



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός οικίας στο Ν. Ηράκλειο Αττικής.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Ειρήνη Μ. Ψάλτη

Επιβλέπων : Ιωάννης Τζουβαδάκης,

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2011

Μικρή περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο μελέτης τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού αλλά και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τον τρόπο εκμετάλλευσής αυτών στον κτιριακό τομέα. Πιο συγκεκριμένα μελετάται μια υφιστάμενη πολυκατοικία στο Νέο Ηράκλειο Αττικής. Στόχος είναι η βιοκλιματική αναβάθμιση της οικίας με μεθόδους οι οποίες αναλύονται με τη χρήση του λογισμικού Ecotect. Αναπτύσσονται κυρίως η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης, η διαμόρφωση φυτεμένης οροφής και η τοποθέτηση υαλοπινάκων χαμηλού συντελεστή εκπομπής (low – e). Τα ενεργειακά κέρδη που προκύπτουν από την κάθε επέμβαση συγκρίνονται για την εύρεση της βέλτιστης λύσης. Τέλος παρουσιάζεται η οικονομική σύγκριση των επανορθωτικών μέτρων καθώς και ο χρόνος απόσβεσής τους.

Short summary

This thesis presents the basic principles of bioclimatic design, the existing renewable energy resources and ways to exploit them in the building sector. More specifically, an existing building in Neo Iraklio, in Athens is being studied. The aim is to upgrade the present building using passive solar systems and other interventions. The software Ecotect is used to compare the results of each intervention. The paper is focused on the application of external insulation, the development of planted roof and the use of low – e glass. The energy gains of each proposed solution are evaluated so as to find the best solution financially and ecologically.

Μεγάλη Περίληψη

Σε αυτή τη διπλωματική εξετάζονται οι διάφορες μορφές ενέργειας ανανεώσιμες ή μη, αναλύονται οι βασικές συνιστώσες του βιοκλιματικού σχεδιασμού και στη συνέχεια γίνεται μελέτη ενεργειακής αναβάθμισης μιας υφιστάμενης οικίας στο Ν. Ηράκλειο Αττικής. Στόχος είναι η εύρεση του βέλτιστου επανορθωτικού έργου.

Οι βασικές μορφές ενέργειας που εξετάζονται είναι:

Οι συμβατικές (ή μη ανανεώσιμες) πηγές ενέργειας είναι :

- Τα υγρά καύσιμα
- Τα στερεά καύσιμα
- Τα αέρια καύσιμα
- Η πυρηνική ενέργεια

Οι ήπιες (ή ανανεώσιμες) πηγές ενέργειας είναι :

- Η ηλιακή ενέργεια
- Η γεωθερμική ενέργεια
- Η αιολική ενέργεια
- Η υδροηλεκτρική ενέργεια
- Η ενέργεια βιομάζας

Τη δεκαετία του 1970 ξέσπασε μια μεγάλη ενεργειακή κρίση και η ανησυχία για το περιβάλλον βρήκε έκφραση μέσω ενός κινήματος που στόχευε για πρώτη φορά στη κατασκευή οικιών με μικρή ενεργειακή κατανάλωση. Το κίνημα του 'πράσινου' κτιρίου -The green building movement- είχε ως στόχο την κατασκευή ενός κτιρίου όσο το δυνατόν φιλικότερο ως προς το περιβάλλον και ήταν ο πρόδρομος του Βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Σήμερα με τον όρο βιοκλιματικός σχεδιασμός ορίζουμε τη διαδικασία σχεδιασμού κτιρίων και οικισμών κατά την οποία ο μελετητής λαμβάνει υπόψη μια σειρά παραμέτρων, που ως στόχο έχουν την ορθολογική χρήση της ενέργειας και άρα και την εξοικονόμησή της.

Οι βασικές συνιστώσες του βιοκλιματικού σχεδιασμού που αναλύονται είναι:

- Η σημασία του **τοπικού κλίματος** στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου.
- **Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης:**

Προσανατολισμός κτιρίου - Μορφή κτιρίου

Προσανατολισμός ανοιγμάτων - Διάρθρωση χώρων

Θερμομόνωση - Δομικά υλικά κελύφους

Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης - Ηλιακοί χώροι- Ηλιακά αίθρια

- **Συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού:**

Συστήματα ηλιοπροστασίας - Σκίαση
Φράγμα ακτινοβολίας
Φυτοκάλυψη

- **Ενεργητικά συστήματα:**

Φωτοβολταϊκά συστήματα
Συστήματα γεωθερμίας
Αξιοποίηση αστικών στερεών αποβλήτων
Τηλεθέρμανση με βιομάζα

Στη συνέχεια γίνεται θερμική ανάλυση του κτιρίου μέσω του λογισμικού Ecotect. Προκύπτει το ενεργειακό προφίλ του κτιρίου και σημαντικά στοιχεία της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής όπως οι ώρες ηλιασμού, οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο εξωτερικό και στο εσωτερικό περιβάλλον, η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται το κτίριο και ο σκιασμός του κτιρίου ανά ώρα και ημέρα του έτους. Επίσης δίνονται στοιχεία για την κατεύθυνση και την ταχύτητα των ανέμων, και την υγρασία. Τα αποτελέσματα εξετάζονται τόσο για το σύνολο του κτιρίου όσο και ανά διαμέρισμα.

Προτείνονται 3 επανορθωτικές επεμβάσεις στην υφιστάμενη οικία.

1. Η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης
2. Η τοποθέτηση υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής
3. Η διαμόρφωση φυτεμένης στέγης στην οροφή του κτιρίου.

Κάθε ένα σενάριο αναλύεται μέσω του λογισμικού και γίνεται σύγκριση με την αρχική κατάσταση του κτιρίου. Η σύγκριση επιτυγχάνεται μέσω των φορτίων θέρμανσης και δροσισμού. Στη συνέχεια της θερμικής ανάλυσης γίνεται η κοστολόγηση για κάθε επέμβαση και υπολογίζεται ο χρόνος απόσβεσης. Για την καλύτερη εποπτεία και την εξαγωγή συμπερασμάτων σε σχέση με τον προσανατολισμό, τον όροφο και την συνολική επιφάνεια μελετάται η επίδραση του κάθε μέτρου όχι μόνο στο σύνολο του κτιρίου αλλά και σε χαρακτηριστικές ζώνες. Τέλος με βάση τα αποτελέσματα προτείνεται η βέλτιστη λύση.

Πίνακας Περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	11
1.1) Το ενεργειακό μοντέλο του σήμερα.	11
1.2) Σύγχρονες μορφές ενέργειας	12
1.2.1.) Συμβατικές – μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	12
1.2.2.) Ήπιες (ή ανανεώσιμες) πηγές ενέργειας	15
1.3) Συνεισφορά των διαφόρων μορφών ενέργειας στη παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση.	21
1.4) Το ενεργειακό πρόβλημα.....	21
1.5) Κτίριο και ενέργεια- Ιστορική αναδρομή.	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	26
2.1) Εισαγωγή στον βιοκλιματικό σχεδιασμό.....	26
2.2) Η σημασία του τοπικού κλίματος στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου.	28
2.3) Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης	32
2.3.1) Προσανατολισμός κτιρίου στο χώρο	33
2.3.2) Μορφή - Σχήμα του κτιρίου.	36
2.3.3) Διάρθρωση χώρων.....	37
2.3.4) Ηλιακά παθητικά συστήματα άμεσου ή απευθείας ηλιακού κέρδους. .	41
2.3.5) Παθητικά συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους	51
2.4) Συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού	61
2.4.1) Ηλιοπροστασία – Σκιασμός	61
2.4.2) Φυσικός αερισμός.....	69
2.4.3) Φυσική ψύξη και δροσισμός.....	70
2.5) Ενεργητικά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού	73
2.5.1) Φωτοβολταϊκά συστήματα	73
2.5.2) Συστήματα Γεωθερμίας.....	79
2.5.3) Αξιοποίηση αστικών στερεών αποβλήτων	82
2.5.4) Τηλεθέρμανση με βιομάζα.....	85
2.6) Φυσικός φωτισμός.....	88
2.6.1) Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία.....	90

2.6.2) Ανοίγματα οροφής.....	91
2.6.3) Αίθρια	91
2.6.4) Ηλιοστάσια – Φωτοσωλήνες - Φωταγωγοί	92
2.6.5) Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά – Ράφια φωτισμού.....	93
2.6.6) Ανακλαστικές περσίδες.....	94
2.6.7) Διαφανή μονωτικά υλικά – Τεχνητός φωτισμός	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	96
3.1) Παρουσίαση της υφιστάμενης κατοικίας.....	96
3.2) Ανάλυση της κατοικίας με ECOTECT.....	98
3.2.1) Εισαγωγή κλιματικών δεδομένων.....	99
3.2.2) Σχεδιασμός κτιρίου και καθορισμός των υλικών.	99
3.2.3) Θέση του ηλίου και στερεογραφικό διάγραμμα.	105
3.2.4) Ωριαία ηλιακή έκθεση.	108
3.2.5) Επικρατούντες άνεμοι.....	111
3.2.6) Πορεία του ηλίου, διείσδυση φωτός και σκίαση του κτιρίου.....	118
3.2.7) Θερμική ανάλυση του κτιρίου.....	121
3.2.8) Θερμική ανάλυση του κτιρίου ανά διαμέρισμα.....	127
4.1) Εφαρμογή συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης.	129
4.2) Τοποθέτηση υαλοπινάκων χαμηλού συντελεστή εκπομπής – low e.....	133
4.3) Δημιουργία φυτεμένης στέγης.....	137
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	142

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1) Το ενεργειακό μοντέλο του σήμερα.

Η ενέργεια υπάρχει παντού γύρω μας και οι μετατροπές της, από κάποια μορφή σε μία άλλη, ευθύνονται για όλα τα φαινόμενα της φύσης. Κάθε πτυχή της ζωής στον πλανήτη επηρεάζεται από την ενέργεια. Τα φυτά και τα ζώα χρησιμοποιούν την ενέργεια που προσλαμβάνουν από το φυσικό τους περιβάλλον για να αναπτυχθούν και να επιβιώσουν. Το πιο νοήμον είδος του ζωικού βασιλείου, ο άνθρωπος, έχει επινοήσει διάφορους τρόπους χρήσης της ενέργειας, αλλάζοντας αδιάκοπα την ποιότητα ζωής του.

Σχεδόν ταυτόχρονα με την εμφάνιση του ανθρώπου στη γη, δημιουργήθηκε η ανάγκη για χρήση ενεργειακών πηγών. Από την πρώτη φωτιά των πρωτόγονων ανθρώπων, μέχρι τα σύγχρονα πυρηνικά εργοστάσια, συναντάται η ενέργεια σε κάθε της μορφή. Οι κυρίαρχες κατηγορίες ενεργειακής χρήσης είναι ακόμη και σήμερα τρεις: θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών για ανθρώπινη άνεση, θερμότητα υψηλών θερμοκρασιών για φωτισμό και επεξεργασία υλικών και τέλος δύναμη εφαρμοζόμενη για τη δημιουργία κίνησης.

Η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική, η γεωθερμική, η ενέργεια από τα απόβλητα με αποθήκευση μεθανίου και η ενέργεια από το νερό (παλιρροιών, θαλάσσιων ρευμάτων και κυμάτων) είναι εναλλακτικές μορφές ενέργειας οι οποίες σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, είναι ανανεώσιμες και δεν κινδυνεύουν να εξαντληθούν. Οι ειδικοί στηρίζουν πολλές ελπίδες στις εναλλακτικές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αλλά χρειάζονται χρόνο για να τις κάνουν αξιοποιήσιμες σε μαζική κλίμακα. Επομένως, η μόνη άμεσα αποτελεσματική λύση είναι η εξοικονόμηση ενέργειας. Χρησιμοποιώντας με τον πιο αποδοτικό τρόπο τις διαθέσιμες πηγές ενέργειας, θα επιμηκύνουμε το χρόνο ζωής των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων. Οι επιστήμονες και οι τεχνικοί θα έχουν, έτσι, περισσότερο χρόνο στη διάθεση τους ώστε να τελειοποιήσουν τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας πριν από την «ώρα μηδέν» της παγκόσμιας ενεργειακής κρίσης.

Οι συμβατικές (ή μη ανανεώσιμες) πηγές ενέργειας είναι :

- Τα υγρά καύσιμα (πετρέλαιο και υγρό φυσικό αέριο)
- Τα στερεά καύσιμα (γαιάνθρακας, λιγνίτης, κώκ)
- Τα αέρια καύσιμα (φυσικό και βιομηχανικό αέριο)
- Η πυρηνική ενέργεια

Οι ήπιες (ή ανανεώσιμες) πηγές ενέργειας είναι :

- Η ηλιακή ενέργεια
- Η γεωθερμική ενέργεια
- Η αιολική ενέργεια
- Η υδροηλεκτρική ενέργεια
- Η ενέργεια βιομάζας

1.2) Σύγχρονες μορφές ενέργειας

Όπως προαναφέρθηκε οι σύγχρονες μορφές ενέργειας χωρίζονται στις εξής κατηγορίες :

1. Συμβατικές – μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
2. Ήπιες (ή ανανεώσιμες) πηγές ενέργειας

1.2.1.) Συμβατικές – μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

A) Καύσιμα

Καύσιμα ονομάζονται τα υλικά που μπορούν να καούν όταν έρθουν σ' επαφή με αέρα, οξυγόνο ή αέριο μείγμα που περιέχει οξυγόνο και που, όταν καούν, δίνουν ποσό θερμότητας που μπορούμε να το εκμεταλλευτούμε. Η έννοια του καύσιμου έχει επεκταθεί και στα υλικά που παράγουν ενέργεια με πυρηνική σχέση ή σύντηξη.

Τα καύσιμα, ανάλογα με τη φυσική τους κατάσταση, διακρίνονται σε στερεά, υγρά και αέρια. Επίσης, ανάλογα με την προέλευσή τους, διακρίνονται σε φυσικά (πρωτογενή, π.χ. ανθρακίτης) και σε τεχνητά (δευτερογενή, π.χ. το κώκ). (www.livepedia.com)

❖ Στερεά καύσιμα

Το πιο παλιό καύσιμο που γνώρισε ο άνθρωπος ήταν το ξύλο που το έπαιρνε από το φυσικό του περιβάλλον (δάση). Σήμερα το ξύλο χρησιμοποιείται ελάχιστα σαν καύσιμο, γιατί στοιχίζει πάρα πολύ κι έχει πολύ μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία.

Από τα στερεά καύσιμα σήμερα χρησιμοποιούμε τον *ανθρακίτη*, το *λιγνίτη* κλπ., δηλαδή τους ορυκτούς άνθρακες που σχηματίζονται σε κοιλάτες στο βάθος της γης, από καταπλακωμένους κορμούς δέντρων που με τον καιρό μετατρέπονται σε πετρώματα. Επίσης, για τη θέρμανση των σπιτιών χρησιμοποιούμε το *κώκ*, που προέρχεται από την ξηρή απόσταξη των λιθανθράκων, είναι δηλ. κάτι σαν αφυδατωμένος άνθρακας. Το κώκ το χρησιμοποιούμε και στη μεταλλουργία.

Επίσης για θέρμανση (παλιότερα και για την κίνηση μηχανών) χρησιμοποιούνται και οι *μπρικέτες*, που είναι κομμάτια σκόνης λιθάνθρακα ενωμένες με πίσσα. Τέλος χρησιμοποιούνται και οι *ξυλάνθρακες* (καμένα ξύλα) για τη θέρμανση των σπιτιών. (www.livepedia.com)

❖ Υγρά καύσιμα

Τα σπουδαιότερα από τα υγρά καύσιμα είναι το *πετρέλαιο* και τα προϊόντα του (*βενζίνη*, *γκαζολίνη* κ.ά.), καθώς και το *οινόπνευμα*. Τα υγρά καύσιμα, ιστορικά, παρουσιάστηκαν μετά απ' τα στερεά.

Η χρησιμοποίηση των υγρών καυσίμων είναι αποτέλεσμα της βιομηχανικής ανάπτυξης του 20^{ου} αιώνα. Η αξιοποίησή τους άρχισε το 1914 στα πολεμικά πλοία και κατόπιν επεκτάθηκε σ' όλα τα πλοία, τους σιδηροδρόμους, τους φούρνους, την υαλουργία και πιο πρόσφατα, στη σιδηρουργία και την κεντρική θέρμανση (καλοριφέρ).

Το σπουδαιότερο από τα υγρά καύσιμα είναι η *βενζίνη*, που είναι και το κυριότερο καύσιμο στους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Προέρχεται από την επεξεργασία του πετρελαίου σε διυλιστήρια μέσω διαδικασιών απόσταξης, πυρόλυσης, σύνθεσης κλπ. Η *βενζίνη* έχει διάφορα πλεονεκτήματα, αλλά κυρίως χαμηλό, σχετικά, κόστος, εύκολη χρήση και μπορούν να παρασκευαστούν διάφορες ποικιλίες της. Μεγάλη σημασία στη βενζίνη σαν καύσιμο, έχει ο αριθμός οκτανίων, που καθορίζει τη σύνθεση και την προέλευσή της. Τα περισσότερα από τα συνηθισμένα σύγχρονα αυτοκίνητα καίνε βενζίνη με μεγάλο αριθμό οκτανίων (σούπερ). Αντίθετα τα τρακτέρ, που έχουν κινητήρες πολύ οικονομικούς, καίνε κατώτερη ποιότητα βενζίνης, την απλή, με μικρό αριθμό οκτανίων.

Οι αεροστρόβιλοι και οι κινητήρες αντίδρασης που χρησιμοποιούνται σήμερα στην αεροπορία, καίνε ένα καύσιμο μεταξύ της βενζίνης και της κηροζίνης. Οι κινητήρες ντίζελ εξάλλου καίνε σαν υγρό καύσιμο το αεριέλαιο, που το παίρνουμε αν κατεργαστούμε το ακατέργαστο πετρέλαιο.

Επειδή τα περισσότερα υγρά καύσιμα έχουν βάση το πετρέλαιο και τα κοιτάσματα του πετρελαίου στη γη κάποτε θα εξαντληθούν, πολλοί προσπάθησαν να φτιάξουν συνθετικά υγρά καύσιμα (συνθετική βενζίνη) από το *λιγνίτη* και τους *λιθάνθρακες*. Πραγματικά, από το 1935 στη Γερμανία κατασκευάζεται συνθετική βενζίνη με υδρογόνωση λιθανθράκων. Τα προϊόντα που παίρνουμε από αυτούς τους τρόπους είναι πολύ ακριβά, γι' αυτό και οι χρήσεις είναι περιορισμένες (χρησιμοποιήθηκαν μόνο για πολεμικούς σκοπούς σε μια εποχή που η Γερμανία δεν είχε άλλο τρόπο να προμηθευτεί υγρά καύσιμα).

Από τα υγρά καύσιμα χρησιμοποιείται και το οινόπνευμα, αλλά πάρα πολύ περιορισμένα, γιατί είναι πολύ ακριβό, αν κι έχει μεγάλη θερμαντική ικανότητα. (www.livepedia.com)

❖ Αέρια καύσιμα

Το κυριότερο από τα αέρια καύσιμα είναι το *φωταέριο* που παράγεται από την ξηρή απόσταξη των λιθανθράκων. Επίσης υπάρχει και το *φυσικό αέριο*, που βγαίνει κυρίως πάνω από πετρελαιοπηγές και βρίσκεται στο πάνω μέρος των πετρελαιοφόρων κοιτασμάτων.

Εκτός από αυτά, πιο περιορισμένα χρησιμοποιείται το *υδαταέριο*, που το παίρνουμε αν διαβιβαστούν υδρατμοί πάνω από διάπυρο άνθρακα και το *προπάνιο* και το *βουτάνιο*, που τα παίρνουμε από τα αέρια του πετρελαίου και κυκλοφορούν στο εμπόριο σε οβίδες.

Συμπερασματικά, τα καύσιμα όλων των μορφών είναι μία από τις κυριότερες και παλιότερες πηγές ενέργειας, η χρήση τους όμως κρίνεται δαπανηρή. Είναι προτιμότερες σαν πηγές ενέργειας οι υδατοκαύσεις, που δεν έχουν κόστος ή η πυρηνική ενέργεια, που έχει βέβαια κόστος, για τις εγκαταστάσεις που απαιτεί, αλλά αποδίδει τεράστια ποσά ενέργειας. (www.livepedia.com)

B) Πυρηνική ενέργεια

Πυρηνική ενέργεια ή Ατομική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που απελευθερώνεται όταν μετασηματίζονται ατομικοί πυρήνες. Είναι δηλαδή η δυναμική ενέργεια που είναι εγκλεισμένη στους πυρήνες των ατόμων λόγω της αλληλεπίδρασης των σωματιδίων που τα συνιστούν. Η πυρηνική ενέργεια απελευθερώνεται κατά τη σχάση ή σύντηξη των πυρήνων και εφόσον οι πυρηνικές αντιδράσεις είναι ελεγχόμενες (όπως συμβαίνει στην καρδιά ενός πυρηνικού αντιδραστήρα) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει ενεργειακές ανάγκες.

Συνοπτικά σε ένα πυρηνικό αντιδραστήρα σχάσης η ενέργεια που χρησιμοποιείται από τη σχάση του καυσίμου χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού, με τον οποίο τίθεται σε λειτουργία ένας στρόβιλος που με τη σειρά του περιστρέφει μία γεννήτρια ηλεκτρισμού.

Στην πλειοψηφία τους οι πυρηνικοί αντιδραστήρες χρησιμοποιούν ως καύσιμο εμπλουτισμένο ουράνιο ενώ κάποιои χρησιμοποιούν φυσικό ουράνιο.

Κύρια πλεονεκτήματα της πυρηνικής ενέργειας είναι η ενεργειακή ασφάλεια και η μείωση των αερίων θερμοκηπίου. Η πυρηνική ενέργεια μπορεί να προσφέρει ηλεκτρική ενεργειακή επάρκεια, ενεργειακή ασφάλεια (τα πυρηνικά εργοστάσια μπορούν να αποθηκεύσουν καύσιμο έως 5 έτη), ευελιξία στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (η πυρηνική ενέργεια μπορεί εύκολα να αναβαθμιστεί), διαφοροποίηση καυσίμου για ηλεκτροπαραγωγή, μείωση των αερίων θερμοκηπίου (αντικαθιστώντας τα ορυκτά καύσιμα), μεγαλύτερες ποσότητες και τέλος χαμηλότερο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της πυρηνικής ενέργειας είναι η ανάγκη διαχείρισης των καταλοίπων και το υψηλό αρχικό κόστος που απαιτείται για τα συστήματα ασφαλείας και αποτροπής τρομοκρατικών ενεργειών. Το αρχικό κόστος κατασκευής ενός πυρηνικού σταθμού ανέρχεται σε 2500-4500 € ανά KW.

Στον αντίποδα, το θέμα της ασφάλειας αποτελεί ένα κύριο μειονέκτημα για τη χρήση της πυρηνικής ενέργειας. Έχουν συμβεί πολλά πυρηνικά ατυχήματα στην ιστορία της ανθρωπότητας. Το πρώτο πυρηνικό ατύχημα με διαρροή ραδιενέργειας συνέβη στον Καναδά, το 1952. Ήταν ωστόσο μικρής κλίμακας και δεν προκάλεσε θύματα ή αξιόλογη ρύπανση. Από τότε έχουν καταγραφεί τουλάχιστον 25 μικρής ή μεσαίας σημασίας ατυχήματα και ένα σοβαρό, αυτό στο Chernobyl στις 26 Απριλίου 1986 (ΕΣΣΔ, τώρα Ουκρανία). Το 1964 ένας αμερικανικός δορυφόρος εφοδιασμένος με πλουτώνιο 238 για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν κατόρθωσε να μπει στην προγραμματισμένη τροχιά και κατά την επάνοδό του στη Γη καταστράφηκε απελευθερώνοντας στην ατμόσφαιρα αρκετή ραδιενέργεια ώστε να μετρηθεί με τα μέσα της εποχής. (www.wikipedia.com)



Εικόνα 1.1 : Πυρηνικοί αντιδραστήρες, (www.wikipedia.com)

1.2.2. Ήπιες (ή ανανεώσιμες) πηγές ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ή ήπιες μορφές ενέργειας, ή πράσινη ενέργεια) είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δύο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη.

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Σε κάθε περίπτωση οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Τελευταία από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Ειδικά στην Ελλάδα, που έχει μορφολογία και κλίμα κατάλληλο για νέες ενεργειακές εφαρμογές, η εκμετάλλευση αυτού του ενεργειακού δυναμικού θα βοηθούσε σημαντικά στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας.

Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απαντών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια και, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για παραπέρα αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται στα ίσα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια. Ενδεικτικά, στις Η.Π.Α. ένα 6% της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2010 το 25% της ενέργειας θα προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές (κυρίως υδροηλεκτρικά και βιομάζα). (www.wikipedia.com)

❖ Η Ηλιακή ενέργεια και οι εφαρμογές της.

Ηλιακή ενέργεια είναι η ενέργεια που φθάνει από τον ήλιο στη γη. Η ενέργεια αυτή εκπέμπεται από τον ήλιο λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του, και μεταδίδεται μέσα από διάστημα με ακτινοβολία. Η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στη γη είναι κατά μέσο όρο $173 \cdot 10^{15}$ W και είναι κατά τάξεις μεγαλύτερη της μέσης ισχύος που απαιτεί η ανθρωπότητα ($7 \cdot 10^{12}$ W). Πέραν αυτού όμως, η ηλιακή ενέργεια αποτέλεσε και αποτελεί τη βασική ενεργειακή πηγή στη γη, καθώς σε αυτή οφείλεται ο σχηματισμός και η διαθεσιμότητα της πλειονότητας των ενεργειακών πόρων, εξαντλήσιμων και μη, με εξαίρεσεις την πυρηνική ενέργεια, τη γεωθερμική (οφείλεται στη θερμοκρασία της γης) και την παλιρροιακή (οφείλεται στην έλξη γης-σελήνης).

Η γη βρίσκεται σε απόσταση 150 εκατομμυρίων χιλιομέτρων από τον ήλιο, και με δεδομένο ότι ο ήλιος έχει 125 φορές τη διάμετρο της γης, προκύπτει ότι η τελευταία δέχεται μόλις το $1/10^9$ της ακτινοβολίας που εκπέμπει ο ήλιος. Η ηλικία του ήλιου εκτιμάται μεγαλύτερη από πέντε δισεκατομμύρια έτη, ενώ υπολογίζεται ότι ο ήλιος θα συνεχίσει να εκπέμπει ακτινοβολία με τον ίδιο ρυθμό για άλλα τόσα έτη τουλάχιστον. Επομένως η ηλιακή ενέργεια είναι μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. (www.livepedia.com)

Ανάλογα με τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας για τελική χρήση της, τα συστήματα αξιοποίησης της διακρίνονται στα :

(α) παθητικά ηλιακά συστήματα, στα οποία συμβαίνει άμεση απολαβή της ηλιακής ακτινοβολίας, δίχως προηγούμενης μετατροπής της

(β) ενεργητικά ηλιακά συστήματα, όπου συλλέγεται η ηλιακή ακτινοβολία με μετατροπή της σε θερμότητα, και ακολούθως αξιοποιείται η τελευταία (θερμική μετατροπή). Σε αυτά περιλαμβάνονται και τα φωτοβολταϊκά συστήματα, στα οποία η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό για περαιτέρω χρήση της.



Εικόνα 1.2 : Φωτοβολταϊκά συστήματα παραγωγής ενέργειας σε στέγη κτιρίου, (<http://papachristos.pblogs.gr>)

❖ Γεωθερμική ενέργεια



Εικόνα 1.3 : Γεωθερμική ενέργεια, www.wikipedia.com

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Οι γεωθερμικές περιοχές συχνά εντοπίζονται από τον ατμό που βγαίνει από σχισμές του φλοιού της γης ή από την παρουσία θερμών πηγών. Για να υφίσταται διαθέσιμο θερμό νερό ή ατμό σε μια περιοχή πρέπει να υπάρχει κάποιος υπόγειος ταμιευτήρας αποθήκευσης του κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. (Γελεγένης, Αξάοπουλος, 2005). Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας είναι:

- Χρήση της θερμότητας της γης για τη θέρμανση και ψύξη κατοικιών και άλλων κτιρίων ή κτιριακών εγκαταστάσεων, θερμοκηπίων, κτηνοτροφικών μονάδων, ιχθυοκαλλιεργειών κλπ., όταν η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού είναι χαμηλή
- Εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών με υψηλές θερμοκρασίες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η εκμετάλλευση της γεωθερμίας συμβάλλει στην :

- Εξοικονόμηση συναλλάγματος, με μείωση εισαγωγών πετρελαίου
- Εξοικονόμηση φυσικών πόρων, κυρίως με την ελάττωση των εγχώριων αποθεμάτων λιγνίτη
- Καθαρότερη ατμόσφαιρα

(<http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/PROSTASIA%20PERIBALONTOS/Geothermiki%20>)

❖ **Αιολική ενέργεια**

Ο άνεμος είναι ρεύμα αέρα που προκαλείται από τις διαφορές θερμοκρασιών του αέρα της ατμόσφαιρας. Για παράδειγμα, κατά την ημέρα ο ήλιος μπορεί να θερμαίνει το έδαφος που με τη σειρά του θερμαίνει τον αέρα που βρίσκεται σε επαφή με αυτό. Ο θερμός αέρας που δημιουργείται έτσι διαστέλλεται, γίνεται ελαφρύτερος επομένως και κινείται προς τα πάνω (ανοδικό ρεύμα). Η χαμηλή πίεση κάτω από τον ανερχόμενο αέρα προκαλεί την κίνηση ψυχρού αέρα προς το σημείο αυτό και από κάθε κατεύθυνση. Η κινητική ενέργεια των ανέμων ορίζεται ως αιολική ενέργεια.

Για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούνται ειδικές διατάξεις που εκθέτουν ένα δρομέα (πτερωτή τύπου έλικας, με ένα ή περισσότερα πτερύγια) στο ρεύμα του ανέμου, λαμβάνοντας έτσι μέρος της κινητικής ενέργειάς του, με αποτέλεσμα την περιστροφική κίνηση του δρομέα. Οι διατάξεις αυτές λέγονται ανεμοκινητήρες ή ειδικότερα ανεμογεννήτριες Α/Γ όταν ο άξονας τους κινεί ηλεκτρογεννήτρια παραγωγής ρεύματος.

Με τη χρήση ανεμοκινητήρων (π.χ. ανεμογεννήτριες, ανεμόμυλοι) η αιολική ενέργεια μετατρέπεται σε περιστροφική κίνηση του δρομέα του ανεμοκινητήρα και του άξονά του. Η περιστροφική αυτή κίνηση μπορεί να αξιοποιείται άμεσα π.χ. για την άντληση νερού από πηγάδι, την άλεση σιτηρών κτλ. ή να μετατρέπεται με γεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια. Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται συνηθέστερα :

- Για την παραγωγή ηλεκτρισμού σε περιοχές συνδεδεμένες στο δίκτυο:
 - (α) για την κάλυψη ιδίων αναγκών (αυτοπαραγωγή ρεύματος)
 - (β) για την πώληση του ρεύματος στην εταιρεία εκμετάλλευσης του δικτύου (ανεξάρτητη παραγωγή)
- Για την παραγωγή ηλεκτρισμού σε περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο, για λειτουργία:
 - (α) μόνες τους, με συσσωρευτές
 - (β) σε συνδυασμό με σταθμό ηλεκτροπαραγωγής με ντίζελ
- Για την παραγωγή ύδατος (αφαλάτωση)
 - (α) με τη μέθοδο αντίστροφης όσμωσης
 - (β) με τη μέθοδο της συμπίεσης ατμών
- Για θέρμανση, για παράδειγμα σε θερμοκήπια, με διαδοχική μετατροπή της σε ηλεκτρισμό και ακολούθως σε θερμότητα
- Σε παραδοσιακές χρήσεις, όπως προαναφέρθηκαν (άλεση, άντληση, άρδευση)

Ανεμογεννήτριες

Σύμφωνα με τον προσανατολισμό του άξονα περιστροφής, οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε (α) οριζόντιου άξονα (οι πιο συνηθισμένες) και (β) κατακόρυφου άξονα. Επίσης, σύμφωνα με τον αριθμό των πτερυγίων του δρομέα τους, οι οριζόντιου άξονα διακρίνονται σε μονόπτερες, δίπτερες, τρίπτερες πολύπτερες. Σύμφωνα τέλος, με το αν ο άνεμος συναντά πρώτα το θάλαμο με τη γεννήτρια ή το δρομέα, οι οριζοντίου άξονα πάλι διακρίνονται σε ανάντη και κατάντη ροής αντίστοιχα.

Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα συμπεριλαμβάνει τον πύργο στην κορυφή του οποίου εδράζεται ο θάλαμος με τους μηχανισμούς και το δρομέα. Ο δρομέας περιστρέφεται σαρώνοντας επιφάνεια κάθετα στη ροή του ανέμου για την απόληψη της ενέργειάς του. Ο άξονας του δρομέα μεταφέρει την κίνηση στον θάλαμο των μηχανισμών, όπου μεταφέρεται η κίνηση μέσα από ένα κιβώτιο πολλαπλασιασμού των στροφών στη γεννήτρια ρεύματος.

Η σημερινή τεχνολογία βασίζεται σε ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα 2 ή 3 πτερυγίων, με αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ 200 – 400kW. Όταν εντοπιστεί μια ανεμώδης περιοχή – και εφόσον βέβαια έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες μετρήσεις και μελέτες – για την αξιοποίηση του αιολικού της δυναμικού τοποθετούνται μερικές δεκάδες ανεμογεννήτριες, οι οποίες απαρτίζουν ένα «αιολικό πάρκο».

Η εγκατάσταση κάθε ανεμογεννήτριας διαρκεί 1-3 μέρες. Αρχικά ανυψώνεται ο πύργος και τοποθετείται τμηματικά πάνω στα θεμέλια. Μετά ανυψώνεται η άτρακτος στην κορυφή του πύργου. Στη βάση του πύργου συναρμολογείται ο ρότορας ή δρομέας (οριζοντίου άξονα, πάνω στον οποίο είναι προσαρτημένα τα πτερύγια), ο οποίος αποτελεί το κινητό μέρος της ανεμογεννήτριας. Η άτρακτος περιλαμβάνει το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια ο ρότορας ανυψώνεται και συνδέεται στην άτρακτο. Τέλος, γίνονται οι απαραίτητες ηλεκτρικές συνδέσεις. (www.wikipedia.com)



Εικόνα 1.4 : Ανεμογεννήτρια, (www.wikipedia.com)

❖ Υδροηλεκτρική ενέργεια

Πρόκειται για τη μηχανική ενέργεια του ύδατος που μπορεί κυρίως να δεσμευτεί σε υδατοπτώσεις, ενώ μικρότερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι περιπτώσεις παλιρροιών (λόγω της σπανιότερης, γεωγραφικά, εμφάνισής τους) και της ενέργειας των κυμάτων (δεν είναι ακόμα οικονομικά ελκυστικές οι τεχνολογίες αξιοποίησής τους).

Περίπου το ένα τέταρτο της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στη γη καταναλώνεται για την εξάτμιση ύδατος. Έτσι, οι υδρατμοί στην ατμόσφαιρα αντιπροσωπεύουν μια τεράστια ενεργειακή απόθεση που ανανεώνεται συνεχώς. Όμως, το μεγαλύτερο μέρος της ανακυκλώνεται στην ατμόσφαιρα, όταν οι υδρατμοί συμπυκνώνονται για να σχηματίσουν βροχή ή χιόνι, και μόνο ένα μικρό τμήμα της (μικρότερο από 0,1%) είναι δυναμικά διαθέσιμο κατά την περίπτωση που η βροχή πέφτει στην ξηρά.

Η υδροηλεκτρική τεχνολογία είναι μία από τις κύριες ενεργειακές τεχνολογίες καθώς καλύπτει το 20% των αναγκών για ηλεκτρισμό, ενώ στις αναπτυσσόμενες χώρες φθάνει το 40%. Η δυναμικότητα των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών μπορεί να είναι πολλαπλάσια αυτής των συμβατικών σταθμών. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι ιδιαίτερα αποδοτικοί, αξιόπιστοι και με μεγάλο χρόνο ζωής. Στη χώρα μας έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό και τα υδροηλεκτρικά έργα, τουλάχιστον για τις περιοχές που εμφανίζουν υψηλό δυναμικό.

Ωστόσο, παρόλο που στα υδροηλεκτρικά έργα δεν παράγονται επιβλαβή αέρια, στα μεγάλα φράγματα λαμβάνονται υπόψη και άλλες περιβαλλοντολογικοί παράμετροι όπως αντιπλημμυρικά έργα, η ποιότητα του ύδατος, καθώς επίσης και η επιρροή στη ζωή των ψαριών του ποταμού και των άλλων υπόλοιπων ζώων της περιοχής. Κατά συνέπεια μόνο τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα (με δυναμικό μικρότερο από 30 MW) θεωρούνται «πράσινα» ενώ τα μεγάλης κλίμακας θεωρούνται απλώς «καθαρά». {www.spitia.gr}

❖ Βιομάζα



Εικόνα 1.5 : Βιομάζα, www.wikipedia.gr

Με τον όρο βιομάζα ονομάζουμε οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας.

Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση.

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια (θερμότητα) που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας.

Αλλά και μέχρι σήμερα, κυρίως οι αγροτικοί πληθυσμοί, τόσο της Αφρικής, της Ινδίας και της Λατινικής Αμερικής, όσο και της Ευρώπης, για να ζεσταθούν, να μαγειρέψουν και να φωτιστούν χρησιμοποιούν ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς ή κουκούτσια κ.ά.) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.).

Όλα τα παραπάνω υλικά, που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια. (www.wikipedia.com)

1.3) Συνεισφορά των διαφόρων μορφών ενέργειας στη παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση.

Σήμερα, τα ορυκτά καύσιμα αποτελούν το 79% της παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης. Μεταξύ των ορυκτών καυσίμων, το πετρέλαιο αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό, περίπου 35% της συνολικής παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης, ο άνθρακας αποτελεί το 23% και το φυσικό αέριο το 21%. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ακολουθούν με ένα μικρό ποσοστό της τάξης του 14% και τέλος η πυρηνική ενέργεια με 7%. (Ζερβός, 2005)

1.4) Το ενεργειακό πρόβλημα.

Μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου η ανάγκη για ανοικοδόμηση ήταν μεγαλύτερη από ποτέ. Στις δεκαετίες που ακολούθησαν (50'-60') παρατηρήθηκε έντονο μεταναστευτικό κύμα. Οι άνθρωποι εγκατέλειπαν τον τόπο καταγωγής τους και συσσωρεύονταν στις πόλεις. Στα μεγάλα αστικά κέντρα η άναρχη δόμηση, που ήταν αποτέλεσμα του φαινομένου της αστυφιλίας, συνέβαλλε τόσο στην υποβάθμιση των συνθηκών διαβίωσης όσο και στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Η αλόγιστη χρήση των ενεργειακών πηγών γίνεται πιο έντονη καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται. Η συνεχής αύξηση των καταναλωτικών αγαθών, η υπερβολική αύξηση του πληθυσμού και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, οδηγεί στην ταχεία αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης τα τελευταία τριάντα χρόνια. Η παραγωγή πετρελαίου έχει εξαπλασιαστεί την τελευταία δεκαετία, ενώ η ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια

δεκαπλασιάζεται ανά δέκα χρόνια. Η καύση ανθρακοειδών, πετρελαιοειδών και φυσικού αερίου χρησιμοποιούνται συνεχώς για την παραγωγή ενέργειας αφού αυτή καλύπτει και επηρεάζει κάθε πτυχή του σύγχρονου ανθρώπου. Η υπερδραστηριότητα του ανθρώπου επιφέρει αδιαμφισβήτητη μόλυνση του περιβάλλοντος. Οι συνέπειες γρήγορα κάνουν την εμφάνισή τους. Παρατηρείται από τους επιστήμονες ότι ο πλανήτης συνεχώς θερμαίνεται, ότι οι ακτίνες του ηλίου απορροφούνται ολοένα και με μεγαλύτερο ποσοστό από τη Γη και παρομοιάζουν την πρωτόγνωρη αυτή κατάσταση με ένα θερμοκήπιο. Η ελάχιστη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμβάλλει στην αύξηση των εκπεμπόμενων ρύπων, οι οποίοι καταστρέφουν τη στοιβάδα του όζοντος και έχουν υποβαθμίσει το περιβάλλον ραγδαία, σε σχέση με τις προηγούμενες δεκαετίες, σε μεγάλο βαθμό καταστρέφοντας σταδιακά τα οικοσυστήματα.

Εκτός όμως από την κρίση που δημιουργεί η ανθρώπινη δραστηριότητα στις ισορροπίες του πλανήτη, συγχρόνως εξαντλούνται και τα ενεργειακά αποθέματα με τραγικά μεγάλες ταχύτητες, συγκριτικά με αυτές που χρειάζεται η Γη για να τα ανανεώσει. Ουσιαστικά λοιπόν ο άνθρωπος κινδυνεύει να μείνει χωρίς τους τόσο σημαντικούς για την επιβίωσή του ενεργειακούς πόρους, αλλά και χωρίς ένα στοιχειωδώς υγιεινό περιβάλλον για την ανάπτυξη του. Κύριοι υπαίτιοι αυτής της καταστροφής είναι οι βιομηχανίες, οι μεταφορές, τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής, αλλά και το δομημένο περιβάλλον, δηλαδή το σύνολο των ανθρώπινων κατασκευών. Έχει υπολογισθεί ότι το 45% της παραγόμενης ενέργειας αναλίσκεται στον κτιριακό τομέα, με τα 2/3 αυτού του ποσοστού να ανήκει στα ιδιωτικά σπίτια. Παρ' όλο που τα ποσοστά αυτά ευθύνονται για το 50% των εκπομπών CO₂, μόλις το 15% των αναγκών καλύπτεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.), με πρωταγωνιστή την ηλιακή. Παγκοσμίως η συνεισφορά του κλάδου των κτιριακών κατασκευών στις εκπομπές ενώσεων του άνθρακα C, αγγίζει τους 6 δις τόνους, με 4,5 δις τόνους από αυτούς να ανήκουν στις εκβιομηχανοποιημένες χώρες και πιο συγκεκριμένα 2,25 δις τόνους από τους 4,5, να οφείλονται άμεσα ή έμμεσα στις κτιριακές κατασκευές. Όσο αφορά στην Ελλάδα ο κτιριακός τομέας απορροφά το 30% της παραγόμενης ενέργειας, ενώ η συνεισφορά του στην παραγωγή του άνθρακα CO₂ αγγίζει το 40% .

Οι σημερινοί ρυθμοί κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων φέρνουν την ανθρωπότητα μπροστά σε κρίσιμα και πιεστικά προβλήματα. Αυτά τα προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν με δύο τρόπους. Πρώτον, με τη συνετή χρησιμοποίηση των περιορισμένων αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Και δεύτερον, με την προσφυγή σε εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Μια εναλλακτική λύση είναι η πυρηνική ενέργεια, κατά την οποία ωστόσο, τα απόβλητα του πυρηνικού σταθμού ενέργειας και η ραδιενέργεια που εκπέμπεται από τους πυρηνικούς αντιδραστήρες είναι επικίνδυνα και η απαλλαγή από αυτά είναι δύσκολο να γίνει με ασφάλεια.

Με αυτά τα δεδομένα όταν τη δεκαετία του 1970 ξέσπασε μια μεγάλη ενεργειακή (κυρίως πετρελαϊκή) κρίση η ανησυχία για το περιβάλλον βρήκε έκφραση μέσω ενός κινήματος που στόχευε για πρώτη φορά στη κατασκευή οικιών με μικρή ενεργειακή κατανάλωση. Το κίνημα του 'πράσινου' κτιρίου -The green building movement- που πρωτοεμφανίσθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής είχε ως στόχο την κατασκευή ενός κτιρίου όσο το δυνατόν φιλικότερο ως προς το περιβάλλον και ήταν ο πρόδρομος του Βιοκλιματικού σχεδιασμού. Μια νέα ανάγκη γεννήθηκε για δυναμική προσέγγιση, όπου το κτίριο αντιμετωπιζόταν ως ένας ζωντανός οργανισμός κι όχι ως αντικείμενο κατανάλωσης και ματαιοδοξίας. Προς αυτή την κατεύθυνση, πλέον ο παράγοντας οικολογικής ισορροπίας σε ένα κτίριο αποτελεί την πρώτη προτεραιότητα σε κάθε σχέδιο, οδηγώντας τους μελετητές στη λύση της άμεσης εφαρμογής των αρχών της βιοκλιματικής δόμησης και της οικολογικής κατασκευής.

Το *πράσινο κτίριο* χρησιμοποιεί τις διαθέσιμες τεχνολογίες με στόχο τη μείωση ή ακόμα και την εκμηδένιση των δυσμενών συνεπειών που μπορεί να έχει ένα κτίριο στο περιβάλλον

αλλά και στην υγεία των ανθρώπων. Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Η ενέργεια του ήλιου χρησιμοποιείται για θέρμανση νερού, η ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Όσο αφορά την αισθητική, το πράσινο κτίριο σχεδιάζεται με τρόπο τέτοιο ώστε να είναι σε αρμονία με το φυσικό περιβάλλον ενώ χρησιμοποιούνται τα υλικά που υπάρχουν σε αφθονία στη γύρω περιοχή. Συνοπτικά τα βασικά βήματα για μια κατασκευή με βάση την πράσινη αρχιτεκτονική είναι τα εξής :

- Προσδιορισμός των κατασκευαστικών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν μέσω της αξιοποίησης του τοπικού φυσικού περιβάλλοντος.
- Μείωση των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου.
- Αξιοποίηση όσο το δυνατόν των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Το 1994 κάνει την εμφάνισή της μια ακόμα σημαντική έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης. Το οικολογικό αποτύπωμα, δηλαδή το ίχνος που αφήνει ένα οικοδόμημα στο περιβάλλον. Ουσιαστικά αποτελεί τον «μεταβολισμό» του κτιρίου, με τη λογική του ζωντανού οργανισμού και είναι ένας δείκτης για τη μέτρηση της βιωσιμότητας. Η έννοια του ίχνους μπορεί να επεκταθεί και σ' έναν οικισμό ή ακόμα και σ' έναν άνθρωπο, με τη λογική του «γεωμερίδιου». Γίνεται αντιληπτό ότι τα όρια της γης είναι πεπερασμένα και κατ' επέκταση το ίδιο ισχύει και για τα όρια της παραγωγικότητας. Σύμφωνα με τους δείκτες της παγκόσμιας οικονομίας (worldwatch institute), το 20% του παγκόσμιου πληθυσμού καταναλώνει το 83% των διαθέσιμων πόρων της γης. Το γεωμερίδιο αντιστοιχεί στη μέση τιμή της οικολογικά παραγόμενης γης που αντιστοιχεί σε κάθε κάτοικο της γης. Αυτό δεν συμπεριλαμβάνει τη γη που πρέπει να αντιστοιχεί στη βιοποικιλότητα, δηλαδή σε όλο το υπόλοιπο ζωικό και φυτικό βασίλειο και προϋποθέτει πως όλοι οι άνθρωποι έχουν ίσο δικαίωμα στο μερίδιο της γης. Έτσι ουσιαστικά, οικολογικό ίχνος είναι η συνολική περιοχή εδάφους που απαιτείται για να υποστηρίξει τις ανάγκες ενός πληθυσμού, αλλά και για να απορροφήσει όλα τα απόβλητα. Το οικολογικό ίχνος (Rees 2000, Residential energy efficiency scheme in south Australia) ορίζεται ως:

I= P.A.T

όπου: I η επίδραση ή αλλιώς το ίχνος, P ο πληθυσμός, A η αφθονία και T η τεχνολογία. Από το 1961 ως το 2005 παγκοσμίως το οικολογικό ίχνος έχει τριπλασιαστεί και σύμφωνα με τα στοιχεία της W.W.F. εκτιμάται ότι κάθε άνθρωπος κατανάλωνε το 2009 πόρους που αντιστοιχούν σε 22 στρέμματα εδάφους, ενώ ο πλανήτης μπορούσε να διαθέσει το πολύ 18. Για το σύνολο των κρατών ανά τον κόσμο, σε μια κατάταξη 147 χωρών ως προς το κατά κεφαλήν οικολογικό αποτύπωμα, τις πρώτες θέσεις παγκοσμίως καταλαμβάνουν τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα (119 στρέμματα ανά κάτοικο) και ακολουθούν οι ΗΠΑ (96 στρέμματα). Η Ελλάδα κατέχει τη 17η δυσμενέστερη θέση, με το κατά κεφαλήν οικολογικό αποτύπωμα της χώρας να έχει αυξηθεί κατά 101 % στο διάστημα 1975-2007. Το οικολογικό ίχνος για κάθε Έλληνα πολίτη αντιστοιχεί σε 50 στρέμματα ανά κάτοικο. Η δυσμενής αυτή θέση της χώρας μας οφείλεται κυρίως στην κατανάλωση ενέργειας και κατ' επέκταση στις εκπομπές CO₂ στην ατμόσφαιρα. Σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (έκθεση 2009), η συνολική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα παρουσιάζει κατά μέσο όρο ετήσια αύξηση 2,7% (1990-2003), μια από τις υψηλότερες ανάμεσα στις χώρες της Ε.Ε.

1.5) Κτίριο και ενέργεια- Ιστορική αναδρομή.

Όπως είναι φανερό, τα κτίρια επηρεάζουν το περιβάλλον με πολλούς τρόπους κατά τη διάρκεια της κατασκευής, λειτουργίας και κατεδάφισής τους. Όμως και το περιβάλλον έχει μεγάλη επίδραση στα κτίρια. Οι ενεργειακές θεωρήσεις κατείχαν σημαντική θέση στο σχεδιασμό κατοικιών, καθ' όλη τη διάρκεια της πορείας της αρχιτεκτονικής για τους ανθρώπους. Ήταν πολύ χρήσιμη και σπουδαία η κατανόηση του ενεργειακού παράγοντα όσον αφορά στην πρώτη κατοικία, η οποία είχε ιδιαίτερες ανάγκες λόγω κλίματος, πολιτισμού, τοποθεσίας, ώστε να είναι μεν λειτουργική, αλλά και αισθητική.

Όλες οι παρεμβάσεις και σκέψεις με σκοπό τη δημιουργία κατάλληλων σπιτιών, ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περιοχής, έδιναν μοναδικότητα στην περιοχή, αλλά και εξαιρετικές κατασκευές. Από την αρχαιότητα παρατηρούμε μέσα από τα συγγράμματα των αρχαίων φιλοσόφων και όχι μόνο, τη σημασία και τη χρήση των ιδιοτήτων της γης, του αέρα, του ήλιου και του νερού στην κατασκευή της κατοικίας, όπου κατά το Σωκράτη (στα απομνημονεύματα του Ξενοφώντα 430-435 π.Χ.) ιδεώδης κατοικία είναι αυτή που προσφέρει ζέστη τους χειμερινούς μήνες και δροσιά κατά τους καλοκαιρινούς. Τέτοιες κατοικίες στην Ελλάδα ανακαλύπτονται στην Πριήνη της Ιωνίας, στη Δήλο, στην Όλυνθο της Χαλκιδικής. Συγκεκριμένα στην Πριήνη της Ιωνίας, τα οικοδομικά συμπλέγματα ήταν το καλοκαίρι σκιερά και το χειμώνα ευήλια. Στη Δήλο παρατηρούνται ευθύγραμμο και καμπυλόγραμμο κτίσματα. Τέλος η Όλυνθος της Χαλκιδικής, χαρακτηρίζεται ως το τελειότερο ηλιακό άστυ, καθώς ανακαλύφθηκαν ηλιακοί κλίβανοι στους οποίους έψηναν τους πλίνθους. (Κοντορούπη, 2002)

Παρόλο που εκείνα τα χρόνια οι διαθέσιμες τεχνολογίες ήταν ελάχιστες, οι άνθρωποι είχαν καταφέρει να κατασκευάσουν το λεγόμενο οικολογικό-ηλιακό σπίτι. Είναι αξιοσημείωτο σε διάφορα συγγράμματα γίνονται αναφορές σε τοίχους που απορροφούν τη μέρα θερμότητα την οποία διαχέουν τη νύχτα. Παρατηρώντας την ιστορική εξέλιξη κατά την αρχαιότητα, η κατασκευή «ηλιακών κατοικιών» ήταν ευρέως διαδεδομένη. Μερικοί από τους κύριους εκπροσώπους της ήταν ο Βιτρούβιος, ο Πλίνιος, αλλά και ο Ορειβάσιος, Έλληνας γιατρός υποστηρικτής της κατασκευής ηλιακών κατοικιών.

Αλλά και στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική υπάρχουν παραδείγματα κατοικιών που συνάδουν με τις αρχές μίας οικολογικής κατοικίας. Παρατηρείται ότι συχνά τα σπίτια χωρίζονται σε ορόφους και ανάλογα την εποχή, οι άνθρωποι κατοικούσαν στον πρώτο όροφο τους θερινούς μήνες, τον οποίο αποκαλούσαν «θερινό» και στο ισόγειο τους χειμερινούς μήνες ή «χειμερινό», το οποίο ήταν ένα δωμάτιο με τζάκι συνήθως, στο χαμηλότερο επίπεδο του σπιτιού. Άλλο χαρακτηριστικό της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής που εμφανίζεται στην Ελλάδα είναι το «λιακωτό», το οποίο ήταν ένας χώρος του σπιτιού, που συνήθως βρισκόταν σε όροφο, το οποίο καλυπτόταν με τζαμαρία και είχε νότιο προσανατολισμό. Το λιακωτό το συναντάμε συνήθως στα παλιά αθηναϊκά σπίτια. Η χρησιμότητα του λιακωτού ήταν η μείωση της έντασης του φωτός πριν εισχωρήσει στα δωμάτια, καθώς και η διατήρηση αποστάσεων από τις ηλιακές ακτίνες.

Παρατηρούμε πως στην Ελλάδα, χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια και ήπιο κλίμα, είχε δημιουργηθεί ένα είδος αρχιτεκτονικής που βοηθούσε στο μετριασμό των εξωτερικών καιρικών συνθηκών του έτους, ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε εποχής, προσφέροντας στους κατοίκους την απαραίτητη άνεση. Επίσης υπήρχε επικοινωνία μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου για τη φυσική ρύθμιση του μικροκλίματος.

Παραδείγματα βιοκλιματικού σχεδιασμού συναντάμε και στα νησιά, όπου η χαρακτηριστική κυβιστική σύνθεση των όγκων των σπιτιών σε άσπρο χρώμα ευνοεί ιδιαίτερα τη θερμομόνωση και τη ροή της θερμότητας. Τα υλικά που χρησιμοποιούν στην τοιχοποιία είναι ο πηλός και η πέτρα, ώστε να αποθηκεύουν τη θερμότητα του ήλιου κατά τη διάρκεια της μέρας, ενώ τη νύχτα, η θερμότητα αυτή να επανεκπέμπεται θερμαίνοντας το σπίτι και ψύχοντας τους τοίχους. Αυτή η επαναλαμβανόμενη διαδικασία βοηθά στη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας όλο το χρόνο. Επίσης, χρησιμοποιείται ο μεσημβρινός προσανατολισμός σε κλιμακωτή διάταξη των οικισμών, με αλληλοεπίθεση των όγκων με σκοπό οι επιφάνειες που προσβάλλει ο ήλιος να είναι οι μέγιστες δυνατές. Επιπλέον λόγω του κυβιστικού σχεδιασμού των σπιτιών σχηματίζονται μικρές πλατείες και δροσερές γωνίες ακόμα και στο μεγαλύτερο καύσωνα. Αντίθετα οι βορινές πλευρές των σπιτιών δεν διαθέτουν παράθυρα, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες το χειμώνα.

Γενικότερα, στην παγκόσμια ιστορία της αρχιτεκτονικής, παρατηρούμε την κατασκευή των κατοικιών κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες του χώρου και του κλίματος και να μειώνουν την ενεργειακή τους κατανάλωση. Για παράδειγμα οι οικισμοί των Ινδιάνων Hopi, τα λεγόμενα Pueblos 5 στην Αριζόνα, κατάφεραν έξυπνα να μετριάσουν τα ακραία καιρικά φαινόμενα και να διατηρήσουν το μικροκλίμα των λασπόχτιστων κατοικιών τους σταθερό όλο το χρόνο. Παρατηρούμε ότι ο τόπος και το κλίμα είναι αυτά που καθορίζουν τον τρόπο που θα κτιστεί η κατοικία ώστε να μπορεί η ενέργεια να διανεμηθεί σωστά. Στην Υεμένη για παράδειγμα έχουμε τους γνωστούς ανεμόπυργους. Οι άνθρωποι, ακόμα και σε μια τέτοια δύσβατη περιοχή, κατάφεραν να αξιοποιήσουν την ικανότητα του εδάφους, η οποία αποθηκεύει τη θερμότητα. Έτσι έφτιαχναν τα σπίτια τους μέσα στη γη, με αποτέλεσμα να διατηρούν τη ζέστη το χειμώνα και τη δροσιά το καλοκαίρι, αντλώντας θερμότητα από το έδαφος.

Αυτός ο τρόπος κατασκευής σπιτιών χρησιμοποιήθηκε επίσης από τους Ινδιάνους Navajo, τους Κινέζους, τους Αφρικανούς της Βόρειας Αφρικής, αλλά και αρκετά χρόνια αργότερα από τον Wendell Thomas, το 1950 όπου με αυτή τη μέθοδο θέλησε να αξιοποιήσει τη θερμότητα της γης σε συνδυασμό με την ηλιακή ακτινοβολία και το φυσικό αερισμό. Ο άνθρωπος βέβαια από νωρίς αναγνώρισε τη χρησιμότητα του παραθύρου και του σκιάστρου, ώστε να ελέγχει το μικροκλίμα, την ικανότητα του εδάφους και του νερού να αποθηκεύουν θερμότητα, την συμβολή των φυτών στη θερμομόνωση, καθώς και τη σημασία του μεσημβρινού προσανατολισμού. Όσον αφορά στη σπουδαιότητα του γυαλιού ως παγίδα θερμότητας, αυτό το εκμεταλλεύτηκε ο άνθρωπος, με κάθε τρόπο στην κατασκευή των κατοικιών, δημιουργώντας αίθρια, θερμοκήπια, λιακωτά, σκεπαστές στοές, που όχι μόνο φώτιζαν το χώρο, αλλά παράλληλα τον θέρμαιναν. (Κοντορούπη, 2002)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΟΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

2.1) Εισαγωγή στον βιοκλιματικό σχεδιασμό.

Στην Ευρώπη ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 50% των συνολικών εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται στον πλανήτη. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το αέριο αυτό είναι ένα από τα βασικότερα αέρια που προκαλεί κλιματικές αλλαγές και μολύνει το περιβάλλον η βιοκλιματική δόμηση κρίνεται απαραίτητη. Ο *βιοκλιματικός σχεδιασμός* αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1980 ως νέα τάση του αστικού σχεδιασμού με αναφορές στο τοπικό μικροκλίμα. Με τον όρο *βιοκλιματικός σχεδιασμός*, ορίζουμε τη διαδικασία σχεδιασμού κτιρίων και οικισμών κατά την οποία ο μελετητής λαμβάνει υπόψη μια σειρά παραμέτρων, που ως στόχο έχουν την ορθολογική χρήση της ενέργειας και άρα και την εξοικονόμησή της. Πιο συγκεκριμένα ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός λαμβάνει υπόψη μια σύνθεση δεδομένων που αφορούν τις κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής, την τοποθεσία, την θερμική και οπτική άνεση των ενοίκων, για το σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων και χώρων αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια, αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Τα βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι τα *ηλιακά παθητικά συστήματα*, τεχνικές δηλαδή που συμβάλλουν στον περιορισμό της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων και στην ανάδειξη-χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακής ενέργειας). Στοχεύει, δηλαδή, στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προσαρμογή των κτιρίων στο περιβάλλον τους.

Με τον όρο *παθητικά ηλιακά συστήματα* εννοούμε τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για να αξιοποιηθούν οι φυσικές πηγές, όπως ο ήλιος, ο άνεμος κ.α. για τη θέρμανση, την ψύξη του κτιρίου, την παροχή φυσικού φωτισμού αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια, χωρίς να παρεμβάλλονται μηχανικά μέσα. Ο τρόπος λειτουργίας τους, βασίζεται στη ανταλλαγή ενέργειας με το περιβάλλον και περιλαμβάνει και την αποθήκευση και διανομή της ενέργειας μέσα στους χώρους του σπιτιού. Η χρήση τους είναι εξαιρετικά σημαντική και αποτελούν δομικά στοιχεία του κτιρίου. Καθημερινά, η γη δέχεται από τον ήλιο μια εντυπωσιακή ποσότητα θερμότητας που αποβάλλεται προς τον ουρανό κυρίως μέσω της νυχτερινής επανακτινοβολίας. Για την επίτευξη μιας ικανοποιητικής θερμικής άνεσης μέσα σε ένα κτίριο, με ταυτόχρονο περιορισμό της χρήση συμβατικών πηγών θέρμανσης, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε πηγές φυσικής ενέργειας (ηλιακή ακτινοβολία, εξωτερικός αέρας, εσωτερικά κέρδη) σε συνδυασμό πάντα με τα κατάλληλα στοιχεία απορρόφησης (όπως είναι ο ουρανός, ο εξωτερικός αέρας, οι υγρές επιφάνειες και η βλάστηση). Η θερμική εκμετάλλευση στα παθητικά κτίρια γίνεται, εκτός από τον τρόπο του σχεδιασμού του, την τοποθέτηση, προσανατολισμό, τη μορφή του, κλπ. με τη χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων τα οποία συγκεντρώνουν, αποθηκεύουν, μεταδίδουν, διαχέουν θερμότητα και αποτελούν μέρη των αρχιτεκτονικών στοιχείων.

Σε γενικές γραμμές, τα αρχιτεκτονικά και δομικά στοιχεία που ρυθμίζουν τη θερμική συμπεριφορά ενός κτιρίου είναι:

- Τα γυάλινα ανοίγματα
- Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης
- Τα προσαρτημένα θερμοκήπια
- Οι προσαρτημένες ηλιακές καμινάδες
- Η εφαρμογή κατάλληλης γεωμετρίας σκιάστρων
- Η δημιουργία ενεργειακής σκεπής
- Τα κατάλληλα δομικά στοιχεία (μονώσεις, χρώματα, κονιάματα, υαλοπίνακες, στοιχεία τοιχοποιίας)
- Η διαμόρφωση του εξωτερικού περιβάλλοντος χώρου (βλάστηση)

Όταν σε ένα κτίριο η ροή της θερμότητας γίνεται, λοιπόν, με φυσικό τρόπο, δηλαδή μέσω αγωγής, μεταφοράς και ακτινοβολίας και η ηλιακή ενέργεια συνεισφέρει πάνω από το μισό της ολικής εξωτερικής ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση, το κτίριο θεωρείται σαν *ηλιακή παθητική κατασκευή*. Τα παθητικά συστήματα συνεισφέρουν θετικά στις θερμικές απαιτήσεις του κτιρίου σε ψυχρό καιρό, ενώ σε θερμές περιόδους, αποτρέπουν τη διείσδυση του θερμού εξωτερικού αέρα και περιορίζουν τα εσωτερικά κέρδη, ώστε να εξασφαλίζουν αποδεκτές θερμικές καταστάσεις για τους ενοίκους. Ανάλογα με τον *τρόπο λειτουργίας τους από θερμική άποψη*, χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- A. Συστήματα άμεσου ή απευθείας ηλιακού κέρδους
- B. Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους
- Γ. Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους

Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού συνοψίζονται στα εξής:

- Εξασφάλιση ηλιασμού και μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ώστε να αξιοποιείται η ηλιακή ενέργεια για την θέρμανση των χώρων.
- Εξασφάλιση ηλιοπροστασίας το καλοκαίρι προκειμένου να επιτυγχάνεται μείωση των θερμικών κερδών, άρα και μείωση της ανάγκης για ψυκτικό φορτίο.
- Αξιοποίηση του ήλιου για φυσικό φωτισμό.
- Εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων για φυσικό αερισμό και δροσισμό.
- Βελτίωση του μικροκλίματος γύρω από το κτίριο.
- Βελτίωση και ρύθμιση των εσωτερικών συνθηκών ενός χώρου για επίτευξη θερμικής άνεσης των ατόμων. (Ευθυμίουπουλος, 2005)

Συνεπώς, για να κατασκευαστεί και να λειτουργεί ένα κτίριο βιοκλιματικά, πρέπει να κατανοήσουμε πλήρως τις τοπικές κλιματικές συνθήκες και να σταθμίσουμε τα κλιματικά οφέλη και τους περιορισμούς. Το κτίριο θα πρέπει να είναι ικανό να συλλέγει και να αποθηκεύει θερμότητα όταν υπάρχει ανάγκη για θέρμανση, να λειτουργεί ως φυσικός συλλέκτης δροσισμού και ως αποθήκη ψύξης, όταν χρειάζεται ψυκτικά φορτία και να δρα ως φυσικός ανανεωτής αέρα, προκειμένου να προσφέρει στους χρήστες άνετο θερμικό εσωκλίμα. Επίσης, πεδίο μελέτης της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι η χρήση τοπικών δομικών υλικών μιας περιοχής, φιλικών προς το περιβάλλον μετά από μελέτη των χαρακτηριστικών και των ιδιοτήτων τους. Εφαρμόζοντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού επιτυγχάνεται η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και της συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων που οδηγεί στη μείωση των απωλειών, δημιουργούνται συνθήκες θερμικής άνεσης και ελαττώνονται οι απαιτήσεις σε θέρμανση, παράγεται θερμότητα μέσω ηλιακών συστημάτων άμεσου και έμμεσου κέρδους, κάτι που προκαλεί τη μείωση των αναγκών της κατοικίας σε θέρμανση καταφέροντας έτσι να καλύπτει τις ανάγκες του κτιρίου οικονομικότερα και χωρίς μεγάλες ενεργειακές

απαιτήσεις. Επιπλέον επιτυγχάνεται η μερική διατήρηση της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό στα ιδανικά επίπεδα, ανάλογα την εποχή, υψηλά το χειμώνα και χαμηλά το καλοκαίρι και έτσι δεν υπάρχει ανάγκη για προσάρτηση επιπλέον συστημάτων που βοηθούν στη διατήρηση των ιδανικών επιπέδων.

Τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής χωρίζονται σε:

- ενεργειακά, μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και της εξασφάλισης θερμικής και οπτικής άνεσης
- οικονομικά, καθώς μειώνονται οι ανάγκες αλλά και το κόστος από την εγκατάσταση H/M
- περιβαλλοντικά, καθώς μειώνονται οι ρύποι, οι εκπομπές CO₂
- κοινωνικά, καθώς βελτιώνεται η ποιότητα της ζωής.

Για την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κάποια κριτήρια, όπως η χρήση τεχνικοοικονομικά αποδοτικών ενεργειακών τεχνολογιών, η χρήση ήδη εφαρμοσμένων συστημάτων, η αποφυγή της χρήσης περίπλοκων τεχνικών και παθητικών συστημάτων αλλά και η μικρή συμβολή του χρήστη στη λειτουργία των συστημάτων αυτών. Συνοψίζοντας, οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού που θα αναπτυχθούν στην παρούσα διπλωματική είναι οι εξής:

1. Η σημασία του τοπικού κλίματος στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου.
2. Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης:
 - Προσανατολισμός κτιρίου - Μορφή κτιρίου
 - Προσανατολισμός ανοιγμάτων - Διάρθρωση χώρων
 - Θερμομόνωση - Δομικά υλικά κελύφους
 - Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης - Ηλιακοί χώροι- Ηλιακά αίθρια
3. Συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού:
 - Συστήματα ηλιοπροστασίας - Σκίαση
 - Φράγμα ακτινοβολίας
 - Φυτοκάλυψη
4. Ενεργητικά συστήματα:
 - Φωτοβολταϊκά συστήματα
 - Συστήματα γεωθερμίας
 - Αξιοποίηση αστικών στερεών αποβλήτων
 - Τηλεθέρμανση με βιομάζα

2.2) Η σημασία του τοπικού κλίματος στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική ορίζει ο κτιριακός σχεδιασμός να γίνεται σε πλήρη αρμονία με το τοπικό φυσικό περιβάλλον. Παλιότερα, όταν ο περιβάλλον χώρος αντιμετωπιζόταν ως τόπος εγκατάστασης και μόνο, το αποτέλεσμα ήταν αρνητικό για το δομημένο περιβάλλον. Παρατηρούνταν σταδιακή αλλοίωση και υποβάθμιση των χαρακτηριστικών του τοπικού μικροκλίματος, αλλά και συχνά υπερβολική κατανάλωση ενεργειακών πόρων. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι περιβαλλοντικές συνθήκες του συγκεκριμένου χώρου εγκατάστασης. Το οικόπεδο και η τοποθεσία έχουν πολύ σημαντική επίδραση στη λειτουργικότητα του κτιρίου ενώ και το κτίριο με τη σειρά του επηρεάζει τη τοποθεσία. Η οικολογική αρχιτεκτονική λοιπόν έχει ως σκοπό τη βιωσιμότητα και τη ποιότητα, τόσο του

περιβάλλοντος, όσο και του κτιρίου. Εισάγει νέα θέματα προς μελέτη με επίκεντρο τα φυσικά στοιχεία, όπως το φως, τη χλωρίδα, το νερό, ο άνεμος και ο ήχος. Τα παραπάνω μελετώνται ως στοιχεία του κτιρίου και γίνεται προσπάθεια εναρμόνισής τους με το περιβάλλον. Για παράδειγμα θέμα μελέτης μπορεί να αποτελέσει η θέση του κτιρίου σε σχέση με τον ήλιο, ώστε να ρυθμίζεται η ισορροπία της θερμοκρασίας του εσωτερικού του, ανά της εποχές, και για να προσαρμόζονται τα υλικά, η κατασκευή και άλλες σχετικές διαδικασίες. (Κοσμόπουλος, 2001)

Η βιοκλιματική μελέτη ενός κτιρίου αποτελεί μέρος της αρχιτεκτονικής μελέτης, και έχει ως στόχο το σχεδιασμό του κτιρίου κατά τρόπο που να ανταποκρίνεται στα χαρακτηριστικά του τοπικού κλίματος. Για το σκοπό αυτό θεωρείται αναγκαία η καταγραφή ορισμένων δεδομένων που θα βοηθήσουν τον αρχιτέκτονα στις αποφάσεις που θα πάρει σχετικά με την αρχιτεκτονική σύνθεση του κτιρίου και τις οικοδομικές του επιλογές. (Ευαγγελινός, Ζαχαρόπουλος 2003) Καταρχήν, βασική είναι η καταγραφή των κλιματικών στοιχείων της περιοχής. Εξάλλου, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός προϋποθέτει την αξιοποίηση όλων των θετικών παραμέτρων του κλίματος, όπως τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία για τη θέρμανση των κτιρίων, τους ανέμους για το φυσικό δροσισμό και αερισμό τους, το μικροκλίμα και τη βλάστηση. (Κοντορούπης, 2002)

Μικροκλίμα

Το κλίμα στη μικρότερη κλίμακα, ή στη περίπτωση μας, το κλίμα του οικοπέδου ή ακόμα και του μεμονωμένου κτιρίου ορίζεται ως μικροκλίμα. Για τον σωστό ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων είναι απαραίτητη η γνώση του μικροκλίματος της περιοχής, δηλαδή η γνώση και η συγκέντρωση των κατάλληλων μετεωρολογικών και άλλων στοιχείων για τη περιοχή που πρόκειται να κατασκευαστεί το κτίριο, όπως η ηλιοφάνεια, η ηλιακή ακτινοβολία(σε κάθετο, οριζόντιο και κεκλιμένο επίπεδο), ο δείκτης αιθιρότητας, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα, οι βαθμοημέρες θέρμανσης και κλιματισμού, η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου κτλ. Υπάρχει όμως περίπτωση το κλίμα που επικρατεί στο οικόπεδο μπορεί να διαφέρει από τις μετρήσεις που δίνουν οι μετεωρολογικοί σταθμοί για τη γενικότερη περιοχή. Η συγκεκριμένη θέση του οικοπέδου, το ανάγλυφο του εδάφους, ή η ύπαρξη εμποδίων γύρω και μέσα στο οικόπεδο μπορούν να τροποποιήσουν τα καιρικά φαινόμενα της περιοχής. Για παράδειγμα, ένα πεδινό έδαφος με ανοικτό ορίζοντα διαφέρει κλιματικά από μια πλαγιά λόφου. Σε ένα λόφο έχει σημασία εάν το οικόπεδο βρίσκεται στη προσήλια ή σκιερή πλευρά του αλλά και η διεύθυνση του επικρατούντος ανέμου ως προς τον λόφο. Παρακάτω περιγράφονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των έξι βασικών τύπων τοπικού κλίματος. Η τυπολογική αυτή καταγραφή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, γιατί κωδικοποιεί τα χαρακτηριστικά του κλίματος και βοηθά τον μελετητή στην επιλογή και οργάνωση των χώρων της οικίας.

Παραθαλάσσιο: Οι παραθαλάσσιες περιοχές έχουν σημαντικά μικρότερες θερμοκρασιακές μεταβολές οι οποίες οφείλονται στη θερμική αδράνεια της μάζας του νερού. Το χειμώνα η θερμοκρασία είναι υψηλότερη στα παράλια από την αντίστοιχη στις γειτονικές περιοχές, ενώ το καλοκαίρι χαμηλότερη. Το κλίμα γενικότερα χαρακτηρίζεται πιο ήπιο σε σχέση με τις ηπειρωτικές περιοχές. Η υγρασία γενικώς είναι υψηλότερη λόγω της εξάτμισης του νερού ενώ ο άνεμος που έρχεται από τη θάλασσα μπορεί να είναι πολύ δυνατός λόγω έλλειψης εμποδίων. Όταν έχουμε ηλιοφάνεια και άπνοια, επειδή η ξηρά είναι θερμότερη, δημιουργούνται τοπικοί άνεμοι από τη θάλασσα προς τη στεριά. Τη νύχτα η ξηρά ψύχεται και οι άνεμοι αλλάζουν κατεύθυνση και φυσούν προς τη θάλασσα. Το φαινόμενο αυτό δροσίζει το καλοκαίρι τις παράκτιες περιοχές.

Ηπειρωτικό-πεδινό: Ανάλογα με την εδαφοκάλυψη, έχουμε διαφορετική απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας. Αν δεν έχουμε υψηλή βλάστηση παρά μόνο αραιούς θάμνους και γυμνή γη, τότε οι θερμοκρασιακές διαφορές είναι έντονες. Το χειμώνα η θερμοκρασία είναι χαμηλή ενώ το καλοκαίρι υψηλή. Οι άνεμοι όταν φυσούν είναι δυνατοί ελλείψει εμποδίων. Γενικώς, οι κλιματικές συνθήκες είναι οι ακρότατες που καταγράφονται στους μετεωρολογικούς σταθμούς.

Δάσος : Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στο έδαφος μέσα σε ένα δάσος είναι ελάχιστη και προφανώς εξαρτάται από το αν τα δέντρα είναι φυλλοβόλα. Την ημέρα η θερμοκρασία κοντά στο έδαφος είναι χαμηλότερη από αυτή του φυλλώματος. Τη νύχτα το φύλλωμα εμποδίζει τη μακροκύματη ακτινοβολία και έτσι η θερμοκρασία μέσα στο δάσος διατηρείται υψηλότερη από την αντίστοιχη σε αποψιλωμένες περιοχές. Ο αέρας εμποδίζεται από τα δέντρα και στο δάσος οι άνεμοι είναι αδύναμοι. Η υγρασία παραμένει υψηλή λόγω της διαπνοής των φυτών και της κατακράτησης του νερού της βροχής από το ριζικό τους σύστημα.

Κουιάδα : Ανάλογα με τον προσανατολισμό της μία κουιάδα μπορεί να προστατεύεται από τον άνεμο ή να τον οδηγεί κατά μήκος της. Επίσης μπορεί να έχει ηλιόλουστες ή σκιασμένες πλαγιές. Ο συνδυασμός ηλιακής ακτινοβολίας και ανέμου δίνει μία περιπτώσιολογία με μεγάλη ποικιλία, από τη σκιερή και ανεμοδαρμένη μέχρι την ηλιόλουστη και προστατευμένη. Η παρουσία νερού, είτε με τη μορφή ποταμών είτε με τη μορφή λιμνών, επηρεάζει με το γνωστό τρόπο το κλίμα. Όταν υπάρχει άπνοια και εφόσον οι γειτονικές πλαγιές ηλιάζονται, θερμαίνονται και δημιουργούνται ανοδικοί άνεμοι προς αυτές, ενώ τη νύχτα οι πλαγιές κρυώνουν πιο γρήγορα και δημιουργούνται καθοδικοί άνεμοι προς τις χαμηλές περιοχές.

Ορεινό: Η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία και στους ανέμους είναι και εδώ συνάρτηση του προσανατολισμού. Η τυπική μείωση της θερμοκρασίας καθώς ανεβαίνουμε, κατά 0,7°C για κάθε 100 μέτρα, δίνει το χαρακτηριστικό του ορεινού κλίματος που είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες όλο το χρόνο. Η βροχή και το χιόνι είναι τα συχνότερα φαινόμενα όλο το χρόνο, ενώ το χιόνι διατηρείται για πολλούς από τους χειμερινούς μήνες.

Αστικό: Το φαινόμενο της «αστικής θερμικής νησίδας» δίνει το θερμοκρασιακό χαρακτηριστικό του αστικού κλίματος. Η μεγάλη θερμοσυσσώρευση των αστικών περιοχών προκύπτει από τη συγκέντρωση ενέργειας, στα χρησιμοποιούμενα δομικά υλικά καθώς και στην αυξημένη ύπαρξη ρύπων στην ατμόσφαιρα. Επιπροσθέτως, η κίνηση του ανέμου στο αστικό τοπίο είναι περιορισμένη από τη πυκνότητα των κτιριακών όγκων με αποτέλεσμα σε πολλά σημεία να δημιουργούνται φαινόμενα άπνοιας. (Ευαγγελινός, 2001)

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από τον μεσογειακό τύπο του εύκρατου κλίματος και έχει ήπιους υγρούς χειμώνες και ζεστά ξηρά καλοκαίρια. Το κλίμα της χώρας μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

Υγρό μεσογειακό: Δυτική Ελλάδα, δυτική Πελοπόννησος, πεδινά και ημιορεινά της Ηπείρου.

Ξηρό μεσογειακό: Κυκλάδες, παραλιακή Κρήτη, 4ωδεκάνησα, ανατολική Πελοπόννησος, Αττική, πεδινές περιοχές Ανατολικής Στερεάς

Ηπειρωτικό: Κυκλάδες, παραλιακή Κρήτη, 4ωδεκάνησα, ανατολική Πελοπόννησος, Αττική, πεδινές περιοχές Ανατολικής Στερεάς

Ορεινό: Ορεινές περιοχές με υψόμετρο περίπου >1500μ στη βόρεια Ελλάδα, >1800μ στην κεντρική Ελλάδα και >2000μ στην Κρήτη

Η Ελλάδα έχει μεγάλη ηλιοφάνεια όλο σχεδόν το χρόνο. Λεπτομερέστερα στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας παρουσιάζεται μια μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων, πάντα βέβαια μέσα στα πλαίσια του μεσογειακού κλίματος. Αυτό οφείλεται στην τοπογραφική

διαμόρφωση της χώρας που έχει μεγάλες διαφορές υψομέτρου και εναλλαγή ξηράς και θάλασσας. Τέτοιες κλιματικές διαφορές συναντώνται ακόμη και σε τόπους που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους.

Από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο εποχές:

- την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο που διαρκεί από τα μέσα του Οκτωβρίου και μέχρι το τέλος Μαρτίου
- και τη θερμή και άνομβρη εποχή που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο.

Πιο συγκεκριμένα για τον ελλαδικό χώρο και όσον αφορά το μακρόκλιμα, μπορούμε να προσδιορίσουμε, σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης, τρεις κλιματολογικές ζώνες. Τα κτίρια που βρίσκονται στη ζώνη Α έχουν μεγαλύτερες ανάγκες για ψύξη και μικρότερες για θέρμανση, στη ζώνη Β έχουν περίπου τις ίδιες ανάγκες σε ψύξη και σε θέρμανση και στη ζώνη Γ έχουν πολύ μικρές ανάγκες σε ψύξη και πολύ μεγάλες σε θέρμανση.



Εικόνα 2.1 : Οι κλιματικές ζώνες της Ελλάδας, www.osk.gr

Το έδαφος και η βλάστηση επηρεάζουν επίσης το μικροκλίμα. Σε βραχώδη, ξηρά εδάφη παρουσιάζεται μεγαλύτερη διακύμανση θερμοκρασίας περιβάλλοντος τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου από ότι σε υγρά εδάφη. Εκτεταμένες τεχνητές επιφάνειες υλικών με υψηλή θερμοχωρητικότητα, όπως αυτές που συναντώνται στις σύγχρονες μεγάλες πόλεις ευθύνονται για τη δημιουργία των αστικών νησίδων θερμότητας.

Ο πιο σημαντικός ρόλος της βλάστησης στο δομημένο περιβάλλον είναι η συνεισφορά της στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα του περιβάλλοντος χώρου τη θερινή περίοδο, αποτέλεσμα του σκιασμού της περιοχής και της απώλειας θερμότητας μέσω των βασικών λειτουργιών των φυτών για φωτοσύνθεση, διαπνοή και εξάτμιση. Καθώς το φυτό διαπνέει, εξατμίζεται νερό από τα φύλλα του και παγιδεύεται θερμική ενέργεια από το περιβάλλον, ώστε να δροσίζονται τα φύλλα και ο αέρας που τα περιβάλλει, με αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου.

2.3) Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης

Πρόκειται για συστήματα που παρέχουν στο κτίριο θέρμανση από την εκμετάλλευση των φυσικών πηγών ενέργειας, καθώς και των στοιχείων απορρόφησης ενέργεια. Καθημερινά, η γη δέχεται από τον ήλιο μια εντυπωσιακή ποσότητα θερμότητας που αποβάλλεται προς τον ουρανό κυρίως μέσω της νυχτερινής επανακτινοβολίας. Για την επίτευξη μιας ικανοποιητικής θερμικής άνεσης μέσα σε ένα κτίριο, με ταυτόχρονο περιορισμό της χρήσης συμβατικών πηγών, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε πηγές φυσικής ενέργειας (ηλιακή ακτινοβολία, εξωτερικός αέρας, εσωτερικά κέρδη), καθώς και κατάλληλα στοιχεία απορρόφησης (όπως είναι ο ουρανός, ο εξωτερικός αέρας, οι υγρές επιφάνειες και η βλάστηση). Η θερμική εκμετάλλευση στα παθητικά κτίρια γίνεται, εκτός από τον τρόπο του σχεδιασμού του, την τοποθέτηση, προσανατολισμό, τη μορφή του, κλπ. με τη χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων τα οποία συγκεντρώνουν, αποθηκεύουν, μεταδίδουν, και διαχέουν θερμότητα και αποτελούν μέρη των αρχιτεκτονικών στοιχείων. Σε γενικές γραμμές, τα αρχιτεκτονικά και δομικά στοιχεία που ρυθμίζουν τη θερμική συμπεριφορά ενός κτιρίου είναι:

- Τα γυάλινα ανοίγματα και ο εξοπλισμός τους
- Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης που λειτουργούν ως συλλέκτες θερμότητας
- Τα προσαρτημένα θερμοκήπια- οι προσαρτημένες ηλιακές καμινάδες
- Τα κατάλληλα δομικά στοιχεία (μονώσεις, χρώματα, κονιάματα, υαλοπίνακες, στοιχεία τοιχοποιίας)

Όταν σε ένα κτίριο η ροή της θερμότητας γίνεται, λοιπόν, με φυσικό τρόπο, δηλαδή μέσω αγωγής, μεταφοράς και ακτινοβολίας και η ηλιακή ενέργεια συνεισφέρει πάνω από το μισό της ολικής εξωτερικής ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση, το κτίριο θεωρείται σαν ηλιακή παθητική κατασκευή. Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους από θερμική άποψη, χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

A. Συστήματα άμεσου ή απευθείας ηλιακού κέρδους:

1. Κατάλληλη θερμική μάζα (χρήση υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας), σε συνδυασμό με συστήματα θερμικής προστασίας (θερμομόνωση κελύφους, διπλοί υαλοπίνακες) και την απαιτούμενη ηλιοπροστασία για τους καλοκαιρινούς μήνες
2. Κατάλληλα προσανατολισμένα ανοίγματα

B. Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους:

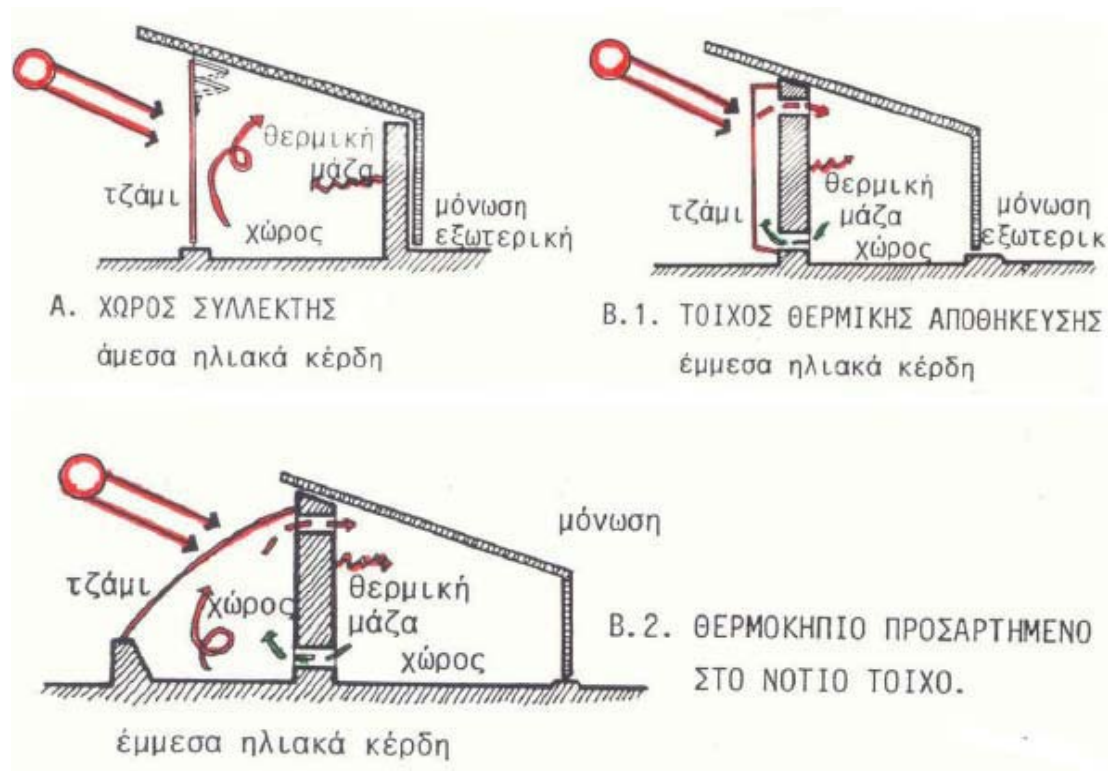
1. Ηλιακοί τοίχοι οι οποίοι αποτελούνται από τοιχοποιία συνδυαζόμενη με υαλοστάσιο που τοποθετείται εξωτερικά. Στην κατηγορία αυτή είναι:

- απλοί τοίχοι μάζας (μη θερμοσιφωνικής ροής και χωρίς θυρίδες) συμπαγούς κατασκευής, είτε αποτελούμενοι από δοχεία νερού (τοίχος νερού), ή από υλικά αλλαγής φάσης.
- Τοίχοι μάζας θερμοσιφωνικής ροής (Trombe- Michel)
- Θερμοσιφωνικό πανέλο / τοίχος Barra Constantini

2. Στα συστήματα αυτά ανήκουν και οι χώροι θερμικής αποθήκευσης:

- Θερμοκήπια, προσαρτημένα στη νότια όψη του κτιρίου

- Ηλιακά αίθρια. (Γρ.Βραχόπουλος, 2004 Μ. Καραβασίλη 1999)



Εικόνα 2.2 : Σχηματική απεικόνιση βασικών παθητικών συστημάτων, (Ανδρεαδάκη – Χρονάκη, 1985)

2.3.1) Προσανατολισμός κτιρίου στο χώρο

Το πρόβλημα του προσανατολισμού είναι πολύπλοκο, καθώς επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, η ανάγκη για ιδιωτικότητα και το φυσικό τοπίο. Δυο κτίρια με τον ίδιο όγκο και κατασκευασμένα από τα ίδια υλικά είναι δυνατόν να παρουσιάσουν τελείως διαφορετική ενεργειακή συμπεριφορά αν διαφέρει ο προσανατολισμός τους. Η τοποθέτηση ενός κτιρίου στο οικόπεδο πρέπει να είναι τέτοια ώστε να λαμβάνει υπόψη τις τροχιές του ήλιου, τη διάρκεια ηλιασμού και την ένταση της θερμικής ακτινοβολίας. Πολύτιμο εργαλείο για τον καθορισμό αυτών των παραγόντων αποτελούν οι ηλιακοί χάρτες. Αυτοί χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό του ανάγλυφου του περιβάλλοντος για το συγκεκριμένο οικόπεδο, καθώς επίσης και για να ορίσουν τις ανάγκες σε σκίασμό από δέντρα ή γειτονικά κτίρια.

Όσον αφορά τις κλιματικές παραμέτρους, για την εύκρατη ζώνη ο καλύτερος προσανατολισμός είναι ο νότιος, γιατί η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν τριπλάσια, σε σχέση με την ανατολή και τη δύση, που δέχονται ίσα ποσά ακτινοβολίας, για τη περίοδο του χειμώνα. (Ανδρεαδάκη 1985). Φυσικά το πρόβλημα του προσανατολισμού εξαρτάται και από την τοπογραφία μιας περιοχής, τους πολεοδομικούς περιορισμούς, τον άνεμο και την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς επίσης και από την προσπάθεια μείωσης του θορύβου. Μελέτες αναδεικνύουν ως βέλτιστο προσανατολισμό αυτόν που βρίσκεται 17,5° ανατολικότερα του νότου, για βόρεια γεωγραφικά πλάτη 40° (Η Ελλάδα βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 38°). Το χειμώνα παρέχεται έτσι προστασία από τους βόρειους ανέμους και το καλοκαίρι μειώνονται οι συνθήκες υπερθέρμανσης. Η απευθείας ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η νότια πρόσοψη των κτιρίων συμβάλλει στην θέρμανση των κτιρίων το χειμώνα με μειωμένες σχετικά δαπάνες, ενώ η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων το καλοκαίρι, κατά τη

διάρκεια του οποίου υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης , είναι πιο αποδοτική σε αυτό τον προσανατολισμό. (Ευαγγελινός, 2001)

Επιπροσθέτως, η βορινή πλευρά καλό είναι να κολλάει σε κάποιο άλλο κτίριο ή να προστατεύεται από κλειστούς χώρους στάθμευσης ή αποθήκες ώστε να αποφεύγεται η απευθείας επαφή με τους ψυχρούς βορινούς ανέμους. Σε περιπτώσεις που η επιλογή του οικοπέδου είναι δυνατή, καλό είναι να επιλέγεται ένα οικόπεδο με θέα προς το νότο και κύριο άξονα κατά την φορά ανατολής-δύσης. Έτσι το κτίριο θα καλύπτεται από τους βορινούς ανέμους ενώ παράλληλα γίνεται δυνατή η εκμετάλλευση του μέγιστου ποσού θερμικής ηλιακής ενέργειας.

Όπως προαναφέρθηκε ο νότιος προσανατολισμός είναι ο προτιμότερος όμως οι αρχιτέκτονες συχνά αντιμετωπίζουν προβλήματα στον τρόπο που θα χωροθετήσουν τα κτίρια στο οικόπεδο, τον προσανατολισμό που θα έχουν αλλά και το σκιασμό που θα δέχονται από τα γειτονικά κτίρια. Αυτό αποτελεί σύνηθες φαινόμενο των αστικών αλλά και γενικότερα των πυκνοκατοικημένων περιοχών. Μόνο ένα 25% των κτιρίων έχουν νότιο προσανατολισμό καθώς ο πολεοδομικός σχεδιασμός και η χάραξη των κεντρικών δρόμων κατά τον άξονα ανατολής- δύσης ή βορρά-νότου προκαθορίζει τον προσανατολισμό των όψεων των κτιρίων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι μελετητές να μην καταφέρνουν να αξιοποιούν τα διαθέσιμα θερμικά οφέλη και να κατασκευάζουν κτίρια με πολλά προβλήματα, όπως υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων (σε κτίρια με ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό) αλλά και αναγκαστική απομόνωση των κτιρίων με βόρειο προσανατολισμό από τον ήλιο.

Ακόμα όμως και αν ο νότιος προσανατολισμός δεν είναι εφικτός κατά την κατασκευή ενός κτιρίου, ο μελετητής μπορεί να εξασφαλίσει τον ικανοποιητικό ηλιασμό, ώστε να φωτίζεται και να θερμαίνεται φυσικά το κτίριο χωρίς όμως να μειώνεται η οπτική άνεση ή να εμφανίζονται άλλα προβλήματα. Ακολουθούνται οι εξής στρατηγικές:

- Αποφυγή δυτικών ή ανατολικών κτιρίων στις δύο απέναντι πλευρές του δρόμου έτσι ώστε να σχηματίζεται σκακιέρα.
- Δυνατότητα στροφής του άξονα του κτιρίου προς το νότο ή μόνο της κύριας όψης του ή απλώς των ανοιγμάτων του.
- Ανάπτυξη του κτιρίου κατά άξονα ανατολή - δύση, εφόσον το κτίριο έχει νότιο προσανατολισμό και δεν αντιμετωπίζει προβλήματα σκιασμού, ώστε να μεγιστοποιηθεί όσο είναι δυνατό η νότια όψη του. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να εξεταστεί μια απόκλιση της τάξης των 25° , η οποία θεωρείται αποδεκτή ενεργειακά. Σε αυτή όμως την περίπτωση όμως θα πρέπει να εξεταστεί η πιθανότητα χρησιμοποίησης παθητικών ηλιακών συστημάτων ώστε να μεγιστοποιηθούν τα θερμικά ηλιακά κέρδη που είναι ανεκμετάλλευτα.
- Η χωροθέτηση του κτιρίου στην πίσω βορινή πλευρά του οικοπέδου, ώστε να απομακρυνθεί η κατοικία από τα απέναντι κτίρια και με αυτό τον τρόπο να μην υπάρχει σκίαση που θα οδηγούσε σε μειωμένα ηλιακά οφέλη. Στη νότια πλευρά του κτιρίου θα μπορούσαν να φυτευτούν ψηλά και χαμηλά δέντρα ή να τοποθετηθούν υδάτινες επιφάνειες, υπό τις βέλτιστες μικροκλιματικές συνθήκες ώστε να υπάρχει ο ιδανικός σκιασμός αλλά και να δημιουργείται δροσισμός λόγω του φαινομένου της εξάτμισης. Οι επεμβάσεις που θα μπορούσαν να γίνουν στη βορινή πλευρά, η οποία επηρεάζεται από τους δυνατούς, ψυχρούς ανέμους του χειμώνα, είναι η φύτευση αιθαλών δέντρων με σκοπό να μετριαστούν αυτές οι δυσμενείς συνθήκες. (Ανδρεαδάκη 1985).

Αυτή η λογική σχεδιασμού έχει ευρέως εφαρμοσθεί στην Ελλάδα και στο εξωτερικό ώστε να καταφέρει ο μελετητής να εισάγει στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού σε περιοχές που δεν έχουν την ελευθερία χωροθέτησης των κτιρίων των οικοπέδων των μη αστικών περιοχών. Στην περίπτωση βέβαια αυτών των περιοχών οι μόνοι λόγοι που μπορούν να

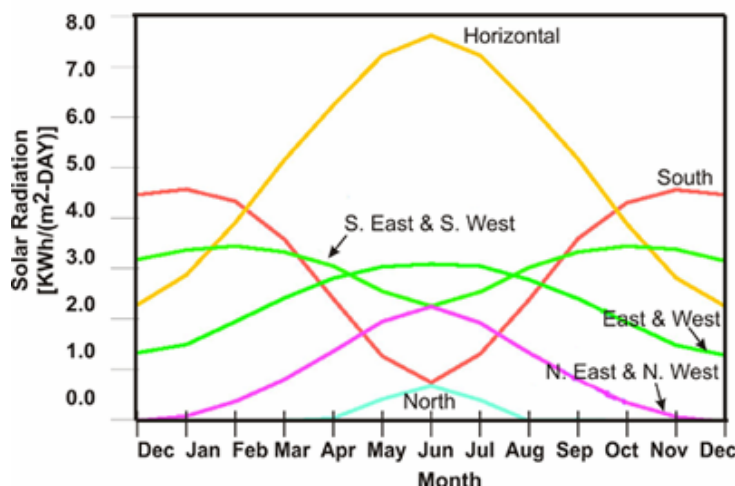
αποτρέψουν ένα μελετητή από το να επιλέξει τον νότιο προσανατολισμό είναι η θέα, η κλίση του εδάφους, η προσπελασιμότητα, κ.α.

Στην Ελλάδα η πιο κρίσιμη χρονική στιγμή είναι τα καλοκαιρινά απογεύματα όπου ο ήλιος παρά το γεγονός ότι είναι ακόμη ψηλά είναι αρκετά θερμός. Γι' αυτό και θα πρέπει να προστατεύεται η *δυτική πλευρά* του κτιρίου ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων. Αυτό επιτυγχάνεται με μικρές διαστάσεις ανοιγμάτων και με ιδανική σκίαση δηλαδή φυτά, φυτικοί φράχτες κλπ. Επιπλέον μπορεί να τοποθετηθεί διάταξη αειθαλούς βλάστησης με δέντρα πυκνού φυλλώματος όπως το κυπαρίσσι. Ο μελετητής για να μπορέσει να ελέγξει την κυκλοφορία του αέρα μπορεί να χρησιμοποιήσει και φυτικούς φραγμούς εκτός από τα κατασκευαστικά στοιχεία, όπως θάμνοι, δέντρα, περιφράξεις καθώς και άλλα μέσα που χρησιμοποιούνται ως ανεμοφράκτες που αποσκοπούν στη δημιουργία ζωνών ηρεμίας. Τα δέντρα και οι θάμνοι μειώνουν την ταχύτητα του ανέμου κατά 50% σε απόσταση ίση προς το πενταπλάσιο του ύψους τους. Το πόσο αποτελεσματικό είναι ένα «εμπόδιο» εξαρτάται από το ύψος και το σχήμα του. Γενικότερα ισχύει ότι όσο λεπτότερο είναι το στοιχείο προστασίας τόσο μεγαλύτερη είναι η προστατευμένη ζώνη, γι' αυτό και σύμφωνα με τον κανόνα το πλάτος του στοιχείου προστασίας δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το 1/10 του ύψους του. Η πυκνότητα από την άλλη πλευρά αποτελεί ένα άλλο σημαντικό στοιχείο των «εμποδίων». Στις πλήρεις περιφράξεις παρά το γεγονός ότι εξασφαλίζεται μεγάλη ζώνη ηρεμίας, αυτή διαθέτει πολύ μικρή απόσταση κι έτσι μετά το εμπόδιο τα χαρακτηριστικά στοιχεία του ανέμου επανέρχονται γρήγορα. Τα εμπόδια που αποτελούνται από δέντρα ή θάμνους λόγω του πορώδους τους επιτρέπουν σε ένα μέρος του αέρα να διέρχεται, με αποτέλεσμα να ελαττώνονται οι στροβιλισμοί και να επικρατεί μια ευρεία ζώνη ηρεμίας. Αναλύσεις που διεξήχθησαν στο Πανεπιστήμιο του Wisconsin με χρήση εξελιγμένων προγραμμάτων προσομοίωσης, κατέδειξαν ότι :

- Οι καλύτεροι ανεμοφράκτες από την άποψη του περιορισμού της ταχύτητας του ανέμου είναι στοιχεία, των οποίων το πορώδες κυμαίνεται μεταξύ 25% και 60%.
- Εμπόδια με πορώδες ίσο προς 50% παρέχουν τη μεγαλύτερη προστασία σε αποστάσεις 5πλάσιες έως 20πλάσιες του ύψους τους. Στην περιοχή αυτή, η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται στο 30%.
- Εμπόδια με πορώδες 25% παρέχουν τη μεγαλύτερη προστασία σε απόσταση από το εμπόδιο τετραπλάσια του ύψους του.

Συνοψίζοντας ο σωστός σχεδιασμός της τοποθεσίας αλλά και του κτιρίου επιτρέπει την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τις ψυχρές περιόδους ενώ παράλληλα προστατεύει το κτίριο από την υπερθέρμανση κατά τις θερμές περιόδους. Πέρα όμως από τα ηλιακά κέρδη, ο προσανατολισμός ενός κτιρίου σχετίζεται και με τις συνθήκες φυσικού φωτισμού. Μια κατοικία πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε να εκμεταλλεύεται όσο το δυνατόν περισσότερο το φως κατά τη διάρκεια της μέρας. Ο σωστός προσανατολισμός του σπιτιού είναι εκείνος που εξασφαλίζει, επίσης, την ποσότητα και την ποιότητα του φωτός που εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους. Με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνεται μείωση της ενεργειακής δαπάνης και ιδανικό κέρδος θερμότητας από τεχνητό φωτισμό. Επιπλέον με τον κατάλληλο σχεδιασμό και τοποθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο επιτυγχάνεται η ελεγχόμενη και ενεργειακά αποτελεσματική αξιοποίηση της ροής του αέρα κάτι που αυτόματα οδηγεί στην μείωση των αναγκών της κατοικίας σε συμβατική ψύξη και θέρμανση. Έτσι ελέγχοντας τα ποσά αέρα που εισέρχονται στο κτίριο μπορούμε να ελαττώσουμε το θερμικό φορτίο του κτιρίου κατά την περίοδο θέρμανσης. Ενώ κατά την περίοδο ψύξης αερίζοντάς το επαρκώς, φυσικά, καλύπτονται κατά ένα μεγάλο ποσοστό οι ανάγκες του κτιρίου σε ψύξη. Για τα εύκρατα κλίματα στην βορινή πλευρά του κτιρίου, η οποία είναι η ψυχρότερη και η πιο σκοτεινή, πρέπει να τοποθετούνται χώροι μικρότερης χρήσης, όπως αποθήκες, κλιμακοστάσια και γκαράζ. Οι χώροι αυτοί προστατεύουν το υπόλοιπο κτίριο, λειτουργούν ως χώροι ανάσχεσης και μετριάζουν τις εξωτερικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Τα υπόγεια

και οι σοφίτες μπορούν να επιτελούν παρεμφερείς λειτουργίες. Για να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά αυτοί οι χώροι, καλό είναι να υπάρχει μόνωση μεταξύ αυτών των τμημάτων του κτιρίου από τα άλλα τμήματα που θερμαίνονται καλύτερα. Στη νότια πλευρά, που δέχεται το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας κατά το χειμώνα και το ελάχιστο κατά το θέρος, μπορούν να προσαρτηθούν θερμοκήπια και βεράντες που συμβάλλουν στη δέσμευση της θερμικής ενέργειας, καθώς επίσης να τοποθετηθούν οι αίθουσες καθημερινής χρήσης όπως τα σαλόνια, η τραπεζαρία και η κουζίνα που έχουν ανάγκες σε φωτισμό και θέρμανση.



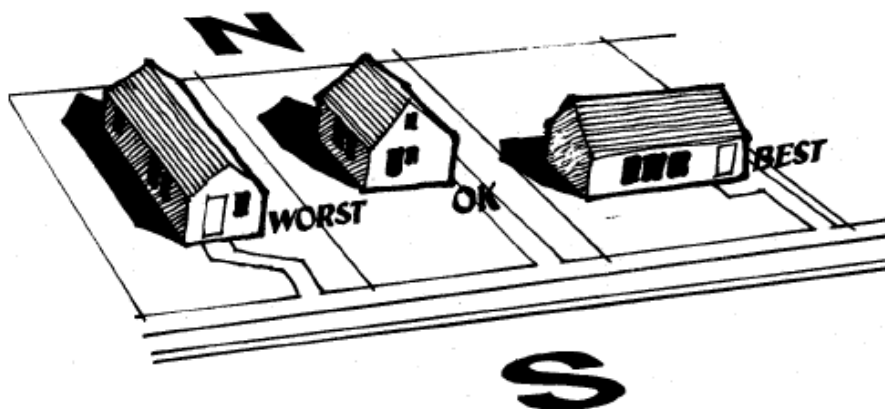
Εικόνα 2.3 : Ηλιακή Ακτινοβολία για διάφορους προσανατολισμούς, <http://www.learn.londonmet.ac.uk/>

2.3.2) Μορφή - Σχήμα του κτιρίου.

Από ενεργειακή άποψη, η "μορφή του κτιρίου" αποτελεί σημαντικό παράγοντα σε ότι έχει σχέση με τη θερμική του συμπεριφορά, διότι μέσω του κελύφους που λειτουργεί ως φίλτρο προδιαγράφει, την ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον. Ο μελετητής στη φάση του σχεδιασμού θα επιλέξει να δημιουργήσει "ανοικτή" ή "κλειστή" μορφής κτιρίου, δηλαδή επιθετική ή αμυντική. Ανοικτό είναι το κτίριο με μεγάλα ανοίγματα ενώ το κλειστό αυτό με τα μικρά ανοίγματα. Για την επιλογή του καταλληλότερου, λαμβάνονται υπόψη κάποια κριτήρια όπως το κλίμα της περιοχής, η χρήση του κτιρίου, ο προσανατολισμός του, η θέα, η ασφάλεια, ο θόρυβος, το κόστος κατασκευής κ.α. Ενεργειακά και οι δύο γενικοί τύποι μορφών κτιρίου, μπορούν να οδηγήσουν στα ίδια αποτελέσματα, υπό ορισμένες προϋποθέσεις. Μία ανοικτή μορφή επιλέγεται σε περιπτώσεις που είναι διασφαλισμένος ο νότιος προσανατολισμός και δεν υπάρχει πρόβλημα σκιασμού των όψεων του κτιρίου από γειτονικά κτίρια, δέντρα ή άλλα εμπόδια. Έτσι αυξάνονται τα οφέλη από τη θερμική ηλιακή ενέργεια, μέσω κάποιων παρεμβάσεων στο κτίριο όπως με την εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων, είτε μέσω των ανοιγμάτων, από τα οποία έχουμε άμεσο ηλιακό κέρδος. Αν το κτίριο δεν έχει νότιο προσανατολισμό, τότε είναι προτιμότερο να επιλέγεται η κλειστή μορφή κτιρίου, με κύριο χαρακτηριστικό τα μικρά ανοίγματα, τη σωστή και ενισχυμένη μόνωση των δομικών στοιχείων ώστε να μειωθούν οι θερμικές απώλειες, αλλά και με τη σωστή ηλιοπροστασία.

Το σχήμα του κτιρίου αποτελεί βασικό παράγοντα του βιοκλιματικού σχεδιασμού και έχει παρατηρηθεί ότι το βέλτιστο σχήμα καθορίζεται από το γεωγραφικό πλάτος και τις κλιματολογικές συνθήκες μιας περιοχής. Ο λόγος της συνολικής επιφάνειας ενός κτιρίου προς τον όγκο του είναι ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει τα ηλιακά κέρδη και τις

Θερμικές απώλειες ενός κτιρίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια ενός κτιρίου τόσο μεγαλύτερα τα κέρδη / απώλειες. Ελάχιστος λόγος επιφάνειας προς όγκο από την άλλη μεριά, οδηγεί σε ελάχιστα κέρδη και ελάχιστες απώλειες. Το κτίριο σε σχήμα κύβου, αν και παρουσιάζει συνεπτυγμένο σχήμα δεν είναι το βέλτιστο, διότι για παράδειγμα δεν συμβάλλει στην προστασία των δυτικών τοίχων από την υπερθέρμανση. Ύστερα από έρευνες που έχουν διεξαχθεί σε σχέση με το σχήμα ενός κτιρίου, ως βέλτιστο σχήμα θεωρείται το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής-δύσης. Το σχήμα αυτό εξασφαλίζει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο για τη συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα και τον ελάχιστο ηλιασμό το καλοκαίρι. Επίσης, καθιστά δυνατή τη διάταξη του μέγιστου δυνατού αριθμού χώρων διαβίωσης στις νότιες επιφάνειες, που δέχονται τρεις φορές περισσότερη ενέργεια από τις δυτικές ή τις ανατολικές. Ακόμα, η δυτική όψη, που είναι ιδιαίτερα ελαττωματική, περιορίζεται στο ελάχιστο, ενώ μπορούν να διαταχθούν εκεί χώροι ανάσχεσης της ηλιακής ενέργειας με σκοπό τη προστασία του υπόλοιπου οικοδομήματος από την υπερθέρμανση. Όσον αφορά τις βόρειες όψεις, που είναι συνήθως οι ψυχρότερες μπορούμε να δώσουμε στο κτίριο ένα σχήμα τέτοιο ώστε η κλίση της στέγης να είναι από το νότο προς το βορρά. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται το ύψος του βόρειου τοίχου και δημιουργείται αεροδυναμικό φαινόμενο που ελαχιστοποιεί τους στροβιλισμούς και τις διεισδύσεις του ανέμου (Κοσμόπουλος, 2004)



Εικόνα 2.4: Βέλτιστο σχήμα και προσανατολισμός κτιρίου, <http://www.builditsolar.com>

2.3.3) Διάρθρωση χώρων.

Η μορφή της διάρθρωσης των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου παραμένει θεμελιώδες χαρακτηριστικό, για τη προσαρμογή του στις κλιματικές συνθήκες του τόπου. Η βορεινή πλευρά του κτιρίου είναι η ψυχρότερη, η πιο σκοτεινή και η λιγότερο ευνοϊκή από τον ήλιο. Η ανατολική και η δυτική πλευρά δέχονται ίσα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας, μεγαλύτερα το καλοκαίρι και μικρότερα τον χειμώνα. Ωστόσο η δυτική πλευρά είναι πιο επιβαρυνμένη γιατί στην ήδη υψηλή θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τις μεταμεσημβρινές ώρες προστίθεται και η ηλιακή θερμότητα. Η νότια πλευρά δέχεται τη περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα και τη μικρότερη το καλοκαίρι. Είναι η φωτεινότερη περιοχή και κατά συνέπεια η ευνοϊκότερη για τη φιλοξενία χώρων που χρησιμοποιούνται όλη την ημέρα. (Ανδρεαδάκη, 1985)

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω στοιχεία ο μελετητής προχωράει στο σχεδιασμό των χώρων του κτιρίου. Κατά τον σχεδιασμό της κάτοψης οι εσωτερικοί χώροι θα πρέπει να οργανωθούν και να ομαδοποιηθούν έτσι, ώστε αυτοί με μεγάλο χρόνο χρήσης και υψηλές

επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες (καθιστικό, τραπεζαρία, γραφείο) να χωροθετηθούν στη νότια πλευρά του κτιρίου. Αντίθετα οι χώροι με περιορισμένο χρόνο χρήσης που απαιτούν συγκριτικά και χαμηλότερες θερμοκρασίες (W.C., υπνοδωμάτια) θα πρέπει να χωροθετούνται σε ενδιάμεση θερμική ζώνη. (Χρυσομαλίδου, 2002) Οι υπόλοιποι βοηθητικοί χώροι εάν υπάρχουν στη μελέτη (garage, αποθήκες κ.τ.λ.) θα πρέπει να προβλεφθούν στην βορινή πλευρά, ώστε να λειτουργούν ως ζώνη θερμικής ανάσχεσης ανάμεσα στους θερμαινόμενους χώρους και το εξωτερικό περιβάλλον. Πρόκειται για χώρους «εμπόδια», με ρόλο παθητικό, που μετριάζουν τις εξωτερικές θερμοκρασιακές μεταβολές, μειώνουν τις θερμικές απώλειες και συμβάλλουν στη βελτίωση των συνθηκών του εσωκλίματος στους χώρους κύριας χρήσης. Άλλο είδος χώρων ανάσχεσης με ρόλο ενεργητικό αποτελούν τα θερμοκήπια και οι βεράντες που τοποθετούνται στη νότια πλευρά του κτιρίου και συμβάλλουν θετικά στο θερμικό ισοζύγιο, με τη δέσμευση της ηλιακής θερμικής ενέργειας. Οι χώροι ανάσχεσης, παθητικοί και ενεργητικοί μπορούν να προσαρτηθούν, τόσο σε μονοκατοικίες, όσο και σε πολυκατοικίες. (Κοσμούπουλος, 2004)

Γενικότερα ισχύει ότι όσο πιο μεγάλο είναι ένα δωμάτιο τόσο μεγαλύτερη η χρονική διάρκεια που πρέπει να διατηρείται η θερμοκρασία και τόσο μεγαλύτερες οι ανάγκες του σε θέρμανση. Μέσω της παθητικής ηλιακής θέρμανσης μπορούμε να συμβάλλουμε θετικά σε κάθε δωμάτιο. Η τοποθέτηση ανοιγμάτων, και οι ιδιότητες των δομικών υλικών που περιβάλλουν το δωμάτιο συμβάλλουν επίσης στις θερμικές ανάγκες του κάθε χώρου. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η ανταλλαγή θερμότητας από τα εσωτερικά χωρίσματα, τις πόρτες και το πάτωμα. Οι θερμαντικές συσκευές που θα επιλέγονται πρέπει να έχουν αντοχή και την ενεργειακή χρήση όσο και την ευκαμψία αλλά και τη δυνατότητα αλλαγής της χρήσης του δωματίου.

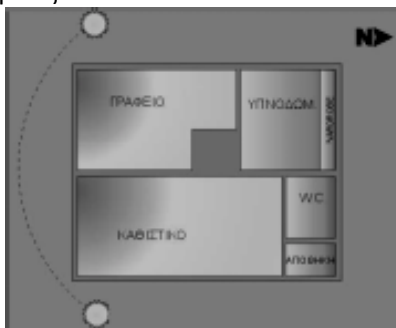
Ένα κτίριο σχεδιασμένο γραμμικά με άξονα ανατολή-δύση επιτρέπει σε όλα τα δωμάτια του σπιτιού να έχουν νότια όψη. Ωστόσο αυτή η μορφή δεν είναι πάντα εφικτή ή επιθυμητή. Για τις μονοκατοικίες που δεν γειτονεύουν με κανένα άλλο σπίτι, ένα μέτρια επιμηκυμένο σχέδιο μπορεί να εξασφαλίσει στα περισσότερα δωμάτια νότια όψη. Για να περιοριστεί το μειονέκτημα των δωματίων που διαθέτουν βόρειο προσανατολισμό τοποθετούνται κάποια παράθυρα στο δυτικό ή ανατολικό τοίχο. Στις κατοικίες που συνορεύουν με άλλες, οι μελετητές συνηθίζουν να τοποθετούν στο βάθος της πρόσοψης την είσοδο. Στις μικρές κατοικίες αυτή η σχεδιαστική παρέμβαση μειώνει τον αριθμό των δωματίων που έχουν νότιο προσανατολισμό. Αντίθετα από τη γειτνίαση των σπιτιών επεκτείνονται τα θερμικά κέρδη, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι ενδιάμεσοι τοίχοι είναι μονωμένοι.

Εκτός από τα θερμικά ηλιακά κέρδη, κι άλλοι παράγοντες θα επηρεάσουν την επιλογή της διάρθρωσης χώρων όπως η θέα, η ασφάλεια, η αισθητική κ.α.. Κάποιες από αυτές τις παραμέτρους έχουν ήδη συμπεριληφθεί στη μελέτη για τον σχεδιασμό της οικίας. Αποφάσεις σχετικά με την οργάνωση των χώρων θα πρέπει επίσης να συμπεριλάβουν τη χρησιμότητα του χώρου σε συνδυασμό με τα θερμικά κέρδη του χώρου. Για παράδειγμα, υψηλές απαιτήσεις σε ηλιακά θερμικά οφέλη έχει το καθιστικό ή το υπνοδωμάτιο σε σχέση με την κουζίνα, η οποία ήδη δέχεται επιπλέον θερμικά οφέλη από το φούρνο, την ηλεκτρική κουζίνα και τις άλλες οικιακές συσκευές. Το καθιστικό και η τραπεζαρία έχουν τις μεγαλύτερες ανάγκες σε θερμικά ηλιακά οφέλη, καθώς είναι κατά κύριο λόγο τα μεγαλύτερα δωμάτια του σπιτιού και θερμαίνονται, συνήθως, περισσότερο από κάθε άλλο χώρο του σπιτιού. Ωστόσο, τα θερμικά κέρδη τους προέρχονται κυρίως από τους ίδιους τους ενοίκους, τις ηλεκτρικές συσκευές και τα φωτιστικά. Όλα αυτά είναι πολύ λιγότερα σε σχέση με τα θερμικά κέρδη που μπορεί να έχει μια κουζίνα.

Υπάρχει ένα πεδίο δράσης όπου τα ηλιακά κέρδη συνεισφέρουν σημαντικά στη θέρμανση αυτών των δωματίων και ένας νότιος προσανατολισμός προσδίδει εξαιρετικό πλεονέκτημα. Η χρήση μονωμένων πατζουριών ή η υιοθέτηση διπλών τζαμιών συνίσταται σε δωμάτια με

μεγάλα παράθυρα ή σε χώρους που είναι αναγκαία η διατήρηση υψηλής θερμοκρασίας. Στην κουζίνα, οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές και η ηλεκτρική κουζίνα εκλύουν μεγάλα ποσά ενέργειας, συνεισφέροντας στη θέρμανση της. Ωστόσο θα πρέπει να απομακρύνεται η υγρασία που δημιουργείται προς αποφυγή της συμπύκνωσης, έτσι πρέπει να αερίζεται καλά ο χώρος. Συνήθως η κουζίνα τοποθετείται στη βόρεια πλευρά τυχαία ή με την υπόθεση ότι το να είναι ευήλια δεν αποτελεί πλεονέκτημα και αντίθετα μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα. Συνήθως αποτελεί καλή επιλογή σε περίπτωση που ο χώρος της κουζίνας είναι περιορισμένος. Επίσης είναι καλό να αποφεύγεται ο δυτικός προσανατολισμός για την κουζίνα διότι τα ηλιακά κέρδη θα είναι μεγάλα και ειδικά τα θερινά απογεύματα, όπου η θερμοκρασία θα είναι στα υψηλότερα επίπεδά της κι αυτό θα δημιουργεί αποπνικτική και εξαιρετικά ζεστή ατμόσφαιρα, συνδυασμένη και με τα θερμικά κέρδη που προκύπτουν από τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών και του φούρνου. Στην περίπτωση της ανοιχτής κουζίνας, η οποία συνδέεται με το καθιστικό και την τραπεζαρία, θα πρέπει κι εκεί να γίνει προσεκτική επιλογή της τοποθεσίας της στο χώρο, καθώς θα είναι ένα δωμάτιο συχνής χρήσης. Μεγάλη σημασία έχει, η τοποθέτηση της κουζίνας κατά τέτοιο τρόπο ώστε να έχει καλό φυσικό φωτισμό, κάτι που μπορεί να υλοποιηθεί με την κατασκευή ενός μεγάλου παραθύρου, που όμως θα αποτελεί πρόβλημα αν έχει νότιο προσανατολισμό. Το μπάνιο, συνήθως είναι ένα παραμελημένο δωμάτιο και συχνά τοποθετείται σε σκοτεινούς και χωρίς θέρμανση χώρους. Το μπάνιο θα πρέπει για κάποιες ώρες της ημέρας να διατηρεί μεγάλο ποσοστό θερμότητας ώστε να παρέχει θερμική άνεση. Σε κάποιες κατοικίες τοποθετείται στη νότια όψη σε συνδυασμό με μεγάλο παράθυρο που αν και φαίνεται ελκυστικό για μερικά σπίτια, δεν μπορεί να εξασφαλίσει ότι θα δέχεται ικανή θέρμανση από τον ήλιο όποτε τη χρειάζεται. (Στεφ.Τσιπής 2005)

Στα υπνοδωμάτια, οι ανάγκες σε θέρμανση ποικίλουν ανάλογα με τον τρόπο χρήσης τους. Στα παιδικά δωμάτια αλλά και στα δωμάτια των ηλικιωμένων ατόμων, για παράδειγμα, οι ανάγκες σε θέρμανση είναι αυξημένες μέρα-νύχτα. Οι έφηβοι, δεν έχουν τόσο ανάγκη σε θερμική άνεση, εκτός από τις περιόδους έντονου διαβάσματος. Τα υπνοδωμάτια που χρησιμοποιούνται μόνο για ύπνο συχνά θερμαίνονται λιγότερο σε σχέση με άλλα δωμάτια του σπιτιού ή δωμάτια που χρησιμοποιούνται ως γραφεία. Όλες αυτές οι διαφορές πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό του κτιρίου, των εσωτερικών χώρων αλλά και των συστημάτων θέρμανσης, καθώς θα επηρεάσουν την ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ των χώρων του σπιτιού αλλά και της γενικής θερμικής επίδοσης και άνεσης των ενοίκων. Όσον αφορά τους μη θερμαινόμενους χώρους ή τους χώρους με περιορισμένη θέρμανση, χωροθετώντας τους νότια τους μετατρέπουμε ταυτόχρονα σε ηλιακούς συλλέκτες. Το θερμοκήπιο βασίζεται σε αυτή τη λογική. Το γκαράζ αλλά και οι ξηροί διάδρομοι είναι πιο αποτελεσματικοί όταν τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να προφυλάσσουν το σπίτι από το κρύο και τους ανέμους.

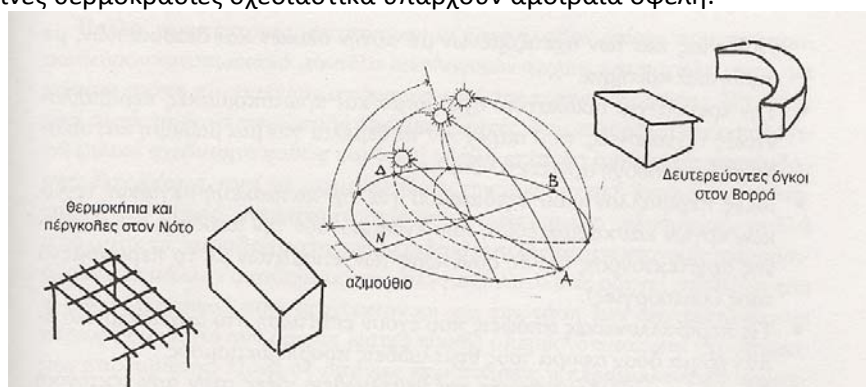


Εικόνα 2.5: Διάθρωση χώρων, Χρυσομαλίδου 2002

Βασικό εργαλείο για τον μελετητή στον τρόπο που θα χωροθετήσει τα δωμάτια του σπιτιού είναι ο χωρισμός της κατοικίας σε θερμικές ζώνες. Κάθε θερμική ζώνη πρέπει να έχει περίπου την ίδια θερμοκρασία. Στις κατοικίες όπως είναι γνωστό υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας από δωμάτιο σε δωμάτιο και συχνά έχουμε ανταλλαγή θερμότητας από το

ένα δωμάτιο στο άλλο, κάτι που είναι επιθυμητό σε κάποιες περιπτώσεις όπως σε δωμάτια που υπερθερμαίνονται ενώ αντίθετα κάποια άλλα είναι αρκετά ψυχρά, αυτή η ανταλλαγή θερμότητας εξισορροπεί την κατάσταση. Η σπουδαιότητα αυτών των ανταλλαγών επηρεάζεται από τη διάταξη του σπιτιού σε τομείς, από το άνοιγμα ή το κλείσιμο των θυρών, από τις θερμικές ιδιότητες των εσωτερικών χωρισμάτων καθώς και τις διαφορές στις θερμοκρασίες. Ο αυστηρός διαχωρισμός του εσωτερικού της κατοικίας σε βόρειες και νότιες ζώνες είναι καλό να αποφεύγεται καθώς μπορεί να επηρεάσει την κίνηση του αέρα, την κατανομή της θερμότητας και αυτό να έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία σκοτεινών και μουντών δωματίων στη βόρεια πλευρά. Η διευθέτηση του χώρου κατά τον άξονα ανατολή - δύση, προσφέρει καλό φυσικό φωτισμό αλλά και αερισμό σε όλη την κατοικία καθώς και την εις βάθος διείσδυση των ηλιακών κερδών. Η κλασική χωροθέτηση των υπνοδωματίων στον πάνω όροφο, εφόσον αυτός υπάρχει, συμβάλλει στη θέρμανση τους από τα θερμικά κέρδη του κάτω ορόφου. Όμως, σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει επισκίαση του ισόγειου γι' αυτό υπάρχει η σκέψη τοποθέτησης των υπνοδωματίων στο ισόγειο και του καθιστικού στον όροφο. (Χρυσομαλίδου 2002)

Το θερμοκήπιο καθώς και άλλα μη θερμαινόμενα δωμάτια πρέπει να διαχωρίζονται από τα θερμαινόμενα δωμάτια με ψηλούς τοίχους καλά μονωμένους εξωτερικά. Το κατά πόσο τα θερμοκήπια είναι κατοικήσιμα και έχουν περιβαλλοντική επίδοση εξαρτάται σε μεγάλο ποσοστό από την χωροθέτησή τους και την αλληλεπίδρασή τους με τους γειτονικούς χώρους. Ο βαθμός επικοινωνίας με το κυρίως κτίριο καθορίζει την αποτελεσματικότητα του θερμοκηπίου ως συλλέκτης θερμότητας. Η θερμοκρασία του θερμοκηπίου επωφελείται από την αυξημένη επαφή με τους θερμαινόμενους χώρους. Αν στο σχέδιο του κτιρίου προβλέπεται θερμοκήπιο, σχεδιάζεται το κτίριο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να περιβάλλει ένα θερμοκήπιο, και η περιοχή που περικλείει αυξάνεται με την παράλληλη μείωση της απώλειας θερμότητας. Τοποθετώντας το θερμοκήπιο δίπλα στα δωμάτια με τις υψηλότερες χειμερινές θερμοκρασίες σχεδιαστικά υπάρχουν αμοιβαία οφέλη.



Εικόνα 2.6: Χωροθέτηση δευτερευόντων χώρων – θερμοκηπίων, Κοσμόπουλος, 2004

2.3.3.1) Κατακόρυφη κατανομή των χώρων του κτιρίου.

Σε ένα καλό σχεδιασμό, το ηλιακό κέρδος είναι στενά συνδεδεμένο με το ύψος του κτιρίου. Η θερμική συμπεριφορά ενός πολυώροφου κτιρίου εξαρτάται από τον αριθμό των ορόφων του. Κατά γενικό κανόνα οι δύο όροφοι είναι προτιμότεροι από τον ένα για τους εξής λόγους:

1. Στον ίδιο όγκο αναλογεί μικρότερη επιφάνεια στέγης και έτσι το χαμηλότερο φορτίο επιτρέπει έναν καλύτερο έλεγχο το καλοκαίρι

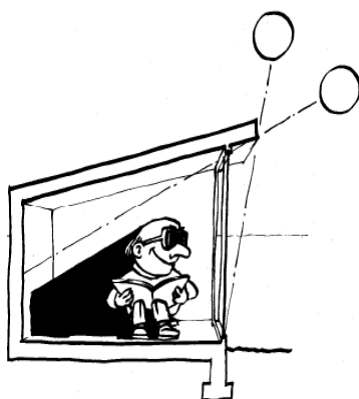
2. Η μικρότερη στέγη απλοποιεί τον περιορισμό των θερμικών απωλειών το χειμώνα. Οι απώλειες μέσω της στέγης είναι σημαντικές το χειμώνα που οι επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλές.
3. Οι νότιες όψεις έχουν μεγαλύτερη έκταση και κατά συνέπεια επιτρέπουν καλύτερη εκμετάλλευση του ηλίου και υψηλότερα ηλιακά κέρδη. (Κοσμόπουλος, 2004)

2.3.4) Ηλιακά παθητικά συστήματα άμεσου ή απευθείας ηλιακού κέρδους.

Ο απλούστερος τρόπος, για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων, είναι η συλλογή της μέσα από γυάλινα ανοίγματα τα οποία είναι προσανατολισμένα στο νότο. Τα νότια ανοίγματα συμμετέχουν στο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου πάντα θετικά, ανεξάρτητα αν ο σχεδιασμός τους είναι συμβατικός ή βιοκλιματικός. Η διαφορά βρίσκεται στο ότι, ένα κτίριο που λειτουργεί παθητικά παγιδεύει την ηλιακή θερμότητα, που μπαίνει μέσα, την αποθηκεύει στα δομικά του στοιχεία, τοίχους - δάπεδα - οροφή, κατασκευασμένα από βαριά υλικά, με σκοπό να επαναποδώσει αυτή τη θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου τη νύχτα ή σε περιόδους συννεφιάς.

Η αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου συστήματος επηρεάζεται κυρίως από τους εξής παράγοντες :

- 1) Προσανατολισμός - Θέση - Μέγεθος ανοιγμάτων.
- 2) Μεγάλη θερμική μάζα στο εσωτερικό του κτιρίου, ώστε να απορροφάται οποιαδήποτε απότομη μεταβολή θερμοκρασίας.



Εικόνα 2.7 : Σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους, <http://en.wikipedia.org>

2.3.4.1) Τοποθέτηση ανοιγμάτων

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει σε μια διαφανή ή ημιδιαφανή επιφάνεια ενός κτιρίου, ένα μέρος της ανακλάται, ένα άλλο τμήμα της απορροφάται από την επιφάνεια και τελικά το υπόλοιπο μεταδίδεται άμεσα. Η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται επανεκπέμπεται προς το εσωτερικό, είτε με ακτινοβολία, είτε με μεταφορά. Τα ηλιακά κέρδη εξαρτώνται από το υλικό με το οποίο είναι φτιαγμένο το στοιχείο, από την επιφάνεια του, τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων και φυσικά από τη διαθέσιμη ακτινοβολία που σχετίζεται με τον προσανατολισμό, την τοπογραφία του κτιρίου και την υπάρχουσα σκίαση. Η μελέτη των ανοιγμάτων του κτιρίου λοιπόν αποτελεί προϋπόθεση για το σωστό προσανατολισμό και μέγεθος αυτών, τα οποία με τη σειρά τους θα δώσουν μια ισορροπία στο κτίριο σχετικά με τη θέρμανση, την ψύξη και τον φυσικό φωτισμό. (Μαλλιάρης, 1994)

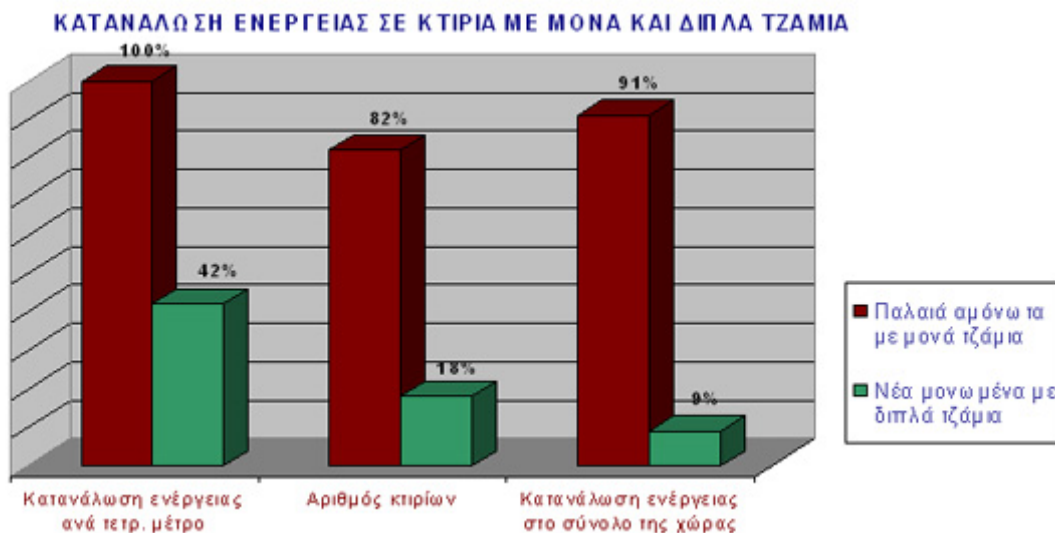
Ο πιο κατάλληλος προσανατολισμός είναι ο νότιος, διότι δέχεται την περισσότερη ακτινοβολία το χειμώνα, το 90% της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ λαμβάνει την ελάχιστη το καλοκαίρι (αποφυγή της υπερθέρμανσης), σε σχέση με τους άλλους προσανατολισμούς. Τα βορινά υαλοστάσια προσφέρουν καλό φωτισμό στον εσωτερικό χώρο διότι δέχονται διάχυτο και όχι άμεσο φως, ωστόσο, παρουσιάζουν μεγάλες θερμικές απώλειες κατά το χειμώνα. Τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δεν παρουσιάζουν καλή συμπεριφορά, για το λόγο αυτό δεν συνιστώνται. Δεν λαμβάνουν μεγάλα θερμικά κέρδη το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι, οι δυτικοί προσανατολισμοί περισσότερο, μπορούν να προκαλέσουν υπερθέρμανση λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται μετά το μεσημέρι. Συνεπώς, τα δυτικά και ανατολικά ανοίγματα πρέπει να περιορίζονται και να συνοδεύονται από κατάλληλη σκίαση, όταν δεν μπορούν να αποφευχθούν εξαιτίας αναγκών σε φως και θέα. Συνοψίζοντας, για βόρεια γεωγραφικά πλάτη 40° περίπου, προτείνονται μεγάλα ανοίγματα στο νότο με μονό ή διπλό τζάμι, ανοίγματα μετρίων διαστάσεων στους ανατολικούς και δυτικούς τοίχους, ενώ στην βορινή πλευρά συνιστώνται μικρά ανοίγματα με διπλό τζάμι.

