

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ (Σ.Τ.ΕΦ.)
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**



**ΠΡΟΜΠΟΝΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΑΡΤΕΜΗ ΣΠΑΝΑΚΗ**

ΗΡΑΚΛΕΙΟ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί την Πτυχιακή μου Εργασία στα πλαίσια των σπουδών μου στο τμήμα Μηχανολογίας, της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών (Σ.Τ.ΕΦ.), του Τ.Ε.Ι Κρήτης. Οφείλω θερμές ευχαριστίες στην καθηγήτρια μου Σπανάκη Άρτεμης, για την καθοδήγηση και τη βοήθεια του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου για την ηθική και οικονομική της συμπαράσταση.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
Συντομογραφίες και συμβολισμοί.....	9
Κατάλογος πινάκων.....	10
Κατάλογος γραφημάτων.....	10
Κατάλογος εικόνων.....	10
Κατάλογος φωτογραφιών.....	11
Πρόλογος.....	12
Δομή Πτυχιακής Εργασίας.....	13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

1.1 Παγκόσμιες και ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες για το περιβάλλον.....	15
1.2 Η κατανάλωση ενέργειας.....	16
1.3 Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική από την αρχαιότητα ως σήμερα – ιστορική αναδρομή..	18
1.4 Αρχές και στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	20
1.5 Στοιχεία βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	25
1.5.1 Παθητικά συστήματα θέρμανσης.....	26
1.5.2 Άλλα παθητικά συστήματα.....	30
1.5.3 Παθητικά συστήματα φυσικού δροσισμού.....	32
1.5.4 Τρόποι βελτίωσης του μικροκλίματος.....	33
1.5.5 Κτίρια μηδενικής κατανάλωσης.....	35
1.5.6 Ενεργητικά συστήματα θέρμανσης.....	35
1.6 Κόστος βιοκλιματικών κατασκευών.....	37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

2.1 Ελληνικές και Ευρωπαϊκές δράσεις.....	39
2.2 ΚΕΝΑΚ και παθητικά συστήματα.....	43
2.3 Νομοθεσία σχετικά με την Ενεργειακή Επιθεώρηση κτιρίων.....	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

3.1 Αποτελέσματα ερευνών σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας σε βιοκλιματικά κτίρια.....	45
3.2 Ελληνικά βιοκλιματικά κτίρια.....	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

4.1 Συλλογή δεδομένων.....	51
4.2 Αποτελέσματα έρευνας.....	55
4.3 Επεξεργασία αποτελεσμάτων.....	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Γενικά συμπεράσματα.....	63
5.2 Προτάσεις.....	64

6

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	65
--------------------------	-----------

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	69
-----------------------	-----------

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΣΤΟΧΟΣ – ΔΟΜΗ

Θέμα της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η βιοκλιματική αρχιτεκτονική στην Ελλάδα. Κύριος στόχος της εργασίας είναι η καταγραφή των βιοκλιματικών κτιρίων στην Ελλάδα και η ταξινόμηση τους με βάση το είδος και τη χρήση τους, την περιφέρεια στην οποία ανήκουν, το έτος κατασκευής, την επιφάνεια τους, τα παθητικά και ενεργητικά συστήματα που διαθέτουν, τα χαρακτηριστικά του περιβλήματος και τις συνολικές ενεργειακές τους ανάγκες.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που καλείται σήμερα ο άνθρωπος να αντιμετωπίσει και η επιτακτική ανάγκη για μια υγιή διαβίωση, τον ωθούν να στραφεί στις οικολογικές αρχές δόμησης.

Στα κτίρια αποδίδεται το 40% της κατανάλωσης ενέργειας. Συγκεκριμένα, η μέση ενεργειακή κατανάλωση των ευρωπαϊκών κτιρίων είναι της τάξης των 350 Mtoe ανά έτος (Σανταμούρης, 2009).

Στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η μελέτη και κατ' επέκταση κατασκευή κτιρίων που να είναι υγιή, ενεργειακά, περιβαλλοντικά αποδοτικά (με σημαντική συμβολή στον περιορισμό των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου), υψηλής ποιότητας, αισθητικά, με ορθές συνθήκες διαβίωσης για τους χρήστες τους.

ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Για την καλύτερη κατανόηση των θεωρητικών τεχνικών που αναλύονται (παθητικά συστήματα, ενεργητικά συστήματα, αρχές σχεδιασμού, κόστος κατασκευών κ.α.), πραγματοποιείται μια ερευνητική επισκόπηση σε 79 κτίρια της χώρας, που έχουν κατασκευαστεί βάσει των αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Τα κτίρια αυτά ομαδοποιούνται βάσει των κατασκευαστικών και λειτουργικών τους στοιχείων και συγκρίνονται ως προς την ενεργειακή τους απόδοση. Το ερευνητικό μέρος βοηθά καθοριστικά στην εξαγωγή κατάλληλων συμπερασμάτων για την απόδοση και τα ενεργειακά, περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη που συνεπάγονται τα βιοκλιματικά κτίρια.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

ΑΠΕ.....	Ανανεώσιμες Πηγές ενέργειας
ΒΗΘ.....	Βαθμομέρες Θέρμανσης
ΔΕΦΑ.....	Δημόσια Επιχείρηση Φυσικού Αερίου
Ε.Ο.....	Ευρωπαϊκή Οδηγία
Ζ.Ν.Χ.....	Ζεστό Νερό Χρήσης
Θ.Η.Σ.....	Θερμικά Ηλιακά Συστήματα
ΚΑΠΕ.....	Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
ΚΕΝΑΚ.....	Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
ΚΟΧΕΕ.....	Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης & Εξοικονόμησης Ενέργειας
Κ.Π.Σ.....	Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης
ΚΥΑ.....	Κοινή Υπουργική Απόφαση
NZEB.....	Net Zero Energy Buildings
ΝΟΚ.....	Νέος Οικοδομικός Κανονισμός
Ο.Γ.....	Οικοδομική Γραμμή
Ο.Η.Ε.....	Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών
Π.Δ.....	Προεδρικό Διάταγμα
Π.Ε.Α.....	Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης
Σ.Ε.Θ.....	Συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης
Τ.Ε.Ε.....	Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
Τ.Ο.....	Τεχνική Οδηγία
ΥΠ.ΑΝ.....	Υπουργείο Ανάπτυξης
ΥΠΕΚΑ.....	Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής
Φ.Α.....	Φυσικός Αερισμός
Φ/Β.....	Φωτοβολταϊκά Συστήματα
Φ.Δ.....	Φυσικός Δροσισμός

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Μέση ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων τύπων κτιρίων ανά είδος χρήσης...	14
Πίνακας 1.2 Βασικά χαρακτηριστικά ηλιακών συλλεκτών.....	32
Πίνακας 3.1 Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²).....	40
Πίνακας 4.1 Ενδεικτικός πίνακας κτιρίου.....	45
Πίνακας 4.2 Εντοπισμός των υπό εξέταση βιοκλιματικών κτιρίων στην Ελλάδα.....	48
Πίνακας 4.3 Χρήσεις βιοκλιματικών κτιρίων.....	49
Πίνακας 4.4 Μορφές παθητικών συστημάτων θέρμανσης που χρησιμοποιούνται.....	51
Πίνακας 4.5 Μορφές ενεργητικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται.....	52
Πίνακας 4.6 Στοιχεία περιβλήματος κτιρίων.....	53

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1.1 Βιώσιμη ανάπτυξη (Στόχος της Οδηγίας 2001/42/EK).....	12
Γράφημα 3.1 Αναλογία κτιρίων σε κάθε ενεργειακή κατηγορία.....	41
Γράφημα 3.2 Κατανομή βιοκλιματικών κτηρίων στην Ελλάδα.....	43
Γράφημα 4.1 Χρονολογία κατασκευής βιοκλιματικών κτισμάτων.....	49
Γράφημα 4.2 Επιφάνειες κτισμάτων.....	50
Γράφημα 4.3 Μορφές παθητικών συστημάτων δροσισμού που χρησιμοποιούνται.....	51

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Κύκλος βίο-οικολογικής αρχιτεκτονικής.....	16
Εικόνα 1.2 Επιδράσεις ανέμου στο κτίριο.....	19
Εικόνα 1.3 Άμεσο κέρδος μέσω νότιων ανοιγμάτων.....	21
Εικόνα 1.4 Θερμοσιφωνικό πάνελ.....	23
Εικόνα 1.5 Λειτουργία θερμοκηπίου.....	25
Εικόνα 1.6 Επιφανειακές θερμοκρασίες σε φυτεμένη επιφάνεια με γρασίδι και σε άσφαλο κατά τη διάρκεια της ημέρας το καλοκαίρι, στο κέντρο της Αθήνας...	25
Εικόνα 1.7 Στρώσεις υλικών φύτευσης.....	26
Εικόνες 1.8 Φυσικός αερισμός και δροσισμός κτιρίων.....	28
Εικόνα 1.9 α) ελαχιστοποίηση της επίδρασης του χειμερινού ανέμου, β) βελτιστοποίηση της επιρροής του καλοκαιρινού αερισμού-δροσισμού.....	29
Εικόνα 1.10 Οριζόντιο σκίαστρο σε συνδυασμό με πέργκολα με φυτά.....	30
Εικόνα 1.11 Ηλιακοί συλλέκτες κατοικίας.....	31

Εικόνα 2.1	Νότιος προσανατολισμός κτιρίου.....	37
Εικόνα 2.2	Κύκλος προσανατολισμού κτιρίου.....	37

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ

Φωτογραφίες 1.1	Πέτρινες κατοικίες Τήνου (καθκιά).....	16
Φωτογραφία 1.2	Θερμοκήπιο στο ισόγειο κατοικίας.....	24
Φωτογραφίες 1.3	Αίθριο κατοικίας – λακωτό θερμοκήπιο.....	24
Φωτογραφία 1.4	Φυτεμένο δώμα.....	27

Πρόλογος

Στη σημερινή εποχή το δίκτυο των πόλεων και των οικισμών καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος των κατοικήσιμων περιοχών της γης, ωθώντας τους ανθρώπους να συσπειρωθούν σε αυτό. Η παγκόσμια αύξηση του πληθυσμού, η υπερκατανάλωση, η μαζική παραγωγή, η διαρκής προσπάθεια για επίτευξη ανάπτυξης είναι ορισμένοι μόνο από τους λόγους που διαμόρφωσαν το οικιστικό περιβάλλον. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή των κτιρίων (κατοικιών, επαγγελματικών χώρων, γραφείων, βιομηχανιών κ.α.) ακολούθησε τα χαρακτηριστικά της ζωής των ανθρώπων.

Τα τελευταία χρόνια γίνεται λόγος για αλλαγή των μεθόδων σχεδιασμού, κατασκευής και χρήσης των κτιρίων. Πολλοί μελετητές και μηχανικοί μιλούν για το “Σύνδρομο του Άρρωστου Κτιρίου”. Το “Σύνδρομο του Άρρωστου Κτιρίου” εκφράζει την κακή κατάσταση της υγείας των ενοίκων του κτιρίου, που επηρεάζεται από την εσωτερική ρύπανση του αέρα του. Βασικά συμπτώματα που παρουσιάζουν οι ένοικοι κατά την παραμονή τους σ’ ένα άρρωστο κτίριο είναι δύσπνοια, πονόλαιμος, πονοκέφαλοι, ζαλάδες, γενική σωματική και πνευματική κόπωση.

Η οικολογική δόμηση (ή βιοκλιματικός σχεδιασμός) έχει ως κύριο στόχο την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας με παράλληλη εξασφάλιση συνθηκών άνεσης. Κεντρική φιλοσοφία της είναι η δημιουργία κτιρίων εναρμονισμένων με το περιβάλλον. Η μορφολογία, ο προσανατολισμός, το κλίμα είναι ορισμένες παράμετροι που συμβάλλουν καθοριστικά στην επίτευξη συνθηκών άνεσης, με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας.

Οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού συναντώνται στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική. Τα πρώτα κατασκευαστικά δημιουργήματα του ανθρώπου, στηρίζονταν σε μεθόδους και υλικά που σέβονταν απόλυτα το περιβάλλον και το χρήστη της κατασκευής, καθώς τα υλικά αυτά προέρχονταν από το ίδιο το περιβάλλον. Οι νέες συνθήκες ζωής όμως είναι αυτές που οδήγησαν τον άνθρωπο σε τυποποίηση των δομικών κατασκευών, αγνοώντας τα χαρακτηριστικά του κλίματος, τη χρήση και τις ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων δημιουργώντας λύσεις περιβαλλοντικά επιβλαβείς.

Δομή Πτυχιακής Εργασίας

Η εργασία αποτελείται συνολικά από πέντε κεφάλαια.

Το **πρώτο κεφάλαιο** περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική επισκόπηση. Παρουσιάζονται στοιχεία που συνθέτουν την έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού, όπως οι βασικές αρχές, τα πλεονεκτήματα καθώς και τα συστήματα που περιλαμβάνει. Παράλληλα παρατίθενται οι σημαντικότεροι παράγοντες που καθορίζουν το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των βιοκλιματικών κτιρίων. Στην ενότητα αυτή αναλύονται επίσης και οι έννοιες της βιωσιμότητας και της αειφορίας.

Η πορεία της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στην Ελλάδα και την Ευρώπη και το νομοθετικό πλαίσιο που αφορά σε αυτό τον τομέα αναλύονται στο **δεύτερο κεφάλαιο**. Ταυτόχρονα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των βιοκλιματικών κτιρίων στη χώρα μας.

Στοιχεία ερευνών που έχουν δημοσιευθεί και αφορούν παράγοντες που σχετίζονται με το βιοκλιματικό σχεδιασμό παρουσιάζονται στο **τρίτο κεφάλαιο**.

Το κύριο ερευνητικό μέρος της εργασίας αναπτύσσεται στο **τέταρτο κεφάλαιο**. Περιγράφεται ο στόχος της έρευνας, αλλά και ο τρόπος που ακολουθήθηκε, καθώς πρόκειται για επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων που προέρχονται από έρευνες που αφορούν σε βιοκλιματικά κτίρια στην Ελλάδα.

Το **πέμπτο** και τελευταίο **κεφάλαιο** της εργασίας συγκεντρώνει τα συνολικά συμπεράσματα από τη βιβλιογραφική και ερευνητική επισκόπηση. Στην ενότητα αυτή αναφέρονται επίσης και ενδεικτικές προτάσεις σχετικά με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό στην Ελλάδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας αναλύονται στοιχεία που σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με το βιοκλιματικό σχεδιασμό. Παρουσιάζονται διεθνή δεδομένα για το περιβάλλον και την κατανάλωση ενέργειας, γίνεται μια ιστορική αναδρομή για τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική και περιγράφεται αναλυτικά το σύνολο των συστημάτων που την πλαισιώνουν.

1.1 Παγκόσμιες και ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες για το περιβάλλον

Το Διεθνές Συνέδριο του ΟΗΕ για το Περιβάλλον που πραγματοποιήθηκε στη Στοκχόλμη το 1972, έθεσε τις βάσεις για την αειφόρο ανάπτυξη, θέτοντας τα περιβαλλοντικά θέματα στην πολιτική ατζέντα.

Ακολούθως, η Διεθνής Σύσκεψη του ΟΗΕ για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη το 1992 στο Ρίο, όρισε μια στρατηγική για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών ζητημάτων και των αναπτυξιακών προκλήσεων, με στόχο μια παγκόσμια προσπάθεια για αειφόρο ανάπτυξη. Προϊόν της Διάσκεψης αυτής ήταν η Agenda 21, η οποία παρουσιάζει ένα βιώσιμο σχέδιο ανάπτυξης. (Παναγιωτακόπουλος, 2007)

Δέκα χρόνια αργότερα (2002) στο Γιοχάνεσμπουργκ, η Διεθνής Διάσκεψη του ΟΗΕ ανέλυσε την μετά το Ρίο πρόοδο και διαμόρφωσε ένα πιο προχωρημένο Σχέδιο Υλοποίησης. Το σύνολο των διεθνών αυτών συσκέψεων είχε ως βάση το όραμα της αειφόρου ανάπτυξης, σε όλους τους τομείς δραστηριοποίησης του ανθρώπου (Γράφημα 1.1). Εξάλλου οι τρεις βασικοί παράγοντες που καθορίζουν το περιβαλλοντικό πρόβλημα είναι: ο πληθυσμός, η κατανάλωση και η τεχνολογία παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών, δηλαδή το σύνολο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Η αειφόρος ανάπτυξη είναι σημαντική καθώς έγκειται στη σύνδεση που πραγματοποιεί μεταξύ των φυσικών πόρων, των ανθρώπινων αναγκών και της οικονομικής και κοινωνικής εξέλιξης. Σύμφωνα με τον ορισμό της αειφόρου ανάπτυξης που δίνει ο Παναγιωτακόπουλος (2007): *«Μια ανάπτυξη είναι αειφόρος όταν λαμβάνει υπόψη της:*

α) τους κοινωνικούς, οικολογικούς και οικονομικούς παράγοντες,

β) τους έμβιους και άβιους πόρους και

γ) τα μακροπρόθεσμα και βραχυπρόθεσμα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των εναλλακτικών δράσεων». Είναι σημαντικό η ανάπτυξη να ικανοποιεί τις ανάγκες της παρούσας γενιάς, χωρίς όμως να διακινδυνεύει η δυνατότητα των μελλοντικών γενιών να

ικανοποιήσουν τις δικές τους. Βιώσιμη ανάπτυξη λοιπόν είναι η ανάπτυξη που επιζεί, ενώ αιεφόρος αυτή που επιζεί καλά. (Παναγιωτακόπουλος, 2007)

Ο βαθμός συμβολής ενός κοινωνικά αποδεκτού έργου στην αιεφορία (βαθμός αιεφορικής επίδοσης), αυξάνει με την προσέγγιση των εξής θεμάτων (γράφημα 1.1):

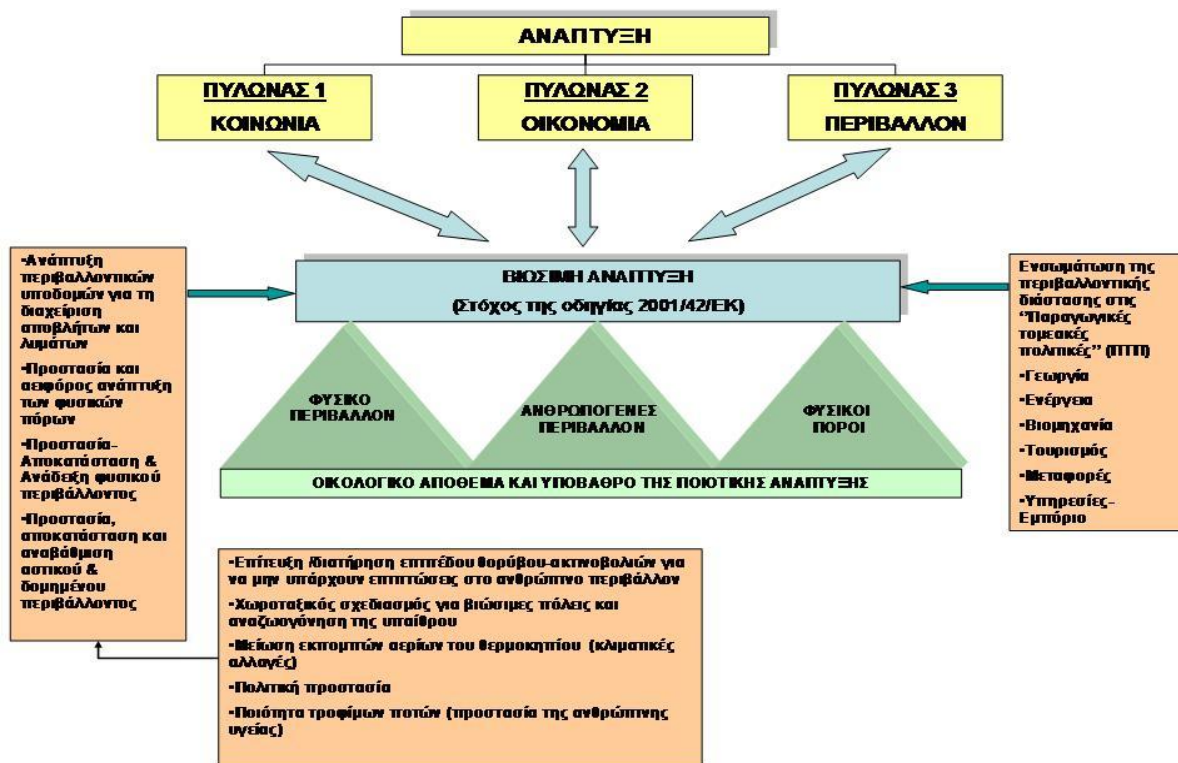
α) η κοινωνική αποδοχή αφορά στον πλήρη κύκλο ζώης του έργου, στις επιπτώσεις του και στα χρησιμοποιούμενα υλικά.

