



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

«ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ»

«Σχεδίαση για Αειφορία, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός»

Διπλωματική Εργασία Μεταπτυχιακών Σπουδών

Μαρία Ρούσσου

AM 19016

Επιβλέπων: Βασίλειος Μουλιανίτης

Μέλη: Σπύρος Κίζης, Κωνσταντίνος Μπίσας

Σύρος, Φεβρουάριος 2021

Ευχαριστίες

Στον επιβλέποντα μου κ. Βασίλειο Μουλιανίτη, για την πολύτιμη καθοδήγηση του και συνολική υποστήριξη του μέχρι την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αλλά και στον κ. Σπύρο Μποφυλάτο για την επιπρόσθετη βοήθεια και συμβουλευτική που μου παρείχε

Περίληψη

Η εφαρμογή των στρατηγικών του βιοκλιματικού σχεδιασμού σκοπό έχει μέσα από τον προσεκτικό σχεδιασμό των μορφών, της γεωμετρίας και της χωροθέτησης των κτηρίων, σε συνδυασμό με τη σωστή επιλογή των δομικών υλικών, τον εξοπλισμό και την κατανομή των λειτουργιών, την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση του συνόλου των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Αρχικά γίνεται ιστορική αναδρομή όπου μέσα από τις φράσεις αρχαίων Ελλήνων φιλόσοφων αποδεικνύεται ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εφαρμόζεται από την κλασική εποχή (500π.Χ.). Στη συνέχεια, οι τεχνίτες της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής κατασκευάζουν κτήρια με κύρια χαρακτηριστικά το σεβασμό προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Έπειτα παρουσιάζεται η σημαντικότητα της μελέτης της ηλιακής γεωμετρίας και ακτινοβολίας για τον υπολογισμό των ενεργειακών φορτίων που απαιτούν τα κτήρια.

Ακολουθούν οι ορισμοί του βιοκλιματικού σχεδιασμού και της θερμικής άνεσης, περιγράφονται οι συνθήκες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση στο εσωτερικό των κτηρίων και αναλύονται τα κύρια χαρακτηριστικά του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις φυσικές ροές ενέργειας από το περιβάλλον μέσα και γύρω από το κτήριο και αναλύονται οι μέθοδοι και οι τεχνικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Παρακάτω γίνεται περιγραφή των βιοκλιματικών χαρακτηριστικών μίας υφιστάμενης κατοικίας που βρίσκεται στο μεσαιωνικό οικισμό της Άνω Σύρου της Σύρου και μίας νέας κατοικίας που θα κατασκευαστεί στην περιοχή των Λαζαρέττων του ίδιου νησιού.

Ως συμπέρασμα προκύπτει ότι η εφαρμογή των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού στα κτήρια παρουσιάζει θετικό αντίκτυπο σε κοινωνικό, περιβαλλοντικό και οικονομικό επίπεδο. Μέσα από τη σύγκριση των δύο παραπάνω κατοικιών αναλύονται οι βιοκλιματικές στρατηγικές που συναντώνται σε κάθε ένα από αυτά και καταγράφονται οι ομοιότητες και οι διαφορές τους.

Λέξεις Κλειδιά

Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική, Ηλιακή Γεωμετρία, Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική, Παθητικός Δροσισμός, Σκίαση, Παθητικά Συστήματα Θέρμανσης, Συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Abstract

The implementation of bioclimatic design strategies aims through careful planning of the forms, geometry and location of buildings, combined with the correct selection of building materials, equipment and distribution of functions, energy saving and reduction of all environmental impacts.

Initially there is a historical flashback where through the phrases of ancient Greek philosophers it turns out that bioclimatic design has been applied since the classical era (500 BC). Afterwards, the craftsmen of traditional architecture construct buildings with the main characteristics respect for man and the environment.

Subsequently, the importance of the study of solar geometry and radiation is presented for the calculation of the energy loads required by buildings.

Below are the definitions of bioclimatic design and thermal comfort, describe the conditions that affect thermal comfort inside buildings and analyze the main characteristics of bioclimatic design.

In the following work, reference is made to natural energy flows from the environment in and around the building and the methods and techniques of bioclimatic design are analysed.

Finally, there is a description of the bioclimatic characteristics of an existing residence located in the medieval settlement of Ano Syros of Syros and a new residence that will be built in the Lazaretta area of the same island.

In conclusion, the application of the principles of bioclimatic design to buildings has a positive impact on social, environmental and economic issues. By comparing the above two houses, the bioclimatic strategies found in each of them are analysed by presenting/recording their similarities and differences.

Keywords

Bioclimatic Design, Traditional Architecture, Solar Geometry, Bioclimatic Architecture, Passive Cooling, Shading, Passive Heating Systems, Renewable Energy Systems

Περιεχόμενα

Περίληψη	II
Abstract.....	IV
Περιεχόμενα.....	VI
Πίνακας περιεχομένων εικόνων	IX
Πίνακας περιεχομένων πινάκων	X
Συντομογραφίες και ακρωνύμια	XI
Ορισμοί	XI
Εισαγωγή.....	1
Αντικείμενο και Στόχος	2
Διάρθρωση κεφαλαίων.....	3
Κεφάλαιο 1. Ιστορική αναδρομή.....	4
1.1. Κλασική εποχή.....	4
1.2. Παραδοσιακή αρχιτεκτονική.....	7
1.3. Μερικά συμπεράσματα	10
Κεφάλαιο 2. Ηλιακή γεωμετρία και ακτινοβολία.....	11
2.1. Γωνία πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας.....	11
2.2. Γεωμετρία Ήλιου - Γης.....	12
2.3. Σκίαση επιφανειών.....	14
2.4. Μεγιστοποίηση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνειες .	15
Κεφάλαιο 3. Βιοκλιματική αρχιτεκτονική	19
3.1. Η έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	19
3.2. Θερμική άνεση	21
3.3. Βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού	22
3.3.1. Προσανατολισμός και διάρθρωση χώρων	23
3.3.2. Κέλυφος και σχήμα κτηρίου.....	25
3.3.3. Θερμομόνωση	27
3.3.4. Αερισμός	27
3.3.4.1 Φυσικός αερισμός	28
3.3.4.2. Νυχτερινός φυσικός δροσισμός.....	29

3.3.5. Παθητικός δροσισμός	29
3.3.6. Σκίαση	30
3.4. Φυσικές ροές ενέργειας στο βιοκλιματικό σχεδιασμό	30
Κεφάλαιο 4. Μέθοδοι και τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού	33
4.1. Παθητικά συστήματα θέρμανσης	33
4.1.1. Παθητικός ηλιακός σχεδιασμός	35
4.1.2. Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους	38
4.1.3. Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους	40
4.1.3.1. Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης	40
4.1.3.2. Ηλιακός χώρος (θερμοκήπιο)	43
4.1.3.3. Ηλιακά αίθρια	46
4.1.4. Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους	47
4.2. Φυσικός αερισμός	48
4.2.1. Διαμπερής αερισμός	48
4.2.3. Καμινάδες ή πύργοι αερισμού	49
4.2.2. Ηλιακή καμινάδα	50
4.3. Φυσικός φωτισμός	51
4.4. Πράσινη στέγη / Φυτεμένο δώμα	52
4.5. Συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	52
4.5.1. Φωτοβολταϊκά συστήματα (ηλιακή ενέργεια)	53
4.5.2. Βιομάζα	54
4.5.3. Ανεμογεννήτριες (αιολική γεννήτρια)	54
4.5.4. Γεωθερμία	55
Κεφάλαιο 5. Κατοικίες στη Σύρο	57
5.1. Ιστορική αναδρομή	57
5.2. Αρχιτεκτονική οικισμού Άνω Σύρου	57
5.3. Περιγραφή υφιστάμενης κατοικίας	59

5.3.1 Εφαρμογές βασικών αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού στην υφιστάμενη κατοικία	63
5.4. Περιγραφή νέας κατοικίας.....	64
5.4.1. Εφαρμογές βασικών αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού στη νέα κατοικία	69
5.5. Αξιολόγηση κατοικιών	71
Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα.....	76
Βιβλιογραφία	80

Πίνακας περιεχομένων εικόνων

Εικόνα 1 - Αναπαράσταση κατοικίας στην Όλυνθο	5
Εικόνα 2 - Η αρχαία ελληνική πόλη Πριήνη, χτισμένη στη νότια πλαγιά του όρους	6
Εικόνα 3 - Τυπική αρχαιοελληνική κατοικία προσανατολισμένη στον άξονα βορρά – νότου	7
Εικόνα 4 - Εκλειπτική τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο	13
Εικόνα 5 – Ετήσια διακύμανση ηλιακού ύψους στην Αίγινα	14
Εικόνα 6 - Σκίαση και ηλιασμός επιφανειών.....	15
Εικόνα 7 - Διακύμανση ετήσιας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας συναρτήσεως της κλίσης και του προσανατολισμού της επιφάνειας	17
Εικόνα 8 - Βέλτιστη κλίση εγκατάστασης επιφάνειας συναρτήσεως του ηλιακού ύψους για τη μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	18
Εικόνα 9 – Βιοκλιματικό διάγραμμα σχεδιασμένο από τον Baruch Givoni	20
Εικόνα 10 – Βέλτιστη διάταξη εσωτερικών χώρων.....	25
Εικόνα 11 – Αναλογίες κτηριακών μεγεθών	26
Εικόνα 12 - Ροές ενέργειας από το περιβάλλον προς το κτήριο εντός του μικροκλίματος	32
Εικόνα 13 – Τα πέντε στοιχεία του παθητικού ηλιακού σχεδιασμού	34
Εικόνα 14 – Κάθετη βλάστηση κτηρίου	36
Εικόνα 15 – Βιοκλιματικό κτήριο στην Ισπανία.....	39
Εικόνα 16 - Λειτουργία τοίχου Trombe – Michel κατά τη διάρκεια της ημέρας	41
Εικόνα 17 - Λειτουργία τοίχου Trombe – Michel κατά τη διάρκεια της νύχτας	41
Εικόνα 18 – Λειτουργία ηλιακού χώρου – θερμοκήπιου κατά τη χειμερινή περίοδο	44
Εικόνα 19 - Λειτουργία του ηλιακού χώρου – θερμοκήπιου κατά την καλοκαιρινή περίοδο	45
Εικόνα 20 - Ηλιακός χώρος – θερμοκήπιο κατοικίας.....	45
Εικόνα 21 – Ηλιακό αίθριο	46
Εικόνα 22 – Λειτουργία συστήματος θερμοσιφωνικού πανέλου.....	47
Εικόνα 23 – Διαμπερής αερισμός	49
Εικόνα 24 – Πύργος αερισμού	50

Εικόνα 25 – Ηλιακή καμινάδα	51
Εικόνα 26 - Φωτοβολταϊκό πάνελ στο κέλυφος κτηρίου.....	53
Εικόνα 27 – Είδη ανεμογεννητριών.....	54
Εικόνα 28 – Λόφος Άνω Σύρου.....	58
Εικόνα 29 – Κάτοψη κατοικίας	60
Εικόνα 30 – Τομή ΑΑ'4 κατοικίας.....	61
Εικόνα 31 – Βόρεια όψη κατοικίας	62
Εικόνα 32 – Νότια όψη κατοικίας	62
Εικόνα 33 – Ανατολική όψη κατοικίας	63
Εικόνα 34 – Κάτοψη κατοικίας	66
Εικόνα 35 – Τομή ΑΑ'1 νέας κατοικίας.....	67
Εικόνα 36 – Νότια όψη κατοικίας	68
Εικόνα 37 – Βόρεια όψη κατοικίας	68
Εικόνα 38 – Δυτική όψη κατοικίας.....	69

Πίνακας περιεχομένων πινάκων

Πίνακας 1 – Θερμοχωρητικότητα συνηθέστερων δομικών υλικών	37
Πίνακας 2 – Βαθμολόγηση κατοικιών.....	72

Συντομογραφίες και ακρωνύμια

ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigeration, and AirConditioning Engineers

Ορισμοί

Πλίνθος: δομικό υλικό που κατασκευάζεται από πηλό (παλαιότερα και άχυρο) σε κυβικά καλούπια, ψήνεται ή στεγνώνει στον ήλιο.

Πωρόλιθος: είδος πορώδους ασβεστολιθικού πετρώματος, που χρησιμοποιείται στην οικοδομή.

Ηλιακό ύψος: το ύψος του ήλιου στον ορίζοντα.

Θερμοχωρητικότητα κτηρίου: η ικανότητα ενός κτηρίου να αποθηκεύει θερμότητα στο εσωτερικό του.

Αίθριο: ανοιχτός ή στεγασμένος με διαφανή υλικά χώρος στο κέντρο ενός κτηρίου.

Σχιστόπλακα: ταράτσα κτηρίου με επικάλυψη πέτρας.

Ξερολιθιά: λιθοδομή χωρίς συνδετικό κονίαμα.

Ιγκλού: το παραδοσιακό καταφύγιο των Εσκιμών (Inuit) που συναντάται στη Γροιλανδία και στα αρκτικά μέρη της Βόρειας Αμερικής. Είναι μια μικρή, θολωτού σχήματος καλύβα, κατασκευασμένη από κομμάτια πάγου (τούβλα) σκληρού χιονιού.

Εισαγωγή

Η αρχιτεκτονική για τη δημιουργία ενός αειφόρου μέλλοντος, χρησιμοποιεί ολιστικές, ολοκληρωμένες μεθόδους στον αστικό και περιφερειακό σχεδιασμό λαμβάνοντας υπόψη τα κτήρια, τα τοπία, το φυσικό περιβάλλον και τις υποδομές καθώς αποτελούν απαραίτητα στοιχεία. Ο προσεκτικός σχεδιασμός των μορφών, της γεωμετρίας και της χωροθέτησης σε συνδυασμό με τη σωστή επιλογή των δομικών υλικών, τον εξοπλισμό και την κατανομή των λειτουργιών, μειώνει τη χρήση πόρων, την παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου και το σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από 50% έως 80%.

Όλα τα αρχιτεκτονικά και σχεδιαστικά έργα ενός τόπου αντικατοπτρίζουν την κληρονομιά, τον πολιτισμό και τις κοινωνικές αξίες της καθημερινής ζωής της κάθε κοινότητας αποτελώντας μέρος ενός σύνθετου συστήματος που αλληλεπιδρά με το ευρύτερο φυσικό περιβάλλον.

Μέσω του βιοκλιματικού σχεδιασμού για αειφορία βελτιστοποιείται η απόδοση των έργων αφού γίνεται χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον υψηλής απόδοσης χρησιμοποιώντας κατάλληλα οικολογικά υλικά για κτήρια.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στοχεύει στη σημαντική μείωση των αποτυπωμάτων άνθρακα, των επικίνδυνων υλικών και τεχνολογιών και όλων των άλλων δυσμενών επιπτώσεων του δομημένου ανθρώπινου περιβάλλοντος στο φυσικό περιβάλλον (Copenhagen Declaration, 2009).

Οι βασικές λύσεις για το σχεδιασμό ενός βιοκλιματικού κτηρίου εμφανίζονται συνήθως στα παραδοσιακά κτήρια. Ορισμένες τροποποιήσεις και βελτιώσεις μπορούν να παρατηρηθούν ανάλογα με τις τοπικές παραδόσεις, τα διαθέσιμα υλικά, τις ανεπτυγμένες τεχνικές κ.τ.λ.

Σήμερα με την τεχνολογία αιχμής ένα βιοκλιματικό κτήριο, βασίζεται σε πολύ πιο προηγμένα συστήματα, τόσο παθητικά όσο και ενεργά. Επίσης, ο σεβασμός προς τη φύση δηλώνεται από τους περισσότερους αρχιτέκτονες. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις μία πιο λεπτομερή έρευνα αποκαλύπτει την έλλειψη κατανόησης της πολυπλοκότητας και την ευθραυστότητας των υπάρχοντων οικοσυστημάτων. Τα λεγόμενα πράσινα ή βιοκλιματικά κτήρια, αν

και κατασκευασμένα από ανανεώσιμα υλικά και ακόμη και βραβευμένα με ενεργειακά πιστοποιητικά, συχνά σχεδιάζονται χωρίς τη σωστή ανάλυση των ιδιοτεροτήτων του τοπικού περιβάλλοντος, ούτε του φυσικού ούτε του πολιτιστικού. Οι ευκαιρίες που δημιουργούνται από την τοποθεσία του κτηρίου, ειδικά από την άποψη των βιοκλιματικών συνθηκών που υπάρχουν, συνήθως αγνοούνται (Barbara Widera, 2015).

Αντικείμενο και Στόχος

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύεται ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, μία σχεδιαστική προσέγγιση που μπορεί να εφαρμοστεί σε κτήρια, τοπία, αστικές και περιφερειακές κλίμακες και στοχεύει στον άνθρωπο, στο περιβάλλον, στην ενέργεια και στην οικονομία. Σκοπός αυτής της σχεδιαστικής μεθόδου είναι η βελτιστοποίηση της απόδοσης των έργων χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον, η μείωση της παραγωγής των αερίων του θερμοκηπίου και του συνόλου των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Μέσω της ιστορικής αναδρομής από την αρχαία Ελλάδα έως και σήμερα αποδεικνύεται η εφαρμογή των βιοκλιματικών στρατηγικών στο παρελθόν. Ο υπολογισμός της ηλιακής γεωμετρίας και ακτινοβολίας αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα για τον υπολογισμό των ενεργειακών φορτίων ενός κτηρίου. Ακόμη, αναλύονται οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, οι μέθοδοι και τεχνικές του. Τέλος, γίνεται σύγκριση μεταξύ των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού που εντοπίζονται σε μία υφιστάμενη κατοικία εντός του μεσαιωνικού οικισμού της Άνω Σύρου και σε μία νέα κατοικία.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάδειξη των ωφελειών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στα κτήρια. Η καταγραφή όλων των παραγόντων που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη σχεδίαση ενός βιοκλιματικού κτηρίου και των βημάτων κατασκευής του καθώς το μέγεθος της ενεργειακής συνεισφοράς ενός βιοκλιματικά σχεδιασμένου κτηρίου είναι ανάλογο της ολιστικής προσέγγισης κατά τη φάση σχεδιασμού του.

Διάρθρωση κεφαλαίων

Στο Κεφάλαιο 1, γίνεται ιστορική αναδρομή στην κλασική εποχή παραθέτοντας φράσεις αρχαίων Ελλήνων φιλοσόφων και στοιχεία για αρχαίες ελληνικές πόλεις, που αποδεικνύουν ότι η βιοκλιματική αρχιτεκτονική εφαρμοζόταν από το 500π.Χ.. Έπειτα, στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική οι τεχνίτες συνεχίζουν να κατασκευάζουν κτήρια με σεβασμό προς τον άνθρωπο και το φυσικό περιβάλλον.

Στο Κεφάλαιο 2, αναλύεται η σημαντικότητα της ηλιακής γεωμετρίας και ακτινοβολίας στον υπολογισμό των φορτίων ψύξης και θέρμανσης ενός κτηρίου, της σκίασης μίας επιφάνειας και της διαμόρφωσης των συνθηκών φωτισμού ενός χώρου.

Στο Κεφάλαιο 3, περιγράφεται η έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού και οι στρατηγικές που πρέπει να ακολουθηθούν για την κατασκευή ενός κτηρίου σύμφωνα με αυτές τις αρχές. Οι βασικές παράμετροι που αναλύονται σε αυτό το κεφάλαιο είναι ο προσανατολισμός, το κέλυφος και το σχήμα κτηρίου, η θερμομόνωση, ο αερισμός, ο παθητικός δροσισμός και η σκίαση.

Στο Κεφάλαιο 4, αναπτύσσονται οι μέθοδοι και οι τεχνικές που εφαρμόζονται στο βιοκλιματικό σχεδιασμό. Περιγράφονται τα παθητικά συστήματα θέρμανσης, οι μέθοδοι φυσικού αερισμού και φυσικού φωτισμού, οι πράσινες στέγες/φυτεμένο δώμα και τέλος τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στο Κεφάλαιο 5, παρουσιάζεται μία υφιστάμενη κατοικία κείμενη στο μεσαιωνικό οικισμό της Άνω Σύρου και αναλύονται οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού που παρατηρούνται σε αυτή. Στη συνέχεια, σχεδιάζεται μία νέα κατοικία η οποία ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της αειφορίας και της εξοικονόμησης ενέργειας.

Στο Κεφάλαιο 6, διατυπώνονται τα συμπεράσματα από τη σύγκριση της υφιστάμενης και της νέας κατοικίας και αναλύονται τα περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Κεφάλαιο 1. Ιστορική αναδρομή

1.1. Κλασική εποχή

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός και η ηλιακή αρχιτεκτονική γεννήθηκαν στην αρχαία Ελλάδα. Τα πρώτα βιοκλιματικά κτήρια κατασκευάστηκαν το 500π.Χ.. Ο αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος Σωκράτης (469-399π.Χ) δίδασκε στους μαθητές του τα οφέλη του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Χαρακτηριστικές φράσεις με τις οποίες ξεκινούσε τα μαθήματα του είναι οι εξής: «όταν κάποιος θέλει να χτίσει ένα σπίτι, δεν πρέπει να το κάνει όσο γίνεται πιο ευχάριστο, αφού θα ζήσει μέσα σ' αυτό και όσο πιο χρήσιμο γίνεται;», «Και δεν είναι ευχάριστο ένα σπίτι που το καλοκαίρι είναι δροσερό και το χειμώνα ζεστό; Τώρα, από την εμπειρία μας βλέπουμε ότι στα σπίτια που έχουν νότιο προσανατολισμό, οι ακτίνες του ήλιου περνούν μέσα από τις σκεπασμένες βεράντες, αλλά το καλοκαίρι η διαδρομή του ήλιου είναι ακριβώς πάνω από τα κεφάλια μας και πάνω από την οροφή, έτσι έχουμε σκιά...»¹. Αναλύοντας τα οφέλη της ηλιακής αρχιτεκτονικής ο αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος Σωκράτης συμπεραίνει ότι σε ένα σπίτι κατασκευασμένο σύμφωνα με αυτές τις αρχές «ο ιδιοκτήτης θα βρει σε αυτό ένα καταφύγιο για όλες τις εποχές, γεγονός που καθιστά το σπίτι και χρήσιμο και ευχάριστο»². Ο αρχαίος φιλόσοφος Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.) προσθέτει επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τον ιδανικό προσανατολισμό μιας κατοικίας. Αναρωτάται «ποιος είναι ο τύπος της κατοικίας που πρέπει να χτίσουμε για σκλάβους και ελεύθερους άνδρες, για γυναίκες και άνδρες, για ξένους και πολίτες;» και απαντά ότι "για την ευζωία και την υγεία, η κατοικία πρέπει να είναι ευάερη το καλοκαίρι και ηλιόλουστη το χειμώνα. Μια κατοικία με αυτές τις ποιότητες θα πρέπει να αναπτύσσεται περισσότερο εις μήκος παρά εις ύψος και η πρόσοψή του να είναι στραμμένη προς το νότο". Ένας ακόμη αρχαίος Έλληνας που επισημαίνει τα οφέλη της ηλιακής αρχιτεκτονικής είναι ο τραγικός ποιητής Αισχύλος (525-456π.Χ.). Προς επιβεβαίωση των ιδεών του σώζεται το εξής κείμενο στο οποίο αναφέρεται στους Έλληνες σε αντίθεση με τους βαρβάρους «παρότι είχαν μάτια για να βλέπουν δεν έβλεπαν, είχαν αφτιά, αλλά δεν καταλάβαιναν. Όπως συμβαίνει στα όνειρα, χωρίς συγκεκριμένο σκοπό, διαμόρφωναν τα πάντα σε σύγχυση. Δεν γνωρίζουν ότι τα σπίτια

¹ John Perlin - Let it shine: The 6.000 year Story of Solar Energy

² Ibid.

πρέπει να είναι στραμμένα στον ήλιο και στριφογυρνούν σαν τα μυρμήγκια σε ανήλιες κοιλότητες»³.

Η πρώτη ηλιακή πόλη ήταν η Όλυνθος της Χαλκιδικής. Χαρακτηρίστηκε το τελειότερο ηλιακό άστυ καθώς ανακαλύφθηκαν ηλιακοί κλίβανοι στους οποίους έψηναν τους πλίνθους. Άλλα τέτοια παραδείγματα κατοικιών συναντάμε στην Πριήνη της Ιωνίας και στη Δήλο. Αναλυτικότερα, στην Πριήνη της Ιωνίας τα οικοδομικά συμπλέγματα ήταν το καλοκαίρι σκιερά και το χειμώνα ευήλια. Στη Δήλο παρατηρούνται ευθύγραμμα και καμπυλόγραμμα κτίσματα.



Εικόνα 1 - Αναπαράσταση κατοικίας στην Όλυνθο

Στην εικόνα 1, αναπαριστάται μία κατοικία στην Όλυνθο. Στο κέντρο της κατοικίας υπάρχει ένας ανοικτός χώρος, το αίθριο, που επιτρέπει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό της κατοικίας όπου όχι μόνο φωτίζει τους εσωτερικούς χώρους αλλά παράλληλα τους θερμαίνει.

Ακόμη ο πολεοδομικός σχεδιασμός της εποχής ήταν τέτοιος που βοηθούσε την πρόσβαση του φωτός στα σπίτια αφού χάραζαν τους δρόμους από τα ανατολικά προς τα δυτικά, έτσι ώστε κάθε σπίτι να έχει νότιο προσανατολισμό.

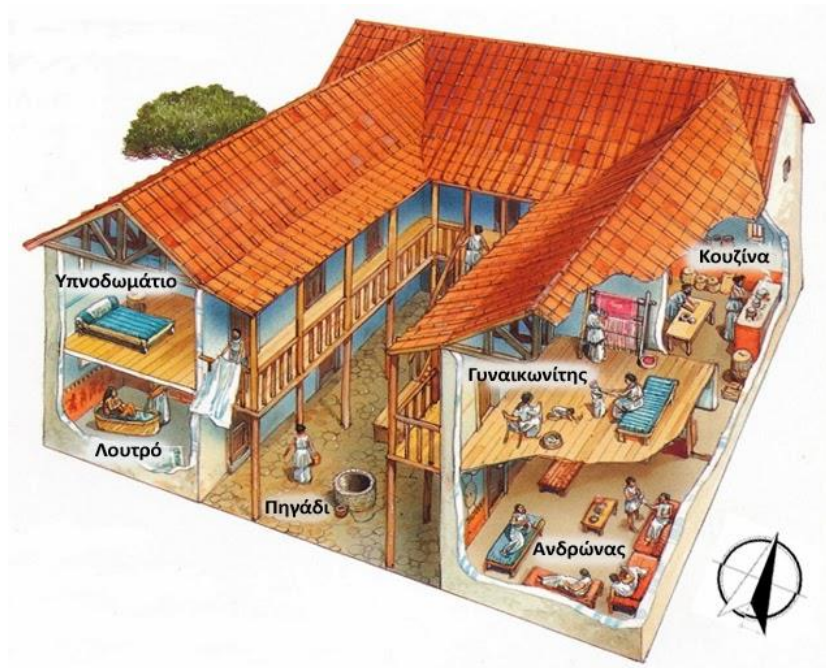
³ Ibid.