Η κλίση του υαλοστασίου επιδράει επίσης στα ηλιακά κέρδη. Για παράδειγμα, το καλοκαίρι που ο ήλιος είναι ψηλά στον ουρανό, τα κέρδη είναι μικρότερα σε ένα κατακόρυφο υαλοστάσιο σε σχέση με ένα υπό γωνία. Ένα υαλοστάσιο, κεκλιμένο κατά 30° ως προς την οριζόντιο, μπορεί να δώσει χαμηλά κέρδη το χειμώνα και να δημιουργήσει υπερθέρμανση το καλοκαίρι. Επίσης, το μέγεθος των ανοιγμάτων επηρεάζει την αποτελεσματικότητα του συστήματος και έχει άμεση σχέση με τις κλιματικές συνθήκες τις περιοχής. Συγκεκριμένα, έχει εκτιμηθεί ότι για εύκρατα κλίματα, με συγκεκριμένη μέση εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα, το εμβαδόν του απαιτούμενου ανοίγματος ανά μονάδα επιφάνειας χώρου σε m², είναι σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία °C	Εμβαδόν ανοίγματος / Μονάδα επιφάνειας χώρου
+1,7	0,16-0,25
+4,5	0,13-0,21
+7,2	0,11-1,17

Πίνακας 2.1 : Σχέση μεταξύ μέσης εξωτερικής θερμοκρασίας με το λόγο εμβαδόν του απαιτούμενου ανοίγματος ανά μονάδα επιφάνειας χώρου (Βραχόπουλος, 2004)

Σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου παίζει και ο τύπος του υαλοπίνακα. Απλός ή διπλός, επηρεάζει άμεσα τον τρόπο με τον οποίο διαχέεται το φως, αλλά και τις θερμικές απώλειες του κτιρίου. Με την τοποθέτηση διπλού υαλοπίνακα επιτυγχάνεται η μείωση των ηλιακών κερδών κατά 18% ενώ παράλληλα μειώνονται οι θερμικές απώλειες από το παράθυρο κατά 50% σε σχέση με τον μονό υαλοπίνακα. Ένα τρίτο στρώμα ύαλου, μειώνει τα ηλιακά κέρδη ακόμα περισσότερο με ένα επιπρόσθετο ποσοστό περίπου 18% ενώ μειώνει τις θερμικές απώλειες επιπρόσθετα κατά ένα τρίτο. Προφανώς, η προσθήκη επιπλέον στρωμάτων υαλοπινάκων, αν και αποτελεσματική είναι δαπανηρή. Τα διπλά τζάμια έχουν πλέον καθιερωθεί στις νέες κατασκευές, λόγω των καλών θερμομονωτικών ιδιοτήτων τους, που οφείλονται στο διάκενο του αέρα μεταξύ των επιφανειών. Για καλύτερη απόδοση του διπλού υαλοπίνακα, στο διάκενο τους μπορεί να υπάρχει κενό αέρα που περιορίζει ακόμη περισσότερο τις θερμικές απώλειες.



Εικόνα 2.8: Κατανάλωση Ενέργειας ανάλογα με τον τύπο του υαλοπίνακα, <http://www.cres.gr>

- **Ειδικό Υαλοπίνακες**

Η χρήση βελτιωμένων ειδικών υαλοπινάκων μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων. Οι ιδιότητες αυτών των υαλοπινάκων μπορεί να είναι σταθερές, μεταβαλλόμενες (ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες) ή ρυθμιζόμενες.

Κατηγορίες ειδικών υαλοπινάκων, οι οποίοι διαφοροποιούνται από τους κοινούς ως προς τα θερμικά και τα φωτομετρικά τους χαρακτηριστικά, είναι:

- *Επιλεκτικοί υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e):* Εμποδίζουν μεγάλο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας είτε να εισέρχεται προς το κτίριο, είτε να εκπέμπεται προς το εξωτερικό περιβάλλον (ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο τοποθετούνται). Συνιστώνται για τη μείωση των θερμικών απωλειών (το χειμώνα)
- *Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες :* Εκτός από τους συνηθισμένους διπλούς (ή τριπλούς) υαλοπίνακες, αυξημένη θερμομονωτική ικανότητα έχουν υαλοπίνακες που στο διάκενό τους περιέχουν άλλο αέριο (π.χ. αργό) αντί για αέρα. Συνιστώνται σε κτίρια με μεγάλα ανοίγματα, όπου απαιτείται υψηλή θερμομόνωση του κελύφους.

Επιπροσθέτως η θέση του ανοίγματος παίζει ένα σπουδαίο ρόλο. Ένας εμπειρικός κανόνας ορίζει ότι το βάθος ενός χώρου δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 2,5 φορές το ύψος του παραθύρου από το δάπεδο. Ο εμπειρικός αυτός κανόνας εξασφαλίζει ταυτόχρονα και επαρκή φυσικό φωτισμό στον εσωτερικό χώρο. (Ανδρεαδάκη, 1985)

Τα στοιχεία τα οποία πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό είναι οι ώρες και οι μήνες ηλιασμού με τη χρήση των ηλιακών χαρτών, οι οποίοι είναι σχεδιασμένοι κατά τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχουν πλήρη εικόνα της θέσης του ήλιου. Αυτοί υποδεικνύουν την καταλληλότερη θέση για την τοποθέτηση του κτιρίου. Έτσι βάσει του τοπογραφικού αλλά

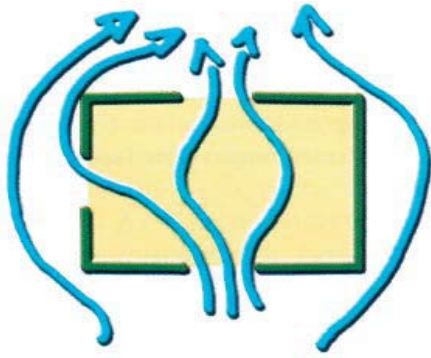
και των όρων δόμησης της περιοχής, μπορεί να προσδιοριστεί η γωνία ύψους των εμποδίων του οικοπέδου που υπάρχουν σε αυτό. Τα βήματα που ακολουθούνται για να γίνουν οι σωστοί υπολογισμοί και να βγουν τα κατάλληλα αποτελέσματα είναι τα εξής:

1. Προσανατολίζεται το οικόπεδο ή το κτίριο στον ηλιακό χάρτη, αν είναι νότιο ταυτίζεται η γωνία αζιμούθιου του οικοπέδου με την γωνία 0° του χάρτη που αντιστοιχεί στον ηλιακό νότο, αν είναι ανατολικό ταυτίζεται σε γωνία 90° στα αριστερά του νότου, αν είναι δυτικό σε γωνία 90° δεξιά του νότου.
2. Αν το οικόπεδο ή το κτίριο έχει διαφορετικό προσανατολισμό τότε χαράσσεται η κάθετη στην οικοδομική γραμμή του οικοπέδου και υπολογίζεται η απόκλιση από το νότο, έπειτα αυτό σημειώνεται στον ηλιακό χάρτη.
3. Προσδιορίζονται τα αζιμούθια των απέναντι εμποδίων, υψώνοντας κάθετες ως προς τα οριζόντια, και τα σημεία τομής που προκύπτουν αντιστοιχούν στη γωνία ύψους των εμποδίων με τις κάθετες που υψώθηκαν, ορίζοντας τα απέναντι εμπόδια.
4. Ακολουθείται για κάθε εμπόδιο η ίδια διαδικασία με αποτέλεσμα την δημιουργία πολλών σημείων τομής, τα οποία σχηματίζουν μια τεθλασμένη γραμμή που καθορίζει τη σκιά του περιβάλλοντος χώρου στο οικόπεδο ή το κτίριο που μελετάται.
5. Σε περίπτωση που τα απέναντι κτίρια είναι ισούψη, η τεθλασμένη καμπύλη θα είναι καμπύλη και θα προσδιορίζεται με το μετρητή σκιάς, στον οποίο απεικονίζονται οι γωνίες ύψους των απέναντι εμποδίων. (Μαλλιάρης, 1994)

2.3.4.2) Δημιουργία φυσικού αερισμού με τον κατάλληλο προσανατολισμό και μέγεθος των ανοιγμάτων.

Ο προσανατολισμός και το μέγεθος των ανοιγμάτων αποτελούν σημαντικό κριτήριο και για τη δημιουργία συνθηκών επαρκούς φυσικού αερισμού. Η συνήθης πρακτική είναι να τοποθετούνται τα ανοίγματα εισόδου προσανατολισμένα στο νότο, όπου και μπορούν να επωφεληθούν το μέγιστο βαθμό αερισμού, μιας και οι πιο δροσεροί άνεμοι προέρχονται από νοτιοδυτική ή νοτιοανατολική διεύθυνση προσπύπτοντας πλάγια στα ανοίγματα εισόδου. Μάλιστα, όταν η διεύθυνση του ανέμου παρουσιάζει μια απόκλιση περίπου 45° ως προς τη διεύθυνση των ανοιγμάτων έχουμε τα καλύτερα αποτελέσματα αερισμού. Αυτό συμβαίνει, γιατί το ρεύμα του αέρα αλλάζει διεύθυνση μέσα στο χώρο, κινείται σε κυκλική τροχιά όπως βλέπουμε από το διπλανό σχήμα και προκαλείται μια ομοιόμορφη διανομή της ροής και ταχύτητας του. (Ανδρεαδάκη, 1985)

Ακόμα, έχει αποδειχτεί πώς ένας χώρος αερίζεται αποτελεσματικά όταν η κίνηση του αέρα είναι ανεμπόδιστα διαμπερής ανάμεσα σε δύο ανοίγματα τοποθετημένα αντιδιαμετρικά και σε διαφορετική υψομετρική στάθμη. Σε περίπτωση που τα ανοίγματα έχουν διαφορετικά μεγέθη, η ταχύτητα του ανέμου θα είναι μεγαλύτερη κοντά στο άνοιγμα (εισόδου ή εξόδου) με το μικρότερο εμβαδόν. Για να μεγιστοποιηθεί ο διαμπερής αερισμός, πρέπει τα μεγέθη των δύο ανοιγμάτων να είναι ίσα. (Ζαχαρόπουλος, 2001)



Εικόνα 2.9: Φυσικός αερισμός μέσω ορθού σχεδιασμού των ανοιγμάτων, www.gtko.gr

2.3.4.3) Θερμική μάζα - Δομικά υλικά του κελύφους.

Το σύνολο των δομικών στοιχείων και υλικών ενός κτιρίου που έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν θερμότητα, αποτελεί τη θερμική μάζα του κτιρίου. Η μάζα αυτή όταν αξιοποιηθεί σωστά μπορεί να συνεισφέρει στη μείωση των απαιτήσεων σε θέρμανση και κλιματισμό και να έχει ευεργετική επίδραση τόσο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (ψύξη), όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο (θέρμανση). Όσον αφορά τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου, οι προσπάθειες προσανατολίζονται σε δύο κατευθύνσεις.

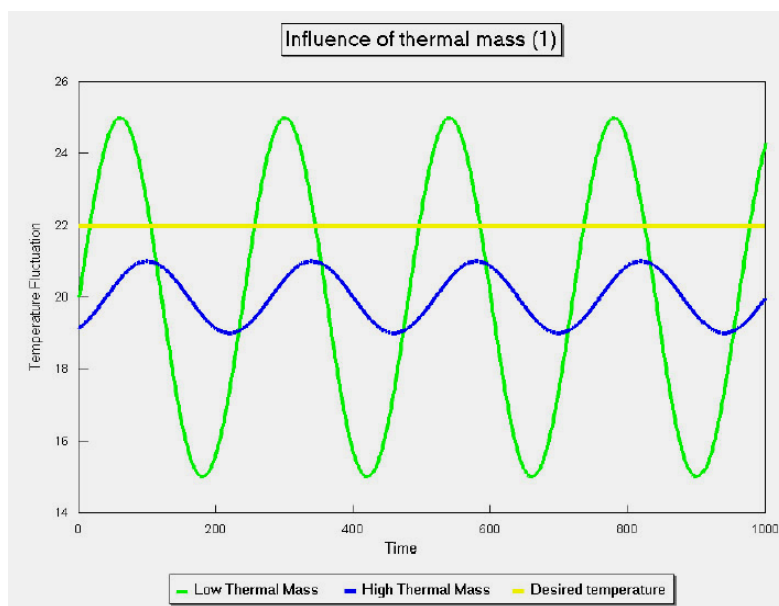
A) Καταρχήν, επιδιώκεται η ανεύρεση υλικών που θα έχουν βελτιωμένες ιδιότητες οι οποίες θα αξιοποιούνται για την αύξηση της απόδοσης ενός κτιρίου, όσον αφορά τη συλλογή, αποθήκευση και μετάδοση της θερμότητας. Οι ιδιότητες των υλικών που σχετίζονται με αυτές τις λειτουργίες είναι η *ειδική θερμοχωρητικότητα* και η *θερμοαγωγιμότητα*, οι οποίες, είναι χαρακτηριστικές για κάθε υλικό. Προκειμένου, για παράδειγμα, να διατηρήσουμε την εσωτερική θερμοκρασία σταθερή και ανεπηρέαστη από τις εξωτερικές θερμοκρασιακές συνθήκες, απαιτείται να χρησιμοποιούμε τοίχους που να διαθέτουν υψηλή ειδική θερμοχωρητικότητα και χαμηλή θερμοαγωγιμότητα. Βέβαια, επειδή τον συνδυασμό αυτό είναι σπάνιο να τον συναντήσουμε στο ίδιο υλικό κατασκευής, πρέπει να χρησιμοποιούμε δυο διαφορετικά υλικά με τις αντίστοιχες ιδιότητες. Τέτοια υλικά είναι συμπαγή, πυκνά υλικά, όπως είναι η πέτρα και οι φυσικοί λίθοι γενικότερα, το τούβλο, το μπετόν, κεραμικές πλάκες κ.α., τα οποία επιλέγονται παραδοσιακά για τα μέρη του κτιρίου όπου απαιτείται καλή θερμική αποθήκευση. Έχουν την ιδιότητα να συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες θερμότητας, χωρίς να γίνονται τα ίδια ιδιαίτερα θερμά και να την αποβάλλουν όταν το περιβάλλον γίνει ψυχρότερο.

B) Επιπροσθέτως όμως, παρουσιάζεται η ανάγκη ανεύρεσης δομικών υλικών που να είναι επίσης και οικολογικά. Ένα από τα κριτήρια στα οποία υπακούει ο βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι η επιλογή και η χρήση τοπικών οικοδομικών υλικών, που να είναι φιλικά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο, μετά από μελέτη των χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων τους.

(Ευθυμίουπουλος, 2005)

Η σωστή χρήση τα μάζας ενός κτιρίου εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες και τις αντίστοιχες ανάγκες σε κλιματισμό και θέρμανση. Η ηλιακή ενέργεια αφού εισέλθει στο κτίριο προς το εσωτερικό του (με άμεσο –ανοιγματα- ή έμμεσο τρόπο), παγιδεύεται και μεταφέρεται στα δομικά υλικά. Κατά το χειμώνα, η περίσσεια ηλιακή ενέργεια αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του κτιρίου τις ώρες της ημέρας. Τη νύχτα που η θερμοκρασία πέφτει, η αποθηκευμένη αυτή θερμότητα απελευθερώνεται σταδιακά προς τον εσωτερικό χώρο, μειώνοντας τις ανάγκες σε βοηθητική θέρμανση. Χαλιά και άλλες επικαλύψεις του δαπέδου, έπιπλα ή άλλα υλικά ελαφριάς κατασκευής εξουδετερώνουν τη

Θερμική μάζα του κτιρίου, γι αυτό συνιστάται τα σημεία άμεσης πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να μην καλύπτονται το χειμώνα. Τη διάρκεια του θέρους, η λειτουργία της θερμικής μάζας συνίσταται στο να καθυστερεί τη ροή θερμότητας από το εξωτερικό στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας, που υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών. Η θερμότητα αποθηκεύεται, δηλαδή, στους τοίχους, τα πατώματα και τις οροφές λόγω του ημερήσιου ηλιασμού και τη νύχτα με εφαρμογή κατάλληλου εξαερισμού (άνοιγμα παραθύρων) αποβάλλεται προς τον εξωτερικό χώρο. Κατά αυτόν τον τρόπο, το επόμενο πρωινό, έχει εξασφαλισθεί χαμηλή θερμοκρασία για το χώρο ο οποίος πρόκειται να συσσωρεύσει εκ νέου θερμότητα. Το καλοκαίρι, λοιπόν, η διαδικασία αυτή παρέχει μια εξασθένηση των μέγιστων εσωτερικών θερμοκρασιών, με το να μεταθέτει την αποφόρτιση της θερμότητας αργότερα, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη. Για καλύτερη απόδοση και αποφυγή της υπερθέρμανσης βεβαίως, είναι απαραίτητος ο κατάλληλος σκιασμός των ανοιγμάτων, ώστε να μειώνεται όσο είναι δυνατόν η ηλιακή ενέργεια που εισρέει στο κτίριο.



Εικόνα 2.10 : Η επίδραση της θερμικής μάζας στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας, <http://www.learn.londonmet.ac.uk>

Άμεσα συνδεδεμένες με την έννοια της θερμικής μάζας είναι η *χρονική υστέρηση* και η *θερμική αντίσταση*. Η χρονική υστέρηση που μεσολαβεί από τη στιγμή της μέγιστης εξωτερικής θερμοκρασίας μέχρι τη στιγμή που μεγιστοποιείται η εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία, εκφράζεται σε ώρες και εξαρτάται από τη θερμοχωρητικότητα των υλικών. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοχωρητικότητα και το πάχος ενός υλικού, τόσο αργότερα γίνεται η ροή της θερμότητας. Η ροή της θερμότητας δια μέσου του κελύφους ενός κτιρίου εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας, που πρόκειται για εξωτερικό παράγοντα και την αγωγιμότητα και το πάχος των υλικών, που είναι ιδιότητες των υλικών. Οι παράμετροι αυτοί συνιστούν τη θερμική αντίσταση του κελύφους που ορίζεται ως :

$$R=L/\lambda$$

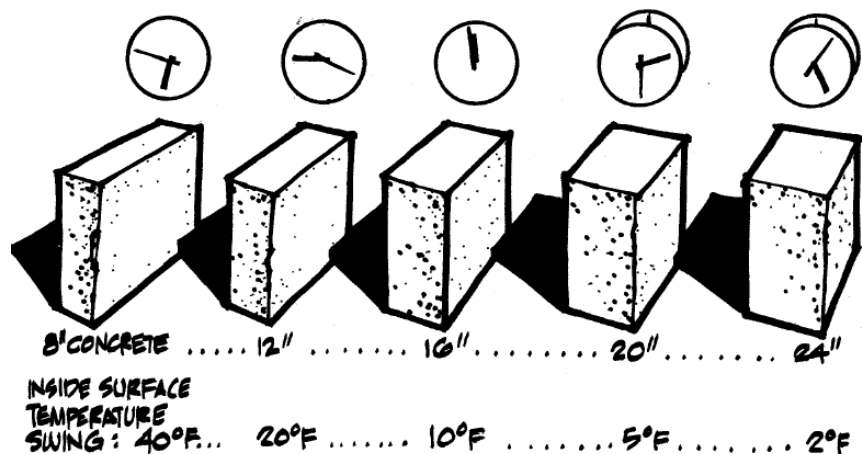
όπου:

R, η θερμική αντίσταση ανά μονάδα επιφάνειας του υλικού ($m^2 \cdot hr \cdot ^\circ C/kcal$)

L, το πάχος του υλικού (m)

λ , η θερμική αγωγιμότητα του υλικού (kcal/m*hr*°C)

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της θερμικής αντίστασης, τόσο καλύτερη μόνωση παρέχει το υλικό, άρα τόσο λιγότερες είναι οι θερμικές απώλειες.



Εικόνα 2.11: Χρονική υστέρηση, <http://www.builditsolar.com>

2.3.4.4) Δομικά υλικά και τοξικότητα.

Τοξικότητα είναι η ιδιότητα ορισμένων υλικών που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές και αποτελούνται ή περιέχουν ουσίες που ονομάζονται τοξικές οι οποίες, όταν απελευθερώνονται μπορεί να επηρεάσουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και την υγεία των χρηστών του κτιρίου. Χρώματα, συγκολλητικές ουσίες, πτητικές οργανικές ενώσεις, φορμαλδεΐδες, πετροχημικά προϊόντα που περιέχονται κυρίως στα πλαστικά, πετροχημικές βαφές κόλλες και ρητίνες, καθώς και άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή οικοδομικών υλικών είναι υψηλά τοξικά και καρκινογόνα. Συνεπώς, στην επιλογή ενός δομικού προϊόντος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η τοξικότητα των συστατικών του, έτσι ώστε να αποφευχθούν προϊόντα που παράγονται, κατασκευάζονται ή περιέχουν ουσίες επιβλαβείς για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Έρευνες που έχουν διεξαχθεί, αποκαλύπτουν πως το 37% των δομικών προϊόντων έχουν μέση τοξικότητα και είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία, ενώ 2% είναι από τοξικά έως πολύ τοξικά. Οι επιπτώσεις της τοξικότητας των υλικών στην υγεία περιλαμβάνουν αναπαραγωγικές ανωμαλίες, τοξική δράση στο ανοσοποιητικό και το νευρικό σύστημα, καρκινογόνος και μεταλλαξιογόνο δράση, ερεθισμούς και ποικίλες αλλεργικές αντιδράσεις. Τα κυριότερα τοξικά υλικά φαίνονται στον πίνακα 2.2.

Ουσία-Υλικό	Χρήση
Αμίαντος	Παλιά κτίρια
Βενζόλιο	Βενζίνη
Πριονίδια ξύλου	Ξυλουργικές εργασίες
Νικέλιο	Ηλεκτροσυγκολλήσεις
Χρωμικός Ψευδάργυρος	Αντισκωριακές στρώσεις
Κάδμιο	Επιχρίσματα
Ενώσεις Χρωμίου	Βερνίκια ξύλου
Διοξίνες	Καμένα Κτίρια
Χρωμικός Μόλυβδος	Επιχρίσματα
Φορμαλδεΐδη	Συγκολλητικό
Συνθετικές ίνες	Μονώσεις
PCB	Λαμπτήρες Αερίου

Πίνακας 2.2: Τοξικά Δομικά Υλικά, Τσιπήςρας, 2005

Τα περισσότερα δομικά προϊόντα ωστόσο, δεν περιέχουν μόνο ένα, αλλά δύο ή περισσότερα συστατικά που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και δρουν σωρευτικά, όσον αφορά την τοξικότητά τους. Το ίδιο ισχύει και για προϊόντα που χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα στις κατασκευές.

2.3.4.5) Οικολογικά δομικά υλικά.

Πρόκειται για ένα περιορισμένο αριθμό προϊόντων, που χρησιμοποιούνταν παραδοσιακά στις κατασκευές και δεν περιέχουν συνθετικά υλικά, ενώ προέρχονται από φυσικούς πόρους που υπάρχουν σε αφθονία:

•**Ωμή άργιλος:** Είναι ένα άριστο οικοδομικό υλικό με πολύ καλές ιδιότητες όσον αφορά στη μηχανική αντοχή, στη θερμομόνωση και στην «αναπνοή» των εξωτερικών τοίχων. Χρησιμοποιούνταν παραδοσιακά στην περιοχή της Μεσογείου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατάλληλα σχηματισμένη με τη μορφή ωμοπλίνθων ή χυτή σε καλούπια που μοιάζουν με αυτά του σκυροδέματος. Ένα σπίτι από ωμοπλίνθους μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει το ίδιο σκάμμα για την θεμελίωση της ανωδομής, περιορίζοντας την επίπτωση των οικοδομικών εργασιών στο περιβάλλον

•**Ασβέστης:** Επιτρέπει την ανταλλαγή αέρα μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού χώρου, επιτρέποντας έτσι την «αναπνοή» του κτιρίου και έχει το πλεονέκτημα να γίνεται εύκολα η ανακατασκευή του σε τμήματα που υφίσταται φθορές με το χρόνο. Απορροφά διοξείδιο του άνθρακα από τον αέρα και εξισορροπεί την υγρασία.

•**Κετσές από καρύδα:** Συνίσταται από το Ινστιτούτο της Βιολογίας της Κατασκευής του Ρόζενχαιμ της Γερμανίας. θεωρείται «πράσινο» υλικό με καλές ηχομονωτικές ιδιότητες.

•**Ξύλο:** Πρόκειται για ένα από τα κυριότερα υλικά της οικοδομικής. Είναι ανανεώσιμο, απαιτεί μικρή επεξεργασία και αποτελεί ένα ζωντανό υλικό για τη κατασκευή. Προκειμένου, όμως, να χαρακτηρίζεται ως οικολογικό πρέπει να πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις που αφορούν στην προέλευση του, στη διαδικασία παραγωγής του και στον τύπο της επεξεργασίας που υφίσταται. Επεξεργασίες του ξύλου με προϊόντα χημικής προέλευσης μπορούν να αποτελέσουν ρυπογόνες πηγές, ενώ η χρήση ξυλείας που προέρχεται από δάση των οποίων η διαχείριση αλλοιώνει τα δασικά οικοσυστήματα, σε καμία περίπτωση δε χαρακτηρίζεται ως οικολογική λύση. Για το λόγο αυτό οικολογικές οργανώσεις παρέχουν πιστοποίηση (FSC –Forest Stewardship Council-) που εγγυάται ότι τα προϊόντα ξύλου που χρησιμοποιούνται προέρχονται από δάση των οποίων η διαχείριση δεν αντιτίθεται στα κριτήρια για την ανάπτυξη τους.

•**Ξύλο εμποτισμένο με μαγνήσιο:** Πρόκειται για οικολογικό υλικό με καλή θερμική και ακουστική μόνωση, που μπορεί να «αναπνέει». Είναι, επίσης, ηλεκτρικά ουδέτερο και μη ραδιενεργό. Προκύπτει από τον εμποτισμό ινών του ξύλου με θειικό μαγνήσιο και οξείδιο του μαγνησίου σε υψηλή θερμοκρασία.

•**Κόλλα από καουτσούκ:** Οι συνήθεις κόλλες από συνθετικές ρητίνες μπορούν να γίνουν αιτία πρόκλησης επιβλαβών για την ανθρώπινη υγεία αναθυμιάσεων. Η κόλλα από καουτσούκ είναι φυσικό, μη τοξικό προϊόν, με σταθερές συγκολλητικές ιδιότητες στο χρόνο.

•**Κερί από μέλισσες:** Οικολογικό προϊόν που μπορεί να αξιοποιηθεί για το φινίρισμα και την προστασία του ξύλινων δαπέδων και γενικότερα των ξύλινων κατασκευών.

•**Πλέγμα γιούτας:** Πρόκειται για φυτικές κλωστικές ίνες που εξάγονται από το βλαστό μερικών φυτών των τροπικών χωρών. Χρησιμοποιείται στην κατασκευή εσωτερικών μονωτικών επιχρισμάτων, έτσι ώστε να απορροφούνται οι τάσεις, λόγω της συστολής του νερού του κονιάματος.

•**Φελλός:** Έχει άριστες μονωτικές και ηχοαπορροφητικές ιδιότητες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπιεσμένος σε φύλλα, ή τριμμένος σε κόκκους. Είναι φυσικό υλικό και μη τοξικό.

• **Ωστενιτικός Χάλυβας:** Λόγω της χαρακτηριστικής του σύνθεσης, είναι αμαγνητικός και ανοξείδωτος. Μοναδικό μειονέκτημα του το υψηλό του κόστος. (Κορωνάιος 2005)

2.3.4.6) Θερμομονωτικά υλικά.

Σταθμό στην εξέλιξη των θερμομονωτικών υλικών απετέλεσε η πρώτη ενεργειακή κρίση των αρχών του 1970, όπου η επιταγή περιορισμού των αναγκών σε θέρμανση οδήγησε σε άνθηση στην αγορά θερμομονωτικών υλικών που αυξήθηκε ταχύτατα για να φτάσει σ' ένα κύκλο εργασιών της τάξης του 1.000.000.000 T το χρόνο. Ωστόσο, συχνά η χρήση πολλών από αυτά εγκυμονεί κινδύνους για την υγεία και το περιβάλλον. Είναι γνωστό ότι μια σωστή θερμομόνωση, η οποία απαιτεί περίπου το 2% - 5% του αρχικού κόστους κατασκευής του κτιρίου, μπορεί να εξοικονομήσει μέχρι και το 50% του κόστους λειτουργίας της θέρμανσής του. Μια κατοικία 100m² με καλή θερμομόνωση, εξοικονομεί περίπου 2 τόνους πετρέλαιο σε σχέση με μια κατοικία χωρίς μόνωση. Η καλή θερμομόνωση μπορεί να μειώσει τη μεταφορά θερμότητας μέσα από τους τοίχους, τα πατώματα, τις οροφές, τα παράθυρα, κλπ. κατά πολύ μεγάλο ποσοστό. Επιθυμητή είναι η χρήση υλικών με μικρό συντελεστή θερμοπερατότητας *U*. Μέσω της θερμοπερατότητας *U* συντελεστής με καθορίζονται οι

Θερμικές απώλειες από οποιοδήποτε μέρος του κελύφους του κτιρίου προς την ατμόσφαιρα. Όσο μικρότερος λοιπόν είναι τόσο λιγότερες είναι και οι θερμικές απώλειες. (Κορωναίος 2005)

Τιμές U	Επίπεδο θερμομόνωσης
>0.40	Ανεπαρκές
0.31 - 0.40	Καλό
0.25-0.30	Πολύ καλό
<0.25	Εξαιρετικά (Χαμηλά ενεργειακά επίπεδα)

Πίνακας 2.3: Διακυμάνσεις των τιμών U, ανάλογα με τα επίπεδα θερμομόνωσης. Κορωναίος 2005

2.3.4.7) Θερμομονωτικά υλικά συμβατικά και μη.

Στην αγορά κυκλοφορούν τα εξής θερμομονωτικά υλικά (συμβατικά και οικολογικά).

- **Εξηλασμένη πολυστερίνη:** Πρόκειται για υλικό που διατίθεται στην αγορά. Είναι υλικό μη ανακυκλώσιμο, προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (υδρογονάνθρακες), ενώ για την παραγωγή του είναι απαιτείται ιδιαίτερα μεγάλη ποσότητα ενέργειας (κυμαίνεται από 450kWh/m³ έως 850 kWh/m³). Επιπλέον μολύνει το περιβάλλον καθώς είναι υπεύθυνο για τη διαφυγή πτητικών αερίων ουσιών όπως χλωροφθορανθράκων και πεντανίου. Συμβάλλει έτσι στην καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος και στην όξυνση του φαινόμενου του θερμοκηπίου. Σε περίπτωση πυρκαγιάς απελευθερώνονται επικίνδυνα, τοξικά βρωμιούχα αέρια.
- **Πολυουρεθάνη:** Υλικό μη ανακυκλώσιμο που προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Κατά την παραγωγή της καταναλώνονται 1000 kWh/m³ με 1200 kWh/m³. Δεν επιτρέπει στο κτίριο να διαπνέει, ενώ έχει επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Είναι δυνατόν να απελευθερώνονται αμίνες, που είναι ουσίες επικίνδυνες, ενώ σε εκδήλωση φωτιάς παράγεται κυάνιο που είναι ιδιαίτερα τοξικό.
- **Υαλοβάμβακας και πετροβάμβακας:** Η παραγωγή τους συνδέεται με εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, είναι μη ανανεώσιμα (εκτός της υάλου), προέρχονται όμως από υλικά σε αφθονία. Έχουν αρνητικές επιδράσεις στην υγεία, για αυτό κατατάσσονται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας στα εν δυνάμει καρκινογόνα υλικά που επιδρούν στον άνθρωπο μέσω της αναπνευστικής οδού. Στη Γερμανία έχει απαγορευτεί η χρήση τους στα δημόσια κτίρια και εφαρμόζονται μόνο στα μικρότερα κτίρια όταν αυτά στεγανοποιηθούν απόλυτα.
- **Περλίτης:** Πρόκειται για μη ανανεώσιμο υλικό, που βρίσκεται ωστόσο σε αφθονία στη φύση. Ανακυκλώνεται μερικώς και δεν απελευθερώνει τοξικές ουσίες.
- **Hraklith:** Είναι ένα αποδεκτό υλικό, που αποτελείται κυρίως από ξυλόμαλλο, ίνες ξύλου και τσιμέντο, που απαιτεί μεν αρκετή ενέργεια για την παραγωγή του, αλλά μικρότερη δε σε σχέση με τα άλλα υλικά. Παρέχει υγιεινή θερμομόνωση, ηχομόνωση και ηχοαπορρόφηση, καθώς επίσης και πυροπροστασία λόγω της ορυκτοποίησης του ξύλου με το τσιμέντο. Επίσης παρουσιάζει εξαιρετική πρόσφυση στο μπετόν και στα επιχρίσματα. Δεν επηρεάζεται από την υγρασία, έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, είναι απρόσβλητος από τους μικροοργανισμούς. Δεν συνδέεται με προβλήματα υγείας των ενοίκων και δεν απελευθερώνονται τοξικές ουσίες σε περίπτωση πυρκαγιάς.

- **Διογκωμένος φελλός:** Είναι ανακυκλώσιμο υλικό κατά 100%, προέρχεται από ανανεώσιμη πηγή (φελλόδεντρα) και η παραγωγή του απαιτεί χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Δεν έχει επιπτώσεις στην υγεία, είναι απόλυτα φιλικό, αρκεί η τοποθέτηση του να μη συνδυάζεται με χρήση συνθετικών κολλών. Μειονέκτημα του είναι το σχετικά αυξημένο κόστος του, συγκριτικά με τα άλλα θερμομονωτικά υλικά. *(Τσιπής, 2005)*

2.3.4.8) Οικολογικά θερμομονωτικά υλικά

Υλικά που είναι ανακυκλώσιμα θερμομονωτικά και ταυτόχρονα φιλικά προς το περιβάλλον, δίχως να είναι ακριβά, είναι τα παρακάτω:

- Λιναρόμαλλο
- Ρολό από ίνες κοκοφοίνικα
- Μονωτικό ρολό από υπολείμματα βαμβακιού
- Τζίβα
- Διογκωμένο άργιλο

Τα υλικά αυτά, μπορεί κανείς να τα βρει στις Ευρωπαϊκές χώρες, ωστόσο στην Ελλάδα δεν είναι ακόμα γνωστά, παρά το γεγονός ότι η χώρα μας διαθέτει και άργιλο και βαμβάκι και λινάρι. Οι προσπάθειες ωστόσο για ανεύρεση οικολογικών θερμομονωτικών υλικών συνεχίζεται, τουλάχιστον σε εργαστηριακό επίπεδο. Το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, για παράδειγμα, πραγματοποίησε την εργαστηριακή παραγωγή δομικών-θερμομονωτικών υλικών με πρώτη ύλη το καλάμι από Μίσχανθο και έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ένα από τα συμπεράσματα της έρευνας είναι ότι παραγωγή θα μπορούσε να επεκταθεί και σε άλλα είδη φυτών εκτός από το Μίσχανθο (*arundo donax*, *cynara*, *foufa cylindrica*) και να συμπεριλάβει ακόμα και τα γεωργικά υπολείμματα όπως η βαμβακιά και τα καλαμπόκια ως πρώτες ύλες για την παραγωγή οικολογικών δομικών υλικών. *(Τσιπής, 2005)*

2.3.5) Παθητικά συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους

Τα συστήματα έμμεσου κέρδους, συνδυάζουν τις διαδικασίες συλλογής, συσσώρευσης και διανομής της θερμότητας, σε ένα μέρος του περιβλήματος του κτιρίου που περικλείει τους χώρους του σπιτιού. Εκμεταλλεύονται δηλαδή με έμμεσο τρόπο την ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση των κτιρίων, βασιζόμενα στην εξής αλληλουχία θερμικών λειτουργιών :

ήλιος → συλλογή (γυάλινη επιφάνεια) → αποθήκευση (θερμική μάζα) → θέρμανση (εσωτερικός χώρος)

Δηλαδή τα συστήματα αυτά απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο κέλυφος και ύστερα επιτρέπουν στη θερμότητα να διεισδύσει στους χώρους διαβίωσης. Τα συστήματα έμμεσου κέρδους ταξινομούνται στις εξής κατηγορίες:

A. Στους τοίχους θερμικής αποθήκευσης, οι οποίοι αποτελούνται από τοιχοποιίες σε συνδυασμό με υαλοστάσιο, το οποίο τοποθετείται εξωτερικά κι έχει απόσταση 5-15cm. Η τοιχοποιία που χρησιμοποιείται χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, στους τοίχους θερμικής αποθήκευσης και στα θερμοσιφωνικά πάνελ. Οι τοίχοι θερμικής μάζας έχουν μεγάλη θερμική μάζα ενώ τα θερμοσιφωνικά πάνελ είναι θερμομονωμένα. Ο ηλιακός τοίχος συλλέγει την ενέργεια, η οποία με τη μορφή θερμότητας, μεταφέρεται στο εσωτερικό του

κτιρίου, μέσω της μάζας του τοίχου ή μέσω θυρίδων. Το υαλοστάσιο, είναι σταθερό ή ανοιγόμενο και διαθέτει μονά ή διπλά τζάμια. Οι τοίχοι Trombe-Michel, αποτελούν μια ειδική κατηγορία τοιχοποιίας θερμικής αποθήκευσης και συνδυάζουν τις δύο λειτουργίες θερμικής απόδοσης.

Β. Στα *θερμοκήπια*, τα οποία είναι κλειστοί χώροι που είτε προσαρτώνται, είτε ενσωματώνονται στα νότια τμήματα του κτιριακού περιβλήματος και περιβάλλονται από υαλοστάσια. Σε αυτή την περίπτωση, η ηλιακή ακτινοβολία, καθώς εισέρχεται από τα νότια υαλοστάσια του ηλιακού χώρου, μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια, και ένα μέρος της διαχέεται στο χώρο άμεσα, ενώ το υπόλοιπο αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του χώρου και αποδίδεται με καθυστέρηση. Η θερμότητα διαχέεται από το θερμοκήπιο στους εσωτερικούς χώρους του σπιτιού μέσω θυρίδων ή ανοιγμάτων του διαχωριστικού δομικού στοιχείου.

Γ. Στα *ηλιακά αίθρια*, τα οποία αποτελούν αιθριακούς χώρους της κατοικίας οι οποίοι επικαλύπτονται από υαλοστάσια και λειτουργούν όπως και τα θερμοκήπια. (Βραχόπουλος, 2004)

2.3.5.1) Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης μπορεί να είναι:

- απλοί τοίχοι μάζας (μη θερμοσιφωνικής ροής και χωρίς θυρίδες) συμπαγούς κατασκευής, είτε αποτελούμενοι από δοχεία νερού (τοίχος νερού), ή από υλικά αλλαγής φάσης.
- τοίχοι μάζας θερμοσιφωνικής ροής (Trombe - Michel)
- θερμοσιφωνικό πανέλο /Τοίχος Barra Constantini

Από μετρήσεις έχει προκύψει ότι μπορούν να συνεισφέρουν σε εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση κατοικιών σε ποσοστό 10-40% (μεγαλύτερη συνεισφορά εξοικονόμησης σε περιοχές με σχετικά ήπιο κλίμα). Συγκεκριμένα, όταν ένας τοίχος συλλέκτης είναι σωστά σχεδιασμένος, η θερμοκρασία του χώρου παραμένει στα όρια της ζώνης άνεσης (20°C -28°C) βαθμούς κατά τη διάρκεια του χειμώνα, χωρίς καμία πρόσθετη θερμαντική πηγή. Η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου, το πάχος και τα υλικά κατασκευής και το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας.

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να συνδυάζονται με υαλοστάσια προσανατολισμένα προς το νότο, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η ηλιακή συλλογή. Η θερμική ενέργεια απορροφάται από τον τοίχο, θερμαίνει την εξωτερική του επιφάνεια, στη συνέχεια μεταφέρεται με αγωγή σε όλη τη μάζα του και τελικά φτάνει στην εσωτερική του πλευρά. Ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στη μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία του τοίχου και την μέγιστη εσωτερική αντίστοιχα, η οποία θα είναι ελαττωμένη κατά το ποσό θερμότητας που απορροφήθηκε από τη μάζα του τοίχου, ονομάζεται χρονική υστέρηση, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Αυξανόμενου του πάχους και της θερμοχωρητικότητας του τοίχου, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη χρονική υστέρηση και γι' αυτό υπάρχει μειωμένο άμεσο θερμικό κέρδος. Επιθυμητή είναι η υστέρηση 6-8 ωρών, ώστε να αξιοποιείται η θερμική συλλογή του τοίχου κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η θερμική μόνωση συμμετέχει επίσης σημαντικά στην απόδοση αυτού του ηλιακού συστήματος. (Ανδρεαδάκη – Χρονάκη, 1985)

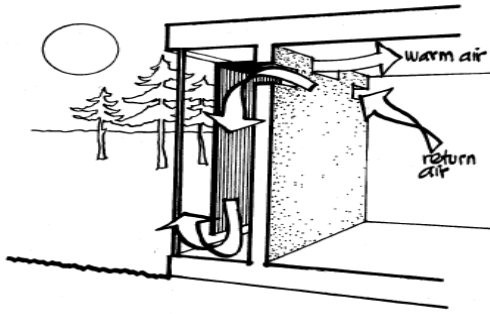
- **Τοίχος μάζας – Τοίχος Trombe**

Στα συστήματα με τοίχο μάζας και τοίχο Trombe η θερμική μάζα συσσώρευσης των κτιρίων είναι ένας νότιος τοίχος κτισμένος ή από σκυρόδεμα, με τζάμι στην εξωτερική επιφάνεια για να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η διαφορά μεταξύ ενός τοίχου μάζας και ενός τοίχου Trombe είναι ότι ο τελευταίος έχει οπές αερισμού στο επάνω και κάτω μέρος που επιτρέπουν στον αέρα να κυκλοφορεί διαμέσου αυτών στο χώρο

που θερμαίνεται. Το σύστημα του τοίχου Trombe πήρε το όνομά του από την πρωτοποριακή εργασία του Felix Trombe και Jacques Michel στο Odeillo της Γαλλίας.

Τα στοιχεία που απαιτούνται για τα συστήματα τοίχου μάζας και τοίχου Trombe είναι ένας συλλέκτης με τζάμι που έχει μεγάλη επιφάνεια και βλέπει στο νότο με θερμική μάζα συσσώρευσης ακριβώς από πίσω του. Στην ποικιλία των υλικών συσσώρευσης περιλαμβάνονται το σκυρόδεμα, η πέτρα και σύνθετα υλικά από τούβλα καιτσιμεντόλιθους. Η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει στον τοίχο μάζας και απορροφάται από αυτόν θερμαίνοντας την επιφάνειά του. Η θερμότητα αυτή, με μορφή της προοδευτικής αύξησης της θερμοκρασίας, μεταφέρεται μέσα από τον τοίχο στην εσωτερική επιφάνεια με συναγωγή, από όπου ακτινοβολείται και διαχέεται στο χώρο διαβίωσης. Η χρονική απόκλιση και η απόσβεση του θερμικού κύματος σε αυτή τη μεταφορά εξαρτάται από τον τύπο και το πάχος του υλικού αποθήκευσης που έχει επιλεγεί. Για παράδειγμα η χρονική απόκλιση είναι περίπου 18 λεπτά για 10mm σκυρόδεμα. (Βραχόπουλος, 2004)

Ο τοίχος Trombe επιτρέπει επίσης τη διανομή της θερμότητας που συλλέγεται με φυσική κυκλοφορία. Ο τοίχος είναι συνήθως πάχους 30-40cm, βαμμένος σε σκούρο χρώμα από την εξωτερική του πλευρά για αύξηση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Συνδυάζεται με μια γυάλινη επιφάνεια (υαλοστάσιο) σε απόσταση 3 cm περίπου. Στο άνω και κάτω τμήμα του τοίχου υπάρχουν θυρίδες ώστε να διευκολύνεται η φυσική κυκλοφορία του αέρα. Όσον αφορά στη συναλλαγή ενέργειας, τμήμα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται από τη γυάλινη επιφάνεια, κάποιο ποσό θερμικής ενέργειας απορροφάται από τον τοίχο και έπειτα ένα τμήμα ακτινοβολείται προς τα έξω (χάνεται), ενώ ένα σημαντικό ποσό ακτινοβολείται προς τον εσωτερικό χώρο με κάποια χρονική υστέρηση. Επιπρόσθετη θερμική ενέργεια έχουμε από την θερμότητα που μεταφέρεται από τον αέρα του διακένου. Η λειτουργία του ηλιακού αυτού τοίχου βασίζεται στην φυσική κυκλοφορία του αέρα ανάμεσα στο γυαλί και τον τοίχο και μέσα από τις θυρίδες, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας. Ο θερμός αέρας ανεβαίνει στα υψηλότερα επίπεδα λόγω της μικρότερης πυκνότητας του και ο ψυχρός αέρας καταλαμβάνει τα χαμηλότερα στρώματα. Ο αέρας στον ενδιάμεσο χώρο μεταξύ τζαμιού και μάζας συσσώρευσης μπορεί να φτάσει την υψηλή θερμοκρασία των 60° C σε ανέφελες μέρες. Με τη χρήση των ανοιγμάτων ή οπών εξαερισμού στην κορυφή και τη βάση της μάζας συσσώρευσης, ο θερμός αέρας ανεβαίνει και εισέρχεται στο χώρο διαβίωσης, και ταυτόχρονα έλκει τον ψυχρό αέρα του χώρου από τις κάτω οπές στο χώρο του συλλέκτη. Κατά τη διάρκεια της νύχτας η λειτουργία προφανώς αντιστρέφεται. Οι θυρίδες κλείνουν, πάνω και κάτω, και η θέρμανση του χώρου πετυχαίνεται με την ακτινοβολία της αποθηκευμένης θερμότητας στον τοίχο. Το καλοκαίρι αντίθετα η επάνω θυρίδα κλείνει, ενώ ταυτόχρονα ανοίγει ένα τμήμα του υαλοστασίου στο επάνω μέρος (φεγγίτης), έτσι ώστε με το φαινόμενο της «καμινάδας» να απομακρύνεται ο ζεστός αέρας προς τα έξω. Επίσης με συστήματα ηλιοπροστασίας, μια και πρόκειται για νότιο προσανατολισμό, μπορεί να αποκλειστεί εντελώς η άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας. (<http://www.builditsolar.com/Projects/SolarHomes/PasSolEnergyBk/PSEbook.htm>)



Εικόνα 2.12 : τοίχος Trombe, <http://www.builditsolar.com>

Έχουν αναπτυχθεί διάφορες παραλλαγές του τοίχου Trombe, που σκοπό έχουν να τον καταστήσουν πιο αποτελεσματικό.

- Μια από τις παραλλαγές είναι η ύπαρξη παραθύρων στον τοίχο, πράγμα που μειώνει την απόδοση του, ωστόσο εφαρμόζεται για αισθητικούς λόγους και για ύπαρξη φυσικού φωτισμού. Εάν το εξωτερικό γυαλί έχει υψηλή εκπομπή υπεριώδους ακτινοβολίας και το παράθυρο του τοίχου είναι από απλό γυαλί, τότε μπορεί να αξιοποιηθεί το υπεριώδες φως για θέρμανση, ενώ ταυτόχρονα προστατεύονται οι άνθρωποι και τα έπιπλα από την ακτινοβολία, πολύ περισσότερο από όταν γίνεται χρήση παραθύρων με υψηλή εκπομπή υπεριώδους ακτινοβολίας.

- Επίσης, με τη χρήση μιας επιλεκτικής επιφάνειας σε έναν τοίχο Trombe βελτιώνεται η απόδοσή του λόγω του περιορισμού της υπέρυθρης ενέργειας που ακτινοβολείται μέσα από το τζάμι. Η επιλεκτική επιφάνεια δεν είναι παρά ένα μεταλλικό φύλλο που επικολλάται στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου ή πολλές φορές μια επιφάνεια περασμένη με ειδικές βαφές. Απορροφά όλη σχεδόν την ακτινοβολία από το ορατό μέρος του ηλιακού φάσματος και εκπέμπει πολύ μικρό μέρος στην κλίμακα της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η υψηλή απορροφητικότητα των επιφανειών των τοίχων μετατρέπει το φως σε θερμότητα, ενώ η χαμηλή ανακλαστικότητα προφυλάσσει από την ακτινοβολία της θερμότητας προς το τζάμι.

Τα πλεονεκτήματα του τοίχου Trombe είναι ότι:

- είναι απλός στο σχεδιασμό του
- έχει μικρό σχετικά κόστος, ώστε να προσαρμόζεται στην οικονομική κατάσταση του ενδιαφερομένου
- συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και μπορεί να εφαρμοστεί πολύ εύκολα στα ήδη υπάρχοντα κτίρια.

Ενώ μειονεκτήματα του θεωρούνται τα εξής:

- μπορεί να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης στον εσωτερικό χώρο κυρίως όταν η επιφάνεια είναι πολύ μεγάλη.
- είναι πιθανόν να δημιουργούνται θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο χώρο λόγω της κίνησης του αέρα από τις θυρίδες αερισμού.

• Τοίχος νερού

Μια μορφή τοίχου θερμικής αποθήκευσης είναι οι τοίχοι νερού, που είναι κατασκευασμένοι από πλαστικά ή μεταλλικά στεγανά δοχεία, σκούρου χρώματος που περιέχουν νερό, πίσω από μια γυάλινη επιφάνεια νοτίου προσανατολισμού. Η επιλογή του νερού βασίζεται στη μεγάλη θερμοχωρητική του ικανότητα, δηλαδή στη ικανότητα του να αποθηκεύει θερμότητα κατά τη θέρμανσή του και να θερμαίνεται ή να ψύχεται εύκολα σε σχέση με άλλα υλικά. Έτσι απαιτούνται μικρότερες επιφάνειες τοίχου, σε σχέση με άλλους τοίχους θερμικής αποθήκευσης που είναι κατασκευασμένοι από μπετόν, πέτρα, τούβλο, κ.λ.π. Η εσωτερική

επιφάνεια του τοίχου μπορεί να έρχεται κατευθείαν σε επαφή με ένα από τους χώρους του κτιρίου, ή να διαχωρίζεται από αυτούς, με ένα λεπτό τοίχο, ή με ένα στρώμα μόνωσης.

Μειονέκτημα τους είναι το γεγονός ότι η μάζα του νερού θερμαίνεται ομοιόμορφα και παρουσιάζεται έτσι η ίδια θερμοκρασία και στην εσωτερική και στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου, με αποτέλεσμα να απαιτείται οπωσδήποτε νυχτερινή θερμική μόνωση στην εξωτερική πλευρά, για να αποφευχθεί η ακτινοβολία θερμότητας προς τα έξω κατά τη διάρκεια της νύχτας. Επίσης υπάρχει ο κίνδυνος υπερθέρμανσης, όταν η επιφάνεια του είναι πολύ μεγάλη. Ένα ακόμη μειονέκτημα του είναι ότι δεν επιτρέπει τη διείσδυση του φωτός, τον αερισμό και την οπτική επικοινωνία με τον εξωτερικό χώρο. (Βραχόπουλος, 2004)



Εικόνα 2.13 : Τοίχος νερού, <http://builditsolar.com/Projects/SpaceHeating/AWaterWallIntro.pdf>

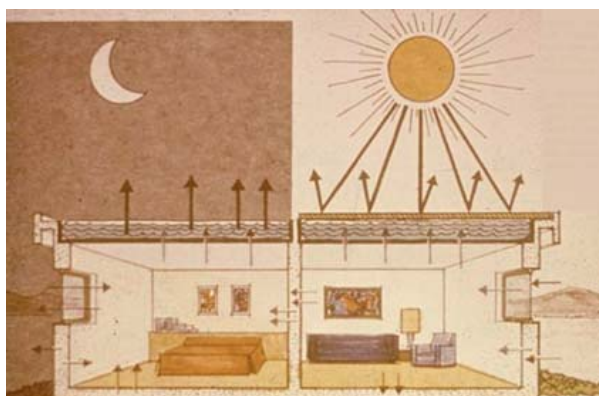
- **Θερμοσιφωνικό πανέλο**

Αποτελεί σύστημα παρόμοιας κατασκευής και λειτουργίας με τον τοίχο Trombe, χωρίς την ύπαρξη και λειτουργία της θερμικής μάζας. Η βασική διαφορά από τον τοίχο μάζας θερμοσιφωνικής ροής είναι ότι ο τοίχος του πανέλου απομονώνεται θερμικά από το διάκενο με χρήση θερμομόνωσης και η μεταφορά θερμότητας γίνεται μόνο με συναγωγή (μεταφορά) από τον αέρα του διακένου, ο οποίος μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω των θυρίδων ή αγωγών. Επιπλέον, το θερμοσιφωνικό πανέλο συνήθως φέρει στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου προς το διάκενο μεταλλική απορροφητική πλάκα για μεγαλύτερη απόδοση. Έτσι, κατά τη χειμερινή περίοδο, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο συλλέκτη (γυάλινη επιφάνεια) μετατρέπεται σε θερμική και μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω θυρίδων στο άνω τμήμα του πανέλου. Θυρίδες στο κατώτερο τμήμα επιτρέπουν την εισροή αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου στο διάκενο του θερμοσιφωνικού πανέλου. Κατά τη θερινή περίοδο, η λειτουργία του αντιστρέφεται. Ανοίγματα στο άνω τμήμα του υαλοστασίου επιτρέπουν την κίνηση του θερμού αέρα προς τον εξωτερικό χώρο με αποτέλεσμα το δροσισμό του κτιρίου. (www.cres.gr)

- **Οροφή νερού-Ηλιακή λίμνη**

Παραλλαγή του συστήματος θερμικής αποθήκευσης στη μάζα του νερού αποτελεί η οροφή νερού. Πρόκειται για πλαστικούς σκουρόχρωμους σάκους, που δεν διαπερνούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία, οι οποίοι περιέχουν νερό και τοποθετούνται στην οροφή του

κτιρίου. Η «ηλιακή λίμνη», έχει βάθος περίπου 5 εκατοστά και για καλύτερη απόδοση επιλέγεται εξαιρετικά αγωγίμο υλικό για το δώμα πάνω στο οποίο θα κατασκευασθεί. Το χειμώνα, κατά τη διάρκεια της ημέρας, το νερό απορροφάει και αποθηκεύει θερμότητα. Κατά τις νυχτερινές ώρες, η οροφή νερού καλύπτεται-προστατεύεται με εξωτερική μόνωση και η αποθηκευμένη θερμότητα ακτινοβολείται προς τον εσωτερικό χώρο. Το καλοκαίρι, την ημέρα, η οροφή νερού καλύπτεται με το μονωτικό κάλυμμα για να αποφευχθεί το ανεπιθύμητο ηλιακό κέρδος, ενώ κατά τις νυχτερινές ώρες, απορροφάει τη θερμότητα του εσωτερικού χώρου και την αποβάλλει είτε με ακτινοβολία προς τον ουρανό, είτε μέσω φυσικής συναγωγής με τον εξωτερικό αέρα, με την προϋπόθεση να έχει αφαιρεθεί η εξωτερική μόνωση. Το σύστημα αυτό είναι περισσότερο αποδοτικό σε περιοχές χαμηλής υγρασίας, με καλοκαιρινές νύχτες δίχως σύννεφα. Σε θερμά και ήπια κλίματα με χαμηλό ποσοστό κατακρημνίσεων, η κατασκευή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας ως ταβάνι του κτιρίου, επιτυγχάνοντας έτσι απευθείας θέρμανση ή ψύξη του χώρου. Επίσης μπορεί να ψύξει ένα κτίριο λόγω εξάτμισης του νερού. Σε ψυχρότερα κλίματα, όπου οι χιονοπτώσεις είναι συχνές, το σύστημα αποδίδει αν τοποθετηθεί στη σοφίτα, κάτω από την κεκλιμένη στέγη, σε συνδυασμό με υαλοστάσιο νοτίου προσανατολισμού, ώστε να υπάρχει μέγιστο ηλιακό κέρδος και επιπροσθέτως αν η οροφή βαφεί ή επενδυθεί με ανακλαστικά χρώματα και υλικά. Στα *πλεονεκτήματα* της ηλιακής λίμνης συγκαταλέγεται το γεγονός ότι όλα τα δωμάτια του χώρου κάτω από την οροφή νερού λαμβάνουν θερμότητα από ακτινοβολία, ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό τους. *Μειονεκτήματα* αυτού του συστήματος είναι το αυξημένο κόστος της κατασκευής, οι στατικές επιβαρύνσεις του κτιρίου, καθώς επίσης και η μειονεκτική διαστρωμάτωση του νερού κατά τη διάρκεια του χειμώνα. (www.cres.gr)



Εικόνα 2.14 : Ηλιακή λίμνη, <http://www.cres.gr>

2.3.5.2) Θερμοκήπιο

Στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική τα θερμοκήπια θεωρούνται από τα αποτελεσματικότερα συστήματα παθητικής ηλιακής θέρμανσης αφού συλλέγουν ηλιακή θερμότητα και προσφέρουν ηλιόλουστους χώρους διαμονής. Συνιστούν επίσης αρχιτεκτονικά στοιχεία που μπορούν να προσδώσουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. (Ανδρεαδάκη - Χρονάκη, 1985)

Το θερμοκήπιο βρίσκεται συνήθως στη νότια πλευρά του κτιρίου και αποτελεί συνδυασμό ενός παθητικού συστήματος με άμεσο ηλιακό κέρδος με τοίχο θερμικής αποθήκευσης, που μεταφέρει έμμεσα τη θερμότητα στον κατοικημένο χώρο. Το θερμοκήπιο την *ημέρα*, όταν υπάρχει ηλιοφάνεια, λειτουργεί ως διάφανη επιλεκτική επιφάνεια, αφήνοντας να περνά η ηλιακή ακτινοβολία. Η τελευταία μετατρέπεται σε θερμότητα και άμεσα θερμαίνει το χώρο, ενώ ένα μέρος της αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του χώρου και αποδίδεται έμμεσα. Η μεταφορά της θερμικής ενέργειας από τον ηλιακό χώρο προς το εσωτερικό του κτιρίου επιτυγχάνεται μέσω θυρίδων ή ανοιγμάτων του διαχωριστικού τοίχου. Ειδικές οπές σε μικρό

και μεγάλο ύψος στον τοίχο του κτιρίου επιτρέπουν την κυκλοφορία του αέρα με φυσική ροή. Για την αύξηση της απόδοσης αυτής της σχεδίασης είναι δυνατόν να μετατραπεί ο τοίχος σε τοίχο με υψηλή θερμική μάζα, κάτι που ίσως δεν είναι και ιδιαίτερα οικονομικό. Ο αέρας που βρίσκεται μεταξύ του τοίχου και της γυάλινης επιφάνειας θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και σαν ελαφρύτερος υψώνεται επιτρέποντας στον ψυχρό αέρα του κτιρίου να εξέλθει από τη χαμηλή οπή δημιουργώντας έτσι έναν κύκλο φυσική ροής. Οι οπές εισόδου και εξόδου αέρα θα πρέπει να μπορούν να κλείνουν κατά τις *νυχτερινές ώρες*, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλή ώστε να μην διαφεύγει θερμότητα στον εξωτερικό χώρο. (www.aenaon.net) Την ημέρα το θερμικό ισοζύγιο (θερμικά κέρδη μείον θερμικές απώλειες) του θερμοκηπίου παραμένει θετικό, ενώ τη νύχτα το θερμοκήπιο, αποβάλλει τη θερμότητα που έχει δεσμεύσει όλη τη μέρα με ακτινοβολία προς την ατμόσφαιρα και το ισοζύγιο μετατρέπεται σε αρνητικό.

Κατά τη διάρκεια του *χειμώνα* και ιδιαίτερα τις νύχτες, το θερμοκηπιακό σύστημα δέχεται μεγάλες πιέσεις από το εξωτερικό ψυχρό περιβάλλον για να μειώσει τη θερμοκρασία του αέρα του εσωτερικού του. Επίσης, υπάρχουν μεγάλες θερμικές απώλειες που οδηγούν στη ταχεία ψύξη του εσωτερικού αέρα. Το *καλοκαίρι* η θερμική συμπεριφορά του θερμοκηπίου αντιστρέφεται. Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στη διάρκεια της ημέρας είναι αυξημένη. Το εσωτερικό περιβάλλον του θερμοκηπίου περνά από συνθήκες υπερθέρμανσης σε μια νυχτερινή, ανεπαρκή ψύξη. Το θερμικό ισοζύγιο παραμένει όλο το 24ωρο θετικό και παρουσιάζεται η ανάγκη αερισμού για μεγαλύτερη ψύξη.

Η εφαρμογή του συστήματος του θερμοκηπίου στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, χωρίς καμία άλλη ρύθμιση και προστασία, οδηγεί σε επιβάρυνση των συνθηκών άνεσης στον εσωτερικό χώρο, δημιουργώντας μεγάλες θερμικές απώλειες και ψύξη, το χειμώνα, και συνθήκες υπερθέρμανσης το καλοκαίρι, ιδιαίτερα για κλίματα, όπως της χώρας μας, με μεγάλη ένταση ηλιακής και γήινης ακτινοβολίας. Ωστόσο αν εφαρμοστούν οι κατάλληλες ρυθμίσεις, θερμική προστασία το χειμώνα και ηλιοπροστασία το καλοκαίρι, τα μειονεκτήματα αυτά αμβλύνονται, ενώ διατηρούνται τα πλεονεκτήματα του θερμοκηπίου, που μπορεί ν' αποδειχθεί ένα αρχιτεκτονικό στοιχείο, πολύ χρήσιμο στο ρόλο του, ως «ενεργητικού χώρου ανάσχεσης» και «επιλεκτικού συλλέκτη» ηλιακής ενέργειας. Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση του προσαρτημένου στο κτίριο θερμοκηπίου είναι ο προσανατολισμός του, το μέγεθός του, η κλίση του υαλοστασίου και τα υλικά κατασκευής του και η σύνδεσή του με τα στοιχεία θερμικής αποθήκευσης του κτιρίου.

- **Προσανατολισμός του θερμοκηπίου**

Το θερμοκήπιο, που προσαρτάται στη νότια πλευρά του κτιρίου, σε σχήμα επίμηκες, κατά τον άξονα ανατολή – δύση, αποτελεί την καλύτερη και πιο αποδοτική μορφή για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα. Προϋπόθεση για την αποτελεσματική του λειτουργία είναι η άμεση σύνδεσή του με τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης, στη νότια πλευρά, που διαχωρίζει το εσωτερικό του κτιρίου με τον ηλιακό χώρο. Αν μάλιστα είναι δυνατό, το θερμοκήπιο να ενσωματώνεται στο κτίριο, έτσι ώστε να περικλείεται ανατολικά και δυτικά από τοίχους, τότε η αποτελεσματικότητά του είναι μεγαλύτερη, γιατί μειώνονται οι θερμικές απώλειες, ενώ μεταφέρεται θερμότητα μέσα από πλαϊνούς τοίχους στους παρακείμενους χώρους. Τα θερμοκήπια που προσαρτώνται στους άλλους προσανατολισμούς, κυρίως ανατολικά και δυτικά, έχουν κάποια θετική συνεισφορά εφόσον συνδέονται με δομικά στοιχεία μεγάλης θερμικής μάζας, όχι όμως σημαντική. Λειτουργούν κυρίως ως χώροι «ανάσχεσης» ή «εμπόδια» θερμικών απωλειών, ιδιαίτερα για το βόρειο προσανατολισμό, το καλοκαίρι όμως, δημιουργούν σοβαρά προβλήματα υπερθέρμανσης. (Λαζάρη, 2002)

- **Το μέγεθος του θερμοκηπίου**

Το μέγεθος του θερμοκηπίου εξαρτάται από το μέγεθος του εσωτερικού χώρου και επομένως των αναγκών για θέρμανση, πράγμα που εξαρτάται από το κλίμα του τόπου, τα δομικά στοιχεία και τη δυνατότητά τους για θερμική αποθήκευση. Για τον προσδιορισμό του μεγέθους του θερμοκηπίου σε σχέση με το μέγεθος της κατοικίας και το κλίμα της περιοχής έχουν προκύψει, ύστερα από μελέτες, εμπειρικοί κανόνες που μας βοηθάνε στην εγκατάσταση του σωστού μεγέθους με τη προϋπόθεση ότι η θερμοκρασία του χώρου θα κυμαίνεται ανάμεσα στους 18° - 21° C.