β) δεν παραβιάζεται το κρίσιμο όριο κανενός είδους κεφαλαίου (φυσικού, ανθρώπινου, κοινωνικού, ανθρωπογενούς, χρηματικού, χρονικού).

γ) δεν κινδυνεύουν οι ευκαιρίες των επόμενων γενιών

δ) το συνολικό έργο προάγει το βαθμό αιεφορίας του συστήματος στο οποίο ανήκει.

(Παναγιωτακόπουλος, 2007)



Γράφημα 1.1 Βιώσιμη ανάπτυξη (Στόχος της Οδηγίας 2001/42/ΕΚ).

1.2 Η κατανάλωση ενέργειας

Οι σημερινές κοινωνίες είναι στενά συνδεδεμένες με την κατανάλωση ενεργειακών πόρων. Στα αστικά κέντρα κατοικεί και δραστηριοποιείται περίπου το 80% του πληθυσμού και καταναλώνει το 75% της παραγόμενης ενέργειας, κυρίως μέσω των κτιρίων και των

μεταφορών¹. Ο κτιριακός τομέας αντιπροσωπεύει το σημαντικότερο τομέα κατανάλωσης ενέργειας (περίπου 40% σε απόλυτες τιμές)².

Οι μεγάλες καταναλωτικές ανάγκες, η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού, αλλά και η τάση προς βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, αποτελούν παράγοντες που δημιούργησαν τη μεγάλη κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια. Βάσει δημοσιευμένων στοιχείων του ΚΑΠΕ (2000), στην Ελλάδα οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών φτάνουν στο 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, ενώ η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, τον φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου³.

- Εκπομπές αερίων ρύπων στον κτιριακό τομέα

Βάσει των αποτελεσμάτων της Γενικής Διεύθυνσης Έρευνας του 2012, από την κατανάλωση θερμικής ενέργειας η ετήσια εκπομπή αερίων ρύπων ανά πολυκατοικία⁴ είναι μέχρι 98,3 t για το CO₂, 0,19 t για το SO₂, 0,06 t για το CO, 0,06 t για το NO_x, 0,005 t για το CH₄ και 0,002 t για το NMVOC. Αντίστοιχα, η ετήσια εκπομπή στερεών αποβλήτων ανά πολυκατοικία κυμαίνεται μέχρι 0,07 t για τέφρα και μέχρι 0,06 t για ογκώδη απόβλητα. Ποσοστό 48% των κτιρίων εκπέμπει περισσότερους αέριους ρύπους και στερεά απόβλητα από τις μέσες τιμές των Ελληνικών καταγραφέντων κτιρίων⁵.

Η κατανάλωση των διαφόρων καυσίμων στον κτιριακό τομέα είναι:

- α) 43% διάφορα καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- β) 20% από άμεση χρήση πετρελαίου
- γ) 18% από άμεση χρήση φυσικού αερίου
- δ) 6% από άλλα στερεά καύσιμα
- ε) 15% από ηλιακή ενέργεια.

¹ ΚΑΠΕ, 2000, Άρθρο: ‘Κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα’, Πρόγραμμα ALTENER.

² Ιστότοπος Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας <http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>, Πρόγραμμα ALTENER 2000.

³ Ιστότοπος Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας <http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>, Πρόγραμμα ALTENER 2000.

⁴ Στοιχεία σχετικά με την αξιολόγηση σεναρίων επεμβάσεων και τον καθορισμό προτεραιοτήτων μεγάλου αριθμού πολυκατοικιών βάσει της μεθοδολογίας INVESTIMNO για 51 πολυκατοικίες που βρίσκονταν σε 6 μεγάλες πόλεις και στις τρεις κλιματικές ζώνες της χώρας.

⁵ Έρευνα για τη θέρμανση σε 51 ελληνικά κτίρια, 03/01/2012, <http://www.dataexpress.gr/newspolykatoia/27-ereyna-thermansis-se-51-ktiria>

Η ετήσια αύξηση του ρυθμού κατανάλωσης στα κτίρια φτάνει το 0,7%. Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των ελληνικών κτιρίων, είναι της τάξης των 4.6 Mtoe, και αντιστοιχούν 0.55 Mtoe ενέργειας ανά κάτοικο το έτος. Η διαχρονική μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων στην Ελλάδα είναι αναμφισβήτητα αυξητική και ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων προσεγγίζει το 1,8%⁶.

Τύπος Κτιρίου	Δροσισμός	Θέρμανση	Φωτισμός	Συσκευές	Σύνολο
Γραφεία	24	95	20	48	187
Εμπορικά	18	74	19	41	152
Σχολεία	2	66	16	8	92
Νοσοκομεία	3	299	52	53	407
Ξενοδοχεία	11	198	24	40	273

Πίνακας 1.1 Μέση ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων τύπων κτιρίων ανά είδος χρήσης. (τιμές είναι σε kWh ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο)⁵

1.3 Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική από την αρχαιότητα ως σήμερα – ιστορική αναδρομή

Στα απομνημονεύματα του Ξενοφώντα, ο Σωκράτης κάνει λόγο για το ιδανικό ηλιακό σπίτι. Παράλληλα και ο Ιπποκράτης με το έργο του «Περί αέρων, υδάτων και τόπων», προλόγισε τις αρχές της σύγχρονης βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Πυρήνας όλων των θεωριών που αναπτύχθηκαν τότε, ήταν η εξασφάλιση μιας αρμονικής σχέσης ανθρώπου και περιβάλλοντος⁵.

Οι πρώτες ολοκληρωμένες κατοικίες που κατασκευάστηκαν στην Ελλάδα (καθώς και σε άλλες χώρες του κόσμου) ήταν πέτρινες, δηλαδή θεμέλια και βάσεις τοίχων από πέτρα και εν συνεχεία πλίνθοι με ξηροδεσιές για την ολοκλήρωση των τοιχίων. Η στέγη κατασκευαζόταν από κεραμίδια, ενώ αρκετές φορές γίνεται λόγος για ύπαρξη ταράτσας. Σχέδια που έχουν διασωθεί από αρχαία κείμενα, ορίζουν την κατοικία να αποτελείται από

⁶ Ενέργεια και κτίριο, Ιστοχώρος:

http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm

στενόμακρη είσοδο που οδηγεί σε μια τετράπλευρη συνήθως αυλή, στο κέντρο της οποίας υπήρχε πηγάδι⁷.

Παραδοσιακή αρχιτεκτονική στην Ελλάδα

Το παλάτι της Κνωσού αποτελεί δείγμα κατασκευής με ιδιαίτερα βιοκλιματικά χαρακτηριστικά. Γνώρισμα που αποδεικνύει την εξελικτική ανωτερότητα του παλατιού, ήταν ο τρόπος θέρμανσης ορισμένων δωματίων, με χρήση σωλήνων κάτω από το δάπεδο, μέσα από τις οποίες πέραγε ζεστό νερό θερμαίνοντας το χώρο. (Αντωνάκη Γ.- Αθανασίου Γ., 2011)

Βασικά υλικά των κατασκευών για πολλά χρόνια (πριν τη χρήση του σκυροδέματος) στην Ελλάδα, ήταν κατά κανόνα τα τοπικά υλικά. Το βασικότερο εξ' αυτών ήταν η πέτρα, υλικό με υψηλή θερμική μάζα. Τα κτίσματα είχαν χαμηλές ενεργειακές ανάγκες και διακρίνονταν για την θερμική και οπτική τους άνεση σε μεγάλα διαστήματα του έτους. Μετρήσεις που έγιναν σε νησιά των Κυκλάδων, προς σύγκριση της εσωτερικής θερμικής συμπεριφοράς παραδοσιακών και σύγχρονων κατοικιών, απέδειξαν ότι οι σύγχρονες κατασκευές (ακόμη και οι πέτρινες), δεν μπορούν να δημιουργήσουν το αντίστοιχο μικροκλίμα των παραδοσιακών κατασκευών. Οι σύγχρονες ανάγκες αντιδιαστέλλονται τις κατασκευαστικές αρχές του παρελθόντος⁸.

Αξίζει να γίνει μια σύντομη αναφορά στα "καθικιά" της Τήνου (φωτογραφίες 1.1). Πρόκειται για πέτρινες κατοικίες με ελαφρώς κεκλιμένους προς το εσωτερικό πλαϊνούς τοίχους, οροφή από σχιστολιθικές πλάκες, μικρά ορθά προσανατολισμένα ανοίγματα, καθώς και σχιστόλιθους μεταξύ κτίσματος και γης που διαμορφώνουν τα κτίσματα μιας περασμένης εποχής. Τέτοιου είδους κτίσματα κατασκευάζονταν σε όλα τα ελληνικά νησιά με ορισμένες παραλλαγές και διακρίνονταν για τις συνθήκες θερμικής άνεσης⁹.

⁷ Άρθρο: "Με σεβασμό στο περιβάλλον", Έθνος, Τεύχος 10/12/2007.

<http://www.ethnos.gr/article.asp?catid=22733&subid=2&pubid=149142>

⁸ Άρθρο: "Η αναγκαιότητα της οικολογικής δόμησης", Ιστοχώρος Οικολογική Επιθεώρηση

http://www.oikologos.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=286&Itemid=228

⁹ Βιδάλη Μ. , Άρθρο: "Μια αναφορά στις καθικίες της Τήνου και την κλίμακα του τοπίου", Ιστοχώρος Όμορφη Πόλη: <http://www.omorfipoli.com/kathikies.php>

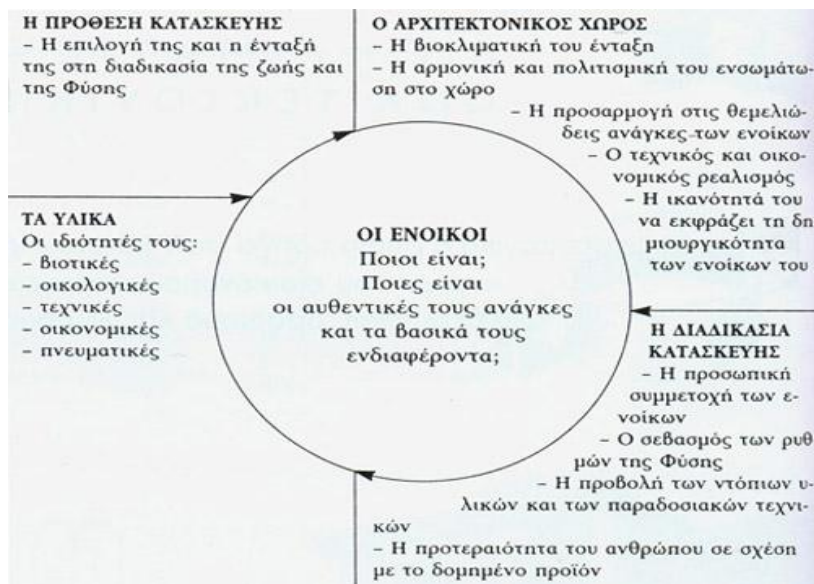


Φωτογραφίες 1.1 Πέτρινες κατοικίες Τήνου (καθκιά)⁷.

1.4 Αρχές και στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού

Βιοκλιματικός σχεδιασμός ορίζεται ο σχεδιασμός που αποσκοπεί στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων. Πρόκειται για το σχεδιασμό κατασκευών (κτιρίων, εσωτερικών ή εξωτερικών χώρων) βάσει του μικροκλίματος της περιοχής που πρόκειται να ανεγερθούν και με αξιοποίηση όλων των δυνατών πηγών ενέργειας (ηλιακή κ.α.).

Κύριος στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης. Ο βασικός κύκλος της βιοκλιματικής ή βίο-οικολογικής αρχιτεκτονικής παρουσιάζεται στην εικόνα 1.1.



Εικόνα 1.1 Κύκλος βίο-οικολογικής αρχιτεκτονικής.

(<http://www.themistsipiras.gr/bio-architecture.html>)

Κύριος στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η ορθή αξιοποίηση των περιβαλλοντικών παραγόντων, για να επιτευχθεί η ελαχιστοποίηση τόσο των ενεργειακών αναγκών, όσο και της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας. (Ανδρεαδάκη- Χρονάκη, 1985).

Βασικές αρχές του είναι:

- Δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος
- Προσανατολισμός του κτιρίου, με σκοπό την μεγιστοποίηση του ηλιασμού το χειμώνα και ελαχιστοποίηση το καλοκαίρι
- Σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους, με σκοπό την μεγιστοποίηση του ηλιασμού το χειμώνα και ελαχιστοποίηση το καλοκαίρι
- Χρησιμοποίηση παθητικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εξυπηρετεί τους ακόλουθους βασικούς στόχους:

- α. Την εξοικονόμηση ενέργειας, μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ)
- β. Τη μείωση του κόστους λειτουργίας, μέσω της χρήσης ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση των κτηρίων και των δροσερών ανέμων για τον δροσισμό τους
- γ. Την προστασία του περιβάλλοντος, λόγω του περιορισμού της χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας και συνεπώς τη μείωση των εκλυόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα.
- δ. Τη βελτίωση του έσω-κλίματος των κτηρίων με τη διασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης και σωστής ποιότητας αέρα.

Ιδιαίτερα το καλοκαίρι, ο σωστός σχεδιασμός εστιάζει στην προστασία από τον ήλιο, την εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων και την απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας. Αντίστοιχα το χειμώνα επιχειρείται η εξασφάλιση ηλιασμού, η προστασία από τους ισχυρούς ανέμους και ο περιορισμός των απωλειών θερμότητας.

Κατευθύνσεις βιοκλιματικού σχεδιασμού στην Ελλάδα

Σημαντικός αριθμός ερευνών δίνει κατευθύνσεις σχεδιασμού σε συγκεκριμένο κλίμα.

- Σχήμα κτιρίου

Για τα κλιματικά δεδομένα της χώρας μας, ιδανικό σχήμα είναι το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, δημιουργώντας έτσι μεγάλη επιφάνεια στο νότο (Ανδρεαδάκη, 2006). Η ιδανική αναλογία βάθους προς πλάτος της κάτοψης είναι $\approx 1/1,5$ βάσει υπολογισμών που έγιναν για διάφορες αναλογίες. Σε κάθε άλλη περίπτωση επιλέγεται η λύση των σπαστών ή κλιμακωτών όγκων. Αξίζει να επισημανθεί επίσης, πως σύμφωνα με στοιχεία μελετών της Ανδρεαδάκη- Χρονάκη Ε. (2006):

- α) σε κτίρια με τετράγωνη κάτοψη, το 16% της κάτοψης δε δέχεται καθόλου φυσικό φωτισμό, το 51% φωτίζεται πλήρως και το υπόλοιπο 33% μερικώς

β) σε κτίρια με ορθογώνια κάτοψη δεν δημιουργούνται «σκοτεινοί χώροι». Τμήμα ποσοστού 59% φωτίζεται πλήρως και 41% φωτίζεται μερικώς

γ) σε κτίρια με τετράγωνη κάτοψη και κεντρικό αίθριο, όλοι οι χώροι φωτίζονται πλήρως με φυσικό φως

- Μέγεθος ανοιγμάτων συναρτήσσει του προσανατολισμού

Ιδανικά θεωρούνται τα μεγάλα ανοίγματα προς το νότιο προσανατολισμό, μεσαίου μεγέθους ανατολικά και δυτικά, και αντίστοιχα μικρού μεγέθους προς στο βορρά βάσει της Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010. Τα μικρά ανοίγματα εξασφαλίζουν στην αντίστοιχη κατεύθυνση φυσικό φωτισμό και δροσισμό. Οι γυάλινες επιφάνειες των ανοιγμάτων θεωρούνται ιδανικές, από άποψη οικονομίας και απόδοσης. (Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010)

- Διάρθρωση των εσωτερικών χώρων

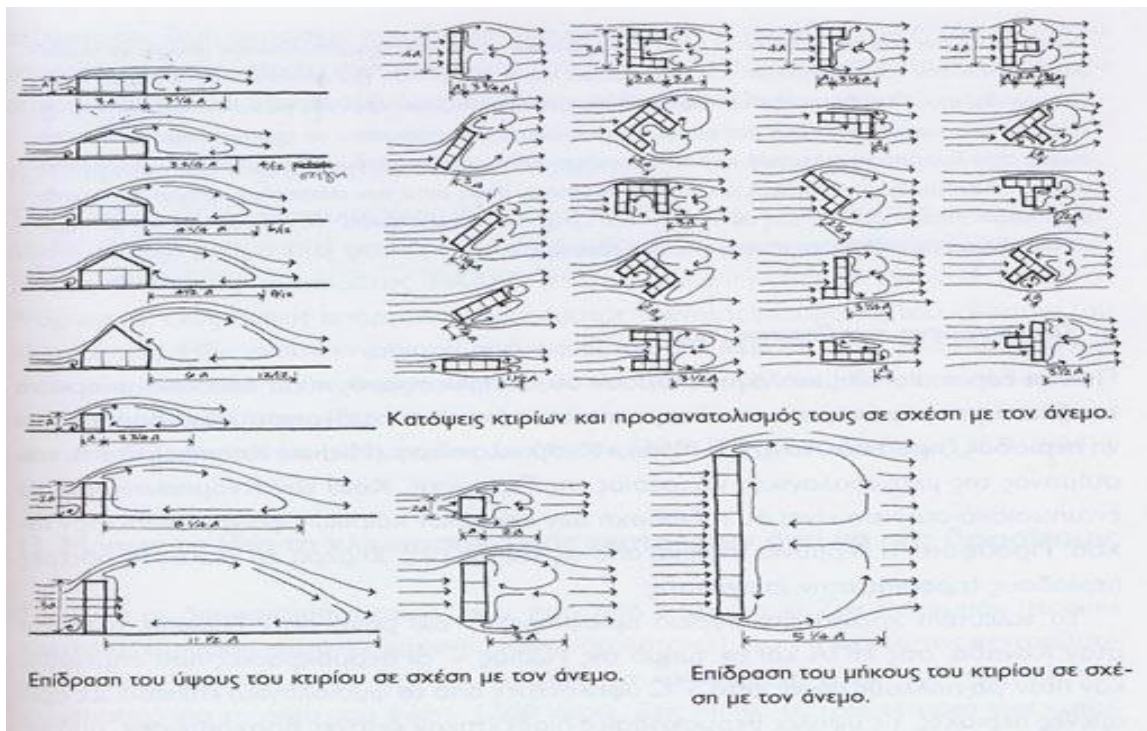
Η χρήση του κτιρίου και οι ανάγκες των ενοίκων καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τον προσανατολισμό των χώρων του. Δεδομένο είναι πως η βόρεια πλευρά του κτιρίου το χειμώνα είναι ψυχρότερη, λιγότερο φωτεινή και δεν έχει άμεση επαφή με τον ήλιο. Οι χώροι με τη μικρότερη (ολιγόωρη) χρήση και λειτουργούν ως τμήμα προστασίας από τους ψυχρούς ανέμους (π.χ. αποθήκες, γκαράζ, wc κ.α).

