



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ-ΤΕΙ- ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ Γεωτεχνικού και Οικονομικού Σχεδιασμού

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Εκτίμηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων σε προκατασκευασμένα κτίρια και σύγχρονοι τρόποι κατασκευής με στόχο τη μείωση της Αστικής Θερμικής Νησίδας (Α.Θ.Ν.)»

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ Ι. ΜΑΓΚΛΑΡΑΣ

ΑΜ:36041

Υπεύθυνη Καθηγήτρια

Δρ. Ι.Γ. Καράλη

Επιβλέποντες

Δρ. Ι.Τζουβαδάκης, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Δρ. Ι.Γ.Καράλη, Ερευνήτρια- Συνεργάτιδα ΤΕΙ Πειραιά

Αιγάλεω

Οκτώβριος 2011

Copyright © ΜΑΓΚΛΑΡΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, 2011

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των απαιτήσεων απόκτησης πτυχίου του Τμήματος Πολιτικών Δομικών Έργων, της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τ.Ε.Ι. Πειραιά.

Η έγκρισή της δεν υποδηλώνει απαραίτητως και την αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμ. Πολιτικών Δομικών Έργων.

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Εγκρίθηκε τηναπό την Επιτροπή Αξιολόγησης:

Δρ. Στ.Μαλικούτη

Α. Βλάχου

Δρ. Ι.Γ.Καράλη

Προϊσταμένη
Τμ. Π.Δ.Ε ΤΕΙ Πειραιά
Αν. Καθηγήτρια

Καθηγήτρια Εφαρμογών
Τμ. Π.Δ.Ε ΤΕΙ Πειραιά

Ερευνήτρια
Συνεργάτιδα ΤΕΙ Πειραιά

Συνολικά αξιολογήθηκε με βαθμό.....

Ευχαριστίες

Κατ' αρχάς θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στη Δρ. Ιωάννα Καράλη, Ερευνήτρια -Συνεργάτιδα του ΤΕΙ Πειραιά, κάτω από την επίβλεψη της οποίας εκπονήθηκε η παρούσα πτυχιακή εργασία και για την ευκαιρία που μου δόθηκε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον αλλά και επίκαιρο θέμα.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Ιωάννη Τζουβαδάκη, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, και κ. Μενέλαο Ξενάκη, υποψήφιο Διδάκτορα Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την πολύτιμη καθοδήγησή τους στο ερευνητικό σκέλος της εργασίας αυτής.

Ακόμη, ευχαριστίες εκφράζονται προς τους Φίλιππο Παπαδόπουλο, φοιτητή Πολιτικών Δομικών Έργων ΤΕΙ Πειραιά, και Γιώργο Τσούνη, φοιτητή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την άψογη συνεργασία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Θέμα: «*Εκτίμηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων σε προκατασκευασμένα κτίρια και σύγχρονοι τρόποι κατασκευής με στόχο τη μείωση της Αστικής Θερμικής Νησίδας (Α.Θ.Ν.)*»

Οκτώβριος 2011

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με θέμα «Εκτίμηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων σε προκατασκευασμένα κτίρια και σύγχρονοι τρόποι κατασκευής με στόχο τη μείωση της Αστικής Θερμικής Νησίδας (Α.Θ.Ν.)» εκπονήθηκε σύμφωνα με το άρθρο 69 του κανονισμού σπουδών του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ (ΠΔ164 /ΦΕΚ 202^Α,02-10-2009) με εισήγηση και επίβλεψη της Δρ. Ιωάννας Καράλη Ερευνήτριας, Συνεργάτιδας του ΤΕΙ Πειραιά , του Επίκουρου καθηγητή Ε.Μ.Π. Δρ. Ι. Τσουβαδάκη και του υποψήφιου διδάκτορα Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. κ. Μενέλαο Ξενάκη.

Ο πρώτος και βασικότερος στόχος της πρωτογενούς έρευνας ήταν η ανάλυση της επίδρασης των παθητικών ηλιακών συστημάτων αλλά και ειδικών συστημάτων προστασίας του κελύφους και θερμικής προστασίας του κτιρίου, σε προκατασκευασμένα κτίσματα κατοικίας. Ο δεύτερος στόχος ήταν η αποσαφήνιση κάποιων αποριών που δημιουργήθηκαν κατά την διάρκεια της θεωρητικής μελέτης των παθητικών συστημάτων.

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη: το θεωρητικό και το πειραματικό μέρος.

Το θεωρητικό μέρος αποτελείται από τρία κεφάλαια μέσω των οποίων μελετούνται οι επιπτώσεις των κτιρίων στο φαινόμενο «Αστική Θερμική Νησίδα» καθώς και παρουσιάζονται σύγχρονοι τρόποι κατασκευής για την αντιμετώπισή του.

Στο 1^ο κεφάλαιο, γίνεται αναλυτική προσέγγιση του φαινομένου «αστική θερμική νησίδα» με αναφορές στον ορισμό της, την επίδραση του κτιρίου στην δημιουργία της, τις επιπτώσεις της στην αστική ζωή και τις αρνητικές της συνέπειες. Γίνεται αναλυτική παρουσίαση των παραγόντων που επηρεάζουν το φαινόμενο και προτείνονται τρόποι καταπολέμησής του.

Στο 2^ο κεφάλαιο, επισημαίνονται πρακτικές για την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των υφιστάμενων κτιρίων.

Στο 3^ο κεφάλαιο, δίνονται οι βασικές αρχές και παράμετροι του βιοκλιματικού σχεδιασμού, αναλύονται η θερμομόνωση και τα θερμομονωτικά υλικά, τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα παθητικά συστήματα και οι τεχνικές φυσικού δροσισμού και φωτισμού. Επίσης, γίνεται αναφορά στις επιπτώσεις λόγω κακού σχεδιασμού ή μη ορθής εφαρμογής του. Στη συνέχεια περιγράφονται, εν συντομία, οι ανανεώσιμες πηγές και οι εναλλακτικές μορφές ενέργειας για μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας με περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη.

Το πειραματικό μέρος αποτελείται από δύο κεφάλαια στα οποία καταγράφονται τα αποτελέσματα τόσο του ερευνητικού σκέλους της εργασίας που σχετίζεται με την θερμική απόδοση των παθητικών συστημάτων όσο και του σκέλους της εργασίας που αφορά τον υπολογισμό την ενεργειακής κατανάλωσης προκατασκευασμένης κατοικίας με τροποποίηση των εκάστοτε δεδομένων.

Στο 4^ο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την ανάλυση πειραματικών δεδομένων που αφορούν τις μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας στο εσωτερικό τριών πρότυπων κτισμάτων στον ίδιο χώρο της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Τα τρία αυτά κτίρια σχεδιάσθηκαν ακριβώς κατά το ίδιο τρόπο με μοναδική εξαίρεση τη νότια πλευρά τους. Στο πρώτο σχεδιάστηκε ένας ηλιακός χώρος τύπου θερμοκηπίου, στο δεύτερο ένα απλό παράθυρο και κεκλιμένη στέγη και στο τρίτο, από αυτά, ένας τοίχος Trombe.

Στο εσωτερικό των κτιρίων στα σημεία των νότιων τοίχων, των βόρειων τοίχων, των δαπέδων αλλά και των οροφών τοποθετήθηκαν αισθητήρες. Με αποτύπωση των μετρήσεων, που προέκυψαν από τους αισθητήρες, ανά θέση και ανά κτίσμα, σε διάγραμμα, κατέστη δυνατή η σύγκριση του θερμικού κέρδους για κάθε κτίσμα και η εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά των τριών παθητικών συστημάτων.

Στο 5^ο κεφάλαιο, με εφαρμογή του λογισμικού TEE KENAK και ECOTECT ANALYSIS σε προκατασκευασμένο κτίσμα κατοικίας στην περιοχή Σαρωνίδα Αττικής, γίνονται διαπιστώσεις για την επίδραση του προσανατολισμού, της σκίασης και άλλων βασικών στοιχείων βιοκλιματικού σχεδιασμού στην ενεργειακή του κατανάλωση.

Αρχικά, το κτίριο επιλύθηκε με κάποια δεδομένα που επιλέχθηκαν και στη συνέχεια έγιναν νέες επιλύσεις με τροποποιημένα δεδομένα κάθε φορά, τα οποία αφορούσαν κυρίως αλλαγές προσανατολισμού, αλλαγή σκίασης και

μεταβολή των χαρακτηριστικών των ανοιγμάτων, έτσι ώστε να μελετηθεί η επίδρασή καθενός από αυτά στη μεταβολή της συνολικής ενεργειακής απαίτησης του κτιρίου.

Συμπερασματικά, η εργασία πραγματεύεται γενικότερα τη σχέση της περιβαλλοντικής μηχανικής και επιστήμης σε συνδυασμό με την οικοδομική διεργασία και την επιρροή των δομικών υλικών στο περιβάλλον.

Τέλος διατυπώνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα ερευνητική εργασία αλλά και παρουσιάζονται προτάσεις που κρίνεται ότι θα παρουσίαζαν ενδιαφέρον για περαιτέρω έρευνα.

Λέξεις Κλειδιά: Αστική Θερμική Νησίδα, Παθητικά Συστήματα, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

ABSTRACT

The present project on the subject "Estimation of environmental effects through prefabricated buildings and modern ways of manufacturing that reduce the Urban Heat Island (UHI) " were worked out according to the article 69 regulation of study of T.E.I Piraeus (ΠΔ164 /ΦΕΚ 202Α,02-10-2009) with proposal and supervision of Dr Ioanna Karali, research associate to T.E.I Piraeus, Dr I. Tsouvadakis, professor of E.M.P and Mr. Menelao Xenaki candidate Dr. of Civil Engineers E.M.P.

The first and the main objective of primary research was the analysis of the effect of passive solar systems but also, those of the special systems of protection of building's shell and thermic protection of buildings, in prefabricated buildings of residence. The second objective was the clarification of certain queries that were created at the time of theoretical study of passive systems.

The particular final work is separated in two basic parts: the theoretical and the experimental part.

The theoretical part is constituted by three chapters in which are studied the effects on buildings caused by "Urban Heat Island", there are also presented modern ways of manufacturing for its confrontation.

In the 1st chapter, an analytic approach of phenomenon "urban heat island" is taking place with reports in definition, the effect on building in its creation, the repercussions in the urban life and the negative consequences. The factors that influence the phenomenon are widely analyzed and ways of confronting it are being proposed.

In the 2nd chapter, the practices for the improvement of energy behavior of existing buildings are highlighted.

In the 3rd chapter, the basic principles and parameters of bioclimatic planning are given, the heat insulation the insulating materials, the passive solar systems, the passive systems and the natural cooling and lighting techniques are also analyzed. Also, the repercussions due to bad design or incorrect application are being reported. Afterwards the renewable sources

and the alternative forms of energy for greater saving of energy with environmental and economic profits are briefly described.

The experimental part is constituted by two chapters in which are recorded the results of field work that are related with the thermic attribution of passive systems, as long as also the part of the project that concerns the calculation of energy consumption of prefabricated residence with modification of each data.

In the 4th chapter, results that came out from the analysis of experimental data concerning the measurements of temperature and humidity in the internal of three model buildings in the region of Polytechnioupolis Zografou, are presented. Those three buildings were designed precisely at the same way with only exception their southern side. At the first one, was drawn a sunspace, type of greenhouse, at the second a simple window and a sloping roof and at the third one a wall Trombe.

In the interior of buildings were placed sensors in the points of southern walls, northern walls, floorings but also in the roofs. After the display of the data, that resulted from the sensors, per place and per building, in diagram, it accommodated the comparison between thermic profit of each building and the export of conclusions on the behavior of three passive systems.

In the 5th chapter, with the application software TEE KENAK and ECOTECH ANALYSIS in prefabricated residence in the region Saronida Attica, become ascertainments for the effect of orientation, shading and other basic elements of bioclimatic planning in its energy consumption.

Initially, the building was solved with certain data that were selected and afterwards new resolutions were become with modified data each time, which concerned mainly changes in orientation, shading and characteristics of openings, so as to study the effect of each one of them in the change of total energy requirement of building.

In conclusion, this project studies in general the relation between environmental mechanics and science in combination with the building activity and the influence of structural materials in the environment. Finally, the conclusions that resulted from the present research are presented, but also proposals that it is judged to be interesting for further research.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	xii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	xiv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΕΔΙΩΝ.....	xvi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	xvii
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	xviii

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ.....	1
1.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ ΣΤΗ ΑΣΤΙΚΗ ΖΩΗ.....	5
1.4 ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ ΘΕΡΜΟ Ή ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΚΛΙΜΑ.....	7
1.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ...8	
1.5.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΥΗΙ.....	8
1.5.2 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΥΗΙ.....	10
1.5.3 ΠΥΚΝΗ ΔΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΥΗΙ.....	11
1.5.4 ΤΟΠΙΚΟ ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΥΗΙ.....	12
1.5.5 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΥΗΙ.....	12
1.5.6 ΜΕΓΕΘΟΣ ΠΟΛΗΣ ΚΑΙ ΥΗΙ.....	12
1.6 ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΥΗΙ.....	13

1.6.1	ΔΕΝΤΡΑ ΚΑΙ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	13
1.6.2	ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ	15
1.6.3	ΨΥΧΡΕΣ ΣΤΕΓΕΣ	18

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2.1	ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	24
2.1.1	ΚΕΛΥΦΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	24
2.1.1.1	ΣΤΕΓΗ	24
2.1.1.2	ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΟΨΕΩΝ	24
2.1.1.3	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	25
2.1.1.4	ΗΛΙΑΚΟΙ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΕΣ.....	25
2.1.1.5	ΣΚΙΑΣΗ	25
2.1.1.6	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	26
2.1.2	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ	26
2.1.2.1	ΈΛΕΓΧΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΧΡΗΣΤΗ	26

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3.1	ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	27
3.2	Η ΟΙΚΙΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΟΔΗΓΟΣ ΓΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	29
3.3	ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	32
3.3.1	ΒΑΣΙΚΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ	33
3.3.1.1	ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΟΥ ΤΟΠΟΥ	33
3.3.1.2	ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	34
3.3.2	ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΟ ΟΙΚΟΠΕΔΟ - ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ.....	34
3.3.3	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ	36
3.3.4	ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	37
3.3.5	ΤΟ ΚΕΛΥΦΟΣ	37
3.3.6	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ	42
3.3.6.1	ΑΠΟ ΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΤΟΥΣ.....	42
3.3.6.2	ΑΠΟ ΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΤΟΥΣ.....	43
3.3.6.3	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΤΟΥΒΛΩΝ	44
3.3.6.4	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΣΤΟΝ ΠΥΡΗΝΑ ΜΕΤΑΞΥ ΔΥΟ ΤΟΙΧΩΝ.....	45

3.3.6.5	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ	45
3.3.6.6	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΟΡΟΦΗΣ – ΣΤΕΓΗΣ.....	47
3.3.6.7	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΔΑΠΕΔΩΝ	48
3.3.7	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	48
3.4	ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	52
3.4.1	ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	52
3.4.1.1	ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΜΕΣΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ	54
3.4.1.2	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΜΜΕΣΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ.....	56
3.4.1.3	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ	66
3.4.2	ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	69
3.4.2.1	ΔΙΑΜΠΕΡΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ (ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ Η ΝΥΚΤΕΡΙΝΟΣ)	71
3.4.2.2	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	73
3.4.2.3	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΣ ΑΠΟ ΗΛΙΑΚΗ ΚΑΜΙΝΑΔΑ	74
3.4.2.4	ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟ ΚΕΛΥΦΟΣ.....	76
3.4.2.5	ΔΙΠΛΗ ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑ Η ΔΙΠΛΟ ΚΕΛΥΦΟΣ.....	77
3.4.3	ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ	78
3.4.3.1	ΑΠΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ	79
3.4.3.2	ΣΥΝΘΕΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ, ΜΕ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΟΦΕΛΗ ΨΥΞΗΣ.....	83
3.4.4	ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	90
3.4.4.1	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	93
3.4.5	ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	102
3.4.5.1	ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	102
3.4.5.2	ΒΙΟΜΑΖΑ.....	102
3.4.5.3	ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	103
3.4.5.4	ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	103
3.4.5.5	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	103
3.4.5.6	ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	103
3.5	ΣΩΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ	104

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4.1	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	109
-----	---------------------------------	-----

4.2	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	110
4.3	ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	119
4.4	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	140
4.5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	149

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	150
5.2	ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗΝ ΚΤΙΡΙΟΥ	150
5.2.1	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	150
5.2.2	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	151
5.2.3	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ.....	153
5.2.4	ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ.....	153
5.2.5	ΣΤΕΓΗ	154
5.2.6	ΔΑΠΕΔΟ.....	155
5.2.7	ΜΗΚΟΣ ΧΑΡΑΜΑΔΑΣ.....	155
5.2.8	ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ	157
5.3	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΑΙΤΗΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΑΛΛΑΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	157
5.3.1	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΚΙΑΣΗ	157
5.3.2	ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ	162
5.4	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ECOTECT ANALYSIS.....	168

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	178
6.2	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	179
6.3	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	180

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	181
--------------------	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	187
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	197

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1:	5
Πίνακας 1.2:	6
Πίνακας 1.3:	9
Πίνακας 1.4:	23
Πίνακας 3.1:	39
Πίνακας 3.2:	41
Πίνακας 3.3:	55
Πίνακας 3.4:	61
Πίνακας 3.5:	61
Πίνακας 5.1:	151
Πίνακας 5.2:	152
Πίνακας 5.3:	153
Πίνακας 5.4:	154
Πίνακας 5.5:	155
Πίνακας 5.6:	156
Πίνακας 5.7:	158
Πίνακας 5.8:	159
Πίνακας 5.9:	160
Πίνακας 5.10:	161
Πίνακας 5.11:	162
Πίνακας 5.12:	163
Πίνακας 5.13:	165
Πίνακας 5.14:	166
Πίνακας 5.15:	173
Πίνακας 5.16:	174
Πίνακας 5.17:	175

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.1: Προφίλ Αστικής Θερμικής Νησίδα.....	2
Σχήμα 1.2: Αναπαράσταση των συνιστωσών της αστικής ατμόσφαιρας.....	3
Σχήμα 1.3: Ροή αέρα ανάμεσα στα κτίρια.....	11
Σχήμα 1.4: Χώροι πρασίνου στη Νέα Υόρκη.....	14
Σχήμα 1.5: Στρωμάτωση πράσινης στέγης.....	15
Σχήμα 1.6: Μουσείο Φυσικών Επιστημών του Σαν Φρανσίσκο.....	16
Σχήμα 1.7: Chicago's City Hall.....	17
Σχήμα 1.8: Διάγραμμα ψυχρής στέγης.....	18
Σχήμα 1.9: Δείγματα με κοινή και ψυχρή επικάλυψη.....	20
Σχήμα 1.10: Οροφή με ασφαλόπανο και με ψυχρή επικάλυψη.....	22
Σχήμα 3.1: Παραδοσιακός οικισμός.....	31
Σχήμα 3.2: Χειμερινό ηλιοστάσιο.....	35
Σχήμα 3.3: Θερινό ηλιοστάσιο.....	35
Σχήμα 3.4: Λειτουργία της θερμικής μάζας δαπέδου το καλοκαίρι.....	38
Σχήμα 3.5: Λειτουργία της θερμικής μάζας δαπέδου τον χειμώνα.....	38
Σχήμα 3.6: Θερμομόνωση με χρήση ειδικών τούβλων.....	44
Σχήμα 3.7: Αποτελέσματα χρήσης ειδικών υαλοπινάκων.....	45
Σχήμα 3.8: Θερμομόνωση οροφής – στέγης.....	47
Σχήμα 3.9: Θερμομόνωση δαπέδων.....	48
Σχήμα 3.10: Κατοικία με ενσωματωμένο παθητικό σύστημα θερμοκηπίου.....	53
Σχήμα 3.11: Συστήματα άμεσου κέρδους.....	54
Σχήμα 3.12: Αποθήκευση του ηλιακού θερμικού κέρδους.....	55
Σχήμα 3.13: Τοίχος θερμικής αποθήκευσης.....	57
Σχήμα 3.14: Αρχή λειτουργίας τοίχου θερμικής αποθήκευσης.....	58
Σχήμα 3.15: Λεπτομέρεια τοίχου Trombe Michel.....	59
Σχήμα 3.16: Λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες.....	60
Σχήμα 3.17: Τοίχος νερού.....	62
Σχήμα 3.18: Θερμοκήπιο.....	63
Σχήμα 3.19: Θερμοκήπιο με τοίχο Trombe.....	64

Σχήμα 3.20:Θερμοσιφωνικό πανέλο.....	67
Σχήμα 3.21:Το ηλιακό χωριό στη Λυκόβρυση Αττικής.....	68
Σχήμα 3.22:Απεικόνιση Φυσικού αερισμού.....	70
Σχήμα 3.23:Διαμπερής φυσικός αερισμός.....	71
Σχήμα 3.24:Πύργος αερισμού.....	73
Σχήμα 3.25:Καμινάδες αερισμού.....	74
Σχήμα 3.26:Ηλιακή καμινάδα.....	74
Σχήμα 3.27:Ηλιακές καμινάδες στο Building Research Establishment	75
Σχήμα 3.28:Προκέλυφος.....	76
Σχήμα 3.29:Τομή σε αεριζόμενο δώμα.....	77
Σχήμα 3.30:Κτίριο γραφείων με διπλό κέλυφος στη Λυών.....	78
Σχήμα 3.31:Συστήματα σκίασης.....	81
Σχήμα 3.32:Υπεδάφιο σύστημα αγωγών.....	84
Σχήμα 3.33:Σύστημα άμεσου φυσικού δροσισμού.....	85
Σχήμα 3.34:Σύστημα δροσισμού οροφής με ακτινοβολητή.....	87
Σχήμα 3.35:Λίμνες οροφής.....	88
Σχήμα 3.36:Γυάλινη Στέγη αεροδρομίου.....	91
Σχήμα 3.37:Ανοίγματα στην οροφή	93
Σχήμα 3.38:Γυάλινο αίθριο.....	94
Σχήμα 3.39:Κτίριο με ανακλαστικούς υαλοπίνακες.....	95
Σχήμα 3.40:Κτίριο με ηλεκτροχρωμικούς υαλοπίνακες.....	96
Σχήμα 3.41:Υαλοπίνακας υγρών κρυστάλλων.....	97
Σχήμα 3.42:Ανακλαστικές Περσίδες.....	99
Σχήμα 3.43:Φωτοσωλήνας.....	100
Σχήμα 3.44:Φωταγωγός.....	101

Κατάλογος Διαγραμμάτων Πειράματος

Διάγραμμα 4.1:	122
Διάγραμμα 4.2:	123
Διάγραμμα 4.3:	124
Διάγραμμα 4.4:	125
Διάγραμμα 4.5:	126
Διάγραμμα 4.6:	127
Διάγραμμα 4.7:	128
Διάγραμμα 4.8:	129
Διάγραμμα 4.9:	133
Διάγραμμα 4.10:	135
Διάγραμμα 4.11:	137
Διάγραμμα 4.12:	138
Διάγραμμα 4.13:	141
Διάγραμμα 4.14:	141
Διάγραμμα 4.15:	142
Διάγραμμα 4.16:	143
Διάγραμμα 4.17:	143
Διάγραμμα 4.18:	144
Διάγραμμα 4.19:	145
Διάγραμμα 4.20:	145
Διάγραμμα 4.21:	146
Διάγραμμα 4.22:	147
Διάγραμμα 4.23:	147
Διάγραμμα 4.24:	148
Διάγραμμα 5.1:	158
Διάγραμμα 5.2:	159
Διάγραμμα 5.3:	160
Διάγραμμα 5.4:	161
Διάγραμμα 5.5:	162
Διάγραμμα 5.6:	163
Διάγραμμα 5.7:	165

Διάγραμμα 5.8:	166
Διάγραμμα 5.9:	174
Διάγραμμα 5.10:	175
Διάγραμμα 5.11:	176
Διάγραμμα 5.12:	176
Διάγραμμα 5.13:	177

Κατάλογος Σχεδίων

Σχέδιο 4.1: Τομή τοίχου Trombe προκατασκευασμένου κτίσματος.....	111
Σχέδιο 4.2: Τομή δαπέδου προκατασκευασμένων κτισμάτων.....	111
Σχέδιο 4.3: Τομή ταβανιού προκατασκευασμένων κτισμάτων.....	111
Σχέδιο 4.4: Τομή σκεπής προκατασκευασμένων κτισμάτων.....	112
Σχέδιο 4.5: Τομή παραθύρου προκατασκευασμένων κτισμάτων.....	112
Σχέδιο 4.6: Τομή εξώπορτας προκατασκευασμένων κτισμάτων.....	113
Σχέδιο 4.7: Κτίσμα με απλό παράθυρο στη νότια όψη.....	113
Σχέδιο 4.8: Κάτοψη προκατασκευασμένου κτιρίου με Κεκλιμένη Στέγη (1 ^ο).....	114
Σχέδιο 4.9: Κτίσμα με τοίχο Trombe στη νότια όψη.....	115
Σχέδιο 4.10: Κάτοψη προκατασκευασμένου κτιρίου με Trombe (2 ^ο).....	116
Σχέδιο 4.11: Κτίσμα με θερμοκήπιο στη νότια όψη.....	117
Σχέδιο 4.12: Κάτοψη προκατασκευασμένου κτιρίου με Θερμοκήπιο (3 ^ο).....	118
Σχέδιο 5.1: Σχέδια κτιρίου.....	151
Σχέδιο 5.2: Κάτοψη 1 ^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά.....	157
Σχέδιο 5.3: Κάτοψη 1 ^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά.....	159
Σχέδιο 5.4: Κάτοψη 1 ^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά.....	160
Σχέδιο 5.5: Κάτοψη 1 ^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά.....	161
Σχέδιο 5.6: Απεικόνιση θερμικών ζωνών.....	169
Σχέδιο 5.7: Απεικόνιση κατοικίας στο ecotect.....	170
Σχέδιο 5.8: Ηλιακή θέση την 24η Φεβρουαρίου στις 12:00.....	170
Σχέδιο 5.9: Ηλιακή θέση και σκίαση κτιρίου την 1η Αυγούστου στις 12:00.....	171
Σχέδιο 5.10: Τοίχος Trombe στη νότια όψη.....	172
Σχέδιο 5.11: Τομή τοίχου Trombe	172

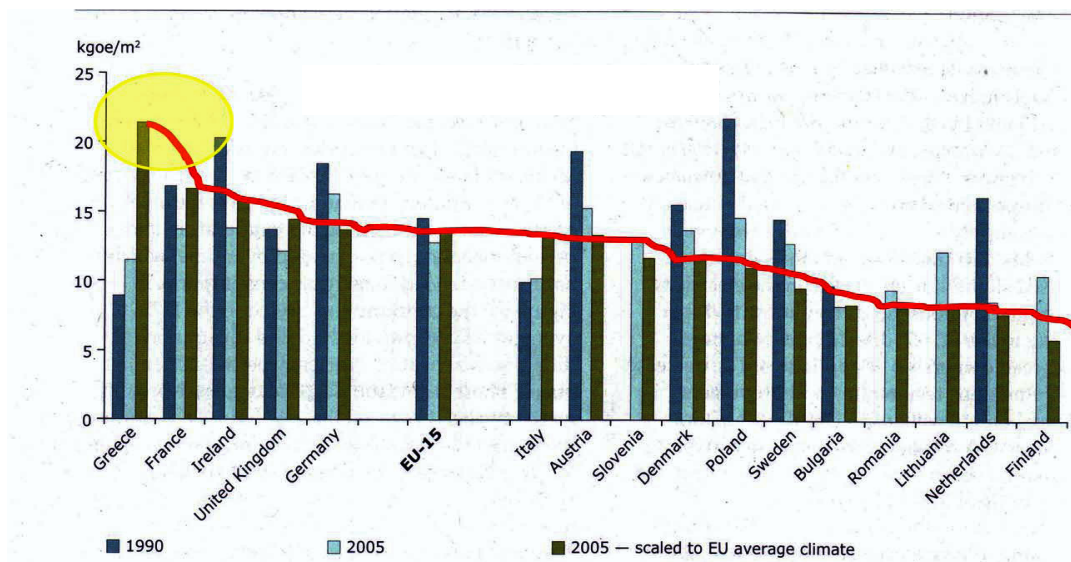
Κατάλογος Φωτογραφιών Πειράματος

Φωτογραφία 4.1: Φωτογραφία μελετώμενων προκατασκευασμένων κτιρίων.....	109
Φωτογραφία 4.2: Φωτογραφία προκατασκευασμένου κτιρίου με τοίχο Trombe....	132
Φωτογραφία 4.3: Φωτογραφία προκατασκευασμένου κτιρίου με παράθυρο.....	134
Φωτογραφία 4.4: Φωτογραφία προκατασκευασμένου κτιρίου με θερμοκήπιο.....	136

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα ευθύνεται για το ένα τρίτο περίπου των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και για το 36% περίπου της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Στην χώρα μας, οι εκπομπές CO₂ από τον κτιριακό τομέα παρουσίαζαν, πριν την περίοδο της οικονομικής κρίσης, ετήσιο ρυθμό αύξησης περί το 4%, ενώ παράλληλα διογκωνόταν συνεχώς η ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Η συνεχής αύξηση που παρατηρείται στην κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια είναι τόσο ποσοτική, καθώς καταναλώνεται περισσότερη ενέργεια σε απόλυτο μέγεθος, όσο και ποιοτική, επειδή χρησιμοποιούμε όλο και περισσότερο τον ηλεκτρισμό.

Συμφώνα με την Eurostat και το ευρωπαϊκό κέντρο Περιβάλλοντος, τα ελληνικά νοικοκυριά παρουσιάζουν, με κλιματική αναγωγή, την μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρώπη, περίπου 30% μεγαλύτερη από αυτή της Ισπανίας και περίπου διπλάσια από την κατανάλωση της Πορτογαλίας, ενώ είναι σημαντικά μεγαλύτερη από χώρες με ψυχρότερο κλίμα όπως το Βέλγιο και οι Σκανδιναβικές χώρες, (Διάγραμμα 1).



Διάγραμμα: 1: Κατανάλωση ενέργειας για την θέρμανση κατοικιών υπό ομογενοποιημένες κλιματικές συνθήκες.

