

**Τμήμα Μηχανολογίας ΤΕΙ Πειραιά**

**ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

**«Εξοικονόμηση ενέργειας απο το βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίων».**



**ΦΟΙΤΗΤΕΣ:**

**ΜΠΟΥΖΑΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ (30046)  
ΝΕΖΕΡΙΤΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ (32141)**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	6
ABSTRACT .....	7
1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΥ .....	10
2. ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ & ΣΧΗΜΑ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	19
3. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	26
3.1 ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ .....	26
3.2 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ .....	28
3.3 ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ .....	34
3.4 ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ .....	37
3.5 ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ .....	44
3.6 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΦΥΤΕΥΣΗ .....	47
4. ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	49
4.1 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	49
4.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	55
4.3 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	57
5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ .....	59
6. ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ .....	61
7. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ .....	65
8. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ .....	71
8.1. ΣΥΓΚΡΙΣΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	71
8.3. ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ .....	83
9. ΠΡΟΤΥΠΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ .....	89
9.1.ΚΥΠΡΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΣΤΗ ΓΕΡΟΚΗΠΟΥ .....	719
9.2. ΓΕΡΜΑΝΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΣΤΟ ΜΟΝΑΧΟ .....	92
9.3.ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ .....	834
9.4 ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΣΤΗ ΚΗΦΙΣΙΑ .....	96
9.5 ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ ΣΤΗΝ ΑΓΡΙΑ ΒΟΛΟΥ .....	97
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	99
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	101

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

<b>Εικόνα 1.</b> Ροή ανέμου γύρω από δύο κτίρια, ένα μικρού και ένα μεγάλου ύψους.....	11
<b>Εικόνα 2.</b> Δέντρο ανεμοφράκτης μπροστά από κτίριο. ....	12
<b>Εικόνα 3.</b> Ελαχιστοποίηση επίδρασης ανέμων την χειμερινή περίοδο (αριστερά) και μεγιστοποίηση επίδρασης ανέμων την θερινή περίοδο (δεξιά) με την χρήση δέντρων. ....	12
<b>Εικόνα 4.</b> Χρήση πέργκολας με φυτό ως οριζόντιο σκίαστρο.....	13
<b>Εικόνα 5.</b> Σκίαση και ηλιασμός νότιας πλευράς κτιρίου με την ύπαρξη φυλλοβόλου δέντρου μπροστά. ....	14
<b>Εικόνα 6.</b> Ακτινοβολία σε νότια προσανατολισμένο κτίριο. ....	19
<b>Εικόνα 7.</b> Προσδιορισμός σκιασμού με την χρήση ηλιακού χάρτη.....	20
<b>Εικόνα 8.</b> Έλεγχος ηλιασμού υποψήφιων θέσεων κτιρίου. ....	21
<b>Εικόνα 9.</b> Παράδειγμα χωροθέτησης κτιρίου εντός οικοπέδου. ....	22
<b>Εικόνα 10.</b> Διάταξη εσωτερικών χώρων κτιρίου σε σχέση με την ηλιακή ακτινοβολία. ....	24
<b>Εικόνα 11.</b> Διάταξη εσωτερικών χώρων κτιρίου σε σχέση με την ηλιακή ακτινοβολία. ....	28
<b>Εικόνα 12.</b> Τεχνικές τοποθέτησης εσωτερικής και εξωτερικής θερμομόνωσης.....	32
<b>Εικόνα 13.</b> Φυσικός αερισμός κτιρίου. ....	35
<b>Εικόνα 14.</b> Διαμπερής αερισμός κτιρίου.....	36
<b>Εικόνα 15.</b> Λειτουργία ηλιακής καμινάδας. ....	37
<b>Εικόνα 16.</b> Επίδραση του ύψους του παραθύρου στον φυσικό φωτισμό του χώρου. ....	39
<b>Εικόνα 17.</b> Συνδυασμός διατάξεων ανοιγμάτων οροφής.....	40
<b>Εικόνα 18.</b> Χρήση δομικού υαλοστασίου ως τοιχοποιία σε κτίριο. ....	41
<b>Εικόνα 19.</b> Αλλαγή διεύθυνσης φωτός σε πρισματικούς υαλοπίνακες. ....	42
<b>Εικόνα 20.</b> Ράφια φωτισμού τοποθετημένα εκτός του υαλοπίνακα (αριστερά) και με τον υαλοπίνακα ενδιάμεσα (δεξιά).....	43
<b>Εικόνα 21.</b> Λειτουργία καναλιού φωτισμού. ....	44
<b>Εικόνα 22.</b> Δομή φυτεμένου δώματος. ....	45
<b>Εικόνα 23.</b> Κτίριο με κατακόρυφη βλάστηση.....	48
<b>Εικόνα 24.</b> Λειτουργία τοίχου Trombe .....	52
<b>Εικόνα 25.</b> Τρεις βασικοί τύποι ηλιακού αίθριου .....	54
<b>Εικόνα 26.</b> Παθητικό σύστημα απομονωμένου κέρδους. ....	55
<b>Εικόνα 27.</b> Διάγραμμα ενεργητικού ηλιακού συστήματος θέρμανσης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (σύστημα combi) .....	57
<b>Εικόνα 27.</b> Φωτοβολταϊκά συστήματα. ....	58
<b>Εικόνα 29.</b> Χρήση γεωθερμικής ενέργειας την χειμερινή περίοδο.....	60
<b>Εικόνα 30.</b> Διάφοροι αισθητήρες τοποθετημένοι σε ένα κτίριο. ....	633
<b>Εικόνα 31.</b> Τοπογραφικό του υπό μελέτη οικοπέδου. ....	666
<b>Εικόνα 32.</b> Μελέτη σκιασμού του υπό μελέτη οικοπέδου.....	677
<b>Εικόνα 33.</b> Προσομοίωση σκιασμού θέσης κτιρίου κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο στις 09:00. .	68

<b>Εικόνα 34.</b> Αποστάσεις εγκατάστασης συστήματος ηλιακών συλλεκτών. ....	70
<b>Εικόνα 35.</b> Κάτοψη κτιρίου.....	83
<b>Εικόνα 36.</b> Νοτιοδυτικός προσανατολισμός βιοκλιματικής οικίας στην Γεροσκήπου .....	89
<b>Εικόνα 37.</b> Όψη βιοκλιματικής κατοικίας στην Γεροσκήπου.....	91
<b>Εικόνα 38.</b> Αυλή Α' στάθμης βιοκλιματικής οικίας στην Γεροσκήπου .....	91
<b>Εικόνα 39.</b> Εικόνες βιοκλιματικής κατοικίας στο Μόναχο της Γερμανίας .....	93
<b>Εικόνα 40.</b> Εσωτερική όψη βιοκλιματικής κατοικίας στην Θεσσαλονίκη .....	94
<b>Εικόνα 41.</b> Φωτορεαλιστική απεικόνιση βιοκλιματικής κατοικίας στην Θεσσαλονίκη.....	95
<b>Εικόνα 42.</b> Μορφή βιοκλιματικής κατοικίας στην Κηφισιά.....	96
<b>Εικόνα 43.</b> Συγκρότημα παθητικών κατοικιών στην Αγριά Βόλου.....	97

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 1.</b> Οπτικές ιδιότητες κύριων υλικών εξωτερικών χώρων κτιρίων.....	16
<b>Πίνακας 2.</b> Θερμική αδράνεια $\tau$ και συντελεστής μείωσης θερμοκρασίας με δομικών υλικών..	27
<b>Πίνακας 3.</b> Χαρακτηριστικά κατηγοριών φυτεμένων δωμάτων.....	47
<b>Πίνακας 4.</b> Παράμετροι βιοκλιματικής κατοικίας. ....	80
<b>Πίνακας 5.</b> Παράμετροι συμβατικής κατοικίας ως προς την κατανάλωση ενέργειας. ....	81
<b>Πίνακας 6.</b> Παράμετροι συμβατικής κατοικίας ως προς την κατανάλωση ενέργειας. ....	82

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κατασκευαστικός τομέας διαδραματίζει ένα σημαντικό ρόλο τόσο στην ευρωπαϊκή όσο και στην ελληνική οικονομία. Η ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας και η χάραξη πολιτικών προστασίας του περιβάλλοντος υποδηλώνουν την ανάγκη για πιο λογικές πρακτικές σχεδιασμού κτιρίων. Η θέρμανση και η ψύξη ενός χώρου για τη διατήρηση της θερμικής άνεσης είναι μια διαδικασία εντατικής ενέργειας που αντιπροσωπεύει έως και το 60-70% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε μη βιομηχανικά κτίρια. Η έννοια της ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια αναφέρεται στην ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την επίτευξη των επιθυμητών περιβαλλοντικών συνθηκών ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα την κατανάλωση ενέργειας. Η θέρμανση, ο εξαερισμός και ο κλιματισμός αποτελούν τους βασικότερους παράγοντες κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια. Στις παραμέτρους που επηρεάζουν τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου συγκαταλέγονται οι φυσικές-περιβαλλοντικές παράμετροι, όπως η ημερήσια εξωτερική θερμοκρασία, η ηλιακή ακτινοβολία και η ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου, καθώς και παράμετροι σχεδιασμού, όπως ο προσανατολισμός, η διαφάνεια των επιφανειών, οι φυσικές δομικές ιδιότητες και αποστάσεις μεταξύ των κτιρίων. Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αναφέρεται σε μια εναλλακτική μέθοδο κατασκευής κτιρίων στις οποίες λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές κλιματολογικές συνθήκες και χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Σε αυτές τις τεχνολογίες συγκαταλέγονται τεχνικές θέρμανσης ή ψύξης που απορροφούν παθητικά την ενέργεια του ήλιου καθώς και τεχνικές και αρχές σχεδιασμού με βάση μια αντανακλαστική εστίαση στο κλίμα και το περιβάλλον. Η εφαρμογή των βιοκλιματικών αρχών είναι κρίσιμος παράγοντας για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO<sub>2</sub>, των κτηρίων. Καθώς οι άνθρωποι περνούν περισσότερο από το 80% της ζωής τους μέσα σε κτίρια, η περιβαλλοντική άνεση στο χώρο του σπιτιού σχετίζεται στενά με την ικανοποίηση και την παραγωγικότητα των κατοίκων του. Ωστόσο, η κατανάλωση ενέργειας είναι γνωστό ότι σχετίζεται άμεσα και έντονα με το κόστος εκμετάλλευσης ενός κτιρίου.

**Λέξεις Κλειδιά:** Βιοκλιματικό Σπίτι, Ενέργεια, Αειφορία

## «Energy savings of bioclimatic designed buildings ».

### ABSTRACT

The construction sector plays an important role in both the European and Greek economies. The need for energy saving and the development of environmental protection policies suggest the need for more logical building design practices. Heating and cooling a space to maintain thermal comfort is an intensive energy process that accounts for up to 60-70% of total energy consumption in non-industrial buildings. The concept of energy efficiency in buildings refers to the amount of energy required to achieve the desired environmental conditions while minimizing energy consumption. Heating, ventilation and air conditioning are the main factors in energy consumption in buildings. The parameters that affect the energy requirements of the building include the physical-environmental parameters, such as daily outdoor temperature, solar radiation and wind speed and direction, as well as design parameters such as orientation, surface transparency, natural structures, properties and distances between buildings. Bioclimatic architecture refers to an alternative method of constructing buildings in which local climatic conditions are taken into account and various technologies are used to improve energy efficiency. These technologies include heating or cooling techniques that passively absorb solar energy as well as design techniques and principles based on a reflective focus on climate and the environment. The implementation of bioclimatic principles is a critical factor in reducing energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions of buildings. As people spend more than 80% of their lives in buildings, environmental comfort in the home is closely linked to the satisfaction and productivity of its residents. However, energy consumption is known to be directly and strongly associated with the cost of operating a building.

**Keywords:** Bioclimatic House, Energy, Sustainability

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κτίρια αρχικά αποσκοπούσαν στην διαβίωση του ανθρώπου και την προστασία του από τις εξωτερικές συνθήκες. Με την εξέλιξη όμως του ανθρώπου στην πορεία των αιώνων τα κτίρια βρήκαν διάφορες εφαρμογές και ταυτόχρονα στα κτίρια μέσα δημιουργήθηκαν διάφορα στοιχεία με σκοπό την αύξηση της άνεσης του ανθρώπου. Έτσι φτάσαμε στο σήμερα όπου τα κτίρια πλέον καταναλώνουν ενέργεια, και μάλιστα σε μεγάλο βαθμό, για να καλύψουν πολλές ανάγκες του ανθρώπου. Τέτοιες ανάγκες είναι οι ανάγκες για θέρμανση και δροσισμό, οι ανάγκες για συνεχή ύπαρξη ζεστού νερού χρήσης, οι ανάγκες φωτισμού των χώρων των κτιρίων και οι ανάγκες χρήσεις ηλεκτρικών συσκευών οι οποίες καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια. Σε χώρες με ψυχρό κλίμα συνήθως οι μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις των κτιρίων προέρχονται από την ανάγκη θέρμανσης τους.

Στο παραπάνω πλαίσιο τοποθετείται η παρούσα πτυχιακή εργασία η οποία αναλύει μια σύγχρονη τάση της αρχιτεκτονικής, την βιοκλιματική ή αλλιώς πράσινη κατοικία, μια κατοικία η οποία δεν υστερεί σε τίποτα σε σχέση με τις συμβατικές κατοικίες, παρέχοντας στους κατοίκους όλες τις συνθήκες άνεσης (είτε θερμικής είτε οπτικής είτε ακουστικής άνεσης), σύγχρονης αισθητικής, ασφάλειας και ποιότητας χώρου. Ταυτόχρονα όμως ο σχεδιασμός της κατοικίας είναι τέτοιος ο οποίος καλύπτει όλες τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου με την μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, με το μικρότερο δυνατό κόστος ενέργειας. Η Ελλάδα, μια χώρα της μεσογείου, με το μεσογειακό εύκρατο κλίμα, με τους σχετικά ελαφρούς χειμώνες και την έντονη ηλιοφάνεια (με εξαίρεση τα μεγάλα υψόμετρα της ηπειρωτικής χώρας) διαθέτει όλα τα απαιτούμενα στοιχεία ώστε να αναπτυχθεί η βιοκλιματική αρχιτεκτονική.

Στα επιμέρους κεφάλαια της παρούσας πτυχιακής εργασίας παρουσιάζονται αρχικά οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου. Τέτοιοι παράγοντες είναι για παράδειγμα οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής στην οποία βρίσκεται το κτίριο, η μορφή που έχει, ο προσανατολισμός τόσο του κτιρίου συνολικά όσο και των ανοιγμάτων του, η κατασκευή του κτιρίου και στοιχεία της κατασκευής όπως η θερμομόνωση, η ύπαρξη ηλιακών συστημάτων, η ύπαρξη φυσικού δροσισμού, η χρήση αυτοματοποιημένων συστημάτων και συσκευών και άλλα. Επιπλέον, στην εργασία γίνεται μια παρουσίαση του τρόπου εκπόνησης μιας μελέτης για ένα υπό κατασκευή βιοκλιματικό



κτίριο. Τέλος, στην εργασία αυτή γίνεται μια παρουσίαση μερικών βιοκλιματικών κατοικιών στο εξωτερικό αλλά και ειδικότερα στην Ελλάδα η οποία στοχεύει στην καταγραφή των κυριότερων βιοκλιματικών χαρακτηριστικών τους.

## 1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΥ

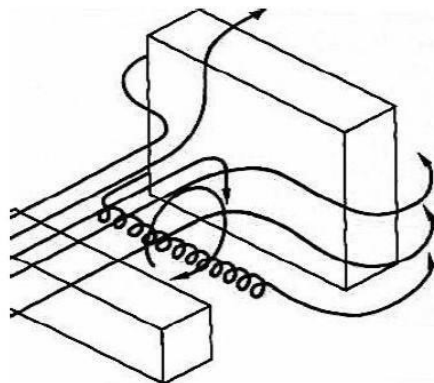
Τα στοιχεία που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση και κατά συνέπεια την εξοικονόμηση ενέργειας που καλύπτει ανάγκες είτε θέρμανσης είτε ψύξης είναι πολλά. Ένα από τα σημαντικότερα όμως είναι η σχεδίαση του περιβάλλοντος της οικίας χώρου. Το κλίμα γύρω από την οικία είναι πολύ σημαντικό καθώς με αυτή την περιοχή γειτνιάζει η οικία. Με την χρήση σωστών και σωστά σχεδιασμένων και τοποθετημένων υλικών όπως δομικά στοιχεία, φράχτες, ακόμη και κατάλληλη βλάστηση επιτυγχάνεται η μεταβολή του μικροκλίματος στον περιβάλλοντα χώρο της οικίας. Το νέο μικροκλίμα είναι τέτοιο ώστε να βελτιώνει την θερμική άνεση (λιγότερο κρύο τον χειμώνα, λιγότερη ζέστη το καλοκαίρι), ταυτόχρονα όμως μπορεί να βελτιώνει και άλλα στοιχεία απαραίτητα για μια οικία όπως για παράδειγμα η οπτική άνεση. Συνήθως όλα τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν το μικροκλίμα του περιβάλλοντος χώρου στοχεύουν είτε στην μεταβολή του ανέμου είτε της ηλιακής ακτινοβολίας.

Από τα δύο παραπάνω στοιχεία το δυσκολότερο να προβλεφθεί είναι και να βελτιωθεί είναι ο άνεμος. Η ανεμόπτωση σε μια επιφάνεια είναι ένα δύσκολο προβλέψιμο μέγεθος αφού εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων. Άλλωστε η προέλευση του ανέμου οφείλεται στην κίνηση αέριων μαζών στην ατμόσφαιρα οι οποίες κινούνται από περιοχές όπου επικρατεί υψηλή πίεση (βαρομετρικό υψηλό) σε περιοχές όπου επικρατεί χαμηλή πίεση (βαρομετρικό χαμηλό). Από μόνη της η πηγή ανέμου προσφέρει λοιπόν μια τυχαιότητα στην ανεμόπτωση σε μια περιοχή. Επιπλέον, η γεωμορφολογία του τοπίου επηρεάζει τόσο την διεύθυνση όσο και την ταχύτητα του ανέμου σε τοπικό επίπεδο. Όμως ο άνεμος δεν είναι πάντα μη επιθυμητός. Ενώ λοιπόν στα ψυχρά κλίματα ο άνεμος μειώνει περαιτέρω τις συνθήκες άνεσης, στα θερμά κλίματα τις βελτιώνει και είναι απολύτως επιθυμητή η ύπαρξή του. Αρκετοί μελετητές προσπάθησαν να μελετήσουν την ροή του ανέμου γύρω από τα κτίρια. Σύμφωνα με αυτούς λοιπόν, (Κ.Α.Π.Ε., 2014), εμφανίζεται μεγάλη πολυπλοκότητα της κίνησης του ανέμου σε αστικές περιοχές, και ειδικότερα σε αστικές περιοχές με εναλλαγές κτιρίων.

Έτσι για παράδειγμα όταν ένα κτίριο έχει ύψος αρκετά μεγαλύτερο από τα υπόλοιπα κτίρια της περιοχής τότε, πέραν της συνήθους φοράς του ανέμου, υπάρχει και η πιθανότητα

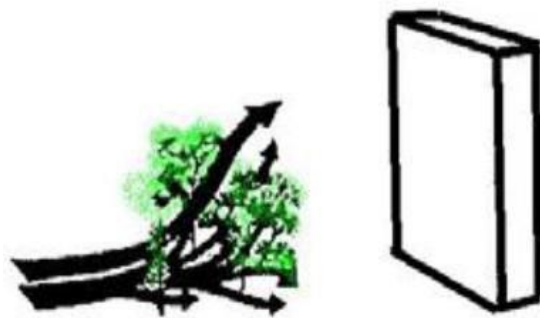
δημιουργίας κατακόρυφου ρεύματος, ανακυκλοφορίας στο κέντρο του κτιρίου με στάσιμες ποσότητες αέρος, και εμφάνιση υψηλών ταχυτήτων ανέμου στις γωνίες του κτιρίου.

Αυτό συνεπάγεται διαφορετικό μικροκλίμα σε διάφορες περιοχές του κτιρίου. Η παρακάτω εικόνα δείχνει ακριβώς αυτή την περίπτωση.



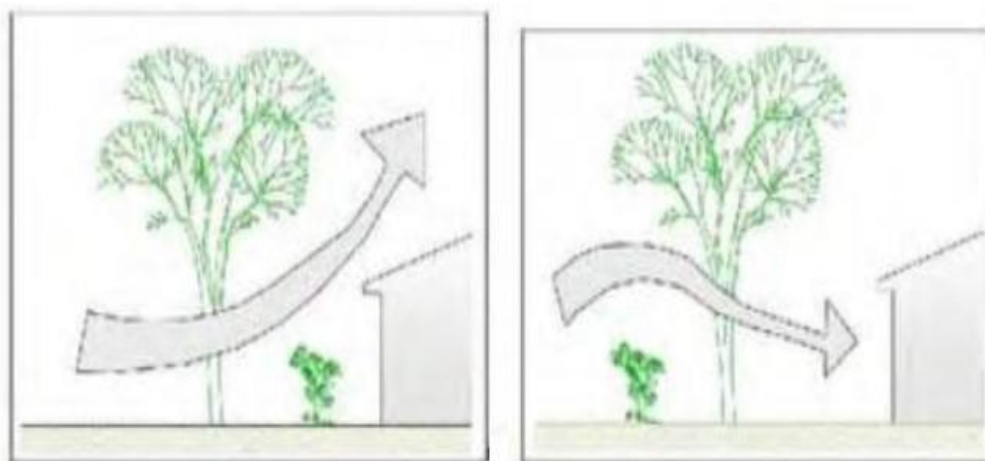
**Εικόνα 1.** Ροή ανέμου γύρω από δύο κτίρια, ένα μικρού και ένα μεγάλου ύψους.

Η ανεμόπτωση στην Ελλάδα του εύκρατου, μεσογειακού κλίματος, είναι συνήθως επιθυμητή το καλοκαίρι και ανεπιθύμητη τον χειμώνα. Παρόλο που ως φαινόμενο είναι απρόβλεπτο, στο μικροκλίμα ενός κτιρίου μπορεί να διαμορφωθεί σε κάποιο βαθμό ώστε να υπάρχει το καλοκαίρι και να μην υπάρχει τον χειμώνα. Η ανεμόπτωση μπορεί να ελεγχθεί με σωστή τοποθέτηση βεραντών, με χρήση κατακόρυφων περασμάτων, με ύπαρξη ανεμοφρακτών και γενικότερα φρακτών, και με την ύπαρξη βλάστησης. Ειδικότερα το τελευταίο μπορεί εύκολα να διαμορφωθεί. Τόσο τα κλαδιά όσο και κυρίως το φύλλωμα των δέντρων επιτυγχάνει την επιβράδυνση του ανέμου και την μείωση της ανεμόπτωσης στο κτίριο. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται αυτό ακριβώς το φαινόμενο. Η βλάστηση όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για να κατευθύνει τον άνεμο προς το κτίριο την καλοκαιρινή περίοδο κάτι που βελτιώνει τον φυσικό δροσισμό του κτιρίου μειώνοντας τις ανάγκες κλιματισμού. Ιδιαίτερα χρήσιμα σε αυτή την περίπτωση είναι τα φυλλοβόλα δέντρα όπου τον χειμώνα επιτρέπουν την διέλευση του ανέμου αλλά το καλοκαίρι τον εκτρέπουν προς το κτίριο.



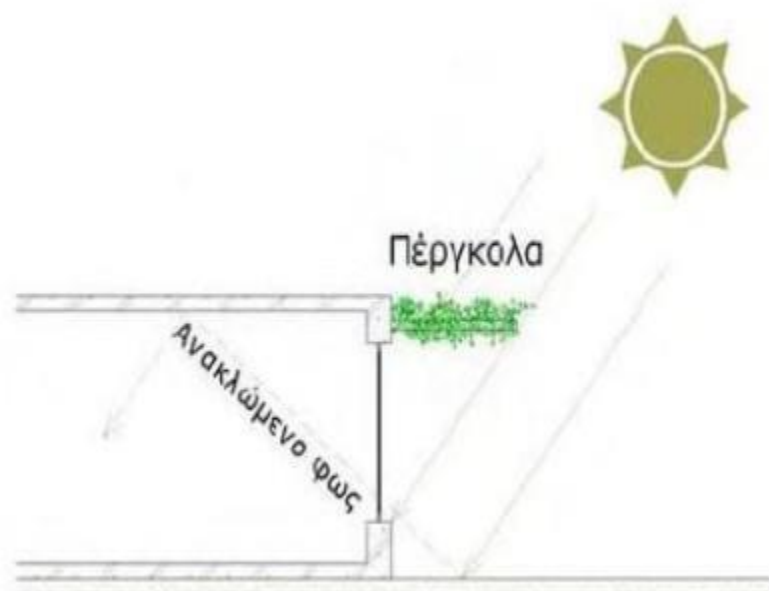
**Εικόνα 2.** Δέντρο ανεμοφράκτης μπροστά από κτίριο.

Μελετητές έχουν καταλήξει στο ότι η βλάστηση μπορεί να ελαττώσει την θερμοκρασία στην επιφάνεια ενός κτίσματος σε πολύ μεγάλο ποσοστό που κυμαίνονται από 25% και φτάνουν το εντυπωσιακό 90% (Παπακώστας, 2009). Οπότε η ορθή επιλογή των φυτών και των δέντρων που βρίσκονται στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου είναι πολύ μεγάλης σημασίας κάτι που δείχνει και η επόμενη εικόνα. Στην εικόνα αυτή φαίνεται πως η εναλλαγή της θέσης ενός φυτού επηρεάζει την ροή του ανέμου προς το κτίριο. Στην πρώτη περίπτωση το μικρό δέντρο στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων του ανέμου τον χειμώνα και στην δεύτερη περίπτωση το μικρό δέντρο στοχεύει στην μεγιστοποίηση των κερδών του ανέμου το καλοκαίρι. Πέραν της θέσης φύτευσης σημαντικό ρόλο παίζει η επιλογή των κατάλληλων ποικιλιών, αναλόγως βέβαια του κλίματος της περιοχής, του εδάφους και των απαιτούμενων από τα δέντρα αποτελεσμάτων (δένδρα χαμηλά ή ψηλά, φυλλοβόλα ή αιθαλή, δέντρα που αντέχουν σε αλμυρά κλίματα, δέντρα κατάλληλα για ανεμοπροστασία κλπ).



**Εικόνα 3.** Ελαχιστοποίηση επίδρασης ανέμων την χειμερινή περίοδο (αριστερά) και μεγιστοποίηση επίδρασης ανέμων την θερινή περίοδο (δεξιά) με την χρήση δέντρων.

Η θερμική και η οπτική άνεση στην κατοικία είναι στοιχεία που ρυθμίζονται ευκολότερα εξαιτίας του ευκολότερου ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό γίνεται διαμέσου της σκίασης η οποία επιτυγχάνεται είτε με φυσικό τρόπο (διαμέσου της κατασκευής του κτιρίου ή της ύπαρξης βλάστησης) είτε με τεχνητό τρόπο με την χρήση σκιάστρων. Οριζόντια σκιάστρα, φυσικά (κατασκευή κτιρίου) ή τεχνητά (για παράδειγμα πέργκολα) έχουν την δυνατότητα να προσφέρουν σκίαση για αρκετές ώρες της ημέρας. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η χρήση πέργκολας με φυτά για την σκίαση ενός ανοίγματος. Αντίθετα, κατακόρυφα σκιάστρα όπως είναι για παράδειγμα τοίχοι, φράκτες ή θάμνοι, προτιμώνται στην δυτική πλευρά ώστε να περιορίζουν την ακτινοβολία το απόγευμα, τις θερμές ώρες της ημέρας.

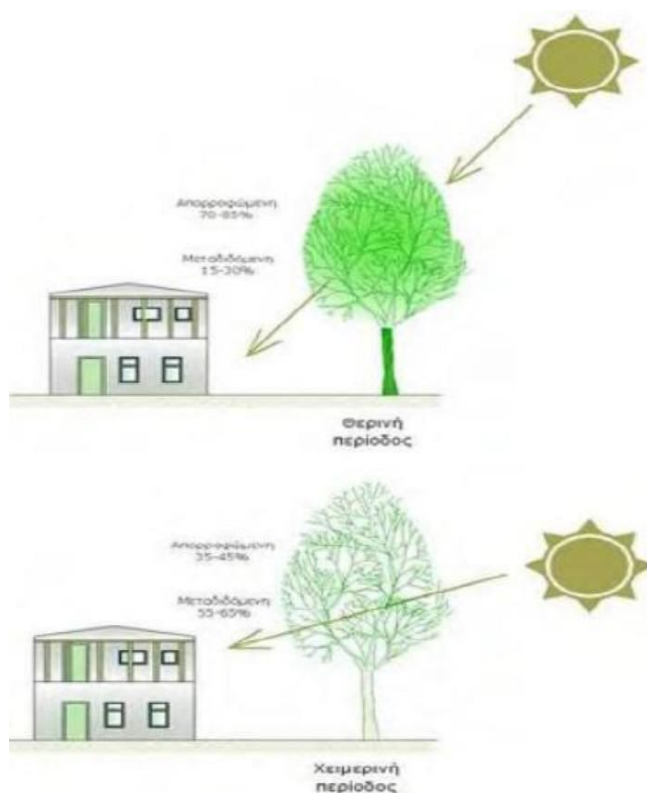


**Εικόνα 4.** Χρήση πέργκολας με φυτό ως οριζόντιο σκίαστρο.

Μια κλασική μέθοδος σκίασης είναι η χρήση δέντρων. Τα δέντρα, ειδικά τα φυλλοβόλα, έχουν την ικανότητα να σκιάζουν την θερινή περίοδο αλλά να επιτρέπουν την ακτινοβολία την χειμερινή περίοδο βελτιώνοντας την θερμική άνεση καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Επιπλέον, η εναλλαγή του χρωματισμού των φύλλων τους περιορίζει την μονοτονία αυξάνοντας την οπτική άνεση των κατοίκων. Η επόμενη εικόνα, η εικόνα 5 στην επόμενη σελίδα, δείχνει την λειτουργία του δέντρου ως σκίαστρο την θερινή και την χειμερινή περίοδο. Το δέντρο είναι τοποθετημένο στην νότια πλευρά του κτιρίου πλευρά η οποία δέχεται την ακτινοβολία την χειμερινή περίοδο.

Σημαντικό στοιχείο για την επίτευξη ορθής σκίασης από την χρήση δέντρων είναι η απόσταση φύτευσής τους από τα κτίρια. Εμπειρικά έχει προκύψει ένας κανόνας σύμφωνα με τον οποίο τα δέντρα φυτεύονται μακριά από τα κτίρια, σε απόσταση ίση με το ύψος που θα έχουν σε πλήρη ανάπτυξη (Ζαφειρόπουλος, 2011). Διαφορετικές αποστάσεις επιλέγονται μόνο σε διαφορετικές πυκνότητες βλάστησης. Ερευνητές στο πανεπιστήμιο του Wisconsin μελέτησαν την πυκνότητα βλάστησης και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι βλάστηση με πορώδες της τάξεως του 25% (πορώδες είναι τα διάκενα, μικρό πορώδες σημαίνει μεγάλη πυκνότητα

βλάστησης) έχει την δυνατότητα να προστατεύει από την ηλιακή ακτινοβολία σε μια απόσταση τέσσερις φορές το ύψος της και να μειώνει την ταχύτητα ανέμου κατά 60%. Αν το πορώδες διπλασιαστεί στο 50% τότε η προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία αυξάνεται και κυμαίνεται από 5 έως και 20 φορές το ύψος του δέντρου, αλλά μειώνεται η προστασία από τον άνεμο στο μισό (Γκουντάνα, 2014).



**Εικόνα 5.** Σκίαση και ηλιασμός νότιας πλευράς κτιρίου με την ύπαρξη φυλλοβόλου δέντρου μπροστά.

Εν κατακλείδι συμπεραίνουμε ότι ο σχεδιασμός της φύτευσης γύρω από το κτίριο είναι πολύ σημαντικός στον καθορισμό του μικροκλίματος πέριξ του κτιρίου για αυτό και πρέπει αν γίνεται προσεκτικά και σε συνεργασία με γεωπόνο που γνωρίζει περισσότερα για την ανάπτυξη των φυτών. Αυτό μπορεί να γίνει στα πλαίσια μιας μελέτης ηλιασμού – σκιασμού που εκπονείται κατά την αρχιτεκτονική μελέτη του κτιρίου. Η μελέτη αυτή κρίνεται απαραίτητη για πολλούς λόγους καθώς εν τέλει η βλάστηση πέριξ του κτιρίου προσδίδει κέρδη στο κτίριο για τους παρακάτω λόγους:

- Λειτουργεί ως ανεμοφράκτης περιορίζοντας τους έντονους ανέμους την χειμερινή περίοδο, μειώνοντας τις απαιτήσεις θέρμανσης και κατά συνέπεια μειώνοντας την κατανάλωση πετρελαίου, φυσικού αερίου, ξύλων ή όποιου άλλου καυσίμου χρησιμοποιείται για την θέρμανση του κτιρίου.
- Μπορεί να δημιουργήσει ροές ανέμου διευκολύνοντας τον φυσικό δροσισμό την θερινή περίοδο.
- Παρέχει σκίαση από την ηλιακή ακτινοβολία περιορίζοντας τις ανάγκες ψύξης την θερινή περίοδο κάτι που οδηγεί σε μείωση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο κτίριο.
- Λειτουργεί ως φίλτρο του φυσικού φωτισμού.
- Έχει την ικανότητα να βελτιώνει την ποιότητα του αέρα της περιοχής καθώς εκλύει οξυγόνο δια μέσου της φωτοσύνθεσης ενώ ταυτόχρονα συγκρατεί την σκόνη εκτός της οικίας.
- Λειτουργεί ως ηχομόνωση περιορίζοντας τους θορύβους του περιβάλλοντος καθώς οι ήχοι ανακλώνται, απορροφούνται ή διαχέονται από αυτά.
- Προστατεύει το έδαφος από φαινόμενα διάβρωσης περιορίζοντας τις πιθανότητες ύπαρξης πλημμυρών.

Η βλάστηση όμως δεν είναι ο μοναδικός παράγοντας που επηρεάζει τις συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου. Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει και το υλικό επίστρωσης όλων των πέριξ του κτιρίου επιφανειών. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο παίζουν και τα χαρακτηριστικά των κατασκευών που βρίσκονται πέριξ του κτιρίου. Με τον όρο χαρακτηριστικά εννοούνται στοιχεία όπως η μορφή των κατασκευών, το χρώμα με το οποίο είναι βαμμένες, η θέση τους πέριξ του κτιρίου μεταξύ άλλων. Παραδείγματος χάριν, κατασκευές αποτελούμενες από υλικά που έχουν μεγάλες επιφάνειες ανάκλασης ή βαμμένες

με ανοικτά χρώματα περιορίζουν την αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου την θερινή περίοδο περιορίζοντας εν τέλει και την αύξηση της θερμοκρασίας του κτιρίου. Βέβαια αυτές οι κατασκευές προκαλώντας ανάκλαση της ακτινοβολίας οδηγούν την θερμότητα στους χρήστες του χώρου ενώ ταυτόχρονα προκαλούν και το φαινόμενο της θάμβωσης, κοινώς του περιορισμού της οπτικής άνεσης των χρηστών διαμέσου της μείωσης της ικανότητάς τους να διακρίνουν τις λεπτομέρειες των αντικειμένων εξαιτίας των έντονων αντιθέσεων στην φωτεινότητά τους ή της έντονης λαμπρότητάς τους.