Γενικές Αρχές

Το κτίριο ως παγίδα θερμότητας:

- Προστασία από ψυχρούς ανέμους

Η λειτουργία αυτή επιτυγχάνεται με κατάλληλη θερμομόνωση του κελύφους του κτιρίου. Στόχος είναι η συλλογή της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου το χειμώνα, δηλαδή η λειτουργία του ως φυσικό ηλιακό συλλέκτη. Αυτό είναι δυνατό να επιτευχθεί με φύτευση αιθαλών δένδρων ή χαμηλής βλάστησης ή ανεμοφράκτη για την εκτροπή των ανέμων ή κατάλληλες προεξοχές του κελύφους (Εικόνα 1.2).



Εικόνα 1.2 Επιδράσεις ανέμου στο κτίριο.

(<http://www.themistsipiras.gr/bio-architecture.html>)

- Θερμική προστασία – θερμομόνωση

Ο περιορισμός των θερμικών απωλειών μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος, επιτυγχάνεται με κατάλληλη θερμομόνωση των συμπαγών στοιχείων του κελύφους (τοιχίων, δαπέδων, ορόφων), επιλογή κατάλληλων κουφωμάτων και ταυτόχρονα αεροστεγάνωση των αρμών τους.

Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας:

- Θερμική μάζα – θερμοχωρητικότητα

Η απορρόφηση της προσπίπτουσας στο κτίριο ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται άμεσα από στοιχεία με μεγάλη θερμοχωρητικότητα (δάπεδο και τοίχους) και έμμεσα από την οροφή με την κίνηση του θερμού αέρα. Το σκυρόδεμα, τα τούβλα (λιγότερο), η πέτρα είναι δομικά υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και συνεπώς ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας. (Ανδρεαδάκη - Χρονάκη, 2006)

Δροσισμός:

- Ηλιοπροστασία κτιρίου και ανοιγμάτων

Η ηλιοπροστασία του κτιρίου μπορεί να γίνει με τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων και βλάστησης στο νότιο προσανατολισμό. Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων μπορεί να επιτευχθεί με τοποθέτηση ειδικών σκιάστρων ή προεξοχών του κελύφους. Οριζόντια συστήματα σκίασης ενδείκνυνται για νότιο προσανατολισμό, κατακόρυφα συστήματα σκίασης για ανατολικό-δυτικό προσανατολισμό και συνδυασμός τους για ΝΑ ή ΝΔ προσανατολισμό.

- Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών

Γενικά συνιστώνται ανοιχτά χρώματα για εξωτερικές τοιχοποιίες ή δώματα σε θερμό κλίμα. Εξάλλου τα δώματα τους καλοκαιρινούς μήνες απορροφούν τη μέγιστη ακτινοβολία.

- Φυσικός αερισμός

Πραγματοποιείται με διαμερή ανοίγματα στη διεύθυνση των πνεόντων ανέμων κατά το θέρος. Οι ανάγκες σε φυσικό αερισμό εξαρτώνται από τη χρήση του κτιρίου.

- Νυχτερινή ακτινοβολία

Το σύνολο των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου ακτινοβολεί ποσά θερμότητας τη νύχτα, το καλοκαίρι. Οι μεγαλύτερες ποσότητες εκπέμπονται από τα δώματα.

- Μικροκλίμα.

Το φαινόμενο της εξατμισο-διαπνοής και γενικότερα της εξάτμισης που συντελείται στα υδάτινα στοιχεία, καθορίζει το ευρύτερο μικροκλίμα μιας περιοχής. Μπορεί να ενισχυθεί με βλάστηση, συντριβάνια κ.α. Συνίσταται σε ξηρό κλίμα. (Ανδρεαδάκη - Χρονάκη, 2006)

Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια

Η ενεργειακή βελτίωση ενός κτιρίου με γνώμονα το βιοκλιματικό σχεδιασμό περιλαμβάνει είτε μεγάλες επεμβάσεις (ανακατασκευές), είτε μικρότερες επεμβάσεις χαμηλότερου κόστους, είτε επεμβάσεις που αφορούν τη λειτουργία του.

Συμπερασματικά τα οικοδομικά υλικά και οι μέθοδοι κατασκευής πρέπει:

- α) να μην προκαλούν σημαντική έκλυση CO₂
- β) να μην προκαλούν καταστροφή του όζοντος της ατμόσφαιρας
- γ) να μην απαιτούν σημαντική κατανάλωση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- δ) να είναι ανακυκλώσιμα

ε) να είναι φιλικά στο περιβάλλον και τους χρήστες

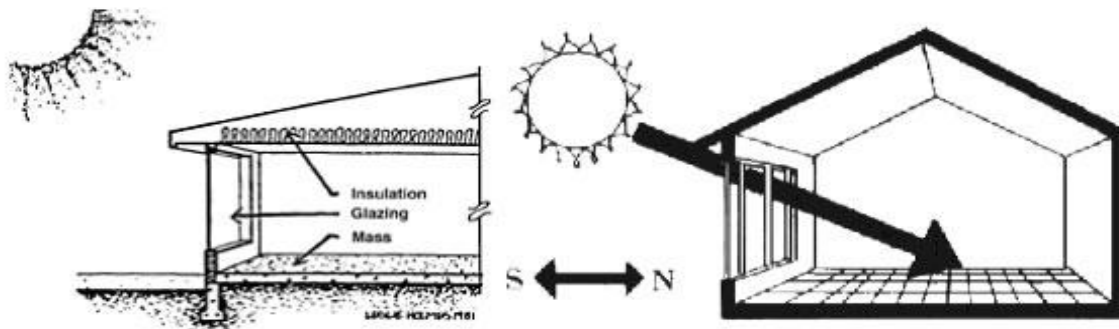
ζ) η αφαίρεσή τους από τη φύση να μην επηρεάζει το ευρύτερο φυσικό περιβάλλον

1.5 Στοιχεία βιοκλιματικού σχεδιασμού

Τα παθητικά συστήματα λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και συμβάλουν στη θέρμανση ή και το δροσισμό με φυσικό τρόπο. Τα ενεργητικά συστήματα χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα για τη θέρμανση ή το δροσισμό κτιρίων.

Τα παθητικά συστήματα είναι δομικά στοιχεία ενός κτιρίου και διακρίνονται σε άμεσου κέρδους (όπως μεγάλα ανοίγματα στο Νότο – εικόνα 1.3, βάσει των αρχών της ηλιακής γεωμετρίας) ή έμμεσου κέρδους (όπως οι θερμικοί τοίχοι, τα θερμοκήπια – λιακωτά, οι αιολικές καμινάδες – ηλιακές καμινάδες¹⁰).

Παράδειγμα ενεργητικών συστημάτων είναι η συμβατική θέρμανση (λέβητας-καυστήρας κλπ) και ο κλιματισμός.



Εικόνα 1.3 Άμεσο κέρδος μέσω νότιων ανοιγμάτων

(http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/sun_energy2.html)

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου συνεπάγεται τη συνύπαρξη και οργανωμένη λειτουργία όλων αυτών των συστημάτων, ώστε να συνδυάζουν θερμικά και οπτικά οφέλη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αναμφισβήτητα το κόστος του σχεδιασμού και της εγκατάστασης αυτών των συστημάτων είναι περισσότερο αυξημένο εκ του συμβατικού, τα ενεργειακά οφέλη όμως που προκύπτουν, αποτελούν για τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική ένα ισχυρό πλεονέκτημα¹¹.

¹⁰ Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική, Ιστοχώρος Τσιπηρά Θέμη <http://www.themistsipiras.gr/bio-architecture.html>

¹¹ Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων, <http://el.wikipedia.org/wiki>

1.5.1 Παθητικά συστήματα θέρμανσης

Παθητικά ηλιακά συστήματα ορίζονται εκείνα που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση ή ψύξη και δεν κάνουν χρήση μηχανικών μέσων, για τη μεταφορά της θερμότητας στο χώρο. Στηρίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας, στις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτηρίου και μέσω των δομικών στοιχείων του κελύφους συλλέγουν ενέργεια και την αποθηκεύουν κατάλληλα. (Ανδρεαδάκη- Χρονάκη, Ε. 2006)

Όπως προαναφέρθηκε τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης διακρίνονται σε συστήματα άμεσου ή έμμεσου ηλιακού κέρδους. Τα συνηθέστερα παθητικά συστήματα είναι:

- ❖ Σύστημα άμεσου κέρδους, νότιο υαλοστάσιο
- ❖ Τοίχος θερμικής αποθήκευσης (τοίχος μάζας ή ηλιακός τοίχος), συνηθέστερος τύπος ο Τοίχος Trombe
- ❖ Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος
- ❖ Θερμοσιφωνικό πανέλο ή αεροσυλλέκτης

Η επιλογή του καταλληλότερου παθητικού συστήματος που θα χρησιμοποιείται κατά περίπτωση εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, τη χρήση του κτιρίου και των επιθυμητών ενεργειακών αποτελεσμάτων, σε συνδυασμό με το κόστος και την αναμενόμενη απόσβεση. (Ανδρεαδάκη- Χρονάκη, Ε. 2006)

Ως συστήματα άμεσου κέρδους ορίζονται τα συστήματα που αξιοποιούν τη συλλεγόμενη ηλιακή ενέργεια από ανοίγματα κατάλληλου προσανατολισμού. Ειδικότερα, νότια ανοίγματα δέχονται τη μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα. Αντίστοιχα τα βόρεια ανοίγματα συλλέγουν ομοιόμορφο φωτισμό ιδίως το καλοκαίρι, ενώ παρουσιάζουν σημαντικές απώλειες το χειμώνα.

Οι ηλιακοί τοίχοι διαμορφώνονται από τοιχοποιία (χωρίς μόνωση) με υαλοστάσια. Μέσω αυτών συλλέγεται η ηλιακή ενέργεια και ακολούθως μεταδίδεται υπό μορφή θερμότητας στους υπόλοιπους χώρους. Η διαφορά του τοίχου Trombe από τον τοίχο μάζας στηρίζεται στο ότι ο τοίχος Trombe διαθέτει ανοίγματα, ενώ ο τοίχος μάζας όχι. Η συλλογή και αποθήκευση ενέργειας πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της ημέρας και κυρίως τις ώρες υψηλής ηλιακής έκθεσης.

Είναι δυνατό να συνεισφέρουν σε εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό που κυμαίνεται από 10 έως και 40% (σύμφωνα με μετρήσεις, ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις

βιοκλιματικών κτιρίων σε διάφορες περιοχές της χώρας). Ιδιαίτερη προστασία τους απαιτείται κατά τους θερινούς μήνες με κινητά εξωτερικά πετάσματα¹².

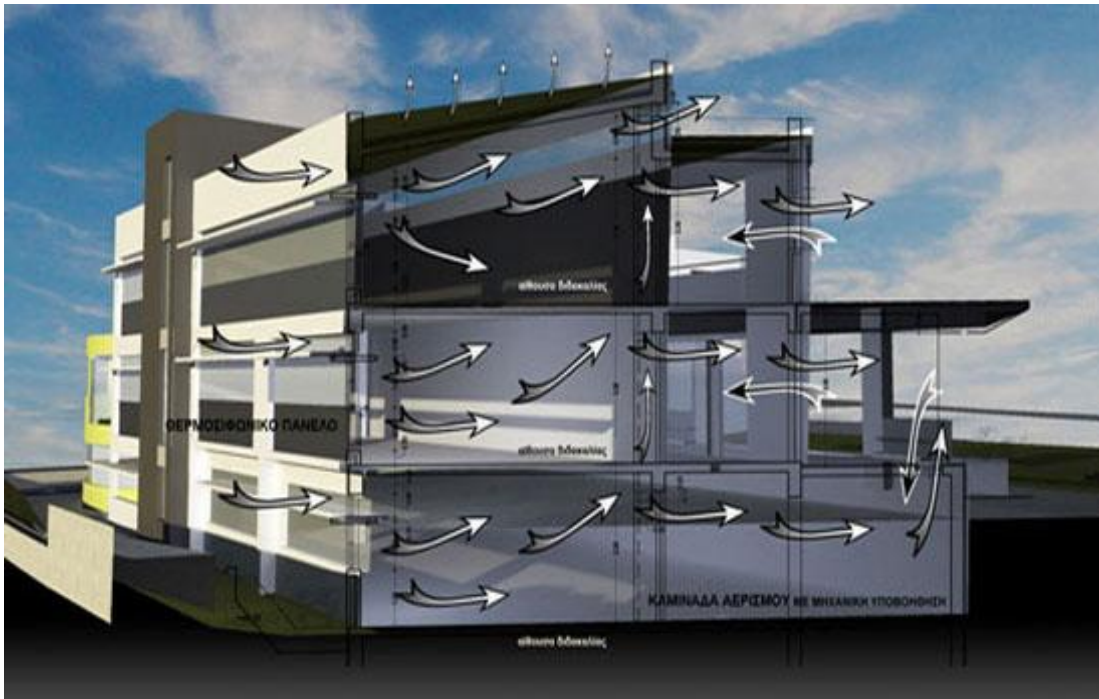
Τοίχος Trombe: συνοπτική περιγραφή

Ο τοίχος Trombe , είναι τοίχος από μπετόν περίπου 30-40 cm είναι βαμμένος εξωτερικά μαύρος και σε απόσταση 5-10 cm μπροστά από τον τοίχο υπάρχει μονός ή διπλός υαλοπίνακας .Έχει προσανατολισμό προς τον νότο και για να μην έχουμε θερμικές απώλειες από την νύχτα τον χειμώνα και την υπερθέρμανση το καλοκαίρι προστατεύει τον χώρο με κινητό σκίαστρο στη εξωτερική του πλευρά .Για την διευκόλυνση της κίνησης του αέρα που οφείλεται στην διάφορα θερμοκρασίας, στο πάνω και κάτω μέρος του τοίχου και σε όλο το μήκος του, υπάρχουν στόμια. Επίσης η απομάκρυνση του ζεστού αέρα προς τα έξω το καλοκαίρι γίνεται μέσω ενός φεγγίτη που βρίσκεται στο πάνω μέρος του υαλοπίνακα.

Θερμοσιφωνικό πανέλο: συνοπτική περιγραφή

Το θερμοσιφωνικό πανέλο έχει στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου προς το διάκενο, συνήθως μεταλλική απορροφητική πλάκα προς αύξηση της απόδοσης. Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στη γυάλινη επιφάνεια του, μετατρέπεται σε θερμική και μεταφέρεται εν συνεχεία εσωτερικά του κτιρίου. Συγχρόνως δίνει τη δυνατότητα εισροής αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου, μέσω θυρίδων που βρίσκονται στο κατώτερο σημείο του. Ο ζεστός αέρας που εισρέει από τις άνω θυρίδες, διαπερνά οριζόντια το κτίριο μέσα από ειδικά κανάλια ενσωματωμένα στο ταβάνι. Ενδείκνυται για χώρους που χρειάζονται άμεση απόδοση θερμότητας από τα ηλιακά κέρδη, όπως χώρους γραφείων, σχολικές αίθουσες κ.α. Αξίζει να επισημανθεί τέλος, πως όταν το θερμοσιφωνικό πανέλο τοποθετείται υπό κλίση δημιουργείται μια αισθητική δυσαρμονία. Ο τοίχος του πανέλου απομονώνεται θερμικά από το διάκενο με χρήση θερμομόνωσης. Η διαφορά του θερμοσιφωνικού πανέλου με τον τοίχο Trombe εντοπίζεται στην έλλειψη της θερμικής μάζας. (Κωνσταντινίδου, 2008)

¹² http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliakoi_toixoi.htm



Εικόνα 1.4 Θερμοσιφωνικό πανέλο

(Πηγή: A2Green, http://www.a2green.gr/en/projects_list.php)

Θερμοκήπιο:

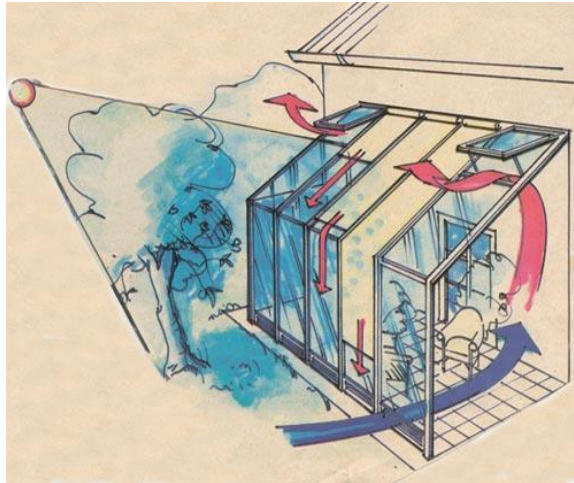
Το θερμοκήπιο είναι ένας κλειστός χώρος με γυάλινο περίβλημα (φωτογραφίες 1.2 και 1.3). Η ηλιακή ακτινοβολία εισερχόμενη από τα υαλοστάσια του χώρου, μετατρέπεται σε θερμική και διαχέεται στον ευρύτερο χώρο. Ειδικά σε περιοχές που επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες, συνιστάται η τοποθέτηση διπλών υαλοπινάκων. Αν το θερμοκήπιο είναι μεγάλου ύψους χαρακτηρίζεται από έντονη θερμική διαστρωμάτωση, με τις πιο θερμές μάζες του αέρα να ανυψώνονται προς την ανώτατη στάθμη του. Έτσι, τοποθέτηση θυρίδων στα υψηλότερα σημεία του στοιχείου που συνδέει το θερμοκήπιο με το κτήριο μπορούν να προσάγουν θερμό αέρα στους θερμαινόμενους χώρους του κτηρίου¹³.

