση μεγάλης ποσότητας θερμότητας από τον αέρα που κατεβάζει τη θερμοκρασία του αέρα και ταυτόχρονα αυξάνει την περιεχόμενη υγρασία του. Η ύπαρξη σκίασης και η παροχή δροσερού υγρού αέρα βελτιώνουν την εξατμιστική διαδικασία. Όταν ο αέρας εισέρχεται απ' ευθείας στο κτίριο έχουμε άμεσο εξατμιστικό δροσισμό, ενώ όταν ψύχει το κέλυφος τότε έχουμε έμμεσο εξατμιστικό δροσισμό.

Οι τεχνικές εξατμιστικού δροσισμού διακρίνονται στις παθητικές και στις υβριδικές. Υβριδικά είναι τα συστήματα που βασίζονται σε εξοπλισμό για να παρέχουν δροσισμό, ενώ τα παθητικά βασίζονται σε στοιχεία του περιβλήματος του κτιρίου καθώς και του γειτονικού περιβάλλοντα χώρου. Ένα πολύ σύνθητες παράδειγμα υβριδικού αερισμού είναι οι ανεμιστήρες οροφής οι οποίοι καταναλώνουν πολύ μικρά ποσοστά ηλεκτρικής ενέργειας και μειώνουν αρκετά την ανάγκη για χρήση κλιματιστικών συστημάτων στα κτίρια για πολλές ώρες το χρόνο. Οι ανεμιστήρες οροφής είναι ικανοί να δημιουργήσουν συνθήκες θερμικής άνεσης σε συνθήκες σχετικά υψηλών θερμοκρασιών. Τα παθητικά συστήματα περιλαμβάνουν τη χρήση βλάστησης, σιντριβανιών και μικρών λιμνών ή ακόμα και πύργων. Στα βιοκλιματικά κτίρια για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται μικρές δεξαμενές νερού σε

κατάλληλη θέση έτσι ώστε ο εξωτερικός αέρας που μπαίνει στο κτίριο ν' απορροφά υγρασία προκαλώντας μείωση της θερμοκρασίας και στη συνέχεια ψύξη των εσωτερικών επιφανειών του χώρου. [1,2,3,14]

### 3.4.1 Διαμπερής αερισμός μέσω ανοιγμάτων

Διαμπερής αερισμός επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στις εξωτερικές τοιχοποιίες. Θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας. Ο διαμπερής αερισμός επηρεάζεται από την εξωτερική και εσωτερική διαρρύθμιση του κτιρίου σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους. Η θέση του κτιρίου σε σχέση με τον πολεοδομικό ιστό διευκολύνει ή εμποδίζει αντίστοιχα την είσοδο του αέρα μέσα στο κτίριο. Ο νυχτερινός διαμπερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου και κυρίως τις πολύ θερμές ημέρες κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός. [2,14]



Εικόνα 3.5: Διαμπερής αερισμός

([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_fysikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm))

### 3.4.2 Υβριδικός αερισμός

Η χρήση ανεμιστήρων, ιδιαίτερα ανεμιστήρων οροφής, ενισχύει το φαινόμενο του φυσικού αερισμού, με ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επί πλέον, συνεισφέρει στην επίτευξη θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες υψηλότερες από τις συνήθεις (περίπου 2-3 °C), καθώς με την κίνηση του αέρα που δημιουργείται μεταφέρεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα. Πρακτικά, η χρήση ανεμιστήρων οροφής μειώνει την αναγκαιότητα χρήσης κλιματιστικών συστημάτων στα κτίρια για πολλές ώρες το χρόνο.

Από μελέτες σε κτίρια κατοικιών και σχολείων στην Ελλάδα προκύπτει ότι η χρήση ανεμιστήρων οροφής σε κτίρια που εφαρμόζουν κατάλληλες τεχνικές φυσικού δροσισμού (επαρκή σκίαση και νυχτερινό αερισμό) πρακτικά καταργεί την ανάγκη εγκατάστασης κλιματιστικού συστήματος, καθώς συντελεί στη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης σε σχετικά υψηλές μεν θερμοκρασίες, οι οποίες, όμως, στα φυσικά δροσιζόμενα κτίρια είναι αρκετά χαμηλότερες από τις εξωτερικές.

Αντίστοιχα, σε κτίρια του τριτογενή τομέα η χρήση των ανεμιστήρων οροφής μειώνει σημαντικά τις ώρες λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού, αλλά και αυξάνει την απόδοσή τους την ώρα λειτουργία τους, καθώς ανεβάζει σημαντικά τη θερμοκρασία ρύθμισης του θερμοστάτη (π.χ. από τους 26 °C στους 29 °C ). [2,14]





**Εικόνα 3.6: υβριδικός αερισμός**

([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_ybridikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_ybridikos_aerismos.htm))

### 3.4.3 Καμινάδα αερισμού

Η καμινάδα αερισμού λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, κατά το οποίο ο θερμός αέρας κινείται προς τα πάνω δημιουργώντας ρεύμα στο εσωτερικό των χώρων και μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός κτιρίου. Η λειτουργία της καμινάδας γίνεται σε συνδυασμό με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων του κτιρίου. Όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτίριο το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει με ανεμιστήρα, ο οποίος ενσωματώνεται στο ψηλότερο μέρος της καμινάδας εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα. Ως καμινάδες αερισμού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικά διαμορφωμένα κλιμακοστάσια ή εσωτερικά αίθρια ή ακόμα φωταγωγοί κτιρίων. Σε περιοχές με έντονο άνεμο μπορούν να χρησιμοποιηθούν πύργοι αερισμού, οι οποίοι προεξέχουν σημαντικά από την οροφή του κτιρίου, φέρουν άνοιγμα προς τη σημαντική κατεύθυνση του ανέμου και έχουν τη δυνατότητα να συλλαμβάνουν τα ψυχρά ρεύματα αέρα και να τα κατευθύνουν μέσα στο χώρο υποβοηθούμενοι σε ορισμένες περιπτώσεις από ανεμιστήρα.[2,14]



**Εικόνα 3.7 Καμινάδα αερισμού και πύργος αερισμού**

([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_fysikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm))

### 3.4.4 Ηλιακή καμινάδα

Πρόκειται για κατασκευή καμινάδας η οποία φέρει στη νότια ή τη νοτιοδυτική επιφάνειά της υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας και περσίδες στο άνω τμήμα αυτής της πλευράς. Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi και συμβάλλει αποτελεσματικά στον αερισμό και την απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους. Επίσης, μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα ενισχύεται το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς της ανανέωσης του αέρα μέσα στους χώρους. Η επιλογή της

ηλιακής καμινάδας συνίσταται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τη θερινή περίοδο. [2,14]



Εικόνα 3.8 Ηλιακή καμινάδα

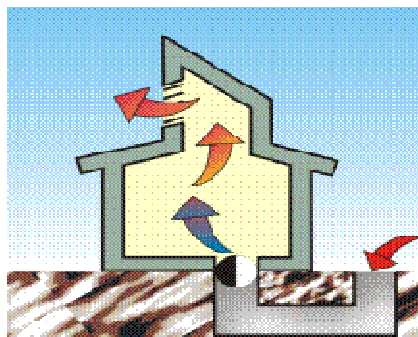
([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_fysikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm))

### 3.4.5 Αεριζόμενο κέλυφος

Πρόκειται για κατασκευή διπλού κελύφους στην οροφή ή στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου, όπου μέσα στο διάκενο κυκλοφορεί ο αέρας του περιβάλλοντος και συνεισφέρει στη μεταφορά θερμότητας από το κέλυφος του κτιρίου στην ατμόσφαιρα. [2]

### 3.5 Δροσισμός από το έδαφος

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού οι θερμοκρασίες του εδαφικού υλικού σε ορισμένα βάθη είναι πολύ χαμηλότερες από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος προσφέροντας έτσι ένα πολύτιμο απαγωγέα για τη διάχυση της θερμότητας που πλεονάζει σε ένα κτίριο. Η διάχυση της θερμότητας προς το έδαφος επιτυγχάνεται με αγωγιμότητα ή με μεταφορά. Στην πρώτη περίπτωση μέρος του κτιρίου πρέπει να έρχεται σ' άμεση επαφή με το εδαφικό υλικό ενώ στη δεύτερη ο αέρας εισάγεται είτε από το εξωτερικό περιβάλλον είτε από το εσωτερικό του κτιρίου, κυκλοφορεί στο σύστημα αγωγών με τη βοήθεια φυσητήρων και εισέρχεται στο κτίριο ψυχρότερος. Το σύστημα αυτό μπορεί να συνδυαστεί και με σύστημα κλιματισμού συντελώντας έτσι στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη του κτιρίου, αφού μειώνει τη θερμοκρασιακή διαφορά εισερχόμενου-εξερχόμενου αέρα από το σύστημα και επομένως μειώνει την εγκαταστημένη ισχύ του συστήματος και την ενέργεια που αυτό καταναλώνει. [1,2,14]



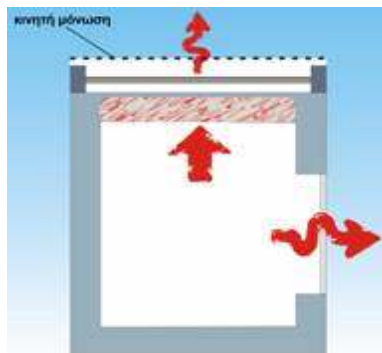
Εικόνα 3.9 Δροσισμός από το έδαφος

([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_psixi\\_edafous.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_psixi_edafous.htm))

### 3.6 Δροσισμός από ακτινοβολία

Το φαινόμενο του δροσισμού από ακτινοβολία βασίζεται στο γεγονός ότι αν δύο στοιχεία που έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες αντικρίσουν, το ψυχρότερο κρατιέται σε σταθερή θερμοκρασία και το θερμότερο ψύχεται τόσο ώστε να φτάσει σε κατάσταση ισορροπίας προς το ψυχρότερο (για να συμβεί κάτι τέτοιο βέβαια πρέπει να σημειωθεί ότι οι διαφορές θερμοκρασίες των δύο σωμάτων πρέπει να είναι τουλάχιστον 7°).

Κάθε κτίριο που βλέπει τον ουρανό ανταλλάσσει θερμότητα με αυτόν. Όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων ακτινοβολούν θερμότητα στον ουρανό κατά τη διάρκεια της νύχτας, αφού αυτός λειτουργεί ως μαύρο σώμα. Όσο πιο καθαρός είναι ο ουρανός και όσο λιγότερη υγρασία έχει ο αέρας τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσό της ακτινοβολίας που εκπέμπεται. Για να είναι αποτελεσματική η νυχτερινή ακτινοβολία θα πρέπει οι επιφάνειες που ακτινοβολούν να έχουν όσο το δυνατόν περισσότερη θέα στον ουρανό. Κατά συνέπεια, οι οροφές των κτιρίων ακτινοβολούν το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας. Επιπλέον, θα πρέπει η επιφάνεια ακτινοβολίας να είναι έτσι κατασκευασμένη, ώστε η συσσωρευμένη κατά τη διάρκεια της ημέρας θερμότητα να έχει τη δυνατότητα να διοχετευθεί, μέσω κατάλληλης κατασκευής, προς την εξωτερική επιφάνεια του κελύφους. Επειδή πρακτικά η νυχτερινή ακτινοβολία μεγάλης ποσότητας θερμικής ενέργειας από το κτίριο προϋποθέτει οροφή χωρίς μόνωση, ενώ η μόνωση της οροφής είναι απαραίτητη για την προστασία του κτιρίου από την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας, το σύστημα δροσισμού μέσω νυχτερινής ακτινοβολίας αποτελεί πάντα μια ειδική κατασκευή.



Εικόνα 3.10 Δροσισμός από ακτινοβολία

([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_nyxterini\\_aktinobolia.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_nyxterini_aktinobolia.htm))

Τα συνηθέστερα συστήματα νυχτερινής ακτινοβολίας είναι ο μεταλλικός ακτινοβολητής τοποθετημένος στην οροφή του κτιρίου και η λίμνη οροφής. Το σύστημα του ακτινοβολητή αποτελείται από μεταλλική, αυλακωτή, διπλή πλάκα τοποθετημένη εξωτερικά της οροφής του κτιρίου. Η εξωτερική του επιφάνεια είναι ανακλαστική, ενώ στην εσωτερική πλευρά τοποθετείται θερμομονωτικό υλικό. Η μεταλλική πλάκα ακτινοβολεί προς το νυχτερινό ουρανό μεγάλη ποσότητα θερμικής ενέργειας. Μέσα στο σύστημα του ακτινοβολητή διοχετεύεται θερμός αέρας από το κτίριο, ο οποίος διέρχεται μέσα από το σύστημα, ψύχεται καθώς έρχεται σε επαφή με την ψυχρή εξωτερική πλευρά και επαναδιοχετεύεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Η λίμνη οροφής είναι μια αβαθής δεξαμενή που σκιαζεται την ημέρα και τη νύχτα ακτινοβολεί θερμότητα στο περιβάλλον. Αξίζει να σημειωθεί ότι η λίμνη οροφής μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το χειμώνα παραμένοντας ανοιχτή την ημέρα για να δέχεται

την ηλιακή ακτινοβολία και κλειστή κατά τη διάρκεια της νύχτας με θερμομονωτικά φύλλα. [1,2,14]

### 3.7 Εξατμιστικός δροσισμός

Εξάτμιση συμβαίνει όποτε η πίεση των ατμών του νερού είναι υψηλότερη από τη μερική πίεση των υδρατμών στην παρακείμενη ατμόσφαιρα. Η τεχνική της εξάτμισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τεχνική δροσισμού. Ο αέρας, διερχόμενος από κάποιο σώμα νερού και προκαλώντας την εξάτμισή του, ψύχεται, ενώ εμπλουτίζεται με υδρατμούς. Αυτό έχει σαν συνέπεια τη μείωση της θερμοκρασίας του και την αύξηση της υγρασίας του. Όταν ο αέρας αυτός εισέρχεται απ' ευθείας στο κτίριο έχουμε άμεσο εξατμιστικό δροσισμό, ενώ όταν ψύχει το κέλυφος του κτιρίου έχουμε έμμεσο εξατμιστικό δροσισμό.

Τα συστήματα δροσισμού με εξάτμιση διακρίνονται σε παθητικά και υβριδικά. Τα παθητικά βασίζονται σε στοιχεία του περιβλήματος ή και του γειτονικού περιβάλλοντος χώρου για να παρέχουν δροσισμό (βλάστηση, συντριβάνια, κρήνες και μικρές λίμνες), ενώ τα υβριδικά βασίζονται σε κάποιον εξοπλισμό (ψεκασμός στέγης, ανοιχτές λίμνες, κ.τ.λ.). Τα συνηθέστερα συστήματα δροσισμού είναι τα παρακάτω:

- **Εσωτερική δεξαμενή νερού:** μέσα στο κτίριο υπάρχει επιφάνεια στάσιμου ή ρέοντος νερού σε κάποια κατάλληλη θέση, έτσι ώστε ο εισερχόμενος αέρας να απορροφά υγρασία και έτσι να μειώνεται η θερμοκρασία του και στη συνέχεια να ψύχει το χώρο.
- **Ψεκασμός οροφής:** η οροφή βρέχεται με νερό, το οποίο εξατμίζεται και απάγει θερμότητα από το κέλυφος του κτιρίου. Έτσι το ψυχρότερο κέλυφος συμβάλλει στην απαγωγή της θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου προς το περιβάλλον.
- **Οροφή νερού:** είναι ένας τοίχος θερμικής αποθηκεύσεως που περιλαμβάνει πλαστικούς σάκους γεμάτους νερό ή δεξαμενή νερού στην οροφή του κτιρίου. Το χειμώνα λειτουργεί σα σύστημα θέρμανσης και το καλοκαίρι σαν σύστημα ψύξης. [1,2,14]

### 3.8 Εναλλακτικές πηγές δροσισμού-τεχνητός κλιματισμός κτιρίων

Η λειτουργία των κλιματιστικών έχει γνωρίσει τα τελευταία χρόνια ραγδαία ανάπτυξη σε όλο τον κόσμο. Όμως η χρησιμοποίησή τους δημιουργεί σοβαρά προβλήματα, καθώς καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας και δημιουργούν αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και χλωροφθορανθράκων CFC. Οι χλωροφθοράνθρακες διαρρέουν από τους συμπιεστές και καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος, επιτρέποντας έτσι μεγαλύτερη ποσότητα υπεριώδους ακτινοβολίας να φτάσει στην επιφάνεια της γης. Επίσης, ενώ είναι συσκευές αρκετά εξυπηρετικές και φτηνές όσον αφορά την απόκτησή τους εντούτοις είναι αρκετά ακριβές στη λειτουργία τους. Τέλος, σύμφωνα με συγκριτικές μελέτες σε κλιματιζόμενα και αεριζόμενα με φυσικό τρόπο γραφεία διαπιστώθηκε, ότι οι ενδείξεις για ασθένειες ήταν υψηλότερες στα κλιματιζόμενα κτίρια. Κρίνεται επομένως επιτακτική η ανάγκη να περιοριστεί στο ελάχιστο, όπου φυσικά είναι δυνατό, η χρήση των κλιματιστικών συστημάτων και γι' αυτό πρέπει να δοθεί σημασία στο βιοκλιματικό σχεδιασμό ενός κτιρίου, ώστε να μπορεί να δροσίζεται με φυσικό τρόπο. [1]



#### **4 ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ**

Μέσω του κελύφους το κτίριο ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον. Η μετάδοση θερμότητας από και προς το κτίριο, διαμέσου του περιβλήματος είναι αποτέλεσμα των φυσικών φαινομένων της αγωγής, συναγωγής και ακτινοβολίας. Γίνεται πάντα από τα θερμότερα στα ψυχρότερα σώματα ή χώρους μέχρι να υπάρξει ισορροπία. Συνέπεια αυτής της μετακίνησης είναι η απώλεια της θερμότητας από ένα θερμαινόμενο χώρο το χειμώνα στο εξωτερικό περιβάλλον, καθώς και η εισροή θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό του κτιρίου το καλοκαίρι.

Οι απώλειες θερμότητας ενός κτιρίου εξαρτώνται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- **Κλίμα περιοχής:** Είναι ευνόητο ότι όσο μικρότερες θερμοκρασίες εμφανίζονται σε μία περιοχή, τόσο μεγαλύτερες απώλειες θα παρουσιάζονται από κάθε θερμαινόμενο χώρο ενός κτιρίου. Επίσης, όσο περισσότερο χρόνο διατηρούνται αυτές οι χαμηλές θερμοκρασίες, τόσο μεγαλύτερες θα είναι οι συνολικές δαπάνες θέρμανσης.
- **Θέση κτιρίου:** Η θέση ενός κτιρίου, τόσο γεωγραφικά (προσανατολισμός, υψόμετρο), όσο και τοπικά (θέση ως προς τον ήλιο, προφύλαξη σε σχέση με τον άνεμο), καθορίζει την ποιότητα και το είδος της απαιτούμενης θέρμανσης.
- **Επιθυμητή θερμοκρασία:** Για τους εσωτερικούς χώρους καθορίζεται μία επιθυμητή θερμοκρασία που καθορίζει τις άνετες και ευχάριστες συνθήκες για παραμονή, διαμονή και εργασία. Είναι φανερό ότι όσο μεγαλύτερη είναι η επιθυμητή θερμοκρασία, τόσο αυξάνονται το κόστος θέρμανσης και οι δαπάνες θερμομόνωσης.
- **Αναλογία όγκου προς εξωτερική επιφάνεια:** Το σύνολο των εξωτερικών επιφανειών ενός κτιρίου (κέλυφος), διαχωρίζει τον εσωτερικό θερμό χώρο του κτιρίου από το ψυχρότερο χειμερινό περιβάλλον. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια  $F$  των εξωτερικών τοιχωμάτων, τόσο μεγαλύτερες θερμικές απώλειες πρέπει να αναμένονται. Άρα για δεδομένο όγκο  $V$  ενός κτιρίου, οι απώλειες θερμότητας είναι ανάλογες του λόγου  $F/V$ . Δηλαδή, οι κυβοειδείς διατομές έχουν μικρότερες απώλειες θερμότητας.
- **Αέρας χαραμάδων:** Από τις χαραμάδες των ανοιγμάτων (πόρτες, παράθυρα) κυκλοφορούν ρεύματα αέρα, τα οποία σε αρκετές περιπτώσεις προκαλούν σοβαρές απώλειες θερμότητας. Η μείωση των ανεπιθύμητων ρευμάτων αέρα, επιτυγχάνεται με τη χρήση ελαστικών παρεμβασμάτων στις χαραμάδες, διπλών υαλοπινάκων κλπ.
- **Τοιχώματα:** Τα εξωτερικά τοιχώματα, οι στέγες και τα δάπεδα αποτελούν την κύρια περιοχή απωλειών θερμότητας των κτιρίων. Σε ένα κτίριο, πανταχόθεν ελεύθερο, οι απώλειες αυτές φτάνουν το 75% των συνολικών απωλειών θερμότητας. Για να τις περιορίσουμε θα πρέπει να θερμομονώσουμε το κέλυφος του κτιρίου.
- **Ρύθμιση εγκατάστασης θέρμανσης:** Οι σωστές ρυθμίσεις στους αυτοματιστές και η κατάλληλη συντήρηση της εγκατάστασης θέρμανσης, επιτρέπουν εξοικονόμηση σε καύσιμα μέχρι και 30%. [2,8,17]

#### 4.1 Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας στα κτίρια

Η θερμότητα μεταδίδεται σύμφωνα με τους νόμους της φυσικής με τους εξής τρόπους:

- **Αγωγή** ονομάζεται η μετάδοση θερμότητας από μόριο σε μόριο σε στερεά, υγρά και αέρια σώματα με διαφορετική ταχύτητα. Κακοί αγωγοί είναι τα περισσότερα υγρά και αέρια, ενώ μονωτές είναι τα πορώδη υλικά και χρησιμοποιούνται ως θερμομονωτικά.
- **Συναγωγή ή θερμική μετάβαση** ονομάζεται η μετάβαση της θερμότητας μέσω μετακίνησης θερμών μορίων σε υγρή ή αέρια φάση στο χώρο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η θέρμανση ενός χώρου με καλοριφέρ. Κατά τη διαδικασία φυσικής συναγωγής η θερμαινόμενη μάζα του αέρα διαστέλλεται, αποκτώντας μικρότερο ειδικό βάρος με αποτέλεσμα να ανυψώνεται και να αντικαθίσταται από ψυχρότερη. Έτσι, δημιουργείται ένα φυσικό ρεύμα ιδιαίτερα ευνοϊκό για τον αερισμό των εσωτερικών χώρων.
- Η μετάδοση της θερμότητας με **ακτινοβολία** γίνεται με ανταλλαγή θερμικής ακτινοβολίας μεταξύ επιφανειών που διαχωρίζονται από αέρα. Η ποσότητα εκπεμπόμενης ακτινοβολίας εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τη φύση της επιφάνειας του σώματος (υφή, χρώμα, μέγεθος). Συνεπώς για τη συλλογή ακτινοβολίας επιλέγονται σκούρα χρώματα με στιλπνές επιφάνειες για μεγαλύτερη απορρόφηση, ενώ σε ζεστά κλίματα ενδείκνυται η χρήση ανοιχτών χρωμάτων με σκοπό τη μείωση των ηλιακών κερδών. [2,8]

#### 4.2 Θερμικές ιδιότητες υλικών οικοδομικού κελύφους

Η επιλογή και η σύνθεση των υλικών στο περίβλημα του κτιρίου και λιγότερο στο εσωτερικό του, καθορίζουν τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου. Εκτός από τον προσανατολισμό και τη χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από φώτα, συσκευές και ανθρώπους, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν και οι ιδιότητες των υλικών δόμησης στη διαμόρφωση των εσωτερικών συνθηκών. Η ροή θερμότητας σε κάθε υλικό εξαρτάται από τα φυσικά χαρακτηριστικά του όπως το πάχος, αλλά και τις θερμικές του ιδιότητες που είναι οι ακόλουθες:

**Θερμοχωρητικότητα  $c$** , ονομάζεται η ικανότητα ενός υλικού να αποθηκεύει ποσότητα θερμότητας κατά τη διάρκεια της θέρμανσης του. Ειδική θερμοχωρητικότητα  $c$ , είναι η ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για να υψωθεί η θερμοκρασία 1 kg του υλικού κατά 1°C. Μετριέται σε kcal/kg °C ή J/kg °C ή J/kg K. Η θερμοχωρητικότητα είναι ανάλογη του όγκου της μάζας και της πυκνότητας του υλικού. Όσο μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα έχει ένα υλικό, τόσο μεγαλύτερο ποσό θερμότητας συγκρατεί και μεταδίδει με βραδύτερο ρυθμό. Έτσι οικοδομικά υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας όπως η πέτρα, το μπετό, η γη και τα τούβλα χρησιμοποιούνται στο κέλυφος του κτιρίου ενισχύοντας τη θερμική του μάζα.

Λέγοντας **θερμική μάζα**, εννοούμε τα δομικά στοιχεία που συνθέτουν την κατασκευή του κτιρίου όπως τοιχοποιίες, οροφές, δάπεδα τα οποία μπορούν να αποθηκεύσουν ποσά θερμότητας. Σε ένα κτίσμα με μεγάλη θερμική μάζα ή αλλιώς με αυξημένη θερμοχωρητικότητα, η θερμότητα απελευθερώνεται με χρονική καθυστέρηση σταδιακά, συνήθως τις νυχτερινές ώρες που είναι και πιο επιθυμητή. Το χειμώνα λόγω της πτώσης της θερμοκρασίας το βράδυ, η επαναπόδοση της θερμότητας που συλλέχτηκε κατά τη

διάρκεια της ημέρας, συνεισφέρει στη φυσική θέρμανση των εσωτερικών χώρων. Το καλοκαίρι αποφεύγεται η υπερθέρμανση, γιατί οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι στα χαμηλότερα επίπεδα όταν επανεκπέμπεται η θερμότητα τη νύχτα και σε συνδυασμό με φυσικό αερισμό μπορεί να αντιμετωπιστεί καλύτερα.

**Θερμική αγωγιμότητα  $\kappa$  ή  $\lambda$** , ορίζεται ως η ποσότητα της θερμότητας σε kcal ή Watt που ρέει σε μία ώρα διαμέσου ενός υλικού επιφάνειας  $1 \text{ m}^2$  και πάχους  $1 \text{ m}$ , όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο πλευρών του είναι  $1^\circ\text{C}$ . Μετριέται σε kcal/mh  $^\circ\text{C}$  ή W/mK ή W/m $^\circ\text{C}$ . Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας καθορίζει και τη θερμομονωτική ικανότητα ενός οικοδομικού υλικού. Όσο πιο χαμηλή είναι η τιμή του, τόσο πιο καλό είναι και το μονωτικό αποτέλεσμα.

Με τον όρο **θερμοπερατότητα** εκφράζεται η συνολική μετάδοση θερμότητας που πραγματοποιείται σύμφωνα με τα φυσικά φαινόμενα της αγωγής, συναγωγής και ακτινοβολίας και εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα των υλικών. Ο **συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  ή  $K$**  δίνει την ποσότητα θερμότητας που μεταδίδεται ανά τετραγωνικό μέτρο ενός υλικού ή ενός συνόλου υλικών, που συνθέτουν μια οικοδομική λεπτομέρεια, όταν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας  $1^\circ\text{C}$  μεταξύ της εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας. Μετριέται σε kcal/m $^2$  h $^\circ\text{C}$  ή W/m $^2$  K ή W/m $^2$   $^\circ\text{C}$ . Όσο μικρότερη είναι η τιμή του, τόσο αποδοτικότερη είναι η θερμομόνωση. [4,8]

### 4.3 Θερμομόνωση κτιρίων

Θερμομόνωση ενός δομικού στοιχείου ονομάζεται το σύνολο των μεθόδων και των υλικών που χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό της ροής θερμότητας μεταξύ των χώρων εκατέρωθεν του στοιχείου. Η θερμομόνωση αποτελεί βασική αρχή θερμικής προστασίας, μειώνοντας τις ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος και εξασφαλίζοντας υγιεινό περιβάλλον διαβίωσης για τους ενοίκους του.

Η αύξηση της θερμομονωτικής ικανότητας του κτιριακού κελύφους περιλαμβάνει παρεμβάσεις στους εξωτερικούς χώρους, στο δώμα, στο δάπεδο εφόσον συνορεύει με μη θερμαινόμενους χώρους ή με εξωτερικό αέρα, σε εσωτερικούς τοίχους που συνορεύουν με μη θερμαινόμενους χώρους. Ο βαθμός παρέμβασης εξαρτάται από το αν το κτίριο κατασκευάζεται ή ανακαινίζεται.

Η **σωστή θερμομόνωση** ενός κτιρίου έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη θερμική άνεση στο εσωτερικό του και τη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης του φαινομένου της επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών, καθώς περιορίζει τις θερμογέφυρες. Επίσης, αυξάνει το κόστος κατά 4% περίπου και μειώνει τις αρχικές δαπάνες για την εγκατάσταση συστήματος θέρμανσης, αφού περιορίζει τις προβλεπόμενες απώλειες θερμότητας. Τέλος, μειώνει τα λειτουργικά έξοδα του κτιρίου και διατηρεί τα θερμικά ηλιακά κέρδη επί μεγάλο χρονικό διάστημα στο εσωτερικό του κτιρίου. [2,3,8]

#### 4.3.1 Θερμογέφυρες

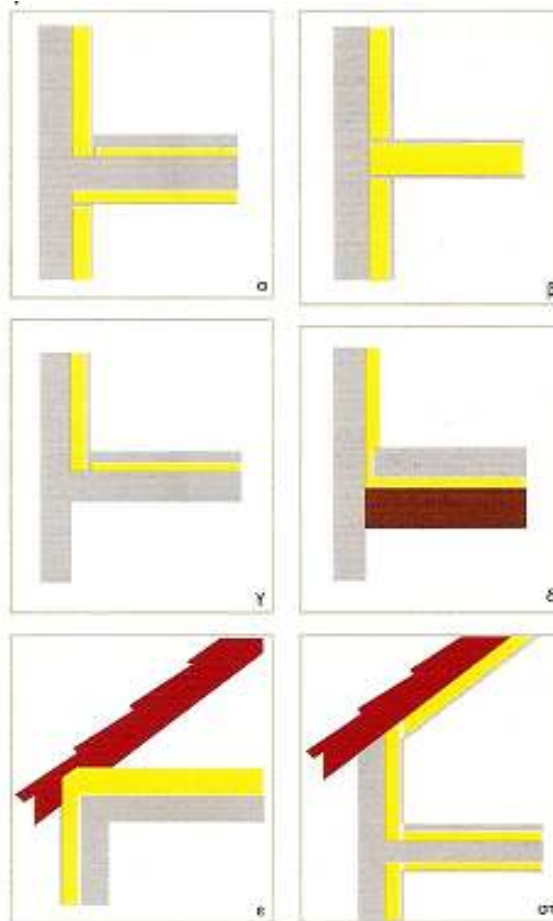
Ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $K$  ή  $u$ -value ενός δομικού στοιχείου είναι ένδειξη του βαθμού θερμομόνωσής του. Τα σημεία όπου ο συντελεστής είναι αρκετά μεγαλύτερος από το συντελεστή θερμοπερατότητας των επιμέρους δομικών στοιχείων της



κατασκευής, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη τοπικά ροή θερμότητας, ονομάζονται θερμογέφυρες.

Τα πλέον συνήθη σημεία που λειτουργούν ως θερμογέφυρες είναι:

- **Οι δοκοί και τα υποστυλώματα, όταν δε θερμομονώνονται.** Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται, είτε στο στάδιο της κατασκευής με την εφαρμογή της θερμομονωτικής στρώσης και σε αυτά (όπως άλλωστε οφείλει να προβλέπει σε κάθε νέα κατασκευή η μελέτη θερμομόνωσης), είτε εκ των υστέρων με τη θερμομόνωση των στοιχείων αυτών.
- **Οι προεκτάσεις της πλάκας των ορόφων που αποτελούν οι εξώστες των κτιρίων.** Το πρόβλημα εμφανίζεται στην εσωτερική γωνία της δοκού με την οροφή. Είναι δυνατόν να αντιμετωπιστεί είτε εκ κατασκευής, με την ενσωμάτωση, χωρίς υπολογισμούς, μιας λωρίδας θερμομονωτικού υλικού πάχους 40-60 cm στον ξυλότυπο της πλάκας της οροφής και κατά μήκος της δοκού και για όσο τμήμα αναπτύσσεται ο πρόβολος, είτε εκ των υστέρων με την ανάπτυξη θερμομονωμένης ψευδοροφής. Σε υφιστάμενη κατασκευή η καλύτερη λύση είναι η κατασκευή μιας θερμομονωμένης οροφής.
- **Οι γωνίες συνάντησης των δαπέδων με τους περιμετρικούς τοίχους, όταν βρίσκονται πάνω από πιλοτή, ημιυπόγειο ή υπόγειο, των οποίων η οροφή δεν είναι θερμομονωμένη.** Αντιμετωπίζονται με τη θερμομόνωση της κάτω επιφάνειας της πλάκας και των δοκών της.
- **Τα κουτιά για τα ρολά των κουφωμάτων, πάνω από τα πρέκια, όταν δεν είναι θερμομονωμένα ή όταν είναι κακώς θερμομονωμένα.** Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με τη θερμομόνωση των κουτιών αυτών από την εσωτερική τους πλευρά.
- **Τα σημεία εφαρμογής των κουφωμάτων με τις παράπλευρες τοιχοποιίες.** Αντιμετωπίζεται είτε εκ των προτέρων, είτε εκ των υστέρων με τη θερμομονωτική προστασία των αρμών. Συνήθως για το σκοπό αυτό προτιμάται ο αφρός πολουρεθάνης, αφενός επειδή προσφέρει καλή θερμομονωτική αλλά και στεγανοποιητική προστασία και αφετέρου επειδή με τη διόγκωσή του σφηνώνει καλύτερα το κούφωμα στην προεπιλεγμένη θέση.



Εικόνα 4.1: Προτεινόμενες λύσεις για την αποφυγή θερμογεφυρών

α. δάπεδο ορόφου με μόνωση πάνω και κάτω β. δάπεδο ορόφου με ελαφριά κατασκευή και ενσωματωμένη μόνωση γ. δάπεδο σε έδαφος με μόνωση στο πάνω μέρος της πλάκας δ. πλωτό δάπεδο πάνω από υπόγειο ε. εξωτερική μόνωση σε στέγη στ. εσωτερική μόνωση κάτω από στέγη σε χώρο που χρησιμοποιείται (ΤΕΧΝΙΚΟ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ Θερμομόνωση και Στεγανοποίηση των Κτιρίων)

### Συνέπειες των θερμογεφυρών

- **Απώλεια θερμότητας.** Οι θερμικές απώλειες από τις θερμογέφυρες αποτελούν σημαντικό ποσοστό των απωλειών του κτιρίου παρά το γεγονός ότι συνήθως αποτελούν ένα μικρό τμήμα του εξωτερικού κελύφους του.
- **Συμπύκνωση υδρατμών.** Η συμπύκνωση των υδρατμών του εσωτερικού χώρου στην περιοχή της θερμογέφυρας είναι το πιο συνηθισμένο αποτέλεσμα της ελλιπούς μόνωσής της. Το πρόβλημα αρχίζει καθώς οι υδρατμοί που δημιουργούνται κατά τη χρησιμοποίηση του κτιρίου έρχονται σε επαφή με τα ψυχρότερα τμήματα του εξωτερικού κελύφους στην περιοχή των θερμογέφυρων. Κατά την επαφή αυτή, οι υδρατμοί τρέπονται σε νερό και μετά σε μούχλα και επιφανειακές βλάβες.
- **Επιφανειακές βλάβες.** Η συμπύκνωση των υδρατμών και οι ανομοιόμορφες επιφανειακές θερμοκρασίες δημιουργούν τοπική συσσώρευση της αιωρούμενης σκόνης στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου. Το αποτέλεσμα είναι ο σχηματισμός λεκέδων (ξακρίσματα) στην περιοχή της θερμογέφυρας και η συνεχής ανάγκη επισκευών και συντήρησης.

- **Μειωμένη άνεση.** Οι θερμογέφυρες λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας τους δημιουργούν δυσάρεστη αίσθηση ρευμάτων αέρα στον άνθρωπο λόγω ακτινοβολίας. Το πρόβλημα είναι εντονότερο, όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα από την εσωτερική επιφάνεια του κτιρίου. Στο παρελθόν αιτία για τη μη αποτελεσματική αντιμετώπιση των θερμογέφυρων ήταν η δυσκολία θερμομόνωσης των γραμμικών στοιχείων από σκυρόδεμα. Πλέον γίνεται χρήση μπλε μόνωσης αφρώδους εξηλασμένου πολυστερενίου. [2,4,8,17]

#### 4.4 Θερμομονωτικά υλικά και οι ιδιότητές τους

Η μετάδοση της θερμότητας στα δομικά υλικά γίνεται στο μεγαλύτερο ποσοστό με αγωγιμότητα. Έτσι, βασικό κριτήριο για την αξιολόγηση ενός θερμομονωτικού υλικού είναι η τιμή του συντελεστή θερμοαγωγιμότητας  $\lambda$ . Θερμομονωτικά υλικά ονομάζονται τα υλικά εκείνα, τα οποία έχουν μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (συνήθως  $\lambda < 0,1$  W/mk). Ο ακίνητος αέρας παρουσιάζει τη μικρότερη γνωστή τιμή της θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda = 0,021$  kcal/hm°C). Τα πορώδη υλικά οφείλουν το χαμηλό συντελεστή τους, άρα και τις καλές μονωτικές τους ιδιότητες στο μεγάλο αριθμό μικροκυψελίδων που παγιδεύουν μέσα τους ακίνητο αέρα.

Για την εκλογή του θερμομονωτικού υλικού λαμβάνουμε υπόψη μας τις φυσικές του ιδιότητες όπως είναι τα θερμικά χαρακτηριστικά (αγωγιμότητα), τα τεχνικά χαρακτηριστικά (πυκνότητα), η μηχανική αντοχή, η συμπεριφορά σε φωτιά, η ηχομόνωση, το κόστος, η ευκολία τοποθέτησης, η διάρκεια ζωής, καθώς και κατά πόσο είναι επιβλαβές για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Οι βασικές ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών είναι οι ακόλουθες:

**Θερμοκρασία:** Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας αυξάνεται με τη θερμοκρασία, οπότε μειώνεται η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού. Για θερμοκρασίες μέχρι 100°C χρησιμοποιούνται ανόργανα υλικά και από 500-800°C χρησιμοποιούνται κατά προτίμηση μονωτικά υλικά από γη υδρατμών. Για μεγαλύτερες θερμοκρασίες χρησιμοποιούνται αποκλειστικά υλικά με αυξημένη πυραντίσταση (π.χ. Charmotti, κεκαυμένη μαγνησία). Τέλος, κατάλληλα υλικά για τις ψυκτικές εγκαταστάσεις είναι ο εμποτισμένος φελλός, οι αφρώδεις ρητίνες και ο πετροβάμβακας.

**Υγρασία:** Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας αυξάνεται με την υγρασία, οπότε μειώνεται η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού. Το φαινόμενο αυτό εξηγείται εύκολα αν σκεφτούμε ότι η θερμική αγωγιμότητα του νερού είναι 24 φορές μεγαλύτερη από αυτή του ακίνητου αέρα. Ακόμη πιο καταστροφικός είναι ο παγετός. Σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από 0°C το νερό μετατρέπεται σε πάγο, αυξάνοντας τον όγκο του κατά 10% του αρχικού. Έτσι, στα εμποτισμένα με νερό μονωτικά υλικά έχουμε διαταγή του ιστού και σταδιακή αποσάθρωση. Τα ανόργανα ινώδη μονωτικά υλικά (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας, σκωριοβάμβακας) επηρεάζονται από την υγρασία, ενώ τα οργανικά αφρώδη μονωτικά υλικά (πολυουρεθάνη, διογκωμένη πολυστερίνη, εξηλασμένη πολυστερίνη) είναι αδιάβροχα. Επίσης, οι θερμομονωτικές ιδιότητες ενός υλικού μειώνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας του, γι' αυτό το λόγο μπορεί να συνδυαστεί με ένα άλλο υδρομονωτικό υλικό.

**Ηλιακή ακτινοβολία:** Τα αφρώδη οργανικά μονωτικά υλικά (κυρίως πολυστερινικά και πολυουρεθανικά) κινδυνεύουν άμεσα από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, όταν παραμένουν επί μακρόν εκτεθειμένα σε αυτήν. Έχουμε σταδιακή αλλοίωση του υλικού, μείωση της αντοχής του και απώλεια των θερμομονωτικών ιδιοτήτων.

**Χημική συμπεριφορά:** Ορισμένα οργανικά μονωτικά υλικά προσβάλλονται από χημικούς διαλύτες (βενζίνη, βενζόλιο, ασετόν), καθώς επίσης και τα περισσότερα αφρώδη οργανικά υλικά επηρεάζονται από την πίσσα και τη ρευστή άσφαλο. Γι' αυτό, οι ασφαλικές μεμβράνες στα δώματα δεν πρέπει να επικολλώνται πάνω σε μονωτικά υλικά πολυστερινικής προέλευσης.

**Πυραντίσταση:** Όλα σχεδόν τα ανόργανα μονωτικά υλικά παρουσιάζουν πολύ καλή συμπεριφορά στη φωτιά, σε αντίθεση με τα περισσότερα οργανικά μονωτικά υλικά που κατατάσσονται στην κατηγορία καυστών υλικών. Σε γενικές περιπτώσεις παρά το αυξημένο κόστος χρησιμοποιούνται υλικά που δεν αναφλέγονται ή τουλάχιστον αναφλέγονται δύσκολα, ενώ πολλές φορές η αντίσταση στη φωτιά ενισχύεται με τη χρήση ειδικών επικαλύψεων.

**Μηχανική αντοχή:** Η αντοχή των μονωτικών υλικών σε θλιπτικά ή εφελκυστικά φορτία είναι πολύ σημαντική, όταν η τοιχοποιία είναι φέρουσα και το μονωτικό υλικό ανήκει στα φέροντα στοιχεία της (π.χ. θερμομονωτικά τούβλα), καθώς και όταν το μονωτικό υλικό τοποθετηθεί σε ψευδοροφές με μεγάλα ανοίγματα. Τα οργανικά αφρώδη μονωτικά υλικά έχουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή από τα ανόργανα ινώδη.

Τα θερμομονωτικά υλικά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

Τα **ανόργανα υλικά**, τα οποία είναι ο διογκωμένος περλίτης, ο υαλοβάμβακας, ο πετροβάμβακας, ο ορυκτοβάμβακας, τα θερμομονωτικά τούβλα, τα μονωτικά σκυροδέματα, η διογκωμένη άργιλος κτλ.

Τα **οργανικά υλικά**, τα οποία είναι το ξυλόμαλλο, η γη διατομών, η πολυουρεθάνη, η διογκωμένη πολυστερίνη, η πολυστυρόλη, η φαινολική ρητίνη, ο διογκωμένος φελλός. [1,2,8,17]

#### **4.4.1 Θερμομονωτικά υλικά που διατίθενται στην ελληνική αγορά**

- **Η εξηλασμένη πολυστερίνη:** Προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (υδρογονάνθρακες) και είναι μη ανακυκλώσιμη. Συμβάλλει στη μόλυνση του περιβάλλοντος, καθώς προκαλεί διαφυγή τοξικών πτητικών αερίων στο περιβάλλον (όπως CFC και πεντάνιο), τα οποία συμβάλλουν στην καταστροφή του όζοντος. Επίσης, συντελεί στη διαφυγή στυρενίου στην ατμόσφαιρα (ουσία άμεσα συνδεδεμένη με καρκινογενέσεις), ενώ σε περίπτωση πυρκαγιάς παράγει τοξικά βρωμιούχα αέρια. Δημιουργεί ισχυρά ηλεκτροστατικά πεδία και δεν επιτρέπει τη διαπνοή του κτιρίου. Παράγεται σε μορφή πλακών επιθυμητών διαστάσεων, που χρησιμοποιούνται για τη μόνωση τοίχων, δαπέδων, δωματίων και ψυκτικών θαλάμων και το χρώμα τους εξαρτάται από την εταιρία παραγωγής. Δεν επηρεάζεται από βροχή, χιόνι ή παγωνιά, δεν απορροφά υγρασία και προσβάλλεται από διαλύτες, έντομα και τρωκτικά. Η περιορισμένη αντοχή στις

υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα, όταν χρησιμοποιείται στη μόνωση δωματίων.

- **Διογκωμένη πολυστερίνη ή Felizol:** Είναι αφρώδες μονωτικό υλικό και παράγεται από μονομερές στυρένιο με πολυμερισμό. Αποτελείται από μεγάλο αριθμό, ομοιόμορφα κατανεμημένων, κλειστών κυψελίδων και στην τελική της μορφή αποτελείται από μόνο το 2-5% του συνολικού όγκου, ενώ ο υπόλοιπος όγκος καλύπτεται από αέρα. Δεν απορροφά υγρασία, αλλοιώνεται από οργανικούς διαλύτες, προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά, δεν έχει ηχομονωτικές ιδιότητες και δεν αντέχει σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 100°C. Παρουσιάζει ικανοποιητική αντοχή σε συμπίεση, αλλά όταν πρόκειται να ασκηθούν πολύ ισχυρά συγκεντρωμένα φορτία πάνω σε επιφάνεια θερμομονωμένη με διογκωμένη πολυστερίνη υπάρχει κίνδυνος παραμόρφωσης και θραύσης των υπερκείμενων υλικών. Γι' αυτό το λόγο σε ανάλογες περιπτώσεις προτείνεται να μεσολαβούν στρώσεις από ισχυρά υλικά που θα παραλαμβάνουν τα συγκεντρωμένα αυτά φορτία και θα τα μετατρέπουν σε κατανεμημένα. Είναι φθινό, εύκολα παραγόμενο και εύχρηστο υλικό και χρησιμοποιείται υπό μορφή πλακών για θερμική προστασία:
  1. τοιχοποιίας με μόνωση στον πυρήνα
  2. δοκού, υποστρώματος και τοιχίου με προτιμότερη την τοποθέτησή της στην εσωτερική πλευρά
  3. δαπέδου και δώματος που προστατεύονται στεγανοποιητικά
  4. ψευδοροφής
  5. πλάκας οροφής πάνω από τη στέγη.

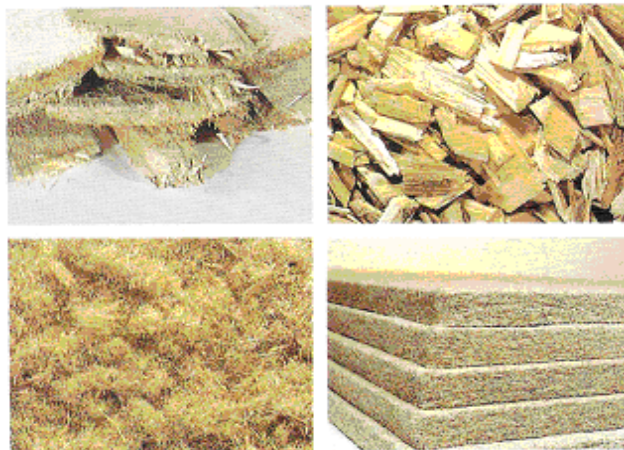


Εικόνα 4.2: τοποθέτηση πλακών διογκωμένης πολυστερίνης α) με κόλληση και β) με μηχανική στερέωση (ΤΕΧΝΙΚΟ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ Θερμομόνωση και Στεγανοποίηση των Κτιρίων)

- **Η πολυστυρόλη:** Είναι ένα μονωτικό υλικό που αποτελείται από πολύ μικρές ισομεγέθεις και ομοιόμορφα κατανεμημένες κυψελίδες. Παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση στην απορρόφηση της υγρασίας και έχει μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Παράγεται σε σκληρές πλάκες γαλάζιου χρώματος και χρησιμοποιείται στις οικοδομές (οροφές, τοίχοι, δάπεδα), τις αγροτικές εγκαταστάσεις (αποθήκες, στάβλοι) και τη βιομηχανία (ψυκτικοί θάλαμοι, τοιχώματα φορτηγών και τροχόσπιτων).

- Φαινολική ρητίνη: Είναι αφρώδες μονωτικό υλικό που παράγεται με ειδικά μηχανήματα στην οικοδομή και μεταφέρεται με σωλήνες σε υγρή μορφή μέχρι το σημείο τοποθέτησης, όπου αφροποιείται και στερεοποιείται σε χρόνο 60 δευτερολέπτων. Χρησιμοποιείται μεταξύ δομικών στοιχείων που παρουσιάζουν διάκενα και μπορεί να τοποθετηθεί ακόμα και σε κτίρια που κατοικούνται. Για την πλήρωση του διάκενου ανοίγονται τρύπες διαμέτρου 2 cm σε απόσταση 1m μεταξύ τους, στις οποίες διοχετεύεται με μικρή πίεση το αφρώδες υλικό μέχρι να εμφανιστεί ο αφρός στις παραπλήσιες τρύπες. Η εργασία αρχίζει από το κάτω μέρος του τοίχου και συνεχίζεται προοδευτικά προς τα πάνω.
- Η πολυουρεθάνη: Προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και είναι μη ανακυκλώσιμη. Οι CFCH που αντικατέστησαν τους CFC ενοχοποιούνται επίσης, για τη στοιβάδα του όζοντος. Προέρχεται από μία σύνθετη διαδικασία παραγωγής με βάση το χλώριο και απελευθερώνει ιδιαίτερα επικίνδυνες ουσίες για τον άνθρωπο, ενώ σε περίπτωση πυρκαγιάς παράγεται κυάνιο, ουσία φοβερά τοξική. Επίσης, δεν προσφέρει δυνατότητα διαπνοής στο κτίριο. Στο εμπόριο βρίσκεται σε μορφή πλακών και χρησιμοποιείται για τη θερμομόνωση κεκλιμένων δωματίων από μπετόν, οροφών, pilotis, εξωτερικών τοίχων, σωληνώσεων, λεβήτων, αεραγωγών, δεξαμενών κτλ.
- Ο υαλοβάμβακας: Παράγεται από ινοποίηση ρευστού πυριτικού γυαλιού και είναι ινώδες μονωτικό υλικό. Είναι μη ανακυκλώσιμος, προκαλεί μόλυνση μόνο στις μονάδες παραγωγής λόγω του διοξειδίου του άνθρακα και κατά τη μεταφορά του. Προσβάλλεται από την υγρασία και το υδροχλωρικό οξύ και είναι άκαυστος. Έχει πολύ καλές ηχομονωτικές ιδιότητες και στο εμπόριο υπάρχει σε διάφορες μορφές (πάπλωμα με ή χωρίς επικάλυψη, πλάκες κοινές ή πλάκες ενισχυμένες, πλάκες σκληρές κλπ.). Χρησιμοποιείται στις οροφές, τα δάπεδα και τους τοίχους, καθώς και στη θερμομόνωση θερμοσιφώνων και ηλεκτρικών ηλιακών συσκευών. Στους τοίχους τοποθετείται ανάμεσα σε δύο σειρές τούβλων, εξωτερικά καλύπτεται με μάρμαρο ή άλλο οικοδομικό υλικό ή εσωτερικά καλύπτεται με ξύλο ή γυψοσανίδα.
- Ο πετροβάμβακας: Παράγεται από μίγμα ασβεστολιθικών, δολομιτών και βωξιτών και είναι ινώδες μονωτικό υλικό. Προσβάλλεται από την υγρασία, είναι άκαυστος και έχει ηχομονωτικές ιδιότητες. Στο εμπόριο υπάρχει σε διάφορες μορφές (πάπλωμα χαμηλής ή υψηλής πυκνότητας, πάπλωμα με κοτετσόσυρμα, εύκαμπτες ή σκληρές πλάκες, κοχύλια κτλ.) και χρησιμοποιείται σε μονώσεις σωληνώσεων, δοχείων και βιομηχανικών εγκαταστάσεων, με θερμοκρασία 1100°C. Κατατάσσεται μαζί με τον υαλοβάμβακα, την πολυουρεθάνη και την εξηλασμένη πολυστερίνη από το Διεθνές Κέντρο για την Έρευνα του Καρκίνου (IARC), στα εν δυνάμει καρκινογόνα υλικά τα οποία επιδρούν στον άνθρωπο μέσω της αναπνευστικής οδού.
- Ο ορυκτοβάμβακας: παράγεται από ίνες ορυκτών υλικών και διατίθεται σε πλάκες απλές, πλάκες επενδεδυμένες με φύλλο αλουμινίου ή υαλούφασμα, χύμα και σε κοχύλια. Χρησιμοποιείται σε οικοδομικές μονώσεις, θερμικές και ακουστικές, καθώς και σε μονώσεις σωληνώσεων, αεραγωγών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων με θερμοκρασία ως και 750°C.
- Ο περλίτης: Πρόκειται για μη ανανεώσιμη πηγή με μεγάλη διαθεσιμότητα στη φύση. Ανακυκλώνεται μερικώς, δεν απελευθερώνει τοξικές ουσίες κατά τη χρησιμοποίησή του, ούτε τοξικά αέρια σε περίπτωση πυρκαγιάς. Γενικά, είναι καλό θερμομονωτικό υλικό.

- Διογκωμένος περλίτης ή Perlomin : Παράγεται από τον περλίτη με κατάλληλη θερμική επεξεργασία στους 900°C, ο οποίος διογκώνεται κατά 10-25 φορές και θραύεται σε μικρούς κόκκους, που περιέχουν αέρα στο εσωτερικό τους. Δεν προσβάλλει τα μέταλλα, αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες, δεν προσβάλλεται από τη υγρασία και τους μύκητες και χρησιμοποιείται στην παραγωγή μονωτικών επιχρισμάτων (περλιτικά επιχρίσματα). Ο φυσικός περλίτης χρησιμοποιείται σαν αδρανές υλικό ή υλικό πλήρωσης για την κατασκευή θερμομονωτικών τοιχωμάτων, δαπέδων και ταρατσών.
- Το Ξυλόμαλλο ή Heraclith: Είναι αποδεκτό υλικό, ανανεώσιμο όσον αφορά στο ξυλόμαλλο, λιγότερο σε ότι αφορά το μαγνησίτη. Είναι εύκολα ανακυκλώσιμο, δεν παρουσιάζει πρόβλημα στην υγεία των κατοίκων ενός κτιρίου, ούτε απελευθερώνει τοξικά αέρια σε περίπτωση πυρκαγιάς. Παράγεται από τη ανάμειξη ινών ξύλου ή ροκανιδιών με τσιμέντο ή μαγνησίτη και το τελικό προϊόν είναι απλές συμπαγείς πλάκες ή πλάκες τύπου σάντουιτς, με εκατέρωθεν εξωτερικές στρώσεις ξυλόμαλλου και ενδιάμεση στρώση διογκωμένης πολυστερίνης, εξηλασμένης πολυστερίνης ή πετροβάμβακα. Οι πλάκες δεν κινδυνεύουν από σάπισμα, μύκητες ή άλλους μικροοργανισμούς, καίγονται δύσκολα και είναι εύκολες στη χρήση. Χρησιμοποιούνται στη θερμομόνωση στοιχείων φέροντος οργανισμού (στα οποία χρησιμοποιείται και ως παραμένων ξυλότυπος), μεγάλων οριζόντιων και κατακόρυφων επιφανειών που πρέπει να σοβατιστούν και πλακών οροφής και δαπέδων.



**Εικόνα 4.3:** Ως πρώτη ύλη για την κατασκευή ξυλόμαλλου χρησιμοποιείται το ξύλο και σε συγγενή προϊόντα χρησιμοποιούνται ροκανίδια, λεπτά κλαδιά, καλάμια, άχυρα και άλλα φυτικά προϊόντα υπό μορφή ινών (ΤΕΧΝΙΚΟ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ Θερμομόνωση και Στεγανοποίηση των Κτιρίων)

- Γη διατομών: Παράγεται από το πέτρωμα που σχηματίζεται από τα κελύφη των διατομών (μονοκύτταρα φύκι) τα οποία καθιζάνουν στον πυθμένα των θαλασσών και των λιμνών. Έχει τη μορφή σκόνης, αντέχει σε θερμοκρασίες μέχρι 800°C, ανθίσταται στις χημικές επιδράσεις οξέων ή βάσεων και χρησιμοποιείται για την παραγωγή πυρίμαχων τούβλων και την επένδυση σωληνώσεων στη βιομηχανία, αφού πρώτα αναμιχθεί με κατάλληλο συνδετικό υλικό.
- Armaflex: Είναι εύκαμπτο μονωτικό υλικό που χρησιμοποιείται στις σωληνώσεις των θερμοϋδραυλικών εγκαταστάσεων και του κλιματισμού. Διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία του κυκλοφορούντος υγρού, μειώνει τους θορύβους από τη ροή του



νερού στις υδραυλικές εγκαταστάσεις και δεν επιτρέπει το σχηματισμό συμπυκνώσεων στην επιφάνεια των σωλήνων κρύου νερού και κλιματισμού.

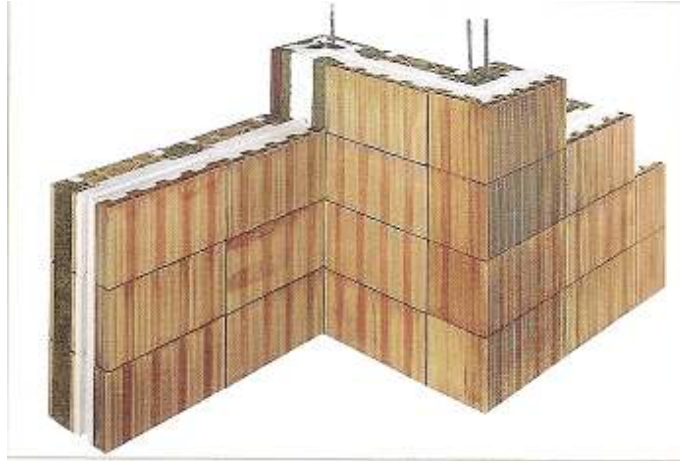
- Θερμομονωτικά τούβλα: Είναι τούβλα στη μάζα των οποίων έχουν δημιουργηθεί μικρές σφαιρικές κοιλότητες με αέρα. Αυτό επιτυγχάνεται με την πρόσμιξη στην άργιλο, πριν ακόμη ψηθεί, κόκκων διογκωμένης πολυστερίνης. Κατά το ψήσιμο η πολυστερίνη καίγεται και αφήνει κυψέλες με αέρα στη μάζα της αργίλου. Κατασκευάζονται σε πολλές διαστάσεις, έχουν το χρώμα και τη μορφή των κοινών τούβλων και είναι ελαφρύτερα από αυτά κατά 25-40%. Αντέχουν στον παγετό και στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες και παρά το γεγονός ότι απορροφούν τη υγρασία, έχουν τη δυνατότητα να την επαναποδώσουν εύκολα στην ατμόσφαιρα και να στεγνώσουν. Ο μικρός συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών, επιτρέπει την «αναπνοή» του τοίχου και διαμορφώνει ευχάριστο και υγιεινό περιβάλλον. Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εξωτερικών τοίχων, χωρίς τη χρήση άλλου θερμομονωτικού υλικού και επιχρίονται εσωτερικά και εξωτερικά με όλα τα επιχρίσματα που εφαρμόζονται στα κοινά τούβλα.



Εικόνα 4.4: θερμομονωτικά τούβλα (ΤΕΧΝΙΚΟ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ Θερμομόνωση και Στεγανοποίηση των Κτιρίων)

- Τούβλα με ενσωματωμένη μόνωση: Είναι κοινά τούβλα σχεδιασμένα έτσι ώστε, στη διατομή τους να αφήνεται χώρος ώστε να τοποθετείται ένα θερμομονωτικό υλικό (συνήθως πολυουρεθάνη) μετά το ψήσιμο. Είναι άκαυστα, το βάρος τους διαφέρει ελάχιστα από αυτό των κοινών τούβλων και η συμπεριφορά τους στην υγρασία μοιάζει με εκείνη των θερμομονωτικών τούβλων.