Μέγεθος θερμοκηπίου προσαρτημένου στη νότια πλευρά του κτιρίου, για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες		
Μέση εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα	Απαιτούμενη επιφάνεια υαλοστασίου στο θερμοκήπιο, ανά μονάδα επιφάνειας του κατοικήσιμου χώρου	
	Για τοίχο από βαριά υλικά	Για τοίχο νερού
Κλίμα ψυχρό		
-6.7	0.90 – 1.5	0.68 – 1.27
-3.9	0.78 – 1.3	0.57 – 1.05
-1.1	0.65 – 1.17	0.47 – 0.82
Κλίμα εύκρατο		
1.7	0.53 – 0.90	0.38 – 0.65
4.4	0.42 – 0.69	0.30 – 0.51
7.2	0.33 – 0.53	0.24 – 0.38

Πίνακας 2.4 : Μέγεθος θερμοκηπίου προσαρτημένου στη νότια πλευρά του κτιρίου, για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες (Ανδρεαδάκη – Χρονάκη, 1985)

- **Η κλίση του υαλοστασίου και τα υλικά κατασκευής του θερμοκηπίου**

Η απόδοση του θερμοκηπίου επηρεάζεται από τη κλίση του υαλοστασίου, καθώς προσδιορίζει τη ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και δεσμεύεται. Η καλύτερη κλίση είναι από 40° - 70° σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Για τα βορειότερα κλίματα, η κλίση μειώνεται σε 30° -40°, έτσι ώστε να συλλέγεται μεγαλύτερο μέρος της διάχυτης ακτινοβολίας. Τα υλικά κατασκευής του θερμοκηπίου πρέπει να είναι διαφανή, από γυαλί ή πλαστικό, προκειμένου να δεσμεύεται το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας. Τα στοιχεία στήριξης μπορούν να είναι κατασκευασμένα από ξύλο ή μέταλλο. (Ανδρεαδάκη – Χρονάκη, 1985)

- **Η σύνδεση του θερμοκηπίου με το κτίριο**

Είναι γεγονός ότι το προσαρτημένο στο κτίριο θερμοκήπιο λειτουργεί αποδοτικότερα, όταν συνδέεται με ένα σύστημα θερμικής αποθήκευσης. Τη καλύτερη λύση αποτελεί ο διαχωριστικός τοίχος ανάμεσα στο κτίριο και στο θερμοκήπιο, όταν είναι κατασκευασμένος από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας (μπετόν, τούβλο, νερό), με την εξωτερική του επιφάνεια βαμμένη σε σκούρο χρώμα. Τα θερμοκήπια πλεονεκτούν τόσο επειδή η προσάρτησή τους σε ένα κτίριο συνήθως έχει μορφολογικά θετικό αποτέλεσμα, όσο και επειδή ο εσωτερικός τους χώρος θεωρείται ευχάριστος στη χρήση του. Με βάση τη διαπίστωση αυτή, το σύστημα μπορεί να εφαρμοστεί πρακτικά σε κτίριο οποιασδήποτε λειτουργίας, μονώροφο ή πολυώροφο. (Ζαχαρόπουλος, 2001)

Συμπερασματικά,

- ο προσανατολισμός του κτιρίου να είναι προς το νότο αν αυτό είναι δυνατό.
- ενσωματώνουμε στο κτίριο το κατάλληλο ποσοστό θερμικής μάζας.
- αυξάνουμε τα ύψη δαπέδου - οροφής σε βαριά κτίρια, καθώς όσο περισσότερο ύψος δώσουμε, τόσο περισσότερο φως θα μπει.
- χρησιμοποιούμε υαλόφραξη για να έχουμε κέρδος από τον ήλιο και το φυσικό φως, αλλά ελέγχουμε το εξωτερικό περίβλημα του κτιρίου για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση.
- προβαίνουμε σε καλή μόνωση των χώρων για να μειώσουμε την απώλεια θερμότητας.
- χρησιμοποιούμε τα παντζούρια και τις κουρτίνες για να μειώσουμε την απώλεια θερμότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- προσέχουμε ώστε τα παράθυρα να είναι κατάλληλα για το βαθμό έκθεσης που τα θέλουμε και κατάλληλα ενισχυμένα ώστε να μειώνουν τις απώλειες. (Κοσμάπουλος, 2004)

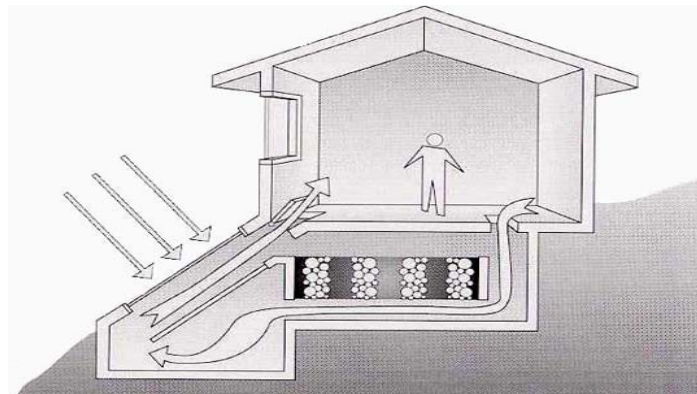
2.3.5.3) Ηλιακό αίθριο

Πρόκειται για αιθριακούς χώρους του κτιρίου οι οποίοι επικαλύπτονται με υαλοστάσια και η θερμική τους λειτουργία είναι παρόμοια με αυτή των θερμοκηπίων. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από το γυάλινο στοιχείο της οροφής και συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο του αίθριου. Ένα μέρος της μεταφέρεται στους περιβάλλοντες εσωτερικούς χώρους του κτιρίου μέσω ανοιγμάτων, ενώ η υπόλοιπη θερμική ενέργεια αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Κατά τη χειμερινή περίοδο το ηλιακό αίθριο λειτουργεί και ως χώρος θερμικής ανάσχεσης. Κατά τη θερινή περίοδο όμως, για την αποφυγή υπερθέρμανσης, απαιτείται αερισμός του αίθριου μέσω ανοιγμάτων στη γυάλινη οροφή καθώς και πλήρης σκιασμός. Τα αίθρια στο εσωτερικό των κτιριακών συγκροτημάτων συμβάλλουν στην εξοικονόμηση της ενέργειας από τις παρακείμενες κατοικίες, μειώνοντας τις θερμικές τους απώλειες και αυξάνοντας τα ηλιακά κέρδη. Επίσης, συνεισφέρουν στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, ιδιαίτερα σε κτίρια μεγάλης επιφάνειας, καθώς παρέχουν διάχυτο φως - από τις επάλληλες ανακλάσεις στο εσωτερικό τους - συντελώντας στην ομοιόμορφη κατανομή του. (www.cres.gr)



Εικόνα 2.15 : Θερμοκήπιο – Ηλιακό Αίθριο, <http://erg.ucd.ie>

2.3.6) Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους



Εικόνα 2.16 : Σύστημα απομονωμένου ηλιακού κέρδους, <http://www.cres.gr>

Στα συστήματα απομονωμένου κέρδους η επιφάνεια συλλογής της ηλιακής ενέργειας δεν βρίσκεται σε επαφή με τον χώρο που επιθυμούμε να θερμάνουμε. Το συγκεκριμένο σύστημα κάνει χρήση του φαινομένου του θερμοσιφωνισμού για να θερμάνει νερό ή αέρα και να μεταφέρει τη θερμότητα σε περιοχές του κτιρίου που απέχουν από τη θέση συλλογής της ηλιακής ενέργειας. (www.ecoarchitects.gr)

Ένας ελαφρύς, επίπεδος συλλέκτης αέρα ή νερού τοποθετείται συνήθως με κλίση σε θέση που εξασφαλίζει πλήρη ηλιασμό και βρίσκεται κάτω από το επίπεδο της αποθήκης θερμότητας. Μεταξύ αυτής της επιφάνειας και του χώρου προς θέρμανση υπάρχει ένας μηχανισμός μετάδοσης της θερμότητας όπως για παράδειγμα ένας ανεμιστήρας. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από τη μαύρη μεταλλική επιφάνεια του συλλέκτη, θερμαίνεται ο εσώκλειστος αέρας και ανεβαίνει για να διοχετευτεί, μέσω αεραγωγών, στο εσωτερικό του

κτιρίου. Ο θερμός αέρας φορτίζει επίσης τη θερμική αποθήκη του χώρου, αφού στη διαδρομή του οδηγείται ανάμεσα από στρώμα χαλικιών που τοποθετούνται κάτω από το δάπεδο. Ο ψυχρότερος αέρας έλκεται προς το συλλέκτη, θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και έτσι δημιουργείται ένα φυσικό κύκλωμα μεταφοράς θερμότητας.

Το καλοκαίρι, μπορεί να διακοπεί η λειτουργία του συλλέκτη με τον πλήρη εξωτερικό σκιασμό του ή με την άμεση απόρριψη του θερμού αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον, αφού το σύστημα δίνει τη τεχνική δυνατότητα αποτελεσματικού ελέγχου του ρεύματος θερμού αέρα. (Ζαχαρόπουλος, 2001)

2.4) Συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού

Στην κατηγορία αυτή, ανήκουν συστήματα και τεχνικές που σκοπό έχουν να μειώσουν τα θερμικά φορτία που δέχεται ένα κτίριο κατά την περίοδο του θέρους. Για το χειμώνα, η λειτουργία του κτιρίου ως φυσικού ηλιακού συλλέκτη, ως αποθήκη θερμότητας και ως παγίδα θερμότητας εξασφαλίζει μια σημαντικά αυξημένη εξοικονόμηση ενέργειας, χωρίς αυτό να σημαίνει υποχωρήσεις σε θερμικό επίπεδο, σε σχέση με τα όρια της άνεσης. Το καλοκαίρι οι κλιματικές συνθήκες αντιστρέφονται. Οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλές, το κτίριο απορροφά θερμότητα, πολύ περισσότερη μάλιστα, όταν είναι άμεσα εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία, με κίνδυνο να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης στο εσωτερικό του κτιρίου, που ξεπερνούν τα όρια της θερμικής άνεσης. Οι ακτίνες του ήλιου, η διείσδυση του θερμού εξωτερικού αέρα στο κτίριο και τα εσωτερικά κέρδη από τις δραστηριότητες των ενοίκων και τις συσκευές μπορεί να οδηγήσει σε μη αποδεκτές καταστάσεις. Γι' αυτό το κτίριο πρέπει να «συμπεριφέρεται» ως «φυσικός συλλέκτης» δροσισμού και ψύξης. Για να επιτευχθεί μια άνετη εσωτερική θερμοκρασία, πρέπει να ληφθούν μια σειρά από μέτρα όπως :

- *Ηλιοπροστασία* με κατάλληλο σκιασμό, ώστε να προλαμβάνονται οι ακτίνες του ήλιου από τη διείσδυση τους στον εσωτερικό χώρο και φύτευση βλάστησης στο περιβάλλοντα χώρο και στα δώματα.
- *Φυσικός Αερισμός*, προκειμένου να αποβάλλεται ο ανεπιθύμητος θερμός αέρας και να αντικαθίσταται από καθαρό εξωτερικό.
- *Φυσική ψύξη* και *δροσισμός*, για να μεταφέρεται η περίσσεια θερμότητας από το κτίριο προς το περιβάλλον.

2.4.1) Ηλιοπροστασία – Σκιασμός

Ο πιο εύκολος, οικονομικός και αποτελεσματικός τρόπος να παραμένει ένα κτίριο δροσερό είναι ο σκιασμός των ανοιγμάτων, των τοίχων και της οροφής. Και αυτό γιατί οι περισσότερες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για παθητική θέρμανση το χειμώνα, λειτουργούν και ως φυσικοί συλλέκτες δροσισμού. Ο βαθμός και ο τύπος της αναγκαίας σκίασης εξαρτάται από τη θέση του ήλιου και από την τοποθεσία και τη γεωμετρία του τμήματος του κτιρίου που πρέπει να σκιάζεται όπως φαίνεται και στον πίνακα 2.5. Για παράδειγμα, το καλοκαίρι όταν ο ήλιος πέφτει στη νότια πλευρά του κτίσματος, τα νότια ανοίγματα είναι εύκολο να προστατεύουν από τη μεγάλη εισροή ηλιακής ακτινοβολίας αφού

η θέση του ήλιου είναι πολύ ψηλά στον ουρανό. Η σκίαση των δυτικών και ανατολικών παραθύρων όμως, αντιμετωπίζει πρόβλημα αφού ο ήλιος είναι χαμηλά και δέχονται περισσότερη ακτινοβολία. Τα συστήματα σκίασης χωρίζονται σε *σταθερά* και *κινητά*, εφαρμόζονται σε *εσωτερικά*, *εξωτερικά*, ή μεταξύ των δύο τζαμιών στα πανό με διπλά τζάμια. Στη σκίαση συμβάλλει και η βλάστηση. (www.energybooks.com)

Η σκίαση είναι περισσότερη αποδοτική όταν είναι εξωτερική, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι η ηλιακή ακτινοβολία εμποδίζεται να εισέλθει και να εγκλωβιστεί μέσω των υαλοπινάκων στους χώρους και μπορεί να μειώσει κατά 80-90% τα ηλιακά κέρδη. Παράλληλα, η χρήση κινητών σκιάστρων παρέχει τη δυνατότητα να επιτυγχάνεται σκίαση των ανοιγμάτων όταν είναι αυτό απαραίτητο, ανεξάρτητα από την εποχή του έτους. Συνεπώς, ο πιο αποτελεσματικός τρόπος σκίασμού, είναι η χρήση εξωτερικών σκιάστρων με κινητές περσίδες, που όμως είναι ιδιαίτερα ακριβά. Για το λόγο αυτό προτιμάται σταθερή εξωτερική σκίαση που συνδυάζεται με εσωτερικά στόρια που λειτουργούν συμπληρωματικά.

Προσανατολισμός	Προτεινόμενος τρόπος σκίασης
Νότιος	Σταθερά ή ρυθμιζόμενα σκιάστρα τοποθετημένα οριζόντια πάνω από ένα παράθυρο
Ανατολικός & Δυτικός	Ρυθμιζόμενα κατακόρυφα πετάσματα εξωτερικά των παραθύρων
Νοτιοανατολικός & Νοτιοδυτικός	Ρυθμιζόμενη σκίαση
Βορειοανατολικός & Βορειοδυτικός	Φύτευση βλάστησης

Πίνακας 2.5 : Προτεινόμενος τύπος σκίασης ανάλογα με τον προσανατολισμό, <http://www.yourhome.gov.au/technical/pubs/fs44.pdf>

2.4.1.1) Σταθερά Σκιάστρα

Στα σταθερά συστήματα σκίασης περιλαμβάνονται δομικά στοιχεία όπως τα μπαλκόνια, και οι πτέρυγες που εκτείνονται ή τα γεισώματα, αλλά και οι μη δομικές κατασκευές, όπως οι τέντες, τα ρολά τα πατζούρια και τα παραπετάσματα. Αυτά τα συστήματα σκίασης χρησιμοποιούνται στις εξωτερικές όψεις συνήθως, εμποδίζοντας την άμεση ακτινοβολία να φτάσει τα υαλοστάσια και τα υπόλοιπα ανοίγματα και όπου η θερμότητα που απορροφά το σύστημα μπορεί να διαχυθεί στον εξωτερικό αέρα, διότι αν εγκατασταθούν εσωτερικά, η θερμότητα εγκλωβίζεται μεταξύ του υαλοστασίου και του συστήματος σκίασης μειώνοντας την αποδοτικότητα του συστήματος στο 30%. Η αποτελεσματικότητα των εσωτερικών περσίδων και των κουρτινών βασίζεται στο ποσό ενέργειας που ανακλάται πίσω προς το υαλοστάσιο και το ποσό αυτής που μεταφέρεται προς τα έξω, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αποφυγή χρησιμοποίησης τζαμιών απορροφητικών και χαμηλής εκπομπής σε συνδυασμό με εσωτερικά στόρια. Τα σταθερά σκιάστρα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- *Οριζόντια εξωτερικά σταθερά σκιάστρα*, που συνιστώνται για νότιο προσανατολισμό. Μπορεί να έχουν τη μορφή προβόλου ή ανακλαστικών ραφιών ή

περσίδων. Για γεωγραφικό πλάτος 40° οι αναλογίες τους πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να σχηματίζεται ανάμεσα στο εξωτερικό σκίαστρο και στο κατώφλι του ανοίγματος γωνία ύψους 55° , ενώ για γεωγραφικό πλάτος 36° συνίσταται γωνία 60° . Για την Αθήνα, οπότε, καλές αναλογίες προβόλου είναι αυτές για τις οποίες η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της εξωτερικής πλευράς του σκιάστρου και του κατωφλιού του ανοίγματος είναι $55-60^\circ$.

- *Κατακόρυφα εξωτερικά σκίαστρα*, κατάλληλα για ανατολικά και δυτικό προσανατολισμό. Μπορεί να είναι είτε κάθετα, ή κεκλιμένα ως προς το επίπεδο της κάτοψης του ανοίγματος. Για τη χώρα μας, το μήκος προεξοχής καθορίζεται από τη γωνία των 35° . (Λαζάρη, 2002)

2.4.1.2) Κινητά Σκίαστρα

Επειδή οι κλιματικές εποχές δε συμφωνούν με τις ηλιακές εποχές, στις περιοχές με μεγάλο διάστημα ηλιοφάνειας είναι προτιμότερο να εφαρμόζεται κινητή προστασία η οποία μπορεί να ρυθμιστεί εύκολα. Σκίαστρα, στόρια, ενετικά στόρια, τέντες και κουρτίνες, αποτελούν ρυθμιζόμενους μηχανισμούς σκίασης. Διακρίνονται σε:

- *Εξωτερικά κινητά σκίαστρα*, που είναι εν γένει μεταλλικές περσίδες, οριζόντιες για νότιο προσανατολισμό και κατακόρυφες για δυτικό/ ανατολικό. Στην κατηγορία αυτή είναι και οι κοινές τέντες.
- *Εσωτερικά κινητά σκίαστρα*, συνιστώνται για νότιους, ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς. Προτεινόμενα είναι τα ενετικά στόρια, κατά προτίμηση κινούμενα πάνω σε οδηγούς, για εξασφάλιση καλής λειτουργίας και μεγαλύτερου χρόνου ζωής.

Τα κινητά σκίαστρα, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και το χειμώνα αυξάνοντας τη θερμομόνωση. Ο έλεγχος τους μπορεί να είναι χειροκίνητος ή μηχανοκίνητος. Οι τέντες μπορούν να περιορίσουν το θερμικό κέρδος μέχρι 65% , στις νότιες όψεις, ενώ για ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς το ποσοστό αγγίζει το 80% . (Βραχόπουλος, 2004) Η αποδοτικότητα τους εξαρτάται από τα υλικά, την ηλικία και τη φθορά από τις καιρικές συνθήκες. Τα ενετικά στόρια επιτυγχάνουν ταυτόχρονα αερισμό και σκίαση και είναι πιο αποτελεσματικά όταν είναι τοποθετημένα εξωτερικά. Η αποτελεσματικότητα της σκίασης που εξασφαλίζουν εκφράζεται με ένα συντελεστή σκίασης που είναι ο λόγος της ηλιακής ενέργειας που διέρχεται από το προστατευτικό άνοιγμα σε σχέση με την ενέργεια που θα περνούσε αν το άνοιγμα δεν ήταν προστατευμένο.

Ένας άλλος τρόπος σκίασης είναι με ειδικά διάτρητα ρολά. Πρόκειται για διάτρητα ηλιοπροστατευτικά ρολά, τα οποία τοποθετούνται εσωτερικά ή εξωτερικά, κατάλληλα για όλους τους προσανατολισμούς, που μπορούν να μειώσουν την εισερχόμενη ακτινοβολία έως και $70 - 80\%$. Το ύφασμα τους αποτελείται από ίνες γυαλιού, πλαστικού ή αλουμινίου, σε αραιή λεπτή ύφανση. Συμβάλλουν επίσης στη μείωση της θάμβωσης, ενώ επιτρέπουν μερική θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον. (Τσίπηρας, 2005)

2.4.1.3) Σκίαση από δέντρα

Τα φυλλοβόλα δέντρα, το χειμώνα, όταν τα κλαδιά είναι γυμνά, επιτρέπουν την ακτινοβολία του ήλιου να διέλθει από τα υαλοστάσια, ενώ το καλοκαίρι την εμποδίζουν, όπως είναι επιθυμητό. Είναι καλό να επιλέγονται δέντρα με πυκνό φύλλωμα και λίγα κλαδιά, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή σκίαση το καλοκαίρι και η ελάχιστη το χειμώνα. Αειθαλή δέντρα συνιστώνται για αρκετά υγρά και ορισμένες φορές για ζεστά κλίματα. Αξιοσημείωτο είναι ότι ένα γυμνό δέντρο παρεμποδίζει τις ακτίνες του ήλιου περίπου κατά 20% - 40%. Σε θερμές περιοχές, ένα σπίτι που η σκεπή του σκιάζεται μπορεί να είναι κατά 6°C - 12°C πιο δροσερό από ένα ασκίαστο. Αρκετά καλαίσθητη είναι επίσης η λύση της πέργκολας, προσκείμενης σε μια πλευρά του κτιρίου. Αποτελέσματα από έρευνες στις ΗΠΑ δείχνουν ότι με την φύτευση ενός δέντρου ανά σπίτι, η εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη κυμαίνεται μεταξύ 12% - 24%. Επιπροσθέτως, η τοποθέτηση τριών δέντρων σε κάθε σπίτι μπορεί να μειώσει το ψυκτικό φορτίο από 17% έως 57%. Ο σκιασμός από δέντρα μόνο, συμβάλλει κατά 10% - 35% στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη. (Τσίτηρας, 2005)

2.4.1.4) Ειδικά κρύσταλλα

Στα παράθυρα που δεν είναι δυνατόν να σκιαστούν, τα ειδικά τζάμια μπορεί να φανούν χρήσιμα, αφού εμποδίζουν τα ανεπιθύμητα ηλιακά κέρδη ενώ επιτρέπουν τη θέα και το φως. Διακρίνονται σε :

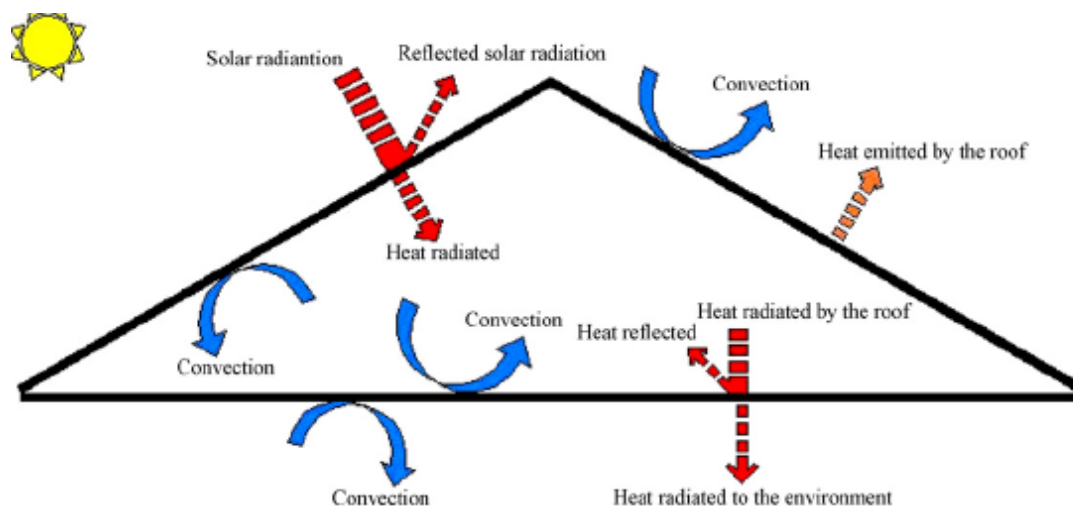
- *Ανακλαστικούς υαλοπίνακες* : Ανακλούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών, αλλά μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο και στα γύρω κτίρια.
- *Έγχρωμους υαλοπίνακες* : Με τη βοήθεια χημικής επεξεργασίας παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα, αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα και προτείνονται για την ελαχιστοποίηση των ηλιακών κερδών ενός χώρου.
- *Απορροφητικούς υαλοπίνακες* : Απορροφούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας (περιορίζουν τη θερμοπερατότητα χωρίς να μειώνουν σημαντικά τη φωτοδιαπερατότητα) και αυξάνουν μετά την απορρόφηση, την επανεκπομπή προς το εξωτερικό. Έχουν το πλεονέκτημα, σε σχέση με τους ανακλαστικούς, ότι δεν δημιουργούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου.
- *Ηλεκτροχρωμικούς* : Είναι υαλοπίνακες, των οποίων οι ιδιότητες (οπτικά χαρακτηριστικά, διαπερατότητα) μεταβάλλονται με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος.
- *Φωτοχρωμικούς* : Είναι υαλοπίνακες των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με το ποσό της προσπίπτουσας σε αυτούς ηλιακής ακτινοβολίας. Η φωτοδιαπερατότητά τους μειώνεται με την αύξηση της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας.
- *Θερμοχρωμικούς* : Είναι υαλοπίνακες των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μεταβάλλονται από διαφανείς σε γαλακτόχρωμοι.

- *Γαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων* : Με την εφαρμογή τάσης μετατρέπονται από γαλακτόχρωμοι σε διαφανείς.

Γαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (low-e) : Οι υαλοπίνακες αυτοί είναι σχεδόν αδιαπέρατοι από την υπέρυθη ακτινοβολία (θερμική ακτινοβολία προερχόμενη κυρίως από γειτονικά κτίρια). Όπως είναι γνωστό λιγότερη από τη μισή ακτινοβολία του ήλιου είναι ορατή. Ακτινοβολία μεγαλύτερου μήκους κύματος από την ορατή είναι η υπέρυθη ακτινοβολία, η οποία γίνεται αισθητή ως θερμότητα, ενώ ακτινοβολία μικρότερου μήκους κύματος είναι η υπεριώδης. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε ένα παράθυρο, ορατό φως, θερμότητα και υπεριώδης ακτινοβολία αντανακλώνεται, απορροφώνται, ή εκπέμπονται στο εσωτερικό του κτιρίου. Με την τοποθέτηση κρυστάλλων χαμηλής εκπομπής, σε θερμά κλίματα, αντανακλάται η θερμή ακτινοβολία μεγάλου κύματος, αλλά επιτρέπεται η διέλευση της ορατής ακτινοβολίας. Συνεπώς, τα κρύσταλλα αυτά λειτουργούν αποδοτικότερα, όταν σε θερμά κλίματα τοποθετηθούν στην εξωτερική επιφάνεια ενός παραθύρου. (www.cres.gr)

2.4.1.5) Φράγμα ακτινοβολίας

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε μια στέγη, μέρος της απορροφάται και θερμαίνει τα δομικά στοιχεία της στέγης, ένα άλλο μέρος της ακτινοβολείται προς το εξωτερικό περιβάλλον και ένα άλλο μέρος της μεταφέρεται ως θερμότητα, με συναγωγή και ακτινοβολία προς τον εσωτερικό χώρο. Οι θερμικές συναλλαγές με τη στέγη, φαίνονται στην εικόνα 2.17 που ακολουθεί.



Εικόνα 2.17 : Μετάδοση θερμότητας προς τη στέγη κτιρίου ,(Caren Michels, Roberto Lamberts, Saulo Gueths, 2007)

Το φράγμα ακτινοβολίας τοποθετείται στα κτίρια, στη στέγη, προκειμένου να μειώσει τα θερμικά κέρδη το καλοκαίρι, περιορίζοντας έτσι τις ανάγκες σε ψυκτικά φορτία. Πρόκειται για λεπτά φύλλα που κατασκευάζονται από υψηλά ανακλαστικά υλικά, συνήθως από αλουμίνιο στη μία ή και στις δύο πλευρές τους. Τα φύλλα αυτά πέρα από μεγάλη ανακλαστικότητα, έχουν και υψηλό συντελεστή εκπομπής, με αποτέλεσμα να διαπερνώνται από ελάχιστα μόνον ποσοστά ακτινοβολίας (ο συντελεστής εκπομπής δείχνει την ικανότητα

ενός υλικού να εκπέμπει την ακτινοβολία που έχει απορροφήσει). Λειτουργεί αποδοτικότερα όταν τοποθετείται έτσι ώστε να «βλέπει» το εξωτερικό περιβάλλον. Ωστόσο, μπορεί να τοποθετηθεί και κάτω από τη στέγη, στη σοφίτα, στο διάκενο δηλαδή, που υπάρχει αέρας μεταξύ της στέγης και του ταβανιού του τελευταίου ορόφου, ή κατευθείαν κάτω από τη στέγη). Λόγω της ανακλαστικότητας του, μπορεί να ανακλάσει προς τη στέγη, μεγάλο ποσό της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από αυτήν προς τα κάτω, ενώ η χαμηλή εκπομπή της κάτω πλευράς του, που έρχεται σε επαφή με το ταβάνι του κάτω ορόφου, εμποδίζει τη ροή θερμότητας προς τα δωμάτια.

Ένα από τα πλεονεκτήματα του είναι ότι μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε κτίριο, βιομηχανικής, εμπορικής, ή οικιστικής χρήσης. Στις κατοικίες μπορεί να τοποθετηθεί στις στέγες, ακολουθώντας την κλίση τους ή οριζόντια στα δώματα. Σύμφωνα με έρευνες, τα φύλλα που τοποθετούνται οριζόντια έχουν 5% καλύτερη απόδοση από αυτά που τοποθετούνται κάτω από κεκλιμένες στέγες. Το σύστημα παρέχει θερμική προστασία κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, διότι η θερμική ακτινοβολία που απορροφάται από τη στέγη δεν εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο, αλλά το μεγαλύτερο τμήμα της ανακλάται μακριά από τον κατειλημμένο χώρο του κτιρίου. Τα φράγματα ακτινοβολίας συνιστώνται κυρίως για τμήματα των ελαφρών κτιρίων σε θερμά και υγρά κλίματα, όπου είναι δύσκολο να παρασχεθεί προστασία από τη θερμότητα. Αποδίδουν ιδιαίτερα σε χώρους όπου έχω ροή θερμότητας προς τα κάτω, όπως σε μια σοφίτα κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Εάν στη σοφίτα τοποθετηθεί απλό ανακλαστικό φύλλο, μπορούμε να πετύχουμε μεγάλη μείωση της μετάδοσης θερμότητας. Χρειάζεται πάντα η συνδυασμένη χρήση και μόνωσης, διότι το χειμώνα η ροή θερμότητας αντιστρέφεται και υπάρχει περίπτωση συμπύκνωσης. Για το λόγο αυτό, εξελιγμένα φράγματα ακτινοβολίας επιτρέπουν τους υδρατμούς του νερού να τα διαπερνούν. Διαφορετικά, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οι υδρατμοί που έρχονται από τον κάτω όροφο, είναι δυνατόν να συμπυκνωθούν ή ακόμα και να παγώσουν στην κάτω επιφάνεια του φράγματος που βρίσκονται στο «πάτωμα» της σοφίτας. (<http://www.fsec.ucf.edu/en/publications/html/FSEC-EN-15/index.htm> / Caren Michels, Roberto Lamberts, Saulo Gueths, 2007)

2.4.1.6) Βλάστηση-Φυτεμένα δώματα

Σε κάθε τοποθεσία, ο άνθρωπος μπορεί να παρέμβει προκειμένου να τροποποιήσει το περιβάλλον γύρω από τα κτίρια, δημιουργώντας συνθήκες που συνιστούν το μικροκλίμα, όπως ονομάζεται το κλίμα, μια μικρής σχετικά επιφάνειας. Ο ρόλος της βλάστησης σε ένα δομημένο περιβάλλον είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Τα φυτά σκιάζουν το κτίριο και έτσι παρέχουν πολύτιμη ηλιοπροστασία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, μειώνοντας τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα. Επίσης, μέσω των βασικών λειτουργιών των φυτών για φωτοσύνθεση, διαπνοή και εξάτμιση, παρέχεται σημαντικός δροσισμός. Η αποβολή νερού από τα φύλλα με τη μορφή υδρατμών γίνεται με τη βοήθεια θερμότητας που αντλείται από τον αέρα περιβάλλοντος με αποτέλεσμα την τοπική μείωση της θερμοκρασίας. Χαρακτηριστικό είναι ότι ένα μεσαίου μεγέθους δέντρο, στη διάρκεια μιας καλοκαιρινής μέρας, εξατμίζει περίπου 1.460 kg νερού και ο δροσισμός που πετυχαίνεται είναι πολύ σημαντικός. Συνεπώς, ο αέρας κοντά στο έδαφος σε δεντροφυτεμένες περιοχές είναι πιο δροσερός από άλλες δομημένες περιοχές. Πειραματικές μετρήσεις έχουν δείξει ότι η διαφορά θερμοκρασίας δεντροφυτεμένων περιοχών και δομημένων αντίστοιχα, μπορεί να φτάσει μέχρι και 5 °C. (www.cres.gr)

Ιδιαίτερα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, όπου εμφανίζεται το φαινόμενο της θερμικής νησίδας, η βλάστηση είναι αναγκαία. Σύμφωνα με το φαινόμενο αυτό, η θερμοκρασία του αέρα είναι ιδιαίτερα υψηλή στις πόλεις λόγω του μικροκλίματος που δημιουργείται από το

υπερδομημένο περιβάλλον και τις ανθρώπινες επεμβάσεις. Οι αστικές περιοχές με χαμηλή ποιότητα κλίματος, που είναι περιοχές που χαρακτηρίζονται από υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι, μεγάλο πληθυσμό, κυκλοφοριακό πρόβλημα, αυξημένο δομημένο περιβάλλον και μειωμένους πράσινους χώρους, χρησιμοποιούν περισσότερο ποσό ενέργειας για κλιματισμό από τις μη αστικές περιοχές. Η πόλη της Αθήνας χαρακτηρίζεται από έντονο φαινόμενο *θερμικής νησίδας*, λόγω της αυξημένης βιομηχανικής δραστηριότητας και της αστικοποίησης των τελευταίων χρόνων. Το φαινόμενο εμφανίζεται τόσο το καλοκαίρι, όσο και το χειμώνα, με μέση ημερήσια ένταση που κυμαίνεται μεταξύ 6-12 °C για τις κεντρικές ζώνες. Οι φυτεμένες στέγες και η φύτευση βλάστησης μπορούν να επιδράσουν θετικά στο κλίμα της πόλης και στο εσωτερικό κλίμα των κτιρίων, προστατεύοντας τα από την ηλιακή ακτινοβολία και μειώνοντας το φαινόμενο της θερμικής νησίδας. (*Τσιπής, 2005*)

- **Φυτεμένο δώμα**

Είναι ένα πολύπλοκο θερμικό σύστημα που έχει σημαντικές θερμομονωτικές ιδιότητες για το καλοκαίρι, αλλά και για το χειμώνα. Τη θερινή περίοδο, έχει την ιδιότητα να ανακλάει 20-30% της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο δώμα και απορροφάει το υπόλοιπο τμήμα της στην επιφάνεια των φύλλων. Επίσης το χώμα, λόγω της θερμοχωρητικότητας του, επιβραδύνει τη ροή θερμότητας προς το εσωτερικό του κτιρίου. Το φυτεμένο δώμα αποτελεί, άρα, μέσο θερμικής μόνωσης του κτιρίου, λόγω των υλικών που το αποτελούν (χώμα ικανού πάχους και αέρας που εγκλωβίζεται μεταξύ των φυλλωμάτων των φυτών). Γενικότερα, η φύτευση βλάστησης στο δώμα, πέρα από τη μείωση των καλοκαιρινών θερμικών φορτίων, συμβάλλοντας έτσι στην εξοικονόμηση ενέργειας, βελτιώνει την ποιότητα της ατμόσφαιρας, καθαρίζοντας των αέρα από ρύπους και παρέχοντας οξυγόνο, αλλάζει το μικροκλίμα της περιοχής, μειώνει την ηχορύπανση, τη σκόνη και το νέφος. Επιπροσθέτως, προστατεύει τα υποκείμενα μονωτικά υλικά από φθορές που θα προκαλούσε η έκθεσή τους στον ήλιο, στην υπεριώδη ακτινοβολία και στις μεγάλες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας. Επίσης, τα φυτεμένα δώματα συμβάλλουν και στη συγκράτηση των νερών της βροχής. (*Τσιπής, 2005*)

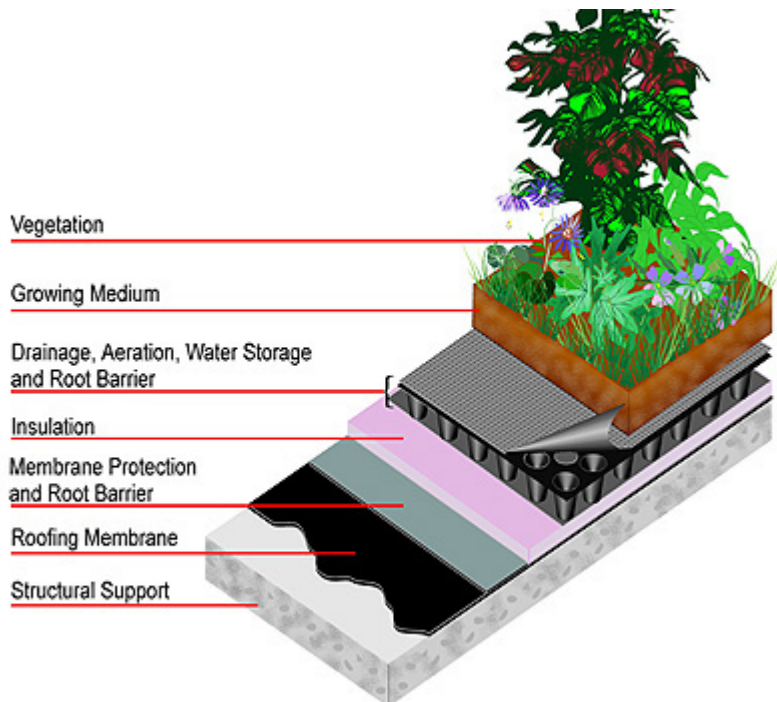
Φύτευση μπορεί να γίνει πάνω σε δώματα και κεκλιμένες στέγες από μπετόν ή και πάνω σε ξύλινες κεκλιμένες στέγες, ακόμη και όταν οι κλίσεις είναι μεγάλες, διότι το ριζικό σύστημα των φυτών λειτουργεί ως σπλισμός στη μάζα του χώματος και το συγκρατεί αποτελεσματικά ακόμη και σε περιπτώσεις μεγάλης κακοκαιρίας. Οι φυτεμένες στέγες χωρίζονται σε τρεις βασικούς τύπους:

- *Εκτατικός Τύπος*: Το σύστημα αποτελείται από πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση υλικών με ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών ύψους έως 20 εκατοστών. Το φορτίο του συστήματος είναι μικρό (περίπου 120 kg/m² –κορεσμένο-) και το ριζικό σύστημα των φυτών επιφανειακό. Επιλέγονται φυτά ανθεκτικά στην ξηρασία, ώστε να μην απαιτείται πολύ συχνός ποτισμός, αλλά και φυτά ανθεκτικά στον άνεμο και στο ψύχος. Το sedum, είναι για παράδειγμα, φυτό που αντέχει 60-80 μέρες χωρίς πότισμα. Εκτατικός τύπος φυτεμένου δώματος μπορεί να εφαρμοσθεί σε κλίσεις μέχρι και 33%.
- *Ημιεντατικός Τύπος*: Είναι το σύστημα που αποτελείται από υπόστρωμα ύψους μέχρι 25 εκατοστών και περιλαμβάνει φυτική κάλυψη με χλοοτάπητα, θάμνοι, ή φυτά εδαφοκάλυψης. Το φορτίο κυμαίνεται στα 100-270 kg/m² και σχέση με τον προηγούμενο τύπο, συγκρατεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού.
- *Εντατικός Τύπος*: Πρόκειται για φύτευση με θάμνους, ποικιλία φυτών, ακόμη και δέντρα, πράγμα που σημαίνει ότι το φορτίο είναι μεγαλύτερο των 300 kg/m². Ο τύπος αυτός φυτεμένης στέγης απαιτεί τακτική συντήρηση και παρουσιάζει την μορφή ολοκληρωμένου κήπου.



Εικόνα 2.18: Εκτατικός τύπος, Ημιεντατικός τύπος, Εντατικός τύπος, <http://www.conferences.gr>

Η διαστρωμάτωση της πράσινης στέγης περιλαμβάνει μια μεμβράνη ελέγχου ανάπτυξης του ριζικού συστήματος, υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας, στρώμα αποστράγγισης που συγκρατεί την απαραίτητη ποσότητα νερού και απομακρύνει την πλεονάζουσα, ένα διηθητικό φύλλο που εμποδίζει τα χώματα να περάσουν στην αποστραγγιστική στρώση, υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών και φυσικά το φυτικό υλικό.



Εικόνα 2.19 : Διαστρωμάτωση φυτεμένου δώματος, <http://www.usemenow.com/web-log/greenroof1.jpg>

Έρευνα σχετικά με τα φυτεμένα δώματα, που διεξήχθη στην Αθήνα από ελληνικά Πανεπιστήμια, οδήγησε σε σημαντικά αποτελέσματα, μέσω της ανάλυση της ενεργειακής λειτουργίας φυτεμένης στέγης που εφαρμόστηκε σε νηπιαγωγείο κοντά στο κέντρο της Αθήνας. Το ποσοστό του δώματος που καλύφθηκε με βλάστηση ήταν το 40% της συνολικής επιφάνειας του. Παρατηρήθηκε ότι ένα σημαντικό ποσό ενέργειας εξοικονομήθηκε κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών. Συγκεκριμένα:

- Για μη μονωμένο κτίριο είναι εφικτή η μείωση του ψυκτικού φορτίου 15-49%
- Για μονωμένο κτίριο σημειώνεται μείωση του ψυκτικού φορτίου 6-33%
- Για τον τελευταίο όροφο, η μείωση για μη μονωμένο κτίριο κυμαίνεται μεταξύ 27-87%
- Για τον τελευταίο όροφο και για μονωμένο κτίριο, επιτυγχάνεται μείωση 12-76%

Όσον αφορά το θερμικό φορτίο που χρειάζεται το κτίριο κατά το χειμώνα, η έρευνα έδειξε ότι η επίδραση της φυτεμένης στέγης δεν είναι σημαντική. Αυτό θεωρείται πλεονέκτημα, διότι είναι δυνατό ένα σύστημα που στοχεύει στη μείωση των ηλιακών κερδών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, να οδηγεί σε αύξηση των αναγκών σε θερμικά φορτία κατά το χειμώνα. (A.Hatzibiros, P.Patargias, 2005)

2.4.2) Φυσικός αερισμός

Μεγάλη σημασία κατά το σχεδιασμό του κτιρίου δίνεται στον αερισμό που θα υπάρχει μεταξύ των χώρων. Η σωστή διάταξη των χώρων έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε χαμηλά επίπεδα το καλοκαίρι ενώ η αντικατάσταση του εσωτερικού αέρα με φρέσκο εξωτερικό συμβάλλει στη βελτίωση του επιπέδου διαβίωσης. Ο φυσικός αερισμός επιτυγχάνεται με τη ροή του αέρα και το φαινόμενο της καμινάδας ενώ οι παράμετροι που επηρεάζουν τον φυσικό αερισμό είναι: οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, ο προσανατολισμός, η θέση, το μέγεθος των ανοιγμάτων, η χρήση του κτιρίου και η δραστηριότητα των ενοίκων. (Τσιπής, 2005)

Η ροή του αέρα μέσα σε ένα κτίριο επιτυγχάνεται, βάση των θερμοκρασιακών διαβαθμίσεων, αλλά και λόγω της διαφοράς πιέσεων που προκαλούνται γύρω από αυτό. Όσον αφορά στην επιρροή των θερμοκρασιακών διαφορών, ισχύει ότι όταν δύο αέριες μάζες έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες, οι πυκνότητες και οι πιέσεις τους είναι επίσης διαφορετικές, γεγονός που αυξάνει την κίνηση του αέρα από την πυκνότερη (ψυχρότερη) στην λιγότερο πυκνή (θερμότερη ζώνη). Η διαφορά πίεσης λειτουργεί ως εξής. Όταν ο άνεμος ενεργεί σε ένα κτίριο δημιουργείται υψηλή πίεση στην εκτεθειμένη πλευρά και χαμηλή στην προστατευόμενη όψη. Η κίνηση του ανέμου γίνεται από τις ζώνες υψηλής πίεσης στις ζώνες χαμηλής πίεσης. Έτσι μπορεί να διεισδύσει σε ένα κτίριο μέσω των ανοιγμάτων του, των οποίων η θέση και το μέγεθος καθορίζουν την ταχύτητα και την κατεύθυνση κίνησης του αέρα. Ο φυσικός αερισμός, ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται μπορεί να είναι:

- Κατακόρυφος (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού)
- Κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα
- Διαμπερής, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων
- Αεριζόμενο κέλυφος (www.cres.gr)

Το φαινόμενο της καμινάδας μπορεί να αξιοποιηθεί σε ένα κτίριο, με ανοίγματα στην κορυφή και στην βάση του. Ο θερμός αέρας ανέρχεται και διαφεύγει προς τα έξω από την κορυφή και ο φρέσκος ψυχρός θα εισέλθει διαμέσου των ανοιγμάτων στη βάση. Δύο κύριες μορφές του φαινομένου της καμινάδας αποτελούν ο *πύργος αερισμού - ανεμόπυργοι* και η *ηλιακή καμινάδα*.

Οι *ανεμόπυργοι* λειτουργούν αξιοποιώντας τη δύναμη του ανέμου ώστε να δημιουργήσουν κίνηση του αέρα προς το εσωτερικό της κατοικίας. Το σύστημα λειτουργεί ως εξής. Το στόμιο εισόδου βρίσκεται στην προσήνεμη πλευρά, παγιδεύει τον άνεμο και τον οδηγεί προς τα κάτω. Ο αέρας βγαίνει από ένα απάνεμο άνοιγμα του κτιρίου. Εκμεταλλεύεται, έτσι, το *φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού* και όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτίριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας έτσι συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα. Καμινάδες αερισμού μπορεί να είναι *κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια ή και εσωτερικά αίθρια ή φωταγωγοί των κτιρίων*. Σε περιοχές με έντονο άνεμο υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής πύργων αερισμού, οι οποίοι προεξέχουν σημαντικά από την οροφή του κτιρίου, φέρουν άνοιγμα προς την κύρια 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. Αυτές οι αρχές συνδυάζονται σε ένα μόνο ανεμόπυργο παρέχοντας είσοδο και έξοδο του αέρα, δημιουργώντας ένα αυτοτελές σύστημα.

Η *ηλιακή καμινάδα*, λειτουργεί χρησιμοποιώντας τον ήλιο για τη θέρμανση της εσωτερικής επιφάνειας της καμινάδας. Λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας, οι δυνάμεις άνωσης βοηθούν στη δημιουργία ανοδικής ροής κατά μήκος της επιφάνειας. Το εύρος που πρέπει να έχει η καμινάδα είναι όσο και το πλάτος της οριακής στιβάδας προς αποφυγή της ανάστροφης ροής. Με αυτό το σύστημα επιτυγχάνεται διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα. Συνιστάται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τη θερινή περίοδο. Τα πλεονεκτήματα από την χρήση της ηλιακής καμινάδας είναι ότι δεν εξαρτάται από τον άνεμο και έτσι μπορεί να εφαρμοσθεί σε καλοκαιρινές ζεστές, μέρες με άπνοια, οπότε και χρειάζεται περισσότερο ο αερισμός. Επιπροσθέτως, η κίνηση του αέρα είναι σχετικά σταθερή και ελεγχόμενη σε σχέση με τις διακυμάνσεις ενός ανέμου. (*Βραχόπουλος, 2004*)

Γενικά ο αερισμός που προέρχεται από τον άνεμο, αποτελεί την ιδανική λύση όταν υπάρχει σταθερότητα στην ένταση και τη διεύθυνσή τους, αν και αυτή η προσέγγιση είναι λίγο πλασματική καθώς οι άνεμοι μεταβάλλονται συνεχώς. Ο νυχτερινός εξαερισμός είναι περιττός αν η θερμοκρασία τη νύχτα είναι υψηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία. Οι συχνές εναλλαγές του αέρα έχουν ως αποτέλεσμα τη μεγιστοποίηση των οφελών που προκύπτουν από το δροσισμό μέσω εξαερισμού. Λόγω των συνεχών μεταβολών στην ένταση και κατεύθυνση του ανέμου είναι δύσκολη η αξιοποίησή του. Τέλος ένας ανεμιστήρας (είτε οροφής είτε κινητός) συμβάλλει θετικά στον αερισμό καθώς αυξάνει την ταχύτητα του αέρα και την ανταλλαγή θερμότητας λόγω μεταφοράς.

2.4.3) Φυσική ψύξη και δροσισμός

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που μπορούν να μας εξασφαλίσουν ψύξη με φυσικό τρόπο. Αέρας που διαρρέει το κτίριο είναι δυνατόν να ψυχθεί με εξάτμιση, ή ακόμα με ψύξη του από το έδαφος. Είναι δυνατή και αποτελεσματική επίσης, η ψύξη ενός χώρου μέσω της νυχτερινής ακτινοβολίας της θερμότητας προς την ατμόσφαιρα. Μια λογική αύξηση της ταχύτητας του αέρα στο χώρο, μπορεί να προκαλέσει αυξημένη άνεση των ενοίκων, δεδομένου ότι η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του δέρματος. Η ψύξη που αντιλαμβάνεται ένα άτομο μπορεί επίσης να εμφανιστεί με την

αύξηση του ρυθμού εξάτμισης της επιφάνειας του δέρματος με τη δημιουργία κίνησης του αέρα, ώστε να διακόπτεται το στρώμα του κεκορεσμένου αέρα που περιβάλλει το σώμα.

Υπάρχουν, λοιπόν, οι εξής τρόποι ψύξης:

- Από *εξάτμιση* (πύργος δροσισμού, άμεση- έμμεση συνδυασμένη εξάτμιση)
- Από το *έδαφος*
- Από *ακτινοβολία*

2.4.3.1) Ψύξη μέσω εξάτμισης

Για να αλλάξει κατάσταση το νερό και από υγρό να μετατραπεί σε ατμό, απαιτείται ένα ορισμένο ποσό θερμότητας, που ονομάζεται λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης. Για να συμβεί αυτό είναι απαραίτητο η πίεση ατμών του νερού (που είναι σε μορφή σταγονιδίων ή βρεγμένης επιφάνειας) να είναι υψηλότερη από τη μερική πίεση των υδρατμών στην παρακείμενη ατμόσφαιρα. Όταν η απορρόφηση θερμότητας, για να επιτελεσθεί αυτή η αλλαγή φάσης, γίνεται από θερμό αέρα, εμφανίζεται πτώση της θερμοκρασίας του αέρα, με παράλληλη αύξηση των επιπέδων υγρασίας του. Στην περίπτωση αυτή, έχουμε *άμεσο εξατμιστικό δροσισμό*, σε αντίθεση με τον *έμμεσο εξατμιστικό δροσισμό*, που συμβαίνει όταν η εξάτμιση συνοδεύεται από μείωση της θερμοκρασίας του γειτονικού αέρα, χωρίς όμως να αυξηθεί η περιεχόμενη υγρασία σε αυτόν. Η τελευταία περίπτωση απαντάται όταν η εξάτμιση του νερού γίνει πάνω σε μια επιφάνεια ή μέσα σε ένα σωλήνα.

Η ψύξη από εξάτμιση είναι δυνατόν να μεγιστοποιηθεί με την αύξηση της επιφάνειας επαφής του αέρα με το νερό, αλλά και με τη σχετική κίνηση του αέρα και του νερού. Η *άμεση ψύξη από εξάτμιση*, επειδή αυξάνει την υγρασία των εσωτερικών χώρων, πρέπει να συνδυάζεται από ικανοποιητικό ρυθμό ανανέωσης του αέρα, για αποφυγή συμπύκνωσης και ανάπτυξης μούχλας. Τα συστήματα άμεσης εξατμιστικής ψύξης περιλαμβάνουν τη χρήση βλάστησης για εξατμισοδιαπνοή, καθώς και σιντριβάνια, κρήνες, πισίνες, υδάτινους πίδακες, σε εξωτερικούς χώρους κοντά στα κτίρια, αλλά και σε εσωτερικές αυλές και αίθρια, ώστε να ψύχουν τον αέρα που εισέλθει στο κτίριο. Μερικά συστήματα βασίζονται στη χρήση πύργων στους οποίους ψεκάζεται νερό. Ο εξωτερικός αέρας εισέρχεται στον πύργο, ψύχεται λόγω εξάτμισης (του ψεκαζόμενου νερού) και κατόπιν μεταφέρεται στο κτίριο. (Βραχόπουλος, 2004)

Τεχνικές *έμμεσου εξατμιστικού δροσισμού* είναι οι ανοιχτές λίμνες οροφής και ο ψεκασμός των δωματίων με νερό. Επιπλέον, υπάρχουν και υβριδικές (μηχανικές) ψυκτικές μονάδες εξάτμισης (άμεσης, έμμεσης ή συνδυασμένης εξάτμισης). Ο δροσισμός από εξάτμιση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υγρά κλίματα όπου ο αέρας είναι κοντά στην κατάσταση κορεσμού.

2.4.3.2) Ψύξη μέσω εδάφους

Είναι γνωστό ότι η θερμοκρασία του εδάφους είναι αρκετά χαμηλότερη σε σχέση με τη θερμοκρασία του αέρα, ειδικά τη θερινή περίοδο. Αυτό του δίνει τη δυνατότητα να μπορεί να απορροφά την επιπλέον θερμότητα. Ενώ σε πολλά σημεία μιας χώρας μπορεί να υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία αναλόγως της εποχής, από καύσωνα το καλοκαίρι σε θερμοκρασίες υπό του μηδενός τον χειμώνα, μερικά μόλις μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης το έδαφος παραμένει σε μια σχετικά σταθερή θερμοκρασία. Σε άμεση συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους, οι θερμοκρασίες εδάφους κυμαίνονται από 10°C έως 21°C, για τον ελλαδικό χώρο. Αυτή η θερμοκρασία εδάφους είναι θερμότερη από τον αέρα πάνω από το έδαφος κατά τη διάρκεια του χειμώνα και ψυχρότερη από τον αέρα το καλοκαίρι.

Η εκμετάλλευση αυτής της ιδιότητας του εδάφους μπορεί αν γίνει με δύο τρόπους. Είτε με *διάχυση θερμότητας* προς το έδαφος με αγωγή, είτε με *μεταφορά*. Στην πρώτη περίπτωση,

μέρος του περιβλήματος του κτιρίου πρέπει να βρίσκεται σε άμεση επαφή με το εδαφικό υλικό. Η κατασκευή υπόσκαφων ή ημιυπόσκαφων κτιρίων, εφόσον το επιτρέπουν οι τοπογραφικές συνθήκες, συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση του ψυκτικού φορτίου των κτιρίων. Με αυτόν τον τρόπο, σε θερμά και ξηρά κλίματα, αποβάλλεται θερμότητα από το εσωτερικό προς το έδαφος. Για να εφαρμοσθεί αυτή η μέθοδος, τα τμήματα του περιβλήματος κάτω από το έδαφος δε θα πρέπει να μονώνονται, αλλά συνίσταται να υγρομονώνονται για να αποφεύγονται προβλήματα από την υγρασία στις επιφάνειες τους. Ωστόσο, σε κλίματα με ψυχρούς χειμώνες συνιστάται η θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους, ώστε να μειώνονται οι θερμικές απώλειες προς το έδαφος. (www.cres.gr)

Στη δεύτερη περίπτωση γίνεται χρήση υπεδάφιου συστήματος εναλλακτών, που σκοπό έχει να ψυχθεί ο αέρας για τον αερισμό του κτιρίου πριν εισέλθει στο κτίριο με τη διέλευση του μέσα από ένα υπόγειο αγωγό, αφού πρώτα αναρροφηθεί από ανεμιστήρες. Εκτός από το καλοκαίρι, το σύστημα λειτουργεί και το χειμώνα, συμβάλλοντας στην προθέρμανση του ψυχρού εξωτερικού αέρα, καθώς το έδαφος είναι το χειμώνα θερμότερο από τον εξωτερικό αέρα. (Τσιπτήρας, 2005)

2.4.3.3) Ψύξη μέσω ακτινοβολίας

Για να γίνει μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία, πρέπει να υπάρχουν δύο παρακείμενες μάζες, οι οποίες να έχουν διαφορετική θερμοκρασία. Το θερμότερο στοιχείο ακτινοβολεί θερμότητα προς το ψυχρότερο. Αν το ψυχρότερο στοιχείο έχει σταθερή θερμοκρασία, το άλλο στοιχείο θα ψυχθεί τόσο ώστε να φτάσει σε κατάσταση ισορροπίας προς το ψυχρότερο.

Η ατμόσφαιρα το βράδυ, ακόμα και κατά την καλοκαιρινή περίοδο είναι σταθερά ψυχρή, όταν είναι καθαρή, χωρίς σύννεφα. Επομένως, κάθε κτιριακό στοιχείο που αντικρίζει τον ουρανό ανταλλάσσει θερμότητα με αυτόν. Για να υπάρχει σημαντική ροή θερμότητας, θα πρέπει οι διαφορές θερμοκρασίας να είναι τουλάχιστον 7°C. Με βάση αυτή την αρχή, ένα σημαντικό ποσό της θερμότητας που έχει συλλεχθεί σε μία μάζα νερού ή σε ένα κτίριο κατά τη διάρκεια της μέρας θα ακτινοβοληθεί προς τον ουρανό, τις νυχτερινές ώρες. Κατά αυτόν τον τρόπο, στο τέλος της νύχτας έχει επιτευχθεί ψύξη του νερού ή του κτιρίου. Οι αδιαφανείς κτιριακές επιφάνειες θα πρέπει να έχουν μεγάλη ανακλαστικότητα στην περιοχή της ακτινοβολίας μικρού κύματος, ώστε να ανακλούν την ανεπιθύμητη ηλιακή ακτινοβολία, αλλά ταυτόχρονα να έχουν μέγιστη ικανότητα εκπομπής της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος, ώστε να υποβοηθούν τη διαδικασία ακτινοβολίας θερμότητας από το κτίριο προς τον ουρανό. (www.azsolarcenter.com/design/passive-2.html)

Σε υγρά κλίματα, η επίδραση της ακτινοβολίας θερμότητας δεν είναι τόσο έντονη, διότι ο υγρός αέρας είναι λιγότερο διαπερατός από την υπέρυθη ακτινοβολία (μεγάλου μήκους κύματος), απ' ό,τι ο ξηρός αέρας. Η νυχτερινή ακτινοβολία από κατακόρυφες επιφάνειες είναι περιορισμένη, γι' αυτό το λόγο γίνεται καλύτερη χρήση του φαινομένου στις οροφές των κτιρίων. Τα συνηθέστερα συστήματα νυχτερινής ακτινοβολίας είναι ο *μεταλλικός ακτινοβολητής* τοποθετημένος στην οροφή του κτιρίου και η *λίμνη οροφής*, η οποία έχει ήδη αναφερθεί. Το σύστημα του μεταλλικού ακτινοβολητή, αποτελείται από μεταλλική, αυλακωτή, διπλή πλάκα τοποθετημένη εξωτερικά της οροφής του κτιρίου, η οποία ακτινοβολεί προς τον ουρανό μεγάλα ποσά θερμότητας, κατά τις νυχτερινές ώρες. Μπορούν να προστεθούν πτερύγια για να μεγιστοποιηθεί η μετάδοση θερμότητας από τον εσωτερικό αέρα προς το δροσιστικό στοιχείο. Η εξωτερική του επιφάνεια είναι ανακλαστική, ενώ στην εσωτερική πλευρά τοποθετείται θερμομονωτικό υλικό. Μέσα από το σύστημα του ακτινοβολητή διέρχεται θερμός αέρας από το κτίριο, ψύχεται κατά την επαφή του με την ψυχρή εξωτερική πλευρά του ακτινοβολητή και επαναδιοχετεύεται στο εσωτερικό του

κτιρίου. Σε περιοχές με έντονα ρεύματα αέρα, το σύστημα καλύπτεται με φύλλο πολυαιθυλενίου, που είναι διαπερατό από την υπέρυθη ακτινοβολία. Το πολυαιθυλένιο επιτρέπει την εκπομπή της θερμικής ακτινοβολίας, ενώ περιορίζει την επαφή της ψυχρής επιφάνειας του ακτινοβολητή με το θερμότερο αέρα του περιβάλλοντος και συνεπώς περιορίζει την αύξηση της θερμοκρασίας στον ακτινοβολητή. (Τσιπήςρας , 2005)

2.5) Ενεργητικά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού

Ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι όσα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, και στη συνέχεια τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε νερό, σε αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών. Η κύρια διαφορά τους με τα παθητικά συστήματα είναι ότι τα ενεργητικά συστήματα κάνουν χρήση μηχανικών μέσων για τη ψύξη ή το δροσισμό του χώρου. Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, ένα δοχείο αποθήκευσης της θερμότητας και σωληνώσεις. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα μεταφέρεται στο δοχείο αποθήκευσης. Η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, οι γνωστοί σε όλους ηλιακοί θερμοσίφωνες. Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως στην οροφή του κτιρίου, με νότιο προσανατολισμό και κλίση 30°-60° ως προς τον ορίζοντα, ώστε να μεγιστοποιηθεί το ποσό της ακτινοβολίας που συλλέγεται ετησίως. (www.wikipedia.com)

Πέρα από την οικιακή χρήση, η οποία είναι και η πιο διαδεδομένη σήμερα, ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Έτσι, η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ψύξης, για τον κλιματισμό χώρων και άλλες εφαρμογές, εμφανίζεται ως μία από τις πολλά υποσχόμενες προοπτικές, λόγω της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας ακριβώς την εποχή που απαιτούνται τα ψυκτικά φορτία. Υπάρχουν ήδη μερικές επιτυχημένες εφαρμογές τέτοιων συστημάτων στη χώρα μας και αναμένεται να έχουν ταχεία ανάπτυξη. Οι πιο σημαντικές είναι:

- Φωτοβολταϊκά συστήματα
- Συστήματα γεωθερμίας
- Αξιοποίηση αστικών στερεών αποβλήτων
- Τηλεθέρμανση με βιομάζα

2.5.1) Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά (ή Φ/Β) συστήματα αποτελούν μια από τις εφαρμογές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, με τεράστιο ενδιαφέρον για την Ελλάδα. Εκμεταλλευόμενο το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, το φωτοβολταϊκό σύστημα παράγει ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ενέργεια. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε το 1839 και χρησιμοποιήθηκε

για πρακτικούς σκοπούς στα τέλη της δεκαετίας του '50 σε διαστημικές εφαρμογές και είναι η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση. Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα πάνελ (ή πλαίσια, ή όπως λέγονται συχνά στο εμπόριο, «κρύσταλλα») φωτοβολταϊκών στοιχείων (ή «κυψελών», ή «κυττάρων»), μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή. (www.wikipedia.com)

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι συνήθως τετράγωνο, με πλευρά 120-160mm και είναι η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία. Δυο τύποι πυριτίου χρησιμοποιούνται για την δημιουργία φωτοβολταϊκών στοιχείων: το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο, ενώ το κρυσταλλικό πυρίτιο διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό. Το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα, και κατά τη μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται η αξιολόγηση των ειδικών συνθηκών της εφαρμογής (κατεύθυνση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, τυχόν σκιάσεις κλπ.) ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία.



Εικόνα 2.20 : Φωτοβολταϊκό στοιχείο, http://www.helapco.gr/library/PV_Guide_Apr08.pdf

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι ένα σύνολο Φ/Β στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα. Αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φ/Β γεννήτριας (*PV module*). Όταν τα Φ/Β πλαίσια εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ποσοστό 14% περίπου της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται αθόρυβα, αξιόπιστα και χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στο εμπόριο διατίθενται φωτοβολταϊκά πάνελ, τα οποία δεν είναι παρά πολλά φωτοβολταϊκά πλαίσια συνδεδεμένα μεταξύ τους, επικαλυμμένα με ειδικές μεμβράνες και εγκιβωτισμένα σε γυαλί με πλαίσιο από αλουμίνιο, σε διάφορες τιμές ονομαστικής ισχύος, ανάλογα με την τεχνολογία και τον αριθμό των φωτοβολταϊκών κυψελών που τα αποτελούν. Έτσι, ένα πάνελ 36 κυψελών μπορεί να έχει ονομαστική ισχύ 70-85 W, ενώ μεγαλύτερα πάνελ μπορεί να φτάσουν και τα 200 W ή και παραπάνω.. (www.helapco.gr)



Εικόνα 2.21 : Φωτοβολταϊκό πλαίσιο, http://www.helapco.gr/library/PV_Guide_Apr08.pdf

Η κατασκευή μιας γεννήτριας κρυσταλλικού πυριτίου μπορεί να γίνει και από ερασιτέχνες, μετά από την προμήθεια των στοιχείων. Το κόστος είναι άπιθανο να είναι χαμηλότερο από την αγορά έτοιμης γεννήτριας, καθώς η προμήθεια ποιοτικών στοιχείων είναι πολύ δύσκολη. Εκτός από το πυρίτιο χρησιμοποιούνται και άλλα υλικά για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων, όπως το Κάδμιο - Τελλούριο (CdTe) και ο ινδοδισεληνιούχος χαλκός. Σε αυτές τις κατασκευές, η μορφή του στοιχείου διαφέρει σημαντικά από αυτή του κρυσταλλικού πυριτίου, και έχει συνήθως τη μορφή λωρίδας πλάτους μερικών χιλιοστών και

μήκους αρκετών εκατοστών. Τα πάνελ συνδέονται μεταξύ τους και δημιουργούν τη *φωτοβολταϊκή συστοιχία*, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει από 2 έως και αρκετές εκατοντάδες φωτοβολταϊκές γεννήτριες.