(Πηγή: European Environmental Service)

Η ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων σχετίζεται άμεσα με την επιφάνεια και τη θερμική ποιότητα των κτιρίων. Η ελλιπής προστασία των υπαρχόντων κτιρίων από το εξωτερικό περιβάλλον, η παλαιότητα των κτιρίων, ο ανορθόδοξος σχεδιασμός των νέων κτιρίων σαν συνέπεια μιας περιβαλλοντικά αποκομμένης αρχιτεκτονικής αντίληψης που αγνοεί τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, η αποψίλωση του αστικού και περιαστικού πράσινου, και η παντελής έλλειψη σύγχρονης νομοθεσίας για περίπου 40 χρόνια, για την ενεργειακή και περιβαλλοντική προστασία των κτιρίων, είχαν σαν αποτέλεσμα: την ασφυκτική διόγκωση του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας και τη θερμική υποβάθμιση των μεγάλων αστικών κέντρων. Στις πρώτες θέσεις της ενεργειακής κατανάλωσης εδρεύουν τα παλιά κτίρια -ο κτιριακός πυρήνας της πόλης έχει ηλικία 40 ετών -, τα γυάλινα που σε θέματα κλιματισμού απαιτούν 2-3 φορές περισσότερη ενέργεια από τα συμβατικά και τα κτίρια που οικοδομήθηκαν μέχρι το 1980, πριν από την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης. Οι συνήθειες μαύρες τρύπες των κτιρίων είναι η απουσία μόνωσης στο κέλυφος και την οροφή, η κακή ποιότητα κουφωμάτων και τζαμιών, η μη αεροστεγανότητα, η κακή συντήρηση του λέβητα και η έλλειψη θερμοστατικού ελέγχου. Ακόμη και ο ισχύον Κανονισμός Θερμομόνωσης των κτιρίων (ΦΕΚ362Δ/4.7.1979, ΑΠ26354/476/19.9.1978) στην πράξη δεν εφαρμόζεται. Πάνω από το 50% των οικοδομών που χτίζονται σήμερα έχουν ελλιπή θερμομόνωση.

Η Αθήνα και οι υπόλοιπες μεγάλες πόλεις της χώρας αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα μεγάλου αστικού κέντρου, με ασφυκτικά δομημένες κεντρικές περιοχές και εκτεταμένες επεκτάσεις χαλαρότερα δομημένες. Η ένταση των δραστηριοτήτων, η πυκνή και υψηλή δόμηση, οι εκτεταμένες ασφαλτοστρώσεις, η κυκλοφορία των αυτοκινήτων και γενικά ο περιορισμός του φυσικού περιβάλλοντος έχουν προσδώσει στις μεγάλες πόλεις τα χαρακτηριστικά του αστικού κλίματος. Η αύξηση του πληθυσμού των πόλεων αλλά και η αναζήτηση καλύτερης ποιότητας ζωής από τους κατοίκους έχει σαν αποτέλεσμα τη συνεχή επέκταση του αστικού ιστού των πόλεων κυρίως σε περιοχές με περισσότερο πράσινο, συνδεδεμένου με το δείκτη ποιότητας ζωής. Μόνο τη δεκαετία 1990 - 2000, η αστικοποίηση στην Αθήνα αυξήθηκε κατά 4.6 %.

Με τη συνεχόμενη όμως επέκταση του αστικού ιστού και τη διεύρυνση των οδικών αρτηριών και ασφαλτοστρώσεων, το αστικό περιβάλλον υπερτερεί ολοένα και περισσότερο του φυσικού, ενισχύοντας το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και διαμορφώνοντας συνεχώς τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΝΗΣΙΔΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (Urbal Heat Island) αποτελεί ένα περιβαλλοντικό κίνδυνο για τις σύγχρονες μεγαλουπόλεις. Καθιστά πολλές φορές τη ζωή στην πόλη ανυπόφορη, ιδιαίτερα κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Η έντασή του διαφέρει από πόλη σε πόλη ανάλογα με τα επιμέρους χαρακτηριστικά της.

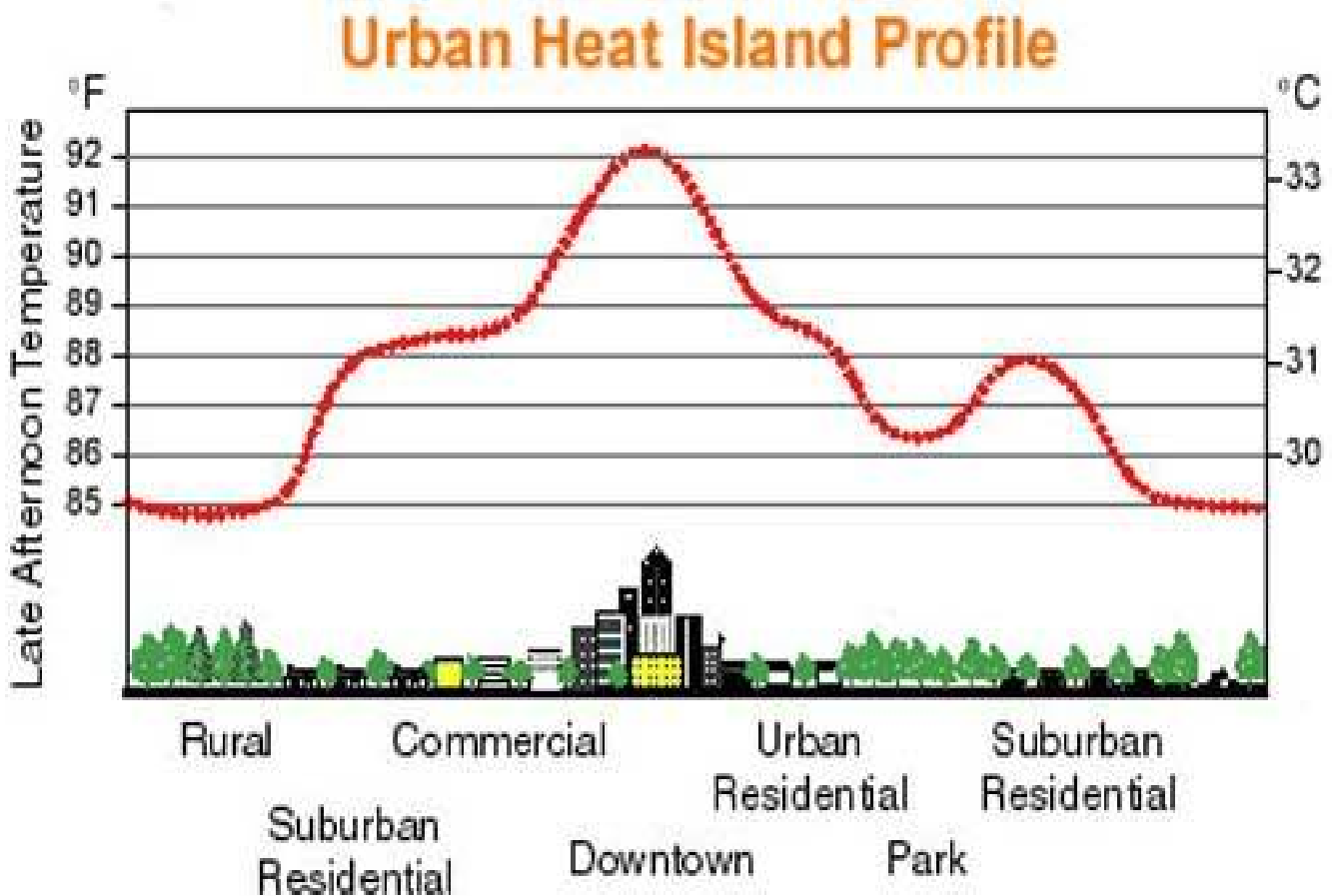
Το φαινόμενο αυτό έχει μελετηθεί από πολλούς επιστήμονες με διάφορες μεθοδολογίες και οι λύσεις που προτείνονται έχουν ένα κοινό άξονα, μια πόλη φτιαγμένη σε αρμονία με το φυσικό περιβάλλον, κτισμένη με οικολογικά υλικά και περισσότερους χώρους πρασίνου.

1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ

Περίπου το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε αστικές περιοχές. Στο άμεσο μέλλον αναμένεται ότι το συνολικό ποσοστό της αστικοποίησης θα αυξηθεί κατά 70% του σημερινού παγκόσμιου αστικού πληθυσμού έως το 2030, καθώς η μετανάστευση του πληθυσμού από τις αγροτικές στις αστικές - προαστιακές περιοχές συνεχίζεται. Ως εκ τούτου, δεν αποτελεί έκπληξη ότι οι αρνητικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την αστικοποίηση είναι μια αυξανόμενη ανησυχία που ελκύει την προσοχή των ανθρώπων σε όλο τον κόσμο.

Η αστικοποίηση προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, κυρίως από την παραγωγή ρύπανσης, την τροποποίηση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων της ατμόσφαιρας, καθώς και την κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους. Έτσι λοιπόν οι αστικοποιημένες περιοχές έχουν συχνά υψηλότερες θερμοκρασίες από τις παρακείμενες επαρχίες. Αυτές οι διαφορές μπορεί να είναι δραματικές, καθώς θερμοκρασίες σε μεγάλες μητροπόλεις μπορεί κάποιες φορές να υπερβούν αυτές της ενδοχώρας κατά 12°C. Αστική θερμική νησίδα είναι λοιπόν η αύξηση της θερμοκρασίας στις αστικές περιοχές έναντι των γειτονικών τους μη αστικών περιοχών. Το φαινόμενο αυτό πρώτα ερευνήθηκε και περιγράφηκε από τον Luke Howard (1772-1854) το 1818 σε βιβλίο που εκδόθηκε για το κλίμα του Λονδίνου. Αν και η φύση του UHI (Urbal Heat Island) ποικίλλει από πόλη σε πόλη, γενικά η αστική θερμοκρασία διαφέρει κατά πολύ από την αγροτική κυρίως τους χειμερινούς μήνες και συγκεκριμένα αργά το απόγευμα και το βράδυ.

Τα UHI εμφανίζονται κυρίως λόγω τροποποιήσεων στο ενεργειακό ισοζύγιο το οποίο είναι αποτέλεσμα των κτιρίων, της κάλυψης των φυσικών επιφανειών και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων οι οποίες απελευθερώνουν θερμότητα στο τοπικό περιβάλλον. Αν και θερμικές νησίδες μπορεί να υπάρχουν σε κάθε αστική ή αγροτική περιοχή και σε κάθε χωρική κλίμακα, οι πόλεις είναι ευνοημένες, δεδομένου ότι οι επιφάνειες τους είναι επιρρεπείς στο να απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες θερμότητας (σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1: Προφίλ Αστικής Θερμικής Νησίδας
(Πηγή: <http://www.dec.ny.gov/lands/30344.html>)

Γενικά αναγνωρίζονται 3 τύποι UHI:

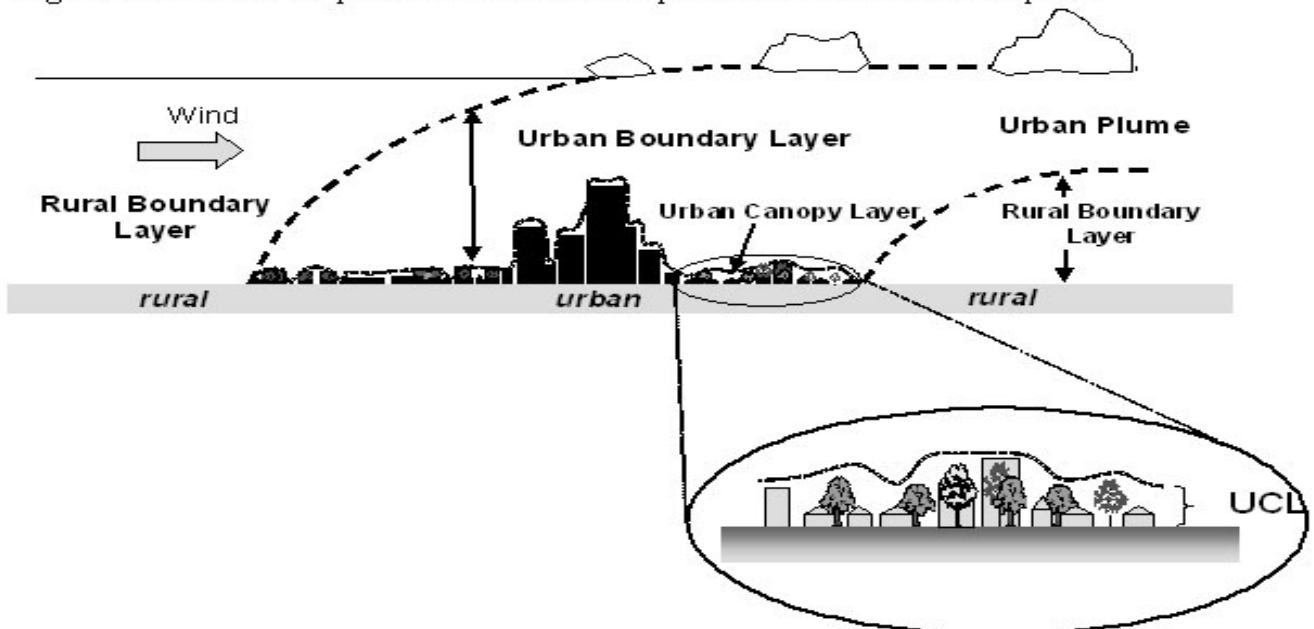
- CANOPY LAYER HEAT ISLAND
- BOUNDARY LAYER HEAT ISLAND
- SURFACE URBAN HEAT ISLAND

Τα δύο πρώτα δηλαδή τα Canopy layer Heat Island και Boundary layer Heat Island αναφέρονται στη θέρμανση της αστικής ατμόσφαιρας, η οποία χωρίζεται σε 2 στρώματα κατά τον Oke (1976): Το urban canopy layer (UCL) και το urban boundary layer (UBL).

Το UCL είναι το στρώμα που βρίσκεται κοντύτερα στην επιφάνεια των πόλεων και αποτελείται από τον αέρα που περιέχεται ανάμεσα στα αστικά στοιχεία (κτίρια), εκτείνεται λοιπόν από την επιφάνεια προς τα πάνω σε ύψος περίπου με το μέσο ύψος των κτιρίων. Το UBL είναι πάνω από το Canopy layer και μπορεί να έχει μέχρι και ύψος λίγο παραπάνω από 1km τη μέρα, ενώ το βράδυ συρρικνώνεται σε κάποιες εκατοντάδες m. Το Boundary layer συχνά αλλάζει το σχήμα του λόγω του αέρα (σχήμα 1.2). Αυτά τα δύο διακριτά στρώματα κυριαρχούνται από διαφορετικές διεργασίες, στο UBL κυριαρχούν διεργασίες τοπικής ή μέσης κλίμακας ενώ το UCL εξαρτάται από την άμεση τοποθεσία.

Το Surface Heat Island αναφέρεται στη θέρμανση των αστικών επιφανειών. Το επιφανειακό UHI περιγράφει την σχετική θέρμανση των αστικών επιφανειών συγκρινόμενων με των μη αστικών περιχώρων.

Figure 1. Schematic depiction of the main components of the urban atmosphere.



Σχήμα 1.2: Σχηματική αναπαράσταση των κυριότερων συνιστωσών της αστικής ατμόσφαιρας

(Πηγή: <http://www.actionbioscience.org/environment/voogt.html>)

Οι ατμοσφαιρικές θερμικές νησίδες συνήθως ανιχνεύονται με μετρήσεις της θερμοκρασίας αέρα από πρότυπους μετεωρολογικούς σταθμούς ενώ η επιφανειακή αστική νησίδα ανιχνεύεται με θερμική τηλεπισκόπηση που καταγράφει την ανερχόμενη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια. Χρησιμοποιούνται δηλαδή θερμικές εικόνες από δορυφόρους κυρίως (κάποιες φορές από αεροπλάνα). Τα δορυφορικά θερμικά δεδομένα μπορούν να απεικονίσουν αποτελεσματικά τα πρότυπα του θερμικού περιβάλλοντος σε εκτενείς αστικές περιοχές, σε επαναλαμβανόμενη βάση. Άρα χωρική και χρονική επανάληψη είναι τα κύρια πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου.

Οι ατμοσφαιρικές θερμικές νησίδες μετρούνται καλύτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας κάτω από συνθήκες νηνεμίας. Η επιφανειακή θερμική νησίδα μελετάται δορυφορικά με θερμικά δεδομένα υψηλής χωρικής ανάλυσης ($\leq 100\text{m}$) κατά τη διάρκεια της μέρας όπου οι εντάσεις του φαινομένου είναι μεγαλύτερες .

1.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ ΣΤΗ ΑΣΤΙΚΗ ΖΩΗ

Καθώς το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας αυξάνει τη θερμοκρασία της πόλης, το χειμώνα λειτουργεί θετικά όσον αφορά την ανθρώπινη άνεση ενώ το καλοκαίρι αρνητικά. Αυξάνει την ανθρώπινη δυσφορία κατά τους θερινούς μήνες ιδιαίτερα σε μεσογειακά κλίματα όσον αφορά την Ευρώπη και συνεπώς αυξάνεται η κατανάλωση ενέργειας για τον κλιματισμό των χώρων. Η συνεχής χρήση των κλιματιστικών απελευθερώνει εκ νέου θερμότητα στην ατμόσφαιρα και εκπέμπει αέρια του θερμοκηπίου, επίσης υποβαθμίζει και την ποιότητα του αέρα. Κατά τις ημέρες του καλοκαιρινού καύσωνα ιδιαίτερα στις εύκρατες περιοχές οι επιπτώσεις του UHI είναι άμεσες στην ανθρώπινη υγεία καθώς επιδεινώνουν την θερμική καταπόνηση, δημιουργούν δυσκολίες στην αναπνοή (από το συνδυασμό υψηλών Τ και υψηλής σχετικής υγρασίας) και παρέχουν συνθήκες κατάλληλες για την εξάπλωση ασθενειών.

Η σωματιδιακή ρύπανση παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην υγεία του αστικού πληθυσμού καθώς στις πόλεις η συγκέντρωση των στερεών σωματιδίων είναι 10 φορές περίπου μεγαλύτερη και των αερίων ρυπαντών από 5 μέχρι 25 φορές μεγαλύτερη από αυτή των αγροτικών περιοχών (πίνακας 1.1).

Πίνακας 1.1: Κατά μέσο όρο συγκεντρώσεις των κυριότερων στερεών και αέριων ρύπων την αστική περιοχή σε σχέση με την γύρω αγροτική μη αστική

Αέριος ρύπος	SO ₂	NO ₂	O ₃	CO ₂	CH ₄	SO ₄	Σωματίδια
Αστική περιοχή (μgr·m ⁻³)	54	59	61	4100	2800	11	100
Αγροτική περιοχή (μgr·m ⁻³)	3	2	40	350	810	0,5	10

(Πηγή: Κλιματολογία Νικολάκης ,2002)

Εκτός από την επίδραση της θερμοκρασίας οι αστικές θερμικές νησίδες μπορούν να προκαλέσουν δευτερογενείς επιδράσεις στον καιρό της περιοχής, την αλλοίωση των τοπικών ανέμων, την ανάπτυξη νεφών, ομίχλης και υγρασίας καθώς και αλλαγές στα ποσοστά βροχοπτώσεων. Στον αστικό τύπο κλίματος είναι γενικά αποδεκτό ότι έχουμε αύξηση των ημερών βροχής (κυρίως μικρού ύψους) χωρίς ανάλογη αύξηση του μέσου ύψους βροχής. Η πρόσθετη θερμότητα που παρέχεται από τα UHI οδηγεί σε μεγαλύτερη ανοδική κίνηση, το οποίο μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερη βροχόπτωση από την κανονική (πίνακας 1.2).

Πίνακας 1.2: Κατά μέσο όρο μεταβολή των κύριων κλιματικών στοιχείων λόγω αστικοποίησης

ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΤΑΒΟΛΗ (%)
Ακτινοβολία	Σε οριζόντια επιφάνεια Υπεριώδης	-15 -30 (χειμώνας), -5 (θέρος)
Θερμοκρασία	Μέση ετήσια Μέγιστη χειμώνα Περίοδος χωρίς παγετό	+ 0,7° C +1,5° C + 2 ή 3 βδομάδες
Ταχύτητα ανέμου	Μέση ετήσια Μεγάλες αναρριπίσεις Συχνότητα νηνεμιών	-20 μέχρι - 30 -10 μέχρι -20 +5 μέχρι + 20
Υγρασία	Σχετική – μέση ετήσια μέση εποχική	-6 -2 (χειμώνας), +30 (θέρος)
Νέφωση	Συχνότητα και ποσότητα	+5 μέχρι +10
Υετός	Ομίχλες Ολικό ύψος Ημέρες βροχής με ύψος μικρότερο από 0,5mm Ημέρες χιονιού	+100 (χειμώνας). +30 θέρος +5 μέχρι +10 +10 -14

(Πηγή: Micrometeorological observations in an area of urban growth H. E. Landsberg and T. N. Maisel ,1970)

1.4 ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ ΘΕΡΜΟ Ή ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΚΛΙΜΑ

Οι αρνητικές συνέπειες του φαινομένου σε περιοχές με θερμό ή μεσογειακό κλίμα είναι:

- Για το εσωτερικό των κτιρίων: αύξηση αναγκών δροσισμού, αύξηση εγκατάστασης κλιματιστικών μηχανημάτων.
- Για την υγεία των ανθρώπων: αύξηση θανάτων από θερμοπληξία και θανατηφόρα επεισόδια.
- Για τη θερμική άνεση των ανθρώπων: θερμική δυσφορία σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους.
- Για την οικονομία και το περιβάλλον: η αύξηση της λειτουργίας κλιματιστικών μηχανημάτων αυξάνει τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις ώρες αιχμής (με τα χαρακτηριστικά black out της θερινής περιόδου), και κατά συνέπεια απαιτεί την κατασκευή νέων υποσταθμών παραγωγής ενέργειας.
- Για το αστικό περιβάλλον: το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας επηρεάζει τη συγκέντρωση και διανομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, επειδή η θερμότητα επιταχύνει τις χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα που οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος. Η αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε συνδυασμό με την χρήση δομικών υλικών και προϊόντων καθημερινής χρήσης που επιβαρύνουν το περιβάλλον έχουν συντελέσει στην αύξηση της συγκέντρωσης ειδικών χημικών ρυπαντών και βιολογικών παραμέτρων στο εσωτερικό του κτιρίου. Το φαινόμενο αυτό γνωστό σαν φαινόμενο του άρρωστου κτιρίου, είναι υπεύθυνο για μια σειρά από προβλήματα υγείας και αδιαθεσίας των ενοίκων.

Σημειώνεται, ωστόσο, ότι σε χώρες με ψυχρό κλίμα, η αύξηση της θερμοκρασίας στις πόλεις εξαιτίας του φαινομένου αυτού συμβάλλει στη μείωση των θερμικών απωλειών και κατά συνέπεια σε μικρότερη κατανάλωση συμβατικής ενέργειας για την θέρμανση των κτιρίων.

1.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ

Η ανάπτυξη των θερμικών νησίδων μπορεί να οφείλεται σε πλήθος παραγόντων όπως τα υλικά κατασκευών υψηλής θερμοχωρητικότητας και μικρής ηλιακής ανακλαστικότητας (π.χ. άσφαλτος και τσιμέντο), μειωμένη λανθάνουσα θερμότητα λόγω έλλειψης εξατμισοδιαπνοής καθώς οι φυσικές επιφάνειες αντικαθιστούνται από ξηρές επιφάνειες, αυξημένη εκπομπή θερμότητας από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και τέλος πυκνή δόμηση που αυξάνει τη σκίαση και επηρεάζει την κυκλοφορία του αέρα.

1.5.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ UHI

Τα υλικά που διαμορφώνουν την "επιδερμίδα" των σύγχρονων πόλεων είναι στην πλειοψηφία τους σκουρόχρωμα ή σκουραίνουν λόγω της αστικής ρύπανσης, και χαρακτηρίζονται από μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Το σκούρο χρώμα συνεπάγεται μεγάλη θερμική απορρόφηση, ενώ η αυξημένη θερμοχωρητικότητα έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση υψηλών θερμοκρασιών στα υλικά για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η θερμική συμπεριφορά των υλικών, αναφέρεται ουσιαστικά στη συμπεριφορά τους απέναντι στις διαφορετικές διαδικασίες μετάδοσης θερμότητας (αγωγή, μεταφορά και ακτινοβολία). Η συμπεριφορά αυτή καθορίζεται από:

- τις θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών (πυκνότητα ρ , ειδική θερμότητα c , συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ , θερμοχωρητικότητα $C = \rho * c$ διαχυτότητα $\kappa = \frac{\lambda}{\rho * c}$ και

$$\text{επίχυση } \mu = \sqrt{\lambda * \rho * c}$$

- τις οπτικές ιδιότητες των υλικών (ανακλαστικότητα r και απορροφητικότητα α , $r + \alpha = 1$, και εκπομπή).

Οι τιμές της ανακλαστικότητας και της απορροφητικότητας παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία, καθώς εξαρτώνται κυρίως από το χρώμα των υλικών. Καθώς η επιφάνεια ζεσταίνεται κατά τη διάρκεια της μέρας, η θερμοκρασία αυξάνεται στο εσωτερικό των κτιρίων. Όταν έπειτα αργά το απόγευμα ψύχεται, η θερμότητα του κτιρίου διαχέεται στην επιφάνεια. Τα κατασκευαστικά υλικά αποθηκεύουν περισσότερη θερμότητα από τις φυσικές επιφάνειες και τη μεταφέρουν στην κατώτερη ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια του απογεύματος και τη νύχτα.

Οι τιμές των θερμοφυσικών ιδιοτήτων για διαφορετικά υλικά παρουσιάζονται στον πίνακα 1.3

Πίνακας 1.3

Υλικο	ρ kg/m ³	c wh/kg*Κ	λ w/m*Κ	C wh/m ³ *Κ	K m ² /sec10 ⁻⁶	μ w/m ² *Κ
μάρμαρο	2600	0,26	2,9	676	1,192	22,58
γρανίτης	2800	0,26	3,5	728	1,335	25,74
μαλακός ασβεστόλιθος	1600	0,26	1,05	416	0,701	10,66
ασβεστόλιθος	2200	0,26	1,7	572	0,825	15,9
σκληρός ασβεστόλιθος	2600	0,26	2,33	676	0,957	20,24
σκυρόδεμα	2400	0,24	1,51	576	0,728	15,04
κυβόλιθοι από μπετόν	2083	0,24	1,19	500	0,661	12,44
εμφανή τουβλα	1700	0,26	0,74	442	0,465	9,15
κεραμικά πλακίδια	2000	0,39	1	788	0,352	14,32
μαλακή ξυλεια	500	0,55	0,14	275	0,141	3,16
σκληρή ξυλεία	700	0,55	0,17	385	0,123	4,13
αλουμίνιο	2700	0,26	200	702	79,14	191,1
χάλυβας	7800	0,09	204	710	79,81	194,07
άσφαλτος	2110	0,25	0,75	527	0,395	10,14
γυαλί	2480	0,18	0,75	446	0,46	9,33
νερό	1000	1,16	0,57	1160	0,136	13,11

(Πηγή: το αστικό μικρόκλιμα. Βιοκλιματικές παρεμβάσεις για τη βελτίωση του. Φλωρα - Μαρία Μπουγιατιωτη, αρχιτέκτονας)

ΞΗΡΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΚΑΙ UHI

Η αντικατάσταση των φυσικών επιφανειών με ξηρές επιφάνειες έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της επιφανειακής θερμοκρασίας και τη μείωση της εξατμισοδιαπνοής. Η συνεχής μείωση επιφανειών νερού και πράσινου στα κέντρα των σύγχρονων πόλεων έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των δυνατοτήτων δροσισμού μέσω του φαινομένου της εξάτμισης. Η εξάτμιση του νερού συμβάλλει στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, καθώς για να πραγματοποιηθεί απορροφώνται σημαντικά ποσά θερμότητας από το περιβάλλον. Στις επιφάνειες νερού, η εξάτμιση του νερού πραγματοποιείται άμεσα, ενώ στη βλάστηση εξατμίζεται το νερό που εκλύεται από τα στόματα των φύλλων με τη λειτουργία της διαπνοής.

1.5.2 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ UHI

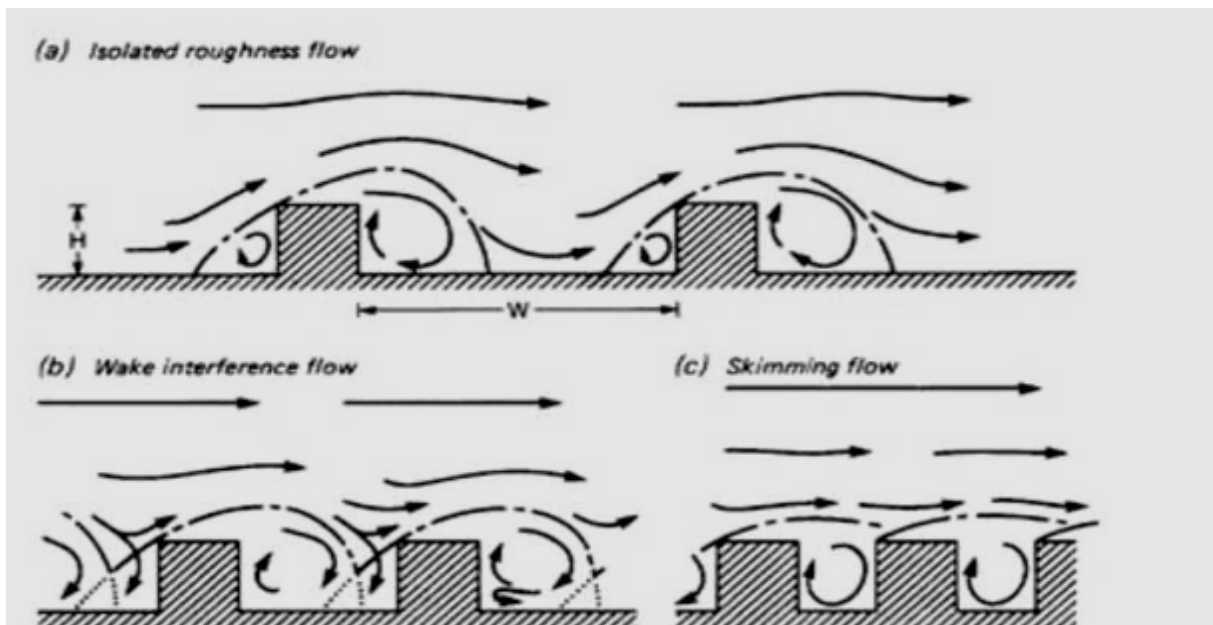
Οι λειτουργίες της πόλης παίζουν καθοριστικό ρόλο στην παραγωγή ρύπων που μολύνουν την ατμόσφαιρα των πόλεων και θερμότητας από την αλόγιστη χρήση ενέργειας.