**Πίνακας 1.** Οπτικές ιδιότητες κύριων υλικών εξωτερικών χώρων κτιρίων.

<b>Υλικό Δαπέδου</b>	<b>Ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία</b>	<b>Συντελεστής εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας</b>
Άσφαλτος	0,05-0,26(*)	0,95
Σχιστόπλακες	0,08-0,10	0,90
Κυβόλιθοι γρανίτη γκρι	0,27(*)	
Μάρμαρο λευκό	0,53(*)	
Πλάκες τσιμέντου γκρι	0,34(*)	
Γαρμπιλομωσαϊκό γκρι	0,38(*)	
Γαρμπιλομωσαϊκό (βοτασλωτό)	0,87*0,9	0,82-084
Προϊόντα τσιμέντου (κυβόλιθοι)	0,10-0,35	0,90
Προϊόντα ξύλου-σανίδες	0,30-0,40	0,95
Κεραμικά πλακίδια, κόκκινα	0,21(*)	
Γρασίδι και βλάστηση	0,15-0,30	0,67-0,69
Χώμα-άμμος (στεγνό)	0,25-0,30	0,90
Νερό	0,10-0,47	0,96

Συνήθως προτιμάται στις κατασκευές πέριξ των οικιών η χρήση υλικών ψυχρών τα οποία δεν απορροφούν μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό συνεπάγεται ότι δεν αποθηκεύουν μεγάλη θερμική ενέργεια στην μάζα τους, ενέργεια την οποία αποδίδουν στο περιβάλλον της οικίας διαμορφώνοντας το μικροκλίμα. Επίσης επιλέγονται σε αυτή την περίπτωση ανοιχτές αποχρώσεις χρωμάτων καθώς αυτό αυξάνει την ανακλαστικότητα τους περιορίζοντας περαιτέρω την ποσότητα θερμότητας που αποθηκεύουν αφού ακόμη λιγότερη ηλιακή ενέργεια φτάνει στην μάζα τους. Ο επόμενος πίνακας δίνει τους συντελεστές ανάκλασης και εκπομπής ηλιακής ακτινοβολίας των συνηθέστερων οικοδομικών υλικών. Οι



συντελεστές του πίνακα λήφθηκαν από μετρήσεις σε χώρους περίξ κτιρίων στην πόλη της Θεσσαλονίκης (Χατζηδημητρίου, Αξαρλή & Γιαννάς, 2008).

Από αυτό τον πίνακα φαίνονται τα ψυχρά οικοδομικά υλικά, είναι αυτά που έχουν συντελεστή ανάκλασης μεγαλύτερο του 0,65. Μελέτες σε αυτά τα υλικά έδειξαν ότι η μείωση της θερμοκρασίας της επιφάνειάς τους, εν συγκρίσει με τα υπόλοιπα υλικά, εξαιτίας της υψηλής ανάκλασης, μπορεί να φτάσει έως και τους 12°C. Έτσι οι επιφανειακές θερμοκρασίες των υλικών αυτών, όση ακτινοβολία και να δεχτούν, δεν πρόκειται να ξεπεράσουν τους 50°C. Αντίθετα, στα κοινά οικοδομικά υλικά οι θερμοκρασίες την θερινή περίοδο μπορούν να ανέλθουν σε πολύ υψηλότερες τιμές. Σε ειδικές περιπτώσεις μάλιστα, όπως για παράδειγμα οι απορροφητικές επιστρώσεις των ηλιακών συλλεκτών μαύρου χρώματος, οι θερμοκρασίες επιφάνειας μπορούν να φτάσουν και τους 90°C. Στο ερώτημα όμως γιατί δεν χρησιμοποιούνται τότε μόνο ψυχρά υλικά η απάντηση είναι το ψηλό τους κόστος σε σχέση με τα κοινά οικοδομικά υλικά. Έτσι τα ψυχρά υλικά χρησιμοποιούνται μόνο σε θέσεις κατάλληλες, σωστά μελετημένες, όπου η χρήση τους θα επιφέρει μεγάλα κέρδη στο κτίριο μεταβάλλοντας αποτελεσματικά το μικροκλίμα περίξ του κτιρίου. Τέτοιες θέσεις είναι συνήθως οι θέσεις που δέχονται έντονη ηλιακή ακτινοβολία την θερινή περίοδο.

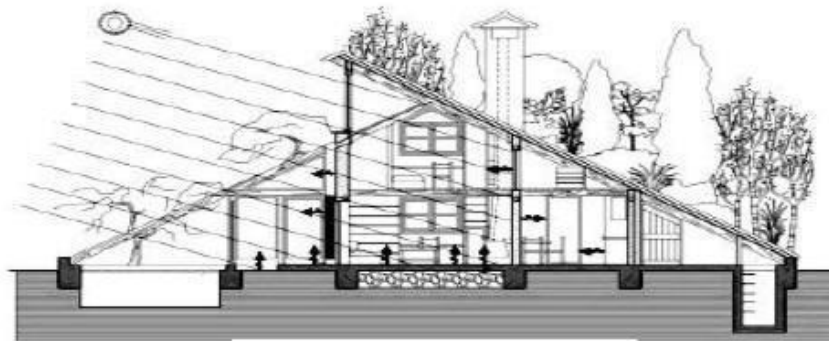
Πέραν της επιλογής μεταξύ χρήσης ψυχρών υλικών ή βλάστησης ώστε να βελτιωθεί το μικροκλίμα περίξ της οικίας αποτελεσματικά, υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού των δύο. Για παράδειγμα μπορεί να γίνει μια κατασκευή με ψυχρά υλικά και να επικαλυφθεί με βλάστηση κάτι που θα περιορίσει ακόμη περισσότερο την πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας και την αποθήκευση θερμικής ενέργειας στην μάζα του υλικού αλλά ταυτόχρονα θα περιορίσει και το φαινόμενο της ανάκλασης αυξάνοντας την οπτική άνεση των ανθρώπων. Σύμφωνα με μελέτες, περιοχές στις οποίες υπάρχει πράσινο και καλύπτει δομικά στοιχεία, εμφανίζουν μείωση της θερμοκρασίας περίξ του κτιρίου έως και 8°C εν συγκρίσει με περιοχές στις οποίες υπάρχουν αποκλειστικά, συμπαγή δομικά υλικά. Επιπλέον, πέραν της βλάστησης, τα δομικά στοιχεία μπορούν να καλυφθούν με επιφάνειες νερού όπως για παράδειγμα τα σιντριβάνια, οι μικρές λίμνες, οι τεχνητοί καταρράκτες, οι στρώσεις λεπτού τρεχούμενου νερού και άλλα. Η χαμηλή θερμοκρασία του νερού ρίχνει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου και ταυτόχρονα περιορίζει την θερμοκρασία του δομικού

στοιχείου βελτιώνοντας περαιτέρω το μικροκλίμα περίξ του κτιρίου και επιτρέποντας καλύτερο φυσικό δροσισμό του κτιρίου.

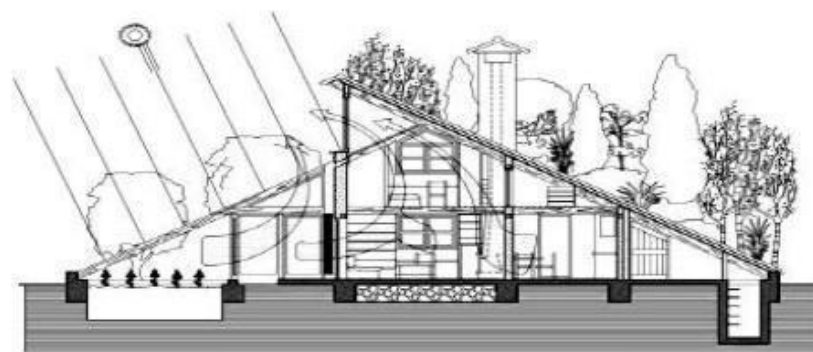
## 2. ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ & ΣΧΗΜΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Η Ελλάδα είναι μια χώρα η οποία χαρακτηρίζεται από το μεσογειακό της κλίμα κάτι που όπως έχουμε ήδη αναφέρει καθιστά δυνατή την εφαρμογή των βασικών αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Δύο από τα βασικά στοιχεία της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι η μορφή που έχει ένα κτίριο και ο προσανατολισμός του καθώς από αυτά τα στοιχεία του κτιρίου δύναται να προκύψει αξιοποίηση ή αποφυγή της ηλιακής ακτινοβολίας και της ροής του αέρα αναλόγως των εποχών του έτους, στοιχείο που συνεπάγεται περιορισμών των αναγκών θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού του κτιρίου.

Μια από τις σημαντικότερες αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι ο νότιος προσανατολισμός των κτιρίων. Ο συγκεκριμένος προσανατολισμός οδηγεί σε περισσότερες ώρες ηλιασμού του κτιρίου κατά την χειμερινή περίοδο κάτι που συνεπάγεται μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης του κτιρίου. Στην εικόνα 6 φαίνεται αυτό το φαινόμενο.



*Χειμερινό ηλιοστάσιο*

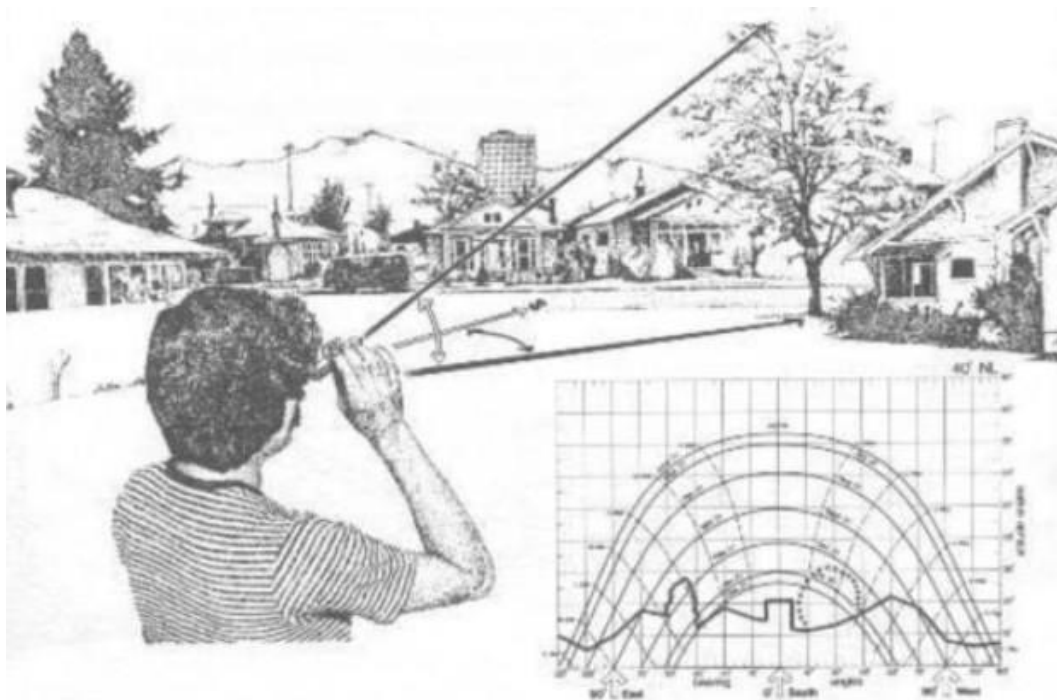


*Θερινό ηλιοστάσιο*

**Εικόνα 6.** Ακτινοβολία σε νότια προσανατολισμένο κτίριο.

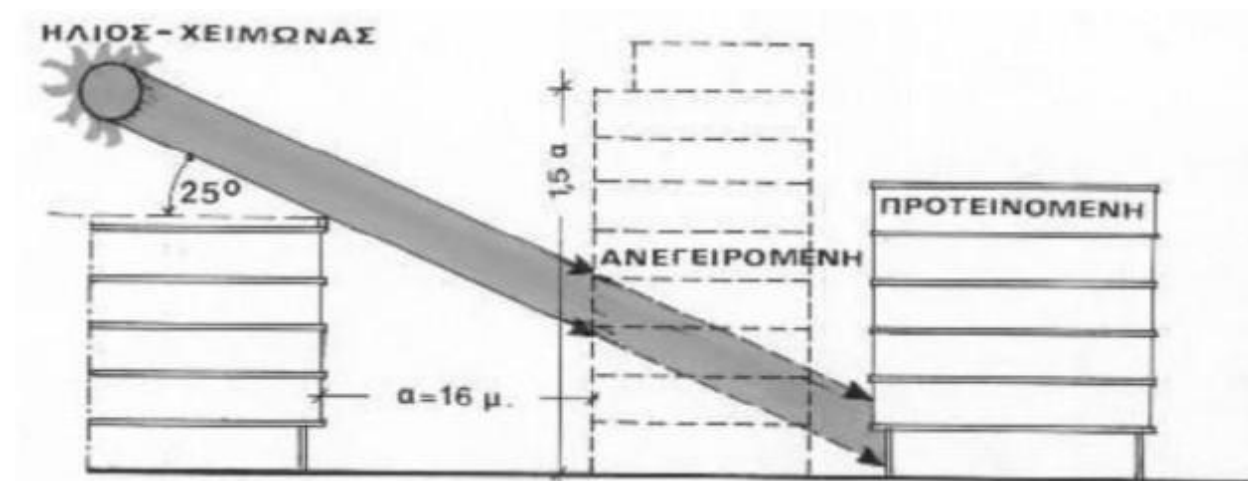
Ενώ λοιπόν το καλοκαίρι ο ήλιος είναι κάθετος στο κτίριο και δεν οδηγεί σε ηλιασμό του εσωτερικού του (η εν πάση περιπτώσει ο ηλιασμός μπορεί να περιοριστεί με μικρές οριζόντιες προεξοχές), τον χειμώνα ο ήλιος ανατέλλει, κινείται και δύει νοτιότερα. Αυτό συνεπάγεται ότι τα νότια προσανατολισμένα κτίρια δέχονται την μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία τον χειμώνα, ακτινοβολία που φτάνει βαθιά στο εσωτερικό τους από τα κατάλληλα ανοίγματα θερμαίνοντας αρκετούς χώρους των κτιρίων, αυξάνονται οι θερμικές απολαβές τους και περιορίζονται οι ανάγκες θέρμανσής τους. Έτσι, εάν το οικόπεδο το επιτρέπει, τα κτίρια πρέπει να αναπτύσσονται στον άξονα ανατολής – δύσης ώστε να έχουν μέγιστη την νότια πλευρά τους (Ανδρεουλάκης, Ανδρεουλάκης & Κύρκας, 2010).

Η τοποθέτηση ενός κτιρίου σε νότιο προσανατολισμό δεν συνεπάγεται απαραίτητα και την βέλτιστη τοποθέτηση καθώς υπάρχουν τα φαινόμενα σκίασης από απέναντι κτίρια ή από ψηλά δέντρα. Οπότε θα πρέπει πριν τον σχεδιασμό να γίνει έλεγχος για τον επαρκή ηλιασμό του κτιρίου, έλεγχος ο οποίος γίνεται με την χρήση ηλιακών χαρτών – διαγραμμάτων σύμφωνα με τα οποία προκύπτει η ιδανική απόσταση του κτιρίου από τα γειτονικά κτίρια ή από οποιοδήποτε εμπόδιο στην ηλιακή ακτινοβολία υπάρχει πέριξ του κτιρίου. Στην εικόνα 7 φαίνεται η χρήση ενός τυπικού ηλιακού χάρτη – διαγράμματος για τον προσδιορισμό του σκιασμού από ένα γειτονικό δέντρο.



**Εικόνα 7.** Προσδιορισμός σκιασμού με την χρήση ηλιακού χάρτη.

Πέραν των ηλιακών μετρήσεων όμως υπάρχουν και οι εμπειρικές αποστάσεις που έχουν προκύψει μετά από χρόνια εμπειριών και παρατηρήσεων. Σύμφωνα με αυτές τις αποστάσεις, ένα νότια προσανατολισμένο κτίριο πρέπει να απέχει από ένα εμπόδιο που βρίσκεται νότια του απόσταση ίση με 1,5 φορές το ύψος του εμποδίου. Εάν για παράδειγμα το εμπόδιο είναι ένα κτίριο ύψους 15 μέτρων τότε το νέο κτίριο πρέπει να τοποθετηθεί σε απόσταση 22,5 μέτρων από το γειτονικό του κτίριο ώστε να επιτρέπεται ο επαρκής ηλιασμός του την χειμερινή περίοδο. Η εικόνα 8 παρουσιάζει τον εμπειρικό προσδιορισμό απόστασης από εμπόδιο.

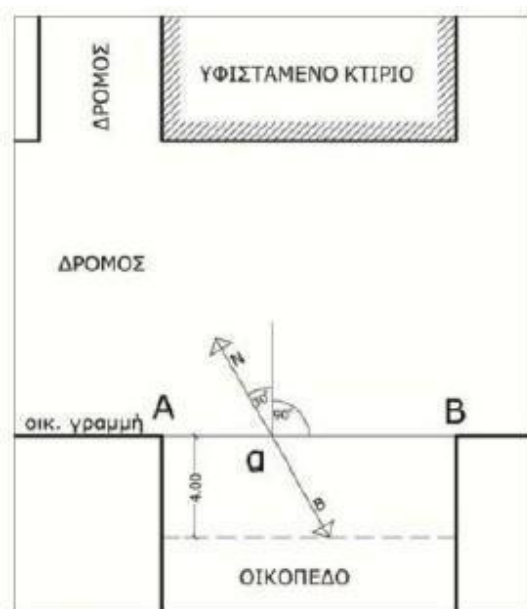


Εικόνα 8. Έλεγχος ηλιασμού υποψήφιων θέσεων κτιρίου.

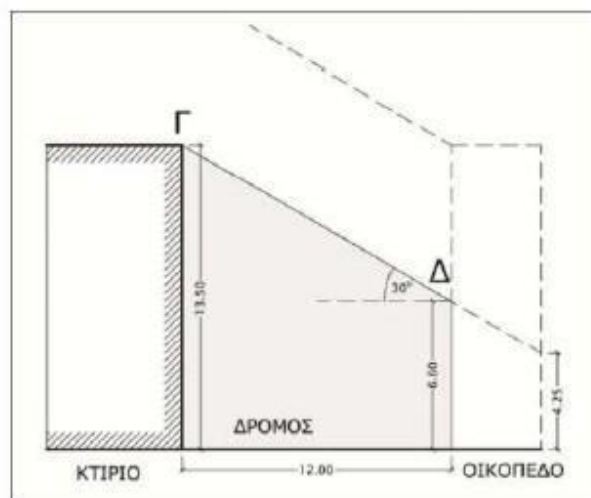
Γενικά έχουν προκύψει κάποιοι άγραφοι κανόνες σχετικά με την τοποθέτηση των κτιρίων ώστε να εξασφαλίζεται ο ηλιασμός τους την χειμερινή περίοδο άρα η φυσική τους θέρμανση και ο φυσικός τους φωτισμός. Οι κανόνες αυτοί συμπυκνώνονται στα παρακάτω σημεία.

- Η δυνατότητα στροφής του άξονα του κτιρίου προς το νότο ή έστω μόνο της κύριας όψης του ή των ανοιγμάτων του.
- Η αποφυγή δυτικών ή ανατολικών κτιρίων στις απέναντι πλευρές του δρόμου ώστε να περιορίζεται το φαινόμενο της σκακιέρας. Ιδανικά να είναι όλα τα κτίρια προς τον νότο.
- Η ανάπτυξη των κτιρίων στον άξονα ανατολής – δύσης με νότιο προσανατολισμό ένα δεν εμφανίζονται προβλήματα σκιασμού.
- Η τοποθέτηση του κτιρίου στην βορεινή πλευρά του οικοπέδου, όσο μακρύτερα γίνεται από τα προς νότο εμπόδια ώστε να περιοριστεί το ενδεχόμενο σκίασης.

Το Τ.Ε.Ε. διαμέσου των επιστημόνων του, δίνει ένα παράδειγμα χωροθέτησης κτιρίου ώστε αυτό να έχει την μέγιστη δυνατή ηλιακή απολαβή (Αλεξανδρή, Αξαρλή, Γράβας, Δημούδη, Λαμπροπούλου & Χρονάκη, 2011). Το παράδειγμα αυτό αφορά μια τετραώροφη οικοδομή η οποία θα κτιστεί σε οικόπεδο προσανατολισμένο στην κατεύθυνση βορρά – νότου, που βρίσκεται σε αστική περιοχή και απέναντι έχει ένα τετραώροφο κτίριο με ύψος 13,5 μέτρα. Το γειτονικό κτίριο βρίσκεται σε απόσταση 12 μέτρων από το οικόπεδο (όσο είναι το πλάτος του δρόμου που χωρίζει το οικόπεδο με το γειτονικό κτίριο. Η εικόνα 9 δείχνει το τοπογραφικό διάγραμμα του οικοπέδου του συγκεκριμένου παραδείγματος και μια εγκάρσια τομή ώστε να γίνουν κατανοητές η θέση του οικοπέδου και η θέση του γειτονικού κτίσματος.



α) Τοπογραφικό διάγραμμα



β) Τομή εγκάρσια  
Υφιστάμενο κτίριο-δρόμος-οικόπεδο

**Εικόνα 9.** Παράδειγμα χωροθέτησης κτιρίου εντός οικοπέδου.

Σύμφωνα λοιπόν με την μελέτη του Τ.Ε.Ε. ο προσδιορισμός της κατάλληλης θέσης του νέου κτιρίου που θα ανεγερθεί στο συγκεκριμένο οικόπεδο (με κριτήριο την μείωση της σκίασης από το γειτονικό κτίριο) προκύπτει ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα.

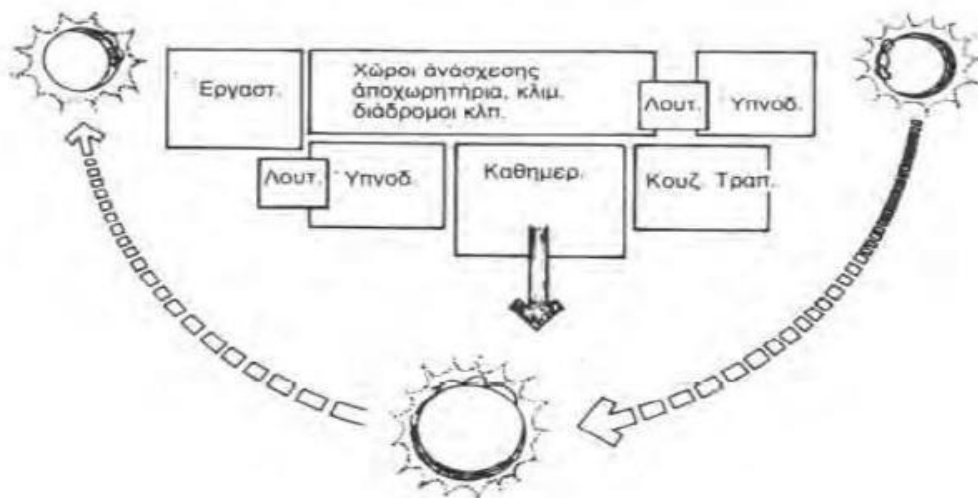
1. Η μελέτη ξεκινάει με τον ακριβή προσδιορισμό του προσανατολισμού του οικοπέδου. Αυτό επιτυγχάνεται δια της χάραξης μιας κάθετης γραμμής προς την οικοδομική γραμμή η οποία φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, στο σημείο α.

2. Υπολογίζεται η γωνία απόκλισης από τον Νότο. Στην προκειμένη περίπτωση η γωνία απόκλισης είναι  $30^{\circ}$  στοιχείο που συνεπάγεται ότι ο προσανατολισμός του οικοπέδου είναι νοτιοδυτικός.
3. Σχεδιάζεται η εγκάρσια του οικοπέδου τομή (φαίνεται στο δεξιό σκέλος της παραπάνω εικόνας), στην οποία καθορίζεται η θέση του προς ανέγερση κτιρίου με διακεκομμένη γραμμή, το υφιστάμενο κτίριο με συνεχή γραμμή και ο ενδιάμεσος δρόμος.
4. Στην τομή ορίζεται η γωνία των  $30^{\circ}$  προς μια οριζόντια γραμμή. Η γωνία αυτή αντιστοιχεί στο ύψος του ήλιου την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου, στις 12 το μεσημέρι σε ένα γεωγραφικό πλάτος  $36^{\circ}$  βορείως του ισημερινού.
5. Από αυτή την γραμμή προκύπτει ότι το νέο κτίριο θα σκιάζεται στην συγκεκριμένη ημέρα σε ύψος έως 6,6 μέτρα. Αυτό συνεπάγεται ότι το ισόγειο ύψους 4,5 μέτρων δεν θα ηλιάζεται ενώ ο πρώτος όροφος θα ηλιάζεται σε ύψος μεγαλύτερο των 1,1 μέτρων.
6. Εάν τροποποιηθεί η θέση του νέου κτίσματος, κινούμενο 4 μέτρα προς τα πίσω στο οικοπέδο (απομακρυνόμενο από το γειτνιάζων κτίριο) τότε η σκίαση περιορίζεται μόνο στα 4,25 μέτρα. Αυτό σημαίνει ότι ηλιάζεται πλήρως ο πρώτος όροφος. Αντιθέτως το ισόγειο πάλι σκιάζεται εκτός από ένα πολύ μικρό τμήμα 25 εκατοστών στο επάνω του κομμάτι.

Από το παραπάνω παράδειγμα φαίνεται ότι σημαντικός παράγοντας στον προσδιορισμό της σκίασης ενός κτιρίου είναι η γνώση της ημερήσιας ηλιακής τροχιάς για μια συγκεκριμένη περιοχή σε όλες τις εποχές του έτους. Εκτός όμως της θέσης και του προσανατολισμού του κτιρίου σημαντικό ρόλο παίζει και το σχήμα του κτιρίου. Ιδανικό σχήμα είναι αυτό που παρουσιάζει τις μικρότερες δυνατές θερμικές και τις μέγιστες δυνατές ηλιακές απολαβές τον χειμώνα και την ελάχιστη δυνατή θερμική επιβάρυνση το καλοκαίρι. Οι μικρότερες θερμικές απώλειες εξασφαλίζονται από την χρήση συμπαγών σχημάτων τετράγωνης κάτοψης. Η λύση αυτή όμως δεν είναι βέλτιστη σε όλες τις περιοχές. Έτσι ενώ στα ψυχρά κλίματα το κυβικό σχήμα του κτιρίου είναι βέλτιστο, στα εύκρατα κλίματα, τα οποία έχουν έντονη ηλιακή ακτινοβολία ακόμη και τον χειμώνα, το καλύτερο σχήμα είναι αυτό που έχει επιμηκυμένο τον άξονα ανατολής δύσης ώστε να βελτιωθούν οι ηλιακές του απολαβές τον χειμώνα. Επειδή όμως αυτά τα κτίρια εκτός από μεγάλες νότιες επιφάνειες έχουν και μεγάλες βορινές, αυτές πρέπει να προστατευθούν από τον αέρα είτε με έδαφος,

είτε με ανεμοφράκτες, είτε με γειτονικά κτίρια, είτε ακόμη και με στέγες που κατεβαίνουν πολύ χαμηλά.

Σημαντικό ρόλο όμως στον περιορισμό των αναγκών του κτιρίου παίζει και η σωστή τοποθέτηση των εσωτερικών χώρων του κτιρίου με βάση το μικροκλίμα που επικρατεί περιμετρικά των πλευρών του. Σε ένα κτίριο η βόρεια πλευρά του είναι η πιο ψυχρή, ειδικά την χειμερινή περίοδο, γιατί δεν δέχεται καθόλου ακτινοβολία και δέχεται επίσης τους βορεινούς ψυχρούς ανέμους. Έτσι περιμετρικά του κτιρίου στην βορεινή πλευρά υπάρχει η χαμηλότερη θερμοκρασία. Αντίθετα, η νότια πλευρά του κτιρίου δέχεται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία τον χειμώνα έτσι είναι σαφώς θερμότερο το μικροκλίμα σε αυτή. Ενδιάμεση η κατάσταση στην ανατολική και την δυτική πλευρά. Παρόλο που οι δύο πλευρές δέχονται την ίδια ποσότητα ακτινοβολίας εντούτοις η δυτική πλευρά είναι πιο ζεστή γιατί οι ώρες ακτινοβολίας στην δυτική πλευρά του κτιρίου συνδυάζονται με υψηλότερες θερμοκρασίες του εξωτερικού αέρα. Αυτό σημαίνει ότι οι εσωτερικοί χώροι του κτιρίου που έχουν μικρές απαιτήσεις θερμοκρασίας (αποθήκες, λεβητοστάσια, μπάνια, γκαράζ, διάδρομοι) πρέπει να τοποθετούνται στην βορεινή πλευρά του κτιρίου καθώς θα έχουν λιγότερες θερμικές απώλειες και ταυτόχρονα θα αποτελούν φράγμα θερμικών απωλειών από τους χώρους υψηλών θερμοκρασιών προς το ψυχρό περιβάλλον. Αντίθετα, οι χώροι με τις μεγαλύτερες απαιτήσεις θερμοκρασίας (σαλόνια, δωμάτια, κουζίνες, τραπεζαρίες, γραφεία) τοποθετούνται στην νότια πλευρά και αν δεν επαρκεί κατά προτεραιότητα δυτικά και μετά ανατολικά. Στην εικόνα 10 φαίνεται παραστατικά ο προσανατολισμός των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου.



**Εικόνα 10.** Διάταξη εσωτερικών χώρων κτιρίου σε σχέση με την ηλιακή ακτινοβολία.



Τέλος, επίσης σημαντικός ρόλο παίζει η μορφή του κτιρίου. Υπάρχουν δύο ειδών κτίρια, τα ανοικτά κτίρια και τα κλειστά. Ως ανοικτά ορίζονται τα κτίρια που έχουν μεγάλα ανοίγματα και κλειστά τα κτίρια που έχουν μικρά ανοίγματα. Η επιλογή του τύπου του κτιρίου δεν είναι εύκολη και εξαρτάται από διάφορα στοιχεία όπως ο προσανατολισμός του κτιρίου, οι κλιματολογικές συνθήκες στην περιοχή του κτιρίου, η θέα που υπάρχει στην περιοχή, ο θόρυβος που υπάρχει στην περιοχή, το κόστος κατασκευής του κτιρίου και πολλά άλλα. Γενικά όμως η ανοικτή μορφή κτιρίου επιλέγεται σε κτίρια που έχουν νότιο προσανατολισμό και μηδαμινή σκίαση των όψεων τους από παρακείμενα εμπόδια. Με αυτό τον τρόπο, εξαιτίας των μεγάλων τους ανοιγμάτων αυξάνονται πολύ οι ηλιακές απολαβές (είτε μέσω άμεσου ηλιακού κέρδους διαμέσου των ανοιγμάτων είτε μέσω έμμεσου ηλιακού κέρδους με χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων) του κτιρίου τον χειμώνα και περιορίζονται οι ανάγκες θέρμανσης τους. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις προσανατολισμών κτιρίου επιλέγονται συνήθως οι κλειστοί τύποι κτιρίων με μικρά ανοίγματα (και καθόλου ανοίγματα στον βορρά αν είναι δυνατό), με σωστή ηλιοπροστασία όπου απαιτείται και με την βέλτιστη δυνατή θερμομόνωση ώστε να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες.

### 3. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου περιλαμβάνει πολλές παραμέτρους. Σαφέστατα λοιπόν δεν θα μπορούσε να αγνοεί την κατασκευή του κτιρίου. Άλλωστε η κατασκευή του κτιρίου, το κέλυφος, είναι επί της ουσίας και ο διαχωρισμός μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. Το κέλυφος είναι το τμήμα του κτιρίου που επηρεάζεται από όλους τους εξωγενείς παράγοντες όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία, ο άνεμος, η υγρασία και ο θόρυβος μεταξύ άλλων. Το κέλυφος ενός κτιρίου πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοια χαρακτηριστικά ώστε να παρέχει στον εσωτερικό του χώρο άνεση στον άνθρωπο, ανεξαρτήτως των εξωτερικών συνθηκών. Ταυτόχρονα όμως πρέπει να παρέχει τις συνθήκες άνεσης κρατώντας όσο το δυνατό χαμηλότερα τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου.

#### 3.1 ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Το σημαντικότερο στοιχείο του κελύφους είναι τα δομικά υλικά που το απαρτίζουν. Η επιλογή των δομικών υλικών γίνεται πρώτα με κριτήρια στατικότητας. Παρόλα αυτά όμως, τα δομικά υλικά επηρεάζουν σημαντικά τις συνθήκες στο εσωτερικό για αυτό και η επιλογή τους είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες του βιοκλιματικού σχεδιασμού (Καραπαναγιώτη, 2012). Τα δομικά υλικά που αποτελούν το κέλυφος δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία και απορροφούν την θερμότητα που αυτή φέρει. Η ποσότητα της θερμότητας που αποθηκεύουν εξαρτάται από την θερμοχωρητικότητά τους την ικανότητά τους δηλαδή να αποθηκεύουν συγκεκριμένο ποσό θερμικής ενέργειας ανά μονάδα μάζας. Ταυτόχρονα τα υλικά χαρακτηρίζονται και από την θερμική αδράνειά τους δηλαδή την χρονοκαθυστέρηση που παρουσιάζουν στην απόδοση της θερμότητας στον εσωτερικό χώρο. Η θερμική αδράνειά τους διαρκεί αρκετές ώρες, μέχρι το σημείο στο οποίο η εξωτερική θερμοκρασία πέφτει έτσι ώστε το δομικό στοιχείο να είναι πλέον σε μεγαλύτερη θερμοκρασία και να αρχίσει να αποδίδει θερμότητα στον χώρο. Με αυτό τον τρόπο το δομικό στοιχείο αποβάλλει την θερμική ενέργεια που αποθήκευσε, διαμέσου συναγωγής και ακτινοβολίας, στο περιβάλλον (εσωτερικό ή εξωτερικό, αναλόγως του ποιο έχει την χαμηλότερη θερμοκρασία). Το χειμώνα η διαδικασία αυτή γίνεται το απόγευμα και νωρίς το

βράδυ και είναι πολύ χρήσιμη όταν γίνεται στον εσωτερικό χώρο του κτίσματος καθώς μειώνει τις ανάγκες θέρμανσης. Το καλοκαίρι η διαδικασία γίνεται αργά το βράδυ και αν γίνεται στο εσωτερικό του κτίσματος αυξάνει τις ανάγκες ψύξης. Όσο πιο αργά γίνεται όμως τόσο το καλύτερο γιατί δεν επηρεάζει σημαντικά τις συνθήκες άνεσης εντός του κτιρίου.

