



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗ
ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ
ΣΤΗ ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΩΝ
ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ Π. ΜΠΡΟΜΗ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ Π. ΝΑΚΑ

Επιβλέπων : Ι. ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2011



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗ
ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ
ΣΤΗ ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΩΝ

ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ Π. ΜΠΡΟΜΗ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ Π. ΝΑΚΑΣ

Επιβλέπων : Ι. ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την εξεταστική επιτροπή την

.....
Ον/μο Μέλος Δ.Ε.Π

.....
Ον/μο Μέλος Δ.Ε.Π

.....
Ον/μο Μέλος Δ.Ε.Π

Copyright © Βασιλική Μπρόμη, 2011
Copyright © Κωνσταντίνος Νάκας, 2011
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	-24-
ABSTRACT	- 23 -
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 24 -
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	- 26 -
ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ.....	- 30 -
<i>Η κατάσταση στην Ελλάδα</i>	-35-
<i>Εκπομπές ρύπων</i>	- 36 -
<i>Το φαινόμενο του θερμοκηπίου</i>	- 37 -
<i>Τρύπα του όζοντος</i>	- 39 -
<i>Το φαινόμενο της αστικής νησίδας</i>	- 41 -
1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	- 43 -
1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ - ΑΡΧΕΣ.....	- 44 -
1.2. ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΟΦΕΛΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	- 45 -
1.3. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΟΡΘΟ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ	- 46 -
1.4. ΚΟΣΤΟΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	- 51 -
1.5. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ - ΕΜΠΟΔΙΑ.....	- 52 -
1.6. ΛΕΞΙΚΟ ΟΡΩΝ - ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΛΕΙΔΙΑ.....	- 54 -
2. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	- 58 -
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	- 59 -
2.1.1. Συμβατικές πηγές ενέργειας.....	- 59 -
2.1.2. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	- 60 -

2.2. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	-68-
2.3. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	- 68 -
2.4. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	- 73 -
2.5. ΒΙΟΜΑΖΑ.....	- 79 -

3. ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ..... - 85 -

3.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	- 86 -
3.2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΟΜΗΣΗΣ.....	- 86 -
3.2.1. Ηλιακή ακτινοβολία – Ηλιακή γεωμετρία.....	- 88 -
3.2.2. Άνεμοι περιοχής δόμησης.....	- 92 -
3.2.3. Υγρασία περιοχής δόμησης.....	- 96 -
3.3. ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΟΜΗΣΗΣ.....	- 98 -
3.3.1. Τοπογραφία – Ανάγλυφο του εδάφους.....	- 98 -
3.3.2. Φυτά και δέντρα.....	- 102 -
3.3.3. Υδάτινοι όγκοι.....	- 106 -

4. ΘΕΡΜΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΤΙΡΙΟΥ.....- - 108 -12 -

4.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	- 109 -
4.2. ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ.....	- 110 -
4.2.1. Παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση.....	- 111 -
4.2.2. Συνθήκες θερμικής άνεσης.....	- 114 -
4.2.3. Υπολογισμός θερμικής άνεσης.....	- 120 -
4.3. ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ.....	- 122 -
4.4. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ.....	- 123 -

5. ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ..... - 124 -

5.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	- 125 -
------------------	---------

5.2. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	- 125 -
5.3. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ.....	- 127 -
5.3.1. Γενικά.....	- 127 -
5.3.2. Θερμογέφυρες	- 128 -
5.3.3. Τα ευάλωτα στοιχεία του κτιρίου.....	- 129 -
5.3.4. Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας.....	- 131 -
5.3.5. Θερμομόνωση οροφής.....	- 134 -
5.3.6. Θερμομόνωση στέγης.....	- 137 -
5.3.7. Θερμομόνωση δαπέδου	- 138 -
5.3.8. Θερμομόνωση κουφωμάτων.....	- 139 -
5.3.9. Οφέλη από τη θερμομόνωση.....	- 141 -
5.4. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	- 142 -
5.4.1. Γενικά.....	- 142 -
5.4.2. Υαλοβάμβακας.....	- 144 -
5.4.3. Πετροβάμβακας	- 145 -
5.4.4. Περλίτης.....	- 146 -
5.4.5. Έτοιμα δομικά στοιχεία.....	- 146 -
5.4.6. Εξηλασμένη πολυστερίνη.....	- 147 -
5.4.7. Διογκωμένη πολυστερίνη.....	- 148 -
5.4.8. Πολυουρεθάνη.....	- 149 -
5.4.9. Φαινολικοί αφροί.....	- 150 -
5.4.10. Ανακλαστική μόνωση.....	- 150 -
5.4.11. Βοηθητικά υλικά.....	- 152 -

6. ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ - 154 -

6.1. ΓΕΝΙΚΑ	- 155 -
-------------------	---------

6.2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ	- 156 -
6.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΟΙΚΙΑΚΟΥ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	- 157 -
6.4. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ (ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑ)	- 159 -
6.5. ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ ΜΕ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	- 161 -

7. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ..... - 164 -

7.1. ΓΕΝΙΚΑ	- 165 -
7.2. ΤΑ ΠΕΝΤΕ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	- 167 -
7.3. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	- 168 -
7.4.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΜΕΣΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ.....	- 168 -
7.4.1. Υαλοστάσια και βελτίωση των θερμικών και ηλιακών ιδιοτήτων τους.....	- 172 -
7.4.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα συστημάτων άμεσου ηλιακού κέρδους.....	- 174 -
7.5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΜΜΕΣΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ	- 174 -
7.5.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα συστημάτων έμμεσου ηλιακού κέρδους.....	- 185 -
7.6. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ.....	- 186 -
7.6.1. Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα συστημάτων απομονωμένου ηλιακού κέρδους....	- 187 -
7.7. ΧΡΗΣΗ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ.....	- 187 -
7.8. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΩΝ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	- 188 -

8. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ..... - 190 -

8.1. ΓΕΝΙΚΑ	- 191 -
8.2. ΑΥΤΟΣΚΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΟΓΚΟΥ – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	- 191 -
8.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ.....	- 196 -
8.4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	- 201 -
8.5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ ΜΕ ΕΞΑΤΜΙΣΗ.....	- 203 -
8.6. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ ΜΕ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....	- 206 -

8.7. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	- 208 -
--	---------

9. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ..... - 210 -

9.1. ΓΕΝΙΚΑ	- 211 -
9.1.1. Το ηλιακό στοιχείο	- 212 -
9.1.2. Η ιστορία του φωτοβολταϊκού φαινομένου.....	- 213 -
9.2. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ.....	- 214 -
9.3. ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	- 217 -
9.4. Η ΒΑΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	- 220 -
9.5. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΣΤΕΓΕΣ	- 224 -
9.5.1. Φωτοβολταϊκά κεραμίδια.....	- 227 -
9.6. ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ.....	- 229 -
9.7. ΟΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	- 232 -
9.8. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	- 233 -
9.9. ΚΟΣΤΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	- 236 -
9.10. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ.....	- 237 -

10. ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ - 238 -

10.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΦΩΤΙΣΜΟ.....	- 239 -
10.1.1. Το ορατό φως.....	- 240 -
10.1.2. Οπτική άνεση.....	- 242 -
10.2. ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΦΩΣ.....	- 244 -
10.2.1. Φυσικός φωτισμός.....	- 244 -
10.2.2. Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του φυσικού φωτισμού.....	- 246 -
10.2.3. Αξιοποίηση φυσικού φωτισμού.....	- 249 -
10.2.4. Παράγοντες φυσικού φωτισμού.....	- 250 -
11.2.5. Τεχνικές φυσικού φωτισμού.....	- 252 -

10.3. ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	- 256 -
10.3.1. Αρχές σχεδιασμού.....	- 256 -
10.3.2. Ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων.....	- 259 -
10.3.3. Διαφανή υλικά ανοιγμάτων.....	- 262 -
10.3.4. Έλεγχος και υπολογισμός φυσικού φωτισμού – αισθητήρες.....	- 264 -
10.3.5. Φωτοσωλήνες.....	- 266 -

11. ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΔΕΝΤΡΩΝ ΚΑΙ ΦΥΤΩΝ - 270 -

11.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	- 271 -
11.2. ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.....	- 272 -
11.3. ΑΝΕΜΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.....	- 273 -
11.4. ΦΥΤΕΜΑ ΔΩΜΑΤΟΣ.....	- 274 -
11.5. ΜΕΙΩΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	- 283 -

12. ΛΗΨΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΠΟΧΕΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ..... - 284 -

12.1. ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΗ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ	- 285 -
12.1.1. Θερμικές απώλειες	- 285 -
12.1.2. Παθητική θέρμανση.....	- 285 -
12.1.3. Προσαρμογή μικροκλίματος.....	- 285 -
12.1.4. Θέση και προσανατολισμός κτιρίου.....	- 286 -
12.2. ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΗ ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ.....	- 286 -
12.2.1. Θερμικές πρόσοδοι.....	- 287 -
12.2.2. ΠΑΘΗΤΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ	- 288 -
12.2.3. Προσαρμογή μικροκλίματος.....	- 288 -
12.2.4. Θέση και προσανατολισμός κτιρίου.....	- 288 -
12.3. ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΕ ΟΛΟ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ	- 288 -
12.3.1. Φυσικός φωτισμός.....	- 289 -

12.3.2. Αερισμός..... - 289 -

**13. CASE STUDY: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗ
ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ ΣΤΗ ΝΕΑ
ΣΜΥΡΝΗ..... - 290 -**

13.1. ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ ΑΣΤΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ..... - 291 -

13.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ..... - 294 -

13.3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ..... - 295 -

13.4. ΜΕΤΡΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΛΑΣΗΣ - 373 -

13.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ - 385 -

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... - 388 -

Εικόνα 0-1. Εξέλιξη εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου-Στόχος του Κιότο για την Ελλάδα	- 35 -
Εικόνα 0-2. Ο πλανήτης μέσα στο θερμοκήπιο[46].....	- 1 -
Εικόνα 0-3. Πηγές προέλευσης των αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα.....	- 38 -
Εικόνα 0-4. Η άνοδος της θερμοκρασίας από το 1880 έως το 2000[85]	- 1 -
Εικόνα 0-5. Το μόριο του όζοντος[46].....	- 1 -
Εικόνα 0-6. Η στιβάδα του όζοντος απορροφά την επικίνδυνη για τον πλανήτη υπεριώδη ακτινοβολία.....	- 1 -
Εικόνα 0-7. Η αλλαγή στη στοιβάδα του όζοντος από το 1979 έως το 1992 όπως καταγράφεται τον Οκτώβριο κάθε έτους	- 1 -
Εικόνα 1-1. Το πράσινο σπίτι – Το οικολογικό σπίτι[46].....	- 1 -
Εικόνα 2-1. Η πορεία της ηλιακής ακτινοβολίας[25].....	- 1 -
Εικόνα 2-2. Ρεύμα από τον Ήλιο[28].....	- 1 -
Εικόνα 2-3. Βασικά εξαρτήματα λειτουργίας μίας ανεμογεννήτριας[28]	- 70 -
Εικόνα 2-4. Η θερμοκρασία στο εσωτερικό της Γης[28]	- 1 -
Εικόνα 2-5. Οι κυριότερες περιοχές γεωθερμικού ενδιαφέροντος στην Ελλάδα[28].....	- 1 -
Εικόνα 2-6. Διάταξη εκμετάλλευσης γεω- θερμικής ενέργειας στον οικιακό τομέα [25].....	- 1 -
Εικόνα 3-1. Φυσικοί παράγοντες που επηρεάζουν το βιοκλιματικό σχεδιασμό[46].....	- 86 -
Εικόνα 3-2. Η πορεία της ηλιακής[25] ακτινοβολίας.....	- 1 -
Εικόνα 3-3. Τα είδη της ηλιακής ακτινοβολίας [46].....	- 89 -
Εικόνα 3-4. Ηλιακή ακτινοβολία[14].....	- 90 -
Εικόνα 3-5. Η θέση του Ήλιου τους διάφορους μήνες του χρόνου[14]	- 90 -
Εικόνα 3-6. Χειμερινό ηλιοστάσιο[46].....	- 91 -
Εικόνα 3-7. Εαρινή και φθινοπωρινή ισημερία[46]	- 91 -
Εικόνα 3-8. Θερινό ηλιοστάσιο[46].....	- 92 -
Εικόνα 3-9. Θαλάσσια αύρα την ημέρα[25].....	- 94 -

Τη νύκτα η στεριά ψύχεται γρηγορότερα από τη θάλασσα. Ανοδικά ρεύματα δημιουργούνται πάνω από τη θάλασσα και ψυχρός, κρύος αέρας πνέει από τη στεριά προς τη θάλασσα, δημιουργώντας έτσι την απόγειο αύρα. Η ένταση της απόγειας αύρας είναι μικρότερη από αυτή της θαλάσσιας, διότι οι

θερμομετρικές διαφορές είναι μικρότερες τη νύκτα από ότι την ημέρα. 3-10. Απόγειος αύρα τη νύχτα[25].....	Εικόνα - 94 -
Εικόνα 3-11. Αύρα της κοιλάδας την ημέρα[25].....	- 95 -
Εικόνα 3-12. Αύρα του βουνού μετά το ηλιοβασίλεμα[25]	- 95 -
Εικόνα 3-13. Κατεβατός άνεμος[25]	- 96 -
Εικόνα 3-14. Διάφορες μορφές ανάγλυφου του εδάφους και η κίνηση του ανέμου σε αυτές.....	- 98 -
Εικόνα 3-15. Κίνηση του ανέμου σε διάφορες μορφές φυσικών εμποδίων που παρουσιάζονται στο ανάγλυφο του εδάφους[25].	- 99 -
Εικόνα 3-16. Η δόμηση στην υπήνεμη πλευρά των επικλήσεων και εντός φυσικών κοιλοτήτων είναι οι συνήθειες πρακτικές που εφαρμόζονται σε ζεστά κλίματα[25]	- 100 -
Εικόνα 3-17. Εκτροπή του ψυχρού ανέμου με τοποθέτηση φυσικής βλάστησης μπροστά απ'την πρόσοψη του κτιρίου[25]	- 100 -
Εικόνα 3-18. Η χρήση φρακτών και δέντρων κατά μήκους των όψεων είναι μια καλή πρακτική που εφαρμόζεται για την προστασία των κτιρίων από τους ψυχρούς ανέμους στα ψυχρά κλίματα[25].....	- 101 -
Εικόνα 3-19. Ο προσανατολισμός της πρόσοψης στη προσήνεμη πλευρά επικλινούς εδάφους θεωρείται η βέλτιστη λύση στα υγρά κλίματα αφού μεγιστοποιεί την ένταση και τη συχνότητα του ανέμου[28]	- 101 -
Εικόνα 3-20. Τοποθέτηση της πρόσοψης του κτιρίου σε πλαγίες προσανατολισμένες στο βορρά ούτως ώστε να δέχονται τη λιγότερη δυνατή ακτινοβολία. Απαραίτητη προϋπόθεση η κλίση του εδάφους να είναι αρκετά απότομη ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής σκίαση του κτιρίου[28]	- 102 -
Εικόνα 3-21. Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος της φυσικής βλάστησης τόσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια που προστατεύεται από τον άνεμο[28].....	- 103 -
Εικόνα 3-22. Σύγκριση διάφορων μορφών φυσικής βλάστησης σε σχέση με τη σκίαση που παρέχουν. Τα κοντά και πλατιά δέντρα παρέχουν προσφορότερο σχήμα σκιάς τόσο το θέρος όσο και το χειμώνα[25].....	- 103 -
Εικόνα 3-23. Ανάλογα με την απόσταση που βρίσκονται από την πρόσοψη του κτιρίου τα δέντρα και οι θάμνοι επηρεάζουν διαφορετικά τη ροή του ανέμου[25]	- 104 -
Εικόνα 3-24. Η χρήση βλάστησης βοηθά τη ροή ή την εκτροπή του ανέμου.[25].....	- 104 -
Εικόνα 3-25. Επιλεκτική κατάργηση δέντρων από την πρόσοψη για την εξασφάλιση επαρκούς φυσικού φωτισμού και ερριμμένη σκιά συνάρτηση του ύψους του δέντρου.[25].....	- 105 -
Εικόνα 3-26. Κάλυψη προσόψεων κτιρίων από αναρριχώμενα φυτά[46]	- 105 -
Εικόνα 3-27. Οι υδάτινοι όγκοι απορροφούν μεγάλα ποσά θερμότητας κατά την ημέρα και εκλύουν θερμότητα κατά τη νύχτα.[25]	- 107 -
Εικόνα 5-1. Τα ευάλωτα σημεία του κτιρίου. Μέρη από όπου διαφεύγει θερμότητα[28].....	- 131 -

Εικόνα 5-2. Θερμομόνωση κεκλιμένης οροφής[28].....	- 1 -
Εικόνα 5-3. Θερμομόνωση συμβατικού δώματος[28].....	- 1 -
Εικόνα 5-4. Θερμομόνωση ανεστραμμένου δώματος[28].....	- 1 -
Εικόνα 5-5. Θερμομόνωση αεριζόμενου δώματος[28]	- 1 -
Εικόνα 5-6. Σχηματική απεικόνιση κεκλιμένης στέγης[28]	- 1 -
Εικόνα 5-7. Στάδια μόνωσης κεκλιμένης στέγης[28]	- 138 -
Εικόνα 5-8. Θερμομόνωση δαπέδου[28].....	- 139 -
Εικόνα 5-9. Τυπικό κούφωμα[28]	- 1 -
Εικόνα 5-10. Τυπικό κούφωμα[28]	- 1 -
Εικόνα 5-11. Διαδικασία παραγωγής υαλοβάμβακα[28].....	- 144 -
Εικόνα 5-12. Μορφή πετροβάμβακα[28].....	- 145 -
Εικόνα 5-13 Περλίτης[28].....	- 1 -
Εικόνα 5-14. Έτοιμα δομικά στοιχεία[28]	- 1 -
Εικόνα 5-15. Μορφή εξηλασμένης πολυστερίνης[28]	- 147 -
Εικόνα 5-16. Μορφή διογκωμένης πολυστερίνης[28].....	- 1 -
Εικόνα 5-17. Διογκωμένη πολυστερίνη σε διάφορα λειτουργικά σχήματα[28]	- 1 -
Εικόνα 5-18. Μορφή πολουρεθάνης[28].....	- 1 -
Εικόνα 5-19. Ανακλαστική μόνωση[28]	- 1 -
Εικόνα 5-20. Ευεργετικά αποτελέσματα ανακλαστικής μόνωσης[28].....	- 1 -
Εικόνα 6-1. Οικιακή εγκατάσταση για ζεστό νερό χρήσης[28].....	- 1 -
Εικόνα 6-2. Τυπική διάταξη ηλιακού θερμοσυσσωρευτή[28]	- 158 -
Εικόνα 6-3. Ροή θερμού και κρύου νερού στη διάταξη [28]	- 1 -
Εικόνα 6-4. Αρχή του θερμοσιφώνου[28].....	- 1 -
Εικόνα 6-5. Λειτουργία διαφορικού διακόπτη[28]	- 161 -
Εικόνα 7-1. Η κίνηση του ηλίου[25].....	- 1 -
Εικόνα 7-2. Η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας από τα νότια υαλοστάσια [28].....	- 166 -
Εικόνα 7-3. Συλλέκτες ηλιακής ακτινοβολίας[28]	- 1 -

Εικόνα 7-4. Απορροφητική επιφάνεια[28].....	- 1 -
Εικόνα 7-6. Κατανομή της θερμότητας[28].....	- 1 -
Εικόνα 7-5. Συσσωρευτής ηλιακής ακτινοβολίας [28]	- 1 -
Εικόνα 7-7. Ρύθμιση θερμότητας με κινητά υαλοστάσια[28]	- 1 -
Εικόνα 7-8. Άμεσο ηλιακό κέρδος[28]	- 169 -
Εικόνα 7-9. Εισαγωγή ηλιακής ακτινοβολίας.....	- 1 -
Εικόνα 7-10. Έμμεσο ηλιακό κέρδος με τοίχο θερμικής αποθήκευσης[28]	- 175 -
Εικόνα 7-11. Τοίχος θερμικής αποθήκευσης[12]	- 176 -
Εικόνα 7-12 Τοίχος μάζας[28]	- 1 -
Εικόνα 7-13. Τοίχος νερού[12]	- 1 -
Εικόνα 7-14. Ροή αέρα μεταξύ θερμοκηπίου και κυρίως κτιρίου [12]	- 1 -
Εικόνα 7-15. Θερμοκήπιο προσαρτημένο σε κτίριο[28]	- 180 -
Εικόνα 7-16. Σκίτσο παρουσίασης τυπικού θερμοκηπίου με κεκλιμένα υαλοστάσια[11].....	- 182 -
Εικόνα 7-17. Τύποι θερμοκηπίων[11]	- 184 -
Εικόνα 7-18. Σύστημα απομονωμένου ηλιακού κέρδους[18].....	- 186 -
Εικόνα 8-1. Τυπικό σκίαστρο[28].....	- 1 -
Εικόνα 8-2. Τα φυτά ως συστήματα σκίασης[12].....	- 1 -
Εικόνα 8-4. Η χρήση των φυλλοβόλων δέντρων για τη σκίαση των κτιρίων το καλοκαίρι [46]....	- 195 -
Εικόνα 8-3. Φυτεμένο δώμα[28].....	- 1 -
Εικόνα 8-5. Συστήματα φυσικού αερισμού[46].....	- 197 -
Εικόνα 8-8. Ανεμιστήρας οροφής[46]	- 199 -
Εικόνα 8-6. Διαμπερής αερισμός[28]	- 1 -
Εικόνα 8-7. Υπερκέραση των φυσικών εμποδίων για αερισμό[46].....	- 1 -
Εικόνα 8-9. Καμινάδα αερισμού[28].....	- 1 -
Εικόνα 8-10. Ηλιακή καμινάδα[28].....	- 1 -
Εικόνα 8-11. Αεριζόμενο κέλυφος[28]	- 1 -
Εικόνα 8-12. Εκ μεταφοράς αερισμός[28]	- 1 -

Εικόνα 8-13. <i>Υγρά δεξαμενή που χρησιμεύει σε</i>	- 1 -
Εικόνα 8-14. <i>Δροσισμός με εξάτμιση[46]</i>	- 1 -
Εικόνα 8-15. <i>Οροφή νερού[28]</i>	- 1 -
Εικόνα 8-16. <i>Κινητή μόνωση[28]</i>	- 1 -
Εικόνα 11-1. <i>Φυτεμένο δώμα κτιρίου[33]</i>	- 1 -
Εικόνα 11-2. <i>Οφέλη που προκύπτουν από το φύτεμα του δώματος[28]</i>	- 277 -
Εικόνα 11-3. <i>Φύτευση δώματος κτιριακού συγκροτήματος[11]</i>	- 1 -
Εικόνα 11-4. <i>Φυτεμένο δώμα σε αστικό κέντρο[11]</i>	- 1 -
Εικόνα 11-5. <i>Τυπική στρωμάτωση φυτεμένου δώματος 1.Χώμα, 2.Στήριξη ριζών, 3.Αποστραγγιστικό υπόστρωμα, 4.Αποστραγγιστική μεμβράνη, 5.Γαιοϋφασμα, 6.Στεγάνωση και μόνωση δώματος[11]</i>	- 280 -
Εικόνα 11-6. <i>Τομή σε φυτεμένο δώμα νεόδμητης κατασκευής [12]</i>	- 1 -
Εικόνα 11-7. <i>Τομή σε φυτεμένο δώμα παλαιάς κατασκευής [12]</i>	- 1 -
Εικόνα 13.0-1. <i>Οικο-τεράγωνο στη Γαλλία (Ville de Grenoble)</i>	- 292 -
Εικόνα 13.0-2. <i>Η γειτονιά BedZED</i>	- 293 -
Εικόνα 13.0-3. <i>Οικολογική ανάπλαση γειτονιάς Vesterbro στη Κοπεγχάγη</i>	- 293 -
Εικόνα 13.0-4. <i>Θέση του Δήμου Νέας Σμύρνης στο λεκανοπέδιο Αττικής</i>	- 295 -
Εικόνα 13. 0-5. <i>Πίνακας εξέλιξης πληθυσμού του Δήμου Νέας Σμύρνης</i>	- 296 -
Εικόνα 13.0-6. <i>Κοινωνική φυσιογνωμία των περιοχών της Αττικής</i>	- 297 -
Εικόνα 13. 0-7. <i>Αποτύπωση επικρατέστερων χρήσεων γης στην ευρύτερη περιοχή της Νέας Σμύρνης</i>	- 298 -
Εικόνα 13.0-8. <i>Αποτύπωση μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή δόμησης της ευρύτερης περιοχής Νέας Σμύρνης</i>	- 299 -
Εικόνα13.0-9. <i>Αποτύπωση μέγιστου επιτρεπόμενου ύψους της ευρύτερης περιοχής Νέας Σμύρνης</i>	- 300 -
Εικόνα 13.0-10. <i>Αποτύπωση κατάταξης οδικού δικτύου της ευρύτερης περιοχής Νέας Σμύρνης</i>	- 301 -
Εικόνα 13.0-11. <i>Χαρακτηριστικά οδών που περιβάλλουν το υπό μελέτη οικοδομικό τετράγωνο</i>	- 302 -
Εικόνα 13.0-12. <i>Η θέση του υπό μελέτη οικοπέδου ως προς την ευρύτερη περιοχή της Νέας Σμύρνης</i>	- 302 -
Εικόνα 13.0-13. <i>Απεικόνιση του οικοδομικού τετραγώνου της μελέτης και χρήσεις γης</i>	- 303 -
Εικόνα 13.0-14. <i>Μοντέλο του υπό μελέτη οικοδομικού τετραγώνου – αποτύπωση σε Sketchup</i>	- 304 -

Εικόνα 13.0-15. Κτίριο 1 & 2.....	- 304 -
Εικόνα 13.0-16. Κτίριο 3 & 4.....	- 305 -
Εικόνα 13.0-17. Κτίριο 5 & 6.....	- 305 -
Εικόνα 13.0-18. Κτίριο 7 & 8.....	- 306 -
Εικόνα 13.0-19. Κτίριο 9.....	- 306 -
Εικόνα 13.0-20. Κτίριο 10 & 11.....	- 307 -
Εικόνα 13.0-21. Κτίριο 12 &13.....	- 307 -
Εικόνα 13.0-22. Άποψη των κτιρίων επί της Οδού Ικονίου	- 308 -
Εικόνα 13.0-23. Χρήση ισογείου των κτιρίων επί της οδού Ικονίου,	- 309 -
Εικόνα 13.0-24. Ηλικία κτιρίων επί της οδού Ικονίου.....	- 309 -
Εικόνα 13.0-25. Κατάταξη κτιρίων αναλόγως των όψεων με ανοίγματα επί της οδού Ικονίου	- 310 -
Εικόνα 13.0-26. Ύψος κτιρίων επί της οδού Ικονίου.....	- 310 -
Εικόνα 13.0-27. Τύπος κουφώματος των κτιρίων επί της οδού Ικονίου.....	- 311 -
Εικόνα 13.0-28. Ποσοστό κτιρίων με σύστημα ηλιοπροστασίας επί της οδού Ικονίου	- 311 -
Εικόνα 13.0-29. Ποσοστό κτιρίων με ύπαρξη στοιχείων πρασίνου επί της οδού Ικονίου	- 312 -
Εικόνα 13.0-30. Κτίριο 13.....	- 313 -
Εικόνα 13.0-31. Κτίριο 14.....	- 313 -
Εικόνα 13.0-32. Κτίριο 15.....	- 314 -
Εικόνα 13.0-33. Κτίριο 16.....	- 314 -
Εικόνα 13.0-34. Άποψη των κτιρίων επί της Οδού Σοφούλη.....	- 315 -
Εικόνα 13.0-35. Χρήση ισογείου των κτιρίων επί της οδού Σοφούλη.....	- 316 -
Εικόνα 13.0-36. Ηλικία κτιρίων επί της οδού Σοφούλη.....	- 316 -
Εικόνα 13.0-37. Κατάταξη κτιρίων αναλόγως των όψεων με ανοίγματα επί της οδού Σοφούλη.....	- 317 -
Εικόνα 13.0-38. Ύψος κτιρίων επί της οδού Σοφούλη	- 317 -
Εικόνα 13.0-39. Τύπος κουφωμάτων των κτιρίων επί της οδού Σοφούλη	- 318 -
Εικόνα 13.0-40. Ποσοστό κτιρίων με σύστημα ηλιοπροστασίας επί της οδού Σοφούλη.....	- 318 -
Εικόνα 13.0-41. Ποσοστό κτιρίων με ύπαρξη στοιχείων πρασίνου επί της οδού Σοφούλη.....	- 318 -

Εικόνα 13.0-42. Κτίριο 17.....	- 319 -
Εικόνα 13.0-43. Κτίριο 18.....	- 320 -
Εικόνα 13.0-44. Κτίρια 18 & 19.....	- 320 -
Εικόνα 13.0-45. Κτίριο 20.....	- 321 -
Εικόνα 13.0-46. Κτίρια 21 & 22.....	- 321 -
Εικόνα 13.0-47. Κτίρια 23 & 24.....	- 322 -
Εικόνα 13.0-48. Κτίριο 25.....	- 322 -
Εικόνα 13.0-49. Κτίριο 26.....	- 323 -
Εικόνα 13.0-50. Κτίριο 27.....	- 323 -
Εικόνα 13.0-51. Κτίριο 28.....	- 324 -
Εικόνα 13.0-52. Κτίριο 29.....	- 324 -
Εικόνα 13.0-53. Κτίριο 30.....	- 325 -
Εικόνα 13.0-54. Άποψη των κτιρίων επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου.....	- 326 -
Εικόνα 13.0-55. Χρήση ισογείου των κτιρίων επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου.....	- 327 -
Εικόνα 13.0-56. Ηλικία κτιρίων επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου.....	- 327 -
Εικόνα 13.0-57. Κατάταξη κτιρίων αναλόγως των όψεων με ανοίγματα επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου.....	- 328 -
Εικόνα 13.0-58. Ύψος κτιρίων επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου.....	- 328 -
Εικόνα 13.0-59. Τύπος κουφωμάτων των κτιρίων επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου.....	- 328 -
Εικόνα 13.0-60. Ποσοστό κτιρίων με σύστημα ηλιοπροστασίας επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου.....	- 329 -
Εικόνα 13.0-61. Ποσοστό κτιρίων με ύπαρξη στοιχείων πρασίνου επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου.....	- 329 -
Εικόνα 13.0-62. Αξιολόγηση κτιριακού αποθέματος.....	- 330 -
Εικόνα 13.0-63. Προσανατολισμός ενεργειακά ικανοποιητικών κτιρίων.....	- 330 -
Εικόνα 13.0-64. Κλιματικά δεδομένα θερμοκρασίας περιοχής μελέτης.....	- 331 -
Εικόνα 13.0-65. Κλιματικά δεδομένα υγρασίας περιοχής μελέτης.....	- 332 -
Εικόνα 13.0-66. Κλιματικά δεδομένα βροχόπτωσης περιοχής μελέτης.....	- 333 -

Εικόνα 13.0-67. Κλιματικά δεδομένα έντασης και διεύθυνσης ανέμων περιοχής μελέτης.....	- 334 -
Εικόνα 13.0-68. Στερεογραφικό διάγραμμα για την 1 ^η Ιουλίου	- 335 -
Εικόνα 13.0-69. Στερεογραφικό διάγραμμα για την 1 ^η Ιανουαρίου.....	- 335 -
Εικόνα 13.0-70. Βέλτιστος προσανατολισμός κτιρίων.....	- 336 -
Εικόνα 13.0-71. Ζώνη άνεσης για την περιοχή μελέτης.....	- 337 -
Εικόνα 13.0-72. Επίδραση διαφόρων στρατηγικών στην ζώνη άνεσης.....	- 338 -
Εικόνα 13.0-73. Απεικόνιση της επίδρασης συνδυασμού παθητικών τεχνικών στην επίτευξη συνθηκών άνεσης - 339 -	
Εικόνα 13.0-74. Απεικόνιση της επίδρασης κάθε συστήματος στην επίτευξη συνθηκών άνεσης	- 340 -
Εικόνα 13.0-75. Επικρατούντες άνεμοι τον χειμώνα το πρωί και το καλοκαίρι το βράδυ αντίστοιχα	- 340 -
Εικόνα 13.0-76. Η ηλιακή έκθεση την πιο συννεφιασμένη μέρα του έτους	- 341 -
Εικόνα 13.0-77. Η ηλιακή έκθεση την πιο ηλιόλουστη μέρα του έτους.....	- 341 -
Εικόνα 13.0-78. Η ηλιακή έκθεση την πιο κρύα μέρα του έτους	- 342 -
Εικόνα 13.0-79. Η ηλιακή έκθεση την πιο ζεστή μέρα του έτους.....	- 342 -
Εικόνα 13.0-80. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Μαρτίου (δυτική άποψη).....	- 343 -
Εικόνα 13.0-81. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Μαρτίου (δυτική άποψη).....	- 343 -
Εικόνα 13.0-82. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Μαρτίου (δυτική άποψη).....	- 344 -
Εικόνα 13.0-83. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Μαρτίου (δυτική άποψη).....	- 344 -
Εικόνα 13.0-84. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Ιουλίου (δυτική άποψη).....	- 345 -
Εικόνα 13.0-85. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Ιουλίου (δυτική άποψη).....	- 345 -
Εικόνα 13.0-86. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Ιουλίου (δυτική άποψη).....	- 346 -
Εικόνα 13.0-87. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Ιουλίου (δυτική άποψη).....	- 346 -
Εικόνα 13.0-88. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (δυτική άποψη).....	- 347 -
Εικόνα 13.0-89. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (δυτική άποψη).....	- 347 -
Εικόνα 13.0-90. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (δυτική άποψη).....	- 348 -
Εικόνα 13.0-91. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (δυτική άποψη)	- 348 -
Εικόνα 13.0-92. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Δεκεμβρίου (δυτική άποψη)	- 349 -

Εικόνα 13.0-93. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Δεκεμβρίου (δυτική άποψη)	- 349 -
Εικόνα 13.0-94. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Δεκεμβρίου (δυτική άποψη)	- 350 -
Εικόνα 13.0-95. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Μαρτίου (νότια άποψη).....	- 351 -
Εικόνα 13.0-96. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Μαρτίου (νότια άποψη).....	- 351 -
Εικόνα 13.0-97 Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Μαρτίου (νότια άποψη)	- 352 -
Εικόνα 13.0-98. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Μαρτίου (νότια άποψη).....	- 352 -
Εικόνα 13.0-99. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Ιουλίου (νότια άποψη).....	- 353 -
Εικόνα 13.0-100. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Ιουλίου (νότια άποψη).....	- 353 -
Εικόνα 13.0-101. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Ιουλίου (νότια άποψη).....	- 354 -
Εικόνα 13.0-102. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Ιουλίου (νότια άποψη).....	- 354 -
Εικόνα 13.0-103. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (νότια άποψη).....	- 355 -
Εικόνα 13.0-104. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (νότια άποψη).....	- 355 -
Εικόνα 13.0-105. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (νότια άποψη).....	- 356 -
Εικόνα 13.0-106. Σκιάσεις στις 16:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (νότια άποψη).....	- 356 -
Εικόνα 13.0-107. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Δεκεμβρίου (νότια άποψη)	- 357 -
Εικόνα 13.0-108. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Δεκεμβρίου (νότια άποψη)	- 357 -
Εικόνα 13.0-109. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Δεκεμβρίου (νότια άποψη)	- 358 -
Εικόνα 13.0-110. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Μαρτίου (ανατολική άποψη).....	- 358 -
Εικόνα 13.0-111. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Μαρτίου (ανατολική άποψη).....	- 359 -
Εικόνα 13.0-112. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Μαρτίου (ανατολική άποψη).....	- 359 -
Εικόνα 13.0-113. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Μαρτίου (ανατολική άποψη).....	- 360 -
Εικόνα 13.0-114. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Ιουλίου (ανατολική άποψη).....	- 360 -
Εικόνα 13.0-115. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Ιουλίου (ανατολική άποψη).....	- 361 -
Εικόνα 13.0-116. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Ιουλίου (ανατολική άποψη).....	- 361 -
Εικόνα 13.0-117. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Ιουλίου (ανατολική άποψη).....	- 362 -
Εικόνα 13.0-118. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (ανατολική άποψη).....	- 362 -
Εικόνα 13.0-119. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (ανατολική άποψη).....	- 363 -

Εικόνα 13.0-120. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (ανατολική άποψη).....	- 363 -
Εικόνα 13.0-121. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Δεκεμβρίου (ανατολική άποψη)	- 364 -
Εικόνα 13.0-122. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Δεκεμβρίου (ανατολική άποψη)	- 364 -
Εικόνα 13.0-123. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Δεκεμβρίου (ανατολική άποψη).....	- 365 -
Εικόνα 13.0-124. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Μαρτίου (βόρεια άποψη)	- 366 -
Εικόνα 13.0-125. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Μαρτίου (βόρεια άποψη)	- 367 -
Εικόνα 13.0-126. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Μαρτίου (βόρεια άποψη)	- 367 -
Εικόνα 13.0-127. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Μαρτίου (βόρεια άποψη)	- 367 -
Εικόνα 13.0-128. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Ιουλίου (βόρεια άποψη)	- 368 -
Εικόνα 13.0-129. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Ιουλίου (βόρεια άποψη)	- 368 -
Εικόνα 13.0-130. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Ιουλίου (βόρεια άποψη)	- 369 -
Εικόνα 13.0-131. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Ιουλίου (βόρεια άποψη)	- 369 -
Εικόνα 13.0-132. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (βόρεια άποψη).....	- 370 -
Εικόνα 13.0-133. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (βόρεια άποψη).....	- 370 -
Εικόνα 13.0-134. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (βόρεια άποψη).....	- 371 -
Εικόνα 12.0-135. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (βόρεια άποψη).....	- 371 -
Εικόνα 13.0-136. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Δεκεμβρίου (βόρεια άποψη).....	- 372 -
Εικόνα 13.0-137. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Δεκεμβρίου (βόρεια άποψη).....	- 372 -
Εικόνα 13.0-138. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Δεκεμβρίου (βόρεια άποψη).....	- 373 -
Εικόνα 13.0-139. Κτίρια όπου κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης επί της οδού Ικονίου (με κόκκινο χρώμα).....	- 374 -
Εικόνα 13.0-140. Κτίρια όπου κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης επί της οδού Σοφούλη (με κόκκινο χρώμα).....	- 374 -
Εικόνα 13.0-141. Κτίρια όπου κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου (με κόκκινο χρώμα).....	- 375 -
Εικόνα 0-142. Συντελεστής θερμοπερατότητας διαφόρων τύπων κουφωμάτων	- 375 -
Εικόνα 13.0-143. Πίνακας εξοικονόμησης ενέργειας λόγω βελτιώσεων στο τύπο υαλοπίνακα	- 376 -
Εικόνα 13.0-144. Διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από μια φυτεμένη και μια συμβατική οροφή [53].....	- 378 -

Εικόνα 13.0-145. Συγκριτικό διάγραμμα της διακύμανσης της θερμοκρασίας στην εξωτερική επιφάνεια της κατασκευής για τις δυο περιπτώσεις [53].....	- 379 -
Εικόνα 13.0-146. Συγκριτικό διάγραμμα της διακύμανσης της θερμοκρασίας στην εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής για τις δυο περιπτώσεις [53].....	- 379 -
Εικόνα 0-147. Συγκριτικό διάγραμμα της διακύμανσης της θερμοκρασίας του αέρα στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου [53].....	- 380 -
Εικόνα 13.0-148. Μορφή αεριζόμενου δώματος	- 381 -
Εικόνα 13.0-149. Προτεινόμενη θέση τοποθέτησης ηλιακών τοίχων (με μαύρο χρώμα).....	- 381 -
Εικόνα 13.0-150. Σκαριφηματική απόδοση διαμόρφωσης ακάλυπτου χώρου	- 383 -
Εικόνα 13.0-151. Θέσεις τοποθέτησης φωτοβολταϊκών στοιχείων στις όψεις κτιρίων (μπλε χρώμα)	- 384 -
Εικόνα 13.0-152. Θέσεις τοποθέτησης φωτοβολταϊκών στοιχείων στα δώματα των κτιρίων (μπλε χρώμα)	- 385 -
Εικόνα 13.0-153. Σχηματική απόδοση μεθοδολογικής προσέγγισης για τη πράσινη ανάπλαση του οικοδομικού τετραγώνου της μελέτης.....	- 387 -

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση στη σύγχρονη κοινωνία καθώς και τα σημαντικά ενεργειακά και περιβαλλοντικά προβλήματα που αναπόφευκτα απορρέουν από αυτή, καθιστούν επιτακτική την κατάθεση δημιουργικών προτάσεων για την εφαρμογή «καθαρών» ενεργειακών λύσεων. Οι λύσεις αυτές αναφέρονται κυρίως στον οικιακό τομέα, ο οποίος καταναλώνει περίπου το ¼ της συνολικά καταναλισκομένης ενέργειας στην Ελλάδα. Η κατά το δυνατόν μεγιστοποίηση της εξοικονόμησης ενέργειας σε μια κατοικία, μέσα από την εφαρμογή βασικών αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού και την χρήση βιοκλιματικών διατάξεων, επιβάλλεται πλέον να αποτελεί πρωταρχικό στόχο κάθε μηχανικού μελετητή.

Αντικείμενο, λοιπόν, της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η βιοκλιματική μετατροπή ενός υπάρχοντος οικοδομικού τετραγώνου και στόχος της είναι η εύρεση των κατάλληλων επεμβάσεων στο υπάρχον οικοδομικό τετράγωνο. Επίσης μελετάται η προσαρμογή του οικοδομικού τετραγώνου στο καθορισμένο τοπικό κλίμα, ούτως ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και κατά συνέπεια η επιθυμητή ελαχιστοποίηση των ενεργειακών του αναγκών.

Αρχικά αναλύονται οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, τα προσδοκώμενα αποτελέσματα – οφέλη αυτού, οι απαιτήσεις εφαρμογής του καθώς και οι στρατηγικές που υιοθετούνται για τη βελτιστοποίηση της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Επίσης παρουσιάζονται εκτενώς οι έννοιες του θερμικού ισοζυγίου και της θερμικής άνεσης και τονίζεται η εξέχουσα σημασία της θερμομόνωσης του κτιριακού κελύφους για τη μέγιστη απόδοση όλων των τεχνικών του βιοκλιματικού σχεδιασμού που πρόκειται να εφαρμοσθούν.

Σημαντική ενότητα της διπλωματικής εργασίας αποτελεί η περιγραφή των παθητικών συστημάτων θέρμανσης, απλών διατάξεων, που αξιοποιούν τις φυσικές πηγές για θέρμανση ή ψύξη του κτιρίου χωρίς την παρεμβολή μηχανικών μέσων καθώς και η παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας τους. Παράλληλα περιγράφονται τα ενεργητικά συστήματα θέρμανσης, ενώ στη συνέχεια αναλύονται οι τεχνικές και τα συστήματα φυσικού δροσισμού για την αύξηση της θερμικής άνεσης κατά τη θερινή περίοδο με ταυτόχρονη εκμετάλλευση της βλάστησης και της χαμηλής θερμοκρασίας του εδάφους για το δροσισμό του κτιρίου.

Ανεξάρτητη τοποθέτηση αποτελεί η μελέτη της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων τόσο με τη μορφή αυτόνομου, όσο και διασυνδεδεμένου συστήματος.

Περαιτέρω, αναλύεται η έννοια της οπτικής άνεσης, αποσαφηνίζεται ο ορισμός του φυσικού φωτισμού, οι τεχνικές αξιοποίησής του και οι στρατηγικές σχεδιασμού του ενώ επισημαίνεται και η ζωτικής σημασίας ανάγκη εκμετάλλευσής του όσον αφορά στην εξοικονόμηση πολύτιμης ενέργειας.

Ολοκληρώνοντας τη διπλωματική εργασία παρατίθεται η μετατροπή ενός υπάρχοντος οικοδομικού τετραγώνου, με βάση την βιοκλιματική αρχιτεκτονική.

Το βασικότερο, ωστόσο, εύρημα αυτής της εργασίας συνίσταται στην διαπίστωση ότι ακολουθώντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, και μάλιστα ενσωματώνοντας απλές τεχνικές οι οποίες ευνοούνται από το εύκρατο μεσογειακό ελληνικό κλίμα και δεν έχουν μεγάλο κόστος υλοποίησης, δύνανται να μετατραπούν οικοδομικά τετράγωνα που θα είναι εναρμονισμένα στο περιβάλλον προσφέροντας εν παραλλήλω υψηλά επίπεδα θερμικής και οπτικής άνεσης στους ενοίκους τους.

ABSTRACT

Increased energy consumption in modern society and the important energy and environmental problems that inevitably come with it, require the submission of creative proposals for the implementation of clean energy solutions. These solutions mainly refer to the residential sector, which consumes about ¼ of the total energy consumed in Greece. Maximizing energy savings in a house, to the point that this is possible, through the application of principles of bioclimatic design and the use of bioclimatic rules must now be a primary goal of every engineer.

Therefore, the subject of this thesis is to convert an existing block in the suburbs of Athens to a bioclimatic one and aims to find appropriate interventions to the existing block. Moreover, the adaptation of the block to the designated local climate is being studied, in order to achieve maximum utilization of available renewable energy sources and therefore the desirable minimization of its energy needs.

Initially, the principles of bioclimatic design, the anticipated outcomes-benefits that the requirements of application and the strategies that were adopted to optimize the thermal behavior of the building throughout the year are being analyzed. In addition, the concepts of heat balance and thermal comfort are presented in detail. Emphasis is also given to the paramount importance of building envelope insulation for maximum performance of all of the bioclimatic techniques to be applied.

An important section of this thesis is the description of passive-heating systems, which are simple devices that exploit the natural resources to heat or cool a building without the interference of mechanical instruments, and the presentation of their modus operandi. At the same time, the active heating systems are being described and then the technical natural cooling systems for increased thermal comfort in summer are being analyzed with the simultaneous exploitation of vegetation and low soil temperature for the cooling of the buildings.

Independent mounting is the study of the technology of photovoltaic systems, both in autonomous form and interconnected system.

Furthermore, study and discussion over the significance of visual comfort is taking place, while the definition of natural lighting, its technical exploitation and strategic planning is being clarified and the vital need for holding on to save precious energy is highlighted.

Completing the thesis, a conversion of an existing block in Nea Smyrni, Athens is being presented, based on bioclimatic architecture.

The key, however, findings of this study is the verification that following the principles of bioclimatic design, even incorporating simple techniques that are favored by the temperate Mediterranean greek climate and do not have large implementation costs, it is possible to create blocks of buildings that will be harmonized with the environment and at the same time they will offer high levels of thermal and visual comfort to its tenants.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαντίδραση και η σχέση μεταξύ φυσικού περιβάλλοντος (ελεύθεροι χώροι με πράσινο και εδαφικές καλύψεις) και τεχνητού (κτίρια, οδικό δίκτυο) κυρίως στα αστικά κέντρα, διαμορφώνει κάθε φορά μαζί με ανθρωπογενείς παραμέτρους (κυκλοφορία οχημάτων, χρήση εγκαταστάσεων για θέρμανση, ψύξη κ.α.) τις τοπικές συνθήκες, τόσο από άποψη κλιματική και περιβαλλοντική -θερμική, οπτική, ηχητική άνεση- όσο και από άποψη αισθητικής, λειτουργικής οργάνωσης του χώρου κτλ., που προφανώς επηρεάζουν καθοριστικά την ποιότητα ζωής στις πόλεις.

Για την επιτυχή αντιμετώπιση των παραπάνω που αποτελούν πράγματι πολύπλοκες διαδικασίες, απαιτούνται συνδυασμένες γνώσεις και εμπειρία, κυρίως σε επίπεδο πολεοδομικού-βιοκλιματικού σχεδιασμού σε οικιστικά σύνολα και κτίρια. Και είναι η «βίαιη» ανθρώπινη παρέμβαση στο φυσικό περιβάλλον, που βαθμιαία επηρέασε και επέδρασε τις περισσότερες φορές αρνητικά και καταστροφικά και άλλαξε τη φυσιογνωμία των πόλεων και την αρμονία της φύσης και τις ισορροπίες της.

Δε χρειάζεται να είναι κανείς ειδικός για να αντιληφθεί πως όλα αυτά σε συνδυασμό με τα ενεργοβόρα, μη φιλικά προς το περιβάλλον κτίρια και τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις στην περιφέρεια των πόλεων, δημιούργησαν ίσως μη ή δύσκολα αναστρέψιμες περιβαλλοντικές παρενέργειες

Το ζήτημα της ενεργειακής αυτονομίας, της εξοικονόμησης ενέργειας και της αλλαγής των τεχνολογικών προτύπων τίθεται και πάλι με έμφαση στο προσκήνιο. Η μεγάλη απειλή της κλιματικής αλλαγής μας αναγκάζει να επαναπροσδιορίσουμε τις μέχρι σήμερα επιλογές και να σκεφτούμε σφαιρικά, ξεκινώντας από την ελάχιστη δομική κοινωνική μονάδα, η οποία είναι η κατοικία. Αυτό εντούτοις απαιτεί μία σχεδόν επανάσταση, όσον αφορά τόσο στο σχεδιασμό, όσο και στις προτεραιότητες.

Τα τελευταία χρόνια στο γενικότερο προβληματισμό για την αρχιτεκτονική σύνθεση προστέθηκε ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων. Ο ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων ή ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, ή η ορθολογική χρήση της ενέργειας, είναι έννοιες σχεδόν ταυτόσημες και έχουν αποτελέσει παγκοσμίως κατά τις τελευταίες δεκαετίες βασική προσέγγιση στην κατασκευή των κτιρίων. Στα περισσότερα κράτη η οικολογική δόμηση αποτελεί πλέον βασικό κριτήριο σχεδιασμού μικρών και μεγάλων κτιρίων, το οποίο λαμβάνεται υπόψη από όλους τους μελετητές, αρχιτέκτονες και πολιτικούς μηχανικούς.

Με αυτόν τον τρόπο δόμησης διασφαλίζονται αποδεκτές εσωκλιματικές συνθήκες με τη σωστή θερμική συμπεριφορά του κτιρίου -χειμώνα, καλοκαίρι- και συνεπώς εξασφαλίζονται χαμηλότερες απαιτήσεις ενέργειας για τη θέρμανση, το δροσισμό και τον φωτισμό των κτιρίων, με όλα τα οφέλη που αυτό συνεπάγεται, ενεργειακά, οικονομικά, περιβαλλοντικά, με τη μείωση των εκπομπών CO₂, καλύτερη ποιότητα ζωής κτλ.

Ο παραπάνω στόχος στην περίπτωση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής επιτυγχάνεται με καθαρά σχεδιαστικούς χειρισμούς, ή με διάφορες τεχνικές στην κατασκευή του κτιρίου, περιορίζοντας μ' αυτόν τον τρόπο την εξάρτηση από το μηχανολογικό εξοπλισμό για τη θέρμανση ή ψύξη των κτιρίων.

Ο Alberti ορίζει την Βίο-Αρχιτεκτονική, σαν εκείνη τη νοητική σύλληψη που οδηγεί τη ζωή και την εξέλιξη των ανθρώπινων κοινωνιών, στο να εναρμονιστούν όσο το δυνατόν καλύτερα και πληρέστερα με τα κριτήρια: "necessitas, commoditas, voluptas και ecologicas".

- Η "**αναγκαιότητα - necessitas**" → ορίζεται σαν η εναρμόνιση της κατασκευής με τους νόμους της φυσικής και της μηχανικής.
- Η "**άνεση - commoditas**" → εκφράζεται από την κάλυψη μιας μέσης κοινωνικής ανάγκης
- Η "**θελκτικότητα - voluptas**" → ορίζεται σαν η ικανότητα της αρχιτεκτονικής να εκφράζει, με τα δικά της μέσα, μια ποιητική του δομημένου χώρου, που προέρχεται από την εσωτερική ευχαρίστηση της έκφρασης του συναισθήματος της ομορφιάς.
- Η "**οικολογική λογική - ecologicas**" → βασίζεται στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο και στη χρησιμοποίηση οικολογικών υλικών φιλικών προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Ο όρος οικοδομική σήμαινε πάντοτε την «τέχνη του οικοδομείν», δηλαδή του δομείν οίκους. Αν και δεν έχασε ποτέ αυτή του τη σημασία, ο όρος έχει σήμερα ένα νέο περιεχόμενο. Η αυξανόμενη σημασία του περιβαλλοντικού σχεδιασμού για την κοινωνία και την οικονομία, σε συνδυασμό με την όλο και μεγαλύτερη εμπλοκή των ζητημάτων της δομικής φυσικής στο σχεδιασμό των κτιρίων, οδήγησε στην ενσωμάτωσή της τόσο στην οικοδομική, όσο και σε άλλες πλευρές του σχεδιασμού. Με τις ενεργειακές κρίσεις των τελευταίων δεκαετιών και κυρίως με την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1973, το κτίριο αρχίζει πια να αντιμετωπίζεται ως ζωντανός οργανισμός. Εμφανίζεται έτσι, η πρώτη ανάγκη για «οικολογική ισορροπία», η επίτευξη της οποίας δύναται να πραγματοποιηθεί μέσω της εφαρμογής της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στα κτίρια.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική όμως μπορεί να εφαρμοστεί και στα ήδη υπάρχοντα κτίρια και κατά επέκταση στα οικοδομικά τετράγωνα. Τροποποιώντας τα σε κτίρια φιλικότερα προς το περιβάλλον, με χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς πιο οικονομικά. Η τροποποίηση τους γίνεται με βιοκλιματικές παρεμβάσεις. Η παρεμβάσεις αυτές είναι μικρής κλίμακας και δεν αλλάζουν τη βασική δομή του κτιρίου.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Στους αρχαίους λαούς ο αρχιτέκτονας, δηλαδή αυτός που σχεδίαζε τα σπίτια και τους ναούς, ήταν συγχρόνως γιατρός, ώστε να γνωρίζει τους νόμους της φυσικής και της ενέργειας που συμβάλλουν στη διατήρηση της ανθρώπινης υγείας, αστρονόμος, ώστε να γνωρίζει τους νόμους και τους ρυθμούς του Σύμπαντος και ιερέας, που αποτελούσε το μεσολαβητή μεταξύ του Θείου και του ανθρώπινου στοιχείου. Έπρεπε να έχει ακόμα γνώσεις γεωμετρίας, ιστορίας, φιλοσοφίας, μουσικής και μετεωρολογίας.

Ήταν δηλαδή ένας ολιστικός κατασκευαστής. Η μελέτη και η κατασκευή ενός οικολογικού σπιτιού γινόταν έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η σωματική, ψυχική και πνευματική υγεία του ανθρώπου, ταυτόχρονα όμως με σεβασμό στη Φύση.

Από την αρχαιότητα υπάρχουν αναφορές στο θέμα του βιοκλιματικού σχεδιασμού με την έννοια της ιδεώδους κατοικίας, εκείνης δηλαδή που προσφέρει δροσιά το καλοκαίρι και ζέστη το χειμώνα. Ο Σωκράτης γύρω στο 470 π.Χ. με τις οδηγίες του για το ιδανικό ηλιακό σπίτι (Ξενοφώντος απομνημονεύματα) και ο Ιπποκράτης στα 460 π.Χ. με το έργο του «Περί ανέμων, υδάτων και τόπων» είναι οι γενάρχες της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.

Ο Ιππόδαμος ο Μιλήσιος ήταν αρχιτέκτονας, πολεοδόμος, φυσικός, μαθηματικός, μετεωρολόγος και φιλόσοφος. Γεννήθηκε το 498 π.Χ. και πέθανε το 408 π.Χ. Θεωρείται ο πατέρας της πολεοδομίας. Είναι ο πρώτος που συνέλαβε "την πόλεων διαίρεσιν", δηλαδή την αξία ενός απλού χωροταξικού σχεδίου, που δίνει ικανοποιητικές λύσεις στις λειτουργικές ανάγκες των πόλεων. Σπούδασε αρχιτεκτονική και αστρονομία. Για να εξασφαλίσει την υγιεινή λειτουργία των πόλεων ο Ιππόδαμος σχεδίαζε την υδροδότησή τους, φρόντιζε να εφοδιάζονται με άφθονο νερό και τις προσανατόλιζε έτσι ώστε οι κατοικίες να έχουν ήλιο το χειμώνα και δροσιά το καλοκαίρι. Προέβλεψε ακόμα, κλίσεις στους δρόμους για την απομάκρυνση των νερών της βροχής.

Ο Μάρκος Πολλίωνας Βιτρούβιος, Ρωμαίος αρχιτέκτονας, μηχανικός και συγγραφέας, ο οποίος έζησε τον 1ο αιώνα π.Χ., στο έργο του «De Architectura» (γνωστό και ως Δέκα Βιβλία Αρχιτεκτονικής) επισημαίνει ότι η αρχιτεκτονική ενός κτιρίου, εξωτερικά και εσωτερικά, συνίσταται από τα εξής: Τάξις, Διάθεσις, Ευρυθμία, Συμμετρία, Κοσμιότης, Οικονομία.

- Τάξις: είναι ο σχεδιασμός και η διάρθρωση του οικοδομήματος με απόλυτη αίσθηση του μέτρου και της συμμετρίας των επιμέρους με το γενικό σύνολο. Η τάξη πραγματοποιείται μέσω μιας μονάδας μέτρου που παίρνουμε από το ίδιο το κτίριο.
- Διάθεσις: είναι η πρέπουσα διάταξη των στοιχείων. Δηλαδή κάθε πράγμα, έπιπλο, αντικείμενο κλπ, πρέπει να τοποθετείται στην κατάλληλη θέση, με την κατάλληλη διάταξη, αποδίδοντας πάντα την απαραίτητη καλαισθησία χωρίς να ξεφεύγει από την ταυτότητα και το χαρακτήρα του έργου. Πρέπει όλα να είναι εναρμονισμένα με μέτρο, συμμετρία και αρμονία.
- Ευρυθμία: είναι η όμορφη εμφάνιση των μερών ξεχωριστά αλλά και σε σύνολο. Δηλαδή το ύψος να είναι αρμονικά και συμμετρικά δεμένο με το πλάτος, το πλάτος με το μήκος και το μήκος με το ύψος.

- Συμμετρία: είναι η συμφωνία που προκύπτει από την εναρμόνιση του κάθε μέλους του έργου με τα άλλα και η αντιστοιχία των διαφόρων επί μέρους στοιχείων στο σύνολο.
- Κοσμιότητα: ο σημαντικότερος ίσως παράγοντας, ο οποίος βέβαια είναι αλληλένδετος με τους προηγούμενους και φυσικά χωρίς αυτούς δεν μπορεί να υπάρξει. Είναι η αψεγάδιαστη εμφάνιση του έργου, το οποίο είναι κατασκευασμένο με πολύ αξιόπιστο και αυθεντικό τρόπο από αναγνωρισμένα και καθιερωμένα επιμέρους στοιχεία. Αυτό επιτυγχάνεται με τρεις τρόπους:
 - α) «Θεματισμός» δηλαδή όταν το κτίριο έχει κάποιο θέμα και ανταποκρίνεται σε αυτό
 - β) «Έθει» δηλαδή κατά συνήθεια (ήθη και έθιμα)
 - γ) «Φύσει» δηλαδή σύμφωνα με τη φύση.
- Οικονομία: είναι η ισορροπημένη και μη αλόγιστη κατανομή των υλικών, καθώς και η προσεγμένη διάθεση του συνολικού χώρου και σαφώς ο καταμερισμός των δαπανών που χρειάζονται για το όλο έργο με τα απαραίτητα έξοδα και οικονομία.

Η εξέλιξη του οικοδομημένου περιβάλλοντος, σε συνδυασμό με την προσπάθεια κάλυψης των ποικίλων και πολύπλοκων ανθρωπίνων απαιτήσεων, ξεκίνησε παρέχοντας την απαιτούμενη προς επιβίωση προστασία από επιθέσεις ζώων και εχθρών καθώς επίσης και από τις ανεπιθύμητες δράσεις του φυσικού περιβάλλοντος. Αργότερα η ανθεκτικότητα, η κοινωνική κατάσταση, η μόδα και η βελτιωμένη περιβαλλοντική ποιότητα ήταν οι μηχανές που οδήγησαν στην ανάπτυξη.

Σύμφωνα με αυτή την ακολουθία, η προστασία από τις κλιματικές δράσεις ήταν ένας από τους πρωταρχικούς παράγοντες που συνέβαλαν στη μακρά πορεία της ανάπτυξης του οικοδομημένου περιβάλλοντος και την ιστορία της αρχιτεκτονικής.

Η ιστορία της χρήσης της ηλιακής ενέργειας στα κτίρια έχει εκτιμηθεί σε βάθος χρόνου από διάφορους πολιτισμούς από την προϊστορία έως τις μέρες μας, συμπεριλαμβανομένου του κινεζικού, ιαπωνικού, ελληνικού και ρωμαϊκού πολιτισμού. Όλες αυτές οι αναλύσεις δείχνουν ότι η άμεση ανταπόκριση στις κλιματικές μεταβολές ήταν προφανής από τις προϊστορικές κατασκευές, προσφέροντας προστασία από το κρύο και τους ισχυρούς ανέμους καθώς επίσης και προσφέροντας άνετους εσωτερικούς χώρους ελέγχοντας παράλληλα την ηλιακή ακτινοβολία και μετριάζοντας την επίδραση λόγω των θερμοκρασιακών μεταβολών.

Διαπιστώνεται η χρήση του βιοκλιματικού σχεδιασμού και στις πρωτόγονες κατασκευές σύμφωνα με τον τρόπο με τον οποίο τροποποιούνταν οι κλιματικές επιδράσεις. Για παράδειγμα, οι σπηλιές και οι χοντροί πέτρινοι τοίχοι στις κατασκευές ελαττώνουν τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις καθώς τα οργανικά υλικά μειώνουν τις απώλειες θερμότητας επιτρέποντας μία άνοδο στις μέσες θερμοκρασίες.

Ενδεικτικά αναφέρεται η τυπική κατοικία στην αρχαία Όλυνθο της Χαλκιδικής, τα κύρια δωμάτια της οποίας είχαν θέα ένα νότιο ημιυπαίθριο χώρο, ένα είδος στοάς που στηριζόταν σε ξύλινες κολώνες. Αν υπήρχε όροφος, το πάνω μέρος της στοάς σχημάτιζε χαγιάτι-λιακωτό. Μπροστά από τις κολώνες υπήρχε αυλή, που ένας χαμηλός συνήθως τοίχος τη χώριζε από το δρόμο. Το χειμώνα, οι χαμηλές ακτίνες του ηλίου περνούσαν από την είσοδο και την αυλή και έφταναν στη στοά και στο χαγιάτι ζεσταίνοντας τα κύρια δωμάτια. Τους καλοκαιρινούς μήνες και ιδιαίτερα τις μεσημεριανές ώρες που ο ήλιος είναι πιο ψηλά στον ορίζοντα και οι ακτίνες του πέφτουν σχεδόν κατακόρυφα, το χαγιάτι και η στοά σκίαζαν τους κατοικήσιμους χώρους

και τους προστάτευαν από την ενοχλητική ηλιακή ακτινοβολία. Ο βόρειος τοίχος των σπιτιών ήταν πλινθόκτιστος με πάχος 0,5m περίπου και προστάτευε τους εσωτερικούς χώρους από τους δυνατούς βόρειους ανέμους. Αν υπήρχαν εκεί παράθυρα, ήταν μικρά και καλά σφραγισμένα τους κρύους χειμωνιάτικους μήνες. Στα σπίτια που είχαν δεύτερο όροφο, φρόντιζαν στη νότια πλευρά να υπάρχουν ανοίγματα ώστε να επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα. Αυτό γινόταν δυνατό μέσα από τη διάταξη των επιπέδων και ένα σύστημα ανάλογο με τους σύγχρονους φεγγίτες.

Οι Ρωμαίοι, για να περιορίσουν τις απώλειες θερμότητας, έκλειναν τα παράθυρα με διαφανή ή ημιδιαφανή υλικά, όπως το γυαλί και η μίκα. Έθεσαν έτσι τις βάσεις για την «παθητική» ηλιακή αρχιτεκτονική. Για το σκοπό αυτό μάλιστα, θέσπισαν μια σειρά από νόμους ώστε όπου υπήρχαν γειτονικές κατασκευές, αυτές να μην εμποδίζουν τον ελεύθερο ηλιασμό των κτιρίων.

Τα ελληνικά σπίτια εκμεταλλεύονταν τη μεγάλη θερμική μάζα (από ψημένη λάσπη ή πέτρα) των δομικών υλικών για την καλύτερη προστασία από τις απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας ή από μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές ανάμεσα στην ημέρα και τη νύχτα, πολύ συχνές στα μεσογειακά κλίματα. Εξαιρετικές ήταν επίσης και οι τεχνικές θερμομόνωσης της οροφής με τα επάλληλα στρώματα από καλάμια, φύκια, χαλίκια και συμπιεσμένο χώμα. Τα κελύφη των κτιρίων ήταν συνήθως σφαιρικά έτσι ώστε η εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία επιφάνειά τους να είναι μικρή και με αυτό τον τρόπο να επιτυγχάνουν μεγαλύτερες αντιστάσεις στις καλοκαιρινές επιθέσεις του ήλιου.

Τα κτίρια αυτά, μπορούν να χαρακτηριστούν ως κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, τόσο κατά τη φάση κατασκευής τους, όσο και κατά τη φάση λειτουργίας τους, σεβόμενα με τον τρόπο αυτό τη Φύση, (από την οποία αντλούν τις πρώτες ύλες τους), αλλά και το χρήστη, ενώ, θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε, ότι η κατασκευή τους μιμείται αυτό που αποκαλούμε «Οικονομία της Φύσης».

Η δόμησή τους έχει γίνει με απλές τεχνικές και με τη χρήση απλών, φυσικών, ατοξικών υλικών, για την κατασκευή και ενσωμάτωση των οποίων δεν έχει γίνει υπερεκμετάλλευση των φυσικών αποθεμάτων, καθώς, κατά κανόνα, επιλέχτηκαν επιτόπια υλικά, χωρίς επεξεργασία. Τα υλικά αυτά είναι φυτικής ή ζωικής προέλευσης, ή υλικά εδάφους και υπεδάφους, που υπήρχαν εν αφθονία στη φύση, (άχυρο, ξύλο, καλάμι, φυσικές ρητίνες, τρίχες ζώων, χώμα, πηλός, πέτρα, μάρμαρο, κ.ά.), ή υλικά παραγόμενα με απλούς φυσικούς τρόπους, (π.χ. ωμόπλινθος), που για την παραγωγή τους έχουν χρησιμοποιηθεί οι δωρεάν παρεχόμενες από τη Φύση ενέργειες.

Από την έρευνα των υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά τη δόμηση των ιστορικών κτιρίων, διαπιστώνεται ότι οι φυσικοί πόροι από τους οποίους προέρχονται είναι ανανεώσιμοι, τα δε υλικά ανακυκλώσιμα ή βιοαποικοδομήσιμα, ενώ, εκτός ελάχιστων εξαιρέσεων, δεν είναι τοξικά. Η άργιλος, (πηλός), κύριο συστατικό των εύφορων εδαφών, τα περισσότερα των οποίων είναι ατοξικά, είναι ένα από τα αρχαιότερα υλικά. Το έτερο, ευρέως χρησιμοποιούμενο υλικό στα ιστορικά κτίρια, ο ασβέστης, αποτελεί επίσης άριστο δομικό υλικό που "αναπνέει", επιτρέποντας έτσι μια σταθερή ανταλλαγή αέρα μεταξύ εσωτερικού χώρου και εξωτερικού περιβάλλοντος. Το χώμα, υλικό που υπάρχει εν αφθονία στη φύση, έχει

ευρεία χρήση στην οικοδομή, κυρίως στα κονιάματα δόμησης, στα δάπεδα, αλλά και στα δώματα σαν μονωτικό υλικό και σαν υλικό πλήρωσης.

Ενδιαφέρον αποτελεί και το γεγονός ότι τα όργανα και οι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται στη φάση δόμησης και λειτουργίας των ιστορικών κτιρίων, μεταφορικά, ανυψωτικά μέσα κ.ά., αποτελούνται από «έξυπνα» συστήματα, που καταναλώνουν ελάχιστη ενέργεια, ή εκμεταλλεύονται τη δωρεάν παρεχόμενη ενέργεια του ήλιου, του αέρα, κλπ.

Περαιτέρω, οι ανοικτές δομές παρέχουν προστασία από τον ήλιο και τη βροχή, διατηρώντας τις εξωτερικές θερμοκρασίες στο εσωτερικό και επιτρέποντας την εκμετάλλευση της δροσερής αύρας. Ακόμη και στις προϊστορικές εποχές, αυτά τα παραδείγματα παρέχουν μία απόδειξη της πρωταρχικής τεχνογνωσίας ότι τα κτίρια μπορούν να τροποποιήσουν το κλίμα και ότι αυτή η τροποποίηση είναι ικανή να παρέχει πιο άνετες συνθήκες διαβίωσης.

Γι' αυτό το λόγο τα ιστορικά κτίρια χρησιμοποιούν πλήθος συστημάτων και τεχνικών, που εξασφαλίζουν το «φυσικό» δροσισμό των κτιρίων, χωρίς να καταναλώνουν ενέργεια. Αυτό επιτυγχάνεται με τα αίθρια, τους κήπους και τα δασάκια που καθαρίζουν την ατμόσφαιρα, τις καλαμωτές, τα μακρόστενα μικρά παράθυρα με τους ανοιγόμενους φεγγίτες ή τα ανοίγματα στην οροφή, τη διαμπερότητα των ανοιγμάτων και τα μεγαλύτερα ύψη των ορόφων. Με βάση τις πιο πάνω αναπτυχθείσες μεθοδολογίες, τα κτίρια μπορούν και λειτουργούν σαν μεμβράνες εσωκλιματικής ρύθμισης.

Συμπερασματικά, τα ιστορικά κτίρια έχουν να μας διδάξουν πολλά πάνω στον τομέα εξοικονόμησης ενέργειας, αρκεί να παρατηρήσουμε προσεκτικά και να ερμηνεύσουμε ορθά τον τρόπο δομής, τις τεχνικές και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και τη λογική του σεβασμού των Φυσικών Νόμων και της, καλώς εννοούμενης, ήσσοнос προσπάθειας λογικής που επικρατεί κατά κόρον στη Φύση και σύμφωνα με την οποία, ένα έργο οφείλει να παράγεται με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, διότι κανείς δε δικαιούται να καταναλώνει κάτι που δεν μπορεί να αναπαραγάγει.

Εν κατακλείδι, Αρχιτεκτονική είναι η «τέχνη του κατοικείν» και του «ευ ζην με αρμονία» υπό την αιγίδα της αρχαίας σκέψης και φιλοσοφίας, από όπου πηγάζει η αγωγή του πολίτη καθώς και το ήθος του.

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ

Το κλίμα της γης πάντα άλλαζε και πάντα θα αλλάζει. Στο παρελθόν, το κλίμα έχει πολλές φορές μεταβληθεί ως αποτέλεσμα φυσικών αιτιών. Παρ' όλα αυτά όμως, οι αλλαγές που παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια καθώς και αυτές που προβλέπονται για το μέλλον, οφείλονται στην ανθρώπινη συμπεριφορά και κυρίως στο σημερινό μοντέλο ανάπτυξης, το οποίο βασίζεται στην υπερκατανάλωση αγαθών και στην αλόγιστη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων.

Η υπερθέρμανση του πλανήτη, απόρροια του φαινομένου του θερμοκηπίου, οδηγεί συστηματικά τα τελευταία χρόνια σε κλιματικές αλλαγές, που στο μέλλον, αν δεν αντιμετωπιστούν με αποτελεσματικό τρόπο, θα ενταθούν με αποτέλεσμα να θέσουν σε κίνδυνο την ευημερία των ανθρώπων και την επιβίωση φυτών και ζώων σε όλο τον κόσμο.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι το πιο σημαντικό από τα αέρια που προκαλούν την υπερθέρμανση του πλανήτη και προέρχεται κυρίως από την ανεξέλεγκτη καύση των ορυκτών καυσίμων. Σήμερα, η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα είναι η υψηλότερη που έχει παρατηρηθεί τα τελευταία 420.000 χρόνια. Αυτή η ανεξέλεγκτη αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα οδηγεί στον εγκλωβισμό υπερβολικής ποσότητας θερμότητας με συνέπεια την αύξηση του πάχους της «κουβέρτας του θερμοκηπίου», γεγονός που προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της Γης και η οποία με τη σειρά της οδηγεί στην καταστροφική αλλαγή του κλίματος.

Οι επιπτώσεις που απορρέουν από τυχόν κλιματικές μεταβολές είναι πολλές και ποικίλες, επηρεάζοντας ζωτικούς τομείς του περιβάλλοντος, της κοινωνίας και της οικονομίας. Μερικές από αυτές που αναμένεται να παρουσιασθούν στο προσεχές μέλλον είναι οι ακόλουθες:

- Κατά τα επόμενα είκοσι χρόνια εκατοντάδες εκατομμύρια άνθρωποι δεν θα έχουν αρκετό νερό για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους. Μεταξύ αυτών θα είναι Αφρικανοί και Λατινοαμερικάνοι οι οποίοι τώρα διαθέτουν νερό. Από το 2050, περισσότεροι από ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι ενδεχομένου να αντιμετωπίσουν παρόμοιο πρόβλημα στην Ασία. Από το 2080 η έλλειψη νερού θα απειλήσει 1,1 έως 3,2 δισεκατομμύρια ανθρώπους.

- Οι θάνατοι στα φτωχά στρώματα του πληθυσμού από ασθένειες που θα σχετίζονται με την υπερθέρμανση του πλανήτη, όπως διάρροια και υποσιτισμός, θα αυξηθούν από το 2030. Η ελονοσία και ο δάγκειος πυρετός πιθανότατα να γνωρίσουν έξαρση.

- Οι μικροί παγετώνες της Ευρώπης θα εξαφανισθούν, ενώ πολλοί από τους μεγάλους θα συρρικνωθούν δραματικά, έως το 2050. Το 50% της χλωρίδας της Ευρώπης θα κινδυνεύσει με εξαφάνιση ή θα αφανισθεί ως το 2100.

- Περίπου 100 εκατομμύρια άνθρωποι θα μένουν κάθε χρόνο άστεγοι λόγω των πλημμύρων από το 2080 και μετά.

- Περίπου 200 ως 600 εκατομμύρια άνθρωποι θα βρεθούν αντιμέτωποι με το φάσμα της πείνας ως στα τέλη του 21ου αιώνα.

- Το νέφος στις μεγάλες πόλεις θα διογκωθεί και οι θάνατοι που θα σχετίζονται με την τρύπα του όζοντος θα αυξηθούν κατά 4,5% στα μέσα της δεκαετίας του 2050 σε σχέση με τα επίπεδα της δεκαετίας του 1990.

- Από το 2050 και έπειτα πολλά ζώα που διαβιούν σε ψυχρά κλίματα, όπως οι πολικές αρκούδες, μπορεί να απαντώνται περισσότερο σε ζωολογικούς κήπους, αφού οι φυσικές κατοικίες τους θα έχουν καταστραφεί.

Μακροπρόθεσμα όμως τα προβλήματα προβλέπεται πως θα επιδεινωθούν. Τις μεγαλύτερες ζημιές αναμένεται να υποστούν τα οικοσυστήματα των ωκεανών και των παράκτιων περιοχών, οι υδροφόρες περιοχές και οι παράκτιοι οικισμοί. Χειρότερα αναμένεται να πληγούν από την αλλαγή του κλίματος η Αφρική και η Ασία. Η Βόρειος Αμερική, η Ευρώπη και η Αυστραλία πιθανολογείται να δεχθούν τις ηπιότερες των συνεπειών.

Όπως σημειώνουν πάντως οι επιστήμονες πολλές, αν όχι όλες, από τις επιπτώσεις που αναφέρονται μπορούν να αποτραπούν, αν μέσα σε χρονική περίοδο μιας γενεάς η διεθνής κοινότητα διακόψει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και σταθεροποιηθεί η εκπομπή των ρυπογόνων αερίων.

Το 1987 η Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη του ΟΗΕ, δημοσίευσε τα πορίσματά της στην Έκθεση με τίτλο «Το Κοινό μας Μέλλον», αποτυπώνοντας με τον πιο σαφή και συνεκτικό τρόπο τις μέχρι τότε διάχυτες περιβαλλοντικές ανησυχίες και αναδεικνύοντας την αναποτελεσματικότητα των λίγων και αποσπασματικών προσεγγίσεων αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Παράλληλα, η Έκθεση αυτή, περισσότερο γνωστή και ως Έκθεση Brundtland, εισήγαγε τον όρο «Βιώσιμη Ανάπτυξη» ως μέτρο αξιολόγησης και στόχο πολιτικής για τις σημερινές κοινωνίες, προβάλλοντας τις συνέπειες που θα έχουν οι κυρίαρχες σήμερα πρακτικές παραγωγής και κατανάλωσης στους μελλοντικούς κατοίκους του πλανήτη.

Η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών της 22 Δεκεμβρίου 1989, είχε ζητήσει τη σύγκλιση μίας Παγκόσμιας Διάσκεψης η οποία θα επεξεργαζόταν διάφορες στρατηγικές, στοχεύοντας να ενθαρρύνει την αειφόρο και οικολογική ανάπτυξη σε όλες τις χώρες. Η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το εμπόριο και το περιβάλλον, η οποία ονομάζεται επίσης: "Σύνοδος Κορυφής για τον Πλανήτη Γη" διεξάχθηκε από τις 3 ως τις 14 Ιουνίου του 1992 στο Ρίο ντε Τζανέιρο. Από τα σημαντικότερα επιτεύγματα της Διάσκεψης ήταν η υιοθέτηση της Agenda 21, ενός παγκόσμιου προγράμματος δράσης για την ενεργοποίηση των τοπικών κοινοτήτων στην κατεύθυνση της Βιώσιμης Ανάπτυξης. Η διακήρυξη του Ρίο συμπύκνωσε σε ένα σύνολο οικουμενικών αρχών τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις των χωρών, καθώς και τη δρομολόγηση μιας σειράς διεθνών συμφωνιών και δεσμευτικών συμβάσεων για την αντιστροφή της πορείας κατάρρευσης του φυσικού περιβάλλοντος. Το περιβάλλον, αναδεικνύεται πλέον ως προϋπόθεση για την επιβίωση των ανθρώπινων κοινωνιών, αλλά και η κρίσιμη παράμετρος για την ανάπτυξη, ενώ εντοπίζεται η αλληλεξάρτηση μεταξύ περιβαλλοντικής υποβάθμισης, κοινωνικής ευημερίας και οικονομικής αποδοτικότητας. Η τεκμηρίωση αυτών των σχέσεων αλληλεξάρτησης περνάει μέσα από την αναγνώριση των αιτιών και συνεπειών που χαρακτηρίζουν μια σειρά φαινομένων περιβαλλοντικής υποβάθμισης και που συνιστούν ορατές απειλές για την ίδια την επιβίωση στον πλανήτη.

Το 1997, η συνθήκη του Άμστερνταμ ανέδειξε τη Βιώσιμη Ανάπτυξη ως κεντρικό στοιχείο της Ευρωπαϊκής πολιτικής.

Το 1998 δρομολογήθηκε η "διαδικασία Κάρντιφ" η οποία ζητούσε από τους διαφόρους κλάδους να καταρτίσουν στρατηγικές και προγράμματα για την προώθηση της προστασίας του περιβάλλοντος στο πεδίο δραστηριοτήτων του καθενός. Η προσέγγιση αυτή εφαρμόστηκε πρώτα στις μεταφορές, την ενέργεια και τη γεωργία, για να επεκταθεί τελικά σε όλους τους τομείς και κλάδους.

Στο Γκέτεμποργκ, τον Ιούνιο του 2001 διατυπώνεται πλέον η Ευρωπαϊκή Στρατηγική για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη με την σαφή προσθήκη και εξειδίκευση της περιβαλλοντικής διάστασης, ενώ επιβεβαιώνεται η ανάγκη συστηματικής παρακολούθησης της προόδου των χωρών-μελών για την επίτευξη των στόχων της.

Στο Λάακεν, το Δεκέμβριο του 2001, επιβεβαιώθηκε η ανάγκη μετάβασης από το στάδιο του σχεδιασμού στο στάδιο της εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Στρατηγικής, ενώ κλήθηκαν οι χώρες μέλη να διατυπώσουν τη δική τους Εθνική Στρατηγική Βιώσιμης Ανάπτυξης μέσα από μια διαδικασία ευρείας ανταλλαγής απόψεων και επίτευξης πολιτικών συναινέσεων. Παράλληλα, τονίστηκε η χρησιμότητα ολοκλήρωσης αυτών των Εθνικών Στρατηγικών πριν από την Παγκόσμια Συνδιάσκεψη Κορυφής του Γιοχάνεσμπουργκ.

Στο εσωτερικό επίπεδο, η Ευρωπαϊκή Στρατηγική για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη καθόρισε - σε πρώτη φάση- τέσσερις τομείς προτεραιότητας για τους οποίους προσδιόρισε συγκεκριμένους στόχους και μέτρα επίτευξης τους:

1. Την ενδυνάμωση των προσπαθειών για την αντιμετώπιση της κλιματικής μεταβολής.
2. Την αναδιάρθρωση του συστήματος μεταφορών στην κατεύθυνση της βιωσιμότητας.
3. Την προστασία της δημόσιας υγείας από τους κινδύνους που εγκυμονεί η υποβάθμιση του περιβάλλοντος, καθώς και οι πρακτικές που εφαρμόζονται σήμερα σε όλο το κύκλωμα της διατροφικής αλυσίδας.
4. Τη βελτίωση της οικο-αποδοτικότητας στη διαχείριση των φυσικών πόρων.

Το πρωτόκολλο του Κιότο τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005. Πρόκειται για μια φιλόδοξη όσο και περίπλοκη συμφωνία 141 χωρών, με δεσμευτικό χαρακτήρα, που στοχεύει στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και των κλιματικών αλλαγών. Θέτει διεθνείς περιορισμούς στις εκπομπές των αερίων ρύπων ώστε να μειωθούν στα ανεπτυγμένα κράτη κατά 5,2% μεταξύ 2008-2012 (ως προς τα επίπεδα εκπομπών του 1990). Πήρε το όνομά του από την παλιά πρωτεύουσα της Ιαπωνίας, όπου υπογράφηκε το 1997 και προέκυψε από τη διεθνή σύμβαση για τις κλιματικές αλλαγές, που είχε υπογραφεί στη Διάσκεψη του Ρίο το 1992.

Οι παραπάνω ενέργειες διατυπώνουν σαφώς ότι οι εναλλακτικές λύσεις υπάρχουν ήδη. Ο συνδυασμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (όπως αιολική, ηλιακή, γεωθερμία κλπ.) με την εξοικονόμηση και ορθολογική χρήση των ενεργειακών πόρων του πλανήτη είναι τα αναγκαία εκείνα μέτρα που θα αποτρέψουν τις κλιματικές αλλαγές. Ως εναλλακτική λύση προτείνεται και η βιώσιμη ή αειφόρος ανάπτυξη, η οποία στοχεύει στη συνετή διαχείριση του φυσικού χώρου, στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας για την κάλυψη των

ενεργειακών αναγκών του δομημένου χώρου, στην κατά το δυνατόν χαμηλότερη εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα, στη χρήση ήπιων τεχνικών και υλικών μη επιβλαβών για την υγεία των ανθρώπων. Με άλλα λόγια στοχεύει στην καθιέρωση προδιαγραφών οικολογικής προσέγγισης για το σχεδιασμό και τη χρήση των χώρων ζωής.

Η βιοκλιματική αντίληψη για τον σχεδιασμό οικιστικών συνόλων και κτιρίων εντάσσεται στη στρατηγική μίας ήπιας, συμβιωτικής διαχείρισης του φυσικού και του δομημένου χώρου και του περιβάλλοντός του, με επιλογές που συντείνουν στη διατήρηση των οικοσυστημάτων. Επιχειρεί να προσδιορίσει την αρχιτεκτονική με αρχές και κατευθύνσεις που βασίζονται στην αρμονική συνύπαρξη φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, χρησιμοποιεί τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κυρίως την αδάπανη ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση και το φυσικό φωτισμό των κτιρίων, τους δροσερούς ανέμους για τη φυσική τους ψύξη, με τεχνικές ήπιες, αποκαθιστώντας έτσι σε μεγάλο βαθμό τη διαταραγμένη ισορροπία ανάμεσα στο δομημένο και τον φυσικό χώρο.

Η προκύπτουσα αρχιτεκτονική χαρακτηρίζεται φιλική τόσο προς το περιβάλλον, όσο και προς τους χρήστες, γιατί επιφέρει τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση στη φύση. Ουσιαστικά η βιοκλιματική αντίληψη για τον σχεδιασμό του χώρου εμπλουτίζει την αρχιτεκτονική, γιατί εμπεριέχει την περιβαλλοντική διάσταση και την αντίστοιχη ευαισθησία.

Οι εξελίξεις αυτές δείχνουν ότι ο στόχος της Βιώσιμης Ανάπτυξης αποτελεί πλέον αναπόσπαστο στοιχείο της Ευρωπαϊκής στρατηγικής για τον 21ο αιώνα. Η ίδια η έννοια της Βιώσιμης Ανάπτυξης έχει πια καθιερωθεί στο επιστημονικό αλλά και στο καθημερινό λεξιλόγιο, ενώ κατακτά μια περίοπτη θέση και στην πολιτική ατζέντα, τόσο σε διεθνές όσο και σε εθνικό επίπεδο. Το ζητούμενο σήμερα είναι η μετουσίωση της σε ένα λειτουργικό σύνολο στόχων και μέτρων πολιτικής. Η πρόκληση είναι παρούσα. Ιδιαίτερα οι ανεπτυγμένες χώρες της Δύσης έχουν μια μοναδική ευκαιρία να ανταποκριθούν σ' αυτή και να συμφωνήσουν σε μια παγκόσμια σύμπραξη για έναν δικαιότερο κόσμο που δεν θα απειλεί το φυσικό περιβάλλον και δεν θα απειλείται από την παραβίαση των ορίων και αντοχών του.[32]

Η κατάσταση στην Ελλάδα...

Οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών είναι πλέον εμφανείς και στη χώρα μας. Το μέλλον μάς επιφυλάσσει ζέστη και λιγότερες βροχές. Σε αυτό το συμπέρασμα συγκλίνουν οι εκτιμήσεις της επιστημονικής κοινότητας για τις αλλαγές που πρόκειται να υποστεί το κλίμα της Ελλάδας, οι οποίες αναμένεται να γίνουν ορατές μέσα στις επόμενες δεκαετίες, με πιθανολογούμενη κορύφωσή τους μέχρι το 2100.

Το γνωστό εύκρατο μεσογειακό κλίμα της χώρας μας με τους ήπιους, βροχερούς χειμώνες και τα σχετικώς θερμά και ξηρά καλοκαίρια έχει αρχίσει να αποκλίνει προς μια θερμότερη και περισσότερο ξηρή εκδοχή.

Τα καταγραφέντα στοιχεία δείχνουν τριπλασιασμό της συχνότητας των ακραίων καιρικών φαινομένων μέσα στα τελευταία τριάντα χρόνια και αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, ιδιαιτέρως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, κυρίως από τις αρχές της δεκαετίας

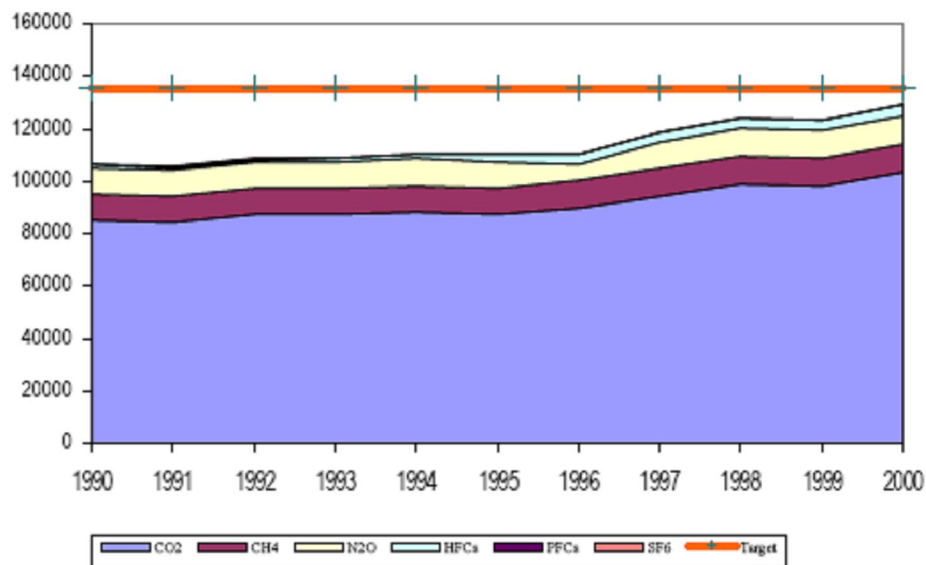
του '90 και μετά. Οι επιστήμονες προβλέπουν γενικά αύξηση της θερμοκρασίας στην ελληνική επικράτεια μεταξύ 0,9 και 2 βαθμούς Κελσίου μέχρι το τέλος του αιώνα και αυτό θα εξαρτηθεί φυσικά από το βαθμό των συγκεντρώσεων των «αερίων του θερμοκηπίου» στην ατμόσφαιρα.

Ένα άλλο ζήτημα είναι οι βροχοπτώσεις. Αν και οι υπάρχουσες επιστημονικές αναφορές είναι αρκετές φορές αντικρουόμενες, το γενικό συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί είναι ότι αναμένεται (και δυστυχώς έχει αρχίσει να παρατηρείται) σημαντική μείωση των βροχοπτώσεων, ειδικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Άμεση συνέπεια αυτού θα είναι η λειψυδρία και η αυξημένη ξηρασία, που εν καιρώ θα οδηγήσουν σε ερημοποίηση.

Όσον αφορά στη στάθμη της θάλασσας, οι επιστήμονες προβλέπουν άνοδο των υδάτων κατά πέντε εκατοστά ανά δεκαετία, με την περιοχή της Θεσσαλονίκης να συγκαταλέγεται ανάμεσα στις πλέον «ευάλωτες» της Μεσογείου.

Οι επιδόσεις μας σχετικά με την κλιματική αλλαγή είναι σχεδόν απογοητευτικές και τα στοιχεία είναι αδιαμφισβήτητα:

- Έχουμε ήδη υπερβεί τα όρια εκπομπών που έθεσε το πρωτόκολλο του Κιότο (οι εκπομπές CO₂ στην Ελλάδα το 2005 ήταν αυξημένες κατά 25.4% σε σχέση με το έτος βάσης. Ο στόχος του πρωτοκόλλου του Κιότο είναι να περιοριστεί η αύξηση στο 25% έως το 2010 σε σχέση με το έτος βάσης, κάτι που ήδη ξεπεράσαμε).
- Δεν θα πιάσουμε το στόχο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ο στόχος για την Ελλάδα ήταν το 20.1% του ηλεκτρισμού να παράγεται από ΑΠΕ έως το 2010. Σήμερα το ποσοστό αυτό κυμαίνεται μόλις στο 9-10% περίπου συμπεριλαμβανομένων και των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων).
- Η συνολική κατανάλωση ενέργειας στη χώρα μας αυξάνεται κατά 2.7% κάθε χρόνο.
- Κάθε Έλληνας παράγει σχεδόν 12.4 τόνους αερίων του θερμοκηπίου κάθε χρόνο, δηλαδή 12% πιο πάνω από το μέσο ευρωπαϊκό όρο.
- Έχουμε τη μεγαλύτερη εξάρτηση από πετρέλαιο σε όλη την Ευρώπη των 25 (το 2004, η ενεργειακή εξάρτηση της χώρας από το πετρέλαιο έφτανε το 65%).
- Κίνητρα για την εξοικονόμηση ενέργειας και την εισαγωγή ΑΠΕ στον οικιακό τομέα δεν έχουν εφαρμοστεί.



Εικόνα 0-1. Εξέλιξη εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου-Στόχος του Κότο για την Ελλάδα [85]

Η Ελλάδα, χώρα προνομιακά προικισμένη όσον αφορά στο φυσικό της περιβάλλον, θεωρεί την επαπειλούμενη αλλαγή του κλίματος σοβαρότατο κίνδυνο. Πολύ περισσότερο, που η αντιμετώπιση της κλιματικής μεταβολής αποτελεί πρωταρχικό στόχο της ευρωπαϊκής πολιτικής για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη και η ΕΕ ηγείται της προσπάθειας για τη δέσμευση της διεθνούς κοινότητας σε ένα σαφές χρονοδιάγραμμα λήψης μέτρων με συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους. Οι βασικοί άξονες δράσης για την κλιματική μεταβολή σε εθνικό επίπεδο είναι:

- **Αναδιάρθρωση και διαφοροποίηση της προσφοράς ενέργειας:** Ο άξονας αυτός έχει ιδιαίτερο ειδικό βάρος και αποσκοπεί στον περιορισμό των εκπομπών CO₂, για τις οποίες ο ενεργειακός τομέας φέρει την κύρια ευθύνη. Η επιτάχυνση της διεξόδου του φυσικού αερίου και των ΑΠΕ, τόσο στην ηλεκτροπαραγωγή, όσο και στους τομείς τελικής ζήτησης, αποτελούν τις δύο κεντρικές κατηγορίες δράσεων. Η προώθηση της συμπαραγωγής ηλεκτρισμού /θερμότητας αποτελεί μια άλλη συνιστώσα, ενώ περιλαμβάνονται και πρόσθετα μέτρα για τον εκσυγχρονισμό και τη σειρά φόρτισης των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής.
- **Ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση ενέργειας:** Ο άξονας αυτός επικεντρώνεται επίσης στις εκπομπές CO₂ και διαρθρώνεται σε κατηγορίες δράσεων για κάθε τομέα τελικής ζήτησης. Περιλαμβάνει την προώθηση τεχνολογιών ανάκτησης ενέργειας, νέων αποδοτικών συσκευών και εξοπλισμού, συντήρηση εξοπλισμού, καθώς και πρόσθετα μη τεχνικά μέτρα για τη μείωση της τελικής ενεργειακής ζήτησης.
- **Μέτρα περιορισμού άλλων αερίων του θερμοκηπίου:** Ο άξονας αυτός επικεντρώνεται κυρίως στη βιομηχανία και τη γεωργία και αποσκοπεί στη δραστική μείωση των αερίων του φθορίου, καθώς και τη συγκράτηση ή και μείωση των εκπομπών του μεθανίου και του υποξειδίου του αζώτου.
- **Θεσμικά μέτρα:** Ο άξονας αυτός αποσκοπεί στην εναρμόνιση της χώρας με τις κοινές πολιτικές και τα μέτρα που επεξεργάζεται η ΕΕ, και παράλληλα προβλέπει τη λειτουργία

ενός μηχανισμού ελέγχου της πορείας και της απόδοσης των μέτρων, συμπεριλαμβανομένης της συγκρότησης Εθνικής Επιτροπής για τις Κλιματικές Αλλαγές.

Εν κατακλείδι, πραγματικά υπάρχει χώρος κινήσεων για την Ελλάδα. Το θέμα είναι ποιός ή ποιοί θα ξεκινήσουν αυτή τη μάχη, που δεν έχουμε άλλη επιλογή παρά να την κερδίσουμε. Στο κέντρο αυτής της προσπάθειας βρίσκεται ο σύγχρονος άνθρωπος, ο οποίος πρέπει από εγωκεντρικό άτομο να ξαναγίνει υπεύθυνο πρόσωπο με οικολογική συνείδηση και υπεύθυνη συμπεριφορά.[32]

Εκπομπές ρύπων

Κατά τα τελευταία 200 χρόνια, οι εκπομπές των αερίων ρύπων που οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν συσσωρευτεί στην ατμόσφαιρα. Τέτοιου είδους αέρια είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O), οι φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες (HFC_s), οι υπερφθοράνθρακες (PFCs) και το εξαφθοριούχο θείο (SF₆). Από αυτά, το διοξείδιο του άνθρακα, του οποίου η αύξηση της συγκέντρωσης στη ατμόσφαιρα προκαλείται από την καύση ορυκτών καυσίμων, συμβάλλει τα μέγιστα στην κλιματική αλλαγή, καθώς αντιστοιχεί στο 80% των εκπομπών όλων των αερίων του θερμοκηπίου.

Το CO₂ απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από δύο κύριες πηγές:

- την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της καύσης γαιάνθρακα (λιγνίτη)
- τις μεταφορές

Η παραγωγή ενέργειας από την καύση ορυκτών καυσίμων, η οποία χρησιμοποιείται για ηλεκτρισμό, θέρμανση και μεταφορές, έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα από κάθε άλλη ανθρώπινη δραστηριότητα. Ο τομέας παραγωγής ηλεκτρισμού έχει την μεγαλύτερη ευθύνη παγκοσμίως όσον αφορά την κλιματική αλλαγή. Παράγει το 37% των ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), εκλύοντας 23 δισεκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) τον χρόνο, δηλαδή περισσότερους από 700 εκατομμύρια τόνους το δευτερόλεπτο. Ο γαιάνθρακας (κάρβουνο) είναι το πιο πλούσιο ορυκτό σε άνθρακα από όλα τα άλλα ορυκτά καύσιμα (π.χ πετρέλαιο, φυσικό αέριο). Η καύση του παράγει 70% περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα ανά μονάδα ενέργειας, σε σχέση με το φυσικό αέριο. Ο λιγνίτης είναι ο πιο «βρώμικος» από όλα τα είδη γαιάνθρακα και η καύση του παράγει τις περισσότερες εκπομπές CO₂ ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.

Η εμμονή στην χρήση των πλέον ρυπογόνων καυσίμων είναι σίγουρο ότι θα προκαλεί ολοένα και περισσότερα προβλήματα στη μάχη ενάντια στην κλιματική αλλαγή.[40]

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

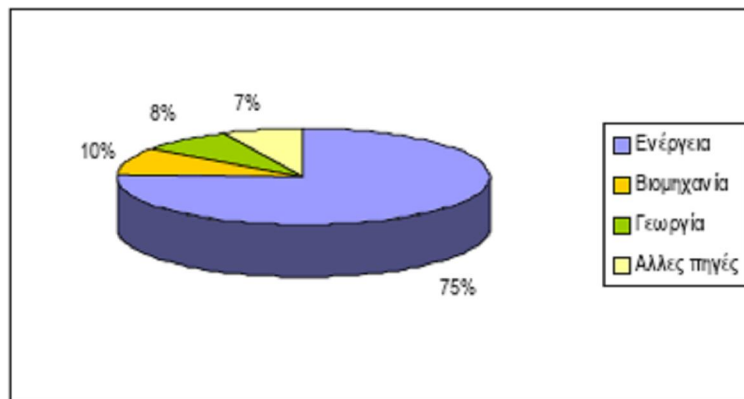


Εικόνα 0-2. Ο πλανήτης μέσα στο θερμοκήπιο[46]

Σε απόσταση 25km από την επιφάνεια της Γης υπάρχει ένα λεπτό στρώμα από αέρια, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το υποξείδιο του αζώτου και το όζον, το οποίο δρα ομοίως με το γυαλί ενός θερμοκηπίου, δηλαδή ενώ επιτρέπει την είσοδο της θερμότητας που μεταφέρει η υπεριώδης ακτίνα του ήλιου, εμποδίζει την έξοδο της θερμότητας προς το διάστημα. Και αυτό γιατί η υπεριώδης ακτινοβολία θερμαίνει την επιφάνεια της Γης, η οποία εξαναγκάζεται σε εκπομπή υπέρυθρης ακτινοβολίας, την οποία απορροφούν τα αέρια και μόνο ένα μέρος μπορεί να διαφύγει στο διάστημα. Το φαινόμενο αυτό ονομάστηκε από το Γάλλο μαθηματικό Fourier το 1822 «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Είναι μια φυσική διαδικασία, χάρη στην οποία η επιφάνεια της Γης κρατά ένα ποσό θερμότητας και διατηρεί σταθερή την μέση θερμοκρασία της στους 15 περίπου βαθμούς Κελσίου. Δίχως αυτή, η Γη θα ήταν κρύα, περίπου $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, και δεν θα μπορούσε να υπάρχει ζωή. Αντιθέτως, η μέση θερμοκρασία της Γης επιτρέπει την ύπαρξη ζωής και ανάπτυξης.

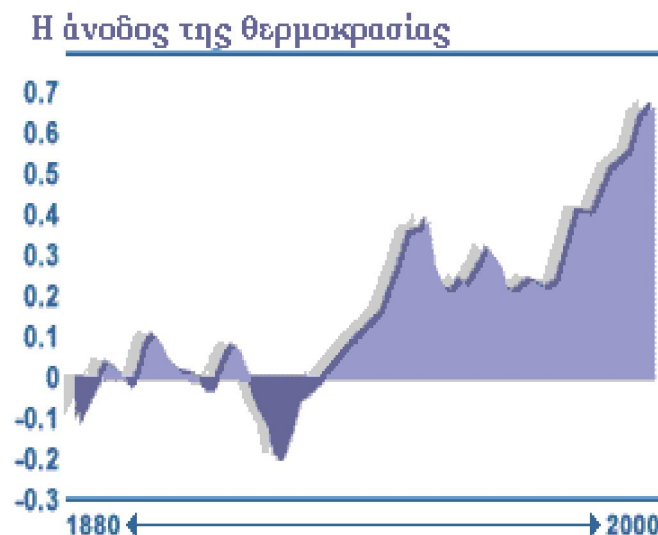
Όμως τα τελευταία χρόνια λέγοντας φαινόμενο θερμοκηπίου δεν αναφερόμαστε στη φυσική διεργασία, αλλά στην έξαρση αυτής, λόγω της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, οι οποίες συμβάλλουν στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι:

- | | | |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ καύση ορυκτών καυσίμων (γαιάνθρακας, φυσικό πετρέλαιο, αέριο) ▪ καταστροφή των δασών σε μεγάλη κλίμακα | } | <p>ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ
ΑΝΘΡΑΚΑ</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ ανάπτυξη της γεωργίας ▪ καύση ορυκτών καυσίμων | } | <p>ΥΠΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ
ΑΖΩΤΟΥ</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ σχηματίζονται και συσσωρεύονται στην ατμόσφαιρα αποκλειστικά λόγω ανθρωπίνων δραστηριοτήτων | } | <p>ΧΛΩΡΟΦΘΟΡΙΟΜΕΝΟΙ
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ ρύποι από βιομηχανίες, αυτοκίνητα, κεντρικές θερμάνσεις | } | <p>ΟΖΟΝ</p> |



Εικόνα 0-3. Πηγές προέλευσης των αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα [85]

Όλα τα παραπάνω έχουν σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή στις συγκεντρώσεις αυτών των αερίων, γεγονός που διαταράσσει το ενεργειακό ισοζύγιο, προκαλεί την αύξηση της απορροφούμενης ακτινοβολίας, τη μεταβολή της θερμοκρασίας και ως εκ τούτου ανεπιθύμητες κλιματικές αλλαγές.



Εικόνα 0-4. Η άνοδος της θερμοκρασίας από το 1880 έως το 2000 [85]

Πολύπλοκα μαθηματικά μοντέλα, δείχνουν ότι η μέση θερμοκρασία της Γης θα αυξάνεται κατά μέσο όρο περίπου $0,3^{\circ}\text{C}$ ανά δεκαετία για τα επόμενα 100 χρόνια. Υπολογίζεται ότι η μέση θερμοκρασία της Γης έχει αυξηθεί κατά $0,5$ με $0,6^{\circ}\text{C}$ από το 1880, λόγω της έξαρσης του φαινομένου και μέχρι το έτος 2100, εάν δεν ληφθούν μέτρα, η αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι από $1,5$ έως 5°C .

Αναμενόμενη συνέπεια αυτού είναι η άνοδος του επιπέδου του νερού της θάλασσας (περίπου 60-70m), που θα οφείλεται στη θερμική διαστολή των ωκεανών και στην τήξη των αρκτικών πάγων, με δυσμενείς έως καταστροφικές επιπτώσεις στις παράκτιες περιοχές. Πρόσφατοι υπολογισμοί εκτίμησαν το ρυθμό ανόδου της στάθμης της θάλασσας σε 1,5 mm το χρόνο περίπου, με δεδομένα της περιόδου 1880-1920 και σε 2,4 mm το χρόνο με δεδομένα της περιόδου 1920-1980. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν μια σαφέστατη ενίσχυση της έντασης του φαινομένου.

Παράλληλα η κατανομή και η συχνότητα των βροχοπτώσεων προβλέπεται ότι θα μεταβληθούν. Θα αυξηθούν οι πλημμύρες, οι καταιγίδες και γενικά οι ακραίες καιρικές συνθήκες θα είναι συχνότερες και εντονότερες.

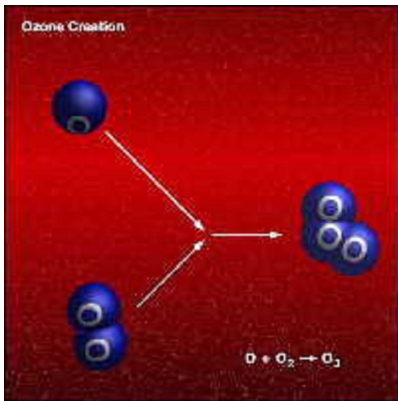
Καθώς η ανησυχία για τις επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου αυξάνεται συνεχώς, γίνεται ολοένα πιο επιτακτική μια παγκόσμια συνεργασία, προκειμένου να ληφθούν

μέτρα για την αντιμετώπιση του προβλήματος και κυρίως για την μείωση των εκπομπών των «αερίων του θερμοκηπίου».[40]

Τρύπα του όζοντος

Το όζον (από την ελληνική λέξη "όζω" - μυρίζω), είναι μια αλλοτροπική μορφή οξυγόνου που έχει τρία άτομα σε κάθε μόριο, με μοριακό τύπο O_3 . Είναι ένα απαλό μπλε, ιδιαίτερα δηλητηριώδες αέριο με ισχυρή μυρωδιά.

Σε ύψος 12km ως 25km πάνω από την επιφάνεια της Γης, δηλαδή στη στρατόσφαιρα,



Εικόνα 0-5. Το μόριο του όζοντος[46]

ένα σχετικά σημαντικό ποσοστό από το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα βρίσκεται ως όζον. Το όζον, κατά το μεγαλύτερο ποσό του, σχηματίζεται σ' αυτή την περιοχή από οξυγόνο της ατμόσφαιρας, με την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας που φτάνει στη Γη από τον ήλιο. Ένα μικρότερο ποσό παράγεται σε χαμηλότερα στρώματα, με την επίδραση ηλεκτρικών εκκενώσεων (αστραπές και κεραυνοί), πάνω στο οξυγόνο της ατμόσφαιρας και τελικά ανεβαίνει και προστίθεται σ' αυτό το στρώμα του όζοντος.

Αυτό το στρώμα του όζοντος, που περιβάλλει τη Γη, αποτελεί μια ζωτικής σημασίας ασπίδα της βιόσφαιρας, καθώς λειτουργεί ως «γυαλί ηλίου» έναντι της καταστροφικής επίδρασης των υπεριωδών ακτίνων της ηλιακής ακτινοβολίας. Πράγματι, αυτό το αέριο απορροφά, σε πολύ μεγάλο βαθμό, αυτή την ακτινοβολία και τη μετατρέπει σε θερμότητα. Με αυτό τον τρόπο, το ποσό της υπεριώδους ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της Γης περιορίζεται σε ένα μικρό μόνο ποσοστό της ακτινοβολίας που φτάνει στα ανώτερα στρώματα της στρατόσφαιρας. Χωρίς αυτή την προστασία, η ζωή, δηλαδή ολόκληρο το φυτικό και το ζωικό βασίλειο, συμπεριλαμβανομένων και των μικροβίων και των ιών, θα έπαυε να υφίσταται πάνω στη Γη.

Τις τελευταίες όμως δεκαετίες διαπιστώθηκε λέπτυνση της στοιβάδας του όζοντος κατά 40% περίπου και συγκεκριμένα το 1985 ο Βρετανός επιστήμονας Joe Farman ανακάλυψε μια σημαντική μείωση του στρώματος του όζοντος πάνω από την περιοχή της Ανταρκτικής (στην περιοχή πάνω από τον Νότιο Πόλο), φαινόμενο που χαρακτηρίστηκε ως «τρύπα του όζοντος». Η τρύπα αυτή από τότε παρακολουθείται άγρυπνα, γιατί η παρουσία της αποτελεί θανάσιμο κίνδυνο για τον κόσμο μας. Μετά από λίγα χρόνια, άρχισε να παρατηρείται και μια ανάλογης έκτασης μείωση του στρώματος του όζοντος και πάνω από τον Βόρειο Πόλο, με μια τάση επέκτασης προς την Ευρώπη και την Αμερική. Στις μέρες μας η τρύπα του όζοντος πάνω από την Ανταρκτική, όπως αναφέρουν επιστήμονες από την Αμερική, είναι μεγαλύτερη και πιο βαθιά από ποτέ.

Μια τέτοια μείωση του στρώματος του όζοντος είναι φανερό ότι προκαλείται εφόσον η καταστροφή του υπερβαίνει την αναπαραγωγή του, και το ερώτημα, βέβαια, είναι τι είναι εκείνο που προκαλεί αυτή την αυξημένη καταστροφή του. Τα αίτια μπορεί να είναι πολλαπλά.

Ορισμένα από αυτά, που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία, μπορεί να είναι απόλυτα φυσικά αίτια, όπως τα αέρια που εκτοξεύονται από μια έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα καταστρέφουν ένα μεγάλο ποσοστό από το όζον της στρατόσφαιρας, για τα οποία δεν μπορούμε να κάνουμε απολύτως τίποτε για να τα αποτρέψουμε.

Άλλα, όμως αίτια μπορεί να οφείλονται στη δραστηριότητα του ανθρώπου και αυτά μπορούν να αποφεύγονται όταν είναι γνωστά. Σε αυτά ανήκει και το σημαντικότερο αίτιο για τη δημιουργία της «τρύπας του όζοντος.» Πρόκειται για την απελευθέρωση προς την ατμόσφαιρα ορισμένων συνθετικών ουσιών, που έχουν την ιδιότητα να καταστρέφουν το όζον σε πολύ μεγάλη έκταση. Οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), που χρησιμοποιούνται σε ψυκτικά μηχανήματα, αεροζόλ κ.α., καθώς και τα αέρια των αεριωθουμένων αεροπλάνων, επιδρούν αρνητικά στην στρατόσφαιρά κατατρώγοντας το όζον. Έχει υπολογιστεί ότι μπορούν να καταστραφούν περισσότερα από 100.000 μόρια όζοντος από ένα και μόνο μόριο CFC.

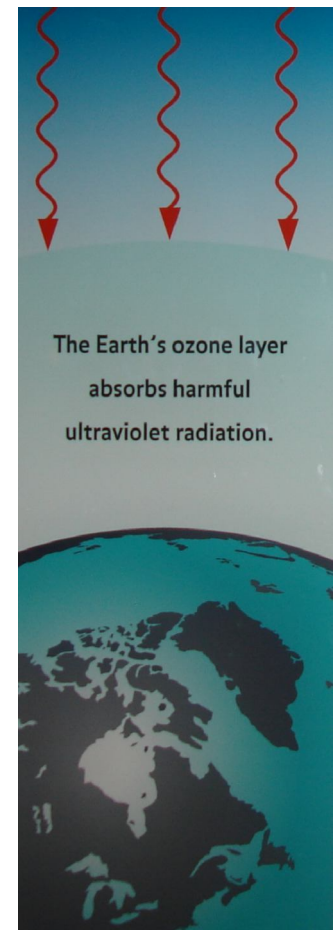
Η ατμοσφαιρική θερμοκρασία είναι επίσης ένας παράγοντας που επηρεάζει το βαθμό μείωσης του στρατοσφαιρικού όζοντος. Το μέγεθος της τρύπας του όζοντος ποικίλλει από έτος σε έτος ανάλογα με τις μεταβολές της θερμοκρασίας στην στρατόσφαιρα.

Οι συνέπειες της μείωσης της στοιβάδας του όζοντος αναμένεται να είναι πολύ επικίνδυνες. Εκτιμάται ότι σε παγκόσμια κλίμακα θα προκαλούνται από αυτή μόνο την αιτία κάπου 600.000 επιπρόσθετες περιπτώσεις καρκίνου του δέρματος και κάπου 3.000.000 επιπρόσθετες περιπτώσεις καταρράκτη στα μάτια. Η αυξημένη ένταση των υπεριωδών ακτίνων επιδρά δυσμενώς και στο ανοσοποιητικό σύστημα του ανθρώπου και των ζώων, με αποτέλεσμα την ανεξέλεγκτη αύξηση των λοιμώξεων γενικά, αλλά και των διαφόρων νεοπλασματικών νόσων, που δεν έχουν άμεση εξάρτηση από την έκθεση του ατόμου στον ήλιο.

Η καταστροφή του στρώματος όζοντος προβλέπεται να προκαλέσει και μια αύξηση στο διοξείδιο του άνθρακα, άρα και την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου που οφείλεται στη μείωση των φυτών και του πλαγκτόν.

Με την αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας απειλείται η βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων και επηρεάζεται δυσμενέστατα το πλαγκτόν όλων των θαλασσών και των ωκεανών της Γης, με συνέπεια τη μείωση του αρχικού, και πρωταρχικής σημασίας, κρίκου της τροφικής αλυσίδας, με ανυπολόγιστες επιπτώσεις στο ζωικό θαλάσσιο πλούτο.

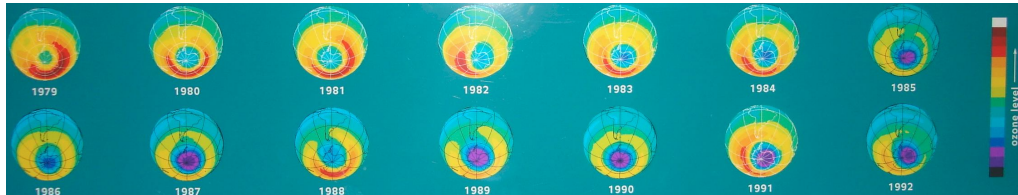
Αλλά και οι επιπτώσεις στη στεριά είναι ζοφερές για την αγροτική παραγωγή, η οποία πιθανολογείται να περιοριστεί σημαντικά.



Εικόνα 0-6. Η στιβάδα του όζοντος απορροφά την επικίνδυνη για τον πλανήτη υπεριώδη ακτινοβολία

Πηγή: American Museum of Natural History

Είναι εύκολο να αντιληφθεί κανείς ότι η ανθρώπινη παρέμβαση στη σύσταση της ατμόσφαιρας είναι θεαματική. Μέσα σε μόλις 30 χρόνια ο άνθρωπος κατέστρεψε τόσο όζον όσο έκανε η φύση να παραγάγει σε 2 δισεκατομμύρια χρόνια. Για το λόγο αυτό επιβάλλεται να ληφθούν μέτρα για τον περιορισμό των ρύπων του διοξειδίου του άνθρακα, την αύξηση των επενδύσεων στις εναλλακτικές μορφές ενέργειας και να δοθούν κίνητρα στις επιχειρήσεις να ρυπαίνουν λιγότερο.[41]



Εικόνα 0-7. Η αλλαγή στη στοιβάδα του όζοντος από το 1979 έως το 1992 όπως καταγράφεται τον Οκτώβριο κάθε έτους

Πηγή: American Museum of Natural History

Το φαινόμενο της αστικής νησίδας

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (heat island effect) συνίσταται στην εμφάνιση θερμοκρασιών στο αστικό περιβάλλον κατά 1-10°C υψηλότερες σε σχέση με τις περιαστικές περιοχές. Με τη μετάβαση από μια αγροτική σε μια περιαστική περιοχή παρατηρείται μια απότομη αύξηση της θερμοκρασίας που σταθεροποιείται στο μεγαλύτερο μέρος της πόλης, ενώ με τη μετάβαση από την περιαστική στην αστική περιοχή σημειώνεται και πάλι αύξηση της θερμοκρασίας, με το μέγιστο να εμφανίζεται επάνω από το κέντρο της πόλης. Η «κορυφή» που παρατηρείται στη θερμοκρασιακή καμπύλη αντιστοιχεί στη μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της αστικής και της αγροτικής περιοχής, η οποία συχνά καλείται ένταση της αστικής νησίδας.

Η αστική νησίδα είναι ένα φαινόμενο το οποίο δεν αναφέρεται αποκλειστικά στα μεγάλης κλίμακας οικιστικά πλέγματα (π.χ. Αθήνα) αλλά εντοπίζεται ακόμη και σε μικρότερες πόλεις, ανεξαρτήτως της έκτασης ή του πληθυσμού τους.

Το φαινόμενο αυτό, αποκτάει ιδιαίτερη σημασία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, δεδομένου ότι οι υψηλές θερμοκρασίες επιδρούν στο αστικό περιβάλλον με την πρόκληση δυσφορίας στους κατοίκους, την αύξηση των δαπανών χρήσης ψύξης και κλιματισμού και την αύξηση της αιχμής στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, το φαινόμενο της θερμικής νησίδας είναι συνήθως υπεύθυνο για τη δημιουργία των φωτοχημικών ρύπων, ειδικά στις πόλεις με μεγάλα διαστήματα ηλιοφάνειας, ενώ έχει επιπτώσεις και στα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης και ειδικά την αιθαλομίχλη, η οποία δημιουργείται από τις φωτοχημικές αντιδράσεις των ρύπων στον αέρα. Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι πιθανότερο να εμφανιστεί και να ενταθεί στις υψηλότερες θερμοκρασίες: όσο υψηλότερη η θερμοκρασία, τόσο πιθανότερος ο σχηματισμός της και, ως εκ τούτου, η συγκέντρωση της αιθαλομίχλης, η οποία βλάπτει το φυσικό περιβάλλον και εγκυμονεί κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία. Και το αποτέλεσμα του φαινομένου της θερμικής νησίδας είναι οι κάτοικοι να υποφέρουν από τη ζέστη, να καταναλώνεται περισσότερη ενέργεια για κλιματισμό και να δημιουργείται αποπνικτική ατμόσφαιρα διότι αυξάνονται οι ατμοσφαιρικοί ρύποι (διοξείδιο του άνθρακα, όζον κ.ά.). Οι επιπτώσεις από τις υψηλές συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων είναι

προφανείς, αφού ο φαύλος κύκλος περιλαμβάνει και την επιβάρυνση των προβλημάτων υγείας (αναπνευστικά και καρδιαγγειακές παθήσεις), με αύξηση των εισαγωγών, όπως έχει παρατηρηθεί, σε νοσοκομεία κατά την εκδήλωση ακραίων φαινομένων όπως ο καύσωνας.

Υπάρχουν διάφορες αιτίες για την εμφάνιση του φαινομένου. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, παρατηρείται μια αλλαγή στη χρήση δομικών υλικών στις πόλεις, όπως το σκυρόδεμα, το γυαλί και η άσφαλτος, τα οποία έχουν διαφορετικές θερμικές ιδιότητες και χρησιμοποιούνται πολύ συχνότερα σε σχέση με τις περιαστικές περιοχές. Η αυξημένη θερμοκρασία που παρουσιάζουν οι πόλεις οφείλεται κυρίως στην πυκνότητα των τσιμεντένιων κατασκευών/οικοδομών και των ασφαλτοστρωμένων δρόμων εις βάρος των ελεύθερων χώρων και των χώρων πρασίνου. Η μεγάλη θερμική αγωγιμότητα και θερμοχωρητικότητα των υλικών αυτών (τσιμέντο, άσφαλτος) σε συνδυασμό με την αντανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας εντείνει τη θέρμανση της πόλης κατά τη διάρκεια της ημέρας και εμποδίζει τη γρήγορη ψύξη μετά τη δύση του ηλίου, με αποτέλεσμα τα υλικά αυτά να αποτελούν πηγές θερμότητας για το αστικό περιβάλλον. Αυτό προκαλεί μια αλλαγή στην ενεργειακή ισορροπία της αστικής περιοχής, που οδηγεί στην εμφάνιση υψηλότερων θερμοκρασιών σε σχέση με τις περιαστικές περιοχές. Η ενεργειακή ισορροπία επηρεάζεται επίσης από την έλλειψη βλάστησης στις αστικές περιοχές. Οι περιοχές πρασίνου μέσα ή κοντά στις πόλεις μπορούν να μετριάσουν το αστικό φαινόμενο της θερμικής νησίδας, δεδομένου ότι τα δέντρα και η βλάστηση δροσιίζουν τον αέρα στην πόλη μέσω σκίασης και της διαδικασίας της εξατμισοδιαπνοής που μπορούν να οδηγήσουν στη μείωση της μέγιστης θερμοκρασίας κατά 1°-5°C. Παράλληλα, ο συνεχώς αυξανόμενος όγκος των οχημάτων που κυκλοφορούν μέσα στην πόλη, οι διάφορες εγκαταστάσεις καύσης (κεντρική θέρμανση, κλιματισμός κτλ.) και η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελούν επιπλέον πηγές θερμότητας για την πόλη που συνδέονται με την ανθρώπινη δραστηριότητα. [33],[43]

1.ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ - ΑΡΧΕΣ

Βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι ο αρχιτεκτονικός και πολεοδομικός σχεδιασμός κτιρίων και οικιστικών συνόλων αντίστοιχα, που επιδιώκει την προσαρμογή του κτιρίου και του οικιστικού συνόλου στο τοπικό κλίμα και το φυσικό περιβάλλον. Σκοπός του είναι η εξασφάλιση κατάλληλων εσωκλιματικών συνθηκών, επιδιώκοντας τη θερμική και οπτική άνεση, μέσω στρατηγικών φυσικού δροσισμού-αερισμού, ηλιοπροστασίας με αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και των φυσικών φαινομένων του κλίματος. Στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των ενεργειακών αναγκών καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και επιτυγχάνει περιορισμό στην κατανάλωση συμβατικής ενέργειας, η οποία εν τέλει χρησιμοποιείται μόνο σαν συμπλήρωμα σε όσα η Φύση έχει ήδη προσφέρει.



Εικόνα 1-1. Το πράσινο σπίτι – Το οικολογικό σπίτι[46]

Η βιοκλιματική λογική στοχεύει άμεσα στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προσαρμογή των κτιρίων στο φυσικό τους περιβάλλον, συμβάλλοντας σημαντικά στην προστασία του. Για το σκοπό αυτό, το κτίριο πρέπει να λειτουργεί ως ηλιακός συλλέκτης, αποθήκη θερμότητας, παγίδα θερμότητας και παγίδα φυσικού δροσισμού.

Οι βασικές αρχές που πρέπει να εφαρμόζονται στα κτίρια είναι οι ακόλουθες:

- Θερμική προστασία των κτιρίων τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων, ιδιαίτερα με την κατάλληλη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του.
- Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων τη χειμερινή περίοδο και για φυσικό φωτισμό όλο το χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με τον προσανατολισμό των χώρων και ιδιαίτερα των ανοιγμάτων (ο νότιος προσανατολισμός είναι ο καταλληλότερος) και την

διαρρυθμίση των εσωτερικών χώρων ανάλογα με τις θερμικές τους ανάγκες και με τα παθητικά ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και αποτελούν «φυσικά» συστήματα θέρμανσης, αλλά και φωτισμού.

- Προστασία των κτιρίων από τον καλοκαιρινό ήλιο, κυρίως μέσω της σκίασης, αλλά και της κατάλληλης κατασκευής του κελύφους.
- Απομάκρυνση της θερμότητας που το καλοκαίρι συσσωρεύεται μέσα στο κτίριο με φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον με συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού, όπως ο φυσικός αερισμός αλλά κυρίως τις νυχτερινές ώρες.
- Βελτίωση - ρύθμιση των περιβαλλοντικών συνθηκών μέσα στους χώρους έτσι ώστε οι άνθρωποι να νιώθουν άνετα και ευχάριστα.
- Εξασφάλιση επαρκούς ηλιασμού και ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας για φυσικό φωτισμό των κτιρίων, ο οποίος θα πρέπει να εξασφαλίζει επάρκεια και ομαλή κατανομή του φωτός μέσα στους χώρους.
- Βελτίωση του κλίματος έξω και γύρω από τα κτίρια, με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των χώρων γύρω και έξω από τα κτίρια και εν γένει, του δομημένου περιβάλλοντος, ακολουθώντας όλες τις παραπάνω αρχές.

1.2. ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΟΦΕΛΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Η πρακτική εφαρμογή της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής συνεπάγεται πολλαπλά οφέλη για τον άνθρωπο, την κοινωνία και το περιβάλλον γενικότερα. Τα οφέλη αυτά είναι:

- Αξιοποίηση της διαθέσιμης ενέργειας του περιβάλλοντος, ώστε να επιτύχουμε εξοικονόμηση ενέργειας και χαμηλότερη κατανάλωση μέσω της βελτιωμένης ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου
- Μείωση θερμικών απωλειών λόγω της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και της συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων
- Μείωση της εξάρτησης από μηχανολογικά μέσα
- Μείωση χρήσης καυσίμων, ηλεκτρισμού και κόστους εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού, φωτισμού
- Μείωση των ρύπων, που προκαλούνται από την καύση των συμβατικών καυσίμων και κατά συνέπεια περιορισμός του φαινομένου του θερμοκηπίου
- Εξασφάλιση θερμικής και οπτικής άνεσης.
- Βελτίωση της ποιότητας ζωής, με μείωση των προβλημάτων υγείας (σύνδρομο του «άρρωστου» κτιρίου). Τα κέρδη στο επίπεδο της υγείας και της ποιότητας ζωής των ενοίκων προκύπτουν κυρίως από τη βελτίωση των χαρακτηριστικών του εσωτερικού αέρα, τη βελτίωση των συνθηκών φωτισμού, τη βελτίωση του ακουστικού περιβάλλοντος και την ενίσχυση του αισθήματος του ευ ζειν.
- Οι χρήστες μπορούν να επωφελούνται, σωματικά και ψυχικά, από ένα υγιές και φυσικό περιβάλλον.
- Η εκμετάλλευση της «θερμικής αδράνειας» που παρουσιάζει το κέλυφος του κτιρίου μπορεί να μειώσει από 30% έως 70% το λειτουργικό κόστος του κλιματισμού.
- Η οικολογική δόμηση αυξάνει την εμπορική αξία των ακινήτων. Κτίρια με μειωμένα έξοδα λειτουργίας και βελτιωμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά, μπορούν να πετύχουν καλύτερες τιμές στην αγορά και να μισθώνονται με υψηλότερα ενοίκια.

1.3. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΟΡΘΟ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Το ιδιαίτερα ήπιο κλίμα στην Ελλάδα, η αυξημένη ηλιοφάνεια και οι δροσεροί καλοκαιρινοί άνεμοι αποτελούν κλιματικούς παράγοντες που επιτρέπουν τη δυνατότητα σχεδιασμού κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, με παθητικές τεχνικές και χωρίς την απαίτηση συστημάτων που αυξάνουν το κόστος κατασκευής (είτε παθητικών, είτε υβριδικών). Η βέλτιστη απόδοση μιας τεχνικής όμως, δεν σχετίζεται μονάχα με την κλιματική περιοχή εφαρμογής, αλλά εξαρτάται ιδιαίτερα και από την συνολική κατασκευή του κτιρίου, τη συμβολή των υπόλοιπων δομικών στοιχείων και τις απαιτήσεις άνεσης που τίθενται από τους χρήστες του κτιρίου.

Όπως προκύπτει από το έργο, αλλά και όπως είναι γνωστό, η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας προκύπτει από το σωστό και ορθολογικό σχεδιασμό. Ο μελετητής λαμβάνει υπόψη του μια σειρά παραμέτρων και καθορίζει κριτήρια και προτεραιότητες που επηρεάζουν καθοριστικά την «ιδέα» του κτιρίου. Έτσι, ξεκινώντας από το θεσμικό πλαίσιο, το κτιριολογικό πρόγραμμα, τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του φορέα, το διαθέσιμο οικόπεδο και την έκταση του κτιρίου προχωρά συνυπολογίζοντας τα χαρακτηριστικά του μικροπεριβάλλοντος (δομημένο περιβάλλον, μορφολογία εδάφους, θέα), τα οικονομικά δεδομένα κ.α. Με τη διαδικασία αυτή αρχίζει το κτίριο να αναπτύσσεται σε τρεις διαστάσεις (κατόψεις, όψεις, τομές), να εντάσσεται στο περιβάλλον του και να αποκτά μορφή. Κατανοητό γίνεται λοιπόν ότι η επιτυχία στο σχεδιασμό προϋποθέτει την επεξεργασία του έργου μέσω συνθετικών επιλογών και σχεδιαστικών χειρισμών.

Σε μια βιοκλιματική μελέτη λοιπόν, λαμβάνουμε υπόψη τα παρακάτω:

- Για ποια χρήση προορίζεται το κτίριο: γραφεία, κατοικία, εμπορικά καταστήματα, σχολεία, βιομηχανία, εργοστάσιο κλπ.
- Κλίμα (μάκρο-μέσο-μίκρο): σε αυτήν την προσέγγιση της διαδικασίας του σχεδίου, το πρώτο στάδιο της ανάλυσης στρέφεται στη μελέτη των κλιματολογικών και περιβαλλοντικών συνθηκών της περιοχής, εξετάζοντας το τοπικό και περιφερειακό κλίμα. Αυτή η ανάλυση είναι βασισμένη στα μετεωρολογικά στοιχεία, τα οποία είναι τυπικά χαρακτηριστικά της θέσης, καθώς και στην αξιολόγηση των μικροκλιματικών συνθηκών, που προκύπτουν από τα χαρακτηριστικά του άμεσου περιβάλλοντα χώρου, δηλαδή την τοπογραφία, την βλάστηση και τα γειτονικά κτήρια. Αυτές οι περιβαλλοντικές συνθήκες συγκρίνονται έπειτα με τις μεταβλητές που απαιτούνται για να επιτευχθεί η άνεση και η ευημερία των κατοίκων. Για αυτόν τον λόγο, οι περιβαλλοντικές μεταβλητές που απαιτούνται για την άνεση συσχετίζονται με τους κλιματολογικούς παράγοντες, δηλαδή τη θερμοκρασία, την υγρασία, τον αέρα και την ηλιακή ακτινοβολία.
- Σωστός Προσανατολισμός-Χωροθέτηση του κτιρίου: σε συγκεκριμένη οικοπεδική έκταση, κατά τρόπο που να αξιοποιούνται οι ευνοϊκές παράμετροι του κλίματος. Για το σωστό προσανατολισμό χρησιμοποιούνται οι ηλιακοί χάρτες, που δείχνουν, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, τη θέση του ήλιου. Το μεγαλύτερο ίσως πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο μελετητής, αφορά στη χωροθέτηση των κτιρίων στο οικόπεδο, στον προσανατολισμό και στη σκιάσή τους από τα γειτονικά κτίρια και εντοπίζεται στα μεγάλα αστικά κέντρα, ή γενικότερα σε πυκνοδομημένες περιοχές. Η χάραξη των μεγάλων δρόμων κυκλοφορίας κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, ή βορρά-νότου, προδιαγράφει και τον κύριο προσανατολισμό των όψεων και το κυριότερο περιορίζει το πλεονέκτημα του νότιου

προσανατολισμού, στην καλύτερη των περιπτώσεων, στο 25% των κτιρίων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δυσκολία εκμετάλλευσης των θερμικών ηλιακών κερδών στην πλειοψηφία των κτιρίων, την υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων, κυρίως στα δυτικά, αλλά και στα ανατολικά προσανατολισμένα κτίρια τη θερινή περίοδο και βέβαια την αναγκαστική απομόνωση των βόρεια προσανατολισμένων κτιρίων από τον ήλιο. Πολλές φορές πάλι ακόμη και όταν διασφαλίζεται ο νότος, το πλεονέκτημα αυτό στην πράξη καταργείται, λόγω σκίασης των όψεων από τα απέναντι κτίρια (σχέση ύψους κτιρίων-πλάτους δρόμων).

- Μορφή κτιρίου: από άποψη ενεργειακή η μορφή του κτιρίου παίζει αποδεδειγμένα καθοριστικό ρόλο στη θερμική του συμπεριφορά, καθώς προδιαγράφει μέσω του κελύφους που λειτουργεί ως φίλτρο, την ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον. Είναι απόφαση του μελετητή η δημιουργία «ανοικτής» ή «κλειστής» μορφής κτιρίου, επιθετικής ή αμυντικής, με την έννοια του ανοικτού με μεγάλα ανοίγματα κτιρίου ή αντίστοιχα κλειστού με μικρά ανοίγματα. Η σωστή επιλογή καθορίζεται από κριτήρια όπως ο προσανατολισμός και η χρήση του κτιρίου, το κλίμα της περιοχής, η θέα, η ασφάλεια, ο θόρυβος, το κόστος κατασκευής κ.α. Εκτός από την παραπάνω επιλογή, στη ευρύτερη έννοια της μορφής θα μπορούσε κανείς να εντάξει και τη σύνθεση των όγκων ενός κτιρίου ή ενός συγκροτήματος. Γενικά ως κανόνας θα μπορούσε να αναφερθεί, ότι όσο πιο ελεύθερη είναι η αρχιτεκτονική μορφή του κτιρίου από άποψη σχήματος ή σύνθεσης όγκων, τόσο πιο ισχυρές θα έπρεπε να είναι και οι μονώσεις του περιβλήματός του, έτσι ώστε να αντισταθμιστούν και οι αυξημένες θερμικές απώλειες συγκριτικά με άλλα κτίρια συμπαγούς μορφής και να επιτευχθεί ένα άνετο εσωκλίμα με περιορισμένες καταναλώσεις. Συνεπώς, προτείνεται η ομαδοποίηση των όγκων στα κτίρια.
- Ανοίγματα: κατά το σχεδιασμό των κτιρίων ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να αποδίδεται στον προσανατολισμό, τη μορφή, το μέγεθος και τη λειτουργία των ανοιγμάτων, ώστε ο μελετητής εκμεταλλευόμενος το τοπικό μικροκλίμα, να επιτυγχάνει ισορροπία στο κτίριο σχετικά με τη θέρμανση, την ψύξη και τον φυσικό φωτισμό. Έτσι θα υπάρξει μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών κατά την περίοδο του χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι θα αποφεύγεται η υπερθέρμανση με τη χρήση κατάλληλης ηλιοπροστασίας. Η θέση των ανοιγμάτων και η θέση των τοίχων επηρεάζει τον τρόπο που κατευθύνεται ο αέρας εντός του κτιρίου και επηρεάζει την ταχύτητά του. Παραδείγματος χάριν καλός αερισμός επιτυγχάνεται αν υπάρχουν ανοίγματα σε αντιμέτωπους τοίχους και τα ανοίγματα είναι ίσου μεγέθους, αλλά όχι στο ίδιο ύψος, ή υπάρχουν καμινάδες για αερισμό στην οροφή. Στις νότιες όψεις μία κάλυψη του 60% της επιφάνειας με μεγάλα παράθυρα, που θα φέρουν κινητά σκίαστρα, αποτελεί μία ενεργειακά αποτελεσματική πρόταση για τη θέρμανση των χώρων το χειμώνα και την προστασία τους το καλοκαίρι, με φυσικό τρόπο από την ηλιακή ακτινοβολία. Τα βορεινά ανοίγματα βοηθούν σε μία καλή ποιότητα φωτισμού των χώρων, διότι δέχονται διάχυτο φως και όχι άμεσο. Συνιστάται να είναι λίγα και μικρά ώστε να μην αυξάνουν το θερμικό φορτίο κατά τη χειμερινή περίοδο. Στις ανατολικές και δυτικές όψεις προτείνονται μεσαίου μεγέθους ανοίγματα για την αποφυγή υπερθερμάνσεων τη θερινή περίοδο. Τέλος, είναι γνωστό ότι το γυαλί έχει απώλειες θερμικής ενέργειας. Έχει διαπιστωθεί ότι όταν στα ανοίγματα χρησιμοποιείται διπλό τζάμι, τότε αυτά έχουν θερμικά κέρδη κατά 23% μεγαλύτερα από τις θερμικές ζημιές κατά το χειμώνα. Απώλειες όμως γίνονται και με την κίνηση του αέρα μέσα από τους αρμούς των κουφωμάτων ή από ανοικτά παράθυρα. Αν στα παράθυρα υπάρξει μόνωση, καλή στεγάνωση των αρμών και τοποθετηθεί βλάστηση ή δέντρα στη βόρεια πλευρά, για την εκτροπή των βοριάδων, τότε το θερμικό ισοζύγιο παρουσιάζει τουλάχιστον 50% όφελος.

- Κέλυφος: η σωστή θερμομόνωση και η ισχυροποίηση της θερμικής προστασίας των συμπαγών δομικών στοιχείων του κελύφους, πέραν της συμβατικής, αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά μέτρα για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών τη χειμερινή περίοδο και τη διατήρηση των πιθανών θερμικών ηλιακών κερδών για μεγάλο διάστημα στους εσωτερικούς χώρους. Εξοικονομείται έτσι ένα σημαντικό ποσοστό ενέργειας για το κτήριο συνολικά. Οι πιο εξειδικευμένες παρεμβάσεις στο κέλυφος (π.χ. παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους) αυξάνουν τις απαιτήσεις και το κόστος κατασκευής και απαιτούν την κατάλληλη ενημέρωση για τη σωστή χρήση τους.
- Δομικά υλικά: τα τεχνικά χαρακτηριστικά των δομικών υλικών καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την ενεργειακή κατανάλωση, αλλά και τη θερμική και οπτική άνεση στα κτίρια. Για να μπορεί να λειτουργεί το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας, να μπορεί δηλαδή να αποθηκεύει στα δομικά του στοιχεία θερμότητα, την οποία θα αποδίδει στον εσωτερικό χώρο κατά τη διάρκεια της νύκτας, πρέπει να χρησιμοποιούνται υλικά με μεγάλη μάζα, ανακλαστικότητα και θερμοχωρητικότητα. Η χρήση υλικών με μεγάλη ανακλαστικότητα βοηθά σημαντικά στη μείωση της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου. Η θερμοχωρητικότητα είναι ιδιότητα χρήσιμη για το χειμώνα όπου η νύκτα είναι κρύα και έτσι η θερμότητα που αποθηκεύεται το μεσημέρι αποδίδεται τη νύκτα. Είναι όμως και χρήσιμη το καλοκαίρι, όπου η μεγάλη θερμότητα που συλλέγεται το μεσημέρι δεν αποδίδεται στο χώρο την ώρα αυτή, αλλά αργότερα που αρχίζουν να πνέουν πιο δροσεροί άνεμοι και έτσι αποφεύγεται η υπερθέρμανση του κτιρίου και η ανάγκη για κλιματιστικές συσκευές. Επιπλέον, επειδή γνωρίζουμε ότι τα υλικά εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία, χρησιμοποιούμε εκείνα που έχουν μεγάλο συντελεστή εκπομπής και συνεπώς αποβάλλουν ευκολότερα την απορροφούμενη θερμότητα. Η ύπαρξη ή μη πόρων, αποτελεί βασικό παράγοντα της θερμομονωτικής αξίας των δομικών υλικών. Είναι προφανές ότι όσους περισσότερους πόρους έχει το υλικό τόσο πιο δύσκολα μεταδίδεται η θερμότητα μέσω της μάζας του. Τέλος, προτείνεται γενικά η χρήση ανακυκλώσιμων και ανανεώσιμων υλικών με υψηλό συντελεστή θερμικής αδράνειας και η χρήση τοπικών υλικών για την αποφυγή απωλειών κατά τη μεταφορά τους.
- Μόνωση: αυτονόητη και αναγκαία θεωρείται η θερμομόνωση και η στεγάνωση των κτιρίων από τα θεμέλιά τους έως την τελική στέγη. Η θερμομόνωση δίνει ενεργειακή αυτοτέλεια στο σπίτι, διασφαλίζει συνέχεια και ομαλότητα στην μετάβαση από εποχή σε εποχή και διαχέει τα ωφελήματά της σε κάθε περίπτωση με ένα τρόπο συνεπή και αποδοτικό, ώστε να έχουμε ζέστη το χειμώνα και δροσιά το καλοκαίρι. Η θερμική προστασία των κτιρίων το χειμώνα εξασφαλίζεται με την εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών στο εξωτερικό κέλυφός τους, δηλαδή τη μόνωση και την αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του. Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο παίζει η μόνωση όλων των δομικών στοιχείων ώστε να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες (χωρίς μόνωση ή περιορισμένης μονωτικής ικανότητας στοιχεία του κελύφους), οι οποίες μπορεί να δημιουργήσουν ευαίσθητα και ευάλωτα σημεία στην οικοδομή, αλλά και συμπύκνωση υδρατμών στις εσωτερικές επιφάνειες. Πρέπει ακόμη να προσθέσουμε ότι ιδιαίτερες ανάγκες για στεγάνωση εμφανίζονται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και την θέση της κατοικίας. Τέλος, πρέπει να σημειώσουμε ότι χρειάζεται επιλογή κατάλληλων υλικών με δεδομένο ότι υπάρχουν μονωτικά - στεγανωτικά υλικά που είναι ευαίσθητα στην υπεριώδη ακτινοβολία, στις έντονες κλιματικές μεταβολές και σε άλλους συντελεστές. Όλοι αυτοί οι παράγοντες απαιτούν υπεύθυνη τεχνογνωσία, ορθή επιλογή των υλικών και κατάλληλο τρόπο εφαρμογής, ώστε να συνδυάζεται το μακροχρόνιο όφελος, η θεραπεία του άμεσου προβλήματος και η ουσιαστική μείωση του κόστους.

- Μονωτικά υλικά: η χρήση μονωτικών υλικών στα κτίρια κατά τη διάρκεια της κατασκευής τους, παρέχει μια ασπίδα προστασίας, τα θωρακίζει δηλαδή από την απώλεια θερμότητας και την υγρασία, πράγμα που σημαίνει άμεσο περιορισμό των εξόδων και καλύτερη ποιότητα ζωής. Βασικό παράγοντα για την επιτυχία της μόνωσης αποτελεί η σωστή επιλογή του θερμομονωτικού υλικού, αλλά και η τοποθέτησή του από τον κατασκευαστή. Όσον αφορά την επιλογή του υλικού, ο ενδιαφερόμενος πρέπει να γνωρίζει το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, τις μηχανικές του ιδιότητες, τη συμπεριφορά έναντι της υγρασίας, την ευκολία τοποθέτησής του και τα χαρακτηριστικά του. Ως προς την κατασκευή και την τοποθέτησή του, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην εφαρμογή του στους αρμούς, στο δάπεδο, τα υπόγεια κτλ. Είναι πολύ σημαντικό να προσδιοριστεί από την αρχή η χρήση της κατοικίας (μόνιμη ή εξοχική), έτσι ώστε να γίνει σωστή επιλογή του σημείου τοποθέτησης της θερμομονωτικής στρώσης. Για παράδειγμα, για μια κατοικία μόνιμης διαμονής, η θερμομονωτική στρώση πρέπει να βρίσκεται στην εξωτερική πλευρά όλης της κατασκευής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των υλικών, συνεπώς δημιουργία ευνοϊκότερων, εσωτερικών συνθηκών και άρα εξοικονόμηση ενέργειας.
- Σκίαση: στοχεύει στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης του ανθρώπου στο εσωτερικό του κτιρίου, δημιουργώντας θερμοκρασίες κατάλληλες για εργασία, ξεκούραση και διαμονή, αλλά και στον έλεγχο του φυσικού φωτισμού, με τη σωστή διανομή του στον εσωτερικό χώρο, συμβάλλοντας στην οπτική άνεση. Στις θερμές περιόδους του έτους, οι ακτίνες του ηλίου συχνά οδηγούν σε υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας. Η κατάσταση αυτή ελέγχεται με την παρεμπόδιση των ηλιακών ακτίνων να φτάσουν στον εσωτερικό χώρο, κάτι που επιτυγχάνεται με μόνιμα, κινητά ή εποχιακά στοιχεία σκίασης. Τα συστήματα σκίασης, ανάλογα με την τοποθέτησή τους σε σχέση με την εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου, μπορούν να είναι εξωτερικά, εσωτερικά ή περιεχόμενα στους υαλοπίνακες. Ο βαθμός σκίασης εξαρτάται από τη θέση του ηλίου, αλλά και τον προσανατολισμό και τη γεωμετρία του κτιρίου. Στόχος είναι η σκίαση του κτιρίου τις περισσότερες δυνατές ώρες της ημέρας σε συνδυασμό με το φυσικό φωτισμό. Στην πράξη βλέπουμε να χρησιμοποιούνται πρόβολοι, τέντες, περσίδες και ρολά. Ευρέως χρησιμοποιούμενα είναι τα σκίαστρα και οι περσίδες αλουμινίου. Πρόκειται για ειδικά διαμορφωμένα φύλλα ή διατομές προφίλ διέλασης και διαχωρίζονται σε σταθερά (π.χ. γρίλιες) και κινητά. Τα κινητά συστήματα προσφέρουν μεγαλύτερη δυνατότητα ελέγχου επιτρέποντας στο κτίριο να αντιδρά στις εξωτερικές αλλαγές. Η κίνηση είναι περιστροφική για κάθε περσίδα και γίνεται χειροκίνητα ή ηλεκτροκίνητα. Το σχήμα των περσίδων είναι πτερυγόμορφο, ελλειψοειδούς μορφής, γεγονός που είναι άμεσα συνδεδεμένο με την ανακλαστική ικανότητα και τον τρόπο παραγωγής (διέλαση). Ο κατά μήκος άξονας των περσίδων μπορεί να είναι οριζόντιος ή κατακόρυφος, ενώ κατασκευαστικά είναι δυνατόν να γίνει και υπό γωνία με κατάλληλη μελέτη. Η προστασία από τον ήλιο και ο έλεγχος του φυσικού φωτισμού εξαρτώνται από το υλικό, το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα των περσίδων, αλλά και από την τοποθέτηση, τη διάταξη, την κλίση και την αξονική τους απόσταση. Τέλος, δε θα μπορούσαμε να παραλείψουμε να αναφέρουμε ως μέτρο σκίασμού τη φύτευση βλάστησης σε κατάλληλες θέσεις, που θα επέτρεπε την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα και την ηλιοπροστασία του κτιρίου το καλοκαίρι.
- Εσωτερική Διαμόρφωση-Λειτουργικότητα: κατά το σχεδιασμό της κάτοψης, οι εσωτερικοί χώροι θα πρέπει να οργανωθούν και να ομαδοποιηθούν έτσι, ώστε αυτοί που έχουν 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 (λουτρό, υπνοδωμάτια) θα πρέπει να χωροθετούνται σε ενδιάμεση θερμική ζώνη. Οι υπόλοιποι βοηθητικοί χώροι, εάν υπάρχουν στη μελέτη (garage, αποθήκες κτλ.) θα πρέπει να προβλεφθούν στη βορεινή πλευρά, ώστε να λειτουργούν ως ζώνη θερμικής ανάσχεσης ανάμεσα στους θερμαινόμενους χώρους και το εξωτερικό περιβάλλον. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται στην πραγματικότητα οι θερμικές απώλειες από τους βασικούς κύριους χώρους.

- Χρώματα επιφανειών: επειδή το φως που μπαίνει στα βορινά δωμάτια είναι διάχυτο, είναι και πιο ψυχρό, με αποτέλεσμα τα συγκεκριμένα δωμάτια να είναι και τα πιο σκιερά. Τα χρώματα που επιλέγονται γι' αυτούς τους χώρους θα πρέπει να είναι πιο απαλά αλλά συγχρόνως να μην είναι μουντά. Αντίθετα, στα δωμάτια που έχουν νότιο προσανατολισμό, το φως που μπαίνει απέξω είναι άμεσο και πιο έντονο. Σε αυτή την περίπτωση ένα ζωνρό χρώμα φαίνεται ζωνρότερο αν το χτυπάει το φως και θα πρέπει οι τόνοι να «μαλακώσουν» με λίγο άσπρο ή μαύρο.
- Ανάγκες χρηστών: ο σχεδιασμός θα πρέπει να είναι τέτοιος, που να καλύπτει ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών και ταυτόχρονα να εξασφαλίζει άνετες συνθήκες διαβίωσης για τους χρήστες. Το χτισμένο περιβάλλον καθορίζει τη συμπεριφορά του χρήστη και αντίστροφα. Κάθε κτίριο, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται, έχει διαφορετικές ενεργειακές απαιτήσεις. Με το βιοκλιματικό σχεδιασμό φροντίζουμε να προσαρμόζουμε το κτίριο στα εκάστοτε δεδομένα, στα οποία θα πρέπει να ανταποκρίνεται.
- Διαθέσιμες ΑΠΕ για εκμετάλλευση: με στόχο την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών σε επίπεδο κτιρίου, οικοδομικού τετραγώνου και οικιστικού συνόλου. Η εφαρμογή προσεγγίσεων ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού με ενσωμάτωση των ενεργειακά αποδοτικότερων τεχνολογιών στο δομημένο περιβάλλον είναι προϋπόθεση για την πλήρη αξιοποίηση του ενεργειακού δυναμικού για κάθε κτίριο σε κάθε τόπο. Η μέγιστη αξιοποίηση αυτή του δυναμικού, μέσω ενός βέλτιστου συνδυασμού τεχνολογιών και συστημάτων, επιφέρει σημαντική μείωση στις ενεργειακές ανάγκες ενός κτιριακού συνόλου. Η μείωση αυτή των αναγκών, εκτός από τον περιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης, επιφέρει και μείωση της απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και φωτισμού με αποτέλεσμα την μικρότερη διαστασιολόγησή τους, το μειωμένο κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης, το μειωμένο ηλεκτρικό φορτίο αιχμής το καλοκαίρι, συγχρόνως με τη μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από τους ρύπους σε επίπεδο κτιρίου και σε επίπεδο δικτύου. Η εφαρμογή ΑΠΕ προβλέπεται είτε κεντρικά σε επίπεδο οικισμού (π.χ. τηλεθέρμανση/τηλεψύξη με βιομάζα ή γεωθερμία, ηλεκτροδότηση με φωτοβολταϊκά, αιολικά ή άλλα συστήματα ΑΠΕ) είτε μεμονωμένα σε επίπεδο κτιρίου (π.χ. παθητικά και ενεργητικά ηλιακά συστήματα, γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, φωτοβολταϊκά συστήματα).
- Ορθή υλοποίηση και χρήση: η υλοποίηση της μελέτης ενός κτιρίου με σωστή κατασκευή και εφαρμογή των τεχνικών δόμησης αποτελεί σημαντική παράμετρο απόδοσης του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Στις περισσότερες των περιπτώσεων βιοκλιματικών κτιρίων στην Ελλάδα, οι διαφοροποιήσεις στην τελική κατασκευή από την αρχική μελέτη του κτιρίου αποτελούν τον βασικό παράγοντα στον οποίο οφείλεται η απόκλιση από το επιθυμητό αποτέλεσμα. Οι διαφοροποιήσεις οφείλονται είτε σε κατασκευαστικά λάθη και παραλείψεις, είτε σε αποφάσεις των χρηστών και μπορούν να αντιστρέψουν τη συμπεριφορά ολόκληρου του κτιρίου, με αποτέλεσμα να έχουμε δυσμενέστερες συνθήκες

(αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση και μειωμένη θερμική άνεση) από ότι σε ένα συμβατικό κτίριο. Επομένως, δεν αρκεί μόνο η ολοκληρωμένη μελέτη και η συνέπεια στην εφαρμογή των βιοκλιματικών αρχών, αλλά απαιτείται και η συμβολή των χρηστών. Οι χρήστες με την ενεργή τους συμμετοχή και πληροφόρηση, μπορούν να συμβάλουν στην αποτελεσματική λειτουργία και απόδοση των κτιρίων (π.χ. υιοθέτηση τεχνικών και συμπεριφορών εξοικονόμησης ενέργειας). Συνήθως όμως, αναμένεται μειωμένη συμβολή σε σχέση με την απαιτούμενη κατά την λειτουργία και χρήση του κτιρίου, γεγονός που θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη από τους μελετητές κατά την επιλογή των συστημάτων και τεχνικών.

- **Επαρκής συντήρηση:** αποτελεί την τελευταία παράμετρο για την εξασφάλιση της βέλτιστης απόδοσης των βιοκλιματικών κτιρίων. Τα ενεργειακά συστήματα που δεν συντηρούνται σωστά καταναλώνουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για να επιτύχουν τα ίδια επίπεδα άνεσης. Η προληπτική συντήρηση διατηρεί χαμηλά το κόστος λειτουργίας, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνεται η ποιότητα των υπηρεσιών, καθώς τα συστήματα αποδίδουν καλύτερα και μειώνονται οι ώρες μη λειτουργίας τους λόγω βλαβών. Η περιοδική συντήρηση του εξοπλισμού πρέπει να εκτελείται σύμφωνα με κάποιο προκαθορισμένο πρόγραμμα. Έτσι μπορεί να προλαμβάνεται η μη αποδοτική λειτουργία, αντί να χρειαστεί να επιδιορθωθεί. Κύριους λόγους συντήρησης αποτελούν η σκόνη, η παλαιότητα διαφανών υλικών, η παλαιότητα κουφωμάτων, το σκούριασμα κ.ά., που συνήθως δημιουργούνται με τον χρόνο και την χρήση και λειτουργία των συστημάτων. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ακολουθούνται οι οδηγίες του κατασκευαστή, καθώς είναι πολύ πιθανό οι ανάγκες σε συντήρηση να αλλάζουν σημαντικά μεταξύ διαφορετικών συστημάτων.
- **Κόστος:** είναι απαραίτητο ο μελετητής να επιλέγει συστήματα και τεχνικές έπειτα από ανάλυση της σχέσης κόστους-οφέλους, ώστε το κόστος της εφαρμογής να μην υπερβαίνει τις δυνατότητες για κέρδος και ο χρόνος απόσβεσης να είναι σύντομος. Η εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού σε νέα κτίρια δεν αυξάνει το κατασκευαστικό κόστος, εφόσον εφαρμόζονται απλά συστήματα και τεχνολογίες. Κατά την εφαρμογή ειδικών τεχνολογιών μια αύξηση του κατασκευαστικού κόστους ενός κτιρίου κατά 10-15% θεωρείται λογική. Για επεμβάσεις σε υφιστάμενα κτίρια υπάρχει πάντα επί πλέον κόστος, μέρος του οποίου όμως μπορεί να ενταχθεί στο συνολικό κόστος ανακαίνισης ή ανακατασκευής ενός κτιρίου.

1.4. ΚΟΣΤΟΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Το κόστος της βιοκλιματικής μελέτης είναι γενικά μεγαλύτερο από της συμβατικής, λόγω λεπτομερειακής ενασχόλησης και μη ύπαρξης ακόμα τυποποίησης στα σχέδια και τους υπολογισμούς. Γενικά πάντως, το κόστος μιας βιοκλιματικής κατασκευής είναι μικρότερο ή το πολύ ίσο με αυτό της συμβατικής κατασκευής, αλλά ακόμη και αν υπάρχει κάποια αύξηση, αυτή δεν υπερβαίνει το 10% του συνολικού κόστους. Το επιπλέον κόστος εξαρτάται από τις προδιαγραφές του σχεδίου. Για παράδειγμα, η τοποθέτηση αυξημένων μονώσεων, ανεμιστήρων οροφής ή και άλλων πρόσθετων εξοπλισμών μπορεί να επιφέρει αυξήσεις. Επιπλέον, λαμβάνεται υπόψη ότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται τιμολογούνται ανάλογα με το είδος τους, με το αν υπάρχουν στην περιοχή (μείωση στο κόστος μεταφοράς) και με το αν είναι διαθέσιμα από άλλες κατασκευές (ανακύκλωση). Οπότε μια τεχνοοικονομική μελέτη, που συνήθως πρέπει να ακολουθεί την βιοκλιματική πρόταση, μπορεί να αποδείξει τη χρησιμότητα της συγκεκριμένης πρότασης για ένα κτίριο. Τα κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης δεν απαιτούν συστήματα (παθητικά ή υβριδικά) που αυξάνουν το κόστος και η

κατασκευή τους δεν χρειάζεται καμία ιδιαίτερη εξειδίκευση όσον αφορά στους τεχνίτες, συνεπώς τα συνεργεία δε χρεώνουν περισσότερο.

Ένας σωστός βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου μπορεί να καλύψει μέχρι και 60-70% των αναγκών για θέρμανση και δροσισμό, οπότε καταναλώνεται πολύ λιγότερο πετρέλαιο το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι δε χρησιμοποιούνται κλιματιστικά. Η τοποθέτηση ηλιακών θερμοσίφωνων επιτρέπει την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας και την αξιοποίησή της κατά βούληση. Έτσι, το αρχικό κόστος κατασκευής αποσβένεται σταδιακά με τη μείωση των λογαριασμών.

Οι οικολογικές λύσεις λοιπόν στα κτίρια είναι σε μεγάλο βαθμό αυτό που λέει η ίδια η λέξη: οίκο-λογικές. Συνολικά, τα βιοκλιματικά κτίρια παρουσιάζουν εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 30% σε σχέση με αντίστοιχα κτίρια που διαθέτουν θερμομόνωση. Συγκρίνοντάς τα με τα παλαιότερα, χωρίς μόνωση κτίρια (που αποτελούν και την πλειονότητα), η εξοικονόμηση ενέργειας φθάνει το 80%. Υπολογίζεται ότι το όφελος από την εξοικονόμηση ενέργειας είναι της τάξης των 300.000.000€ το χρόνο. Μόνο στα περίπου 200.000 κτίρια, που στεγάζονται υπηρεσίες του ευρύτερου δημόσιου τομέα (υπουργεία, σχολεία, νοσοκομεία, κ.λπ.), θα είχαμε εξοικονόμηση της τάξης των 110.000.000€, που αντιστοιχεί στο 30% των δαπανών.

1.5. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ - ΕΜΠΟΔΙΑ

Το ιδιαίτερα ευνοϊκό κλίμα στην Ελλάδα επιτρέπει την κατασκευή κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Η εξοικονόμηση και η ορθολογική χρήση της ενέργειας αποτελεί βασικό κριτήριο στο σχεδιασμό, σε μια εποχή που η ανησυχία για την αποσταθεροποίηση του κλίματος, λόγω εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου έχει ενταθεί. Δυστυχώς όμως, στη χώρα μας η εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού συναντά πολλά εμπόδια όπως:

- Η υποβάθμιση των φυσικών πόρων
- Η απώλεια εμπειρίας στην αειφορική διαχείριση των φυσικών πόρων
- Η στασιμότητα στην προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
- Η υπερβολική αύξηση του πληθυσμού
- Το μοντέλο ανάπτυξης είναι τέτοιο που επιδιώκει την αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης, με συνέπεια να απουσιάζει η οικολογική συνείδηση
- Η τάση για αύξηση της ιδιοκτησίας οδηγεί σε αδυναμία εκτίμησης της αξίας της βιοποικιλότητας
- Η υποτίμηση της αξίας των παραδοσιακών πολιτισμών
- Η έλλειψη κεντρικής πολιτικής για την ενσωμάτωση της προστασίας του περιβάλλοντος στις αναπτυξιακές επιλογές
- Η ανυπαρξία προστατευόμενων περιοχών
- Η άρνηση για εφαρμογή της υπάρχουσας νομοθεσίας
- Το μη εκσυγχρονισμένο θεσμικό πλαίσιο
- Η ανυπαρξία κεντρικού και σταθερού χωροταξικού σχεδιασμού
- Η έλλειψη εμπειρίας και τεχνογνωσίας
- Η έλλειψη υποδομών
- Το υψηλό ακόμα κόστος του βιοκλιματικού σχεδιασμού
- Η γραφειοκρατία

- Η ελλιπής ενημέρωση των πολιτών
- Η απουσία κινήτρων
- Αισθητικά προβλήματα από τις επεμβάσεις στα κτίρια

Όλα τα παραπάνω τεκμηριώνουν την αναγκαιότητα λήψης μέτρων. Η εξοικονόμηση ενέργειας σίγουρα δεν είναι υπόθεση που αφορά μόνο την επιστημονική κοινότητα, τους μηχανικούς και τους αρχιτέκτονες. Η ενεργειακή απόδοση έχει επίσης πολιτική, οικονομική και κοινωνική διάσταση. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης πρέπει να προωθηθεί μέσω μιας στοχαστικής, ολοκληρωμένης, επιθετικής, προληπτικής και προγραμματισμένης προσέγγισης.

Έχει αναληφθεί εκστρατεία, σε διεθνές και ευρωπαϊκό επίπεδο, που σχετίζεται άμεσα με την αναζήτηση βιώσιμων λύσεων στον τρόπο ανάπτυξης που θα υιοθετηθεί. Η Ελλάδα τα τελευταία χρόνια προσπαθεί να ενσωματώσει σε όλους τους τομείς αρχές και αξίες που απορρέουν από τη φιλοσοφία της αειφόρου ανάπτυξης και να εναρμονίσει την εθνική περιβαλλοντική της πολιτική με τις δεσμεύσεις και απαιτήσεις της διεθνούς κοινότητας, αλλά και της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τα βήματα που πρέπει να γίνουν προς αυτή την κατεύθυνση είναι:

- Κατάρτιση ολοκληρωμένου προγράμματος εξοικονόμησης της ενέργειας
- Ενίσχυση της ανάπτυξης των ΑΠΕ. Οι προτεινόμενες εφαρμογές αποσκοπούν στην μεγαλύτερη εκμετάλλευση ενδογενών, μη εξαντλήσιμων ενεργειακών πόρων
- Προώθηση προτύπων διαχείρισης φυσικών πόρων
- Γνώση της κατανάλωσης ενέργειας κατά κλάδο και κατά χρήση
- Ενημέρωση των καταναλωτών για τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στην καθημερινή τους ζωή
- Επιμόρφωση και εκπαίδευση των εμπλεκόμενων στη δόμηση, από τους διάφορους επαγγελματικούς φορείς και το Τεχνικό Επιμελητήριο (ΤΕΕ). Η εκπαίδευση και η αγωγή πρέπει να ξεκινάει από τα πανεπιστήμια, ο ρόλος των οποίων είναι καθοριστικός, παρέχοντας εφόδια και διαμορφώνοντας συνειδήσεις στις επερχόμενες γενιές μηχανικών, ώστε η δόμηση να αντιμετωπίζεται στο μέλλον με μια προοπτική περισσότερο περιβαλλοντική, παρά εμπορική
- Εξέλιξη του θεσμικού πλαισίου με την αναμόρφωση, τη συμπλήρωση και τον εκσυγχρονισμό του ισχύοντα κανονισμού
- Αυστηρή τήρηση των κανονισμών σχεδιασμού
- Ενημέρωση και κατατόπιση των υποψήφιων επενδυτών πάνω σε κρίσιμα ερωτήματα, για παράδειγμα οφέλη, εναλλακτικές προτάσεις, νέες τεχνολογίες, που επηρεάζουν τις αποφάσεις τους και παροχή τεχνικής βοήθειας
- Άρση γραφειοκρατικών εμποδίων, ώστε να γίνει πιο εύκολη και γρήγορη η πρόσβαση των ενδιαφερόμενων στις διάφορες πηγές και μορφές χρηματοδότησης
- Θεσμοθέτηση οικονομικών κινήτρων όπως επιχορηγήσεις, επιδοτήσεις, φοροαπαλλαγές, χορηγήσεις δανείων με χαμηλά επιτόκια κλπ
- Άλλα κίνητρα όπως δωρεάν παροχή συμβουλών, βραβείων, οργάνωση αρχιτεκτονικών διαγωνισμών
- Επιδεικτική εφαρμογή κτιρίων και πολεοδομικών συνόλων υψηλής περιβαλλοντικής και ενεργειακής απόδοσης
- Οι κυβερνήσεις οφείλουν να υλοποιούν επεμβάσεις βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης σε όλα τα δημόσια κτίρια ώστε να αποτελέσουν παράδειγμα

- Ενίσχυση της έρευνας με σκοπό την ανάπτυξη της ελληνικής ενεργειακής τεχνολογίας
- Άμβλυση αδυναμιών που γνωρίζει η ελληνική πραγματικότητα, κύρια σε θέματα πιστοποίησης, αλλά και μηχανισμών παρακολούθησης και ελέγχου
- Στήριξη στις αναγκαίες συνεργασίες με τους κοινωνικούς φορείς, τους οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης, τις επιχειρήσεις, τους επαγγελματικούς συλλόγους, τα ερευνητικά κέντρα, τα πανεπιστήμια και τεχνολογικά ιδρύματα, οικολογικές οργανώσεις και λοιπούς μη κυβερνητικούς οργανισμούς
- Άσκηση πίεσης από τις μη κυβερνητικές οργανώσεις
- Διαμόρφωση οικολογικής λογικής και ενεργός συμμετοχή όλων

1.6. ΛΕΞΙΚΟ ΟΡΩΝ - ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Βιοκλιματικός Σχεδιασμός: είναι ο αρχιτεκτονικός και πολεοδομικός σχεδιασμός κτιρίων και οικιστικών συνόλων αντίστοιχα, που επιδιώκει την προσαρμογή του κτιρίου και του οικιστικού συνόλου στο τοπικό κλίμα και το φυσικό περιβάλλον. Στοχεύει στην αξιοποίηση θετικών περιβαλλοντικών παραμέτρων, ώστε να ελαχιστοποιεί τις ενεργειακές ανάγκες του όλο το χρόνο και να επιτυγχάνει περιορισμό στην κατανάλωση συμβατικής ενέργειας.

Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική: έχει αποτελέσει τις τελευταίες δεκαετίες βασική προσέγγιση στην κατασκευή κτιρίων παγκοσμίως, λόγω των χαμηλότερων απαιτήσεων ενέργειας για θέρμανση, δροσισμό και φωτισμό, αλλά και επειδή συνεπάγεται πολλαπλά οφέλη ενεργειακά (εξοικονόμηση και θερμική/οπτική άνεση), οικονομικά (μείωση κόστους ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων), περιβαλλοντικά (μείωση ρύπων) και κοινωνικά.

Βιοκλιματική αντίληψη: εντάσσεται στη στρατηγική μίας ήπιας, συμβιωτικής διαχείρισης του φυσικού και του δομημένου χώρου και του περιβάλλοντός του, με επιλογές που συντείνουν στη διατήρηση των οικοσυστημάτων. Επιχειρεί να προσδιορίσει την αρχιτεκτονική με αρχές και κατευθύνσεις που βασίζονται στην αρμονική συνύπαρξη φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος και χρησιμοποιεί τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποκαθιστώντας έτσι σε μεγάλο βαθμό τη διαταραγμένη ισορροπία ανάμεσα στο δομημένο και τον φυσικό χώρο.

Οικολογική Αρχιτεκτονική: οι βάσεις της βρίσκονται στην απλή πεποίθηση ότι ο άνθρωπος μπορεί και πρέπει να αποτελεί κομμάτι της φύσης, με στόχο την υγεία και ευημερία, όχι μόνο του ίδιου. Ό,τι επινοεί, σχεδιάζει και κατασκευάζει, πρέπει να ακολουθεί τους νόμους της φύσης, με τρόπο δημιουργικό. Ο «κανόνας» αυτός δεν αποτελεί περιορισμό, άλλα μια προσπάθεια ανακατεύθυνσης προς τη βιώσιμη εξέλιξη.

Οικολογική δόμηση: εστιάζει κυρίως στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, που αποτελεί παράμετρο του περιβαλλοντικού σχεδιασμού και αφορά κυρίως τον σωστό προσανατολισμό (για ηλιασμό και σκιασμό), την καλή θερμική θωράκιση του κελύφους (χρήση μονωτικών υλικών, διπλών υαλοστασίων) και την εφαρμογή ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού βέλτιστης ενεργειακής απόδοσης, συμβατικής ή πιο υψηλής τεχνολογίας.

Οικολογική λογική: έχει να κάνει με λογικές επιστήμες και λογική πολιτική που οδηγούν σε μια λογική κοινωνία. Οικολογική λογική μπορούμε να αποκτήσουμε μόνο μέσω μιας πνευματικής επανασύνδεσης με τη Φύση.

Πράσινα κτίρια: είναι κτίρια που καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια από το μέσο όρο και που ικανοποιούν σε μεγαλύτερο βαθμό τις ανάγκες των χρηστών, μειώνουν στο ελάχιστο τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, προστατεύουν την υγεία των ενοίκων και τα οικοσυστήματα. Υπακούουν δηλαδή στις επιταγές της αειφορίας.

Αειφόρος ή Βιώσιμη ανάπτυξη: εκείνο το είδος της ανάπτυξης που αντιμετωπίζει τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να αποστερεί από τις επόμενες γενιές τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουν τις δικές τους ανάγκες.

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: είναι οι φυσικοί διαθέσιμοι πόροι - πηγές ενέργειας, που υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον, που δεν εξαντλούνται αλλά διαρκώς ανανεώνονται και που δύναται να μετατρέπονται σε ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια. Τέτοιες πηγές ενέργειας είναι ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα, η γεωθερμία, οι υδατοπτώσεις και η θαλάσσια κίνηση. Το παγκόσμιο ενδιαφέρον προς την κατεύθυνση της αξιοποίησης τους οφείλεται στην επίλυση του ενεργειακού προβλήματος, αφού τα αποθέματα συμβατικών πηγών ενέργειας εξαντλούνται και στο γεγονός ότι πρόκειται για φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις.

Ηλιακή ενέργεια: χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια, καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

Αιολική ενέργεια: δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον και πρακτικά ανεξάντλητη.

Γεωθερμική ενέργεια: ονομάζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. 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.

Βιομάζα: είναι το σύνολο της ύλης που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το ζωικό ή το φυτικό κόσμο, όπως φυτικές ύλες από φυσικά οικοσυστήματα (π.χ. δάση) ή από ενεργειακές καλλιέργειες (φυτείες που προορίζονται για παραγωγή ενέργειας), τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της δασικής, αγροτικής (γεωργία και κτηνοτροφία) και αλιευτικής παραγωγής, αλλά και το βιοαποικοδομήσιμο μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών. Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.: Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας. Η έκδοση της κοινής αυτής Υπουργικής Απόφασης, όπου εμπεριέχονται μέτρα πολιτικής για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και του μικροκλίματος, σηματοδοτεί μια ιδιαίτερα σημαντική στιγμή για τα ενεργειακά ζητήματα της χώρας και για την οικοδομή ειδικότερα καθώς εισάγει έννοιες και θεσμούς που προάγουν την ορθολογική χρήση και διαχείριση των

ενεργειακών πόρων, τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη βελτίωση της ποιότητας κατασκευής, που εντάσσονται στις αρχές του αειφόρου σχεδιασμού και της οικολογικής δόμησης. Παράλληλα, εξασφαλίζεται η ενημέρωση των πολιτών σχετικά με τα ενεργειακά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των κτιρίων όπου ζουν και εργάζονται (μέσω της ενεργειακής πιστοποίησης και βαθμονόμησης και του δελτίου ενεργειακής ταυτότητας).

Ενεργειακή βαθμονόμηση κτιρίου: είναι η βαθμολογική κατάταξη κάθε κτιρίου, που γίνεται σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ενεργειακής πιστοποίησης, στην αντίστοιχη κατηγορία ενεργειακής απόδοσης, σύμφωνα με τα καθορισμένα από τον Κ.Ο.Χ.Ε.Ε. όρια των ειδικών ενεργειακών αποδόσεων ανά κατηγορία.

Ενεργειακή επίδοση κτιρίου: είναι ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου κατά τη λειτουργία του (μέσω του κελύφους και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων) για την κάλυψη σε ετήσια βάση των συνολικών ενεργειακών του απαιτήσεων για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, φωτισμό, ζεστό νερό χρήσης και συσκευές, επιτυγχάνοντας τις αναγκαίες συνθήκες άνεσης.

Ενεργειακή μελέτη: είναι η μελέτη που εξετάζει συνολικά τις απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες κτιρίων ή οικισμών για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, φωτισμό, ζεστό νερό χρήσης, ώστε να εξασφαλίζεται θερμική άνεση κατά τη διάρκεια του χρόνου. Υποδεικνύει τις βέλτιστες, κατά περίπτωση, λύσεις για την εξασφάλιση των παραπάνω συνθηκών μέσω τεχνικών και συστημάτων ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας ή μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Συμβατικές ενέργειες: αποκαλούνται έτσι γιατί δεν είναι δυνατό να ανανεώσουν σε εύλογο, για τον άνθρωπο, χρονικό διάστημα την αποθηκευμένη τους ενέργεια. Η διαδικασία σχηματισμού τους διαρκεί εκατομμύρια χρόνια, εν αντιθέσει με την κατανάλωσή τους, η οποία μπορεί να συντελεσθεί σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα.

Αλλαγή παγκόσμιου κλίματος: στις μέρες μας, η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι πολύ υψηλή. Αυτή η ανεξέλεγκτη αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα οδηγεί στον εγκλωβισμό υπερβολικής ποσότητας θερμότητας με συνέπεια την επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, γεγονός που προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της Γης και η οποία με τη σειρά της οδηγεί στην καταστροφική αλλαγή του κλίματος.

Μικροκλίμα: Είναι το κλίμα που αντιστοιχεί και επηρεάζεται από τις τοπικές συνθήκες, υπαίθριους χώρους, κτίρια, βλάστηση και νερό.

Μεσοκλίμα: Είναι το κλίμα που επηρεάζεται από τις τροποποιήσεις στη ροή του ανέμου.

Μακροκλίμα: Είναι το αποτέλεσμα της γεωγραφικής θέσης μιας περιοχής.

Θερμική και οπτική άνεση: η έννοια της θερμικής άνεσης σ' ένα χώρο σχετίζεται με το ενεργειακό ισοζύγιο των ενοίκων. Κάθε οργανισμός παράγει, δέχεται και αποβάλλει θερμότητα κυρίως με διαδικασίες μεταφοράς, εκπομπής και εξάτμισης. Το θετικό θερμικό ισοζύγιο αντιστοιχεί σε αίσθημα θερμικής δυσφορίας, ενώ το αρνητικό ισοζύγιο προκαλεί αίσθημα κρύου. Επιδιώκεται η εξασφάλιση της θερμικής ουδετερότητας του ατόμου. Η οπτική

άνεση σε ένα χώρο απαιτεί την εξασφάλιση τεσσάρων επιμέρους προϋποθέσεων. Αυτές είναι η επίτευξη των απαραίτητων φωτιστικών επιπέδων για το είδος των εργασιών που επιτελούνται στο χώρο, η αποφυγή οπτικής θάμβωσης, η εξασφάλιση οπτικής επαφής με το εξωτερικό περιβάλλον και τέλος, η οπτική επαφή με εξωτερικά στοιχεία ευχάριστα στο άτομο.

Αερισμός: είναι η διαδικασία παροχής ή αφαίρεσης αέρα προς και από οποιοδήποτε χώρο. Ο επαρκής αερισμός είναι απαραίτητη προϋπόθεση για μια ικανοποιητική ποιότητα αέρα και για την υγεία των χρηστών. Για κάθε είδος χώρου καθορίζεται μια συγκεκριμένη τιμή που προσδιορίζει τον απαιτούμενο αερισμό σε ac/h (air changes/hour). Η μονάδα αυτή δείχνει πόσες φορές (ή σε τι ποσοστό του όγκου του χώρου) αλλάζει ο αέρας που περιέχεται στο χώρο με νωπό αέρα. Ο αερισμός επιτυγχάνεται με φυσικά ή μηχανικά μέσα.

Ενεργητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού: είναι τα συστήματα εκείνα που χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα για τη θέρμανση ή το δροσισμό των κτιρίων αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια ή τις φυσικές δεξαμενές ψύξης. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ηλιακοί συλλέκτες θέρμανσης ή παροχής ζεστού νερού χρήσης, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κ.α.

Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού (Π.Η.Σ): είναι οι τεχνικές και κατασκευές που εμπεριέχονται στο σχεδιασμό του κτιρίου και προσαρμόζονται κατάλληλα στο κέλυφός του. Τα Π.Η.Σ. διευκολύνουν την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση κτιρίων, καθώς και στην αξιοποίηση των δροσερών ανέμων για τη φυσική τους ψύξη. Οι βασικές κατηγορίες των Π.Η.Σ. είναι τα άμεσου ηλιακού κέρδους, όπως νότια ανοίγματα, τα έμμεσου ηλιακού κέρδους, όπως ηλιακός χώρος - θερμοκήπιο, ηλιακό αίθριο, ηλιακός τοίχος, θερμοσιφωνικό πέτασμα και τα συστήματα δροσισμού όπως σκίαστρα, ηλιακή καμινάδα, υδάτινη οροφή και τα συστήματα αερισμού.

Υβριδικά συστήματα: είναι τα παθητικά συστήματα που κάνουν χρήση μηχανικών μέσων και των οποίων η λειτουργία απαιτεί συμβατική ενέργεια πολύ μικρότερη από αυτή που εξοικονομεί το ίδιο το υβριδικό σύστημα (π.χ. ηλιακή καμινάδα με ανεμιστήρα κλπ).

Φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β): είναι μιας υψηλής τεχνολογίας προσέγγιση στην άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Παρέχουν συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί με αυτή τη μορφή ή να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο. Στην απλούστερη μορφή τους, τα Φ/Β στοιχεία είναι δυνατόν να χαρακτηριστούν ως ηλιακοί συσσωρευτές με μοναδικό αναλώσιμο το φως. Η λειτουργία τους είναι φιλική προς το περιβάλλον, καθώς δεν καταναλώνονται φυσικοί πόροι και δεν προκαλείται ρύπανση.

Πράσινες στέγες: είναι μια τεχνική για την ηλιοπροστασία της οροφής. Γίνεται με φυτά ανθεκτικά στην ξηρασία, τα οποία λόγω της εξατμισοδιαπνοής, συμβάλλουν στη μείωση έως και 6 βαθμών της θερμοκρασίας του κτηρίου κατά του θερινούς μήνες. Συντελούν επίσης στην επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων, όπως το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας.

2.ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων (κατοικιών και γραφείων), τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων. Με την πρόοδο της οικονομίας και την αύξηση του βιοτικού επιπέδου, η ενεργειακή ζήτηση ολοένα αυξάνεται. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο η βενζίνη και ο άνθρακας. Πρόκειται για μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που αργά ή γρήγορα θα εξαντληθούν. Η παραγωγή και χρήση της ενέργειας, που προέρχεται από αυτές τις πηγές, δημιουργεί μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα με αιχμή τους, το γνωστό σε όλους μας, φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Από την άλλη πλευρά, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας που η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον και είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, οπότε και στράφηκε στην εντατική χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους παρουσιάστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή χρήση του 1979 και παγιώθηκε την επόμενη δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μία σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς η αξιοποίησή τους δεν το επιβαρύνει, αφού δεν συνοδεύεται από παραγωγή ρύπων ή αερίων που ενισχύουν τον κίνδυνο για κλιματικές αλλαγές. Έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων.

Εύλογο θα ήταν επίσης να αναφερθεί πως η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό ΑΠΕ, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν μια πραγματική εναλλακτική λύση για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών.

2.1.1. Συμβατικές πηγές ενέργειας

Οι συμβατικές ή μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποκαλούνται έτσι γιατί δεν είναι δυνατό να ανανεώσουν σε εύλογο, για τον άνθρωπο, χρονικό διάστημα την αποθηκευμένη τους ενέργεια. Η διαδικασία σχηματισμού τους διαρκεί εκατομμύρια χρόνια, εν αντιθέσει με την κατανάλωσή τους, η οποία μπορεί να συντελεσθεί σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα. Οι συμβατικές πηγές ενέργειας περιλαμβάνουν:

- Τα στερεά καύσιμα των γαιανθράκων, όπως λιγνίτη, ανθρακίτη, τύρφη.
- Τα υγρά καύσιμα που παίρνουμε με κατεργασία, όπως μαζούτ, πετρέλαιο, βενζίνη, κηροζίνη, κλπ.
- Τα αέρια καύσιμα όπως το φυσικό αέριο, υγραέριο κλπ.
- Την πυρηνική ενέργεια που παίρνουμε από τη σχάση ραδιενεργών υλικών.

Άνθρακας: Ο άνθρακας παράγεται από την αποσύνθεση φυτών και έχει τη μορφή μαύρης ή καφέ πέτρας. Η συλλογή του άνθρακα γίνεται στα ανθρακωρυχεία τα οποία ευθύνονται για σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς τοξικές χημικές ουσίες ελευθερώνονται στο γύρω περιβάλλον και διηθούνται σε κοντινές πηγές. Μεγάλα ποσοστά των εκπομπών διοξειδίων του θείου, διοξειδίων του άνθρακα, και οξειδίων του αζώτου παράγονται από την καύση του άνθρακα. Οι ποσότητες αυτές συνεισφέρουν σημαντικά στις αλλαγές του κλίματος του πλανήτη, εφόσον είναι οι κύριες αιτίες πρόκλησης του φαινομένου θερμοκηπίου.

Πετρέλαιο: Η καύση του πετρελαίου προκαλεί λιγότερη μόλυνση σε σχέση με την καύση του άνθρακα, αλλά εν τούτοις αρκετά σημαντική. Ο λεγόμενος «Μαύρος χρυσός» χρησιμοποιείται ευρέως σε παγκόσμιο επίπεδο κυρίως για την κίνηση οχημάτων αλλά και για θέρμανση. Η επερχόμενη εξάντληση των αποθεμάτων του καθιστά ολοένα και πιο σημαντική την εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για την επίλυση του ενεργειακού προβλήματος σε παγκόσμια κλίμακα.

Φυσικό Αέριο: Πρόκειται για μια φτηνή και φιλική προς το περιβάλλον λύση, αλλά όχι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Παρόλο που υπάρχουν αρκετά αποθέματα φυσικού αερίου για δεκαετίες, δεν παύουν να είναι πεπερασμένα. Η χρησιμοποίησή του παράγει βέβαια επιβλαβή αέρια, αλλά πολύ λιγότερα σε σχέση με άλλα συμβατικά καύσιμα.

Πυρηνική ενέργεια: Η πυρηνική ενέργεια παράγεται από τη διάσπαση ατόμων ουρανίου και πλουτωνίου. Παρόλο που στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχουν εκπομπές επιβλαβών αερίων, εγκυμονούν σοβαροί κίνδυνοι για την υγεία αλλά και για το περιβάλλον. Ένα ενδεχόμενο ατύχημα σε πυρηνικές εγκαταστάσεις θα ελευθερώσει ραδιενεργό υλικό στην ατμόσφαιρα με καταστροφικά αποτελέσματα, αντίστοιχα με αυτά του Τσερνομπίλ. Ένα επίσης σοβαρό πρόβλημα είναι η ασφαλής αποθήκευση πυρηνικών αποβλήτων. Η πυρηνική διάσπαση δημιουργεί προϊόντα τα οποία παραμένουν επικίνδυνα ραδιενεργά για χιλιάδες χρόνια, ενώ καθίσταται αδύνατο να εγγυηθεί κανείς την ασφαλή αποθήκευση των αποβλήτων αυτών για μια τόσο μεγάλη χρονική περίοδο.

2.1.2. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Οι ήπιες μορφές ενέργειας ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ή νέες πηγές ενέργειας είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχεται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο ήλιος, ο άνεμος, η γεωθερμία, η βιομάζα, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχήν, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση, καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες συμβατικές πηγές ενέργειας αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Επίσης, 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 και κατά συνέπεια δε συμβάλλουν στο πρόβλημα των κλιματικών αλλαγών, που τόσο πολύ έχει απασχολήσει την παγκόσμια κοινότητα.

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών συμβατικών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Στην ουσία οι ήπιες μορφές ενέργειας βασίζονται στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης, και την ενέργεια απ' τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα. Οι βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δισεκατομμύρια χρόνια. Ουσιαστικά είναι ηλιακή ενέργεια «συσκευασμένη» κατά τον ένα ή τον άλλο τρόπο: η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική ενέργεια εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται απ' τη θέρμανση του αέρα ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης-συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του. Ωστόσο ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια, δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών, καθώς, στην προκειμένη περίπτωση, τα γεωθερμικά πεδία κάποια στιγμή εξαντλούνται.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρέπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό απ' τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος status quo στον ενεργειακό τομέα, εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού. 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 απανωτών 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 περαιτέρω 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 σε ίδια επίπεδα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια. Ενδεικτικά, στην Ευρωπαϊκή Ένωση αναμένεται ως το 2010 το 25% της ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές (κυρίως υδροηλεκτρικά έργα και βιομάζα).

Ηλιακή Ενέργεια: Η ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιείται τόσο για την θέρμανση των κτιρίων με άμεσο ή έμμεσο τρόπο και με τη χρήση ενεργητικών ή και παθητικών συστημάτων,

όσο και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με δύο τρόπους: α) με τη χρησιμοποίηση Φωτοβολταϊκών συστημάτων τα οποία μετατρέπουν απευθείας την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και β) τα ηλιακά θερμικά συστήματα που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για να θερμάνουν ένα υγρό το οποίο παράγει ατμό ο οποίος τροφοδοτεί μία τουρμπίνα και μία γεννήτρια.

Αιολική Ενέργεια: Η αιολική ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία παρέχει δυναμικό για μεγάλης κλίμακας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση ανεμογεννητριών χωρίς σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι ανεμογεννήτριες (οριζόντιου ή κατακόρυφου άξονα) χρησιμοποιούνται τόσο μαζί με μπαταρία σε μικρές εγκαταστάσεις όσο και συμπληρωματικά μαζί με φωτοβολταϊκά στοιχεία, και είναι τις περισσότερες φορές συνδεδεμένες με το δίκτυο. Η επερχόμενη απελευθέρωση της ηλεκτρικής ενέργειας το 2001 έχει οδηγήσει στην κατασκευή πολλών αιολικών πάρκων ανά την Ελλάδα.

Βιομάζα: Βιομάζα ονομάζονται τα κατάλοιπα διαφόρων διεργασιών που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο τα οποία χρησιμοποιούνται για θέρμανση, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και κίνηση. Τα κατάλοιπα αυτά μπορεί να είναι από αστικά σκουπίδια, από την αγροτική παραγωγή (υπολείμματα ξυλείας, σοδειάς, ζωικά απόβλητα) καθώς επίσης και υποπροϊόντα της βιομηχανίας (από επεξεργασία τροφίμων ή οργανικών υλών). Με κατάλληλη επεξεργασία, η βιομάζα μετατρέπεται σε καύσιμο αέριο (biofuel). Με την καύση του αερίου αυτού παράγεται ηλεκτρική ενέργεια, με μεγάλη απόδοση αλλά και μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις παράλληλα. Η τεχνολογία αυτή παρέχει το μέγιστο δυναμικό για παραγωγή ενέργειας σε Πανευρωπαϊκό επίπεδο. Η καύση όμως τελικά δεν μπορεί να την χαρακτηρίσει σαν καθαρή για το περιβάλλον.

Γεωθερμική Ενέργεια: Η γεωθερμική ενέργεια παράγεται με τη μετατροπή ζεστού νερού ή υδρατμού που βρίσκεται σε αρκετό βάθος από την επιφάνεια της γης σε ηλεκτρική ενέργεια. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή και μπορεί να έχει τιμές από 25 °C μέχρι 350 °C. Όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών και άλλων κτιρίων ή κτιριακών εγκαταστάσεων, θερμοκηπίων, κτηνοτροφικών μονάδων, ιχθυοκαλλιεργειών κ.λπ. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150 °C), η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η χώρα μας λόγω της διαμόρφωσης του υπεδάφους της, είναι πλούσια σε γεωθερμική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή αξιοποιείται σήμερα με αυξανόμενους ρυθμούς. Στην περιοχή του Νότιου Αιγαίου οι θερμοκρασίες των γεωθερμικών ρευστών είναι πολύ ψηλές, ενώ περιοχές πλούσιες σε γεωθερμία, με ρευστά χαμηλότερων θερμοκρασιών, είναι διάσπαρτες σε ολόκληρη τη χώρα.

Κυματική Ενέργεια: Είναι η μορφή ενέργειας που προκύπτει από την κινητική ενέργεια των κυμάτων. Το φαινόμενο των ανέμων έχει ως συνέπεια το σχηματισμό κυμάτων τα οποία είναι εκμεταλλεύσιμα σε περιοχές με υψηλό δείκτη ανέμων και σε ακτές ωκεανών.

Παλιρροϊκή ενέργεια: Είναι η μορφή ενέργειας που προκύπτει από την βαρυτική έλξη της σελήνης και του γης και η οποία είναι εκμεταλλεύσιμη κατά την διαφορά του ύψους της επιφάνειας της στάθμης των νερών-άμπωτη και πλημμυρίδα.

Υδροηλεκτρική Ενέργεια: Στα υδροηλεκτρικά έργα η ενέργεια από την πτώση του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, με τη βοήθεια μιας τουρμπίνας. Παρόλο που στα υδροηλεκτρικά έργα δεν παράγονται επιβλαβή αέρια, στα μεγάλα φράγματα λαμβάνονται υπόψη και άλλες περιβαλλοντικές παράμετροι, όπως αντιπλημμυρικά έργα, η ποιότητα του ύδατος, καθώς επίσης και η επιρροή στην ζωή των ψαριών του ποταμού αλλά και των υπόλοιπων ζώων της περιοχής. Κατά συνέπεια, μόνο τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά (με δυναμικό λιγότερο των 30MW) θεωρούνται “πράσινα”, ενώ τα μεγάλης κλίμακας θεωρούνται απλώς “καθαρά”.

Τα κύρια **πλεονεκτήματα** των ΑΠΕ, είναι τα εξής:

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Απαντούν στο ενεργειακό πρόβλημα για τη σταθεροποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των υπόλοιπων αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, υποκαθιστώντας τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από συμβατικές πηγές οδηγούν σε ελάττωση εκπομπών από άλλους ρυπαντές π.χ. οξείδια θείου και αζώτου που προκαλούν την όξινη βροχή.
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή).
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας).
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.

Τα κύρια **μειονεκτήματα** των ΑΠΕ, είναι τα εξής:

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.[27]

2.2. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

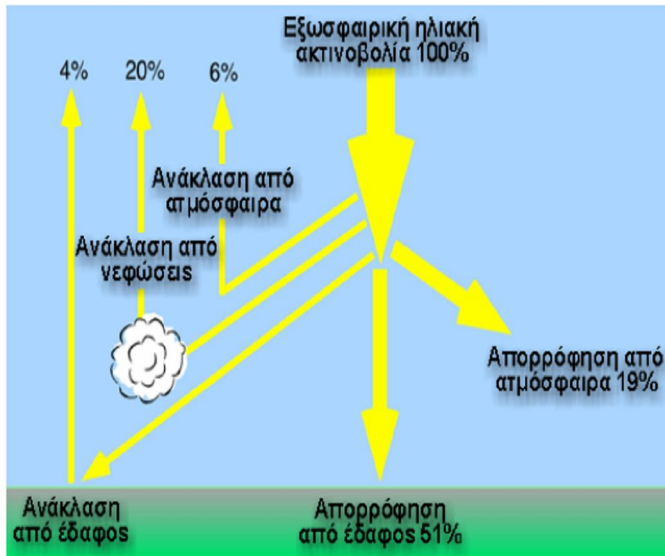
Ο Ήλιος έχει διάμετρο κάπου 108 φορές μεγαλύτερη από εκείνη της Γης, που βρίσκεται επίσης 108 «ηλιακές διαμέτρους» μακριά του. Εξαιτίας της μεγάλης απόστασης και του μικροσκοπικού μεγέθους της, η Γη δέχεται λιγότερο από μισό δισεκατομμυριοστό της ενέργειας που εκπέμπει συνεχώς ο Ήλιος. Αυτό το ελάχιστο ποσοστό αποτελεί το θεμέλιο της ζωής στη Γη, καθώς επίσης και την κινητήρια δύναμη των καιρικών φαινομένων και γενικότερα του κλίματος.

Ο Ήλιος είναι η βασική πηγή ενέργειας του πλανήτη μας. Η ενέργεια που απελευθερώνεται στον πυρήνα του από τη σύντηξη του υδρογόνου και τη μετατροπή του στο στοιχείο ήλιο, ακτινοβολείται προς όλες τις κατευθύνσεις στο διάστημα. Παρότι αυτό

συμβαίνει συνεχώς εδώ και 5 δισεκατομμύρια χρόνια, ο ήλιος αποτελείται ακόμη κατά 70% από υδρογόνο. Επομένως, για πολλά εκατομμύρια χρόνια ακόμα δεν αναμένεται να υπάρξει μείωση της ενέργειας που ακτινοβολείται από αυτόν.

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια, καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στη γήινη ατμόσφαιρα είναι αυτή που προκαλεί την εξάτμιση του νερού, κινεί τον αέρα και τα θαλάσσια ρεύματα, δημιουργεί τα καιρικά φαινόμενα. Εξάλλου, το ασήμαντο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας, που μετασχηματίζεται σε χημική ενέργεια με τη φωτοσύνθεση είναι υπεύθυνο για τη ζωή στη γη και έχει δημιουργήσει στο πέρασμα των αιώνων τα ορυκτά καύσιμα.



Εικόνα 2-1. Η πορεία της ηλιακής ακτινοβολίας[25]

Παρά το γεγονός ότι η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στα όρια της ατμόσφαιρας είναι παντού σταθερή, δε συμβαίνει το ίδιο με αυτήν που φτάνει στο έδαφος. Αυτή εξαρτάται από την εποχή του έτους, την ώρα της ημέρας, την παρουσία νεφών, ομίχλης και σκόνης, ενώ εξασθενεί τόσο περισσότερο όσο μικρότερη είναι η γωνία πρόσπτωσης της στην επιφάνεια του εδάφους και συνεπώς, μεγαλύτερη η διαδρομή της μέσα στην ατμόσφαιρα. Αυτός ο παράγοντας είναι και ο σημαντικότερος για τη διαμόρφωση της μέσης έντασης της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στο έδαφος. Γι' αυτό, άλλωστε, το γεωγραφικό πλάτος και το

υψόμετρο μιας περιοχής παίζουν τόσο σπουδαίο ρόλο στη διαμόρφωση του καιρού σ' αυτήν, καθώς επίσης και των εποχών στα δύο ημισφαίρια της Γης. Όσο πιο κοντά στον ισημερινό βρίσκεται αυτή, τόσο μικραίνει η διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας και αυξάνει η γωνία πρόσπτωσης έως τις 90°, με αποτέλεσμα οι συνέπειές της να γίνονται πιο έντονες.

Από αυτή την άποψη, η Ελλάδα είναι μια από τις πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη μας. Στο μεγαλύτερο τμήμα της, η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2700 ώρες ετησίως. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να καθίσταται δυνατή, σε όλη την ελληνική επικράτεια, η οικονομικά επωφελής εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για θερμικές χρήσεις.

Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

- την άμεση παραγωγή θερμότητας με ενεργητικά και παθητικά ηλιακά συστήματα. Αν η παραγόμενη θερμότητα είναι υψηλής θερμοκρασίας, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ατμού και στη συνέχεια μηχανικής ενέργειας (με ατμοστρόβιλους). Η μηχανική ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια. Σε αυτή τη περίπτωση αναφερόμαστε σε θερμική παραγωγή ηλεκτρισμού από την ηλιακή ενέργεια.
- την άμεση παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με την εκμετάλλευση του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

Αναλυτικότερα,

Τα ενεργητικά ή θερμικά ηλιακά συστήματα αποτελούν μηχανολογικά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, τη μετατρέπουν σε θερμότητα, την αποθηκεύουν και τη διανέμουν, χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας. Χρησιμοποιούνται για θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, για βιομηχανικές διεργασίες, για αφαλάτωση, για διάφορες αγροτικές εφαρμογές, για θέρμανση του νερού σε πισίνες κ.λπ. Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι γνωστοί σε όλους μας ηλιακοί θερμοσίφωνες.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι δομικά στοιχεία του κτιρίου, που αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν σε μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα συνδυάζονται και με τεχνικές φυσικού φωτισμού καθώς και παθητικά συστήματα και τεχνικές για το φυσικό δροσισμό των κτιρίων το καλοκαίρι. Μπορούν δε να εφαρμοστούν τόσο σε καινούργια, όσο και σε ήδη υπάρχοντα κτίρια.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β) μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, λύνοντας έτσι το πρόβλημα της ηλεκτροδότησης περιοχών που είναι δύσκολο να πάρουν ρεύμα από το ηλεκτρικό δίκτυο (απομονωμένα σπίτια, φάρoi, κ.α.). Η παραγωγή ενέργειας με φωτοβολταϊκά συστήματα μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην αποτελεσματική και μακροχρόνια προστασία του περιβάλλοντος από την εξάντληση των ενεργειακών πόρων και τη ρύπανσή του. Παρόλα αυτά στη χώρα μας υπάρχει ακόμη μικρός αριθμός εγκατεστημένων Φ/Β συστημάτων.

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας συνιστάται για τους εξής λόγους:

- **Αξιοπιστία:** Είναι μια καθ' όλα ώριμη και δοκιμασμένη τεχνολογία.
- **Αποκέντρωση:** Η θερμική ενέργεια παράγεται στα σημεία ζήτησής της. Αποφεύγονται έτσι οι τεράστιες απώλειες μεταφοράς ενέργειας μέσω του ηλεκτρικού δικτύου.
- **Αυτονομία:** Αποτρέπονται οι τεράστιες δαπάνες για εισαγωγή ενέργειας και η ανασφάλεια λόγω εξάρτησης από εισαγόμενους ενεργειακούς πόρους, τη στιγμή που ο ήλιος είναι δωρεάν και υπάρχει παντού.
- **Ανάπτυξη:** Η ενίσχυση της εγχώριας αγοράς αυξάνει την ποιότητα των ελληνικών προϊόντων προκειμένου να αντιμετωπίσουν το ανταγωνιστικότερο περιβάλλον των εξαγωγών.
- **Θέσεις εργασίας:** Ήδη πάνω από 3.500 άτομα απασχολούνται στη βιομηχανία ηλιοθερμικών συστημάτων στην Ελλάδα. Η περαιτέρω ανάπτυξη της αγοράς συνεπάγεται νέες θέσεις εργασίας σε μια καθαρή τεχνολογία.
- **Ευκολία:** Η τοποθέτηση ενός ηλιακού συλλέκτη είναι απλή. Η δε συντήρηση που απαιτεί είναι ελάχιστη.
- **Εξοικονόμηση χρημάτων:** Για τον απλό καταναλωτή, ο ηλιακός θερμοσίφοντας είναι η πιο απλή και συμφέρουσα λύση για να περικόψει τους λογαριασμούς ρεύματος. Το μέσο ετήσιο κέρδος του μπορεί να φτάσει έως 100 ευρώ περίπου.
- **Εξοικονόμηση ενέργειας:** Για την Ελλάδα, η εξοικονόμηση που ήδη συντελείται είναι πολύ σημαντική. Οι εγκατεστημένοι ηλιακοί συλλέκτες εξοικονομούν ήδη δισεκατομμύρια κιλοβατώρες το χρόνο. Χωρίς αυτούς θα υπήρχε ένα σημαντικό έλλειμμα ισχύος, ιδιαίτερα



Εικόνα 2-2. Ρεύμα από τον Ήλιο[28]

στα απομονωμένα ηλεκτρικά δίκτυα, που θα αντιμετώπιζαν έτσι συχνές διακοπές ρεύματος, ιδίως κατά την καλοκαιρινή τουριστική περίοδο.

- Προστασία περιβάλλοντος: Αποτρέπεται η έκλυση μεγάλων ποσοτήτων ρύπων που επιβαρύνουν το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.
- Κλιματικές αλλαγές: Αποτρέπεται η κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και κατά συνέπεια οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που προκαλούν τις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές

Ωστόσο, η ηλιακή ενέργεια έχει δυο σημαντικά μειονεκτήματα:

- Είναι διάχυτη σε όλη την επιφάνεια της γης και για να συγκεντρωθούν αξιόλογες ποσότητες, χρειάζονται δαπανηρές εγκαταστάσεις.
- Δεν είναι πάντα διαθέσιμη όταν χρειάζεται.[25],[27]

2.3. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Οι άνεμοι, δηλαδή οι μεγάλες μάζες αέρα, οφείλονται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από την ηλιακή ακτινοβολία. Το πιο δροσερό, πυκνό στρώμα αέρα τείνει να αντικαταστήσει τον θερμότερο, ελαφρύτερο αέρα. Σύμφωνα με αυτό, οι μεγάλοι ατμοσφαιρικοί άνεμοι που περιβάλλουν τη Γη δημιουργούνται επειδή το έδαφος κοντά στο γήινο ισημερινό θερμαίνεται περισσότερο από τον ήλιο από ότι το έδαφος κοντά στους Πόλους. Μερική από την ενέργεια του ήλιου απορροφάται άμεσα από τον αέρα, ενώ το μεγαλύτερο μέρος της απορροφάται αρχικά από την επιφάνεια της γης και μεταφέρεται έπειτα στον αέρα με τη μεταγωγή θερμότητας.

Αυτή η μετακίνηση της αέριας μάζας επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες παγκόσμιας κλίμακας όπως η περιστροφή της γης, οι ήπειροι, οι ωκεανοί και οι οροσειρές. Σε τοπική κλίμακα επηρεάζεται από το γεωγραφικό πλάτος, το οποίο έχει επιπτώσεις στο ποσό έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία, τη φυσική γεωγραφία, δηλαδή την αναλογία του εδάφους και της θάλασσας, την παρουσία βουνών, λόφων, πεδιάδων και λιμνών. Ο τύπος βλάστησης μπορεί επίσης να έχει μια σημαντική επιρροή στην απορρόφηση ή την αντανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία με τη σειρά της επηρεάζει τη θερμοκρασία και την υγρασία. Σε μια δεδομένη θέση, η χρονική μεταβλητότητα σημαίνει ότι το συνολικό ποσό του αέρα μπορεί να ποικίλει για κάθε έτος. Οι εποχιακές μεταβολές στην ταχύτητα και την κατεύθυνση του αέρα προκύπτουν από τις εποχιακές αλλαγές στη σχετική κλίση της γης προς τον ήλιο, οι οποίες επηρεάζουν στη συνέχεια το θερμικό μοτίβο. Τέλος, η ταχύτητα του αέρα μειώνεται σημαντικά από τα εμπόδια όπως τα δέντρα ή τα κτήρια. Συνεπώς, η ροή αέρα είναι σπάνια ομαλή, με τις περισσότερες περιοχές να βιώνουν αρκετά γρήγορες αλλαγές στην ταχύτητα και την κατεύθυνση του αέρα.

Η ενέργεια του ανέμου χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο ήδη από την αρχαιότητα. Μάλιστα, τόσο είχε εκτιμηθεί η σπουδαιότητα και η χρησιμότητα των ανέμων, ώστε ο ίδιος ο Δίας, κατά την ελληνική μυθολογία, είχε ορίσει ειδικό «διαχειριστή» των ανέμων τον Αίολο. Εξάλλου, ο εγκλωβισμός των ανέμων στον ασκό του Αίολου, κατά τον Όμηρο, δείχνει ακριβώς την ανάγκη των ανθρώπων να διαθέτουν τους ανέμους στον τόπο και στο χρόνο που οι ίδιοι ήθελαν. Για πολλές εκατοντάδες χρόνια, η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου. Οι ανεμόμυλοι έδιναν κάποτε κίνηση στις τεράστιες μολόπετρες, που άλεθαν το

σιτάρι μετατρέποντας το σε αλεύρι και οι μικρές αντλίες εκμεταλλεύονται τον άνεμο για να ανεβάσουν το νερό από τα πηγάδια.

Το ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, εκδηλώνεται έντονα περί τα μέσα της δεκαετίας του '70 και ήταν αποτέλεσμα της πετρελαϊκής κρίσης που είχε εν τω μεταξύ ξεσπάσει. Από τότε μέχρι και σήμερα, η αιολική ενέργεια αποτελεί μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» αυτό είναι άφθονο, ανανεώσιμο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Εάν ήταν δυνατό να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα έτος ηλεκτρική ενέργεια από τον άνεμο θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Δυστυχώς, μόνο ένα μικρό ποσοστό της τεράστιας αυτής ποσότητας ενέργειας είναι σήμερα εκμεταλλεύσιμη.

Οι περισσότερες από τις εγκαταστάσεις παραγωγής αιολικής ενέργειας στον κόσμο εντοπίζονται στην Ευρώπη και στις Ηνωμένες Πολιτείες, όπου τα κυβερνητικά προγράμματα έχουν υποστηρίξει την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας. Μέχρι τα τέλη του 2004, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς παγκοσμίως ξεπέρασε τα 50000 MW. Από αυτά, τα 34205 MW βρίσκονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Οι Ηνωμένες Πολιτείες κατέχουν τη δεύτερη θέση, ανά τον κόσμο στη χρήση αιολικής ενέργειας και ακολουθούν η Γερμανία, η Ισπανία και η Ινδία. Η Δανία κατέχει την έκτη θέση, αλλά παράγει το 20% της ηλεκτρικής ενέργειάς της από τον άνεμο.

Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν κυρίως μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια και ονομάζονται ανεμογεννήτριες (Α/Γ). Υπάρχουν πολλών ειδών ανεμογεννήτριες, οι οποίες κατατάσσονται σε δυο βασικές κατηγορίες:

- τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικας και στις οποίες ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται ώστε να βρίσκεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο.
- τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα, ο οποίος και παραμένει σταθερός.

Σήμερα, στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα.

Ανεμογεννήτριες (Α/Γ)

Για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούμε σήμερα τις ανεμογεννήτριες, με τις οποίες μετατρέπεται η κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Τα πτερύγια που διαθέτουν περιστρέφονται όταν φυσάει και η κίνηση αυτή των πτερυγίων μεταδίδεται σε έναν άξονα περιστροφής. Η κινητική ενέργεια του άξονα περιστροφής μετατρέπεται από μια γεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για την κάλυψη ή τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών απομακρυσμένων περιοχών, βιομηχανικών μονάδων, ιστιοφόρων πλοίων κ.λπ.

Η σημαντικότερη οικονομικά εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η σύνδεσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο μιας χώρας. Στην περίπτωση αυτή, ένα αιολικό πάρκο, δηλαδή μια συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών, εγκαθίσταται και λειτουργεί σε μια περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό και διοχετεύει το σύνολο της παραγωγής του στο ηλεκτρικό σύστημα. Το μεγαλύτερο αιολικό πάρκο παγκοσμίως είναι το «Horse Hollow Wind Energy Center» στο Τέξας, το οποίο έχει 421 ανεμογεννήτριες που παράγουν αρκετή ηλεκτρική ενέργεια για να τροφοδοτούν 220.000 σπίτια το χρόνο.

Εκτός από τα αιολικά πάρκα, μπορούν να εγκατασταθούν και μικρές ανεμογεννήτριες για την ικανοποίηση οικιακών αναγκών. Η εγκατάστασή τους απαιτεί μια δεδομένη, ελεύθερη από εμπόδια έκταση, για τη μεγαλύτερη δυνατή έκθεσή τους στον άνεμο, γι' αυτό και συνίσταται σε μη αστικές περιοχές. Η χρήση συστημάτων μικρών ανεμογεννητριών είναι συμφέρουσα σε αυτόνομες κατοικίες, όταν δεν είναι δυνατή η σύνδεσή τους με το δίκτυο, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με φωτοβολταϊκά συστήματα και υπό την προϋπόθεση ότι εφαρμόζονται οι βασικές αρχές εξοικονόμησης ενέργειας. Η εγκατάστασή τους μπορεί να γίνει ακόμα και στην οροφή ενός κτιρίου.

Οι μικρές (ανθρώπινης κλίμακας) ανεμογεννήτριες οικιακής χρήσης έχουν ισχύ 400W-3000W και διάμετρο φτερωτής από 1,5m έως 4,5m. Παράγουν συνεχή τάση 12 ή 24V, οπότε για την τροφοδοσία μιας κατοικίας απαιτείται αντιστροφέας ισχύος (inverter) για τη μετατροπή της σε τάση δικτύου και τη λειτουργία των οικιακών συσκευών. Επίσης, για κατοικίες μη διασυνδεδεμένες στο δίκτυο απαιτούνται ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) για την αποθήκευση της ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται όταν υπάρχει άπνοια ή αυξημένες ανάγκες σε ενέργεια κάποιες ώρες της ημέρας. Είναι επίσης δυνατό, παράλληλα με τις ανεμογεννήτριες, να γίνεται χρήση ντιζελογεννητριών, που λειτουργούν όταν οι ανάγκες το απαιτούν.



Εικόνα 2-3. Βασικά εξαρτήματα λειτουργίας μίας ανεμογεννήτριας[28]

Το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την «πρώτη» περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το κόστος ηλεκτροπαραγωγής από ανεμογεννήτριες από τα 0,80€/kWh στις αρχές της δεκαετίας του '80 έχει μειωθεί στα 0,04-0,05€/kWh σε μέρη με δυνατούς ανέμους μέχρι 0,06-0,08€/kWh σε μέρη με μικρή ταχύτητα ανέμων (2003). Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και τις συνεχείς βελτιώσεις που επιτυγχάνονται στην απόδοση και την αξιοπιστία των ανεμογεννητριών,

εκτιμάται ότι το κόστος εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας μπορεί να μειωθεί στα 0,03€/kWh μέχρι το 2011.

Η ενέργεια που είναι διαθέσιμη στον αέρα ποικίλλει. Έτσι μια κατανόηση των χαρακτηριστικών του ανέμου είναι κρίσιμη για όλες τις πτυχές της ενεργειακής εκμετάλλευσής του, από τον προσδιορισμό των κατάλληλων περιοχών και την πρόβλεψη της οικονομικής βιωσιμότητας των προγραμμάτων των αιολικών πάρκων, έως τον ίδιο το σχεδιασμό των ανεμογεννητριών και την κατανοήση της επίδρασής τους στα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και τους καταναλωτές. Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό είναι:

- Η ταχύτητα του ανέμου.
- Η διεύθυνση του ανέμου.
- Η επικρατούσα στην περιοχή ανατάραξη.
- Ο στροβιλισμός του ανέμου.
- Η μεταβολή με το ύψος της ταχύτητας του ανέμου (κατανομή του ανέμου).

Ανάπτυξη και προοπτικές της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί να γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξής της. Από τις πλέον πρόσφορες περιοχές για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών είναι οι παράλιες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας και κυρίως τα νησιά του Αιγαίου, στα οποία συχνά πνέουν ισχυροί άνεμοι.

Οι πρώτες δραστηριότητες για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα άρχισαν το 1975. Η κίνηση αυτή ήταν ενδεδειγμένη, δεδομένου ότι η ύπαρξη καλών ανεμολογικών στοιχείων για μια σειρά πιθανών περιοχών εγκατάστασης, είναι βασικός παράγοντας για την ορθή επιλογή της θέσης των αιολικών πάρκων.

Στη συνέχεια, από το 1982 μέχρι το τέλος του 2004 έχουν κατασκευαστεί στη χώρα εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο συνολικής ισχύος 465MW, από τα οποία το μεγαλύτερο μέρος ανήκει σε ιδιώτες. Το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος, το 2005 ανήλθε σε 622 MW, ενώ το 2007 αυξήθηκε στα 871 MW. Ενδεικτικά, αναφέρουμε ορισμένες εφαρμογές στη χώρα μας. Τέτοιες είναι το υβριδικό πάρκο της Κύθνου, το αιολικό πάρκο της Άνδρου, τα αιολικά πάρκα στην Εύβοια, στη Θράκη, στην Κρήτη, στις Κυκλάδες, και στην Πελοπόννησο. Στην Ελλάδα δεν υπάρχει αξιολογη βιομηχανία κατασκευής ανεμογεννητριών εκτός ελάχιστων κατασκευαστών ανεμογεννήτριας της τάξης του 1-5kW. Αυτά τα μεγέθη είναι σημαντικά, αλλά απέχουν πολύ τόσο από το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό, όσο και από τις δυνατότητες διείσδυσης της ενέργειας που παράγεται από τον άνεμο στο ηλεκτρικό σύστημα της χώρας.

Πλεονεκτήματα

Η ενέργεια που απορρέει από τον άνεμο:

- είναι μια καθαρή πηγή ενέργειας και δεν παράγει καμία ατμοσφαιρική ή υδατική ρύπανση.
- προστατεύει το περιβάλλον, αφού δεν το επιβαρύνει με χημικές ουσίες, που προκαλούν την όξινη βροχή και με αέρια του θερμοκηπίου, που αποσταθεροποιούν το παγκόσμιο κλίμα.
- είναι ανεξάντλητη, συνεχώς ανανεώσιμη και δωρεάν.
- αποτελεί βιώσιμη λύση για απομακρυσμένες περιοχές χωρίς πρόσβαση σε δίκτυο.
- είναι μια οικονομικά ανταγωνιστική, εναλλακτική λύση απέναντι στα ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα και την επικίνδυνη πυρηνική ενέργεια.
- επιτυγχάνει την εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, το οποίο συνεπάγεται αξιόλογα συναλλαγματικά οφέλη.
- δεν έχει απαγορευτικό κόστος. Οι νέες τεχνολογίες έχουν μειώσει τις δαπάνες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την αιολική και η συνεχής εκμετάλλευση του ανέμου έχει ενθαρρύνει την απαλλαγή από φόρους για τις ανανεώσιμες ενέργειες.
- συμβάλλει στην ανάπτυξη της ελληνικής βιομηχανίας.
- ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία, καθώς απεξαρτά τη χώρα από τα εισαγόμενα καύσιμα.
- βοηθά στην ανάπτυξη του τουρισμού.
- γεννά νέες θέσεις εργασίας. Για κάθε MW εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργειας δημιουργούνται 15-22 θέσεις εργασίας, οι οποίες αφορούν κυρίως στη λειτουργία και διαχείριση των αιολικών πάρκων.
- οδηγεί στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, αφού στην επαρχία απαντώνται καλύτερες ανεμολογικά περιοχές για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων και βοηθά έτσι στην ανακούφιση των συστημάτων υποδομής και τη μείωση απωλειών από τη μεταφορά ενέργειας.
- δεν εμποδίζει τις γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες. Περίπου το 99% της γης που φιλοξενεί ένα αιολικό πάρκο είναι διαθέσιμο για άλλες χρήσεις.
- συμβάλλει στην τοπική ανάπτυξη.

Μειονεκτήματα

- Ο άνεμος είναι μεταβλητός και η ροή του δε ρυθμίζεται με τεχνικά μέσα.
- Ένα σημαντικό μειονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι ότι εξαρτάται άμεσα από την ύπαρξη ικανοποιητικών ταχυτήτων ανέμου. Για την περίπτωση που δεν φυσούν ικανοποιητικοί άνεμοι, θα πρέπει να έχει προβλεφθεί εφεδρεία συμβατικών σταθμών για το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος των ανεμογεννητριών. Θα μπορούσε ενδεχομένως το ηλεκτρικό ρεύμα, που παράγεται κατά την διάρκεια μεγάλων περιόδων ανέμων, να αποθηκεύεται σε μπαταρίες αλλά αυτές είναι ακόμη ακριβές και αναποτελεσματικές.
- Σε περίπτωση πολύ ισχυρών ανέμων υπάρχει κίνδυνος να καταστραφούν τα πτερύγια των ανεμογεννητριών.
- Η αιολική ενέργεια πρέπει να συναγωνιστεί τις συμβατικές πηγές ενέργειας σε επίπεδο κόστους. Παρότι το κόστος της αιολικής ενέργειας έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία απαιτεί μια αρχική επένδυση υψηλότερη από εκείνη των γεννητριών που λειτουργούν με καύση ορυκτών.
- Τα κατάλληλα σημεία για αιολικά πάρκα συχνά βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές, μακριά από πόλεις όπου χρειάζεται ο ηλεκτρισμός.

- Οι ανεμογεννήτριες μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμούς ή θανατώσεις πουλιών, κυρίως αποδημητικών.
- Πρόβλημα μπορεί να αποτελέσει και η ηχητική όχληση από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών, καθώς και ο αντίκτυπος στο απτικό τοπίο.

Συμπεράσματα

Η συστηματική εκμετάλλευση του πολύ αξιόλογου αιολικού δυναμικού της χώρας μας, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της εγχώριας τεχνολογίας και βιομηχανίας παραγωγής ανεμογεννητριών, μπορεί να συμβάλλει πολλαπλά σε όλα τα επίπεδα.

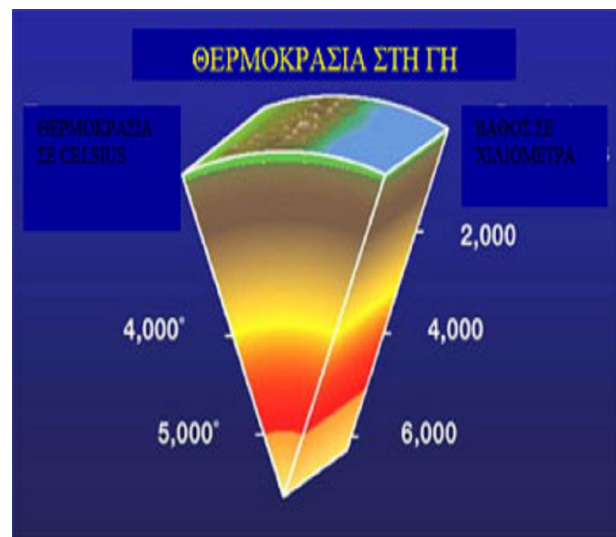
Η αιολική ενέργεια είναι ανεξάντλητη και μας προκαλεί να την εκμεταλλευτούμε. Με τα προφανή οικονομικά και κοινωνικά οφέλη που μπορεί να αποφέρει στη χώρα μας, η ανάπτυξη εγκαταστάσεων για την εκμετάλλευσή της και συνυπολογίζοντας τις θετικές επιδράσεις στο περιβάλλον και στην ποιότητα ζωής από τη διάδοση της χρήσης της, θα ήταν ανεπίτρεπτο να αφήσουμε αυτόν τον υπάρχοντα εν αφθονία ενεργειακό πόρο αναξιοποίητο.[30]

2.4. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

«Γεωθερμικό» σημαίνει πολύ απλά αυτό που βασίζεται στη θερμότητα της Γης. Η θερμότητα όμως είναι μια μορφή ενέργειας και συνεπώς η γεωθερμική ενέργεια είναι η θερμότητα που περιέχεται στο εσωτερικό της γης, η οποία προκαλεί τη δημιουργία διαφόρων γεωλογικών φαινομένων σε παγκόσμια κλίμακα.

Συνήθως όμως, ο όρος «γεωθερμική ενέργεια» χρησιμοποιείται σήμερα για να δηλώσει εκείνο το τμήμα της γήινης θερμότητας που μπορεί να ανακτηθεί και να αξιοποιηθεί από τον άνθρωπο και το οποίο είναι τόσο μεγάλο ώστε να μπορεί να θεωρηθεί πρακτικά ανεξάντλητο.

Η παρουσία ηφαιστείων, θερμών πηγών και άλλων επιφανειακών εκδηλώσεων θερμότητας είναι αυτή που οδήγησε τους προγόνους μας στο συμπέρασμα ότι το εσωτερικό της γης είναι ζεστό. Όμως, μόνο όταν κατασκευάστηκαν τα πρώτα μεταλλεία που ανορύχθηκαν σε βάθος μερικών εκατοντάδων μέτρων κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, οι άνθρωποι, με τη βοήθεια κάποιων απλών φυσικών παρατηρήσεων, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία της γης αυξάνεται με το βάθος. Οι πρώτες μετρήσεις με θερμομέτρο έγιναν κατά πάσα πιθανότητα το 1740. Ήδη από το 1870, για τη μελέτη της θερμικής κατάστασης του εσωτερικού της γης χρησιμοποιούνταν κάποιες προχωρημένες για την εποχή επιστημονικές μέθοδοι, ενώ η θερμική κατάσταση που διέπει τη γη, η θερμική ισορροπία και εξέλιξή της κατανοήθηκαν καλύτερα τον 20ο αιώνα, με την ανακάλυψη του ρόλου της «ραδιενεργής θερμότητας».



Εικόνα 2-4. Η θερμοκρασία στο εσωτερικό της Γης[28]

Σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης ζωής οι πρακτικές εφαρμογές προηγούνται της επιστημονικής έρευνας και της τεχνολογικής ανάπτυξης. Η γεωθερμία αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα του φαινομένου αυτού. Αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχόμενου των γεωθερμικών ρευστών γινόταν ήδη από τις αρχές του 19ου αιώνα. Η εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του φυσικού ατμού ξεκίνησε περίπου την ίδια περίοδο. Ο γεωθερμικός ατμός χρησιμοποιήθηκε για την ανέλκυση των ρευστών, αρχικά με κάποιους πρωτόγονους αέριους ανυψωτήρες και στη συνέχεια με παλινδρομικές και φυγοκεντρικές αντλίες και βαρούλκα. Εν τω μεταξύ, ολοένα και περισσότερες χώρες άρχισαν να αναπτύσσουν τους γεωθερμικούς τους πόρους σε βιομηχανική κλίμακα. Το 1892, το πρώτο γεωθερμικό σύστημα τηλε-θέρμανσης τέθηκε σε λειτουργία. Το 1904, έγινε η πρώτη απόπειρα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικό ατμό. Η επιτυχία αυτής της πειραματικής προσπάθειας έδωσε μια ξεκάθαρη ένδειξη για τη βιομηχανική αξία της γεωθερμικής ενέργειας και σηματοδότησε την έναρξη μιας μορφής εκμετάλλευσης, που επρόκειτο έκτοτε να αναπτυχθεί σημαντικά. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αποτέλεσε πράγματι μια εμπορική επιτυχία. Μετά το 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο, η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας έγινε ελκυστική σε πολλές χώρες, επειδή ήταν ανταγωνιστική ως προς άλλες μορφές ενέργειας. Επιπλέον, η ενέργεια αυτή δε χρειαζόταν να εισαχθεί από άλλες χώρες, όπως συμβαίνει με τα ορυκτά καύσιμα ενώ σε πολλές περιπτώσεις αποτελούσε τον μοναδικό διαθέσιμο εγχώριο ενεργειακό πόρο.

Η συγκεντρωμένη στο εσωτερικό της γης θερμότητα μεταφέρεται κοντά στην επιφάνειά της μέσω γεωλογικών φαινομένων, δημιουργώντας έτσι υπέρθερμες περιοχές. Το σημαντικότερο από αυτά τα γεωλογικά φαινόμενα είναι αυτό των λιθοσφαιρικών πλακών: Το εξωτερικό κέλυφος της γης, η λιθόσφαιρα, δεν είναι ενιαίο αλλά αποτελείται από πολλά κομμάτια, τις λιθοσφαιρικές πλάκες. Οι πλάκες αυτές βρίσκονται σε μια διαρκή κίνηση που πραγματοποιείται με πολύ μικρή ταχύτητα, μερικά μόλις εκατοστά το χρόνο. Ανάλογα με τη σχετική κίνηση των πλακών, στα όριά τους παρατηρούνται τρία διαφορετικά φαινόμενα:

- Οι δύο πλάκες αποκλίνουν, δηλαδή κινούνται έτσι που να απομακρύνονται η μια από την άλλη. Στο κενό που αφήνουν, αναβλύζει μάγμα που στερεοποιείται, γεμίζει το κενό και δημιουργεί καινούργια λιθόσφαιρα, Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται οι λεγόμενες "ράχες".
- Οι δύο πλάκες συγκλίνουν έτσι που η μια να βυθίζεται κάτω από την άλλη και τελικά να απορροφάται από το μανδύα ή να καταστρέφεται. Φαινόμενα τριβής στα όρια των πλακών έχουν σαν αποτέλεσμα, μέρος της μηχανικής ενέργειας να μετατρέπεται σε θερμότητα. Αυτή η θερμότητα εκτονώνεται με τη μορφή ηφαιστειακής δράσης. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται οι "τάφροι". Στις τάφρους η λιθόσφαιρα καταστρέφεται με το ρυθμό που δημιουργείται στις ράχες.
- Οι δύο πλάκες "γλιστρούν" η μια παράλληλα στην άλλη με τρόπο που ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται λιθόσφαιρα.

Τόσο οι "τάφροι" όσο και οι "ράχες" συνδέονται με ηφαιστειακή δράση και κατά συνέπεια με υπέρθερμες περιοχές. Γι' αυτό και τα σημαντικότερα γεωθερμικά πεδία εντοπίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές, δηλαδή στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, τις λεγόμενες "ζώνες σεισμικών εστιών".



Εικόνα 2-5. Οι κυριότερες περιοχές γεωθερμικού ενδιαφέροντος στην Ελλάδα[28]

Περιοχές με μικρότερο γεωθερμικό ενδιαφέρον, δηλαδή με γεωθερμική βαθμίδα λίγο υψηλότερη από τη μέση, μπορεί να βρεθούν και εκτός των εν λόγω ζωνών. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε κάποιον από τους ακόλουθους παράγοντες:

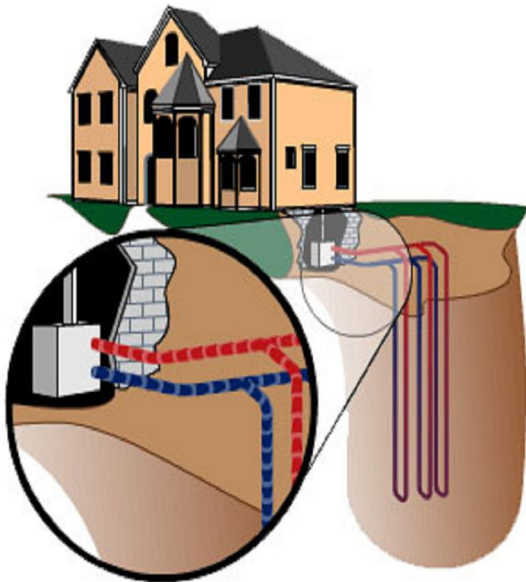
- Τοπικά υψηλή θερμική ροή από το μανδύα και τη βάση του φλοιού προς την επιφάνεια, σε μεγάλες περιοχές.
- Αυξημένες συγκεντρώσεις των ραδιενεργών στοιχείων ουρανίου, θορίου και καλίου σε ορισμένες περιοχές στο φλοιό της γης, που συντελούν στην παραγωγή θερμότητας και κατά συνέπεια στην αύξηση της γεωθερμικής βαθμίδας. Πετρώματα με αυξημένες αυτές τις συγκεντρώσεις είναι τα γρανιτικά.
- Φαινόμενα συναγωγής που προκαλούνται από κυκλοφορία νερού διαμέσου πορωδών σχηματισμών ή μέσα από συστήματα ρηγμάτων. Με αυτό τον τρόπο μεταφέρεται η θερμότητα σε μικρότερα βάθη και αυξάνεται η γεωθερμική βαθμίδα.
- Σε μια περιοχή με δεδομένη θερμική ροή στη βάση του φλοιού και απουσία άλλης θερμής πηγής μέσα στο φλοιό, η γεωθερμική βαθμίδα ποικίλλει ανάλογα με τη θερμική αγωγιμότητα των πετρωμάτων που αποτελούν το φλοιό. Τα αργιλικά πετρώματα έχουν τη χαμηλότερη θερμική αγωγιμότητα, ενώ τα κρυσταλλικά χαρακτηρίζονται από υψηλή θερμική αγωγιμότητα (περίπου 6 φορές αυτή των αργίλων) .

Οι παραπάνω μηχανισμοί μπορεί να δημιουργήσουν δευτερεύουσας σημασίας γεωθερμικές ανωμαλίες μακριά από τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών. Έτσι, ενώ σημαντικές

Θερμικές ανωμαλίες εντοπίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές, περιοχές με ελαφρά αυξημένη γεωθερμική βαθμίδα απαντώνται σε όλη τη γη.

Ωστόσο, δεδομένου ότι η θερμότητα του πλανήτη μας βρίσκεται στο εσωτερικό του, πρέπει να γίνουν γεωτρήσεις προκειμένου να προσπελαστεί στις ζώνες σεισμικών εστιών. Θερμοκρασίες κατάλληλες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να βρεθούν σε βάθη 2-3 km, ενώ σ' αυτά τα βάθη, σε περιοχές με μέση γεωθερμική βαθμίδα, οι θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλότερες, ικανές μόνο για κάλυψη θερμικών αναγκών.

Γεωθερμική ενέργεια, λοιπόν, ονομάζεται η αποθηκευμένη ενέργεια υδρολογικών και γεωλογικών σχηματισμών του φλοιού της γης σε μορφή θερμότητας, όταν η θερμοκρασία του σχηματισμού υπερβαίνει τους 25 °C. Αυτή η μορφή ενέργειας προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Μεταφέρεται δε στην επιφάνεια με θερμική επαγωγή καθώς και με την είσοδο στον φλοιό της γης λειωμένου μάγματος από τα βαθύτερα στρώματά της. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού (θερμό νερό ή/και ατμός, θερμός αέρας) ποικίλει από περιοχή σε περιοχή και μπορεί να έχει τιμές από 25 – 350 °C.



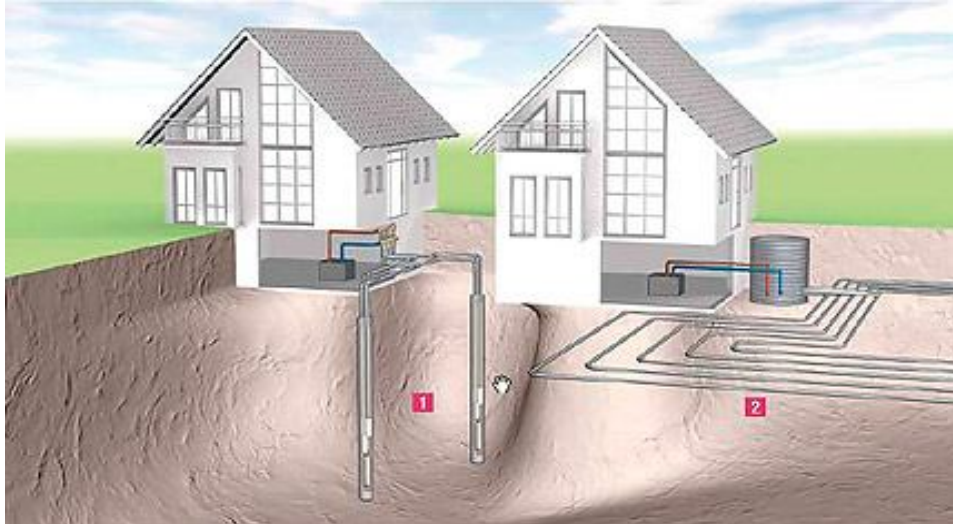
Εικόνα 2-6. Διάταξη εκμετάλλευσης γεωθερμικής ενέργειας στον οικιακό τομέα [25]

Δυνατότητα όμως εκμετάλλευσης ενέργειας γεωλογικού ή υδρολογικού σχηματισμού υπάρχει και όταν η θερμοκρασία είτε του προϊόντος, είτε του σχηματισμού είναι μικρότερη από 25 °C. Στις περιπτώσεις αυτές το βάθος εκμετάλλευσης συνήθως δεν υπερβαίνει τα 150m από την επιφάνεια του εδάφους και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζεται από τους επιστήμονες ως αβαθής γεωθερμία. Η διαφορά ανάμεσα στις δύο μορφές έγκειται στο γεγονός ότι η αβαθής γεωθερμική ενέργεια προέρχεται κυρίως από την αποθήκευση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στη γήινη επιφάνεια, ενώ η καθεαυτού γεωθερμική ενέργεια, προϊόν γεωθερμικού δυναμικού, οφείλεται στη μεταφορά θερμότητας από το μάγμα του

πυρήνα της Γης στα ανώτερα στρώματα του εδάφους. Αν και η γεωθερμία παρουσιάζει μεγαλύτερη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας ανά μονάδα μάζας του γεωθερμικού προϊόντος, η αβαθής γεωθερμία πλεονεκτεί στο ότι βρίσκεται διαθέσιμη και εκμεταλλεύσιμη παντού, είναι αρκετά εύκολη στην αξιοποίησή της και μπορεί να συνδυαστεί και με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως π.χ. με την ηλιακή.

Η αρχή της γεωθερμικής ενέργειας είναι εξαιρετικά απλή και βασίζεται στο γεγονός ότι λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης η θερμοκρασία του εδάφους είναι σταθερή στους 14-20°C καθ όλη την διάρκεια του χρόνου. Αν συνεπώς εκμεταλλευτούμε τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ υπεδάφους και επιφάνειας, μπορούμε να θερμάνουμε χώρους το χειμώνα και να τους ψύξουμε αντίστοιχα το καλοκαίρι.

Αυτό γίνεται με τη χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, όπου επιτρέπεται η μεταφορά θερμότητας από και προς το έδαφος για παραγωγή δροσισμού, θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης για οικιακές αλλά και ευρύτερης κλίμακας εφαρμογές. Η θερμότητα μεταδίδεται μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων με νερό, που είτε βρίσκονται σε οριζόντια διάταξη και χαμηλό βάθος, είτε σε κατακόρυφη διάταξη εκμεταλλευόμενοι μία ή περισσότερες γεωτρήσεις που γίνονται για το λόγο αυτό.



Εικ.2.7. Δίκτυα σωληνώσεων σε 1: κατακόρυφη διάταξη και 2: οριζόντια διάταξη.[46]

Πιο συγκεκριμένα, καρδιά του συγκεκριμένου συστήματος είναι μια γεωθερμική αντλία θερμότητας (που δεν έχει μεγάλες διαφορές από τις γνωστές μικρές κλιματιστικές συσκευές ή εν μέρει τα ηλεκτρικά ψυγεία), η οποία αποτελείται από 4 στοιχεία: εξαμιστή, συμπιεστή, συμπυκνωτή και στοιχείο εκτόνωσης. Μια πλήρης εγκατάσταση αβαθούς γεωθερμίας αποτελείται εν γένει από τα παρακάτω τμήματα:

- Από τη γεωθερμική αντλία θερμότητας ,που αναφέραμε προηγουμένως.
- Από τον γεωθερμικό εναλλάκτη, που είναι ένα κλειστό σύστημα σωληνώσεων από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας, με διάρκεια ζωής άνω των 50 ετών, που διαρρέεται από νερό και τοποθετείται μέσα στο έδαφος(μιλάμε τότε για σύστημα κλειστού βρόγχου) ή εναλλακτικά από ένα σύστημα ανοιχτού βρόγχου με απ' ευθείας γεωτρήσεις στον υπάρχοντα υδροφόρο ορίζοντα.
- Από την εσωτερική εγκατάσταση θέρμανσης και/ή ψύξης της κατοικίας (του κτιρίου), που δεν διαφέρει σε τίποτε από τις γνωστές μας εγκαταστάσεις. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ενδοδαπέδια ή ενδοτοιχεία συστήματα θέρμανσης και δροσισμού ή σύστημα fan coils για θέρμανση και ψύξη. Ακόμη και σώματα θερμαντικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν (αλλά θα είναι πολύ μεγάλα σε μέγεθος.).
- Από τον αυτοματισμό της εγκατάστασης.

Η γεωθερμία αποτελεί μια καινοτομία εξέλιξης στον τομέα της θέρμανσης-δροσιάς. Η χρήση της ενδείκνυται για όλους τους χώρους (οικιακούς χώρους, ξενοδοχειακές επιχειρήσεις, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, κτηνοτροφικές μονάδες, θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες) όπου απαιτείται η ύπαρξη θέρμανσης και δροσιάς. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150 °C), η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να

χρησιμοποιηθεί κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν, όμως, η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών και άλλων κτιρίων ή κτιριακών εγκαταστάσεων, θερμοκηπίων, κτηνοτροφικών μονάδων, ιχθυοκαλλιεργειών κλπ.

Από την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας τόσο για ηλεκτροπαραγωγή όσο και για θερμικές εφαρμογές, προκύπτουν σημαντικά οφέλη, μερικά εκ των οποίων παρουσιάζονται παρακάτω:

- Ενέργεια σε ελάχιστο κόστος. Λόγω της χαμηλής κατανάλωσης και της σχεδόν ανύπαρκτης συντήρησης του εξοπλισμού, τα γεωθερμικά συστήματα κλιματισμού μπορούν να εξοικονομήσουν από 55% μέχρι και 70% από την ετήσια δαπάνη σε σύγκριση με ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης και δροσισμού. Το μόνο λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης είναι η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος από τον συμπιεστή και τις αντλίες, το οποίο είναι οικονομικότερο σε σχέση με τη χρήση λέβητα πετρελαίου κατά 20-25%
- Απόδοση. Ένα γεωθερμικό σύστημα είναι τρεις έως πέντε φορές αποδοτικότερο από ένα συμβατικό σύστημα. Επειδή δεν καίει ορυκτά καύσιμα για να παράγει θερμότητα, παρέχει τρεις έως πέντε μονάδες ενέργειας για κάθε μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτεί το σύστημα
- Ανεξαρτησία από το πετρέλαιο θέρμανσης.
- Εικοσιτετράωρη διαθεσιμότητα. Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη όλο το 24ώρο, καθ'όλη τη διάρκεια του χρόνου και υπό οποιοσδήποτε καιρικές συνθήκες.
- Είναι διαρκώς ανανεώσιμη, καθώς προέρχεται από το εσωτερικό της γης και την ακτινοβολία του ηλίου.
- Ευελιξία, Άνεση και Αυτονομία. Τα γεωθερμικά συστήματα παράγουν θέρμανση και δροσισμό σε μια εγκατάσταση, με αποτέλεσμα να καταργούν το συμβατό τρόπο θέρμανσης, τους πύργους δροσισμού και τα κλιματιστικά διαιρούμενου τύπου. Παρουσιάζουν ευελιξία στην αυτονομία, σε μελλοντικές επεκτάσεις και σε διαθεσιμότητα χώρου. Έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης και είναι αξιόπιστα σε ακραίες συνθήκες θέρμανσης και δροσισμού.
- Ασφάλεια. Με ένα σύστημα γεωθερμίας, δεν υπάρχει καύση και φλόγα, δεν υπάρχουν καπνοί, καπναγωγοί και οσμές. Δεν υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης, φωτιάς ή ασφυξίας από το μονοξείδιο.
- Φιλικό προς το περιβάλλον. Επειδή δεν χρησιμοποιούνται καύσιμα, δεν συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, που είναι υπεύθυνο για την αύξηση της θερμοκρασίας στον πλανήτη. Αποφυγή έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και άλλων αέριων ρύπων που εκλύονται από την καύση συμβατικών καυσίμων.
- Αθόρυβη λειτουργία. Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται, σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν για να είναι σχεδόν αθόρυβες. Λειτουργούν πιο αθόρυβα και από το ψυγείο.
- Εξοικονόμηση χώρων. Δεν υπάρχει ανάγκη για δεξαμενή πετρελαίου και καμινάδα
- Γρήγορη απόσβεση.
- Ζεστό νερό χειμώνα και καλοκαίρι.
- Δροσιά χωρίς κόστος το καλοκαίρι.
- Δυνατότητα επιδότησης.

- Αξιοπιστία κατασκευών και απόλυτη αξιοπιστία. Τα συστήματα γεωθερμίας χρησιμοποιούνται παραπάνω από 20 χρόνια σε κράτη όπως Η.Π.Α., η Ιαπωνία, η Γερμανία, η Ελβετία, η Αυστρία και η Σουηδία.

Συμπερασματικά αξίζει να τονισθεί ότι η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί φθηνή και ήπια ανανεώσιμη μορφή πηγής ενέργειας, με άμεσα ενεργειακά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη. Οι προοπτικές μελλοντικής ανάπτυξης των εφαρμογών γεωθερμικής ενέργειας είναι μεγάλες, ειδικά των συστημάτων θέρμανσης-δροσισμού κτιρίων με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Στη χώρα μας έχουμε εκμεταλλευτεί μέχρι σήμερα λιγότερο από το 1% του συνολικού γεωθερμικού δυναμικού της χώρας μας (0% για ηλεκτροπαραγωγή και 5%-8% για θερμικές χρήσεις) όμως, στο άμεσο μέλλον μπορεί το αξιοποιημένο γεωθερμικό δυναμικό, μέσω άμεσων επενδύσεων, να αυξηθεί σημαντικά. Από τη λειτουργία των γεωθερμικών αυτών εφαρμογών θα επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας που αντιστοιχεί σε χιλιάδες Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου (Τ.Ι.Π.) ετησίως με παράλληλη αποφυγή εκλύσεων στην ατμόσφαιρα επίσης χιλιάδων τόνων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ετησίως. [12],[27],[28],[30]

2.5. ΒΙΟΜΑΖΑ

Με τον όρο βιομάζα ονομάζουμε οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς ψοροοργανισμούς φυτικής ή ζωικής προελεύσεως (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, δένδρα, κλαδιά, φύλλα, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Οτιδήποτε δηλαδή μπορεί να φανταστεί κανείς, απ' το πλέον ασήμαντο σκουπίδι έως τα ειδικώς καλλιεργημένα και λεγόμενα ενεργειακά φυτά, αποτελούν τη βιομάζα. Πιο συγκεκριμένα, 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 της, αποσπώντας την και χρησιμοποιώντας την ποικιλοτρόπως, συμμετέχοντας αενάως στον παγκόσμιο ζωικό κύκλο.



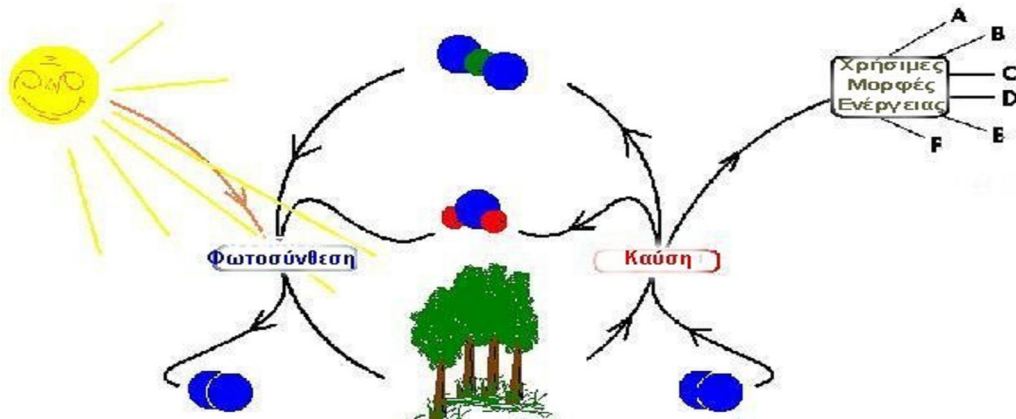
Εικ.2.8. Μορφές Βιομάζας[28]

Οι πόροι βιομάζας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα υλικών. Η βιομάζα μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες:

- Παραδοσιακή βιομάζα που γενικά περιορίζεται στις αναπτυσσόμενες χώρες και σε χρήσεις μικρής κλίμακας. Περιλαμβάνει τα καυσόξυλα και το κάρβουνο για οικιακή χρήση, την ήρα του ρυζιού, άλλα φυτικά υπολείμματα και την κοπριά ζώων. Χρησιμοποιείται κυρίως σε ανοιχτά τζάκια για μαγείρεμα και για θέρμανση. Η καύση ξύλων σε μικρά συστήματα όπως οι ξυλόσομπες ή οι ανοιχτές καμινάδες για θέρμανση έχει μακρά παράδοση. Απόβλητα από επεξεργασία ξύλου σε μορφή συσσωματωμάτων βιομάζας (pellets) ή σε κομματάκια μαλακού ξύλου (chips) χρησιμοποιούνται πλέον σε καινοτόμα συστήματα θέρμανσης.

- Σύγχρονη βιομάζα που συνήθως αφορά χρήσεις μεγάλης κλίμακας και έχει σκοπό να υποκαταστήσει τις συμβατικές ενεργειακές πηγές των ορυκτών καυσίμων. Περιλαμβάνει ξερά κλαδιά από το δάσος και τα γεωργικά υπολείμματα, τα οικιακά απόβλητα, τα βιοαέρια και βιοκαύσιμα από ενεργειακές καλλιέργειες (όπως έλαια από φυτά και φυτά που περιέχουν άμυλο και σάκχαρα). Στερεή βιομάζα, όπως τα υπολείμματα ξύλου, τα απόβλητα από αυλές και το άχυρο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καύση σε ειδικά κατασκευασμένους σταθμούς παραγωγής ενέργειας, ή μαζί με άνθρακα σε υπάρχοντες σταθμούς που χρησιμοποιούν άνθρακα ως καύσιμο. Το βιοαέριο μπορεί να εξαχθεί σε ειδικές εγκαταστάσεις από αγροτικά λύματα, όπως π.χ. η αραιή λάσπη.

Ωστόσο εύλογα αναρωτιέται κανείς σε τι συνίσταται η αξία αυτών των φαινομενικά αχρήστων υλικών. Σύμφωνα λοιπόν με τη Φυσική, η Αρχή Διατήρησης Ενέργειας εφαρμόζεται και στην περίπτωση της βιομάζας. Συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια της ζωής τους, τα φυτά



Εικ.2.9. Η βιομάζα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση και μετατρέπεται σε χρήσιμες μορφές ενέργειας με την καύση[28].

δεσμεύοντας την ηλιακή ενέργεια διά της φωτοσυνθέσεως, την αποθηκεύουν εν συνεχεία στα σώματά τους με τη μορφή πλέον της χημικής ενέργειας. Αναλυτικότερα, οι χλωροπλάστες, τα μικροσκοπικά αυτά εργοστάσια που βρίσκονται στα πράσινα μέρη των φυτών, χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια που φτάνει σ' αυτά ως φώς, το διοξείδιο του άνθρακα που παίρνουν απ' τον αέρα και το νερό που απορροφούν απ' την υγρασία του χώματος για να κατασκευάσουν μια σειρά χημικών ενώσεων που καλούνται υδρογονάνθρακες. Σ' αυτούς τους υδρογονάνθρακες είναι αποθηκευμένη τώρα η ηλιακή ενέργεια ως χημική. Μέρος αυτής της ενέργειας περνά φυσικά στα ζώα, όταν αυτά τρώνε τα φυτά. Έτσι φυτά και ζώα, νεκρά ή ζωντανά, μπορούν να θεωρούνται ως αποθήκες της ηλιακής ενέργειας. Την ενέργεια αυτή μπορεί ο άνθρωπος να αντλήσει με διάφορες μεθόδους, οι οποίες συνεχώς εξελίσσονται, και να την μετατρέψει σε μορφές πιο εύχρηστες γι' αυτόν, λύνοντας εν πολλοίς το ενεργειακό του πρόβλημα αλλά και προστατεύοντας το πολύπαθο περιβάλλον. Έτσι γίνεται αντιληπτό ότι η βιομάζα αποτελεί και αυτή 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. Η βιομάζα σήμερα αποτελεί σημαντική πηγή παραγωγής θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας σε βιομηχανική κλίμακα. Παρακάτω παρατίθενται οι εφαρμογές με καύσιμο τη βιομάζα καθώς επίσης και οι τρόποι αξιοποίησης της βιομάζας.



Εικ.2.10. Καύση βιομάζας στον οικιακό τομέα[25]

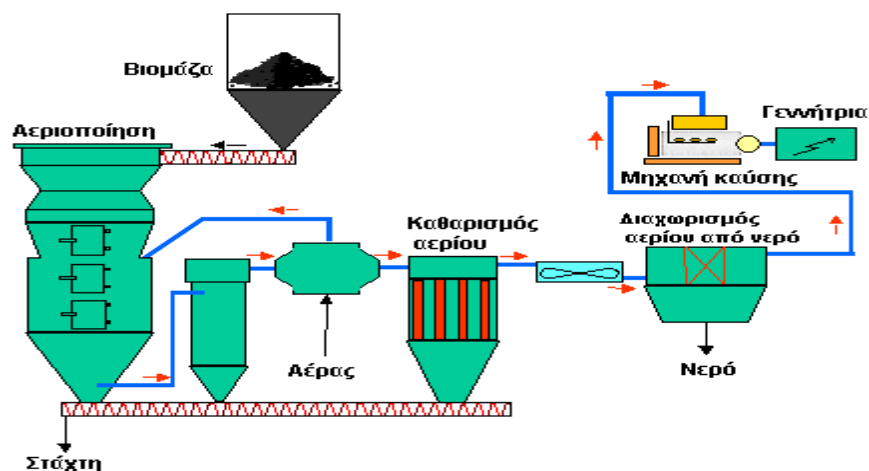
Οι εφαρμογές της βιοενέργειας είναι εξαιρετικά ποικίλες και περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων την παροχή θέρμανσης, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τα καύσιμα οχημάτων. Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα (π.χ. με την καύση ξύλων για θέρμανση και μαγείρεμα) ή έμμεσα, αν τη μετατρέψουμε σε υγρό ή αέριο καύσιμο. Οι κύριες εφαρμογές με καύσιμο τη βιομάζα είναι οι ακόλουθες:

- Θέρμανση θερμοκηπίων: Σε περιοχές της χώρας όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, χρησιμοποιείται η βιομάζα σαν καύσιμο σε κατάλληλους λέβητες για τη θέρμανση θερμοκηπίων.
- Θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες: Σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση κτιρίων ατομικοί/κεντρικοί λέβητες πυρηνόξυλου.
- Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες: Βιομάζα για παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιείται από γεωργικές βιομηχανίες στις οποίες η βιομάζα προκύπτει σε σημαντικές ποσότητες σαν υπόλειμμα ή υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας και έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα. Εκκοκκιστήρια, πυρηνελαιουργεία, βιομηχανίες ρυζιού καθώς και βιοτεχνίες κονσερβοποίησης καίνε τα υπολείμματά τους (υπολείμματα εκκοκκισμού, πυρηνόξυλο, φλοιό και κουκούτσια, αντίστοιχα) για την κάλυψη των θερμικών τους αναγκών ή/και μέρος των αναγκών τους σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου: Τα υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου (πριονίδι, πούδρα, ξακρίδια κλπ) χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη των θερμικών αναγκών της διεργασίας καθώς και για την θέρμανση των κτιρίων.
- Τηλεθέρμανση: είναι η προμήθεια θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται με προ-μονωμένο δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια .
- Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ): Το βιοαέριο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση των υγρών αποβλήτων σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού, και των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα μπορεί να αξιοποιείται η θερμική ενέργεια των καυσαερίων και του ψυκτικού

μέσου των μηχανών για να καλυφθούν ανάγκες τις διεργασίας ή/και άλλες ανάγκες θέρμανσης (πχ θέρμανση κτιρίων).

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας είναι οι εξής:

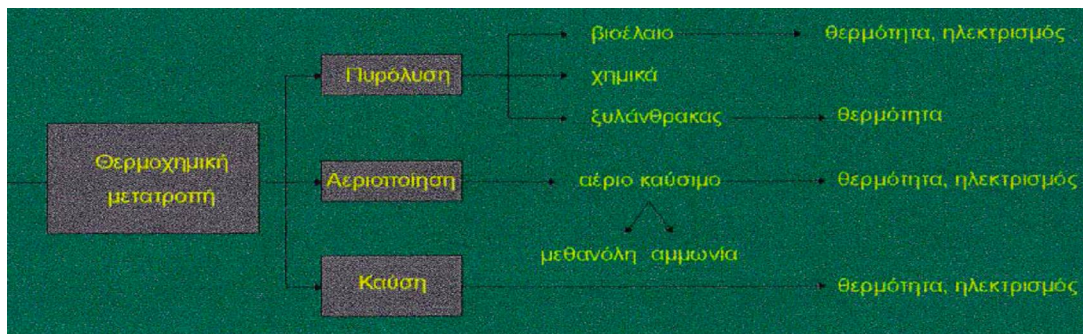
- Η καύση: Αποτελεί την πιο ανεπτυγμένη και διαδεδομένη τεχνολογία για ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας, τόσο στον Ελληνικό χώρο όσο και διεθνώς. Για παράδειγμα, ορισμένοι τύποι βιομάζας καίγονται θερμαίνοντας λέβητες με νερό. Έτσι παράγεται ατμός, ο οποίος περιστρέφει μια τουρμπίνα, η οποία με την σειρά της ενεργοποιεί μια γεννήτρια και παράγει ηλεκτρισμό.
- Η αεριοποίηση: Κατά τη διεργασία αυτή, χρησιμοποιούνται ειδικοί αντιδραστήρες, οι αεριοποιητές, που θερμαίνουν τη βιομάζα σε περιβάλλον φτωχό σε οξυγόνο και σε θερμοκρασία περί τους 850°C, ώστε να παραχθεί τελικά το αέριο καύσιμο βιοαέριο. Αυτό αναλόγως με την εφαρμοζόμενη τεχνολογία, μπορεί να περιέχει από το 1/5 έως το 1/2 της θερμογόνου δύναμης του φυσικού αερίου.



Εικ.2.11. Η διαδικασία της αεριοποίησης[25]

- Η πυρόλυση: Κατά τη συγκεκριμένη μέθοδο Η βιομάζα θερμαίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες απουσία αέρα, χωρίς να καεί για παραγωγή στερεών, υγρών και αερίων καυσίμων (ξυλάνθρακα, βιοαέριο και αέρια χαμηλής και μέσης θερμογόνου δύναμης). Πιο συγκεκριμένα, η βιομάζα μετατρέπεται σε υγρό

πυρόλυσης, το βιοέλαιο, που αποθηκεύεται και μεταφέρεται ευκολότερα απ' ότι η στερεά βιομάζα. Το βιοέλαιο καίγεται όπως το πετρέλαιο και χρησιμοποιείται στην παραγωγή ηλεκτρισμού. Με την ίδια διεργασία της πυρόλυσης, η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε υγρή φαινόλη, από την οποία παράγονται κόλλες για ξύλα, πλαστικά και μονωτικοί αφροί.



Εικ.2.12. Θερμοχημική μετατροπή βιομάζας[25]

- Η αναερόβια χώνευση: Τα απορρίμματα και τα διάφορα λύματα με αναερόβιες διαδικασίες παράγουν βιοαέριο κυρίως που αποτελείται από μεθάνιο (και διοξείδιο του άνθρακα CO₂).
- Η αλκοολική ζύμωση: Παραγωγή βιοαιθανόλης με ζύμωση των αμυλούχων, κυταρρινούχων και σακχαρούχων συστατικών και διαχωρισμός της από τα λοιπά συστατικά με απόσταξη (δείτε αναλυτικά στοιχεία στην παράγραφο περί παραγωγής βιοκαυσίμων). Σακχαρούχα και αμυλούχα φυτά, με βιοχημικές μεθόδους παράγουν υγρά καύσιμα, όπως η βιοαιθανόλη.
- Η μετεστεροποίηση: Ο κύριος τρόπος παραγωγής βιοντήζελ είναι η μετεστεροποίηση των ελαίων. Ελαιούχα φυτά, ζωικά λίπη, χρησιμοποιημένα λάδια και προϊόντα σφαγίων με χημικές μεθόδους παράγουν βιοντήζελ.

Απ' όσα προαναφέρθηκαν εύκολα προκύπτει ότι τα πλεονεκτήματα της χρήσης της Βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς είναι πολλά και εμφανέστατα.

- Αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και άρα ανεξάντλητη.
- Οι πηγές προέλευσής της είναι παντού στον πλανήτη και εν αφθονία. Αυτό βέβαια οδηγεί σε αλυσίδα πλεονεκτημάτων που άπτονται όμως φοβερών αλληλοσυγκρουομένων συμφερόντων και σχετίζονται και με εθνικές ανεξαρτησίες από τις ελάχιστες αλλά κολοσσιαίες και πανίσχυρες πετρελαϊκές εταιρίες-τυράννους της ανθρωπότητας.
- Η παραγωγή και η χρήση της δεν ρυπαίνει το περιβάλλον με τοξικές ουσίες, αφού τα προϊόντα καύσης της είναι βασικά το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα. Διίστανται βέβαια οι απόψεις ως προς την επίδραση που έχει στο φαινόμενο θερμοκηπίου και συνεπώς στην παγκόσμια θέρμανση. Αν όμως θεωρήσουμε ότι το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό που αποδίδει στην ατμόσφαιρα η βιομάζα, το είχε ήδη αφαιρέσει η ίδια από την ατμόσφαιρα κατά την ανάπτυξή της, τότε πρέπει να πούμε ότι είναι ουδέτερη ως προς αυτό το φαινόμενο. Σε κάθε περίπτωση πάντως δεν επιτείνει το Φαινόμενο Θερμοκηπίου, αν οι ποσότητες που καίγονται, αναπληρώνονται π.χ. με αναδασώσεις.

- 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.
- Το κόστος των απαραίτητων εγκαταστάσεων αποσβένεται σε σύντομο χρόνο.
- Επιλύει το πρόβλημα των σκουπιδιών των μεγαλουπόλεων μετατρέποντάς το από πρόβλημα σε προσοδοφόρο επένδυση παραγωγής βιοαερίου. Αυτό συμβαίνει ήδη σε πολλές πόλεις της Ευρώπης, ενώ αν δεν μάς απατά η μνήμη, στην Αγγλία οι νοικοκυρές πληρώνονται επί πλέον, για να δώσουν τα σκουπίδια τους!
- Αυξάνει τις θέσεις εργασίας και τονώνει την οικονομική ζωή της υπαίθρου με την οργάνωση ενεργειακών καλλιεργειών.
- Τέλος η χρήση της Βιομάζας έχει πολλά άλλα ευεργετήματα για το περιβάλλον όπως η μετρίαση των κλιματικών αλλαγών, η ελάττωση της όξινης βροχής που είναι υπεύθυνη για την νέκρωση πολλών λιμνών και που προκαλείται απ' τις εκπομπές οξειδίων θείου και αζώτου με την καύση των συμβατικών καυσίμων, η ελάττωση της διάβρωσης του εδάφους αλλά και της ρύπανσης των υδάτων. Ακόμα και τα δάση συντηρούνται καλλίτερα με σωστή διαχείριση.
- Σε οικονομικό και εθνικό επίπεδο, 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.

Επειδή η αντικειμενικότητα αποτελεί πάντα σύμμαχο της υποστήριξης της αλήθειας, παραθέτουμε κάποια μειονεκτήματα της βιομάζας όσον αφορά την ενεργειακή της αξιοποίηση:

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

Μέσα στον αιώνα που διανύουμε τα συμβατικά καύσιμα θα εξαντληθούν ή αν θέλετε να είμαστε πιο προσεκτικοί, θα μειωθούν σε απελπιστικό βαθμό. Κλείνοντας και γενικεύοντας, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν τη λύση στο ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη και μπορούν επάξια, καθαρά και αποτελεσματικά να αντεπεξέλθουν αρκεί ως κοινωνία να συνειδητοποιήσουμε τα οφέλη που προκύπτουν σε προσωπικό και σε παγκόσμιο επίπεδο από το σεβασμό προς το περιβάλλον και την ορθολογική χρήση της ενέργειας, σε μια χώρα ειδικά σαν την Ελλάδα, τόσο προικισμένη με ανεξάντλητες πηγές ενέργειας.[25],[30],[32]

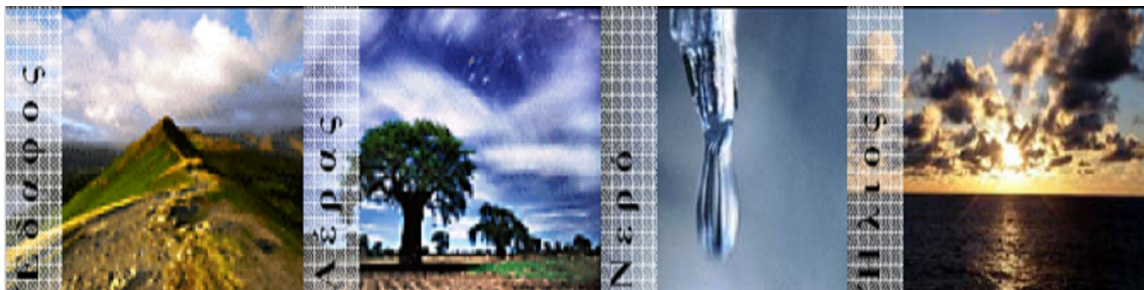
3.ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Λέγοντας βιο-αρχιτεκτονική εννοούμε το σύνολο των ευαίσθητων και κρίσιμων παραμέτρων που βοηθούν στην κατασκευή οικολογικών κτιρίων που εξοικονομούν ενέργεια για θέρμανση, κλιματισμό και φωτισμό καθώς και στη χρησιμοποίηση οικολογικών υλικών φιλικών προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες ή αλλιώς φυσικές παράμετροι που επικρατούν στην εκάστοτε προς μελέτη περιοχή δόμησης επηρεάζουν καθοριστικά το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων. Οι πλέον σημαντικοί είναι οι παρακάτω:

- Οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής δόμησης.
- Η ηλιακή ακτινοβολία (ο ήλιος σαν φυσική πηγή ενέργειας).
- Οι άνεμοι της περιοχής δόμησης.
- Η υγρασία της περιοχής δόμησης.
- Το φυσικό περιβάλλον (τοπογραφία, βλάστηση, θέα, υδάτινοι όγκοι) της περιοχής δόμησης.[14]



Εικόνα 3-1. Φυσικοί παράγοντες που επηρεάζουν το βιοκλιματικό σχεδιασμό[46]

3.2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΟΜΗΣΗΣ

Σαν πρώτη βιοκλιματική παράμετρο μπορούμε να ορίσουμε τη μελέτη του κλίματος της περιοχής στην οποία θα κατασκευαστεί ένα κτίριο που εξοικονομεί ενέργεια, το οποίο είναι φιλικό από πλευράς θερμικής άνεσης και όχι εχθρικό προς τον τελικό χρήστη του. Με αυτό τον τρόπο αντιλαμβανόμαστε τις εξωτερικές συνθήκες του τόπου προκειμένου να δημιουργήσουμε ένα αυτοδύναμο σε θέρμανση κτίριο, που θα εξοικονομεί τμήμα της ενέργειας που χρειάζεται για τη λειτουργία του χωρίς να επιβαρύνει το περιβάλλον. Το κλίμα μιας περιοχής καθορίζεται από τα κλιματικά της δεδομένα και τους παράγοντες που το επηρεάζουν.

Η μελέτη του κλίματος μιας δεδομένης περιοχής, στην οποία πρόκειται να παραχθεί ένα αρχιτεκτονικό έργο νοείται ως «βιοκλιματική παράμετρος». Τα κλιματικά δεδομένα που κυρίως ενδιαφέρουν στη φάση της βίο-αρχιτεκτονικής σύλληψης είναι οι μέσες θερμοκρασίες ανά μήνα, οι μέσες μέγιστες, οι μέσες ελάχιστες, η σχετική υγρασία και η ένταση και διεύθυνση των ανέμων. Τα δεδομένα αυτά επιτρέπουν την κατανόηση των εξωτερικών συνθηκών θερμικής άνεσης της περιοχής ενός μελλοντικού κτιρίου και συνεπώς τη σύλληψη

της ενδεδειγμένης αρχιτεκτονικής μορφής του κτιρίου και την αποφυγή λαθών στον σχεδιασμό του προκειμένου να έχει την βέλτιστη συμπεριφορά. Τα κλίματα του πλανήτη μπορούν να ταξινομηθούν, σύμφωνα με την θερμοκρασία θερμικής άνεσης ως εξής:

- Κρύα κλίματα: τον χειμώνα η μέση εξωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη ή αρκετά μικρότερη από την θερμοκρασία χαμηλής άνεσης, κατά τη διάρκεια της λιγότερο ευνοημένης περιόδου, από πλευράς εξωτερικής θερμοκρασίας και ηλιοφάνειας. Το καλοκαίρι η μέση εξωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη από την θερμοκρασία υψηλής άνεσης (με ή χωρίς σημαντικές ταχύτητες ανέμου).
- Ζεστά κλίματα: τον χειμώνα η μέση εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία χαμηλής άνεσης, με ανοχή μείωσης της θερμοκρασίας χαμηλής άνεσης κατά μερικούς βαθμούς Κελσίου, κατά την περίοδο της λιγότερο ευνοημένης περιόδου. Το καλοκαίρι η μέση εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία υψηλής άνεσης για χαμηλές ταχύτητες ανέμου.
- Κλίματα με συνεχή εξωτερική άνεση (σε συνεχή σκιά): η θερμοκρασία χαμηλής άνεσης με μείωση κάποιων βαθμών Κελσίου είναι μικρότερη από τη μέση εξωτερική θερμοκρασία, η οποία είναι μικρότερη από την θερμοκρασία υψηλής άνεσης.
- «Ενδιάμεσα» κλίματα: με συνθήκες χειμώνα αντίστοιχες με εκείνες των ψυχρών κλιμάτων και συνθήκες θέρους αντίστοιχες με εκείνες των ζεστών κλιμάτων.

Συνεπώς η λογική που μπορεί να εφαρμοστεί στους παραπάνω τύπους κλίματος είναι η εξής:

- Σε κλίμα συνεχούς μέσης εξωτερικής άνεσης, δεν είναι ανεκτή η επιβολή κανενός είδους θέρμανσης ή κλιματισμού και η αρχιτεκτονική θα πρέπει από μόνη της να επιτρέπει στο κτίριο να επιτυγχάνει τη βέλτιστη θερμική άνεση όλο τον χρόνο.
- Σε ψυχρά κλίματα ενδιαφέρει πρώτιστος η εξασφάλιση συνθηκών άνεσης κατά την διάρκεια των λιγότερο ευνοημένων μηνών (από πλευράς ηλιοφάνειας).
- Σε ζεστά κλίματα η στρατηγική εξαρτάται και από την ταχύτητα των επικρατούντων ανέμων. Η ταχύτητα του ανέμου θα καθορίσει τις επεμβάσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν ώστε να οδηγούν σε μεγαλύτερο ποσοστό ηλιοπροστασίας και μικρότερο ποσοστό οργάνωσης του εσωτερικού φυσικού αερισμού ή το αντίθετο.
- Σε «ενδιάμεσα» κλίματα, τα οποία απαιτούν και την μεγαλύτερη προσοχή στον σχεδιασμό, πρέπει να εφαρμοστούν μέθοδοι διαθέρμανσης αλλά και δροσισμού.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Το σύνολο των μετεωρολογικών δεδομένων συνθέτουν τις κλιματικές συνθήκες κάθε τόπου. Τα στοιχεία του κλίματος επηρεάζουν την ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στα κτίρια και το εξωτερικό περιβάλλον και καθορίζουν την αίσθηση της ανθρώπινης άνεσης, τόσο θερμικής όσο και οπτικής. Οι βασικές παράμετροι του κλίματος είναι:

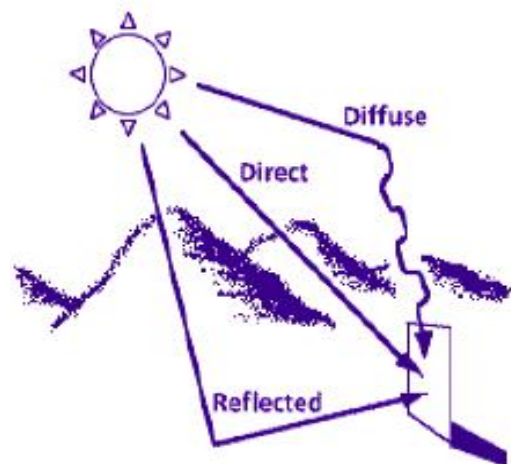
- η ηλιακή ακτινοβολία
- η θερμοκρασία του αέρα
- οι άνεμοι
- η σχετική υγρασία

3.2.1. Ηλιακή ακτινοβολία – Ηλιακή γεωμετρία

Ο ήλιος είναι ο κύριος ενεργειακός προμηθευτής στο βιοκλιματικό σχέδιο. Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται στον ήλιο. Φτάνει σχεδόν αμετάβλητη στο ανώτατο στρώμα της ατμόσφαιρας του πλανήτη μας, διαμέσου του διαστήματος, και στη συνέχεια κατά τη διέλευση της από την ατμόσφαιρα υπόκειται σε σημαντικές αλλαγές, που οφείλονται στην σύσταση της ατμόσφαιρας. Η Ηλιακή Ακτινοβολία αποτελεί τον σπουδαιότερο παράγοντα διαμόρφωσης του κλίματος της Γης, εξαιτίας της άνισης κατανομής της στην επιφάνεια αυτής. Η Άνιση Θέρμανση της Γης συντελεί στη δημιουργία των ανέμων και στην κυκλοφορία της ατμόσφαιρα, στην εξάτμιση του νερού, το σχηματισμό νεφών, βροχής, ποταμών.

Η ηλιακή ενέργεια που προσλαμβάνεται από μια επιφάνεια μπορεί να φτάσει σε αυτή με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

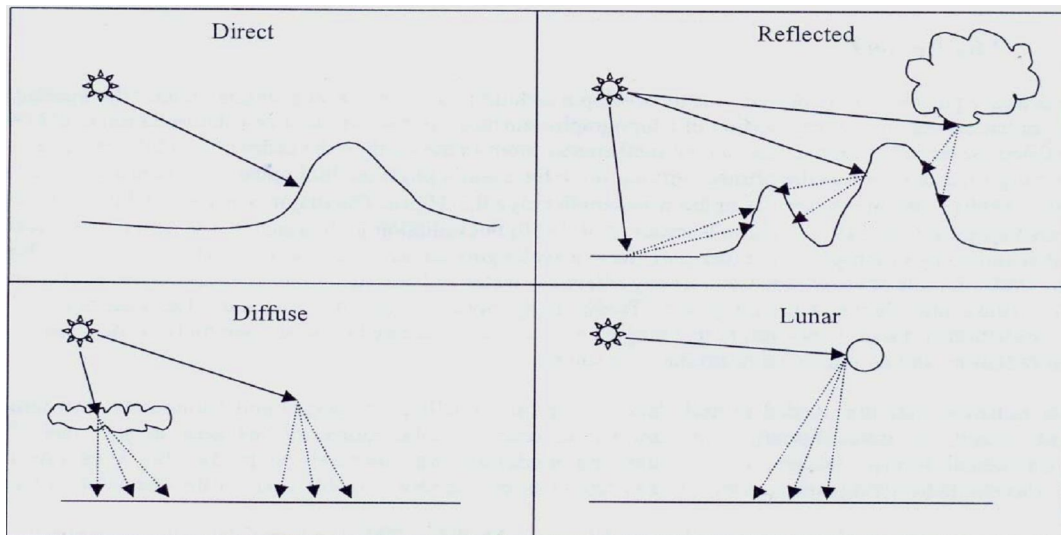
- Η **άμεση ακτινοβολία**, η οποία είναι, όπως προκύπτει και από το όνομά της, αυτή που προέρχεται άμεσα από τον ήλιο. Άμεση είναι η ακτινοβολία η οποία μεταδίδεται σε ευθεία γραμμή από τον ήλιο στην επιφάνεια της γης. Η μοντελοποίησή της απαιτεί γνώση και έντασης της διεύθυνσής της τις διάφορες ώρες της μέρας.
- Η **διάχυτη ακτινοβολία**, η οποία είναι αυτή που παραλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα ως συνέπεια της διασποράς μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτή. Συνεπώς διάχυτη ακτινοβολία ονομάζεται το μέρος εκείνο της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, το οποίο διαχέεται από μικρά σωματίδια και μόρια αέρα σε τυχαίες διευθύνσεις, χωρίς μεταβολή στο μήκος κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Η εκτίμηση της διάχυτης ακτινοβολίας λόγω των νεφών θα απαιτούσε τη μοντελοποίησή τους, το οποίο είναι αδύνατον να γίνει καθώς θα διαφοροποιούνταν από μέρα σε μέρα. Έχει υπολογιστεί ότι συνεισφέρει σε πολύ μικρό ποσοστό στην ενέργεια της ακτινοβολίας πάνω από το μέσο ορατό μέχρι το υπέρυθρο φάσμα, αλλά μπορεί να συνεισφέρει μέχρι και 40% στην ενέργεια της ακτινοβολίας από το μέσο ορατό μέχρι το υπεριώδες φάσμα 8 (Gates όπως αναφέρεται στους Barbour et al. 1980). Παρόλα τα παραπάνω, καθώς ο αρχικός σκοπός ήταν η μοντελοποίηση των ακραίων τιμών της ακτινοβολίας, οι μέγιστες τιμές θα παρατηρούνται τις ανέφελες μέρες και η ελάχιστη τιμή θα είναι μηδέν, οπότε τα σύννεφα δεν τις διαφοροποιούν. Έτσι θεωρείται ότι η διάχυτη ακτινοβολία λόγω των νεφών μπορεί να αγνοηθεί διότι δεν είναι καθοριστικός παράγοντας για την ενέργεια της ακτινοβολίας, και οι ακραίες τιμές της ακτινοβολίας που αναζητούνται δεν επηρεάζονται από τα σύννεφα και άλλους κλιματικούς παράγοντες. Αυτή η ενέργεια μπορεί να ανέλθει σε ποσοστό 15% της συνολικής ακτινοβολίας σε μια ηλιόλουστη ημέρα, αλλά σε μια νεφελώδη ημέρα, στην οποία η άμεση ακτινοβολία είναι χαμηλή, η διάχυτη ακτινοβολία μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικότερο ποσοστό. Επιπλέον μια οριζόντια επιφάνεια είναι αυτή που δέχεται περισσότερη διάχυτη ακτινοβολία, επειδή "βλέπει" όλο τον ουρανό, ενώ μια κάθετη επιφάνεια δεν λαμβάνει τόσο



Εικόνα 3-2. Η πορεία της ηλιακής[25]

πολύ επειδή "βλέπει" μόνο το μισό ουρανό

- Η **ανακλώμενη ακτινοβολία**, η οποία είναι, όπως προκύπτει και από το όνομά της, αυτή που ανακλάται από τη γήινη επιφάνεια. Η άμεση ακτινοβολία μπορεί στη συνέχεια να ανακλαστεί και να διασκορπιστεί κατά μήκος της επιφάνειας της γης ή πίσω στην ατμόσφαιρα. Το ποσό της ακτινοβολίας που ανακλάται από μία επιφάνεια εξαρτάται από το συντελεστή ανάκλασης της επιφάνειας, επίσης γνωστό ως λευκαύγεια ή albedo. Όταν η λευκαύγεια είναι 1,0 όλη η ακτινοβολία ανακλάται και δεν υπάρχει καθόλου απορρόφηση. Όταν η λευκαύγεια είναι 0,0 δεν ανακλάται καθόλου ακτινοβολία, καθώς απορροφάται όλη η ποσότητα (Graves, 1998). Οι τιμές λευκαύγειας δείχνουν ότι μια σημαντική ποσότητα της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία προσπίπτει στην επιφάνεια του εδάφους ανακλάται, ιδιαίτερα από το χιόνι και τα σύννεφα. Επιπλέον, μια οριζόντια επιφάνεια δεν λαμβάνει καθόλου ανακλώμενη ακτινοβολία, επειδή "δεν βλέπει" κάποιο τμήμα της γήινης επιφάνειας, ενώ μια κάθετη επιφάνεια είναι αυτή που λαμβάνει περισσότερη ποσότητα από αυτού του είδους την ακτινοβολία.
- Η **σεληνιακή ακτινοβολία**, η οποία ωστόσο δε συνυπολογίζεται, καθώς δεν συνεισφέρει σε καμιά μέγιστη τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας που παρατηρείται κατά τη διάρκεια της μέρας.

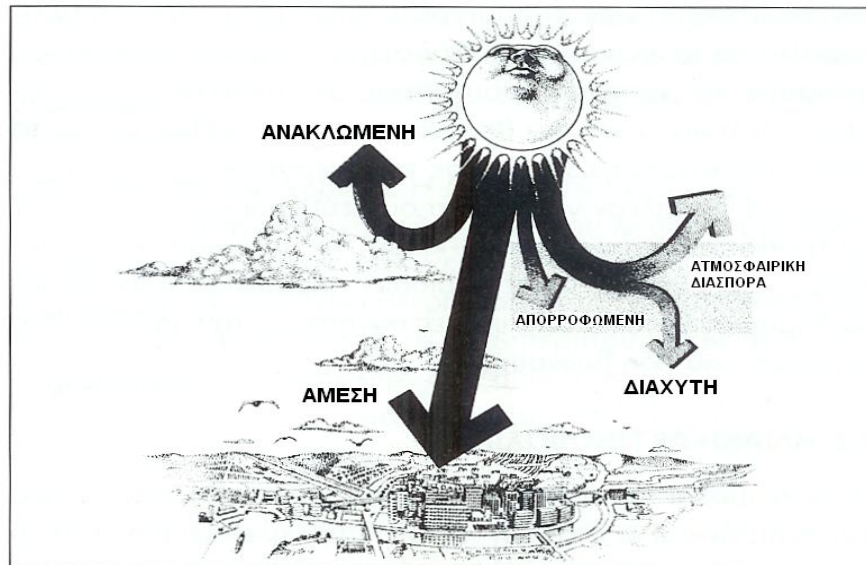


Εικόνα 3-3. Τα είδη της ηλιακής ακτινοβολίας [46]

Η ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια του ήλιου περιλαμβάνει όλα τα μήκη κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, από την μεγάλη μήκους θερμική ακτινοβολία μέχρι την πολύ μικρού μήκους υπεριώδη ακτινοβολία. Το ορατό φως, στο οποίο το ανθρώπινο μάτι είναι ευαίσθητο, εκτείνεται από 0,38-0,78 μικρόν. Αποτελεί το 46% της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας και εμπεριέχει όλο το φάσμα των χρωμάτων. Το 49% της ακτινοβολίας ανήκει στην υπέρυθη ζώνη, την οποία αισθανόμαστε ως θερμότητα. Η υπόλοιπη ποσότητα ανήκει στην υπεριώδη και κοσμική ακτινοβολία, την οποία δεν αντιλαμβανόμαστε.

Από τη συνολική ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην ατμόσφαιρα της γης, ένα ποσοστό περίπου 35% ανακλάται από τα σύννεφα και την ατμοσφαιρική σκόνη πίσω προς το διάστημα. Το υπόλοιπο τμήμα φτάνει στη γη υπό μορφή άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας. Η διάχυτη ακτινοβολία, κυρίως το μπλε κομμάτι του ηλιακού φάσματος, δημιουργεί το γαλάζιο χρώμα του ουρανού, οφειλόμενο στην απορρόφηση του υπόλοιπου φάσματος από

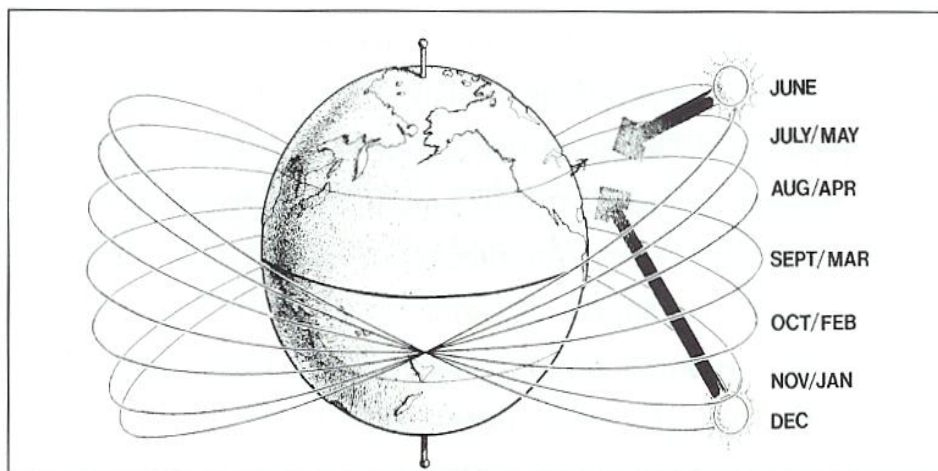
τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας. Η άμεση ακτινοβολία αντιστοιχεί στο 46% περίπου της συνολικής και αποτελεί το αξιοποιήσιμο τμήμα της ηλιακής ενέργειας.



Εικόνα 3-4. Ηλιακή ακτινοβολία[14]

Ως γνωστόν η γη στρέφεται γύρω από τον ήλιο στην διάρκεια ενός χρόνου, διαγράφοντας μια ελαφρώς ελλειπτική τροχιά. Ο άξονας της γης δεν είναι κάθετος στο επίπεδο περιστροφής της γύρω από τον ήλιο, αλλά σχηματίζει μία γωνία $23^{\circ} 27'$, γεγονός που καθορίζει την διαφορετική πρόσπτωση των ακτινών του ήλιου στα ημισφαίρια της γης.

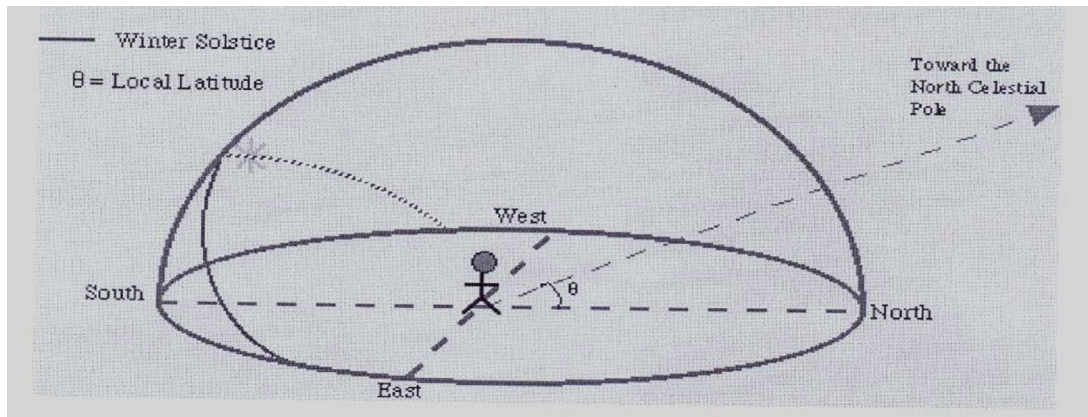
Η φωτεινή ηλιακή ενέργεια όταν φτάνει στο επίπεδο του εδάφους απορροφάται από το ίδιο το έδαφος και τα αντικείμενα που υπάρχουν σ' αυτό και μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Στη διαδικασία αυτή βασίζεται η αξιοποίηση της φωτεινής ηλιακής ενέργειας που διαπερνά τα γυάλινα ανοίγματα, απορροφάται από τα υλικά κατασκευής του κτιρίου, μετατρέπόμενη σε θερμική ενέργεια.



Εικόνα 3-5. Η θέση του Ήλιου τους διάφορους μήνες του χρόνου[14]

3.2.1.1. Η θέση του ηλίου στο βόρειο ημισφαίριο

- Ο ήλιος στον ουρανό κατά τη διάρκεια του χειμώνα στο βόρειο ημισφαίριο.



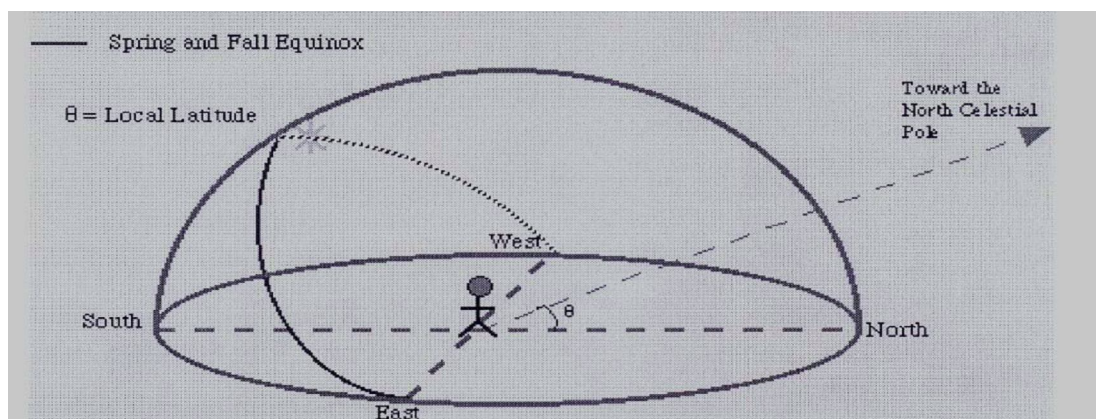
Εικόνα 3-6. Χειμερινό ηλιοστάσιο[46]

Το χειμώνα οι μέρες είναι μικρές και ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά στον ουρανό. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διαδρομή του ήλιου στον ουρανό τη μικρότερη μέρα του χρόνου, το χειμερινό ηλιοστάσιο. Αυτή είναι η μέρα κατά την οποία ο ήλιος βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο στον ουρανό του βορείου ημισφαιρίου.

Κατά τη διάρκεια των μικρών ημερών του χειμώνα ο ήλιος δεν ανατέλλει ακριβώς από την Ανατολή, αλλά νότια της Ανατολής και δύει νότια της Δύσης.

Κάθε μέρα μετά το χειμερινό ηλιοστάσιο, το οποίο συμβαίνει στις 21 Δεκεμβρίου, η διαδρομή του ήλιου ανεβαίνει λίγο υψηλότερα στον ουρανό του βορείου ημισφαιρίου. Ο ήλιος επίσης ξεκινά να ανατέλλει πιο κοντά στην Ανατολή και να δύει πιο κοντά στη Δύση, μέχρι τη μέρα κατά την οποία ανατέλλει ακριβώς από την Ανατολή και να δύει ακριβώς στη Δύση. Αυτή η μέρα ονομάζεται ισημερία. Την άνοιξη υπάρχει η εαρινή ισημερία περίπου στις 21 Μαρτίου. Υπάρχει επίσης η φθινοπωρινή ισημερία την 21η Σεπτεμβρίου.

- Ο ήλιος στον ουρανό κατά της εαρινής και της φθινοπωρινής ισημερίας στο βόρειο ημισφαίριο.

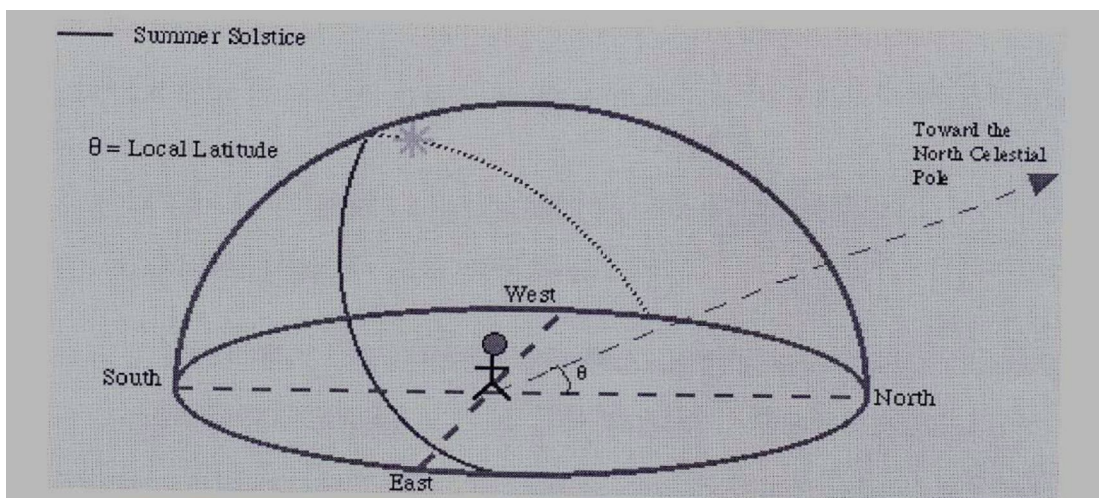


Εικόνα 3-7. Εαρινή και φθινοπωρινή ισημερία[46]

Ο ήλιος διανύει την τροχιά του χαμηλότερα στον ουρανό κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο. Μετά από αυτή την ημέρα ο ήλιος ακολουθεί όλο και υψηλότερη τροχιά στον ουρανό μέχρι την ημέρα κατά την οποία θα βρίσκεται στον ουρανό για ακριβώς 12 ώρες. Την εαρινή ισημερία ο ήλιος ανατέλλει ακριβώς από την Ανατολή, διανύει την τροχιά του στον ουρανό σε ακριβώς 12 ώρες και δύει ακριβώς στη Δύση. Στην Ισημερία αυτή είναι η κίνηση του ήλιου στον ουρανό για οποιονδήποτε βρίσκεται πάνω στη γη. Κάθε μέρος πάνω στη γη έχει ημέρα 12 ωρών δύο φορές το χρόνο, την άνοιξη και το φθινόπωρο.

Μετά την εαρινή ισημερία, ο ήλιος συνεχίζει να ακολουθεί όλο και υψηλότερη τροχιά στον ουρανό, με τις μέρες να μεγαλώνουν όλο και περισσότερο, μέχρι να φτάσει στο υψηλότερο σημείο στον ουρανό κατά το θερινό ηλιοστάσιο.

- Ο ήλιος στον ουρανό κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού στο βόρειο ημισφαίριο.



Εικόνα 3-8. Θερινό ηλιοστάσιο[46]

Κατά το θερινό ηλιοστάσιο, που συμβαίνει στις 21 Ιουνίου, ο ήλιος βρίσκεται στην υψηλότερη τροχιά στον ουρανό και είναι η μεγαλύτερη μέρα. Επειδή η μέρα είναι τόσο μεγάλη, ο ήλιος δε ανατέλλει ακριβώς από την Ανατολή, αλλά βόρεια της Ανατολής και δύει βόρεια της Δύσης, έτσι ώστε να βρίσκεται στον ουρανό για περισσότερο χρόνο.

Μετά το θερινό ηλιοστάσιο ο ήλιος ακολουθεί όλο και χαμηλότερη τροχιά μέχρι τη μέρα κατά την οποία θα βρίσκεται στον ουρανό ξανά για δώδεκα ακριβώς ώρες. Αυτή είναι η φθινοπωρινή ισημερία. Όπως και στην εαρινή ισημερία ο ήλιος ανατέλλει ακριβώς από την Ανατολή και δύει ακριβώς στη Δύση και όλοι πάνω στη γη έχουν μια μέρα 12 ωρών.

Μετά τη φθινοπωρινή ισημερία ο ήλιος θα συνεχίσει να ακολουθεί όλο και χαμηλότερη τροχιά και οι μέρες θα γίνονται όλο και μικρότερες μέχρι να φτάσει στη χαμηλότερη τροχιά του, δηλαδή στο χειμερινό ηλιοστάσιο.

3.2.2. Άνεμοι περιοχής δόμησης

Ο αέρας (οι αέριες μάζες της ατμόσφαιρας), που περιβάλλει τη Γη βρίσκεται σε συνεχή «οριζόντια» και «κατακόρυφη» κίνηση. Η όποια αισθητή «οριζόντια κίνηση» του αέρα

ονομάζεται άνεμος. Η όποια αισθητή «κατακόρυφη κίνηση» του αέρα ονομάζεται ρεύμα, και αν μεν είναι από κάτω προς τα επάνω λέγεται ανοδικό, καθοδικό.

Πρωταρχική γενεσιουργός αιτία του ανέμου είναι η διαφορά της θερμοκρασίας του αέρος που με τη σειρά της δημιουργεί υπό ορισμένες προϋποθέσεις, διαφορές βαρομετρικής πίεσης μεταξύ παρακείμενων τόπων. Αν δύο συνεχόμενες περιοχές παρατηρηθεί να μην έχουν την αυτή θερμοκρασία τότε η ατμοσφαιρική πίεση της περισσότερο ψυχρής θα είναι μεγαλύτερη της άλλης (της θερμότερης), με αποτέλεσμα να κινηθεί αέρια μάζα από τη ψυχρότερη στη θερμότερη περιοχή.

Τα προσδιοριστικά στοιχεία του ανέμου είναι: η διεύθυνση, η ένταση, η ταχύτητα και η συχνότητα. Οι ψυχροί άνεμοι έχουν συνήθως βορειοδυτική-βορειοανατολική διεύθυνση και πνέουν τους χειμωνιάτικους μήνες. Οι δροσεροί άνεμοι του καλοκαιριού έχουν βορειοανατολική διεύθυνση, ενώ οι θαλάσσιες αύρες, τα μελτέμια, έχουν βορειοανατολική ή νότια διεύθυνση. Στο επίπεδο του εδάφους, ο άνεμος έχει μικρή ένταση και ταχύτητα, ενώ σε μεγαλύτερο ύψος, περί τα 50μ., η ταχύτητά του διπλασιάζεται.

Η διεύθυνση του ανέμου χαρακτηρίζεται από το σημείο του ορίζοντα από όπου πνέει ο άνεμος και όχι προς τα που πνέει ο άνεμος. Εκφράζεται δε είτε σε μοίρες (αρχής γενομένης από τον γήινο μαγνητικό Βορρά), είτε με σύμβολα ανεμολογίου (ανεμόρρομβοι), είτε ονομαστικά (επίσημα ή γραιολεβαντίνικα όπως λέγονται τα κοινά). Επίσης και με πολλά άλλα ονόματα χαρακτηρίζονται οι άνεμοι ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους, τον τόπο, την ένταση και την διεύθυνσή τους.

Η ένταση του ανέμου εκφράζεται είτε με την πίεση την οποία ασκεί στην επιφάνεια των διαφόρων σωμάτων, είτε με την ταχύτητα με την οποία αυτός κινείται. Στη Μετεωρολογία η ένταση του ανέμου εκφράζεται συνήθως με την ταχύτητά του οπότε δίδεται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο ή σε χιλιόμετρα ή μίλια ανά ώρα ή σε κόμβους. Ανάλογα της έντασής του ο άνεμος χαρακτηρίζεται ως ασθενής, μέτριος, ισχυρός, σφοδρός, ορμητικός, θυελλώδης, καταιγίζων κ.λπ.

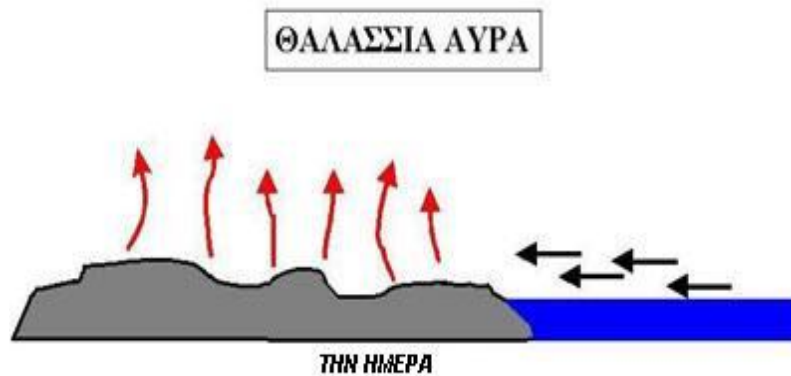
Επίσης ο άνεμος χαρακτηρίζεται και ως λείος ή ριπαίος, μεταβλητός ή σταθερός:

- Λείος άνεμος: Χαρακτηρίζεται ο οποιοσδήποτε άνεμος στρωτός, δηλαδή χωρίς αυξομειώσεις έντασής του.
- Ριπαίος άνεμος: Χαρακτηρίζεται εκείνος του οποίου η ένταση μεταβάλλεται κατά σύντομα χρονικά διαστήματα. Αν όμως η μεταβολή γίνεται κατά μακρά σχετικά διαλείμματα τότε ονομάζεται μεταβλητός.
- Μεταβλητός όμως ονομάζεται και εκείνος που αλλάζει (μεταβάλλει) διεύθυνση, σε αντιδιαστολή με εκείνον που διατηρεί την διεύθυνσή του επί μακρό χρόνο και ονομάζεται σταθερός.

3.2.2.1. Τοπικοί άνεμοι

- **Θαλάσσια Αύρα**

Η στεριά κερδίζει και χάνει θερμότητα πιο γρήγορα απ' όη η θάλασσα. Την ημέρα θερμαίνεται γρηγορότερα από τη θάλασσα, δημιουργούνται ανοδικά ρεύματα, ο αέρας υψώνεται και βαρύτερα, ψυχρότερα ρεύματα αέρα από τη θάλασσα έρχονται να καταλάβουν τη θέση του αέρα που υψώθηκε, δημιουργώντας έτσι τη θαλάσσια αύρα.



Εικόνα 3-9. Θαλάσσια αύρα την ημέρα[25]

▪ Απόγειος Αύρα

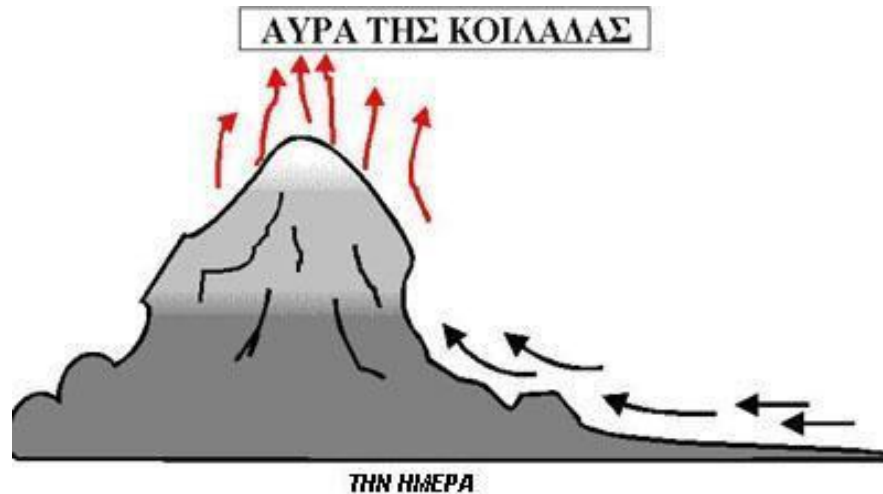
Τη νύκτα η στεριά ψύχεται γρηγορότερα από τη θάλασσα. Ανοδικά ρεύματα δημιουργούνται πάνω από τη θάλασσα και ψυχρός, κρύος αέρας πνέει από τη στεριά προς τη θάλασσα, δημιουργώντας έτσι την απόγειο αύρα. Η ένταση της απόγειας αύρας είναι μικρότερη από αυτή της θαλάσσιας, διότι οι θερμομετρικές διαφορές είναι μικρότερες τη νύκτα από όη την ημέρα.



Εικόνα 3-10. Απόγειος αύρα τη νύχτα[25]

▪ Αύρα της κοιλάδας

Την ημέρα οι βραχώδεις βουνοπλαγιές θερμαίνονται γρηγορότερα απ' όη οι κοιλάδες. Ανοδικά ρεύματα δημιουργούνται, ο αέρας υψώνεται και βαρύτερος αέρας πάνω από τις κοιλάδες ανεβαίνει προς τα πάνω να καταλάβει τη θέση του αέρα που υψώθηκε, δημιουργώντας έτσι την αύρα της κοιλάδας



Εικόνα 3-11. Αύρα της κοιλάδας την ημέρα[25]

▪ **Αύρα του βουνού**

Τη νύκτα, μετά το ηλιοβασίλεμα, οι βραχώδεις βουνοπλαγιές ψύχονται γρηγορότερα απ' ότι οι κοιλάδες. Ανοδικά ρεύματα δημιουργούνται στις κοιλάδες, ο αέρας υψώνεται και βαρύτερος, ψυχρότερος αέρας από τις πλαγιές του βουνού ρέει προς τα κάτω στις κοιλάδες, δημιουργώντας έτσι την αύρα του βουνού.



Εικόνα 3-12. Αύρα του βουνού μετά το ηλιοβασίλεμα[25]

▪ **Κατεβατός άνεμος**

Υγρές μάζες αέρα συναντώντας στη διαδρομή τους τις πλαγιές ενός βουνού ανεβαίνουν προς τα πάνω, ψύχονται και συμπυκνώνονται σχηματίζοντας μελανοφόρα σύννεφα τα οποία δίνουν βροχές και χιόνια. Έτσι, στις πλαγιές αυτές, αναπτύσσεται περισσότερο η βλάστηση και

συσσωρεύεται αρκετό χιόνι τόσο ώστε να υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης χιονοστιβάδων. Στη συνέχεια, οι μάζες του αέρα απαλλαγμένες τώρα από την υγρασία τους, κατεβαίνουν από τις υπήνεμες πλαγίες του βουνού. Ξηροί όπως είναι, οι κατεβατοί αυτοί άνεμοι, στεγνώνουν τις υπήνεμες πλαγίες και λιώνουν τα υπάρχοντα χιόνια. Για το λόγο αυτό, πολλές φορές τους αποκαλούν και χιονοφάγους ανέμους.



Εικόνα 3-13. Κατεβατός άνεμος[25]

3.2.3. Υγρασία περιοχής δόμησης

Όπως είναι γνωστό στον ατμοσφαιρικό αέρα περιέχονται και υδρατμοί που προέρχονται από την εξάτμιση υγρών επιφανειών, κυρίως των θαλασσών. Η παρουσία αυτών των υδρατμών στον αέρα καλείται υγρασία.

Απόλυτη υγρασία ονομάζεται η ποσότητα των υδρατμών που βρίσκονται εκάστοτε σε μάζα αέρος πάνω από ένα τόπο. Η ικανότητα του αέρα να συγκρατεί μικρή ή μεγάλη ποσότητα υδρατμών είναι ανάλογη προς την θερμοκρασία του.

Σχετική υγρασία είναι ο λόγος της ποσότητας ή του βάρους των υδρατμών, που περιέχει ο αέρας, προς εκείνη την ποσότητα ή το βάρος των υδρατμών τους οποίους μπορεί να

συμπεριλάβει (υπό την αυτή θερμοκρασία και πίεση) μέχρις ότου αυτός κορεσθεί. Η σχετική υγρασία εκφράζεται επί τοις %. Έτσι υφίσταται ο τύπος: $\Sigma_v = B' / B \times 100$, όπου:

B': ποσότητα υπαρχόντων υδρατμών και

B: ποσότητα που καθιστά τον αέρα κεκορεσμένο ή μέγιστη τάση υδρατμών.

Η περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς καθορίζει και την σχετική υγρασία. Η μεγαλύτερη τιμή της σχετικής υγρασίας παρατηρείται στις πρωινές ώρες, γύρω στις 6 πμ., ενώ η μικρότερη παρατηρείται το μεσημέρι, γύρω στις 3 μμ. Η διακύμανση της σχετικής υγρασίας είναι αντίστροφη σε σχέση με τη διακύμανση της θερμοκρασίας. Δηλαδή όταν σημειώνεται η μεγαλύτερη θερμοκρασία παρατηρείται η ελάχιστη υγρασία και αντίστοιχα για την ελάχιστη θερμοκρασία παρατηρείται η μέγιστη υγρασία.

Για λόγους πρακτικούς, όταν καθορίζεται το κλίμα μιας περιοχής, χρησιμοποιείται η μέση σχετική υγρασία ως χαρακτηριστικό δεδομένο ενός τόπου. Στην Ελλάδα παρατηρούνται μέσες τιμές σχετικής υγρασίας ανάμεσα σε 35-80%, πράγμα που σημαίνει ότι το κλίμα χαρακτηρίζεται, για τον Ελληνικό χώρο, μάλλον υγρό.

Ο κεκορεσμένος αέρας έχει σχετική υγρασία 100%, ενώ ο τελείως ξηρός αέρας έχει υγρασία 0%. Όταν επικρατεί ομίχλη ο αέρας είναι συνήθως κεκορεσμένος. Ιδιαίτερης σημασίας είναι το γεγονός ότι όταν η θερμοκρασία αέρος, που περιέχει ορισμένη ποσότητα υδρατμών, ελαττώνεται, η σχετική υγρασία του αυξάνει και αντίστροφα. Πολύ συχνά τα Δελτία καιρού αναφέρουν και το στοιχείο της "σχετικής υγρασίας" σε ποσοστό επί τοις 100, π.χ. 50%, 60% κ.λπ. Όταν η σχετική υγρασία είναι 100% τότε η ατμόσφαιρα είναι κεκορεσμένη δηλαδή πλήρης υδρατμών μη δυνάμενη να συγκρατήσει άλλους. Αντίθετα όταν είναι π.χ. 50% και η θερμοκρασία αέρος 20° C για τον Χειμώνα, και 26° C για το Καλοκαίρι, τότε αισθανόμαστε ευχάριστα.

Η υγρασία της ατμόσφαιρας έχει άμεση επίδραση στην αποβολή ύδατος από το ανθρώπινο σώμα. Η ποσότητα αυτή του εξατμιζόμενου ύδατος που αποβάλλεται υπό μορφή υδρατμών ημερησίως, από ένα ενήλικο άτομο, ανέρχεται κατά μέσον όρο στα 1.500gram., εκ των οποίων τα 30gram. αποβάλλονται από τους πνεύμονες κατά την εκπνοή, και το υπόλοιπο από το δέρμα.

Μετά από σειρά φυσιολογικών ερευνών συμπεραίνεται ότι η ολική ποσότητα του εξατμιζόμενου αυτού ύδατος σε όμοια σταθερή θερμοκρασία εξαρτάται από την περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς, ενώ επί όμοιας υγρασίας εξαρτάται από την θερμοκρασία. Εκτός όμως των εξωτερικών αυτών συνθηκών επίδρασης σημαντική επίδραση φέρει και η κατάσταση του σώματος είτε από μυϊκή εργασία, είτε από την διατροφή είτε τέλος από την ενδυμασία. Σημειώνεται ακόμη ότι η αποβολή αυτή κατά τον Ρώμπνερ εξαρτάται και από την ποσότητα του εισπνεόμενου αέρος που και αυτή ποικίλλει ανάλογα της κατάστασης του ανθρώπινου οργανισμού, αλλά και εκ των φυσικών φαινομένων. Για παράδειγμα ο άνεμος με θερμοκρασία 20-30 βαθμούς Κελσίου αφαιρεί από το δέρμα θερμαντικό εξ αγωγιμότητας δια του οποίου και περιστέλλεται η αποβολή του θερμαντικού. Αντίθετα η ατμοσφαιρική πίεση ελάχιστη επίδραση ασκεί στην αποβολή του ύδατος από τον οργανισμό.

Ο αέρας όταν βρίσκεται πολύ κοντά στο σημείο κορεσμού, λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας των υδρατμών, προκαλεί στον άνθρωπο αίσθημα δυσφορίας και δυσχεραίνει

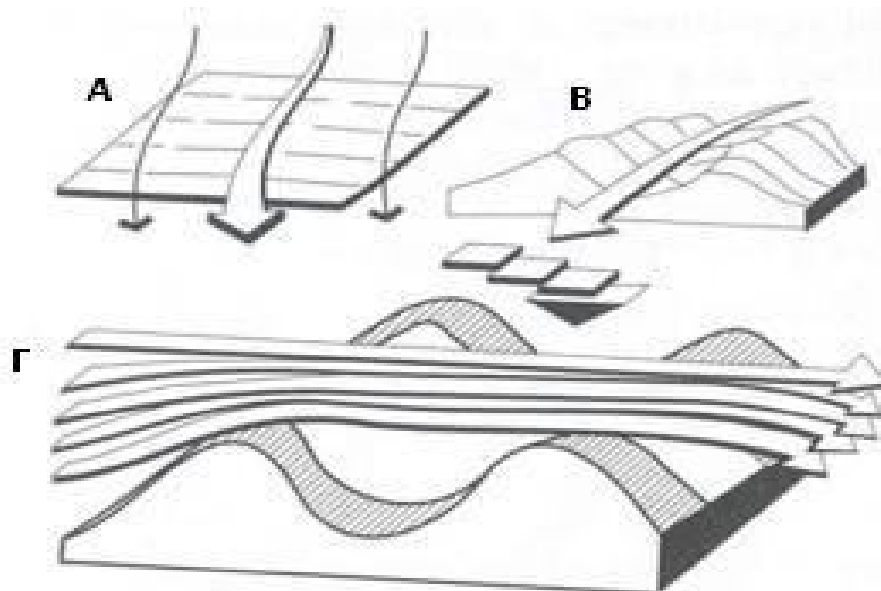
την αναπνοή και την αποβολή του ύδατος από το δέρμα. Όταν ακόμη αυτό συνδυάζεται και με υψηλή θερμοκρασία τότε εγκυμονείται κίνδυνος θερμοπληξίας. Αντίθετα σε μικρή "σχετική υγρασία" αυξάνεται ή ποσότητα του ύδατος που αποβάλλεται, από το δέρμα και την αναπνοή, γεγονός που δεν έχει και ιδιαίτερη σημασία, από υγιεινής πλευράς, εκτός του ότι παρουσιάζει μερικό φαινόμενο της δίψας. Θερμός και ξηρός αέρας είναι περισσότερο ανεκτός όταν δεν είναι πολύ υγρός. Η περισσότερο ευχάριστη για τον ανθρώπινο οργανισμό υγρομετρική κατάσταση του αέρα είναι εκείνη που εμπεριέχει μέτρια ποσότητα υδρατμών όπου καμία παρενόχληση δεν παρατηρείται τόσο στον σφυγμό και την αναπνοή όσο και στον ύπνο.

3.3. ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΟΜΗΣΗΣ

3.3.1. Τοπογραφία – Ανάγλυφο του εδάφους

Ο κύριος κλιματικός παράγοντας που επηρεάζεται από την τοπογραφία της περιοχής δόμησης είναι ο άνεμος. Συγκεκριμένα η τοπογραφία ενός τόπου επηρεάζει την κίνηση των αέριων μαζών και τη θερμοκρασία του αέρα.

Το ανάγλυφο του εδάφους της περιοχής δόμησης μπορεί να είναι επίπεδο (πεδιάδα, κάμπος), επικλινές (λοφώδες) ή με πτυχώσεις (ορεινές περιοχές κ.λπ.). Όταν η περιοχή δόμησης είναι επίπεδη τότε επικρατούν παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες σ' όλα τα σημεία της. Σε αυτή την περίπτωση η χωροθέτηση του κτιρίου και ο προσανατολισμός των προσόψεων του μπορεί να γίνουν χωρίς να ληφθούν πρώτιστα υπ' όψη οι κλιματικοί παράγοντες της περιοχής.

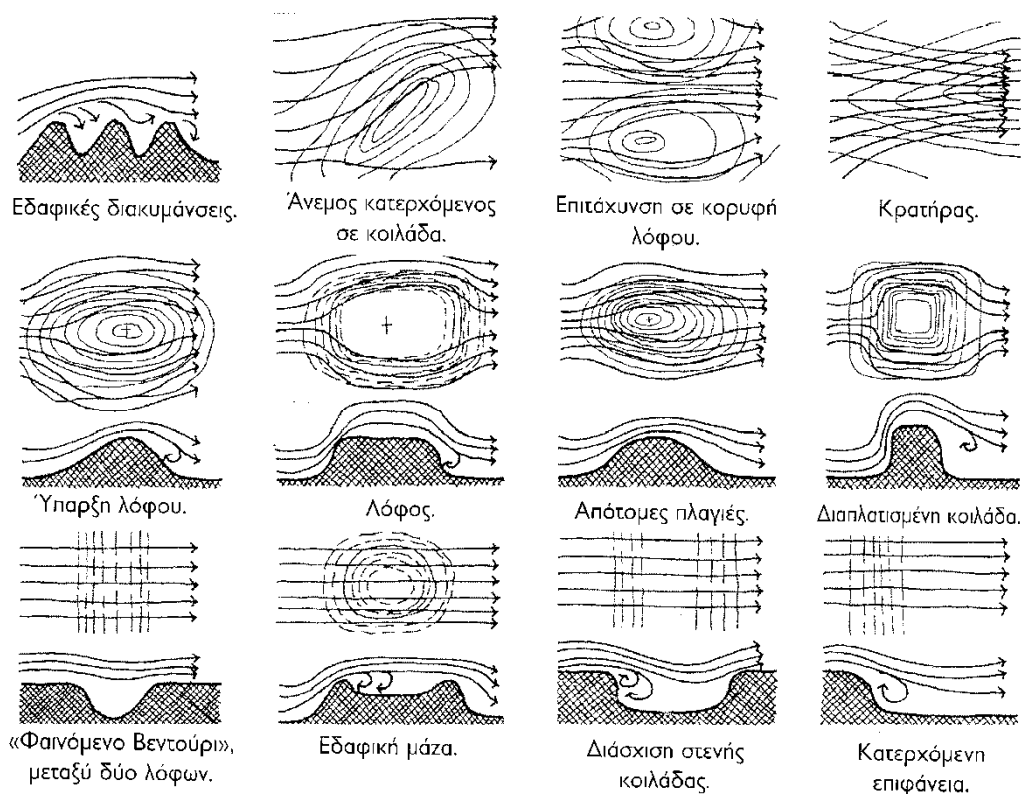


Εικόνα 3-14. Διάφορες μορφές ανάγλυφου του εδάφους και η κίνηση του ανέμου σε αυτές.
Α) Επίπεδο έδαφος, Β) Επικλινές έδαφος, Γ) Έδαφος με πτυχώσεις[25]

Όμως σε περιοχές δόμησης όπου το έδαφος είναι επικλινές ή παρουσιάζει κοιλότητες, επικρατούν διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας του αέρα και ανομοιόμορφη κίνηση αερίων

μαζών στα διάφορα σημεία της περιοχής. Το γεγονός αυτό επηρεάζει άμεσα τη χωροταξική τοποθέτηση του κτιρίου και τον προσανατολισμό των όψεων του. Οι πιο ψυχρές αέριες μάζες τείνουν να συγκεντρώνονται στις κοιλότητες και τα βαθουλώματα του εδάφους με αποτέλεσμα οι περιοχές αυτές να έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία. Επίσης η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται στην προσήνεμη πλευρά του επικλινούς εδάφους, είναι δε μέγιστη στην κορυφογραμμή και ελάχιστη στην υπήνεμη πλευρά.

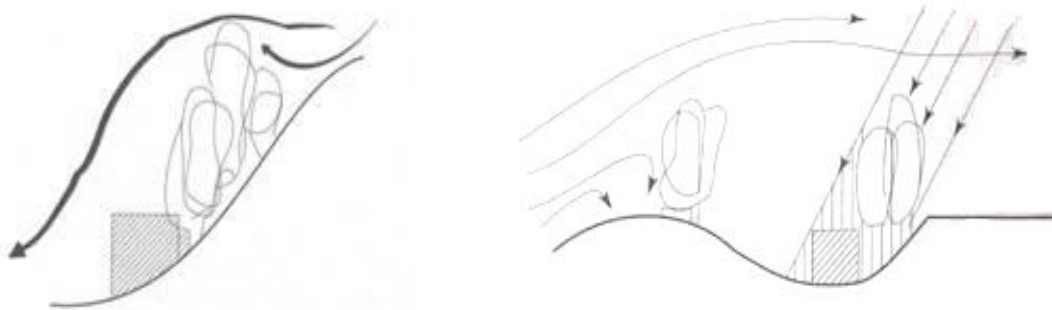
Το θεωρητικό υπόβαθρο το οποίο χρησιμεύει στην κατανόηση των παραπάνω φαινομένων είναι απλό. Όλα βασίζονται στο γεγονός ότι ο κρύος αέρας έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το ζεστό αέρα. Ως αποτέλεσμα ο κρύος αέρας είναι πιο βαρύν και γι' αυτό έχει την τάση να μαζεύεται στις κοιλότητες του εδάφους. Επίσης η κίνηση των αερίων μαζών επηρεάζεται από τη διαφορά της ατμοσφαιρικής πίεσης. Η ροή αέρα συνήθως γίνεται από τις περιοχές με υψηλή ατμοσφαιρική πίεση προς τις περιοχές με χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση. Εμπόδια που παρεμβαίνουν στην κατεύθυνση κίνησης του αέρα προκαλούν τη συσσώρευση αερίων μαζών και συνήθως την αύξηση της έντασης του ανέμου στις προσήνεμες περιοχές. Τέλος η πορεία της ροής του αέρα εξαρτάται από το σχήμα του φυσικού εμποδίου που συναντά και το μέγεθος της διαφοράς ατμοσφαιρικής πίεσης. Όπως είναι φυσικό τα φαινόμενα που αναφέρονται πιο πάνω επηρεάζουν άμεσα τον κτιριακό σχεδιασμό.



Εικόνα 3-15. Κίνηση του ανέμου σε διάφορες μορφές φυσικών εμποδίων που παρουσιάζονται στο ανάγλυφο του εδάφους[25].

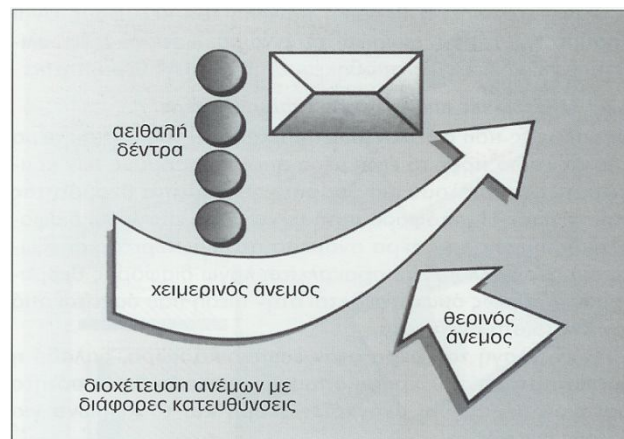
Στα ζεστά κλίματα η δόμηση σε φυσικές κοιλότητες και βαθουλώματα του εδάφους εξασφαλίζει χαμηλότερες θερμοκρασίες. Εάν η οικοδόμηση γίνεται σε περιοχές με επικλινές έδαφος τότε η υπήνεμη πλευρά θεωρείται προτιμότερη εφόσον βέβαια εξασφαλίζει και καλό προσανατολισμό της πρόσοψης του κτιρίου. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις η χωροθέτηση

του κτιρίου και ο προσανατολισμός της πρόσοψης γίνονται με απώτερο σκοπό την αποφυγή των θερμών αέριων ρευμάτων ώστε να εξασφαλίζεται όσο το δυνατό περισσότερη δροσιά για τους χρήστες. Οι φυσικές κοιλότητες του εδάφους είναι χώροι συγκέντρωσης νερού, γεγονός το οποίο ευνοεί ακόμη περισσότερο τη μείωση της θερμοκρασίας.

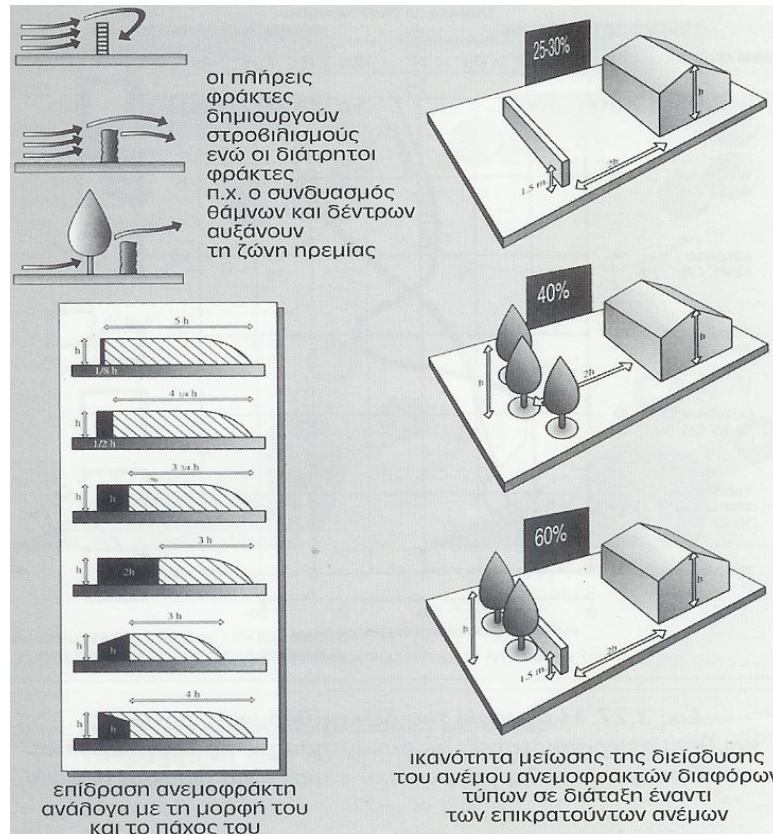


Εικόνα 3-16. Η δόμηση στην υπήνεμη πλευρά των επικλήσεων και εντός φυσικών κοιλοτήτων είναι οι συνήθεις πρακτικές που εφαρμόζονται σε ζεστά κλίματα[25]

Σε ψυχρά κλίματα εφαρμόζεται ακριβώς η αντίθετη πολιτική χωροθέτησης κτιρίων και προσανατολισμού όψεων. Αποφεύγεται τόσο η δόμηση σε φυσικές κοιλότητες όσο και στις περιοχές που παρουσιάζουν έντονες κλίσεις στο έδαφος. Σημαντικό ρόλο στη μείωση των ψυχρών αέριων ρευμάτων σ' αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να διαδραματίσει η τοποθέτηση βλάστησης μπροστά από την πρόσοψη του κτιρίου. Η βλάστηση δρα σα φυσικός φράκτης ανάσχεσης του ψυχρού αέρα. Επίσης είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν κατά μήκος των όψεων συμπαγή στοιχεία όπως πλήρεις φράκτες ώστε να εκτρέπουν τους ψυχρούς ανέμους.

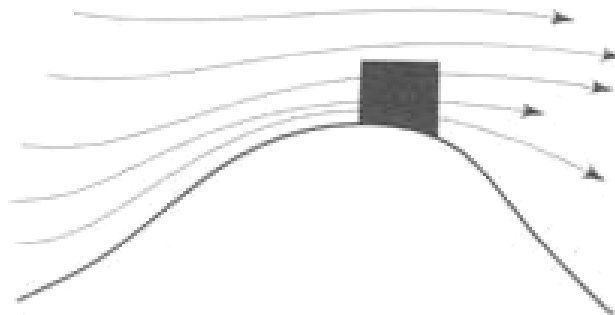


Εικόνα 3-17. Εκτροπή του ψυχρού ανέμου με τοποθέτηση φυσικής βλάστησης μπροστά απ'την πρόσοψη του κτιρίου[25]



Εικόνα 3-18. Η χρήση φρακτών και δέντρων κατά μήκος των όψεων είναι μια καλή πρακτική που εφαρμόζεται για την προστασία των κτιρίων από τους ψυχρούς ανέμους στα ψυχρά κλίματα[25]

Σε υγρά κλίματα η στρατηγική σχεδιασμού κτιρίων πρέπει να έχει σα βασικό γνώμονα την αύξηση της έντασης και της συχνότητας του αέρα. Συνεπώς βέλτιστη λύση θεωρείται ο προσανατολισμός της πρόσοψης του κτιρίου στην κορυφή της προσήνεμης πλευράς του επικλινούς εδάφους, όπου η ένταση και η συχνότητα του ανέμου έχουν τις μέγιστες τιμές τους.



Εικόνα 3-19. Ο προσανατολισμός της πρόσοψης στη προσήνεμη πλευρά επικλινούς εδάφους θεωρείται η βέλτιστη λύση στα υγρά κλίματα αφού μεγιστοποιεί την ένταση και τη συχνότητα του ανέμου[28]

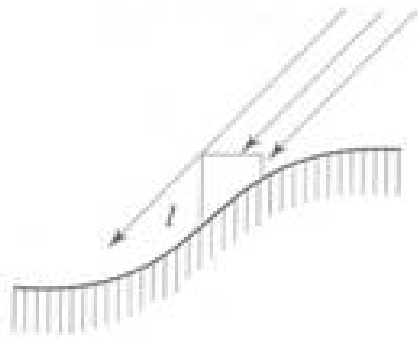
Παρά όλα αυτά, πολλές φορές τόσο σε ψυχρά όσο και σε υγρά κλίματα η δόμηση εντός φυσικών κοιλωμάτων του εδάφους είναι αναγκαία για διάφορους λόγους. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές

επιπτώσεις του κλίματος της περιοχής στο κτίριο. Τα μέτρα αυτά αφορούν κυρίως τον τρόπο και τα υλικά δόμησης.

Βέβαια για τη σωστή χωροθέτηση ενός κτιρίου και τον κατάλληλο προσανατολισμό της πρόσοψης του σε σχέση με την τοπογραφία της περιοχής οι παράμετροι που αναλύονται πιο πάνω δεν είναι οι μοναδικοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Θα πρέπει, επίσης να υπολογίζονται τα πολύ ψηλά ή χαμηλά επίπεδα ακτινοβολίας που συνήθως παρατηρούνται σε περιοχές με επικλινές έδαφος. Αξίζει ακόμη ν' αναφερθεί ότι σε ζεστά κλίματα επιτυγχάνεται σχετικά χαμηλή θερμοκρασία όταν η δόμηση πραγματοποιείται εντός φυσικών κοιλωμάτων. Η θερμοκρασία αυτή ελαχιστοποιείται κατά τη διάρκεια της νύχτας τόσο που σε μερικές περιπτώσεις το φαινόμενο αυτό καθίσταται ιδιαίτερα άβολο για τους χρήστες.

Ένας άλλος παράγοντας της τοπογραφίας ο οποίος επηρεάζει το βιοκλιματικό σχεδιασμό ενός κτιρίου είναι ο προσανατολισμός του ανάγλυφου που παρουσιάζει το έδαφος της περιοχής. Αυτός δεν παίζει κανένα ρόλο όταν το έδαφος είναι επίπεδο, αντίθετα είναι ιδιαίτερα σημαντικός στις περιπτώσεις που υπάρχουν έντονες κλίσεις στο έδαφος. Στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη (μακριά από τον Ισημερινό) οι νότιες πλαγιές παραλαμβάνουν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία από ότι οι βόρειες. Στα νότια γεωγραφικά συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο. Οι πλαγιές που έχουν προσανατολισμό προς τα ανατολικά δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας και αυτές που προσανατολίζονται στα δυτικά αντίστοιχα κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Με βάση τα όσα έχουν αναφερθεί πιο πάνω, στα ζεστά κλίματα προτιμάται η τοποθέτηση της πρόσοψης του κτιρίου σε πλαγιές προσανατολισμένες στο βορρά ούτως ώστε να δέχονται τη λιγότερη δυνατή ακτινοβολία. Βέβαια σε αρκετές περιπτώσεις η κλίση του εδάφους δεν είναι αρκετά απότομη ώστε να εξασφαλίζεται η πλήρης σκίαση του κτιρίου.



Εικόνα 3-20. Τοποθέτηση της πρόσοψης του κτιρίου σε πλαγιές προσανατολισμένες στο βορρά ούτως ώστε να δέχονται τη λιγότερη δυνατή ακτινοβολία. Απαραίτητη προϋπόθεση η κλίση του εδάφους να είναι αρκετά απότομη ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής σκίαση του κτιρίου[28]

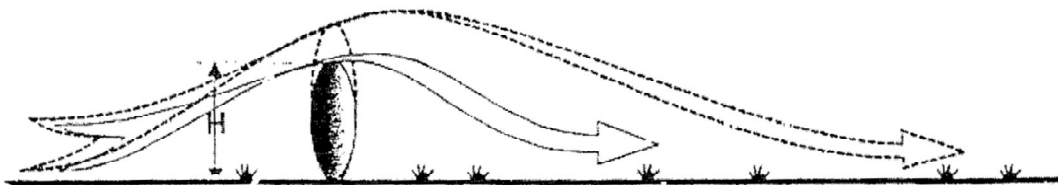
3.3.2. Φυτά και δέντρα

Τα φυτά και τα δέντρα επηρεάζουν άμεσα την κίνηση του αέρα, την ηλιακή ακτινοβολία και τη σχετική υγρασία που φτάνουν σ' ένα κτίριο. Μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στον έλεγχο της θερμοκρασίας των οικοδομημάτων τόσο τον χειμώνα όσο και το καλοκαίρι, άρα και στην εξοικονόμηση ενέργειας. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στη σκίαση

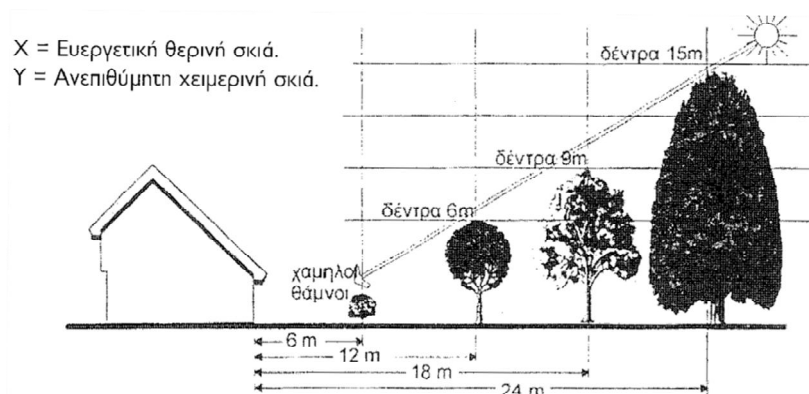
των προσόψεων, στον έλεγχο της ταχύτητας του ανέμου και της διεύθυνσης των αερίων ρευμάτων.

Τα φυτά μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία λειτουργία που έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας της περιοχής στην οποία βρίσκονται. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι ένα μεσαίου μεγέθους δέντρο κατά τη διάρκεια μιας θερινής ημέρας, εξατμίζει περίπου 1.460 kg νερό και ο δροσισμός που πετυχαίνει είναι ισοδύναμος με τη λειτουργία πέντε μικρών κλιματιστικών συσκευών.