Εικόνα 4.5: δομικά κεραμικά στοιχεία με ενσωματωμένη μόνωση (ΤΕΧΝΙΚΟ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ Θερμομόνωση και Στεγανοποίηση των Κτιρίων)

- Μονωτικά σκυροδέματα: Έχουν σα συνδετική ύλη το τσιμέντο και ως αδρανή, ειδικά υλικά που εξασφαλίζουν την παρουσία φυσαλίδων αέρα και έτσι εμφανίζουν θερμομονωτικές ιδιότητες. Τα σπουδαιότερα μονωτικά σκυροδέματα είναι τα ακόλουθα:
  - Κυψελωτό μπετόν ή ελαφρομπετό ή Foam mill: Παράγεται με την εισαγωγή αέρα (υπό μορφή αφρού) κατά την ανάμειξη τσιμέντου και νερού.
  - Περλομπετόν: Παράγεται με την ανάμειξη τσιμέντου, διογκωμένου περλίτη, αερακτικού και νερού. Το αερακτικό δημιουργεί απειράριθμες αεροκυψέλες, βελτιώνοντας τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.
  - Κίσηρομπετόν: Παράγεται με την ανάμειξη τσιμέντου, χαλκικών κίσηρης και νερού. Η κίσηρης είναι ηφαιστιογενές πέτρωμα μεγάλης σκληρότητας και μικρού φαινομενικού βάρους (επιπλέει στο νερό), με σημαντικές θερμομονωτικές ιδιότητες. [1,2,4]

#### 4.4.2 Οικολογικά θερμομονωτικά υλικά

Οικολογικά θεωρούνται τα θερμομονωτικά υλικά τα οποία δεν απαιτούν μεγάλη ενέργεια για την παραγωγή τους, είναι ανακυκλώσιμα, δε μολύνουν το περιβάλλον κατά τη διάρκεια παραγωγής τους και δεν περιέχουν τοξικούς/καρκινογόνους ρύπους, επικίνδυνους για την υγεία του ανθρώπου.

Τα σπουδαιότερα οικολογικά μονωτικά υλικά είναι τα εξής:

- Διογκωμένη άργιλος: Είναι ένα αδρανές υλικό που παράγεται από την πύρωση της φτωχής σε ασβέστιο άργιλου. Η πύρωση γίνεται σε φυγοκεντρικούς φούρνους και σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, οπότε το υλικό διογκώνεται και σκάει. Χρησιμοποιείται για την παρασκευή μονωτικού σκυροδέματος (αργιλομπετόν), τσιμεντόλιθων και ελαφρών προκατασκευασμένων στοιχείων.

- Ο διογκωμένος φελλός: Προέρχεται από ανανεώσιμη πηγή, είναι ανακυκλώσιμος, απόλυτα φιλικός και υγιεινός στον άνθρωπο, αλλά ακριβότερος από άλλα υλικά. Χρησιμοποιείται με τη μορφή φελλοψηφίδας (τρίμματα φελλού), με τη μορφή φελλάλευρου (άλεσμα τριμμάτων φελλού) και με τη μορφή πλακών που προκύπτουν από τη συμπίεση διογκωμένων τριμμάτων φελλού ή από την ανάμιξή τους με κατάλληλη συνδετική ύλη. Οι πλάκες διογκωμένου χρησιμοποιούνται για τη θερμομόνωση τοίχων, δαπέδων, ταρατσών, αλλά έχουν και εξαιρετικές ηχομονωτικές ιδιότητες. Τέλος, χρησιμοποιούνται στις ψυκτικές εγκαταστάσεις της βιομηχανίας και σε ψυκτικούς θανάτους επαγγελματικής ή οικιακής χρήσης.
- Λινόμαλλο: Παράγεται από το λινάρι.
- Ρολό από υπολείμματα βαμβακιού
- Ρολό από ίνες κοκκοφοίνικα
- Τζίβα (σε φύλλα και λωρίδες)

Όλα τα παραπάνω οικολογικά μονωτικά υλικά, πλην του διογκωμένου φελλού, κοστίζουν ελάχιστα, αλλά δυστυχώς οι Έλληνες μηχανικοί δείχνουν να τα αγνοούν σε αντίθεση με τους Ευρωπαίους συναδέλφους τους.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα θερμομονωτικά υλικά γερνάνε, χωρίς να γνωρίζουμε με ακρίβεια τους μηχανισμούς γήρανσης. Σίγουρο είναι ότι υπάρχει συνεχής μεταβολή της αρχικής ισορροπίας των στερεών και αέριων συστατικών τους, που σημαίνει ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$ , πάντα αυξάνεται. [1,2]

#### 4.5 Θέση μόνωσης στο περίβλημα

Η θέση της μόνωσης εσωτερικά ή εξωτερικά του περιβλήματος και ειδικότερα στους τοίχους, πρέπει να επιλέγεται ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου, τη συχνότητα και το ωράριο λειτουργίας του.

##### Εσωτερική θερμομόνωση:

Σε κτίρια όπως εκκλησίες, αίθουσες κινηματογράφων, συναυλιών, διαλέξεων, σχολεία κ.α. η τοποθέτηση της μόνωσης στην εσωτερική επιφάνεια του κελύφους, με προστασία από κάποιο στερεό υλικό που λειτουργεί όπως και το επίχρισμα, βοηθά στη γρήγορη ψύξη και θέρμανση του χώρου. Ο λόγος είναι ότι η θερμική ενέργεια αποδίδεται άμεσα στον εσωτερικό χώρο, αφού η μόνωση εσωτερικά εμποδίζει τη μετάδοση και αποθήκευσή της στη θερμική μάζα των τοιχωμάτων.



Εικόνα 4.6: Μόνωση των εξωτερικών τοίχων από μέσα  
([http://www.knaufinsulation.gr/files/ki\\_gr/upload/ka\\_spolja\\_saobracaj.jpg](http://www.knaufinsulation.gr/files/ki_gr/upload/ka_spolja_saobracaj.jpg))

Αυτός ο τρόπος θερμομόνωσης έχει περιορισμένο χρόνο κατασκευής, αποτελεί φθηνότερη λύση σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση και δεν απαιτεί ιδιαίτερη προστασία των μονωτικών από τις εξωτερικές επιδράσεις. Η κατασκευή είναι απλή και πραγματοποιείται ανεξάρτητα από τις εξωτερικές συνθήκες, ενώ όπως προαναφέρθηκε θερμαίνεται πολύ γρήγορα ο χώρος. Όσον αφορά στα μειονεκτήματα, περιορίζεται ο εσωτερικός χώρος, ψύχεται πολύ σύντομα και μένει ανεκμετάλλευτη η θερμοχωρητικότητα του εξωτερικού τοίχου. Δημιουργούνται θερμογέφυρες στα σημεία που διακόπτεται η μόνωση για να συνδεθούν οι εξωτερικοί τοίχοι με τους εσωτερικούς, αυξάνεται ο κίνδυνος εμφάνισης «ύδατος συμπυκνώσεως» δηλαδή υγρασίας στο εσωτερικό των τοίχων, ενώ υπάρχει και πρόβλημα στην τακτοποίηση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.

### **Εξωτερική θερμομόνωση:**

Η τοποθέτηση της μόνωσης εξωτερικά του κελύφους αυξάνει το χρόνο ψύξης και θέρμανσης του εσωτερικού χώρου αλλά τον προστατεύει από ακραίες εξωτερικές θερμοκρασίες. Επίσης, λόγω της πολύ μικρής θερμικής αγωγιμότητας των μονωτικών υλικών σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο οικοδομικό υλικό, εμποδίζεται η διέλευση της θερμότητας από και προς τα έξω. Οι υπόλοιπες στρώσεις των υλικών που αποτελούν τη θερμική μάζα του κτιρίου, απορροφούν και αποθηκεύουν μεγάλα ποσοστά εσωτερικών φορτίων.



**Εικόνα 4.7: Μόνωση διπλού εξωτερικού τοίχου με πετροβάμβακα**  
([http://www.knaufinsulation.gr/files/ki\\_gr/upload/1senwich.jpg](http://www.knaufinsulation.gr/files/ki_gr/upload/1senwich.jpg))

Τα πλεονεκτήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι ότι ελαχιστοποιούνται οι θερμογέφυρες, ιδιαίτερα στις πλάκες σκυροδέματος, στα δοκάρια και στις κολώνες και επιτυγχάνεται εκμετάλλευση της θετικής επίδρασης της θερμικής μάζας του κτιρίου, καθώς υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα αποθηκεύουν μεγάλα ποσοστά των εσωτερικών θερμικών φορτίων, βοηθώντας τις παθητικές στρατηγικές ψύξης και θέρμανσης. Προστατεύεται το κέλυφος μαζί με τα φέροντα στοιχεία του κτιρίου από τις καιρικές συνθήκες και αυξάνεται ο χρόνος ζωής του. Η επισκευή ή η προσθήκη της εξωτερικής μόνωσης σε υφιστάμενα κτίρια είναι ευκολότερη γιατί δεν παρεμποδίζει την εσωτερική λειτουργία του κτιρίου και βελτιώνει την ενεργειακή του απόδοση. Τέλος, αποφεύγονται τυχόν ζημιές της μόνωσης από σωληνώσεις ύδρευσης ή αποχέτευσης σε περίπτωση υγρασίας ή παγετού.

Όσον αφορά στα μειονεκτήματα είναι το ιδιαίτερα αυξημένο κόστος που περιέχει και επιπλέον δαπάνη για τα υλικά που απαιτούνται για την προστασία της εξωτερικής μόνωσης από τις κλιματολογικές συνθήκες, αλλά και τη βελτίωση του αισθητικού

αποτελέσματος των όψεων του κτιρίου. Παρουσιάζεται επίσης, δυσκολία στην εφαρμογή της εξωτερικής μόνωσης σε κτίρια με έντονο μορφολογικό ενδιαφέρον όψεων.

Η θερμομονωτική ικανότητα ενός στοιχείου περιβλήματος μιας κατασκευής, αυξάνει με την αύξηση του πάχους της θερμομόνωσης. Ο υπολογισμός του πάχους της μόνωσης πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τα ενεργειακά κέρδη, αλλά και την οικονομία της κατασκευής, έτσι ώστε να γίνεται απόσβεση του κόστους σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Εξάλλου έρευνες έχουν δείξει ότι από κάποια τιμή μόνωσης και πάνω, η εξοικονομούμενη ενέργεια είναι αμελητέα σε ήπια κλίματα όπως το ελληνικό. Σε ψυχρότερα κλίματα οι ανάγκες θερμομόνωσης αυξάνονται. Τα ελάχιστα ποσοστά και πάχη μόνωσης στην Ελλάδα προκύπτουν μετά από υπολογισμούς σύμφωνα με περιορισμούς που επιβάλλει ο Κανονισμός Θερμομόνωσης και ανάλογα με τη γεωγραφική θέση του κτιρίου.[2,8,17,19,21]

#### **4.5.1 Θερμομόνωση στις εξωτερικές τοιχοποιίες**

Η συνηθέστερη κατασκευή εξωτερικών τοίχων στην Ελλάδα που δίνει τα επιθυμητά επίπεδα u-value, είναι δύο παράλληλες στρώσεις δομικών τοίχων από συμβατικά τούβλα ή ενός μπατικού και ενός δομικού με τη θερμομόνωση ανάμεσα. Μια παραλλαγή αυτής της λύσης είναι η προσθήκη ενός κενού αέρα μερικών εκατοστών δίπλα στη μόνωση και ανάμεσα στις οπλινθοδομές. Σε αυτή την περίπτωση, η μόνωση πρέπει να τοποθετείται σε επαφή με τον εσωτερικό τοίχο για να είναι αποδοτική. Τα επίπεδα του συντελεστή θερμοπερατότητας μπορεί μεν να είναι καλύτερα σε σχέση με την πρώτη κατασκευαστική λύση, αλλά το συνολικό πάχος της τοιχοποιίας είναι αρκετά μεγαλύτερο. Αυτό τις περισσότερες φορές θεωρείται μειονέκτημα για μια συμβατική κατασκευή τοιχοποιίας, λόγω της εκμετάλλευσης λιγότερου ωφέλιμου χώρου.

Πρέπει να σημειωθεί ότι σε όλες τις περιπτώσεις, όλα τα οικοδομικά μέρη του κελύφους, όπως πλάκες δοκοί και υποστυλώματα, πρέπει να μονώνονται εξωτερικά, ώστε να αποφεύγονται θερμογέφυρες, αλλά και να προστατεύεται ο φέρων οργανισμός του κτιρίου από την υγρασία και γενικά τις καιρικές συνθήκες, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο χρόνος ζωής του. Τα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στο περίβλημα των κτιρίων είναι ο υαλοβάμβακας, η πολυουρεθάνη, η πολυστερίνη κ.α..

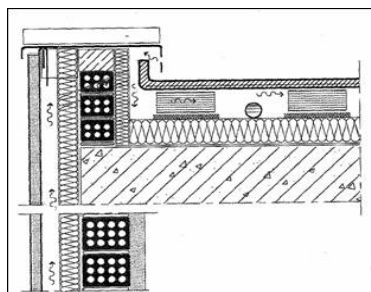
Εναλλακτική κατασκευή εξωτερικής τοιχοποιίας αποτελεί ο τοίχος που κατασκευάζεται από δομικά υλικά με αυξημένες θερμομονωτικές ικανότητες, όπως η ελαφρόπετρα, τα θερμομονωτικά τούβλα, το monoblock και το thermoblock, τα οποία οφείλουν τις ιδιότητές τους στο μεγάλο αριθμό κυψελίδων που περιέχουν. Με τον τρόπο κατασκευής και τις διαστάσεις τους, εξασφαλίζουν σε μεσογειακά κλίματα, τον απαιτούμενο συντελεστή θερμοπερατότητας U στο τοίχωμα χωρίς άλλη μόνωση. Για περαιτέρω βελτίωση των θερμομονωτικών τους ιδιοτήτων, της συμπεριφορά τους απέναντι στους υδρατμούς και την αποφυγή θερμογέφυρων στην αρμολόγηση όσων τέτοιων υλικών είναι σε μορφή πλίνθων, προτείνεται η χρήση μονωτικών επιχρισμάτων. Πάντως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας τους είναι μεγαλύτερος από τις προηγούμενες κατασκευαστικές προτάσεις, αλλά μέσα στα επιτρεπόμενα όρια που επιβάλλει ο Κανονισμός Θερμομόνωσης. Έχουν μικρότερες διαστολές, καλή συμπεριφορά στο σεισμό, αλλά μικρή θερμοχωρητικότητα με συνέπεια τη γρήγορη ψύξη τους μετά τη διακοπή λειτουργίας της θέρμανσης.

Μια εναλλακτική λύση, ιδιαίτερα σε ορισμένες ειδικές εφαρμογές είναι η διαφανής θερμομόνωση για την κατασκευή μεγάλων εξωτερικών επιφανειών. Η διαφανής θερμομόνωση μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από υπάρχουσες αμόνωτες τοιχοποιίες κατά παρόμοιο τρόπο με την προσθήκη της συνηθισμένης θερμομόνωσης. Στα πιο δημοφιλή σύγχρονα υλικά περιλαμβάνονται ακρυλικά ή πολυανθρακούχα που έχουν κατάλληλη δομή, για παράδειγμα τριχοειδή ή κυψελωτή. Το κόστος παραμένει σχετικά υψηλό και απαιτούνται μερικές ακόμη βελτιώσεις, ώστε να διατηρούνται οι αποδόσεις και οι θερμοοπτικές ιδιότητες των υλικών, καθώς και η διάρκεια ζωής τους.[2,8,17,19,21]

#### 4.5.1.1 Αεριζόμενο κέλυφος

Στην εξωτερική πλευρά του τοίχου τοποθετείται το μονωτικό υλικό και στη συνέχεια αναρτάται η προκατασκευασμένη επιφάνεια PROKELYFOS σε απόσταση 2-4 cm από αυτό. Πρόκειται για μια κατασκευή διπλού κελύφους που τοποθετείται στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου ή στην οροφή μέσα στην οποία κυκλοφορεί ο εξωτερικός αέρας που συνίσταται για υγρά και ζεστά κλίματα. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού το αεριζόμενο κέλυφος, συνεισφέρει τόσο στη σκίαση του περιβλήματος και συνεπώς στη μειωμένη θερμική επιβάρυνση του κτιρίου, όσο και στη μεταφορά θερμότητας, από το περίβλημα στο εσωτερικό περιβάλλον, μέσω του αέρα που κυκλοφορεί στο διάκενο του κελύφους.

Το αεριζόμενο κέλυφος μπορεί να συνεισφέρει και στην αυξημένη προστασία του κτιρίου κατά τους χειμερινούς μήνες, καθώς ο αέρας που κυκλοφορεί στο κέλυφος είναι χαμηλότερης ταχύτητας του εξωτερικού και μέσω του διπλού κελύφους, οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον περιορίζονται, αυξάνεται δηλαδή η θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους. Η κατασκευή αυτή βέβαια προϋποθέτει να είναι θερμομονωμένο το εσωτερικό τμήμα του αεριζόμενου κελύφους.[2,20]



Εικόνα 4.9: Αεριζόμενο δομικό στοιχείο πρόσοψης και οροφής  
([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/images/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_fytemeno\\_doma\\_clip\\_image002.jpg](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/images/thermiki_prostasia_kelyfous_fytemeno_doma_clip_image002.jpg))

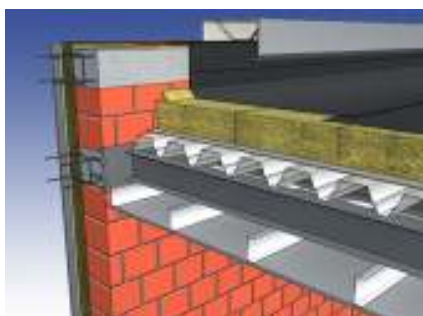
#### 4.5.2 Θερμομόνωση σε στέγες-δώματα

Η θερμομόνωση δωματίων και στεγών είναι απαραίτητη για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη δημιουργία άνετων συνθηκών στο εσωτερικό του κτιρίου, καθώς τα στοιχεία αυτά υπόκεινται τις δυσμενέστερες θερμικές επιβαρύνσεις σε σχέση με τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία του εξωτερικού κελύφους. Βλάβες που προέρχονται από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία ή την υγρασία, μπορούν να αποφευχθούν με σωστή θερμομόνωση που εξασφαλίζει υδατοστεγανότητα, έχει κατάλληλες κλίσεις για απομάκρυνση των νερών της βροχής και καλές θερμικές ιδιότητες τόσο για προστασία από ψυχρές, όσο και από χαμηλές θερμοκρασίες.



**Εικόνα 4.10: Επισκέψιμη κατασκευή με τελικό στρώμα, γέμισμα ελαφρομπετού κλίσης, αδιάβροχη μεμβράνη, πετροβάμβακα δωμαίων, φράγμα ατμών, στρώμα εξισορρόπησης της τάσης υδρατμών και πλάκα από μπετό ([http://www.knaufinsulation.gr/files/ki\\_gr/upload/prohodniKR.png](http://www.knaufinsulation.gr/files/ki_gr/upload/prohodniKR.png))**

Τα μονοκέλυφα συμπαγή δώματα είναι ο συμβατικός τρόπος κατασκευής στην Ελλάδα. Το βασικό χαρακτηριστικό τους έναντι των άλλων τύπων είναι ότι οι αλλεπάλληλες στρώσεις υλικών αποτελούν μια ενιαία κατασκευή, στην οποία το θερμομονωτικό στρώμα είναι κάτω από το στεγανωτικό υλικό, ώστε να προστατεύεται από την υγρασία. Το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται συνήθως πάνω από την πλάκα του οπλισμένου σκυροδέματος ή πάνω από τη στρώση των κλίσεων και στη συνέχεια καλύπτεται από το στεγανωτικό υλικό και αν χρειάζεται από το τελικό υλικό επίστρωσης π.χ. πλάκες. Πιο συγκεκριμένα, πάνω από την πλάκα του δώματος, τοποθετούνται κατά σειρά το κυψελωτό μπετόν ρύσεων μέσου πάχους 12 cm, η τσιμεντοκονία εξομάλυνσης πάχους 1,5 cm, το υαλόφασμα των 150 g/m<sup>2</sup>, το φράγμα υδρατμών, η θερμομόνωση, η στρώση ανεξαρτησίας από υαλόφασμα των 300g/m<sup>2</sup>, οι δύο στεγανωτικές στρώσεις από ελαστομερείς οπλισμένες μεμβράνες, η στρώση ανεξαρτησίας από υαλόφασμα των 300g/m<sup>2</sup> και η στρώση προστασίας, που αποτελείται από διάστρωση με κονίαμα (2 cm) σε στρώμα άμμου θαλάσσης (2 cm) και τσιμεντόπλακες πάχους 5 cm. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη σωστή τοποθέτηση του διαφράγματος υδρατμών, καθώς προστατεύει τη θερμομονωτική στρώση από την υγρασία που ενδέχεται να προέλθει από το χώρο που καλύπτει, λόγω της υγροποίησης των υδρατμών. Τα συνηθέστερα υλικά για την μόνωση των δωμαίων είναι διάφορες μορφές εξηλασμένης πολυστερίνης, υαλοβάμβακας και μόνωση με μεταλλικές ίνες.



**Εικόνα 4.11: Μη επισκέψιμο δώμα που αποτελείται από αδιάβροχη μεμβράνη, πετροβάμβακα δωμαίων, φράγμα υδρατμών, στρώμα για εξισορρόπηση της τάσης υδρατμών, μεταλλικά προφίλ και μεταλλική κατασκευή ([http://www.knaufinsulation.gr/files/ki\\_gr/upload/neprohodniKR.png](http://www.knaufinsulation.gr/files/ki_gr/upload/neprohodniKR.png))**

Μια άλλη τεχνική, αρκετά διαδεδομένη είναι το «ανεστραμμένο δώμα». Αυτή η κατασκευή αποτελείται από αλληπάλληλες στρώσεις υλικών όπως και τα συμπαγή δώματα, διαφέρουν όμως στο ότι η θερμομόνωση τοποθετείται πάνω από το στεγανωτικό υλικό και καλύπτεται για προστασία από πλάκες και χαλίκι. Πάνω από την πλάκα του δώματος τοποθετούνται κατά σειρά το κυψελωτό μπετόν ρύσεων μέσου πάχους 12 cm, η τσιμεντοκονία εξομάλυνσης πάχους 1,5 cm, το υαλόφασμα, οι δύο στεγανωτικές στρώσεις από ελαστομερείς οπλισμένες μεμβράνες, η στρώση ανεξαρτησίας από υαλόφασμα των 150g/m<sup>2</sup>, η θερμομόνωση, η στρώση ανεξαρτησίας από υαλόφασμα των 150g/m<sup>2</sup> και η στρώση προστασίας από βότσαλα ή τσιμεντόπλακες πάχους 5cm που τοποθετούνται χωρίς κονίαμα (ξηρή τοποθέτηση). Το βρόχινο νερό αποστραγγίζεται κάτω από τη μόνωση και κατευθύνεται σε υδρορροές. Χρησιμοποιείται κυρίως για δώματα με περιορισμένη βατότητα. Καταλληλότερα μονωτικά υλικά θεωρούνται αυτά που έχουν όσο το δυνατό πιο κλειστές κυψελίδες (σκληρά αφρώδη υλικά). Μπορεί επίσης, να γίνει συνδυασμός αεριζόμενου δώματος, όπου υπάρχει αυξημένος κίνδυνος υπερθέρμανσης.

Υπάρχουν επίσης τα δικέλυφα αεριζόμενα δώματα, τα οποία όμως δε συνηθίζονται στην Ελλάδα. Αυτά αποτελούνται από δύο κελύφη μεταξύ των οποίων κυκλοφορεί ελεύθερα ο ατμοσφαιρικός αέρας. Το μονωτικό υλικό τοποθετείται κατευθείαν πάνω στην πλάκα του δώματος χωρίς την παρεμβολή στεγανωτικού υλικού για να είναι εφικτή η αναπνοή της. Πάνω στη θερμομόνωση τοποθετούνται έδρανα από κεραμικά και πάνω από αυτά σκυροδετείται η πλάκα Prokelyfos, η οποία στην περίμετρό των στηθαίων ή των άλλων κατακόρυφων στοιχείων (ανοιγμάτων φωταγωγών, αιθρίων, καμινάδων κ.α.) διακόπτεται και εξελίσσεται κατακόρυφα σε υδατοστεγανό μικροτοιχείο ύψους 3-10 cm, με κατακόρυφο διάκενο πάχους 3-4 cm. Το διάκενο αυτό λειτουργεί ταυτόχρονα σαν αρμός διαστολής και σαν άνοιγμα εξαερισμού του κυρίως διάκενου της πλάκας, το οποίο έχει πάχος 6-12 cm. Η στεγάνωση του κατακόρυφου διάκενου εξασφαλίζεται με γαλβανισμένα μεταλλικά γείσα, που στηρίζονται πάνω στο στηθαίο. Η απομάκρυνση των νερών της βροχής γίνεται σιφωνικά με δίκτυο κατακόρυφων και οριζόντιων σωλήνων. Οι οριζόντιοι σωλήνες με τα φρεάτια τοποθετούνται στο διάκενο εξαερισμού μεταξύ της θερμομόνωσης και της πλάκας Prokelyfos, η οποία έχει πάχος 4-6 cm.

Σε κεκλιμένες στέγες οι κατασκευαστικές λύσεις είναι πιο εύκολες και περιορισμένες. Η θερμομόνωση της κεκλιμένης οροφής γίνεται με την τοποθέτηση θερμομόνωσης πάνω από την οπλισμένη πλάκα σκυροδέματος, αφού προηγηθεί το φράγμα υδρατμών. Στη συνέχεια πάνω από τη θερμομόνωση τοποθετείται στεγανωτική στρώση (π.χ. ασφαλική μεμβράνη) και ακολουθούν τα κεραμίδια. Τέλος, στις μεταλλικές στέγες η θερμομόνωση τοποθετείται πάνω στη μεταλλική κατασκευή και καλύπτεται από στεγανωτική στρώση, η οποία βάφεται με αντηλιακή βαφή.

Σε υπάρχοντα κτίρια, η προσθήκη θερμομόνωσης μπορεί να γίνει εύκολα από την εξωτερική πλευρά χρησιμοποιώντας για παράδειγμα έτοιμες θερμομονωμένες τσιμεντόπλακες και πλάκες πολυουρεθάνης, ή αφρώδους πολυουρεθάνης, η οποία ψεκάζεται πάνω στην επιφάνεια του δώματος. Εναλλακτικά σε ένα υπάρχον δώμα, μπορούν να τοποθετηθούν πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης με την τεχνική της ανεστραμμένης μόνωσης.[2,8,22]

#### 4.5.2.1 Φυτεμένο δώμα



Εικόνα 4.124.1: Φυτεμένο δώμα  
([http://www.knaufinsulation.gr/files/ki\\_gr/upload/zeleniKR.png](http://www.knaufinsulation.gr/files/ki_gr/upload/zeleniKR.png))

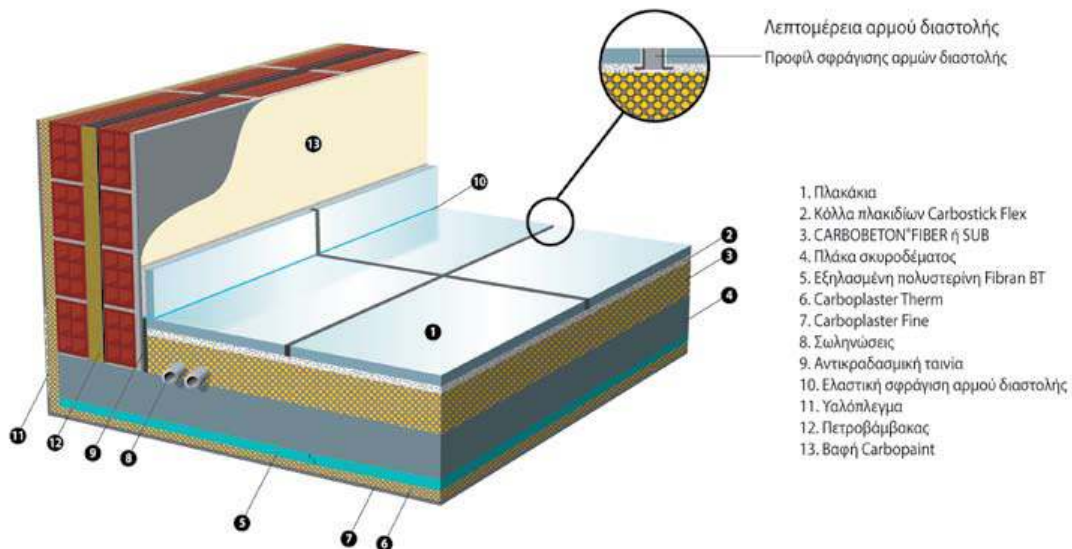
Τα φυτεμένα δώματα αποτελούν τεχνική θερμικής προστασίας του κτιρίου τόσο το καλοκαίρι όσο και το χειμώνα. Αποτελούνται από ένα στρώμα βλάστησης, το οποίο αναπτύσσεται σε ειδικά διαμορφωμένο επίπεδο.

Το φυτεμένο δώμα αποτελεί μέσο θερμικής μόνωσης του κτιρίου, λόγω των υλικών από τα οποία αποτελείται (χώμα ικανού πάχους και αέρα που εγκλωβίζεται μεταξύ των φυλλωμάτων των φυτών). Θα πρέπει βέβαια να συνδυάζεται με κατάλληλα θερμομονωμένη και υγρομονωμένη κατασκευή της οροφής.

Το καλοκαίρι το φυτεμένο δώμα εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στο κτιριακό κέλυφος, μέσω της σκιάς που δημιουργούν τα φυτά στην επιφάνεια του. Πρακτικά μπορούμε να πούμε ότι μηδενίζει την επίδραση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολία, στην οροφή του κτιρίου η οποία αποτελεί σημαντική πηγή θερμικής επιβάρυνσης του κτιρίου. Τέλος τα φυτά συνεισφέρουν με την εξάτμιση από τα φύλλα τους (εξατμισοδιαπνοή) στην εξατμιστική ψύξη της οροφής. Εν γένει συνεισφέρει στη δημιουργία ήπιων συνθηκών στους χώρους πάνω από τους οποίους τοποθετείται. [2,8,23]



### 4.5.3 Θερμομόνωση στα δάπεδα



Εικόνα 4.13: Θερμομόνωση δαπέδου πλακιδίων πάνω από πυλωτή  
([http://www.krimatoglou.gr/images/stories/dapedo\\_piloti.png](http://www.krimatoglou.gr/images/stories/dapedo_piloti.png))

Θερμομόνωση απαιτείται σε δάπεδα θερμαινόμενων χώρων, όπου η μια επιφάνειά τους έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, όπως συμβαίνει με τις πυλωτές ή βρίσκονται πάνω από μη θερμαινόμενους χώρους, όπως είναι τα υπόγεια με σκοπό να μειωθούν οι θερμικές απώλειες. Η μόνωση του δαπέδου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος, δεν είναι συνήθως απαραίτητη, καθώς η θερμοκρασία του εδάφους μεταβάλλεται αργά και είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική θερμοκρασία τον χειμώνα και μικρότερη από αυτή το καλοκαίρι. Ειδικά στα θερμά κλίματα, η έλλειψη μόνωσης βοηθά στην απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας στο έδαφος.

Συνήθως χρησιμοποιούνται θερμομονωτικές πλάκες, οι οποίες είτε στερεώνονται στην πλάκα εξωτερικά, είτε καλύπτονται με πλέγμα και σοβατίζονται, είτε καλύπτονται με ψευδοροφή, όταν προβάλλονται σε εσωτερικούς χώρους. Η τοποθέτηση της μόνωσης εξωτερικά της πλάκας του οπλισμένου σκυροδέματος προσφέρει το πλεονέκτημα της αποθήκευσης θερμότητας στη θερμική μάζα του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα παρέχει ηχομόνωση.[2,8]

### 4.5.4 Υαλοστάσια-ανοίγματα

Τα ανοίγματα εκτός του λειτουργικό τους ρόλου στην αρχιτεκτονική διαμόρφωση των όψεων του κτιρίου, αποτελούν και ένα από τα πιο ευαίσθητα σημεία του όσον αφορά στις απώλειες θερμότητας. Η ομοιόμορφη θερμομόνωση συμπαγών και διάφανων στοιχείων του περιβλήματος μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους βελτιωμένους τύπους υαλοστασίων που έχουν αρκετά χαμηλότερο συντελεστή θερμοπερατότητας σε σύγκριση με τους απλούς. Συνηθέστεροι τύποι είναι οι διπλοί και τριπλοί υαλοπίνακες που οφείλουν τις μονωτικές τους ιδιότητες στο αυξημένο πάχος και κυρίως στα αέρια μεγάλης θερμικής αντίστασης μεταξύ των στρώσεων του γυαλιού. Στις ελληνικές κατασκευές χρησιμοποιούνται υποχρεωτικά από το 1979 και μετά διπλοί υαλοπίνακες, ενώ σε ψυχρότερες χώρες χρησιμοποιούνται και τριπλοί.

Πιο συγκεκριμένα, έχουν κατασκευαστεί σύγχρονοι τύποι υαλοπινάκων τύπου «High Transmission Low Iron», οι οποίοι φιλτράρουν με μεγάλη ακρίβεια τα ανεπιθύμητα τμήματα της ηλιακής ακτινοβολίας. Έτσι το καλοκαίρι, ένα μέρος της θερμότητας της ηλιακής ακτινοβολίας, μπορεί να απομονωθεί έξω από το δωμάτιο ελατώνοντας την κατανάλωση ενέργειας των κλιματιστικών. Ωστόσο τις κρύες χειμερινές νύχτες, η πολύτιμη εσωτερική θερμότητα τείνει να διαφύγει από τα παράθυρα. Για το λόγο αυτό υπάρχουν ειδικοί υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής «Low Emission» , οι οποίοι μπορούν να αντανακλούν αυτή τη θερμότητα πίσω στο δωμάτιο, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση. Αυτό συμβαίνει χάρη στην επίστρωση ή στον ψεκασμό τους με ειδικά πυρολυτικά που εμφανίζουν μεγάλη αντανακλαστικότητα στην εκπεμπόμενη προς αυτούς θερμότητα. Εναλλακτικός τρόπος αύξησης της θερμικής αντίστασης των υαλοπινάκων είναι η αύξηση του πλάτους του διάκενου, η πλήρωση του κενού με αέρια χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας, όπως το αργκό ή το κρυπτόν και η μείωση της συναγωγής στην περιοχή του διάκενου με τη χρήση «κελιών» από ειδικά μονωτικά διάφανα υλικά που δεν επιτρέπουν στον αέρα ή στο αέριο να κινείται και άρα να συνάγει θερμότητα από το ένα φύλλο στο άλλο. Η τελευταία λύση είναι και ιδιαίτερα ακριβή.

Εκτός από τους υαλοπίνακες, σημαντικά είναι και τα πλαίσια των ανοιγμάτων, ξύλινα ή μεταλλικά για τη συνολική θερμική διαπερατότητα των κουφωμάτων. Πλαίσια με ψηλό συντελεστή θερμοπερατότητας μειώνουν τη συνολική θερμομονωτική απόδοση του ανοίγματος, ενώ για περαιτέρω βελτίωση υπάρχουν στο εμπόριο θερμομονωμένα πλαίσια. Οι αρμοί μεταξύ των πλαισίων και των τοίχων πρέπει να κλείνονται μεπαρεμβύσματα ή να σφραγίζονται καλά για να περιορίζονται διεισδύσεις και απώλειες αέρα. Προσοχή χρειάζεται σε κουφώματα με ψηλή αεροστεγανότητα, ώστε να εξασφαλίζεται ο ελάχιστος απαραίτητος αερισμός για λόγους υγιεινής. [1,2,8]



## 5 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης ονομάζονται τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, τα οποία χρησιμοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο.

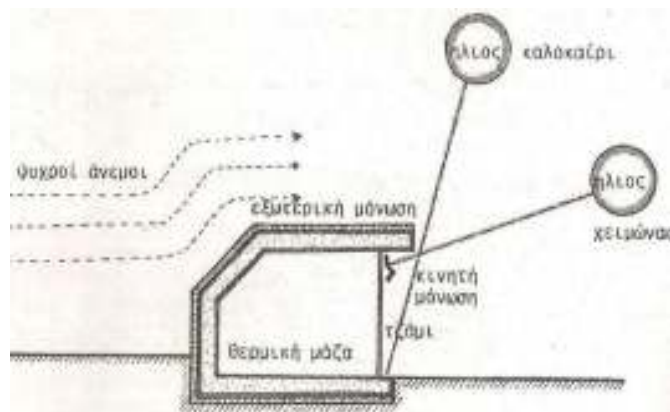
Σε αντίθεση με τα ενεργητικά δεν διαθέτουν μηχανικά μέσα για «ελεγχόμενη» θέρμανση και διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους :

1. Συστήματα άμεσου ή απευθείας ηλιακού κέρδους (παράθυρα κατάλληλα προσανατολισμένα).
2. Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους (τοίχοι συλλέκτες ή τοίχοι θερμικής αποθήκευσης, ηλιακοί χώροι-θερμοκήπια, ηλιακά αίθρια).
3. Συστήματα απομονωμένου κέρδους, όπου η συλλεκτήρια επιφάνεια διαχωρίζεται από το χώρο της θερμικής αποθήκευσης (ηλιακοί συλλέκτες-πανέλα εκτός του κτιριακού περιβλήματος). [2,3,8,24]

### 5.1 Συστήματα άμεσου ή απευθείας ηλιακού κέρδους

Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται σε τρεις μηχανισμούς:

- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου σύμφωνα με το οποίο η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από τους υαλοπίνακες και διατηρείται στο εσωτερικό των κτιρίων για τη θέρμανση των χώρων.
- Τη θερμική υστέρηση των υλικών, καθώς μέρος της θερμότητας αποθηκεύεται στη μάζα του κτιρίου και αποδίδεται με υστέρηση.
- Τη διανομή της θερμότητας μέσω των φαινομένων της αγωγής (μετάδοση θερμότητας στη μάζα των δομικών στοιχείων από τα θερμότερα στα ψυχρότερα), της συναγωγής (κίνηση του θερμαινόμενου αέρα προς τα πάνω και αντικατάστασή του από ψυχρότερο), και της ακτινοβολίας.



Εικόνα 5.1 : Διαγραμματικό κέλυφος με άμεσα ηλιακά κέρδη (Βιοκλιματική αρχιτεκτονική Παθητικά-Ηλιακά συστήματα, Ελένη Ανδρεαδάκη-Χρονάκη,1985)

Τα ηλιακά κέρδη ποικίλουν ανάλογα με τον προσανατολισμό του κτιρίου και των ανοιγμάτων του. Οι νότια προσανατολισμένες επιφάνειες δέχονται τα μεγαλύτερα ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα και με κατάλληλα σκίαστρα ελάχιστα ποσοστά το καλοκαίρι. Στις βόρεια προσανατολισμένες επιφάνειες προσπίπτει λίγη ηλιακή ακτινοβολία, που προέρχεται από διάχυση και ανάκλαση, γεγονός ιδιαίτερα ευνοϊκό για το καλοκαίρι. Ωστόσο, οι

επιφάνειες αυτές πρέπει να είναι περιορισμένης έκτασης, καθώς παρουσιάζουν μεγάλες απώλειες και ελάχιστα κέρδη το χειμώνα. Τα ηλιακά κέρδη από τις ανατολικές και δυτικές επιφάνειες είναι πολύ λιγότερα απ' ότι στις νότιες, αφού δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία για μικρό χρονικό διάστημα το χειμώνα, νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα, όταν οι απαιτήσεις θέρμανσης είναι μεγάλες. Κατά τους θερινούς μήνες ωστόσο, τα ποσοστά των ηλιακών κερδών τους είναι μεγαλύτερα από τις νότιες επιφάνειες προκαλώντας κίνδυνο υπερθέρμανσης. Για το λόγο αυτό, στα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα πρέπει να προβλέπεται σκίαση, κατά προτίμηση εξωτερική κατακόρυφου τύπου. Ιδανικότερος προσανατολισμός ανοιγμάτων λοιπόν, κρίνεται ο νότιος με μικρή απόκλιση  $\pm 25^\circ$ , αφού εξασφαλίζει καλύτερο ηλιασμό το χειμώνα, προστασία από τους ψυχρούς βόρειους ανέμους και ευκολότερο έλεγχο ηλιακών κερδών το καλοκαίρι.

Ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας είναι και ο τύπος του υαλοπίνακα και η θερμική μάζα των κτιρίων. Πιο συγκεκριμένα, οι διπλοί υαλοπίνακες έχουν μικρότερη διαπερατότητα από τους απλούς που κατασκευάζονται από γυαλί με τα ίδια χαρακτηριστικά. Η χρήση διπλών υαλοπινάκων μειώνει το ποσοστό της εισερχόμενης ακτινοβολίας, αλλά δεν επιτρέπει στην μειωμένη αυτή θερμική ενέργεια να διαφύγει από το κτίριο. Προτείνεται η χρήση υαλοπινάκων που διαχέουν το φως, γιατί διανέμουν τη θερμική ενέργεια προς όλες τις κατευθύνσεις και συνεισφέρουν στην αποφυγή της θάμβωσης, έχουν όμως μικρή διαπερατότητα στα θερμά κλίματα και μεγάλη στα ψυχρά. Σχετικά με τη θερμική μάζα, τα δομικά στοιχεία ενός χώρου, πρέπει να έχουν τουλάχιστον εννιά φορές μεγαλύτερη επιφάνεια από τα ανοίγματα και να κατασκευάζονται από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα, για να μπορούν να απορροφούν και να αποθηκεύουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία.

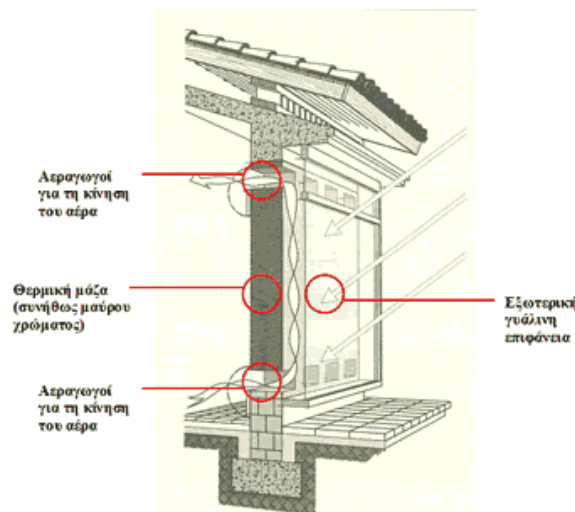
Ο ηλιασμός των κτιρίων και μάλιστα από τον επιθυμητό προσανατολισμό είναι δύσκολος ή και αδύνατος πολλές φορές κυρίως σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Τότε χρησιμοποιούνται ανοίγματα οροφής σε μορφή κατακόρυφων φεγγιτών προς το νότο με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς τους. [2,3,8,24,27,28]

## **5.2 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους**

Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους είναι τα παθητικά ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στο κέλυφος του κτιρίου και την αποδίδουν με έμμεσο τρόπο στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, είτε μέσω δομικών στοιχείων, είτε μέσω ανοιγμάτων διαφόρων ειδών (θυρίδων, αγωγών κ.α.)

Τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

## 5.2.1 Τοίχος θερμικής αποθήκευσης



Εικόνα 5.2:Τοίχος θερμικής αποθήκευσης

(<http://www.ecoarchitects.gr/images/FINAL/menelaos009.png>)

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης στην απλούστερη μορφή τους αποτελούνται από ένα υαλοστάσιο προσανατολισμένο προς το νότο, σταθερό ή ανοιγόμενο, με μονούς ή διπλούς υαλοπίνακες, που τοποθετείται σε κάποια απόσταση (συνήθως 10-15 εκ.) μπροστά από έναν τοίχο κατασκευασμένο από υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας, όπως σκυρόδεμα, πέτρα, συμπαγή τούβλα, ή δοχεία που περιέχουν νερό ή άλλο υλικό (υλικό αλλαγής φάσης). Η εξωτερική τους επιφάνεια πρέπει να είναι σκούρου χρώματος για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η λειτουργία τους είναι η εξής: Η ηλιακή ακτινοβολία που διαπερνά το ηλιοστάσιο, απορροφάται από τον τοίχο, θερμαίνει την εξωτερική επιφάνειά του και ανεβάζει τη θερμοκρασία του αέρα που βρίσκεται στο κενό ανάμεσα στον τοίχο και το γυαλί. Στη συνέχεια, η θερμότητα μεταφέρεται σε ολόκληρη τη μάζα του τοίχου με αγωγιμότητα μέχρι που φτάνει στην εσωτερική του πλευρά με κάποια χρονική καθυστέρηση και μειωμένη ένταση.

Όσο αυξάνεται το πάχος και η θερμοχωρητικότητα του τοίχου, τόσο μεγαλύτερη είναι η χρονική καθυστέρηση της μετάδοσης. Η επιλογή των τοίχων θερμικής αποθήκευσης πρέπει να γίνεται έτσι, ώστε να διασφαλίζεται μια χρονική καθυστέρηση της τάξης των 6-8 ωρών και το κτίριο να επωφελείται της μέγιστης θερμοκρασίας της εσωτερικής επιφάνειας του τοίχου στην αρχή της νύχτας.

Όταν ένας τοίχος συλλέκτης είναι σωστά σχεδιασμένος η θερμοκρασία του χώρου παραμένει στα όρια της άνεσης( 20°-28°C), στη διάρκεια του χειμώνα χωρίς καμία θερμαντική πηγή. Η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από:

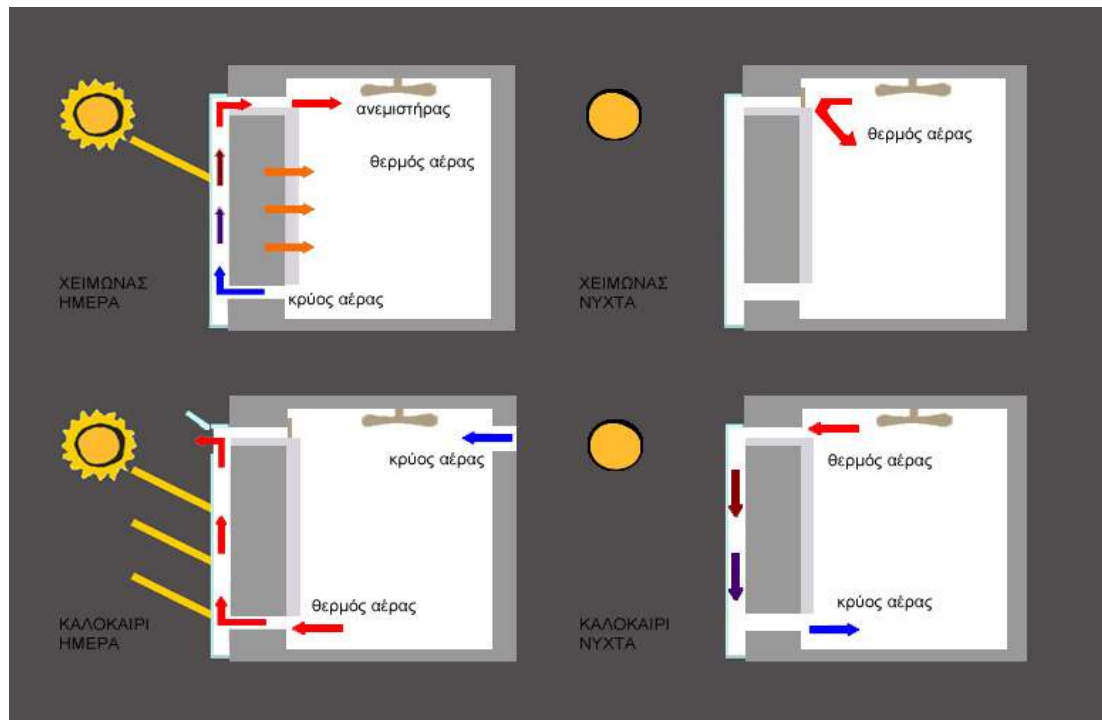
1) Το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου που προσδιορίζεται από τις εξής παραμέτρους:

- το κλίμα του τόπου, δηλαδή τις θερμοκρασιακές μεταβολές μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας. Όσο αυξάνεται η διαφορά θερμοκρασίας, τόσο πρέπει να αυξάνεται η θερμική αποθήκευση, άρα και το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου.
  - Το γεωγραφικό πλάτος του τόπου καθορίζει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στη νότια επιφάνεια του τοίχου. Όσο αυξάνεται το γεωγραφικό πλάτος, τόσο μειώνεται η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και επομένως πρέπει να αυξάνεται το μέγεθος του τοίχου.
  - Τις ανάγκες του κτιρίου σε θέρμανση, πράγμα που εξαρτάται από τις θερμικές απώλειες και το βαθμό θερμομόνωσης του κτιρίου. Ένας χώρος λιγότερα μονωμένος απαιτεί λιγότερη θερμότητα για να διατηρηθεί η θερμοκρασία του σε ικανοποιητικά επίπεδα, συνεπώς και μικρότερη επιφάνεια τοίχου συλλέκτη.
- 2) Το πάχος του τοίχου και τα υλικά κατασκευής του:
- Η διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας καθορίζεται και από το πάχος και από το υλικό κατασκευής του τοίχου συλλέκτη. γενικά, όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του, τόσο μικρότερες διακυμάνσεις παρουσιάζει η θερμοκρασία στον εσωτερικό χώρο. Ακόμα όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού κατασκευής, τόσο το πάχος του τοίχου πρέπει να αυξάνεται, καθώς η θερμότητα περνά ταχύτερα τη συλλεκτήρια επιφάνεια και η απαιτούμενη χρονική υστέρηση μειώνεται.
- 3) Το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου αποθήκευσης καθορίζει την ικανότητά του να απορροφά θερμική ενέργεια. Προτιμώνται τα σκούρα χρώματα και δη το μαύρο για μεγαλύτερη απορροφητικότητα.
- 4) Όσον αφορά τον τρόπο λειτουργίας, ανάλογα με το είδος του τοίχου π.χ. Trombe -Michel, νερού κτλ καθορίζεται και το απαιτούμενο μέγεθος επιφάνειας του τοίχου. [2,3,8,25,27]

### 5.2.2 Τοίχος Trombe-Michel

Αποτελεί το γνωστότερο τύπο τοίχου θερμικής συλλογής και αποθήκευσης και μελετήθηκε στη Γαλλία από τον καθηγητή F. Trombe και τον αρχιτέκτονα J. Michel ,οι οποίοι τον εφάρμοσαν στα πρώτα πειραματικά ηλιακά σπίτια στο Odeillo της Γαλλίας το 1967.

Το σύστημα του τοίχου Trombe αποτελείται από ένα νότιο τοίχο από μπετόν, πάχους 30-40 εκ., βαμμένο με σκούρο χρώμα στην εξωτερική του πλευρά, που συνδυάζεται με μία γυάλινη επιφάνεια, σε απόσταση 3 εκ. από την τσιμεντένια τοιχοποιία. Στο επάνω και κάτω μέρος του τοίχου υπάρχουν θυρίδες που διευκολύνουν την κίνηση του αέρα και την αποτελεσματικότερη και αμεσότερη μετάδοση της ηλιακής θερμότητας στο εσωτερικό.



**Εικόνα 5.3: Η λειτουργία του τοίχου Trombe-Michel**

(<http://www.topmagazine.gr/images/stories/thumbnails/thumbnails/thumbnails/thrombe-michell-2.jpg>)

Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού και πραγματοποιείται με την κυκλοφορία του αέρα στο χώρο ανάμεσα στο γυαλί και τον τοίχο και μέσα από τις θυρίδες λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας. Πιο συγκεκριμένα:

Το χειμώνα κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο θερμαινόμενος από την ηλιακή ενέργεια αέρας που βρίσκεται στο κενό τοίχου-γυαλιού κινείται προς τα πάνω και μέσα από την θυρίδα μπαίνει στο εσωτερικό του κτιρίου. Ταυτόχρονα ο ψυχρότερος αέρας από τον εσωτερικό χώρο μπαίνει από την κάτω θυρίδα και αντικαθιστά το κενό που δημιουργήθηκε. Στη διάρκεια της νύχτας η λειτουργία του τοίχου αντιστρέφεται. Οι δύο θυρίδες κλείνουν, ώστε το εσωτερικό περιβάλλον να επωφεληθεί από την αποθηκευμένη θερμότητα που απελευθερώνεται από τον τοίχο και να μειωθούν οι θερμικές απώλειες προς τα έξω.

Το καλοκαίρι για να περιοριστούν φαινόμενα υπερθέρμανσης στο εσωτερικό του κτιρίου, πρέπει να απομακρυνθεί προς τα έξω ο ζεστός αέρας, που υπάρχει στο κενό τοίχου-διαφανούς επιφάνειας. Η επάνω θυρίδα κλείνει και ανοίγει ένα τμήμα του υαλοστασίου στο επάνω μέρος (φεγγίτης), ώστε με το φαινόμενο της καμινάδας να απομακρύνεται ο ζεστός αέρας προς τα έξω.

Τα πλεονεκτήματα του τοίχου Trombe-Michel είναι ο απλός τρόπος κατασκευής, το χαμηλό κόστος, η δυνατότητα εφαρμογής του ακόμα και σε μη μονωμένα υφιστάμενα κτίρια και η σημαντική ενεργειακή του απόδοση. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός, μια και αποδίδει άμεσα, ηλιακό θερμικό κέρδος στον εσωτερικό χώρο, ιδιαίτερα τις πρωινές ώρες, που παρατηρούνται και οι χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ ταυτόχρονα διατηρεί όλα τα πλεονεκτήματα της χρονικής υστέρησης.

Τα μειονεκτήματά του είναι ότι περιορίζει το φυσικό φωτισμό στους εσωτερικούς χώρους, ειδικά όταν δεν υπάρχουν παράθυρα στον τοίχο. Η συσσώρευση σκόνης στην εσωτερική

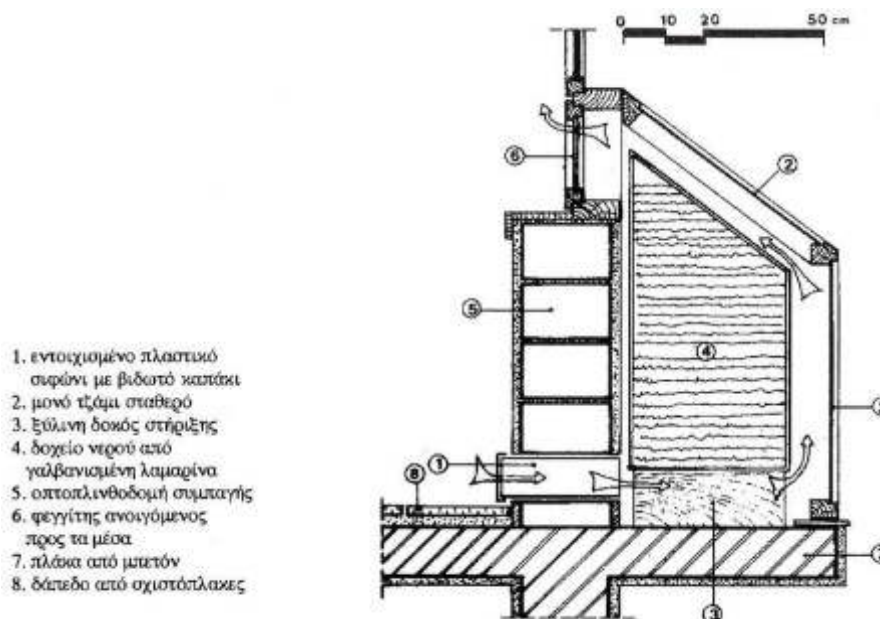


πλευρά του γυαλιού και στη σκούρα απορροφητική επιφάνεια του τοίχου (η οποία δεν είναι προσβάσιμη), μπορούν να μειώσουν την απόδοση του συστήματος και το αισθητικό αποτέλεσμα. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η συντήρηση και ο συχνός καθαρισμός των γυάλινων επιφανειών που είναι ιδιαίτερα δύσκολο να επιτευχθεί σε πολυώροφα κτίρια. Τέλος υπάρχει ο κίνδυνος της δημιουργίας συνθηκών υπερθέρμανσης στον εσωτερικό χώρο, κυρίως όταν οι επιφάνειες είναι πολύ μεγάλες, ενώ η κίνηση του αέρα μέσα από τις θυρίδες αερισμού προκαλεί θερμοκρασιακές διακυμάνσεις.

Η συγκεκριμένη παθητική κατασκευή θέρμανσης λειτουργεί αποδοτικότερα σε κλίματα ήπια, μεσογειακά με μεγάλη διάρκεια ηλιοφάνειας, αφού σε ψυχρότερα κλίματα με μεγάλες περιόδους συννεφιάς τα ηλιακά θερμικά κέρδη είναι πολύ μικρά για να θερμάνουν τη μάζα του τοίχου και στη συνέχεια τον εσωτερικό αέρα. Κρίνεται τέλος, απαραίτητη η πρόβλεψη κινητών σκιάστρων που ανεβάζουν το κόστος, αλλά προσφέρουν συνθήκες θερμικής άνεσης. [2,3,8,25,27,28]

### 5.2.3 Τοίχος νερού

Παραλλαγή του τοίχου θερμικής αποθήκευσης και συλλογής είναι ο τοίχος «νερού». Είναι κατασκευασμένος από πλαστικά ή μεταλλικά στεγανά δοχεία, σκούρου χρώματος που περιέχουν νερό πίσω από μία γυάλινη επιφάνεια νότιου προσανατολισμού. Η λειτουργία του βασίζεται στη μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα του νερού, που αποθηκεύει μεγαλύτερα ποσά θερμότητας από οποιοδήποτε άλλο υλικό και έχει σημαντική θερμική απόδοση.



Εικόνα 5.4: Τοίχος νερού  
(<http://anelixi.org/images/more/image065.jpg>)

Πλεονέκτημά του είναι ότι απαιτούνται μικρότερες επιφάνειες τοίχου σε σχέση με τους άλλους τοίχους αποθήκευσης από μπετόν, πέτρα, τούβλο. Ενώ, μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι, καθώς θερμαίνεται ομοιόμορφα παρουσιάζει την ίδια θερμοκρασία τόσο στην εξωτερική, όσο και στην εσωτερική του επιφάνεια με αποτέλεσμα η ακτινοβολία θερμότητας

να συμβαίνει εκατέρωθεν του τοίχου. Για αυτό απαιτείται νυχτερινή θερμική μόνωση στην εξωτερική πλευρά. [2,3,8,28]

#### **5.2.4 Οροφή νερού**

Σε γεωγραφικά πλάτη από τον 35° παράλληλο ως τον ισημερινό, η τροχιά του ήλιου είναι τέτοια που ο ήλιος είναι ψηλά το χειμώνα και οι κατακόρυφοι συλλέκτες δεν λειτουργούν. Εκεί είναι αποδοτικότερες οι οριζόντιες διατάξεις για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας.

Χρησιμοποιούνται πλαστικά δοχεία PVC με νερό τοποθετημένα σε μαύρη στέγη για θερμοσυσσωρευτική μάζα. Από πάνω υπάρχουν κινητά θερμομονωτικά στοιχεία που είναι ανοιχτά τις χειμερινές ημέρες. Τις χειμερινές νύχτες κλείνει η μόνωση και η αποθηκευμένη θερμότητα ακτινοβολείται από την οροφή στο χώρο. Τις καλοκαιρινές νύχτες ανοίγει η μόνωση και η θερμότητα ακτινοβολείται στο περιβάλλον.

Μια παραλλαγή για θερμά κλίματα είναι η χρήση λαμαρίνας αντί για την πλάκα οπότε έχουμε και άμεση μετάδοση της θερμότητας στο χώρο τις χειμερινές ημέρες και γρήγορη αποφόρτιση της θερμότητας τις θερινές νύχτες, αποφεύγοντας τη χρονική υστέρηση που παρέχει η πλάκα του μπετόν.