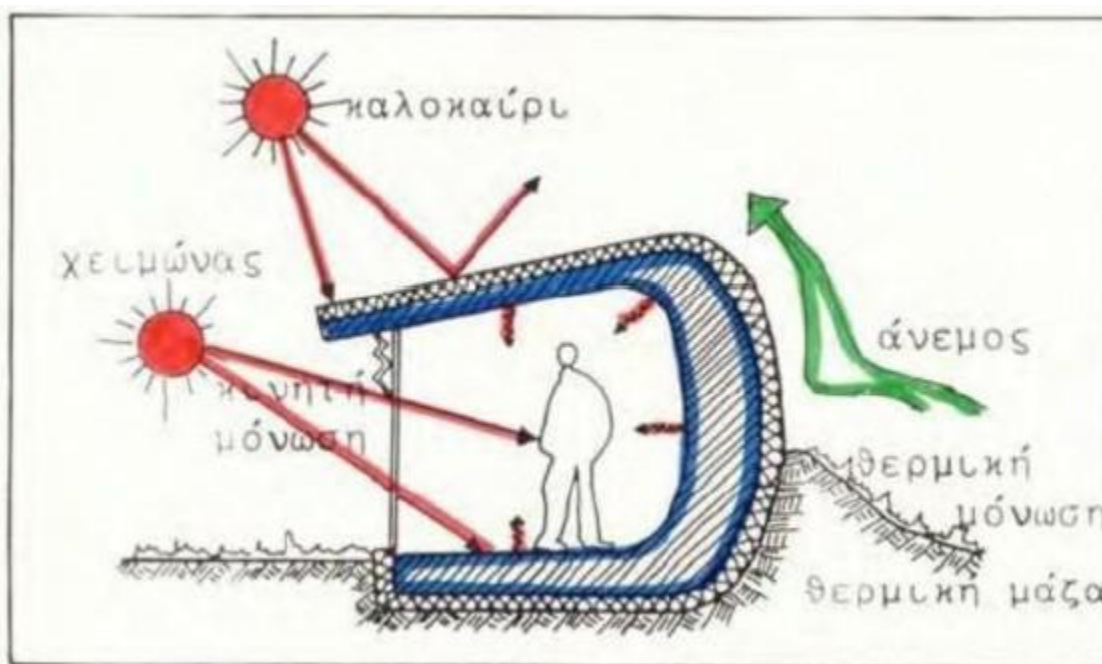
Με βάση τα παραπάνω η χρήση υλικών με μεγάλη θερμική αδράνεια είναι επιθυμητή στις πλευρές του κελύφους που δέχονται έντονη ακτινοβολία. Έτσι λοιπόν προτείνεται όπως στις στην νότια και την δυτική πλευρά του κελύφους να χρησιμοποιούνται δομικά στοιχεία με θερμική αδράνεια περί των 8 ωρών. Στην ανατολική πλευρά προτείνεται η χρήση στοιχείων με μεγαλύτερη αδράνεια ώστε η θερμότητα να απελευθερωθεί αργά το βράδυ και όχι όταν σταματήσει η ακτινοβολία. Μια καλή επιλογή είναι η χρήση δομικών υλικών με αδράνεια περί τις 14 ώρες (Μολλά, 2013). Στην βόρεια πλευρά του κτιρίου δεν παίζει μεγάλο ρόλο η αδράνεια των δομικών υλικών, αφού ούτως ή άλλως δεν δέχονται ακτινοβολία για να αποθηκεύσουν ενέργεια και να την αποδώσουν αργότερα. Σημαντική όμως είναι η θερμική αδράνεια της οροφής η οποία δέχεται ακτινοβολία για μεγάλη διάρκεια της ημέρας. Σε αυτή την περίπτωση προτείνεται η χρήση δομικών υλικών με θερμική αδράνεια περί τις 12 με 13 ώρες και σε κάθε περίπτωση όχι λιγότερη των 9,5 ωρών. Η ιδανικότερη μορφή της οροφής είναι η θολωτή γιατί είναι μια οροφή η οποία έχει επιφάνεια τριπλάσια σε έκταση από την οροφή με αποτέλεσμα η ηλιακή ακτινοβολία που πέφτει να διανέμεται σε τριπλάσια επιφάνεια έτσι να μπορεί να αποβληθεί συντομότερα επηρεάζοντας λιγότερο το κτίριο. Ο πίνακας 2 που ακολουθεί παρουσιάζει την θερμική αδράνεια των σημαντικότερων δομικών στοιχείων.

**Πίνακας 2.** Θερμική αδράνεια  $\tau$  και συντελεστής μείωσης θερμοκρασίας  $\mu t$  δομικών υλικών

<b>Πάχη [mm]</b>	<b>50</b>		<b>100</b>		<b>150</b>		<b>200</b>		<b>300</b>	
	$\tau$ [h]	$\mu t$ [-]	$\tau$ [h]	$\mu t$ [-]	$\tau$ [h]	$\mu t$ [-]	$\tau$ [h]	$\mu t$ [-]	$\tau$ [h]	$\mu t$ [-]
<b>Υλικά</b>										
<b>Σκυρόδεμα</b>	1,3	0,67	3,0	0,45	4,4	0,3	6,1	0,20	9,2	0,09
<b>Πλινθοδομή</b>	-	-	2,4	0,48	4,0	0,34	5,2	0,24	8,1	0,12
<b>Ξυλεία</b>	2,5	0,48	5,4	0,23	8,3	1,1	-	-	-	-
<b>Ορυκτοβάμβακας</b>	2,5	0,48	5,3	0,22-	0,22-	-	-	-	-	-

### 3.2 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Τα κτίρια φιλοξενούν συνεχώς ανθρώπους. Έχουν δημιουργηθεί για διάφορες χρήσεις των ανθρώπων. Οπότε πρέπει να είναι σχεδιασμένα ώστε να εξασφαλίζουν την υγεία των ανθρώπων που τα χρησιμοποιηθούν. Ένας σημαντικός παράγοντας υγείας είναι η ποιότητα του αέρα που βρίσκεται εντός των κτιρίων. Ο αέρας πρέπει να ανανεώνεται συνεχώς ώστε να παραμένει φρέσκος και καθαρός. Για αυτό τον λόγο ο αερισμός είναι απαραίτητος ακόμη και την χειμερινή περίοδο. Την περίοδο αυτή όμως ο αέρας είναι ψυχρός και τα παράθυρα των κτιρίων είναι κλειστά. Παρόλα αυτά πρέπει για λίγο να ανοίγουν τα παράθυρα ώστε να αερίζεται το σπίτι γιατί ο αερισμός μέσω των διακένων (χαραμάδες δίπλα σε παράθυρα, κάτω μέρος από πόρτες κλπ) δεν είναι επαρκής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα όμως την ψύξη του κτιρίου και την αύξηση των θερμικών του απαιτήσεων. Οπότε η ορθή προστασία των ανοιγμάτων και γενικά ολόκληρου του κτιρίου ώστε να περιοριστούν οι απώλειες θερμότητας έχει ως αποτέλεσμα αυτές οι μικρές απώλειες λόγω αερισμού να είναι άνευ σημασίας αφού έχουν ήδη περιοριστεί σε μεγάλο βαθμό οι θερμικές ανάγκες του κτιρίου. Στην εικόνα 11 φαίνεται η σημαντικότητα της μόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου, ο τρόπος με τον οποίο αποτρέπει τις απώλειες με τον άνεμο τον χειμώνα και την υπερθέρμανση με την ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι.



Εικόνα 11. Διάταξη εσωτερικών χώρων κτιρίου σε σχέση με την ηλιακή ακτινοβολία.

Αυτό που συμπεραίνεται λοιπόν είναι ότι η ορθή θερμομόνωση ενός κτιρίου είναι πολύ σημαντική καθώς μαζί με ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα κλιματισμού παρέχουν προστασία την θερινή περίοδο από την υπερβολική ζέστη και την χειμερινή από το υπερβολικό κρύο και ταυτόχρονα εξασφαλίζουν την θερμική άνεση των ανθρώπων (Γκουντάρα, 2014). Επιπλέον η σωστή θερμομόνωση, περιορίζοντας τις θερμικές απώλειες του κτιρίου προς το περιβάλλον οδηγεί σε μείωση του συνολικού κόστους θέρμανσης. Συν αυτό, περιορίζοντας την διείσδυση της θερμότητας εντός του κτιρίου την θερινή περίοδο μειώνει τις ψυκτικές ανάγκες του κτιρίου και οδηγεί σε μείωση του συνολικού κόστους κλιματισμού. Ταυτόχρονα αυξάνει την διάρκεια ζωής του κτίσματος αφού το προστατεύει από ακραίες μεταβολές και περιορίζει τα έξοδα συντήρησής τους. Σύμφωνα με μελετητές μια σωστά σχεδιασμένη θερμομόνωση σε ένα κτίριο κοστίζει περίπου 2% έως 5% του συνολικού κόστους ανέγερσης του κτιρίου. Η ίδια η θερμομόνωση όμως, από μόνη της, χωρίς κανένα άλλο σύστημα, μπορεί να περιορίσει τις θερμικές ανάγκες του κτιρίου έως και 50% κάνοντας πολύ σύντομα απόσβεση του κόστους τοποθέτησής της.

Τα παραπάνω δεδομένα έχουν γίνει εδώ και χρόνια αντιληπτά για αυτό το ελληνικό κράτος θέσπισε από την δεκαετία του 1980 τον κανονισμό θερμομόνωσης τον οποίο εν τέλει αντικατέστησε το 2010 με ένα σύγχρονο ενεργειακό κανονισμό, τον ΚΕνΑΚ, στον οποίο η μελέτη θερμομόνωσης είναι ένα από τα βασικά του στοιχεία. Δεν θα μπορούσε να γίνει και αλλιώς όταν σύμφωνα με μελέτες αποδεικνύεται επιστημονικά ότι τα πρώτα 5cm θερμομόνωσης του κελύφους ενός κτιρίου προσφέρουν πολλαπλάσια κέρδη από τα επόμενα 5cm (Ανδρεουλιάκης, Ανδρεουλιάκης & Κύρκας, 2010). Οπότε το κράτος επέβαλε την ύπαρξη θερμομόνωσης σε όλα τα κτίρια, πάχους αναλόγως της περιοχής του κτιρίου, της μορφής, του τοπικού κλίματος κλπ. Το απαιτούμενο πάχος ώστε να καλύψει τα όρια του ΚΕνΑΚ προκύπτει εν τέλει από την μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου που είναι απαραίτητη ώστε να λάβει το κτίριο οικοδομική άδεια. Γενικά όμως το σχήμα του κτιρίου είναι ο σημαντικότερος παράγοντας. Συμπαγή κτίρια συνήθως απαιτούν λιγότερη θερμομόνωση γιατί έχουν μικρότερες απώλειες εξαιτίας του σχήματός τους. Αντίθετα, κτίρια με ελεύθερη μορφή απαιτούν συνήθως ισχυρότερη θερμομόνωση καθώς έχουν περισσότερες επιφάνειες σε επαφή με το περιβάλλον άρα και περισσότερες απώλειες. Σε κάθε περίπτωση όμως τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για την θερμομόνωση των κτιρίων πρέπει να επιτρέπουν την αναπνοή του κελύφους του κτιρίου ώστε να εξασφαλιστεί η

αντοχή του στο χρόνο και επιπλέον να διατηρείται σε καλό επίπεδο η ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων προσφέροντας συνάμα ευεξία στους χρήστες.

Τα διαθέσιμα για θερμομόνωση υλικά είναι πάρα πολλά. Οπότε η επιλογή του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί είναι πολύ σημαντική και αποτελεί κεντρικό σημείο στην μελέτη θερμομόνωσης του μηχανικού. Η επιλογή των υλικών προκύπτει από διάφορες παραμέτρους που λαμβάνει υπόψη του ο μηχανικός. Τέτοιες παράμετροι είναι μεταξύ άλλων η διαθεσιμότητα των υλικών, το κόστος τους, το αισθητικό αποτέλεσμα της εφαρμογής τους, το κατά πόσο η παρουσία τους προκαλεί προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου, το κατά πόσο η παρουσία τους προκαλεί προβλήματα στο περιβάλλον, οι ικανότητες θερμομόνωσής τους σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις για θερμομόνωση του κτιρίου και οι περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η θερμοκρασία και η υγρασία στην περιοχή. Ένα παράδειγμα θερμομονωτικού υλικού που δεν χρησιμοποιείται είναι ο αμίαντος, γιατί ενώ οι ιδιότητες θερμομόνωσής του είναι εξαιρετικές εντούτοις προκαλεί προβλήματα στην υγεία και συγκεκριμένα ευθύνεται για την εμφάνιση καρκίνων. Επιπλέον αποφεύγεται η χρήση υλικών τα οποία μετά το πέρας της ζωής τους δεν μπορούν να διασπαστούν ή να ανακυκλωθούν, έτσι ώστε να μην δημιουργούνται περιβαλλοντικά προβλήματα. Εκτός της διαχείρισης μετά το πέρας της λειτουργίας του υλικού πλέον λαμβάνεται υπόψη και το ενεργειακό του αποτύπωμα, δηλαδή η ενέργεια που χρησιμοποιείται ώστε να κατασκευαστεί, να φτάσει στο εργοτάξιο και να τοποθετηθεί, να αποξηλωθεί και να καταλήξει προς ανακύκλωση. Αυτά καθορίζουν την ενεργειακή ταυτότητα των θερμομονωτικών υλικών και παίζουν ρόλο στην επιλογή τους.

Η απόφαση όμως λαμβάνεται κυρίως με βάση της θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών και το κατά πόσο αυτές ανταποκρίνονται στην εφαρμογή του κτιρίου. Οι σημαντικότερες ιδιότητες, που επηρεάζουν τον μελετητή στην επιλογή του υλικού είναι οι παρακάτω:

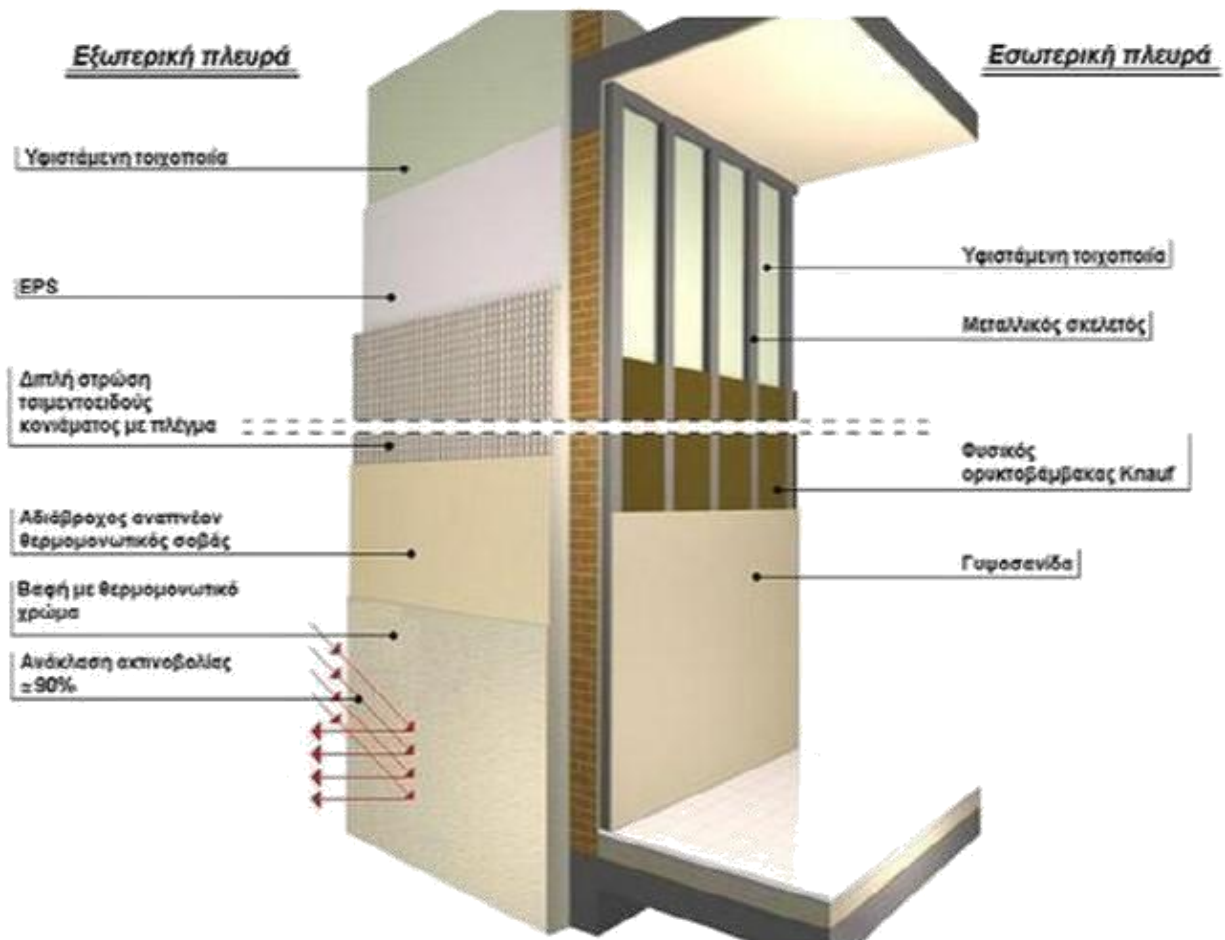
- Θερμομονωτική ικανότητα του υλικού.
- Θερμοκρασιακό εύρος στο οποίο το υλικό αντέχει και έχει σταθερή την θερμομονωτική του ικανότητα.
- Δυνατότητα αντοχής στην υγρασία.
- Δυνατότητα αντοχής στην αλμύρα ώστε να εφαρμόζεται σε παραθαλάσσια κτίσματα.

- Αντοχή του υλικού στην φωτιά.
- Ικανότητα του υλικού να παρέχει ταυτόχρονα ηχομόνωση.

Η επιλογή του υλικού της θερμομόνωσης δεν είναι ο μοναδικός παράγοντας που επηρεάζει την αποδοτικότητά της. Κατά την διάρκεια της μελέτης ο μελετητής πρέπει να αποφασίσει και ποια τεχνική μόνωσης θα ακολουθήσει. Οι τεχνικές μόνωσης για το κέλυφος ενός κτιρίου είναι τέσσερεις, οι παρακάτω:

- **Μόνωση στο εσωτερικό τμήμα του κτιρίου:** Σε αυτή την τεχνική το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται στο εσωτερικό του κτιρίου. Για να μην είναι εκτεθειμένο προστατεύεται από επιπλέον στερεό υλικό που συχνά είναι γυψοσανίδα και σπανιότερα επίχρισμα. Αυτή η τεχνική είναι εύκολη στην κατασκευή της, μπορεί να εφαρμοστεί και σε υφιστάμενα κτίρια. Εκτός αυτού τα μονωτικά υλικά είναι εντός του κτιρίου έτσι δεν φθείρονται και παραμένουν συνεχώς αποδοτικά. Πέραν τούτων η τεχνική αυτή χαρακτηρίζεται από την ευκολία με την οποία θερμαίνεται ο χώρος καθώς όλη η θερμική ενέργεια αποδίδεται στον χώρο και όχι για να θερμάνει τα δομικά στοιχεία. Βέβαια αυτό μπορεί να αποτελεί και μειονέκτημα καθώς δεν εκμεταλλεύεται η θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων έτσι μόλις σταματήσει η θέρμανση ο χώρος ψύχεται πολύ ευκολότερα. Επιπλέον, μειονέκτημα αποτελεί η μείωση του ωφέλιμου χώρου του κτιρίου αφού περιμετρικά για να καλυφθεί το κτίριο χρησιμοποιείται μια λωρίδα επιπλέον περί τα 10 εκατοστά.
- **Μόνωση στο εξωτερικό τμήμα του κτιρίου:** Η δεύτερη τεχνική μόνωσης είναι η μόνωση του κελύφους το εξωτερικό του τμήμα. Με αυτό τον τρόπο περιορίζονται τα μειονεκτήματα της πρώτης περίπτωσης, δεν χάνεται εσωτερικός χώρος και υπάρχει πλήρης εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων. Ταυτόχρονα αποτρέπεται η διαρροή θερμικών φορτίων προς το περιβάλλον και προστατεύονται τα δομικά στοιχεία από τις εξωτερικές συνθήκες και από τις συστολές – διαστολές καθώς έχουν σχετικά μικρότερη διακύμανση θερμοκρασίας. Το πρόβλημα είναι ότι αυτή η τεχνική κοστίζει περισσότερο και εφαρμόζεται πιο δύσκολα ειδικά αν το κτίριο έχει μια περίπλοκη εξωτερική μορφή ή εάν έχει μεγάλο ύψος. Στην εικόνα 12 της επόμενης σελίδας φαίνεται η τεχνική εφαρμογής τόσο της

εσωτερικής θερμομόνωσης που παρουσιάστηκε παραπάνω όσο και της εξωτερικής θερμομόνωσης που παρουσιάστηκε σε αυτή την ενότητα.



Εικόνα 12. Τεχνικές τοποθέτησης εσωτερικής και εξωτερικής θερμομόνωσης.

- **Θερμομόνωση εντός της τοιχοποιίας:** Εν αντιθέσει με τις προηγούμενες δύο τεχνικές η τρίτη περιλαμβάνει την τοποθέτηση της μόνωσης εντός της τοιχοποιίας με μια διάταξη η οποία ονομάζεται σάντουιτς. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται δύο σειρές τούβλων στην τοιχοποιία και το μονωτικό υλικό τοποθετείται ενδιάμεσα. Είναι η τεχνική που χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλα τα νεόδμητα κτίρια καθώς προσφέρει μεγάλη μείωση κόστους. Το πρόβλημα είναι ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υφιστάμενα κτίρια και δεν μπορεί να περιορίσει τις



θερμογέφυρες, δηλαδή τις περιοχές όπου δεν υπάρχει τοίχος άλλα άλλο δομικό στοιχείο και εκεί μπορεί να διέλθει η θερμότητα.

- **Θερμομόνωση με χρήση ειδικών τούβλων:** Εδώ και αρκετά χρόνια κυκλοφορούν στην αγορά ειδικά θερμομονωτικά τούβλα τα οποία είναι κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να θερμομονώνουν τον χώρο στον οποίο κτίζονται. Οι θερμομονωτικές τους ικανότητες οφείλονται στο σχήμα τους, στην τεχνική κατασκευής τους και στις διαστάσεις τους τα οποία τους προσδίδουν χαμηλές τιμές συντελεστή θερμικής διαπερατότητας καλύπτοντας έτσι τα όρια του κανονισμού θερμομόνωσης. Σε σπάνιες περιπτώσεις υψηλών απαιτήσεων συνδυάζονται μαζί με την χρήση θερμομονωτικού υλικού.

Μεταξύ πάρα πολλών υλικών στην πράξη τα βασικά θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την μόνωση κελύφους κτιρίων παρουσιάζονται παρακάτω. Μαζί με αυτά γίνεται μια παρουσίαση και των συνεπειών την χρήσης τους.

1. Εξηλασμένη πολυστερίνη: Είναι το κύριο θερμομονωτικό υλικό κτιρίων την δεδομένη στιγμή. Παράγεται από επεξεργασία υδρογονανθράκων με μια ενεργοβόρα διαδικασία και ταυτόχρονη ρύπανση του περιβάλλοντος και προς το παρόν είναι μη ανακυκλώσιμη. Σε περίπτωση καύσης της, σε πυρκαγιά στα κτίρια προκαλεί προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου καθώς απελευθερώνονται καρκινικές ουσίες
2. Πολυουρεθάνη: Παράγεται επίσης από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς προέρχεται και αυτό από τους υδρογονάνθρακες, με μεγάλη κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή της και ταυτόχρονη ρύπανση του περιβάλλοντος εξαιτίας της έκλυσης πτητικών ουσιών που είναι τοξικές. Επίσης είναι ένα μη ανακυκλώσιμο υλικό και βλαβερό για τον άνθρωπο σε περίπτωση που καεί καθώς παράγεται κυάνιο.
3. Υαλοβάμβακας – Πετροβάμβακας: Είναι μη ανακυκλώσιμα υλικά των οποίων όμως οι πρώτες ύλες βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες στην φύση (πυρίτιο δηλαδή άμμος και βασάλτης). Παράγονται με μικρότερη κατανάλωση ενέργειας από τα προηγούμενα δύο υλικά (180 με 250 kWh/m<sup>3</sup>) και κατά την παραγωγή τους η μόλυνση εστιάζεται στην έκλυση διοξειδίου του άνθρακα. Προκαλούν προβλήματα στην υγεία του άνθρακα καθώς οι μικρές ίνες μπορούν να εισέλθουν στον οργανισμό του ανθρώπου δια της αναπνευστικής οδού.

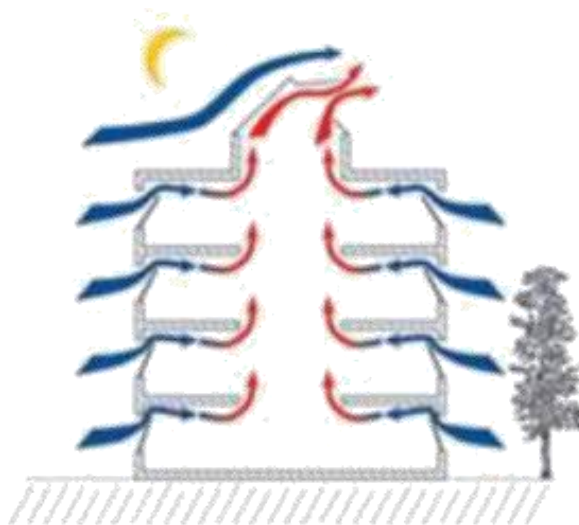
4. **Περλίτης:** Είναι ένα φυσικό υλικό με μεγάλη διαθεσιμότητα. Έστω και αν δεν είναι ανανεώσιμο εντούτοις η μεγάλη του διαθεσιμότητα επαρκή για να καλύψει την ζήτηση. Απαιτείται σχετικά μικρή ενέργεια για την παραγωγή του (230 kWh/m<sup>3</sup> το πολύ). Είναι ένα μερικώς ανακυκλούμενο υλικό το οποίο είναι πρακτικά άφλεκτο και δεν δημιουργεί προβλήματα υγείας στον άνθρωπο κατά την χρήση του.  
**Ερακλιτ:** Είναι μονωτικό υλικό κατασκευασμένο από ξυλώδεις ίνες και τσιμέντο. Είναι ένα υλικό που δεν επηρεάζεται από την υγρασία παρά την ύπαρξη του ξύλου και έχει μεγάλη διάρκεια ζωής. Δεν χρησιμοποιούνται χημικά πρόσμικτα για την παραγωγή του και παραμένει αναλλοίωτο στις χημικές ενώσεις. Προέρχεται από ανανεώσιμη πηγή και είναι ανακυκλώσιμο υλικό.
6. **Διογκωμένος φελλός:** Ο διογκωμένος φελλός προέρχεται από τα δέντρα άρα από ανανεώσιμη πηγή. Η παραγωγή του γίνεται με την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με όλα τα προηγούμενα υλικά και ανακυκλώνεται πλήρως. Είναι το πιο φιλικό προς τον άνθρωπο υλικό από όλα και είναι ένα υλικό που δεν προκαλεί προβλήματα υγείας. Όλα αυτά όμως το καθιστούν ως το ακριβότερο από όλα τα υλικά θερμομόνωσης.

### 3.3 ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Η διαδικασία του φυσικού αερισμού, όπως έχει ήδη προαναφερθεί, είναι πολύ σημαντική για την υγιεινή του κτιρίου και κατά συνέπεια για την υγεία των ανθρώπων μέσα σε αυτό. Ο φυσικός αερισμός λαμβάνει χώρα διαμέσου των ανοιγμάτων και του κελύφους του κτιρίου. Έτσι πέρα από τον αερισμό του χώρου συμβάλει στην απομάκρυνση της θερμοκρασίας από το κέλυφος. Ένα σωστά σχεδιασμένο κτίριο που έχει φυσικό αερισμό συνεπάγεται ότι δεν απαιτεί τεχνητό αερισμό έτσι εξοικονομεί μεγάλα ποσά ενέργειας. Ταυτόχρονα ο δροσισμός που προέρχεται από τον αερισμό την θερινή περίοδο έχει αποδεικτική ότι στην Ελλάδα οδηγεί σε μείωση του απαιτούμενου ψυκτικού φορτίου από 75% έως και 100% για κτίρια με επαρκή ηλιοπροστασία, μειώνοντας δραματικά τα κόστη κλιματισμού, ουσιαστικά αντικαθιστώντας σε κάποιες περιπτώσεις τα συστήματα κλιματισμού (Κ.Α.Π.Ε., 2004). Στην εικόνα 13 φαίνεται ένα κτίριο και ο τρόπος που κινείται ο αέρας εντός του κτιρίου κατά το φαινόμενο του φυσικού αερισμού. Οπότε ο φυσικός αερισμός είναι πολύ σημαντικός για την δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης

στο εσωτερικό των κτιρίων. Γενικά τα κέρδη από τον φυσικό αερισμό συμπεκνώνονται στα παρακάτω:

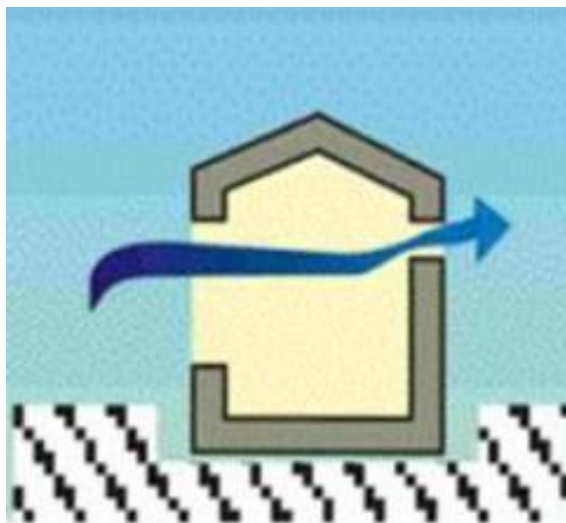
- Απομάκρυνση της θερμικής ενέργειας από το εσωτερικό του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον όταν οι θερμοκρασίες του περιβάλλοντος είναι χαμηλές.
- Απομάκρυνση της θερμικής ενέργειας από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου όταν αυτά έχουν επαρκή θερμική μάζα ώστε να αποθηκεύσουν ενέργεια.
- Απομάκρυνση της θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα των ανθρώπων που βρίσκονται εκτός του κτιρίου αυξάνοντας την θερμική άνεση αυτών των ανθρώπων.



**Εικόνα 13.** Φυσικός αερισμός κτιρίου.

Ο φυσικός αερισμός διακρίνεται σε τρεις τύπους οι οποίοι περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

1. Διαμπερής φυσικός αερισμός: Σε αυτό τον τύπο αερισμού υπάρχει διαμήκης κίνηση του αέρα στο κτίριο. Ο σωστός σχεδιασμός των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου επιτρέπει την κίνηση του ανέμου εντός του κτιρίου. Ο διαμπερής αερισμός βελτιώνεται με την χρήση πλευρικών στα ανοίγματα τοίχων οι οποίοι ονομάζονται ανεμοπτερύγια και εκτρέπουν τον άνεμο στο εσωτερικό του κτιρίου. Στην εικόνα 14 διακρίνεται η μορφή του διαμπερή φυσικού αερισμού κτιρίου.



Εικόνα 14. Διαμερήs αερισμός κτιρίου.

2. Κατακόρυφος φυσικός αερισμός: Αυτός ο τύπος αερισμού προκαλείται από κατακόρυφη κίνηση εντός του κτιρίου. Αυτό γίνεται διαμέσου κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων και πύργων αερισμού. Τέτοια στοιχεία είναι συνήθως τα κλιμακοστάσια και οι φωταγωγοί των κτιρίων. Διαμέσου του φαινομένου του φυσικού ελκυσμού ο θερμότερος αέρας κινείται προς τα πάνω και δημιουργείται ένα ρεύμα ροής αέρα κατακόρυφο εντός του κτιρίου. Ταυτόχρονα αυτό το ρεύμα αέρα μεταφέρει την θερμότητα εκτός του κτιρίου. Αντίστοιχα νέες ποσότητες φρέσκου, δροσερού αέρα εισέρχονται εντός του κτιρίου. Σε περιοχές με έντονους ανέμους εφαρμόζονται πύργοι αερισμού, πύργοι αρκετά υψηλότεροι από το κτίριο με ανοίγματα προς την κύρια κατεύθυνση που φυσάνε οι άνεμοι. Διαμέσου των ανοιγμάτων αυτών, όταν φυσάει δυνατός αέρας εισέρχεται και μπαίνει εντός του κτίσματος. Σε μερικές περιπτώσεις συνεπικουρούνται από ανεμιστήρες ώστε να είναι αποδοτικοί ακόμη και με χαμηλότερες ταχύτητες ανέμου.
3. Κατακόρυφος φυσικός αερισμός με χρήση ηλιακής καμινάδας: Η ηλιακή καμινάδα είναι μια καμινάδα τοποθετημένη στην νοτιοδυτική γωνία του κτιρίου η οποία δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία. Αυτή η ακτινοβολία θερμαίνει τον αέρα στο εσωτερικό της με αποτέλεσμα αυτός να ανέρχεται και να εξέρχεται του χώρου. Αυτό δημιουργεί υποπίεση στο κτίριο με αποτέλεσμα να εισέρχεται φρέσκος δροσερός εξωτερικός αέρας και να υπάρχει φυσικός αερισμός του κτιρίου. Επί της ουσίας η ηλιακή καμινάδα βελτιώνει πολύ το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού του κτιρίου. Στην εικόνα 15 παρουσιάζεται μια ηλιακή καμινάδα.



Εικόνα 15. Λειτουργία ηλιακής καμινάδας.

### 3.4 ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

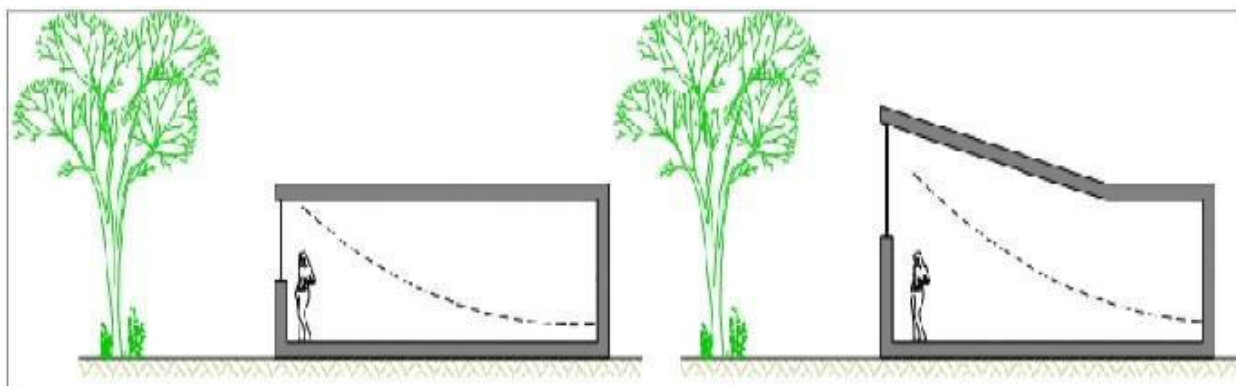
Μια από τις ενεργειακές απαιτήσεις ενός κτιρίου είναι και ο φωτισμός. Η χρήση λοιπόν του φυσικού φωτισμού που υπάρχει κατά την διάρκεια της ημέρας είναι μια πολύ σημαντική πηγή εξοικονόμησης ενέργειας. Ταυτόχρονα η χρήση του φυσικού φωτισμού έναντι του τεχνητού οδηγεί σε αύξηση της ευεξίας και της οπτικής άνεσης των ανθρώπων. Οι αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού συνδυάζουν λοιπόν το φυσικό φωτισμό του χώρου με τον φυσικό αερισμό και με την ηλίαση του χώρου. Στόχος του σχεδιασμού είναι η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεων του κτιρίου σε φωτισμό, απαιτήσεις οι οποίες διαφέρουν αναλόγως της χρήσης του κάθε κτιρίου. Πολύ σημαντικό στοιχείο για τον επαρκή φυσικό φωτισμό του κτιρίου παίζουν η γεωμετρία του κτιρίου (τόσο του εξωτερικού κελύφους όσο και των εσωτερικών χώρων), το χρώμα, η υφή, η διαπερατότητα, η ανακλαστικότητα και η ποιότητα, τα οπτικά δηλαδή χαρακτηριστικά των επιφανειών του κτιρίου και των υαλοπινάκων.