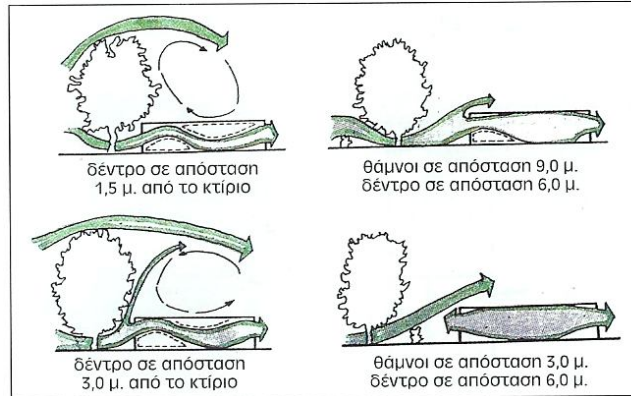
Επίσης τα δέντρα και τα φυτά επηρεάζουν τη ροή του αέρα. Η πυκνή βλάστηση μπορεί να ανακόψει αποτελεσματικά τη ροή ρευμάτων αέρα. Η προσεκτική τοποθέτηση δέντρων και φρακτών είναι δυνατό να κατευθύνει και ν' αυξήσει την ταχύτητα κίνησης του ανέμου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί αν η φύτευση γίνεται έτσι ώστε τα δέντρα και οι φράκτες να σχηματίζουν ένα στενό μονοπάτι για τα αέρια ρεύματα αφού η μείωση της επιφάνειας ροής του αέρα οδηγεί στην αύξηση της ταχύτητας ροής. Επιπλέον η ύπαρξη βλάστησης στο περιβάλλον δόμησης προκαλεί μικρές μεταβολές στην ατμοσφαιρική πίεση που οριακά μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγή της κατεύθυνσης του ανέμου.



Εικόνα 3-21. Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος της φυσικής βλάστησης τόσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια που προστατεύεται από τον άνεμο[28]

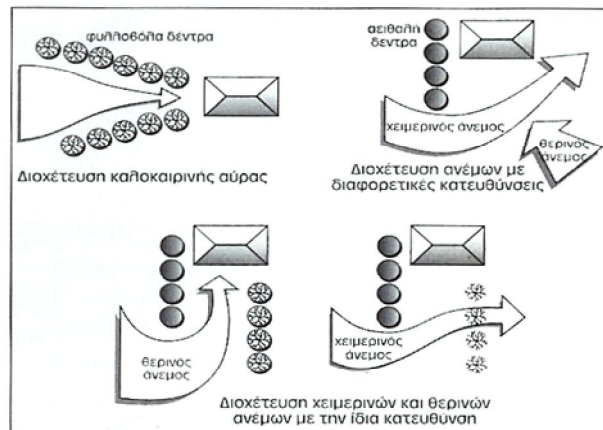


Εικόνα 3-22. Σύγκριση διάφορων μορφών φυσικής βλάστησης σε σχέση με τη σκίαση που παρέχουν. Τα κοντά και πλατιά δέντρα παρέχουν προσφορότερο σχήμα σκιάς τόσο το θέρος όσο και το χειμώνα[25]

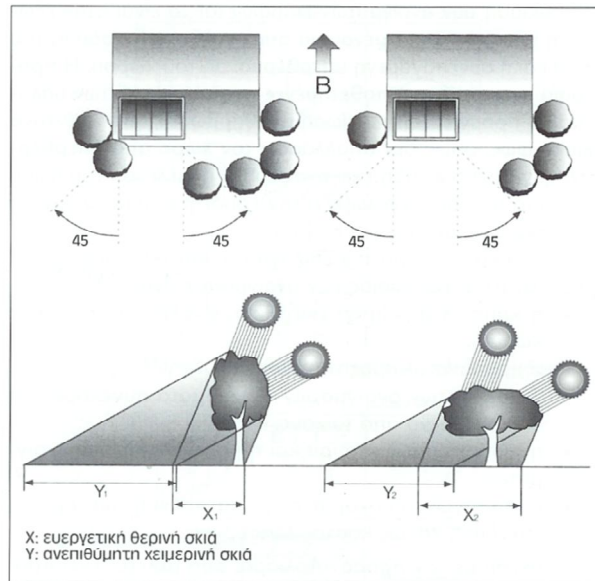


Εικόνα 3-23. Ανάλογα με την απόσταση που βρίσκονται από την πρόσοψη του κτιρίου τα δέντρα και οι θάμνοι επηρεάζουν διαφορετικά τη ροή του ανέμου[25]

Σε περιπτώσεις ζεστών και ξηρών κλιμάτων, όπου στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η ελαχιστοποίηση της θερμότητας, η φυσική βλάστηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποκοπή της ηλιακής ακτινοβολίας από την ανατολή και τη δύση, καθώς και για την εκτροπή των θερμών ρευμάτων αέρα. Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι δυνατό να αποδειχθεί σε αυτού του τύπου τα κλίματα, η φύτευση φυλλοβόλων δέντρων. Τα δέντρα αυτά το καλοκαίρι προσφέρουν επαρκή σκίαση ενώ το χειμώνα η απουσία φυλλώματος επιτρέπει τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα αιθιαλή δέντρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν καλύτερα σε ψυχρά κλίματα για την εκτροπή ψυχρών ανέμων, παρ' όλο που αυτά απορροφώντας την ηλιακή ακτινοβολία είναι δυνατό να ψύξουν περισσότερο το χώρο. Σε ζεστές ή και υγρές περιοχές η βλάστηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σα μέσο αύξησης της ροής του αέρα.



Εικόνα 3-24. Η χρήση βλάστησης βοηθά τη ροή ή την εκτροπή του ανέμου.[25]



Εικόνα 3-25. Επιλεκτική κατάργηση δέντρων από την πρόσοψη για την εξασφάλιση επαρκούς φυσικού φωτισμού και ερριμμένη σκιά συνάρτηση του ύψους του δέντρου.[25]

Ιδιαίτερα όσον αφορά τις προσόψεις των κτιρίων το πράσινο μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως με δύο τρόπους κατά το βιοκλιματικό σχεδιασμό. Ο πρώτος είναι η χρήση της πρόσοψης για ανάρτηση φυτών, γίνεται δηλαδή απευθείας επαφή του πράσινου με το κέλυφος του κτιρίου και πλήρης ή μερική κάλυψη της πρόσοψης. Ο δεύτερος τρόπος είναι η τοποθέτηση πέργκολας σε μια όψη του κτιρίου όπου θα φυτευτεί πράσινο.

Το καλοκαίρι, μια πυκνή κάλυψη από αναρριχώμενα φυτά εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στην επιφάνεια του τοίχου της πρόσοψης μειώνοντας έτσι την εξωτερική θερμοκρασία του κελύφους και, επομένως, το ποσό της θερμότητας που ρέει στο εσωτερικό. Εάν, λόγω χάριν, με την κάλυψη της πρόσοψης με κισσό μεταβιβάζεται μόνο το

Εικόνα 3-26. Κάλυψη προσόψεων κτιρίων από αναρριχώμενα φυτά[46]

μισό της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας, έχουμε μείωση των ηλιακών κερδών της επιφάνειας στο μισό.

Ένα πρόβλημα που ίσως προκύψει κατά τους καλοκαιρινούς μήνες στις περιπτώσεις του πρασίνου σε επαφή με το κέλυφος, είναι ίσως ότι παγιδεύεται ένα οριακό στρώμα θερμού αέρα κοντά στην επιφάνεια του κτιρίου, το οποίο όμως είναι εύκολα ανανεώσιμο. Ένα ρεύμα αέρα, που είναι αρκετά δυνατό ώστε να ανακινήσει το φύλλωμα, σίγουρα μπορεί να ξεπεράσει αυτό το αρνητικό σημείο, και το δροσιστικό αποτέλεσμα της εξάτμισης νερού από την επιφάνεια των φύλλων θα συνεισφέρει, επίσης, στην αντιμετώπιση της υπερθέρμανσης αυτού του οριακού στρώματος αέρα.

Το χειμώνα, το οριακό αυτό στρώμα στατικού αέρα, που δημιουργείται από την κάλυψη με αειθαλές φυτό, λειτουργεί ως μόνωση και περιορίζει την απώλεια θερμότητας από το κτίριο. Έχει αποδειχθεί πως η θερμοπερατότητα ενός τοίχου στην πρόσοψη του κτιρίου μειώνεται σημαντικά με την κάλυψη του με πράσινο.



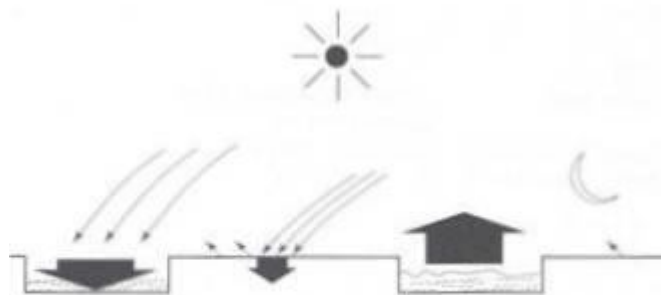
Τα φυλλοβόλα δέντρα αναρριχώμενα σε κατασκευές προσκείμενες στις προσόψεις ενός κτιρίου όπως είναι οι πέργκολες το προφυλάσσουν από την άμεση και ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία, την εποχή που το επιδιωκόμενο για το κτίριο είναι η κατά το δυνατό ελαχιστοποίηση των ηλιακών κερδών.

Επιπλέον, στα ξηρά κλίματα η μεγαλύτερη υγρασία του αέρα κάτω από τα φυτά αυξάνει το ποσό της θερμότητας που απαιτείται ώστε να αυξηθεί σημαντικά η θερμοκρασία του.

3.3.3. Υδάτινοι όγκοι

Η βασική παράμετρος του κλίματος μιας περιοχής δόμησης η οποία επηρεάζεται από την ύπαρξη υδάτινων όγκων είναι η σχετική υγρασία. Το νερό απορροφά ένα πολύ μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και επίσης μέσα από την εξάτμισή του προκαλείται ψύξη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα περιοχές που βρίσκονται κοντά σε υδάτινους όγκους κατά τη διάρκεια τη ημέρας να είναι πιο δροσερές. Τη νύκτα όμως από την επιφάνεια του νερού απελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες θερμότητας προς το περιβάλλον. Αυτή η ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο βιοκλιματικό σχεδιασμό για τη θέρμανση διαφόρων χώρων.

Τα πιο πάνω φαινόμενα οφείλονται κυρίως στο γεγονός ότι το νερό χρειάζεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας για να εξατμιστεί και επίσης απορροφά ή ελκύει σχετικά μεγάλη ποσότητα θερμότητας για τη μοναδιαία αλλαγή της θερμοκρασίας του. Συνεπώς κατά την εξάτμιση του νερού μέσω της ροής του ανέμου παρατηρείται μείωση της θερμοκρασίας. Βέβαια, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής αυξάνεται και η σχετική υγρασία.



Εικόνα 3-27. Οι υδάτινοι όγκοι απορροφούν μεγάλα ποσά θερμότητας κατά την ημέρα και εκλύουν θερμότητα κατά τη νύχτα.[25]

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του νερού είναι ότι έχει ειδική θερμότητα περίπου διπλάσια από αυτή του σκυροδέματος. Αυτό σημαίνει ότι ίδιος όγκος νερού μπορεί να απορροφήσει διπλάσια ποσότητα θερμότητας από τον αντίστοιχο του σκυροδέματος. Επίσης συνεπάγεται μείωση της θερμοκρασίας ενός χώρου ή ακόμη, αν το επιθυμεί ο κατασκευαστής, ο όγκος του νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σα μια έμμεση πηγή θέρμανσης ενός κτιρίου.

Στα ζεστά και ξηρά κλίματα οι υδάτινοι όγκοι είναι δυνατό να προσφερθούν για ψύξη των χώρων και για μείωση της πρόσληψης θερμότητας. Σε ψυχρά κλίματα μπορούν να γίνουν επωφελείς μόνο αν υπάρχει τρόπος ελέγχου της πρόσληψης και αποβολής θερμότητας από αυτούς. Αυτό είναι εφικτό εάν ο υδάτινος όγκος περικλείεται από μέρος του κτιρίου. Στις περιοχές που το κλίμα είναι ζεστό και υγρό είναι προτιμότερο να αποφεύγεται η δόμηση κοντά σε υδάτινους όγκους διότι αυξάνουν κατά πολύ την ήδη μεγάλη σχετική υγρασία της περιοχής.

4.ΘΕΡΜΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΤΙΡΙΟΥ

4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η αύξηση του ενδιαφέροντος για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος που παρατηρείται κατά τα τελευταία χρόνια, σε συνδυασμό με τα τεχνολογικά επιτεύγματα στον τομέα της χρήσης της ηλιακής ενέργειας και της εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και την συνεχή αυξανόμενη αστικοποίηση, ορίζουν τις κυρίες προτεραιότητες για την μελλοντική έρευνα στον τομέα των κτιρίων. Οι κυρίες προτεραιότητες αυτές αφορούν:

- Στη βελτίωση του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων, επιτυγχάνοντας συνθήκες ικανοποιητικής ποιότητας εσωτερικού αέρα, με ανεκτά επίπεδα θερμικής, οπτικής και ακουστικής άνεσης.
- Στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων με χρήση συγχρόνων εναλλακτικών παθητικών ηλιακών τεχνολογιών, που βασίζονται στην βέλτιστη χρήση της ηλιακής ενέργειας και συνδυάζονται με τεχνικές παθητικού δροσισμού, που στηρίζονται στην θερμική και ηλιακή προστασία του κτιρίου, καθώς και στην απόρριψη της πλεονάζουσας θερμότητας του κτιρίου σε θερμικές ατμοσφαιρικές καταβόθρες. Οι τεχνολογίες αυτής της μορφής έχουν ήδη αποκτήσει ένα υψηλό επίπεδο αρχιτεκτονικής και βιομηχανικής αποδοχής.
- Την προσαρμογή των αστικών κτιρίων στις ειδικές συνθήκες περιβάλλοντος των πόλεων, ώστε να είναι δυνατή η ενσωμάτωση συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας καθώς και η αντιμετώπιση των αλλαγών και μετασχηματισμών που συντελούνται στα θερμικά χαρακτηριστικά του αστικού περιβάλλοντος.

Δεδομένου ότι ο κάτοικος των αστικών κυρίως κέντρων βιώνει το 80% της ζωής του στο εσωτερικό των κτιρίων, είναι προφανής η επίδραση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος τόσο στην υγεία και την άνεση όσο και την παραγωγικότητα του. Η κατά τα τελευταία χρόνια δραματική υποβάθμιση του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, καθώς και η χρήση υλικών και συσκευών μη φιλικών προς το περιβάλλον έχουν συντελέσει στην εμφάνιση σημαντικών, ποιοτικά και ποσοτικά, περιβαλλοντικών και ενεργειακών προβλημάτων στα κτίρια. Ειδικότερα, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στα μεγάλα αστικά κέντρα έχει συντελέσει στην δραματική αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για τον δροσισμό των κτιρίων κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η απαιτούμενη ενέργεια για τον δροσισμό ενός κτιρίου στο κέντρο της Αθήνας είναι σχεδόν διπλάσια από την απαιτούμενη στην περιφέρεια της πόλης.

Παράλληλα η αύξηση των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και οι υψηλές εκπομπές μέρους των συγχρόνων δομικών υλικών συντελούν στην αύξηση της συγκέντρωσης ρυπαντών στο εσωτερικό των κτιρίων με ιδιαίτερα σημαντικές συνέπειες τόσο στην υγεία όσο και την παραγωγικότητα των ενοίκων. Μετρήσεις σε κτίρια γραφείων και νοσοκομεία στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών έδειξαν ιδιαίτερα αυξημένες συγκεντρώσεις ρύπων στο εσωτερικό των κτιρίων καθώς και αυξημένα ποσοστά παθολογίας των ενοίκων.

Τα παραπάνω καθορίζουν το πλαίσιο εξέτασης και ανάλυσης του όλου ενεργειακού και περιβαλλοντικού προβλήματος των κτιρίων. Η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων δεν θα πρέπει να αποσυνδέεται από τα προβλήματα περιβάλλοντος και θα πρέπει να μελετάται σαν μια ενότητα μαζί με το συγκεκριμένο εξωτερικό μικροκλίμα στον χώρο του κτιρίου καθώς και το διαμορφούμενο εσωτερικό περιβάλλον.

Έτσι λοιπόν, ένα από τα βασικά καθήκοντα του μελετητή είναι να κατασκευάσει ένα περιβάλλον μέσα και έξω από το κτίριο που να είναι κατάλληλο για όλες τις πιθανές ανθρώπινες δραστηριότητες που μπορεί να λάβουν χώρα σε αυτό.

Η άνεση μπορεί να οριστεί ως η αίσθηση της απόλυτης φυσικής και πνευματικής ευημερίας. Με βάση αυτό τον ορισμό μόνο σε ένα μικρό ποσοστό ελέγχεται από το μελετητή. Τα βιολογικά, ψυχολογικά και φυσικά χαρακτηριστικά των ενοίκων παίζουν επίσης ρόλο. Ο μελετητής πρέπει να στοχεύει στην κατασκευή βέλτιστης θερμικής άνεσης για την ομάδα ως σύνολο, δηλαδή πρέπει να παρέχει συνθήκες κάτω από τις οποίες, ο μέγιστος δυνατός αριθμός από τα άτομα της ομάδας θα πρέπει να αισθάνεται άνετα. Η θερμική ουδετερότητα, όπου ο καθένας δεν επιθυμεί ούτε θερμότερο ούτε ψυχρότερο περιβάλλον, είναι μια αναγκαία συνθήκη για θερμική άνεση.[12]

4.2. ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Η έννοια της θερμικής άνεσης σε ένα χώρο σχετίζεται με το ενεργειακό ισοζύγιο των ενοίκων. Κάθε οργανισμός παράγει, δέχεται και αποβάλλει θερμότητα, κυρίως με διαδικασίες μεταφοράς, εκπομπής και εξάτμισης. Το θετικό θερμικό ισοζύγιο αντιστοιχεί σε αίσθημα θερμικής δυσφορίας, ενώ το αρνητικό ισοζύγιο προκαλεί αίσθημα κρύου.

Το εσωτερικό κλιματικό περιβάλλον του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένου και του κελύφους, καθορίζει τα επίπεδα των θερμικών ανταλλαγών ανάμεσα στο κτίριο και το άτομο. Οι εσωτερικοί χώροι πρέπει επομένως, να προσφέρουν τις απαιτούμενες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, αερισμού, τα κατάλληλα επίπεδα φωτισμού, συνδυασμού χρωμάτων, ηχομόνωσης και ποιότητας αέρα, ούτως ώστε ο χρήστης να ζήσει και να εργαστεί μέσα σε ένα θερμικά άνετο και υγιεινό περιβάλλον, όπως αυτό γίνεται αισθητό και αντιληπτό μέσω του δέρματος, των ματιών, των αυτιών και της μύτης.

Η άνεση αποτελεί μια υποκειμενική αίσθηση, που βασίζεται σε ένα σύνολο παραγόντων. Η ευαισθησία των ατόμων ποικίλλει ανάλογα με τον ένα ή τον άλλο παράγοντα και ορισμένες παράμετροι έχουν, γενικά ή ειδικά, περισσότερη σημασία ή όχι. Οι έρευνες που έχουν γίνει μέχρι τώρα πάνω στο θέμα επιτρέπουν σε κάποιο βαθμό να γίνει πρόβλεψη της άνεσης που θα επικρατεί σ' ένα κτίριο ακόμη και από το στάδιο της μελέτης. Είναι κατά συνέπεια δυνατό να γίνει κάποια επιλογή, ανάμεσα σε πολλές παραμέτρους, ιδιαίτερα σε εκείνες που θα δώσουν το καλύτερο αποτέλεσμα.

Η μελέτη και η πρόβλεψη της άνεσης επιτρέπουν:

- τον υπολογισμό των πραγματικών ενεργειακών ισοζυγίων ανάλογα με τους ενοίκους και τις αιτιολογημένες απαιτήσεις τους.
- τη μελέτη των κτιρίων που παρέχουν καλή θερμική άνεση με τη βέλτιστη χρήση των παθητικών ηλιακών προσόδων.

Για την εξασφάλιση καλής θερμικής άνεσης σε μια κατοικία, είναι απαραίτητο να μπορεί ο ένοικος να προσαρμόζει το εσωτερικό κλίμα στις απαιτήσεις του. Αν το κτίριο είναι σωστά μελετημένο τόσο ως προς τις θερμικές εγκαταστάσεις του, όσο και ως προς τις κατασκευαστικές του λεπτομέρειες, οι δυνατότητες προσαρμογής του για την εξασφάλιση θερμικής άνεσης στους ενοίκους έχουν ως αποτέλεσμα την εξασφάλιση ικανοποιητικού

θερμικού ισοζυγίου. Το τελικό αποτέλεσμα είναι εξασφάλιση ικανοποιητικής θερμικής άνεσης με ταυτόχρονη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

4.2.1. Παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση

Ο πιο κοινά αποδεκτός ορισμός της θερμικής άνεσης έχει ως εξής: «Θερμική άνεση είναι αυτή η κατάσταση του μυαλού, στην οποία εκδηλώνεται ικανοποίηση με το θερμικό περιβάλλον». Από τον ορισμό και μόνο είναι πλήρως κατανοητό πως η θερμική άνεση εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, περιβαλλοντικές, αλλά και προσωπικές. Με απλά λόγια, μπορεί να θεωρηθεί ότι άνεση επέρχεται όταν οι θερμοκρασίες του σώματος βρίσκονται μέσα σε ένα μικρό εύρος, η υγρασία του δέρματος είναι χαμηλή και το έργο που παράγεται από τις φυσιολογικές ρυθμιστικές διεργασίες του οργανισμού είναι το ελάχιστο δυνατό. Το σώμα θα πρέπει να μπορεί να πετύχει μια ισορροπία μεταξύ της παραγωγής ενέργειας και θερμικού κέρδους από τη μία και την απώλεια θερμότητας από την άλλη, ώστε η εσωτερική θερμοκρασία του σώματος να διατηρείται σταθερή, γύρω στους 37 °C. Το θερμικό στρες εκδηλώνεται μέσω διάφορων φυσιολογικών και αισθητηριακών αντιδράσεων, οι οποίες αντανακλούν την ένταση που δέχεται το σώμα για να διατηρήσει την θερμική ισορροπία σε έντονες συνθήκες.

Με βάση τα όσα μέχρι τώρα περιγράψαμε, είναι δυνατόν να καθοριστούν ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τη συνολική θερμική άνεση. Αυτοί οι παράγοντες χωρίζονται σε προσωπικούς και περιβαλλοντικούς.

➤ Προσωπικοί παράγοντες

Μεταβολισμός: είναι το σύνολο των χημικών αντιδράσεων που συμβαίνουν στο σώμα, για τη διάσπαση της τροφής, με σκοπό την παραγωγή θερμότητας και μηχανικού έργου. Ο τυπικός ενήλικας, ακόμα και σε πλήρη ακινησία, παράγει θερμότητα και τη μεταφέρει μέσω του δέρματος στο περιβάλλον. Ο ρυθμός μεταβολισμού αυξάνεται με την εργασία και υπολογίζεται για διάφορες δραστηριότητες του ανθρώπου. Όταν ο ρυθμός αυτός αυξάνεται, οι μυς εν δράσει χρειάζονται περισσότερο οξυγόνο και έτσι μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας πρέπει να μεταφερθεί από τον πυρήνα του σώματος στο δέρμα και να εκλυθεί στο περιβάλλον.

Ένδυση: παρέχει στον άνθρωπο θερμική μόνωση, δημιουργεί δηλαδή θερμική αντίσταση στην ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του δέρματος και του περιβάλλοντος.

Θερμοκρασία δέρματος: η θερμοκρασία της επιφάνειας του δέρματος είναι συνάρτηση του μεταβολισμού, της ένδυσης και της θερμοκρασίας του χώρου. Σε αντίθεση προς την εσωτερική θερμοκρασία του σώματος, αυτή δεν είναι σταθερή.

➤ Περιβαλλοντικοί παράγοντες

Θερμοκρασία του αέρα του χώρου: ορίζεται ως η θερμοκρασία που περιβάλλει τον άνθρωπο και είναι πολύ σημαντική για τη θερμική του ισορροπία και άνεση. Μετράται σε °C με την χρήση ενός τυπικού θερμόμετρου. Η θερμοκρασία αέρα κάτω από σταθερές συνθήκες πίεσης και ταχύτητας αέρα, επηρεάζει την θερμοκρασία του δέρματος και τον ρυθμό

εφίδρωσης, προκαλώντας μια αίσθηση ζέστης όταν υπερβεί το όριο άνεσης. Ο καρδιακός ρυθμός και η εσωτερική θερμοκρασία του σώματος επηρεάζονται ελαφρώς από την άνοδο στην θερμοκρασία αέρα όταν το θερμικό στρες είναι μικρό, αλλά όταν ο δροσισμός λόγω εξάτμισης φτάνει σε σημεία κορεσμού, η επιρροή γίνεται αισθητά μεγαλύτερη. Στην αντίθετη περίπτωση, όπου η θερμοκρασία του αέρα πέσει κάτω από το όριο της άνεσης, η θερμοκρασία του δέρματος μειώνεται, ειδικότερα στην περιοχή των άκρων ενώ ο μυϊκός τόνος αυξάνεται προκαλώντας την αύξηση της θερμότητας που παράγεται λόγω του μεταβολισμού.

Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας: είναι μια μέση θερμοκρασία των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο. Επηρεάζει και τη θερμότητα που χάνεται με ακτινοβολία από το σώμα προς τις επιφάνειες και τη θερμότητα που χάνεται με αγωγιμότητα, όταν το άτομο είναι σε επαφή με τις επιφάνειες. Οι απώλειες της ακτινοβολουμένης θερμότητας είναι δύσκολο να προσδιοριστούν, επειδή ποικίλλουν ανάλογα με τη θέση του ατόμου στο χώρο και επομένως με τη γωνία μεταξύ του ατόμου και των γύρω επιφανειών. Ως απλοποίηση, η μέση ακτινοβολουμένη θερμοκρασία μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι η μέση τιμή των θερμοκρασιών των γύρω επιφανειών σε αναλογία με τα εμβαδά της επιφάνειας τους. Αν ένα κτίριο είναι προσεκτικά μονωμένο, η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας των εξωτερικών τοίχων πλησιάζει τη θερμοκρασία του χώρου. Αυτό περιορίζει τις απώλειες θερμότητας και για το λόγο αυτό αυξάνει την αίσθηση θερμικής άνεσης. Επίσης ελαττώνει την εμφάνιση ρευμάτων αέρα που μεταδίδουν θερμότητα. Οι επιφάνειες των παραθύρων δέχονται μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Έτσι, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας κοντά σε αυτές τις επιφάνειες μπορεί να είναι χαμηλότερη ή ψηλότερη από ότι στον υπόλοιπο χώρο. Ψυχρές επιφάνειες (όπως το τζάμι ενός μεγάλου παραθύρου το χειμώνα) μπορούν επίσης να προκαλέσουν δυσφορία εξαιτίας της ασύμμετρης ακτινοβολίας. Ένα άτομο που είναι κατευθείαν εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να αντιμετωπίσει μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας πολύ ψηλότερη από τη θερμοκρασία του αέρα. Για παράδειγμα, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας μπορεί να είναι ακόμα και 25°C μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του αέρα για ένα καθιστό άτομο, του οποίου το σώμα είναι πλήρως εκτεθειμένο στη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία. Γι' αυτό, η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία σε κλειστό χώρο μπορεί εύκολα να προκαλέσει δυσφορία. Αυτή μπορεί να γίνει εντονότερη με την ασυμμετρία μεταξύ της εκτεθειμένης πλευράς και της πλευράς που είναι στη σκιά.

Δρώσα θερμοκρασία: η θερμοκρασία του αέρα και η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας συχνά λαμβάνονται ως μία παράμετρος, γνωστή ως αντιληπτή ή δρώσα θερμοκρασία. Για μικρές ταχύτητες ανέμου, η δρώσα θερμοκρασία είναι ο μέσος όρος της θερμοκρασίας του αέρα και της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας.

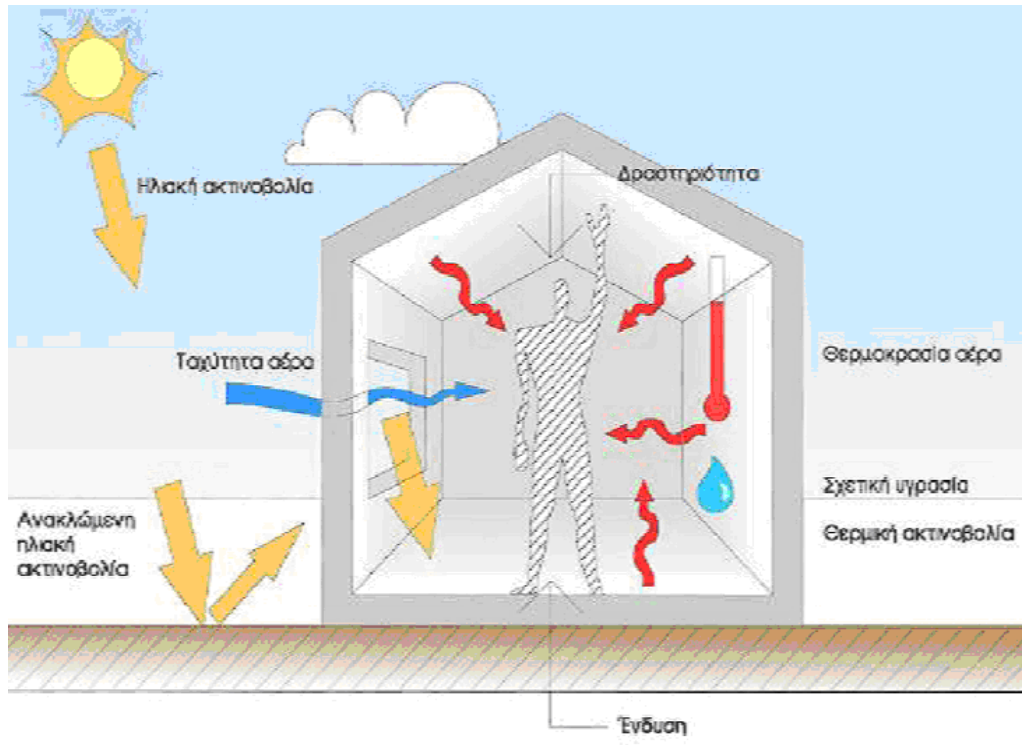
Κίνηση του αέρα: συνδέεται με δύο παραμέτρους, την ταχύτητα του αέρα και τη μορφή της ροής του αέρα, δηλαδή αν είναι στρωτή ή τυρβώδης. Το ανθρώπινο σώμα δε διαθέτει ειδικά αισθητήρια για την ταχύτητα του αέρα. Αυτή προσδιορίζεται έμμεσα από τον ανθρώπινο εγκέφαλο, από τις μεταβολές της θερμοκρασίας στο δέρμα. Είναι προφανές ότι η ταχύτητα του αέρα μεταβάλλει τις απώλειες θερμότητας του σώματος. Σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και υψηλής σχετικής υγρασίας, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα προσφέρει αυξημένες απώλειες θερμότητας με αποτέλεσμα ισορροπημένο θερμικό ισοζύγιο. Σε αντίθετη περίπτωση χαμηλής θερμοκρασίας, η αυξημένη ταχύτητα αέρα επιταχύνει τις απώλειες θερμότητας από το σώμα, σε σημείο που να προκαλεί δυσφορία. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό οι ταχύτητες να διατηρούνται χαμηλά το χειμώνα. Η δεύτερη παράμετρος που επηρεάζει

καθολικά τις απώλειες θερμότητας από το σώμα είναι ο τύπος της ροής του αέρα. Στα κεντρικά κλιματιζόμενα κτίρια η ροή του αέρα είναι τυρβώδης καθώς η ταχύτητα του αέρα μεταβάλλεται με κάποια συχνότητα. Η περιοδικά μεταβαλλόμενη ροή του αέρα προκαλεί συναισθήματα δυσφορίας, συγκρινόμενη με τη στρωτή ροή.

Σχετική υγρασία: είναι ο λόγος (εκφράζεται ως εκατοστιαίο ποσοστό) του ποσού της υγρασίας στον αέρα προς την υγρασία που θα περιείχε, αν ήταν κορεσμένος στην ίδια θερμοκρασία και πίεση. Η σχετική υγρασία επενεργεί στην εξάτμιση του νερού από την επιδερμίδα μεταβάλλοντας τη θερμοκρασία του δέρματος και επηρεάζοντας το θερμικό ισοζύγιο του σώματος. Συνοπτικά, η υγρασία του αέρα επηρεάζει τους εξής τρεις μηχανισμούς του σώματός μας:

- το μηχανισμό διάχυσης των υγρών υπό τη μορφή αερίων του σώματός μας μέσω του δέρματος,
- το μηχανισμό εξάτμισης του ιδρώτα από την επιφάνεια του δέρματος και
 - το μηχανισμό ύγρανσης του εισπνεόμενου αέρα.

Οι μηχανισμοί της διάχυσης και της εξάτμισης εξαρτώνται άμεσα από τη σχετική υγρασία του αέρα. Αν το περιεχόμενο του αέρα είναι υψηλό σε υδρατμούς (σχετική υγρασία > 60-70%) και η θερμοκρασία του αέρα υψηλή, το σώμα μας ενεργοποιεί το μηχανισμό της εφίδρωσης. Ωστόσο, η εξάτμιση του ιδρώτα είναι αδύνατη σε αέρα με υψηλό περιεχόμενο υδρατμών, και έτσι ο ιδρώτας παραμένει στο δέρμα διαβρέχοντάς το. Η κατάσταση αυτή οδηγεί το σώμα μας να αισθάνεται τον αέρα πιο ζεστό απ' όσο πραγματικά είναι και η ατμόσφαιρα μοιάζει να είναι κολλώδης. Αντίθετα, το μικρό περιεχόμενο υδρατμών του αέρα (σχετική υγρασία < 30%) καθιστά εφικτή την εξάτμιση μεγάλων ποσοτήτων υγρών, άρα και την εφίδρωση του δέρματος. Σε γενικές γραμμές, η ανοσοποιητική ικανότητα του δέρματος μειώνεται όταν το δέρμα δεν υγραίνεται επαρκώς. Απ' την άλλη μεριά το αίσθημα της δυσαρέσκειας εμφανίζεται όταν το δέρμα είναι έντονα βρεγμένο, υπό την παρουσία υψηλών θερμοκρασιών, υψηλής σχετικής υγρασίας και δραστηριότητας εντονότερης της καθιστικής. Η επίδραση της υγρασίας του αέρα στην αναπνευστική οδό λαμβάνει χώρα για δύο λόγους. Πρώτον, οι βλεννώδεις μεμβράνες της αναπνευστικής οδού ψύχονται κατά την εισπνοή του αέρα. Η ψύξη αυτή παίζει κυρίαρχο ρόλο στην αντίληψη του θερμικού περιβάλλοντος. Δεύτερον, η αναπνευστική οδός δρα ως ένα σύστημα κλιματισμού που ρυθμίζει την υγρασία και τη θερμοκρασία του εισπνεόμενου αέρα, πριν αυτός φτάσει στους πνεύμονες. Σε υψηλή θερμοκρασία και υγρασία η ικανότητα της αναπνευστικής οδού για ψύξη του εισπνεόμενου αέρα μειώνεται και ο αέρας μοιάζει να είναι αποπνικτικός και θερμότερος απ' όσο πραγματικά είναι. Στην περίπτωση όπου η υγρασία του αέρα είναι πολύ χαμηλή, ο κίνδυνος να ξηραθούν οι βλεννώδεις μεμβράνες είναι μεγάλος. Η ξηρότητα των μεμβρανών μειώνει την προστατευτική τους ισχύ και ο καθαρισμός του αέρα, μαζί με τον κλιματισμό του πριν αυτός φτάσει στους πνεύμονες, που γίνεται στην αναπνευστική οδό δεν είναι δυνατός.



Εικ.4.1. Παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση[28]

4.2.2. Συνθήκες θερμικής άνεσης

➤ Θερμοκρασία του αέρα του χώρου

Παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό ενός κτιρίου:

- Το εξωτερικό περιβάλλον
- Ο προσανατολισμός του κτιρίου
- Τα υλικά κατασκευής και τα υλικά θερμομόνωσης του κτιρίου
- Ο τρόπος αερισμού του κτιρίου (μηχανικός ή φυσικός)
- Ο τρόπος σχεδιασμού, κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης ενός μηχανικά αεριζόμενου κτιρίου
- Ο τρόπος σχεδιασμού ενός φυσικά αεριζόμενου κτιρίου
- Ο τρόπος σχεδιασμού, κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος θέρμανσης-ψύξης του κτιρίου
- Ο τύπος και ο αριθμός των ηλεκτρικών συσκευών, μηχανημάτων ή εξοπλισμού γραφείων που υπάρχουν στο κτίριο και παράγουν θερμότητα (π.χ. οθόνες Η/Υ)
- Ο τρόπος λειτουργίας του κτιρίου και των συστημάτων αερισμού, θέρμανσης και ψύξης από τους χρήστες του κτιρίου

Το πρόβλημα που εντοπίζεται στη μελέτη της θερμοκρασίας του αέρα του χώρου, ως παραμέτρου της θερμικής άνεσης, έγκειται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη τιμή της θερμοκρασίας που να αποτελεί τη βέλτιστη λύση, αλλά ένα πεδίο τιμών της ως συνάρτηση

και άλλων παραγόντων, που επηρεάζουν τη διατήρηση μιας θερμοκρασίας σ' ένα χώρο και την καταγραφή αυτής της θερμοκρασίας ως άνετης ή όχι από το σώμα μας.

Η μέση θερμοκρασία δέρματος που θεωρείται ως φυσιολογική, σε αντιστοιχία με τη θερμοκρασία ισορροπίας του σώματός μας στους 37,6°C, είναι κοντά στους 33,5°C. Για τη διατήρηση αυτής της μέσης θερμοκρασίας δέρματος, η θερμοκρασία του αέρα θα πρέπει να είναι κοντά στους 20°C. Ενδεικτικά, παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας με τις βέλτιστες θερμοκρασίες του αέρα για διάφορους χώρους.

ΕΙΔΟΣ ΧΩΡΟΥ	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ
Καθιστικό και γραφείο	18-22°C
Υπνοδωμάτιο	16-17°C
Λουτρό	20-23°C
Κλιμακοστάσιο	10-14°C
Κουζίνα/ελαφρά σωματική δραστηριότητα	18-20°C
Χώροι εργασίας/βαριά σωματική δραστηριότητα	15-17°C

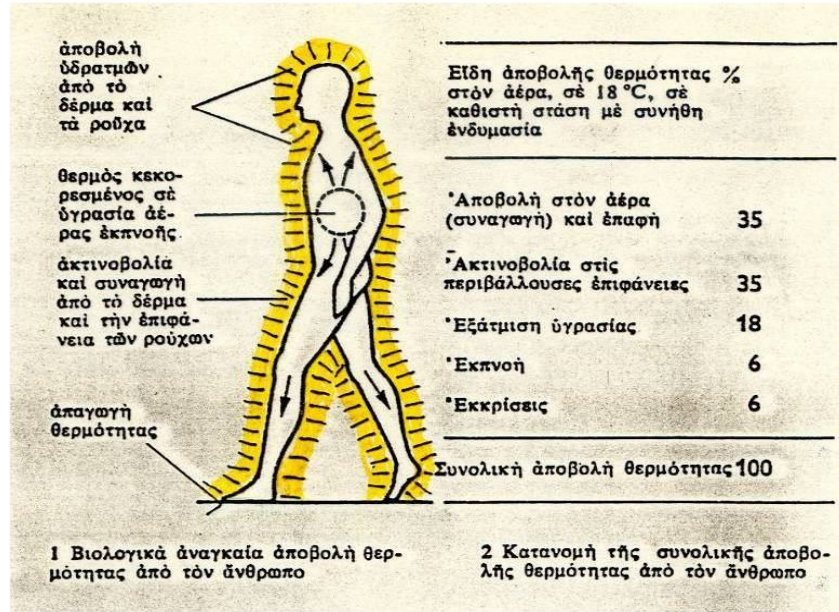
Εικ.4.2. Βέλτιστη θερμοκρασία αέρα σε διάφορους χώρους δραστηριότητας[9]

➤ Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας

Ο υπολογισμός της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας είναι ιδιαίτερα επίπονος, επειδή απαιτείται ο πλήρης υπολογισμός του συντελεστή γωνίας μεταξύ του ατόμου και της εξεταζόμενης επιφάνειας και προσφυγή στην χρήση Η/Υ και στους πίνακες προτύπων (ASHRAE 55 – 92 και ISO 7730) για τους συντελεστές γωνίας. Ως απλοποίηση, η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι η μέση τιμή των θερμοκρασιών των γύρω επιφανειών σε αναλογία με τα εμβαδά της επιφάνειας τους.

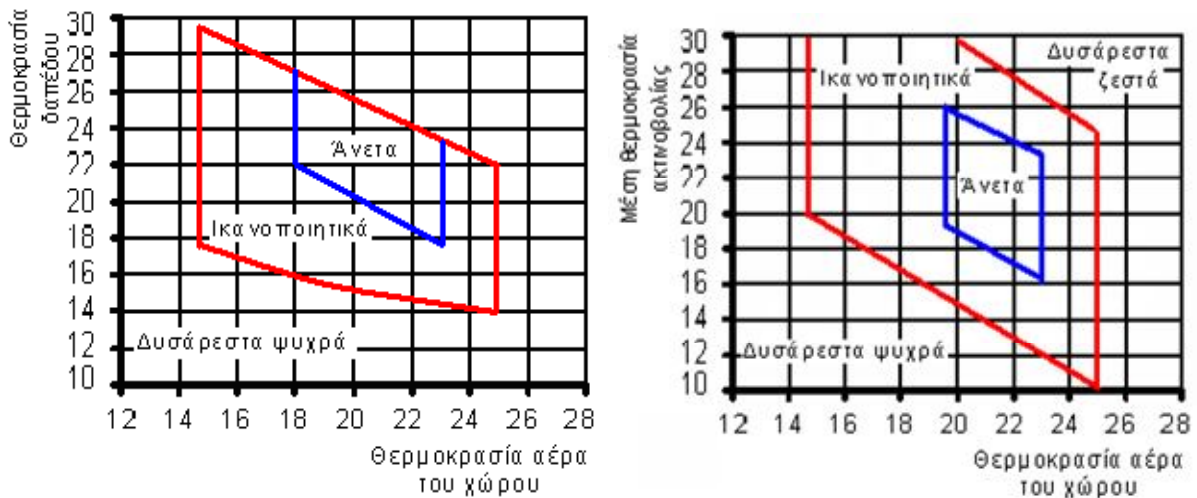
Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας παίζει κυρίαρχο ρόλο στην ανταλλαγή θερμότητας λόγω ακτινοβολίας μεταξύ του σώματος και του περιβάλλοντος και διαφοροποιείται από τη θερμοκρασία του αέρα, γιατί είναι πρωτίστως υπεύθυνη για τις χωροταξικές διαφορές της θερμοκρασίας σε ένα χώρο και τη δημιουργία τοπικής δυσφορίας. Αν ένα κτίριο όμως, είναι προσεκτικά μονωμένο, η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας των εξωτερικών τοίχων πλησιάζει τη θερμοκρασία του χώρου. Αυτό περιορίζει τις απώλειες θερμότητας και για το λόγο αυτό αυξάνει την αίσθηση θερμικής άνεσης. Επίσης ελαττώνει την εμφάνιση ρευμάτων αέρα που μεταδίδουν θερμότητα.

Παρακάτω φαίνεται καθαρά ότι η μεγαλύτερη ροή θερμότητας από το σώμα σε τυπικές κλιματικές συνθήκες οφείλεται στην ακτινοβολία.



Εικ.4.3. Αποβολή θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα[28]

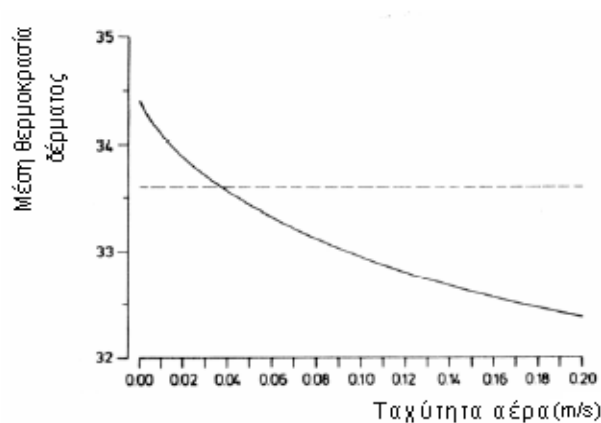
Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται η συσχέτιση της θερμοκρασίας του αέρα του χώρου με τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας και με τη θερμοκρασία του δαπέδου αντίστοιχα. Σημειώνονται δε οι περιοχές όπου ο χρήστης νιώθει δυσάρεστα, ικανοποιητικά ή άνετα.



Εικ.4.4. Διαγράμματα θερμικής άνεσης[28]

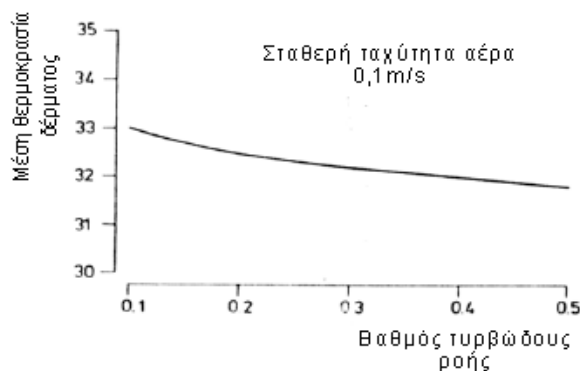
➤ Ταχύτητα αέρα

Οι μεταβολές στη θερμοκρασία του σώματος από την ταχύτητα του αέρα είναι μάλλον απότομες, καθώς ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας δεν είναι γραμμικός. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η σχέση που συνδέει την ταχύτητα του αέρα και τη μέση θερμοκρασία δέρματος. Στις μικρές ταχύτητες, μικρές μεταβολές της ταχύτητας προκαλούν μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας σε σχέση με τις ίδιες μικρές μεταβολές ταχύτητας σε υψηλότερες ταχύτητες αέρα.



Εικ. 4.5. Διάγραμμα ταχύτητας αέρα – μέσης θερμοκρασίας δέρματος[28]

Οι έρευνες επιβεβαιώνουν ότι οι άνθρωποι φαίνεται να μην προτιμούν μεταβολές στην ταχύτητα του αέρα, μεταβολές που όπως είπαμε προσομοιώνουν την τυρβώδη ροή, καθώς σε υψηλά ποσοστά τύρβης το ποσοστό των δυσαρεστημένων ατόμων είναι μεγάλο. Στο διάγραμμα φαίνεται ότι ο τύπος της ροής και συγκεκριμένα ο βαθμός της τύρβης επηρεάζει τη θερμοκρασία του δέρματος ακόμη και με τη μέση ταχύτητα του αέρα σταθερή.



Εικ. 4.6. Διάγραμμα βαθμού τυρβώδους ροής – μέσης θερμοκρασίας δέρματος[28]

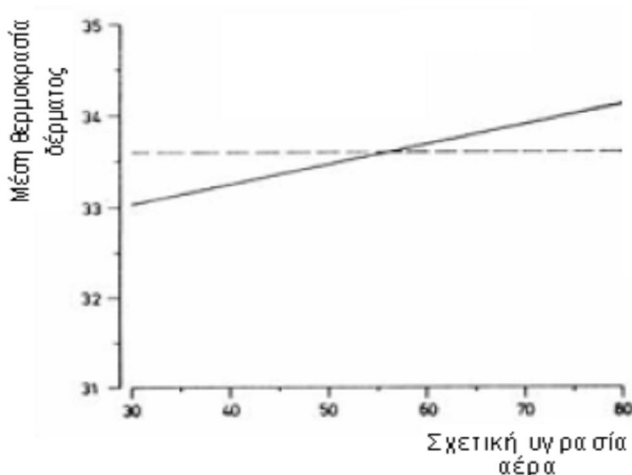
Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι προτεινόμενες τιμές της ταχύτητας του αέρα για το χειμώνα και το καλοκαίρι σε κλειστούς χώρους.

Περίοδος	Τιμή ταχύτητας αέρα [m/s]	
Χειμώνα	< 0,15	
Καλοκαίρι	< 0,25	
ΕΝΔΕΙΚΝΥΟΜΕΝΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ*		
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΕΡΑ (m/s)	ΕΠΙΔΡΑΣΗ	ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ
0÷0,08	Παράπονα για έλλειψη κίνησης του αέρα	
0,125	Ιδανική κατάσταση	
0,125÷0,25	Πολύ ικανοποιητική κατάσταση αλλά η ταχύτητα των 0,25 m/s πλησιάζει τη μέγιστη	
0,325	Όχι ικανοποιητική για χώρους γραφείων. Ο αέρας παρασύρει ελαφριά χαρτιά από τα γραφεία	
0,375	Μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα για άτομα που κινούνται	Εμπορικά καταστήματα
0,375÷1,5		Επιτρεπόμενη μόνο για βιομηχανικές εφαρμογές
* Οι παραπάνω ταχύτητες αναφέρονται στη ζώνη διαμονής ατόμων κάθε χώρου (από το δάπεδο μέχρι 2 m ύψος περίπου)		

Εικ. 4.7. Προτεινόμενες τιμές της ταχύτητας του αέρα για το χειμώνα και το καλοκαίρι σε κλειστούς χώρους[28]

➤ Σχετική υγρασία

Σε μέσες θερμοκρασίες αέρα (μεταξύ 15-25°C) και κάτω από σταθερές συνθήκες παραμονής (δηλαδή όταν ένα άτομο μένει στον ίδιο χώρο για πολλή ώρα), η υγρασία του αέρα έχει μικρή επίπτωση στη θερμική αίσθηση. Για παράδειγμα, μια αύξηση της σχετικής υγρασίας κατά 10% θα έχει το ίδιο αποτέλεσμα με αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα κατά

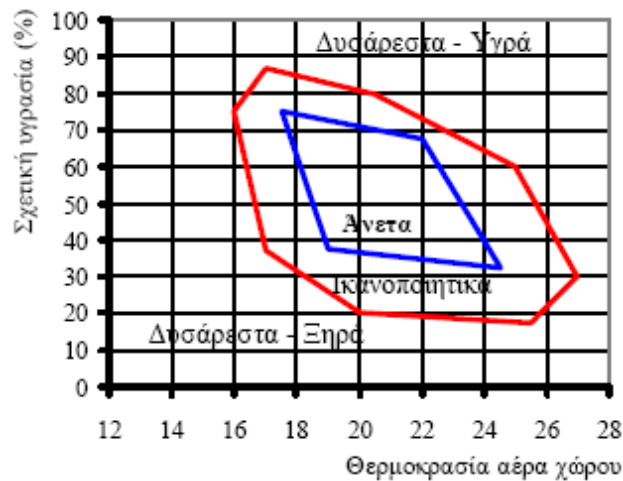


Εικ. 4.8. Διάγραμμα σχετικής υγρασίας αέρα – μέσης θερμοκρασίας δέρματος[28]

0,3°C. Σε συνθήκες μετακίνησης (δηλαδή όταν ένα άτομο βγαίνει έξω από ένα κτίριο ή μετακινείται από ένα χώρο σε έναν άλλο με διαφορετική υγρασία), η θερμική επίδραση της αλλαγής στην υγρασία μπορεί να είναι 2-3 φορές μεγαλύτερη. Επίσης, σε θερμό περιβάλλον (δηλαδή >30°C) αλλαγή στην υγρασία μπορεί να έχει σημαντική επίπτωση στη θερμική άνεση. Στο διάγραμμα παρουσιάζεται η μέση θερμοκρασία του δέρματος σε σχέση με τη μεταβολή της σχετικής υγρασίας. Φαίνεται καθαρά η μικρή επίδραση της σχετικής υγρασίας στη μέση θερμοκρασία

του δέρματος (50% μεταβολή σχετικής υγρασίας, επιφέρει μεταβολή 1,2-1,3°C της μέσης θερμοκρασίας δέρματος).

Τα αποδεκτά όρια σχετικής υγρασίας του αέρα είναι λιγότερο σαφή από αυτά της θερμοκρασίας και το ανώτερο επιτρεπτό επίπεδό της εξακολουθεί ακόμη να βρίσκεται υπό μελέτη. Ωστόσο, όπως και στην περίπτωση της θερμοκρασίας του αέρα, τα αποδεκτά όρια της σχετικής υγρασίας για την επίτευξη θερμικής άνεσης εξαρτώνται από συνδυασμό παραμέτρων. Το ζήτημα της θερμικής άνεσης είναι λοιπόν πολυπαραγοντικό με τη θερμοκρασία του αέρα κυρίως, να παίζει κρίσιμο ρόλο στον προσδιορισμό της αποδεκτής σχετικής υγρασίας. Ως αποτέλεσμα του παραπάνω γεγονότος τα διαγράμματα θερμικής άνεσης, όπως αυτά της σχετικής υγρασίας σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία οριοθετούν το πεδίο θερμικής ευεξίας και προσδιορίζουν το κατάλληλο ζεύγος τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.



Εικ. 4.9. Διάγραμμα θερμοκρασίας αέρα χώρου – σχετικής υγρασίας[28]

Τέλος, υπάρχουν επιπλέον λόγοι για τους οποίους θα πρέπει να αποφεύγονται υψηλές στάθμες υγρασίας. Οι λόγοι αυτοί είναι ότι μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα μούχλας, σκόρου, στατικού ηλεκτρισμού και ξηρών βλεννογόνων υμένων. Η διατήρηση της σχετικής υγρασίας ανάμεσα στο 30% με 50% θα περιορίσει τέτοια προβλήματα.

ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΟ				
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΡΟΥ	ΧΕΙΜΩΝΑ		ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	
	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ
Κατοικίες	22	30-50	25-26	40-50
Κτίρια γραφείων	21-23	30-35	25-26	40-50

Εικ. 4.10. Συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους χειμώνα – καλοκαίρι[28]

4.2.3. Υπολογισμός θερμικής άνεσης

Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις κατά τις οποίες η θερμική άνεση πρέπει να εκτιμηθεί. Οι μηχανικοί εφαρμόζουν μοντέλα υπολογισμού κατά την φάση του σχεδιασμού και στην συνέχεια χρησιμοποιούν τα αποτελέσματα με σκοπό την επιλογή του βέλτιστου συστήματος κλιματισμού και αερισμού για εγκατάσταση, με απώτερο σκοπό την δημιουργία ενός υγιούς εσωτερικού περιβάλλοντος. Αυτά τα μοντέλα υπολογισμού, βασίζονται σε υποθέσεις για τις μελλοντικές περιβαλλοντικές και τις προσωπικές μεταβλητές που θα επικρατούν στο κτίριο, επιδρώντας στο εσωτερικό κλίμα. Έτσι οι υπολογισμοί γίνονται λιγότερο αξιόπιστοι, αλλά αφού πρόκειται για το μόνο διαθέσιμο εργαλείο των σχεδιαστών, χρησιμοποιούνται κατά κόρον.

Ένας εναλλακτικός τρόπος χρήσης των μοντέλων εκτίμησης θερμικής άνεσης, εφαρμόζεται στα ήδη υπάρχοντα κτίρια, όταν εμφανίζεται η ανάγκη να επανεκτιμηθούν οι συνθήκες σε αυτό και να γίνει μια προσπάθεια ώστε να βελτιωθούν ταυτόχρονα με την ελαχιστοποίηση της ενεργειακής του κατανάλωσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις στους υπολογισμούς πλέον δεν υπεισέρχονται υποθετικές τιμές για τις παραμέτρους, αλλά γίνεται μια αποτύπωση της χρήσης τους κτιρίου από τους χρήστες του. Η διαφορά μεταξύ αυτού του τρόπου χρήσης των μοντέλων και του προηγούμενου, είναι πως στα νέα κτίρια τα μοντέλα κάνουν πρόβλεψη της θερμικής άνεσης για τις υποθετικές συνθήκες που θα επικρατούν, ενώ στα υφιστάμενα κτίρια γίνεται αξιολόγηση της θερμικής άνεσης στις δεδομένες συνθήκες που ήδη επικρατούν.

Ο υπολογισμός της θερμικής άνεσης έγινε για πρώτη φορά από τον P.O. Fanger (1970) μέσω μιας εξίσωσης, η οποία και θεωρείται ο πρόδρομος άλλων εξισώσεων ή μοντέλων υπολογισμού της θερμικής άνεσης. Η ικανοποίηση αυτής της εξίσωσης είναι μία συνθήκη για την επίτευξη θερμικής ευεξίας, ωστόσο παρέχει μόνο πληροφορίες για το πώς οι παράμετροι πρέπει να συνδυαστούν ώστε να επιτευχθεί η θερμική άνεση στο εσώκλιμα. Ως εκ τούτου, δεν είναι κατάλληλη άμεσα για την εξακρίβωση της αίσθησης ενός τυχαίου θερμικού περιβάλλοντος από τους χρήστες των κτιρίων, όπου οι παράμετροι δεν ικανοποιούν την εξίσωση. Για το λόγο αυτό, ο Fanger ακολούθησε μια πειραματική διαδικασία με στόχο τη δημιουργία ενός απλού δείκτη για τον χαρακτηρισμό των θερμικών συνθηκών ενός χώρου. Συγκεκριμένα, ανέπτυξε το δείκτη της μέσης προβλεπόμενης τιμής ψηφοφορίας PMV (Predicted Mean Vote), και το δείκτη δυσαρέσκειας των ανθρώπων ή αλλιώς δείκτη PPD (Predicted Percent of Dissatisfied people). Οι δύο αυτοί δείκτες είναι σύνθετες μαθηματικές σχέσεις που λαμβάνουν υπόψη ένα πλήθος παραμέτρων. Χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα και κάνουν εύκολη την εξαγωγή συμπερασμάτων για την αίσθηση του θερμικού περιβάλλοντος που επικρατεί σε έναν χώρο. Η κατάσταση σ' ένα χώρο κρίνεται ικανοποιητική όταν το ποσοστό των δυσαρεστημένων χρηστών (PPD) δεν ξεπερνά το 10%.

Πολλά πρότυπα, που προσδιορίζουν τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη θερμική άνεση έχουν βασιστεί στη θεωρία του Fanger. Αυτά είναι:

- Αμερικανική Επιστημονική Εταιρία Θέρμανσης Ψύξης και Κλιματισμού ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning)
- Γαλλικό Πρότυπο AFNOR
- Ελβετικό Πρότυπο SIA 180

▪ Διεθνές Πρότυπο ISO 7730

Τα υπάρχοντα πρότυπα θερμικής άνεσης διακρίνονται από τα εξής δύο βασικά χαρακτηριστικά τους, τη στατική τους μορφή και την καθολική τους ισχύ. Θεωρώντας το κτίριο ως ένα σύστημα, το οποίο αλληλεπιδρά με εξωτερικά και εσωτερικά στοιχεία, τα υπάρχοντα πρότυπα θερμικής άνεσης προδιαγράφουν τις ιδανικές συνθήκες θερμικής άνεσης, βασισμένες σε ένα μοντέλο ανταλλαγής θερμότητας του σώματος με το περιβάλλον και δεν εισάγουν καμία ανάδραση στο σύστημα γεγονός που τα καθιστά στατικά. Ωστόσο, η προσέγγιση αυτή απέχει πολύ από τη δυναμική κατάσταση ενός πραγματικού κτιρίου.

Τα σημερινά πρότυπα θερμικής άνεσης ISO 7730 και ASHRAE 55 βασίζονται στο στατικό μοντέλο θερμικής άνεσης σύμφωνα με το οποίο ο άνθρωπος θεωρείται ως παθητικός αποδέκτης θερμικών ερεθισμάτων και η αλληλεπίδρασή του με το θερμικό περιβάλλον διαμορφώνεται αποκλειστικά με τους νόμους της φυσικής που περιγράφουν το φαινόμενο της μετάδοσης θερμότητας. Η διεθνής εφαρμογή των προτύπων του ASHRAE 55-92 και του ISO 7730, ανεξαρτήτως του κλίματος, του γεωγραφικού πληθυσμού και του τύπου του κτιρίου, έχει αναγνωριστεί ως προβληματική ή αυστηρότερα ως λανθασμένη. Έτσι, σήμερα εκφράζονται μεγάλες διαφωνίες από μια μεγάλη μερίδα ερευνητών για την καθολική ισχύ των υπάρχοντων προτύπων θερμικής άνεσης.

Τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκε η δυναμική θεωρία της θερμικής άνεσης, που συμπληρώνει την κλασική, αναγνωρίζοντας την ικανότητα του ανθρώπου να προσαρμόζεται στις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες. Η διαφορετική αυτή προσέγγιση από τη μέχρι τώρα συμβατική θεωρία της θερμικής άνεσης, εισάγει καινούργιους παράγοντες, που επηρεάζουν τη θερμική αίσθηση και άρα τα αποτελέσματα του προτύπου. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

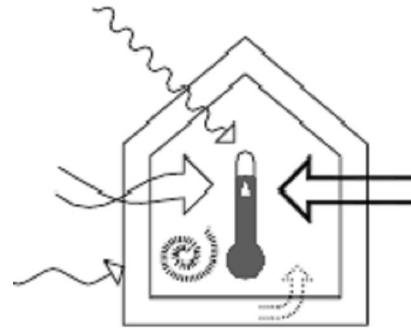
- Δημογραφικοί παράγοντες: το φύλλο, η ηλικία, η οικονομική κατάσταση, το μορφωτικό επίπεδο
- Παράγοντες συναφείς με το περιβάλλον τόσο το εξωτερικό όσο και το εσωτερικό: το εξωτερικό κλίμα, το τρίπτυχο σχεδιασμός-κατασκευή-λειτουργία του κτιρίου, η εποχή του χρόνου, η θέση του κτιρίου.
- Παράγοντες συναφείς με τους χρήστες: ο τρόπος με τον οποίο οι χρήστες αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον, ο τρόπος με τον οποίο μεταβάλλουν τη συμπεριφορά τους (μεταβάλλοντας το ρουχισμό ή τη δραστηριότητά τους) και τέλος, τη σταδιακή προσαρμογή των θερμικών τους προσδοκιών, ώστε να εναρμονίζονται με τα δεδομένα του θερμικού τους περιβάλλοντος.

Συμπερασματικά θα λέγαμε ότι η θερμική άνεση καθορίζεται κυρίως από τέσσερις περιβαλλοντικές μεταβλητές, τη θερμοκρασία του αέρα του χώρου, τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, την ταχύτητα του αέρα και τη σχετική υγρασία. Ωστόσο, υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός παραγόντων που επιδρά στη θερμική άνεση στο εσωτερικό των κτιρίων, οι οποίοι συχνά δεν είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους αλλά αλληλεπιδρούν και επηρεάζουν το θερμικό περιβάλλον των κτιρίων. Ως εκ τούτου ο ορθός σχεδιασμός των κτιρίων οφείλει να λαμβάνει υπόψη του όλες τις παραμέτρους που διαμορφώνουν το εσωτερικό περιβάλλον και την διασύνδεσή τους, ώστε να επιτυγχάνονται οι στόχοι τόσο της θερμικής άνεσης όσο και της ικανοποιητικής ποιότητας εσωτερικού αέρα. Το εργαλείο για τον ορθό σχεδιασμό των κτιρίων σε σχέση με την επίτευξη θερμικής ευεξίας πρέπει να αναζητηθεί στα πρότυπα θερμικής

άνεσης. Σήμερα, η καθολική ισχύς και εφαρμογή των προτύπων αυτών, που στηρίζονται στη στατική θεωρία της θερμικής άνεσης, βρίσκονται υπό συζήτηση με την δυναμική θεωρία της θερμικής άνεσης να κερδίζει έδαφος, όχι όμως με στόχο την ανατροπή της κλασικής θεωρίας αλλά την συμπλήρωσή της. [9],[12]

4.3. ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ

Θερμότητα σ' ένα κτίριο μπορεί να προσφερθεί από εξωτερικές πηγές όπως η ηλιακή ακτινοβολία και ο θερμός αέρας περιβάλλοντος και από εσωτερικές πηγές όπως οι χρήστες, οι δραστηριότητές τους, ο τεχνητός φωτισμός και τα συστήματα θέρμανσης. Τα θερμικά φορτία ή κέρδη που προκύπτουν σε ένα χώρο εξαρτώνται από τον αριθμό των ατόμων μέσα σε αυτό, το ωράριο παραμονής τους στο χώρο και το είδος της δραστηριότητάς τους (μεταβολισμό). Αντίστοιχα, εξαρτώνται από τη χρήση του κτιρίου και το είδος, αριθμό και χρόνο λειτουργίας όλων των ηλεκτρικών συσκευών. Κατά το σχεδιασμό ενός κτιρίου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα συνολικά εσωτερικά θερμικά κέρδη και οι χώροι να σχεδιάζονται ανάλογα.

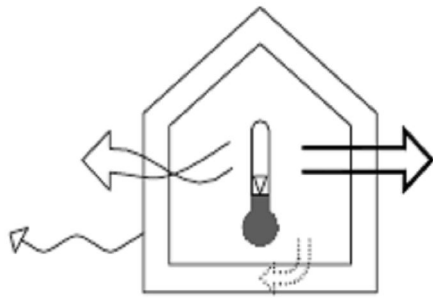


Εικ.4.11. Θερμικά κέρδη[19]

Κατά το καλοκαίρι τα θερμικά φορτία μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικά. Για τη μείωσή τους συνιστάται:

- Χρήση φωτιστικών-λαμπτήρων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, οι οποίοι εκτός από τα άλλα ενεργειακά και οικονομικά τους πλεονεκτήματα εκλύουν στο χώρο ελάχιστη θερμική ενέργεια σε σχέση με τους συμβατικούς λαμπτήρες
- Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (με κατάλληλες τεχνικές και συστήματα), αλλά και σωστός σχεδιασμός και ρύθμιση των εγκαταστάσεων τεχνητού φωτισμού, ώστε να μην χρησιμοποιείται τεχνητός φωτισμός παρά μόνο όταν και όπου είναι απολύτως απαραίτητο.
- Αξιοποίηση του φυσικού δροσισμού
- Έλεγχος του ηλιασμού του κτιρίου με τοποθέτηση σκιάστρων και τη φύτευση βλάστησης
- Μείωση των θερμικών προσόδων από το κέλυφος του κτιρίου με την σωστή θερμομόνωσή του
- Ορθολογική χρήση των ηλεκτρικών συσκευών και ελαχιστοποίηση της λειτουργίας τους τις θερμές ώρες της ημέρας.
- Χρήση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (σε κτίρια όπου ενδείκνυται), έτσι ώστε να μην υπάρχει σπατάλη ενέργειας, αλλά και περιττά θερμικά φορτία που επιβαρύνουν το κτίριο.

4.4. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ



Εικ.4.12. Θερμικές απώλειες[19]

Οι θερμικές απώλειες χαρακτηρίζουν τη φυσική ροή θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου προς το περιβάλλον και πραγματοποιούνται με τη διαφυγή θερμότητας μέσω των σταθερών στοιχείων του κελύφους και των ανοιγμάτων. Η διαφυγή της θερμότητας από το κτίριο οφείλεται στο φαινόμενο της θερμικής αγωγιμότητας των δομικών στοιχείων του κτιρίου (τοιχοί, οροφή, δάπεδο, ανοίγματα), στη διείσδυση αέρα στους αρμούς και στη μεταφορά με ακτινοβολία από το κέλυφος του κτιρίου, όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη από την εξωτερική.

Το χειμώνα πρέπει να καταστεί δυνατή η διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου σε ικανοποιητικά επίπεδα, ώστε να επιτυγχάνεται αφενός θερμική και αφετέρου χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Είναι απαραίτητο λοιπόν, να ληφθούν μέτρα για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών και ταυτόχρονα να αυξηθούν οι εξωτερικές θερμικές πρόσοδοι. Τέτοια μέτρα είναι:

- Μείωση των εκτεθειμένων πλευρών του κτιρίου προς το Βορρά
- Προστασία των εκτεθειμένων πλευρών του κτιρίου από τους ψυχρούς ανέμους με βλάστηση ή δέντρα
- Τοποθέτηση θερμομόνωσης στα δομικά στοιχεία για τη μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας
- Επιμελημένη θερμομόνωση του κελύφους
- Χρήση διπλών υαλοπινάκων στα βορεινά ανοίγματα
- Μείωση των ανοιγμάτων στη βορεινή όψη του κτιρίου
- Στεγάνωση των αρμών στα πλαίσια των ανοιγμάτων
- Έλεγχος του χρόνου αερισμού
- Νυχτερινή προστασία των ανοιγμάτων με ρολά ή παντζούρια

5

5.ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ

5.1. ΓΕΝΙΚΑ

Το κέλυφος του κτιρίου διαχωρίζει τον εσωτερικό χώρο από τον εξωτερικό κι επιτρέπει τη δημιουργία ενός άνετου εσωτερικού κλίματος για τους ενοίκους, τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι. Για να ανταποκριθεί σ' αυτό το ρόλο πρέπει να κατασκευάζεται έτσι ώστε να αναστέλλει τη μετάδοση θερμότητας από τον εσωτερικό στον εξωτερικό χώρο και αντίστροφα.

Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων εξαρτάται σημαντικά από την απόδοση του κτιριακού κελύφους, το οποίο καθορίζει τα φορτία θέρμανσης, ψύξης, τον εισερχόμενο φυσικό φωτισμό και αερισμό. Επομένως, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στον τύπο που θα έχει ένα κτίριο με βάση το κέλυφός του. Ένα κτίριο χαρακτηρίζεται κλειστό όταν η επιφάνεια των αδιαφανών στοιχείων του κελύφους είναι πολύ μεγάλη συγκριτικά με την επιφάνεια που καταλαμβάνουν τα διαφανή στοιχεία. Αντίθετα, όταν οι επιφάνειες των διαφανών στοιχείων του κελύφους είναι συγκρίσιμες, τότε το κτίριο χαρακτηρίζεται ανοιχτό.

Ο ανοικτός τύπος κελύφους πρέπει να επιλέγεται όταν ο κύριος προσανατολισμός του είναι νότιος και όταν οι συνθήκες δόμησης επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ενέργειας, έτσι ώστε να αξιοποιούνται τα θερμικά ηλιακά κέρδη, διαφορετικά θα υπάρχει φτωχή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Στην περίπτωση του ανοικτού τύπου θα πρέπει να υπάρχει ο κατάλληλος σκιασμός του κτιρίου τη θερινή περίοδο για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση και ταυτόχρονα απαιτείται χρήση κατάλληλων θερμομονωτικών υαλοπινάκων για να μειώνονται οι θερμικές απώλειες της χειμερινής περιόδου. Στην περίπτωση του κλειστού τύπου πρέπει να δίνεται προσοχή στην θερμομόνωση των αδιαφανών επιφανειών για να μειώνονται οι θερμικές απώλειες.

Γενικά, ένα κτίριο κλειστού τύπου παρουσιάζει πιο σταθερή συμπεριφορά, όμως με την επιλογή των κατάλληλων στρατηγικών και οι δυο τύποι μπορούν να γίνουν εξίσου αποτελεσματικοί. Κάνοντας ρυθμίσεις στα διαφανή και αδιαφανή μέρη του κελύφους, μπορούμε να ρυθμίσουμε την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, με σκοπό να εισέρχεται όσο το δυνατόν περισσότερη ακτινοβολία τον χειμώνα και λιγότερη το καλοκαίρι. Επιπλέον, είναι δυνατόν να ελέγξουμε τη ροή του αέρα που εισέρχεται και εξέρχεται, έτσι ώστε ο αέρας που εξέρχεται το χειμώνα να μειώνεται, ενώ το καλοκαίρι να επιτυγχάνεται φυσικός δροσισμός.

Τέλος, το είδος και οι ιδιότητες των υλικών που απαρτίζουν την επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου, ο προσανατολισμός του και η απαίτηση να λειτουργεί ως παγίδα θερμότητας, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την θερμική και ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Συνεπώς, η σωστή επιλογή δομικών προϊόντων για χρήση στο κτιριακό κέλυφος και η επαρκής θερμομόνωση αυτού είναι καθοριστική.

5.2. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Ο ρυθμός ροής θερμότητας διαμέσου του κελύφους ενός κτιρίου εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από το σύνολο των κατασκευαστικών μέτρων που λαμβάνονται και κυρίως από τα υλικά που χρησιμοποιούνται. Η μελέτη και η σωστή εφαρμογή της θερμομόνωσης βασίζεται στο βέλτιστο συνδυασμό των μεθόδων και υλικών κατασκευής, τα οποία προσδίδουν

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

Η **θερμομονωτική ικανότητα** δηλαδή η αντίσταση θερμοδιαφυγής των δομικών στοιχείων. Αυτή εξαρτάται από τις ιδιότητες που έχουν τα υλικά που συνθέτουν την κατασκευή ενός δομικού στοιχείου, δηλαδή:

- Τη θερμική αγωγιμότητα
- Την περιεκτικότητά τους σε υγρασία
- Το πάχος τους

Ο **βαθμός διαπερατότητας** του αέρα διαμέσου των δομικών στοιχείων, που εξαρτάται από:

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

Η **θερμοχωρητικότητα** των δομικών στοιχείων του κτιρίου, που συμβάλλει στον περιορισμό του ρυθμού μεταβολής της θερμοπερατότητάς τους. Θερμοχωρητικότητα ενός σώματος ή στοιχείου κατασκευής ονομάζεται η ικανότητά του να αποθηκεύει ποσότητα θερμότητας μέσα στη μάζα του κατά την θέρμανσή του. Όταν οι τοίχοι και οι οροφές έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα, τότε η θερμότητα που συγκεντρώνουν, ενόσω λειτουργεί η θέρμανση, αποβάλλεται όταν αυτή σταματήσει, με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η γρήγορη ψύξη των χώρων. Βέβαια, σ' αυτή την περίπτωση, καθυστερεί αντίστοιχα και να θερμανθεί ο χώρος. Τέτοιες κατασκευές είναι επιθυμητές σε κτίρια κατοικιών και γραφείων. Αντίθετα, αν επιθυμούμε γρήγορη θέρμανση του χώρου, χωρίς να μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας μετά τη διακοπή της λειτουργίας της θέρμανσης, τότε μπορούμε να χρησιμοποιούμε τοιχώματα με μικρή θερμοχωρητικότητα. Είναι προφανές ότι, σ' αυτή την περίπτωση, ο χώρος θα ψυχθεί γρήγορα. Τέτοιες κατασκευές είναι επιθυμητές σε χώρους που χρησιμοποιούνται παροδικά, όπως εκκλησίες, αίθουσες συναυλιών, διαλέξεων κ.λπ. Εντελώς ανάλογα φαινόμενα έχουμε κατά τη θερινή περίοδο, όταν λειτουργεί εγκατάσταση κλιματισμού. Δηλαδή, τοιχώματα με μεγάλη θερμοχωρητικότητα θα έχουν ως αποτέλεσμα να καθυστερεί μεν η ψύξη του χώρου που αυτά περικλείουν, αλλά αντίστοιχα η επιτευχθείσα χαμηλή θερμοκρασία διατηρείται επί αρκετό χρονικό διάστημα μετά τη διακοπή της εγκατάστασης κλιματισμού. Αντίθετα αποτελέσματα θα έχουμε σε περίπτωση τοιχωμάτων μικρής θερμοχωρητικότητας.

Η **θερμική αδράνεια** της κατασκευής είναι σημαντική ειδικά κατά τη θερινή περίοδο, διότι το κτίριο μπορεί να αποθηκεύει δροσιά στα δομικά στοιχεία του κτιρίου κατά τη διάρκεια της νύχτας αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανση. Ως εκ τούτου, επιβραδύνεται η μεταφορά της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου μέχρι η εξωτερική θερμοκρασία να μειωθεί και το κτίριο να αποβάλλει το πρόσθετο θερμικό φορτίο που αποθηκεύτηκε στη μάζα

του μέσω των διαδικασιών φυσικού αερισμού και ακτινοβολίας της θερμότητας στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Οι **θερμικές απώλειες**, οι οποίες προκύπτουν με μεταφορά της θερμότητας μέσω της κίνησης του αέρα ή μέσω των αρμών των κουφωμάτων και από τα ανοιχτά παράθυρα, αλλά και με αγωγή της θερμότητας από το κέλυφος στο εξωτερικό περιβάλλον. Τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών είναι η κατάλληλη θερμομόνωση των συμπαγών στοιχείων του κελύφους, μειώνοντας έτσι το συντελεστή θερμοπερατότητας.

5.3. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

5.3.1. Γενικά

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

Η θερμομόνωση σ' ένα κτίριο, ουσιαστικά παρέχει ένα «προστατευτικό περίβλημα», το οποίο μειώνει τη μετάδοση θερμότητας από και προς το εσωτερικό του. Το χειμώνα μειώνει το ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα χάνεται από το κτίριο και το καλοκαίρι μειώνεται ο ρυθμός με τον οποίο η θερμότητα εισάγεται σ' αυτό. Η μείωση των θερμικών διαφυγών από και προς τους εσωτερικούς χώρους ενός κτιρίου, εφόσον συνδυάζεται με τον απαιτούμενο αερισμό, ιδιαίτερα το νυχτερινό, έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας με την οποία τροφοδοτούνται τα διάφορα τεχνητά συστήματα θέρμανσης-ψύξης. Ωστόσο, όταν δεν υπάρχει επαρκής αερισμός του κτιρίου ή αυξημένη μόνωση του κελύφους πέραν της προβλεπόμενης από τους κανονισμούς, επιβαρύνει τη θερμική λειτουργία του το καλοκαίρι, καθώς εμποδίζει την «αποφόρτιση» του κτιρίου από τη συσσωρευμένη θερμότητα. Συνεπώς, είναι πολύ σημαντικό η θερμομόνωση να εφαρμόζεται ορθολογικά και σύμφωνα με τις απαιτήσεις του σχετικού διατάγματος που καθορίζει τους μέγιστους συντελεστές θερμοπερατότητας των επιμέρους δομικών στοιχείων του κελύφους.

Τα ελληνικά κτίρια παρουσιάζουν ως προς τη θερμική προστασία του κελύφους τους μία σειρά από προβληματικά χαρακτηριστικά. Συναντώνται κτίρια καθόλου ή μερικώς θερμομονωμένα, όπως για παράδειγμα με παράλειψη της μόνωσης στα στοιχεία σκυροδέματος ή στην οροφή, πλημμελώς θερμομονωμένα, με λανθασμένη τοποθέτηση θερμομόνωσης, άστοχη επιλογή υλικού ή τοποθέτηση μικρότερου πάχους υλικού από αυτό που επιβάλλει ο κανονισμός και κτίρια στα οποία έχουν τοποθετηθεί μη πιστοποιημένα υλικά, με αμφίβολα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά. Το πρόβλημα επιτείνεται, καθώς οι ελληνικές κατασκευές έχουν από την τυπολογία και τη μορφολογία τους πολλές θερμογέφυρες.

Στις περισσότερες χώρες ισχύουν εδώ και πολλά χρόνια κανονισμοί και τεχνικές προδιαγραφές, που καθορίζουν τις απαιτήσεις, τις ιδιότητες και τον τρόπο σύνθεσης των υλικών. Οι κανονισμοί αυτοί, μαζί με τις τεχνικές προδιαγραφές εξασφαλίζουν μία τεχνοοικονομικά σωστή θερμομόνωση. Τέτοια, θεωρείται αυτή που για να γίνει δεν απαιτείται υπερβολικά μεγάλο αρχικό κόστος εγκατάστασης και που ωστόσο εξασφαλίζει μακροχρόνια οικονομία στη χρήση του κτιρίου και περιορισμό στην εφαρμογή ενεργοβόρων τεχνητών συστημάτων ελέγχου του εσωτερικού περιβάλλοντος.

5.3.2. Θερμογέφυρες

Θερμογέφυρες ονομάζονται τα τμήματα εκείνα του εξωτερικού περιβλήματος, που ο βαθμός θερμομόνωσής τους υπολείπεται σημαντικά του βαθμού θερμομόνωσης των στοιχείων που το περιβάλλουν, με συνέπεια να παρουσιάζουν σημαντικά μεγαλύτερες θερμικές απώλειες. Οι απώλειες από τις θερμογέφυρες αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό των ολικών απωλειών του κτιρίου, παρά το γεγονός ότι αντιπροσωπεύουν ένα μικρό τμήμα του εξωτερικού κελύφους. Τα συγκεκριμένα τμήματα παρουσιάζουν μειωμένη αντίσταση θερμοδιαφυγής και κατά συνέπεια αυξημένο συντελεστή θερμοπερατότητας. Έτσι, κατά τη χειμερινή περίοδο η επιφανειακή εσωτερική θερμοκρασία τους είναι πολύ μικρότερη της αντίστοιχης θερμοκρασίας του κατασκευαστικού στοιχείου και τείνει να πλησιάσει τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα. Στην πραγματικότητα, στα τμήματα αυτά γίνεται μια γρήγορη γεφύρωση της θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.

Οι θερμογέφυρες παρουσιάζονται συνήθως:

- Σε αμόνωτα στοιχεία από μπετόν: δοκάρια-υποστυλώματα-τοιχία.
- Σε σημεία επαφής τοιχοποιίας-στοιχείου μπετόν, όπου παρά τη θερμομόνωσή τους δεν μπορεί κατασκευαστικά να επιτευχθεί συνέχεια των θερμομονωτικών στρώσεων.
- Στα μπαλκόνια.
- Στις ποδιές των παραθύρων.
- Στα πρέκια των εξωτερικών κουφωμάτων.
- Στα σενάζ των εξωτερικών τοιχοποιιών.
- Σε περιπτώσεις που οι θερμομονωτικές πλάκες τοποθετούνται έτσι ώστε να μένουν αρμοί μεταξύ τους.
- Σε τομές των πλακών και των εσωτερικών τοίχων με το εξωτερικό περίβλημα.

Στις θέσεις των θερμογεφυρών οι ροές θερμότητας παρουσιάζονται δυσανάλογα αυξημένες σε σύγκριση με τις ροές θερμότητας στο υπόλοιπο κέλυφος. Γι' αυτό και οι θερμογέφυρες αποτελούν τα «ασθενή» σημεία του κτιριακού κελύφους και λειτουργούν επιβαρυντικά στη θερμική του προστασία. Επιπλέον, αυξάνεται ο κίνδυνος συμπύκνωσης των υδρατμών του εσωτερικού χώρου. Το πρόβλημα αρχίζει καθώς οι υδρατμοί που δημιουργούνται κατά τη χρησιμοποίηση του κτιρίου έρχονται σε επαφή με τα ψυχρότερα τμήματα του εξωτερικού κελύφους, στην περιοχή των θερμογεφυρών. Κατά την επαφή αυτή, οι υδρατμοί μετατρέπονται σε νερό και τελικά σε μούχλα. Η μούχλα θεωρείται ότι χρονίως προκαλεί ρινίτιδα, ιγμορίτιδα και άσθμα. Ένα άλλο πρόβλημα που δημιουργείται είναι η μειωμένη άνεση. Οι θερμογέφυρες, λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας τους, δημιουργούν

δυσάρεστη αίσθηση ρευμάτων αέρα στον άνθρωπο. Το πρόβλημα είναι εντονότερο όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα από την εσωτερική επιφάνεια του κτιρίου. Τέλος, η συμπύκνωση υδρατμών και οι ανομοιόμορφες επιφανειακές θερμοκρασίες δημιουργούν τοπική συσσώρευση της αιωρούμενης σκόνης στην εσωτερική επιφάνεια του κτιρίου και διαφορικές συστολοδιαστολές. Το αποτέλεσμα είναι ο σχηματισμός λεκέδων και η δημιουργία δομικών βλαβών στην περιοχή της θερμογέφυρας, γεγονός που συνεπάγεται τη συνεχή ανάγκη επισκευών και συντήρησης.

Σε γενικές γραμμές, η εμφάνιση μιας θερμογέφυρας μπορεί να οφείλεται:

- Σε κατασκευαστικούς λόγους που καθιστούν δυσχερή ή πρακτικά αδύνατη την πλήρη θερμομονωτική προστασία της κατασκευής.
- Στην αλλαγή της σύνθεσης των υλικών ή της διαδοχής των στρώσεων ενός φαινομενικά ενιαίου δομικού στοιχείου (π.χ. σημείο συναρμογής στοιχείου του φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης).
- Στη διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης σε κάποια θέση του εξωτερικού περιβλήματος.
- Στη συνάντησης δύο κάθετων μεταξύ τους δομικών στοιχείων, των οποίων η πλήρης θερμομονωτική προστασία είναι δυσχερής ή πρακτικά ανέφικτη.
- Σε απουσία θερμομονωτικής στρώσης ή στη μείωση του πάχους της.
- Σε δίεδρες ή τρίεδρες εξωτερικές γωνίες, στο εμβαδό της εξωτερικής επιφάνειας των οποίων αντιστοιχεί πολύ μικρότερο εμβαδό εσωτερικής επιφάνειας

Οι θερμογέφυρες πρέπει να αντιμετωπίζονται στο στάδιο του σχεδιασμού. Συνιστάται η εξωτερική θερμομόνωση ως η καλύτερη λύση για την πρόληψη των θερμογεφυρών.

Από έρευνα που έγινε προέκυψε ότι η συνεκτίμηση των θερμογεφυρών σύμφωνα με το νέο πρότυπο αυξάνει τις απώλειες του κελύφους έως και κατά 25%, ενώ αντίστοιχα αυξάνει και την απαίτηση ενέργειας για θέρμανση έως και κατά 10%.

5.3.3. Τα ευάλωτα στοιχεία του κτιρίου

Η κατασκευή της θερμομόνωσης ενός κτιρίου πρέπει να εκτελείται σύμφωνα με ορισμένες προϋποθέσεις, που καθορίζονται από τη μελέτη θερμομόνωσης, τη θέση της επιφάνειας που πρόκειται να προστατευθεί και τη θέση της μονωτικής στρώσης μέσα στην κατασκευή (εσωτερικά ή εξωτερικά). Είναι ευνόητο ότι δεν μπορούν να αγνοηθούν και οι προϋποθέσεις που επιβάλλουν οι απαιτήσεις προστασίας από την υγρασία. Για το λόγο αυτό, το πρόβλημα της θερμομόνωσης δεν μπορεί να εξετάζεται μεμονωμένα, αλλά σε συνδυασμό με άλλες απαιτήσεις προστασίας.

Στη συνέχεια γίνεται συνοπτική αναφορά στα πιο ευάλωτα στοιχεία ενός κτιρίου, που έχουν ανάγκη θερμικής προστασίας. Αυτά είναι:

Η οροφή (επίπεδη ή κεκλιμένη) και η στέγη, που παρουσιάζουν μεγάλες θερμικές απώλειες, μια και είναι τα μέρη εκείνα του κτιρίου που δέχονται άμεσα όλες τις επιδράσεις των καιρικών συνθηκών.

Τα εξωτερικά τοιχώματα, που υπόκεινται σε μια σειρά επιδράσεων και τα οποία ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους, προκαλούν μεγάλες θερμικές απώλειες. Η προστασία των εξωτερικών τοιχωμάτων μπορεί να γίνει εσωτερικά ή εξωτερικά, ανάλογα με τη χρήση των χώρων που προστατεύουν και το βασικό μέρος της δομής τους. Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις τοιχωμάτων, στις οποίες η θερμική μόνωση τοποθετείται ανάμεσα σε δυο κατακόρυφα στρώματα ομοιογενών ή ανομοιογενών υλικών και είναι σχετικά απλή λύση η οποία όμως, όπως και οι προηγούμενες, έχει και πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Πάντως σε όλες τις περιπτώσεις πλευρικών εξωτερικών τοιχωμάτων παίρνονται μέτρα για:

- Προστασία του θερμομονωτικού υλικού από συμπύκνωση και δρόσο, με φράγμα υδρατμών.
- Παρεμπόδιση της διείσδυσης νερών βροχής, που θα έχει ως συνέπεια την πρόκληση ανεπανόρθωτης ζημιάς στο θερμομονωτικό υλικό.
- Αποφυγή της δημιουργίας θερμογεφυρών που αυξάνουν τις θερμικές απώλειες και δημιουργούν θερμικές τάσεις στα επιμέρους υλικά που συνθέτουν την κατασκευή.
- Αποφυγή της διάτρησης των εξωτερικών τοιχωμάτων για να περάσουν σωληνώσεις εγκαταστάσεων ή άλλου είδους κατασκευές. Όπου αυτό είναι απαραίτητο, τότε επιβάλλεται ιδιαίτερη μέριμνα για την προστασία των ευάλωτων αυτών στοιχείων, τόσο από τη θερμότητα, όσο και από την υγρασία.

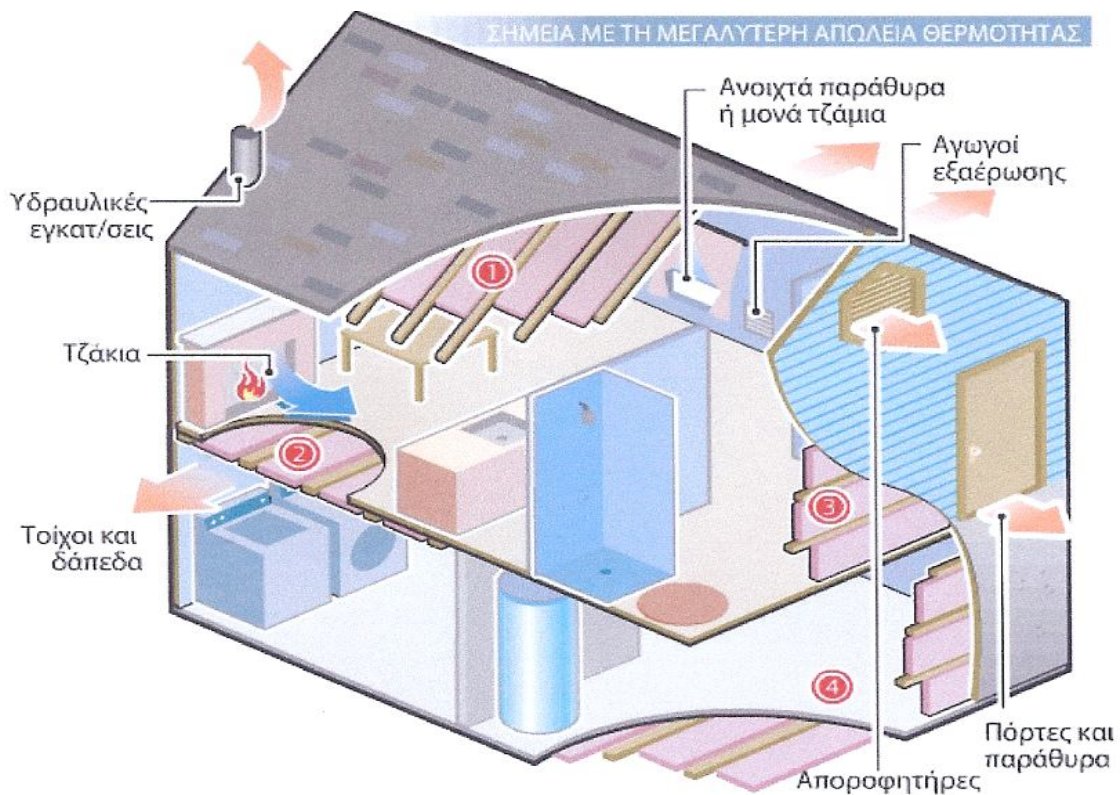
Τα ανοίγματα, που είναι από τα πιο ευάλωτα στοιχεία ενός κτιρίου. Για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών, πρέπει οι αρμοί συναρμογής των πλαισίων να είναι απόλυτα αδιαπέραστοι από τον αέρα. Τα υλικά που συγκροτούν το κούφωμα (ξύλο, αλουμίνιο, πλαστικό) να είναι αρίστης ποιότητας ώστε να αποφεύγονται οι παραμορφώσεις των φύλλων. Για ξύλινα παράθυρα ή πόρτες, αυτό δεν είναι εύκολα κατορθωτό εξαιτίας της φύσης του υλικού. Στην περίπτωση όμως κουφωμάτων αλουμινίου, η πρόβλεψη ειδικών παρεμβυσμάτων στους αρμούς επαφής δίνει συνήθως άριστα αποτελέσματα. Επιπλέον τα υαλοστάσια των ανοιγμάτων θα πρέπει να έχουν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας.

Το κατώτερο δάπεδο του κτιρίου το οποίο όμως δεν χρειάζεται πάντα θερμική προστασία, εκτός εάν χρησιμοποιείται ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης (δάπεδο ισογείου σε επαφή με το έδαφος). Οπωσδήποτε, όμως, απαιτείται θερμική προστασία στις περιπτώσεις δαπέδου εκτεθειμένου προς το εξωτερικό περιβάλλον (π.χ. κτίριο σε πυλωτή).

Τα στηθαία των παραθύρων, όπου συνήθως τοποθετούνται τα θερμαντικά σώματα, επειδή λειτουργικοί λόγοι επιβάλλουν συχνά τη μείωση του πάχους του τοιχώματος στις θέσεις αυτές. Επίσης, η έντονη θερμική ακτινοβολία προκαλεί συμπύκνωση στις θέσεις αυτές γρηγορότερα παρά στις υπόλοιπες επιφάνειες του χώρου, με αποτέλεσμα να καταπονούνται περισσότερο τα δομικά στοιχεία που γειτονεύουν με σώματα θέρμανσης.

Τα μπαλκόνια και οι προεξοχές της πλάκας, όταν δεν προστατεύονται από τη θερμότητα, λειτουργούν σαν θερμογέφυρες, με αποτέλεσμα να μην ελέγχονται απόλυτα οι θερμικές απώλειες των εσωτερικών χώρων και να προκαλούνται βλάβες στις κατασκευές,

λόγω συμπύκνωσης. Όμως η μόνωσή τους είναι συχνά προβληματική, γιατί ανεβάζει υπέρμετρα το ολικό κόστος για τη θερμομόνωση του κτιρίου.



Εικόνα 5-1. Τα ευάλωτα σημεία του κτιρίου. Μέρη από όπου διαφεύγει θερμότητα[28]

5.3.4. Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας

Η τοιχοποιία στις συνηθισμένες κατασκευές αποτελεί τη μεγαλύτερη επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου. Είναι αναμενόμενο επομένως να παρατηρούνται μεγάλες απώλειες θερμότητας από την τοιχοποιία, ιδιαίτερα όταν δεν έχει προβλεφθεί θερμομόνωση ή είναι ανεπαρκής.

Η θερμομόνωση των τοίχων είναι δυνατό να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους:

- Με ειδικό εξωτερικό θερμομονωτικό επίστρωμα
- Με ειδικό εσωτερικό θερμομονωτικό επίστρωμα
- Με θερμομονωτική στρώση στον πυρήνα του τοίχου (δικέλυφη κατασκευή)
- Με θερμομονωτικά υλικά τα οποία είναι εμποτισμένα με μονωτικό υλικό (π.χ. τούβλα που έχουν υποστεί κατάλληλη επεξεργασία ή έχει συμπληρωθεί μέρος των οπών τους με θερμομονωτικό υλικό)
- Με θερμική δυναμική μόνωση η οποία «παρακολουθεί» τη μεταβολή των θερμικών αναγκών και τις ανάγκες του κτιρίου και μεταβάλλει την θερμομονωτική της ικανότητα

Στις περιπτώσεις θερμομόνωσης τοίχου, σε όποια θέση και να τοποθετηθεί η θερμομόνωση θα πρέπει να παρέχει επαρκή θερμική αντίσταση ώστε να πληρούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης, να εξασφαλίζει ένα συνεχές θερμομονωτικό στρώμα χωρίς θερμογέφυρες και να αντιστέκεται στη διείσδυση νερού.

➤ **Θερμομόνωση στην εξωτερική επιφάνεια**

Ως εξωτερική θερμομόνωση ορίζεται ένα σύστημα, στο οποίο η μόνωση δεν διακόπτεται στα σημεία ένωσης των διαφορετικών δομικών στοιχείων. Με τη μέθοδο της εξωτερικής θερμομόνωσης μονώνονται όλα τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία του κελύφους (τοιχοποιίες, υποστυλώματα, δοκοί), με πλήρη επένδυση της εξωτερικής όψης του κτιρίου με το επιθυμητό μονωτικό υλικό στο απαιτούμενο πάχος. Το μονωτικό υλικό τοποθετείται στην εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου μετά την αποπεράτωση των εργασιών κατασκευής της τοιχοποιίας και προστατεύεται από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες (επένδυση φύλλων αλουμινίου, ασβεστοτσιμέντο κλπ). Η εσωτερική πλευρά του τοίχου φέρει επίχρισμα. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως διογκωμένη πολυστερίνη, εξηλασμένη πολυστερίνη και πετροβάμβακας. Σε δομικά στοιχεία που έρχονται σε μόνιμη επαφή με υγρασία (π.χ. βάση τοίχου επί εδάφους) είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται υδρόφοβα υλικά.

Η μέθοδος εφαρμόζεται σε κτίρια στα οποία δεν μας απασχολεί η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού, ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού, δηλαδή σε κατοικίες μόνιμης διαμονής, νοσοκομεία κλπ. Αποτελεί την πλέον αποτελεσματική λύση για την αναδρομική θερμομόνωση υφιστάμενων κτιρίων, ωστόσο πρέπει να γίνεται με προσοχή, λόγω της δυσκολίας κατασκευής, του υψηλού κόστους και της αύξησης περιμέτρου του κτιρίου, που μπορεί να επιφέρει προβλήματα λόγω του συντελεστή δόμησης. Ελαχιστοποιεί το πρόβλημα των θερμογεφυρών, μειώνει τις ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση, περιορίζει τα λειτουργικά και αισθητικά προβλήματα του κελύφους, βελτιώνει την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος, ενώ καθιστά εφικτή τη χρήση μεγαλύτερου πάχους θερμομονωτικού υλικού, χωρίς να χάνεται πολύτιμος εσωτερικός χώρος. Παρέχει επίσης πολύ ικανοποιητική ευελιξία ως προς την τελική διαμόρφωση της όψης.

Η επιτυχία και η αξιοπιστία ενός συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη συνολική αντιμετώπιση της συνοχής και συμβατότητας των υλικών, των κατασκευαστικών λεπτομερειών και των ειδικών τεμαχίων που μπορεί να απαιτηθούν για την κάθε κατασκευή. Είναι καθοριστικό όλα τα στοιχεία του συστήματος να ταιριάζουν μεταξύ τους αρμονικά τόσο σε λειτουργικό, όσο και σε αισθητικό επίπεδο. Ένα άλλο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των συστημάτων εξωτερικής θερμομόνωσης είναι οι υψηλές απαιτήσεις κατά τη διαδικασία εφαρμογής τους. Οι εργασίες για την τοποθέτηση του συστήματος διαφέρουν αρκετά από τις συνηθισμένες, απαιτώντας γνώση και προσοχή. Πρέπει να ακολουθείται σωστά και με απόλυτη συνέπεια η διαδοχή των εργασιών και απαιτείται το συνεργείο να είναι απολύτως ενημερωμένο και εξοικειωμένο με την εφαρμογή του συγκεκριμένου συστήματος. Αυτό σημαίνει, πως τα πλεονεκτήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης διασφαλίζονται μόνον όταν το συνεργείο είναι εκπαιδευμένο και εξειδικευμένο.

➤ **Θερμομόνωση στην εσωτερική επιφάνεια**

Με την εσωτερική θερμομόνωση επιτυγχάνεται άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης-ψύξης χωρίς χρονική υστέρηση και χωρίς να ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία μετά τη διακοπή λειτουργίας του συστήματος. Το μονωτικό υλικό τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του τοίχου και προστατεύεται από φράγμα υδρατμών

και κάποιο στερεό δομικό υλικό (π.χ. γυψοσανίδα), που λειτουργεί όπως και το επίχρισμα. Η λύση αυτή προτιμάται σε κτίρια περιοδικής χρήσης, που έχουν απαίτηση γρήγορης θέρμανσης, όπως σχολεία, γραφεία, παραθεριστικές κατοικίες, εκθεσιακούς χώρους, θέατρα, κινηματογράφους.

Με αυτή τη μέθοδο περιορίζονται οι απώλειες λόγω θερμοχωρητικότητας του κελύφους. Η εφαρμογή της είναι εύκολη, απλή και χρονικά σύντομη, το κόστος δε κατασκευής είναι χαμηλότερο σε σύγκριση με αυτό της εξωτερικής θερμικής προστασίας. Χρησιμοποιούνται απλούστερα θερμομονωτικά υλικά, τα οποία δε χρειάζονται προστασία από εξωτερικές, καιρικές επιδράσεις.

Ωστόσο, παρουσιάζονται προβλήματα θερμογεφυρών, κυρίως στα σημεία όπου υπάρχουν συναρμογές εξωτερικών και εσωτερικών τοίχων, με κίνδυνο την επιφανειακή συμπύκνωση υδρατμών. Για το λόγο αυτό, απαιτείται η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών (φύλλα αλουμινίου, ασφαλτόπανο, νάιλον κλπ.) μπροστά από το μονωτικό υλικό και προς την κλιματιζόμενη πλευρά του χώρου. Επιπλέον, μένει ανεκμετάλλευτη η θερμοχωρητικότητα του τοίχου και ο χώρος ψύχεται πολύ σύντομα μετά τη διακοπή της θέρμανσης. Τα δομικά στοιχεία δεν προστατεύονται από τις θερμοκρασιακές μεταβολές, με πιθανή συνέπεια την εμφάνιση ρηγματώσεων και την εισροή νερού της βροχής. Στις περιπτώσεις που εφαρμόζεται σε υφιστάμενα κτίρια, εμποδίζει την ομαλή λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και μειώνει τον ωφέλιμο χώρο. Τέλος, εμφανίζονται δυσκολίες (όχι αξεπέραστες) στο να κρεμαστούν ράφια και πίνακες μεγάλου βάρους και στην τοποθέτηση ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.

➤ **Θερμομόνωση στον πυρήνα (δικέλυφη κατασκευή)**

Η εξωτερική τοιχοποιία με διάκενο, συνήθως αποτελείται από δύο επιμέρους τοίχους που ενώνονται μεταξύ τους. Ο εξωτερικός τοίχος είναι, συνήθως, από τούβλο όπως και ο εσωτερικός, παρόλον που χρησιμοποιούνται και κατασκευές τούβλου/μπλοκ και μπλοκ/μπλοκ. Για συμμόρφωση με τις ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης που ισχύουν, θα πρέπει να τοποθετηθεί μονωτικό υλικό στο διάκενο. Για τη στατική ευστάθεια της τοιχοποιίας οι τοίχοι πρέπει να συνδέονται με ειδικούς μεταλλικούς συνδέσμους. Εσωτερικά και εξωτερικά η τοιχοποιία φέρει επίχρισμα. Ο εσωτερικός επιμέρους τοίχος από τούβλο θα απορροφήσει και θα συγκρατήσει τη θερμική ενέργεια, ενώ το κτίριο θερμαίνεται. Ο τοίχος θα επιστρέψει τη θέρμανση αυτή στα δωμάτια, όταν το κτίριο δεν θερμαίνεται, διατηρώντας έτσι μια πιο ομοιόμορφη εσωτερική θερμοκρασία.

Ο τοίχος από τούβλα είναι πορώδης. Σε μακρές περιόδους βροχοπτώσεων, το νερό της βροχής θα διεισδύσει από τον εξωτερικό τοίχο και ενδέχεται να τρέξει στο εσωτερικό μέτωπο του τοίχου αυτού. Για να αποφευχθεί το πέρασμα της υγρασίας από τον εξωτερικό τοίχο στο θερμομονωτικό υλικό, θα πρέπει να υπάρχει ένα σαφές διάκενο μεταξύ του εξωτερικού τοίχου και των θερμομονωτικών πλακών. Ένα καθαρό κενό πάχους 5cm είναι κατάλληλο για όλους τους βαθμούς έκθεσης. Για ορισμένες περιπτώσεις, ένα καθαρό κενό των 2,5cm θα είναι αρκετό για να αποτρέψει την είσοδο της υγρασίας στο θερμομονωτικό υλικό.

Η χρήση θερμομονωτικών υλικών εντός ενός διακένου που δεν αερίζεται, δεν προδικάζει τις ιδιότητες πυραντοχής του τοίχου. Οι πλάκες του θερμομονωτικού υλικού είναι

απίθανο να αναφλεγούν, αν η φωτιά διεισδύσει σε ένα κενό που δεν αερίζεται. Η εξάπλωση όμως της φλόγας θα είναι ελάχιστη, αφού δεν θα υπάρχει αρκετός αέρας για να διατηρήσει την καύση.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται συχνά στη χώρα μας. Προσφέρει αυξημένη προστασία στα θερμομονωτικά υλικά, αλλά δεν εφαρμόζεται σε όλα τα δομικά στοιχεία. Η αρχική τοποθέτηση είναι δύσκολη, όπως εξίσου δύσκολη είναι και η επισκευή ή η αντικατάστασή της. Οικονομικά βρίσκεται μεταξύ της εξωτερικής και της εσωτερικής θερμομόνωσης.

➤ **Θερμομόνωση με θερμομονωτικά τούβλα**

Στις περιπτώσεις αυτές δεν τοποθετούνται μονωτικά υλικά καθότι ο τοίχος κτίζεται με ειδικά τούβλα που εμφανίζουν θερμομονωτικές ιδιότητες (τούβλα από κυψελωτό σκυρόδεμα, ειδικά θερμομονωτικά τούβλα), ή τούβλα που περιλαμβάνουν στην εργοστασιακή κατασκευή τους θερμομονωτικά υλικά. Τα τούβλα αυτά έχουν χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και με τον τρόπο κατασκευής, το σχήμα και τις διαστάσεις τους εξασφαλίζουν τον απαιτούμενο συντελεστή θερμοπερατότητας στο τοίχωμα. Στις δύο πλευρές του τοίχου επιβάλλεται η σωστή κατασκευή των επιχρισμάτων, που εξασφαλίζουν την προστασία των θερμομονωτικών τούβλων από την υγρασία. Δοκοί και υποστυλώματα μονώνονται εσωτερικά ή εξωτερικά. Η κατασκευή τους είναι εύκολη. Εξοικονομείται ωφέλιμος χώρος, αλλά συναντάται δυσκολία στο κρέμασμα ραφιών, πινάκων κλπ. Εξασφαλίζεται ικανοποιητικό επίπεδο ακουστικής άνεσης. Η μέθοδος εφαρμόζεται σε ελαφριές κατασκευές συνήθως και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις που απαιτείται ψηλή θερμοχωρητικότητα.

➤ **Θερμική δυναμική μόνωση**

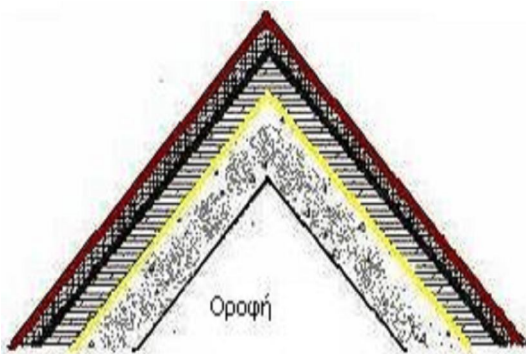
Τέτοια υλικά είναι τα ανακλαστικά υλικά, τα οποία, εφόσον τοποθετηθούν σωστά και κατόπιν μελέτης, εμφανίζουν υψηλή θερμομονωτική ικανότητα και έχουν τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουν τα θερμικά φορτία. Στην πραγματικότητα μεταβάλουν τους παράγοντες μεταφοράς θερμότητας ανάλογα με την επίδραση του περιβάλλοντος στο κτίριο. Λόγου χάρη, αυξάνουν τη μονωτική τους συμπεριφορά κατά τις νυκτερινές ώρες το χειμώνα και τις μεσημβρινές ώρες το θέρος. Δηλαδή παρουσιάζουν μεταβολή της θερμομονωτικής τους συμπεριφοράς ανάλογη της επιβολής φορτίου και συγκεκριμένα αυξάνουν τις μονωτικές τους ιδιότητες όσο αυξάνονται τα φορτία. Έτσι, διατηρούν ομοιόμορφα φορτία στους χώρους καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και μειώνουν τις ανάγκες αυτοματισμών στη λειτουργία των εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού. Τα υλικά αυτά, λόγω της μονωτικής τους ικανότητας, συμβάλλουν επίσης στην προστασία από την υγρασία. Τέλος, αυξάνουν τον εκμεταλλεύσιμο όγκο του κτιρίου.

5.3.5. Θερμομόνωση οροφής

Οι οροφές αποτελούν τις επιστεγάσεις των κτιρίων, όπου δε συναντώνται στέγες και μπορούν να είναι κεκλιμένες ή επίπεδες. Ως στοιχεία του εξωτερικού κελύφους δέχονται έντονα τις επιδράσεις του περιβάλλοντος. Η προστασία τους είναι σημαντική για τη διαμόρφωση του κλίματος εντός του κτιρίου και ιδιαίτερα του τελευταίου ορόφου που βρίσκεται κάτω από αυτές. Το χειμώνα γίνεται προσπάθεια να περιορισθούν οι απώλειες

θερμότητας, ενώ το καλοκαίρι να αποφευχθεί η υπερθέρμανση λόγω της κατακόρυφης πρόσπτωσης ισχυρής ηλιακής ακτινοβολίας. Επομένως, η σωστή θερμομόνωση της οροφής είναι σημαντική για τη βέλτιστη ενεργειακή συμπεριφορά όλου του κτιρίου. Οι επεμβάσεις που γίνονται έχουν να επιτελέσουν τους εξής στόχους:

- Να προστατεύσουν το κέλυφος και τους εσωτερικούς χώρους από την επίδραση των καιρικών συνθηκών.
- Να προσφέρουν θερμική προστασία στο εσωτερικό του κτιρίου, τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι.
- Να εξασφαλίσουν υδατοστεγανότητα για να προστατευθεί το κτίριο από τη βροχή και την υγρασία.
- Να επιτύχουν σωστή κλίση για να διευκολύνεται η απομάκρυνση του νερού της βροχής.
- Να μην καταπονούν ιδιαίτερα το κέλυφος με επιπρόσθετα στατικά φορτία.



Εικόνα 5-2. Θερμομόνωση κεκλιμένης οροφής[28]

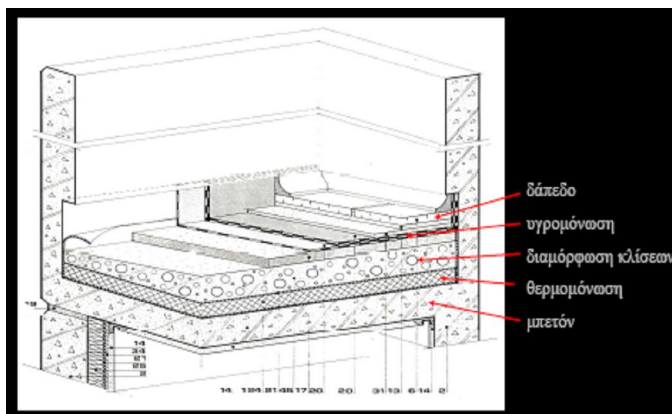
Η θερμομόνωση της κεκλιμένης οροφής είναι πιο εύκολη από την θερμομόνωση της επίπεδης. Γίνεται με την τοποθέτηση της θερμομόνωσης πάνω από την οπλισμένη πλάκα σκυροδέματος και αφού προηγηθεί το φράγμα υδρατμών. Στη συνέχεια, πάνω από τη θερμομόνωση, τοποθετείται η στεγανωτική στρώση (π.χ. ασφαλτική μεμβράνη) και ακολουθούν τα κεραμίδια.

Η θερμομόνωση της επίπεδης οροφής γίνεται με τέσσερις τρόπους, καθένας από τους οποίους παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, οπότε η τελική επιλογή πρέπει να γίνει με κριτήρια τις ειδικές λειτουργικές και κατασκευαστικές απαιτήσεις του κτιρίου.

➤ Δώμα με εσωτερική θερμομόνωση

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις κτιρίων στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης-ψύξης όπως εξοχικές κατοικίες, γραφεία, καταστήματα κλπ. Ο χώρος όμως ψύχεται γρήγορα μετά τη διακοπή της θέρμανσης. Η θερμομόνωση τοποθετείται είτε πριν την σκυροδέτηση είτε μετά κάτω από την πλάκα του δώματος. Με αυτόν τον τρόπο, η πλάκα παραμένει κρύα και υπάρχει σημαντικός κίνδυνος συμπύκνωσης υδρατμών. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο, οι οροφές ψυχρής πλάκας δεν συνιστώνται και σπάνια χρησιμοποιούνται πλέον.

➤ Συμβατικό δώμα

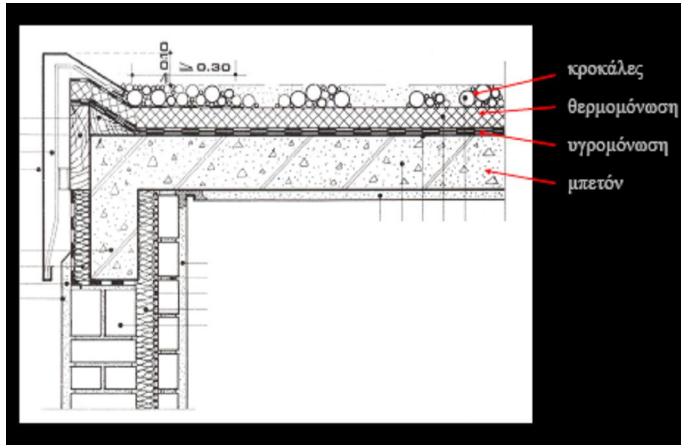


Εικόνα 5-3. Θερμομόνωση συμβατικού δώματος[28]

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε κτίρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης-ψύξης, ενώ μας ενδιαφέρει η διατήρηση της θερμότητας στον χώρο και μετά τη διακοπή της θέρμανσης, η οποία

επιτυγχάνεται λόγω της θερμοχωρητικότητας της πλάκας. Εξοικονομείται λοιπόν περισσότερη ενέργεια. Το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται πάνω από τη φέρουσα πλάκα και κάτω από τη στεγανωτική στρώση (κατασκευή θερμής οροφής). Έτσι, μειώνει τον κίνδυνο της συμπύκνωσης υδρατμών, αλλά λόγω του ότι η στεγανωτική στρώση είναι θερμικά μονωμένη από την υπόλοιπη κατασκευή της οροφής, είναι εκτεθειμένη σε μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, με συνέπεια να αυξάνεται ο κίνδυνος πρόωρης αστοχίας.

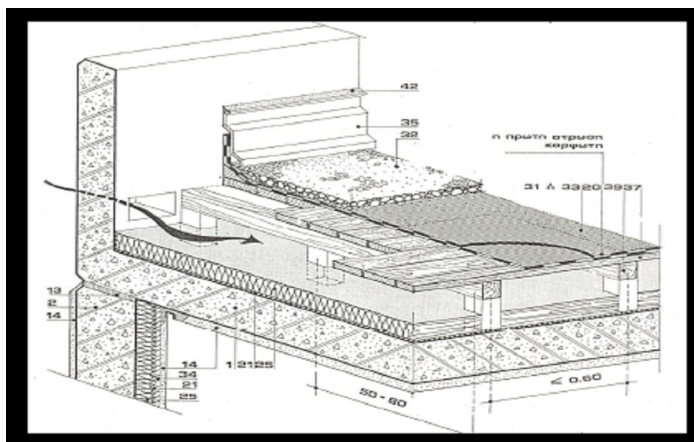
➤ **Ανεστραμμένο δώμα**



Εικόνα 5-4. Θερμομόνωση ανεστραμμένου δώματος[28]

Η κατασκευαστική αρχή της ανεστραμμένης θερμομόνωσης τοποθετεί τη θερμομόνωση πάνω από τη στεγανωτική στρώση, προφυλλάσσοντάς τη από τις θερμικές καταπονήσεις, τις καταστρεπτικές επιπτώσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας και τις μηχανικές κακώσεις. Η θερμομονωτική στρώση που βρίσκεται εξωτερικά, πρέπει να μην προσβάλλεται από την υγρασία. Η στεγανωτική στρώση που δρα ως στρώση πλήρους φράγματος των υδρατμών και που είναι στη ζεστή πλευρά της θερμομόνωσης, διατηρείται πάνω από τη θερμοκρασία υγροποίησης, οπότε ο κίνδυνος συμπύκνωσης υδρατμών εξαλείφεται. Η λύση του ανεστραμμένου δώματος είναι αρκετά διαδεδομένη και εφαρμόζεται συχνά, διότι συνδυάζει πολλά πλεονεκτήματα. Μπορεί να τοποθετηθεί με οποιοδήποτε καιρό, να προστεθεί, χωρίς να χρειάζεται η αφαίρεση της στεγανωτικής στρώσης, να ανασηκωθεί και να αφαιρεθεί εύκολα, ώστε να αντικατασταθεί ή να επαναχρησιμοποιηθεί όταν γίνει ανακαίνιση του κτιρίου και να εφαρμοσθεί απ' ευθείας σε υφιστάμενα κτίρια.

➤ **Αεριζόμενο δώμα**



Εικόνα 5-5. Θερμομόνωση αεριζόμενου δώματος[28]

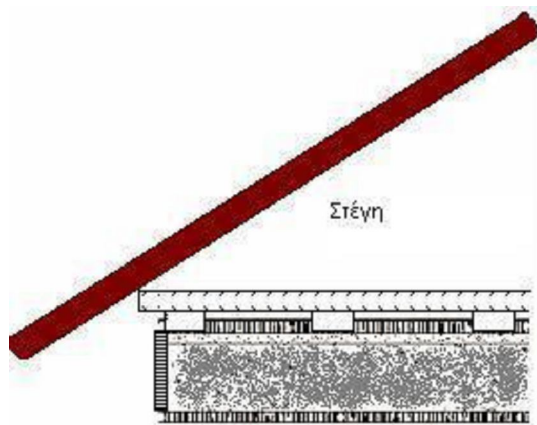
Το αεριζόμενο δώμα είναι μία δικέλυφη κατασκευή με ενδιάμεσο διάκενο αέρα. Το υφιστάμενο δώμα αποτελεί το εσωτερικό κέλυφος και η νέα κατασκευή το εξωτερικό. Η επίστρωση της τελικής επιφάνειας της πλάκας δεν είναι απαραίτητη. Η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται επί του υφιστάμενου δώματος και αφήνει την επάνω όψη της ελεύθερη, σε επαφή με τον αέρα που κυκλοφορεί μεταξύ των δύο κελυφών. Ο αέρας που κυκλοφορεί στο ενδιάμεσο κενό μεταξύ των δύο κελυφών, ανανεώνεται διαρκώς από σχισμές ή οπές, που βρίσκονται στα άκρα περιμετρικά του δώματος. Αυτό το διάκενο εξαερισμού προστατεύει την

πλάκα του δώματος από τη νυχτερινή ψύξη τον χειμώνα, την υπερθέρμανση το καλοκαίρι, τις απώλειες λόγω υψηλής ταχύτητας του αέρα και συμβάλλει στην ηχοπροστασία, εξασφαλίζοντας υψηλή ακουστική άνεση. Αυτός ο τρόπος θερμομόνωσης εκμεταλλεύεται τη θερμοχωρητικότητα της πλάκας του δώματος και ελαχιστοποιεί τις θερμογέφυρες στο κέλυφος, επειδή η θερμομόνωση γίνεται εξωτερικά. Επιπλέον, προστατεύει απόλυτα την πλάκα του δώματος από το φαινόμενο της εσωτερικής συμπύκνωσης υδρατμών. Τέλος, έχει το μικρότερο κόστος κατασκευής, επειδή δεν χρειάζεται μπετόν ρύσεων και στεγανωτικές στρώσεις μεμβρανών.

5.3.6. Θερμομόνωση στέγης

Στέγη θεωρείται η κατασκευή η οποία συνδυάζει κεκλιμένη και οριζόντια οροφή. Κατά αναλογία με τα δώματα, οι στέγες διακρίνονται σε μονοκέλυφες και δικέλυφες κατασκευές. Στις μονοκέλυφες κατασκευές, ο ένας και μοναδικός φλοιός διαμορφώνει την οροφή του εσωτερικού χώρου και προστατεύει το κτίριο από τις εξωτερικές επιδράσεις. Στο φλοιό θα πρέπει να τοποθετηθούν όλες οι απαραίτητες στρώσεις που θα διασφαλίζουν τη θερμική προστασία του χώρου, την προστασία από τα νερά της βροχής και από συμπυκνώματα λόγω διάχυσης των υδρατμών. Αντίθετα, στη δικέλυφη κατασκευή, ο εξωτερικός φλοιός εξασφαλίζει την προστασία από τη βροχή και τις εξωτερικές επιδράσεις, ενώ ο εσωτερικός διαμορφώνει την οροφή του εσωτερικού χώρου και προστατεύει το κτίριο θερμικά.

Οι στέγες κάτω από τις οποίες συνήθως κατοικούν ή εργάζονται άτομα θεωρούνται



Εικόνα 5-6. Σχηματική απεικόνιση κεκλιμένης στέγης[28]

θερμές στέγες. Σ' αυτή την περίπτωση, η θερμομόνωση τοποθετείται εξωτερικά ή εσωτερικά στην κεκλιμένη επιφάνεια της στέγης. Η πρώτη περίπτωση προτιμάται κυρίως κατασκευαστικά, ενώ η δεύτερη επισκευαστικά. Και στις δύο περιπτώσεις πάντως, πρέπει να εξασφαλίζεται η ύπαρξη αερισμού για αποφυγή συμπύκνωσης υδρατμών. Σε περίπτωση όπου ο χώρος μεταξύ της κεκλιμένης και οριζόντιας οροφής έχει περιορισμένη επισκεψιμότητα, τότε η στέγη χαρακτηρίζεται ψυχρή. Σ' αυτή την περίπτωση, η θερμομόνωση γίνεται

επί της οριζόντιας πλάκας. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε δικέλυφη στέγη, το εσωτερικό κέλυφος της οποίας αποτελεί η οριζόντια πλάκα της οροφής. Η λύση αυτή αποτελεί την ιδανικότερη περίπτωση θερμομόνωσης στέγης, διότι έχει απλή εφαρμογή και επιπλέον εκμεταλλεύεται τη θερμοχωρητικότητα της υφιστάμενης κατασκευής.

Τα θερμομονωτικά υλικά, που προορίζονται για τη θερμομόνωση στεγών, πρέπει να έχουν ιδιότητες κατάλληλες για την εφαρμογή όπως:

- Χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, για να χρησιμοποιείται το μικρότερο δυνατό πάχος υλικού.

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

Ο μηχανικός που μελετά τη θερμομόνωση στέγης, με επικάλυψη από κεραμίδια, πρέπει να λάβει υπόψη τρεις παράγοντες που καθορίζουν μία σωστή κατασκευή:

- Να διαπιστώσει εάν η κλίση της στέγης και ο τύπος κεραμιδιών που έχει επιλέξει μπορούν να εξασφαλίσουν τον επιθυμητό βαθμό υδατοστεγανότητας. Διαφορετικά, να επιλέξει τη θέση και τον τύπο της στεγανωτικής στρώσης που θα χρησιμοποιήσει.
- Να διασφαλίσει τη στέγη από τους κινδύνους ολίσθησης και ανεμοαναρρόφησης των επιστρώσεων της.
- Να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της θερμικής καταπόνησης του λασπώματος των κεραμιδιών πάνω σε ένα μονωτικό υλικό υψηλής απόδοσης.

Η θερμομόνωση των στεγών, που γίνεται με ένα σύστημα αποτελεσματικό, επιτρέπει μια σημαντική μείωση των απωλειών ενέργειας του κτιρίου. Αν εφαρμοστεί επάνω στην κατασκευή, η θερμομόνωση διεξάγει επιπλέον μια σημαντική προστατευτική λειτουργία σε σχέση με την ίδια την κατασκευή, κυρίως όταν είναι από ξύλο. Εξασφαλίζει τον εξαερισμό με ένα ενδιάμεσο κενό τμήμα, λόγω της χρήσης ξύλινων τεγίδων και επιτεγίδων σε κατάλληλο σχηματισμό.



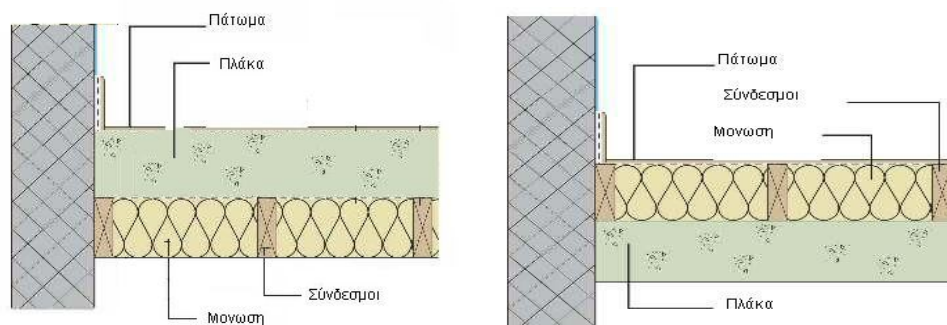
Εικόνα 5-7. Στάδια μόνωσης κεκλιμένης στέγης[28]

5.3.7. Θερμομόνωση δαπέδου

Το δάπεδο παίζει σπουδαίο ρόλο στη διαμόρφωση του εσωτερικού κλίματος, ενώ η θερμοκρασία του είναι καθοριστική για τη δημιουργία του αισθήματος άνεσης. Η θερμομόνωση στο δάπεδο μπορεί να τοποθετηθεί είτε στην πάνω μεριά της πλάκας, σε περίπτωση που μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση των συστημάτων θέρμανσης-κλιματισμού (εξοχικές κατοικίες, γραφεία, καταστήματα ημερήσιας χρήσης) είτε στην κάτω μεριά της πλάκας όταν δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης-κλιματισμού,

ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του (μόνιμες κατοικίες, νοσοκομεία).

Η έλλειψη θερμομόνωσης, επιτρέπει την αύξηση των απωλειών θερμότητας και την πτώση της θερμοκρασίας του. Πολύ συχνά παρατηρείται το φαινόμενο της μη ύπαρξης θερμομονωτικής στρώσης στο δάπεδο, ακόμα και σε σύγχρονα κτίρια, για λόγους άγνοιας, αδιαφορίας ή «οικονομίας». Το πρόβλημα γίνεται ιδιαίτερα αισθητό σε ανοιχτές διαβάσεις και υπόστυλους χώρους πολυκατοικιών (pilotis) κατά τη χειμερινή περίοδο, όπου συχνά ο πρώτος όροφος της πολυκατοικίας είναι εξίσου ψυχρός με τον τελευταίο.



Εικόνα 5-8. Θερμομόνωση δαπέδου[28]

Οι συνηθέστερες περιπτώσεις δαπέδων που χρειάζονται θερμομόνωση είναι:

- Δάπεδα πάνω από ανοιχτές διαβάσεις και υπόστυλους χώρους: Στην Ελλάδα πολύ συχνά, ακόμη και σε σύγχρονες κατασκευές, το δάπεδο του πρώτου ορόφου επάνω από τον υπόστυλο χώρο στερείται θερμικής προστασίας. Η επέμβαση γίνεται εξωτερικά, από την πλευρά του υπόστυλου χώρου. Η θερμομόνωση τοποθετείται κάτω από την πλάκα του ορόφου και προστατεύεται με κάποια επικαλυπτική στρώση.
- Προεξοχές ορόφων
- Δάπεδα επάνω από υπόγεια: Η περίπτωση δαπέδου επάνω από υπόγειο είναι ανάλογη αυτής της οροφής υπόστυλου χώρου, με τη διαφορά ότι οι απώλειες είναι μικρότερες, αφού το υπόγειο είναι κλειστός χώρος και δε δέχεται άμεσα τις επιδράσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος. Η επέμβαση γίνεται από την πλευρά του υπογείου και σε αναλογία με τους υπόστυλους χώρους. Η κατασκευή μπορεί να γίνει με επικάλυψη της θερμομονωτικής στρώσης με επίχρισμα ή με ανάρτηση ψευδοροφής.
- Δάπεδα επάνω στο έδαφος: Η θερμομόνωση τοποθετείται εσωτερικά, επάνω από το υφιστάμενο δάπεδο και επικαλύπτεται με προστατευτική στρώση. Η επιλογή του υλικού της θερμομονωτικής στρώσης εξαρτάται από τον τύπο του δαπέδου και την χρήση του.

Για τη βέλτιστη απόδοση της θερμομόνωσης όλων των ανωτέρω παρεμβάσεων, το ιδανικό θερμομονωτικό υλικό είναι η ανακλαστική μόνωση, η οποία μειώνει την ανάγκη σε πάχος μονωτικού υλικού και επιτρέπει τον ασφαλή αερισμό και την προστασία έναντι της υγρασίας.

5.3.8. Θερμομόνωση κουφωμάτων

Η τοποθέτηση, διαστασιολόγηση και τυπολογία των κουφωμάτων κατά τη διάρκεια του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού είναι ένα ιδιαίτερο πρόβλημα, διότι λαμβάνει υπόψη πολλές παραμέτρους, όπως τη θέα, την ηλιοφάνεια, το σκιασμό, το φωτισμό, τον αερισμό, το

δροσισμό, τη λειτουργικότητα, την ακουστική μόνωση και την ασφάλεια. Αυτές οι παράμετροι, συνυπολογίζοντας και τα ενεργειακά οφέλη και τις απώλειες, αρχικά καθορίζουν τη μορφή τους.

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

Ένα κούφωμα που έχει θερμομονωτική ικανότητα σημαίνει ότι μπορεί να εμποδίζει τη μεταφορά θερμού ή ψυχρού αέρα από τους αρμούς του και τη μετάδοση θερμότητας μέσω των υλικών κατασκευής του. Η θερμομόνωση του κουφώματος που επιτυγχάνεται, εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το διάκενο που υπάρχει μεταξύ των τζαμιών. Η χρήση διπλών τζαμιών με ή χωρίς θερμομονωτικό αέριο στο διάκενο συνεισφέρει στην καλή θερμομόνωση αλλά και στην ηχομόνωση. Το πάχος των τζαμιών πρακτικά δεν επηρεάζει την θερμομόνωση.



Εικόνα 5-9. Τυπικό κούφωμα[28]

Η θερμική μόνωση ενός κουφώματος εξαρτάται από :

- τον βαθμό αεροδιαπερατότητας της επιφάνειας του κουφώματος: Αν ένα παράθυρο επιτρέπει την διέλευση μεγάλης ποσότητας αέρα μέσα από τις αρθρώσεις του, θα προκαλέσει την έξοδο ζεστού αέρα ή την είσοδο κρύου αέρα (ανάλογα με τις διαφορετικές πιέσεις), με αποτέλεσμα την ψύξη του χώρου και επομένως αυξημένες απαιτήσεις θέρμανσης για να διατηρηθεί σταθερή η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου.
- τον τύπο του τζαμιού: Οι θερμικές απώλειες, λόγω μετάδοσης βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση με την επιφάνεια, οπότε το γυαλί, που αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μέρος ενός κουφώματος, παίζει σημαντικό ρόλο στην εκτίμηση των θερμικών απωλειών.
- τον τύπο του προφίλ αλουμινίου: Θερμικές απώλειες έχουμε όχι μόνο μέσω του γυαλιού, αλλά επίσης και από το πλαίσιο του κουφώματος. Επομένως ένα προφίλ με μικρότερη θερμική αγωγιμότητα θα μειώσει τις απώλειες μέσα από το πλαίσιο.

Η εγκατάσταση σύγχρονων κουφωμάτων, υψηλής ποιότητας είναι μια παρέμβαση με υψηλό αρχικό κόστος, αποτελεί όμως το πιο ουσιαστικό μέρος της ανακαίνισης ενός παλιού κτιρίου, αναβαθμίζοντάς το ποιοτικά και ενεργειακά και αυξάνοντας καθοριστικά την ωφέλιμη διάρκεια ζωής του, ενώ παράλληλα συμβάλλει καθοριστικά στην ηχομόνωση των χώρων.

Υπάρχουν πολλά είδη κουφωμάτων. Τα εξωτερικά κουφώματα διακρίνονται σε κατηγορίες με βάση το υλικό



Εικόνα 5-10. Τυπικό κούφωμα[28]

που είναι κατασκευασμένα. Υπάρχουν κουφώματα αλουμινίου, PVC – πλαστικά κουφώματα, ξύλινα κουφώματα. Αυτά χωρίζονται σε πόρτες εισόδου, μπαλκονόπορτες, παράθυρα, φεγγίτες και μπορεί να περιλαμβάνουν πατζούρια, ρολά, κασώματα, τζάμια, σκίαστρα κλπ. Από ενεργειακής πλευράς καλό είναι να αποφεύγονται τα εσωτερικά σε τοίχο συρόμενα κουφώματα, λόγω αυξημένων θερμικών απωλειών.

5.3.9. Οφέλη από τη θερμομόνωση

Στις μέρες μας είναι επιτακτική η ανάγκη παρέμβασης στον κτιριακό τομέα μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας σε διάφορους τομείς, όπου είναι δυνατό και κυρίως στη θέρμανση με την εφαρμογή θερμομόνωσης. Η θερμομόνωση στα κτίρια αποσκοπεί στον περιορισμό των θερμικών απωλειών, από το εσωτερικό τους προς το περιβάλλον, μέσα από το κέλυφός τους κατά την περίοδο του χειμώνα και στη μείωση των θερμικών κερδών κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Έτσι επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση στο κόστος λειτουργίας των εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού. Μία σωστή θερμομόνωση κοστίζει περίπου το 3-5% στο συνολικό κόστος της κατασκευής και μπορεί να μειώσει έως και στο μισό τα έξοδα λειτουργίας θέρμανσης και ψύξης του χώρου.

Η εισαγωγή της θερμομόνωσης είχε σημαντική θετική επίδραση στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων που κατασκευάστηκαν την τελευταία εικοσαετία. Παρατηρήθηκε οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας έως και 55%, γεγονός που μετρίασε την εκπομπή καυσαερίων προς την ατμόσφαιρα και βοήθησε έτσι στην προστασία του περιβάλλοντος.

Ακόμη, η θερμομόνωση συμβάλλει:

- στην υγιεινή και άνετη διαβίωση των χρηστών του χώρου εξασφαλίζοντας άνετο εσωκλίμα και δημιουργώντας συνθήκες άνεσης μέσα στους χώρους διαμονής και εργασίας
- στον περιορισμό του κόστους κατασκευής κατά την εγκατάσταση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού
- στη μείωση των λειτουργικών εξόδων του κτιρίου, επειδή περιορίζει την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη
- στη βελτίωση της εμπορευσιμότητας του κτιρίου λόγω ενεργειακής ταυτότητας
- στην αποφυγή των θερμογεφυρών και άρα μείωση της πιθανότητας εμφάνισης του φαινομένου της επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών που προκαλεί τη μούχλα και επιδρά αρνητικά στην υγεία των χρηστών
- στην προστασία από τον θόρυβο καθώς η πλειονότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται για θερμομόνωση είναι και ηχομονωτικά
- στην πιθανή πυροπροστασία (για ορισμένα μονωτικά υλικά)
- στην προστασία του κτιριακού κελύφους από καιρικές καταπονήσεις
- στη μείωση των θερμικών τάσεων στα δομικά στοιχεία (ρωγμές, αποκολλήσεις επιχρισμάτων κλπ)
- στην άψογη τελική επιφάνεια (σοβάτισμα σε λείες επιφάνειες, ευθύγραμμες ακμές, ιδιαίτερη εμφάνιση κλπ)
- στην αύξηση του χρόνου ζωής της κατασκευής

5.4. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

5.4.1. Γενικά

Η θερμότητα, δεν διατηρείται εύκολα σε ένα χώρο. Έχει την ιδιότητα να μετακινείται από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα. Αυτή η μετακίνηση έχει σαν αποτέλεσμα αυτό που ονομάζουμε θερμικές απώλειες. Οι θερμικές απώλειες δεν μπορούν να εμποδιστούν τελείως. Μπορούν όμως να περιοριστούν γνωρίζοντας αφενός τους παράγοντες που τις επηρεάζουν και αφετέρου, χρησιμοποιώντας με τέτοιο τρόπο στα κτίρια, κατάλληλα υλικά με συγκεκριμένες φυσικές ιδιότητες. Τα υλικά αυτά είναι τα Θερμομονωτικά Υλικά.

Το υλικό με την μεγαλύτερη αντίσταση στην μετάδοση της θερμότητας είναι ο αέρας που δεν κινείται καθόλου και σε αυτήν την ιδιότητα του αέρα βασίζεται η αρχή για τον χαρακτηρισμό των θερμομονωτικών υλικών. Όσο περισσότερος αέρας "παγιδεύεται" μέσα στη μάζα ενός υλικού ή όσο περισσότερο εμποδίζεται η κίνηση του αέρα, τόσο μεγαλύτερη αντίσταση έχει και το υλικό στην μετάδοση θερμότητας, ή αλλιώς, μιλώντας πιο θεωρητικά, τόσο μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας έχει. Αυτή η φυσική ιδιότητα όμως, δεν είναι η μοναδική για τον χαρακτηρισμό ενός υλικού και πολύ περισσότερο για την επιλογή του. Ο συντελεστής αυτός επηρεάζεται από την θερμοκρασία (δεν είναι σταθερός), από την υγρασία (αρνητικά), την προέλευση του υλικού, το περιβάλλον κλπ.

Έτσι, οι σημαντικότεροι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι:

Θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά:

- Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και σε ποια θερμοκρασία αυτός αναφέρεται.
- Η εξάρτηση του συντελεστή από την υγρασία, λαμβάνοντας υπόψη ότι τιμή του αυξάνει σημαντικά με την συμπύκνωση υδρατμών μέσα στη μάζα του υλικού και αν διαβραχεί όλη η μάζα, τότε παύει να υπάρχει θερμομονωτική δράση.
- Η αντίστασή του υλικού στη διάχυση των υδρατμών.
- Η ανώτερη και κατώτερη θερμοκρασία στην οποία διατηρούνται οι ιδιότητές του.
- Η ειδική θερμότητα.
- Ο συντελεστής θερμικής διαστολής, που όσο χαμηλότερος είναι τόσο απομακρύνεται ο κίνδυνος οικοδομικών μικροζημιών ή καταστροφής των στεγανώσεων.

Τρόπος εφαρμογής:

- Η καταλληλότητα των υλικών για τη συγκεκριμένη εφαρμογή
- Αν πρόκειται για προκατασκευασμένα προϊόντα ή κατασκευή επί τόπου.
- Αν απαιτούνται προστατευτικά μέτρα (για προστασία από μηχανικές βλάβες ή δυσμενείς περιβαλλοντικές επιδράσεις)
- Να υπάρχει δυνατότητα ελέγχου κατά την κατασκευή.

Μηχανικές ιδιότητες:

- Αντοχή σε θλίψη, κάμψη και δονήσεις.
- Η συμπεριφορά του στη γήρανση με το πέρασμα του χρόνου.
- Πυκνότητα
- Ειδικό βάρος

- Ελαστικότητα, ευθρυπτότητα, ευθραυστότητα.

Χημική συμπεριφορά-ανθεκτικότητα:

- Αντίσταση στη διάβρωση, στους μικροοργανισμούς, έντομα, στην προσβολή από έντομα ή τρωκτικά.
- Συμπεριφορά στην υγρασία (τυχόν μεταβολή των διαστάσεων, διαπερατότητα στους υδρατμούς, απορροφητικότητα νερού).
- Οι χημικές αλληλεπιδράσεις με άλλα υλικά, με το περιβάλλον ή με διάφορες χημικές ουσίες.
- Η κατάταξή του από άποψη συμπεριφοράς στη φωτιά (πυραντοχή).
- Οι μέγιστες επιτρεπόμενες θερμοκρασίες λειτουργίας.
- Βαθμός ευαισθησίας σε υπεριώδη ακτινοβολία, σε διάφορα αέρια και σε διάφορους διαλύτες ή το θαλασσινό νερό κλπ.
- Η ηχοαπορροφητική ικανότητα.

Οικονομικά στοιχεία:

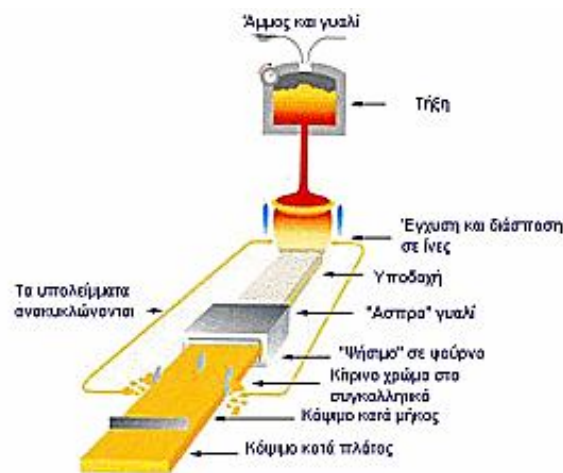
- Κόστος κατασκευής.
- Χρόνος απόσβεσης δαπάνης (σε σχέση και με δυνατότητες οικονομικών διακανονισμών μεταξύ πελάτη και κατασκευαστή).
- Συναλλαγματικά οφέλη εθνικής οικονομίας (σε σχέση και με το ποσοστό εγχώριας προστιθέμενης αξίας στην όλη κατασκευή).

Τα θερμομονωτικά υλικά χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με την προέλευσή τους και τη σύστασή τους σε οργανικά και ανόργανα, ανάλογα με την επεξεργασία που υφίστανται πριν τη διάθεσή τους σε φυσικά και τεχνητά, ανάλογα με τη δομή τους σε ανοικτών και κλειστών κυψελών ή πόρων αέρα, ανάλογα με το ειδικό τους βάρος σε ελαφρά ή βαριά και ανακλαστικά ή μη ανακλαστικά υλικά. Τα θερμομονωτικά υλικά τα εξετάζουμε ακολουθώντας την παρακάτω ομαδοποίηση:

- Ανόργανα τεχνητά υλικά ανοικτής δομής: υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας.
- Ανόργανα τεχνητά υλικά κλειστής δομής: κυψελωτό γυαλί, περλίτης, έτοιμα δομικά στοιχεία.
- Οργανικά τεχνητά υλικά κλειστής δομής: εξηλασμένη πολυστερίνη, διογκωμένη πολυστερίνη, πολυουρεθάνη, φαινολικοί αφροί
- Οργανικά τεχνητά υλικά ανοικτής δομής: ξυλόμαλλο.
- Ανακλαστικά υλικά πολλαπλών στρώσεων.
- Βοηθητικά υλικά (στηρίγματα μονωτικών πλακών για τη σωστή τοποθέτηση)

5.4.2. Υαλοβάμβακας

Ο υαλοβάμβακας ανήκει στην κατηγορία των ινωδών μονωτικών υλικών ορυκτής προέλευσης και η πρώτη του ύλη είναι η φυσική άμμος, στην οποία προστίθενται διάφορα ρευστά συστατικά και ανακυκλωμένα προϊόντα. Το μείγμα λιώνει στους 1100 °C σε ηλεκτρικό φούρνο. Το ρευστό γυαλί πλέον, διοχετεύεται με ταχύτητα σε στρεφόμενο δίσκο με οπές. Εξαιτίας της φυγόκεντρης δύναμης, δημιουργούνται λεπτότατες ίνες, που στην συνέχεια με την προσθήκη συνδετικών υλών συνενώνονται, δίνοντας το τελικό προϊόν, που διαμορφώνεται πλέον σε ρολλά, πλάκες ή κοχύλια, χωρίς ή με επικάλυψη φύλλου αλουμινίου, υαλοϋφάσματος ή ασφαλτικού χαρτιού, σε διάφορες διαστάσεις και πυκνότητες, με ποικίλες φυσικές και μηχανικές αντοχές. Ο αέρας που εγκλωβίζεται ανάμεσα στις ίνες, δίνει στο υλικό τις θερμομονωτικές και ηχοαπορροφητικές του ιδιότητες.



Εικόνα 5-11. Διαδικασία παραγωγής υαλοβάμβακα[28]

Ο υαλοβάμβακας, έχει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών στα κτίρια και στη βιομηχανία. Ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής, επιλέγεται και η αντίστοιχη μορφή του υαλοβάμβακα για θερμομόνωση ή ηχομόνωση σε κατασκευές εσωτερικής ή εξωτερικής τοιχοποιίας, στεγών, δαπέδων, συστημάτων ξηράς δόμησης και ακουστικών ψευδοροφών, αεραγωγών θέρμανσης - κλιματισμού και μηχανολογικών και υδραυλικών εγκαταστάσεων.

Πλεονεκτήματα:

- Είναι άκαυστο υλικό.
- Δεν φθείρεται με το πέρασμα του χρόνου, διατηρώντας παράλληλα όλες τις ιδιότητές του.
- Λόγω του υδροφοβισμού των γυάλινων ινών κατά τη φάση της παραγωγής του (επιφανειακή κάλυψη με κατάλληλες ουσίες), η απορρόφηση νερού στη μάζα του είναι πρακτικά μηδενική.
- Δεν προσβάλλεται από διαλύτες και δεν προσβάλλει τα μέταλλα.
- Δεν προσβάλλεται από έντομα και παράσιτα.
- Οι ιδιότητές του δεν επηρεάζονται από την ηλιακή ακτινοβολία.
- Είναι άοσμος.
- Μεταφέρεται και τοποθετείται εύκολα.

Μειονεκτήματα:

- Στις χαμηλές πυκνότητες δεν έχει μηχανικές αντοχές.

- Σε σχέση με τον πετροβάμβακα υστερεί στην αντοχή στη φωτιά.

5.4.3. Πετροβάμβακας

Ο πετροβάμβακας ανήκει στην κατηγορία των ινωδών μονωτικών υλικών. Οι ίνες διαμέτρου μικρότερης από 4 ή 5μm, προέρχονται από ορυκτά, όπως ο βασάλτης, ο ασβεστόλιθος, ο δολομίτης και ο βωξίτης. Το μίγμα λιώνει σε ηλεκτρικό φούρνο στους 1520 °C, ινοποιείται με περιστροφική κίνηση και οι παραγόμενες ίνες αποκτούν την συνεκτικότητά τους με προσθήκη συγκολλητικής ρητίνης ανθεκτικής σε υψηλή θερμοκρασία. Η υψηλή υδροαπωθητικότητα επιτυγχάνεται με τον ψεκασμό των ινών με ειδικές πυριτικές ενώσεις. Το τελικό προϊόν διατίθεται σε μορφή ρολλών, πλακών ή κοχυλιών, σε διάφορες διαστάσεις και πυκνότητες, με ή χωρίς επικάλυψη αλουμινίου, ασφαλικής στρώσης, υαλοϋφάσματος ή με ραμμένο κοτετσόσυρμα, με ποικίλες φυσικές και μηχανικές αντοχές.



Εικόνα 5-12. Μορφή πετροβάμβακα[28]

Ο πετροβάμβακας έχει θερμομονωτικές και ηχοαπορροφητικές ιδιότητες, όπως άλλωστε και ο υαλοβάμβακας, υπερτερώντας όμως στην αντοχή στη φωτιά (οι ίνες του αντέχουν μέχρι και στους 1000 °C). Έχει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών στα κτίρια, αντίστοιχο με του υαλοβάμβακα, αλλά και περισσότερες χρήσεις για βιομηχανικές μονώσεις.

Ο πετροβάμβακας χρησιμοποιείται σε οικοδομικές και βιομηχανικές εφαρμογές, για θερμο-ηχομόνωση, σε εσωτερική ή εξωτερική τοιχοποιία, στέγες, δάπεδα και οροφές, συστήματα ξηράς δόμησης και ψευδοροφές, αεραγωγούς θέρμανσης - κλιματισμού - καυσαερίων, σωληνώσεις και δεξαμενές με ρευστά πολύ υψηλών ή πολύ χαμηλών θερμοκρασιών.

Πλεονεκτήματα:

- Είναι άκαυστο υλικό.
- Σε μεγάλες πυκνότητες, έχει υψηλές μηχανικές αντοχές.
- Εφαρμόζεται σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών.
- Δεν φθείρεται με το πέρασμα του χρόνου, διατηρώντας παράλληλα όλες τις ιδιότητές του και την σταθερότητα των διαστάσεών του.
- Δεν προσβάλλεται από διαλύτες και δεν προσβάλλει τα μέταλλα.
- Δεν προσβάλλεται από έντομα και παράσιτα.
- Οι ιδιότητές του δεν επηρεάζονται από την ηλιακή ακτινοβολία.
- Είναι άοσμος.
- Όπως και ο υαλοβάμβακας, είναι από τα λίγα υλικά που εξασφαλίζει συγχρόνως θερμομόνωση, ηχοαπορρόφηση και πυραντίσταση.

5.4.4. Περλίτης



Εικόνα 5-13 Περλίτης[28]

Ο περλίτης ανήκει στην κατηγορία των ανόργανων τεχνητών υλικών κλειστής δομής. Είναι ορυκτό ηφαιστειογενές που αφθονεί στην Μήλο, όπου υπάρχουν τα ορυχεία του. Ο φυσικός περλίτης θρυμματίζεται, κοσκινίζεται και στη συνέχεια διογκώνεται σε φούρνους σε θερμοκρασίες από 800-1200 °C. Όταν οι κόκκοι του φτάνουν στο σημείο μάλθωσης, το κρυσταλλικό νερό που

περιέχεται στη μάζα του εξατμίζεται με συνέπεια ο όγκος του κόκκου, ανάλογα με τις συνθήκες διογκώσης, να γίνει 5 έως 20 φορές μεγαλύτερος του αρχικού. Οι κόκκοι στο εσωτερικό τους πλέον έχουν κλειστές κυψελίδες με εγκλωβισμένο αέρα, στις οποίες οφείλονται και οι θερμομονωτικές ιδιότητες του υλικού, καθώς και το μικρό του βάρος. Το τελικό προϊόν διατίθεται συσκευασμένο για περαιτέρω χρήση.

Ο οικοδομικός περλίτης χρησιμοποιείται ευρέως σαν πρόσθετο για την παρασκευή θερμομονωτικών επιχρισμάτων και κονιαμάτων, μικρότερου βάρους από τα συμβατικά, τα οποία είτε παρασκευάζονται στο έργο, είτε διατίθενται με τη μορφή ενσασκισμένων προϊόντων.

Πλεονεκτήματα:

- Θερμομονωτικό υλικό
- Ηχομονωτικό υλικό
- Άκαυστο
- Ανόργανο και φιλικό προς το περιβάλλον
- Έχει μικρό βάρος
- Δεν προσβάλλεται από τα συνήθη χημικά
- Δεν προσβάλλει τα μέταλλα

5.4.5. Έτοιμα δομικά στοιχεία

Τα έτοιμα δομικά στοιχεία παράγονται από φυσικά υλικά: άμμο, ασβέστη, τσιμέντο και νερό, χωρίς την προσθήκη χημικών συστατικών. Τα τελικά προϊόντα διαμορφώνονται σε μορφή ορθογώνιων παραλληλεπίπεδων (μπλοκ ή πάνελ), διαφόρων διαστάσεων. Χρησιμοποιούνται στην κατασκευή εσωτερικών και εξωτερικών φερόντων τοίχων (έως δύο ορόφους), καθώς και σε τοίχους πλήρωσης. Το χτίσιμό τους είναι πολύ εύκολο γιατί είναι στοιχεία συμπαγή, με μικρότερο βάρος σε αντίθεση με τα συμβατικά τούβλα, έχουν ακριβείς διαστάσεις, κόβονται και επεξεργάζονται πολύ εύκολα. Η κοπή τους κατά την εφαρμογή, γίνεται με ειδικά εργαλεία και η σύνδεση των στοιχείων μεταξύ τους με ειδικές κόλλες. Η τοιχοποιία πρέπει να σφηνώνεται με πολυουρεθάνη στις κολώνες των υποστυλωμάτων και κάτω από τα δοκάρια. Έχουν άριστη συνεργασία με δομικά υλικά, όπως



Εικόνα 5-14. Έτοιμα δομικά στοιχεία[28]

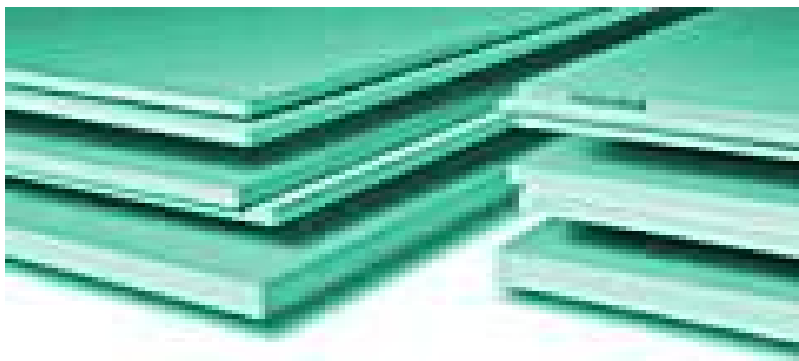
σίδηρο, ξύλο, με αποτέλεσμα να εξασφαλίζουν την γρήγορη και με μειωμένο κόστος κατασκευή.

Πλεονεκτήματα:

- Άριστη θερμομόνωση και ηχομόνωση
- Υψηλή αντοχή θλίψης
- Αντισεισμικότητα
- Σημαντική καθυστέρηση της μετάδοσης της πυρκαγιάς
- Αντοχή στις απότομες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας (μικροκλίμα)
- Δυνατότητα καθολικής εφαρμογής από τα θεμέλια μέχρι την οροφή, τόσο στις μικρές όσο και στις μεγάλες κατασκευές.

5.4.6. Εξηλασμένη πολυστερίνη

Η εξηλασμένη πολυστερίνη ανήκει στα οργανικά τεχνητά θερμομονωτικά υλικά "κλειστής κυψελικής δομής". Παράγεται από θερμοπλαστική πολυστερίνη, η οποία με μια διαδικασία πολυμερισμού και διαρκούς εξέλασης παίρνει τη μορφή πλακών. Αποτελείται κατά 88-93% κατά βάρος από κρυσταλλική πολυστερίνη, ένα πολυμερές που αποτελείται από άνθρακα και υδρογόνο. Σε μικρότερα ποσοστά περιέχει βοηθητικές ύλες, χρωστικές ουσίες και επιβραδυντικά φωτιάς και προωθητικά αέρια σε ποσοστό 12% κατά βάρος. Τα προωθητικά αέρια θα πρέπει να είναι απαλλαγμένα από χλωροφθοράνθρακες που ευθύνονται ιδιαίτερα για τη μείωση της ατμοσφαιρικής στρώσης του όζοντος. Από τη διαδικασία της εξέλασης παράγεται ένα ομοιογενές προϊόν, με κλειστές πολυεδρικές κυψέλες αφρώδους δομής. Έτσι, μια πλάκα εξηλασμένης πολυστερίνης αποτελείται κατά 3% του όγκου της από τα τοιχώματα των κυψελών και 97% από τους χώρους των κυψελών με το αδρανές αέριο. Το τελικό προϊόν διατίθεται αποκλειστικά σε μορφή πλακών, που διαφέρουν μεταξύ τους σε διαστάσεις, πυκνότητα και κατά συνέπεια σε φυσικές και μηχανικές ιδιότητες.



Εικόνα 5-15. Μορφή εξηλασμένης πολυστερίνης[28]

Η εξηλασμένη πολυστερίνη χρησιμοποιείται κατ' εξοχήν σε κτιριακά έργα, για θερμομόνωση σε εξωτερική τοιχοποιία και στοιχεία από σκυρόδεμα, σε δώματα και στέγες, σε τοιχεία υπόγειων χώρων, σε δάπεδα και σε ψυκτικούς θαλάμους.

Πλεονεκτήματα:

- Υψηλές θερμομονωτικές ιδιότητες.

- Αντοχή στην υγρασία και σχεδόν μηδενική υδατοαπορρόφηση.
- Υψηλή αντοχή σε συμπίεση.
- Δεν προσβάλλεται από μύκητες και βακτηρίδια.
- Μεταφέρεται και τοποθετείται πολύ εύκολα.
- Είναι αυτοσβενόμενο υλικό
- Έχει ομοιομορφία μάζας και σταθερότητα διαστάσεων.
- Οι ειδικές πλάκες με εγκοπές προσφέρουν άριστη πρόσφυση σε σκυρόδεμα και επιχρίσματα.
- Έχει άριστη συνεργασία με τα οικοδομικά υλικά (τσιμέντο, γύψο, ασβέστη, ανυδρίτη, άμμο).

5.4.7. Διογκωμένη πολυστερίνη

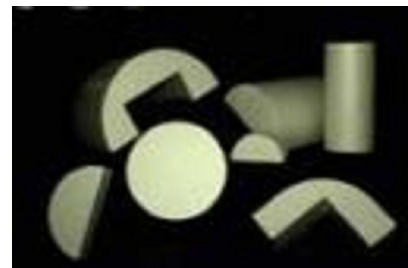


Εικόνα 5-16. Μορφή διογκωμένης πολυστερίνης[28]

Η διογκωμένη πολυστερίνη (περισσότερο γνωστή στην ελληνική αγορά ως φελιζόλ) ανήκει στα οργανικά τεχνητά θερμομονωτικά υλικά. Η πολυστερίνη, που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη, είναι αρωματική ουσία της οικογένειας των βενζολίων προερχόμενη από την πετροχημική βιομηχανία. Με ειδική επεξεργασία πολυμερισμού η πρώτη ύλη παίρνει τη μορφή μικρών κόκκων με σταθερή χημική σύσταση και θερμοπλαστικές ιδιότητες. Οι κόκκοι διογκώνονται και μετατρέπονται σε σφαιρίδια. Από κει και πέρα οδηγούνται σε ειδικές πρέσες για επιπλέον διόγκωση και συγκόλληση των σφαιριδίων.

Υπάρχουν δύο τρόποι παραγωγής. Με τον πρώτο τρόπο, το προϊόν βγαίνει στην τελική του μορφή από το καλούπι με τυποποιημένες διαστάσεις και διαμορφωμένη επιφάνεια (η λεγόμενη καλουπωτή ή χυτή πολυστερίνη). Με τον δεύτερο τρόπο, το προϊόν βγαίνει από την πρέσσα σε μορφή μεγάλων blocks, τα οποία στη συνέχεια σε κοπτικές μηχανές ή παντογράφους κόβονται δίνοντας πλάκες ή ειδικά κομμάτια διαφόρων σχημάτων (πχ. κυλίνδρων) και διαστάσεων.

Η διογκωμένη πολυστερίνη ήταν από τα πρώτα θερμομονωτικά υλικά που εμφανίστηκαν και επί δεκαετίες υπήρξε ως το πλέον χρησιμοποιούμενο υλικό στις κτιριακές εφαρμογές της θερμομόνωσης. Στη συνέχεια, με την εμφάνιση της εξηλασμένης πολυστερίνης, που υπερτερεί σαφώς ως υλικό σε όλες τις ιδιότητες, αλλά και με την εξάπλωση των συστημάτων ξηράς δόμησης (όπου χρησιμοποιούνται τα ινώδη υλικά), η χρήση της έχει περιοριστεί. Εξακολουθεί όμως και έχει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών στις κατασκευές, όπως στη θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας, στοιχείων από σκυρόδεμα, στεγών, στην πλήρωση κενών πλακών, κενών μεγάλων αρμών διαστολής και ως καλούπια για κορνίζες ή σχήματα στις επιφάνειες σκυροδέματος.



Εικόνα 5-17. Διογκωμένη πολυστερίνη σε διάφορα λειτουργικά σχήματα[28]

Πλεονεκτήματα:

- Είναι εύχρηστο υλικό (μεταφέρεται, κόβεται και τοποθετείται πολύ εύκολα).
- Έχει χαμηλό κόστος, με αποδεκτές θερμομονωτικές ιδιότητες.
- Παρουσιάζει καλή συνεργασία με όλα τα οικοδομικά υλικά.
- Δίνει λύσεις -ίσως και μοναδικές- σε εφαρμογές όπου απαιτούνται ειδικές διαστάσεις και ειδικά σχήματα.

Μειονεκτήματα:

- Εάν χρησιμοποιηθεί χωρίς να σταθεροποιηθεί, συρρικνώνεται και επίσης κρατά την υγρασία που εισχωρεί στη μάζα της.
- Στις χαμηλές πυκνότητες δεν έχει μηχανικές αντοχές.
- Αποκλείεται η εφαρμογή της σε χώρους όπου αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες.
- Προσβάλλεται από την ηλιακή ακτινοβολία.

5.4.8. Πολυουρεθάνη



Εικόνα 5-18. Μορφή πολυουρεθάνης[28]

Η πολυουρεθάνη ανήκει στα οργανικά τεχνητά θερμομονωτικά υλικά "κλειστής κυψελωτής δομής". Παράγεται με την ανάμιξη δύο βασικών συστατικών, του διϊσοκυανικού και πολυόλης, παρουσία κατάλληλου καταλύτη. Κατά την επεξεργασία δημιουργούνται κλειστές κυψέλες μέσα στις οποίες παγιδεύεται αέριο που χρησιμοποιείται σαν διογκωτικό μέσο. Το αέριο καλύπτει το 97% περίπου του όγκου του μονωτικού αφρού, δίνοντας έτσι υψηλές θερμομονωτικές ιδιότητες με ιδιαίτερα χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Το τελικό προϊόν διατίθεται σε διάφορες πυκνότητες και διαστάσεις με την μορφή πλακών, κοχυλιών ή ειδικών τεμαχίων, με ή χωρίς επικάλυψη.

Η πολυουρεθάνη μπορεί να παραχθεί και επιτόπου στο εργοτάξιο, προκειμένου να εφαρμοστεί στις επιφάνειες, εφόσον όμως διατίθεται ο κατάλληλος εξοπλισμός για την ανάμιξη των δύο συστατικών της και την εκτόξευση του υλικού υπό πίεση. Αυτή όμως είναι μια διαδικασία που εξαρτάται από πολλές παραμέτρους και η επιτυχής εφαρμογή βασίζεται στην πείρα και στην ικανότητα του συνεργείου, αλλά και στην ποιότητα του διατιθέμενου εξοπλισμού και στις κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, άνεμος).

Το εύρος των εφαρμογών της πολυουρεθάνης είναι πολύ μεγάλο. Χρησιμοποιείται στα κτίρια, πολύ περισσότερο όμως στην βιομηχανία και τις εγκαταστάσεις, λόγω του ότι διατηρεί τις ιδιότητές της ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Μια μορφή πολυουρεθάνης που είναι πολύ γνωστή, αλλά όμως δεν έχει εφαρμογή στην θερμομόνωση, είναι αυτή που κυκλοφορεί ευρέως στο εμπόριο σε φιαλίδια. Αυτός ο αφρός πολυουρεθάνης είναι ενός συστατικού και ανήκει στα υλικά αρμών, μιας και η κύρια χρήση του είναι για πλήρωση κενών και συγκόλληση. Οι πλάκες πολυουρεθάνης εφαρμόζονται στη θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας, δωματίων, στεγών, δαπέδων, ψυκτικών θαλάμων και αυτοκινήτων ψυγείων και αγροτικών κτιρίων. Τα κοχύλια πολυουρεθάνης εφαρμόζονται

σε σωληνώσεις θέρμανσης, κλιματισμού, ψύξης και σωληνώσεις μεταφοράς αερίων. Τα ειδικά τεμάχια εφαρμόζονται στις βιομηχανικές μονώσεις σε σωληνώσεις και εξαρτήματα δικτύων διανομής ρευστών και σε δεξαμενές αποθήκευσης ρευστών.

Πλεονεκτήματα:

- Ιδιαίτερα χαμηλός συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας.
- Μικρή υδροαπορρόφηση και ικανοποιητικός συντελεστής διάχυσης υδρατμών.
- Σταθερότητα διαστάσεων.
- Αντοχή στη γήρανση και τη σήψη.
- Αυξημένη αντοχή σε μηχανικές και θερμικές καταπονήσεις.
- Καλές χημικές αντοχές.
- Ευκολία στην μεταφορά και την τοποθέτηση.
- Είναι αυτοσβενόμενο υλικό.

Μειονεκτήματα:

- Αλλοιώνεται επιφανειακά, όταν εκτίθεται για μεγάλο χρονικό διάστημα συνεχώς στην υπεριώδη ακτινοβολία.
- Προσβάλλεται από τρωκτικά.

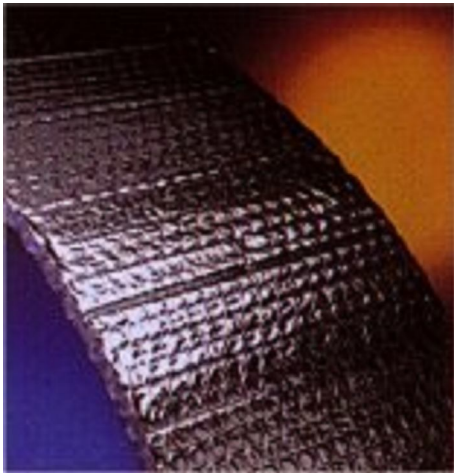
5.4.9. Φαινολικοί αφροί

Ο αφρός φορμαλδεΐδης ανήκει στα οργανικά τεχνητά υλικά «κλειστής κυψελικής δομής». Βάση του είναι η ρητίνη ουσίας φορμαλδεΐδης που με την προσθήκη ειδικού καταλύτη δίνει το τελικό υλικό. Εμφανίζει ομοιόμορφη και συνεχή κλειστή κυψελική δομή, με χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ο οποίος δεν επηρεάζεται σημαντικά από την υγρασία και τις μεταβολές της θερμοκρασίας.