Μια παραλλαγή για πολύ ψυχρά κλίματα είναι η χρήση φεγγίτη για την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας ώστε να αποφεύγεται η απώλεια θερμότητας από την εξωτερική επιφάνεια της στέγης και η πιθανότητα παγοποίησης του νερού. [2,8]

#### **5.2.5 Θερμοσιφωνικό πανέλο/τοίχος Barra- Constantini**

Αποτελεί σύστημα παρόμοιας κατασκευής και λειτουργίας με τον τοίχο Trombe-Michel, αλλά χωρίς την ύπαρξη και τη λειτουργία θερμικής μάζας. Η βασική του διαφορά είναι ότι ο τοίχος θερμοσιφωνικού πανέλου απομονώνεται θερμικά από το διάκενο με χρήση θερμομονωτικής (συνήθως μεταλλικής) επικάλυψης και η μεταφορά θερμότητας γίνεται αποκλειστικά με συναγωγή από τον αέρα του διακένου και όχι με ακτινοβολία.

Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα νότιο τοίχο από συμβατικά υλικά (μπετόν, τούβλο κ.α.), πολύ καλά μονωμένο εξωτερικά, σε συνδυασμό με υαλοστάσιο. Ένα στοιχείο ηλιακής συλλογής (μεταλλική επιφάνεια) είναι τοποθετημένο μπροστά από τον τοίχο. Έτσι το χειμώνα λόγω του μονωμένου τοίχου δεν έχουμε απώλειες θερμότητας και το καλοκαίρι αποφεύγουμε τα ηλιακά κέρδη.

Ο αέρας μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο, πάλι μέσω θυρίδων ή αγωγών. ο ζεστός αέρας εισρέει από τις άνω θυρίδες κυκλοφορεί και διαπερνά οριζοντίως το κτίριο μέσα από κανάλια ενσωματωμένα στο ταβάνι και έπειτα κυκλοφορεί γύρω από τους τοίχους και το πάτωμα, πριν επιστρέψει προς τα έξω, μέσω των κάτω θυρίδων. Έτσι έχουμε καλή διανομή θερμότητας σε όλο το κτίριο καθώς θερμαίνονται και τα βορινά δωμάτια. Σε αντιστοιχία με το χειμώνα, κατά τη θερινή περίοδο κρύος νυχτερινός αέρας εισέρχεται μέσω των κάτω θυρίδων, παρέχοντας δροσισμό. [2,8,26]

## 5.2.6 Ηλιακοί χώροι / θερμοκήπια



Εικόνα 5.5: Θερμοκήπιο

(<http://www.evonymos.org/files1/146redestos-georgiadou.bmp>)

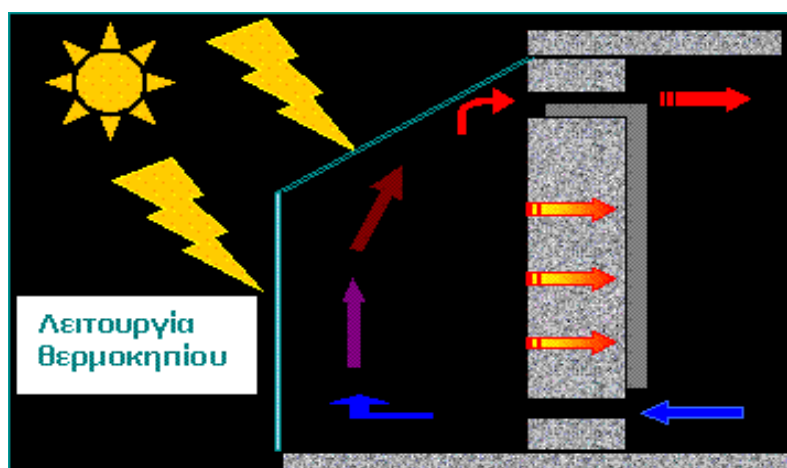
Τα θερμοκήπια στη σύγχρονη αρχιτεκτονική αποτελούν παθητικές κατασκευές θέρμανσης που προσαρτώνται ή ενσωματώνονται σε τμήμα του κτιριακού κελύφους και έχουν τη δυνατότητα να συλλέξουν την ηλιακή ακτινοβολία και να την προσφέρουν στη συνέχεια σε μορφή θερμότητας στο προσαρτημένο κτίριο.

Πρόκειται για κλειστούς χώρους που δεν κλιματίζονται με μηχανικά μέσα και στο μεγαλύτερο ποσοστό τους αποτελούνται από διπλά υαλοστάσια με διαφανή υλικά, γυαλί ή πλαστικό προκειμένου να δεσμεύεται μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας.

Βρίσκονται στη νότια πλευρά του κτιρίου, με γωνία κλίσης υαλοστασίου που εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και τις κλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής, 40°-70° για τις μεσογειακές χώρες και 30°-60° για τις περιοχές με μεγαλύτερο γεωγραφικό πλάτος. Έχουν πρόσβαση από την κατοικία, αλλά διαχωρίζονται από αυτήν με τοίχους κατασκευασμένους συνήθως από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας και τελειώματα σε σκούρα χρώματα. Η χρήση αντίστοιχων υλικών και σκούρων χρωμάτων στο δάπεδο μπορεί να ενισχύσει την αποθήκευση θερμότητας. Το μέγεθός τους προσδιορίζεται σε σχέση με το μέγεθος του εσωτερικού χώρου και τις ανάγκες του για θέρμανση σε συνδυασμό με το κλίμα του τόπου, τη δυνατότητα θερμικής αποθήκευσης της ηλιακής ενέργειας και τη θερμική τους προστασία.

Τα συναντούμε άλλοτε προσαρτημένα στο κέλυφος της οικοδομής οπότε, είναι εύκολα εφαρμόσιμα σε ήδη υφιστάμενα κτίρια, έχουν όμως αυξημένο κίνδυνο υπερθέρμανσης το καλοκαίρι και ψύξης το χειμώνα. Ενώ συναντώνται και ενσωματωμένα εν μέρει στο κτίριο με τις δυο ή τρεις πλευρές τους (ανατολική, δυτική, ή βόρεια) να πλαισιώνονται από άλλους χώρους. Η δεύτερη αυτή εκδοχή, περιορίζει τις απώλειες θερμότητας λόγω της ύπαρξης περιμετρικών συμπαγών τοίχων και βοηθά στην αποτελεσματικότερη μετάδοση της θερμότητας στα γύρω δωμάτια. [2,3,8,31]

### 5.2.6.1 Θερμική συμπεριφορά του θερμοκηπίου



Εικόνα 5.6: Η λειτουργία του θερμοκηπίου

([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/images/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_emmeso\\_kerdos\\_iliakoi\\_toixoi\\_clip\\_image006.gif](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/images/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliakoi_toixoi_clip_image006.gif))

Η λειτουργία του βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου το οποίο ολοκληρώνεται σε τρία στάδια. Αρχικά, συλλέγεται η μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία από τα υαλοστάσια του θερμοκηπίου. Στη συνέχεια, απορροφάται από τα συμπαγή στοιχεία του περιβλήματος του κτιρίου και τέλος επανεκπέμπεται ως θερμική ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος, η οποία αδυνατεί να περάσει από τα γυάλινα στοιχεία του θερμοκηπίου.

Ο σωστός σχεδιασμός του απαιτεί κατανόηση της θερμικής του συμπεριφοράς καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, λόγω των μεγάλων γυάλινων κατασκευών και της ελαφριάς κατασκευής του που το καθιστούν ευαίσθητο στις αυξομειώσεις της εξωτερικής θερμοκρασίας και της ηλιοφάνειας. Οφείλουμε λοιπόν, να λαμβάνουμε υπόψη της εσωτερικές του συνθήκες το χειμώνα, το καλοκαίρι και τις ενδιάμεσες εποχές.

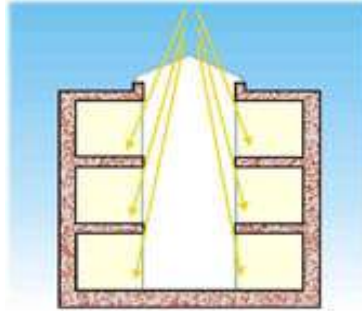
Το χειμώνα, όταν η διάρκεια ηλιοφάνειας είναι περιορισμένη, τα ηλιακά κέρδη είναι λίγα, κυρίως στα ψυχρά κλίματα, ενώ οι απώλειες θερμότητας τη νύχτα είναι μεγάλες. Έτσι το θερμικό ισοζύγιο του θερμοκηπίου (θερμικά κέρδη μείον θερμικές απώλειες) είναι αρνητικό. Η εσωτερική θερμοκρασία του είναι ψηλότερη από την εξωτερική, αλλά πολλές μέρες ενδέχεται να βρίσκεται κάτω από τα αποδεκτά επίπεδα άνεσης και ειδικά το βράδυ υπάρχει κίνδυνος ψύξης του χώρου. Τότε, θερμότητα διαφεύγει από τους σε επαφή θερμαινόμενους με μηχανικά μέσα χώρους, στο θερμοκήπιο. Τα μειονεκτήματα μπορούν να αμβλυνθούν, αν τα ανοίγματα στους διαχωριστικούς χώρους παραμένουν τότε κλειστά και υπάρχει θερμική προστασία το βράδυ με μονωτικά υλικά ή panels. Επίσης, η ενίσχυση της θερμικής μάζας αποθήκευσης του διαχωριστικού τοίχου και δαπέδου του θερμοκηπίου, περιορίζει τις μεγάλες διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας.

Κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του φθινοπώρου, οπότε υπάρχει συνήθως ηλιοφάνεια χωρίς ακραίες θερμοκρασίες, το θερμοκήπιο συνεισφέρει θετικά στην παθητική θέρμανση των παρακείμενων χώρων. Η μετάδοση της θερμότητας διευκολύνεται, αν τα ανοίγματα του διαχωριστικού χώρου παραμείνουν ανοιχτά.

Το καλοκαίρι χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, καθώς η μεγάλη ένταση και διάρκεια της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να ζεστάνει δυσάρεστα το εσωτερικό του θερμοκηπίου. Το θερμικό

ισοζύγιο παραμένει όλη μέρα θετικό. Η υπερθέρμανση μπορεί να περιοριστεί με την πρόβλεψη συστήματος ηλιοπροστασίας των γυάλινων επιφανειών του με περσίδες, κινητά ρολά ή άλλα μέσα και καλό αερισμό, ειδικά το βράδυ, με κατάλληλα ανοίγματα στο κάτω και πάνω μέρος των υαλοστασίων του. [2,3,8,31]

### 5.2.7 Ηλιακά αίθρια



Εικόνα 5.7: Σχηματική απεικόνιση αιθρίου

[www.cres.gr/energy\\_saving/ktiria/images/DIAGRAM-25.JPG](http://www.cres.gr/energy_saving/ktiria/images/DIAGRAM-25.JPG)

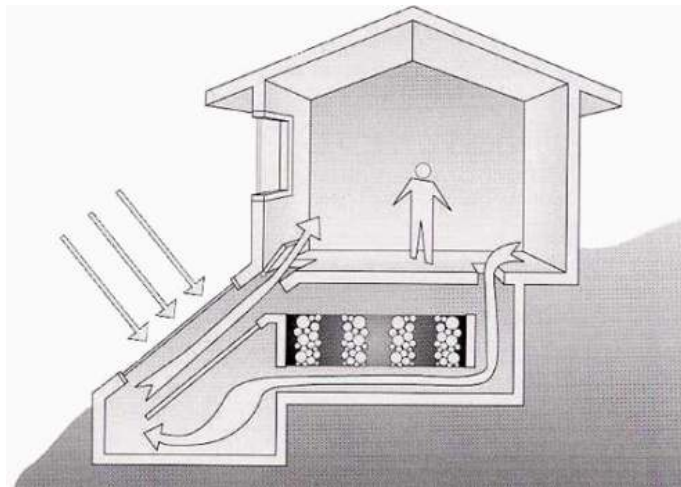
Ηλιακό αίθριο, ονομάζεται ο εσωτερικός χώρος του κτιρίου οποίος έχει γυάλινη οροφή. Εφαρμόζεται κυρίως σε κτίρια μεγάλου βάθους με στόχο, όχι μόνο τον ηλιασμό, αλλά και τον καλύτερο φυσικό αερισμό και φωτισμό του εσωτερικού χώρου.

Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από το γυάλινο στοιχείο της οροφής συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο του αίθριου και μέρος της μεταφέρεται στους περιβάλλοντες εσωτερικούς χώρους του κτιρίου ή των κτιρίων μέσω των ανοιγμάτων τους, ενώ μέρος της αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία.

Κατά τη χειμερινή περίοδο το αίθριο λειτουργεί και ως χώρος θερμικής ανάσχεσης. Κατά τη θερινή περίοδο όμως για την αποφυγή υπερθέρμανσης, απαιτείται αερισμός του αίθριου μέσω ανοιγμάτων στη γυάλινη οροφή και πλήρης σκιασμός.

Το σύστημα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους κοινόχρηστους χώρους που δημιουργούνται στο εσωτερικό των οικοδομικών τετραγώνων από τις πολυκατοικίες. Έτσι οι χώροι αυτοί, αντί να αποτελούν εστίες απορριμμάτων και μόλυνσης, μπορούν να μετατραπούν σε πυρήνες πρασίνου και να συμβάλλουν παράλληλα στη μείωση των θερμικών απωλειών και την αύξηση των θερμικών κερδών των παρακείμενων κατοικιών. [2,3,8,30]

### 5.3 Συστήματα απομονωμένου κέρδους



Εικόνα 5.9: Rock bed

([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/images/apomonomeno\\_kerdos.jpg](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/images/apomonomeno_kerdos.jpg))

Το απομονωμένο θερμοσιφωνικό πάνελο λειτουργεί όπως και το θερμοσιφωνικό πάνελο που είναι προσαρτημένο στην όψη του κτιρίου βρίσκεται όμως εκτός του εξωτερικού περιβλήματος. Αποτελείται από υαλοπίνακα, διάκενο αέρα και μεταλλική σκουρόχρωμη επιφάνεια που φέρει μόνωση εξωτερικά. Τοποθετείται εν γένει χαμηλότερα από τους κύριους χώρους του κτιρίου και έξω από αυτό, με κλίση 40°.

Η θερμότητα που συλλέγεται στο διάκενο αέρα μεταξύ υαλοπίνακα και μεταλλικής επιφάνειας, μεταφέρεται μέσω αγωγών με θερμοσιφωνική ροή, είτε απευθείας στους χώρους του κτιρίου, είτε σε αποθήκη θερμότητας (rock bed) απ' όπου αποδίδεται σταδιακά στους χώρους. [2,3,8,29]

### 5.4 Κόστος παθητικών ηλιακών συστημάτων

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί τα σημερινά παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης καλύπτουν το 30-70% των απαιτήσεων θέρμανσης ενός κτιρίου, ανάλογα με το είδος του παθητικού ηλιακού συστήματος, το επίπεδο διατήρησης της ενέργειας πραγματοποιείται στο εσωτερικό του σπιτιού και το τοπικό κλίμα. Τα αποτελέσματα της απόδοσής τους είναι σημαντικά για μονοκατοικίες, μικρά εμπορικά καταστήματα και γραφεία.

Το αποδιδόμενο οικονομικό όφελος ορισμένων παθητικών ηλιακών τεχνικών είναι δύσκολο να εκτιμηθεί, καθώς πολλά χαρακτηριστικά τους αποτελούν μέρος της κατασκευής του ίδιου κτιρίου, όπως π.χ. το θερμοκήπιο. Εάν ο ιδιοκτήτης αποφασίσει να κατασκευάσει θερμοκήπιο μέσα στο σπίτι, το κόστος για την εξοικονόμηση ενέργειας θα είναι μηδενικό. Όπου πραγματοποιείται οικονομική ανάλυση στην οποία περιλαμβάνεται το κεφάλαιο κόστος, οι παθητικές τεχνικές προσφέρουν γρήγορη απόσβεση.

Η εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού σε νέα κτίρια δεν αυξάνει το κατασκευαστικό κόστος, εφόσον εφαρμόζονται απλά συστήματα και τεχνολογίες. Κατά την εφαρμογή ειδικών τεχνολογιών, μία αύξηση του κατασκευαστικού κόστους κατά 10-15% θεωρείται λογική. Για επεμβάσεις σε υφιστάμενα κτίρια υπάρχει πάντα επιπλέον κόστος, μέρος του οποίου όμως, μπορεί να ενταχθεί στο συνολικό κόστος ανακαίνισης του κτιρίου.

Συμπερασματικά, τα παθητικά ηλιακά συστήματα έχουν αποδείξει την ανωτερότητά τους, σχετικά με τους συμβατικούς τρόπους ρύθμισης των συνθηκών θερμικής άνεσης του κτιρίου εξοικονομώντας ενέργεια της τάξεως του 15-40% για θέρμανση και ολική κάλυψη των αναγκών ψύξης των κτιρίων σε σχέση με συμβατικά κτίρια καλής κατασκευής της ίδιας ηλικίας. Σε σχέση με παλαιότερα κτίρια, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ μεγαλύτερη.[9,32]



## **6 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ**

Με τον όρο «θερμική άνεση» εννοούμε την αίσθηση φυσικής και πνευματικής ευεξίας που έχει ένας άνθρωπος σε ένα περιβάλλον και δεν νιώθει την ανάγκη για καμία θερμική αλλαγή.

### **6.1 Παράγοντες θερμικής άνεσης**

Εξαιτίας των διαφορών μεταξύ των ατόμων, είναι αδύνατο να καθοριστούν οι ακριβείς τιμές των παραμέτρων άνεσης που θα έδιναν ένα περιβάλλον το οποίο να ταιριάζει στον καθένα. Οι επιδράσεις μεταξύ των παραμέτρων έχουν ωστόσο περιγραφεί από έναν αριθμό θερμικών ενδείξεων (όπως είναι η βέλτιστη θερμοκρασία λειτουργίας, οι ζώνες άνεσης, η αναμενόμενη μέση τιμή αίσθησης και η αναλογία που προβλέπεται για άτομα που δε θα ικανοποιούνται) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, ώστε να καθιερωθούν οι συνθήκες υπό τις οποίες η αναλογία των ενοίκων θα αισθάνεται άνετα ή όχι.

Επιπρόσθετα, τα διαγράμματα άνεσης είναι διαθέσιμα για να πραγματοποιηθεί μία ταχεία αξιολόγηση των ζωνών άνεσης, για το ποσοστό του πληθυσμού που προβλέπεται (τυπικά 75%). Αυτά δείχνουν δοσμένες τιμές ορισμένων παραμέτρων άνεσης ως συνάρτηση των άλλων παραμέτρων άνεσης. Σαφώς οι παράμετροι που σχετίζονται με το κτίριο όπως είναι η θερμική αδράνεια και ο βαθμός αερισμού, έχουν επίσης επίδραση στη θερμική άνεση. Τα βιοκλιματικά διαγράμματα που υπάρχουν δείχνουν την επιρροή στις ζώνες θερμικής άνεσης των παραμέτρων που μεταβάλλονται και συσχετίζονται με το κτίριο.

Το αίσθημα της θερμικής άνεσης εξαρτάται από επτά παραμέτρους. Οι τρεις από αυτές, ο μεταβολισμός, η ένδυση και η θερμοκρασία του δέρματος σχετίζονται με το άτομο, ενώ η θερμοκρασία του χώρου, η σχετική υγρασία, η θερμοκρασία της επιφάνειας των τοίχων και των άλλων επιφανειών του χώρου και η ταχύτητα του αέρα συνδέονται με το γύρω περιβάλλον.

#### **Μεταβολισμός:**

Μεταβολισμός είναι το σύνολο των φυσικών και χημικών αντιδράσεων που διατηρούν την εσωτερική θερμοκρασία του σώματος σταθερή στους 36.7 °C. Σαν αποτέλεσμα του μεταβολισμού το σώμα παράγει θερμότητα η οποία μεταδίδεται με μεταφορά, αγωγή, ακτινοβολία και εξάτμιση (μέσα από το δέρμα) από και προς το περιβάλλον. Επειδή η θερμοκρασία του σώματος είναι συνήθως υψηλότερη από αυτή του χώρου, οι αντιδράσεις μεταβολισμού συμβαίνουν για να αντισταθμίσουν την απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον.

Η παραγωγή θερμικής ενέργειας λόγω μεταβολισμού εξαρτάται από το είδος της δραστηριότητας που εκτελεί το άτομο. Η μονάδα μέτρησης της ενέργειας μεταβολισμού είναι το met που ισούται με 58 w/m<sup>2</sup> ή kcal/hm<sup>2</sup>. Για παράδειγμα ένα met αντιστοιχεί στη μέση θερμότητα που παράγεται από ένα καθιστό άτομο, ενώ 7-8 met στη θερμότητα που παράγει ένα άτομο όταν αθλείται. Το εμβαδό της επιφάνειας του ανθρώπινου σώματος για ενήλικες υπολογίζεται στα 1.8 m<sup>2</sup>.



### **Ένδυση:**

Η ένδυση είναι ένα είδος προσωπικής ρυθμιζόμενης μόνωσης. Η θερμική αντίσταση που δημιουργεί στην ανταλλαγή μεταξύ δέρματος και ατμόσφαιρας εκφράζεται με την τιμή μονάδας clo που ισούται με  $0.155 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Η θερμική αντίσταση της συνηθισμένης καλοκαιρινής ενδυμασίας είναι 0.5 clo, ενώ αυτή της χειμερινής ένδυσης για παραμονή σε εσωτερικούς χώρους είναι 1 clo. Γενικά η αποδεκτή από έναν άνθρωπο θερμοκρασία μειώνεται όσο αυξάνεται η δραστηριότητά του και όσο πιο βαρύ είναι το ντύσιμό του.

### **Θερμοκρασία του δέρματος:**

Η θερμοκρασία του αέρα καθορίζει την ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ δέρματος και περιβάλλοντα αέρα. Η μέση θερμοκρασία του δέρματος, σε εσωτερικές συνθήκες είναι περίπου 33-34 °C. Σε χαμηλότερη θερμοκρασία αέρα το σώμα απελευθερώνει θερμότητα, ενώ σε υψηλότερες θερμοκρασίες «απορροφά» θερμότητα με συναγωγή. Ο βαθμός ανταλλαγής θερμότητας εξαρτάται από την ταχύτητα του αέρα και επηρεάζεται σημαντικά από την ενδυμασία. Σε χώρους που συνήθως οι χρήστες είναι ελαφρά ντυμένοι (π.χ. λουτρά αποδυτήρια κ.α.) ιδανικές θεωρούνται υψηλότερες θερμοκρασίες (22-24 °C) από τους υπόλοιπους χώρους, για να αντισταθμίζεται η αυξημένη απώλεια θερμότητας από το σώμα. Ο Ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης καθορίζει τις απαιτούμενες θερμοκρασίες για άνετη διαμονή σε θερμαινόμενους χώρους.

### **Επιφανειακή θερμοκρασία τμημάτων:**

Εκτός από τη θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα και η θερμοκρασία των επιφανειών που περιβάλλουν ένα χώρο έχει μεγάλη επίδραση στη θερμική άνεση. Το ανθρώπινο σώμα ανταλλάσσει θερμότητα με το εσωτερικό περιβάλημα μέσω ακτινοβολίας, αλλά και μέσω συναγωγής όταν ένα άτομο έρθει σε επαφή με την επιφάνεια με μία επιφάνεια. Οι απώλειες της ακτινοβολούμενης θερμότητας είναι δύσκολο να προσδιοριστούν, καθώς ποικίλλουν ανάλογα με τη θέση του ατόμου στο χώρο και συνεπώς τη γωνία μεταξύ αυτού και των γύρω επιφανειών. Ως απλοποίηση, η μέση θερμοκρασία εκπεμπόμενης ακτινοβολίας προκύπτει από το μέσο όρο των θερμοκρασιών των εσωτερικών επιφανειών.

Αν ένα κτίριο είναι προσεκτικά μονωμένο, η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας των εξωτερικών τοίχων πλησιάζει τη θερμοκρασία του χώρου. Αυτό περιορίζει τις απώλειες της ακτινοβολούμενης θερμότητας και ενισχύει την αίσθηση θερμικής άνεσης. Σε αντίθετη περίπτωση, όταν μία επιφάνεια είναι πολύ ψυχρότερη από τη θερμοκρασία του χώρου, π.χ. η επιφάνεια ενός υαλοστασίου, τότε τα άτομα που βρίσκονται κοντά εκπέμπουν ακτινοβολία προς αυτήν, με αποτέλεσμα να νιώθουν «ψύχρα». Έτσι, δημιουργείται η ανάγκη για αύξηση της θερμοκρασίας, ακόμα και όταν αυτή βρίσκεται σε αποδεκτά επίπεδα (21-25 °C).

### **Σχετική υγρασία:**

Σχετική υγρασία είναι ο λόγος (εκφράζεται ως εκατοστιαίο ποσοστό) του ποσού της υγρασίας στον αέρα προς την υγρασία που θα περιείχε, αν ήταν κορεσμένος στην ίδια θερμοκρασία και πίεση.

Η υγρασία έχει σχετικά μικρή επίδραση στην αίσθηση άνεσης ενός ατόμου που κάθεται, εκτός από ακραίες περιπτώσεις, όπου ο αέρας είναι εντελώς ξηρός ή κορεσμένος. Ο συνδυασμός υψηλού ποσοστού σχετικής υγρασίας και πολύ υψηλής θερμοκρασίας αέρα

προκαλεί αίσθημα δυσφορίας. Ο λόγος είναι ότι μειώνονται οι απώλειες θερμότητας με εξάτμιση διαμέσου του δέρματος και προκαλείται εφίδρωση. Παρόλο που αυτή είναι μία φυσιολογική αντίδραση του σώματος, για να προσαρμοστεί σε πολύ υγρές και θερμές κλιματικές συνθήκες, δεν είναι ευχάριστη για τον άνθρωπο. Πολύ χαμηλά ποσοστά υγρασίας, μπορούν να προκαλέσουν ξήρανση του δέρματος, ενώ αντίθετα υψηλά ποσοστά υγρασίας έχουν αρνητική επίδραση στην αναπνοή του ανθρώπου. Το χειμώνα η υγρασία μπορεί να δημιουργήσει συμπύκνωση υδρατμών στις κρύες επιφάνειες στο εσωτερικό του κτιρίου. Τέλος, αυτό που συνήθως συστήνεται είναι η σχετική υγρασία σε ένα χώρο να είναι κάπου ανάμεσα του 20% για να εμποδίζει την αποξήρανση των βλεννογόνων και στο 80% για να αποφεύγει το σχηματισμό μούχλας μέσα στο κτίριο.

### **Θερμοκρασία του χώρου:**

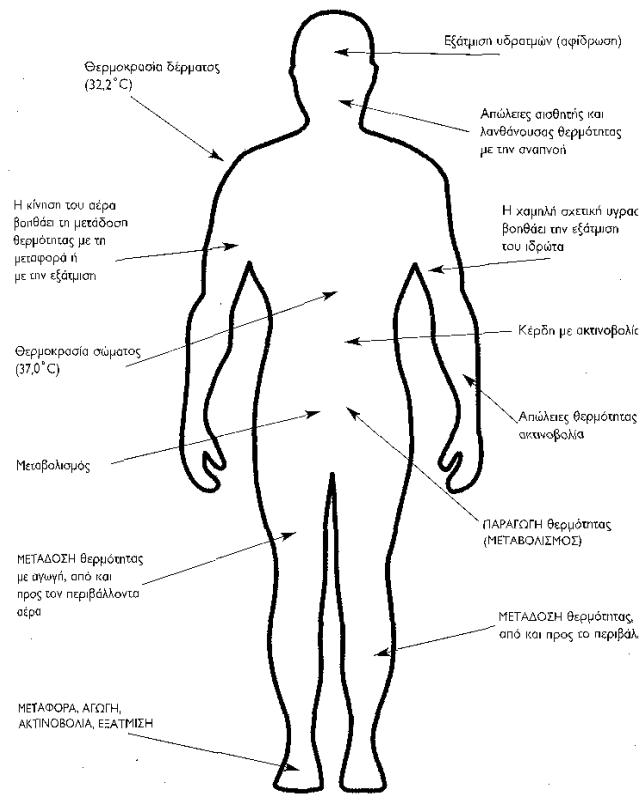
Η θερμοκρασία του χώρου που μετριέται με ένα συνηθισμένο θερμόμετρο ξηρού βολβού, είναι πολύ σημαντική για τη θερμική άνεση, αφού πιο πολύ από το μισό της θερμότητας που αποβάλλεται από το ανθρώπινο σώμα αποβάλλεται με μεταφορά προς τον αέρα του χώρου. Δυσφορία επίσης, προκαλεί η μεγάλη κατακόρυφη διαφορά της θερμοκρασίας του αέρα σε έναν κλειστό χώρο. Για να περιοριστεί η τοπική δυσφορία στο κάτω και άνω μέρος του σώματος, υπολογίζεται ότι από το δάπεδο και σε απόσταση 1.7 μέτρα η διαφορά θερμοκρασίας δεν πρέπει να ξεπερνά τους 3 °C.

### **Ταχύτητα του αέρα:**

Η επίδραση της ταχύτητας του αέρα στην άνεση εξαρτάται από την υγρασία, την ενδυμασία, αλλά κυρίως τη θερμοκρασία. Γενικά, σε θερμοκρασίες κάτω από 33-34 °C (θερμοκρασία δέρματος) η αύξηση της ταχύτητας του αέρα περιορίζει την αίσθηση ζέστης, γιατί αυξάνονται οι απώλειες θερμότητας από το σώμα και μειώνεται η θερμοκρασία του δέρματος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη βοήθεια ανεμιστήρων οροφής, οι οποίοι καταναλώνουν σχετικά χαμηλά ποσοστά ενέργειας και μπορούν να επεκτείνουν τη ζώνη άνεσης περίπου κατά 3 °C. Για θερμοκρασίες πάνω από 33-34 °C η αύξηση της ταχύτητας του αέρα μπορεί να μειώσει την άνεση, αφού αυξάνει τα θερμικά κέρδη από το περιβάλλον στο σώμα. Σε μερικές περιπτώσεις, μπορεί να είναι επιθυμητή, λόγω της ελαφριάς ψύξης που πραγματοποιείται από εξάτμιση με τη μείωση της υγρασίας του δέρματος.

Ο σχεδιασμός και η θέση των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου του αέρα σε φυσικά αεριζόμενα κτίρια χρειάζεται προσοχή, γιατί επηρεάζει σημαντικά την ταχύτητα του εσωτερικού αέρα. Το χειμώνα είναι επιθυμητή η διατήρηση χαμηλών ταχυτήτων για να αποφεύγονται συνθήκες τοπικής δυσφορίας από ψυχρά ρεύματα αέρα. Αντίθετα, το καλοκαίρι αυξάνονται και οι αποδεκτές θερμοκρασίες άνεσης. Σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία 2425/86 του ΤΕΕ η μέση ταχύτητα του αέρα τη χειμερινή περίοδο δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0.15 m/s, ενώ τη θερινή περίοδο τα 0.25 m/s. Η περιοχή άνεσης μπορεί να επεκταθεί το καλοκαίρι από 26 μέχρι 28 °C, αν αυξηθεί ανάλογα και η ταχύτητα του αέρα μέχρι τα 0.8 m/s.

Επίσης, υποκειμενικοί παράγοντες, όπως το βάρος, η ηλικία και η κατάσταση υγείας ενός ατόμου, το κλίμα στο οποίο έχει συνηθίσει να ζει, είναι δυνατόν να διαφοροποιήσουν τα επίπεδα θερμικής άνεσης για κάθε άτομο ξεχωριστά. Στόχος είναι λοιπόν, η ικανοποίηση του μεγαλύτερου ποσοστού των χρηστών επιτυγχάνοντας αποδεκτές εσωτερικές κλιματικές συνθήκες. [5,8]



**Εικόνα 6.1: Παράγοντες θερμικής άνεσης (Οικολογική αρχιτεκτονική, Κώστας και Θέμης Στεφ. Τσίππρα, Αθήνα 2005)**

## 6.2 Θερμικές ενδείξεις

Όπως προαναφέρθηκε το αίσθημα θερμικής άνεσης ενός ατόμου, εξαρτάται από τη θερμική ισορροπία που υπάρχει στο χώρο και είναι συνάρτηση των επτά παραμέτρων που αναπτύχθηκαν παραπάνω. Μεταξύ των παραμέτρων αυτών υπάρχει ωστόσο, μία αλληλεπίδραση, η οποία περιγράφεται με τη βοήθεια των θερμικών ενδείξεων που βοηθούν στην αξιολόγηση του αισθήματος της άνεσης στο χώρο.

### **Βέλτιστη θερμοκρασία λειτουργίας:**

Ως θερμοκρασία λειτουργίας ορίζεται η ομοιόμορφη θερμοκρασία ενός κλειστού χώρου με ακτινοβολία μελανού σώματος στον οποίο ο ένοικος ανταλλάσει την ίδια θερμότητα με ακτινοβολία και μεταφορά, σαν να ήταν σε έναν μη ομοιόμορφο, πραγματικό χώρο. Η βέλτιστη τιμή της θερμοκρασίας λειτουργίας ανταποκρίνεται στη θερμοκρασία άνεσης στο χώρο. Έτσι, αν η θερμοκρασία άνεσης έχει οριστεί να είναι 20 °C, τότε για μία μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας 19 °C, η θερμοκρασία του χώρου θα είναι 21 °C.

### **Ζώνες άνεσης:**

Το ανθρώπινο σώμα ακούσια ρυθμίζει την παραγωγή της εσωτερικής θερμότητας στις θερμικές συνθήκες του περιβάλλοντος, δημιουργώντας τελικά μια κατάσταση όπου η μεταβολική παραγωγή θερμότητας αντισταθμίζεται από τις απώλειες θερμότητας, ώστε το

άτομο βιώνει μόνο πολύ μικρές μεταβολές στην αίσθηση της θερμικής άνεσης και έτσι νιώθει άνετα.

### **Αναμενόμενη μέση τιμή αίσθησης:**

Μια από τις επικρατέστερες θεωρίες υπολογισμού είναι αυτή που βασίζεται στην αναμενόμενη μέση τιμή αίσθησης ή MVP (Predicted Mean Vote). Ουσιαστικά είναι μία κλίμακα μέτρησης της θερμικής άνεσης που εκφράζει τη μέση γνώμη ενός μεγάλου συνόλου ατόμων που εκφράζουν την άποψή τους για τη θερμική αίσθηση κάτω από διαφορετικές θερμικές καταστάσεις. Στην περίπτωση που η PMV είναι ίση με το μηδέν, παρέχονται συνθήκες ιδανικής θερμικής άνεσης. Μία θετική PMV σημαίνει ότι η θερμοκρασία είναι ψηλότερη από την ιδανική και μία αρνητική το αντίθετο. Η ζώνη άνεσης γενικά θεωρείται ότι εκτείνεται από ένα ελαφρύ αίσθημα ψύχους (ορίζεται «δροσιά» όταν PMV είναι -1) μέχρι ένα ελαφρύ αίσθημα ζέστης (ορίζεται «ήπιο» όταν PMV είναι +1).

### **Ποσοστό δυσαρέσκειας που αναμένεται:**

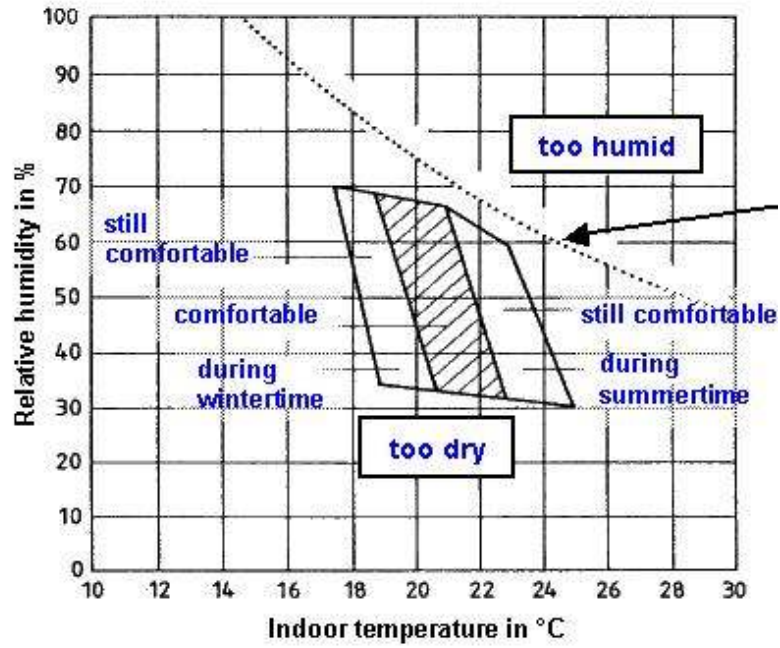
Το ποσοστό δυσαρέσκειας που αναμένεται PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) αποτελεί μία ένδειξη του ποσοστού των ατόμων που είναι ευαίσθητα στο αίσθημα της υπερβολικής ζέστης ή του μεγάλου ψύχους σε ένα δοσμένο θερμικό περιβάλλον. Το συμπέρασμα μπορεί να βγει από την PMV. Για παράδειγμα, αν η PMV είναι μεταξύ -1 και +1 τότε η ένδειξη του PPD δείχνει ότι ποσοστό 25% των ατόμων θα είναι δυσαρεστημένο. Για να περιοριστεί αυτός ο αριθμός στο 10% τότε θα πρέπει να επικρατεί PMV μεταξύ -0.5 και +0.5.

### **Διαγράμματα άνεσης:**

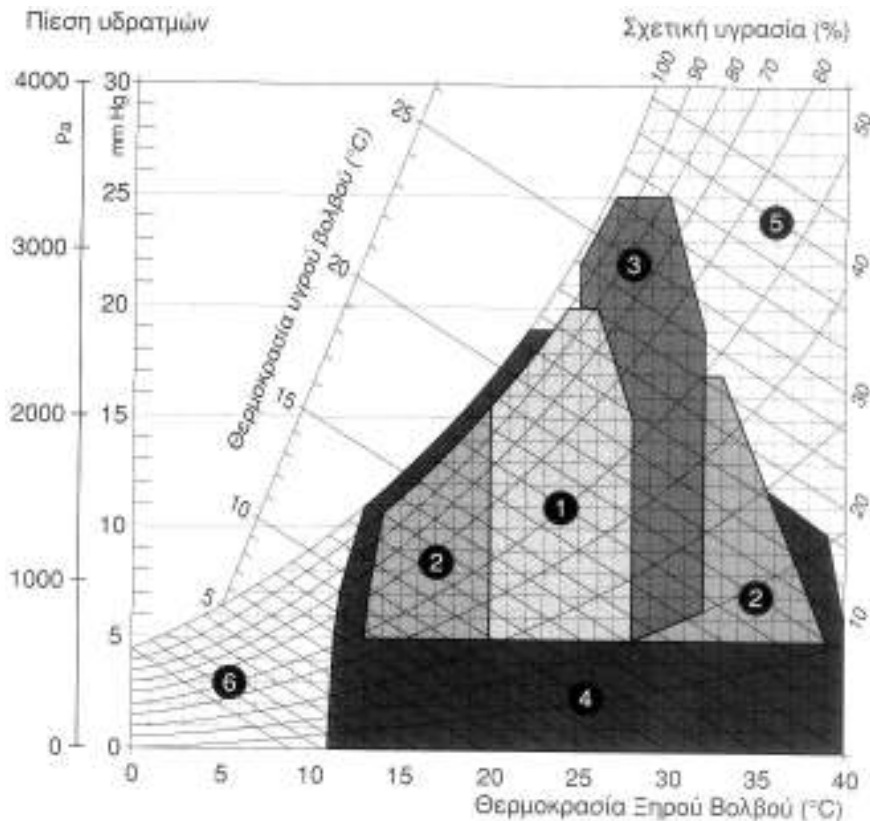
Ένας σύντομος και προσιτός τρόπος παρουσίασης της σχέσης μεταξύ μιας παραμέτρου της θερμικής άνεσης ή της θερμικής ένδειξης και των άλλων παραμέτρων καθορίζεται με τη βοήθεια των διαγραμμάτων άνεσης. Σε μια τέτοια γραφική μέθοδο, οι γραμμές δείχνουν τη βέλτιστη θερμοκρασία λειτουργίας ως συνάρτηση του μεταβολισμού (στάθμη δραστηριότητας) και της ένδυσης για μια δοσμένη PMV και σχετική υγρασία.

Μια άλλη προσέγγιση δείχνει τις ζώνες θερμικής άνεσης με βάση τους όρους της θερμοκρασίας λειτουργίας και την πίεση υδρατμών για ένα ορισμένο ποσοστό % του πληθυσμού για δοσμένη ταχύτητα αέρα, ένδυση και στάθμες δραστηριότητας.

Τα διαγράμματα Markus και Morris δείχνουν για μια δοσμένη τιμή του μεταβολισμού  $M$ , της ένδυσης  $C$  και της σχετικής ταχύτητας  $V$ , τις ζώνες θερμικής άνεσης για έναν αριθμό ατόμων. Αυτές οι ζώνες εκφράζονται με βάση τη θερμοκρασία λειτουργίας και την πίεση των υδρατμών.



Εικόνα 6.2: Διάγραμμα θερμικής άνεση που δείχνει την περιοχή θερμικής άνεσης για διάφορες τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας ([http://www.tekto.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=639&Itemid=357](http://www.tekto.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=639&Itemid=357))



Εικόνα 6.3: Διάγραμμα των εξωτερικών συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας που δείχνει τις εσωτερικές θερμικές συνθήκες άνεσης. Οι περιοχές αντιστοιχούν σε: 1. Ζώνη άνεσης, 2. Ζώνη επίδρασης της θερμικής αδράνειας, 3. Ζώνη επίδρασης του αερισμού, 4. Ζώνη επίδρασης της συμπεριφοράς των ενοίκων, 5. Ζώνη κλιματισμού, 6. Ζώνη θέρμανσης

([http://www.tekto.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=639&Itemid=357](http://www.tekto.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=639&Itemid=357))

Τέλος, τα **βιοκλιματικά διαγράμματα** που έγιναν από τον Γιβονί, κάνουν δυνατό τον προσδιορισμό της επίδρασης των παραμέτρων που σχετίζονται με το κτίριο στη θερμική άνεση. Τα βιοκλιματικά διαγράμματα απεικονίζονται πάνω στις ψυχομετρικές καμπύλες ASHRAE και βασίζονται στις αναμενόμενες εσωτερικές θερμοκρασίες ενός κτιρίου χωρίς μηχανικό κλιματισμό. Καθορίζουν τα όρια των κλιματικών συνθηκών (θερμοκρασία, υγρασία) που προέκυψαν από έρευνες στις ΗΠΑ, τη Ευρώπη και το Ισραήλ, μέσα στα οποία οι διάφορες παθητικές τεχνικές δροσίσιμου των κτιρίων μπορούν να παρέχουν εσωτερική άνεση. Τα βιοκλιματικά διαγράμματα Γιβονί δείχνουν ότι μπορεί να επεκταθεί αρκετά η ζώνη άνεσης με την εφαρμογή παθητικών στρατηγικών δροσίσιμου, όπως ο αερισμός, η αυξημένη θερμική αδράνεια του κτιρίου κ.α. [5,8]



## 7 ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Η οπτική άνεση σε έναν εσωτερικό χώρο εξαρτάται από τις ποιοτικές και ποσοτικές ανάγκες του χώρου αυτού, σε συνδυασμό πάντοτε με τη χρήση του αλλά και τις λειτουργικές του απαιτήσεις. Έτσι ανάλογα με το είδος των εργασιών ή των δραστηριοτήτων που εκτελούνται στο εσωτερικό ενός κτιρίου απαιτείται και ο κατάλληλος σχεδιασμός του συστήματος φωτισμού, ώστε να εξασφαλίζονται τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Για τον καθορισμό των συνθηκών οπτικής άνεσης σε ένα χώρο χρησιμοποιείται ο **Παράγοντας Φυσικού Φωτισμού (ΠΦΦ)**. Ορίζεται ως ο λόγος της λαμπρότητας στο εσωτερικό ενός κτιρίου, που μετράται σε ένα καθορισμένο ύψος εργασίας (συνήθως 1m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους), προς τη λαμπρότητα στο εξωτερικό του κτιρίου υπό συνθήκες πλήρους νεφοσκεπούς ουρανού. Τα απαραίτητα όρια του μεγέθους αυτού ανάλογα είδος του εσωτερικού χώρου που σχεδιάζεται δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

| ΕΙΔΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ   | ΠΦΦ (%) |
|--|---------|
| Κτίρια κατοικιών με κατακόρυφα παράθυρα στον ένα τοίχο (τιμή στο μέσον του δωματίου)             | >0.75   |
| Κτίρια γραφείων με κατακόρυφα παράθυρα στον ένα τοίχο (τιμή στο βάθος του δωματίου)              | >1      |
| Κτίρια κατοικιών με κατακόρυφα παράθυρα σε δύο γειτονικούς τοίχους (τιμή στο μέσον του δωματίου) | >1      |
| Κτίρια γραφείων με κατακόρυφα παράθυρα σε δύο γειτονικούς τοίχους (τιμή στο βάθος του δωματίου)  | >1.75   |
| Κτίρια με φεγγίτες οροφής και για αποφυγή της υπερθέρμανσης                                      | <10     |

Πίνακας 7.1: Όρια λόγου λαμπρότητας στο εσωτερικό ενός κτιρίου

Προκειμένου να επικρατούν συνθήκες οπτικής άνεσης σε ένα χώρο, εκτός από τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές του ΠΦΦ σε συγκεκριμένα σημεία του χώρου αυτού, απαιτείται η όσο ο δυνατόν πιο ομοιογενής κατανομή των τιμών σε ολόκληρο το χώρο.

Γενικά η οπτική άνεση υπολογίζεται, σύμφωνα με τους Freymuth & Seidel, από τη σχέση:

$$.A.=3,2*\ln(\text{ΠΦΦ})+6.6$$

όπου έχουμε για O.A.= 2 πολύ καλές συνθήκες φυσικού φωτισμού  
O.A.= 0 ουδέτερες συνθήκες και,  
O.A.=-2 πολύ κακές συνθήκες φυσικού φωτισμού

[1,2]

### 7.1 Το φαινόμενο της θάμβωσης

Το ανθρώπινο μάτι δεχόμενο το άμεσο φως που εκπέμπεται από τις φωτεινές πηγές και το έμμεσο φως που προέρχεται από την ανάκλαση του φωτός στις διάφορες επιφάνειες, τελικά



προσαρμόζεται στη μέση ένταση του οπτικού του πεδίου. Όταν όμως το μάτι δεχθεί φως από μια πηγή με ένταση φωτισμού πολύ μεγαλύτερη από τη μέση ένταση χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να προσαρμοστεί και το φαινόμενο αυτό ονομάζεται θάμβωση.

Το φαινόμενο της θάμβωσης προκαλεί δυσφορία, διότι η εικόνα του χώρου γίνεται προσωρινά θολή και άρα επηρεάζεται αρνητικά η οπτική άνεση. Θάμβωση προκαλείται επίσης και λόγω ανάκλασης του φωτός από φωτεινές επιφάνειες. Εμφανίζεται σε περιπτώσεις όπου έντονο φως προσπίπτει σε οθόνες υπολογιστών και η ανάκλαση του φωτός δυσκολεύει την εργασία.

Για την αντιμετώπιση της θάμβωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω συστήματα:

- **Σταθερές περσίδες**

Στην περίπτωση αυτή ολόκληρη η επιφάνεια ενός ανοίγματος ή τμήμα αυτής καλύπτεται από πλαίσιο με σταθερές περσίδες από ανακλαστικό υλικό. Για τον καθορισμό της κλίσης τους λαμβάνεται υπόψη η διεύθυνση των ακτίνων του ηλιακού φωτός κατά τους θερινούς μήνες. Συνήθως στην επιφάνεια των περσίδων συγκεντρώνονται ρύποι που μειώνουν την ανακλαστική τους ικανότητα και για το λόγο αυτό πρέπει να συντηρούνται συχνά και να τοποθετούνται στο εσωτερικό του τζαμιού του ανοίγματος. Πιο εξελιγμένα συστήματα περιλαμβάνουν καμπύλες ανακλαστικές περσίδες που βρίσκονται μέσα στο διάκενο διπλών τζαμιών.

- **Ρυθμιζόμενες περσίδες**

Το είδος αυτό των περσίδων εμφανίζει πλεονέκτημα έναντι των σταθερών, διότι οι τελευταίες είναι αποτελεσματικές μόνο για ορισμένες τροχιές του ηλίου.

- **Ανακλαστικά πρέκια και φεγγίτες**

Πρόκειται για ανοιγόμενα φύλλα συνδυασμένα με ανακλαστικές επιφάνειες πάνω από τα παράθυρα. Οι ηλιακές ακτίνες διέρχονται από την επιφάνεια των τζαμιών των φύλλων αυτών και φτάνουν στις ανακλαστικές επιφάνειες, οι οποίες κατευθύνουν το φως στην οροφή ή στο βάθος του εσωτερικού χώρου. Η γωνία ανοίγματος των φύλλων και η θέση των ανακλαστικών επιφανειών μπορεί να είναι σταθερή ή ρυθμιζόμενη. [1,2,15]



**Εικόνα 7.1: Ανακλαστικές περσίδες**  
([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos\\_rafia\\_fotismou.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_rafia_fotismou.htm))

## **7.2 Φυσικός φωτισμός κτιρίων**

### **7.2.1 Αξιοποίηση φυσικού φωτισμού**

Πριν τη χρησιμοποίηση μεθόδων τεχνητού φωτισμού, η επάρκεια ενός κτιρίου σε φυσικό φωτισμό αποτελούσε απαραίτητη παράμετρο για το σχεδιασμό του. Όμως κατά το 19<sup>ο</sup> αιώνα, η βιομηχανοποίηση της παραγωγής ενέργειας καθιστά το φυσικό φωτισμό να είναι μέχρι σήμερα η πιο παραμελημένη πλευρά στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων. Βασική συνέπεια αυτού είναι ο τεχνητός φωτισμός να ευθύνεται σήμερα για το 14% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων.

Η μοναδική πηγή φυσικού φωτός είναι ο ήλιος. Φυσικό φως ονομάζουμε το ορατό τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπει ο ήλιος και προσπίπτει στην επιφάνεια της γης. Το φυσικό φως που φτάνει στη γη αποτελείται από το άμεσο ηλιακό φως, δηλαδή το φως που προέρχεται απευθείας από τον ήλιο, το διάχυτο φως, δηλαδή εκείνο που προέρχεται από τη διάχυση του ηλιακού φωτός στην ατμόσφαιρα και από το ανακλώμενο φως, που προέρχεται από την ανάκλαση του ηλιακού φωτός από το έδαφος και τις άλλες επιφάνειες.

Οι σύγχρονες τάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας, βελτίωση του επιπέδου ζωής και αύξηση παραγωγικότητας, κυρίως στους χώρους εργασίας, στοχεύουν στην εκμετάλλευση των οφελών του φυσικού φωτισμού σε ένα χώρο. Συνοπτικά οι στόχοι της αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού είναι οι παρακάτω:

- μείωση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης

- μείωση του ψυκτικού φορτίου, διότι ένα ποσοστό του φορτίου φωτισμού μετατρέπεται σε θερμότητα
- βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης έτσι ώστε να υπάρχει επαρκές φως, θέα, δυνατότητα αερισμού και αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας.

Βέβαια είναι ευνόητο ότι σε αρκετές περιπτώσεις με την αποκλειστική χρήση φυσικού φωτισμού δεν επιτυγχάνονται τα επιθυμητά αποτελέσματα και γι' αυτό το λόγο ο φυσικός φωτισμός πρέπει να χρησιμοποιηθεί ως τμήμα ενός ολοκληρωμένου συστήματος που θα περιλαμβάνει τη δυνατότητα επιλογής ανάμεσα στο φυσικό και τον τεχνητό φωτισμό ή τη σκίαση. Επειδή όμως το σύστημα τεχνητού φωτισμού πρέπει να λειτουργεί υποστηρικτικά στο σύστημα φυσικού φωτισμού είναι απαραίτητο να προβλέπονται ειδικοί αισθητήρες ανίχνευσης δραστηριότητας μέσα στο χώρο και σύστημα αυτοματισμού που θα ελέγχει τα επίπεδα τεχνητού φωτισμού ανάλογα με το υπάρχον φως. Με τη χρήση αποδοτικών συστημάτων και με την ενσωμάτωση τεχνικών φυσικού φωτισμού μπορεί να επιτευχθεί μείωση της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό έως και 30-50% σε ένα κτίριο.[1,2]

## 7.2.2 Παράγοντες φυσικού φωτισμού

Η αποτελεσματικότητα ενός συστήματος φωτισμού κρίνεται από:

- την οπτική ικανότητα που εξασφαλίζει, δηλαδή από τη δυνατότητα αναγνώρισης πολύ μικρών λεπτομερειών
- τη γενική εμφάνιση που προσδίδει στο χώρο, που φυσικά πρέπει να ανταποκρίνεται στη λειτουργία του χώρου αυτού.

Για να είναι αποτελεσματικό το σύστημα φωτισμού σε ένα χώρο προτείνονται τα παρακάτω:

- **Γεωμετρία εσωτερικών χώρων**

Η κατασκευή χώρων με μεγάλο βάθος από το κέλυφος του κτιρίου πρέπει να αποφεύγεται. Προτείνεται η επιλογή κατόψεων σχήματος E, F, U, L, O, H.

- **Γεωμετρία και θέση ανοιγμάτων**

Τα ανοίγματα που έχουν μεγάλο πλάτος εξασφαλίζουν ομοιογενή κατανομή της φωτεινότητας σε ένα χώρο καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Έχουμε ζωνική κατανομή της φωτεινότητας που είναι παράλληλη με τον τοίχο του ανοίγματος.

Αντίθετα τα ανοίγματα που έχουν μεγάλο ύψος προκαλούν χωρική κατανομή της φωτεινότητας σε ζώνες κάθετες στον τοίχο του ανοίγματος και έτσι το φωτεινό περιβάλλον μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ενώ αυτού του είδους τα ανοίγματα εξασφαλίζουν βαθύτερη διείσδυση του φωτός, προκαλούν ταυτόχρονα μεγαλύτερη θάμβωση.

Η τοποθέτηση ανοίγματος στο μέσον του τοίχου επιτυγχάνει καλή κατανομή του φωτισμού, ενώ ένα γωνιακό άνοιγμα προκαλεί λιγότερη θάμβωση.

- **Ποσοστό ανοιγμάτων**

Το ποσοστό των ανοιγμάτων (Π.Α.) ορίζεται ως ο λόγος της επιφάνειας των ανοιγμάτων προς τη συνολική εξωτερική επιφάνεια των τοίχων. Για την ικανοποίηση των απαιτήσεων

θερμικής συμπεριφοράς και φυσικού φωτισμού των κτιρίων κατοικίας το ποσοστό ανοιγμάτων πρέπει να βρίσκεται μέσα στα παρακάτω όρια:

νότιος προσανατολισμός :  $20\% \leq \text{Π.Α.} \leq 60\%$

βόρειος προσανατολισμός :  $\text{Π.Α.} = 20\%$

ανατολικός/δυτικός προσανατολισμός :  $20\% \leq \text{Π.Α.} \leq 40\%$

- **Μέγεθος γειτονικών κτιρίων**

Γενικά τα υψηλά γειτονικά κτίρια περιορίζουν τη διαθεσιμότητα του φυσικού φωτισμού.

- **Χρωματισμός εσωτερικών επιφανειών**

Προτείνονται απαλοί χρωματισμοί, διότι εξασφαλίζουν μεγαλύτερη οπτική άνεση αφού διευκολύνουν τη διείσδυση του φυσικού φωτός στο βάθος του χώρου και βοηθούν έτσι την ομοιογενή κατανομή του. Αντίθετα, η χρήση σκούρων χρωμάτων στις οροφές μπορεί να προκαλέσει μείωση του φωτισμού σε ένα χώρο έως και 50%. Στόχος μας γενικά είναι να μεγιστοποιηθεί όσο το δυνατόν ο συντελεστής ανάκλασης χωρίς όμως αυτό να σημαίνει την αποκλειστική χρήση υλικών που δημιουργούν επιφάνειες υψηλών λαμπροτήτων που θα προκαλέσουν το φαινόμενο της θάμβωσης σε ένα χώρο. Ένας ικανοποιητικός συνδυασμός χρωμάτων περιλαμβάνει λευκό χρώμα για την οροφή, μπεζ ανοικτό για τους τοίχους και πλακάκια μεσαίων τόνων για τα δάπεδο.[1,2]

### 7.2.3 Συστήματα φωτισμού

Σύστημα φωτισμού εννοούμε το σύνολο

- Υαλοπίνακας ή άλλο φωτοδιαπερατό στοιχείο
- Πλαίσιο
- Διάταξη σκιασμού

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

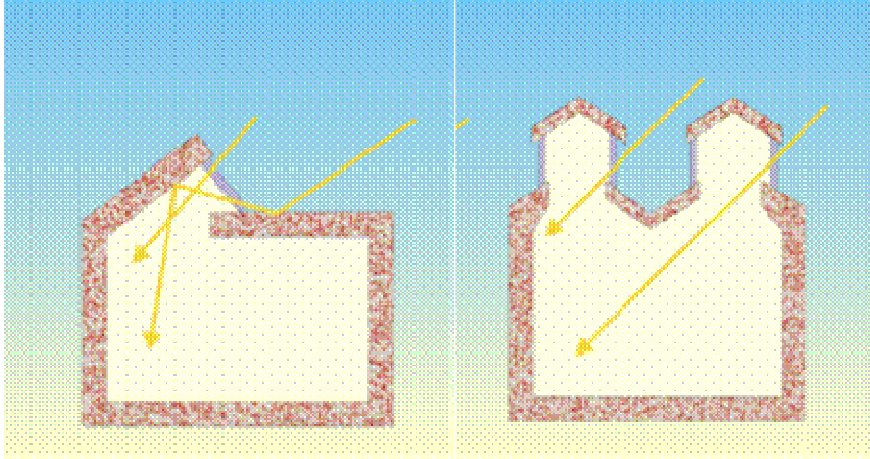
Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού μπορεί να γίνει με τη χρήση των παρακάτω τεχνικών:

- **Ανοίγματα οροφής**

Η είσοδος του ηλιακού φωτός μέσω των ανοιγμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί με τέσσερις τρόπους.

1. Αν υπάρχει κεκλιμένη οροφή τότε αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων στο πάνω μέρος της σοφίτας.
2. Χρήση πολλαπλών ανοιγμάτων οροφής. Στην περίπτωση αυτή, η κατανομή του φωτισμού εξαρτάται από τον αριθμό των ανοιγμάτων και τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν. Έτσι, όταν ο ουρανός είναι νεφοσκεπής, ο φωτισμός είναι ομοιογενής, ενώ όταν είναι αίθριος η κατανομή του φωτός εξαρτάται από τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων. Τα βόρεια ανοίγματα παρέχουν ομαλή κατανομή του φυσικού φωτός και τα νότια επιτρέπουν την είσοδο της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο.
3. Χρήση φεγγιτών οροφής, δηλαδή ανοιγμάτων τοποθετημένων στις πλευρές ανυψωμένων τομέων της στέγης.

4. Κατασκευή αίθριου, το οποίο εκτός από την αύξηση του φυσικού φωτισμού συνεισφέρει επίσης στη μείωση του θερμικού φορτίου του κτιρίου λόγω σημαντικών ηλιακών κερδών κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Βέβαια, πρέπει να αποφεύγεται σε θερμά κλίματα, καθώς δημιουργεί προβλήματα υπερθέρμανσης το καλοκαίρι, ενώ σε ήπια κλίματα πρέπει να συνδυάζεται με κατάλληλες στρατηγικές σκίασης και αερισμού του.