Αυτή η σχεδιαστική αρχή επέτρεπε σε κάθε ιδιοκτήτη σπιτιού να έχει πρόσβαση στο φως του ήλιου για θέρμανση το χειμώνα.



Εικόνα 2 - Η αρχαία ελληνική πόλη Πριήνη, χτισμένη στη νότια πλαγιά του όρους

Στην εικόνα 2, παρατηρούμε ότι οι δρόμοι εκτείνονται από ανατολή προς δύση ώστε οι κατοικίες να έχουν νότιο προσανατολισμό και άμεση ηλιακή ακτινοβολία κατά τη χειμερινή περίοδο.



Εικόνα 3 - Τυπική αρχαιοελληνική κατοικία προσανατολισμένη στον άξονα βορρά – νότου

Στην εικόνα 3 παρατηρούμε ότι τα κύρια δωμάτια, όπως το υπνοδωμάτιο, ο γυναικωνίτης και ο ανδρώνας έχουν νότιο προσανατολισμό για καλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τους χειμερινούς μήνες.

1.2. Παραδοσιακή αρχιτεκτονική

Παραδοσιακή αρχιτεκτονική ονομάζεται η ανώνυμη αρχιτεκτονική που ανάγεται στα μεταβυζαντινά χρόνια και κυρίως από τον 17^ο αιώνα έως και τις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Κύρια χαρακτηριστικά της είναι ο σεβασμός προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Αξιοποιώντας με τέτοιο τρόπο τη μορφολογία του εδάφους, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, τη γεωγραφική θέση, τον προσανατολισμό, τη βλάστηση, τα στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος και την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας ο παραδοσιακός τεχνίτης πετυχαίνει να διασφαλίζει τις βέλτιστες συνθήκες άνεσης εντός των κτηρίων. Η ανάγκη για προστασία των ενοίκων από τις καιρικές συνθήκες της περιοχής σε συνδυασμό με την αξιοποίηση του φυσικού περιβάλλοντος οδήγησε στην κατασκευή κτηρίων και κατ' επέκταση οικισμών απόλυτα ενταγμένων στο φυσικό περιβάλλον.

Οι τεχνικές που ακολουθούσαν ήταν ανάλογες της γεωγραφικής θέσης και της μορφολογίας του εδάφους. Επομένως, λόγω των διαφορετικών στοιχείων της κάθε περιοχής η παραδοσιακή αρχιτεκτονική χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες: στην πεδινή, στην ορεινή και στη νησιωτική αρχιτεκτονική.

Η ελληνική παραδοσιακή κατοικία έχει νότιο προσανατολισμό ώστε αξιοποιώντας την ηλιακή ακτινοβολία να παραμένει δροσερή το καλοκαίρι και ζεστή το χειμώνα.

Στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική χρησιμοποιούνται τοπικά υλικά για την κατασκευή των κτηρίων. Τα βασικά δομικά υλικά είναι η πέτρα και το ξύλο τα οποία ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες της κάθε περιοχής χρησιμοποιούνται με διαφορετική τεχνική. Αναλυτικότερα, στις ορεινές περιοχές χρησιμοποιείται η πέτρα τόσο για την εξωτερική τοιχοποιία όσο και για την επικάλυψη της ταράτσας του κτηρίου (σχιστόπλακα). Η λιθοδομή συνήθως είναι ξερολιθιά - πέτρα χωρίς συνδετικό κονίαμα - και το πάχος της κυμαίνεται από 50εκ. έως και 100εκ. ανάλογα με το ύψος και τη χρήση του κτηρίου. Το μεγάλο πάχος των εξωτερικών τοίχων εξασφαλίζει τη μόνωση και τις ήπιες θερμοκρασιακές μεταβολές εντός του κτηρίου. Στις ορεινές - δασώδεις περιοχές χρησιμοποιείται το ξύλο για την κατασκευή των εσωτερικών τοίχων, των πατωμάτων, των στεγών, των αρχιτεκτονικών προεξοχών, των σκαλών κ.α. για γρηγορότερα θέρμανση των εσωτερικών χώρων. Επίσης τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ο ασβέστης, το άχυρο, οι πλίνθοι, οι πωρόλιθοι, τα τούβλα, το γυαλί (τζαμιλίκια), ο γύψος, η άμμος, τα καλάμια, τα φύκια (μονωτικό υλικό), το αργιλόχωμα (νησιώτικα κτήρια) και τοπικά πετρώματα από την κάθε περιοχή. Η χρήση τοπικών υλικών μειώνει το κόστος παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας και ταυτόχρονα επιτυγχάνεται η εναρμόνιση του κτηρίου με το φυσικό περιβάλλον. Η απορρόφηση της θερμότητας του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας και η επανεκπομπή της κατά τη διάρκεια της νύχτας έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας όλο το χρόνο εντός του σπιτιού.

Οι στέγες των κτηρίων είναι επικλινείς ή επίπεδες και καταλήγουν σε περιμετρικό γείσο πλάτους 70 - 140εκ. το οποίο προστατεύει από την ηλιακή ακτινοβολία και τη βροχή. Η κατασκευή του περιμετρικού γείσου έχει ως

αποτέλεσμα τα παράθυρα να σκιάζονται και να μπορούν να μένουν ανοιχτά για τον καλύτερο αερισμό των εσωτερικών χώρων. Ακόμη το κτήριο προστατεύεται από τη βροχή προς αποφυγή εμφάνισης υγρασίας στους τοίχους. Οι επίπεδες ταράτσες χρησιμοποιούνται για τη συλλογή του νερού της βροχής και την αποθήκευση του στη στέρνα του κτηρίου για μεταγενέστερη χρήση.

Η παραδοσιακή κατοικία χωρίζεται σε θερινούς και χειμερινούς χώρους διαμονής. Συνήθως το ισόγειο επίπεδο χρησιμοποιείται το χειμώνα και ο όροφος, που διαθέτει μεγάλα ανοίγματα για επαρκή αερισμό, το καλοκαίρι.

Στη νότια πλευρά του κτηρίου βρίσκονται οι κύριοι χώροι ενώ στη βόρεια πλευρά συχνά τοποθετούνται οι βοηθητικές χρήσεις του κτηρίου όπως οι αποθήκες, το μαγειρίο και οι στάβλοι προφυλάσσοντας έτσι τους κύριους χώρους από τους ψυχρούς ανέμους. Ακόμη, τα ανοίγματα που βρίσκονται στη βόρεια πλευρά έχουν μικρές διαστάσεις εξασφαλίζοντας έτσι τον επαρκή φωτισμό και αερισμό ενώ παράλληλα έχουν μειωμένες θερμικές απώλειες.

Στην πρόσοψη του κτηρίου τοποθετούνται πέργκολες, εξώστες και κρεβατίνες με σκοπό την προφύλαξη των τοίχων από την ηλιακή ακτινοβολία και την υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων. Τα ανοίγματα έχουν μεγάλες διαστάσεις και σε συνδυασμό με τον νότιο προσανατολισμό τους επιτυγχάνεται ο βέλτιστος ηλιασμός καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Οι ημιυπαίθριοι χώροι παρέχουν ένα δροσερό χώρο για τη διαμονή των ενοίκων κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

Η βλάστηση στον περιβάλλοντα χώρο προστατεύει το κτήριο από την καλοκαιρινή ηλιακή ακτινοβολία ενώ το χειμώνα τα φυλλοβόλα δέντρα επιτρέπουν στις ακτίνες του ήλιου να θερμαίνουν το κτήριο.

Οι παραδοσιακοί οικισμοί κατασκευάζονται ακολουθώντας κάποιους βασικούς κανόνες. Αναλυτικότερα, τα κτήρια, οι δρόμοι και τα μονοπάτια κατασκευάζονται σύμφωνα με τις φυσικές κλίσεις του εδάφους επιτυγχάνοντας την εναρμόνιση τους με το φυσικό περιβάλλον, την αξιοποίηση του φυσικού τοπίου και την οικονομία κινήσεων στο μέγιστο βαθμό. Η επιλογή της περιοχής στην οποία θα αναπτυχθεί ένας οικισμός γίνεται με βάση τον προσανατολισμό

της. Τα κτήρια πρέπει να έχουν νότιο – νοτιοανατολικό προσανατολισμό ώστε να δέχονται τη βέλτιστη ηλιακή ακτινοβολία καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Στις περιοχές όπου παρατηρούνται υψηλές θερμοκρασίες, οι οικισμοί είναι πυκνοκατοικημένοι με στόχο τη δημιουργία στενών δρομίσκων δημιουργώντας δίοδους αέρα για καλύτερες συνθήκες δροσισμού και μείωσης της θερμοκρασίας. Οι σκεπαστές πέργκολες και άλλες αρχιτεκτονικές προεξοχές συμβάλλουν στη δημιουργία ιδανικού μικροκλίματος με ευνοϊκές συνθήκες για τους κατοίκους του οικισμού. Η χωροθέτηση των κτηρίων γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργούνται σκιερά σημεία προστατευμένα από τις καλοκαιρινές ακτίνες του ήλιου και να μην εμποδίζεται ο φυσικός αερισμός και φωτισμός σε κανένα κτήριο. Ιδιαίτερα σε περιοχές με μεγάλες κλίσεις τα κτήρια τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να έχουν σχεδόν ανεμπόδιστη θέα. Οι παραδοσιακοί οικισμοί αναπτύσσονται σύμφωνα με τις πηγές νερού και γύρω από τις δημόσιες λειτουργίες (π.χ. πλατείες, σχολείο, εκκλησία κ.τ.λ.).

1.3. Μερικά συμπεράσματα

Τα οφέλη του βιοκλιματικού σχεδιασμού ήταν γνωστά από την αρχαία Ελλάδα. Οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι παρουσίαζαν αναλυτικά στους μαθητές τους τους λόγους για τους οποίους τα κτήρια έπρεπε να κατασκευάζονται σύμφωνα με τις αρχές της ηλιακής αρχιτεκτονικής. Τις γνώσεις αυτές στη συνέχεια εφάρμοσαν οι τεχνίτες στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική όπου τα κτήρια κατασκευάζονταν αξιοποιώντας τη μορφολογία του εδάφους, τα τοπικά υλικά, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, τη γεωγραφική θέση, τον προσανατολισμό, τη βλάστηση, τα στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος και την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Κεφάλαιο 2. Ηλιακή γεωμετρία και ακτινοβολία

Η ηλιακή γεωμετρία αναφέρεται στη σχετική κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο και αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα για τον υπολογισμό των ενεργειακών φορτίων που απαιτούν τα κτήρια.

Η γεωμετρία του κτηρίου, ο προσανατολισμός του και τα δομικά υλικά από τα οποία έχει κατασκευαστεί αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για τη διαμόρφωση των φορτίων ψύξης και θέρμανσης καθώς επηρεάζουν την προσλαμβανόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Εξίσου σημαντικός παράγοντας που επηρεάζεται από την ηλιακή γεωμετρία είναι η διαμόρφωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού των εσωτερικών χώρων.

Λαμβάνοντας υπόψη την ηλιακή γεωμετρία μπορεί να υπολογιστεί η επιφάνεια ενός ανοίγματος (π.χ. παράθυρο, πόρτα κ.α.) που θα σκιάζεται από ένα οριζόντιο ή κάθετο φυσικό (π.χ. δέντρο) ή τεχνητό (π.χ. πρόβολος, γειτονικό κτήριο) εμπόδιο για συγκεκριμένη διάρκεια της ημέρας.

Μία ακόμη σημαντική περίπτωση στην οποία εφαρμόζεται ο ακριβής υπολογισμός οποιασδήποτε ώρας και ημέρας της επιφάνειας που θα σκιάζεται από φυσικά ή τεχνητά εμπόδια είναι οι επιφάνειες φωτοβολταϊκών πλαισίων ή ηλιακών συλλεκτών καθώς επηρεάζεται η απόδοση της παραγωγής τους. Τέλος, εφαρμόζεται στον υπολογισμό του μήκους της σκιάς μίας ανεμογεννήτριας αλλά και στο σύνολο ενός αιολικού πάρκου για τυχόν επηρεασμό των γειτονικών οικισμών.

Η ηλιακή ακτινοβολία που προσλαμβάνεται από μία επιφάνεια εξαρτάται από τη γωνία με την οποία τούτη προσπίπτει στην επιφάνεια και ονομάζεται γωνία πρόσπτωσης.

2.1. Γωνία πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας

Για τη μελέτη μίας περίπτωσης λαμβάνεται υπόψη η ηλιακή γεωμετρία της επιφάνειας, υπολογίζοντας αρχικά τη γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, οποιασδήποτε στιγμής καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Για τον υπολογισμό της γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας απαιτούνται τα εξής δεδομένα:

- οι γεωγραφικές συντεταγμένες της επιφάνειας
- ο προσανατολισμός της επιφάνειας
- η κλίση της επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο
- η χρονική στιγμή για την οποία απαιτείται να εκτελεστεί ο υπολογισμός

Ο ακριβής υπολογισμός της γωνίας πρόσπτωσης σε οποιαδήποτε επιφάνεια, χρονική στιγμή και γεωγραφικό σημείο επάνω στη Γη αποτελεί σημαντικό παράγοντα στον κλιματισμό των κτηρίων, επιτρέποντας τον υπολογισμό της μέγιστης προσλαμβανόμενης ηλιακής ακτινοβολίας από ενεργητικά ή παθητικά ηλιακά συστήματα ακόμη και την αποφυγή της ηλιακής ακτινοβολίας σε συγκεκριμένους χώρους κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Γνωρίζοντας την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην εξεταζόμενη επιφάνεια είναι εφικτό να υπολογιστούν τα προσλαμβανόμενα ηλιακά κέρδη (solar gains) από κάθε δομική επιφάνεια του κτηριακού κελύφους ξεχωριστά.

Αναλυτικότερα, το κτηριακό κέλυφος αποτελείται από τις εξής επιφάνειες:

- Αδιαφανείς επιφάνειες

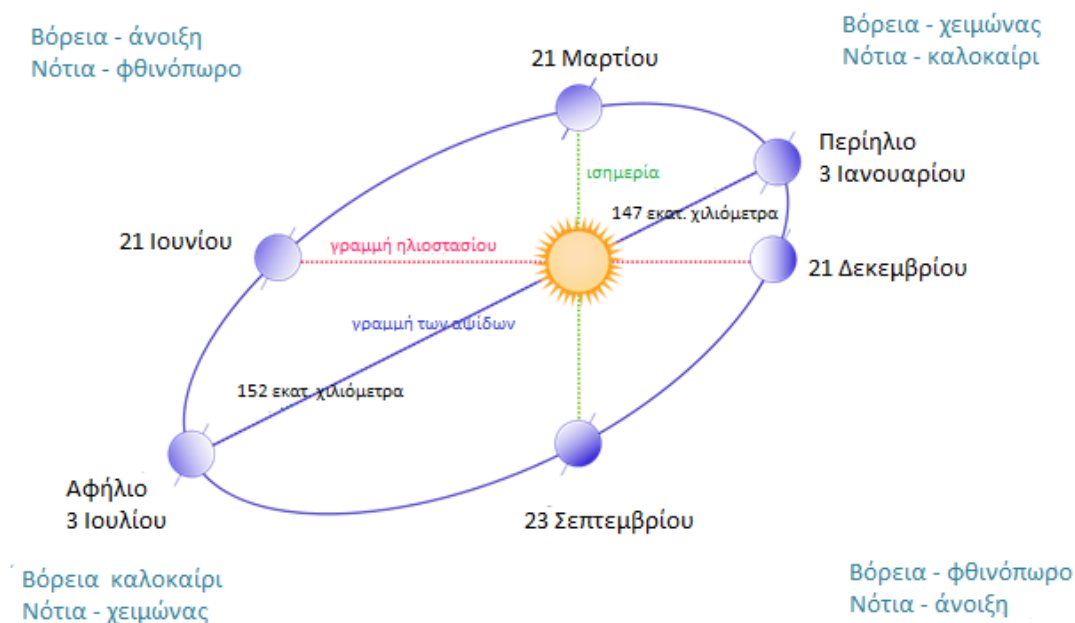
Οι αδιαφανείς επιφάνειες κελύφους είναι οι τοίχοι, οι οροφές, οι αδιαφανείς πόρτες κ.α. Για τις αδιαφανείς επιφάνειες υπολογίζεται το μέγεθος «ισοδύναμη εξωτερική θερμοκρασία αέρα – ήλιου» (sol – air temperature).

- Διαφανείς επιφάνειες

Οι διαφανείς επιφάνειες κελύφους είναι τα ανοιγόμενα και μη ανοιγόμενα κουφώματα και οι διαφανείς πόρτες. Για τις διαφανείς επιφάνειες υπολογίζεται το μέγεθος των συντελεστών θερμοπερατότητας U, ο οποίος είναι διαφορετικός για κάθε τεχνολογία διαφανών επιφανειών και των συντελεστών σκίασης.

2.2. Γεωμετρία Ήλιου - Γης

Η αυξομείωση της απόκλισης Ήλιου – Γης μεταβάλλει την κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης, με αποτέλεσμα την εναλλαγή των εποχών που εμφανίζονται στο βόρειο & νότιο ημισφαίριο κατά αντίστροφο τρόπο και τη διακύμανση των χρονικών διαστημάτων ημέρας και νύχτας εντός του έτους.



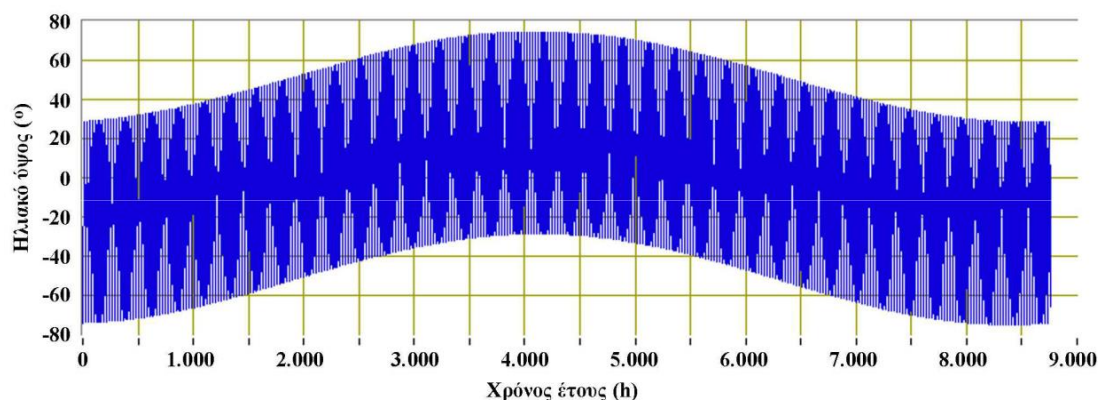
Εικόνα 4 - Εκλειπτική τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο

Στην εικόνα 4 αναπαριστάται η εκλειπτική τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο. Η αυξομείωση της απόστασης της Γης από τον Ήλιο μεταβάλλει την κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης, με αποτέλεσμα την εναλλαγή των εποχών που εμφανίζονται στο βόρειο & νότιο ημισφαίριο κατά αντίστροφο τρόπο και τη διακύμανση των χρονικών διαστημάτων ημέρας και νύχτας εντός του έτους⁴. Το πιο απόμακρο σημείο της Γης από τον Ήλιο ονομάζεται αφήλιο ενώ το κοντινότερο ονομάζεται περιήλιο.

- Στις 21 Δεκεμβρίου η απόκλιση της Γης από τον Ήλιο έχει τη μέγιστη τιμή της, ίση με $113,45^\circ$. Την ημέρα αυτή έχουμε το χειμερινό ηλιοστάσιο. Η διάρκεια της ημέρας είναι η ελάχιστη εντός του έτους.
- Στις 21 Ιουνίου η απόκλιση της Γης από τον Ήλιο έχει την ελάχιστη τιμή της, ίση με $66,55^\circ$. Την ημέρα αυτή έχουμε το θερινό ηλιοστάσιο. Η διάρκεια της ημέρας είναι η μέγιστη εντός του έτους.

⁴ Ηλιακή Γεωμετρία και ακτινοβολία – Κεφ.5

- Στις 21 Μαρτίου και στις 22 Σεπτεμβρίου η τιμή της της Γης από τον Ήλιο είναι ίση με 90° . Στις ημέρες αυτές έχουμε αντίστοιχα την εαρινή και τη φθινοπωρινή ισημερία.



Εικόνα 5 – Ετήσια διακύμανση ηλιακού ύψους στην Αίγινα⁵

Στην εικόνα 5 παρατηρείται ότι το ηλιακό ύψος ανέρχεται κατά μέγιστο (ηλιακή μεσημβρία) έως περίπου τις 30° στις ημέρες κοντά στο χειμερινό ηλιοστάσιο, ενώ στις ημέρες κοντά στο θερινό ηλιοστάσιο, το ηλιακό ύψος φτάνει σχεδόν τις 75° . Επίσης κατά την ενδιάμεση χρονική περίοδο από το χειμερινό έως το θερινό ηλιοστάσιο, το ηλιακό ύψος αυξάνει, καθώς αυξάνει και η διάρκεια της ημέρας, ενώ κατά την περίοδο από το θερινό έως το χειμερινό ηλιοστάσιο το ηλιακό ύψος μειώνεται, ακολουθώντας επίσης τη συρρίκνωση της διάρκειας της ημέρας.

2.3. Σκίαση επιφανειών

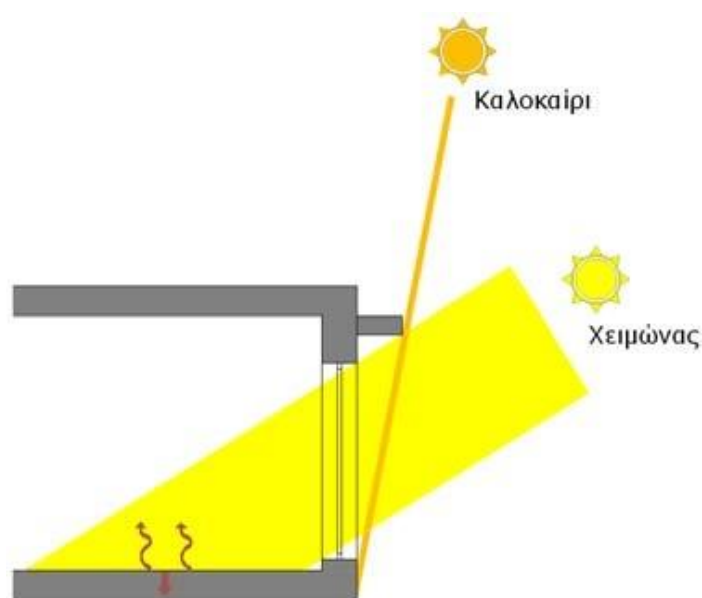
Η ηλιακή γεωμετρία εφαρμόζεται στον υπολογισμό του χρονικού διαστήματος και του εμβαδού της επιφάνειας που θα σκιάζεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η σκίαση μίας επιφάνειας μπορεί να οφείλεται είτε σε φυσικό είτε σε τεχνητό εμπόδιο. Πιο συγκεκριμένα, σε ένα δέντρο, σε γειτονικά κτήρια, σε οριζόντιο ή κάθετο πρόβολο και γενικότερα σε οτιδήποτε έχει κατασκευαστεί πάνω ή δίπλα

⁵ Ibid.

σε διαφανείς επιφάνειες (πόρτες, παράθυρα) για να κρατήσει μακριά την ηλιακή ακτινοβολία από τους κλιματιζόμενους χώρους κατά τους θερινούς μήνες.

Ακόμη, εξίσου σημαντικό είναι να μην παρεμποδίζεται από τα τεχνητά εμπόδια ο ηλιασμός των χώρων κατά τους χειμερινούς μήνες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί δεδομένου των χαμηλών ηλιακών υψών κατά τη διάρκεια του χειμώνα σε σχέση με το καλοκαίρι που είναι υψηλότερα.

Επομένως, με τον κατάλληλο υπολογισμό των διαστάσεων των τεχνητών ή των φυσικών εμποδίων ενός ανοίγματος μπορεί να επιτευχθεί επαρκής ηλιασμός κατά τους χειμερινούς μήνες και σκίαση κατά τους θερινούς.



Εικόνα 6 - Σκίαση και ηλιασμός επιφανειών

Στην εικόνα 6 παρατηρείται ότι με τη σωστή διαστασιολόγηση και χωροθέτηση του προβόλου στο κέλυφος του κτηρίου επιτυγχάνεται η επιθυμητή σκίαση του εσωτερικού χώρου κατά την καλοκαιρινή περίοδο και ο απαραίτητος ηλιασμός του κατά τη χειμερινή.

2.4. Μεγιστοποίηση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνειες

Η ηλιακή γεωμετρία εκτός από τις περιπτώσεις σκίασης διάφανων επιφανειών κτηρίων εφαρμόζεται και στον υπολογισμό της μέγιστης προσπίπτουσας

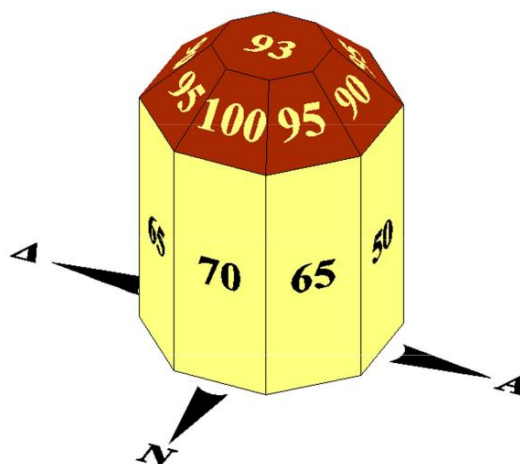
ηλιακής ακτινοβολίας σε επιθυμητές επιφάνειες. Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία μεγιστοποιείται όταν η γωνία πρόσπτωσης λαμβάνει την τιμή 90° . Αυτό επιτυγχάνεται με το βέλτιστο προσανατολισμό και κλίση της εξεταζόμενης επιφάνειας.