Ο φυσικός φωτισμός σε ένα κτίριο μπορεί να επιτευχθεί με τέσσερις τεχνικές οι οποίες έχουν την δυνατότητα να συνδυαστούν μεταξύ τους (Ανδρεαδάκη & Χρονάκη, 2006). Οι τεχνικές αυτές είναι οι ακόλουθες:

- Κατακόρυφα ανοίγματα: Τα κατακόρυφα ανοίγματα που μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα κτίριο είναι τα παράθυρα και οι φεγγίτες. Είναι ανοίγματα καλυμμένα από διαφανή

υλικά έτσι ακόμη και κλειστά να επιτρέπουν στον ηλιακό φωτισμό να διέρχεται εντός των κτιρίων. Οι φεγγίτες λόγω της θέσης τους στο πάνω μέρος των κτιρίων είναι πιο αποδοτικοί, ειδικά σε περιοχές που ο ήλιος είναι πιο κατακόρυφος την θερινή περίοδο (περιοχές με μικρά γεωγραφικά πλάτη, κοντινές στον ισημερινό περιοχές). Το πρόβλημα τους είναι ότι δύσκολα σκιάζονται καθώς συχνά είναι μη προσβάσιμοι έτσι η ακτινοβολία διέρχεται και το καλοκαίρι και αυξάνει τις απαιτήσεις ψύξης. Ο φωτισμός που εισέρχεται στον χώρο από τα κατακόρυφα ανοίγματα επηρεάζεται από τρεις παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη στην μελέτη. Από το μέγεθος που έχουν τα ανοίγματα, από την θέση τους και από το σχήμα τους.

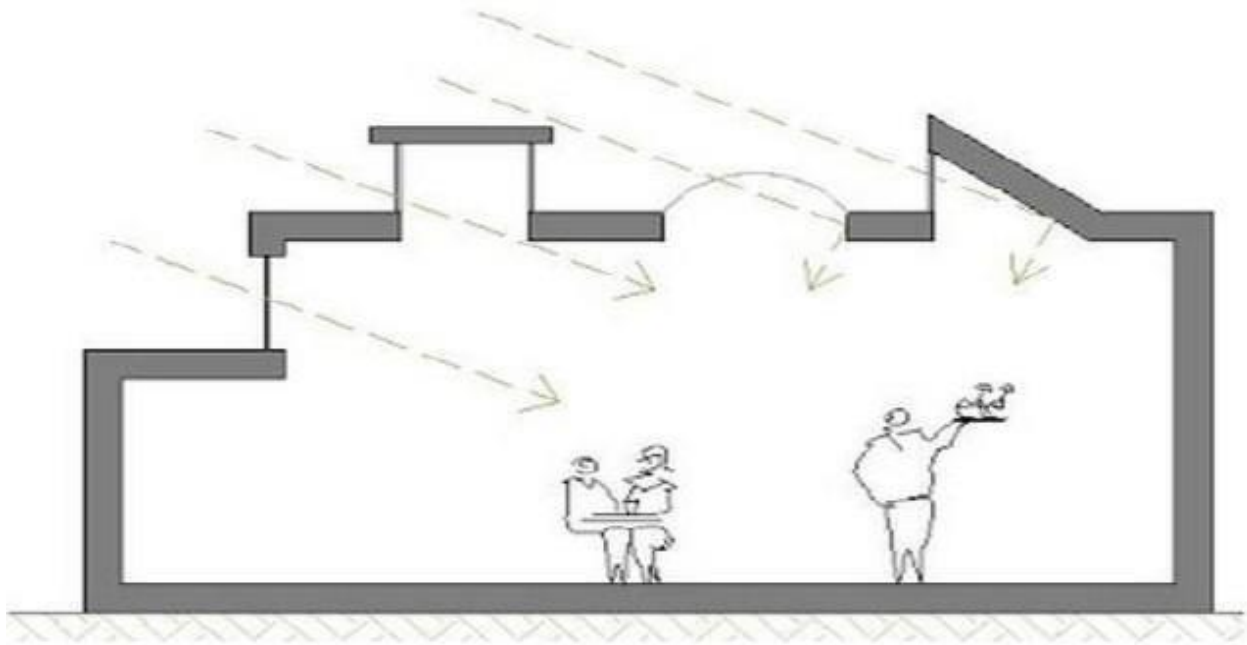
- **Μέγεθος:** Το μέγεθος που πρέπει να έχουν τα ανοίγματα είναι άμεσα σχετιζόμενο με τον χώρο που πρέπει να φωτιστεί. Από την εμπειρία των μελετητών έχει προκύψει ότι αν η επιφάνεια των ανοιγμάτων αντιστοιχεί περίπου στο 20% του προς φωτισμό χώρου τότε θεωρείται ότι υπάρχει επαρκής φωτισμός του χώρου με φυσικό φως. Με αυτό τοποσοστό θεωρείται πως δεν αυξάνονται δραματικά οι θερμικές απώλειες τον χειμώνα, πως αποφεύγονται τα φαινόμενα θάμβωσης και πως η ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι δεν υπερθερμαίνει τον χώρο. Αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων κατά 10% οδηγεί σε αύξηση του φωτισμού στον συγκεκριμένο χώρο κατά 1% ταυτόχρονα όμως αυξάνει τις θερμικές απώλειες και οδηγεί στην υπερβολική διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας στον χώρο το καλοκαίρι.
- **Θέση:** Η θέση των κατακόρυφων ανοιγμάτων είναι ο δεύτερος παράγοντας που επηρεάζει τον φωτισμό του χώρου. Γενικά τα ανοίγματα καλό είναι να τοποθετούνται ψηλά γιατί τότε το φυσικό φως φθάνει βαθύτερα στον προς φωτισμό χώρο. Επιπλέον, αν ο πίσω τοίχος του χώρου έχει υψηλή ανακλαστικότητα τότε προκαλείται ομοιόμορφος φωτισμός σε όλο τον χώρο. Αντίθετα αν το άνοιγμα είναι χαμηλά, και το βάθος του χώρου είναι μεγαλύτερο από 2,5 φορές του ύψους του ανοίγματος (μετρημένο το ύψος του ανοίγματος μέχρι το ανώφλι) τότε θεωρείται μη επαρκής ο φυσικός φωτισμός και το πίσω κομμάτι του χώρου δεν φωτίζεται ικανοποιητικά. Η εικόνα 16 δείχνει ακριβώς τον τρόπο που επιδρά η θέση του ανοίγματος στην κατανομή του φυσικού φωτισμού στον χώρο.



**Εικόνα 16.** Επίδραση του ύψους του παραθύρου στον φυσικό φωτισμό του χώρου.

- **Σχήμα:** Το σχήμα των ανοιγμάτων επηρεάζει κυρίως τον τρόπο που κατανέμεται ο φωτισμός στον χώρο. Εάν ένα άνοιγμα έχει αναλογία πλάτους προς ύψος της τάξεως του 2:1 τότε θεωρείται άνοιγμα μεγάλου πλάτους. Με ανοίγματα μεγάλου πλάτους επιτυγχάνεται η διαμόρφωση του φωτισμού του χώρου σε ζώνες διαφορετικής έντασης, ζώνες παράλληλες προς τον τοίχο του κελύφους στον οποίο είναι τοποθετημένο το άνοιγμα. Εάν η αναλογία πλάτους προς ύψος του ανοίγματος είναι 1:2 τότε το άνοιγμα θεωρείται άνοιγμα μεγάλου ύψους. Με τα ανοίγματα μεγάλου ύψους επιτυγχάνεται η διαμόρφωση του φωτισμού του χώρου σε ζώνες διαφορετικής έντασης στην διάρκεια της ημέρας, κάθετες προς τον τοίχο που φέρει το άνοιγμα. Συνήθως στις συμβατικές κατοικίες προτιμώνται μέσες λύσεις με ανοίγματα με αναλογίες 1:1
2. **Ανοίγματα οροφής:** Η δεύτερη τεχνική φυσικού φωτισμού είναι τα ανοίγματα οροφής. Όπως το υπονοεί και η ονομασία τους, είναι ανοίγματα τοποθετημένα στην οροφή του κτιρίου τα οποία επιτρέπουν τον φωτισμό του κτιρίου διαμέσου της εισροής της ηλιακής ακτινοβολίας στον χώρο. Τα ανοίγματα της οροφής μπορεί να είναι είτε στο επίπεδο της οροφής είτε υπερυψωμένα και μπορεί να είναι κεκλιμένα, οριζόντια ή κατακόρυφα. Το πλεονέκτημά τους σε σχέση με τα κατακόρυφα ανοίγματα που εξετάστηκαν προηγουμένως είναι ότι επιτρέπουν περισσότερο φυσικό φωτισμό στον χώρο. Επίσης, λόγω της θέσης τους στο πάνω μέρος των χώρων η κατανομή του φωτισμού στον χώρο είναι πιο ομοιόμορφη έτσι η ποιότητα του φωτισμού είναι πολύ καλύτερη. Το

μειονέκτημά τους είναι ότι εφαρμόζονται σε κτίρια χωρίς όροφο ή μόνο στον τελευταίο όροφο πολυώροφων κτιρίων. Η εικόνα 17 παρουσιάζει μια σειρά από ανοίγματα οροφής και τον τρόπο που αυτά επιτρέπουν την διείσδυση της ακτινοβολίας στον χώρο.



Εικόνα 17. Συνδυασμός διατάξεων ανοιγμάτων οροφής.

3. Διαφανή υλικά: Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται τα δομικά υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του κτιρίου και έχουν την ικανότητα να διαπερνούνται από το φως. Δεν αναφερόμαστε στους υαλοπίνακες των ανοιγμάτων αλλά σε δομικά υλικά. Έτσι λοιπόν τείχι ή οροφές κατασκευασμένες με διάφορα διάφανα υλικά επιτρέπουν την είσοδο του φυσικού φωτός στον χώρο. Συνήθως τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην τοιχοποιία είναι τα υαλότουβλα, τα πολυκαρβονικά, τα ακρυλικά και τα υαλοϋφάσματα και έχουν πάχος που κυμαίνεται από 5cm έως και 30cm. Η διαπερατότητα τους στο φως επιτρέπει την δημιουργία ζωνών φωτισμού πολύ κοντά στην τοιχοποιία με αποτέλεσμα αν αυξάνεται το επίπεδο του διάχυτου φυσικού φωτισμού στον χώρο. Στην κατηγορία αυτή εντάσσεται και το δομικό υαλοστάσιο (structural glazing) το οποίο αποτελεί το βασικό υλικό τοιχοποιίας στην σύγχρονη αρχιτεκτονική μεγάλων κτιρίων όπως είναι οι ουρανοξύστες. Το γυαλί αυτό επιτρέπει



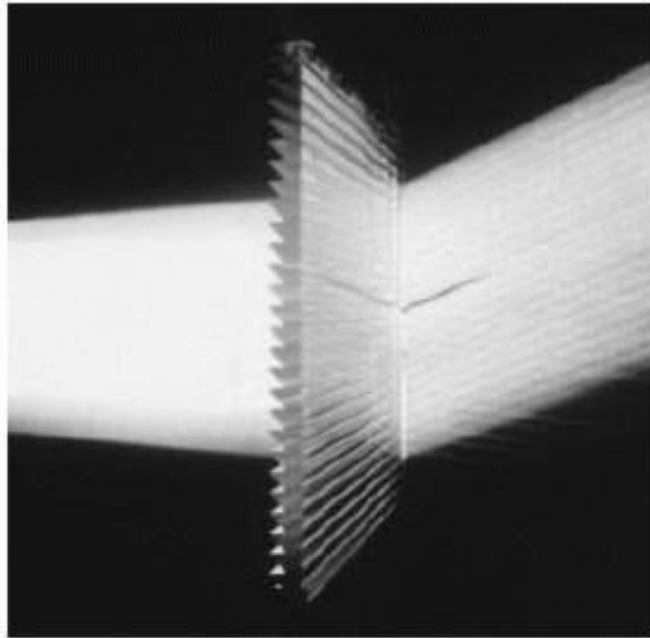
τον φωτισμό των κτιρίων αυτών αλλά ταυτόχρονα είναι κατασκευασμένο με ειδικά θερμικά χαρακτηριστικά ώστε να αποτρέπει τις θερμικές απώλειες την χειμερινή περίοδο και την υπερθέρμανση του κτιρίου λόγω έντονης ακτινοβολίας την θερινή περίοδο. Η εικόνα 18 δείχνει ένα κτίριο κατασκευασμένο με δομικό υαλοστάσιο.



Εικόνα 18. Χρήση δομικού υαλοστασίου ως τοιχοποιία σε κτίριο.

Ένα νέο σύγχρονο δομικό υλικό είναι ειδικού τύπου υαλοπίνακες που χρησιμοποιούνται στην τοιχοποιία και οι οποίοι κατευθύνουν τον φωτισμό ρίχνοντας τον βαθύτερα στον χώρο. Αυτοί οι υαλοπίνακες είναι είτε πρισματικοί, είτε ολογραφικοί, είτε ειδικά πετάσματα τα οποία έχουν υποστεί επεξεργασία με laser. Η εικόνα 19 δείχνει τον τρόπο που το φως κατευθύνεται βαθύτερα στον χώρο με αυτού του τύπου τους υαλοπίνακες. Το πρόβλημα που αντιμετωπίζουν προς το παρόν είναι το υψηλό τους κόστος.

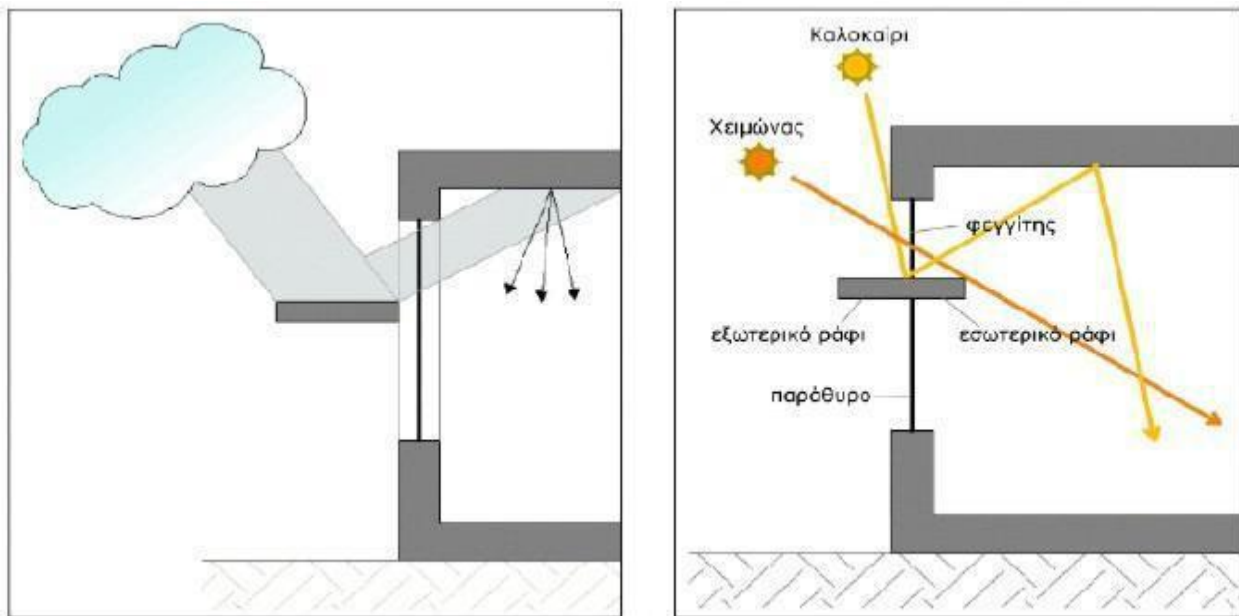
Οι οροφές με την σειρά τους κατασκευάζονται είτε επίσης με δομικό υαλοστάσιο είτε με πλαστικά διαφανή ή ημιδιαφανή που επιτρέπουν τον φωτισμό των χώρων. Το πρόβλημά τους είναι οι πολύ μεγάλες απώλειες θερμότητας που δεν καλύπτονται με κάποιο τρόπο έτσι επί της ουσίας εξουδετερώνουν τα οφέλη που προκύπτουν από τον φυσικό φωτισμό.



**Εικόνα 19.** Αλλαγή διεύθυνσης φωτός σε πρισματικούς υαλοπίνακες.

4. Ηλιοπροστατευτικές και φωτοενισχυτικές διατάξεις: Ο τελευταίος τρόπος φυσικού φωτισμού ενός χώρου είναι η χρήση φωτοενισχυτικών διατάξεων που τοποθετούνται στα ανοίγματα ώστε να βελτιώσουν την κατανομή του φωτισμού στον χώρο και να αυξήσουν την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού. Πολλές από τις φωτοενισχυτικές διατάξεις είναι ταυτόχρονα και ηλιοπροστατευτικές. Οι σημαντικότερες είναι οι ακόλουθες.
  - Ράφια φωτισμού: Τα ράφια φωτισμού είναι διατάξεις, επίπεδου ή καμπύλου σχήματος, τα οποία τοποθετούνται στα ανοίγματα, υψηλότερα από το επίπεδο όρασης των ανθρώπων. Η επάνω επιφάνειά τους συνήθως προκαλεί ανάκλαση ή διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας για αυτό συνήθως είναι στιλπνή. Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην συγκεκριμένη επιφάνεια ανακλάται και οδηγείται στην οροφή του χώρου ή διαχέεται προς τους τοίχους του κτιρίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σε μια επιπλέον πηγή φυσικού φωτισμού στον χώρο που προκαλεί πιο ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού στον χώρο. Επιπρόσθετα, η κάτω πλευρά του

ραφιού ανακλάει την προερχόμενη από το έδαφος ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία και διοχετεύει περαιτέρω ακτινοβολία στον χώρο, ειδικά κοντά στα ανοίγματα. Τα ράφια φωτισμού λειτουργούν επιπλέον ως προστατευτικά θάμβωσης της ανθρώπινης όρασης από την θέαση του ουρανού από το πάνω τμήμα του ανοίγματος. Πέραν τούτων τα ράφια λειτουργούν ως ηλιοπροστασία για το υπόλοιπο τμήμα του ανοίγματος. Τα ράφια μπορούν να τοποθετηθούν είτε μέσα από τον υαλοπίνακα, είτε έξω, είτε με τον υαλοπίνακα στο ενδιάμεσό τους και μπορούν να αποτελέσουν ένα είδος αρχιτεκτονικού διακόσμου. Στην εικόνα 20 παρουσιάζεται η λειτουργία των ραφιών φωτισμού.

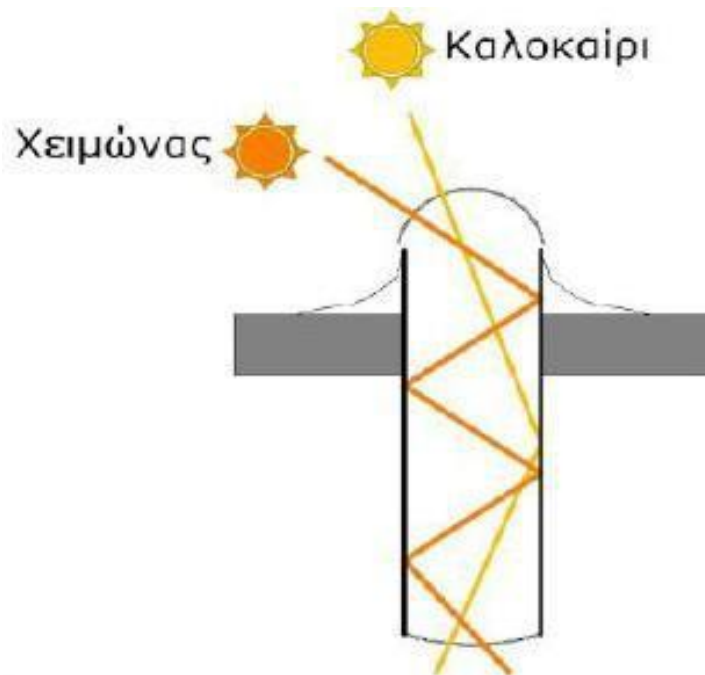


**Εικόνα 20.** Ράφια φωτισμού τοποθετημένα εκτός του υαλοπίνακα (αριστερά) και με τον υαλοπίνακα ενδιάμεσα (δεξιά)

- **Ανακλαστήρες:** Οι ανακλαστήρες είναι περσίδες, τοποθετημένες είτε μέσα είτε έξω από τον υαλοπίνακα του ανοίγματος. Σε σχέση με τις κλασικές περσίδες η πάνω επιφάνεια τους αποτελείται από στιλπνή επικάλυψη υψηλής ανακλαστικότητας. Η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτή την επιφάνεια έχει ως αποτέλεσμα την ανάκλασή της. Με αυτό τον τρόπο δημιουργεί άλλη μια πηγή φωτισμού στον χώρο αυξάνοντας την ομοιομορφία του. Ταυτόχρονα προστατεύει από την άμεση εισδοχή ηλιακής ακτινοβολίας στον χώρο προσφέροντας ηλιοπροστασία. Βέβαια η άμεση ανάκλαση της ακτινοβολίας στον χώρο, από επίπεδα χαμηλότερα από το

επίπεδο όρασης, σε ημέρες με έντονη ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει θάμβωση των ανθρώπων.

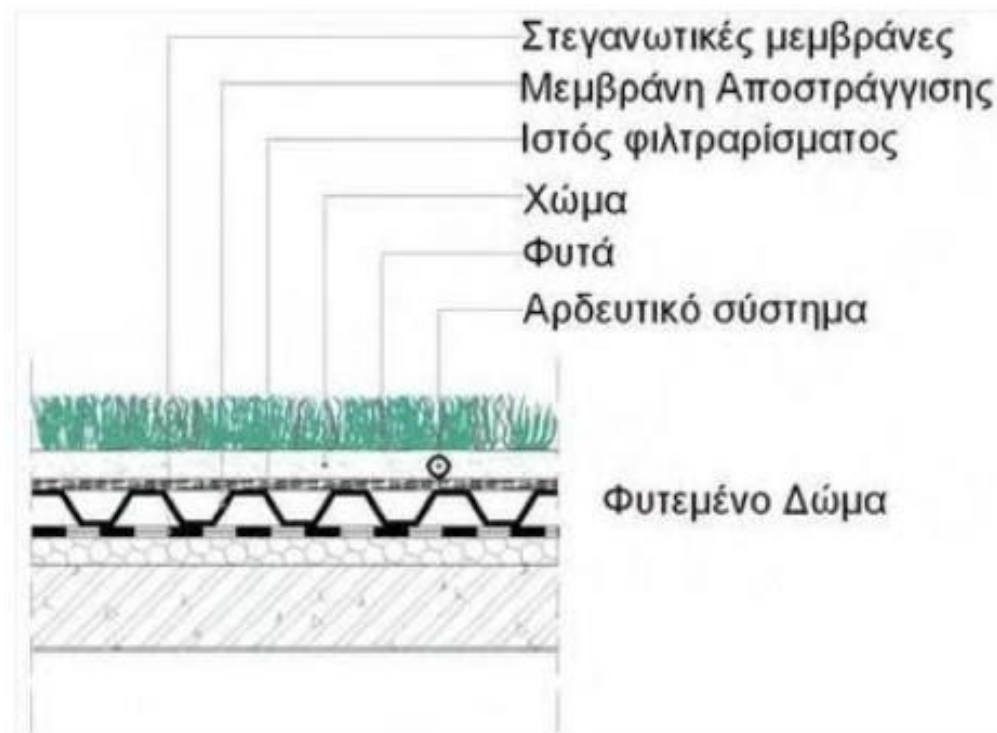
- **Κανάλια φωτισμού:** Τα κανάλια φωτισμού (ονομάζονται και φωτεινοί αγωγοί - φωταγωγοί ή φωτοσωλήνες) είναι κατακόρυφες κατασκευές του κτιρίου οι οποίες επιτρέπουν την απευθείας είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας από την οροφή σε σκοτεινά σημεία των κτιρίων. Η χρήση ανακλαστικών υλικών στα κανάλια φωτισμού επιτρέπει στο φως να φτάσει πολύ χαμηλά, έως και τους χαμηλότερους ορόφους ενός πολυώροφου κτιρίου. Τα συνηθέστερα ανακλαστικά υλικά που χρησιμοποιούνται στα κανάλια φωτισμού είναι καθρέπτες, ελάσματα από μεταλλικά υλικά και κυρίως αλουμίνιο ή επικαλύψεις με στιλπνές βαφές. Στο πάνω και το κάτω άκρο του καναλιού υπάρχουν διαφανή καλύμματα ώστε να προστατεύουν τον χώρο από είσοδο πουλιών και από τις καιρικές συνθήκες. Τα τυπικά κανάλια φωτισμού έχουν τετράγωνο σχήμα και διαστάσεις από 0,5x0,5m έως 2x2m.. Το πλεονέκτημα των καναλιών φωτισμού είναι ότι με την χρήση ανοιγμάτων μπορούν να λειτουργήσουν και ως πύργοι αερισμού συνεισφέροντας στον φυσικό αερισμό του κτιρίου. Στην εικόνα 21 φαίνεται η λειτουργία ενός τυπικού καναλιού φωτισμού.



**Εικόνα 21.** Λειτουργία καναλιού φωτισμού.

### 3.5 ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

Το πιο εκτεθειμένο τμήμα του κελύφους ενός κτιρίου στην ηλιακή ακτινοβολία είναι το δώμα όπου την θερινή περίοδο στην Ελλάδα η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει έως και τους 80°C. Αυτό συνεπάγεται ότι θερμική ενέργεια αποθηκεύεται στην οροφή και διαμέσου θερμικής αγωγής μεταφέρεται στο κτίριο. Την χειμερινή περίοδο αυτό είναι ευχάριστο αλλά την θερινή πολλαπλασιάζει τα απαιτούμενα φορτία ψύξης του κτιρίου. Μια από τις λύσεις σε αυτό το πρόβλημα είναι το φυτεμένο δώμα (αλλιώς είναι γνωστό και ως πράσινη στέγη). Σε αυτή την λύση φυτά φυτεύονται στο δώμα με αποτέλεσμα να δέχονται αυτά την ηλιακή ακτινοβολία και να την απορροφούν για να φωτοσυνθέσουν έτσι τα δομικά στοιχεία του δώματος δεν δέχονται ακτινοβολία και δεν θερμαίνουν τους εσωτερικούς χώρους. Στην εικόνα 22 φαίνεται η τυπική δομή ενός φυτεμένου δώματος.



Εικόνα 22. Δομή φυτεμένου δώματος.

Η ύπαρξη των φυτών στο δώμα έχει ως αποτέλεσμα τον αποτελεσματικότερο κλιματισμό του κτιρίου, πολλές φορές χωρίς να χρειάζονται καν κλιματιστικά

(Ανδρεουλάκης, Ανδρεουλάκης & Κύρκας, 2010). Τα οφέλη που προκύπτουν από ένα φυτεμένο δώμα συμπυκνώνονται στα παρακάτω σημεία.

- Η επιφανειακή θερμοκρασία του δώματος μειώνεται έως και 45°C.
- Ειδικά τις θερμότερες μέρες του χρόνου η θερμοκρασία του δώματος είναι σταθερή και δεν ξεπερνάει τους 35°C.
- Η θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων του κτιρίου μειώνεται έως και 10°C κατά τις έντονα θερμές θερινές ημέρες.
- Η ύπαρξη ενός επιπλέον στρώματος στο δώμα αποτελούμενο από χώμα έχει ως συνέπεια την περαιτέρω μόνωση του δώματος με αποτέλεσμα την μείωση των απωλειών θερμότητας τους χειμερινούς μήνες.
- Η συνολική μείωση του κόστους θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου περιορίζεται μέχρι και κατά 50%. Οδηγεί για παράδειγμα σε εξοικονόμηση πετρελαίου θέρμανσης περί τα 2 λίτρα ανά m<sup>2</sup> ετησίως με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση του κόστους κατασκευής του πράσινου δώματος το πολύ σε 5 έτη.
- Η επιφάνεια του δώματος προστατεύεται από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία και από τις καιρικές συνθήκες (πχ φαινόμενα χαλαζιού, χιονιού και βροχής) με αποτέλεσμα των περιορισμό των συστολών - διαστολών και γενικότερα των καταπονήσεων. Αυτό διπλασιάζει την διάρκεια ζωής του δώματος από τα 30 σε 60 έτη οδηγώντας σε περαιτέρω εξοικονόμηση χρημάτων.
- Η ύπαρξη ενός υγρού στρώματος στο πάνω μέρος του κτιρίου προστατεύει το κτίριο από πιθανές φωτιές.
- Τα φυτά αλλά και το χώμα της πράσινης στέγης προσφέρουν ηχομόνωση στο κτίριο περιορίζοντας την στάθμη του θορύβου τουλάχιστον κατά 10 decibel. Αποτελεί λοιπόν μια ιδανική λύση για κτίρια τοποθετημένα κοντά σε πολύβουα μέρη όπως λόγου χάριν οι αυτοκινητόδρομοι και τα αεροδρόμια.
- Συγκρατώντας μεγάλο όγκο του νερού της βροχής στο χώμα της συμβάλλει στην αντιπλημμυρική προστασία των πόλεων.
- Αυξάνεται η αξία της οικίας καθώς πλέον ανήκει σε υψηλότερο ενεργειακό επίπεδο.

- Υπάρχει αυξημένη αισθητική του κτιρίου το οποίο σαφώς και είναι ομορφότερο. Ταυτόχρονα μπορεί να δημιουργηθεί ένας χώρος αναψυχής στην στέγη για τους ανθρώπους.

Τα φυτεμένα δώματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Η διάκριση γίνεται με βάση το είδος των φυτών που τοποθετούνται στο δώμα και κατά συνέπεια του βάθους του απαιτούμενου

χώματος και της καλλιεργητικής φροντίδας που χρειάζονται ώστε να διατηρηθούν εν ζωή και υγιή (Αντωνίου, 2009). Η επιλογή των φυτών επίσης γίνεται από την θέση της στέγης, από το κλίμα της περιοχής και από την χρήση του κτιρίου. Οι τρεις κατηγορίες λοιπόν είναι ο εκτατικός τύπος (extensive), ο ημιεντατικός (semi extensive) και ο εντατικός (intensive) και τα κύρια χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3.

**Πίνακας 3.** Χαρακτηριστικά κατηγοριών φυτεμένων δωμάτων

	<b>Εντατικός</b>	<b>Ημιεντατικός</b>	<b>Εκτατικός</b>
<b>Είδος βλάστησης</b>	Χλοοτάπητας (γκαζόν), άνθη, θάμνοι, δέντρα	Χλόη, άνθη, βότανα, θάμνοι	Χλόη, άνθη, βότανα, ποώδη φυτά για εδαφοκάλυψη
<b>Συνήθεις χρήση</b>	Κήπος / Πάρκο	Κήπος / Οικολογικό Τοπίο	Οικολογικό Τοπίο
<b>Οικολογικό όφελος</b>	Μέτριο	Υψηλό	Υψηλό
<b>Βαθμός υποστρώματος</b>	50-100 εκατοστά	15-20 εκατοστά	2-15 εκατοστά
<b>Βάρος (βρεγμένο)</b>	180-500Kg/m <sup>2</sup>	120-200 Kg/m <sup>2</sup>	50-150 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Κόστος τοποθέτησης</b>	Υψηλό	Μέτριο	Χαμηλό
<b>Πότισμα</b>	Συχνό	Τακτικό	Καθόλου
<b>Κόστος συντήρησης</b>	Υψηλό	Κατά περιόδους υψηλό	Χαμηλό έως μηδενικό
<b>Απόσβεση</b>	Αργή	Σχετικά αργή	Άμεση

### 3.6 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΦΥΤΕΥΣΗ

Η κατακόρυφη φύτευση είναι μια τεχνική που προσομοιάζει τις πράσινες στέγες μόνο που τα φυτά τώρα βρίσκονται στα κατακόρυφα δομικά στοιχεία του κτιρίου. Στην ουσία τα φυτά πλέον καλύπτουν τους κατακόρυφους τοίχους των κτιρίων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους. Ο απλούστερος και συνηθέστερος είναι η χρήση

αναρριχώμενων φυτών τα οποία θα φυτευτούν στην βάση του κτιρίου και θα ανέλθουν στο κτίριο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο κισσός. Συνήθως τα αναρριχώμενα μπορούν να ανέβουν το κτίριο μόνα τους, σε μερικές περιπτώσεις όμως χρειάζονται υποστηρίγματα ή πλέγματα. Επιλέγεται συνήθως η χρήση φυλλοβόλων αναρριχώμενων φυτών τα οποία τον χειμώνα επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να προσπέσει και να θερμάνει τα δομικά στοιχεία. Επιπλέον περιορίζονται με αυτό

τον τρόπο τα προβλήματα υγρασίας σε σκιερές επιφάνειες την χειμερινή περίοδο. Η επιλογή των φυτών της κατακόρυφης φύτευσης εξαρτάται από το κλίμα της περιοχής στην οποία βρίσκεται το κτίριο και το πότισμα των φυτών γίνεται από την κορυφή του κτιρίου. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ένα κτίριο με κατακόρυφη βλάστηση.



Εικόνα 23. Κτίριο με κατακόρυφη βλάστηση



## 4. ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Οι ενεργειακές απαιτήσεις ενός κτιρίου μπορούν να περιοριστούν εάν βρεθεί τρόπος να καλυφθούν με κάποιο τρόπο πέρα από τους συμβατικούς τρόπους. Μια λύση είναι η χρήση της ηλιακής ενέργειας η οποία πέρα από το προφανές ότι δύναται να περιορίσει ή ακόμη και να μηδενίσει τις ανάγκες του κτιρίου για θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης, έχει την δυνατότητα με σύγχρονες τεχνολογίες να καλύψει ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας, ψύξης και φωτισμού. Η χρήση της ηλιακής ενέργειας περιορίζει το κόστος και ταυτόχρονα περιορίζει τις συνέπειες των αερίων του θερμοκηπίου που κατά κόρον παράγονται από τα συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη αυτών των αναγκών. Η ηλιακή ενέργεια σε ένα κτίριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τρεις τεχνικές, με τα παθητικά ηλιακά συστήματα, με τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και με τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Οι επόμενες ενότητες εστιάζουν σε αυτά τα συστήματα.