¹³ ΚΑΠΕ, Ηλιακός χώρος (Θερμοκήπιο)

http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systemata_emmeso_kerdos_iliakos_xoros.htm

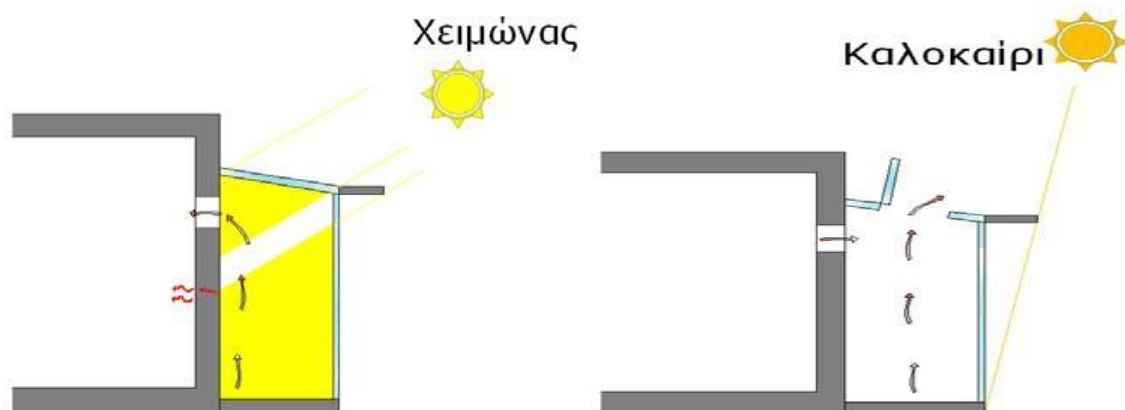


Φωτογραφία 1.2 Θερμοκήπιο στο ισόγειο κατοικίας.



Φωτογραφίες 1.3 Αίθριο κατοικίας – λιακωτό θερμοκήπιο. (Χατζησταύρου, 2010)

Η λειτουργία του θερμοκηπίου τους χειμερινούς και θερινούς μήνες φαίνεται στην εικόνα 1.5. Ο ενδιάμεσος τοίχος μπορεί να διαθέτει θυρίδες για τη μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στον κύριο χώρο.



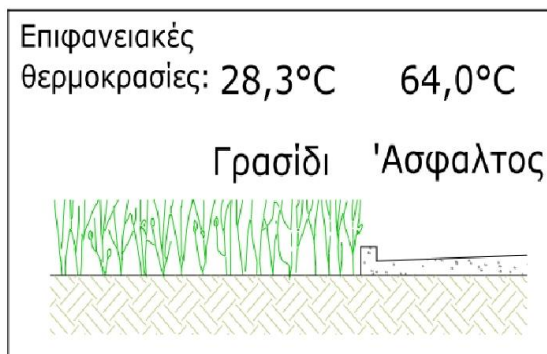
Εικόνα 1.5 Λειτουργία θερμοκηπίου¹⁴

¹⁴ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>

- Ανοιχτοί χώροι:

Ιδιαίτερη αναφορά θα πρέπει να γίνει και στην επίστρωση των επιφανειών στους ακάλυπτους χώρους με κατάλληλα υλικά. Πιο συγκεκριμένα τα υλικά επίστρωσης των επιφανειών του υπαίθριου χώρου επηρεάζουν το θερμικό και οπτικό περιβάλλον. Η βλάστηση παρεμποδίζει τις ανακλάσεις της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ ταυτόχρονα συνεισφέρει στο δροσισμό του αέρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής του φυλλώματος, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.6. Επίσης αντί για επίστρωση με ενιαίες επιφάνειες, σωστότερο είναι να επιλέγονται πλάκες που επιτρέπουν τη διείσδυση του νερού και την ανάπτυξη βλάστησης στους αρμούς ή να χρησιμοποιείται υδατοπερατή στρώση αδρανών (Βλαστός & Μπιρμπίλη, 2001).



Εικόνα 1.6 Επιφανειακές θερμοκρασίες σε φυτεμένη επιφάνεια με γρασίδι και σε άσφαλτο κατά τη διάρκεια της ημέρας το καλοκαίρι, στο κέντρο της Αθήνας¹⁵.

1.5.2 Άλλα παθητικά συστήματα

Πέραν των προαναφερθέντων παθητικών συστημάτων που αναλύθηκαν διεξοδικά στην προηγούμενη ενότητα, αξίζει να γίνει μια περιγραφή και για το φυτεμένο δώμα που ανήκει επίσης στην κατηγορία αυτή.

α) Φυτεμένο δώμα

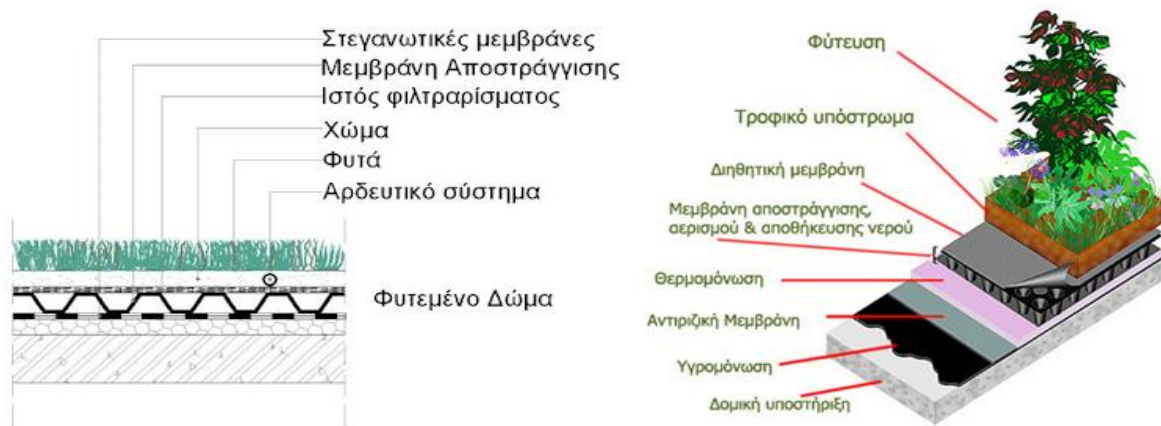
Το φυτεμένο δώμα είναι ένας χώρος πρασίνου στην οροφή του κτιρίου (ταρατσόκηπος). Πρόκειται για ένα στρώμα βλάστησης που αναπτύσσεται σε ειδικά

¹⁵ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., Περιβάλλον χώρος – Μικροκλίμα,

<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros--mikroklima--photismos-periballon-choros---mikroklima>

διαμορφωμένο τμήμα του δώματος των κτιρίων. Μειώνει το φορτίο θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου, βελτιώνοντας τις συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του. Οι φυτεμένες οροφές διαμορφώνονται από ένα στρώμα βλάστησης όπως παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα 1.7. Η χρήση της τεχνολογίας Φυτεμένων Δωμάτων (Green Roof Systems) παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, τα σημαντικότερα εκ των οποίων είναι (Κριμάτογλου, 2012):

- Μείωση κόστους θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου
- Μείωση ηχορύπανσης
- Προστασία στεγανοποίησης
- Αναβάθμιση της αξίας του κτιρίου
- Βελτίωση του οικιστικού μικροκλίματος
- Βελτίωση ποιότητας αέρα
- Δημιουργία φυσικού περιβάλλοντος για φυτά και ζώα
- Μείωση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας



Εικόνα 1.7 Στρώσεις υλικών φύτευσης¹⁶.

Ειδικότερα στα μεγάλα αστικά κέντρα, το κλίμα μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά δεδομένου του οφέλους που θα προκύψει από τη μείωση της θερμοκρασίας, την παραγωγή οξυγόνου και την απορρόφηση ρύπων και σκόνης. Έχει παρατηρηθεί ότι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ μιας φυτεμένης οροφής από μια οροφή με πλάκες ή με απλή μόνωση

¹⁶ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>

μπορεί να φτάσει τους 3 – 6 °C σε περιόδους υψηλής ηλιοφάνειας. (Building Green Team, 2012) Παράδειγμα φυτεμένου δώματος φαίνεται στην ακόλουθη φωτογραφία 1.4.



Φωτογραφία 1.4 Φυτεμένο δώμα. (Building Green Team, 2012)

1.5.3 Παθητικά συστήματα φυσικού δροσισμού

Οι τεχνικές για την επίτευξη ορθού δροσισμού είναι Λάζαρη Ε. (2002):

A) Φυσικός αερισμός

- Διαμπερής αερισμός (ημερήσιος ή νυχτερινός)
- Αερισμός με μηχανικά μέσα (ανεμιστήρες διαφόρων τύπου)
- Καμινάδα ή πύργος αερισμού και ηλιακή καμινάδα
- Αεριζόμενο κέλυφος

B) Δροσισμός μέσω εδάφους

- Υπόσκαφα ή ημιυπόσκαφα κτίρια
- Υπεδάφιο σύστημα αγωγών

Γ) Δροσισμός μέσω ακτινοβολίας στο νυχτερινό ουρανό

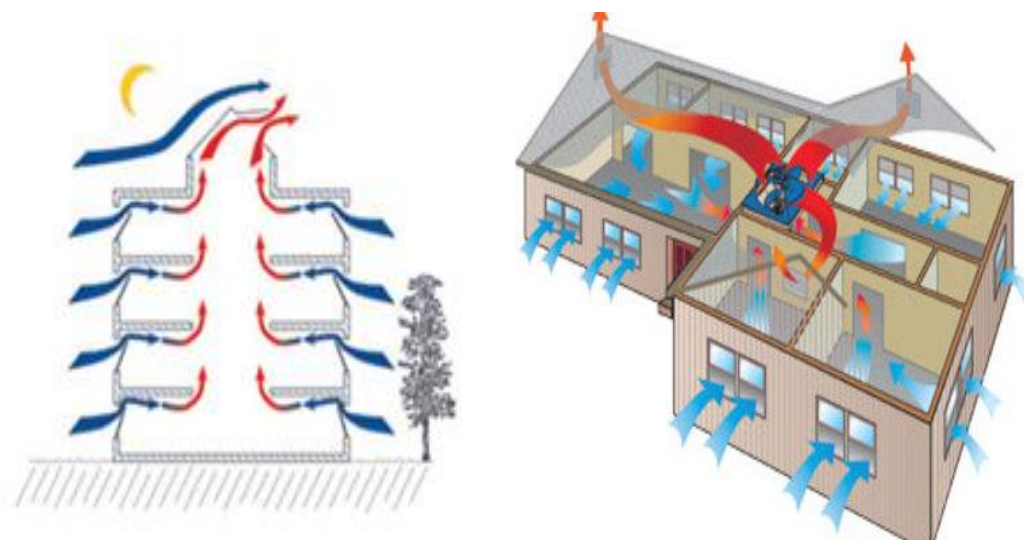
Δ) Εξατμιστικός δροσισμός

- Πύργος δροσισμού

Οι κυριότερες σχεδιαστικές και κατασκευαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου, για την προστασία από την υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, είναι:

- α) Ηλιοπροστασία του κτηρίου από την απευθείας ηλιακή ακτινοβολία, με σκίαση των ανοιγμάτων του.
- β) Κατάλληλο χρώμα και αντίστοιχη υφή των εξωτερικών επιφανειών.
- γ) Επάρκεια θερμικής μάζας του κτιρίου.
- δ) Θερμομόνωση του κελύφους του κτιρίου.
- ε) Φυσικός αερισμός των εσωτερικών χώρων, με φυσικό ή εξαναγκασμένο-μηχανικό τρόπο για την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμότητας.
- ζ) Ακτινοβολία θερμότητας προς τον νυχτερινό ουρανό.
- η) Διαμόρφωση μικροκλίματος, χρήση κατάλληλης βλάστησης, δημιουργία υδάτινων επιφανειών και κατάλληλων υλικών επίστρωσης δαπέδων (ψυχρών υλικών, υδατοδιαπερατών υλικών κλπ). (Ανδρεαδάκη- Χρονάκη, Ε. 2006)

Παράδειγμα κίνησης του αέρα με την οποία πραγματοποιείται φυσικός αερισμός φαίνεται στην εικόνα 1.8.



Εικόνες 1.8 Φυσικός αερισμός και δροσισμός κτιρίων¹⁷.

1.5.4 Τρόποι βελτίωσης του μικροκλίματος

Οι τρόποι βελτίωσης του μικροκλίματος και εξοικονόμησης ενέργειας στο περιβάλλον μιας κατασκευής είναι οι ακόλουθοι :

¹⁷ Κ.Α.Π.Ε., Φυσικός Αερισμός,

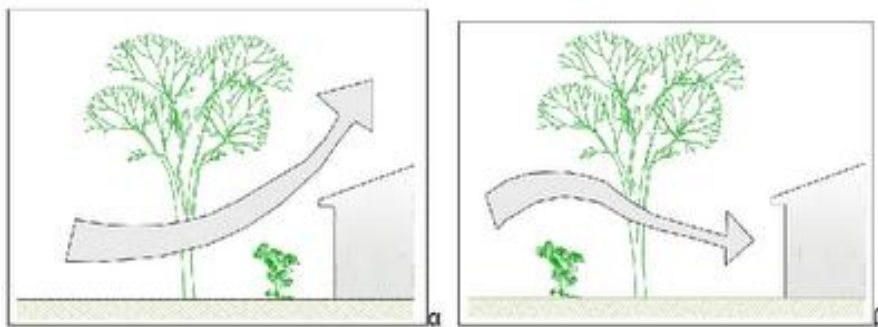
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm

α) Δημιουργία ενδιάμεσων χώρων (ορθότερη αξιοποίηση των ακαλύπτων, δημιουργία αιθρίων, οπισθοχώρηση από την Ο.Γ.)¹⁸

Η ποσότητα του φυσικού φωτός, που φτάνει στους χώρους που αναπτύσσονται περιμετρικά του αιθρίου, εξαρτάται από τη γεωμετρία του αίθριου, τη διαπερατότητα στο φως της οροφής του αίθριου και την ανακλαστικότητα των πλευρικών τοίχων και του δαπέδου του αίθριου.

β) Κατάλληλη φύτευση (ή και φύτευση δώματος) για επαρκή σκιασμό, ηλιασμό, ανεμοπροστασία, αύξηση εσωτερικών κερδών (Εικόνα 1.9).

Η κατάλληλη διαμόρφωση της βλάστησης είναι δυνατό να αντιμετωπίσει τις υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι, να επιτρέψει επαρκή ηλιασμό το χειμώνα και φυσικά να κατευθύνει τους ανέμους με την επιθυμητή βλάστηση. Συγχρόνως προστατεύει από τη διάβρωση του παρακείμενου εδάφους, βοηθά στη μείωση της ηχορύπανσης και βελτιώνει τη γενικότερη ποιότητα του αέρα. Ακόμη και δέντρα χωρίς φύλλωμα εμποδίζουν κατά 40-80% τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας. (Brown et al, 1995)



Εικόνα 1.9 α) ελαχιστοποίηση της επίδρασης του χειμερινού ανέμου, β) βελτιστοποίηση της επιρροής του καλοκαιρινού αερισμού-δροσισμού¹⁹.

Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως ένα δέντρο μεγάλου μεγέθους εξατμίζει περίπου 1460kg νερό κατά τη διάρκεια της μέρας και έτσι συμβάλει καθοριστικά στο γενικό δροσισμό. (Κατσιμίγας, 2005)

γ) Δημιουργία συστημάτων ανάρτησης φυτών (π.χ. πέργκολες) και συστήματα νερού.

¹⁸ Κατσιμίγας, Έκθεση εισήγησης με τίτλο «Βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού του περιβάλλοντος κτιρίων, ιδιωτικού και δημόσιου χώρου», (2005) σε ημερίδα του ΤΕΕ Θράκης για το Βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίων και περιβάλλοντα χώρου.

¹⁹ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., Περιβάλλον χώρος – Μικροκλίμα

https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros-_-mikroklima-_-photismos-periballon-choros---mikroklima



Εικόνα 1.10 Οριζόντιο σκίαστρο σε συνδυασμό με πέργκολα με φυτά.

δ) Χρήση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον, με πιστοποίηση η οποία βεβαιώνει ότι δεν περιέχουν επιβλαβή στοιχεία (όπως ωστενιτικός χάλυβας, ωμή άργιλος, ασβέστης, κόλλα από καουτσούκ, κέτσες από καρύδα). (Κατσιμίγας, 2005)

1.5.5 Κτίρια μηδενικής κατανάλωσης (ενεργειακά αυτόνομα κτίρια)

Βάσει της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ “Κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας”, ορίζονται τα χαρακτηριστικά των κτιρίων με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση. Η ποσότητα ενέργειας που απαιτείται, πρέπει να συνίσταται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές, περιλαμβανομένης της παραγόμενης επιτόπου ή πλησίον του κτιρίου. Τα νέα αυτά ευρωπαϊκά δεδομένα τέθηκαν το 2009, όπου το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο αποφάσισε ότι όλα τα νέα κτίρια μετά το 2020, θα πρέπει να είναι μηδενικής κατανάλωσης και ορισμένα μάλιστα εξ’ αυτών (τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους) θα πρέπει να είναι πληρούν τις προδιαγραφές αυτές από το 2018. (Κολοκοτσά, 2010)

1.5.6 Ενεργητικά συστήματα θέρμανσης

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα λειτουργούν με μηχανικά μέσα όπως αντλίες θερμότητας, εναλλάκτες θερμότητας, ανεμιστήρες και προϋποθέτουν σύνθετους μηχανισμούς συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης της θερμότητας. (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ε. 2006)

Οι ηλιακοί συλλέκτες (Εικόνα 1.11) για θέρμανση, θερμαίνουν το νερό ή τον αέρα, διοχετεύοντας το εν συνεχεία, στο σύστημα διανομής της θερμότητας στο χώρο με τη μεσολάβηση εναλλάκτη θερμότητας. Τα βασικότερα χαρακτηριστικά τους (απόδοση, χρήση και κόστος) παρουσιάζονται στον πίνακα 1.2. Στα κτίρια χρησιμοποιούνται κυρίως επίπεδοι συλλέκτες μαύρης βαφής για την κάλυψη αναγκών ΖΝΧ, επίπεδοι συλλέκτες μεγαλύτερης

απόδοσης, ή συλλέκτες κενού που σημειώνουν τη μεγαλύτερη απόδοση προς χρήση θέρμανσης και κλιματισμού χώρου. Τα θερμοσιφωνικά συστήματα αποτελούνται από ηλιακούς συλλέκτες με ένα δοχείο αποθήκευσης ZNX στην κορυφή τους. Αντίστοιχα τα κεντρικά Θ.Η.Σ. αποτελούνται από ηλιακούς συλλέκτες συνδεδεμένους με δεξαμενή ΖΝ μέσω κυκλοφορητή και εναλλάκτη²⁰.

Ο εναλλάκτης θερμότητας βοηθά στη μετάδοση του θερμικού φορτίου από ένα ρευστό σε ένα άλλο και συναντάται εκτός από συστήματα θέρμανσης, σε συστήματα ψύξης - κλιματισμού κ.α. Συνδυάζει τον εξαερισμό ενός χώρου με την ανάκτηση μέρους θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα. Διαθέτει φίλτρα αέρα για την συγκράτηση σκόνης, ρύπων κ.α. (Καραπάντσιος, 2001). Διακρίνεται σε άμεσης και έμμεσης επαφής και δεν καταναλώνει κάποιο καύσιμο. Στον άμεσης επαφής υπάρχουν ρευστά σε διαφορετική φάση που έρχονται σε άμεση επαφή, ανταλλάσσουν μεταξύ τους θερμότητα και ακολούθως διαχωρίζονται. Στον έμμεσης επαφής, τα δύο ρευστά παραμένουν διαρκώς χωρισμένα και η θερμότητα μεταδίδεται μέσω διαχωριστικής επιφάνειας.



Εικόνα 1.11 Ηλιακοί συλλέκτες κατοικίας²¹.