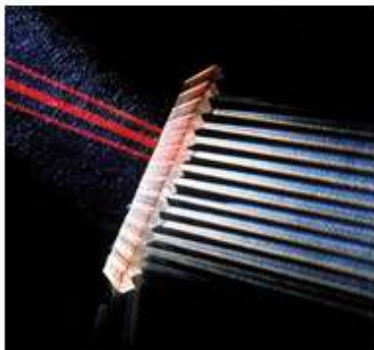


Εικόνα 7.2: Ανοίγματα οροφής

([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos\\_anoigmata\\_orofis.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_anoigmata_orofis.htm))

- **Ειδικό υαλοπίνακες**

Συνίσταται η χρήση πρισματικών ακριλικών υαλοπινάκων που με κατάλληλο προσανατολισμό μπορούν να αποτρέψουν την είσοδο των ηλιακών ακτινών. Προκειμένου να επιτευχθεί μέγιστη ηλιοπροστασία θα πρέπει η κλίση τους να ρυθμίζεται ανάλογα με το ύψος του ηλίου. Οι υαλοπίνακες, των οποίων τα στοιχειώδη τους πρίσματα δεν έχουν όμοιες πλευρές χρησιμοποιούνται για αλλαγή της διεύθυνσης των ηλιακών ακτινών, συνήθως προς την οροφή, με αποτέλεσμα τη βελτίωση των συνθηκών οπτικής άνεσης σε ένα χώρο.



Εικόνα 7.3: Πρισματικά στοιχεία

([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos\\_prismatika.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_prismatika.htm))

- **Διαφανή μονωτικά υλικά**

Είναι υλικά φωτοδιαπερατά μεγάλης θερμομονωτικής ικανότητας που χρησιμοποιούνται σε τοίχους που εκτίθενται σε άμεση ηλιακή ακτινοβολία και σε ανοίγματα που δεν απαιτείται θέα (φεγγίτης) ή αποφεύγεται εσκεμμένα η θέα μέσα από αυτά (ανοίγματα λουτρών). Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες διαφανών μονωτικών υλικών, τα οποία τοποθετούνται μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων ή πλαστικών φύλλων.



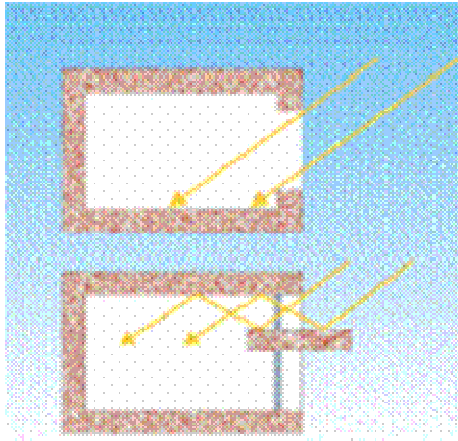
**Εικόνα 7.4: Διαφανή μονωτικά υλικά**

([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos\\_monotika\\_ylika.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_monotika_ylika.htm))

- **Ανακλαστήρες φωτισμού**

Είναι γνωστοί ως ράφια φωτισμού. Τα ράφια φωτισμού είναι επίπεδα στοιχεία με έντονη ανακλαστική επίστρωση και στερεώνονται εσωτερικά ή εξωτερικά στο ανώτερο μέρος του πλαισίου του ανοίγματος. Ο πρακτικός κανόνας για τη θέση τους είναι ότι το μήκος του ραφίου πρέπει να είναι περίπου ίσο με το ύψος του παραθύρου στο οποίο έχει τοποθετηθεί. Το σημαντικότερό τους πλεονέκτημα είναι ότι κατευθύνουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία προς τις εσωτερικές επιφάνειες του χώρου εξασφαλίζοντας έτσι, ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτισμού. Επίσης τα στοιχεία αυτά εξασφαλίζουν μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας έως και 30%.

Εκτός από τα ράφια φωτισμού που όπως είπαμε είναι επίπεδα, υπάρχουν και καμπύλα ράφια που ονομάζονται ανειδωλικά ράφια και οδηγούν το φυσικό φως ακόμα βαθύτερα στο εσωτερικό του κτιρίου.



Εικόνα 7.5: Ράφια φωτισμού

([http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos\\_rafia\\_fotismou.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_rafia_fotismou.htm))

- **Ηλιοστάσια**

Τα ηλιοστάσια αποτελούνται από σύστημα κατόπτρων και φακών που συλλέγουν και συγκεντρώνουν το φυσικό φως. Τοποθετούνται στα δώματα των κτιρίων και η θέση των κατόπτρων και των φακών ρυθμίζεται ανάλογα με τη διεύθυνση του φυσικού φωτός, έτσι ώστε να έχουμε τη μέγιστη ποσότητα ανάλογα με την εποχή του χρόνου και την ώρα της ημέρας. Το φυσικό φως αφού συλληχθεί στο ηλιοστάσιο μεταφέρεται στο εσωτερικό χώρο διαμέσου ενός φωτοσωλήνα.

- **Φωτοσωλήνες**

Η βασική μορφή ενός φωτοσωλήνα είναι ένας απλός και κενός μεταλλικός ή ακριλικός σωλήνας, με εσωτερικά τοιχώματα μεγάλης ανακλαστικότητας. Μέσα στο σωλήνα αυτό, μπορεί να μεταφερθεί η φωτεινή δέσμη που έχει συλληχθεί στο ηλιοστάσιο. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται συνήθως στο εσωτερικό των φωτοσωλήνων αμφίκυρτοι φακοί, που βοηθούν στο να διατηρούν τη φωτεινή αυτή δέσμη συγκεντρωμένη. Βέβαια, οι φακοί αυτοί προκαλούν μικρή απώλεια του φωτός, η οποία πρέπει να ληφθεί υπόψη. Στην κορυφή τους τοποθετούνται ανακλαστήρες, οι οποίοι αναγκάζουν το ηλιακό φως να εισέλθει στο σωλήνα και μέσω πολλαπλών ανακλάσεων να οδηγηθεί τελικά στο εσωτερικό του κτιρίου. Στη βάση του σωλήνα υπάρχει φακός που επιτρέπει την ομοιόμορφη διάχυση του φωτός στο χώρο.

Για να μεταφέρεται αποτελεσματικά η φωτεινή δέσμη πρέπει να προσπίπτει κάθετα στη διατομή του φωτοσωλήνα και αν αυτό δεν είναι δυνατό, τότε πρέπει ο φωτοσωλήνας να είναι μικρού μήκους, μεγάλης διατομής και να διαθέτει ανακλαστικά τοιχώματα. Τέλος, επειδή οι φωτοσωλήνες λειτουργούν μόνο όταν υπάρχει ηλιοφάνεια έχει προταθεί να τοποθετούνται λαμπτήρες στο εσωτερικό.

[1,2,15]



Εικόνα 7.6: Φωτοσωλήνας (<http://www.techenergy.gr/products/fotismos.html> και <http://www.solarlight.gr/index.jsp?CMCCode=10030101&extLang=>)

- **Αίθρια**

Τα αίθρια, είτε ανοιχτά, είτε με κάλυψη, συνεισφέρουν στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, ιδιαίτερα σε κτίρια μεγάλης επιφάνειας καθώς:

- Επιτρέπουν την είσοδο φωτεινής ακτινοβολίας στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου.
- Βοηθούν στην αύξηση της στάθμης του φωτισμού των χώρων (και στην ομοιογενή κατανομή του, εφόσον αυτοί φωτίζονται και από κατακόρυφα ανοίγματα).
- Παρέχουν διάχυτο φως (από τον ουρανό και από τις επάλληλες ανακλάσεις στο εσωτερικό τους), συντελώντας στην ομοιόμορφη κατανομή του (χωρίς θάμβωση). [1,2,15]

Η λειτουργία τους περιγράφεται αναλυτικότερα σε επόμενο κεφάλαιο.



Εικόνα 7.7: αίθριο (<http://www.cres.gr>)









## **8 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ Κ.ΕΝ.Α.Κ.**

Η πιστοποίηση για το αν ένα κτίριο είναι βιοκλιματικό ή όχι, μπορεί να γίνει είτε in vitro είτε in situ είτε ακόμα και με συνδυασμό των δύο. Με τον όρο in vitro εννοούμε τη χρήση ενός ειδικού προγράμματος για Η/Υ που υπολογίζει τα θερμικά κέρδη ενός κτιρίου, στο οποίο έχουν εφαρμοστεί άμεσες ή έμμεσες τεχνικές, ενώ με τον όρο in situ εννοούμε την εγκατάσταση π.χ. ενός συστήματος αισθητήρων-μετρητών μέσα στο κτίριο, μετά την ολοκλήρωσή του και τη μέτρηση θερμοκρασιών ημέρας/νύχτας, καλοκαιριού/χειμώνα, υγρασίας, κ.ά. σε πραγματικές συνθήκες.

Μέχρι στιγμής για την in vitro διαδικασία μπορούν να εφαρμοστούν εξειδικευμένα προγράμματα, ενώ για την in situ διαδικασία ο μόνος αξιόπιστος οργανισμός πιστοποίησης είναι το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

Πλέον από τις 10 Ιανουαρίου 2010 απαιτείται για οποιαδήποτε συμβολαιογραφική πράξη αγοραπωλησίας κτιρίου άνω των 50m<sup>2</sup> προσκόμιση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης. Σύμφωνα με τη διευκρινιστική εγκύκλιο που εξέδωσε το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ), τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης, τα οποία θα εκδίδονται από τους ενεργειακούς επιθεωρητές, θα κατατάσσουν τα κτίρια ή τις επιμέρους ιδιοκτησίες σε ενεργειακές βαθμίδες ανάλογα με την ενεργειακή τους συμπεριφορά και θα πρέπει να συνοδεύουν τα συμβόλαια για την αγορά ή μίσθωση κτιρίου. Το ΥΠΕΚΑ ανακοίνωσε επίσης, ότι αξιολόγησε θετικά το λογισμικό υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων που υποβλήθηκε από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. Ταυτόχρονα, αξιολογούνται και άλλα λογισμικά που υποβάλλονται από εταιρείες και έχουν ήδη εγκριθεί αυτά που εκτελούν τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων κάνοντας χρήση του προγράμματος ΚΕΝΑΚ.

Για το ΚΕΝΑΚ οι παράμετροι υπολογισμού θα καθορίζονται από τα στοιχεία της αρχιτεκτονικής και ηλεκτρομηχανολογικής μελέτης του κτιρίου. Τελικά, η ενεργειακή του απόδοση θα καθορίζεται με βάση τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Ο μελετητής ή ο επιθεωρητής σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. συντάσσει λεπτομερή τεχνική έκθεση στην οποία αναφέρονται οι παράμετροι και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, η μεθοδολογία υπολογισμού θα πρέπει να περιλαμβάνει απαραίτητα τα παρακάτω στοιχεία:

- Τη χρήση του κτιρίου, τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος, τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και τον αριθμό των χρηστών.
- Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου.
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων (χωρίσματα κ.ά.).
- Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων και υλικών του κτιριακού κελύφους.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης, ψύξης/κλιματισμού, μηχανικού αερισμού, παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και φωτισμού για τα κτίρια του τριτογενούς τομέα χώρων.
- Την ύπαρξη ή όχι παθητικών ηλιακών συστημάτων.

Σύμφωνα με το άρθρο 7 του Κ.Εν.Α.Κ. κάθε νέο κτίριο ή υφιστάμενο που ανακαινίζεται ριζικά, θα πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, δηλαδή σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ απαιτείται:

- είτε η συνολική ενέργεια πρωτογενούς κατανάλωσης του εξεταζόμενου κτιρίου να είναι μικρότερη ή ίση από την αντίστοιχη του κτιρίου αναφοράς
- είτε το εξεταζόμενο κτίριο να έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς, τόσο όσον αφορά το κτιριακό κέλυφος, όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις στο σύνολό τους.

Το κτίριο αναφοράς καθορίζεται να έχει τα ίδια χαρακτηριστικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το υπό μελέτη κτίριο. Επίσης, πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά, τόσο στα εξωτερικά δομικά του στοιχεία, όσο και στις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις. Για τον υπολογισμό της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας εφαρμόζεται η ίδια μεθοδολογία, τόσο στο υπό μελέτη κτίριο, όσο και στο κτίριο αναφοράς. Η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων θα πρέπει να επανεξετάζεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Τελικά, βάσει της ανηγμένης σε πρωτογενή ενέργεια κατανάλωσης του κτιρίου καθορίζεται η κατηγορία της ενεργειακής απόδοσής του και εκδίδεται το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίου (Π.Ε.Α.). Οι κατηγορίες ενεργειακής ταξινόμησης δίνονται στον πίνακα 1.3 της τεχνικής οδηγίας ΤΟΤΕΕ1. Η ενεργειακή ταξινόμηση του κτιρίου πρέπει να ανήκει τουλάχιστον στην κατηγορία Β. [1,6,16]

## 8.1 Κτίριο-Εισαγωγικά στοιχεία

Το κτίριο που μελετήθηκε με τη χρήση του προγράμματος KENAK είναι μια μονοκατοικία συνολικής επιφάνειας 59m<sup>2</sup>, που ανήκει στην κλιματική ζώνη Β (πίνακας 1.4 ΤΟΤΕΕ1). Αποτελείται από 2 ορόφους με ύψος τυπικού ορόφου 3.5m. Το κτίριο μελετήθηκε ως μία ενιαία θερμαινόμενη ζώνη. Το συνολικό εμβαδό δαπέδου των θερμαινόμενων χώρων, λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές διαστάσεις της κατασκευής, είναι 59m<sup>2</sup>. Το εμβαδό των ψυχόμενων χώρων που υπολογίστηκε αφαιρώντας το εμβαδό του wc, είναι ίσο με 50m<sup>2</sup>. Για τις ανάγκες του προγράμματος υπολογίστηκαν και ο συνολικός θερμαινόμενος και ψυχόμενος όγκος 165.75m<sup>3</sup> και 144.15m<sup>3</sup> αντίστοιχα.

### 8.1.1 Θερμαινόμενη ζώνη

Η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα για φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από οπτόπλινθους είναι 260J/ m<sup>2</sup>K ( πίνακας 3.13 ΤΟΤΕΕ1). Για τον υπολογισμό της συνολικής διείσδυσης αέρα από κουφώματα χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$V_{inf} = \sum (I\alpha)RH$$

όπου

**I(m)**: το συνολικό μήκος των χαραμάδων των ανοιγμάτων (πόρτες, παράθυρα). Αντιστοιχεί στη συνολική περίμετρο των εξωτερικών ανοιγμάτων που είναι 43.6m.

**α(m<sup>3</sup>/(hm))**: συντελεστής αεροδιαπερατότητας από χαραμάδες του ανοίγματος, για ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα α=1.4 m<sup>3</sup>/(hm) (πίνακας 3.23 ΤΟΤΕΕ1).

**R**: συντελεστής διεισδυτικότητας, για λόγο εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα ≥6 αντιστοιχεί R=0.7 (πίνακας 3.24 ΤΟΤΕΕ1).

**H:** συντελεστής θέσης ανοίγματος και ανεμόπτωσης, για κανονική ανεμόπτωση, ελεύθερη θέση ανοίγματος και ελεύθερη όψη κτιρίου (δηλαδή κτίριο που δεν έρχεται σ' επαφή με όμορο κτίριο) δίνεται  $H=1.87$  (πίνακας 3.25 TOTEE1).

Η συνολική διείσδυση αέρα προκύπτει ίση με  $79.9 \text{ m}^3/\text{hm}$ .

### 8.1.2 Κέλυφος κτιρίου

Στις αδιαφανείς επιφάνειες περιλαμβάνονται οι εξωτερικοί τοίχοι του κτιρίου, οι εξωτερικές δοκοί, τα υποστυλώματα και οι πλάκες, η οροφή και οι εξωτερικές πόρτες. Για κάθε στοιχείο σημειώθηκε ο προσανατολισμός του  $\gamma(\text{deg})$  έχοντας κάνει την εξής σύμβαση:  $0^\circ$  για το Βορρά,  $90^\circ$  για την Ανατολή,  $180^\circ$  για το Νότο και  $270^\circ$  για τη Δύση, η κλίση του  $\beta(\text{deg})$ , μετρούμενη μεταξύ της καθέτου στην επιφάνεια και της κατακόρυφου και το συνολικό εμβαδό του σε  $\text{m}^2$ . Στη συνέχεια, για κάθε δομικό στοιχείο εισάγεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$ . Όσον αφορά στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας περιγράφεται στην τεχνική οδηγία TOTEE2. Για κάθε στρώση υλικού από

τη σχέση  $R = \frac{d}{\lambda}$  υπολογίζεται η αντίσταση που προβάλλει η στρώση αυτή στη ροή της

θερμότητας (σχέση 1.3 TOTEE2), όπου  $d$  είναι το πάχος της στρώσης και  $\lambda$  η τιμή σχεδιασμού του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας σε  $\text{W}/(\text{mK})$  (από τον πίνακα τιμών στις σελίδες 48-52). Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών,

δίνεται από τη σχέση  $R_A = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_j R_j$  σε  $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$  (σχέση 1.4 TOTEE2). Η συνολική

θερμική αντίσταση που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο ορίζεται όπως προαναφέρθηκε, ως το άθροισμα των αντιστάσεων των επιμέρους στρώσεων και των αντιστάσεων του στρώματος αέρα εκατέρωθεν των όψεων του κατά τη σχέση  $R_{o\lambda} = R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_a$  (σχέση 1.5 TOTEE2). Όπου  $n$  το σύνολο των στρώσεων του πολυστρωματικού δομικού στοιχείου και  $R_i$  και  $R_a$  η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο και η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον αντίστοιχα. Για εξωτερικούς τοίχους ορίζεται  $R_i=0.13$  και  $R_a=0.04$ . Για στέγη όπου υπάρχει ανερχόμενη ροή θερμότητας δίνεται  $R_i=0.10$  και  $R_a=0.04$  (πίνακες 3α σελ.54 TOTEE2). Οι θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου ορίζονται τελικά από το

συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  που δίνεται από τη σχέση  $U = \frac{1}{R_{o\lambda}}$  (σχέση 1.6 TOTEE2).

Συγκεκριμένα,

- για **τοίχο από οπτοπλινθοδομή** με στρώσεις: επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2cm, οπτόπλινθοι 9cm, διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες 6cm, οπτόπλινθοι 9cm, επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2cm προκύπτει  $U=0.4522$ . Το όριο για εξωτερικό τοίχο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είναι για κλιματική ζώνη Β ίσος με 0.50 (πίνακας 3.3α TOTEE1)
- για **υποστυλώματα, δοκούς και πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα** με στρώσεις:

επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2cm, οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm, διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες 6cm, επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2cm προκύπτει  $U=0.4975$ . Όπως και παραπάνω το όριο είναι ίσο με 0.50.

για **πόρτες** θεωρήσαμε  $U=3.00$  που είναι ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής για τα ανοίγματα στην κλιματική ζώνη Β.

- για την **κεκλιμένη οροφή** με στρώσεις:

κεραμίδι 1.5cm, τσιμεντοκονίαμα 2cm, διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες 7cm, ασφαλτικά φύλλα 0.6cm, οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm, επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2cm και προκύπτει  $U=0.4346$ . Το όριο για εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είναι 0.45 (πίνακας 3.3α ΤΟΤΕΕ1).

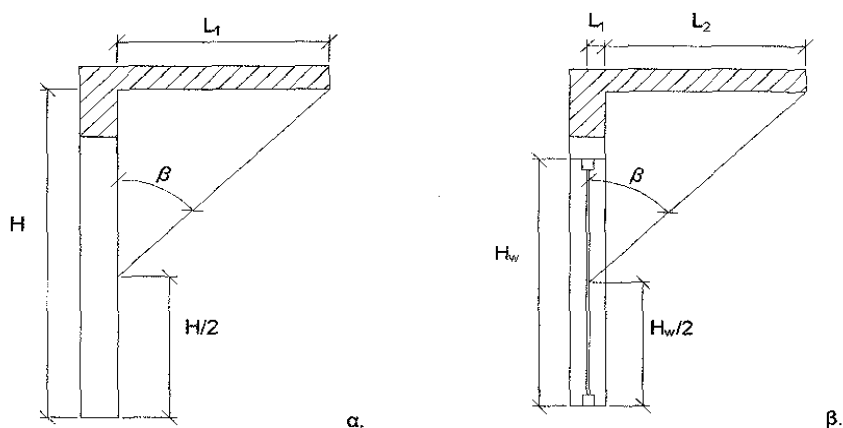
- για την **οριζόντια οροφή** με στρώσεις:

κεραμικό πλακίδιο 1.5cm, τσιμεντοκονίαμα 2cm, διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες 7cm, ασφαλτικά φύλλα 0.6cm, οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm, επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2cm και προκύπτει  $U=0.4402$ .

Εισάγεται επίσης ο συντελεστής θερμικής αντίστασης της εξωτερικής επιφάνειας  $R=0.04$   $m^2K/W$ , ο συντελεστής απορροφητικότητας ηλιακής ακτινοβολίας  $a$  στην εξωτερική πλευρά της επιφάνειας του δομικού στοιχείου, για κατακόρυφα και οριζόντια στοιχεία (πίνακας 3.14 ΤΟΤΕΕ1) και ο συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας  $\epsilon$  στην εξωτερική πλευρά του δομικού στοιχείου (πίνακας 3.15 ΤΟΤΕΕ1).

Τέλος, εισάγονται οι συντελεστές σκίασης κάθε δομικού στοιχείου που ορίζονται ως εξής:

- $F_{hor\_h}$ ,  $F_{hor\_c}$ : συντελεστής που προσδιορίζει τη σκίαση των επιφανειών του κτιρίου από την ύπαρξη φυσικών ή τεχνητών εμποδίων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο ορίζοντας είναι ελεύθερος σε όλες τις όψεις του κτιρίου, επομένως οι συντελεστές παίρνουν την τιμή 1.
- $F_{on\_h}$ ,  $F_{on\_c}$ : συντελεστής που προσδιορίζει τη σκίαση των επιφανειών του κτιρίου από την ύπαρξη οριζοντίων προεξοχών. Όπου δε δημιουργείται κάποια σκίαση από τους προβόλους του κτιρίου, ο συντελεστής παίρνει την τιμή 1, ενώ σε αντίθετη περίπτωση προσδιορίζεται η γωνία  $\beta$  (σχήμα 3.7 ΤΟΤΕΕ1) και από τον πίνακα 3.19 ΤΟΤΕΕ1 προκύπτει ο αντίστοιχος συντελεστής. Ο συντελεστής αυτός για περίοδο θέρμανσης και ψύξης είναι ανάλογος με τον προσανατολισμό της επιφάνειας .



**Εικόνα 8.1:** Γραφική απεικόνιση της γωνίας  $\beta$ , που σχηματίζει ο πρόβολος με την κατακόρυφη επιφάνεια, για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλεί σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο (α) και σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο (β) ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 Αθήνα, Ιούλιος 2010

Έτσι για παράδειγμα, στο νότιο τοίχο οι συντελεστές σκίασης προκύπτουν ως εξής (σχήμα α):

$$\tan\beta = \frac{L_{\pi\rho}}{H} = \frac{1.50}{3.00} = 0.5 \Rightarrow \beta = 26.6^\circ$$

σελ.71 έχουμε  $F_{ov\_h}=0.68$  και  $F_{ov\_c}=0.51$ . Με παρόμοιο τρόπο προκύπτουν οι συντελεστές και για τους υπόλοιπους τοίχους.

Στη νότια μπαλκονόπορτα οι συντελεστές σκίασης έχουν ως εξής (σχήμα β):  $H_w=2.20$  οπότε

$$H - \frac{H_w}{2} = 3.00 - 1.10 = 1.90, \text{ άρα } \tan\beta = \frac{L_{\pi\rho}}{1.90} = \frac{1.50}{1.90} = 0.789 \Rightarrow \beta = 38.66^\circ$$

παρεμβολή προκύπτει:  $F_{ov\_h}=0.73$  και  $F_{ov\_c}=0.57$ .

$F_{fin\_h}$ ,  $F_{fin\_c}$ : συντελεστής που προσδιορίζει τη σκίαση των επιφανειών του κτιρίου από κατακόρυφες προεξοχές (π.χ. άλλα κτίρια γειτονικά ή τμήματα του ίδιου του κτιρίου). Δεν υπάρχουν τέτοιες κατακόρυφες προεξοχές, επομένως ο συντελεστής αυτός παίρνει παντού την τιμή 1.



## ΤΟΙΧΟΙ

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στην ζώνη: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 0  Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες Παθητικά ηλιακά

| Τύπος  | Περιγραφή      | $\gamma$ (deg) | $\beta$ (deg) | Εμβαδόν (m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> K) | R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> K/W) | a* (-) | e* (-) | F <sub>hor_h</sub> (-) | F <sub>hor_c</sub> (-) | F <sub>ov_h</sub> (-) | F <sub>ov_c</sub> (-) | F <sub>fin_h</sub> (-) | F <sub>fin_c</sub> (-) |
|--------|----------------|----------------|---------------|---------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------|--------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Τοίχος | νότιος         | 180            | 90            | 2.775                     | 0.4522                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.68                  | 0.51                  | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | ανατολικός     | 90             | 90            | 25.785                    | 0.4522                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | δυτικός        | 270            | 90            | 24.885                    | 0.4522                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | βόρειος κάτω   | 0              | 90            | 4.845                     | 0.4522                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.614                 | 0.62                  | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | βόρειος άνω    | 0              | 90            | 1.875                     | 0.4522                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.628                 | 0.676                 | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | τοίχος φεγγίτη | 180            | 90            | 2.77                      | 0.4522                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| ▶*     |                |                |               |                           |                        | 0.04                                 |        |        |                        |                        |                       |                       |                        |                        |

Εικόνα 8.2: Πίνακας Τοιχοποιίας

## ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στην ζώνη: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 0  Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες Παθητικά ηλιακά

| Τύπος  | Περιγραφή                  | $\gamma$ (deg)      | $\beta$ (deg) | Εμβαδόν (m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> K) | R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> K/W) | a* (-) | e* (-) | F <sub>hor_h</sub> (-) | F <sub>hor_c</sub> (-) | F <sub>ov_h</sub> (-) | F <sub>ov_c</sub> (-) | F <sub>fin_h</sub> (-) | F <sub>fin_c</sub> (-) |
|--------|----------------------------|---------------------|---------------|---------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------|--------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Τοίχος | υπ/μα νότια 1x0.25         | 180                 | 90            | 2.8                       | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.68                  | 0.51                  | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | υπ/μα νότια 0.25x1         | 180                 | 90            | 0.7                       | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.68                  | 0.51                  | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | υπ/μα βόρεια 1x0.25 κάτω   | 0                   | 90            | 2.2                       | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.614                 | 0.62                  | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | υπο/μα βόρεια 0.25x0.7κάτω | 0                   | 90            | 0.55                      | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.614                 | 0.62                  | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | υπ/μα βόρεια 1x0.25πάνω    | 0                   | 90            | 2.4                       | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.628                 | 0.676                 | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | υπ/α βόρεια 0.25x0.7πάνω   | 0                   | 90            | 0.65                      | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.628                 | 0.676                 | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | υπ/μα ανατολ 0.25x1        | 90                  | 90            | 0.7                       | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | υπ/μα ανατολ 0.35x0.25     | 90                  | 90            | 1.575                     | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | υπ/μα ανατολ 0.7x0.25      | 90                  | 90            | 3.22                      | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | υπ/μα δυτικά 1x0.25        | 270                 | 90            | 2.8                       | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | υπ/μα δυτικά 0.35x0.25     | 270                 | 90            | 1.575                     | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| ▶*     | Τοίχος                     | υπ/μα δυτικά 0.25x1 | 270           | 90                        | 1.15                   | 0.4975                               | 0.04   | 0.3    | 0.80                   | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| *      |                            |                     |               |                           |                        | 0.04                                 |        |        |                        |                        |                       |                       |                        |                        |

Εικόνα 8.3: Πίνακας Υποστυλωμάτων

## ΔΟΚΟΙ

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στην ζώνη: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 0  Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες Παθητικά ηλιακά

| Τύπος  | Περιγραφή                  | $\gamma$ (deg) | $\beta$ (deg) | Εμβαδόν (m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> K) | R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> K/W) | a* (-) | e* (-) | F <sub>hor_h</sub> (-) | F <sub>hor_c</sub> (-) | F <sub>ov_h</sub> (-) | F <sub>ov_c</sub> (-) | F <sub>fin_h</sub> (-) | F <sub>fin_c</sub> (-) |
|--------|----------------------------|----------------|---------------|---------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------|--------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Τοίχος | δοκός νότια 3.75x0.30      | 180            | 90            | 1.125                     | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.142                 | 0.264                 | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | δοκός βόρεια 3.75x0.30κάτω | 0              | 90            | 1.125                     | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.372                 | 0.366                 | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | δοκός βόρεια 3.75x0.30πάνω | 0              | 90            | 1.125                     | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.372                 | 0.366                 | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | δοκός ανατ                 | 90             | 90            | 4.77                      | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | δοκός δυτικά 0.8x3+0.6x2.4 | 270            | 90            | 3.84                      | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | δοκός οροφής νότια         | 180            | 38            | 1.854                     | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | δοκός οροφής ανατολικά 38  | 90             | 38            | 1.51                      | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | δοκός οροφής ανατ οριζ     | 90             | 0             | 1.42                      | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.6                   | 0.44                  | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | δοκός οροφής ανατ 18       | 90             | 18            | 1.56                      | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | δοκός οροφής ανατολικά 38  | 270            | 38            | 1.51                      | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | δοκός οροφής ανατ οριζ     | 270            | 0             | 1.42                      | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.6                   | 0.44                  | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | δοκός οροφής ανατ 18       | 270            | 18            | 1.56                      | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| *      |                            |                |               |                           |                        | 0.04                                 |        |        |                        |                        |                       |                       |                        |                        |

Εικόνα 8.4: Πίνακας Δοκών

## ΠΛΑΚΕΣ

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στην ζώνη: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 0  Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες Παθητικά ηλιακά

| Τύπος  | Περιγραφή              | $\gamma$ (deg) | $\beta$ (deg) | Εμβαδόν (m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> K) | R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> K/W) | a* (-) | e* (-) | F <sub>hor_h</sub> (-) | F <sub>hor_c</sub> (-) | F <sub>ov_h</sub> (-) | F <sub>ov_c</sub> (-) | F <sub>fin_h</sub> (-) | F <sub>fin_c</sub> (-) |
|--------|------------------------|----------------|---------------|---------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------|--------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Τοίχος | πλάκα κάτω νότια       | 180            | 90            | 1                         | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.82                  | 0.70                  | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | πλάκα άνω νότια        | 180            | 90            | 1                         | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0                     | 0                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | πλάκα άνω οροφή βόρεια | 0              | 90            | 1                         | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0                     | 0                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | πλάκα άνω βόρεια       | 0              | 90            | 1                         | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0                     | 0                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | πλάκα κάτω βόρεια      | 0              | 90            | 1                         | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 0.756                 | 0.785                 | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | πλάκα ενδ ανατολικά    | 90             | 90            | 0.8                       | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | πλάκα κάτω ανατολικά   | 90             | 90            | 1.6                       | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | πλάκα ενδ δυτικά       | 270            | 90            | 0.8                       | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| Τοίχος | πλάκα κάτω δυτικά      | 270            | 90            | 1.6                       | 0.4975                 | 0.04                                 | 0.3    | 0.80   | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     | 1                      | 1                      |
| ▶*     |                        |                |               |                           |                        | 0.04                                 |        |        |                        |                        |                       |                       |                        |                        |

Εικόνα 8.5: Πίνακας πλακών

## ΟΡΟΦΗ

Επιλέξτε το θετικό στοιχείο που υπάρχουν στην ζώνη

Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 1  Παθητικά ηλιακά

Διαφανείς επιφάνειες  Σε επαφή με το έδαφος  Διαφανείς επιφάνειες  Παθητικά ηλιακά

| Τύπος | Περιγραφή | γ (βλεφ) | β (βλεφ) | Εμβαδόν (m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> K) | R <sub>ση</sub> (m <sup>2</sup> K/W) | α* (°) | ε* (°) | F <sub>h,hor,h</sub> (°) | F <sub>h,hor,e</sub> (°) | F <sub>h,sk,h</sub> (°) | F <sub>h,sk,e</sub> (°) | F <sub>h,th,h</sub> (°) | F <sub>h,th,e</sub> (°) |
|-------|-----------|----------|----------|---------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Οροφή | υπόγειο   | 180      | 90       | 13.95                     | 0.4348                 | 0.04                                 | 0.60   | 0.80   | 1                        | 1                        | 1                       | 1                       | 1                       | 1                       |
| Οροφή | οριζόντια |          |          | 13.14                     | 0.4402                 | 0.04                                 | 0.65   | 0.80   | 1                        | 1                        | 0.6                     | 0.44                    | 1                       | 1                       |
| Οροφή | βάθρεια   | 0        |          | 13.05                     | 0.4348                 | 0.04                                 | 0.60   | 0.80   | 1                        | 1                        | 1                       | 1                       | 1                       | 1                       |

Εικόνα 8.6: Πίνακας οροφής

## ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

Όσον αφορά στις διαφανείς επιφάνειες εισάγονται όλα τα ανοιγόμενα κουφώματα του κτιρίου και αυτά που βρίσκονται στη νότια όψη τοποθετούνται στα παθητικά ηλιακά συστήματα. Επιλέχτηκε δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12mm και μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24mm. Η επιφάνεια του πλαισίου αποτελεί το 20% του συνολικού κουφώματος. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας προκύπτει ίσος με U=3.00. Από τον πίνακα 3.17 ΤΟΤΕΕ1 συναρτήσεσι του τύπου του υαλοπίνακα και του ποσοστού του πλαισίου, δίνεται η τυπική τιμή της συνολικής διαπερατότητας της ηλιακής ακτινοβολίας g=0.54.

Επιλέξτε το θετικό στοιχείο που υπάρχουν στην ζώνη

Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 1  Παθητικά ηλιακά

Διαφανείς επιφάνειες  Σε επαφή με το έδαφος  Διαφανείς επιφάνειες  Παθητικά ηλιακά

| Περιγραφή          | γ (βλεφ) | β (βλεφ) | Εμβαδόν (m <sup>2</sup> ) | Τύπος ανοίγματος*                                       | U (W/m <sup>2</sup> K) | g <sub>h,v</sub> (°) | F <sub>h,hor,h</sub> (°) | F <sub>h,hor,e</sub> (°) | F <sub>h,sk,h</sub> (°) | F <sub>h,sk,e</sub> (°) |
|--------------------|----------|----------|---------------------------|---|------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| πλασ μεταλλοκόνιχα | 0        | 90       | 6                         | Μεταλλικό με 6.6, 24mm 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm | 3.0                    | 0.54                 | 1                        | 1                        | 0.64                    | 0.68                    |
| βάθρεια παράθυρα   | 0        | 90       | 0.48                      | Μεταλλικό με 6.6, 24mm 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm | 3.0                    | 0.54                 | 1                        | 1                        | 0.49                    | 0.54                    |

Εικόνα 8.7: Πίνακας διαφανών επιφανειών

## ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στην ζώνη: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 0  Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες Παθητικά ηλιακά

Λιανού ηλιακού κελύφους

| Περιγραφή     | γ (kg) | β (kg) | Εμβαδόν (m <sup>2</sup> ) | Τύπος αναγλυμτός*   | U (W/m <sup>2</sup> K) | μ <sub>av</sub> (-) | F <sub>hor,h</sub> (-) | F <sub>hor,c</sub> (-) | F <sub>av,h</sub> (-) | F <sub>av,c</sub> (-) |
|---------------|--------|--------|---------------------------|---|------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| μπαλκονόπορτα | 180    | 90     | 8.6                       | Μεταλλικό με 6.6. 24mm 20% Διάμεσος με διάκενο σείρα 12mm | 3.0                    | 0.54                | 1                      | 1                      | 0.73                  | 0.57                  |
| εγγίτης νότια | 180    | 90     | 1.23                      | Μεταλλικό με 6.6. 24mm 20% Διάμεσος με διάκενο σείρα 12mm | 3.0                    | 0.54                | 1                      | 1                      | 1                     | 1                     |
|               |        |        |                           |   |                        |                     |                        |                        |                       |                       |
|               |        |        |                           |   |                        |                     |                        |                        |                       |                       |
|               |        |        |                           |   |                        |                     |                        |                        |                       |                       |

Εικόνα 8.8: Πίνακας παθητικών ηλιακών συστημάτων

## ΔΑΠΕΔΟ

Τέλος, για τις επιφάνειες σε επαφή με το έδαφος έχουμε δάπεδο συνολικού εμβαδού 40m<sup>2</sup> με στρώσεις: οπλισμένο σκυρόδεμα 10cm, διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες 3cm, τσιμεντοκονίαμα 3cm, κεραμικά πλακίδια 1.5cm. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι U=0.78. Το όριο για δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους για κλιματική ζώνη Β, είναι ίσο με 0.90 (πίνακας 3.3α ΤΟΤΕΕ1).

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στην ζώνη: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 0  Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες Παθητικά ηλιακά

| Τύπος  | Περιγραφή | Εμβαδόν (m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> K) | Κ. Βάθος (m) | Α. Βάθος (m) | Περίμετρος (m) |
|--------|-----------|---------------------------|------------------------|--------------|--------------|----------------|
| Δάπεδο | δάπεδο    | 40                        | 0.78                   |              |              | 26             |
| ▶*     |           |                           |                        |              |              |                |

Εικόνα 8.9: Πίνακας δαπέδου

### 8.1.3 Θερμογέφυρες

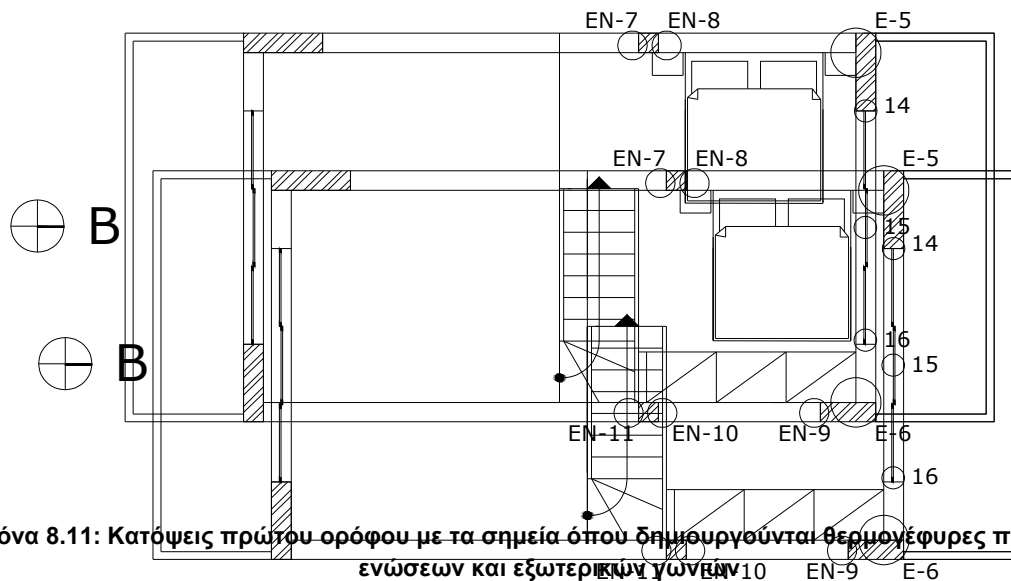
Για τον υπολογισμό των θερμογέφυρων αρχικά, υπολογίστηκαν οι θερμογέφυρες των κουφωμάτων, ακολούθησε ο υπολογισμός των κατακόρυφων θερμογέφυρων και στη συνέχεια των οριζόντιων.

#### Θερμογέφυρες κουφωμάτων:

Για καθεμία από τις παρακάτω περιπτώσεις υπολογίστηκαν με τη βοήθεια των πινάκων που βρίσκονται στις σελίδες 94-96 του εγχειριδίου Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 τους αντίστοιχους συντελεστές  $\Psi$ , οι οποίοι πολλαπλασιάστηκαν στη συνέχεια με τα συνολικά μήκη του κάθε τύπου θερμογέφυρας, στην περίπτωση μας, τα μήκη των ανωκάσι, κατωκάσι, και τα αντίστοιχα ύψη των λαμπάδων. Όταν δεν υπάρχει κατωκάσι σε πλάκα, ο συντελεστής  $\Psi$  είναι μηδέν, καθώς θεωρείται ότι οι απώλειες έχουν ήδη υπολογιστεί στις θερμογέφυρες δαπέδου και ενδιάμεσου δαπέδου.



Εικόνα 8.10: Κατόψεις ισόγειου με τα σημεία όπου δημιουργούνται θερμογέφυρες παραθύρων, ενώσεων και εξωτερικών γωνιών



Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι συντελεστές για κάθε λεπτομέρεια και συνολικά για κάθε παράθυρο:

1. Σχήμα Λ-4/σελ. 94,  $\Psi=0.20$
2. Σχήμα Λ-5/σελ. 94,  $\Psi=0.00$
3. Σχήμα ΑΚ-3/σελ. 95,  $\Psi=0.55$

Σύνολο:  $0.55*3.0+2.2*0.2=2.09$

4. Σχήμα Λ-8/σελ. 94,  $\Psi=0.25$
5. Σχήμα ΑΚ8/σελ. 95,  $\Psi=0.65$
6. Σχήμα Λ-8/σελ. 94,  $\Psi=0.25$

Σύνολο:  $0.65*0.9+2*(0.25*2.0)=1.585$

7. Σχήμα Λ-7/σελ. 94,  $\Psi=0.35$
8. Σχήμα ΑΚ-8/σελ. 95,  $\Psi=0.65$
9. Σχήμα Λ-8/σελ. 94,  $\Psi=0.25$

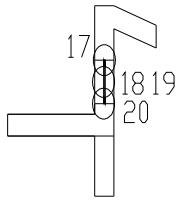
Σύνολο:  $0.25*2.0+0.35*2.0+0.65*0.9=1.785$

10. Σχήμα Λ-5/σελ. 94,  $\Psi=0.0$
11. Σχήμα ΑΚ-4/σελ. 95,  $\Psi=0.55$
12. Σχήμα ΑΚ-5/σελ.95,  $\Psi=0.55$
13. Σχήμα Λ-4/σελ. 94,  $\Psi=0.2$

Σύνολο:  $2*(0.55*0.8)+0.2*0.6=1.0$

14. Σχήμα Λ-4/σελ. 94,  $\Psi=0.2$
15. Σχήμα Λ-5/σελ. 94,  $\Psi=0.0$
16. Σχήμα ΑΚ-5/σελ. 95,  $\Psi=0.55$

Σύνολο:  $0.55*3.0+0.2*2.0=2.05$



**Εικόνα 8.12: Τομή θερμογεφυρών του φεγγίτη**

- 17. Σχήμα Λ-5/σελ.94,  $\Psi=0.0$
- 18. Σχήμα ΑΚ-5/σελ.95,  $\Psi=0.55$
- 19. Σχήμα ΑΚ-5/σελ.95,  $\Psi=0.55$
- 20. Σχήμα Λ-5/σελ.94,  $\Psi=0.0$

Σύνολο:  $2 \cdot 4.1 \cdot 0.55 = 4.51$

Επομένως, οι θερμογέφυρες των κουφωμάτων είναι συνολικά:  
 $2.09 + 1.585 + 1.785 + 1.0 + 2.05 + 4.51 = 13.02$

**Κατακόρυφες θερμογέφυρες:**

Εντοπίζονται στις κατόψεις του κτιρίου αναπτύσσονται κατά ύψος και το μήκος τους μετράται από τα σχέδια των τομών.

**Εξωτερικές γωνίες:**

- E -1. Σχήμα ΕΞΓ-12,  $\Psi=0.05$ ,  $0.05 \cdot 2.8 = 0.14$
- E -2. Σχήμα ΕΞΓ-12,  $\Psi=0.05$ ,  $0.05 \cdot 2.8 = 0.14$
- E -3. Σχήμα ΕΞΓ-12,  $\Psi=0.05$ ,  $0.05 \cdot 2.2 = 0.11$
- E -4. Σχήμα ΕΞΓ-12,  $\Psi=0.05$ ,  $0.05 \cdot (2.2 - 0.6) = 0.08$  (αφαιρείται το ύψος του παραθύρου που συνορεύει με το υποστύλωμα, καθώς έχει υπολογιστεί σαν απώλεια στα κουφώματα)
- E -5. Σχήμα ΕΞΓ-12,  $\Psi=0.05$ ,  $0.05 \cdot 2.4 = 0.12$
- E -6. Σχήμα ΕΞΓ-12,  $\Psi=0.05$ ,  $0.05 \cdot 2.4 = 0.12$

Σύνολο θερμογέφυρων εσωτερικών γωνιών: 0.71

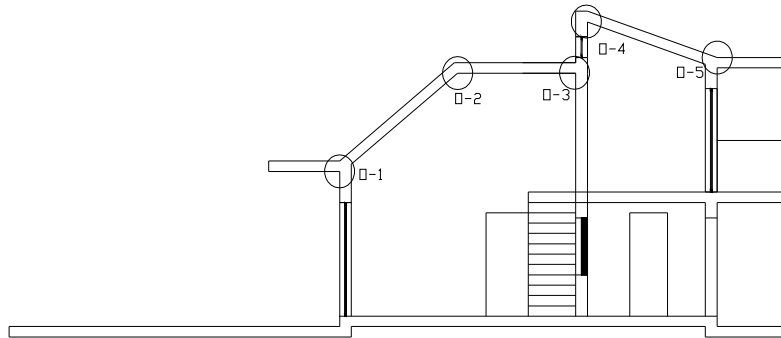
**Ενώσεις δομικών στοιχείων:**

- EN-1. Σχήμα ΕΔΣ-3,  $\Psi=0.25$ ,  $0.25 \cdot 2.2 = 0.55$
- EN-2. Σχήμα ΕΔΣ-3,  $\Psi=0.25$ ,  $0.25 \cdot 2.2 = 0.55$
- EN-3. Σχήμα ΕΔΣ-3,  $\Psi=0.25$ ,  $0.25 \cdot 2.2 = 0.55$
- EN-4. Σχήμα ΕΔΣ-3,  $\Psi=0.25$ ,  $0.25 \cdot 2.2 = 0.55$
- EN-5. Σχήμα ΕΔΣ-3,  $\Psi=0.25$ ,  $0.25 \cdot 2.2 = 0.55$
- EN-6. Σχήμα ΕΔΣ-3,  $\Psi=0.25$ ,  $0.25 \cdot 2.2 = 0.55$
- EN-7. Σχήμα ΕΔΣ-3,  $\Psi=0.25$ ,  $0.25 \cdot 2.4 = 0.60$
- EN-8. Σχήμα ΕΔΣ-3,  $\Psi=0.25$ ,  $0.25 \cdot 2.4 = 0.60$
- EN-9. Σχήμα ΕΔΣ-3,  $\Psi=0.25$ ,  $0.25 \cdot 2.4 = 0.60$
- EN-10. Σχήμα ΕΔΣ-3,  $\Psi=0.25$ ,  $0.25 \cdot 2.4 = 0.60$
- EN-11. Σχήμα ΕΔΣ-3,  $\Psi=0.25$ ,  $0.25 \cdot 2.4 = 0.60$

Σύνολο θερμογέφυρων ενώσεων δομικών στοιχείων: 6.3

### Οριζόντιες θερμογέφυρες:

Εντοπίζονται στις τομές του κτιρίου και το μήκος τους μετράται με βάση τα σχέδια των κατόψεων.



Εικόνα 8.12: Θερμογέφυρες οροφής

### Θερμογέφυρες οροφής:

(Οι υπολογισμοί διαφοροποιούνται, καθώς έχουμε τμήματα που συνδέονται με υποστύλωμα και οροφή και άλλα με δοκάρι, υποστύλωμα και οπτοπλινθοδομή.)

O-1. Σχήμα Δ-22,  $\Psi=0.90$ ,  $0.90 \cdot 1.25=1.125$  και Σχήμα Δ-33,  $\Psi=1.05$ ,  $1.05 \cdot 3.75=3.9375$  Συνολικά: 5.0625

O-2. Σχήμα Δ-16,  $\Psi=-0.05$ ,  $-0.05 \cdot 5.0=-0.25$

O-3. Σχήμα Δ-19,  $\Psi=0.25$ ,  $2 \cdot (0.25 \cdot 0.25)=0.125$  και Σχήμα Δ16,  $\Psi=-0.05$ ,  $-0.05 \cdot 4.5=-0.225$  Συνολικά: -0.1

O-4. Σχήμα Δ-16,  $\Psi=-0.05$ ,  $2 \cdot (-0.05 \cdot 0.25)=-0.025$  και Σχήμα Δ-28,  $\Psi=0.1$ ,  $0.1 \cdot 4.5=0.45$  Συνολικά: 0.425

O-5. Σχήμα Δ-22,  $\Psi=0.90$ ,  $0.90 \cdot 1.25=1.125$  και Σχήμα Δ-33,  $\Psi=1.05$ ,  $1.05 \cdot 3.75=3.9375$  Συνολικά: 5.0625

Σύνολο θερμογέφυρων οροφής: 10.45

### Θερμογέφυρες δαπέδου που εδράζεται σε έδαφος:

Για τα υποστυλώματα: Σχήμα ΕΔ-11,  $\Psi=0.25$ ,  $0.25 \cdot (0.25+0.35+0.7+0.25+1+0.25+0.35+1+0.25+1)=1.35$

Για την οπτοπλινθοδομή (αγνοώντας τις πόρτες και τα παράθυρα) :Σχήμα ΕΔ-16,  $\Psi=0.15$ ,  $0.15 \cdot (4.75+1.95+1.95+3.4+1+2.1+0.75)=2.385$

Σύνολο θερμογεφυρών δαπέδου: 3.735

### Θερμογέφυρες ενδιάμεσου δαπέδου:



Ανατολικά: Σχήμα ΕΔΠ-11,  $\Psi=0.0$  και Σχήμα ΕΔΠ-10,  $\Psi=0.45$ ,  $0.45 \cdot (1.95+1)=1.3275$   
 Συνολικά: 1.3275

Δυτικά: Σχήμα ΕΔΠ-11,  $\Psi=0.0$  και Σχήμα ΕΔΠ-10,  $\Psi=0.45$ ,  $0.45 \cdot (2.4+1)=1.53$  Συνολικά:  
 1.53

Βόρεια: Σχήμα ΕΔΠ-15,  $\Psi=1.25$ ,  $1.25 \cdot (1+0.25)=1.5625$  και Σχήμα ΕΔΠ-25,  $\Psi=0.9$ ,  
 $0.90 \cdot 3.75=3.375$  Συνολικά: 4.9375

Σύνολο θερμογέφυρων ενδιάμεσου δαπέδου: 7.795

**Επομένως συνολικά οι θερμογέφυρες είναι ίσες με: 41.3**

### 8.1.4 Συστήματα

Για το **σύστημα θέρμανσης** επιλέγουμε λέβητα πετρελαίου συνολικής ισχύος 23.25 kW ( 20.000 kcal x 1.163, μετατροπή θερμίδων σε W ) και βαθμού απόδοσης 0.936 από τον κατασκευαστή (για επιθεώρηση βλ. TOTEE 1 σελ.87). Στην περίπτωση του λέβητα ο συντελεστής επίδοσης COP εισάγεται ίσος με 1. Η περίοδος χρήσης του συγκεκριμένου συστήματος είναι από το Νοέμβριο μέχρι τον Απρίλιο με 100% κάλυψη για αυτούς τους μήνες. Στο δίκτυο διανομής χρησιμοποιείται δίκτυο μονωμένων σωληνώσεων με συνολική μεταφερόμενη ισχύ ίση με 16.275 kW (70% της ισχύς του λέβητα μείον την απώλεια του λέβητα και καυσαερίων). Η θερμοκρασία σχεδιασμού προσαγωγής του θερμού μέσου του δικτύου διανομής, είναι ίση με 85°C και η θερμοκρασία σχεδιασμού επιστροφής του θερμού μέσου του δικτύου διανομής είναι ίση με 70°C. Ο βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής είναι ίσος με 0.945 (TOTEE 1 σελ.101). Ως τερματικές μονάδες επιλέγονται σώματα καλοριφέρ βαθμού απόδοσης 0.92 ( (0.89/0.97) TOTEE 1 σελ.103) και ως βοηθητικές μονάδες κυκλοφορητές ισχύος 0.5kW (από κατασκευαστή).

Επιλέξτε τα συστήματα που υπάρχουν στην ζώνη:  Θέρμανση  Ψύξη  Υγρασία  ΚΚΜ  ΖΝΧ  Ηλεκτρικός συλλέκτης  Φωτισμός

Θέρμανση Ψύξη ΖΝΧ Ηλεκτρικός συλλέκτης

Παραγωγή

| Τύπος     | Πηγή ενέργειας | Ισχύς (kW) | Β. Απ. (-) | COP (-) | Ιαν (-) | Φεβ (-) | Μαρ (-) | Απρ (-) | Μαι (-) | Ιουν (-) | Ιουλ (-) | Αυγ (-) | Σεπ (-) | Οκτ (-) | Νοε (-) |
|-----------|----------------|------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| ▶ Λέβητας | Πετρέλαιο      | 23.25      | 0.936      | 1.0     | 1       | 1       | 1       | 1       | 0       | 0        | 0        | 0       | 0       | 0       | 1       |
| *         |                |            | 1          | 1       |         |         |         |         |         |          |          |         |         |         |         |

Δίκτυο διανομής

| Τύπος                          | Ισχύς (kW) | Χώρος διέλευσης             | Ti (°C) | Tr (°C) | Β. Απ. (-) | Μόνωση                   |
|--------------------------------|------------|-----------------------------|---------|---------|------------|--------------------------|
| ▶ Δίκτυο διανομής θερμού μέσου | 16.275     | Εσωτερικοί ή έως και 20% σε | 85      | 70      | 0.945      | <input type="checkbox"/> |
| Αεραγωγός                      |            |                             |         |         |            | <input type="checkbox"/> |

Τερματικές μονάδες

| Τύπος               | Β. Απ. (-) |
|---------------------|------------|
| ▶ Θερμαντικά σώματα | 0.92       |

Βοηθητικές μονάδες

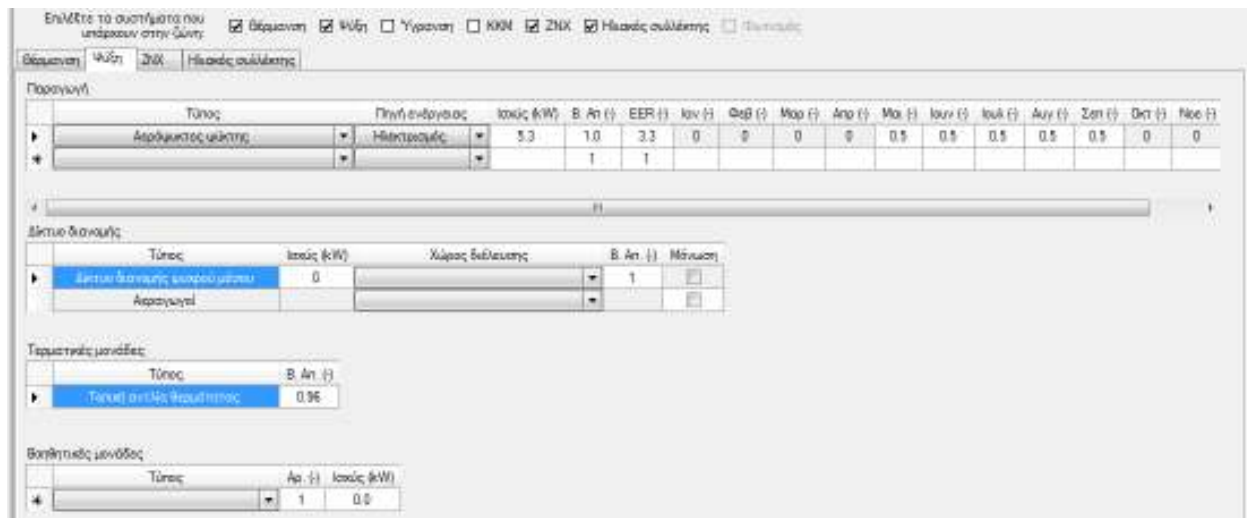
| Τύπος          | Αρ. (-) | Ισχύς (kW) |
|----------------|---------|------------|
| ▶ Κυκλοφορητές | 1       | 0.5        |
| *              | 1       | 0.0        |

Εικόνα 8.13: Πίνακας συστήματος θέρμανσης

Για το **σύστημα ψύξης** χρησιμοποιήθηκε αερόψυκτος ψύκτης με ηλεκτρισμό, ισχύος 5.3kW (split 18.000 BTU x 0.294, μετατροπή BTU σε KW), βαθμού απόδοσης 1.0 (TOTEE 1

σελ.52) και ονομαστικού δείκτη αποδοτικότητας EER=3.3 (από κατασκευαστή). Η περίοδος χρήσης του συστήματος αυτού είναι από το Μάιο έως και το Σεπτέμβριο με 50% κάλυψη για αυτούς τους μήνες. (Δεν υπάρχει δίκτυο διανομής, γιατί πρόκειται για τοπική αντλία θερμότητας.)

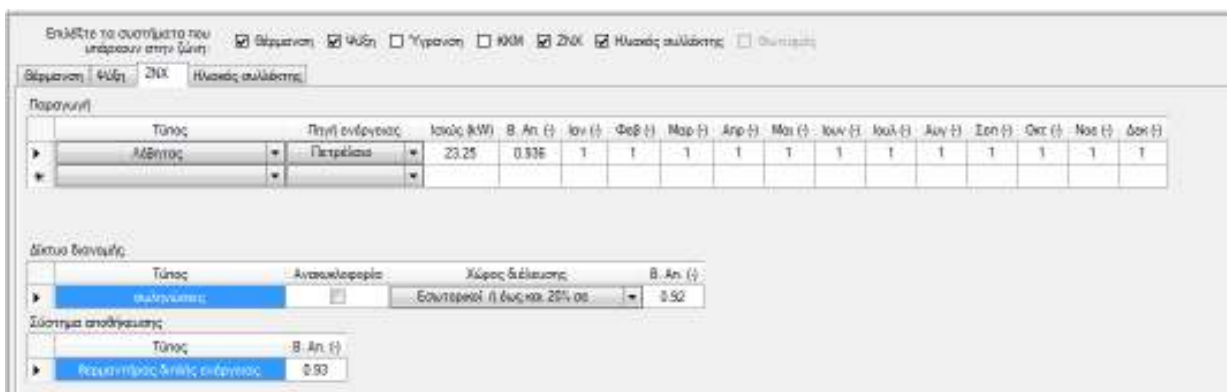
Ισχύς τερματικών μονάδων 0.96 (0.93/0.97) (Βλ. ΤΟΤΕΕ 1 σελ 105).



Εικόνα 8.14: Πίνακας συστήματος ψύξης

Για το **Ζεστό Νερό Χρήσης** χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος λέβητας πετρελαίου (ισχύος 23.25 kW και απόδοσης 0.936). Η ισχύς του επιμερίζεται από το πρόγραμμα. Θεωρούμε ότι χρησιμοποιείται όλους τους μήνες με κάλυψη 100%.

Στο δίκτυο διανομής χρησιμοποιείται δίκτυο μονωμένων σωληνώσεων με βαθμό απόδοσης 0.92 (ΤΟΤΕΕ 1 σελ.117). Επίσης, χρησιμοποιείται σαν δεξαμενή αποθήκευσης ένας θερμαντήρας διπλής ενέργειας boiler, βαθμού απόδοσης 0.93. (ΤΟΤΕΕ 1 σελ.118).



Εικόνα 8.15: Πίνακας συστήματος ΖΝΧ

Χρησιμοποιείται επιλεκτικός επίπεδος ηλιακός συλλέκτης με ένδειξη κάλυψης ζεστού νερού χρήσης και συντελεστή αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για ζεστό νερό χρήσης 0.359. Η συνολική απορροφητική επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών είναι 2 m<sup>2</sup>. (Για το ζεστό νερό χρήσης υπολογίζονται 50 λίτρα ανά άτομο ανά ημέρα. Άρα, χρησιμοποιείται θερμαντήρας 120 λίτρων, ο οποίος απαιτεί 2m<sup>2</sup> επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών.)