### 4.1 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι άμεσα συνδεδεμένα με την βιοκλιματική αρχιτεκτονική γιατί σε αυτή η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας οφείλεται στις φυσικές ιδιότητες των χρησιμοποιούμενων υλικών, και στην φυσική ροή θερμότητας μεταξύ αυτών. Τα συστήματα αυτά δεν απαιτούν μηχανήματα σύγχρονης τεχνολογίας αλλά χρησιμοποιούν τα δομικά στοιχεία του κελύφους του κτιρίου που περιγράφηκαν στο δεύτερο και το τρίτο κεφάλαιο ώστε να συλλέξουν θερμική ενέργεια από την ακτινοβολία, να την αποθηκεύσουν και να την αποδώσουν αργότερα στον χώρο. Η ορθή και αποτελεσματική λειτουργία των παθητικών ηλιακών συστημάτων προϋποθέτει στοιχεία βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής που έχουν ήδη αναφερθεί, όπως το κατάλληλο ανά περίπτωση σχήμα του κτιρίου, ο ορθός (κατά δύναμιν) προσανατολισμός του κτιρίου, τα κατάλληλα μεγέθη ανοιγμάτων σε κάθε πλευρά του κτιρίου, ανάλογα με τον προσανατολισμό της πλευράς, η χρήση των απαιτούμενων θερμομονωτικών υλικών ανά πλευρά αναλόγως του προσανατολισμού, η σωστή τοποθέτηση των χώρων του κτιρίου σε σχέση με τον προσανατολισμό του και άλλα στοιχεία που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα δύο κεφάλαια.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα εντάσσονται στον βιοκλιματικό σχεδιασμό γιατί όπως προαναφέρθηκε σχετίζονται με το κτίριο και τον σχεδιασμό του. Όσον αφορά τα συστήματα αυτά ο βιοκλιματικός σχεδιασμός του κτιρίου στοχεύει στα παρακάτω:

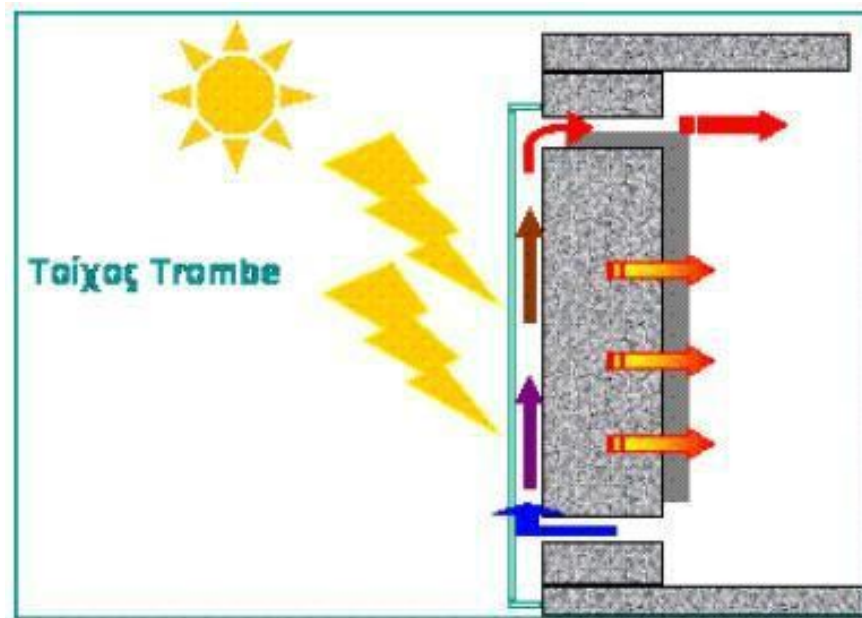
- Παροχή του ηλιακού κέρδους από τα ηλιακά συστήματα στις επιθυμητές περιοχές του κτιρίου, σε επιθυμητές ώρες.
- Αποθήκευση στα παθητικά συστήματα της ηλιακής ενέργειας την ημέρα και διατήρησή της σε αυτά χωρίς απώλειες, ή με όσο το δυνατό μικρότερες απώλειες.
- Απόδοση από τα παθητικά συστήματα της ηλιακής ενέργειας στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, κατά βάση στις βραδινές ώρες.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούν διάφορες διατάξεις και κατασκευές οι οποίες σε κάθε περίπτωση πρέπει να είναι νότια προσανατολισμένες, ή με μικρή απόκλιση, κατά μέγιστο 30<sup>ο</sup> ανατολικά ή δυτικά. Επιπλέον πρέπει να έχουν εξασφαλισμένο ηλιασμό τον χειμώνα όντας απομακρυσμένα από διάφορα εμπόδια που πιθανόν να τα σκιάζουν (γειτονικά κτίσματα, δέντρα, μόνιμα εξωτερικά σκίαστρα κλπ). Οι διατάξεις που αποτελούν τα παθητικά ηλιακά συστήματα εντάσσονται σε τρεις κατηγορίες, τις διατάξεις άμεσου κέρδους, τις διατάξεις έμμεσου κέρδους και τις διατάξεις απομονωμένου κέρδους (Αξαρχλή, 2009). Τα χαρακτηριστικά των διατάξεων αυτών είναι τα παρακάτω:

- Διατάξεις Άμεσου Κέρδους: Οι διατάξεις άμεσου κέρδους είναι διατάξεις οι οποίες επιτρέπουν το άμεσο κέρδος από την ηλιακή ακτινοβολία. Χαρακτηριστικές διατάξεις άμεσου κέρδους είναι οι υαλοπίνακες και τα σκληρά διαπερατά από την ακτινοβολία (διάφανα) πλαστικά όπως για παράδειγμα τα ακρυλικά και πολυανθρακούχα πλαστικά. Η διαπερατότητα τους από την ηλιακή ακτινοβολία επιτρέπει σε αυτή να εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου και προσδίδουν θερμική ενέργεια σε δομικά στοιχεία και υλικά που υπάρχουν στο εσωτερικό του κτιρίου, ενέργεια που αποδίδεται το βράδυ πίσω στον χώρο. Προφανώς σε παθητικά συστήματα πρέπει να αποφεύγονται οι υαλοπίνακες ανάκλασης ή υψηλής απορρόφησης καθώς δεν επιτρέπουν σε μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας να διέλθει στον χώρο. Όπου είναι δυνατό προτιμώνται οι υαλοπίνακες από τα σκληρά πλαστικά γιατί έχουν μεγαλύτερη διαπερατότητα (υψηλότερο συντελεστή ηλιακής διαπερατότητας). Αντίθετα τα πλαστικά χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που απαιτείται υψηλή αντοχή ή είναι δύσκολη η τοποθέτηση υαλοπινάκων.

- Διατάξεις Έμμεσου Κέρδους: Οι διατάξεις έμμεσου κέρδους είναι διατάξεις στις οποίες η συλλογή της ενέργειας γίνεται σε ένα μέρος του κελύφους του κτιρίου και ακολούθως αυτή διανέμεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Έτσι ενώ η ακτινοβολία δεν προσπίπτει άμεσα στο εσωτερικό του κτιρίου υπάρχει ένα έμμεσο ηλιακό κέρδος. Για παράδειγμα η χρήση ενός ηλιακού τοίχου μπορεί να μειώσει τις ανάγκες θέρμανσης της οικίας από 10 έως και 40%, σύμφωνα με μελέτες σε διάφορες βιοκλιματικές κατοικίες σε ολόκληρη την Ελληνική επικράτεια. Παρακάτω παρατίθενται οι σημαντικότερες διατάξεις έμμεσου κέρδους.
  - ο Ο ηλιακός τοίχος μάζας που έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω είναι ένας τοίχος κατασκευασμένος από δομικά υλικά τα οποία έχουν μεγάλο συντελεστή θερμοχωρητικότητας (όπως για παράδειγμα τα τούβλα, το μπετόν, η πέτρα, το νερό, τα εύτηκτα άλατα μεταξύ άλλων) άρα μπορούν να αποθηκεύσουν μεγάλες ποσότητες θερμικής ενέργειας. Αυτά τα υλικά, όπου είναι δυνατό, βάφονται με σκούρα χρώματα ώστε να αυξηθεί η απορροφητικότητά τους άρα να εκμεταλλευτούν την μέγιστη δυνατή θερμική ενέργεια της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Ταυτόχρονα, αν είναι δυνατό, τοποθετείται μπροστά από τα δομικά στοιχεία, στην εξωτερική φυσικά πλευρά, υαλοπίνακας ο οποίος επιτρέπει την διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας αλλά ταυτόχρονα εμποδίζει την διαφυγή θερμότητας, δημιουργεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου και βοηθάει στην περαιτέρω απορρόφηση θερμότητας από την μάζα των δομικών στοιχείων του τοίχου. Η θερμότητα από τον ηλιακό τοίχο μεταφέρεται στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου διαμέσου θερμικής αγωγιμότητας στα δομικά στοιχεία του τοίχου. Φυσικά ο ηλιακός τοίχος είναι πάντα νότια προσανατολισμένος.
  - ο Ο τοίχος Trombe είναι μια παραλλαγή του ηλιακού τοίχου. Όπως φαίνεται στην εικόνα 24, ο τοίχος Trombe έχει όλα τα στοιχεία του ηλιακού τοίχου αλλά ταυτόχρονα φέρει θυρίδες διέλευσης αέρα στην πάνω και στην κάτω πλευρά του. Αυτό επιτρέπει την είσοδο στην περιοχή μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα αέρα, χαμηλής θερμοκρασίας από τον εσωτερικό χώρο. Ο αέρας αυτός θερμαίνεται με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια φυσική προς τα άνω ροή. Στο πάνω μέρος από τις θυρίδες ο αέρας επανεισέρχεται στο εσωτερικό του σπιτιού, θερμότερος αυτή την φορά. Η ροή αυτή ξεκινάει άμεσα με την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας και

συνεχίζεται έως και 2 με 3 ώρες μετά τον σκιασμό του τοίχου εξαιτίας της αποθηκευμένης ενέργειας στα δομικά στοιχεία του τοίχου. Το βράδυ οι θυρίδες του τοίχου Trombe κλείνουν ώστε να μην εμφανίζεται η αντιστροφή της ροής του αέρα και η έξοδος θερμότητας από το κτίριο. Έτσι πλέον, με τον τοίχο Trombe, η μεταφορά θερμότητας γίνεται διαμέσου θερμικής αγωγής από τα δομικά στοιχεία του τοίχου και επιπλέον διαμέσου φυσικής συναγωγής. Όπως και ο ηλιακός τοίχος, έτσι και ο τοίχος Trombe, πρέπει να είναι νότια προσανατολισμένος.



Εικόνα 24. Λειτουργία τοίχου Trombe

- ο Το θερμοσιφωνικό σύστημα είναι μια άλλη διάταξη έμμεσου κέρδους το οποίο, εν αντιθέσει με τα προηγούμενα, προσδίδει άμεσα την ηλιακή ενέργεια στον χώρο χωρίς να την αποθηκεύει. Το θερμοσιφωνικό σύστημα αποτελείται από ένα συλλέκτη ηλιακής ενέργειας κατασκευασμένο από μεταλλικό υλικό και επικαλυμμένο με μαύρη απορροφητική βαφή. Πάνω από το υλικό απορρόφησης ενέργειας τοποθετείται υαλοπίνακας ή σκληρό διάφανο πλαστικό ώστε να διέρχεται η ακτινοβολία αλλά ταυτόχρονα να εμφανίζεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πίσω από το μεταλλικό τμήμα του συλλέκτη βρίσκεται αέρας ο οποίος όταν θερμανθεί τείνει να κινηθεί προς τα πάνω. Αν ο συλλέκτης βρίσκεται χαμηλότερα από το κτίριο τότε ο αέρας μπορεί να κινηθεί από μόνος του προς τα πάνω μόλις

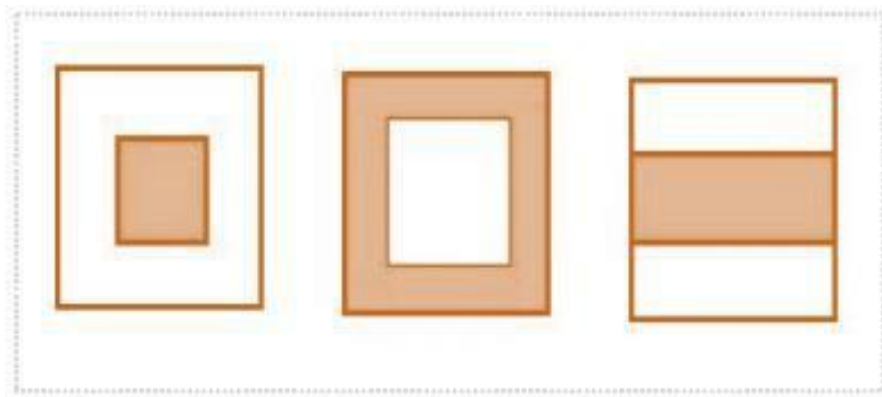
θερμανθεί και διαμέσου μιας θυρίδας να διέλθει στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου. Αντίστοιχα, από το κτίριο εξέρχεται κρύος αέρας και εισέρχεται στο κάτω μέρος του συλλέκτη εξαιτίας της χαμηλότερης πίεσης αφού έφυγε ο αέρας που προϋπήρχε εκεί. Αυτό δημιουργεί μια φυσική ροή θερμού αέρα από τον συλλέκτη προς το κτίριο και κρύου αέρα από το κτίριο προς τον συλλέκτη. Το

σύστημα αυτό λειτουργεί και το καλοκαίρι εάν σκεπαστεί ο συλλέκτης ώστε να μην δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία. Σε αυτή την περίπτωση η λειτουργία του θερμοσιφωνικού συστήματος αντιστρέφεται, δηλαδή με φυσική ροή εξέρχεται από τον εσωτερικό χώρο θερμός αέρας και εισέρχεται νέος κρύος αέρας από το περιβάλλον αυξάνοντας τον φυσικό δροσισμό του κτιρίου.

- Η τέταρτη διάταξη έμμεσου κέρδους είναι ο ηλιακός χώρος με την μορφή θερμοκηπίου. Ο χώρος αυτός είναι ένας πέριξ της νότιας πλευράς του κτιρίου χώρος ο οποίος κλείνεται είτε με υαλοπίνακες είτε με σκληρό διάφανο πλαστικό και δημιουργεί συνθήκες θερμοκηπίου. Η αυξημένη θερμοκρασία σε αυτό τον χώρο θερμαίνει τα δομικά στοιχεία της νότιας πλευράς του κτιρίου και αυτά, διαμέσου θερμικής αγωγιμότητας, μεταφέρουν την θερμική ενέργεια τον χώρο του κτιρίου. Το πλεονέκτημα αυτής της διάταξης είναι ότι ταυτόχρονα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως θερμοκήπιο για την προστασία των φυτών του κτιρίου από τις χαμηλές θερμοκρασίες της χειμερινής περιόδου. Ο χώρος αυτός όμως, επειδή είναι μόνιμος, μπορεί να δημιουργήσει το αντίθετο αποτέλεσμα τον χειμώνα. Για αυτό προτείνεται, σε συνθήκες μεσογειακών κλιμάτων, η οροφή να είναι αδιαφανής, και τα πλαϊνά να ανοίγουν ώστε το καλοκαίρι να μην λειτουργεί ως θερμοκήπιο.
- Το ηλιακό αίθριο είναι η τελευταία διάταξη έμμεσου κέρδους που εξετάζεται. Το ηλιακό αίθριο είναι ένας κλειστός χώρος σε κάποια πλευρά της οικίας, ή ακόμη και στο κέντρο της, και έχει οροφή διαπερατή από τον ήλιο, κατά προτίμηση γυάλινη. Αυτό συνεπάγεται ότι η ακτινοβολία διέρχεται στο αίθριο, θερμαίνει τον χώρο του και διαμέσου των τοίχων του αλλά και ροής αέρα μεταφέρεται εν συνεχεία στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Το αίθριο καλό είναι να έχει και τις νότιες πλευρές του κατασκευασμένες από υαλοπίνακες ώστε να αυξάνεται περαιτέρω η απόδοσή του. Η διάσταση του αίθριου προκύπτει από τις κλιματολογικές συνθήκες και την

ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας κάθε περιοχή. Το αίθριο όμως αντιμετωπίζει το ίδιο πρόβλημα με το θερμοκήπιο για αυτό και πρέπει να έχει ανοίγματα που να ανοίγουν το καλοκαίρι και αν είναι δυνατό η στέγη του να σκεπάζεται είτε μόνιμα είτε με βλάστηση με χρήση φυλλοβόλων φυτών. Ιδανικά στο εσωτερικό του αίθριου πρέπει να υπάρχουν φυτά καθώς διαμέσου της διεργασίας της διαπνοής προκαλούν κίνηση του αέρα και ταυτόχρονα παραγωγή υγρασίας γεγονός που αυξάνει τον φυσικό δροσισμό του κτιρίου την θερινή περίοδο

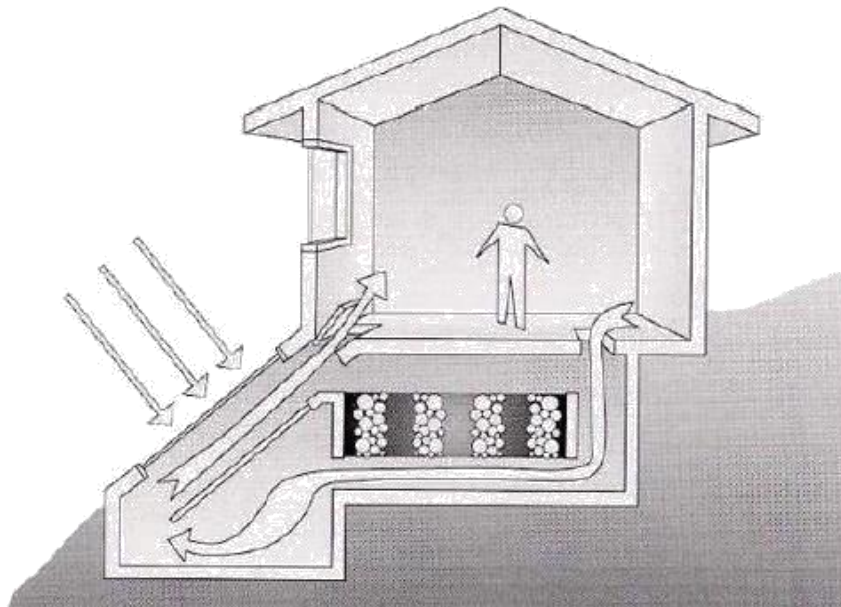
ρυθμίζοντας ταυτόχρονα το μικροκλίμα εντός του κτιρίου. Πέραν των παραπάνω, το αίθριο επηρεάζει σημαντικά και τον φωτισμό του κτιρίου καθώς η ακτινοβολία εισέρχεται σε αυτό και μετά διαμέσου ανακλάσεων στο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμών της ανάγκης φωτισμού του κτιρίου. Έτσι, κατά τον σχεδιασμό του αίθριου πρέπει να υπολογιστούν και τα χαρακτηριστικά των επιφανειών του (ανακλαστικότητα τοίχων, δαπέδου, οπτικά χαρακτηριστικά υαλοπινάκων) και ο τρόπος που αυτά μεταβάλλουν την οπτική άνεση των ανθρώπων στο κτίριο. Στην εικόνα 25 φαίνονται οι κύριοι τύποι του στεγασμένου αίθριου.



Εικόνα 25. Τρεις βασικοί τύποι ηλιακού αίθριου

- Διατάξεις απομονωμένου κέρδους: Η τελευταία κατηγορία παθητικών ηλιακών συστημάτων είναι οι διατάξεις απομονωμένου κέρδους. Οι διατάξεις αυτές προσομοιάζουν με το θερμοσιφωνικό σύστημα μόνο που τώρα ο συλλέκτης βρίσκεται εκτός του κτιρίου. Είναι τοποθετημένα στο κάτω μέρος του οικοπέδου, εκτός του κτιρίου και αποτελούνται από μια σκουρόχρωμη ή επικαλυμμένη μεταλλική επιφάνεια και ένα υαλοπίνακα που δημιουργεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το θερμικό κέρδος της διάταξης αυτής μεταφέρεται είτε με ροή ρευστού στο κτίριο είτε αποθηκεύεται σε

μια αποθήκη θερμότητας (rock bed) από την οποία αποδίδεται στους χώρους του κτιρίου σταδιακά, τις επιθυμητές ώρες. Το εργαζόμενο ρευστό μπορεί να είναι αέρας, μπορεί όμως να είναι και νερό, σε κάθε περίπτωση όμως η ροή είναι φυσική και οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας του ρευστού στον συλλέκτη. Η εικόνα 26 απεικονίζει μια διάταξη απομονωμένου κέρδους.



Εικόνα 26. Παθητικό σύστημα απομονωμένου κέρδους.

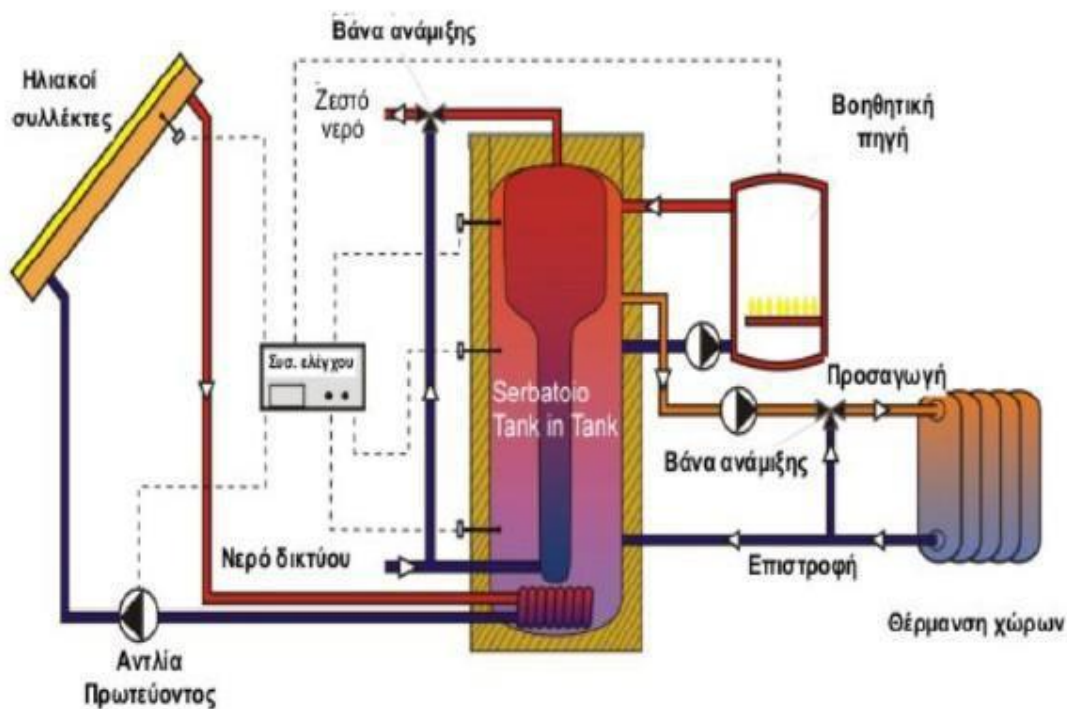
## 4.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι τα συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν ενεργητικές, μηχανικές διατάξεις για την εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα συστήματα αυτά δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία, αποθηκεύουν την θερμική της ενέργεια σε ένα εργαζόμενο ρευστό (νερό κατά βάση και σπανιότερα αέρα) και διαμέσου του ρευστού αυτού την μεταφέρουν είτε για να θερμάνουν το κτίριο διαμέσου συστημάτων θέρμανσης είτε σε μια αποθήκη νερού για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Τα γνωστότερα ενεργειακά ηλιακά συστήματα είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες οι οποίοι παράγουν ζεστό νερό χρήσης, περιορίζοντας τις ανάγκες της οικίας σε κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή του.

Οι ηλιακοί συλλέκτες συνήθως βρίσκονται στις οροφές των κτιρίων ώστε να δέχονται απρόσκοπτα την ακτινοβολία μα και ταυτόχρονα να συνεπάγονται φυσική ροή του αποθηκευμένου ζεστού νερού στο δίκτυο του κτιρίου χωρίς να απαιτείται η ύπαρξη συστήματος πίεσης. Προσανατολίζονται νότια και σε κλίση μεταξύ  $30^{\circ}$  και  $60^{\circ}$  αναλόγως της περιοχής ώστε να δέχονται την μέγιστη δυνατή ηλιακή ακτινοβολία (Πετσαβά, 2006). Αν υπάρχει σκεπή ακολουθούν τον προσανατολισμό και την κλίση της σκεπής επιλέγοντας το τμήμα αυτής που έχει τον νότιο ή τον πλησιέστερο στον νότο προσανατολισμό. Αποτελούνται από ένα συλλέκτη στον οποίο διέρχεται νερό σε σωληνώσεις καλυμμένες από μαύρη απορροφητική επιφάνεια. Μπροστά χρησιμοποιείται υαλοπίνακας για να δημιουργεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το νερό θερμαίνεται από την θερμική ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας και κινείται σε μια αποθήκη θερμικής ενέργειας, μια δεξαμενή με νερό, που βρίσκεται πάνω από τον συλλέκτη. Εκεί μεταφέρει την θερμική του ενέργεια σε μια ποσότητα νερού προς χρήση το οποίο και θερμαίνει. Έτσι χωρίς κατανάλωση ενέργειας παράγεται ζεστό νερό χρήσης.

Μια δεύτερη χρήση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι η θέρμανση χώρων ταυτόχρονα με την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης διαμέσου συστημάτων combi. Στα συστήματα αυτά το εργαζόμενο μέσο θερμαίνει νερό χρήσης, ταυτόχρονα όμως εισέρχεται και στο κτίριο, σε ειδικά συστήματα θέρμανσης ώστε να θερμαίνει τους χώρους. Η ηλιακή θέρμανση γίνεται με χρήση ενδοδαπέδιου συστήματος θέρμανσης ή fan coil εφόσον το εργαζόμενο μέσο είναι νερό και με απευθείας είσοδο του αέρα στον χώρο εφόσον το εργαζόμενο μέσο είναι αέρας. Τα συστήματα αυτά λειτουργούν εύκολα χωρίς να απαιτείται επιπλέον εναλλάκτης θέρμανσης εργαζόμενου μέσου ή η ύπαρξη θερμικής αποθήκης. Ταυτόχρονα τα συστήματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για ψύξη του κτιρίου με την χρήση κλιματιστικών κύκλου απορρόφησης τα οποία λαμβάνουν ενέργεια από τον συλλέκτη για να διατηρήσουν υπό πίεση το ψυκτικό μέσο. Στην εικόνα 27 φαίνεται το διάγραμμα ενός τυπικού συστήματος combi για θέρμανση του κτιρίου και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.



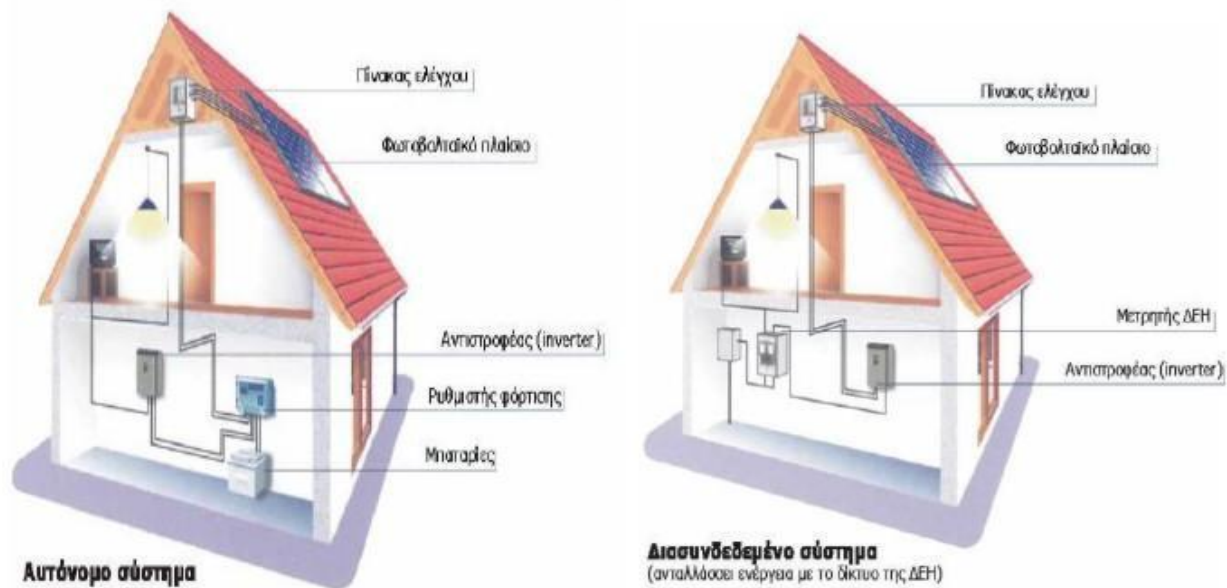


Εικόνα 27. Διάγραμμα ενεργητικού ηλιακού συστήματος θέρμανσης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (σύστημα combi)

### 4.3 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι συστήματα που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια και με αυτό τον τρόπο να περιορίζουν την ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου αφού αυτό έχει την δυνατότητα να παράγει μέρος ή ακόμη και ολόκληρη την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται. Το σύστημα αυτό αποτελείται από ικανό αριθμό φωτοβολταϊκών πάνελ (ο αριθμός τους προκύπτει από τις ανάγκες αλλά και από την διαθέσιμη επιφάνεια τοποθέτησής τους). Τα πάνελ αυτά αποτελούνται από φωτοβολταϊκές κυψέλες οι οποίες εκμεταλλεύονται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο για να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα συνεχούς τάσης. Το ρεύμα αυτό μετατρέπεται με διάφορες διατάξεις (αντιστροφείς - inverters) σε εναλλασσόμενη τάση έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο κτίριο. Το φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να λειτουργήσει παράλληλα με το τοπικό δίκτυο ηλεκτρισμού ή αυτόνομα, χωρίς σύνδεση με το δίκτυο, καλύπτοντας εξολοκλήρου τα φορτία του κτιρίου. Στην πρώτη περίπτωση εξασφαλίζεται η πλήρης κάλυψη του φορτίου ακόμη και σε περιόδους μη ηλιοφάνειας και ταυτόχρονα υπάρχει η δυνατότητα πώλησης

της περίσσειας ενέργειας στο δίκτυο. Στην δεύτερη περίπτωση απαιτείται η ύπαρξη συστήματος αποθήκευσης ενέργειας για τις περιόδους μη ηλιοφάνειας. Στην εικόνα 28 φαίνονται αυτοί οι δύο τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων.



Εικόνα 28. Φωτοβολταϊκά συστήματα.

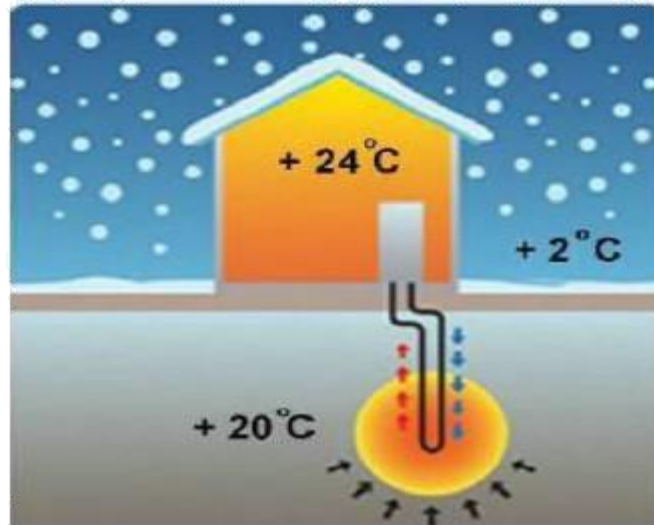
Σύμφωνα με τον Στρατάκο (Στρατάκος, 2009) η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος έχει τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Πρέπει να υπάρχει επαρκής, μη σκιασμένος χώρος ώστε να τοποθετηθούν τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά πάνελ. Γενικά, για κάθε 100W ονομαστικής ισχύος απαιτείται επιφάνεια  $1\text{m}^2$ .
- Η τοποθέτηση του φωτοβολταϊκού συστήματος σε νότιο προσανατολισμό δίδει την μέγιστη απόδοση. Παρόλα αυτά ικανοποιητικές αποδόσεις δίνουν και συστήματα τοποθετημένα με γωνία έως και  $45^\circ$  από τον νότο.
- Η κλίση των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξαρτάται από την τοποθεσία. Για την Ελλάδα η κατάλληλη κλίση αντιστοιχεί σε  $30^\circ$ .

## 5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού χρησιμοποιούνται σε ένα κτίριο για να παρέχουν θερμική άνεση στους ανθρώπους που το χρησιμοποιούν. Η έννοια της θερμικής άνεσης είναι η ύπαρξη τέτοιας θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου ώστε ο άνθρωπος να είναι ικανοποιημένος. Στην παρούσα εργασία δεν εξετάζονται οι τεχνολογικές καινοτομίες και η τεχνικές θέρμανσης ή κλιματισμού ενός κτιρίου. Αντιθέτως, περιγράφονται μόνο μέθοδοι θέρμανσης και κλιματισμού που περιορίζουν τις απαιτήσεις σε συμβατικές μορφές ενέργειας, περιορίζουν το κόστος λειτουργίας του κτιρίου και εντάσσονται στον βιοκλιματικό σχεδιασμό εντός κτιρίου.

Το σύστημα κεντρικής θέρμανσης ενός κτιρίου είναι το σύστημα που καταναλώνει την περισσότερη ενέργεια σε ένα κτίριο, για κτίρια που βρίσκονται στην κεντρικά και βόρεια στην Ελληνική Επικράτεια ή νότια σε μεγάλο υψόμετρο. Σύμφωνα με μελέτες το σύστημα θέρμανσης κατά μέσο όρο, στην Ελλάδα, καταναλώνει το 61% της ενέργειας μιας μέσης κατοικίας. Με την χρήση βιοκλιματικών συστημάτων μπορεί το σύστημα θέρμανσης να παρέχει την ίδια θερμική άνεση μειώνοντας όμως ταυτόχρονα το κόστος από 25% έως και 40%. Ένας τρόπος είναι η χρήση της ηλιακής ενέργειας διαμέσου ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και συγκεκριμένα των συστημάτων combi που περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ένας άλλος τρόπος είναι η χρήση της γεωθερμίας, διαμέσου μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας που παρουσιάζεται στην εικόνα 29. Η γεωθερμική αντλία θερμότητας έχει την ικανότητα να εκμεταλλεύεται την θερμοκρασία του εδάφους η οποία παραμένει σταθερή περίξ των 20°C (κυμαίνεται από 18°C έως και 22°C) ώστε να δεσμεύσει «ελεύθερη» ενέργεια και διαμέσου αυτής να θερμάνει το κτίριο. Ένα σύστημα θέρμανσης με χρήση γεωθερμίας καταφέρνει να λειτουργεί ενεργειακά αποδοτικότερα κατά 30%. Πέραν του περιορισμού του κόστους λειτουργίας όμως περιορίζει και το κόστος συντήρησης στο 1/3 του κόστους συντήρησης ενός συμβατικού συστήματος θέρμανσης. Επίσης έχει διάρκεια ζωής μεγαλύτερη που φτάνει έως και τα 30 έτη και απαιτεί απλούστερη εγκατάσταση αφού δεν χρειάζεται ούτε την ύπαρξη καμινάδας ούτε την ύπαρξη δεξαμενής καυσίμων για να λειτουργήσει.



Εικόνα 29. Χρήση γεωθερμικής ενέργειας την χειμερινή περίοδο.

Την χειμερινή περίοδο, αντίστοιχα, υπάρχει η ανάγκη για ψύξη του κτιρίου για αυτό υπάρχουν και τα συστήματα κλιματισμού. Μάλιστα σε κάποιες εφαρμογές τα συστήματα κλιματισμού χρησιμοποιούνται στο σύνολο του έτους για θέρμανση τον χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι, στοχεύοντας στην ύπαρξη μονίμως σταθερής θερμοκρασίας (κυμαίνεται από 20°C έως 27°C) και υγρασίας (κυμαίνεται από 35% έως 60%) όλο το έτος. Τα συστήματα κλιματισμού μπορούν επίσης να λειτουργούν με γεωθερμική αντλία ψύχοντας το εργαζόμενο τους μέσο στο έδαφος το οποίο εν συνεχεία μεταφέρεται στους χώρους του κτιρίου και τους ψύχει (Ζέζας, 2014). Τον χειμώνα λειτουργεί όπως έχει ήδη περιγραφεί. Το πρόβλημα των συστημάτων κλιματισμού είναι ότι είναι ενεργοβόρα συστήματα, ακόμη και τα γεωθερμικά, έτσι προτείνεται ο συμπληρωματικός τους ρόλος για να καλύψουν όσα φορτία ψύξης δεν δύναται να καλύψουν τα συστήματα παθητικού δροσισμού των κτιρίων.

## 6. ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Η εξέλιξη της τεχνολογίας επέτρεψε την δημιουργία αυτοματισμών που επέτρεψαν την βελτίωση της άνεσης στον άνθρωπο στα κτίρια. Αυτό δεν θα μπορούσε να μείνει ανεκμετάλλευτο στον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Όλες οι παραπάνω παρεμβάσεις στον σχεδιασμό του κτιρίου και των συστημάτων του είναι σημαντικές όμως η χρήση σύγχρονων συστημάτων αυτοματισμού μπορούν να οδηγήσουν σε περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας. Τα συστήματα αυτοματισμών είναι έξυπνα συστήματα που διαχειρίζονται αυτόματα τα παθητικά συστήματα, τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού, και τα συστήματα φυσικού και τεχνικού φωτισμού ενός κτιρίου. Η διαχείριση των συστημάτων αυτών είναι τέτοια ώστε να παρέχεται πάντα θερμική και οπτική άνεση στους ανθρώπους εντός του κτιρίου περιορίζοντας ταυτόχρονα όσο το δυνατό περισσότερο, την κατανάλωση ενέργειας. Κατά συνέπεια η ύπαρξη συστημάτων αυτοματισμού οδηγεί εν τέλει στην εξοικονόμηση χρημάτων.