²⁰ ΚΑΠΕ – ΥΠΕΚΑ, Ιστοχώρος χτίζοντας το μέλλον - Ηλιακά συστήματα
<http://www.ktizontastomellon.gr/index.php/katoikies/hliakoi-syllektes>

²¹ Ιστοχώρος 4green, http://www.4green.gr/data/fotovoltaika/news/preview_news/88867.asp

Συλλέκτης	Κόστος	Απόδοση (KWh/m ² /έτος)	Τυπική χρήση
Χωρίς κάλυμμα	Χαμηλό	300	Θέρμανση πισίνας
Επίπεδος συλλέκτης	Μεσαίο	650	Θέρμανση πισίνας, ZNX
Επίπεδος συλλέκτης (επιλεκτικός απορροφητής)	Μεσαίο	700	Θέρμανση χώρου, ZNX, Ηλιακός κλιματισμός
Συλλέκτες κενού	Υψηλό	850	Θέρμανση χώρου, Ηλιακός κλιματισμός

Πίνακας 1.2 Βασικά χαρακτηριστικά ηλιακών συλλεκτών²².

Συχνά συγχέεται η αντλία θερμότητας με το κλιματιστικό. Ουσιαστικά η διαφορά έγκειται στο ότι η αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη, λειτουργώντας βάσει του ίδιου θερμοδυναμικού κύκλου του οποίου όμως η λειτουργία μπορεί να αλλάξει ανάλογα με την ανάγκη (θέρμανση ή ψύξη). Οι συνηθέστερες πηγές άντλησης θερμότητας είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας και το έδαφος.

1.6 Κόστος βιοκλιματικών κατασκευών

Τα κόστη σχετικά με ένα κτίριο διακρίνονται στα ακόλουθα είδη²³ (Καβαλάρη Φ. Αξαρχή Κ., 2008):

- α) κόστος μελέτης
- β) κόστος κατασκευής

²² Χασάπης Δ., Ηλιακά θερμικά συστήματα σε υφιστάμενες κατοικίες

http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/koinoniki_katoikia/06_Chasapis.pdf

²³ Αξίζει να σημειωθεί πως το κόστος μελέτης, κατασκευής και λειτουργίας μπορεί να ενισχυθεί ανάλογα, από διάφορες πηγές όπως:

- α) Κοινοτικό Πλαίσιο στήριξης (ΚΠΣ)
- β) Κοινοτικά Προγράμματα (όπως Energy, Energy Cities, Altener, Life κ.α.)
- γ) Αναπτυξιακό Νόμο

Παράλληλες χρηματοδοτήσεις και φοροαπαλλαγές μπορεί να είναι:

- α) φοροαπαλλαγές για ΦΑ και ΑΠΕ – έκπτωση 75% από το συνολικό φορολογητέο εισόδημα για έξοδα αγοράς και εγκατάστασης
- β) επενδύσεις ενεργειακής απόδοσης μέσω χρηματοδότησης από τρίτους, χρηματοδοτικής μίσθωσης και ειδικών συμβάσεων
- γ) τιμολογιακή πολιτική της ΔΕΦΑ, της ΔΕΗ, της ΕΥΔΑΠ.

γ) κόστος λειτουργίας

δ) κόστος επανάχρησης ή κατεδάφισης.

Επιπλέον το συνολικό λειτουργίας εκτός από τα δεδομένα που αφορούν στο κτίριο, επηρεάζεται και από τα δεδομένα της περιοχής όπως το κλίμα, τον προσανατολισμό του οικοπέδου, τον τρόπο λειτουργίας του κτιρίου από τους χρήστες του, καθώς και το βαθμό συντήρησης του καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του (Καβαλάρη Φ. Αξαρχή Κ., 2008).

Το κόστος ενός βιοκλιματικού σπιτιού μπορεί να εφάμιλλο με το αντίστοιχο ενός συμβατικού. Επιπλέον κόστος μπορεί να αφορά σε κατασκευή θερμοκηπίων, σκιάστρων κ.α.. Μια επιβάρυνση κόστους της τάξης του 7% συνεπάγεται απόσβεση σε περίπου 6 - 7 χρόνια, σύμφωνα με σχετική μελέτη της 'ΕΚΦΡΑΣΗ' κατασκευαστικής ΕΠΕ. Συγκρίνοντας όμως τα κόστη λειτουργίας, το βιοκλιματικό κτίριο σημειώνει 30-50% χαμηλότερο κόστος έναντι του συμβατικού και αυτό μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό από τα κόστη θέρμανσης και ηλεκτρικού. (<http://www.ekfrasi-epe.gr/vioklimatika>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει το νομοθετικό πλαίσιο που στηρίζει τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στην Ελλάδα και την Ευρώπη, ενώ παράλληλα δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στον ΚΕΝΑΚ.

Στόχος του κεφαλαίου αυτού είναι να αναδείξει τα βήματα που έχουν γίνει μέχρι σήμερα, προς την κατεύθυνση των βιοκλιματικών αρχών και τη σύνθεση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

2.1 Ελληνικές και Ευρωπαϊκές δράσεις

Εισαγωγή:

Η οικολογική δόμηση έχει κάνει αισθητή την εμφάνιση της στην Ελλάδα κυρίως τα τελευταία 20 χρόνια. Ο προγενέστερος κανονισμός θερμομόνωσης (Π.Δ. ΦΕΚ/362 – 4.7.79) προβλεπόταν να αντικατασταθεί από τον ΚΟΧΕΕ βάσει σχετικής Ευρωπαϊκής Οδηγίας (2006/32/EC) από το 2006. Το προσχέδιο του ΚΟΧΕΕ ετοιμάστηκε από το ΚΑΠΕ για το ΥΠΕΧΩΔΕ και παραδόθηκε στα τέλη του 2003. Ακολούθησε η περιορισμένη δημοσιοποίηση του στα τέλη του 2004 και η επακόλουθη διακοπή της διαδικασίας ως τον Απρίλιο του 2005 όπου συστάθηκε νέα επιτροπή από το ΥΠ.ΑΝ. Ο Κανονισμός τελικά ονομάστηκε σε ΚΕΝΑΚ. Στις 27/6/2007 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρέπεμψε την Ελλάδα στο Ευρωπαϊκό Δικαστήριο λόγω της μη συμμόρφωσης της με την ΕΡΒΔ (ΕΟ 2002/91/ΕΚ). (Δασκαλάκη κ.α., 2007)

ΚΕΝΑΚ ορίζεται ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης του Κτιριακού Τομέα. Στόχος της ισχύος του ΚΕΝΑΚ είναι η μεγαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας προς όφελος του περιβάλλοντος, δηλαδή η επίτευξη μέγιστης οικονομίας με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας.

Η Ελληνική Νομοθεσία:

Ιδιαίτερη αναφορά θα πρέπει να γίνει στο ΝΟΚ ο οποίος αντικαθιστά τον ΓΟΚ του 1985 δίνοντας κίνητρα (επιπλέον τετραγωνικά για δόμηση καθ' ύψος) για την κατασκευή πράσινων κτιρίων. Πριμοδοτεί δηλαδή κτίρια με χαμηλό ενεργειακό αποτύπωμα και όσα αφήνουν αδόμητους κοινόχρηστους χώρους εντός του οικοπέδου.

Η Κοινοτική Οδηγία 2002/91 για την ενεργειακή πιστοποίηση των κτιρίων, εφαρμόστηκε στην Ελλάδα με την ισχύ του ΚΕΝΑΚ και πολλές χώρες έχουν επιτύχει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. (Μεσσίνας, 2008)

Η Κοινοτική Οδηγία 2002/91 περιλαμβάνει τα εξής²⁴:

- κοινή μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων
- ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης για νέα και υφιστάμενα κτίρια
- συστήματα πιστοποίησης για όλα τα κτίρια, τοιχοκόλληση των πιστοποιητικών και άλλων σχετικών πληροφοριών
- επιθεώρηση και αξιολόγηση λεβήτων και κεντρικών εγκαταστάσεων κλιματισμού κτιρίων σε τακτά χρονικά διαστήματα.

ΚΕΝΑΚ

Με τον ΚΕΝΑΚ ο οποίος εφαρμόστηκε το 2010, θεσμοθετείται ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός στον κτιριακό τομέα με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής των κτιρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος, με συγκεκριμένες δράσεις:

1. Εκπόνηση Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
2. Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων
3. Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίων (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης)
4. Ενεργειακές Επιθεωρήσεις κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού

Η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (αντικαθιστά τη μελέτη θερμομόνωσης) και εκπονείται για κάθε κτίριο (άνω των 50 τ.μ.), νέο ή υφιστάμενο που ανακαινίζεται ριζικά και βασίζεται σε μια συγκεκριμένη μεθοδολογία.

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης ή Ενεργειακό Πιστοποιητικό αποτελεί την ταυτότητα του κτιρίου, στην οποία καταγράφεται η ενεργειακή κατανάλωση τμημάτων ή του συνόλου του κτιρίου. Ισχύει για δέκα χρόνια και αφορά σε όλα τα κτίρια, συνολικής επιφάνειας άνω των 50 τ.μ., νέα ή υφιστάμενα που υπόκεινται σε ριζική ανακαίνιση, τα υφιστάμενα κτίρια επιφάνειας άνω των 50 τ.μ. ή τμήματα αυτών όταν πωλούνται ή εκμισθώνονται, καθώς και σε όλα τα κτίρια του δημόσιου & ευρύτερου δημόσιου τομέα. Η

²⁴ Ιστοχώρος Europa: http://europa.eu/legislation_summaries/other/127042_el.htm

απαίτηση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης στην περίπτωση αγοροπωλησίας και ενοικίασης έχει τεθεί σε εφαρμογή από τις 9/01/2011.

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης περιλαμβάνει, τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του ενεργειακού επιθεωρητή και συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου²⁵. Αξίζει να σημειωθεί πως με τον ΚΘΚ (1979) ήταν υποχρεωτική η μελέτη θερμομόνωσης για νέες κατασκευές και προσθήκες, ενώ δεν υπήρχε καμία υποχρέωση θερμομόνωσης για τα υφιστάμενα κτίρια (Ψαρράς, 2011).

Βασικές αλλαγές ΚΕΝΑΚ σε σχέση με ΚΘΚ (Ψαρράς, 2011):

- 1) όρια U^{26} περίπου 10% πιο αυστηρά
- 2) αναλυτικός υπολογισμός και έλεγχος του συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων $U_{κουφ}$
- 3) κατάργηση ελέγχου ανά επίπεδο
- 4) υπολογισμός θερμογεφυρών
- 5) προσθήκη Δ κλιματικής ζώνης

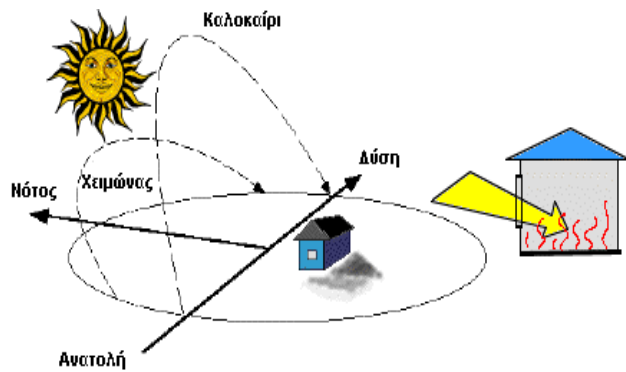
Αναλυτικά βάσει της Τ.Ο. ΤΕΕ 20702-5/2010, ο σχεδιασμός του κτιρίου οφείλει να συνάδει με τις ακόλουθες βιοκλιματικές αρχές λειτουργίας του:

Το κτήριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης τον χειμώνα:

- Χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο – Προσανατολισμός

Αφορά τη διασφάλιση του νότιου προσανατολισμού της μεγαλύτερης όψης του κτίσματος (Εικόνα 2.1), με αποκλίσεις της κατεύθυνσης αυτής $\pm 30\%$ ανατολικά ή δυτικά. Σε περίπτωση αδυναμίας εξασφάλισης αυτού του προσανατολισμού (που θεωρείται ιδανικός), συνίσταται η κατάλληλη δημιουργία προεξοχών του κελύφους, με βασικό άξονα το νότο. Η νότια όψη των κτιρίων δέχεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία σε μεγαλύτερο ποσοστό, με σταθερότερο ρυθμό και με καλύτερη κατανομή. Η παράμετρος του ηλιασμού του κτιρίου συνυπολογίζεται μέσω της χρήσης ηλιακών χαρτών και διαγραμμάτων. Ο έλεγχος του ηλιασμού το χειμώνα, εμπειρικά βασίζεται στην εξής σχέση: Απόσταση χωροθετούμενου κτιρίου και υφιστάμενου εμποδίου = $1,5 \times$ ύψος εμποδίου. Υφιστάμενο εμπόδιο μπορεί να είναι μια υπάρχουσα κατασκευή/ κτίριο.

²⁵ ΥΠΕΚΑ, Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων <http://www.ypeka.gr/?tabid=525>

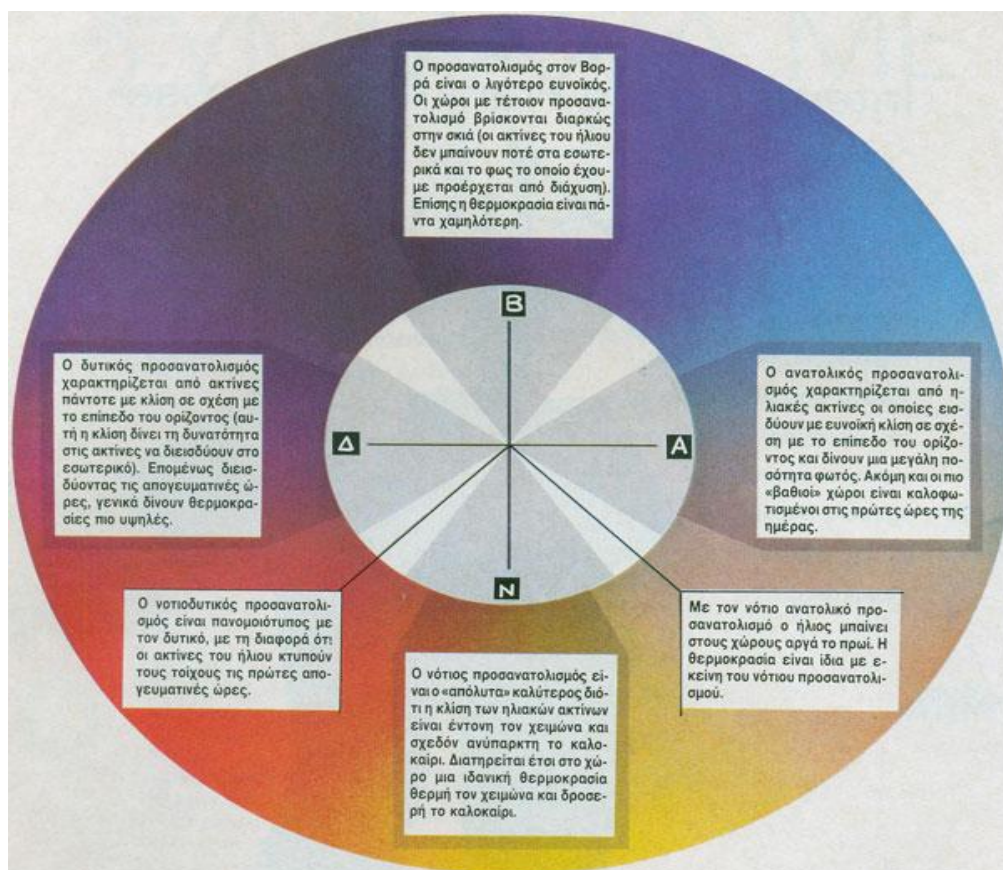


Εικόνα 2.1 Νότιος προσανατολισμός κτιρίου.

<http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/pathitika.htm>

Οι δυσμενέστεροι προσανατολισμοί σε σχέση με το φυσικό φως είναι ο ανατολικός και ο δυτικός. Η χαμηλή θέση του ήλιου στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό δημιουργεί έντονα προβλήματα θάμβωσης. Τα κύρια χαρακτηριστικά του προσανατολισμού του κτιρίου φαίνονται στην ακόλουθη εικόνα 2.2.

²⁶ Συντελεστής θερμοπερατότητας δίνει την ποσότητα της θερμότητας που διέρχεται από επιφάνεια 1τμ της κατασκευής σε χρονικό διάστημα 1 ώρας, όταν η διαφορά θερμοκρασίας από τις 2 πλευρές είναι 1 βαθμός Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση (Κορωναίος Α., 2005).



Εικόνα 2.2 Κύκλος προσανατολισμού κτιρίου.

(http://www.themistsipiras.gr/images/kyklos_prosanatolismou_full.jpg)

2.2 ΚΕΝΑΚ και παθητικά συστήματα

Όπως αναφέρει ο Τσιώλης (2010), ο ΚΕΝΑΚ ορίζει ως ελάχιστη προδιαγραφή για το σχεδιασμό των κτηρίων, την ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός εκ των Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων όπως: άμεσου ηλιακού κέρδους (νότια ανοίγματα), τοίχος μάζας, τοίχος Trombe, ηλιακός χώρος (θερμοκήπιο) κ.α. Επίσης απαιτείται ηλιοπροστασία κατά τη θερινή περίοδο, ένταξη τεχνικών φυσικού αερισμού και εξασφάλιση οπτικής άνεσης με τεχνικές και συστήματα φυσικού φωτισμού. (Τσιώλης, 2010)

2.3 Νομοθεσία σχετικά με την Ενεργειακή Επιθεώρηση κτιρίων

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση των κτιρίων συλλέγονται στοιχεία για το κέλυφος και τις εγκαταστάσεις του, τα οποία και καταγράφονται σε σχετικά έντυπα. Με τα δεδομένα αυτά γίνονται οι απαιτούμενοι υπολογισμοί και αναλύονται τα αποτελέσματα με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού.

Η ενεργειακή απόδοση (ή αλλιώς ενεργειακή αυτοψία), περιλαμβάνει διαδικασίες εκτίμησης και καταγραφής των καταναλώσεων ενέργειας, των μεταβλητών που τις επηρεάζουν, αλλά και των δυνατοτήτων που υπάρχουν για εξοικονόμηση ενέργειας.

Η Νομοθεσία πλέον επιβάλλει την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. Το ενεργειακό πιστοποιητικό ή Π.Ε.Α. εκδίδεται από Ενεργειακό Επιθεωρητή, ενταγμένο σε ειδικό Μητρώο. Στο έγγραφο αυτό αποτυπώνεται η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και έτσι κάθε κτίριο κατατάσσεται σε ενεργειακή κατηγορία, ενώ ο Επιθεωρητής καταγράφει και συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Συνολικά υπάρχουν εννέα κατηγορίες από A+ έως H. (ΥΠΕΚΑ)

Η ενεργειακή επιθεώρηση ουσιαστικά αποσκοπεί:

- α) Στη διαπίστωση των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης
- β) Στην κατάταξη του σε ενεργειακή κατηγορία, αναλόγως της απόδοσης του

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

Στόχος του 3^{ου} κεφαλαίου είναι η επισκόπηση μελετών και στοιχείων που αναφέρονται σε βιοκλιματικές και συμβατικές κατασκευές. Παρουσιάζονται αριθμητικά δεδομένα που αφορούν την κατανάλωση ενέργειας των βιοκλιματικών κτιρίων συγκριτικά με την αντίστοιχη των συμβατικών κατασκευών.