Περιπτώσεις στις οποίες επιθυμείται η μέγιστη προσλαμβάνουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι οι εξής:

- Ηλιακοί συλλέκτες
- Φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Παθητικά ηλιακά συστήματα (π.χ. ηλιακά θερμοκήπια, αίθρια)

Στις περιπτώσεις που υπάρχει η δυνατότητα κίνησης της κατασκευής σε δύο άξονες, στον οριζόντιο για τη ρύθμιση σύμφωνα με το ηλιακό ύψος και στον κατακόρυφο για τη ρύθμιση σύμφωνα με το αζιμούθιο του Ήλιου, είναι εφικτό η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να λαμβάνει πάντα τη βέλτιστη τιμή των 90° και η εξεταζόμενη επιφάνεια να δέχεται τη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία. Επειδή τέτοιες ρυθμίσεις αυξάνουν το κόστος της κατασκευής ή ακόμη πολλές φορές δεν είναι εφικτό να γίνουν, στις περισσότερες περιπτώσεις υπολογίζεται εξ αρχής ο βέλτιστος προσανατολισμός και κλίση για την κατασκευή.

Είναι σαφές ότι ο νότιος προσανατολισμός, δηλαδή όταν το αζιμούθιο του Ήλιου είναι 0° , είναι ο βέλτιστος για το βόρειο ημισφαίριο και ο βόρειος προσανατολισμός για το νότιο ημισφαίριο. Όσο η εξεταζόμενη επιφάνεια αποκλίνει από το βέλτιστο προσανατολισμό τόσο μειώνεται η προσλαμβανόμενη ηλιακή ακτινοβολία.



Εικόνα 7 - Διακύμανση ετήσιας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας συναρτήσει της κλίσης και του προσανατολισμού της επιφάνειας⁶

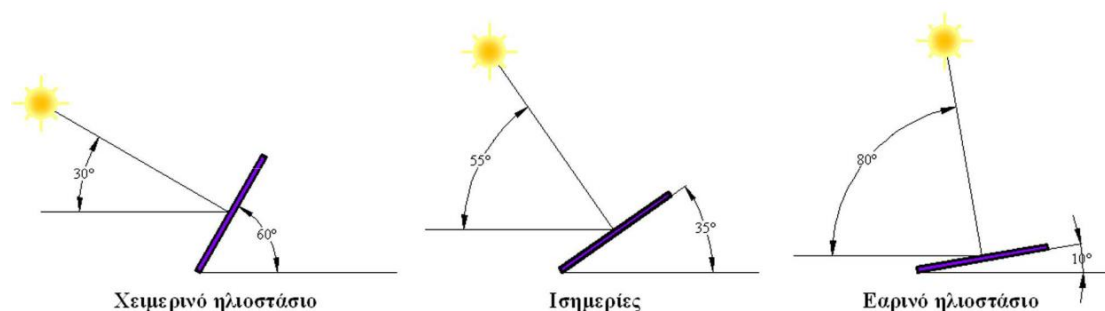
Στην εικόνα 7 παρουσιάζονται τα ποσοστά της συνολικής ετήσιας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνειες διαφορετικών προσανατολισμών και κλίσεων (κατακόρυφη – βέλτιστη κλίση προς νότο – οριζόντια), ως προς τη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια με το βέλτιστο προσανατολισμό και τη βέλτιστη κλίση (ποσοστό 100%)⁷.

Όσον αφορά την κλίση της επιφάνειας με το οριζόντιο επίπεδο οι επιλογές εξαρτώνται από τη χρήση της εξεταζόμενης εγκατάστασης και συγκεκριμένα από τη χρονική περίοδο μέσα στο έτος στην οποία στοχεύουμε στη μέγιστη προσλαμβανόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Παραδείγματος χάρη, σε μία τουριστική εγκατάσταση η οποία λειτουργεί τη θερινή περίοδο όπου τα ηλιακά ύψη είναι υψηλά (70° – 80°), η κλίση των επιφανειών πρόσληψης της ηλιακής ακτινοβολίας πρέπει να είναι σχεδόν παράλληλη με το οριζόντιο επίπεδο ώστε να μεγιστοποιείται η προσλαμβανόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Κατά τρόπο αντίθετο πρέπει να εργαστούμε στην περίπτωση ενός κτηρίου όπου οι ανάγκες του για μέγιστη προσλαμβανόμενη ηλιακή ακτινοβολία είναι κατά τη χειμερινή περίοδο, π.χ. θέρμανση χώρων. Λόγω των χαμηλών ηλιακών υψών (30° – 40°) κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου η εξεταζόμενη επιφάνεια πρέπει να

⁶ Ibid.

⁷ Ibid.

έχει αυξημένη κλίση με το οριζόντιο επίπεδο ώστε να μεγιστοποιείται η προσλαμβανόμενη ηλιακή ακτινοβολία.



Εικόνα 8 - Βέλτιστη κλίση εγκατάστασης επιφάνειας συναρτήσει του ηλιακού ύψους για τη μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας⁸

Στην εικόνα 8 απεικονίζονται οι τιμές των βέλτιστων κλίσεων της εξεταζόμενης επιφάνειας εγκατάστασης ως προς το οριζόντιο επίπεδο σε τρεις διαφορετικές περιπτώσεις ηλιακών υψών. Αναλυτικότερα:

- στο χειμερινό ηλιοστάσιο όπου η κλίση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας είναι 30° , η βέλτιστη κλίση της εξεταζόμενης επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο είναι 60° .
- στις ισημερίες όπου η κλίση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας είναι 55° , η βέλτιστη κλίση της εξεταζόμενης επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο είναι 35° .
- στο εαρινό ηλιοστάσιο όπου η κλίση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας είναι 80° , η βέλτιστη κλίση της εξεταζόμενης επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο είναι 10° .

⁸ Ibid.

Κεφάλαιο 3. Βιοκλιματική αρχιτεκτονική

3.1. Η έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συνδυάζει τη «βιολογία» και το «κλίμα» και είναι μία σχεδιαστική προσέγγιση που μπορεί να εφαρμοστεί σε κτήρια, τοπία, αστικές και περιφερειακές κλίμακες και στοχεύει σε τέσσερις κατευθύνσεις:

- Τον άνθρωπο
- Το περιβάλλον
- Την ενέργεια και
- Την οικονομία

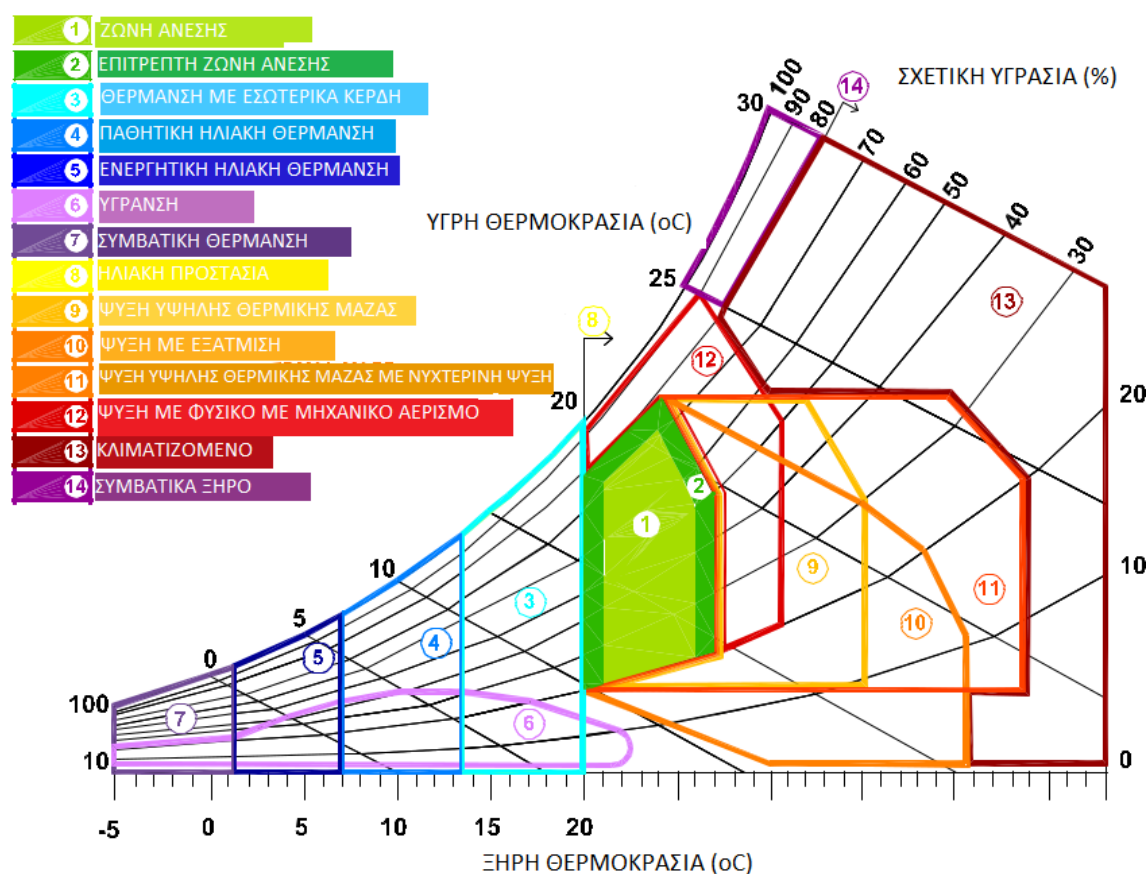
«Ο πρώτος κανόνας της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι η εκμετάλλευση των τοπικών βιοκλιματικών συνθηκών με τα οφέλη του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος. Αυτή η προσέγγιση πρέπει να βασίζεται σε διεπιστημονική εις βάθος έρευνα μεμονωμένων περιστάσεων, από τις ιδιαιτερότητες του οικοσυστήματος μέσω πολιτιστικών παραγόντων έως την οικονομική ανάλυση. Το ασφαλές και άνετο κτήριο που δημιουργείται δεν βλάπτει το περιβάλλον αλλά συμβάλλει στην υγεία του και στην βιοποικιλότητα» (Barbara Widera, 2015).

Το πρώτο βήμα για την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι να ληφθεί υπόψη το μακροκλίμα, το μεσοκλίμα και το μικροκλίμα της τοποθεσίας στην οποία θα κατασκευαστεί το κτήριο. Συγκεκριμένα, το μακροκλίμα περιγράφει τα γενικά χαρακτηριστικά μίας περιοχής όπως την ηλιοφάνεια, τον άνεμο, την υγρασία, τα νέφη και τις βροχοπτώσεις. Το μεσοκλίμα μιας περιοχής είναι ο μετασχηματισμός του μακροκλίματος, λόγω τοπικών ιδιομορφιών, όπως είναι το ανάγλυφο του εδάφους, η ύπαρξη μεγάλων επιφανειών νερού και η βλάστηση. Το μικροκλίμα μιας περιοχής είναι η διαφοροποίηση του μακροκλίματος και του μεσοκλίματος, η οποία οφείλεται κυρίως σε ανθρώπινες παρεμβάσεις όπως π.χ. το δομημένο περιβάλλον ή οι γεωργικές καλλιέργειες.

Το επόμενο βήμα περιλαμβάνει τον υπολογισμό των εξωτερικών παραγόντων που αλληλεπιδρούν με το κτήριο και επηρεάζουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του. Αυτοί είναι η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η ηλιακή ακτινοβολία και τέλος η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου.

Με βάση τα στοιχεία των βιοκλιματικών διαγραμμάτων των Victor Olgyay, American Society of Heating, Refrigeration, and AirConditioning (ASHRAE) και Baruch Givoni προσδιορίζονται οι τιμές των εξωτερικών παραγόντων για τις οποίες επιτυγχάνονται συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό των κτηρίων.

- Θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος 18 °C - 26°C
- Ταχύτητα ανέμου 0 – 2m/s
- Σχετική υγρασία 40% - 65%



Εικόνα 9 – Βιοκλιματικό διάγραμμα σχεδιασμένο από τον Baruch Givoni

Στο διάγραμμα της εικόνας 9 παρατηρείται ότι οι ζώνες 1 και 2 αποτελούν τις ιδανικές ζώνες διαβίωσης για τον ανθρώπινο οργανισμό. Στατιστικά η ζώνη 1 παρέχει ιδανικές συνθήκες άνεσης για το 70% του πληθυσμού. Οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 21°C – 26°C και η υγρασία μεταξύ 20% - 70%. Αντίστοιχα, η ζώνη 2 παρέχει ιδανικές συνθήκες για το 80% του

πληθυσμού. Οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 20°C - 27°C και η υγρασία μεταξύ 20% – 80%.

3.2. Θερμική άνεση

Σύμφωνα με την ASHRAE, ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση του μυαλού κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή του εσωτερικού περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες συνθήκες.

Η υγεία του ανθρώπου εξαρτάται από ένα συνδυασμό βιολογικών, ψυχολογικών, κοινωνικών και συμπεριφορικών παραγόντων. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη βιολογική και ψυχολογική ισορροπία του όπως το κλίμα, το φως, ο θόρυβος, η βλάστηση, οι ζωντανοί οργανισμοί, η μόλυνση της ατμόσφαιρας κ.τ.λ. αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και συνθέτουν το φυσικό περιβάλλον.

Η θερμική, οπτική και ηχητική άνεση αποτελούν τις τρεις σημαντικότερες μεταβλητές που επηρεάζουν την ανθρώπινη ευεξία και σχετίζονται σημαντικά με το κέλυφος του κτηρίου και τα συστήματα ελέγχου του εσωκλίματος. Το ποσοστό αποτελεσματικότητας του κελύφους και των συστημάτων ελέγχου του εσωκλίματος αποτελούν κριτήρια σχεδιασμού για την εξασφάλιση της άνεσης στο εσωτερικό των κτηρίων. Πιο συγκεκριμένα, σκοπό του κελύφους του κτηρίου αποτελεί η αξιοποίηση των θετικών κλιματικών στοιχείων και η αποτροπή των αρνητικών με στόχο τη δημιουργία θερμικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο.

Έξι βασικές μεταβλητές που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και επηρεάζονται από ψυχολογικούς παράγοντες έχουν εντοπιστεί σε ερευνητικές μελέτες ανθρώπινης φυσιολογικής άνεσης, σχετικά με το επίπεδο άνεσης και δυσφορίας:

Προσωπικοί παράγοντες

- Ψυχοκοινωνικά στοιχεία (π.χ. ηλικία, φύλο, ενδυμασία)
- Μεταβολικός ρυθμός ως συνάρτηση της δραστηριότητας που εκτελείται στο χώρο

Περιβαλλοντικοί παράγοντες

- Θερμοκρασία αέρα
- Θερμοκρασία ακτινοβολίας περιβαλλουσών επιφανειών
- Σχετική υγρασία
- Ταχύτητα αέρα

3.3. Βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού

Τα κτήρια πρέπει να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να καταναλώνουν τα μικρότερα φορτία ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη τους. Η εκμετάλλευση των ήπιων μορφών ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους και η ανταπόκριση των κτηρίων στις κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος μειώνει το περιβαλλοντικό αντίκτυπο και αποδίδει στο χρήστη τις βέλτιστες συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης. Το μέγεθος της ενεργειακής συνεισφοράς ενός βιοκλιματικά σχεδιασμένου κτηρίου είναι ανάλογο της ολιστικής προσέγγισης κατά τη φάση σχεδιασμού του.

Τα κτήρια που είναι σχεδιασμένα σύμφωνα με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού ανταποκρίνονται στα παρακάτω:

- Λειτουργούν ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης

Η σωστή τοποθέτηση του κτηρίου μέσα στο χώρο, το σωστό σχήμα και ο σωστός σχεδιασμός των όγκων του συμβάλλουν στη λειτουργία του κτηρίου ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης.

- Λειτουργούν ως αποθήκη θερμότητας

Η θερμική μάζα απορροφάει θερμότητα είτε από την ηλιακή ακτινοβολία είτε από το θερμό αέρα στο εσωτερικό των κτηρίων. Τη συσσωρεύει και την αποθηκεύει. Γι' αυτό ονομάζεται και αποθήκη θερμότητας του κτηρίου. Όταν ο εσωτερικός αέρας είναι θερμότερος από τα δομικά στοιχεία, αυτά αποθηκεύουν θερμότητα. Όταν ο αέρας είναι ψυχρότερος, τα δομικά στοιχεία αποδίδουν θερμότητα (Donald Watson, 2017).

- Λειτουργούν ως παγίδα θερμότητας

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία ιδιαίτερα στα νότια ανοίγματα (παράθυρα, πόρτες κ.α.) απορροφάται από τα δομικά στοιχεία του κτηρίου όπως είναι οι τοίχοι και πατώματα και αποθηκεύεται σε μορφή θερμότητας. Ακόμη, ως παγίδα θερμότητας λειτουργούν τα ηλιακά θερμοκήπια που διαθέτουν συστήματα συλλογής, αποθήκευσης και μεταφοράς της ηλιακής ενέργειας στο εσωτερικό του κτηρίου.

- Λειτουργούν ως αποθήκη φυσικής ψύξης

Η σωστή θέση, γεωμετρία και η κατάλληλη σκίαση των ανοιγμάτων σε συνδυασμό με την κατεύθυνση των βόρειων – δροσερών ανέμων κατά τη θερινή περίοδο, οι λείες και ανοιχτόχρωμες εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου και η τοποθέτηση θερμομόνωσης λειτουργούν ως αποθήκες φυσικής ψύξης για το κτήριο.

Βασικές παράμετροι για την εξασφάλιση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού σε ένα κτήριο είναι ο προσανατολισμός, η διάρθρωση του εσωτερικού χώρου, το κέλυφος του κτηρίου, η θερμομόνωση, ο αερισμός και η σκίαση.

3.3.1. Προσανατολισμός και διάρθρωση χώρων

Ο προσανατολισμός του κτηρίου θεωρείται από τους σημαντικότερους παράγοντες για το βιοκλιματικό σχεδιασμό καθώς καθορίζει τη διάρκεια και την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Η κατοικία πρέπει να εκτείνεται κατά τον άξονα ανατολής – δύσης.

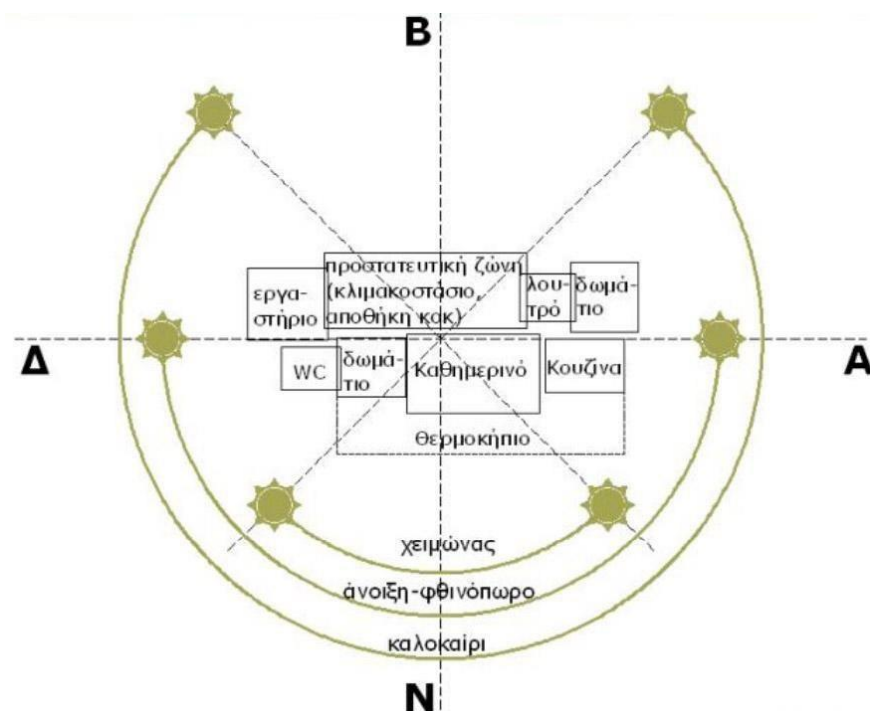
Για τις περιοχές που βρίσκονται στο βόρειο ημισφαίριο ιδανικός προσανατολισμός είναι ο νότιος. Κατά την περίοδο του χειμώνα η νότια όψη λαμβάνει τη μέγιστη προσλαμβανόμενη ηλιακή ακτινοβολία λόγω των χαμηλών ηλιακών υψών (30° - 40°) καθώς οι ακτίνες του ήλιου προσπίπτουν σχεδόν κάθετα (90°) στα δομικά στοιχεία του κτηρίου. Επομένως, η κατασκευή μεγάλων ανοιγμάτων στη νότια όψη είναι μία ιδανική λύση για τη θέρμανση των συγκεκριμένων χώρων. Την περίοδο του καλοκαιριού τα ηλιακά ύψη είναι

υψηλότερα (70° – 80°) επιτρέποντας τη σκίαση των ανοιγμάτων με χρήση οριζόντιων προβόλων.

Οι όψεις με βόρειο προσανατολισμό δέχονται τη λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία με αποτέλεσμα να θεωρούνται οι πιο ψυχρές. Τα ανοίγματα είναι μικρού μεγέθους προς αποφυγή θερμικών απωλειών και λειτουργούν μόνο για αερισμό.

Οι δυτικές - ανατολικές όψεις είναι αυτές που δέχονται τη περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία κατά τη θερινή περίοδο και ελάχιστη κατά τη χειμερινή. Συγκεκριμένα κατά τη θερινή περίοδο δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια του απογεύματος κάνοντας αναγκαία τη χρήση κατακόρυφων σκιάστρων. Καλό είναι να αποφεύγονται τα ανοίγματα σε αυτές τις όψεις προς αποφυγή υπερθέρμανσης των χώρων.

Στη βόρεια ψυχρή πλευρά συνήθως τοποθετούνται δευτερεύοντες χώροι του κτηρίου όπως χώροι στάθμευσης, αποθήκες, μπάνια κ.α. ώστε να λειτουργούν ως ζώνες ανάσχεσης στις θερμικές απώλειες και αεροστεγάνωσης μεταξύ των κύριων χώρων και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Οι χώροι του κτηρίου που χρησιμοποιούνται περισσότερο κατά τη διάρκεια της ημέρας όπως το καθιστικό, η τραπεζαρία και γενικότερα χώροι με συχνή χρήση, τοποθετούνται στη νότια πλευρά ώστε να δέχονται τα μέγιστα ηλιακά κέρδη. Οι υπόλοιποι χώροι, υπνοδωμάτια και μπάνια, τοποθετούνται στις ανατολικές και δυτικές κατευθύνσεις (εικόνα 10).



Εικόνα 10 – Βέλτιστη διάταξη εσωτερικών χώρων

3.3.2. Κέλυφος και σχήμα κτηρίου

Το κέλυφος αποτελεί το σημαντικότερο στοιχείο του κτηρίου αφού προστατεύει το εσωτερικό του από τους εξωτερικούς παράγοντες λειτουργώντας παράλληλα και ως φράγμα θερμικών απωλειών. Στόχος του είναι η θερμότητα που αποθηκεύτηκε κατά τη διάρκεια της ημέρας, μέσω των αδιαφανών και διάφανων επιφανειών, να διατηρείται προσφέροντας θερμική άνεση στο χρήστη.

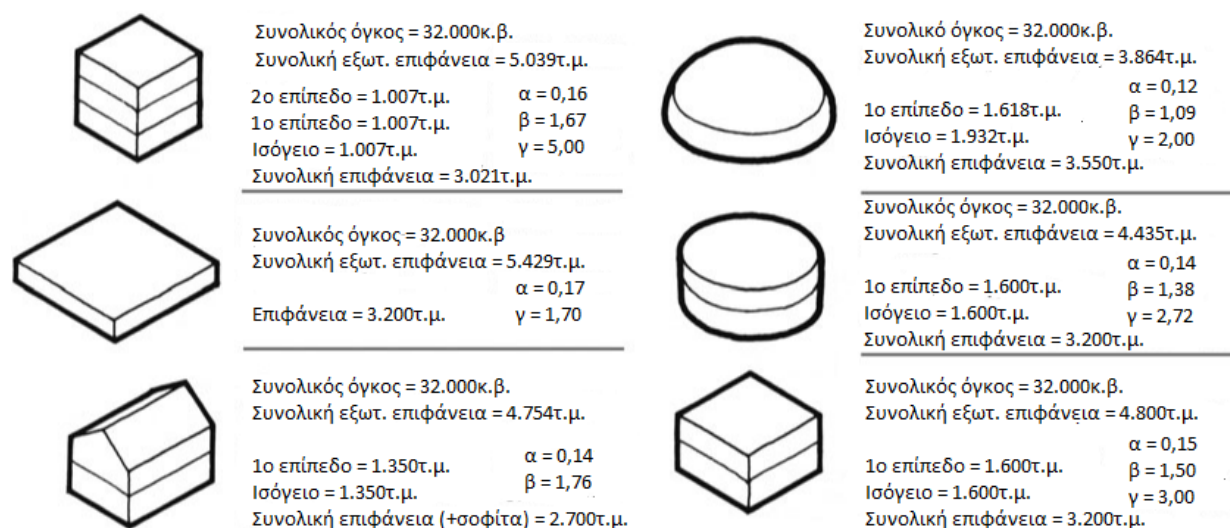
Το κέλυφος αποτελείται από την τοιχοποιία (εσωτερική και εξωτερική), την οροφή και το πάτωμα. Αναλυτικότερα, η εξωτερική τοιχοποιία κατασκευάζεται από συμπαγή δομικά υλικά ώστε να διασφαλίζουν προστασία από τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Η επιλογή ανοιχτόχρωμων χρωμάτων για την εξωτερική τοιχοποιία και την οροφή - επιφάνεια που δέχεται τη μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας - βοηθάει στη μείωση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και την αποφυγή υπερθέρμανσης των εσωτερικών χώρων. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται δεν προκαλούν μεγάλη έκλυση CO₂

και δεν απαιτούν σημαντική κατανάλωση συμβατικών πηγών ενέργειας. Είναι υλικά ανακυκλώσιμα και φιλικά προς το χρήστη.