Η λειτουργία των συστημάτων αυτοματισμού γίνεται με την ύπαρξη αισθητήρων. Έτσι λοιπόν ένα βιοκλιματικά σχεδιασμένο κτίριο μπορεί να έχει αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας περιβάλλοντος, μέτρησης θερμοκρασίας εσωτερικών χώρων (και σε περισσότερα από ένα δωμάτια), μέτρησης της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου, μέτρησης της υγρασίας εντός και εκτός κτιρίου, προσδιορισμού της ποιότητας του αέρα, μέτρησης του επίπεδου φωτισμού σε κάθε δωμάτιο, μέτρησης της κατανάλωσης ενέργειας συνολικά αλλά και εξειδικευμένα για κάποιες συσκευές ενεργοβόρες, προσδιορισμού της ύπαρξης ανθρώπων και προσδιορισμού των χώρων στους οποίους βρίσκονται μεταξύ άλλων. Οι αισθητήρες του συστήματος ελέγχου καταγράφουν δεδομένα τα οποία αποστέλλονται στον κεντρικό υπολογιστή επεξεργάζονται και ακολούθως δίνονται οι εντολές στο σύστημα για λήψη μέτρων. Για παράδειγμα οι αισθητήρες ανέμου μετρούν την ταχύτητα του ανέμου και ταυτόχρονα δύναται να προσδιορίσουν και την διεύθυνσή του. Έτσι για παράδειγμα αν η ταχύτητα ανέμου υπερβεί μια προκαθορισμένη στο σύστημα τιμή τότε δίνεται αυτομάτως η εντολή να κλείσουν τα παντζούρια στα παράθυρα που βρίσκονται στην συγκεκριμένη πλευρά που φυσάει ο άνεμος. Ταυτόχρονα δίνουν εντολή να μαζευτούν

οι τέντες και ούτω καθ' εξής. Με αντίστοιχο τρόπο λειτουργούν όλοι οι αισθητήρες του αυτόματου συστήματος ελέγχου.

Πλέον έχουν αναπτυχθεί ολοκληρωμένα συστήματα αυτομάτου ελέγχου ειδικά, εξειδικευμένα για κτίρια τα οποία ονομάζονται συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων (BMS – Building Management Systems). Τα συστήματα αυτά είναι ολοκληρωμένα συστήματα ελέγχου τα οποία ελέγχουν όλες τις εγκαταστάσεις ενός κτιρίου με βάση τα δεδομένα που θέλει

ο χρήστης. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία όλων των εγκαταστάσεων του κτιρίου, διασφαλίζουν την βέλτιστη λειτουργία όλων των εγκαταστάσεων του κτιρίου και οδηγούν σε ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας από το κτίριο (Πατσιάς, 2011). Τα συστήματα BMS δομούνται σε τρία επίπεδα, τα ακόλουθα:

1. Το πρώτο επίπεδο των συστημάτων BMS ονομάζεται επίπεδο διαχείρισης. Στο επίπεδο αυτό. Σε αυτό το επίπεδο υπάρχει ένας υπολογιστής ο οποίος αποτελεί την κεντρική μονάδα ελέγχου του συστήματος. Ο υπολογιστής αυτός έχει εγκατεστημένα διάφορα προγράμματα, μεταξύ των οποίων τα σημαντικότερα είναι το πρόγραμμα ελέγχου και διαχείρισης όλων των δεδομένων και των παραμέτρων του BMS και το πρόγραμμα γραφικής απεικόνισης. Στο επίπεδο διαχείρισης, ο χρήστης, ή ο επαγγελματίας προγραμματιστής, έχει την δυνατότητα να προγραμματίσει την πλήρη λειτουργία του συστήματος μεταβάλλοντας τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας, οριακές τιμές ανέμων, ωράρια λειτουργίας μηχανών και πολλά άλλα. Επιπλέον, μέσω του προγράμματος απεικόνισης ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει δεδομένα ημερών, εβδομάδων, μηνών και ετών, να τα επεξεργαστεί και να λάβει γραφικές τιμές των τιμών, σε διαγράμματα, ελέγχοντας έτσι την λειτουργία του συστήματος και παρατηρώντας πως επηρεάζουν οι αποφάσεις του και οι αλλαγές στις οποίες προβαίνει στην βελτιστοποίηση της λειτουργίας του συστήματος και εν τέλει την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Πέραν τούτων, ο υπολογιστής δύναται να αποστέλλει προειδοποιητικά σήματα και σήματα συναγερμού σε περιπτώσεις σφαλμάτων.
2. Το δεύτερο επίπεδο των συστημάτων BMS είναι το επίπεδο ελέγχου. Στο επίπεδο αυτό εντάσσονται όλοι οι ελεγκτές που είναι εγκατεστημένοι στο σύστημα ώστε να διασφαλίζουν την ομαλή και ασφαλή λειτουργία του συστήματος. Οι ελεγκτές αυτοί

έχουν ευφρία ώστε να λαμβάνουν κρίσιμες αποφάσεις μόνοι τους αλλά ταυτόχρονα συνδέονται με το επίπεδο διαχείρισης ώστε να ελέγχονται, να μεταβάλλονται οι τιμές ελέγχου και οι αλγόριθμοί τους, να τους δίνονται νέες εντολές για τον έλεγχο των συστημάτων που είναι αρμόδιοι και άλλα.

3. Το τρίτο επίπεδο των συστημάτων BMS είναι το επίπεδο εργασίας. Σε αυτό το επίπεδο ανήκουν όλοι οι αισθητήρες που αναφέρθηκαν προηγουμένων και λαμβάνουν τις μετρήσεις.

Σε αυτό το επίπεδο όμως εντάσσονται και όλα τα συστήματα λειτουργίας που εκτελούν τις εντολές του συστήματος ελέγχου. Τέτοια συστήματα για παράδειγμα είναι οι κινητήρες, οι αντλίες και οι βαλβίδες. Γενικά στο επίπεδο εργασίας εντάσσεται οποιοδήποτε μηχάνημα του οποίου η λειτουργία ελέγχεται από το σύστημα ελέγχου. Κατά σειρά, σε ένα σύστημα ελέγχου, οι συσκευές που ανήκουν στο επίπεδο τρία συνδέονται με τις συσκευές του επιπέδου δύο και οι συσκευές του επιπέδου δύο συνδέονται με τις συσκευές του επιπέδου 1. Στην εικόνα 30 φαίνεται η ύπαρξη των αισθητηρίων σε ένα κτίριο.



**Εικόνα 30.** Διάφοροι αισθητήρες τοποθετημένοι σε ένα κτίριο.

Τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου μπορούν να προσφέρουν πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία όλων των συστημάτων ενός κτιρίου. Όμως η πλήρως αυτόματη λειτουργία καθορίζει πλήρως και τις εσωκλιματικές συνθήκες κάτι που δεν είναι επιθυμητό. Ο λόγος είναι για τι αγνοεί την ψυχολογική άνεση. Για παράδειγμα σε δυνατό άνεμο το σύστημα θα κλείσει τα παντζούρια όμως ο άνθρωπος την δεδομένη στιγμή μπορεί ψυχολογικά να είναι σε τέτοια θέση που να τα θέλει ανοικτά έτσι πρέπει να έχει την δυνατότητα χειροκίνητα να τα ανοίξει. Έτσι μια πολύ σημαντική λειτουργία που πρέπει να έχουν ενσωματωμένα όλα τα συστήματα BMS είναι η μεταβολή της λειτουργίας των εγκαταστάσεων μεταξύ αυτόματης και χειροκίνητης. Αυτό επιτρέπει στους ανθρώπους ανά πάσα στιγμή να επιλέγουν ότι συνθήκες βοηθούν την ψυχολογική τους άνεση (Αξαρχή, 2009).



## 7. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η μελέτη περίπτωσης μιας βιοκλιματικής κατοικίας. Η μελέτη αυτή γίνεται με βάση τον νόμο 3661/2008 με τίτλο «Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις». Με βάση αυτό τον νόμο κάθε νέο κτίριο που ανεγείρεται στην Ελλάδα, κατά την φάση της σχεδίασής του, απαιτείται να προσεγγίζεται με βάση τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, η πλειονότητα των οποίων παρουσιάστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Οπότε λοιπόν κάθε νεοσχεδιασθέν κτίριο πρέπει να συνοδεύεται από ενεργειακή μελέτη η οποία θα έχει ως κύριο της στόχο την ελαχιστοποίηση στο μέτρο του δυνατού της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου. Η ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζεται η σωστή λειτουργία του κτιρίου. Ο περιορισμός της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου σύμφωνα με τον νόμο γίνεται κυρίως μέσω:

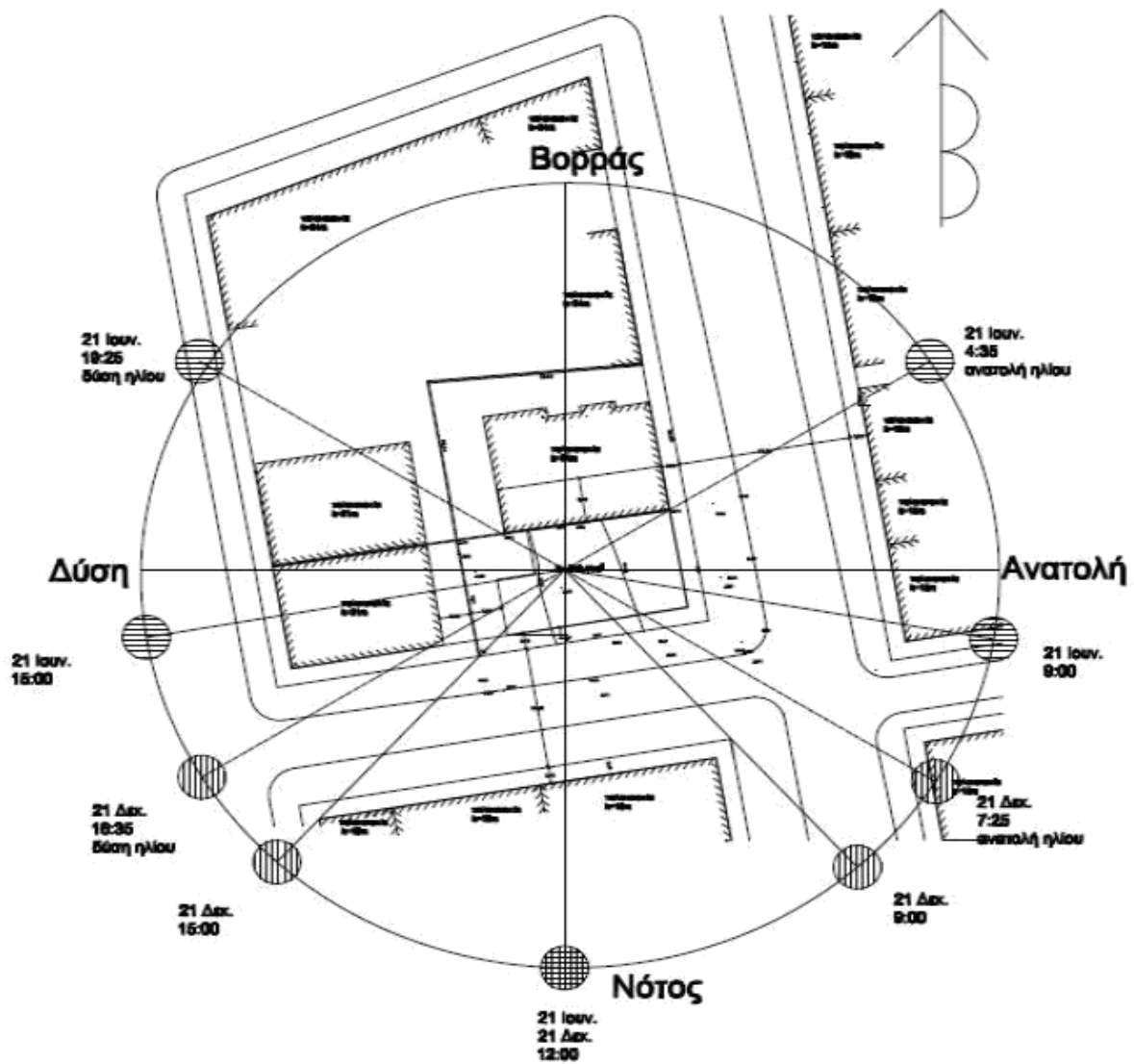
- Του σχεδιασμού του κελύφους του κτιρίου με βάση τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψη δηλαδή την θέση του κτιρίου, τα γειτνιάζοντα κτίρια, τον προσανατολισμό και όλα όσα αναφέρθηκαν στα κεφάλαια 1, 2, 3 και 4.
- Της θερμομονωτικής επάρκειας του κτιρίου με την χρήση της απαιτούμενης θερμομόνωσης βάσει των όσων καταγράφηκαν στο κεφάλαιο 3.
- Της χρήσης των βέλτιστων δυνατών συστημάτων θέρμανσης, παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, ψύξης, φωτισμού και συστημάτων αυτοματισμού βάσει των όσων καταγράφηκαν στα κεφάλαια 4, 5 και 6.

Στην παρούσα μελέτη το κτίριο περίπτωσης είναι ένα εξάωρο κτίριο τοποθετημένο σε γωνιακό οικοπέδο. Το κτίριο θα ανεγερθεί εντός αστικού, πυκνοδομημένου περιβάλλοντος και γειτνιάζει με άλλα πολυώροφα κτίρια. Το πρώτο που πρέπει να γίνει σε μια μελέτη βιοκλιματικού κτιρίου είναι η ανάλυση του τοπογραφικού σχεδίου του οικοπέδου στο οποίο θα ανεγερθεί το κτίριο. Στην εικόνα 31 φαίνεται ένα παράδειγμα τοπογραφικού με τα όρια του οικοπέδου να καθορίζονται από το περίγραμμα ΑΒΓΔ. Επιπλέον φαίνονται οι αποστάσεις από τα γειτονικά κτίρια (Γαγλία & Λάσκος, 2010).



**Εικόνα 31.** Τοπογραφικό του υπό μελέτη οικοπέδου.

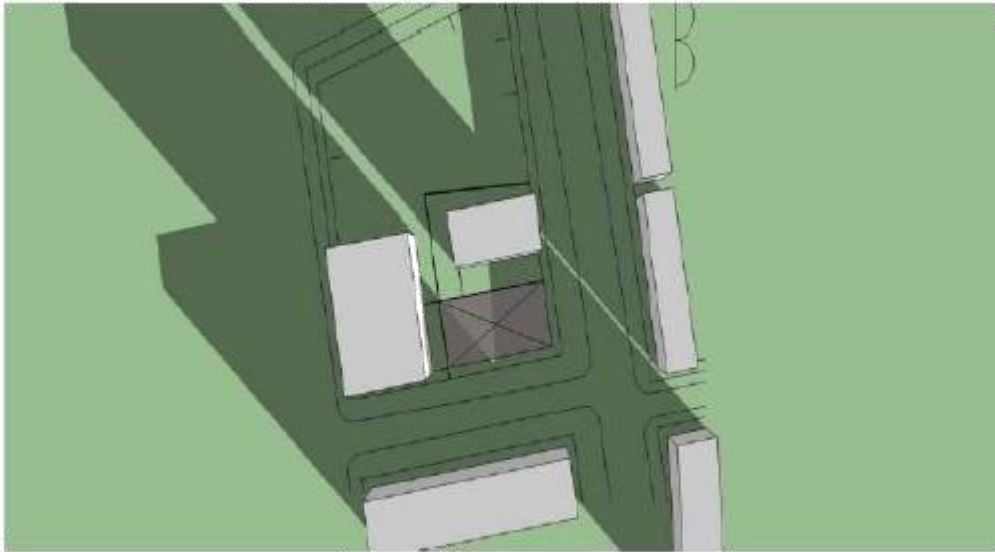
Ακολούθως πρέπει να τοποθετηθεί το κτίριο εντός του οικοπέδου. Η θέση που θα τοποθετηθεί πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εφαρμόζονται κατά το μέγιστο δυνατό οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού που έχουν να κάνουν με την εκμετάλλευση των κλιματικών παραμέτρων. Έτσι λοιπόν το κτίριο τοποθετείται κατά το δυνατόν προς τον νότο, με όσο το δυνατό πιο επιμηκυμένο τον άξονα ανατολής δύσης και ταυτόχρονα όσο πιο μακριά από τα γειτονικά κτίρια. Με γνωστή την υποψήφια θέση του κτιρίου εντός του οικοπέδου γίνεται μελέτη σκιασμού η οποία φαίνεται στην εικόνα 32. Η μελέτη αυτή γίνεται τουλάχιστον για τις κρίσιμες ημερομηνίας που είναι το χειμερινό και το θερινό ηλιοστάσιο (21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου και 21<sup>η</sup> Ιουνίου αντίστοιχα) και για τουλάχιστον τρεις στιγμές της μέρας που αντιστοιχούν στις ώρες 9:00, 12:00 και 15:00. Αν υπάρχει η δυνατότητα προτείνεται να γίνει μελέτη τουλάχιστον και για τις ισημερίες, την εαρινή και την φθινοπωρινή ώστε να υπάρχουν στην διάθεση του μελετητή περισσότερα δεδομένα.



Εικόνα 32. Μελέτη σκιασμού του υπό μελέτη οικοπέδου.

Από προϋπάρχουσα τεχνική μελέτη (Γαγλία & Λάσκος, 2010) και με την χρήση της μελέτης σκιασμού και του διαγράμματος που φαίνεται στην προηγούμενη εικόνα συμπεραίνεται ότι τα γειτονικά κτίρια σκιάζουν μερικώς τον ισόγειο και τον πρώτο όροφο του υπό μελέτη κτιρίου. Η κατάσταση βελτιώνεται κάπως όταν το κτίριο τοποθετείται στο βόρειο άκρο του οικοπέδου, περιορίζοντας κατά το δυνατό τις σκιάσεις και οδηγώντας στην μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ταυτόχρονα η τοποθέτηση αυτή εκμεταλλεύεται το ότι στην νότια πλευρά τα γειτνιάζοντα κτίρια βρίσκονται σε μεγαλύτερη

απόσταση από το υπό μελέτη κτίριο και έχουν μικρότερο ύψος. Η εικόνα 33 αποτυπώνει τον σκιασμό του υπό μελέτη κτιρίου σε προσομοίωση.



**Εικόνα 33.** Προσομοίωση σκιασμού θέσης κτιρίου κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο στις 09:00.

Ακολούθως λαμβάνονται αποφάσεις για τον περιβάλλοντα χώρο. Αποφασίζεται πως δεν υπάρχει νόημα στην φύτευση υψηλών δέντρων καθώς τα γειτονικά κτίρια σκιάζουν το κάτω μέρος του κτιρίου και τα δέντρα δεν μπορούν να γίνουν τόσο ψηλά ώστε να σκιάσουν το πάνω μέρος του κτιρίου. Επιλέγεται όμως η φύτευση χαμηλών δέντρων, φυτών ή ποών, με χαμηλές απαιτήσεις σε νερό καθώς η ύπαρξή τους θα βελτιώσει το μικροκλίμα πέριξ του κτιρίου.

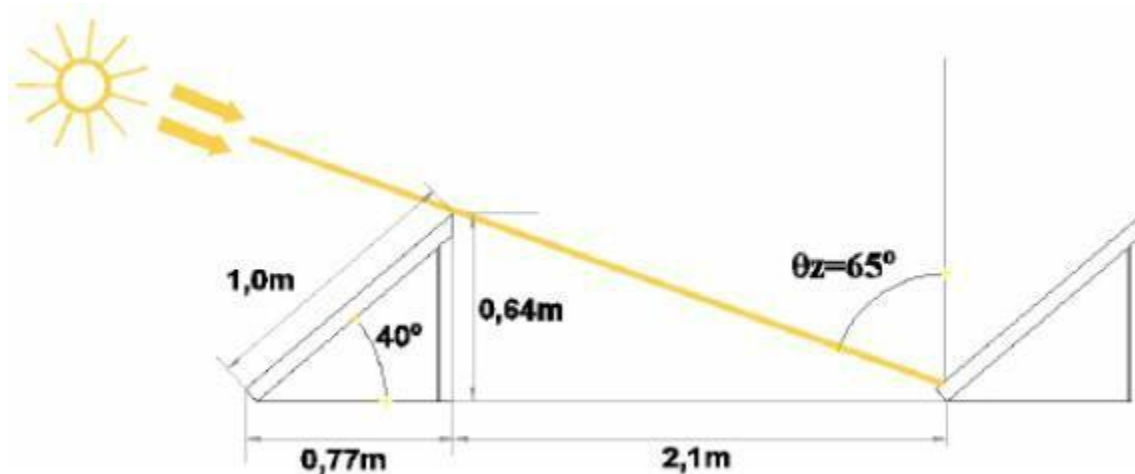
Εν συνεχεία γίνεται η τοποθέτηση των εσωτερικών χώρων του κτιρίου με βάση όλα όσα έχουν παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 2. Οι κύριοι χώροι των οικιών τοποθετούνται λοιπόν στην νότια πλευρά του κτιρίου. Σε όσα διαμερίσματα είναι δυνατό οι κουζίνες τοποθετούνται ανατολικά ώστε να αξιοποιείται η ηλιακή ακτινοβολία τις πρωινές ώρες, ώρες τις οποίες οι νοικοκυρές βρίσκονται ως επί το πλείστο στην κουζίνα. Επιπλέον την θερινή περίοδο θα είναι ευχάριστη χρήση της κουζίνας της πρωινές ώρες με τον άπλετο φωτισμό, πρώτο ανέλθει σε υψηλά επίπεδα η θερμοκρασία. Με αυτά τα δεδομένα τα δωμάτια θα τοποθετηθούν στην δυτική πλευρά ώστε να μπορούν να επωφεληθούν οι άνθρωποι που κοιμούνται του δροσισμού των πρώτων πρωινών ωρών την θερινή περίοδο. Οι υπόλοιποι χώροι όπως λουτρά, και διάδρομοι τοποθετούνται στην βόρεια πλευρά του κτιρίου.

Το επόμενο βήμα της μελέτης είναι η τοποθέτηση των ανοιγμάτων στο κτίριο. Όλοι οι κύριοι χώροι των κατοικιών (που βρίσκονται τοποθετημένοι στην νότια πλευρά του κτιρίου όπως αναφέραμε αμέσως παραπάνω), οι χώροι στους οποίους περνούν την περισσότερη ώρα τους οι άνθρωποι, θα έχουν μεγάλα ανοίγματα τα οποία προσφέρουν ικανοποιητικό φυσικό φωτισμό και ταυτόχρονα επιτρέπουν την εις βάθος διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας για θέρμανση του χώρου την χειμερινή περίοδο. Ταυτόχρονα, μεγάλα ανοίγματα τόσο στην ανατολική όσο και την δυτική πλευρά των διαμερισμάτων εξασφαλίζουν φυσικό φωτισμό για όλο το σπίτι καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Επιπλέον, η προσθήκη των ανοιγμάτων στην ανατολική και την δυτική πλευρά επιτρέπει τον διαμερή αερισμό δημιουργώντας ρεύματα αέρα και βοηθάει τον φυσικό δροσισμό των κατοικιών, ιδιαίτερα σημαντικό για την θερινή περίοδο. Τα μεγάλα ανοίγματα θα προστατεύονται από την ηλιακή ακτινοβολία την θερινή περίοδο με αξιοποίηση των προβόλων του κτιρίου. Αυτό προκύπτει από την μελέτη ηλιασμού για την ανατολική επιφάνεια η ώρα 9:00, για την νότια επιφάνεια η ώρα 12:00 και για την δυτική επιφάνεια η ώρα 15:00 στις 21 Ιουνίου. Πιθανόν τα πάνω διαμερίσματα που δέχονται εντονότερη ακτινοβολία να χρειαστούν επιπλέον μερικά κινητά σκίαστρα στα ανοίγματα όπως για παράδειγμα περσίδες.

Επόμενο βήμα είναι η μελέτη και η λήψη απόφασης για τα παθητικά ηλιακά συστήματα που μπορούν να τοποθετηθούν στις κατοικίες. Σύμφωνα με την υπάρχουσα μελέτη (Γαγλία & Λάσκος, 2010) προτείνεται η χρήση παθητικού ηλιακού συστήματος άμεσου κέρδους καθώς υπάρχει ικανοποιητικός ηλιασμός την χειμερινή περίοδο αλλά ταυτόχρονα την θερινή περίοδο η άμεση ακτινοβολία ελαχιστοποιείται. Έτσι θα προτιμηθεί το σύστημα του ηλιακού τοίχου και ο νότιος τοίχος του κτιρίου θα κατασκευαστεί από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και θα φέρει ισχυρή θερμομόνωση. Με αυτό τον τρόπο ο νότιος τοίχος του κτιρίου θα είναι ταυτόχρονα συλλέκτης θερμικής ενέργειας, αποθήκη θερμικής ενέργειας, και παγίδα εξόδου ενέργειας από το κτίριο.

Στην πορεία της μελέτης πρέπει να καθοριστεί εάν θα επιλεγθεί κάποιο ενεργητικό σύστημα ηλιακής ενέργειας. Το σύστημα που μπορεί να επιλεγθεί είναι οι ηλιακοί συλλέκτες για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Σύμφωνα με την προϋπάρχουσα μελέτη (Γαγλία & Λάσκος, 2010) το δώμα μπορεί να αξιοποιηθεί για την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών με εξαίρεση το βόρειο τμήμα του. Τα υπόλοιπα τμήματά του κατά βάση

ηλιάζονται σε όλη την διάρκεια της ημέρας καθώς ο σκιασμός του δώματος είναι ελάχιστος. Από αυτή την μελέτη προκύπτει ότι η βέλτιστη διάσταση των συλλεκτών είναι 1500mm x 1000mm αφού μεγαλύτεροι σε επιφάνεια συλλέκτες θα οδηγούσαν σε αλληλοσκίαση μεταξύ των διαδοχικών σειρών των συλλεκτών, ειδικά τους χειμερινούς μήνες που η κλίση του ηλίου μειώνοντας την απόδοση του συστήματος. Οι συλλέκτες αυτοί θα τοποθετηθούν σε κλίση ανάλογη του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής (επιλέγεται η γωνία των  $40^\circ$ ) και με νότιο προσανατολισμό. Συνολικά εγκαθίστανται 61 συλλέκτες οι οποίοι έχουν την δυνατότητα να καλύψουν το 70% της μέσης απαιτούμενης ποσότητας ζεστού νερού χρήσης. Στην εικόνα 34 φαίνονται οι γωνίες εγκατάστασης των διαδοχικών συλλεκτών και η μεταξύ τους απόσταση και μελετάται η πιθανότητα αλληλοσκιασμού τους.



Εικόνα 34. Αποστάσεις εγκατάστασης συστήματος ηλιακών συλλεκτών.

Το τελευταίο βήμα της μελέτης είναι η πραγματοποίηση της μελέτης θερμομόνωσης διαμέσου της οποίας θα προκύψει η ενεργειακή κατανάλωση άρα και η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Κατά την μελέτη θερμομόνωσης προκύπτει διαμέσου υπολογισμών ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας συνολικά του κτιρίου αλλά και κάθε ενός εκ των δομικών στοιχείων που το αποτελούν. Για τον υπολογισμό του συντελεστή αυτού απαιτούνται όλα τα γεωμετρικά δεδομένα των δομικών στοιχείων του κτιρίου αλλά και συνολικά του κτιρίου και τα θερμικά χαρακτηριστικά όλων των επιφανειών του, δεδομένα που λαμβάνει υπόψη του ο αρμόδιος μηχανικός για να συντάξει την μελέτη θερμομόνωσης.

## 8.ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

### 8.1. ΣΥΓΚΡΙΣΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

#### Θερμομόνωση κελύφους

Στην Ελλάδα, τα κτίρια που χαρακτηρίζονται από έλλειψη θερμικής προστασίας, κατασκευαστήκαν κυρίως την περίοδο 1945-1979, όπου δεν υπήρχε κάποιος κανονισμός θερμομόνωσης και το κόστος θέρμανσης και ψύξης δεν είναι πλέον οικονομικό. Τα κτίρια αυτά έχουν απαιτήσεις θερμικής ενέργειας 250-300 KWh/m<sup>2</sup>, (όπου η μικτή επιφάνεια ορόφου μετράται σε KWh/m<sup>2</sup> για χαρακτηριστικό μήκος 1m και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> είναι περίπου 60kg/m<sup>2</sup>). Η κατανάλωση ενέργειας σε αυτό το κτίριο σε ισοδύναμο πετρελαίου θέρμανσης ανά τετραγωνικό μέτρο είναι 25-30 λίτρα. Σε αυτά τα κτίρια, όπου δεν υπάρχει μόνωση, για τους εξωτερικούς τοίχους ο συντελεστής θερμοπερατότητας παίρνει την τιμή  $U=1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , για την οροφή ο συντελεστής θερμοπερατότητας παίρνει την τιμή  $U=2,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , ενώ για το δάπεδο την τιμή  $1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Στα κτίρια που υπάρχει ανεπαρκής θερμομόνωση, που αποτελούν πολύ μεγάλο ποσοστό για τον ελλαδικό χώρο, οι απαιτήσεις θερμικής ενέργειας είναι 100-150 KWh/m<sup>2</sup> ενώ η κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης ανά τετραγωνικό μέτρο κυμαίνεται από 10 έως 15 λίτρα και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> είναι αισθητά μειωμένες από την προηγούμενη κατηγορία και είναι περίπου 30kg/m<sup>2</sup>. Σε αυτή τη περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας για τους εξωτερικούς τοίχους παίρνει την τιμή  $U=0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ενώ το πάχος της μόνωσης αυτών είναι 5cm. Για την οροφή ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι  $U=1,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ενώ το πάχος μόνωσης της κυμαίνεται στα 5cm, ενώ για το δάπεδο ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι  $U=0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ενώ το πάχος μόνωσης είναι και εδώ 5cm. Στα κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης που κατασκευάζονται τα τελευταία χρόνια ή έχουν προέλθει από ευρείας κλίμακας ανακαινίσεις, οι απαιτήσεις θερμικής ενέργειας κυμαίνονται από 40 έως 50 KWh/m<sup>2</sup>, με την κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης να κυμαίνεται μεταξύ 4 και 5 λίτρων ανά τετραγωνικό μέτρο, και τις εκπομπές CO<sub>2</sub> να μην ξεπερνάν τα 10 kg/m<sup>2</sup>. Σε αυτή τη κατηγορία ο συντελεστής θερμοπερατότητας για τους εξωτερικούς τοίχους παίρνει την τιμή  $U=0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , ενώ το πάχος μόνωσης είναι στα 7cm.

Για την οροφή το πάχος μόνωσης είναι  $U=0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  με πάχος μόνωσης 10cm ενώ για το δάπεδο ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι  $U=0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  και το πάχος μόνωσης 10cm. Εντυπωσιακά είναι τα δεδομένα που υπάρχουν για τα βιοκλιματικά κτίρια, των οποίων οι θερμικές απαιτήσεις δεν ξεπερνούν τα  $15 \text{ KWh}/\text{m}^2$  και η κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης ανά τετραγωνικό μέτρο είναι μόλις 1.5 λίτρο, ενώ οι εκπομπές  $\text{CO}_2$  φτάνουν μόλις τα  $2 \text{ kg}/\text{m}^2$ . Για τους εξωτερικούς τοίχους ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι  $U= 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  με το πάχος μόνωσης να φτάνει τα 20cm. Για την οροφή ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι  $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  και το πάχος της μόνωσης φτάνει τα 30cm ενώ τέλος για το δάπεδο ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι  $U=0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  και το πάχος της μόνωσης είναι 20cm/Παρατηρούμε ότι, το βιοκλιματικό κτίριο παρουσιάζει πολύ μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας που φτάνει ακόμα και 20 φορές μείωση της απαιτούμενης ενέργειας σε σχέση με ένα κτίριο που δεν εμφανίζει καθόλου μόνωση. Το ίδιο ισχύει και για την ποσότητα πετρελαίου θέρμανσης ανά τετραγωνικό μέτρο, ενώ οι εκπομπές  $\text{CO}_2$  στο βιοκλιματικό κτίριο είναι 30 φορές λιγότερες από το κτίριο χωρίς μόνωση και 5 φορές λιγότερες από το κτίριο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Αξιοσημείωτο είναι και το πάχος της μόνωσης που απαιτείται στο βιοκλιματικό κτίριο που είναι τρεις φορές περισσότερη από τον KENAK για τους εξωτερικούς τοίχους και την οροφή και δύο φορές περισσότερη από το KENAK για το δάπεδο.

Στη βιοκλιματική κατοικία, βασικός στόχος είναι η μείωση ή ελαχιστοποίηση των θερμογεφυρών, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την θερμορροή και την υγρασία που παρατηρείται στα σημεία όπου υπάρχουν οι θερμογέφυρες, με στόχο να αυξηθεί η ποιότητα αέρα του εσωτερικού χώρου. Εν αντιθέσει, σε μια συμβατική κατοικία, οι θερμογέφυρες υπάρχουν και μόνο σε νέες κατασκευές παρατηρείται μείωση τους ή εξάλειψη τους, ενώ επιβαρύνουν ενεργειακά το κτίριο καθώς και την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος. Στα βιοκλιματικά κτίρια πολλές φορές στη στέγη εφαρμόζονται διπλές τεγίδες<sup>1</sup>. Έτσι, δημιουργείται φυσικός αερισμός της στέγης, ενώ ταυτόχρονα αποφεύγεται η δημιουργία υγρασίας που θα επιβάρυνε και την υγεία των κατοίκων, όπως συμβαίνει σε πολλές συμβατικές κατοικίες.

---

<sup>1</sup> Δημιουργούν κενό αρκετών χιλιοστών, που μπορεί να φτάσει και τα 100χιλ. με στόχο να υπάρχει φυσικός αερισμός, καθώς ο αέρας εισέρχεται από τη διάτρητη περσίδα που βρίσκεται πίσω από την υδρορροή, ενώ εξέρχεται από τα κεραμίδια εξαερισμού.



## Κουφώματα

Στα βιοκλιματικά κτίρια χρησιμοποιούνται κουφώματα και παράθυρα που στοχεύουν στον περιορισμό της μετάδοσης θερμότητας μέσω των διαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου. Σε ένα συμβατικό κτίριο, τα κουφώματα αποτελούν μεγάλες εστίες θερμικών απωλειών καθώς τα περισσότερα που χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα είναι παλαιάς τεχνολογίας, χωρίς την ικανότητα να διακόπτουν την μετάδοση θερμότητας και έχοντας περιορισμένη αεροστεγανότητα ενισχύουν τον αερισμό που δεν είναι επιθυμητός. Αντίθετα, στο βιοκλιματικό κτίριο προωθείται η εγκατάσταση σύγχρονων, πιστοποιημένων κουφωμάτων, υψηλής ενεργειακής απόδοσης τα οποία διαθέτουν θερμοδιακοπή.