3.1 Αποτελέσματα ερευνών σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας σε βιοκλιματικά κτίρια

Η κατανάλωση ενέργειας σε βιοκλιματικά κτήρια έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνών. Σύμφωνα με μελέτη η οποία δημοσιεύτηκε το Σεπτέμβριο του 2002 από το ΚΑΠΕ²⁷, το σύνολο των ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων για τη θέρμανση των βιοκλιματικών κατοικιών της Α' κλιματικής ζώνης κυμαίνεται μεταξύ 25-42 KWh/m², της Β' κλιματικής ζώνης μεταξύ 28-55 KWh/m² και της Γ' κλιματικής ζώνης μεταξύ 44-90 KWh/m². Υπολογίζεται επίσης πως στα βιοκλιματικά κτίρια πραγματοποιείται 30% εξοικονόμηση ενέργειας σε σύγκριση με τις κατασκευές μετά το 1979 (Λάζαρη, 2002).

Κατανάλωση ενέργειας σε συμβατικά κτήρια

²⁷ “Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα: ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής” (Έργο Κ.Π.Σ. – ΕΠΕ - Μέτρο 3.1.4): : “Ενεργειακή απόδοση παθητικών συστημάτων σε βιοκλιματικά κτίρια στην Ελλάδα”, Κ.Α.Π.Ε.

Έρευνα²⁸ που πραγματοποιήθηκε σε 51 κτίρια 6 ελληνικών πόλεων με θέμα την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ανέδειξε πολύ σημαντικά στοιχεία. Για την έρευνα αυτή συλλέχθηκαν δεδομένα ενεργειακής κατανάλωσης και έπειτα αναλύθηκαν με στόχο τη μελέτη της επίδρασης της θερμομόνωσης του κελύφους, της ηλικίας και της κατάστασης του συστήματος θέρμανσης στην πραγματική ενεργειακή κατανάλωση. Ποσοστό 89% των κτιρίων χρησιμοποιεί κεντρικό σύστημα θέρμανσης και το 11% ηλεκτρικά συστήματα. Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση κυμαίνεται μεταξύ 31,6 - 284,6 kWh/m² με μέση κατανάλωση 110,7 kWh/m². Επίσης το 43% των κτιρίων αυτών, έχουν κατανάλωση μεγαλύτερη από την μέση τιμή των Ελληνικών καταγραφέντων κτιρίων, ενώ 18% έχουν μεγαλύτερη από την μέση τιμή των Ευρωπαϊκών καταγραφέντων κτιρίων.

Η κατανάλωση ενέργειας των συμβατικών κτιρίων είναι υψηλότερη συγκριτικά με τις αντίστοιχες ποσότητες των βιοκλιματικών κτιρίων. Όταν τα βιοκλιματικά κτίρια δεν ξεπερνούν τα 90 kWh/m² ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση, οι συμβατικές κατασκευές μπορεί να φτάσουν έως και τα 285 kWh/m²²⁸.

Στατιστικά στοιχεία σχετικά με τον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, βάσει στοιχείων της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (2012), υπάρχουν περίπου 4 εκατ. κτίρια, το 77% των οποίων είναι κατοικίες. Υψηλό ποσοστό των κατοικιών (67%) περιλαμβάνονται σε πολυκατοικίες και τα περισσότερα εξ' αυτών είναι παλιά, οπότε έχουν παλιές εγκαταστάσεις και συνεπώς χαμηλές ενεργειακές αποδόσεις²⁹.

Κατανάλωση ενέργειας σε κατοικίες πριν το 1980

Η τυπική ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση σε κτίρια κατοικιών πριν το 1980 είναι περίπου 140 kWh/m² σε μονοκατοικίες και 96 kWh/m² σε πολυκατοικίες, ενώ για τα νεότερα κτίρια υπολογίζεται σε 92-123 kWh/m² και 75-94 kWh/m² αντίστοιχα.

Σχετικά με την μέση κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση χώρων στα κτίρια που επιθεωρήθηκαν, σε σχετική μελέτη³⁰ η κατανάλωση καυσίμου, κυμαίνεται μεταξύ 31,6 kWh/m² (Ηράκλειο - κλιματική ζώνη Α) και 284,6 kWh/m² (Τρίκαλα- κλιματική ζώνη Γ), με

²⁸ Έρευνα για τη θέρμανση σε 51 ελληνικά κτίρια

<http://www.dataexpress.gr/newspolykatoia/27-ereyna-thermansis-se-51-ktiria>

²⁹ <http://www.dataexpress.gr/newspolykatoia/27-ereyna-thermansis-se-51-ktiria>

³⁰ “Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα: ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής” (Έργο Κ.Π.Σ. – ΕΠΕ - Μέτρο 3.1.4): : “Ενεργειακή απόδοση παθητικών συστημάτων σε βιοκλιματικά κτίρια στην Ελλάδα”, Κ.Α.Π.Ε.

μέση τιμή 110,7 kWh/m². Η ενεργειακή κατανάλωση σε κάθε κλιματική ζώνη παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα 3.1.

	Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)	Μέση τιμή (kWh/m ²)
κλιματική ζώνη Α (Νότια)	31,6 – 82,2	55,5
κλιματική ζώνη Β (Κεντρική)	42,1 – 284,6	111,6
κλιματική ζώνη Γ (Βόρεια)	72 – 245,9	143,9

Πίνακας 3.1 Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m²)

Κατανάλωση ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης η τελική (μέση) ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων είναι της τάξης των 350 Mtoe ανά έτος. Η τιμή αυτή μπορεί να μειωθεί με την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στις χώρες της Ε.Ε. το μεγαλύτερο τμήμα της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων καλύπτεται από το φυσικό αέριο (116 Mtoe), το πετρέλαιο 99 Mtoe, τον ηλεκτρισμό 91 Mtoe, και τα στερεά καύσιμα με 11 Mtoe (όπου 1 Mtoe = 4,42 TWh)³¹. Το σύνολο της ενεργειακής κατανάλωσης του συνόλου των κτιρίων (βιοκλιματικών και μη) υπολογίζεται σε 740 Mtoe πρωτογενούς ενέργειας³¹.

Στοιχεία σχετικά με την πιστοποίηση Ελληνικών κτιρίων

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση των κτιρίων επαληθεύονται και καταγράφονται οι όψεις και τα ανοίγματα του, εκτιμάται η θερμική αδράνεια των χώρων, τα είδη της τοιχοποιίας, οι σκιάσεις από όμορα κτίρια και τα χρησιμοποιούμενα συστήματα θέρμανσης και ψύξης και λοιπού μηχανολογικού εξοπλισμού. (Χριστοφυλλίδου, 2013).

Στατιστικά στοιχεία αναφορικά με τα ενεργειακά πιστοποιητικά περιλαμβάνονται σε καταγραφές του ΥΠΕΚΑ, σύμφωνα με τις οποίες από τις 9/1/2011 έχουν εκδοθεί συνολικά 274.000 Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης. (Χριστοφυλλίδου, 2013):

- α) 74.426 κτίρια κατατάσσονται στη χαμηλότερη ενεργειακή κατηγορία Η
- β) 40.459 ελληνικά κτίρια εντάσσονται στην κατηγορία Ζ και
- γ) 150.000 κτίρια στις κατηγορίες Δ, Ε και Ζ

³¹ http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm



Γράφημα 3.1 Αναλογία κτιρίων σε κάθε ενεργειακή κατηγορία (Πηγή: Πρωτότυπο)

Η γενική εκτίμηση είναι ότι στα ελληνικά κτίρια πληρούνται βασικές προϋποθέσεις που σχετίζονται με τη μόνωση και τα κουφώματα, όμως γενικά δεν μπορούν να συγκριθούν με τις αντίστοιχες κατηγορίες κτιρίων των ευρωπαϊκών πόλεων (Χριστοφυλλίδου, 2013).

Στην Ελλάδα από τις 274.000 ενεργειακές επιθεωρήσεις που έγιναν, μόνο 9.500 ανήκουν στις ενεργειακές κατηγορίες Β και Β+, ενώ ακόμη λιγότερα ανήκουν στην κατηγορία Α και Α+, κτίρια τα οποία έχουν επιτύχει πάνω από 80% εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με το κτίριο αναφοράς.

3.2 Ελληνικά βιοκλιματικά κτίρια

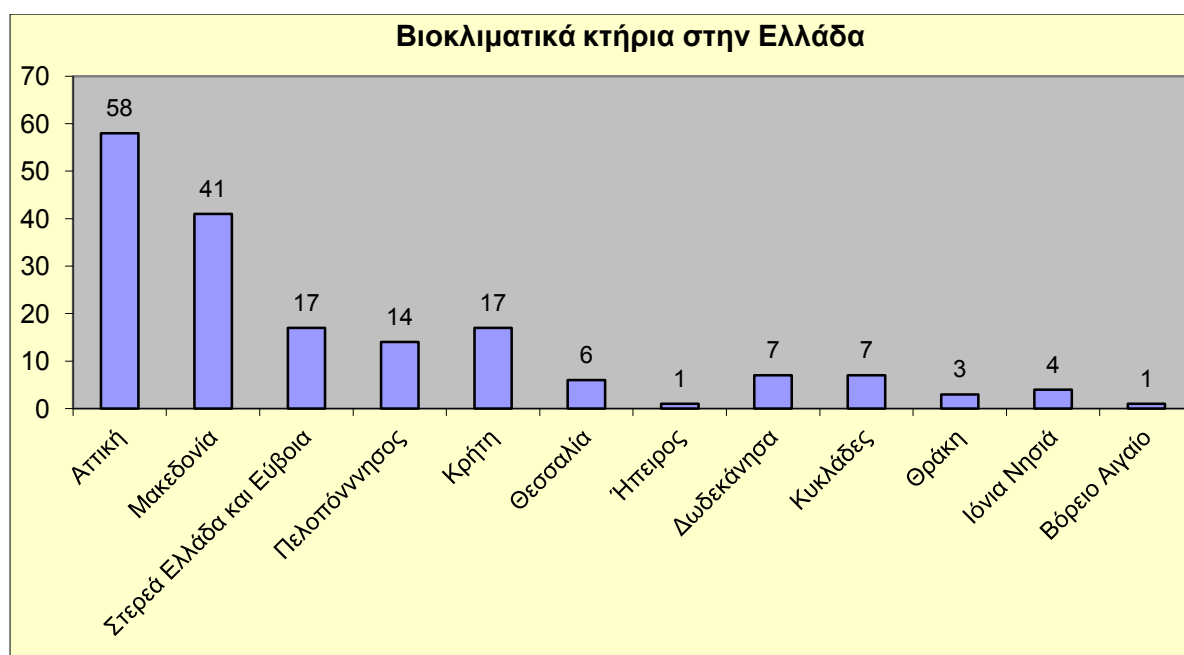
Τα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η ενεργειακή διαχείριση αφορούν το στάδιο του σχεδιασμού και της κατασκευής, γεγονός σημαντικό το οποίο επιχειρεί να αντισταθμίσει τους ρύπους που εκλύονται από αέρια του θερμοκηπίου, για τα οποία η χώρα πληρώνει πρόστιμο, δεδομένου του ότι έχει υπογράψει σχετικές δεσμεύσεις, και υποχρεούται παράλληλα να συμμορφωθεί με την Κοινοτική Νομοθεσία.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του έργου Κ.Π.Σ. – Ε.Π.Ε. - Μέτρο 3.1.4: ‘‘Ενεργειακή απόδοση παθητικών συστημάτων σε βιοκλιματικά κτίρια στην Ελλάδα’’ που εκπονήθηκε από το Κ.Α.Π.Ε., στην Ελλάδα έως το 2002 υπήρχαν περίπου 180 εφαρμογές βιοκλιματικών κτιρίων. Εξ’ αυτών 58 βρίσκονται στην Αττική και 41 στη περιοχή της Μακεδονίας. Στο ακόλουθο γράφημα 3.2 παρουσιάζεται αναλυτικά η κατανομή τους στον

Ελλαδικό χώρο (Λάζαρη, 2002). Δεν υπάρχουν δημοσιευμένα στοιχεία (χαρακτηριστικών και λεπτομερειών) για το σύνολο αυτών των καταγραφών (Λάζαρη, 2002).

Ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εφαρμόζεται και σε κτίρια του τριτογενή τομέα (δημόσια κτίρια, υπηρεσίες κ.α.). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το πρότυπο δωδεκαθέσιο δημοτικό σχολείο Κοζάνης, όπου παράγει μόνο του το ρεύμα που χρησιμοποιεί και δεν χρειάζεται συμβατικές πηγές θέρμανσης. Διαθέτει φωτοβολταϊκά πάνελ και οι ενεργειακές ανάγκες του καλύπτονται από ένα σύστημα ΑΠΕ με ηλιακή ενέργεια, γεωθερμία και τηλεθέρμανση (Ισπόγλου, 2011). Ωστόσο το 74% των καταγεγραμμένων κτιρίων έχουν χρήση κατοικίας, βάσει των αποτελεσμάτων της έρευνας του Κ.Α.Π.Ε. το 2002 (Ισπόγλου, 2011).

Από τα εφαρμοζόμενα συστήματα το 81% αφορά παθητικά συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους, το 42% θερμοκήπια (ηλιακούς χώρους) και το 27% ηλιακούς τοίχους. Στο σύνολο των ηλιακών τοίχων το 68% αποτελούν οι τοίχοι Trombe, το 11% οι τοίχοι μάζας, το 4% οι τοίχοι νερού και το 17% τα θερμοσιφωνικά πανέλα (Λάζαρη, 2002).



Γράφημα 3.2 Κατανομή βιοκλιματικών κτηρίων στην Ελλάδα. (Λάζαρη, 2002)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Εισαγωγή:

Στόχος του 4^{ου} κεφαλαίου είναι η επεξεργασία των δεδομένων αναφορικά με τις βιοκλιματικές κατασκευές και συγκεκριμένα με βάση το είδος, τη χρήση, την επιφάνεια τους και το σύνολο των ενεργητικών και παθητικών συστημάτων λειτουργίας. Τα κτίρια που περιλαμβάνονται (συνολικά 79) προέκυψαν από την βιβλιογραφική αναζήτηση στο Κ.Α.Π.Ε., στον έντυπο τύπο που σχετίζεται με τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική και σε έργα μελετητών όπως οι Κ. & Θ. Τσιπηράς & συνεργάτες, ο Α. Ν. Τομπάζης, ο Γ. Καλιγγέρης, η Ε. Γεωργιάδου.

4.1 Συλλογή δεδομένων

Συνολικά μελετήθηκαν 79 βιοκλιματικά κτήρια της χώρας. Κύριες πηγές από τις οποίες προήλθαν τα δεδομένα για τα κτίρια αυτά είναι:

- α) το Κ.Α.Π.Ε.³²
- β) δημοσιευμένα στοιχεία βιοκλιματικών κατασκευών στον έντυπο τύπο³³
- γ) στοιχεία που βρέθηκαν στο διαδίκτυο³⁴

Τα κυριότερα στοιχεία που συλλέχθηκαν για κάθε κτίριο είναι:

- 1) η χρονολογία κατασκευής
- 2) ο μελετητής του κτιρίου
- 3) η χρήση του κτιρίου
- 4) το είδος του κτιρίου (μονοκατοικία, διαμέρισμα κλπ)
- 5) η συνολική επιφάνεια του
- 6) τα παθητικά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού
- 7) τα ενεργητικά συστήματα που διαθέτει
- 8) τα στοιχεία που διαμορφώνουν το περιβάλλον του κτιρίου και οι τιμές του συντελεστή k (W/m^2K) των ανοιγμάτων, των τοίχων, της οροφής και του δαπέδου

³² δημοσιευμένα στοιχεία του με θέμα ‘‘Βιοκλιματική αρχιτεκτονική-Εφαρμογές στην Ελλάδα’’

³³ όπως: Ελληνικές Κατασκευές, Οικολογική αρχιτεκτονική, Biolife, Sun & Shadow

³⁴ www.tsipiras.gr,

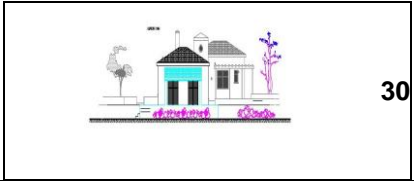
[kaligeris.gr](http://www.kaligeris.gr), <http://www.anelixi.org/oikologiki-arxitektoniki/bioklimatikos-sxediasmos-ktirion/paradeigmata-ktirion/katoikies/monokatoikia-sto-elaiorema-thessaloniki/>

9) οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου (Kwatt.h)

Σε πολλά από τα υπό εξέταση κτίρια, δεν ήταν διαθέσιμα όλα τα υπό εξέταση δεδομένα, όπως οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας k (W/m^2K) των στοιχείων του κελύφους και οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης των κτιρίων. Σε κάποιες περιπτώσεις υπήρχαν ελλιπή δεδομένα για τις επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια.

Επισκόπηση επεξεργασίας δεδομένων:

Ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα 79 κτίρια, αποτελείται από 20 στήλες και φαίνεται στο Παράρτημα. Κάθε στήλη περιλαμβάνει κάθε αξιολογούμενο κτίριο. Κάθε κτίριο περιγράφεται ξεχωριστά σε καθέναν από τους 79 Πίνακες του Παραρτήματος. Στους 79 Πίνακες αναγράφονται το είδος του κτιρίου, ο μελετητής του, η περιοχή στην οποία βρίσκεται, η επιφάνεια του, η κατανάλωση του και τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης που εφαρμόζονται.

ΚΤΙΡΙΟ: Κατοικία ΘΕΣΗ: Γύθειο ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: Κ. & Θ. Στ. Τσιπηράς & Συνεργάτες		
		ΘΕΡΜΑΝΣΗ Άμ. Ηλιακό κέρδος, Τοίχοι Trombe, Θερμοκήπιο
M² 210,7	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ θέρμανση: 8878,89Kwatt.h, ψύξη: 512Kwatt.h	ΨΥΞΗ Φ.Δ., Νυχτερινός αερισμός, Αιολική καμινάδα

Πίνακας 4.1 Ενδεικτικός πίνακας κτιρίου.

Ο ενιαίος συγκεντρωτικός πίνακας (που βρίσκεται στο Παράρτημα) επιχειρεί να είναι εύκολα αναγνώσιμος, παρά το πλήθος των αριθμητικών δεδομένων που περιέχει. Έτσι οι συνολικά 20 στήλες που τον συνθέτουν κατατάσσονται εξ' αρχής σε 6 γενικότερες κατηγορίες που είναι:

- α) γενικά στοιχεία κτιρίου
- β) παθητικά-ενεργητικά συστήματα
- γ) κέλυφος κτιρίου

- δ) ανάγκες κτιρίου
- ε) συμπεράσματα
- ζ) βιβλιογραφική πηγή

Μεθοδολογία επεξεργασίας δεδομένων – κριτήρια ομαδοποίησης

Η ομαδοποίηση των κτιρίων έγινε βάσει της **Περιφέρειας** (κλιματική ζώνη) στην οποία ανήκουν, αλλά και του μελετητή/ σχεδιαστή τους. Ως προς τη **χρονολογία κατασκευής** τα κτίρια διαχωρίστηκαν ανά δεκαετίες από το 1960 μέχρι και σήμερα. Η χρήση των κτιρίων είναι επίσης ένα σημαντικό στοιχείο της έρευνας, γι' αυτό και οι γενικές κατηγορίες που διαμορφώθηκαν ήταν κατοικίες, επαγγελματικοί χώροι, εκθεσιακοί χώροι, σχολικοί/ πανεπιστημιακοί χώροι, αποθήκες, γυμναστήρια.