Η ανθρωπογενής θερμότητα παράγεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες όπως χρήση κλιματιστικών, καύση ορυκτών καυσίμων κ.α. (Sailor, D.J and Lu.2004). Οι αυξημένες ανθρώπινες δραστηριότητες οδηγούν σε τεράστια προσφορά ενέργειας με τη μορφή θερμότητας και στην αύξηση των ρυπαντών (pollutants) από τις παντός είδους καύσεις και διεργασίες (εργοστάσια, αυτοκίνητα, οικίες κ.α.). Οι σωματιδιακοί ρυπαντές ανάλογα με το μέγεθος τους, διαχέουν αλλά και ανακλούν την ακτινοβολία προς το διάστημα, αλλά απορροφούν την μικρού ή μεγάλου μήκους κύματος και άλλα αποτελούν πυρήνες συμπύκνωσης των υδρατμών. Έτσι τα αυξημένα σωματίδια, συντελούν στη μείωση της εισερχόμενης ακτινοβολίας, αφετέρου σαν απορροφητές απορροφούν μεγάλου μήκους κύματος εκπεμπόμενη από τη γη ακτινοβολία. Λόγω των αυξημένων πυρήνων συμπύκνωσης, οι πόλεις παρουσιάζουν αυξημένη νέφωση άρα μειωμένη ηλιοφάνεια. Η ελάττωση της ηλιοφάνειας είναι μεγαλύτερη στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, ιδιαίτερα κατά το χειμώνα, αφού τότε το ύψος του ηλίου είναι μικρό. Η μείωση σημειώνεται κυρίως κατά την ανατολή και δύση του ηλίου διότι τότε, λόγω ρύπανσης, εμποδίζεται η ηλιακή ακτινοβολία που ήδη είναι ασθενής να φθάσει στο όργανο μέτρησης (ηλιογράφο) έτσι ώστε να αρχίσει η καταγραφή. Το Λονδίνο π.χ. παρουσιάζει μείωση της ηλιοφάνειας κατά μέσο όρο 270 ώρες το χρόνο, ενώ στην Αθήνα η ελάττωση της ηλιοφάνειας εκτιμάται στα 20λέπτα την ημέρα περίπου για κάθε ημέρα αυξημένης ρύπανσης.

1.5.3 ΠΥΚΝΗ ΔΟΜΗΣΗ ΚΑΙ UHI

Η πυκνή δόμηση και τα ψηλά κτίρια επηρεάζουν το ποσό απορρόφησης της ακτινοβολίας καθώς η παρουσία τους προκαλεί πολλαπλές ανακλάσεις. Η υπέρυθρη ακτινοβολία υφίσταται πολλές ανακλάσεις λόγω των κτιρίων και με τον τρόπο αυτό παγιδεύεται και δε διαφεύγει προς την ελεύθερη ατμόσφαιρα, επίσης οι οπτικές και θερμικές ιδιότητες των υλικών επηρεάζουν τη θερμότητα που μεταφέρει η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Η ακτινοβολία αυτή απορροφάται από τα υλικά και επανακτινοβολείται στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας.

Η πυκνή δόμηση συμβάλλει επίσης στο φαινόμενο της αστικής χαράδρας, που αφορά την μείωση της ταχύτητας και την αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου καθώς και την θερμοκρασιακή στρωμάτωση του αέρα στους δρόμους των πόλεων (σχήμα 1.3). Οι ανωμαλίες στην επιφάνεια της πόλης οδηγούν γενικά σε ελάττωση της ταχύτητας του ανέμου, ενίσχυση της τυρβώδους ροής, με τελικό αποτέλεσμα την δημιουργία ενός αστικού οριακού στρώματος το οποίο υποβοηθά τον άνεμο να ανέρχεται κατά την ροή του πάνω από την πόλη. Εκτός από την κατά μέσο όρο μείωση στην ταχύτητα του ανέμου, η διαφοροποίηση της επιφάνειας, ασκεί ουσιώδη επίδραση και στη μεταβολή της διεύθυνσης του. Τα κτίρια και η διάταξη των δρόμων εκτρέπουν τοπικά, τον άνεμο προς διάφορες διευθύνσεις. Έτσι μπορούμε να βρούμε σημεία μέσα στην πόλη χωρίς άνεμο ή και σημεία με μεγάλη ταχύτητα και διάφορες διευθύνσεις σε σχέση με την διεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου εκτός της πόλης.



Σχήμα 1.3: Ροή αέρα ανάμεσα στα κτίρια καθώς αυξάνει ο λόγος H/W (ύψος κτιρίου προς πλάτος δρόμου)

(Πηγή: <http://www.econ3.gr>)

Η ένταση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής νησίδας (ΔT) αντανακλάται από τις θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών και εξαρτάται από το μέγεθος, τον πληθυσμό και τη βιομηχανική ανάπτυξη της πόλης, την τοπογραφία, τη φυσική διάταξη, το τοπικό κλίμα και τις μετεωρολογικές συνθήκες.

1.5.4 ΤΟΠΙΚΟ ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ UHI

Το τοπικό κλίμα, και ειδικότερα οι τοπικοί άνεμοι και η νέφωση, επηρεάζουν σημαντικά το σχηματισμό των UHI. Οι εντάσεις των θερμικών νησίδων είναι μεγαλύτερες κάτω από ήρεμες και συνθήκες νηνεμίας. Άνεμοι στην περιοχή και ειδικά μεγάλης έντασης αναμειγνύουν τον αέρα και μειώνουν την ένταση της θερμικής νησίδας. Εποχιακές διακυμάνσεις στις καιρικές συνθήκες επηρεάζουν επίσης τη συχνότητα των αστικών θερμικών νησίδων αλλά και την έντασή του.

1.5.5 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ UHI

Η γεωγραφική θέση επηρεάζει το κλίμα και την τοπογραφία της περιοχής καθώς και τα χαρακτηριστικά των περιοχών που γειτνιάζουν της πόλης. Οι τοπικές κλιματικές συνθήκες, όπως τα τοπικά συστήματα ανέμου, μπορεί να επηρεάζουν τις θερμικές νησίδες, με πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτό των παράκτιων πόλεων όπου εμφανίζεται πτώση των αστικών θερμοκρασιών κατά την καλοκαιρινή περίοδο όπου η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας είναι χαμηλότερη από της ξηράς με αποτέλεσμα άνεμοι να πλήττουν την ξηρά. Επίσης όταν οι πόλεις περιβάλλονται από υγρές αγροτικές επιφάνειες, η πιο αργή ψύξη αυτών των επιφανειών μειώνει την ένταση του φαινομένου του UHI, ειδικά σε ζεστά, υγρά κλίματα.

1.5.6 ΜΕΓΕΘΟΣ ΠΟΛΗΣ ΚΑΙ UHI

Το μέγεθος της ίδιας της πόλης και η πυκνότητα του πληθυσμού είναι η μεταβλητή που επηρεάζει περισσότερο την ένταση του UHI συνεπώς οι μεγάλες, πυκνοκατοικημένες πόλεις έχουν και τη μεγαλύτερη ένταση. Υπάρχει μια γενική σχέση μεταξύ του μεγέθους του πληθυσμού και της έντασης της θερμικής νησίδας που δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$T_{\pi} - T_{\alpha} = P * \log p$$

όπου T_{π} η θερμοκρασία της πόλης, T_{α} η θερμοκρασία της αγροτικής περιοχής, p ο πληθυσμός της και P σταθερά. Η σταθερά P διαφέρει από πόλη σε πόλη π.χ. είναι

διαφορετική μεταξύ πόλεων Αμερικής και Ευρώπης προφανώς λόγω των διαφορετικών χαρακτηριστικών τους .

1.6 ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ UHI

Ο μετριασμός του φαινομένου UHI δεν μπορεί να γίνει με ριζικές αλλαγές στις πόλεις που είναι ήδη κτισμένες αλλά με προσαρμογή των νέων τεχνολογιών στην υπάρχουσα κατάσταση. Πολλές κοινότητες αναλαμβάνουν δράση για τη μείωση του φαινομένου και χρησιμοποιούν τέσσερις βασικές στρατηγικές: 1) την αύξηση των δέντρων και της φυτοκάλυψης, 2) την εγκατάσταση πράσινων στεγών (green roofs), 3) την εγκατάσταση ψυχρών - κυρίως αντανακλαστικών - στεγών και 4) χρήση ψυχρών υλικών.

1.6.1 ΔΕΝΤΡΑ ΚΑΙ ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Τα δέντρα και η βλάστηση μειώνουν τη θερμοκρασία μέσω σκίασης και εξατμισοδιαπνοής. Τα φύλλα και τα κλαδιά μειώνουν το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει την περιοχή κάτω από τη σκιά ενός δέντρου ή φυτού. Το ποσό του ηλιακού φωτός που φτάνει στην επιφάνεια ποικίλλει ανάλογα με το είδος του φυτού. Το καλοκαίρι γενικά το 10 έως το 30% φτάνει στην επιφάνεια κάτω από το δέντρο, με το υπόλοιπο είτε να απορροφάται από τα φύλλα και να χρησιμοποιείται για φωτοσύνθεση, είτε να ανακλάται πίσω στην ατμόσφαιρα. Το χειμώνα, το ποσοστό αυτό είναι μεγαλύτερο καθώς αυτή την εποχή τα φυλλοβόλα ρίχνουν τα φύλλα τους με αποτέλεσμα να κινείται από 10 έως 80%.

Για τη μείωση των θερμοκρασιών και της χρήσης ενέργειας για ψύξη, τα δέντρα που φυτεύτηκαν για να παρέχουν σκιά το καλοκαίρι θα πρέπει να τοποθετούνται στα δυτικά και ανατολικά παράθυρα και τοίχους και τα κλαδιά τους να μην εμποδίζουν το αεράκι. Δέντρα που φυτεύονται σε αυτές τις θέσεις εμποδίζουν τον ήλιο όταν είναι στη χαμηλότερη γωνία του το πρωί και το απόγευμα. Η δεντροφύτευση σε απόσταση 1.5 έως 3.0 m μακριά από το κτίριο επιτρέπει την ανάπτυξη, αλλά τα δέντρα δεν πρέπει να 'ναι μακρύτερα από 9.0 έως 15.0 m.

Ένα κτίριο με φυλλοβόλα δένδρα για σκιά θα επιτρέψει επίσης την αύξηση θερμότητας το χειμώνα στο κτίριο, ειδικά αν τα κλαδιά κλαδεύονται για να μεγιστοποιείται η έκθεση στον ήλιο. Τα δέντρα μπορούν επίσης να σκιάσουν την περίμετρο και τον εσωτερικό χώρο των χώρων στάθμευσης.

Μέσω της εξατμισοδιαπνοής τα φυτά απορροφούν νερό από τις ρίζες τους και έπειτα το εκπέμπουν στην ατμόσφαιρα μέσω των φύλλων τους. Αυτή τη διαδικασία την καλούμε διαπνοή. Εξάτμιση καλούμε τη μετατροπή του νερού από υγρό σε αέριο που προκύπτει

επίσης από την επιφάνεια της βλάστησης. Μαζί αυτές οι δύο διαδικασίες αποτελούν την εξατμισοδιαπνοή. Η εξατμισοδιαπνοή μειώνει την Τ αέρα καθώς χρησιμοποιεί θερμότητα του αέρα για να εξατμίσει το νερό. Παιδικές χαρές, σχολικές αυλές, και γήπεδα, είναι ανοιχτοί χώροι που προσφέρουν συχνά δυνατότητες για την αύξηση των αστικών δένδρων και την κάλυψη της βλάστησης. Η Νέα Υόρκη είναι ένα παράδειγμα πράσινης δόμησης όπου οι χώροι πρασίνου συνετέλεσαν στο μετριασμό του UHI (σχήμα: 1.4)



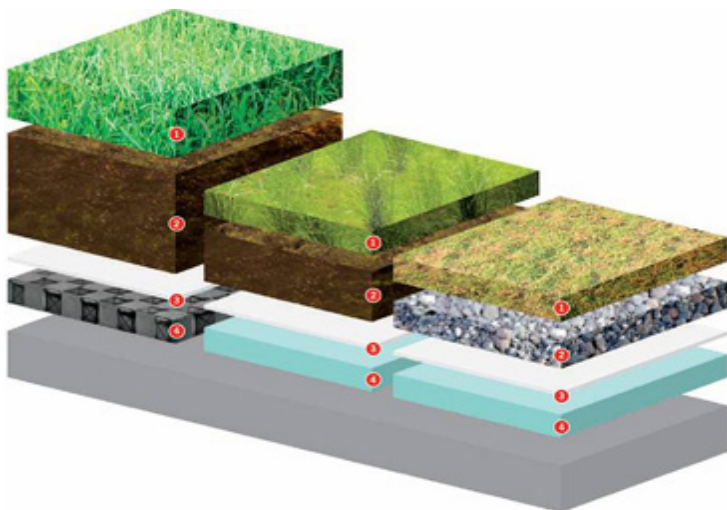
Σχήμα 1.4: Χώροι πρασίνου στη Νέα Υόρκη, στο κέντρο βρίσκεται το Central Park (Πηγή: SA/GSFC/METI/ERSDAC/JAROS and U.S./Japan ASTER Science Team)

1.6.2 ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ

Μια πράσινη στέγη είναι ένα στρώμα βλάστησης που καλλιεργείται σε μια ταράτσα. Όπως και με τα δέντρα και τη βλάστηση σε άλλες επιφάνειες, έτσι και σε αυτή την περίπτωση η βλάστηση σε μια στέγη σκιάζει τις επιφάνειες και μειώνει τη θερμότητα του αέρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής. Οι δύο αυτοί μηχανισμοί μειώνουν τη θερμοκρασία της επιφάνειας της οροφής και του περιβάλλοντα αέρα. Η επιφάνεια μιας πράσινης στέγης μπορεί να ναι πιο ψυχρή από τη θερμοκρασία αέρα, αυτό είναι πολύ σημαντικό αν λάβουμε υπόψη ότι οι συμβατικές στέγες μπορεί να υπερβαίνουν την T αέρα μέχρι και 50°C. (από U.S. environmental protection agency). Το αναμενόμενο όφελος είναι 20% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη στον υποκείμενο όροφο.

Οι πράσινες στέγες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με το βάθος φύτευσης και την ανάγκη συντήρησης που τους αρμόζει:

- Εντατικός τύπος (Intensive): Περιλαμβάνει υπόστρωμα πάχους 12-100 εκατοστών και μπορεί να φιλοξενήσει χλοοτάπητα, φυτά, θάμνους έως και δέντρα. Απαιτεί αντίστοιχη τακτική συντήρηση για άρδευση και λίπανση.
- Ημιεντατικός τύπος (Semi-intensive): Μία μέση κατάσταση με υπόστρωμα τυπικού πάχους 10-25 εκατοστών, όπου μπορούμε να έχουμε χλοοτάπητα, φυτά και θάμνους. Απαιτεί μια μικρή συντήρηση.
- Εκτατικός τύπος (Extensive) :Αποτελούν μια εύκολη και χαμηλού κόστους προσέγγιση. Πρακτικά δεν χρειάζονται καθόλου η χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση. Τυπικό πάχος υποστρώματος 8-15 εκατοστά. Φιλοξενούν χλοοτάπητα και φυτά χαμηλής βλάστησης (σχήμα 1.5).



Στρωμάτωση εντατικού	Στρωμάτωση ημιεντατικού	Στρωμάτωση εκτατικού
Φυτά, δένδρα, αδρανή υλικά	Χαμηλή βλάστηση, αδρανή υλικά	Χλοοτάπητας ή sedum
Υπόστρωμα S1	Υπόστρωμα S2	Υπόστρωμα S3
Γεωφύλασμα	Γεωφύλασμα	Γεωφύλασμα
Αποστραγγιστικό A1	Αποστραγγιστικό A2	Αποστραγγιστικό A3

Σχήμα 1.5: Στρωμάτωση εντατικού-ημιεντατικού- εκτατικού τύπου πράσινης στέγης (Πηγή: <http://www.greencare.gr/greenroof.php>)

Οι Ευμορφοπούλου και Αραβαντινός, (1998), έχουν προσομοιώσει διάφορα στοιχεία φυτεμένων στεγών, με διαφορετικά ύψη φυτών και διαφορετικά συστήματα αποστράγγισης του νερού και έχουν συγκρίνει γυμνές και φυτεμένες στέγες. Κατέληξαν ότι η φυτεμένη στέγη συμβάλλει ιδιαίτερα στη θερμική προστασία των κτηρίων, αλλά δεν αντικαθιστά το στρώμα θερμικής μόνωσης. Οι Νιάχου et Al, (2001) αναφέρουν εκτενείς μετρήσεις μιας φυτεμένης στέγης στην Ελλάδα και συμπεράνανε ότι συμβάλλει στο να μειώσει σημαντικά το ψυκτικό φορτίο των κτηρίων. Έχουν αναπτυχθεί επίσης διάφορα μοντέλα για τις πράσινες στέγες. Ο DelBario (1998) πρότεινε ένα απλουστευμένο μοντέλο και εκτέλεσε παραμετρικές αναλύσεις ευαισθησίας για να υπολογίσει τη δυνατότητα ψύξης των πράσινων στεγών το καλοκαίρι. Διαπιστώνεται ότι οι πράσινες στέγες δεν ενεργούν ως ψυκτικές συσκευές αλλά ως μονωτικές, μειώνοντας την ροή της θερμότητας μέσω της στέγης.

Από τα πιο γνωστά παραδείγματα πράσινων στεγών είναι το Μουσείο Φυσικών Επιστημών του Σαν Φρανσίσκο (σχήμα1.6)



Σχήμα 1.6: Το Μουσείο Φυσικών Επιστημών του Σαν Φρανσίσκο
(Πηγή: <http://taratsokipos.blogspot.com/2011/05/renzo-piano.html>)

και το δημαρχείο του Σικάγο (σχήμα 1.7).



Σχήμα 1.7: Δημαρχείο του Σικάγο

(Πηγή: https://www.eere-pmc.energy.gov/PMC_News/PMC_News_06-07.aspx)

1.6.3 ΨΥΧΡΕΣ ΣΤΕΓΕΣ

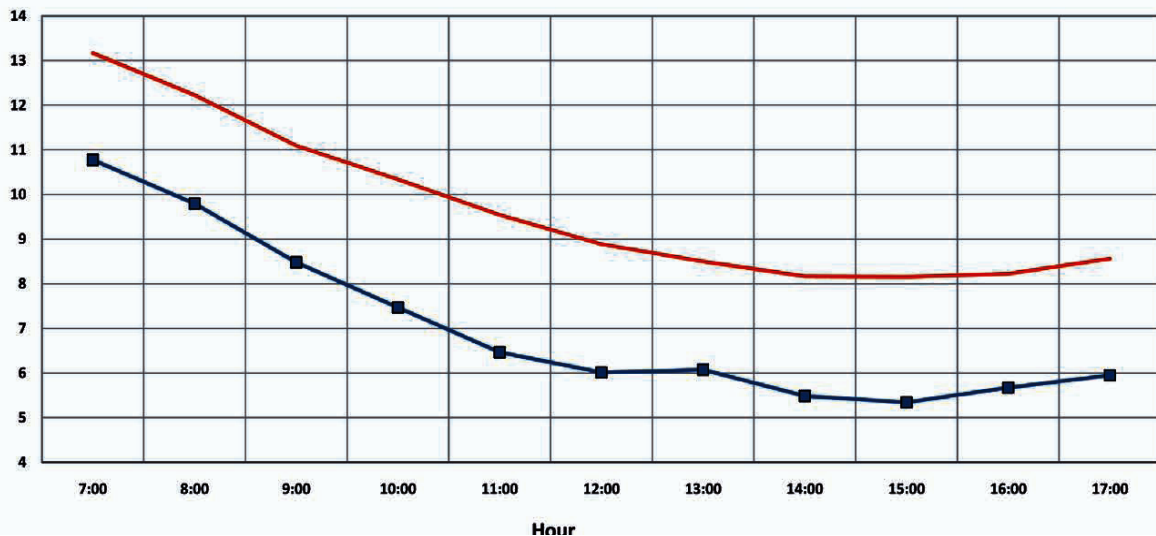
Οι ψυχρές στέγες μπορούν να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση των θερμών αστικών νησίδων, το οποίο οφείλεται εν μέρει και στην παραγωγή θερμότητας από τις πολυάριθμες συμβατικές στέγες σε μια πόλη. Τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται στις ψυχρές στέγες είναι κατασκευασμένα από υλικά υψηλής αντανάκλασης και εκπομπής, συνεπώς μπορεί να είναι από 28 έως 33°C ψυχρότερα από τα παραδοσιακά υλικά κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Η Ηλιακή ανακλαστικότητα και η θερμική εκπομπή έχει αισθητές επιπτώσεις στην θερμοκρασία μιας επιφάνειας (σχήμα 1.8). Οι συμβατικές στέγες έχουν χαμηλή ανακλαστικότητα και υψηλή θερμική εκπομπή, οι κλασσικές μαύρες στέγες μπορούν να φτάσουν τους 74-85°C, το μεσημέρι κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Οι μεταλλικές στέγες έχουν υψηλή ανακλαστικότητα και μικρή θερμική εκπομπή και μπορούν να φτάσουν τους 66-77°C.



Σχήμα 1.8: Σχηματική παράσταση ψυχρής στέγης

(Πηγή: <http://www.coolroofs.org/>)

Έρευνες έχουν δείξει ότι οι ψυχρές στέγες οι οποίες έχουν και υψηλή ανακλαστικότητα και υψηλή εκπομπή φτάνουν τους 43-46°C το καλοκαίρι. Αυτές φυσικά οι ακραίες θερμοκρασίες ποικίλλουν ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες. Παρ' όλα αυτά, η έρευνα αποκαλύπτει ότι οι συμβατικές στέγες μπορεί να 'ναι από 31-47°C θερμότερες από τον περιβάλλοντα αέρα οποιαδήποτε μέρα ενώ οι ψυχρές στέγες μπορεί να 'ναι θερμότερες από 6-11°C (Διάγραμμα 1.2). Αυτές οι μειωμένες θερμοκρασίες των ψυχρών στεγών μπορούν να μειώσουν τη θερμοκρασία του αέρα.



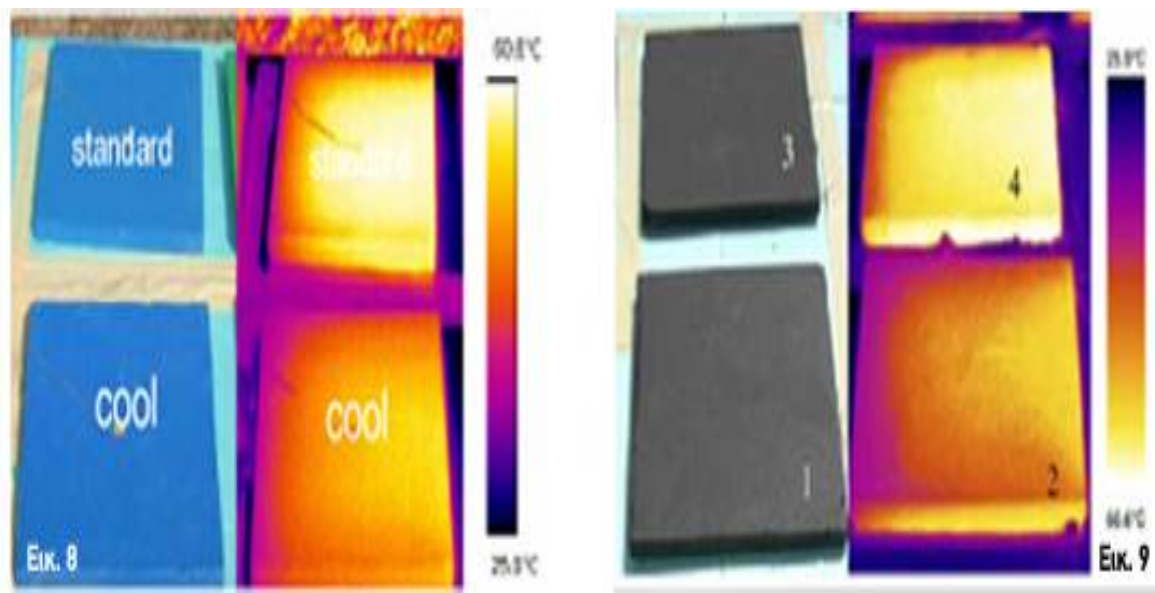
- Θερμοκρασία αέρα πριν την εφαρμογή ψυχρής στέγης
- Θερμοκρασία αέρα μετά την εφαρμογή ψυχρής στέγης

Διάγραμμα 1.2: Καταγραφή ημερήσιας θερμοκρασίας αέρα (διαφορά εξωτερικής-εσωτερικής) πριν και μετά την εφαρμογή της ψυχρής στέγης (Πηγή: WWW.COOLROOFS.EU)

ΨΥΧΡΑ ΥΛΙΚΑ

Τα ψυχρά υλικά είναι μια ποικιλία από καθιερωμένα υλικά που τείνουν να αποθηκεύουν λιγότερη θερμότητα και συνεπώς να έχουν μικρότερη επιφανειακή θερμοκρασία από τα συμβατικά προϊόντα. Μπορούν να συμβάλλουν στη λύση του προβλήματος της αστικής νησίδας το οποίο οφείλεται στις αυξημένες T των αστικών επιφανειών. Τα συμβατικά υλικά μπορούν να φτάσουν τους 48–67°C την καλοκαιρινή περίοδο. Αυτές οι επιφάνειες μπορούν να μεταφέρουν θερμότητα προς τα κάτω και να αποθηκεύονται στο υπέδαφος, το οποίο απελευθερώνεται ως θερμότητα τη νύχτα.

Τα ψυχρά υλικά είναι κατεξοχήν επιστρώσεις με υψηλή ανακλαστικότητα στο ηλιακό φάσμα και υψηλό συντελεστή θερμικής εκπομπής. Βασική τους ιδιότητα είναι η ανάκλαση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα τη μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας των δομικών στοιχείων (σχήμα 1.9). Η ιδιότητα αυτή είναι σημαντική για τη μείωση των ψυκτικών φορτίων και των εσωτερικών θερμοκρασιών των χώρων το καλοκαίρι. Ως ψυχρά υλικά συμπεριφέρονται και τα ανοιχτόχρωμα υλικά, τα οποία προσεγγίζουν το λευκό.



Σχήμα 1.9: Δείγματα με Κοινή (πάνω), ψυχρή (κάτω) μπλέ επικάλυψη
 Κοινή (πάνω), ψυχρή (κάτω) μαύρη επικάλυψη
 (Πηγή: <http://www.marmaronet.com>)

Οι Synnefa et al (2005), έχουν εκτελέσει μια συγκριτική μελέτη 14 τύπων από άσπρα αντανακλαστικά επιστρώματα, με στόχο να ερευνήσουν την θερμική επίδραση των άσπρων αντανακλαστικών επιστρωμάτων στη μείωση των θερμοκρασιών επιφάνειας των κτηρίων και άλλων επιφανειών στο αστικό περιβάλλον και έτσι να εξεταστεί η καταλληλότητά τους για την μείωση των ατμοσφαιρικών θερμοκρασιών και του φαινομένου HI. Όλα τα υλικά εξετάστηκαν από τον Αύγουστο μέχρι τον Οκτώβριο του 2004, σε 24ωρη βάση. Μετρήθηκαν τα θερμικά καθώς και τα οπτικά χαρακτηριστικά όλων των υλικών.

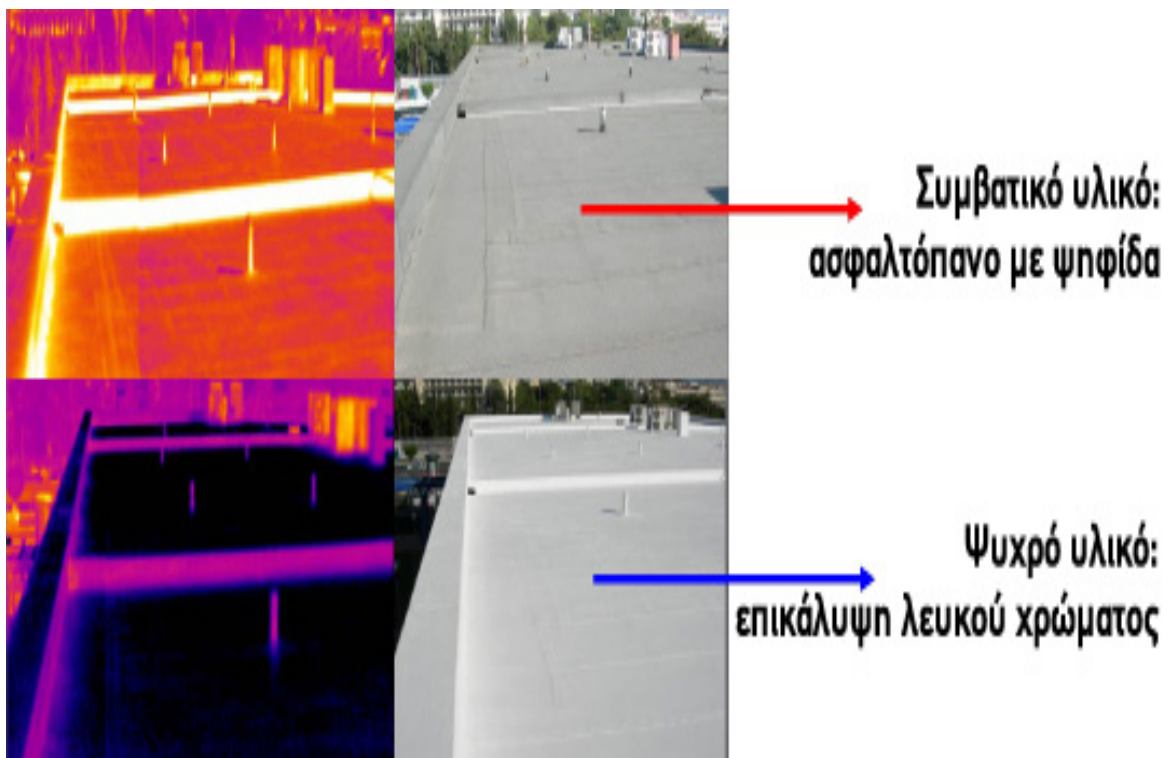
Όλα τα υλικά εκτέθηκαν στην ηλιακή ακτινοβολία. Οι θερμοκρασίες επιφάνειας, η ικανότητα ακτινοβολίας και φασματικής ανάκλασης μετρήθηκαν από κάθε υλικό. Όπως ήταν αναμενόμενο οι ελάχιστες τιμές από το μέσο όρο και από τη μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία επιφάνειας παρατηρήθηκαν για τα άσπρα επιστρώματα, ενώ οι μέγιστες αντίστοιχες τιμές παρατηρήθηκαν για τα χρωματισμένα ασημένια επιστρώματα. Μετρήσεις των οπτικών χαρακτηριστικών έχουν δείξει ότι η φασματική ανάκλαση από τα ασημένια χρώματα, που περιέχουν τις χρωστικές ουσίες αλουμινίου, αυξάνεται με το αυξανόμενο μήκος κύματος και ξαφνικά μειώνεται περίπου στα 800nm. Τα άσπρα επιστρώματα με τον υψηλότερο συντελεστή ανάκλασης εμφανίζονται να μένουν πιο δροσερά κατά τη διάρκεια της ημέρας (σχήμα 1.10). Μεταξύ των άσπρων επιστρωμάτων η χειρότερη θερμική απόδοση παρατηρήθηκε για τα επιστρώματα των οποίων η καμπύλη συντελεστή ανάκλασης μένει κάτω 80%. Οι καμπύλες φασματικής ανάκλασης από τα ασημένια χρωματισμένα επιστρώματα είναι χαμηλότερες από τα άσπρα χρωματισμένα επιστρώματα. Οι μετρήσεις έχουν δείξει ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας η θερμική απόδοση των δειγμάτων επηρεάζεται κυρίως από τον ηλιακό συντελεστή ανάκλασης της επιφάνειάς τους, ενώ η ικανότητα εκπομπής ασκεί χαμηλότερη επίδραση έναντι του συντελεστή ανάκλασης. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, η ικανότητα εκπομπής γίνεται ο κυρίαρχος παράγοντας επιρροής της θερμικής απόδοσης των κεραμιδιών. Η ανάλυση αποκάλυψε ότι άσπρα επιστρώματα παρουσιάζουν χαμηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας σε σύγκριση με τα ασημένια επιστρώματα. Αν και όλοι οι μελετημένοι τύποι επιστρωμάτων χαρακτηρίζονται από έναν αρκετά υψηλό ηλιακό συντελεστή ανάκλασης, τα επιστρώματα αργιλίου παραμένουν θερμότερα κατά τη διάρκεια της νύχτας λόγω της χαμηλότερης ικανότητας εκπομπής ακτινοβολίας στο υπέρυθρο.