Εικόνα 2.22 : φωτοβολταϊκή συστοιχία, http://www.helapco.gr/library/PV_Guide_Apr08.pdf

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια Φ/Β συστοιχία είναι συνεχούς ρεύματος (DC), και για το λόγο αυτό οι πρώτες χρήσεις των φωτοβολταϊκών αφορούσαν εφαρμογές DC τάσης: κλασικά παραδείγματα είναι ο υπολογιστής τσέπης («κομπιουτεράκι») και οι δορυφόροι. Με την προοδευτική αύξηση όμως του βαθμού απόδοσης, δημιουργήθηκαν ειδικές συσκευές – οι αναστροφείς (inverters) - που σκοπό έχουν να μετατρέψουν την έξοδο συνεχούς τάσης της Φ/Β συστοιχίας σε εναλλασσόμενη τάση. Με τον τρόπο αυτό, το Φ/Β σύστημα είναι σε θέση να τροφοδοτήσει μια σύγχρονη εγκατάσταση (κατοικία, θερμοκήπιο, μονάδα παραγωγής κλπ.) που χρησιμοποιεί κατά κανόνα συσκευές εναλλασσόμενου ρεύματος (AC). Ένα *φωτοβολταϊκό σύστημα*, αποτελείται από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία, τους *συσσωρευτές* για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και το σύστημα *μετατροπής ισχύος*. Ο πιο δημοφιλής τύπος συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται είναι τύπου μολύβδου - οξέως, ανοικτού ή κλειστού τύπου, ειδικά σχεδιασμένοι για ηλιακά συστήματα ηλιακής ενέργειας.

Ο *βαθμός απόδοσης* εκφράζει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο φωτοβολταϊκό στοιχείο. Τα πρώτα φωτοβολταϊκά στοιχεία, που σχεδιάστηκαν τον 19ο αιώνα, δεν είχαν παρά 1-2% απόδοση, ενώ το 1954 τα εργαστήρια *Bell Laboratories* δημιούργησαν τα πρώτα Φ/Β στοιχεία πυριτίου με απόδοση 6%. Στην πορεία του χρόνου όλο και αυξάνεται ο βαθμός απόδοσης: η αύξηση της απόδοσης, έστω και κατά μια ποσοστιαία μονάδα, θεωρείται επίτευγμα στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών. Στην σημερινή εποχή ο τυπικός βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου βρίσκεται στο 13 – 19%, ο οποίος, συγκρινόμενος με την απόδοση άλλου συστήματος (συμβατικού, αιολικού, υδροηλεκτρικού κλπ.), παραμένει ακόμη αρκετά χαμηλός. Αυτό σημαίνει ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια προκειμένου να αποδώσει την επιθυμητή ηλεκτρική ισχύ. (www.wikipedia.com)

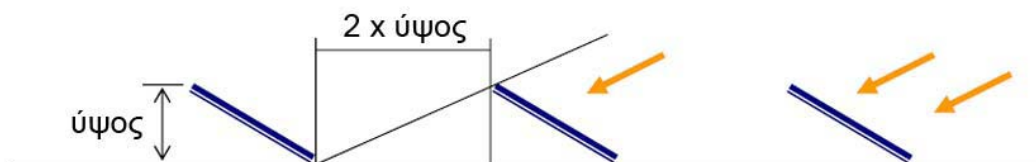
Τα φωτοβολταϊκά έχουν τη μέγιστη απόδοση όταν έχουν *νότιο προσανατολισμό*. Αποκλίσεις από το Νότιο έως και 45° είναι επιτρεπτές, μειώνουν όμως την απόδοση. Η σωστή κλίση του φωτοβολταϊκού σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Συνήθως επιλέγεται μια κλίση που να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Στην Ελλάδα, η βέλτιστη κλίση είναι γύρω στις 30°. Ωστόσο, η απόδοση ενός δεδομένου συστήματος μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών σε *ηλιοστάτη*. Ο ηλιοστάτης είναι μια μηχανολογική διάταξη, πάνω στην οποία τοποθετείται η φωτοβολταϊκή γεννήτρια, ώστε το σύστημα να μπορεί να περιστρέφεται μέσω των ειδικών εξαρτημάτων και του λογισμικού που διαθέτει και να ακολουθεί την ηλιακή ακτινοβολία. Με τον τρόπο αυτό γίνεται η καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, ενώ εξοικονομείται χρήμα: σε σχέση με την αγορά επιπλέον φωτοβολταϊκών πάνελ, η αγορά ενός ηλιοστάτη είναι στις περισσότερες περιπτώσεις η συμφέρουσα λύση. Ο ηλιοστάτης έχει σχεδιαστεί με τρόπο ώστε να αντέχει σε υψηλές ταχύτητες ανέμου. Τέλος, εκτός από τους ηλιοστάτες/ εντοπιστές που διατίθενται στο εμπόριο, υπάρχουν και αυτοσχέδιες κατασκευές με παρόμοια αρχή

λειτουργίας. Η συνολική απόδοση καθώς και η διάρκεια ζωής ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, βασίζεται στη σωστή φόρτιση και εκφόρτιση των συσσωρευτών, στη βελτιστοποίηση της ονομαστικής ισχύος του αναστροφέα και στην ελαχιστοποίηση των ηλεκτρικών απωλειών από μερικό φορτίο λειτουργίας. Οι προϋποθέσεις αξιοποίησης των Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα είναι από τις καλύτερες στην Ευρώπη, αφού η συνολική ενέργεια που δέχεται κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας στην διάρκεια ενός έτους κυμαίνεται από 1400-1800 kWh.

Οι βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων διακρίνονται:

- Στο *αυτόνομο σύστημα*, το οποίο έχει τη δυνατότητα παροχής συνεχούς εναλλασσόμενου ρεύματος με τη χρήση μετατροπέα ισχύος.
- Στο *σύστημα συνδεδεμένο με το δίκτυο*, το οποίο αποτελείται από μια συστοιχία φωτοβολταϊκών στοιχείων, η οποία είναι συνδεδεμένη με το ηλεκτρικό δίκτυο μέσω ενός αντιστροφέα.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να εφαρμοσθούν και σε υπάρχοντα κτίρια με κάποιες προϋποθέσεις. Αρχικά να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα απαιτούνται περίπου 1-1,5 τετραγωνικό μέτρο για κάθε 100 Watt (για τα συνηθισμένα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά του εμπορίου). Χρειάζεται περίπου 7-10 τ.μ/kW για κεραμοσκεπή και 15 τ.μ/kW για δώμα ή οικόπεδο. Αν πάλι χρησιμοποιηθούν άμορφα φωτοβολταϊκά, το συνολικό κόστος θα είναι περίπου το ίδιο ή και μικρότερο, θα απαιτηθεί όμως περίπου διπλάσια επιφάνεια. Ιδιαίτερη σημασία έχει ο χώρος να είναι κατά το δυνατόν 100% ασκίαστος καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Διαφορετικά, το σύστημα θα λειτουργεί με μικρότερη απόδοση. Θεωρείται ότι η απόσταση από το τυχόν εμπόδιο (κτίριο, δέντρο, κ.λπ) πρέπει να είναι διπλάσια του ύψους του εμποδίου για να μην υπάρχουν μεγάλες απώλειες.



Εικόνα 2.23 : Ιδανική σχέση απόστασης από εμπόδιο, http://www.helapco.gr/library/PV_Guide_Apr08.pdf

Οι βασικοί τρόποι τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κτίριο είναι οι:

- Την τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα, καθώς στην αγορά υπάρχει ποικιλία μεταλλικών και ξύλινων στηριγμάτων που χρησιμοποιούνται κατά τέτοιο τρόπο που να ταιριάζει στο κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Σε κάποια από αυτά η κλίση τους είναι ρυθμιζόμενη, αυτό διευκολύνει την πρόσβαση στο εμπρός και το πίσω μέρος των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε περίπτωση που γίνει συντήρηση και συμβάλλει στον καλό αερισμό και δροσισμό τους αυξάνοντας την απόδοσή τους. Όμως το κόστος είναι υψηλό και απαιτείται χρήση πρόσθετων υλικών και επιπλέον εργασία.
- Την απευθείας τοποθέτηση, στην οποία η εξωτερική επίστρωση του κτιρίου αντικαθίστανται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Ένας τρόπος να τοποθετούνται τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι το ένα να επικαλύπτει εν μέρει το άλλο, προστατεύοντας το κτίριο, όμως δεν είναι πλήρως στεγανό και απαιτούνται μέτρα στεγανοποίησής του. Το κόστος αυτής της μεθόδου είναι χαμηλό διότι δεν απαιτεί πολλά πρόσθετα υλικά, ενώ η υποκατάσταση κάποιων δομικών στοιχείων για την εξωτερική κάλυψη του κελύφους από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μειώνει το συνολικό κόστος.
- Την τοποθέτηση σε ειδική βάση προσαρμοσμένη στο εξωτερικό του κελύφους, η οποία εξέρχεται από την οροφή ή την πρόσοψη του κτιρίου. Η κατασκευή αυτή

στηρίζεται στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου, θα πρέπει όμως το κτίριο να έχει καλή μόνωση στα σημεία που στηρίζεται η βάση. Βέβαια, εκτός από τη μόνωση θα πρέπει να διευκολύνει τον αερισμό και την ψύξη των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Το κόστος αυτής της τεχνικής τοποθέτησης είναι μικρότερο από το κόστος τοποθέτησης σε κεκλιμένα στηρίγματα, αλλά υψηλότερο από το κόστος της απευθείας τοποθέτησης ή της ενσωμάτωσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου. Η χρήση αυτής της τεχνικής είναι ιδανική όταν γίνεται ανακαίνιση σε κτίρια όπου δεν μπορούν να γίνουν εύκολα εξωτερικές παρεμβάσεις στο εξωτερικό κέλυφος.

- Την ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου, κατά την οποία υποκαθίστανται ολόκληρα τμήματα του κτιριακού κελύφους από φωτοβολταϊκά πλαίσια. Για την σωστή εφαρμογή αυτής της μεθόδου, απαιτείται στεγανή σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων μεταξύ τους. Για παράδειγμα, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που δεν διαθέτουν μεταλλικό σκελετό τοποθετούνται σε στηρίγματα παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για τη στήριξη συμβατικών διαφανών ορόφων ή προσόψεων. Τα νέα ημιδιαφανή στοιχεία μπορούν να τοποθετηθούν στη θέση υαλοπινάκων ή αδιαφανών στοιχείων παρέχοντας τη δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών ηλιοπροστασίας και φωτισμού με την παράλληλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου συμβάλλει στη μείωση του κόστους, λόγω της εξοικονόμησης του κόστους από τα δομικά στοιχεία του κελύφους που αντικαθιστώνται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία. (www.helapco.gr)

Το κόστος των φωτοβολταϊκών συστημάτων εκφράζεται σε ευρώ ανά εγκαταστημένο KW. Το συνολικό κόστος για ένα φωτοβολταϊκό σύστημα προκύπτει από τα εξής: φωτοβολταϊκά πλαίσια 40%- 60%, συσσωρευτές 15%-25%, αντιστροφείς 10%-15%, υποδομή στήριξης 10%-15%, σχεδιασμός και εγκατάσταση 8%-12% και εξαρτάται από :

1. Την τεχνολογία των πάνελ που θα χρησιμοποιηθεί
2. Το μέγεθος του φωτοβολταϊκού συστήματος
3. Τη μορφολογία του εδάφους
4. Την απόσταση της εγκατάστασης από το δίκτυο της ΔΕΗ
5. Ο τύπος που επιλέγεται. Τα συστήματα που είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο είναι πιο οικονομικά από τα αυτόνομα συστήματα.

Το κόστος των αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα κυμαίνεται από 8.217 ευρώ/kW με 9.390 ευρώ/ kW, αντίθετα το κόστος των συνδεδεμένων με το δίκτυο συστημάτων είναι περίπου 7.330 ευρώ/ kW. Το κόστος παραγόμενης ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά συστήματα εκτιμάται στα 0,65ευρώ/ kWh για το αυτόνομο σύστημα λίγων kW εγκατεστημένης ισχύος και 0,44ευρώ/ kWh για το συνδεδεμένο με το δίκτυο σύστημα. Το κράτος επιδοτεί την αγορά και εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών συστημάτων μέσω της φοροαπαλλαγής έως και κατά 75% του κόστους τους. Στην τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων αν και προβλέπεται επιδότηση αφορά μεγάλα συστήματα και αποκλείονται οι μικροί καταναλωτές. Η διάρκεια ζωής ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι περίπου 20 χρόνια χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση ενώ κατά τη διάρκεια αυτής της εικοσαετίας οι συσσωρευτές αντικαθίστανται 4 με 5 φορές. (www.helapco.gr)

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τα εξής **πλεονεκτήματα**:

- Τεχνολογία φιλική στο περιβάλλον: δεν προκαλούνται ρύποι από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Η ηλιακή ενέργεια είναι ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, διατίθεται παντού και δεν στοιχίζει απολύτως τίποτα

- Με την κατάλληλη γεωγραφική κατανομή, κοντά στους αντίστοιχους καταναλωτές ενέργειας, τα Φ/Β συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς να απαιτείται ενίσχυση του δικτύου διανομής
- Η λειτουργία του συστήματος είναι ολοσχερώς αθόρυβη
- Έχουν σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής: οι κατασκευαστές εγγυώνται τα «κρύσταλλα» για 20-30 χρόνια λειτουργίας
- Υπάρχει πάντα η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης, ώστε να ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών
- Μπορούν να εγκατασταθούν πάνω σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές, όπως είναι π.χ. η στέγη ενός σπιτιού ή η πρόσοψη ενός κτιρίου,
- Διαθέτουν ευελιξία στις εφαρμογές: τα Φ/Β συστήματα λειτουργούν άριστα τόσο ως αυτόνομα συστήματα, όσο και ως αυτόνομα υβριδικά συστήματα όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας (συμβατικές ή ανανεώσιμες) και συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Επιπλέον, ένα μεγάλο πλεονέκτημα του Φ/Β συστήματος είναι ότι μπορεί να διασυνδεθεί με το δίκτυο ηλεκτροδότησης (διασυνδεδεμένο σύστημα), καταργώντας με τον τρόπο αυτό την ανάγκη για εφεδρεία και δίνοντας επιπλέον τη δυνατότητα στον χρήστη να πωλήσει τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια στον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου, όπως ήδη γίνεται στο Φράιμπουργκ της Γερμανίας. (www.wikipedia.com)

Ως *μειονέκτημα* θα μπορούσε να καταλογίσει κανείς στα φωτοβολταϊκά συστήματα το κόστος τους, το οποίο, παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις παραμένει ακόμη αρκετά υψηλό. Μια γενική ενδεικτική τιμή είναι 6000 ευρώ ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (kW) ηλεκτρικής ισχύος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι μια τυπική οικιακή κατανάλωση απαιτεί από 1,5 έως 3,5 κιλοβάτ, το κόστος της εγκατάστασης δεν είναι αμελητέο. Το ποσό αυτό, ωστόσο, μπορεί να αποσβεστεί σε περίπου 5-6 χρόνια και το Φ/Β σύστημα θα συνεχίσει να παράγει δωρεάν ενέργεια για τουλάχιστον άλλα 25 χρόνια. Ωστόσο, τα πλεονεκτήματα είναι πολλά, και το ευρύ κοινό έχει αρχίσει να στρέφεται όλο και πιο πολύ στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στα φωτοβολταϊκά ειδικότερα, για την κάλυψη ή την συμπλήρωση των ενεργειακών του αναγκών.

Συμπερασματικά καταλήγουμε στα εξής:

- 1 kWp (ισχύος αιχμής του Φ/Β συστοιχίας σε κατάσταση πλήρους ηλιοφάνειας 1000W/m² και θερμοκρασία 25°C) Φ/Β κρυσταλλικού Πυριτίου έχει επιφάνεια 8 με 10τ.μ. ανάλογα με την απόδοση που διαθέτει και παράγει κατά μέσο όρο 1.350 kWh AC το χρόνο (με ηλιοφάνεια Αττικής), πάνω σε σταθερή βάση στήριξης. Η επιφάνεια που απαιτείται για την εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος σε επίπεδο οικόπεδο μπορεί να είναι 2 με 2,5 φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική επιφάνεια των Φ/Β.
- Ένα πλήρες σύστημα 1 kWp, εγκατεστημένο και συνδεδεμένο με τη ΔΕΗ κοστίζει περίπου 4.000 με 6.000 €, ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης, τη θέση και την τεχνολογία που χρησιμοποιείται.
- Ενδεικτικά αναφέρεται ότι τα Φ/Β συστήματα παρακολούθησης του ήλιου σε 2 άξονες αποδίδουν περίπου 25 με 30% επιπλέον ενέργεια το χρόνο στην Ελλάδα ενώ το κόστος τους είναι 10 με 15% ανώτερο από αυτό των Φ/Β συστημάτων σε σταθερές βάσεις. Κρίσιμο θέμα είναι η αξιοπιστία και το κόστος συντήρησης των συστημάτων παρακολούθησης του ήλιου και η επίδρασή τους στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και βιωσιμότητα της επένδυσης.
- Για να καλυφθούν οι ανάγκες ενός σπιτιού απαιτούνται περίπου 2-3 kWp και επιφάνεια περίπου 30-50 τ.μ., ανάλογα την τεχνολογία Φ/Β που θα επιλεγεί.



Εικόνα 2.24 : Ενσωμάτωση άμορφων φωτοβολταϊκών στο Τεχνολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης, http://www.helapco.gr/library/PV_Guide_Apr08.pdf

2.5.2) Συστήματα Γεωθερμίας

Γεωθερμία ή *Γεωθερμική ενέργεια* ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Οι γεωθερμικές περιοχές συχνά εντοπίζονται από τον ατμό που βγαίνει από σχισμές του φλοιού της γης ή από την παρουσία θερμών πηγών. Για να υφίσταται διαθέσιμο θερμό νερό ή ατμό σε μια περιοχή πρέπει να υπάρχει κάποιος υπόγειος ταμιευτήρας αποθήκευσης του κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Στην περίπτωση αυτή, το νερό του ταμιευτήρα που συνήθως είναι βρόχινο νερό που έχει διεισδύσει στους βαθύτερους υδροφόρους ορίζοντες της γης, θερμαίνεται και ανεβαίνει προς την επιφάνεια. Τα θερμικά αυτά ρευστά εμφανίζονται στην επιφάνεια είτε με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού όπως προαναφέρθηκε είτε αντλούνται με γεώτρηση και αφού χρησιμοποιηθεί η θερμική τους ενέργεια, γίνεται επανέγχυση του ρευστού στο έδαφος με δεύτερη γεώτρηση. Έτσι ενισχύεται η μακροβιότητα του ταμιευτήρα και αποφεύγεται η θερμική ρύπανση του περιβάλλοντος. Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

- Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό $0,04 - 0,06 \text{ W/m}^2$
- Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.

Μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο έχει η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για την κάλυψη αναγκών του, καθώς είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις.

- Η *Υψηλής Ενθαλπίας* ($>150 \text{ }^\circ\text{C}$) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς τέτοιων εγκαταστάσεων το 1979 ήταν 1.916 MW με παραγόμενη ενέργεια $12 \times 10^6 \text{ kWh/yr}$.
- Η *Μέσης Ενθαλπίας* ($80 \text{ έως } 150 \text{ }^\circ\text{C}$) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την

παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).

- Η *Χαμηλής Ενθαλπίας* (25 έως 80 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού.

Η πρώτη βιομηχανική εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έγινε στο Λαρνταρέλλο (Lardarello) της Ιταλίας, όπου από τα μέσα του περασμένου αιώνα χρησιμοποιήθηκε ο φυσικός ατμός για να εξατμίσει τα νερά που περιείχαν βορικό οξύ αλλά και να θερμάνει διάφορα κτίρια. Το 1904 έγινε στο ίδιο μέρος η πρώτη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από τη γεωθερμία (σήμερα παράγονται εκεί 2,5 δισ. kWh/έτος). Σπουδαία είναι η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας από την Ισλανδία, όπου καλύπτεται πολύ μεγάλο μέρος των αναγκών της για ηλεκτρική ενέργεια και θέρμανση.

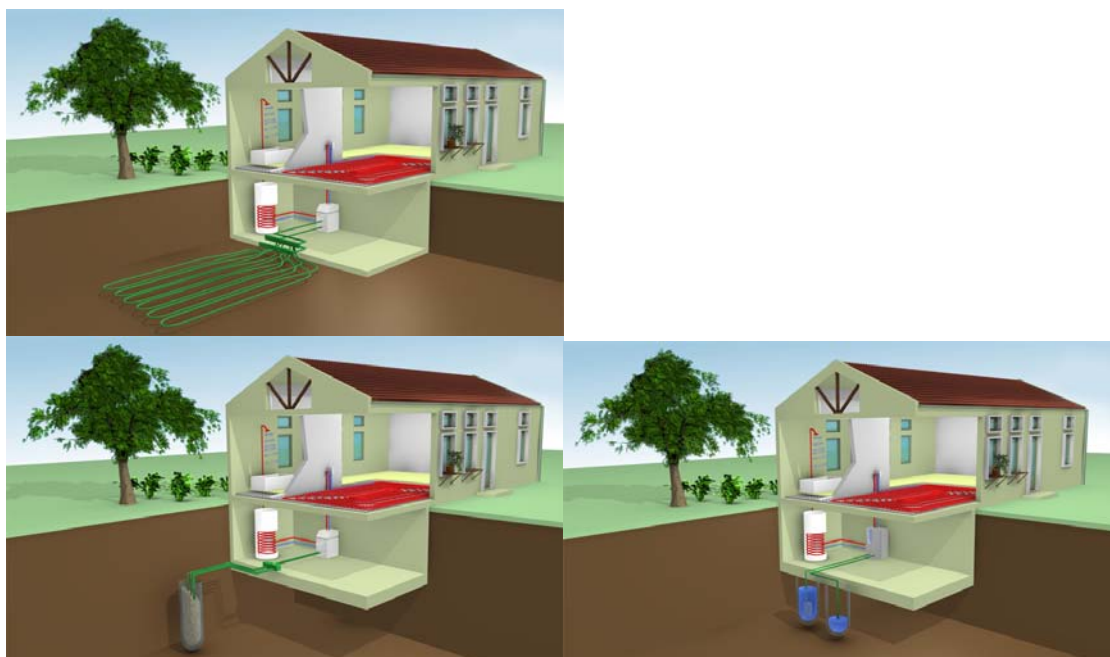
Σήμερα, οι πιο σημαντικές θερμικές εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας είναι η θέρμανση κτιρίων και θερμοκηπίων. Πολλοί επιστήμονες συζητούν την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας και στο βιομηχανικό τομέα. Οι κλάδοι της βιομηχανίας στους οποίους η γεωθερμία έχει ήδη εφαρμοστεί με επιτυχία είναι η βιομηχανία τροφίμων και οι ιχθυοκαλλιέργειες. Παρόλο που είναι κοινός τόπος ότι οι βιομηχανικές εφαρμογές αποτελούν το πεδίο μελλοντικής ανάπτυξης της γεωθερμίας, τα βήματα παραμένουν πολύ αργά, ενώ παρατηρείται σημαντική αύξηση στις εφαρμογές που αφορούν τη θέρμανση οικιών, δημόσιων και εμπορικών κτιρίων. Στη δεκαετία του 1970, λόγω της πετρελαϊκής κρίσης, δόθηκε σημαντική ώθηση στην ανάπτυξη της γεωθερμίας, ακόμα και σε περιοχές με σχετικά χαμηλή γεωθερμική βαθμίδα, όπως είναι η λεκάνη του Παρισιού. Η παρουσία θερμού νερού στους γεωλογικούς σχηματισμούς της λεκάνης του Παρισιού είχε ανακαλυφθεί ήδη από τη δεκαετία του 1950 ενώ διεξάγονταν έρευνες για πετρέλαιο, αλλά η πρώτη γεωθερμική γεώτρηση έγινε μόλις το 1962 στο Carriers-sur-seine. Το πρόβλημα που ανέκυψε και έπρεπε να λυθεί ήταν αυτό της διάθεσης του γεωθερμικού ρευστού μετά τη χρήση του λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε άλατα. Αυτό αντιμετωπίστηκε με τη διάνοξη και δεύτερης γεώτρησης. Το νερό εξέρχεται από τη μια γεώτρηση (production well) και, αφού αφαιρεθεί από αυτό η περιεχόμενη θερμότητα, επιστρέφει στο έδαφος μέσω της άλλης γεώτρησης (injection well). Αφού λύθηκε το πρόβλημα, ο δρόμος ήταν ανοικτός για την αξιοποίηση της λεκάνης του Παρισιού. Σημαντική ανάπτυξη σημειώθηκε στα επόμενα χρόνια, με αποτέλεσμα σε 200.000 κατοικίες που καλύπτουν τις θερμικές τους ανάγκες από τη γεωθερμική ενέργεια να επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 200.000 τόννων ισοδύναμου πετρελαίου ετησίως. (www.wikipedia.com)

Τα *γεωθερμικά συστήματα*, εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι η γη διατηρεί σε σχετικά μικρό βάθος τη θερμοκρασία της σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Με τη χρήση ενός *γεωεναλλάκτη*, ενός συστήματος δηλαδή σωληνώσεων που τοποθετούμε στο υπέδαφος, μιας *αντλίας γεωθερμίας* όπου το νερό φτάνει από το δίκτυο του γεωθερμικού εναλλάκτη, σε σταθερή θερμοκρασία και ενός *ενδοδαπέδιου συστήματος*, μπορούμε να θερμάνουμε το χειμώνα και να δροσίσουμε το καλοκαίρι οποιαδήποτε κατοικία. Το χειμώνα το μίγμα νερού-γλυκόλης του εξωτερικού κυκλώματος απορροφά την αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους και με τη βοήθεια της αντλίας πετυχαίνουμε θερμοκρασίες νερού 35-45°C, αρκετές για τη λειτουργία της θέρμανσης του δαπέδου. Το καλοκαίρι το σύστημα ακολουθεί την αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή απάγει θερμότητα από το κτίριο και τη μεταφέρει στο γεωεναλλάκτη. Οι ανάγκες του κτιρίου, η έκταση του, ο περιβάλλον χώρος και ο γεωλογικός του χαρακτήρας ορίζουν τη μορφή και την επιλογή του γεωεναλλάκτη. Σύμφωνα με τα παραπάνω τα συστήματα γεωθερμίας είναι τα εξής:

- **Οριζόντιο σύστημα**, στο οποίο κυκλοφορεί ένα μίγμα νερού-γλυκόλης και το οποίο τοποθετείται σε μικρό βάθος (κλειστό κύκλωμα), όπου δεν υπάρχουν

θερμοκρασιακές εναλλαγές λόγω καιρικών συνθηκών, καλύπτοντας επιφάνεια διπλάσια των τετραγωνικών μέτρων που θέλουμε να θερμάνουμε.

- **Κατακόρυφο σύστημα**, το οποίο το τοποθετείται σε μεγαλύτερο βάθος (κλειστό κύκλωμα) και όταν ο εξωτερικός χώρος δεν επαρκεί για τη δημιουργία οριζόντιου δικτύου. Στην περίπτωση αυτή εγκαθίστανται ζευγάρια σωληνώσεων τα οποία βυθίζονται σε γεώτρηση 60-100 μέτρων για να δεσμεύσουν την ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία της θέρμανσης και του δροσισμού.
- **Ανοιχτό σύστημα**, το οποίο εκμεταλλεύεται τη θερμοκρασία των υπόγειων υδάτων αντλώντας νερό και επιστρέφοντας το στον ίδιο υδροφόρο ορίζοντα.
<http://www.interplast.gr>



Εικόνα 2.25 : Συστήματα γεωθερμίας, <http://www.interplast.gr>

Ιδιαίτερα σημαντικές για τη λειτουργία των γεωθερμικών συστημάτων είναι οι αντλίες θερμότητας νερού/νερού, ή αλλιώς αντλίες γεωθερμίας. Εκμεταλλεύονται το γεωθερμικό δυναμικό του υπεδάφους, δηλαδή τη θερμότητα που είναι αποθηκευμένη στο έδαφος, και τη μεταφέρουν στο νερό της ενδοδαπέδιας θέρμανσης ή στα ζεστά νερά χρήσης. Μπορούν να συνδυαστούν με όλες τις μορφές γεωθερμίας (οριζόντια, κάθετη ή ανοιχτού τύπου) παράγοντας ζεστό ή κρύο νερό για θέρμανση ή δροσισμό, αντίστοιχα. Ο υψηλός βαθμός απόδοσης των γεωθερμικών αντλιών τις καθιστά εξαιρετικά οικονομικές ως προς τη χρήση τους και εγγυάται τη συνεχή λειτουργία τους όλο το χρόνο. Η λειτουργία τους είναι η εξής. Το μίγμα νερού-γλυκόλης που κυκλοφορεί στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη απορροφά ενέργεια από το έδαφος και οδηγείται στον εξατμιστή ο οποίος δεσμεύει την ενέργεια αυτή. Μέσω του εξατμιστή μεταδίδεται στο ψυκτικό μέσο της αντλίας το οποίο μετατρέπεται από υγρό σε αέριο. Το ψυκτικό μέσο, το οποίο κινείται σε ένα κλειστό κύκλωμα, περνάει από το συμπιεστή και συμπιέζεται ώστε να αυξηθεί η πίεση και η θερμοκρασία του στην επιθυμητή τιμή. Έπειτα, οδηγείται στο συμπυκνωτή όπου και αποβάλλει όλη τη θερμότητα που έχει αποθηκεύσει στο νερό του κυκλώματος της ενδοδαπέδιας θέρμανσης. Το ψυκτικό μέσο μεταφέρεται στη βαλβίδα εκτόνωσης και εκτονώνεται, ώστε να επιστρέψει στον εξατμιστή και να επαναλάβει την ίδια διαδικασία. Η λειτουργία του δροσισμού είναι η αντίστροφη

διαδικασία. Οι γεωθερμικές αντλίες έχουν πλήθος πλεονεκτημάτων μεταξύ των οποίων είναι:

- Ο μεγάλος συντελεστής απόδοσης (COP έως 5,7), δηλαδή, με 1KW καταναλισκόμενη ενέργεια, παράγονται 5,7KW χρηστικής ενέργειας. Αυτό σημαίνει οικονομικότερη λειτουργία σε σχέση με όλα τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης.
- Η αυτονομία τους. Μια αντλία γεωθερμίας αντικαθιστά πλήρως τα κλασικά συστήματα θέρμανσης (λέβητας πετρελαίου, φυσικού αερίου, κ.α.). Τροφοδοτείται μόνο με ηλεκτρικό ρεύμα και η ίδια μονάδα παράγει θέρμανση, δροσισμό και ζεστά νερά χρήσης.
- Οι αντλίες στην λειτουργία τους είναι φιλικές προς το περιβάλλον, αφού χρησιμοποιούν ψυκτικό υγρό R-410A και έχουν μηδενικές εκπομπές ρύπων.
- Το μικρό μέγεθος τους και η αθόρυβη λειτουργία τους. <http://www.interplast.gr>

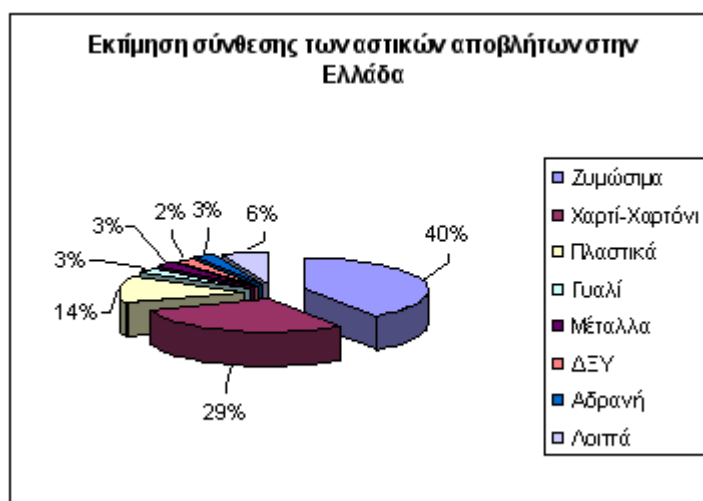
Συμπερασματικά τα κύρια πλεονεκτήματα των γεωθερμικών συστημάτων είναι:

- Χαμηλό κόστος λειτουργίας, το 70% έως 80% της ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση-δροσισμό απορροφάται από το γεωεναλλάκτη, το κόστος λειτουργίας ενός γεωθερμικού συστήματος είναι εξαιρετικά μειωμένο
- Φιλικότητα προς το περιβάλλον, καθώς δεν εξαντλεί τους ενεργειακούς πόρους και δεν παράγει ρύπους (μηδενικές εκπομπές CO₂)
- Ελευθερία χώρων, καθώς το μόνο που χρειάζεται είναι μία μικρή και συμπαγής αντλία.
- Μηδενική συντήρηση, ο γεωεναλλάκτης δεν χρειάζεται συντήρηση, ενώ η αντλία γεωθερμίας μόνο έναν περιοδικό έλεγχο
- Αθόρυβη και ασφαλής λειτουργία. (<http://www.interplast.gr>)

2.5.3) Αξιοποίηση αστικών στερεών αποβλήτων

Η διαχείριση των απορριμμάτων αποτελεί ένα από τα πλέον σύνθετα και δύσκολα προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει η χώρα μας, όπως και κάθε σύγχρονη κοινωνία. Με τα σημερινά δεδομένα, στη χώρα μας παράγουμε κάθε χρόνο περίπου 4.8 εκατομμύρια τόνους αστικών στερεών απορριμμάτων (απορρίμματα που προέρχονται από κατοικίες και εμπορικές δραστηριότητες), χωρίς να συμπεριλαμβάνονται στις ποσότητες αυτές τα απόβλητα της γεωργίας, του οικοδομικού τομέα και της βιομηχανίας. Αυτό σημαίνει ότι κάθε κάτοικος αυτής της χώρας παράγει κατά μέσο όρο 480 κιλά αστικά απορρίμματα ετησίως. Επισημαίνεται ότι η Περιφέρεια Αττικής παράγει περίπου 39% της συνολικής ποσότητας, ακολουθούμενη από την Κ. Μακεδονία (16%), με το 9% να παράγεται μόνο στο Νομό Θεσσαλονίκης. Τα τελευταία χρόνια λόγω της ανάπτυξης των μεγάλων αστικών κέντρων, της συνεχούς αύξησης του τουριστικού ρεύματος, της ανόδου του βιοτικού επιπέδου και κατ' επέκταση της αλλαγής των καταναλωτικών συνηθειών παρατηρείται μια τάση σημαντικής αύξησης της παραγωγής των αστικών απορριμμάτων, με ταυτόχρονη αλλαγή της ποιοτικής τους σύστασης (αύξηση των επικίνδυνων και τοξικών απορριμμάτων, εμφάνιση σύνθετων υλικών συσκευασίας, κλπ), ενώ παράλληλα παρατηρείται όλο και

μεγαλύτερο πρόβλημα στην εξεύρεση και αποδοχή χώρων για τη διαχείρισή τους. (<http://www.minenv.gr/anakyklosi/general/general.html>)



Εικόνα 2.26 : Εκτίμηση σύνθεσης αστικών αποβλήτων, (<http://www.minenv.gr/anakyklosi/general/general.html>)

Οι σύγχρονες αντιλήψεις και πρακτικές για τη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων υπαγορεύουν πλέον σχεδιασμό και υλοποίηση ολοκληρωμένων συστημάτων, με βασικούς στόχους την *αιεφορία* και την αποτελεσματική διαχείριση και εξοικονόμηση φυσικών πόρων και ενέργειας. Το κέντρο βάρους έχει μετατοπιστεί καθαρά προς την πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων, την ανακύκλωση και προς την μείωση των επικίνδυνων συστατικών των αποβλήτων. Σήμερα, οι βασικοί άξονες της πολιτικής διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων στη χώρα μας, διαμορφούμενες σε συμφωνία με την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία και τη σύγχρονη επιστημονική γνώση, προσδιορίζονται ιεραρχικά ως ακολούθως:

- *Πρόληψη της παραγωγής απορριμμάτων* μέσω της ανάλυσης του κύκλου ζωής προϊόντων (ΑΚΖ) , του περιβαλλοντικού σχεδιασμού του προϊόντος, των νέων τρόπων παραγωγής, του περιορισμού της χρήσης επικίνδυνων ουσιών και τελικά της επιλεκτικής κατανάλωσης με στόχο τη μείωση των απορριμμάτων που προορίζονται για τελική απόθεση.
- *Επαναχρησιμοποίηση υλικών*, όπου αυτό είναι εφικτό
- *Ανακύκλωση υλικών* (παραγωγή δευτερογενών υλικών) & *αξιοποίηση αποβλήτων* για παραγωγή ενέργειας
- *Ασφαλής τελική διάθεση* σε οργανωμένους χώρους υγειονομικής ταφής.

Πιο συγκεκριμένα η επαναχρησιμοποίηση των υλικών γίνεται μέσω κάποιων μεθόδων ανάκτησης υλικών ή ενέργειας όπως : η *ανακύκλωση*, η *καύση*, η *κομποστοποίηση*, η *αναερόβια χώνευση*, η *υγειονομική ταφή* αλλά και η *πυρόλυση*. Κατά την ανακύκλωση γίνεται διαλογή των χρήσιμων υλικών όπως χαρτί, γυαλί, αλουμίνιο στην πηγή (δηλαδή σε κατοικίες αλλά και σε γραφεία) σε ξεχωριστούς κάδους ή συγκέντρωση και μηχανική διαλογή στους χώρους απόθεσης των αστικών στερεών αποβλήτων. Στην διαδικασία της καύσης, το σύνολο των οικιακών απορριμμάτων αποτεφρώνεται σε βιομηχανικές μονάδες για την παραγωγή ενέργειας και ατμού ή γίνεται μετά από την μηχανική επεξεργασία των ΑΣΑ με την παραγωγή στερεών καυσίμων τα οποία χρησιμοποιούνται ενεργειακά. Κατά την

κομποστοποίηση, τα ΑΣΑ διαχωρίζονται για να παραληφθεί το οργανικό κλάσμα στην πηγή ή στους χώρους συγκέντρωσης για την παραγωγή compost ως εδαφοβελτιωτικού. Στην αναερόβια χώνευση, το οργανικό κλάσμα που διαχωρίστηκε μέσω της αναερόβιας χώνευσης παράγει βιοαέριο για την παραγωγή ενέργειας μέσω μηχανών εσωτερικής καύσης. Κατά την υγειονομική ταφή, στους ΧΥΤΑ, δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες κι αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή βιοαερίου το οποίο απομαστεύεται και καίγεται σε μηχανές για να παραχθεί ενέργεια. Τέλος κατά την πυρόλυση, το οργανικό κλάσμα των στερεών αποβλήτων, θα εξαερωθεί μέσω θερμικής κατεργασίας παρουσία οξυγόνου και θα παραχθούν στερεά προϊόντα όπως ανθρακούχο στερεό υπόλειμμα υψηλής θερμογόνου αξίας, υγρά προϊόντα πλούσια σε οργανικές ενώσεις αλλά και αέρια προϊόντα όπως μεθάνιο, υδρογόνο, διοξείδιο του άνθρακα καθώς και μονοξείδιο του άνθρακα.

Ένα άλλο στοιχείο που μπορούν να εκμεταλλευθούν τα βιοκλιματικά σπίτια είναι τα λύματα που παράγονται σε αυτό μέσω της επαναχρησιμοποίησης του νερού μετά το βιολογικό καθαρισμό. Αυτό μπορεί να γίνει με την κατάλληλη μελέτη του υδραυλικού συστήματος. Μια καλή επιλογή είναι η κατασκευή βιοτουαλέτας και η επιφανειακή διάθεση και επεξεργασία λυμάτων μιας μικρής μονοκατοικίας. Τα λύματα της κατοικίας από τις τουαλέτες, τους νιπτήρες κλπ, παραλαμβάνονται μέσω του αποχετευτικού δικτύου και στη συνέχεια τις μετασχηματίζονται σε μικρές οικιακές μονάδες βιολογικού καθαρισμού λυμάτων, σε καθαρό νερό αλλά όχι πόσιμο. Το παραγόμενο νερό είναι φιλτραρισμένο, διαθέτει υψηλής ποιότητας υγιεινή λόγω της συνολικής απομάκρυνσης των οργανικών υλικών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το πότισμα του κήπου, το καθάρισμα του αυτοκινήτου, το πλύσιμο των ρούχων, την πισίνα και σε κάθε χρήση που δεν χρειάζεται το πόσιμο νερό. Οι μονάδες βιολογικού καθαρισμού λειτουργούν βασιζόμενοι στο συνδυασμό μιας διαδικασίας αναζωογόνησης, μέσω μιας βιομάζας μικροβίων που τρέφεται με τους ρύπους, και της ανάκτησης του φιλτραρισμένου νερού μέσα από ειδικά φίλτρα. Τα βυτία εγκαθίστανται και λειτουργούν ταυτόχρονα τόσο ως αποθήκες για τα λύματα όσο και για βιομάζα. Οι ακαθαρσίες που καταλήγουν στο βιολογικό καθαρισμό οδηγούνται αρχικά στο *θυτίο διάλυσης* και διαχωρισμού στερεών, στο οποίο χωρίζονται τα μη διαλυμένα στερεά υλικά από το ακάθαρτο νερό και εκεί γίνεται ενδιάμεση αποθήκευση μεγαλύτερων ποσοτήτων ακάθαρτου νερού. Στη συνέχεια το ακάθαρτο νερό μεταφέρεται μέσω μιας *αντλίας σιφωνισμού* στο *θυτίο της αναζωογόνησης*, όπου θα καθαριστεί μέσω της βιομάζας μικροβίων και θα ανακτηθεί μέσα από ειδικές μεμβράνες, χωρίς να έχει ρύπους, μικρόβια και βακτηρίδια. Η βιολογική αποδόμηση απαιτεί οξυγόνο το οποίο διοχετεύεται στο βυτίο μέσω ενός *συμπιεστή* αθόρυβης λειτουργίας. Το μίγμα λάσπης -αέρα- νερού, ανέρχεται με τη διοχέτευση αέρα από κάτω προς τα πάνω, όπου ο αέρας οδηγείται μέσω ενός ειδικού συστήματος από φίλτρα, δημιουργώντας ρεύμα που ρέει παράλληλα προς τις μεμβράνες για να εμποδίζουν τη δημιουργία στρώματος επικάλυψης πάνω στα βιολογικά μικροφίλτρα της μεμβράνης. Το νερό που ανακτάται από τα *βιολογικά μικροφίλτρα* καθώς και του *φίλτρου ενεργού άνθρακα* δεν διαθέτει αιωρούμενα σωματίδια και δεν χρειάζεται περαιτέρω καθαρισμός. Οι μονάδες βιολογικού καθαρισμού εγκαθίστανται σε εσωτερικούς χώρους όπως στο έδαφος, στο λεβητοστάσιο, στο υπόγειο, και γενικότερα σε κλειστούς χώρους ώστε να προστατεύονται από την παγωνιά. Η ενέργεια που καταναλώνουν οι μονάδες βιολογικού καθαρισμού κυμαίνεται από 0,2-2,4kWh/μέρα.

Τέλος εξοικονόμηση νερού μπορεί επίσης να επιτευχθεί με ένα απλό σύστημα συλλογής των βρόχινων υδάτων που στοχεύει στην επαναχρησιμοποίησή του. Το καλύτερο υδραυλικό σύστημα που μπορεί να κατασκευασθεί σε ένα σπίτι πρέπει να έχει αστεροειδή μορφή, με τις κεντρικές στήλες συγκεντρωμένες σε ένα κατάλληλα μονωμένο σημείο της κάλυψης.

(Τσίτηρας, 1996)

2.5.4) Τηλεθέρμανση με βιομάζα

Με τον όρο *βιομάζα* ονομάζουμε οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση. Η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της είναι ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων, είναι η βιομάζα. Αντίθετα από αυτά, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ό,τι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Εν γένει, για τις διάφορες τελικές χρήσεις υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι, ο όρος "βιοισχύς" περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακα) για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ ως "βιοκαύσιμα" αναφέρονται κυρίως τα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα, π.χ. βενζίνη ή ντίζελ.



Εικόνα 2.27 : Μια μορφή βιομάζας: pellets (συσσωματώματα) τα οποία προκύπτουν από τη μηχανική συμπίεση πριονιδιού, χωρίς την προσθήκη χημικών ή συγκολλητικών ουσιών, <http://el.wikipedia.org/>

Η βιοενέργεια αποτελεί στην Ε.Ε. το μεγαλύτερο ποσοστό στην παραγόμενη ενέργεια από Α.Π.Ε. (66% το 2005), ενώ είναι στην τρίτη θέση στην παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μετά την υδροηλεκτρική και την αιολική (15,8% το 2005). Επίσης, αφορά όλη την αγορά βιοκαυσίμων στις μεταφορές. Η βιοενέργεια χρησιμοποιείται σε όλη την Ευρώπη πάντα σε σχέση με τις υπάρχουσες πρώτες ύλες και αγορές, ενώ επειδή και οι πρώτες ύλες, οι τεχνολογίες και οι αγορές είναι ποικίλες είναι ένας τομέας ενδιαφέρων και περίπλοκος ως προς την ανάπτυξή του. Η συνηθέστερη οικιστική χρήση της βιοενέργειας είναι η *θέρμανση*. Η θέρμανση χώρων με τη χρήση βιομάζας περιλαμβάνει πολλές λύσεις: τζάκι, στόφα, ξυλόσομπα, λέβητες πυρηνόξυλου ή καυσόξυλου, τηλεθέρμανση, λέβητες ή σόμπες για συσσωματώματα βιομάζας – pellets). Στην αγορά υπάρχουν ξυλόσομπες που δίνουν εγγύηση για θέρμανση ολόκληρου του σπιτιού και ενεργειακά τζάκια και ξυλόσομπες που μπορούν να θερμαίνουν και το νερό της κεντρικής θέρμανσης ή νερό χρήσης επιπλέον του χώρου στον οποίο βρίσκονται. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η θέρμανση χώρων με αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα (πυρηνόξυλο, κουκούτσια κ.λπ.) που λαμβάνει χώρα σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας σε λέβητες που καίνε τα ανάλογα υπολείμματα και πετρέλαιο. Έτσι μπορεί κάποιος να επωφεληθεί από τα χαμηλά κόστη που παρουσιάζουν στην

αγορά τα υπολείμματα συγκεκριμένες εποχές του χρόνου, ενώ εξασφαλίζει τη θέρμανση του σπιτιού για όλη τη θερμαντική περίοδο. (www.wikipedia.com)

Τηλεθέρμανση είναι η παραγωγή θερμικής ενέργειας με μορφή υπέρθερμου νερού από ένα κεντρικό σύστημα, η μεταφορά της θερμικής ενέργειας και η διανομή της στις κατοικίες της πόλης. Στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη είναι πολύ διαδεδομένη, ενώ στην Ελλάδα υπάρχουν μόνο οι τηλεθερμάνσεις που λειτουργούν χρησιμοποιώντας την απορριπτόμενη θερμότητα των σταθμών παραγωγής της ΔΕΗ. Τα συστήματα τηλεθέρμανσης αποτελούνται από:

1. Το *σταθμό παραγωγής θερμότητας* που είναι εγκατεστημένος ο κεντρικός εξοπλισμός και εκεί υπάρχουν επίσης οι λέβητες, το σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου, η καπνοδόχος, οι αντλίες κλπ,
2. Το *δίκτυο διανομής* του θερμαίνοντος μέσου, το οποίο είναι θερμό ή υπέρθερμο νερό από το σταθμό παραγωγής θερμότητας προς τα θερμαινόμενα κτίρια,
3. Τους *υποσταθμούς σύνδεσης*, οι οποίοι συμβάλλουν στη σύνδεση των εσωτερικών εγκαταστάσεων θέρμανσης των κτιρίων με το δίκτυο διανομής τηλεθέρμανσης.
4. Τις *εσωτερικές εγκαταστάσεις θέρμανσης* των κτιρίων, οι οποίες αποτελούνται από τα δίκτυα σωληνώσεων, θερμαντικά σώματα κλπ.

Λεπτομερέστερα, στους σταθμούς παραγωγής θερμότητας υπάρχουν ειδικοί λέβητες στους οποίους καίγεται η βιομάζα και παράγεται θερμό νερό. Οι λέβητες οι οποίοι χρησιμοποιούνται είναι με εστίες κινούμενων εσχάρων. Η βιομάζα που καίγεται στους λέβητες τροφοδοτείται με πλήρως αυτοματοποιημένα συστήματα. Τα καυσαέρια που εκλύονται κατά την καύση της βιομάζας, καθαρίζονται με ειδικές διατάξεις όπως οι πολυκυκλώνες, τα σακκόφιλτρα, τα ηλεκτροστατικά φίλτρα κι έπειτα οδηγούνται στην καμινάδα κι από εκεί στην ατμόσφαιρα. Οι αγωγοί του δικτύου διανομής είναι μονωμένοι και αποτελούνται από εσωτερικό χαλύβδινο αγωγό με μόνωση πολυουρεθάνης ενώ εξωτερικά, υπάρχει προστατευτικό περίβλημα πολυαιθυλενίου. Στη μόνωση της πολυουρεθάνης υπάρχουν χάλκινα σύρματα ώστε να εντοπίζονται τα σημεία που υπάρχει υγρασία κατά μήκος του δικτύου, μέσω ενός ειδικού ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου. Αυτοί οι αγωγοί τοποθετούνται στο έδαφος. Η εμφάνιση της υγρασίας οφείλεται συνήθως σε διαρροή του χαλύβδινου αγωγού ή σε είσοδο υγρασίας του εδάφους στη μόνωση. Τέλος το παραγόμενο θερμό νερό επανακυκλοφορεί στο δίκτυο διανομής με τη βοήθεια αντλιών. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στα συστήματα θέρμανσης με βιομάζα είναι ανεπτυγμένη σε μεγάλο βαθμό όσον αφορά τη διανομή του θερμού νερού από καύση βιομάζας σε λέβητες αλλά και τη διανομή του θερμού νερού από το σταθμό παραγωγής θερμότητας προς τα συνδεδεμένα κτίρια μέσω του δικτύου των μονωμένων αγωγών. (*Τσίππρας, 1996*)

Οι εφαρμογές της τηλεθέρμανσης με βιομάζα, χαρακτηρίζονται από την απαίτηση για ένα υψηλό αρχικό κεφάλαιο. Το κόστος του καυσίμου αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη διαμόρφωση των εξόδων των συστημάτων τηλεθέρμανσης. Ένα πρόβλημα που πρέπει να λυθεί πριν ξεκινήσει η κατασκευή ενός τέτοιου συστήματος είναι η εξασφάλιση προμήθειας των απαιτούμενων ποσοτήτων βιομάζας σε προκαθορισμένες τιμές. Επίσης είναι εξίσου σημαντική η δυνατότητα χρησιμοποίησης εναλλακτικού καυσίμου ώστε να μπορεί να εξασφαλισθεί η τροφοδοσία του συστήματος με καύσιμο σε κάθε περίπτωση. Για να είναι βιώσιμη η επένδυση, θα πρέπει ο αριθμός των κατοικιών που συνδέονται με το σύστημα να είναι ενημερωμένος για τα οφέλη και τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος ώστε να προμηθεύονται θερμότητα από αυτό ο μεγαλύτερος δυνατός αριθμός κατοικιών. Ένα άλλο θέμα που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη από την επιχείρηση διαχείρισης του συστήματος τηλεθέρμανσης, είναι η τιμολογιακή πολιτική που θα ακολουθηθεί, ώστε η τιμή της θερμικής

ενέργειας που θα πωλείται να είναι πολύ χαμηλότερη από την τιμή που προκύπτει από τη χρήση τοπικού λέβητα πετρελαίου, κι έτσι οι καταναλωτές να αποκτούν ένα επιπλέον κίνητρο για να συνδεθούν με το δίκτυο. (Anderson B., *Harnessing Solar Energy*, MIT Press 1990)

Συμπερασματικά τα πλεονεκτήματα της βιομάζας είναι τα εξής :

1. Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.
2. Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
3. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.
4. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλίανθος κ.ά.), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο.

Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται :

1. Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
2. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
3. Βάση των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
4. Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

2.6) Φυσικός φωτισμός

Η βελτίωση του φυσικού φωτισμού των εσωτερικών χώρων δε θα μπορούσε να λείπει από έναν ολοκληρωμένο βιοκλιματικό σχεδιασμό έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου και βελτίωση της ποιότητας ζωής σε ένα χώρο που θα θερμαίνεται, θα ψύχεται και θα φωτίζεται με φυσικό κατά το δυνατό τρόπο. (Χρυσομαλίδου, 2002)

Η έννοια του φυσικού φωτισμού είναι άμεσα συνδεδεμένη με την *οπτική άνεση*. Η οπτική άνεση περιγράφει την ικανότητα του ατόμου να εντοπίζει, να αναγνωρίζει και να αναλύει λεπτομερώς εύκολα ό,τι βρίσκεται στο πεδίο ορατότητας του. Εξαρτάται κατά κύριο λόγο από της συνθήκες φωτισμού του χώρου στον οποίο βρίσκεται το άτομο. Όταν υπάρχει ανεπαρκής φωτισμός, ή το φαινόμενο της θάμβωσης (κακή κατανομή του φωτός που μπορεί να περισπά ελαφρά ή να τυφλώνει οπτικά τους ενοίκους, δημιουργώντας αίσθημα κόπωσης και δυσφορίας), η ικανότητα του ατόμου να δει αντικείμενα ή λεπτομέρειες σε ένα χώρο μειώνεται. Επίσης, η ικανότητα του οφθαλμού να προσαρμόζεται στις αλλαγές στάθμης και στο χαρακτήρα του φωτισμού είναι πολύ σημαντική για τον μελετητή του φωτισμού. Εφαρμόζεται εμπειρικά ότι το ανθρώπινο μάτι μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί στην αλλαγή από το ζωηρό φυσικό φως της υπαίθρου, σε ένα χώρο με τεχνητό φωτισμό, αρκεί η στάθμη του τεχνητού φωτισμού (η ποσότητα του δηλαδή) να είναι το ένα εκατοστό (ή περισσότερο) από την στάθμη του εξωτερικού φωτισμού. Και αυτό γιατί ο οφθαλμός προσαρμόζεται όχι μόνο σε αλλαγή της στάθμης λαμπρότητας αλλά και σε αλλαγή του χαρακτήρα του φωτός. Για την εξασφάλιση καλής οπτικής άνεσης απαιτείται στους εσωτερικούς χώρους **να υπάρχει επαρκής ποσότητας φωτισμού** (στάθμη φωτισμού) αφενός και αφετέρου **ομαλή κατανομή**, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν το φαινόμενο της θάμβωσης. Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα *γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων*, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/ υφή) και των υαλοπινάκων (*φωτοδιαπερατότητα/ ανακλαστικότητα*). Ένας συμβατικός, μονός υαλοπίνακας μεταδίδει το 85% της ακτινοβολίας που προσπίπτει, ενώ ένας διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας εκπέμπουν μειωμένο ποσοστό ακτινοβολίας, περίπου 70% και 60% αντίστοιχα. (Ευθυνιόπουλος, 2005)

Σύμφωνα με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού σε ένα κτίριο το φυσικό φως πρέπει να είναι η κύρια πηγή φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας. Για να θεωρηθεί ότι ο φυσικός φωτισμός καλύπτει μόνος του τις ανάγκες, πρέπει να επιτύχει επίπεδα φωτισμού όχι μικρότερα των 300 lux. Σε αντίθετη περίπτωση συμπληρώνεται από τεχνητό φωτισμό. Ένας χώρος θεωρείται καλά φωτισμένος όταν η μέση τιμή του *DLF (daylight factor)* είναι 4–5%. Ανακλαστήρες και ειδικά διαθλαστικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ανακατευθύνουν το φως από τα περιμετρικά παράθυρα βαθύτερα μέσα στο χώρο και να αυξήσουν την ομοιομορφία του φυσικού φωτισμού.

Ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων πρέπει να συσχετισθεί με τη διαρρύθμιση και τις δραστηριότητες του εσωτερικού χώρου, έτσι ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα δημιουργίας σκιών και υπερβολικών αντιθέσεων φωτεινότητας. Συστήνεται η χρήση εξωτερικών σκιάστρων, παρότι θεωρούνται ακριβότερα, καθώς είναι πιο αποτελεσματικά για την αποτροπή ηλιακού θερμικού κέρδους. Προτείνεται η χρήση παραθύρων με τριπλά τζάμια, με την εξής δομή: Ένα εσωτερικό στοιχείο με διπλό τζάμι, και ένα εξωτερικό με μονό, ενώ ενδιάμεσα υπάρχει ένα πέτασμα. Αυτή η διάταξη δίνει πολύ χαμηλό U-value αλλά και με χαμηλό κόστος.

Ένα καλό σύστημα φυσικού φωτισμού λαμβάνει υπόψη του τους εξής παράγοντες:

- τον προσανατολισμό, την οργάνωση και τη γεωμετρία των χώρων που πρόκειται να φωτιστούν.
- την εγκατάσταση, το σχήμα και τις διαστάσεις των ανοιγμάτων.
- τη θέση και τις ιδιότητες των επιφανειών των εσωτερικών χωρισμάτων, που ανακλούν το φυσικό φως και επηρεάζουν τη διανομή του
- τη θέση και το σχήμα των διατάξεων που παρέχουν προστασία από το υπερβολικό φως και τη θάμβωση.

Πρόκειται δηλαδή για μια ενιαία μελέτη του χώρου, των υαλοστασίων, των πλαισίων και των διατάξεων σκιασμού.

Χρώματα	Ανακλαστικότητα	Υλικά εσωτερικού χώρου	Ανακλαστικότητα
λευκό	0.85	λευκό χαρτί	0.8
απαλό κρεμ	0.8	τάπητας	0.45-0.1
ανοιχτό γκρι	0.7	πλινθοδομή	0.3-0.2
μέτριο γκρι	0.45	πλάκες λατομείων	0.1
σκούρο γκρι	0.15	γυαλί παραθύρου	0.1
σκούρο καφέ	0.1		
μαύρο	0.05		

Πίνακας 2.6: Τιμές ανακλαστικότητας για διάφορες επιφάνειες, (T.M.Mroz, Subtask A,2003)

DLF	Αποτέλεσμα- οπτική άνεση	Ενεργειακές απιπτώσεις
< 2%	Σκοτεινό δωμάτιο	Τεχνητός φωτισμός είναι απαραίτητος, κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας.
2%-5%	Το δωμάτιο φαίνεται φωτεινό, αλλά βοηθητικός τεχνητός φωτισμός είναι απαραίτητος	Καλή ισορροπία μεταξύ φωτισμού και θερμικών φορτίων.
>5%	Το δωμάτιο είναι πολύ φωτεινό	Τη μέρα σπάνια χρειάζεται τεχνητός φωτισμός. Υπάρχει πιθανότητα υπερθέρμανσης το καλοκαίρι και θερμικών απωλειών το χειμώνα.

Πίνακας 2.7: Συντελεστής Φυσικού Φωτός και Οπτική Αίσθηση, <http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/clear/about/tree.html>

Οι κατηγορίες συστημάτων φυσικού φωτισμού είναι:

- Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία
- Ανοίγματα οροφής
- Αίθρια
- Φωταγωγοί/ Φωτοσωλήνες

Ενώ οι **τεχνικές** που σκοπεύουν στην βελτίωση αυτών των συστημάτων περιλαμβάνουν:

- Ηλιοστάσια
- Ειδικούς υαλοπίνακες
- Σκίαστρα
- Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά
- Ράφια φωτισμού
- Ανακλαστικές περσίδες
- Διαφανή μονωτικά υλικά

2.6.1) Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία

Οι πιο συνήθεις εφαρμογές φωτισμού των κτιρίων είναι τα κατακόρυφα ανοίγματα (παράθυρα) . Για τη δημιουργία συνθηκών οπτικής άνεσης τα παράθυρα θα πρέπει να τοποθετούνται σε σημεία όπου η ροή του φωτός να είναι μέγιστη αλλά και ελεγχόμενη. Τα επίπεδα φωτισμού μειώνονται αρκετά γρήγορα όσο μεγαλώνει η απόσταση από το παράθυρο. Ένας προσεγγιστικός κανόνας είναι, ότι ο χρήσιμος φυσικός φωτισμός θα φθάσει σε μια απόσταση 2.5 φορές την απόσταση από την κορυφή του παραθύρου μέχρι το επίπεδο εργασίας (συνήθως λαμβάνεται ίσο με 60 cm). ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι ενδέχεται να υπάρχει θάμβωση και θερμική ενόχληση.

Όσο αφορά στον προσανατολισμό, τα ανοίγματα στο βορρά συνιστώνται για το καλοκαίρι γιατί δέχονται μόνο διάχυτο και όχι άμεσο βοηθώντας έτσι στην καλύτερη ποιότητα φωτισμού στο χώρο. Τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα συνιστώνται μόνο για λόγους φωτισμού ή θέας καθώς έχουν τη χειρότερη συμπεριφορά όλο το χρόνο. Ιδιαίτερα τα δυτικά ανοίγματα είναι πολύ δυσμενή το καλοκαίρι, καθώς δέχονται άμεσα ήλιο μετά το μεσημέρι. Γενικά στα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα πρέπει να προβλέπεται σκίαση κατά προτίμηση εξωτερική και κατακόρυφου τύπου. Ο ηλιασμός των κτιρίων και μάλιστα από τη θέση του επιθυμητού προσανατολισμού, είναι συχνά δυσχερής έως αδύνατος, ιδιαίτερα σε πυκνοδομημένες περιοχές. Η χρήση αντανάκλαστικών επιφανειών όπως οριζόντιων περσίδων, ή πρισματικών τζαμιών ενδείκνυται για τέτοιες περιπτώσεις. (www.opendeco.es)

Χρησιμοποιούνται πάντα μέσα σκίασης, εξωτερικά ή εσωτερικά του κτιρίου για μείωση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. επίσης, χρησιμοποιούνται υαλοπίνακες μικρότερης διαπερατότητας, ενώ για τη μείωση της θάμβωσης προτείνετε βαφή των παρακείμενων τοίχων με φωτεινά χρώματα, για μείωση της έντονης αντίθεσης φωτεινότητας μεταξύ αυτών και των παραθύρων.

2.6.2) Ανοίγματα οροφής

Τα ανοίγματα οροφής παρέχουν φυσικό φωτισμό από την οροφή, μέσω ενός γραμμικού φεγγίτη (skylight) ή monitor), φωτίζοντας ένα εσωτερικό τοίχο. Ο φυσικός φωτισμός διαχέεται εντός του κτιρίου μέσω υαλοπινάκων διάχυσης, διαφραγμάτων, ή ανακλάσεων στις επιφάνειες του φωταγωγού και στους εσωτερικούς τοίχους. Τα ανοίγματα οροφής μπορούν να προσφέρουν σημαντικές ποσότητες φωτισμού ανεξάρτητα των μετεωρολογικών συνθηκών. Όταν ο ουρανός καλύπτεται σύννεφα, τα ανοίγματα παρέχουν ομογενή φωτισμό. Όταν ο ουρανός είναι αίθριος η κατανομή εξαρτάται από το προσανατολισμό των ανοιγμάτων. Τα βόρεια προσανατολισμένα ανοίγματα παρέχουν μια ομαλή κατανομή φυσικού φωτός, ενώ τα νότια επιτρέπουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του κτιρίου. Τα πλεονεκτήματά τους είναι ότι:

- Συντελούν στην ομοιόμορφη κατανομή του φωτός σε όλο το χώρο
- Παρέχουν μεγάλη ποσότητα διάχυτου φωτός (που προτιμάται έναντι του άμεσου φωτός) από τον ουράνιο θόλο.

Έχουν το *μειονέκτημα*, ωστόσο, ότι δέχονται μεγαλύτερη ηλιακή πρόπτωση το καλοκαίρι από ότι το χειμώνα λόγω της οριζόντιας θέσης τους, δεδομένου ότι ο ήλιος κατά το θέρος είναι ψηλότερα. Για το λόγο αυτό συχνά συνιστώνται κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα στην οροφή, σε συνδυασμό με διατάξεις σκιασμού, όπως είναι οι ανακλαστήρες, περσίδες, ή κινητά πετάσματα. (www.cres.gr)

2.6.3) Αίθρια

Τα αίθρια στο εσωτερικό ενός κτιρίου, συμβάλλουν στην βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, επιτρέποντας την είσοδο του φωτός στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου με παράλληλη αύξηση της στάθμης του στους διάφορους χώρους. Επίσης βοηθούν στην ομοιογενή κατανομή διάχυτου φωτός που προέρχεται από το ουράνιο θόλο, με αποτέλεσμα την αποφυγή της ανεπιθύμητης εμφάνισης του φαινομένου της θάμβωσης. Εξασφαλίζουν, δηλαδή καλή οπτική άνεση για ένα κτίριο. Η στάθμη φωτισμού των διάφορων χώρων καθορίζεται από τα *γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αίθριου*, την *ανακλαστικότητα* των επιφανειών (τοιχών-δαπέδων) και τα *οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων* που βρίσκονται στους χώρους που περιβάλλουν το αίθριο. Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος φωτισμού είναι:

- παροχή φωτισμού και θέας σε παρακείμενους χώρους
- δημιουργία φωτεινού χώρου προστατευμένου από τη βροχή

Ενώ στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται:

- πιθανότητα θερμικής ενόχλησης
- ενεργειακή κατανάλωση αν θερμαίνεται ή ψύχεται.

Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, θα πρέπει περίπου το 20% της επιφάνειας της οροφής τους να μπορεί να ανοιχθεί, ενώ το πλάτος ενός μονώροφου αιθρίου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 7 m. Αυτό για να αποτραπεί υπερβολική απώλεια θερμότητας το χειμώνα και υπερθέρμανση το καλοκαίρι. (C.Grindley,2000)

2.6.4) Ηλιοστάσια – Φωτοσωλήνες - Φωταγωγοί

Τα ηλιοστάσια είναι ένα σύστημα κατόπτρων και φακών που τοποθετούνται στα δώματα των κτιρίων και συλλέγουν το φυσικό φως. Η θέση τους ρυθμίζεται έτσι ώστε να συλλέγεται η μέγιστη ποσότητα φυσικού φωτός, ανάλογα με την εποχή του έτους και την ώρα της ημέρας. Το φυσικό φως που συγκεντρώνεται κατευθύνεται σε δέσμη προς την είσοδο ενός φωτοσωλήνα ή ενός φωταγωγού, δια μέσου του οποίου μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου.