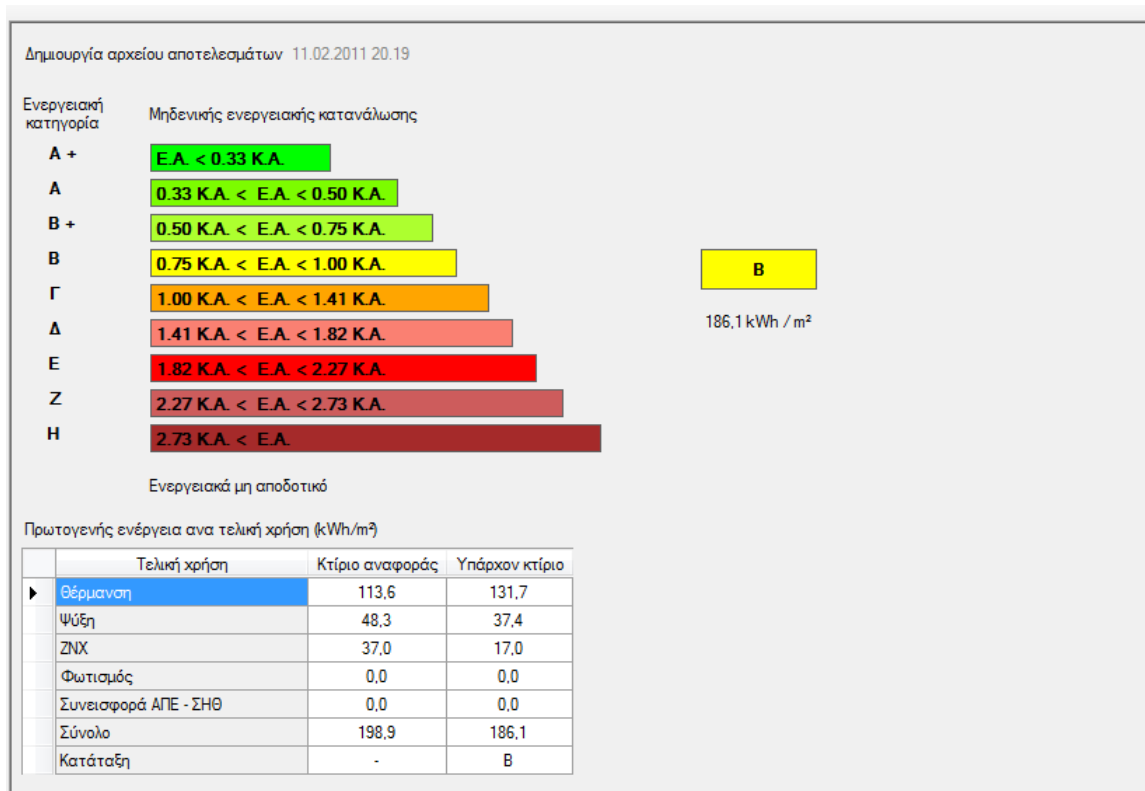
Επιλέξτε τα συστήματα που υπάρχουν στην ζώνη:  Θέρμανση  Ψύξη  Υγρανση  ΚΚΜ  ΖΝΧ  Ηλιακός συλλέκτης  Φωτισμός

Θέρμανση Ψύξη ΖΝΧ Ηλιακός συλλέκτης

| Τύπος                | Θέρμανση                 | ΖΝΧ                                 | Συν. α (-) | Συν. β (-) | Επιφάνεια (m <sup>2</sup> ) | γ (deg) | β (deg) | F_s (-) |
|----------------------|--------------------------|-------------------------------------|------------|------------|-----------------------------|---------|---------|---------|
| Επιλεκτικός επίπεδος | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 0.359      |            | 2                           | 180     | 30      | 1       |

Εικόνα 8.17: Πίνακας ηλιακού συλλέκτη

Με ανάλυση των αποτελεσμάτων το κτίριο που μελετήσαμε ανήκει στην ενεργειακή κατηγορία B κι η αντίστοιχη κατανάλωσή του είναι 186.1 kWh/m<sup>2</sup>.

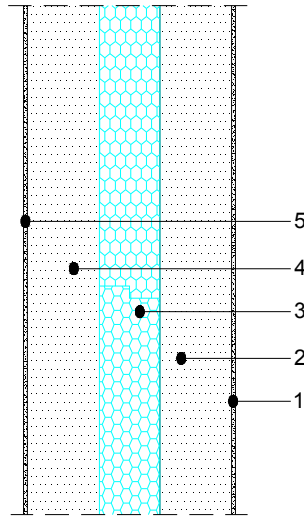


Εικόνα 8.18: Πίνακας ενεργειακής κατανάλωσης υπάρχοντος κτιρίου και κτιρίου αναφοράς

## 8.2 Σενάρια

Ακολουθούν τα διαφορετικά σενάρια που πραγματοποιήθηκαν τόσο στα υλικά του κελύφους (τοιχοποιία, δοκοί- υποστυλώματα, οροφή, διαφανείς επιφάνειες) όσο και στα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Για κάθε σενάριο πραγματοποιείται υπολογισμός των ενεργειακών καταναλώσεων και του κόστους με σκοπό την εύρεση του ενεργειακά βέλτιστου.

## 8.2.1 Εναλλακτικά σενάρια τοιχοποιίας



Εικόνα 8.19:Τυπική διατομή τοιχοποιίας που αποτελείται από 1: επίχρισμα ασβεστοκονιάματος, 2: οπτόπλινθο, 3: μονωτικό υλικό, 4: οπτόπλινθο, 5: επίχρισμα ασβεστοκονιάματος)

Κατά το αρχικό σενάριο η τοιχοποιία αποτελείται από επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2cm, οπτόπλινθους 9cm, διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες 6cm, οπτόπλινθους 9cm και επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2cm και έχει  $U=0.4522$  και ενεργειακή κατανάλωση **186.1 kWh/m<sup>2</sup>**.

Εναλλακτικά σενάρια:

1η περίπτωση: Αντικαθίσταται η διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες με υαλοβάμβακα σε μορφή πλακών με πάχος 6cm (καθώς για πάχος μικρότερο των 6cm προκύπτει συντελεστής  $U>0.5$ , άνω του επιτρεπτού ορίου του ΚΕΝΑΚ) και προκύπτει  $U=0.4720$ . Με αντικατάσταση στο πρόγραμμα ΚΕΝΑΚ, το κτίριο ανήκει στην κατηγορία Β και έχει ενεργειακή κατανάλωση **186.9 kWh/m<sup>2</sup>**, δηλαδή ελάχιστη μεγαλύτερη του αρχικού σεναρίου 186.1 kWh/m<sup>2</sup>.

2η περίπτωση: Επιλέγεται σα μονωτικό υλικό πετροβάμβακας σε μορφή πλακών με πάχος 6cm και προκύπτει  $U=0.4720$ . Οπότε τα ενεργειακά αποτελέσματα του προγράμματος είναι όμοια με την πρώτη περίπτωση.

3η περίπτωση: Τοποθετείται ορυκτοβάμβακας σε μορφή πλακών πάχους 6cm με  $U=0.4913$ . Το κτίριο είναι ενεργειακής κατάταξης Β και έχει κατανάλωση **187.5 kWh/m<sup>2</sup>** μεγαλύτερη του αρχικού σεναρίου.

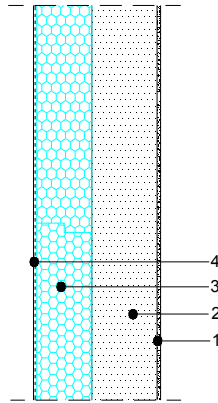
4η περίπτωση: Θεωρητικά μπορούν να τοποθετηθούν φύλλα και πλάκες από φελλό με πάχος 7cm (για πάχος μικρότερο των 7cm προκύπτουν  $U>0.50$ ) και  $U_{\text{τοίχου}}=0.4789<0.50$ . Ωστόσο, σε αυτή τη διάσταση δεν κυκλοφορούν στο εμπόριο. Επιλέγεται λοιπόν, η τοποθέτηση δύο πλακών 2x4cm, που δίνει  $U=0.4319$ . Το κτίριο είναι ενεργειακής κατάταξης Β με ενεργειακή κατανάλωση **185.1 kWh/m<sup>2</sup>**.

5η περίπτωση: Επιλέγονται σα μονωτικό υλικό οι πλάκες ξυλόμαλλου με ανόργανο συνδετικό. Παρατηρείται ότι προκειμένου να προκύψει επιτρεπτό  $U_{\text{value}}$ , πρέπει το πάχος της πλάκας να φτάσει τα 7 cm. Επιλέγουμε 7.5cm (αυτή η διάσταση κυκλοφορεί στο εμπόριο) και δίνει  $U_{\text{value}}=0.4622$ . Το κτίριο προκύπτει κατηγορίας Β με ενεργειακή κατανάλωση **186.4 kWh/m<sup>2</sup>**.

6η περίπτωση: Επιλέγεται αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες με πάχος 6cm που δίνει τα ίδια αποτελέσματα με το αρχικό σενάριο.

7η περίπτωση: Τοποθετείται διογκωμένη πολυουρεθάνη με κλειστές κυψελίδες σε πλάκες, οπότε προκύπτει  $U_{\text{τοιχού}}=0.3744$  για 5cm πάχος. Το κτίριο ανήκει στην κατηγορία B και έχει ενεργειακή κατανάλωση **183.1 kWh/m<sup>2</sup>**

8η περίπτωση:



Εικόνα 8.20: Τυπική διατομή θερμοπρόσοψης που αποτελείται από 1: επίχρισμα ασβεστοκονιάματος, 2: οπτόπλινθο (είτε πλάτους 15 cm, είτε Poroton πλάτους 20 cm), 3: εξηλασμένη πολυστερίνη, 4: ένα είδος κόλλας roughcast)

Τοποθετείται θερμοπρόσοψη εξωτερικά της τοιχοποιίας. Από έξω προς τα μέσα τοποθετείται εξηλασμένη πολυστερίνη 6cm, καθώς για 5cm το U-value βγαίνει μεγαλύτερο από 0.50, ακολουθεί το τούβλο πάχους 15 cm και σοβάς πάχους 2 cm. Το  $U_{\text{τοιχού}}$  προκύπτει ίσο με 0.4670 και καθιστά το κτίριο κατηγορίας B με ενεργειακή κατανάλωση **186.5 kWh/m<sup>2</sup>**. Για πάχος θερμοπρόσοψης ίσο 7cm προκύπτει το  $U=0.4120$ , η ενεργειακή κατάταξη B και η ενεργειακή κατανάλωση **184.6 kWh/m<sup>2</sup>**, μικρότερη αυτής του αρχικού σεναρίου.

9η περίπτωση: Τελευταία επιλογή αποτελεί η χρήση τούβλων τύπου Poroton, τα οποία είναι τούβλα ειδικής επεξεργασίας με μοναδικές θερμομονωτικές ιδιότητες και  $\lambda=0.297$  (στο ΤΕΕ έχουν  $\lambda=0.24$ , αλλά η διάσταση που επιλέχθηκε με αυτές τις ιδιότητες κυκλοφορεί στην αγορά). Χρησιμοποιείται ασβεστοκονίαμα πάχους 2 cm εσωτερικά του τούβλου των 20 cm και θερμοπρόσοψη πάχους 5cm. Το Uvalue της τοιχοποιίας προκύπτει 0.4358, το κτίριο είναι ενεργειακής κατάταξης B και έχει ενεργειακή κατανάλωση **185.2 kWh/m<sup>2</sup>**, ελαφρώς μεγαλύτερη από την αμέσως προηγούμενη περίπτωση. Για πάχος θερμοπρόσοψης 7cm προκύπτει  $U=0.3489$  και ενεργειακή κατανάλωση **182.3 kWh/m<sup>2</sup>**.

Τα ευνοϊκότερα αποτελέσματα παρατηρούνται στην 7<sup>η</sup> και στην 9<sup>η</sup> περίπτωση.

### 8.2.1.1 Κόστος εναλλακτικών σεναρίων τοιχοποιίας

Προκειμένου να αποκτηθεί μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με τις εναλλακτικές λύσεις που προτάθηκαν στο κέλυφος του κτιρίου κρίνεται σκόπιμη η παρουσίαση του κόστους των εναλλακτικών σεναρίων. Το κόστος αυτό περιλαμβάνει τις τρέχουσες τιμές της αγοράς χωρίς έκπτωση, χωρίς Φ.Π.Α. και χωρίς ΙΚΑ, στις οποίες έχει προστεθεί το κόστος εγκατάστασης.

Σχετικά με το αρχικό σενάριο η διογκωμένη πολυστερίνη των 6cm πωλείται 9 €/m<sup>2</sup>, τα τούβλα που χρησιμοποιήθηκαν έχουν διαστάσεις 90x120x190 και τιμή 0.08€/τεμάχιο. Υπολογίστηκε πως απαιτούνται 48 τεμάχια/m<sup>2</sup>, επομένως το τετραγωνικό μέτρο για διπλή τοιχοποιία (με προσαύξηση 3%) κοστίζει 12.9€/m<sup>2</sup>. Τέλος, ο σοβάς που χρησιμοποιήθηκε πωλείται 4€/m<sup>2</sup> και αφού τοποθετείται εξωτερικά και εσωτερικά, προκύπτει κόστος 8€/m<sup>2</sup>. Επομένως, για το αρχικό σενάριο απαιτείται δαπάνη 29.9€/m<sup>2</sup>.

| ΥΛΙΚΑ                  | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| οπτόπλινθοι            | 9          | 6.45                       |
| διογκωμένη πολυστερίνη | 6          | 9                          |
| οπτόπλινθοι            | 9          | 6.45                       |
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>          | 28         | <b>29.9</b>                |

|  |              |
|--|--------------|
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>186.1</b> |
|--|--------------|

1η περίπτωση: Το κόστος του υαλοβάμβακα σε μορφή πλακών είναι 5.7€/m<sup>2</sup>, Συνεπώς προκύπτει μείωση 3.3€ σε σχέση με το αρχικό σενάριο.

| ΥΛΙΚΑ          | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|----------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα | 2          | 4                          |
| οπτόπλινθοι    | 9          | 6.45                       |
| υαλοβάμβακας   | 6          | 5.7                        |
| οπτόπλινθοι    | 9          | 6.45                       |
| ασβεστοκονίαμα | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>  | 28         | <b>26.6</b>                |

|  |              |
|--|--------------|
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>186.9</b> |
|--|--------------|

2η περίπτωση: Το κόστος της μόνωσης με πετροβάμβακα σε μορφή πλακών με τιμή 8.5€/m<sup>2</sup> προκύπτει 0.5€ μείωση σε σχέση με το αρχικό κόστος.

| ΥΛΙΚΑ          | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|----------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα | 2          | 4                          |
| οπτόπλινθοι    | 9          | 6.45                       |
| υαλοβάμβακας   | 6          | 8.5                        |
| οπτόπλινθοι    | 9          | 6.45                       |
| ασβεστοκονίαμα | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>  | 28         | <b>29.4</b>                |

|  |              |
|--|--------------|
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>186.9</b> |
|--|--------------|

3η περίπτωση: Όσον αφορά στην περίπτωση του ορυκτοβάμβακα, δε βρέθηκε τιμή πώλησης, γεγονός που δηλώνει πως δεν είναι ιδιαίτερα εύχρηστο μονωτικό υλικό.

4η περίπτωση: Όμοια στην περίπτωση των πλακών από φελλό, δεν ήταν δυνατό να υπολογιστεί το κόστος.

5η περίπτωση: Η τιμή του ξυλόμαλλου είναι 12.5 €/m<sup>2</sup> και το κόστος αυτής της λύσης είναι 3.5€ μεγαλύτερο ως προς το αρχικό.

| ΥΛΙΚΑ          | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|----------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα | 2          | 4                          |
| οπτόπλινθοι    | 9          | 6.45                       |
| ξυλόμαλλο      | 7.5        | 12.5                       |
| οπτόπλινθοι    | 9          | 6.45                       |
| ασβεστοκονίαμα | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>  |            | <b>33.4</b>                |

|  |              |
|--|--------------|
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>186.4</b> |
|--|--------------|

6η περίπτωση: Στην περίπτωση της μόνωσης με εξηλασμένη πολυστερίνη το κόστος τετραγωνικού μέτρου είναι 15.0€, επομένως προκύπτει αύξηση 6.0€/m<sup>2</sup>.

| ΥΛΙΚΑ                  | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| οπτόπλινθοι            | 9          | 6.45                       |
| εξηλασμένη πολυστερίνη | 6          | 15                         |
| οπτόπλινθοι            | 9          | 6.45                       |
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>          |            | <b>35.9</b>                |

|  |              |
|--|--------------|
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>186.1</b> |
|--|--------------|

7η περίπτωση: Η χρήση της διογκωμένη πολυουρεθάνης των 5cm έχει κόστος 19.0€/m<sup>2</sup>, οπότε προκύπτει αύξηση 10€/m<sup>2</sup> σε σχέση με το αρχικό σενάριο.

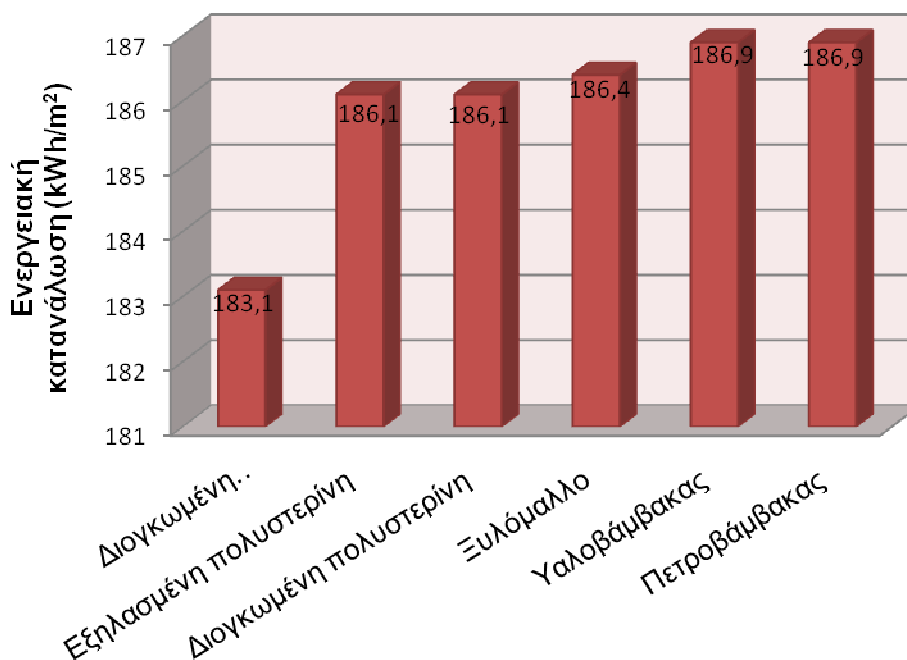
| ΥΛΙΚΑ                   | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα          | 2          | 4                          |
| οπτόπλινθοι             | 9          | 6.45                       |
| διογκωμένη πολυουρεθάνη | 5          | 19                         |
| οπτόπλινθοι             | 9          | 6.45                       |
| ασβεστοκονίαμα          | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>           |            | <b>39.9</b>                |

|  |              |
|--|--------------|
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>183.1</b> |
|--|--------------|

Οι περιπτώσεις 8,9 που αφορούν τη θερμοπρόσοψη θα μελετηθούν σε συνδυασμό με τη θερμοπρόσοψη των ξυλοτύπων για σωστότερα αποτελέσματα.

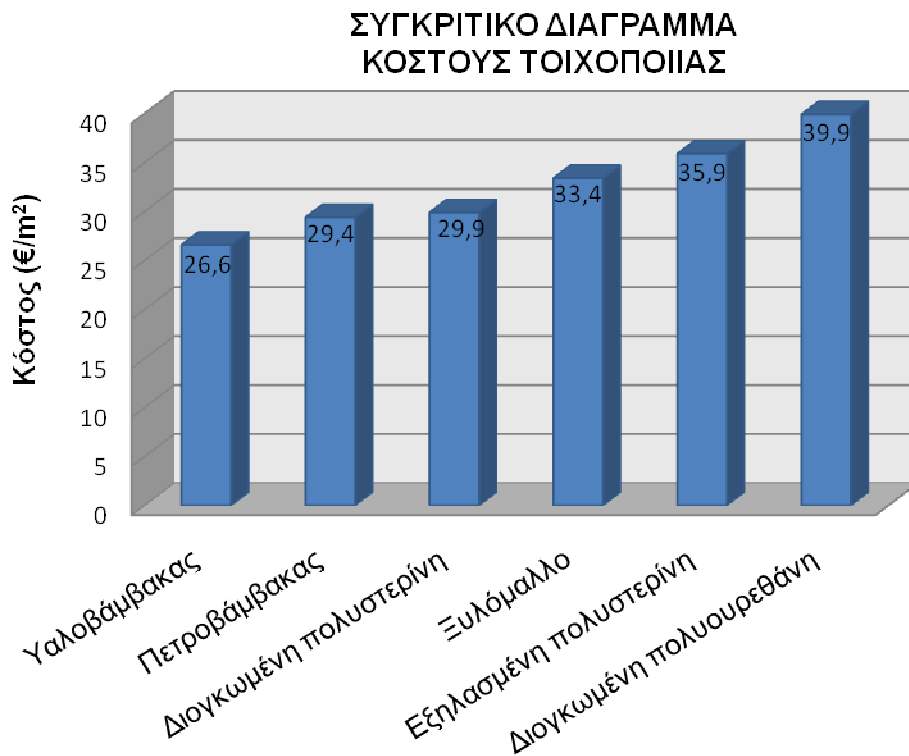
Παρατηρείται λοιπόν, η 7<sup>η</sup> περίπτωση που ήταν ευνοϊκότερη ως προς την κατανάλωση αποτελεί ιδιαίτερα ακριβή λύση, γεγονός που καθιστά κατανοητό γιατί η πολυουρεθάνη παρόλο που έχει πολύ καλές μονωτικές ιδιότητες δεν χρησιμοποιείται ευρέως.

### ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ



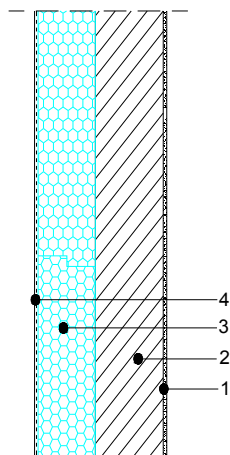
Σχήμα 8.1: Συγκριτικό διάγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης τοιχοποιίας





Σχήμα 8.2: Συγκριτικό διάγραμμα κόστους τοιχοποιίας

### 8.2.2 Εναλλακτικά σενάρια δοκών - υποστυλωμάτων



Εικόνα 8.21: Τυπική διατομή τοιχοποιίας που αποτελείται από 1: επίχρισμα ασβεστοκονιάματος, 2: οπλισμένο σκυρόδεμα, 3: μονωτικό υλικό, 4: επίχρισμα ασβεστοκονιάματος)

Τα υποστυλώματα, οι δοκοί και οι πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελούνται από επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2cm, οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm, διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες 6cm, επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2cm οπότε, προκύπτει  $U=0.4975$  και ενεργειακή κατανάλωση **186.1 kWh/m<sup>2</sup>**.

Τα εναλλακτικά σενάρια είναι τα εξής:

- 1η περίπτωση: Αντικαθίσταται η διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες με υαλοβάμβακα σε μορφή πλακών με πάχος 7cm (καθώς για πάχος μικρότερο προκύπτει συντελεστής  $U > 0.5$ , άνω του επιτρεπτού ορίου) και προκύπτει  $U = 0.4571$ . Με αντικατάσταση στο πρόγραμμα KENAK προκύπτει ότι το κτίριο ανήκει στην κατηγορία B και έχει ενεργειακή κατανάλωση **184.7 kWh/m<sup>2</sup>**.
- 2η περίπτωση: Επιλέγεται σα μονωτικό υλικό πετροβάμβακας σε μορφή πλακών με πάχος 7cm, οπότε τα αποτελέσματα είναι ίδια με την πρώτη περίπτωση.
- 3η περίπτωση: Τοποθετείται ορυκτοβάμβακας σε μορφή πλακών πάχους 6cm με  $U = 0.4783$ . Προκύπτει το κτίριο ενεργειακής κατάταξης B με κατανάλωση **185.3 kWh/m<sup>2</sup>**, μικρότερη του αρχικού σεναρίου.
- 4η περίπτωση: Θεωρητικά μπορούν να τοποθετηθούν φύλλα και πλάκες από φελλό με πάχος 7cm (για πάχος μικρότερο των 7cm προκύπτουν  $U > 0.50$ ) και  $U_{\text{τοίχου}} = 0.4789 < 0.50$ . Ωστόσο σε αυτή τη διάσταση δεν κυκλοφορούν στο εμπόριο. Επιλέγεται λοιπόν, αναγκαστικά η αμέσως μεγαλύτερη διάσταση, 8cm που δίνει  $U = 0.4730$ . Το κτίριο είναι ενεργειακής κατάταξης B με ενεργειακή κατανάλωση **185.2 kWh/m<sup>2</sup>**, μικρότερη του αρχικού σεναρίου.
- 5η περίπτωση: Επιλέγονται σα μονωτικό υλικό οι πλάκες ξυλόμαλλου με ανόργανο συνδετικό (Heraclit). Παρατηρείται ότι προκειμένου να προκύψει  $U_{\text{value}}$  τοίχου μικρότερο από 0.50, πρέπει το πάχος της πλάκας να ξεπεράσει τα 7.5 cm. Επιλέγουμε 10cm (την αμέσως μεγαλύτερη διάσταση που κυκλοφορεί στο εμπόριο) και δίνει  $U_{\text{value}} = 0.3971$ . Το κτίριο προκύπτει κατηγορίας B με ενεργειακή κατανάλωση **183 kWh/m<sup>2</sup>**, έχει όμως αυξημένο πάχος.
- 6η περίπτωση: Επιλέγεται αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες με πάχος 6cm που δίνει τα ίδια αποτελέσματα με το αρχικό σενάριο.
- 7η περίπτωση: Τοποθετείται διογκωμένη πολυουρεθάνη με κλειστές κυψελίδες σε πλάκες, οπότε προκύπτει  $U_{\text{τοίχου}} = 0.4049$  για 5cm πάχος. Το κτίριο προκύπτει κατηγορίας B και έχει ενεργειακή κατανάλωση **183.1 kWh/m<sup>2</sup>**.
- 8η περίπτωση: Τοποθετείται θερμοπρόσοψη εξωτερικά του οπλισμένου σκυροδέματος. Από έξω προς τα μέσα τοποθετείται η θερμοπρόσοψη που είναι εξηλασμένη πολυστερίνη, ακολουθεί το μπετό πάχους 20 cm και ο σοβάς πάχους 2 cm από τη μέσα πλευρά. Η εξηλασμένη πολυστερίνη με πάχος 7 cm δίνει  $U = 0.44$  και καθιστά το κτίριο κατηγορίας B με ενεργειακή κατανάλωση **184.3 kWh/m<sup>2</sup>** μικρότερη αυτής του αρχικού σεναρίου.

Ευνοϊκότερες περιπτώσεις είναι οι: 1<sup>η</sup>, 2<sup>η</sup>, 7<sup>η</sup> και η 8<sup>η</sup> περίπτωση.

#### 8.2.2.1 Κόστος εναλλακτικών σεναρίων δοκών – υποστυλωμάτων

Ξεκινώντας από το αρχικό σενάριο η διογκωμένη πολυστερίνη των 6 cm πωλείται 9€/m<sup>2</sup>. Στο ποσό αυτό πρέπει να προστεθεί και το κόστος του σοβά που τοποθετείται εξωτερικά και εσωτερικά του ξυλότυπου που είναι 8€/m<sup>2</sup>. Επομένως, το συνολικό κόστος του τετραγωνικού προκύπτει ίσο με 17€/m<sup>2</sup>. Στο κόστος αυτό θα έπρεπε να προστεθεί και το κόστος του οπλισμένου σκυροδέματος, ωστόσο είναι κοινό σε όλες τις περιπτώσεις, οπότε παραλείπεται.

| ΥΛΙΚΑ                  | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| οπλισμένο σκυρόδεμα    | 20         | -                          |
| διογκωμένη πολυστερίνη | 6          | 9                          |
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>          |            | <b>17</b>                  |

|  |              |
|--|--------------|
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>186.1</b> |
|--|--------------|

1η περίπτωση: Η εναλλακτική αυτή λύση μόνωσης με υαλοβάμβακα έχει σαν αποτέλεσμα μείωση του κόστους κατά 3€/m<sup>2</sup>, αφού ο υαλοβάμβακας σε διάσταση 7 cm πωλείται 6€/m<sup>2</sup>.

| ΥΛΙΚΑ               | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα      | 2          | 4                          |
| οπλισμένο σκυρόδεμα | 20         | -                          |
| υαλοβάμβακας        | 7          | 6                          |
| ασβεστοκονίαμα      | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>       |            | <b>14</b>                  |

|  |              |
|--|--------------|
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>184.7</b> |
|--|--------------|

2η περίπτωση: Το κόστος της μόνωσης με πετροβάμβακα είναι ίσο 10.3€/m<sup>2</sup>, επομένως προκύπτει αύξηση 1.3€/m<sup>2</sup> σε σχέση με το αρχικό σενάριο.

| ΥΛΙΚΑ               | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα      | 2          | 4                          |
| οπλισμένο σκυρόδεμα | 20         | -                          |
| πετροβάμβακας       | 7          | 10.3                       |
| ασβεστοκονίαμα      | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>       |            | <b>18.3</b>                |

|  |              |
|--|--------------|
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>184.7</b> |
|--|--------------|

3η περίπτωση: Όπως προαναφέρθηκε δεν προέκυψαν δεδομένα κόστους για τον ορυκτοβάμβακα.

4η περίπτωση: Όμοια με την 3<sup>η</sup> περίπτωση και για τις πλάκες φελλού.

5η περίπτωση: Το κόστος του τετραγωνικού μέτρου της λύσης με τη χρήση πλακών από ξυλόμαλλο πάχους 10 cm 16.7€, επομένως παρατηρείται αύξηση 7.7€/m<sup>2</sup>.

| ΥΛΙΚΑ               | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα      | 2          | 4                          |
| οπλισμένο σκυρόδεμα | 20         | -                          |
| ξυλόμαλλο           | 10         | 16.7                       |
| ασβεστοκονίαμα      | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>       |            | <b>24.7</b>                |

|  |            |
|--|------------|
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>183</b> |
|--|------------|

6η περίπτωση: Το κόστος της αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 6 cm είναι 15.8€/m<sup>2</sup>, οπότε προκύπτει αύξηση 6.8€/m<sup>2</sup> σε σχέση με το αρχικό σενάριο.

| ΥΛΙΚΑ                  | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| οπλισμένο σκυρόδεμα    | 20         | -                          |
| εξηλασμένη πολυστερίνη | 6          | 15.8                       |
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>          |            | <b>23.8</b>                |

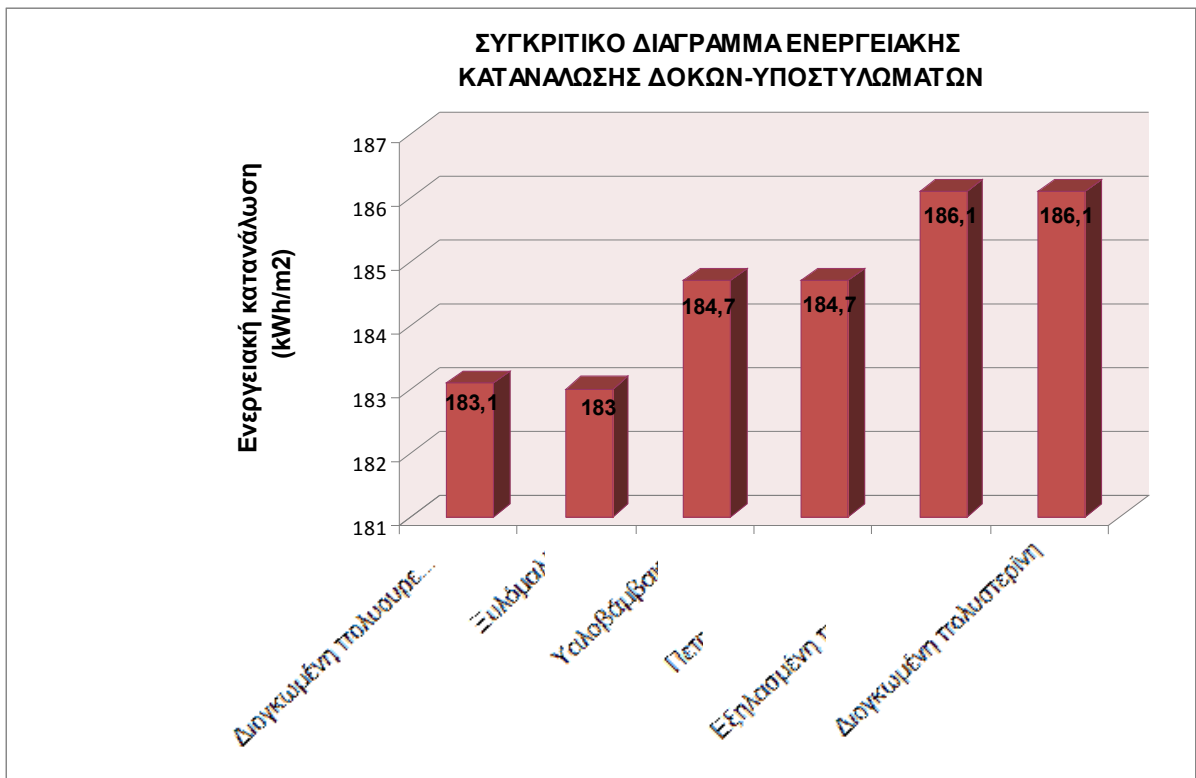
|  |              |
|--|--------------|
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>186.1</b> |
|--|--------------|

7η περίπτωση: Το κόστος της μόνωσης με διογκωμένη πολυουρεθάνη των 5 cm είναι ίσο 18.9€/m<sup>2</sup>, οπότε παρατηρείται αύξηση 9.9€/m<sup>2</sup> σε σχέση με το αρχικό σενάριο.

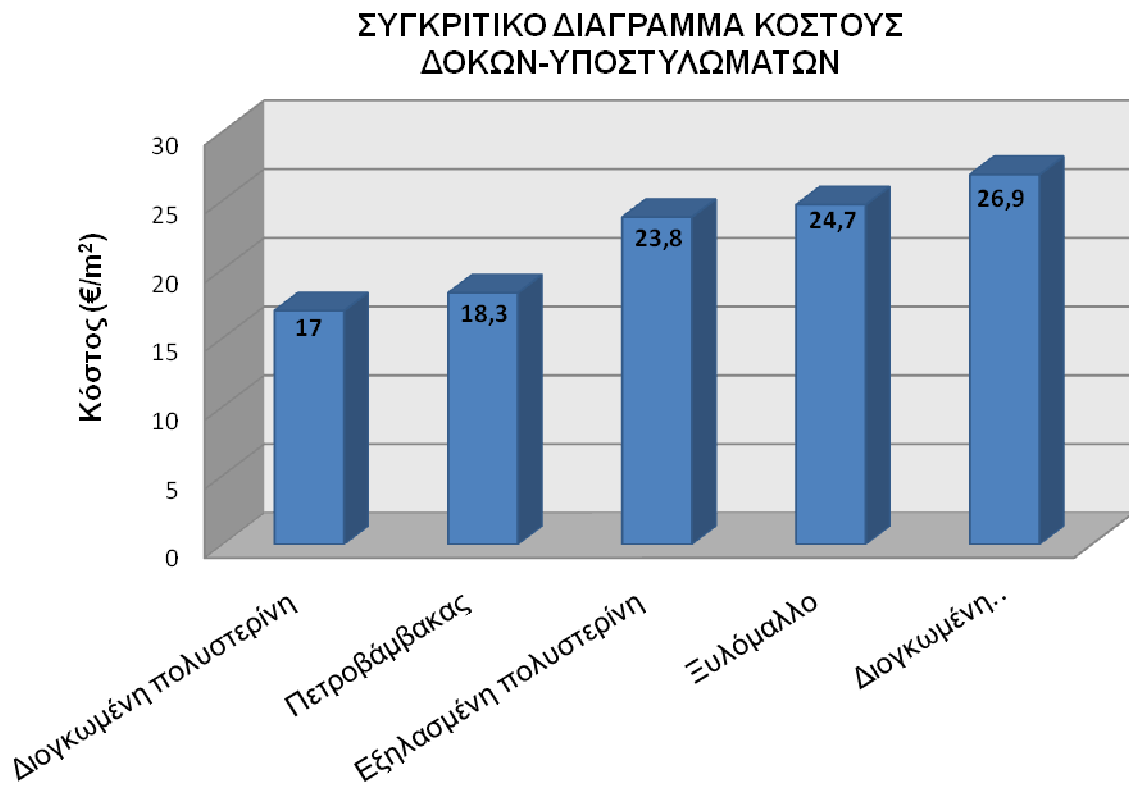
| ΥΛΙΚΑ                   | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα          | 2          | 4                          |
| οπλισμένο σκυρόδεμα     | 20         | -                          |
| διογκωμένη πολυουρεθάνη | 5          | 18.9                       |
| Ασβεστοκονίαμα          | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>           |            | <b>26.9</b>                |

|  |              |
|--|--------------|
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>183.1</b> |
|--|--------------|

8η περίπτωση: Η περίπτωση της θερμοπρόσοψης ξυλότυπου θα εξεταστεί σε συνδυασμό με τη θερμοπρόσοψη της τοιχοποιίας.



Σχήμα 8.3: Συγκριτικό διάγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης δοκών-υποστυλωμάτων



Σχήμα 8.4: Συγκριτικό διάγραμμα κόστους δοκών-υποστυλωμάτων

Παρατηρείται λοιπόν πως ενώ από άποψη κατανάλωσης ευνοϊκότερες παρουσιάστηκαν οι περιπτώσεις 1,2,7, από άποψη κόστους κρίνεται πιο συμφέρουσα η 1<sup>η</sup> περίπτωση του υαλοβάμβακα με αισθητά μικρότερο κόστος, ακολουθεί αυτή του αρχικού σεναρίου και του πετροβάμβακα, ενώ πλέον ακριβή είναι αυτή της πολυουρεθάνης παρά τα πλεονεκτήματα της όσον αφορά τις μονωτικές της ιδιότητες.

### **8.2.3 Συνδυασμός ευνοϊκότερων σεναρίων τοιχοποιίας και δοκών - υποστυλωμάτων**

Ο συνδυασμός της διογκωμένης πολυουρεθάνης στο ενδιάμεσο της τοιχοποιίας με  $U=0.3744$ , με τον υαλοβάμβακα και τον πετροβάμβακα στο εξωτερικό του φέροντα οργανισμού με  $U=0.4571$ , καθιστά το κτίριο κατηγορίας B με ενεργειακή κατανάλωση **182 kWh/m<sup>2</sup>**.

Συνδυασμός της διογκωμένης πολυουρεθάνης στο ενδιάμεσο της τοιχοποιίας με  $U=0.3744$  και της διογκωμένης πολυουρεθάνης με κλειστές κυψελίδες σε πλάκες στο εξωτερικό του ξυλότυπου με  $U=0.4049$ , έχει σαν αποτέλεσμα το κτίριο να προκύπτει κατηγορίας B με ενεργειακή κατανάλωση **180.4 kWh/m<sup>2</sup>**.

Όσον αφορά την περίπτωση της **θερμοπρόσοψης** δεν είναι σωστή η ξεχωριστή παρουσίαση αρχικά της τοιχοποιίας και μετά του φέροντα οργανισμού, καθώς τοποθετείται εξωτερικά σε μία ευθεία και έχει σαν αποτέλεσμα την αποφυγή των δημιουργούμενων θερμογέφυρων που προκύπτουν με τον παραδοσιακό τρόπο εξωτερικής μόνωσης. Συνεπώς, σωστότερο αποτέλεσμα δίνει ο από κοινού υπολογισμός τους, με ταυτόχρονη μείωση των θερμογεφυρών σε μηδενικές (λόγω εξάλειψης των ασυνεχειών της μόνωσης).

Οπότε, αρχικά συγκρίνεται η περίπτωση 8 με τη χρήση κλασικού οπτόπλινθου πλάτους 15cm και θερμοπρόσοψη με  $U=0.412$  με την αντίστοιχη θερμοπρόσοψη σε δοκούς και υποστυλώματα με  $U=0.44$  και προκύπτει η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου B και η κατανάλωσή του ίση με **160.7 kWh/m<sup>2</sup>**.

Ενώ στη συνέχεια, συγκρίνεται η περίπτωση 9, που αφορά τη χρήση τούβλων τύπου Poroton με ταυτόχρονη κατασκευή θερμοπρόσοψης με συντελεστές  $U_{\text{τοίχου}}=0.3489$  και  $U_{\text{δοκών-υποστυλωμάτων}}=0.44$ , οπότε προκύπτει ότι το κτίριο ανήκει στην κατηγορία B με ενεργειακή κατανάλωση ίση με **158.4 kWh/m<sup>2</sup>**.

Όπως ήταν αναμενόμενο, παρατηρείται πως ευνοϊκότερα είναι τα δύο τελευταία σενάρια, καθώς δίνουν τις μικρότερες καταναλώσεις.

#### **8.2.3.1 Κόστος συνδυαστικών λύσεων**

Το αρχικό σενάριο μόνωσης της τοιχοποιίας και του ξυλότυπου με διογκωμένη πολυστερίνη κοστίζει συνολικά 46.7€/m<sup>2</sup>.

| ΥΛΙΚΑ                  | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| οπτόπλινθοι            | 9          | 6.45                       |
| διογκωμένη πολυστερίνη | 6          | 9                          |
| οπτόπλινθοι            | 9          | 6.45                       |
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>          |            | <b>29.9</b>                |

| ΥΛΙΚΑ                  | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| οπλισμένο σκυρόδεμα    | 20         | -                          |
| διογκωμένη πολυστερίνη | 6          | 9                          |
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>          |            | <b>17</b>                  |

|   |              |
|---|--------------|
| ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> )         | <b>46,9</b>  |
| ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m <sup>2</sup> ) | <b>186.1</b> |

- Ο συνδυασμός της διογκωμένης πολυουρεθάνης στο ενδιάμεσο της τοιχοποιίας με τον υαλοβάμβακα στο εξωτερικό του φέροντα οργανισμού προκαλεί αύξηση του κόστους ίση με 7€/m<sup>2</sup>.

| ΥΛΙΚΑ                   | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα          | 2          | 4                          |
| οπτόπλινθοι             | 9          | 6.45                       |
| διογκωμένη πολυουρεθάνη | 5          | 19                         |
| οπτόπλινθοι             | 9          | 6.45                       |
| ασβεστοκονίαμα          | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>           |            | <b>39.9</b>                |

| ΥΛΙΚΑ               | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα      | 2          | 4                          |
| οπλισμένο σκυρόδεμα | 20         | -                          |
| υαλοβάμβακας        | 7          | 6                          |
| ασβεστοκονίαμα      | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>       |            | <b>14</b>                  |

|   |             |
|---|-------------|
| ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> )         | <b>53,9</b> |
| ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m <sup>2</sup> ) | <b>182</b>  |

- Ο συνδυασμός της διογκωμένης πολυουρεθάνης στο ενδιάμεσο της τοιχοποιίας με τον πετροβάμβακα στο εξωτερικό του φέροντα οργανισμού, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της δαπάνης κατά 11.3€/m<sup>2</sup>.

| ΥΛΙΚΑ                   | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα          | 2          | 4                          |
| οπτόπλινθοι             | 9          | 6.45                       |
| διογκωμένη πολυουρεθάνη | 5          | 19                         |
| οπτόπλινθοι             | 9          | 6.45                       |
| ασβεστοκονίαμα          | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>           |            | <b>39.9</b>                |

| ΥΛΙΚΑ               | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα      | 2          | 4                          |
| οπλισμένο σκυρόδεμα | 20         | -                          |
| πετροβάμβακας       | 7          | 10.3                       |
| ασβεστοκονίαμα      | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>       |            | <b>18.3</b>                |

|  |             |
|--|-------------|
| <b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€/m<sup>2</sup>)</b>         | <b>58.2</b> |
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>182</b>  |

- Συνδυασμός της διογκωμένης πολυουρεθάνης στο ενδιάμεσο της τοιχοποιίας και της διογκωμένης πολυουρεθάνης με κλειστές κυψελίδες σε πλάκες στο εξωτερικό του ξυλότυπου οδηγεί σε συνολική αύξηση κατά 19.9€/m<sup>2</sup>.

| ΥΛΙΚΑ                   | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα          | 2          | 4                          |
| οπτόπλινθοι             | 9          | 6.45                       |
| διογκωμένη πολυουρεθάνη | 5          | 19                         |
| οπτόπλινθοι             | 9          | 6.45                       |
| ασβεστοκονίαμα          | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>           |            | <b>39.9</b>                |



| ΥΛΙΚΑ  | ΠΑΧΟΣ (cm)   | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|--|--------------|----------------------------|
| ασβεστοκονίαμα                                   | 2            | 4                          |
| οπλισμένο σκυρόδεμα                              | 20           | -                          |
| διογκωμένη πολουρεθάνη                           | 5            | 18.9                       |
| ασβεστοκονίαμα                                   | 2            | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                    |              | <b>26.9</b>                |
| <b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€/m<sup>2</sup>)</b>         | <b>66.8</b>  |                            |
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>180.4</b> |                            |

- Αρχικά, συγκρίνεται η περίπτωση 8 με τη χρήση κλασικού οπτόπλινθου με την αντίστοιχη θερμοπρόσοψη σε δοκούς και υποστρώματα. Οι οπτόπλινθοι που αποτελούν τη μονή τοιχοποιία έχουν διάσταση 150x180x320. Υπολογίστηκε πως απαιτούνται 23 τεμάχια/m<sup>2</sup> με τιμή 0.20€/τεμάχιο, οπότε προκύπτει κόστος ίσο με 8.74€/m<sup>2</sup>. Το κόστος της θερμοπρόσοψης με χρήση της διογκωμένης πολυστερίνης (11.5 €/m<sup>2</sup>), ειδικής κόλλας (23€ το δοχείο των 25kg), γωνιόκρανων (7.5 €/τεμάχιο), ειδικού πλέγματος (2.6 €/m), ασταριού (80 €/δοχείο) και ειδικού σοβά (86 €/δοχείο) προκύπτει 48€/m<sup>2</sup> (συμπεριλαμβανομένου και του κόστους εργασίας). Επομένως, το συνολικό κόστος της θερμοπρόσοψης, έχοντας προσθέσει και το κόστος του σοβά από την εσωτερική πλευρά του τοίχου (4€/m<sup>2</sup>) είναι 112.74€/m<sup>2</sup>. Οπότε, προκύπτει αύξηση ίση με 66.04€/m<sup>2</sup>.

| ΥΛΙΚΑ                  | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|------------|----------------------------|
| εξηλασμένη πολυστερίνη | 7          | 48                         |
| οπτόπλινθοι            | 15         | 8.74                       |
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>          |            | <b>60.74</b>               |

| ΥΛΙΚΑ                  | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|------------|----------------------------|
| εξηλασμένη πολυστερίνη | 7          | 48                         |
| οπλισμένο σκυρόδεμα    | 20         | -                          |
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>          |            | <b>52</b>                  |

|  |               |
|--|---------------|
| <b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€/m<sup>2</sup>)</b>         | <b>112.74</b> |
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>160.7</b>  |

- Στη συνέχεια, συγκρίνεται η περίπτωση 9, που αφορά τη χρήση τούβλων τύπου Poroton με ταυτόχρονη κατασκευή θερμοπρόσοψης. Τα τούβλα Poroton που επιλέχθηκαν έχουν διαστάσεις 200x150x300. Υπολογίστηκε πως απαιτούνται 28 τεμάχια/m<sup>2</sup>, με τιμή 0.20€/τεμάχιο. Ταυτόχρονα, προσθέτοντας το κόστος της

θερμοπρόσοψης και του σοβά προκύπτουν συνολικά 113.77€/m<sup>2</sup>, δηλαδή αύξηση σε σχέση με το αρχικό σενάριο ίση με 67.07€/m<sup>2</sup>.

| ΥΛΙΚΑ                  | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|------------|----------------------------|
| εξηλασμένη πολυστερίνη | 7          | 48                         |
| ΡΟΡΟΤΟΝ                | 20         | 9.7                        |
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>          |            | <b>61.7</b>                |

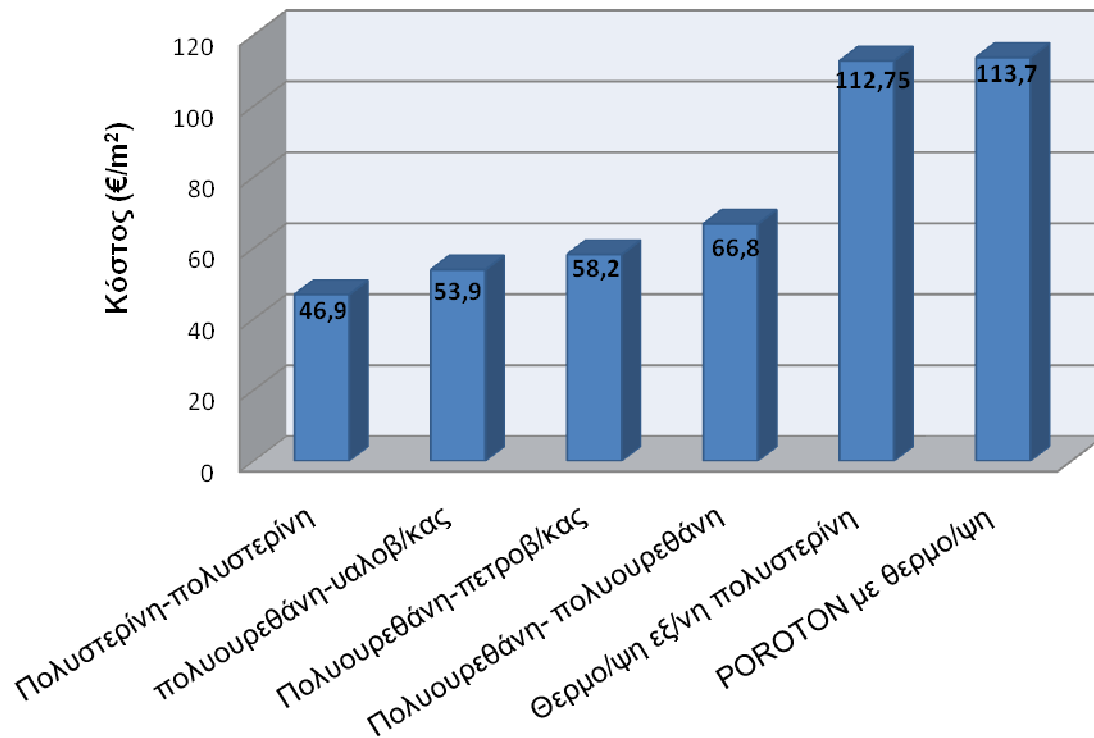
| ΥΛΙΚΑ                  | ΠΑΧΟΣ (cm) | ΚΟΣΤΟΣ (€/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|------------|----------------------------|
| εξηλασμένη πολυστερίνη | 7          | 48                         |
| οπλισμένο σκυρόδεμα    | 20         | -                          |
| ασβεστοκονίαμα         | 2          | 4                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>          |            | <b>52</b>                  |

|  |              |
|--|--------------|
| <b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€/m<sup>2</sup>)</b>         | <b>113.7</b> |
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>)</b> | <b>158.4</b> |



Σχήμα 8.5: Συγκριτικό διάγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης συνδυαστικών λύσεων

### ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΣΕΩΝ

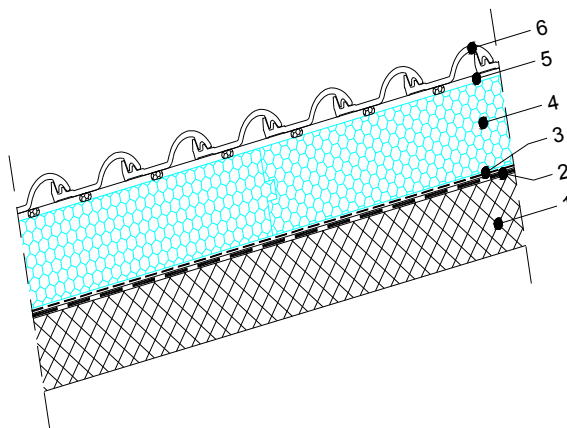


Σχήμα 8.6: Συγκριτικό διάγραμμα κόστους συνδυαστικών λύσεων

Παρατηρούμε λοιπόν, πως τα δύο ευνοϊκότερα από ενεργειακή άποψη σενάρια της θερμοπρόσοψης έχουν μια διαφορά της τάξης των 70€ σε σχέση με το αρχικό, δηλαδή σχεδόν τριπλάσια τιμή. Το γεγονός αυτό ωστόσο, δεν βοηθά στο να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα για το κατά πόσο συμφέρει η κατασκευή της θερμοπρόσοψης. Για το λόγο αυτό ακολουθείται η εξής διαδικασία με σκοπό να υπολογιστεί ο χρόνος που απαιτείται προκειμένου να γίνει απόσβεση της διαφοράς κόστους μεταξύ της κλασικής λύσης και της ευνοϊκότερης, δηλαδή της θερμοπρόσοψης με τα τούβλα Poroton. Υπολογίζεται το συνολικό κόστος της θερμοπρόσοψης τοιχοποιίας και δοκών υποστυλωμάτων για όλο το κτίριο που είναι ίσο με  $62.94 \times 61.7 + 45.69 \times 52 = 6259.278\text{€}$ , το κόστος της 1<sup>ης</sup> λύσης που ισούται με  $62.94 \times 29.9 + 45.69 \times 17 = 2658.636\text{€}$  και η διαφορά τους που είναι ίση με  $3600.642\text{€}$ . Η διαφορά στην ενεργειακή κατανάλωση μεταξύ των δύο λύσεων αντιστοιχεί σε  $186.1 - 158.4 = 27.7 \text{ kWh/m}^2$ , συνεπώς για τη συνολική επιφάνεια του κτιρίου προκύπτει διαφορά ίση με  $1634.3 \text{ kWh}$  το έτος. Αν πολλαπλασιαστεί αυτή η τιμή με το κόστος της kWh, προκύπτει το ποσό που εξοικονομείται με τη χρήση θερμοπρόσοψης ετησίως που είναι  $1634.3 \times 0.13 = 212.459\text{€}$ . Επομένως, διαιρώντας το πλεόνασμα της ενεργειακής κατανάλωσης της συμβατικής κατασκευής με το ποσό εξοικονόμησης που υπολογίστηκε προκύπτουν  $3600.642 / 212.459 = 16.94$  έτη. Καταλήξαμε λοιπόν στο συμπέρασμα πως το κόστος της ευνοϊκότερης ενεργειακά λύσης αποσβένεται σε **17** έτη.

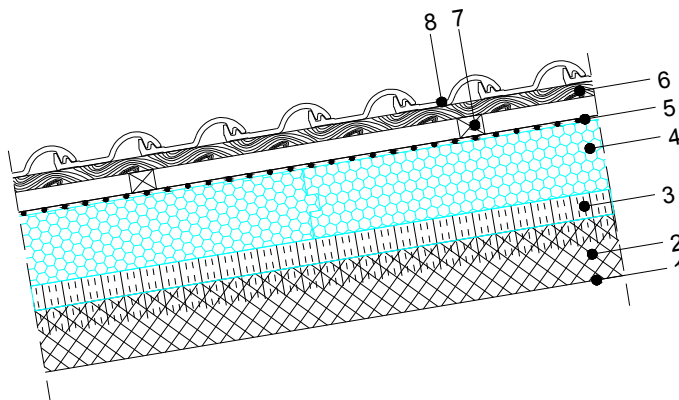
#### 8.2.4 Εναλλακτικά σενάρια οροφής

Για την κεκλιμένη οροφή οι αρχικές στρώσεις που επιλέχθηκαν είναι: κεραμίδι 1.5cm, τσιμεντοκονίαμα 2cm, διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες 7cm, ασφατικά φύλλα 0.6cm, οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm, ασβεστοκονίαμα 2cm και προκύπτει  $U=0.4346$ .



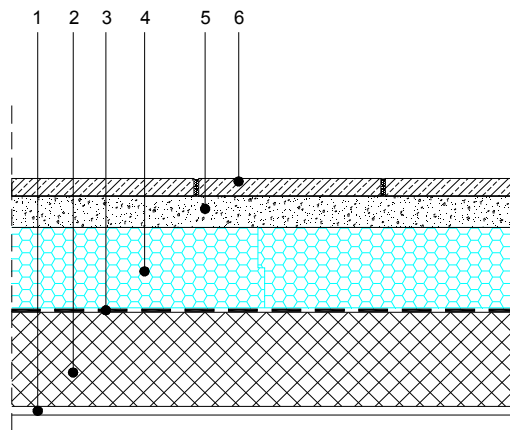
**Εικόνα 8.22:** Τυπική διατομή οροφής με στρώσεις: 1: οπλισμένο σκυρόδεμα, 2: στεγανοποιητικό φύλλο, ασφαλτικά φύλλα, 4: διογκωμένη πολυστερίνη, 5: τσιμεντοκονίαμα, 6: κεραμίδια

Μια εναλλακτική λύση περιλαμβάνει τις εξής στρώσεις: κεραμίδι 1.5cm, σανίδες 3.4cm, καδρόνια 10cm, τσιμεντοκονίαμα 2cm, διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες 5cm, ασφαλτικά φύλλα 0.6cm, οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm και επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2cm. Σε αυτή την περίπτωση προκύπτει  $U=0.4042$ . Το κτίριο είναι ενεργειακής κατάταξης Β με κατανάλωση **185.6 kWh/m<sup>2</sup>**.



**Εικόνα 8.23:** Τυπική διατομή οροφής με στρώσεις: 1: επίχρισμα ασβεστοκονιάματος, 2: οπλισμένο σκυρόδεμα, 3: ασφαλτικά φύλλα, 4: διογκωμένη πολυστερίνη, 5: τσιμεντοκονίαμα, 6: σανίδες, 7: καδρόνια, 8: κεραμίδια

Το οριζόντιο τμήμα της οροφής αποτελείται από κεραμικό πλακίδιο 1.5cm, τσιμεντοκονίαμα 2cm, διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες 7cm, ασφαλτικά φύλλα 0,6cm, οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm, ασβεστοκονίαμα 2cm και προκύπτει  $U=0.4402$ .



Εικόνα 8.24: Τυπική διατομή οριζόντιας οροφής με στρώσεις: 1: επίχρισμα ασβεστοκονιάματος, 2: οπλισμένο σκυρόδεμα, 3: ασφαλτικά φύλλα, 4: διογκωμένη πολυστερίνη, 5: τσιμεντοκονίαμα, 6: κεραμικά πλακίδια

### 8.2.5 Εναλλακτικά σενάρια Διαφανών επιφανειών - Ανοιγόμενων κουφωμάτων

Κατά το αρχικό στάδιο τα ανοιγόμενα κουφώματα που επιλέχθηκαν αποτελούνταν από δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12mm και μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24mm. Το ποσοστό του πλαισίου είναι 20% του συνολικού κουφώματος. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας για τις συγκεκριμένες επιλογές προκύπτει ίσος με  $U=3.00$  και η συνολική διαπερατότητα ηλιακής ακτινοβολίας  $g=0.54$ . Η ενεργειακή κατανάλωση είναι ίση με  $186.1 \text{ kWh/m}^2$ . Σύμφωνα με τον κανονισμό το όριο του συντελεστή θερμοπερατότητας για την κλιματική ζώνη Β είναι ίσο με  $U=3.00$ .