Η χρήση ειδικών ψυχρών υλικών συνίσταται σε :

- Σε οροφές, οι οποίες είναι ήδη θερμομονωμένες ή σε οροφές στις οποίες δεν είναι δυνατή η προσθήκη θερμομόνωσης
- Σε οροφές όπου προστίθεται θερμομόνωση και τα «ψυχρά υλικά» τοποθετούνται για συμπληρωματικό όφελος.
- Σε οροφές ή σημεία οροφών όπου (για τεχνικούς, οικονομικούς ή και άλλους λόγους) δεν κρίνεται σκόπιμη η φύτευση

- Όταν η επιφάνεια εφαρμογής των ψυχρών υλικών είναι ασκίαστη κατά το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας τους μήνες Ιούνιο - Σεπτέμβριο
- Όταν το εν λόγω κτίριο παρουσιάζει σημαντικά υψηλά ψυκτικά φορτία, σε σχέση με τα φορτία θέρμανσης
- Για εφαρμογή σε τοίχους, όταν η προσθήκη μόνωσης δεν αποτελεί ενδεδειγμένη λύση, είτε για κατασκευαστικούς λόγους είτε λόγω μεγάλων ψυκτικών φορτίων.

Το αναμενόμενο όφελος είναι 20 - 30% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη σε παρακείμενους χώρους.

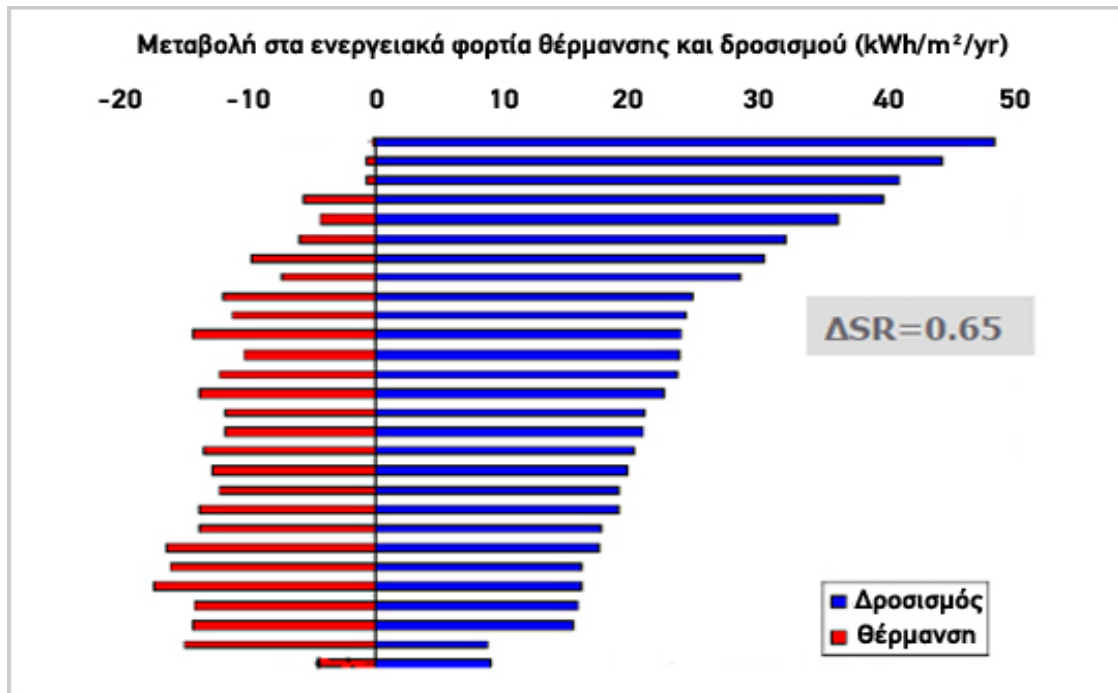


Σχήμα 1.10: Οροφή με ασφαλτόπανο (πάνω) και με ψυχρή επικάλυψη (κάτω)
(Πηγή: <http://www.marmaronet.com>)

Ο παρακάτω πίνακας (πίνακας 1.4) παρουσιάζει, σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας και του εξωτερικού, τη μεταβολή στα ενεργειακά φορτία θέρμανσης με κόκκινο χρώμα και δροσισμού με μπλε χρώμα, η οποία προκαλείται από τη μεταβολή της ανακλαστικότητας των υλικών που χρησιμοποιούνται. Δηλαδή μια μεταβολή της τάξης του 0,65. Αυτό σημαίνει ότι αν υπάρχει ένα υλικό συμβατικό το οποίο έχει ανακλαστικότητα 0,2, ας πούμε, και χρησιμοποιηθεί αντί αυτού ένα

ψυχρό υλικό το οποίο έχει ανακλαστικότητα 0,8, βλέπουμε την πολύ σημαντική μείωση στο ενεργειακό φορτίο. Συγκεκριμένα, βλέπουμε για την Αθήνα ότι αυτή η μεταβολή φθάνει γύρω στις 25 κιλοβατώρες ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο.

Πίνακας 1.4: Μεταβολή στα ενεργειακά φορτία θέρμανσης και δροσισμού για διάφορες ανακλαστικότητες υλικών



(Πηγή: <http://www.marmaronet.com>)

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

2.1 ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Είναι αναμενόμενο ότι με την πάροδο του χρόνου η κατασκευή ενός κτιρίου καταπονείται. Η εφαρμογή μέτρων που έχει ως στόχο την προστασία του από τις κλιματολογικές συνθήκες συμβάλλει ταυτοχρόνως και στην μείωση της ενέργειας που χρειάζεται για να αντεπεξεχθεί σε αυτές.

2.1.1 ΚΕΛΥΦΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

2.1.1.1 Στέγη

Για τα ήδη υπάρχοντα κτίρια η θερμομόνωση της στέγης (κατοικία) ή του δώματος (πολυκατοικία) συνεισφέρει σημαντικά στην σωστή ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Η οροφή πρέπει να προστατεύει το κτίριο από την βροχή και την υγρασία, να έχει την απαραίτητη κλίση ώστε να απομακρύνονται τα νερά και να παρέχει θερμική προστασία. Μια αισθητικά ελκυστική λύση που συμβάλλει στην μόνωση της οροφής και συνεισφέρει σ' ένα υγιές περιβάλλον είναι το «φυτεμένο δώμα». Πρόκειται για ένα σύστημα μονωτικών και υδατοστεγών μεμβρανών με κορυφαία στρώση αυτή της φύτευσης. Η φυσική σκιά των φυτών και το χώμα συμβάλλει στην μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας του δώματος.

2.1.1.2 Στεγανοποίηση των όψεων

Οι θερμικές απώλειες είναι ο νούμερο ένα παράγοντας που ευθύνεται για την υπερβολική κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία του κτιρίου. Σε περίπτωση παλαιών κουφωμάτων αυτά θα πρέπει να αντικατασταθούν με καινούργια υψηλής αεροστεγανότητας. Επίσης στην περίπτωση απλών υαλοστασίων αυτά θα πρέπει να αντικατασταθούν με διπλά υαλοστάσια ή υαλοστάσια χαμηλής εκπεμφιμότητας.

Ψύξη

Όσο αφορά την ψύξη του κτιρίου για τις κατοικίες που βρίσκονται στην εξοχή καλό θα ήταν να αποφευχθεί ο τεχνητός κλιματισμός και να χρησιμοποιηθεί φυσικός αερισμός ως μέσο καλύτερο για την υγεία του χρήστη, οικονομικότερο και χωρίς επιβάρυνση για το περιβάλλον. Τους καλοκαιρινούς μήνες στην περίπτωση άπνοιας με υψηλές θερμοκρασίες την ημέρα, είναι προτιμότερο τα παράθυρα να μένουν κλειστά ώστε να διατηρείται η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου που είναι χαμηλότερη από την εξωτερική. Αντίθετα το βράδυ που η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την εσωτερική ωφελεί το άνοιγμα των παραθύρων, και ο διαμπερής αερισμός του κτιρίου. Όσο αφορά την ψύξη του κτιρίου για τις κατοικίες που βρίσκονται στην πόλη όπου οι συνθήκες είναι πιο δύσκολες θα ήταν προτιμότερο η χρήση τεχνητού κλιματισμού να περιοριστεί στους χώρους που αυτή είναι απολύτως απαραίτητη λόγω προσανατολισμού (δυτικός) ή συνεχούς χρήσης κατά την διάρκεια της ημέρας. Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεμιστήρες οροφής αφού η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας συγκριτικά είναι πολύ λιγότερη.

2.1.1.3 Θέρμανση

Η τακτική συντήρηση του λέβητα και η θερμομόνωση του δικτύου διανομής ζεστού νερού συμβάλουν σημαντικά στην μείωση απωλειών ενέργειας. Επίσης, η αντικατάσταση του λέβητα πετρελαίου με λέβητα φυσικού αερίου ή βιομάζας είναι σημαντικό βήμα για μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας. Αν και το φυσικό αέριο συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στην έκκλιση ατμοσφαιρικών ρύπων είναι παρόλα αυτά καθαρότερη μορφή ενέργειας από το πετρέλαιο και πιο προσιτή οικονομικά λύση.

2.1.1.4 Ηλιακοί θερμοσίφωνες

Με την πάροδο των χρόνων και την ανάπτυξη της τεχνολογίας τα μοντέλα των ηλιακών συλλεκτών έχουν βελτιωθεί σημαντικά. Η ευρεία χρήση τους αποδεικνύει την επιτυχία τους ως οικονομικότερο μέσο παραγωγής ζεστού νερού μέσω της εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας.

2.1.1.5 Σκίαση

Είναι πολύ σημαντικό η κατοικία να προστατεύεται από την ηλιακή ακτινοβολία κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με εξωτερικά σκιάστρα : τέντες, περσίδες, αλλά και με πέργκολα με αναρριχητικά φυτά σε οριζόντια κλίση (νότιος προσανατολισμός) και κατακόρυφη κλίση (ανατολικός, δυτικός

προσανατολισμός). Στην περίπτωση εξοχικών κατοικιών μια σωστή στρατηγική στην σχεδίαση του περιβάλλοντος χώρου συμβάλλει στην μεγαλύτερη προστασία του κτιρίου. Συγκεκριμένα η χρήση αιθαλών δέντρων στον Βοριά προστατεύει το κτίριο από τους ψυχρούς ανέμους. Επίσης η χρήση φυλλοβόλων δέντρων σε Νότο και Δύση ως μέσο σκίασης τους καλοκαιρινούς μήνες περιορίζει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών στην επιφάνεια του.

2.1.1.6 Φωτισμός

Γενικά, όσο αυξάνεται η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού στην κατοικία τόσο μειώνεται η χρήση τεχνητού φωτισμού. Η χρήση ανοιχτών χρωμάτων στα δωμάτια μειώνει την ανάγκη περισσότερου φωτισμού. Επιπλέον η αντικατάσταση των κοινών λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες φθορισμού σε χώρους βοηθητικούς όπου η ποιότητα του χρώματος δεν είναι μεγάλης σημασίας συνεισφέρει σε μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας.

2.1.2 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ

2.1.2.1 Έλεγχος λειτουργίας και συμπεριφορά χρήστη

Εξίσου σημαντική με τις επεμβάσεις στην κατασκευή και τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου είναι και η συμπεριφορά του χρήστη. Η σπατάλη ενέργειας (π.χ φωτισμός, ηλεκτρικές συσκευές, κλιματισμός) και επομένως αύξηση κόστους λειτουργίας του εξαρτάται από τον τρόπο που αυτό χρησιμοποιείται. Στην περίπτωση κατοικίας υπάρχουν συστήματα που βοηθάνε στον έλεγχο κατανάλωσης ενέργειας σε διάφορους τομείς π.χ: οι θερμοστατικοί διακόπτες για το σύστημα θέρμανσης που ρυθμίζουν την θερμοκρασία κάθε δωματίου ατομικά, οι ρεοστάτες διακόπτες όπου ο χρήστης προσαρμόζει την ένταση του φωτισμού σύμφωνα με της ανάγκες του δωματίου.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Με στόχο την αντιμετώπιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας αλλά και την εξοικονόμηση ενέργειας το ευρωπαϊκό κοινοβούλιο εξέδωσε οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων.

3.1 ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η Οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16ης Δεκεμβρίου 2002, για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων [ΕΕ L 1, 04.1.2003, σ. 65]), απαιτεί τα νέα κτίρια να πληρούν ορισμένες ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης που θα καθορίσει κάθε κράτος μέλος σύμφωνα με μία κοινή μεθοδολογία. Τα υπάρχοντα κτίρια άνω των 1.000 τ.μ. τα οποία υποβάλλονται σε μεγάλης έκτασης ανακαίνιση, πρέπει επίσης να πληρούν αυτές τις ελάχιστες απαιτήσεις και, όταν κατασκευάζονται, πωλούνται ή μισθώνονται κτίρια, να εκδίδεται πιστοποιητικό επιδόσεων. Σημειώνεται ότι οι υποχρεώσεις της οδηγίας ξεκίνησαν από τις 4.1.2006 και η Ελλάδα είναι ήδη υπόλογη στην Επιτροπή για τη μη εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας με το κοινοτικό δίκαιο. Η οδηγία αυτή:

- Θέτει τις βάσεις για μια κοινή μεθοδολογία για την αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων.
- Θέτει ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις για τα νέα κτίρια, καθώς και για την ανακατασκευή παλαιών κτιρίων μεγάλης επιφάνειας.
- Ορίζει την υποχρέωση για ενεργειακή σήμανση των κτιρίων με έμφαση στο δημόσιο τομέα.
- Επιβάλλει ελέγχους της απόδοσης των καυστήρων και της θερμομόνωσης των κτιρίων.
- Επιβάλλει στους ιδιοκτήτες μεγάλων ακινήτων (συνολικής επιφάνειας άνω των 1.000 τ.μ.) που ανακατασκευάζουν τα κτίριά τους, την υποχρέωση να προχωρήσουν σε εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης σε περίπτωση που το κόστος της ανακατασκευής ξεπερνά το 25% της αξίας του ακινήτου.

- Ενθαρρύνει τη χρήση ηλιακών συστημάτων και άλλων εφαρμογών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), καθώς και την προώθηση της συμπαραγωγής και συστημάτων τηλεθέρμανσης - τηλεψύξης.

Η Επιτροπή υιοθέτησε επίσης, σχέδιο οδηγίας για την προώθηση της ενεργειακής απόδοσης της τελικής χρήσης και την παροχή υπηρεσιών στον τομέα της ενέργειας, ώστε να υποστηριχθεί η ευρεία ανάπτυξη της ενεργειακής απόδοσης και οι φορείς παροχής στον τομέα της ενέργειας να μην πωλούν απλώς ενέργεια, αλλά να βοηθούν τους πελάτες τους να βελτιώσουν την ενεργειακή τους απόδοση και τη διαχείριση των ενεργειακών τους αναγκών. Μακροπρόθεσμα, η οδηγία θα αλλάξει ριζικά τον τρόπο διάθεσης της ενέργειας στην αγορά, οδηγώντας σε μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας. Εννέα χρόνια μετά την εφαρμογή της οδηγίας τα κράτη μέλη θα πρέπει να έχουν εξοικονομήσει το 9% της ενέργειας που παρέχεται στους τελικούς χρήστες. Τα κράτη μέλη έχουν όμως την δυνατότητα να θεσπίσουν πιο φιλόδοξους στόχους.

Τα κράτη μέλη θα πρέπει να υιοθετήσουν τρία πολυετή Σχέδια Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης. Το πρώτο τέτοιο σχέδιο, που θα πρέπει να υποβληθεί από την Επιτροπή όχι αργότερα από τις 30 Ιουνίου 2007, θα περιλαμβάνει και έναν ενδιάμεσο εθνικό ενδεικτικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας για το τρίτο έτος εφαρμογής της οδηγίας. Το δεύτερο σχέδιο θα υποβληθεί μέχρι τις 30 Ιουνίου 2011 και το τρίτο μέχρι τις 30 Ιουνίου 2014. Και στα τρία σχέδια πάντως τα κράτη μέλη θα πρέπει να περιγράψουν τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που θα λάβουν για την εκπλήρωση των στόχων της οδηγίας. Το αργότερο δυο έτη μετά την έναρξη ισχύος της οδηγίας τα κράτη μέλη θα πρέπει να έχουν συμμορφωθεί με τις διατάξεις της.

Σημειώνεται ότι οι υποχρεώσεις της οδηγίας ξεκίνησαν από τις 4.1.2006 και η Ελλάδα είναι ήδη υπόλογη στην Επιτροπή για τη μη εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας με το κοινοτικό δίκαιο.

Παρά τις κοινές διαπιστώσεις και την υπαρκτή τεχνογνωσία, στην Ελλάδα συνεχίζουν να ακολουθούνται ενεργοβόρα πρότυπα οικιστικής ανάπτυξης, ιδιαίτερα στις αστικές και παράκτιες περιοχές όπου και αναπτύσσεται ραγδαία ο τουρισμός του extra air-condition.

Αποτέλεσμα: Ο κτιριακός τομέας (οικιακός και τριτογενής) καταναλώνει περί το 35% της πρωτογενούς ενέργειας της χώρας και ευθύνεται για το 40% περίπου των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Είναι επείγον το να αξιοποιηθεί η εμπειρία και οι διαθέσιμες τεχνικές για την δημιουργία ενός λιγότερο ενεργοβόρου κτισμένου περιβάλλοντος, μέσα και από τη συλλογική δραστηριοποίηση όλων των φορέων που εμπλέκονται. Το κράτος,

προσπαθούν να καλύψουν οι αρχιτέκτονες, οι μηχανικοί και οι μηχανολόγοι, οι οποίοι προωθούν τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική και οικολογική δόμηση μέσα από τη δουλειά τους. Στην Ελλάδα, σήμερα, μόνο το 1% των κτιρίων είναι βιοκλιματικά, όταν ολόκληρος ο κλάδος των κατασκευών - ιδιωτικών και δημόσιων έργων - στη χώρα μας ακολουθεί ακόμη συμβατικές ενεργοβόρες πρακτικές που δεν εναρμονίζονται με τα ευρωπαϊκά πρότυπα και δεν ανταποκρίνονται στις σύγχρονες απαιτήσεις και προκλήσεις των κλιματικών αλλαγών.

Στην Ευρώπη η εξοικονόμηση ενέργειας, όχι μόνο αποτελεί υποχρέωση κάθε νέου ή ανακαινιζόμενου κτιρίου- ιδιωτικού και δημόσιου, όχι μόνο η οικοδομή αποτελεί αντικείμενο συνεχούς παρακολούθησης και μέτρησης, όχι μόνο εφαρμόζονται τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας και φυσικών πόρων σε όλη τη διαδικασία του σχεδιασμού και της κατασκευής ενός κτιρίου, αλλά και η τεχνογνωσία που έχουν συγκεντρώσει ορισμένες χώρες, αποτελεί πλέον εξαγωγίμο πόρο.

3.2 Η ΟΙΚΙΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΟΔΗΓΟΣ ΓΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Για την Ελλάδα η βιοκλιματική αρχιτεκτονική και οικολογική δόμηση δεν είναι κάτι καινούργιο, έχει τις ρίζες της στις βασικές αρχές της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής. Τότε που η εργασία και η διαβίωση των ανθρώπων ήταν άμεσα συνδεδεμένη με φυσικό τους περιβάλλον. Στην Ελλάδα η λαϊκή εμπειρία και γνώση ενσωματώθηκαν στα κτίρια με απλούς και ίσως όχι συνειδητούς τρόπους. Οι παραδοσιακοί χτίστες ήταν αναγκασμένοι – ελλείψει τεχνολογικών μέσων και αφθονίας υλικών - να προσαρμόσουν την κατοικία και τον οικισμό στα κλιματικά, τοπογραφικά και γενικότερα, περιβαλλοντικά δεδομένα του τόπου τους με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Στόχος, η καλύτερη προστασία από τις κλιματικές συνθήκες αλλά και η μέγιστη οικονομία δυνάμεων και πόρων. Η παραδοσιακή ελληνική αρχιτεκτονική είχε ενσωματώσει πολλές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού, που σήμερα μελετώνται και αναλύονται, όχι για να γίνουν αυτούσια μιμητικά πρότυπα, αλλά, για να αποτελέσουν θεμέλιο σύγχρονων ιδεών και προτάσεων.

Καταρχάς, υπήρχε βαθιά εμπειρική γνώση των κλιματικών δεδομένων, της κίνησης του ήλιου και των επικρατέστερων τοπικών συνθηκών. Τα σπίτια και οι εσωτερικοί χώροι προσανατολίζονταν έτσι, ώστε να είναι δροσερά το καλοκαίρι και ζεστά το χειμώνα. Αυτό που σήμερα ονομάζουμε παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού. Τα επίπεδα φωτισμού ήταν επίσης μελετημένα.

Παρατηρούμε σε διαφορετικές περιοχές συστήματα περιορισμού του έντονου καλοκαιρινού φωτός.

Επίσης, χρησιμοποιούνταν κατά κανόνα τοπικά υλικά, χαμηλής εμπειριεχόμενης ενέργειας και υψηλής θερμικής μάζας. Έτσι τα σπίτια είχαν χαμηλές ενεργειακές ανάγκες και δημιουργούσαν συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης για μεγάλα διαστήματα του έτους. Στις Κυκλάδες (σχήμα 3.1), μετρήσεις που σύγκριναν την εσωτερική θερμική συμπεριφορά παραδοσιακών και σύγχρονων κατοικιών απέδειξαν ότι οι σύγχρονες κατασκευές, ακόμη και οι πέτρινες, δεν μπορούν να δημιουργήσουν το θερμικά και οπτικά άνετο και χωρίς έντονες διακυμάνσεις μικροκλίμα των παραδοσιακών.

Στα πλαίσια της συμμετοχής του Μεσόγειος SOS στο πρόγραμμα LIFE-Περιβάλλον «Ήλιος και Άνεμος», επιχειρήθηκε η μελέτη των βιοκλιματικών αρχών της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής της Ελλάδας με σκοπό την συλλογή πληροφορίας για πρακτικές και τεχνικές που μπορούν – με την απαραίτητη προσαρμογή στο σύγχρονο τρόπο ζωής και σε συνδυασμό με νέες τεχνολογίες – να χρησιμοποιηθούν σήμερα στις κτιριακές κατασκευές.

Κάποια από τα ευρήματα της μελέτης αυτής, είναι:

A. Σε κλίμακα κτιρίου

- Προσανατολισμός της κύριας όψης και των μεγαλύτερων ανοιγμάτων προς τον νότο.
- Συμπαγείς τοίχοι με μικρά ανοίγματα προς τον Βορρά για προστασία από τους ψυχρούς βόρειους ανέμους - τοποθέτηση των βοηθητικών χώρων στον βορρά.
- Εκμετάλλευση της θερμικής μάζας του κτιρίου για εξισορρόπηση των θερμοκρασιακών μεταβολών - η θερμική μάζα προκύπτει από την χρήση συμπαγών υλικών, όπως η πέτρα και το χώμα, με τοίχους με μεγάλο όγκο.
- Εκμετάλλευση της θερμικής αδράνειας του εδάφους, σε υπόσκαφα κτίρια ή σε κτίρια τοποθετημένα σε πλαγιές με μεγάλη κλίση.
- Σωστή χρήση της βλάστησης για ηλιοπροστασία, σκιασμός αλλά και προστασία από τους ανέμους.

B. Σε κλίμακα οικισμού

- Γίνεται επιλογή θέσεων / πλαγιών με μεσημβρινό προσανατολισμό έτσι ώστε να ο οικισμός να δέχεται ηλιασμό κατά την μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας.
- Η πυκνή δόμηση των κυκλαδίτικων οικισμών δημιουργεί δροσερό μικροκλίμα στο επίπεδο του δρόμου λόγω της μάζας των κτιρίων - ο σκιασμός του ενός κτιρίου από το άλλο εμποδίζει την εισροή θερμότητας στο εσωτερικό των σπιτιών.

- Η διαπλοκή των όγκων δημιουργεί ποικίλα και προστατευμένα μικροκλίματα - οι ημιυπαίθριοι, τα στεγασμένα περάσματα, οι στοές, δημιουργούν ενδιάμεσους χώρους ζωής εξισορροπώντας το σκοτεινό και δροσερό εσωτερικό με την εκτυφλωτική θερμότητα στο εξωτερικό.

Γ. Αλλά και κάποια επιμέρους κατασκευαστικά στοιχεία (με κατά τόπους διαφορετική μορφολογική έκφραση) τα οποία συμβάλλουν σε συγκεκριμένες βιοκλιματικές λειτουργίες, όπως ο αερισμός, ο δροσισμός, ο σκιασμός κλπ



Σχήμα 3.1: Παραδοσιακός οικισμός στις Κυκλάδες

(Πηγή:http://www.yvelia.com/amarchitects/publications/images/building_green/)

Φυσικά, η τεχνολογία και μορφολογία του παρελθόντος δεν θα μπορούσε να αντιγραφεί σήμερα χωρίς να γίνει γραφική, παρόλα αυτά όμως, στην αναζήτηση του βιοκλιματικού κτιρίου, η παραδοσιακή κατοικία μπορεί να προσφέρει σημαντικές πληροφορίες στο σύγχρονο σχεδιασμό. Οι αρχές της οικολογικής-βιοκλιματικής δόμησης που εντοπίζονται στις κατασκευές του παρελθόντος έχουν τη δυνατότητα να προσαρμοστούν στις σύγχρονες ανάγκες. Στόχος είναι να δημιουργηθεί μια νέα αρχιτεκτονική, που δεν θα αποτελεί απλά την εφαρμογή τεχνολογιών και συστημάτων σε κατά τα άλλα συμβατικές κατασκευές.

3.3 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Ο όρος βιοκλιματικός σχεδιασμός έχει καθιερωθεί διεθνώς και θεωρείται επιστημονικά δόκιμος επειδή η ονομασία αυτή ανταποκρίνεται πληρέστερα στην αντίληψη εναρμόνισης των κτηρίων με το κλίμα και το περιβάλλον διασφαλίζοντας παράλληλα βιολογικά άνετη διαβίωση του ανθρώπου μέσα στα κτίρια αλλά και στον υπαίθριο χώρο. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, ή ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων, έννοιες σχεδόν ταυτόσημες, έχουν ένα και μοναδικό στόχο, να διασφαλίσουν αποδεκτές εσωκλιματικές συνθήκες με τη σωστή θερμική συμπεριφορά του κτιρίου – χειμώνα, καλοκαίρι - και συνεπώς να περιορίσουν την κατανάλωση ενέργειας, με όλα τα οφέλη που αυτό συνεπάγεται, οικονομικά, και περιβαλλοντικά.

Απώτερος στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η μείωση, ίσως και εξάλειψη, των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των δομικών έργων και έργων υποδομής, με ταυτόχρονη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης.

Η υιοθέτηση του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων εξυπηρετεί τέσσερις (4) βασικούς στόχους:

α. Την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και της υποκατάστασής τους από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), άρα την εξοικονόμηση συμβατικής ενέργειας.

β. Την εξοικονόμηση χρήματος. Η χρησιμοποίηση της αδιάπανης ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση των κτηρίων ή/και των δροσερών ανέμων για τον δροσισμό τους οδηγεί σε εξοικονόμηση χρημάτων της τάξης του 50%, ενδεχομένως και μεγαλύτερη.

γ. Την προστασία του περιβάλλοντος, λόγω του περιορισμού στη χρήση συμβατικών καυσίμων και ηλεκτρισμού, με συνέπεια τη μείωση των εκλυόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα.

δ. Τη βελτίωση του εσω-κλίματος των κτιρίων με τη διασφάλιση συνθηκών βιολογικής άνεσης –θερμικής και οπτικής– ,ποιότητας αέρα και τη δημιουργία υγιεινών συνθηκών κατοικησιμότητας.

3.3.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Οι βασικές βιοκλιματικές αρχές είναι αυτές του ηλιασμού και αντίστοιχα της ηλιοπροστασίας, του αερισμού και της ανεμοπροστασίας, του δροσισμού, και των στοιχείων νερού και πρασίνου.

Κατά την χειμερινή περίοδο, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών λόγω απωλειών κελύφους, αερισμού και αγωγιμότητας, επιτρέποντας μόνο τον απαραίτητο αερισμό για λόγους υγιεινής, και στην μέγιστη εκμετάλλευση του θερμικού κέρδους από την ηλιακή ακτινοβολία, μειώνοντας έτσι στο ελάχιστο την καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση.

Αντίστοιχα, στην θερινή περίοδο ο βιοκλιματικός σχεδιασμός επιτάσσει την ελαχιστοποίηση της θερμικής προσόδου από την ηλιακή ακτινοβολία, την βελτιστοποίηση των διαφόρων μεθόδων φυσικού δροσισμού, με στόχο την ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη. Όλα αυτά επιτυγχάνονται με τεχνικές πάνω στη κατασκευή του κτιρίου, το σχεδιασμό τον προσανατολισμό και τη διαρρύθμιση της κατοικίας συμβάλλοντας στον περιορισμό των αναγκών σε μηχανολογικό εξοπλισμό για τη θέρμανση ή ψύξη.

Από τις παραμέτρους του περιβάλλοντος που επηρεάζουν καθοριστικά το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτηρίων διακρίνονται:

Το κλίμα του τόπου.

Το φυσικό περιβάλλον, δηλαδή το ανάγλυφο του εδάφους, η βλάστηση, το τοπίο – θέα, η γειτνίαση με νερό.