Το ιδανικό σχήμα κτηρίου για το βόρειο ημισφαίριο εκτείνεται κατά άξονα ανατολής – δύσης με τη μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο και τη μικρότερη προς την ανατολή ή τη δύση. Η μέγιστη απόκλιση του άξονα δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 30° προς την ανατολή ή τη δύση.

Σύμφωνα με τη μελέτη του Victor Olgyay (1960), στα θερμά κλίματα, ανεξαρτήτως αν είναι ξηρά ή υγρά η ιδανική αναλογία πλευρών ανατολικής/δυτικής όψης προς νότιας/βόρειας είναι από 1:1 έως 1:1,6 με ιδανική την 1:1,3.

Τέλος, ο κτηριακός όγκος είναι προτιμότερο να αναπτύσσεται κατά το κατακόρυφο επίπεδο και όχι κατά το οριζόντιο καθώς με αυτό τον τρόπο μειώνεται η επιφάνεια του δώματος ή της στέγης που εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία και κατ' επέκταση οι θερμικές απώλειες κατά τη χειμερινή περίοδο και η υπερθέρμανση του κατά τη θερινή.



Εικόνα 11 – Αναλογίες κτηριακών μεγεθών

Στην εικόνα 11 αναλύονται οι αναλογίες κτηριακών μεγεθών σε 6 διαφορετικά σχήματα κτηριακών κελύφων. Συγκεκριμένα γίνεται έλεγχος των παρακάτω αναλογιών:

- α = συνολική επιφάνεια κτηρίου / συνολικός όγκος κτηρίου
- β = συνολική εξωτερική επιφάνεια κτηρίου / συνολική επιφάνεια κτηρίου
- γ = συνολική εξωτερική επιφάνεια κτηρίου / καλυπτόμενη επιφάνεια

Από τα αποτελέσματα των αναλογιών προκύπτει ότι το σχήμα με τις ιδανικότερες αναλογίες είναι αυτό με το θολωτό κέλυφος (ιγκλού).

3.3.3. Θερμομόνωση

Η θερμομόνωση του κελύφους εξασφαλίζει τη σωστή θερμική συμπεριφορά του κτηρίου. Τοποθετώντας θερμομόνωση στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας, στην επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το έδαφος και στο δώμα δημιουργείται ένας εσωτερικός χώρος καλά προστατευμένος από τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη θερμομόνωση είναι υαλοβάμβακας και πολυστερίνη, υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό του ακίνητου αέρα στη μάζα ενός υλικού τόσο υψηλότερη είναι η θερμομονωτική του ικανότητα.

Η θερμομόνωση του κελύφους εξασφαλίζει τη μείωση των ενεργειακών αναγκών του κτηρίου για θέρμανση και ψύξη ενώ συγχρόνως μειώνεται η εκπομπή ρύπων προς το περιβάλλον.

3.3.4. Αερισμός

Ο αερισμός του χώρου του κτηρίου αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ποιότητα του αέρα καθώς ορίζει τη σωστή περιεκτικότητα σε οξυγόνο. Αυτή η παράμετρος συχνά υποτιμάται, κάτι που δεν πρέπει να συμβαίνει καθώς η μόνιμη έλλειψη οξυγόνου σε δωμάτια όπου οι άνθρωποι περνούν αρκετές ώρες την ημέρα μπορεί να προκύψουν συμπτώματα υπνηλίας, κόπωσης, καθυστερημένης ανταπόκρισης και λιγότερο αποτελεσματικής λειτουργίας του εγκεφάλου. Οπότε η σωστή περιεκτικότητα σε οξυγόνο εντός του δομημένου περιβάλλοντος πρέπει να ελέγχεται προσεκτικά.

Το επίπεδο του οξυγόνου στον εσωτερικό χώρο του κτηρίου μπορεί εύκολα να αυξηθεί με σωστά σχεδιασμένο αερισμό καθώς και με την τοποθέτηση περισσότερων πράσινων φυτών στο κτήριο. (Barbara Widera, 2015)

Ο αερισμός των χώρων είναι απαραίτητος να γίνεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και στις περιόδους όπου η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από αυτή του εσωτερικού.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το φυσικό αερισμό του εσωτερικού των κτηρίων είναι η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων, η κατεύθυνση του ανέμου σε σχέση με τον προσανατολισμό του κτηρίου, το χρώμα και τα υλικά των δομικών στοιχείων και οι δραστηριότητες των χρηστών σε αυτό. Η θέση του κτηρίου σε σχέση με τον πολεοδομικό ιστό ή με άλλα εμπόδια αυξάνουν ή μειώνουν την είσοδο του αέρα στο εσωτερικό.

3.3.4.1 Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί μία εναλλακτική μορφή κλιματισμού και μπορεί να αντικαταστήσει τη χρήση μηχανικών συστημάτων κλιματισμού ιδιαίτερα κατά την περίοδο των «ήπιων» θερμών ημερών. Η λειτουργία του στηρίζεται στη διαφορά πίεσης λόγω του ανέμου ή λόγω θερμοσιφωνισμού (διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής πίεσης). Η ποσότητα της θερμότητας που αποβάλλεται από το χώρο είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ της εξωτερικής και της εσωτερικής θερμοκρασίας. Για να επιτυγχάνεται η κάλυψη των θερμικών κερδών θα πρέπει η εξωτερική θερμοκρασία να είναι 2-3°C χαμηλότερη από τη θερμοκρασία που επιδιώκεται εσωτερικά του κτηρίου.

Ο φυσικός αερισμός διακρίνεται στις εξής περιπτώσεις:

- Μονόπλευρος φυσικός αερισμός με ένα άνοιγμα
- Μονόπλευρος φυσικός αερισμός με δύο ανοίγματα
- Διαμπερής φυσικός αερισμός
- Φυσικός αερισμός με ανύψωση θερμού αέρα (σύστημα καμινάδα ή πύργοι απαγωγής ζεστού αέρα)

Συστήματα φυσικού αερισμού:

- Φυσικός αερισμός με σύστημα ηλιακής καμινάδας
- Φυσικός αερισμός με πύργους ανέμου
- Πύργοι καθοδικού ρεύματος

3.3.4.2. Νυχτερινός φυσικός δροσισμός

Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο νυχτερινός αερισμός κατά τη θερινή περίοδο όπου βοηθάει στην φυσική ψύξη του κτηρίου. Αναλυτικότερα, κατά τη διάρκεια της νύχτας όπου η εξωτερική θερμοκρασία πέφτει χαμηλότερα από την εσωτερική απομακρύνεται η θερμότητα από τα δομικά στοιχεία του κτηρίου και μεταφέρεται στο εξωτερικό περιβάλλον, όταν οι συνθήκες το επιτρέπουν.

Οι τρεις βασικές μέθοδοι συστημάτων παθητικής ψύξης που βασίζονται σε φυσικό αερισμό είναι ο διαμπερής αερισμός, οι ηλιακές καμινάδες και οι καμινάδες ή πύργοι αερισμού.

3.3.5. Παθητικός δροσισμός

Εκτός από τα συστήματα φυσικού δροσισμού, χρησιμοποιούνται και συστήματα παθητικού δροσισμού με στόχο τη μείωση των θερμικών κερδών κατά τη θερινή περίοδο.

Παθητικός εξατμιστικός δροσισμός: διακρίνεται σε δύο κατηγορίες στον άμεσο και στον έμμεσο. Ο άμεσος εξατμιστικός δροσισμός επιτυγχάνεται με τη δέσμευση υδρατμών στον αέρα, όταν αυτός διέρχεται πάνω από λίμνες, θάλασσες και ποτάμια και η ψύχρανση αυτού λόγω της βλάστησης και του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής. Έμμεσα συστήματα είναι η χρήση τεχνητών όγκων νερού σε οροφές κτηρίων και ο ψεκασμός του διερχόμενου αέρα.

- Φύτευση δέντρων: οι υδρατμοί που παράγονται κατά το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής δεσμεύονται από τον αέρα μειώνοντας έτσι τη θερμοκρασία του και αυξάνοντας την υγρασία του.
- Φυσικές ή τεχνητές λίμνες, πισίνες: με σωστή χωροθέτηση του κτηρίου και την κατάλληλη χρήση των ανέμων σε σχέση με τη λίμνη μπορεί να αυξηθεί ο παθητικός δροσισμός.
- Λίμνες οροφής: κατά τη διάρκεια της ημέρας το νερό συλλέγει την ηλιακή ακτινοβολία αποτρέποντας την πρόσπτωση της στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου. Κατά τη διάρκεια της νύχτας το νερό ακτινοβολεί τη θερμότητα προς τον ουρανό.

3.3.6. Σκίαση

Κατά τη θερινή περίοδο το ηλιακό ύψος παίρνει τη μέγιστη τιμή του, έως περίπου 75°, στις ημέρες κοντά στο θερινό ηλιοστάσιο (21 Ιουνίου) και έχει κλίση προς το νότο. Το δεδομένο αυτό είναι πολύ σημαντικό για τον ακριβή υπολογισμό της προσπιπτούμενης ηλιακής ακτινοβολίας στο κέλυφος ενός κτηρίου ώστε να αποφευχθεί ο ανεπιθύμητος ηλιασμός κατά τους θερινούς μήνες. Για να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στα ανοίγματα του κτηρίου χρησιμοποιούνται είτε σκίαστρα είτε κατάλληλη βλάστηση ενώ συγχρόνως, πρέπει να διασφαλίζεται ο φυσικός φωτισμός των χώρων και να μην παρεμποδίζεται η θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Η σκίαση επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους όπως: εξωτερικά, εσωτερικά ή ενδιάμεσα των υαλοπινάκων. Υπάρχουν τα σταθερά συστήματα σκίασης, οριζόντιοι πρόβολοι, κατακόρυφες περσίδες, κυψελωτά σκίαστρα, μπαλκόνια, γρίλιες, ράφια φωτισμού κ.α. και κινητά όπως τέντες, εξωτερικές περσίδες, κινητές πέργκολες, κουρτίνες, ρολά κ.α..

Τα εξωτερικά σκίαστρα εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο εσωτερικό του κτηρίου. Η νότια πλευρά του μπορεί εύκολα να προστατευθεί με μικρές οριζόντιες προεξοχές ή οριζόντια σκίαστρα ενώ η σκίαση της ανατολικής ή δυτικής όψης γίνεται με χρήση κατακόρυφων σκιάστρων που είναι ιδιαίτερα αποδοτικά κατά τις μεταμεσημβρινές ώρες όπου το ηλιακό ύψος είναι χαμηλό.

Η χρήση πατζουριών με κινητά τμήματα και περιστρεφόμενες περσίδες ελέγχουν αποτελεσματικά την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας και παράλληλα επιτρέπουν το φυσικό φωτισμό των χώρων.

Τα φυτά που χρησιμοποιούνται πρέπει να παρέχουν σκίαση κατά τη θερινή περίοδο και να επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη χειμερινή περίοδο. Γι' αυτούς τους λόγους επιλέγονται φυλλοβόλα φυτά.

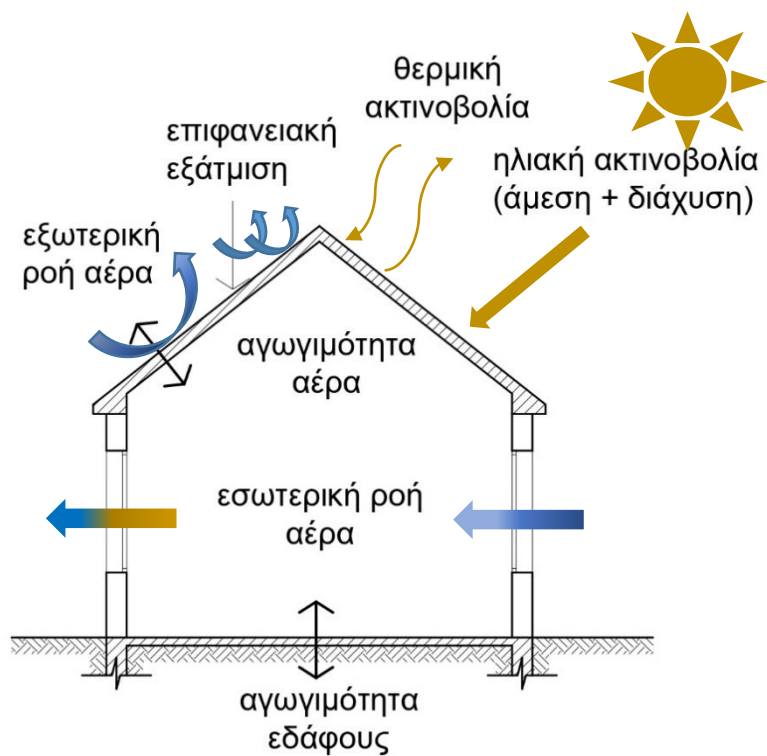
3.4. Φυσικές ροές ενέργειας στο βιοκλιματικό σχεδιασμό

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός βασίζεται στις φυσικές ροές ενέργειας από το περιβάλλον μέσα και γύρω από το κτήριο, το μικροκλίμα που δημιουργείται από

τον ήλιο, τον άνεμο, τις βροχοπτώσεις, τη βλάστηση, τη θερμοκρασία και την υγρασία στον αέρα και στο έδαφος.

Η θερμική ανταλλαγή ενέργειας εξελίσσεται στους παρακάτω συνδυαζόμενους τρόπους (εικόνα 12):

- Με αγωγή - μεταφορά θερμότητας από το θερμότερο αντικείμενο στο ψυχρότερο με επαφή.
- Με συναγωγή - ροή θερμότητας από το θερμότερο αντικείμενο στο ψυχρότερο.
- Με ακτινοβολία - μεταφορά θερμότητας από το θερμότερο αντικείμενο στο ψυχρότερο, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία του αέρα που παρεμβάλλεται, συμπεριλαμβανομένης της ακτινοβολίας που δέχεται η Γη από τον Ήλιο.
- Με εξάτμιση - η αισθητή θερμότητα (θερμοκρασία ξηρού βολβού) στον αέρα μειώνεται από τη λανθάνουσα θερμότητα που απορροφάται από τον αέρα όταν εξατμίζεται η υγρασία.
- Θερμική αποθήκη - φόρτιση και εκφόρτιση της θερμικής μάζας τόσο ημερησίως όσο και εποχιακά, ως συνάρτηση της ειδικής θερμότητας, μάζας και αγωγιμότητας. Αν και δεν περιλαμβάνεται συνήθως μαζί με τα τέσσερα κλασικά μέσα μεταφοράς θερμότητας, η θερμική αποθήκευση είναι χρήσιμη για την κατανόηση της φυσικής μεταφοράς θερμότητας στο κτήριο.



Εικόνα 12 - Ροές ενέργειας από το περιβάλλον προς το κτήριο εντός του μικροκλίματος

Κεφάλαιο 4. Μέθοδοι και τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού

4.1. Παθητικά συστήματα θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης είναι ενσωματωμένα στα δομικά στοιχεία του κτηρίου. Η κύρια λειτουργία τους είναι η συλλογή, η αποθήκευση και η διανομή των ηλιακών θερμικών κερδών με στόχο τη μείωση του κόστους θέρμανσης κατά τη χειμερινή περίοδο. Η χρήση τους δεν απαιτεί μηχανολογικό εξοπλισμό καθώς η θερμική ανταλλαγή ενέργειας στηρίζεται στις τρεις βασικές μεθόδους μεταφοράς θερμότητας: την αγωγή, τη συναγωγή και την ακτινοβολία.

Ένα παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης περιλαμβάνει:

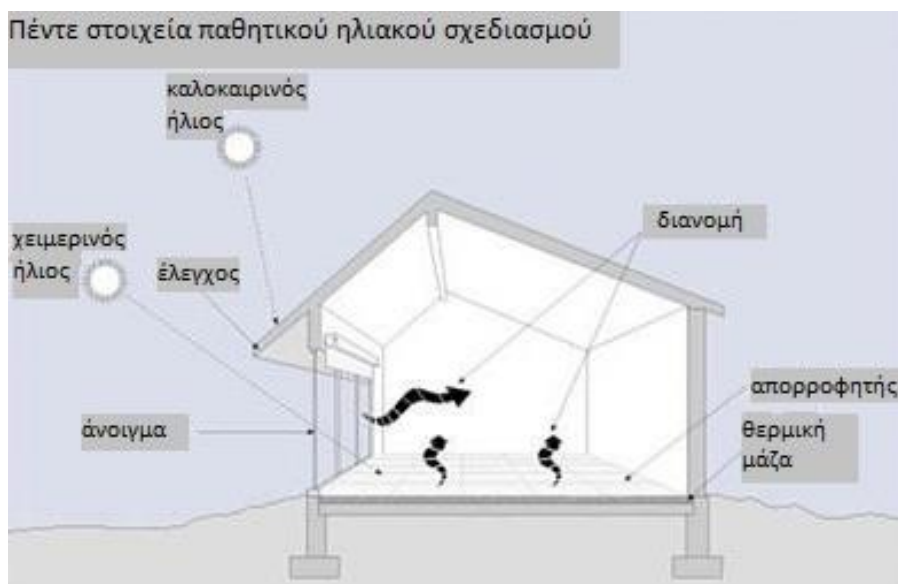
- Τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας μέσα από τα κατάλληλα νότια προσανατολισμένα ανοίγματα.
- Την ηλιακή ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμική μάζα στα οικοδομικά υλικά του κτηρίου π.χ. την πέτρα, το μάρμαρο, το σκυρόδεμα, το τούβλο (ψημένο ή ωμό), τον πηλό και τα κεραμικά υλικά.
- Τη μεταφορά της αποθηκευμένης ηλιακής ενέργειας, με φυσικούς τρόπους και με ακτινοβολία στο χώρο διαβίωσης του κτηρίου.
- Τις προδιαγραφές παραθύρων με νότιο προσανατολισμό που επιτρέπουν μεγαλύτερη απορρόφηση της προσπιπτόμενης ηλιακής ακτινοβολίας.

Βασικοί παράγοντες για τη σωστή λειτουργία των παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης σε ένα κτήριο είναι ο υπολογισμός της κλίσης και της κατεύθυνσης της ηλιακής ακτινοβολίας για τις συγκεκριμένες συντεταγμένες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, το σχήμα του κτηρίου και η μελέτη του τοπικού κλίματος.

Ένα παθητικό σύστημα αποτελείται από τα παρακάτω βασικά στοιχεία τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με σκοπό τη βέλτιστη λειτουργία του συστήματος:

- Άνοιγμα (συλλέκτης)
- Απορροφητής
- Θερμική μάζα
- Διανομή

- Έλεγχος



Εικόνα 13 – Τα πέντε στοιχεία του παθητικού ηλιακού σχεδιασμού

Το άνοιγμα ή συλλέκτης είναι μία μεγάλη γυάλινη επιφάνεια (π.χ. παράθυρο) με νότιο προσανατολισμό ($\pm 30^\circ$), μέσω της οποίας διέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του κτηρίου. Το άνοιγμα αυτό δεν πρέπει να σκιάζεται από κάποιο άλλο κτήριο ή δέντρο από τις 9π.μ. έως τις 3μ.μ. και 7μ.μ. κατά την χειμερινή περίοδο.

Απορροφητής ονομάζεται η επιφάνεια που αποθηκεύει την άμεσα προσπιπτώμενη ηλιακή ακτινοβολία. Αυτές οι επιφάνειες είναι συνήθως τα οικοδομικά στοιχεία του κτηρίου.

Η θερμική μάζα απορροφάει θερμότητα είτε από την ηλιακή ακτινοβολία είτε από το θερμό αέρα στο εσωτερικό των κτηρίων. Τη συσσωρεύει και την αποθηκεύει. Γι' αυτό ονομάζεται και αποθήκη θερμότητας του κτηρίου. Όταν ο εσωτερικός αέρας είναι θερμότερος από τα δομικά στοιχεία, αυτά αποθηκεύουν θερμότητα. Όταν ο αέρας είναι ψυχρότερος, τα δομικά στοιχεία αποδίδουν θερμότητα.

Η διανομή είναι η διαδικασία κατά την οποία η αποθηκευμένη θερμότητα μεταφέρεται στους χώρους διαβίωσης του κτηρίου. Σε ένα καθαρά παθητικό σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιούνται μόνο οι φυσικοί τρόποι μεταφοράς της θερμότητας, αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία. Ωστόσο, σε ορισμένες

περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες και αγωγοί για την υποβοήθηση της μεταφοράς θερμότητας.

Στοιχεία που μπορούν να συμβάλλουν στην καλή λειτουργία ενός συστήματος παθητικής ηλιακής θέρμανσης είναι οι μικρές οριζόντιες προεξοχές ή οριζόντια σκίαστρα που προστατεύουν τα ανοίγματα από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία κατά τη θερινή περίοδο, ηλεκτρονικές συσκευές ανίσχευσης οι οποίες δίνουν εντολή για την ενεργοποίηση ανεμιστήρων όταν η θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτηρίου ανέβει πάνω από την επιθυμητή, λειτουργικοί αεραγωγοί, περσίδες χαμηλής εκπομπής και τέντες. Τα παθητικά συστήματα που υποβοηθούνται από μηχανικές συσκευές ονομάζονται υβριδικά συστήματα θέρμανσης.

4.1.1. Παθητικός ηλιακός σχεδιασμός

Τα παθητικά ηλιακά κτήρια σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό τους κατά τη χειμερινή περίοδο και να την εμποδίζουν κατά τη θερινή. Αυτοί οι στόχοι μπορούν να επιτευχθούν εφαρμόζοντας παθητικά ηλιακά συστήματα στο κτήριο όπως η σκίαση, η κατασκευή μεγάλων ανοιγμάτων στη νότια πλευρά του και η χρήση οικοδομικών υλικών που απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και έπειτα την εκπέμπουν στο εσωτερικό του.

Η σωστή σκίαση των ανοιγμάτων του κτηρίου βοηθάει στη μείωση του κόστους ψύξης κατά την καλοκαιρινή περίοδο και του κόστους θέρμανσης κατά τη χειμερινή. Η τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων στη βόρεια πλευρά του κτηρίου εμποδίζει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας τους καλοκαιρινούς μήνες ενώ το χειμώνα, όπου τα φύλλα των δέντρων έχουν πέσει, η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στο εσωτερικό του κτηρίου. Ακόμη, η τοποθέτηση οριζόντιων προεξοχών, τεντών και περγκόλων βοηθάει στη σκίαση.



Εικόνα 14 – Κάθετη βλάστηση κτηρίου

Στην εικόνα 14 απεικονίζεται η κάθετη βλάστηση στη πρόσοψη του κτηρίου που λειτουργεί ως σύστημα παθητικού δροσισμού με στόχο τη μείωση των θερμικών κερδών κατά τη θερινή περίοδο.

Το σύνολο των δομικών στοιχείων του κτηρίου αποτελούν τη θερμική του μάζα. Θερμοχωρητικά είναι όλα τα οικοδομικά υλικά με πυκνή μοριακή δομή όπως η πέτρα, το μάρμαρο, το σκυρόδεμα, το τούβλο (ψημένο ή ωμό), ο πηλός και τα κεραμικά υλικά. Αυτά τα υλικά είναι κατάλληλα τοποθετημένα στο κτήριο ώστε να εκτίθενται στη χειμερινή ηλιακή ακτινοβολία, να αποθηκεύουν θερμότητα και να τη μεταφέρουν στο εσωτερικό του κατά τη διάρκεια της νύχτας. Προϋπόθεση για την αποδοτική λειτουργία της θερμικής μάζας είναι η θερμομόνωση των δομικών υλικών. Έτσι λειτουργεί αποτελεσματικά. Απορροφά και αποδίδει θερμότητα μόνο από και προς τον εσωτερικό χώρο και όχι και προς το περιβάλλον.

Χειμερινή περίοδος

Η θερμική μάζα του κτηρίου πρέπει να είναι τόση, ώστε να προλαβαίνει να θερμανθεί ικανοποιητικά κατά τη διάρκεια της μέρας, να αποδίδει θερμότητα και να διατηρεί συνθήκες θερμικής άνεσης καθ' όλη την διάρκεια της νύχτας έως το επόμενο πρωί.

Θερινή περίοδος

Η θερμική μάζα του κτηρίου πρέπει να είναι τόση, ώστε να προλαβαίνει να ψυχθεί κατά τη διάρκεια της νύχτας, οι τοίχοι να εξακολουθούν, έστω και οριακά, να ψύχουν τον εσωτερικό αέρα, ως την δύση, την ώρα της μέρας κατά την οποία η εξωτερική θερμοκρασία πέφτει σε επίπεδα χαμηλότερα από την εσωτερική.

Πίνακας 1 - Θερμοχωρητικότητα συνηθέστερων δομικών υλικών

ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ	ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ
	[kg/m ³]	[Wh/kg.K]	[W/ m ³ K]
Οπτοπλινθοδομή	1700	0,22	374
Ελαφροσκυρόδεμα	1200	0,28	336
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2100	0,28	588
Κονίαμα γύψου	1120	0,28	314
Ξύλινα δάπεδα	350	0,33	115
Μάρμαρο	2500	0,22	550
Πλακίδια κεραμικά	1900	0,22	418
Πλακίδια πλαστικού	1050	0,34	357
Πάπλωμα υαλοβάμβακα	50	0,28	14
Τζάμι παραθύρων	2500	0,5	1250
Νερό 20°C	998	1,16	1157

Το σχήμα του κτηρίου στο οποίο εφαρμόζεται παθητικός ηλιακός σχεδιασμός είναι συνήθως ορθογώνιο, αναπτύσσεται σε άξονα ανατολής - δύσης και έχει μεγάλα ανοίγματα σε νότιο προσανατολισμό ώστε η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία να συσσωρεύεται στη θερμική του μάζα και να μεταφέρεται στο εσωτερικό του.