Εναλλακτικά σενάρια:

Έχοντας κρατήσει παντού το ποσοστό της επιφάνειας του πλαισίου σε σχέση με τη συνολική επιφάνεια του κουφώματος 20%, γίνονται αλλαγές στον τύπο του πλαισίου και του υαλοπίνακα του κουφώματος με σκοπό να βρεθεί τελικά ποιος τύπος κουφώματος δίνει μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση. Οι περιπτώσεις που δίνουν  $U \geq 3.00$  είναι οι εξής:

**1η περίπτωση:** Επιλέγεται μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή και δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμψιμότητας και διάκενο αέρα 12mm. Στην περίπτωση αυτή προκύπτει  $U=3.00$  και  $g=0.48$ . Το κτίριο είναι ενεργειακής κατάταξης Β και η ενεργειακή του κατανάλωση είναι ίση με  **$185.7 \text{ kWh/m}^2$** . Τα ίδια αποτελέσματα προκύπτουν εάν επιλέξουμε μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24mm και δίδυμο υαλοπίνακα χαμηλής εκπεμψιμότητας με διάκενο αέρα 6mm.

**2η περίπτωση:** Επιλέγεται μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12mm και δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμψιμότητας και διάκενο αέρα 12mm. Στην περίπτωση αυτή προκύπτει  $U=2.60$  και  $g=0.48$ . Το κτίριο είναι ενεργειακής κατάταξης Β και η ενεργειακή του κατανάλωση είναι  **$182.8 \text{ kWh/m}^2$** .

**3η περίπτωση:** Τα αποτελέσματα προκύπτουν ίδια με το αρχικό σενάριο εάν επιλεγθεί συνθετικό πλαίσιο και δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12mm.

4η περίπτωση: Επιλέγεται μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24mm και δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεψιμότητας και διάκενο αέρα 12mm. Προκύπτει  $U=2.3$  και  $g=0.48$ . Το κτίριο στην περίπτωση αυτή είναι ενεργειακή κατάταξης B και η ενεργειακή κατανάλωση είναι ίση με **180.4 kWh/m<sup>2</sup>**.

5η περίπτωση: Επιλέγεται συνθετικό πλαίσιο και δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεψιμότητας και διάκενο αέρα 6mm. Προκύπτει  $U=2.90$  και το κτίριο είναι ενεργειακής κατάταξης B. Η ενεργειακή του κατανάλωση είναι ίση με **185.2 kWh/m<sup>2</sup>**.

6η περίπτωση: Επιλέγεται συνθετικό πλαίσιο και δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεψιμότητας με διάκενο αέρα 12mm. Προκύπτει  $U=2.20$  και  $g=0.48$ . Το κτίριο είναι ενεργειακής κατάταξης B και έχει ενεργειακή κατανάλωση ίση με **179.6 kWh/m<sup>2</sup>**.

7η περίπτωση: Επιλέγεται ξύλινο πλαίσιο και δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12mm. Το  $U$  είναι ίσο με 2.90 και το κτίριο είναι ενεργειακής κατάταξης B με ενεργειακή κατανάλωση **185.2 kWh/m<sup>2</sup>**.

8η περίπτωση: Επιλέγεται ξύλινο πλαίσιο και δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεψιμότητας με διάκενο αέρα 6mm. Στην περίπτωση αυτή  $U=2.70$  και το κτίριο είναι ενεργειακής κατάταξης B με ενεργειακή κατανάλωση **183.8 kWh/m<sup>2</sup>**.

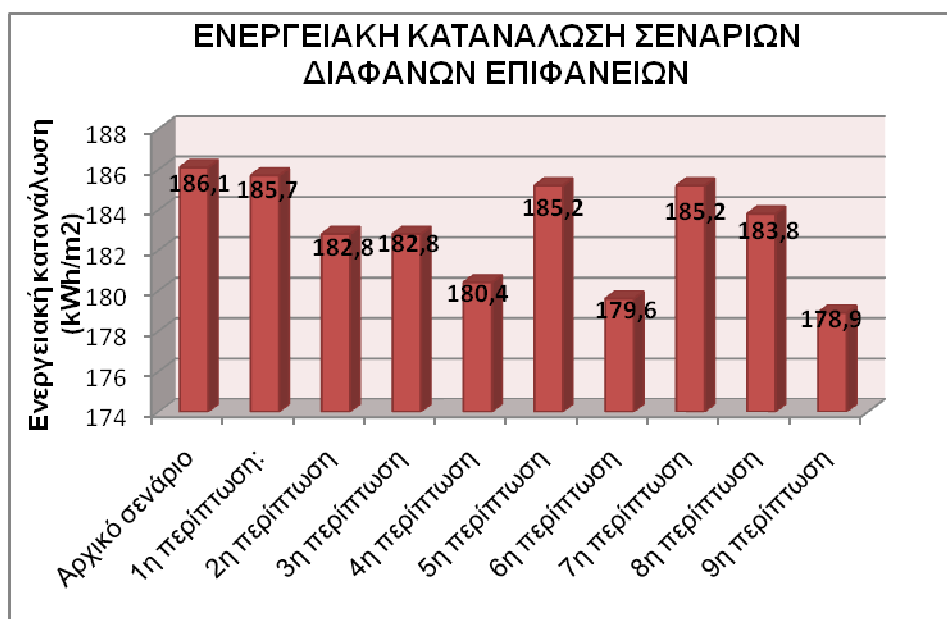
9η περίπτωση: Τέλος, επιλέγεται ξύλινο πλαίσιο και δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεψιμότητας και διάκενο αέρα 12mm. Η περίπτωση αυτή είναι η ευνοϊκότερη και δίνει  $U=2.1$  και  $g=0.48$ . Το κτίριο είναι ενεργειακής κατάταξης B και η ενεργειακή του κατανάλωση είναι ίση με **178.9 kWh/m<sup>2</sup>**.

#### **8.2.5.1 Κόστος εναλλακτικών σεναρίων διαφανών επιφανειών-Ανοιγόμενων κουφωμάτων**

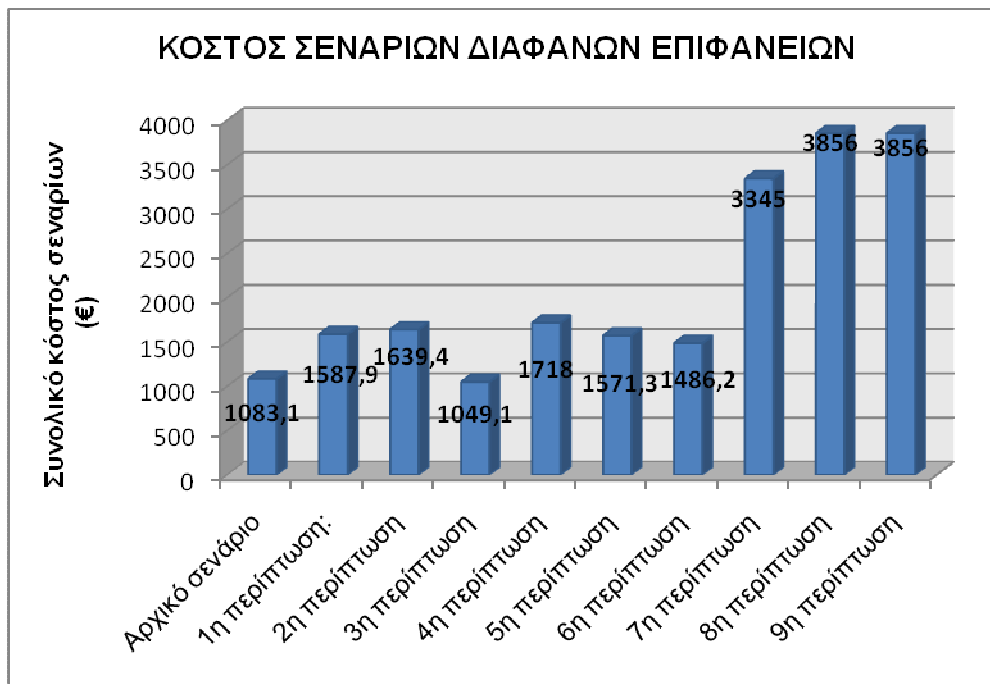
Για τον υπολογισμό του κόστους των διαφανών επιφανειών-ανοιγόμενων κουφωμάτων αθροίζουμε το κόστος των κουφωμάτων μεταλλικών, συνθετικών και ξύλινων ανά περίπτωση με το συνολικό κόστος των υαλοπινάκων που έχει επιλεγεί σε κάθε περίπτωση με ή χωρίς θερμοδιακοπή. Όσο αναφορά στο κόστος των κλασικών υαλοπινάκων παρατηρείται πως δεν υπάρχει διαφορά στο κόστος μεταξύ υαλοπινάκων με διάκενο 6mm και 12 mm, το οποίο ανέρχεται σε 30€/m<sup>2</sup>, ούτε στο κόστος των υαλοπινάκων με επίστρωση χαμηλής εκπεψιμότητας με διάκενο 6mm και 12 mm, το οποίο ανέρχεται στα 70€/m<sup>2</sup>. Τέλος, το κόστος των δίδυμων υαλοπινάκων με διάκενο 6mm και θερμοδιακοπή 24mm είναι ίσο με 78€/m<sup>2</sup>.

|                           | Κόστος κουφωμάτων(€) | Κόστος υαλοπινάκων(€) | Συνολικό κόστος (€) | Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---|
| Αρχικό σενάριο            | 700                  | 383.1                 | 1083.1              | 186.1                                       |
| 1 <sup>η</sup> περίπτωση: | 694                  | 893.9                 | 1587.9              | 185.7                                       |
| 2 <sup>η</sup> περίπτωση  | 745.5                | 893.9                 | 1639.4              | 182.8                                       |
| 3 <sup>η</sup> περίπτωση  | 666                  | 383.1                 | 1049.1              | 182.8                                       |
| 4 <sup>η</sup> περίπτωση  | 824.1                | 893.9                 | 1718                | 180.4                                       |
| 5 <sup>η</sup> περίπτωση  | 575.2                | 996.1                 | 1571.3              | 185.2                                       |
| 6 <sup>η</sup> περίπτωση  | 592.3                | 893.9                 | 1486.2              | 179.6                                       |
| 7 <sup>η</sup> περίπτωση  | 2962                 | 383.1                 | 3345                | 185.2                                       |
| 8 <sup>η</sup> περίπτωση  | 2962                 | 893.9                 | 3856                | 183.8                                       |
| 9 <sup>η</sup> περίπτωση  | 2962                 | 893.9                 | 3856                | 178.9                                       |

Πίνακας 8.1: Συνοπτική παρουσίαση ενεργειακής κατανάλωσης και κόστους εναλλακτικών σεναρίων κόστους διαφανών επιφανειών



Σχήμα 8.7: Ενεργειακή κατανάλωση σεναρίων διαφανών επιφανειών



**Σχήμα 8.8: Συνολικό κόστος σεναρίων διαφανών επιφανειών**

Παρατηρείται λοιπόν πως το ευνοϊκότερο σενάριο από άποψη ενεργειακής κατανάλωσης είναι το ξύλινο πλαίσιο με δίδυμο υαλοπίνακα με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμφιμότητας και διάκενο αέρα 12mm. Μεταξύ του αρχικού σεναρίου και αυτής της λύσης υπάρχει μια διαφορά κόστους 2772.9€ τα οποία λόγω της μικρής ενεργειακής διαφοράς μεταξύ των δύο σεναρίων αποσβένονται σε μεγάλο χρονικό διάστημα που είναι **50** έτη.

### **8.2.6 Σενάρια Ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων**

1<sup>ο</sup> εναλλακτικό σενάριο:

Για το **σύστημα θέρμανσης** επιλέγουμε λέβητα φυσικού αερίου συνολικής ισχύος 24 kW και βαθμού απόδοσης 0.92 (από κατασκευαστή) (για επιθεώρηση βλ. TOTEE 1 σελ 87) στην περίπτωση λέβητα ο συντελεστής επίδοσης COP εισάγεται ίσος με 1). Η περίοδος χρήσης του συγκεκριμένου συστήματος είναι από το Νοέμβριο μέχρι τον Απρίλιο με 100% κάλυψη γι' αυτούς τους μήνες. Στο δίκτυο διανομής χρησιμοποιείται δίκτυο μονωμένων σωληνώσεων με συνολική μεταφερόμενη ισχύ ίση με 16.8 kW (70% της ισχύς του λέβητα (μείον απώλεια του λέβητα και καυσαερίων). Η θερμοκρασία σχεδιασμού προσαγωγής του θερμού μέσου του δικτύου διανομής, είναι ίση με 70°C και η θερμοκρασία σχεδιασμού επιστροφής του θερμού μέσου του δικτύου διανομής είναι ίση με 50°C. Ο βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής είναι ίσος με 0.945 (σελ.101 TOTEE 1). Ως τερματικές μονάδες επιλέγονται σώματα καλοριφέρ βαθμού απόδοσης 0.92 (σελ 103 TOTEE 1 (0.89/0.97)) και ως βοηθητικές μονάδες κυκλοφορητές ισχύος 0.5kW.

Για το **σύστημα ψύξης** χρησιμοποιήθηκε το ίδιο σύστημα με το προηγούμενο σενάριο.

Για το **Ζεστό Νερό Χρήσης** χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος λέβητας φυσικού αερίου (ισχύος 24kW και απόδοσης 0.92) η ισχύς του οποίου επιμερίζεται από το πρόγραμμα). Θεωρούμε ότι χρησιμοποιείται όλους τους μήνες με κάλυψη 100%.



Στο δίκτυο διανομής χρησιμοποιείται δίκτυο μονωμένων σωληνώσεων με βαθμό απόδοσης 0.92 (TOTEE 1 σελ.117). Επίσης, χρησιμοποιούμε σαν δεξαμενή αποθήκευσης ένα θερμαντήρα διπλής ενέργειας boiler βαθμού απόδοσης 0.93. (TOTEE 1 σελ.118).

Για τον ηλιακό συλλέκτη χρησιμοποιήθηκε το ίδιο σύστημα με το προηγούμενο σενάριο.

**Με ανάλυση των αποτελεσμάτων το κτίριο που μελετήσαμε ανήκει στην ενεργειακή κατηγορία B και η αντίστοιχη κατανάλωσή του είναι 179.4 kW/m<sup>2</sup>.**

2<sup>ο</sup> εναλλακτικό σενάριο:

Για το **σύστημα θέρμανσης** επιλέγουμε γεωθερμική αντλία με κατακόρυφο εναλλάκτη συνολικής ισχύος 10 kW με COP 5 (από κατασκευαστή). Στην περίπτωση αντλίας θερμότητας ο βαθμός απόδοσης εισάγεται ίσος με 1. Η περίοδος χρήσης του συγκεκριμένου συστήματος είναι από το Νοέμβριο μέχρι τον Απρίλιο με 100% κάλυψη γι' αυτούς τους μήνες. **Στο δίκτυο διανομής χρησιμοποιείται δίκτυο μονωμένων σωληνώσεων με συνολική μεταφερόμενη ισχύ ίση με 10kW.** Η θερμοκρασία σχεδιασμού προσαγωγής του θερμού μέσου του δικτύου διανομής είναι ίση με 50°C και η θερμοκρασία σχεδιασμού επιστροφής του θερμού μέσου του δικτύου διανομής είναι ίση με 45°C. Ο βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής είναι ίσος με 1 (σελ.101 TOTEE 1), για χαμηλές θερμοκρασίες θερμικού μέσου οι απώλειες είναι 0. Ως τερματικές μονάδες επιλέγονται fan coils βαθμού απόδοσης 0.96 (σελ.103 TOTEE 1) και ως βοηθητικές μονάδες κυκλοφορητές ισχύος 0.5kW (από κατασκευαστή).

Για το **σύστημα ψύξης** χρησιμοποιήθηκε το ίδιο σύστημα με το προηγούμενο σενάριο. (TOTEE 1 σελ. 89 αναφέρει ότι ο όρος COP αντιστοιχεί στην απόδοση των αντλιών θερμότητας μόνο σε λειτουργία θέρμανσης, επομένως είναι ασαφές τι ισχύει για αντλίες θερμότητας σε λειτουργία ψύξης)

Για το **Ζεστό Νερό Χρήσης** χρησιμοποιήθηκε η ίδια αντλία θερμότητας ισχύος 10 kW και απόδοσης. Θεωρούμε ότι χρησιμοποιείται όλους τους μήνες με κάλυψη 100%.

Για το δίκτυο διανομής και το σύστημα αποθήκευσης χρησιμοποιείται το ίδιο σύστημα με το προηγούμενο σενάριο.

Για τον ηλιακό συλλέκτη χρησιμοποιήθηκε το ίδιο σύστημα με το προηγούμενο σενάριο.

**Με ανάλυση των αποτελεσμάτων το κτίριο που μελετήσαμε ανήκει στην ενεργειακή κατηγορία B<sup>+</sup> και η αντίστοιχη κατανάλωσή του είναι 124.6 kW/m<sup>2</sup>.**

#### **8.2.6.1 Κόστος εναλλακτικών σεναρίων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων**

Κατά το αρχικό σενάριο χρησιμοποιείται λέβητας πετρελαίου με καυστήρα (μαντεμένιο ή χαλύβδινο 20000kcal/h) κόστους 990€ και δεξαμενή πετρελαίου των 1000L κόστους 200€. Χρησιμοποιούνται, επίσης πέντε θερμαντικά σώματα των 4000 kcal/h (τέσσερα για το ισόγειο και ένα για τον ά όροφο) και ένα των 1100 kcal/h για το wc με συνολικό κόστος 655€. Όλα τα παραπάνω με πρόσθεση του κόστους υδραυλικής και ηλεκτρομηχανολογικής εγκατάστασης δίνουν συνολικό κόστος 4445€.

Όσον αφορά στο σύστημα ψύξης, χρησιμοποιούνται δύο κλιματιστικές συσκευές AC (12000 BTU/h και 9000BTU/h για το ισόγειο και τον ά όροφο αντίστοιχα)με συνολικό κόστος 1250€.

Τέλος, για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, επιλέχθηκε ηλιακός θερμοσίφωνας 120L τριπλής λειτουργίας με τιμή 1150€.

Προκύπτει λοιπόν, συνολικό κόστος αρχικού σεναρίου ίσο με 6845€.

1<sup>ο</sup> εναλλακτικό σενάριο:

Σύμφωνα με αυτό το σενάριο, χρησιμοποιήθηκε μονάδα φυσικού αερίου 20000kcal/h κόστους 1500€ και δεξαμενή φυσικού αερίου 1500L, κόστους 500€. Αν στην τιμή αυτή προστεθούν το κόστος εγκατάστασης και των απαραίτητων υλικών, καθώς και το κόστος των μονάδων καλοριφέρ που αναφέρθηκαν παραπάνω προκύπτει για τη θέρμανση και το ZNX από τη μονάδα φυσικού αερίου σύνολο 5775€. Αν στην τιμή αυτή προστεθεί και το κόστος των κλιματιστικών συσκευών και του ηλιακού θερμοσίφωνα που χρησιμοποιήθηκαν στο προηγούμενο σενάριο καταλήγουμε στο συνολικό κόστος του πρώτου εναλλακτικού σεναρίου που είναι ίσο με 8155€.

2<sup>ο</sup> εναλλακτικό σενάριο:

Το σενάριο αυτό διαφοροποιείται σημαντικά από τα προηγούμενα, καθώς για την πραγματοποίηση του απαιτείται διάνοιξη δύο γεωθερμικών γεωτρήσεων διαμέτρου 0.160m και βάθους 45 m, συνολικού κόστους 4500€. Ακολουθεί η τοποθέτηση δύο συστημάτων σωληνώσεων γεωσυλλεκτών, καθένα από τα οποία είναι πλήρες με δοχείο αδράνειας, δοχείο συστολής, κυκλοφορητή, αντιψυκτικό υγρό πλήρωσης σωληνώσεων, θερμοχωρητικό υλικό πλήρωσης γεωτρήσεων, κεντρικό διανομέα γεωσυλλεκτών και κοστίζει συνολικά (με το κόστος εγκατάστασης) 5000€. Χρησιμοποιείται επίσης γεωθερμική αντλία θερμότητας, συνολικού κόστους 5500€. Μετά από υπολογισμό και του κόστους του μηχανοστασίου της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, προκύπτει το σύνολο του κόστους για την εγκατάσταση της γεωθερμίας ίσο με 16400€.

Σχετικά με το σύστημα θέρμανσης-ψύξης χρησιμοποιούνται τρεις επιδαπέδιες μονάδες διακίνησης αέρα για ψύξη και θέρμανση εσωτερικών χώρων (Fan coils), δύο για το ισόγειο και μία για τον ά όροφο κόστους, οι οποίες έχουν συνολικό κόστος (με την εγκατάσταση και τα απαραίτητα υλικά) ίσο με 2130€.

Αθροίζοντας στα επιμέρους κόστη και αυτό του ηλιακού συλλέκτη που είναι κοινό σε όλα τα σενάρια, προκύπτει συνολικό κόστους ίσο με 19680.

Παρατηρείται ότι κατά το πρώτο εναλλακτικό σενάριο απαιτούνται **25.5** χρόνια για να κάνει απόσβεση η εγκατάσταση του φυσικού αερίου, ενώ **27.2** χρόνια για να ολοκληρωθεί η απόσβεση της εγκατάστασης της γεωθερμίας.

### **8.2.7 Προσθήκη ανεμιστήρων**

Προσθέτοντας ανεμιστήρες οροφής στο αρχικό σενάριο (με κατανάλωση 186.1kWh/m<sup>2</sup>) παρατηρείται μείωση της κατανάλωσης μόνο μετά τον 3 ανεμιστήρα (183.6 kWh/m<sup>2</sup>), η οποία φτάνει έως και 176.4 kWh/m<sup>2</sup> στην περίπτωση των 5. Από εκεί και πάνω η κατανάλωση επιστρέφει στην αρχική περίπτωση.

Στην περίπτωση των 3 ανεμιστήρων κόστους 55€/τεμάχιο που τοποθετούνται στο δωμάτιο, το διάδρομο και το σαλόνι πραγματοποιείται απόσβεση σε 8.6 χρόνια.

## 8.2.8 Συνδυασμός ευνοϊκότερων σεναρίων

- **Συνδυασμός όλων των ευνοϊκότερων σεναρίων:**

Συνδυάζεται η χρήση τούβλων τύπου Poroton με ταυτόχρονη κατασκευή θερμοπρόσοψης με συντελεστές  $U_{\text{τοιχίου}}=0.3489$  και  $U_{\text{δοκων-υποστυλωμάτων}}=0.44$ . Επίσης στα ανοιγόμενα κουφώματα επιλέγεται ξύλινο πλαίσιο με δίδυμο υαλοπίνακα με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμφιμότητας και διάκενο αέρα 12mm και ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με  $U=2.1$ . Για την οροφή επιλέγονται οι στρώσεις που δίνουν  $U=0.4346$  για τις κεκλιμένες επιφάνειες και  $U=0.4402$  για το οριζόντιο τμήμα. Στα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα επιλέγεται γεωθερμική αντλία με κατακόρυφο εναλλάκτη συνολικής ισχύος 10 kW με COP 5 κατά το δεύτερο εναλλακτικό σενάριο και τοποθετούνται τρεις ανεμιστήρες. Η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου προκύπτει **B<sup>+</sup>** και η ενεργειακή του κατανάλωση είναι ίση με **110.6 kWh/m<sup>2</sup>**, δηλαδή κατά **40%** χαμηλότερη από το αρχικό σενάριο. Λαμβάνοντας υπόψη την ενεργειακή διαφορά μεταξύ των δύο σεναρίων, τη διαφορά του κόστους μεταξύ τους (19389€) και θεωρώντας πως η τιμή της kWh είναι 0.13€, προκύπτει πως το ευνοϊκότερο σενάριο θα κάνει απόσβεση σε 33 χρόνια λόγω κυρίως του αυξημένου κόστους της γεωθερμικής εγκατάστασης.

- **Ευνοϊκότερος συνδυασμός σεναρίων όσον αφορά μόνο στο κέλυφος:**

Συνδυάζεται η χρήση τούβλων τύπου Poroton με ταυτόχρονη κατασκευή θερμοπρόσοψης με συντελεστές  $U_{\text{τοιχίου}}=0.3489$  και  $U_{\text{δοκων-υποστυλωμάτων}}=0.44$ . Επίσης στα ανοιγόμενα κουφώματα επιλέγεται ξύλινο πλαίσιο με δίδυμο υαλοπίνακα με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμφιμότητας και διάκενο αέρα 12mm και ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με  $U=2.1$ . Για την οροφή επιλέγονται οι στρώσεις που δίνουν  $U=0.4346$  για τις κεκλιμένες επιφάνειες και  $U=0.4402$  για το οριζόντιο τμήμα. Με αυτές τις επιλογές το κτίριο είναι ενεργειακής κατάταξης **B** και η ενεργειακή του κατανάλωση είναι **151.4 kWh/m<sup>2</sup>**, κατά **18.6%** δηλαδή χαμηλότερη από το αρχικό σενάριο, χωρίς ωστόσο να αλλάζει η ενεργειακή του κατάταξη. Η απόσβεση του σεναρίου αυτού ολοκληρώνεται σε 23.9 χρόνια.

Εξάγεται λοιπόν το συμπέρασμα πως παρά το γεγονός πως τα συνδυαστικά σενάρια δίνουν σημαντικά χαμηλότερη κατανάλωση, η υλοποίησή τους είναι στην πραγματικότητα ασύμφορη. Η διαπίστωση αυτή ενισχύεται και από την παρακάτω εκδοχή: Αν θεωρήσουμε πως αντί να επενδύσουμε το ποσό των 20000€ για την υλοποίηση του ευνοϊκότερου σεναρίου όλων, το καταθέτουμε σε μία τράπεζα με ένα μέσο επιτόκιο του 3%. Τότε θα αποταμιεύουμε ετησίως από τους τόκους, χωρίς να λαμβάνουμε υπόψη τον ανατοκισμό, 600€. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό το μεγάλο χρόνο απόσβεσης του σεναρίου (33 έτη), τα επιπλέον έξοδα συντήρησης των επεμβάσεων που δεν έχουν συνυπολογιστεί και την δέσμευση ενός ποσού που εναλλακτικά θα ήταν είναι διαθέσιμο ανά πάσα στιγμή στην τράπεζα, καθιστούν την επένδυση μη συμφέρουσα για κάποιον ιδιώτη.

## 9 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ECOTECT ANALYSIS

Το Ecotect Analysis είναι ένα πρόγραμμα που μπορεί να κάνει ανάλυση ηλιασμού και τεχνητού φωτισμού, μελέτη θερμικής άνεσης και αναγκών σε θέρμανση και ψύξη, ακουστική μελέτη και υπολογισμό κόστους. Προσφέρει τρισδιάστατο περιβάλλον σχεδίασης και είναι φιλικό προς το χρήστη. Δίνει τη δυνατότητα στο μελετητή να αναλύσει τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής που μελετάται, να σχεδιάσει χωρίς ιδιαίτερες λεπτομέρειες το μοντέλο με στόχο την ανάλυση των συνθηκών ηλιασμού και σκίασης και στη συνέχεια, εισάγοντας περισσότερα στοιχεία όπως τα υλικά της κατασκευής και τα ωράρια χρήσης των διάφορων χώρων, να πραγματοποιήσει θερμική και ακουστική ανάλυση της κατασκευής.

Το συγκεκριμένο λογισμικό, όπως και πολλά ανάλογα προγράμματα παρέχει αποτελέσματα σχετικής ακρίβειας με αποτέλεσμα να καθιστά ακριβείς τις συγκρίσεις των συστημάτων ή των στοιχείων που μελετώνται μεταξύ τους για το ίδιο κτίριο, χωρίς τα αποτελέσματα αυτά καθαυτά να είναι πάντα ακριβή.

### 9.1 Παραδοχές

#### Χωρισμός ζωνών - Σύστημα θέρμανσης-ψύξης (HVAC system)

Το υπό μελέτη κτίριο χωρίστηκε σε τέσσερις ζώνες που είναι το σαλόνι, το δωμάτιο, ο διάδρομος και το wc. Από αυτές οι τρεις πρώτες θεωρήθηκε ότι έχουν μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης (HVAC system= mixed mode system), το οποίο είναι συνδυασμός συστήματος κλιματισμού και φυσικού αερισμού με 95% απόδοση, ενώ η τελευταία θεωρήθηκε ότι έχει μόνο σύστημα θέρμανσης με την ίδια απόδοση. Ορίστηκαν επίσης, τα όρια θερμοστάτη μεταξύ 18°C και 26°C, τα οποία καθορίζουν τα όρια εκτός των οποίων λειτουργεί το σύστημα.

#### Χαρακτηριστικά Χρήσης και Λειτουργίας θερμικών ζωνών (Occupancy and Operation)

Σε όλους τους εσωτερικούς χώρους, οι οποίοι έχουν οριστεί σαν θερμικές ζώνες, θεωρήθηκε μέγιστος αριθμός χρηστών (στο σαλόνι τέσσερις, στο δωμάτιο δύο, στο διάδρομο δύο και στο wc ένας) με επικρατούσα δραστηριότητα την καθιστική (sedentary), η οποία αποδίδει θερμικά κέρδη 70 Watt. Εσωτερικά θερμικά κέρδη (internal gains) προκύπτουν και από τα φώτα και από τις συσκευές της κάθε ζώνης (sensible gain) και λόγω εξάτμισης (latent gain) τα οποία ορίστηκαν ως 5 και 2 W/m<sup>2</sup> αντίστοιχα. Τέλος, ορίστηκαν τα χαρακτηριστικά του ποσοστού διήθησης (infiltration rate) και συγκεκριμένα το ποσοστό αερισμού (air change rate) ίσο με 0.50 air changes/hours και το wind sensitivity 0.25 ac/h, το οποίο εκφράζει το πόσο ευάλωτη είναι η κάθε θερμική ζώνη στην ταχύτητα του αέρα.

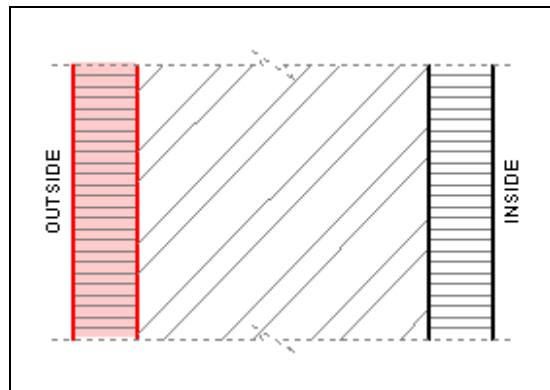
#### Εισαγωγή υλικών των διαφόρων δομικών στοιχείων της κατασκευής στο Ecotect Analysis (Element Library)

Χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια υλικά τα οποία εισήχθησαν και στο πρόγραμμα του Κ.Εν.Α.Κ. και μάλιστα επειδή το λογισμικό του Ecotect έχει τη δυνατότητα να κάνει αυτόματο υπολογισμό του Uvalue παρατηρήθηκε πως με εισαγωγή των ίδιων υλικών με τα ίδια πάχη, προκύπτουν σε αρκετές περιπτώσεις τα ίδια αποτελέσματα. Όπου προέκυψαν διαφορετικές τιμές

εισήχθησαν οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν στο Κ.Εν.Α.Κ., προκειμένου να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα.

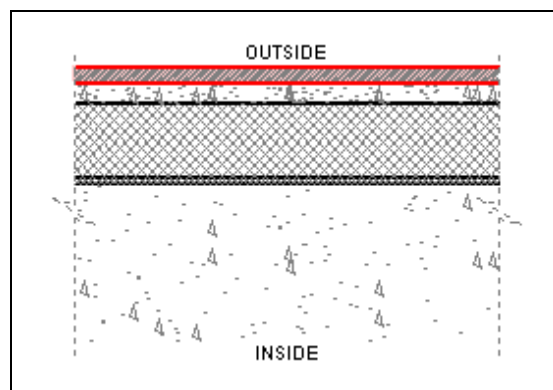
Όσον αφορά το συντελεστή απωλειών θερμότητας της τοιχοποιίας, τοποθετήθηκε η τιμή που προέκυψε από την αναλογία επιφανειών μεταξύ δοκών υποστυλωμάτων και τοιχοποιίας που είναι ίση με  $U_{\text{value}}=0.471$ .

Για τους εσωτερικούς τοίχους χρησιμοποιήθηκαν επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2cm, οπτόπλινθοι 9cm και επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2cm και προέκυψε  $U_{\text{value}}=2.8$ .



Εικόνα 9.1: Τυπική διατομή μονής τοιχοποιίας

Για την οροφή χρησιμοποιήθηκαν κεραμίδι 1.5cm, τσιμεντοκονίαμα 2cm, διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες 7cm, ασφαλτικά φύλλα 0.6cm, οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm και επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2cm και προκύπτει  $U=0.435$ .

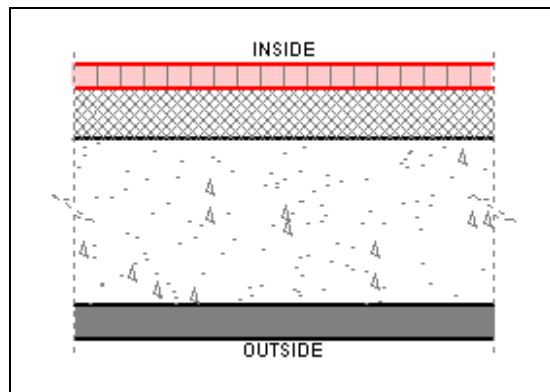


Εικόνα 9.2: Τυπική διατομή κεκλιμένης οροφής

Για την οριζόντια οροφή χρησιμοποιήθηκαν κεραμικά πλακίδια πάχους 1.5cm, τσιμεντοκονίαμα πάχους 2cm, διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες πάχους 7cm, ασφαλτικά φύλλα πάχους 0.6cm, οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 15cm και επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2cm και προέκυψε  $U_{\text{value}}=0.44$ .

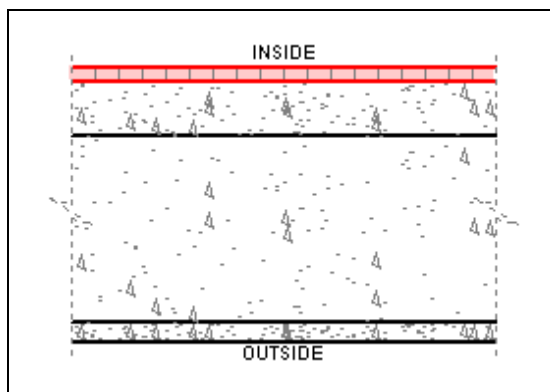
Ως ταβάνι (ceiling) έχει χρησιμοποιηθεί επίχρισμα ασβεστοκονιάματος πάχους 2 cm με  $U_{value}=4.98$ .

Για το δάπεδο ισογείου τοποθετήθηκαν στρώσεις από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 10cm, διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες πάχους 3cm, τσιμεντοκονίαμα πάχους 3cm, κεραμικά πλακίδια πάχους 1.5cm. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με  $U=0.78$  (δεν υπολογίστηκε από το πρόγραμμα του ecotect).



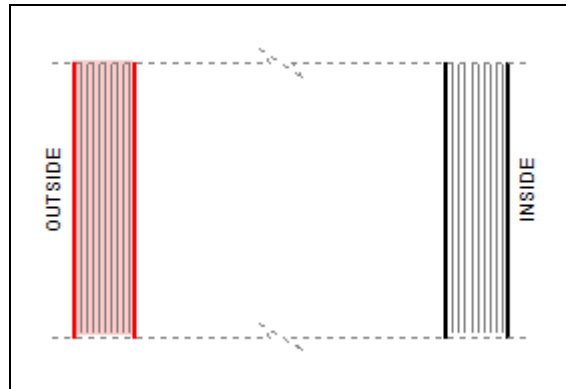
**Εικόνα 9.3: Τυπική διατομή δαπέδου ισογείου**

Για το ενδιάμεσο δάπεδο τοποθετήθηκαν στρώσεις από ασβεστοκονίαμα πάχους 2cm, οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20cm, τσιμεντοκονίαμα πάχους 6cm, κεραμικά πλακίδια πάχους 1.5cm. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με  $U=2.12$  (δεν υπολογίστηκε από το ecotect).



**Εικόνα 9.4: Τυπική διατομή ενδιάμεσου δαπέδου**

Όσον αφορά τα υαλοστάσια χρησιμοποιήθηκε δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12mm και μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24mm Το  $U_{value}$  του υαλοστασίου εισήχθη στο πρόγραμμα ίσο με 3.



**Εικόνα 9.5: Τυπική διατομή υαλοστασίου**

Τέλος, οι πόρτες που χρησιμοποιήθηκαν είναι Solidcore Pine Timber, προέρχονται δηλαδή από ξύλο πεύκου.

Σχετικά με το ευνοϊκότερο σενάριο που εισήχθηκε στο πρόγραμμα η διαφοροποίηση υπήρξε στο Uvalue εξωτερικού τοίχου που εισήχθηκε στο πρόγραμμα ίσο με 0.462 και στη χρήση ξύλινου πλαισίου και δίδυμου υαλοπίνακα με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπιμότητας και διάκενο αέρα 12mm με Uvalue=2.1.

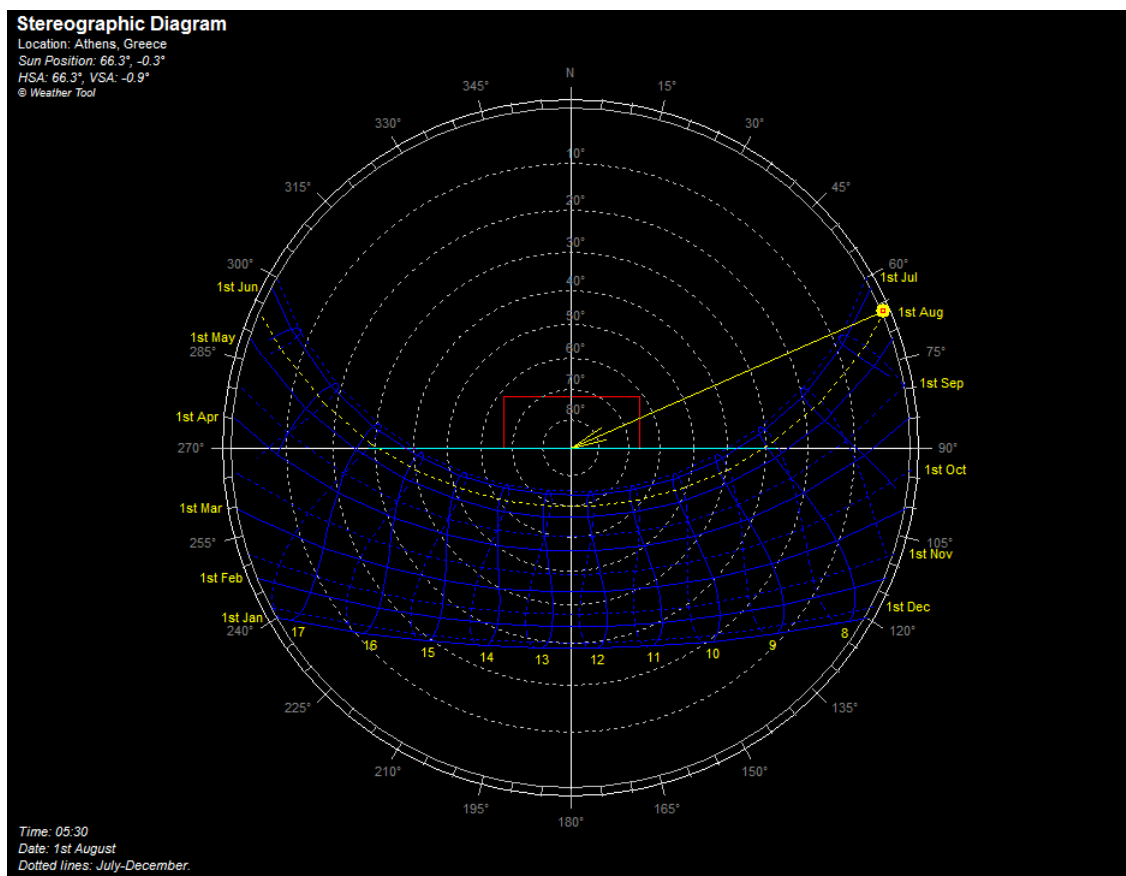
## **9.2 Ανάλυση καιρικών συνθηκών μελέτης – weather analysis**

Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής μελέτης, δηλαδή της Αθήνας πάρθηκαν από το αρχείο δεδομένων που παρέχει το λογισμικό του Ecotect Analysis.

## 9.2.1 Ηλιακή θέση-Solar position

Τα Sun Path Diagrams είναι ένας εύκολος τρόπος αναπαράστασης των ετήσιων αλλαγών στην τροχιά του ήλιου στον ουρανό μέσω ενός δισδιάστατου διαγράμματος. Δίνουν τη δυνατότητα άμεσου προσδιορισμού του ηλιακού αζιμούθιου και υψομέτρου, κάθε στιγμή της ημέρας και κάθε ημέρα του χρόνου και βοηθούν το σχεδιαστή στην επιλογή συστημάτων σκίασης κατά το σχεδιασμό μιας κατασκευής.

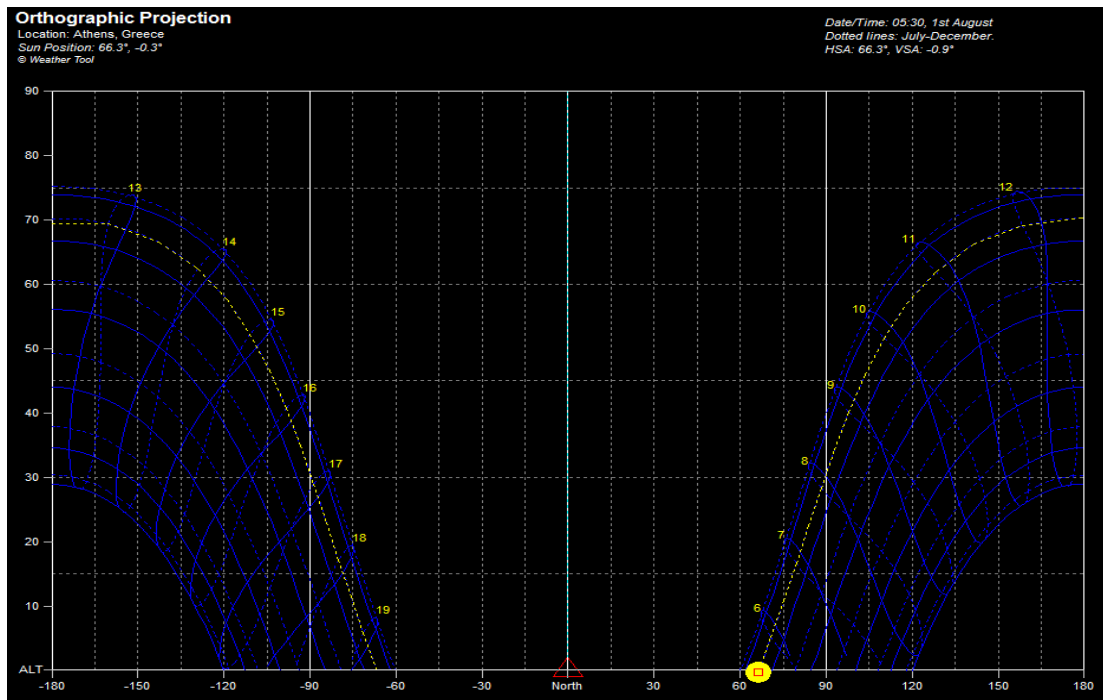
Παρακάτω μελετήθηκε η ηλιακή θέση της κατασκευής μας για την τυπική καλοκαιρινή ημέρα της 1<sup>ης</sup> Αυγούστου, η οποία διαφαίνεται μέσω του στερεογραφικού διαγράμματος, του ορθογραφικού διαγράμματος και του πίνακα που ακολουθούν.



Εικόνα 9.5: Stereographic Diagram κατά την 1η Αυγούστου

Το ορθογραφικό διάγραμμα είναι ένα απλό δισδιάστατο διάγραμμα της ηλιακής θέσης με καρτεσιανές συντεταγμένες. Κατά τον οριζόντιο άξονα προβάλλεται το αζιμούθιο και κατά τον κατακόρυφο προβάλλεται το υψόμετρο, συνεπώς η θέση του ήλιου είναι το σημείο τομής τους.





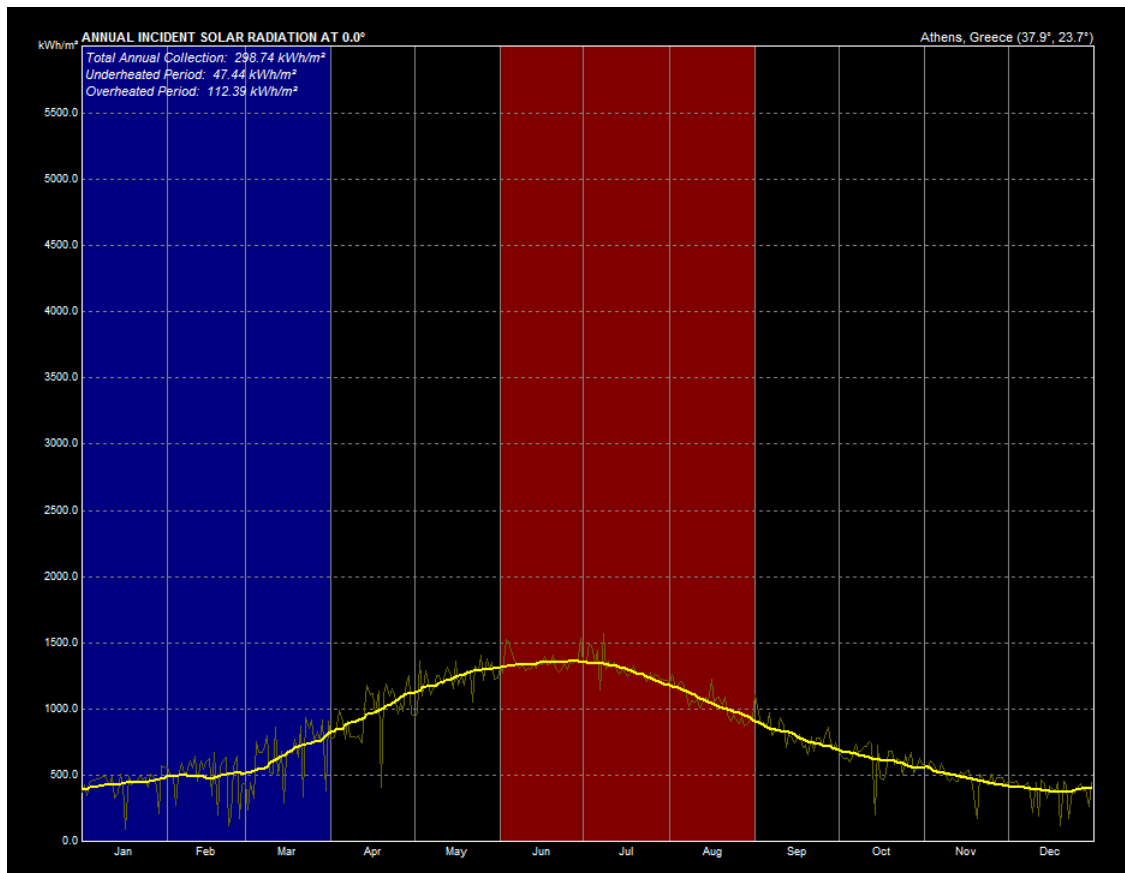
Εικόνα 9.6: Orthographic projection κατά την 1η Αυγούστου

Από τον παρακάτω πίνακα προκύπτουν τιμές για το αζιμούθιο, το υψόμετρο, σχετικές οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες σκιών, οι οποίες μετρώνται από την ανατολή μέχρι τη δύση του ηλίου ανά μισάωρο για την ημέρα της 1<sup>ης</sup> Αυγούστου.

| Tabulated Daily Solar Data |         |                  |          |                              |        |
|----------------------------|---------|------------------|----------|------------------------------|--------|
| Latitude: 37.9°            |         | Date: 1st August |          | Local Correction: -31.4 mins |        |
| Longitude: 23.7°           |         | Julian Date: 213 |          | Equation of Time: -6.2 mins  |        |
| Timezone: 30.0° [+2.0hrs]  |         | Sunrise: 05:31   |          | Declination: 18.3°           |        |
| Orientation: 0.0°          |         | Sunset: 19:30    |          |                              |        |
| Local                      | (Solar) | Azimuth          | Altitude | HSA                          | VSA    |
| 06:00                      | (05:28) | 70.8°            | 5.2°     | 70.8°                        | 15.4°  |
| 06:30                      | (05:58) | 75.2°            | 10.8°    | 75.2°                        | 36.8°  |
| 07:00                      | (06:28) | 79.5°            | 16.6°    | 79.5°                        | 58.6°  |
| 07:30                      | (06:58) | 83.8°            | 22.4°    | 83.8°                        | 75.4°  |
| 08:00                      | (07:28) | 88.2°            | 28.3°    | 88.2°                        | 86.7°  |
| 08:30                      | (07:58) | 92.9°            | 34.3°    | 92.9°                        | 94.2°  |
| 09:00                      | (08:28) | 97.9°            | 40.2°    | 97.9°                        | 99.3°  |
| 09:30                      | (08:58) | 103.5°           | 46.0°    | 103.5°                       | 102.8° |
| 10:00                      | (09:28) | 110.1°           | 51.6°    | 110.1°                       | 105.2° |
| 10:30                      | (09:58) | 118.1°           | 57.0°    | 118.1°                       | 107.0° |
| 11:00                      | (10:28) | 128.2°           | 62.0°    | 128.2°                       | 108.2° |
| 11:30                      | (10:58) | 141.4°           | 66.2°    | 141.4°                       | 109.0° |
| 12:00                      | (11:28) | 158.6°           | 69.2°    | 158.6°                       | 109.5° |
| 12:30                      | (11:58) | 179.0°           | 70.3°    | 179.0°                       | 109.6° |
| 13:00                      | (12:28) | -160.4°          | 69.4°    | -160.4°                      | 109.5° |
| 13:30                      | (12:58) | -142.9°          | 66.6°    | -142.9°                      | 109.1° |
| 14:00                      | (13:28) | -129.3°          | 62.4°    | -129.3°                      | 108.3° |
| 14:30                      | (13:58) | -119.0°          | 57.5°    | -119.0°                      | 107.1° |
| 15:00                      | (14:28) | -110.8°          | 52.2°    | -110.8°                      | 105.4° |
| 15:30                      | (14:58) | -104.1°          | 46.5°    | -104.1°                      | 103.0° |
| 16:00                      | (15:28) | -98.4°           | 40.7°    | -98.4°                       | 99.6°  |
| 16:30                      | (15:58) | -93.3°           | 34.8°    | -93.3°                       | 94.8°  |
| 17:00                      | (16:28) | -88.7°           | 28.9°    | -88.7°                       | 87.6°  |
| 17:30                      | (16:58) | -84.2°           | 23.0°    | -84.2°                       | 76.7°  |
| 18:00                      | (17:28) | -79.9°           | 17.1°    | -79.9°                       | 60.4°  |
| 18:30                      | (17:58) | -75.6°           | 11.4°    | -75.6°                       | 39.0°  |
| 19:00                      | (18:28) | -71.3°           | 5.7°     | -71.3°                       | 17.2°  |
| 19:30                      | (18:58) | -66.8°           | 0.2°     | -66.8°                       | 0.4°   |

Εικόνα 9.7: Tabulated daily solar data κατά την 1<sup>η</sup> Αυγούστου όπου για κάθε μισάωρο απεικονίζονται το υψόμετρο και το αζιμούθιο

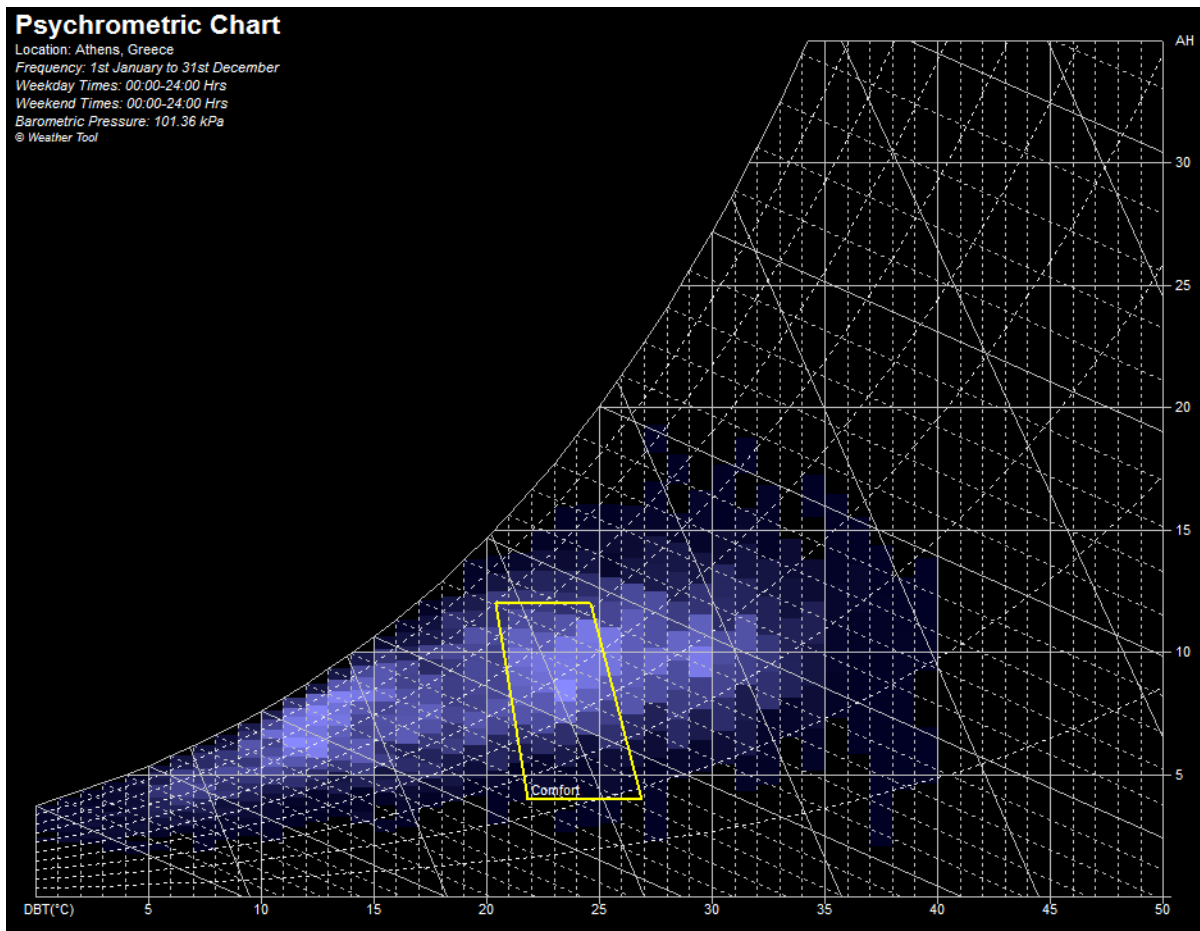
Ταυτόχρονα μέσω του προγράμματος μελετήθηκε και η ετήσια ηλιακή ακτινοβολία και παρατηρήθηκε, όπως είναι εμφανές από το διάγραμμα που ακολουθεί πως η ετήσια συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας είναι ίση με  $298.74 \text{ kWh/m}^2$ . Αυτή μεγιστοποιείται κατά την πιο θερμή περίοδο του Ιουνίου, Ιουλίου και του Αυγούστου, ενώ είναι ιδιαίτερα μειωμένη κατά την ψυχρή περίοδο του Ιανουαρίου, Φεβρουαρίου και του Μαρτίου.



Εικόνα 9.8: Διάγραμμα ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας

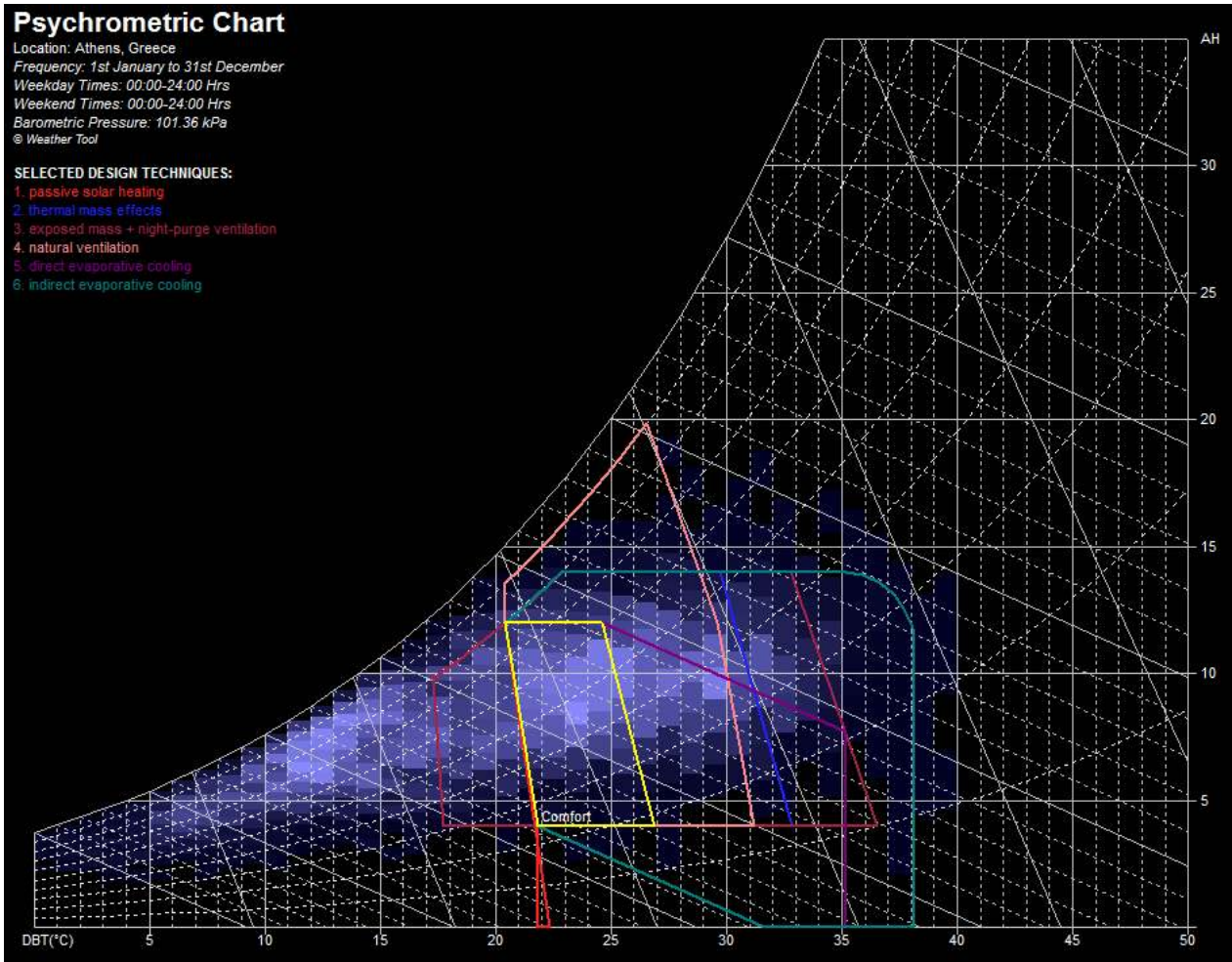
## 9.2.2 Ψυχομετρία-psychometry

Τα ψυχομετρικά διαγράμματα παρέχουν μία γραφική αναπαράσταση της κατάστασης του αέρα σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Το διάγραμμα συσχετίζει τη θερμοκρασία που βρίσκεται στον οριζόντιο άξονα με το ποσοστό υγρασίας που αντιστοιχεί στον κατακόρυφο άξονα. Το ποσοστό της υγρασίας στον αέρα διαφέρει ανάλογα με τις συνθήκες. Όταν ο αέρας είναι θερμός περιέχει μεγάλα ποσοστά υγρασίας (πολλές φορές 5% κατά όγκο), ενώ όταν είναι ψυχρός το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας μειώνεται.