Το κλίμα του τόπου

Το σύνολο των μετεωρολογικών δεδομένων συνθέτει το κλίμα κάθε τόπου ή περιοχής. Τα στοιχεία του κλίματος επηρεάζουν την ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στο κτίριο και το εξωτερικό περιβάλλον, συνεπώς καθορίζουν την αίσθηση της άνεσης - ευεξίας στους ανθρώπους. Επίσης καθορίζουν την ποσότητα και ποιότητα του παρεχόμενου φυσικού φωτός και κατά συνέπεια την αίσθηση οπτικής άνεσης.

Οι βασικές παράμετροι του κλίματος, οι οποίες κρίνονται απαραίτητες για το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτηρίων, είναι:

Η θερμοκρασία του αέρα (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) και οι διακυμάνσεις της χειμώνα και καλοκαίρι,

Η ηλιακή ακτινοβολία, ηλιοφάνεια και ένταση σε μηνιαία βάση,

Οι άνεμοι -χειμερινοί, ψυχροί θερινοί, δροσεροί- κατεύθυνση και ένταση,

Η σχετική υγρασία (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) και οι διακυμάνσεις της χειμώνα και καλοκαίρι.

Οι κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν το σχεδιασμό του κτιρίου στη φάση των αρχικών επιλογών, δηλαδή στα προσχέδια, με την έννοια της χωροθέτησής του στο οικοπέδο, έτσι ώστε να αξιοποιούνται οι θετικές παράμετροι -ήλιος το χειμώνα, δροσεροί άνεμοι το καλοκαίρι- με παράλληλη αποφυγή των ψυχρών ανέμων και της υγρασίας.

3.3.1.1 Το φυσικό περιβάλλον

Το ανάγλυφο του εδάφους, επίπεδο ή με κλίση, επηρεάζει την τοποθέτηση του κτιρίου, αλλά και τη μορφολογία του, σε επίπεδη διάταξη ή κλιμακωτή προσαρμοσμένη στο έδαφος.

Ο προσδιορισμός των προσήλιων και υπήνεμων περιοχών, σε σχέση με τους ψυχρούς χειμερινούς ανέμους καθορίζει την ένταξη του κτηρίου στο οικοπέδο.

Το τοπίο -βλάστηση χαμηλή ή δέντρα- καθορίζει τις επιλογές για τη χωροθέτηση του κτιρίου -αποφυγή της σκίασης το χειμώνα, εξαρτώμενης από το ύψος των γύρω στοιχείων - κτιρίων, αναγλύφου και δέντρων -φυλλοβόλα ή αιθαλή, ενώ αντίστροφα το καλοκαίρι επιδιώκεται η σκίασή του από τα δέντρα και τα γύρω στοιχεία, εφόσον είναι εφικτή.

Η θέα -εφόσον υπάρχει- είναι καθοριστικός παράγων ως προς την τοποθέτηση του κτιρίου και των ανοιγμάτων στο κέλυφός του, καθώς και ως προς τη διάταξη των εσωτερικών χώρων. Στην περίπτωση που η θέα βρίσκεται στη βορεινή πλευρά του οικοπέδου, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, προβλέποντας μεγάλα ανοίγματα στο κτήριο προς το Βορρά, παρά το γεγονός ότι ίσως αυξάνονται οι θερμικές απώλειες του κελύφους.

Η γειτνίαση με νερό -θάλασσα, ποτάμι, λίμνη- αποτελεί στοιχείο βοηθητικό για τη δημιουργία άνετου μικροκλίματος το καλοκαίρι στο άμεσο περιβάλλον του κτηρίου, αρκεί να διασφαλίζεται η προστασία του από την υγρασία, κυρίως το χειμώνα.

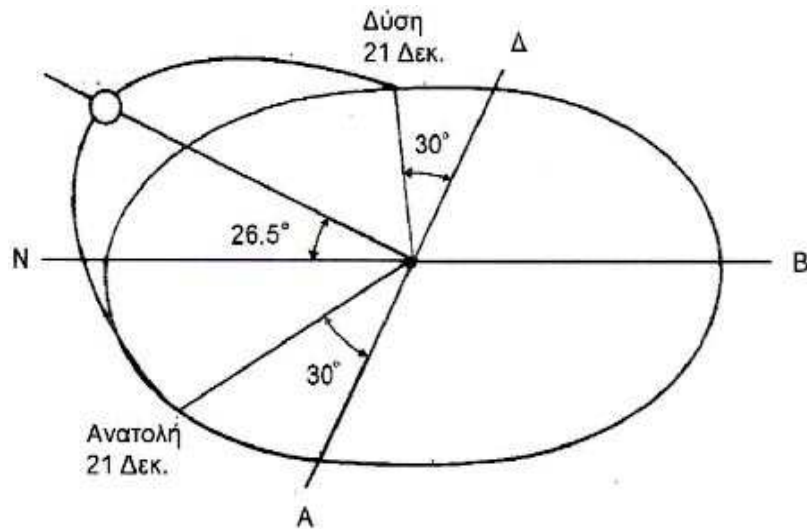
ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΟ ΟΙΚΟΠΕΔΟ - ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

Ο σωστός προσανατολισμός των κτιρίων είναι προϋπόθεση για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανσή τους. Ο νότιος προσανατολισμός προσφέρει τις καλύτερες δυνατότητες.

Εξασφαλίζει τις περισσότερες ώρες αποτελεσματικού ηλιασμού των κτιρίων το χειμώνα και ταυτόχρονα τη δυνατότητα σκιασμού τους το καλοκαίρι.

Το χειμώνα ο ήλιος ανατέλλει και δύει νοτιότερα της Ανατολής και της Δύσης. Διαγράφει μικρή τροχιά. Κινείται χαμηλά, κοντά στον ορίζοντα και προς την πλευρά του Νότου (σχήμα 3.2). Τα κτίρια πρέπει να είναι στραμμένα προς Νότο, ώστε να

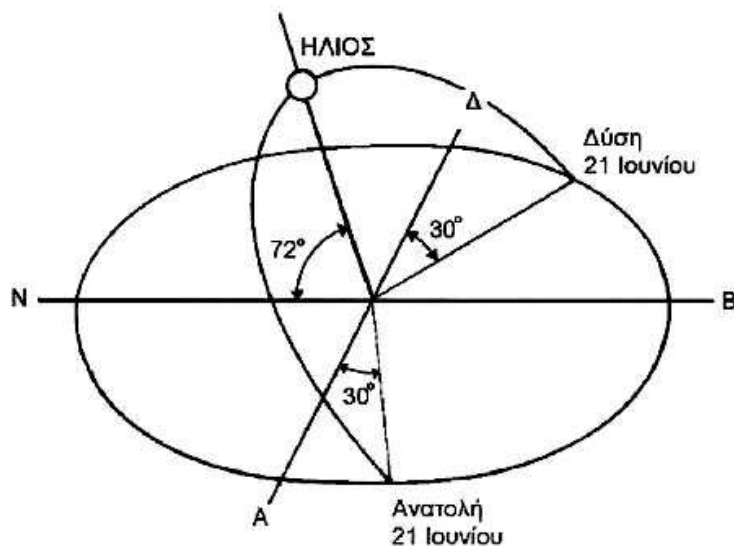
δέχονται τη μέγιστη δυνατή ηλιακή ακτινοβολία βαθιά στο εσωτερικό τους.



Σχήμα 3.2: Χειμερινό ηλιοστάσιο

(Πηγή: <http://anelixi.org/index.php?cid=2>)

Το καλοκαίρι ο ήλιος ανατέλλει και δύει βορειότερα της Ανατολής και της Δύσης. Διαγράφει μεγάλη τροχιά. Κινείται πάλι προς την πλευρά του Νότου, αλλά ψηλά στο στερέωμα (σχήμα 3.3). Έτσι, οι νότιες όψεις μπορούν να σκιαστούν τελείως με μικρές οριζόντιες προεξοχές.



Σχήμα 3.3: Θερινό ηλιοστάσιο

(Πηγή: <http://anelixi.org/index.php?cid=2>)

Παρά το γεγονός ότι ο νότιος προσανατολισμός είναι προτιμότερος, οι αρχιτέκτονες αντιμετωπίζουν συχνά πρόβλημα στο τρόπο χωροθέτησης κυρίως στις αστικές πυκνοκατοικημένες περιοχές, όπου μόνο ένα 25% των κτιρίων έχει νότιο προσανατολισμό.

Αλλά ακόμη και όταν αυτός επιτυγχάνεται ο σκιασμός από γειτονικά κτίρια δεν επιτρέπει τη πλήρη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Σ' αυτές τις περιπτώσεις συνιστάται η τοποθέτηση του κτιρίου στη βορινή πλευρά του οικοπέδου ώστε ν' αυξηθεί η απόσταση από τα γειτονικά κτίρια.

Εφόσον είναι δυνατό προβλέπεται στη νότια πλευρά η ύπαρξη υδάτινων επιφανειών ή η ανάπτυξη χαμηλού και υψηλού πράσινου (φυλλοβόλα δέντρα) κάτω από τις βέλτιστες μικροκλιματικές συνθήκες, ώστε να παρέχεται ο επιθυμητός σκιασμός και εξατμιστικός δροσισμός τη θερινή περίοδο. Σκόπιμη θεωρείται και η φύτευση αιθαλών δέντρων στη βορινή πλευρά, η οποία και επηρεάζεται κατά κανόνα από τους ψυχρούς ανέμους τη χειμερινή περίοδο, για την ανάσχεση των δυσμενών επιδράσεων.

3.3.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

Κατά το σχεδιασμό της κάτοψης του κτιρίου οι εσωτερικοί χώροι θα πρέπει να οργανωθούν και να ομαδοποιηθούν έτσι, ώστε αυτοί που χρησιμοποιούνται για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα και για τους οποίους απαιτούνται υψηλότερες θερμοκρασίες (καθιστικό, τραπεζαρία, γραφείο) να χωροθετηθούν στη νότια πλευρά του κτιρίου. Αντίθετα οι χώροι που χρησιμοποιούνται λιγότερο και απαιτούν συγκριτικά και χαμηλότερες θερμοκρασίες (W.C., υπνοδωμάτια) θα πρέπει να χωροθετούνται σε ενδιάμεση θερμική ζώνη.

Οι υπόλοιποι βοηθητικοί χώροι, εάν υπάρχουν, (garage, αποθήκες κ.λπ. θα πρέπει να προβλεφθούν στη βορινή πλευρά η οποία είναι ψυχρότερη και σκοτεινότερη καθώς δέχονται ήλιο μόνο λίγες ώρες την ημέρα, ώστε να λειτουργούν ως ζώνη θερμικής ανάσχεσης ανάμεσα στους θερμαινόμενους χώρους και το εξωτερικό περιβάλλον. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται στην πραγματικότητα οι θερμικές απώλειες από τους βασικούς κύριους χώρους.

Μορφή του κτιρίου: Το σχήμα και η θέση των κτιρίων:

Τα κτίρια πρέπει να εκθέτουν τις μεγάλες τους επιφάνειες στο Νότο. Οι βορινές τους επιφάνειες πρέπει να είναι μικρότερες ή καλά προστατευμένες από έδαφος, στέγες, ανεμοφράχτες ή από γειτονικά κτίρια. Ειδικά προς την πλευρά απ' όπου πνέουν χειμερινοί άνεμοι, τα κτίρια πρέπει να έχουν τη μικρότερη δυνατή έκθεση.

Το καλοκαίρι τα κτίρια πρέπει να δέχονται τους δροσερούς ανέμους και τις αύρες της περιοχής τους, να διαθέτουν εισόδους δροσερού αέρα από βορινές σκιασμένες αυλές και να σκιάζονται πολύ προσεκτικά στην ανατολική και δυτική τους πλευρά και στο δώμα.

3.3.3 ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Η "μορφή του κτιρίου" παίζει καθοριστικό ρόλο στη θερμική του συμπεριφορά, καθώς επηρεάζει μέσω του κελύφους που λειτουργεί ως φίλτρο, την ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον.

Για την επιλογή ύπαρξης μικρών ή μεγάλων ανοιγμάτων πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν ο προσανατολισμός των όψεων, οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής, η χρήση του κτιρίου (γραφεία, κατοικία, εμπορικά καταστήματα, σχολεία κ.λπ.) και άλλα κριτήρια σχεδιασμού, όπως θέα, ασφάλεια, θόρυβος, κόστος κατασκευής κ.ά.

Συνήθως, από ενεργειακής άποψης η ανοικτή μορφή(μεγάλα ανοίγματα) επιλέγεται όταν είναι διασφαλισμένος ο νότιος προσανατολισμός του κτιρίου και δεν υπάρχει πρόβλημα σκίασης από γειτονικά κτίρια, οπότε υπάρχει ένα άμεσο ηλιακό κέρδος .Στην αντίθετη περίπτωση είναι προτιμότερη η κλειστή μορφή (μικρά ανοίγματα), ώστε να μειώνονται οι θερμικές απώλειες.στις ανατολικές και δυτικές όψεις ,προτείνεται η ελαχιστοποίηση των ανοιγμάτων για την αποφυγή υπερθερμάνσεων τη θερινή περίοδο , όπως επίσης και στη βορινή για τον έλεγχο των θερμικών απωλειών.

Οι διαστάσεις των ανοιγμάτων θα πρέπει να καλύπτουν τις απαιτήσεις των χώρων σε φυσικό φωτισμό και αερισμό. Γενικώς, τα βορινά ανοίγματα βοηθούν σε μία καλή ποιότητα φωτισμού των χώρων, διότι δέχονται διάχυτο φως και όχι άμεσο, συνιστώνται για χώρους που χρησιμοποιούνται κυρίως τη θερινή περίοδο, (ξενοδοχεία, παραθεριστικές κατοικίες), ενώ μία υπερδιαστασιολόγησή τους σε κτίρια και χώρους που λειτουργούν και τη χειμερινή περίοδο θα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του θερμικού τους φορτίου. Στις νότιες όψεις μία κάλυψη της επιφάνειας με 60% ανοίγματα έχει σαν αποτέλεσμα τη θέρμανση των χώρων με φυσικό τρόπο από την ηλιακή ακτινοβολία.

3.3.4 ΤΟ ΚΕΛΥΦΟΣ

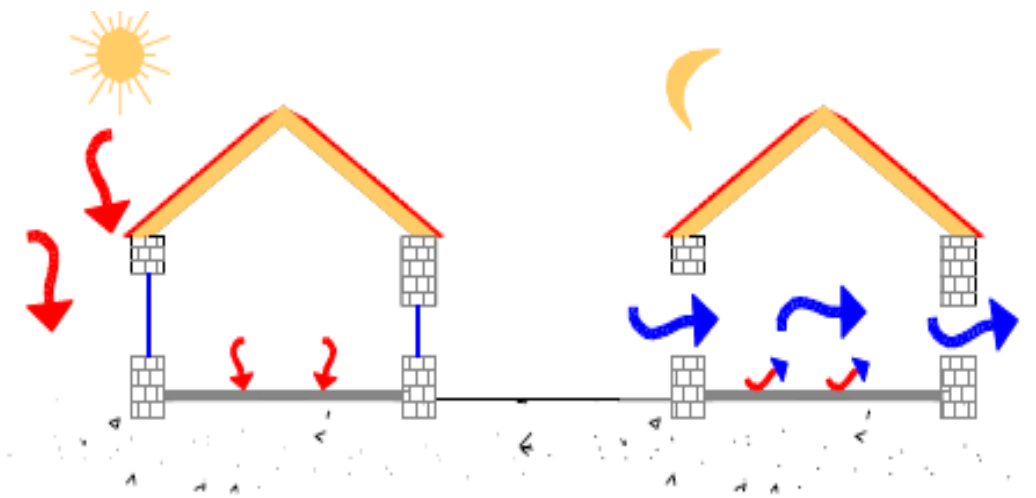
Το κέλυφος ενός κτιρίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποθήκη θερμότητας.

Το μέγεθος με το οποίο εκφράζεται η ικανότητα της αποθήκευσης της θερμότητας ενός κτιρίου ονομάζεται θερμική μάζα του κτιρίου και αναφέρεται σε υλικά που έχουν την ιδιότητα να αποθηκεύουν θερμική ενέργεια για μεγάλες περιόδους. Η

θερμική μάζα απορροφά κατά τη διάρκεια της μέρας θερμική ενέργεια και αποδίδει θερμότητα τη διάρκεια της νύχτας.

Η θερμική μάζα εντοπίζεται στους τοίχους στα δάπεδα και στις οροφές και το μέγεθός της εξαρτάται από τη μορφή και τον προσανατολισμό του κτιρίου και τη θερμοχωρητικότητα των υλικών. Το δάπεδο και οι τοίχοι και οι οροφές αποθηκεύουν θερμική ενέργεια, λόγω της πρόσπτωσης του ήλιου σε αυτά, αλλά και με τη κίνηση του αέρα, που θερμαίνεται γρηγορότερα από οποιοδήποτε άλλο υλικό, και μεταφέρει θερμότητα στα συμπαγή υλικά.

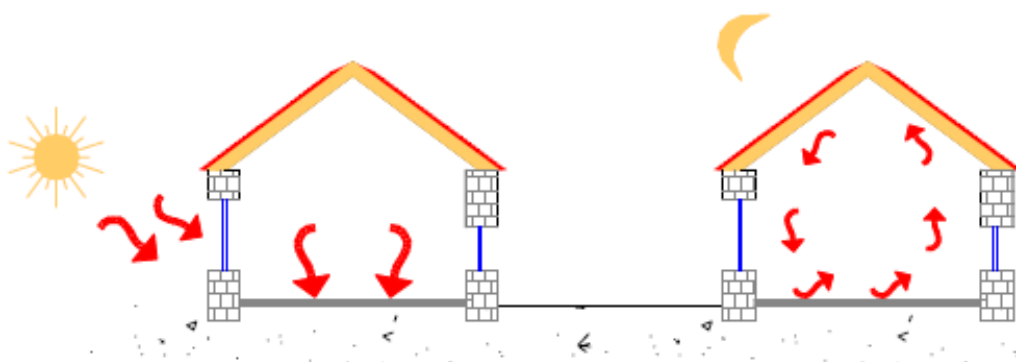
Ένα μέρος αυτής της αποθηκευμένης ενέργειας μεταφέρεται προς το εσωτερικό της κατοικίας ενώ το υπόλοιπο χάνεται προς τα έξω, μέσω των ανοιγμάτων (σχήμα 3.4,3.5).



Εικόνα 2.18: Λειτουργία της θερμικής μάζας δαπέδου το καλοκαίρι

Σχήμα 3.4: Λειτουργία της θερμικής μάζας δαπέδου το καλοκαίρι

(Πηγή:<http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/534/1>)



Σχήμα 3.5: Λειτουργία της θερμικής μάζας δαπέδου τον χειμώνα

(Πηγή:<http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/534/1>)

Η κατανομή της θερμικής μάζας στο εσωτερικό του κτιρίου καθορίζεται κυρίως από τον προσανατολισμό της επιφάνειας που εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία και την επιθυμητή χρονική καθυστέρηση όσον αφορά στην απελευθέρωση θερμότητας.

- Στις βόρειες προσανατολισμένες επιφάνειες δεν υπάρχει πρακτικά ανάγκη για χρονική καθυστέρηση αφού οι επιφάνειες αυτές έχουν μικρά θερμικά κέρδη.

- Στις επιφάνειες με ανατολικό προσανατολισμό είναι προτιμότερο να υπάρχει χρονική καθυστέρηση μεγαλύτερη από δεκατέσσερις ώρες έτσι ώστε η απελευθέρωση θερμότητας να γίνεται αργά το απόγευμα.

- Στις νότιες και τις δυτικές επιφάνειες μία χρονική καθυστέρηση οκτώ ωρών είναι αρκετή για να επιβραδύνει την απελευθέρωση θερμότητας μέχρι το βράδυ.

Η οροφή του κτιρίου που είναι εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της ημέρας, απαιτεί μεγάλη χρονική καθυστέρηση (άρα μεγάλη θερμική μάζα) ή εναλλακτικά επιπρόσθετη μόνωση.

Παραδοσιακοί τύποι υλικών με μεγάλη θερμική μάζα είναι το νερό, οι φυσικοί λίθοι, το χώμα, το τούβλο, το σκυρόδεμα, το ύφασμα και τα κεραμικά. Οι ικανότητες της θερμικής μάζας ήταν γνωστές από την αρχαιότητα αλλά μόλις πρόσφατα άρχισαν να αναφέρονται σαν κομβικό σημείο στρατηγικής στο ενεργειακό σχεδιασμό του κτιρίου. Σήμερα τεχνικές του παρελθόντος, όπως η αξιοποίηση της θερμικής μάζας, αναφέρονται σαν εναλλακτικές μέθοδοι στο μηχανισμό ψύξης και θέρμανσης.

Στα σημερινά κτίρια η θερμική μάζα αποτελείται από στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την πλήρωση του κελύφους όπως τα τούβλα, οι τσιμεντόλιθοι και το σκυρόδεμα. Ακόμη, συνιστάται η χρήση της πέτρας, όπου αυτό είναι δυνατό. Αντίθετα η χρήση υλικών όπως το ξύλο δεν ευνοούν την αποθήκευση θερμότητας.

Οι τιμές θερμικής μάζας ορισμένων παραδοσιακών υλικών δίνονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 3.1).

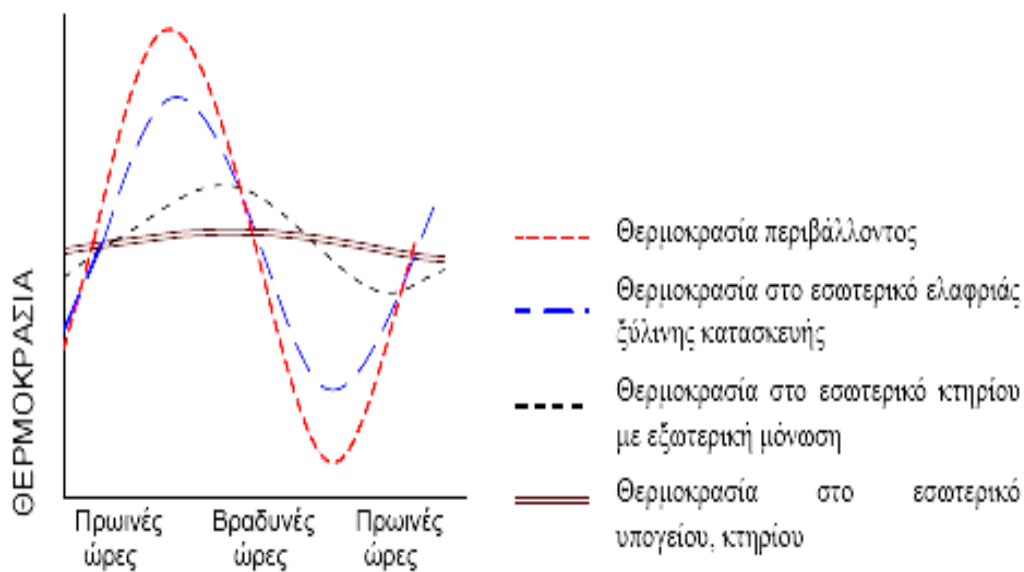
Πίνακας 3.1: Θερμική μάζα διαφόρων υλικών

Υλικό	Θερμική μάζα $\text{KJ/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$
Νερό	4186
Σκυρόδεμα	2060
Συμπαγή εδαφικά υλικά	1740
Τούβλο	1360

(Πηγή: <http://www.ntua.gr/vitruvius/ecomat.pdf>)

Για να γίνει δυνατή η εκμετάλλευση της θερμικής μάζας του κτιρίου πρέπει η μόνωση να τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του κτιρίου διαφορετικά δεν είναι δυνατή η αποθήκευση πλεονάζουσας θερμότητας και η απόδοσή της στο εσωτερικό σε μεταγενέστερο χρόνο. Η βέλτιστη λειτουργία της θερμικής μάζας προκύπτει από το συνδυασμό εξωτερικής θερμομόνωσης και της μεγάλης εσωτερικής θερμικής μάζας (Διάγραμμα 3.1).

Διάγραμμα 3.1: Κατανομή διαφόρων θερμοκρασιών για μια τυπική ποσότητα θερμικής μάζας κατά την διάρκεια της ημέρας



(Πηγή:<http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/534/1>)

Η ικανότητα της θερμικής μάζας καθορίζεται από την ημερήσια θερμοχωρητικότητα, η οποία ορίζεται ως το ποσό της αποθηκευμένης θερμότητας ανά βαθμό διακύμανσης της εσωτερικής θερμοκρασίας. Η θερμική μάζα εξαρτάται κυρίως από τις ιδιότητες του υλικού σε σχέση πάντα με την επαφή του με τον εσωτερικό αέρα του κελύφους και εκφράζεται από το γινόμενο της θερμοχωρητικότητας του υλικού επί την θερμική του αγωγιμότητα.

Η θερμοχωρητικότητα ενός υλικού είναι ανάλογη προς τον όγκο και την πυκνότητα του υλικού. Από τα συνήθη υλικά μεγαλύτερη πυκνότητα έχει ο φυσικός λίθος ενώ ακολουθούν τα τούβλα και το σκυρόδεμα (υλικά θερμικής αποθήκης κτιρίου). Από ένα ορισμένο πάχος του υλικού και πέραν η θερμοχωρητικότητα των υλικών δεν αυξάνεται έτσι καθίσταται περιττή κάθε πρόσθετη αύξηση πάχους.

Ενδεικτικά η ημερήσια θερμοχωρητικότητα ορισμένων υλικών για διαφορετικά πάχη υλικού φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 3.2)

Πίνακας 3.2

Υλικό	Ημερήσια θερμοχωρητικότητα KJ/°C m ²				
	Πάχος υλικού				
	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
Σκυρόδεμα	120	200	240	245	245
Φυσικός λίθος	100	175	185	185	185
Τούβλο	80	140	150	150	150
Ξύλο	30	35	35	35	35

(Πηγή: <http://www.ntua.gr/vitruvius/ecomat.pdf>)

Η συμπεριφορά της θερμικής μάζας εξαρτάται από τη χρονική καθυστέρηση μετά από την οποία η θερμική μάζα αποδίδει θερμότητα. Η θερμική μάζα υποστηρίζει την θερμική άνεση στο κτίριο αφού προκαλεί ελάττωση του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου σε σχέση με αυτό του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Το κτίριο θερμαίνεται και αποβάλλει θερμική ενέργεια στο περιβάλλον από την επιφάνεια του κελύφους του. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του κελύφους, τόσο περισσότερη θερμική ενέργεια χάνει το κτίριο. Η θερμική ενέργεια που χάνεται περιορίζεται με την χρήση θερμομονωτικών υλικών (υλικά που έχουν μεγάλη θερμική αντίσταση) και την χρήση διπλών υαλοπινάκων.

3.3.5 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Η σωστή θερμομόνωση σε συνδυασμό με ένα ικανοποιητικό σύστημα κλιματισμού, εξασφαλίζει την άνετη διαμονή μέσα στην κατοικία. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα προστατεύει τον εσωτερικό χώρο από το κρύο και κατά το καλοκαίρι από την υπερβολική ζέση. Εξασφαλίζει οικονομία στην αρχική δαπάνη εγκατάστασης και στις δαπάνες λειτουργίας της θέρμανσης, μειώνοντας τις ανταλλαγές θερμοκρασία με το εξωτερικό περιβάλλον ή με χώρους που έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες. Εξοικονομεί χρήματα από τα έξοδα συντήρησης και αυξάνει το χρόνο ζωής της κατοικίας, συμβάλλοντας στην προστασία της από φθορές και βλάβες.

Οι κατά καιρούς έρευνες απέδειξαν ότι μια σωστή θερμομόνωση, που απαιτεί περίπου το 2 - 5% του αρχικού κόστους κατασκευής του κτηρίου, μπορεί να εξοικονομήσει μέχρι και 50% του κόστους λειτουργίας της θέρμανσής του. Όλα τα κτίρια που κατασκευάστηκαν στην Ελλάδα μετά το 1980 είναι μονωμένα βάσει του Κανονισμού Θερμομόνωσης, όμως σχεδόν όλα τα κτίρια που έχουν κατασκευαστεί πριν το 1980 (σχεδόν το 82% των κτιρίων στην Ελλάδα) δεν έχουν μόνωση.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διάφορων τεχνικών θερμομόνωσης

Οι τοίχοι μπορούν να μονωθούν με τέσσερις κυρίως τεχνικές:

3.3.5.1 Από το εσωτερικό μέρος τους

Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό υλικό τοποθετείται από την πλευρά του εσωτερικού χώρου και προστατεύεται από κάποιο στερεό δομικό υλικό που λειτουργεί όπως και το επίχρισμα.

Ο τρόπος αυτός θερμομόνωσης έχει τα εξής αποτελέσματα:

- Έχει περιορισμένο χρόνο κατασκευής
- Αποτελεί φθηνότερη λύση σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση
- Δεν απαιτείται ιδιαίτερη προστασία των μονωτικών από τις εξωτερικές επιδράσεις.
- Έχει απλή κατασκευή
- Θερμαίνεται πολύ γρήγορα ο χώρος
- Η κατασκευή μπορεί να γίνει ανεξάρτητα από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες.

Η θερμομόνωση των τοίχων από την εσωτερική πλευρά έχει τα ακόλουθα μειονεκτήματα:

- Περιορίζεται ο εσωτερικός χώρος

- Ο χώρος ψύχεται πολύ σύντομα. Μένει ανεκμετάλλευτη η θερμοχωρητικότητα του εξωτερικού τοίχου.
- Δε λύνεται το πρόβλημα των θερμογεφυρών.
- Τα δομικά στοιχεία κινδυνεύουν από συστολές και διαστολές από τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Κίνδυνος ρηγματώσεων και εισροής βρόχινου νερού.
- Υπάρχει μικρό πρόβλημα στην τακτοποίηση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.