Παράγεται επί τόπου στο εργοτάξιο με ειδικά μηχανήματα και μεταφέρεται σε υγρή μορφή με σωλήνες στο σημείο τοποθέτησης. Εκεί, αφροποιείται και στερεοποιείται σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Βρίσκει εφαρμογή στην θερμομόνωση τοιχοποιίας και ειδικότερα στην πλήρωση διακένων ακόμα και σε κτίρια που κατοικούνται, αρκεί το υλικό να μην υφίσταται καθόλου μηχανικές καταπονήσεις.

5.4.10. Ανακλαστική μόνωση

Τα προϊόντα ανακλαστικής μόνωσης, αποσκοπούν στο να ανακλούν την θερμότητα που μεταδίδεται με την ακτινοβολία. Αποτελούνται συνήθως από μία ή δύο εξωτερικές επιφάνειες αλουμινίου υψηλής καθαρότητας, που είναι γερά συγκολλημένες σε πυρήνα από ένα ή περισσότερες στρώσεις φύλλων πολυαιθυλενίου φυσαλίδων αέρα. Οι εξωτερικές στρώσεις αλουμινίου υψηλής καθαρότητας αντανακλούν το 97% της θερμότητας που μεταφέρεται με ακτινοβολία, ενώ το φύλλο πολυαιθυλενίου φυσαλίδων, προσδίδει τις απαραίτητες εφελκυστικές αντοχές και την πρόσθετη αντίσταση στη μεταφερόμενη με την επαγωγή θερμότητα.



Εικόνα 5-19. Ανακλαστική μόνωση[28]

Το ποσοστό της θερμότητας που μεταδίδεται με ακτινοβολία είναι περίπου 93% το καλοκαίρι και 50-75% τον χειμώνα. Τα κοινά αφρώδη θερμομονωτικά προϊόντα (πολυστερίνη, πολυουρεθάνη κλπ), δεν είναι αγωγά και σταματούν τη μεταφορά θερμότητας μέσω της επαγωγής αλλά αποτυγχάνουν να τη σταματήσουν μέσω της ακτινοβολίας. Τα προϊόντα ανακλαστικής μόνωσης αντανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι (οπότε δεν την αφήνουν να μεταφερθεί μέσα στα κτίρια) και τον χειμώνα συγκρατούν την εσωτερική θερμότητα των κτιρίων. Συγχρόνως η ύπαρξη των φύλλων αλουμινίου δημιουργεί ένα άριστο φράγμα υδρατμών που προστατεύει την κατασκευή από την

υγρασία.

Πλεονεκτήματα:

- Αντανακλούν την θερμική ακτινοβολία.
- Εξοικονομούν ενέργεια σε ψύξη και θέρμανση ως και 45%.
- Μειώνουν τη θερμοκρασία το καλοκαίρι ως και 40%.
- Είναι υλικά πλήρους στεγάνωσης.
- Είναι κορυφαία στην αντοχή στη φωτιά.
- Είναι υλικά μικρού βάρους και πάχους και τοποθετούνται εύκολα και στις πιο εξειδικευμένες κατασκευές.
- Οι ιδιότητές τους παραμένουν σταθερές με το πέρασμα του χρόνου.
- Είναι υλικά μη αλλεργικά και μη καρκινογόνα.
- Δεν ερεθίζουν το αναπνευστικό σύστημα.
- Δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη βακτηρίων ή μυκήτων.
- Δεν προσβάλλονται από τρωκτικά και έντομα.



Εικόνα 5-20. Ευεργετικά αποτελέσματα ανακλαστικής μόνωσης[28]

5.4.11. Βοηθητικά υλικά

Για τη σωστή τοποθέτηση των θερμομονωτικών πλακών σε κατασκευές τοιχοποιίας (κάθετη τοποθέτηση), είναι απαραίτητη η μηχανική στήριξη των πλακών επάνω στην οπτοπλινθοδομή (τούβλα) ή σε στοιχείο σκυροδέματος, έστω και αν έχει χρησιμοποιηθεί κάποιο υλικό συγκόλλησης. Η στήριξη πρέπει να γίνεται σε κάθε περίπτωση θερμομόνωσης εξωτερικής τοιχοποιίας, ανεξάρτητα από τη θέση του μονωτικού, δηλαδή είτε τοποθετείται στο ενδιάμεσο διπλής τοιχοποιίας, είτε εσωτερικά, είτε εξωτερικά.

Μια άλλη διαφορετική κατηγορία στηριγμάτων, είναι αυτά που τοποθετούνται επάνω σε οριζόντιες στρώσεις θερμομονωτικών πλακών, όπου θα ακολουθήσει στρώση από ταρατσόπλακες. Η χρήση τους διευκολύνει πολύ τη σωστή τοποθέτηση.

Πλαστικά στηρίγματα:





Μεταλλικά στηρίγματα:



Πλαστικά στηρίγματα για ταρτσόπλακες:

Εικ.5-21.Στηρίγματα

θερμομονωτικών

πλακών[28]

6. ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

6.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η πρώτη, άμεση χρήση της ηλιακής ενέργειας είναι η θέρμανση των ίδιων των ανθρώπων, των χώρων που κατοικούν και εργάζονται, του νερού που χρησιμοποιούν, αλλά και φούρνων για την παρασκευή φαγητού. Αυτές είναι παλιές, παραδοσιακές πρακτικές που σήμερα χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο, μαζί με νέες πρακτικές. Ολόκληρα νοικοκυριά μπορούν να πάρουν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που χρειάζονται για θέρμανση, ζεστό νερό αλλά και δροσισμό, από τη θερμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας. Η θερμότητα που προσφέρει ο ήλιος αξιοποιείται επίσης στα θερμοκήπια, καθώς και για την ξήρανση γεωργικών προϊόντων. Ο άνθρωπος εκμεταλλεύεται τη θερμότητα του ήλιου με τη χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων. Τα συστήματα αυτά συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε θερμότητα. Διακρίνονται σε ενεργητικά και παθητικά συστήματα.

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν μηχανικές κατασκευές ικανές να συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, να τη μετατρέπουν σε αξιοποιήσιμη (θερμική, ψυκτική ή ηλεκτρική), να αποθηκεύουν τμήμα αυτής και να τη διανέμουν προς χρήση. 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 πιο διαδεδομένη εφαρμογή τους είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και η θέρμανση των χώρων. Τα πλέον διαδεδομένα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι οι Ηλιακοί Συλλέκτες για παραγωγή θερμού νερού χρήσης και τα Φωτοβολταϊκά πλαίσια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μικρής ισχύος.

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. 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.

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο που χρησιμοποιείται το θερμαινόμενο μέσο για να μεταφέρει τη θερμότητα στο νερό χρήσης. Ανοιχτά ονομάζονται τα συστήματα εκείνα, στα οποία θερμαίνεται απευθείας το νερό του δικτύου ύδρευσης και στη συνέχεια διοχετεύεται προς τελική χρήση. Αντιθέτως, στα κλειστά συστήματα μέσα στις σωληνώσεις του συλλέκτη κυκλοφορεί ειδικό αντιψυκτικό υγρό. Στη συνέχεια, μ' έναν εναλλάκτη μεταδίδεται η θερμότητα από το αντιψυκτικό διάλυμα στο νερό του δικτύου. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιοχές όπου υπάρχει πιθανότητα παγετού.

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.

Μια άλλη εφαρμογή είναι ο συνδυασμός παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρων με ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Η χρήση των συστημάτων αυτών στις ελληνικές κλιματικές συνθήκες για τη θέρμανση χώρων, θεωρείται τεχνικά αλλά και οικονομικά αποδοτική, αν συνδυαστεί με την κατάλληλη μελέτη και κατασκευή του κτιρίου (καλή μόνωση, εκμετάλλευση των παθητικών ηλιακών ωφελειών, κ.λπ.) και τη συνεργασία του χρήστη. Μπορεί να εξοικονομήσει συμβατική ενέργεια σε νέα ή παλιά κτίρια, στα οποία έχουν ληφθεί όλα τα εφικτά μέτρα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών και τη μεγιστοποίηση της οικονομικότητας της εγκατάστασης. Είναι πάντως, πολύ σημαντικός ο σωστός σχεδιασμός του ηλιακού συστήματος και η προσεκτική εξέταση της οικονομικότητας της εγκατάστασης για την αποφυγή λανθασμένων επιλογών και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης.[27]

6.2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται, την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, το μέγεθός τους και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Η ποικιλία που παρουσιάζουν οι διατάξεις των συστημάτων αυτών οφείλεται κυρίως στους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους τα συστήματα προστατεύονται από τον παγετό.

Οι τύποι των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι:

- Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας που χωρίζονται σε δύο κατηγορίες.
 - Τους συμπαγείς θερμαντήρες ή ολοκληρωμένα συστήματα συλλέκτη – αποθήκευσης, που αποτελούνται από μια ή περισσότερες δεξαμενές αποθήκευσης και τοποθετούνται σε ένα μονωμένο περίβλημα με την διαφανή πλευρά στραμμένη προς τον ήλιο.
 - Τα θερμοσιφωνικά συστήματα, τα οποία στηρίζονται στη φυσική μεταφορά για την κυκλοφορία του νερού στους συλλέκτες και τη δεξαμενή, η οποία βρίσκεται επάνω από το συλλέκτη. Καθώς το νερό θερμαίνεται στον ηλιακό συλλέκτη γίνεται ελαφρύτερο και ανέρχεται με φυσικό τρόπο προς τη δεξαμενή αποθήκευσης ενώ το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής ρέει μέσω των σωληνώσεων προς το κατώτερο σημείο του συλλέκτη δημιουργώντας κυκλοφορία σε όλο το σύστημα.
- Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, που χρησιμοποιούν ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες και συστήματα ελέγχου για να κυκλοφορήσουν το νερό ή άλλα ρευστά για τη μεταφορά της θερμότητας μέσα στους συλλέκτες. Υπάρχουν δύο τύποι τέτοιων συστημάτων.
 - Τα συστήματα ανοιχτού βρόχου, τα οποία χρησιμοποιούν αντλίες (κυκλοφορητές), για να κυκλοφορήσουν το νερό χρήσης στους συλλέκτες.

- ο Τα συστήματα κλειστού βρόχου, που αντλούν το ρευστό μεταφοράς θερμότητας, όπως παραδείγματος χάριν ένα αντιπηκτικό μίγμα μέσα στους συλλέκτες. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω εναλλακτών θερμότητας από το ρευστό στο νερό που αποθηκεύεται στις δεξαμενές.

Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας είναι γενικά πιο αξιόπιστα, ευκολότερα στη συντήρηση και ενδεχομένως μεγαλύτερης διάρκειας ζωής από τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

6.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΟΙΚΙΑΚΟΥ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η πλέον αδάπανη και χωρίς δομικές τροποποιήσεις, ακόμη και σε υπάρχοντα κτίρια, εφαρμογή, είναι η θέρμανση του νερού με ηλιακή ενέργεια, αντί της ηλεκτρικής. Είναι δηλαδή η αντικατάσταση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα με ηλιακό θερμοσίφωνα.

Για να επιτύχει η αντικατάσταση αυτή σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, πρέπει να ενθαρρυνθεί και να μεθοδευτεί η ευρεία χρήση ηλιακών θερμοσιφώνων φυσικής κυκλοφορίας, επιμελημένης κατασκευής και μικρού κόστους, ώστε και η απόσβεση να είναι σύντομη και η διάρκεια ζωής του θερμοσίφωνα μεγάλη.

Οι ηλιακοί θερμαντήρες ζεστού νερού κάθε τύπου μπορούν να καλύψουν ένα μεγάλο ποσοστό των αναγκών των νοικοκυριών σε ζεστό νερό χρήσης, μειώνοντας ταυτόχρονα τις οικιακές δαπάνες σε ενέργεια. Η ποσότητα του ζεστού νερού που αποδίδει η ηλιακή ενέργεια εξαρτάται από τον τύπο και το μέγεθος του συστήματος, το κλίμα και την ποιότητα της περιοχής όσον αφορά την ηλιοφάνεια.

Ιδιαίτερα αποδοτικά είναι τα κεντρικά ηλιακά συστήματα, τα οποία εφαρμόζονται σε σύνολα κατοικιών. Αυτά τα συστήματα αποτελούνται από ένα κεντρικό σύστημα συλλεκτών και μια κεντρική δεξαμενή, η οποία παρέχει ζεστό νερό στις μεμονωμένες κατοικίες (π.χ. διαμερίσματα), μέσω δικτύου αγωγών. Με το σύστημα αυτό η ζήτηση θερμού νερού είναι ομαλότερα κατανομημένη κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου και έτσι μειώνονται οι θερμικές απώλειες του αποθηκευμένου νερού για την κάλυψη των απαιτήσεων του συνόλου των κατοικιών.

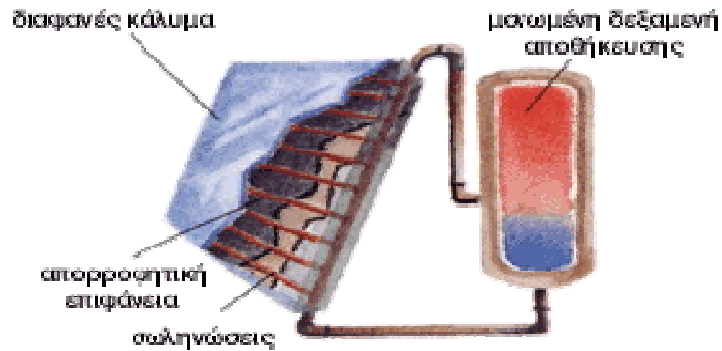
Η “καρδιά” ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης, που είναι, συνήθως, τοποθετημένος στην ταράτσα ή στη στέγη ενός σπιτιού. Αυτός ο συλλέκτης είναι ένα ορθογώνιο κουτί με ένα διαπερατό κάλυμμα που βλέπει τον ήλιο. Μικροί σωλήνες βρίσκονται μέσα στο κουτί και μεταφέρουν το νερό ή κάποιο άλλο ρευστό, όπως αντιπηκτικό, για να θερμανθεί. Οι σωλήνες συναρμολογούνται πάνω σε μια μεταλλική απορροφητική πλάκα, η οποία είναι μαύρη για να απορροφά την ηλιακή θερμότητα. Το πίσω μέρος και τα πλαϊνά του



Εικόνα 6-1. Οικιακή εγκατάσταση για ζεστό νερό χρήσης[28]

κουτιού μονώνονται, ώστε να συγκρατούν την θερμότητα. Η θερμότητα συσσωρεύεται στον συλλέκτη και όπως περνά το ρευστό μέσα στους σωλήνες το θερμαίνει. Ο συλλέκτης παγιδεύει την ηλιακή ακτινοβολία για να παράγει θερμότητα. Στη συνέχεια, αυτή η θερμότητα μεταφέρεται στον τόπο που θα αποθηκευτεί ή θα καταναλωθεί.

Ας παρακολουθήσουμε, με τη βοήθεια του παρακάτω σχήματος, πώς συμβαίνει αυτό:



Εικόνα 6-2. Τυπική διάταξη ηλιακού θερμοσυσσωρευτή[28]

Η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στη μαύρη, μεταλλική συνήθως, επίπεδη επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη, η οποία απορροφά την ακτινοβολία και θερμαίνεται.

Πάνω από την απορροφητική επιφάνεια βρίσκεται ένα διαφανές κάλυμμα, συνήθως από γυαλί ή πλαστικό, που αφήνει τις ακτίνες του ήλιου να περάσουν αλλά εμποδίζει τη θερμότητα να ξεφύγει (φαινόμενο θερμοκηπίου). Αν τοποθετήσουμε σωληνώσεις μέσα στις οποίες κυκλοφορεί νερό, σε επαφή με την απορροφητική επιφάνεια, μπορούμε να της αποσπάσουμε την πολύτιμη, συγκεντρωμένη ενέργεια. Αυτή την ενέργεια τη μεταφέρουμε, με τη μορφή ζεστού νερού, σε μια μονωμένη δεξαμενή αποθήκευσης, απ' όπου θα την πάρουμε όταν τη χρειαστούμε.

Το θερμό νερό που μας δίνει ένα ενεργητικό ηλιακό σύστημα μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε, στη συνέχεια, για τις καθημερινές μας ανάγκες, δηλαδή για τη θέρμανση χώρων κατοικίας ή εργασίας, τη θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών, γεωργικών εγκαταστάσεων, κ.λπ. Το πιο απλό, και πιο διαδεδομένο σήμερα, ενεργητικό ηλιακό σύστημα είναι ο γνωστός μας ηλιακός θερμοσίφοντας, που βρίσκεται ήδη στα περισσότερα ελληνικά σπίτια, μια και η χώρα μας εμφανίζει υψηλές τιμές σε ηλιοφάνεια.



Εικόνα 6-3. Ροή θερμού και κρύου νερού στη διάταξη [28]

Οι ηλιακοί συλλέκτες των

Θερμοσιφώνων έχουν πάντα νότιο προσανατολισμό στη χώρα μας και κλίση 30° - 60° , γιατί έτσι συλλέγουν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία στη διάρκεια της μέρας και στη διάρκεια του έτους.

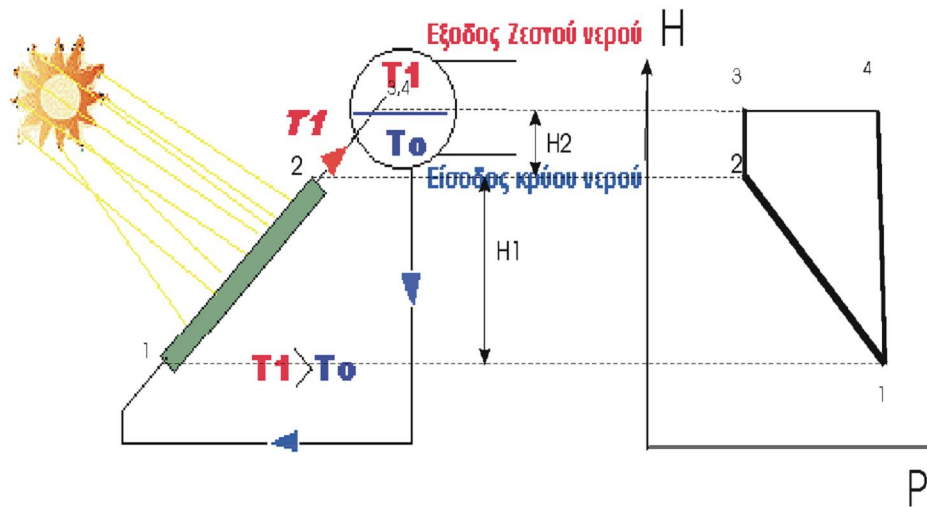
Μπορούμε, όμως, να παράγουμε μεγάλη ποσότητα ζεστού νερού αν συνδέσουμε μεταξύ τους πολλούς ηλιακούς συλλέκτες και αποθηκεύσουμε το ζεστό νερό σε μεγάλες μονωμένες δεξαμενές.

Ενώ το ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού λειτουργεί ικανοποιητικά, δεν θερμαίνει σωστά όταν ο ήλιος δεν λάμπει. Για αυτό το λόγο, τα σπίτια έχουν κι ένα συμβατικό σύστημα που χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα.

6.4. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ (ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑ)

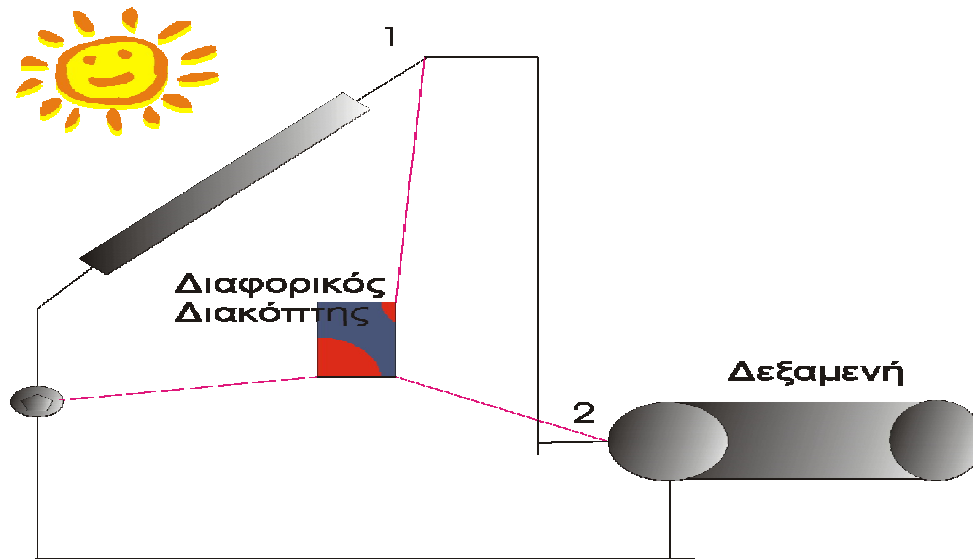
Ο ηλιακός συλλέκτης - θερμοσίφωνα φυσικής κυκλοφορίας είναι η πιο διαδεδομένη στη χώρα μας συσκευή εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού. Η λειτουργία του βασίζεται στις κάτωθι βασικές αρχές :

- ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ: Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αναφέρεται στη δέσμευση της προσπίπτουσας, στη γυάλινη επιφάνεια, ηλιακής ακτινοβολίας στο μεγαλύτερο ποσοστό και στη μετατροπή της στον εσωτερικό χώρο του συλλέκτη σε θερμική ακτινοβολία. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου στηρίζεται στη ιδιότητα που έχει το γυαλί να είναι αδιαπέραστο στη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα σώματα και που συνήθως έχει μήκος κύματος.
- ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΟΥ (Θερμοσιφωνική ροή): Με βάση την αρχή του θερμοσιφώνου λειτουργεί ο ηλιακός θερμοσίφωνα, δηλαδή αυξανόμενης της θερμοκρασίας στο συλλέκτη, ζεστές μάζες νερού γίνονται ελαφρύτερες, ανεβαίνουν προς τα επάνω, λόγω της διαφοράς πυκνότητας ζεστού και κρύου νερού και αντίστοιχα κρύες μάζες νερού οδηγούνται προς την είσοδο του συλλέκτη. Έτσι έχουμε ένα σύστημα φυσικής κυκλοφορίας με τη δεξαμενή αποθήκευσης υψηλότερα από τη συλλεκτική επιφάνεια. Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται συνήθως για οικιακή χρήση και είναι απλά σε κατασκευή. Σε αντίθεση με τα ηλιακά συστήματα βεβιασμένης κυκλοφορίας στα οποία η δεξαμενή αποθήκευσης βρίσκεται χαμηλότερα και είναι απαραίτητη η χρήση κυκλοφορητή και διαφορικού διακόπτη και χρησιμοποιούνται σε μεγάλες εγκαταστάσεις εκτός από παραγωγή ζεστού νερού αλλά και για θέρμανση χώρων.



Εικόνα 6-4. Αρχή του θερμοσιφώνου[28]

- ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΗ:** Στα συστήματα βεβιασμένης κυκλοφορίας είναι προφανής η ανάγκη ενός αυτοματισμού που θα θέτει σε λειτουργία ή θα θέτει εκτός λειτουργίας τον κυκλοφορητή ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες θερμοκρασίας και ακτινοβολίας. Ο διαφορικός διακόπτης δίνει εντολή στην αντλία να λειτουργήσει όταν η θερμοκρασία στην έξοδο από τους συλλέκτες είναι μερικώς βαθμούς υψηλότερη από τη θερμοκρασία μέσα στη δεξαμενή. Η θερμοκρασιακή διαφορά που είναι ικανή ώστε ο κυκλοφορητής να τεθεί σε λειτουργία λέγεται ΔT_{on} . ΔT_{off} καλείται η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ των ιδίων σημείων ικανή να θέσει τον κυκλοφορητή εκτός . Η ΔT_{on} είναι μεγαλύτερη από την ΔT_{off} . Ο κυκλοφορητής στην αρχή δεν λειτουργεί . Μετά την ανατολή του ήλιου η θερμοκρασία του συλλέκτη αυξάνει σύντομα πάνω από τη θερμοκρασία της δεξαμενής. Όταν η διαφορά θερμοκρασίας γίνει ΔT_{on} ο κυκλοφορητής αρχίζει να λειτουργεί. Επειδή το κρύο νερό των σωληνώσεων και της δεξαμενής αφαιρεί θερμότητα από τους συλλέκτες δημιουργείται μία πτώση θερμοκρασίας (σημείο 2). Η ΔT_{on} όμως στο σημείο 2 είναι μεγαλύτερη από την ΔT_{off} και έτσι ο κυκλοφορητής εξακολουθεί να λειτουργεί. Το απόγευμα η θερμοκρασία του συλλέκτη αρχίζει να πέφτει έως ότου η ΔT_{on} γίνεται μικρότερη από την ΔT_{off} . Ο κυκλοφορητής σβήνει και η θερμοκρασία του συλλέκτη υψώνεται πάλι. Εφόσον όμως η ΔT_{on} έχει προκαθοριστεί αρκετά υψηλότερη από την ΔT_{off} ο κυκλοφορητής θα παραμείνει σβηστός. Με αυτό τον τρόπο προλαμβάνεται μία ασταθής λειτουργία του κυκλώματος και πολλά άχρηστα αναβοσβηγήματα του κυκλοφορητή που φθείρουν και το κυκλοφορητή και τον διαφορικό διακόπτη. Οι διαφορικοί διακόπτες που υπάρχουν στο εμπόριο είτε έχουν προκαθορισμένα αυτά τα διαφορικά, είτε έχουν δυνατότητα ρύθμισης ανάλογα με τις συνθήκες .



Εικόνα 6-5. Λειτουργία διαφορικού διακόπτη[28]

6.5. ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ ΜΕ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η θέρμανση και ψύξη των χώρων αποτελεί ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών της ηλιακής ενέργειας. Πρέπει όμως να ομολογηθεί ότι, προς το παρόν τουλάχιστον, είναι δαπανηρή και επί πλέον, επειδή επηρεάζονται τα κτίρια από την προσθήκη των συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, που οπωσδήποτε "καταλαμβάνουν" σημαντικό μέρος του κελύφους του κτιρίου το οποίο και αλλοιώνουν, θα πρέπει να μελετηθεί σχολαστικά από τεχνικούς διαφόρων ειδικοτήτων, η σωστή ένταξη τους, ώστε να μην αποτελεί το αισθητικό αποτέλεσμα, αντικίνητρο για την εφαρμογή των συστημάτων ηλιακής θέρμανσης και ψύξης των χώρων, έστω και αν τεκμηριωθεί η οικονομικότητα μίας τέτοιας κατασκευής.

Πέραν αυτού, υπάρχουν τεράστιες δυνατότητες εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, τροποποιώντας τη σημερινή δομή της Αρχιτεκτονικής των κτιρίων, προς τη βιοκλιματική Αρχιτεκτονική. Δηλαδή προς ένα συνδυασμό Αρχιτεκτονικής σύνθεσης, οικοδομικών υλικών, τρόπου κατασκευής κ.λπ., ώστε τα νέα κτίρια να εξοικονομούν σε ενέργεια περισσότερο από 70% έναντι των συμβατικών κατασκευών.

Δηλαδή μπορούμε με μία σωστά μελετημένη βιοκλιματική κατασκευή, στις εύκρατες ζώνες μας, να διατηρούμε σε ένα σπίτι θαυμάσια θερμοκρασία οποιαδήποτε εποχή του έτους, με πολύ μικρή κατανάλωση συμβατικής ενέργειας. Η εφαρμογή πάντως συστημάτων ηλιακής θέρμανσης και ψύξης κτιρίων, μετά την ψήφιση του κανονισμού για τη θερμομόνωση των κτιρίων με τον οποίο οι θερμικές απώλειες μειώνονται μέχρι και στο 1/3, θα καταστεί πλέον πρόσφορη τόσο οικονομικά όσο και κατασκευαστικά - μορφολογικά, λόγω σημαντικά μικρότερου μεγέθους συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας.

Η ηλιακή θέρμανση χώρων αντιπροσωπεύει μια εν δυνάμει πολύ μεγάλη αγορά, αν και οι δυνατότητες για την διάδοση αυτής της τεχνολογίας σε υφιστάμενα κτίρια

πυκνοκατοικημένων αστικών περιοχών, ειδικότερα στα πολυώροφα, είναι μάλλον περιορισμένες. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης χώρων βασίζονται σε εξαρτήματα όπως οι συλλέκτες στέγης για τη συλλογή και τη διανομή της θερμότητας. Χρησιμοποιούν αέρα ή ένα υγρό που θερμαίνεται στους ηλιακούς συλλέκτες και, στη συνέχεια, μεταφέρεται από ανεμιστήρες ή αντλίες με μικρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ηλιακά συστήματα αέρος αποτελούνται από συλλέκτες, ανεμιστήρες, αεραγωγούς και συστήματα ελέγχου, και μπορούν να θερμάνουν τον αέρα ενός σπιτιού χωρίς εναλλάκτες θερμότητας ή θερμική αποθήκευση. Στα μεγάλα συστήματα αέρος χρησιμοποιείται συνήθως θερμική αποθήκευση, για παράδειγμα κάποιο δοχείο με χαλίκια ή μικρές πέτρες. Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης υγρών περιλαμβάνουν τους ηλιακούς συλλέκτες, τις δεξαμενές αποθήκευσης, τις αντλίες, τις σωληνώσεις, τους εναλλάκτες θερμότητας (στα συστήματα κλειστού βρόχου) και τα συστήματα ελέγχου. Μια πολύ απλή εκδοχή ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος θέρμανσης είναι αυτό των θερμικών ηλιακών συλλεκτών, οι οποίοι πέρα από τη χρήση τους για τη θέρμανση του νερού χρήσης, μπορούν να παίξουν ρόλο και στη κεντρική θέρμανση. Έτσι το ηλιακό σύστημα (που θα έχει βέβαια μεγαλύτερη επιφάνεια συλλεκτών) διοχετεύει θερμότητα όχι μόνο στο νερό χρήσης, αλλά και στο νερό που κυκλοφορεί για τη θέρμανση του χώρου. Στη συνέχεια το όποιο κεντρικό σύστημα θέρμανσης θα καταλάωνε λιγότερη ενέργεια, αφού θα έπρεπε να ανεβάσει τη θερμοκρασία ενός ήδη ζεστού νερού.

Συνεπώς, στα ενεργητικά συστήματα η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από τους συλλέκτες (νερού, αέρα, συγκεντρωτικούς κ.λπ.) μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια, μεταφέρεται μέσω ηλεκτρικών αντλιών σε αποθηκευτικούς χώρους που πιθανόν να είναι μακριά από το σημείο συλλογής και από εκεί διανέμεται στους προς θέρμανση χώρους. Στα συστήματα αυτά απαραίτητη είναι και η ύπαρξη μίας συμβατικής πηγής ενέργειας που θα αναπληρώνει την ηλιακή, στις ώρες που δεν θα υπάρχει ηλιοφάνεια. Επειδή στα συστήματα αυτά η συλλεγόμενη θερμική ενέργεια είναι χαμηλής θερμοκρασίας (50 -60°C) πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση των χώρων, συστήματα που λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες δηλ. ενδοδαπέδια συστήματα θέρμανσης, κεντρικές μονάδες επεξεργασίας και διανομής του αέρα. Σε περιπτώσεις ψύξης των χώρων αποκλείονται τα ενδοδαπέδια συστήματα.

Τα κυριότερα εξαρτήματα των ηλιακών συστημάτων θέρμανσης είναι ο συλλέκτης, η αποθήκη και οι βοηθητικές πηγές ενέργειας.

Είναι χρήσιμο να εξετάζονται αυτά τα συστήματα σαν να έχουν τέσσερις βασικούς τρόπους λειτουργίας, εξαρτώμενους από τις συνθήκες που υπάρχουν στο σύστημα σε κάθε συγκεκριμένη στιγμή:

- 1^{ος} τρόπος: Εάν υπάρχει διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια και δεν χρειάζεται θέρμανση μέσα στο σπίτι, αυτή προστίθεται από το συλλέκτη στην αποθήκη.
- 2^{ος} τρόπος: Εάν υπάρχει διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια και χρειάζεται θέρμανση στο σπίτι, η ενέργεια από το συλλέκτη χρησιμοποιείται απ' ευθείας, στην κάλυψη των αναγκών του σπιτιού.
- 3^{ος} τρόπος: Εάν δεν υπάρχει διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια, χρειάζεται θέρμανση το σπίτι και υπάρχει αποθηκευμένη ενέργεια στην αποθήκη, αυτή η αποθηκευμένη ενέργεια χρησιμοποιείται για να καλύψει τις ανάγκες του σπιτιού.

- 4^{ος} τρόπος: Εάν δεν υπάρχει διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια, χρειάζεται θέρμανση στο σπίτι και η αποθηκευτική μονάδα είναι εξαντλημένη, χρησιμοποιείται η βοηθητική πηγή ενέργειας για να καλύψει τις θερμικές ανάγκες του σπιτιού.

Πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος, είναι ο μικρός όγκος της δεξαμενής και η σχετική ευκολία παροχής ενέργειας σε μία απορροφητική κλιματιστική μονάδα για παραγωγή ψύξης.

Μειονεκτήματα του συστήματος είναι, το πιθανό πάγωμα του νερού στο συλλέκτη και οι οξειδώσεις. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα ηλιακά συστήματα θέρμανση με νερό, λειτουργούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης και έτσι απαιτούν επιπρόσθετη επιφάνεια ακτινοβολίας της θερμότητας ή ισοδύναμα μέσα μεταφοράς της θερμότητας μέσα στο σπίτι, παραδείγματος χάριν χρησιμοποίηση αερόθερμων ή τοπικών κλιματιστικών συσκευών τα οποία έχουν ικανοποιητική απόδοση και σε τροφοδότηση με νερό θερμοκρασίας 45°C.

Τα συστήματα που βασίζονται στην πάρα πάνω αρχή, έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα συγκρινόμενα με αυτά που βασίζονται στη χρήση νερού σαν μέσου μεταφοράς θερμότητας. Δεν υπάρχει πρόβλημα παγώματος του νερού στο συλλέκτη, πρόβλημα υπερθέρμανσης κατά τη διάρκεια περιόδων που δεν απομακρύνεται η ηλιακή ενέργεια και πρόβλημα οξειδώσεων.

Μειονεκτήματα είναι ο σχετικά μεγάλος όγκος της αποθηκευτικής μονάδας και των αεραγωγών και η δυσκολία προσαρμογής ηλιακών απορροφητικών κλιματιστικών μονάδων στο σύστημα, για παραγωγή ψύξης.

7. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

7.1. ΓΕΝΙΚΑ

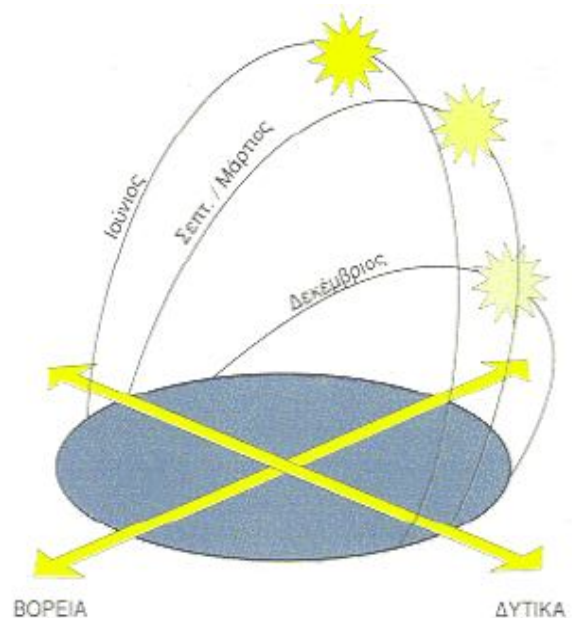
Όταν άρχισαν να διαδίδονται οι πρώτες τεχνολογικές εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας μετά τις πετρελαϊκές κρίσεις, ανάμεσα σ' αυτές ήταν και η χρήση δομικών συστημάτων για τη θέρμανση κτιρίων από τον ήλιο. Αυτά τα συστήματα, ως απλά κομμάτια του κτιριακού περιβλήματος, που λειτουργούν βάσει των φυσικών νόμων χωρίς την παρεμβολή μηχανικών μέσων ονομάστηκαν παθητικά ηλιακά συστήματα και τα οποία εξασφαλίζουν και δροσισμό με φυσικό τρόπο το καλοκαίρι. Όταν τα συστήματα αυτά συνοδεύονται από κάποιο μηχανικό σύστημα χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, παραδείγματος χάριν ανεμιστήρα, ονομάζονται υβριδικά. Αυτά τα συστήματα θα τα συναντήσει κανείς και κάτω από άλλες ονομασίες όπως παθητικός ηλιακός σχεδιασμός, ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων, βιοκλιματική αρχιτεκτονική κ.α.

Τα συστήματα θέρμανσης, που αξιοποιούν τον ήλιο για τη θέρμανση του κτιρίου χωρίς την παρεμβολή μηχανικών μέσων, ονομάζονται παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης. Τα συστήματα αυτά είναι, συνήθως, απλές κατασκευές ενσωματωμένες στο κέλυφος του κτιρίου και τα υλικά κατασκευής τους είναι κοινά οικοδομικά υλικά.

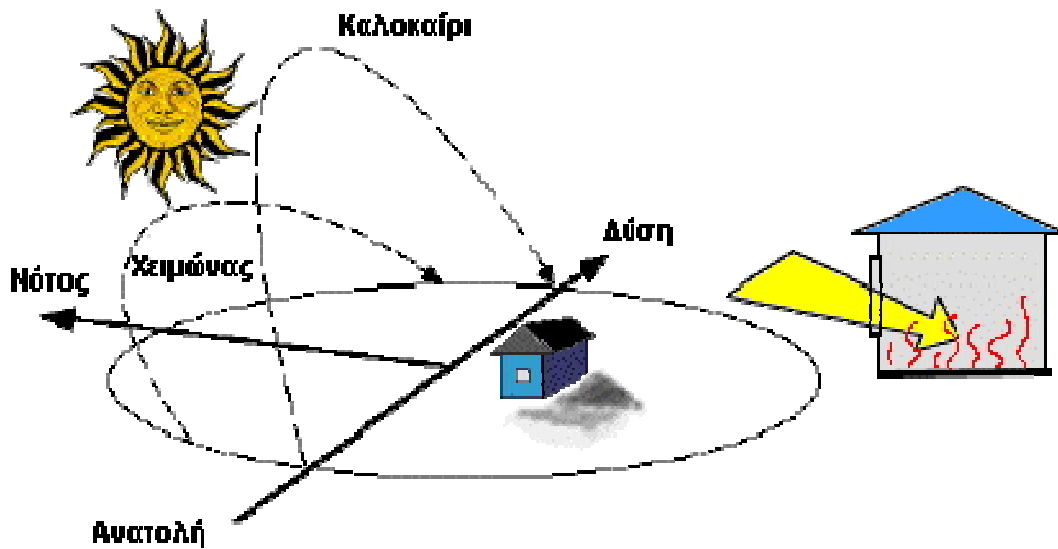
Τα παθητικά ηλιακά συστήματα στα κτίρια αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση των χώρων το χειμώνα, καθώς και για παροχή φυσικού φωτισμού. Συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο.

Τα αρχιτεκτονικά στοιχεία, που ρυθμίζουν τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου είναι τα γυάλινα ανοίγματα, οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης και τα προσαρτημένα στο κτίριο θερμοκήπια.

Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της προκύπτουσας θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από το γυαλί καθώς επιπλέον και την αποθήκευση της περίσσειας θερμότητας που συλλέγεται στη μάζα του κτιρίου, ώστε να αποδίδεται στο χώρο όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Προϋπόθεση για την εφαρμογή σ' ένα κτίριο παθητικών ηλιακών συστημάτων είναι η θερμομόνωσή του, ώστε να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες (χρήση κατάλληλων υλικών και διπλών τζαμιών, στεγανοποίηση). Όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να έχουν προσανατολισμό περίπου νότιο, ώστε να υπάρχει ηλιακή πρόσπτωση στα ανοίγματα κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας το χειμώνα.



Εικόνα 7-1. Η κίνηση του ηλίου[25]



Εικόνα 7-2. Η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας από τα νότια υαλοστάσια [28]

Ο βασικός τους σκοπός είναι η συλλογή της ηλιακής ενέργειας, η αποθήκευση υπό μορφή θερμότητας και η διανομή της στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Τέλος, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους
- Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους
- Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους.

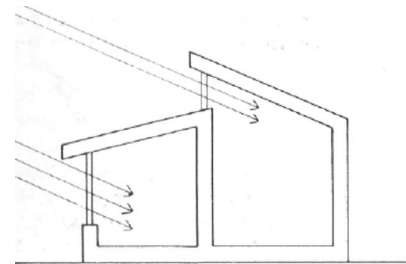
Όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να συνδυάζονται με την απαιτούμενη θερμική προστασία (θερμομόνωση) και την απαιτούμενη θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία αποθηκεύει και αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο με χρονική υστέρηση, ομαλοποιώντας έτσι την κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο εικοσιτετράωρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει το καλοκαίρι να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία και συχνά με δυνατότητα αερισμού.

Ο σωστός προσανατολισμός, η επαρκής θερμική μάζα και η θερμομόνωση του κελύφους είναι επίσης αναπόσπαστα στοιχεία ενός παθητικού κτιρίου για τη λειτουργία του όλο το χρόνο. Τα παθητικά συστήματα μπορούν πολύ συχνά, με έξυπνους χειρισμούς να εφαρμοστούν και σε κτίρια που ήδη υπάρχουν, για τη βελτίωση της θερμικής τους συμπεριφοράς. Τα παθητικά συστήματα δεν είναι παρά ένα κομμάτι μιας ευρύτερης πρακτικής γνώσης από την αρχή της οικοδομικής δραστηριότητας του ανθρώπου, της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, η οποία τα τελευταία χρόνια έχει έρθει στο προσκήνιο εμπλουτισμένη με επιστημονική γνώση και σύγχρονη τεχνολογία.[4]

7.2. ΤΑ ΠΕΝΤΕ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

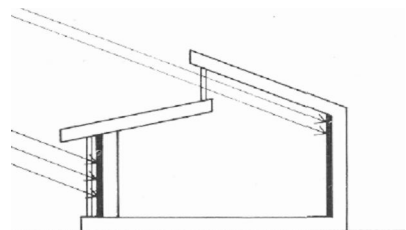
Ένα πλήρες παθητικό σύστημα αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας αποτελείται από πέντε βασικά στοιχεία. Κάθε ένα από αυτά εκπληρώνει μια διαφορετική λειτουργία, αλλά και τα πέντε πρέπει να συνεργάζονται για την σωστή λειτουργία του συστήματος:

- **Συλλέκτες:** Οι συλλέκτες είναι μεγάλες διαφανείς επιφάνειες (από τζάμι ή πλαστικό) μέσω των οποίων μπαίνει στο κτίριο η ηλιακή ακτινοβολία. Ο προσανατολισμός αυτών των επιφανειών πρέπει να είναι προς τον νότο (με μια επιτρεπόμενη απόκλιση όχι μεγαλύτερη από 30°) και πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε να μην σκιάζονται από δέντρα ή άλλα κτίρια τις ώρες της ηλιοφάνειας.



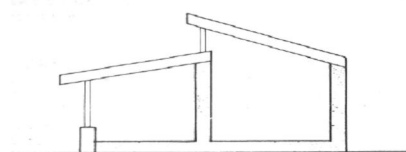
Συλλέκτης
Εικόνα 7-3. Συλλέκτες ηλιακής ακτινοβολίας[28]

- **Απορροφητική επιφάνεια:** Πρόκειται για μια σκούρου χρώματος επιφάνεια του υλικού που χρησιμεύει σαν συσσωρευτής θερμότητας. Η επιφάνεια αυτή, που μπορεί να είναι ένας τοίχος, το δάπεδο ή το τοίχωμα μιας δεξαμενής νερού, βρίσκεται στην πορεία των ηλιακών ακτίνων. Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω στην επιφάνεια αυτή μετατρέπεται σε θερμότητα.



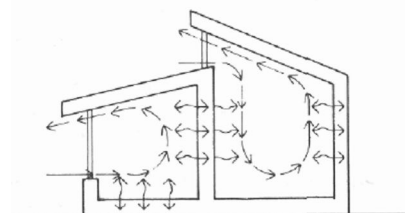
Απορροφητική επιφάνεια
Εικόνα 7-4. Απορροφητική επιφάνεια[28]

- **Συσσωρευτές θερμότητας:** Σαν συσσωρευτές της παγιδευμένης θερμότητας λειτουργούν εκείνα τα δομικά στοιχεία ή υλικά που μπορούν να αποθηκεύσουν λόγω του μεγάλου ειδικού τους βάρους, την θερμότητα που παράγεται από την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω στην απορροφητική επιφάνεια. Τα υλικά αυτά περιγράφονται ως μάζα αποθήκευσης θερμότητας. Η διαφορά ανάμεσα στην απορροφητική επιφάνεια και τον συσσωρευτή, που συχνά αποτελούν ένα ενιαίο δομικό στοιχείο, έγκειται στο ότι η πρώτη είναι απλά μια ελεύθερη επιφάνεια που δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία ενώ σαν συσσωρευτής λειτουργεί η μάζα του δομικού στοιχείου στο οποίο περνάει εξ επαφής η θερμότητα της απορροφητικής επιφάνειας.



Συσσωρευτής
Εικόνα 7-6. Συσσωρευτής ηλιακής

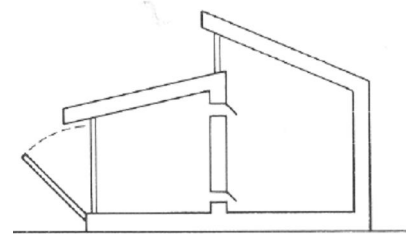
- **Κατανομή της θερμότητας:** Πρόκειται για την διαδικασία με την οποία η θερμότητα της ηλιακής



Κατανομή
Εικόνα 7-5. Κατανομή της θερμότητας[28]

ακτινοβολίας μεταδίδεται στα διάφορα τμήματα της κατοικίας. Ένα "καθαρό" σύστημα παθητικής αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας βασίζεται απόλυτα στους τρεις φυσικούς τρόπους διάδοσης της θερμότητας, με αγωγιμότητα, με μεταφορά και με ακτινοβολία. Σε μερικές ωστόσο εφαρμογές χρησιμοποιούνται βοηθητικά συστήματα εξαιριστήρων, σωληνώσεων κ.λπ. για την κατανομή της θερμότητας στο εσωτερικό της κατοικίας (μικτά συστήματα).

- Ρύθμιση θερμότητας: Βασίζεται σε κινητά θερμομονωτικά στοιχεία από τα οποία εξαρτάται η απόδοση του όλου συστήματος. Τα κινητά αυτά θερμομονωτικά στοιχεία εμποδίζουν την απώλεια θερμότητας τις νυχτερινές ώρες, κυρίως μέσω των ανοιγμάτων από τα οποία την ημέρα εισχωρεί η ηλιακή ακτινοβολία. Άλλα στοιχεία που βοηθούν στην αποφυγή χαμηλών ή πολύ ψηλών θερμοκρασιών είναι για παράδειγμα κάποιος ηλεκτρονικός διακόπτης, λ.χ. ένας θερμοστάτης, που θέτει αυτόματα σε λειτουργία έναν εξαιριστήρα ή κινητά ανοίγματα ή στόρια που διευκολύνουν ή παρεμποδίζουν την κίνηση του θερμού αέρα, γείσα και μαρκίζες που σκιάζουν τα ανοίγματα, τις επιφάνειες συλλογής της ηλιακής ενέργειας, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.[27]



Ρύθμιση

Εικόνα 7-7. Ρύθμιση θερμότητας με κινητά υαλοστάσια[28]

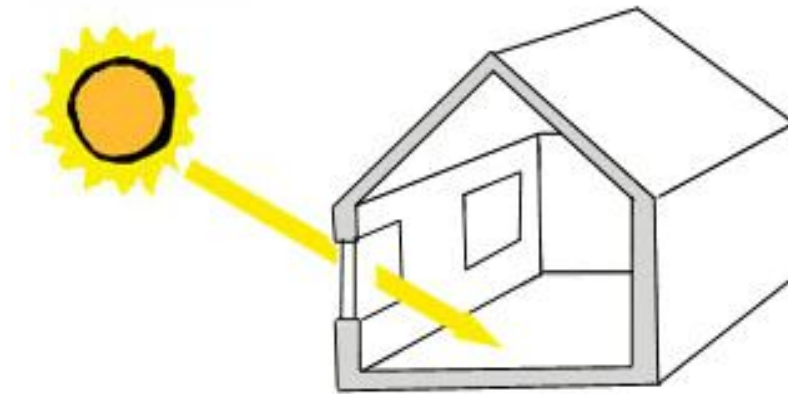
7.3. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Σύμφωνα με τη θέση των στοιχείων συλλογής και αποθήκευσης ενέργειας καθώς και τη θέση του χώρου που θερμαίνεται προκύπτουν οι εξής κατηγορίες συστημάτων:

- Άμεσου ηλιακού οφέλους: στο οποίο η συλλογή, αποθήκευση και μετάδοση θερμότητας γίνεται μέσα στο χώρο όπου έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί το σύστημα.
- Έμμεσου ηλιακού οφέλους: στο οποίο η συλλογή και αποθήκευση θερμότητας γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένο τμήμα του κελύφους, επαπτόμενο του χώρου που προβλέπεται να θερμανθεί.
- Απομονωμένου ηλιακού οφέλους: στο οποίο το στοιχείο συλλογής είναι απομακρυσμένο από την αποθήκη θερμότητας και το χώρο που υπολογίζεται να θερμανθεί από το σύστημα, οπότε δημιουργείται τους ειδικός μηχανισμός μετάδοσης: θερμότητας μεταξύ του στοιχείου συλλογής - αποθήκης θερμότητας - χώρου.

7.4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΜΕΣΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ

Πρόκειται για τις απλούστερες και πιο διαδεδομένες ηλιακές διατάξεις, όπου ο χώρος του κτιρίου θερμαίνεται άμεσα με την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου.



Εικόνα 7-8. Άμεσο ηλιακό κέρδος[28]

Τα συστήματα αυτά αξιοποιούν άμεσα την ηλιακή ενέργεια, που συλλέγεται από τα γυάλινα ανοίγματα νότιου προσανατολισμού και απαιτούν:

- μεγάλες γυάλινες επιφάνειες στη νότια όψη του κτιρίου
- θερμομόνωση των τοίχων
- μεγάλη θερμική μάζα
- κινητή μόνωση με ρολά ή πατζούρια για τη νυχτερινή προστασία των ανοιγμάτων κατά τη χειμερινή περίοδο.

Οι γενικές κατηγορίες των συστημάτων άμεσου κέρδους προσδιορίζονται από τρεις παράγοντες: τα χαρακτηριστικά του ανοίγματος συλλογής, την αλληλεπίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται, της θερμότητας που αποθηκεύεται και της μεθόδου διανομής της ενέργειας στο χώρο που θα θερμανθεί.

Το πιο απλό σύστημα είναι αυτό του άμεσου κέρδους, που αποτελείται κυρίως από ένα καλά μονωμένο κτίριο με μια σχετικά μεγάλη νότια ή/ και ανατολικά προσανατολισμένη επιφάνεια με τζάμι που δέχεται τις ακτίνες του χειμερινού ήλιου υπό μικρή γωνία. Όσον αφορά τη δυτική όψη συνίσταται η ελαχιστοποίηση των ανοιγμάτων σε αυτές για την αποφυγή υπερθερμάνσεων τη θερινή περίοδο, όπως επίσης και στη βορινή για τον έλεγχο των θερμικών απωλειών. Στις τελευταίες περιπτώσεις οι διαστάσεις των ανοιγμάτων θα πρέπει να καλύπτουν τις απαιτήσεις των χώρων σε φυσικό φωτισμό και αερισμό. Τα συστήματά άμεσου κέρδους χρησιμοποιούν τους χώρους που καταλαμβάνει το κτίριο για τη συλλογή, την αποθήκευση και τη διανομή της ηλιακής θερμότητας και, εφ' όσον είναι σωστά σχεδιασμένα, μπορεί να αποτελέσουν την πιο αποτελεσματική και πρακτική λύση για τις ευρωπαϊκές συνθήκες.

Οι βασικές απαιτήσεις για ένα σύστημα άμεσου κέρδους είναι: μια μεγάλη νότια ή και ανατολικά προσανατολισμένη επιφάνεια με τζάμι με ένα χώρο διαβίωσης αμέσως πίσω από το τζάμι. Βασικό κριτήριο για την επιλογή του κατάλληλου ποιοτικά ανοίγματος, αποτελεί εκτός από το συντελεστή θερμοπερατότητας και ο συντελεστής μετάδοσης της θερμικής ηλιακής ενέργειας. Είναι προφανές ότι όσο πιο μικρός είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας και όσο πιο μεγάλος ο συντελεστής διεύθυνσης της συνολικής θερμικής ενέργειας, τόσο πιο αποτελεσματικό αποδεικνύεται το άνοιγμα σε νότιο προσανατολισμό. Εκτός από τα ανοίγματα το σύστημα αποτελείται από την απαιτούμενη θερμική μάζα (χρήση υλικών υψηλής

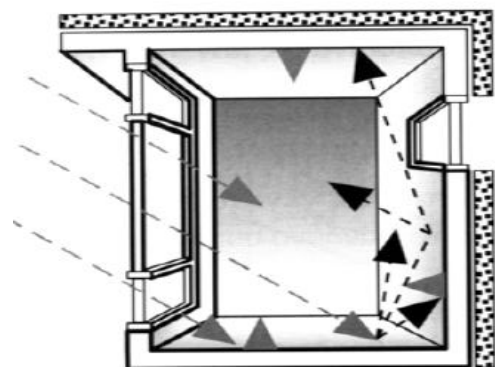
θερμοχωρητικότητας), την κατάλληλη θερμική προστασία (θερμομόνωση κελύφους, διπλοί υαλοπίνακες) και την απαιτούμενη ηλιοπροστασία κατά τους θερινούς μήνες. Η θερμική μάζα μπορεί να είναι στην οροφή, στο δάπεδο, στους τοίχους. Η έκταση και η χωρητικότητά τους πρέπει να είναι κατάλληλα κατανεμημένη και τοποθετημένη για ηλιακή έκθεση και αποθήκευση. Ένα μέσο μόνωσης πρέπει να προστατεύει τη μάζα θερμικής αποθήκευσης από τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες. Για την πρώτη απαίτηση, μια κατάλληλη επιφάνεια κατακόρυφου τζαμιού, συχνά διπλού για ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών, προσανατολίζεται νότια ώστε να δέχεται τη μέγιστη ωφέλιμη ακτινοβολία, περιορίζοντας το ηλιακό κέρδος το καλοκαίρι. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από τους υαλοπίνακες και μέρος αυτής αποδίδεται άμεσα στο χώρο, ενώ μέρος αποθηκεύεται στη μάζα του κτιρίου (τοίχοι, δάπεδα, οροφές, όταν αυτά έχουν υψηλή θερμοχωρητικότητα) και αποδίδεται με χρονική καθυστέρηση.

Για να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα και η χρησιμότητά του άμεσου κέρδους και των άλλων παθητικών συστημάτων, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη διάφοροι τρόποι ελέγχου. Οι μεγάλες επιφάνειες τζαμιού που απαιτούνται στα κτίρια άμεσου κέρδους μπορεί να οδηγήσουν σε ακραίες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας (προς αμφότερες τις κατευθύνσεις) στο χώρο διαβίωσης. Επιπλέον άστοχη επιλογή της ποιότητας των υαλοπινάκων, σε σχέση με τον προσανατολισμό και τις απαιτήσεις των χώρων, ενδέχεται να οδηγήσει σε αρνητικά αποτελέσματα (παρεμπόδιση εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας στους εσωτερικούς χώρους τη χειμερινή περίοδο, αύξηση απωλειών, μείωση φυσικού φωτισμού, οπτικής άνεσης κ.λπ.). Στο χώρο πρέπει να εγκατασταθεί επαρκής θερμική μάζα ώστε να απορροφά και να αποθηκεύει την περίσσεια ενέργειας και να μετριάξει αυτές τις διακυμάνσεις. Για την πρόληψη υπερθέρμανσης, συνήθως απαιτείται σκίαση για τα τζάμια που έχουν όψη προς το νότο. Το μεγάλο ύψος του ήλιου κατά το θέρος επιτρέπει ώστε τα προστεγάσματα να παρέχουν συχνά επαρκή σκίαση σε νότια κατακόρυφα τζάμια.

Για την αποφυγή ανεπιθύμητων απωλειών θερμότητας το χειμώνα, ή κατά τη νύχτα, είναι αναγκαία η ύπαρξη μόνωσης. Ικανοποιητική μπορεί να αποδειχτεί και η μόνωση των υαλοστασίων με τη μορφή κινητών πλαισίων όπως κουρτίνες και παραθυρόφυλλα αποφεύγοντας έτσι τις ανεπιθύμητες απώλειες θερμότητας. Η κινητή μόνωση μπορεί επίσης να αποτρέψει την υπερθέρμανση, στην αρχή ή στο τέλος της περιόδου θέρμανσης. Χωρίς αυτές τις ενέργειες ελέγχου, ένα παθητικό σύστημα μπορεί να προξενήσει σημαντική έλλειψη άνεσης που να οφείλεται στις απώλειες του χειμώνα και την υπερθέρμανση του θέρους, της άνοιξης και του φθινοπώρου.

Η αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου συστήματος επηρεάζεται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Προσανατολισμός ανοιγμάτων. Το 90% της ηλιακής ακτινοβολίας δεσμεύεται όταν τα ανοίγματα προσανατολίζονται στο Νότο με δυνατότητα απόκλισης 30° ανατολικά ή δυτικά. Αποκλίσεις έως 30° εκατέρωθεν του νότου είναι αποδεκτές για τη λειτουργία του συστήματος καθότι δεν ελαττώνεται σημαντικά η ένταση της



Εικόνα 7-9. Εισαγωγή ηλιακής ακτινοβολίας μέσω υαλοστασίων[28]

ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο υαλοστάσιο. Σημειώνεται ότι για να διασφαλίζεται ο ηλιασμός όλου του εσωτερικού χώρου από τα ανοίγματα της νότιας πρόσοψης, θα πρέπει το βάθος του κτιρίου να μην είναι μεγαλύτερο από 2.5 φορές το ύψος του παραθύρου. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν κατακόρυφα υαλοστάσια (φεγγίτες)στη στέγαση για να εισέλθει ηλιακή ακτινοβολία και σε χώρους που δεν συνορεύουν με τη νότια όψη του κτιρίου.

- Κλίση ανοιγμάτων. Τα κατακόρυφα ανοίγματα έχουν μεγάλο ηλιασμό τον χειμώνα και μικρό ηλιασμό το καλοκαίρι.
- Μέγεθος ανοιγμάτων. Εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και είναι αντιστρόφως ανάλογο της εξωτερικής θερμοκρασίας τον χειμώνα. Είναι προφανές ότι η αύξηση του εμβαδού των υαλοστασίων αυξάνει αναλογικά και την ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται, θετικό καταρχήν στοιχείο για τη θερμική λειτουργία του συστήματος. Αρνητική όμως είναι η επίπτωση από τη μεγαλύτερη πιθανότητα οπτικής θάμβωσης την ημέρα, τις μεγαλύτερες θερμικές απώλειες τη νύχτα και τον κίνδυνο υπερθέρμανσης του χώρου το καλοκαίρι.

Οι δυνατότητες παρέμβασης που προσφέρονται για να μειωθούν οι αρνητικές επιπτώσεις του μεγέθους του υαλοστασίου είναι η επιλογή ειδικού τύπου υαλοπίνακα, η τοποθέτηση διπλών ή τριπλών υαλοπινάκων, ο εξωτερικός σκιασμός του υαλοστασίου, ο εσωτερικός σκιασμός του υαλοστασίου και η νυχτερινή μόνωση του υαλοστασίου.

- Θέση ανοιγμάτων. Επειδή ο ηλιασμός πρέπει να διανέμεται ομοιόμορφα στο εσωτερικό του κτιρίου, το βάθος του χώρου επιβάλλεται να είναι μικρότερο από το γινόμενο του ύψους του ανοίγματος, που μετριέται από το δάπεδο, επί τον συντελεστή 2,5. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, πρέπει να προβλεφτούν κατακόρυφοι φεγγίτες ή ανοίγματα στην οροφή.
- Τύπος υαλοπίνακα. Οι διπλοί υαλοπίνακες έχουν μικρότερη διαπερατότητα από τους απλούς, που κατασκευάζονται από γυαλί με τα ίδια χαρακτηριστικά. Η χρήση διπλών υαλοπινάκων μειώνει το ποσό της εισερχόμενης ακτινοβολίας, αλλά και δεν επιτρέπει στην, έστω μειωμένη, θερμική ενέργεια να διαφύγει από το κτίριο. Προτείνεται η χρήση υαλοπινάκων που διαχέουν το φως, γιατί διανέμουν τη θερμική ενέργεια προς όλες τις κατευθύνσεις και συνεισφέρουν στην αποφυγή της θάμβωσης, αλλά μικρής διαπερατότητας για τα θερμά κλίματα και μεγάλης για τα ψυχρά.
- Θερμική μάζα δομικών στοιχείων. Τα δομικά στοιχεία ενός χώρου (τοιχοί, δάπεδο, οροφή) πρέπει να έχουν τουλάχιστον 9 φορές μεγαλύτερη επιφάνεια από τα ανοίγματα και να κατασκευάζονται από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα, για να μπορούν να απορροφούν και να αποθηκεύουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Η ποσότητα της μάζας θερμικής αποθήκευσης συμβάλλει στην απόσβεση τους έντονης διακύμανσης της θερμοκρασίας του χώρου τόσο στη διάρκεια της ημέρας, εφόσον φορτιζόμενη θερμικά καθυστερεί την άνοδο της θερμοκρασίας του αέρα, όσο και κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν αποφορτιζόμενη από τη θερμότητα που συνέλεξε συμβάλλει στην καθυστέρηση πτώσης της θερμοκρασίας του αέρα. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για αποθήκευση θερμότητας είναι τα οικοδομικά υλικά με υψηλή θερμοχωρητικότητα, το οπλισμένο σκυρόδεμα, τα τούβλα, το μάρμαρο, τα κεραμικά πλακίδια κ.α. Στην περίπτωση που η κύρια θερμική αποθήκη τοποθετείται στο πάτωμα συνιστάται να επιλεγεί υλικό με σκούρο χρώμα επειδή επιτυγχάνεται μεγαλύτερη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι συμβατικές ελληνικές οικοδομικές κατασκευές, με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, τοίχους από τούβλα και δάπεδα από μάρμαρο, μωσαϊκό ή κεραμικά πλακίδια προσφέρουν αμέσως και χωρίς επιπλέον οικονομική επιβάρυνση τα κατάλληλα υλικά για αποθήκευση θερμότητας. Βασική προϋπόθεση για τη λειτουργία της αποθήκευσης είναι

ότι δεν θα εμποδιστεί η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας με κουρτίνες ή άλλα πετάσματα και δεν θα καλυφθεί το δάπεδο στα σημεία που προσπίπτει ο ήλιος με χαλιά και έπιπλα.

- Θερμομόνωση του κτιρίου. Βασική προϋπόθεση για τη λειτουργία του συστήματος άμεσου ηλιακού οφέλους, και των άλλων παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης είναι ότι το δομικό κέλυφος του κτιρίου θα έχει επαρκώς θερμομονωθεί.

7.4.1. Υαλοστάσια και βελτίωση των θερμικών και ηλιακών ιδιοτήτων τους

Τα υαλοστάσια αποτελούν την πιο συνηθισμένη μορφή συστήματος άμεσου ηλιακού κέρδους. Το τζάμι εν συνεχεία αποτελεί το πιο συνηθισμένο υλικό που χρησιμοποιείται στα υαλοστάσια, παρόλο που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα διαφανή ή ημιδιαφανή πλαστικά υλικά, ανάλογα με την περίπτωση.

Τα περισσότερα υλικά των υαλοστασίων έχουν μικρή θερμική αντίσταση, και το κύριο θερμικό τους φράγμα είναι ο διαχωρισμός του εσωτερικού από τον εξωτερικό αέρα. Η πρόκληση είναι να διατηρηθεί αποτελεσματικός συντελεστής μετάδοσης ηλιακής ενέργειας και να περιοριστούν οι απώλειες θερμότητας. Οι θερμικές και ηλιακές ιδιότητες των υαλοστασίων μπορούν να βελτιωθούν με διάφορους τρόπους, μερικοί εκ των οποίων παρουσιάζονται παρακάτω:

- Η προσθήκη ενός ή περισσότερων τζαμιών βελτιώνει τις μονωτικές ιδιότητες με το σχηματισμό ενός στρώματος παγιδευμένου αέρα, αλλά περιορίζει λίγο το συντελεστή ηλιακής διαπερατότητας. Επιπρόσθετα, ένα βαρύ αέριο μπορεί να τοποθετηθεί στο διάκενο μεταξύ των φύλλων τζαμιού, ενώ μπορεί να προστεθεί και μια επιλεκτική βαφή σε μια επιφάνεια στο τζάμι. Το βαρύ αέριο (όπως παραδείγματος χάριν το αργό) περιορίζει τις απώλειες θερμότητας από μεταφορά και η επιλεκτική επιφάνεια είναι διαπερατή από την ηλιακή (μικρού μήκους κύματος) ακτινοβολία, αλλά αντανάκλα τη θερμική (μεγάλου μήκους κύματος) ακτινοβολία από το χώρο που κατοικείται προς το εξωτερικό περιβάλλον. Συνδυάζοντας τα δύο αυτά φαινόμενα είναι δυνατό να περιοριστεί σημαντικά η μεταφορά θερμότητας μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών τζαμιών, με μια μικρή μόνο μείωση του συντελεστή ηλιακής διαπερατότητας. Ένας χώρος γεμάτος με αέρα ή αέριο μεταξύ των υαλοπετασμάτων έχει θερμική αντίσταση που είναι ανάλογη προς το πλάτος του μέχρι περίπου τα είκοσι χιλιοστά. Μετά αυτή παραμένει σταθερή μέχρι τα εξήντα χιλιοστά και ελαττώνεται λίγο μετά από αυτό το διάκενο.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και γυαλί με χαμηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο. Το γυαλί αυτό έχει μεγαλύτερο συντελεστή ηλιακής διαπερατότητας από ότι το κοινό γυαλί και το κόστος παραγωγής του είναι κατά ελάχιστο πιο ακριβό.
- Τα αντανάκλαστικά τζάμια που μπορεί να βοηθήσουν στην αποφυγή της εσωτερικής υπερθέρμανσης κατά το θέρος μπορεί επίσης να επιτρέψουν να περάσει λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία κατά την περίοδο θέρμανσης, με συνέπεια να μην ανταποκρίνονται στην ανάγκη μεγιστοποίησης του ηλιακού κέρδους. Αναπτύσσονται διάφοροι τύποι τζαμιών με συντελεστές διαπερατότητας που μεταβάλλονται ώστε να παρέχουν βελτιωμένο έλεγχο του ηλιασμού.

- Άλλα υλικά που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν περιλαμβάνουν διάφορους τύπους διαφανών φύλλων πολυμερών. Μερικά από αυτά έχουν πολύ υψηλό συντελεστή ηλιακής διαπερατότητας και γι αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε δομές πολλαπλών πετασμάτων παρέχοντας καλή θερμική και ηλιακή απόδοση. Πολλά από αυτά είναι διαπερατά από θερμική ακτινοβολία (μεγάλου μήκους κύματος), λιγότερο ανθεκτικά από το γυαλί και με πλαίσια μεγαλύτερου κόστους.
- Οι απώλειες θερμότητας που οφείλονται στην θερμική προς τον εξωτερικό χώρο ακτινοβολία μπορεί να περιοριστούν με τη χρήση τζαμιών που καλύπτονται με στρώμα χαμηλού συντελεστή εκπομπής.
- Μερικές φορές μπορεί να είναι αναγκαία η χρήση προστεγασμάτων για να διατηρηθεί η θερμική και η οπτική άνεση στις περιοχές κοντά στο υαλοστάσιο. Πάντως αυτό θα ελαττώσει το ολικό ηλιακό κέρδος το κτίριο, με σημαντικά αποτελέσματα κατά την περίοδο θέρμανσης.

Όταν αντιμετωπίζεται μια εναλλακτική λύση για το γυαλί, τα σημεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι: Μπορεί η ανθεκτικότητά του να συγκριθεί με αυτή του γυαλιού; Είναι κατάλληλα τα χαρακτηριστικά αντίστασης του στη φωτιά; Άλλα σημεία θα είναι το κόστος, το ξεθώριασμα των χρωμάτων, η διαφάνεια και η ασφάλεια ειδικά για τα υαλοστάσια επικάλυψης.

Το πλαίσιο του παραθύρου θα παίξει επίσης ρόλο στις θερμικές απώλειες. Υπάρχουν και άλλα θέματα που θα επηρεάσουν στην επιλογή του πλαισίου, όπως η σταθερότητα, η ευκολία καθαρισμού, το χρώμα κ.λπ. Τα ξύλινα πλαίσια ή τα πλαίσια από PVC έχουν καλές θερμικές ιδιότητες. Τα πλαίσια αλουμινίου με θερμική διακοπή συχνά έχουν περισσότερες θερμικές απώλειες αλλά λιγότερες από το πλαίσιο αλουμινίου χωρίς θερμική διακοπή ή χαλύβδινα πλαίσια που μπορεί να παρουσιάσουν διάφορα προβλήματα συμπίκνωσης.

Η ακτινοβολία σε ένα άνοιγμα μπορεί να αυξηθεί με την τοποθέτηση ανακλαστήρων μπροστά από το σύστημα του υαλοστασίου. Οι ανακλαστήρες μπορεί να είναι μεταλλικές επιφάνειες που μερικές φορές προστατεύονται με τζάμι. Νερό, χιόνι ή άλλες επιφάνειες ανοιχτού χρώματος μπορεί να έχουν όμοιο αποτέλεσμα. Η ανάκλαση μπορεί να είναι συγκεντρωμένη ή διάχυτη. Γυαλιστερές μεταλλικές επιφάνειες δίνουν κυρίως συγκεντρωμένη ανάκλαση ενώ οι περισσότερες άλλες επιφάνειες δίνουν διάχυτη.

Μπορεί να είναι αναγκαίο να ρυθμιστεί η γωνία ενός μεταλλικού ανακλαστήρα για να μεγιστοποιηθεί το ωφέλιμο κέρδος κατά την περίοδο θέρμανσης. Αν και αυτό είναι κοινό στους ανακλαστήρες σε άλλες ηλιακές εφαρμογές, στα παθητικά ηλιακά κτίρια μπορεί να προκληθούν προβλήματα θάμβωσης, ειδικά αν τοποθετηθούν μπροστά από τα παράθυρα κάτω από το ύψος του οφθαλμού.

Η ανάκλαση από ανακλαστήρες διάχυσης δε θα είναι τόσο αποτελεσματική. Οι ανακλάσεις τους είναι συχνά μικρότερες από τις αντίστοιχες των μεταλλικών επιφανειών και η ακτινοβολία που ανακλάται ανά μονάδα επιφάνειας και στη συνέχεια μεταδίδεται κατά τη διεύθυνση του παρακείμενου ανοίγματος είναι μικρότερη. Οι ανακλαστήρες διάχυσης έχουν το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους και δεν χρειάζονται περιοδική ρύθμιση.

7.4.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα συστημάτων άμεσου ηλιακού κέρδους

Πλεονεκτήματα συστημάτων άμεσου ηλιακού κέρδους:

- Είναι τα απλούστερα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης ως προς τη δομή και τη λειτουργία τους. Εάν το κτίριο στο οποίο εφαρμόζονται έχει φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, το κόστος εφαρμογής τους μπορεί να είναι από πολύ μικρό έως αμελητέο. Τα υλικά και οι τεχνικές που απαιτούνται για την εφαρμογή και τον έλεγχό τους είναι κατά κανόνα συμβατικά, τρέχουσας οικοδομικής λειτουργίας.
- Οι επιφάνειες υαλοστασίων που απαιτούνται για τη θέρμανση συνεισφέρουν και στο φυσικό φωτισμό των χώρων, όπως και στην οπτική επαφή με το περιβάλλον, αρκεί για το τελευταίο να είναι ευνοϊκός ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων.
- Ο σχεδιασμός του συστήματος επιτρέπει μεγάλο βαθμό ελευθερίας μορφής και υλικών στη σύνθεση του κτιρίου.
- Τα τζάμια αποτελούν φτηνό δομικό υλικό, που έχει μελετηθεί ιδιαίτερα και είναι ετοιμοπαράδοτα.
- Παρουσιάζει την υψηλότερη απόδοση από όλα τα άλλα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης.
- Το όλο σύστημα μπορεί να αποτελεί μια από τις πιο φθηνές μεθόδους ηλιακής θέρμανσης χώρου.

Μειονεκτήματα συστημάτων άμεσου ηλιακού κέρδους:

- Οι ακάλυπτες επιφάνειες υαλοστασίων μπορεί να προκαλέσουν οπτική θάμβωση και περιορισμό της ιδιωτικότητας των χρηστών του κτιρίου.
- Το υπεριώδες τμήμα της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας φθείρει τα χρώματα ευαίσθητων υλικών.
- Πρέπει να ληφθούν μέτρα για την ασφάλεια των υαλοστασίων, με τρόπο όμως που δεν θα περιορίζει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Αν χρησιμοποιούνται μεγάλες επιφάνειες με τζάμι, απαιτείται μεγάλη ποσότητα θερμικής μάζας για να προσαρμόζει τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και μπορεί να αποβεί δαπανηρή κατασκευή αν η μάζα των εξυπηρετεί κάποιο κατασκευαστικό σκοπό. Κτίρια με πολύ καλή μόνωση θα χρειαστούν μικρότερες επιφάνειες με τζάμια και πιο λίγες θερμικές μάζες.
- Η απαίτηση να χρησιμοποιούνται «σκληρά» δάπεδα, όπως π.χ. από μάρμαρο ή από κεραμικά πλακίδια, για λόγους θερμικής αποθήκευσης, δεν είναι πάντοτε λειτουργικά αποδεκτή.
- Εάν δεν γίνουν οι κατάλληλοι χειρισμοί ρυθμίσεων του συστήματος, υπάρχει πιθανότητα να δημιουργηθεί σοβαρή απόκλιση από τις συνθήκες θερμικής άνεσης. [4],[12],[21],[27],[28]

7.5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΜΜΕΣΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ

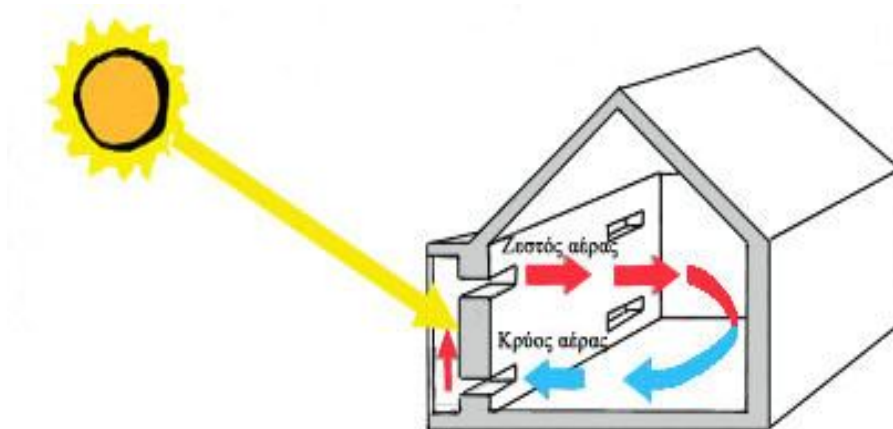
Σε αυτά τα συστήματα η συλλογή και αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας πραγματοποιείται σε έναν συλλέκτη που βρίσκεται εξωτερικά του χώρου προς θέρμανση ή ψύξη. Βασικό χαρακτηριστικό αυτών των διατάξεων είναι η χρονική υστέρηση της απόδοσης

της θερμότητας στον χώρο από την ώρα που πραγματοποιείται η συλλογή. Η απόδοση της θερμότητας στο χώρο μπορεί να γίνει είτε με αγωγή είτε με χρήση αγωγών αέρα.

Τα συστήματα αυτά αξιοποιούν με έμμεσο τρόπο την ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση των κτιρίων και διακρίνονται σε τρία είδη:

- Τοίχος θερμικής αποθήκευσης
- Θερμοκήπιο προσαρτημένο σε κτίριο
- Ηλιακό αίθριο

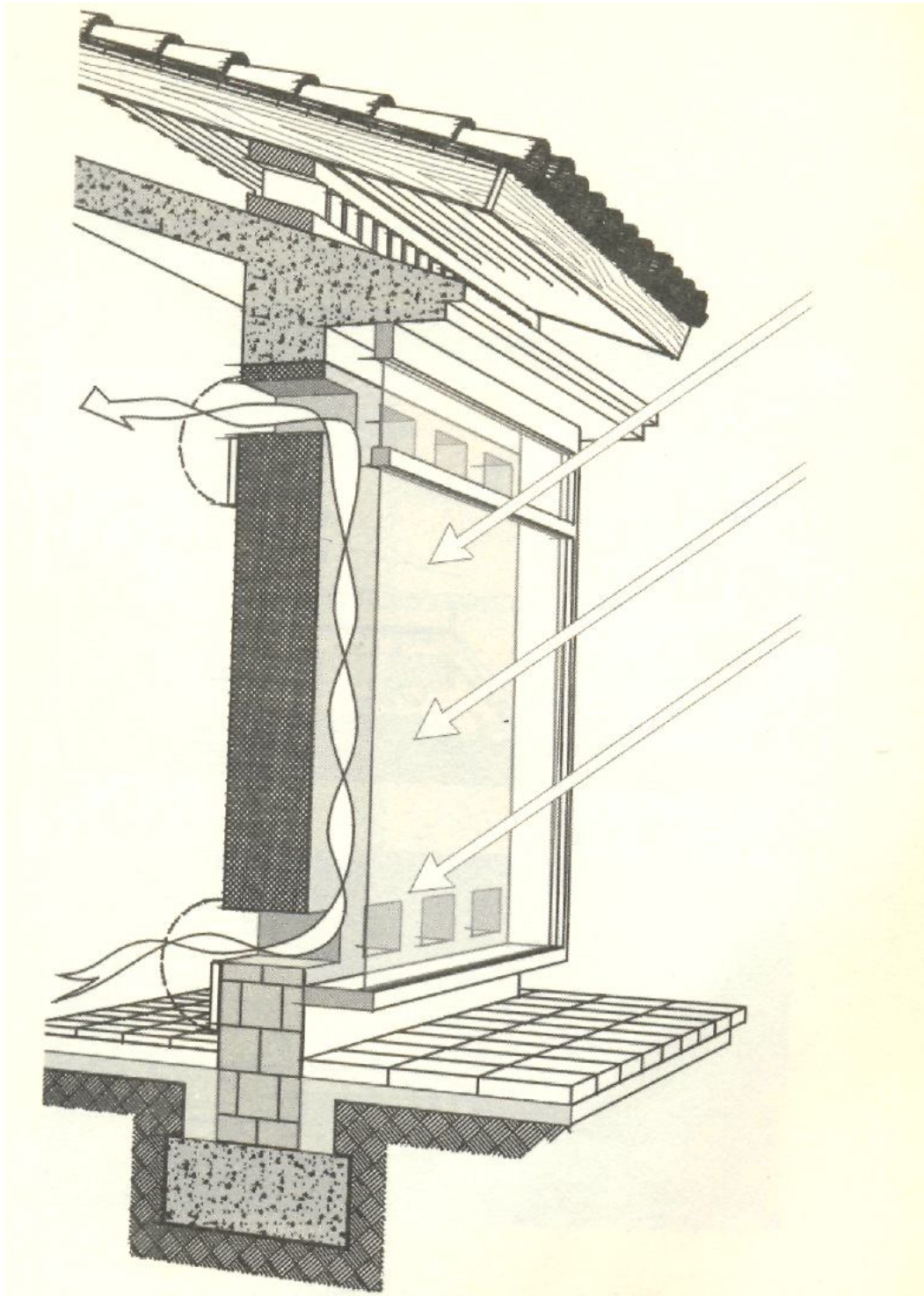
ΤΟΙΧΟΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ:



Εικόνα 7-10. Έμμεσο ηλιακό κέρδος με τοίχο θερμικής αποθήκευσης[28]

Είναι ο συνδυασμός τοίχου νότιου προσανατολισμού και εξωτερικού υαλοστασίου, το οποίο βρίσκεται σε απόσταση 10 cm περίπου από τον τοίχο και είναι σταθερό ή ανοιγόμενο με μονούς ή διπλούς υαλοπίνακες. Ο τοίχος κατασκευάζεται από υλικό μεγάλης θερμοχωρητικότητας (μπετόν, πέτρα, τούβλα) για να διασφαλίζει χρονική καθυστέρηση 6-8 h, έτσι ώστε η εσωτερική του επιφάνεια να έχει τη μέγιστη θερμοκρασία στην αρχή της νύχτας.

Η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά το υαλοστάσιο, εγκλωβίζεται στον κενό χώρο μεταξύ αυτού και του τοίχου και μετατρέπεται σε θερμότητα. Στη συνέχεια η θερμότητα απορροφάται από τον τοίχο, θερμαίνοντας την εξωτερική πλευρά, τη μάζα του και την εσωτερική πλευρά με αγωγιμότητα και, τέλος, μεταδίδεται με μετάβαση και ακτινοβολία στον εσωτερικό χώρο. Στην εξωτερική πλευρά του τοίχου πρέπει να υπάρχει οπωσδήποτε κινούμενο σκίαστρο, το οποίο προστατεύει τον χώρο από την υπερθέρμανση το καλοκαίρι και τις θερμικές απώλειες τις νύχτες του χειμώνα.



Εικόνα 7-11. Τοίχος θερμικής αποθήκευσης[12]

Η τοιχοποιία είναι είτε αμόνωτος τοίχος μεγάλης θερμικής μάζας, είτε θερμομονωμένος, ενώ το υαλοστάσιο μπορεί να είναι σταθερό ή ανοιγόμενο και να φέρει μονούς ή διπλούς υαλοπίνακες.

Ο αέρας στον ενδιάμεσο χώρο μεταξύ τζαμιού και μάζας συσσώρευσης μπορεί να φτάσει την υψηλή θερμοκρασία των 60°C τις ανέφελες ημέρες. Σημείο-κλειδί στην καλύτερη απόδοση αυτών των συστημάτων είναι η φυσική κυκλοφορία του αέρα, η οποία βασίζεται στο

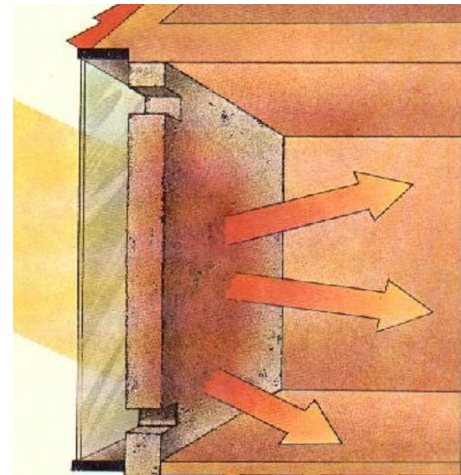
γεγονός ότι ο θερμότερος αέρας είναι ελαφρύτερος και αποκτά ανοδική κίνηση. Όταν φθάνει σε μια ψυχρότερη περιοχή αποβάλλει τη θερμότητα του και ψύχεται. Τότε όμως γίνεται βαρύτερος, κινείται προς τα κάτω και επιστρέφει στον ηλιακό τοίχο για να θερμανθεί και να επαναλάβει τον κύκλο του. Με τη χρήση ανοιγμάτων αερισμού στην κορυφή και τη βάση της μάζας συσσώρευσης, ο θερμός αέρας ανεβαίνει και εισέρχεται στο χώρο διαβίωσης, και ταυτόχρονα έλκει το ψυχρό αέρα του χώρου από τις κάτω οπές στο χώρο του συλλέκτη. Οι θυρίδες θα πρέπει να ελέγχονται με φραγές, ώστε να προλαμβάνεται η αντίστροφη κυκλοφορία τη νύχτα, που μπορεί να περιορίσει την αποτελεσματικότητα του τοίχου μέχρι 10% περίπου. Τα μέσα αποθήκευσης, διανομής και μόνωσης του τοίχου από τον εξωτερικό αέρα επηρεάζουν τη λειτουργική απόδοση του τοίχου Trombe και των συστημάτων τοίχου μάζας.

Για τη βέλτιστη απόδοση το χειμώνα, είναι αναγκαίο να μειωθεί η άσκοπη απώλεια θερμότητας προς τον ουρανό τη νύχτα ή τις συννεφιασμένες ημέρες. Αυτό μπορεί να γίνει με εξωτερικά μονωμένα παραθυρόφυλλα, με τη βελτίωση του συντελεστή μόνωσης του υαλοστασίου (διπλό τζάμι ή τζάμι που αντανακλά τη θερμότητα ή με τη χρήση διαφανούς μόνωσης) και με την εφαρμογή επιλεκτική βαφής, με υψηλό δείκτη απορροφητικότητας της ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά μικρό δείκτη εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας, στην επιφάνεια της τοιχοποιίας. Το θέρος, η ανεπιθύμητη θέρμανση της μάζας συσσώρευσης μπορεί να αποτραπεί με τη χρήση προστεγασμάτων, κλείσιμο της εξωτερικής μόνωσης ή με τη χρήση εξωτερικών οπών αερισμού, ώστε ο αέρας που βρίσκεται στο διάκενο να κατευθύνεται προς το εξωτερικό περιβάλλον, παρασύροντας και τον αέρα του εσωτερικού χώρου.

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης παρουσιάζεται με τρεις διαφορετικές μορφές:

- **Τοίχος Trombe:** Ή διαφορετικά ηλιακός τοίχος θερμοσιφωνικής ροής. Μελετήθηκε από τον καθηγητή P. Trombe στη Γαλλία και αποτελείται από έναν τοίχο από μπετόν πάχους 30-40 cm, βαμμένο εξωτερικά με σκούρο χρώμα, μπροστά από τον οποίο υπάρχει υαλοστάσιο σε απόσταση 5 cm περίπου. Σε όλο το μήκος του τοίχου, στο πάνω και κάτω μέρος, υπάρχουν θυρίδες για να διευκολύνουν την κίνηση του αέρα. Η λειτουργία του συστήματος οφείλεται στο φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού και πραγματοποιείται με την κυκλοφορία του αέρα στο χώρο ανάμεσα στον υαλοπίνακα και τον τοίχο, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας. Ο τοίχος φέρει θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα του. Όταν οι θυρίδες είναι ανοιχτές, μέρος της θερμικής ενέργειας, που συσσωρεύεται στο διάκενο, μεταφέρεται άμεσα στον χώρο, με φυσική κυκλοφορία. Έτσι, κατά τη διάρκεια της ημέρας ο θερμός αέρας κινείται προς τα πάνω και μέσα από τη θυρίδα μπαίνει στον εσωτερικό χώρο, ενώ ο ψυχρότερος αέρας από τον εσωτερικό χώρο περνάει από την κάτω θυρίδα και αντικαθιστά το κενό, που δημιουργήθηκε στο χώρο μεταξύ υαλοπίνακα και τοίχου. Κατά τη διάρκεια της νύχτας η λειτουργία του συστήματος αντιστρέφεται. Οι θυρίδες κλείνουν και η θέρμανση του χώρου γίνεται με ακτινοβολία της θερμότητας, που αποθηκεύτηκε στον τοίχο. Το καλοκαίρι, όλο το εικοσιτετράωρο, η πάνω θυρίδα παραμένει κλειστή, ενώ ταυτόχρονα ανοίγει ένα τμήμα στο πάνω μέρος του υαλοστασίου (φεγγίτης), από το οποίο εξασφαλίζεται η απομάκρυνση του ζεστού αέρα προς τα έξω. Τέλος, ένα κινούμενο σκίαστρο στην εξωτερική πλευρά προστατεύει τον χώρο από την υπερθέρμανση το καλοκαίρι και τις θερμικές απώλειες τις νύχτες του χειμώνα.

- Τοίχος Μάζας:** Ή διαφορετικά ηλιακός τοίχος μη θερμοσιφωνικής ροής. Ο τοίχος μάζας διαφέρει από τον τοίχο Trombe ως προς το ότι δεν διαθέτει θυρίδες για την κυκλοφορία του αέρα, που στην περίπτωση αυτή παραμένει στάσιμος στο διάκενο. Η μετάδοση θερμότητας από τον τοίχο μάζας προς τον χώρο γίνεται μόνο με αγωγή έως την εσωτερική επιφάνεια του τοίχου, και από εκεί με ακτινοβολία και μεταφορά. Ο τοίχος μάζας αποδίδει λιγότερο από τον τοίχο θερμοσιφωνικής ροής επειδή σε αυτόν απουσιάζει το φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού με το οποίο η απαγωγή της ηλιακής θερμότητας γίνεται ταχύτερα. Επιπλέον, αυτό συμβάλλει και στη διατήρηση χαμηλότερων θερμοκρασιών στην εσωτερική του επιφάνεια με συνέπεια την αύξηση της απόδοσης του κατά 10% περίπου σε σχέση με τον τοίχο μάζας.

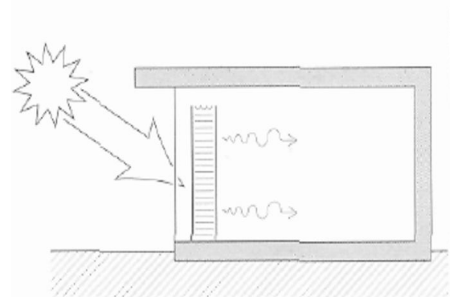


Εικόνα 7-12 Τοίχος μάζας[28]

- Τοίχος νερού:** Αυτός ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης μελετήθηκε ιδιαίτερα στην Αμερική και περιλαμβάνει μία ποσότητα νερού πίσω από ένα υαλοστάσιο.

Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στη μεγάλη θερμοχωρητικότητα του νερού, το οποίο αποθηκεύει το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο υλικό και για το λόγο αυτό ο τοίχος νερού έχει μικρότερη επιφάνεια από τον τοίχο Trombe.

Επειδή όμως το νερό θερμαίνεται ομοιόμορφα, η θερμοκρασία στην επιφάνεια του τοίχου είναι ίση εσωτερικά και εξωτερικά, με αποτέλεσμα το βράδυ να έχουμε ακτινοβολία θερμότητας προς τα μέσα και προς τα έξω. Για το λόγο αυτό επιβάλλεται η νυχτερινή θερμική μόνωση στην εξωτερική πλευρά του τοίχου.



Εικόνα 7-13. Τοίχος νερού[12]

- Οροφή νερού:** Αποτελεί παραλλαγή του προηγούμενου συστήματος και περιλαμβάνει πλαστικούς σάκους γεμάτους νερό, που τοποθετούνται στην πλάκα του κτιρίου, ενώ το καλοκαίρι λειτουργεί σαν σύστημα ψύξης. Η νυχτερινή θερμική μόνωση στην εξωτερική πλευρά της οροφής θεωρείται απαραίτητη.

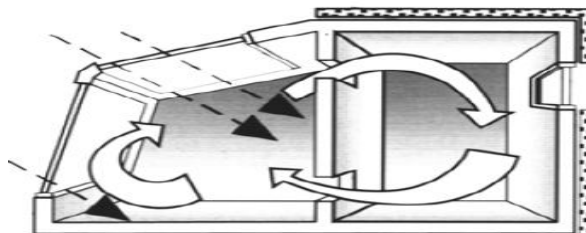
Ένας τοίχος θερμικής αποθήκευσης εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Μέγεθος επιφάνειας τοίχου:** Εξαρτάται από το κλίμα της περιοχής, το γεωγραφικό πλάτος και τις θερμικές απώλειες του κτιρίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας, τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι η επιφάνεια του τοίχου. Όσο αυξάνεται το γεωγραφικό πλάτος, τόσο μειώνεται η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και, συνεπώς, απαιτείται μεγαλύτερη επιφάνεια τοίχου. Τέλος, ένας χώρος καλά μονωμένος χρειάζεται μικρότερη επιφάνεια τοίχου από ένα χώρο με θερμικές απώλειες.

- Υλικά κατασκευής και πάχος τοίχου: Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού, τόσο το πάχος του τοίχου πρέπει να αυξάνεται για να μην μειωθεί η χρονική καθυστέρηση. Όσο πιο μεγάλο είναι το πάχος του τοίχου, τόσο μικρότερες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις έχουμε στον εσωτερικό χώρο. Για τοίχο από μπετόν το βέλτιστο πάχος είναι 30-40cm, με διακύμανση εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας 5,5-11,1°C και χρονική καθυστέρηση 9,3-11,9h. Για τοίχο από τούβλο το βέλτιστο πάχος είναι 40cm, με διακύμανση εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας 4,4°C και χρονική καθυστέρηση 8 h. Τέλος, το βέλτιστο πάχος για τον τοίχο νερού είναι 20-50 cm, με διακύμανση της εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας του 5,5-11,1°C και χρονική καθυστέρηση 10h.
- Εξωτερικό χρώμα τοίχου: Όσο πιο σκούρο είναι το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου, τόσο μεγαλύτερη ικανότητα απορρόφησης της θερμικής ενέργειας παρουσιάζει.
- Τύπος των υαλοπινάκων και του πλαισίου τους: Για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών απαιτείται χρήση ειδικών ή διπλών υαλοπινάκων, και πλαισίων με υψηλή αντίσταση θερμοδιαφυγής και όπου είναι δυνατόν σταθερών - μη ανοιγόμενων, λόγω των μικρότερων θερμικών απωλειών από τους αρμούς.
- Σκιασμός του υαλοστασίου: Η λειτουργία των τοίχων Trombe και μάζας πρέπει να αποτρέπεται το καλοκαίρι για την αποφυγή υπερθέρμανσης του χώρου, με χρήση κινητών στοιχείων σκιασμού όπως κατακόρυφη τέντα, ρολό και συμπαγή σκούρα για την πλήρη ηλιοπροστασία του υαλοστασίου.
- Νυχτερινή μόνωση του τοίχου: Το χειμώνα πρέπει να ληφθούν μέτρα για τον περιορισμό των απωλειών θερμότητας με ακτινοβολία από τον τοίχο προς το περιβάλλον (ιδιαίτερα εάν επιδιώκεται υψηλή απόδοση του συστήματος) με τη χρήση κινητής μόνωσης, η οποία μπορεί να είναι ένα πέτασμα που να ικανοποιεί τόσο την ανάγκη θερινού σκιασμού όσο και χειμερινής νυχτερινής μόνωσης.

ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΕΝΟ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ:

Το θερμοκήπιο ή σέρα είναι ένας κλειστός χώρος με μεγάλο ποσοστό γυάλινης επιφάνειας και νότιο προσανατολισμό, ο οποίος προσαρτάται σε ένα τμήμα του κτιρίου. Ο χώρος αυτός μπορεί να διαθέτει παράθυρα ή πόρτα προς το εσωτερικό του κτιρίου, ή διαχωριστικό τοίχο με θυρίδες στη βάση και την οροφή.



Εικόνα 7-14. Ροή αέρα μεταξύ θερμοκηπίου και κυρίως κτιρίου [12]

Ένα τέτοιο σύστημα προσαρμόζεται καλύτερα σε περιοχές με ψυχρό κλίμα και πρέπει πάντοτε να συνοδεύεται από σύστημα σκιασμού για το καλοκαίρι και ειδική διάταξη στην εξωτερική πλευρά του διαχωριστικού τοίχου (π.χ. ρολό) για τις νύχτες του χειμώνα. Ειδικά σε περιοχές με πολύ χαμηλή θερμοκρασία συνιστάται η χρήση διπλών υαλοπινάκων.



Εικόνα 7-15. Θερμοκήπιο προσαρτημένο σε κτίριο[28]

Ανάλογα με το κλίμα και τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται ο ηλιακός χώρος, μπορεί να χωρίζεται από το κυρίως κτίριο με ένα τοίχο θερμικής συσσώρευσης, ή μπορεί να υπάρχει ένα άλλο μέσο αποθήκευσης μέσα στον ηλιακό χώρο. Το σύστημα αυτό χρειάζεται για να σταθεροποιείται η θερμοκρασία τόσο στον ηλιακό χώρο όσο και στο κτίριο. Κανονικά η ελάχιστη θερμοκρασία του ηλιακού χώρου δεν ελέγχεται και δεν εξοπλίζεται αυτός με βοηθητική θέρμανση. Σε αρκετές περιπτώσεις ο ηλιακός χώρος χρησιμοποιείται για την προθέρμανση του αέρα αερισμού που απαιτείται για τον αερισμό του κτιρίου.

Είναι δυνατό να χρησιμοποιείται ένας ηλιακός χώρος με δύο διαφορετικούς τρόπους για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας. Ο ηλιακός χώρος μπορεί να δρα ως χώρος άμεσου κέρδους που δεν θερμαίνεται. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται μάζα που μπορεί να είναι στον τοίχο, ή το πάτωμα ή χτιστός όγκος ή νερό και κινητή μόνωση, έτσι ώστε ο χώρος να φαίνεται ως φτηνή επέκταση του κτιρίου, κατοικήσιμη για μεγάλο μέρος του έτους. Η αρχή του είναι όμοια με αυτή του συστήματος του τοίχου Trombe με αυξημένη επιφάνεια υαλοστασίου και τοίχου. Εναλλακτικά είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ο ηλιακός χώρος ως συλλέκτης. Στην περίπτωση αυτή δίνεται έμφαση σε ελαφριές επιφάνειες και στην εξαγωγή του θερμού αέρα από την απομακρυσμένη αποθήκη, μέσα ή κάτω από το κτίριο που θερμαίνεται.

Οι ηλιακοί χώροι μπορούν να έχουν μια ποικιλία γεωμετρικών μορφών, ως απλές προσθήκες στο νότιο τοίχο, καλύπτοντας μέρος του ή πλήρως σε εσοχή σε αυτόν με (για παράδειγμα με περίβλημα τις τρεις πλευρές του χώρου διαβίωσης), καλύπτοντας μέρος του όλου πλάτους της κατοικίας με ύψος ένα, ενάμισι, δύο ή περισσότερους ορόφους.

Η ηλιακή ακτινοβολία που συλλέγεται από τα υαλοστάσια του θερμοκηπίου, θερμαίνει τον αέρα στο εσωτερικό του καθώς και τα δομικά στοιχεία που το περιβάλλον και που αποτελούν τμήμα του νότιου κελύφους του κτιρίου. Τα δομικά στοιχεία μεταδίδουν προς το εσωτερικό του κτιρίου τη θερμότητα που συσσωρεύουν με αγωγή και ακτινοβολία. Η αποδοτικότητα αυτού του συστήματος είναι μικρότερη από αυτή των ηλιακών τοίχων αλλά η καθυστέρηση του είναι υψηλότερη.

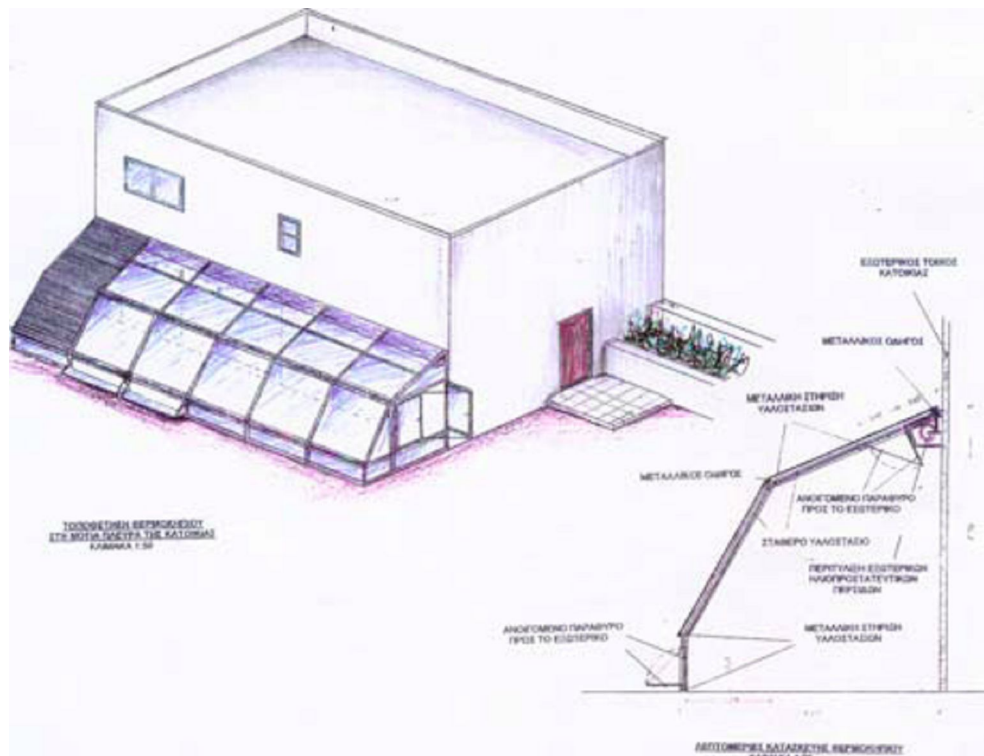
Ο θερμός αέρας μεταδίδει τη θερμότητά του στο κτίριο με μεταφορά και μπορεί να οδηγηθεί στο εσωτερικό του κτιρίου με δύο τρόπους:

- Μέσω των ανοιγμάτων (πόρτες και παράθυρα) μεταξύ θερμοκηπίου και εσωτερικού χώρου.
- Μέσω θυρίδων που κατασκευάζονται στον τοίχο που διαχωρίζει το θερμοκήπιο από το κτίριο.

Στη πρώτη περίπτωση ο θερμός αέρας μπορεί να εισέλθει στο εσωτερικό του κτιρίου από τις πόρτες ή τα παράθυρα του τοίχου που διαχωρίζει το θερμοκήπιο από το κτίριο. Ακόμη οι προσαρτημένοι ηλιακοί χώροι μπορούν να παρέχουν θερμό αέρα στους χώρους κατοικίας με τη χρήση ανεμιστήρων και αεραγωγών.

Στη δεύτερη περίπτωση στην υψηλότερη ζώνη του τοίχου αυτού κατασκευάζεται μια σειρά θυρίδων. Αντίστοιχη σειρά θυρίδων κατασκευάζεται στη χαμηλότερη ζώνη του κοντά στο δάπεδο. Ο θερμός αέρας που συγκεντρώνεται στην ανώτερη ζώνη του θερμοκηπίου, εισέρχεται από τις άνω θυρίδες στον εσωτερικό χώρο. Ο ψυχρός αέρας που συγκεντρώνεται πάνω στο δάπεδο του εσωτερικού χώρου κινείται μέσω των θυρίδων της κατώτερης ζώνης προς τα έξω, για να αντικαταστήσει τον θερμό αέρα που έχει φύγει, θερμαίνεται με τη σειρά του, κινείται προς τα πάνω και εισέρχεται πάλι στο κτίριο. Έτσι, δημιουργείται ένα συνεχόμενο κύκλωμα παροχής θερμού αέρα που λειτουργεί με φυσική κίνηση καθ' όλη τη διάρκεια της ηλιοφάνειας. Το κύκλωμα διακόπτεται τη νύχτα με το σφράγισμα της μιας σειράς των θυρίδων, συνήθως αυτών της κατώτερης ζώνης που είναι πιο προσιτές, ώστε να μειωθούν κατά το δυνατόν οι νυχτερινές απώλειες.

Η μέθοδος διανομής της ενέργειας που συλλέγεται στον ηλιακό χώρο προσδιορίζεται από τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, τη χρήση του ηλιακού χώρου ως συλλέκτη ή ως χώρου άμεσου κέρδους και από τις συνδέσεις του μεταξύ αυτού και του χώρου διαβίωσης. Ανεμιστήρες απαιτούνται συνήθως στην περίπτωση που ο ηλιακός χώρος χρησιμοποιείται κυρίως ως συλλέκτης.



Εικόνα 7-16. Σκίτσο παρουσίασης τυπικού θερμοκηπίου με κεκλιμένα υαλοστάσια[11]

Τα κατακόρυφα, αντί των κεκλιμένων, υαλοστάσια μπορούν να βοηθήσουν στον περιορισμό της ανάγκης για σκίαση. Η κινητή μόνωση θα μπορούσε να προφυλάξει από μη αναγκαίες απώλειες θερμότητας τις νύχτες του χειμώνα ή σε νεφελώδεις ημέρες, αλλά πρέπει να εξετάζεται η οικονομική αποτελεσματικότητα της εφαρμογής της. Σε ορισμένες καταστάσεις θα μπορούσε να διευθετηθεί η διαδικασία θέρμανσης του χώρου διαβίωσης έτσι ώστε να λειτουργεί σε φάση με τη θερμοκρασία του ηλιακού χώρου.

Το μέγεθος του θερμοκηπίου είναι σημαντικός παράγοντας της αποτελεσματικότητάς του. Είναι συνάρτηση του μεγέθους του εσωτερικού χώρου που θερμαίνει. Σε γενικές γραμμές μπορεί να θεωρηθεί ότι ένα m^2 θερμαινόμενου χώρου απαιτεί $0,45 m^2$ υαλοστάσιο θερμοκηπίου.

Το σχήμα του θερμοκηπίου είναι επίσης σοβαρός παράγοντας της απόδοσης του. Πρέπει να είναι επίμηκες με τη μεγάλη του πλευρά στραμμένη προς το νότο. Το μεγαλύτερο τμήμα του υαλοστασίου του πρέπει να είναι τοποθετημένο κατά το δυνατόν κάθετα στην κατεύθυνση πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τις ώρες και τους μήνες αιχμής, δηλαδή κατά τις μεσημβρινές ώρες του Δεκεμβρίου, Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου, ώστε να αποφεύγονται μεγάλες αντανάκλασεις.

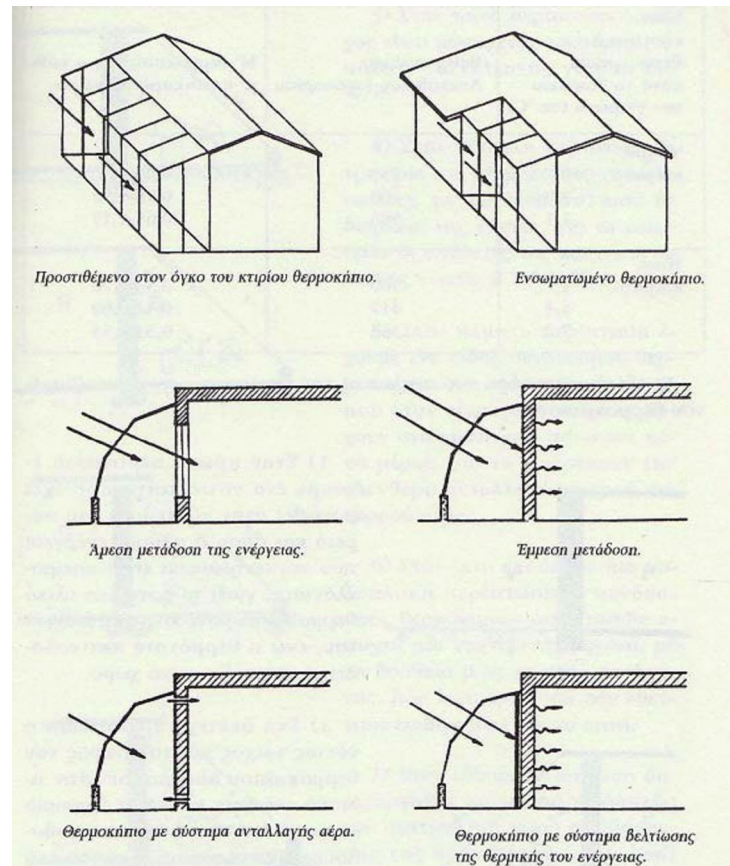
Στα θερμοκήπια που είναι ενσωματωμένα ή ημιενσωματωμένα στο κτίριο, εμφανίζεται το πρόβλημα του σκιασμού μεγάλου τμήματός τους από τις ανατολικές ή δυτικές προεξοχές του κτιριακού όγκου που τα περιβάλλει ή από την αδιαφανή οροφή τους, πράγμα που μειώνει σημαντικά την απόδοσή τους.

Συνεπώς, ένα θερμοκήπιο προσαρτημένο σε κτίριο εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Προσανατολισμός θερμοκηπίου: Το θερμοκήπιο πρέπει να προσαρτάται στη νότια πλευρά του κτιρίου και να έχει σχήμα επίμηκες κατά τον άξονα Ανατολή - Δύση. Η θερμική λειτουργία του βελτιώνεται αν υπάρχει τοίχος θερμικής αποθήκευσης, που το διαχωρίζει από το εσωτερικό του κτιρίου και γίνεται ακόμα καλύτερη αν ενσωματωθεί στο κτίριο, έτσι ώστε να περικλείεται από τοίχους ανατολικά και δυτικά, γιατί με τον τρόπο αυτό μειώνονται οι θερμικές απώλειες.
- Μέγεθος θερμοκηπίου: Εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και την επιφάνεια του εσωτερικού χώρου.
- Υλικά κατασκευής: Το υλικό κάλυψης είναι διαφανές (γυαλί ή πλαστικό) για να δεσμεύεται το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ το πλαίσιο κατασκευάζεται από ξύλο ή μέταλλο.
- Κλίση υαλοστασίου: Η καλύτερη κλίση, σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, είναι 40° - 70° για τις μεσογειακές χώρες και 30° - 60° για τις περιοχές με μεγαλύτερο γεωγραφικό πλάτος.
- Σύνδεση θερμοκηπίου με το κτίριο: Το σύστημα λειτουργεί καλύτερα αν μεταξύ θερμοκηπίου και κτιρίου υπάρχει τοίχος θερμικής αποθήκευσης από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας (μπετόν, τούβλο, νερό), του οποίου η εξωτερική επιφάνεια είναι βαμμένη με σκούρο χρώμα. Η απόδοση βελτιώνεται αν προβλέψουμε θυρίδες στο πάνω και κάτω μέρος του τοίχου για την κίνηση του ζεστού αέρα και γίνεται ακόμη καλύτερη αν αυξήσουμε τη μάζα θερμικής αποθήκευσης, τοποθετώντας δοχεία νερού μπροστά στον τοίχο ή χρησιμοποιώντας θραυστό υλικό στην κατασκευή του.

Τέλος, οι συνθήκες υπερθέρμανσης, που εύκολα δημιουργούνται το καλοκαίρι, αντιμετωπίζονται με τρία μέτρα:

- Σκιασμό του θερμοκηπίου με κουρτίνες, με εξωτερικά κατά προτίμηση κινητά σκιάστρα, σταθερά στέγαστρα ή φυλλοβόλο βλάστηση.
- Άνοιγμα στην οροφή του θερμοκηπίου για να απομακρύνεται προς τα έξω ο ζεστός αέρας.
- Καλό αερισμό με την εισαγωγή αέρα από ανοίγματα στο κάτω μέρος του υαλοστασίου.



Εικόνα 7-17. Τύποι θερμοκηπίων[11]

Για την αποφυγή θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο, συνιστάται νυχτερινή προστασία του υαλοστασίου με θερμομονωτικά εσωτερικά πετάσματα, όταν τμήμα του κτιριακού κελύφους με το οποίο ο ηλιακός χώρος βρίσκεται σε επαφή δεν φέρει θερμομόνωση. Ειδικότερα, σε περιοχές της χώρας όπου παρατηρούνται πολύ χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, συνιστάται η εφαρμογή διπλών υαλοπινάκων στον ηλιακό χώρο, καθώς και θερμομόνωση του κοινού τμήματος της τοιχοποιίας.

ΗΛΙΑΚΟ ΑΙΘΡΙΟ

Ηλιακό αίθριο ονομάζεται ο εσωτερικός χώρος του κτιρίου, που έχει γυάλινη οροφή. Η ηλιακή ενέργεια εισέρχεται από το γυάλινο στοιχείο της οροφής, συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο του αίθριου και είτε μεταφέρεται στους περιβάλλοντες εσωτερικούς χώρους του κτιρίου ή των κτιρίων μέσω των ανοιγμάτων τους, είτε αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Κατά τη χειμερινή περίοδο το αίθριο λειτουργεί και ως χώρος θερμικής ανάσχεσης. Κατά τη θερινή περίοδο, για την αποφυγή υπερθέρμανσης, απαιτείται αερισμός του αίθριου μέσω ανοιγμάτων στην γυάλινη οροφή και σκιασμού.

Το σύστημα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους κοινόχρηστους χώρους, που δημιουργούνται στο εσωτερικό των οικοδομικών τετραγώνων από τις πολυκατοικίες. Έτσι, οι χώροι αυτοί αντί να αποτελούν εστίες απορριμμάτων και μόλυνσης, μπορούν να μετατραπούν

σε πυρήνες πράσινου και να συμβάλλουν παράλληλα στη μείωση των θερμικών απωλειών και την αύξηση των ηλιακών κερδών των παρακείμενων κατοικιών.

7.5.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα συστημάτων έμμεσου ηλιακού κέρδους

Πλεονεκτήματα των συστημάτων έμμεσου ηλιακού κέρδους:

- Η χρονική υστέρηση της μετάδοσης θερμότητας, ιδιαίτερα στην περίπτωση του τοίχου μάζας, προσφέρει τη δυνατότητα να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες θέρμανσης κτιρίων τα οποία λειτουργούν πολλές ώρες.
- Η διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας είναι μικρότερη σε σύγκριση με τα περισσότερα παθητικά συστήματα.
- Η ηλιακή ακτινοβολία δεν εισέρχεται στο χώρο, οπότε δεν δημιουργείται οπτική θάμβωση και φθορά χρωμάτων ευαίσθητων υλικών.
- Δεν δημιουργούνται προβλήματα ασφάλειας του χώρου επειδή δεν υπάρχει άμεση επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.
- Τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους μπορούν να εφαρμοστούν και σε κτίρια με χαμηλή θερμοχωρητικότητα, όπως είναι για παράδειγμα τα ξύλινα.
- Η τοποθέτηση θερμοκηπίου ή ηλιακού χώρου κατά μήκος της νότιας όψης κτιρίου προστατεύει τους εσωτερικούς χώρους από την είσοδο έντονης ηλιακής ακτινοβολίας και περιορίζει τις πιθανότητες υψηλής διακύμανσης θερμοκρασιών, θάμβωσης, φθοράς χρωμάτων ευαίσθητων υλικών. Επιπλέον, το θερμοκήπιο λειτουργεί ως χώρος ανάσχεσης θερμικών απωλειών του κτιρίου προς το περιβάλλον.
- Το εσωτερικό «κλίμα» μιας κατοικίας μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με την προσθήκη ενός χώρου θερμικής ανάσχεσης μεταξύ του χώρου διαβίωσης και του εξωτερικού αέρα. Ένας ηλιακός χώρος μπορεί να καλύπτει όλο το πλάτος του κτιρίου, και το πλήρες ύψος, μειώνοντας τις απώλειες του περιβλήματος και του αερισμού. Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του χώρου διαβίωσης είναι μικρότερες απ' ό,τι στα συστήματα άμεσου κέρδους.
- Όταν οι κλιματικές συνθήκες το επιτρέπουν, το θερμοκήπιο μπορεί να λειτουργήσει ως ιδιαίτερα ευχάριστος χώρος παραμονής.
- Είναι δυνατή η προσθήκη του θερμοκηπίου σε υπάρχοντα κτίρια. Θερμοκήπια ή ηλιακοί χώροι μπορούν να κατασκευαστούν σε αυλές, εξώστες, ημιυπαίθριους χώρους και όποια άλλη θέση του κτιρίου έχει ανεμπόδιο νότιο ηλιασμό.

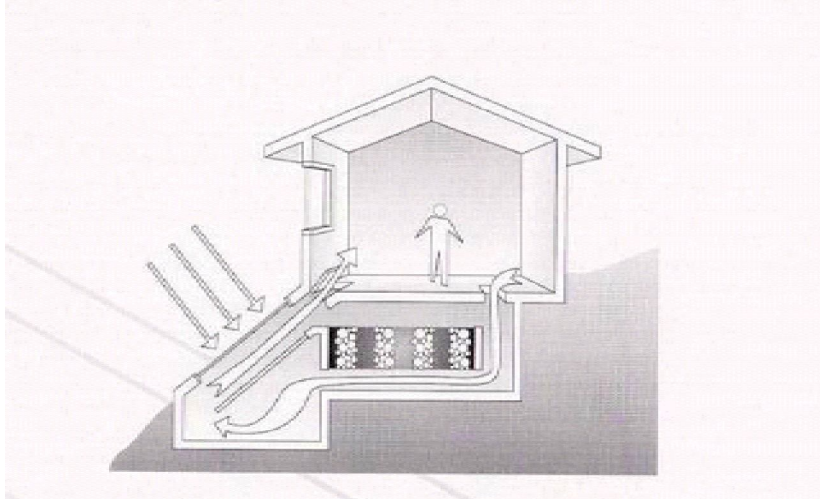
Μειονεκτήματα των συστημάτων έμμεσου ηλιακού κέρδους:

- Η αποθήκευση θερμότητας στον τοίχο ηλιακού κέρδους, στη ζώνη του εξωτερικού περιβλήματος του κτιρίου και με το υαλοστάσιο μόνο να τον διαχωρίζει από το περιβάλλον, μπορεί να προκαλέσει σημαντικές απώλειες θερμότητας εάν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα.
- Η μετάδοση θερμότητας είναι αισθητή σε βάθος ίσο με μία έως μιάμιση φορά το ύψος του τοίχου. Αυτό οφείλεται στην εμβέλεια εκπομπής της θερμικής ακτινοβολίας από τον τοίχο, όπως και στο περιορισμένο βάθος των ρευμάτων μεταφοράς θερμότητας.

- Το καλοκαίρι, εάν δεν σκιαστεί πλήρως το υαλοστάσιο, υπάρχει αυξημένος κίνδυνος υπερθέρμανσης του χώρου.
- Το κόστος κατασκευής είναι μεγαλύτερο και τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους καταλαμβάνουν ωφέλιμο χώρο στο κτίριο σε σύγκριση με τα συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους.
- Η έντονη διακύμανση θερμοκρασιών στο εσωτερικό του θερμοκηπίου ηλιακού χώρου.
- Το πρόβλημα υπερθέρμανσης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.
- Το πιθανό πρόβλημα ασφάλειας που δημιουργείται από τις μεγάλες γυάλινες επιφάνειες του θερμοκηπίου. [12],[28]

7.6. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ

Ένα τέτοιο σύστημα είναι το θερμοσιφωνικό πέτασμα ή πανέλο, που αποτελείται από υαλοπίνακα, κενό αέρα και μεταλλική σκουρόχρωμη επιφάνεια με εξωτερική μόνωση. Το πανέλο τοποθετείται χαμηλότερα από τους κύριους τοίχους του κτιρίου και έξω από αυτό με κλίση 40°. Η συλλεγόμενη θερμότητα στο διάκενο μεταξύ υαλοπίνακα και μεταλλικής επιφάνειας, μεταφέρεται μέσω αγωγών, με θερμοσιφωνική ροή, στους χώρους του κτιρίου.



Εικόνα 7-18. Σύστημα απομονωμένου ηλιακού κέρδους[18]

Το θερμοσιφωνικό πανέλο είναι σύστημα παρόμοιας κατασκευής και λειτουργίας με τον ηλιακό τοίχο. Η διαφορά του έγκειται στην τοποθέτηση μεταλλικής απορροφητικής πλάκας μετά το διάκενο. Μεταξύ της μεταλλικής πλάκας και του τοίχου παρεμβάλλεται θερμομονωτικό υλικό. 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.

Για τη σωστή λειτουργία του συστήματος απαιτούνται έλεγχος της ροής της θερμότητας από τον συλλέκτη προς την αποθήκη θερμότητας αλλά και από την αποθήκη προς τον χώρο και διακοπή λειτουργίας του συλλέκτη το καλοκαίρι με πλήρη σκιασμό ή με άμεση απόρριψη του θερμού αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον.

7.6.1. Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα συστημάτων απομονωμένου ηλιακού κέρδους

Πλεονεκτήματα συστημάτων απομονωμένου ηλιακού κέρδους:

- Οι συλλέκτες μπορούν να τοποθετηθούν σε απόσταση από το κτίριο, οπότε δεν είναι δεσμευτικός ο προσανατολισμός του κτιρίου για τη λειτουργία του συστήματος.
- Η θερμότητα μπορεί να διανεμηθεί και σε χώρους απομακρυσμένους από τις θέσεις συλλογής της ηλιακής ενέργειας.
- Επειδή ο συλλέκτης μπορεί να απομονωθεί θερμικά από τον εσωτερικό χώρο, ο θερμοσιφωνισμός παρουσιάζει μικρότερες απώλειες θερμότητας από άλλα παθητικά συστήματα.
- Προσφέρεται η δυνατότητα διακοπής της θερμοσιφωνικής ροής αέρα με απλά τεχνικά μέσα για την αντιμετώπιση της υπερθέρμανσης.

Μειονεκτήματα συστημάτων απομονωμένου ηλιακού κέρδους:

- Ο θερμός αέρας είναι λιγότερο αποτελεσματικός, σε σύγκριση με την άμεση ηλιακή ακτινοβολία για τη φόρτιση των θερμικών αποθηκών.
- Απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός και επιμελημένη κατασκευή για να εξασφαλιστεί απρόσκοπτη θερμοσιφωνική ροή και περιορισμός των θερμικών απωλειών.
- Οι εκτεταμένες επιφάνειες των συλλεκτών μπορεί να μη γίνουν αποδεκτές αισθητικά.

7.7. ΧΡΗΣΗ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ

Συχνά η πιο κατάλληλη στρατηγική για την ηλιακή θέρμανση είναι η χρήση ενός συνδυασμού των προηγούμενων παθητικών ηλιακών συστημάτων στο κτίριο. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την αλληλοσυμπλήρωση των διαφόρων στοιχείων ώστε να βελτιώνεται η γενική απόδοση του κτιρίου.

Για παράδειγμα, ένα σύστημα άμεσου κέρδους αποκρίνεται τυπικά πολύ γρήγορα στην ηλιακή εισροή. Αυτό σημαίνει ότι ένα κτίριο άμεσου κέρδους θερμαίνεται αμέσως όταν η ηλιακή ενέργεια εισέρχεται στο χώρο του. Αντίθετα, ένας συμπαγής τοίχος απορροφά ηλιακή ακτινοβολία για αρκετές ώρες πριν αρχίσει να θερμαίνει το χώρο διαβίωσης, και ένας καλό

σχεδιασμένος τοίχος μάζας θα συνεχίσει να παρέχει χρησιμοποιήσιμη θερμότητα για πολλή ώρα μετά τη δύση του ηλίου. Έτσι ο συνδυασμός ενός συστήματος άμεσου κέρδους και ενός τοίχου μάζας σε ένα κτίριο, σε συγκεκριμένα κλίματα, θα παρέχει σχετικά σταθερή θερμότητα όλη την ημέρα. Ο χώρος άμεσου κέρδους θα παρέχει στο κτίριο θερμότητα όσο έχει φυσικό φως, ενώ ο τοίχος μάζας θα φτάνει τη μέγιστη του απόδοση το βράδυ. Τα δυο συστήματα θα πρέπει να είναι κατάλληλου μεγέθους, ώστε να αλληλοσυμπληρώνονται ανάλογα με την κλιματική ζώνη και την απαίτηση σε θερμότητα. Με αυτόν τον τρόπο, η θερμότητα παρέχεται στο χώρο τις ώρες που απαιτείται και δεν παρατηρείται υπερθέρμανση του χώρου κατά τη διάρκεια της ημέρας.

7.8. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΩΝ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό που μας ενδιαφέρει να εξεταστεί συγκριτικά είναι η θερμική απόδοση των παθητικών συστημάτων. Από μελέτες προκύπτει ότι για ίσες θερμικές προσόδους αντιστοιχούν σε πρώτη εκτίμηση 1 μονάδα εμβαδού υαλοπίνακα άμεσου οφέλους προς 2 μονάδες εμβαδού τοίχου Trombe/μάζας προς 3 μονάδες εμβαδού ενδιάμεσου τοίχου σε θερμοκήπιο. Ταυτόσημη είναι η διαπίστωση ότι το άμεσο όφελος προσφέρει περίπου διπλάσιες θερμικές προσόδους από το σύστημα τοίχου Trombe/μάζας, ή περίπου τριπλάσιες από το προσαρτημένο θερμοκήπιο. Το άμεσο όφελος οφείλει την υψηλή απόδοση του στο γεγονός ότι το σύνολο της ενέργειας που δεσμεύεται από το υαλοστάσιο συμβάλλει στη θέρμανση του χώρου. Στο σύστημα τοίχου Trombe/μάζας ένα σημαντικό μέρος της δεσμευόμενης θερμότητας χάνεται προς το περιβάλλον λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου. Το προσαρτημένο θερμοκήπιο ηλιακός χώρος είναι ουσιαστικά σύστημα τοίχου αποθήκευσης, το οποίο λόγω της μεγαλύτερης αναλογικά επιφάνειας υαλοπινάκων έχει αυξημένες θερμικές απώλειες. Επιπλέον, τμήμα της θερμότητας που δεσμεύεται καταναλώνεται για τη θέρμανση του θερμοκηπίου, οπότε μικρότερο ποσοστό μεταδίδεται προς τον εσωτερικό χώρο.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό προς εξέταση είναι το κατά πόσο η επιλογή ενός συγκεκριμένου παθητικού ηλιακού συστήματος θέρμανσης εξασφαλίζει ότι το σύστημα θα ανταποκρίνεται στις λειτουργικές ανάγκες του κτιρίου. Έτσι το απλό και με υψηλή απόδοση σύστημα άμεσου κέρδους μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία σε κτίρια κατοικίας, ενώ η άμεση είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας είναι λιγότερο ανεκτή σε χώρους γραφείων, εμπορικές ή σχολικές αίθουσες, ιδιαίτερα όταν προσπίπτει σε θέσεις όπου εργάζονται άτομα. Σημειώνεται ότι σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να υπάρχει τρόπος περιορισμού των απωλειών την νύχτα.

Από την άλλη πλευρά, το σύστημα τοίχου Trombe/μάζας έχει την ιδιαιτερότητα ότι η συλλογή της ηλιακής ενέργειας γίνεται έξω από τον χώρο που προορίζεται να θερμανθεί, ενώ επιπλέον παρατηρείται χρονική υστέρηση στη μετάδοση θερμότητας. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν για να εξυπηρετήσουν χώρους των οποίων η λειτουργία εκτείνεται έως αργά την μέρα, όπως γραφεία και χώρους απογευματινής συνάθροισης.

Τέλος, το θερμοκήπιο πλεονεκτούν τόσο επειδή η προσάρτηση τους σε ένα κτίριο συνήθως έχει μορφολογικά θετικό αποτέλεσμα, όσο και επειδή ο εσωτερικός τους χώρος θεωρείται ευχάριστος στην χρήση του. Με βάση τη διαπίστωση αυτή, το σύστημα αυτό μπορεί να εφαρμοστεί πρακτικά σε κτίριο οποιασδήποτε λειτουργίας, μονώροφο ή πολυώροφο. Ιδιαίτερα θετικός είναι ο ρόλος του συστήματος αυτού ως ενδιάμεσης θερμικής ζώνης μεταξύ

κτιρίου - περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Ωστόσο το καλοκαίρι είναι απαραίτητη η λήψη μέτρων για το σκιασμό του θερμοκηπίου ή του ηλιακού χώρου, ή εναλλακτικά η απόσυρση των γυάλινων επιφανειών. [4]

8. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

8.1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα συστήματα δροσισμού, που αξιοποιούν τον άνεμο για την ψύξη των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου χωρίς την παρεμβολή μηχανικών μέσων, ονομάζονται παθητικά συστήματα δροσισμού. Τα συστήματα αυτά εξοικονομούν ενέργεια γιατί υποκαθιστούν την ηλεκτρική ενέργεια, που καταναλίσκεται στα κλιματιστικά μηχανήματα, βελτιώνουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, περιορίζουν τα προβλήματα φορτίου αιχμής και προστατεύουν το περιβάλλον, γιατί συμβάλλουν στη μείωση της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα και χλωροφθορανθράκων στην ατμόσφαιρα, τα οποία ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την τρύπα του όζοντος.

Τα παθητικά συστήματα δροσισμού διακρίνονται σε πέντε κατηγορίες:

- Συστήματα ηλιοπροστασίας
- Συστήματα φυσικού αερισμού
- Συστήματα δροσισμού από το έδαφος
- Συστήματα δροσισμού με εξάτμιση
- Συστήματα δροσισμού με ακτινοβολία

Όλες οι τεχνικές παθητικού δροσισμού, που εφαρμόζονται στα κτίρια, στηρίζονται στην απόρριψη της πλεονάζουσας θερμότητας σε μία περιβαλλοντική δεξαμενή, με θερμοκρασία χαμηλότερη από αυτή του κτιρίου.

8.2. ΑΥΤΟΣΚΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΟΓΚΟΥ – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Με τον όρο ηλιοπροστασία εννοούμε την ηθελημένη αποφυγή της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ή και μόνιμα, στα ανοίγματα του κτιριακού κελύφους και ό,τι έχει σχέση με αυτή την διαδικασία το ονομάζουμε σκιασμό. Ο έλεγχος προστασίας των ανοιγμάτων αποτελεί θεμελιώδες κεφάλαιο στην Αρχιτεκτονική της Μεσογείου κυρίως γιατί στην περιοχή αυτή οι ηλιακοί πρόσοδοι κατά την θερμή περίοδο του έτους δεν έχουν μόνο μεγάλη διάρκεια και ένταση αλλά εξασφαλίζουν υπερ-επάρκεια φωτιστικών συνθηκών σε όλους τους εσωτερικούς χώρους, προκαλώντας δυσφορία και προβλήματα άνετης διαβίωσης. Δεν είναι τυχαίο ότι δύο από του πρωτεργάτες του μοντέρνας αρχιτεκτονικής όπως ο Le Corbusier και ο Άρης Κωνσταντινίδης «ακούμπησαν με σεβασμό επάνω στο τοπίο» στις τοπικές ιδιαιτερότητες και στις κλιματολογικές συνθήκες και έκτισαν κτίρια που σε καμιά περίπτωση δεν αναιρούνται από αυτό. Την τελευταία δεκαετία στην χώρα μας, στα πλαίσια των προβληματισμών της αειφορίας και του περιβαλλοντικού σχεδιασμού παρατηρείται μια έμφαση στις λεγόμενες «καλές» πρακτικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η ευρεία εφαρμογή τους μάλλον αργεί ακόμα, αφού οι ερμητικά κλεισμένες προσόψεις των υψηλών κτιρίων πολλαπλασιάζονται συνεχώς και η ενεργειακή τους συμπεριφορά είναι αντιδιαμετρικά αντίθετη με τις επιδράσεις του αέρα, του ήλιου, τις ιδιαίτερες συνθήκες του αστικού περιβάλλοντος και τις αυξημένες απαιτήσεις των χρηστών. Οι εξελίξεις που αφορούν την βιωσιμότητα του περιβάλλοντος είναι ραγδαίες. Συνεπώς οι περιπτώσεις αστοχίας παραλείψεων ή αμέλειας για όσους ασχολούνται με τον βιοκλιματικό

σχεδιασμό είναι ανάγκη να εκλείψουν. Η κάθε «καλή» προσπάθεια προς αυτή την κατεύθυνση όχι μόνο πρέπει να επιβραβεύεται αλλά να χρησιμεύει ως μελέτη εξαγωγής χρήσιμων συμπερασμάτων .

Η ηλιακή ενέργεια, που προσπίπτει στο κέλυφος ενός κτιρίου, εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, το υψόμετρο, τις επικρατούσες ατμοσφαιρικές συνθήκες και τη χρονική στιγμή. Για μία δεδομένη επιφάνεια, η προσπίπτουσα ακτινοβολία μεταβάλλεται με τον προσανατολισμό της επιφανείας και με την κλίση της.

Τους καλοκαιρινούς μήνες, τόσο στα θερμά όσο και στα εύκρατα κλίματα, το κτίριο απορροφά πολύ περισσότερη θερμότητα και ενδέχεται να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης στο εσωτερικό του. Η υπερθέρμανση αποτρέπεται με την ηλιοπροστασία του κτιρίου, η οποία εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να διεισδύσει στο εσωτερικό του.

Τα συστήματα ηλιοπροστασίας διακρίνονται σε πέντε είδη:

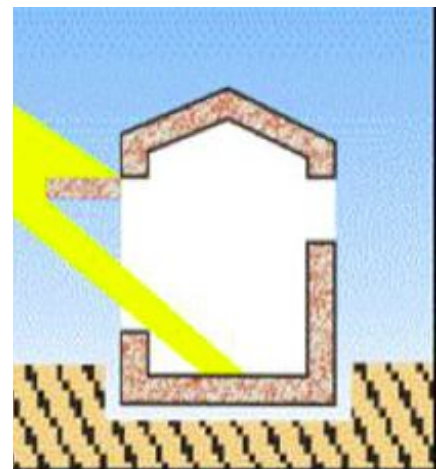
- Σκιασμός κτιρίου και ανοιγμάτων
- Χρήση ειδικών υαλοπινάκων
- Εξωτερικός χρωματισμός
- Φράγμα ακτινοβολίας
- Δέντρα, φυτά και φύτεμα δώματος

ΣΚΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ

Ο σκιασμός του κτιρίου εξασφαλίζεται με την τοποθέτηση βλάστησης ή φυλλοβόλων δέντρων στην κατάλληλη θέση, ώστε να διακόπτεται ο άμεσος ηλιασμός του κτιρίου.

Ο σκιασμός των ανοιγμάτων εξασφαλίζεται με τη χρήση ειδικών διατάξεων, που ονομάζονται σκιάστρα. Τα εξωτερικά σκιάστρα είναι πιο αποτελεσματικά από τα εσωτερικά, γιατί σταματούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία πριν εισέλθει και παγιδευτεί μέσα στο χώρο. Η χρήση κινητών σκιάστρων επιτρέπει τη σκίαση των ανοιγμάτων όταν αυτή κρίνεται απαραίτητη. Είναι προφανές ότι από ενεργειακή άποψη, η χρήση εξωτερικών κινητών σκιάστρων αποτελεί τη βέλτιστη λύση. Ορισμένες φορές όμως η επιλογή τους δεν δικαιολογείται από οικονομική άποψη, επειδή τα οικονομικά οφέλη από την εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ μικρά σε σχέση με το αρχικό κόστος. Προτείνεται, λοιπόν, η χρήση εξωτερικών σταθερών σκιάστρων σε συνδυασμό με εσωτερικές κουρτίνες (στόρια), τα οποία συμπληρώνουν τη λειτουργία της σκίασης όταν δεν επαρκεί, ενώ παράλληλα συντελούν στην αποφυγή της θάμβωσης.

Για να είναι επιτυχημένος λειτουργικά ο σχεδιασμός της διάταξης σκιασμού θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι ακόλουθες απαιτήσεις:



Εικόνα 8-1. Τυπικό σκιάστρο[28]

- Να προσφέρεται σκιασμός, χωρίς όμως να περιορίζεται ο επιθυμητός φυσικός αερισμός και η θέα.
- Να επιτρέπεται η φυσική κυκλοφορία του αέρα στην όψη του κτιρίου και να μην παγιδεύονται τα ανοδικά θερμά ρεύματα της όψης.
- Τα υλικά κατασκευής και ο τρόπος που προσαρτώνται οι διατάξεις σκιασμού πρέπει να είναι τέτοια που να μην αποθηκεύουν θερμότητα και να την μεταβιβάζουν στο περίβλημα του κτιρίου. Ιδιαίτερη προσοχή να δοθεί στην αντιμετώπιση των θερμογεφυρών που δημιουργούνται στα σημεία επαφής διατάξεων σκιασμού-εξωτερικού περιβλήματος.
- Να είναι δυνατός ο εύκολος καθαρισμός και η συντήρηση των διατάξεων σκιασμού.

Τα βασικότερα είδη σκιάστρων είναι τα ακόλουθα:

- Οριζόντια εξωτερικά σταθερά σκίαστρα: Συνιστώνται για νότιο προσανατολισμό και έχουν τη μορφή προβόλων ή περσίδων. Πολλές φορές τέτοια σκίαστρα παρέχονται από την ίδια τη γεωμετρία του κτιρίου. Οι οριζόντιες διατάξεις σκιασμού μπορεί να χρησιμοποιηθούν στα δώματα, τις βεράντες αλλά και τον υπαίθριο χώρο. Συνήθως πρέπει να ικανοποιήσουν και τη πρόσθετη απαίτηση δημιουργίας βιώσιμου χώρου κάτω από το επίπεδό τους. Διαδεδομένες εφαρμογές οριζόντιων διατάξεων σκιασμού είναι οι πέργκολες με αναρριχόμενα φυτά ή καλαμωτές, τέντες διαφόρων μορφών, ελαφρές οριζόντιες κατασκευές διάτρητες ή συμπαγείς. Ενδιαφέρον είναι το συμπέρασμα μελετών που διαπιστώνουν ότι τα αναρριχόμενα φυτά υπερτερούν από τα υπόλοιπα μέσα ηλιοπροστασίας επειδή δεν (υπερ)θερμαίνονται, επιτρέπουν τη κίνηση του αέρα διαμέσου του φυλλώματός τους και επιπλέον μειώνουν τη θερμοκρασία του άμεσου περιβάλλοντός τους με την υγρασία της διαπνοής τους.
- Κατακόρυφα εξωτερικά σταθερά σκίαστρα: Συνιστώνται για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό επειδή αποκόπτουν τις ακτίνες που προέρχονται από τη χαμηλή θέση του ήλιου και μπορεί να είναι κάθετα ή κεκλιμένα ως προς το επίπεδο της κάτοψης του ανοίγματος.
- Εξωτερικά κινητά σκίαστρα: Είναι οριζόντιες ή κατακόρυφες μεταλλικές περσίδες για νότιο ή ανατολικό/δυτικό προσανατολισμό αντίστοιχα, οι οποίες κινούνται σε οδηγούς με χειροκίνητο ή αυτόματο μηχανισμό ρύθμισης. Κινητές διατάξεις σκιασμού μπορεί να είναι παντζούρια, ρολλά, συστήματα κινητών περσίδων, τέντες. Για να αποφευχθεί η λειτουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου οι διατάξεις σκιασμού πρέπει να τοποθετούνται εξωτερικά του υαλοστασίου.
- Εξωτερικά σκίαστρα σε μορφή εσχάρας: Αποτελούνται από οριζόντιες και κατακόρυφες μεταλλικές περσίδες (σταθερές ή κινητές) και χρησιμοποιούνται σε ανοίγματα με ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό.
- Εσωτερικά κινητά σκίαστρα: Είναι μεταλλικές περσίδες ή υφασμάτινες κουρτίνες (στόρια) και συνιστώνται για όλους τους προσανατολισμούς.
- Ειδικά διάτρητα ρολά: Συνιστώνται για όλους τους προσανατολισμούς, τοποθετούνται εσωτερικά ή εξωτερικά και έχουν σημαντικό κόστος. Το ύφασμα των ρολών αποτελείται από ίνες γυαλιού, πλαστικού ή αλουμινίου, έχει αραιή ύφανση, επιτρέπει τη μερική θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον, μειώνει την εισερχόμενη ακτινοβολία έως 70% και συμβάλλει στον περιορισμό της θάμβωσης.
- Εξωτερικές τέντες: Είναι υφασμάτινες και ανοιγοκλείνουν με χειροκίνητο ή αυτόματο μηχανισμό.

ΧΡΗΣΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ

Η ηλιοπροστασία μπορεί να επιτευχθεί και με τη χρήση ειδικών υαλοπινάκων: τους απορροφητικούς, που συνήθως διακρίνονται από το σκούρο τους χρώμα και τους ανακλαστικούς, που έχουν επιφάνεια καθρέφτη. Πρέπει να σημειωθεί ότι εκτεταμένη χρήση ανακλαστικών υαλοπινάκων μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα στους χρήστες (μειωμένος φυσικός φωτισμός) και στο περιβάλλον του κτιρίου από την απόρριψη της ηλιακής ακτινοβολίας.

ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΣ

Ο εξωτερικός χρωματισμός του κτιρίου επηρεάζει σημαντικά το θερμικό και ψυκτικό του φορτίο. Στα θερμά κλίματα επιβάλλεται η χρήση ανοιχτών χρωμάτων και υλικών με μικρό συντελεστή απορροφητικότητας και μεγάλο συντελεστή ανακλαστικότητας στις εξωτερικές επιφάνειες, για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του κτιρίου.

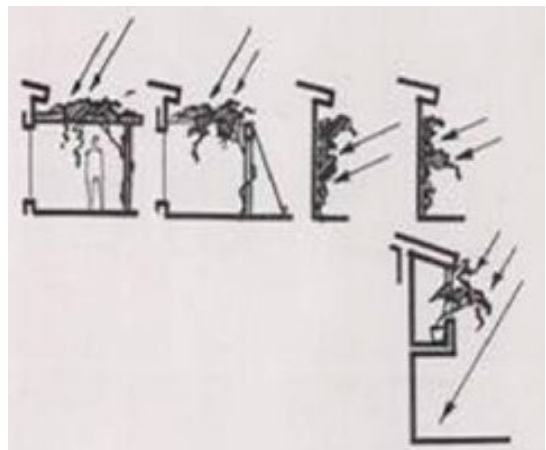
ΦΡΑΓΜΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Είναι λεπτά φύλλα αλουμινίου, που τοποθετούνται κάτω από τη στέγη και ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία λειτουργώντας ως καθρέπτες. Τα φύλλα αυτά τοποθετούνται σε περιοχές όπου ο δροσισμός του κτιρίου είναι πιο σημαντικός από τη θέρμανση του. Έτσι, ο συνδυασμός ενός φράγματος ακτινοβολίας και ενός στρώματος θερμομόνωσης μικρού πάχους στην οροφή ή στο δώμα, μπορεί να αντικαταστήσει ένα συμβατικό στρώμα μόνωσης μεγάλου πάχους.

Η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από το διαμπερή αερισμό της στέγης, καθώς απάγεται η πλεονάζουσα θερμότητα στο περιβάλλον.

ΔΕΝΤΡΑ, ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΦΥΤΕΜΑ ΔΩΜΑΤΟΣ

Τα φυτά ως στοιχεία ηλιοπροστασίας αποτελούσαν ανέκαθεν τον καλύτερο και τον πιο έξυπνο τρόπο σκιασμού αφού η ποσότητα του φωτός που εισέρχεται σε ένα κτίριο εξαρτάται από την ύπαρξη ή όχι τυχόν φύτευσης ή βλάστησης στον περιβάλλοντα χώρο. Ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία των φυτών είναι η απορρόφηση της θάμβωσης που προκαλείται από την ύπαρξη γειτονικών κτιρίων με κατασκευαστικά υλικά μεγάλης ανακλαστικότητας. Επειδή το ύψος της ηλιακής απόστασης φτάνει και τις 75° σε περιοχές της Μεσογείου (σχεδόν κάθετα) κατά την διάρκεια της θερμής περιόδου είναι βέβαιο ότι έχουμε μεγάλη αύξηση της ανακλαστικότητας στον περιβάλλοντα χώρο ενώ παρατηρείται παράλληλη μείωση της διαπερατότητας. Αυτό σημαίνει ότι η ηλιακή ακτινοβολία που



Εικόνα 8-2. Τα φυτά ως συστήματα σκίασης[12]

επιστρέφει στο ύπαιθρο είναι πάνω από 50% συμβάλλοντας έτσι στην δημιουργία ενός φωτεινού καθεστώτος όπου επικρατεί συνήθως ένα «σκοτεινό κόκκινο περιβάλλον» πολύ ενοχλητικό στο ευαίσθητο ανθρώπινο μάτι. Επειδή το νερό και το πράσινο έχουν την πιο χαμηλή τιμή ανακλαστικότητας, απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στις επιφάνειες τους (Συντελεστής ανάκλασης: Χορτάρι 6%, Νερό7%, Μάρμαρο45%).



Εικόνα 8-3. Φυτεμένο δώμα[28]

Η σωστή χρήση των δέντρων για σκίαση μπορεί να μειώσει τα έξοδα για κλιματισμό κατά 15-50%. Ακόμη κι αν κάποιο δέντρο σκιάζει απλώς την εξωτερική μονάδα ενός κλιματιστικού, αυτό μπορεί να σημαίνει μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά 10%, λόγω της βελτιωμένης απόδοσης λειτουργίας της μονάδας. Συνιστάται γενικώς η προτίμηση φυλλοβόλων δέντρων που εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στο χώρο το καλοκαίρι, όχι όμως και το χειμώνα που είναι επιθυμητή και χρήσιμη. Τα δέντρα θα πρέπει να σκιάζουν την ανατολική, δυτική και νότια πλευρά του κτιρίου, ώστε να εμποδίζουν τις ακτίνες του ήλιου αργά το πρωί, το

μεσημέρι και το απόγευμα αντιστοίχως. Σαν παράδειγμα αξίζει να αναφερθεί πως τις ζεστές καλοκαιρινές μέρες, ένα δέντρο που σκιάζει το σπίτι αντιστοιχεί με 5 κλιματιστικά που λειτουργούν για 20 ώρες. Τρία δέντρα κατάλληλα φυτεμένα μπορούν να μειώσουν την ενέργεια για δροσισμό έως και κατά 50%.



Εικόνα 8-4. Η χρήση των φυλλοβόλων δέντρων για τη σκίαση των κτιρίων το καλοκαίρι [46]

Η εγκατάσταση κήπου στο δώμα ενός κτιρίου έχει σημαντικές θερμομονωτικές ιδιότητες για τον χειμώνα και το καλοκαίρι.

Τέλος, μπορεί και η διαμόρφωση του κτιρίου μπορεί να βοηθήσει στην επίδραση της έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό, με τους εξής δύο παρακάτω τρόπους:

- ογκοπλαστική διαμόρφωση της ίδιας της κατασκευής έτσι ώστε τμήματα της να σκιάζουν διπλανά, κατά την έννοια της οριζόντιας συνιστώσας της κίνησης του ηλίου,
- σχεδιασμός ημιυπαίθριων χώρων, εξωστών, προβόλων γείσων.

Η εφαρμογή της ηλιοπραστασίας αποτελεί για κάθε κτίριο χωριστά ένα προκλητικό παιχνίδι σύνθεσης και γνώσης που στις μέρες μας είτε αγνοείται, είτε δεν εφαρμόζεται όπως πρέπει. Η πλειοψηφία των σύγχρονων σχεδιαστικών επιλογών χαρακτηρίζεται από σπατάλη υλικού και άστοχες πρακτικές, που συνεχώς προσθέτουν προβλήματα στο ήδη επιβαρημένο περιβάλλον των πόλεων. Για να προστατευτεί ένα συγκεκριμένο άνοιγμα με αποτελεσματικό τρόπο, τέσσερα βασικά βήματα, μπορεί να είναι αρκετά (σύμφωνα με τον Olgyay).

α) Προσδιορισμός της περιόδου υπερθέρμανσης στο σημείο του κτιρίου που απαιτείται σκiasμός.

β) Καθορισμός διαγραμμάτων για την ακριβή θέση του ήλιου.

γ) Λεπτομερής σχεδιασμός κάθε τύπου σκιάστρου.

δ) Καθορισμός της διαστασιολόγησης του σκιάστρου ώστε να διακόπτεται ή ακτινοβολία κατά την θερμή περίοδο και να διεισδύει κατά την ψυχρή.

Επιχειρήθηκε μια σύντομη προσέγγιση καταγραφής όλων των δυνατοτήτων προστασίας από τον ήλιο –κυρίως-στα Μεσογειακά κλίματα. Είναι βέβαιο ότι απαιτείται αλλαγή νοοτροπίας –και μάλιστα σε περιοχές όπου η αρχιτεκτονική είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τις ιδιαίτερες συνθήκες του γεωγραφικού –πολιτιστικού περιβάλλοντος. Η πλαστικότητα, η ευρηματικότητα των κατασκευών με γνώμονα την σοφία της Φύσης, η ευφυής λεπτομέρεια του εκάστοτε υλικού δεν αποτελεί «κλισέ» ούτε στείρα αναδρομή σε παραδοσιακά «πρότυπα». Είναι απλώς μια ειλικρινής βιοκλιματική «πορεία» που μπορεί να οδηγήσει σε μια πιο «οικεία» και πιο εμπνευσμένη εικόνα της πραγματικότητας που όχι μόνο μπορούμε να την πραγματώσουμε αλλά, τελικά, και να επιβιώσουμε μέσα σε αυτήν. [12],[18],[28],[29],[33]

8.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Ο φυσικός αερισμός είναι η σημαντικότερη τεχνική παθητικού δροσισμού και διευκολύνει την απομάκρυνση της θερμότητας από το κτίριο και το ανθρώπινο σώμα. Υπό την προϋπόθεση ότι οι εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες είναι ευνοϊκές, η χρήση του φυσικού αερισμού μπορεί να ελαττώσει το ψυκτικό φορτίο, να αυξήσει τη θερμική άνεση επειδή η μετακίνηση αέρα αυξάνει την απώλεια θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα. Επιπλέον ο κινούμενος αέρας μπορεί να απομακρύνει τη θερμότητα που αποθηκεύεται στους τοίχους, οροφές, πατώματα μέσω του εξαναγκασμένου φαινομένου της μεταφοράς, γεγονός που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο ειδικά κατά τη διάρκεια των θερινών νυχτών. Ο φυσικός αερισμός επιπλέον, μέσω της ανανέωσης του αέρα που επιτρέπει, δημιουργεί υγιείς συνθήκες διαβίωσης μέσα στο κτίριο διατηρώντας την ποιότητα του εσωτερικού αέρα.

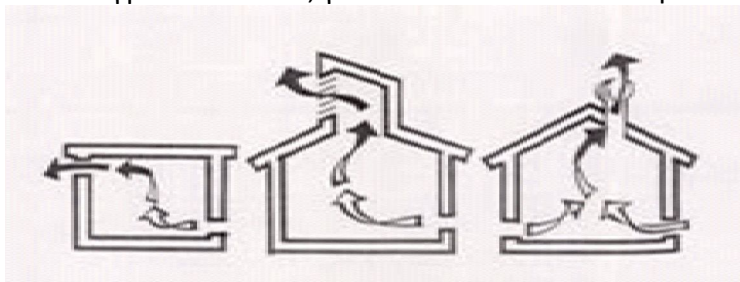
Ο φυσικός αερισμός πραγματοποιείται με την είσοδο του εξωτερικού αέρα στο κτίριο, μέσα από τα ανοίγματα και τις ρωγμές, που υπάρχουν στο κέλυφος του κτιρίου. Στις νεότερες

κατασκευές ο ενεργειακός σχεδιασμός απαιτεί κελύφη τελείως στεγανοποιημένα. Ειδικότερα, στα κτίρια γραφείων από γυαλί δεν επιτρέπεται ούτε το άνοιγμα των παραθύρων. Έτσι, στα κτίρια αυτά οι δυνατότητες εφαρμογής τεχνικών φυσικού αερισμού είναι πολύ περιορισμένες και η ψύξη βασίζεται στα ενεργοβόρα συστήματα κλιματισμού.

Ο άνεμος προσπίπτει κάθετα στο κτίριο δημιουργώντας υπερπίεση στην προσήνεμη όψη του. Στη συνέχεια, το αρχικό ρεύμα αέρα χωρίζεται στα δυο. Η ροή του αέρα κατά μήκος των πλευρών του κτιρίου και στο χώρο πίσω από την υπήνεμη όψη του είναι τυρβώδης και οι στρόβιλοι που εμφανίζονται δημιουργούν υποπίεση. Η ροή του αέρα διαμέσου του κελύφους γίνεται πάντοτε από τις ζώνες υπερπίεσης στις ζώνες υποπίεσης.

Ο επιτυχής σχεδιασμός ενός φυσικά αεριζόμενου κτιρίου απαιτεί καλή γνώση του μοντέλου ροής του αέρα γύρω του, καθώς και των επιδράσεων που δέχεται από τα γειτονικά κτίρια. Στόχος του σχεδιασμού είναι ο αερισμός σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο τμήμα του εσωτερικού χώρου. Η επίτευξη του στόχου εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Θερμοκρασία και υγρασία αέρα: Ο αέρας, που εισέρχεται στο κτίριο, πρέπει να έχει μικρότερη θερμοκρασία από αυτή του εσωτερικού αέρα. Τα υψηλά επίπεδα υγρασίας έχουν αρνητική επίδραση στη θερμική άνεση μέσα στο κτίριο. Στις εύκρατες περιοχές, όπου τον χειμώνα έχουμε υγρασία και σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, ο αερισμός πρέπει να είναι περιορισμένος και να γίνεται μόνο τις μεσημβρινές ώρες. Η ίδια πρακτική ακολουθείται και στις ψυχρές περιοχές. Το καλοκαίρι, όμως, είναι απαραίτητος, γιατί οι δροσεροί άνεμοι απομακρύνουν τη θερμότητα και την πιθανή υγρασία και πρέπει να γίνεται τις πρωινές και τις βραδινές ώρες. Σε ζεστές και ξηρές περιοχές, επιβάλλεται ο νυχτερινός αερισμός, ενώ κατά τη διάρκεια της ημέρας πρέπει να είναι ελάχιστος και μόνο για την απομάκρυνση των οσμών. Τέλος, σε ζεστές περιοχές με μεγάλη υγρασία, ο φυσικός αερισμός πρέπει να αποφεύγεται όλο το 24ωρο.
- Ταχύτητα ανέμου: Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται συνήθως βαθμιαία από το πρωί, μέχρι να φθάσει τη μέγιστη τιμή της τις απογευματινές και τις πρώτες βραδινές ώρες. Στη συνέχεια ελαττώνεται μέχρι μία ελάχιστη τιμή αργά το βράδυ και τις πρώτες πρωινές ώρες. Τέλος, η ταχύτητα εξαρτάται από το ανάγλυφο της περιοχής και μειώνεται από την παρουσία γειτονικών κτιρίων.
- Προσανατολισμός, μέγεθος και θέση ανοιγμάτων: Τα ανοίγματα εισόδου πρέπει να είναι αντιμέτωπα στον άνεμο σε κάθετη διεύθυνση, γιατί οποιαδήποτε απόκλιση μειώνει την ταχύτητα ροής του αέρα μέσα στο κτίριο. Η διεύθυνση του ανέμου μεταβάλλεται από τη διάταξη των εσωτερικών χωρισμάτων, τις αρχιτεκτονικές προεξοχές του κτιρίου και την ύπαρξη θάμνων ή δέντρων. Τα ανοίγματα εξόδου, αυτά δηλαδή που βρίσκονται στην υπήνεμη όψη του κτιρίου, πρέπει να είναι μεγαλύτερα ή ίσου τουλάχιστον μεγέθους με τα ανοίγματα εισόδου, γιατί έτσι διευκολύνεται η ελεύθερη κίνηση.



Εικόνα 8-5. Συστήματα φυσικού αερισμού[46]

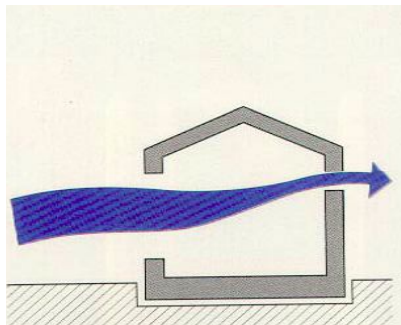
Ο φυσικός αερισμός πραγματοποιείται από τη κίνηση του αέρα μέσα στο σπίτι, όταν ανοίγουν τα παράθυρα. Για καλύτερη απόδοση, τα παράθυρα πρέπει να τοποθετούνται στους αντίθετους τοίχους, χωρίς εμπόδια μεταξύ τους, καθώς και στους τοίχους που καταπονούνται από ισχυρούς ανέμους. Στις καυτές θερινές ημέρες, είναι καλύτερο να αερίζουμε κατά τη διάρκεια της νύχτας και να κλείνουμε τα παράθυρα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Τα συστήματα φυσικού αερισμού διακρίνονται σε πέντε είδη:

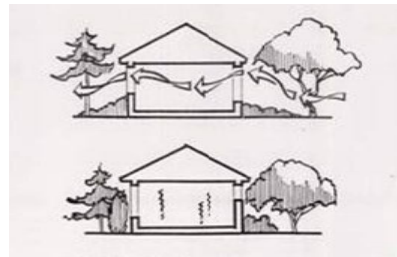
- Διαμπερής αερισμός
- Υβριδικός αερισμός
- Καμινάδα αερισμού
- Ηλιακή καμινάδα
- Αεριζόμενο κέλυφος

ΔΙΑΜΠΕΡΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Γίνεται από τα ανοίγματα στις όψεις του κτιρίου και τις θυρίδες στο πάνω και κάτω μέρος των εσωτερικών τοίχων. Ο διαμπερής αερισμός επιτυγχάνεται με κατάλληλη διαστασιολόγηση - τοποθέτηση των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στις εσωτερικές τοιχοποιίες. Θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών τοίχων επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας.



Εικόνα 8-6. Διαμπερής αερισμός[28]



Εικόνα 8-7. Υπερκέραση των φυσικών εμποδίων για αερισμό[46]

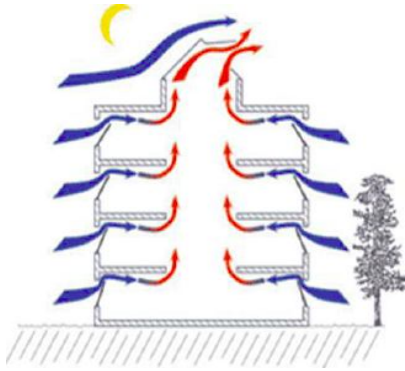
ΥΒΡΙΔΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Γίνεται με τη χρήση ανεμιστήρων (ειδικότερα ανεμιστήρων οροφής), οι οποίοι ενισχύουν τον φυσικό αερισμό και συνεισφέρουν στην επίτευξη θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες 2-3 °C υψηλότερες από τις συνηθισμένες, επειδή με την κίνηση του αέρα η μετάδοση της θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα γίνεται με μετάβαση. Το σύστημα αυτό απαιτεί ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.



Εικόνα 8-8. Ανεμιστήρας οροφής[46]

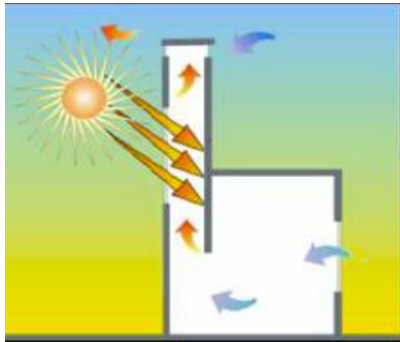
ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ



Εικόνα 8-9. Καμινάδα αερισμού[28]

Λειτουργεί με το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και μπορεί να έχει ανεμιστήρα στο υψηλότερο σημείο της. Ο θερμός αέρας του χώρου, που είναι λιγότερο πυκνός και πιο ελαφρύς, μεταφέρεται προς τα πάνω και το κενό που δημιουργείται καλύπτεται από τον βαρύτερο ψυχρό αέρα, ο οποίος εισέρχεται από τα ανοίγματα του κτιρίου.

ΗΛΙΑΚΗ ΚΑΜΙΝΑΔΑ



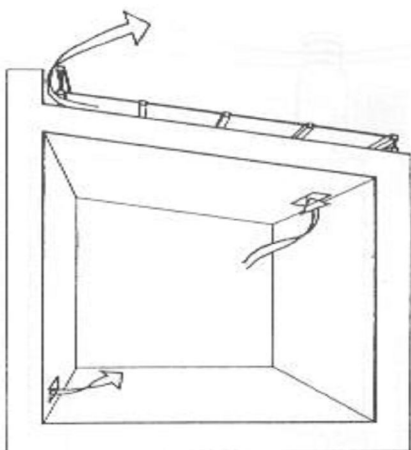
Εικόνα 8-10. Ηλιακή καμινάδα[28]

Είναι η καμινάδα, που έχει υαλοπίνακες στη νότια ή νοτιοδυτική της επιφάνεια και περσίδες στο πάνω μέρος της ίδιας πλευράς. Ο αέρας μέσα στην καμινάδα θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και κινείται με μεγάλη ταχύτητα προς τα πάνω, ενισχύοντας σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού. Λόγω της συνεχούς ανανέωσης του αέρα, το σύστημα αυτό συνιστάται σε περιοχές με αρκετή υγρασία το καλοκαίρι.

ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟ ΚΕΛΥΦΟΣ

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

Μία άλλη τεχνική αερισμού, εκτός από τον φυσικό αερισμό, είναι ο εκ μεταφοράς αερισμός. Πραγματοποιείται όταν ανεβαίνει ο καυτός αέρας, αντικατεστημένος από δροσερό. Η ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιείται ώστε να ζεσταίνει τον αέρα, ο οποίος με τη σειρά του ανυψώνεται και απομακρύνεται, ενώ αντικαθίσταται από δροσερό. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, σε ένα βιοκλιματικό σπίτι, ακόμα και αν δεν υπάρχει άνεμος, η μετακίνηση αέρα μπορεί να αναγκαστεί από ανοίγματα στην κορυφή του σπιτιού όπου ο καυτός αέρας μπορεί να βρει διέξοδο. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει το βιοκλιματικό κτίριο σχεδιάζεται με μία βασική αρχή της φυσικής που στηρίζεται στην απρόσκοπτη λειτουργία της ανοδικής κίνησης του ζεστού αέρα καθώς ο ζεστός αέρας ανεβαίνει ψηλά ως ελαφρύτερος, ενώ ο κρύος ως βαρύτερος κατεβαίνει προς τα κάτω. Είναι επίσης σημαντικό να λάβουμε υπόψη τη θέση απ’

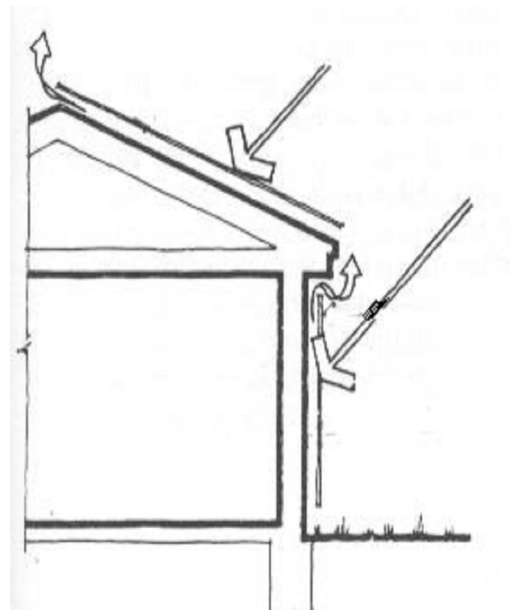


Εικόνα 8-11. Αεριζόμενο κέλυφος[28]

εξαερισμό.

όπου θα εισέλθει ο αέρας και το βαθμό αερισμού. Ένας εκ μεταφοράς αερισμός που φέρνει καυτό αέρα από το εξωτερικό δεν είναι πολύ αποδοτικός. Ο ανακαταναλισμένος αέρας μπορεί να προέλθει, παραδείγματος χάριν, από μια δροσερή αυλή, από ένα υπόγειο ή από τους θαμμένους σωλήνες. Δεν πρέπει ποτέ να αερίζουμε σε πολύ υψηλό ποσοστό γιατί ο ανακαταναλισμένος δροσερός αέρας μπορεί να τελειώσει και οι συσκευές να χάσουν την ικανότητά τους να τον παραγάγουν. Σε αυτήν την περίπτωση το ποσοστό ανακαίνισης αέρα πρέπει να επιβραδυνθεί ή ακόμα και να σταματήσει, περιμένοντας τη νύχτα για το φυσικό

Ως τελευταία τεχνική αερισμού παρουσιάζεται ο εκ μεταφοράς αερισμός μέσω σοφίτας. Ένα σημαντικό ποσοστό απώλειας θερμότητας κατά τη διάρκεια του χειμώνα και κέρδους θερμότητας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού πραγματοποιείται μέσω της στέγης. Η ύπαρξη ενός κενού μεταξύ του τελευταίου πατώματος του σπιτιού και της στέγης (μια σοφίτα) θα μειώσει πολλή αυτή τη μεταφορά. Το καλοκαίρι, η σοφίτα μπορεί να αερίζεται εκ μεταφοράς εάν ανοίγματα έχουν προβλεφτεί στην κορυφή και στο κατώτατο σημείο, έτσι ώστε ο θερμασμένος εσωτερικός αέρας να μπορεί να βγει και να ανανεωθεί. Το χειμώνα, αυτά τα ανοίγματα πρέπει να κλείνουν. Στο σχέδιο της σοφίτας πρέπει να μεριμνούμε ώστε να μην εμποδίζεται η μετακίνηση αέρα μεταξύ του κατώτατου σημείου και των κορυφαίων ανοιγμάτων.