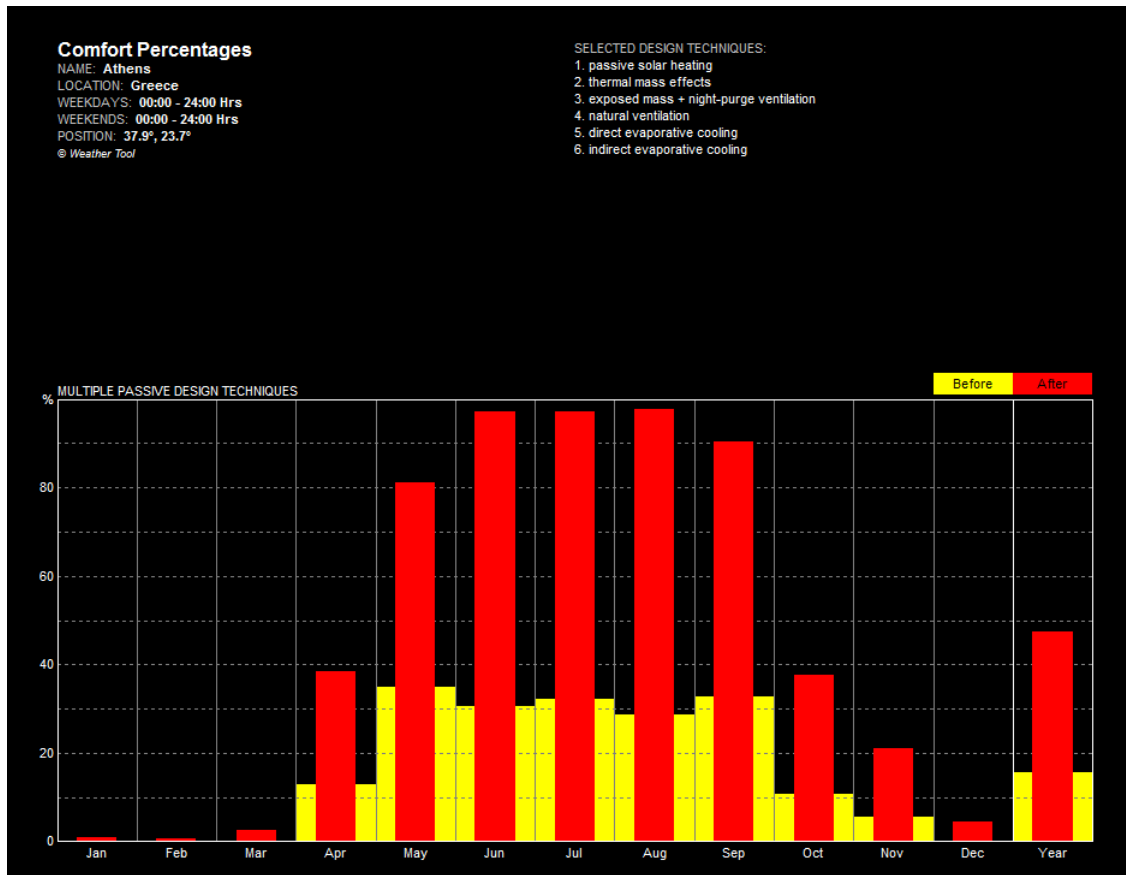
**Εικόνα 9.9: Ζώνη άνεσης για την κατασκευή**

Παρακάτω παρατίθεται το ψυχομετρικό διάγραμμα στο οποίο διαφαίνεται η αποδοτικότητα διαφόρων τεχνικών βιοκλιματικού σχεδιασμού, όπως είναι τα παθητικά ηλιακά συστήματα, η αξιοποίηση θερμικής αδράνειας, η εκτιθέμενη μάζα και ο βραδινός αερισμός, ο άμεσα εξατμιστικός δροσισμός και ο έμμεσα εξατμιστικός δροσισμός. Όπως παρατηρείται στο διάγραμμα, ευρύτερο φάσμα θερμοκρασιών στη ζώνη άνεσης υπάρχει στην περίπτωση του φυσικού αερισμού, αν και ταυτόχρονα παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας.



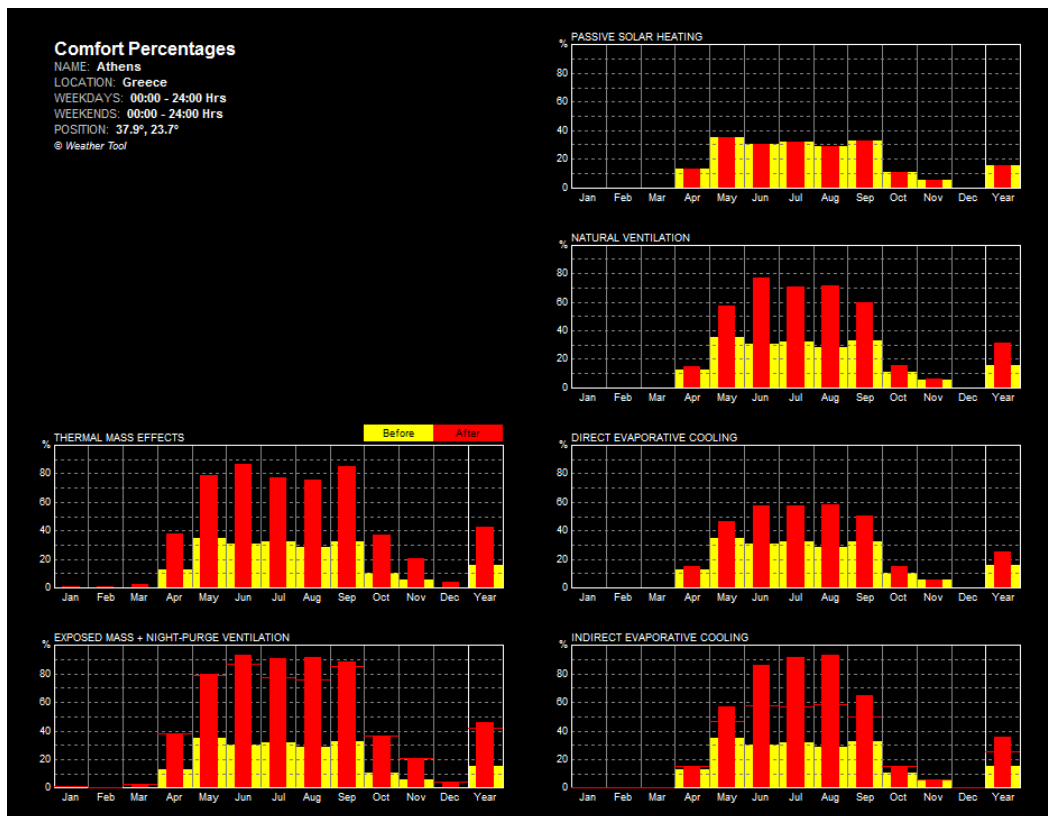
Εικόνα 9.10: Επίδραση τεχνικών ενεργειακού σχεδιασμού στο ψυχομετρικό διάγραμμα

Στα παρακάτω διαγράμματα μπορεί να φανεί η συμβολή των διαφόρων τεχνικών θερμικής άνεσης κάθε μήνα που προκύπτει ως διαφορά των ποσοστών της άνεσης που σημειώνονται πριν και μετά τις επεμβάσεις.



**Εικόνα 9.11: Ποσοστιαία συμβολή τεχνικών θερμικής άνεσης**

Τέλος, στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η συμβολή στη θερμική άνεση κάθε μεθόδου (αξιοποίηση θερμικής αδράνειας, εκτιθέμενη μάζα, παθητικά ηλιακά συστήματα, βραδινός αερισμός, άμεσα εξατμιστικός δροσισμός και έμμεσα εξατμιστικός δροσισμός) ανεξάρτητα και προκύπτει ως αφαίρεση των ποσοστών της άνεσης που εμφανίζεται πριν και μετά την κάθε παρέμβαση ξεχωριστά.

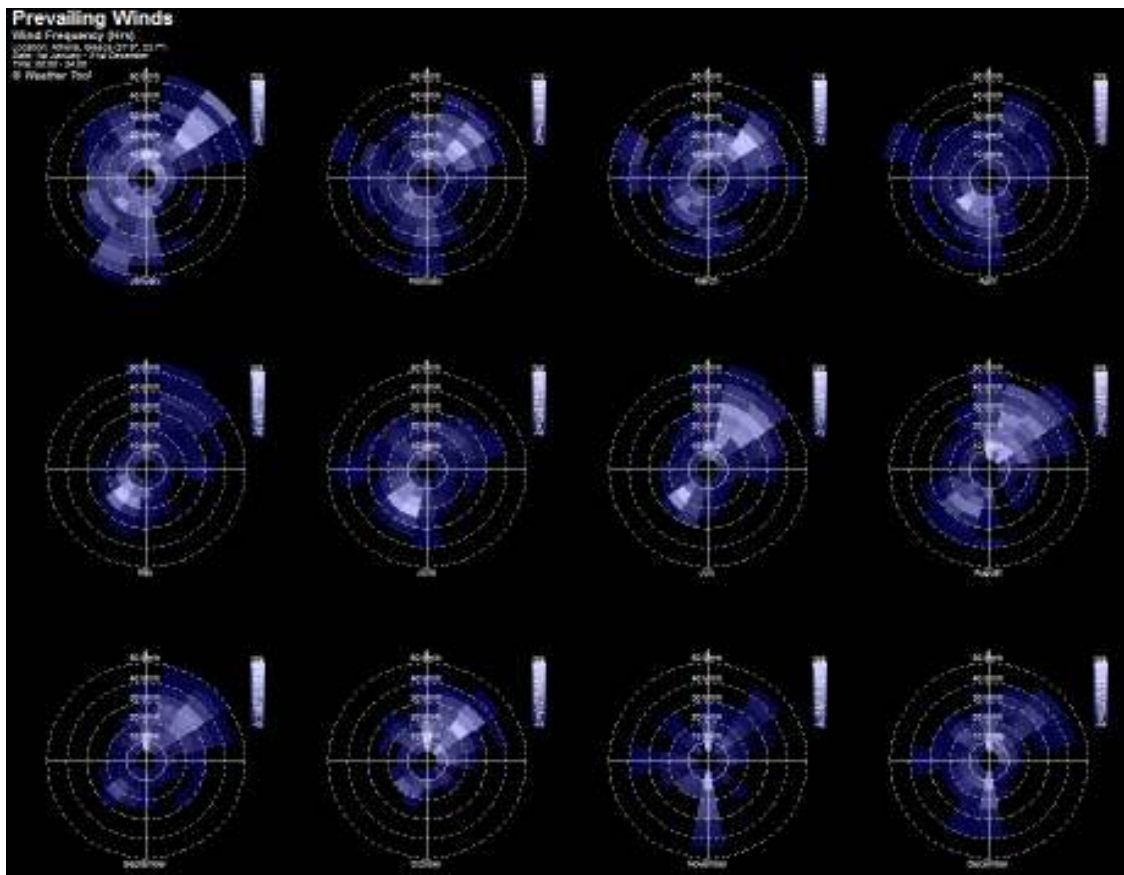


Εικόνα 9.12: Επίδραση κάθε τεχνικής βιοκλιματικού σχεδιασμού ξεχωριστά στη θερμική άνεση

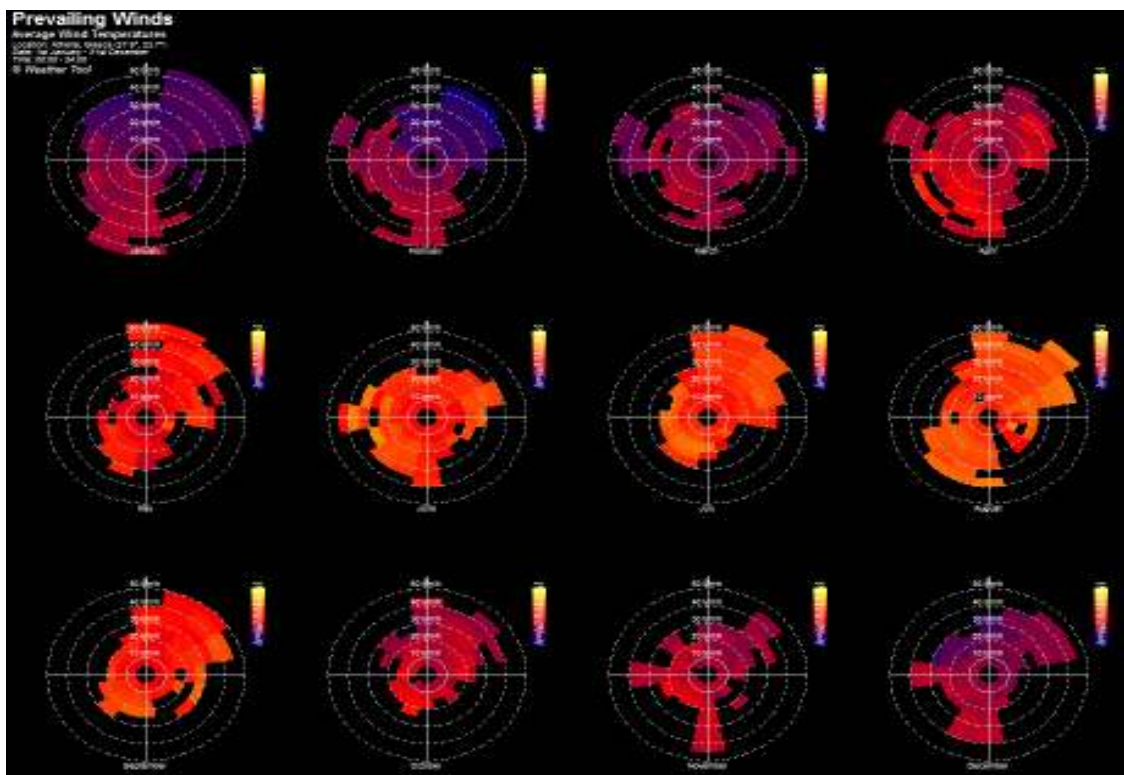
### 9.2.3 Ανάλυση ανέμου-wind analysis

Με τη βοήθεια του συγκεκριμένου εργαλείου είναι δυνατή η απεικόνιση της συχνότητας, της έντασης και της κατεύθυνσης του ανέμου στην περιοχή μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζονται οι επικρατούντες άνεμοι για κάθε μήνα ξεχωριστά. Το συγκεκριμένο σύστημα παρέχει τη δυνατότητα ανάλυσης των δεδομένων του ανέμου σε δεκαέξι διαφορετικές κατευθύνσεις οι οποίες διαφέρουν κατά 22.5° μεταξύ τους. Η ταχύτητα του ανέμου ισούται με την απόσταση από το κέντρο του κυκλικού διαγράμματος. Το πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι η ταυτόχρονη παρουσίαση μέσης θερμοκρασίας, υγρασίας, βροχόπτωσης και συχνότητας ανέμου.

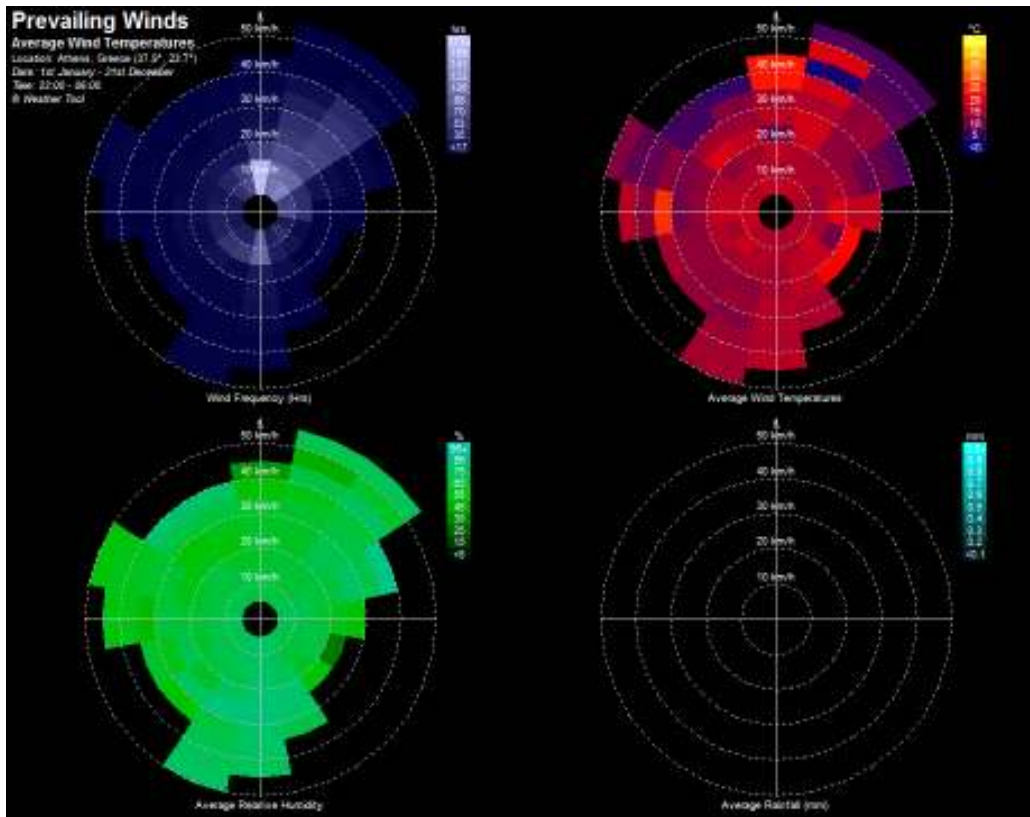




Εικόνα 9.13: Συχνότητα επικρατούντων ανέμων για κάθε μήνα ξεχωριστά



Εικόνα 9.14: Μέση θερμοκρασία επικρατούντων ανέμων για κάθε μήνα ξεχωριστά

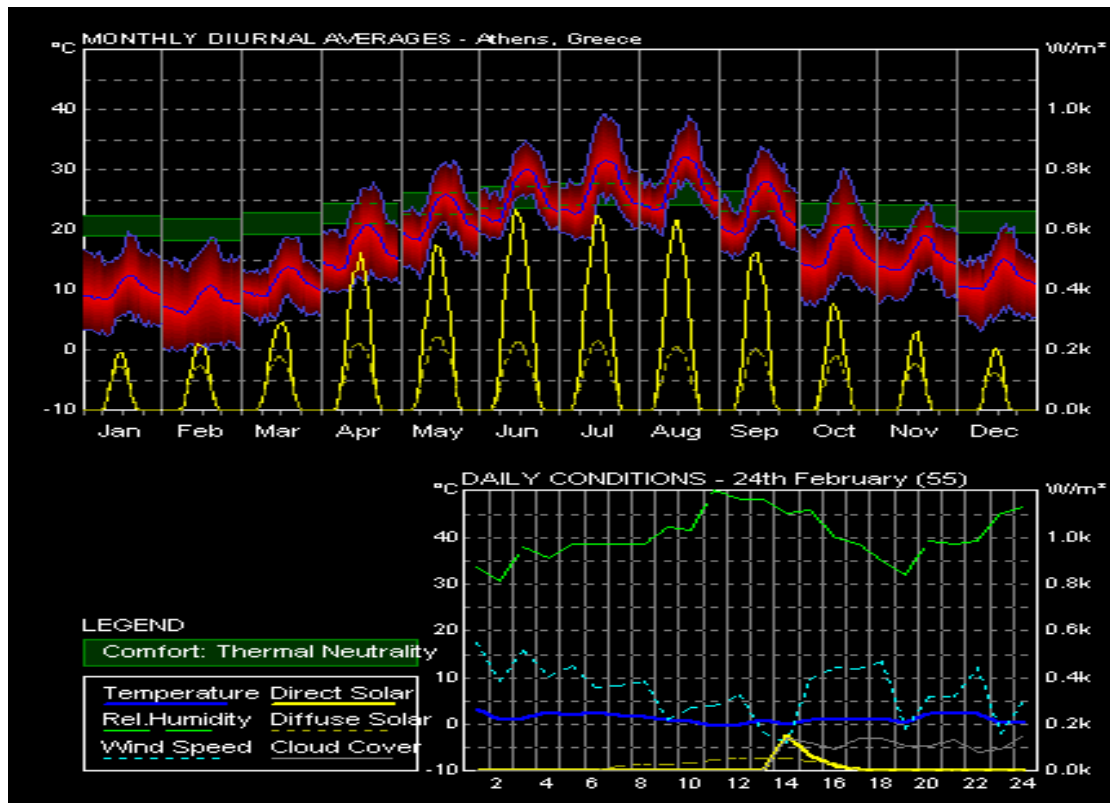


Εικόνα 9.15: Διάγραμμα ταυτόχρονης παρουσίασης συχνότητας ανέμου, μέσης θερμοκρασίας και υγρασίας ανέμου και βροχόπτωσης

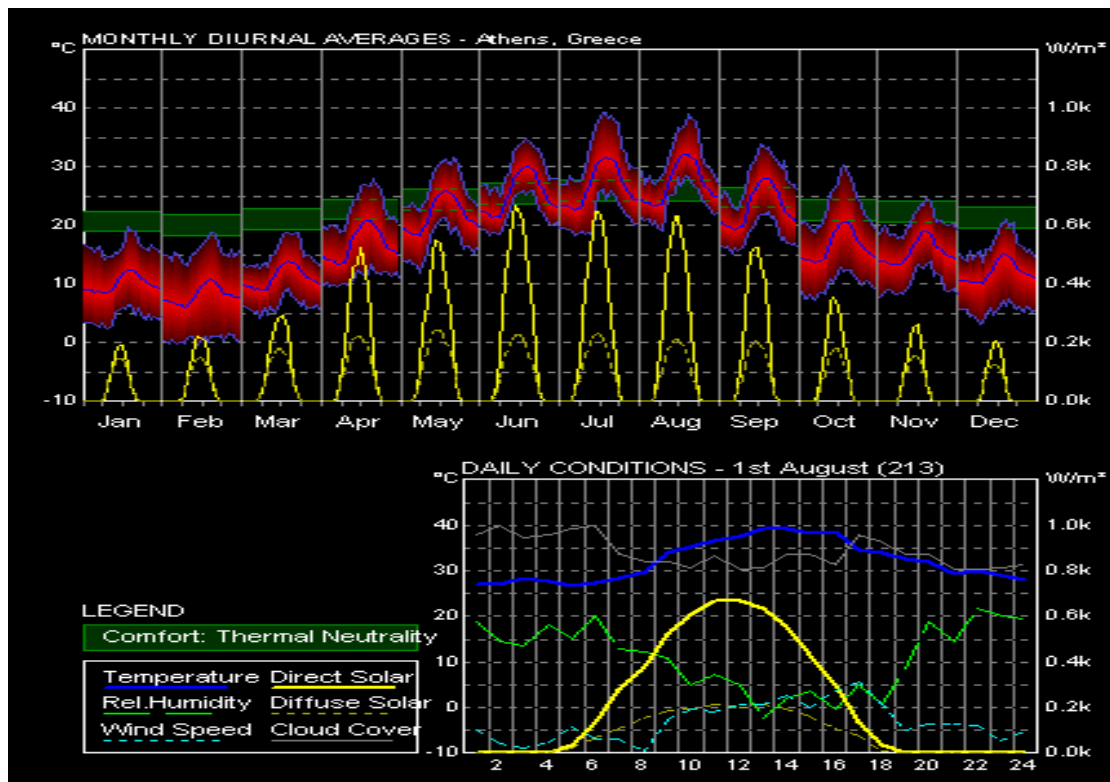
### 9.2.4 Κλιματικά δεδομένα

Το συγκεκριμένο εργαλείο μας γνωστοποιεί τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής μελέτης. Στα δύο πρώτα διαγράμματα παρίστανται στο επάνω τμήμα το ετήσιο και στο κάτω τμήμα το ημερήσιο γράφημα θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, ταχύτητας ανέμου, άμεσης ηλιακής ενέργειας, διαχεόμενης ηλιακής ενέργειας και νέφωσης κατά την τυπικά ψυχρότερη και κατά την τυπικά θερμότερη ημέρα του έτους.



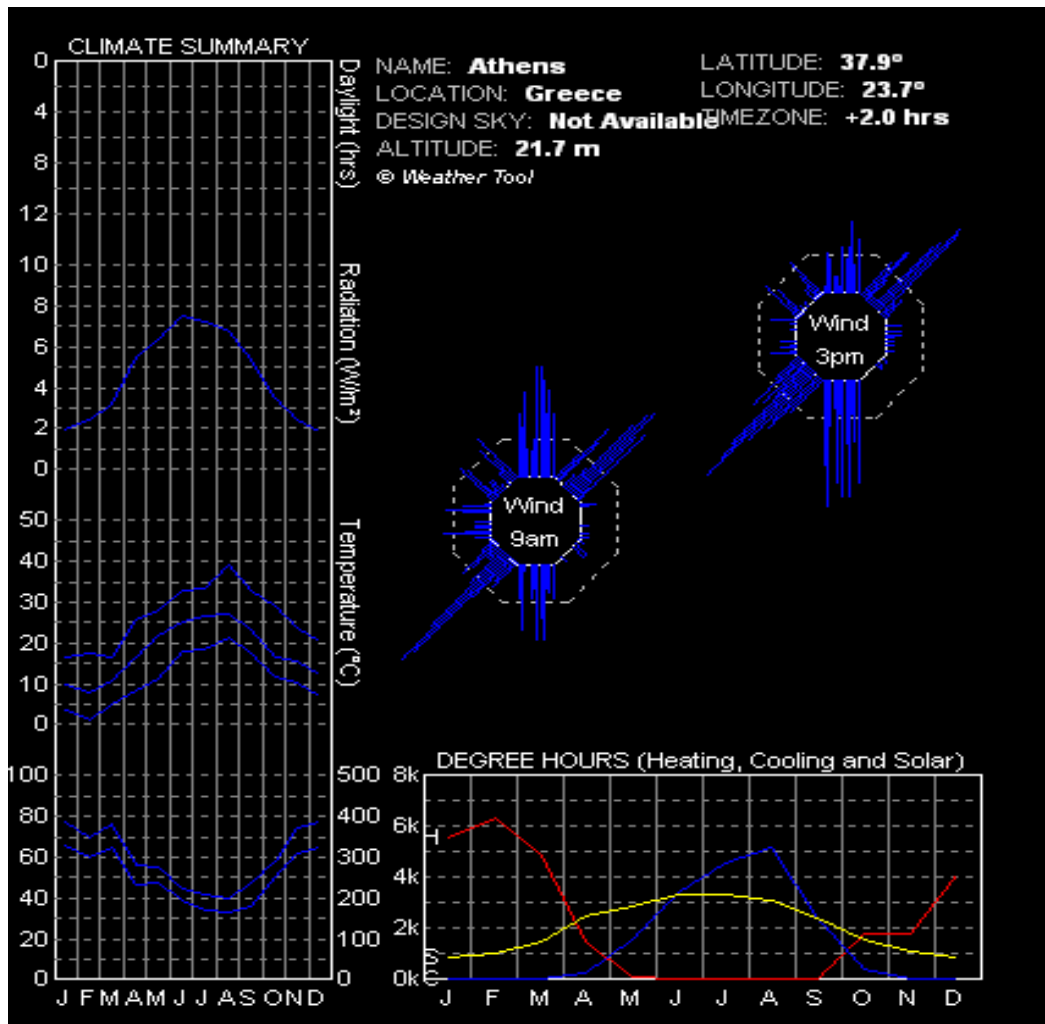


Εικόνα 9.16: Κλιματικά δεδομένα για την 24η Φεβρουαρίου



Εικόνα 9.17: Κλιματικά δεδομένα για την 1η Αυγούστου

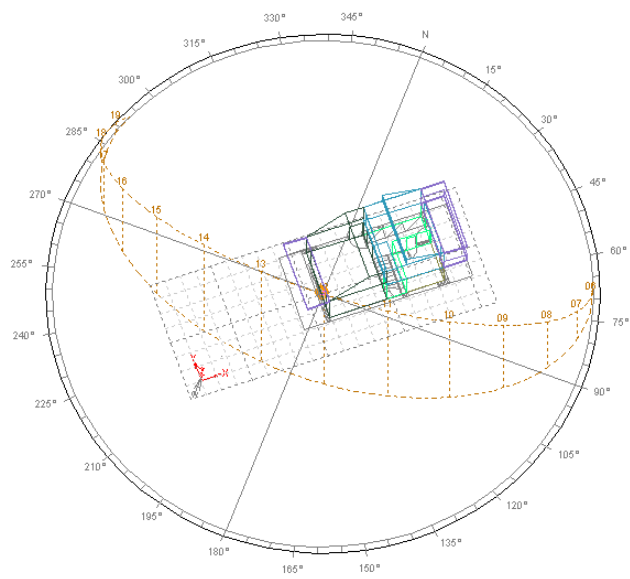
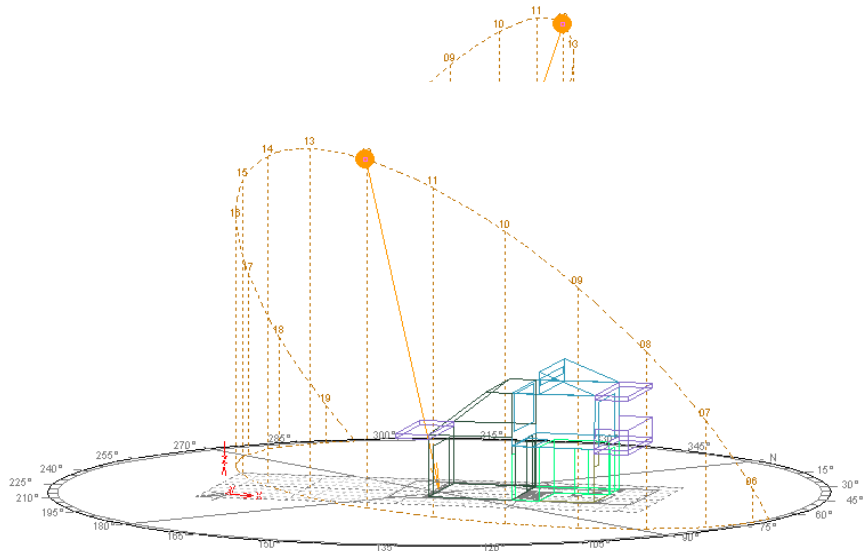
Το παρακάτω διάγραμμα αποτελεί μία συνδυαστική απεικόνιση των ωρών ηλιοφάνειας, της θερμοκρασίας, της σχετικής υγρασίας, της ηλιακής ακτινοβολίας και της βροχόπτωσης της περιοχής μελέτης.



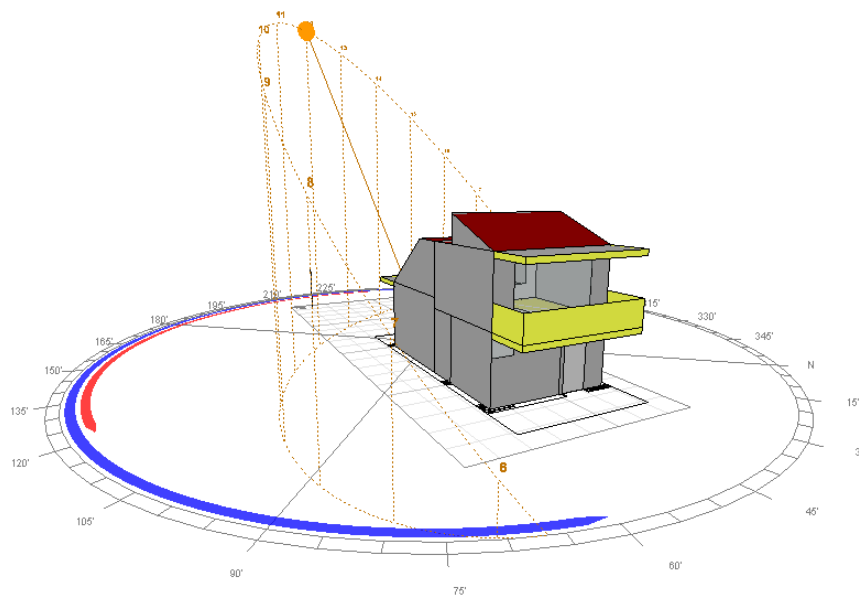
Εικόνα 9.18: Κλιματική περίληψη για την περιοχή μελέτης

### 9.2.5 Θερμική ανάλυση- solar analysis

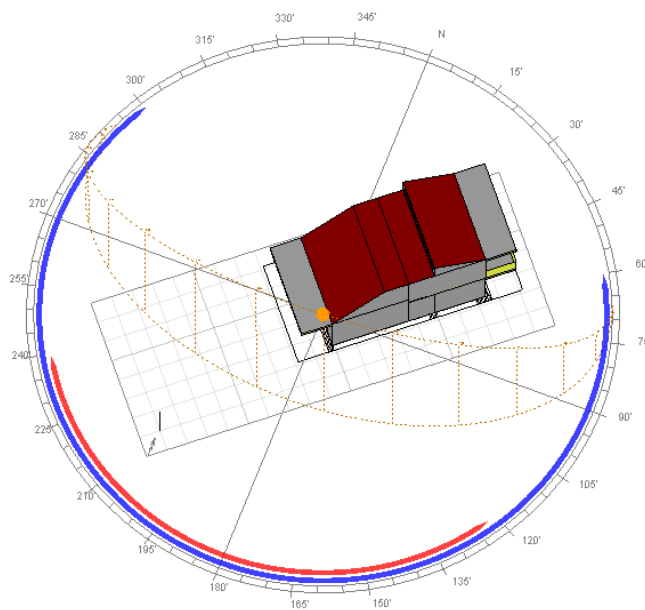
Με την εφαρμογή αυτή ο χρήστης εξετάζει τον ηλιασμό του μοντέλου και έχει τη δυνατότητα μέσα από δοκιμές να επιλέξει κατάλληλα συστήματα σκίασης:



**Εικόνα 9.20: Ηλιακή θέση για την 1η Ιανουαρίου, 12:00 το μεσημέρι, όψη από τη θέση του ήλιου**



**Εικόνα 9.21: Ηλιακή θέση για την 1η Ιανουαρίου, 12:00 το μεσημέρι**



**Εικόνα 9.22: Ηλιακή θέση για την 1η Ιανουαρίου, 12:00 το μεσημέρι, όψη από τη θέση του ήλιου**

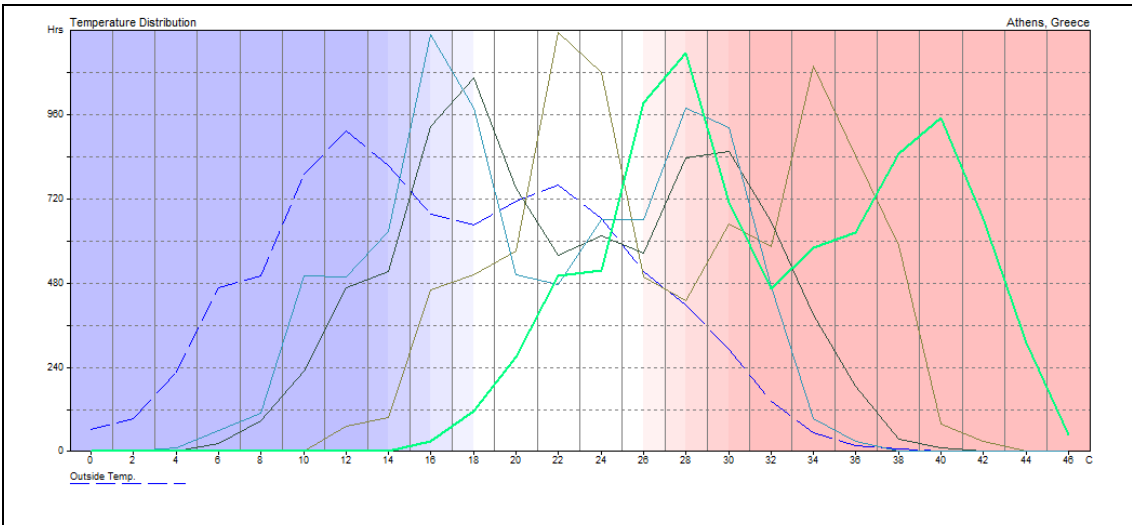
## **9.3 Θερμική ανάλυση**

Η θερμική ανάλυση με τη χρήση του λογισμικού Ecotect Analysis διαχωρίστηκε σε δύο τμήματα. Αρχικά, μελετήθηκαν η ετήσια κατανομή θερμοκρασίας, οι ωριαίες θερμοκρασίες και τα ωριαία κέρδη και οι απώλειες χωρίς τη χρήση συστημάτων ψύξης και θέρμανσης στις διάφορες θερμικές ζώνες. Στη συνέχεια, ακολούθησε η μελέτη ωριαίων κερδών-απωλειών και μηνιαίων θερμικών και ψυκτικών φορτίων με χρήση μικτού συστήματος θέρμανσης-ψύξης σε όλες τις ζώνες (εκτός του wc, όπου υπάρχει μόνο θέρμανση) για το αρχικό σενάριο που χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό KENAK και για το ευνοϊκότερο που προέκυψε από αυτό.

### **9.3.1 Θερμική ανάλυση χωρίς συστήματα θέρμανσης ψύξης**

#### **9.3.1.1 Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας-temperature distribution**

Το λογισμικό του ecotect παρέχει τη δυνατότητα απεικόνισης τόσο της εξωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος, όσο και της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των ζωνών. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε όλες τις ζώνες και για τα δύο σενάρια. Δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο σεναρίων, του αρχικού και του ευνοϊκότερου, όσον αφορά την ετήσια κατανομή θερμοκρασίας. Η μόνη ζώνη που παρουσιάζει μια διαφορά της τάξης 7.5% είναι η θερμική ζώνη του διαδρόμου στο ισόγειο. Τα αποτελέσματα για τη συγκεκριμένη ζώνη παρουσιάζονται παρακάτω:



**ANNUAL TEMPERATURE DISTRIBUTION-diadromos isogeio**

Operation: Weekdays 00-24, Weekends 00-24.

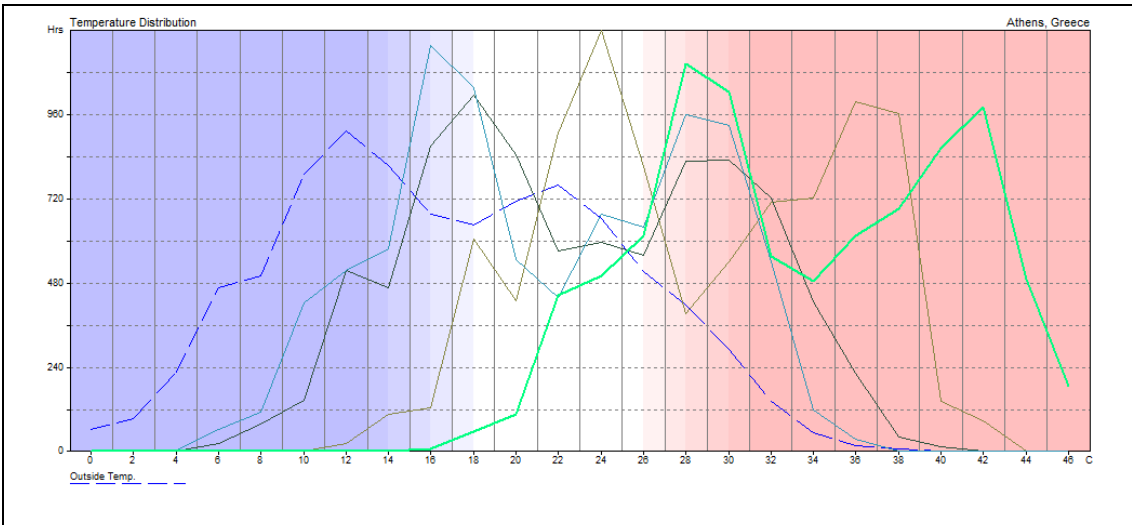
Comfort Band: 18.0 - 26.0 C

In Comfort: 2390 Hrs (27.3%)

TEMP. HOURS PERCENT

| TEMP.   | HOURS | PERCENT |
|---------|-------|---------|
| 0.0     | 0     | 0.0%    |
| 2.0     | 0     | 0.0%    |
| 4.0     | 0     | 0.0%    |
| 6.0     | 0     | 0.0%    |
| 8.0     | 0     | 0.0%    |
| 10.0    | 0     | 0.0%    |
| 12.0    | 0     | 0.0%    |
| 14.0    | 0     | 0.0%    |
| 16.0    | 28    | 0.3%    |
| 18.0    | 115   | 1.3%    |
| 20.0    | 268   | 3.1%    |
| 22.0    | 500   | 5.7%    |
| 24.0    | 516   | 5.9%    |
| 26.0    | 991   | 11.3%   |
| 28.0    | 1134  | 13.0%   |
| 30.0    | 708   | 8.1%    |
| 32.0    | 463   | 5.3%    |
| 34.0    | 580   | 6.6%    |
| 36.0    | 623   | 7.1%    |
| 38.0    | 849   | 9.7%    |
| 40.0    | 948   | 10.8%   |
| 42.0    | 663   | 7.6%    |
| 44.0    | 310   | 3.5%    |
| 46.0    | 48    | 0.5%    |
| COMFORT | 2390  | 27.3%   |

**Εικόνα9.23: Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας για τη ζώνη του διαδρόμου χωρίς συστήματα- αρχικό σενάριο**



**ANNUAL TEMPERATURE DISTRIBUTION-diadromos isogeio**

Operation: Weekdays 00-24, Weekends 00-24.

Comfort Band: 18.0 - 26.0 C

In Comfort: 1724 Hrs (19.8%)

TEMP. HOURS PERCENT

| TEMP.          | HOURS       | PERCENT      |
|----------------|-------------|--------------|
| 0.0            | 0           | 0.0%         |
| 2.0            | 0           | 0.0%         |
| 4.0            | 0           | 0.0%         |
| 6.0            | 0           | 0.0%         |
| 8.0            | 0           | 0.0%         |
| 10.0           | 0           | 0.0%         |
| 12.0           | 0           | 0.0%         |
| 14.0           | 0           | 0.0%         |
| 16.0           | 8           | 0.1%         |
| 18.0           | 58          | 0.7%         |
| 20.0           | 107         | 1.2%         |
| 22.0           | 445         | 5.1%         |
| 24.0           | 499         | 5.7%         |
| 26.0           | 615         | 7.1%         |
| 28.0           | 1104        | 12.7%        |
| 30.0           | 1023        | 11.7%        |
| 32.0           | 554         | 6.4%         |
| 34.0           | 486         | 5.6%         |
| 36.0           | 613         | 7.0%         |
| 38.0           | 691         | 7.9%         |
| 40.0           | 862         | 9.9%         |
| 42.0           | 979         | 11.2%        |
| 44.0           | 490         | 5.6%         |
| 46.0           | 187         | 2.1%         |
| <b>COMFORT</b> | <b>1724</b> | <b>19.8%</b> |

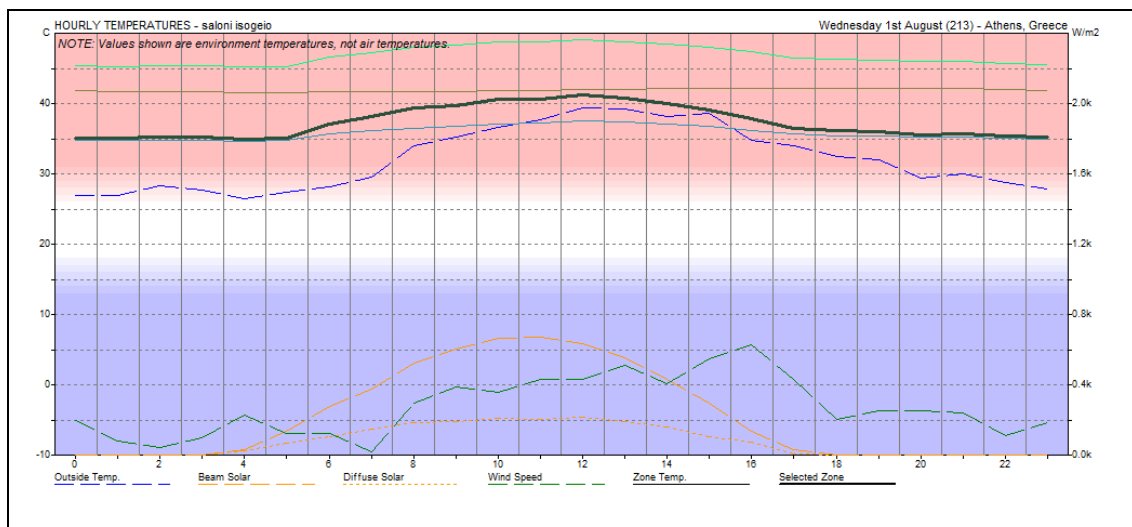
**Εικόνα9.24: Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας για τη ζώνη του διαδρόμου χωρίς συστήματα-ευνοϊκότερο σενάριο**

### 9.3.1.2 Ωριαίες θερμοκρασίες-hourly temperatures

Γίνεται υπολογισμός των ωριαίων θερμοκρασιών στο εσωτερικό του κτιρίου παρέχοντας ταυτόχρονα πληροφορίες και για τις αντίστοιχες εξωτερικές. Όσον αφορά στις εσωτερικές θερμοκρασίες, αυτές προκύπτουν κυρίως βάσει των υλικών που έχουν επιλεγεί για το κέλυφος και βάσει της γεωμετρίας του κτιρίου ή και άλλων παραμέτρων, ενώ οι εξωτερικές υπολογίστηκαν από τα μετεωρολογικά δεδομένα που εισαγάγαμε στο πρόγραμμα. Παρακάτω, παρατίθενται τα συγκεκριμένα διαγράμματα και οι αντίστοιχοι πίνακες που δίνουν και τη διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας (TEMP.DIF) για κάθε ώρα. Οι υπολογισμοί έγιναν για τη μέση πιο ζεστή μέρα του καλοκαιριού (1<sup>η</sup> Αυγούστου) και τη μέση πιο κρύα του χειμώνα (24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου).

Αρχικά στα δεδομένα του προγράμματος εισάγαμε τα ανεκτά επίπεδα θερμικής άνεσης με κατώτερο όριο τους 18°C (θέρμανση) και ανώτερο τους 26 °C (ψύξη). Για τις δύο ακραίες περιπτώσεις που έχουμε εξετάσει παρατηρούμε ότι τα επίπεδα θερμικής άνεσης υπερβαίνονται για πολύ σε όλες τις θερμικές ζώνες του κτιρίου. Παίρνοντας για παράδειγμα τη θερμική ζώνη του σαλονιού που θεωρούμε ότι είναι αντιπροσωπευτική και για τις υπόλοιπες θερμικές ζώνες, παρατηρούμε ότι και κατά το αρχικό σενάριο, αλλά και κατά το ευνοϊκότερο σενάριο την τυπικά θερμότερη μέρα του καλοκαιριού (1<sup>η</sup> Αυγούστου) η εσωτερική θερμοκρασία είναι 38°C. Το ίδιο συμβαίνει και για την τυπικά ψυχρότερη μέρα (24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου) όπου η θερμοκρασία και για τα δύο σενάρια παραμένει περί τους 8.8 °C.

Για τη ζώνη του σαλονιού για την τυπικά θερμότερη και ψυχρότερη ημέρα:





HOURLY TEMPERATURES - Wednesday 1st August (213)/saloni isogeio

Avg. Temperature: 31.5 C (Ground 17.9 C)

Total Surface Area: 116.279 m2 (689.1% flr area).

Total Exposed Area: 71.854 m2 (425.8% flr area).

Total South Window: 6.600 m2 (39.1% flr area).

Total Window Area: 6.600 m2 (39.1% flr area).

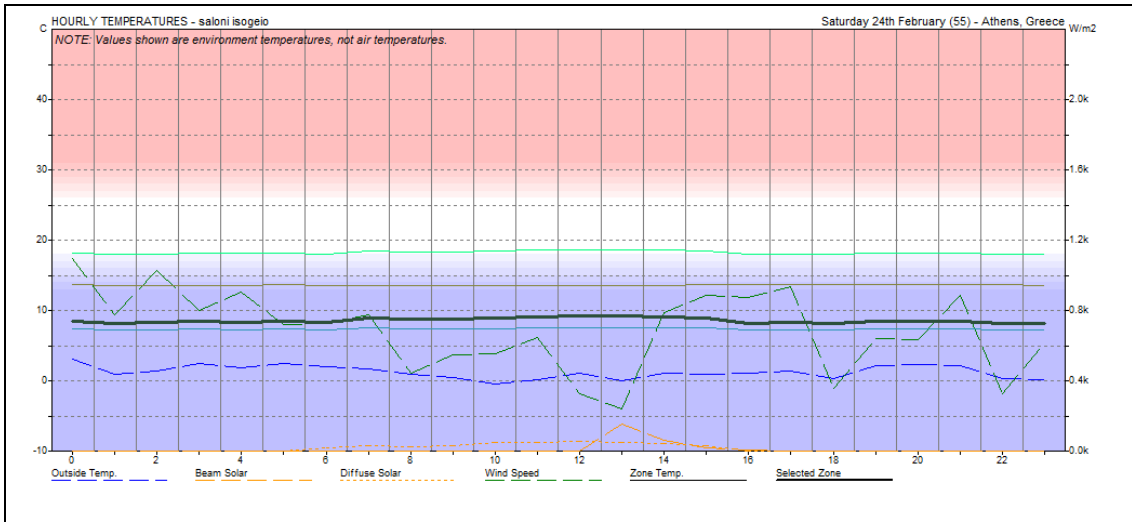
Total Conductance (AU): 54 W/°K/Total Admittance (AY): 711 W/°K

Response Factor: 10.97

| HOUR | INSIDE<br>(C) | OUTSIDE<br>(C) | TEMP.DIF<br>(C) |
|------|---------------|----------------|-----------------|
|------|---------------|----------------|-----------------|

|    |      |      |     |
|----|------|------|-----|
| 00 | 35.2 | 27.0 | 8.2 |
| 01 | 35.1 | 27.0 | 8.1 |
| 02 | 35.3 | 28.4 | 6.9 |
| 03 | 35.3 | 27.8 | 7.5 |
| 04 | 35.0 | 26.6 | 8.4 |
| 05 | 35.2 | 27.4 | 7.8 |
| 06 | 37.2 | 28.3 | 8.9 |
| 07 | 38.2 | 29.6 | 8.6 |
| 08 | 39.4 | 34.0 | 5.4 |
| 09 | 39.8 | 35.3 | 4.5 |
| 10 | 40.6 | 36.7 | 3.9 |
| 11 | 40.7 | 37.7 | 3.0 |
| 12 | 41.3 | 39.4 | 1.9 |
| 13 | 40.9 | 39.3 | 1.6 |
| 14 | 40.1 | 38.3 | 1.8 |
| 15 | 39.1 | 38.7 | 0.4 |
| 16 | 37.9 | 34.8 | 3.1 |
| 17 | 36.5 | 34.0 | 2.5 |
| 18 | 36.2 | 32.6 | 3.6 |
| 19 | 36.1 | 32.1 | 4.0 |
| 20 | 35.7 | 29.5 | 6.2 |
| 21 | 35.7 | 30.1 | 5.6 |
| 22 | 35.5 | 28.9 | 6.6 |
| 23 | 35.3 | 27.9 | 7.4 |

Εικόνα9.25: Ωριαίες θερμοκρασίες για τη ζώνη του σαλονιού την 1<sup>η</sup> Αυγούστου χωρίς συστήματα-αρχικό σενάριο



**HOURLY TEMPERATURES - Saturday 24th February (55)/saloni isogeio**

Avg. Temperature: 3.4 C (Ground 17.9 C)

Total Surface Area: 116.279 m2 (689.1% flr area).

Total Exposed Area: 71.854 m2 (425.8% flr area).

Total South Window: 6.600 m2 (39.1% flr area).

Total Window Area: 6.600 m2 (39.1% flr area).

Total Conductance (AU): 54 W/°K/Total Admittance (AY): 711 W/°K

Response Factor: 10.97

**HOUR INSIDE OUTSIDE TEMP.DIF**

|    | INSIDE<br>(C) | OUTSIDE<br>(C) | TEMP.DIF<br>(C) |
|----|---------------|----------------|-----------------|
| 00 | 8.6           | 3.2            | 5.4             |
| 01 | 8.3           | 1.0            | 7.3             |
| 02 | 8.3           | 1.5            | 6.8             |
| 03 | 8.5           | 2.6            | 5.9             |
| 04 | 8.4           | 1.9            | 6.5             |
| 05 | 8.5           | 2.6            | 5.9             |
| 06 | 8.4           | 2.0            | 6.4             |
| 07 | 8.9           | 1.7            | 7.2             |
| 08 | 8.8           | 1.0            | 7.8             |
| 09 | 8.8           | 0.6            | 8.2             |
| 10 | 8.9           | -0.4           | 9.3             |
| 11 | 9.1           | 0.2            | 8.9             |
| 12 | 9.3           | 1.2            | 8.1             |
| 13 | 9.4           | 0.1            | 9.3             |
| 14 | 9.2           | 1.2            | 8.0             |
| 15 | 8.9           | 1.0            | 7.9             |
| 16 | 8.3           | 1.1            | 7.2             |
| 17 | 8.3           | 1.5            | 6.8             |
| 18 | 8.2           | 0.4            | 7.8             |
| 19 | 8.5           | 2.3            | 6.2             |
| 20 | 8.5           | 2.4            | 6.1             |
| 21 | 8.5           | 2.3            | 6.2             |
| 22 | 8.2           | 0.4            | 7.8             |
| 23 | 8.2           | 0.3            | 7.9             |

**Εικόνα 9.26: Ωριαίες θερμοκρασίες για τη ζώνη του σαλονιού την 24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου χωρίς συστήματα-αρχικό σενάριο**

### 9.3.1.3 Διαγράμματα ωριαίων κερδών-hourly gains

Στο σημείο αυτό παρατίθενται τα διαγράμματα ωριαίων κερδών για τα δύο σενάρια και πάλι για την 1<sup>η</sup> Αυγούστου και την 24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου για κάθε θερμική ζώνη του κτιρίου ξεχωριστά.

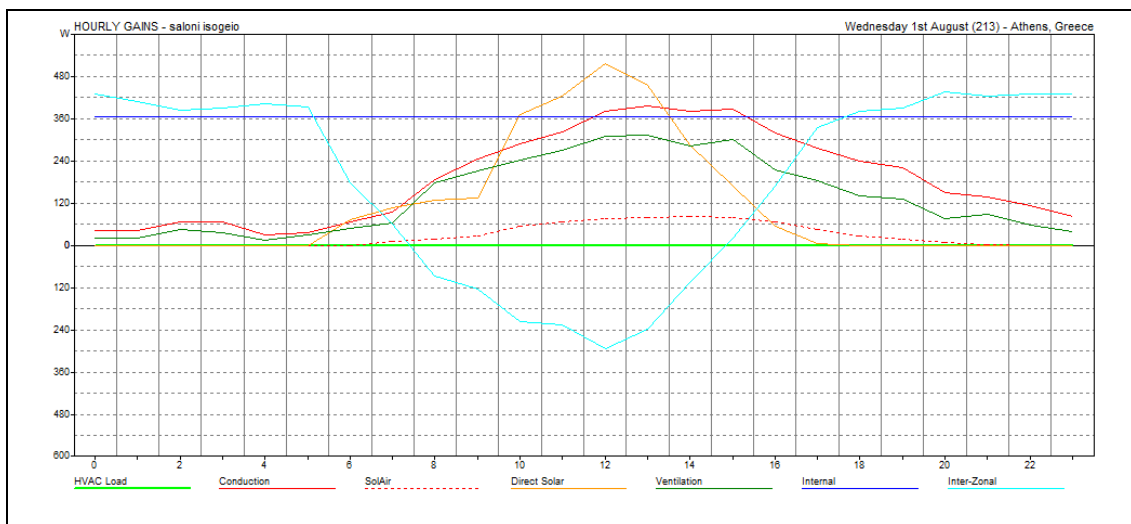
Τα διαγράμματα παρέχουν στοιχεία για:

- τη μεταβίβαση θερμικών φορτίων μέσω της κατασκευής (Fabric)
- τα άμεσα ηλιακά κέρδη μέσω των διαφανών στοιχείων, δηλαδή τα παράθυρα (Solar)
- τα κέρδη μέσου αερισμού και διείσδυσης από ρωγμές και ανοίγματα (Ventilation)
- τα εσωτερικά φορτία από χρήστες, φωτισμό και μηχανήματα (Internal).

Ενώ, οι πίνακες παρέχουν στοιχεία για όσα προαναφέρθηκαν, καθώς και για:

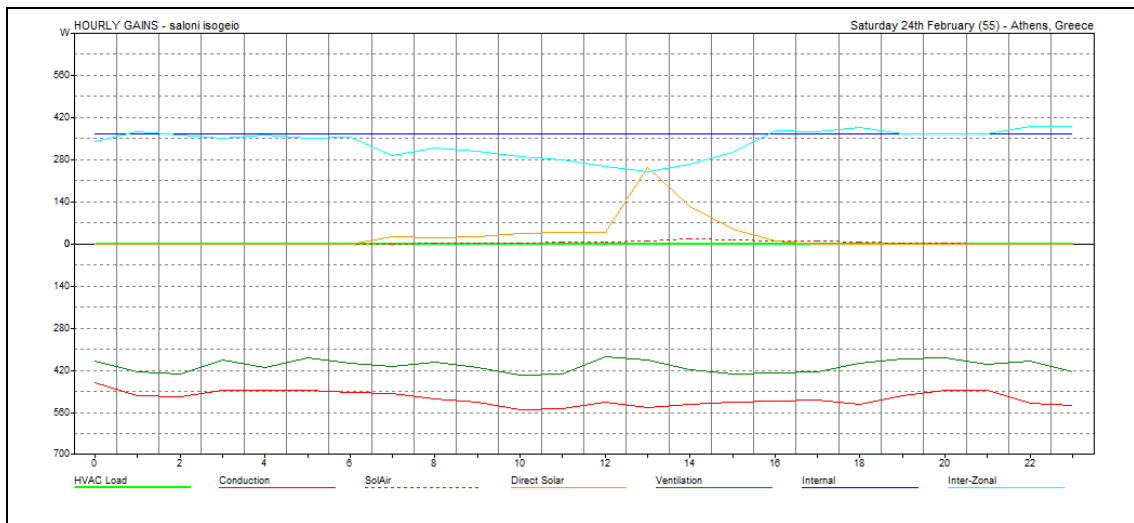
- το σύστημα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού (σε όλες τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται μικτό σύστημα κλιματισμού) (HVAC).
- τα διαζωνικά κέρδη λόγω ροής θερμότητας μεταξύ ζωνών που γειτνιάζουν (Zonal).