Για να επιτευχθεί υψηλό ποσοστό ηλιακής παθητικής θέρμανσης θα πρέπει να συσσωρεύεται επαρκής θερμική μάζα στα κτήρια. Για να συμβεί αυτό πρέπει:

- Η επιφάνεια της θερμικής μάζας να είναι 6 φορές μεγαλύτερη από την επιφάνεια των υαλοπινάκων και να τοποθετείται κατάλληλα ώστε να δέχεται απευθείας την ηλιακή ακτινοβολία ή να απλώνεται σε λεπτά στρώματα σε όλους τους χώρους στους οποίους υπάρχει μεγάλη

ποσότητα ηλιακής συλλογής. Για κλίματα με ομίχλη ή βροχερούς χειμώνες απαιτείται λιγότερη θερμική μάζα.

- Το χρώμα της επιφάνειας της μάζας μπορεί να αντικατασταθεί με φυσικά χρώματα (π.χ. χρώματα με εύρος απορρόφησης 0,5 έως 0,7) που είναι εξίσου αποτελεσματικά.
- Τα δομικά υλικά αποθήκευσης θερμικής ενέργειας είναι τα τοιχία, η τοιχοποιία και τα πλακάκια. Για να βελτιωθεί το φως του χώρου οι τοίχοι πρέπει να είναι ανοιχτόχρωμοι.

Οι διαστάσεις της γυάλινης επιφάνειας, οι τιμές της μόνωσης, η σκίαση και η μάζα εξαρτώνται από το κλίμα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ανάγκη για ηλιακή συνεισφορά τόσο μεγαλύτερες είναι οι επιφάνειες γυαλιού και μάζας. Η σχέση μεταξύ της επιφάνειας του γυαλιού και της μάζας δεν είναι γραμμική. Παραδείγματος χάρη ο διπλασιασμός της επιφάνειας του γυαλιού μπορεί να απαιτεί τριπλασιασμό της μάζας.

Η παθητική ηλιακή θέρμανση χρησιμοποιείται για:

- παροχή θερμότητας σε κτήρια που βρίσκονται σε ψυχρά και εύκρατα κλίματα και
- παροχή ψύξης σε κτήρια που βρίσκονται σε θερμά κλίματα

Ανάλογα με τον τρόπο συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας και αποθήκευσης της θερμότητας τα παθητικά ηλιακά συστήματα χωρίζονται σε συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους, έμμεσου ηλιακού κέρδους και απομονωμένου ηλιακού κέρδους.

4.1.2. Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους

Η πιο βασική μορφή παθητικής ηλιακής θέρμανσης είναι το άμεσο ηλιακό κέρδος. Τα νότια προσανατολισμένα ανοίγματα (βόρειο ημισφαίριο) λαμβάνουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία η οποία εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο και αποθηκεύεται σε θερμική μάζα στα δομικά στοιχεία του κτηρίου (τοιχοί, δάπεδα, οροφές). Για την απόδοση του συστήματος κρίνεται απαραίτητη η θερμομόνωση του κελύφους, η σωστή αναλογία μεγέθους υαλοπίνακα - μάζας και η απαιτούμενη ηλιοπροστασία κατά τη θερινή περίοδο. Η επιφάνεια του γυαλιού δεν πρέπει να υπερβαίνει το 12% περίπου του

συγκεκριμένου τμήματος του κτηρίου. Σε περίπτωση που υπάρχει υπέρβαση αυτής της τιμής τότε μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα έντονου φωτός και ξεθώριασμα υφασμάτων. Επίσης, αυξάνεται η δυσκολία παροχής θερμικής μάζας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.



Εικόνα 15 – Βιοκλιματικό κτήριο στην Ισπανία

Τα βόρεια προσανατολισμένα ανοίγματα εξυπηρετούν στην καλή ποιότητα φωτισμού των χώρων καθώς δέχονται διάχυτο και όχι άμεσο φως. Πρέπει να έχουν σχετικά μικρές διαστάσεις καθώς παρόλο που εξυπηρετούν το καλοκαίρι παρουσιάζουν μεγάλη απώλεια θερμότητας κατά τη χειμερινή περίοδο.

Τα δυτικά και ανατολικά ανοίγματα παρουσιάζουν τη δυσμενέστερη συμπεριφορά καθ' όλη τη διάρκεια του έτους γι' αυτό επιλέγονται μόνο σε περιπτώσεις θέας ή απαραίτητου φωτισμού. Ειδικότερα τα δυτικά ανοίγματα κατά τη θερινή περίοδο δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία από το μεσημέρι και έπειτα. Για την προστασία των ανοιγμάτων αυτών προτείνονται εξωτερικοί κατακόρυφοι μέθοδοι σκίασης.

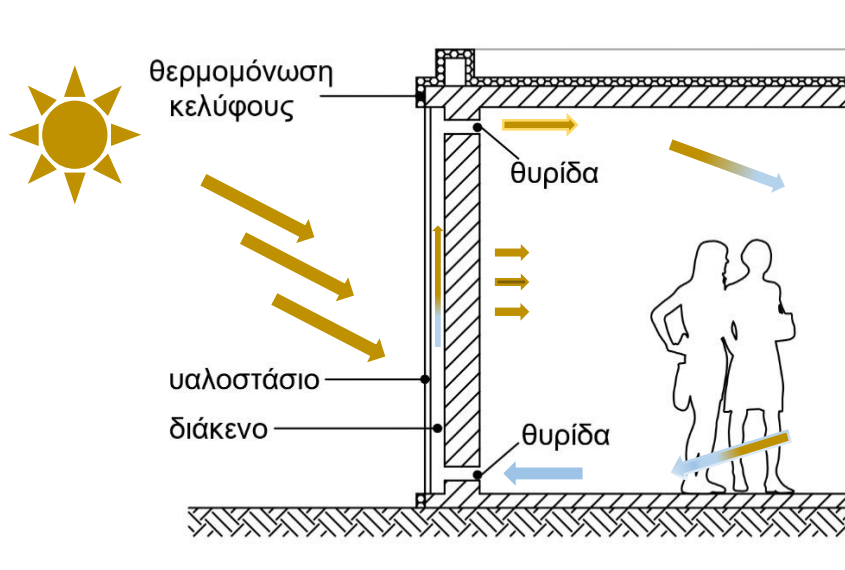
Σε περιπτώσεις κτηρίων που είναι αδύνατος ο νότιος προσανατολισμός χρησιμοποιούνται άλλες αρχιτεκτονικές λύσεις όπως φεγγίτες ή κατάλληλα ανοίγματα στην οροφή που βοηθάνε στη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηρίου.

4.1.3. Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους

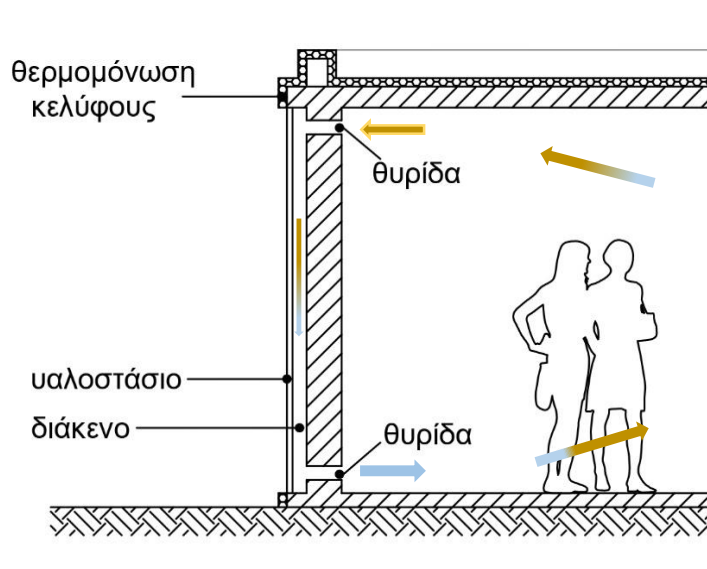
4.1.3.1. Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης

Τα παθητικά συστήματα θέρμανσης με έμμεσο ηλιακό κέρδος είναι ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή μάζας και ο τοίχος Trombe – Michel. Ο τρόπος κατασκευής και λειτουργίας των δύο συστημάτων είναι σχεδόν ίδιος. Αναλυτικότερα, υπάρχει ένας μεγάλος τοίχος, νότια προσανατολισμένος, κατασκευασμένος από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας, όπως πυκνή τοιχοποιία, είτε από δοχεία που περιέχουν νερό ή άλλο υλικό. Σε απόσταση τουλάχιστον 15εκ. προς το εξωτερικό περιβάλλον είναι τοποθετημένη γυάλινη επιφάνεια η οποία δεσμεύει την ηλιακή ακτινοβολία, την εγκλωβίζει σε μορφή θερμότητας στο διάκενο και αυτή αποθηκεύεται στη θερμική μάζα της τοιχοποιίας. Καθώς ο τοίχος αυτός είναι αμόνωτος απελευθερώνει σταδιακά με φυσικές μεθόδους (αγωγή, ακτινοβολία ή συναγωγή) σε ικανοποιητικά χρονικά διαστήματα τη θερμότητα στο εσωτερικό του κτηρίου.

5.1.3.1.1. Τοίχος Trombe – Michel



Εικόνα 16 - Λειτουργία τοίχου Trombe – Michel κατά τη διάρκεια της ημέρας



Εικόνα 17 - Λειτουργία τοίχου Trombe – Michel κατά τη διάρκεια της νύχτας

Συγκεκριμένα, ο τοίχος Trombe - Michel διαθέτει θυρίδες στο επάνω και κάτω μέρος της τοιχοποιίας για τη μεταφορά της θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου. Οι θυρίδες κατά τη χειμερινή περίοδο παραμένουν ανοιχτές και μέρος της θερμότητας που συσσωρεύεται στο διάκενο αέρα μεταφέρεται μέσω των επάνω θυρίδων με φυσική ροή στο εσωτερικό. Ο ψυχρός αέρας του εσωτερικού χώρου μεταφέρεται μέσω των κάτω θυρίδων του τοίχου στο διάκενο αέρα όπου θερμαίνεται και μεταφέρεται πάλι στο εσωτερικό δημιουργώντας έτσι συνεχή ροή θερμότητας στο χώρο (εικόνα 16). Κατά τη διάρκεια της νύχτας και τις ημέρες όπου δεν υπάρχει ηλιοφάνεια καλό είναι οι πάνω θυρίδες να παραμένουν κλειστές ώστε να αποφεύγεται η αντίστροφη ροή του θερμού αέρα από το εσωτερικό του κτηρίου προς την εξωτερική ψυχρή γυάλινη επιφάνεια (εικόνα 17).

Για καλύτερες αποδόσεις του συστήματος θα πρέπει η γυάλινη επιφάνεια να είναι κατασκευασμένη από διπλό υαλοπίνακα αρκετά ανθεκτικό, μεγάλης αντοχής σε υψηλές θερμοκρασίες και η τοιχοποιία να είναι κατασκευασμένη από σκυρόδεμα ή βαριές πέτρες πάχους 25 - 40εκ.. Οι αρμοί στους τοίχους με βαριές πέτρες πρέπει να είναι με συνδετικό κονίαμα ώστε να μην υπάρχουν κενά. Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του τοίχου, τόσο μικρότερη είναι η διακύμανση της θερμοκρασίας στον εσωτερικό χώρο και τόσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος που απαιτείται για την αγωγή της θερμότητας από τη μια πλευρά του τοίχου στην άλλη. Η πλευρά του τοίχου προς την γυάλινη επιφάνεια πρέπει να είναι βαμμένη με σκούρο χρώμα ώστε να απορροφά όσο το δυνατόν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία και η εσωτερική πλευρά με ανοιχτό χρώμα ώστε να έχει υψηλό συντελεστή ακτινοβολίας. Ακόμη, είναι αναγκαία η μόνωση του υαλοπίνακα κατά τις νυχτερινές ώρες με κινητά θερμομονωτικά εσωτερικά (στο διάκενο) ή εξωτερικά πετάσματα και η προστασία του από την καλοκαιρινή ηλιακή ακτινοβολία είτε με συστήματα σκίασης είτε με κατάλληλα ανοίγματα στα υαλοστάσια τα οποία δεν θα επιτρέπουν τον εγκλωβισμό της θερμότητας. Προτείνεται τμήματα των υαλοστασίων να παραμένουν ανοιχτά κατά τη διάρκεια της νύχτας ώστε ο αέρας που βρίσκεται στο διάκενο να μεταφέρεται στο εξωτερικό περιβάλλον συμπαρασύροντας έτσι και τον αέρα του εσωτερικού χώρου.

5.1.3.1.2. Θερμοσιφωνικό πανέλο

Το θερμοσιφωνικό πανέλο αποτελεί ένα σύστημα έμμεσου ηλιακού κέρδους παρόμοιας κατασκευής και λειτουργίας με τον τοίχο Trombe – Michel χωρίς την ύπαρξη και λειτουργία της θερμικής μάζας.

Αναλυτικότερα, ο τοίχος του πανέλου απομονώνεται θερμικά από το διάκενο με χρήση θερμομόνωσης και η μεταφορά αέρα γίνεται αποκλειστικά με συναγωγή (μεταφορά) από τον αέρα του διάκενου μέσω αγωγών ή θυρίδων προς το εσωτερικό του κτηρίου. Συχνά, το θερμοσιφωνικό πανέλο επενδύεται με μεταλλικό απορροφητικό φύλλο στην πλευρά προς το διάκενο ώστε να αυξηθεί η απόδοση του.

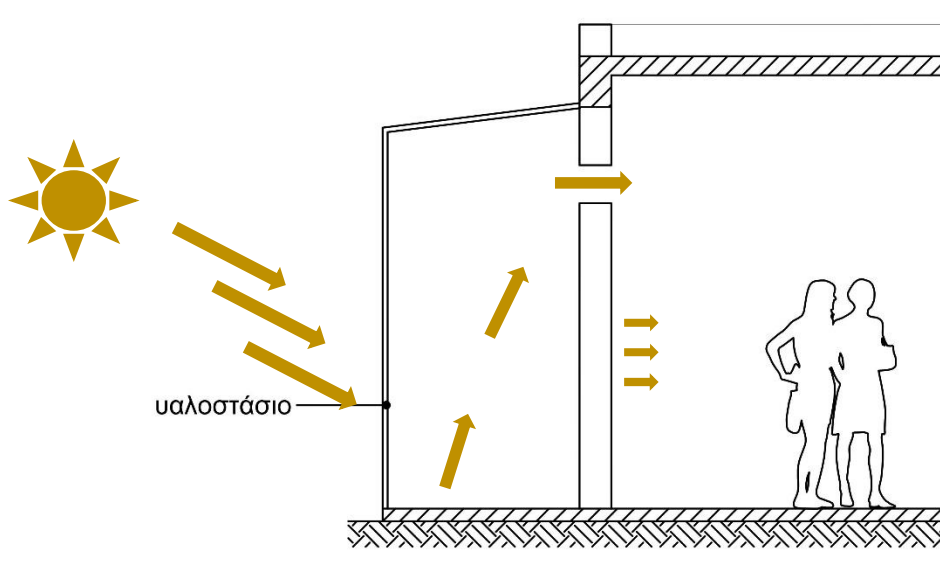
Κατά τη χειμερινή περίοδο, η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο υαλοστάσιο μετατρέπεται σε θερμική και μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω των θυρίδων και αγωγών που βρίσκονται στο άνω τμήμα του πανέλου. Οι θυρίδες που βρίσκονται στο κάτω μέρος του πανέλου επιτρέπουν την κίνηση του κρύου εσωτερικού αέρα προς το διάκενο όπου θερμαίνεται και μεταφέρεται πίσω στο εσωτερικό. Κατά τη θερινή περίοδο, οι θυρίδες στο άνω τμήμα του υαλοστασίου επιτρέπουν την κίνηση του θερμού αέρα προς το εξωτερικό περιβάλλον, δημιουργώντας έτσι ροή αέρα και φυσικό δροσισμό στο εσωτερικό.

4.1.3.2. Ηλιακός χώρος (θερμοκήπιο)

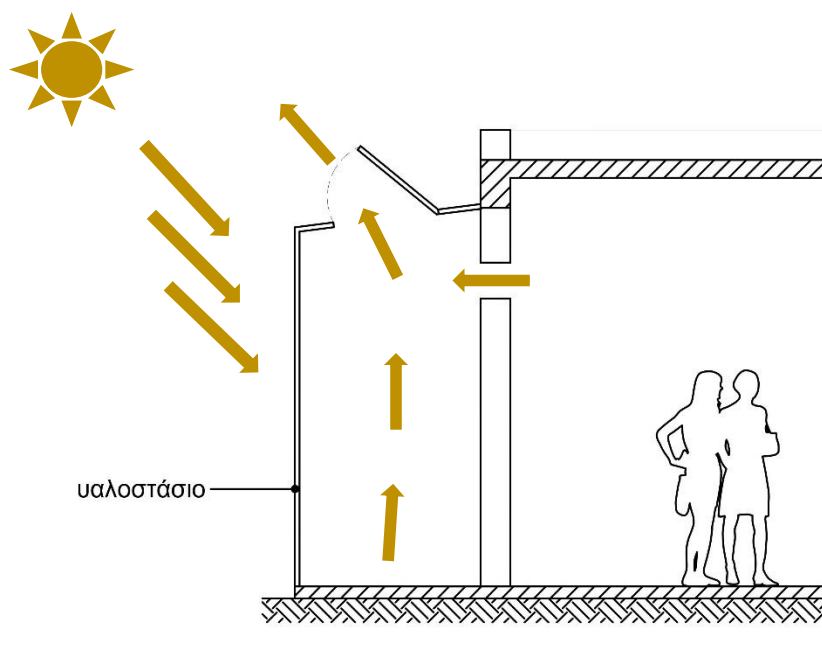
Σύστημα έμμεσου ηλιακού κέρδους είναι και ο ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο. Αποτελείται από κλειστό χώρο με γυάλινο περίβλημα και νότιο προσανατολισμό ($\pm 30^\circ$) που προσαρτάται ή ενσωματώνεται στο κτηριακό κέλυφος. Η ηλιακή ακτινοβολία διέρχεται από τα υαλοστάσια του θερμοκηπίου, μετατρέπεται σε θερμότητα και μεταφέρεται μέσω των ανοιγμάτων και των θυρίδων στο εσωτερικό του κτηρίου. Ο τοίχος που παρεμβάλεται μεταξύ του ηλιακού χώρου και του κυρίως κτηρίου είναι κατασκευασμένος από υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας ώστε να λειτουργεί ως τοίχος θερμικής μάζας. Αυτός απορροφά την θερμότητα και την εκπέμπει στο εσωτερικό σταδιακά με χρονική υστέρηση (εικόνα 18).

Για να επιτευχθεί μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο χρησιμοποιούνται εσωτερικά θερμομονωτικά πετάσματα στην επιφάνεια των υαλοστασίων. Ακόμη, η χρήση διπλών υαλοπινάκων και η μόνωση του κοινού τμήματος της τοιχοποιίας βοηθάει στη μείωση των θερμικών απωλειών όταν υπάρχουν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

Κατά την καλοκαιρινή περίοδο για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση του ηλιακού χώρου – θερμοκήπιου χρησιμοποιούνται εσωτερικά πετάσματα για σκίαση και ανοίγματα στην γυάλινη οροφή του απελευθερώνοντας τη θερμότητα (εικόνα 19).



Εικόνα 18 – Λειτουργία ηλιακού χώρου – θερμοκήπιου κατά τη χειμερινή περίοδο



Εικόνα 19 - Λειτουργία του ηλιακού χώρου – θερμοκήπιου κατά την καλοκαιρινή περίοδο



Εικόνα 20 - Ηλιακός χώρος – θερμοκήπιο κατοικίας

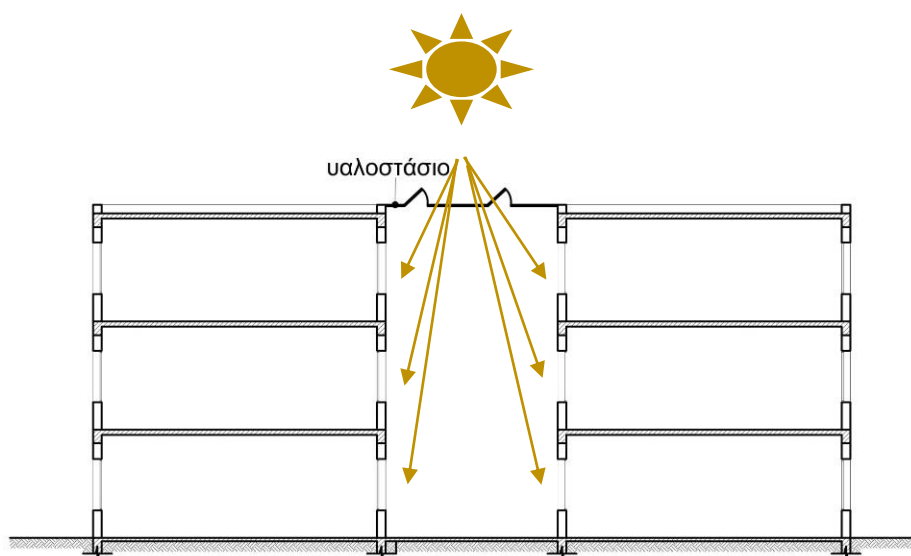
Στην εικόνα 20 απεικονίζεται ο ηλιακός χώρος ο οποίος έχει προσαρτηθεί στο κτηριακό κέλυφος και λειτουργεί ως σύστημα έμμεσου ηλιακού κέρδους.

4.1.3.3. Ηλιακά αίθρια

Ένα επιπλέον σύστημα έμμεσου ηλιακού κέρδους είναι και το ηλιακό αίθριο. Ο αιθριακός χώρος καλύπτεται από γυάλινη επιφάνεια την οποία διαπερνά η ηλιακή ακτινοβολία και συσσωρεύεται σε μορφή θερμότητας στον εσωτερικό χώρο του αιθρίου. Μέρος αυτής μεταφέρεται στους περιβάλλοντες χώρους του κτηρίου μέσω των ανοιγμάτων ή αποθηκεύεται στα δομικά του υλικά λειτουργώντας ως θερμική μάζα και εκπέμποντας τη με χρονική υστέρηση στο εσωτερικό του κτηρίου.

Κατά τη θερινή περίοδο για την αποφυγή υπερθέρμανσης του αιθριακού χώρου υπάρχουν ανοίγματα στην οροφή του για απελευθέρωση της θερμότητας καθώς και συστήματα πλήρους σκιασμού.

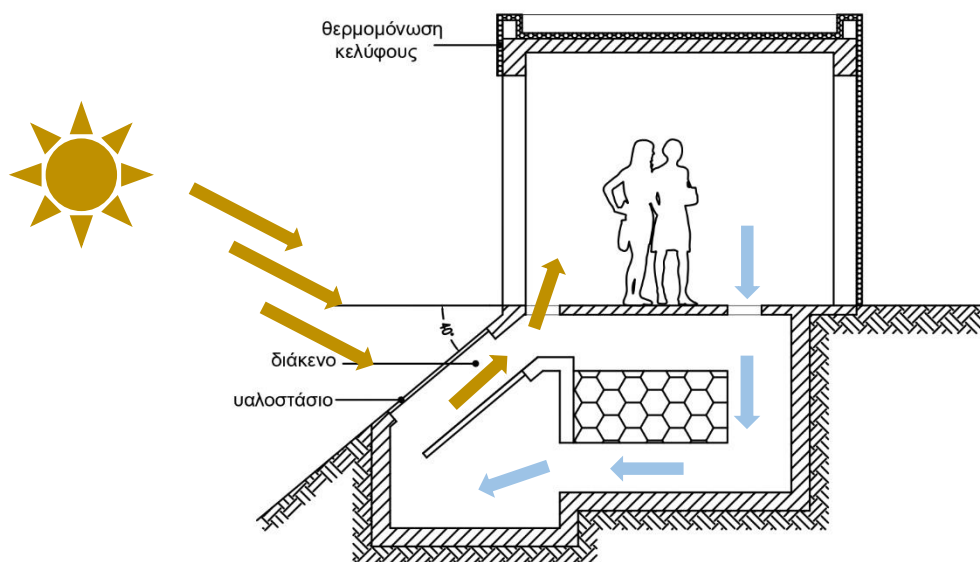
Το ηλιακό αίθριο (εικόνα 21) επιτρέπει την είσοδο της φωτεινής ακτινοβολίας προσφέροντας φυσικό φωτισμό ιδιαίτερα σε κτήρια μεγάλης επιφάνειας. Η στάθμη φωτισμού των χώρων επηρεάζεται από τις διαστάσεις τους ηλιακού αιθρίου και τα οπτικά χαρακτηριστικά των επιφανειών του (ανακλαστικότητα των τοίχων και του δαπέδου, οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων που βρίσκονται στους χώρους που περιβάλλουν το αίθριο ή και στην οροφή).



Εικόνα 21 – Ηλιακό αίθριο

4.1.4. Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους

Ένα σύστημα απομονωμένου ηλιακού κέρδους είναι το σύστημα απομονωμένου θερμοσιφωνικού πανέλου (εικόνα 22). Η λειτουργία του είναι ίδια με το θερμοσιφωνικό πανέλο που τοποθετείται στη νότια όψη του κτηρίου με τη διαφορά ότι βρίσκεται εκτός κτηριακού περιβλήματος. Αποτελείται από υαλοπίνακα, διάκενο αέρα, σκουρόχρωμη μεταλλική επιφάνεια και φέρει θερμομόνωση εξωτερικά για να εγκλωβίζεται η θερμότητα. Τοποθετείται πάντα χαμηλότερα από του κτηριακούς χώρους υπό κλίση 40° περίπου. Από το διάκενο μεταξύ υαλοπίνακα και μεταλλικής επιφάνειας όπου συλλέγεται η θερμότητα μεταφέρεται είτε μέσω θερμοσιφωνικής ροής απευθείας στον εσωτερικό χώρο του κτηρίου είτε σε αποθήκη θερμότητας για να αποδοθεί με χρονική υστέρηση. Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος είναι ο προσανατολισμός, η κλίση, τα υλικά κατασκευής (τιμή θερμοχωρητικότητας), οι διαστάσεις της επιφάνειας του υαλοπίνακα και της μεταλλικής πλάκας και η σύνδεση του με το κτήριο.