Εικόνα 8-12. Εκ μεταφοράς αερισμός[28]

Ένα άλλο σημαντικό συμπέρασμα που προέκυψε από τις ενεργειακές καταγραφές και που αναδεικνύει τη σημαντικότητα του αερισμού είναι το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού στα κτίρια που εφαρμόζεται κατάλληλος αερισμός επιτυγχάνεται θερμική άνεση σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες. Οι θερμοκρασίες άνεσης στα κτίρια αυτά, όταν υπάρχει φυσικός αερισμός και ειδικά κατακόρυφος, φτάνει έως και τους 31,5 °C. Σε κτίρια όμως με μη αποδοτικό αερισμό και σκίαση, το όριο άνεσης είναι πολύ χαμηλότερα (κάτω των 29 °C), με αποτέλεσμα τη θερμική δυσφορία των ενοίκων. [12],[28]

8.4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Η χρήση του εδάφους για το δροσίσιμο των εσωτερικών χώρων, βασίζεται στην απαγωγή της θερμότητας από το κτίριο προς το έδαφος με αγωγιμότητα, επειδή το καλοκαίρι το έδαφος έχει μικρότερη θερμοκρασία από εκείνη του περιβάλλοντος και λειτουργεί ως φυσική δεξαμενή θερμότητας. Για το έδαφος η εποχιακή του θερμοκρασιακή διακύμανση μειώνεται με το βάθος, την υγρασία που περιέχει αλλά και την αγωγιμότητά του.

Η διάχυση θερμότητας στο έδαφος με συναγωγή επιτυγχάνεται με συναγωγή ή με μεταφορά. Όταν γίνεται με συναγωγή μέρος του περιβλήματος του κτιρίου πρέπει να βρίσκεται σε άμεση επαφή με το έδαφος, ενώ όταν γίνεται με μεταφορά, ο αέρας κυκλοφορεί από το κτίριο ή το περιβάλλον μέσω υπόγειων σωληνώσεων όπου θα ψύχεται προτού εισέλθει στο κτίριο.

Ο δροσίσιμος από το έδαφος εξασφαλίζεται άμεσα με τα ημιυπόσκαφα κτίρια και έμμεσα με τον εναλλάκτη θερμότητας εδάφους - αέρα.

ΗΜΙΥΠΟΣΚΑΦΑ ΚΤΙΡΙΑ

Η διάχυση της θερμότητας στο έδαφος με συναγωγή μέσω άμεσης επαφής του κτιριακού περιβλήματος με το έδαφος γίνεται με την κατασκευή υπόσκαφων κτιρίων. Ένα στρώμα εδάφους που περιβάλλει το κέλυφος μπορεί να λειτουργήσει ως απορροφητής θερμότητας. Η εφαρμογή του συστήματος αυτού απαιτεί την κάλυψη τμήματος ή και όλου του κελύφους με χώμα. Τα τμήματα του κελύφους σε επαφή με το έδαφος δεν πρέπει να θερμομονώνονται για να διευκολυνθεί η διάχυση θερμότητας από το κτίριο προς το έδαφος με αγωγιμότητα. Ως εκ τούτου, πρέπει να ελεγχθεί ότι το χειμώνα ή δεν θα παρατηρηθούν μεγάλες απώλειες θερμότητας προς το έδαφος, ή ότι θα βρεθεί τρόπος για τον περιορισμό των απωλειών, π.χ. με κινητή μόνωση. Επίσης θα πρέπει να εξασφαλιστεί ο φυσικός φωτισμός και αερισμός των τμημάτων του κτιρίου που έχουν καλυφθεί με χώμα.

Σε επικλινή εδάφη συνιστάται η κατασκευή ημιυπόσκαφων κτιρίων, τα οποία είναι πιο δροσερά το καλοκαίρι και πιο ζεστά τον χειμώνα. Το έδαφος, που βρίσκεται σε επαφή με το κτιριακό κέλυφος, έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από εκείνη της επιφανείας του το καλοκαίρι και βοηθά στην απομάκρυνση της θερμότητας από το κτίριο. Το ακριβώς αντίθετο φαινόμενο, δηλαδή, μετάδοση θερμότητας από το έδαφος προς το κτίριο, παρατηρείται τον χειμώνα. Η θερμική επικοινωνία κτιρίου και εδάφους αυξάνει τη χρονική καθυστέρηση του κελύφους, με αποτέλεσμα να έχουμε μικρότερες διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας λόγω των θερμοκρασιακών μεταβολών του περιβάλλοντος.

Σε περιοχές με πολύ ψυχρούς χειμώνες, συνιστάται η θερμομόνωση του κελύφους, ενώ σε περιοχές με θερμά καλοκαίρια το κέλυφος πρέπει να είναι χωρίς μόνωση. Απαραίτητη είναι μόνον η περιμετρική θερμομόνωση του κελύφους κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, για να αποφύγουμε τη μετάδοση θερμότητας προς το κτίριο.

Τα πλεονεκτήματα κατασκευής ενός τέτοιου κτιρίου είναι η προστασία από το θόρυβο, τη σκόνη, την κακοκαιρία και την ακτινοβολία, επίσης περιορίζονται οι θερμικές απώλειες και παρέχεται αυξημένη πυροπροστασία. Όλα αυτά τα πλεονεκτήματα προκύπτουν λόγω της αξιοποίησης της θερμικής μάζας του κτιρίου σε πολύ μεγάλο βαθμό. Το μειονέκτημα αυτής της κατασκευής είναι το υψηλό κόστος, οι ανεπαρκείς συνθήκες φωτισμού και η περιορισμένη δυνατότητα κατασκευής τους σε μεγάλη κλίμακα. Αντίθετα κτίρια με μερική επαφή με το έδαφος, παρέχουν αρκετές δυνατότητες ψύξης, εμφανίζουν μειωμένες θερμικές απώλειες και αυξημένη άνεση, λόγω αυτής της επαφής που έχουν με το έδαφος. Συνήθως αυτά τα κτίρια είναι κτισμένα σε λοφώδεις περιοχές. Η δυσκολία εμφανίζεται στον υπολογισμό μεταφοράς θερμότητας από και προς το έδαφος.

ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ – ΑΕΡΑ

Τα μειονεκτήματα που προκύπτουν από την κάλυψη του κτιρίου με χώμα αποφεύγει το σύστημα έμμεσου δροσισμού. Για να λειτουργήσει το σύστημα αυτό, τοποθετείται βαθιά στο έδαφος ένα πλέγμα από σωλήνες, μέσα στους οποίους διοχετεύεται με μηχανικό τρόπο αέρας. Ο αέρας ψύχεται από την επαφή του με τα τοιχώματα των σωλήνων και μετά εισέρχεται στο κτίριο, το οποίο δεν είναι αναγκαίο πλέον να καλύπτεται με χώμα. Τα προβλήματα που παρουσιάζει το σύστημα είναι κυρίως τεχνικά: μεγάλο μήκος και διάμετρος

σωλήνων, περιορισμένη δυνατότητα ελέγχου και συντήρησης του πλέγματος σωλήνων και πιθανή ανάπτυξη μούχλας.

Πιο συγκεκριμένα, ο εναλλάκτης θερμότητας εδάφους – αέρα είναι ένα σύστημα μεταλλικών ή πλαστικών (PVC) αγωγών τοποθετημένων σε βάθος 1-3 m κάτω από το έδαφος. Ο αέρας εισάγεται στο δίκτυο από το εξωτερικό περιβάλλον με τη βοήθεια ανεμιστήρων και εξέρχεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία μέσα στο κτίριο. Είναι προφανές ότι το έδαφος, που έχει θερμοκρασία χαμηλότερη από εκείνη της επιφανείας του, αποτελεί τον απαγωγέα θερμότητας του συστήματος. Η μειωμένη θερμοκρασία του αέρα είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας του ξηρού βολβού του αέρα που εισέρχεται, της θερμοκρασίας του εδάφους καθώς, των θερμικών χαρακτηριστικών και διαστάσεων των σωληνώσεων αλλά και της ταχύτητας του αέρα. Τα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι η συμπύκνωση ή εξάτμιση του συσσωρευμένου νερού, ο έλεγχος του συστήματος και η έλλειψη στοιχείων και εμπειρίας σχετικά με τα πρακτικά προβλήματα που συνδέονται με τις πραγματικές καταστάσεις σε ότι αφορά τις θερμικές επιπτώσεις στο κτίριο, τα προβλήματα που προκαλούνται λόγω των αλληλεπιδράσεων με τα συμβατικά συστήματα, περιορίζοντας τον αποτελεσματικό σχεδιασμό και εφαρμογή του συστήματος.[12]

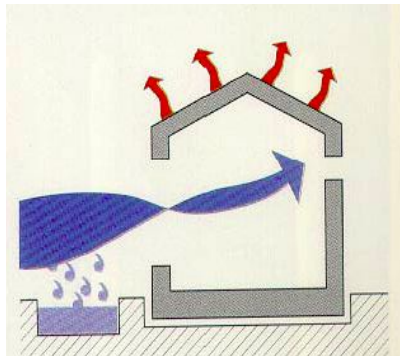
8.5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ ΜΕ ΕΞΑΤΜΙΣΗ



Εικόνα 8-13. Υγρά δεξαμενή που χρησιμεύει σε δροσισμό με εξάτμιση[28]

Ο δροσισμός με εξάτμιση είναι μία πολύ παλιά τεχνική, που χρησιμοποιήθηκε στην αρχαία Αίγυπτο και την Περσία. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί το φαινόμενο της εξάτμισης του νερού, δηλαδή της αλλαγής φάσης από υγρό σε ατμό, για την απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου στο περιβάλλον. Άμεσος δροσισμός με εξάτμιση πραγματοποιείται με ύγρανση του εισερχόμενου αέρα καθώς αυτός περνάει πάνω από επιφάνειες νερού, μέσα από φυλλώματα χαμηλής φύτευσης ή διαμέσου πλέγματος ινών που διαβρέχονται. Καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν το νερό μετατρέπεται σε σταγονίδια, όπως γίνονται στα σιντριβάνια, ή σε ειδικά σχεδιασμένους πύργους στους οποίους

το νερό ψεκάζεται από την κορυφή προς τα κάτω. Έτσι, η αισθητή θερμότητα απορροφάται από τον αέρα και χρησιμοποιείται ως λανθάνουσα θερμότητα για την εξάτμιση του νερού. Αυτό έχει σαν συνέπεια τη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα και την αύξηση της υγρασίας του, γι' αυτό και ο δροσισμός με εξάτμιση πρέπει να εφαρμόζεται μόνο σε περιοχές με ζεστό και ξηρό κλίμα.



Εικόνα 8-14. Δροσισμός με εξάτμιση[46]

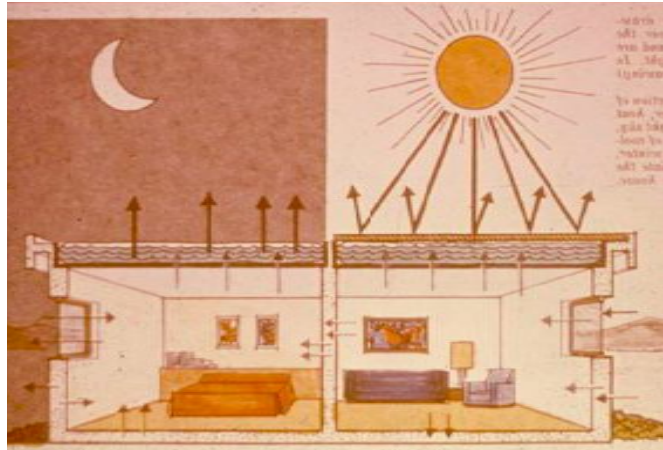
περιεχόμενο του αέρα σε υδατμούς. Η διαδικασία της ψύξης επίσης ενισχύεται από τη σκίαση και την παροχή ψυχρού ξηρού αέρα.

Στα συστήματα ψύξης με άμεση εξάτμιση, η υγρασία του ψυχθέντος αέρα αυξάνεται, αυξάνοντας παράλληλα τη μερική υγρασία του εσωτερικού αέρα, κάτι που είναι αποδεκτό αν ο αριθμός των εναλλαγών του αέρα ανά ώρα είναι αρκετός, διαφορετικά επηρεάζει αρνητικά τις συνθήκες άνεσης και η συσσώρευση υγρασίας μπορεί να δημιουργήσει μούχλα. Το σύστημα πρέπει να έχει τη δυνατότητα απομόνωσης όταν δεν χρειάζεται.

Τα συστήματα άμεσου δροσισμού με εξάτμιση διακρίνονται σε τρία είδη:

- Εσωτερική δεξαμενή νερού: Μέσα στο κτίριο υπάρχει επιφάνεια στάσιμου ή ρέοντος νερού (π.χ. τεχνητή λίμνη, δεξαμενή, πισίνα) σε κατάλληλη θέση, έτσι ώστε ο εισερχόμενος αέρας να απορροφά υγρασία (άρα μειώνεται η θερμοκρασία του) και στη συνέχεια να ψύχει το χώρο.
- Ψεκασμός οροφής: Η οροφή βρέχεται με νερό, το οποίο εξατμίζεται και απάγει θερμότητα από το κέλυφος του κτιρίου. Έτσι, το ψυχρότερο κέλυφος συμβάλλει στην απαγωγή της θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου προς το περιβάλλον. Ο ψεκασμός οροφής, χρησιμοποιείται για να διατηρεί υγρή την εξωτερική επιφάνεια της οροφής. Λειτουργεί μετατρέποντας την θερμότητα της οροφής σε λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης καθώς το νερό εξατμίζεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία θερμοκρασιακής διαφοράς στις εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες κι έτσι να ψύχεται το κτίριο. Για να λειτουργήσει αυτή η τεχνική θα πρέπει η θερμοκρασία οροφής να είναι μεγαλύτερη από αυτή του υγρού βολβού του αέρα. Από την εφαρμογή της έχει παρατηρηθεί πως τα ψυκτικά φορτία μειώνονται κατά 25%, για τις ΗΠΑ καθώς στην Ευρώπη δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες.
- Οροφή νερού: Είναι ένας τοίχος θερμικής αποθήκευσης, που περιλαμβάνει πλαστικούς σάκκους γεμάτους νερό ή δεξαμενή νερού στην οροφή του κτιρίου, ο οποίος τον χειμώνα λειτουργεί σαν σύστημα θέρμανσης και το καλοκαίρι σαν σύστημα ψύξης. Οι δεξαμενές οροφής, είναι δεξαμενές νερού με σκίαση και είναι τοποθετημένες πάνω από μια αμόνωνη οροφή από σκυρόδεμα. Το νερό της δεξαμενής εξατμίζεται στο ξηρό περιβάλλον κατά τη διάρκεια της μέρας και της νύχτας. Η θερμοκρασία της οροφής είναι παρόμοια με τη θερμοκρασία του υγρού βολβού του περιβάλλοντος και η οροφή λειτουργεί σα ψυκτικό σώμα μεταφοράς ακτινοβολίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα και της ακτινοβολίας και τη διατήρηση της στάθμης της εσωτερικής

υγρασίας. Για να εφαρμοσθεί αυτό το σύστημα θα πρέπει η θερμοκρασία της οροφής να είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του υγρού βολβού του αέρα. Τα προβλήματα που εμφανίζει αυτή η τεχνική είναι ότι μπορεί να εφαρμοσθεί μόνο σε επίπεδες οροφές από σκυρόδεμα, το κόστος είναι αρκετά υψηλό και επίσης κατά πόσο μια συμβατική κατοικία είναι επαρκώς μονωμένη ώστε να είναι κατάλληλη για την εφαρμογή αυτής της τεχνικής.



Εικόνα 8-15. Οροφή νερού[28]

Τα δύο τελευταία απαιτούν καλή υγραμόνωση της οροφής για να μην έχουμε προβλήματα υγρασίας στις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου.

Το σύστημα άμεσου εξατμιστικού δροσισμού μειονεκτεί κατά το ότι είναι πολύ πιθανό να δημιουργηθούν βλαπτικές συμπυκνώσεις υδρατμών στο εσωτερικό του κτιρίου όταν σημειωθεί πτώση της θερμοκρασίας. Αρνητικό στοιχείο είναι επίσης η ανάγκη κατανάλωσης νερού, το οποίο σε περιπτώσεις κλιματικά κατάλληλες για την εφαρμογή του συστήματος μπορεί να μην είναι διαθέσιμο.

Τα συστήματα έμμεσου εξατμιστικού δροσισμού εκμεταλλεύονται την απαγωγή θερμότητας που παρατηρείται κατά την εξάτμιση νερού για να ψυχθεί το κέλυφος του κτιρίου από έξω. Έτσι παρακάμπτεται η ανάγκη να κυκλοφορήσει μέσα στο κτίριο αέρας που έχει υγρανθεί. Οι πιο επιτυχημένες εφαρμογές έμμεσου εξατμιστικού δροσισμού αφορούν το δώμα του κτιρίου, τόσο επειδή το καλοκαίρι δέχεται μεγάλο ποσοστό των ηλιακών προσόδων όσο και για πρακτικούς λόγους: σε όλο ή μέρος του δώματος είναι εφικτό να κατασκευαστούν δεξαμενές νερού. Οι δεξαμενές δώματος προσφέρουν δροσισμό εάν συντρέχουν δύο προϋποθέσεις: να σκιάζονται ώστε να μη θερμαίνονται από την ηλιακή ακτινοβολία και να μην είναι θερμομονωμένη η πλάκα του δώματος, για να υπάρχει θερμική επαφή δεξαμενής - πλάκας εσωτερικού χώρου. Για το σκιασμό της δεξαμενής προτείνονται οι εξής δύο λύσεις:

- Κατασκευή δεύτερης, ελαφριάς και θερμομονωμένης πλάκας επάνω από τη φέρουσα με περιμετρικά ανοίγματα μεταξύ των δύο πλακών. Το καλοκαίρι, τα ανοίγματα επιτρέπουν τη διείσδυση του αέρα και την ελεύθερη εξάτμιση του νερού. Το χειμώνα, το νερό αποστραγγίζεται και τα περιμετρικά ανοίγματα σφραγίζονται για να προκύψει μία δικέλυφη θερμομονωμένη στέγαση.
- Χρήση θερμομονωτικών πλακών που επιπλέουν σε λεπτό στρώμα νερού. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, την ημέρα, οι θερμομονωτικές πλάκες αποτρέπουν τη θέρμανση του νερού. Τη νύχτα αντλίες ψεκάζουν την επάνω επιφάνεια των θερμομονωτικών πλακών για

να επιτύχουν ψύξη του νερού με εξάτμιση, μεταφορά και ακτινοβολία. Η πλάκα του δώματος ψύχεται λόγω της θερμικής επαφής με το νερό και λειτουργεί ως στοιχείο που δροσίζει τον εσωτερικό χώρο με μεταφορά και ακτινοβολία. Το χειμώνα το νερό αποστραγγίζεται και η πλάκα αποκτά θερμομόνωση τύπου «ανεστραμμένου δώματος».

Πλεονεκτήματα των συστημάτων έμμεσου εξατμιστικού δροσισμού. τύπου δεξαμενής δώματος, είναι ότι δεν εισάγουν στο χώρο αέρα που μεταφέρει υδρατμούς. Μειονέκτημα είναι ότι εξυπηρετούν μόνο τους χώρους κάτω από τη δεξαμενή, δηλαδή μονώροφα κτίρια, ή τον άνω όροφο πολυώροφων κτιρίων. Επίσης, στα αρνητικά τους χρεώνεται η στατική επιβάρυνση του κτιρίου και ο κίνδυνος ζημιών από τη διαρροή νερού.[4],[12],[28]

8.6. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ ΜΕ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Κατά την ψύξη μέσω ακτινοβολίας, η επιπλέον θερμότητα που αποθηκεύεται κατά τη διάρκεια της μέρας στο περίβλημα του κτιρίου, να «φύγει» από τις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου, κατά τη διάρκεια της νύχτας στον ουρανό, με ακτινοβολία. Αν το κέλυφος του κτιρίου διαθέτει επαρκή μάζα, δηλαδή το κτίριο είναι βαριάς κατασκευής, θα απορροφήσει τη μέρα θερμότητα, χωρίς να επιβαρύνει με επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας των εσωτερικών χώρων, η οποία, θα χαθεί κατά τη διάρκεια της νύχτας με ακτινοβολία στον ουρανό και τον αέρα που συνήθως είναι ψυχρός με μεταφορά.

Ο δροσισμός με ακτινοβολία βασίζεται στις απώλειες θερμότητας λόγω εκπομπών μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας, από ένα σώμα προς ένα άλλο γειτονικό του, το οποίο έχει μικρότερη θερμοκρασία και αποτελεί τη δεξαμενή θερμότητας. Στην περίπτωση των κτιρίων το ψυχόμενο σώμα είναι το κέλυφος και η δεξαμενή θερμότητας είναι ο ουράνιος θόλος.

Η ψύξη με ακτινοβολία είναι ένα συνεχές φαινόμενο στην επιφάνεια της Γης και αποτελεί τον μοναδικό μηχανισμό, που επιτρέπει στον πλανήτη μας να διατηρήσει τη θερμική του ισορροπία, αποβάλλοντας το πλεόνασμα της ηλιακής θερμότητας.

Ο δροσισμός με ακτινοβολία έχει ως βάση το γεγονός ότι κάθε τι εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, ως μορφή ενεργείας. Αν για παράδειγμα θέσουμε δύο σώματα απέναντι το ένα στο άλλο και διαθέτουν διαφορετική θερμοκρασία, τότε το θερμότερο σώμα θα χάσει θερμική ακτινοβολία, κι αν το ψυχρότερο σώμα διατηρήσει τη θερμοκρασία του τότε στο πιο θερμό θα μειωθεί τόσο η θερμοκρασία του ώστε να εξισορροπηθεί με το ψυχρότερο σώμα. Αν δεν υπήρχε ατμόσφαιρα θα είχαμε την ιδανική ψύξη με ακτινοβολία καθώς το κτίριο θα αλληλεπιδρούσε με το άπειρο, μια πολύ ψυχρή πηγή. Στην πραγματικότητα όμως υπάρχει ατμόσφαιρα και ο ουρανός αποτελεί μια ενδιάμεση δεξαμενή, διότι κάθε τι που βλέπει τον ουρανό ανταλλάσσει θερμότητα. Για να υπολογιστεί η καθαρή ροή θερμότητας δυο σωμάτων, θα πρέπει να υπάρχει μεγάλη διαφορά στις μεταξύ τους θερμοκρασίες. Όταν ο ουρανός έχει χαμηλή θερμοκρασία τότε μιλάμε για καθαρό ουρανό. Οι αδιαφανείς επιφάνειες πρέπει να έχουν μέγιστη ανακλαστικότητα στις περιοχές χαμηλού μήκους κύματος του φάσματος ώστε να ανακλούν ηλιακή ακτινοβολία, και μέγιστη ικανότητα εκπομπής για να ευνοείται η ακτινοβολία από το κτίριο στον ουρανό τη νύχτα. Στις αστικές περιοχές όπου η ανακλαστικότητα των κατακόρυφων επιφανειών είναι υψηλή, τα ηλιακά κέρδη είναι αυξημένα στα κτίρια. Αυτή η ανάλυση σε συνδυασμό με την ενίσχυση του

φυσικού φωτισμού αποτελεί πλεονέκτημα για διπλανά κτίρια. Όταν οι οροφές αντανακλούν έντονα και αλληλεπιδρούν λιγότερο με τα άλλα κτίρια, η νυχτερινή ακτινοβολία από τις κατακόρυφες επιφάνειες είναι περιορισμένη. Λόγω του ότι η ατμόσφαιρα δεν είναι καθαρή αλλά παρεμβάλλονται σωματίδια, ρύπανση, CO₂ τα οποία αντανακλούν μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος, με αποτέλεσμα η ατμόσφαιρα να αποκτά μια θερμοκρασία πλασματική την οποία βλέπει η γη και πλησιάζει στη θερμοκρασία της. Έτσι ο ουρανός ακτινοβολεί πίσω στη γη θερμότητα υψηλού μήκους κύματος αλλά χαμηλότερη από αυτή που ακτινοβολεί η γη προς τον ουρανό. Αυτή η διαφορά προσδιορίζει το μέγιστο δυναμικό των συστημάτων ψύξης με ακτινοβολία. Η απορρόφηση μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα σχετίζεται με την υγρασία του αέρα, έτσι η θερμοκρασία του ουρανού, αποτελεί συνάρτηση της υγρασίας και της θερμοκρασίας ξηρού βολβού του αέρα κοντά στο έδαφος. Αυτή η μέθοδος ψύξης είναι αποτελεσματική σε ξηρά και ζεστά κλίματα, επηρεάζεται δε αρνητικά από τη μεταφορά θερμότητας από τον περιβαλλοντικό αέρα προς την επιφάνεια που ακτινοβολεί. Αυτό μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου και να χρειαστεί να τοποθετηθούν αντανεμικά προπετάσματα, διαφανή ως προς την ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος. Βέβαια η σκόνη και η υγρασία που συσσωρεύονται, εμποδίζουν τη σωστή λειτουργία της μεθόδου.

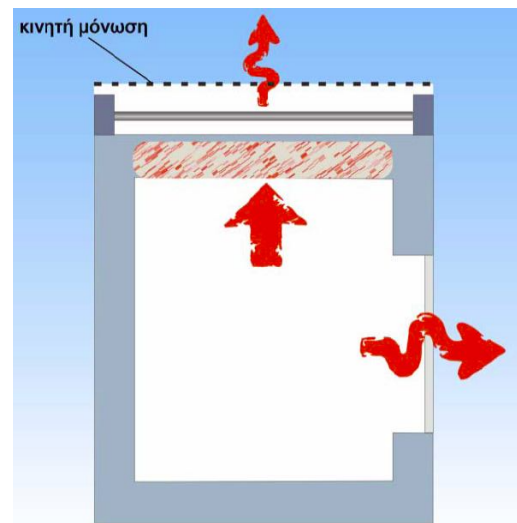
Τα μέσα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη ψύξης με ακτινοβολία είναι η χρήση οροφών που ακτινοβολούν, η ψύξη με αέρα, η κινητή μόνωση, η κινητή θερμική μάζα και γενικά με την τοποθέτηση μεταλλικών ακτινοβολητών.

Τα συστήματα δροσισμού με ακτινοβολία διακρίνονται σε τρία είδη:

- Λευκή οροφή: Το βάψιμο της οροφής με λευκό χρώμα (μονωτικό χρώμα ή ασβέστης) είναι το απλούστερο σύστημα δροσισμού με ακτινοβολία. Το πλεονέκτημα της λευκής οροφής είναι ότι απορροφά μικρή ποσότητα θερμότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας, οπότε η θερμοκρασία της παραμένει χαμηλή και έτσι ψύχεται εύκολα τη νύχτα. Είναι γνωστό πως η επιφάνεια της οροφής είναι το στοιχείο του περιβλήματος που διαθέτει την καλύτερη οπτική επαφή με τον ουρανό, άρα διαθέτει την καταλληλότερη επιφάνεια για ψύξη με ακτινοβολία. Επιπλέον η οροφή δέχεται σημαντικά ηλιακά κέρδη καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, κάτι που είναι ασύμφορο, για να το περιορίσουμε αυτό πρέπει η οροφή να διαθέτει μεγάλη ανακλαστικότητα στο φάσμα του μικρού μήκους κύματος. Η μεγιστοποίηση της νυχτερινής ακτινοβολίας απαιτεί υψηλή δυνατότητα εκπομπής στην κλίμακα μεγάλου μήκους κύματος. Η λύση της βαφής της οροφής σε λευκό χρώμα ή η τοποθέτηση ενός φύλλου αλουμινίου, τα οποία διαθέτουν καλές ιδιότητες φάσματος για ακτινοβολία εκτιμάται ως η βέλτιστη. Η απόδοση των συμβατικών επιφανειών ακτινοβολίας, περιορίζεται λόγω της μειωμένης πτώσης της θερμοκρασίας της επιφάνειας που ακτινοβολεί στο ύψος της εξωτερικής θερμοκρασίας λόγω της μεταφοράς θερμότητας, κυρίως λόγω παρουσίας του ανέμου, αλλά και ο σχηματισμός υγρασίας λόγω χαμηλής θερμοκρασίας που έχουν οι επιφάνειες. Όσον αφορά την αποδοτικότητα του συστήματος λόγω των ψυκτικών φορτίων του κτιρίου και της μείωσης θερμοκρασίας της ακτινοβολίας εξαρτάται από το βαθμό θερμικής σύζευξης μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος μέσω της οροφής. Για να βελτιωθεί η αποδοτικότητα, προτείνονται διάφορα συστήματα όπως οι επιφάνειες ακτινοβολίας που ψύχουν την οροφή απ' ευθείας ή τον αέρα που εισάγεται στο κτίριο με τη βοήθεια του μηχανικού ανεμιστήρα. Η ψύξη με αέρα πραγματοποιείται για να μεταφερθεί η ψύξη της νυχτερινής ακτινοβολίας από την

εξωτερική επιφάνεια της οροφής στο εσωτερικό του κτιρίου, έτσι ο αέρας κυκλοφορεί κάτω από την ψυχρή επιφάνεια που δέχεται την ακτινοβολία κι έπειτα εισέρχεται στο κτίριο κοντά στη μάζα θερμικής αποθήκευσης. Ένας τυπικός ανακλαστήρας, που χρησιμοποιείται για τη μεγιστοποίηση του ποσοστού μεταφοράς θερμότητας από τον εσωτερικό αέρα στις επιφάνειες ψύξης έναντι της υψηλής κατανάλωσης για τον ανεμιστήρα, είναι ένα βαμμένο μεταλλικό φύλλο με διάκενο αέρα 50-100 cm από κάτω. Βέβαια, ο αέρας μπορεί να κυκλοφορεί σε σωλήνες προσκολλημένους στο μεταλλικό φύλλο, ενώ η μόνωση πρέπει να τοποθετηθεί κάτω από το διάκενο αέρα για να μεγιστοποιήσει τη μεταφορά θερμότητας προς τον αέρα.

- **Κινητή μόνωση:** Αποτελείται από ένα μονωτικό υλικό, που μετακινείται με το χέρι ή μηχανικά ώστε να καλύπτει την οροφή του κτιρίου. Το καλοκαίρι, η οροφή καλύπτεται την ημέρα για να ελαχιστοποιούνται τα ηλιακά θερμικά κέρδη, ενώ το βράδυ αφαιρείται το κάλυμμα και διευκολύνεται η ψύξη της με ακτινοβολία. Τον χειμώνα, η οροφή εκτίθεται στον ήλιο την ημέρα για να δεχθεί τα ηλιακά θερμικά κέρδη, ενώ το βράδυ μονώνεται προκειμένου να μειωθούν οι θερμικές απώλειες και να διοχετευθεί η πλεονάζουσα θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου. Η κινητή μόνωση λειτουργεί εκθέτοντας τη θερμική μάζα στον αέρα τη νύχτα και προστατεύοντας τη, τη μέρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη βελτιστοποίηση του δυναμικού ψύξης με ακτινοβολία. Η μάζα αποθήκευσης μπορεί να είναι η μάζα της οροφής ή δοχεία νερού, κι απαιτείται άμεση επαφή με την οροφή. Τα μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι το κόστος κατασκευής, το γεγονός ότι πρέπει να γίνει προσεκτική μελέτη για να αποφευχθούν οι διαρροές, μπορεί να εφαρμοσθεί μόνο στον τελευταίο όροφο και δεν παρέχει λανθάνουσα ψύξη. Όμως έχει αυξημένη απόδοση σε θερμά ή ξηρά κλίματα και μπορεί το χειμώνα να χρησιμοποιηθεί ανάστροφα ώστε να επωφελείται από τα ημερήσια ηλιακά κέρδη και να περιορίζονται οι θερμικές απώλειες.



Εικόνα 8-16. Κινητή μόνωση[28]

- **Μεταλλικός ακτινοβολητής:** Το σύστημα αυτό αποτελείται από διπλή μεταλλική πλάκα, που έχει ανακλαστική εξωτερική επιφάνεια και μόνωση στην κάτω πλευρά. Η ανακλαστικότητα εξασφαλίζεται με επικάλυψη της εξωτερικής επιφανείας με μαύρο χρώμα ή με οξειδίο τιτανίου, αλουμινίου, ασβεστίου ή ψευδαργύρου. Κατά τη διάρκεια της νύχτας η πάνω πλευρά εκπέμπει ακτινοβολία προς τον ουράνιο θόλο, ενώ ο αέρας ψύχεται διερχόμενος μέσα από τις πλάκες και στη συνέχεια διοχετεύεται στο κτίριο.[12]

8.7. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Οι μέθοδοι παθητικής αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας αγνοούνται συνήθως από τους εκπροσώπους εταιρειών που προωθούν τεχνικά πολυπλοκότερα συστήματα θέρμανσης με ηλιακή ενέργεια. Ο συνηθέστερος λόγος είναι βέβαια οικονομικός. Τα "παθητικά" συστήματα είναι προσανατολισμένα σε έναν εφαρμοσμένο σχεδιασμό και όχι προς κάποιο προϊόν, πράγμα που σημαίνει ότι δεν ανοίγουν κάποιο νέο τομέα της αγοράς. Είναι ομολογουμένως δύσκολο να

υπάρξει κάποια τυποποιημένη σειρά προϊόντων, καθώς όλα τα τμήματα του "παθητικού" συστήματος εκπληρούν ταυτόχρονα και κάποια άλλη λειτουργία και είναι ενσωματωμένα σε κάθε επιμέρους λύση.

Τα "παθητικά" συστήματα έχουν βέβαια και μειονεκτήματα. Συχνά οδηγούν σε μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές εξ αιτίας της αργής θέρμανσης του χώρου κάποια κρύα πρωινά (αυτός είναι ο λόγος που οι περισσότερες κατοικίες που έχουν ένα τέτοιο "παθητικό" σύστημα είναι εφοδιασμένες και με θερμαντικό σώμα) ή σε υπερθέρμανση σε μέρες μεγάλης ηλιοφάνειας. Αυτά τα μειονεκτήματα αντιμετωπίζονται με σωστή τοποθέτηση μόνωσης και με την διευκόλυνση της κατανομής της θερμότητας με εξαεριστήρες. Μερικά "παθητικά" συστήματα μπορεί να φαίνονται στον μέσο κάτοικο αναξιόπιστα ως μη συμβατικά. Ο χρήστης μιας κατοικίας, που έχει συνηθίσει την "εύκολη" λύση των "ενεργητικών" συστημάτων που έχουν κάποια συμβατική λειτουργία σε χειρισμούς και ρυθμίσεις, αναγκάζεται ενδεχομένως να αναθεωρήσει κάποια στοιχεία του τρόπου ζωής του. Είναι γεγονός ότι οι κάτοικοι σπιτιών με "παθητικά" συστήματα πρέπει να είναι ιδιαίτερα συνδεδεμένοι με την κατοικία τους. Με την πάροδο του χρόνου απολαμβάνουν όλο και περισσότερο τα πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού, ενώ ταυτόχρονα αποκτούν επίγνωση της δυνατότητας αξιοποίησης των στοιχείων της φύσης έτσι ώστε να συμμετέχουν ενεργά σ' αυτή την κατεύθυνση. Πιο απλά, γνωρίζουν τα στοιχεία του συστήματος και τα χειρίζονται, μαθαίνουν πότε πρέπει να ανοίγουν και να κλείνουν τις πόρτες, τους εξαεριστήρες κ.λπ., να τοποθετούν αντανakλαστικά στοιχεία, να κλείνουν κουρτίνες ή στόρια, μαθαίνουν να ανέχονται τις σχετικά μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές κ.λπ. Αλλά το να ζει κανείς πιο κοντά στους ρυθμούς της φύσης και να στρέφεται προς τον ήλιο είναι μια θετική γνώση και όχι μια αρνητική στάση απέναντι στο πρόβλημα της χρήσης της ενέργειας.

Ένα βασικό πλεονέκτημα των "παθητικών" συστημάτων είναι η οικονομική τους πλευρά. Η εγκατάσταση μηχανικών συστημάτων θέρμανσης είναι γνωστό ότι επιβαρύνει αρκετά τον προϋπολογισμό κατασκευής ενός κτιρίου. Η διαπίστωση αυτή οδηγεί κατ' αρχήν στην ανάγκη σωστής μόνωσης του κτιρίου έτσι ώστε να μειώνεται η απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση. Στη συνέχεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν "παθητικά" μέσα για την συλλογή και αποθήκευση ηλιακής ενέργειας και να υπολογιστεί η κατανομή της θερμότητας ανάλογα με τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες. Αυτή η διαδικασία ελαφρύνει το βάρος των πρόσθετων συστημάτων θέρμανσης, ακόμα και αν πρόκειται για "ενεργητικά" ηλιακά συστήματα.

9. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



Εικ.9.1. Ενέργεια φιλική προς το περιβάλλον[46]

9.1. ΓΕΝΙΚΑ

Ο όρος ηλιακή ενέργεια περιλαμβάνει όλη την ενέργεια που φτάνει στη γη από τον ήλιο. Η ηλιακή ενέργεια χωρίζεται σε δύο τύπους χρήσης, την ηλιακή θέρμανση και το ηλιακό ρεύμα. Η σημαντικότερη χρήση της ηλιακής ενέργειας είναι ο ηλιακός ηλεκτρισμός, ο οποίος παράγεται απευθείας από το ηλιακό φως με τη χρήση των φωτοβολταϊκών κυττάρων. Η λέξη φωτοβολταϊκά αναφέρεται σε μια ηλεκτρική τάση που προκαλείται από το φως. Τα ηλιακά κύτταρα κατ' αρχάς αναπτύχθηκαν για να δίνουν

ισχύ στους δορυφόρους για τα προγράμματα του διαστήματος κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 50'. Τώρα χρησιμοποιούνται στη γη και κατασκευάζονται από διάφορες εταιρίες σε όλο τον κόσμο. Τα περισσότερα ηλιακά κύτταρα φτιάχνονται από ένα είδος πυριτίου. Καθώς το ηλιακό φως εκπέμπεται στην επιφάνεια του πυριτίου, παράγεται ηλεκτρική ενέργεια από μια διαδικασία που είναι γνωστή ως φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Μεμονωμένα τα ηλιακά κύτταρα μπορούν να συγκριθούν με τις απλές μπαταρίες που χρησιμοποιούνται στα ράδιο και σε άλλες μικροσυσκευές, σε αυτές μόνο που παράγουν χαμηλή τάση συνεχούς ρεύματος. Κάθε ηλιακό κύτταρο πυριτίου παράγει περίπου 0.5-0.6V. Έτσι όπως χρειάζονται όμως αρκετές μπαταρίες τα ράδιο και τα κασετόφωνα για να αυξήσουν την τάση τους, έτσι και τα ηλιακά κύτταρα συνδέονται μεταξύ τους (σε συστοιχίες) για να παράγουν υψηλότερη τάση που είναι περισσότερο χρήσιμη. Συνδεδεμένα κατά αυτόν τον τρόπο, πολύ συχνά ονομάζονται ηλιακά πλαίσια αλλά τα ονόματα που χρησιμοποιούνται από τους προμηθευτές είναι συνήθως υπομονάδες ηλιακού κυττάρου, φωτοβολταϊκές υπομονάδες, ή Φ/Β υπομονάδες.

Η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών στοιχείων στο εξωτερικό κέλυφος ενός κτιρίου είναι μια τεχνική η οποία κερδίζει συνεχώς έδαφος, καθώς η τεχνολογία αναπτύσσεται ραγδαία και το κόστος των φωτοβολταϊκών στοιχείων μειώνεται. Η χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων έχει αρχίσει πλέον να καθιερώνεται ως η πιο φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική λύση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα, έχουν αναπτυχθεί ειδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία κατάλληλα για στέγες και προσόψεις και η σημερινή διάδοση τους επιτρέπει την πρόβλεψη ότι, στο προσεχές μέλλον, σημαντικό μέρος των ηλεκτρικών αναγκών των κτιρίων θα καλύπτεται από φωτοβολταϊκά συστήματα.

Μόνα τους τα φωτοβολταϊκά κύτταρα ή αλλιώς "ηλιακά κύτταρα" ενώνονται ηλεκτρικά για να σχηματίσουν Φ/Β υπομονάδες, που είναι οι οικοδομικοί λίθοι των Φ/Β συστημάτων. Η υπομονάδα είναι η μικρότερη Φ/Β υπομονάδα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει σημαντικό ποσό Φ/Β ενέργειας και κατασκευάστηκε με διαφορετικές ηλεκτρικές αποδόσεις που κυμαίνονται από μερικά watts ως και περισσότερα από 100 watts

συνεχούς ρεύματος (DC). Οι υπομονάδες μπορούν να συνδέονται σε Φ/Β διατάξεις για να τροφοδοτούν μία ευρεία ποικιλία ηλεκτρικού εξοπλισμού. Δύο βασικοί τύποι Φ/Β τεχνολογιών που είναι διαθέσιμοι εμπορικά είναι το κρυσταλλικό πυρίτιο και η λεπτή μεμβράνη. Όσον αφορά την τεχνολογία του κρυσταλλικού πυριτίου, κάθε ένα κύτταρο είναι κομμένο σε μεγάλα μονά κρύσταλλα ή σε ράβδους από κρυσταλλικό πυρίτιο. Στην τεχνολογία των Φ/Β του άμορφου πυριτίου, το υλικό των Φ/Β είναι τοποθετημένο σε γυαλί ή σε λεπτό μέταλλο που μηχανικά υποστηρίζει το κύτταρο ή την υπομονάδα. Επιπροσθέτως, στις Φ/Β υπομονάδες, η σύνθεση που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί ένα Φ/Β σύστημα πρέπει να συμπεριλαμβάνει έναν ελεγκτή της φορτιζόμενης μπαταρίας, μπαταρίες, έναν μετατροπέα συνεχούς-εναλλασσόμενης τάσης ή μονάδα προσαρμογής ηλεκτροπαραγωγής PCU-power conditioning unit (για εναλλακτική-συνεχή φόρτιση), διακόπτες ασφαλείας και ηλεκτρικές ασφάλειες, ηλεκτρικό κύκλωμα εδάφους και ηλεκτρικές συνδέσεις (U.S. Department of Energy).



Εικ.9.2. Τυπική διάταξη φωτοβολταϊκού πάνελου[25]

9.1.1. Το ηλιακό στοιχείο

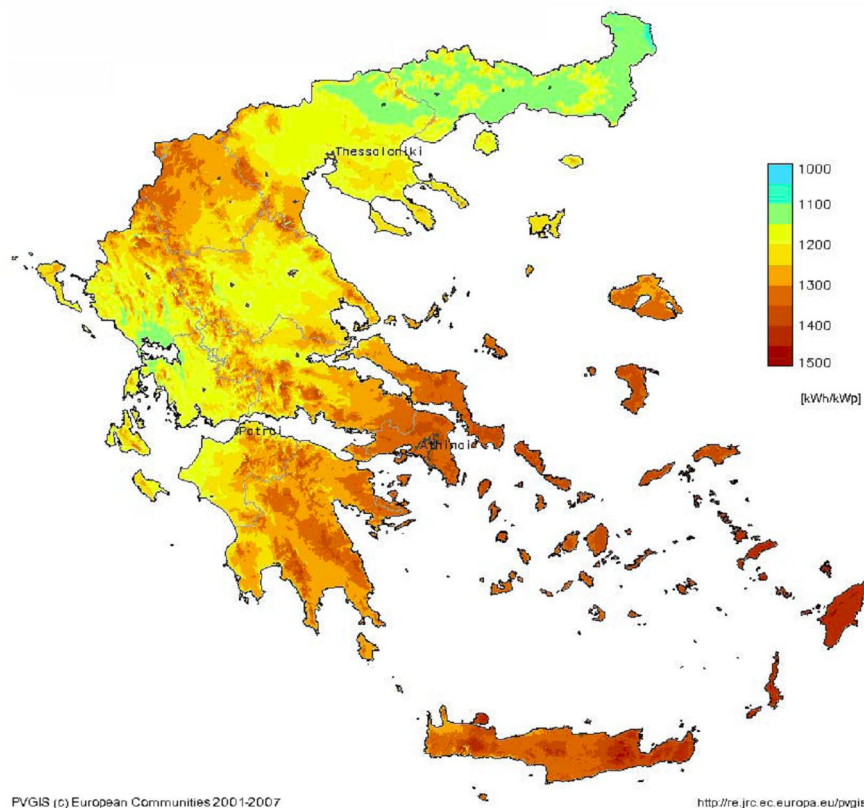
Όλοι γνωρίζουμε ότι η Ελλάδα είναι ιδιαίτερα ευνοημένη από τον ήλιο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αν σκεφτεί κανείς ότι πολλά από τα συστήματα για τα οποία μιλάμε έχουν αναπτυχθεί και αποδίδουν από χρόνια στην Βόρεια Ευρώπη, καταλαβαίνει κανείς το πόσο πίσω έχουμε μείνει και το τι μπορούμε να κάνουμε με όλο αυτό το ηλιακό δυναμικό που απλόχερα (και δωρεάν) μας προσφέρει χειμώνα και καλοκαίρι ο Θεός.

Η μέση ετήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο στην Ελλάδα κυμαίνεται από 1.300 έως 1800 kWh/m². Ένα Φ/Β σύστημα ονομαστικής ισχύος 3 kWp έχει την δυνατότητα παραγωγής 4.500 kWh/έτος.

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Ελλάδα εν γένει παράγει ετησίως 1100-1500 kWh ανά εγκατεστημένο kW. Εννοείται ότι στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας μας, ένα φωτοβολταϊκό σύστημα παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ότι στις βόρειες. Για παράδειγμα, αναφέρουμε ότι ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Αθήνα αποδίδει 1300-1400 kWh/έτος/kW, στη Θεσσαλονίκη 1150-1250 kWh/έτος/kW στην Κρήτη ή Ρόδο 1350-1500 kWh/έτος/kW και στην Ζάκυνθο 1350-1450 kWh/έτος/kW.

Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας φαίνεται στον παρακάτω χάρτη:

Ετήσια παραγωγή ενέργειας (κιλοβατώρες ανά κιλοβάτ)
από φωτοβολταϊκά κρυσταλλικού πυριτίου στη βέλτιστη κλίση



PVGIS (c) European Communities 2001-2007

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Εικ.9.3. Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας[28]

9.1.2. Η ιστορία του φωτοβολταϊκού φαινομένου

Τα φωτοβολταϊκά ανακαλύφθηκαν από τον Γάλλο φυσικό Alexandre Edmund Becquerel το 1839. Αυτή η ανακάλυψη δεν είχε γίνει πλήρως αντιληπτή μέχρι της αρχές της δεκαετίας του 50', όταν τα αποτελέσματα των Φ/Β χρησιμοποιήθηκαν ως πηγή ενέργειας για διαστημικές εφαρμογές. Στις αρχές της δεκαετίας του 70', υπήρξε μια ραγδαία ανάπτυξη των Φ/Β που οφειλόταν στην χρηματοδότηση για την έρευνα και την ανάπτυξη προγραμμάτων για την μετατροπή ενέργειας ως αποτέλεσμα της κρίσης του πετρελαίου το 1973. Από τότε μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 90', ο στόχος ήταν η εξασφάλιση της μέγιστης απόδοσης μετατροπής του φωτός σε ηλεκτρικό ρεύμα. Η απόδοση των κυττάρων πυριτίου στο εργαστήριο κυμαίνεται περίπου στο 24%, με μέση παραγωγή υπομονάδων με απόδοση που φτάνει το 17%. Στις αρχές της δεκαετίας των 90', η σκέψη ενσωμάτωσης Φ/Β διατάξεων στη δομή των κτιρίων και η σύνδεση του



Εικ.9.4. Φωτοβολταϊκή συστοιχία[46]

συστήματος με το ηλεκτρικό δίκτυο ισχύος εξασφαλίζει μία τεράστια αύξηση για τα αποτελέσματα της τεχνολογίας στα 15-30% χρόνο με το χρόνο μεγαλώνοντας όλο και πιο πολύ την τελευταία δεκαετία. Οι διεθνείς αγορές για το έτος του 2000 ήταν πάνω από 200MWp. Στα επόμενα χρόνια αναμένεται η ικανότητα παραγωγής Φ/Β σε όλον τον κόσμο να αυξηθεί στα 350MWp.

Το κίνητρο για αυτή την επέκταση είναι η αναγνώριση από αρκετές χώρες ότι η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών δεν είναι ελκυστική μόνο για το μεγάλο αντίκτυπο που έχει λόγω παροχής ενέργειας στο μέλλον αλλά επίσης λόγω εξαγωγών, καθώς και λόγω απασχόλησης. Αρκετές χώρες, όπως η Γερμανία, η Ιαπωνία και οι Η.Π.Α. έχουν τοποθετηθεί ώστε να έχουν τεχνολογική διεύθυνση θέτοντας σε εφαρμογή εθνικά προγράμματα που προωθούν τη χρήση Φ/Β, τα οποία θα φέρουν αναμφίβολα αποτελέσματα σε μια επέκταση της ικανότητας κατασκευής και στη μείωση του κόστους. Μεγάλες πολυεθνικές πετρελαίου υιοθετούν την ηλιακή ενέργεια ως μία δεσπόζουσα υπόθεση. Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχει και μία προοπτική που αφορά τη συνεχή μείωση του κόστους των Φ/Β. Κάποια στιγμή στα επόμενα χρόνια, που προβλέπεται να είναι μέσα στην επόμενη δεκαετία, αυτή η μείωση του κόστους θα κάνει τα Φ/Β που παράγουν ενέργεια ανταγωνιστικά με το συμβατικό ηλεκτρισμό. Η ενέργεια των Φ/Β που παράγεται από την κάλυψη των κτιρίων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να ικανοποιήσει κτιριακές απαιτήσεις και το πλεόνασμα του να εξαχθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο ισχύος. Το τελευταίο θα προαγγείλει μία νέα γενιά καταναλωτών που θα επιλέξουν το δρόμο την ηλιακής ενέργειας προτιμώντας την από τη συνηθισμένη παροχή με αποτέλεσμα τον περαιτέρω ανταγωνισμό και το άνοιγμα της αγοράς του ηλεκτρισμού.

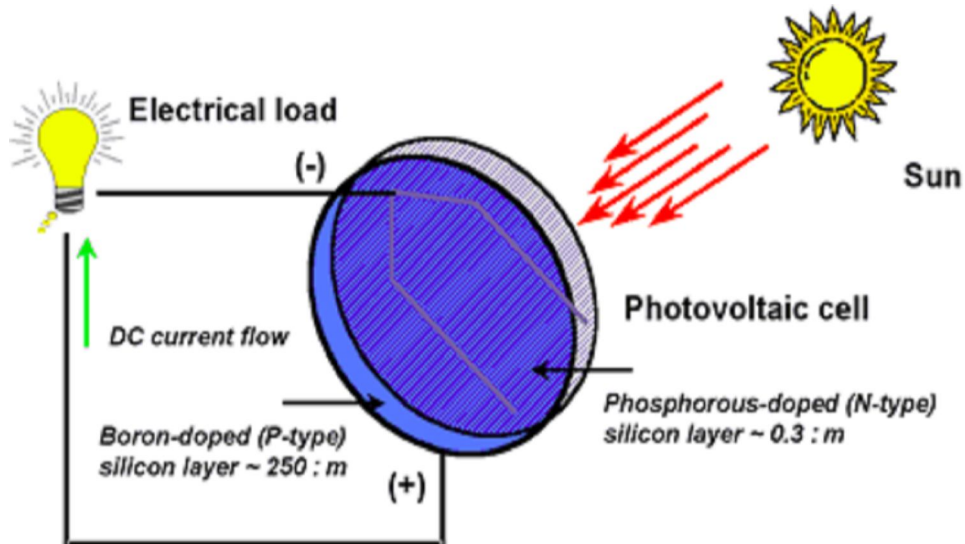
9.2. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ

Η τεχνολογία των ηλιακών κυττάρων είναι μία διάταξη ηλεκτρικής μετατροπής που είναι ικανή να μετατρέψει την ηλιακή ενέργεια (βομβαρδισμό φωτονίων) σε ηλεκτρική ενέργεια, παράγοντας μια ροή ηλεκτρονίων όταν είναι συνδεδεμένη με συσκευή φόρτισης. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είναι πολύ εντονότερο στα μέταλλα που είναι αγωγοί, ενώ πραγματοποιείται δυσκολότερα σε υλικά που χαρακτηρίζονται ως μονωτές. Κάτι τέτοιο συμβαίνει γιατί το φράγμα δυναμικού που χωρίζει την ζώνη σθένους από τη ζώνη αγωγιμότητας, είναι πολύ μικρότερο στους αγωγούς από ότι στους μονωτές. Έτσι, τα ηλεκτρόνια των αγωγών απελευθερώνονται με την ελάχιστη ενέργεια, ενώ αυτά των μονωτών απαιτούν τεράστια ποσά ενέργειας. Η ενδιαμέση κατάσταση περιγράφεται από υλικά γνωστά ως ημιαγωγοί, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως για την κατασκευή φωτοβολταϊκών κυττάρων.

Μερικά υλικά, όπως το πυρίτιο με πρόσμιξη άλλων στοιχείων γίνονται ημιαγωγοί (άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα προς μια μόνο διεύθυνση), έχουν δηλαδή τη δυνατότητα να δημιουργούν διαφορά δυναμικού όταν φωτίζονται και κατά συνέπεια να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Συνδέοντας μεταξύ τους πολλά μικρά κομμάτια τέτοιων υλικών (φωτοβολταϊκές κυψέλες ή στοιχεία), τοποθετώντας τα σε μία επίπεδη επιφάνεια (φωτοβολταϊκό σύστημα) και στρέφοντάς τα προς τον ήλιο είναι δυνατό να πάρουμε ηλεκτρικό ρεύμα αρκετό για να καλύψουμε τις ανάγκες για τη λειτουργία

- επιστημονικών συσκευών (όπως δορυφόρων),
- για την κίνηση ελαφρών αυτοκινήτων (ηλιακά αυτοκίνητα),
- για τη λειτουργία φάρων,

- για την κάλυψη έστω και μέρους των ενεργειακών αναγκών μικρών απομονωμένων κατοικιών, όπως φωτισμός, τηλεπικοινωνίες, ψύξη, ηχητική κάλυψη, (όχι κουζίνες, θερμοσίφωνες, ηλεκτρικά καλοριφέρ).

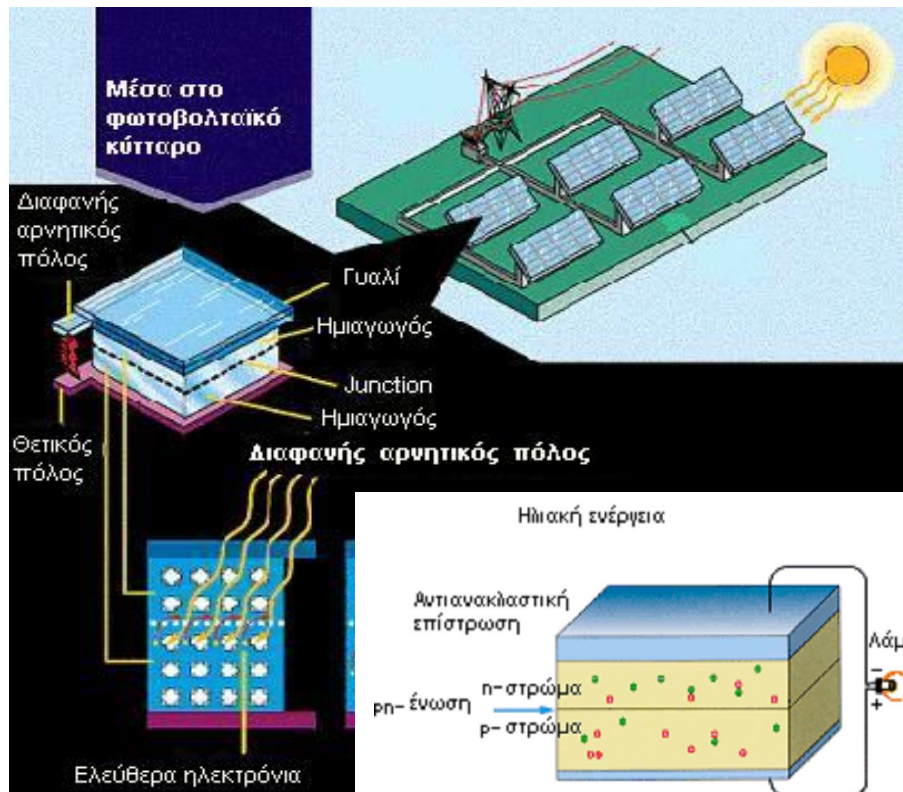


Εικ.9.5. Η λειτουργία ενός φωτοβολταϊκού κυττάρου[28]

Το φωτοβολταϊκό ηλιακό κύτταρο, λοιπόν, είναι φτιαγμένο κυρίως από ένα ημιαγωγικό υλικό που ονομάζεται πυρίτιο. Πριν από τη χρήση των ημιαγωγών για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών κυττάρων, απαραίτητος είναι ο εμποτισμός του, από ξένα σώματα. Ανάλογα με το είδος της πρόσμιξης που θα χρησιμοποιηθεί, ο ημιαγωγός χαρακτηρίζεται είτε ως τύπου n (negative-αρνητικού), είτε ως τύπου p (positive-θετικού). Ως πρώτη ύλη για την παραγωγή του n-τύπου χρησιμοποιείται ο φώσφορος, ενώ ως πρώτη ύλη για την παραγωγή του p-τύπου χρησιμοποιείται το βόριο. Οι ημιαγωγοί τύπου p διαθέτουν περίσσεια θετικών φορτίων ή οπών, ενώ στους ημιαγωγούς τύπου n πλειοψηφούν τα αρνητικά φορτία, δηλαδή τα ηλεκτρόνια.



Εικ.9.6. Σύσταση φωτοβολταϊκού κυττάρου[25]



Εικ.9.7. Τι συμβαίνει μέσα στο

Εικ.9.8. Δημιουργία ρεύματος [25]

φωτοβολταϊκό κύτταρο[25]

Όταν τα δύο αυτά διαφορετικά στρώματα των ημιαγωγών έρθουν σε επαφή, στο σημείο επαφής τους δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο, καθώς από τη μια πλευρά υπάρχουν ελεύθερα θετικά φορτία (τύπου p) και από την άλλη ελεύθερα αρνητικά (τύπου n). Συνήθως ο ημιαγωγός που εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία είναι ο p, και έτσι τα ηλεκτρόνια που ελευθερώνονται από τον ημιαγωγό τύπου p οδηγούνται στον ημιαγωγό τύπου n, μέσω της επαφής p-n. Αν αυτές οι δύο επιφάνειες των ημιαγωγών συνδεθούν μεταξύ τους μέσω κάποιων ακροδεκτών και παρεμβληθεί ανάμεσά τους μία αντίσταση φορτίου, είναι προφανές ότι τα ηλεκτρόνια που έχουν μαζευτεί στον ημιαγωγό τύπου n θα κινηθούν μέσω των καλωδίων προς τον ημιαγωγό τύπου p, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος. [25]

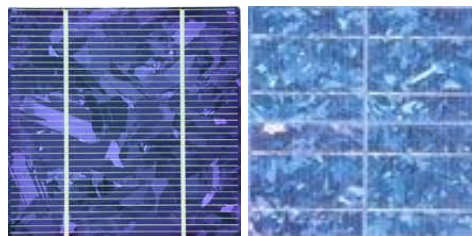
9.3. ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

- Μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου. Κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας πολλά μικρά κομμάτια πυριτίου τα οποία αποκόπτονται από ένα μεγάλο κυλινδρικό κομμάτι κρυστάλλου πυριτίου. Θεωρείται ότι αποτελούν την πιο αποδοτική λύση στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Το κύριο πλεονέκτημα τους είναι η ψηλή αποδοτικότητα, περίπου 15%. Η διαδικασία παραγωγής τους όμως είναι αρκετά περίπλοκη με αποτέλεσμα να έχουν αυξημένο κόστος.



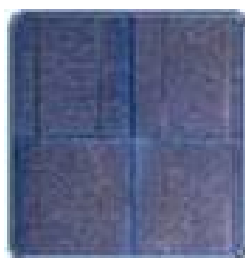
Εικ.9.9. Μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου[25]

- Πολυκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου. Κατασκευάζονται από κομμάτια που αποκόπτονται από μια ράβδο πυριτίου η οποία έχει λιώσει και επανακρυσταλλοποιηθεί. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής τους λιωμένο πυρίτιο καλουπώνεται σε ράβδους από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο. Στη συνέχεια αυτοί οι ράβδοι κόβονται σε πολύ λεπτούς δίσκους οι οποίοι συναρμολογούνται ώστε να σχηματίσουν ένα πλήρες φωτοβολταϊκό στοιχείο. Τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία είναι πιο οικονομικά από τα μονοκρυσταλλικά, λόγω της απλούστερης διαδικασίας παραγωγής, αλλά έχουν σχετικά μειωμένη αποδοτικότητα. Υπολογίζεται ότι έχουν απόδοση 12%, δηλαδή 3% μικρότερη από μονοκρυσταλλικά.



Εικ.9.10. Πολυκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου[25]

- Στοιχεία από χονδρές μεμβράνες πυριτίου. Οι χονδρές μεμβράνες πυριτίου είναι μια άλλη τεχνολογία επεξεργασίας των πολυκρυστάλλων κατά την οποία το πυρίτιο εναποτίθεται σε συνεχείς στρώσεις πάνω σ' ένα υλικό το οποίο αποτελεί τη βάση του στοιχείου. Η διαδικασία αυτή προσδίδει στο στοιχείο κοκκώδη υφή και έντονα λαμπερή όψη. Όπως όλα τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά έτσι κι' αυτό εμπερικλείεται σε διαφανές μονωτικό πολυμερές με θερμαινόμενο γυάλινο κάλυμμα και συνήθως τοποθετείται σε ανθεκτικά πλαίσια από αλουμίνιο.



Εικ.9.11. Στοιχείο από χονδρές μεμβράνες πυριτίου[25]

- Άμορφα στοιχεία πυριτίου (στοιχεία λεπτής μεμβράνης). Συντίθεται από άτομα πυριτίου τα οποία δεν έχουν κρυσταλλική δομή αλλά βρίσκονται σε λεπτή ομογενή στρώση. Τα άμορφα στοιχεία πυριτίου απορροφούν το φως σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από ότι τα κρυσταλλικά στοιχεία γι' αυτό έχουν και μικρότερο πάχος. Συνεπώς αυτή η τεχνολογία κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων πολλές φορές αποκαλείται και τεχνολογία της «λεπτής μεμβράνης». Τα άμορφα στοιχεία πυριτίου μπορούν να εφαρμοστούν σ' ένα μεγάλο εύρος δευτερευόντων κατασκευών, αφού είναι ανθεκτικά και διαθέτουν ελαστικότητα. Είναι ιδανικά για τοποθέτηση σε καμπύλες και κεκλιμένες επιφάνειες. Συγκρινόμενα με τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κρυσταλλικής δομής έχουν μειωμένη αποδοτικότητα (μόνο 6%). Παρ' όλα αυτά είναι πολύ πιο οικονομικά γι' αυτό το χαμηλό κόστος τους τα καθιστά ιδανικά για εφαρμογές σε χώρους όπου το πρώτιστο μέλημα είναι η μείωση του κόστους και όχι η αποδοτικότητα.



Εικ.9.12. Άμορφο στοιχείο πυριτίου (στοιχείο λεπτής μεμβράνης)[25]

- Άλλες τεχνολογίες. Στις μέρες μας ένας μεγάλος αριθμός πολλά υποσχόμενων υλικών, χρησιμοποιείται για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων. Όμως αυτά βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο. Τέτοια υλικά είναι το Cadmium Telluride (CdTe) και το Copper Indium Diselenide (CIS). Στόχος είναι αφ' ενός η κατασκευή στοιχείων με οικονομικότερη παραγωγική διαδικασία από αυτή του κρυσταλλικού πυριτίου, αφ' ετέρου δε με ψηλότερη αποδοτικότητα απ' ότι τα άμορφα στοιχεία πυριτίου. Επίσης γίνονται δοκιμές για την παραγωγή φωτοβολταϊκών στοιχείων των οποίων ο τρόπος λειτουργίας βασίζεται στη φωτοσύνθεση.

Παρακάτω παρατίθεται ένας συγκριτικός πίνακας για τους τρεις κυριότερους τύπους φωτοβολταϊκών στοιχείων οι οποίοι χρησιμοποιούνται στις μέρες μας, τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου, τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου και τα άμορφα στοιχεία πυριτίου ή στοιχεία «λεπτής μεμβράνης».

Τύπος Φωτοβολταϊκού Στοιχείου	Στοιχεία Λεπτής Μεμβράνης	Πολυκρυσταλλικά Στοιχεία Πυριτίου	Μοнокρυσταλλικά Στοιχεία Πυριτίου
Αποδοτικότητα Στοιχείου σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας*	8 – 12%	14 – 15%	16 – 17%
Αποδοτικότητα Στοιχείου σε πλαίσιο	5 – 7%	12 – 14%	13 – 15%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά KWp**	15.5m ² (μετρήσεις σε πλαίσια εταιρείας kanenka)	8m ² (μετρήσεις σε πλαίσια εταιρείας sharp)	7m ² (μετρήσεις σε πλαίσια εταιρείας sharp)
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά KWp	Επικάλυψη με διπλά φύλλα γυαλιού 25 m ²	Επικάλυψη με διπλό φύλλο γυαλιού 10 - 30 m ² (εξαρτάται από αποστάσεις μεταξύ των στοιχείων)	Επικάλυψη με διπλό φύλλο γυαλιού 8 - 30 m ² (εξαρτάται από αποστάσεις μεταξύ των στοιχείων)
Ετήσια παραγόμενη ενέργεια ανά kwp (για όψεις με νότιο προσανατολισμό και κλίση 30° ***	800 KWp / KWp	810 KWp / KWp	830KWp / KWp
Ετήσια παραγόμενη ενέργεια ανά m ² (για όψεις με νότιο προσανατολισμό και κλίση 30°)	50 – 52 KWh/ m ²	100 KWh/ m ²	107 KWh / m ²
Ετησία αποταμίευση εκπομπής CO ₂ ανά kwp	454 kg/ KWp	460 kg/KWp	471 kg/KWp
Ετησία αποταμίευση εκπομπής CO ₂ ανά m ²	28 kg/ m ²	57 kg/ m ²	61kg / m ²

* Κανονικές συνθήκες λειτουργίας: 25⁰C, ένταση ηλιακής ακτινοβολίας 1000 W/ m², μάζα αέρα = 1,5

** KWp = kilowatt « peak», ισχύ αιχμής σε KW

*** Οι μετρήσεις αυτές έγιναν σε περιοχές του Ηνωμένου Βασιλείου (Πηγή SolarCentury “Solar energy fact sheet”)

Εικ.9.13. Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών στοιχείων πυριτίου[25]

9.4. Η ΒΑΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η λειτουργία των Φ/Β συστημάτων βασίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, δηλαδή την άμεση παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία (φως). Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται με τη χρήση υλικών (ημιαγωγίμων) τα οποία διαθέτουν την ιδιότητα να απορροφούν φωτόνια του ηλιακού φωτός απελευθερώνοντας ηλεκτρόνια (φωτοηλεκτρικό φαινόμενο). Η ροή των ελεύθερων αυτών ηλεκτρονίων συνεπάγεται τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος- ηλεκτρικής τάσης.

Τα Φ/Β συστήματα είναι όπως οποιαδήποτε άλλα συστήματα που λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια, μόνο που ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι διαφορετικός από αυτόν που χρησιμοποιείται για τα συμβατικά ηλεκτρομηχανικά παραγωγικά συστήματα. Εντούτοις, οι αρχές της λειτουργίας και της διασύνδεσης με άλλα ηλεκτρικά συστήματα παραμένουν το ίδιο πράγμα, και καθοδηγούνται από ένα καθιερωμένο σώμα των ηλεκτρικών κωδικών και προτύπων. Αν και μια Φ/Β διάταξη παράγει την ισχύ όταν εκτίθεται στο φως του ήλιου, διάφορα άλλα στοιχεία απαιτούνται για να διευθύνουν κατάλληλα, να ελέγξουν, να μετατρέψουν, να διανείμουν, και να καταχωρήσουν την ενέργεια που παράγεται από τη διάταξη. Ανάλογα με τη λειτουργικότητα και τις λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος, τα συγκεκριμένα στοιχεία που απαιτούνται, και μπορούν να περιλάβουν τα σημαντικά συστατικά όπως έναν μετατροπέα ισχύος συνεχούς-εναλλασσόμενου ρεύματος, μια τράπεζα μπαταρίας, έναν ελεγκτή του συστήματος και της μπαταρίας, βοηθητικές πηγές ενέργειας και μερικές φορές το προσδιορισμένο ηλεκτρικό. Επιπλέον, μια ταξινόμηση της ισορροπίας του υλικού του συστήματος, συμπεριλαμβανομένης της καλωδίωσης, πιθανής υπερφόρτωσης, προστασία κύματος και αποσύνδεση συσκευών, και άλλο εξοπλισμό επεξεργασίας ισχύος.



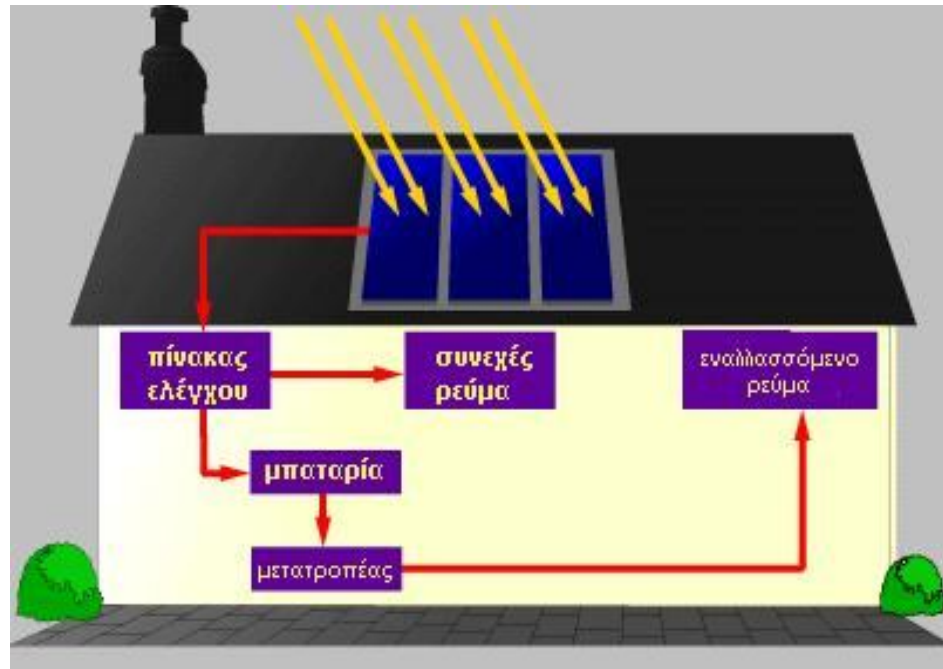
Εικ.9.14. Ρεύμα από τον ήλιο[25]

Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο αποτελείται από τα εξής επιμέρους υποσυστήματα :

- Φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Τα Φ/Β πλαίσια αποτελούνται από (συνήθως 30 έως 36) ερμητικά σφραγισμένα Φ/Β στοιχεία μέσα σε ειδική διαφανή πλαστική ύλη, των οποίων η μπροστινή όψη προστατεύεται (συνήθως) από ανθεκτικό γυαλί χαμηλής περιεκτικότητας σε οξειδίο του σιδήρου. Η κατασκευή αυτή, που δεν ξεπερνά σε πάχος τα 4 με 5 χιλιοστά, τοποθετείται συνήθως σε πλαίσιο αλουμινίου, όπως τα τζάμια των κτιρίων. Τα στοιχεία εσωτερικά είναι διασυνδεδεμένα σε σειρά ή παράλληλα ανάλογα με την εφαρμογή.
- Κατασκευή στήριξης. Τα Φ/Β πλαίσια προκειμένου να τοποθετηθούν / προσαρμοστούν στο σημείο εγκατάστασης τους εφοδιάζονται με ειδικές κατασκευές. Οι κατασκευές αυτές στήριξης πρέπει να πληρούν συγκεκριμένα κριτήρια, όπως αντοχή στα φορτία

που προέρχονται από το βάρος των πλαισίων και τους τοπικούς ανέμους, να μη προκαλούν σκιασμό στα πλαίσια, να επιτρέπουν την προσέγγιση στα πλαίσια, αλλά ταυτόχρονα να διασφαλίζουν την ασφάλεια τους. Σε εφαρμογές όπου τα Φ/Β πλαίσια ενσωματώνονται σε κτιριακές δομές, τότε απαιτείται καλή συναρμογή με τα δομικά στοιχεία.

- Συσσωρευτές ενέργειας (μπαταρίες). Οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται συχνά στα Φ/Β συστήματα με σκοπό την αποθήκευση της ενέργειας που παράγεται από τη Φ/Β διάταξη κατά τη διάρκεια της ημέρας, και για να την παρέχουν στα ηλεκτρικά φορτία όπου χρειάζεται (κατά τη διάρκεια της νύχτας και των περιόδων νεφελώδους καιρού). Για άλλους λόγους που οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται στα Φ/Β συστήματα είναι για την λειτουργία της Φ/Β διάταξης κοντά στο μέγιστο σημείο ισχύος της, για την ισχύ των ηλεκτρικών φορτίων με σταθερές ηλεκτρικές τάσεις, για τον ανεφοδιασμό κυμάτων ρεύματος με ηλεκτρικά φορτία και για τους μετατροπείς. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ένας ελεγκτής που ελέγχει την χρήση της μπαταρίας χρησιμοποιείται σε αυτά τα συστήματα για να προστατεύσει την μπαταρία από την υπερφόρτωση και την εκφόρτιση.
- Συστήματα μετατροπής ισχύος. Τα Φ/Β πλαίσια παράγουν συνεχές ρεύμα ενώ τα φορτία καταναλώνουν εναλλασσόμενο ρεύμα. Για την μετατροπή της ισχύος στα Φ/Β συστήματα χρησιμοποιούνται συνήθως αντιστροφείς ή μετατροπείς συνεχούς σε εναλλασσόμενο (DC/AC). Σκοπός των συστημάτων μετατροπής ισχύος είναι η κατάλληλη ρύθμιση των χαρακτηριστικών του παραγόμενου ρεύματος, ώστε να καταστεί δυνατή η τροφοδοσία των διαφόρων καταναλώσεων. Η αποδοτικότητα των μετατροπέων είναι γενικά μεγαλύτερη από 90%, ενώ όταν λειτουργεί πάνω από το 10% της εκτιμημένης εξόδου του, μπορεί να φτάσει ως και το 96%. Οι μετατροπείς συνδέονται άμεσα με το πλαίσιο ενσωματώνοντας έναν μέγιστο ιχνηλάτη σημείου ισχύος, ο οποίος ρυθμίζει συνεχώς τη σύνθετη αντίσταση φορτίων, έτσι ώστε ο μετατροπέας να εξάγει πάντα τη μέγιστη ισχύ από το Φ/Β σύστημα. Οι μετατροπείς ανήκουν στις δύο-βασικές κατηγορίες: αυτόματου μετατροπέα και σε μετατροπέα γραμμής συγχρονισμού. Ο πρώτος μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα, ενεργοποιημένος απλώς από την πηγή ισχύος εισόδου, οι συγχρονισμένοι μετατροπείς προκαλούνται άμεσα από το σύστημα. Τα σημαντικότερα κριτήρια για την επιλογή του αντιστροφέα-μετατροπέα είναι:
 - Η αξιοπιστία
 - Η ενεργειακή απόδοση
 - Οι αρμονικές παραμορφώσεις
 - Το κόστος
 - Η συμβατότητα με τις τεχνικές απαιτήσεις της ΔΕΗ



Εικ.9.15. Λειτουργία φωτοβολταϊκού συστήματος[28]

Σε ένα τυπικό Φ/Β σύστημα ο αντιστροφέας (ή αντιστροφείς) τοποθετείται σε απόσταση από τα Φ/Β πλαίσια σε στεγασμένο χώρο. Στις περιπτώσεις αυτές οι καλωδιώσεις είναι συνεχούς ρεύματος. Ωστόσο έχουν αναπτυχθεί Φ/Β πλαίσια με ενσωματωμένους αντιστροφείς με συνέπεια να αντικαθίστώνται οι καλωδιώσεις συνεχούς με αντίστοιχες εναλλασσόμενου ρεύματος, οι οποίες είναι χαμηλότερου κόστους και περισσότερο ασφαλείς.

▪ Ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου, προστασίας και λοιπά στοιχεία. Το Φ/Β σύστημα συμπληρώνουν οι ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου, η γείωση, οι καλωδιώσεις (συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος) και σχετικό ηλεκτρολογικό υλικό, οι διατάξεις ασφαλείας, ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας και σύστημα παρακολούθησης της λειτουργίας του Φ/Β συστήματος (κατ' επιλογή, αλλά προτεινόμενο).

Οι βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι οι εξής:

- Αυτόνομο σύστημα. Το σύστημα αυτό έχει τη δυνατότητα παροχής συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος με τη χρήση μετατροπέα ισχύος (αντιστροφέα).
- Σύστημα συνδεδεμένο με το δίκτυο. Το σύστημα αυτό αποτελείται από μια συστοιχία Φ/Β στοιχείων, η οποία μέσω ενός αντιστροφέα είναι συνδεδεμένη με το ηλεκτρικό δίκτυο. Συνήθως, σε εφαρμογές μικρής εγκατεστημένης ισχύος, όπου τα Φ/Β πρέπει να καλύψουν συγκεκριμένο φορτίο, το δίκτυο χρησιμοποιείται ως μέσο για την προσωρινή αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Σε κεντρικά συστήματα μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος, η παραγόμενη από τα Φ/Β στοιχεία ενέργεια παρέχεται απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο.
- Υβριδικό σύστημα. Το σύστημα αυτό είναι αυτόνομο και αποτελείται από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία που λειτουργεί σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας (παραδείγματος χάριν, σε συνδυασμό με μια γεννήτρια πετρελαίου ή με άλλη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, όπως μια ανεμογεννήτρια).
- Σύστημα μικρής ισχύος. Το σύστημα αυτό εγκαθίσταται συνήθως σε κτίρια που διαθέτουν ενεργητικά ή παθητικά ηλιακά συστήματα. Χρησιμοποιείται συχνά για τη λειτουργία

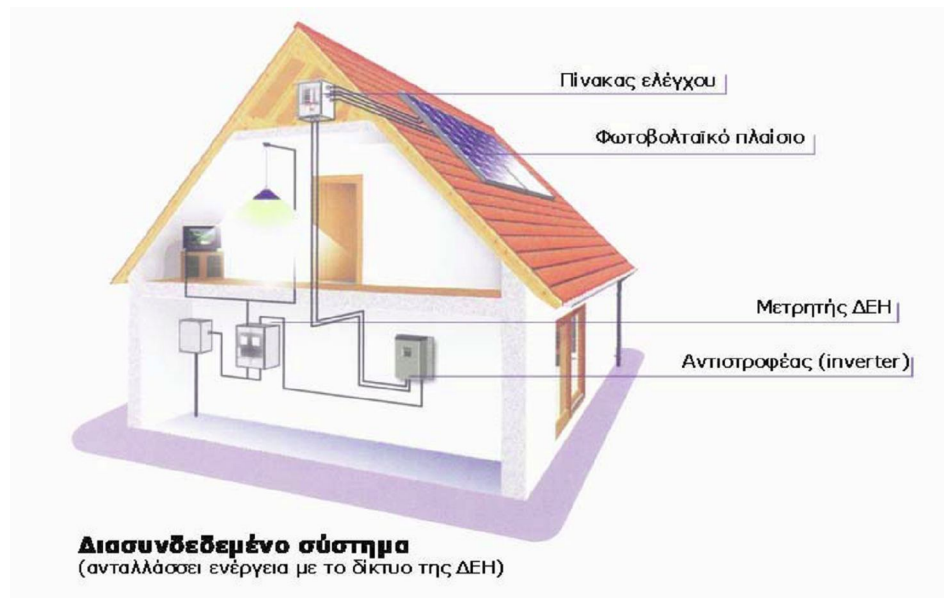
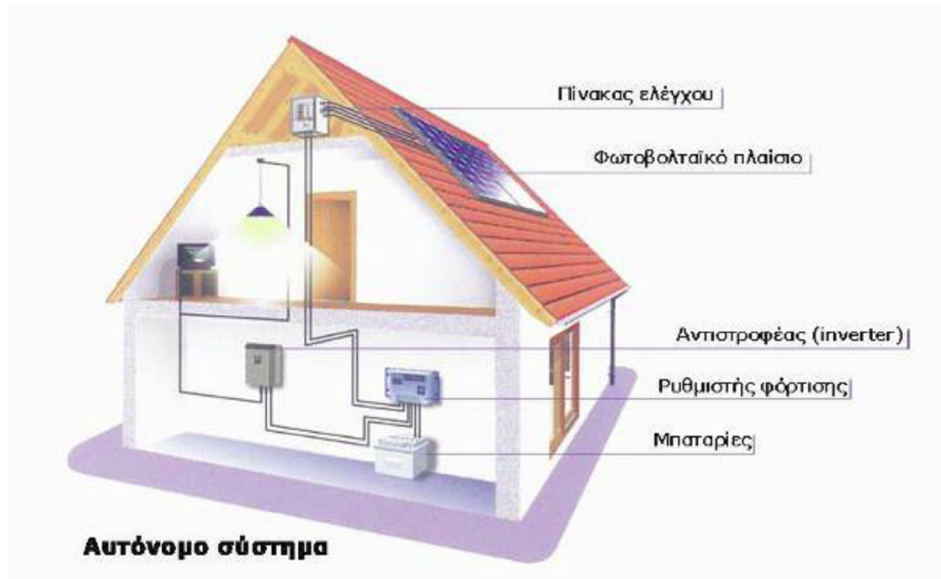
αντλιών ή ανεμιστήρων συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του αέρα ή του νερού στους ηλιακούς συλλέκτες. Έχει ενσωματωμένο ρυθμιστή ισχύος ο οποίος διακόπτει τη λειτουργία του Φ/Β συστήματος, όταν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί, και δεν απαιτεί τη χρήση συσσωρευτών για την αποθήκευση της ενέργειας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αποτελείται από μόνο ένα Φ/Β πλαίσιο, το οποίο τροφοδοτεί έναν μικρό ανεμιστήρα που το χειμώνα χρησιμεύει για την κυκλοφορία του θερμού αέρα από ένα θερμοκήπιο στο υπόλοιπο κτίριο ή τον αερισμό των υπερθερμαινομένων χώρων το καλοκαίρι.

Ουσιαστικά, υπάρχουν δύο τρόποι να χρησιμοποιήσει κανείς τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Ανεξάρτητα από το δίκτυο της ηλεκτροδότησης (ΔΕΗ) ή σε συνεργασία μ' αυτό.

Μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να αποτελεί λοιπόν ένα αυτόνομο σύστημα που να καλύπτει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου ή μιας επαγγελματικής χρήσης. Για τη συνεχή εξυπηρέτηση του καταναλωτή, η εγκατάσταση θα πρέπει να περιλαμβάνει και μια μονάδα αποθήκευσης (μπαταρίες) και διαχείρισης της ενέργειας.

Εναλλακτικά, ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το δίκτυο της ΔΕΗ (διασυνδεδεμένο σύστημα). Στην περίπτωση αυτή, καταναλώνει κανείς ρεύμα από το δίκτυο όταν το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν επαρκεί (π.χ. όταν έχει συννεφιά ή κατά τη διάρκεια της νύχτας) και δίνει ενέργεια στο δίκτυο όταν η παραγωγή υπερκαλύπτει τις ανάγκες του, π.χ. τις ηλιόλουστες ημέρες ή όταν λείπει κανείς.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας εφεδρείας (δηλαδή ως συστήματα αδιάλειπτης παροχής – UPS). Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα είναι μεν διασυνδεδεμένο με τη ΔΕΗ, αλλά διαθέτει και μπαταρίες (συν όλα τα απαραίτητα ηλεκτρονικά) για να αναλαμβάνει την κάλυψη των αναγκών σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος και για όσο διαρκεί αυτή.



Εικ.9.16. Αυτόνομο και διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα[28]

9.5. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΣΤΕΓΕΣ

Η παραγωγή της δυναμικής ηλεκτρικής ενέργειας από την ενσωμάτωση Φ/Β στα κτίρια είναι τεράστια. Αν η απαίτηση ηλεκτρικής ενέργειας από αρκετές χώρες είναι να συμπληρώνεται από τη χρήση Φ/Β, κρίνεται απαραίτητο να ενσωματωθούν τέτοια συστήματα στους φακέλους των οικοδομών. Αρκετές μεγάλες κατασκευές όπως τα πολυκαταστήματα, τα δημόσια κτίρια και τα περισσότερα σπίτια χρησιμοποιούν ποσότητες κεραμικών προϊόντων στις οροφές τους. Τέτοια εμβαδά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε μια πολύ-λειτουργική διαμόρφωση, κάνοντάς τα χρήσιμα στη συνεισφορά της ενέργειας που χρησιμοποιείται στα κτίρια ή για την εξαγωγή της στα ηλεκτρικό δίκτυο.

Η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών στις οικιακές, αλλά και στις εμπορικές οροφές προσφέρουν την μεγαλύτερη δυναμική αγορά για τα Φ/Β ειδικά στις ανεπτυγμένες χώρες. Πολυάριθμα προγράμματα για Φ/Β οροφών επιχειρούν να παρακινήσουν τη γενική αγορά για μεγαλύτερη δεκτικότητα και για μείωση κόστους. Τα τελευταία πέντε χρόνια η παραγωγή ηλιακών κυττάρων έχει αυξηθεί ραγδαία παγκοσμίως ακολουθώντας διεθνή προγράμματα και εφαρμογή ενσωματωμένων Φ/Β συστημάτων σε κτίρια.

Τα συστήματα φωτοβολταϊκών οροφής βασίζονται σε στάνταρ υπομονάδες που εξελίχθηκαν για να εξασφαλίσουν γρήγορες λύσεις για την υλοποίηση εθνικών κεφαλοποιημένων προγραμμάτων. Αυτές οι λύσεις είναι χωρισμένες σε δύο κατηγορίες που είναι οι εξής :

- Συστήματα φωτοβολταϊκών οροφής εγκατεστημένα σε επικλινείς οροφές : Για επικλινείς οροφές, υπάρχουν ποικιλόμορφα συστήματα αναχωρητών διαθέσιμα σε αλουμίνιο, που αναπτύχθηκαν για να επιτρέψουν ελασματοποίηση διαφορετικών τύπων για να γαντζωθούν στην οροφή των κτιρίων. Το σύστημα του αλουμινίου φτιάχνεται απ' ευθείας στη δομή της οροφής είτε λαμβάνοντας την ελασματοποίηση που αντικαθιστά τα



Εικ.9.17. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε επικλινή στέγη[11]

κεραμίδια της οροφής είτε χρησιμοποιώντας ένα μεταλλικό σύστημα αγκίστρωσης που φτιάχνεται κάτω από τα ήδη υπάρχων κεραμίδια. Στην πρώτη περίπτωση, οι μεμβράνες και οι στεγανοποιημένοι δίσκοι χρησιμοποιούνται για να εξασφαλίσουν φράγματα κατά του καιρού, που δημιουργούν ένα αναπόσπαστο μέρος του συνολικού ενσωματωμένου συστήματος Φ/Β που είναι μέσα στην οροφή. Στην τελευταία περίπτωση οι ελασματοποιήσεις έχουν εγκατασταθεί σαν μια μετασκευή με την τελική κατασκευή να καταλαμβάνει μια επίπεδη επιφάνεια πάνω από τα ήδη υπάρχων κεραμίδια. Το πλεονέκτημα αυτών των συστημάτων είναι ότι χρησιμοποιούν βίδες για να φτιάξουν την

αλουμινένια κατασκευή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεταβολή της κλίσης, μεταξύ 20-50ο ως προς τον ορίζοντα.

- Συστήματα φωτοβολταϊκών οροφής εγκατεστημένα σε επίπεδες οροφές: Υπάρχουν πολλά παραδείγματα Φ/Β και συστήματα με βάση για επίπεδες οροφές. Το άνοιγμα των κλασικών υπομονάδων ή των ιδιοκτησιακές υπομονάδων, είναι σε μέγεθος είτε μεγαλύτερο είτε μικρότερο από την κλασική υπομονάδα. Γενικά, οι υπομονάδες φτιάχνονται σε αλουμινένια κατασκευή η οποία διαδοχικά πρέπει να αγκιστρωθεί στην επίπεδη κατασκευή οροφής. Ένα καινοτομικό παράδειγμα ενός τέτοιου συστήματος αναπτύχθηκε για ανάγλυφες βάσεις σε επίπεδες οροφές σε σταθερά τιμμεντένια οικοδομήματα για να επιτευχθεί η αντίσταση του ισχυρού ανέμου. Τέτοια συστήματα είναι περιορισμένης χρήσης αλλά μπορούν να παρέχουν λύσεις στη χρήση των Φ/Β σε επίπεδες οροφές σε βιομηχανικές μονάδες, σε εργοστάσια, σε νοσοκομεία και πιθανόν σε σχολεία. Το πλεονέκτημα αυτών των συστημάτων οφείλεται στο χαμηλό κόστος της κατασκευής της βάσης και της εύκολης εγκατάστασης. Σε μερικά από τα συστήματα που είναι διαθέσιμα στην αγορά, τα πλαίσια αλουμινίου χρησιμοποιούνται απευθείας στην κατασκευή της οροφής. Μικρότερη διάθεση υπομονάδων φτιάχνονται σε αλουμινένια πλαίσια με σφήνες και κάνουν στεγανά με ελαστικές ασφάλειες.



Εικ.9.18. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε επίπεδη οροφή[11]

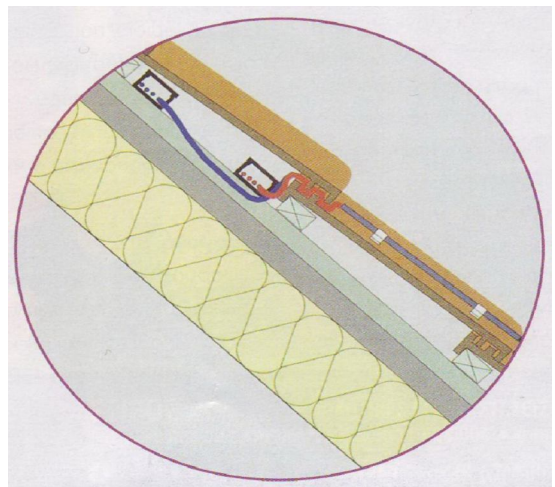
9.5.1. Φωτοβολταϊκά κεραμίδια

Οι ανάγκες για ενέργεια πρόκειται, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των ειδικών επιστημόνων, να διπλασιαστούν στο διάστημα των επόμενων πενήντα χρόνων. Είναι προφανές λοιπόν ότι για να καλυφθούν αυτές πρέπει να αξιοποιηθεί κάθε πηγή ενέργειας και ειδικά αυτές που είναι φιλικές προς το περιβάλλον.



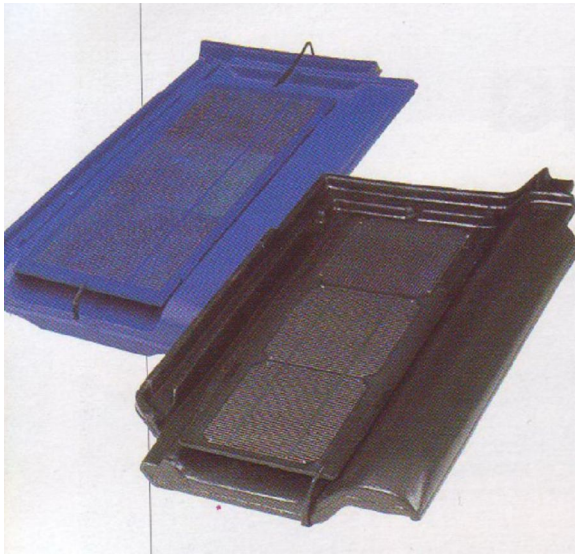
Εικ.9.19. Φωτοβολταϊκά κεραμίδια[11]

Η φωτοβολταϊκή τεχνολογία έχει αναγνωριστεί από καιρό ως μια από τις διεξόδους στο πρόβλημα της ενέργειας. Συναντά πάντα όμως ως εμπόδιο για την ευρεία εφαρμογή της την αισθητική των φωτοβολταϊκών στοιχείων και τις όψεις που αυτά δημιουργούν. Υπάρχει, ωστόσο, πλέον η δυνατότητα τα φωτοβολταϊκά στοιχεία να συνδυάζονται με κεραμίδια: τα κεραμίδια είναι έτσι σχεδιασμένα ώστε στην επιφάνεια τους να κουμπώνουν φωτοβολταϊκά στοιχεία. Έτσι η αισθητική της όψης επηρεάζεται ελάχιστα και η φωτοβολταϊκή τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί παντού: σε κατασκευές νέες ή παλιές, είτε έχει προβλεφθεί η χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων είτε όχι.



Εικ.9.20. Σύνδεση φωτοβολταϊκών κεραμιδιών[11]

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία γίνονται τμήμα της κεραμοσκεπής, χωρίς να την παραμορφώνουν ως σχήμα. Η μόνη αλλαγή που αυτή υφίσταται είναι η διαφοροποίηση του



Εικ. 9.21. Κεραμίδια με υποδοχή για φωτοβολταϊκά στοιχεία[11]

χρώματος στην εκμεταλλεύσιμη επιφάνεια. Και αυτό όμως αντιμετωπίζεται, αφού τα συγκεκριμένα κεραμίδια παράγονται σε ποικιλία χρωματισμών, ώστε να μπορούν να συνδυαστούν κατάλληλα στη στέγη και να δημιουργήσουν ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα.

Η εφαρμογή της συγκεκριμένης κατασκευής είναι απλή. Δίπλα στις τεγίδες τοποθετούνται ηλεκτρολογικά κανάλια. Τα κεραμίδια στερεώνονται στις τεγίδες με τέσσερα ειδικά σχεδιασμένα στηρίγματα. Κατασκευάζεται έτσι όλη η στέγη. Επάνω στα κεραμίδια που θα αποτελέσουν την επιφάνεια που θα είναι η φωτοβολταϊκή "γεννήτρια" κουμπώνουν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, τα

οποία έχουν καλώδια που συνδέονται μεταξύ τους (θετικός-αρνητικός πόλος) μέσα στο ηλεκτρολογικό κανάλι που έχει προβλεφθεί κατά τη φάση κατασκευής του σκελετού της στέγης. Η σύνδεση αυτή, χάρη σε ένα ανοξείδωτο σύστημα ελατηρίων, είναι σταθερή. Σύμφωνα με πιστοποιημένες εργαστηριακές δοκιμές, η κατασκευή είναι ικανή να αντιμετωπίσει ανέμους με ταχύτητα 200 km/h, μεγαλύτερη δηλαδή και από την ταχύτητα τυφώνων.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του συστήματος έχουν τη μορφή πλακών που κουμπώνουν στα κεραμίδια και με τα καλώδια που έχουν επάνω τους συνδέονται σε σειρά. Σχηματίζουν έτσι μια γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος. Το καλώδιο που τελικά εξέρχεται από τη μια ή τις περισσότερες "γεννήτριες" που λειτουργούν στη στέγη μεταφέρει ηλεκτρικό ρεύμα, που το οδηγεί στο ρυθμιστή τάσης για να παραχθεί το κοινό ρεύμα των 230V και 50 Hz.

Η απόδοση ενός τέτοιου συστήματος, εφόσον έχει τοποθετηθεί στη στέγη μιας μέσης μονοκατοικίας, υπολογίζεται ότι σε ετήσια βάση αρκεί για να ικανοποιήσει περίπου το 50% των αναγκών μιας τετραμελούς οικογένειας σε ηλεκτρικό ρεύμα.

Ο σχεδιασμός του συστήματος, όμως, είναι τέτοιος, ώστε η στέγη να μπορεί να λειτουργήσει και χωρίς την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Δίνεται έτσι η δυνατότητα να κατασκευάσει κάποιος ιδιοκτήτης μια κεραμοσκεπή με όλες τις προδιαγραφές θερμομόνωσης και στεγάνωσης που απαιτούνται για μια απλή κεραμοσκεπή, να την επενδύσει με τα συγκεκριμένα κεραμίδια και να τη χρησιμοποιήσει για όσα χρόνια επιθυμεί. Όταν αποφασίσει τη χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων, τότε θα τα τοποθετήσει στις κοιλότητες των κεραμιδιών και θα τα συνδέσει στο ηλεκτρολογικό κανάλι, αποκτώντας μια στέγη που θα παράγει ενέργεια φθηνή, χωρίς εκπομπές αερίων στο περιβάλλον και χωρίς να το επιβαρύνει με κανέναν τρόπο.

Αυτή η ιδιότητα προσδίδει ευελιξία στους ιδιοκτήτες και τους κατασκευαστές των κτιρίων, αφού δεν επιβαρύνει ιδιαίτερα το αρχικό κόστος κατασκευής της στέγης και εξασφαλίζει παράλληλα μια ενδιαφέρουσα προοπτική για το μέλλον του κτιρίου.

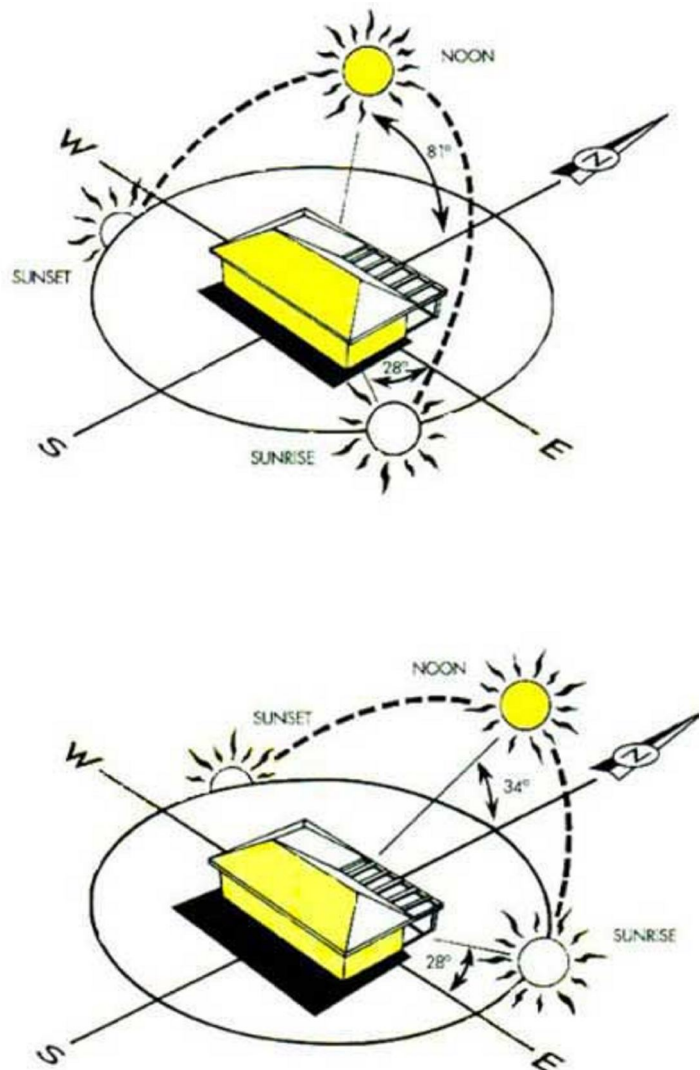
Όσον αφορά στην αισθητική της στέγης, τα φωτοβολταϊκά κεραμίδια προσφέρονται σε ποικιλία φυσικών χρωματισμών: κόκκινο, γκρι του γραφίτη, μαύρο, κοραλλί κ.ά. Μπορεί επίσης να γίνει επιλογή ανάμεσα σε γυαλιστερές και σατινέ επιφάνειες. Έτσι οι μελετητές της στέγης έχουν τη δυνατότητα να πετύχουν το αισθητικό αποτέλεσμα που επιθυμούν, παραδοσιακό ή πιο μοντέρνο και παράλληλα να δημιουργήσουν ένα κτίριο φιλικό προς το περιβάλλον.[11],[28]



Εικ.9.22. Κεραμίδι σε κόκκινο χρώμα με υποδοχή για φωτοβολταϊκό στοιχείο[11]

9.6. ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

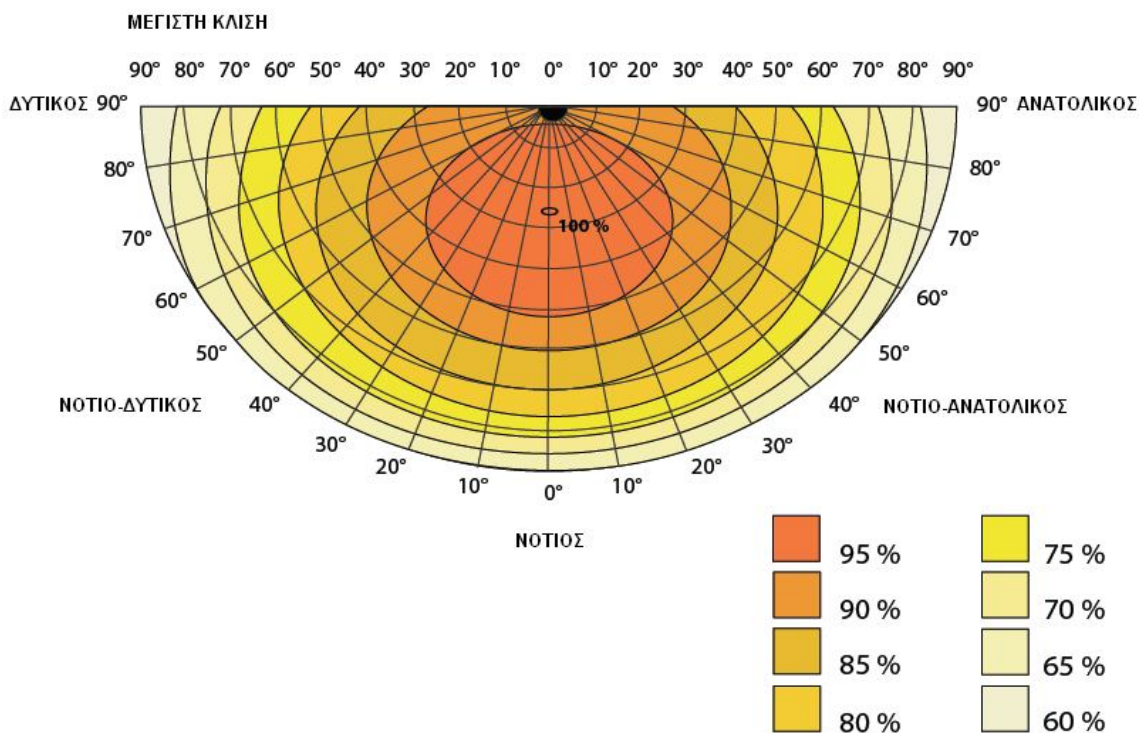
Για έναν παρατηρητή στη γη ο ήλιος εκτελεί δύο κινήσεις, την ημερήσια, από την ανατολή προς τη δύση και την εποχιακή, κατά την οποία μεταβάλλει καθημερινά το μεσημβρινό του ύψος. Ο συλλέκτης για να έχει όλη τη μέρα τη μέγιστη απόδοση, θα πρέπει να δέχεται συνεχώς τη μέγιστη ακτινοβολία, δηλαδή οι ηλιακές ακτίνες θα πρέπει να πέφτουν πάντα κάθετα στην επιφάνειά του. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι ηλιακές ακτίνες τότε έχουν την μεγαλύτερη πυκνότητα στην μονάδα επιφάνειας και δεν ανακλώνται στην γυάλινη επικάλυψη του συλλέκτη. Για να επιτευχθεί όμως αυτό στην πράξη θα πρέπει ο συλλέκτης να παρακολουθεί συνεχώς την κίνηση του ήλιου και επομένως να στρέφεται σε δύο άξονες αφ' ενός για να παρακολουθεί την ημερήσια τροχιά του ήλιου από την ανατολή προς τη δύση και αφετέρου για να μεταβάλλει την γωνία του ως προς το οριζόντιο επίπεδο για να παρακολουθεί την μεταβολή του ύψους του ήλιου προς τον ορίζοντα. Αυτό για πρακτικούς λόγους δεν είναι εύκολο. Μπορούμε όμως να δώσουμε στον συλλέκτη σταθερό προσανατολισμό, φροντίζοντας να είναι ο προσφορότερος. Για το βόρειο ημισφαίριο τοποθετείται ο συλλέκτης με τη επιφάνεια του στραμμένη ακριβώς προς το Νότο,



Εικ.9.23. Εαρινό και χειμερινό ηλιοστάσιο[28]

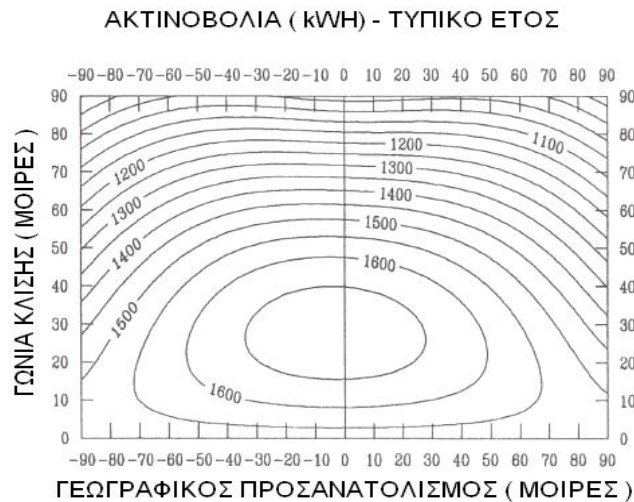
οπότε την μεσημβρία θα δέχεται κάθετα τις ηλιακές ακτίνες, εφ' όσον και η κλίση του προς το οριζόντιο επίπεδο είναι κατάλληλη για το εποχιακό ύψος του ήλιου.

Μια επιφάνεια φωτοβολταϊκών δέχεται διαφορετικά ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας ανάλογα με το γεωγραφικό προσανατολισμό (αζιμούθιο) και τη κλίση με την οποία τοποθετείται. Η κλίση είναι ιδιαίτερα σημαντική για τα πλαίσια που τοποθετούνται στις οροφές των κτιρίων εφόσον στις προσόψεις συνήθως τοποθετούνται σε κατακόρυφη θέση. Τα ετήσια ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας που παραλαμβάνουν επιφάνειες σε σχέση με τον προσανατολισμό και την κλίση τους φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.



Εικ.9.24. Μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία στην Ευρώπη [28]

Η γραφική παράσταση δείχνει τη μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία στην Ευρώπη, για διαφορετικές γωνίες κλίσης και προσανατολισμό, σε ποσοστό % της μέγιστης ακτινοβολίας. Για παράδειγμα μια οριζόντια επιφάνεια (κέντρο του κύκλου) παραλαμβάνει περίπου 85% της μέγιστης ακτινοβολίας. [28].



Εικ.9.25. Συνολική ετήσια ακτινοβολία, σε ένα τυπικό έτος, για την περιοχή της Αθήνας[28]

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η συνολική ετήσια ακτινοβολία, σε ένα τυπικό έτος, για την περιοχή της Αθήνας σε σχέση με τη κλίση και τον προσανατολισμό της επιφάνειας.

Στις περισσότερες διατάξεις οι βασικές μονάδες στερεώνονται σ' ένα σταθερό κεκλιμένο επίπεδο με την πρόσοψη προς τον ισημερινό. Αυτό έχει την αρετή της απλότητας, δηλαδή κανένα κινούμενο τμήμα και χαμηλό κόστος. Η άριστη γωνία κλίσης εξαρτάται κυρίως από το γεωγραφικό πλάτος, την αναλογία της διάχυτης ακτινοβολίας στην τοποθεσία και το είδος του φορτίου.

Στην περίπτωση των κινητών φωτοβολταϊκών στοιχείων δεν είναι αναγκαίος ο καθορισμός του καλύτερου προσανατολισμού και κλίσης των στοιχείων αφού αυτά αλλάζουν ανά πάσα στιγμή. Η αλλαγή γίνεται με βάση πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή το οποίο στηρίζεται στην πορεία του ήλιου. Τα κινητά στοιχεία και ιδιαίτερα εκείνα που έχουν τη δυνατότητα τόσο οριζόντιας όσο και κάθετης μετακίνησης δέχονται έως διπλάσια ηλιακή ακτινοβολία απ' ότι τα σταθερά. Γι' αυτό το λόγο έχουν πολύ μεγαλύτερη απόδοση.

Στερεώνοντας τη διάταξη πάνω σε σύστημα με δύο άξονες παρακολούθησης του Ηλίου, μπορεί να συλλεχθεί μέχρι και 50% περισσότερη ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια ενός έτους, σε σύγκριση με την εγκατάσταση σταθερής κλίσης. Κάτι τέτοιο όμως αυξάνει την πολυπλοκότητα και έχει ως αποτέλεσμα μια χαμηλότερης αξιοπιστίας και υψηλότερου κόστους συντήρηση. Η μονού άξονα παρακολούθηση (ιχνηλάτηση) είναι λιγότερο σύνθετη αλλά παρουσιάζει μικρότερο κέρδος. Ο προσανατολισμός μπορεί να ρυθμίζεται χειροκίνητα, εκεί που η προσφορά εργασίας είναι διαθέσιμη, αυξάνοντας έτσι τις όποιες απολαβές. Έχει υπολογιστεί ότι σε κλίματα με ηλιοφάνεια μια διάταξη επίπεδης κινούμενης πλάκας που έχει κατάλληλη ρύθμιση ώστε να στρέφεται προς τον ήλιο δυο φορές την ημέρα και να παίρνει την κατάλληλη κρίση τέσσερις φορές το χρόνο, μπορεί να συλλαμβάνει το 95% της ενέργειας, που συλλέγετε με ένα σύστημα δυο αξόνων παρακολούθησης πλήρως αυτοματοποιημένο.

Το σύστημα παρακολούθησης είναι ιδιαίτερα σημαντικό στα συστήματα, που λειτουργούν κάτω από συγκεντρωμένο ηλιακό φως. Η δομή αυτών των συστημάτων εκτείνεται από έναν απλό σχεδιασμό βασισμένο πάνω σε πλευρικούς ενισχυτικούς καθρέπτες μέχρι τα συγκεντρωτικά συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούν υπερσύγχρονες οπτικές τεχνικές, για να

αυξήσουν την είσοδο φωτός προς τα ηλιακά στοιχεία κατά μερικές τάξεις του μεγέθους. Αυτά τα συστήματα πρέπει να προνοούν για ένα σημαντικό γεγονός, ότι δηλαδή συγκεντρώνοντας το ηλιακό φως ελαττώνουν το γωνιακό άνοιγμα των ακτίνων, που το σύστημα μπορεί να δεχθεί. Η παρακολούθηση γίνεται απαραίτητη από τη στιγμή που ο λόγος συγκέντρωσης υπερβαίνει το 10 περίπου και το σύστημα μπορεί να μετατρέψει μόνο την άμεση συνιστώσα της ηλιακής ακτινοβολίας.

Παρά τα τεράστια πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν, όσον αφορά τον προσανατολισμό σε σχέση με τον ήλιο, τα κινητά φωτοβολταϊκά συστήματα χαρακτηρίζονται από δύο βασικά μειονεκτήματα που περιορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη χρήση τους. Αυτά είναι:

- Το ψηλό κόστος των απαιτούμενων μηχανισμών λειτουργίας
- Οι κατασκευαστικές δυσκολίες για την ανάρτησή τους στις προσόψεις των κτιρίων.

Επιπροσθέτως, ένας ακόμα βασικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη κατά την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στοιχείων σ' ένα κτίριο, εκτός από τον προσανατολισμό τους σε σχέση με τον ήλιο, είναι και η εξασφάλιση μέρους αποφυγής της σκιάσής τους.

Συνεπώς για το σωστό προσανατολισμό των φωτοβολταϊκών στοιχείων, όπως έχει προαναφερθεί, θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν και η αποφυγή του σκιασμού τους τόσο από άλλα στοιχεία της πρόσοψης όσο και από τις όψεις γειτονικών κτιρίων. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι σε περιπτώσεις φωτοβολταϊκών πλαισίων με στοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά αν κάποια από αυτά σκιάζονται η απόδοση του συστήματος μειώνεται στην απόδοση ενός μόνο στοιχείου. Για αυτό το λόγο συνήθως επιλέγεται η παράλληλη σύνδεση των στοιχείων παρ' όλο που αυτή η μορφή μειώνει την απόδοση του συστήματος.



Εικ.9.26. Διάφορες εφαρμογές φωτοβολταϊκών συστημάτων[46]

9.7. ΟΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

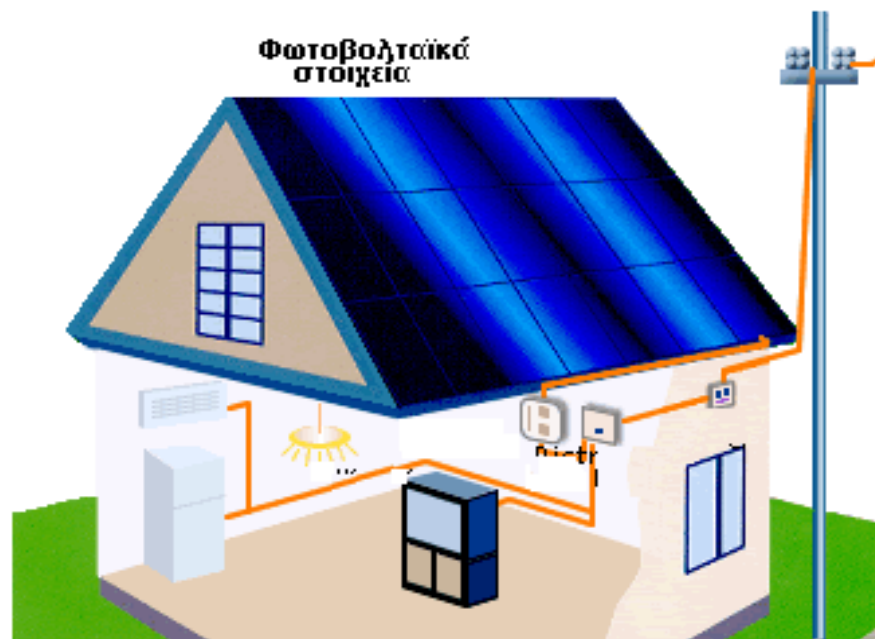
Στον υπολογισμό της επιφάνειας των Φ/Β συλλεκτών παίρνουμε συνήθως υπ' όψιν τη θερμοκρασία και τη ρυπαρότητα, πρέπει όμως να λάβουμε υπ' όψιν και τις μικρές ηλεκτρικές απώλειες στους αγωγούς που συνδέουν τα Φ/Β πλαίσια στις Φ/Β συστοιχίες, καθώς και στις συνδέσεις τους με τα άλλα μέρη του Φ/Β συστήματος (διατάξεις ρύθμισης, προστασίας και ελέγχου, συσσωρευτές κτλ.) Πρόσθετες, και μάλιστα σημαντικότερες απώλειες μπορεί να οφείλονται στη λειτουργία αυτών των άλλων μερών του συστήματος, και κυρίως στη φόρτιση και εκφόρτιση των συσσωρευτών. Όσον αφορά την τιμή του συντελεστή απόδοσης των Φ/Β

πλαισίων που χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς, αναφέρεται στις συνθήκες τάσης έντασης που αντιστοιχούν στη μέγιστη δυνατή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι όμως πολύ πιθανό, ιδίως όταν το σύστημα δεν έχει αξιόπιστο ρυθμιστή ισχύος, ότι κατά τη λειτουργία του θα υπάρχει μια αξιόλογη απόκλιση από τις ιδανικές αυτές συνθήκες, με αποτέλεσμα την εμφάνιση της αντίστοιχης απώλειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Επομένως, κατά τον υπολογισμό της απαιτούμενης επιφάνειας των Φ/Β συλλεκτών ενός συστήματος, πρέπει να γίνεται πρόβλεψη, ανάλογα με την περίπτωση, και για την κάλυψη όλων αυτών των απωλειών, που μπορεί να είναι της τάξεως του 20-30% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ή και περισσότερο. Τέλος, λόγω της φθοράς στα Φ/Β πλαίσια και στα άλλα μέρη του συστήματος, αναμένεται ότι με την πάροδο του χρόνου θα παρουσιάζεται μια μικρή βαθμιαία πτώση στην ποσότητα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, που συνήθως υπολογίζεται στο 1-2% για κάθε χρόνο.

9.8. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν διάφορες αξίες και μοναδικά πλεονεκτήματα πέρα από τις συμβατικές τεχνολογίες ισχύος. Τα Φ/Β συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν για ποικίλες εφαρμογές και λειτουργικές απαιτήσεις, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για τη συγκέντρωση ή τη διανομή της παραγόμενης ισχύος. Τα Φ/Β συστήματα δεν έχουν κανένα κινούμενο μέρος, είναι μορφωτικά, εύκολα εκτάσιμα και ακόμα ικανά να μεταφέρονται σε μερικές περιπτώσεις. Η ενεργειακή ανεξαρτησία τους και η περιβαλλοντική συμβατότητα τους είναι δύο ελκυστικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα των Φ/Β συστημάτων. Το καύσιμο (φως του ήλιου) είναι δωρεάν, και κατά την διάρκεια της λειτουργίας του Φ/Β συστήματος κανένας θόρυβος ή ρύπανση δεν δημιουργείται. Γενικά, τα Φ/Β συστήματα που σχεδιάζονται σωστά και εγκαθίστανται κατάλληλα απαιτούν την ελάχιστη συντήρηση και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Αυτή τη στιγμή, το υψηλό κόστος των Φ/Β πλαισίων και ο εξοπλισμός (σε σύγκριση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας) είναι ο αρχικός περιοριστικός παράγοντας για αυτή τη τεχνολογία. Συνεπώς, η οικονομική αξία των Φ/Β συστημάτων γίνεται αντιληπτή μετά από πολλά χρόνια. Σε μερικές περιπτώσεις, οι απαιτήσεις επιφάνειας για τις διατάξεις των Φ/Β μπορούν να είναι ένας περιοριστικός παράγοντας. Λόγο της διάχυτης φύσης του φωτός του ήλιου και του υπάρχοντος φωτός του ήλιου στην απόδοση μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας των φωτοβολταϊκών συσκευών, οι επιφάνειες που απαιτούνται για την εγκατάσταση Φ/Β διατάξεων είναι στην κατάταξη των 8 έως 12 m² ανά kW της μέγιστης εγκατάστασης δυναμικού διάταξης. (U.S. Department of Energy).



Εικ.9.27. Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων στον οικιακό τομέα [25]

Τα φωτοβολταϊκά συνεπάγονται σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον και την κοινωνία. Οφέλη για τον καταναλωτή, για τις αγορές ενέργειας και για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Μία προσπάθεια να παρουσιασθούν πιο επιγραμματικά και κατανοητά τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση των φωτοβολταϊκών στοιχείων, θα μπορούσε να είναι η ακόλουθη. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Τεχνολογία φιλική στο περιβάλλον: δεν προκαλούνται ρύποι από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα. Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης 1,1 κιλών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου). Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα του ενός κιλοβάτ, 6 αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,3-1,4 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δύο στρέμματα δάσους. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ.). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον.
- Η ηλιακή ενέργεια είναι ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, διατίθεται παντού και δεν στοιχίζει απολύτως τίποτα. Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή, ήπια και ανανεώσιμη. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανέναν και αποτελεί ένα ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο, που παρέχει ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία.
- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα).
- 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.
- Συγχρονισμός ψυκτικών φορτίων κτιρίων κατά τη θερινή περίοδο με τη μέγιστη παραγόμενη ισχύ από τα Φ/Β.
- Αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και επιτόπου κατανάλωση της παραγόμενης ενέργειας.
- 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.
- Τα φωτοβολταϊκά παρέχουν τον απόλυτο έλεγχο στον καταναλωτή και άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια. Τον καθιστούν έτσι πιο προσεκτικό στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια και συμβάλλουν μ' αυτό τον τρόπο στην ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση της ενέργειας. Δεδομένου ότι η παραγωγή και κατανάλωση του ηλιακού ηλεκτρισμού γίνονται τοπικά, αποφεύγονται οι σημαντικές απώλειες της μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού και κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 10% σε σχέση με τη συμβατική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του δικτύου.
- Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δομικά υλικά παρέχοντας τη δυνατότητα για καινοτόμους αρχιτεκτονικούς σχεδιασμούς, καθώς διατίθενται σε ποικιλία χρωμάτων, μεγεθών, σχημάτων και μπορούν να παρέχουν ευελιξία και πλαστικότητα στη φόρμα, ενώ δίνουν και δυνατότητα διαφορικής διαπερατότητας του φωτός ανάλογα με τις ανάγκες του σχεδιασμού. Αντικαθιστώντας άλλα δομικά υλικά συμβάλλουν στη μείωση του συνολικού κόστους μιας κατασκευής. Στην περίπτωση μάλιστα των υαλοστασίων σε προσόψεις κτιρίων, διατίθενται σήμερα διαφανή φωτοβολταϊκά με θερμομονωτικές ιδιότητες αντίστοιχες με αυτές των υαλοστασίων χαμηλής εκπεμψιμότητας, τα οποία επιτυγχάνουν (πέραν της ηλεκτροπαραγωγής) και εξοικονόμηση ενέργειας 15% - 30% σε σχέση με ένα κτίριο με συμβατικά απλά υαλοστάσια.



Εικ.9.28. Φωτοβολταϊκά στοιχεία ως δομικά υλικά[11]

Ως μειονέκτημα θα μπορούσε να καταλογιστεί 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.

9.9. ΚΟΣΤΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Το κόστος, συνήθως, των Φ/Β συστημάτων εκφράζεται σε χρηματικές μονάδες ανά εγκατεστημένο Watt αιχμής (ευρώ/Wp). Η κυριότερη συνιστώσα του κόστους ενός Φ/Β συστήματος είναι το κόστος των Φ/Β πλαισίων. Το κόστος κυμαίνεται, βέβαια, ανάλογα και με την επιφάνεια που καλύπτουν. Μια γενική διάκριση στο κόστος των Φ/Β συστημάτων, αφορά τα αυτόνομα και τα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο συστήματα. Το κόστος είναι συνήθως χαμηλότερο για τα τελευταία και η διαφορά οφείλεται στην αποφυγή του κόστους για το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας. Επίσης, η μεγαλύτερη κλίμακα εφαρμογής των διασυνδεδεμένων συστημάτων επιδρά θετικά στο κόστος ανά Wp. Από υπολογισμούς προκύπτει ότι η κατανομή του κόστους για ένα αυτόνομο Φ/Β σύστημα έχει ως εξής:

- Φ/Β πλαίσια 50-70%
- Σύστημα συσσωρευτών 15-25%
- Αντιστροφείς-Μετατροπείς 10-15%
- Υποδομή στήριξης 10-15%
- Σχεδιασμός εγκατάσταση 8-12%

Η διάρκεια ζωής των Φ/Β πλαισίων μπορεί να φτάσει τα 20 χρόνια, χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση. Οι συσσωρευτές όπως φαίνεται παραπάνω αντιπροσωπεύουν το 15-25% του κόστους αρχικής επένδυσης του Φ/Β συστήματος, ενώ προβλέπεται αντικατάστασή τους 3-5 φορές στα 20 χρόνια ζωής του όλου συστήματος. Το κόστος των συσκευών ελέγχου και μετατροπής ισχύος αντιπροσωπεύει το 10 με 15% του συνολικού κόστους. Η κατασκευή προβλέπεται να έχει θετικές επιπτώσεις στο συνολικό κόστος ενός Φ/Β συστήματος.

Στην Ελλάδα, το κόστος των αυτόνομων Φ/Β συστημάτων συμπεριλαμβανομένου του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας και των εξόδων εγκατάστασης, είναι της τάξεως των 8.200 με 9.400 ευρώ/kWp (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.). Το κόστος διασυνδεδεμένων με το δίκτυο Φ/Β συστημάτων, είναι αντίστοιχα της τάξεως των 7.350 ευρώ/kWp. Πρόσφατες εκτιμήσεις σχετικά με το κόστος παραγόμενης ενέργειας από τα Φ/Β ανέρχεται στα 0.44 ευρώ/kWh για διασυνδεδεμένο σύστημα και στα 0.65 ευρώ/kWh για αυτόνομο σύστημα, για συστήματα μεγέθους μερικών kWp. Σημειώνεται, όμως, πως η αγορά και η εγκατάσταση οικιακών Φ/Β συστημάτων επιδοτείται από το κράτος μέσω της φοροαπαλλαγής ποσού ίσου μέχρι και του 75% του κόστους τους. Υπάρχουν, επίσης, επιδοτήσεις (όχι ακόμα σε ατομικούς καταναλωτές) στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ενέργειας (ΕΠΕ). Για την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων προβλέπεται και επιδότηση, δυστυχώς όμως αφορά στα σχετικά μεγάλα συστήματα και αποκλείονται, μέχρι στιγμής τουλάχιστον, οι μικροί καταναλωτές.

Από τι, όμως, εξαρτάται το κόστος μιας ολοκληρωμένης εγκατάστασης ενός Φωτοβολταϊκού Συστήματος. Το κόστος ενός Φωτοβολταϊκού συστήματος υπολογίζεται σε ευρώ ανά εγκατεστημένο kW και εξαρτάται από:

- Την τεχνολογία των πάνελ που θα χρησιμοποιηθεί.
- Την προέλευση των πάνελ και των λοιπών στοιχείων του εξοπλισμού (τα ευρωπαϊκά είναι ακριβότερα αλλά και πιο αξιόπιστα από τα κινέζικα).
- Το μέγεθος του Φ/Β Συστήματος (όσο μικρότερη είναι η ισχύς, τόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος του κάθε εγκατεστημένου kW).
- Την δυσκολία της εγκατάστασης (δυσπρόσιτες περιοχές, ή εγκαταστάσεις με αυξημένη τεχνική δυσκολία κοστίζουν περισσότερο).
- Την απόσταση της εγκατάστασης από το δίκτυο της ΔΕΗ (καθώς πρέπει να υπολογιστεί και το κόστος της επέκτασης του δικτύου).

9.10. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ

Για να λειτουργήσουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα επιτυχώς κατά τη διάρκεια μιας αναμενόμενης διάρκειας ζωής 30 ετών, απαιτείται έρευνα σε όλες τις πτυχές αυτών των συστημάτων. Οι εκτιμήσεις ισχύος των Φ/Β συσκευών δεν δίνουν συνήθως μια ακριβή ένδειξη της υπαίθριας απόδοσής τους. Τα αποτελέσματα ερευνών, επίσης, έδειξαν ότι οι μετεωρολογικές συνθήκες θα μπορούσαν να προκαλέσουν μέχρι και μείωση 18% της πιθανής ισχύος των υπομονάδων. Η θερμοκρασία και η ηλιακή ακτινοβολία είναι οι δύο βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των Φ/Β συστημάτων. Άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως ο αέρας, η βροχή, η κάλυψη σύννεφων και η διανομή του ηλιακού φάσματος, με τον ένα τρόπο ή με τον άλλο, επηρεάζουν τη θερμοκρασία στην οποία οι συσκευές λειτουργούν ή την επικείμενη ηλιακή ακτινοβολία των συσκευών.

- Η θερμοκρασία. Οι Φ/Β υπομονάδες λειτουργούν συνήθως σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 25°C. Σε περίπτωση που θα λειτουργούσαν σε θερμοκρασίες πάνω από την ενδεικτική τιμή τότε μπορεί να χανόταν περισσότερο από το 14% της δυναμικής τους παραγωγικής ενέργειας.
- Ηλιακή ακτινοβολία. Η επιρροή της ηλιακής ακτινοβολίας διαφέρει για τις διάφορες παραμέτρους εξόδου. Η επίδραση μπορεί να εξηγηθεί καλύτερα λαμβάνοντας υπ' όψιν την διαφορά του ρεύματος και της ηλεκτρικής τάσης που δημιουργείται από την ηλιακή ακτινοβολία. Παρατηρείται, μια γραμμική αύξηση στο ρεύμα που οφείλεται στην αυξανόμενη παραγωγή ηλεκτρονίων (λόγω της αυξανόμενης ροής των φωτονίων).

10. ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

10.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΦΩΤΙΣΜΟ

Ο φωτισμός αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες στην αρχιτεκτονική, στη διακόσμηση και στη λειτουργικότητα των εσωτερικών και εξωτερικών χώρων μίας κατοικίας. Αποτελεί επίσης μορφοπλαστικό στοιχείο του χώρου, ένα άυλο δομικό υλικό, το οποίο ενυπάρχει σε όλα τα δομικά στοιχεία του περιβάλλοντος είτε με τη φυσική του μορφή, είτε με την τεχνητή αναπαραγωγή του. Είναι το υλικό που κάνει αναγνωρίσιμα και επεξεργάσιμα όλα τα άλλα υλικά. Ως το κύριο μέσο με το οποίο ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τον κόσμο που τον περιβάλλει, ορίζει το χώρο, αναδεικνύει τα χρώματα, αποκαλύπτει τις περίπλοκες λεπτομέρειες της υφής και της φόρμας. Ο φωτισμός απευθύνεται με τρόπο άμεσο και πολυσύνθετο στα ανθρώπινα συναισθήματα και για το λόγο αυτό θα πρέπει κάθε προσπάθεια σχεδιασμού του να αξιολογείται ως προς την επιτυχία της να δημιουργήσει θετικά συναισθήματα σε εκείνους που ζουν σε ένα χώρο. Η δημιουργία αισθημάτων χαλάρωσης, άνεσης και ευχαρίστησης σε κάθε δωμάτιο του σπιτιού, αποτελεί σε κάθε μελέτη φωτισμού τη βασική προτεραιότητα. Ο φωτισμός ενός σπιτιού θα πρέπει επίσης να είναι λειτουργικός, να εξασφαλίζει δηλαδή την ασφαλή και άνετη κίνηση και παραμονή στο χώρο καθώς και ευέλικτος, να μπορεί δηλαδή να ανταποκρίνεται τόσο στις διαφορετικές χρήσεις ενός χώρου, όσο και στις διαφορετικές ανάγκες και διαθέσεις εκείνων που τον χρησιμοποιούν. Εξίσου σημαντικό είναι ο φωτισμός να λειτουργεί αρμονικά με την αρχιτεκτονική και τη διακόσμηση και να δημιουργεί μία συνολική εικόνα, που να χαρακτηρίζεται από συνοχή, εξασφαλίζοντας έτσι την ομαλή μετάβαση από τον ένα χώρο στον επόμενο.

Είναι γνωστό πως το πρόβλημα του φωτισμού απασχόλησε τον άνθρωπο από τα προϊστορικά ήδη χρόνια της ζωής του. Από τη γέννηση και εμφάνιση του ανθρωπίνου γένους στη Γη, η μέρα και η νύχτα, ο κύκλος δηλαδή που κάνει ο πλανήτης μας γύρω από τον ήλιο, εξουσίαζαν αποκλειστικά τον πρωτόγονο άνθρωπο. Στην αρχή το φως του ήλιου, κατά τη διάρκεια της μέρας του ήταν επαρκές. Όταν «ανακάλυψε» τη φωτιά απέκτησε μια εναλλακτική πηγή φωτός και για πρώτη φορά μπορούσε να ελέγξει το περιβάλλον του. Το βράδυ η φωτιά που άναβε στη σπηλιά του, χρησίμευε και για το φωτισμό της. Αργότερα χρησιμοποίησε κεριά, δαδιά, λυχνάρια με λάδι ή οινόπνευμα και γενικά οτιδήποτε άλλο εύφλεκτο μέσο. Ωστόσο, σταθμός στην ιστορία του φωτισμού είναι η ανακάλυψη και κατεργασία του πετρελαίου από την οποία προκύπτουν διάφορα προϊόντα. Με την ανακάλυψη του πετρελαίου δημιουργήθηκε αυτόματα η δυνατότητα κατασκευής διάφορων ειδών φωτιστικών συσκευών που έκαιγαν είτε πετρέλαιο, είτε κάποιο από τα παράγωγά του. Ο επόμενος σταθμός, ο σημαντικότερος οπωσδήποτε, είναι η ανακάλυψη της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο άνθρωπος με την ηλεκτρική ενέργεια μπορεί και τη νύχτα να έχει φως εφάμιλλο με το ηλιακό. Το ηλεκτρικό φως είναι η τελειότερη φωτιστική πηγή και παρουσιάζει πολλαπλά πλεονεκτήματα: δίνει λευκό φως παρόμοιο με το ηλιακό, δεν κουράζει τα μάτια, δεν αλλοιώνει τον αέρα, όπως π.χ. τα λυχνάρια του πετρελαίου, του οινοπνεύματος κλπ. και η έντασή του κανονίζεται κατά τη βούληση του χρήστη. Το φως γενικότερα επιτρέπει στον άνθρωπο να αντιληφθεί το περιβάλλον του. Ο όγκος, τα σχήματα, οι φόρμες και οι λεπτομέρειες, οι σκιές και τα χρώματα αποκαλύπτονται από αυτό.

Σήμερα, που ο σύγχρονος άνθρωπος έχει στη διάθεσή του όλη την απαραίτητη τεχνογνωσία, η διαχείριση του φωτισμού επιτυγχάνεται με τεχνικές επιλογές, ποικίλες κατασκευές και διάφορα υλικά, συστήματα, αυτοματισμούς και ουσιαστικά αποτελεί έναν από τους κύριους παράγοντες του Γενικού Οικοδομικού Κανονισμού σε συνδυασμό με μία σημαντική προσπάθεια εξοικονόμησης πολύτιμης ενέργειας. Ο σχεδιασμός των χώρων, των κτιρίων και γενικά του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος πρέπει να μην επαφίεται στη διόρθωση του από το φωτισμό, αλλά να αξιοποιεί τις δυνατότητες του για τη βελτίωση της λειτουργικότητας και την ανάδειξή του. Άλλωστε τα δύο είδη φωτισμού, ο φυσικός και ο τεχνητός, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται συμπληρωματικά και όχι ανταγωνιστικά.

Οι αποφάσεις για το φωτισμό είναι οι τελευταίες που λαμβάνονται στη διαδικασία κατασκευής και σχεδιασμού ενός σπιτιού, ενώ θα έπρεπε να είναι από τις πρώτες. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που ο φωτισμός εσφαλμένα περιορίζεται μόνο στην επιλογή των κατάλληλων φωτιστικών και όχι σε μία ολοκληρωμένη διαδικασία σχεδιασμού. Παρόλα αυτά όμως, είναι σίγουρα ευόιωνο το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να αναγνωρίζεται πως ο φωτισμός δεν αποτελεί απλώς ένα ακόμη αξεσουάρ στη διακόσμηση ενός χώρου αλλά ένα πανίσχυρο εργαλείο, η ορθή εκμετάλλευση του οποίου, σε συνδυασμό με επιδεξιότητα και φαντασία, μπορεί να προσφέρει σημαντικά τόσο στην αισθητική και λειτουργική ανάδειξη κάθε χώρου, όσο και στην αξιόλογη εξοικονόμηση ενέργειας.

Ο σχεδιασμός των συστημάτων φωτισμού έχει πρωταρχικό στόχο την εξασφάλιση της οπτικής άνεσης μέσω:

- Της παροχής της απαιτούμενης ποσότητας φωτισμού, η οποία καθορίζεται από διεθνή πρότυπα, βάσει της χρήσης και των λειτουργικών απαιτήσεων κάθε χώρου.
- Της ποιότητας του φωτισμού, η οποία εξασφαλίζεται με καλή κατανομή και αποφυγή φαινομένων θάμβωσης, κατάλληλη χρωματική απόδοση και χρώμα φωτισμού, ανάδειξη στοιχείων χώρου, κατεύθυνση φωτισμού και δημιουργία κατάλληλων φωτιστικών αντιθέσεων.

10.1.1. Το ορατό φως

Φως ονομάζεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανιχνεύεται από το ανθρώπινο μάτι (οφθαλμό) και που εκλαμβάνεται ως αίσθηση (αντίληψη) αυτής. Συνεπώς το φως είναι το αίτιο της όρασης. Όμως η αντίληψη αυτή του ορατού φωτός αποτελεί τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Το ορατό φως βρίσκεται στο κέντρο του ολικού φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Καλύπτει ένα εύρος μηκών κύματος που «μεταφράζονται» από το μάτι στα χρώματα του φωτεινού φάσματος (δηλαδή στα χρώματα του ουράνιου τόξου). Ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες το φως εκδηλώνει ιδιότητες είτε φωτεινού κύματος (φωτεινή ακτίνα), είτε δέσμης σωματιδίων (φωτεινή δέσμη ή δέσμες).

Το ορατό φως, όπως οι περισσότεροι ήδη γνωρίζουμε έχει διττή φύση. Ο χαρακτηρισμός αυτός του αποδίδεται γιατί εμφανίζεται να έχει βασικές ιδιότητες κύματος ενώ συμπεριφέρεται και ως σωματίδιο που ονομάζεται φωτόνιο. Το ορατό φως είναι το μέρος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με μήκος κύματος που κυμαίνεται μεταξύ 360nm και 780nm. Αν αναλογιστούμε ότι η κυριότερη και μεγαλύτερη πηγή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι ο ήλιος μπορούμε να σκεφτούμε το μέγεθος που δεχόμαστε και πόσο απειροελάχιστο είναι το μέρος της το οποίο αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι.

Το φως της ημέρας συνίσταται από άμεσο και διάχυτο φως. Οι ακτίνες του άμεσου φωτός είναι, τη στιγμή που φτάνουν στη γη, πραγματικά παράλληλες. Το διάχυτο φως παραλαμβάνεται από τον ουρανό, αφού ανακλαστεί από τα αέρια και τα σταγονίδια νερού που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα. Για το φωτισμό από το φως της ημέρας, ο ουρανός μπορεί να θεωρείται ως η ολοκλήρωση ενός άπειρου αριθμού από συγκεκριμένες σημειακές πηγές.

Ένα από τα σκοτεινότερα αλλά και ελκυστικότερα θέματα που απασχόλησαν τον άνθρωπο ήταν και η φύση του ορατού φωτός. Η έρευνα γύρω από το πρόβλημα αυτό συνέδεσε μεγάλα ονόματα της επιστήμης. Πρώτος ο Ισαάκ Νεύτων (1643-1737) και στη συνέχεια ο φυσικός Ολλανδός Κρίστιαν Χούχενς (1629-1695) ανέπτυξαν θεωρίες που για πολλά χρόνια αντιμάχονταν σε μεγάλο βαθμό. Το μεγάλο κύρος του πρώτου απέτρεπε κάθε ένσταση ή άλλη πρόταση ακόμη και συμβιβασμούς. Όταν όμως μια θεωρία δεν μπορεί να δώσει λύσεις σε όλο το εύρος της τότε αυτή πάσχει. Έτσι κλονίζεται και παραχωρεί την θέση της σε άλλη. Αυτό συνέβη και με τη θεωρία του Νεύτωνα που δεν μπόρεσε να αντέξει ελέγχους και παρατηρήσεις που είχαν να κάνουν και από τις μετρήσεις της ταχύτητας του φωτός. Όμως το τελειωτικό κτύπημα δόθηκε από τον Γάλλο φυσικό Αυγουστίνο Φρενέλ (1788-1827) όταν ανακάλυψε το φαινόμενο της συμβολής ή αλληλοτυπίας του φωτός όπου φως προστιθέμενο σε φως άλλοτε γεννά εντονότερο και άλλοτε ασθενέστερο φως ακόμη και σκότος. Έτσι σύμφωνα με αυτά το φως χαρακτηρίζεται από κύματα και έτσι εδραιώθηκε η πεποίθηση της κυματικής φύσεως του φωτός. Στη συνέχεια οι Φυσικοί προχώρησαν στην ερμηνεία των φαινομένων της διάθλασης, της περίθλασης και της πόλωσης του φωτός. Τότε όμως πρόβαλε μια άλλη δυσκολία που αφορούσε τη φύση του μέσου, αν πάλλεται και πως πάλλεται και διαδίδει το φως. Και αυτή η δυσκολία παραμερίστηκε όταν ο Άγγλος φυσικός Τζέιμς Μάξγουελ απέδειξε θεωρητικά το 1870 ότι τα φωτεινά κύματα είναι κύματα ηλεκτρομαγνητικά περιοδικώς μεταβλητά κατά χρόνο και τόπο. Τέλος όταν η θεωρία του Μάξγουελ επαληθεύτηκε στα πειράματα του Χερτζ το 1888 δεν έμεινε πλέον καμία αμφιβολία ότι τα κύματα του φωτός έχουν ηλεκτρομαγνητική φύση. Έτσι είχαν τα πράγματα μέχρι το τέλος του αιώνα όταν ξεπρόβαλε νέα δυσκολία ακολουθίας της τελευταίας θεωρίας που ήταν πιο έντονη και που αφορούσε ένα φαινόμενο που ήταν αδύνατον να ερμηνεύσει η κυματική. Ήταν το "φωτοηλεκτρικό" όπως ονομάστηκε. Παρατηρήθηκε δηλαδή πως όταν φωτεινή δέσμη μικρού μήκους κύματος προσπέσει σε μεταλλική πλάκα αποσπώνται από αυτή ηλεκτρόνια και μάλιστα αμέσως όσο ασθενές κι αν είναι το φως. Βέβαια για να αποσπασθεί ένα ηλεκτρόνιο απαιτείται κάποια ενέργεια. Αν επομένως το φως είναι κύμα, που έχει το χαρακτηριστικό της συνέχειας, θα έπρεπε να πέρναγε κάποιος χρόνος μέχρι αυτό το ηλεκτρόνιο να απορροφήσει ενέργεια για να αποσπασθεί λαμβανομένου υπόψη ότι η ταχύτητα των ηλεκτρονίων είναι ίδια όση απόσταση κι αν παρεμβάλλεται μεταξύ πηγής και πετάσματος. Οι παρατηρήσεις αυτές έφεραν σε πολύ δύσκολη θέση τους φυσικούς. Πως να συμβιβάσουν την θεωρία με την παρατήρηση; Έτσι αν τα πειράματα ήταν ορθά θα έπρεπε να αναζητηθεί άλλη βάση της υφής του φωτός που να ερμηνεύει και το νέο πλέον παρατηρούμενο φαινόμενο. Στη δύσκολη αυτή θέση των Φυσικών στις 14 Δεκεμβρίου του 1900 ο φυσικός και καθηγητής του Πανεπιστημίου του Βερολίνου Μαξ Πλανκ (1858-1947) έκανε μια καταπληκτική ανακοίνωση που αποτέλεσε τη βάση της θεωρίας των κβάντα με την οποία και ανατράπηκε η μέχρι τότε αντίληψη περί της συνέχειας της ακτινοβολίας. Οι δηλώσεις αυτές του Πλανκ πράγματι συγκλόνισαν όπως ήταν επόμενο τους φυσικούς που την αποδέχθηκαν στην αρχή με επιφυλάξεις και σκεπτικισμό. Στις επιφυλάξεις εκείνες που διέκοψαν τις περαιτέρω έρευνες το 1905 ακούσθηκε η επιδοκιμαστική φωνή του Αϊνστάιν που προχώρησε και σε πέρα των αρχικών θέσεων του Πλανκ και έδωσε την απόδειξη με την "κβαντική σύσταση του φωτός". Έτσι οι δισταγμοί

υποχώρησαν και οι τότε φυσικοί εξοικειώθηκαν με την σύγχρονη αντίληψη. Με την ανάπτυξη ακόμη της «μικροφυσικής», νέα ακόμη φαινόμενα ανακαλύφθηκαν που ήταν εξηγήσιμα με τη κυματική θεωρία αλλά όμως με την κβαντική ερμηνεύονταν καλύτερα. Έτσι μέσα από αυτόν τον υπέροχο δρόμο της έρευνας πραγματοποιείται η σύνθεση της θεωρίας του Νεύτωνα και της κυματικής του Χούχενς, αφού το φωτόνιο του Πλανκ είναι κάτι και από τα δύο δηλαδή «σωμάτιο και κύμα».

10.1.2. Οπτική άνεση

Η οπτική άνεση δεν είναι δυνατόν να καθορισθεί εύκολα όπως άλλωστε ισχύει για κάθε κρίση υποκειμενικών αντιδράσεων με αντικειμενικές παραμέτρους. Ενώ είναι εύκολο να μετρηθούν διάφορα μεγέθη σε κάποιο χώρο στα ανοίγματα του οποίου χρησιμοποιούνται σκίαστρα, η εκτίμηση των υποκειμενικών αντιδράσεων από τους ανθρώπους που χρησιμοποιούν το χώρο θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη και ζητήματα αισθητικής. Έτσι η προσέγγιση που ακολουθείται είναι να συσχετισθούν οι προτιμήσεις ενός μεγάλου αριθμού ατόμων με φυσικά μεγέθη και στη συνέχεια να διατυπωθεί κάποια περιγραφή για την οπτική άνεση. Η περιγραφή αυτή αφορά προφανώς το μέσο όρο των ανθρώπων και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ότι πάντα σε κάποιο χώρο θα βρίσκονται άνθρωποι των οποίων οι προτιμήσεις για την οπτική άνεση θα διαφέρουν από τον μέσο όρο.

Η οπτική άνεση δεν εξαρτάται μόνο από την ικανότητα παραγωγής κάποιου συγκεκριμένου έργου αλλά και από τη σωστή κατανομή των λαμπροτήτων των επιφανειών και των ανοιγμάτων του χώρου, τα χρώματα καθώς επίσης και από τη θέα στο εξωτερικό περιβάλλον. Είναι αρκετά συνηθισμένο φαινόμενο χώροι με μεγάλα ανοίγματα να εκτιμώνται αρνητικά από πλευράς οπτικής άνεσης λόγω της μεγάλης διαφοράς λαμπροτήτων που παρουσιάζουν αυτά σε σχέση με τις υπόλοιπες επιφάνειες του χώρου ενώ οι χρήστες να είναι εξαιρετικά ικανοποιημένοι από την θέα που τα ανοίγματα αυτά παρέχουν.

Σε ένα φυσικά φωτιζόμενο χώρο υπάρχει συνεχής αλλαγή στην κατανομή των λαμπροτήτων άλλοτε μικρή (ανοίγματα με βορινό προσανατολισμό) άλλοτε έντονη (ίχνη ήλιου στο εσωτερικό) προκαλώντας συνεχή ερεθίσματα στο οπτικό μας σύστημα, γεγονός που κάνει μια τέτοια σκηνή ενδιαφέρουσα. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την οπτική άνεση είναι οι εξής:

- Θάμβωση
- Αντίθεση (λόγος λαμπροτήτων)
- Επίπεδα φωτισμού και ομοιομορφία στην κατανομή του
- Θέα

Η επίτευξη συνθηκών οπτικής άνεσης στο εσωτερικό της κατοικίας βασίζεται στην ποσότητα, την ποιότητα και τη διάθεση του φωτός. Επαρκής φυσικός φωτισμός κατά τη διάρκεια της ημέρας πρέπει να παρέχεται ώστε τα αντικείμενα και οι χώροι να γίνονται εύκολα ορατοί χωρίς να κουράζεται το μάτι. Βασική αρχή για την επίτευξη της οπτικής άνεσης είναι η αποφυγή ακραίων καταστάσεων σε σχέση με την θάμβωση. Περιοχές υψηλής φωτεινότητας στο πεδίο θα μειώσουν την ικανότητα λεπτομερούς και ευκρινούς όρασης σε άλλες περιοχές του οπτικού πεδίου, εν μέρη λόγω της προσαρμοστικής διαδικασίας και εν μέρη λόγω του διασκορπισμού του φωτός στο ίδιο το μάτι. Η προσπάθεια αντίληψης αυτής της εικόνας δημιουργεί φυσική και πνευματική κούραση και επομένως «οπτική δυσφορία».

Ωστόσο, δεν πρέπει να ειπωθεί ότι είναι επιθυμητός ο έντονος φωτισμός. Το οπτικό μας σύστημα έχει αναπτυχθεί ώστε να λειτουργεί υπό συνθήκες φυσικού φωτισμού, που τυπικά συνδυάζουν τόσο τον διάχυτο όσο και τον άμεσο φωτισμό, ο οποίος διαφέρει ανάλογα με την ώρα και το χώρο και εμπεριέχει ένα σχεδόν συνεχή φασματικό μίγμα χρωμάτων που κυμαίνεται από το κόκκινο ως το μωβ. Δεν μας εκπλήσσει το γεγονός ότι ο μονότονος φωτισμός από τοίχο σε τοίχο με περιορισμένα φθορίζοντα χρώματα, συχνά προκαλεί κριτική αν και ικανοποιεί τα συμβατικά μηχανολογικά κριτήρια.

Είναι ενδιαφέρον, όταν οι χρήστες «δίνουν» τον έλεγχο του φωτισμού σε χώρους οι οποίοι φωτίζονται κυρίως από το φως της ημέρας και καθώς ο ήλιος δύει, αυτοί καθυστερούν να ανάψουν τα φώτα έως ότου ο φωτισμός φτάσει σε πολύ χαμηλά επίπεδα, όπου είναι αναγκαία η χρήση τεχνητού φωτισμού. Αυτό αποδεικνύει την αρχή της ανεκτικότητας όταν η φυσική αιτία γίνεται αντιληπτή και η επιλογή ανάληψης δράσης είναι διαθέσιμη.

Η διάχυση του φωτός σε ένα χώρο πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγονται οι έντονες αντιθέσεις φωτός και σκιάς, ώστε να μην ενοχλούνται οι ένοικοι και να μπορούν να βλέπουν καλά. Επαρκής αντίθεση, πρέπει να διατηρείται ώστε κάθε αντικείμενο να μπορεί να «φανερώνεται». Τα παράθυρα αλλά και οι πηγές τεχνητού φωτισμού, θα πρέπει να τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η θάμβωση. Επιπλέον θα πρέπει να δίνεται προσοχή στην ποιότητα του φωτός που θα υπάρχει στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας, καθώς τόσο η φασματική σύσταση όσο και η σταθερότητα του φωτός θα πρέπει να είναι οι κατάλληλες ανάλογα με τη χρήση του χώρου.

Όσον αφορά στο βαθμό φωτεινότητας, παρά το γεγονός ότι το ανθρώπινο μάτι μπορεί πολύ εύκολα να προσαρμοσθεί στις διάφορες συνθήκες, μπορεί να εκτελέσει τις οπτικές του λειτουργίες σε περιορισμένο πεδίο επιπέδων φωτεινότητας. Για συγκεκριμένο καθήκον, το οπτικό πεδίο επηρεάζεται από την οπτική προσπάθεια που απαιτείται, τη διανομή του φωτός στο χώρο, και την φωτεινότητα των τοίχων και των λοιπών επιφανειών. Σύμφωνα με τον κώδικα κτιριακών υπηρεσιών θα πρέπει ανάλογα με τον τύπο της εργασίας που πρέπει να γίνει, να προτείνονται οι όσο το δυνατόν καλύτερες τιμές φωτεινότητας. Για την ημέρα, οι απαιτήσεις σε φωτεινότητα μπορούν να μεταφραστούν στις ελάχιστες τιμές για τον παράγοντα του φωτός της ημέρας. Για να υπολογιστούν τα επίπεδα αυτών των τιμών λαμβάνονται υπόψη, η μεταβλητότητα καθώς και άλλες ιδιότητες του φυσικού φωτός. Οι τιμές φωτεινότητας για τους διάφορους χώρους μιας κατοικίας είναι οι εξής: για το χολ προτείνεται φωτεινότητα της τάξης των 50 με 100 lux, για την τραπεζαρία η τιμή φωτεινότητας είναι 100 lux, για το καθιστικό και την κουζίνα είναι 200 lux, ενώ για τους χώρους μελέτης και το γραφείο η τιμή φωτεινότητας είναι 300 με 500 lux.

Ο βαθμός αντίθεσης, μεταξύ της οπτικής εμφάνισης ενός αντικειμένου και του άμεσου φόντου του, μπορεί να εκφραστεί με όρους φωτεινότητας ή ανακλαστικότητας μεταξύ των επιφανειών. Η ποσότητα και η διανομή του φωτός αλλά και γι' αυτό το λόγο το ποσό αντίθεσης ενός δωματίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ανακλαστικότητα των τοίχων και των άλλων επιφανειών. Είναι σημαντικό ωστόσο, τα υλικά κάλυψης που θα επιλεγθούν για τον τοίχο, το πάτωμα και την οροφή να εξεταστούν σχετικά με την ανακλαστικότητά τους. Για να επιτευχθεί η σωστή διανομή φωτός, είναι γενικός κανόνας, η χρήση ανοιχτών χρωμάτων

στις μεγάλες επιφάνειες όπως οι τοίχοι και φωτεινά χρώματα σε μικρότερες επιφάνειες όπως τα έπιπλα, οι πόρτες κλπ.

Η θάμβωση, προκαλείται από την είσοδο στο εσωτερικό πολύ έντονου φωτός, που επηρεάζει αρνητικά το οπτικό πεδίο, καθώς μπορεί να προκαλέσει απόσπαση από το καθήκον και στιγμιαία τύφλωση. Σε όποιο βαθμό κι αν είναι η θάμβωση πάντα δημιουργεί αίσθημα κούρασης και δυσφορίας. Η θάμβωση προκαλείται άμεσα, έμμεσα ή μέσω αντανάκλασης. Η άμεση θάμβωση προκαλείται, όταν η πηγή φυσικού ή τεχνητού φωτός υψηλής φωτεινότητας εισέλθει άμεσα στο οπτικό πεδίο του ατόμου. Μπορεί να εμφανιστεί στην περίπτωση που το φως του ήλιου ή του ουρανού φαίνεται από τα παράθυρα άμεσα ή μέσω αντανάκλασης από μια εξωτερική επιφάνεια. Η έμμεση θάμβωση προκαλείται όταν το επίπεδο φωτεινότητας των τοίχων είναι πολύ υψηλό. Η θάμβωση από αντανάκλαση προκύπτει από την ανάκλαση των φωτεινών πηγών πάνω σε γυαλιστερές εσωτερικές επιφάνειες. Το φαινόμενο της θάμβωσης μπορεί να μειωθεί με την προσεκτική τοποθέτηση των φωτεινών επιφανειών αλλά και με την κατάλληλη επιλογή τόσο φωτεινών πηγών όσο και φόντων με κατάλληλες φωτεινότητες.

Η διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτιρίου συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην ποιότητα του φωτός, όσο οι ακτίνες του ήλιου δεν ενοχλούν τα μάτια του χρήστη, τόσο άμεσα όσο και μέσω αντανάκλασης. Η διείσδυση του φυσικού φωτός μπορεί να ελεγχθεί με τρεις τρόπους: με τη μείωση της ποσότητας αντίθεσης, της φωτεινότητας από τα παράθυρα και την επεισοδιακή ροή του ηλιακού φωτός. Ο έλεγχος του άμεσου ή διάχυτου ηλιακού φωτός, είναι σημαντικός για την διατήρηση της οπτικής άνεσης, καθώς με αυτό τον τρόπο μειώνεται η θάμβωση, κάτι που επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση μόνιμων ή κινητών εξωτερικών συσκευών κατά τον σχεδιασμό του κτιρίου με σκοπό να μειωθεί η θέα του ουρανού, ή με τη χρήση κινητών εσωτερικών πετασμάτων για να μειωθεί η φωτεινότητα του παραθύρου. Τέλος, η μείωση των υπερβολικών αντιθέσεων επιτυγχάνεται με τη χρήση ανοιχτών χρωμάτων στους τοίχους και το ταβάνι ώστε να γίνεται καλύτερη διανομή φωτός. Συγκεκριμένα, τα ανοιχτά χρώματα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε τοίχους που διαθέτουν παράθυρα. [12]

10.2. ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΦΩΣ

Φυσικό φως ονομάζεται το ορατό τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπει ο ήλιος και προσπίπτει στην επιφάνεια της γης. Το φυσικό φως αποτελείται από το άμεσο ηλιακό φως, δηλαδή το φως που έρχεται απευθείας από τον ήλιο, το διάχυτο φως, δηλαδή εκείνο που προέρχεται από τη διάχυση του ηλιακού φωτός στην ατμόσφαιρα και από το ανακλώμενο φως, δηλαδή εκείνο που προκύπτει από την ανάκλαση του ηλιακού φωτός από το έδαφος και τις άλλες επιφάνειες.

10.2.1. Φυσικός φωτισμός

Η αξιοποίηση και ο έλεγχος του υπάρχοντος φυσικού φωτός είναι μείζονος σημασίας στοιχεία σε κάθε αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Ο μεταβλητός χαρακτήρας του φυσικού φωτός, που αλλάζει ως προς την κατεύθυνση, την ένταση και το χρώμα κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά και των εποχών του χρόνου, έχει σημαντικά ψυχολογικά οφέλη στους χρήστες κάθε χώρου. Ο άνθρωπος ενστικτωδώς τείνει προς τα ηλιόλουστα μέρη, αναζητώντας οπτική άνεση και φυσική ζεστασιά. Το γεγονός αυτό κάνει τα ηλιόλουστα φωτεινά δωμάτια πιο φιλόξενα,

ενώ τα δωμάτια που φωτίζονται μόνο έμμεσα μπορούν να περιγραφούν ως κρύα, βαρετά και αφιλόξενα.

Ως δομικό στοιχείο του χώρου, ο φυσικός φωτισμός, έχει ανάγκη από σχεδιασμό. Είναι σφάλμα να θεωρείται ως αμετάβλητος, ικανοποιητικός, με σταθερές τις παραμέτρους του, ώστε να προσαρμόζεται σε αυτόν ο χώρος. Ουσιαστικά πρόκειται για μία σύνθετη μεταβλητή, της οποίας οι τιμές μεταβάλλονται μεταβάλλοντας τις σχέσεις της με τα υπόλοιπα στοιχεία του χώρου (διαστάσεις, γεωμετρία, εξοπλισμός κτλ.). Ο σχεδιασμός του χώρου αποσκοπεί στον έλεγχο και τη ρύθμιση των τιμών των διαφόρων παραμέτρων του φυσικού φωτισμού, ώστε να καταστεί ο χώρος λειτουργικός και ευχάριστος.

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτίρια και στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας. Ιδιαίτερη σημασία κατά το σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού έχει η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεων σε φωτισμό από το φυσικό φως, ανάλογα βεβαίως με τη χρήση του κτιρίου και την εργασία που επιτελείται μέσα στους χώρους.

Για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού προς όφελος του κτιρίου με στόχο την επίτευξη οπτικής άνεσης θα πρέπει, μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών, να εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους επαρκής ποσότητα (στάθμη) φωτισμού, αλλά και 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).

Ένα καλό σύστημα φυσικού φωτισμού έχει έναν αριθμό στοιχείων, τα πιο πολλά από τα οποία πρέπει να ενσωματωθούν στη μελέτη του κτιρίου κατά το αρχικό στάδιό της. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί αν ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα στοιχεία σε σχέση με την επίπτωση του φυσικού φωτισμού στο κτίριο:

- Ο προσανατολισμός, η οργάνωση και η γεωμετρία των χώρων που πρόκειται να φωτιστούν.
- Η εγκατάσταση, το σχήμα και οι διαστάσεις των ανοιγμάτων διαμέσου των οποίων θα περάσει το φως της ημέρας.
- Η θέση και οι ιδιότητες της επιφάνειας των εσωτερικών χωρισμάτων που ανακλούν το φυσικό φως και παίζουν ρόλο στη διανομή του.
- Η θέση, το σχήμα, οι διαστάσεις κ.λπ. των κινητών ή μόνιμων διατάξεων που παρέχουν προστασία από το υπερβολικό φως και τη θάμβωση.
- Το φως και τα θερμικά χαρακτηριστικά των υλικών των υαλοστασίων.

10.2.2. Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του φυσικού φωτισμού

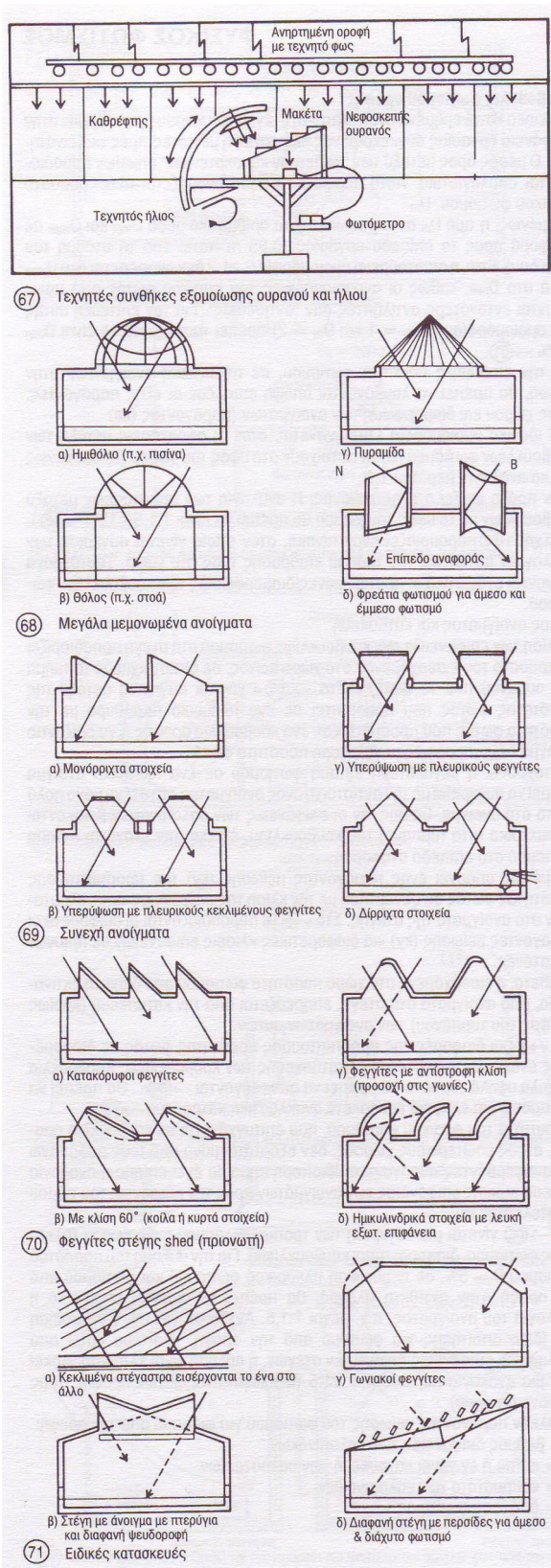
Το φως μπορεί να δίνει ζωή σε έναν χώρο αλλά η ποιότητα του φωτός είναι εξίσου σημαντική με την ποσότητά του. Το άμεσο ηλιακό φως μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση ενός χώρου και αλλοίωση των υλικών, το φως της ημέρας όμως προέρχεται από διάχυση και είναι σίγουρα λιγότερο δραστικό. Τα κτίριά μας χρειάζονται μία ισορροπία μεταξύ των διαφορετικών ειδών φωτισμού. Η επιλογή σωστού φωτισμού άλλωστε, μπορεί να συνεισφέρει όχι μόνο στην σωματική και πνευματική μας υγεία αλλά και στην κοινωνική μας υπόσταση. Οι περισσότεροι χώροι απαιτούν γενικά καλό φωτισμό που θα παρέχει τη συνολική φωτεινότητα αλλά και επικεντρωμένο φωτισμό στα σημεία που παράγεται έργο. Ο φυσικός φωτισμός ενός χώρου είναι αδύνατον να χαρακτηριστεί ως σταθερός. Τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά μεταβάλλεται συνεχώς ανάλογα με ένα πλήθος παραγόντων, οι οποίοι χαρακτηρίζουν το χώρο και το περιβάλλον του. Μερικοί από τους παράγοντες αυτούς είναι οι ακόλουθοι:

- **Γεωμετρία:** Τα χαρακτηριστικά του φωτισμού σε κάθε σημείο εξαρτώνται από την απόσταση του σημείου αυτού από τη φωτεινή πηγή και από τη γωνία πρόσπτωσης της φωτεινής δέσμης. Στην προκειμένη περίπτωση του φυσικού φωτισμού πρόκειται ουσιαστικά για την απόσταση (βάθος) από το άνοιγμα της εισόδου του φυσικού φωτός (παράθυρο, πόρτα κ.λπ.) καθώς και το ύψος του άνω άκρου του ανοίγματος αυτού (πρέκι) σε σχέση με το εξεταζόμενο σημείο. Συνεπώς είναι εξαιρετικά δύσκολο να εξασφαλιστεί ομοιόμορφος φυσικός φωτισμός σε όλες τις προσπελάσιμες θέσεις ενός χώρου.
- **Ανοίγματα:** Η θέση, το μέγεθος και η γεωμετρία των ανοιγμάτων φυσικού φωτισμού προσδιορίζουν σε σημαντικό βαθμό το εύρος διακύμανσης των χαρακτηριστικών του σε διάφορες θέσεις του χώρου. Στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των ανοιγμάτων ενός χώρου ο σχεδιασμός του φυσικού φωτισμού δεν είναι οπωσδήποτε ο κυρίαρχος παράγοντας. Ως καθοριστικά στοιχεία των όψεων τα ανοίγματα υπόκεινται στους κανόνες και τις επιλογές σχεδιασμού τους.
- **Θέση και Προσανατολισμός:** Με την άμεση πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας σε ορισμένες θέσεις προκύπτουν έντονες αντιθέσεις και προκαλείται θάμβωση. Αυτό μπορεί να συμβεί σε χώρους με ανοίγματα προς νότο, ανατολή ή δύση. Σε χώρους με έμμεσο φυσικό φωτισμό σπανίως παρατηρείται το φαινόμενο αυτό. Επίσης, το φαινόμενο αποφεύγεται με το βορινό προσανατολισμό των κατακόρυφων ανοιγμάτων. Ο καθορισμός της θέσης των διαφόρων χώρων στο κτίριο με βάση τις ανάγκες για φυσικό φωτισμό δεν είναι πάντοτε εφικτός. Συνήθως επικρατούν άλλες λειτουργικές ή οικονομικές παράμετροι. Μια κατοικία, για παράδειγμα, θα πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε να εκμεταλλεύεται όσο το δυνατόν περισσότερο το φως για να εξοικονομείται ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ο σωστός προσανατολισμός του σπιτιού είναι εκείνος που αρχικά εξασφαλίζει την ποσότητα και την ποιότητα του φωτός που εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους. Ακολουθούν ο τρόπος διαρρύθμισής τους και η επιλογή των χρωμάτων. Στο μέτρο του δυνατού, τα υπνοδωμάτια, τα μπάνια και οι άλλοι χώροι υπηρεσίας είναι προτιμότερο να τοποθετούνται στη βορινή πλευρά του σπιτιού, ενώ οι αίθουσες καθημερινής χρήσης όπως τα σαλόνια, η τραπεζαρία και η κουζίνα στη νότια. Αυτό επιτρέπει τη βέλτιστη εκμετάλλευση του ηλιακού φωτός κατά τη διάρκεια της μέρας. Επειδή το φως που μπαίνει στα βορινά δωμάτια είναι διάχυτο, είναι και πιο ψυχρό, με αποτέλεσμα τα συγκεκριμένα δωμάτια να είναι και τα πιο σκιερά. Τα χρώματα που επιλέγονται για αυτούς τους χώρους θα πρέπει να είναι πιο απαλά αλλά συγχρόνως να μην είναι μουντά. Αντίθετα, στα

δωμάτια που έχουν νότιο προσανατολισμό, το φως που μπαίνει απέξω είναι άμεσο και πιο έντονο. Για να αποφεύγονται έντονες σκιάσεις, καλό είναι να τοποθετούνται ανοίγματα, αν είναι δυνατόν, σε δύο αντικριστούς τοίχους. Σε αυτή την περίπτωση ένα έντονο χρώμα φαίνεται εντονότερο αν το χτυπάει το φως και θα πρέπει οι τόνοι να «μαλακώσουν» με λίγο άσπρο ή μαύρο.