Ως προς την **επιφάνεια** των κτιρίων, οι κατηγορίες που δημιουργήθηκαν για την ταξινόμηση τους ήταν 0-200τμ, 200-500τμ, 500-1000τμ, ≥ 1000 τμ καθώς και η κατηγορία άγνωστο για κτίρια που δεν ήταν διαθέσιμη η πληροφορία αυτή.

Για τα **ηλιακά παθητικά συστήματα θέρμανσης** που χρησιμοποιούν τα εξεταζόμενα κτίρια, συγκεντρώθηκε το σύνολο των συστημάτων (Άμεσο ηλιακό κέρδος, Θερμοκήπιο, Τοίχοι TROMBE, Αίθριο, Θερμοσιφονικά πανέλα, Τζάκι, Ηλιακοί τοίχοι, Τοίχος μάζας, Δοχεία νερού, άλλο). Αντίστοιχη ήταν η διαδικασία και για τα παθητικά συστήματα δροσισμού (Φυσικός Αερισμός, Ηλιοπροστασία, φεγγίτες, σκίαση, αιολικές καμινάδες, βλάστηση, άλλο).

Παράλληλα με τα παθητικά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού, μεγάλο ποσοστό των ερευνούμενων κτιρίων χρησιμοποιούσε και **ενεργητικό σύστημα**. Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθήθηκε και για τα **χαρακτηριστικά του περιβλήματος** των κτιρίων.

Αξίζει να επισημανθεί πως η μικρή ποσότητα και ποιότητα των δεδομένων, σχετικά με τις ανάγκες των κτιρίων ως προς την θέρμανση και την ψύξη, δυσκόλεψε τη διαδικασία ομαδοποίησης των στοιχείων και εξαγωγής συμπερασμάτων.

Το Ηλιακό Χωριό στην Πεύκη Αττικής και το συγκρότημα των 120 κατοικιών στο ανατολικό κέντρο της Καλαμάτας αποτελούν ιδιαίτερες περιπτώσεις και αναλύονται ακολούθως.

Ηλιακό Χωριό Πεύκης

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στο Ηλιακό Χωριό που βρίσκεται στην Πεύκη Αττικής, στα Βόρεια Προάστια της Αθήνας, σε απόσταση 18 χλμ. από το κέντρο της πόλης.

Το «Ηλιακό Χωριό» έχει 435 κατοικίες που έχουν σχεδιασθεί βάσει της «ηλιακής αρχιτεκτονικής» και εξυπηρετούν περίπου 1.600 κατοίκους. Το έργο μελετήθηκε το 1984 από το γραφείο του Α.Ν. Τομπάζη.

Στο έργο υλοποιήθηκε η πειραματική εφαρμογή ενεργητικών και παθητικών ηλιακών συστημάτων προηγμένης τεχνολογίας για παροχή θέρμανσης και ζεστού νερού για οικιακή χρήση, με κύριο σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος. Εκτός από τη μεγάλη ποικιλία ηλιακών συστημάτων ο οικισμός σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε με υψηλές προδιαγραφές εξοικονόμησης ενέργειας (μονώσεις πάχους 10 εκ. διπλά τζάμια, νυχτερινές μονώσεις, νότιες μεγάλες γυάλινες προσόψεις, κ.ά.). Ο ενεργειακός σχεδιασμός των παθητικών συστημάτων (εξωτερικά κελύφη κτιρίων) και των ενεργητικών συστημάτων (συστήματα παραγωγής ζεστού νερού οικιακής χρήσης) του Ηλιακού Χωριού, στηρίζεται στη μελέτη και αξιοποίηση των κλιματολογικών συνθηκών της περιοχής.

Σε 34 σπίτια από τα 435 του Χωριού εφαρμόστηκαν συνδυασμοί παθητικών συστημάτων. Οι βασικότεροι εξ' αυτών ήταν: άμεσου κέρδους (θερμική αποθήκευση με νερό), έμμεσου κέρδους (τοίχοι Trombe), εκτεταμένου κέρδους (θερμοκήπιο) και απομονωμένου κέρδους (θερμοσιφωνικά πανέλα). Στο Χωριό εφαρμόστηκαν επίσης 6 ενεργειακά συστήματα και η θέρμανση χώρων και η παροχή ζεστού νερού πραγματοποιείται από συνδυασμό αντλιών θερμότητας και ηλιακών συλλεκτών.

Συγκρότημα 120 κατοικιών Ανατολικού Κέντρου Καλαμάτας

Εξίσου ένα σημαντικό έργο είναι το συγκρότημα των 120 κατοικιών που μελετήθηκε από το γραφείο μελετών Α.Ν. Τομπάζη. Στην περίπτωση του βιοκλιματικού συγκροτήματος των 120 κατοικιών στο Ανατολικό Κέντρο της Καλαμάτας, μετρήσεις που έγιναν για την ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κατοικιών έδειξαν πως οι ενεργειακές καταναλώσεις και ροές εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη συμπεριφορά και τις συνήθειες των ενοίκων. Ο προσανατολισμός της πρόσοψης των κτισμάτων είναι νότιος. Ομαδοποιούνται ανά 8 μ. ύψους τα διώροφα κτίρια και ανά 10 μ. ύψους τα τριώροφα. Η αυξημένη μόνωση, ο επαρκής απαιτούμενος σκιασμός, τα μεγάλα ανοίγματα, είναι ορισμένα μόνο εκ των πλεονεκτημάτων των κατοικιών.

Βάσει μετρήσεων επιστημονικής ομάδας του Εργαστηρίου Οικοδομικής του Α.Π.Θ. διαπιστώθηκε πως οι κατοικίες με παθητικά ηλιακά συστήματα (ηλιακούς συλλέκτες κ.α.), έχουν ορθότερη συμπεριφορά παρά το γεγονός πως έχουν μεγαλύτερο αριθμό εκτεθειμένων επιφανειών. Επίσης καθοριστική είναι η ενεργειακή συμπεριφορά των χρηστών των κτιρίων.

Χαρακτηριστικά η αλλαγή χρήσης του θερμοκηπίου σε χώρο κύριας κατοικίας αποδυνάμωσε την απόδοση του τοίχου νερού³⁵.

Ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του χειμώνα το σύνολο των παθητικών ηλιακών συστημάτων προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας 35-65%, ενώ σημαντική είναι και η μείωση των εκπομπών CO₂ που κυμαίνεται από 7,8-18,5 τόνους/ έτος για κάθε κατοικία³⁵.

4.2 Αποτελέσματα έρευνας

Γεωγραφική κατανομή Βιοκλιματικών κτιρίων

Η κατανομή των βιοκλιματικών κτιρίων που εξετάστηκαν, εντοπίζονται σε όλες σχεδόν τις περιφέρειες της χώρας, όπως παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα 4.2.

Περιφέρειες	Κλιματική Ζώνη	Αριθμός βιοκλιματικών κτιρίων
Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Ζώνη Γ	4
Κεντρική Μακεδονία	Ζώνη Γ	13
Δυτική Μακεδονία	Ζώνη Δ	0
Θεσσαλία	Ζώνη Β	3
Ήπειρος	Ζώνη Β	1
Ιόνια Νησιά	Ζώνη Α	2
Κεντρική Ελλάδα	Ζώνη Β	3
Δυτική Ελλάδα	Ζώνη Γ	3
Πελοπόννησος	Ζώνη Α	9
Αττική	Ζώνη Β	32
Κρήτη	Ζώνη Α	7
Νησιά Ν. Αιγαίου	Ζώνη Α	1
Νησιά Β. Αιγαίου	Ζώνη Β	1
Σύνολο κτιρίων		79

Πίνακας 4.2 Γεωγραφική κατανομή και κλιματική ζώνη των υπό εξέταση βιοκλιματικών κτιρίων στην Ελλάδα. (Πηγή: Πρωτότυπο)

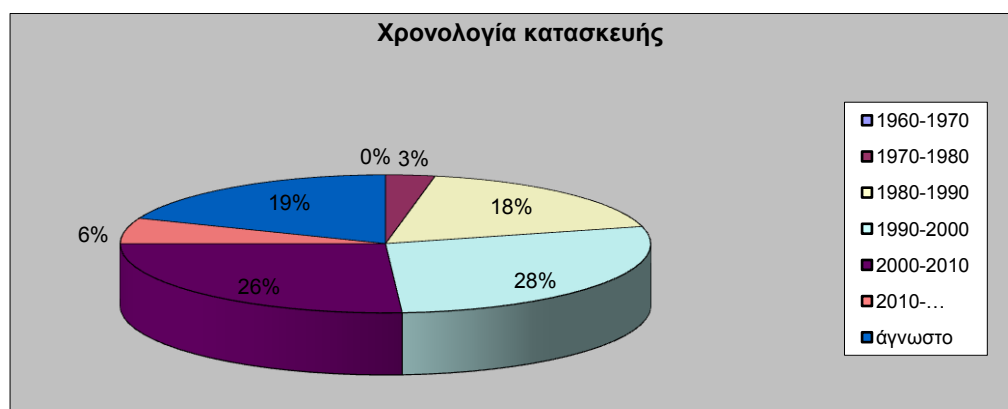
³⁵ http://www.cres.gr/energy-saving/efarmoges_kalamata.htm

Μελετητές

Οι μελετητές και κατασκευαστές των υπό εξέταση βιοκλιματικών κτιρίων ήταν: οι Κ. & Θ. Τσιπηράς & συνεργάτες, ο Α. Ν. Τομπάζης, ο Γ. Καλιγγέρης, η Ε. Γεωργιάδου καθώς και πλήθος άλλων μηχανικών και εταιρειών.

Χρονολογία κατασκευής

Όσον αφορά τη χρονολογία κατασκευής των κτισμάτων, η πλειοψηφία των κτιρίων που μελετώνται στο παρόν κεφάλαιο έχει ανεγερθεί την δεκαετία του 1990, ενώ λίγο μικρότερα ποσοστά συγκεντρώνουν οι δεκαετίες του 2000 και του 1980. Στο ακόλουθο γράφημα 4.1, παρουσιάζονται αναλυτικά οι χρονολογίες κατασκευής όλων των υπό εξέταση κτισμάτων.



Γράφημα 4.1 Χρονολογία κατασκευής βιοκλιματικών κτισμάτων. (Πηγή: Πρωτότυπο)

Χρήση

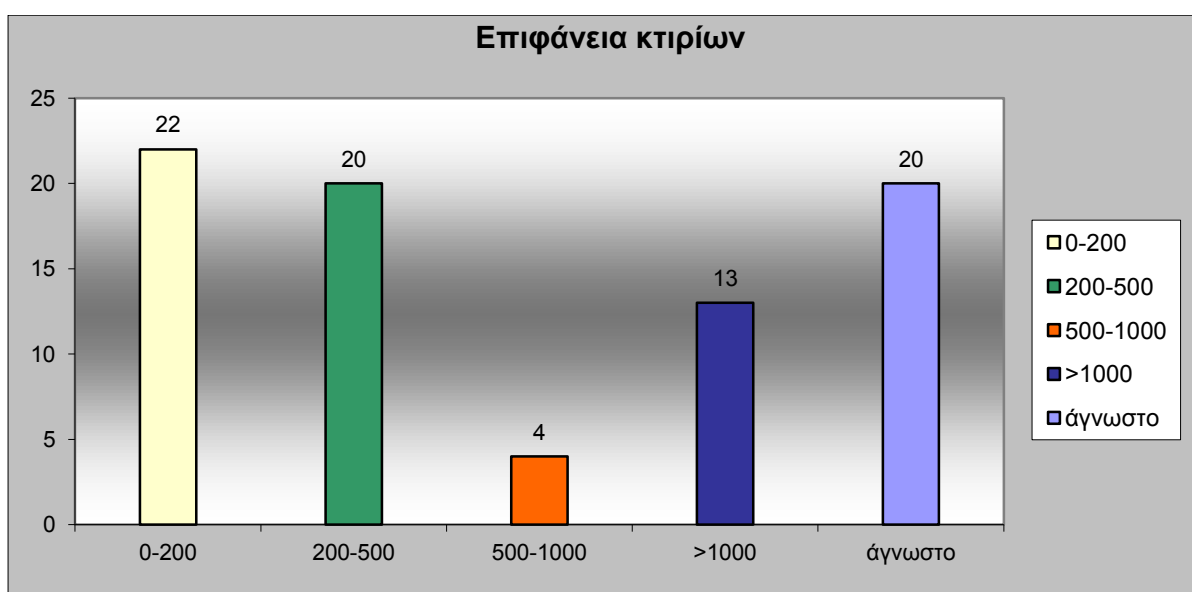
Η συντριπτική πλειοψηφία των κτιρίων (58 κτίρια από τα 79 συνολικά) έχει χρήση κατοικίας. Στον πίνακα 4.3 περιγράφονται αναλυτικά οι χρήσεις των κτιρίων που μελετώνται.

Χρήσεις κτιρίων	Πλήθος κτιρίων
Κατοικία	59
Σχολείο/ Εργαστήριο/ Πανεπιστήμιο	7
Επαγγελματική στέγη/ γραφείο	6
Ξενοδοχείο/ Τουριστικό συγκρότημα	2
Αποθήκη	1
Εκθεσιακό Κέντρο	2
Γυμναστήριο	2
Σύνολο κτιρίων	79

Πίνακας 4.3 Χρήσεις βιοκλιματικών κτιρίων. (Πηγή: Πρωτότυπο)

Επιφάνεια

Από το σύνολο των κτισμάτων, οι επιφάνειες όσων έχουν χρήση κατοικίας δεν ξεπερνούν τα 400τμ και σίγουρα έχουν συνολικά μέση επιφάνεια περίπου 240τμ, συνυπολογίζοντας βέβαια και άλλα χαρακτηριστικά της κατοικίας (ισόγεια, διώροφη, μεζονέτα, πολυκατοικία). Ποσοστό 78% των κατοικιών που μελετώνται με επιφάνεια από 100 τμ έως 400 τμ είναι διαμορφωμένο σε 2 επίπεδα (ορόφους). Μεγαλύτερες επιφάνειες καλύπτουν τα κτίρια επαγγελματικής χρήσης και γενικά χώρων συνάθροισης κοινού που μελετώνται. Στο γράφημα 4.2 παρουσιάζεται η ομαδοποίηση των επιφανειών των εν λόγω κτιρίων.



Γράφημα 4.2 Επιφάνειες κτισμάτων. (Πηγή: Πρωτότυπο)

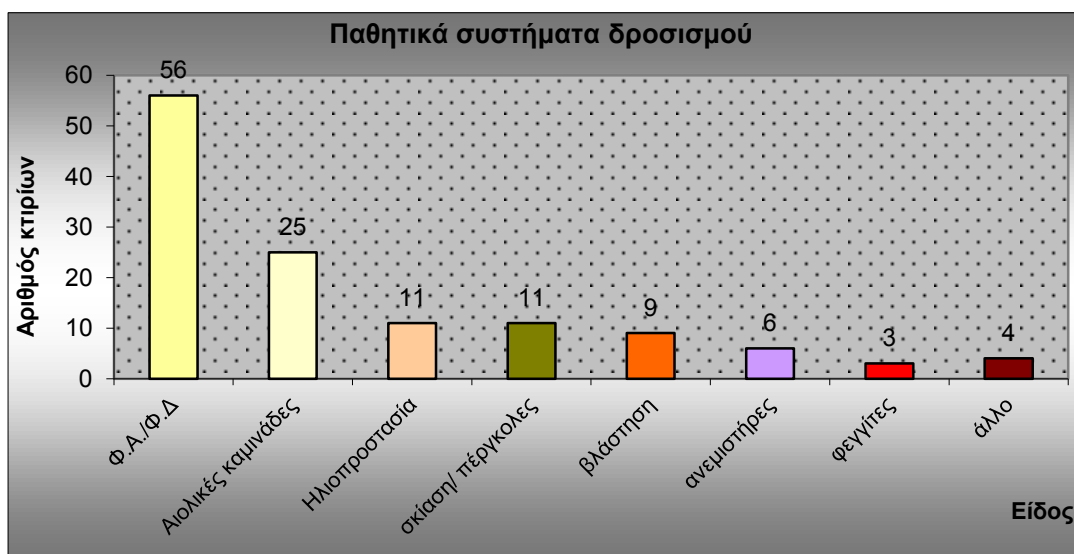
Παθητικά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού

Τα παθητικά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού αποτελούν αναπόσπαστα στοιχεία των κτιρίων που μελετήθηκαν. Το άμεσο ηλιακό κέρδος χρησιμοποιείται από το μεγαλύτερο μέρος των κτισμάτων (58 από τα 79). Οι ηλιακοί χώροι και οι τοίχοι TROMBE είναι τα συνηθέστερα συστήματα παθητικής θέρμανσης. Τα υπόλοιπα είδη παθητικών συστημάτων θέρμανσης χρησιμοποιούνται σε πολύ χαμηλότερα ποσοστά και σε συνδυασμό με τα τρία είδη που προαναφέρθηκαν (Πίνακας 4.4).

Παθητικά συστήματα θέρμανσης	Πλήθος κτιρίων	%
Άμεσο ηλιακό κέρδος	58	73,4
Θερμοκήπιο	38	48,1
Τοίχοι TROMBE	19	24
Αίθριο	6	7,6
Θερμοσιφωνικά πανέλα	4	5
Τζάκι	3	3,8
Ηλιακοί τοίχοι	3	3,8
Τοίχος μάζας	7	8,9
Φυτεμένο δώμα	7	8,9
Δοχεία νερού	1	1,3
Άλλο	7	8,9

Πίνακας 4.4 Μορφές παθητικών συστημάτων θέρμανσης που χρησιμοποιούνται. (Πηγή: Πρωτότυπο)

Αντίστοιχα, ως προς τα παθητικά συστήματα δροσισμού, η πλειοψηφία των βιοκλιματικών κτιρίων (71%) εκμεταλλεύεται το φυσικό αερισμό. Σημαντικός αριθμός κτιρίων που μελετώνται και συγκεκριμένα το 33%, χρησιμοποιεί και το σύστημα των αιολικών καμινάδων για τη διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα. Συστήματα ηλιοπροστασίας και σκίασης των ανοιγμάτων χρησιμοποιούνται από μικρότερο αριθμό των κτιρίων (28%).



Γράφημα 4.3 Μορφές παθητικών συστημάτων δροσισμού που χρησιμοποιούνται. (Πηγή: Πρωτότυπο)

Παθητικά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού χρησιμοποιούν όλα τα κτίρια που μελετήθηκαν. Δε συμβαίνει όμως το ίδιο και με τα ενεργητικά συστήματα. Για 31 κτίρια από τα συνολικά δεν υπήρχε καταγραφή αναφορικά με το είδος των ενεργητικών συστημάτων που χρησιμοποιούν, ενώ για 9 υπήρχε καταγραφή σχετικά με τις ιδιότητες του κελύφους.

Το μεγαλύτερο μέρος των κτιρίων έχει εγκατεστημένο και χρησιμοποιεί ενεργειακό τζάκι, ενώ σημαντικό είναι και το πλήθος των κτιρίων που έχουν εγκατεστημένο κάποιο φωτοβολταϊκό σύστημα. Οι υπόλοιπες μορφές ενεργητικών συστημάτων απαντώνται μεμονωμένα σε κάποια κτίρια και συγκεντρώνουν χαμηλά ποσοστά όπως ξυλόσομπα, καύσιμο αέριο, ανεμογεννήτρια και ηλιακά πανέλα με δεξαμενή ομβρίων. (Πίνακας 4.5).