Οι φωτοσωλήνες είναι σωλήνες (light pipes) διαμέτρου 0,5 m περίπου, που εξέρχουν από την στέγη, διαπερνούν τη **σοφίτα ή το δώμα** και καταλήγουν στο εσωτερικό του κτιρίου. Η εσωτερική επιφάνεια τους είναι κατασκευασμένη από υψηλά ανακλαστικό υλικό ικανό να ανακλάσει το φως σε μεγάλο βαθμό. Εξαιτίας αυτής της ιδιότητας, το φως μεταφέρεται στο κτίριο χωρίς μεγάλες απώλειες. Αν ο φωτοσωλήνας έχει διαφανή τοιχώματα, καθίσταται γραμμική φωτεινή πηγή σε όλο το μήκος του. Για να μεταφέρεται κατά το μέγιστο η φωτεινή δέσμη, πρέπει να προσπίπτει κάθετα στη διατομή του φωτοσωλήνα. Διαφορετικά θα πρέπει ο φωτοσωλήνας να είναι μικρού μήκους και μεγάλης διατομής. Υπάρχουν φωτοσωλήνες από μέταλλο και άκαμπτα πλαστικά, πλήρως ακριλικό φωτοσωλήνες, ενώ στο εσωτερικό τους μπορούν να έχουν γυάλινες ή πλαστικές οπτικές ίνες, οι οποίες τον καθιστούν ιδιαίτερα αποτελεσματικό, όταν η εισερχόμενη φωτεινή δέσμη χρειάζεται να διανεμηθεί σε επιμέρους δέσμες. Χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο, ιδίως σε κτίρια που χρησιμοποιούνται κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπως είναι αποθήκες και στο οικιακό τομέα, στους διαδρόμους και στους προθαλάμους-εισόδους. Δεν είναι σχετικά ακριβοί και εύκολα προσαρμόζονται σε υφιστάμενα κτίρια.

Παραλλαγή των φωτοσωλήνων είναι οι *φωταγωγοί* (light ducts) οι οποίοι είναι αγωγοί που διαπερνούν το κτίριο κάθετα, ώστε να μεταδίδεται το φως σε όλους τους ορόφους. Συνήθεστερα, συνδυάζονται με ηλιοστατικούς καθρέφτες που ανακλούν το φως μέσα στον αγωγό, το οποίο μετά διαχέεται μέσω μιας σειράς από διαχυτικά τζάμια, κατάλληλης γεωμετρίας. Είναι δύσκολο, ωστόσο, να προσαρμοστούν σε υφιστάμενο κτίριο, λόγω των αλλαγών που χρειάζονται να γίνουν για τα ανοίγματα. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται μόνο σε καινούρια κτίρια. (http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm)



Εικόνα 2.28: Ηλιοστάσιο, <http://www.learn.londonmet.ac.uk>



Εικόνα 2.29: Φωτοσωλήνας, <http://www.learn.londonmet.ac.uk>



Εικόνα 2.30: Φωταγωγός, www.cres.gr

2.6.5) Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά – Ράφια φωτισμού

Τα *πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά* είναι ημιδιαφανή στοιχεία, που διαθλούν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και αναλόγως της κατασκευής τους μπορούν είτε να της αλλάξουν κατεύθυνση, είτε να αποκλείσουν τελείως την είσοδο της. Τοποθετούνται στο κέλυφος του κτιρίου, ή μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι πρισματικοί ακριλικοί υαλοπίνακες, που αποτρέπουν την είσοδο των ηλιακών ακτινών με κατάλληλο προσανατολισμό. Για καλύτερη ηλιοπροστασία, είναι απαραίτητη η ρύθμιση της κλίσης τους ανάλογα με το ύψος του ήλιου. Μια ειδική κατηγορία αποτελούν οι ασύμμετροι υαλοπίνακες (τα στοιχειώδη πρίσματα τους δεν έχουν όμοιες πλευρές), οι οποίοι έχουν την ιδιότητα να αλλάζουν την διεύθυνση των ηλιακών ακτινών, με σκοπό τη βελτίωση της οπτικής άνεσης.

Τα *ράφια φωτισμού* είναι επίπεδα, ή καμπύλα σταθερά στοιχεία (light shelves), που τοποθετούνται οριζόντια στα πλαίσια των ανοιγμάτων, πάνω από το επίπεδο του ματιού και προεξέχουν εξωτερικά ή εσωτερικά. Από πάνω τους, στη συνέχεια του παραθύρου, υπάρχει άνοιγμα-θυρίδα. Σκοπό έχουν να μειώσουν το επίπεδο φωτισμού κοντά στο παράθυρο και να το αυξήσουν στο πίσω μέρος του χώρου. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στις **νότιες όψεις αφού** βελτιώνουν τη διανομή του φυσικού φωτός, προκαλώντας μείωση των επιπέδων φωτισμού κοντά στο παράθυρο και αποφυγή της θάμβωσης. Τα *εξωτερικά ράφια φωτισμού* είναι πιο αποτελεσματικά από τα εσωτερικά, ενώ ο συνδυασμός τους επιφέρει μεγαλύτερη ακόμη απόδοση στο σύστημα. Ένας πρακτικός κανόνας υπαγορεύει ότι το μήκος του ραφίου πρέπει να είναι περίπου ίσο με το ύψος του παραθύρου που βρίσκεται πάνω του, ενώ το υλικό του πρέπει να είναι αρκετά ανακλαστικό.



Εικόνα 2.31: Εξωτερικά ράφια φωτισμού, www.cres.gr

2.6.6) Ανακλαστικές περσίδες

Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στις σταθερές και τις ρυθμιζόμενες. Όσο αφορά τις σταθερές περσίδες πρόκειται για ένα πλαίσιο από ανακλαστικό υλικό που καλύπτει ολόκληρη την επιφάνεια του ανοίγματος ή τμήμα του. Η κλίση των περσίδων καθορίζεται έτσι ώστε να αποτρέπεται η διείσδυση των ηλιακών ακτινών **κατά την περίοδο του θέρους**. Η ανακλαστική τους ικανότητα μπορεί να μειωθεί εξαιτίας της συγκέντρωσης ρύπων στην επιφάνεια τους, γι' αυτό απαιτείται συχνή συντήρηση. Μειονέκτημα των σταθερών περσίδων είναι ότι λειτουργούν αποτελεσματικά μόνο για ορισμένη διεύθυνση των ηλιακών ακτινών. Έτσι προτιμούνται οι *ρυθμιζόμενες*, των οποίων η ρύθμιση γίνεται είτε χειροκίνητα, είτε μηχανοκίνητα. Πιο εξελιγμένα συστήματα περιλαμβάνουν καμπύλες περσίδες, οι οποίες είναι εξοπλισμένες με ρυθμιζόμενο πλαστικό φιλμ. Εκτός από την κλίση των περσίδων, ρυθμίζεται επίσης, η κλίση του φιλμ αυτού, έτσι ώστε για κάθε γωνία πρόσπτωσης των ακτινών, η ανακλώμενη δέσμη να διατηρεί σταθερή κατεύθυνση. Εκτός από την εκτροπή των ηλιακών ακτινών κατά το θέρος και την αντιμετώπιση της θάμβωσης, λειτουργούν επίσης αποτελεσματικά όσον αφορά τον απαιτούμενο χειμερινό ηλιασμό. Τόσο οι σταθερές, όσο και οι κινητές ανακλαστικές περσίδες μπορούν να τοποθετηθούν **εσωτερικά, αλλά και εξωτερικά** του ανοίγματος, αλλά και στο διάκενο διπλών τζαμιών. (Τσιπήρας, 2005)

2.6.7) Διαφανή μονωτικά υλικά – Τεχνητός φωτισμός

Τα *διαφανή μονωτικά υλικά* είναι υλικά που λειτουργούν όπως τα πρότυπα μονωτικά υλικά, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπουν τη διέλευση του φωτός δια μέσου αυτών. Περιορίζονται έτσι οι απώλειες από θερμική μετάδοση από το κτίριο, ενώ επιτρέπεται στο φως να συνεχίζει να μεταδίδεται. Επειδή, η διαφανής θερμομόνωση απορροφά τόσο την ακτινοβολία που προσπίπτει άμεσα στην επιφάνειά της όσο και τη διάχυτη ακτινοβολία, επιφέρει θετικά αποτελέσματα σε οποιαδήποτε όψη κι αν εφαρμοστεί. Μπορεί να τοποθετηθεί τόσο σε τοίχους, αλλά και σε οροφές. Εάν για λόγους οικονομίας αποφασιστεί να μη μονωθούν όλες οι όψεις, η πρώτη επιλογή είναι η νότια όψη και ακολουθούν η ανατολική και η δυτική. Η διαφανής μόνωση έχει 2-3 φορές υψηλότερη θερμομονωτική ικανότητα από τους διπλούς υαλοπίνακες. Διαφανή μονωτικά υλικά μπορούν να τοποθετηθούν, επίσης, μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων ή πλαστικών φύλλων. Η φωτοδιαπερατότητα των διαφανών υλικών κυμαίνεται μεταξύ του 45% -80% , με μια μείωση γύρω στο 8% για κάθε φύλλο υαλοπίνακα. Το κόστος αυτών των υλικών παραμένει σχετικά υψηλό, ενώ απαιτούνται ορισμένες βελτιώσεις, για να διατηρούνται οι αποδόσεις και οι θερμό-οπτικές ιδιότητες των υλικών, καθώς και η διάρκεια ζωής τους. Σε υφιστάμενα κτίρια μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από υπάρχουσα τοιχοποιία, όπως γίνεται και η προσθήκη της συνήθους θερμομόνωσης. Όσο αφορά στον τεχνητό φωτισμό, αξίζει να σημειωθεί ότι μόνο το 10% της ενέργειας που καταναλώνουν οι κοινές λάμπες πυρακτώσεως χρησιμοποιείται για φωτισμό, διότι το υπόλοιπο 90% της ενέργειας γίνεται θερμότητα και χάνεται. Για αυτό το λόγο, είναι καλύτερο να προτιμούνται λαμπτήρες νέας τεχνολογίας, οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού χαμηλής κατανάλωσης, που καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια και διαρκούν περισσότερο. Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι τόσο μεγάλη ώστε μέσα σε λίγους μόνο μήνες γίνεται απόσβεση της αγοράς του λαμπτήρα. Έτσι στη συνέχεια, οι μειωμένοι λογαριασμοί ρεύματος μεταφράζονται σε καθαρό κέρδος, τόσο χρηματικό όσο και περιβαλλοντικό, καθώς κάθε κιλοβατώρα που εξοικονομείται στη χώρα μας ισοδυναμεί με ένα κιλό λιγότερο διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Μια ταξινόμηση των λαμπτήρων είναι η εξής:

- Λαμπτήρες Πυρακτώσεως: Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως έχουν χαμηλό κόστος αγοράς και συντήρησης, η φωτεινή ροή τους ρυθμίζεται εύκολα, προσφέρουν

άριστη απόδοση χρωμάτων, επιδέχονται άμεση έναυση και επανέναυση εν θερμώ και λειτουργούν χωρίς πρόβλημα σε οποιαδήποτε θέση (οριζόντια, κατακόρυφη, διαγώνια)

- Λαμπτήρες Φθορισμού: Οι λαμπτήρες φθορισμού παρουσιάζουν μεγαλύτερη φωτεινή απόδοση (περίπου τριπλάσια) σε σχέση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, ενώ η διάρκεια ζωής τους ξεπερνά τις 6.000 ώρες.
- Λαμπτήρες Οικονομίας: Οι σύγχρονοι οικονομικοί λαμπτήρες, για το ίδιο επίπεδο φωτεινότητας με τους κοινούς λαμπτήρες πυρακτώσεως, έχουν 10 φορές μεγαλύτερο χρόνο ζωής (10.000 ώρες), και το ένα πέμπτο της ηλεκτρικής κατανάλωσης. Το κόστος αγοράς τους είναι μεν μεγαλύτερο αλλά το συνολικό οικονομικό όφελος κατά τη χρήση τους είναι σημαντικό ως αποτέλεσμα της χαμηλής κατανάλωσης ρεύματος και της μεγαλύτερης διάρκειας ζωής τους (1 λαμπτήρας χαμηλής κατανάλωσης αντιστοιχεί με 10 κοινούς λαμπτήρες).

Σε χώρους λοιπόν όπου τα φώτα λειτουργούν αρκετή ώρα (κουζίνα, καθιστικό ή εξωτερικός νυχτερινός φωτισμός), η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί κατά 5 φορές περίπου εάν αντικαταστήσουμε τους κοινούς λαμπτήρες πυρακτώσεως με λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης. Για το ίδιο επίπεδο **φωτισμού**, ένας λαμπτήρα χαμηλής κατανάλωσης, καταναλώνει **5 W** σε αντίθεση με ένα κοινό λαμπτήρα πυρακτώσεως που καταναλώνει **25 W**. Επίσης, τα σύγχρονα φωτιστικά αποτελούνται από προσεκτικά σχεδιασμένα συστήματα ανακλαστήρων για να κατευθύνουν το φως από τους λαμπτήρες προς την απαιτούμενη κατεύθυνση, επιτρέποντας έτσι την χρήση λιγότερων λαμπτήρων ή φωτιστικών για την παραγωγή συγκεκριμένης στάθμης φωτισμού. Σε παλαιά φωτιστικά σώματα χαμηλής απόδοσης, είναι δυνατή η βελτίωση της απόδοσής τους με την αντικατάσταση των συστημάτων διάχυσης ή ανάκλασης με νέα συστήματα ανακλαστήρων. Εναλλακτικά, μπορούν να προστεθούν ανακλαστήρες στο παλιό φωτιστικό, διατηρώντας τα υπάρχοντα εξαρτήματα ελέγχου του φωτός.

Στην εξοικονόμηση ενέργειας συμβάλλουν επίσης τα συστήματα ελέγχου φωτισμού, που οδηγούν σε μείωση της σπατάλης και ρυθμίζουν την κατανάλωση. Αξιοσημείωτο είναι ότι η απόδοση μιας εγκατάστασης φωτισμού μειώνεται σε σχέση με το χρόνο, λόγω της επικάλυψης ρύπων στις επιφάνειες των φωτιστικών και των λαμπτήρων και της γήρανσης των υλικών τους. Έρευνες έχουν δείξει ότι η μείωση του φωτισμού στις πλημμελώς συντηρημένες εγκαταστάσεις φωτισμού μπορεί να υπερβεί το 40%, ενώ αν η συντήρηση είναι τακτική δεν υπερβαίνει το 25%. Συμπεράσματα από μετρήσεις που έγιναν σε επαγγελματικούς χώρους, δείχνουν ότι συντελείται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 15%, εάν τα φωτιστικά καθαρίζονται ανά έτος, με ταυτόχρονη αντικατάσταση του 1/3 των λαμπτήρων (έστω και αν λειτουργούν). Σημειώνεται επίσης, ότι η απόδοση των λαμπτήρων φθορισμού μειώνεται κατά 30%, όταν υπερβούν το 70% της ζωής τους. Το ποσοστό αυτό είναι, βέβαια, ενδεικτικό και δε χαρακτηρίζει όλους τους τύπους λαμπτήρων. (http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/texnitos_fotismos.htm)

Γενικά, είναι εφικτή η εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 30-50 %, με την υιοθέτηση κατάλληλων μέτρων, που είναι:

- σωστός σχεδιασμός του τεχνητού φωτισμού
- αξιοποίηση **του φυσικού φωτισμού**
- **χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης** και χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης
- επιλογή κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων
- εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου και η σωστή συντήρηση των φωτιστικών σωμάτων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ECOTECT

3.1) Παρουσίαση της υφιστάμενης κατοικίας

Η εξεταζόμενη κατοικία ανήκει στη γεωγραφική περιοχή της Αττικής στον Ελλαδικό χώρο. Πιο συγκεκριμένα το οικόπεδο μελέτης βρίσκεται στο δήμο του Νέου Ηρακλείου, η επιφάνειά του είναι 750 τ.μ. ενώ η κάλυψή του είναι 275 τ.μ. Το οικόπεδο βρίσκεται σε υψόμετρο 150 μ. και το κλίμα της περιοχής είναι ήπιο. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας είναι 10° για τον Ιανουάριο και 30° για τον Αύγουστο, ενώ η μέση υγρασία είναι για τους χειμερινούς μήνες 71% και για τους καλοκαιρινούς 43%. Οι άνεμοι πνέουν κυρίως βόρεια και τους καλοκαιρινούς μήνες νοτιοδυτικά. Αναλυτικά, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα μετεωρολογικά στοιχεία από τον μετεωρολογικό σταθμό Ν. Ηρακλείου Αττικής.

YEARLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY FOR 2010														
MON	MEAN TEMP	HIGH	DATE	LOW	DATE	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	WIND AVG	SPEED HI	DATE	DOM DIR	MEAN BAROM	MEAN HUM
1	10	21.5	1/1	1.4	26/1	255	1	37.2	6	65	16/1	N10	13.2	73
2	12	21.3	20/2	1.3	3/2	178	1	63.8	5	60	21/2	WSW	008.4	67
3	13.3	22.6	2/3	6.0	7/3	156	5	13.4	5	59	8/3	WSW	1015.8	62
4	16.9	24.3	16/4	10.6	7/4	67	20	0.5	6	55	27/4	N10	14.3	52
5	21.9	32.6	29/5	13.8	1/5	14	123	22.7	4	52	27/5	WSW	1010.1	49
6	25.2	38.4	16/6	17.2	28/6	4	205	27.6	4	43	11/6	WSW	1007.9	51
7	28.4	36.6	24/7	20.6	1/7	2	309	10.9	5	46	3/7	N10	10.7	47
8	30.0	37.5	13/8	22.9	24/8	5	356	0.0	5	45	21/8	N10	09.4	46
9	23.8	31.9	18/9	18.3	13/9	2	165	33.6	5	42	11/9	N10	12.5	56
10	17.6	25.3	26/10	7.6	30/10	56	33	100.5	5	42	7/10	N10	14.2	71
11	17.5	24.9	5/11	9.8	1/11	47	23	36.3	5	49	9/11	SW	1014.0	72
12	12.5	22.6	2/12	1.2	12/12	186	4	32.1	4	60	4/12	N10	12.5	73

Πίνακας 3.1: Μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής,

Το κτίριο έχει απόκλιση από τον άξονα Βορράς – Νότος 45° και ο προσανατολισμός του είναι νοτιοδυτικός. Πρόκειται για μία τριώροφη πολυκατοικία με πιλοτή. Κάθε όροφος

αποτελείται από τρία διαμερίσματα και στην ταράτσα της πολυκατοικίας υπάρχει ένα δώμα. Ο ηλιασμός εμποδίζεται από τα δυτικά λόγω ύπαρξης διώροφου κτιρίου. Το κτίριο διαθέτει σχετικά καλή θερμομόνωση. Οι εξωτερικοί τοίχοι έχουν πάχος 25 cm, είναι διπλοί δρομικοί νε ενδιάμεση στρώση μόνωσης 5cm. Τα εξωτερικά κουφώματα είναι από αλουμίνιο και είναι συρόμενα. Οι υαλοπίνακες είναι διπλοί 5 mm με διάκενο 10mm. Τέλος χρησιμοποιούνται σε όλα τα ανοίγματα παντζούρια, εσωτερικά στόρια ή κουρτίνες και οι τέντες προστατεύουν το κτίριο από την έντονη ηλιοφάνεια.

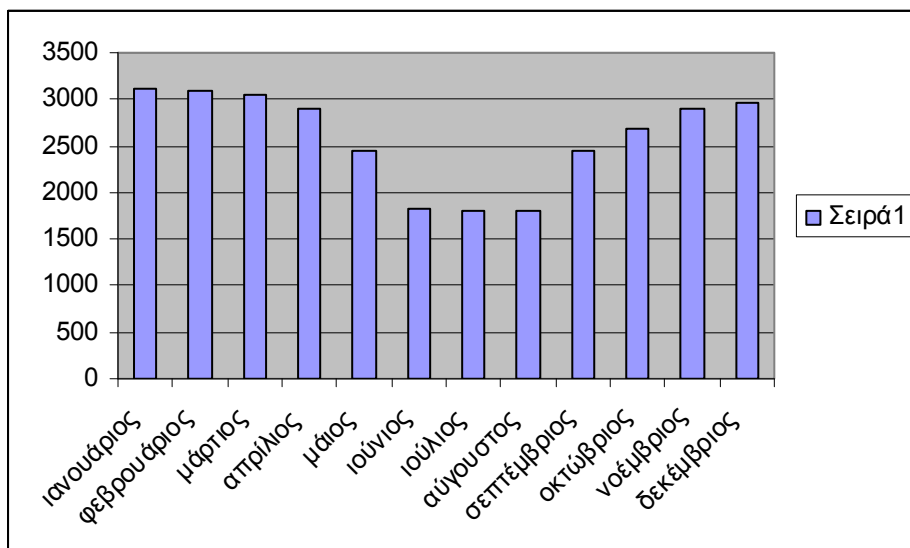
Οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου σε φωτισμό καλύπτονται από το δίκτυο της ΔΕΗ, σε θέρμανση από τη λειτουργία καυστήρα και σε δροσισμό από τη λειτουργία κλιματιστικών αλλά και φυσικά. Το προφίλ κατανάλωσης ενέργειας του υφιστάμενου κτιρίου καλύπτει τις ανάγκες των ενοίκων που υπολογίζονται σε 30 άτομα κατά μέσο όρο. Έτσι, η μέση κατανάλωση ενέργειας της πολυκατοικίας, σύμφωνα με στοιχεία του περασμένου έτους συνοψίζεται στα παρακάτω διαγράμματα.

Μήνας	Μέση ημέρα	Μέση κατανάλωση(kWh)
Ιανουάριος	15η Ιανουαρίου	3089
Φεβρουάριος	15η Φεβρουαρίου	3116
Μάρτιος	15η Μαρτίου	3042
Απρίλιος	15η Απριλίου	2905
Μάιος	15η Μαΐου	2453
Ιούνιος	15η Ιουνίου	1815
Ιούλιος	15η Ιουλίου	1801
Αύγουστος	15η Αυγούστου	1798
Σεπτέμβριος	15η Σεπτεμβρίου	2445
Οκτώβριος	15η Οκτωβρίου	2677
Νοέμβριος	15η Νοεμβρίου	2905
Δεκέμβριος	15η Δεκεμβρίου	2987

Πίνακας 3.2: Μέση μηνιαία κατανάλωση της πολυκατοικίας για το έτος 2010.

Μήνας	Μέση ημέρα	Μέση κατανάλωση(kWh)
Ιανουάριος	15η Ιανουαρίου	235
Φεβρουάριος	15η Φεβρουαρίου	235
Μάρτιος	15η Μαρτίου	228
Απρίλιος	15η Απριλίου	225
Μάιος	15η Μαΐου	220
Ιούνιος	15η Ιουνίου	207
Ιούλιος	15η Ιουλίου	207
Αύγουστος	15η Αυγούστου	207
Σεπτέμβριος	15η Σεπτεμβρίου	212
Οκτώβριος	15η Οκτωβρίου	220
Νοέμβριος	15η Νοεμβρίου	225
Δεκέμβριος	15η Δεκεμβρίου	232

Πίνακας 3.3: Μέση μηνιαία κατανάλωση της πολυκατοικίας στους κοινόχρηστους χώρους για το έτος 2010.



Πίνακας 3.4: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας κατανάλωσης της πολυκατοικίας για το έτος 2010

3.2) Ανάλυση της κατοικίας με ECOTECT

Το Ecotect είναι ένα λογισμικό που συνδυάζει τον τρισδιάστατο σχεδιασμό μοντέλων με λειτουργίες προσομοίωσης και την ανάλυση ενός κτιρίου. Απευθύνεται σε επαγγελματίες ή φοιτητές που επιθυμούν να μελετήσουν, να σχεδιάσουν κτίρια οικολογικά ή βιοκλιματικά ή να εξοικειωθούν με τις έννοιες και τις αρχές της οικολογικής και βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε αρχικά όσο και σε τελικά στάδια σχεδιασμού, αφού αποτελεί εργαλείο υπολογισμών αλλά και αξιολόγησης. Ο χρήστης μπορεί να ξεκινήσει τη μελέτη του εισάγοντας τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής. Στη συνέχεια, να σχεδιάσει το μοντέλο, να εξετάσει τις συνθήκες ηλιασμού και σκιασμού, να εισάγει αναλυτικότερα δεδομένα που αφορούν στα υλικά κατασκευής και το ωράριο χρήσης των χώρων. Τέλος γίνεται η θερμική και η ακουστική ανάλυση του κτιρίου και η αξιολόγησή του.

Αναλυτικότερα το Ecotect προσφέρει:

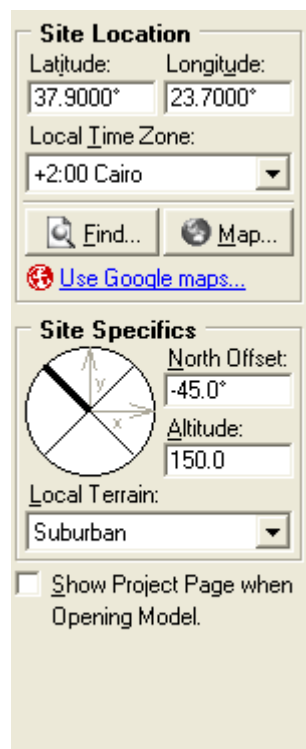
- Τρισδιάστατο γραφικό περιβάλλον σχεδιασμού και προσομοίωσης.
- Επίδειξη ηλιασμού, σκιών και αντανάκλασεων.
- Παραγωγή διαγράμματος θέσης – πορείας του ήλιου.
- Υπολογισμό ηλιακής ακτινοβολίας σε οποιαδήποτε επιφάνεια.
- Θερμική ανάλυση με ετήσια φορτία ψύξης και θέρμανσης, διασπορά θερμοκρασίας και θερμικά κέρδη για οποιαδήποτε ζώνη του κτιρίου.
- Υπολογισμό δαπανών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- Ακουστική ανάλυση.
- Εξαγωγή αποτελεσμάτων προς επεξεργασία σε άλλα προγράμματα.

Όσο αφορά στην εξεταζόμενη πολυκατοικία αφού εισήχθη το μοντέλο τόσο του κτιρίου αλλά και του γειτονικού σε αυτό, έγινε ανάλυση της θερμικής συμπεριφοράς του από το ίδιο λογισμικό. Με βάση αυτήν την ανάλυση προσδιορίστηκαν οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου μελέτης αλλά και κάποια επανορθωτικά μέτρα σύμφωνα με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Επιλέχθηκαν λοιπόν η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης του κτιριακού κελύφους, η τοποθέτηση ειδικών υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής (low-e), η

προσθήκη συστημάτων σκιασμού σε επιλεγμένα ανοίγματα και τέλος η προσθήκη φυτεμένης στέγης.

3.2.1) Εισαγωγή κλιματικών δεδομένων.

Σε πρώτο στάδιο έγινε η επιλογή της περιοχής μελέτης. Όσο αφορά στα κλιματικά δεδομένα της περιοχής, αυτά πάρθηκαν από το αρχείο δεδομένων που περιέχει το Ecotect. Το ίδιο ισχύει και για τον προσανατολισμό του κτιρίου.



Site Location
Latitude: 37.9000° Longitude: 23.7000°
Local Time Zone: +2:00 Cairo
Find... Map...
[Use Google maps...](#)

Site Specifics
North Offset: -45.0°
Altitude: 150.0
Local Terrain: Suburban
 Show Project Page when Opening Model.

Εικόνα 3.1 : Επιλογή της περιοχής μελέτης

3.2.2) Σχεδιασμός κτιρίου και καθορισμός των υλικών.

Το κτίριο χωρίστηκε σε ζώνες με βάση τον όροφο, το διαμέρισμα, τον προσανατολισμό αλλά και τη χρήση του κάθε χώρου. Κάθε ζώνη θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από μία μέση θερμοκρασία. Συνολικά σχεδιάστηκαν 78 ζώνες και ο καταμερισμός τους έχει ως εξής:

- **Ισόγειο:** Η είσοδος της πολυκατοικίας σχεδιάστηκε ως μια ενιαία ζώνη. Έχει εμβαδό κοντά στα 168 τ.μ. και περιλαμβάνονται και 2 αποθήκες.
- **1^{ος} όροφος:** Αποτελείται από τρία διαμερίσματα τα οποία έχουν αριθμηθεί από τα ανατολικά προς τα δυτικά. Ο διάδρομος του ορόφου έχει ορισθεί ως μία ζώνη με εμβαδό 14τ.μ. ενώ και το ασανσέρ και το κλιμακοστάσιο σχεδιάστηκαν ως μία ενιαία ζώνη με εμβαδό 8τ.μ.

Πιο αναλυτικά, το διαμέρισμα 1 (ap1) έχει χωρισθεί στις ακόλουθες ζώνες:

- Υπνοδωμάτιο 1 (bdr1-ap1-f1) με εμβαδό 15τ.μ.
- Υπνοδωμάτιο 2 (bdr2-ap1-f1) με εμβαδό 15τ.μ.

- Κύριο Λουτρό (WC- ap1-f1) με εμβαδό 5τ.μ.
- wc (wc-ap1-f1) με εμβαδό 2τ.μ
- Κουζίνα (k- ap1-f1) με εμβαδό 11τ.μ.
- Καθιστικό (liv-ap1-f1) με εμβαδό 20τ.μ.
- Είσοδος διαμερίσματος (entr-ap1-f1) με εμβαδό 8τ.μ.
- Διάδρομος (cor-ap1-f1) με εμβαδό 5τ.μ.

Το *διαμέρισμα 2 (ap2)* που είναι και το μικρότερο έχει χωρισθεί στις εξής ζώνες:

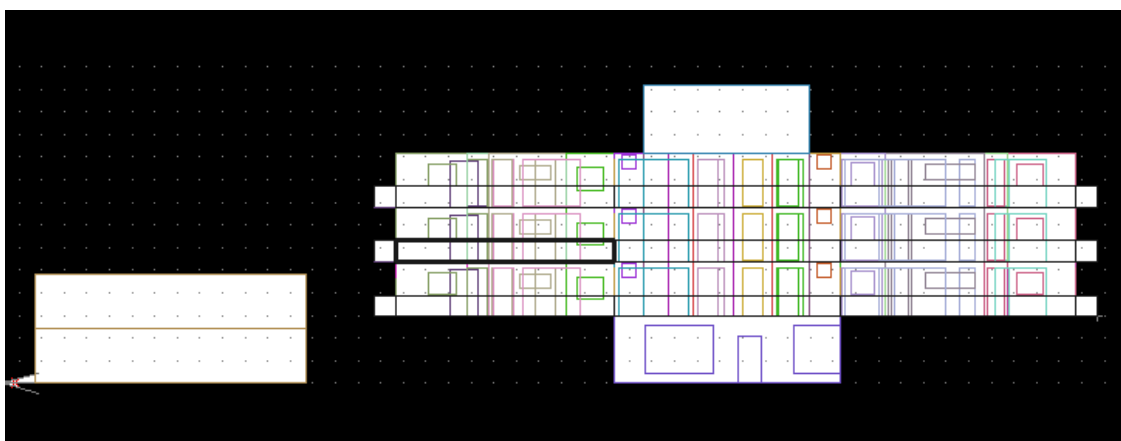
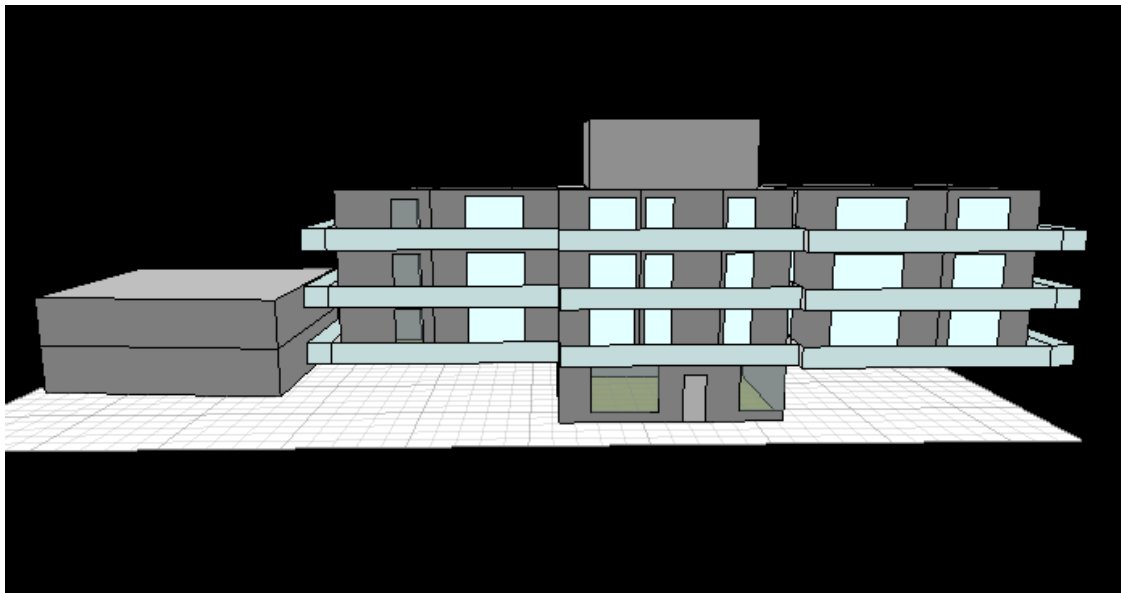
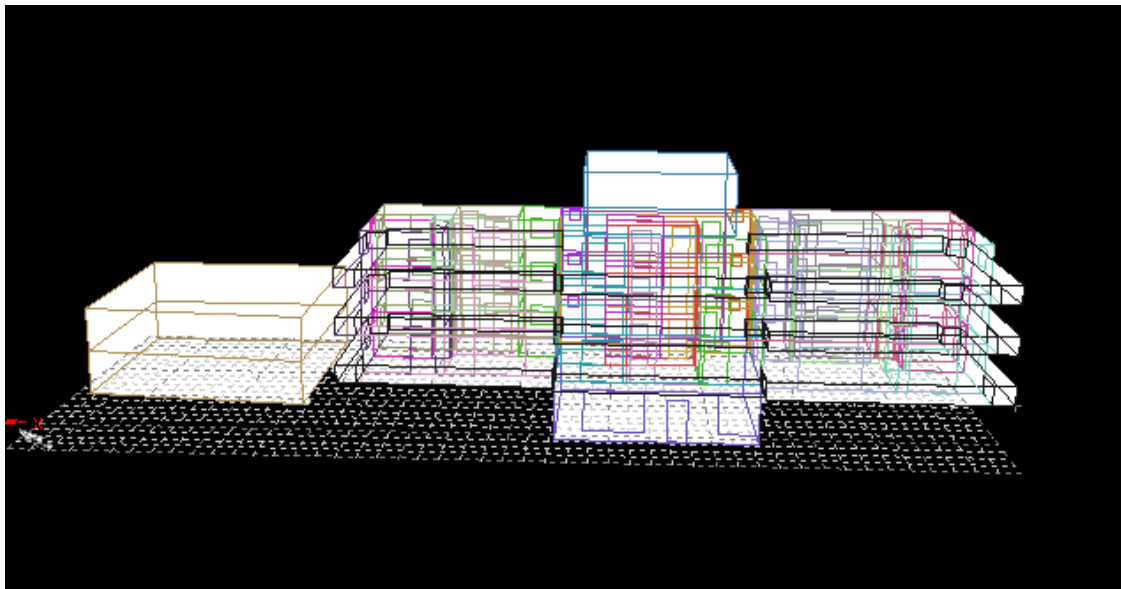
- Κουζίνα (k-ap2-f1) με εμβαδό 7τ.μ.
- Υπνοδωμάτιο 1 (bdr1-ap2-f1) με εμβαδό 11τ.μ.
- Υπνοδωμάτιο 2 (bdr2-ap2-f1) με εμβαδό 11τ.μ.
- Λουτρό (WC – ap2-f1) με εμβαδό 3τ.μ.
- Καθιστικό (liv –ap2-f1) με εμβαδό 18τ.μ.
- Διάδρομος (cor-ap2-f1) με εμβαδό 6τ.μ.
- Φωταγωγός (void- ap2-f1) με εμβαδό 2τ.μ.

Το *διαμέρισμα 3 (ap3)* έχει χωρισθεί στις εξής ζώνες

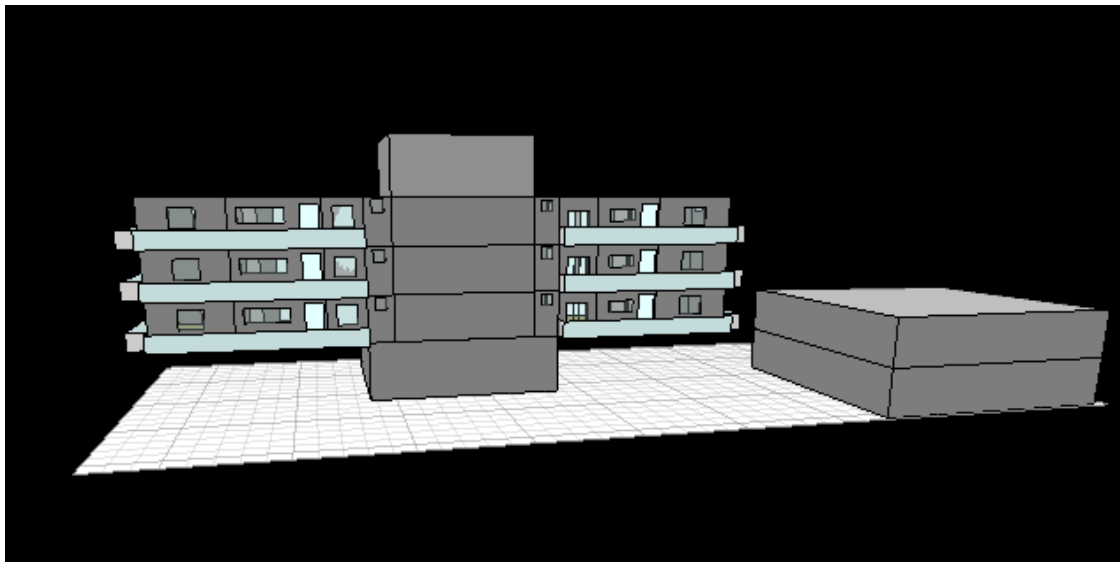
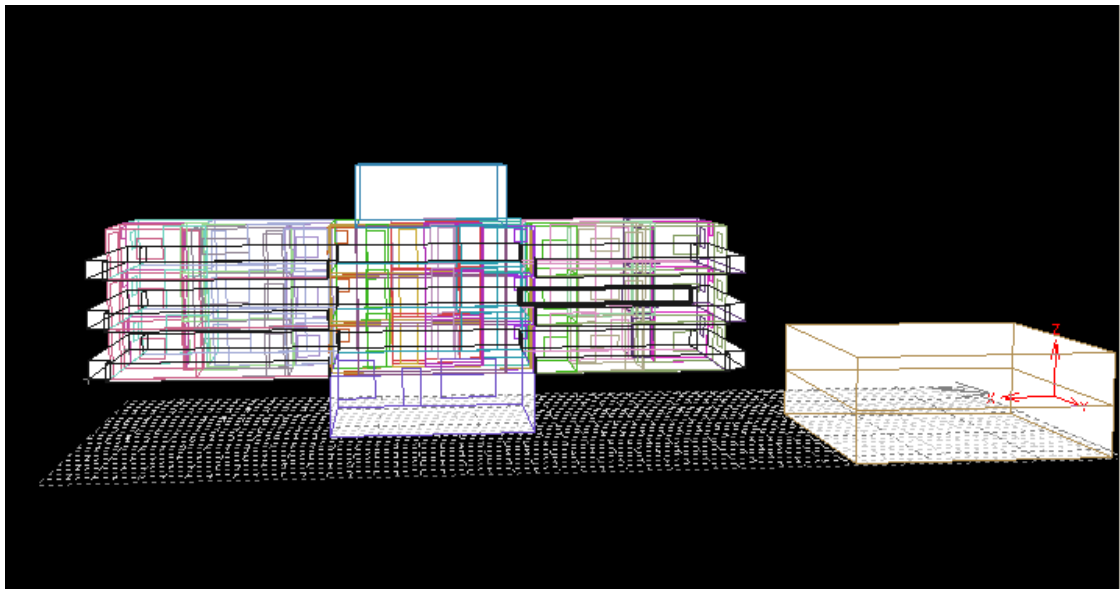
- Είσοδος διαμερίσματος (entr-ap3-f1) με εμβαδό 8τ.μ.
- Καθιστικό (liv-ap3-f1) με εμβαδό 32τ.μ.
- Υπνοδωμάτιο 1 (bdr1-ap3-f1) με εμβαδό 15τ.μ.
- Υπνοδωμάτιο 2 (bdr2-ap3-f1) με εμβαδό 15τ.μ.
- Κουζίνα (k-ap3-f1) με εμβαδό 13τ.μ.
- Κύριο Λουτρό (WC- ap3-f1) με εμβαδό 6τ.μ.
- wc (wc-ap3-f1) με εμβαδό 2τ.μ
- Διάδρομος διαμερίσματος (cor-ap3-f1) με εμβαδό 7τ.μ.

- **2^{ος} όροφος:** Οι ζώνες και η γεωμετρία του κτιρίου είναι όμοια με του 1^{ου} ορόφου.
- **3^{ος} όροφος:** Οι ζώνες και η γεωμετρία του κτιρίου είναι όμοια με του 1^{ου} ορόφου.
- **4^{ος} όροφος:** Σχεδιάστηκε ως μια ενιαία ζώνη με εμβαδό 55τ.μ. (roof).

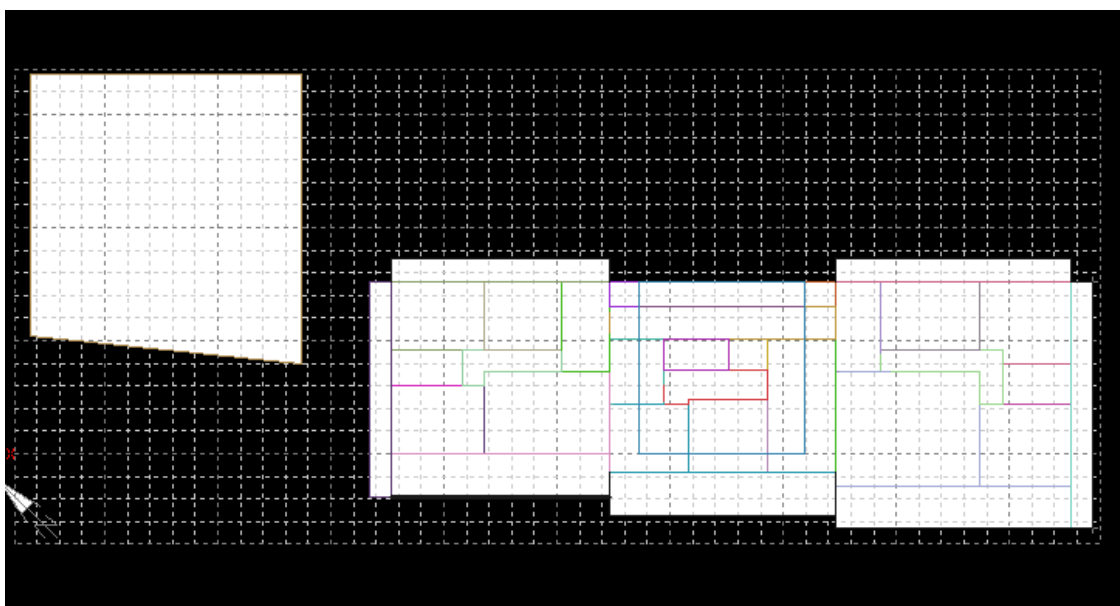
Σχεδιάστηκε επίσης το παρακείμενο κτίριο λόγω της μικρής του απόστασης από την εξεταζόμενη οικία. Σε αυτό το στάδιο ορίστηκαν επίσης οι παραδοχές που αφορούν στη θέρμανση - κλιματισμό των ζωνών καθώς και στον τρόπο χρήσης τους αλλά ακόμα και στον αριθμό των ατόμων που χρησιμοποιούν κάθε ζώνη. Για τους κοινόχρηστους χώρους της πολυκατοικίας όπως είναι η είσοδος του κτιρίου και ο διάδρομος του κάθε ορόφου, θεωρήθηκε ότι οι ένοικοι που κάνουν ταυτόχρονη χρήση είναι 20 και 10 αντίστοιχα. Στη συνέχεια καθορίστηκαν τα υλικά. Ακολουθεί το τρισδιάστατο σχέδιο της πολυκατοικίας που κατασκευάστηκε στο Ecotect όπου φαίνονται οι ζώνες και η γεωμετρία του κτιρίου.



Εικόνες 3.2-3.3-3.4 : Νοτιοανατολική όψη πολυκατοικίας και παρακείμενου κτιρίου.



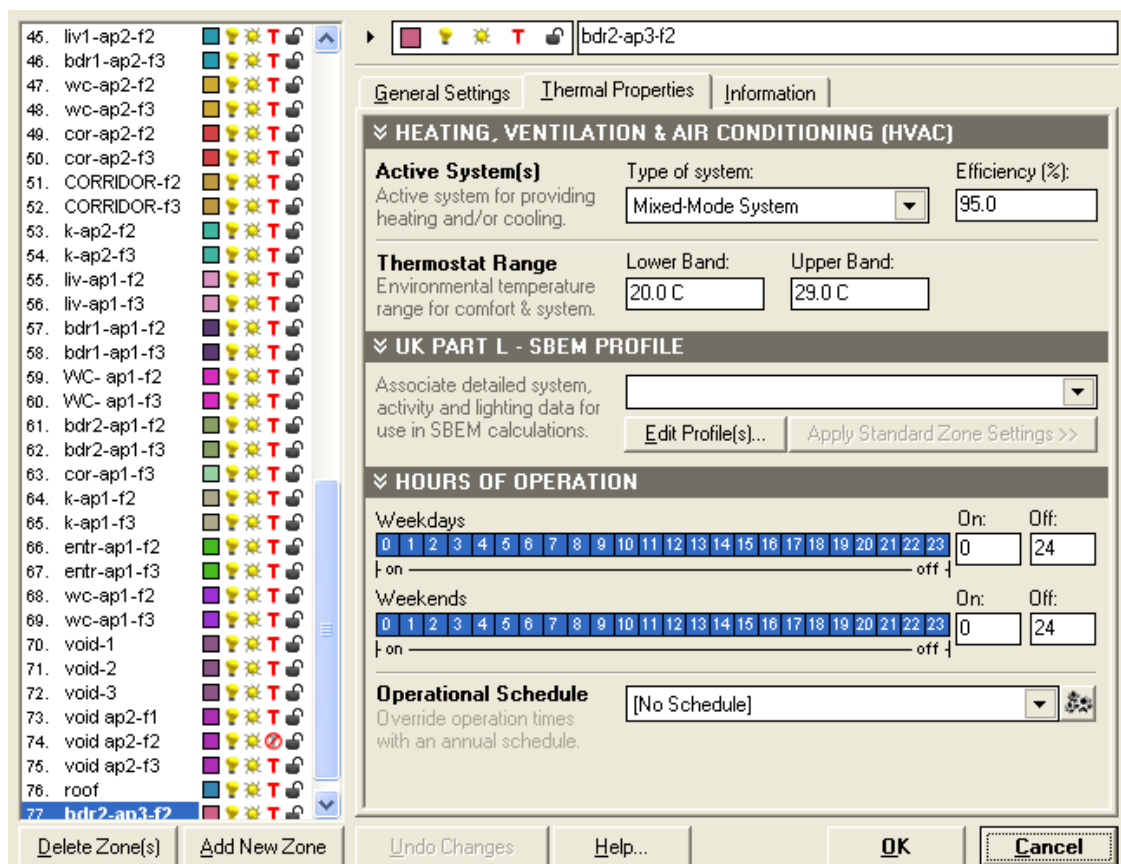
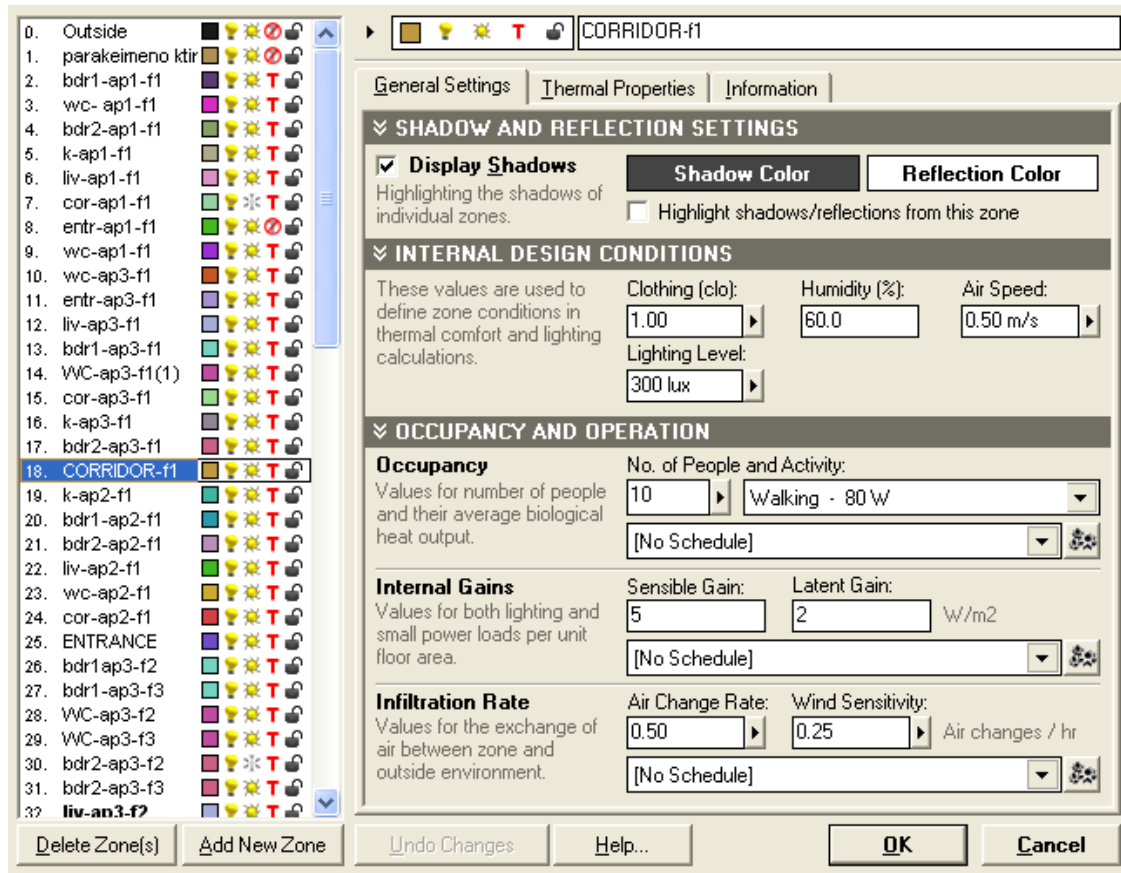
Εικόνας 3.5-3.6 : Βόρεια όψη πολυκατοικίας και παρακείμενου κτιρίου.



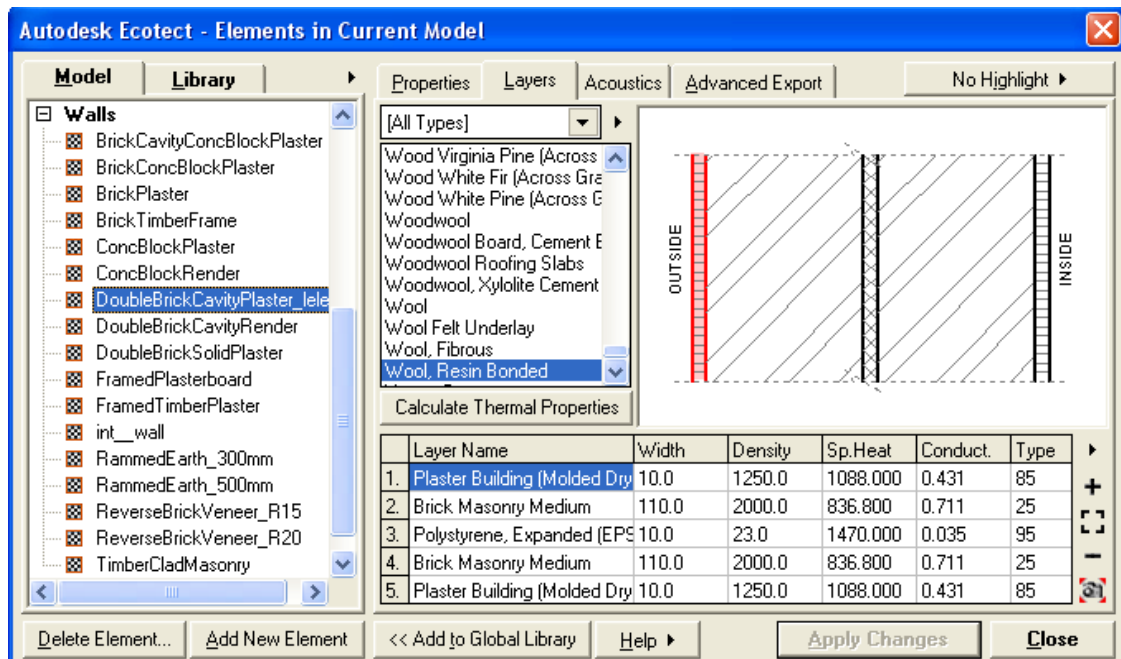
Εικόνα 3.7 : Κάτοψη πολυκατοικίας και παρακείμενου κτιρίου

0.	Outside	☐	💡	☀️	🚫	🔒
1.	parakeimeno ktir	🟤	💡	☀️	🚫	🔒
2.	bdr1-ap1-f1	🟪	💡	☀️	T	🔒
3.	wc-ap1-f1	🟩	💡	☀️	T	🔒
4.	bdr2-ap1-f1	🟬	💡	☀️	T	🔒
5.	k-ap1-f1	🟫	💡	☀️	T	🔒
6.	liv-ap1-f1	🟨	💡	☀️	T	🔒
7.	cor-ap1-f1	🟩	💡	☀️	T	🔒
8.	entr-ap1-f1	🟩	💡	☀️	🚫	🔒
9.	wc-ap1-f1	🟪	💡	☀️	T	🔒
10.	wc-ap3-f1	🟪	💡	☀️	T	🔒
11.	entr-ap3-f1	🟪	💡	☀️	T	🔒
12.	liv-ap3-f1	🟪	💡	☀️	T	🔒
13.	bdr1-ap3-f1	🟩	💡	☀️	T	🔒
14.	WC-ap3-f1(1)	🟪	💡	☀️	T	🔒
15.	cor-ap3-f1	🟩	💡	☀️	T	🔒
16.	k-ap3-f1	🟫	💡	☀️	T	🔒
17.	bdr2-ap3-f1	🟪	💡	☀️	T	🔒
18.	CORRIDOR-f1	🟤	💡	☀️	T	🔒
19.	k-ap2-f1	🟩	💡	☀️	T	🔒
20.	bdr1-ap2-f1	🟩	💡	☀️	T	🔒
21.	bdr2-ap2-f1	🟪	💡	☀️	T	🔒
22.	liv-ap2-f1	🟩	💡	☀️	T	🔒
23.	wc-ap2-f1	🟪	💡	☀️	T	🔒
24.	cor-ap2-f1	🟩	💡	☀️	T	🔒
25.	ENTRANCE	🟪	💡	☀️	T	🔒
26.	bdr1-ap3-f2	🟩	💡	☀️	T	🔒
27.	bdr1-ap3-f3	🟩	💡	☀️	T	🔒
28.	WC-ap3-f2	🟪	💡	☀️	T	🔒
29.	WC-ap3-f3	🟪	💡	☀️	T	🔒
30.	bdr2-ap3-f2	🟪	💡	☀️	T	🔒
31.	bdr2-ap3-f3	🟪	💡	☀️	T	🔒
32.	liv-ap3-f2	🟪	💡	☀️	T	🔒
33.	liv-ap3-f3	🟪	💡	☀️	T	🔒
34.	cor-ap3-f2	🟩	💡	☀️	T	🔒
35.	cor-ap3-f3	🟩	💡	☀️	T	🔒
36.	k-ap3-f2	🟫	💡	☀️	T	🔒
37.	k-ap3-f3	🟫	💡	☀️	T	🔒
38.	entr-ap3-f2	🟪	💡	☀️	T	🔒
39.	entr-ap3-f3	🟪	💡	☀️	T	🔒
40.	wc-ap3-f2(1)	🟪	💡	☀️	T	🔒
41.	wc-ap3-f3(1)	🟪	💡	☀️	T	🔒
42.	liv-ap2-f2	🟩	💡	☀️	T	🔒
43.	liv-ap2-f3	🟩	💡	☀️	T	🔒
44.	bdr2-ap2-f2	🟪	💡	☀️	T	🔒
45.	bdr2-ap2-f3	🟪	💡	☀️	T	🔒
46.	liv1-ap2-f2	🟩	💡	☀️	T	🔒
47.	bdr1-ap2-f3	🟩	💡	☀️	T	🔒
48.	wc-ap2-f2	🟪	💡	☀️	T	🔒
49.	wc-ap2-f3	🟪	💡	☀️	T	🔒
50.	cor-ap2-f2	🟩	💡	☀️	T	🔒
51.	cor-ap2-f3	🟩	💡	☀️	T	🔒
52.	CORRIDOR-f2	🟤	💡	☀️	T	🔒
53.	CORRIDOR-f3	🟤	💡	☀️	T	🔒
54.	k-ap2-f2	🟩	💡	☀️	T	🔒
55.	k-ap2-f3	🟩	💡	☀️	T	🔒
56.	liv-ap1-f2	🟪	💡	☀️	T	🔒
57.	liv-ap1-f3	🟪	💡	☀️	T	🔒
58.	bdr1-ap1-f2	🟪	💡	☀️	T	🔒
59.	bdr1-ap1-f3	🟪	💡	☀️	T	🔒
60.	WC-ap1-f2	🟪	💡	☀️	T	🔒
61.	WC-ap1-f3	🟪	💡	☀️	T	🔒
62.	bdr2-ap1-f2	🟪	💡	☀️	T	🔒
63.	bdr2-ap1-f3	🟪	💡	☀️	T	🔒
64.	cor-ap1-f2	🟩	💡	☀️	T	🔒
65.	cor-ap1-f3	🟩	💡	☀️	T	🔒
66.	k-ap1-f2	🟫	💡	☀️	T	🔒
67.	k-ap1-f3	🟫	💡	☀️	T	🔒
68.	entr-ap1-f2	🟩	💡	☀️	T	🔒
69.	entr-ap1-f3	🟩	💡	☀️	T	🔒
70.	wc-ap1-f2	🟪	💡	☀️	T	🔒
71.	wc-ap1-f3	🟪	💡	☀️	T	🔒
72.	void-1	🟪	💡	☀️	T	🔒
73.	void-2	🟪	💡	☀️	T	🔒
74.	void-3	🟪	💡	☀️	T	🔒
75.	void ap2-f1	🟪	💡	☀️	T	🔒
76.	void ap2-f2	🟪	💡	☀️	🚫	🔒
77.	void ap2-f3	🟪	💡	☀️	T	🔒
78.	roof	🟩	💡	☀️	T	🔒

Εικόνα 3.8 : Οι ζώνες του κτιρίου



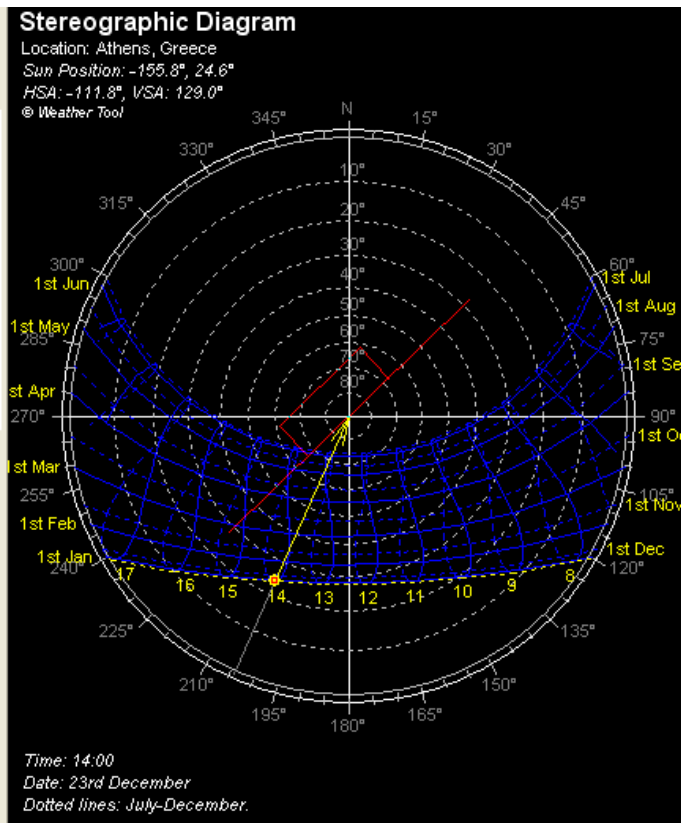
Εικόνας 3.9-3.10 : Ρυθμίσεις ζώνης σε θέρμανση και χρήση.



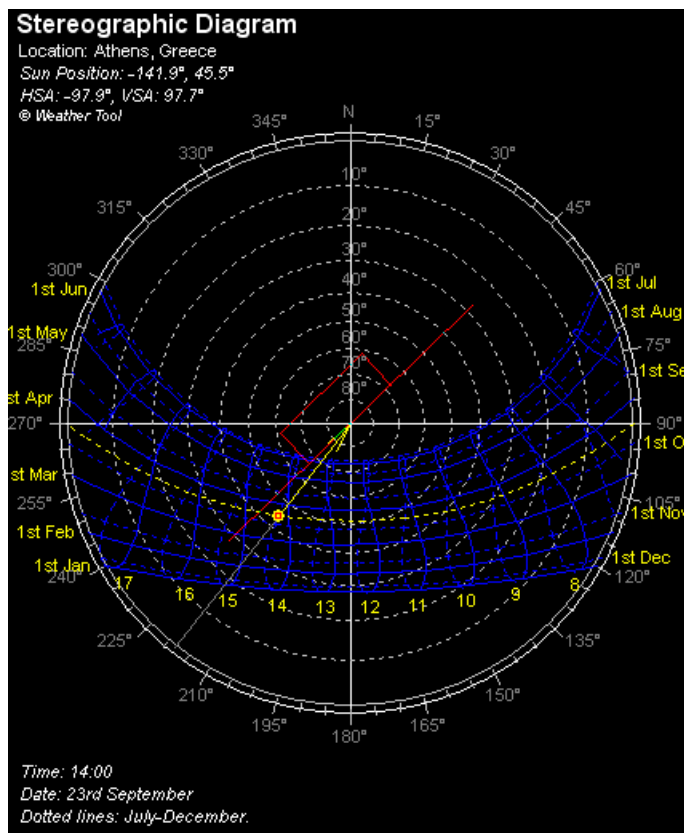
Εικόνα 3.11 : Η βιβλιοθήκη των υλικών.

3.2.3) Θέση του ηλίου και στερεογραφικό διάγραμμα.

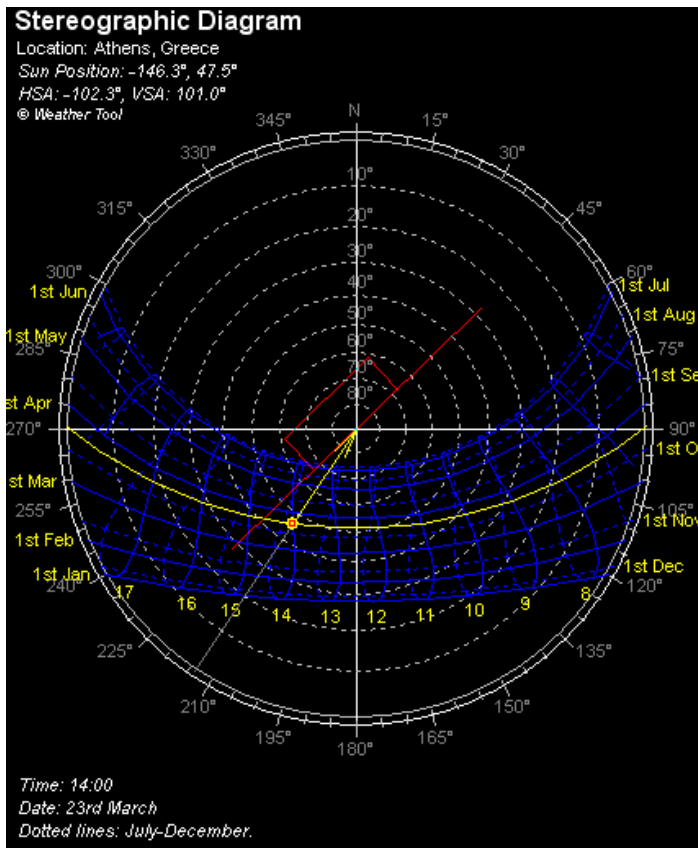
Έχοντας ορίσει τον προσανατολισμό του κτιρίου, η θέση του ηλίου καθορίζεται για την επιθυμητή μέρα μέσω των στερεογραφικών διαγραμμάτων. Το Stereographic Diagram χρησιμοποιείται κυρίως για την εύρεση και την τοποθέτηση του κατάλληλου τύπου σκίασης του κτιρίου. Στις παρακάτω εικόνες, φαίνεται η θέση του ηλίου σε χαρακτηριστικές ημέρες του έτους. Μια σημαντική εφαρμογή των στερεογραφικών διαγραμμάτων είναι η χρήση τους στην εύρεση του βέλτιστου προσανατολισμού. Ο προσανατολισμός του κτιρίου όμως δεν λαμβάνεται υπόψη. Ως δεδομένο εισάγεται μόνο η τοποθεσία με αποτέλεσμα να προκύπτει ο ίδιος βέλτιστος προσανατολισμός για την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας.