- Κλίμα: Τα χαρακτηριστικά του φυσικού φωτός σε έναν τόπο μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της ημέρας όχι μόνο εξαιτίας της τροχιάς του ήλιου αλλά κυρίως εξαιτίας των διάφορων καιρικών φαινομένων, τα οποία επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό, αλλά παροδικά και σε ακαθόριστη διάρκεια, ορισμένες παραμέτρους του φυσικού φωτισμού των χώρων. Τα βασικά κλιματικά δεδομένα ενός τόπου, όπως η ηλιοφάνεια, η υγρασία κ.λπ., αποτελούν παραμέτρους του σχεδιασμού του φυσικού φωτισμού των κτιριακών χώρων στον τόπο αυτόν.
- Γεωγραφία – Γεωμορφολογία: Η τροχιά του ήλιου κατά τις διάφορες εποχές του έτους και η αντίστοιχη γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας του σε έναν τόπο προσδιορίζονται από τη γεωγραφική θέση του τόπου αυτού. Η θέση του ήλιου στον ουράνιο θόλο σε κάθε στιγμή είναι σαφώς προσδιορισμένη. Πρόκειται για μία σταθερά η οποία μεταβάλλεται συνεχώς και με συγκεκριμένο τρόπο, χωρίς να επηρεάζεται από άλλους παράγοντες. Η γεωμορφολογία του τόπου ή της ευρύτερης περιοχής, όταν δεν επηρεάζει άμεσα το φυσικό φωτισμό με διάφορα εμπόδια, μπορεί να επηρεάσει το σχεδιασμό του με τοπικές διαφοροποιήσεις των καιρικών φαινομένων, της βλάστησης κ.λπ.
- Φυσικά ή τεχνητά εμπόδια: Τα φυσικά εμπόδια (βουνά, δενδροστοιχίες κ.λπ.) συνήθως σκιάζουν εκτενείς περιοχές και όχι μόνο το άμεσο περιβάλλον ενός κτιρίου επί ορισμένη περίοδο στη διάρκεια της ημέρας. Αντίθετα, τα τεχνητά εμπόδια-στοιχεία του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος (δομικές κατασκευές, εδαφοτεχνικά ή φυτοτεχνικά έργα) αποτελούν μεταβλητές παραμέτρους. Η μορφή του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος μιας περιοχής δεν είναι σταθερή ούτε προβλέψιμη. Οι επεμβάσεις σε αυτό δε λαμβάνουν υπόψη στο βαθμό που θα έπρεπε το φυσικό φωτισμό των κτιρίων.
- Δυνατότητες βελτίωσης του φυσικού φωτισμού: Με δεδομένη τη μεταβλητότητα των παραμέτρων που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά του φυσικού φωτός, το οποίο φθάνει σε έναν κτιριακό χώρο και με σκοπό τη βέλτιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, ο σχεδιασμός του έγκειται στη βελτίωσή του. Αυτή επιτυγχάνεται με σειρά αποφάσεων, ενεργειών και μέτρων σε άμεση συνάφεια με το σχεδιασμό (από την έναρξη) και την κατασκευή του κτιρίου. Πρόκειται για χειρισμούς σχεδιασμού και για επιλογές υλικών και κατασκευαστικές, που ο εύστοχος συνολικός συνδυασμός τους είναι απαραίτητος για τη βελτίωση του φυσικού φωτισμού. Ασφαλώς, η βελτίωση δεν επιδιώκεται ούτε αναφέρεται μόνο σε νέες κτιριακές κατασκευές. Κάθε επέμβαση ανακαίνισης, διαρρύθμισης, αλλαγής χρήσης ή εξοπλισμού είναι πιθανό να συμπαρασύρει ζητήματα φυσικού φωτισμού.
- Προσανατολισμός: Η σχέση της θέσης των ανοιγμάτων φυσικού φωτισμού ενός χώρου με την τροχιά του ήλιου και τη γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι καθοριστική για την ποιότητα και την ποσότητα του φυσικού φωτισμού μέσα στο χώρο. Η επιλογή της θέσης είναι αποφασιστική για τη ρύθμιση του φυσικού φωτισμού. Η άμεση πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας, που συνήθως προκαλεί θάμβωση, μπορεί να αποφευχθεί με εφαρμογή ποικίλων προστατευτικών υλικών ή κατασκευών (σκιάστρα, πετάσματα κ.λπ.), οι οποίες είναι πιθανό να χαρακτηρίσουν την αισθητική της όψης του κτιρίου. Παράλληλα, βελτιώνεται η κατανομή του φωτισμού στο χώρο. Ομοιόμορφος φωτισμός εξασφαλίζεται με ανοίγματα στη βορινή όψη ή στην οροφή. Στις περισσότερες

περιπτώσεις η εφαρμογή συστημάτων σκίασης στα ανοίγματα φωτισμού οροφής ή στέγης είναι απαραίτητη.



Εικ.10-1 Είσοδος φυσικού φωτός[14]

- Χώρος: Για τη σχέση του προσανατολισμού των ανοιγμάτων και του φυσικού φωτισμού σε έναν χώρο έχει ήδη γίνει αναφορά. Η θέση του χώρου στο κτίριο, συνήθως, δεν προσδιορίζεται με βάση τον προσανατολισμό και το φυσικό φωτισμό. Χρήση, λειτουργική σχέση με άλλους χώρους, εγκαταστάσεις κ.λπ., προσπελασιμότητα, γενικότερες αρχές σχεδιασμού του κτιρίου αποτελούν βασικούς άξονες διάταξης των χώρων. Άλλωστε, δεν είναι πάντοτε εφικτή η εξασφάλιση του βέλτιστου προσανατολισμού σε όλους τους χώρους ενός κτιρίου, ανάλογα βέβαια με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του καθενός. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν να εξασφαλιστεί ικανοποιητικός φυσικός φωτισμός έμμεσα, μέσω άλλου χώρου ή με ειδικές κατασκευές και υλικά. Ωστόσο, και ο προσανατολισμός δεν είναι πάντοτε αρκετός για να εξασφαλιστεί ικανοποιητικός φυσικός φωτισμός σε όλες τις θέσεις ενός χώρου. Εκτός από το μέγεθος, τη γεωμετρία και τη θέση των ανοιγμάτων, ο φωτισμός που εξασφαλίζεται από αυτά ελαττώνεται με την αύξηση της απόστασης. Γενικά, σε απόσταση μεγαλύτερη των 5,00m από τα ανοίγματα σε συνήθη κτίρια, ο φυσικός φωτισμός δεν θεωρείται ικανοποιητικός για εργασία. Η απόσταση αυτή μπορεί να αυξηθεί με την αύξηση του ύψους του ορόφου και της στάθμης του προεκτιμώμενου ή με την εφαρμογή μέσων ανάκλασης ή μεταφοράς του φωτός. Τα τελειώματα του χώρου - βαφές, επενδύσεις, επιστρώσεις κ.λπ. - καθώς και τα στοιχεία του εξοπλισμού του επηρεάζουν, συνήθως όχι σε σημαντικό βαθμό, την ποιότητα και την ποσότητα του φωτισμού του. Με τρόπο αντίστοιχο συμμετέχουν και στο σχεδιασμό του φυσικού φωτισμού.

Συνοπτικά θα μπορούσε κανείς να παρουσιάσει ως μερικά γενικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του φυσικού φωτισμού τα ακόλουθα:

- Να έχει σταθερή ένταση (να μην τρεμοπαίζει)
- Να διαχέεται ομοιόμορφα στο χώρο
- Να μην πέφτει απευθείας πάνω στα μάτια και να μην ανακλάται κατά τρόπο που να προκαλεί θάμπωμα
- Να μην δημιουργεί έντονες φωτοσκιάσεις και αντιθέσεις λαμπρότητας
- Να μην εκπέμπει υπερβολική θερμότητα

10.2.3. Αξιοποίηση φυσικού φωτισμού

Πριν από την ανάπτυξη του τεχνητού φωτισμού, οι παραδοσιακές κοινωνίες έδιναν μεγάλη σημασία στην επάρκεια του φυσικού φωτισμού. Ωστόσο, η βιομηχανοποίηση της παραγωγής ενέργειας που άρχισε το 19^ο αιώνα τον οδήγησε σε δεύτερη μοίρα. Βασική συνέπεια της επιλογής αυτής είναι ότι σήμερα, ο τεχνητός φωτισμός ευθύνεται για το 14% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων.

Η συντριπτική πλειοψηφία των κτιρίων σπαταλά πολύτιμη ενέργεια επειδή ο φωτισμός των χώρων είναι ο ίδιος πρωί και απόγευμα, χειμώνα και καλοκαίρι. Υποθέτοντας ότι οι χώροι αυτοί φωτίζονται επαρκώς τα απογεύματα του χειμώνα, καταλαβαίνει κανείς τη σπατάλη ενέργειας τα μεσημέρια του καλοκαιριού!

Οι σύγχρονες τάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας, βελτίωση του επιπέδου ζωής και αύξηση της παραγωγικότητας επανέφεραν το φυσικό φωτισμό στο προσκήνιο. Η αξιοποίηση

του φυσικού φωτισμού στοχεύει στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, στη μείωση του ψυκτικού φορτίου, γιατί ένα ποσοστό του φορτίου φωτισμού μετατρέπεται σε θερμότητα, στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού και αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Για τη δημιουργία συνθηκών οπτικής άνεσης θα πρέπει, μέσω των κατάλληλων τεχνικών, να εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς χώρους επαρκής ένταση φωτισμού και ομαλή κατανομή του, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι έντονες διαφοροποιήσεις της έντασης, που προκαλούν το ενοχλητικό φαινόμενο της θάμβωσης.

Είναι ευνόητο ότι σε πολλές περιπτώσεις δεν επιτυγχάνονται βέλτιστα αποτελέσματα με την αποκλειστική χρήση του φυσικού φωτισμού. Όμως μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου, αν χρησιμοποιηθεί ως τμήμα ενός ολοκληρωμένου συστήματος, που περιλαμβάνει τη δυνατότητα επιλογής ανάμεσα στον φυσικό και τον τεχνητό φωτισμό ή τη σκίαση. Με τη χρήση πιο αποδοτικών εξαρτημάτων και συστημάτων ελέγχου και με την ενσωμάτωση τεχνικών φυσικού φωτισμού, μπορεί να μειωθεί η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό κατά 30-50%. Σήμερα παρέχονται όλες οι δυνατότητες, μέσω των διαφόρων προγραμμάτων προσομοίωσης σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, για τη μελέτη της συμπεριφοράς ενός κτιρίου κάτω από διαφορετικές συνθήκες και για διαφορετικά επίπεδα φωτισμού, έτσι ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα.

Το σύστημα τεχνητού φωτισμού πρέπει να λειτουργεί υποστηρικτικά στον φυσικό φωτισμό, πρέπει, δηλαδή, απλώς να τον συμπληρώνει. Για τον σκοπό αυτό προβλέπονται ειδικοί αισθητήρες ανίχνευσης δραστηριότητας μέσα στο χώρο και σύστημα αυτοματισμού, το οποίο ελέγχει τα επίπεδα τεχνητού φωτισμού ανάλογα με το υπάρχον διατιθέμενο φυσικό φως.

10.2.4. Παράγοντες φυσικού φωτισμού

Το φυσικό φως που εισέρχεται σε ένα χώρο αποτελείται από το φως που έρχεται άμεσα από τον ήλιο, το φως που παραλαμβάνεται από τον ουρανό και το φως που ανακλάται από το έδαφος και από άλλες εξωτερικές επιφάνειες. Η διανομή του φωτός μέσα στο χώρο εξαρτάται από το μέγεθος και τη γεωμετρία του χώρου, τη θέση και τα χαρακτηριστικά του υαλοστασίου και τις εσωτερικές ανακλάσεις. Η χρήση, συνεπώς, του φυσικού φωτισμού προϋποθέτει την εξέταση των παρακάτω παραγόντων:

- Γεωμετρία εσωτερικών χώρων: Η κατασκευή χώρων με μεγάλο βάθος σε απόσταση από το κέλυφος του κτιρίου, πρέπει να αποφεύγεται.
- Γεωμετρία και θέση ανοιγμάτων: Τα ανοίγματα με μεγάλο πλάτος εξασφαλίζουν ομοιογενή κατανομή της φωτεινότητας στο χώρο καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Έχουμε, δηλαδή, κατανομή της φωτεινότητας σε ζώνες παράλληλα με τον τοίχο του ανοίγματος. Τα ανοίγματα με μεγάλο ύψος προκαλούν χωρική κατανομή της φωτεινότητας σε ζώνες κάθετες στον τοίχο του ανοίγματος, οπότε το φωτεινό περιβάλλον μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα ανοίγματα αυτά εξασφαλίζουν βαθύτερη διείσδυση του φωτός, αλλά προκαλούν μεγαλύτερη θάμβωση. Η τοποθέτηση ενός ανοίγματος στο μέσον του τοίχου επιτυγχάνει καλή κατανομή του φωτισμού, ενώ ένα γωνιακό άνοιγμα προκαλεί λιγότερη θάμβωση. Ένας χώρος φωτισμένος ανομοιόμορφα, στον οποίον υπάρχουν μεγαλύτερες εντάσεις σε διάφορα σημεία όπου επιτελείται έργο, ξεκουράζει το ανθρώπινο

μάτι και δημιουργεί φιλικότερο περιβάλλον. Σε χώρους που δεν εκτελούνται εργασίες ο φωτισμός πρέπει να καλύπτει μόνο την ασφάλεια και την αισθητική.

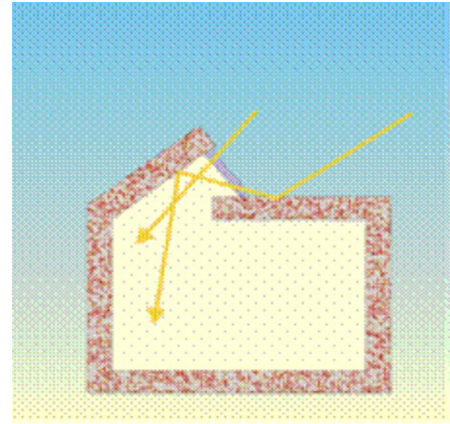
- Ποσοστό ανοιγμάτων: Το ποσοστό ανοιγμάτων ορίζεται ως το πηλίκον της επιφάνειας των ανοιγμάτων προς τη συνολική εξωτερική επιφάνεια των τοίχων. Για την ικανοποίηση των απαιτήσεων θερμικής συμπεριφοράς και φυσικού φωτισμού των κτιρίων κατοικίας, το ποσοστό ανοιγμάτων πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια 20-60% για νότιο προσανατολισμό, 20-40% για δυτικό ή ανατολικό προσανατολισμό και περίπου 20% για βόρειο προσανατολισμό.
- Μέγεθος γειτονικών κτιρίων: Τα υψηλά γειτονικά κτίρια περιορίζουν τη διαθεσιμότητα του απαραίτητου φυσικού φωτισμού.
- Χρωματισμός εσωτερικών επιφανειών: Οι χώροι με απαλούς χρωματισμούς εξασφαλίζουν οπτική άνεση, επειδή τα ανοιχτά χρώματα έχουν μεγάλο συντελεστή ανάκλασης και διάχυσης του φωτός. Αυτό σημαίνει ότι διευκολύνουν τη διείσδυση του φυσικού φωτός στο βάθος του χώρου, εξασφαλίζοντας την ομοιογενή κατανομή του. Τα σκούρα χρώματα της οροφής και των τοίχων μπορούν να μειώσουν το φωτισμό ενός χώρου σε ποσοστό μέχρι και 50%. Είναι ευνόητο ότι η μεγιστοποίηση του συντελεστή ανάκλασης δεν πρέπει να μας οδηγήσει στη ανεξέλεγκτη χρήση στιλπνών υλικών, τα οποία δημιουργούν επιφάνειες υψηλών λαμπροτήτων, γιατί τότε έχουμε το ενοχλητικό φαινόμενο της θάμβωσης. Ένας πολύ ικανοποιητικός συνδυασμός χρωμάτων περιλαμβάνει το λευκό χρώμα για την οροφή, μπεζ ανοιχτό για τους τοίχους και δάπεδο μεσαίου τόνου.

10.2.5. Τεχνικές φυσικού φωτισμού

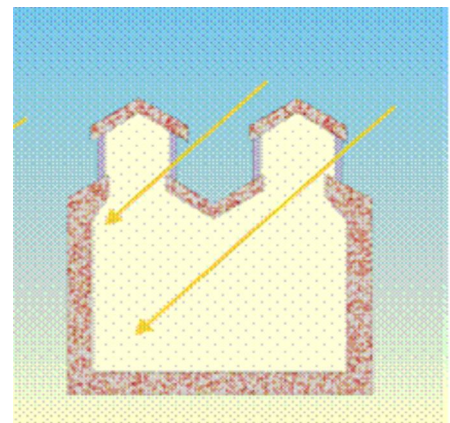
Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός τόσο των χώρων, όσο και των συστημάτων φωτισμού (ανοιγμάτων) θα πρέπει να εξασφαλίζει τις επιθυμητές στάθμες φωτισμού, την απαιτούμενη θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον (και την ανάδειξη των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών στοιχείων, κατά το δοκούν), πάντοτε σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες απαιτήσεις του ενεργειακού σχεδιασμού για θερμική άνεση και ποιότητα αέρα.

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού γίνεται με τις εξής τεχνικές:

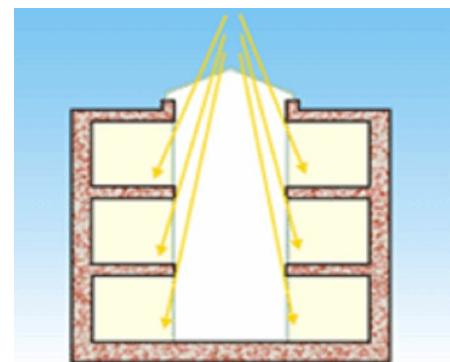
- Κατακόρυφα ανοίγματα (παράθυρα-φεγγίτες) κατάλληλων γεωμετρικών διαστάσεων: Ανοίγματα τοποθετημένα στις πλευρές ανυψωμένων τομέων της στέγης
- Ανοίγματα οροφής: Πραγματοποιείται χρήση πολλαπλών ανοιγμάτων οροφής. Στην περίπτωση αυτή η κατανομή του φωτισμού εξαρτάται από τον αριθμό των ανοιγμάτων και τις μετεωρολογικές συνθήκες. Όταν ο ουρανός είναι νεφосκεπής έχουμε ομοιογενή φωτισμό, ενώ όταν είναι αίθριος, η κατανομή του φωτισμού εξαρτάται από τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων. Τα βόρεια ανοίγματα παρέχουν ομαλή κατανομή του φυσικού φωτός και τα νότια επιτρέπουν την είσοδο της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο.
- Αίθρια: Τα αίθρια, εκτός από τη διοχέτευση του φυσικού φωτός στο εσωτερικό του κτιρίου, συνεισφέρουν και στη μείωση του θερμικού φορτίου, λόγω των σημαντικών ηλιακών κερδών κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το μοναδικό μειονέκτημά τους είναι το πρόβλημα υπερθέρμανσης το καλοκαίρι και για το λόγο αυτό θα πρέπει η χρήση τους να αποφεύγεται στα θερμά κλίματα. Εν αντιθέσει, σε ήπια κλίματα απαιτείται η εφαρμογή κατάλληλων στρατηγικών σκίασης και αερισμού των αιθρίων. Τα αίθρια, είτε ανοιχτά, είτε με κάλυψη, συνεισφέρουν στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, ιδιαίτερα σε κτίρια μεγάλης επιφάνειας καθώς επιτρέπουν την είσοδο φωτεινής ακτινοβολίας στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου, βοηθούν στην αύξηση της στάθμης του φωτισμού των χώρων (και στην ομοιογενή κατανομή του, εφόσον αυτοί φωτίζονται και από κατακόρυφα ανοίγματα) και παρέχουν διάχυτο φως (από τον ουρανό και από τις επάλληλες ανακλάσεις στο εσωτερικό τους), συντελώντας στην ομοιόμορφη κατανομή του (χωρίς θάμβωση). Ανάλογα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αιθρίων και τα οπτικά χαρακτηριστικά των επιφανειών τους



Εικόνα 10-2 . Παράθυρο στέγης/δώματος[11]



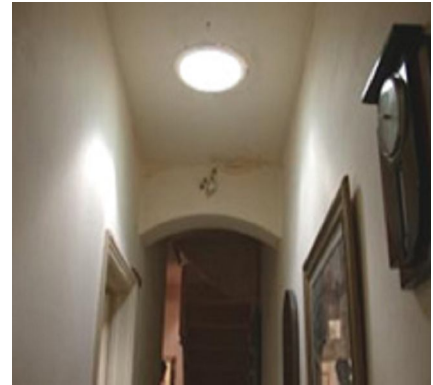
Εικόνα 10-3. Ανοίγματα οροφής[11]



Εικόνα 10-4. Αίθριο[11]

(ανακλαστικότητα των τοίχων και του δαπέδου, οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων που βρίσκονται στους χώρους που περιβάλλουν το αίθριο ή και στην οροφή), επηρεάζεται και η στάθμη φωτισμού των χώρων. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει κατά το σχεδιασμό των αιθρίων να συνυπολογίζονται οι επιδράσεις των χαρακτηριστικών αυτών στην οπτική άνεση των εσωτερικών χώρων, πάντα σε συνδυασμό με την επίδρασή τους στη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου.

- **Φωταγωγοί:** Οι φωταγωγοί εισάγουν το φυσικό φως σε χώρους όπου είναι δύσκολη η διείσδυση φυσικού φωτός με άλλο τρόπο. Υπάρχουν διάφορα είδη φωταγωγών με ποικιλία διαστάσεων. Εν γένει οι φωταγωγοί θα πρέπει να έχουν επιφάνειες ανακλαστικές. Τα δε ανοίγματα που βλέπουν σε αυτούς συνιστάται να έχουν στην ποδιά τους ανακλαστήρα, ώστε να διοχετεύεται το φως στους εσωτερικούς χώρους. Η απόδοσή των φωταγωγών μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη ανακλαστήρα στην κορυφή τους (είσοδο του φωτός), ο οποίος να εκτρέπει τις ηλιακές ακτίνες προς τα κάτω. Για ακόμα μεγαλύτερη απόδοση μπορεί να συνοδεύονται από ηλιοστάτη (συσκευή η οποία φέρει καθρέπτη και η οποία ακολουθεί την πορεία του ήλιου κατά τη διάρκεια τις ημέρας). Για το φωτισμό ενός ή και περισσότερων ορόφων μπορεί να χρησιμοποιηθούν σωλήνες-φωταγωγοί (φωτοσωλήνες). Η μέγιστη απόδοσή τους εξασφαλίζεται σε περιορισμένο μήκος φωτοσωλήνα, ανάλογα με τον τύπο και τον κατασκευαστή. Σε πολλές περιπτώσεις οι φωταγωγοί μπορεί να συνεισφέρουν και στον φυσικό αερισμό ενός χώρου

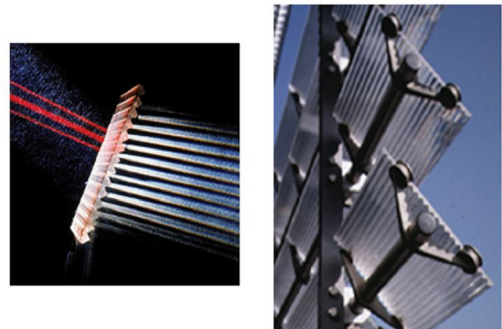


Εικόνα 10-5. Φωταγωγός[11]

- **Ειδικοί υαλοπίνακες:** Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι υαλοπινάκων που συνεισφέρουν σημαντικά στην αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Η χρήση βελτιωμένων ειδικών υαλοπινάκων μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων και στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης που διαμορφώνονται στους εσωτερικούς χώρους. Οι ιδιότητες αυτές μπορεί να είναι σταθερές, μεταβαλλόμενες (ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες) ή ρυθμιζόμενες. Για την επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα θα πρέπει να εξετάζεται η χρήση του κτιρίου, η συνεισφορά του υαλοπίνακα στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση και η συνεπαγόμενη οικονομικότητα του συστήματος (κόστος-όφελος, χρόνος απόσβεσης). Ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιλογή απαιτείται ώστε τα θερμικά και οπτικά χαρακτηριστικά του υαλοπίνακα, τα οποία θα επιλεγούν με κριτήριο τη συμπεριφορά του στη θέρμανση και στο δροσισμό του κτιρίου, να εξασφαλίζουν, μαζί με το συνολικό σχεδιασμό των ανοιγμάτων και τις απαιτήσεις σε φυσικό φωτισμό των χώρων. Κατηγορίες ειδικών υαλοπινάκων, οι οποίοι διαφοροποιούνται από τους κοινούς ως προς τα θερμικά και τα φωτομετρικά τους χαρακτηριστικά, είναι:

- ✓ **Ανακλαστικοί 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.
- ✓ **Έγχρωμοι υαλοπίνακες :** Με τη βοήθεια χημικής επεξεργασίας παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα, αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου.

- ✓ Απορροφητικοί υαλοπίνακες : Απορροφούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας (περιορίζουν τη θερμοπερατότητα χωρίς να μειώνουν σημαντικά τη φωτοδιαπερατότητα) και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου. Έχουν το πλεονέκτημα, σε σχέση με τους ανακλαστικούς, ότι δεν δημιουργούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου.
- ✓ 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) ή κερδών (το καλοκαίρι) των κτιρίων, ανάλογα με τις θερμικές απαιτήσεις του κτιρίου και το κλίμα της περιοχής στην οποία βρίσκεται.
- ✓ Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες : Εκτός από τους συνήθεις 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.
- ✓ Ηλεκτροχρωμικοί : Είναι υαλοπίνακες, των οποίων οι ιδιότητες (οπτικά χαρακτηριστικά, διαπερατότητα) μεταβάλλονται με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος.
- ✓ Φωτοχρωμικοί : 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.
- ✓ Θερμοχρωμικοί : Είναι υαλοπίνακες των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μεταβάλλονται από διαφανείς σε γαλακτόχρωμοι.
- ✓ Υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων: Με την εφαρμογή τάσης μετατρέπονται από γαλακτόχρωμοι σε διαφανείς.
- Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά: Είναι στοιχεία που διαθλούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία και, αναλόγως της κατασκευαστικής τους δομής, μπορούν να αποκλείσουν πλήρως την είσοδο ή να αλλάξουν την κατεύθυνση της εισερχόμενης ακτινοβολίας. Εν γένει είναι ημιδιαφανή και άρα δεν συνιστώνται εκεί που είναι επιθυμητή η θέα προς τα έξω. Τα πρισματικά στοιχεία τοποθετούνται στο κέλυφος του κτιρίου είτε σαν αυτόνομα στοιχεία είτε μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων.



Εικόνα 10-6. Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά[28]

- Διαφανή μονωτικά υλικά: Είναι υλικά φωτοδιαπερατά με μεγάλη θερμομονωτική ικανότητα, τα οποία χρησιμοποιούνται σε εξωτερική τοιχοποιία που εκτίθεται σε άμεση ηλιακή ακτινοβολία και σε ανοίγματα όπου δεν απαιτείται θέα, όπως για παράδειγμα στους φεγγίτες, ή αποφεύγεται εσκεμμένα η διαφάνεια, όπως στα ανοίγματα των λουτρών. Η διαφανής μόνωση εν γένει είναι διαχυτική και έχει πολύ καλές οπτικές ιδιότητες, συνδυάζοντας θερμομονωτικές ικανότητες μιας τοιχοποιίας (2-3 φορές υψηλότερη θερμομονωτική ικανότητα από τους διπλούς υαλοπίνακες). Η διαφανής μόνωση μπορεί να τοποθετηθεί σε τοίχους ή και οροφές. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες διαφανών μονωτικών υλικών, τα οποία τοποθετούνται μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων ή πλαστικών φύλλων. Η φωτοδιαπερατότητα των διαφανών υλικών κυμαίνεται μεταξύ του 45% και του 80% (με μια μείωση της τάξης του 8% για κάθε φύλλο υαλοπίνακα).



Εικόνα 10-7. Διαφανή μονωτικά υλικά[28]

- Ανακλαστήρες-ράφια φωτισμού: Τα ράφια φωτισμού είναι επίπεδα ή καμπύλα σταθερά στοιχεία, με ανακλαστική επιφάνεια, που στερεώνονται στα πλαίσια των ανοιγμάτων και κατευθύνουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία προς τις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου. Εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού, αυξάνοντας τη στάθμη του φωτισμού σε απομακρυσμένες από τα παράθυρα ζώνες, μειώνοντας παράλληλα τη στάθμη φωτισμού στη ζώνη των παραθύρων. Για την αποτελεσματική λειτουργία τους απαιτείται υψηλή ανακλαστικότητα της οροφής του χώρου. Εκτός από την ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτισμού, τα στοιχεία αυτά εξασφαλίζουν μείωση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για τεχνητό φωτισμό ως και 30%. Γενικά ισχύει ο πρακτικός κανόνας ότι το μήκος του ραφιού πρέπει να είναι ίσο περίπου με το ύψος του παραθύρου στο οποίο έχει στερεωθεί. Τέλος, τα ράφια με καμπύλο σχήμα ονομάζονται ανειδωλικά ράφια και οδηγούν το φυσικό φωτισμό ακόμα βαθύτερα στο εσωτερικό του κτιρίου.

- Ανακλαστικές περσίδες: Είναι κινητά ανακλαστικά στοιχεία, μικρού μεγέθους, που τοποθετούνται στην εσωτερική ή την εξωτερική επιφάνεια του κουφώματος ή και μεταξύ διπλών κουφωμάτων. Ως σύστημα φυσικού φωτισμού λειτουργούν όπως και τα ράφια φωτισμού, εκτρέποντας της ηλιακές ακτίνες προς την επιθυμητή κατεύθυνση στο χώρο (κατά προτίμηση στην οροφή). Οι κινητές περσίδες είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές καθώς επιτρέπουν εύκολα τη ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας.



Εικόνα 10-8. Ανακλαστικές περσίδες[28]

- Σκίαστρα: Πρόκειται για σύστημα οριζόντιων ή κατακόρυφων περσίδων, τα οποία τοποθετούνται κάθετα ή παράλληλα στην επιφάνεια του ανοίγματος. Εκτρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία εξασφαλίζοντας σκίαση στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Στα συστήματα κινητών περσίδων η διεύθυνση

εκτροπής της ηλιακής ακτινοβολίας ρυθμίζεται με τη ρύθμιση της κλίσης των περσίδων. Τόσο τα στοιχεία του συστήματος όσο και το σύστημα συνολικά θα πρέπει να παρουσιάζει αυξημένη ανθεκτικότητα στις καιρικές και ατμοσφαιρικές καταπονήσεις και στην υπεριώδη ακτινοβολία. Συνήθως χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους ανοδιωμένο αλουμίνιο, ανοξειδωτος χάλυβας και ειδικά συνθετικά υλικά. Αν η επιφάνεια πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ανακλαστική, θα πρέπει να είναι αυτοκαθοριζόμενη. Η μορφή των σκιάστρων ποικίλει. Ωστόσο, βασική παράμετρος στην επιλογή των υλικών και του τρόπου κατασκευής αλλά και στο σχεδιασμό τους αποτελεί ο άνεμος. Η αντοχή σε ισχυρό άνεμο, δηλαδή η ισχυρή στερέωση και οι κατάλληλες συνδέσεις, ούτως ώστε να εξασφαλίζεται εξαιρετική δυσκαμψία, πρέπει να συνοδεύεται από χαμηλή έως ασήμαντη στάθμη θορύβου. Συνοψίζοντας τα όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω μπορούμε να πούμε ότι ο ρόλος των συστημάτων σκίασης είναι η μείωση ή πλήρης ανακοπή της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας κατά τις χρονικές περιόδους που αυτό είναι επιθυμητό, ο έλεγχος της διάχυτης και ανακλώμενης ακτινοβολίας και παρεμπόδιση του θαμπώματος από εξωτερικούς και εσωτερικούς παράγοντες καθώς και η εξασφάλιση επαρκούς φυσικού φωτισμού.[11],[28]

10.3. ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Η σχέση ανάμεσα στο φως και το κτίριο είναι μία σχέση πολύπλοκη και πολυεπίπεδη με δύο βασικούς παράγοντες, το φως με τις παραμέτρους του από τη μία και το κτίριο ως ενιαία οντότητα με τις δομικές συσχετίσεις μεταξύ χώρων, χρήσεων, ανοιγμάτων από την άλλη. Το φυσικό φως, γενικό και διάχυτο, εισέρχεται στο κτίριο, αλλοιώνεται (διηθείται, ανακλάται, διαχέεται) και διασυνδέει τους χώρους με το εξωτερικό περιβάλλον άμεσα ή έμμεσα.

Ο φυσικός φωτισμός του κτιρίου και ο σχεδιασμός του είναι πρωταρχικής σημασίας και θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη από τα πρώτα κιόλας στάδια σχεδιασμού του κτιρίου. Ο φυσικός φωτισμός επιδρά θετικά στην ψυχολογία και την απόδοση των κατοίκων ή χρηστών του κτιρίου καθώς επίσης επιδρά στο κόστος κατασκευής και τη δαπάνη λειτουργίας του κτιρίου. Το φυσικό φως μπορεί να διατίθεται απεριόριστα και ανέξοδα σε όλους, η ενσωμάτωσή του όμως σε κτιριακούς χώρους προϋποθέτει επιλογές και χειρισμούς που ίσως επιβαρύνουν το κόστος της κατασκευής αλλά σίγουρα επιφέρουν απόσβεση μέσω της μεγάλης εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας. Για τους προαναφερθέντες λόγους οι στρατηγικές σχεδιασμού του φυσικού φωτισμού επιβάλλεται να λαμβάνονται υπόψη και να εφαρμόζονται τόσο στο στάδιο σχεδιασμού του κτιρίου όσο και στο στάδιο κατασκευής και χρήσης του.

10.3.1. Αρχές σχεδιασμού

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτίρια και στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας. Ιδιαίτερη σημασία κατά το σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού έχει η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη

των απαιτήσεων σε φωτισμό από το φυσικό φως, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και την εργασία που επιτελείται μέσα στους χώρους.

Για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού με στόχο την επίτευξη οπτικής άνεσης θα πρέπει, μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών, να εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους επαρκής ποσότητα (στάθμη φωτισμού), αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν το ενοχλητικό 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).

Η χρήση του φυσικού φωτισμού σαν βασικού σχεδιαστικού παράγοντα προϋποθέτει την ένταξή του στη σχεδιαστική διεργασία από το αρχικό της στάδιο. Ο λόγος αυτής της επιλογής μπορεί να βασίζεται στην προσδοκία εξοικονόμησης ενέργειας αλλά μπορεί επίσης να θεωρηθεί ότι ο χώρος αποκτά ποιότητα την οποία δε δύναται να παρέχει ο τεχνητός φωτισμός.

Ξεκινώντας την ανάλυση, είναι επιτακτική η ανάγκη η σχεδιαστική ομάδα να ασχοληθεί με την απάντηση δύο καίριων ερωτημάτων:

- Μπορεί πραγματικά να χρησιμοποιηθεί ο φυσικός φωτισμός στο υπό σχεδίαση κτίριο; Είναι δηλαδή η διαθεσιμότητά του επαρκής ώστε να μπορεί να αποτελέσει ο σχεδιασμός του βιώσιμη λύση;
- Αν η απάντηση στην παραπάνω ερώτηση είναι καταφατική, πώς μπορεί να πραγματοποιηθεί; Σε αυτό το σημείο η σχεδιαστική ομάδα αρχίζει να καθορίζει τη στρατηγική χρησιμοποίησης του φυσικού φωτισμού λαμβάνοντας υπόψη τα εξωτερικά εμπόδια, τη μορφή της κάτοψης καθώς επίσης και τον τρόπο εισόδου του φυσικού φωτισμού στο κτίριο, αξιολογώντας την επίδραση που θα έχει αυτή η σχεδιαστική επιλογή σε άλλες παραμέτρους.

Πριν αρχίσει η συζήτηση για τους σχεδιαστικούς στόχους θα πρέπει να τονισθεί ότι υπάρχουν διαφορετικές ανάγκες για διάφορους τύπους κτιρίων αλλά και ανάμεσα σε διαφορετικούς χώρους του ίδιου κτιρίου. Για παράδειγμα, στη περίπτωση της κατοικίας, ο φυσικός φωτισμός είναι παράγοντας υγείας που συνδυάζεται με την ποιότητα του χώρου καθώς επίσης και παράγοντας ασφαλούς κίνησης. Σε όλα όμως τα κτίρια η εξοικονόμηση ενέργειας είναι σημαντικό στοιχείο σχεδιασμού. Έτσι λοιπόν οι στόχοι που πρέπει να τεθούν είναι:

- Αύξηση των επιπέδων φυσικού φωτισμού.
- Αύξηση της ομοιομορφίας του φωτισμού σε χώρους όπου επιτελούνται διάφορες εργασίες.
- Μείωση φαινομένων θάμβωσης και προσπάθεια επίτευξης λογικών κατανομών λαμπρότητας στις διάφορες επιφάνειες του χώρου.

- Ρύθμιση των ηλιακών κερδών (μείωση κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών και αύξηση κατά τη διάρκεια των χειμερινών, σε επίπεδα που αυτό είναι δυνατόν.)

Στο σημείο αυτό αξίζει να τονισθεί πως οι παραπάνω στόχοι είναι οι απολύτως απαραίτητοι ενώ ο φυσικός φωτισμός μπορεί και επηρεάζει τόσο από φυσιολογικής όσο και από ψυχολογικής άποψης τους χρήστες ενός χώρου., ζητήματα τα οποία προσεγγίζονται κατά τη διάρκεια του αρχικού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού.

Το εξωτερικό περιβάλλον καθορίζει τη διαθεσιμότητα του φυσικού φωτισμού στα ανοίγματα του υπό σχεδίαση κτιρίου. Κανονισμοί που αφορούν την επίδραση του αστικού σχεδιασμού στη διαθεσιμότητα φυσικού φωτισμού έχουν αναπτυχθεί με στόχο να εξασφαλίσουν αυτή τη διαθεσιμότητα σε υπό ανέγερση κτίρια ή να προστατεύσουν ήδη υπάρχοντα κτίρια από την μείωση των επιπέδων φυσικού φωτισμού που θα προκαλούσε η ανέγερση νέων. Τα εξωτερικά εμπόδια περιορίζουν όχι μόνο το διάχυτο φωτισμό από τον ουρανό αλλά και το άμεσο ηλιακό φως. Όσον αφορά στο διάχυτο φως προτείνεται η εκτίμηση της γωνίας σε σχέση με τον ορίζοντα που σχηματίζεται από κάποιο σημείο που απέχει από το έδαφος 2,00m και το ψηλότερο σημείο του απέναντι κτιρίου. Όσον αφορά στις προτάσεις για τον άμεσο ηλιακό φωτισμό είναι αρκετά πιο δύσκολο να καθορισθούν.

Σε νεφοσκεπή ουρανό το έδαφος αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης του φωτισμού που φτάνει σε κατακόρυφο άνοιγμα ενώ σε αίθριο ουρανό (με ήλιο) αυτό συμβαίνει με τις κάθετες επιφάνειες.

Το νότιο ημισφαίριο του ουράνιου θόλου είναι και το τμήμα με τις μεγαλύτερες τιμές λαμπρότητας κατά μέσο όρο σε ετήσια βάση. Για το λόγο αυτό τα νότια ανοίγματα δέχονται περισσότερη φωτεινή ροή από τα αντίστοιχα βορινά. Συνεπώς επιλέγονται χώροι με νότιο προσανατολισμό αυτοί για τους οποίους υπάρχουν απαιτήσεις για υψηλά επίπεδα φωτισμού και στους οποίους η μεταβλητότητα των συνθηκών λόγω της κίνησης του ηλίου και της γρήγορης αλλαγής στην κατανομή λαμπρότητας είναι αποδεκτή. Αντίθετα οι χώροι με βόρειο προσανατολισμό εμφανίζουν μεγαλύτερη «σταθερότητα» όσον αφορά στην κατανομή λαμπρότητας στις επιφάνειές τους. Ο φωτισμός είναι διάχυτος και αν ο στόχος είναι ομοιόμορφος, σταθερός φωτισμός, αυτός είναι και ο προσανατολισμός που πρέπει να επιλεγεί. Τα ανοίγματα με δυτικό προσανατολισμό δέχονται ηλιακή ακτινοβολία το χρονικό διάστημα που οι ανάγκες του κτιρίου για ψύξη (κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου) είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος είναι η προστασία των ανοιγμάτων αυτών με κάποιο σύστημα σκίασης. Οι χώροι με ανοίγματα ανατολικού-δυτικού προσανατολισμού εμφανίζουν ένα σχετικό πρόβλημα με τη διαστασιολόγηση του συστήματος σκίασης, μιας και ο ήλιος σε αυτές τις περιπτώσεις έχει μικρό ύψος, λόγω της ανταγωνιστικής δράσης του με τη φωτεινή ροή. Αν το κτίριο έχει ανοίγματα σε διάφορους προσανατολισμούς, η υιοθέτηση υαλοπινάκων με διαφορετικές οπτικές ιδιότητες ίσως είναι μία καλή επιλογή.

Μέχρι στιγμής αναφέρθηκαν τεχνικές για την αύξηση της περιμετρικής ζώνης και χρήση φυσικού φωτισμού από πλευρικά ανοίγματα. Η περιοχή όμως του κτιρίου που βρίσκεται μακριά από τη περιμετρική ζώνη μπορεί να φωτιστεί με τη χρήση ανοιγμάτων οροφής, εφόσον βέβαια ο σχεδιασμός του κτιρίου το επιτρέπει (είναι πιο αποδοτική η εφαρμογή τους σε μονώροφα κτίρια ή στον τελευταίο όροφο πολυώροφων). Τα ανοίγματα οροφής συνεισφέρουν στην αύξηση της ομοιομορφίας του φωτισμού με ταυτόχρονη αύξηση των

ηλιακών κερδών. Τα κάθετα ανοίγματα οροφής προσφέρουν περισσότερες δυνατότητες σκιασμού επιτρέποντας την εποχική επιλογή ηλιακών κερδών (είσοδος το χειμώνα και αποτροπή το καλοκαίρι). Ο νότιος ιδίως προσανατολισμός τους δημιουργεί μία δυναμικότητα στο χώρο με αυξημένα επίπεδα φωτισμού.

Συνοψίζοντας αξίζει να τονισθεί πως το πλέον κοινό σύστημα φυσικού φωτισμού είναι το άνοιγμα σε κάποια πρόσοψη του κτιρίου. Το μέγεθός του καθορίζει το βάθος της περιμετρικής ζώνης καθώς επίσης και τη θερμική συμπεριφορά του χώρου λόγω των ηλιακών κερδών. Το μέγεθος, η θέση, ο προσανατολισμός αλλά και το σχήμα του επηρεάζει τα επίπεδα φωτισμού όπως επίσης το είδος του υαλοπίνακα που θα χρησιμοποιηθεί, το πλαίσιο και τα συστήματα σκίασης. Τα οριζοντίου σχήματος ανοίγματα συμβάλλουν σημαντικά στην ομοιομορφία του φωτισμού. Η αύξηση της συνήθως πραγματοποιείται με την υιοθέτηση και άλλου ανοίγματος το οποίο βρίσκεται σε διαφορετική επιφάνεια του χώρου.

10.3.2. Ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων

Η μελέτη των ανοιγμάτων του κτιρίου 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. Έτσι θα υπάρξει μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών κατά την περίοδο του χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι θα αποφεύγεται η υπερθέρμανση με τη χρήση κατάλληλης ηλιοπροστασίας. Καλό είναι να προηγείται μια ενδελεχής ενεργειακή μελέτη κάθε κτιρίου, καθώς η σωστή μελέτη και εκτίμηση των ενεργειακών απαιτήσεων μπορεί να βοηθήσει ακόμη και στη διόρθωση, όσο αυτό είναι εφικτό, εγγενών προβλημάτων που να οφείλονται πιθανόν σε μη ευνοϊκό προσανατολισμό ή στην ύπαρξη μεγάλων επιφανειών υαλοστασίων. Γενικά κατά τον σχεδιασμό των ανοιγμάτων το ζητούμενο είναι η κατασκευή μεγάλων νότιων ανοιγμάτων για την εκμετάλλευση του ήλιου κατά το χειμώνα, αλλά και επειδή παρουσιάζουν μια σειρά πλεονεκτημάτων όπως:

- Την καλύτερη κατανομή των ηλιακών κερδών στο κτίριο σε σχέση με άλλους προσανατολισμούς
- Την επίτευξη σημαντικής εξοικονόμησης ενέργειας για θέρμανση
- Την ελαχιστοποίηση του κινδύνου υπερθέρμανσης το καλοκαίρι σε σχέση με αυτόν που συνεπάγεται η ύπαρξη ανατολικών και δυτικών ανοιγμάτων
- Την αποτελεσματική εφαρμογή ηλιοπροστασίας με την χρήση απλών οριζόντιων σκιάστρων.

Αντίθετα τα βόρεια παράθυρα, επειδή επηρεάζονται λιγότερο από τις εποχιακές διακυμάνσεις, χρησιμοποιούνται κυρίως για φωτισμό, καθώς επιτρέπουν μόνο το διάχυτο φως να μπει στο κτίριο και όχι το άμεσο που προκαλεί θάμβωση. Το δε μέγεθός τους, δεν πρέπει να είναι μεγάλο για να αποφεύγονται οι μεγάλες απώλειες θερμότητας κατά την περίοδο του χειμώνα. Τέλος τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δεν προσφέρουν σοβαρά πλεονεκτήματα σε ένα κτίριο, γι' αυτό και η κατασκευή τους πρέπει να γίνεται μόνο σε περιπτώσεις που υπάρχει ανάγκη για βελτίωση του φωτισμού ή της θέας. Επιπροσθέτως ευθύνονται πολλές φορές για την υπερθέρμανση του χώρου, με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι απαιτήσεις για ψυκτικά φορτία κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Στις περιπτώσεις ύπαρξης τέτοιων ανοιγμάτων συνίσταται η χρήση σκιάστρων για την ηλιοπροστασία του κτιρίου.

Ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων αποτελεί πολύ σημαντικό μέρος του σχεδιασμού των κτιρίων, γιατί επηρεάζει τη μορφολογία τους αλλά κυρίως επειδή αποτελεί παράγοντα ποιότητας του περιβάλλοντος και της λειτουργίας τους. Οι αποφάσεις που θα καθορίσουν το είδος, τη θέση και τα μεγέθη των ανοιγμάτων ενός κτιρίου θα ληφθούν μετά την εκτίμηση των προτεραιοτήτων και τη μελέτη των διαφόρων περιορισμών.

Προτεραιότητες:

- Καθορισμός αναγκαιότητας φυσικού φωτισμού, δηλαδή αν ο φυσικός φωτισμός είναι αναγκαίος, επιθυμητός, όχι απαραίτητος, ή πρέπει να αποφευχθεί για λειτουργικούς λόγους.
- Ο άμεσος προσηλιασμός. Είναι επιθυμητός ή όχι; Θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη, καθώς είναι μεν ευχάριστος, αλλά επιβαρύνει θερμικά τους χώρους και δημιουργεί προβλήματα θάμβωσης. Θα πρέπει να υπάρξει λοιπόν πρόβλεψη μέτρων ελέγχου ή περιορισμού του με σκιασμό.
- Η θέα. Είναι επιθυμητή ή όχι; Η δραστηριότητα που φιλοξενεί κάποιος χώρος και το περιβάλλον - τοπίο μπορεί να καθορίσει αν η θέα είναι απαραίτητη, επιθυμητή, ή μη επιθυμητή.
- Ο αερισμός. Τα ανοίγματα είναι το κύριο μέσο αερισμού του κτιρίου. Θα πρέπει λοιπόν ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου να προβλεφτεί το ποσοστό ανοιγομένων κουφωμάτων, οι διαστάσεις τους, ή αντίθετα στην περίπτωση τεχνητού αερισμού και κλιματισμού η δυνατότητα να παραμένουν κλειστά ώστε να περιοριστεί το ψυκτικό φορτίο κατά τους θερινούς μήνες και οι θερμικές απώλειες το χειμώνα.
- Η ηχοπροστασία. Ανάλογα με τις απαιτήσεις στάθμης θορύβου στους χώρους και τις στάθμες στο περιβάλλον γύρω από το κτίριο πρέπει να ληφθεί υπόψη η ηχομονωτική ικανότητα των ανοιγμάτων που θα σχεδιαστούν. Το ίδιο ισχύει και αντίστροφα για μια λειτουργία που παράγει υψηλές στάθμες θορύβου όπως για παράδειγμα σε ένα εργοστάσιο σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον.

Είναι σαφές ότι οι προτεραιότητες αυτές σε πολλές περιπτώσεις οδηγούν σε αντίθετες κατευθύνσεις από τις οποίες πρέπει να βρεθεί η χρυσή τομή ή να περιοριστούν κάποιες προς όφελος των άμεσα απαραίτητων.

Περιορισμοί:

- Πολεοδομικοί περιορισμοί, που εκφράζονται από τους όρους δόμησης της κάθε περιοχής και από το δομημένο περιβάλλον. Για να εξασφαλιστεί ο επαρκής φυσικός φωτισμός ενός χώρου, το άνοιγμα και τα εξωτερικά εμπόδια (άλλα κτίρια κτλ.), πρέπει να είναι τέτοια που να επιτρέπουν να φαίνεται τμήμα του ουρανού από κάθε σημείο του επιπέδου αναφοράς. Το επίπεδο αναφοράς είναι παράλληλο προς το δάπεδο σε ύψος 75-80 εκ. Η φωτεινή ροή που διέρχεται από ένα παράθυρο είναι ανάλογη της κατακόρυφης γωνίας θ , που εκφράζει το τμήμα του ουρανού που είναι ορατό από το μέσο του παραθύρου. Η γωνία θ προσδιορίζεται στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού. Όταν υπάρχουν ψηλά εμπόδια μπροστά από το παράθυρο, δηλαδή μικρή γωνία θ , θα χρειαστεί μεγαλύτερη επιφάνεια ανοίγματος για το επιθυμητό αποτέλεσμα.

- Περιορισμοί λόγω της μορφολογίας του εδάφους, (για παράδειγμα μεγάλες κλίσεις) και του προσανατολισμού, καθώς και η ύπαρξη φυσικών εμποδίων, που διευκολύνουν ή χειροτερεύουν τις συνθήκες φυσικού φωτισμού.
- Οι απαιτήσεις πυροπροστασίας, οδηγούν στον περιορισμό της επιφάνειας των ανοιγμάτων για να μειωθεί ο κίνδυνος μετάδοσης φωτιάς στα γειτονικά κτίρια, σύμφωνα με τον Κανονισμό Πυροπροστασίας.
- Περιβάλλον. Η θέση, η επιφάνεια και ο τύπος των ανοιγμάτων επηρεάζονται από την ανάγκη για ηχοπροστασία των χώρων του κτιρίου από τον εξωτερικό θόρυβο. Η γνώση της ηχητικής επιβάρυνσης του περιβάλλοντος μπορεί να βοηθήσει πολύ στα αρχικά στάδια της αρχιτεκτονικής μελέτης, ώστε αυτή να είναι παράλληλα και αντιθορυβική. Βέβαια σε περιπτώσεις γειννίας με οδικές αρτηρίες ή αεροδρόμια θα απαιτηθεί η λήψη ειδικών μέτρων ηχοπροστασίας για το κτίριο με ανοίγματα περιορισμένα σε επιφάνεια προς την κατεύθυνση της πηγής του θορύβου και κουφώματα με ηχομονωτική κατασκευή.
- Η ατμοσφαιρική ρύπανση μιας περιοχής μπορεί να επιβάλλει μη ανοιγόμενα κουφώματα με τεχνητό αερισμό των χώρων του κτιρίου. Επίσης θα πρέπει σε τέτοιες περιοχές να προβλεφθεί από την αρχική φάση του σχεδιασμού των ανοιγμάτων ο τρόπος καθαρισμού των υαλοστασίων των κουφωμάτων.
- Ο σχεδιασμός για επαρκή φυσικό φωτισμό μπορεί να δημιουργεί θερμική επιβάρυνση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ή θερμικές απώλειες το χειμώνα, εξαιτίας των μεγάλων ανοιγμάτων. Γι αυτό τα ανοίγματα που βλέπουν στο βορρά πρέπει να έχουν τις ελάχιστες αποδεκτές διαστάσεις. Αντίθετα για τα ανοίγματα που βλέπουν στο νότο, το ενεργειακό ισοζύγιο του χειμώνα (ηλιακό κέρδος- απώλειες) δε μεταβάλλεται αισθητά από το μέγεθος του ανοίγματος, ενώ το καλοκαίρι αν δεν προβλεφθεί αυτοπροστασία η θερμική επιβάρυνση μπορεί να είναι μεγάλη.

Αρχικά, πρέπει να αναφερθούν οι συνθήκες που λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό του επαρκούς φυσικού φωτισμού. Το άνοιγμα πρέπει να βλέπει σε κοινόχρηστο χώρο οικισμού, ακάλυπτο οικοπέδου, ουρανό, επαρκή φωταγωγό, ή ανοικτή πλευρά ημιπαιθριού χώρου. Το εμβαδό του ανοίγματος πρέπει να είναι μεγαλύτερο του 10% του εμβαδού του χώρου που θα φωτιστεί και αν υπάρχει οροφή μπροστά από το άνοιγμα (π.χ. εξώστης), πρέπει να είναι μεγαλύτερο του 10% του χώρου συν του εμβαδού της οροφής. Επίσης θα πρέπει να ληφθεί υπόψη τυχόν κρέμαση δοκού ή άλλο οριζόντιο ή κατακόρυφο εμπόδιο. Στην περίπτωση αυτή εκτός από το άνοιγμα πρέπει και το ελεύθερο τμήμα του κατακόρυφου επιπέδου που διέρχεται μπροστά από την οροφή και αντιστοιχεί στο φωτιζόμενο χώρο να είναι μεγαλύτερο του 10% του εμβαδού του χώρου που θα φωτιστεί συν το εμβαδό της οροφής. Αντίστοιχα, επαρκή έμμεσο φωτισμό έχει ένας χώρος που έχει άνοιγμα σε χώρο που φωτίζεται άμεσα, όταν το εμβαδόν του ανοίγματος είναι μεγαλύτερο του 15% του εμβαδού του έμμεσα φωτιζόμενου χώρου και πληρούνται για τον άμεσα φωτιζόμενο χώρο οι συνθήκες που προαναφέρθηκαν αυξημένες με το εμβαδόν και του έμμεσα φωτιζόμενου χώρου. Αυτές οι συνθήκες καλύπτουν βέβαια τις απαιτήσεις του Κτιριοδομικού Κανονισμού για την έκδοση της οικοδομικής άδειας. Είναι όμως πολύ γενικές, δεν ξεχωρίζουν τις ιδιαιτερότητες των διαφόρων χώρων και μπορεί να αποδειχτούν ανεπαρκείς ιδιαίτερα μέσα στις πόλεις, όπου τα ψηλά κτίρια και οι στενοί δρόμοι δυσχεραίνουν το σωστό φυσικό φωτισμό ιδιαίτερα των χαμηλών ορόφων. Μπορούμε να υπολογίσουμε πιο αναλυτικά την αναγκαία επιφάνεια ανοίγματος για το φωτισμό ενός χώρου αλλά θα πρέπει να διευκρινιστούν ορισμένοι όροι. Ο Παράγοντας Φυσικού Φωτισμού (ΠΦΦ), (Daylight Factor) εκφράζει το λόγο της προσπίπτουσας φωτεινής ροής σε ένα σημείο εντός ενός χώρου προς την

προσπίπτουσα φωτεινή ροή στο οριζόντιο επίπεδο σε ένα σημείο στο περιβάλλον που βλέπει ολόκληρο τον ουράνιο θόλο. Θεωρείται ότι δεν υφίσταται άμεσος φωτισμός από τον ήλιο. Ο λόγος εκφράζεται σε ποσοστό επί τις εκατό. Ο Μέσος Παράγοντας Φυσικού Φωτισμού (ΜΠΦΦ) (Average Daylight Factor), είναι ο μέσος όρος των σημειακών ΠΦΦ ενός επιπέδου αναφοράς σε ένα χώρο. Ο φωτισμός ενός χώρου δεν εξαρτάται μόνο από το άνοιγμα αλλά και από άλλους παράγοντες πολύ σημαντικούς όπως η κατάσταση των υαλοστασίων και η ανακλαστικότητα των εσωτερικών επιφανειών του χώρου. Λαμβάνοντας υπόψη και τους παράγοντες αυτούς, μπορούμε να υπολογίσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια την επιφάνεια του απαιτούμενου υαλοστασίου για το φωτισμό ενός χώρου. Εκτός από την ποσότητα του φυσικού φωτισμού ενός χώρου από κάποιο άνοιγμα πρέπει να ελέγχεται και η ποιότητά του. Δηλαδή να εξετάζεται κατά πόσο επιτυγχάνεται ομοιομορφία στο φωτισμό του χώρου σε όλο του το βάθος. Υπάρχει ένα βάθος από το άνοιγμα όπου ο φωτισμός του χώρου παύει να είναι ικανοποιητικός σε σχέση με αυτόν κοντά στο άνοιγμα που ονομάζεται Περιοριστικό Βάθος. Πέρα από αυτό το βάθος ο φυσικός φωτισμός δε θα είναι ικανοποιητικός και θα πρέπει να συμπληρωθεί με τεχνητό φωτισμό ή να επανεξεταστεί το άνοιγμα και η θέση του. Με τις μεθόδους αυτές ο μελετητής μπορεί να διερευνήσει ικανοποιητικά και εύκολα τις ποσοτικές απαιτήσεις φυσικού φωτισμού και απαιτούμενων ανοιγμάτων. Όμως ο φωτισμός είναι και τέχνη που καθορίζει την αντίληψη που έχουμε για κάποιο χώρο και επομένως πρέπει να αντιμετωπίζεται με ανάλογη προσοχή και δημιουργική διάθεση.

10.3.3. Διαφανή υλικά ανοιγμάτων

Λέγοντας διαφανή υλικά ανοιγμάτων, το πρώτο πράγμα που έρχεται στο μυαλό του καθενός είναι το γυαλί. Το τζάμι, σε απλό ή ειδικό τύπο, είναι το πιο σύνηθες υλικό πλήρωσης των ανοιγμάτων. Είναι το πρώτο φωτοδιαπερατό υλικό που χρησιμοποιήθηκε και συνεχίζει να βρίσκεται στην κορωνίδα των υλικών χωρίς να διατρέχει κανένα απολύτως κίνδυνο εκτόπισής του από εκεί. Αντίθετα, η τεχνολογία παραγωγής και επεξεργασίας του επιτρέπει την παραγωγή καινοτόμων προϊόντων με χαρακτήρα δομικών υλικών, τα οποία ανταποκρίνονται στις κατασκευαστικές, αισθητικές και λειτουργικές απαιτήσεις των σύγχρονων κτιριακών έργων. Ουσιαστικά πρόκειται για τζάμια των οποίων έχουν βελτιωθεί ή αλλοιωθεί ορισμένες ιδιότητες, ώστε να ικανοποιούν ορισμένες ανάγκες.

Μία βασική βελτίωση, απαραίτητη σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις εφαρμογής τζαμιών σε κτιριακούς χώρους, η αύξηση της αντοχής σε θραύση (προένταση), επιτυγχάνεται με την επιφανειακή επεξεργασία του φύλλου του τζαμιού μετά την παραγωγή του. Μπορεί να είναι είτε θερμική, είτε χημική. Κατά τη θερμική επεξεργασία το φύλλο θερμαίνεται σε θερμοκρασία 685°C περίπου και κατόπιν εκτίθεται σε ρεύμα ψυχρού αέρα. Η απότομη ψύξη έχει σαν αποτέλεσμα τη σκλήρυνση πρώτα της εξωτερικής στρώσης. Οι διαφορετικές τάσεις που ασκούνται στην εξωτερική στρώση και στον πυρήνα καθώς και μεταξύ αυτών οδηγούν στην προένταση του φύλλου. Κατά τη θραύση του θερμικά σκληρυμένου τζαμιού προκύπτουν πολύ μικρά μη αιχμηρά θραύσματα, τα οποία δεν προκαλούν τραυματισμό.

Με ανάλογο συσχετισμό δυνάμεων επιτυγχάνεται η προένταση του φύλλου τζαμιού κατά τη χημική σκλήρυνση. Με χημική διαδικασία αντικαθίστανται τα ιόντα νατρίου της επιφανειακής στρώσης με ιόντα καλίου, των οποίων η ακτίνα είναι περίπου 30% μεγαλύτερη. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει τη σκλήρυνση πολύ λεπτών φύλλων τζαμιού χωρίς αλλοίωση της δομής του υλικού.

Οι άλλοι τρόποι αλλοίωσης ή βελτίωσης των ιδιοτήτων του τζαμιού διακρίνονται σε τρεις ομάδες:

- Επέμβαση στη μάζα. Κυριότερη επέμβαση αποτελεί ο χρωματισμός του υλικού, ο οποίος επιτυγχάνεται με την προσθήκη κατά την παραγωγή του φύλλου μεταλλικών οξειδίων και έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της απορροφητικότητας φωτός του υλικού. Με την ελάττωση του φωτός που εισέρχεται στο χώρο περιορίζεται η θάμβωση και αποφεύγεται η υπερθέρμανση του χώρου, ενώ αυξάνεται ανάλογα η θερμοκρασία του τζαμιού, κάτι το οποίο γενικά δεν είναι επιθυμητό. Η ποικιλία των αποχρώσεων είναι περιορισμένη. Εξέλιξη του χρωματισμένου τζαμιού αποτελεί το φωτοχρωμικό τζάμι. Παράγεται με την προσθήκη στη μάζα των αλογονιδίων του αργύρου. Με την επίδραση του φωτός το τζάμι γίνεται σκοτεινό και περιορίζεται με τον τρόπο αυτό η φωτοδιαπερατότητά του σε μεγαλύτερο βαθμό από το χρωματισμένο τζάμι. Επίσης, έλεγχος της διείσδυσης του φυσικού φωτός είναι δυνατό να επιτευχθεί με τη χρήση φωτοευαίσθητου τζαμιού. Πρόκειται για χρωματισμένο τζάμι, του οποίου η μάζα έχει περσιδωτή διαμόρφωση, περιορίζοντας τη διέλευση ηλιακής ακτινοβολίας ορισμένης γωνίας, ανάλογα με την κλίση των περσίδων.
- Επιφανειακή επίστρωση. Οι ιδιότητες του τζαμιού σε σχέση με τον έλεγχο του φυσικού φωτισμού και της εκπομπής θερμότητας εξαρτώνται από το επίπεδο φωτοδιαπερατότητάς του, η οποία είναι δυνατόν να μεταβληθεί σημαντικά με την προσθήκη λεπτών στρώσεων πολύτιμων μετάλλων ή/και οξειδίων. Ορισμένες επιστρώσεις περιορίζουν τόσο την ποσότητα όσο και την ένταση της διερχόμενης ακτινοβολίας. Αποτελεσματικός έλεγχος του φυσικού φωτισμού μπορεί να επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση ανακλαστικών επιστρώσεων. Η αύξηση της ανακλαστικότητας συνεπάγεται τη μείωση της φωτοδιαπερατότητας και της μετάδοσης θερμότητας. Οι ανακλαστικές επιστρώσεις είναι δυνατόν να εφαρμοστούν τόσο σε άχρωμο διαφανές όσο και σε χρωματισμένο τζάμι. Το δεύτερο παρουσιάζει ακόμη περισσότερο ελαττωμένη φωτοδιαπερατότητα. Οι επιστρώσεις της ομάδας αυτής εφαρμόζονται είτε κατά τη διάρκεια της παραγωγής του τζαμιού κατά το τελευταίο στάδιο της με πυρόλυση, είτε μετά την ολοκλήρωσή της με εμβάπτιση σε χημικό διάλυμα ή εξάχνωση. Αύξηση της απορροφητικότητας του τζαμιού επιτυγχάνεται με τις επιστρώσεις κεραμικού σμάλτου, οι οποίες είναι ανθεκτικές σε καιρικές και μηχανικές καταπονήσεις. Αποτελούνται από πολύ λεπτή σκόνη γυαλιού, διάφορα πρόσθετα και χρωστικές. Η επίστρωση εφαρμόζεται πάνω στην επιφάνεια του τζαμιού και ακολουθεί όπτηση σε θερμοκρασία 650°C περίπου. Το τζάμι μαλακώνει ικανοποιητικά ώστε να ενσωματωθεί στην επιφάνειά του το υλικό της επίστρωσης και κατόπιν ψύχεται με ρεύμα αέρα και σκληρύνεται. Κεραμικές επιστρώσεις υπάρχουν σε μεγάλη ποικιλία, ενώ είναι δυνατό να εφαρμοστούν σε διάφορα σχέδια και αποχρώσεις από διαφανή, μέχρι διαφώτιστα, παράγοντας έτσι εντυπωσιακά οπτικά αποτελέσματα.
- Πολυστρωματικό φύλλο. Η χρησιμοποίηση συγκολλητών φύλλων τζαμιού επιτρέπει ένα σχεδόν απεριόριστο συνδυασμό τζαμιών διαφορετικών ή μη ιδιοτήτων, με ή χωρίς ενδιάμεσα διάκενα ή φύλλα άλλων υλικών. Το πολυστρωματικό τζάμι αποτελείται από δύο ή περισσότερα φύλλα συγκολλημένα μεταξύ τους με την παρεμβολή ενός συνθετικού υλικού. Τζάμια αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται συνήθως ως τζάμια ασφαλείας, επειδή το ενδιάμεσο συνθετικό φύλλο συγκρατεί τα θραύσματα σε περίπτωση θραύσης. Με συνδυασμό τζαμιών διαφορετικών τύπων και πάχους και συνδετικών υλικών είναι δυνατό να κατασκευαστούν πολυστρωματικά τζάμια ειδικών απαιτήσεων ως προς την αντοχή, την αντίσταση σε θραύση ή διάτρηση, τις οπτικές, θερμικές ή ακουστικές ιδιότητες, την πυρασφάλεια. Οι συνδετικές μεμβράνες μπορεί να είναι διαφανείς, διαφώτιστες,

θερμομονωτικές, ανακλαστικές, απορροφητικές UV, οπλισμένες. Ειδική περίπτωση αποτελεί η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών κυψελών. Τα πολυστρωματικά τζάμια χρησιμοποιούνται κυρίως σε οριζόντιες ή κεκλιμένες υαλώσεις, δηλαδή σε στέγες, αίθρια, θερμοκήπια, κ.λπ. Ενδιαφέρουσα καινοτομία αποτελούν τα λειτουργικά φύλλα (στρώματα), τα οποία χρησιμοποιούνται για την ικανοποίηση ειδικών απαιτήσεων ως προς τη φωτοδιαπερατότητα και τη θερμομόνωση. Αποτελούνται από μεμβράνες ή φύλλα με εξειδικευμένα ή μεταβλητά οπτικά χαρακτηριστικά, όπως φωτοχρωμικά, θερμοτροπικά, θερμοχρωμικά, ηλεκτροχρωμικά κ.λπ.

- Τζάμια ειδικής διαμόρφωσης. Οι συνδυασμένες απαιτήσεις φυσικού φωτισμού, θέας και προστασίας των χώρων δεν είναι εύκολο πάντοτε να καλύπτονται από τζάμια των κατηγοριών που ήδη προαναφέρθηκαν. Συχνά απαιτείται κατάλληλος συνδυασμός τους. Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν σύνθετα τζάμια, τα οποία αποτελούνται από δύο φύλλα (απλά, συγκολλητά κ.λπ.) που στερεώνονται σε ορισμένη απόσταση μεταξύ τους. Ο ενδιάμεσος χώρος είτε παραμένει κενός, είτε πληρούται με κατάλληλη ουσία ή κατασκευή που εξασφαλίζει βελτιωμένη συμπεριφορά ως προς ιδιαίτερες απαιτήσεις (θερμομόνωση, ηχομόνωση, πυροπροστασία, φυσικός φωτισμός κ.λπ.). Ορισμένες από αυτές επηρεάζουν σημαντικά την οπτική συμπεριφορά του σύνθετου τζαμιού. Αναφέρεται ειδικότερα η πλήρωση με διαφανές θερμομονωτικό ακρυλικό ή πολυκαρβονικό υλικό ή γυαλί με κυψελωτή ή τριχωειδή δομή ή με σωληνίσκους ή επάλληλα φύλλα ή σφαιρίδια από τα ίδια υλικά, τα οποία διαχέουν το φως και αποκλείουν τη θέα. Για τη βελτίωση της οπτικής συμπεριφοράς του σύνθετου τζαμιού και της οπτικής άνεσης στο χώρο, στο διάκενο τοποθετούνται συνήθως πετάσματα, περσίδες ή ανάλογες κατασκευές με ή χωρίς δυνατότητα ρύθμισης. Διαφορετικά αποτελέσματα προκύπτουν με την ενσωμάτωση διαφανούς φύλλου από γυαλί ή συνθετικό υλικό με πρισματικά διαμορφωμένη επιφάνεια. Με τα πρισματικά φύλλα επιτυγχάνεται αλλαγή της διεύθυνσης της φωτεινής δέσμης με σκοπό την ευρύτερη διάχυση του φυσικού φωτισμού και την αποφυγή θάμβωσης. Βελτιωμένη απόδοση επιτυγχάνεται αν μία πλευρά των πρισμάτων είναι ανακλαστική. Τα πρισματικά φύλλα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλη ποικιλία εφαρμογών βελτίωσης του φωτισμού ενσωματωμένα σε σύνθετα τζάμια ή όχι.

10.3.4. Έλεγχος και υπολογισμός φυσικού φωτισμού – αισθητήρες

Με τον όρο «έλεγχος» οι περισσότεροι σχεδιαστές φωτισμού αναφέρονται στη διαδικασία συντονισμού των διαφόρων τύπων και τεχνικών του φωτισμού, έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη ευελιξία και λειτουργικότητα. Είναι αυτονόητο ότι όσο μεγαλύτερη είναι η δυνατότητα ελέγχου του φωτισμού σε ένα χώρο, τόσο πιο ευέλικτος θα είναι και ο χώρος αυτός. Ο σωστός έλεγχος του φωτισμού εξισορροπεί τις διάφορες τεχνικές φωτισμού που έχουν χρησιμοποιηθεί στο χώρο, έτσι ώστε να δημιουργήσει επιθυμητές συνθήκες οπτικής άνεσης και σε συνδυασμό με τη μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.

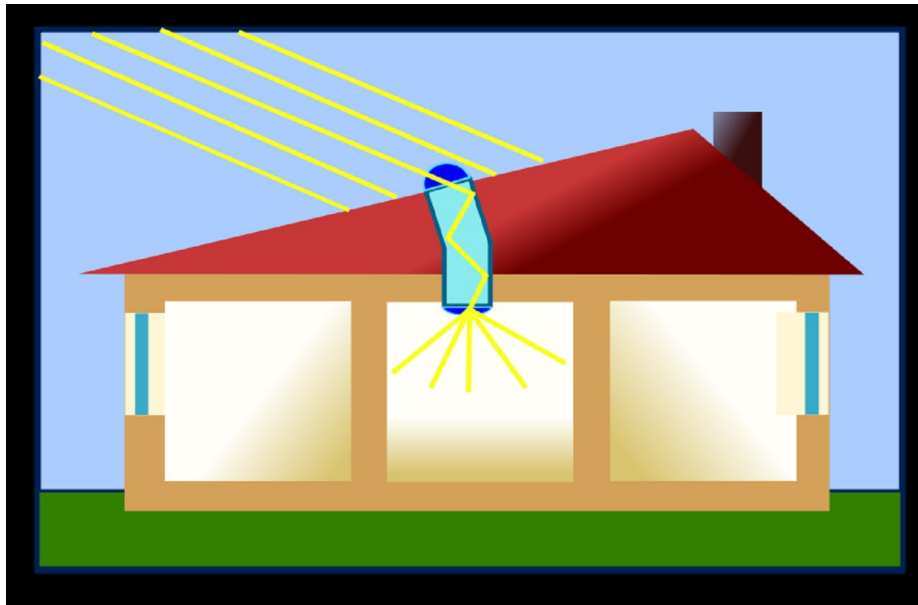
Ως προς τη δυνατότητα ρύθμισης τα συστήματα βελτίωσης της οπτικής άνεσης διακρίνονται σε ρυθμιζόμενα (μεταβλητά) και μη ρυθμιζόμενα (σταθερά). Τα ρυθμιζόμενα είναι εφοδιασμένα με μηχανισμούς απλούς ή πολύπλοκους, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η εκάστοτε επιθυμητή ρύθμιση (κίνηση των περσίδων, περιτύλιξη πετάσματος, κίνηση φύλλου κ.λπ.). Ο χειρισμός των μηχανισμών μπορεί να είναι χειροκίνητος ή ηλεκτροκίνητος. Η

ηλεκτροκίνηση του μηχανισμού αποτελεί το πρώτο επίπεδο αυτοματισμού της ρύθμισης του φυσικού φωτισμού.

- Αυτοματισμοί. Η χειροκίνητη ενεργοποίηση του ηλεκτροκίνητου μηχανισμού προϋποθέτει την έστω βραχυχρόνια απασχόληση και την εγρήγορση του χρήστη, κάτι το οποίο δεν είναι πάντοτε εφικτό ή αποτελεσματικό σε ικανοποιητικό βαθμό. Προκύπτει έτσι η ανάγκη εφαρμογής των κατάλληλων αυτοματισμών ενεργοποίησης των αντίστοιχων μηχανισμών των συστημάτων ελέγχου του φυσικού φωτισμού. Το επίπεδο αυτοματοποίησης ποικίλει. Εξαρτάται από την πολυπλοκότητα των δυνατοτήτων ρύθμισης και των μηχανισμών του συστήματος και το μέγεθός του καθώς και τη δυνατότητα αποτελεσματικής παρέμβασης του χρήστη. Πρακτικά, σε μικρής κλίμακας -κυρίως οικιακές- εφαρμογές το επίπεδο αυτοματισμού είναι σχετικά χαμηλό. Συνήθως αρκεί ο χειρισμός από το χρήστη με τηλεχειριστήριο. Επίσης είναι δυνατό και το υψηλότερο επίπεδο αυτοματισμού με συνδυασμό αισθητήρων τοποθετημένων σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις του χώρου
- Συστήματα αυτοματισμών. Ο φυσικός φωτισμός σχεδόν πάντοτε συνδυάζεται με τον τεχνητό. Ο στόχος του σχεδιασμού του φυσικού φωτισμού –χρησιμοποίηση του τεχνητού φωτισμού μόνο συμπληρωματικά- προϋποθέτει τον έλεγχο και του τεχνητού φωτισμού με τρόπο ανάλογο του τρόπου ελέγχου του φυσικού φωτισμού και κατ' επέκταση το συνδυασμένο έλεγχο και ρύθμιση του φυσικού και του τεχνητού φωτισμού σε ένα χώρο, σε ολόκληρη τη διάρκεια λειτουργίας του. Τα συστήματα αυτά καλύπτουν τμήματα του κτιρίου ή και ολόκληρο το κτίριο και ελέγχονται με τη βοήθεια κάποιου ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Με την αυτοματοποίηση, τα σπίτια του μέλλοντος θα μπορούν να έχουν πλήρως προγραμματιζόμενα συστήματα, ώστε ο φυσικός φωτισμός να ελέγχεται και να χρησιμοποιείται κατά τη βούληση των χρηστών και ο τεχνητός φωτισμός να ενεργοποιείται σε συγκεκριμένες ώρες ή να ανταποκρίνεται μέσω φωτοευαίσθητων κυττάρων στις αλλαγές του φυσικού φωτός ή όταν παρατηρείται κίνηση στο χώρο. Το αποτέλεσμα θα είναι η δυνατότητα δημιουργίας ευέλικτων λύσεων φωτισμού, οι οποίες θα μπορούν να ανταποκρίνονται αποτελεσματικά στις διαθέσεις και ανάγκες των χρηστών αλλά και η σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.

10.3.5. Φωτοσωλήνες



Εικόνα 10-10. Φωτοσωλήνας στέγης[42]

Είναι γνωστό ότι το φυσικό φως δημιουργεί ευχάριστα αισθήματα άνεσης και χαλάρωσης, αναδεικνύει τα φυσικά χρώματα και αποτρέπει την κόπωση των ματιών μετά την πολύωρη έκθεση σε τεχνητό φως. Ωστόσο, ο φυσικός φωτισμός κτιριακών χώρων, επιθυμητός έως απαραίτητος, είναι δύσκολο να εξασφαλιστεί σε ορισμένες περιπτώσεις, χωρίς καθοριστικές παρεμβάσεις στις επιλογές κατά το σχεδιασμό ενός κτιρίου ή δομικές-κατασκευαστικές επεμβάσεις κατά τη διαρρύθμιση υφιστάμενου. Ως αναπόφευκτο αποτέλεσμα, στα μέρη όπου ο φυσικός φωτισμός είναι απαραίτητος αλλά ανέφικτος ή ανεπαρκής, εκεί προκύπτει η αποφασιστική συμμετοχή του στη διαμόρφωση της αρχιτεκτονικής και της λειτουργικότητας κτιρίων και χώρων ή η επιβάρυνση με ανεπιθύμητες εργασίες, δαπάνες και όχληση.

Οι φωτοσωλήνες είναι μια παγκόσμια καινοτομία που αιχμαλωτίζει το φως της ημέρας και μέσω ενός υπερανακλαστικού σωλήνα μεταφέρει το φυσικό φως στον εσωτερικό χώρο σε όλες τις καιρικές συνθήκες αντικαθιστώντας ουσιαστικά τον ηλεκτρικό φωτισμό. Επιτρέπουν τον επαρκή φυσικό φωτισμό σκοτεινών δωματίων και υπογείων χωρίς την ταυτόχρονη μεταφορά θερμότητας στο εσωτερικό. Γενικότερα οι φωτοσωλήνες αποτελούν λύση για τα τεχνικά προβλήματα που προκύπτουν από



Εικόνα 10-9. Τα βασικά μέρη ενός φωτοσωλήνα[46]

Επιτρέπουν τον επαρκή φυσικό φωτισμό σκοτεινών δωματίων και υπογείων χωρίς την ταυτόχρονη μεταφορά θερμότητας στο εσωτερικό. Γενικότερα οι φωτοσωλήνες αποτελούν λύση για τα τεχνικά προβλήματα που προκύπτουν από

την έλλειψη φυσικού φωτισμού τόσο σε χώρους κατοικιών όσο και σε βιομηχανικά και λοιπά κτίρια.

Τα βασικά μέρη του συστήματος είναι αρχικά ο εξωτερικός θόλος, ο οποίος εφαρμόζει σε διαφορετικές στεγανοποιητικές βάσεις, ανάλογα με την ύπαρξη δώματος, στέγης ή μεταλλικού στεγάστρου. Ο εξωτερικός θόλος είναι σφαιρικός και καλύπτεται συνήθως από διαφανές πολυκαρβονικό υλικό σταθερό στην επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας, προστατεύοντας το σωλήνα από τη ρύπανση. Εναλλακτικά διατίθενται θόλοι ανθεκτικοί σε βανδαλισμούς καθώς και θόλοι από ακρυλικό υλικό με πρισματική επιφάνεια για βέλτιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτός. Εσωτερικά βρίσκεται το κάτοπτρο, το οποίο κατάλληλα προσανατολισμένο, συνήθως νοτιοανατολικά, καταφέρνει να παγιδεύσει τις ηλιακές ακτίνες. Η μεταφορά του φωτός μετά από μία απλή ή περισσότερο περίπλοκη διαδρομή πραγματοποιείται από φωτοσωλήνες κυμανομένων διαμέτρων εξαιρετικά υψηλής αντανάκλασης. Η τελική δίοδος του φωτός στον εσωτερικό χώρο γίνεται μέσω απολήξεων. Το φως διαχέεται στο χώρο μέσω του καλύμματος του κάτω στομίου (εσωτερικό), το οποίο έχει μορφή ανεστραμμένου θόλου.



Εικόνα 10-12. Αποτελέσματα χρήσης[46]

Η απόδοση του συστήματος φυσικού φωτισμού ελάχιστα επηρεάζεται από το μήκος της διαδρομής που πρέπει να ακολουθηθεί ως τον τελικό προορισμό. Είναι αξιοσημείωτο ότι ακόμη και σε ιδιαίτερα δυσμενείς περιπτώσεις, όπως παραδείγματος χάριν φωτισμός υπογείου οκταώροφης οικοδομής με χρήση φωτοσωλήνα 25m η απόδοση του συστήματος μειώνεται μόνο κατά λιγότερο από 34%. Επίσης, η απόδοση του συστήματος φυσικού φωτισμού είναι ικανοποιητική ακόμη και με βροχερό καιρό.

Το σύστημα ενδείκνυται για την εξασφάλιση επαρκούς φυσικού φωτισμού σε τμήματα ή ζώνες χώρων καθώς και χώρους κτιρίων οποιασδήποτε χρήσης ή μεγέθους, διευρύνοντας έτσι το συνθετικό πεδίο της αρχιτεκτονικής. Παράλληλα βελτιστοποιείται η αξιοποίηση και η λειτουργικότητα «τυφλών» χώρων, όπως για παράδειγμα διάδρομοι, αποθήκες, υπόγεια με περιορισμό της λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού στο απολύτως απαραίτητο επίπεδο, ενώ δημιουργείται ένα ευχάριστο περιβάλλον με θετική επίδραση στην ψυχική υγεία και διάθεση των χρηστών.



Εικόνα 10-11. Μεταφορά φωτός[11]

Οι φωτοσωλήνες μπορούν να εγκατασταθούν σε νέες ή ακόμη και υφιστάμενες κατασκευές χωρίς να απαιτούν την ύπαρξη ιδιαίτερης υποδομής. Έτσι φωτίζονται σκοτεινοί χώροι στους οποίους η ύπαρξη τεχνητού φωτός στερείται

λειτουργικότητας. Επίσης, με δεδομένο ότι η απουσία φυσικού φωτός συνεπάγεται και την έλλειψη δυνατότητας εξαερισμού, το σύστημα των φωτοσωλήνων, διαμορφωμένο κατάλληλα, μπορεί να ικανοποιήσει και τις δύο παραπάνω απαιτήσεις ταυτόχρονα. Μία δεύτερη διάταξη εγκαθίσταται παράλληλα με το αρχικό σύστημα με τέτοιο τρόπο, ώστε να προκύπτει ένα διάκενο περιμετρικά της απόληξης. Το διάκενο αυτό επιτρέπει τον εξαερισμό και την απαγωγή των υδρατμών, εξασφαλίζοντας έτσι άνετο εσωκλίμα.

Η εγκατάσταση του φωτοσωλήνα είναι εύκολη διαδικασία. Στις περισσότερες περιπτώσεις δεν απαιτούνται σημαντικές επεμβάσεις ή εξειδικευμένες εργασίες σε υφιστάμενα δομικά στοιχεία για την εγκατάστασή του. Για την προσαρμογή σε κεκλιμένη στέγη ή οριζόντιο δώμα καθώς και ψευδοροφή διατίθενται ειδικά τεμάχια με τα απαραίτητα εξαρτήματα.

Ο φωτισμός σήμερα αντιμετωπίζεται δυστυχώς ως η πηγή που απλά δίνει ικανοποιητικά επίπεδα ορατότητας και όχι ως το στοιχείο που συνδέεται στενά με την ανθρώπινη ψυχολογία. Οι φωτοσωλήνες μειώνουν τις λειτουργικές δαπάνες για ενέργεια, δημιουργούν ένα όμορφο και δημιουργικό περιβάλλον που επιδρά θετικά στην ψυχολογία των ανθρώπων προστατεύοντας παράλληλα και την υγεία τους και μειώνοντας τον αντίκτυπο της λειτουργίας των κτιρίων στο περιβάλλον. Ως πλεονεκτήματα αξίζει να αναφερθούν μεταξύ άλλων:

- Μηδενική μεταφορά θερμότητας από έξω προς τα μέσα και μηδενική απώλεια θερμότητας από μέσα προς τα έξω. Το σύστημα του φυσικού φωτισμού με φωτοσωλήνες εκμεταλλεύεται το φως που προέρχεται μόνον από το ορατό μέρος του φάσματος. Αυτό σημαίνει ότι παράλληλα με το φως δεν μεταφέρονται στο εσωτερικό η υπεριώδης και η υπέρυθη ακτινοβολία και κυρίως η θερμότητα. Οι φωτοσωλήνες είναι θερμικά ουδέτεροι και με τους μονωμένους διαχύτες δεν υπάρχει ουσιαστικά καμία απώλεια θερμότητας ή εισροή και έτσι οι θερμοκρασίες των εσωτερικών χώρων διατηρούνται. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση και στις δαπάνες θέρμανσης και κλιματισμού.
- Υψηλή απόδοση ανεξάρτητα από την ηλιοφάνεια. Το κάτοπτρο του συστήματος δεν αντανακλά μόνο τις ακτίνες που προέρχονται κατευθείαν από τον ήλιο, αλλά καταφέρνει να παγίδευση το σύνολο σχεδόν των ακτινών, ακόμη και εκείνων που προέρχονται από αντανάκλαση. Συνεπώς, η απόδοσή του παραμένει αυξημένη ακόμη και τις μέρες που ο ουρανός είναι νεφελώδης.
- Οικονομία ηλεκτρικής ενέργειας. Με τη χρήση συστήματος φωτοσωλήνων αποφεύγεται η χρήση τεχνητού φωτισμού, οπότε μειώνεται το κόστος κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας, συμβάλλοντας στην προστασία του περιβάλλοντος.
- Καλύτερη ποιότητα ζωής. Τα μάτια μας προσαρμόζονται εύκολα στο φυσικό φως, σε αντίθεση με το τεχνητό, στο οποίο τηρούν στάση αμυντική με βασικό επακόλουθο την κόπωσή τους. Επίσης, αναδεικνύονται καλύτερα τα χρώματα και δημιουργούνται ευχάριστα συναισθήματα σε εκείνους που ζουν στο χώρο.
- Δημιουργία ενός απολύτως υγιεινού και δημιουργικού περιβάλλοντος διαβίωσης
- Ελευθερία επιλογής θέσης. Οι φωτοσωλήνες έχουν τη δυνατότητα να εγκαθίστανται σε μέρη όπου για παράδειγμα ένα παράθυρο δεν θα αποτελούσε επιλογή όπως σε χώρους με ψευδοροφή ή σε κλειστούς-τυφλούς χώρους. Οι φωτοσωλήνες προσαρμόζονται σε όλες τις μορφές στέγης και κτιρίων αφού με την προσθήκη προσαρμοστών γωνίας δύναται η εγκατάσταση γύρω από κάθε εμπόδιο.

- Δυνατότητα επιλογής επιθυμητής ένταση φωτισμού. Η αυξημένη ανάκλαση των φωτοσωλήνων εξασφαλίζει ελάχιστη απώλεια φωτός κατά τη διάρκεια της μεταφοράς. Η τοποθεσία των φωτοσωλήνων στο ταβάνι σε συνδυασμό με τους σύγχρονους διαχύτες εξασφαλίζουν μια ομοιόμορφη διάχυση του φωτός και φώς όλη την διάρκεια της ημέρας. Τα χρώματα όλων των αντικειμένων που βρίσκονται μέσα στο κτίριο δεν εξασθενούν.
- Ποιότητα φωτισμού. Η τοποθέτηση των φωτοσωλήνων στα ταβάνια δίνει το πλεονέκτημα της αποφυγής δημιουργίας θαμβώσεων που δημιουργούνται όταν το φως εισέρχεται από το πλάι, παραδείγματος χάριν από τα παράθυρα. Επιπλέον οι φωτοσωλήνες αποδίδουν τέλειο λευκό φως.
- Πολύ-χρησικότητα. Αντίθετα από τα παράθυρα και τα πλαστικά Panels, οι φωτοσωλήνες προσφέρουν και ρύθμιση έντασης αλλά και φωτισμό την νύχτα. Οι φωτοσωλήνες παρέχουν διάφορες πλήρως ενσωματωμένες επιλογές όπως είναι μια λάμπα χαμηλής κατανάλωσης για το νυχτερινό φωτισμό που προσφέρει 80% εξοικονόμηση ενέργειας και ένας αυξομειωτής έντασης φωτισμού φωτός της ημέρας που εμποδίζει το υπερβολικό φως σε περιπτώσεις που αυτό χρειάζεται.
- Δεν χρειάζεται συντήρηση. Οι σύγχρονοι φωτοσωλήνες δεν χρειάζονται καμία συντήρηση. Οι θόλοι του είναι ανθεκτικοί σε ισχυρά χτυπήματα και δεν θαμπώνουν με την πάροδο του χρόνου. Το σχέδιο και η μορφή του θόλου διώχνουν κάθε πιθανό απόρριμμα και οι θόλοι ξεπλένονται από την βροχή . Όλες οι ενώσεις των σωλήνων σφραγίζονται με ταινία αλουμινίου.
- Φιλικοί προς το περιβάλλον. Ο τεχνητός φωτισμός καταναλώνει εξέχουσες ποσότητες ενέργειας που προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Αυτό έχει ως συνέπεια την εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούν κλιματικές αλλαγές. Η εγκατάσταση των φωτοσωλήνων μειώνει το ανθρακικό αποτύπωμα των κτιρίων, προστατεύει τον άνθρωπο, συμβάλλοντας ταυτόχρονα στην οικονομική ανάπτυξη. Οι φωτοσωλήνες συνεπώς συμβάλουν στην αειφόρο ανάπτυξη.[11]

11. ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΔΕΝΤΡΩΝ ΚΑΙ ΦΥΤΩΝ

11.1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα φυτά και τα δέντρα μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στον έλεγχο της θερμοκρασίας των κτιρίων το χειμώνα και το καλοκαίρι, άρα και στην υπόθεση της εξοικονόμησης ενέργειας, εφόσον προσφέρουν ηλιοπροστασία το καλοκαίρι, ανεμοπροστασία το χειμώνα, απορροφούν ήχους και θορύβους, εμποδίζουν τη διάβρωση των εδαφών και, πολύ σημαντικό, μειώνουν φιλτράροντας τους επικίνδυνους εξωτερικούς και εσωτερικούς ρύπους των κτιρίων.

Τα δέντρα και τα φυτά επηρεάζουν σημαντικά το μικροκλίμα μιας περιοχής γιατί έχουν τις παρακάτω δυνατότητες:

- Προσφέρουν ηλιοπροστασία στα κτίρια. Εξασφαλίζεται με το φύτεμα δέντρων σε μικρή απόσταση από τα κτίρια, με τα αναρριχώμενα φυτά σε κατακόρυφους τοίχους και με την κατασκευή κήπων σε δώματα.
- Μειώνουν την ταχύτητα του ανέμου. Η ανεμοπροστασία των κτιρίων εξασφαλίζεται με δέντρα και θάμνους, που θεωρούνται πορώδη εμπόδια, γιατί επιτρέπουν τη διέλευση ενός μέρους του ανέμου, περιορίζοντας έτσι τους στροβιλισμούς και δημιουργώντας μία ευρύτερη ζώνη προστασίας στα κατάντη. Με τον τρόπο αυτό έχουμε μείωση της ταχύτητας του ανέμου κατά 50% σε απόσταση ίση με το πενταπλάσιο του ύψους του φράχτη, ενώ το μέγιστο μήκος προστασίας στα κατάντη εξασφαλίζεται όταν το μήκος του φράχτη είναι ενδεκαπλάσιο του ύψους του
- Μειώνουν τον θόρυβο. Μία συστάδα δέντρων μήκους 33m και πλάτους 15m μειώνει τον θόρυβο ενός αυτοκινητοδρόμου έως και κατά 50% .
- Εμποδίζουν την διάβρωση των εδαφών λόγω βροχοπτώσεων.
- Μειώνουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
- Μειώνουν την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Οι δύο τελευταίες δυνατότητες οφείλονται στον θαυμαστό τρόπο λειτουργίας των φυτών . Κάθε φυτό είναι ένα μικρό εργοστάσιο. Στα φύλλα υπάρχουν πόροι (στόματα), που ανοίγουν την ημέρα και κλείνουν τη νύχτα. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), που υπάρχει στην ατμόσφαιρα, διαχέεται στους πόρους των φύλλων και μαζί με το νερό μετασχηματίζονται σε υδατάνθρακες και οξυγόνο (O₂), χρησιμοποιώντας το ηλιακό φως ως πηγή ενέργειας. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται φωτοσύνθεση. Στη συνέχεια το οξυγόνο απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, ενώ οι υδατάνθρακες μετακινούνται στα διάφορα μέρη του φυτού και παράγουν τις οργανικές ουσίες.

Ο κύριος μηχανισμός συνεισφοράς των φυτών όμως, είναι η εξατμισοδιαπνοή, η απώλεια νερού προς το περιβάλλον, δηλαδή, μέσω της αποβολής νερού από τα φύλλα, με τη μορφή υδρατμών. Η λανθάνουσα θερμότητα της εξατμισοδιαπνοής (η θερμότητα που απαιτείται για τη μετατροπή το νερού σε υδρατμούς, δηλαδή), είναι τεράστια. Η θερμότητα αυτή αντλείται από τον αέρα του περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα την τοπική μείωση της θερμοκρασίας. Ένα μεσαίου μεγέθους δέντρο, στη διάρκεια μιας θερινής ημέρας, εξατμίζει περίπου 1.460 kg νερού και ο δροσισμός που πετυχαίνει είναι ισοδύναμος με τη λειτουργία 5 μικρών κλιματιστικών συσκευών. Επίσης, μια μικρή συστάδα δέντρων μπορεί να μειώσει τη

συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης μέχρι και 7.000 σωματίδια ανά lt αέρα, και να μειώσει το θόρυβο έως και κατά 50%.

Κατά τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής, το νερό ανεβαίνει, μέσω των ξυλωδών σωλήνων, από την ρίζα στα φύλλα και στη συνέχεια αποβάλλεται από αυτά υπό μορφή υδρατμών. Γνωρίζουμε ότι η απαιτούμενη θερμότητα για τη μετατροπή του νερού σε υδρατμούς είναι περίπου 2324 kJ/kg νερού. Τη θερμότητα αυτή αντλούν τα φυτά από τον αέρα του περιβάλλοντος και έτσι επιτυγχάνουν την τοπική μείωση της θερμοκρασίας.

Επίσης, όταν η σχετική υγρασία είναι χαμηλή έχουμε μεγάλη αύξηση της εξατμισοδιαπνοής, με αποτέλεσμα η ρίζα να αδυνατεί να τροφοδοτήσει με την απαιτούμενη ποσότητα νερού το φυτό. Έχουμε, λοιπόν, αύξηση της θερμοκρασίας του, αντίσταση στην είσοδο του διοξειδίου του άνθρακα (κλείσιμο πόρων), σταμάτημα της φωτοσύνθεσης και μάρανση του φυτού.

Τέλος, πολλές έρευνες έδειξαν ότι:

- Η θερμοκρασία στα αστικά πάρκα είναι έως και 8°C χαμηλότερη από εκείνη στους γειτονικούς δομημένους χώρους.
- Καθώς απομακρυνόμαστε από ένα πάρκο έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0,5°C ανά 100m.
- Μία συστάδα δέντρων μήκους 33m και πλάτους 15m, μειώνει το θόρυβο ενός αυτοκινητοδρόμου έως και κατά 50%. [12]

11.2. ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Η ηλιοπροστασία (σκιασμός) ενός κτιρίου με δέντρα και φυτά εξασφαλίζεται με τους παρακάτω τρόπους, οι οποίοι, πολλές φορές στην πράξη, συναντώνται σε συνδυασμό:

- Φύτεμα δέντρων σε μικρή απόσταση από το κτίριο. Τη νύχτα τα δέντρα εμποδίζουν τη διαφυγή της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος, που εκπέμπεται από το έδαφος. Συνεπώς, η θερμοκρασία του αέρα τη νύχτα σε χώρους με πυκνή βλάστηση είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με εκείνη του ανοιχτού χώρου. Αντίθετα, η ημερήσια θερμοκρασία είναι μικρότερη επειδή ένα μέρος της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας εμποδίζεται να φτάσει στο έδαφος. Τα φυλλοβόλα δέντρα υπερτερούν των αειθαλών γιατί έχουν το πλεονέκτημα να προστατεύουν μεγάλες επιφάνειες της όψης του κτιρίου το καλοκαίρι, αλλά να αφήνουν τον ήλιο να περάσει το χειμώνα.
- Αναρριχώμενα φυτά σε κατακόρυφο τοίχο. Τα αναρριχώμενα φυτά εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στην επιφάνεια του τοίχου, μειώνοντας έτσι τα ηλιακά κέρδη το καλοκαίρι. Όπως και στην περίπτωση των δέντρων, τα φυλλοβόλα αναρριχώμενα υπερτερούν των αειθαλών γιατί δεν περιορίζουν τα χειμερινά ηλιακά κέρδη. Όμως, το στατικό στρώμα αέρα, που δημιουργείται μεταξύ του αειθαλούς αναρριχώμενου φυτού και του τοίχου, λειτουργεί ως μόνωση και περιορίζει τις θερμικές απώλειες του κτιρίου το χειμώνα.
- Φύτεμα δώματος. Είναι ένα σύστημα με θερμομονωτικές ιδιότητες και σημαντική συνεισφορά στο αστικό περιβάλλον.

Το καλοκαίρι, μια πυκνή κάλυψη από αναρριχώμενα εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στην επιφάνεια του τοίχου ή του δώματος, μειώνοντας έτσι την εξωτερική θερμοκρασία του κελύφους και, επομένως, το ποσό της θερμότητας που ρέει στο εσωτερικό. Εάν, λόγου χάριν, με την κάλυψη ενός τοίχου με κισσό μεταβιβάζεται μόνο το μισό της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας, έχουμε μείωση των ηλιακών κερδών της επιφάνειας στο μισό.

Ένα πρόβλημα που ίσως προκύψει κατά τούς καλοκαιρινούς μήνες, στις περιπτώσεις του πρασίνου σε επαφή με το κέλυφος, είναι ίσως ότι παγιδεύεται ένα οριακό στρώμα θερμού αέρα κοντά στην επιφάνεια του κτιρίου, το οποίο είναι εύκολα ανανεώσιμο. Ένα ρεύμα αέρα, που είναι αρκετά δυνατό ώστε να ανακινήσει το φύλλωμα, σίγουρα μπορεί να ξεπεράσει αυτό το αρνητικό σημείο, και το δροσιστικό αποτέλεσμα της εξάτμισης νερού από την επιφάνεια των φύλλων θα συνεισφέρει, επίσης, στην αντιμετώπιση της υπερθέρμανσης αυτού του οριακού στρώματος αέρα.

Το χειμώνα, το οριακό αυτό στρώμα στατικού αέρα, που δημιουργείται από την κάλυψη με αιθαλές φυτό, λειτουργεί ως μόνωση και περιορίζει την απώλεια θερμότητας από το κτίριο. Έχει αποδειχθεί πως η θερμοπερατότητα ενός τοίχου μειώνεται σημαντικά με την κάλυψη του με πράσινο.

Το φυτεμένο δώμα (ως ιδιαίτερη κατηγορία αυτής της περίπτωσης) είναι ένα πολύπλοκο θερμικό σύστημα που έχει σημαντικές θερμομονωτικές ιδιότητες για το χειμώνα και το καλοκαίρι. Το καλοκαίρι αποτελεί φράγμα για την ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο δώμα, αντανακλώντας το 20% με 30% και απορροφώντας το υπόλοιπο στο επίπεδο των φύλλων.

Τα φυλλοβόλα αναρριχώμενα σε κατασκευές προσκείμενες στο κτίριο το προφυλάσσουν από την άμεση και ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία, την εποχή που το επιδιωκόμενο για το κτίριο είναι η κατά το δυνατόν ελαχιστοποίηση των ηλιακών κερδών. [12]

11.3. ΑΝΕΜΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Η ανεμοπροστασία των κτιρίων γίνεται με δέντρα, θάμνους ή περιφράξεις, που ονομάζονται γενικά ανεμοφράκτες. Βασικά στοιχεία των ανεμοφρακτών είναι οι διαστάσεις και η πυκνότητα. Όσο μικρότερο είναι το πλάτος τούς (δεν υπερβαίνει το 10% του ύψους), τόσο μεγαλύτερη είναι η ζώνη προστασίας στα κατάντη. Αν το πλάτος είναι υπερβολικό, θα πρέπει να τροποποιηθεί το σχήμα τους στο πάνω μέρος. Οι πλήρεις περιφράξεις εξασφαλίζουν ζώνη μεγάλης ηρεμίας σε πολύ μικρή απόσταση, γιατί μετά το εμπόδιο ο άνεμος επανακτά γρήγορα το χαρακτηριστικά του.

Τα δέντρα και οι θάμνοι θεωρούνται πορώδη εμπόδια γιατί επιτρέπουν τη διέλευση ενός μέρους του ανέμου, περιορίζοντας τούς στροβιλισμούς και δημιουργώντας μία ευρύτερη ζώνη προστασίας στα κατάντη. Έτσι, μειώνουν την ταχύτητα του ανέμου κατά 50% σε απόσταση ίση με το πενταπλάσιο του ύψους τους. Από την άποψη του περιορισμού της ταχύτητας του ανέμου, υπερτερούν οι ανεμοφράκτες με πορώδες 50-60%. Το μέγιστο μήκος προστασίας στα κατάντη ενός ανεμοφράκτη εξασφαλίζεται όταν το μήκος του ανεμοφράκτη είναι τουλάχιστον ίσο με το ενδεκαπλάσιο του ύψους του. Τέλος, με την κατάλληλη διάταξη

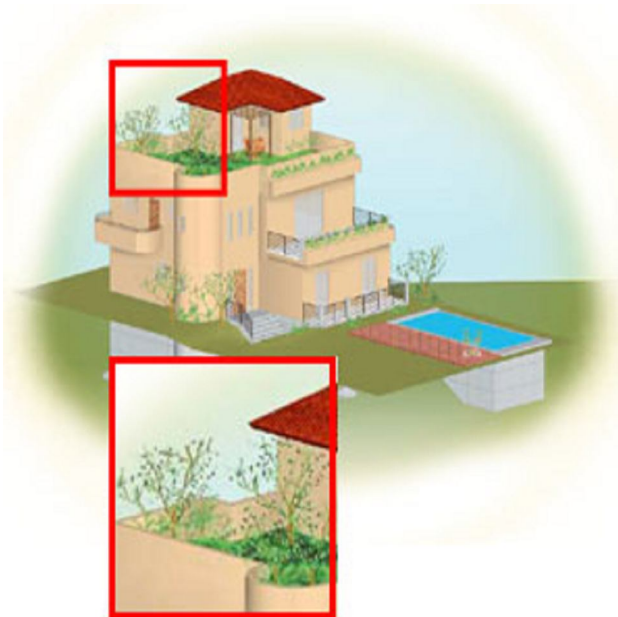
των δέντρων γύρω από ένα κτίριο, μπορούμε να αξιοποιήσουμε καλύτερα τους χειμερινούς και θερινούς ανέμους αλλάζοντας τη διεύθυνση τους.

Συνοψίζοντας λοιπόν:

- Η επιφάνεια που προστατεύεται από τους ανέμους εξαρτάται από το ύψος της ανεμοπροστασίας. Όσο υψηλότερος είναι, παραδείγματος χάριν, ένας ανεμοφράκτης με δέντρα (χρησιμοποιείται ευρύτατα στην οικολογική γεωργία) τόσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια που προστατεύεται.
- Το μέγιστο μήκος ανεμοπροστασίας αναπτύσσεται μόνον όταν το μήκος του ανεμοφράκτη είναι, το λιγότερο, 11 φορές το ύψος του.
- Η διαπερατότητα ή πυκνότητα του ανεμοφράκτη επηρεάζει το μήκος της κατάντη προστατευόμενης ζώνης.

Οι πυκνοί ανεμοφράκτες από υψηλή βλάστηση, παραδείγματος χάριν, προσφέρουν μεγαλύτερη μείωση της ταχύτητας του ανέμου, αλλά μόνο για μια μικρή απόσταση ακριβώς πίσω από τον ανεμοφράκτη και πέραν αυτής. Ο άνεμος γρήγορα ανακτά την αρχική του ταχύτητα.[12]

11.4. ΦΥΤΕΜΑ ΔΩΜΑΤΟΣ



Εικόνα 11-1. Φυτεμένο δώμα κτιρίου[33]

Ως φυτοκαλυμμένο δώμα ή κήπος σε δώμα μπορεί να χαρακτηριστεί κάθε κήπος, μεταξύ του οποίου και του εδάφους υπάρχει ένα κτίριο ή μια δομική κατασκευή. Στον ορισμό αυτόν περιλαμβάνονται κήποι σε οποιαδήποτε στάθμη από το φυσικό έδαφος. Από την πολυδιάστατη χρησιμότητα μιας παρόμοιας επέμβασης, καθοριστική σημασία αποκτούν η αισθητική και η χρηστικότητα, δυο διαστάσεις αλληλένδετες, αφού η αισθητική είναι εξ ορισμού χρηστική, ενώ η οποιαδήποτε χρήση προσδιορίζει ανάλογα την αισθητική του αντικειμένου. Ως προς τη χρήση, μια φυτοκαλυμμένη κτιριακή επιφάνεια μπορεί να αποτελεί είτε ανεξάρτητο δημόσιο ή ιδιωτικό χώρο προορισμένο για αναψυχή, διέ-

λευση και στάση είτε επέκταση λειτουργική συγκεκριμένου κλειστού χώρου.

Η ιδέα για το πρασίνισμα των δωματίων και των στεγών ξεκίνησε στα ιστορικά χρόνια. Η εμφάνιση των πρώτων φυτεμένων δωματίων συναντάται με τους γνωστούς, ως ένα από τα επτά θαύματα του κόσμου, Κρεμαστούς Κήπους της Βαβυλώνας, γύρω στο 604-652π.Χ. Εξίσου σημαντικές πηγές για τους πρώτους τεχνητούς κήπους, αποτελούν τα Ζιγκουράτ, τα οποία συναντώνται και αυτά στην περιοχή της Μεσοποταμίας και αποτελούσαν τις φυτοκαλυμμένες κλιμακωτές εξέδρες πάνω στις οποίες έκτιζαν οι Βαβυλώνιοι τους ναούς και τα ιερά για να

λατρέψουν τους Θεούς τους. Στα ελληνορωμαϊκά χρόνια, τα φυτεμένα δώματα δεν βρίσκουν πολλές εφαρμογές, παρά μόνο σε περιοχές, όπως η Φοινίκη, η Πομπηία και η Εγγύς Ανατολή, ενώ στην εποχή του Μεσαίωνα και της Αναγέννησης, αρκετά καλά διατηρημένα φυτεμένα δώματα, συναντώνται σε παλάτια και επαύλεις της Ιταλίας, καθώς επίσης σε εκκλησιαστικά κτίρια και μοναστηριακά συγκροτήματα της βορειοδυτικής Γαλλίας. Στα νεότερα χρόνια, οι κήποι στα δώματα, θεωρούνταν στοιχείο υψηλής ποιότητας, αισθητικής και πολυτέλειας, ενώ στις αρχές του 20ού αιώνα δεν ήταν λίγοι οι κορυφαίοι αρχιτέκτονες της εποχής, οι οποίοι υποστήριζαν θερμά τη δημιουργία τέτοιων κατασκευών. Με την ανάπτυξη του πράσινου κινήματος στις αρχές της δεκαετίας του 1960, με την ηλιακή και βιοκλιματική αρχιτεκτονική, τον παθητικό, ηλιακό και τον ενεργειακό σχεδιασμό, την οικολογική δόμηση και τις Κοινοτικές Οδηγίες που εφαρμόζονται και θα εφαρμόζονται ακόμα περισσότερο, τα σύγχρονα παραδείγματα φυτεμένων δωματίων, τόσο στον ευρωπαϊκό χώρο, όσο και στην Αμερική, ολοένα και πληθαίνουν.

Η ιδέα φύτευσης των ταρατσών ώστε να λειτουργούν ως φυσικά φίλτρα και ως πνεύμονες πράσινου μέσα στον αστικό ιστό, κερδίζει συνεχώς έδαφος σε πολλές χώρες του κόσμου. Σε κάποιες πόλεις μάλιστα, οι πράσινες στέγες επιβάλλονται και από τη νομοθεσία. Το συνολικό κόστος δεν είναι απαγορευτικό, αντίθετα τα οφέλη είναι αναμφισβήτητα.

Η χρησιμότητα ενός κήπου σε δώμα δεν περιορίζεται στη χρηστικότητα, αν και αυτή, στις περισσότερες περιπτώσεις, αποτελεί το στόχο της επέμβασης. Η θετική περιβαλλοντική συμβολή μιας φυτοκαλυμμένης εδαφικής έκτασης αποκομμένης από το έδαφος δεν είναι εύκολο να εκτιμηθεί με ακρίβεια. Οι δυο συνιστώσες του περιβάλλοντος, το εσωτερικό (κτιριακό) και το εξωτερικό (αστικό, φυσικό κτλ.) επηρεάζονται από τη χλωρίδα σε διαφορετικό βαθμό, ο οποίος εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κήπου. Τα οικονομικά ωφέλη στη μικροκλίμακα του κτιρίου μπορεί να είναι αξιόλογα, ενώ οι επιπτώσεις στην ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος, άμεσες ή έμμεσες, εξ ίσου σημαντικές. Στη μακροκλίμακα του αστικού περιβάλλοντος, δεν είναι δυνατό να αναμένεται θεαματική βελτίωση από σποραδικές πρωτοβουλίες διαμόρφωσης κήπων σε δώματα, τα θετικά αποτελέσματα όμως δεν είναι αμελητέα, τουλάχιστον στον περίγυρο του κτιρίου. Οι πράσινες στέγες βελτιώνουν την ποιότητα του εισπνεόμενου αέρα (παράγουν οξυγόνο, φιλτράρουν τη σκόνη), συμβάλλουν στην άμβλυση του φαινομένου της αστικής νησίδας θερμότητας (το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας στο κέντρο της πόλης σε σχέση με τα προάστια λόγω απουσίας πράσινου και υπερβολικής παρουσίας τσιμέντου και ασφάλτου), συμβάλλουν στην ορθολογική διαχείριση του νερού και παρέχουν χρήσιμο χώρο στην εκτοπισμένη από τις πόλεις άγρια ζωή.

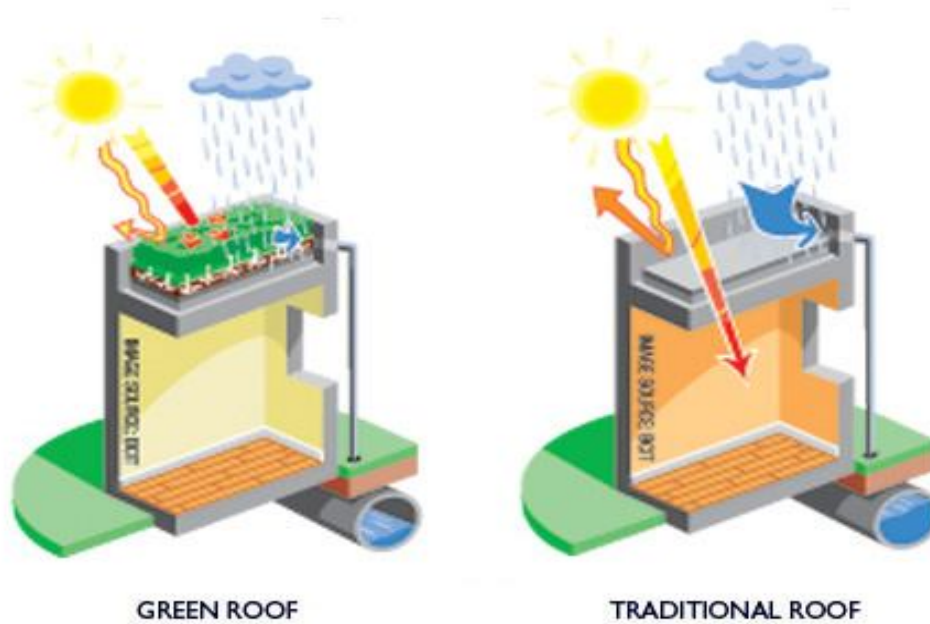
Η κατασκευή του κήπου με τις επάλληλες στρώσεις διαφόρων υλικών έχει ως αποτέλεσμα τη δραστική μείωση της θερμοπερατότητας της υποκείμενης (φέρουσας) πλάκας, χωρίς εφαρμογή ειδικού θερμομονωτικού υλικού. Η θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων, τα οποία μονώνονται εξωτερικά, συμβάλλει στη διατήρηση της θερμικής άνεσης στους υποκείμενους χώρους και στην εξασφάλιση πιο υγιεινής ατμόσφαιρας. Με την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τα φυτά και το έδαφος αντιμετωπίζεται αποτελεσματικά το φαινόμενο της υπερθέρμανσης των παρακείμενων χώρων από τις ανακλάσεις. Η ηλιακή θερμότητα που απορροφάται από το έδαφος, επαναποδίδεται στην ατμόσφαιρα εξασφαλίζοντας σαφώς μικρότερη διακύμανση της θερμοκρασίας στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, αλλά και του έτους, με έμμεση ευεργετική επίδραση στις απαιτήσεις

θέρμανσης και δροσισμού των εσωτερικών χώρων. Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, μειώνεται πολύ η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από την στέγη με αποτέλεσμα την μείωση της διεύθυνσης της θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον προς το κτίριο. Σε ένα καλά μονωμένο κτίριο η χρήση του κλιματιστικού και του καλοριφέρ μειώνεται. Η μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου θέρμανσης υπολογίζεται σε 2 λίτρα για κάθε τετραγωνικό μέτρο πράσινης ταράτσας, κάθε χρόνο. Παράλληλα, τα φυτά παρέχουν πλήρη σκιασμό της επιφάνειας του δώματος και εξασφαλίζουν με τον τρόπο αυτό τη μειωμένη θερμαντική επιβάρυνση του κτιρίου, ενώ με τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής προσφέρουν ψυκτικά φορτία, τα οποία με τη σειρά τους παρέχουν δροσισμό. Μια πράσινη στέγη προστατεύει επίσης την ταράτσα από εξωτερικούς φθοροποιούς παράγοντες (ηλιακές ακτίνες UV, απότομες μεταβολές θερμοκρασίας, χαλάζι, ρύποι κλπ) και επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής της κατά τουλάχιστον 40 χρόνια.

Αν σε κάποιες περιπτώσεις η κάλυψη ενός δώματος με κήπο επιλέγεται για λόγους βιοκλιματικούς, η ακουστική βελτίωση του περιβάλλοντος, τόσο του εσωτερικού όσο και του εξωτερικού χώρου, αποτελεί αξιόλογο πρόσθετο όφελος. Ο αστικός θόρυβος απειλεί αδιάκοπα την ψυχική υγεία και καταπονεί το νευρικό σύστημα των κατοίκων της πόλης. Η αντικατάσταση της ανακλαστικής επιφάνειας, που συνήθως χαρακτηρίζει τις επικαλύψεις των δωματίων, με την ηχοαπορροφητική εδαφική στρώση μπορεί να ελαττώσει σημαντικά την επιβάρυνση του ακουστικού περιβάλλοντος από τον ανεπιθύμητο, αλλά αναπόφευκτο αστικό θόρυβο.

Η συμβολή της χλωρίδας στον εμπλουτισμό του ατμοσφαιρικού αέρα με οξυγόνο είναι γνωστή και ανεκτίμητη. Εξ ίσου σημαντική είναι η συνδρομή της στον καθαρισμό του από αιωρούμενα σωματίδια και σκόνη. Από την άποψη αυτή ένα φυτεμένο δώμα θα μπορούσε να λειτουργήσει, ειδικά σε περιοχές με μεγάλη ατμοσφαιρική ρύπανση, ως φίλτρο καθαρισμού του αέρα για τους χώρους που το περιβάλλουν. Η φιλική επιφάνεια των φυτών μιας «πράσινης στέγης» λειτουργεί σαν φίλτρο που συγκρατεί τα σωματίδια του αέρα. Τα νιτρικά και άλλα επιβλαβή συστατικά του αέρα απορροφούνται και με τη βοήθεια της βροχής καταλήγουν στο υπόστρωμα των φυτών. Έτσι, σε ορισμένες περιπτώσεις, η κατασκευή κήπου σε ένα δώμα έχει χαρακτήρα μερικής υποκατάστασης του τεχνητού κλιματισμού. Αν δοθεί η πρόβλεψη σημασία στην εξισορρόπηση της υγρασίας αλλά και της θερμοκρασίας του μικροπεριβάλλοντος που εξασφαλίζεται από τη χλωρίδα, η φύτευση του δώματος αποδεικνύεται ασφαλής και αποδοτική επιλογή φυσικού κλιματισμού, ικανή να υποκαταστήσει τον τεχνητό κλιματισμό σε ορισμένους χώρους.

Η ομάδα των βασικών πεδίων χρησιμότητας ενός κήπου σε δώμα ολοκληρώνεται με τη διαχείριση των ομβρίων. Το νερό της βροχόπτωσης απορροφάται αρχικά από τις εδαφικές στρώσεις του δώματος και κατόπιν μέρος αυτού διοχετεύεται, μέσω του συστήματος αποστράγγισης, στις υδρορροές. Η ποσότητα νερού που πρέπει να απομακρυνθεί, είναι μικρότερη από αυτή που απορροφάται, ενώ η διοχέτευση του νερού αυτού στις υδρορροές παρουσιάζει χρονική υστέρηση (ετεροχρονισμός) και ομαλότερη ροή, με αποτέλεσμα να καλύπτονται οι ανάγκες με μικρότερες ή λιγότερες υδρορροές και να αποφεύγονται πλημμύρες στο δώμα κατά τη διάρκεια καταιγίδων.



Εικόνα 11-2. Οφέλη που προκύπτουν από το φύτεμα του δώματος[28]

Όσον αφορά στην αισθητική, ένα σύστημα παραμέτρων, το οποίο χαρακτηρίζει το περιβάλλον του κήπου, φυσικό και ανθρωπογενές, έχει ουσιώδη επιρροή. Πρόκειται για τους κλιματικούς παράγοντες (άνεμοι, θερμοκρασία, βροχή κ.λπ.) και τον ηλιασμό. Η επίδραση τους στον κήπο εξαρτάται από εμπόδια φυσικά και τεχνητά, μεταξύ των οποίων οι υπάρχουσες αλλά και οι προβλεπόμενες δομικές κατασκευές (προσανατολισμός, σκίαση, εκτροπή ανέμου, υποπίεσεις, ανακλάσεις κ.λπ.). Ένα φυτεμένο δώμα δεν καλύπτει πάντοτε την ανώτερη επίπεδη επιφάνεια ενός κτιρίου ή κτιριακού συγκροτήματος, αλλά συχνά ενδιάμεση στάθμη, με αποτέλεσμα τα καιρικά φαινόμενα στην επιφάνεια του να εμφανίζονται διαφοροποιημένα σε μικρό ή μεγάλο βαθμό. Η διαφοροποίηση αυτή επηρεάζει την επιλογή και ανάπτυξη των γεωπονικών ειδών, ενώ είναι δυνατό με κατάλληλο σχεδιασμό της διαφοροποίησης να οδηγηθεί η επιλογή της χλωρίδας στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Οι πράσινες στέγες γενικότερα ομορφαίνουν κτίρια και γειτονιές. Οι απρόσωπες ταρατσες γίνονται έργα τέχνης και οι τσιμεντένιες πόλεις μετατρέπονται σε ζωντανό περιβάλλον.



Εικόνα 11-3. Φύτευση δώματος κτιριακού συγκροτήματος[11]

Η χλωρίδα αποτελεί ένα από τα βασικότερα στοιχεία διαμόρφωσης και αισθητικής ενός κήπου, αλλά το καθοριστικό για την επιλογή και διαστρωμάτωση του εδαφικού υλικού και την κατασκευή του κήπου πάνω σε κτιριακή επιφάνεια. Ο εύστοχος χειρισμός των γεωπονικών ειδών είναι δυνατό να καταστήσει έναν κήπο περισσότερο χρηστικό, να προσελκύσει χρήστες ή να αυξήσει τη διάρκεια παραμονής τους σ' αυτόν. Το μέγεθος και η γεωμετρία της επιφάνειας του δώματος σχετίζονται με τις επιθυμητές χρήσεις του χώρου αλλά και με τις δυνατότητες διακοσμητικού και φυτικού εμπλουτισμού του. Γενικά, χώροι με μεγάλη

επιφάνεια και κανονική γεωμετρία προσφέρουν αυξημένη ευελιξία επιλογών και διαμόρφωσης, ενώ η ακανόνιστη γεωμετρία είναι δυνατό να προτείνει σαφείς λειτουργικές και αισθητικές επιλογές.

Σε περίπτωση κατασκευής κήπου σε δώμα υφιστάμενου κτιρίου, η επιλογή της χλωρίδας δεν αποτελεί το μοναδικό καθοριστικό παράγοντα για τις κατασκευαστικές επιλογές, αλλά εξετάζεται σε συνδυασμό με τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά της φέρουσας κατασκευής. Η φέρουσα ικανότητα της πλάκας του δώματος είναι πιθανό να περιορίσει το φάσμα των οικονομοτεχνικά εφικτών φυτοτεχνικών χειρισμών. Αν και λιγότερο ουσιώδης ο ρόλος της υποδομής άρδευσης και αποχέτευσης ενός υπάρχοντος δώματος, σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατό να επηρεάσει βασικές επιλογές στην κατασκευή του κήπου με αναπόφευκτες επιπτώσεις στην αισθητική του.

Η πρόσβαση σε υπάρχοντα δώματα που διαμορφώνονται σε κήπους αποτελεί σημείο ειδικού χειρισμού. Η ανύψωση της τελικής στάθμης του δώματος λόγω της εφαρμογής επάλληλων εδαφικών και άλλων στρώσεων είναι πιθανό να οδηγήσει στην ανύψωση της στάθμης και του εσωτερικού χώρου στην περιοχή της πρόσβασης ή στην κατάλληλη διαμόρφωση των επιπέδων κυκλοφορίας και στάσης. Η επίπτωση στην αισθητική μπορεί να είναι από αμελητέα έως χαρακτηριστική.

Η αισθητική ενός κήπου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, η διατήρηση της όμως εξαρτάται από τη φροντίδα του. Τόσο τα φυτά όσο και τα υπόλοιπα στοιχεία της διαμόρφωσης του έχουν ανάγκη από τακτική φροντίδα, η οποία αποτελεί έργο ειδικού τεχνίτη και ευθύνη του ιδιοκτήτη ή νομέα του ακινήτου. Η συνιδιοκτησία γενικά, δυσχεραίνει τη συντήρηση ενός κήπου κατασκευασμένου σε δώμα, με συνέπεια να θίγεται η βιωσιμότητα παρόμοιων πρωτοβουλιών.

Τέλος, η δαπάνη κατασκευής του κήπου είναι δυνατό να επιδράσει καταλυτικά στην αισθητική του. Πρόκειται για σχετικά σημαντική δαπάνη, η οποία πρέπει να είναι σαφώς προσδιορισμένη από τα πρώιμα στάδια του σχεδιασμού του κήπου ή καλύτερα από το σχεδιασμό του κτιρίου. Τροποποιήσεις και αναπροσαρμογές κατά την εφαρμογή επιβαρύνουν δυσανάλογα το κόστος. Όταν ο κήπος αποτελεί εγκατάσταση αναψυχής ή προέκταση κλειστού χώρου αναψυχής (χρήση επαγγελματική), η δαπάνη για την κατασκευή του αποτελεί επιχειρηματική επένδυση, ενώ η αισθητική του εξυπηρετεί (ή πρέπει να εξυπηρετεί) τους επιχειρηματικούς στόχους.



Εικόνα 11-4. Φυτεμένο δώμα σε αστικό κέντρο[11]

Η επιλογή των γεωπονικών ειδών (είδος, μέγεθος, ηλικία και πλήθος φυτών) μπορεί να επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό τόσο την αισθητική, όσο και τη δαπάνη κατασκευής του κήπου. Ωστόσο, η αισθητική δεν είναι οπωσδήποτε ανάλογη της δαπάνης, ούτε εξαρτάται μονοσήμαντα και αποκλειστικά από την

επιλογή της χλωρίδας. Διαμορφώνεται με εύστοχους χειρισμούς όλων των στοιχείων που συναπαρτίζουν τον κήπο, με στόχο τη χρηστικότητα του για την προεπιλεγμένη χρήση.

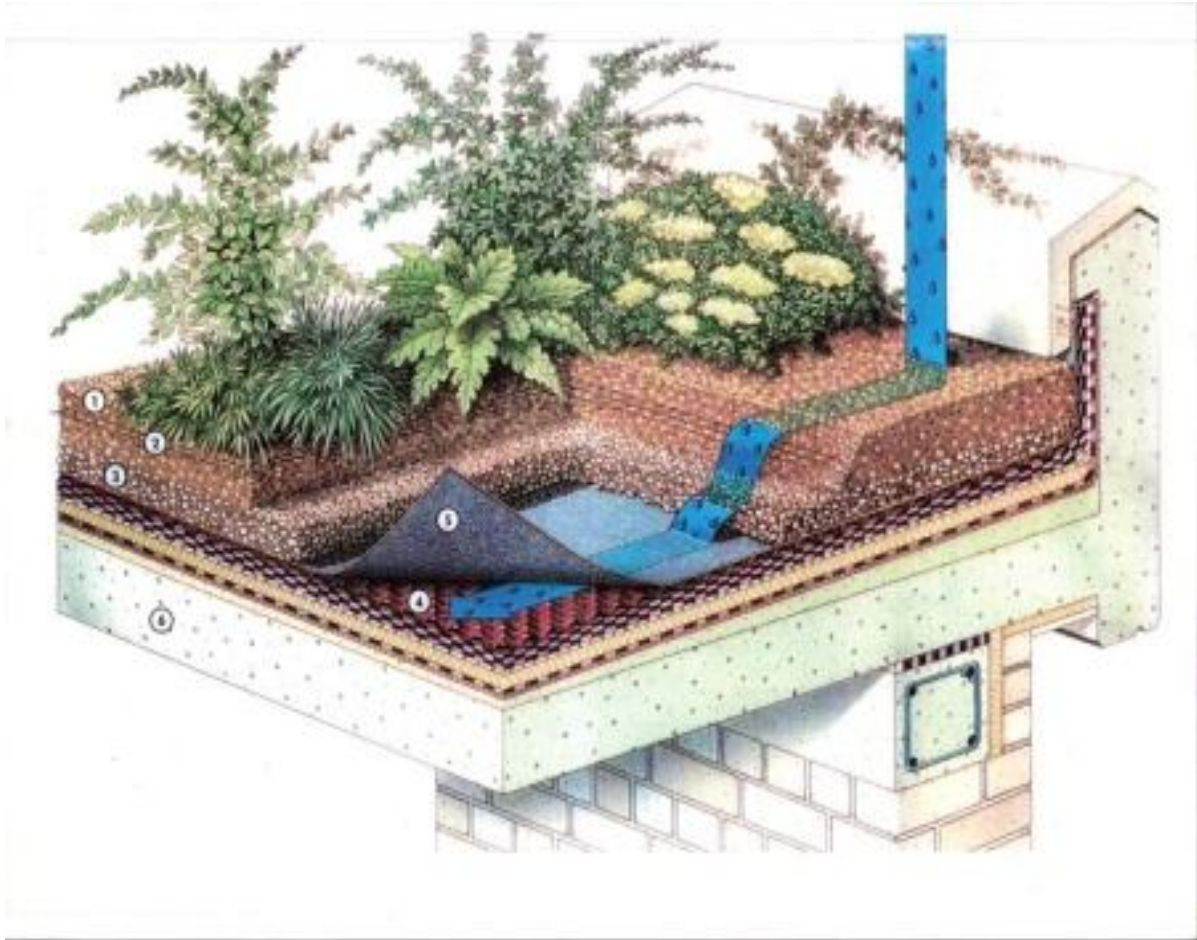
Στον αντίποδα βρίσκονται μερικά λιγιστά και μηδαμινά μπροστά στα πολλαπλά οφέλη, μειονεκτήματα, τα οποία για λόγους αντικειμενικότητας αξίζει να αναφερθούν. Αυτά είναι:

- Η οικονομική επιβάρυνση. Αναμφίβολα, η κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος απαιτεί κάποιο επιπλέον κόστος, το οποίο στις σημερινές ελληνικές κατασκευές δεν συμπεριλαμβάνεται. Το κόστος αυτό, αφορά τον αρχικό σχεδιασμό και τη διαμόρφωση του κήπου, το κατασκευαστικό κομμάτι του φυτεμένου δώματος και τέλος τη συντήρηση του.
- Η στατική επιβάρυνση φυτεμένων δωματίων. Η δημιουργία ή η απαγόρευση της κατασκευής ενός φυτεμένου δώματος, στηρίζεται αρχικά και μόνο σε αυτόν τον παράγοντα. Σε περίπτωση που η υπάρχουσα φέρουσα κατασκευή δεν μπορεί να δεχτεί την πρόσθετη στατική επιβάρυνση, τότε η κατασκευή του κήπου στο δώμα, πρέπει να θεωρείται εξαρχής απαγορευτική.
- Ο κίνδυνος υγρασίας. Αναμφίβολα ένας από τους κυριότερους λόγους για τους οποίους πολλοί «φοβούνται» ακόμα τα φυτεμένα δώματα, είναι ο κίνδυνος υγρασίας και τα προβλήματα που μπορούν να προκληθούν από αυτόν, σε μια τέτοια περίπτωση.
- Η δυσκολία επισκευής σε περίπτωση βλάβης των στεγανωτικών στρώσεων. Σε περιπτώσεις βλάβης των στεγανωτικών στρώσεων, απαιτείται άμεση αντιμετώπιση του προβλήματος. Παρόλο που μπορεί να υπάρξει τοπική αποξήλωση των προβληματικών στρώσεων της κατασκευής και πάλι η διαδικασία δεν παύει να είναι ιδιαίτερα δαπανηρή.
- Η συνεχής φροντίδα του κήπου. Είναι αναμενόμενο ότι ένα φυτεμένο δώμα χρειάζεται μεγαλύτερη προσοχή και φροντίδα, από ότι ένας κήπος στη στάθμη του εδάφους, εξαιτίας κυρίως της διείδυσης των ριζών, της ύπαρξης του νερού και των πιθανών αστοχιών της κατασκευής.

Οι βασικές παράμετροι για την κατασκευή δώματος, που να επιτρέπει εγκατάσταση κήπου σε αυτό, είναι:

- Φέρουσα κατασκευή ικανή να δεχτεί τα πρόσθετα φορτία του κήπου.
- Κατασκευαστική επικάλυψη δώματος (φράγμα υδρατμών, αν αυτό απαιτείται, θερμομόνωση, στεγάνωση) ικανή να δεχτεί την κατασκευή κήπου επάνω από αυτήν.
- Διαχωρισμός της κατασκευαστικής επικάλυψης του δώματος από την κατασκευή του κήπου για την προστασία της τόσο από τις διάφορες χημικές και μηχανικές επιδράσεις του κήπου, όσο κυρίως, από τη διείδυση των ριζών των φυτών σε αυτή.
- Πληρότητα στην κυρίως κατασκευή του κήπου, που θα αποτελείται από όλες τις απαραίτητες στρώσεις.
- Επιλογή φυτών, ικανών να αναπτύσσονται στις ειδικές συνθήκες που επικρατούν στα δώματα (κλιματικές και εδαφικές).
- Τρόποι άρδευσης και απορροής του πλεονάζοντος νερού αλλά και των ομβρίων.
- Προστασία από τους ανέμους.

Η πλήρωση των παραμέτρων αυτών βοηθά αποφασιστικά στην επιτυχία της κατασκευής του κήπου. Αντίθετα, η υποτίμηση της αξίας και της σπουδαιότητάς τους μπορεί να οδηγήσουν σε μερική ή ακόμη και σε πλήρη αποτυχία.



Εικόνα 11-5. Τυπική στρωμάτωση φυτεμένου δώματος 1.Χώμα, 2.Στήριξη ριζών, 3.Αποστραγγιστικό υπόστρωμα, 4.Αποστραγγιστική μεμβράνη, 5.Γαιούφασμα, 6.Στεγάνωση και μόνωση δώματος[11]

Αν και η κατασκευή ενός κήπου σε δώμα είναι σύνολο εξειδικευμένων εργασιών που απαιτούν ειδικά υλικά, τεχνογνωσία και εμπειρία εφαρμογής, η συνοπτική παρουσίαση ενός ενδεικτικού τρόπου κατασκευής κρίνεται απαραίτητη για την κατανόηση των ιδιοτεροτήτων της επέμβασης. Το πρόσθετο φορτίο στη φέρουσα πλάκα είναι δυνατό να φθάσει τα 550 kg/m², ανάλογα με τα γεωπονικά είδη, τα πάχη των στρώσεων και τις διαμορφώσεις. Εξαιτίας αυτού διαφοροποιείται τόσο η στατική όσο και η δυναμική συμπεριφορά της φέρουσας πλάκας και του κτιρίου συνολικά. Αν δεν έχει προβλεφθεί κατά το σχεδιασμό του κτιρίου, απαιτείται έλεγχος για τον προσδιορισμό της ανεκτής πρόσθετης φόρτισης.

Η θερμομονωτική στρώση (οπωσδήποτε από σκληρό υλικό), αν προβλέπεται εφαρμογή της πάνω στη φέρουσα πλάκα, προστατεύεται με φράγμα υδρατμών και από τις δυο πλευρές της, ενώ καλύπτεται με στρώση ελαφρά οπλισμένου σκυροδέματος ελαχίστου πάχους 8cm, με το οποίο διαμορφώνονται οι κλίσεις απορροής των νερών. Η στρώση αυτή μπορεί να παραλείπεται, αν τα φορτία των επικείμενων στρώσεων δεν είναι σημαντικά και οι κλίσεις απορροής έχουν προβλεφθεί στη φέρουσα πλάκα.

Η στεγάνωση αποτελεί τη βασικότερη εργασία για την επιτυχία της επέμβασης. Οποιαδήποτε αστοχία δεν είναι δυνατό να αντιμετωπιστεί χωρίς καταστροφή, έστω τοπική, του κήπου. Συνήθως χρησιμοποιούνται ελαστοπλαστομερείς μεμβράνες, οι οποίες

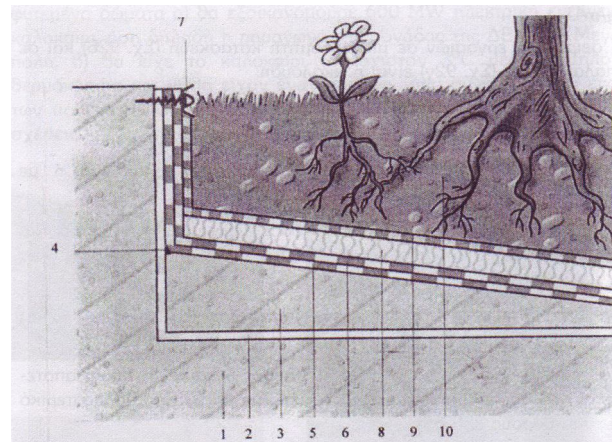
συγκολλούνται μεταξύ τους και στο υπόστρωμα. Η προστασία της στεγάνωσης από κακώσεις κατά την κατασκευή του κήπου και από την επίδραση του ριζικού συστήματος των φυτών με κατάλληλα γεωυφάσματα και γεωπλέγματα, είναι απαραίτητη.

Έχοντας αποκλείσει τη διείσδυση υγρασίας στις υποκείμενες στρώσεις, ακολουθεί η αποστραγγιστική στρώση για απομάκρυνση των νερών και διοχέτευση τους σε υδρορροές. Πρόκειται για στρώση μεσόκοκκων έως χονδρόκοκκων αδρανών, η οποία διαχωρίζεται από την υπερκείμενη στρώση εδαφικού υλικού με γεωύφασμα. Η εδαφική στρώση αποτελείται από υλικό κατάλληλο για τη φύτευση και καλλιέργεια των φυτών. Η σύσταση και το πάχος της στρώσης αυτής προσδιορίζονται με βάση τις ανάγκες της χλωρίδας που έχει επιλεγεί.

Η σειρά των εργασιών σε μία νεόδμητη κατασκευή και σε ένα παλαιό δώμα είναι η ακόλουθη:

ΚΗΠΟΣ ΣΕ ΔΩΜΑ ΝΕΟΔΜΗΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

- Καθαρισμός της επιφανείας του δώματος.
- Επάλειψη με ελαστικό στεγανωτικό ασφαλτικό γαλάκτωμα ή με ελαστομερές στεγανωτικό τσιμεντοειδές κονίαμα.
- Δημιουργία κλίσεων έως 1% με αφροπετόν (νερό, τσιμέντο και αφρογόνο), το οποίο διαβρέχεται μόλις περάσουν 4 ώρες από το τέλος των εργασιών.
- Τοποθέτηση ειδικού πλαστικού τριγώνου περιμετρικά με σκοπό την εξομάλυνση της γωνίας συμβολής του δαπέδου με το στηθαίο.
- Τοποθέτηση μιας ειδικής ασφαλτικής μεμβράνης βάρους 5kg/m², η οποία και αποτελείται από ασφαλτικό λάστιχο οπλισμένο με μη υφαντό πολυεστερικό ύφασμα βάρους 220g /m².
- Τοποθέτηση άλλης ασφαλτικής μεμβράνης βάρους 4,2 kg/m², η οποία είναι ανθεκτική στις ρίζες και τους μύκητες λόγω τις ειδικής ουσίας, που περιέχει στη χημική της σύνθεση.
- Μηχανική στερέωση στην επιφάνεια του στηθαίου με ειδικά διαμορφωμένες λάμες από γαλβανισμένη λαμαρίνα, η οποία θα σφραγιστεί με ασφαλτική μαστίχη και θα πακτωθεί με ειδικά επικαδμιωμένα ανοξειδωτα βύσματα (Η εργασία αυτή κρίνεται προαιρετική).
- Θερμομόνωση με φύλλα εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 5cm (Η εργασία αυτή κρίνεται προαιρετική).
- Προστασία των υδρορροών από φραγή τους με τοποθέτηση στρώσεων από κροκάλες και βότσαλα.
- Τοποθέτηση αποστραγγιστικής μεμβράνης με επικάλυψη γεωυφάσματος.



1. Πλάκα δώματος
2. Ελαστομερές στεγανωτικό τσιμεντοειδές κονίαμα
3. Αφροπετόν κλίσεων
4. Πλαστικό τρίγωνο εξομάλυνσης
5. Ασφαλτική μεμβράνη βάρους 5 kg/m²
6. Ασφαλτική μεμβράνη βάρους 4,2 kg/m²
7. Λάμα μηχανικής στερέωσης
8. Θερμομόνωση με φύλλα εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 5 cm
9. Αποστραγγιστική μεμβράνη με επικάλυψη γεωυφάσματος
10. Χώμα πάχους 30 cm

Εικόνα 11-6. Τομή σε φυτεμένο δώμα νεόδμητης κατασκευής [12]

- Τοποθέτηση υπόγειου συστήματος άρδευσης με εκτοξευτήρες νερού ή σταλακτοφόρους σωλήνες.
- Διάστρωση χώματος πάχους 30 cm.
- Φύτεμα θάμνων, ευώνυμων, αγγελικών, τριανταφυλλιών, χλοοτάπητα κ.λπ.

ΚΗΠΟΣ ΣΕ ΠΑΛΑΙΟ ΔΩΜΑ

- Καθαρισμός της επιφάνειας του δώματος.
- Επάλειψη με ελαστικό στεγανωτικό ασφαλτικό γαλάκτωμα.
- Τοποθέτηση ειδικού πλαστικού τριγώνου περιμετρικά για εξομάλυνση της γωνίας συμβολής του δαπέδου με το στηθαίο.
- Τοποθέτηση ασφαλτικής μεμβράνης βάρους 5kg / m², η οποία αποτελείται από ασφαλτικό λάστιχο οπλισμένο με μη υφαντό πολυεστερικό ύφασμα βάρους 220g/m².
- Τοποθέτηση ασφαλτικής μεμβράνης βάρους 4,2kg/m², η οποία είναι ανθεκτική στις ρίζες και τους μύκητες λόγω της ειδικής ουσίας που περιέχει στη χημική της σύνθεση.
- Μηχανική στερέωση στην επιφάνεια του στηθαίου με ειδικά διαμορφωμένες λάμες από γαλβανισμένη λαμαρίνα, η οποία θα σφραγιστεί με ασφαλτική μαστίχη και θα πακτωθεί με ειδικά επικαδμιωμένα ανοξείδωτα βύσματα.
- Προστασία των υδρορροών από τυχόν φραγή τους με τοποθέτηση στρώσεων από κροκάλες και βότσαλα.
- Τοποθέτηση αποστραγγιστικής μεμβράνης με επικάλυψη γεωφάσματος.
- Τοποθέτηση πρώτης στρώσης των χουμοποιητικών πλακών Sekaflor.
- Τοποθέτηση λιπάσματος.
- Τοποθέτηση υπόγειου συστήματος άρδευσης με εκτοξευτήρες νερού ή σταλακτοφόρους σωλήνες.
- Τοποθέτηση δεύτερης στρώσης χουμοποιητικών πλακών Sekaflor.
- Διάστρωση χώματος πάχους 3cm.
- Φύτεμα παχύφυτων ή λεβαντίνων. Συνήθως τοποθετούνται 5-6 φυτά ανά τετραγωνικό μέτρο.



Εικόνα 11-7. Τομή σε φυτεμένο δώμα παλαιάς κατασκευής [12]

Η ιδέα της φύτευσης των δωμαίων των κτιρίων με σκοπό τη λειτουργία αυτών ως φίλτρων και ως πνευμόνων πρασίνου μέσα στον αστικό ιστό, κερδίζει συνεχώς έδαφος σε πολλές χώρες του κόσμου. Σε πολλές πόλεις της Ευρώπης, της Βόρειας Αμερικής και της Ιαπωνίας, παρουσιάζεται μεγάλο ενδιαφέρον για τη διάδοση των πράσινων στεγών, με αποτέλεσμα να γίνονται συνεχώς προσπάθειες για να θεσπιστούν τα ανάλογα νομοθετικά εργαλεία, τα οποία και θα εξασφαλίσουν την εφαρμογή και τη σωστή κατασκευή των κήπων στα δώματα των κτιρίων. Σε κάποιες μάλιστα χώρες, οι πράσινες στέγες επιβάλλονται από τη

νομοθεσία. Σε κάποιες άλλες όμως, όπως στην Ελλάδα, η φυτοκάλυψη των στεγών είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο, παρόλο που οι κλιματικές συνθήκες και η κατασκευή των ελληνικών κτιρίων την επιτρέπουν, χωρίς να υπάρχουν ιδιαίτερα κατασκευαστικά προβλήματα. Ως οι πιο πιθανοί τύποι πολιτικών και δράσεων, οι οποίοι θα μπορούσαν να επιτύχουν, να διαδώσουν και να προβάλλουν καλύτερα την ιδέα των φυτεμένων δωματίων στην Ελλάδα είναι:

- Η πολιτική των άμεσων οικονομικών κινήτρων. Έχει δοκιμασθεί και έχει αποδειχθεί επιτυχημένη σε πολλές πόλεις του εξωτερικού. Με τον τρόπο αυτό παρέχονται επιδοτήσεις και επιχορηγήσεις ανά τετραγωνικό μέτρο φυτεμένου δώματος σε ιδιώτες που επιθυμούν να δημιουργήσουν τέτοιες κατασκευές στα δώματα των κτιρίων τους.
- Η υποχρεωτική φύτευση συγκεκριμένου ποσοστού κάλυψης του δώματος σε νέες κτιριακές κατασκευές, ανάλογα με την περιοχή και τις κλιματικές συνθήκες.
- Η ανάπτυξη φυτεμένων δωματίων σε δημόσια κτήρια, τα οποία θα μπορούσαν να εξασφαλίσουν επιδεικτικό χαρακτήρα. [12],[32]

11.5. ΜΕΙΩΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Η συνεισφορά των δέντρων και των φυτών στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι σημαντική. Σε ένα δρόμο με υγιή μεγάλα δέντρα η συγκέντρωση σκόνης μπορεί να μειωθεί έως και 7000 σωματίδια ανά λίτρο αέρα.

Εξ ίσου ευεργετική όμως είναι και η παρουσία των φυτών στους εσωτερικούς χώρους. Αρκετές φορές, ύστερα από πολύωρη διαμονή σε ένα διαμέρισμα, αισθανόμαστε πονοκέφαλο, τσούξιμο στα μάτια ή ναυτία, συμπτώματα που οφείλονται στους διάφορους αιωρούμενους ρύπους. Μέχρι πριν από λίγα χρόνια η λύση του προβλήματος ήταν ο αερισμός του χώρου από τα ανοίγματα, ή η εγκατάσταση ενός συστήματος εξαερισμού με δυνατότητα φιλτραρίσματος του αέρα.

Ύστερα από έρευνες πολλών ετών οι επιστήμονες απέδειξαν ότι υπάρχει και τρίτη λύση, απλούστερη και οικονομική, που είναι η χρήση φυτών εσωτερικού χώρου. Σύμφωνα με αποδεδειγμένες έρευνες, τα περισσότερα φυτά εσωτερικών χώρων μέσω της απορρόφησης των ρύπων μειώνουν σημαντικά τις συγκεντρώσεις βενζολίου και φορμαλδεΐδης, δύο πολύ σημαντικών καρκινογόνων ρύπων.

12. ΛΗΨΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΠΟΧΕΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ

12.1. ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΗ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ

Το ζητούμενο σε αυτή την περίπτωση είναι να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί ένα κτίριο στο οποίο η διαφορά θερμικών απωλειών - θερμικών κερδών να είναι κατά το δυνατό μικρότερη. Κατά το στάδιο λοιπόν του σχεδιασμού ζητήματα που θα προβληματίσουν τον μελετητή είναι: η χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο, ο προσανατολισμός, η λειτουργική οργάνωση των χώρων, η μορφή του κτιρίου, η κατασκευή των εξωτερικών δομικών στοιχείων με τις κατάλληλες μονώσεις, η θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων, η σκίαση, η εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων για τη θέρμανση κ.α.

12.1.1. Θερμικές απώλειες

Οι θερμικές απώλειες ενός κτιρίου εξαρτώνται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου και επηρεάζονται στο σύνολο τους από τη γεωμετρία του κτιρίου, υπό την έννοια του μεγέθους της εξωτερικής του επιφάνειας σε συνάρτηση με το εσωτερικό του εμβαδόν. Ένα κτίριο που έχει να αντιμετωπίσει χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες, όπως και ένα κτίριο που έχει εκτεταμένες επιφάνειες εξωτερικών τοίχων, θα έχει και μεγάλες θερμικές απώλειες. Υπό αυτήν την έννοια σε περιοχές με ψυχρό κλίμα τα κτίρια πρέπει να έχουν προσεκτική αντιμετώπιση των θερμικών απωλειών του κελύφους τους. Σημαντική είναι και η ανεμοστεγανότητα τους για τον περιορισμό του ανεπιθύμητου αερισμού. Σε περιπτώσεις που τα κτίρια χρησιμοποιούνται όλο το εικοσιτετράωρο, χρήσιμη είναι και η κινητή νυχτερινή θερμομόνωση.

Στην περίπτωση που οι θερμικές πρόσδοδοι κατά τη χειμερινή περίοδο δεν επαρκούν για να καλύψουν τις θερμικές απώλειες και αυτό συμβαίνει σε πολύ μεγάλο βαθμό στα μη θερμομονωμένα συμβατικά κυρίως κτίρια, προσάγεται στους εσωτερικούς χώρους θερμότητα μέσω της εγκατάστασης θέρμανσης, έτσι ώστε να καλυφθεί η διαφορά στο ισοζύγιο.

12.1.2. Παθητική θέρμανση

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθε κτίριο μπορεί να εκφρασθεί ανάλογα με το σύστημα παθητικής θέρμανσης που χρησιμοποιεί: άμεσο ηλιακό κέρδος μέσω σωστά υπολογισμένων και προσανατολισμένων ανοιγμάτων, τοίχος μάζας, θερμοκήπιο, ηλιακό αίθριο κ.α.

12.1.3. Προσαρμογή μικροκλίματος

Εφόσον έχει επιλεγεί το οικόπεδο για την ανέγερση ενός κτιρίου, είναι χρήσιμο να καταγραφεί ο σχεδιασμός για τη βελτίωση του μικροκλίματος του. Τέτοιες προτάσεις είναι η δημιουργία εμποδίων για την αποφυγή των ψυχρών ανέμων, με φύτευση ή δομικά στοιχεία, και η φύτευση με κατάλληλα φυτά που θα επιτρέπουν τον ηλιασμό του κτιρίου κατά τη χειμερινή περίοδο.

12.1.4. Θέση και προσανατολισμός κτιρίου

Η θέση του κτιρίου είναι δυνατόν να το προφυλάσσει από τους ψυχρούς ανέμους, αλλά και να προσφέρει δυνατότητα ηλιασμού.

Η τοποθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μεγιστοποιείται ο ηλιασμός του κτιρίου τον χειμώνα, κατά την χρονική διάρκεια 09:00-15:00 η οποία μπορεί να προσφέρει την αναγκαία ηλιακή θερμική ενέργεια για τη λειτουργία του κτιρίου ως συλλέκτη θερμότητας. Προσοχή πρέπει να δίνεται στα στοιχεία, δένδρα, κτίρια, λόφοι, που ενδεχομένως σκιάζουν το κτίριο.

Εκτός από τη θέση και η γεωμετρία του κτιρίου επηρεάζει άμεσα όχι μόνο την έκθεση του στους ψυχρούς ανέμους αλλά και τη δυνατότητα ηλιασμού του.

Ο κατάλληλος προσανατολισμός του κτιρίου προσφέρει μεγαλύτερη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία και γενικά μεγαλύτερη δυνατότητα εκμετάλλευσης των κλιματολογικών δεδομένων του οικοπέδου. Ένα κτίσμα επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς τον νότο, για τη σύλληψη της ηλιακής ακτινοβολίας τον χειμώνα, και αποτελεί την άριστη μορφή κτιρίου για οποιεσδήποτε κλιματικές συνθήκες. Αντίθετα, τα επιμήκη κτίρια κατά τον άξονα βορρά-νότου. λειτουργούν λιγότερο αποτελεσματικά, ενώ το τετράγωνο μπορεί να αποδίδει καλά σε ορισμένους τόπους.

12.2. ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΗ ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ

Το ζητούμενο σε αυτή την περίπτωση είναι να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί ένα κτίριο στο οποίο να ελαχιστοποιούνται οι θερμικές πρόσοδοι του και να δημιουργούνται προϋποθέσεις για τον παθητικό δροσισμό του. Τα μέτρα που εφαρμόζονται για την αποφυγή υπερθερμάνσεων κατά την περίοδο του καλοκαιριού αφορούν την βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών, την ηλιοπροστασία και τον αερισμό του κτιρίου, την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τα δομικά στοιχεία της κατασκευής κ.α.

Για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση είναι σημαντικό να βελτιωθούν οι μικροκλιματικές συνθήκες με την κατάλληλη φύτευση για σκίαση και εξατμιστικό δροσισμό, την επιλογή επιστρώσεων με τη χρήση υλικών μεγάλης ανακλαστικότητας αλλά και στην κατασκευή υδάτινων επιφανειών για την ενίσχυση του εξατμιστικού δροσισμού. Ένα άλλο αποτελεσματικό μέτρο είναι η επιλογή ηλιοπροστατευτικών διατάξεων σε σχέση με τον προσανατολισμό των όψεων, συνήθως προτιμώνται οριζόντιες διατάξεις στο νότο, κατακόρυφες διατάξεις στην ανατολή και στη δύση με σωστή κλίση σε σχέση με την πορεία των ηλιακών ακτίνων με σκοπό την απομάκρυνση της ηλιακής ακτινοβολίας από το περιβάλλον του κτιρίου. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικοί κρύσταλλοι σε παράθυρα και πόρτες οι οποίοι μειώνουν τη διαπερατότητα της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω ανακλαστικών, απορροφητικών και χαμηλής εκπομπής υαλοπινάκων. Ο διαμπερής αερισμός των χώρων και η ενίσχυση του νυχτερινού αερισμού για την αποφόρτιση των δομικών στοιχείων από τη θερμότητα που συσσωρεύεται στις ώρες αιχμής θεωρούνται απαραίτητα για το κλίμα της Ελλάδας. Αν τα ήδη υπάρχοντα ανοίγματα δεν μπορούν να ικανοποιήσουν αυτές τις ανάγκες κρίνεται σκόπιμη η χρήση ανοιγμάτων στην οροφή του κτιρίου, την κατασκευή ηλιακής

καμινάδας τα οποία θα επιταχύνουν την απαγωγή του θερμού αέρα από το κτίριο ή τη χρήση ανεμόπυργου η οποία λόγω της εξαναγκασμένης κίνησης του αέρα αποτελούν αποτελεσματικές τεχνικές.

Μια άλλη λύση είναι η χρήση υλικών που διαθέτουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα καθώς προκαλούν χρονική καθυστέρηση της μετάδοσης της θερμότητας στους εσωτερικούς χώρους και σε συνδυασμό με τον νυχτερινό αερισμό επιτυγχάνεται ο φυσικός δροσισμός των χώρων και η αποφυγή της υπερθέρμανσης. Η κατασκευή ανοιχτόχρωμων επιχρισμάτων τα οποία ελαχιστοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται και μεγιστοποιούν την ανακλώμενη. Τέλος η ενίσχυση του φυσικού φωτισμού των χώρων με τον ταυτόχρονο περιορισμό των αναγκών σε χρήση τεχνητού φωτισμού έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό των εσωτερικών θερμικών φορτίων. Κάτι που προκαλείται και από την χρήση ηλεκτρικών και φωτιστικών συσκευών υψηλής απόδοσης.

Τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής καθώς και η χρήση του κτιρίου είναι αυτά που θα οδηγήσουν τον μελετητή στην επιλογή συστημάτων που θα βασίζονται στη θερινή ή την χειμερινή περίοδο. Το κύριο όμως στοιχείο της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι η ορθή συμπεριφορά της κατοικίας καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Γενικά κατά τον παθητικό ηλιακό σχεδιασμό λαμβάνονται υπόψη η παθητική θέρμανση, ο φυσικός δροσισμός αλλά και ο φωτισμός των κτιρίων ώστε να περιοριστεί η κατανάλωση της ενέργειας, να βελτιωθεί το μικροκλίμα και η ποιότητα ζωής των εσωτερικών χώρων. Για να ελεγχθεί η ομαλή λειτουργία των συστημάτων και να κριθεί το κτίριο ως χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, θα πρέπει κατά το στάδιο του σχεδιασμού να πραγματοποιηθούν προσομοιώσεις και από τα αποτελέσματα των υπολογισμών να αποφευχθούν τα λάθη και οι παραλήψεις, διότι αν αμεληθεί και χρειαστεί να γίνουν βελτιωτικές επεμβάσεις αφού ολοκληρωθεί η κατασκευή του κτιρίου τότε προκαλούνται τα οικονομικά προβλήματα και τα προβλήματα στην ομαλή λειτουργία του κτιρίου.

12.2.1. Θερμικές πρόσοδοι

Ο έλεγχος των θερμικών προσόδων τη θερμή εαρινή περίοδο έγκειται στην επιλογή της κατάλληλης γεωμετρίας του κτιρίου ώστε να περιοριστούν κυρίως οι ηλιακές και θερμικές πρόσοδοι. Η κτιριακή γεωμετρία είναι βασική για τον έλεγχο των ηλιακών κερδών. Κτίρια αυτοσκιαζόμενα λόγω της διάταξης του όγκου τους ή κτίρια που σκιάζουν με κατάλληλες διατάξεις το δώμα και τις παρειές τους παρέχουν μεγαλύτερο έλεγχο των ηλιακών προσόδων. Παράλληλα, η επιλογή της κατάλληλης γεωμετρίας επιτρέπει τον πληρέστερο φυσικό φωτισμό.

Η θερμομόνωση του κελύφους των κτιρίων καθώς και η θερμική αδράνεια, είναι επίσης πολύ σημαντικές παράμετροι. Επιπλέον η ανακλαστικότητα των πλήρων στοιχείων του κελύφους των κτιρίων ή ο σκιασμός τους μειώνουν την θερμική πρόσοδο μέσω του κελύφους, όπως και ο σκιασμός των ανοιγμάτων ο οποίος συμβάλλει στον έλεγχο της εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω αυτών. Τέλος, η επιλογή συσκευών και φωτιστικών χαμηλής ηλεκτρικής κατανάλωσης και η υιοθέτηση του φυσικού φωτισμού έναντι του τεχνητού φωτισμού περιορίζουν σημαντικά τις εσωτερικές προσόδους των κτιρίων.

12.2.2. Παθητικός δροσισμός

Ο φυσικός αερισμός ανάλογα με τις συνθήκες και την εξωτερική θερμοκρασία είναι δυνατόν να ψύξει τα κτίρια. Η δυνατότητα αυτή εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας εξωτερικού και εσωτερικού χώρου και από την χρονική απαίτηση της ψύξης. Τα συστήματα παθητικού δροσισμού στοχεύουν στην παροχή δροσισμού όταν η διαφορά θερμοκρασίας εξωτερικού και εσωτερικού αέρα δεν είναι εκμεταλλεύσιμη. Τα συστήματα αυτά διαφοροποιούνται ανάλογα με το μέσο που χρησιμοποιούν για την ψύξη του αέρα, δηλαδή έδαφος, εξάτμιση ύδατος ή νυχτερινή ατμόσφαιρα.

Τη θερινή φυσικά περίοδο θα πρέπει να επιδιώκεται ο φυσικός δροσισμός του κτιρίου με την ελαχιστοποίηση των θερμικών κερδών και τη θερμική αποφόρτιση του κτιρίου μέσω του αερισμού και άλλων σχετικών μέτρων. Οι παραπάνω δύο ομάδες θερμικών ροών από και προς το κτίριο, (θερμικές απώλειες - θερμικά κέρδη) συνθέτουν στην πραγματικότητα και το θερμικό τους ισοζύγιο.

Στην επιδίωξη διαμπερούς αερισμού των χώρων και κυρίως στην πρόβλεψη ή ενίσχυση του νυχτερινού αερισμού τους για την αποφόρτιση των δομικών στοιχείων από τη θερμότητα που συσσωρεύεται κατά τις ώρες αιχμής, ιδίως για μεσογειακά κλίματα, όπου παρατηρούνται μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ ημέρας και νύχτας. Αν το μέτρο αυτό δεν μπορεί να ικανοποιηθεί από τα υπάρχοντα ανοίγματα στις όψεις του κτιρίου, τότε η χρήση ανοιγμάτων στην οροφή του κτιρίου, ή η κατασκευή ηλιακής καμινάδας για την επιτάχυνση απαγωγής του θερμού αέρα από το κτίριο, ή ανεμόπυργου για την εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα, θα αποτελούσαν μερικές από τις δοκιμασμένες στην πράξη αποτελεσματικές τεχνικές.

12.2.3. Προσαρμογή μικροκλίματος

Η βελτίωση του μικροκλίματος ενός οικοπέδου μπορεί να επιτευχθεί με το σκιασμό του οικοπέδου, την φυτική εδαφοκάλυψη, τον εξατμιστικό δροσισμό, την επιλογή επιστρώσεων με υλικά μεγάλης ανακλαστικότητας, καθώς και την πρόβλεψη υδάτινων επιφανειών για ενίσχυση και πάλι του εξατμιστικού δροσισμού καθώς και τη χρήση γενικά υδάτινων στοιχείων.

12.2.4. Θέση και προσανατολισμός κτιρίου

Η γεωμετρία του κτιρίου καθορίζει την έκθεση του στους δροσερούς ανέμους και προσφέρει δυνατότητες αυτοσκίασης.

Ο νότιος προσανατολισμός στην εύκρατη ζώνη είναι ο καταλληλότερος και για το καλοκαίρι, αφού η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν η μισή σε σχέση με την ανατολική και δυτική επιφάνεια.

Οι χώροι που δεν χρειάζονται ηλιακή πρόσοδο είναι δυνατόν να τοποθετούνται στην βορινή όψη, ενώ για όλους τους άλλους χώρους η ηλιοπροστασία το καλοκαίρι είναι απαραίτητη.

12.3. ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΕ ΟΛΟ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ

Τα μέτρα που αφορούν τον σωστό σχεδιασμό των κτιρίων για την διάρκεια όλου του έτους, είναι κυρίως μέτρα που αφορούν το φυσικό φωτισμό και αερισμό που υιοθετούνται για όλο το χρόνο ανάλογα με το κλίμα και η λειτουργία το κτιρίου.

12.3.1. Φυσικός φωτισμός

Ο φυσικός φωτισμός των κτιρίων είναι απαραίτητος όλο τον χρόνο για πρακτικούς, αισθητικούς και ψυχολογικούς λόγους και έχει υψηλά ενεργειακά οφέλη. Η αίσθηση του πραγματικού χρόνου και η επαφή με τους περιβαλλοντικές κλιματικές συνθήκες διασφαλίζονται μόνο με την παρουσία φυσικού ηλιακού φωτός. Επιπροσθέτως οι θερμικές προσόδοι από το φυσικό φωτισμό είναι μικρότερες των θερμικών προσόδων από τον τεχνητό φωτισμό, για το ίδιο επίπεδο φωτισμού.