3.3.5.2 Από το εξωτερικό μέρος τους

Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό τοποθετείται στο εξωτερικό μέρος του τοίχου. Με την κατασκευή αυτή εμφανίζονται τα εξής πλεονεκτήματα:

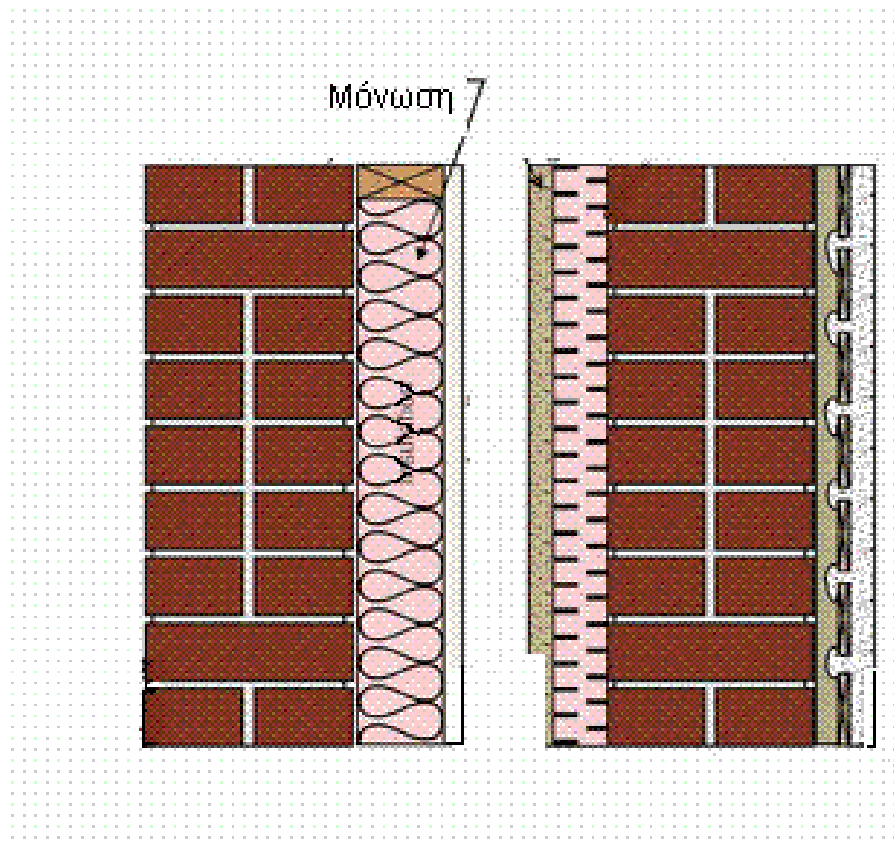
- Ο χώρος διατηρεί τη θερμότητα και μετά τη διακοπή της θέρμανσης από τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων.
- Στους νότιους ειδικά χώρους των κτιρίων διατηρείται η θερμότητα από το ηλιακό θερμικό κέρδος γιατί αποθηκεύεται στους βαρείς εσωτερικούς τοίχους.
- Δεν εμποδίζεται η ομαλή λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή της εσωτερικής θερμομόνωσης.
- Δε μειώνεται ωφέλιμος κατοικήσιμος χώρος.
- Οι εξωτερικές επιφάνειες των τοίχων προστατεύονται από τις συστολές και διαστολές.
- Εξασφαλίζεται κάλυψη των θερμογεφυρών ιδιαίτερα στις πλάκες σκυροδέματος, στα δοκάρια και στις κολώνες.

Τα μειονεκτήματα αυτής της τεχνικής είναι:

- Η κατασκευή της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι ακριβότερη σε σχέση με τη θερμομόνωση της εσωτερικής πλευράς του τοίχου.
- Δεν είναι πολύ εύκολη η εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης στην περίπτωση που οι τοίχοι έχουν πολλές αρχιτεκτονικές προεξοχές.
- Υπάρχει αδυναμία εφαρμογής της εξωτερικής θερμομόνωσης σε κτήρια με έντονο εξωτερικό μορφολογικό ενδιαφέρον όψεων.
- Απαιτούνται σκαλωσιές για τις εργασίες κατασκευής σε πολυώροφα κτήρια.
- Χρειάζεται ειδική προστασία των υλικών διαφόρων στρώσεων για προστασία από τις εξωτερικές καιρικές επιδράσεις.

3.3.5.3 Θερμομόνωση με χρήση ειδικών τούβλων

Στην περίπτωση αυτή ο τοίχος κτίζεται με ειδικά θερμομονωτικά τούβλα που με τον τρόπο κατασκευής τους, το σχήμα τους, τις διαστάσεις τους κλπ. πρέπει να εξασφαλίζουν τις τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας K που επιβάλλει ο κανονισμός θερμομόνωσης. Αν απαιτείται να αυξηθεί ο συντελεστής αυτός προστίθεται μονωτικό που σε ορισμένες περιπτώσεις είναι εκ κατασκευής ενσωματωμένο στο θερμομονωτικό τούβλο. Η κατασκευή αυτή εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα αλλά θα πρέπει να εξασφαλίζεται με σωστή κατασκευή των επιχρισμάτων η σωστή στεγανότητα ώστε να μην υγραίνεται η μάζα των θερμομονωτικών τούβλων (σχήμα 3.6).



Σχήμα 3.6: Θερμομόνωση με χρήση ειδικών τούβλων

(Πηγή: <http://www.anakainizo.com/faq/66-thermomonosh.html>)

3.3.5.4 Θερμομόνωση στον πυρήνα μεταξύ δύο τοίχων.

Αποτελεί μέθοδο τοποθέτησης θερμομόνωσης που χρησιμοποιείται πολύ στη χώρα μας. Συνήθως το μονωτικό υλικό τοποθετείται μεταξύ δύο δορικών τοίχων και αυτό ίσως αποτελεί το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου. Εξασφαλίζεται δηλαδή η θερμομόνωση, αλλά δεν είναι βέβαιο ότι εξασφαλίζεται επαρκώς και η στατική αντοχή του συστήματος και ιδιαίτερα η αντοχή που απαιτείται από τον αντισεισμικό κανονισμό. Η κατασκευή αυτού του τύπου θερμομόνωσης έχει περιθώρια βελτίωσης έστω και αν δημιουργηθούν στη χειρότερη περίπτωση θερμογέφυρες από την κατασκευή των σενάζ.

3.3.5.5 Θερμομόνωση κουφωμάτων

Μεγάλη πηγή διαρροής θερμότητας είναι τα τζάμια και τα κουφώματα επομένως ο ρόλος τους είναι σημαντικός για τη θέρμανση και την ψύξη των χώρων.

Ο τύπος, οι διαστάσεις και η τοποθέτηση των κουφωμάτων είναι ένας συνδυασμός που εξασφαλίζει καλή θερμομόνωση σε μία κατασκευή.

Τα κουφώματα θα πρέπει να είναι αεροστεγανά και θα πρέπει να έχουν τζάμια και σκελετούς με καλές θερμομονωτικές ιδιότητες ώστε να περιορίζουν τη διαφυγή θερμότητας.

Τα ξύλινα και πλαστικά (PVC) κουφώματα έχουν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας σε αντίθεση με τα αλουμινίου που θα πρέπει να έχουν θερμοδιακοπή στο προφίλ τους για να μην έχουν μεγάλες θερμικές απώλειες.

Η χρήση διπλών τζαμιών με ή χωρίς θερμομονωτικό αέριο στο διάκενο συνεισφέρει στην καλή θερμομόνωση αλλά και στην ηχομόνωση (σχήμα 3.7).



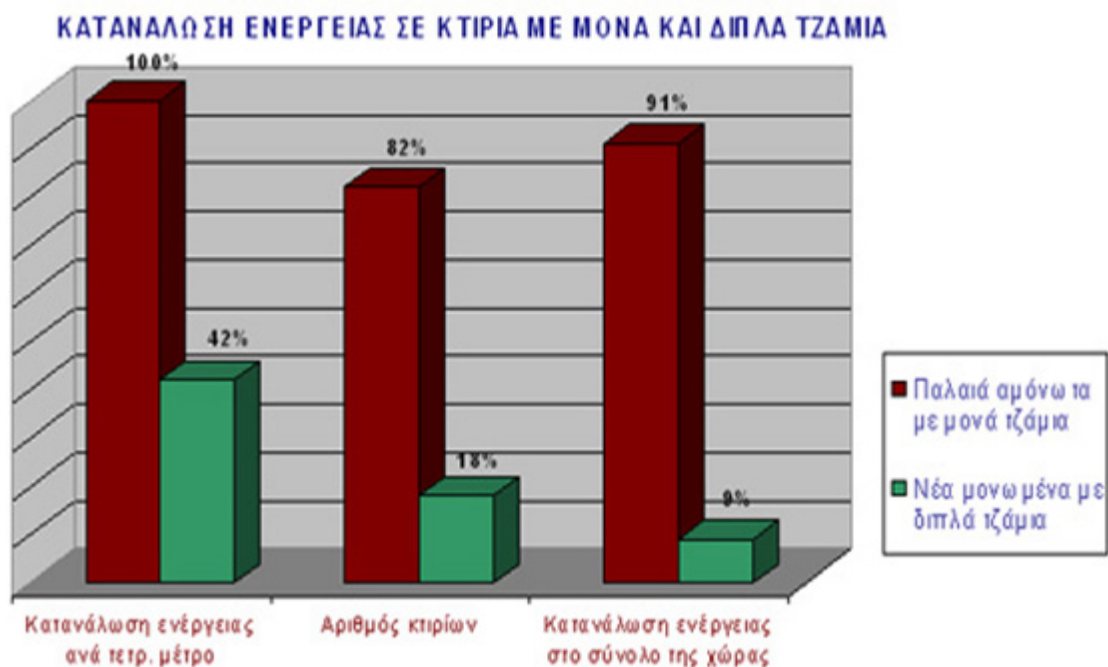
Σχήμα 3.7: αποτελέσματα χρήσης ειδικών υαλοπινάκων

(Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria)

Στην Ελλάδα, από την ισχύ του Κανονισμού Θερμομόνωσης του 1979 είναι υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτίρια, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις του Κανονισμού. Για τα παλαιά κτίρια, κτισμένα εν γένει πριν το 1979, η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς, με πιθανή αντικατάσταση και των κουφωμάτων, αποτελεί μια σημαντική τεχνική εξοικονόμηση ενέργειας. Η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα, ενεργειακά αποδοτικά με διπλά τζάμια, αν και έχει κάποιο κόστος, μπορεί να ανατρέψει κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό την κακή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, με πολλαπλά οφέλη, ενεργειακά-περιβαλλοντικά και οικονομικά.

Η εξοικονόμηση ενέργειας από κάθε επέμβαση στο κέλυφος του κτιρίου, εξαρτάται από τη χρήση του κτιρίου, τα αρχιτεκτονικά του χαρακτηριστικά και το κλίμα της περιοχής. Ενδεικτικά το ΚΑΠΕ προσομοίωσε ένα τυπικό διαμέρισμα 100 τετραγωνικών μέτρων σε 4 πόλεις με χαρακτηριστικό κλίμα στην Ελλάδα και υπολόγισε την εξοικονόμηση ενέργειας που θα επιφέρει η αντικατάσταση παλαιών παραθύρων με μονά τζάμια με νέα, τα οποία θα έχουν διπλούς υαλοπίνακες τριών τύπων (συνήθη διπλό με διάκενο 4 και 6 χιλιοστά και διπλό χαμηλής εκπομπής με υλικό πλήρωσης αργό). Το ποσό της εξοικονομούμενης ενέργειας που προκύπτει για κάθε τύπο υαλοπίνακα και του αντίστοιχου πετρελαίου σε ετήσια βάση παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Διάγραμμα 3.2)

Διάγραμμα 3.2: Κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια με μονά και διπλά τζάμια

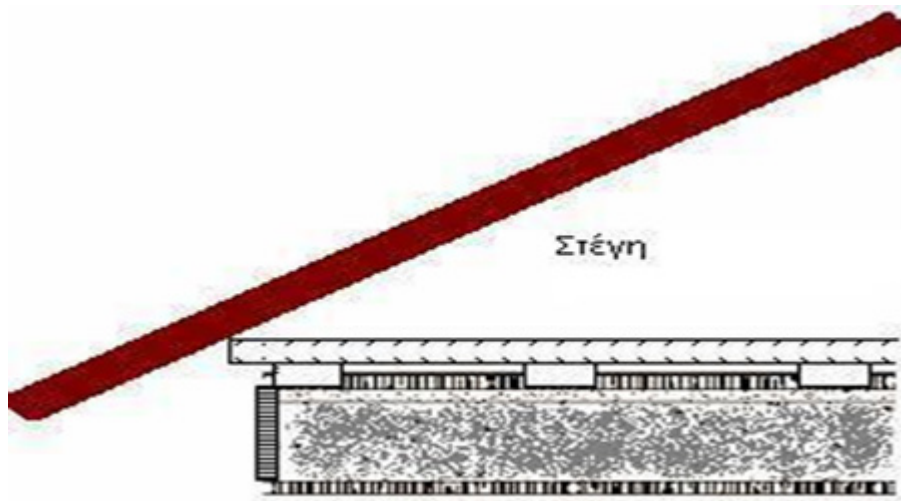


(Πηγή: ΚΑΠΕ 2000)

3.3.5.6 Θερμομόνωση οροφής – στέγης

Η οροφή μπορεί να είναι οριζόντια ή κεκλιμένη και το θερμομονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετηθεί στην εξωτερική ή στην εσωτερική επιφάνεια της οροφής. Στην εξωτερική επιφάνεια της οροφής το θερμομονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετηθεί είτε πάνω είτε κάτω από τη στεγάνωση ανάλογα με τη συμπεριφορά του στην υγρασία. Σε κάθε περίπτωση υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανάλογα με τις ανάγκες που θέλουμε να καλύψουμε (σχήμα 3.8).

Η στέγη συνδυάζει την οριζόντια και την κεκλιμένη οροφή. Στην περίπτωση που ο χώρος της στέγης δεν κατοικείται αρκεί η τοποθέτηση θερμομονωτικού υλικού επί της οριζόντιας επιφάνειας. Στην άλλη περίπτωση η θερμομόνωση τοποθετείται είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά στην κεκλιμένη επιφάνεια

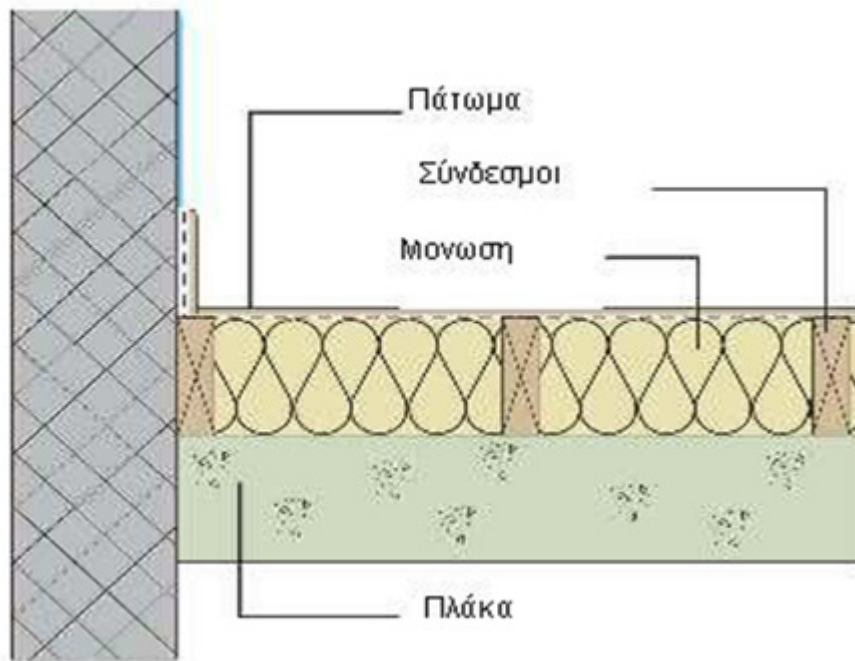


Σχήμα 3.8: Θερμομόνωση οροφής – στέγης

(Πηγή: <http://www.anakainizo.com/faq/66-thermomonosh.html>)

3.3.5.7 Θερμομόνωση δαπέδων

Η θερμομόνωση στο δάπεδο μπορεί να τοποθετηθεί επάνω από την πλάκα σε περίπτωση που μας ενδιαφέρει ή άμεση απόδοση των συστημάτων θέρμανσης κλιματισμού (εξοχικές κατοικίες) είτε κάτω από την πλάκα καθώς έχει καλύτερη απόδοση και μετά την διακοπή των συστημάτων θέρμανσης κλιματισμού.



Σχήμα 3.9: Θερμομόνωση δαπέδων

(Πηγή: <http://www.anakainizo.com/faq/66-thermomonosh.html>)

3.3.6 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Τα βασικά θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται κατά τη μόνωση των κατοικιών είναι

- η εξηλασμένη πολυστερίνη,
- η πολυουρεθάνη,
- ο υαλοβάμβακας,
- ο πετροβάμβακας,
- ο περλίτης,
- το Heraklith και
- ο διογκωμένος φελλός.

Η εξηλασμένη πολυστερίνη προέρχεται από υδρογονάνθρακες, μια μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, όπου καταναλώνεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας κατά την παραγωγή της, η οποία κυμαίνεται από 450-850 kWh/m³, μολύνει το περιβάλλον καθώς εκλύονται τοξικά πτητικά αέρια στο περιβάλλον όπως χλωροφθοράνθρακες, πεντάνιο κ.α., δεν είναι ανακυκλώσιμο το υλικό και έχει επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου καθώς παράγεται στυρένιο. Τέλος, δημιουργεί ισχυρά ηλεκτροστατικά πεδία και το κτίριο δεν έχει καμία δυνατότητα διαπνοής.

Η πολυουρεθάνη, δεν παράγεται από υλικά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κατά την παραγωγή της καταναλώνονται 1000-1200 kWh/m³, δεν ανακυκλώνεται, το κτίριο δεν έχει δυνατότητα διαπνοής, εκλύει κατά τη χρήση της υδροχλωροφθοράνθρακες, ίσοκυανάτες που απελευθερώνουν στο περιβάλλον αμίνες άκρως επικίνδυνες για τον άνθρωπο, ενώ σε περίπτωση πυρκαγιάς παράγεται κυάνιο το οποίο είναι ιδιαίτερος τοξικό.

Ο υαλοβάμβακας και ο πετροβάμβακας, αν και είναι μη ανανεώσιμα, προέρχονται από υλικά που υπάρχουν σε αφθονία στη φύση. Κατά την παραγωγή τους καταναλώνουν 150-250 kWh/m³, η κύρια μόλυνση που προκαλούν είναι κατά την παραγωγή, η έκλυση διοξειδίου του άνθρακα. Όσον αφορά στην υγεία του ανθρώπου αποτελεί ένα από τα καρκινογόνα υλικά και είναι καλό να αποφεύγεται η χρήση του.

Ο περλίτης, είναι προϊόν ηφαιστειακής προέλευσης, αποτελείται από μη ανανεώσιμες πηγές που όμως βρίσκεται σε αφθονία στη φύση, μπορεί να ανακυκλωθεί κατά ένα μέρος και δεν εκλύει τοξικά αέρια τόσο κατά την παραγωγή του όσο και σε περίπτωση πυρκαγιάς. Είναι ένα καλό θερμομονωτικό υλικό και κατά την παραγωγή του καταναλώνει περίπου 230 kWh/m³ ενέργεια.

Το Heraklith, αποτελεί ένα αποδεκτό οικολογικά προϊόν, είναι ανανεώσιμο όσον αφορά στο ξυλόμαλλο και λιγότερο όσον αφορά στον μαγνησίτη, κατά την παραγωγή του απαιτεί λιγότερη ενέργεια σε σχέση με τα άλλα μονωτικά υλικά. Ένα άλλο χαρακτηριστικό του είναι το γεγονός ότι μπορεί να ανακυκλωθεί εύκολα, δεν είναι εύφλεκτο, δεν εκλύει τοξικές ουσίες και δεν προκαλεί προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου. Όμως παρουσιάζει μικρή ηλεκτρική αγωγιμότητα λόγω του τσιμέντου και είναι αναγκαία η σωστή γείωση του οπλισμένου σκυροδέματος. Παρά το γεγονός ότι στην Ευρώπη υπάρχουν τρία είδη τέτοιων υλικών όπως το Heraklith, το Ecolith και το Fibralith, στην Ελλάδα υπάρχει μόνο το Heraklith.

Τέλος, ο διογκωμένος φελλός, αποτελείται από ανανεώσιμες πηγές, είναι πλήρως ανακυκλώσιμο υλικό, η ενέργεια που καταναλώνει κατά την παράγωγή του είναι πολύ χαμηλή 80-90 kWh/m³, είναι απόλυτα φιλικό και υγιεινό, εφόσον οι κατασκευάστριες εταιρίες δεν χρησιμοποιούν συνθετικές κόλλες. Το κύριο

μειονέκτημά του είναι το κόστος του το οποίο είναι αρκετά υψηλό καθώς στην Ελλάδα δεν υπάρχουν φυτείες τέτοιων φυτών κι έτσι η Ευρώπη προμηθεύεται αυτό το υλικό από την Πορτογαλία, η οποία είναι η κύρια παραγωγός *Quercus-βελανιδιών*.

Ιδιότητες των μονωτικών υλικών

- Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας:

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας δεν είναι σταθερό μέγεθος αλλά μια γραμμική συνάρτηση που αυξάνεται σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Συνήθως, χαρακτηρίζεται από μια μέση τιμή. Η θερμική αγωγιμότητα επηρεάζεται αρνητικά από την υγρασία, γεγονός που εξηγείται εύκολα αν σκεφτούμε ότι η θερμική αγωγιμότητα του νερού είναι 0,57 W/mk, δηλαδή πολύ μεγαλύτερη από αυτή του ακίνητου, ξηρού αέρα. Οι τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας που δίνονται από τις διάφορες εταιρείες ισχύουν συνήθως με μια ανοχή 5 - 10% ανάλογα με το είδος του υλικού. Η προσαύξηση αυτή λαμβάνει υπόψη της λάθη μετρήσεων και την ανομοιομορφία των περισσότερων μονωτικών. Στην πράξη, στις κατασκευές, τα θερμομονωτικά υλικά απορροφούν υγρασία παρά τη χρήση φράγματος υδρατμών. Επίσης λόγω των ιδιοτήτων τους και του τρόπου κατασκευής τους τα περισσότερα μονωτικά υλικά γερνάνε εξαιτίας μηχανικών αλληλεξαρτήσεων και θερμοκρασιακών αλλαγών. Έτσι αλλοιώνεται η αρχική ισορροπία των στερεών και των αέριων συστατικών. Παρά τις έρευνες που γίνονται στον τομέα αυτόν οι μηχανισμοί γήρανσης των θερμομονωτικών υλικών παραμένουν σε μεγάλο άγνωστο. Αυτό που είναι σίγουρο είναι ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας πάντοτε αυξάνεται και ποτέ δεν μειώνεται.

- Ο Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών (μ):

Όπως ήδη αναφέρθηκε τα θερμομονωτικά υλικά πρέπει να είναι και να παραμείνουν στεγνά. Αυτό επιτυγχάνεται ευκολότερα όσο μεγαλύτερη αντίσταση παρουσιάζει ένα υλικό στη διάχυση υδρατμών και καθορίζεται από τον αδιάστατο συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ . Ο συντελεστής αυτός είναι σχετικό μέγεθος αδιάστατο και δίνει κατά πόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση στη διάχυση υδρατμών ενός στρώματος του υλικού σε σχέση προς το στρώμα αέρα ίσου πάχους. Όσο μικρότερος λοιπόν είναι ο συντελεστής αυτός τόσο πιο ευαίσθητο είναι ένα υλικό στην υγρασία.

- Η μηχανική αντοχή:

Η μηχανική αντοχή που απαιτείται για μια κατασκευή προσδιορίζει το σύστημα θερμομόνωσης που θα χρησιμοποιηθεί. Έτσι υλικά με μεγάλη μηχανική αντοχή

μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αυτοφερόμενα, αλλά με μικρότερη αντοχή μπορούν να μπουν σε ένα φέρον πλέγμα και άλλα με πολύ μικρή ως υλικά πλήρωσης. Η αντοχή σε συμπίεση είναι ένα καθοριστικό μέγεθος στις θερμομονώσεις δαπέδων. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις είναι χρήσιμη και η γνώση των ενδιάμεσων παραμορφώσεων μέχρι τη θραύση από μερικές φορτίσεις, που δεν καταστρέφουν το υλικό αλλά μπορούν να δημιουργήσουν υπερβολικές καταπονήσεις σε φέροντα στοιχεία ή επενδύσεις. Σε πολλές περιπτώσεις χρειάζονται πληροφορίες για την αντοχή των υλικών σε κάμψη ή σε εφελκυσμό. Αυτό απαιτείται ιδιαίτερα σε εσωτερικές θερμομονώσεις ορόφων με μεγάλα ανοίγματα ή σε αυτοφερόμενες κατασκευές που καταπονούνται από τις καιρικές συνθήκες.

- Η σταθερότητα στις διαστάσεις:

Σε θερμομονωτικές πλάκες που κατασκευάζονται με θερμικές διεργασίες μπορούν να διαφοροποιηθούν οι ονομαστικές διαστάσεις κατά το στάδιο της ψύξης και η κατάσταση να επιδεινωθεί εξαιτίας της γήρανσης. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με τεχνική γήρανση κατά τη φάση της παραγωγής έτσι ώστε να σταθεροποιηθούν οι διαστάσεις. Μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές έχουν ως αποτέλεσμα μια αξιόλογη γραμμική συρρίκνωση σε όλα τα στερεά μονωτικά υλικά. Τέλος ορισμένα θερμομονωτικά υλικά έχουν μεγάλους συντελεστές διαστολής, τους οποίους πρέπει να λάβει υπόψη του ο κατασκευαστής κατά την τοποθέτηση. Ακόμη πρέπει να ελέγχονται και οι ανοχές που μπορεί να εμφανίζουν οι διαστάσεις ώστε να ελέγχεται η συμπεριφορά τους.

- Η Αντίσταση στη φωτιά:

Η συμπεριφορά των θερμομονωτικών υλικών στη φωτιά μπορεί να έχει άμεσες οικονομικές επιπτώσεις. Γενικά παρά το αυξημένο κόστος τους, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο θερμομονωτικά υλικά που δεν αναφλέγονται ή τουλάχιστο δύσκολα ή μέτρια αναφλεγόμενα. Γενικά την καλύτερη συμπεριφορά στη φωτιά έχουν το αφρώδες γυαλί, τα ινώδη υλικά, ο περλίτης κλπ.

- Το ειδικό βάρος:

Το ειδικό βάρος αποτελεί μια ακόμη χρήσιμη ιδιότητα διότι ακόμη και στην ίδια κατηγορία υλικών μπορεί ένα ελαφρότερο υλικό να έχει χειρότερες θερμομονωτικές ιδιότητες από βαρύτερο επειδή έχει μεγαλύτερες και πυκνότερες κυψέλες.

3.4 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων αποτελούν τα παθητικά συστήματα, τα οποία αποτελούν δομικά στοιχεία ενός κτιρίου. Τα παθητικά συστήματα λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και με φυσικό τρόπο θερμαίνουν, αλλά και δροσίζουν τα κτίρια. Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες

- Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης
- Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Αερισμού/ Δροσισμού
- Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού.

3.4.1 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση κτιρίων έχουν αναπτυχθεί τρεις κατηγορίες τεχνικών συστημάτων, ανάλογα με το αν παρεμβάλλονται ή όχι μηχανολογικά συστήματα: τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα και τα παθητικά ηλιακά συστήματα, ενώ μία τρίτη κατηγορία είναι τα υβριδικά συστήματα.

Παθητικά ηλιακά συστήματα είναι εκείνα που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση ή ψύξη και δεν κάνουν χρήση μηχανικών μέσων για τη μεταφορά της θερμότητας προς το χώρο. Βασίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας, εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτιρίου και χρησιμοποιούν, για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την αποθήκευση της θερμότητας, τα δομικά στοιχεία του κελύφους (τοίχους, δάπεδα, οροφές, δώμα)

Αναγκαία προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία των παθητικών ηλιακών συστημάτων ώστε να αξιοποιήσουν όσο το δυνατό περισσότερο την ηλιακή ενέργεια, είναι ένας κατάλληλος σχεδιασμός του κτιρίου. Αυτό σημαίνει ότι το κέλυφος πρέπει να επιτρέπει :

- Τη μέγιστη *ηλιακή συλλογή*
- Τη μέγιστη *θερμοχωρητικότητα*
- Τις ελάχιστες *θερμικές απώλειες*

Η λειτουργία των παθητικών συστημάτων βασίζεται σε 3 μηχανισμούς

• Το φαινόμενο του *θερμοκηπίου* (συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας και η διατήρηση της στο εσωτερικό του κτιρίου για την θέρμανση των χώρων) (σχήμα 3.10).