Οι υαλοπίνακες που εγκαθίσταται στην βιοκλιματική κατοικία είναι ενεργειακοί, διπλοί συνήθως και μερικές φορές και τριπλοί ενώ ο συντελεστής θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων είναι  $U < 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  και των παραθύρων  $U < 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα βιοκλιματικό κτίριο σε σχέση με ένα συμβατικό μπορεί να φτάσει ακόμα και το 60% χρησιμοποιώντας τα κουφώματα που αναφέρθηκαν παραπάνω εν αντιθέσει με τα κουφώματα που υπήρχαν μέχρι τώρα σε ένα συμβατικό κτίριο και ήταν παλαιάς τεχνολογίας. Στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν προ του 1979 το τζάμι των κουφωμάτων είναι μονό και ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι  $U = 5,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Στα κτίρια που κατασκευάστηκαν μετά την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης, χρησιμοποιούνται κυρίως διπλά τζάμια (τζάμι μόνωσης με αέρα) και ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι  $U = 2,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Στα κτίρια που πληρούν τις προδιαγραφές του ΚΕΝΑΚ ή κατασκευάστηκαν με αυτές τις προδιαγραφές, τα κουφώματα έχουν και εδώ διπλό τζάμι (μόνωση με αέρα), ενώ ο συντελεστής θερμοπερατότητας παραμένει στην ίδια τιμή σε σχέση με τον κανονισμό θερμομόνωσης και επομένως  $U = 2,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Τέλος, στο βιοκλιματικό κτίριο τα κουφώματα έχουν είτε τριπλό τζάμι, είτε θερμομονωτικό τζάμι είτε χρησιμοποιείται ειδικό κούφωμα έτσι ώστε να μειωθούν οι ενεργειακές απώλειες στο κτίριο. Σε αυτή την περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας παίρνει την τιμή  $U = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

## Ανεμιστήρες οροφής

Κατά τους θερινούς μήνες, όταν η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι υψηλή, το κτίριο απορροφά θερμότητα, σημαντική αυξημένη σε σχέση με τον χειμώνα, ιδίως όταν το κτίριο είναι άμεσε εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα κάποιες φορές να

προκαλείται υπερθέρμανση του κτιρίου και επομένως να μειώνεται η θερμική άνεση των ενοίκων. Στο βιοκλιματικό κτίριο υπάρχει

η δυνατότητα χρήσης ανεμιστήρων οροφής, οι οποίοι ενισχύουν το φαινόμενο του φυσικού αερισμού, ενώ παράλληλα η κατανάλωση ενέργειας τους είναι μικρή έως ελάχιστη. Οι ανεμιστήρες οροφής δίνουν τη δυνατότητα δημιουργίας θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από τις συνηθισμένες (2 έως 3°C), αφού με την κίνηση του αέρα που δημιουργείται μεταφέρεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα. Σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης ανεμιστήρα οροφής αποτελεί το χαμηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης τους, ενώ η ενέργεια που δαπανάται για τη χρήση του αγγίζει μόλις την ενέργεια που απαιτείται για να λειτουργήσει ένας κοινός λαμπτήρας. Αντίθετα, σε ένα συμβατικό κτίριο, στο οποίο χρησιμοποιείται ο κλασικός τύπος κλιματιστικού προκειμένου να διατηρηθεί η θερμική άνεση σε επιθυμητά επίπεδα, πέρα από το υψηλότερο κόστος συντήρησης και εγκατάστασης του κλιματιστικού, υπάρχει το αυξημένο κόστος λειτουργίας που ενσωματώνεται στους λογαριασμούς ρεύματος και μπορεί να τους αυξήσει κατά μεγάλο βαθμό αλλά και προβλήματα με την ποιότητα του αέρα.

### **Φυσικός Αερισμός**

Ο φυσικός αερισμός είναι ευρέως διαδεδομένος στα βιοκλιματικά κτίρια, για το λόγο αυτό υπάρχουν και σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες εντός των κατοικιών τους θερινούς μήνες. Ο φυσικός αερισμός των κτιρίων εφαρμόζεται κυρίως τις νυχτερινές ώρες και γίνεται είτε από διαμερή ανοίγματα, είτε με ανοίγματα που υπάρχουν καθ' ύψος του κτιρίου, οπότε και δημιουργείται φυσικός ελκυσμός, ο οποίος είναι υπεύθυνος για τις περισσότερες εναλλαγές αέρα ανά ώρα. Στα βιοκλιματικά κτίρια, η μείωση του φορτίου ψύξης που οφείλεται στον φυσικό αερισμό, μπορεί να φτάσει το 75%, γεγονός που πρακτικά σημαίνει ότι δεν είναι αναγκαία η χρήση κλιματισμού, ενώ υπάρχουν και βορεινές περιοχές που το ποσοστό αυτό αγγίζει το 100%.

### **Ηλιακό θερμοκήπιο**

Το ηλιακό θερμοκήπιο συναντάται μόνο στο βιοκλιματικό κτίριο και η απόδοση του διαφέρει ανάλογα με την περιοχή εγκατάστασης και το μέγεθος του. Για την Ελλάδα, από μετρήσεις και προσομοιώσεις που έχουν γίνει προκύπτει ότι η συνεισφορά του στην εξοικονόμηση ενέργειας είναι της τάξης του 13 έως και 30%. Η πιο αποδοτική λειτουργία

είναι αυτή κατά την οποία το θερμοκήπιο προσδίδει τα ηλιακά του κέρδη άμεσα τη μέρα, ενώ τη νύχτα είναι απομονωμένο διατηρώντας κλειστά τα ενδιάμεσα ανοίγματα. Είναι σημαντικό στους χώρους αυτούς να υπάρχουν κατάλληλα συστήματα, επαρκούς σκίασης και υαλοστάσια με ανοίγματα, έτσι ώστε να συμβάλλουν στον αερισμό τους θερινούς μήνες, έτσι ώστε να υπάρχει μικρή επιβάρυνση του κτιρίου. Ειδικότερα, σε περιοχές όπου επικρατούν και πιο χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, προτείνεται η εφαρμογή διπλών υαλοπινάκων στον ηλιακό χώρο, καθώς και θερμομόνωση του κοινού τμήματος της τοιχοποιίας.

Τους θερινούς μήνες προτείνεται η απομάκρυνση των τζαμιών για την αποφυγή αυξημένων ηλιακών κερδών, δεδομένου των θερμοκρασιών που επικρατούν στην περιοχή της Ελλάδος, ενώ συνίσταται παράλληλα αδιαφανής οροφή προκειμένου να αποφεύγεται η υπερθέρμανση και να μειώνονται τα φαινόμενα φθοράς από τυχόν κατακρημνίσεις δέντρων υλικών κτλ. Τέλος, ιδιαίτερα σημαντικό είναι ότι το ηλιακό θερμοκήπιο μπορεί είτε να κατασκευαστεί εξ αρχής σε ένα βιοκλιματικό κτίριο είτε να προστεθεί εκ των υστέρων σε μια συμβατική κατοικία.

### **Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης**

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης χρησιμοποιούνται στο βιοκλιματικό κτίριο και μπορούν να είναι: απλοί τοίχοι μάζας (μη θερμοσιφωνικής ροής και χωρίς θυρίδες) με συμπαγή κατασκευή, είτε οι τοίχοι να αποτελούνται από δοχεία νερού και τότε μιλάμε για τοίχους νερού είτε να αποτελούνται από υλικά αλλαγής φάσης (PCM). Ενδέχεται να είναι τοίχοι μάζας θερμοσιφωνικής ροής (Trombe) ή θερμοσιφωνικά πανέλα (τοίχοι BarraConstantini). Κατόπιν μετρήσεων και ερευνών έχει προκύψει ότι η εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να προέλθει σε ένα βιοκλιματικό σπίτι σε σχέση με ένα συμβατικό χρησιμοποιώντας αυτές τις τεχνολογίες μπορεί να κυμαίνεται από 10 έως και 40%. Το ποσοστό της εξοικονόμησης εξαρτάται από την περιοχή της εγκατάστασης του κτιρίου, στις περιοχές με ηπιότερο κλίμα μπορεί να φτάσει σε μεγαλύτερα ποσοστά. Αν ένας τοίχος-συλλέκτης είναι κατάλληλα σχεδιασμένος, τότε η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου διατηρείται μεταξύ 20°C και 28°C, χωρίς να χρειάζεται κάποια επιπλέον θερμαντική πηγή, δηλαδή σε καλό επίπεδο θερμικής άνεσης. Παράγοντες όπως είναι το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου, το πάχος του, τα υλικά κατασκευής αλλά και το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας εκτός από την τοποθεσία του τοίχου επιδρούν στην

απόδοση του όλου συστήματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι για να επιτευχθεί αποτελεσματική ηλιακή συλλογή θα πρέπει τα υαλοστάσια να έχουν νότιο προσανατολισμό.

Ο τρόπος λειτουργίας σε αυτά τα συστήματα είναι ο ακόλουθος: Αρχικά, η θερμική ενέργεια απορροφάται από τον τοίχο, έπειτα θερμαίνει την εξωτερική επιφάνεια, ενώ στη συνέχεια μεταφέρεται δια αγωγής σε όλο την μάζα του τοίχου, φτάνοντας στο τέλος στην εσωτερική πλευρά του τοίχου. Μεταξύ της μέγιστης εξωτερικής θερμοκρασίας και της μέγιστης εσωτερικής θερμοκρασίας, ο χρόνος που μεσολαβεί λέγεται χρονική υστέρηση. Στο κτίριο βιοκλιματικό σχεδιασμού επιθυμητή χρονική υστέρηση είναι μεταξύ 6 και 8 ωρών, έτσι ώστε να μπορεί να αξιοποιείται η θερμική συλλογή από τον τοίχο κατά τη διάρκεια της νύχτας και επομένως να μειώνονται οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου.

### **Ενεργειακοί φωτοσωλήνες**

Για τον φωτισμό συνήθως της βορεινής πλευρά τους βιοκλιματικού κτιρίου προτείνεται πολλές φορές η τοποθέτηση φωτοσωλήνων. Η τεχνολογία αυτών στηρίζεται στην αρχή διάθλασης του φωτός, όταν αυτό προσπίπτει σε ανακλαστικά υλικά. Σε ένα συμβατικό κτίριο χρησιμοποιείται κλασικό σύστημα φωτισμού, ωστόσο στο βιοκλιματικό οι φωτοσωλήνες προτιμώνται εξαιτίας του ότι δεν καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια για την παραγωγή φωτός. Η χρήση τους αφορά κυρίως τη δυνατότητα τους να μεταφέρουν φως σε χώρους όπου δεν έχουν πρόσβαση σε φυσικό φωτισμό όπως είναι τα υπόγεια ή οι χώροι χωρίς παράθυρα. Αξιοσημείωτο είναι ότι πέρα από το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης δεν υπάρχει κόστος λειτουργίας, ενώ με το σύστημα αυτό υπάρχει μηδενική μεταφορά θερμότητας, καθώς παράλληλα με το φως δεν μεταφέρεται στο εσωτερικό η θερμότητα αλλά και υπεριώδης ή υπέρυθη ακτινοβολία. Η απόδοση αυτού του συστήματος εξαρτάται από την ηλιοφάνεια, καθώς το κάτοπτρο του συστήματος δεν αντανακλά μόνο τις ακτίνες που προέρχονται άμεσα από την ήλιο, αλλά έχει τη δυνατότητα να παγιδεύσει το σύνολο των ακτίνων, ακόμα και αν προέρχεται από αντανάκλαση.

Τέλος, το σημαντικότερο σε σχέση με το συμβατικό κτίριο είναι ότι στο βιοκλιματικό κτίριο, με την χρήση ενεργειακών φωτοσωλήνων, μειώνεται ή εξαλείφεται κάποιες φορές και χρήση τεχνικού φωτισμού με αποτέλεσμα να μειώνεται και το κόστος κατανάλωσης της αντίστοιχης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ ο χρόνος απόσβεσης αυτής της εγκατάστασης είναι ιδιαίτερα μικρός και δεν ξεπερνά την πενταετία. Κατά την ενσωμάτωση φωτοσωλήνων στο

βιοκλιματικό σπίτι πρέπει να λάβουμε υπόψη τη χρήση των χώρων καθώς αν εγκατασταθούν σε χώρους με μικρή επισκεψιμότητα (όπως για παράδειγμα μια αποθήκη), η οικονομική απόδοση του εγχειρήματος δεν είναι αυτή που προαναφέρθηκε αλλά αισθητά μικρότερη.

### **Σκίαση από δέντρα**

Σε ένα βιοκλιματικό κτίριο, μπορεί να υπάρχει σκίαση από δέντρα, τα οποία συνήθως τοποθετούνται σε ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Επειδή τους χειμερινούς μήνες απαιτείται η ηλιακή ακτινοβολία, ενώ τους θερινούς μήνες θέλουμε να είναι περιορισμένη, προτιμάται να φυτεύονται φυλλοβόλα δέντρα των οποίων τα κλαδιά κατά τους χειμερινούς μήνες είναι γυμνά, ενώ αειθαλή δέντρα προτιμώνται για υγρά και ζεστά κλίματα. Ένα δέντρο χωρίς κλαδιά μπορεί να παρεμποδίσει τις ακτίνες του ήλιου κατά ένα ποσοστό που κυμαίνεται από 20 έως και 40%, ενώ σε περιοχές όπου επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες η στέγη που σκιάζεται μπορεί να έχει θερμοκρασία που κυμαίνεται από 6oC έως 12oC σε σχέση με μια στέγη που δεν έχει κανένα είδος σκίασης. Σύμφωνα με έρευνες που διεξήχθησαν στις Η.Π.Α., προέκυψε ότι φυτεύοντας ένα δέντρο στην κατοικία, μπορεί να επέλθει εξοικονόμηση στη ψύξη σε ποσοστό από 12% έως 24% σε σχέση με ένα συμβατικό σπίτι που δεν έχει κανένα δένδρο, ενώ η φύτευση τριών δέντρων σε μια οικία μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του ψυκτικού φορτίου σε ποσοστό που αγγίζει το 50%.

### **Εξωτερικός χρωματισμός**

Στα πλαίσια του βιοκλιματικού σχεδιασμού, σημαντικό ρόλο μπορεί να παίζει ο εξωτερικός χρωματισμός του κτιρίου. Τα σκούρα χρώματα απορροφούν μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής θερμότητας σε σύγκριση με τα ανοιχτά χρώματα. Σε τοιχοποιία γκρι χρώματος η διαφορά θερμοκρασίας στους διάφορους προσανατολισμούς μπορεί να κυμανθεί ακόμα και πάνω από τους 20°C, σε μια άσπρη τοιχοποιία ωστόσο η διαφορά αυτή δεν ξεπερνά τους 3°C. Στις περιοχές όπου επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, οι εξωτερικές επιφάνειες συνίσταται να βάφονται σε ανοιχτά χρώματα ενώ σε περιοχές με κυρίαρχες τις χαμηλές θερμοκρασίες οι εξωτερικές επιφάνειες συνίσταται να βάφονται σε χρώματα πιο σκούρα. Ένα ποσοστό μεταξύ 70 -90% της ακτινοβολίας που προσπίπτει στον τοίχο, απορροφάται από τους σκουρόχρωμους τοίχους με αποτέλεσμα αρχικά να αποθηκεύεται η θερμότητα και στη συνέχεια να μεταδίδεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Αντίθετα, στην ανοιχτόχρωμη τοιχοποιία, μειώνεται η μετάδοση θερμότητας στους εσωτερικούς χώρους μέσω των επιφανειών, καθώς

έτσι ανακλάται μεγαλύτερο ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Η εξοικονόμηση του ψυκτικού φορτίου μπορεί να κυμανθεί ακόμα και στο 25%, εάν οι σκουρόχρωμες επιφάνειες γίνουν ανοιχτόχρωμες πράγμα που συναντάται στο βιοκλιματικό κτίριο και κάποιες φορές στην συμβατική κατοικία, είτε λόγω γνώσης είτε λόγω τυχαιότητας.

### **Φυτεμένο δώμα**

Τα φυτεμένα δώματα, εμφανίζουν ιδιαίτερα σημαντικές θερμομονωτικές ιδιότητες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, τα φυτεμένα δώματα μπορούν να ανακλούν ένα ποσοστό 20-30% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο δώμα και να απορροφά το υπόλοιπο διαμέσου των φύλλων. Επιπρόσθετα, το χώμα επειδή έχει σημαντική θερμοχωρητικότητα μειώνει τη ροή θερμότητας προς το εσωτερικό της κατασκευής, λειτουργώντας έτσι συνολικά το φυτεμένο δώμα ως μονωτικό υλικό καθώς το χώμα και ο αέρας που παγιδεύεται μεταξύ του φυλλώματος των φυτών είναι ικανά να δράσουν ως μονωτικά υλικά. Επομένως, σε ένα βιοκλιματικό κτίριο που έχει εγκατασταθεί φυτεμένο δώμα, εκτός από την μείωση των φορτίων τους καλοκαιρινούς μήνες που συνάδει με εξοικονόμηση ενέργειας, βελτιώνεται και αναβαθμίζεται η ποιότητα της ατμόσφαιρας, καθώς το φυτεμένο δώμα απορροφά ρύπους ενώ ταυτόχρονα παρέχει οξυγόνο, διαμορφώνοντας ένα διαφορετικό μικροκλίμα στην περιοχή, όπου ανάλογα με το μέγεθος του κτιρίου μπορεί να έχει σημαντική επίδραση, ωφέλειες που σε ένα συμβατικό κτίριο δεν μπορούν να υπάρξουν με αντίστοιχο τρόπο. Παράλληλα, το φυτεμένο δώμα μπορεί να μειώσει την ηχορύπανση, ιδιαίτερα σημαντικό για τα μεγάλα αστικά κέντρα, όπως και την σκόνη και το νέφος, ενώ ταυτόχρονα με το φυτεμένο δώμα υπάρχει δυνατότητα να συγκρατηθεί το νερό της βροχής.

Σύμφωνα με τους Santamouriset.al. σε έρευνα που πραγματοποίησαν στην Αθήνα, το φυτεμένο δώμα μπορεί να επιδράσει για ένα μη μονωμένο κτίριο, με μείωση του ψυκτικού φορτίου από 15-49%, για ένα μονωμένο κτίριο η μείωση του ψυκτικού φορτίου μπορεί να κυμανθεί από 6 έως 33% ανάλογα με τα διάφορα δεδομένα του κτιρίου. Επιπλέον, σημαντική είναι η επίδραση στον τελευταίο όροφο ενός κτιρίου με φυτεμένο δώμα σε σχέση με ένα συμβατικό κτίριο, καθώς σε ένα μη μονωμένο κτίριο η μείωση του ψυκτικού φορτίου μπορεί να κυμαίνεται από 27 έως 87%, ενώ στον τελευταίο όροφο ενός μονωμένου κτιρίου, η μείωση

αυτή μπορεί να κυμαίνεται από 12-76%, ανάλογα την τοποθεσία του κτιρίου και τα διάφορα δεδομένα που υπάρχουν για την κατασκευή.

### **Φράγμα ακτινοβολίας**

Μια τεχνική που μειώνει την ηλιακή ενέργεια που διαπερνά την οροφή ενός κτιρίου, είναι το φράγμα ακτινοβολίας ( radiantbarrier)ενισχύοντας την θερμική προστασία του βιοκλιματικού κτιρίου τους θερινούς μήνες. Το φράγμα ακτινοβολίας δημιουργείται από λεπτά φύλλα αλουμινίου, τα οποία τοποθετούνται κάτω από την στέγη και τα οποία έχουν υψηλό συντελεστής εκπομπής και ανακλαστικότητας και έτσι τα διαπερνά ένα μικρό ποσοστό ακτινοβολίας. Επομένως, ένα μικρό ποσοστό μόνο της ακτινοβολίας εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου, ενώ συνίσταται η χρήση τους για ελαφρά τμήματα κτιρίων και κυρίως για θερμά και υγρά κλίματα και ιδιαίτερα αποδοτικά είναι όταν εφαρμόζονται σε σοφίτα. Σύμφωνα με τους Michelset. al. σε έρευνα που διεξήχθη για την αποτελεσματικότητα του φράγματος ακτινοβολίας, προέκυψε ότι αυτό μπορεί να μειώσει τη ροή θερμότητας προς το εσωτερικό του κτιρίου μέχρι ένα ποσοστό της τάξεως του 70%. Επίσης, την έρευνα διαπιστώθηκε ότι η τοποθέτηση ενός φράγματος ακτινοβολίας εμπόδιζε τα θερμικά κέρδη κατά τη διάρκεια μιας ζεστής μέρα του καλοκαιριού, ενώ παράλληλα συνέβαλε στην μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη διάρκεια των νυχτερινών ωρών τις πιο κρύες ή συννεφιασμένες ημέρες.

### **Τεχνητή Σκίαση**

Μια συνηθισμένη πρακτική σε ένα βιοκλιματικό κτίριο που δεν υπάρχει σε συμβατικό είναι η ηλιοπροστασία-σκίαση. Η τεχνητή σκίαση σε ένα κτίριο μπορεί να γίνει είτε με σταθερά σκίαστρα είτε με κινητά σκίαστρα. Σημαντικό είναι η ηλιοπροστασία να περιλαμβάνει επαρκής σκίαση τους καλοκαιρινούς μήνες, χωρίς ωστόσο να περιορίζει το ηλιακό θερμικός κέρδος κατά τους χειμερινούς μήνες όπου επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες. Η εξωτερική σκίαση είναι πιο αποδοτική καθώς εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει και να εγκλωβιστεί μέσω των υαλοπινάκων στο εσωτερικό του κτιρίου, ενώ η μείωση των ηλιακών κερδών μπορεί να φτάσει ακόμα και το 90%. Ακόμη αποδοτικότερη είναι η σκίαση όταν γίνεται με κινητές περσίδες, καθώς δίνει την δυνατότητα να ρυθμίζει ο ένοικος του σπιτιού το επιθυμητό επίπεδο σκίασης, ανεξάρτητα από την εποχή του χρόνου. Ωστόσο, λόγω του αυξημένου κόστους αυτού του συστήματος συνήθως

προτιμάται σταθερή εξωτερική σκίαση με εσωτερικά στόρια τα οποία μπορούν να ρυθμίσουν τον φωτισμό ανάλογα με τις ανάγκες των ατόμων.

## 8.2. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Στον Πίνακα 3, αποτυπώνονται οι σημαντικότεροι παράμετροι μιας βιοκλιματικής κατοικίας, το κόστος κτήσης τους ή εγκατάστασης, η ενέργεια που καταναλώνουν, ο χρόνος απόσβεσης της όποιας επένδυσης γίνει, καθώς και τα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνονται, ενώ στον Πίνακα 4 φαίνονται οι παράμετροι ως προς την κατανάλωση ενέργειας ενός συμβατικού σπιτιού, οι οποίοι μπορούν να μειωθούν δραστικά ή ακόμα και να εξαλείφουν μέσω των βιοκλιματικών κατοικιών.

Πίνακας 4. Παράμετροι βιοκλιματικής κατοικίας.

Παράμετροι	Κόστος	Ενέργεια που καταναλώνει	Χρόνος απόσβεσης	Εξοικονόμηση ενέργειας
Θερμομόνωση κελύφους	40€/m <sup>2</sup>	-	4-6 χρόνια <sup>4</sup>	έως 65% τους θερινούς μήνες <sup>5</sup>
Κουφώματα <sup>6</sup>	1.525€	-	περίπου 3 χρόνια	65%
Ανεμιστήρες οροφής	30-500€	0,1€/h (όσο το κόστος ενός λαμπτήρα)	- <sup>7</sup>	έως 40% τους θερινούς μήνες και ως 10% τους χειμερινούς μήνες
Ηλιακό θερμοκήπιο		-		13-30% εξοικονόμηση, ανάλογα τις τοπικές συνθήκες
Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης	400€/m <sup>2</sup>	-	6-7 έτη	25-28%
Ενεργειακοί φωτισωλήνες	150€-540€	.8	3 έτη	100% εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας <sup>9</sup>
Σκίαση από δέντρα	15-60€ για νεαρά δέντρα	-10	Ο χρόνος πλήρους ανάπτυξης για τα νεαρά δέντρα <sup>11</sup>	Μείωση ψυκτικού φορτίου 12-24% φυτεύοντας ένα δέντρο και μείωση ως 50% φυτεύοντας τρία δέντρα
Φυτεμένο δώμα	40-60€/m <sup>2</sup>	-12	5-8 χρόνια	Μείωση ψυκτικού φορτίου 15-49% σε μη μονωμένο κτίριο, 6-33% σε μονωμένο, 27-87% σε μη μονωμένο τελευταίο όροφο, 12-76% σε μονωμένο τελευταίο όροφο
Τεχνητή σκίαση	500€ <sup>13</sup>	-	3-4 (για χρήση περσίδων ο χρόνος απόσβεσης κυμαίνεται σε 5-7 χρόνια)	40% εξοικονόμηση φορτίου ψύξης-μείωση της θερμοκρασίας του κτιρίου έως και 10 βαθμούς



<sup>4</sup> Διαφέρει ανάλογα με τον τύπο της μόνωσης και την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκεται.

<sup>5</sup> Η τιμή αυτή διαφέρει ανάλογα με την κλιματική ζώνη και το είδος της μόνωσης.

<sup>6</sup> Στην προκειμένη περίπτωση αναφερόμαστε σε κουφώματα με διαστάσεις 1,80x2.20x3.96 και από  $U_{w1}=31\text{ W/m}^2\text{K}$  μεταβαίνουμε σε  $U_{w2}=2.13\text{ W/m}^2\text{K}$

<sup>7</sup> Η απόσβεση διαφέρει σημαντικά ανάλογα με το κόστος αρχικής εγκατάστασης, τη χρήση και τους κλιματολογικούς παράγοντες που ισχύουν στην κάθε περιοχή

<sup>8</sup> Υπάρχει μηδενικό κόστος λειτουργίας και συντήρησης

<sup>9</sup> Παρατηρούνται διαφορές ανάλογα με την περιοχή εγκατάστασης και την χρήση του χώρου όπου εγκαθίσταται ο φωτοσολήνας.

<sup>10</sup> Το κόστος άρδευσης, διαφέρει από δέντρο σε δέντρο και από περιοχή σε περιοχή.

<sup>11</sup> Διαφέρει ανάλογα με το είδος του δέντρου και με την περιοχή όπου φυτεύεται.

<sup>12</sup> Δεν υπολογίζουμε την ενέργεια που είναι αναγκαία για την άρδευση το φυτεμένου δώματος, καθώς διαφέρει κατά περίπτωση, καθώς επιδρούν παράγοντες όπως είναι το κόστος του νερού, το είδος των φυτών του δώματος, την περιοχή όπου βρίσκεται κτλ .

<sup>13</sup> Αναφερόμαστε σε τέντα με βραχίονα διαστάσεων 5x2.5μέτρων

**Πίνακας 5.** Παράμετροι συμβατικής κατοικίας ως προς την κατανάλωση ενέργειας.

<b>Παράμετροι</b>	<b>Κόστος</b>	<b>Ενέργεια που καταναλώνει</b>
<b>Ηλεκτρική Ενέργεια μέσω παρόχου</b>	950 €/έτος <sup>2</sup>	3750 kWh/έτος <sup>1</sup>
<b>Θέρμανση με χρήση πετρελαίου</b>	1560 €/έτος <sup>1</sup>	1500 lt/έτος <sup>1</sup>
<b>Χρήση Κλιματιστικών</b>	136 €/έτος <sup>3</sup>	378 kWh/έτος <sup>2</sup>
<b>Χρήση Θερμοσίφωνα</b>	129 €/έτος <sup>4</sup>	732 kWh/έτος <sup>3</sup>

Στον Πίνακα 4, φαίνονται οι παράμετροι ως προς την κατανάλωση ενέργειας ενός συμβατικού σπιτιού, οι οποίοι μπορούν να μειωθούν κατά πολύ ή να εξαλειφούν μέσω των βιοκλιματικών κατοικιών.

<sup>2</sup> Υπολογίζεται ως μια ήπια χρήση, σύμφωνα με μελέτη της ΕΛΣΤΑΤ για τη μέση κατανάλωση ενός νοικοκυριού.

<sup>3</sup> Υπολογίζεται για ένα κλιματιστικό 9000 BTU που λειτουργεί τους καλοκαιρινούς μήνες για 6 ώρες ανά ημέρα

<sup>4</sup> Υπολογίζεται για ένα θερμοσίφωνα 80lt που λειτουργεί τους για μισή ώρα καθημερινά.

**Πίνακας 6.** Παράμετροι συμβατικής κατοικίας ως προς την κατανάλωση ενέργειας.

<b>Παράμετροι</b>	<b>Κόστος</b>	<b>Ενέργεια που καταναλώνει</b>
<b>Ηλεκτρική Ενέργεια μέσω παρόχου</b>	950 €/έτος <sup>5</sup>	3750 kWh/έτος <sup>1</sup>
<b>Θέρμανση με χρήση πετρελαίου</b>	1560 €/έτος <sup>1</sup>	1500 lt/έτος <sup>1</sup>
<b>Χρήση Κλιματιστικών</b>	136 €/έτος <sup>6</sup>	378 kWh/έτος <sup>2</sup>
<b>Χρήση Θερμοσίφωνα</b>	129 €/έτος <sup>7</sup>	732 kWh/έτος <sup>3</sup>

Στον Πίνακα 4 η κατανάλωση Ηλεκτρικής ενέργειας μέσω παρόχου, έχει υπολογιστεί ως η μέση ετήσια κατανάλωση ενός νοικοκυριού, σύμφωνα με μελέτη της ΕΛΣΤΑΤ για το έτος 2015. Λέγοντας μέση κατανάλωση ενός Ελληνικού νοικοκυριού, εννοούμε την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μιας τετραμελούς οικογένειας που κατοικεί σε ένα συμβατικό σπίτι. Όπως φαίνεται από τον πίνακα, αυτή κυμαίνεται στα 3750 kWh/έτος, τα οποία έχουν ένα κόστος της τάξης των 950 €/έτος. Η συγκεκριμένη ηλεκτρική ενέργεια αναφέρεται σε όλες τις ηλεκτρικές συσκευές που λειτουργούν εντός ενός σπιτιού, δηλαδή από τους ηλεκτρικούς λαμπτήρες, μέχρι και την ηλεκτρική κουζίνα. Αυτό το κόστος των 950 €/έτος μειώνεται κατά πολύ από τα στοιχεία εξοικονόμησης ενέργειας που φαίνονται στον Πίνακα 3. Επιπλέον, για την περίπτωση μιας αυτόνομης ενεργειακά βιοκλιματικής κατοικίας, το κόστος αυτό μπορεί να ακόμα και να επαλειφθεί.

Όσον αφορά τη θέρμανση και τον κλιματισμό του συμβατικού σπιτιού, το κόστος τους ανέρχεται στα 1560 € και στα 136 € ανά έτος αντίστοιχα. Αυτό το κόστος, για την περίπτωση της θέρμανσης έχει προκύψει από μια ήπια κατανάλωση πετρελαίου η οποία σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ ανέρχεται στα 1500 lt ανά έτος. Στην περίπτωση του κλιματισμού ο υπολογισμός

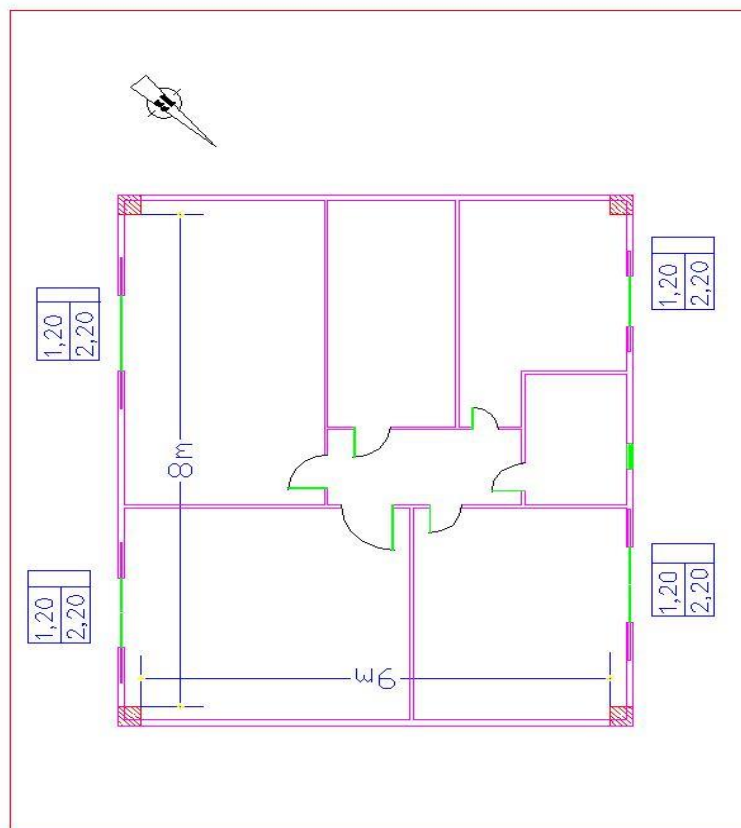
<sup>5</sup> Υπολογίζεται ως μια ήπια χρήση, σύμφωνα με μελέτη της ΕΛΣΤΑΤ για τη μέση κατανάλωση ενός νοικοκυριού.

<sup>6</sup> Υπολογίζεται για ένα κλιματιστικό 9000 BTU που λειτουργεί τους καλοκαιρινούς μήνες για 6 ώρες ανά ημέρα

<sup>7</sup> Υπολογίζεται για ένα θερμοσίφωνα 80lt που λειτουργεί τους για μισή ώρα καθημερινά.

του κόστους προκύπτει από τη χρήση ενός κλιματιστικού 9000 BTU, ισχύος 1050Watt, το οποίο λειτουργεί για τον κλιματισμό μιας μέσης συμβατικής κατοικίας για 6 ώρες την ημέρα, για την περίοδο των καλοκαιρινών μηνών. Επιπλέον, το κόστος για τη θέρμανση του νερού σε ένα συμβατικό σπίτι που κατοικεί μια τετραμελής οικογένεια έχει υπολογιστεί στα 129 € ανά έτος, υποθέτοντας την περίπτωση λειτουργίας ενός θερμοσίφωνα 80lt που καταναλώνει 4KWatt ρεύματος ανά ώρα και λειτουργεί για μισή ώρα καθημερινά. Τα παραπάνω έξοδα για τη θέρμανση και τον κλιματισμό του χώρου και τη θέρμανση του νερού ενός μέσου συμβατικού σπιτιού, θα μπορούσαν να μειωθούν δραστικά από τη θερμομόνωση που προσφέρει το βιοκλιματικό σπίτι μέσω της θερμομόνωσης του κελύφους του κτηρίου, τα κατάλληλα κουφώματα, τη χρήση ηλιακού θερμοκηπίου, ανεμιστήρων οροφής, τοιχων θερμικής αποθήκευσης, ενεργειακών φωτοσωλήνων, τη χρήση ηλιακού θερμοσίφωνα κ.α.