Εικόνα 22 – Λειτουργία συστήματος θερμοσιφωνικού πανέλου

4.2. Φυσικός αερισμός

Κατά τη διάρκεια της ημέρας η θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτηρίου αυξάνεται λόγω άμεσης ή έμμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στα εξωτερικά ανοίγματα, θερμικής αγωγιμότητας του κελύφους του κτηρίου και άνοιγμα των εξωτερικών ανοιγμάτων (π.χ. πόρτες, παράθυρα). Οι ψυχροί εσωτερικοί τοίχοι απορροφούν θερμότητα από τον εσωτερικό αέρα και τον ψύχουν ενώ παράλληλα θερμαίνονται και αυτοί. Η εσωτερική θερμική μάζα του κτηρίου πρέπει να είναι τόση, ώστε οι τοίχοι να εξακολουθούν να παραμένουν αρκετά ψυχροί, για να μπορούν να ψύχουν τον εσωτερικό αέρα του κτηρίου, ως την ώρα της ημέρας κατά την οποία η εξωτερική θερμοκρασία πέφτει χαμηλότερα από την εσωτερική. Εκείνη τη στιγμή ανοίγουν όλα τα εξωτερικά ανοίγματα του κτηρίου και πραγματοποιείται πλήρης αερισμός των εσωτερικών χώρων με στόχο την αποβολή των θερμικών φορτίων των τοίχων και την ψύξη τους στα χαμηλότερα επίπεδα της νυχτερινής θερμοκρασίας. Νωρίς το πρωί κλείνουν όλα τα εξωτερικά ανοίγματα.

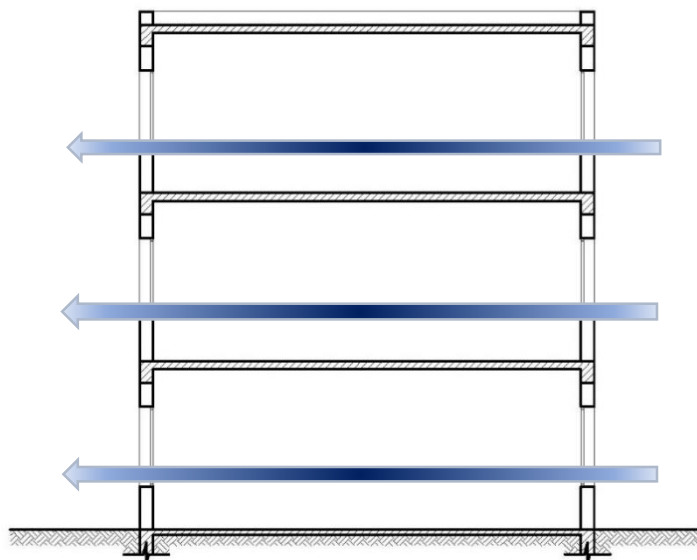
Οι τρεις βασικές μέθοδοι συστημάτων παθητικής ψύξης που βασίζονται σε φυσικό αερισμό είναι ο διαμπερής αερισμός, οι ηλιακές καμινάδες και οι καμινάδες ή πύργοι αερισμού.

4.2.1. Διαμπερής αερισμός

Διαμπερής αερισμός (εικόνα 23) επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στις εσωτερικές τοιχοποιίες. Θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας.

Ο διαμπερής αερισμός επηρεάζεται από την εξωτερική και εσωτερική διαρρύθμιση του κτηρίου σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους. Η θέση του κτηρίου σε σχέση με τον πολεοδομικό ιστό, και εν γένει με τα εξωτερικά εμπόδια διευκολύνουν ή ενισχύουν την είσοδο του αέρα μέσα στο κτήριο. Πλευρικοί τοίχοι προσαρτημένοι στα ανοίγματα (ανεμοπτερύγια) μπορούν να εκτρέψουν τον άνεμο εσωτερικά στο κτήριο, ενισχύοντας έτσι τη δυνατότητα φυσικού αερισμού.

Κατά τη θερινή περίοδο ο νυχτερινός διαμπερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός ιδιαίτερα κατά τις θερμές ημέρες όπου ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι εφικτός.

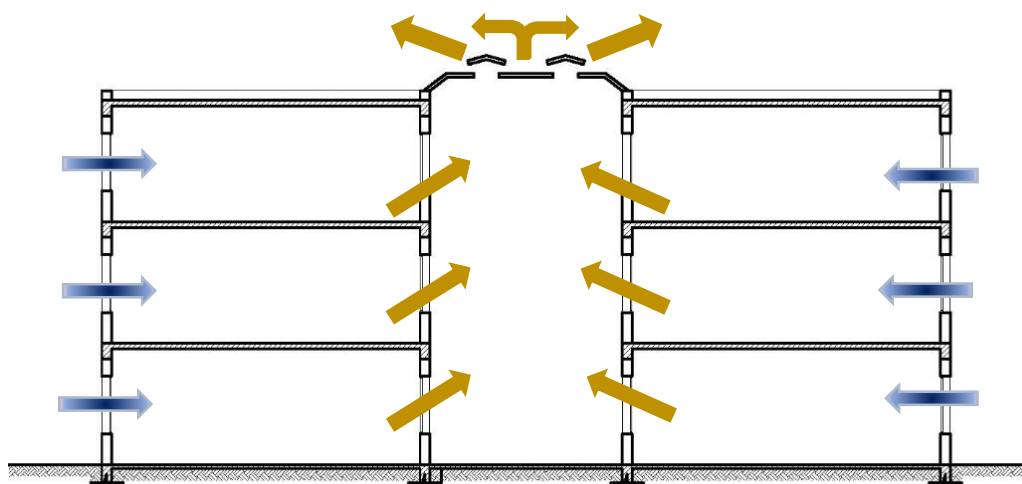


Εικόνα 23 – Διαμπερής αερισμός

4.2.3. Καμινάδες ή πύργοι αερισμού

Η καμινάδα αερισμού (εικόνα 25) λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, καθώς ο θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω, δημιουργείται ρεύμα στο εσωτερικό των χώρων, μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτηρίου. Η λειτουργία της καμινάδας αερισμού γίνεται σε συνδυασμό με κατάλληλα ανοίγματα του κτηρίου. Όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτήριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα.

Ως καμινάδες αερισμού μπορεί να λειτουργούν κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια ή και εσωτερικά αίθρια ή φωταγωγοί των κτηρίων. Σε περιοχές με έντονο άνεμο υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής πύργων αερισμού, οι οποίοι προεξέχουν σημαντικά από την οροφή του κτηρίου, φέρουν άνοιγμα προς την σημαντική κατεύθυνση του ανέμου και έχουν τη δυνατότητα να «συλλαμβάνουν» τα ψυχρά ρεύματα αέρα και να τα κατευθύνουν μέσα στο χώρο, υποβοηθούμενοι, σε ορισμένες περιπτώσεις, από ανεμιστήρα.

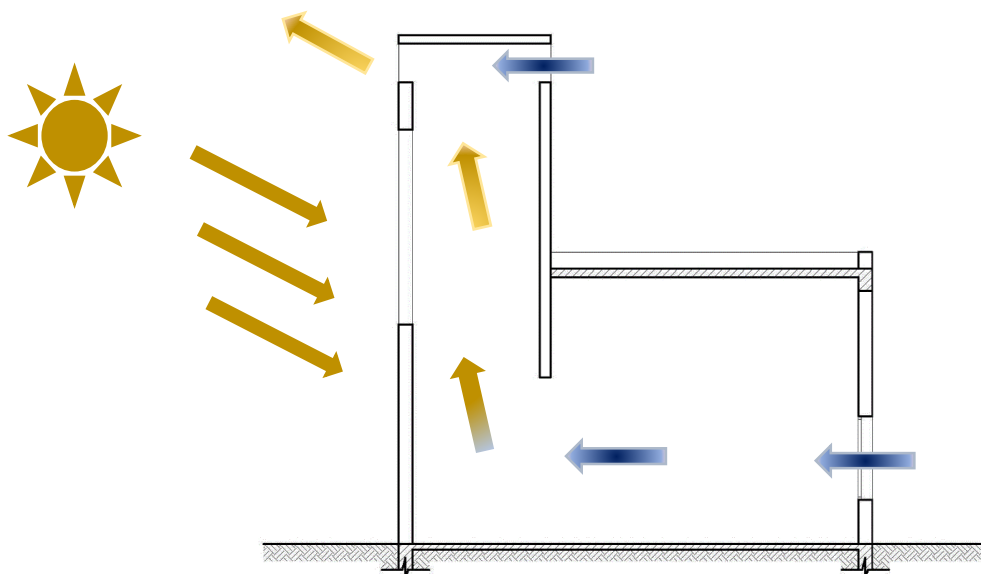


Εικόνα 24 – Πύργος αερισμού

4.2.2. Ηλιακή καμινάδα

Η ηλιακή καμινάδα (εικόνα 24) φέρει στη νότια ή νοτιοδυτική επιφάνειά της ($\pm 30^\circ$ N) υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας (εν γένει έναν μικρό ηλιακό τοίχο) και περσίδες στο άνω τμήμα αυτής της πλευράς.

Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi και συμβάλλει αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους, καθώς μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς της ανανέωσης του αέρα μέσα στους χώρους. Καθώς επιτυγχάνει διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα, η ηλιακή καμινάδα συνιστάται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τη θερινή περίοδο.



Εικόνα 25 – Ηλιακή καμινάδα

4.3. Φυσικός φωτισμός

Ο φυσικός φωτισμός στοχεύει στην επίτευξη της οπτικής άνεσης εντός του κτηρίου μέσω της χρήσης συστημάτων που φιλτράρουν το άμεσο ηλιακό φως, ώστε να αποφεύγεται η θάμβωση και η αντηλιά. Το φως πρέπει να κατανέμεται στο βάθος των εσωτερικών χώρων του κτηρίου και να διαχέεται. Η φίλτρασή του γίνεται με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τη χρήση του χώρου. Οι παραδοσιακοί τρόποι π.χ. κουρτίνες, ρολά, περσίδες κ.α. χρησιμοποιούνται σε κατοικίες, γραφεία κ.α. ενώ σε κατασκευές μεγαλύτερης έκτασης χρησιμοποιούνται συστήματα ελέγχου όπου ρυθμίζουν το σύστημα ανάλογα με την ηλιοφάνεια και τις ανάγκες του χρήστη.

Συστήματα κατεύθυνσης της δέσμης του φυσικού φωτός:

- Τα ράφια φωτισμού είναι ένα σύστημα ανάκλασης φωτός μέσω του οποίου το φυσικό φως διεισδύει στο εσωτερικό ενός χώρου. Το άνω μέρος των ραφιών ανακλά το προσπιπτόμενο φυσικό φως, το οποίο διαχέεται ομοιόμορφα.
- Ο αγωγός φωτός αποτελείται από έναν ηλιακό συλλέκτη ο οποίος μεταφέρει με τη χρήση ενός ειδικού σωλήνα το φως της οροφής ενός

κτηρίου στο εσωτερικό του. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται σε χώρους που δεν έχουν πρόσβαση σε φυσικό φως μέσω κάθετων ανοιγμάτων.

- Η χρήση κατόπτρων στοχεύει στην κατεύθυνση του φυσικού φωτός στον επιθυμητό χώρο. Χρησιμοποιούνται ένα ή περισσότερα κάτοπτρα, στατικά ή συνδεδεμένα με μηχανισμό και αισθητήρες φωτό για να μεταφέρουν φως σε αίθρια ή σε μεγάλους εσωτερικούς χώρους.

4.4. Πράσινη στέγη / Φυτεμένο δώμα

Η χρήση των φυτεμένων δωματίων επιφέρει θετικά αποτελέσματα στο μικροκλίμα γύρω από το κτήριο και κατ' επέκταση στο κλίμα της πόλης. Το φυτεμένο δώμα προκαλεί:

- Μείωση της απορροής βρόχινων νερών. Τα φυτεμένα δώματα μπορούν να συγκρατήσουν έως το 40% των όμβριων υδάτων, με την προϋπόθεση ότι το χώμα είναι ξηρό.
- Μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Τα φυτεμένα δώματα βελτιώνουν τη θερμική συμπεριφορά των κτηρίων μειώνοντας τη θερμότητα που ακτινοβολούν τα δομικά στοιχεία προς το εξωτερικό περιβάλλον κατά τις νυχτερινές ώρες.
- Βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς των δωματίων, καθώς αυξάνονται τα επίπεδα θερμομόνωσης και μειώνεται η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα κατά τη θερινή περίοδο.
- Απορρόφηση της ρύπανσης και μείωση των επιπέδων θορύβου.
- Παραγωγή οξυγόνου κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- Εμπλουτισμό του οικοσυστήματος της περιοχής.

4.5. Συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Κατά τον ενεργειακό σχεδιασμό των βιοκλιματικών κτηρίων σημαντικό στάδιο αποτελεί η ενσωμάτωση σ' αυτά συστημάτων που εκμεταλλεύονται τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.). Η εφαρμογή των συστημάτων Α.Π.Ε. θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να εξετάζεται ξεχωριστά τόσο σε τεχνικό, όσο και σε οικονομικό επίπεδο⁹.

⁹ «Κατοικίες ενεργειακές, εξοικονόμηση ενέργειας με ενεργητικά και παθητικά συστήματα», Κτίριο εκδόσεις Ε.Π.Ε., 2014.

4.5.1. Φωτοβολταϊκά συστήματα (ηλιακή ενέργεια)

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία και με τη χρήση ημιαγωγών τη μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι ημιαγωγοί συνδέονται μεταξύ τους και συναρμολογούνται σε μία μεταλλική βάση, δημιουργώντας μια συστοιχία φωτοβολταϊκών. Το ρεύμα που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συσκευές που λειτουργούν με συνεχές ρεύμα ή να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα τοποθετούνται είτε σε χώρο του οικοπέδου, είτε στην οροφή του κτηρίου είτε μπορούν να ενσωματωθούν στο κέλυφος του κτηρίου (εικόνα 26).

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για τις ανάγκες του κτηρίου παρέχοντας ηλεκτρισμό, ζεστό νερό χρήσης, ψύξη - θέρμανση, να αποθηκευτεί σε συσσωρευτές (μπαταρίες) για μεταγενέστερη χρήση ή τέλος να διοχετευτεί στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα που βρίσκεται στο βόρειο ημισφαίριο έχει μέγιστη απόδοση όταν έχει νότιο προσανατολισμό και η κλίση των στοιχείων σχηματίζει γωνία 90° με την ηλιακή ακτινοβολία.



Εικόνα 26 - Φωτοβολταϊκό πάνελ στο κέλυφος κτηρίου

4.5.2. Βιομάζα

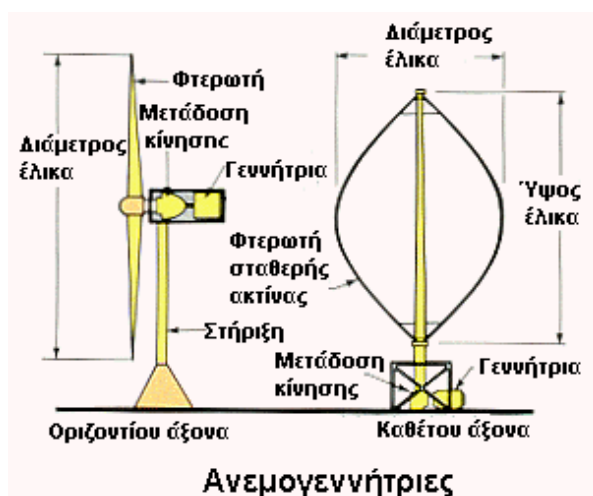
Με τον όρο βιομάζα ορίζουμε οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (δασικά υπολείμματα, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα ή απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη ύλη για την παραγωγή ενέργειας. Χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες, τη στερεά, την υγρή και την αέρια εκ των οποίων μόνο η στερεά μορφή (θρύμματα ξύλου, pellets, μπρικέτες) χρησιμοποιείται σε κατοικίες στους λέβητες στερεού καυσίμου.

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού, την παραγωγή θερμότητας και για την αντικατάσταση υγρών καυσίμων όπως πετρελαϊκών προϊόντων (βενζίνη, ντίζελ κ.α.). Συγκαταλέγεται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς είναι πολύ λίγος ο χρόνος που απαιτείται για να αναπληρωθεί ότι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας.

4.5.3. Ανεμογεννήτριες (αιολική γεννήτρια)

Η αιολική ενέργεια είναι μία ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον. Οι ανεμογεννήτριες εκμεταλλεύονται την αιολική ενέργεια και την μετατρέπουν σε ηλεκτρική. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες (εικόνα 27):

- τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, όπου ο δρομέας είναι τύπου έλικας και ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο και
- τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα που παραμένει σταθερός



Εικόνα 27 – Είδη ανεμογεννητριών

Εκτός από τις μεγάλες ανεμογεννήτριες που τροφοδοτούν απευθείας το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας υπάρχουν και οι οικιακές ανεμογεννήτριες (400W έως 10kW) οι οποίες ικανοποιούν τις ενεργειακές ανάγκες της κατοικίας.

Οι διαστάσεις της ανεμογεννήτριας εξαρτώνται από την ηλεκτρική ενέργεια που πρέπει να παράξουν:

- Η διάμετρος του έλικα και το ύψος του ιστού αυξάνεται ανάλογα με την ονομαστική ισχύ
- Το ύψος του ιστού καθορίζεται από τα εμπόδια περιβάλλοντος χώρου, το είδος της βάσης, τη διάμετρο του έλικα και από τις προδιαγραφές του κατασκευαστή

Η απόδοση μίας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από:

- Την επιφάνεια σάρωσης του έλικα. Μεγαλύτερη επιφάνεια ισοδυναμεί με μεγαλύτερη ανακτώμενη ενέργεια
- Την ταχύτητα του ανέμου στο ύψος της ανεμογεννήτριας
- Την πυκνότητα του αέρα

4.5.4. Γεωθερμία

Γεωθερμία ονομάζεται η θερμική ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη κάτω από την επιφάνεια της Γης (στο υπέδαφος, σε υπόγεια νερά, ατμό ή θερμό αέρα) με θερμοκρασίες από 25°C – 350°C. Πρόκειται για μια ανεξάντλητη και καθαρή ενέργεια η οποία χρησιμοποιείται σε κατοικίες σε αγροτικές και βιομηχανικές εφαρμογές, θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες, για αφαλάτωση θαλασσινού νερού, θερμά λουτρά και πολλά άλλα.

Επιπλέον, στον όρο γεωθερμία εντάσσεται και η θερμική ενέργεια του εσωτερικού της Γης με θερμοκρασία χαμηλότερη των 25°C, που οφείλεται κυρίως στην αποθήκευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτές οι περιπτώσεις χαρακτηρίζονται ως αβαθής γεωθερμία και χρησιμοποιείται για παραγωγή ψύξης, θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης σε οικιακές και λοιπές κτηριακές εγκαταστάσεις.

Ένα οικιακό σύστημα αβαθούς γεωθερμίας αποτελείται από τα παρακάτω βασικά μέρη:

- Τη γεωθερμική αντλία θερμότητας
- Το γεωθερμικό εναλλάκτη
- Την εσωτερική εγκατάσταση θέρμανσης και ψύξης (π.χ. ενδοδαπέδιο σύστημα ή σύστημα με fan coils)

Σε ένα σύστημα εκμετάλλευσης αβαθούς γεωθερμίας η θερμότητα απάγεται ή προσδίδεται στο έδαφος μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων (γεωεναλλάκτης), τοποθετημένου εντός εδάφους, που μπορεί να είναι κλειστού ή ανοικτού κυκλώματος.

Με βάση τις σημερινές τιμές πετρελαίου και ηλεκτρικού ρεύματος εκτιμάται ότι μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση χρημάτων για τη θέρμανση κτηρίου με χρήση αβαθούς γεωθερμίας από 60% έως 80% σε σχέση με αντίστοιχη εγκατάσταση λέβητα πετρελαίου.

Κεφάλαιο 5. Κατοικίες στη Σύρο

5.1. Ιστορική αναδρομή

Κατά την 3^η π.Χ. χιλιετία, ο πρώτος πολιτισμός του δυτικού κόσμου, ο πρωτοκυκλαδίτικος πολιτισμός, φέρει το όνομα «Πολιτισμός Σύρου – Κέρου». Οι ομηρικές περιγραφές βεβαιώνουν ότι η Σύρος, κατά τη 2^η π.Χ. χιλιετία, ήταν ένα πλούσιο νησί, οينوπληθές, εύμηλο, με λίγους ευτυχισμένους κατοίκους, που δεν είχαν γνωρίσει ούτε πείνα ούτε σοβαρές ασθένειες.

Η Σύρος, όπως και τα περισσότερα νησιά του Αιγαίου, μετά την πτώση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, κατά τη διάρκεια των «σκοτεινών αιώνων», έγινε έρμαιο κάθε φυλής πειρατών που δρούσαν στη λεκάνη της Μεσογείου. Η λεηλάτηση, η αιχμαλωσία και η σφαγή των κατοίκων ωθούσε τις περιοχές σε πλήρη φτώχεια και ερήμωση των κυκλαδονήσων. Η Άλωση της Κωνσταντινούπολης από τους Φράγκους και τους Βενετούς της 4^{ης} Σταυροφορίας άλλαξε την πορεία της Σύρου. Κατά το μοίρασμα των βυζαντινών περιοχών ο Μάρκος Σανούδιος, ισχυρός βενετσιάνος στόλαρχος, κατέλαβε μεταξύ άλλων και τη Σύρο η οποία κατά την περίοδο της Άλωσης άνηκε εκκλησιαστικά στη Μητρόπολη των Αθηνών. Πρώτη ενέργεια του ήταν να εγκαταστήσει διοικητές στις περιοχές οργανώνοντας τον υπάρχοντα πληθυσμό σε υποτυπώδεις οικισμούς. Έτσι οι διάσπαρτοι κάτοικοι της Σύρου συγκεντώθηκαν στο λόφο του μεσοβουνίου, χτίζοντας τις κατοικίες τους στο κέντρο του νησιού, σε κατάλληλο σημείο για οχύρωση, γύρω από ένα υπάρχον εκκλησάκι του 6^{ου} αιώνα, αφιερωμένο στον Άγιο Γεώργιο.

5.2. Αρχιτεκτονική οικισμού Άνω Σύρου

Τα κτήρια κατασκευάζονταν παράλληλα στις υψομετρικές καμπύλες του λόφου, σε συνεχές σύστημα ώστε οι αυστηρά κλειστοί εξωτερικοί τους τοίχοι να αποτελούν ένα ενιαίο προστατευτικό τείχος για τον οχυρωμένο οικισμό. Είναι όλα «λαϊκά» σπίτια περιορισμένα σε έκταση και αναπτύχθηκαν σε ύψος τα περισσότερα για οικονομία χώρου. Το σχήμα της κάτοψης είναι συνήθως ορθογώνιο αλλά με ένα, δύο ή περισσότερους χώρους και πολλές φορές με δωμάτια έξω από το γενικό σχήμα, πάνω από το γειτονικό σπίτι ή το δρόμο για να εξοικονομηθεί ακόμη λίγος χώρος, μίας και τα οικόπεδα ήταν τόσο μικρά.

Η εσωτερική σύνθεση του οικισμού χαρακτηρίζεται από έλλειψη κέντρου, αφού τα κύρια κτήρια (εκκλησία, σχολείο) είναι χτισμένα στις άκρες του, ενώ η πλατεία είναι ανύπαρκτη. Οι δρόμοι είναι διαμορφωμένοι για κυκλοφορία πεζών και ζώων, ακόμη και οι τοίχοι είναι κομμένοι συνήθως στις γωνίες-στροφές αριστουργηματικά, για να διευκολύνεται το στρίψιμο του φορτωμένου ζώου. Οι περισσότεροι δρόμοι ακολουθούν τις καμπύλες του λόφου, όπου είναι χτισμένος ο οικισμός. Έτσι έχουμε μία κυκλική διάταξη με κέντρο την κορυφή του λόφου, όπου και η Μητρόπολη των Καθολικών¹⁰.