- Τη θερμική υστέρηση των υλικών (θερμοχωρητικότητα)
- Τις αρχές μετάδοσης της θερμότητας (την ιδιότητα της θερμότητας να μεταφέρεται από το θερμό στο κρύο αντικείμενο)



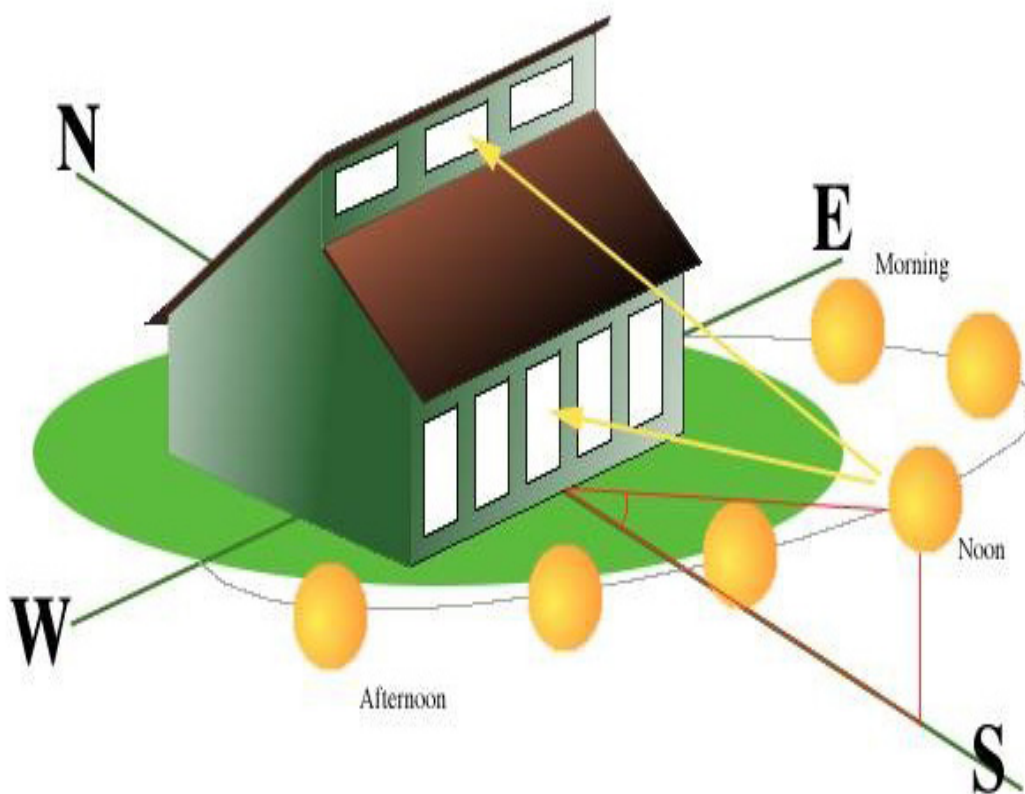
Σχήμα 3.10: Μορφή κατοικίας με ενσωματωμένα παθητικό σύστημα θερμοκηπίου
(Πηγή: <http://www.eng.auth.gr>)

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα για θέρμανση διακρίνονται σε:

- συστήματα Άμεσου κέρδους
- συστήματα Έμμεσου κέρδους
- συστήματα Απομονωμένου κέρδους

3.4.1.1 Παθητικά ηλιακά συστήματα άμεσου κέρδους

Το πιο απλό σύστημα που αξιοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία για την θέρμανση του κτιρίου είναι το άμεσου κέρδους μέσω των νότια προσανατολισμένων ανοιγμάτων (σχήμα 3.11)



Σχήμα 3.11: Συστήματα άμεσου κέρδους

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

Η αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου συστήματος επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες :

- Προσανατολισμός
- Θέση ανοιγμάτων
- Μέγεθος ανοιγμάτων

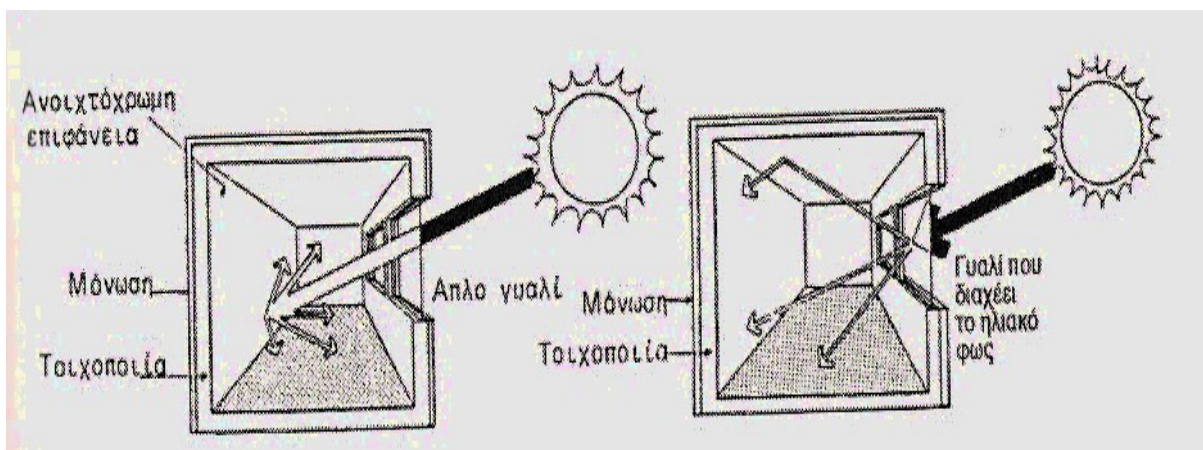
Το μέγεθος των ανοιγμάτων νότιου προσανατολισμού για 38° βόρειο γεωγραφικό πλάτος ώστε τα ηλιακά κέρδη να συνεισφέρουν στη θέρμανση του κτιρίου δίνεται ενδεικτικά από το παρακάτω πίνακα

Πίνακας 3.3: Σχέση μεταξύ εξωτερικής θερμοκρασίας και ανοιγμάτων

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

Πηγή: Αναλυτική προσέγγιση κεντρικών θερμάνσεων Βραχόπουλος (2004))

Τέλος σημαντικό ρόλο για τη σωστή εφαρμογή του συστήματος παίζει η επιλογή των τύπων των υαλοπινάκων και η επιλογή των δομικών στοιχείων (τοίχοι, δάπεδο, οροφή) (σχήμα 3.12). Αυτά πρέπει να έχουν τουλάχιστον 9 φορές μεγαλύτερη επιφάνεια από τα ανοίγματα και πρέπει να κατασκευάζονται από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας για την αποθήκευση του ηλιακού θερμικού κέρδους.



Σχήμα 3.12: Αποθήκευση του ηλιακού θερμικού κέρδους ανάλογα με την επιλογή των τύπων των υαλοπινάκων και την επιλογή των δομικών στοιχείων
(Πηγή: http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/sun_energy2.html)

Πλεονεκτήματα

- Το χαμηλό κόστος: Τα υαλοστάσια είναι ένας σχετικά οικονομικός τρόπος δημιουργίας ηλιακού συλλέκτη
- Η ευκολία κατασκευής: Στις περισσότερες περιπτώσεις αρκεί η σωστή χωροθέτηση των ανοιγμάτων. Δεν απαιτείται πρόσθετη μάζα θερμικής αποθήκευσης, για συμμετοχή έως 25% της ηλιακής ενέργειας στη θέρμανση του χώρου. Ο έως σήμερα τρόπος κατασκευής των κτηρίων στην Ελλάδα παρέχει την απαραίτητη θερμική μάζα για τη λειτουργία του συστήματος.
- Τα συνδυασμένα οφέλη: Τα γυάλινα ανοίγματα συμβάλλουν σε πολλές ταυτόχρονα λειτουργίες, επιτρέποντας την είσοδο του φυσικού φωτός στο κτήριο και την οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

Μειονεκτήματα

- Ο κίνδυνος θάμβωσης από τα μεγάλα ανοίγματα.
- Η είσοδος υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία μπορεί να αλλοιώσει υφάσματα και αντικείμενα.
- Οι σχετικά μεγάλες διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας που εμφανίζονται εάν δεν υπάρχει επαρκής θερμική μάζα.
- Η μείωση της ιδιωτικότητας.
- Η μεγάλη επιφάνεια θερμικής μάζας που απαιτείται, όταν προβλέπεται ηλιακή συμμετοχή μεγαλύτερη από 50% (ιδιαίτερα σε ψυχρά κλίματα).
- Το κόστος της νυχτερινής μόνωσης που απαιτείται για τη μείωση των θερμικών απωλειών.

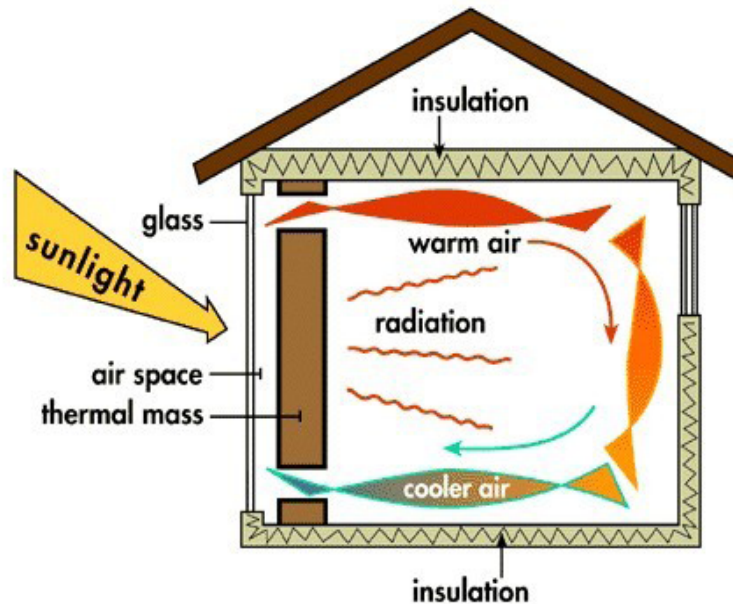
3.4.1.2 Συστήματα έμμεσου κέρδους

Ανήκουν τα συστήματα που αξιοποιούν έμμεσα τα ηλιακά οφέλη για την θέρμανση του κτιρίου.

Αυτά τα συστήματα απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο κέλυφος και ύστερα επιτρέπουν στη θερμότητα να διεισδύσει στους χώρους διαβίωσης.

Τοίχος μάζας

Ο θερμικός τοίχος (τοίχος μάζας, Trombe ή τοίχος νερού) (σχήμα 3.13), το δώμα θερμικής αποθήκευσης και ο τοίχος μεταξύ του θερμοκηπίου και του χώρου διαβίωσης, είναι οι κύριες εφαρμογές των μηχανισμών έμμεσου κέρδους.



Σχήμα 3.13: Τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή τοίχος μάζας ή ηλιακός τοίχος
(Πηγή: http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/sun_energy2.html)

Είναι ένας συνδυασμός τοίχου χωρίς θερμομόνωση νότιου προσανατολισμού κατασκευασμένου από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας που λειτουργεί ως αποθήκη και διανομέας της θερμότητας, και μιας εξωτερικής διάφανης επιφάνειας (συνήθως γυαλί) στη εξωτερική πλευρά του τοίχου σε απόσταση συνήθως 10cm , που χρησιμεύει για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Ο τοίχος κατασκευάζεται από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας για να διασφαλίζει χρονική υστέρηση τουλάχιστον 6h ώστε η εσωτερική του επιφάνεια να έχει τη μέγιστη θερμοκρασία στην αρχή της νύχτας. Η εξωτερική επιφάνεια του τοίχου πρέπει να είναι σκουρόχρωμη ώστε να μεγιστοποιεί την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Σε τοίχο με σκουρόχρωμη επιφάνεια αναπτύσσεται επιφανειακή θερμοκρασία μέχρι και 65°C.

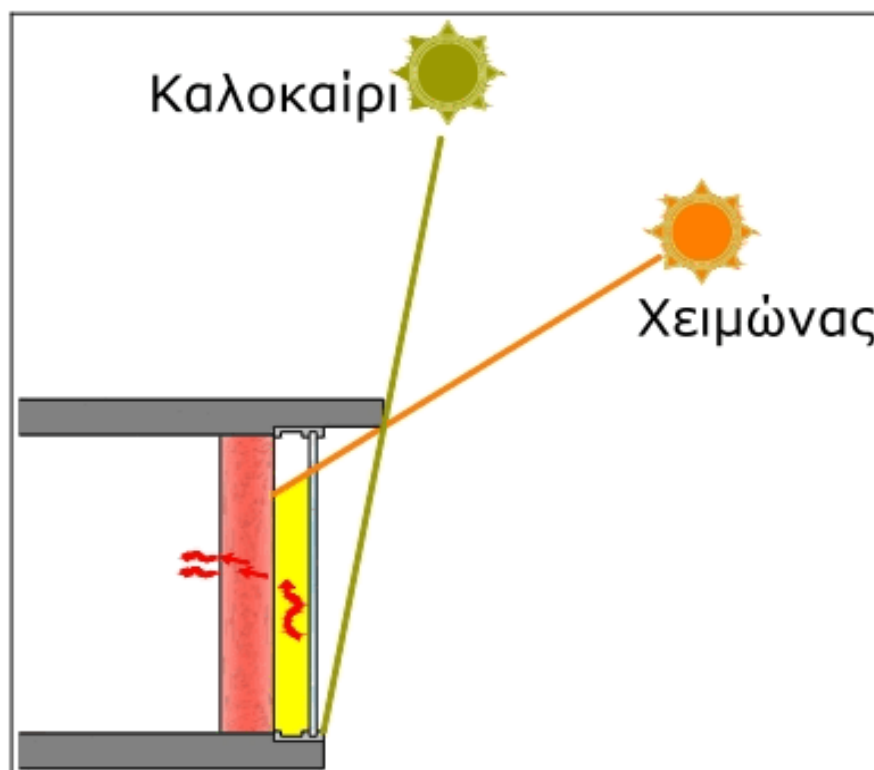
Η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται από το διαφανές στοιχείο μετατρέπεται σε θερμότητα στο χώρο μεταξύ του υαλοστασίου και του τοίχου και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στον τοίχο. Από εκεί μεταδίδεται με αγωγιμότητα, με ακτινοβολία ή

και με μεταφορά, ανάλογα με την κατασκευή του συστήματος, στο χώρο. Ταυτόχρονα το διαφανές υλικό και, σε ορισμένες περιπτώσεις επιπρόσθετα και το ακίνητο στρώμα αέρα μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου λειτουργεί ως μονωτικό στρώμα για τη μείωση των θερμικών απωλειών από το θερμό τοίχο προς το εξωτερικό ψυχρό περιβάλλον (σχήμα 3.14).

Ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους, οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης διακρίνονται σε:

- τοίχους που είναι κατασκευασμένοι από υλικά τοιχοποιίας, δηλαδή χυτό σκυρόδεμα, τσιμεντόλιθους, οπτόπλινθους (πλήρεις ή με οπές), πέτρα και ωμοπλίνθους και
- τοίχους που αποτελούνται από δοχεία μεταλλικά, πλαστικά ή από μπετόν και περιέχουν νερό.

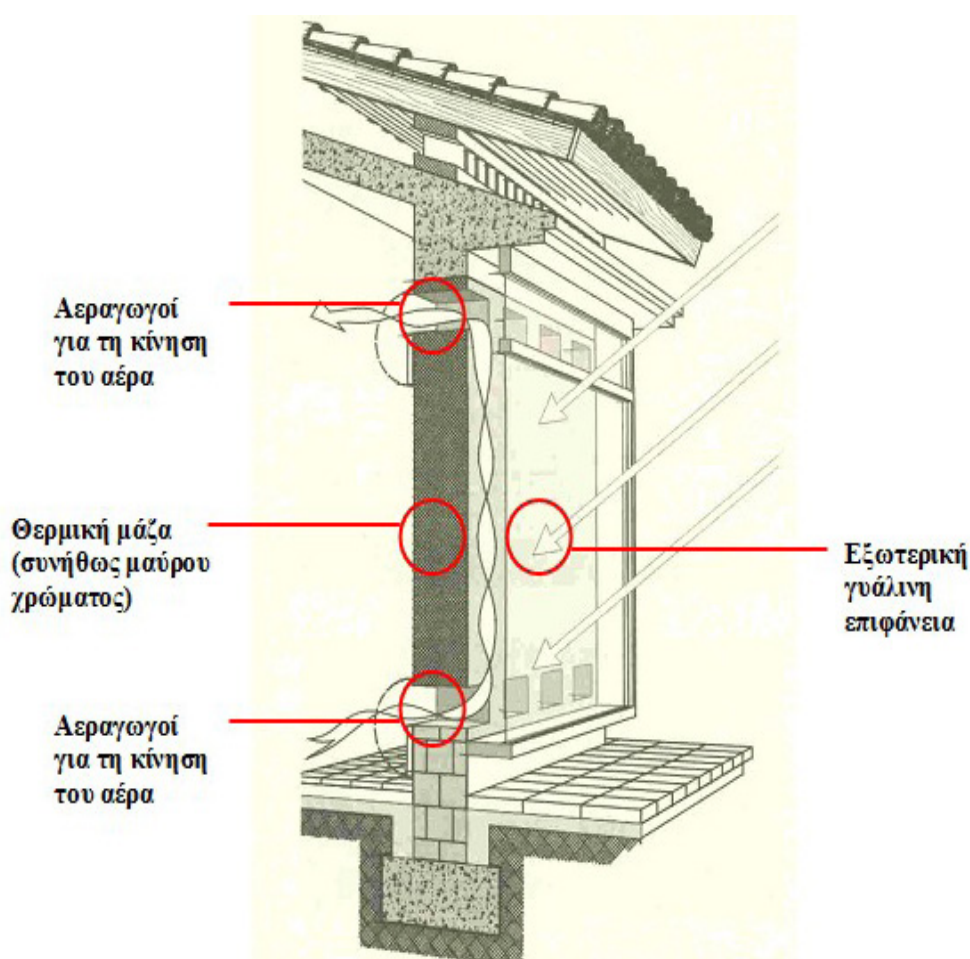
Για την καλή λειτουργία του τοίχου, το βάθος του θερμαινόμενου χώρου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 4,5 με 6,0 μέτρα, που είναι η μέγιστη απόσταση για να είναι αποτελεσματική η θέρμανση του χώρου με την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον θερμό τοίχο.



Σχήμα 3.14: Αρχή λειτουργίας τοίχου θερμικής αποθήκευσης
(Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia>)

Τοίχος Trombe Michel

Είναι ένας τοίχος θερμικής αποθήκευσης κατασκευασμένος από υλικά τοιχοποιίας, που σε όλο το επάνω και κάτω μέρος του μήκους του υπάρχουν θυρίδες για να διευκολύνουν την κίνηση του αέρα. Οι θυρίδες τοποθετούνται κατά μήκος όλου του τοίχου και όσο το δυνατόν πιο κοντά στην οροφή και στο δάπεδο. Η απόσταση μεταξύ των επάνω και κάτω θυρίδων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 2.0m και η συνολική επιφάνεια των θυρίδων να μην υπολείπεται του 2% της συνολικής επιφάνειας του τοίχου (σχήμα 3.15).



Σχήμα 3.15: Λεπτομέρεια τοίχου Trombe Michel

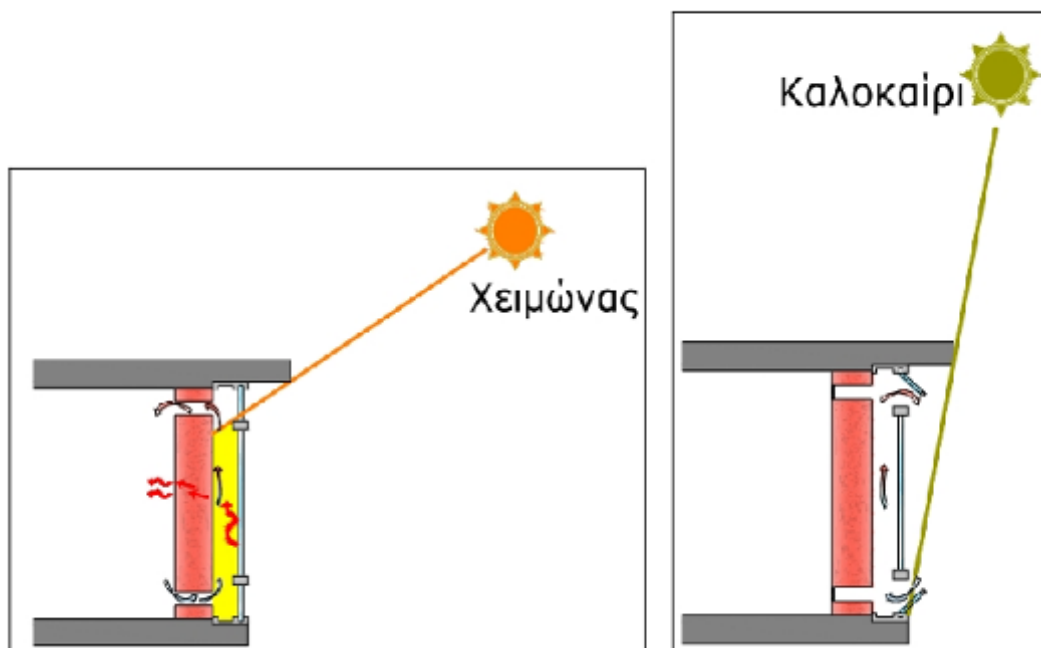
(Πηγή: Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων Κ. Τσίπηρας)

Η λειτουργία του βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού και πραγματοποιείται κίνηση του αέρα λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας ο θερμός αέρας κινείται προς τα πάνω και εισέρχεται στο χώρο απ τη πάνω θυρίδα, ενώ ο ψυχρότερος αέρας από τον εσωτερικό χώρο περνάει από τη κάτω θυρίδα και αντικαθιστά το κενό που δημιουργήθηκε μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα. και θερμαίνεται και αυτός.

Με αυτόν τον τρόπο αποδίδεται πρόσθετη θερμότητα στο χώρο στις περιόδους της ηλιοφάνειας και η θέρμανση του χώρου αρχίζει αμέσως με τη θέρμανση του τοίχου και συνεχίζεται έως 2 με 3 ώρες μετά το σκιασμό του.

Κατά τις νυχτερινές ώρες της χειμερινής περιόδου οι θυρίδες πρέπει να κλείνουν (αρκεί μόνον το κλείσιμο των επάνω θυρίδων), ώστε να μην προκαλείται αντίστροφη κυκλοφορία του αέρα (σχήμα 3.16).



Σχήμα 3.16: Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες

(Πηγή:<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia>)

Το καλοκαίρι βασική προϋπόθεση καλής λειτουργίας είναι ο τοίχος να σκιάζεται με σταθερό ή κινούμενο σκίαστρο και ο φεγγίτης στο πάνω μέρος του υαλοστασίου να ανοίγει για να εξασφαλιστεί η απομάκρυνση του θερμού αέρα

Ενδεικτικά η επιφάνεια ενός κατάλληλα σχεδιασμένου τοίχου Trombe- Michel δίνεται από το πίνακα (πίνακας 3.4).

Πίνακας 3.4: Επιφάνεια τοίχου Trombe- Michel

ΜΕΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟ ΧΕΙΜΩΝΑ °C	ΕΜΒΑΔΟΝ ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΒΕ ΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ 1m ²
-1	0,43 - 0,78
4,5	0,28 - 0,46

(Πηγή: Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια – αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες – μεταφορές Στ. Περγίος)

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός τοίχου θερμικής αποθήκευσης δίνονται από το πίνακα (πίνακας 3.5).

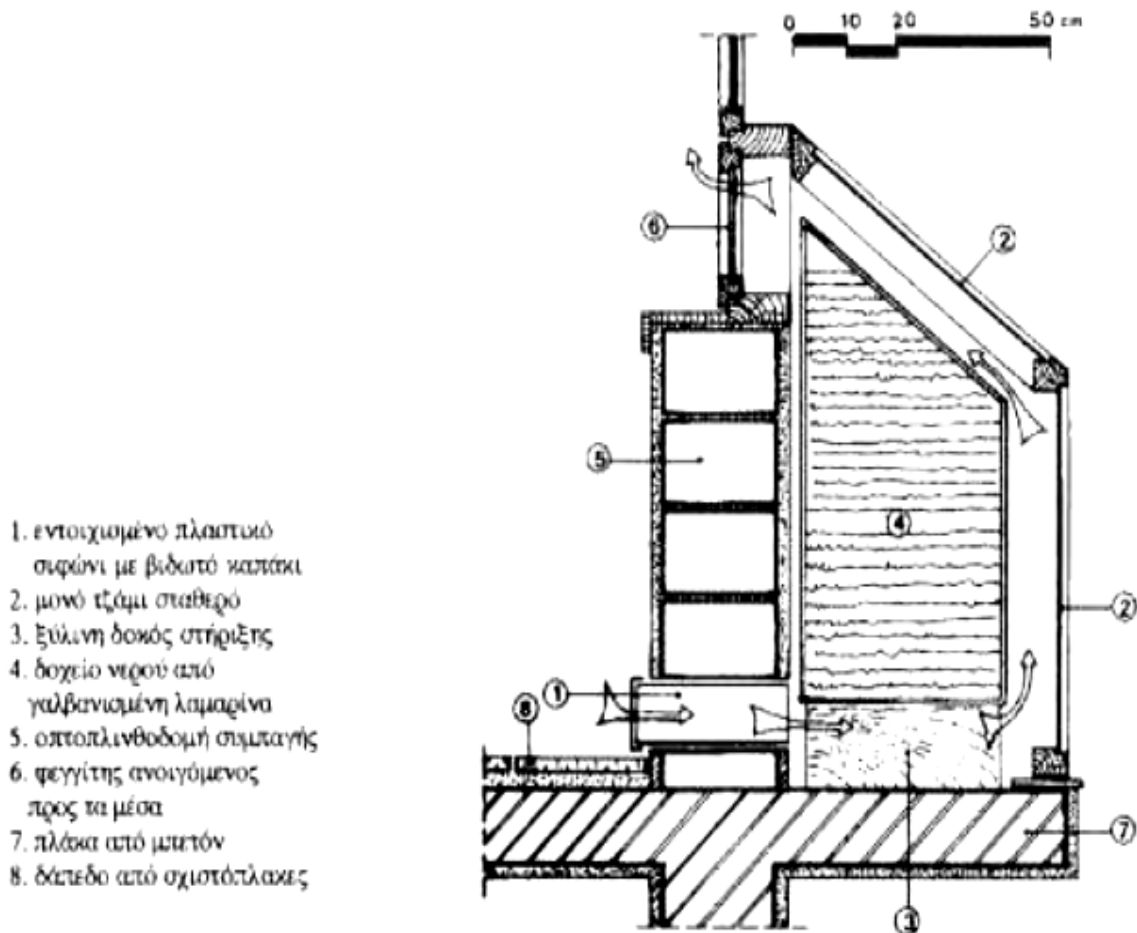
Πίνακας 3.5: Τεχνικά χαρακτηριστικά τοίχου θερμικής αποθήκευσης

ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΟΥ cm	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ °C	ΧΡΟΝΙΚΗ ΥΣΤΕΡΗΣΗ h
20	22,2	6,8
30	11,1	9,3
35	8,3	10,6
40	5,5	11,9
45	4,1	13,2
50	2,7	14,5
60	1,1	17,1

(Πηγή: Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια – αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες – μεταφορές Στ. Περγίος)

Τοίχος νερού

Ο τοίχος νερού είναι ένας τοίχος κατασκευασμένος από ένα πλαστικό ή μεταλλικό στεγανό δοχείο, σκούρου χρώματος, που περιέχει νερό. Τοποθετείται στη θέση του τοίχου μάζας ή του τοίχου Trombe και λειτουργεί κατά τον ίδιο τρόπο (σχήμα 3.17).



Σχήμα 3.17: Τοίχος νερού

(Πηγή: <http://anelixi.org/index.php?cid=2>)

Πλεονεκτήματα

- Θάμβωση και κίνδυνος αλλοίωσης υφασμάτων από υπεριώδη ακτινοβολία δεν υπάρχει.
- Οι διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας είναι σχετικά μικρές (μικρότερες από ό,τι στο σύστημα άμεσου κέρδους).

- Η μεγάλη χρονική καθυστέρηση για τη μετάδοση της θερμότητας, που έχει σαν αποτέλεσμα η θερμότητα να αποδίδεται κατά τις νυχτερινές ώρες, όταν είναι περισσότερο απαραίτητη.

Μειονεκτήματα

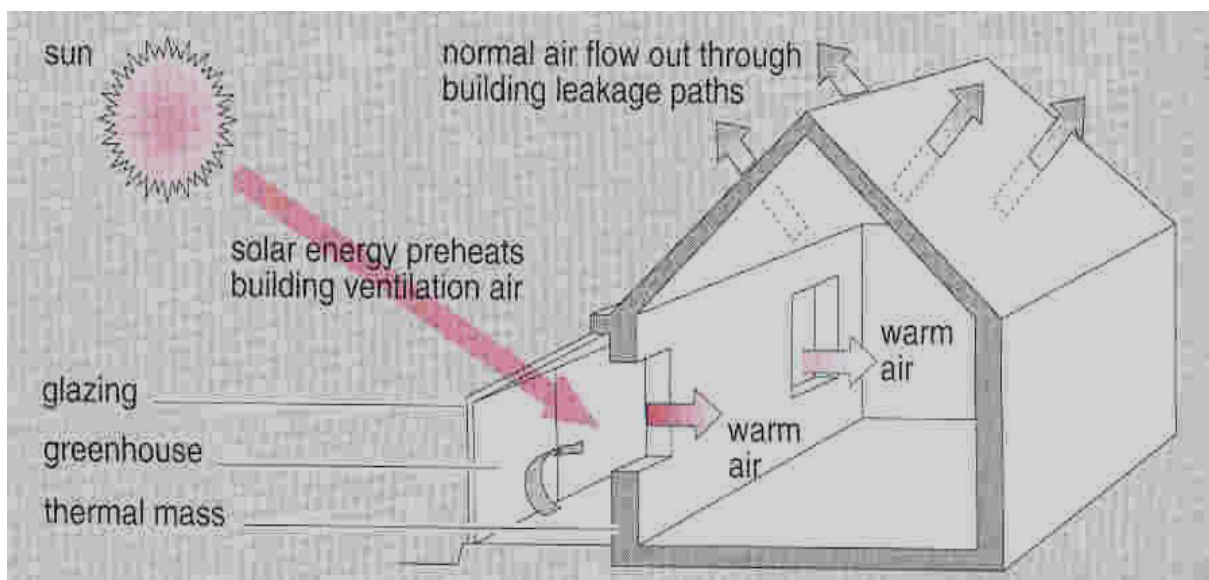
- Η μείωση των νότιων ανοιγμάτων και η δημιουργία κλειστής νότιας όψης.
- Το κόστος της νυχτερινής μόνωσης, εάν απαιτείται.
- Η καθημερινή λειτουργία των θυρίδων, όταν πρόκειται για τοίχο Trombe.
- Η απαίτηση καθαρισμού του υαλοστασίου.

Θερμοκήπιο

Το θερμοκήπιο ή σέρα ή ηλιακός χώρος είναι ο συνδυασμός παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους και τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Είναι ένας κλειστός χώρος με μεγάλο ποσοστό γυάλινης επιφάνειας και νότιο προσανατολισμό προσαρτημένος σε τμήμα του κτιρίου.

Θερμοκήπια θεωρούνται και τα αίθρια στον πυρήνα των κτηρίων, σκεπασμένα με γυάλινη επιστέγαση, που είναι ανεξάρτητοι μη θερμαινόμενοι χώροι.

Ανάλογα με την αρχιτεκτονική λύση, ο ηλιακός χώρος συνδέεται με έναν κοινό τοίχο με το κτήριο, κατασκευασμένο από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας ή ενσωματώνεται σ' αυτό και συνδέεται με το κτίριο με περισσότερους κοινούς τοίχους, συμπαγείς ή με συνδυασμό τοιχοποιίας και υαλοστασίου (σχήμα 3.18).