12.3.2. Αερισμός

Η απαίτηση για αερισμό, καθώς και για φυσικό φωτισμό, εξαρτάται από τη χρήση του κτιρίου και ισχύει για όλο το χρόνο. Η ενεργειακή επιβάρυνση από τον αερισμό εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αέρα που εισάγεται στο κτίριο, η απαραίτητη εισαγόμενη ποσότητα του αέρα εξαρτάται από τον αριθμό των ατόμων που χρησιμοποιούν τους μελετώμενους χώρους, ενώ η ποιότητα του εσωτερικού αέρα εξαρτάται από τον αριθμό των ατόμων που το χρησιμοποιούν αλλά και από τα χρησιμοποιούμενα οικοδομικά υλικά.

**13. CASE STUDY:
ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗ
ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ
ΣΤΗ ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ**

13.1. ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ ΑΣΤΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ

Χαρακτηριστικό φαινόμενο των τελευταίων δεκαετιών αποτελεί η συνεχώς αυξανόμενη αστικοποίηση, η οποία οδήγησε στην πυκνή και σε μεγάλο βαθμό άναρχη οικοδομική ανάπτυξη. Απόρροια της κακώς εννοούμενης αστικής ανάπτυξης αποτελεί η υποβάθμιση της ποιότητας του αστικού δομημένου και φυσικού περιβάλλοντος.

Η ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, των υδάτων και του εδάφους καθώς και από την ένταση άλλων μορφών όχλησης όπως η υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα των εσωτερικών χώρων, ο θόρυβος, η ανεπάρκεια ελεύθερων χώρων και χώρων πρασίνου, η μη εξασφάλιση συνθηκών οπτικής και θερμικής άνεσης σε υπαίθριους αλλά και σε κλειστούς χώρους.

Από την άλλη πλευρά, η μετατροπή των αστικών κέντρων σε αξιοβίωτες πόλεις, αποτελεί στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τον 21 αιώνα. Για το λόγο αυτό ο αστικός σχεδιασμός ορίζεται υπό τους όρους της βιωσιμότητας σε φιλο-περιβαλλοντικό πλαίσιο.

Οι αρχές που θέτει ο περιβαλλοντικός πολεοδομικός σχεδιασμός, είτε για την αναγέννηση υφιστάμενων περιοχών είτε για την οικιστική επέκταση, είναι οι εξής:

- ανάδειξη της ταυτότητας και του χαρακτήρα του τόπου,
- περιβαλλοντικά φιλική σύνδεση με την υπόλοιπη πόλη,
- αποδοτικός σχεδιασμός της κίνησης πεζών, ποδηλάτων και οχημάτων,
- διακριτή απόδοση δημόσιων και ιδιωτικών υπαίθριων χώρων,
- ανάπτυξη μικτών χρήσεων,
- διαχείριση αστικών στερεών και υγρών αποβλήτων,
- βιώσιμο δομημένο περιβάλλον και ποιότητα ζωής,
- ισορροπία μεταξύ φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος,
- η επαναχρησιμοποίηση και ανακαίνιση του υφιστάμενου κτιριακού δυναμικού,
- εξοικονόμηση ενέργειας και πόρων.

Στο παραπάνω πλαίσιο υιοθετείται ο βιοκλιματικός σχεδιασμός για την βελτίωση των συνθηκών του δομημένου και φυσικού περιβάλλοντος, καθώς και της ποιότητας ζωής των κατοίκων στις πόλεις. Με βάση τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού προωθείται η στρατηγική φύτευση για τη βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών, η χρησιμοποίηση οικολογικών υλικών, η χρήση υγρών στοιχείων στην αρχιτεκτονική του τοπίου, η αξιοποίηση του προσανατολισμού, του ηλιασμού και των επικρατούντων ανέμων, η ενεργειακή βελτίωση των κτιρίων και η υιοθέτηση παθητικών συστημάτων.

Ένα αξιόλογο παράδειγμα εφαρμογής του βιοκλιματικού και οικολογικού σχεδιασμού για την ανάπλαση οικοδομικών τετραγώνων αποτελεί το πρόγραμμα *Grenelle de l'environnement*, του υπουργείου Οικολογίας Ενέργειας, Βιώσιμης Ανάπτυξης και Χωροταξίας της Γαλλίας (Μάιος 2007). Το πρόγραμμα προέβλεπε τη προώθηση εθελοντικών προγραμμάτων τα οποία θα ενσωματώνουν στόχους σχετικά με την ενέργεια, την αρχιτεκτονική και τη τόνωση της κοινωνίας, προτείνοντας έτσι την ανακαίνιση των υφιστάμενων κτιρίων, την ανάπτυξη των μεταφορών και την εξοικονόμηση της ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη συγχρόνως τη περιβαλλοντική, οικονομική και κοινωνική πραγματικότητα. Εισήγαγε λοιπόν την ιδέα των οικολογικών τετραγώνων «*éco-quartiers*» μέσα στα πλαίσια των αρχών του συμμετοχικού σχεδιασμού.[61]



Εικόνα 13.0-1. Οικο-τεράγωνο στη Γαλλία (Ville de Grenoble)

[63]

Σε ένα γενικό πλαίσιο, στόχος των *éco-quartiers* και του σχετικού προγράμματος είναι η δημιουργία αυτόνομων χωριών μέσα στις πόλεις, δημιουργώντας νέες σχέσεις μεταξύ ανθρώπων, μεταξύ δημόσιου – ιδιωτικού χώρου, μεταξύ δομημένου και φυσικού περιβάλλοντος, αναδιατυπώνοντας μια πράσινη λογική σε όλα τα επίπεδα χρήσης και λειτουργίας (Καλοκαιρινού Ε., 2009). Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν αρκετά παραδείγματα οικο-τετραγώνων και οικο-γειτονιών στην Ευρώπη, όπως το Ολυμπιακό χωριό του 2012 στο Λονδίνο και το *Beddington Zero Energy Development*. Πρόκειται για ενεργειακά αυτόνομες κατοικίες όπου οι διπλοί τοίχοι, τα ενισχυμένα πατώματα, οι φυτεμένες στέγες και ο σωστός προσανατολισμός μείωσαν κατά 88% τις ανάγκες για θέρμανση σε σχέση με τα συμβατικά σπίτια. Επιπλέον μειώθηκε η κατανάλωση ενέργειας κατά 57% για τη παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και η κατανάλωση νερού κατά 50%. Το προφίλ της «πράσινης» συνοικίας δεν εξαντλείται όμως στο επίπεδο των υλικών και των τεχνολογικών μέσων για την εξοικονόμηση της ενέργειας. Ο περιορισμός αναγκών μετακίνησης, η προώθηση των μέσων μαζικής μεταφοράς και οι εναλλακτικές λύσεις για τον περιορισμό χρήσης ιδιωτικών οχημάτων αποτέλεσαν βασικές αρχές στο σχεδιασμό της [59].



Εικόνα 13.0-2. Η γειτονιά BedZED

[59]

Το παραπάνω παράδειγμα αφορά τη δημιουργία μιας νέας γειτονιάς, όμως μεγαλύτερο ενδιαφέρον ίσως προκαλεί η ανανέωση μιας ήδη υπάρχουσας αστικής περιοχής, όπως η περίπτωση του Quartier Vesterbro, στην Κοπεγχάγη[62].



Εικόνα 13.0-3. Οικολογική ανάπλαση γειτονιάς Vesterbro στη Κοπεγχάγη

[62]

Σε ότι αφορά την ελληνική πραγματικότητα αξίζει να σημειωθεί ότι πρόσφατα ανακοινώθηκε η δράση «Πράσινη Γειτονιά» του ΥΠΕΚΑ, στόχος της οποίας είναι να αναπτύξει και να υλοποιήσει πράσινες και βιώσιμες οικιστικές αστικές ενότητες – Πράσινες Γειτονιές – με:

- κτίρια «μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης και μηδενικών εκπομπών» και
- κτίρια χαμηλής (εξορθολογισμένης) ενεργειακής κατανάλωσης, ενταγμένα σε ένα βελτιστοποιημένο αστικό περιβάλλον.

Στα πλαίσια της δράσης έχει προγραμματιστεί μια πιλοτική – επιδεικτική και καινοτόμος εφαρμογή ανάπλασης ενός οικοδομικού τετραγώνου στο Δήμο Αιγάλεω. Οι κύριοι άξονες της εφαρμογής θα είναι τρεις:

- Η ενεργειακή αναβάθμιση των υπαρχόντων κτιρίων με χρήση τεχνικών και συστημάτων εξοικονόμησης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ώστε να παρουσιάζουν μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο. Παράλληλα, χρήση υλικών, συστημάτων αλλά και μεθοδολογιών που παρουσιάζουν το μικρότερο δυνατό περιβαλλοντικό κόστος ταυτόχρονα με τη μέγιστη δυνατή παραμένουσα αξία στην χώρα.
- Η περιβαλλοντική αναβάθμιση των κτιρίων ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη διαχείριση του περιβαλλοντικών παραμέτρων και συστημάτων, όπως η διαχείριση των αποβλήτων, του νερού, κ.λπ.
- Η περιβαλλοντική αναβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος της περιοχής, ώστε να βελτιωθεί το μικροκλίμα, να αποφευχθεί η κλιματική επιβάρυνση των κτιρίων, να αναβαθμιστεί η θερμική και οπτική άνεση των πολιτών και να εξασφαλιστεί η βέλτιστη αστική περιβαλλοντική ποιότητα. Οι επεμβάσεις αυτές θα στηρίζονται στην χρήση σύγχρονης τεχνολογίας υλικών, αύξηση του πράσινου, διευκόλυνση της κίνησης του αέρα, μείωση της ανθρωπογενούς θερμότητας, κλπ, ώστε να βελτιωθεί το θερμικό ισοζύγιο της περιοχής.

13.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ

Στόχος της παρούσας μελέτης αποτελεί η διερεύνηση των δυνατοτήτων εφαρμογής των αρχών και συστημάτων του βιοκλιματικού σχεδιασμού για την ανάπλαση ενός οικοδομικού τετραγώνου. Για το σκοπό αυτό επιλέγεται ως περιοχή μελέτης ένα οικοδομικό τετράγωνο το οποίο βρίσκεται στο δίκτυο πυκνού αστικού ιστού του Δήμου Νέας Σμύρνης.

Αρχικά παρουσιάζεται με συνοπτικό τρόπο η ευρύτερη περιοχή στην οποία εντάσσεται το οικοδομικό τετράγωνο της μελέτης. Στη συνέχεια αποτυπώνεται το κτιριοδομικό δυναμικό της περιοχής. Η αποτύπωση αυτή εστιάζει στη χρήση, την ηλικία, το ύψος και τη διαμόρφωση των όψεων των κτιρίων και πραγματοποιείται με επιτόπια παρατήρηση, φωτογραφική αποτύπωση και απόδοση με χρήση του εργαλείου Google SketchUp.

Κατόπιν παρουσιάζονται τα κλιματικά δεδομένα και χρησιμοποιείται το εργαλείο weathertool (ένθετο του λογισμικού προσομοίωσης Ecotect) για την εκτίμηση της επίδρασης

των περιβαλλοντικών παραμέτρων και της απόδοσης των τεχνικών του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Επιπλέον, χρησιμοποιώντας το SketchUp πραγματοποιείται η μελέτη σκιασμού του Ο.Τ. για την διάρκεια όλου του έτους.

Τέλος προτείνονται οι δράσεις ανάπλασης οι οποίες διαρθρώνονται σε τρεις άξονες:

- βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων,
- ανάπλαση του περιβάλλοντος χώρου,
- εφαρμογή τεχνολογίας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

13.3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η Νέα Σμύρνη είναι ένα από τα νότια προάστια της Αθήνας και συνορεύει με τους δήμους Αθηναίων και Δάφνης στα βόρεια, Αγίου Δημητρίου στα ανατολικά, Παλαιού Φαλήρου στα νότια, και Καλλιθέας στα δυτικά. Όριο της Νέας Σμύρνης με την Καλλιθέα είναι η λεωφόρος Συγγρού. Τη Νέα Σμύρνη διασχίζει η γραμμή του τραμ, από τα βόρεια (το Δήμο Αθηναίων) μέχρι τα νότια (το Δήμο Παλαιού Φαλήρου). Η έκταση του Δήμου είναι 3,524 km² [58].



Εικόνα 13.0-4. Θέση του Δήμου Νέας Σμύρνης στο λεκανοπέδιο Αττικής

[58]

Η περιοχή της σημερινής Νέας Σμύρνης ονομαζόταν στο παρελθόν Ανάλατος, λόγω ενός πηγαδιού με γλυκό νερό που βρισκόταν κοντά στο ναό των Αγίων Θεοδώρων, στη θέση

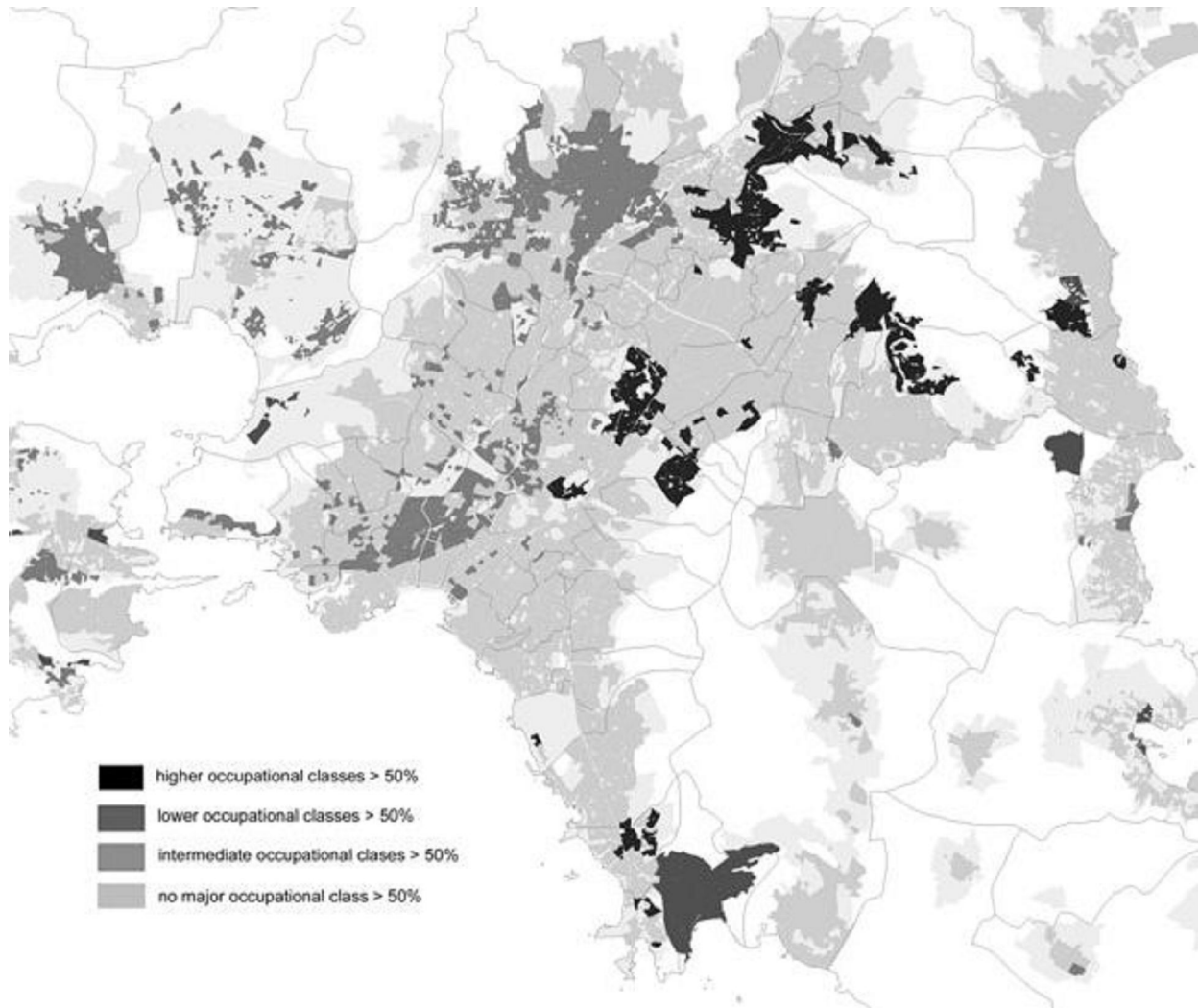
όπου βρίσκεται σήμερα το γήπεδο του Πανιωνίου. Η περιοχή άρχισε να κατοικείται στις αρχές του 20ού αιώνα, ενώ μέχρι τότε δεν είχε κατοικηθεί συστηματικά. Τη διέσχισε η Φαληρική οδός η οποία ένωνε την Αθήνα με το Φάληρο, το αρχαιότερο επίγειο της Αθήνας [58].

Μετά τη Μικρασιατική καταστροφή, το 1922-1923, η κυβέρνηση αποφάσισε την κατασκευή συνοικισμού για τους πρόσφυγες από τη Σμύρνη στην περιοχή και η οικοδόμησή του άρχισε το 1926. Το 1928 είχε πληθυσμό μόλις 210 κατοίκων. Μεταξύ 1933 η περιοχή αναπτύχθηκε σε πραγματική πόλη με πληθυσμό 6.500 κατοίκων, ο οποίος έφτασε τους 15.000 κατοίκους πριν το 1940. Η Νέα Σμύρνη έγινε Δήμος με το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου και την απελευθέρωση, το 1944 και οφείλει το όνομά της στην καταγωγή των προσφύγων κατοίκων της. Μεταπολεμικά η Νέα Σμύρνη ενσωματώθηκε στην Αθήνα που γιγαντώθηκε από την εσωτερική μετανάστευση και επεκτάθηκε προς τα ανατολικά και νότια με αυξανόμενο πληθυσμό [58].

Έτος	Πληθυσμός
1928	210
1933	6.500
1940	15.000
1951	22.074
1961	32.865
1971	42.512
1981	67.408
1991	69.749
2001	73.986

Εικόνα 13. 0-5. Πίνακας εξέλιξης πληθυσμού του Δήμου Νέας Σμύρνης

[58]

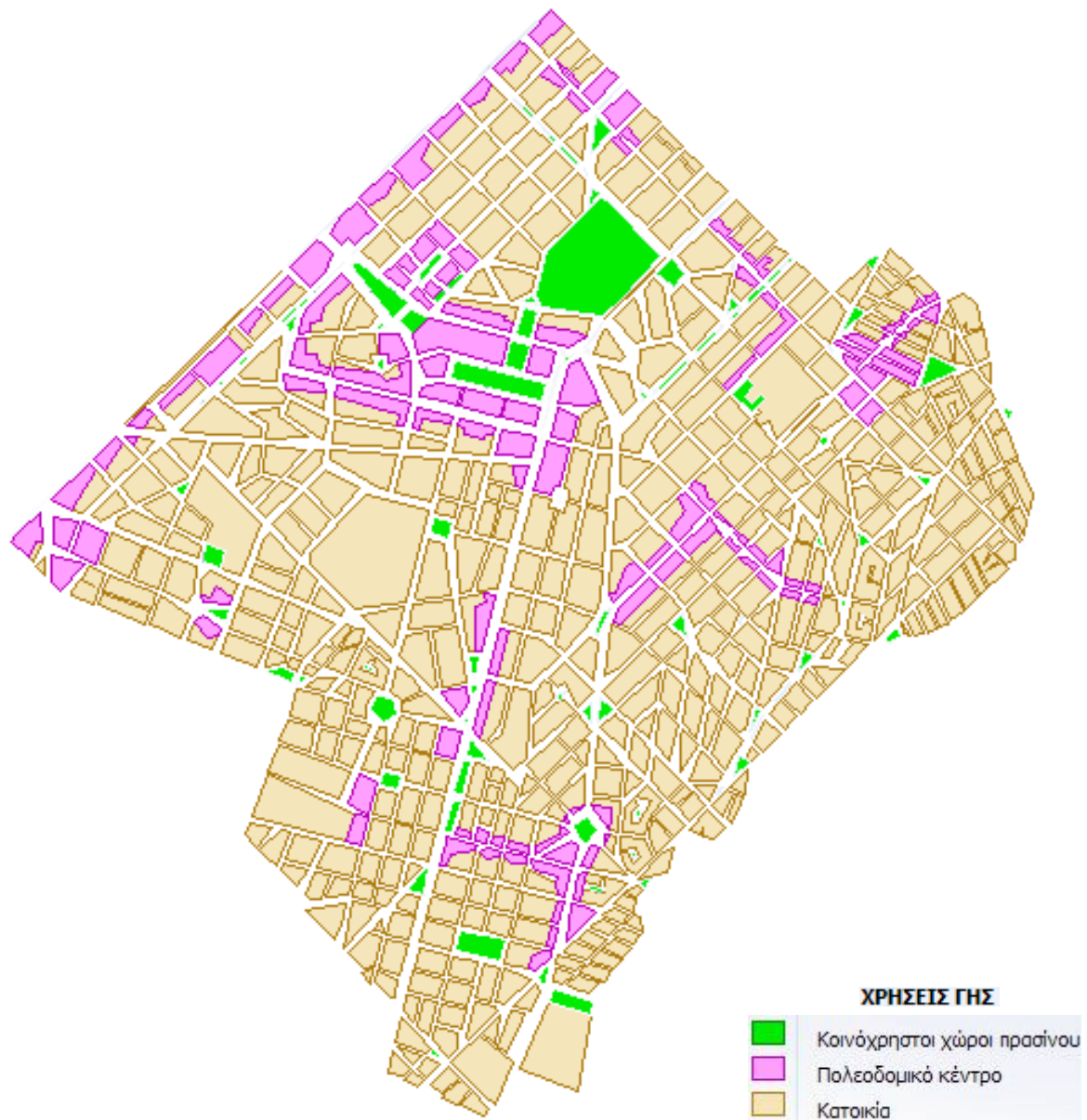


Εικόνα 13.0-6. Κοινωνική φυσιογνωμία των περιοχών της Αττικής

[52]

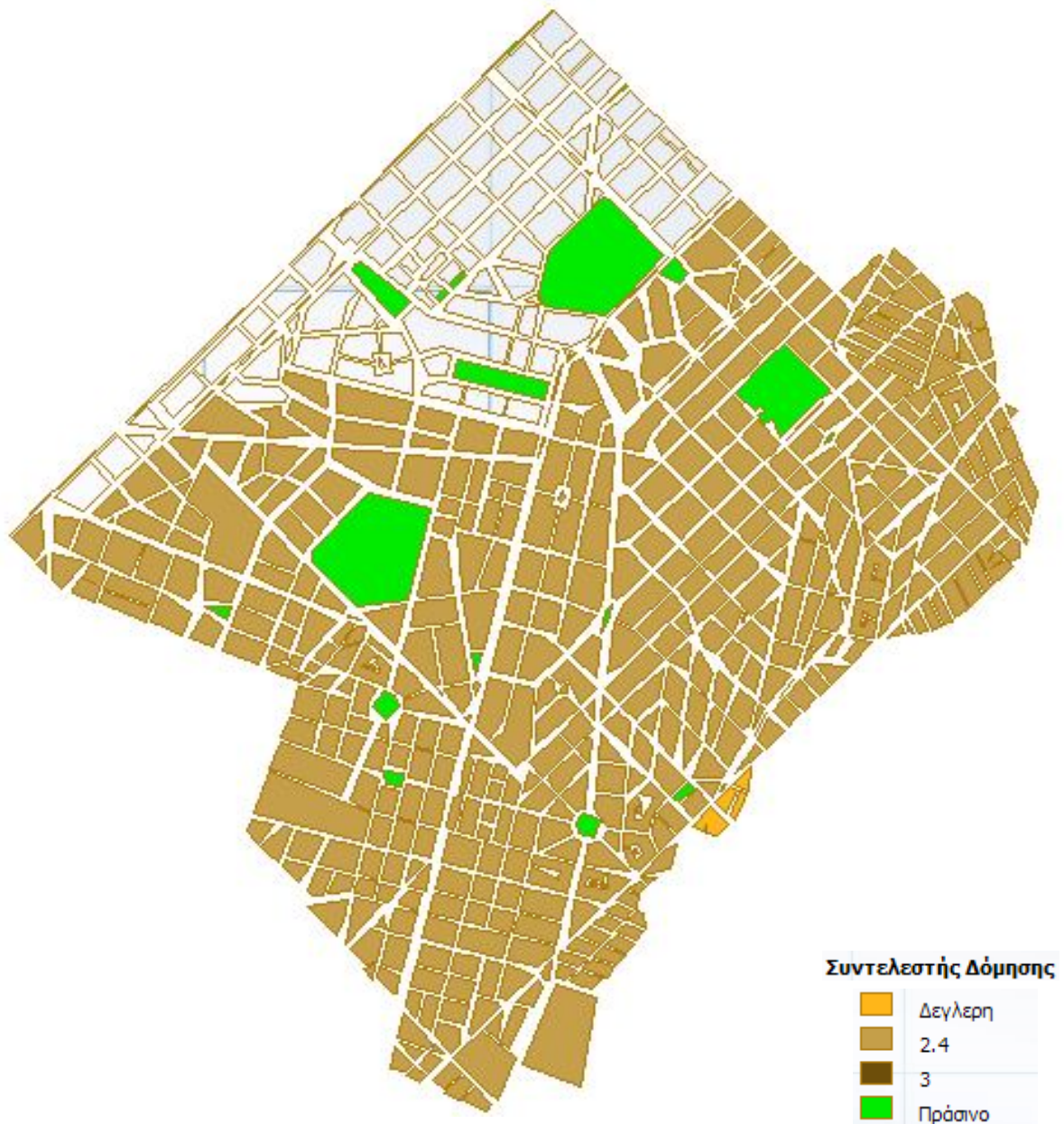
Όπως φαίνεται στο χάρτη της εικόνας 13.6, στην περιοχή μελέτης άνω του 50% του πληθυσμού ανήκει στις ενδιάμεσες επαγγελματικές τάξεις.

Σε ότι αφορά την πολεοδομική ανάπτυξη της Νέας Σμύρνης, παρατίθενται οι παρακάτω χάρτες με τις επικρατούσες χρήσεις γης, τον μέγιστο συντελεστή δόμησης, το μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος και τη κατάταξη του οδικού δικτύου.

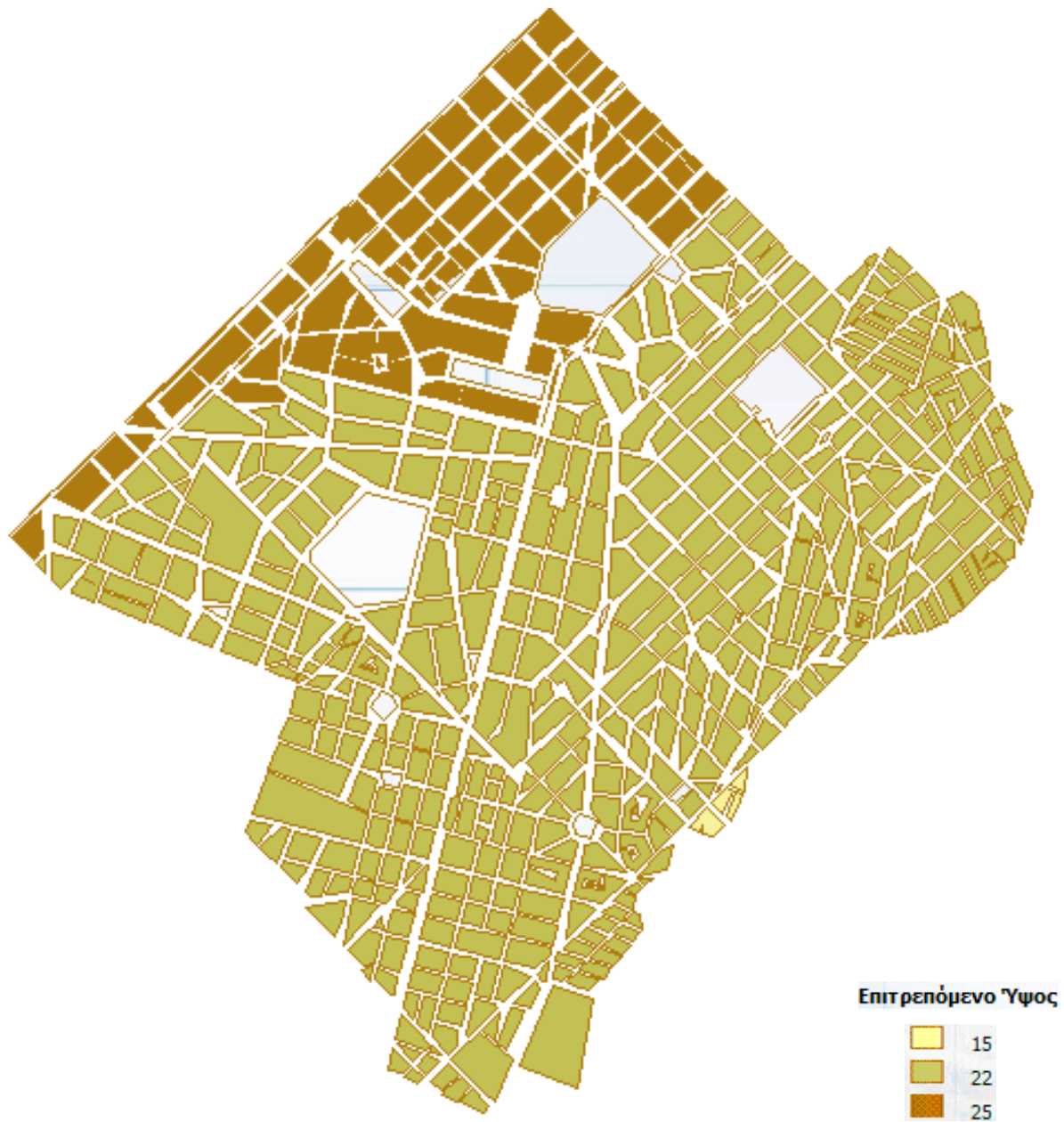


Εικόνα 13. 0-7. Αποτύπωση επικρατέστερων χρήσεων γης στην ευρύτερη περιοχή της Νέας Σμύρνης

[57]

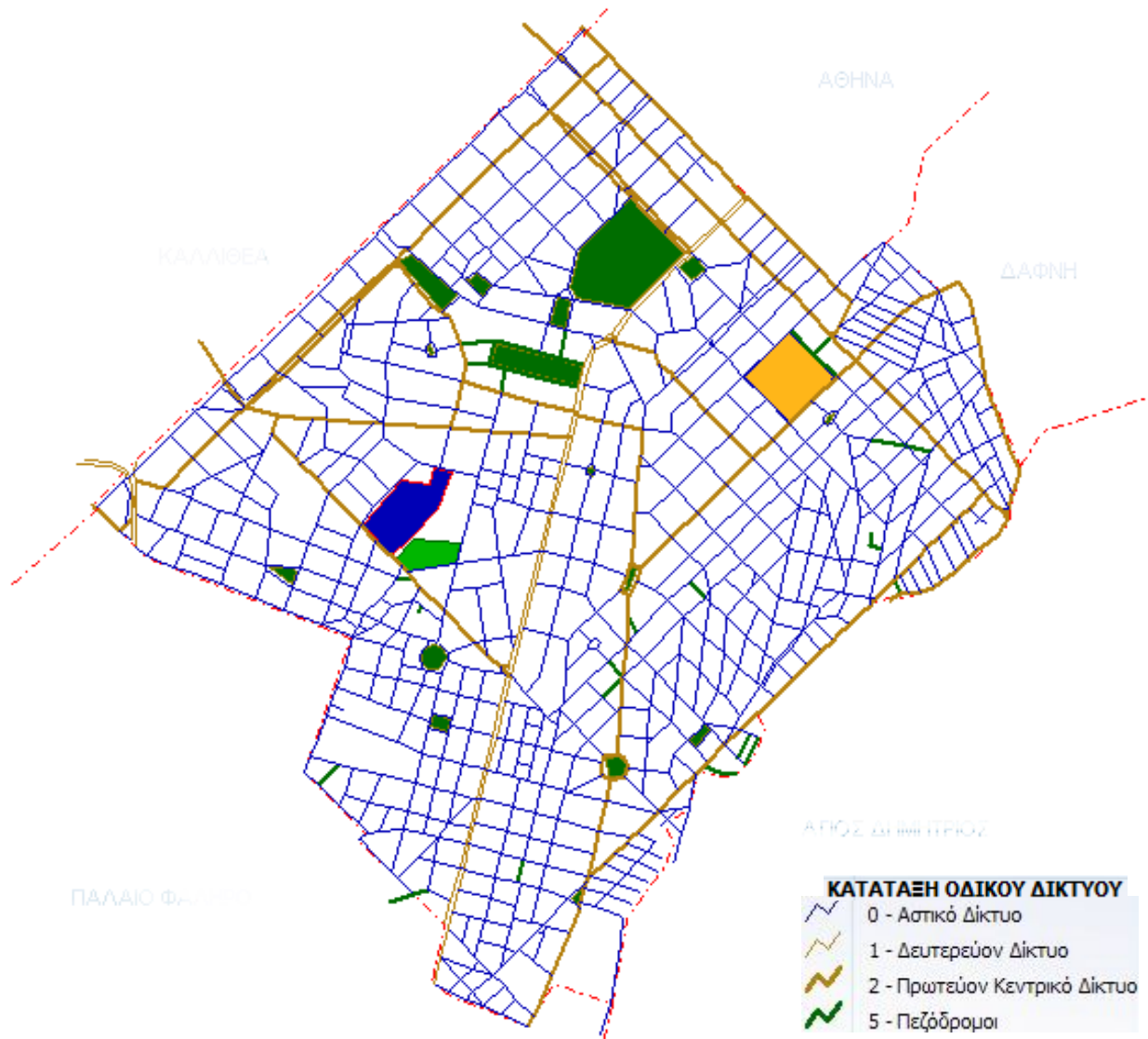


Εικόνα 13.0-8. Αποτόπωση μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή δόμησης της ευρύτερης περιοχής Νέας Σμύρνης



Εικόνα13.0-9. Αποτύπωση μέγιστου επιτρεπόμενου ύψους της ευρύτερης περιοχής Νέας Σμύρνης

[57]



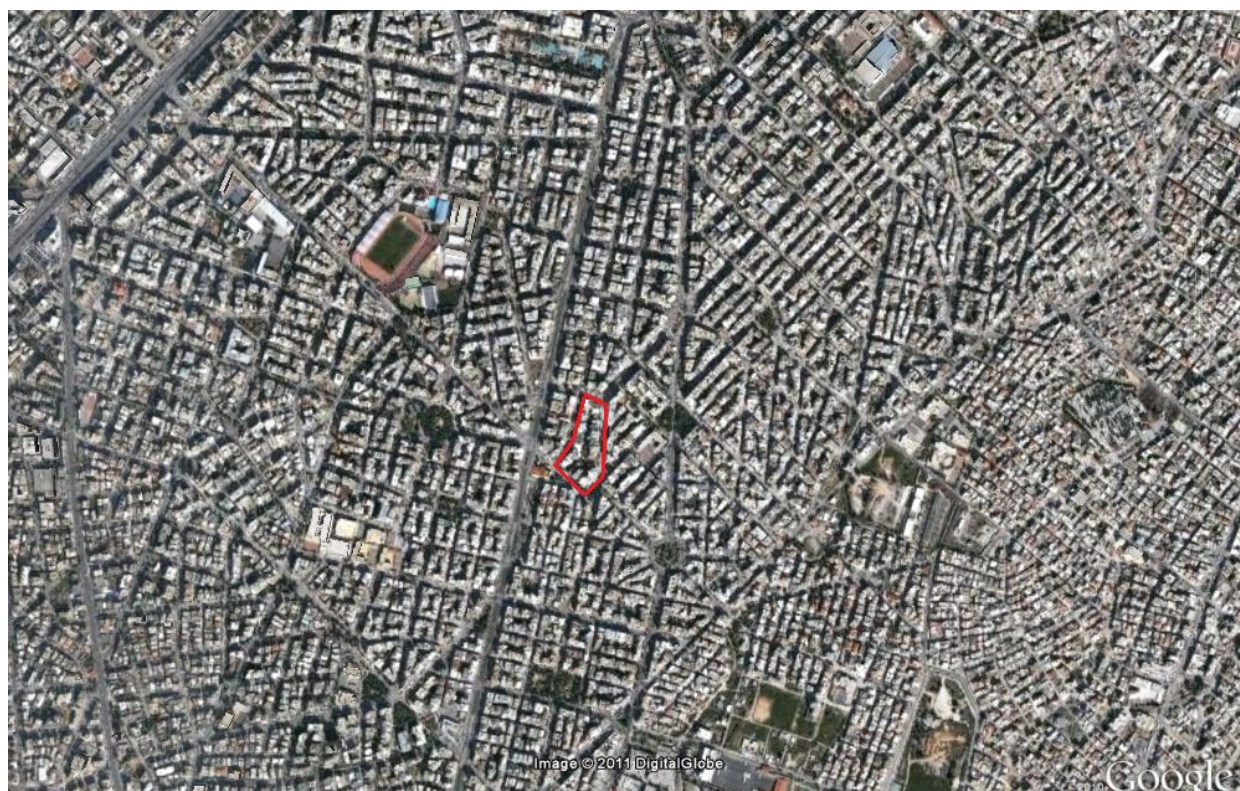
Εικόνα 13.0-10. Αποτύπωση κατάταξης οδικού δικτύου της ευρύτερης περιοχής Νέας Σμύρνης

[57]

Το οικοδομικό τετράγωνο που μελετάται βρίσκεται στη συνοικία της Αγίας Παρασκευής και περιβάλλεται από της οδούς Δαρδανελίων, Σοφούλη, Ικονίου, Κασαμπά και Στρατηγού Βελισαρίου. Η μορφή του ομοιάζει με τύπο «Δ» με κατεύθυνση ανάπτυξης Β-Ν. Σύμφωνα με τους επιτρεπόμενους όρους δόμησης της περιοχής ο μέγιστος συντελεστής δόμησης είναι 2,4 και το μέγιστο ύψος 22,0μ. Τα χαρακτηριστικά των δρόμων που το περιβάλλουν φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Οδός	Μέσο πλάτος	Κυκλοφοριακός φόρτος	Είδος
Δαρδανελίων	35,80m	μικρός	μονόδρομος
Σοφούλη	27,90m	μικρός	διπλής κατεύθυνσης
Ικονίου	15,80m	μικρός	μονόδρομος
Κασαμπά	27,80m	μικρός	μονόδρομος
Στρατηγού Βελισαρίου	18,60m	μικρός	διπλής κατεύθυνσης

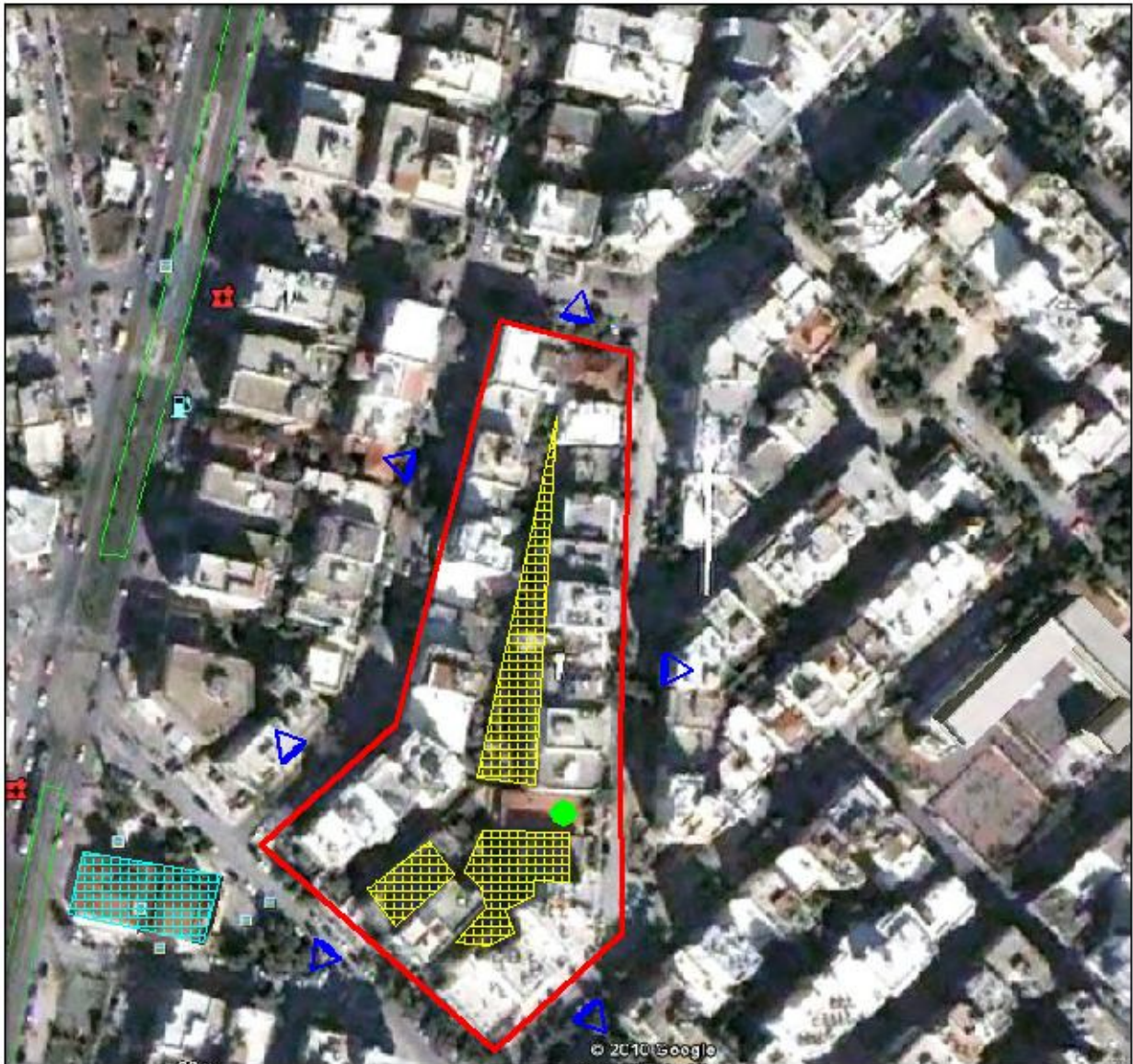
Εικόνα 13.0-11. Χαρακτηριστικά οδών που περιβάλλουν το υπό μελέτη οικοδομικό τετράγωνο



Εικόνα 13.0-12. Η θέση του υπό μελέτη οικοπέδου ως προς την ευρύτερη περιοχή της Νέας Σμύρνης

(googlearth)

Το εμβαδόν του υπό μελέτη οικοδομικού τετραγώνου είναι 10.500m² περίπου. Το ποσοστό ακάλυπτου χώρου εκτιμάται σε 30,5% (περί τα 3.200m²).



ΥΠΟΜΝΗΜΑ



Ακάλυπτος χώρος οικοδομικού τετραγώνου



Άμεση περιοχή μελέτης (ακτίνα 300m από τη θέση του έργου)



Εκκλησία Αγ. Παρασκευής

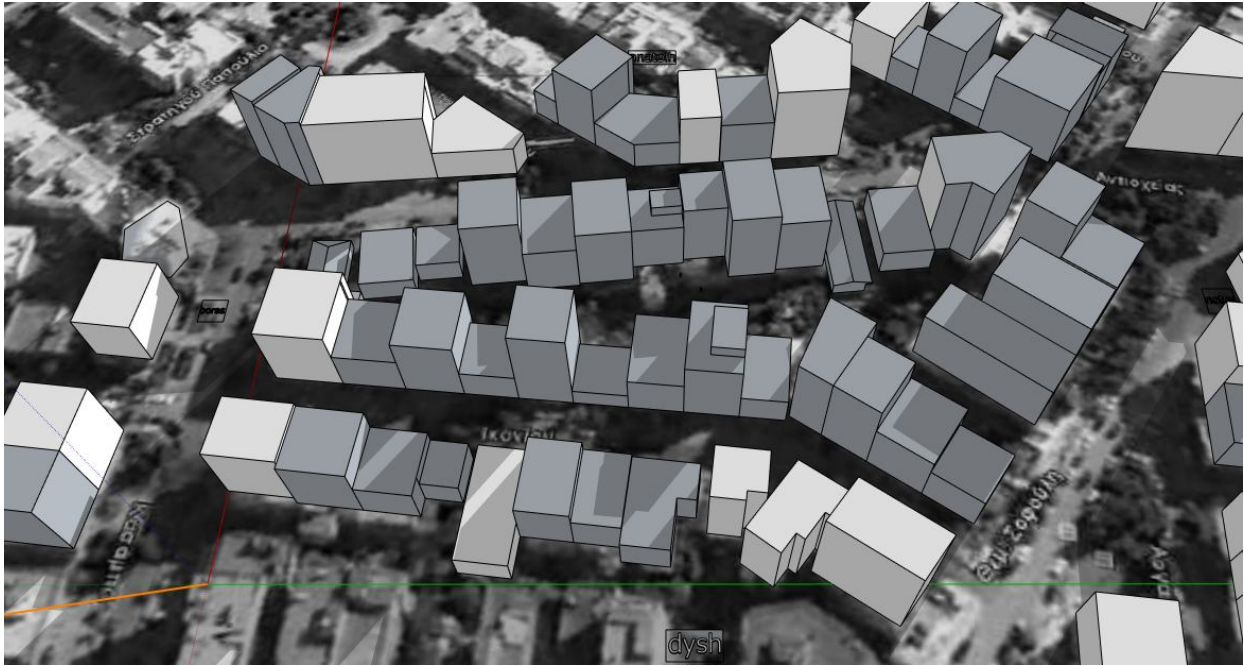


Θέση λήψης φωτογραφιών περιμετρικά της περιοχής μελέτης



5ο Νηπαγωγείο Ν. Σμύρνης

Εικόνα 13.0-13. Απεικόνιση του οικοδομικού τετραγώνου της μελέτης και χρήσεις γης



Εικόνα 13.0-14. Μοντέλο του υπό μελέτη οικοδομικού τετραγώνου – αποτύπωση σε Sketchup

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κτίρια επί της οδού Ικονίου. Πρόκειται για κτίρια με χρήση κατοικίας, στα δύο εκ των οποίων στο ισόγειο υπάρχουν χώροι καταστημάτων.



Εικόνα 13.0-15. Κτίριο 1 & 2

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ ΠΕΡΙΟΧΗ ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ



Εικόνα 13.0-16. Κτίριο 3 & 4



Εικόνα 13.0-17. Κτίριο 5 & 6



Εικόνα 13.0-18. Κτίριο 7 & 8



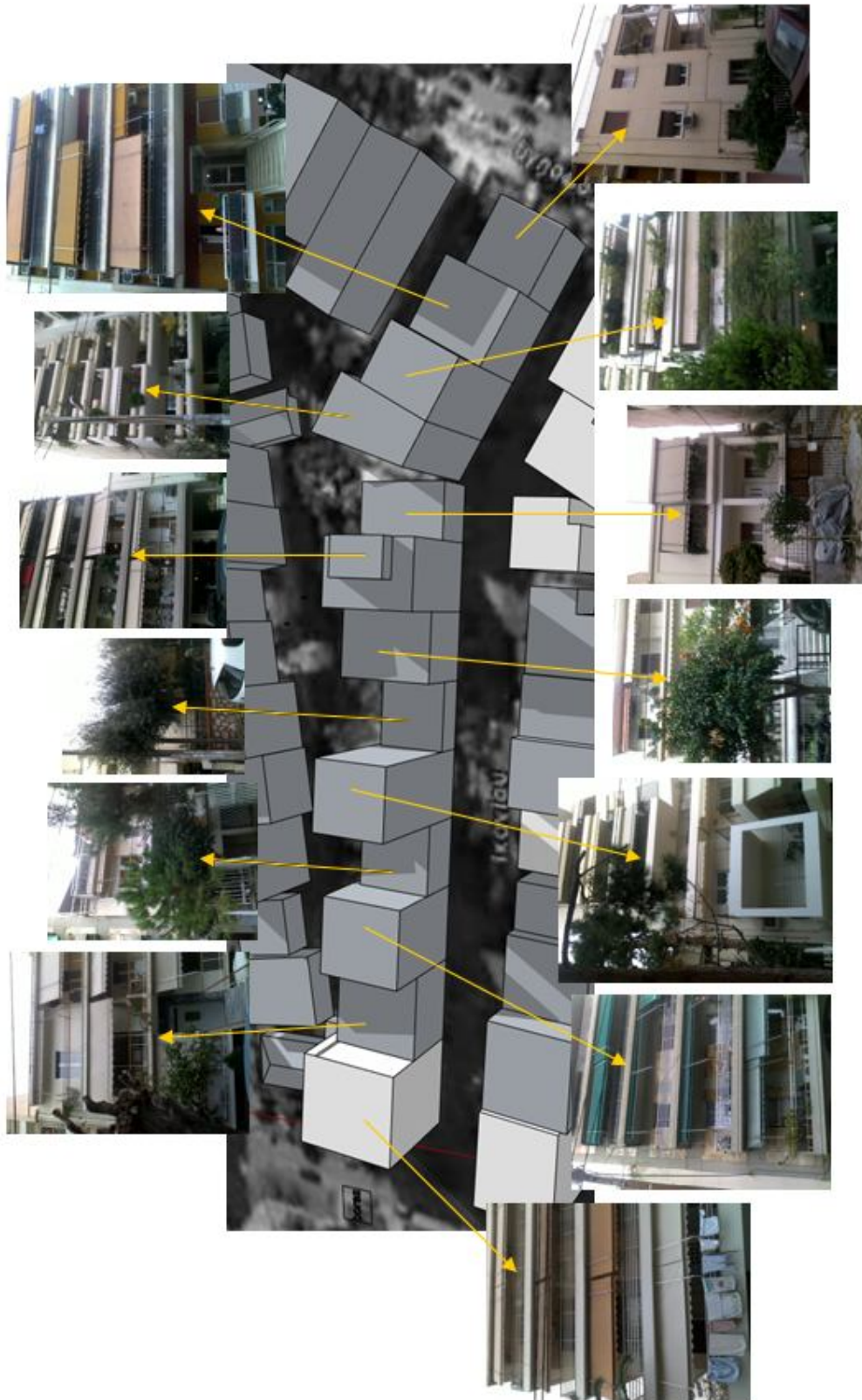
Εικόνα 13.0-19. Κτίριο 9



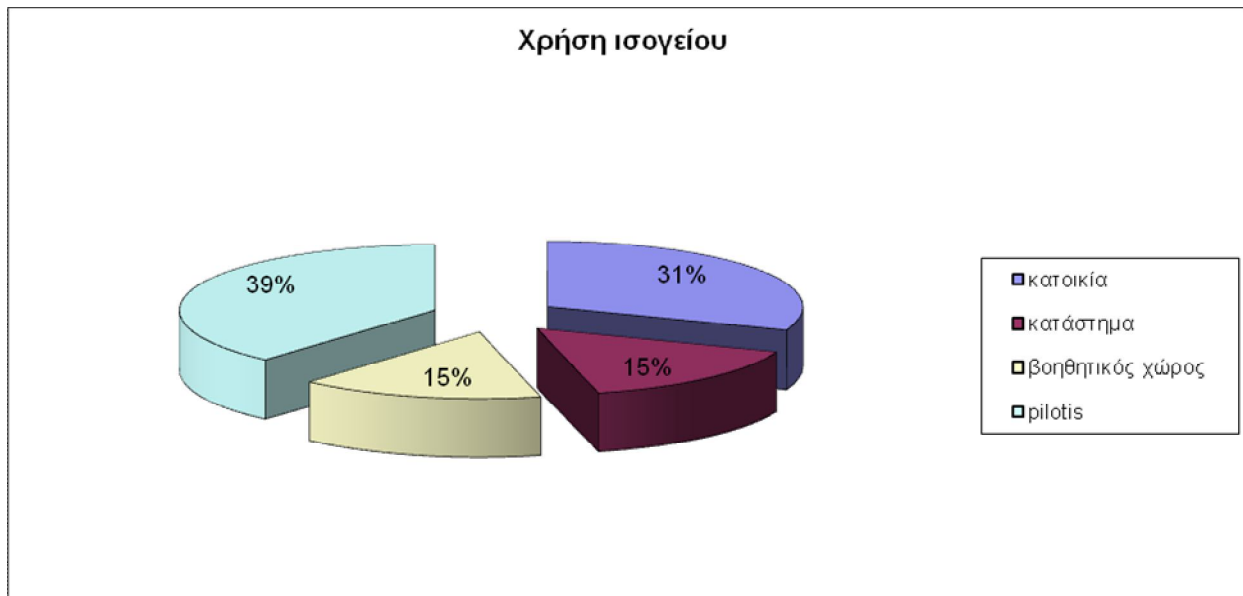
Εικόνα 13.0-20. Κτίριο 10 & 11



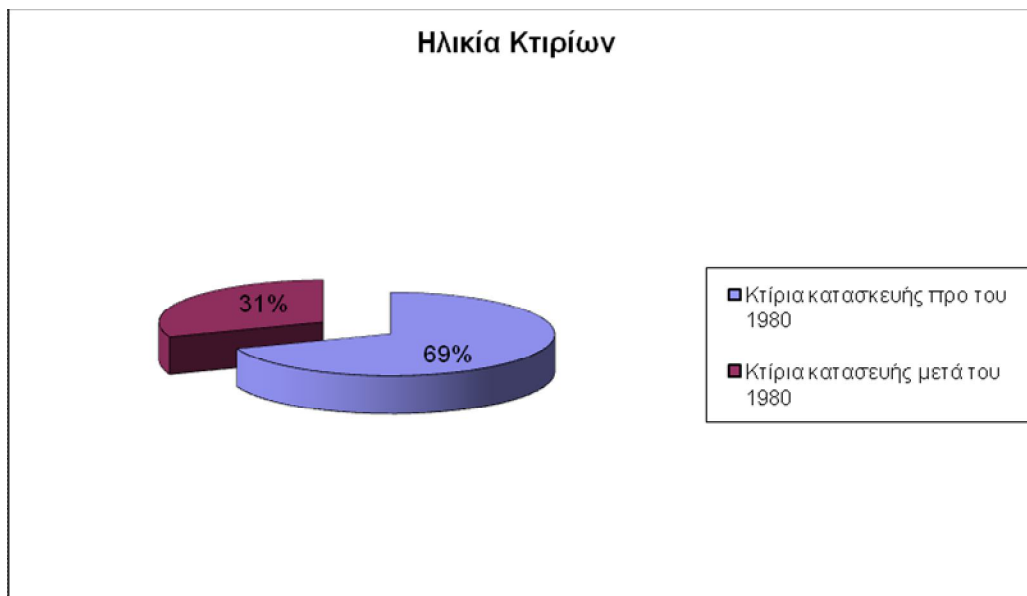
Εικόνα 13.0-21. Κτίριο 12 & 13



Εικόνα 13.0-22. Αποψη των κτιρίων επί της Οδού Ικονίου



Εικόνα 13.0-23. Χρήση ισογείου των κτιρίων επί της οδού Ικονίου^{1,2}



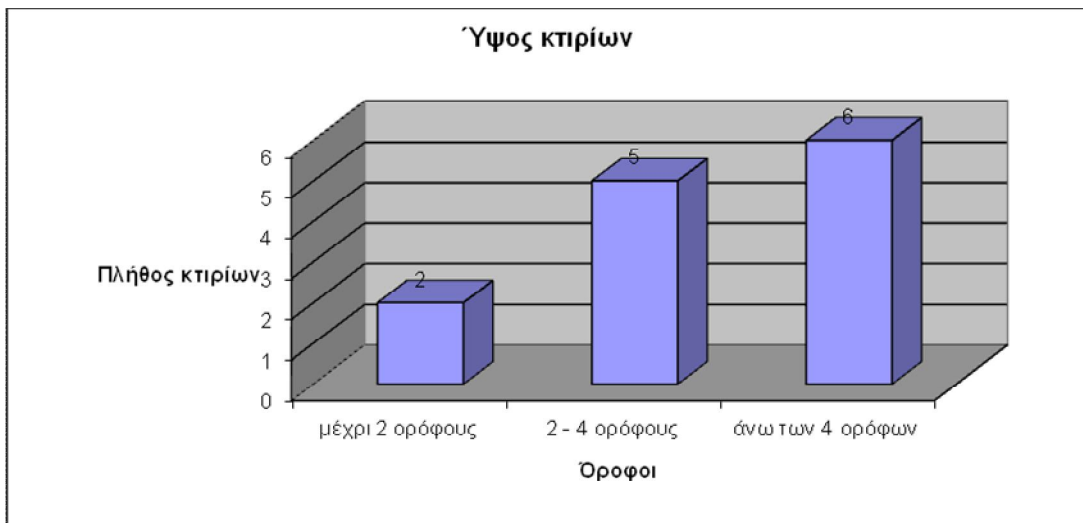
Εικόνα 13.0-24. Ηλικία κτιρίων επί της οδού Ικονίου

¹ Ως ισόγειοι χώροι λαμβάνονται και οι ημιυπόγειοι χώροι

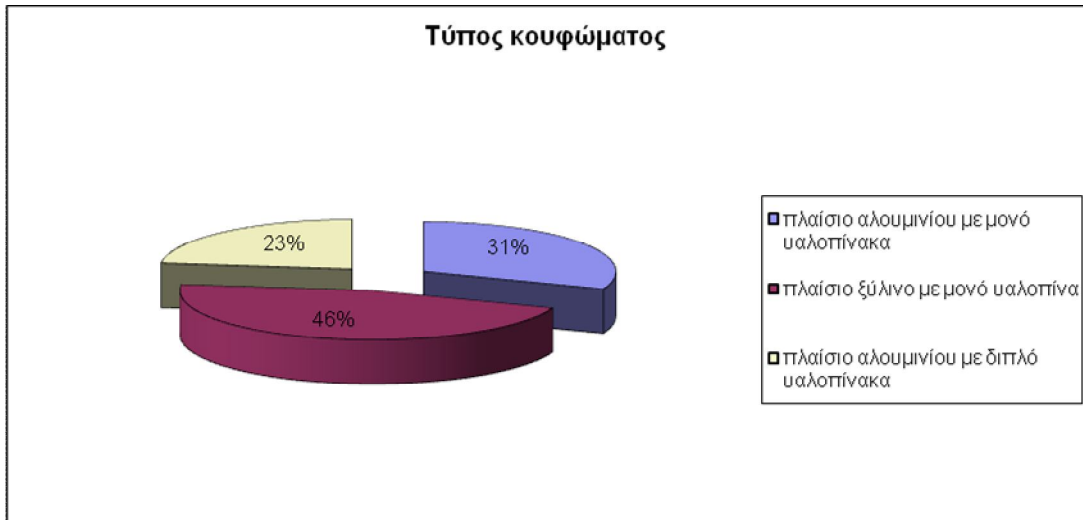
² Ως βοηθητικού χώροι νοούνται αποθήκες και χώροι στάθμευσης



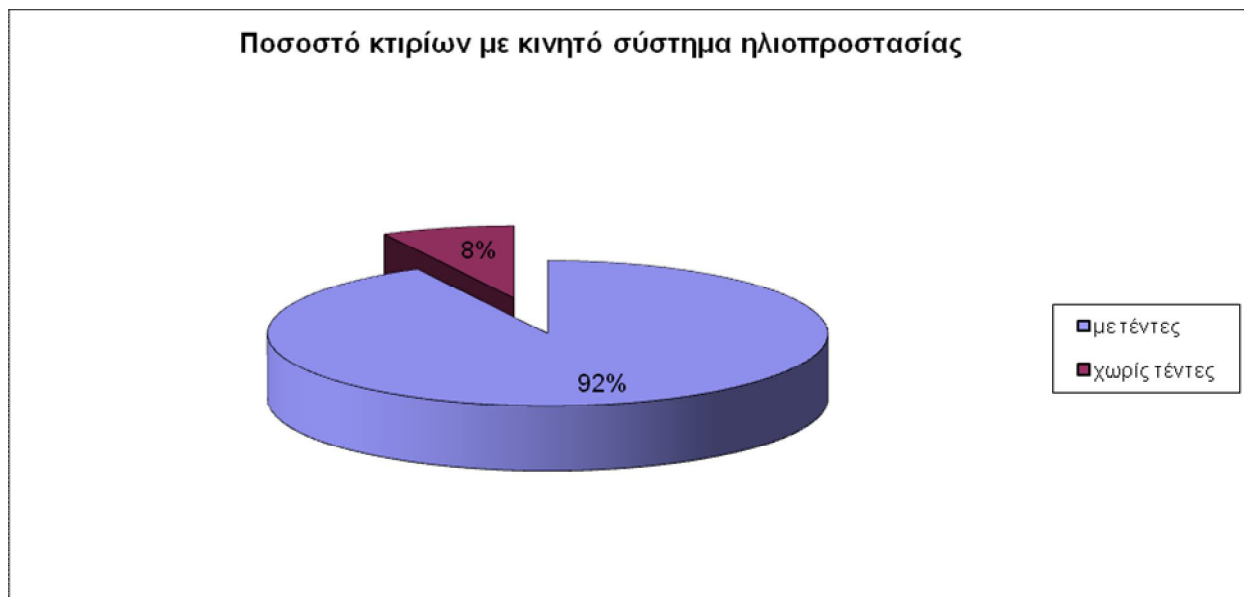
Εικόνα 13.0-25. Κατάταξη κτιρίων αναλόγως των όψεων με ανοίγματα επί της οδού Ικονίου



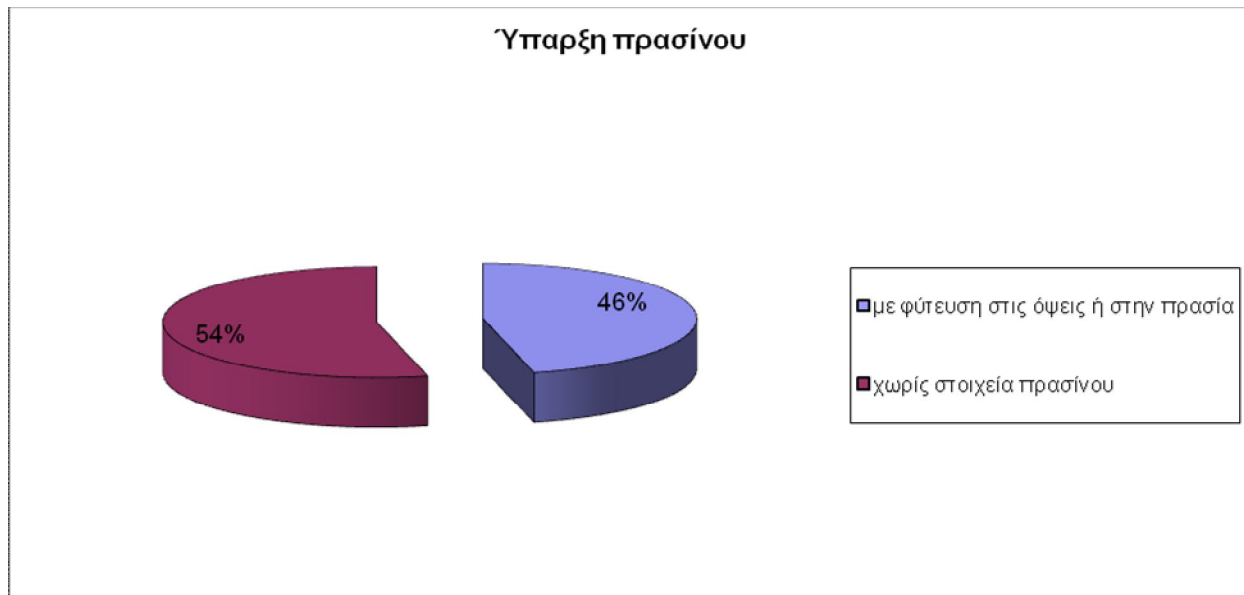
Εικόνα 13.0-26. Ύψος κτιρίων επί της οδού Ικονίου



Εικόνα 13.0-27. Τύπος κουφώματος των κτιρίων επί της οδού Ικονίου



Εικόνα 13.0-28. Ποσοστό κτιρίων με σύστημα ηλιοπροστασίας επί της οδού Ικονίου



Εικόνα 13.0-29. Ποσοστό κτιρίων με ύπαρξη στοιχείων πρασίνου επί της οδού Ικονίου

Η οδός Ικονίου έχει διεύθυνση από τον Βορρά προς το Νότο και οι κύριες όψεις των κτιρίων έχουν δυτικό προσανατολισμό, ενώ προς τον ακάλυπτο τα ανοίγματα είναι προσανατολισμένα στην ανατολή. Συνολικά υπάρχουν 13 κτίρια, από αυτά μόνο δύο είναι χαμηλά, τρία έχουν ανοίγματα σε τρεις όψεις, σχεδόν όλα έχουν τέντες ως κινητά συστήματα ηλιοπροστασίας κατά τη θερινή περίοδο, αρκετά έχουν πράσινο είτε στο προκήπιο είτε στους εξώστες και στην πλειοψηφία τους έχουν κατασκευαστεί πριν την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης³.

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα κτίρια επί της οδού Σοφούλη.

³ Η ηλικία εκτιμάται από την μορφολογία και τα υλικά των όψεων.



Εικόνα 13.0-30. Κτίριο 13



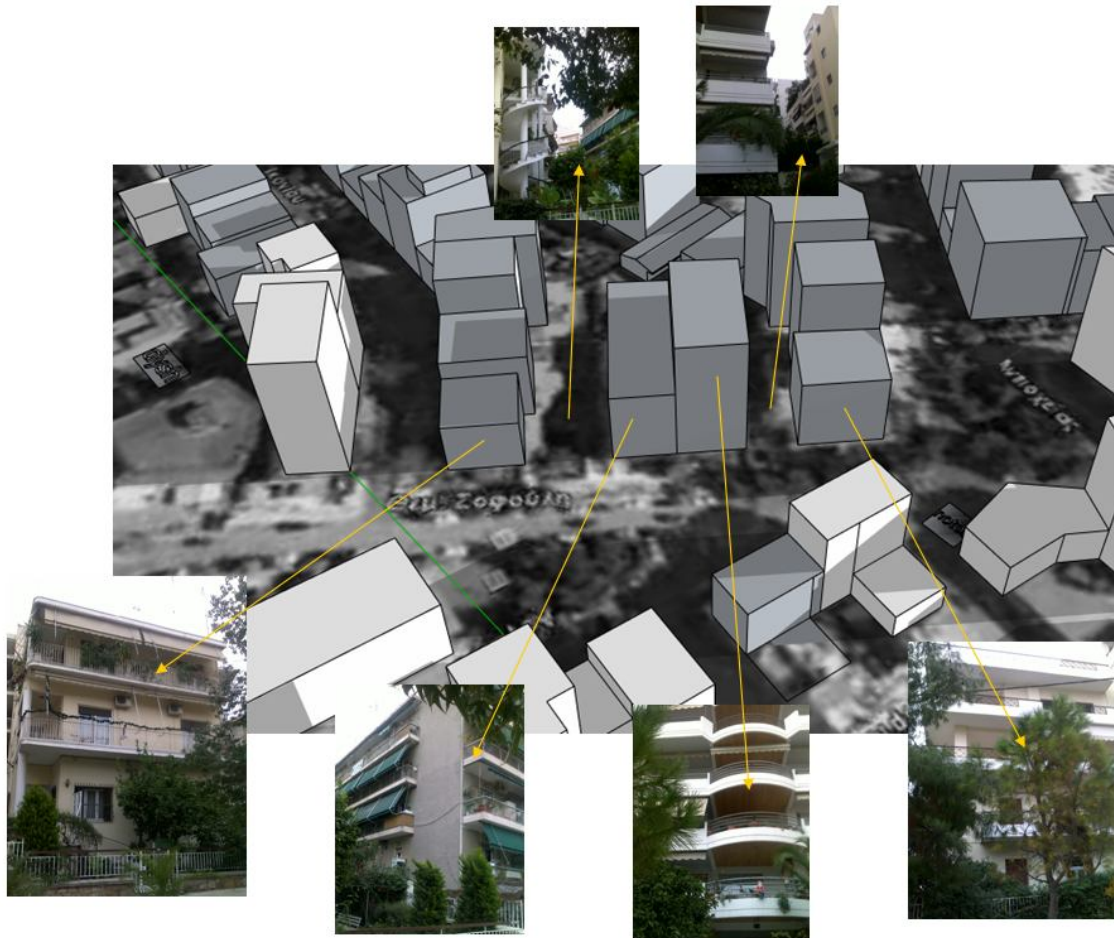
Εικόνα 13.0-31. Κτίριο 14



Εικόνα 13.0-32. Κτίριο 15

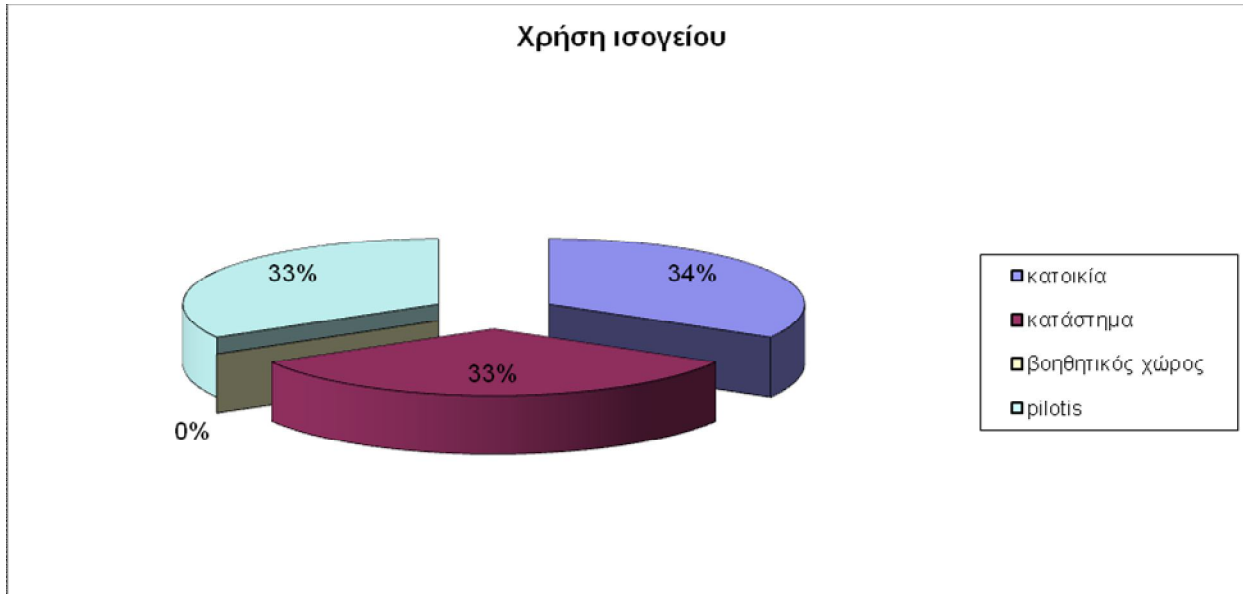


Εικόνα 13.0-33. Κτίριο 16

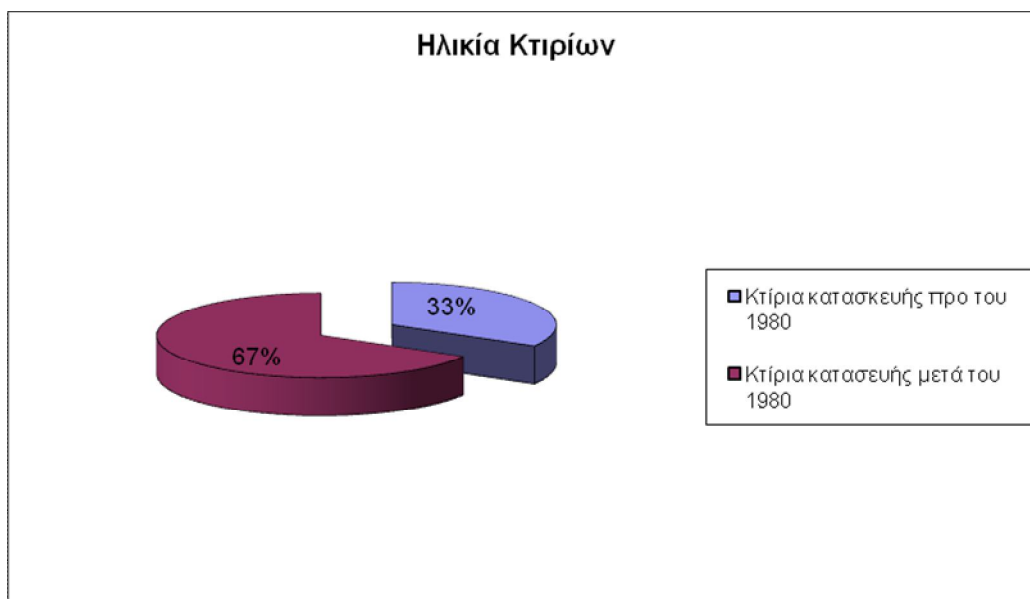


Εικόνα 13.0-34. Άποψη των κτιρίων επί της Οδού Σοφούλη

Η οδός Σοφούλη αναπτύσσεται κατά τον άξονα ανατολής-δύσης. Ο προσανατολισμός αυτός καθώς και το μεγάλο πλάτος της οδού σε συνδυασμό με την ύπαρξη κυρίως χαμηλών κτιρίων στην απέναντι πλευρά καθιστούν ιδανικές τις προϋποθέσεις για την εφαρμογή βιοκλιματικών τεχνικών. Επί της οδού έχουν πρόσοψη τέσσερα κτίρια, το ένα εκ των οποίων είναι το υπ' αρ.13 το οποίο εξετάστηκε στην προηγούμενη ενότητα (οδός Ικονίου). Το ένα κτίριο (υπ' αρ.14) είναι μια παλιά ψηλή πολυκατοικία με ανοίγματα σε τρεις όψεις, το δεύτερο (υπ' αρ.15) είναι μία σχετικά καινούρια ψηλή πολυκατοικία με pilotis και το τρίτο αποτελεί παλιό με προσθήκη νεότερων ορόφων.



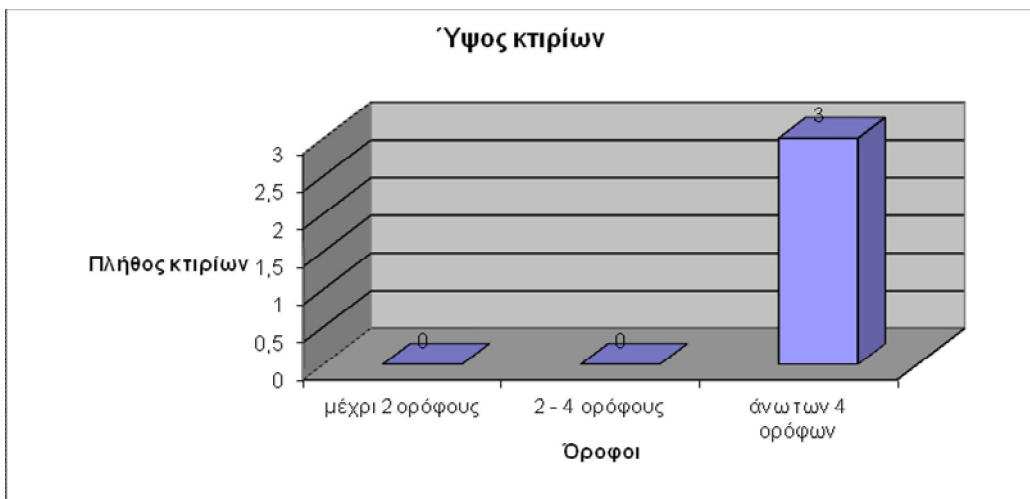
Εικόνα 13.0-35. Χρήση ισογείου των κτιρίων επί της οδού Σοφούλη



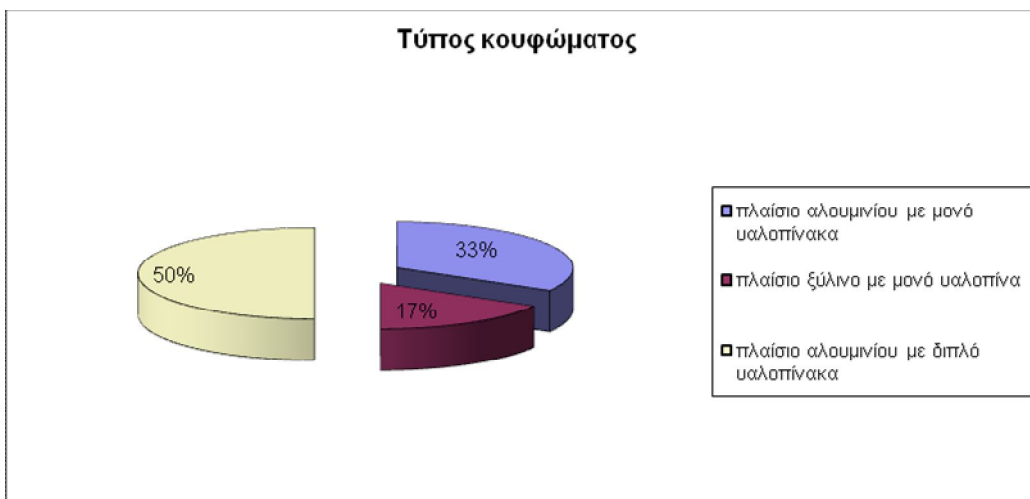
Εικόνα 13.0-36. Ηλικία κτιρίων επί της οδού Σοφούλη



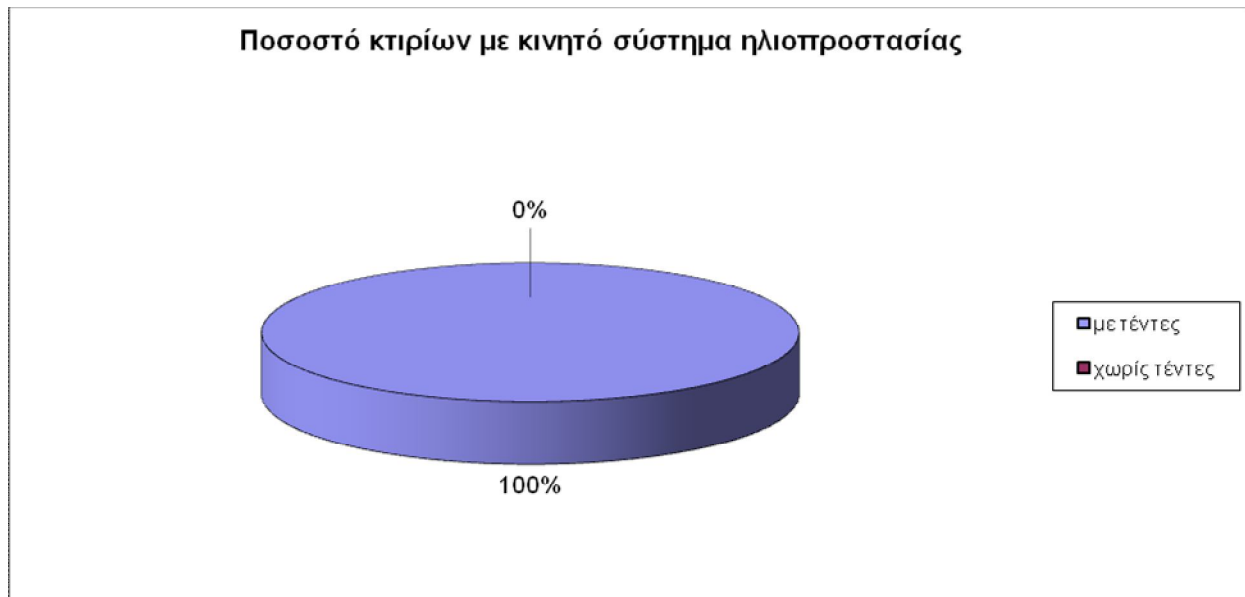
Εικόνα 13.0-37. Κατάταξη κτιρίων αναλόγως των όψεων με ανοίγματα επί της οδού Σοφούλη



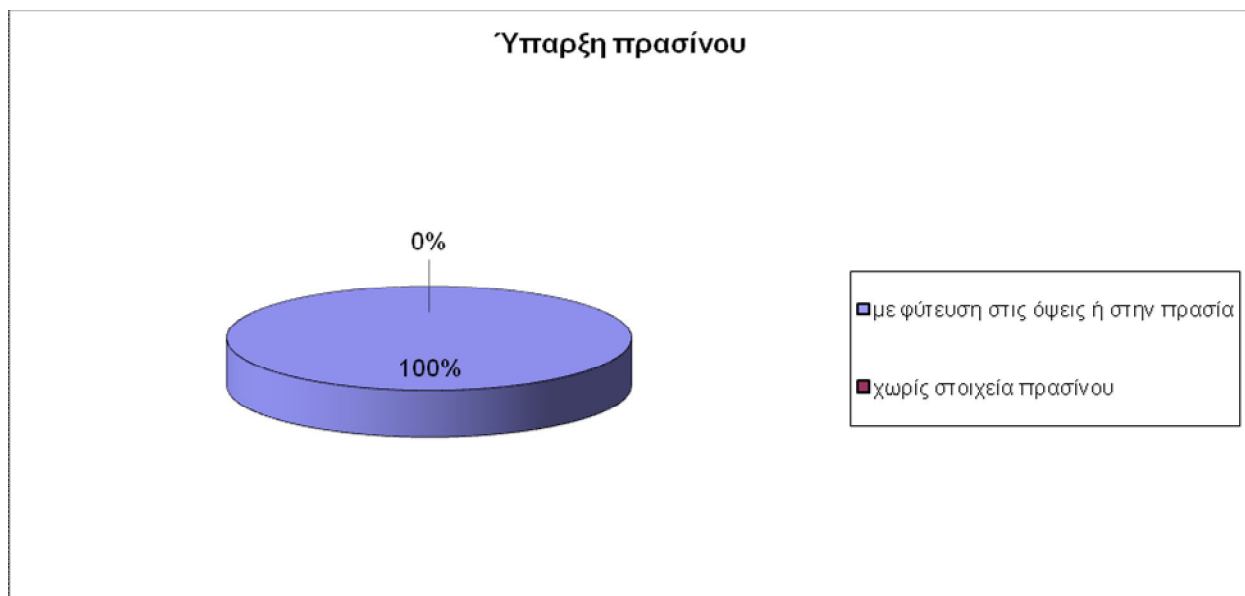
Εικόνα 13.0-38. Ύψος κτιρίων επί της οδού Σοφούλη



Εικόνα 13.0-39. Τύπος κουφωμάτων των κτιρίων επί της οδού Σοφούλη



Εικόνα 13.0-40. Ποσοστό κτιρίων με σύστημα ηλιοπροστασίας επί της οδού Σοφούλη



Εικόνα 13.0-41. Ποσοστό κτιρίων με ύπαρξη στοιχείων πρασίνου επί της οδού Σοφούλη

Συνεχίζοντας, οι οδοί Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου βρίσκονται στα ανατολικά του υπό μελέτη οικοδομικού τετραγώνου.



Εικόνα 13.0-42. Κτίριο 17



Εικόνα 13.0-43. Κτίριο 18



Εικόνα 13.0-44. Κτίρια 18 & 19



Εικόνα 13.0-45. Κτίριο 20



Εικόνα 13.0-46. Κτίρια 21 & 22



Εικόνα 13.0-47. Κτίρια 23 & 24



Εικόνα 13.0-48. Κτίριο 25

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ ΠΕΡΙΟΧΗ ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ



Εικόνα 13.0-49. Κτίριο 26



Εικόνα 13.0-50. Κτίριο 27





Εικόνα 13.0-51. Κτίριο 28



Εικόνα 13.0-52. Κτίριο 29



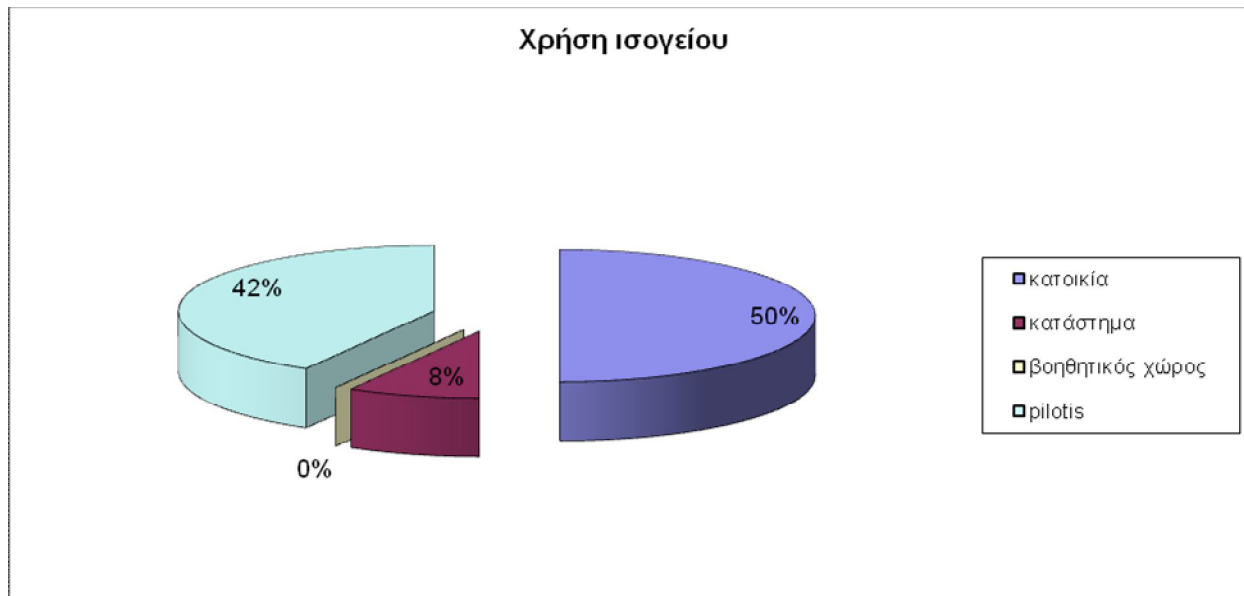


Εικόνα 13.0-53. Κτίριο 30

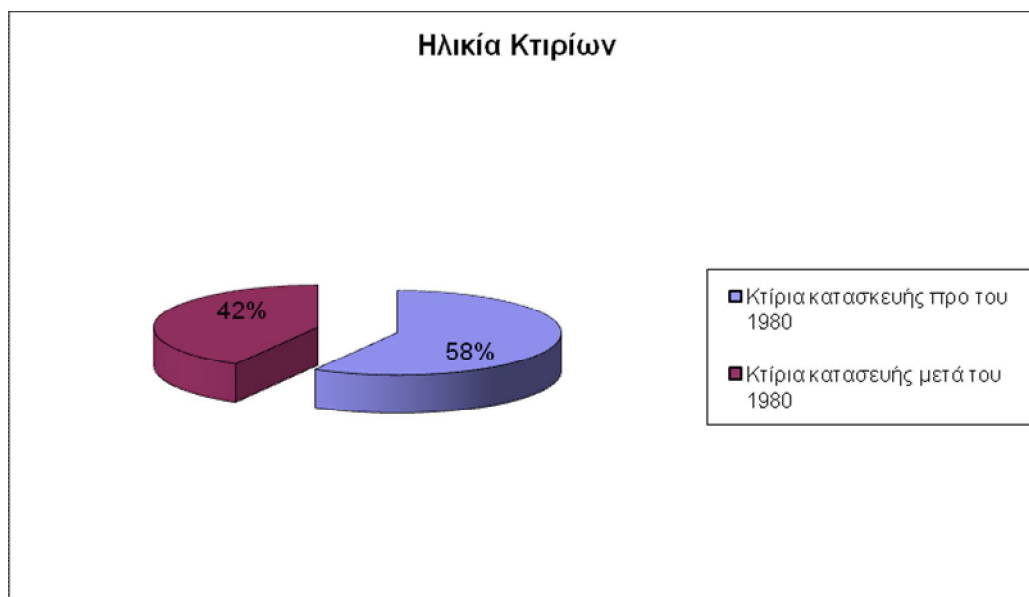


Εικόνα 13.0-54. Αποψη των κτιρίων επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισσαρίου

Στις οδούς Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου υπάρχουν 12 κτίρια κατοικίας και ένα κτίριο εκπαίδευσης (5^ο νηπιαγωγείο Νέας Σμύρνης). Τα διαγράμματα που ακολουθούν αφορούν όλα τα κτίρια των δύο οδών πλην του νηπιαγωγείου. Σε αυτές τις οδούς η πλειοψηφία των κτιρίων έχει κατασκευαστεί με την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης, είναι διαμπερή, ψηλά, με τέντες, ενώ έντονη είναι η παρουσία του πρασίνου.



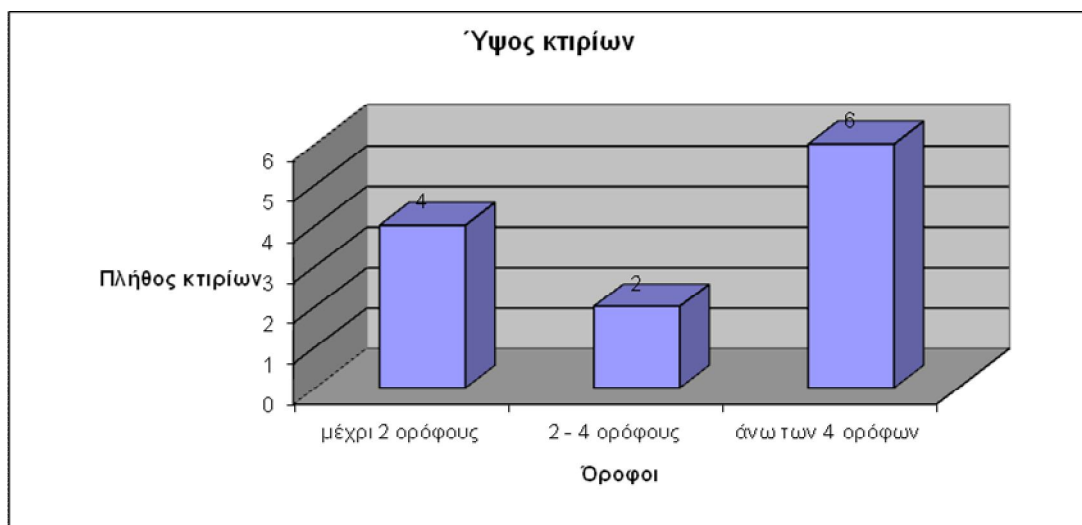
Εικόνα 13.0-55. Χρήση ισογείου των κτιρίων επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου



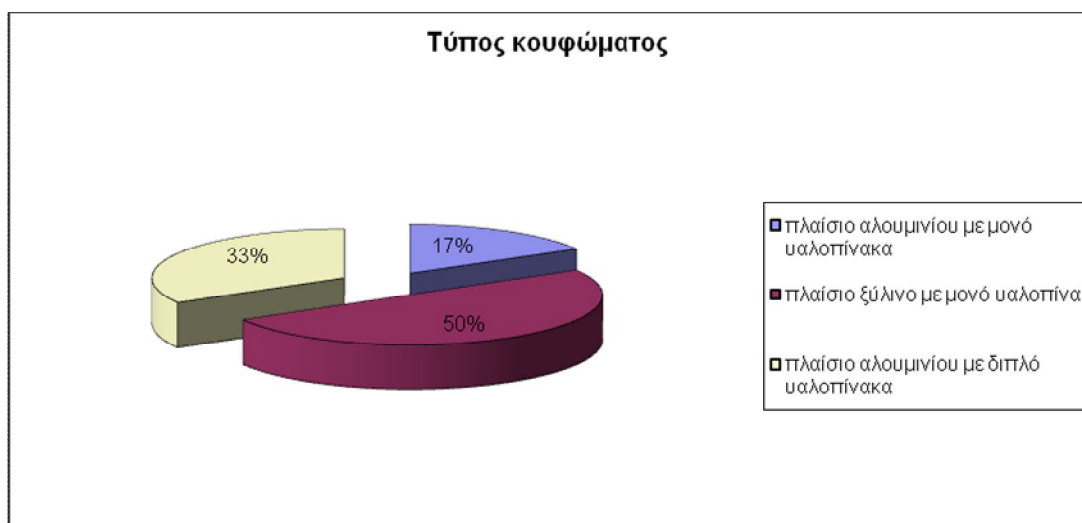
Εικόνα 13.0-56. Ηλικία κτιρίων επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου



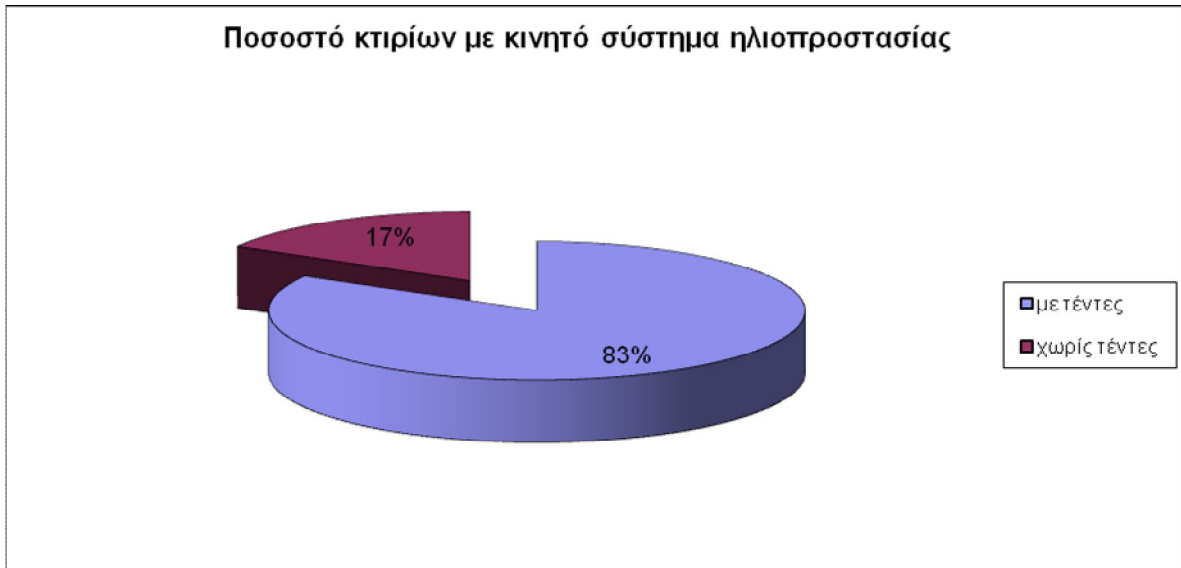
Εικόνα 13.0-57. Κατάταξη κτιρίων αναλόγως των όψεων με ανοίγματα επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου



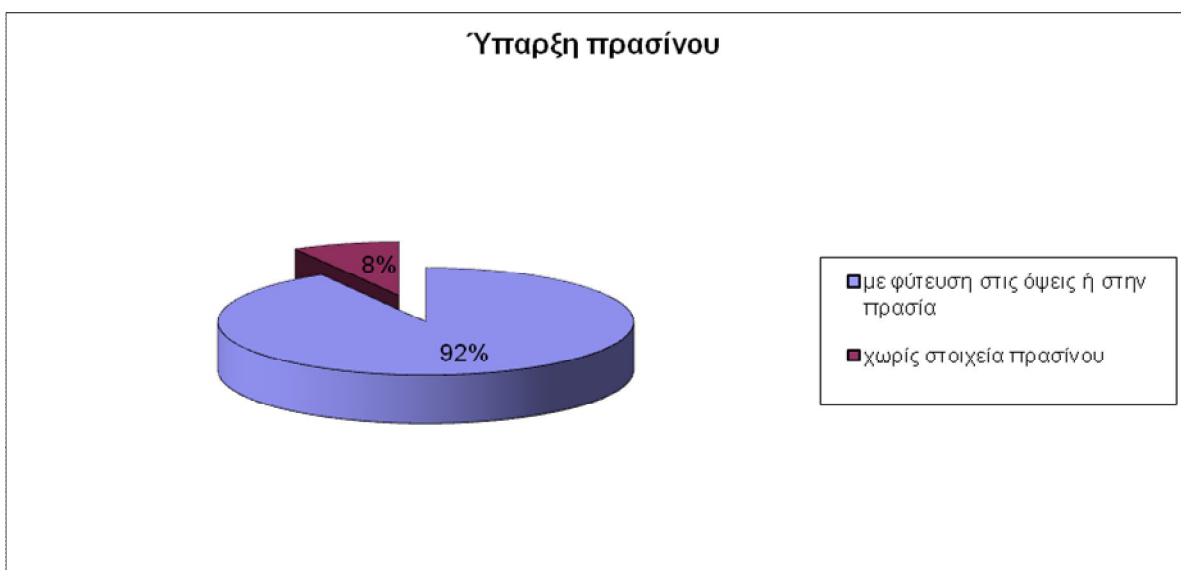
Εικόνα 13.0-58. Ύψος κτιρίων επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου



Εικόνα 13.0-59. Τύπος κουφωμάτων των κτιρίων επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου



Εικόνα 13.0-60. Ποσοστό κτιρίων με σύστημα ηλιοπροστασίας επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου

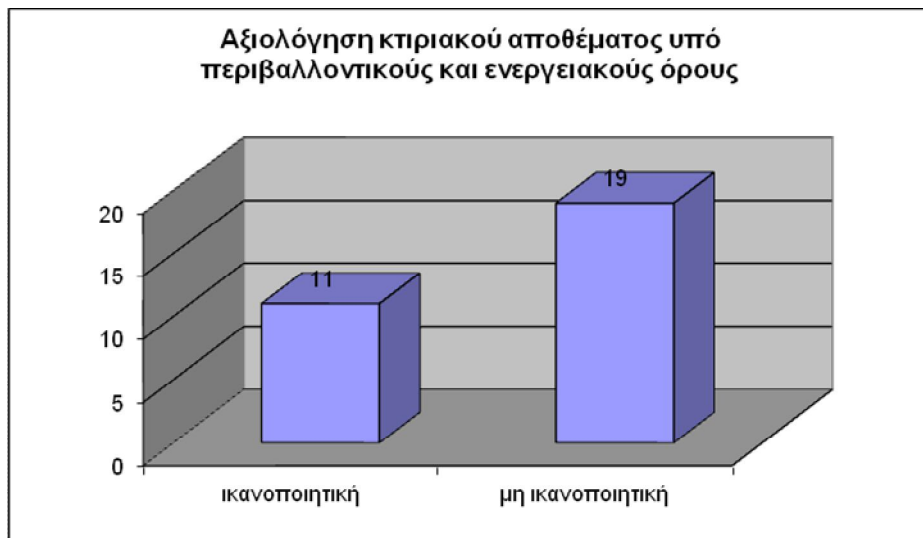


Εικόνα 13.0-61. Ποσοστό κτιρίων με ύπαρξη στοιχείων πρασίνου επί των οδών Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου

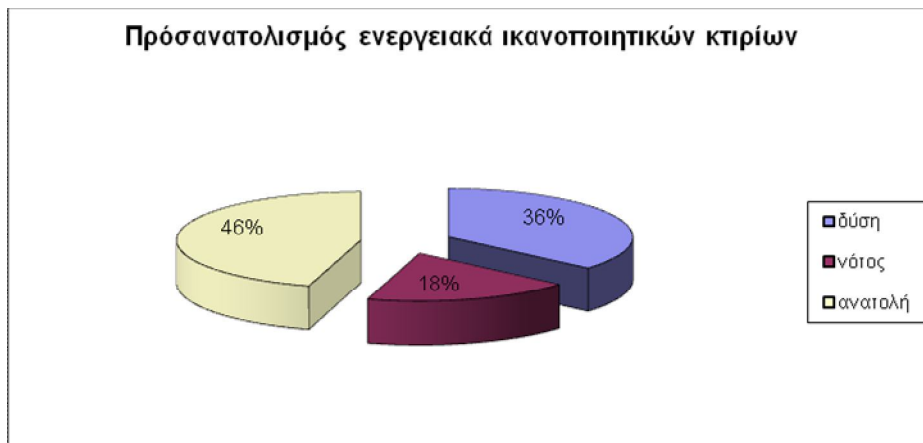
Επί της οδού Κασαμπά έχουν όψεις δύο κτίρια που έχουν ήδη περιγραφεί, αυτά είναι το κτίριο “1” το οποίο «βλέπει» και προς την οδό Ικονίου και το κτίριο “30” το οποίο είναι ισόγειο και πανταχόθεν ελεύθερο.

Συνολικά στο υπό μελέτη οικοδομικό τετράγωνο υπάρχουν 30 κτίρια, με χρήση κατοικίας, πλην ενός που στεγάζει το νηπιαγωγείο. Μόνο δύο κτίρια έχουν κεκλιμένη στέγη (το νηπιαγωγείο και η κατοικία υπ’αρ. 30 στην οδό Στρατηγού Βελισαρίου). Από αυτά εκτιμάται ότι έχουν κατασκευαστεί πριν την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης τα 19 (ποσοστό

63%). Επιχειρώντας μια συνολική αξιολόγηση των αποτυπωμένων κτιρίων του τετραγώνου, θεωρούμε ότι έχουν καλύτερη ενεργειακή και περιβαλλοντική συμπεριφορά όσα έχουν κατασκευαστεί με θερμομόνωση (δηλαδή μετά τη θέσπιση του κανονισμού το 1979), έχουν τέντες και στοιχεία πρασίνου στις όψεις ή στους ακάλυπτους χώρους και κουφώματα αλουμινίου με διπλό υαλοπίνακα. Κατά συνέπεια, τις παραπάνω προϋποθέσεις ικανοποιεί το 27% των κτιρίων (τα κτίρια υπ' αρ. 10,11,15,16,18,22,23,25). Από τα οχτώ αυτά κτίρια 4 βρίσκονται στο ανατολικό τμήμα του τετραγώνου, 2 στο νότιο και 2 στο δυτικό. Επίσης, ακόμη τρία κτίρια αξιολογούνται ως ενεργειακά ικανοποιητικά στα οποία όμως απουσιάζει το πράσινο (τα κτίρια υπ' αρ. 5,8,27).



Εικόνα 13.0-62. Αξιολόγηση κτιριακού αποθέματος⁴



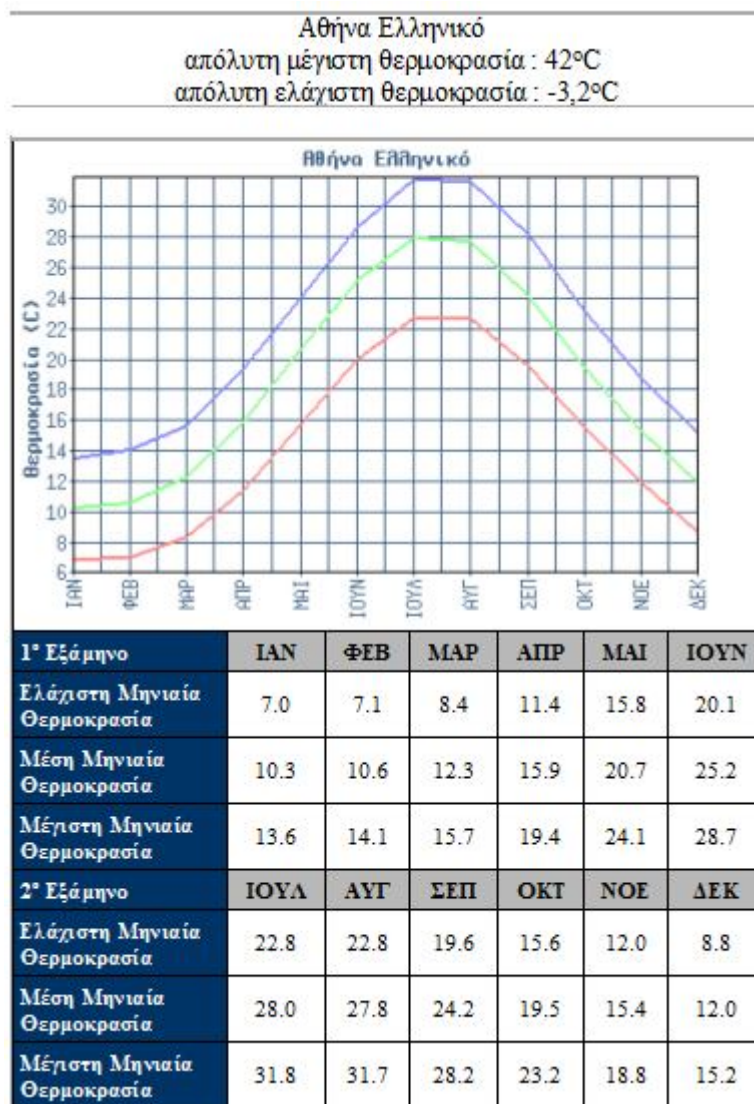
Εικόνα 13.0-63. Πρόσανατολισμός ενεργειακά ικανοποιητικών κτιρίων

Προκειμένου να διατυπωθούν οι προτάσεις ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων καθώς και βελτίωσης των μικροκλιματικών συνθηκών του οικοδομικού τετραγώνου, αρχικά

⁴ Λαμβάνοντας υπόψη ότι πρόκειται για συμβατικά κτίρια

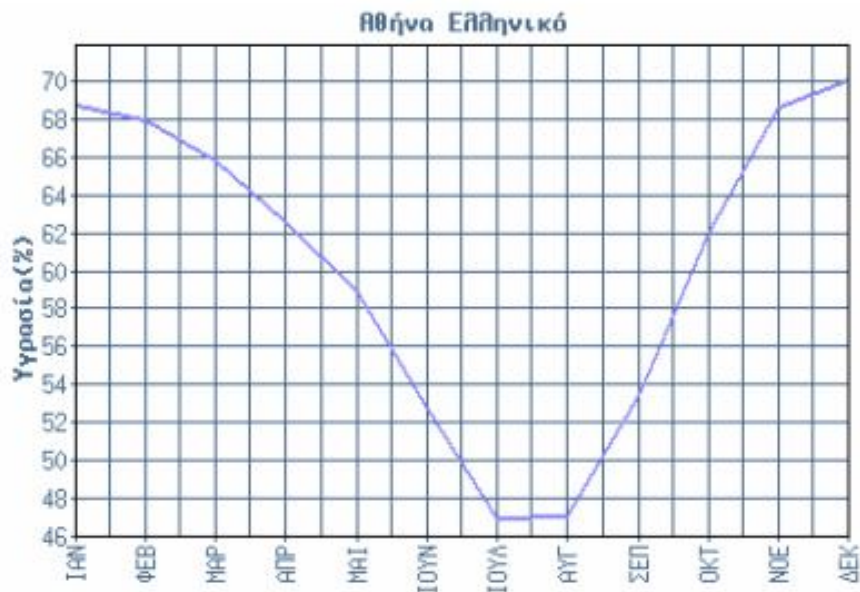
παρουσιάζονται οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής μελέτης και εκτιμάται η απόδοση των βιοκλιματικών συστημάτων (με τη χρήση του weathertool) και στη συνέχεια διερευνάται το μοντέλο ηλιασμού-σκιασμού με τη βοήθεια του sketchup.

Το οικοδομικό τετράγωνο της μελέτης βρίσκεται σε μέσο υψόμετρο 40,0m και γεωγραφικές συντεταγμένες 23°42' (Lon), 37°56' (Lat) και απέχει από το παραλιακό μέτωπο 2,5km. Ο πλησιέστερος μετεωρολογικός σταθμός είναι αυτός της Ε.Μ.Υ. στο Ελληνικό (με γεωγραφικό μήκος 23°44', γεωγραφικό πλάτος 37°44' και ύψος 10,25m) σε απόσταση 5,0km περίπου.



Εικόνα 13.0-64. Κλιματικά δεδομένα θερμοκρασίας περιοχής μελέτης

Σύμφωνα με τα κλιματολογικά δεδομένα της Ε.Μ.Υ., ο θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος και ο ψυχρότερος ο Ιανουάριος.

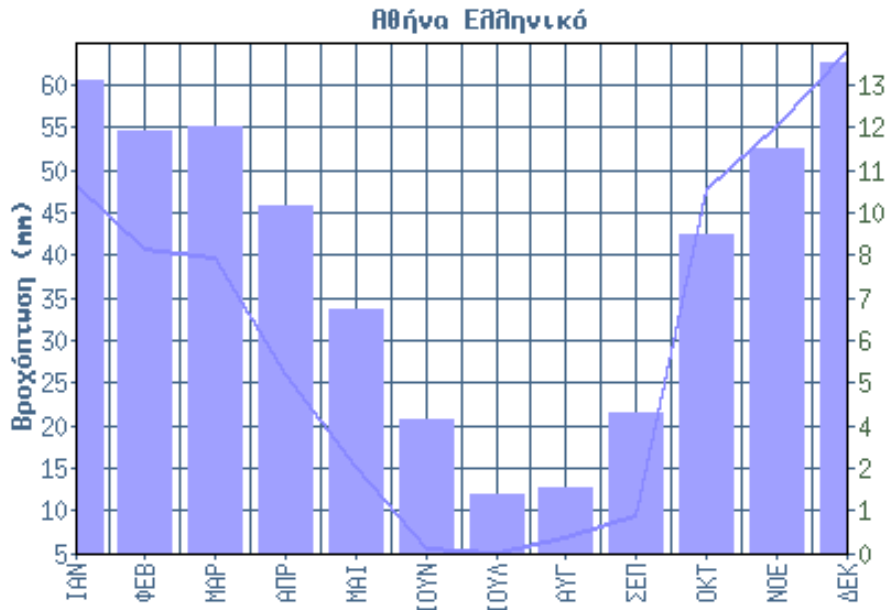


1^ο Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Μέση Μηνιαία Υγρασία	68.8	68.0	65.9	62.6	59.0	52.8
2^ο Εξάμηνο	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Υγρασία	47.0	47.1	53.4	62.1	68.7	70.2

Εικόνα 13.0-65. Κλιματικά δεδομένα υγρασίας περιοχής μελέτης

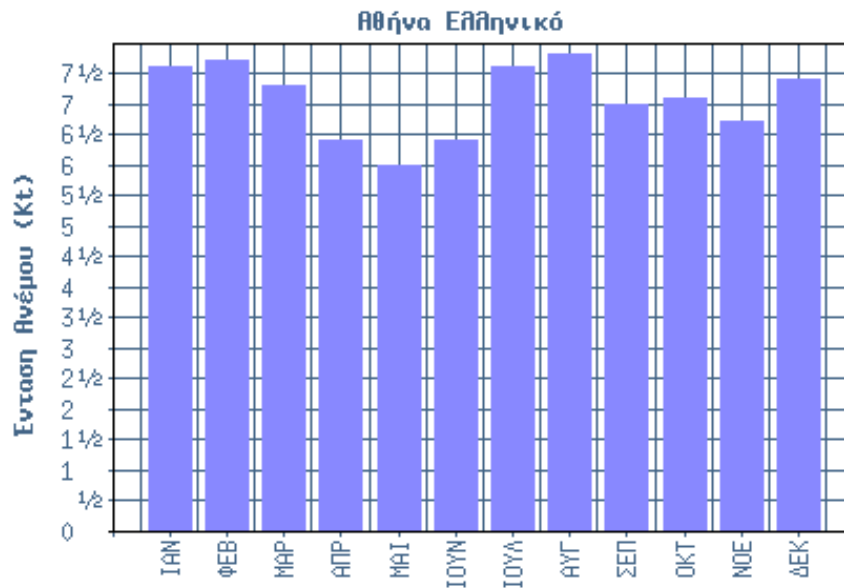
[64]

Το κλίμα τόσο της ευρύτερης περιοχής όσο και της περιοχής μελέτης μπορεί να χαρακτηριστεί μεσογειακό, ήπιο, χωρίς μεγάλα ποσοστά υγρασίας, ενώ ο Δεκέμβρης είναι ο πιο βροχερός μήνας.



1° Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση	48.3	40.9	39.7	26.0	15.2	5.6
Συνολικές Μέρες Βροχής	13.2	11.8	11.9	9.7	6.8	3.7
2° Εξάμηνο	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση	5.2	7.0	9.6	47.8	55.4	64.1
Συνολικές Μέρες Βροχής	1.6	1.8	3.9	8.9	11.3	13.7

Εικόνα 13.0-66. Κλιματικά δεδομένα βροχόπτωσης περιοχής μελέτης

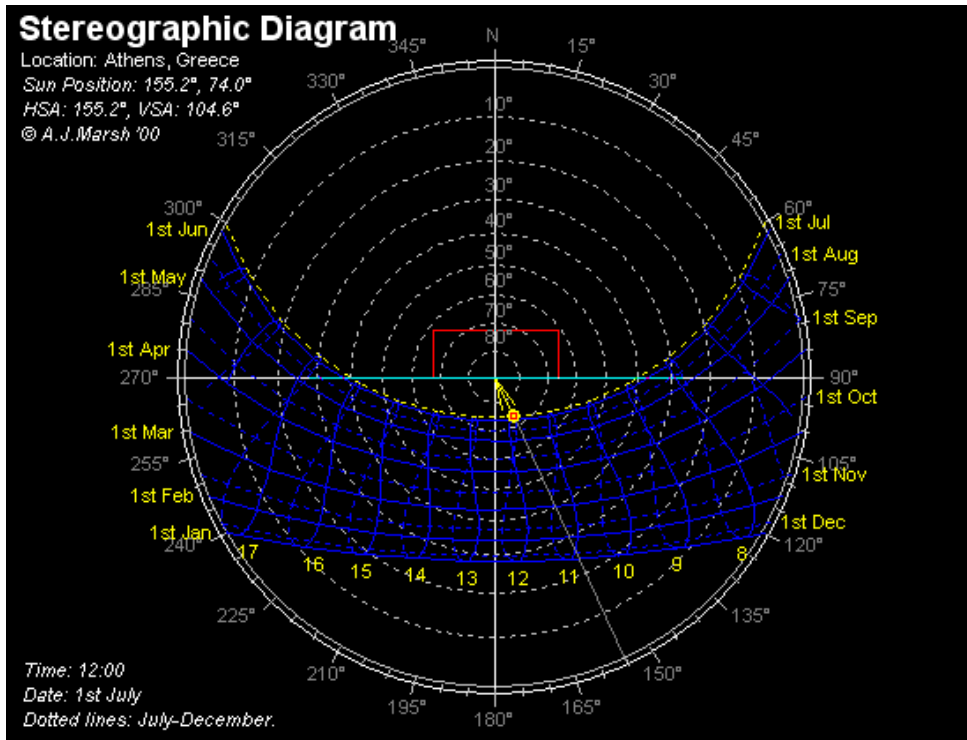


1 ^ο Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	Β	Β	Β	Ν	Ν	Ν
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων	7.6	7.7	7.3	6.4	6.0	6.4
2 ^ο Εξάμηνο	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	Β	Β	Β	Β	Β	Β
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων	7.6	7.8	7.0	7.1	6.7	7.4

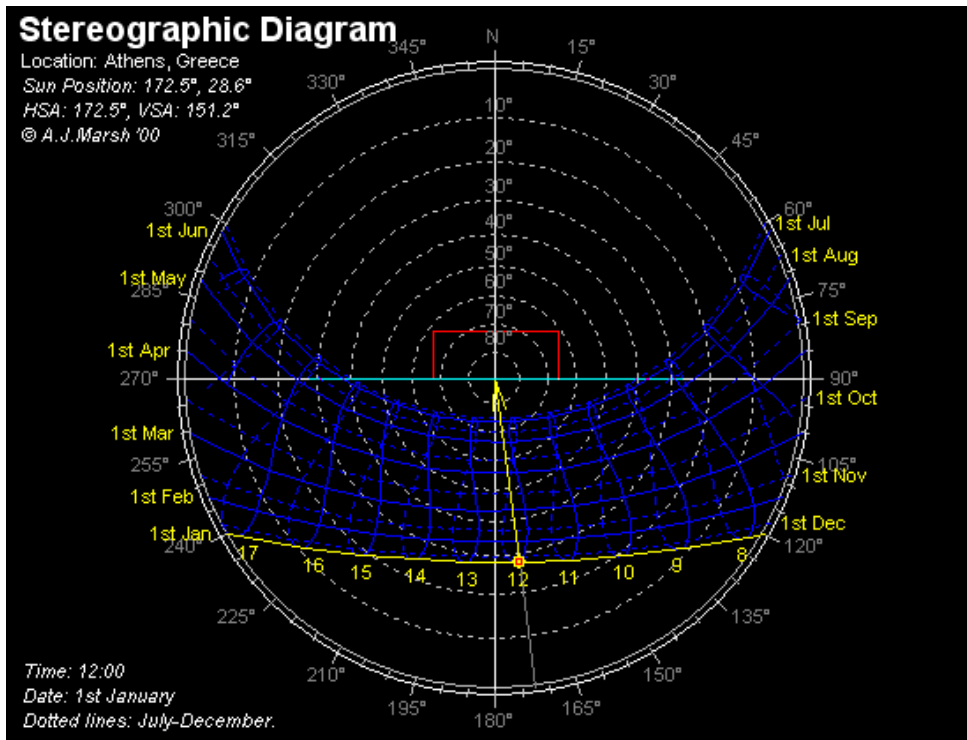
Εικόνα 13.0-67. Κλιματικά δεδομένα έντασης και διεύθυνσης ανέμων περιοχής μελέτης

[64]

Οι επικρατούντες άνεμοι είναι βόρειοι τόσο κατά την περίοδο θέρμανσης όσο και κατά την περίοδο δροσισμού.

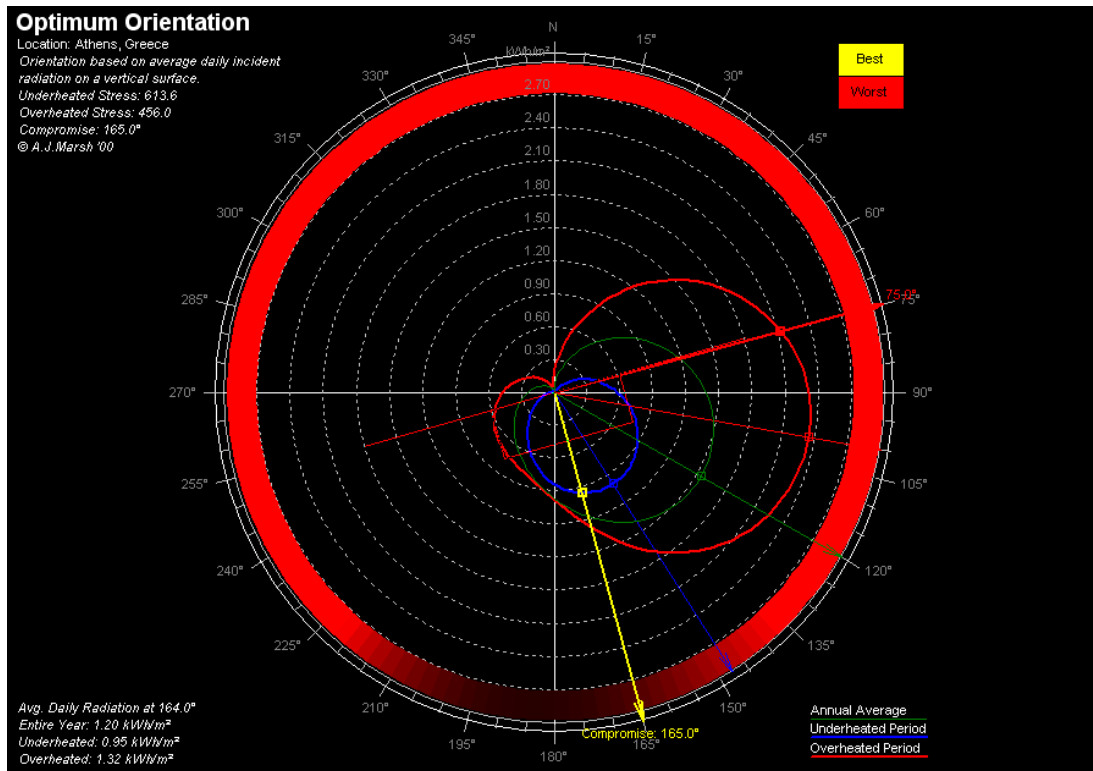


Εικόνα 13.0-68. Στερεογραφικό διάγραμμα για την 1^η Ιουλίου



Εικόνα 13.0-69. Στερεογραφικό διάγραμμα για την 1^η Ιανουαρίου

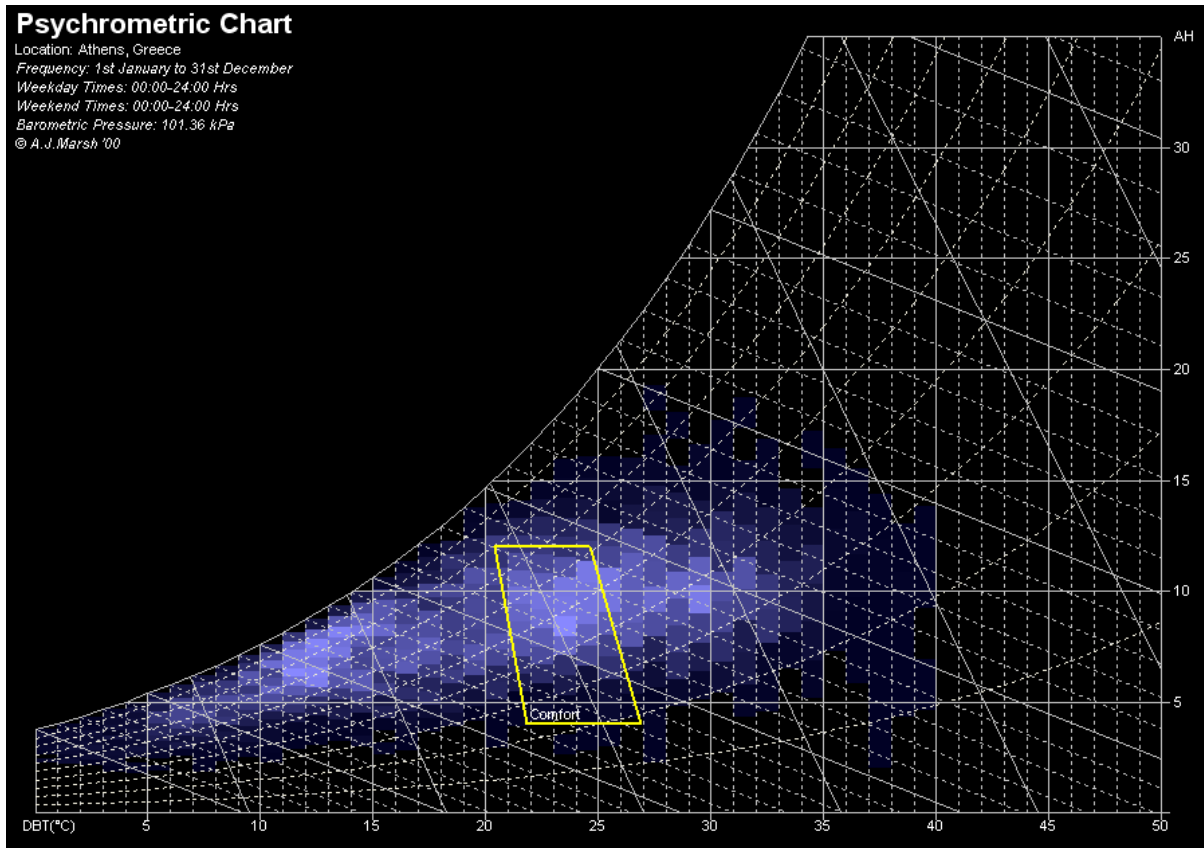
Χρησιμοποιώντας το weather tool (“εργαλείο καιρού”) υπολογίζεται ο βέλτιστος προσανατολισμός θεωρώντας θερμότερους μήνες τους Ιούλιο και Αύγουστο και ψυχρότερους τους Ιανουάριο και Φεβρουάριο.



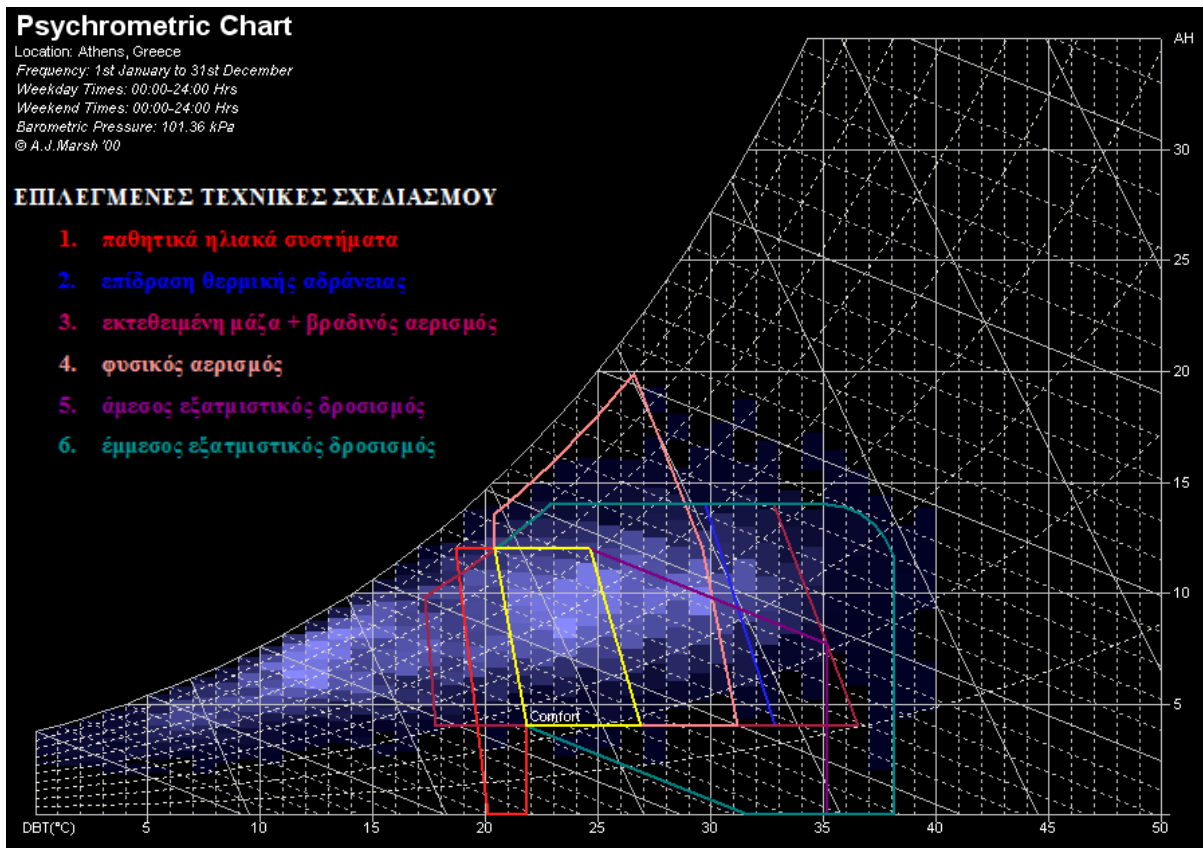
Εικόνα 13.0-70. Βέλτιστος προσανατολισμός κτιρίων

Βέλτιστος προσανατολισμός είναι εκείνος που ταυτόχρονα δίνει τα μικρότερα φορτία ψύξης και θέρμανσης. Στην περίπτωση αυτή, τα βέλη που δείχνουν τον βέλτιστο σχεδιασμό για την περίοδο ψύξης και θέρμανσης (μπλε και κόκκινο αντίστοιχα) δεν σχηματίζουν γωνία 90°, συνεπώς χρειάζεται συμβιβασμός των δύο στόχων, ο οποίος γίνεται με υπολογισμό των βαθμό-ωρών εκτός ζώνης άνεσης της περιόδου ψύξης συγκριτικά με την περίοδο θέρμανσης. Οπότε πλέον τα βέλτιστα βέλη είναι το κίτρινο και το κόκκινο για το κλίμα της περιοχής μελέτης. Συμπεραίνεται ότι τον βέλτιστο προσανατολισμό πλησιάζουν τα κτίρια επί της οδού Δαρδανελίων, ενώ καλό προσανατολισμός (ΝΔ) έχουν τα κτίρια επί της οδού Σοφούλη.

Επιπλέον, δίνονται τα ψυχομετρικά διαγράμματα με τη ζώνη άνεσης και την επίδραση των διαφόρων στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού στην άνεση.



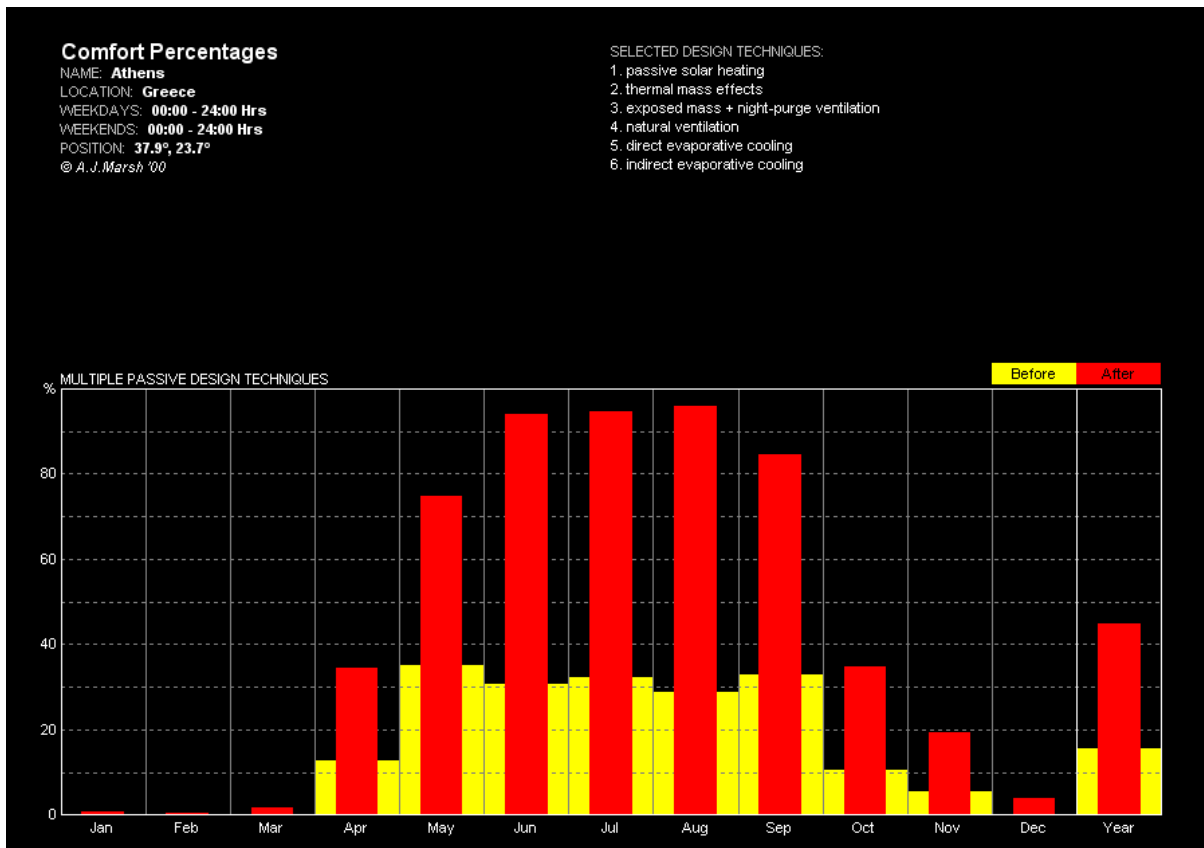
Εικόνα 13.0-71. Ζώνη άνεσης για την περιοχή μελέτης



Εικόνα 13.0-72. Επίδραση διαφόρων στρατηγικών στην ζώνη άνεσης

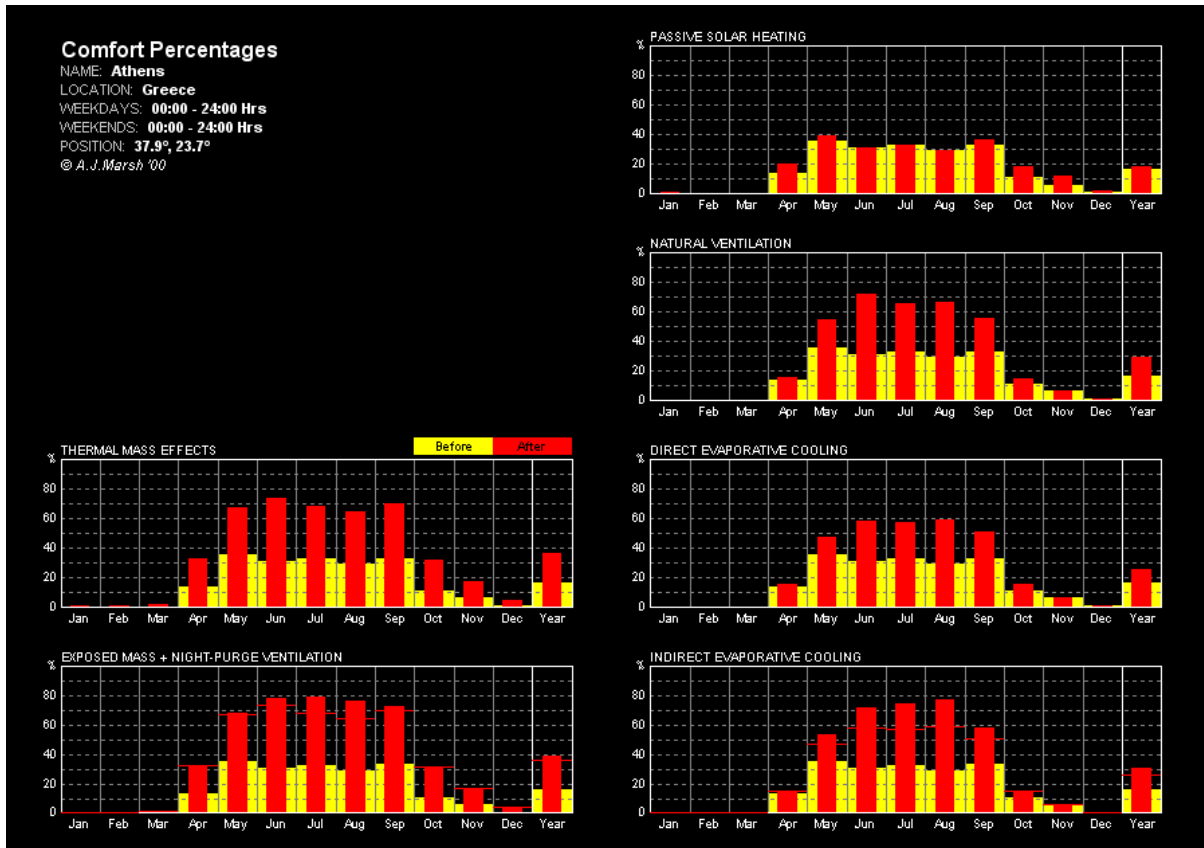
Ιδιαίτερα ενδιαφέρον το τελευταίο ψυχομετρικό διάγραμμα, δεδομένου ότι δίνει μια γρήγορη εκτίμηση της χρησιμότητας και αποδοτικότητας των τεχνικών βιοκλιματικού σχεδιασμού στο περιβάλλον της περιοχής μελέτης. Για παράδειγμα, δείχνει την ευνοϊκή επίδραση του φυσικού αερισμού στην διεύρυνση της ζώνης θερμικής άνεσης, καθιστώντας το περιβάλλον διαβίωσης ευχάριστο ακόμη και στην περίπτωση υψηλότερων θερμοκρασιών και ποσοστών υγρασίας.

Η αξιολόγηση των τεχνικών αυτών μπορεί να γίνει επίσης και μέσω των φορμών που ακολουθούν.

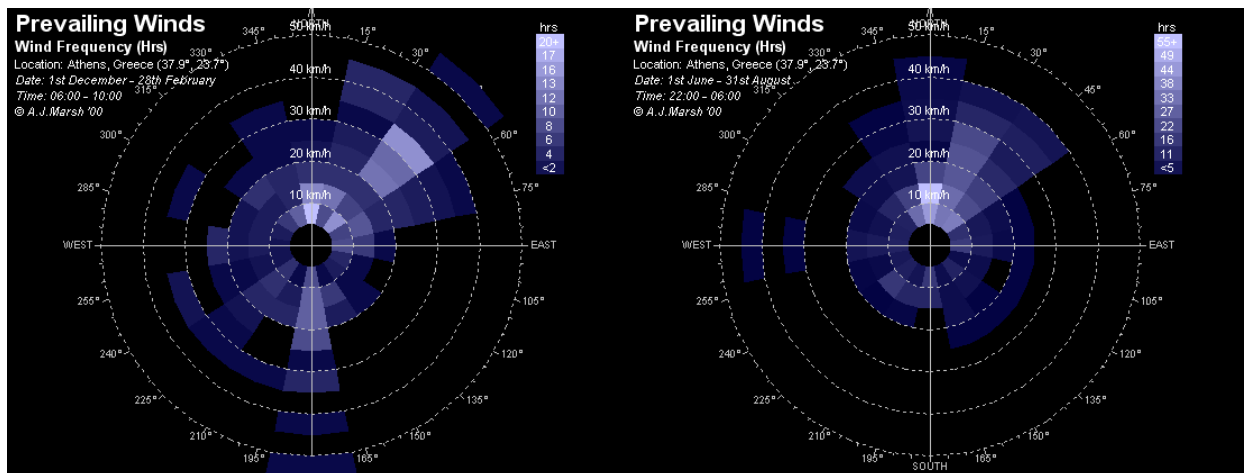


Εικόνα 13.0-73. Απεικόνιση της επίδρασης συνδυασμού παθητικών τεχνικών στην επίτευξη συνθηκών άνεσης

Από τα διαγράμματα των εικόνων 13.72, 13.73 και 13.74 συμπεραίνεται ότι εφαρμόζοντας τεχνικές δροσίσιμου όπως ο φυσικός και ο βραδινός αερισμός και ο εξατμιστικός δροσίσιμος είναι δυνατή η επίτευξη συνθηκών άνεσης κατά τη θερινή περίοδο σε ποσοστό που ξεπερνά το 50%, ενώ ο συνδυασμός τους μαζί με την επίδραση της θερμικής αδράνειας (βαριές κατασκευές με σωστή θερμομόνωση) μπορούν να επιφέρουν βελτίωση που ξεπερνά το 90%. Κατά συνέπεια μειώνονται σημαντικά τα φορτία ψύξης προκειμένου να εξασφαλιστούν συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων.

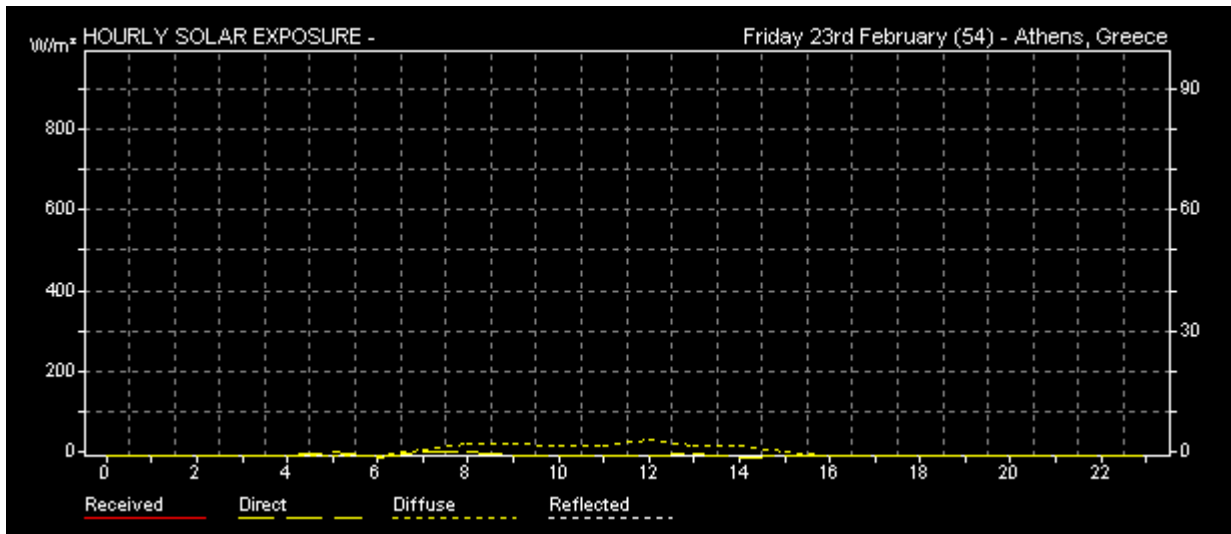


Εικόνα 13.0-74. Απεικόνιση της επίδρασης κάθε συστήματος στην επίτευξη συνθηκών άνεσης

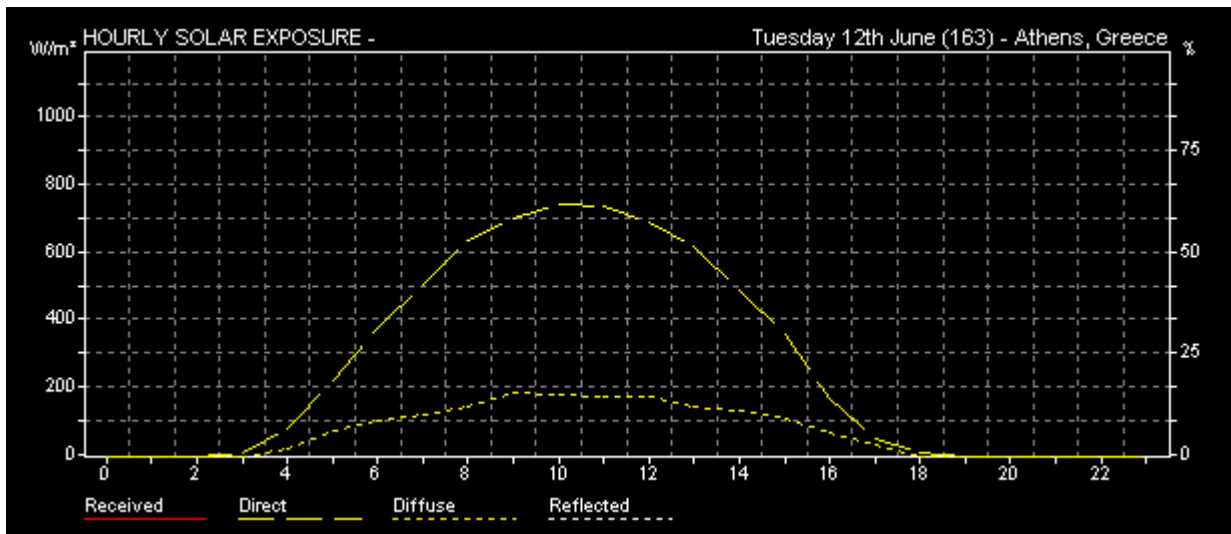


Εικόνα 13.0-75. Επικρατούντες άνεμοι τον χειμώνα το πρωί και το καλοκαίρι το βράδυ αντίστοιχα

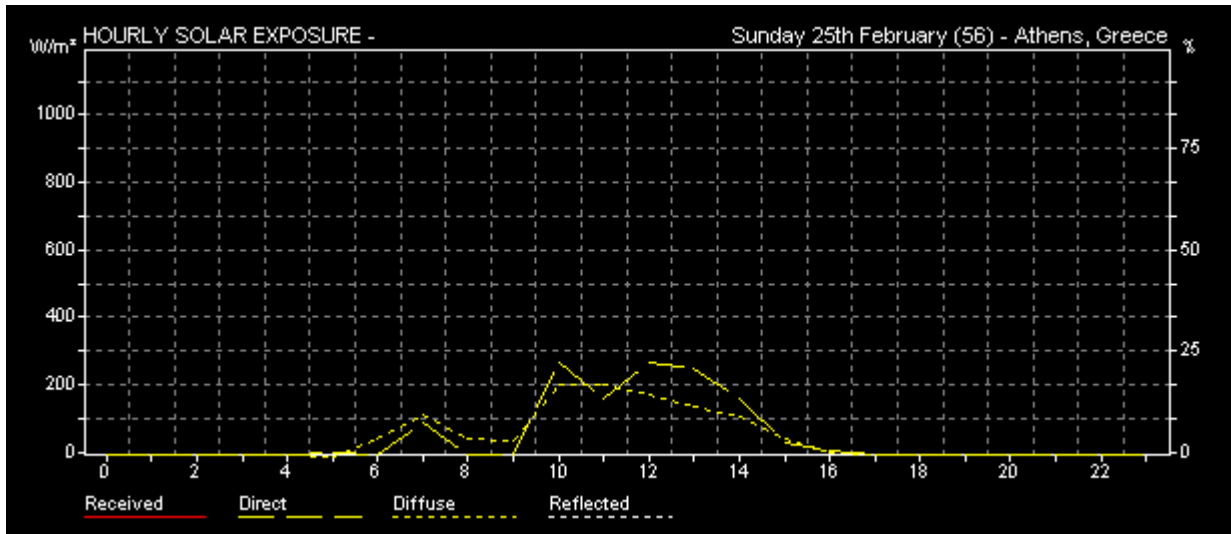
Στη συνέχεια προβάλλονται διαγράμματα ωριαίας ηλιακής έκθεσης (hourly solar exposure), με τα οποία διαπιστώνεται η διαφορά μεταξύ της πιο ηλιόλουστης και πιο συννεφιασμένης μέρας καθώς και της πιο κρύας και ζεστής ημέρας.



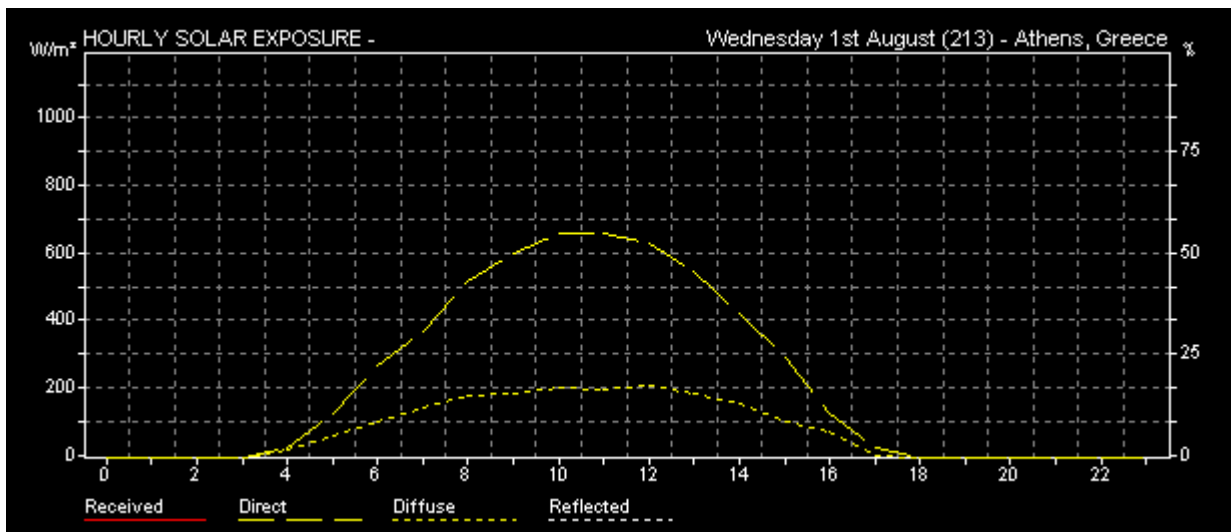
Εικόνα 13.0-76. Η ηλιακή έκθεση την πιο συννεφιασμένη μέρα του έτους



Εικόνα 13.0-77. Η ηλιακή έκθεση την πιο ηλιόλουστη μέρα του έτους

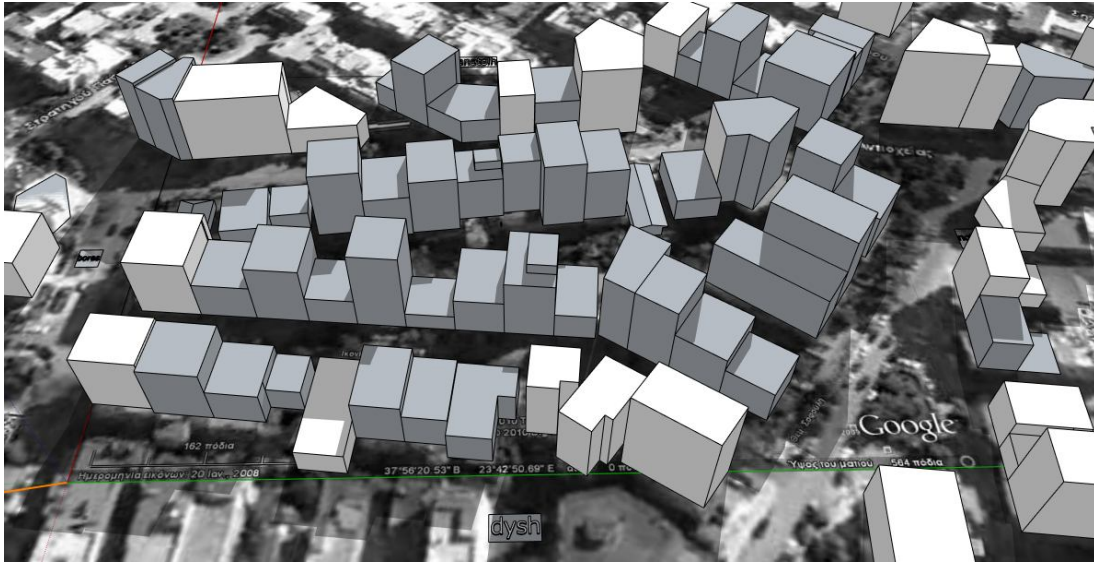


Εικόνα 13.0-78. Η ηλιακή έκθεση την πιο κρύα μέρα του έτους



Εικόνα 13.0-79. Η ηλιακή έκθεση την πιο ζεστή μέρα του έτους

Προκειμένου να εκτιμηθούν οι συνθήκες ηλιασμού των κτιρίων, η απαίτηση συστημάτων σκίασης και η δυνατότητα εφαρμογής παθητικών συστημάτων θέρμανσης και φωτοβολταϊκών στοιχείων, πραγματοποιήθηκε μελέτη σκιασμών του οικοδομικού τετραγώνου για τις ημέρας του θερινού και χειμερινού ηλιοστασίου και τις ισημερίες.



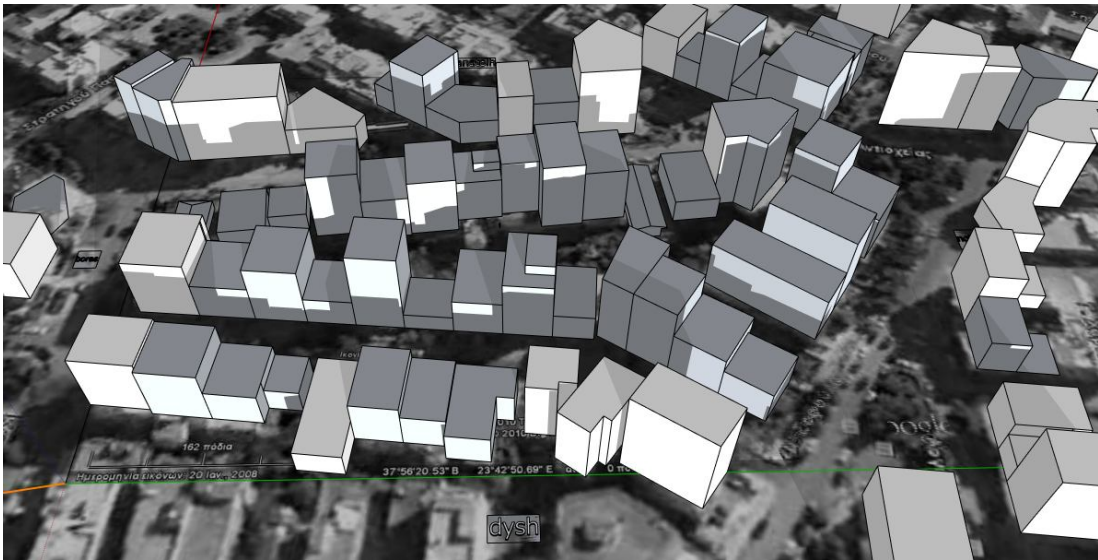
Εικόνα 13.0-80. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Μαρτίου (δυτική άποψη)



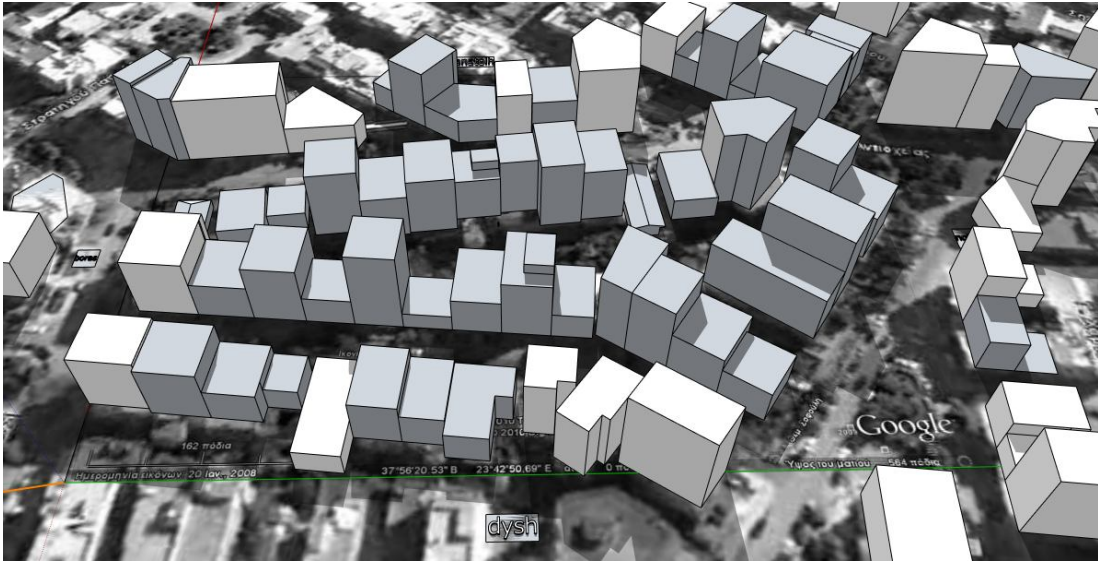
Εικόνα 13.0-81. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Μαρτίου (δυτική άποψη)



Εικόνα 13.0-82. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Μαρτίου (δυτική άποψη)



Εικόνα 13.0-83. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Μαρτίου (δυτική άποψη)



Εικόνα 13.0-84. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Ιουλίου (δυτική άποψη)



Εικόνα 13.0-85. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Ιουλίου (δυτική άποψη)

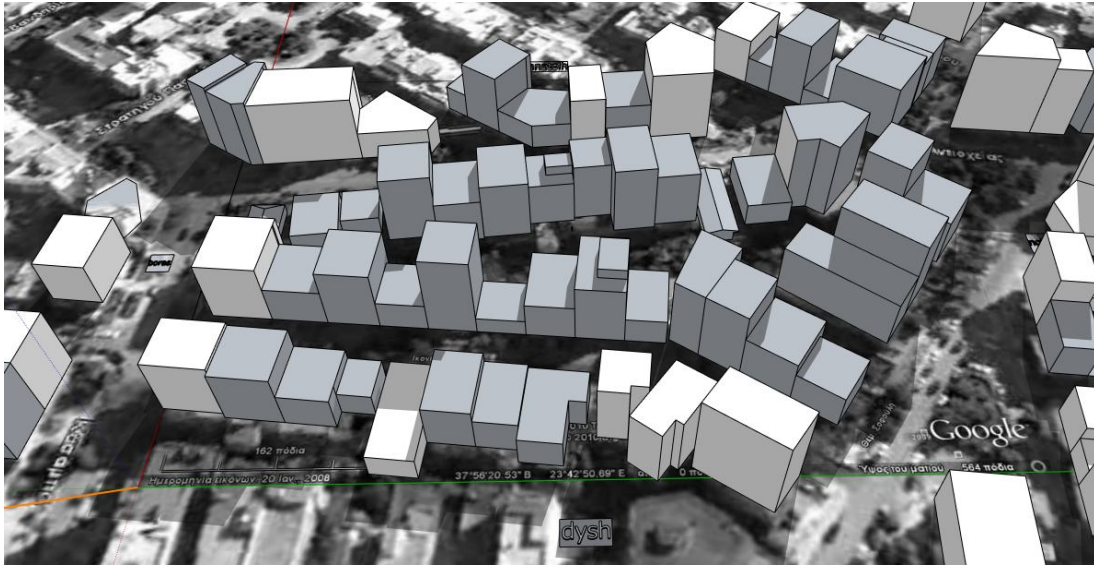
ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ ΠΕΡΙΟΧΗ ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ



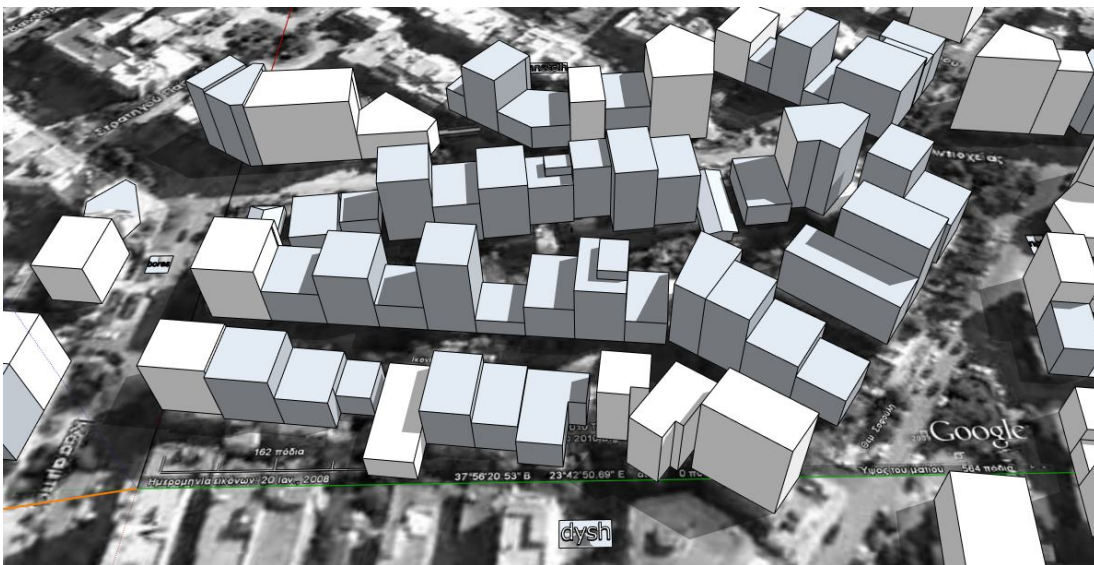
Εικόνα 13.0-86. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Ιουλίου (δυτική άποψη)



Εικόνα 13.0-87. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Ιουλίου (δυτική άποψη)



Εικόνα 13.0-88. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (δυτική άποψη)



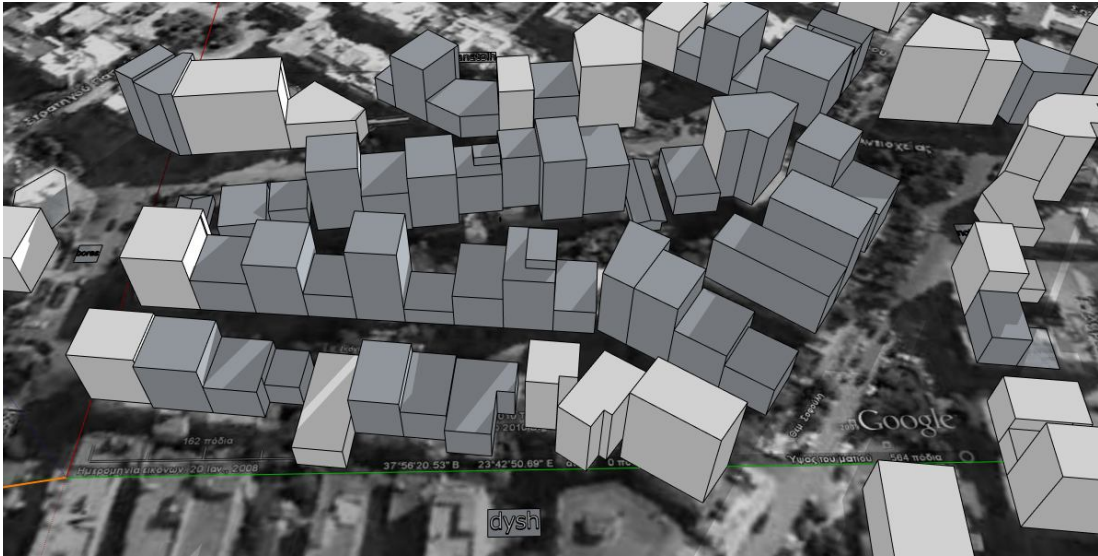
Εικόνα 13.0-89. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (δυτική άποψη)



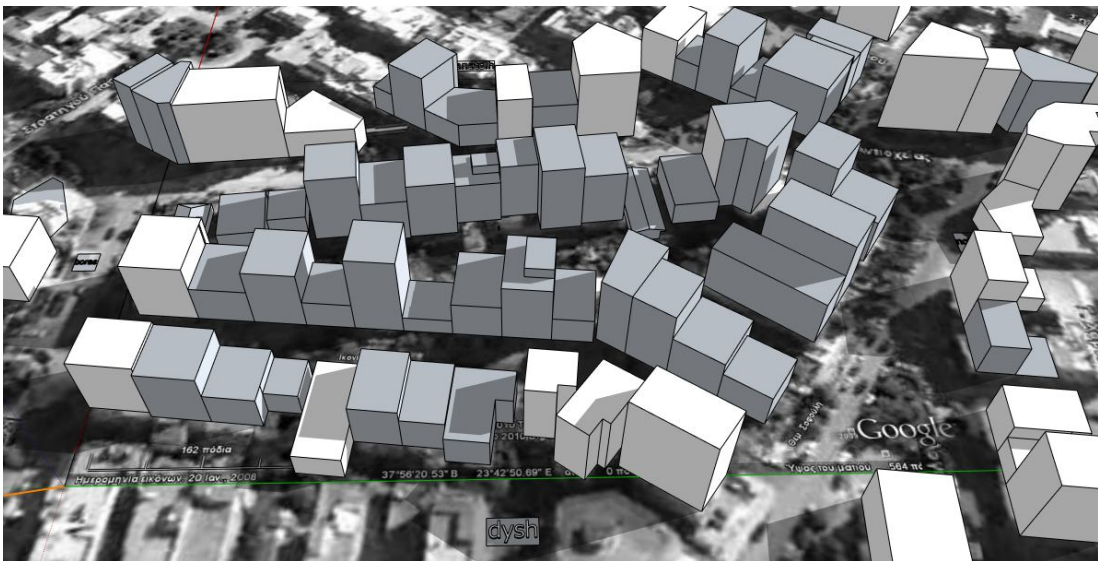
Εικόνα 13.0-90. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (δυτική άποψη)



Εικόνα 13.0-91. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (δυτική άποψη)



Εικόνα 13.0-92. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Δεκεμβρίου (δυτική άποψη)

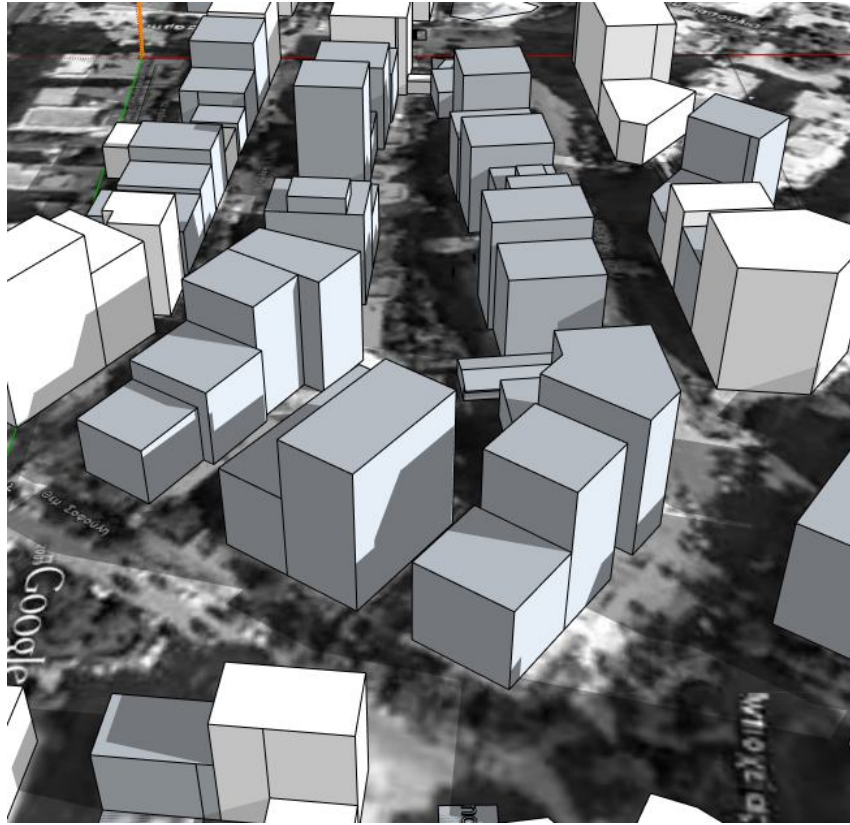


Εικόνα 13.0-93. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Δεκεμβρίου (δυτική άποψη)

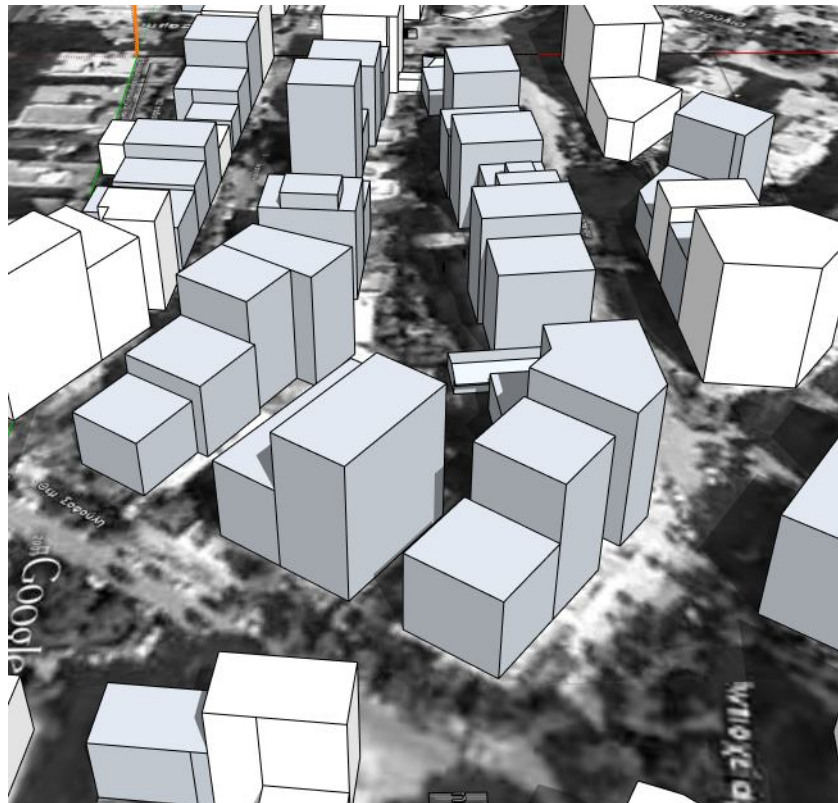


Εικόνα 13.0-94. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Δεκεμβρίου (δυτική άποψη)

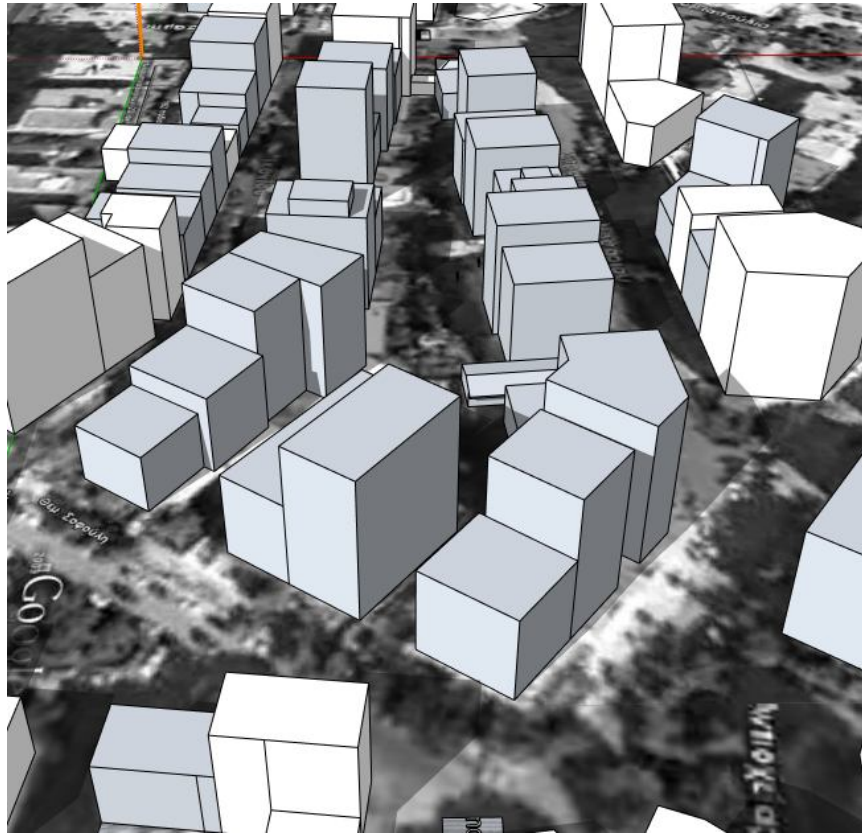
Επί της οδού Ικονίου, όπως φαίνεται από τις απεικονίσεις των σκιάσεων, ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να ληφθεί για την ηλιοπροστασία κατά τη θερινή περίοδο των κτιρίων 3,4,5,7 και 8. αυτό μπορεί να επιτευχθεί με συστήματα κινητής κάθετου σκιασμού και κατάλληλη φύτευση για την αποφυγή του απογευματινής ηλιακής έκθεσης. Τη χειμερινή περίοδο, στις κύριες όψεις των κτιρίων η άμεση ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει το απόγευμα ενώ το πρωί εκτεθειμένες είναι οι «πίσω» όψεις τους, από τις οποίες επιδιώκεται η μεγιστοποίηση των ηλιακών προσόδων. Απαραίτητη είναι η προστασία του δώματος σε όλη τη διάρκεια του έτους.