Εικόνα 28 – Λόφος Άνω Σύρου

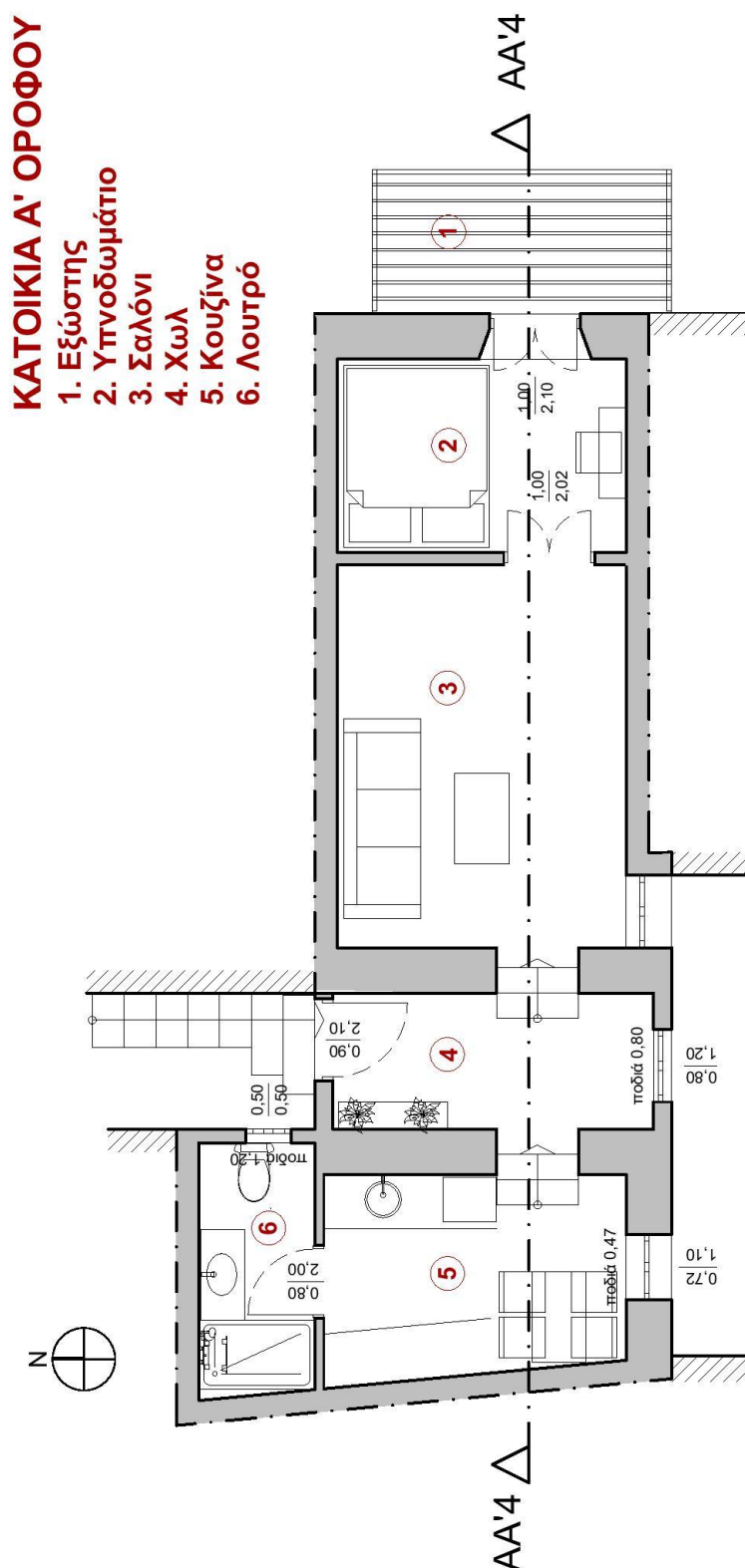
¹⁰ Α. Κάρτας «Ελληνική Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική», εκδόσεις Μέλισσα, 1982

5.3. Περιγραφή υφιστάμενης κατοικίας

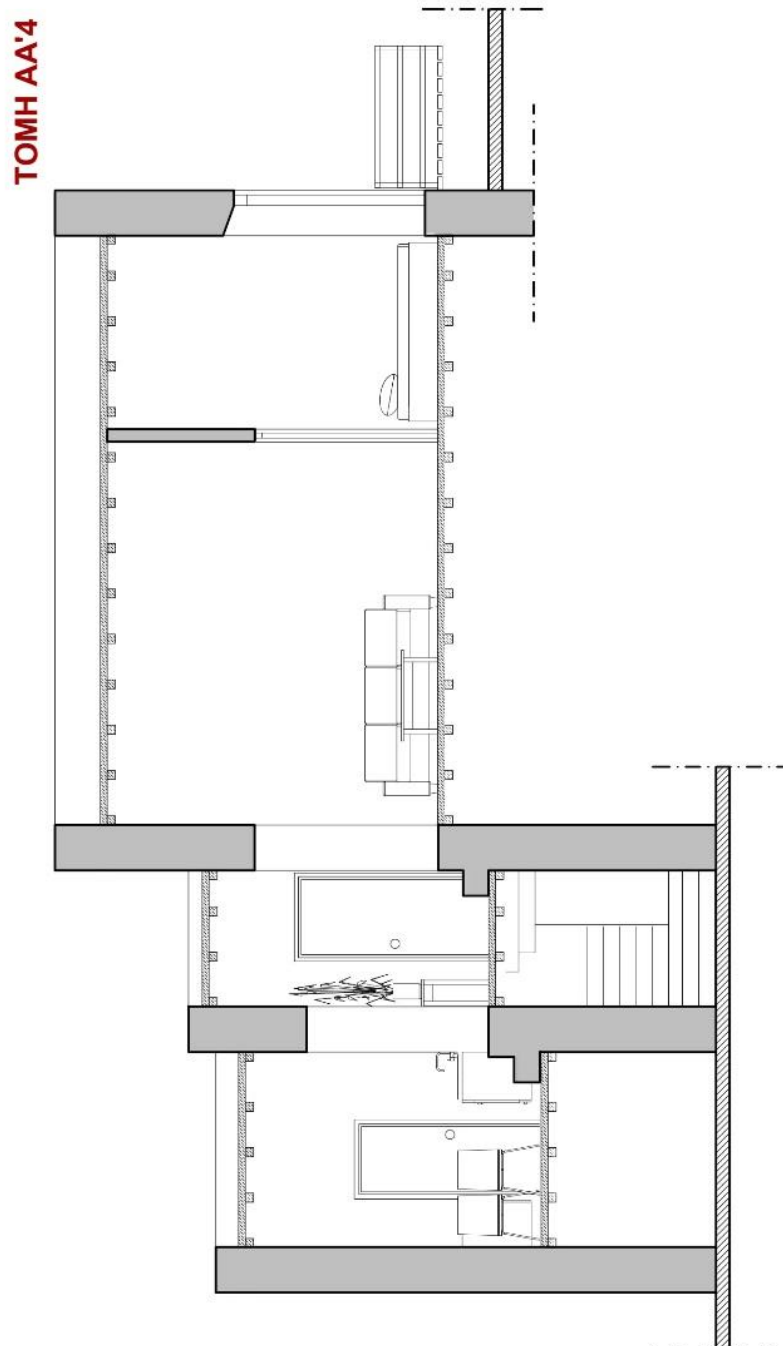
Η εν λόγω κατοικία α' ορόφου βρίσκεται στο λόφο της Άνω Σύρου, εντός των ορίων του τείχους που προστάτευε τον οικισμό από τους πειρατές. Είναι κατασκευασμένη από φέρουσα λιθοδομή πάχους περίπου 50εκ. και η οροφή της από σπαθωτή πλάκα επενδυμένη στο εσωτερικό της με πέτσωμα και ξύλινα δοκάρια.

Η πυκνότητα της δόμησης του οικισμού κατατάσσει την κατοικία σε προστατευμένο κτήριο από τις καιρικές συνθήκες και τους εξωτερικούς παράγοντες καθώς περιστοιχίζεται από όγκους κτηρίων ίσων ή μεγαλύτερων οι οποίοι είτε εφάπτονται είτε βρίσκονται πολύ κοντά σε αυτό.

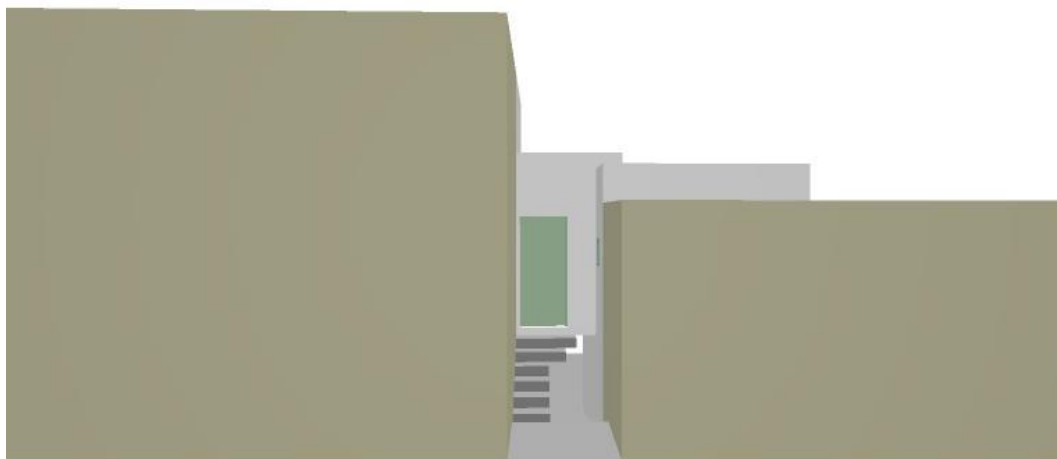
Η κατοικία έχει σχήμα Γ και αποτελείται από ένα υπνοδωμάτιο, σαλόνι, χωλ, κουζίνα και λουτρό. Αναλυτικότερα, το υπνοδωμάτιο έχει ανατολικό προσανατολισμό και διαθέτει μία μπαλκονόπορτα που οδηγεί σε έναν ξύλινο εξώστη. Το σαλόνι, το χωλ και η κουζίνα έχουν νότιο προσανατολισμό και διαθέτουν ανοίγματα τζαμωτά μικρών διαστάσεων. Στη βόρεια πλευρά του κτηρίου το μοναδικό άνοιγμα που υπάρχει είναι η κύρια είσοδος και τέλος στη δυτική δεν υπάρχουν καθόλου ανοίγματα.



Εικόνα 29 – Κάτοψη κατοικίας



Εικόνα 30 – Τομή ΑΑ'4 κατοικίας



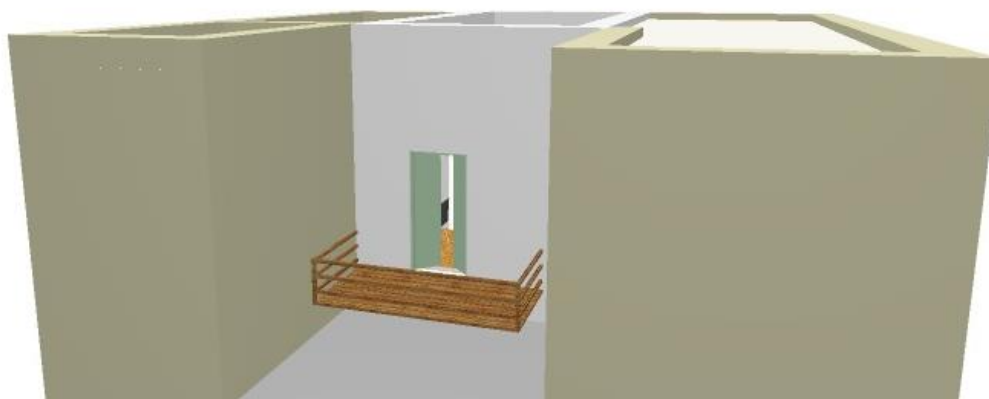
Εικόνα 31 – Βόρεια όψη κατοικίας

Στην εικόνα 31 παρουσιάζεται η βόρεια όψη της κατοικίας. Το μοναδικό άνοιγμα σε αυτή την πλευρά του κτηρίου είναι η κύρια είσοδος προστατεύοντας το κτήριο από τους ψυχρούς βόρειους ανέμους κατά τη χειμερινή περίοδο.



Εικόνα 32 – Νότια όψη κατοικίας

Στην εικόνα 32 παρουσιάζεται η νότια όψη του κτηρίου. Τα ανοίγματα αυτής της πλευράς είναι επαρκή για την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη χειμερινή περίοδο.



Εικόνα 33 – Ανατολική όψη κατοικίας

Στην εικόνα 33 παρουσιάζεται η ανατολική όψη της κατοικίας. Σε αυτή την πλευρά υπάρχει ο ξύλινος εξώστης του υπνοδωματίου. Οι λαμπάδες της μπαλκονόπορτας είναι κατασκευασμένοι με τέτοιο τρόπο ώστε να εισέρχεται στο εσωτερικό η μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία.

5.3.1 Εφαρμογές βασικών αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού στην υφιστάμενη κατοικία

Προσανατολισμός και σχήμα κτηρίου

Η κατοικία εκτείνεται σε άξονα ανατολής – δύσης και έχει νότιο προσανατολισμό. Το σαλόνι που είναι ο χώρος που χρησιμοποιείται περισσότερο κατά τη διάρκεια της ημέρας, έχει νότιο προσανατολισμό ώστε να δέχεται τα μέγιστα ηλιακά κέρδη κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ιδιαίτερη κατασκευαστική λεπτομέρεια παρατηρείται στους λαμπάδες της μπαλκονόπορτας του υπνοδωματίου καθώς είναι κατασκευασμένοι με κλίση δημιουργώντας έτσι μεγαλύτερο άνοιγμα προς το εσωτερικό του κτηρίου επιτρέποντας τη διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας σε μεγαλύτερη επιφάνεια του υπνοδωματίου. Η βόρεια πλευρά της κατοικίας είναι σχεδόν πλήρως προστατευμένη από τους ψυχρούς ανέμους καθώς το μεγαλύτερο τμήμα της εφάπτεται με όμορες ιδιοκτησίες οι οποίες λειτουργούν ως ζώνες ανάσχεσης στις θερμικές απώλειες και αεροστεγάνωσης μεταξύ των κύριων χώρων και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Τέλος οι υπόλοιποι χώροι της κατοικίας έχουν τοποθετηθεί σε ανατολικές ή δυτικές κατευθύνσεις.

Κέλυφος

Η εξωτερική λιθοδομή της κατοικίας είναι κατασκευασμένη από τοπικούς φυσικούς λίθους συνολικού πάχους περίπου 50εκ. εξασφαλίζοντας την προστασία από τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Τα χρώματα που έχουν επιλεγεί για τους τοίχους και την οροφή είναι αποχρώσεις του λευκού ώστε να βοηθούν στη μείωση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την καλοκαιρινή περίοδο και την υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων.

Θερμομόνωση

Οι οροφές της κατοικίας είναι επενδυμένες με πέτσωμα και ξύλινα δοκάρια και το δάπεδο του υπνοδωματίου με ξύλινες τάβλες – παρκέ. Το ξύλο είναι από τα αποδοτικότερα θερμομονωτικά υλικά καθώς αποτελείται από πολλά ινώδη κύτταρα που περικλείουν μεταξύ τους μικρές ποσότητες ακίνητου αέρα. Ακόμη, το ξύλο έχει μικρή θερμοχωρητικότητα που του επιτρέπει να θερμαίνεται γρήγορα εξοικονομώντας σημαντικά ποσά ενέργειας.

Αερισμός, φωτισμός

Όλα τα δωμάτια της κατοικίας διαθέτουν επαρκή ανοίγματα προς το εξωτερικό περιβάλλον που επιτρέπουν το φυσικό αερισμό για εισαγωγή φρέσκου αέρα και αποβολή των ρύπων και της υγρασίας. Ακόμη, η ύπαρξη ανοιγμάτων σε κάθε δωμάτιο προσφέρει φυσικό φωτισμό στον χώρο.

5.4. Περιγραφή νέας κατοικίας

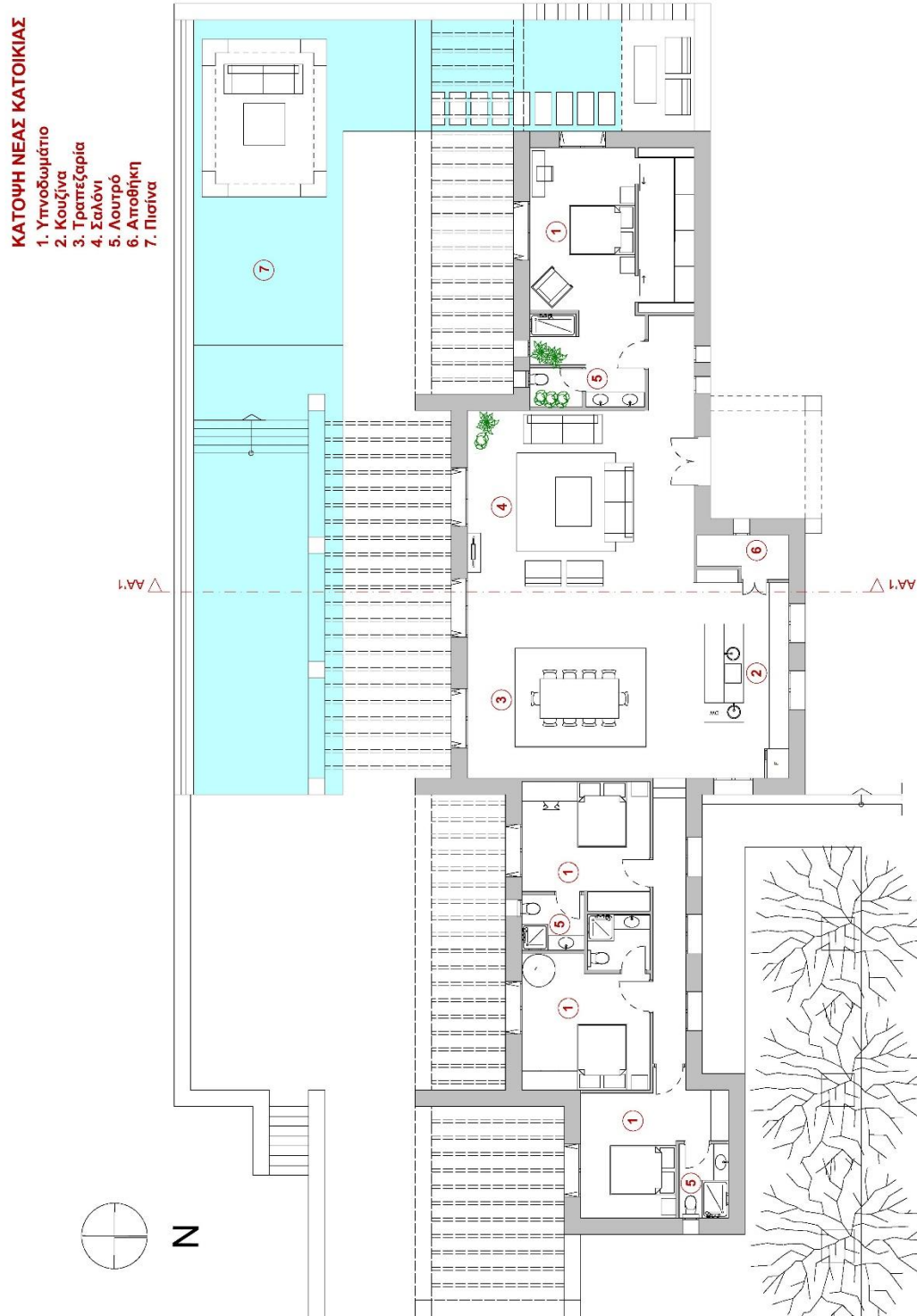
Η εν λόγω κατοικία (εικόνα 34) βρίσκεται στην περιοχή Λαζαρέττα της Σύρου. Κατασκευάζεται από φέρουσα λιθοδομή πάχους περίπου 50εκ. και η οροφή της από ωπλισμένο σκυρόδεμα. Οι φυσικοί λίθοι που χρησιμοποιούνται προέρχονται από το ίδιο το οικόπεδο και συγκεκριμένα από τις απαιτούμενες εκσκαφές που θα γίνουν για τη θεμελίωση του κτηρίου.

Η κατοικία αυτή χαρακτηρίζεται ως εκτεθειμένο κτήριο καθώς τοποθετείται σε σημείο όπου δεν περιορίζεται από άλλα στοιχεία γύρω του.

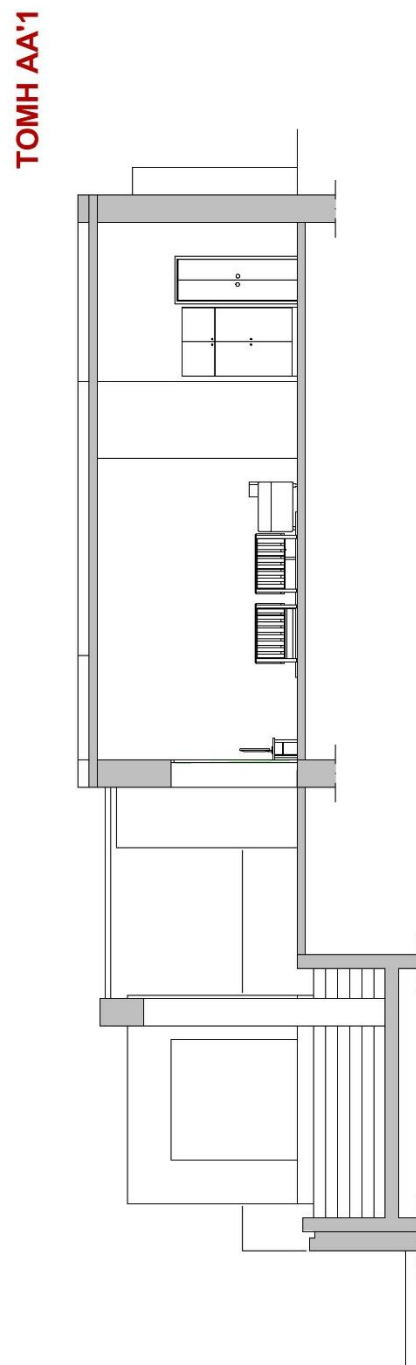
Αποτελείται από έναν ενιαίο χώρο κουζίνα – σαλόνι – τραπεζαρία, ένα κυρίως υπνοδωμάτιο με ξεχωριστό χώρο δωμάτιο ντουλάπα, τρία επιπλέον υπνοδωμάτια, τέσσερα λουτρά και αποθήκη. Αναλυτικότερα, ο ενιαίος χώρος

σαλόνι – τραπεζαρία και όλα τα υπνοδωμάτια έχουν νότιο προσανατολισμό ενώ η κύρια είσοδος, η κουζίνα, το δωμάτιο ντουλάπα και ο διάδρομος που οδηγεί στα υπνοδωμάτια βόρειο. Ακόμη, στον περιβάλλοντα χώρο, στο ίδιο επίπεδο με το κτήριο, βρίσκεται η πισίνα η οποία εκτείνεται κατά μήκος της νότιας όψης του κτηρίου. Στη βόρεια όψη, σε απόσταση περίπου 5μ. από τις μπαλκονόπορτες του διαδρόμου υπάρχουν αειθαλή δέντρα. Ακόμη, υπάρχει ένας ημιυπαίθριος χώρος στην κεντρική είσοδο και ένας στη δυτική πλευρά του κτηρίου που χρησιμοποιείται αποκλειστικά από το κυρίως υπνοδωμάτιο. Τέλος, ξύλινες πέργκολες τοποθετούνται σε ολόκληρη τη νότια όψη του.

Τα κουφώματα είναι ξύλινα γαλλικού τύπου, η κύρια είσοδος είναι ξύλινη δίφυλλη ταμπλαδωτή πόρτα και τα παράθυρα των λουτρών και οι μπαλκονόπορτες του διαδρόμου ξύλινα τζαμωτά.



Εικόνα 34 – Κάτοψη κατοικίας



Εικόνα 35 – Τομή ΑΑ'1 νέας κατοικίας



Εικόνα 36 – Νότια όψη κατοικίας

Στην εικόνα 36 παρουσιάζεται η νότια όψη της κατοικίας. Η τοποθέτηση περγκολών κατά μήκος όλης της νότιας πλευράς του κτηρίου έγινε με στόχο να αποφεύγονται τα ανεπιθύμητα ηλιακά κέρδη κατά την καλοκαιρινή περίοδο καθώς ο ήλιος βρίσκεται σε υψηλότερη θέση και οι ακτίνες δεν διαπερνούν το εσωτερικό. Η χωροθέτηση της πισίνας σε επαφή με την κεντρική αυλή ευνοεί τον εξατμιστικό δροσισμό των εσωτερικών χώρων.



Εικόνα 37 – Βόρεια όψη κατοικίας

Στην εικόνα 37 παρουσιάζεται η βόρεια όψη της κατοικίας. Το στενόμακρο σχήμα του κτηρίου επιτρέπει το φυσικό αερισμό όλων των εσωτερικών χώρων του κτηρίου. Η τοποθέτηση των φυλλοβόλων δέντρων μπροστά στα βόρεια ανοίγματα του διαδρόμου εμποδίζει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας τους καλοκαιρινούς μήνες ενώ το χειμώνα το προστατεύουν από τους ψυχρούς ανέμους.



Εικόνα 38 – Δυτική όψη κατοικίας

Στην εικόνα 38 παρουσιάζεται η δυτική όψη της κατοικίας. Τα κάθετα ορθογωνικά δομικά στοιχεία την προστατεύουν από την ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι και επιτρέπουν τα θετικά οφέλη το χειμώνα.

5.4.1. Εφαρμογές βασικών αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού στη νέα κατοικία

Προσανατολισμός και σχήμα κτηρίου

Η κατοικία εκτείνεται σε άξονα ανατολής – δύσης και έχει νότιο προσανατολισμό. Ο ενιαίος χώρος σαλόνι – τραπεζαρία και τα υπνοδωμάτια έχουν νότιο προσανατολισμό και διαθέτουν μεγάλα ανοίγματα ώστε να δέχονται τα μέγιστα ηλιακά κέρδη κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Στη βόρεια πλευρά της κατοικίας υπάρχει ο διάδρομος που οδηγεί στα υπνοδωμάτια και το δωμάτιο ντουλάπα που λειτουργούν ως χώροι ανάσχεσης στις θερμικές απώλειες μεταξύ των κύριων χώρων και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Άλλο ένα παθητικό ηλιακό σύστημα που εφαρμόζεται στην εν λόγω κατοικία είναι η τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων μπροστά στα βόρεια ανοίγματα του διαδρόμου εμποδίζοντας την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας τους καλοκαιρινούς μήνες ενώ το χειμώνα, όπου τα φύλλα των δέντρων έχουν πέσει, η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στο εσωτερικό του κτηρίου. Ακόμη, η κατασκευή ημιυπαίθριου χώρου στην κεντρική είσοδο της κατοικίας και η τοποθέτηση περγκολών στα νότια ανοίγματα βοηθάνε στη σκίαση των αντίστοιχων χώρων. Τέλος, η πισίνα ευνοεί τον εξατμιστικό δροσισμό των εσωτερικών χώρων.

Κέλυφος

Η εξωτερική λιθοδομή της κατοικίας είναι κατασκευασμένη από τοπικούς φυσικούς λίθους συνολικού πάχους περίπου 50εκ. εξασφαλίζοντας την προστασία από τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Τα χρώματα που έχουν επιλεγεί για τους τοίχους και την οροφή είναι αποχρώσεις του λευκού ώστε να βοηθούν στη μείωση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την καλοκαιρινή περίοδο και την υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων.

Θερμομόνωση

Η τaráτσα της κατοικίας είναι επενδυμένη με μόνωση και το δάπεδο των υπνοδωματίων με ξύλινες τάβλες – παρκέ. Το ξύλο είναι από τα αποδοτικότερα θερμομονωτικά υλικά καθώς αποτελείται από πολλά ινώδη κύτταρα που περικλείουν μεταξύ τους μικρές ποσότητες ακίνητου αέρα. Ακόμη, το ξύλο έχει μικρή θερμοχωρητικότητα που του επιτρέπει να θερμαίνεται γρήγορα εξοικονομώντας σημαντικά ποσά ενέργειας.

Αερισμός, φωτισμός

Όλα τα δωμάτια της κατοικίας διαθέτουν επαρκή ανοίγματα προς το εξωτερικό περιβάλλον που επιτρέπουν το φυσικό αερισμό για εισαγωγή φρέσκου αέρα και αποβολή των ρύπων και της υγρασίας. Ακόμη, η ύπαρξη ανοιγμάτων σε κάθε δωμάτιο προσφέρει φυσικό φωτισμό στον χώρο.

Συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Η κατοικία διαθέτει φωτοβολταϊκό σύστημα και οικιακές ανεμογεννήτριες στο χώρο του οικοπέδου όπου δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία και την αιολική ενέργεια και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια. Το ρεύμα που παράγεται μπορεί είτε να χρησιμοποιείται άμεσα για τις ανάγκες του κτηρίου σε ηλεκτρισμό, ζεστό νερό χρήσης, ψύξη – θέρμανση, είτε να αποθηκεύεται σε συσσωρευτές για μεταγενέστερη χρήση.