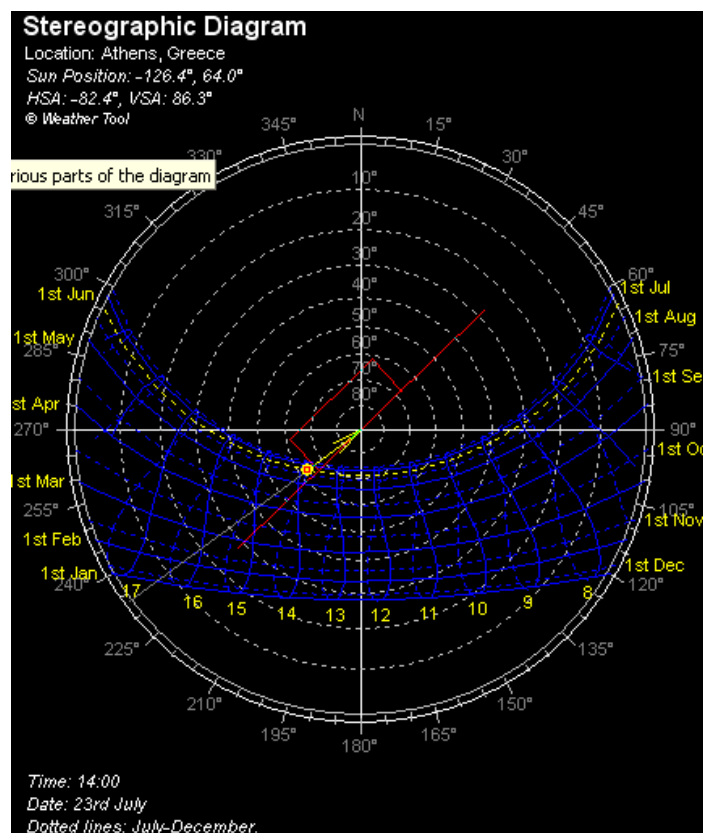
Εικόνα 3.12 : Στερεογραφικό διάγραμμα 23^{ης} Δεκεμβρίου.



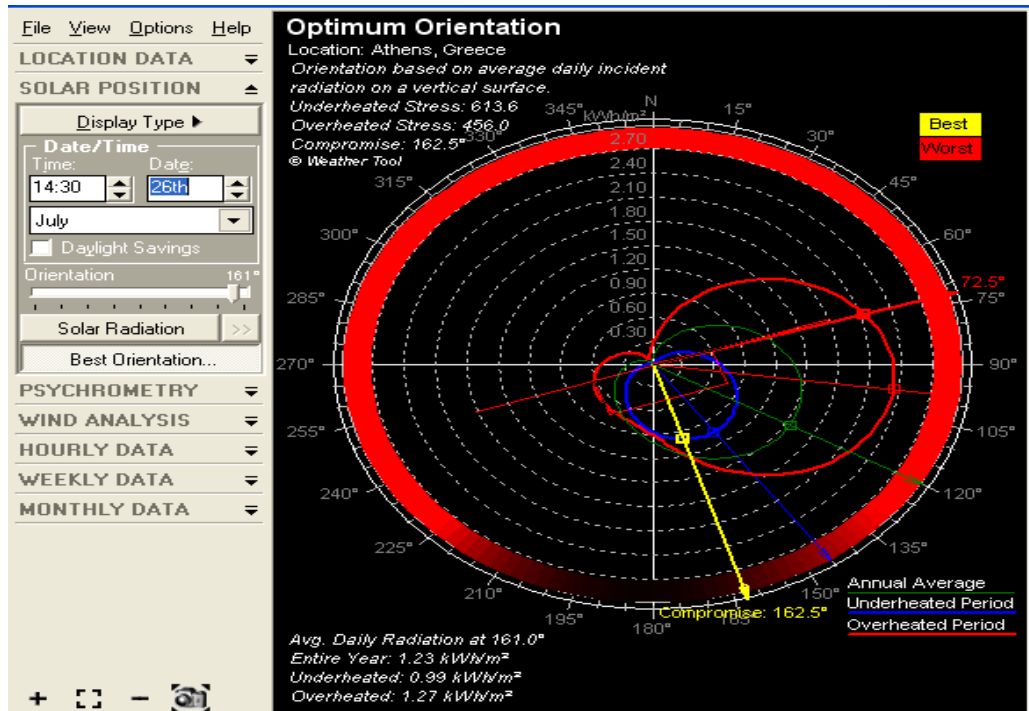
Εικόνα 3.13 : Στερεογραφικό διάγραμμα 23^{ης} Σεπτεμβρίου.



Εικόνα 3.14 : Στερεογραφικό διάγραμμα 23^{ης} Μαρτίου.



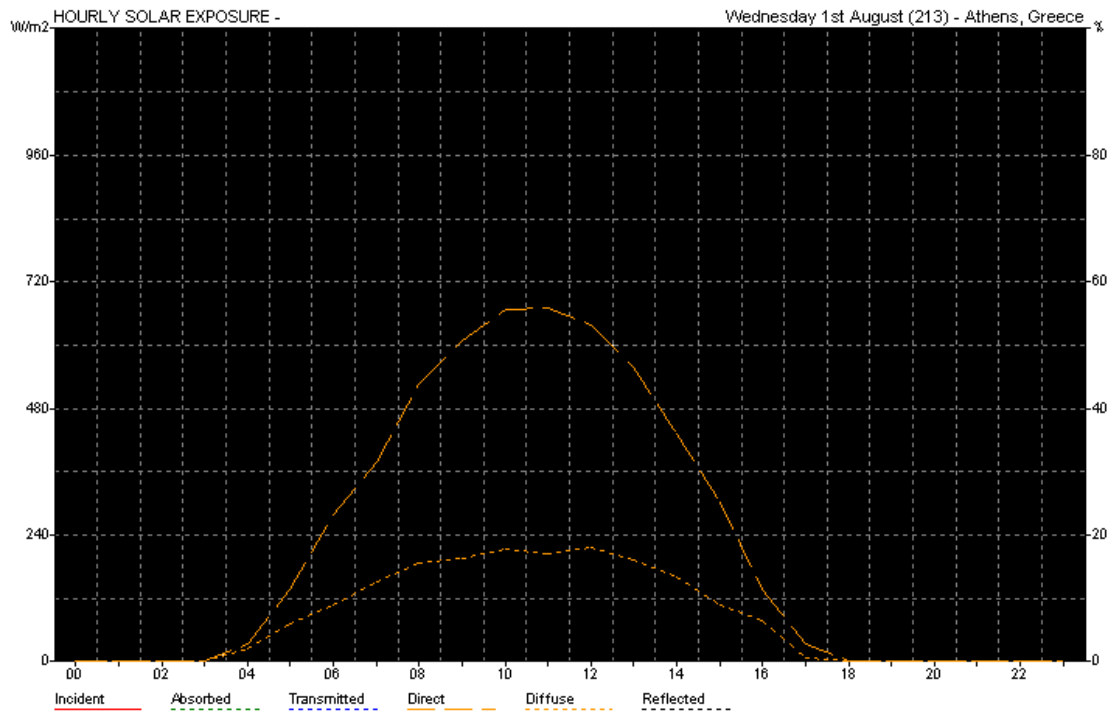
Εικόνα 3.15 : Στερεογραφικό διάγραμμα 23^{ης} Ιουλίου.



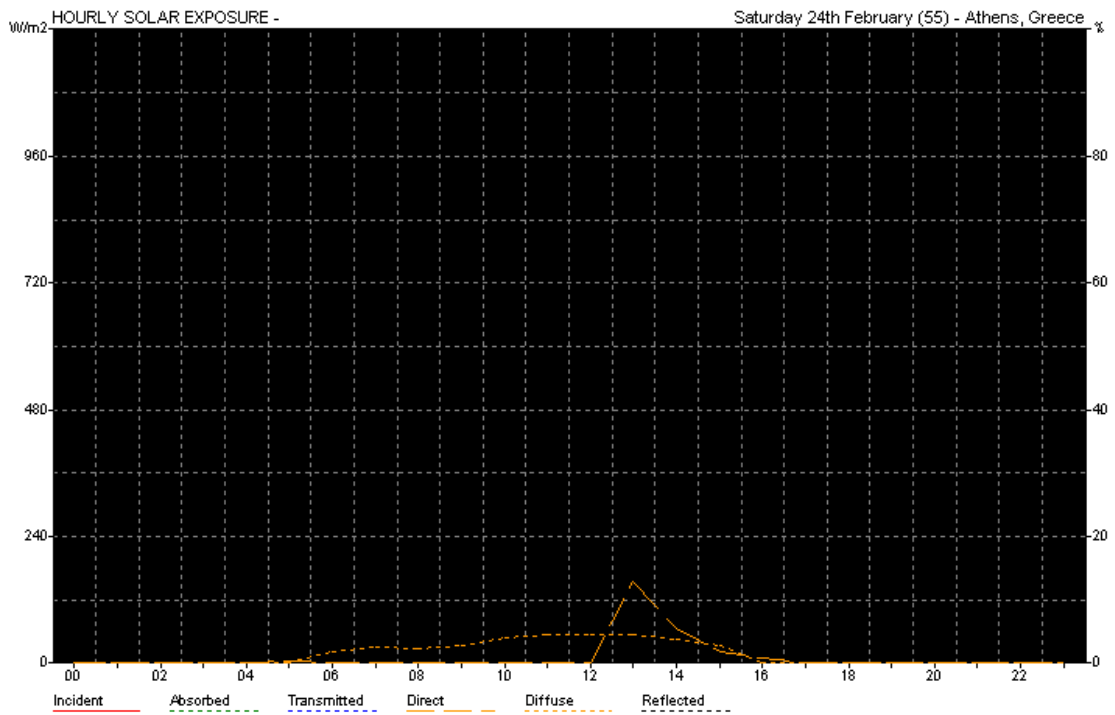
Εικόνα 3.16 : Βέλτιστος προσανατολισμός.

3.2.4) Ωριαία ηλιακή έκθεση.

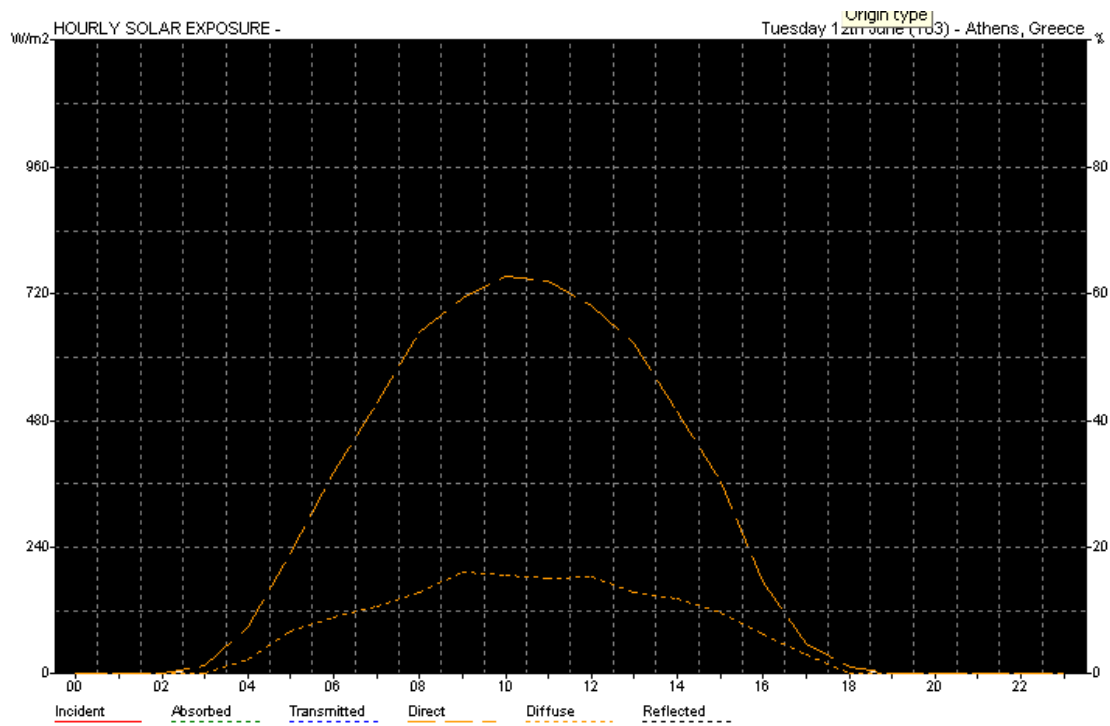
Τα διαγράμματα ωριαίας ηλιακής έκθεσης εμφανίζουν το συνολικό ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται (Incident) μια επιφάνεια του κτιρίου ή μια ζώνη συνολικά σε χρονικές περιόδους. Δείχνουν επίσης το ποσό της τυχόν ακτινοβολίας που αντανακλάται (Transmitted) από τα αντικείμενα και το ποσοστό της επιφάνειας που είναι σε σκιά για κάθε ώρα. Στα παρακάτω γραφήματα φαίνεται η ωριαία ακτινοβολία που λαμβάνεται άμεσα (direct) ή διάχυτα (Diffuse) αλλά και η ανακλώμενη (Reflected) από αντικείμενα που έχουν χαρακτηριστεί ως ανακλαστές.



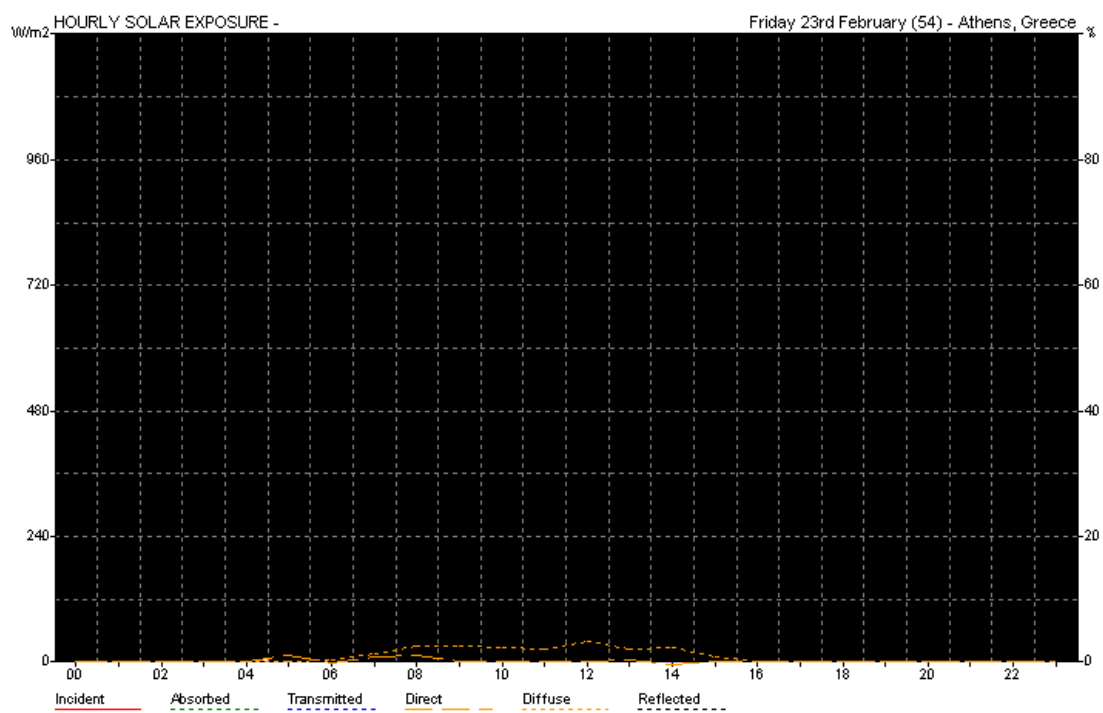
Εικόνα 3.17 : Ωριαία ηλιακή έκθεση 1^η Αυγούστου.



Εικόνα 3.18 : Ωριαία ηλιακή έκθεση 24^η Φεβρουαρίου.



Εικόνα 3.19: Ωριαία ηλιακή έκθεση 12^{ης} Ιουνίου.

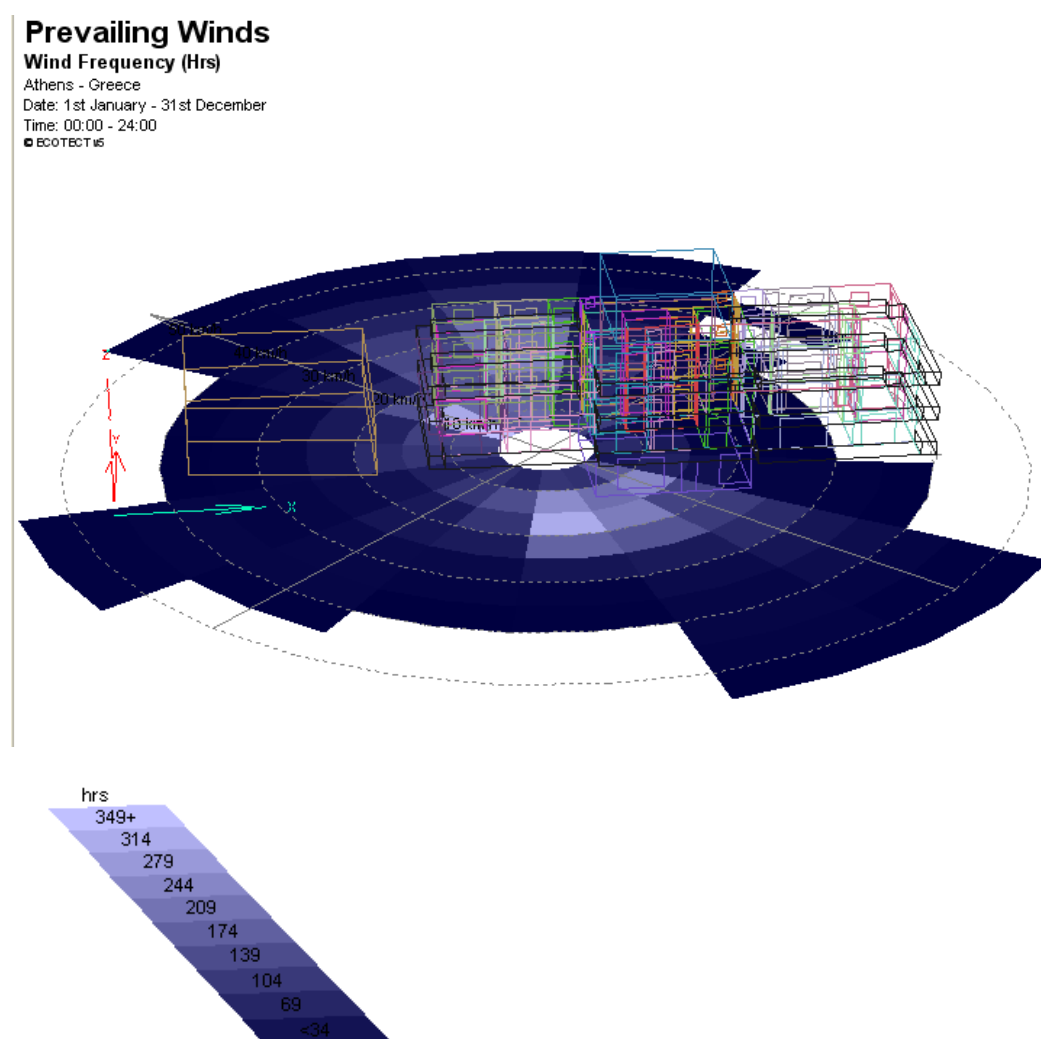


Εικόνα 3.20: Ωριαία ηλιακή έκθεση 23^{ης} Φεβρουαρίου.

Τα παραπάνω διαγράμματα αφορούν μέρες με την υψηλότερη και τη χαμηλότερη θερμοκρασία του έτους αλλά και την πιο ηλιόλουστη και την πιο συννεφιασμένη ημέρα του έτους. Παρατηρείται μεγαλύτερη ωριαία ηλιακή έκθεση για τις καλοκαιρινές μέρες σε σχέση με τις αντίστοιχες χειμερινές, γεγονός αναμενόμενο αφού το καλοκαίρι στην Ελλάδα οι συνθήκες ηλιοφάνειας είναι σαφώς πιο έντονες και μεγαλύτερες σε διάρκεια.

3.2.5) Επικρατούντες άνεμοι.

Χρησιμοποιώντας την εντολή wind analysis του προγράμματος Ecotect προβάλλεται διάγραμμα συχνότητας της έντασης και της κατεύθυνσης των ανέμων που πνέουν στην περιοχή μελέτης. Τα διαγράμματα επικρατούντων ανέμων είναι γραφήματα που δείχνουν την ταχύτητα του ανέμου σε κάθε θέση κατασκευής. Ο κάθε κυκλικός άξονας αντιπροσωπεύει και μια τιμή της ταχύτητας του ανέμου.

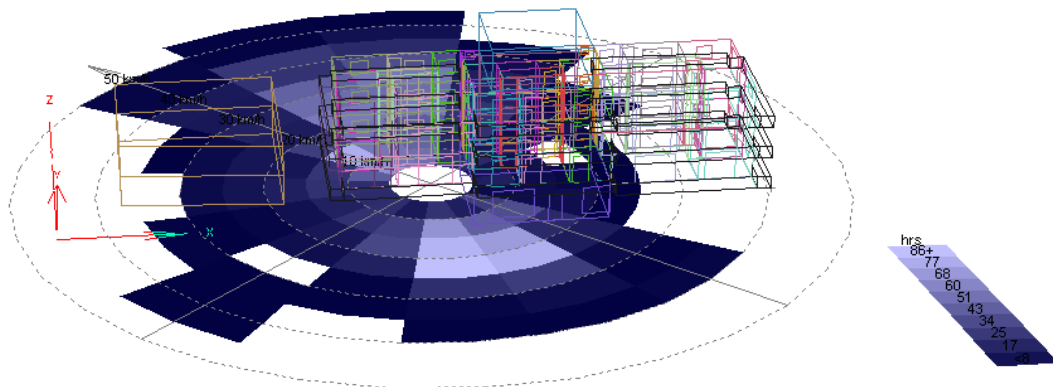


Εικόνα 3.21: Συχνότητα ανέμων όλο το χρόνο.

Prevailing Winds

Wind Frequency (Hrs)

Athens - Greece
Date: 1st June - 31st August
Time: 00:00 - 24:00
© ECOTECTUS

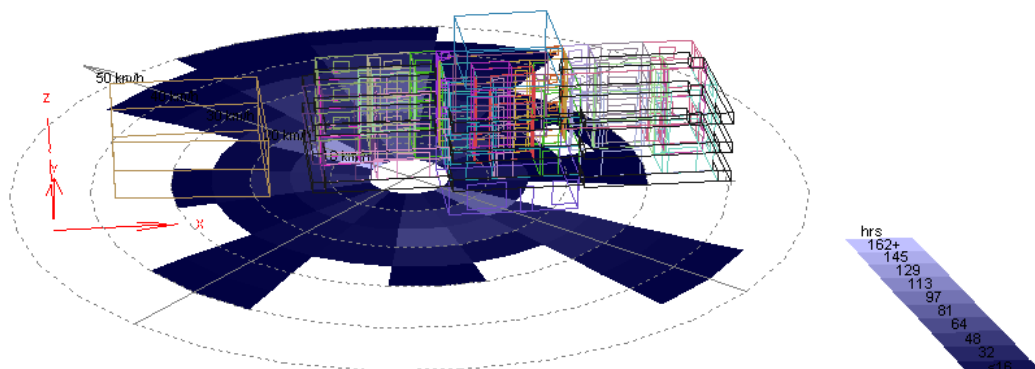


Εικόνα 3.22: Συχνότητα ανέμων το καλοκαίρι.

Prevailing Winds

Wind Frequency (Hrs)

Athens - Greece
Date: 1st September - 30th November
Time: 00:00 - 24:00
© ECOTECTUS

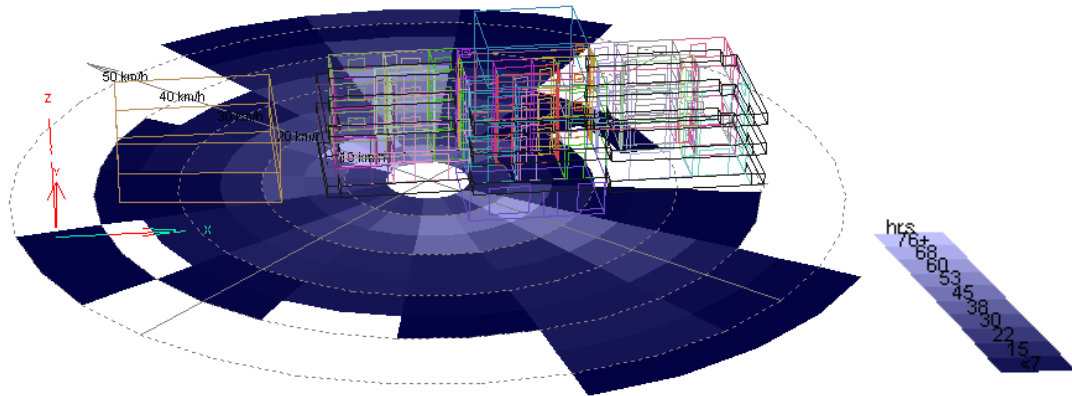


Εικόνα 3.23: Συχνότητα ανέμων το φθινόπωρο.

Prevailing Winds

Wind Frequency (Hrs)

Athens - Greece
Date: 1st December - 28th February
Time: 00:00 - 24:00
ECOTECTUS

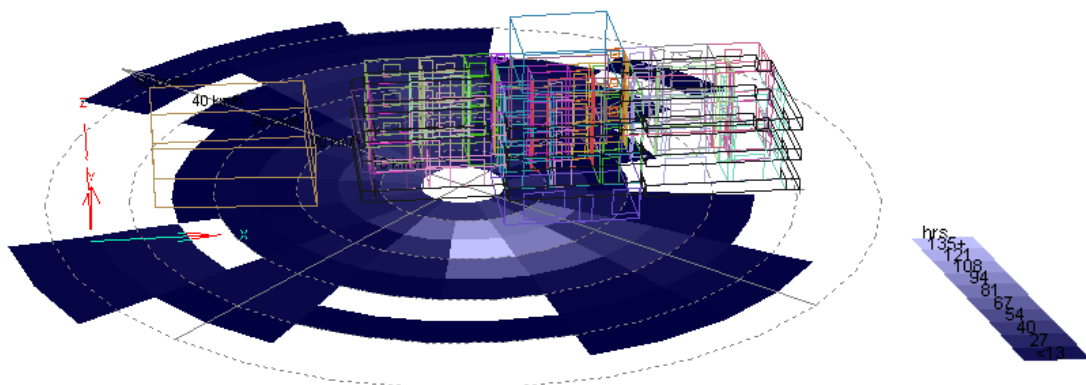


Εικόνα 3.24: Συχνότητα ανέμων το χειμώνα..

Prevailing Winds

Wind Frequency (Hrs)

Athens - Greece
Date: 1st March - 31st May
Time: 00:00 - 24:00
ECOTECTUS



Εικόνα 3.25: Συχνότητα ανέμων την άνοιξη.

Από τα παραπάνω γραφήματα παρατηρούμε ότι το εντονότερο πρόβλημα έχει η βορειοανατολική πλευρά του κτιρίου (διαμερίσματα 1 και 2) αφού το χειμώνα οι άνεμοι πνέουν με 40 km/h για περίπου 53 – 60 ώρες. Σημαντικό πρόβλημα υπάρχει και στη

νοτιοδυτική πλευρά του κτιρίου (διαμέρισμα 1) με τους ανέμους το χειμώνα να πνέουν σε ένταση 35 km/h για περίπου 45 -53 ώρες. Σημαντικές πληροφορίες για την υπάρχουσα κατάσταση του κτιρίου δίνουν και τα γραφήματα που αφορούν στη συχνότητα επικρατούντων ανέμων μέγιστης υγρασίας και μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας.

Prevailing Winds

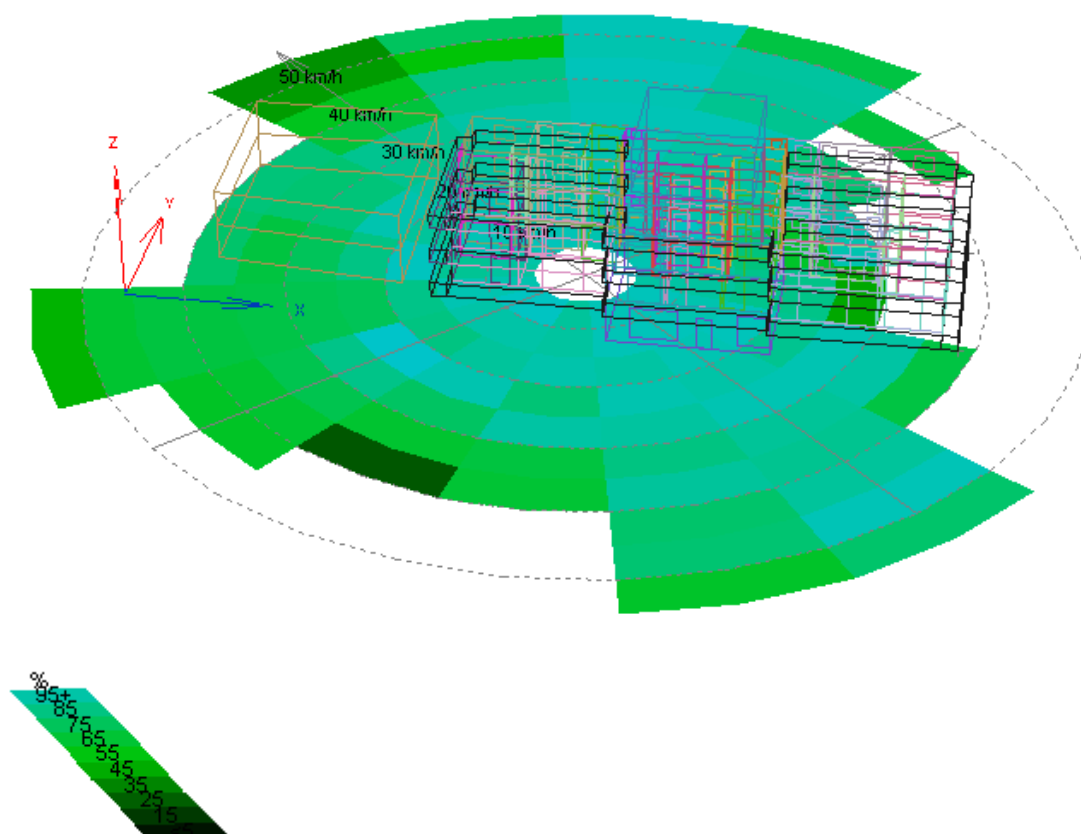
Maximum Relative Humidity

Athens - Greece

Date: 1st January - 31st December

Time: 00:00 - 24:00

© ECOTECT 16



Εικόνα 3.26: Συχνότητα ανέμων μέγιστης σχετικής υγρασίας όλου του έτους.

Παρατηρείται ότι η βορειοδυτική πλευρά του κτιρίου (διαμερίσματα 1 και 2) έχει το εντονότερο πρόβλημα όσο αφορά στη συχνότητα επικρατούντων ανέμων μέγιστης σχετικής υγρασίας. αφού το χειμώνα πνέουν ισχυροί άνεμοι ταχύτητας 55 km/h με σχετική υγρασία 85 – 95 %. Και η νοτιοδυτική πλευρά του κτιρίου (διαμέρισμα 1) όμως έχει σοβαρό πρόβλημα υγρασίας. Οι άνεμοι έχουν ταχύτητα 50 km /h με σχετική υγρασία 75 – 85 %.

Prevailing Winds

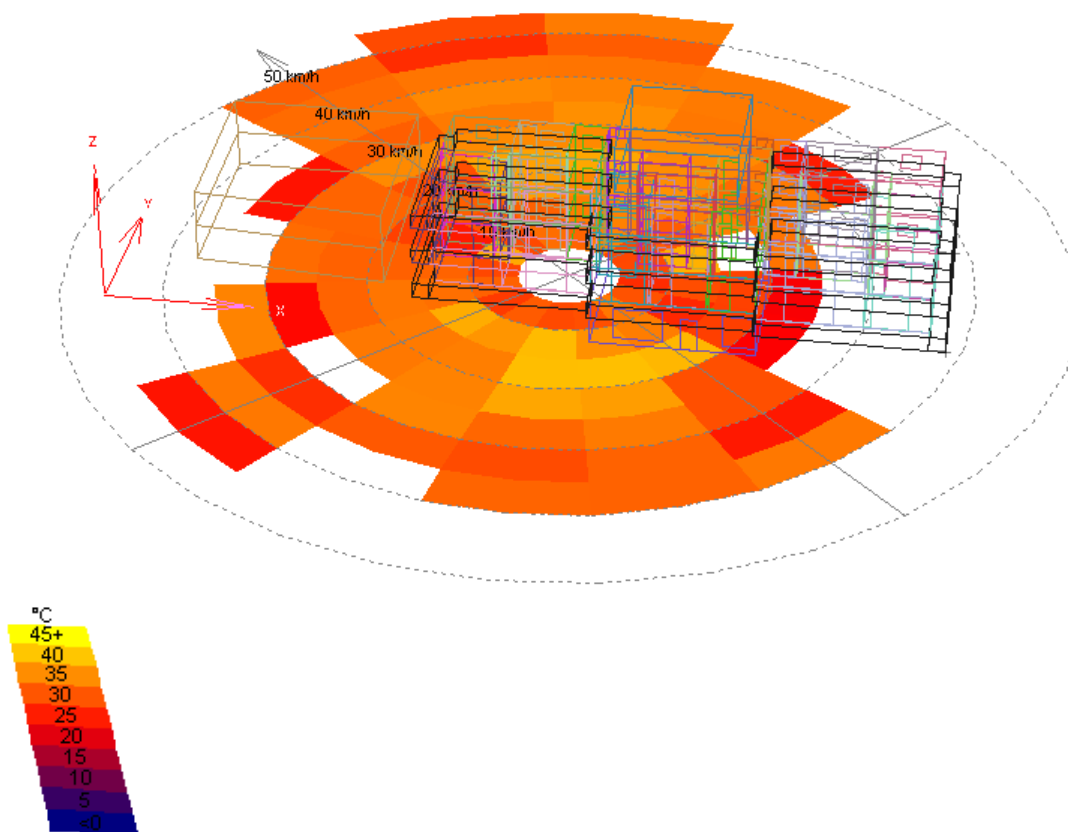
Maximum Wind Temperature Numeric transform (Ctrl+T)

Athens - Greece

Date: 1st June - 31st August

Time: 00:00 - 24:00

● ΕΣΟΤΕΧΤΗΣ



Εικόνα 3.27: Συχνότητα ανέμων μέγιστης θερμοκρασίας το καλοκαίρι.

Στην περίπτωση αυτή, άνεμοι ταχύτητας 25 – 30 km/h και θερμοκρασίας 35 – 40 ° C πνέουν στη νοτιοδυτική πλευρά του κτιρίου (διαμερίσματα 1 και 2) και κυρίως στην περιοχή του μεσαίου διαμερίσματος (ap2). Επίσης άνεμοι ταχύτητας 25 – 30 km/h και θερμοκρασίας 30 – 35 ° C πνέουν στη βορειοδυτική πλευρά του κτιρίου στην περιοχή τόσο του πρώτου (ap1) όσο και του μεσαίου διαμερίσματος (ap2). Οι άνεμοι αυτοί παρατηρούνται την καλοκαιρινή περίοδο.

Prevailing Wind Set Origin

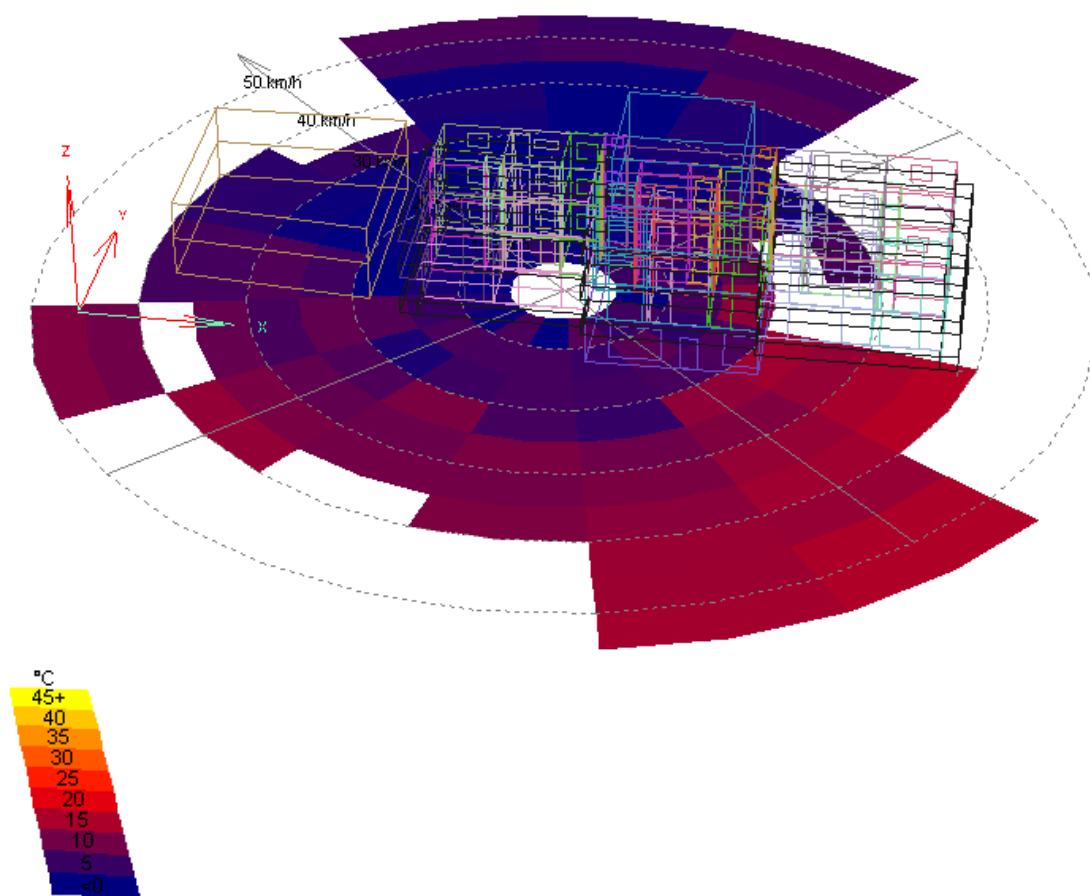
Minimum Wind Temperatures

Athens - Greece

Date: 1st December - 28th February

Time: 00:00 - 24:00

ECOTECT 16



Εικόνα 3.28: Συχνότητα ανέμων ελάχιστης θερμοκρασίας το χειμώνα.

Αντίστοιχα τους χειμερινούς μήνες οι άνεμοι με μεγάλη ταχύτητα 40 – 45 km/h και ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες < 0 εντοπίζονται στην βόρεια πλευρά του κτιρίου και μάλιστα επηρεάζουν μεγάλη έκταση της οικίας (διαμερίσματα 1 και 2). Αλλά και στη νοτιοδυτική πλευρά υπάρχουν κατά τόπους άνεμοι ταχύτητας 20 – 25 km/h και θερμοκρασίας 5 – 10 ° C . Για αυτό το λόγο εξετάστηκε το γράφημα ελαχίστης θερμοκρασίας και ταχύτητας ανέμου όλου του έτους.

Prevailing Winds

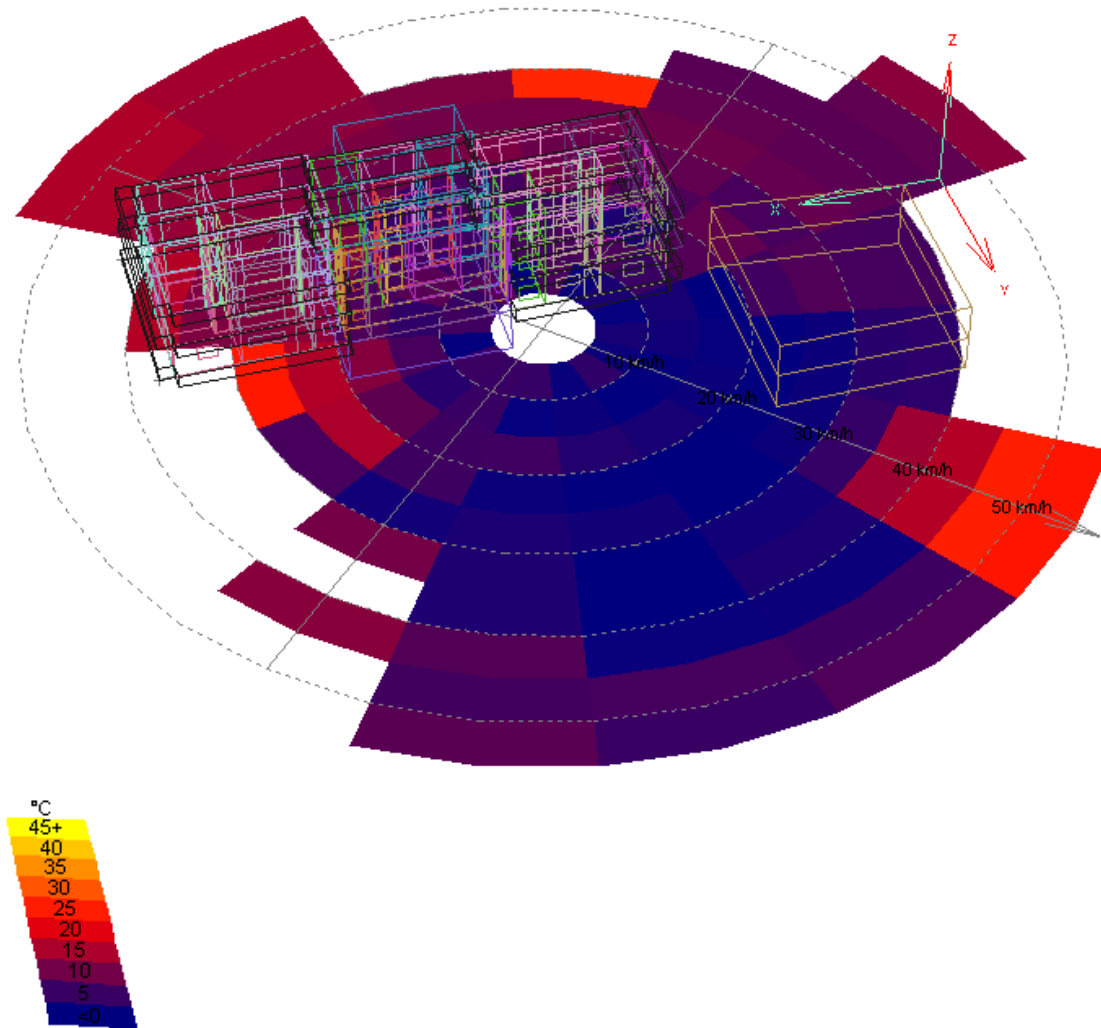
Minimum Wind Temperatures

Athens - Greece

Date: 1st January - 31st December

Time: 00:00 - 24:00

ECOTECT16

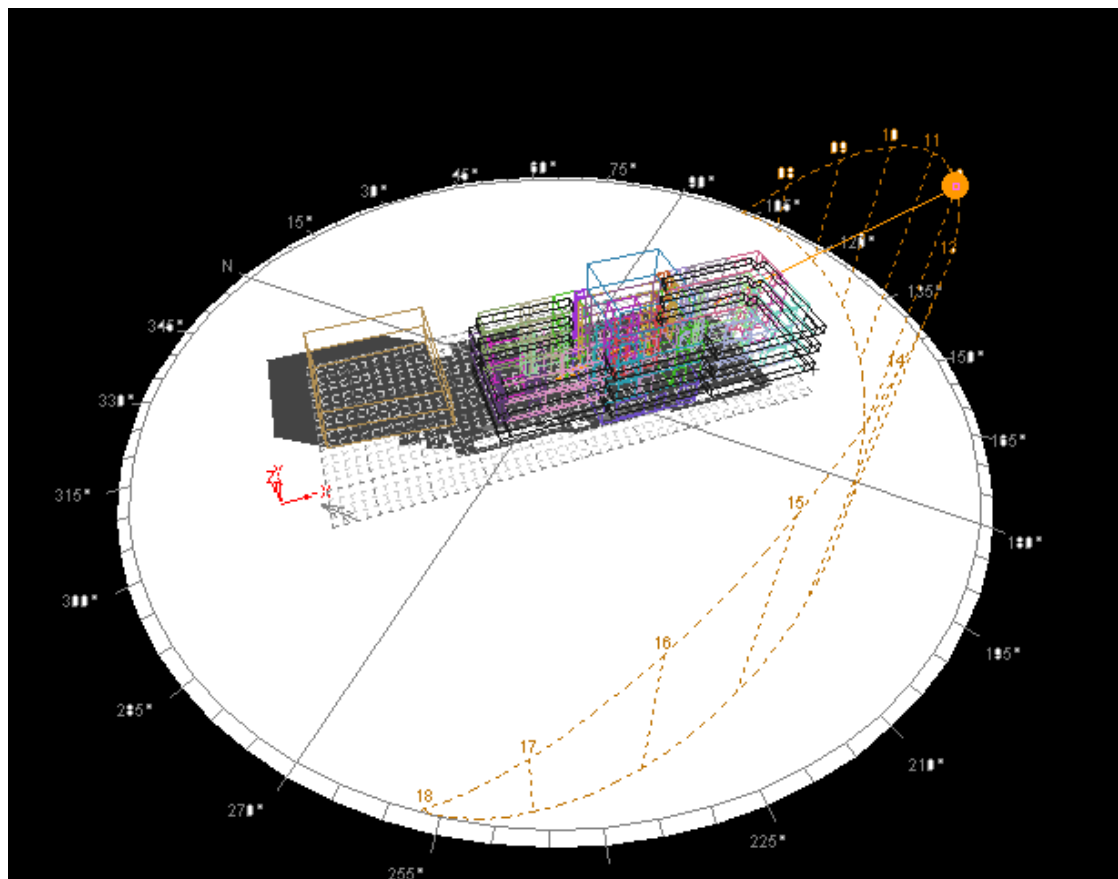


Εικόνα 3.29: Συχνότητα ανέμων ελάχιστης θερμοκρασίας όλο το έτος.

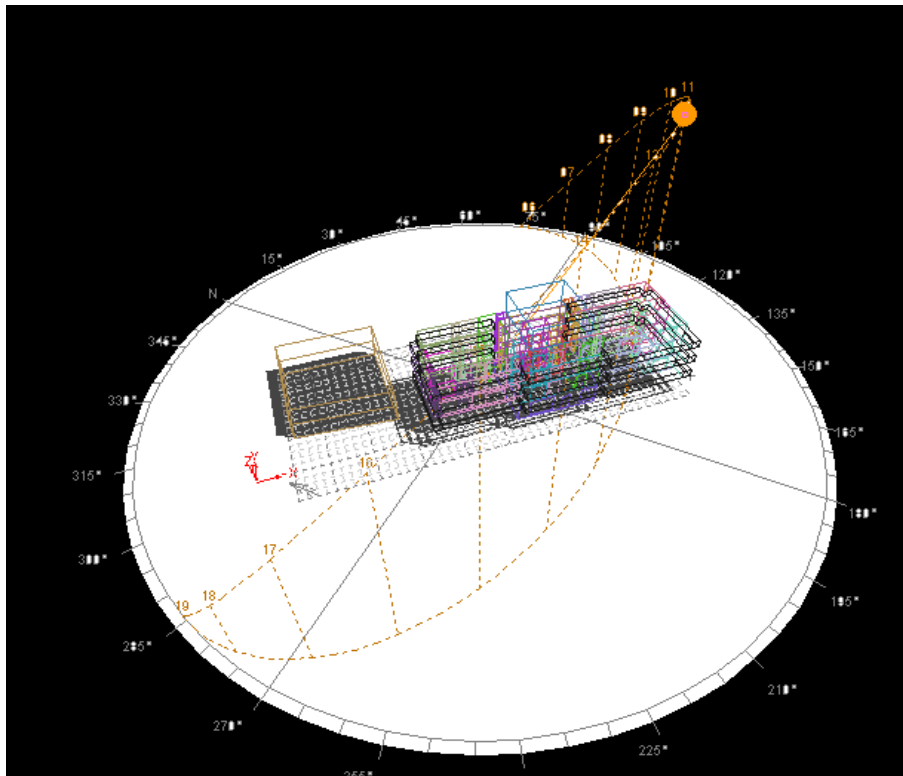
Από το παραπάνω γράφημα, φαίνεται ότι μεγαλύτερο πρόβλημα υπάρχει στη βόρεια πλευρά του κτιρίου όπου οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μέχρι και 50 km/h και η θερμοκρασία τους είναι 5 – 10 ° C. Επίσης, άνεμοι χαμηλότερης ταχύτητας 10 – 40 km/h αλλά ιδιαίτερα ψυχροί, με θερμοκρασίες κάτω από το μηδέν < 0, πνέουν σε μεγάλη έκταση της βορινής πλευράς του κτιρίου. Τόσο το πρώτο όσο και το δεύτερο διαμέρισμα επηρεάζονται άμεσα.

3.2.6) Πορεία του ηλίου, διείσδυση φωτός και σκίαση του κτιρίου.

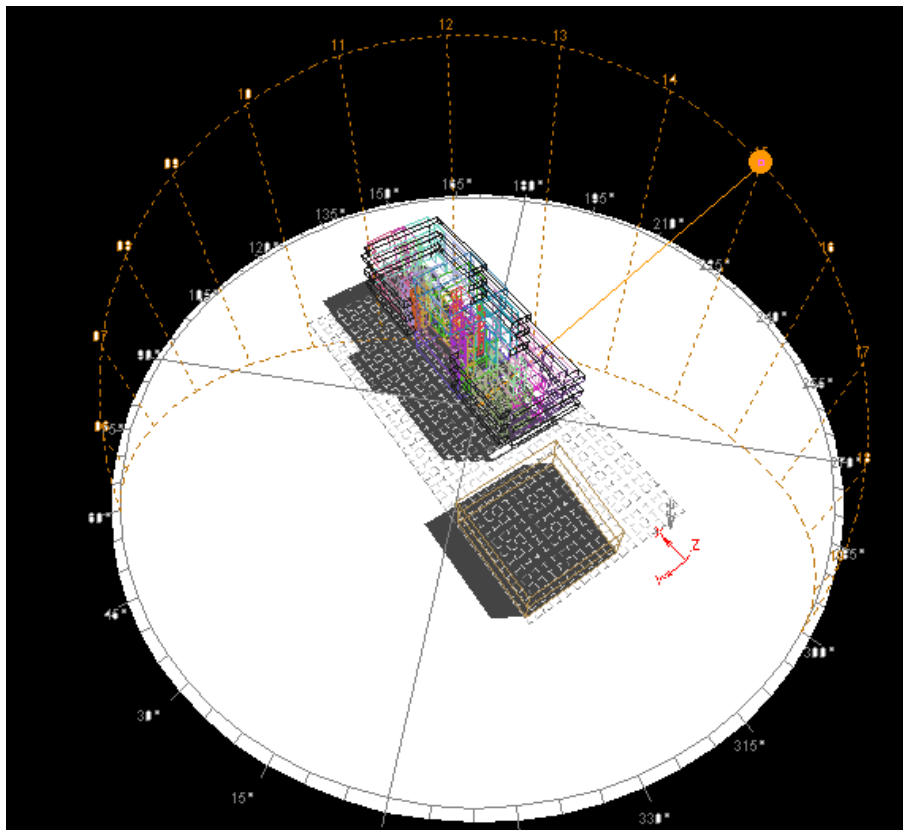
Το Ecotect παρέχει τη δυνατότητα στον χρήστη να εξετάσει τον ηλιασμό του κτιρίου και να προτείνει συστήματα σκίασης. Μέσω της ηλιακής ανάλυσης (solar analysis) εμφανίζεται η θέση του ήλιου σε σχέση με το κτίριο την επιθυμητή μέρα και ώρα καθώς επίσης και ο τρόπος που διαχέεται το φως όταν εισέρχεται στο κτίριο παράγοντας σκιές. Ακολουθούν διαγράμματα όπου φαίνονται η πορεία του ηλίου, η διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας και η σκίαση που προκαλείται κατά την πιο ηλιόλουστη, την πιο νεφελώδη ημέρα αλλά και σε αντιπροσωπευτικές ημέρες των 4 εποχών του έτους.



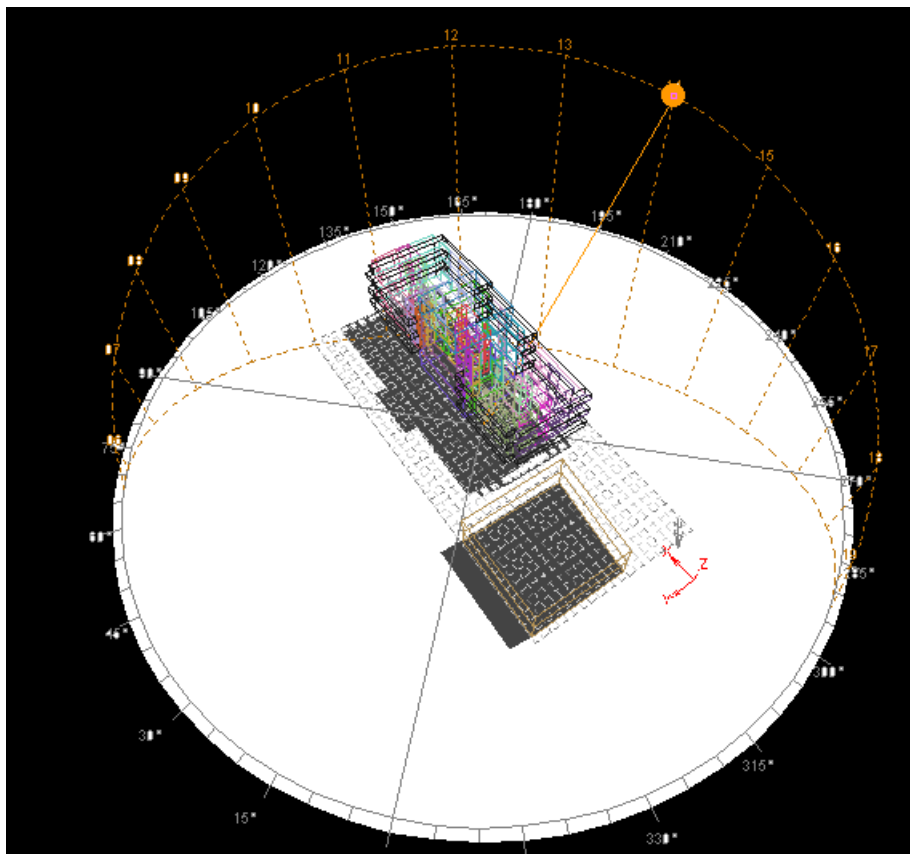
Εικόνα 3.30: Η πορεία του ηλίου στις 24 Φεβρουαρίου στις 12:00.



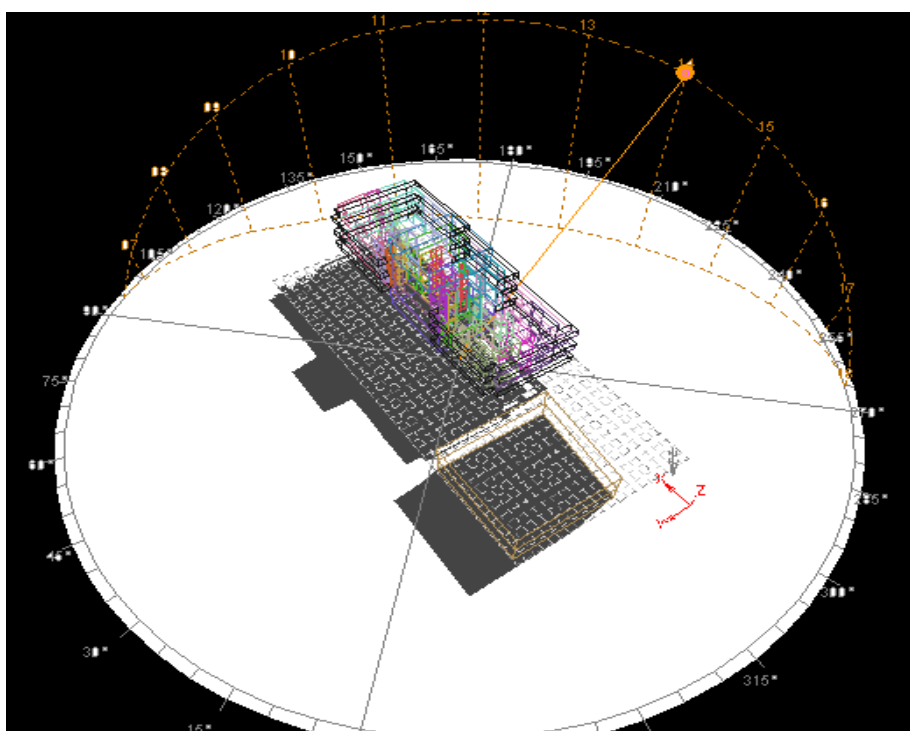
Εικόνα 3.31: Η πορεία του ηλίου στις 24 Απριλίου στις 12:00.



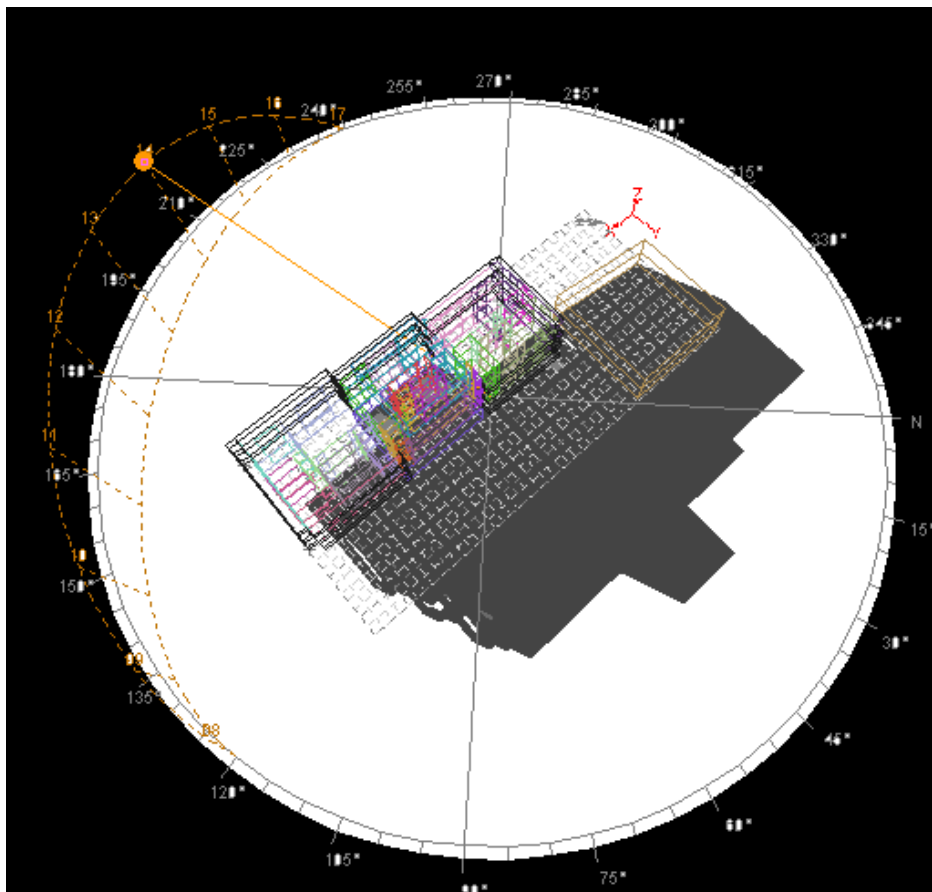
Εικόνα 3.32: Η πορεία του ηλίου στις 24 Ιουνίου στις 15:00.



Εικόνα 3.33: Η πορεία του ηλίου στις 3 Αυγούστου στις 14:00.



Εικόνα 3.34: Η πορεία του ηλίου στις 3 Οκτωβρίου στις 14:00.

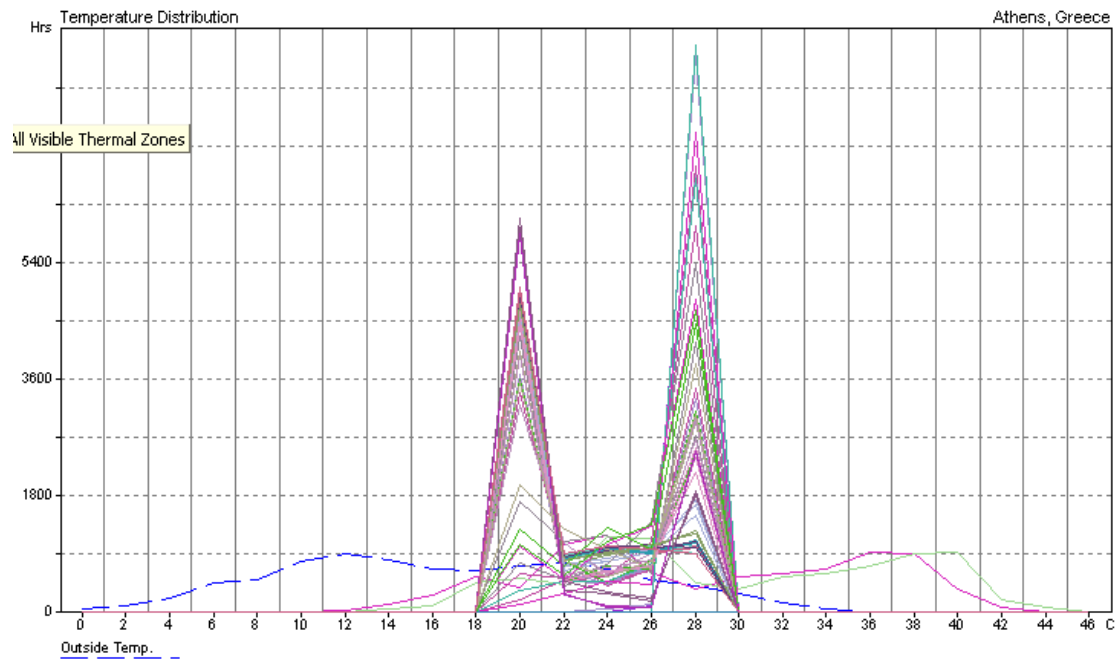


Εικόνα 3.35: Η πορεία του ηλίου στις 26 Δεκεμβρίου στις 14:00.

Όπως φαίνεται και από τα παραπάνω διαγράμματα, το μεγαλύτερο πρόβλημα ηλιασμού όλο το έτος εντοπίζεται στην νότια όψη που είναι και η κύρια (μπροστινή) όψη της πολυκατοικίας και συνεπώς είναι και η καταλληλότερη όψη για να τοποθετηθούν συστήματα σκίασης.

3.2.7) Θερμική ανάλυση του κτιρίου.

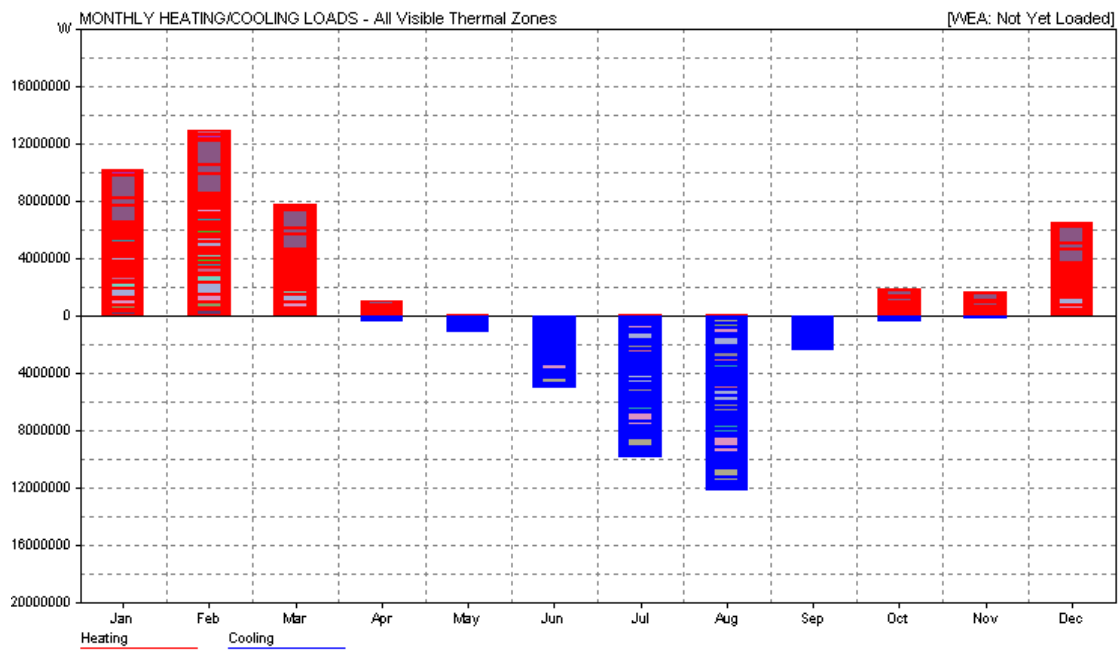
Σε αυτό το στάδιο, αρχικά παρουσιάζεται η διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του έτους. Το Ecotect λαμβάνει ως δεδομένα κάποια όρια κατώτερης και ανώτερης θερμοκρασίας. Πιο συγκεκριμένα, *κατώτερη θερμοκρασία* θεωρείται αυτή που αντιστοιχεί στο κατώτερο επίπεδο θερμικής άνεσης των χρηστών. Σε μια κλιματιζόμενη ζώνη, αυτή είναι η θερμοκρασία κάτω από την οποία τίθεται σε λειτουργία το σύστημα κλιματισμού. Σε μια μη κλιματιζόμενη ζώνη αντιστοιχεί απλά στην κατώτερη επιθυμητή θερμοκρασία. *Ανώτερη θερμοκρασία* είναι το ανώτερο επίπεδο θερμικής άνεσης των χρηστών. Σε μια κλιματιζόμενη ζώνη, αυτή είναι η θερμοκρασία πάνω από την οποία τίθεται σε λειτουργία το σύστημα αερισμού. Σε μια μη κλιματιζόμενη ζώνη αντιστοιχεί απλά στην ανώτερη επιθυμητή θερμοκρασία. Με μπλε διακεκομμένη γραμμή φαίνεται η διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου ενώ οι υπόλοιπες γραμμές αντιστοιχούν στις ζώνες του κτιρίου.



Εικόνα 3.36: Διάγραμμα ετήσιας θερμοκρασίας.