Για τη ζώνη του σαλονιού κατά την τυπικά θερμότερη και τη τυπικά ψυχρότερη ημέρα:



| HOURLY GAINS - Wednesday 1st August (213) |       |        |       |       |        |       |
|---|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| Zone: saloni isogeio                      |       |        |       |       |        |       |
| HOURLY                                    | HVAC  | FABRIC | SOLAR | VENT. | INTERN | ZONAL |
|   | (Wh)  | (Wh)   | (Wh)  | (Wh)  | (Wh)   | (Wh)  |
| -----                                     | ----- | -----  | ----- | ----- | -----  | ----- |
| 00  | 0     | 41     | 0     | 21    | 364    | 429   |
| 01  | 0     | 40     | 0     | 19    | 364    | 409   |
| 02  | 0     | 65     | 0     | 44    | 364    | 384   |
| 03  | 0     | 68     | 0     | 35    | 364    | 390   |
| 04  | 0     | 29     | 0     | 13    | 364    | 401   |
| 05  | 0     | 36     | 0     | 28    | 364    | 391   |
| 06  | 0     | 65     | 74    | 46    | 364    | 178   |
| 07  | 0     | 106    | 105   | 64    | 364    | 61    |
| 08  | 0     | 204    | 129   | 176   | 364    | -87   |
| 09  | 0     | 273    | 134   | 211   | 364    | -125  |
| 10  | 0     | 339    | 369   | 240   | 364    | -218  |
| 11  | 0     | 388    | 423   | 269   | 364    | -226  |
| 12  | 0     | 455    | 517   | 308   | 364    | -294  |
| 13  | 0     | 474    | 455   | 312   | 364    | -238  |
| 14  | 0     | 462    | 283   | 280   | 364    | -106  |
| 15  | 0     | 464    | 169   | 301   | 364    | 20    |
| 16  | 0     | 383    | 54    | 213   | 364    | 167   |
| 17  | 0     | 319    | 6     | 184   | 364    | 333   |
| 18  | 0     | 262    | 0     | 140   | 364    | 380   |
| 19  | 0     | 235    | 0     | 132   | 364    | 389   |
| 20  | 0     | 157    | 0     | 76    | 364    | 434   |
| 21  | 0     | 140    | 0     | 88    | 364    | 423   |
| 22  | 0     | 113    | 0     | 58    | 364    | 428   |
| 23  | 0     | 83     | 0     | 40    | 364    | 431   |
| -----                                     | ----- | -----  | ----- | ----- | -----  | ----- |
| TOTAL                                     | 0     | 5200   | 2718  | 3297  | 8745   | 4354  |

**Εικόνα9.27: Ωριαία κέρδη για τη ζώνη του σαλονιού την 1<sup>η</sup> Αυγούστου χωρίς συστήματα-αρχικό σενάριο**

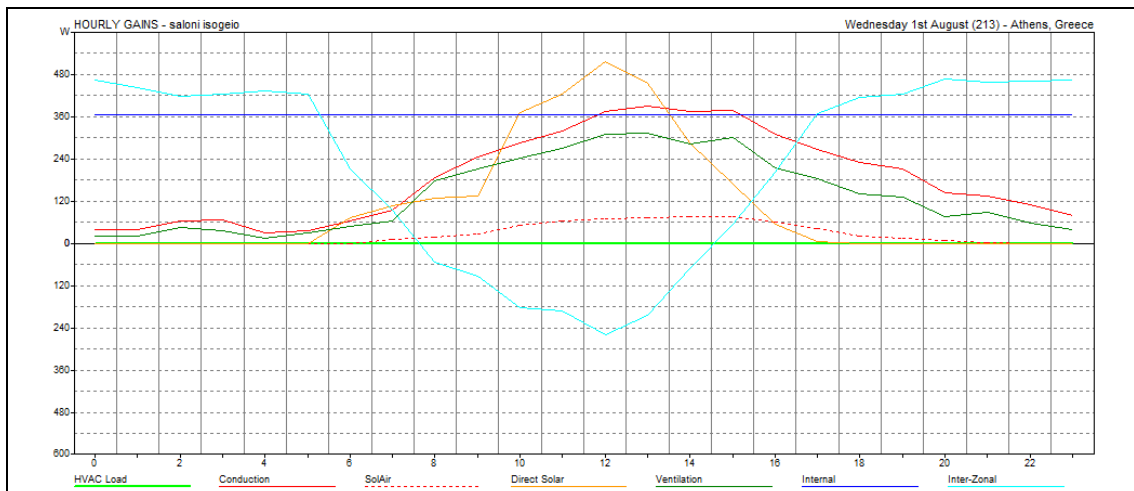


### HOURLY GAINS - Saturday 24th February (55)

Zone: saloni isogeio

| HOUR  | HVAC<br>(Wh) | FABRIC<br>(Wh) | SOLAR<br>(Wh) | VENT.<br>(Wh) | INTERN<br>(Wh) | ZONAL<br>(Wh) |
|-------|--------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 00    | 0            | -461           | 0             | -391          | 364            | 339           |
| 01    | 0            | -505           | 0             | -424          | 364            | 370           |
| 02    | 0            | -507           | 0             | -431          | 364            | 362           |
| 03    | 0            | -488           | 0             | -386          | 364            | 351           |
| 04    | 0            | -487           | 0             | -411          | 364            | 360           |
| 05    | 0            | -487           | 0             | -379          | 364            | 351           |
| 06    | 0            | -492           | 0             | -395          | 364            | 355           |
| 07    | 0            | -498           | 22            | -406          | 364            | 294           |
| 08    | 0            | -513           | 19            | -392          | 364            | 319           |
| 09    | 0            | -524           | 23            | -413          | 364            | 308           |
| 10    | 0            | -548           | 34            | -437          | 364            | 291           |
| 11    | 0            | -541           | 37            | -432          | 364            | 277           |
| 12    | 0            | -520           | 39            | -374          | 364            | 258           |
| 13    | 0            | -536           | 253           | -385          | 364            | 240           |
| 14    | 0            | -518           | 122           | -420          | 364            | 262           |
| 15    | 0            | -514           | 48            | -433          | 364            | 305           |
| 16    | 0            | -514           | 10            | -429          | 364            | 374           |
| 17    | 0            | -509           | 0             | -424          | 364            | 371           |
| 18    | 0            | -527           | 0             | -395          | 364            | 388           |
| 19    | 0            | -501           | 0             | -381          | 364            | 365           |
| 20    | 0            | -487           | 0             | -377          | 364            | 365           |
| 21    | 0            | -488           | 0             | -400          | 364            | 364           |
| 22    | 0            | -530           | 0             | -391          | 364            | 390           |
| 23    | 0            | -538           | 0             | -426          | 364            | 389           |
| TOTAL | 0            | -12231         | 608           | -9733         | 8745           | 8047          |

Εικόνα9.28: Ωριαία κέρδη για τη ζώνη του σαλονιού την 24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου χωρίς συστήματα-αρχικό σενάριο

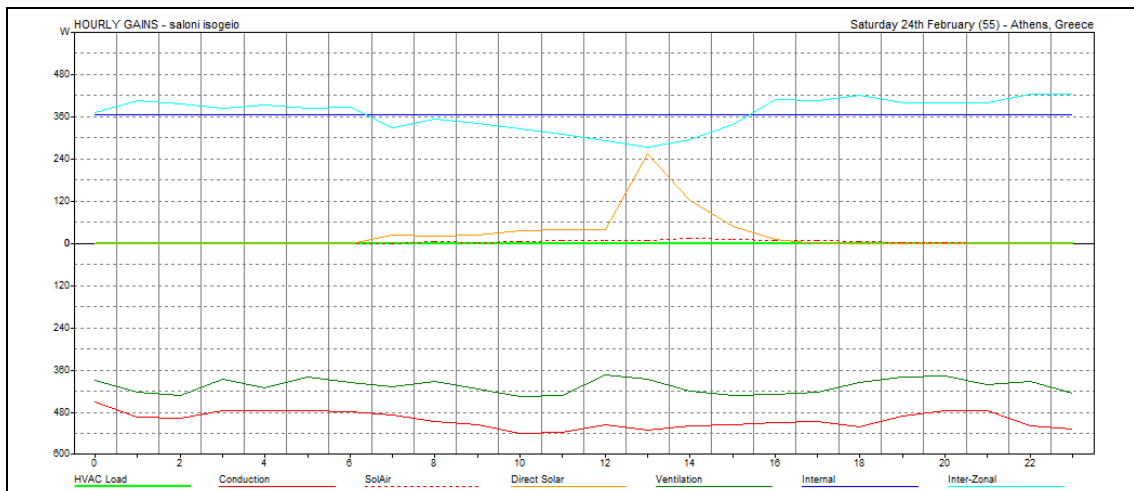


HOURLY GAINS - Wednesday 1st August (213)  
 Zone: saloni isogeio  
 HOUR HVAC FABRIC SOLAR VENT. INTERN ZONAL  
 (Wh) (Wh) (Wh) (Wh) (Wh) (Wh)

|    |   |     |     |     |     |      |
|----|---|-----|-----|-----|-----|------|
| 00 | 0 | 32  | 0   | 21  | 364 | 433  |
| 01 | 0 | 32  | 0   | 19  | 364 | 414  |
| 02 | 0 | 49  | 0   | 44  | 364 | 389  |
| 03 | 0 | 54  | 0   | 35  | 364 | 395  |
| 04 | 0 | 24  | 0   | 13  | 364 | 406  |
| 05 | 0 | 27  | 0   | 28  | 364 | 397  |
| 06 | 0 | 50  | 74  | 46  | 364 | 184  |
| 07 | 0 | 83  | 105 | 64  | 364 | 67   |
| 08 | 0 | 156 | 129 | 176 | 364 | -80  |
| 09 | 0 | 217 | 134 | 211 | 364 | -119 |
| 10 | 0 | 271 | 369 | 240 | 364 | -211 |
| 11 | 0 | 312 | 423 | 269 | 364 | -219 |
| 12 | 0 | 365 | 517 | 308 | 364 | -286 |
| 13 | 0 | 383 | 455 | 312 | 364 | -231 |
| 14 | 0 | 376 | 283 | 280 | 364 | -98  |
| 15 | 0 | 376 | 169 | 301 | 364 | 27   |
| 16 | 0 | 318 | 54  | 213 | 364 | 174  |
| 17 | 0 | 258 | 6   | 184 | 364 | 339  |
| 18 | 0 | 211 | 0   | 140 | 364 | 386  |
| 19 | 0 | 187 | 0   | 132 | 364 | 395  |
| 20 | 0 | 129 | 0   | 76  | 364 | 439  |
| 21 | 0 | 110 | 0   | 88  | 364 | 427  |
| 22 | 0 | 91  | 0   | 58  | 364 | 433  |
| 23 | 0 | 67  | 0   | 40  | 364 | 435  |

-----  
 TOTAL 0 4181 2718 3297 8745 4495  
 -----

Εικόνα 9.29: Ωριαία κέρδη για τη ζώνη του σαλονιού την 1<sup>η</sup> Αυγούστου χωρίς συστήματα κατά το ευνοϊκότερο σενάριο



HOURLY GAINS - Saturday 24th February (55)  
Zone: saloni isogeio

| HOUR  | HVAC<br>(Wh) | FABRIC<br>(Wh) | SOLAR<br>(Wh) | VENT.<br>(Wh) | INTERN<br>(Wh) | ZONAL<br>(Wh) |
|-------|--------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 00    | 0            | -363           | 0             | -391          | 364            | 346           |
| 01    | 0            | -393           | 0             | -424          | 364            | 377           |
| 02    | 0            | -399           | 0             | -431          | 364            | 370           |
| 03    | 0            | -385           | 0             | -386          | 364            | 358           |
| 04    | 0            | -382           | 0             | -411          | 364            | 367           |
| 05    | 0            | -384           | 0             | -379          | 364            | 358           |
| 06    | 0            | -386           | 0             | -395          | 364            | 362           |
| 07    | 0            | -391           | 22            | -406          | 364            | 301           |
| 08    | 0            | -402           | 19            | -392          | 364            | 326           |
| 09    | 0            | -410           | 23            | -413          | 364            | 315           |
| 10    | 0            | -428           | 34            | -437          | 364            | 297           |
| 11    | 0            | -425           | 37            | -432          | 364            | 284           |
| 12    | 0            | -409           | 39            | -374          | 364            | 265           |
| 13    | 0            | -418           | 253           | -385          | 364            | 246           |
| 14    | 0            | -406           | 122           | -420          | 364            | 269           |
| 15    | 0            | -402           | 48            | -433          | 364            | 311           |
| 16    | 0            | -403           | 10            | -429          | 364            | 381           |
| 17    | 0            | -401           | 0             | -424          | 364            | 378           |
| 18    | 0            | -413           | 0             | -395          | 364            | 395           |
| 19    | 0            | -397           | 0             | -381          | 364            | 372           |
| 20    | 0            | -383           | 0             | -377          | 364            | 372           |
| 21    | 0            | -383           | 0             | -400          | 364            | 371           |
| 22    | 0            | -414           | 0             | -391          | 364            | 397           |
| 23    | 0            | -422           | 0             | -426          | 364            | 396           |
| TOTAL | 0            | -9598          | 608           | -9733         | 8745           | 8213          |

Εικόνα 9.30: Ωριαία κέρδη για τη ζώνη του σαλονιού την 24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου χωρίς συστήματα-ευνοϊκότερο σενάριο

Συνοπτικά για λόγους σύγκρισης παρατίθενται σε πίνακες τα τελικά αποτελέσματα για τα δύο διαφορετικά σενάρια. Όσον αφορά το σύστημα θέρμανσης-ψύξης-κλιματισμού (HVAC) τα κέρδη είναι μηδενικά αφού στη συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε επιλέξει να μην υπάρχουν

καθόλου τέτοια συστήματα σε καμία θερμική ζώνη του κτιρίου. Γενικά παρατηρούμε ότι τα θερμικά κέρδη λόγω της κατασκευής (FABRIC) είναι μικρότερα σε όλες τις ζώνες κατά το ευμενέστερο σενάριο και σε αρκετές περιπτώσεις η μείωση αυτή είναι σημαντική. Τα άμεσα και έμμεσα ηλιακά κέρδη (SOLAR), τα κέρδη από αερισμό λόγω ρωγμών και ανοιγμάτων (VENT) και τα εσωτερικά κέρδη (INTER) παραμένουν σταθερά για τις δύο διαφορετικές λύσεις.

σαλόνι ισογείου-1<sup>η</sup> Αυγούστου

|      | HVAC<br>(Wh) | FABRIC<br>(Wh) | SOLAR<br>(Wh) | VENT<br>(Wh) | INTERN<br>(Wh) | ZONAL<br>(Wh) |
|------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| ΠΡΙΝ | 0            | 5200           | 2718          | 3297         | 8745           | 4354          |
| ΜΕΤΑ | 0            | 4181           | 2718          | 3297         | 8745           | 4495          |

σαλόνι ισογείου-24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου

|      | HVAC<br>(Wh) | FABRIC<br>(Wh) | SOLAR<br>(Wh) | VENT<br>(Wh) | INTERN<br>(Wh) | ZONAL<br>(Wh) |
|------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| ΠΡΙΝ | 0            | -12231         | 608           | -9735        | 8745           | 8047          |
| ΜΕΤΑ | 0            | -9598          | 608           | -9735        | 8745           | 8213          |

Στη θερμική ζώνη σαλόνι ισογείου παρατηρείται μείωση των απωλειών κατά 19.6% τη μέρα του καλοκαιριου και κατά 21.5% για τη μέρα του χειμώνα. Τα διαζωνικά κέρδη και για το καλοκαίρι αλλά και για το χειμώνα παρουσιάζουν ελάχιστες διαφορές μεταξύ των δύο σεναρίων.

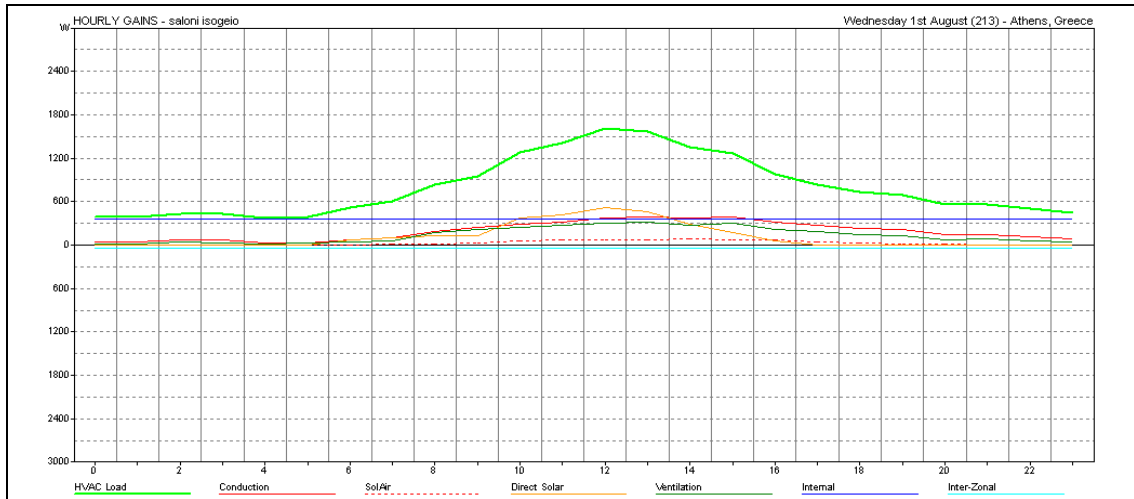
### 9.3.2 Θερμική ανάλυση με συστήματα θέρμανσης-ψύξης

Κατά τη θερμική ανάλυση μελετήθηκαν τα ωριαία κέρδη και οι απώλειες (hourly heat gains/losses) και τα μηνιαία φορτία θέρμανσης-ψύξης (monthly heating/cooling loads) για την τυπικά θερμότερη και ψυχρότερη ημέρα του έτους. Οι υπολογισμοί των κερδών και των απωλειών πραγματοποιήθηκαν για κάθε ζώνη ξεχωριστά, ενώ τα μηνιαία φορτία θέρμανσης-ψύξης υπολογίστηκαν συνολικά για όλες τις θερμικές ζώνες. Στο σημείο αυτό παρατίθενται τα διαγράμματα για τη ζώνη του σαλονιού, ενώ τα υπόλοιπα υπάρχουν αναλυτικά στο παράρτημα.

#### 9.3.2.1 Ωριαία κέρδη και απώλειες- hourly heat gains/losses

Για τη ζώνη του σαλονιού κατά την τυπικά θερμότερη και την τυπικά ψυχρότερη ημέρα:

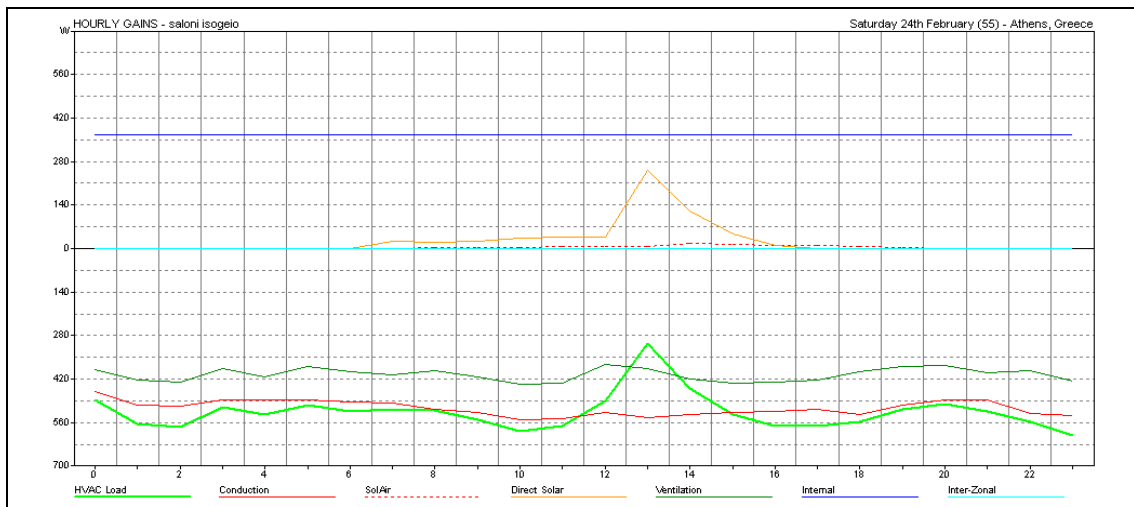




HOURLY GAINS - Wednesday 1st August (213)  
 Zone: saloni isogeio  
 HOUR HVAC FABRIC SOLAR VENT. INTERN ZONAL  
 (Wh) (Wh) (Wh) (Wh) (Wh) (Wh)

|       |       |      |      |      |      |      |
|-------|-------|------|------|------|------|------|
| 00    | 390   | 41   | 0    | 21   | 364  | -36  |
| 01    | 388   | 40   | 0    | 19   | 364  | -36  |
| 02    | 437   | 65   | 0    | 44   | 364  | -36  |
| 03    | 431   | 68   | 0    | 35   | 364  | -36  |
| 04    | 370   | 29   | 0    | 13   | 364  | -36  |
| 05    | 392   | 36   | 0    | 28   | 364  | -36  |
| 06    | 513   | 65   | 74   | 46   | 364  | -36  |
| 07    | 603   | 106  | 105  | 64   | 364  | -36  |
| 08    | 837   | 204  | 129  | 176  | 364  | -36  |
| 09    | 946   | 273  | 134  | 211  | 364  | -36  |
| 10    | 1277  | 339  | 369  | 240  | 364  | -36  |
| 11    | 1408  | 388  | 423  | 269  | 364  | -36  |
| 12    | 1608  | 455  | 517  | 308  | 364  | -36  |
| 13    | 1569  | 474  | 455  | 312  | 364  | -36  |
| 14    | 1354  | 462  | 283  | 280  | 364  | -36  |
| 15    | 1263  | 464  | 169  | 301  | 364  | -36  |
| 16    | 978   | 383  | 54   | 213  | 364  | -36  |
| 17    | 836   | 319  | 6    | 184  | 364  | -36  |
| 18    | 730   | 262  | 0    | 140  | 364  | -36  |
| 19    | 695   | 235  | 0    | 132  | 364  | -36  |
| 20    | 561   | 157  | 0    | 76   | 364  | -36  |
| 21    | 557   | 140  | 0    | 88   | 364  | -36  |
| 22    | 499   | 113  | 0    | 58   | 364  | -36  |
| 23    | 451   | 83   | 0    | 40   | 364  | -36  |
| TOTAL | 19094 | 5200 | 2718 | 3297 | 8745 | -866 |

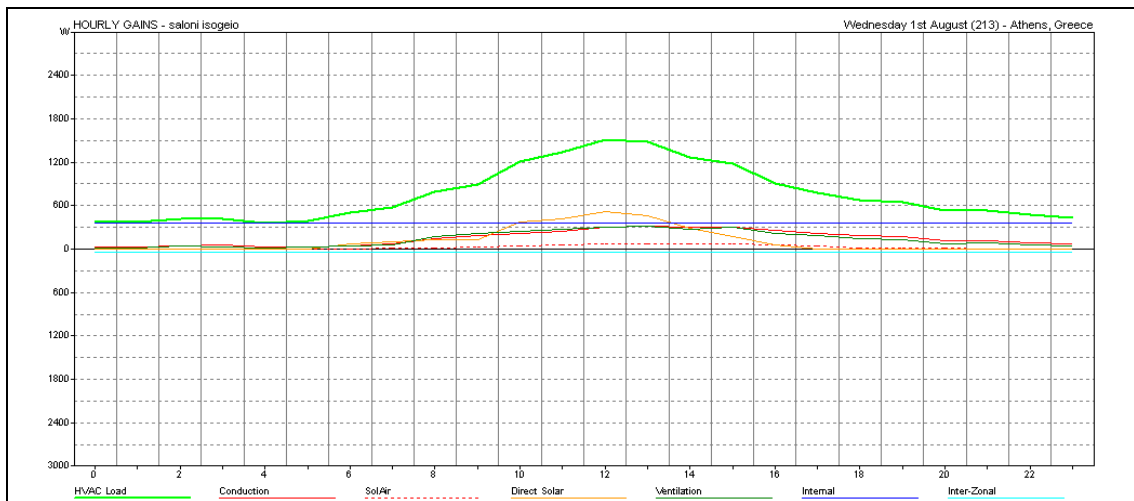
Εικόνα 9.31: Ωριαία κέρδη για τη ζώνη του σαλονιού την 1<sup>η</sup> Αυγούστου με συστήματα-αρχικό σενάριο



**HOURLY GAINS - Saturday 24th February (55)**  
 Zone: saloni isogeio  
**HOURLY HVAC FABRIC SOLAR VENT. INTERN ZONAL**  
 (Wh) (Wh) (Wh) (Wh) (Wh) (Wh)

| Hour         | HVAC Load (Wh) | Fabric (Wh)   | Solar (Wh) | Ventilation (Wh) | Internal (Wh) | Zonal (Wh) |
|--------------|----------------|---------------|------------|------------------|---------------|------------|
| 00           | -488           | -461          | 0          | -391             | 364           | -0         |
| 01           | -564           | -505          | 0          | -424             | 364           | -0         |
| 02           | -574           | -507          | 0          | -431             | 364           | -0         |
| 03           | -510           | -488          | 0          | -386             | 364           | -0         |
| 04           | -535           | -487          | 0          | -411             | 364           | -0         |
| 05           | -503           | -487          | 0          | -379             | 364           | -0         |
| 06           | -523           | -492          | 0          | -395             | 364           | -0         |
| 07           | -518           | -498          | 22         | -406             | 364           | -0         |
| 08           | -522           | -513          | 19         | -392             | 364           | -0         |
| 09           | -549           | -524          | 23         | -413             | 364           | -0         |
| 10           | -587           | -548          | 34         | -437             | 364           | -0         |
| 11           | -572           | -541          | 37         | -432             | 364           | -0         |
| 12           | -491           | -520          | 39         | -374             | 364           | -0         |
| 13           | -304           | -536          | 253        | -385             | 364           | -0         |
| 14           | -451           | -518          | 122        | -420             | 364           | -0         |
| 15           | -535           | -514          | 48         | -433             | 364           | -0         |
| 16           | -569           | -514          | 10         | -429             | 364           | -0         |
| 17           | -569           | -509          | 0          | -424             | 364           | -0         |
| 18           | -559           | -527          | 0          | -395             | 364           | -0         |
| 19           | -517           | -501          | 0          | -381             | 364           | -0         |
| 20           | -501           | -487          | 0          | -377             | 364           | -0         |
| 21           | -524           | -488          | 0          | -400             | 364           | -0         |
| 22           | -557           | -530          | 0          | -391             | 364           | -0         |
| 23           | -600           | -538          | 0          | -426             | 364           | -0         |
| <b>TOTAL</b> | <b>-12622</b>  | <b>-12231</b> | <b>608</b> | <b>-9733</b>     | <b>8745</b>   | <b>-11</b> |

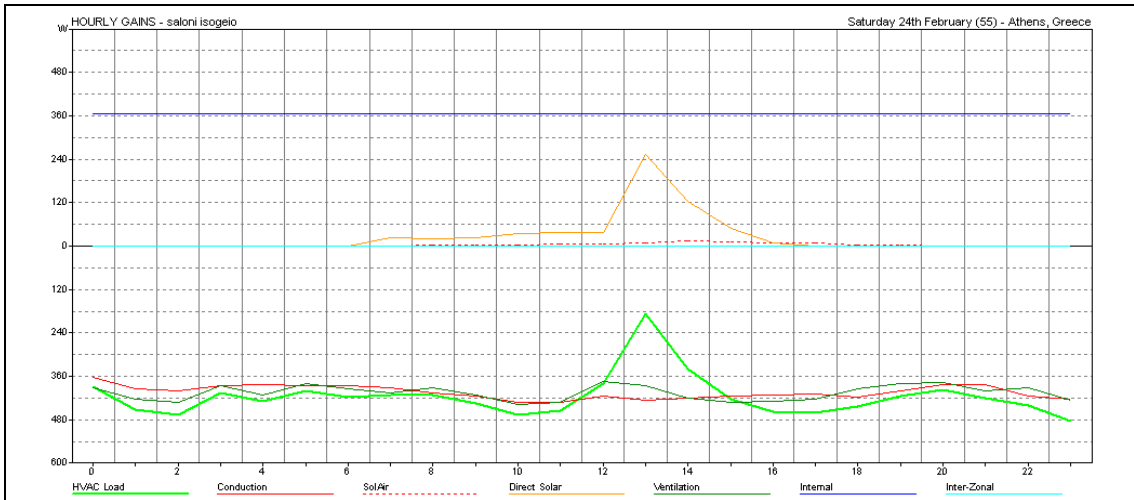
**Εικόνα 9.32: Ωριαία κέρδη για τη ζώνη του σαλονιού την 24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου με συστήματα-αρχικό σενάριο**



HOURLY GAINS - Wednesday 1st August (213)  
 Zone: saloni isogeio  
 HOUR HVAC FABRIC SOLAR VENT. INTERN ZONAL  
 (Wh) (Wh) (Wh) (Wh) (Wh) (Wh)

| Hour  | HVAC  | Fabric | Solar | Vent. | Intern | Zonal |
|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| 00    | 382   | 32     | 0     | 21    | 364    | -36   |
| 01    | 379   | 32     | 0     | 19    | 364    | -36   |
| 02    | 421   | 49     | 0     | 44    | 364    | -36   |
| 03    | 418   | 54     | 0     | 35    | 364    | -36   |
| 04    | 366   | 24     | 0     | 13    | 364    | -36   |
| 05    | 384   | 27     | 0     | 28    | 364    | -36   |
| 06    | 498   | 50     | 74    | 46    | 364    | -36   |
| 07    | 581   | 83     | 105   | 64    | 364    | -36   |
| 08    | 789   | 156    | 129   | 176   | 364    | -36   |
| 09    | 890   | 217    | 134   | 211   | 364    | -36   |
| 10    | 1209  | 271    | 369   | 240   | 364    | -36   |
| 11    | 1332  | 312    | 423   | 269   | 364    | -36   |
| 12    | 1518  | 365    | 517   | 308   | 364    | -36   |
| 13    | 1479  | 383    | 455   | 312   | 364    | -36   |
| 14    | 1268  | 376    | 283   | 280   | 364    | -36   |
| 15    | 1175  | 376    | 169   | 301   | 364    | -36   |
| 16    | 913   | 318    | 54    | 213   | 364    | -36   |
| 17    | 776   | 258    | 6     | 184   | 364    | -36   |
| 18    | 679   | 211    | 0     | 140   | 364    | -36   |
| 19    | 647   | 187    | 0     | 132   | 364    | -36   |
| 20    | 533   | 129    | 0     | 76    | 364    | -36   |
| 21    | 526   | 110    | 0     | 88    | 364    | -36   |
| 22    | 477   | 91     | 0     | 58    | 364    | -36   |
| 23    | 436   | 67     | 0     | 40    | 364    | -36   |
| TOTAL | 18075 | 4181   | 2718  | 3297  | 8745   | -866  |

Εικόνα 9.33: Ωριαία κέρδη για τη ζώνη του σαλονιού την 1<sup>η</sup> Αυγούστου με συστήματα-ευνοϊκότερο σενάριο



HOURLY GAINS - Saturday 24th February (55)  
 Zone: saloni isogeio  
 HOUR HVAC FABRIC SOLAR VENT. INTERN ZONAL  
 (Wh) (Wh) (Wh) (Wh) (Wh) (Wh)

|       |       |       |     |       |      |     |
|-------|-------|-------|-----|-------|------|-----|
| 00    | -390  | -363  | 0   | -391  | 364  | -0  |
| 01    | -453  | -393  | 0   | -424  | 364  | -0  |
| 02    | -466  | -399  | 0   | -431  | 364  | -0  |
| 03    | -407  | -385  | 0   | -386  | 364  | -0  |
| 04    | -429  | -382  | 0   | -411  | 364  | -0  |
| 05    | -400  | -384  | 0   | -379  | 364  | -0  |
| 06    | -417  | -386  | 0   | -395  | 364  | -0  |
| 07    | -411  | -391  | 22  | -406  | 364  | -0  |
| 08    | -410  | -402  | 19  | -392  | 364  | -0  |
| 09    | -436  | -410  | 23  | -413  | 364  | -0  |
| 10    | -467  | -428  | 34  | -437  | 364  | -0  |
| 11    | -456  | -425  | 37  | -432  | 364  | -0  |
| 12    | -380  | -409  | 39  | -374  | 364  | -0  |
| 13    | -187  | -418  | 253 | -385  | 364  | -0  |
| 14    | -340  | -406  | 122 | -420  | 364  | -0  |
| 15    | -422  | -402  | 48  | -433  | 364  | -0  |
| 16    | -458  | -403  | 10  | -429  | 364  | -0  |
| 17    | -461  | -401  | 0   | -424  | 364  | -0  |
| 18    | -444  | -413  | 0   | -395  | 364  | -0  |
| 19    | -413  | -397  | 0   | -381  | 364  | -0  |
| 20    | -397  | -383  | 0   | -377  | 364  | -0  |
| 21    | -419  | -383  | 0   | -400  | 364  | -0  |
| 22    | -441  | -414  | 0   | -391  | 364  | -0  |
| 23    | -485  | -422  | 0   | -426  | 364  | -0  |
| TOTAL | -9989 | -9598 | 608 | -9733 | 8745 | -11 |

Εικόνα 9.34: Ωριαία κέρδη για τη ζώνη του σαλονιού την 24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου με συστήματα-ευνοϊκότερο σενάριο

### 1<sup>η</sup> Αυγούστου-σαλόνι ισογείου

|      | HVAC<br>(Wh) | FABRIC<br>(Wh) | SOLAR<br>(Wh) | VENT.<br>(Wh) | INTERN<br>(Wh) | ZONAL<br>(Wh) |
|------|--------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| ΠΡΙΝ | 19094        | 5200           | 2718          | 3297          | 8745           | -866          |
| ΜΕΤΑ | 18075        | 4181           | 2718          | 3297          | 8745           | -866          |

Όπως φαίνεται από το συνοπτικό πίνακα υπάρχει ελάχιστη μείωση των κερδών στο σύστημα θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού και μειωμένα κέρδη λόγω κατασκευής κατά 18%. Δεν παρατηρείται καμιά αλλαγή στα ηλιακά κέρδη, τα εσωτερικά φορτία, ούτε τα κέρδη λόγω φυσικού αερισμού που είναι και στις δύο περιπτώσεις μηδενικά. Τέλος, οι διαζωνικές απώλειες είναι σχεδόν αμετάβλητες (περίπου 1%).

### 24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου- σαλόνι ισογείου

|      | HVAC<br>(Wh) | FABRIC<br>(Wh) | SOLAR<br>(Wh) | VENT.<br>(Wh) | INTERN<br>(Wh) | ZONAL<br>(Wh) |
|------|--------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| ΠΡΙΝ | -12622       | -12231         | 608           | -9733         | 8745           | -11           |
| ΜΕΤΑ | -9989        | -9598          | 608           | -9733         | 8745           | -11           |

Στη ζώνη σαλονιού ισογείου υπάρχει μείωση των απωλειών της τάξης του 7% στο σύστημα θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού και μείωση των απωλειών λόγω κατασκευής κατά 21%. Δεν παρατηρείται καμιά αλλαγή στα ηλιακά κέρδη, στις απώλειες λόγω φυσικού αερισμού, ή στα εσωτερικά φορτία. Τέλος, τα διαζωνικά κέρδη παρουσιάζουν μείωση κατά 1%.

Εξάγεται λοιπόν το συμπέρασμα ότι η βελτίωση του κελύφους του κτιρίου με χρήση θερμοπρόσοψης και με χρήση υαλοπινάκων με βελτιωμένες ιδιότητες, έχει σαν αποτέλεσμα:

- Κατά την τυπικά θερμότερη ημέρα μείωση των κερδών στο σύστημα κλιματισμού, θέρμανσης, ψύξης και μείωση των κερδών λόγω κατασκευής, οι οποίες εξαρτώνται από την ύπαρξη ύπαρξη μόνωσης και τα χαρακτηριστικά των υαλοστασίων. Τα ηλιακά κέρδη, τα εσωτερικά φορτία και τα κέρδη λόγω φυσικού αερισμού παραμένουν αμετάβλητα σε όλες τις περιπτώσεις, γεγονός που δείχνει τη μικρή επιρροή του συντελεστή διαπρατότητας των υαλοπινάκων. Τέλος, τα διαζωνικά κέρδη δεν παρουσιάζουν ουσιαστικές διαφορές, ειδικά μάλιστα στην περίπτωση ζωνών που επικοινωνούν μέσω κενού, που παραμένουν στην πλειοψηφία τους αμετάβλητα.
- Κατά την τυπικά ψυχρότερη ημέρα παρατηρείται αντίστοιχα μείωση των απωλειών στο σύστημα θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού και μείωση των απωλειών λόγω κατασκευής που είναι άμεσα εξαρτώμενες από τη μονωτική ικανότητα των υλικών και την ύπαρξη και των προσανατολισμό των υαλοστασίων. Δεν παρατηρείται καμιά αλλαγή στα ηλιακά κέρδη, στις απώλειες λόγω φυσικού αερισμού, ή στα εσωτερικά

φορτία, τα οποία δεν εξαρτώνται από τη μόνωση του περιβλήματος. Τέλος, τα διαζωνικά κέρδη δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές

### 9.3.2.2 Μηνιαία φορτία θέρμανσης/ψύξης - monthly heating/cooling loads

Ταυτόχρονα μελετήθηκαν τα μηνιαία φορτία θέρμανσης και κλιματισμού τόσο στο αρχικό, όσο και στο ευνοϊκότερο σενάριο για όλες τις ζώνες.

| MONTHLY HEATING/COOLING LOADS                 |                       |                 |               |
|---|-----------------------|-----------------|---------------|
| All Visible Thermal Zones                     |                       |                 |               |
| Comfort: Zonal Bands                          |                       |                 |               |
| Max Heating: 1549 W at 03:00 on 25th February |                       |                 |               |
| Max Cooling: 3758 W at 12:00 on 1st August    |                       |                 |               |
| MONTH   | HEATING<br>(Wh)       | COOLING<br>(Wh) | TOTAL<br>(Wh) |
| -----   | -----                 | -----           | -----         |
| Jan   | 141655                | 0               | 141655        |
| Feb   | 259423                | 0               | 259423        |
| Mar   | 65733                 | 0               | 65733         |
| Apr   | 245                   | 13087           | 13332         |
| May   | 0                     | 139922          | 139922        |
| Jun   | 0                     | 510975          | 510975        |
| Jul   | 0                     | 727056          | 727056        |
| Aug   | 0                     | 897239          | 897239        |
| Sep   | 0                     | 338077          | 338077        |
| Oct   | 1007                  | 31743           | 32749         |
| Nov   | 37                    | 460             | 497           |
| Dec   | 43405                 | 0               | 43405         |
| -----   | -----                 | -----           | -----         |
| TOTAL   | 511505                | 2658560         | 3170065       |
| -----   | -----                 | -----           | -----         |
| PER M <sup>2</sup>                            | 10104                 | 52515           | 62619         |
| Floor Area:                                   | 50.625 m <sup>2</sup> |                 |               |

Πίνακας 9.1: Μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης για το αρχικό σενάριο

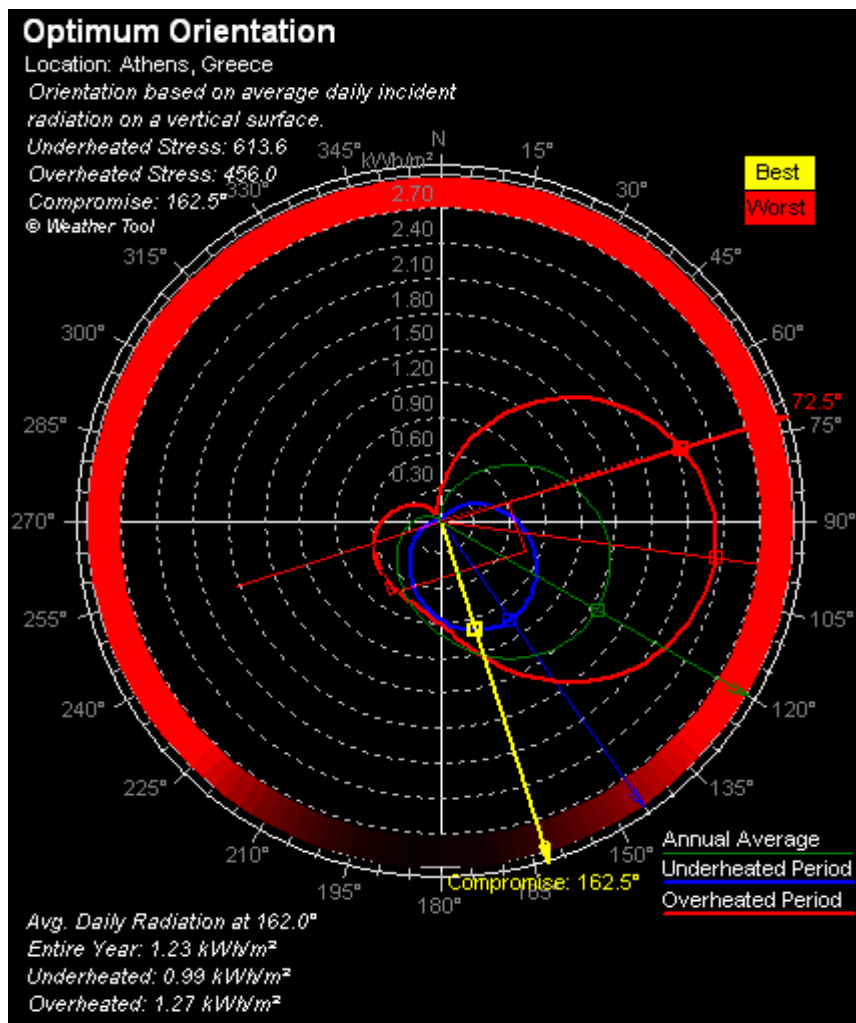
| MONTHLY HEATING/COOLING LOADS                 |                       |                 |               |
|---|-----------------------|-----------------|---------------|
| All Visible Thermal Zones                     |                       |                 |               |
| Comfort: Zonal Bands                          |                       |                 |               |
| Max Heating: 2563 W at 11:00 on 24th February |                       |                 |               |
| Max Cooling: 4109 W at 12:00 on 1st August    |                       |                 |               |
| MONTH   | HEATING<br>(Wh)       | COOLING<br>(Wh) | TOTAL<br>(Wh) |
| -----   | -----                 | -----           | -----         |
| Jan   | 122438                | 0               | 122438        |
| Feb   | 213710                | 0               | 213710        |
| Mar   | 67837                 | 0               | 67837         |
| Apr   | 34                    | 3893            | 3927          |
| May   | 0                     | 117559          | 117559        |
| Jun   | 0                     | 416390          | 416390        |
| Jul   | 0                     | 577132          | 577132        |
| Aug   | 0                     | 712478          | 712478        |
| Sep   | 0                     | 277796          | 277796        |
| Oct   | 1067                  | 15978           | 17045         |
| Nov   | 146                   | 0               | 146           |
| Dec   | 41030                 | 0               | 41030         |
| -----   | -----                 | -----           | -----         |
| TOTAL   | 446263                | 2121227         | 2567490       |
| -----   | -----                 | -----           | -----         |
| PER M <sup>2</sup>                            | 8815                  | 41901           | 50716         |
| Floor Area:                                   | 50.625 m <sup>2</sup> |                 |               |

**Πίνακας 9.2: Μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης για το ευνοϊκότερο σενάριο**

Παρατηρούμε λοιπόν, πως η ύπαρξη θερμοπρόσοψης και υαλοστασίων με χαμηλή εκπεμφιμότητα έχει σαν αποτέλεσμα μείωση της συνολικής κατανάλωση κατά 19%.

### 9.3.3 Εύρεση Βέλτιστου Προσανατολισμού

Το λογισμικό του Ecotect υπολογίζει την τιμή του βέλτιστου προσανατολισμού για την Αθήνα ίση με 162.5°.



Εικόνα 9.35: Βέλτιστος προσανατολισμός κτιρίου



Στη συνέχεια πραγματοποιούνται δοκιμές για διάφορες τιμές προσανατολισμού προκειμένου να βρεθεί ο βέλτιστος προσανατολισμός για τη συγκεκριμένη εξοχική κατοικία.

|            | HEATING<br>(Wh/m <sup>2</sup> ) | COOLING<br>(Wh/ m <sup>2</sup> ) | TOTAL<br>(Wh/ m <sup>2</sup> ) |
|------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 0°         | 9921                            | 55496                            | 65417                          |
| 20°        | 10019                           | 55103                            | 65122                          |
| 40°        | 10166                           | 54064                            | 64230                          |
| 60°        | 10231                           | 53018                            | 63248                          |
| 80°        | 10154                           | 52377                            | 62531                          |
| 90°        | 10104                           | 52515                            | 62619                          |
| 100°       | 10063                           | 53048                            | 63112                          |
| 120°       | 10024                           | 54611                            | 64635                          |
| 140°       | 10019                           | 55817                            | 65836                          |
| 160°       | 10032                           | 56397                            | 66429                          |
| 180°       | 10053                           | 56159                            | 66211                          |
| 200°       | 10097                           | 55484                            | 65581                          |
| 220°       | 10150                           | 54112                            | 64262                          |
| 230°       | 10153                           | 53417                            | 63571                          |
| 235°       | 10147                           | 53061                            | 63208                          |
| 240°       | 10127                           | 52702                            | 62829                          |
| 250°       | 10051                           | 52060                            | 62112                          |
| 260°       | 9976                            | 51561                            | 61537                          |
| <b>265</b> | <b>9933</b>                     | <b>51530</b>                     | <b>61463</b>                   |
| 270°       | 9897                            | 51592                            | 61490                          |
| 280°       | 9842                            | 51951                            | 61792                          |
| 300°       | 9786                            | 53368                            | 63155                          |
| 320°       | 9790                            | 54750                            | 64541                          |
| 340°       | 9833                            | 55546                            | 65378                          |

Πίνακας 9.3: Υπολογισμός βέλτιστου προσανατολισμού για το κτίριο μελέτης

Βρέθηκε λοιπόν πως ο προσανατολισμός για τον οποίο προκύπτει η συνολικά μικρότερη κατανάλωση είναι ίσος με 265° ως προς το βορρά.

| MONTHLY HEATING/COOLING LOADS                 |                       |         |         |
|---|-----------------------|---------|---------|
| All Visible Thermal Zones                     |                       |         |         |
| Comfort: Zonal Bands                          |                       |         |         |
| Max Heating: 1549 W at 03:00 on 25th February |                       |         |         |
| Max Cooling: 3681 W at 13:00 on 1st August    |                       |         |         |
|   | HEATING               | COOLING | TOTAL   |
| MONTH   | (Wh)                  | (Wh)    | (Wh)    |
| Jan   | 137733                | 0       | 137733  |
| Feb   | 257970                | 0       | 257970  |
| Mar   | 64140                 | 0       | 64140   |
| Apr   | 214                   | 9764    | 9978    |
| May   | 0                     | 132580  | 132580  |
| Jun   | 0                     | 511893  | 511893  |
| Jul   | 0                     | 720640  | 720640  |
| Aug   | 0                     | 881146  | 881146  |
| Sep   | 0                     | 325611  | 325611  |
| Oct   | 913                   | 26542   | 27455   |
| Nov   | 26                    | 523     | 549     |
| Dec   | 41849                 | 0       | 41849   |
| TOTAL   | 502845                | 2608700 | 3111545 |
| PER M <sup>2</sup>                            | 9933                  | 51530   | 61463   |
| Floor Area:                                   | 50.625 m <sup>2</sup> |         |         |

Πίνακας 9.4: Μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης για το βέλτιστο προσανατολισμό του κτιρίου

## 9.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων Κ.Εν.Α.Κ και Ecotect Analysis

Κατά τη χρήση των δύο προγραμμάτων παρατηρήθηκαν τα εξής:

- Στο λογισμικό Κ.Εν.Α.Κ ο σχεδιασμός πραγματοποιείται εισάγοντας όλα τα επιμέρους δομικά στοιχεία του κτιρίου (δάπεδα, αδιαφανείς και διαφανείς επιφάνειες, παθητικά ηλιακά συστήματα) με ταυτόχρονο καθορισμό των επιμέρους χαρακτηριστικών τους. Ενώ στο Ecotect πραγματοποιείται τρισδιάστατος σχεδιασμός του μοντέλου υπολογίζοντας τις διαστάσεις από την εσωτερική πλευρά, καθώς το πάχος των υλικών λαμβάνεται υπόψη σε δεύτερη φάση κατά την εισαγωγή των επιλεγμένων υλικών στη βιβλιοθήκη.
- Κατά το σχεδιασμό του μοντέλου στο Κ.Εν.Α.Κ. ο καθορισμός των θερμικών ζωνών γίνεται με γνώμονα την οικονομία στο πλήθος των δεδομένων εισόδου και τον υπολογιστικό χρόνο, σε αντίθεση με το Ecotect στο οποίο ο διαχωρισμός εξαρτάται από τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό της υπό μελέτη κατοικίας.

- Στο Κ.Εν.Α.Κ δεν υπάρχει δυνατότητα υπολογισμού του συντελεστή διαπερατότητας, αλλά εισάγεται αφού έχει υπολογιστεί από τον μελετητή. Στο λογισμικό του Ecotect πραγματοποιείται η εισαγωγή των επιμέρους υλικών των δομικών στοιχείων στη βιβλιοθήκη των υλικών (element library) και ακολουθεί από το ίδιο το πρόγραμμα ο υπολογισμός του συντελεστή. Παρατηρήθηκε επίσης, πως οι τιμές που προέκυπταν από τον υπολογισμό σύμφωνα με τις υποδείξεις του Κ.Εν.Α.Κ, συνέκλιναν τις περισσότερες φορές με αυτές που αυτόματα υπολογίζονταν από το λογισμικό του Ecotect.
- Το λογισμικό του Κ.Εν.Α.Κ παρέχει κλιματικά δεδομένα για περισσότερες από εξήντα πόλεις στον ελλαδικό χώρο, ωστόσο το λογισμικό του Ecotect διαθέτει παγκόσμια κλιματικά δεδομένα και όσον αφορά στην Ελλάδα για την Αθήνα και με περαιτέρω αναζήτηση μέσω ιστοχώρου προκύπτουν κλιματικά δεδομένα για την Ανδραβίδα και τη Θεσσαλονίκη.
- Το Ecotect αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για καιρικές και ηλιακές αναλύσεις, καθώς μέσω του εργαλείου του Weather Tool μας δίνει πληροφορίες για τη θερμοκρασία, την ηλιακή ακτινοβολία, τους επικρατούντες άνεμους και το βέλτιστο προσανατολισμό του κάθε κτιρίου, ανάλογα με τη μορφή και τα ανοίγματά του, ενώ το Κ.Εν.Α.Κ. δεν παρέχει αντίστοιχες δυνατότητες.
- Στο λογισμικό Κ.Εν.Α.Κ ο μελετητής έχει τη δυνατότητα να επέμβει και να καθορίσει ο ίδιος τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του υπό μελέτη κτιρίου, σε αντίθεση με το λογισμικό Ecotect που δεν παρέχει δυνατότητα επέμβασης στα χαρακτηριστικά του ήδη υπάρχοντος συστήματος του προγράμματος.
- Και τα δύο προγράμματα πραγματοποιούν θερμικές αναλύσεις. Στο μεν Κ.Εν.Α.Κ υπολογίζονται οι ενεργειακές καταναλώσεις και πραγματοποιείται η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου, ενώ στο Ecotect υπολογίζονται τα ενεργειακά φορτία του υπό μελέτη κτιρίου.
- Το Κ.Εν.Α.Κ είναι ένα λογισμικό πιστοποιημένο από το ΥΠΕΚΑ που χρησιμοποιείται για την ενεργειακή κατάταξη των ελληνικών κτιρίων σε αντίθεση με το Ecotect το οποίο δεν έχει αντίστοιχη αναγνώριση στον ελληνικό χώρο.
- Τέλος, το Κ.Εν.Α.Κ παρέχει ακριβή αποτελέσματα, σε αντίθεση με το ecotect του οποίου η ακρίβεια σε απόλυτα νούμερα αμφισβητείται, καθώς όπως παρατηρήθηκε έχει σχετική ακρίβεια και προσφέρεται για σύγκριση σεναρίων που αναφέρονται σε συγκεκριμένο μοντέλο. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι τα δύο προγράμματα είναι βασισμένα σε διαφορετικές παραδοχές. Διαχειρίζονται με διαφορετικό τρόπο το θέμα του ήλιου και λαμβάνουν υπόψη διαφορετικές θερμοκρασίες. Επίσης, το Κ.Εν.Α.Κ. συνυπολογίζει την επίδραση των θερμογεφυρών και της σκίασης από γειτονικά κτίρια και από φυσικά εμπόδια σε αντίθεση με το Ecotect Analysis.

## 9.5 Επίλογος

Έχει πλέον αποδειχθεί ότι βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης νεόδμητων αλλά και υφιστάμενων κτιρίων είναι εφικτή με πολλούς τρόπους. Ο σωστός βιοκλιματικός σχεδιασμός των καινούργιων κτιρίων, αλλά και η βιοκλιματική αναθεώρηση των παλαιότερων σε μια

εποχή όπου υπάρχει επιτακτική ανάγκη να μειωθούν οι επιβαρύνσεις στο περιβάλλον από όλους τους τομείς, πρέπει και έχει ήδη αρχίσει να αποτελεί θεμελιώδη παράγοντα της σύγχρονης αρχιτεκτονικής.

Σε αυτό το πνεύμα κινήθηκε και η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία στην οποία παρουσιάζονται κάποιοι από τρόπους επέμβασης στο κέλυφος όπως είναι η χρήση θερμοπρόσοψης και οπτόπλινθων με αυξημένη θερμοχωρητικότητα, ξύλινων κουφωμάτων με διπλούς υαλοπίνακες με χαμηλή εκπεψιμότητα, αλλά και στα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα ενός μικρού σχετικά κτιρίου, με στόχο να αξιολογηθεί η συνεισφορά του κάθε μέτρου στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, σε συνδυασμό με το κόστος αυτού. Όπως παρατηρήθηκε, κάποιες από τις παραπάνω λύσεις παρουσίασαν αυξημένο κόστος γεγονός που αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα για την εφαρμογή τους. Για την διευκόλυνση λοιπόν αυτής της επένδυσης, καλείται να επέμβει η πολιτεία και με επιδοτήσεις να ενθαρρύνει κάθε αξιόλογη προσπάθεια που αφορά στη βελτίωση της ενεργειακής ταυτότητας υφιστάμενων και νέων κτιρίων.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Οικολογική αρχιτεκτονική, Κώστας και Θέμης Στεφ. Τσίπηρα, Αθήνα 2005
2. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια-αθλητικά κέντρα-βιομηχανίες-μεταφορές, Σταμάτης Δ. Πέρδιος
3. Βιοκλιματική αρχιτεκτονική-Παθητικά ηλιακά συστήματα, Ελένη Ανδρεαδάκη Χρονάκη, Θεσσαλονίκη 1985
4. Θερμομόνωση και στεγανοποίηση των κτιρίων, Τεχνικό περιοδικό κτίριο
5. Ενεργειακός Σχεδιασμός, Εισαγωγή για αρχιτέκτονες, Μάλλιαρης- Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή
6. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης, Αθήνα Ιούλιος 2010
7. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και Έλεγχος της Θερμομονωτικής Επάρκειας των κτιρίων , Αθήνα Ιούλιος 2010
8. Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική και Ενεργειακός Σχεδιασμός, Χριστίνα Κωνσταντινίδου, Αρχιτέκτων, Τε-ΚΔΟΤΙΚΗ 2008
9. Sue Roaf, Manuel Fuentes, Stefanie Thomas, επιστημονική επιμέλεια: Γιάννης Χαραλαμπόπουλος, ecoδομείν, βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, εκδόσεις Ψυχάλου 2009, Ελλάδα
10. [http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi\\_bioclimatikos.htm](http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi_bioclimatikos.htm)
11. [http://www.ecoarchitects.gr/bd\\_about.htm](http://www.ecoarchitects.gr/bd_about.htm)
12. [http://www.econ3.gr/readmore.php?article\\_id=36071295619849](http://www.econ3.gr/readmore.php?article_id=36071295619849)
13. <http://www.ecocity.gr>
14. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_fysikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)
15. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm)
16. <http://www.diaxeiristis.com>
17. [http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi\\_thermomonosi.htm](http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi_thermomonosi.htm)
18. [http://www.buildings.gr/greek/eksoplismos/oikologika\\_ilika/thermomonosi.htm](http://www.buildings.gr/greek/eksoplismos/oikologika_ilika/thermomonosi.htm)
19. <http://www.thermograph.gr/index.php?/2010052523/thermomonosi/thesi-thermomonotikou-ylikou.html>

20. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_aerizomeno\\_kel\\_yfos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_aerizomeno_kel_yfos.htm)
21. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_thermomonomosi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_thermomonomosi.htm)
22. <http://www.knaufinsulation.gr/el/>
23. <http://www.eco-home.gr/4.pdf>
24. [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis\\_bioclimatic\\_passive.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_passive.htm)
25. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata.htm)
26. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_emmeso\\_kerdos\\_il\\_iakoi\\_toixoi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_il_iakoi_toixoi.htm)
27. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_ameso\\_kerdos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_ameso_kerdos.htm)
28. [http://www.ecoarchitects.gr/images/FINAL/Pathitika\\_Hliaka\\_Systimata.pdf](http://www.ecoarchitects.gr/images/FINAL/Pathitika_Hliaka_Systimata.pdf)
29. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_emmeso\\_kerdos\\_systyma\\_kerdous.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_systyma_kerdous.htm)
30. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_emmeso\\_kerdos\\_il\\_iako\\_aithrio.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_il_iako_aithrio.htm)
31. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_emmeso\\_kerdos\\_il\\_iakos\\_xoros.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_il_iakos_xoros.htm)
32. [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis\\_bioclimatic\\_faq.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_faq.htm)
33. [Ecotect analysis 2010](#)

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βιοκλιματική αρχιτεκτονική-Παθητικά ηλιακά συστήματα, Ελένη Ανδρεαδάκη Χρονάκη, Θεσσαλονίκη 1985
2. Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική και Ενεργειακός Σχεδιασμός, Χριστίνα Κωνσταντινίδου, Αρχιτέκτων, Τε-ΚΔΟΤΙΚΗ 2008
3. Ενεργειακός Σχεδιασμός, Εισαγωγή για αρχιτέκτονες, Μάλλιαρης- Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή
4. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια-αθλητικά κέντρα-βιομηχανίες-μεταφορές, Σταμάτης Δ. Πέρδιος Τε-ΚΔΟΤΙΚΗ 2007
5. Οικολογική αρχιτεκτονική, Κώστας και Θέμης Στεφ. Τσίπηρα, Αθήνα 2005
6. Sue Roaf, Manuel Fuentes, Stefanie Thomas, επιστημονική επιμέλεια: Γιάννης Χαραλαμπόπουλος, εοδομείν, βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, εκδόσεις Ψυχάλου 2009, Ελλάδα
7. Θερμομόνωση και στεγανοποίηση των κτιρίων, Τεχνικό περιοδικό κτίριο
8. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης, Αθήνα Ιούλιος 2010
9. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και Έλεγχος της Θερμομονωτικής Επάρκειας των κτιρίων , Αθήνα Ιούλιος 2010
10. [http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi\\_bioclimatikos.htm](http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi_bioclimatikos.htm)
11. [http://www.ecoarchitects.gr/bd\\_about.htm](http://www.ecoarchitects.gr/bd_about.htm)
12. [http://www.econ3.gr/readmore.php?article\\_id=36071295619849](http://www.econ3.gr/readmore.php?article_id=36071295619849)
13. <http://www.ecocity.gr>
14. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_fysikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)
15. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm)
16. <http://www.diaxeiristis.com>
17. [http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi\\_thermomonomosi.htm](http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi_thermomonomosi.htm)
18. [http://www.buildings.gr/greek/eksoplismos/oikologika\\_ilika/thermomonomosi.htm](http://www.buildings.gr/greek/eksoplismos/oikologika_ilika/thermomonomosi.htm)
19. <http://www.thermograph.gr/index.php?/2010052523/thermomonomosi/thesi-thermomonotikou-ylikou.html>



20. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_aerizomeno\\_kel\\_yfos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_aerizomeno_kel_yfos.htm)
21. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_thermomonomosi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_thermomonomosi.htm)
22. <http://www.knaufinsulation.gr/el/>
23. <http://www.eco-home.gr/4.pdf>
24. [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis\\_bioclimatic\\_passive.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_passive.htm)
25. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata.htm)
26. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_emmeso\\_kerdos\\_il\\_iakoi\\_toixoi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_il_iakoi_toixoi.htm)
27. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_ameso\\_kerdos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_ameso_kerdos.htm)
28. [http://www.ecoarchitects.gr/images/FINAL/Pathitika\\_Hliaka\\_Systimata.pdf](http://www.ecoarchitects.gr/images/FINAL/Pathitika_Hliaka_Systimata.pdf)
29. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_emmeso\\_kerdos\\_systyma\\_kerdous.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_systyma_kerdous.htm)
30. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_emmeso\\_kerdos\\_il\\_iako\\_aithrio.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_il_iako_aithrio.htm)
31. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_emmeso\\_kerdos\\_il\\_iakos\\_xoros.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_il_iakos_xoros.htm)
32. [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis\\_bioclimatic\\_faq.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_faq.htm)
33. [Ecotect analysis 2010](#)