5.5. Αξιολόγηση κατοικιών

Οι κατοικίες βαθμολογούνται συγκριτικά με ένα πρότυπο κατασκευής που έχουν εφαρμοστεί 100% οι αρχές τους βιοκλιματικού σχεδιασμού και τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Συγκεκριμένα, τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη είναι τα εξής:

- i. Προσανατολισμός και Διάρθρωση χώρων
- ii. Κέλυφος και Σχήμα κτηρίου
- iii. Θερμομόνωση
- iv. Αερισμός
- v. Παθητικός δροσισμός
- vi. Σκίαση
- vii. Συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.)

Πίνακας 2 - Βαθμολόγηση κατοικιών

Βαθμοί	Υφιστάμενη κατοικία			Νέα κατοικία		
	0	1	2	0	1	2
Προσανατολισμός & Διάρθρωση κτηρίου (συντελεστής βαρύτητας 1,5)						
(α) νότιος προσανατολισμός κτηρίου			■			■
(β) νότιες όψεις κτηρίου - μεγάλα ανοίγματα		■				■
(γ) βόρειες όψεις κτηρίου - μικρά ανοίγματα			■	■		
(δ) βόρειες όψεις κτηρίου - βοηθητικοί χώροι			■		■	
(ε) δυτικές όψεις κτηρίου - χωρίς ανοίγματα			■		■	
Κέλυφος & Σχήμα (συντελεστής βαρύτητας 1,2)						
(ζ) συμπαγή δομικά υλικά			■			■
(η) οικολογικά δομικά υλικά		■			■	
(θ) ανοιχτόχρωμα χρώματα			■			■
(ι) κατάλληλο σχήμα κτηρίου		■			■	
Θερμομόνωση (συντελεστής βαρύτητας 1,3)						
(κ) θερμομόνωση κελύφους	■				■	
Αερισμός (συντελεστής βαρύτητας 1,2)						
(λ) θέση κτηρίου στον πολεοδομικό ιστό		■				■
(μ) ανοίγματα στον χώρο			■			■
(ν) σύστημα φυσικού αερισμού		■			■	
Παθητικός Δροσισμός (συντελεστής βαρύτητας 1,2)						
(ξ) βλάστηση	■				■	
(ο) λίμνη, πισίνα	■					■
(π) λίμνες οροφής	■			■		

Σκίαση (συντελεστής βαρύτητας 1,3)						
(ρ) κατάλληλα στέγαστρα	■				■	
(σ) εξωτερικά των υαλοπινάκων		■		■		
(τ) εσωτερικά των υαλοπινάκων		■			■	
(υ) ενδιάμεσα των υαλοπινάκων	■			■		
(φ) κατάλληλη βλάστηση	■				■	
Συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (συντελεστής βαρύτητας 1,3)						
(χ) φωτοβολταϊκό σύστημα	■				■	
(ψ) βιομάζα	■			■		
(ω) ανεμογεννήτρια	■				■	
(α') γεωθερμία	■			■		

Γενική συνάρτηση υπολογισμού βαθμολογίας κατοικιών

$$A = 1,5 * (\alpha + \beta + \gamma + \delta + \epsilon) + 1,2 * (\zeta + \eta + \theta + \iota) + 1,3 * (\kappa) + 1,2 * (\lambda + \mu + \nu) + 1,2 * (\xi + \omicron + \pi) + 1,3 * (\rho + \sigma + \tau + \upsilon + \phi) + 1,3 * (\chi + \psi + \omega + \alpha')$$

Υπολογισμός βαθμολόγησης πρότυπης κατοικίας

$$A = 1,5 * (2+2+2+2+2) + 1,2 * (2+2+2+2) + 1,3 * (2) + 1,2 * (2+2+2) + 1,3 * (2+2+2+2+2) + 1,3 * (2+2+2+2) = 59,80$$

Υπολογισμός βαθμολόγησης υφιστάμενης κατοικίας στην Άνω Σύρο

$$A_1 = 1,5 * (2+1+2+2+2) + 1,2 * (2+1+2+1) + 1,3 * (0) + 1,2 * (1+2+1) + 1,3 * (0+1+1+0+0) + 1,3 * (0+0+0+0) = 28,10$$

Υπολογισμός βαθμολόγησης νέας κατοικίας στα Λαζαρέττα

$$A_2 = 1,5 * (2+2+0+1+1) + 1,2 * (2+1+2+1) + 1,3 * (1) + 1,2 * (2+2+1) + 1,3 * (1+0+1+0+1) + 1,3 * (1+0+1+0) = 33,60$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω η υφιστάμενη κατοικία στην Άνω Σύρο συγκεντρώνει βαθμολογία 28,10/59,80 που ανάγεται σε 46,99% σε σύγκριση με το πρότυπο κατοικίας και η νέα κατοικία στα Λαζαρέττα συγκεντρώνει βαθμολογία 33,60/59,80 που ανάγεται σε 56,19%.

Υφιστάμενη κατοικία στην Άνω Σύρο

Η υφιστάμενη κατοικία στην Άνω Σύρο έχει νότιο προσανατολισμό (κεφ.3 παρ. 3.3.1) και μικρά ανοίγματα προς το νότο. Η βόρεια όψη του κτηρίου είναι πλήρως προστατευμένη και στη δυτική όψη δεν υπάρχουν καθόλου ανοίγματα. Η εξωτερική λιθοδομή είναι κατασκευασμένη από φυσικούς λίθους και τα χρώματα των εξωτερικών και των εσωτερικών τοίχων είναι ανοιχτόχρωμα (κεφ.3 παρ.3.3.2). Η κατοικία δεν διαθέτει θερμομόνωση (κεφ.3 παρ. 3.3.3) και βρίσκεται εντός του πυκνοκατοικημένου οικισμού της Άνω Σύρου. Όλοι οι χώροι διαθέτουν ανοίγματα προς το εξωτερικό περιβάλλον επιτυγχάνοντας έτσι φυσικό αερισμό (κεφ.3 παρ.3.3.4). Για τη σκίαση των ανοιγμάτων χρησιμοποιούνται εσωτερικά στόρια ενώ συγκεκριμένα η μπαλκονόπορτα του υπνοδωματίου διαθέτει παντζούρια (κεφ. 3 παρ. 3.3.6).

Νέα κατοικία στα Λαζαρέττα

Η νέα κατοικία στα Λαζαρέττα έχει νότιο προσανατολισμό (κεφ.3 παρ. 3.3.1) και μεγάλα ανοίγματα προς το νότο. Στη βόρεια όψη έχουν τοποθετηθεί οι βοηθητικοί χώροι του κτηρίου εκ των οποίων ο διάδρομος διαθέτει μεγάλα ανοίγματα προστατευμένα από την ηλιακή ακτινοβολία χάρη στην κατάλληλη βλάστηση στον περιβάλλοντα χώρο (κεφ.3 παρ. 3.3.5 & 3.3.6). Η εξωτερική τοιχοποιία είναι κατασκευασμένη από τοπικούς φυσικούς λίθους, τα χρώματα των εσωτερικών τοίχων είναι ανοιχτόχρωμα (κεφ. 3 παρ. 3.3.2) και η ταράτσα είναι επενδυμένη με μόνωση (κεφ.3 παρ. 3.3.3). Η κατοικία είναι τοποθετημένη στο κέντρο του οικοπέδου με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν πλευρικά εμπόδια. Όλοι οι χώροι διαθέτουν ανοίγματα προς το εξωτερικό περιβάλλον επιτυγχάνοντας έτσι φυσικό αερισμό (κεφ.3 παρ.3.3.4). Η σκίαση των νότιων ανοιγμάτων γίνεται με πέργκολες και των βόρειων με κατάλληλη βλάστηση και ημιυπαίθριους χώρους (κεφ. 3 παρ. 3.3.6). Τέλος, η πισίνα ευνοεί τον παθητικό δροσισμό των εσωτερικών χώρων και το φωτοβολταϊκό σύστημα και

οι οικιακές ανεμογεννήτριες την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (κεφ.4 παρ.4.5.1 & 4.5.3).

Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα

Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις πληροφορίες που έχουν αναφερθεί σε αυτή τη διπλωματική εργασία σχετικά με τη σχεδίαση για αειφορία συμπεραίνουμε ότι η βιοκλιματική αρχιτεκτονική είναι απαραίτητη για τις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες καθώς συμβάλλει στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης, εξασφαλίζοντας θερμική και οπτική άνεση, καλή ποιότητα αέρα και ιδανικό μικροκλίμα εξοικονομώντας παράλληλα σημαντικά ποσά ενέργειας και περιορίζοντας σημαντικά τους ρύπους στο περιβάλλον.

Η έννοια της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής πρακτικά ξεκινά από την παραδοσιακή αρχιτεκτονική η οποία ανάγεται στα μεταβυζαντινά χρόνια και κυρίως από το 17^ο αιώνα έως και τις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Κύρια χαρακτηριστικά της είναι ο σεβασμός προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον αξιοποιώντας τη μορφολογία του εδάφους, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, τη γεωγραφική θέση, τον προσανατολισμό, τη βλάστηση, τα στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος και την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας τα οποία λαμβάνονται υπόψη από τους παραδοσιακούς τεχνίτες κατά την κατασκευή ενός κτηρίου. Στα τέλη του 20^ο αιώνα εμφανίζεται μία νέα σχεδιαστική προσέγγιση, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, όπου διατηρεί τα χαρακτηριστικά της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής και μέσα από τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στοχεύει σε τέσσερις κατευθύνσεις, τον άνθρωπο, το περιβάλλον, την ενέργεια και την οικονομία. Η σωστή εφαρμογή των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού στα κτήρια επιφέρει περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη.

Αναλυτικότερα, τα κυριότερα οφέλη της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, θα μπορούσαν να αναλυθούν στα παρακάτω:

- Καλύτερη ποιότητα θερμομόνωσης και αερισμού.

Η επιλογή κατάλληλων δομικών υλικών αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη δέσμευση της θερμότητας και μείωση των θερμικών απωλειών. Η θερμομόνωση του κελύφους εξασφαλίζει τη σωστή θερμική συμπεριφορά του κτηρίου καθώς ο εσωτερικός χώρος είναι πλέον καλά προστατευμένος από τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες. Η ύπαρξη κατάλληλων ανοιγμάτων προς το φυσικό περιβάλλον σε όλα τα δωμάτια του κτηρίου επιτυγχάνει το φυσικό

αερισμό τους επιτρέποντας την εισαγωγή φρέσκου αέρα και την αποβολή των ρύπων και της υγρασίας.

- Λιγότερα έξοδα συντήρησης σε σύγκριση με τα συμβατικά κτήρια.

Τα βιοκλιματικά κτήρια έχουν χαμηλά έξοδα συντήρησης καθώς λειτουργούν αξιοποιώντας το φυσικό περιβάλλον. Η εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας, του αέρα και του υπέδαφους προσφέρει επαρκή θέρμανση, ψύξη, αερισμό, δροσισμό και φωτισμό στο χώρο χωρίς καμία οικονομική επιβάρυνση.

- Σημαντική μείωση στην κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση.

Εφαρμόζοντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού στα κτήρια μπορούμε να πετύχουμε μικρότερα φορτία για τη θέρμανση και την ψύξη τους. Η επιλογή της σωστής θερμικής μάζας του κτηρίου σε συνδυασμό με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, ο σχεδιασμός κατάλληλα προσανατολισμένων ανοιγμάτων, η εφαρμογή παθητικών συστημάτων θέρμανσης και δροσισμού, η φύτευση βλάστησης, η σωστή χωροθέτηση του κτηρίου, η αξιοποίηση των θετικών κλιματικών στοιχείων του κελύφους και η αποτροπή των αρνητικών συντελούν στη σημαντική μείωση της ενεργειακής εξάρτησης του κτηρίου από τα συμβατικά καύσιμα.

- Οικονομικά οφέλη όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας.

Στην Ελλάδα, ο κτηριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας (θερμική, ηλεκτρική). Όπως προκύπτει από μετρήσεις, ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις, ένα βιοκλιματικά σχεδιασμένο κτήριο μπορεί να εξοικονομήσει έως και 30% της ενέργειας σε σχέση με τα συμβατικά κτήρια, ενώ σε σχέση με παλαιότερα αμόνωτα κτήρια η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να αγγίξει το 80%.

- Καλύτερη ποιότητα ζωής.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συμβάλλει στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης εξασφαλίζοντας θερμική, οπτική και ηχητική άνεση, παράγοντες που αποτελούν τις τρεις σημαντικότερες μεταβλητές που επηρεάζουν την ανθρώπινη ευεξία.

- Τα κτήρια είναι φιλικά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτηρίων και η ανταπόκριση τους στις κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος μειώνει το περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται δεν προκαλούν μεγάλη έκλυση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και δεν απαιτούν σημαντική κατανάλωση συμβατικών πηγών ενέργειας. Είναι υλικά δόμησης κατά πολύ μεγάλο ποσοστό ανακυκλώσιμα και φιλικά προς τον άνθρωπο καθώς δεν περιέχουν τοξικές ουσίες.

- Βελτίωση του μικροκλίματος με την ανάλογη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου ή με την φύτευση πάνω στην στέγη.

Το φυτεμένο δώμα επιφέρει θετικά αποτελέσματα στο μικροκλίμα γύρω από το κτήριο και κατ' επέκταση στο κλίμα της πόλης αφού επιτυγχάνεται μείωση της απορροής των βρόχινων νερών, μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς των δωματίων, απορρόφηση της ρύπανσης και μείωση των επιπέδων θορύβου, παραγωγή οξυγόνου κατά τη διάρκεια της ημέρας και τέλος εμπλουτισμό του οικοσυστήματος της περιοχής.

- Χρήση Α.Π.Ε. με ταυτόχρονη μείωση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων και επιβλαβών εκπομπών για το περιβάλλον (Καλογήρου Χρ.-Σαγιά Α., 2009).

Η εφαρμογή των συστημάτων Α.Π.Ε. για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτηρίων προσφέρει ενέργεια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ηλεκτρισμό, ζεστό νερό χρήσης, θέρμανση – ψύξη μειώνοντας παράλληλα την εκπομπή αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Σύγκριση κατοικιών

Συγκρίνοντας την υφιστάμενη κατοικία που βρίσκεται εντός του μεσαιωνικού οικισμού της Άνω Σύρου και της νέας κατοικίας που θα κατασκευαστεί στην περιοχή των Λαζαρέττων παρατηρούμε ότι και οι δύο διαθέτουν το σημαντικότερο παράγοντα της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, τον νότιο προσανατολισμό. Η διάρθρωση των εσωτερικών χώρων ικανοποιεί τις λειτουργικές ανάγκες των κατοικιών και λειτουργεί ως αρωγός για την

εκμετάλλευση των ηλιακών κερδών. Το δομικό υλικό των εξωτερικών τοιχοποιιών τους είναι φυσικοί τοπικοί λίθοι που προέρχονται είτε από το ίδιο το οικόπεδο είτε από κοντινή περιοχή.

Η υφιστάμενη κατοικία της Άνω Σύρου διαθέτει:

- κατασκευαστική ιδιαιτερότητα στον λαμπά της μπαλκονόπορτας του υπνοδωματίου με σκοπό τη μεγαλύτερη διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας στον εσωτερικό χώρο
- μοναδικό βόρειο άνοιγμα την εξωτερική πόρτα για μείωση των θερμικών απωλειών
- ξύλινα δάπεδα και επένδυση των οροφών για καλύτερη θερμομονωτική συμπεριφορά

Η νέα κατοικία στην περιοχή των Λαζαρέττων διαθέτει:

- Συστήματα Α.Π.Ε. (φωτοβολταϊκό σύστημα, οικιακή ανεμογεννήτρια) για μείωση χρήσης συμβατικής ενέργειας και οικονομικά οφέλη
- Συστήματα παθητικού δροσισμού:
 - A) Τοποθέτηση βλάστησης για σκίαση των δυτικών ανοιγμάτων
 - B) Κατασκευή πισίνας για εξατμιστικό δροσισμό των εσωτερικών χώρων
 - Γ) Τοποθέτηση περγκολών για σκίαση των νότιων ανοιγμάτων

Βιβλιογραφία

Π. Α. Μιχελής. «Το ελληνικό λαϊκό σπίτι, Φροντιστηριακές Εργασίες Α'.» Εκδ. Ε.Μ.Π. Αθήνα, 1981.

Π. Τζελέπης. «Λαϊκή Ελληνική Αρχιτεκτονική», Εκδ. Θεμέλιο. Αθήνα, 1997.

Α. Κάρτας «Ελληνική Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική», Εκδ. Μέλισσα, 1982.

Κ. Τσίππρας. «Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων». Αθήνα: Π-Systems International SA, 2000.

Κλειώ Ν. Αξαρή, «Ενεργειακός σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση κτηρίων – γενικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού», 2000.

Σ. Κωστούλα «Η Συμβολή της Ελληνικής Παραδοσιακής Αρχιτεκτονικής στο Σύγχρονο Βιοκλιματικό Σχέδιο στην Ελλάδα», δημοσίευση στο 2ο Διεπιστημονικό Συνέδριο του Μετσοβίου Κέντρου Διεπιστημονικής Έρευνας (ΜΕ.Κ.Δ.Ε) του Ε.Μ.Π. στο Μέτσοβο, 2001.

Σαχσαμάνογλου Χ., Μακρογιάννης Τ., «Μαθήματα Γενικής Μετεωρολογίας». Αθήνα: Εκδόσεις Art of Text, 2004.

Αξαρή Κ., Ενεργειακός σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση κτηρίων-Γενικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού [Σημειώσεις για το μικρής διάρκειας σεμινάριο του ΤΕΕ], 2009.

Φλώρα – Μαρία Μπουγιατιώτη, «Μάθημα Βιοκλιματικός Σχεδιασμός», Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Ε.Μ.Π., 2009.

Καλογήρου Χρ.- Σαγιά Α. (2009). "Διερεύνηση των Βιοκλιματικών Χαρακτηριστικών της Παραδοσιακής Αρχιτεκτονικής – Δυνατότητες Προσαρμογής Σύγχρονων Τρόπων Δόμησης". Αθήνα, 2009.

«Κατοικίες ενεργειακές, εξοικονόμηση ενέργειας με ενεργητικά και παθητικά συστήματα», Κτίριο εκδόσεις Ε.Π.Ε., 2014.

Φραγγούδη Α., διπλωματική εργασία «Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική στην παραδοσιακή και σύγχρονη Ελλάδα», 2017.

Γοναλάκη Α., διπλωματική εργασία «Τεχνικές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού στην Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική της Μεσογείου», 2019.

Στεφάνου Ι., 9^ο διαπανεπιστημιακό σεμινάριο βιώσιμης ανάπτυξης, πολιτισμού και παράδοσης «Τοπίο, φυσικές και πολιτισμικές προσλήψεις», Κέντρο έρευνας συριανού πολιτισμού, 2019.

D.G. Erbs, S.A. Klein, J.A. Duffie. «Estimation of the diffuse radiation fraction for hourly, daily and monthly-average global radiation». Solar Energy, Volume 28, Issue 4, 1982.

ASHRAE. «Handbook of Fundamentals». American Society of Heating, Refrigeration, and AirConditioning Engineers, Atlanta, GA, 2009.

Duffie JA, Beckman WA. «Solar engineering of thermal processes». 4th ed. New York: Wiley, 2013.

Francisco Manzano-Agugliaro, Francisco G. Montoya, Andrés Sabio-Ortega, Amós García-Cruz, «Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort», 2015.

Francisco Manzano-Agugliaro, Francisco G. Montoya, Andrés Sabio-Ortega, Amós García-Cruz. «Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort», 2015.

Donald Watson , «Bioclimatic design», 2017.

Διαδίκτυο

www.cres.gr (πρόσβαση 15.11.2020)

www.ktirio.gr (πρόσβαση 21.11.2020)

www.buildings.gr/greek/eksoplismos/oikologika_ilika/thermomonosi.htm

(πρόσβαση 25.11.2020)

www.librarytee.gr (πρόσβαση 20.11.2020)

www.m.naftemporiki.gr/ (πρόσβαση 27.11.2020)

<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliakaspitia/anartesechoristitlo#TO>

C-1.3.1.4.- (πρόσβαση 27.11.2020)

[sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-](https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses)

[thermanses](https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses) (πρόσβαση 27.11.2020)

sustainability.williams.edu/green-building-basics/passive-solar-design

(πρόσβαση 27.11.2020)

<https://www.ashrae.gr/> (πρόσβαση 27.11.2020)

old.ntua.gr > MIRC > epirus_db > ARXITEKTONIKH (πρόσβαση 27.11.2020)

<https://www.peekpema.com/article> (πρόσβαση 27.11.2020)

Λίστα Εικόνων

1- Όλυθος η πρώτη ηλιακή πόλη της Ελλάδος. Διαθέσιμη από

[https://www.pronews.gr/istoria/665437_olythos-i-proti-iliaki-poli-tis-arhaias-](https://www.pronews.gr/istoria/665437_olythos-i-proti-iliaki-poli-tis-arhaias-elladas-vinteo)

[elladas-vinteo](https://www.pronews.gr/istoria/665437_olythos-i-proti-iliaki-poli-tis-arhaias-elladas-vinteo) (πρόσβαση 27.11.2020)

2- Η ηλιακή αρχιτεκτονική των Ελλήνων κατά την αρχαιότητα. Διαθέσιμη από

https://avagnon.blogspot.com/2016/01/blog-post_32.html?m=1 (πρόσβαση

27.11.2020)

3- Η ηλιακή αρχιτεκτονική των Ελλήνων κατά την αρχαιότητα. Διαθέσιμη από

https://avagnon.blogspot.com/2016/01/blog-post_32.html?m=1 (πρόσβαση

27.11.2020)

4- Σύνθεση εικόνας (Αρχική πηγή: Κινήσεις της Γης γύρω από τον εαυτό της και τον Ήλιο και τα αποτελέσματά τους. Διαθέσιμη από

<http://physics4u.gr/blog/2017/09/22/%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%AE>

[%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CF%84%CE%B7%CF%82-](http://physics4u.gr/blog/2017/09/22/%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%AE)

[%CE%B3%CE%B7%CF%82-%CE%B3%CF%8D%CF%81%CF%89-](http://physics4u.gr/blog/2017/09/22/%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%AE)

[%CE%B1%CF%80%CF%8C-%CF%84%CE%BF-](http://physics4u.gr/blog/2017/09/22/%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%AE)

[%CE%B5%CE%B1%CF%85%CF%84%CF%8C-](#)

[%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%BA/](#) (πρόσβαση 27.11.2020)

5- Ηλιακή γεωμετρία και ακτινοβολία – Κεφ. 5. Διαθέσιμη από

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/6163/1/02_chapter_5.pdf

(πρόσβαση 27.11.2020)

6- Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης. Διαθέσιμη από

[https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-](https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses)

[systemata-thermanses](https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses) (πρόσβαση 27.11.2020)

7- Ηλιακή γεωμετρία και ακτινοβολία – Κεφ. 5. Διαθέσιμη από

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/6163/1/02_chapter_5.pdf

(πρόσβαση 27.11.2020)

8- Ηλιακή γεωμετρία και ακτινοβολία – Κεφ. 5. Διαθέσιμη από

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/6163/1/02_chapter_5.pdf

(πρόσβαση 27.11.2020)

9- Francisco Manzano-Agugliaro, Francisco G. Montoya, Andrés Sabio-

Ortega, Amós García-Cruz. (2015) «Review of bioclimatic architecture

strategies for achieving thermal comfort»

10- Βιοκλιματικό σχεδιασμός κτηρίων (τεχνική οδηγία ΤΕΕ). Διαθέσιμη από

[https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-](https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/anartesechoristitlo#TOC-1.3.1.4.-)

[spitia/anartesechoristitlo#TOC-1.3.1.4.-](https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/anartesechoristitlo#TOC-1.3.1.4.-) (πρόσβαση 27.11.2020)

11- Donald Watson. (2017) «Bioclimatic design»

12- Donald Watson. (2017) «Bioclimatic design»

13- Passive solar design Διαθέσιμη από

<https://sustainability.williams.edu/green-building-basics/passive-solar-design>

(πρόσβαση 27.11.2020)

14- Green urban life – vertical garden – breathing architecture. Διαθέσιμη από

[https://www.archiexpo.com/prod/paisajismo-urbano/product-94556-](https://www.archiexpo.com/prod/paisajismo-urbano/product-94556-2198232.html)

[2198232.html](https://www.archiexpo.com/prod/paisajismo-urbano/product-94556-2198232.html) (πρόσβαση 27.11.2020)

15- House in Bioclimatic Experimental Urbanization / José Luis Rodríguez Gil.

Διαθέσιμη από <https://www.archdaily.com/280250/house-in-bioclimatic-experimental-urbanization-jose-luis-rodriguez-gil> (πρόσβαση 27.11.2020)

16- Σύνθεση εικόνας

17- Σύνθεση εικόνας

18- Σύνθεση εικόνας

19- Σύνθεση εικόνας

20- World Energy News. Διαθέσιμη από <https://worldenergynews.gr/index.php?id=5133> (πρόσβαση 27.11.2020)

21- Σύνθεση εικόνας

22- Σύνθεση εικόνας

23- Σύνθεση εικόνας

24- Σύνθεση εικόνας

25- Σύνθεση εικόνας

26- Η Έρευνα. Διαθέσιμη από <https://www.trikalaerevna.gr/490-peripou-trikalines-steges-me-fotovoltaika/> (πρόσβαση 27.11.2020)

27- Διαθέσιμη από <http://kre-kastor.kas.sch.gr> (πρόσβαση 27.11.2020)

28- Σύρος παλιές φωτογραφίες. Διαθέσιμη από <https://www.syrosinfo.gr/syrosfotografies/syrospaliesfotografies/index.html> (πρόσβαση 13.12.2020)

29- Σύνθεση εικόνας

30- Σύνθεση εικόνας

31- Σύνθεση εικόνας

32- Σύνθεση εικόνας

33- Σύνθεση εικόνας

34- Σύνθεση εικόνας

35- Σύνθεση εικόνας

36- Σύνθεση εικόνας

37- Σύνθεση εικόνας

38- Σύνθεση εικόνας