Ενεργητικά συστήματα	Πλήθος κτιρίων
Χωρίς ενεργητικά συστήματα	31
Τζάκι	26
Φωτοβολταϊκά	8
Καλοριφέρ	4
Ηλιακοί συλλέκτες	4
Βοηθητική θέρμανση	7
Αερόθερμα	2
Ξυλόσομπα	1
Καύσιμο αέριο	1
Ανεμογεννήτρια	1
Ηλιακά πανέλα με δεξαμενή ομβρίων	1

Πίνακας 4.5 Μορφές ενεργητικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται. (Πηγή: Πρωτότυπο)

Περίβλημα κτιρίων

Στα περισσότερα από τα κτίρια στα οποία υπήρχαν διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με το περίβλημα, ο φέρων οργανισμός είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα, με τοιχοποιία διπλής ή μονής οπτοπλινθοδομής και στέγη ξύλινη ή μεταλλική (κεκλιμένη ως επί το πλείστον). Στον ακόλουθο πίνακα 4.6 περιγράφονται ακριβώς τα στοιχεία που φέρουν τα κτίσματα.

Όσον αφορά το συντελεστή θερμοπερατότητας μόνο για το 19% ήταν διαθέσιμα αριθμητικά δεδομένα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των τοιχίων κυμαίνεται μεταξύ 0,36-0,61 W/m²C και 2,20 W/m²C για τοίχους Trombe.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων κυμαίνεται μεταξύ 2,60-3,72 W/m²C και φτάνει τα 5,81 W/m²C για θερμοκήπια. Για την οροφή οι αντίστοιχες τιμές είναι μεταξύ 0,20-0,50 W/m²C και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου λαμβάνει τιμές 0,37-0,87 W/m²C.

Οι προαναφερόμενοι συντελεστές είναι μέσα στα όρια κατά ΚΘΚ, καθώς οι μέγιστες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας ήταν: (Κορωναίος, Πουλάκος, 2005)

- α) 0,7 W/m²K για εξωτερικούς τοίχους σε όλες τις ζώνες
- β) 0,5 W/m²K για οριζόντιες επιφάνειες και οροφές σε όλες τις ζώνες
- γ) για δάπεδα 3,0 στη Ζώνη Α, 1,9 στη Ζώνη Β, 0,7 στη Ζώνη Γ

Περίβλημα κτιρίων	Αριθμός κτισμάτων
Φέρων οργανισμός από Ο.Σ.	60
Τοιχοποιία διπλής οπτοπλινθοδομής	23
Μεταλλικά κουφώματα	13
Ξύλινη στέγη	11
Ξύλινα κουφώματα	9
Τοιχοποιία μονής οπτοπλινθοδομής	6
Κεκλιμένες στέγες	6
Μεταλλική κατασκευή	2
Στέγη από Ο.Σ.	55
Ξύλινη Κατασκευή	1

Πίνακας 4.6 Στοιχεία περιβλήματος κτιρίων. (Πηγή: Πρωτότυπο)

Ενεργειακές ανάγκες

Οι ανάγκες των κτιρίων ως προς την θέρμανση και την ψύξη ποικίλουν ανάλογα με τη χρήση, την τοποθεσία που βρίσκονται και το είδος της κατασκευής. Μόνο για 28 κτίρια από τα συνολικά υπήρξαν ακριβή στοιχεία των θερμικών αναγκών. Εξ' αυτών στα 18 αναφέρεται 60-70% εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα περισσότερα από τα μελετηθέντα κτίρια είχαν άμεσο ηλιακό κέρδος, τοίχο TROMBE, θερμοκήπιο, σε συνδυασμό με φυσικό αερισμό/ δροσισμό και ηλιοπροστασία (ανεξαρτήτως χρήσης ή μη, κάποιου ενεργητικού συστήματος). Συγκεκριμένα κατοικίες έως 200τμ είχαν σημαντική κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών και μέση εξοικονόμηση ενέργειας 63%, βάσει δεδομένων που βρέθηκαν για τις 9 εξ' αυτών. Αξίζει να επισημανθεί

πως το 90% των κτιρίων αυτών είχε μικρό ή μεγάλο θερμοκήπιο ως παθητικό σύστημα θέρμανσης. Επίσης το 70% των κτιρίων διέθετε αιολική καμινάδα και το 40% διέθετε και φυσικό αερισμό.

Αντίστοιχα κατοικίες από 200 έως 400τμ αναφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας το χειμώνα 87%, ενώ η κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών από ηλιακά κέρδη έφτασε το 55%, με επιπλέον εσωτερικά κέρδη περίπου 11%. Υψηλά ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας σημείωσαν τα κτίρια που διέθεταν παράλληλα και φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα αναφερόμενα αυτά αριθμητικά στοιχεία βρέθηκαν από τη βιβλιογραφική αναζήτηση που πραγματοποιήθηκε για τα μελετώμενα κτίσματα.

Μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται στις κατοικίες μεγάλων επιφανειών. Συγκεκριμένα σε κτιριακό συγκρότημα 3000τμ (κατασκευής '84) με χρήση παιδικού σταθμού, το θερμαντικό φορτίο μειώθηκε από 57000 KWh σε 2600KWh.

Απαραίτητη για τη σωστή εφαρμογή ενός ή περισσότερων παθητικών συστημάτων σε ένα κτίριο είναι η σωστή λειτουργία και συμμετοχή του χρήστη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το σχολικό κτίριο 899τμ στην Άνδρο όπου η εξοικονόμηση ενέργειας βάσει μελέτης θα έφτανε το 72% και βάσει λειτουργίας έφτασε τελικά το 30%.

4.3 Επεξεργασία αποτελεσμάτων

Στο σύνολο τους τα κτίρια που χρησιμοποιούν κάποιου είδους παθητικό σύστημα έχουν καταγεγραμμένα οφέλη. Από τον συγκεντρωτικό πίνακα με τα 79 βιοκλιματικά κτίρια, σε συνδυασμό με τους επιμέρους πίνακες που δημιουργήθηκαν για κάθε κτίριο χωριστά και την ενότητα 4.2 με τα αποτελέσματα της έρευνας, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- α) τα παθητικά συστήματα μεγιστοποιούν τα ενεργειακά κέρδη για τα κτίρια και βελτιώνουν αισθητά τις εσωτερικές συνθήκες θερμικής άνεσης, καθώς συνεισφέρουν στο ποσοστό του 60-70% της συνολικής εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνεται
- β) η χρήση ενεργειακού τζακιού σε συνδυασμό με τα παθητικά συστήματα καλύπτει σε υψηλότερο βαθμό τις ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων
- γ) κτίρια με τοίχους Trombe ανεξαρτήτως χρήσης κτιρίου και περιοχής στην οποία βρίσκονταν, σημείωσαν υψηλές ενεργειακές αποδόσεις και κάλυψη των ενεργειακών αναγκών σε μέσο ποσοστό 65%
- δ) κτίρια με άμεσο ηλιακό κέρδος σε συνδυασμό με διαμπερή αερισμό συμβάλουν σημαντικά στη συνολική εξοικονόμηση ενέργειας

ε) για το πόσο επηρεάζει η περιοχή (Στερεά Ελλάδα, Μακεδονία, Κρήτη, Αιγαίο κ.λ.π.) – κλιματική ζώνη σε συνδυασμό με τα παθητικά συστήματα, την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, δεν μπορούν να εξαχθούν από τη μελέτη μας αξιόπιστα συμπεράσματα, λόγω της αδυναμίας εύρεσης λεπτομερέστερων στοιχείων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Γενικά συμπεράσματα

Η ελαχιστοποίηση της εξάρτησης μας από τα ορυκτά καύσιμα και η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αποτελούν μεταξύ άλλων τις βάσεις για την περιβαλλοντική βελτίωση των πόλεων, φροντίζοντας συγχρόνως την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Ο σχεδιασμός, η κατασκευή και ο τρόπος χρήσης των κτιρίων μας πρέπει να βασίζονται στις αρχές της ορθολογικής χρήσης και διαχείρισης των φυσικών πόρων.

Ο κτιριακός τομέας συμβάλει σημαντικά (40%) στη συνολική κατανάλωση ενέργειας. Το δεδομένο αυτό μέσα στο ευρύτερο πλαίσιο των αρχών της βιωσιμότητας και της αειφορίας έστρεψε μηχανικούς και κατασκευαστές στο να γνωρίσουν και να μελετήσουν την βιοκλιματική αρχιτεκτονική.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αποτελεί μια λύση στη δημιουργία κτιρίων βιώσιμων και περιβαλλοντικά αποδεκτών. Οι τεχνικές σχεδιασμού και κατασκευής καθώς και τα συστήματα που προτείνει οδηγούν σε κατασκευές με σημαντικά ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας.

Η κατασκευή ενός βιοκλιματικού κτιρίου δεν επιβαρύνει ελάχιστα τον προϋπολογισμό σε σχέση με ένα συμβατικό, όσον αφορά τα υλικά κατασκευής. Τα ίδια υλικά θα χρησιμοποιηθούν είτε ένα σπίτι είναι προσανατολισμένο στη δύση (δυσμενής προσανατολισμός), είτε στο νότο (ιδανικός προσανατολισμός). Ο ορθός τρόπος σχεδιασμού και η χρήση των παθητικών συστημάτων θέρμανσης και δροσίσιμου, ο ορθός τρόπος λειτουργίας τους και η καλή χρήση, συνεισφέρουν στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Κόστος παθητικών συστημάτων και επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας

Ο ΝΟΚ και ο ΚΕΝΑΚ έθεσαν τις βάσεις για τον ορθολογικό σχεδιασμό και την κατασκευή των κτιρίων βάσει των βιοκλιματικών αρχών. Ένα βιοκλιματικό κτίριο είναι δυνατό να διαθέτει παθητικά ηλιακά συστήματα, ενεργητικά ηλιακά συστήματα, συστήματα αξιοποίησης της γεωθερμίας, Φ/Β συστήματα και πλήθος άλλων συστημάτων. Το κόστος, το όφελος και η απόσβεση είναι οι παράμετροι που καθορίζουν την επιλογή ενός συστήματος.

Βάσει της έρευνας που πραγματοποιήθηκε για την εργασία αυτή, στην Ελλάδα έχουν μέχρι τώρα μελετηθεί και κατασκευαστεί κτίρια με τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Ο αριθμός των κτιρίων αυτών είναι βέβαια μικρός αποτελεί όμως ένα καλό

δείγμα το οποίο αποδεικνύει πως υπάρχουν ενημερωμένοι μελετητές/ κατασκευαστές αλλά και οι προϋποθέσεις για κατασκευή κτιρίων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.

Αναμφισβήτητα τα κτίρια του τριτογενούς τομέα έχουν υψηλότερες ενεργειακές κατασκευαστικές απαιτήσεις λόγω του μεγαλύτερου αριθμού των χρηστών τους και είναι ευκολότερο να βρεθούν οι οικονομικοί πόροι για την επίτευξη των ενεργειακών στόχων. Αντίθετα τα ιδιωτικά κτίσματα/ κατοικίες μπορούν, όπως αποδείχθηκε και από την βιβλιογραφική έρευνα της παρούσας εργασίας, με μικρές παρεμβάσεις να βελτιώσουν την ενεργειακή τους απόδοση και να επιτύχουν υψηλή εξοικονόμηση ενέργειας.

Χαρακτηριστικά για τις μικρές κατοικίες μέχρι 200 τμ είναι εφικτή η εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να αγγίξει έως και το 70%, καθώς και για κατοικίες 200-400 τμ αντίστοιχα έως και το 87%.

5.2 Προτάσεις

Τα καλύτερα δυνατά επιτυγχάνονται όταν τηρούνται οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού στον αρχικό σχεδιασμό. Αντίθετα, στα υφιστάμενα κτίρια μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκεκριμένες επεμβάσεις.

Στη χώρα μας πλήθος κτιρίων και ιδιαίτερα κατασκευής μεταξύ 1970 και 1990 χρήζουν αλλαγής συστημάτων λειτουργίας για επίτευξη καλύτερων αποδόσεων (θέρμανσης, ψύξης, οπτικής άνεσης). Καθοριστική είναι έτσι η ενεργειακή πιστοποίηση, καθώς διαπιστώνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις των κτιρίων και υποδεικνύονται λύσεις για βελτίωση της απόδοσης τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Αλεξανδρή Ε., Αξαρχή Κ., Γράψας Κ. κ.α. (2011), Τ.Ο. ΤΕΕ, ΥΠΕΚΑ *Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων*, Αθήνα
<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/anartesechoristitlo#TOC-1.->
2. Ανδρεαδάκη- Χρονάκη Ε., (1985), *Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική- Παθητικά ηλιακά συστήματα*, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
3. Ανδρεαδάκη- Χρονάκη, Ε., «*Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Περιβάλλον και Βιωσιμότητα*», University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2006.
4. Αντωνάκη Γ. – Αθανασίου Γ. (2011-2012), ‘*Βιοκλιματικό σπίτι*’, Ερευνητική εργασία 8^{ου} Γενικού Λυκείου Πατρών.
5. Αξαρχή Κ. (2008), *Είναι εφικτό το μηδενικής κατανάλωσης κτίριο; Περιβάλλον και δόμηση*.
6. Αξαρχή, Κ., Γιαννάς, Σ., Ευαγγελινός, Ε., Ζαχαροπούλου, Η., Μάρδα, Ν. (2001), *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων Τόμος Α*, Εκδόσεις Ε.Α.Π., Πάτρα.
7. Βλαστός, Θ., Μπυρμπύλη, Τ. «*Φτιάχνοντας Πόλεις για Ποδήλατο. Στοιχεία Αισθητικής και Κατασκευής*». Ε.Ε. ΓΔ Περιβάλλοντος, Αναπτυξιακή Εταιρεία Δήμου Αθηναίων, Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου και Προστασίας Περιβάλλοντος Αθήνας, Mbike, 2001.
8. Δασκαλάκη Ε. κ.α. (2007), *Διαδικασία εξόρυξης και ανάλυσης στοιχείων για το κτιριακό απόθεμα και την ενεργειακή του απόδοση*, Ινστιτούτο Μελετών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.
9. Ευθυμιόπουλος Η. (2005), *Κτίριο και Περιβάλλον*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
10. Ισπόγλου Κ. (2011), Ένα πρότυπο βιοκλιματικό δωδεκαθέσιο δημοτικό σχολείο ετοιμάζεται στη δυτική Μακεδονία, Άρθρο 6/9/2011 ΤΟ ΒΗΜΑ- κοινωνία.
11. Καβαλάρη Φ. (2008), *Κλιματικές αλλαγές και αρχιτεκτονική*, ΤΕΕ.
12. Κολοκοτσά Δ. (2010), *Κτίρια μηδενικής κατανάλωσης-Διεθνής εμπειρία και μελέτες περίπτωσης*, Παρουσίαση στοιχείων στο Πολυτεχνείο Κρήτης, Αυτοέκδοση.
13. Κορωνάιος Α., Πουλάκος Γ. (2005), *Τεχνικά Υλικά*, Τόμος 2, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
14. Κωνσταντινίδου Χ. (2008), *Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική και Ενεργειακός Σχεδιασμός*, Τεχνολογική 2008.

15. Λάζαρη Ε. (2002), *Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής*, ΚΑΠΕ Πικέρμι.
16. Παναγιωτακόπουλος Δ. (2007), *Βιώσιμη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων*, Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη.
17. Τσιώλης Σ. (2010), *Εισαγωγή στον ΚΕΝΑΚ – Νομοθετικό Πλαίσιο*, Ημερίδα ‘‘Μελέτη ενεργειακής απόδοσης κτηρίου’’, ΤΕΙ Πειραιά.
18. Ψαρράς Ι. (2011), *Κανονισμός Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων – ΚΕΝΑΚ*, Διαχείριση Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική, ΕΜΠ.
19. Brown, R., & Gillespie, T., «Microclimatic Landscape Design». John Wiley and Sons, 1995.

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

1. Γενική Γραμματεία Υπουργείου Ανάπτυξης
<http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>
http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi_bioclimatikos.htm
http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/koinoniki_katoikia/06_Chasapis.pdf
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliakoi_toixoi.htm
2. Magazine Building Green
<http://www.greenbuilding.gr/>
3. Κατσίμιγας Κ. (2005), Ημερίδα ΤΕΕ Θράκης, «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός κτιρίων και περιβάλλοντα χώρου»
<http://katsimigas.wordpress.com/bioklimatismos/>
4. Βιοκλιματική αρχιτεκτονική
<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/abg>
5. Έθνος, 10/12/2007, ‘‘Με σεβασμό στο περιβάλλον’’
<http://www.ethnos.gr/article.asp?catid=22733&subid=2&pubid=149142&tag=8967>
6. Τσιπιράς Θέμης, Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική
<http://www.themistsipiras.gr/bio-architecture.html>
7. Η αναγκαιότητα της οικολογικής δόμησης
http://www.oikologos.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=286&Itemid=228
8. http://www.4green.gr/data/fotovoltaika/news/preview_news/88867.asp
9. <http://www.ktizontastomellon.gr/index.php/katoikies/hliakoi-syllektes>

10. Χατζησταύρου Μ. (2010), Προτάσεις ‘‘Α’’ διακόσμηση: Αίθρια.
<http://www.atticafreepress.gr/2010>
11. Μεσσίνας Η. (2009), *Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική υποχρεωτική από το 2009*.
http://ecoweek.netfirms.com/ecoweek/eco_building_ecoweek_GR.htm
12. ΥΠΕΚΑ
<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=338&language=el-GR>
<http://www.ypeka.gr/?tabid=525>
13. Τ.Ε.Ε. 1^ο Ελληνοκινεζικό Φόρουμ για το περιβάλλον 3 - 5 / 12 /2009 ενότητα:
Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική.
http://library.tee.gr/digital/m2470/m2470_floros_gr.pdf
14. http://europa.eu/legislation_summaries/other/127042_el.htm
16. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=e6ZYgIszjc8%3D&tabid=340&language=el-GR>
17. Όμορφη πόλη
<http://www.omorfipoli.com/kathkies.php>
18. Περιβάλλον χώρος – Μικροκλίμα - Φωτισμός
<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros--mikroklima--photismos-periballon-choros---mikroklima>
19. <http://www.dataexpress.gr/newspolykatoia/27-ereyna-thermansis-se-51-ktiria>
20. http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm
21. Τσίππρας Κ., Οικολογική δόμηση και υλικά φιλικά προς το περιβάλλον
http://www.buildings.gr/greek/eksoplismos/oikologika_ilika/ylika_filika_pros_to_perivallon.htm
22. Χριστοφυλλίδου Κ., 2013, Εξαιρετικά χαμηλή ενεργειακή απόδοση για τα περισσότερα ελληνικά κτίρια.
<http://www.skai.gr/news/environment/article/221344/exairetika-hamili-energeiaki-apodosi-gia-ta-perissotera-ellinika-ktiria/>
23. <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>
24. Building Green Team, 31/10/2012 , Μικροκλίμα, Παθητικά Συστήματα, Περιβάλλον
<http://buildinggreen.gr/articles/>
25. <http://www.ekfrasi-epe.gr/vioklimatika>
26. http://www.cres.gr/energy-saving/efarmoges_iliako_xorio.htm
27. <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/periodiko/issue19/is19ar05.pdf>

28. <http://www.anelixi.org/oikologiki-arxitektoniki/bioklimatikos-sxediasmos-ktirion/paradeigmata-ktirion/katoikies/monokatoikia-sto-elaiorema-thessaloniki/>
29. http://www.a2green.gr/en/projects_list.php

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