Παρατηρούμε, ότι οι ζώνες που αντιστοιχούν στον φωταγωγό και στο κλιμακοστάσιο (voids) παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα των ακραίων θερμοκρασιών όπως και αναμενόταν. Οι υπόλοιπες ζώνες είναι μέσα στα όρια θερμικής άνεσης σχεδόν σε όλη τη διάρκεια του έτους. Από το διάγραμμα, φαίνεται ότι η συχνότερα εμφανιζόμενη θερμοκρασία σε όλες τις ζώνες είναι το ανώτερο όριο θερμικής άνεσης (29°C) άρα η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη τους καλοκαιρινούς μήνες αναμένεται μεγάλη. Και η κατώτερη θερμοκρασία όμως (20°C) παρουσιάζεται με μεγάλη συχνότητα σε ορισμένες ζώνες, συνεπώς σημαντικές είναι και οι ανάγκες για θέρμανση το χειμώνα.

Παρέχεται επίσης η δυνατότητα παραστατικής επίδειξης του θερμικού φορτίου θέρμανσης ή ψύξης του κάθε μήνα του έτους, οι ακριβείς τιμές θερμικού φορτίου ανά μήνα, το μέγιστο φορτίο θέρμανσης και ψύξης (Max Heating, Max Cooling) που σημειώνονται την πιο κρύα και την πιο ζεστή ημέρα του έτους αλλά και το συνολικό θερμαντικό και ψυκτικό φορτίο που θα καταναλωθεί συνολικά σε ένα έτος για την κάλυψη των αναγκών της πολυκατοικίας. Κάτω από τον οριζόντιο άξονα απεικονίζεται το ψυκτικό φορτίο και πάνω από αυτόν το φορτίο θέρμανσης για κάθε μήνα του έτους. Από αυτά τα διαγράμματα, προκύπτουν τα περισσότερα συμπεράσματα για την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου και χρησιμοποιούνται ως μετρώ σύγκρισης για προτεινόμενες επανορθωτικές λύσεις.



Εικόνα 3.37: Διάγραμμα μηνιαίων φορτίων θέρμανσης – ψύξης για όλες τις ζώνες.

Παρατηρούμε ότι η ενέργεια που απαιτείται για θέρμανση είναι λίγο περισσότερη από την αντίστοιχη που καταναλώνεται για την ψύξη του κτιρίου και σημειώνεται την περίοδο Δεκέμβριο έως και Μάρτιο ενώ η μέγιστη κατανάλωση γίνεται τον μήνα Φεβρουάριο. Αντίστοιχα η μέγιστη κατανάλωση για ψύξη του κτιρίου σημειώνεται τον Αύγουστο

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά και οι ακραίες τιμές απαιτήσεων θέρμανσης και ψύξης που παρατηρούνται στις δύο δυσμενέστερες ημέρες του έτους, (25 Φεβρουαρίου – 2 Αυγούστου) οι τιμές των φορτίων θέρμανσης και ψύξης για κάθε μήνα και οι συνολικές για όλο το χρόνο.

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

All visible Thermal Zones
 Comfort: Thermal Neutrality (± 1.75)

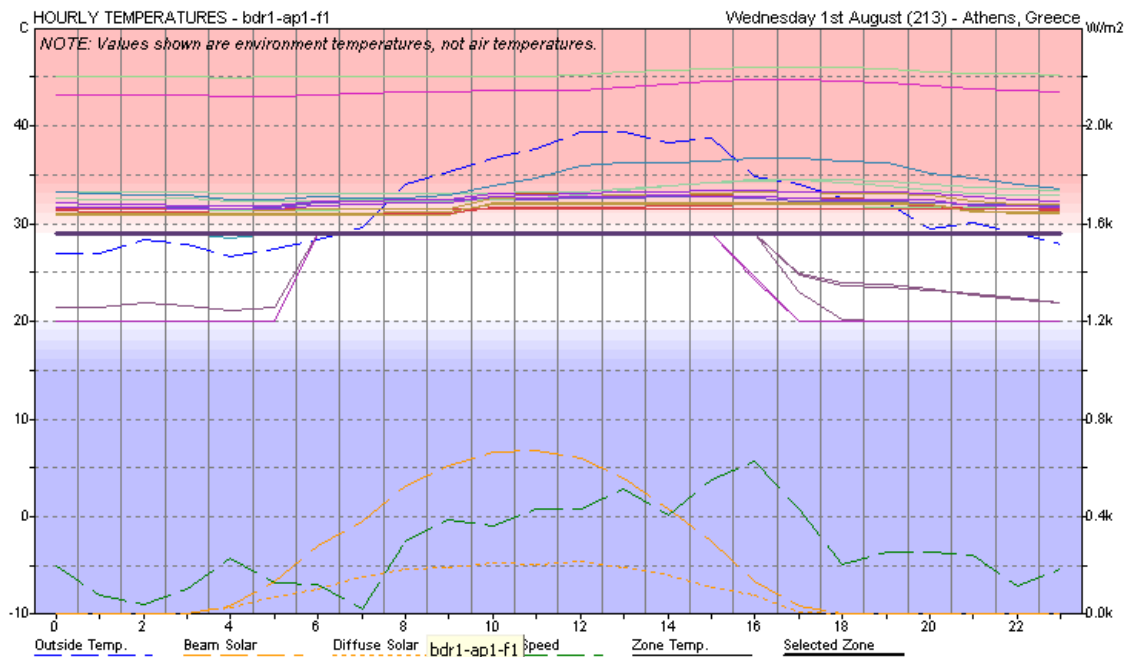
Max Heating: 50529 W at 03:00 on 25th February
 Max Cooling: 76408 W at 15:00 on 1st August

MONTH	HEATING (wh)	COOLING (wh)	TOTAL (wh)
Jan	10230563	9279	10239842
Feb	12868567	6662	12875229
Mar	7773411	22964	7796375
Apr	1075245	468260	1543504
May	93858	1105472	1199330
Jun	52109	5083272	5135380
Jul	55940	9833479	9889419
Aug	58485	12214318	12272803
Sep	48650	2390082	2438732
Oct	1886144	372653	2258796
Nov	1627790	234521	1862311
Dec	6527404	35283	6562686
TOTAL	42298164	31776242	74074408
PER M ²	34284	25756	60040
Floor Area:	1233.750 m ²		

Εικόνα 3.38: Φορτία θέρμανσης – ψύξης για όλες τις ζώνες.

Όπως λοιπόν προκύπτει από την ανάλυση του λογισμικού για την υφιστάμενη πολυκατοικία η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη είναι **74074408 Wh** – **60040 Wh** ανά τετραγωνικό μέτρο του κτιρίου. Τα αποτελέσματα της ενεργειακής ανάλυσης δε συμπίπτουν απόλυτα με τα διατιθέμενα δεδομένα παρόλα αυτά η απόκλισή τους δεν είναι σημαντική.

Το Ecotect παρέχει επίσης τη δυνατότητα υπολογισμού των ωριαίων εσωτερικών θερμοκρασιών του κτιρίου με βάση το προφίλ των μετεωρολογικών δεδομένων που εισάγονται σε αυτό, τη γεωμετρία του κτιρίου, τα υλικά και άλλα χαρακτηριστικά που αναλύθηκαν στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Τα διαγράμματα αφορούν την πιο ζεστή και την πιο κρύα μέρα του έτους αφού αυτές είναι και οι πιο κρίσιμες ενώ ως ζώνη έχει επιλεγεί το υπνοδωμάτιο 1 του διαμερίσματος 1 στον πρώτο όροφο.



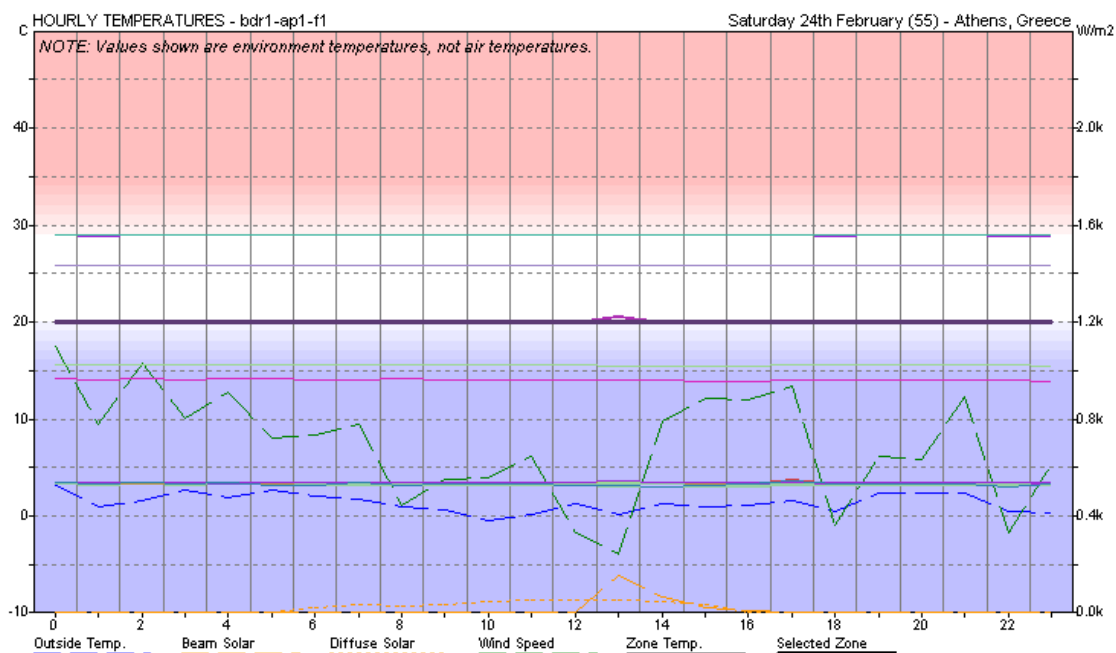
Εικόνα 3.39: Θερμοκρασίες ζώνης 2 την 1^η Αυγούστου.

HOURLY TEMPERATURES - Wednesday 1st August (213)

Zone: bdr1-ap1-f1
 Avg. Temperature: 31.5 C (Ground 17.9 C)
 Total Surface Area: 68.132 m2 (312.5% flr area).
 Total Exposed Area: 38.792 m2 (177.9% flr area).
 Total South Window: 0.000 m2 (0.0% flr area).
 Total Window Area: 3.552 m2 (16.3% flr area).
 Total Conductance (AU): 89 W/°K
 Total Admittance (AY): 291 W/°K
 Response Factor: 3.15

HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)
00	29.0	27.0	2.0
01	29.0	27.0	2.0
02	29.0	28.4	0.6
03	29.0	27.8	1.2
04	29.0	26.6	2.4
05	29.0	27.4	1.6
06	29.0	28.3	0.7
07	29.0	29.6	-0.6
08	29.0	34.0	-5.0
09	29.0	35.3	-6.3
10	29.0	36.7	-7.7
11	29.0	37.7	-8.7
12	29.0	39.4	-10.4
13	29.0	39.3	-10.3
14	29.0	38.3	-9.3
15	29.0	38.7	-9.7
16	29.0	34.8	-5.8
17	29.0	34.0	-5.0
18	29.0	32.6	-3.6
19	29.0	32.1	-3.1
20	29.0	29.5	-0.5
21	29.0	30.1	-1.1
22	29.0	28.9	0.1
23	29.0	27.9	1.1

Εικόνα 3.40: Εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες στη ζώνη 2 τη θερμότερη ημέρα του έτους.



Εικόνα 3.41: Θερμοκρασίες ζώνης 2 την 24^η Φεβρουαρίου.

HOURLY TEMPERATURES - Saturday 24th February (55)

Zone: bdr1-ap1-f1
 Avg. Temperature: 3.4 C (Ground 17.9 C)
 Total Surface Area: 68.132 m2 (312.5% flr area).
 Total Exposed Area: 38.792 m2 (177.9% flr area).
 Total South window: 0.000 m2 (0.0% flr area).
 Total window Area: 3.552 m2 (16.3% flr area).
 Total Conductance (AU): 89 W/°K
 Total Admittance (AY): 291 W/°K
 Response Factor: 3.15

HOURLY	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)
00	20.0	3.2	16.8
01	20.0	1.0	19.0
02	20.0	1.5	18.5
03	20.0	2.6	17.4
04	20.0	1.9	18.1
05	20.0	2.6	17.4
06	20.0	2.0	18.0
07	20.0	1.7	18.3
08	20.0	1.0	19.0
09	20.0	0.6	19.4
10	20.0	-0.4	20.4
11	20.0	0.2	19.8
12	20.0	1.2	18.8
13	20.0	0.1	19.9
14	20.0	1.2	18.8
15	20.0	1.0	19.0
16	20.0	1.1	18.9
17	20.0	1.5	18.5
18	20.0	0.4	19.6
19	20.0	2.3	17.7
20	20.0	2.4	17.6
21	20.0	2.3	17.7
22	20.0	0.4	19.6
23	20.0	0.3	19.7

Εικόνα 3.42: Εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες στη ζώνη 2 τη ψυχρότερη ημέρα του έτους.

3.2.8) Θερμική ανάλυση του κτιρίου ανά διαμέρισμα.

Τα αποτελέσματα από τη θερμική ανάλυση του κτιρίου παρουσιάζονται αναλυτικά για κάθε διαμέρισμα στους παρακάτω πίνακες.

APARTMENT	heating	cooling	total	APARTMENT	heating	cooling	total	APARTMENT	heating	cooling	total
1.1				2.1				3.1			
bdr1	1300922	491423	1792345	bdr1	578133	310452	888585	bdr1	575351	388470	963821
WC	62362.5	502.2	62864.7	WC	5677	89997	95674	WC	2080	269876	271956
k	402201	776471	1178672	k	114683	518171	632854	k	218622	754690	873311
bdr2	1163641	588572	1752213	bdr2	488389	407450	895839	bdr2	498078	478425	966503
liv	1950959	1117959	3068918	liv	903258	1063158	1966416	liv	1014070	1106780	2120850
wc	0	145932	145932	wc	0	0	0	wc	0	0	0
cor	0	0	0	cor	0	0	0	cor	0	0	0
Wh	4817723	3120357	7938080	Wh	2090140	2389228	4479368	Wh	2308201	2998241	5196441
kWh	4817,723	3120,357	7938,08	kWh	2090,14	2389,228	4479,368	kWh	2308,201	2998,241	5196,441
kWh/m²	46,59757	30,18045	76,77802	kWh/m²	20,21608	23,10889	43,32496	kWh/m²	22,32519	28,99933	50,26058

1.2				2.2				3.2			
k	22568	153152	175720	k	0	144248	144248	k	19656	168849	188505
bdr1	1288942	815292	2104234	bdr1	600936	600196	1201132	bdr1	896072	717190	1613262
bdr2	819815	479736	1299551	bdr2	247920	380903	628823	bdr2	400490	402310	802800
liv	1026795	506654	1533449	liv	249392	430035	679426	liv	798185	199156	997341
wc	0	111268	111268	wc	0	117432	117432	wc	0	34680	34680
cor	0	109159	109159	cor	0	0	0	cor	0	0	0
	3158120	2175261	5333381		1098248	1672814	2771061		2114403	1522185	3636588
Wh				Wh				Wh			
kWh	3158,12	2175,261	5333,381	kWh	1098,248	1672,814	2771,061	kWh	2114,403	1522,185	3636,588
kWh/m²	42,71193	29,41927	72,1312	kWh/m²	14,85323	22,62394	37,47716	kWh/m²	28,5962	20,58676	49,18296

APARTMENT				APARTMENT				APARTMENT			
1.3				2.3				3.3			
wc	337563.4	0	337563.4	wc	0	0	0	wc	0	0	0
entr	6206	563612	569818	entr	0	346168	346168	entr	2060	452741	454801
liv	2884054	1337290	4221344	liv	1366886	888552	2255439	liv	816850	1194333	2011183
bdr1	1497182	545561	2042743	bdr1	680602	359614	1040217	bdr1	656249	496097	1152346
WC	34737	608844	643582	WC	3079	835156	838235	WC	0	962223	962223
cor	73879.4	207.6	74087.0	cor	0	0	0	cor	0	282331	282331
k	248466	993622	1242088	k	26251	998075	1024326	k	589	1030261	1030850
bdr2	1336163	714954	2051117	bdr2	667094	493202	1160296	bdr2	581438	641809	1223247
Wh	6006808	4763883	10770692	Wh	2743912	3920767	6664681	Wh	2057186	5059795	7116981
kWh	6006,808	4763,883	10770,69	kWh	2743,912	3920,767	6664,681	kWh	2057,186	5059,795	7116,981
kWh/m²	44,11905	34,98996	79,10901	kWh/m²	20,1536	28,79741	48,95102	kWh/m²	15,1097	37,16339	52,27309

Από τα παραπάνω αποτελέσματα εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

1. Αύξηση των τετραγωνικών έχει ως αποτέλεσμα αύξηση της κατανάλωσης ανά τετραγωνικό, γι' αυτό και στο μεγαλύτερο διαμέρισμα σε κάθε όροφο (στη συγκεκριμένη περίπτωση το διαμέρισμα 3) παρουσιάζεται και η μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας. Αντίθετα το μικρότερο διαμέρισμα ανά όροφο έχει και τη μικρότερη κατανάλωση (διαμέρισμα 2) ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο.
2. Τα διαμερίσματα του μεσαίου ορόφου – 2^{ου} ορόφου παρουσιάζουν κατά πολύ μικρότερες καταναλώσεις ενέργειας σε σχέση με τα αντίστοιχα των άλλων ορόφων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο μεσαίος όροφος είναι καλύτερα προστατευμένος από το εξωτερικό περιβάλλον, αφού παρεμβάλλονται τόσο προς το έδαφος όσο και προς τα πάνω οι υπόλοιποι όροφοι της πολυκατοικίας.
3. Όσο αυξάνονται οι όροφοι τόσο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας και ιδιαίτερα τα φορτία θέρμανσης. Αυτό είναι αποτέλεσμα της θέσης του ηλίου σε σχέση με το κτίριο.
4. Το διαμέρισμα 1 του πρώτου ορόφου έχει τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας προς θέρμανση λόγω του σκιασμού από το διπλανό κτίριο. Αντίστοιχα το διαμέρισμα 3 του τρίτου ορόφου παρουσιάζει τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και τη μεγαλύτερη για ψύξη λόγω των μεγάλων ποσών ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΟΙΚΙΑ.

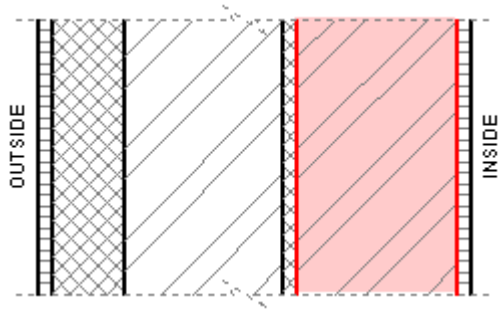
Για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου μελετήθηκαν μέτρα που εντάσσονται στο βιοκλιματικό σχεδιασμό. Χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Ecotect για τη μεταξύ τους σύγκριση αλλά κυρίως για τον προσδιορισμό των ενεργειακών ωφελειών σε σχέση με την αρχική κατάσταση της οικίας. Οι επεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν στο σύνολο του κτιρίου. Τέλος, έγινε και κοστολόγηση των επεμβάσεων ενώ υπολογίσθηκε και ο χρόνος απόσβεσης τους με βάση τα σημερινά οικονομικά δεδομένα.

Οι επεμβάσεις που μελετήθηκαν είναι οι εξής:

- Εφαρμογή συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης.
- Τοποθέτηση υαλοπινάκων χαμηλού συντελεστή εκπομπής – low e.
- Δημιουργία πράσινης στέγης

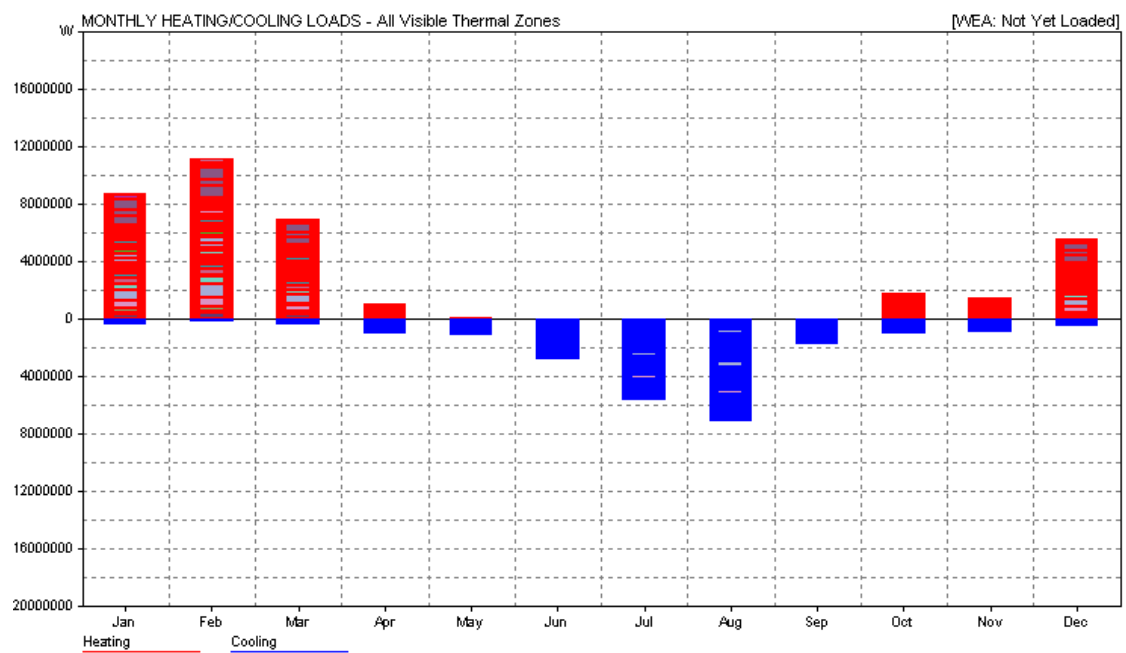
4.1) Εφαρμογή συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης.

Η υπάρχουσα θερμομόνωση του κτιρίου δεν κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική γι' αυτό και θα ενισχυθεί με χρήση πλακών διογκωμένης πολυστερίνης πάχους 5 εκατοστών. Οι επεμβάσεις θα πραγματοποιηθούν στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου. Η διογκωμένη πολυστερίνη ή εν συντομία EPS, είναι ένα ελαφρύ, άκαμπτο, πλαστικό και αφρώδες, υλικό που παράγεται από συμπαγείς σταγόνες πολυστυρολίου. Είναι ένα οικονομικό, εύχρηστο και ευέλικτο υλικό, ανθεκτικό στην υγρασία, ανακυκλώσιμο και περιβαλλοντολογικά ασφαλές. Παράγεται από τη διάλυση πεντανίου σε ένα υλικό που έχει ως βάση την πολυστερίνη και το οποίο όταν θερμανθεί με ατμό, παράγει τέλεια κλειστές σφαιρικές κυψέλες EPS. Με την εφαρμογή του συστήματος αυτού, θα αξιοποιηθεί η θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων και θα εξασφαλιστεί η θερμική άνεση εξισώνοντας τη θερμοκρασία της εσωτερική με αυτή του αέρα. Ο συντελεστής θερμοαγωγιμότητας του υλικού είναι $\lambda=0,0037 \text{ W/k}$. Παρατηρούμε ότι με την προσθήκη της στρώσης διογκωμένης πολυστερίνης η καινούρια τιμή U- Value υπολογίζεται από το Ecotect ίση με $0,440 \text{ W/m}^2\text{K}$ στην αρχική κατάσταση η τιμή του U- Value είχε υπολογισθεί ίση με $1,22 \text{ W/m}^2\text{K}$. Συνολικά η εξωτερική θερμομόνωση εφαρμόστηκε σε 407 τετραγωνικά μέτρα.



Εικόνα 4.1: Η προσθήκη στρώσης διογκωμένης πολυστερίνης 5 εκατοστών.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται αρχικά διαγραμματικά και στη συνέχεια αριθμητικά τα μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης μετά την εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης.



Εικόνα 4.2: : Διάγραμμα μηνιαίων φορτίων θέρμανσης – ψύξης για όλες τις ζώνες μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης .

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All visible Thermal Zones Comfort: Zonal Bands			
Max Heating: 39451 W at 03:00 on 25th February			
Max Cooling: 53781 W at 15:00 on 1st August			
MONTH	HEATING (wh)	COOLING (wh)	TOTAL (wh)
Jan	8747240	368742	9115982
Feb	11083085	244654	11327739
Mar	6970212	460291	7430503
Apr	1076980	1087226	2164206
May	81328	1196010	1277338
Jun	33036	2877596	2910631
Jul	37219	5675594	5712814
Aug	39758	7115338	7155096
Sep	29387	1793029	1822416
Oct	1739322	1046321	2785643
Nov	1479836	943773	2423609
Dec	5567856	503734	6071591
TOTAL	36885260	23312306	60197568
PER M ²	29897	18895	48792
Floor Area:	1233.750 m ²		

Εικόνα 4.3: Φορτία θέρμανσης – ψύξης για όλες τις ζώνες μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης .

Παρατηρούμε ότι μετά από αυτό το επανορθωτικό μέτρο συνολικά απαιτούνται **58574008 Wh** για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου. Στη σύγκριση που γίνεται μεταξύ των δύο μοντέλων παρατηρείται πολύ μεγάλη μείωση των αναγκών του κτιρίου σε ψύξη (27%) και μια μικρότερη για θέρμανση (13%). Συγκεντρωτικά, τα αποτελέσματα είναι:

	HEATING LOAD (kWh)	COOLING LOAD (kWh)	TOTAL (kWh)	MAX HEATING (kWh)	MAX COOLING (kWh)
ΑΡΧΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ	42298,164	31776,242	74074,41	50,53	76,41
ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ 5cm	36885,26	23312,306	60197,57	39,45	53,78
ΔΙΑΦΟΡΑ	5412,9	8463,9	13876,84	11,08	22,63
ΠΟΣΟΣΤΟ	12,79	26,63	19,86	21,93	29,62

Όσο αφορά στην κοστολόγηση και την απόσβεση της εξωτερικής θερμομόνωσης, υπολογίστηκε αρχικά το συνολικό εμβαδό του κελύφους. Χωρίς τα ανοίγματα η θερμομόνωση θα εφαρμοσθεί σε 407 τετραγωνικά μέτρα. Για συνολικό κόστος των εργασιών ίσο με 45 € ανά τετραγωνικό μέτρο προκύπτει η τελική τιμή **18315 €**. Με τη παραδοχή ότι η τιμή 1 kWh είναι ίση με 0,1 € η απόσβεση της θερμομόνωσης υπολογίζεται:

$$\text{ΑΠΟΣΒΕΣΗ} = 18315 / (0.1 * 13877) = 13,2$$

Άρα η απόσβεση της εξωτερικής θερμομόνωσης με διογκωμένη πολυστερίνη θα γίνει μετά από 13 χρόνια.

Οι ζώνες ομαδοποιούνται στη συνέχεια με βάση τον προσανατολισμό, προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση της εξωτερικής θερμομόνωσης. Επιλέγονται χαρακτηριστικές ζώνες για τη σύγκριση με την αρχική κατάσταση.

Βόρειος προσανατολισμός: Ζώνη 4, Ζώνη 64, Ζώνη 65, Ζώνη 16, Ζώνη 35, Ζώνη 36

Νότιος προσανατολισμός: Ζώνη 20, Ζώνη 21, Ζώνη 43, Ζώνη 44, Ζώνη 45, Ζώνη 46

	Zone	Heating	Cooling	Total	Zone	Heating	Cooling	Total	Zone	Heating	Cooling	Total
	4	402201	776471	1178672	64	114683	518171	632854	66	218622	754690	973312
ΑΡΧΙΚΗ	<i>k-ap1-f1</i>				<i>k-ap1-f2</i>				<i>k-ap1-f3</i>			
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	4	182104	400102	582206	64	54722	288390	343112	66	90690	410229	500919
ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ	<i>k-ap1-f1</i>				<i>k-ap1-f2</i>				<i>k-ap1-f3</i>			
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ												
	Διαφορά	220097	376369	596466	Διαφορά	59961	229781	289742	Διαφορά	127932	344461	472393
	Ποσοστό	54,72314	48,47174	50,60492	Ποσοστό	52,28412	44,34463	45,78339	Ποσοστό	58,51744	45,64271	48,53459
	16	248466	993622	1242088	36	26251	998075	1024326	36	589	1030261	1030850
ΑΡΧΙΚΗ	<i>k-ap3-f1</i>				<i>k-ap3-f2</i>				<i>k-ap3-f3</i>			
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	16	102539	460790	563329	36	12358	488980	501338	36	249	476401	476650
ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ	<i>k-ap3-f1</i>				<i>k-ap3-f2</i>				<i>k-ap3-f3</i>			
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ	Διαφορά	145927	532832	678759		13893	509095	522988		340	553860	554200
	Ποσοστό	58,73117	53,62522	54,64661		52,9237	51,00769	51,05679		57,72496	53,75919	53,76146

	Zone	Heating	Cooling	Total	Zone	Heating	Cooling	Total	Zone	Heating	Cooling	Total
ΑΡΧΙΚΗ	20	1288942	815292	2104234	46	600936	600196	1201132	46	896072	717190	1613262
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	<i>bdr1-ap2-f1</i>				<i>bdr1-ap2-f2</i>				<i>bdr1-ap2-f3</i>			
ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ	20	1037145	402316	1439461	46	379068	529068	908136	46	694405	473720	1168125
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ	<i>bdr1-ap2-f1</i>				<i>bdr1-ap2-f2</i>				<i>bdr1-ap2-f3</i>			
	Διαφορά	251797	412976	664773	Διαφορά	221868	71128	292996	Διαφορά	201667	243470	445137
	Ποσοστό	19,53517	50,65375	31,59216	Ποσοστό	36,9204	11,8508	24,39332	Ποσοστό	22,50567	33,94777	27,59236
ΑΡΧΙΚΗ	21	819815	479736	1299551	43	247920	380903	628823	44	400490	402310	802800
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	<i>bdr2-ap2-f1</i>				<i>bdr2-ap2-f2</i>				<i>bdr2-ap2-f3</i>			
ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ	21	586692	266460	853152	43	185064	198888	383952	44	282285	204569	486854
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ	<i>bdr2-ap2-f1</i>				<i>bdr2-ap2-f2</i>				<i>bdr2-ap2-f3</i>			
	Διαφορά	233123	213276	446399	Διαφορά	62856	182015	244871	Διαφορά	118205	197741	315946
	Ποσοστό	28,43605	44,45695	34,35025	Ποσοστό	25,36334	47,78513	38,94116	Ποσοστό	29,51509	49,1514	39,35551

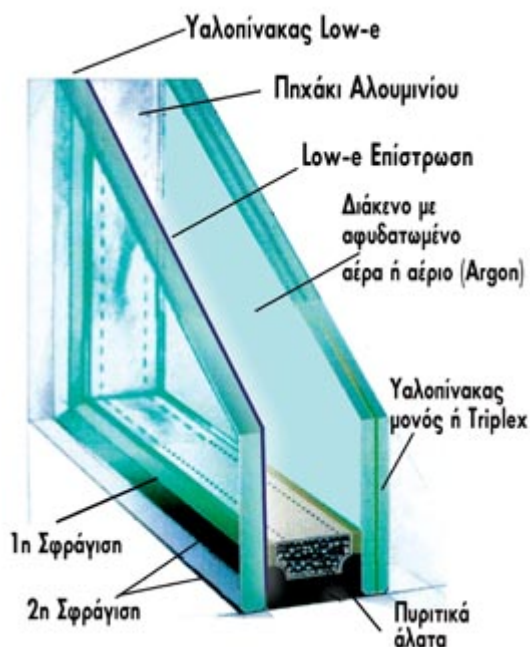
Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα ακόλουθα:

1. Στις ζώνες με βόρειο προσανατολισμό τα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας κυμαίνονται μεταξύ 45,8 % – 54,6 % . Αντίστοιχα στις ζώνες με νότιο προσανατολισμό η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μικρότερη αφού τα ποσοστά που παρατηρούνται είναι στο διάστημα 24,4 % - 39,4 %.
2. Στις ζώνες με βόρειο προσανατολισμό είναι μεγαλύτερη η μείωση των φορτίων θέρμανσης σε σχέση με αυτών της ψύξης. Αντίστοιχα στις ζώνες με νότιο προσανατολισμό είναι μεγαλύτερη η μείωση των φορτίων ψύξης.
3. Γενικά όσο μεγαλύτερες είναι οι απαιτήσεις σε ενέργεια τόσο μεγαλύτερη είναι και η μείωση της ολικής κατανάλωσης μετά την εφαρμογή της θερμομόνωσης.

4.2) Τοποθέτηση υαλοπινάκων χαμηλού συντελεστή εκπομπής – low e.

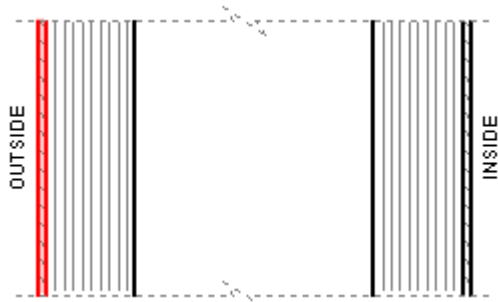
Οι χαμηλής εκπομπής (low-e) διπλοί υαλοπίνακες αποτελούνται από δύο κομμάτια γυαλιού εκ των οποίων το ένα γυαλί περιέχει αόρατη σύνθεση μεταλλικών στοιχείων, την αποκαλούμενη χαμηλής εκπομπής επίστρωση. Ένα λεπτό, αόρατο στρώμα αφήνει να διαχυθεί στο εσωτερικό το φως και η ηλιακή ενέργεια αλλά παράλληλα αποτρέπει την έξοδο της θερμότητας. Το κενό μεταξύ των δύο υαλοπινάκων πληρώνεται με ευγενές αέριο (κρύπτον, αργό). Οι υαλοπίνακες low – e συνιστάται για τη μείωση των θερμικών απωλειών το χειμώνα ή κερδών κατά το καλοκαίρι, ανάλογα με τις απαιτήσεις του κτιρίου και το κλίμα της περιοχής. Χαρακτηριστικό τους είναι η ικανότητά τους να εμποδίζουν σημαντικό μέρος της ακτινοβολίας μικρού μήκους. Όσο πιο σκουρόχρωμες, αδιαφανείς και αδρές είναι οι επιφάνειες των στοιχείων, τόσο μεγαλύτερο το ποσοστό της ακτινοβολίας μικρού κύματος που απορροφάται. Αντίθετα όσο πιο μεγάλης θερμοχωρητικότητας είναι το δομικό υλικό, τόσο μεγαλύτερη η καθυστέρηση επανεκπομπής της ακτινοβολίας στο περιβάλλον. αυτή η ιδιότητα των υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής επιτυγχάνεται χάρη σε λεπτή μεταλλική επίστρωση (συνήθως από άργυρο) που φέρουν στο εσωτερικό τους. Όταν χρησιμοποιείται ο άργυρος πρέπει το κενό μεταξύ των φύλλων γυαλιού να είναι απόλυτα αεροστεγές και να περιέχει το ευγενές αέριο αργό, το οποίο προφυλάσσει τον άργυρο από οξείδωση.

Μέτρο σύγκρισης της θερμομονωτικής ικανότητας του υαλοστασίου αποτελεί η τιμή του συντελεστή U. Η U- Value του μονού τζαμιού είναι ίση με $5,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, ο συνήθης διπλός υαλοπίνακας έχει τιμή U ίση με $2,8 - 3,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ενώ ο θερμομονωτικός διπλός υαλοπίνακας έχει τιμή $2,4 - 2,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Ο διπλός θερμομονωτικός υαλοπίνακας χαμηλής εκπομπής (low – e) εμφανίζει συντελεστή θερμοπερατότητας ίσο περίπου με $1 - 1,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.



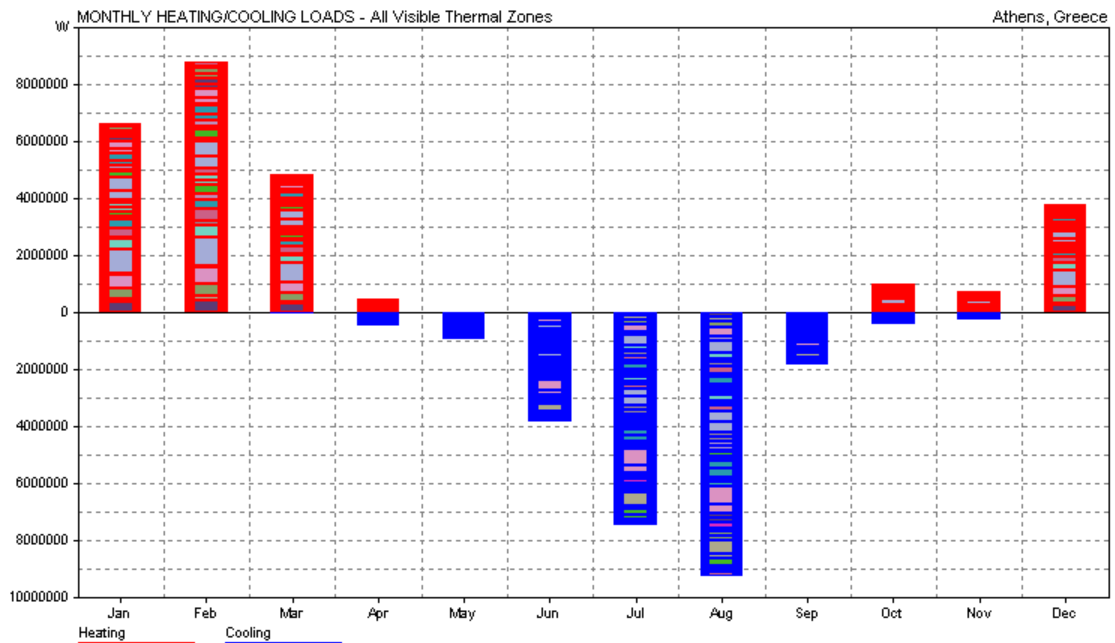
Εικόνα 4.4: Διπλός υαλοπίνακας low-e,

http://www.e-aluminio.gr/portal/index.php?option=ozo_content&perform=view&id=93&Itemid=40



Εικόνα 4.5: Ο διπλός υαλοπίνακας low-e όπως σχεδιάστηκε στο Ecotect.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται αρχικά διαγραμματικά και στη συνέχεια αριθμητικά τα μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης μετά την προσθήκη υαλοπινάκων τεχνολογίας low – e. Σημειώνεται ότι η U- Value υπολογίσθηκε από το Ecotect ίση με 1,1 W/m² K και η επιφάνεια των ανοιγμάτων όπου έγινε η τοποθέτηση είναι 146 τετραγωνικά μέτρα.



Εικόνα 4.6: Διάγραμμα μηνιαίων φορτίων θέρμανσης – ψύξης για όλες τις ζώνες μετά την προσθήκη υαλοπινάκων low – e.

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All visible Thermal Zones			
Comfort: Adaptive - Free Running (± 1.75)			
Max Heating: 36098 W at 03:00 on 25th February			
Max Cooling: 61586 W at 15:00 on 1st August			
MONTH	HEATING (wh)	COOLING (wh)	TOTAL (wh)
Jan	6611239	6150	6617389
Feb	8761174	5106	8766280
Mar	4842063	29640	4871702
Apr	477958	450315	928273
May	16008	966162	982170
Jun	0	3854744	3854744
Jul	0	7433685	7433685
Aug	0	9264457	9264457
Sep	0	1857173	1857173
Oct	978724	406333	1385057
Nov	727991	246877	974868
Dec	3787612	12829	3800440
TOTAL	26202768	24533470	50736240
PER M ²	21238	19885	41124
Floor Area:	1233.750 m ²		

Εικόνα 4.7: Φορτία θέρμανσης – ψύξης για όλες τις ζώνες μετά την προσθήκη υαλοπινάκων low – e.

Παρατηρούμε ότι μετά από αυτό το επανορθωτικό μέτρο συνολικά απαιτούνται **50736240 Wh** για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου. Στη σύγκριση που γίνεται μεταξύ των δύο μοντέλων (αρχικό κτίριο και κτίριο με υαλοπίνακες low – e) παρατηρείται σημαντική μείωση των αναγκών του κτιρίου σε θέρμανση (35,2%) και μια επίσης σημαντική αν και μικρότερη για ψύξη (24,8%). Συγκεντρωτικά, τα αποτελέσματα είναι:

	HEATING LOAD (kWh)	COOLING LOAD (kWh)	TOTAL (kWh)	MAX HEATING (kWh)	MAX COOLING (kWh)
ΑΡΧΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ	42298,164	31776,242	74074,41	50,53	76,41
ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ LOW- E	26202,77	24533,47	50736,24	36,10	61,57
ΔΙΑΦΟΡΑ	16095,35	7242,77	23338,17	14,43	14,84
ΠΟΣΟΣΤΟ	38,05	22,79	31,5	28,56	19,42

Όσο αφορά στην κοστολόγηση και την απόσβεση της τοποθέτησης υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής, υπολογίσθηκε αρχικά το συνολικό εμβαδό των ανοιγμάτων όπου έγινε αυτή η παρέμβαση. Σύμφωνα με σχετική έρευνα αγοράς, το κόστος αγοράς του ειδικού υαλοπίνακα διαμορφώνεται συνολικά στα περίπου 300 € ανά τετραγωνικό μέτρο αποτελούμενο από τα επιμέρους κόστη 220 € ανά τετραγωνικό μέτρο για το κούφωμα αλουμινίου και 80 € ανά τετραγωνικό μέτρο για την αγορά του ειδικού διπλού υαλοπίνακα low – e. Άρα το τελικό κόστος για αυτό το επανορθωτικό μέτρο υπολογίζεται 43800 €. Με τη παραδοχή ότι η τιμή 1 kWh είναι ίση με 0,1 € η απόσβεση της τοποθέτησης υαλοπίνακα low – e υπολογίζεται:

$$\text{ΑΠΟΣΒΕΣΗ} = 43800 / (0.1 * 23338,17) = 27,21$$

Άρα η απόσβεση τοποθέτησης διπλών θερμομονωτικών υαλοπινάκων θα γίνει μετά από 27 περίπου χρόνια.

Οι ζώνες ομαδοποιούνται στη συνέχεια με βάση τον προσανατολισμό, προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση της εξωτερικής θερμομόνωσης. Επιλέγονται χαρακτηριστικές ζώνες για τη σύγκριση με την αρχική κατάσταση.

Βόρειος προσανατολισμός: Ζώνη 4, Ζώνη 64, Ζώνη 65, Ζώνη 16, Ζώνη 35, Ζώνη 36

Νότιος προσανατολισμός: Ζώνη 20, Ζώνη 21, Ζώνη 43, Ζώνη 44, Ζώνη 45, Ζώνη 46

	Zone	Heating	Cooling	Total	Zone	Heating	Cooling	Total	Zone	Heating	Cooling	Total
	4	402201	776471	1178672	64	114683	518171	632854	65	218622	754690	973312
ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	<i>k-ap1-f1</i>				<i>k-ap1-f2</i>				<i>k-ap1-f3</i>			
ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ LOW-E	4	334907	410173	745079	64	37922	418373	456295	65	76510	575799	652309
	<i>k-ap1-f1</i>				<i>k-ap1-f2</i>				<i>k-ap1-f3</i>			
	Διαφορά	67294	366298	433593	Διαφορά	76761	99798	176559	Διαφορά	142112	178891	321003
	Ποσοστό	16,73144	47,17472	36,78657	Ποσοστό	66,9332	19,25967	27,89885	Ποσοστό	65,00352	23,7039	32,98048
	16	248466	993622	1242088	35	26251	998075	1024326	36	589	1030261	1030850
ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	<i>k-ap3-f1</i>				<i>k-ap3-f2</i>				<i>k-ap3-f3</i>			
ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ LOW-E	16	128358	659323	787681	35	12520	735535	748055	36	302	818342	818644
	<i>k-ap3-f1</i>				<i>k-ap3-f2</i>				<i>k-ap3-f3</i>			
	Διαφορά	120108	334299	454407		13731	262540	276271		287	211919	212206
	Ποσοστό	48,33981	33,64448	36,58412		52,30658	26,30464	26,971		48,72666	20,58945	20,58554

	Zone	Heating	Cooling	Total	Zone	Heating	Cooling	Total	Zone	Heating	Cooling	Total
ΑΡΧΙΚΗ	20	1288942	815292	2104234	45	600936	600196	1201132	46	896072	717190	1613262
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	bdr1-ap2-f1				bdr1-ap2-f2				bdr1-ap2-f3			
ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ	20	1067238	562500	1629739	45	525345	348469	873814	46	787368	346943	1134311
LOW-E	bdr1-ap2-f1				bdr1-ap2-f2				bdr1-ap2-f3			
	Διαφορά	221704	252792	474495	Διαφορά	75591	251727	327318	Διαφορά	108704	370247	478951
	Ποσοστό	17,20046	31,00631	22,54954	Ποσοστό	12,57888	41,9408	27,25079	Ποσοστό	12,13117	51,62467	29,68836
ΑΡΧΙΚΗ	21	819815	479736	1299551	43	247920	380903	628823	44	400490	402310	802800
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	bdr2-ap2-f1				bdr2-ap2-f2				bdr2-ap2-f3			
ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ	21	560581	269845	830426	43	181239	207409	388648	44	303866	215499	519365
LOW-E	bdr2-ap2-f1				bdr2-ap2-f2				bdr2-ap2-f3			
	Διαφορά	259234	209891	469125	Διαφορά	66681	173494	240175	Διαφορά	96624	186811	283435
	Ποσοστό	31,62104	43,75135	36,09901	Ποσοστό	26,89618	45,54808	38,19437	Ποσοστό	24,12645	46,43459	35,3058

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση του επανορθωτικού μέτρου είναι:

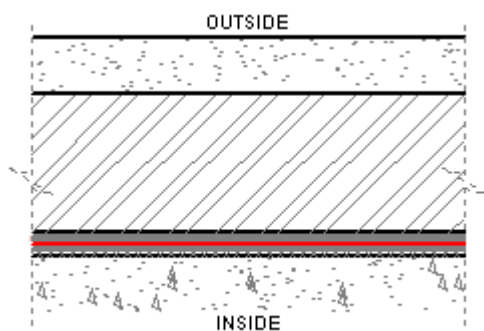
1. Στις ζώνες με βόρειο προσανατολισμό τα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας κυμαίνονται μεταξύ 20,6 % – 36,8% . Αντίστοιχα στις ζώνες με νότιο προσανατολισμό η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μεγαλύτερη αφού τα ποσοστά που παρατηρούνται είναι στο διάστημα 22,5 % - 38,2 %.
2. Στις νότιες ζώνες είναι μεγαλύτερη η μείωση των φορτίων δροσισμού. Σύμφωνα με τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στην Ελλάδα τα υαλοστάσια που έχουν νότιο προσανατολισμό δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία και η βελτίωση της θερμοχωρητικότητας των ανοιγμάτων έχει άμεση επίδραση στα φορτία θέρμανσης .
3. Αντίστοιχα στις βόρειες ζώνες είναι μεγαλύτερη η μείωση των φορτίων θέρμανσης.

4.3) Δημιουργία φυτεμένης στέγης.

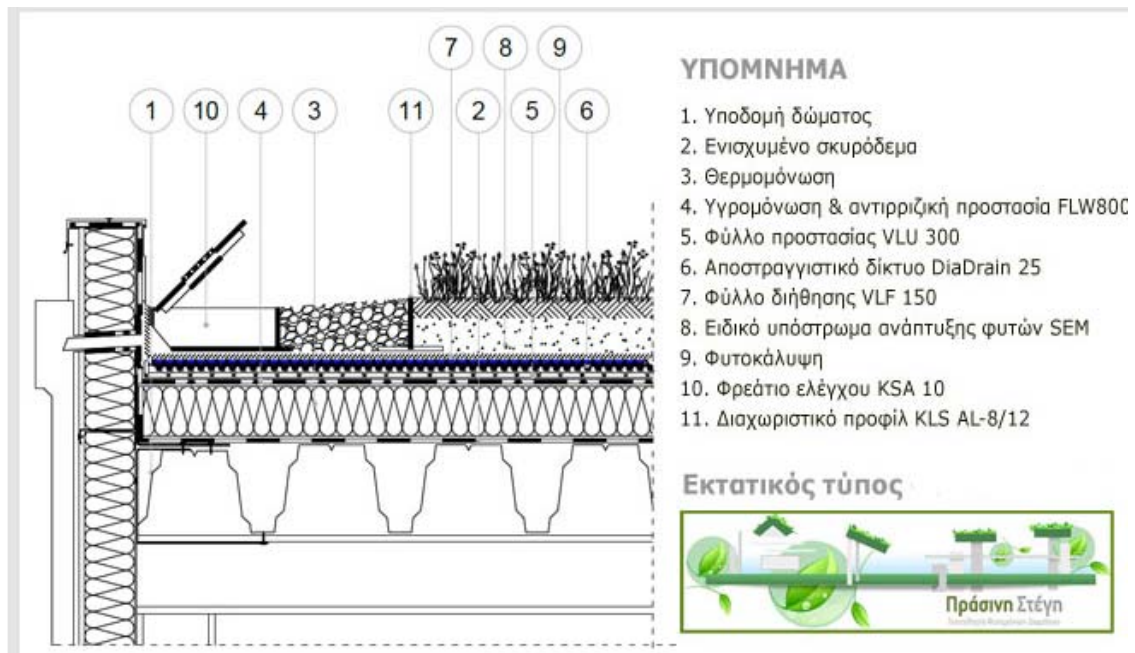
Εξετάστηκε και η περίπτωση δημιουργίας φυτεμένης οροφής στην ταράτσα της πολυκατοικίας. Επιλέχθηκε ο εκτατικός τύπος ως ο λιγότερο παρεμβατικός και πιο εύκολος στην κατασκευή. Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο εκτατικός τύπος συνήθως επιλέγεται σε περιπτώσεις στις οποίες τα χαρακτηριστικά του δώματος και η στατική μελέτη δεν επιτρέπουν να υπερβεί η κατασκευή το βάρος των 150 kg/m². Μπορεί να εφαρμοστεί ακόμα και σε σημεία όπου η πρόσβαση είναι δύσκολη ή μη επιτρεπτή και σε περιπτώσεις στις οποίες στόχος είναι η εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο. Η διαστρωμάτωση του εκτατικού τύπου περιλαμβάνει τη ριζοαπωθητική μεμβράνη, την προστατευτική μεμβράνη, το αποστραγγιστικό δίκτυο, την διαχωριστική μεμβράνη, ελαφρύ φυτικό υπόστρωμα τύπου πάχους 0,08-0,20 μέτρα και χαμηλή βλάστηση όπως αρωματικά, ποώδη, φυτά εδαφοκάλυψης και χλοοτάπητας.

Πιο αναλυτικά για την κατασκευή του, προηγείται καλός καθαρισμός της επιφάνειας για την απομάκρυνση κάθε χαλαρού σημείου και σκόνης. Ακολουθεί διάστρωση ελαφροσκυροδέματος σε δύο ή περισσότερες στρώσεις, με ελάχιστο επιτρεπόμενο πάχος 5cm και ελάχιστες τελικές κλίσεις 1,8%. Μετά την πλήρη ξήρανση του ελαφροσκυροδέματος γίνεται επάλειψη της επιφάνειας και των στηθαίων με ασφαλτικό βερνίκι. Για την προστασία των υποκείμενων δομικών στοιχείων από την επιθετική συμπεριφορά των ριζών των φυτών είναι απαραίτητη η στεγάνωση του δώματος με διπλή στρώση αντιριζικών ασφαλικών μεμβρανών, οι οποίες θα είναι απαραίτητως πλήρως επικολημένες στην υποκείμενη επιφάνεια. Ακολουθεί τοποθέτηση της πολυστρωματικής αποστραγγιστικής μεμβράνης.

Επάνω από τις αποστραγγιστικές μεμβράνες προτείνεται η τοποθέτηση ειδικών πλακών ορυκτοβάμβακα πάχους 5 cm, οι οποίες λειτουργούν ως δεξαμενές αποθήκευσης νερού, γιατί συγκρατούν υγρασία (40 lt/m²) κατά το πότισμα και την αποθηκεύουν στη μάζα τους αποδίδοντας τη σταδιακά στον κήπο. Επάνω από τις πλάκες πετροβάμβακα διαστρώνεται το ειδικό υπόστρωμα φύτευσης εκτατικού το οποίο είναι ελαφρύτερο από το παραδοσιακό «κηπόχωμα». Είναι σημαντικό να διατηρείται μια ελάχιστη απόσταση (~30) εκατοστών μεταξύ στηθαίου ή κατακόρυφης επιφάνειας και υποστρώματος φύτευσης, η οποία πληρώνεται με βότσαλο. Όταν η υδρορροή είναι τοποθετημένη μέσα στη φυτεμένη έκταση, τότε είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός φρεατίου επίσκεψης, μιας δηλαδή περιοχής προσπελάσιμης και καθαρής από φύτευση, περιμετρικά της υδρορροής. Ακολουθεί η φύτευση με φυτά εκτατικού τύπου. Η νέα διατομή που δημιουργήθηκε στο Ecotect έχει συντελεστή θερμοπερατότητας ίσο με 0,29 W/m² K και είναι η ακόλουθη.

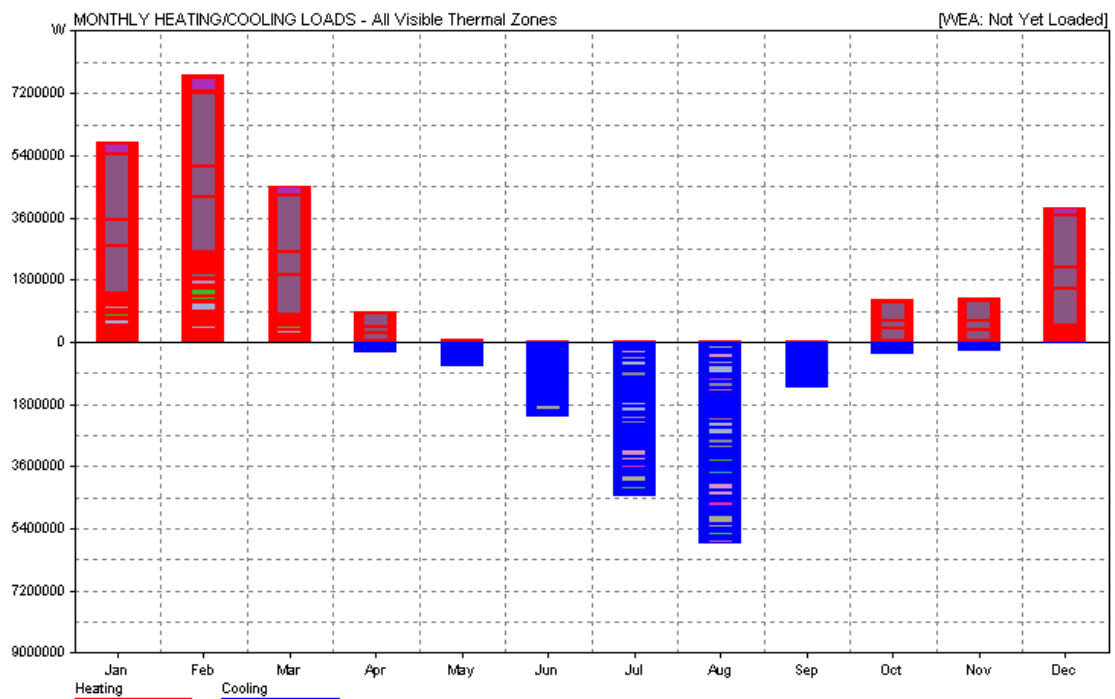


Εικόνα 4.8: Η φυτεμένη στέγη όπως σχεδιάστηκε στο Ecotect.



Εικόνα 4.9: Στέγη εκτατικού τύπου, <http://www.prasinistegi.gr/cms/prasinessteges/tipoi/sistimata/diadem150.html>

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται αρχικά διαγραμματικά και στη συνέχεια αριθμητικά τα μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης μετά τη διαμόρφωση στέγης εκτατικού τύπου.



Εικόνα 4.10: Διάγραμμα μηνιαίων φορτίων θέρμανσης – ψύξης για όλες τις ζώνες για το σενάριο διαμόρφωσης φυτεμένης στέγης εκτατικού τύπου.

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All visible Thermal Zones Comfort: Zonal Bands			
Max Heating: 29609 W at 03:00 on 25th February			
Max Cooling: 40842 W at 13:00 on 1st August			
MONTH	HEATING (wh)	COOLING (wh)	TOTAL (wh)
Jan	5778552	20789	5799342
Feb	7726950	10123	7737072
Mar	4532116	21259	4553376
Apr	867904	300819	1168723
May	85394	687661	773055
Jun	38802	2162466	2201268
Jul	43176	4486094	4529270
Aug	45741	5823728	5869470
Sep	35132	1332083	1367216
Oct	1227142	342352	1569495
Nov	1260798	243662	1504460
Dec	3888440	48824	3937264
TOTAL	35530146	15479860	51010008
PER M ²	29693	12547	42240
Floor Area:	1233.750 m ²		

Εικόνα 4.11: Φορτία θέρμανσης – ψύξης για όλες τις ζώνες για το σενάριο διαμόρφωσης φυτεμένης στέγης εκτατικού τύπου.

Παρατηρούμε ότι μετά από αυτό το επανορθωτικό μέτρο συνολικά απαιτούνται 41010008 Wh για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου. Στη σύγκριση που γίνεται μεταξύ των δύο μοντέλων (αρχικό κτίριο και κτίριο με φυτεμένη στέγη) παρατηρείται μεγάλη μείωση των αναγκών του κτιρίου σε ψύξη (51,3%) αλλά και μείωση του θερμικού φορτίου (15,9%) . Συγκεντρωτικά, τα αποτελέσματα είναι:

	HEATING LOAD (kWh)	COOLING LOAD (kWh)	TOTAL (kWh)	MAX HEATING (kWh)	MAX COOLING (kWh)
ΑΡΧΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ	42298,16	31776,242	74074,41	50,53	76,41
ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΦΥΤΕΜΕΝΗ ΟΡΟΦΗ	35560,15	15479,86	51040	29,6	40,8
ΔΙΑΦΟΡΑ	6738,01	16296,38	23034,41	20,93	36,51
ΠΟΣΟΣΤΟ	15,9	51,3	31,1	41,42	47,8

Όσο αφορά στην κοστολόγηση και την απόσβεση της διαμόρφωσης φυτεμένης οροφής, υπολογίσθηκε αρχικά το συνολικό εμβαδό της οροφής όπου έγινε αυτή η παρέμβαση – 180 τετραγωνικά μέτρα. Σύμφωνα με σχετική έρευνα αγοράς, το κόστος διαμορφώνεται συνολικά στα περίπου 80 € ανά τετραγωνικό μέτρο. Άρα το τελικό κόστος για αυτό το επανορθωτικό μέτρο υπολογίζεται 18000 €. Υπάρχει και το κόστος συντήρησης που υπολογίζεται 8 ανά τετραγωνικό, δηλαδή 1440 € το χρόνο. Άρα για τιμή της 1 kWh 0,1 € κάθε χρόνο εξοικονομούνται $2303,44 - 1440 = 863,44$ € και η απόσβεση γίνεται μετά από $18000 / 863,44 = 20,85$ χρόνια, περίπου 21 χρόνια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Επίλογος και συμπεράσματα

Είναι προφανές ότι για να καταστεί μια κατασκευή ενεργειακά οικονομική κυρίαρχο ρόλο παίζει η ενσωμάτωση στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού στα πρώτα στάδια της μελέτης του. Παρόλα αυτά, προκειμένου ο κτιριακός τομέας να γίνει όσο το δυνατό λιγότερο επιβαρυντικός για το φυσικό περιβάλλον, θα πρέπει να εφαρμοσθούν επανορθωτικά μέτρα στις υφιστάμενες οικίες οι οποίες και αποτελούν και την πλειοψηφία του κτιριακού αποθέματος.

Η κατοικία που μελετήθηκε αποτελεί μια παλιά κατοικία με οικοδομική άδεια το 1980 και η ενεργειακή της αναβάθμιση επικεντρώθηκε σε τρεις παρεμβάσεις για τη μείωση του απαιτούμενου φορτίου θέρμανσης και ψύξης. Αρχικά μελετήθηκε η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης. Πιο συγκεκριμένα, ως θερμομονωτικό υλικό χρησιμοποιήθηκε η διογκωμένη πολυστερίνη πάχους 5 εκατοστών και η απόσβεσή του συγκεκριμένου μέτρου αναμένεται να γίνει μετά από 13 χρόνια περίπου.

Μελετήθηκε επίσης η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου με αντικατάσταση των υαλοπινάκων με τους αντίστοιχους χαμηλής εκπομπής. Αν και είναι ιδιαίτερα μεγάλα τα ενεργειακά οφέλη από αυτήν την παρέμβαση το υψηλό κόστος αυτής της τεχνολογίας έχει ως αποτέλεσμα να μην είναι τελικά οικονομικά αποδοτικό.

Τέλος, μελετήθηκε και η διαμόρφωση της οροφής του κτιρίου σε φυτεμένη στέγη εκτατικού τύπου. Η απόσβεση του συγκεκριμένου μέτρου υπολογίσθηκε στα 21 χρόνια. Σημειώθηκε όμως αύξηση του ενεργειακού φορτίου θέρμανσης κατά τους χειμερινούς μήνες όπως έχει παρατηρηθεί και σε άλλες περιπτώσεις διαμόρφωσης φυτεμένης στέγης. Συμπερασματικά όμως επειδή η Ελλάδα έχει υψηλές σχετικά θερμοκρασίες, η διαμόρφωση φυτεμένης οροφής αποτελεί σημαντικό μέτρο για τη βιοκλιματική αναβάθμιση του κτιρίου.

Αυτά τα μέτρα εξετάστηκαν με ποσοτικοποιημένη μέθοδο. Αναλύθηκαν μέσω του προγράμματος Ecotect τα αποτελέσματά τους παρουσιάστηκαν μέσα από διαγράμματα και συγκριτικούς πίνακες.

Υπάρχουν και άλλες λύσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Για παράδειγμα, προτείνεται η διαμόρφωση του κήπου με ψηλά φυλλοβόλα δέντρα ώστε το καλοκαίρι να παρέχουν σκίαση στο κτίριο. Η λύση αυτή θα βελτιώσει το φυσικό περιβάλλον του κτιρίου τόσο ενεργειακά όσο και αισθητικά. Μια πιο παρεμβατική λύση είναι και η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πετασμάτων στην οροφή του κτιρίου έτσι ώστε να μετατρέπεται η ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρισμό. Τέλος, είναι δυνατή η εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού μέσω της εγκατάστασης συστήματος αντλιών.

Κλείνοντας, αξίζει να σημειωθεί ότι αποτελεί έντονη ανάγκη η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας ώστε να είναι ολοένα και πιο προσιτό σε όλους ο σχεδιασμός και η κατασκευή των κατοικιών σύμφωνα με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Βιβλιογραφία

1. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ, Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσωτέρα αρχιτεκτονική, Κώστας και Θέμης Στεφ.Τσιπής, Εκδόσεις Κεδρος, 2005
2. ΚΤΙΡΙΑ ΓΙΑ ΕΝΑΝ ΠΡΑΣΙΝΟ ΚΟΣΜΟ, οικολογική δόμηση , βιοκλιματική αρχιτεκτονική, Μαργαρίτα Καραβασίλη, Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη, Psystems international ΑΕ, Αθήνα 1999
3. ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, Ηλίας Ευθυμιόπουλος, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2005
4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, Εισαγωγή για αρχιτέκτονες, ΜΑΛΛΙΑΡΗΣ- Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1994
5. ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ Μαθήματος «Θερμική Συμπεριφορά Κτιρίων», Χ.Τζιβανίδης.
6. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ, Ε. Ανδρεαδάκη Χρονάκη, Θεσσαλονίκη 1985
7. INVESTIGATING AND ANALYSING THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF AN EXPERIMENTAL GREEN ROOF SYSTEM INSTALLED IN A NURSERY SCHOOL BUILDING IN ATHENS, GREECE, M.Sanatmouris, C.Pavliou, P.Doukas, G.Mihalakakou, A.Synnefa, A.Hatzibiros, P.Patargias, 2005
8. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ, Αιμ.Γ.Κορωναίος καθηγητής Ε.Μ.Π., Γ.Φοίβος Σαργέντης Υπ.Δρ.Ε.Μ.Π., Αθήνα 2005
9. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ, Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής, Καπε, Πικέρμι, Σεπτέμβριος 2002, Ευγενία Α. Λαζάρη
10. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΕΩΝ, Βραχόπουλος Μ., Εκδόσεις Σταμούλη, 2004
11. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ, Ευαγγελινός Ε., Αξαρχλή Κ. , Γιαννάς Σ., Ζαχαρόπουλος Η., Πάτρα 2001
12. ΚΤΙΡΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, Κοσμόπουλος Π., Θεσσαλονίκη 2008
13. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ, Χρυσομαλλίδου Ν. , Θεσσαλονίκη 2002
14. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΖΕΡΒΟΣ Α., Αθήνα 2005
15. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ – ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΟΙΚΙΣΜΩΝ. Κοντορούπη Γ., Αθήνα 2002
16. ENVIRONMENTAL DESIGN, Randall Thomas, Max Fordham & Partners, E & FN SPON, London 1996
17. ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΗΜΕΡΙΔΑΣ ΜΕ ΘΕΜΑ «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ», 3 Νοεμβρίου 2006, Ακαδημία Αθηνών, ΕΜΠ
18. Περιδικό ΚΤΙΡΙΟ
19. <http://www.cres.gr>
20. <http://www.helapco.gr/library>
21. <http://en.wikipedia.org>
22. <http://www.learn.londonmet.ac.uk>
23. <http://www.builditsolar.com/>
24. <http://www.domika.gr>
25. <http://www.builddesk.com>
26. <http://klima.com>
27. <http://neoiraklio.meteoclub.gr>
28. <http://building.dow.com>

29. <http://www.egreen.gr>
30. <http://www.s-ol-ar.gr>
31. <http://www.livepedia.com>
32. <http://www.ecoarchitects.gr>
33. <http://www.oikologos.gr>
34. <http://www.osk.gr>