### 8.3. ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ



Εικόνα 35. Κάτοψη κτιρίου

## ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΑΕΡΑ

ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

ΙΣΟΓΕΙΟ-Α

ΎΟΡΟΦΟΣ

A/A	d(m)	$\lambda$ (W/m*K)	R=d/ $\lambda$
Εσωτερ. αέρας	-		0,12
επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Τούβλο	0,16	0,47	0,340
επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Τούβλο	0,09	0,47	0,191
επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Εξωτερ. αέρας	-		0,04

Β' ΟΡΟΦΟΣ

A/A	d(m)	$\lambda$ (W/m*K)	R=d/ $\lambda$
Εσωτερ. αέρας	-		0,12
επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
τούβλο	0,09	0,47	0,191
DOW	0,03	0,04	0,750
τούβλο	0,09	0,47	0,191
Επίχρισμα(μονωτ)	0,02	0,87	0,1
Εξωτερ. αέρας	-		0,04

ΦΕΡΩΝ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ

A/A	d(m)	$\lambda$ (W/m*K)	R=d/ $\lambda$
Εσωτερ. αέρας	-		0,12
επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
σκυρόδεσμα	0,25	2,03	0,123
επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Εξωτερ. αέρας	-		0,04

### **ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΓΕΙΤΟΝΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ**

ΙΣΟΓΕΙΟ-Α ΎΟΡΟΦΟΣ

A/A	d(m)	$\lambda$ (W/m*K)	R=d/ $\lambda$
Εσωτερ. αέρας	-		0,12
επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
τούβλο	0,16	0,47	0,340
επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
τούβλο	0,09	0,47	0,191
επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Εξωτερ. αέρας	-		0,12

## Β' ΟΡΟΦΟΣ

A/A	d(m)	$\lambda$ (W/m*K)	R=d/ $\lambda$
Εσωτερ. αέρας	-		0,12
επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
τούβλο	0,09	0,47	0,191
DOW	0,03	0,04	0,750
τούβλο	0,09	0,47	0,191
Επίχρισμα(μονωτ)	0,02	0,87	0,1
Εξωτερ. αέρας	-		0,12

## ΦΕΡΩΝ

### ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ

A/A	d(m)	$\lambda$ (W/m*K)	R=d/ $\lambda$
Εσωτερ. αέρας	-		0,12
επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
σκυρόδεμα	0,25	2,03	0,12
επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Εξωτερ. αέρας	-		0,12

## ΟΡΟΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

A/A	d(m)	$\lambda(W/m^*K)$	$R=d/\lambda$
Εξωτερ. αέρας	-		0,04
ασφαλτόταπητας	0,01	0,7	0,014
Μπετόν	0,14	2,03	0,069
επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Εσωτερ. αέρας	-		0,12

## ΠΑΤΩΜΑ

### Α΄ΟΡΟΦΟΥ

A/A	d(m)	$\lambda(W/m^*K)$	$R=d/\lambda$
Εσωτερ. αέρας	-		0,12
Τάπητας(πατωμ)	0,003	0,19	0,0157
Μπετόν	0,14	2,03	0,069
επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Εσωτερ. αέρας	-		0,12

<b>ΟΨΗ<sup>14</sup></b>	<b>ΒΑ</b>	<b>ΒΔ</b>	<b>ΝΑ</b>	<b>ΝΔ</b>	<b>Κι</b>	<b>Αι</b>	<b>Κι*Αι</b>
Τοιχοποιία σε επαφή με αέρα α' όροφος	24,75	16,72	16,72	-	1,314	58,19	76,46
Τοιχοποιία σε επαφή με γειτονικό κτίριο α' όροφος	-	-	-	24,75	1,189	24,75	29,42
Τοιχοποιία σε επαφή με αέρα β' όροφος	24,75	16,72	16,72		0,706	58,19	41,08
Τοιχοποιία σε επαφή με γειτονικό κτίριο β' όροφος	-	-	-	24,75	0,668	24,75	16,53
Δοκοί – Υποστηλώματα σε επαφή με αέρα	3	6	6	-	3,04	15	45,6
Δοκοί – Υποστηλώματα σε επαφή με γειτονικό κτίριο				3	2,44	3	7,32
Δάπεδο α' ορόφου					2,87	72	206,64
οροφή					3,76	72	270,72
Παράθυρα					3,7	10,56	39,07



## 9.ΠΡΟΤΥΠΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ

### 9.1. ΚΥΠΡΟΣ: Κατοικία στην Γεροσκήπου

Η πρώτη πρότυπη βιοκλιματική κατοικία που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία βρίσκεται στην Κύπρο και συγκεκριμένα σε μια κωμόπολη ανατολικά της πόλης της Πάφου η οποία ονομάζεται Γεροσκήπου. Η κωμόπολη αυτή είναι μια παραλιακή κωμόπολη κάτι που συνεπάγεται ότι η θερμοκρασία παρουσιάζει σχετικά μικρές διακυμάνσεις ολόχρονα και ειδικά την θερινή περίοδο η υγρασία είναι αυξημένη. Η παρουσιαζόμενη κατοικία είναι έκτασης

236m<sup>2</sup>, έχει επιπλέον ένα υπόγειο έκτασης 121m<sup>2</sup> και έχει ανεγερθεί εντός οικοπέδου έκτασης 652m<sup>2</sup>. Ο προσανατολισμός του κτιρίου που κατασκευάστηκε είναι νοτιοδυτικός. Το οικοδόμημα έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε στάθμη του να είναι «ισόγεια» δηλαδή να βρίσκεται παντού σε επαφή με το έδαφος. Επιπλέον κάθε στάθμη έχει την δική της αυλή που επηρεάζει το μικροκλίμα της. Η εικόνα 35 δείχνει την μορφή του κτιρίου.



Εικόνα 36. Νοτιοδυτικός προσανατολισμός βιοκλιματικής οικίας στην Γεροσκήπου

Το οικόπεδο συνολικά χωρίζεται σε τρεις στάθμες με την οικία να καταλαμβάνει τις δύο και το υπόγειο την τρίτη. Το υπόγειο βρίσκεται στην στάθμη Α και από πάνω του υπάρχει η αυλή. Στην στάθμη Β βρίσκονται οι κύριοι χώροι της κατοικίας ήτοι το καθιστικό, το γραφείο, η τραπεζαρία και η κουζίνα. Στην στάθμη Γ είναι τοποθετημένα τα τρία υπνοδωμάτια της οικίας. Όλοι οι βοηθητικοί χώροι (λουτρό, χώροι υγιεινής,

κλιμακοστάσια, διάδρομοι) βρίσκονται στην βορειοδυτική πλευρά του κτιρίου. Αντίθετα η είσοδος που οδηγεί στο καθιστικό βρίσκεται στην νοτιοδυτική πλευρά του κτιρίου.

Το κτίριο έχει πολύ μεγάλα ανοίγματα κλειστά με υαλοπίνακες. Ιδιαίτερα στο καθιστικό είναι πραγματικά πολύ μεγάλης έκτασης όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα. Αυτό επιτρέπει τα μεγάλα ηλιακά κέρδη τον χειμώνα με αποτέλεσμα τον περιορισμό των απαιτήσεων θέρμανσης. Στο πάνω μέρος του κτιρίου όμως, πάνω από τα ανοίγματα υπάρχει ένας πρόβολος που φαίνεται και στην προηγούμενη φωτογραφία. Ο πρόβολος αυτός είναι σχεδιασμένος και μελετημένος ώστε το καλοκαίρι να επαρκεί να σκιάσει πλήρως τα ανοίγματα μηδενίζοντας την άμεση ηλιακή ακτινοβολία προς τον χώρο. Επίσης τοποθετούνται σκίαστρα ώστε να περιορίσουν την ανακλώμενη ακτινοβολία να εισέλθει στον χώρο αλλά ταυτόχρονα για να εξασφαλίσουν και την ιδιωτικότητα των κατοίκων. Η πλειονότητα των ανοιγμάτων (μαζί με τους σωστά σχεδιασμένους προβόλους και τα σκίαστρα) βρίσκεται κατά μήκος της πρόσοψης του κτιρίου, δηλαδή στην νοτιοδυτική πλευρά των σταθμών Β και Γ κάτι που εξασφαλίζει πλήρη ηλιασμό σε όλους τους κύριους χώρους του κτιρίου και στα υπνοδωμάτια. Κατά δεύτερο λόγο, σε μικρότερη έκταση, υπάρχουν ανοίγματα στην βορειοανατολική όψη (αυτά που φαίνονται στην εικόνα 35 παραπάνω) για λόγους θέας καθώς αυτή η όψη εξασφαλίζει μια ωραία θέα στους κατοίκους. Λιγότερα και μικρότερου μεγέθους ανοίγματα υπάρχουν στην βορειοδυτική όψη κυρίως για να επιτρέπουν τον αερισμό και κατ' επέκταση τον φυσικό δροσισμό της οικίας την θερινή περίοδο.

Η μεγάλη ιδιαιτερότητα της συγκεκριμένη οικίας είναι η κατασκευή της σε διαφορετικές στάθμες. Έτσι το κτίριο είναι τοποθετημένο, σκαμμένο κλιμακωτά στην βορειοδυτική του πλευρά κάτι που φαίνεται στην εικόνα 36. Η συνεχής επαφή με το έδαφος τόσο στο κάτω μέρος όσο και στην βόρεια πλευρά έχει πολλά πλεονεκτήματα. Το σημαντικότερο είναι ότι δεν αφήνει εκτεθειμένο κανένα τμήμα του κτιρίου στους βόρειους ανέμους. Επιπλέον το έδαφος είναι ένα άριστο θερμομονωτικό υλικό που περιορίζει τις απώλειες θερμότητας καθώς βρίσκεται πάντα σε σταθερή θερμοκρασία. Αυτό επιτρέπει τον περιορισμό των αναγκών θέρμανσης τον χειμώνα και των αναγκών ψύξης το καλοκαίρι. Επιπλέον το κτίσμα έχει βαφτεί με άσπρο ψυχρό χρώμα κάτι που επιτρέπει την υψηλή αντανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας και περιορίζει την θέρμανση των δομικών στοιχείων και κατ' επέκταση των χώρων του την θερινή περίοδο. Τέλος, έχει τοποθετηθεί

εξωτερική θερμομόνωση, κατασκευασμένη από εξηλασμένη πολυστερίνη, η οποία καλύπτει πλήρως το κέλυφος μηδενίζοντας τις θερμογέφυρες άρα και τις απώλειες θερμότητας.



**Εικόνα 37.** Όψη βιοκλιματικής κατοικίας στην Γεροσκήπου

Σε κάθε επίπεδο, σε κάθε στάθμη υπάρχει αυλή στην οποία έχουν φυτευτεί φυτά τόσο για αισθητικούς λόγους όσο και για να διαμορφώνουν τοπικά το μικροκλίμα. Έτσι λοιπόν στην στάθμη Α, δίπλα από το υπόγειο, υπάρχει μια μικρή αυλή σχεδιασμένη με βάση την παραδοσιακή αρχιτεκτονική της περιοχής και φυτεμένη με φυτά ανθεκτικά στην ξηρασία. Η αυλή αυτή βοηθάει στην ύπαρξη δροσερών αύρων την θερινή περίοδο δημιουργώντας ένα μικροκλίμα με χαμηλότερες θερμοκρασίες. Ταυτόχρονα αισθητικά είναι η πρώτη εικόνα που έχει κάποιος επισκέπτης στην οικία. Η αυλή αυτή φαίνεται στην εικόνα 37.



**Εικόνα 38.** Αυλή Α' στάθμης βιοκλιματικής οικίας στην Γεροσκήπου

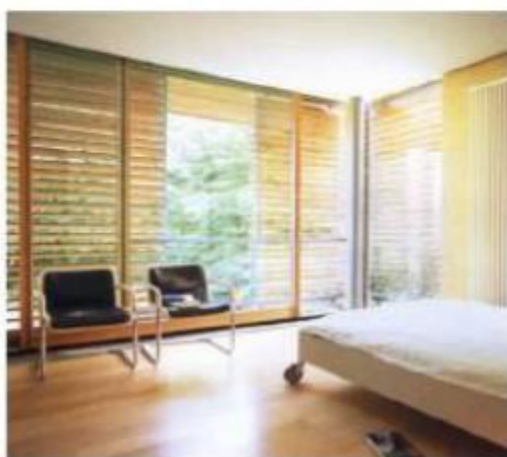
Ακολουθώς, στην στάθμη Β, και πάνω από το υπόγειο της στάθμης Α, υπάρχει φυτεμένο γρασίδι σε μεγάλη έκταση (φαίνεται στην εικόνα 35) και περιμετρικά έχουν τοποθετηθεί φυλλοβόλα δέντρα ώστε να προσφέρουν σκιά την θερινή περίοδο και να διαμορφώνουν μικροκλίμα χαμηλότερης θερμοκρασίας αλλά ταυτόχρονα να επιτρέπουν τον ηλιασμό την χειμερινή περίοδο όταν δεν έχουν φύλλα. Το γρασίδι βοηθάει επίσης στην μείωση της θερμοκρασίας του μικροκλίματος, ειδικά την θερινή περίοδο, καθώς όταν ποτίζεται το νερό που εξατμίζεται μειώνει την θερμοκρασία τοπικά. Στην τρίτη στάθμη της οικίας υπάρχουν φυτεμένα πυκνά δέντρα στην βόρεια πλευρά με στόχο να περιορίζουν όσο το δυνατό περισσότερο τους βόρειους ανέμους που προσπίπτουν στο κτίριο και με αυτό τον τρόπο να ελαχιστοποιούν την απώλεια θερμότητας του κτιρίου.

## **9.2. ΓΕΡΜΑΝΙΑ: Κατοικία στο Μόναχο**

Ένα δεύτερο παράδειγμα αποτελεί μια βιοκλιματική κατοικία στο Μόναχο της Γερμανίας. Η συγκεκριμένη κατοικία τηρεί τις περισσότερες αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η κατασκευή της κατά βάση βασίζεται στο ξύλο, το μέταλλο και το μπετόν, αποφεύγοντας την χρήση άλλων δομικών υλικών (Γκουντάνα, 2014). Η οικία είναι νότια προσανατολισμένη και είναι πλήρως καλυμμένη από υαλοπίνακες. Οι υαλοπίνακες αυτοί επιτρέπουν τον ηλιασμό τον χειμώνα και ταυτόχρονα καταργούν τον οπτικό διαχωρισμό εσωτερικού και εξωτερικού χώρου δίνοντας στους κατοίκους του κτιρίου άπλετη θέα στον κήπο. Ένα ξύλινο πέτασμα τοποθετείται αντί προβόλου στο πάνω μέρος της νότιας πλευράς για να σκιάζει τους υαλοπίνακες κατά την θερινή περίοδο. Η προστασία της ιδιωτικότητας των κατοίκων γίνεται με χρήση περσίδων κατασκευασμένων από ξύλο οι οποίες κλείνουν και μονώνουν οπτικά τον χώρο. Οι περσίδες είναι χρήσιμες ταυτόχρονα και για τον περιορισμό της ανακλώμενης ακτινοβολίας τις έντονης ακτινοβολίας των θερινών μηνών. Η όψη της οικίας αυτής φαίνεται στις φωτογραφίες της εικόνας 38 της επόμενης σελίδας.

Η ύπαρξη των μεγάλων υαλοπινάκων της πρόσοψης όμως έχει και το μειονέκτημα ότι συνεπάγεται μεγάλη απώλεια θερμότητας, ακόμη και στην περίπτωση που χρησιμοποιηθούν ενεργειακά τζάμια, διπλά, ακόμη και τριπλά. Ταυτόχρονα η ύπαρξη του ξύλινου πατώματος μεταξύ των ορόφων συνεπάγεται ότι αυτό δεν μπορεί να λειτουργήσει ως θερμική μάζα και να αποδώσει θερμότητα στον χώρο. Επιπλέον, ούτε η ξύλινη σκεπή μπορεί να λειτουργήσει ως αποθήκη θερμικής ενέργειας. Έτσι τα ηλιακά κέρδη βασίζονται

κυρίως στην άμεση ακτινοβολία και ακολούθως στην αποθήκευση ακτινοβολίας στο πάτωμα και τους τοίχους. Για αυτό τον λόγο το πάτωμα έχει καλυφθεί από ασβεστολιθικές πλάκες οι οποίες έχουν υψηλό συντελεστή θερμοχωρητικότητας και χαμηλότερη ανάκλαση σε σχέση με τα συμβατικά πλακάκια. Επιπλέον έχουν επιλεγθεί να έχουν σκούρο χρώμα ώστε να απορροφούν όσο το δυνατό περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία την οποία αποδίδουν στο κτίριο τις τελευταίες απογευματινές ώρες και τις βραδινές ώρες. Ο βόρειος τοίχος του κτιρίου είναι συμπαγής, μεγάλου πάχους και με ισχυρή θερμομόνωση ώστε να περιοριστούν όσο το δυνατό περισσότερο οι θερμικές απώλειες.



**Εικόνα 39.** Εικόνες βιοκλιματικής κατοικίας στο Μόναχο της Γερμανίας

Στο εξωτερικό της οικίας έχει δημιουργηθεί ένας μεγάλος κήπος με φυτά που δημιουργούν πολύ καλό μικροκλίμα. Ταυτόχρονα η ύπαρξη μιας μικρής λίμνης περιορίζει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος πέριξ του κτιρίου. Επίσης, στην νότια πλευρά υπάρχει γκαζόν το οποίο περιορίζει την ανάκλαση της ακτινοβολίας και κατά το πότισμά του περιορίζει περαιτέρω την θερμοκρασία πέριξ του κτιρίου. Η χαμηλή θερμοκρασία και η καλή ποιότητα αέρα του μικροκλίματος εξαιτίας των φυτών και του νερού βοηθάει τον φυσικό δροσισμό της οικίας.

### 9.3. ΕΛΛΑΔΑ: Κατοικία στην Θεσσαλονίκη

Η πρώτη κατοικία από τον ελληνικό χώρο που παρουσιάζεται είναι μια αυτόνομη κατοικία έκτασης περί τα 80m<sup>2</sup> στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης. Με βάσει τις τεχνικές οδηγίες του ΤΕΕ η Θεσσαλονίκη και γενικά η κεντρική Μακεδονία ανήκουν στην τρίτη

(Γ) κλιματική ζώνη, την δεύτερη πιο ψυχρή ζώνη της χώρας (Στεφανάκη, 2013). Η κατοικία αποτελείται από ένα ισόγειο έκτασης 56,25m<sup>2</sup> και ένα όροφο έκτασης 25,6m<sup>2</sup>. Στο ισόγειο της κατοικίας βρίσκονται οι κύριοι χώροι δηλαδή το σαλόνι και η κουζίνα. Επίσης βρίσκεται στο ισόγειο και ένα από τα δύο δωμάτιο. Το δεύτερο βρίσκεται στον πρώτο όροφο και τον καταλαμβάνει αποκλειστικά. Στην εικόνα 39 φαίνεται η όψη της περιγραφόμενης κατοικίας.



Εικόνα 40. Εσωτερική όψη βιοκλιματικής κατοικίας στην Θεσσαλονίκη

Η περιοχή στην οποία βρίσκεται είναι μια αραιοκατοικημένη περιαστική έκταση. Έτσι δεν υπάρχουν κοντινά κτίρια στην οικία κάτι που μηδενίζει τις περιμετρικές σκιάσεις του κτιρίου. Ταυτόχρονα τα δέντρα είναι σε μεγάλη απόσταση έτσι είναι απρόσκοπτη η ηλιοφάνεια στην κατοικία. Η κατοικία είναι κατασκευασμένη με νότιο προσανατολισμό και έχει στέγη κατασκευασμένη με την ιδανική για την περιοχή κλίση των 30ο ώστε σε αυτή να τοποθετηθούν φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η συγκεκριμένη κλίση έκφραση την μέγιστη πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας στο σύνολο του έτους άρα και την μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η κατασκευή του κελύφους της οικίας λαμβάνει υπόψη της τις βιοκλιματικές αρχές έχοντας αρκετά παθητικά συστήματα. Επιπλέον, η νότια πλευρά είναι καλυμμένη με μεγάλους υαλοπίνακες ενώ η βόρεια πλευρά έχει πολύ μικρά ανοίγματα ώστε να περιορίζονται οι απώλειες θερμότητας. Η απαραίτητη σκίαση των υαλοπινάκων για τους θερινούς μήνες γίνεται διαμέσου μιας πέργκολας και ενός μη μόνιμου συστήματος σκιασμού που τοποθετείται το καλοκαίρι και αφαιρείται τον χειμώνα. Στην εικόνα 40 φαίνονται δύο φωτορεαλιστικές απεικονίσεις αυτής της κατοικίας όπως παράχθηκαν κατά την διάρκεια του σχεδιασμού της



**Εικόνα 41.** Φωτορεαλιστική απεικόνιση βιοκλιματικής κατοικίας στην Θεσσαλονίκη

#### 9.4. ΕΛΛΑΔΑ: Κατοικία στην Κηφισιά

Η δεύτερη ελληνική κατοικία είναι κατασκευασμένη στην Κηφισιά. Είναι μια πολύ μεγαλύτερη κατοικία συνολικής έκτασης 208,1m<sup>2</sup> αποτελούμενη από υπόγειο, ισόγειο και όροφο. Η κατασκευή της χαρακτηρίζεται από τον μεγάλο όγκο συμπαγών δομικών υλικών που αυξάνει την αποθηκευτική τους ικανότητα και μεγάλους υαλοπίνακες στην νότια πλευρά που αυξάνουν τα άμεσα ηλιακά κέρδη. Επιπλέον διαθέτει ένα θερμοκήπιο ενσωματωμένο στο κτίριο που έχει κλίση 75° και έχει ανοιγόμενα παράθυρα για την θερινή περίοδο. Με αυτό τον τρόπο η συγκεκριμένη οικία καταφέρνει να καλύψει το 53% των θερμικών της αναγκών και το υπόλοιπο καλύπτεται από ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης. Στην εικόνα 41 φαίνεται αυτή η οικία.



Εικόνα 42.. Μορφή βιοκλιματικής κατοικίας στην Κηφισιά

Η σκίαση των μεγάλων υαλοπινάκων γίνεται με την ύπαρξη προβόλου. Επιπλέον έχει τοποθετηθεί μια κατακόρυφη τέντα η οποία δύναται να σκιάσει πλήρως τους υαλοπίνακες. Μια μικρή απόσταση, ένα κενό, μεταξύ της τέντας και των υαλοπινάκων επιτρέπει τον αερισμό του κτιρίου. Τα υπόλοιπα ανοίγματα του κτιρίου φέρουν συρόμενα παντζούρια εξωτερικά ώστε να επιτυγχάνεται η σκίαση. Στο κτίριο αυτό, πέραν των όλων



άλλων που έχουν παρουσιαστεί ξεχωρίζει και η αιολική καμινάδα, ένα άνοιγμα της οροφής από τον οποίο εξάγεται διαμέσου φυσικού ελκυσμού θερμός αέρας από το κτίριο και εισάγεται φρέσκος, κρύος από τα ανοίγματα. Η αιολική καμινάδα λειτουργεί μόνο την θερινή περίοδο.

### **9.5. ΕΛΛΑΔΑ: Κατοικίες στην Αγριά Βόλου**

Η παρουσίαση βιοκλιματικών κατοικιών ολοκληρώνεται με ένα συγκρότημα κατοικιών κατασκευασμένων στην Αγριά Βόλου, μια παραθαλάσσια κωμόπολη ακριβώς κάτω από το όρος Πήλιο. Το συγκρότημα αυτό αποτελείται από παθητικές κατοικίες οι οποίες σχεδιάστηκαν σε συνεργασία με το Διεθνές Ινστιτούτο Παθητικών Σπιτιών. Απεικονίζονται στην εικόνα 42.



**Εικόνα 43.** Συγκρότημα παθητικών κατοικιών στην Αγριά Βόλου

Ο σχεδιασμός των συγκεκριμένων κατοικιών πληροί πέντε βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, τις ακόλουθες:

1. Έχει σχεδόν μηδενικές δαπάνες για θέρμανση και δροσισμό περιορίζοντας τις ανάγκες του κατά 90%.
2. Παρουσιάζει άριστη ποιότητα αέρα εντός των κατοικιών.
3. Έχει μηδενική υγρασία, μούχλα και σκόνη εντός των κατοικιών.
4. Αυξάνεται ο ελεύθερος χώρος εντός των κατοικιών αφού πλέον δεν υπάρχουν συστήματα θέρμανσης.
5. Παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής τα κτίρια αλλά και οι εγκαταστάσεις στο εσωτερικό εξαιτίας του καλύτερου περιβάλλοντος.

Τα συγκεκριμένα κτίσματα έχουν την δυνατότητα να παρουσιάζουν εσωτερικές θερμοκρασίες 20oC την ώρα που η θερμοκρασία περιβάλλοντος φτάνει τους 0oC. Αυτό επιτρέπει την σχεδόν πλήρη κάλυψη των αναγκών θέρμανσης. Ταυτόχρονα, η μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά επιτρέπει την εισαγωγή φρέσκου αέρα στο κτίριο επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα τον αερισμό του κτιρίου. Αυτά συνεπάγονται μηδενικά λειτουργικά έξοδα για κάλυψη θέρμανσης και αερισμού εκτός αν οι κάτοικοι επιθυμούν μεγαλύτερη εσωτερική θερμοκρασία ή εάν υπάρχει πολύ δριμύ ψύχος, για μερικές μέρες του έτους. Το κόστος κατασκευής των παθητικών κατοικιών γενικά είναι μεγαλύτερο (εκτιμάται διαφορά μεταξύ 60 και 120 ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο) όμως ο περιορισμός του κόστους λειτουργίας οδηγεί σε εξοικονόμηση των χρημάτων αυτών, σε απόσβεση, σε περίπου 3,5 με 4 έτη. Οπότε σε βάθος ετών οι παθητικές κατοικίες είναι οικονομικότερες εν συγκρίσει με τις συμβατικές (Χατζούλης, 2012).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της μελέτης περίπτωσης του βιοκλιματικού σπιτιού ανέδειξε τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής της θερμομόνωσης κελύφους, των κατάλληλων κουφωμάτων, της χρήσης των ανεμιστήρων οροφής, του φυσικού αερισμού, του ηλιακού θερμοκηπίου, των τοίχων θερμικής αποθήκευσης, των ενεργειακών φωτισωτών, της σκίασης από δέντρα, του εξωτερικού χρωματισμού, του φυτεμένου δώματος, του φράγματος ακτινοβολίας και της τεχνητής σκίασης. Όσον αφορά τη θερμομόνωση κελύφους, η μελέτη έδειξε ότι η μείωση ή ελαχιστοποίηση των θερμογεφυρών, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την θερμοροπή και την υγρασία που παρατηρείται στα σημεία όπου υπάρχουν οι θερμογέφυρες, είναι ικανές να αυξήσουν την ποιότητα αέρα στον εσωτερικό χώρο του σπιτιού. Αντίθετα, στις συμβατικές κατοικίες, οι θερμογέφυρες υπάρχουν και επιβαρύνουν ενεργειακά το κτίριο καθώς και την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος. Στα βιοκλιματικά κτίρια πολλές φορές στη στέγη εφαρμόζονται διπλές τεγίδες, που δημιουργούν φυσικό αερισμό της στέγης, ενώ ταυτόχρονα αποφεύγεται η δημιουργία υγρασίας που θα επιβάρυνε το περιβάλλον του χώρου.

Τα κουφώματα που χρησιμοποιούνται στα βιοκλιματικά κτίρια στοχεύουν στον περιορισμό της μετάδοσης της θερμότητας μέσω των διαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου. Σε ένα συμβατικό κτίριο, τα κουφώματα αποτελούν μεγάλες εστίες θερμικών απωλειών καθώς συνήθως είναι παλαιάς τεχνολογίας, χωρίς την ικανότητα να διακόπτουν την μετάδοση θερμότητας, έχοντας περιορισμένη αεροστεγανότητα. Αντίθετα, στο βιοκλιματικό κτίριο προωθείται η εγκατάσταση σύγχρονων, πιστοποιημένων κουφωμάτων, υψηλής ενεργειακής απόδοσης τα οποία διαθέτουν θερμοδιακοπή, με αποτέλεσμα τη δραστική μείωση των απωλειών κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του κλοκαιριού. Κατά τους θερινούς μήνες, το κτίριο απορροφά θερμότητα, σημαντική αυξημένη σε σχέση με τον χειμώνα, με αποτέλεσμα κάποιες φορές να προκαλείται υπερθέρμανση του κτιρίου. Στο βιοκλιματικό κτίριο η χρήση ανεμιστήρων οροφής, ενισχύει το φαινόμενο του φυσικού αερισμού, με μια ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Οι ανεμιστήρες οροφής είναι ικανοί να ρίξουν την θερμοκρασία του κτηρίου κατά 2 έως 3°C, καθώς προκαλούν την κίνηση του αέρα. Το χαμηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης των ανεμιστήρων οροφής και η ελάχιστη ενέργεια που

δαπανούν αποτελούν δύο επιπλέον πλεονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας. Επιπλέον, ο φυσικός αερισμός των βιοκλιματικών κτιρίων συμβάλει σημαντικά στις σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες εντός των κατοικιών τους θερινούς μήνες. Ο φυσικός αερισμός εφαρμόζεται κυρίως τις νυχτερινές ώρες και γίνεται είτε από διαμπερή ανοίγματα, είτε με ανοίγματα που υπάρχουν καθ' ύψος του κτιρίου, οπότε και δημιουργείται φυσικός ελκυσμός, ο οποίος είναι υπεύθυνος για τις περισσότερες εναλλαγές αέρα ανά ώρα. Επιπροσθέτως, το ηλιακό θερμοκήπιο των βιοκλιματικών κατοικιών προσδίδει τα ηλιακά του κέρδη άμεσα τη μέρα, ενώ τη νύχτα είναι απομονωμένο διατηρώντας κλειστά τα ενδιάμεσα ανοίγματα.

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης των βιοκλιματικών κτιρίων απορροφούν τη θερμική ενέργεια από τον τοίχο, θερμαίνοντας την εξωτερική επιφάνεια του σπιτιού, και στη συνέχεια μεταφέρουν αυτή τη θερμότητα σε όλο την μάζα του τοίχου, φτάνοντας μέχρι και την εσωτερική πλευρά του τοίχου. Οι ενεργειακοί φωτοσωλήνες των βιοκλιματικών κτιρίων στηρίζονται στην αρχή της διάθλασης του φωτός και χρησιμοποιούνται για τη δυνατότητα τους να μεταφέρουν φως σε χώρους όπου δεν έχουν πρόσβαση σε φυσικό φωτισμό, καθιστώντας τα βιοκλιματικά κτίρια, ανεξάρτητα από τη χρήση λαμπτήρων φωτισμού. Τέλος, η σκίαση από δέντρα και η τεχνητή σκίαση ενός βιοκλιματικού κτιρίου, παρεμποδίζει τις ακτίνες του ήλιου να εισέρχονται αυτούσιες εντός του χώρου του σπιτιού, συμβάλλοντας έτσι στη διατήρηση ενός κλίματος δροσιάς κατά την περίοδο του καλοκαιριού.

Γενικότερα, η παρούσα εργασία έδειξε τα μεγάλα πλεονεκτήματα του βιοκλιματικού σπιτιού έναντι του συμβατικού. Αν και το βιοκλιματικό σπίτι είναι περισσότερο δαπανηρό ως προς το κόστος κατασκευής, τα υπόλοιπα πλεονεκτήματα των βιοκλιματικών οικιών προσδίδουν μεγάλη οικονομία στη συνέχεια, με αποτέλεσμα να γίνεται γρήγορα η απόσβεση του αρχικά μεγαλύτερου κόστους παραγωγής. Τα συμβατικά κτήρια, γενικότερα χαρακτηρίζονται ως κτήρια υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης και υψηλών δαπανών. Αντίθετα ο τα βιοκλιματικά σπίτια χαρακτηρίζονται από μηδενικό ισοζύγιο κατανάλωσης, μηδενικός.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Αλεξανδρή Ε., Αξαρή Κ., Γράβας Κ., Δημούδη Α., Λαμπροπούλου Ε., Χρονάκης Ε., 2011, «Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων», Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ. Ανάκτηση από:

<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/anartesechoristitlo>

Αναστασίου Μ., 2012, «Η συμβολή του αίθριου στον βιοκλιματικό σχεδιασμό», Διάλεξη, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πολυτεχνείο Ξάνθης, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ξάνθη.

Ανδρεαδάκη – Χρονάκη Ε., 2006, «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Περιβάλλον και Βιωσιμότητα», University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Ανδρουλάκης Γ., Ανδρουλάκης Σ., Κυρκας Ν., 2010, «Μελέτη, τρισδιάστατη μοντελοποίηση και κατασκευή μακέτας βιοκλιματικής», Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Κρήτης, Χανιά.

Αντωνίου Α., 2009, «Φυτεμένα δώματα», Διπλωματική εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Αξαρή Κ., 2009, «Ενεργειακός σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση κτιρίων – Γενικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος.

Γαγλία Α., Λάσκος Κ., 2010, «Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης», τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος.

Γκουντάνα Ε., 2014, «Από τις βιοκλιματικές αρχές, προς τις κατοικίες σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας», Διπλωματική εργασία, .Π.Μ.Σ. Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Ευθυμιάδης Α.Γ., 2014, «Εναλλακτικές τεχνολογίες θέρμανσης – Εξοικονόμηση ενέργειας». Ανάκτηση από:

[http://meleagros.iep.edu.gr/uploaded\\_files/ENALLAKTIKA\\_SYSTIMATA\\_THERMANSIS\\_KAI\\_EXIKONOMISIS.pdf](http://meleagros.iep.edu.gr/uploaded_files/ENALLAKTIKA_SYSTIMATA_THERMANSIS_KAI_EXIKONOMISIS.pdf)

Ζαφειρόπουλος Α., 2011, «Ενεργειακή μελέτη κτιρίου με βιοκλιματικά κριτήρια», Διπλωματική εργασία, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.

Κ.Α.Π.Ε., Κ.Α., 2004, «Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με Βιοκλιματικά Κριτήρια», Εκδόσεις Κ.Α.Π.Ε.

Κακάρας, Ε.Κ., 2014, «Σύγκριση κόστους θέρμανσης από διάφορες τεχνολογίες», Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Καραπαναγιώτη Α., 2012, «Μελέτη ποιοτικών χαρακτηριστικών εδαφών δυτικής Κρήτης για χρήση τους ως δομικά υλικά βιοκλιματικών κατασκευών», Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

Κ.Εν.Α.Κ., 2010, «Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων», Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010.

Μολλά Α., 2013, «Ενεργειακό σπίτι. Τρόποι και συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας στο σύγχρονο ελληνικό σπίτι», Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Παπακόστας Κ., 2009, «Εξοικονόμηση ενέργειας σε συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού». Ανάκτηση από:

[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHITES/SEMINARIA/PALAIOTER\\_A\\_SEMINARIA/H\\_KYKLOS\\_S\\_M\\_D\\_IAN\\_FEB\\_09/ENERGEIAKOS\\_SXEDIASMOΣ\\_NE\\_WN\\_KAI\\_YFISTAMENWN\\_KTHRIWN/K.%20%D0%C1%D0%C1%CA%D9%D3%D4%C1%D32009-%D3%D5%D3%D4%C7%CC%C1%D4%C1%20%C8%C5%D1%CC%C1%CD%D3%C7%D3-%CA%CB%C9%CC%C1%D4%C9%D3%CC%CF%D5.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHITES/SEMINARIA/PALAIOTER_A_SEMINARIA/H_KYKLOS_S_M_D_IAN_FEB_09/ENERGEIAKOS_SXEDIASMOΣ_NE_WN_KAI_YFISTAMENWN_KTHRIWN/K.%20%D0%C1%D0%C1%CA%D9%D3%D4%C1%D32009-%D3%D5%D3%D4%C7%CC%C1%D4%C1%20%C8%C5%D1%CC%C1%CD%D3%C7%D3-%CA%CB%C9%CC%C1%D4%C9%D3%CC%CF%D5.pdf)

Πατσιάς Χ., 2012, «Μελέτη και εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας σε δημόσιους χώρους και σε χώρους παραγωγής», Διπλωματική εργασία, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.

Πετσάβα Ε., 2006, «Εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της βιοκλιματικής δόμησης στην Αττική», Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Στεφανάκη Τ., 2013, «Ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα σε ενεργειακά κελύφη κτιρίων», Διπλωματική εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.

Στρατάκος Κ., 2009, «Βέλτιστη προσαρμογή φορτίου με φωτοβολταϊκή γεννήτρια», Διπλωματική εργασία, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.

Τσαρτσάλης Χ., 2012, «Εξοικονόμηση ενέργειας με εφαρμογή ηλιοθερμικών», Διπλωματική εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Τσιριγάκης Α., 2013, «Συστήματα και διατάξεις εξοικονόμησης ενέργειας σε εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης», Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο.

Χατζηδημητρίου Α., Αξαρλή Κ., Γιαννάς Σ., 2008, «Επίδραση των υλικών επίστρωσης των αστικών υπαίθριων χώρων στην διαμόρφωση του μικροκλίματος», Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, Αθήνα.

Χατζούλης Σ., 2012. Ανάκτηση από: <https://x-g.gr/home.html>