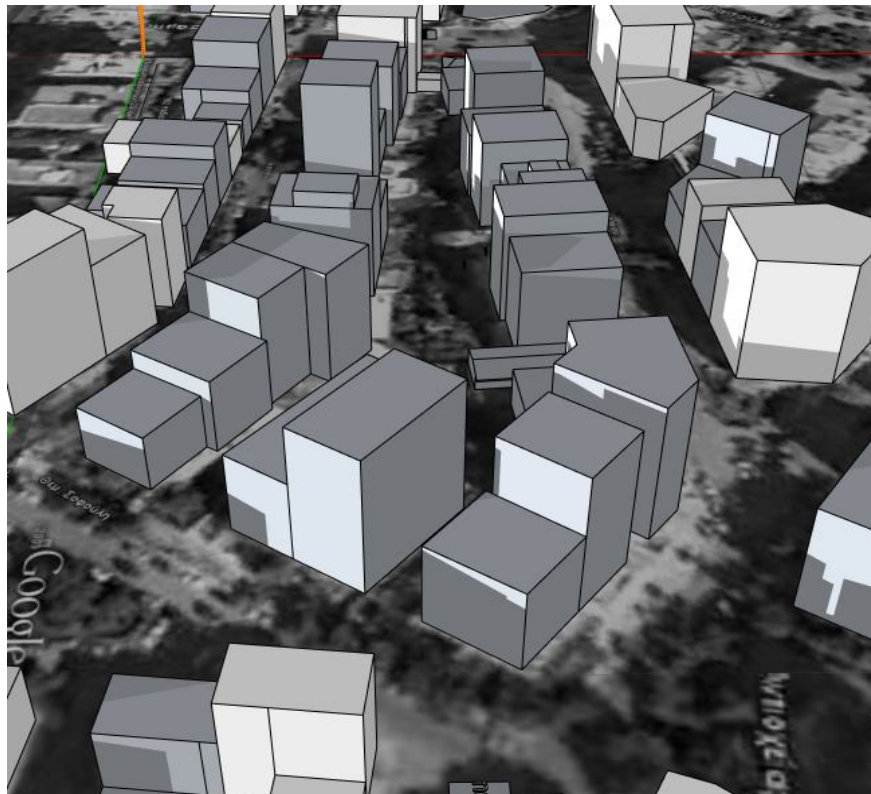
Εικόνα 13.0-95. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Μαρτίου (νότια άποψη)



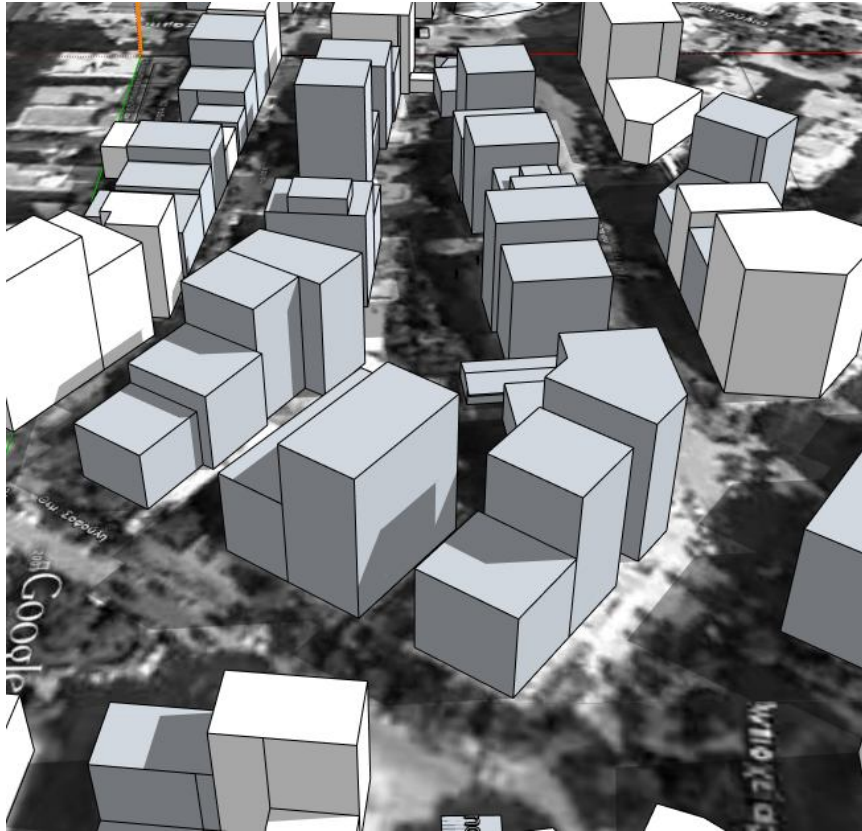
Εικόνα 13.0-96. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Μαρτίου (νότια άποψη)



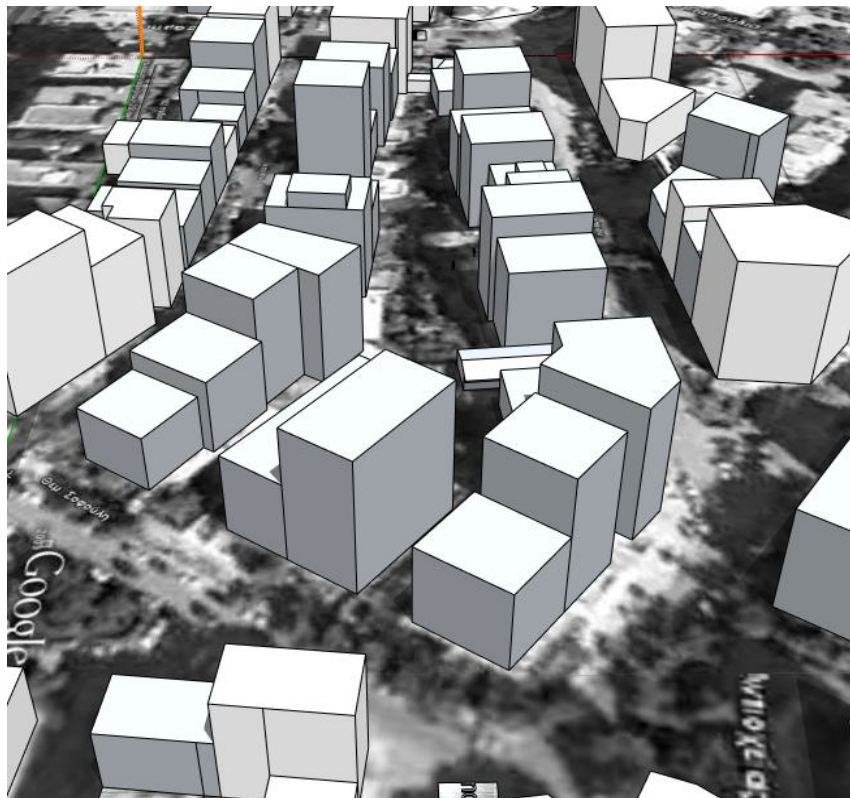
Εικόνα 13.0-97 Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Μαρτίου (νότια άποψη)



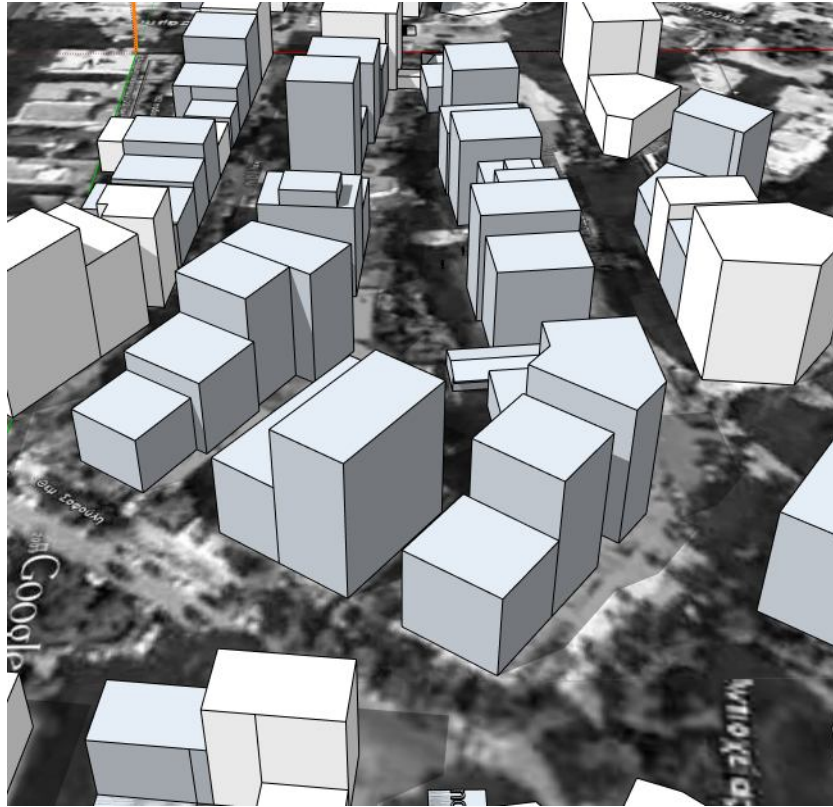
Εικόνα 13.0-98. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Μαρτίου (νότια άποψη)



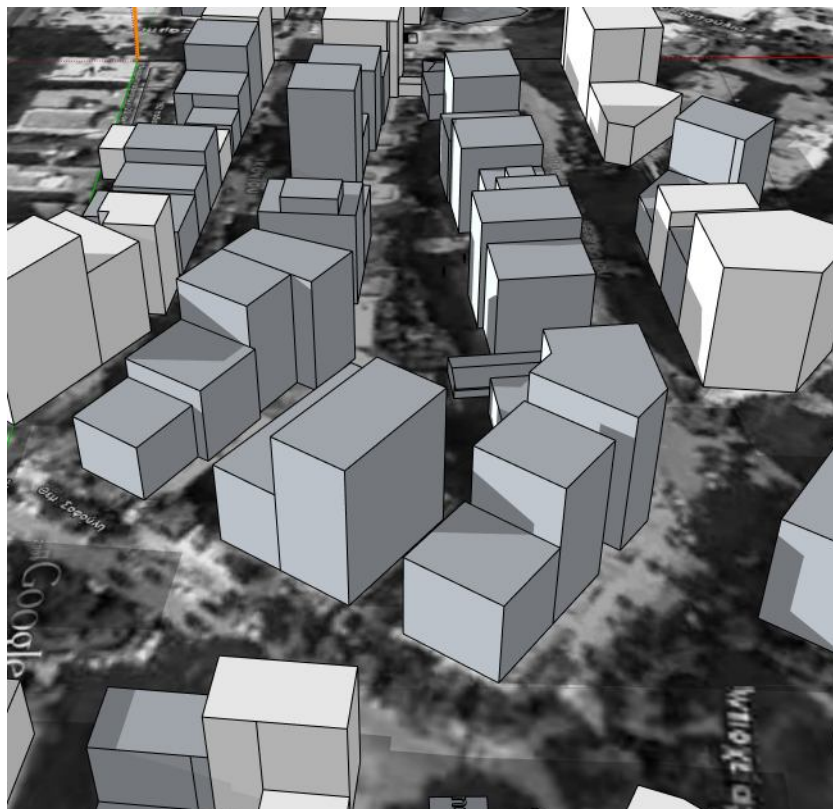
Εικόνα 13.0-99. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21Ιουλίου (νότια άποψη)



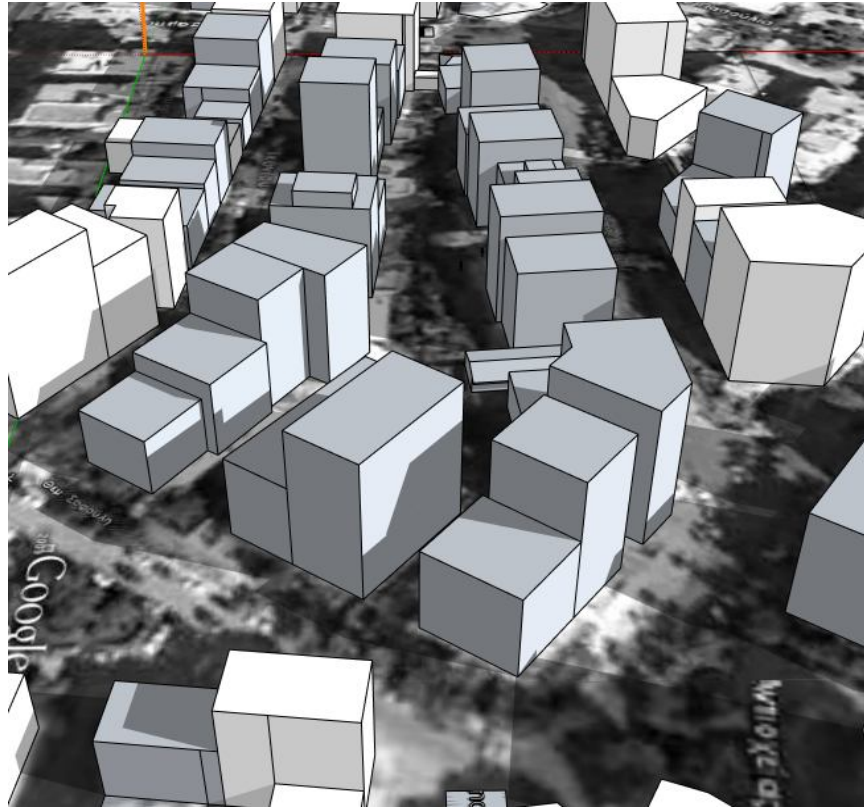
Εικόνα 13.0-100. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21Ιουλίου (νότια άποψη)



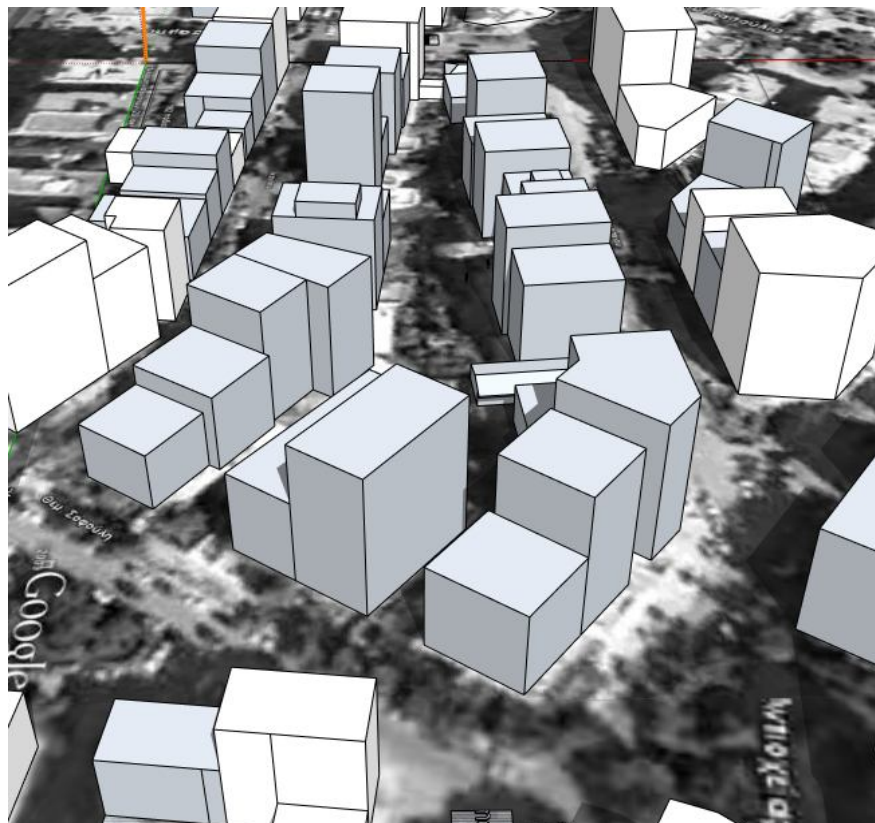
Εικόνα 13.0-101. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21Ιουλίου (νότια άποψη)



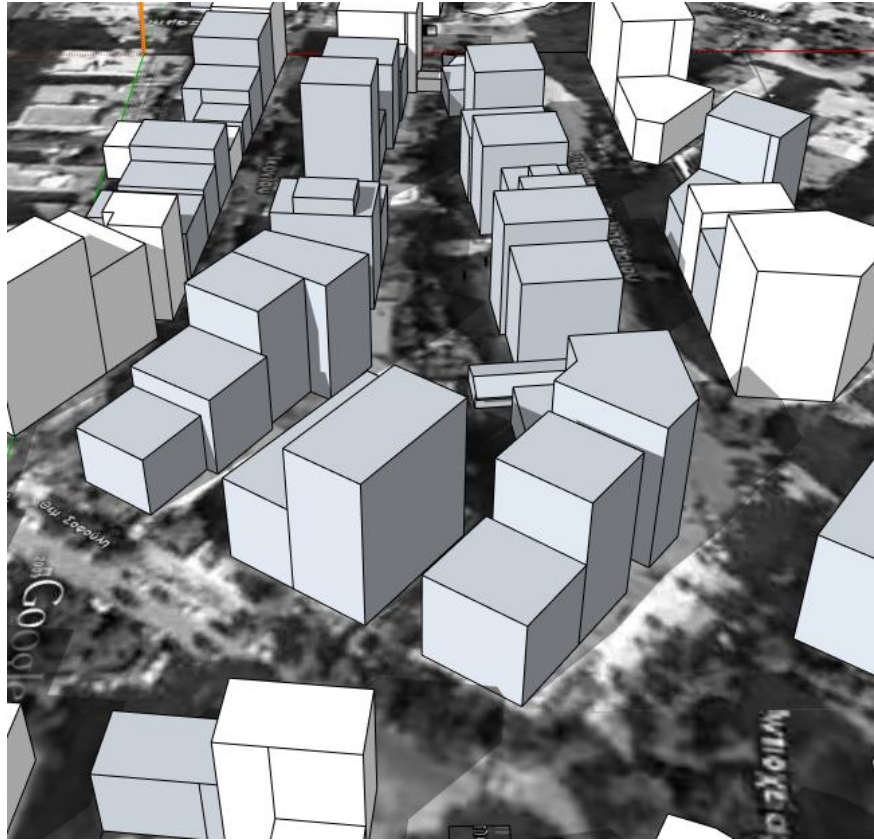
Εικόνα 13.0-102. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21Ιουλίου (νότια άποψη)



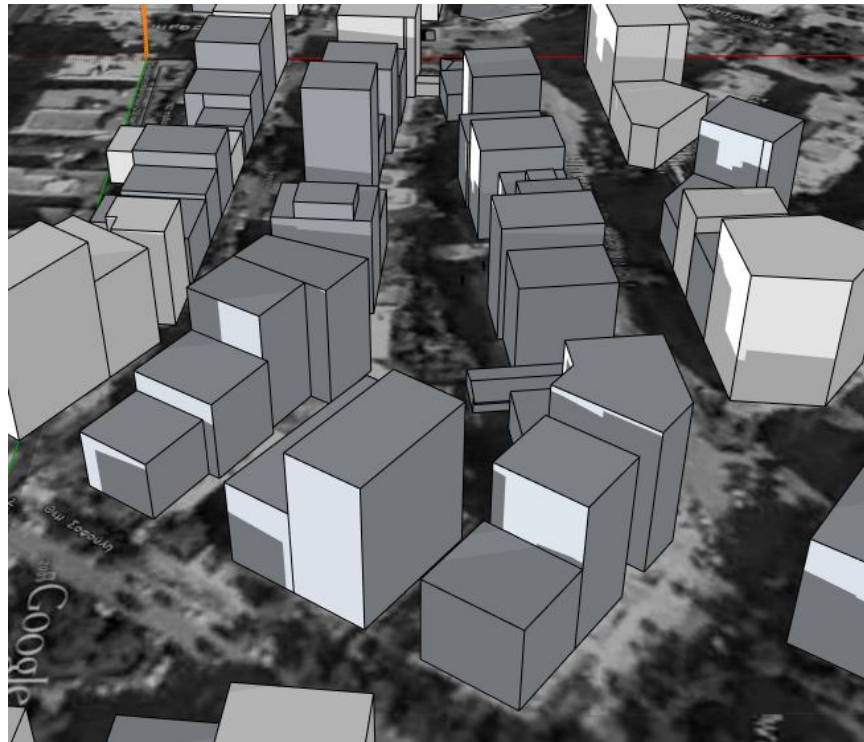
Εικόνα 13.0-103. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (νότια άποψη)



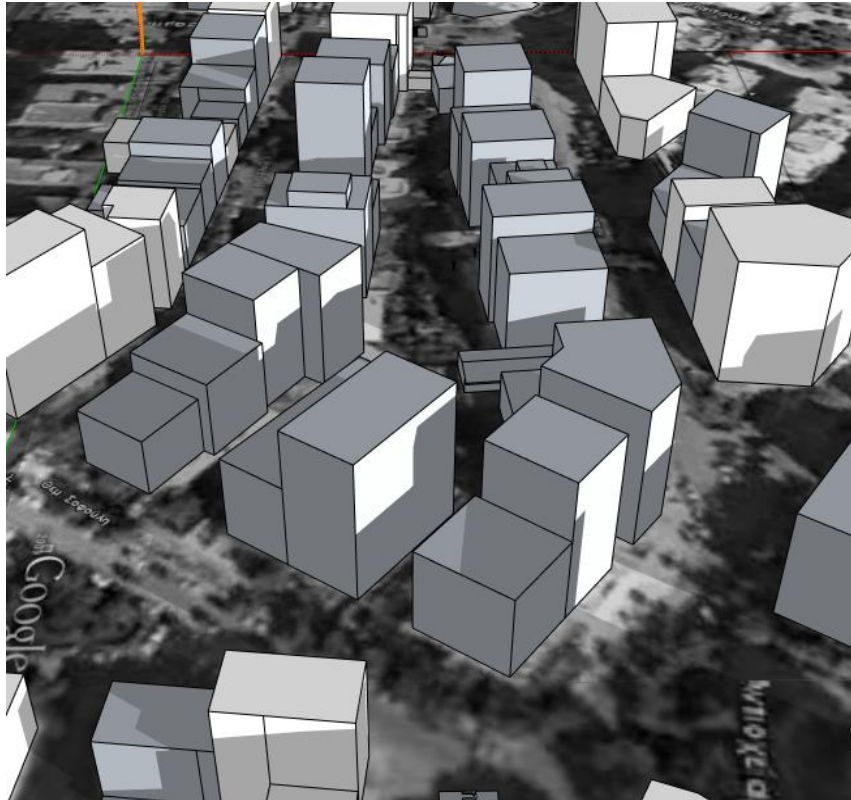
Εικόνα 13.0-104. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (νότια άποψη)



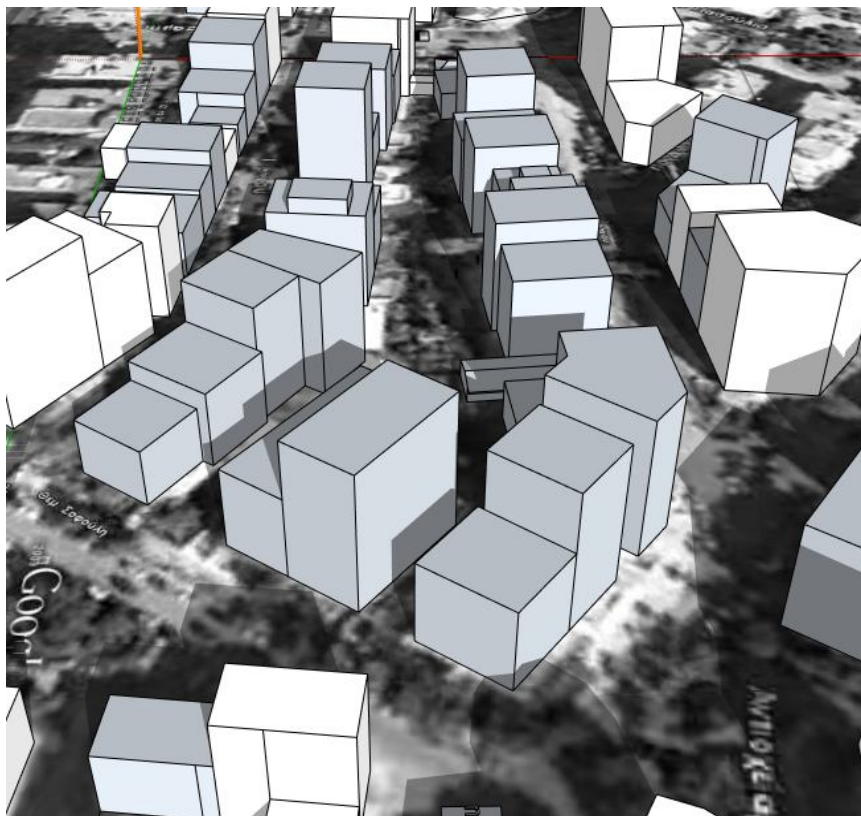
Εικόνα 13.0-105. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (νότια άποψη)



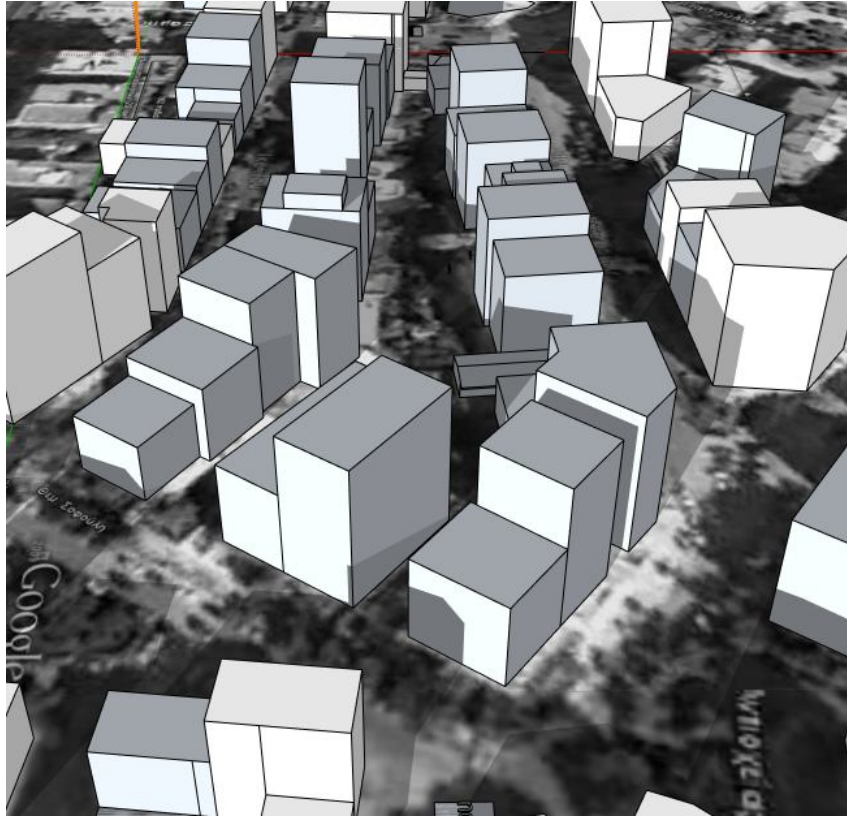
Εικόνα 13.0-106. Σκιάσεις στις 16:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (νότια άποψη)



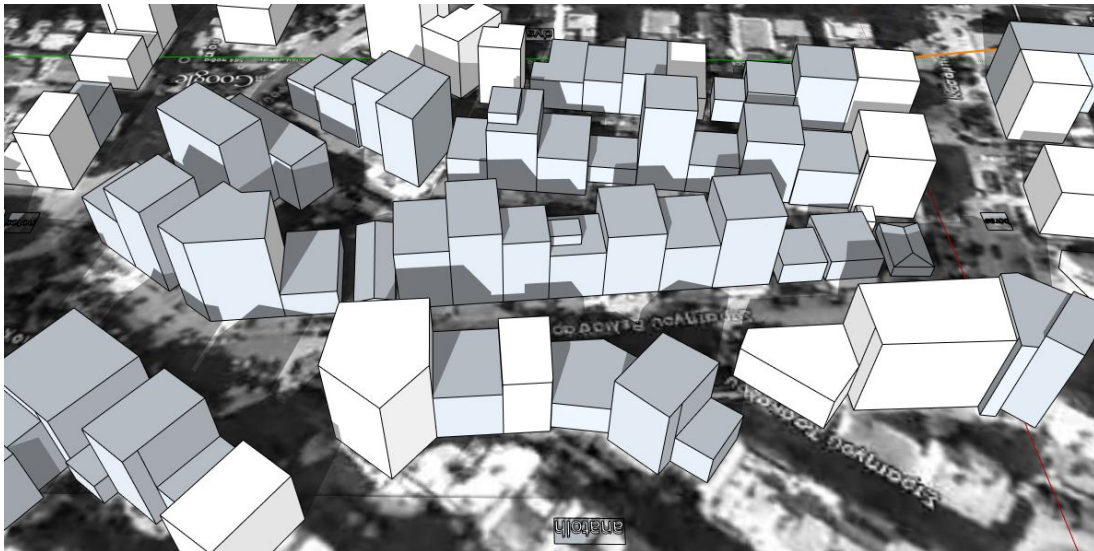
Εικόνα 13.0-107. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Δεκεμβρίου (νότια άποψη)



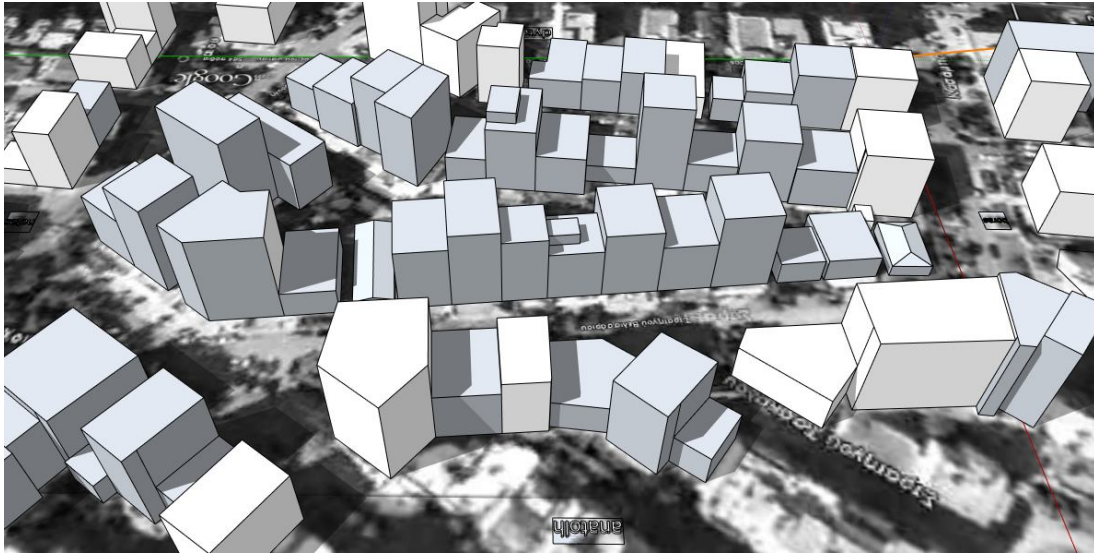
Εικόνα 13.0-108. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Δεκεμβρίου (νότια άποψη)



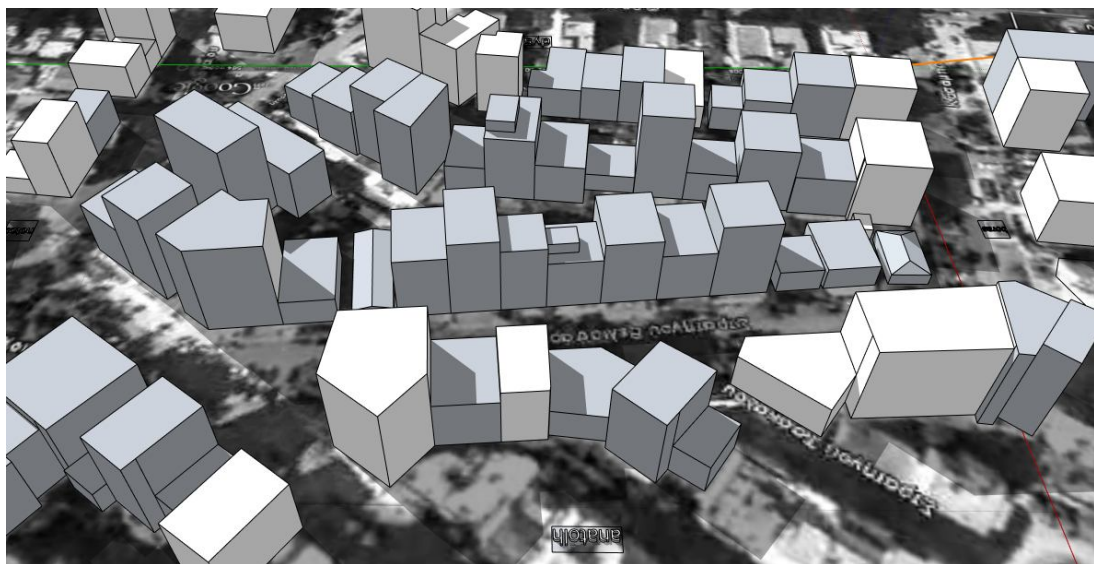
Εικόνα 13.0-109. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Δεκεμβρίου (νότια άποψη)



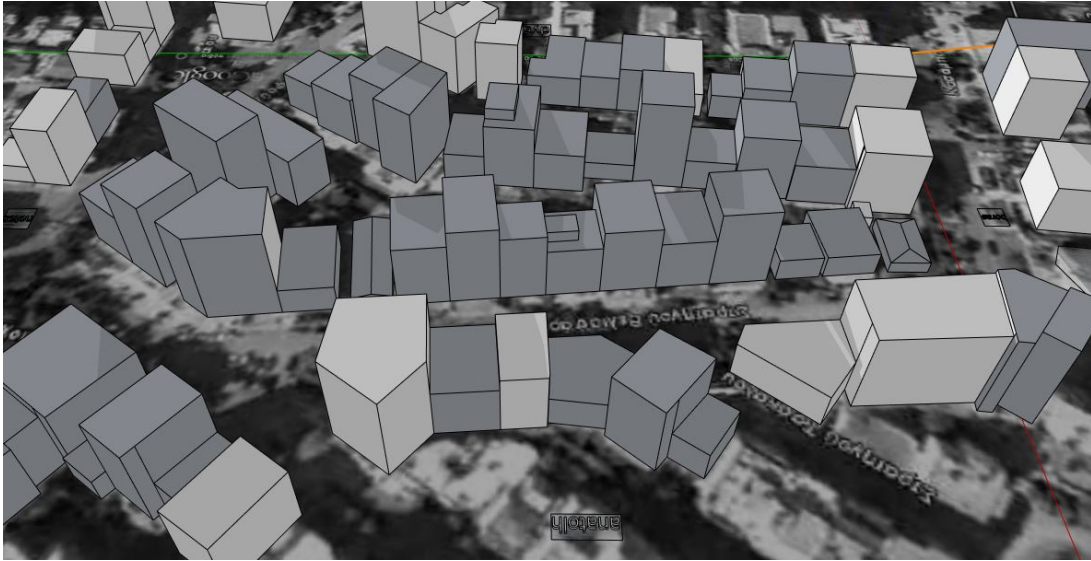
Εικόνα 13.0-110. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Μαρτίου (ανατολική άποψη)



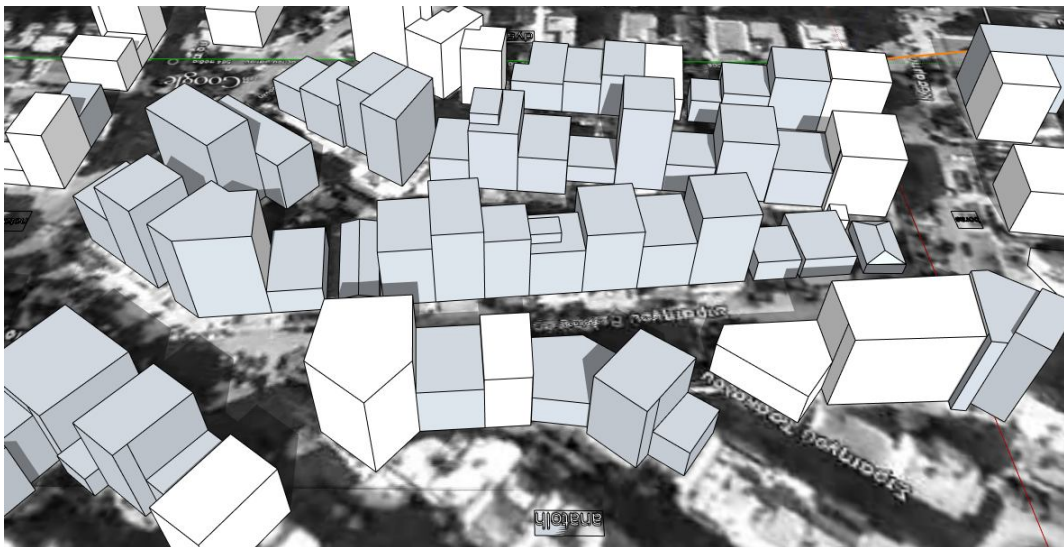
Εικόνα 13.0-111. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Μαρτίου (ανατολική άποψη)



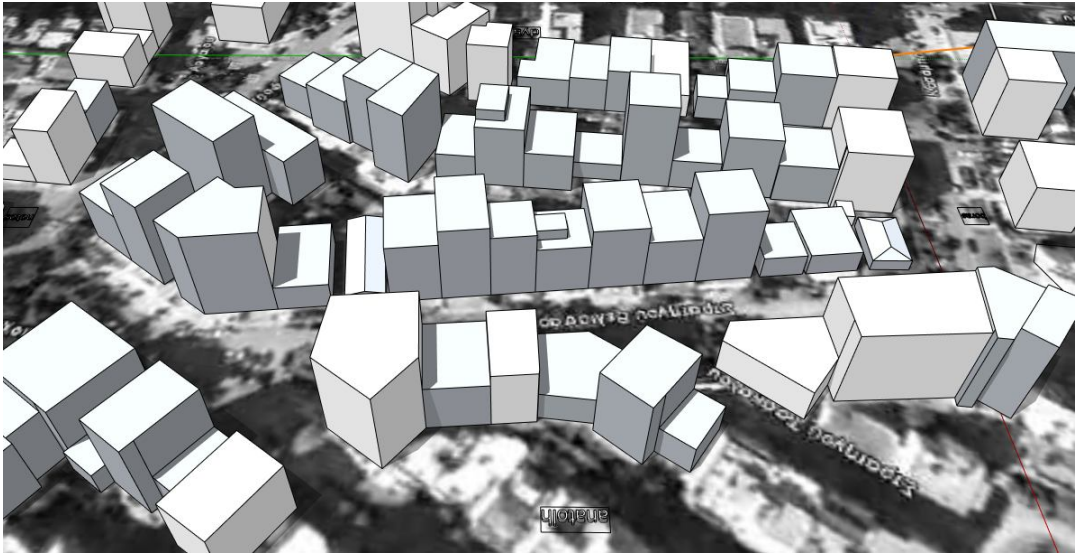
Εικόνα 13.0-112. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Μαρτίου (ανατολική άποψη)



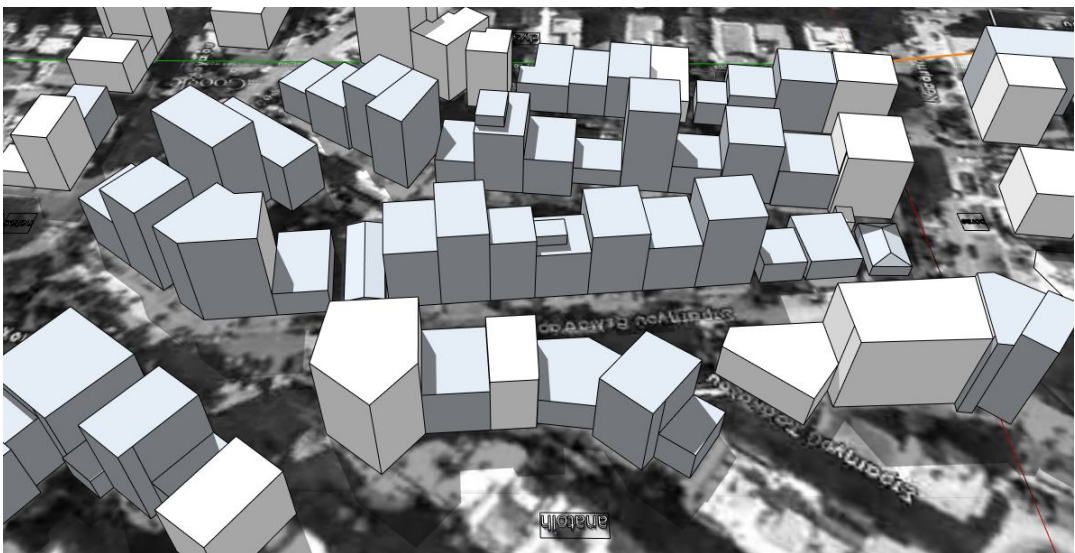
Εικόνα 13.0-113. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Μαρτίου (ανατολική άποψη)



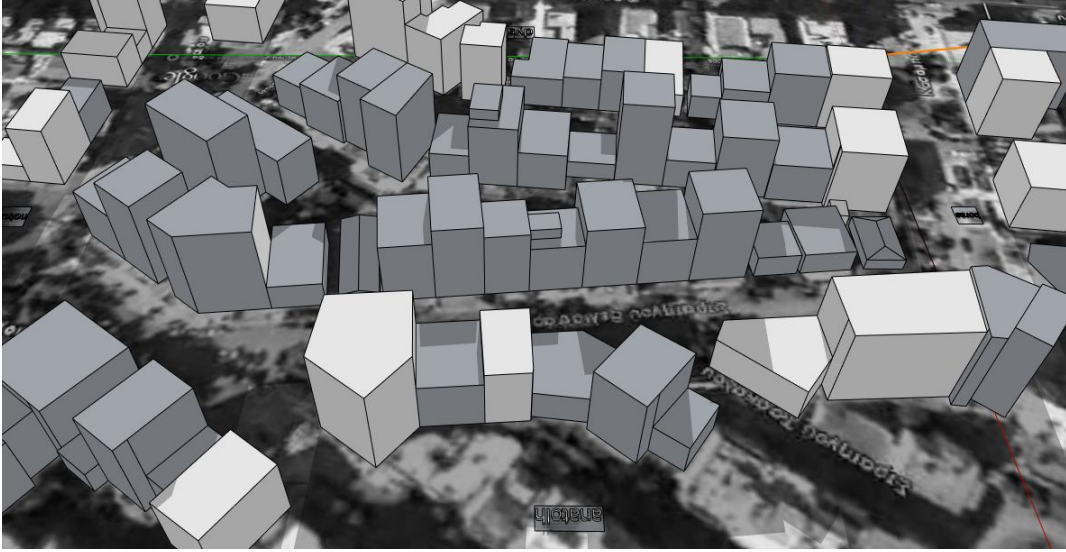
Εικόνα 13.0-114. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Ιουλίου (ανατολική άποψη)



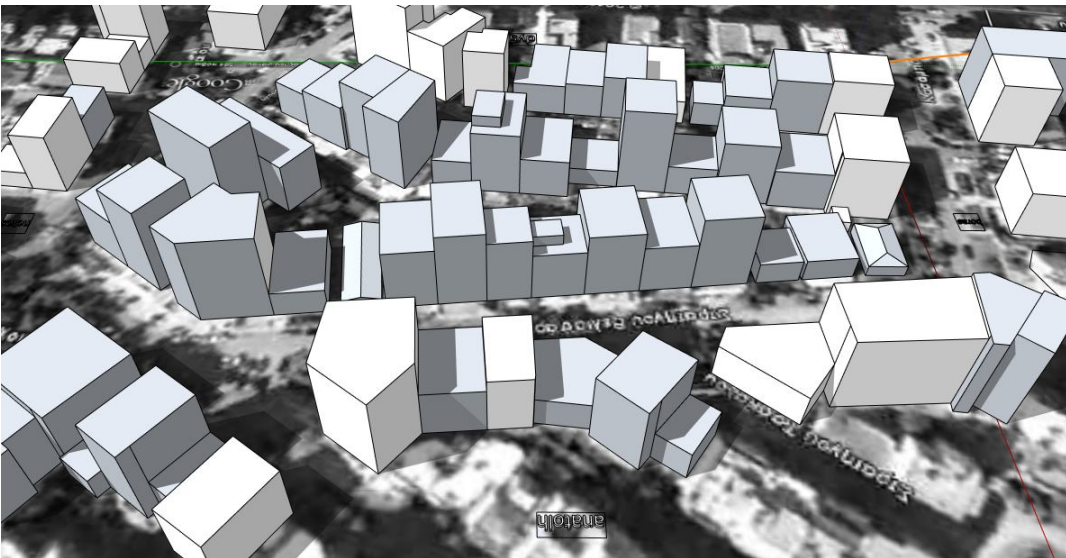
Εικόνα 13.0-115. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Ιουλίου (ανατολική άποψη)



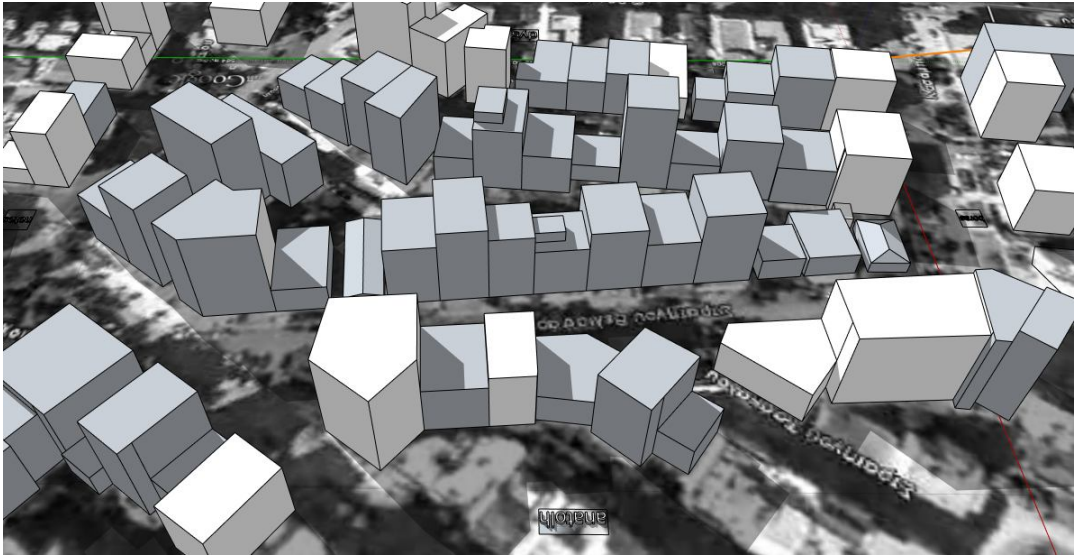
Εικόνα 13.0-116. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Ιουλίου (ανατολική άποψη)



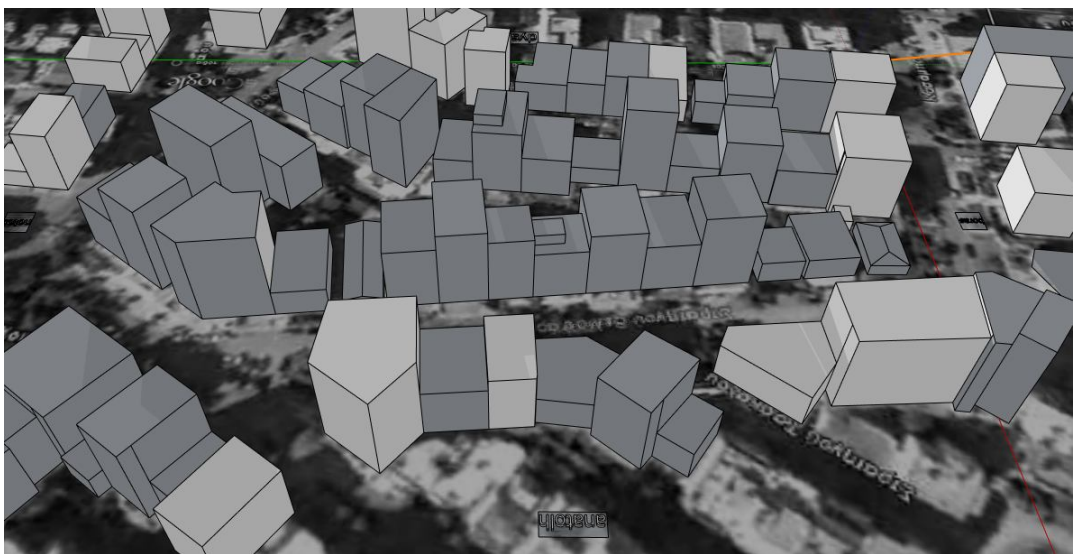
Εικόνα 13.0-117. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Ιουλίου (ανατολική άποψη)



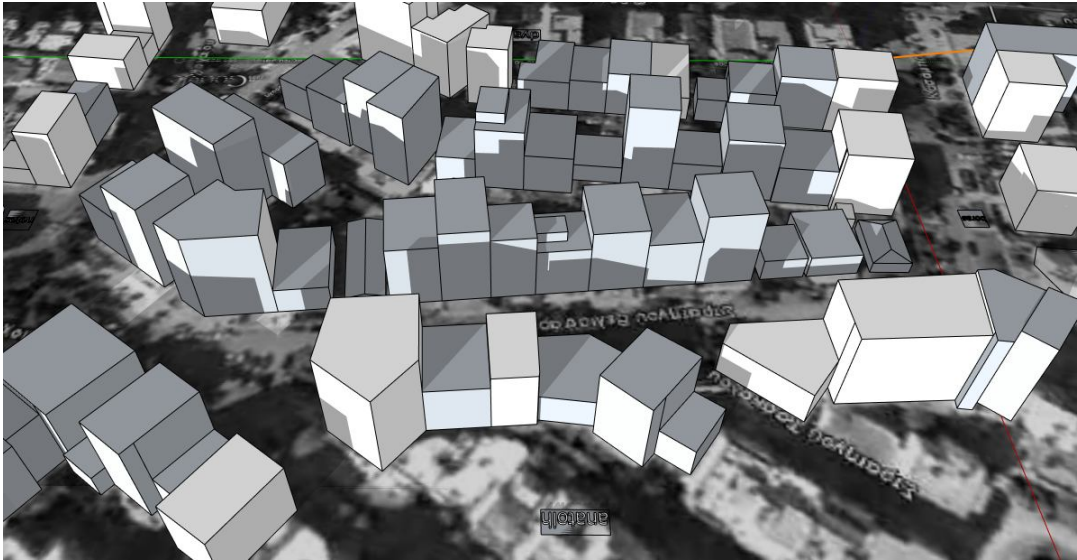
Εικόνα 13.0-118. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (ανατολική άποψη)



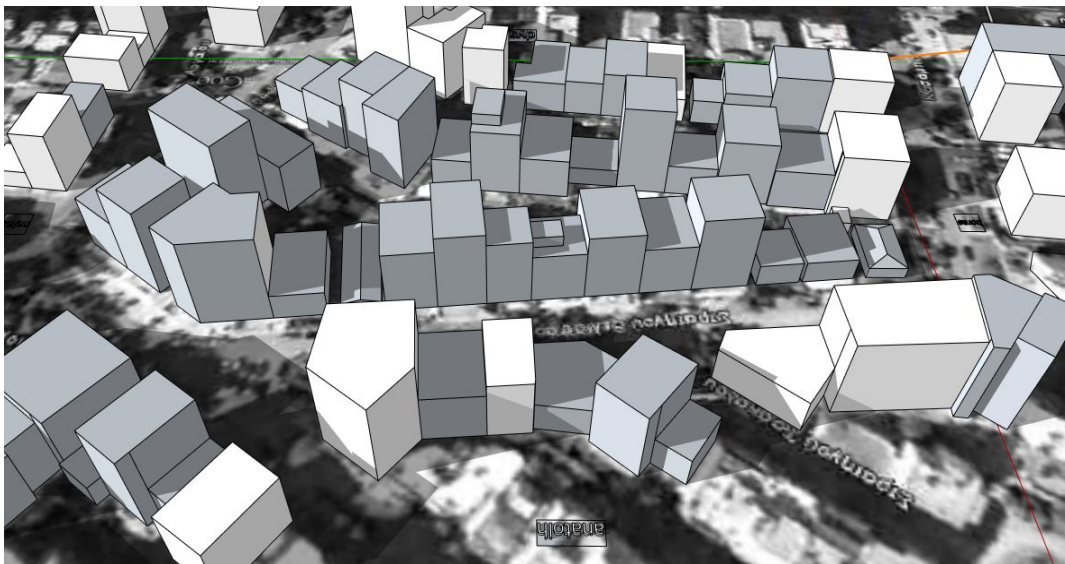
Εικόνα 13.0-119. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (ανατολική άποψη)



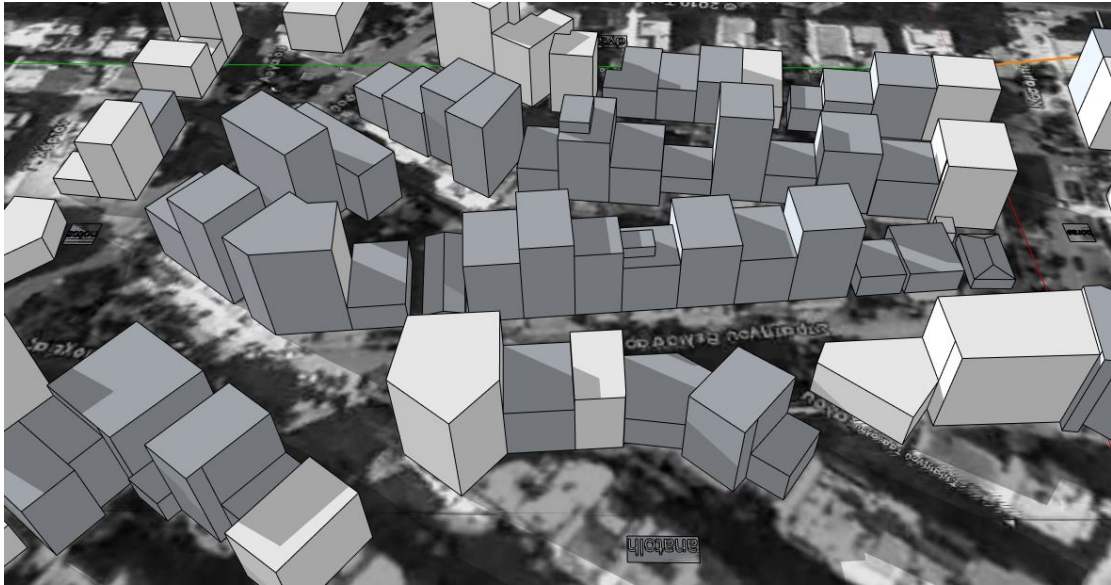
Εικόνα 13.0-120. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (ανατολική άποψη)



Εικόνα 13.0-121. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Δεκεμβρίου (ανατολική άποψη)



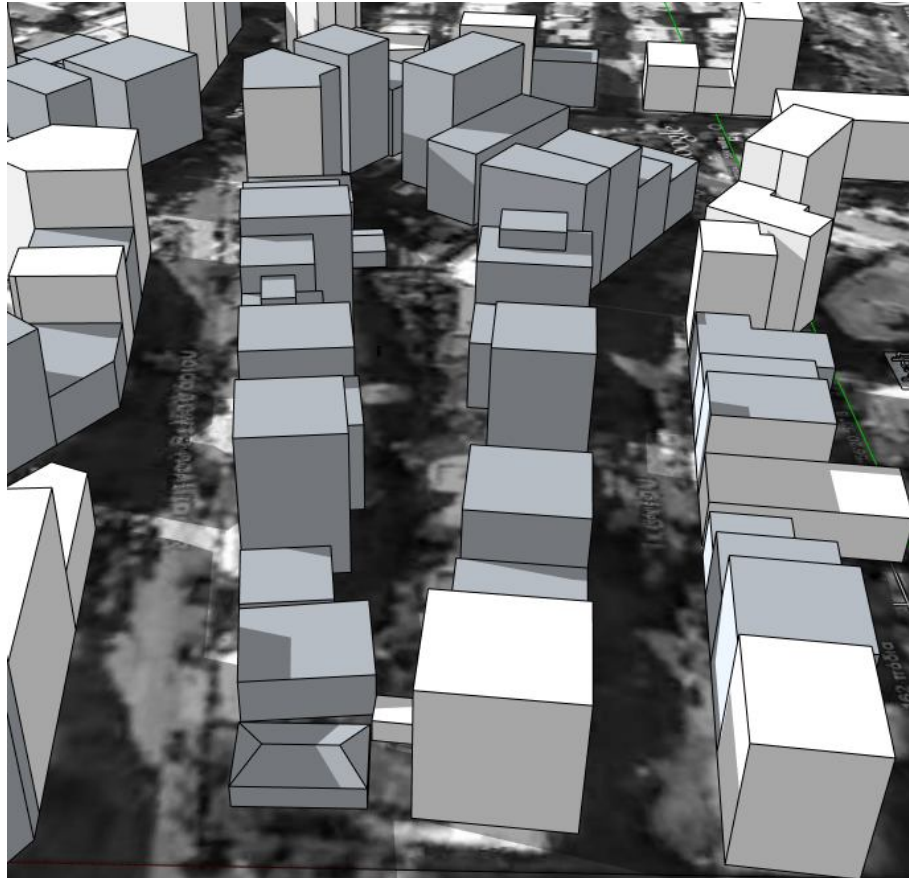
Εικόνα 13.0-122. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Δεκεμβρίου (ανατολική άποψη)



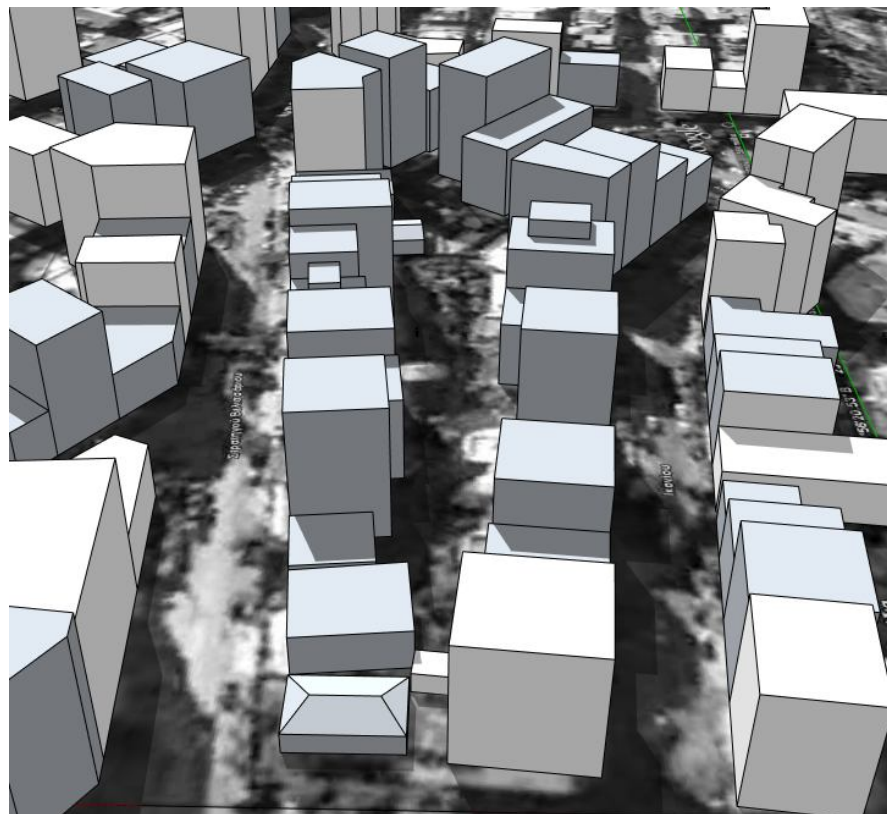
Εικόνα 13.0-123. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Δεκεμβρίου (ανατολική άποψη)

Στα κτίρια της οδού Σοφούλη πρέπει να εφαρμόζονται τεχνικές ηλιοπροστασίας με οριζόντια συστήματα (πέργολες, ημιυπαίθριοι χώροι, αρχιτεκτονικές προεξοχές και σκίαστρα). Οι όψεις των κτιρίων αυτών έχουν νότιο προσανατολισμό, ο οποίος είναι ιδανικός για την τοποθέτηση συστημάτων παθητικής θέρμανσης.

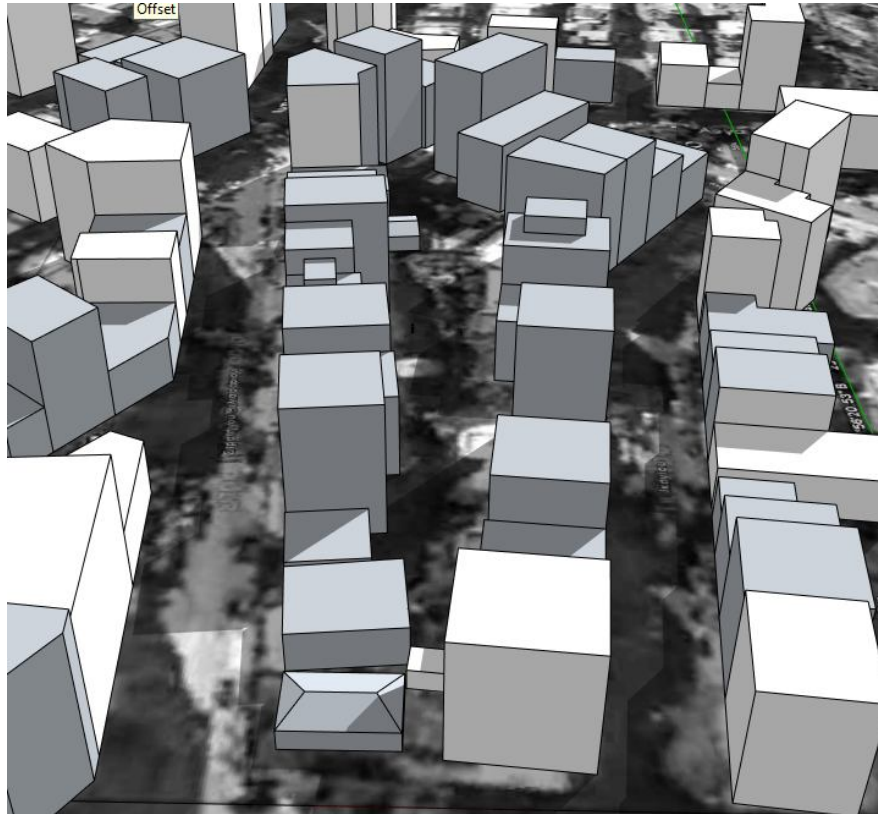
Στα κτίρια που αναπτύσσονται στις οδούς Στρατηγού Βελισαρίου και Δαρδανελίων τα συστήματα ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων πρέπει να είναι κάθετα, ενώ η φύτευση ιδιαίτερα στις πίσω όψεις θα προστατεύει το κέλυφος από τα ανεπιθύμητα ηλιακά κέρδη κατά τις απογευματινές ώρες του καλοκαιριού.



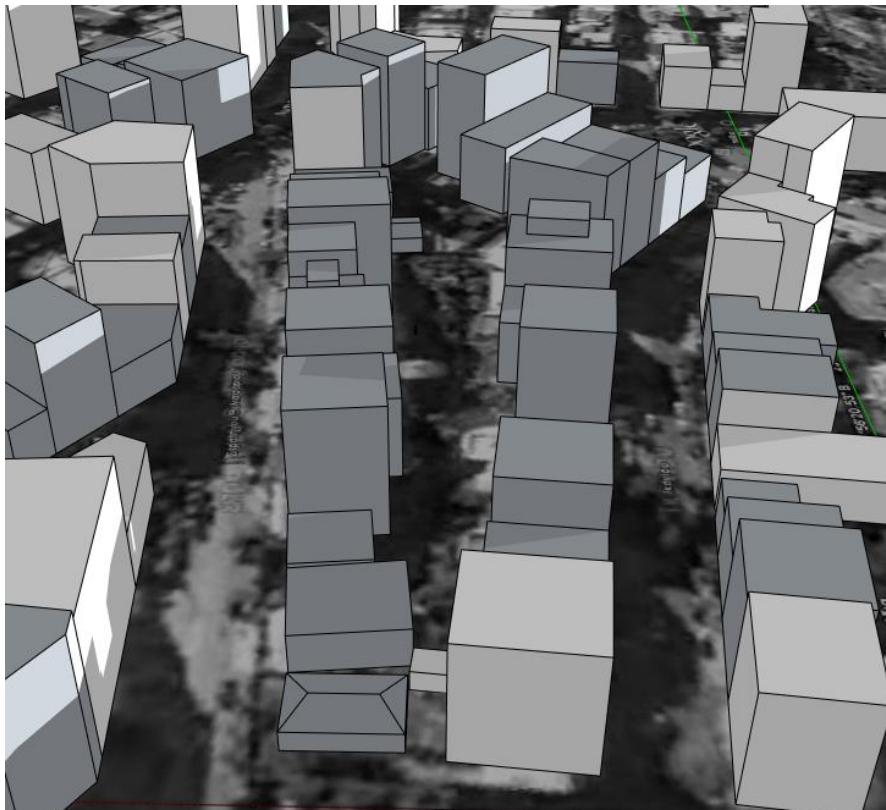
Εικόνα 13.0-124. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Μαρτίου (βόρεια άποψη)



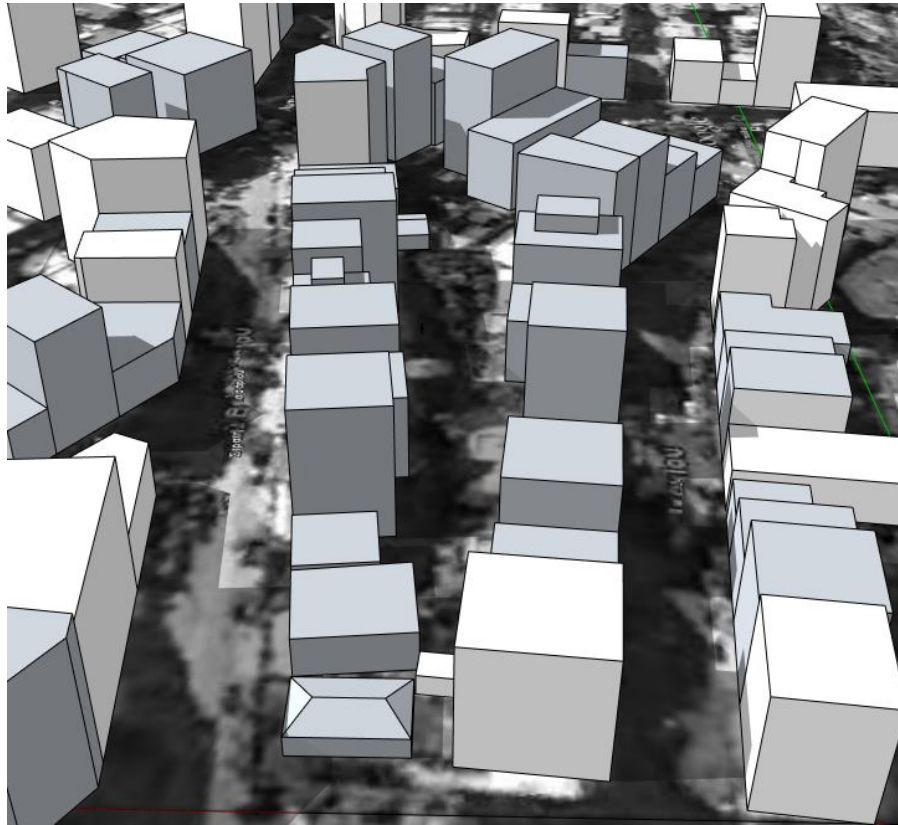
Εικόνα 13.0-125. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Μαρτίου (βόρεια άποψη)



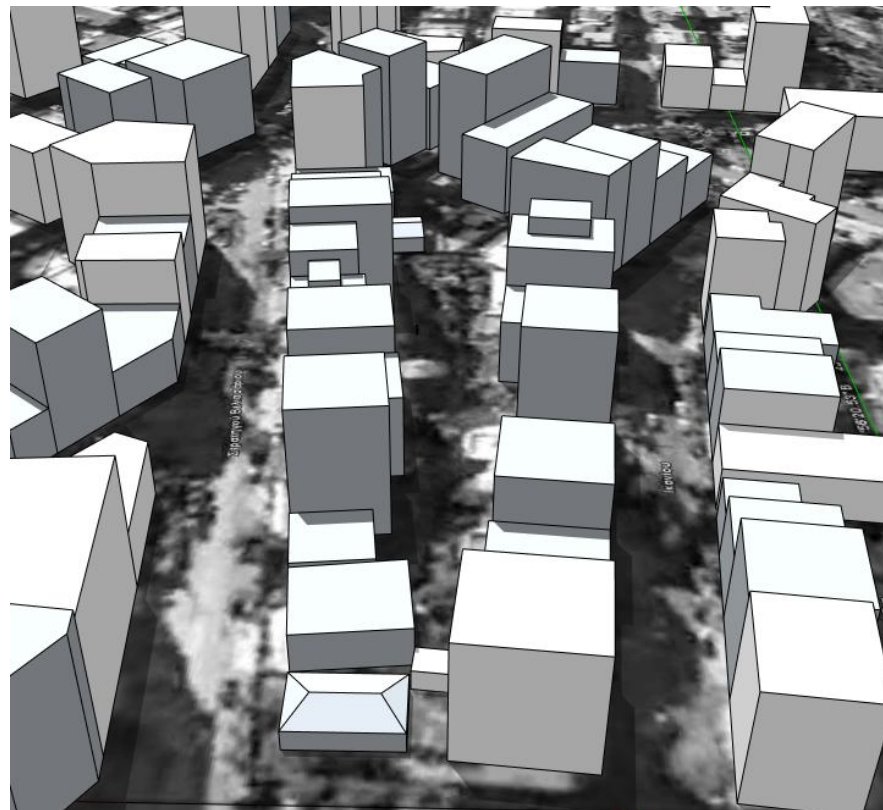
Εικόνα 13.0-126. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Μαρτίου (βόρεια άποψη)



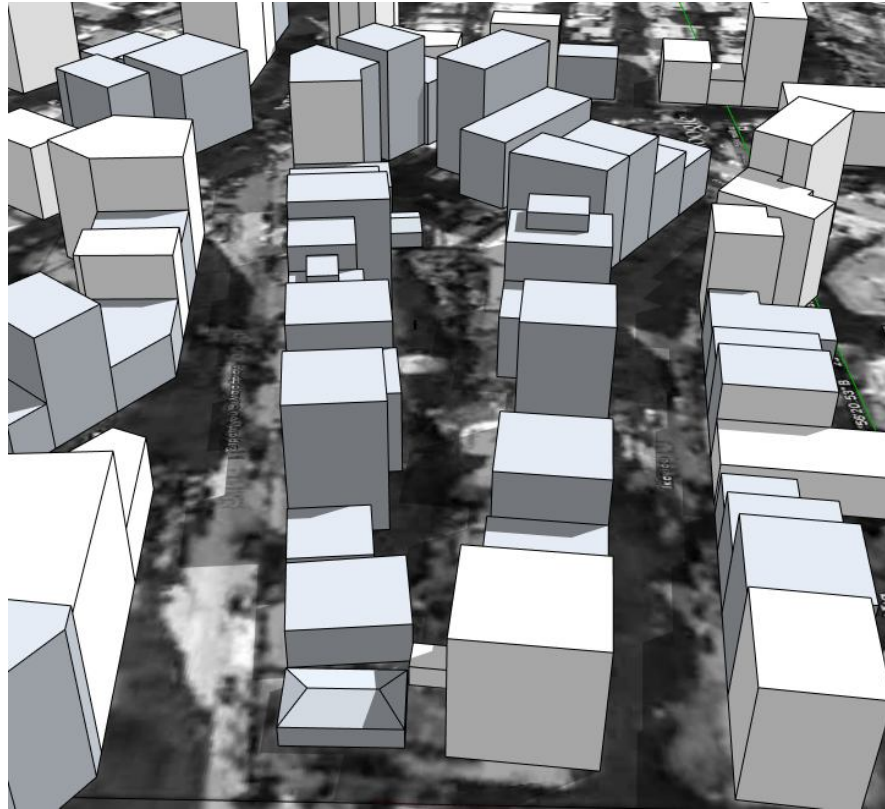
Εικόνα 13.0-127. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Μαρτίου (βόρεια άποψη)



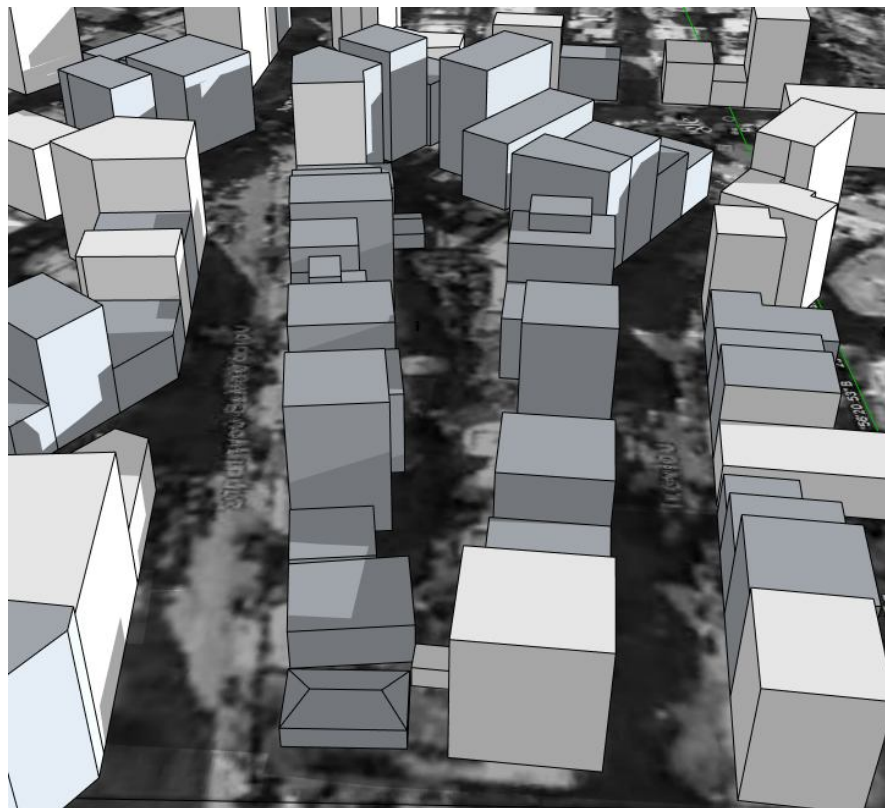
Εικόνα 13.0-128. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Ιουλίου (βόρεια άποψη)



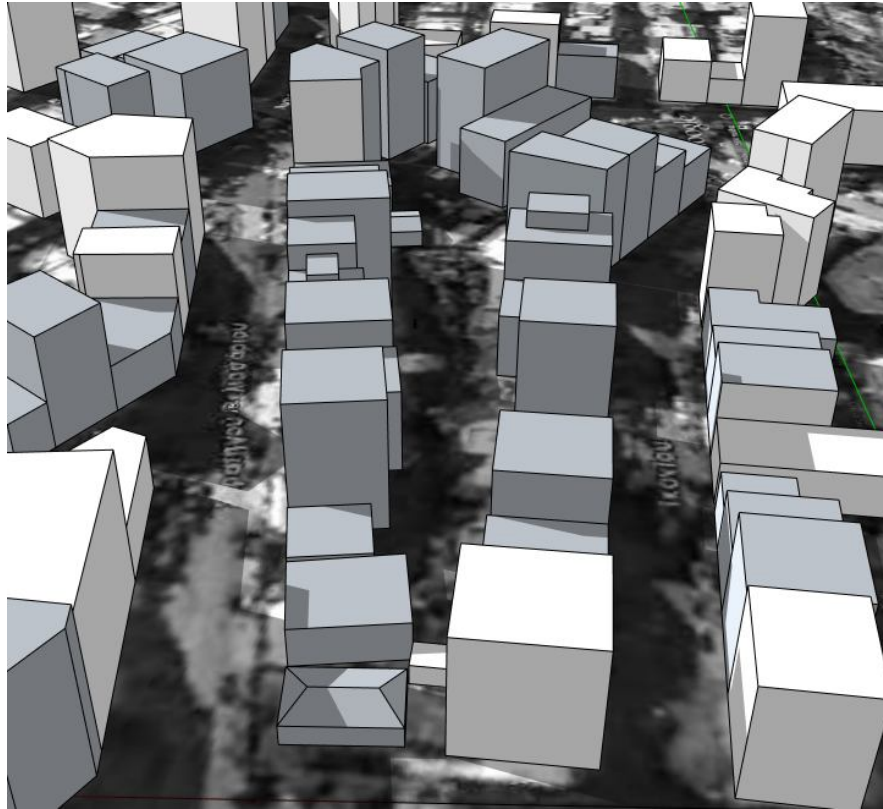
Εικόνα 13.0-129. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Ιουλίου (βόρεια άποψη)



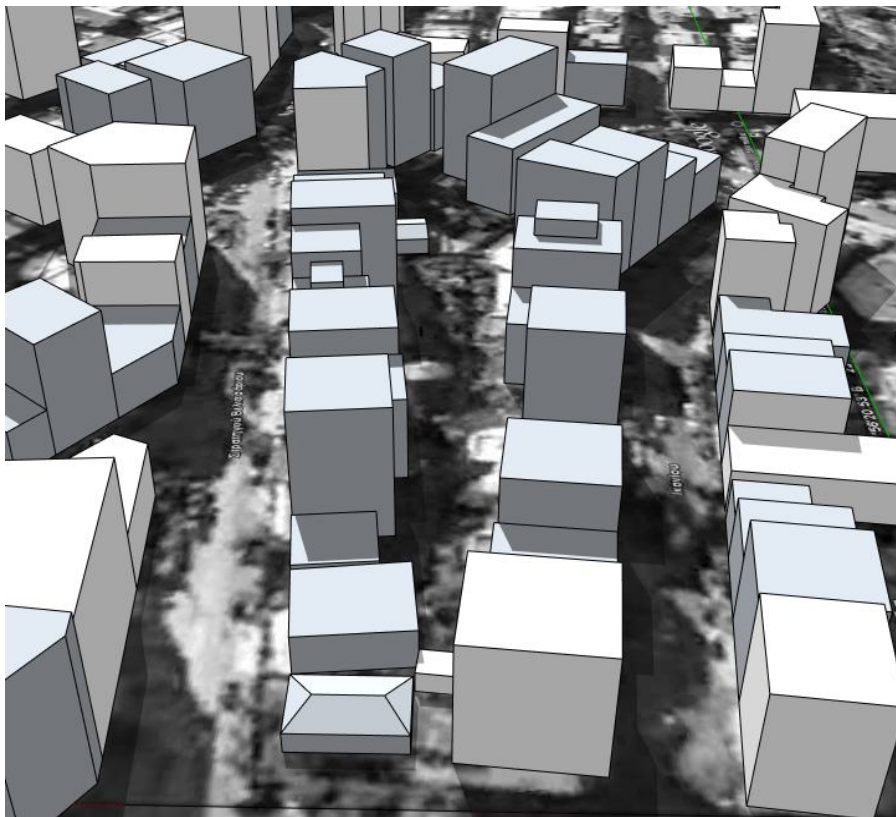
Εικόνα 13.0-130. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Ιουλίου (βόρεια άποψη)



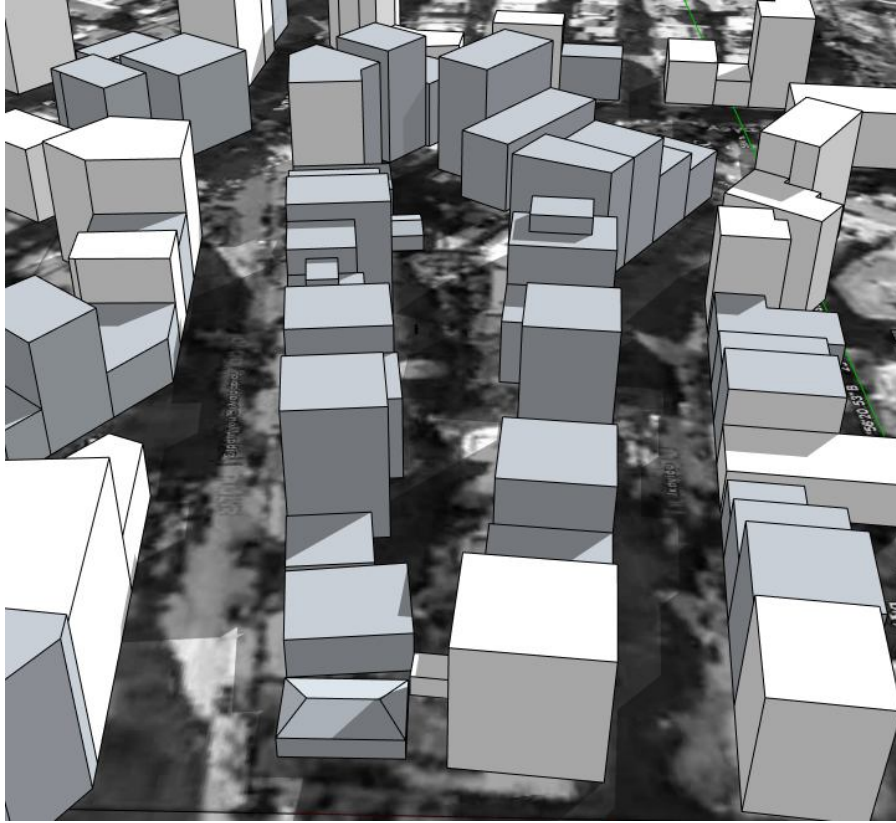
Εικόνα 13.0-131. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Ιουλίου (βόρεια άποψη)



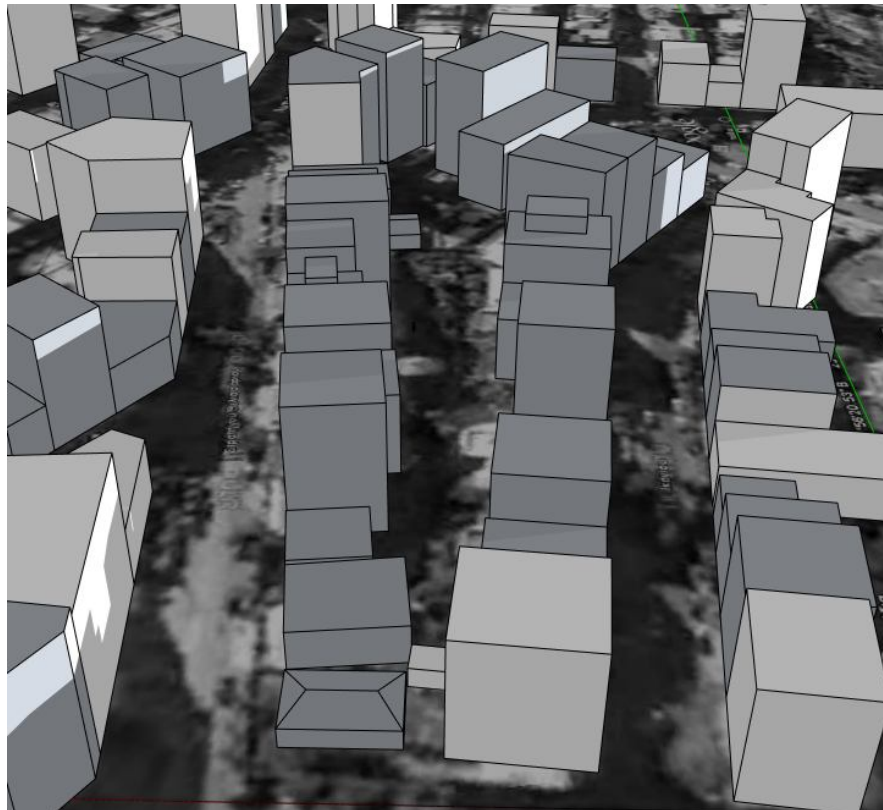
Εικόνα 13.0-132. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (βόρεια άποψη)



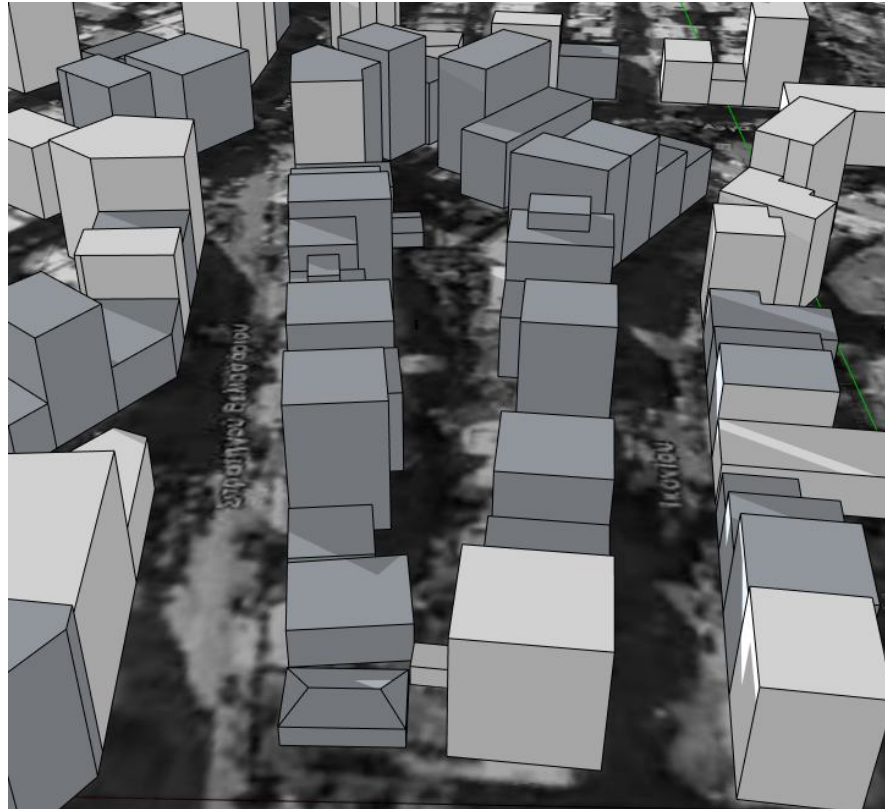
Εικόνα 13.0-133. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (βόρεια άποψη)



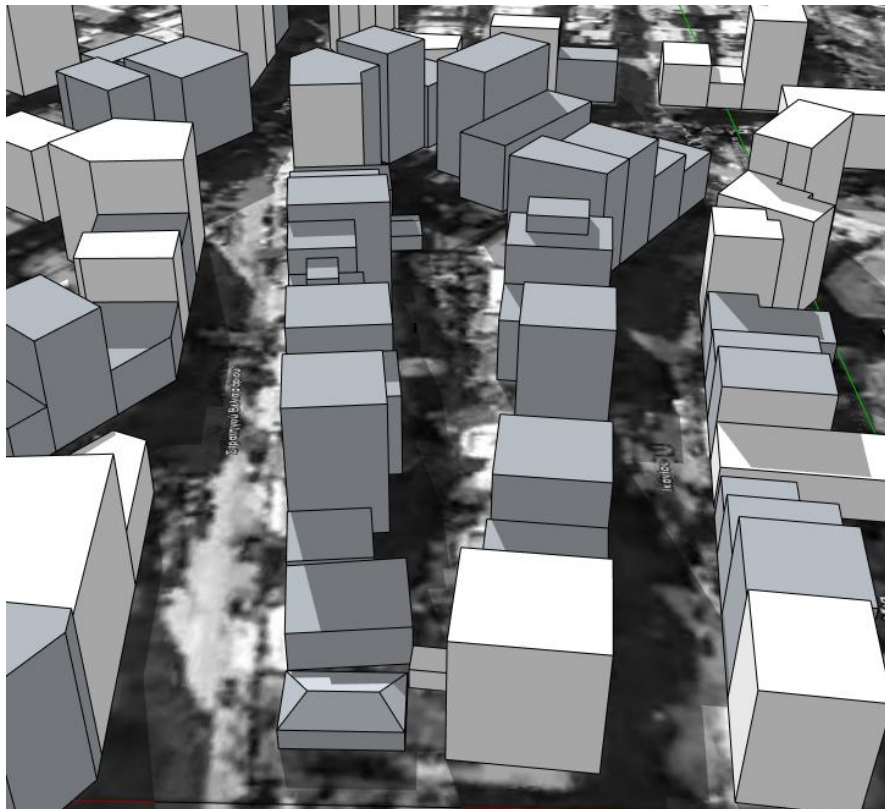
Εικόνα 13.0-134. Σκιάσεις στις 15:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (βόρεια άποψη)



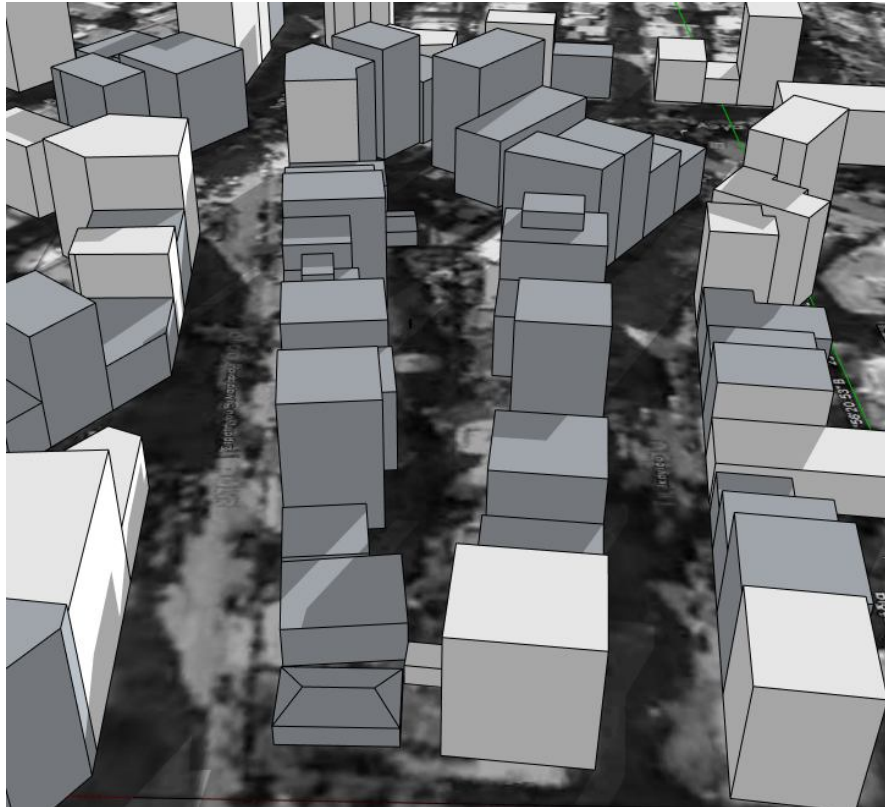
Εικόνα 12.0-135. Σκιάσεις στις 18:00 στις 21 Σεπτεμβρίου (βόρεια άποψη)



Εικόνα 13.0-136. Σκιάσεις στις 09:00 στις 21 Δεκεμβρίου (βόρεια άποψη)



Εικόνα 13.0-137. Σκιάσεις στις 12:00 στις 21 Δεκεμβρίου (βόρεια άποψη)



Εικόνα 13.0-138. Σκιώσεις στις 15:00 στις 21 Δεκεμβρίου (βόρεια άποψη)

13.4. Μέτρα βιοκλιματικής ανάπλασης

Δεδομένου ότι η πρόταση αφορά υφιστάμενα κτίρια και ήδη διαμορφωμένο-καλυμμένο χώρο, τα μέτρα που προτείνονται αφορούν αφενός το κέλυφος των κτιρίων και αφετέρου τους ακάλυπτους χώρους. Σημειώνεται ότι δεν εξετάζονται τυχόν επεμβάσεις στο εσωτερικό του κτιρίου, αφού η αναδιάταξη των εσωτερικών χώρων κρίνεται αδύνατη, ενώ παράλληλα δεν υπάρχει πρόσβαση ούτε καταγραφή ανάλογων δεδομένων.

Για την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των υφισταμένων κτιρίων κρίνονται απαραίτητες οι παρακάτω ενέργειες:

- Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας και δώματος στα μη θερμομονωμένα κτίρια (έτος κατασκευής πριν το 1980).
- Θερμομόνωση θερμογεφυρών (υποστυλώματα, δοκοί, τοιχία κ.λπ.)
- Αντικατάσταση υφιστάμενων ανοιγμάτων (πλαίσια, υαλοπίνακες) με νέα βελτιωμένων θερμικών και οπτικών ιδιοτήτων (κτίρια με κουφώματα με πλαίσιο αλουμινίου ή ξύλου και μονό υαλοπίνακα).
- Εφαρμογή εξωτερικών σταθερών ή κινητών διατάξεων σκίασης (τέντες, κατακόρυφα ή οριζόντια κινητά ή σταθερά σκίαστρα κ.λπ.).
- Φύτευση δωμαίων και όψεων.
- Προσθήκη παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης και φωτισμού (τοίχοι μάζας trombe, θερμοσιφωνικά πανέλα, ηλιακοί χώροι-θερμοκήπια).

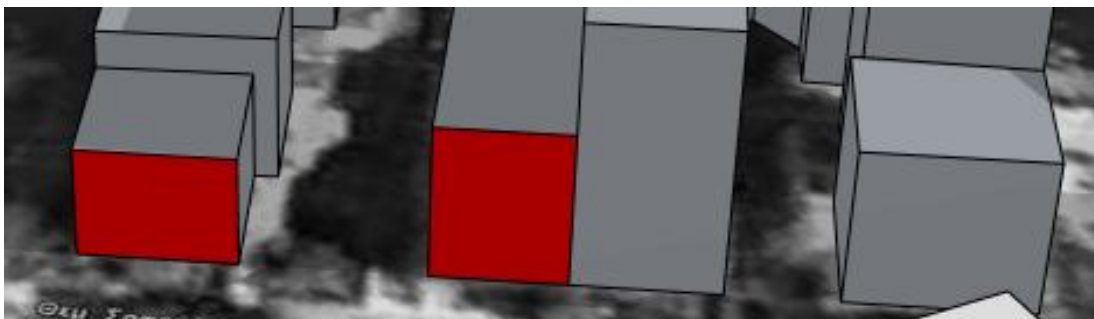
- Εφαρμογή φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Αναλυτικότερα, σε όλα τα κτίρια που έχουν κατασκευαστεί πριν την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης ή σε όσα εμφανίζουν ανεπαρκή θερμομόνωση και προβλήματα θερμογεφυρών προτείνεται η προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης. Η θερμομόνωση αυτού του είδους είναι ιδανική για κτίρια κατοικίας, αφού είναι δυνατή η εκμετάλλευση της θερμικής αδράνειας των στοιχείων της τοιχοποιίας και του φέροντος οργανισμού. Επιπλέον, δεδομένου ότι η επέμβαση θα πραγματοποιηθεί σε υφιστάμενα κτίρια, αναλόγως της μορφής των όψεων και των αρχιτεκτονικών προεξοχών θα πρέπει να επιλεγεί σύστημα πλακών θερμομονωτικού υλικού ή κονίαμα με θερμομονωτικές ιδιότητες (θερμοσοβάς).

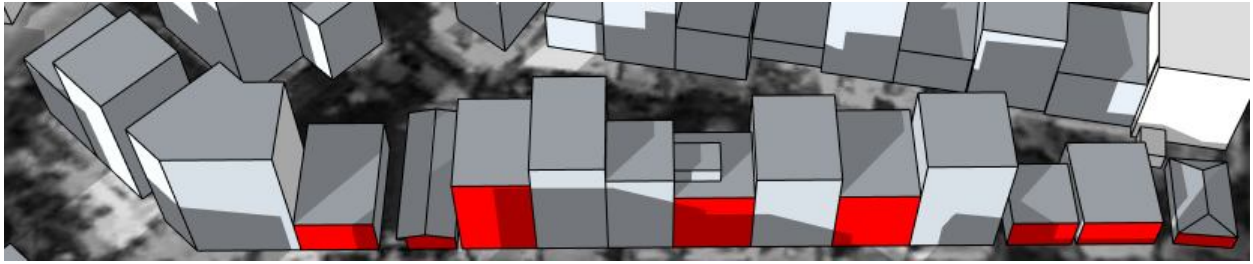
Για να γίνει αντιληπτός ο κρίσιμος ρόλος της θερμομόνωσης στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων, αναφέρεται ότι υπολογισμοί με τη μέθοδο 5000 για βιοκλιματική κατοικία με όμοιο κλίμα δείχνει ότι το φορτίο θέρμανσης για αύξηση της θερμομόνωσης από 2,5εκ. σε 5εκ. (στο πυρήνα) μειώνεται κατά 19%. Στην ίδια εργασία σημειώνεται η σημαντική λειτουργία των πατζουριών ως συστημάτων βραδινής κινητής μόνωσης, η χρήση των οποίων μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του φορτίου θέρμανσης κατά 10,6% (Καλογήρου Χρ. 2007).



Εικόνα 13.0-139. Κτίρια όπου κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης επί της οδού Ικονίου (με κόκκινο χρώμα)



Εικόνα 13.0-140. Κτίρια όπου κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης επί της οδού Σοφούλη (με κόκκινο χρώμα)



Εικόνα 13.0-141. Κτίρια όπου κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης επί των οδών Λαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου (με κόκκινο χρώμα)

Επιπλέον, για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων θα πρέπει να αντικατασταθούν όσα κουφώματα έχουν μεγάλο συντελεστή θερμοπερατότητας. Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. η Αττική ανήκει στη κλιματική ζώνη Β, οπότε ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας για τα ανοίγματα είναι $U_f=3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων τύπων ανοιγμάτων. Συμπεραίνεται ότι τα κουφώματα θα πρέπει να έχουν διπλό υαλοπίνακα.

1	Κούφωμα ξύλινο ή συνθετικό, απλός υαλοπίνακας	4.500
2	Κούφωμα ξύλινο ή συνθετικό, διπλός (6mm) υαλοπίνακας	2.800
3	Κούφωμα ξύλινο ή συνθετικό, διπλός (12 mm) υαλοπίνακας	2.600
4	Κούφωμα ξύλινο ή συνθετικό, διπλός ($20 < s < 40\text{mm}$) υαλοπίνακας	2.200
5	Κούφωμα ξύλινο ή συνθετικό, διπλός ($40 < s < 70\text{mm}$) υαλοπίνακας	2.000
6	Κούφωμα ξύλινο ή συνθετικό, διπλός ($\geq 70\text{mm}$) υαλοπίνακας	2.200
7	Κούφωμα ξύλινο ή συνθετικό, άνευ υαλοπίνακας	3.000
10	Κούφωμα μεταλλικό, απλός υαλοπίνακας	5.000
11	Κούφωμα μεταλλικό, διπλός (6 mm) υαλοπίνακας	3.200
12	Κούφωμα μεταλλικό, διπλός (12 mm) υαλοπίνακας	3.000
13	Κούφωμα μεταλλικό, διπλός ($20 < s < 40\text{mm}$) υαλοπίνακας	2.600
14	Κούφωμα μεταλλικό, διπλός ($40 < s < 70\text{mm}$) υαλοπίνακας	2.400
16	Κούφωμα μεταλλικό, άνευ υαλοπίνακα	5.000

Εικόνα 0-142. Συντελεστής θερμοπερατότητας διαφόρων τύπων κουφωμάτων

[48]

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η εξοικονόμηση ενέργειας σε τυπικό διαμέρισμα αναλόγως των βελτιώσεων στο τύπο υαλοπίνακα (διπλό και βελτιωμένο) για την περιοχή της Αθήνας.

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΤΥΠΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (lt)
ΑΘΗΝΑ	<p style="color: red;">ΔΙΠΛΟΣ 4-6-4</p> <p style="color: green;">ΔΙΠΛΟΣ 4-12-4</p> <p style="color: blue;">ΔΙΠΛΟΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΜΕ ΑΡΓΟ 4-12-4</p>	<p style="color: red;">5.192</p> <p style="color: green;">6.016</p> <p style="color: blue;">7.473</p>	<p style="color: red;">519</p> <p style="color: green;">602</p> <p style="color: blue;">747</p>

Εικόνα 13.0-143. Πίνακας εξοικονόμησης ενέργειας λόγω βελτιώσεων στο τύπο υαλοπίνακα [54]

Από την επιτόπια παρατήρηση των κτιρίων και φωτογραφική τους αποτύπωση εκτιμάται ότι αντικατάσταση κουφωμάτων πρέπει να πραγματοποιηθεί σε 20 κτίρια. Πρόκειται για τα ίδια κτίρια που χρήζουν θερμομονωτικής αναβάθμισης και επιπλέον τα κτίρια 8 και 16. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί, ότι τα βελτιωμένα πλέον ανοίγματα θα προσφέρουν ηλιακά κέρδη το χειμώνα και θα εξασφαλίσουν φυσικό φωτισμό σε όλη τη διάρκεια του έτους.

Σε ότι αφορά τις διατάξεις σκίασης, στα κτίρια των οδών Ικονίου, Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου είναι απαραίτητη η ύπαρξη κινητών συστημάτων κάθετης σκίασης. Σχεδόν όλα τα κτίρια των παραπάνω οδών διαθέτουν τέντες, οπότε απαραίτητη είναι η τοποθέτηση συστήματος μόνο στα κτίρια 9, 25, 28 και 30.

Προκειμένου να γίνουν αντιληπτά το οφέλη εφαρμογής συστημάτων ηλιοπροστασίας στη μείωση του απαιτούμενου φορτίου ψύξης σε κλίματα όπως αυτό της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας, αναφέρεται ότι σύμφωνα με μελέτη προσομοίωσης βιοκλιματικής κατοικίας στον Άλιμο Αττικής (ίδια κλιματικά δεδομένα με τη περιοχή μελέτης) η τοποθέτηση συστήματος σκίασης στα νότια παράθυρα επιφέρει μείωση του φορτίου ψύξης κατά 24% (Καλογήρου Χρ. 2007).

Ως προς τα στοιχεία πρασίνου στις όψεις και τα δώματα, ο ρόλος του είναι διπλός, αφενός προστατεύει τα αδιαφανή στοιχεία του κελύφους από την ηλιακή έκθεση και αφετέρου βελτιώνει το μικροκλίμα. Για αυτό προτείνονται:

- αειθαλή αναρριχώμενα φυτά στους τοίχους με βόρειο προσανατολισμό για την προστασία τους από τους επικρατούντες ανέμους το χειμώνα και τη μείωση των θερμικών απωλειών,
- φυλλοβόλα αυτοαναρριχώμενα στους τοίχους με δυτικό και ανατολικό προσανατολισμό ώστε η κάθετη σκίαση τους να συμβάλλει στη μείωση των θερμικών προσόδων κατά τη θερινή περίοδο,
- φυλλοβόλα χαμηλά σε γλάστρες και παρτέρια στους εξώστες με δυτικό και ανατολικό προσανατολισμό για προστασία κατά τη θερινή περίοδο,
- φυλλοβόλα αναρριχώμενα σε πέργολες στα δώματα για οριζόντια σκίαση κατά τη θερινή περίοδο.

Κατά συνέπεια στα κτίρια των οδών Ικονίου, Δαρδανελίων και Στρατηγού Βελισαρίου προτείνονται τα εξής:

Επέμβαση φύτευσης	Κτίριο
φυλλοβόλα αυτοαναρριχώμενα	1,2,3,4,5,7,8,9,12,13,19,21,22,23,24,26,27,29
φυλλοβόλα χαμηλά στους εξώστες	3,4,9,13,21,24,26,28,29,30
φυλλοβόλα αναρριχώμενα σε πέργολες στα δώματα	Όλα

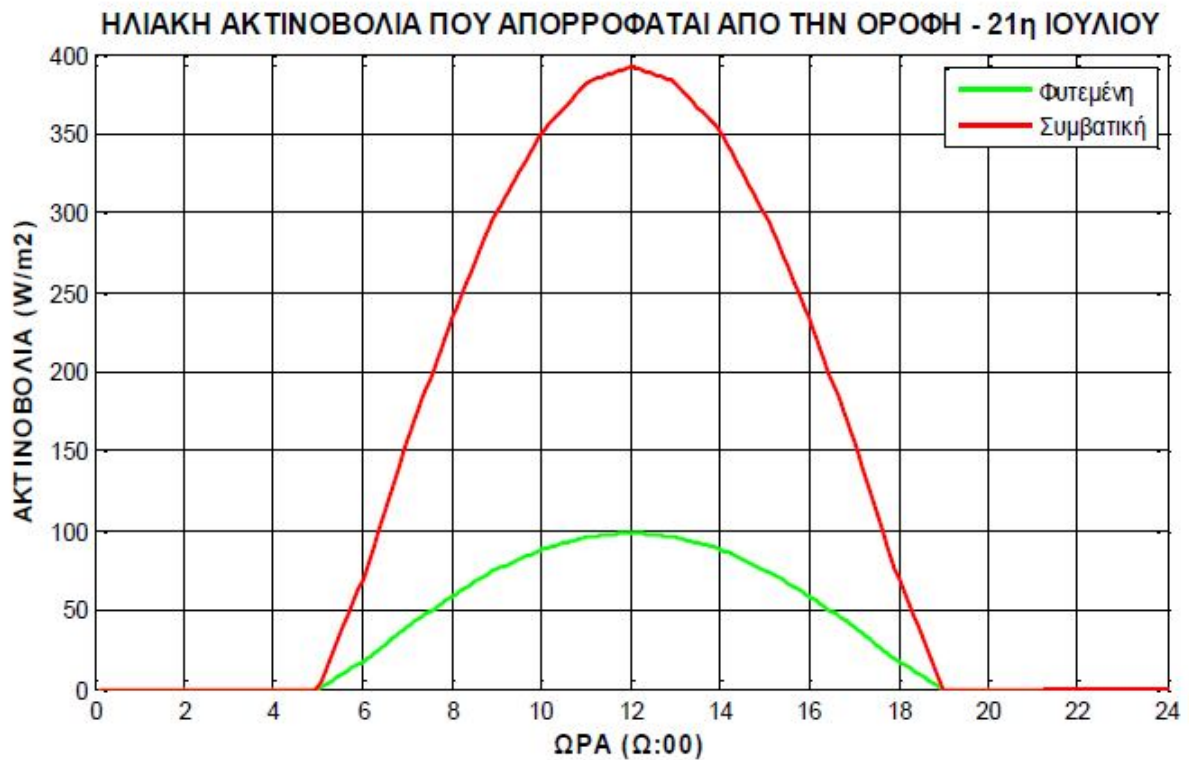
Επιπλέον στη βόρεια όψη του κτιρίου 1 προτείνεται η φύτευση αιθαλούς αναρριχώμενου ενώ στη δυτική «τυφλή» όψη του ίδιο κτιρίου μπορεί να φυτευτεί αιθαλές αναρριχώμενο για προστασία από τον ήλιο το καλοκαίρι.

Στα κτίρια της οδού Σοφούλη, προτείνεται η τοποθέτηση χαμηλών φυλλοβόλων φυτών σε γλάστρες στους εξώστες για την βελτίωση του μικροκλίματός και τον αποτελεσματικότερο δροσισμό με αερισμό. Επίσης, στη πίσω όψη του κτιρίου 14 μπορεί να φυτευτεί αναρριχώμενο αιθαλές πράσινο για την προστασία από τους βόρειους ανέμους το χειμώνα.

Με την κατάλληλη φύτευση -όπως αυτή προτείνεται-, είναι δυνατός ο περιορισμός της μετάδοσης των θερμικών προσόδων από τα στοιχεία του κελύφους και κατά συνέπεια η μείωση της μέσης θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα του κτιρίου και η τροποποίηση της 24ωρης διακύμανσης της. Με την τεχνική αυτή επιτυγχάνεται ο φυσικός δροσισμός των κτιρίων, αλλά και ο παθητικός μέσω δροσισμού με εξάτμιση λόγω των φυλλωμάτων.

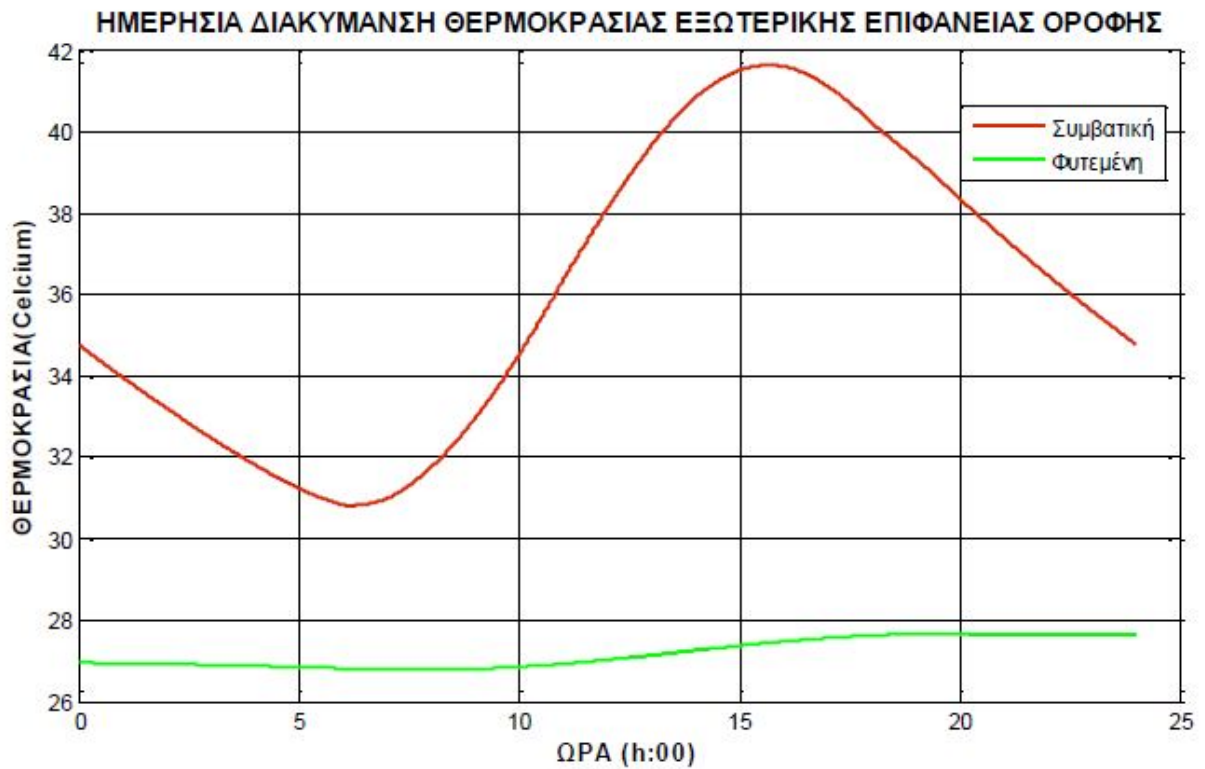
Σε όλα τα κτίρια ενδείκνυται η δημιουργία φυτεμένων δωμάτων, τα οποία αποτελούν έναν από τους πιο ενδεδειγμένους τρόπους προστασίας και ενεργειακής- περιβαλλοντικής βελτίωσης υφιστάμενων κτιρίων. Επιπλέον, βελτιώνουν το μικροκλίμα των αστικών περιοχών, μειώνουν την ηχορύπανση, τη σκόνη και το νέφος, ενισχύουν και προστατεύουν τη μόνωση του δώματος, μπορούν να αποτελούν ευχάριστο χώρο αναψυχής των ενοίκων και δημιουργούν φυσικό περιβάλλον για την αστική χλωρίδα και πανίδα.

Σύμφωνα με την ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου προσομοίωσης (Σκουτάρης Μ. 2009) της θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου με φυτεμένη οροφή κατά τη θερινή περίοδο, η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται από την οροφή είναι το 25% της αντίστοιχης συμβατικής με απλή μόνωση.

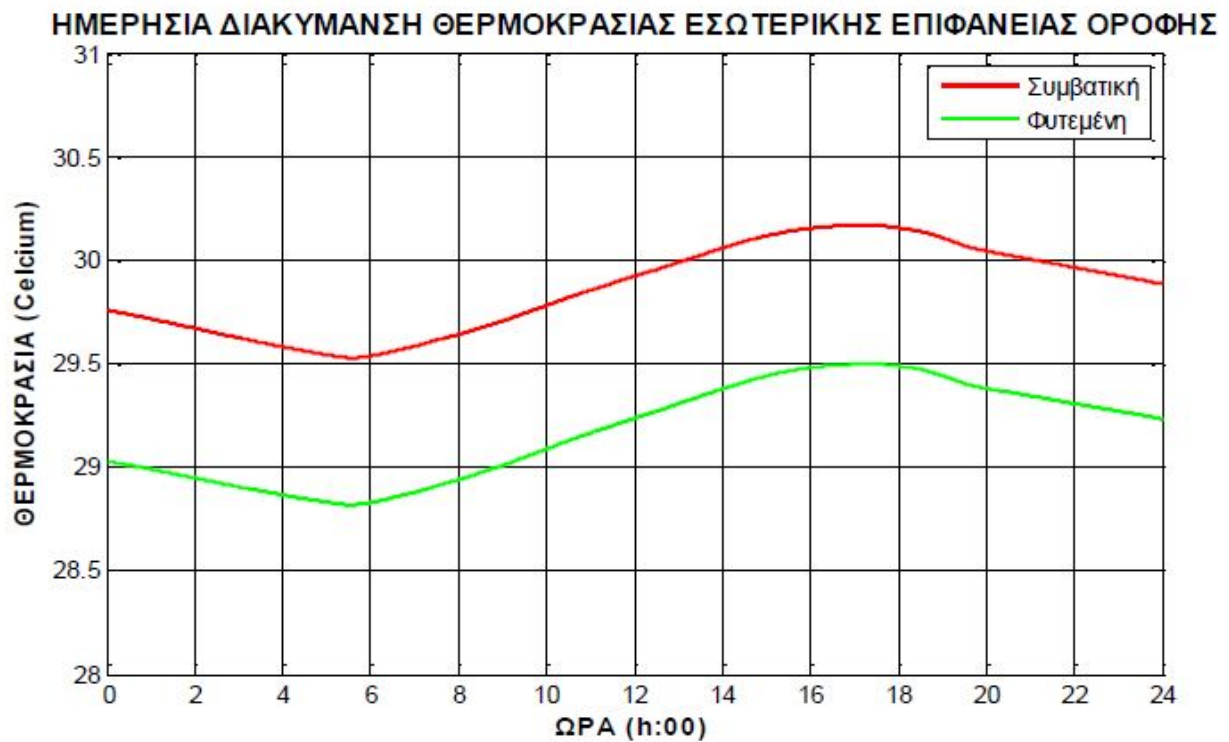


Εικόνα 13.0-144. Διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από μια φυτεμένη και μια συμβατική οροφή [53]

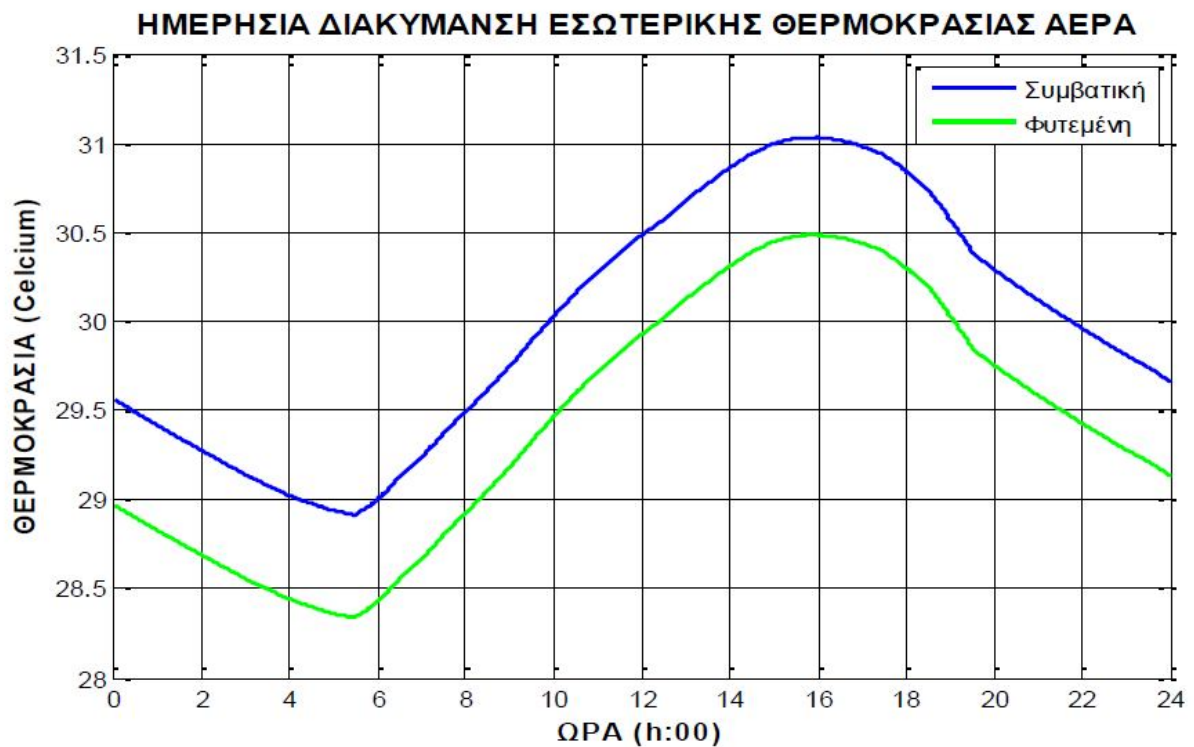
Επιπλέον, η θερμοκρασία στην εξωτερική επιφάνεια της κατασκευής δεν παίρνει ακραίες τιμές στην περίπτωση της φυτεμένης οροφής, σε αντίθεση με μία συμβατική. Κατά συνέπεια, ενώ η θερμοκρασία στην επιφάνεια μιας συμβατικής οροφής κατά τις θερμές μεσημβρινές ώρες μπορεί να φτάσει τους 42°C, στη φυτεμένη αντίστοιχα κυμαίνεται στους 28 °C. Πέραν τούτου, το εύρος τιμών που λαμβάνει η θερμοκρασία είναι αρκετά μεγαλύτερο στη συμβατική οροφή (11°C περίπου) σε σχέση με τη φυτεμένη (1°C περίπου) με αποτέλεσμα να προστατεύεται η κατασκευή από φθορές. Η θερμοκρασία δε, στο εσωτερικό του κτιρίου εμφανίζει σταθερή μείωση σε όλη τη διάρκεια του 24ώρου, με αποτέλεσμα τη μείωση των απαιτούμενων ωρών χρήσης κλιματιστικών συσκευών για την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης.



Εικόνα 13.0-145. Συγκριτικό διάγραμμα της διακύμανσης της θερμοκρασίας στην εξωτερική επιφάνεια της κατασκευής για τις δυο περιπτώσεις [53]

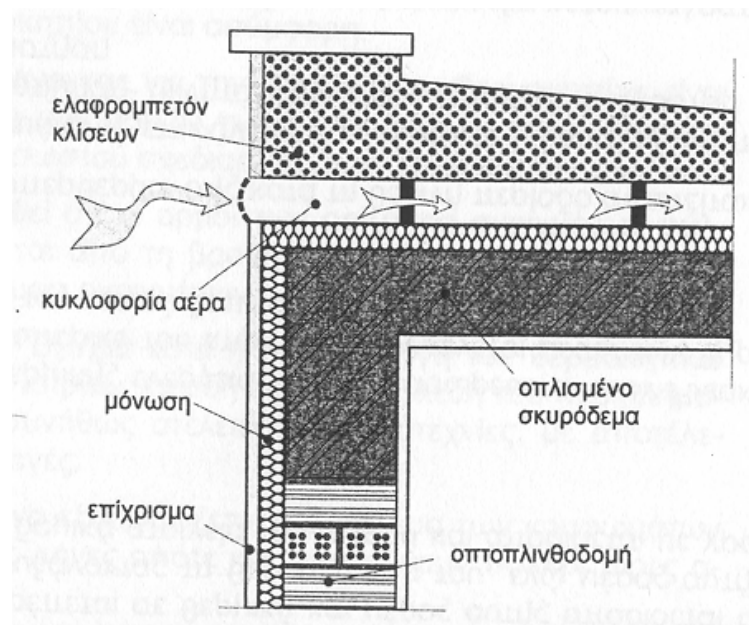


Εικόνα 13.0-146. Συγκριτικό διάγραμμα της διακύμανσης της θερμοκρασίας στην εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής για τις δυο περιπτώσεις [53]



Εικόνα 0-147. Συγκριτικό διάγραμμα της διακύμανσης της θερμοκρασίας του αέρα στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου [53]

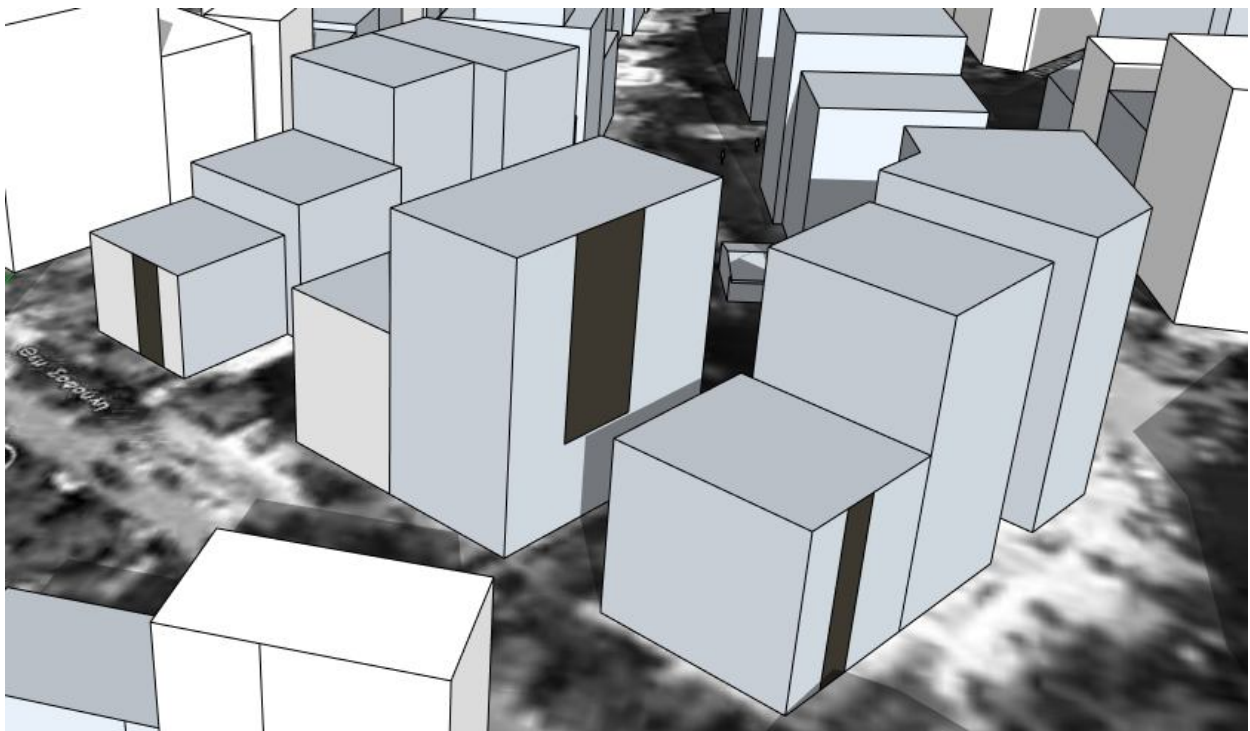
Εναλλακτικά, μπορεί να εφαρμοστεί η τεχνική του αεριζόμενου δώματος. Με το αεριζόμενο δώμα επιτυγχάνεται θερμική προστασία του κτιρίου τον χειμώνα και φυσικός δροσισμός κατά τη θερινή περίοδο. Η μορφή αυτής της κατασκευής φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 13.0-148. Μορφή αεριζόμενου δώματος

[55]

Παθητικά συστήματα έμμεσου ηλιακού οφέλους όπως ηλιακοί τοίχοι (τοίχοι μάζας ή Trombe και θερμοσιφωνικά πάνελα) θα μπορούσαν να κατασκευαστούν στις νότιες όψεις των κτιρίων 13, 16 και στη νοτιοανατολική όψη του κτιρίου 15 (δεδομένου ότι τα παθητικά συστήματα θέρμανσης πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό με απόκλιση $\pm 30^\circ$). Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα μελετών βιοκλιματικών κτιρίων αξίζει να σημειωθεί ότι οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης (ηλιακοί) μπορούν να επιφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας πάνω από 40% σε κτίρια κατοικιών στην Α και Β κλιματική ζώνη [52]



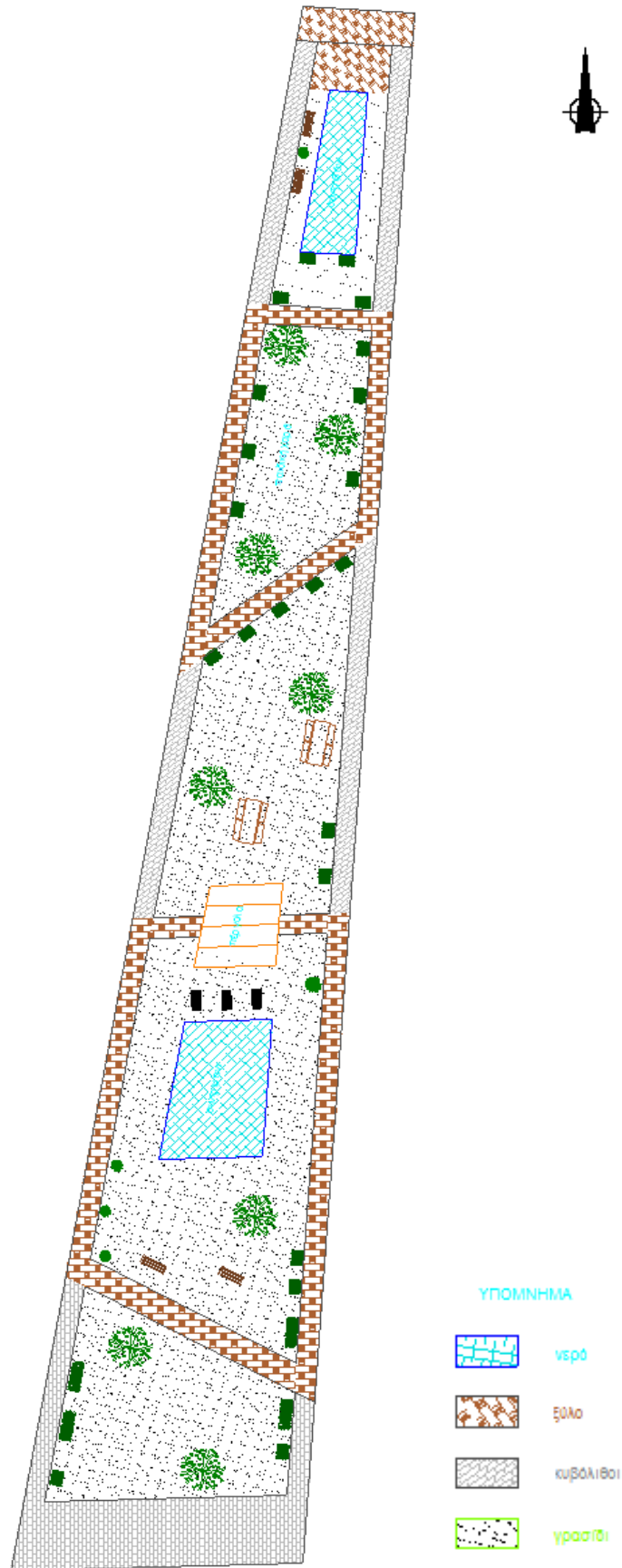
Εικόνα 13.0-149. Προτεινόμενη θέση τοποθέτησης ηλιακών τοίχων (με μαύρο χρώμα)

Αξιολογώντας τις δυνατότητες επίτευξης φυσικού και παθητικού δροσισμού με βελτιώσεις στο μικροκλίμα του τετραγώνου και αξιοποίηση του εσωτερικού ακάλυπτου χώρου, προτείνεται η αναδιαμόρφωση του σε έναν ενοποιημένο χώρο πρασίνου και αναψυχής. Με τον τρόπο αυτό προωθείται η κοινωνική συνέχεια ενώ δημιουργείται ένας ευχάριστος χώρος περιπάτου και παιχνιδιού. Η φύτευση του χώρου θα περιλαμβάνει φυλλοβόλα δένδρα για κάθετη ηλιοπροστασία το καλοκαίρι, με κατάλληλη διάταξη ώστε να επιτρέπεται η εξασφάλιση του φυσικού δροσισμού μέσω των βόρειων επικρατούντων ανέμων (βελτίωση των συνθηκών φυσικού αερισμού που επιτρέπουν τη διοχέτευση της πλεονάζουσας θερμότητας από το κτίριο προς το περιβάλλον), καθώς και χαμηλό πράσινο (εξατμιστικός δροσισμός και διατήρηση χαμηλών θερμοκρασιών στο επίπεδο του εδάφους).

Επίσης, προτείνεται σε μεγάλο ποσοστό η χρήση του ξύλου για δαπεδοστρώσεις αντί άλλων βαριών υλικών. Το ξύλο και το γρασίδι έχουν χαμηλότερο συντελεστή αντανακλαστικότητας, συμβάλλοντας έτσι στη χαμηλότερη έκθεση των όψεων των κτιρίων και τη χαμηλότερη θερμική επιβάρυνση τους κατά τη θερινή περίοδο (ο ακάλυπτος στο εσωτερικό του τετραγώνου δέχεται κυρίως τη κάθετη ηλιακή ακτινοβολία της θερινής περιόδου και για αυτό κρίνεται σκόπιμη η κατάλληλη διαμόρφωση του με προτεραιότητα τη περίοδο δροσισμού).

Επιπλέον, για τη διαμόρφωση του εσωτερικού ακάλυπτου χώρου προτείνεται η δημιουργία δύο συντριβανιών (υγρά στοιχεία για την επίτευξη άμεσου εξατμιστικού δροσισμού), η κατασκευή πέργολας και παιδικής χαράς καθώς και η τοποθέτηση καθισμάτων. Οι κατασκευές αυτές έχουν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ενός χώρου αισθητικά ευχάριστου, θερμικά άνετου ενώ παράλληλα δημιουργούνται οι κατάλληλες συνθήκες για την ανάδειξη του ακάλυπτου σε χώρο κοινωνικής συναναστροφής ενισχύοντας την έννοια της γειτονιάς.

Τέλος, σημειώνεται ότι επί της οδού Σοφούλη υπάρχει ήδη αρκετά έντονα το στοιχείο του πρασίνου, αφού τα πλούσια εσπεριδοειδή δένδρα προσφέρουν σκιά και συμβάλλουν στην βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών το καλοκαίρι μέσω της διαπνοής τους.

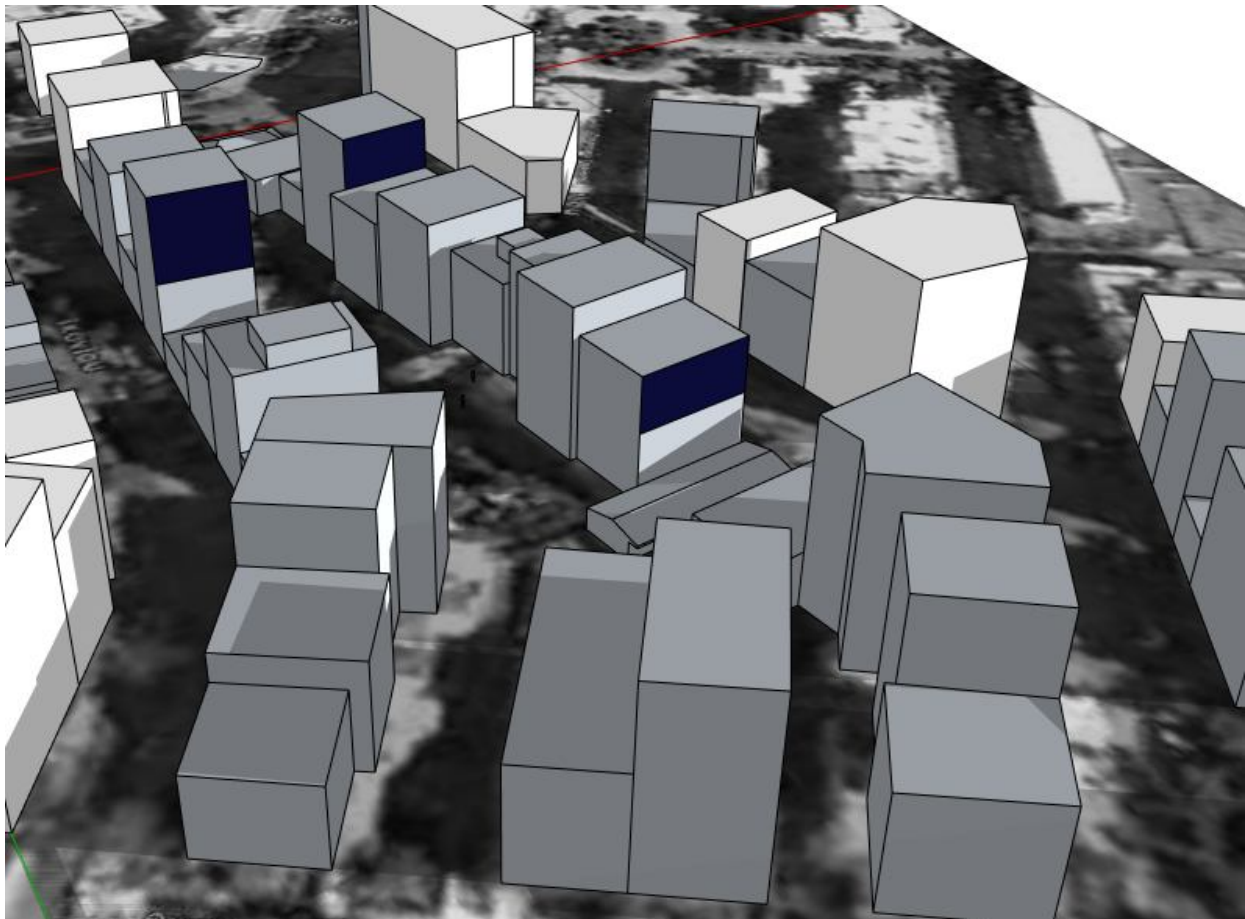


Εικόνα 13.0-150. Σκαριφηματική απόδοση διαμόρφωσης ακάλυπτου χώρου

Η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στοιχείων προτείνεται να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τα εξής:

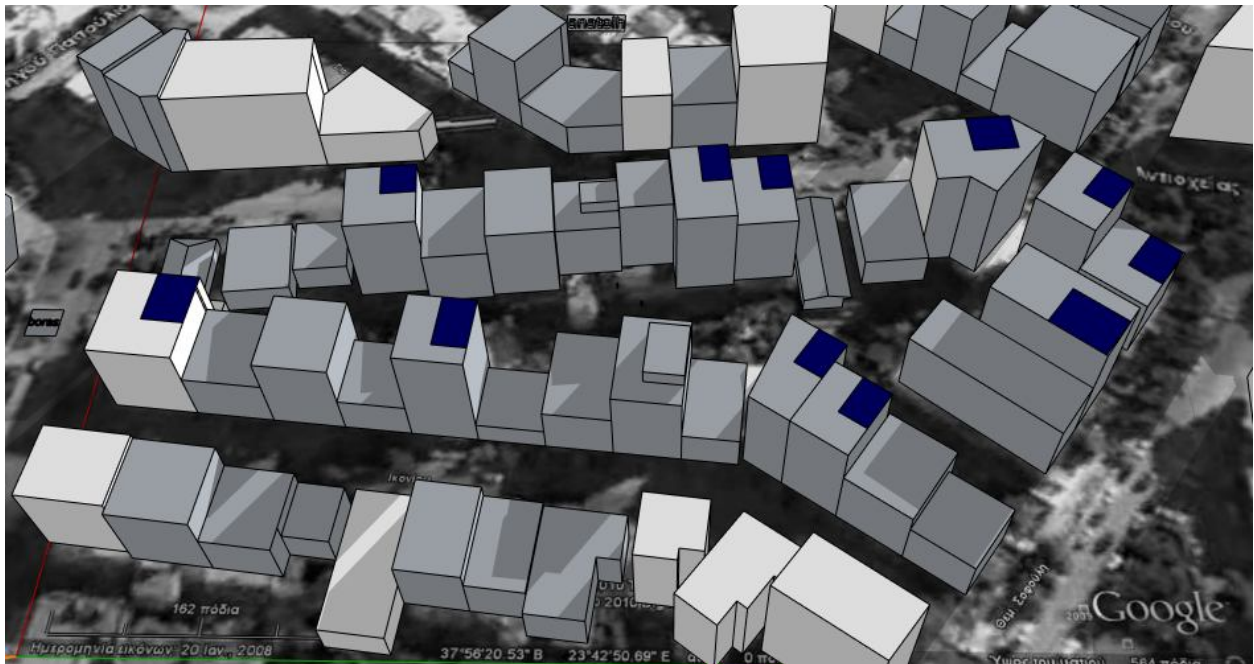
- ο προσανατολισμός τους πρέπει να είναι νότιος με κλίση έως 30° ώστε να μεγιστοποιείται το ηλιακό όφελος και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας,
- θα πρέπει να γίνει προσεκτική τοποθέτηση λαμβάνοντας υπόψη την αποτύπωση των σκιασμών που πραγματοποιήθηκε στη προηγούμενη ενότητα (και το ύψος των γειτονικών κτιρίων),
- τα σταθερά συστήματα έχουν μικρότερο κόστος.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω τρία κριτήρια, στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται οι θέσεις τοποθέτησης κάθετων πανέλων στις πλαϊνές, τυφλές όψεις των κτιρίων (στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να εξετασθεί κατά πόσο τα γειτονικά κτίρια θα παρεμένουν ως έχουν ή θα υπάρχει πιθανότητα νέας ανέγερσης κτιρίων μεγαλύτερου ύψους).



Εικόνα 13.0-151. Θέσεις τοποθέτησης φωτοβολταϊκών στοιχείων στις όψεις κτιρίων (μπλε χρώμα)

Επίσης προτείνονται τα δώματα των κτιρίων στα οποία είναι δυνατή η τοποθέτηση συστημάτων με φωτοβολταϊκά στοιχεία όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 13.0-152. Θέσεις τοποθέτησης φωτοβολταϊκών στοιχείων στα δώματα των κτιρίων (μπλε χρώμα)

13.5. Συμπεράσματα - Προτάσεις

Στις αστικές περιοχές, σύνηθες πρόβλημα αποτελεί ο περιορισμένος ηλιασμός των κτιρίων λόγω των σκιάσεων που δημιουργούνται από τα γειτονικά κτίρια και η πυκνή δόμηση. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά έχουν ως αποτέλεσμα τη δυσκολία εφαρμογής παθητικών συστημάτων θέρμανσης και την ανάπτυξη δυσχερών μικροκλιματικών συνθηκών.

Αξιολογώντας το υφιστάμενο κτιριοδομικό δυναμικό του τετραγώνου ως προς την ενεργειακή του απόδοση, προέκυψε ότι μόνο το 37% του συνόλου των κτιρίων μπορεί να θεωρηθεί ότι ή απόδοση του είναι ικανοποιητική (λαμβάνοντας υπόψη ότι πρόκειται για συμβατικές κατασκευές).

Επιπλέον, η ανάπτυξη του οικοδομικού τετραγώνου της μελέτης δεν είναι η ιδανική για την εφαρμογή των αρχών και συστημάτων του βιοκλιματικού σχεδιασμού για του εξής λόγους:

- η πλειοψηφία των κτιρίων βρίσκονται σε δρόμους που αναπτύσσονται κατά τον άξονα Β-Ν και ελάχιστα κτίρια έχουν όψεις με ανοίγματα προς το νότο για αξιοποίηση των συστημάτων άμεσου ηλιακού κέρδους,
- η δόμηση είναι πυκνή και ο ηλιασμός εμποδίζεται λόγω του ύψους των κτιρίων.

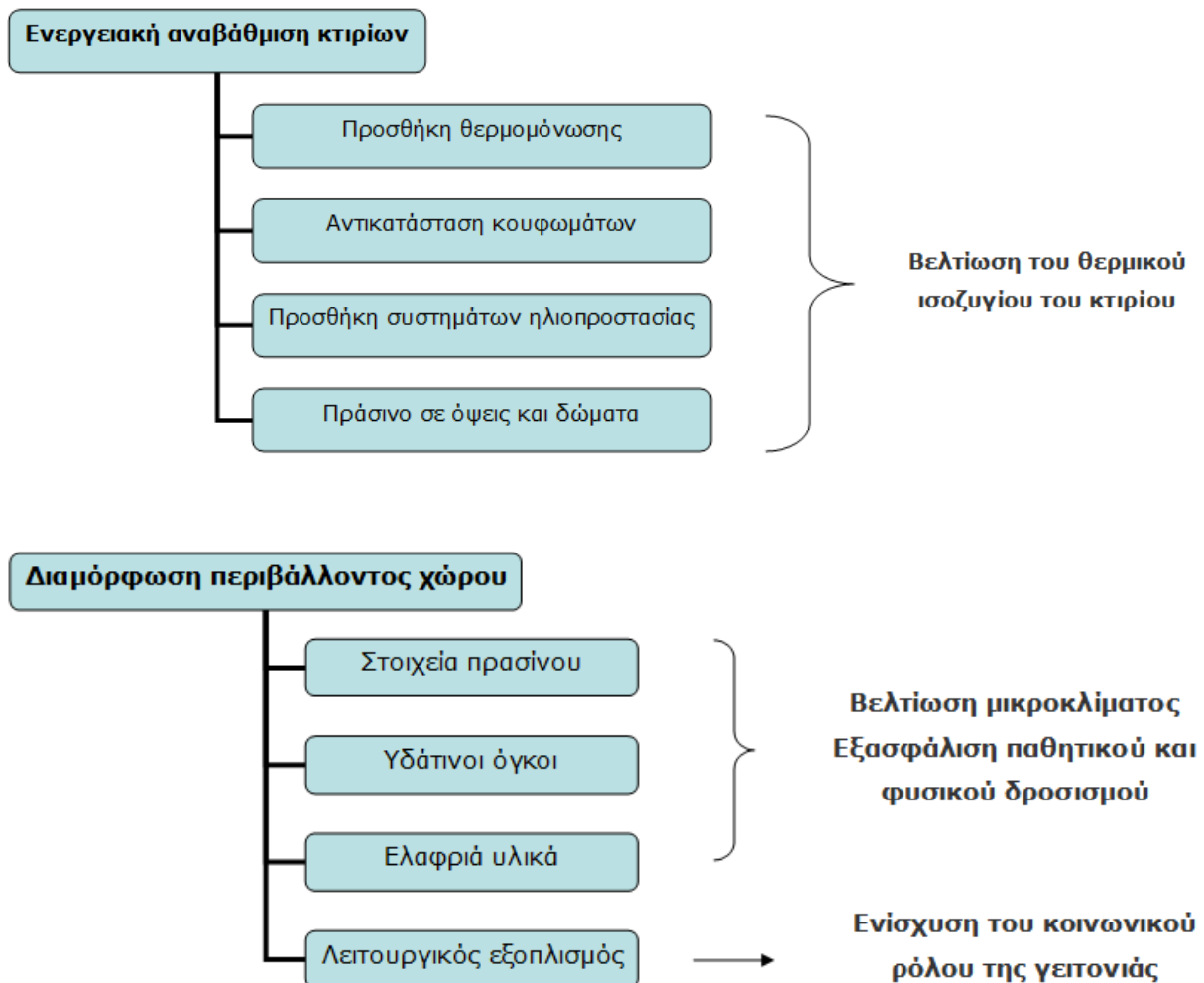
Ωστόσο υπάρχει η δυνατότητα βελτιώσεων, δεδομένου ότι:

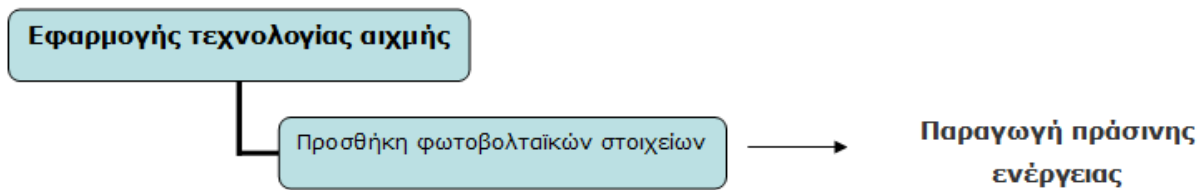
- το ελληνικό κλίμα ευνοεί την κατασκευή βιοκλιματικών κατοικιών, και μάλιστα με εφαρμογή οικονομικών και απλών συστημάτων ως προς την κατασκευή και λειτουργία,

- οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού μπορούν να εφαρμοστούν και προσαρμοστούν σε οποιοδήποτε αρχιτεκτονικό ρυθμό και κατασκευή.

Κατά συνέπεια, όταν η θέση των κατασκευών είναι ήδη δεδομένη και ο χώρος έχει διαμορφωθεί, δεν υπάρχει άλλη επιλογή από την προσπάθεια διαρρύθμισης των υπάρχουσών συνθηκών. Στις περιπτώσεις αυτές ιδιαίτερα μέτρα που προσφέρονται προς εφαρμογή είναι η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων, η διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου και η εφαρμογή τεχνολογιών αιχμής όπως τα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Στο πλαίσιο αυτό αναπτύχθηκαν και οι προτάσεις ανάπλασης του οικοδομικού τετραγώνου στη Νέα Σμύρνη, λαμβάνοντας υπόψη τα διαγράμματα αποδοτικότητας των τεχνικών παθητικής θέρμανσης και παθητικού δροσισμού όπως αυτά εμφανίζονται στην ενότητα 13.3. από τα οποία διαπιστώνεται η σημαντική συμβολή της θερμικής αδράνειας, του βραδινού και φυσικού αερισμού και του άμεσου εξατμιστικού δροσισμού στην επίτευξη συνθηκών άνεσης.





Εικόνα 13.0-153. Σχηματική απόδοση μεθοδολογικής προσέγγισης για τη πράσινη ανάπλαση του οικοδομικού τετραγώνου της μελέτης

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί η εκτίμηση ότι σε σχέση με τα συνήθη συμβατικά κτίρια κατασκευής μετά το 1979 (έτος εφαρμογής του Κανονισμού Θερμομόνωσης) τα βιοκλιματικά κτίρια παρουσιάζουν εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 30%, ενώ σε σχέση με παλαιότερα μη μονωμένα κτίρια, η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε ποσοστό της τάξης του 80% (σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ενεργειακής καταγραφής που πραγματοποιήθηκε από το ΚΑΠΕ, http://www.ktirio.gr/gr/_dynoP/articles/arhra_det.asp?KATEGORY_CODE=23&ARTHRO_NAME=146-45.TXT).

Ο ρόλος της χρήσης προγραμμάτων και εφαρμογών απόδοσης του δομημένου περιβάλλοντος, αξιολόγησης των κλιματικών δεδομένων και εκτίμησης της συμβολής των παθητικών τεχνικών βιοκλιματικού σχεδιασμού συμβάλλουν σημαντικά τόσο στη κατανόηση και ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης όσο και στην επιτυχή διαμόρφωση προτάσεων ανασχεδιασμού.

Ωστόσο, για την αποτελεσματική χρήση των ανακαινισμένων κτιρίων κρίνεται απαραίτητη η σύνταξη ενός οδηγού αποδοτικής λειτουργίας τους και μείωσης της ανθρωπογενούς θερμότητας, δεδομένου ότι η κατανόηση του τρόπου συμπεριφοράς τους θα επιτρέψει στους ενοίκους να κάνουν την καλύτερη χρήση των φυσικών συνθηκών και να επωφελούνται των συνθηκών άνεσης τις οποίες έχουν μελετηθεί αυτά να παρέχουν, με την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.

Επιπλέον, θα μπορούσε να μελετηθεί το ενδεχόμενο ανακαίνισης των εγκαταστάσεων θέρμανσης καθώς και των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων καθώς και εφαρμογής αυτοματισμών για τη περαιτέρω μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων.

Συνοψίζοντας, για την αξιοποίηση των θετικών επιδράσεων που μπορεί να επιφέρει ο βιοκλιματικός και ενεργειακά αποδοτικός σχεδιασμός στην ποιότητα των κτιρίων και του περιβάλλοντος, απαιτείται εξοικείωση των μηχανικών, των κατασκευαστών και των πολιτών και παροχή κινήτρων από την πολιτεία. Την περίοδο αυτή, δίνονται σημαντικά κίνητρα χρηματοδότησης και είναι σε εξέλιξη προγράμματα για την ανάπτυξη πράσινων γειτονιών τα οποία μπορούν να αποτελέσουν μοχλό ανάπτυξης και βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου στα αστικά κέντρα.

Βιβλιογραφία-Πηγές

1. Neufert P., Οικοδομική & αρχιτεκτονική σύνθεση , Μ. Γκιούρδας , (1998) , Αθήνα
2. Williams College of Williamstown – “Green Building Design”
<http://www.williams.edu/resources/sustainability/green-buildings>
3. Ανδρεαδάκη-Χρονάκη Ελένη , Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική : Παθητικά ηλιακά συστήματα , University Studio Press , (1985) , Θεσσαλονίκη
4. Αξαρή Κ.- Γιάννας Σ.- Ευαγγελινός Ε. - Ζαχαρόπουλος Η.- Μάρδα Ν. , Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων , ΕΑΠ , (2001) , Πάτρα
5. Θέματα Οικοδομικής, ΕΜΠ, (1999), Αθήνα
6. ΚΑΠΕ , Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης , www.cres.gr
7. ΚΑΠΕ , Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια , www.cres.gr
8. Κοντορούπης Μ. Γεώργιος, Ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων, ΕΜΠ, (1984), Αθήνα
9. Κοσμόπουλος Πάνος, Κτίρια, Ενέργεια και Περιβάλλον, University Studio Press , (2008), Θεσσαλονίκη
10. Περιοδικό Αρχιτέκτονες, Τεύχος: 70
11. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχη: 153, 157, 158, 159, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 174, 175, 176, 180
12. Περδίδης Δ Σταμάτης, Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, (2007), Αθήνα
13. Στασινόπουλος Θ., Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού, ΕΜΠ , (2001) , Αθήνα
14. Στασινόπουλος Θ., Έλεγχος Ηλιασμού, ΕΜΠ ,(2001), Αθήνα
15. Τζουβαδάκης Ι. , Σημειώσεις για τα μαθήματα αρχιτεκτονικής , ΕΜΠ , (1997) , Αθήνα
16. Τομπάζης Αλέξανδρος, Βιοκλιματική αρχιτεκτονική: Ποιους δρόμους ανοίγει, αφιέρωμα Ελευθεροτυπίας, 3-6-2000, σ.13
17. Τομπάζης Αλέξανδρος, Γράμμα σε ένα νέο αρχιτέκτονα, (2007), Αθήνα
18. Τσίγκας Π. Ερωτόκριτος , Ενέργεια στην αρχιτεκτονική : Το Ευρωπαϊκό εγχειρίδιο για τα Παθητικά Ηλιακά Κτίρια, Μαλλιάρης Παιδεία , (1996) , Βρυξέλλες
19. Τσίγκας Π. Ερωτόκριτος , Ενεργειακός σχεδιασμός : Εισαγωγή για Αρχιτέκτονες , Μαλλιάρης Παιδεία , (1994) , Θεσσαλονίκη
20. Τσίππρας Στ. Κώστας & Θέμης, Οικολογική Αρχιτεκτονική , Κέδρος , (2005) , Αθήνα
21. Τσίππρας Στ. Κώστας , Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων , π systems , (2000) , Αθήνα
22. Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων <http://www.minenv.gr>

23. Χρυσομαλλίδου Ν. Νιόβη , Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική & Παθητικά Ηλιακά Συστήματα , <http://helios.mech.upatras.gr>
24. Χρυσομαλλίδου Ν. Νιόβη , Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική : Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα , ΤΕΕ ,(2002)
25. <http://el.wikipedia.org>
26. <http://katsimigas.wordpress.com/bioklimatismos>
27. <http://www.buildings.gr>
28. <http://www.cres.gr>
29. <http://www.ecodomisi.gr>
30. <http://www.energypoint.gr>
31. <http://www.evonymos.org/greek>
32. <http://www.greenpeace.org>
33. <http://www.greenroofs.gr>
34. <http://www.hnms.gr>
35. <http://www.idanikospiti.gr>
36. <http://www.ktirio.gr>
37. <http://www.ktirio.org/>
38. <http://www.oikologio.gr>
39. <http://www.oikologos.gr>
40. <http://www.physics4u.gr/faq/greenhouse.html>
41. <http://www.prasino.gr/enviroment/ozon.htm>
42. <http://www.sunandshadow.gr>
43. <http://www.tovima.gr>
44. <http://www.tsipiras.gr>
45. <http://www.williams.edu/resources/sustainability/green-buildings>
46. [http.flickr.com](http://flickr.com)
47. Καλογήρου Χρ. (2007). *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κατοικίας, αδημοσίευτη διπλωματική εργασία, Σχολή Π.Μ. Αθήνα: Ε.Μ.Π.*
48. Καλογήρου Χρ. (2009). *Διερεύνηση των βιοκλιματικών χαρακτηριστικών της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής του Μετσόβου-Δυνατότητες προσαρμογής σύγχρονων τρόπων δόμησης,*
49. <http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/3261>, Μέτσοβο: Ε.Μ.Π.
50. Καλοκαιρινού Ε. (2009). *Εναλλακτικές προσεγγίσεις αναπλάσεων για τη πόλη του σήμερα: Μια Οικο-γειτονιά στο Βοτανικό*,<http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/3097>, Αθήνα: Ε.Μ.Π.
51. Λάζαρη Ε. (2006) *Ενεργειακή απόδοση συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας στο ελληνικό κτίριο.* Αθήνα:ΚΑΠΕ.

52. Μαλουτάς Θ. (2007). *Segregation, Social Polarization and Immigration in Athens during the 1990s: Theoretical Expectations and Contextual Difference*, International Journal of Urban and Regional Research, Vol. 31.4, σελ.738
53. Σκουτάρης Μ. (2009). *Προσομοίωση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου με φυτεμένη οροφή κατά τη θερινή περίοδο*, <http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/3016>, Αθήνα: Ε.Μ.Π.
54. Τζανακάκη Ε. (2006). *Αρχές & Τεχνολογίες Ενεργειακού Σχεδιασμού: Θερμική προστασία κελύφους, παθητικά ηλιακά συστήματα, συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού*, Αθήνα: ΚΑΠΕ.
55. Τσίπηρας Κ. (2000). *Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων*, Αθήνα: π systems.
56. Χάρτα Πρασίνου της Αθήνας, (2008), Δήμος Αθηναίων
57. <http://84.205.225.105/ns/framesetup.asp>
58. http://el.wikipedia.org/wiki/Νέα_Σμύρνη
59. <http://en.wikipedia.org/wiki/BedZED>
60. <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=12602821&siteID=123112>
61. <http://www.ecoquartiers.developpement-durable.gouv.fr>
62. http://www.ecoquartiers.developpement-durable.gouv.fr/article.php3?id_article=135
63. http://www.ecoquartiers.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Fiche_ZAC_de_Bonne2_cle0643f9.pdf
64. http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_region_diagrams_html?dr_city=Athens_Hellinikon
65. http://www.ktirio.gr/gr/_dynoP/articles/arthra_det.asp?KATEGORY_CODE=23&ARTHRO_NAME=146-45.TXT
66. Jones D. (1998). *Architecture and the Environment: Bioclimatic Building Design*. London: Laurence King Publishing.
67. Kolokotroni M. and Young A.N. (1990). Guidelines for bioclimatic housing in Greece, *Building and Environment*, Vol. 25: 297-307.
68. Kwok A. & Grondzick W. (2007). *The GreenStudio Handbook: Environmental Strategies for Schematic Design*. Oxford: Elsevier.
69. Lechner N. (2001). *Heating, Cooling, Lightening: Design Methods for Architects*. (2nd edition). New York: John Wiley & Sons Inc.
70. Yannas S. (1994). *Solar Energy and Housing Design*. London: E.G. Bond Ltd.
71. Αξαρχή Κ.(2009α). *Γενικές Αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού*. Θεσσαλονίκη. ΤΕΕ.
72. Αξαρχή Κ.(2009β). *Φυσικός δροσισμός: ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων κατά το καλοκαίρι. Κτίριο: Αρχιτεκτονική και Ενέργεια*, 7/2009: 41-48.
73. Αξαρχή Κ.- Γιάννας Σ.- Ευαγγελινός Ε. - Ζαχαρόπουλος Η.- Μάρδα Ν. (2001). *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων*. ΕΑΠ. Πάτρα
74. Αξαρχή Κ. & Παπαδόπουλος Μ. (1989). *Ενεργητικός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα κτιρίων-Δομική Φυσική 2*. Θεσσαλονίκη: Εκδ. Αφοί Κυριακίδη.
75. Ανδρεαδάκη-Χρονάκη Ε. (1985β). *Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική: Παθητικά ηλιακά συστήματα*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
76. Αραβαντινός Α., (1997), *Πολυδομικός σχεδιασμός*, εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα
77. Αραβαντινός Δ. (2009). *Κλίμα και βιοκλιματική αρχιτεκτονική: η επιρροή του φυσικού περιβάλλοντος και των κλιματικών χαρακτηριστικών στον ενεργειακό σχεδιασμό ενός κτιρίου. Κτίριο: Αρχιτεκτονική και Ενέργεια*, 7/2009: 31-38.
78. Γιαννούλης Π. & Λευθεριώτης Γ. (2001). *Εφαρμογή Τεχνολογιών για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια*. Ημερίδα "ΑΠΕ και ΚΤΙΡΙΟ"29/6. <http://helios.mech.upatras.gr>

79. Κοσμόπουλος Π. (2004). *Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
80. Λάζαρη Ευγ. & Τζανακάκη Ευτ. (2002). *Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα: ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής*, Πικέρμι: ΚΑΠΕ , www.cres.gr
81. Μπίκας Δ. (2009). Κουφώματα & Υαλοπετάσματα: τα τεχνικά χαρακτηριστικά και οι επιλογές που καθορίζουν την ενεργειακή τους απόδοση. *Κτίριο: Αρχιτεκτονική και Ενέργεια*, 7/2009: 76-88.
82. Παπαδόπουλος Α. (2009^α). «Μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης του κτιριακού αποθέματος». Πανεπιστημιακές Διαλέξεις. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Θεσσαλονίκη: ΑΠΘ.
83. Τσικαλουδάκη Κ. (2009). Φυσικός φωτισμός στα κτίρια: Παράμετροι σχεδιασμού για εξοικονόμηση ενέργειας. *Κτίριο: Αρχιτεκτονική και Ενέργεια*, 7/2009:91-96
84. Τσίππρας Κ & Τσίππρας Θ. (2005). *Οικολογική Αρχιτεκτονική*. Αθήνα: Εκδ. Κέδρος.
85. Εθνικό αστεροσκοπείο Αθηνών