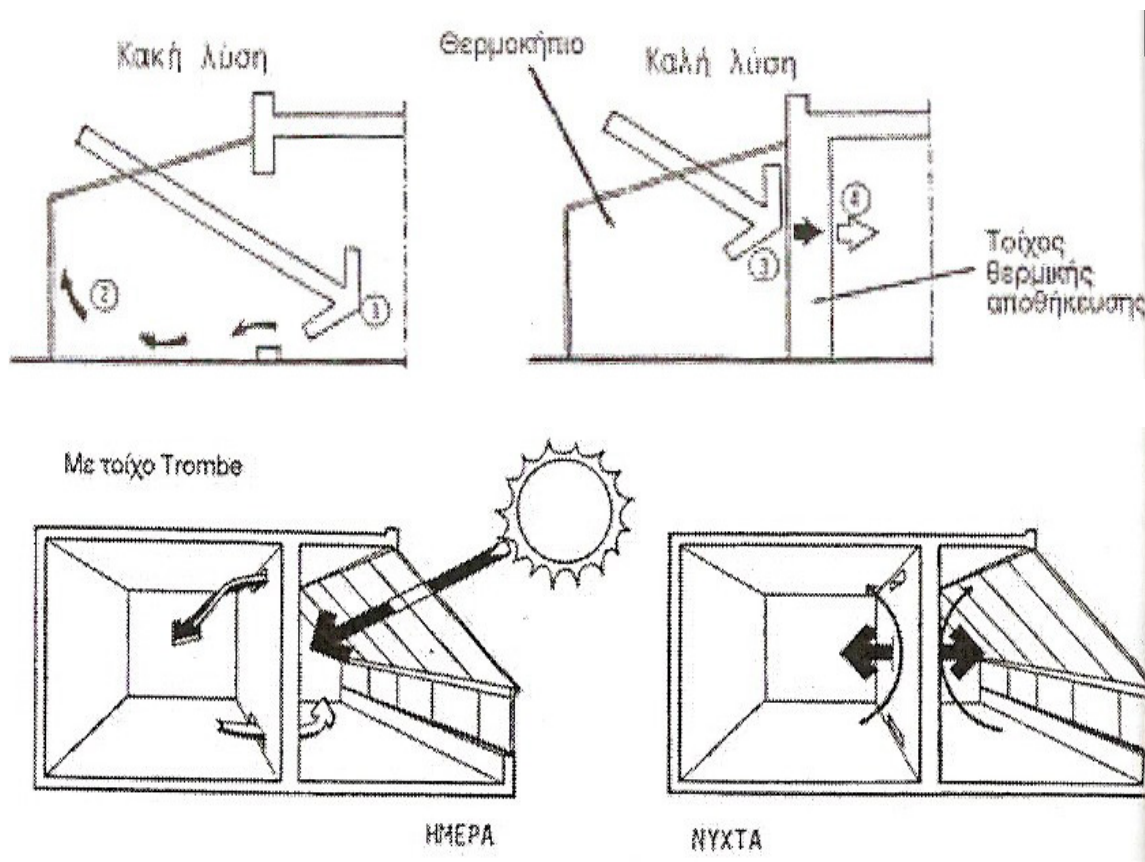


Σχήμα 3.18: Θερμοκήπιο

(Πηγή: Renewable Energy: Power for a sustainable future by Godfrey Boyle)

Το σύστημα λειτουργεί καλύτερα αν μεταξύ του θερμοκηπίου και του κτιρίου υπάρχει τοίχος θερμικής αποθήκευσης κατασκευασμένος από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας. Ο διαχωριστικός τοίχος και το διαχωριστικό υαλοστάσιο μεταξύ θερμοκηπίου και κατοικήσιμου χώρου, θερμομονώνεται ή όχι και εφαρμόζεται νυχτερινή μόνωση. Το πάχος του μη θερμομονωμένου διαχωριστικού τοίχου (από σκυρόδεμα ή συμπαγή πλινθοδομή) κυμαίνεται από 20-35 εκ. (σχήμα 3.19).

Η απόδοση του βελτιώνεται αν προβλεφτούν θυρίδες στο πάνω και κάτω μέρος του τοίχου για τη κίνηση του αέρα. Το μέγεθος του εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής.



Σχήμα 3.19: Θερμοκήπιο με τοίχο Trombe

(Πηγή: Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια – αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες – μεταφορές Στ. Περγίδης)

Υπάρχουν πέντε βασικές μέθοδοι μεταφοράς θερμότητας από τον ηλιακό χώρο στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου:

- Με απευθείας είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτηρίου (στην περίπτωση που υπάρχουν διαφανή στοιχεία στον ενδιάμεσο τοίχο).
- Με μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στο χώρο με θερμοσιφωνισμό (στην περίπτωση που υπάρχουν ανοίγματα ή θυρίδες στον ενδιάμεσο τοίχο) ή με βεβιασμένη μεταφορά (θυρίδες ενισχυμένες με ανεμιστήρες).
- Με αγωγιμότητα μέσω των διαχωριστικών τοίχων θερμοκηπίου-κτηρίου (σε αυτή την περίπτωση ο ενδιάμεσος τοίχος δε διαθέτει θερμομόνωση κατά τη διάρκεια της ημέρας).
- Με τη χρήση απλών μηχανικών μέσων (π.χ. ανεμιστήρας) και αποθήκευση της θερμότητας στον εσωτερικό χώρο απ' όπου και μεταδίδεται με ακτινοβολία ή μεταφορά. Σ' αυτή την περίπτωση, η θερμότητα μπορεί να μεταφερθεί και σε χώρους που δεν δέχονται απευθείας την ηλιακή ακτινοβολία.
- Με συνδυασμό των ανωτέρω.

Οι συνθήκες υπερθέρμανσης που δημιουργούνται το καλοκαίρι αντιμετωπίζονται με σκιασμό του θερμοκηπίου (εξωτερικά) και ανοίγματα στην οροφή για την απομάκρυνση του θερμού αέρα.

Επίσης είναι απαραίτητος ο αερισμός του θερμοκηπίου, ο οποίος λειτουργεί και ως μέσο ελέγχου της υπερθέρμανσης και της υγρασίας αλλά και για την απομάκρυνση του CO₂ που παράγεται το βράδυ, στην περίπτωση που ο ηλιακός χώρος χρησιμοποιείται και για την καλλιέργεια των φυτών. Για να δημιουργηθεί ρεύμα αέρα πρέπει να τοποθετηθούν περίπου ίδιου μεγέθους ανοίγματα στους απέναντι.

Πλεονεκτήματα

- Δημιουργείται πρόσθετος κατοικήσιμος χώρος με μικρό κόστος.
- Δημιουργείται χώρος για την καλλιέργεια φυτών.
- Λειτουργεί ως φράγμα θερμικών απωλειών του κτηρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- Ενσωματώνεται εύκολα σε υφιστάμενα κτίρια.
- Οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον κατοικήσιμο χώρο είναι μικρές.

Μειονεκτήματα

- Η θερμική απόδοση επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το σχεδιασμό και γι' αυτό είναι δύσκολο να προβλεφθεί.
- Υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης, ιδίως για το καλοκαίρι, εάν δεν ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα ηλιοπροστασίας και αερισμού με τοίχους, ή ανοιγόμενες θυρίδες στο άνω τμήμα του θερμοκηπίου.

3.4.1.3 Συστήματα Απομονωμένου κέρδους

Στα συστήματα απομονωμένου κέρδους η επιφάνεια ηλιοσυλλογής δεν βρίσκεται σε επαφή με τον χώρο που επιθυμούμε να θερμάνουμε.

Μεταξύ αυτής της επιφάνειας και το χώρο διαβίωσης υπάρχει ένας μηχανισμός μετάδοσης της θερμότητας όπως για παράδειγμα ένας ανεμιστήρας.

(Στα πραγματικά παθητικά ηλιακά συστήματα η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με μη μηχανικά μέσα και βασίζεται κυρίως στην άνωση, μεταγωγή και ακτινοβολία της θερμότητας)

Παράδειγμα συστημάτων απομονωμένου κέρδους είναι το θερμοσιφωνικό πανέλο και το rock bed. Η θερμότητα που συλλέγεται από αυτό αποθηκεύεται είτε στα δομικά στοιχεία του κτηρίου είτε σε υποδαπέδια αποθήκη θερμότητας. Έχει νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως $\pm 30^\circ$ από το νότο και κλίση είτε κατακόρυφη, είτε υπό γωνία, με βέλτιστη κλίση τις $30-40^\circ$ για τον ελλαδικό χώρο. Χαρακτηριστικό είναι ότι επειδή απομονώνεται εύκολα από το κτήριο δεν απαιτούνται στοιχεία ηλιοπροστασίας και επίσης μπορεί να αξιοποιηθεί η βέλτιστη κλίση για τη χειμερινή δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας, χωρίς επιπτώσεις υπερθέρμανσης. Αποτελείται από υαλοπίνακα, τοποθετημένο σε μικρή απόσταση (2-5cm) μπροστά από μεταλλική επιφάνεια, σκούρου χρώματος (μαύρου) και το όλο σύστημα θερμομονώνεται. Συνδέεται με το κτήριο με θυρίδες εισροής και εκροής του αέρα του εσωτερικού χώρου προς και από το πανέλο. Οι θυρίδες αυτές τοποθετούνται σε ολοτο πλάτος του πανέλου, με διάμετρο 20-30cm. Ο χώρος θερμαίνεται μέσω του φαινομένου του θερμοσιφωνισμού. Ο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του κτηρίου εισέρχεται στο κατώτερο μέρος του θερμοσιφωνικού πανέλου από την κατώτατη θυρίδα του όπου θερμαίνεται, ανέρχεται ως ελαφρότερος και εξέρχεται στον εσωτερικό χώρο από την ανώτατη θυρίδα του.

Η απόδοση του θερμοσιφωνικού πανέλου αυξάνεται με τη χρήση διπλών υαλοπινάκων στο συλλέκτη, σε σχέση με απλούς υαλοπίνακες, ιδιαίτερα για τα πιο ψυχρά κλίματα. Το θερμοσιφωνικό πανέλο ενδείκνυται για χώρους που χρειάζονται άμεση απόδοση θερμότητας από τα ηλιακά κέρδη, όπως χώρους γραφείων, σχολικές αίθουσες κοκ (σχήμα 3.20). Το πλεονέκτημά του, σε σχέση με το άμεσο κέρδος που,

επίσης, αποδίδει άμεσα θερμότητα στο χώρο, είναι ότι αποφεύγεται η θάμβωση από μεγάλους υαλοπίνακες, η υπερθέρμανση τη θερινή περίοδο, καθώς κι οι αυξημένες απώλειες θερμότητας τη νύχτα. Εκτός αυτού, τη θερινή περίοδο, μπορεί να αποκόπτεται θερμικά από το κτήριο (κλείσιμο των θυρίδων, σκίαση του πανέλου, άνοιγμα του υαλοπίνακα στο ανώτατο και κατώτερο μέρος του), αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανση του χώρου.



Σχήμα 3.20: Θερμοσιφωνικό πανέλο

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

Πλεονεκτήματα

- Προσαρμόζεται εύκολα και σε υφιστάμενα κτίρια με νότιο προσανατολισμό.
- Αποδίδει άμεσα θερμότητα στους χώρους, αποφεύγοντας τη θάμβωση.
- Τη θερινή περίοδο μπορεί εύκολα να αποκοπεί θερμικά από το κτήριο, αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανση του χώρου.

Μειονεκτήματα

- Όταν τοποθετείται με κλίση είναι σχετικά δύσκολη η αισθητική του εναρμόνιση με το κτήριο.
- Η μείωση των νότιων ανοιγμάτων και η δημιουργία κλειστής νότιας όψης.
- Πρόκειται για μια μη ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία στη χώρα μας.

Η επιλογή του παθητικού ηλιακού συστήματος εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, τη λειτουργικότητα του κτηρίου και τα αναμενόμενα ενεργειακά αποτελέσματα, όπως θα προκύψουν μετά από τους σχετικούς υπολογισμούς, σε συνδυασμό με το κόστος και την απόσβεση της επί πλέον δαπάνης.

Συνήθης πρακτική είναι να συνυπάρχει το σύστημα του άμεσου κέρδους, το οποίο είναι απαραίτητο και για το φυσικό φωτισμό του χώρου, μαζί με κάποιο από τα άλλα παθητικά συστήματα

Στο ηλιακό χωριό στη Λυκόβρυση Αττικής εφαρμόστηκε πληθώρα ηλιακών συστημάτων με στόχο την αξιολόγησή τους. (σχήμα 3..21).



Σχήμα 3.21: Το ηλιακό χωριό στη Λυκόβρυση Αττικής
(Πηγή: αρχιτεκτονική μελέτη: Α. Τομπάζης, 1984)

3.4.2 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Η θερμομόνωση του κτιρίου συνεισφέρει θετικά στη θερμική προστασία του κτιρίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ιδιαίτερα εφ' όσον συνδυάζεται με τον απαιτούμενο αερισμό, ιδιαίτερα το νυχτερινό. Η αξιοποίηση των ψυχρών ρευμάτων του αέρα είναι δυνατό να μειώσει τα θερμικά φορτία των κτιρίων. Όταν δεν υπάρχει επαρκής αερισμός του κτιρίου, η αυξημένη μόνωση του κελύφους, πέραν της προβλεπόμενης από τους κανονισμούς, επιβαρύνει τη θερμική λειτουργία του το καλοκαίρι, καθώς εμποδίζει την «αποφόρτιση» του κτιρίου από τη συσσωρευμένη θερμότητα.

Η βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτίριο τους θερμούς μήνες, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με φυσικά μέσα, είναι ο φυσικός αερισμός. Η απομάκρυνση της θερμότητας επιτυγχάνεται όταν η εξωτερική θερμοκρασία αέρα είναι χαμηλότερη από τη εσωτερική θερμοκρασία αέρα έτσι ο αερισμός του κτιρίου μπορεί να αποβάλλει προς το εξωτερικό χώρο τα θερμικά ηλιακά κέρδη που συσσωρεύθηκαν κατά τη διάρκεια της ημέρας γεμίζοντας το κτίριο με δροσερό αέρα κατά τη διάρκεια της νύκτας.

Αυτό συμβαίνει γιατί όταν 2 αέριες μάζες βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες, η πυκνότητα και η πίεση τους είναι διαφορετικές, αυτό προκαλεί κίνηση αέρα από τη πυκνότερη - ψυχρότερη ζώνη προς τη αραιότερη - θερμότερη.

Με το φυσικό αερισμό επιτυγχάνονται τρία πράγματα:

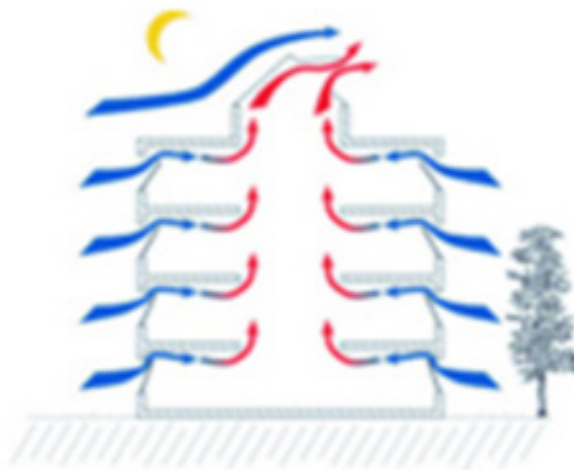
- Απομακρύνεται η θερμότητα από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες το επιτρέπουν.
- Απομακρύνεται η αποθηκευμένη θερμότητα από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου (όταν αυτά αποτελούνται από επαρκή θερμική μάζα).
- Απομακρύνεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου, ακόμα και σε σχετικά ψηλές θερμοκρασίες.

Παράγοντες που συμβάλλουν στη επιτυχή εφαρμογή των τεχνικών φυσικού δροσισμού είναι:

- η εξωτερική θερμοκρασία
- η υγρασία
- η ταχύτητα και η δ/νση του άνεμου

Στο εσωτερικό των κτιρίων παρατηρείται η θερμική διαστρωμάτωση του αέρα. Ο θερμότερος αέρας συγκεντρώνεται στις οροφές των χώρων. Εκεί εγκλωβίζεται μεταξύ των δοκών, μένει ακίνητος, ακόμη και κατά τη διάρκεια οριζόντιου αερισμού, θερμαίνοντας τις δοκούς και τις πλάκες της οροφής.

Αν στην ανώτατη ζώνη των εσωτερικών χώρων προβλεφθούν δίοδοι προς τα έξω ή προς τους υπερκείμενους ορόφους, τότε εξασφαλίζεται η απαγωγή του θερμού αέρα μέσω της φυσικής άνωσης. Αυτό συμβαίνει για παράδειγμα σε χώρους που γεινιάζουν με κλιμακοστάσια, χωρίς τη μεσολάβηση δοκών, ή όταν μία από τις εξωτερικές δοκούς ενός χώρου είναι ανεστραμμένη και τα ανοίγματα εκείνης της πλευράς φτάνουν μέχρι την οροφή (σχήμα 3.22).



Σχήμα 3.22: Απεικόνιση Φυσικού αερισμού

(Πηγή:http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)

Το κλιμακοστάσιο, όπως και όλοι οι κατακόρυφοι χώροι που διατρέχουν το κτίριο σε όλο του το ύψος, αποτελούν ιδανική διάταξη κατακόρυφου αερισμού (Σχήμα). Ευνοούν το φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού ή της καμινάδας. Το φαινόμενο αυτό διευκολύνεται από ανοίγματα μεγάλου μεγέθους στο ανώτατο τμήμα της απόληξης των κατακόρυφων αυτών χώρων. Οι διαφορές που εμφανίζονται στους κάθετους αυτούς χώρους, έχουν ως αποτέλεσμα τη διαφυγή θερμού αέρα προς το περιβάλλον από τα υψηλότερα επίπεδα και την εισαγωγή νέου από τα χαμηλά επίπεδα του κτιρίου. Ο νέος αέρας που εισέρχεται στο κτίριο πρέπει να έχει τη χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία. Πρέπει να προέρχεται από σκιασμένες περιοχές κοντά στο περιμετρικό έδαφος του κτιρίου, όπου οι θερμοκρασίες είναι πλησιέστερες στο

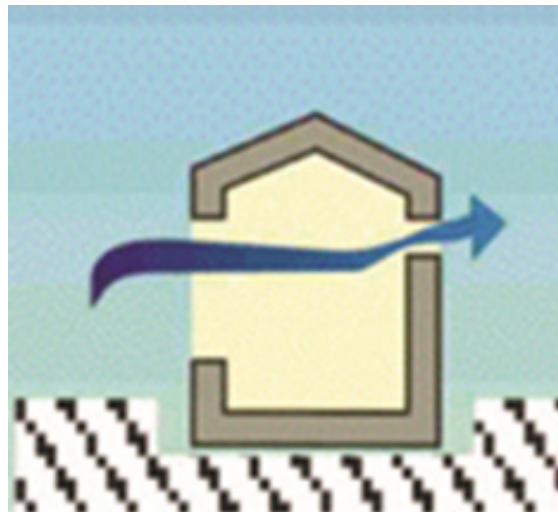
επίπεδο θερμικής άνεσης. Γι' αυτό, όπου είναι εφικτό, θα πρέπει να τοποθετείται διάταξη κατάλληλης βλάστησης στον εξωτερικό χώρο καθώς και κατασκευή προεξοχών σε κατάλληλη θέση που θα μπορούν να βοηθήσουν στον φυσικό αερισμό του εσωτερικού χώρου του κτιρίου.

Εν γένει ο φυσικός αερισμός, ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται μπορεί να είναι:

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

3.4.2.1 Διαμπερής αερισμός (ημερήσιος ή νυκτερινός)

Επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στις εσωτερικές τοιχοποιίες. Θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας (σχήμα 3.23).



Σχήμα 3.23: Διαμπερής φυσικός αερισμός

(Πηγή:http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)

Ο διαμπερής αερισμός επηρεάζεται από την εξωτερική και εσωτερική διαρρύθμιση του κτιρίου σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους. Η θέση του κτιρίου σε σχέση με τον πολεοδομικό ιστό, και εν γένει εξωτερικά εμπόδια, διευκολύνουν ή ενισχύουν την είσοδο του αέρα μέσα στο κτίριο.

Ο αέρας λόγω διαφοράς πίεσης, διεισδύει στο κτίριο μέσω των ανοιγμάτων του (Σχήμα) Η κατεύθυνση του μπορεί να ρυθμιστεί εξωτερικά με χρήση βλάστησης. Ως βέλτιστη θεωρείται η διεύθυνση ανέμου που σχηματίζει γωνία 45° ως προς τα ανοίγματα εισόδου.

Όταν τα ανοίγματα εισόδου του αέρα είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα εξόδου του τότε η ταχύτητα του αέρα είναι μέγιστη και εφόσον τα ανοίγματα αυτά είναι διαγώνια, αντίθετα το ένα από το άλλο, το άνοιγμα εισόδου χαμηλότερα και το άνοιγμα εξόδου υψηλότερα, επιτυγχάνεται η καλύτερη διανομή του.

Ακόμη πλευρικοί τοίχοι προσαρτημένοι στα ανοίγματα (ανεμοπτερύγια) μπορούν να εκτρέψουν τον άνεμο εσωτερικά στο κτίριο, ενισχύοντας έτσι τη δυνατότητα φυσικού αερισμού. Η χρήση μονόπλευρου αερισμού, δηλαδή ανοιγμάτων μόνο από τη μία πλευρά, δε συνιστάται λόγω κακής κυκλοφορίας του αέρα.

Ο νυχτερινός διαμπερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός κατά τη θερινή περίοδο, κατά την οποία ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός. Ο νυχτερινός αερισμός απάγει τη θερμότητα που είναι αποθηκευμένη στη θερμική μάζα του κτιρίου με αποτέλεσμα τη μειωμένη επιβάρυνση του κτιρίου κατά την επόμενη μέρα. Μελέτη σε κτίρια γραφείων της Αθήνας έχει δείξει ότι με την εφαρμογή του αερισμού κατά τη διάρκεια της νύχτας, μπορεί να επιτευχθεί μείωση κατά 30% στις ανάγκες για ψυκτικά φορτία για τον κλιματισμό των χώρων.

Ο νυχτερινός διαμπερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός κατά τη θερινή περίοδο, κατά την οποία ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός. Ο νυχτερινός αερισμός απάγει τη θερμότητα που είναι αποθηκευμένη στη θερμική μάζα του κτιρίου με αποτέλεσμα τη μειωμένη επιβάρυνση του κτιρίου κατά την επόμενη μέρα. Για την αύξηση της απόδοσης του νυχτερινού αερισμού, συνίσταται η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής που αυξάνουν την ταχύτητα του. Για βελτίωση του διαμπερή αερισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεμοφράκτες, για να εντείνουν τις διαφορές πίεσης. Οι θαμνοφράκτες για παράδειγμα μπορούν να επιτρέψουν μια απαλή αύρα να φιλτράρεται μέσα από το φύλλωμα, ενώ ένας κτιστός ανεμοφράκτης δημιουργεί μια ήσυχη, προστατευμένη ζώνη πίσω του. Διάκενα στους ανεμοφράκτες, ανοίγματα μεταξύ των κτιρίων ή μεταξύ του εδάφους και ενός στεγάστρου από δέντρα, μπορούν να δημιουργήσουν διαύλους ανέμου, αυξάνοντας κατά 20% περίπου τις ταχύτητες του ανέμου. Μελέτη σε κτίρια γραφείων της Αθήνας

έχει δείξει ότι με την εφαρμογή του αερισμού κατά τη διάρκεια της νύχτας, μπορεί να επιτευχθεί μείωση κατά 30% στις ανάγκες για ψυκτικά φορτία για τον κλιματισμό των χώρων.

3.4.2.2 Κατακόρυφος αερισμός

(φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού)

Η καμινάδα ή πύργος αερισμού λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού καθώς ο θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω και έτσι δημιουργείται ρεύμα στο εσωτερικό των χώρων, μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτιρίου. Η λειτουργία της καμινάδας αερισμού γίνεται σε συνδυασμό με κατάλληλα ανοίγματα του κτιρίου (σχήμα 3.24). Σε περιοχές με έντονο άνεμο υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής πύργων αερισμού, οι οποίοι προεξέχουν σημαντικά από την οροφή του κτιρίου, φέρουν άνοιγμα προς την σημαντική κατεύθυνση του ανέμου και έχουν τη δυνατότητα να «συλλαμβάνουν» τα ψυχρά ρεύματα αέρα και να τα κατευθύνουν μέσα στο χώρο. Όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτίριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα.



Σχήμα 3.24: Πύργος αερισμού

(Πηγή:http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)

Ως καμινάδες αερισμού μπορεί να λειτουργούν κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια ή και εσωτερικά αίθρια ή φωταγωγοί των κτιρίων.

Παράδειγμα εφαρμογής αυτού του παθητικού συστήματος είναι ένα συγκρότημα γραφείων στο Cambridge (σχήμα 3.25).



Σχήμα 3.25: IONICA, Κτίριο Γραφείων στο Cambridge – καμινάδες αερισμού
(Πηγή: Αρχιτ: R. H.Partnership, 1994)

3.4.2.3 Κατακόρυφος αερισμός ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα

Πρόκειται συνήθως για κατασκευή προεξέχουσα από το κέλυφος του κτιρίου, η οποία φέρει στη νότια ή νοτιοδυτική επιφάνειά της ($\pm 30^\circ$ N) υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας (εν γένει έναν μικρό ηλιακό τοίχο) και στο άνω μέρος αυτής της πλευράς, περσίδες. Στο ανώτατο σημείο της τοποθετείται θυρίδα αερισμού προς το εξωτερικό περιβάλλον. Επίσης μπορεί να 'ναι κατασκευή προσαρτημένη στο κτίριο εξωτερικά, συνδεδεμένη με τον εσωτερικό χώρο με άνοιγμα (σχήμα 3.26).



Σχήμα 3.26: Ηλιακή καμινάδα
(Πηγή:http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria)

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

Τα πλεονεκτήματα από την χρήση της ηλιακής καμινάδας είναι ότι δεν εξαρτάται από τον άνεμο και έτσι μπορεί να εφαρμοσθεί σε καλοκαιρινές ζεστές, μέρες με άπνοια, οπότε και χρειάζεται περισσότερο ο αερισμός. Επιπροσθέτως, η κίνηση του αέρα είναι σχετικά σταθερή και ελεγχόμενη σε σχέση με τις διακυμάνσεις ενός ανέμου.

Παράδειγμα εφαρμογής αυτού των ηλιακών καμινάδων είναι ένα ινστιτούτο έρευνας στο Ηνωμένο Βασίλειο (σχήμα 3.27).



Σχήμα 3.27: Ηλιακές καμινάδες στο Building Research Establishment, Watford, United Kingdom

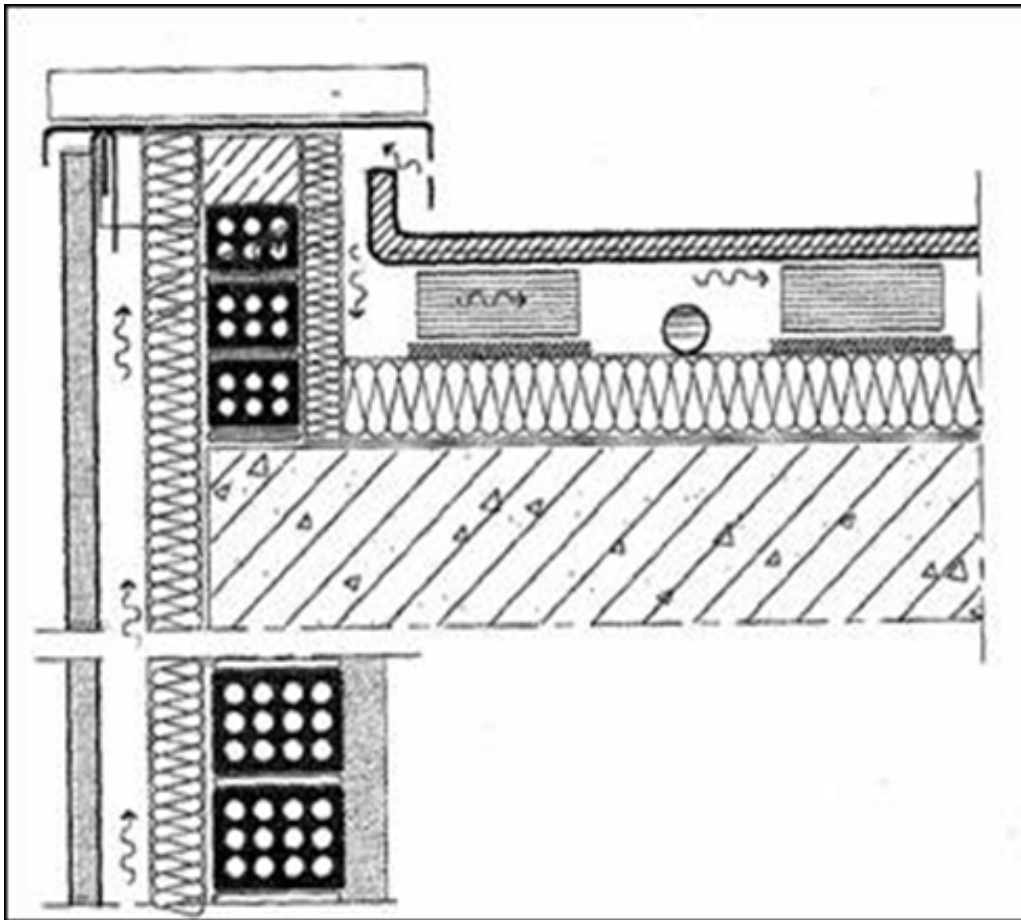
(Πηγή: Feilden Clegg Architects, 1996)

3.4.2.4 Αεριζόμενο κέλυφος

Πρόκειται για κατασκευή διπλού στρώματος δομικών υλικών, είτε στην οροφή είτε στις προσόψεις του κτιρίου, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί αέρας που έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Λόγω διαφοράς πυκνότητας, δημιουργείται ροή στο διάκενο, και απάγεται ο θερμός αέρας (σχήμα 3.28,3.29).

Κατά τους θερινούς μήνες, το αεριζόμενο κέλυφος συνεισφέρει στη θερμική προστασία του κτιρίου μέσω της σκίασης του περιβλήματος, αλλά και της μεταφοράς θερμότητας από το περίβλημα στο εξωτερικό περιβάλλον μέσω του αέρα που κυκλοφορεί στο διάκενο.

Κατά τους χειμερινούς μήνες, επειδή ο αέρας που κυκλοφορεί στο κέλυφος είναι χαμηλότερης ταχύτητας του εξωτερικού, οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον περιορίζονται, αυξάνεται δηλαδή η θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους. εφόσον όμως το εσωτερικό τμήμα του αεριζόμενου κελύφους είναι θερμομονωμένο.



Σχήμα 3.28: Αεριζόμενο δομικό στοιχείο πρόσοψης και οροφής (προκέλυφος)
(Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria)

Με την χρήση αεριζόμενων δομικών στοιχείων αποτρέπονται φαινόμενα συμπύκνωσης υδρατμών μέσα στην τοιχοποιία (ή την οροφή) και τις επικαλύψεις, ενώ προστατεύονται τα δομικά υλικά του κτιρίου. Εφαρμόζεται κυρίως σε κτίρια μεσαίου ύψους και μεγάλου πλάτους.



Σχήμα 3.29: Τομή σε αεριζόμενο δώμα
(Πηγή: <http://www.scribd.com/doc/49713800/>)

3.4.2.5 Διπλή επιδερμίδα ή διπλό κέλυφος

Είναι μια παραλλαγή του προηγούμενου συστήματος και εφαρμόζεται σε γυάλινα κτίρια. Για τη γυάλινη πρόσοψη, χρησιμοποιούνται δύο στρώματα διαφορετικών δομικών υλικών και ένα διάκενο αέρα ανάμεσα τους στο οποίο κινείται αέρας. Το εξωτερικό στρώμα της πρόσοψης είναι γυάλινο, ενώ το εσωτερικό από συμπαγές υλικό. Στη βάση αλλά και στη κορυφή του ανοίγματος υπάρχουν θυρίδες για την είσοδο φρέσκου αέρα και την απαγωγή του ζεστού.

Πλεονεκτήματα τέτοιων συστημάτων είναι η επίτευξη πολύ καλών συνθηκών φυσικού φωτισμού στο κτίριο, σε συνδυασμό με αισθητικό αποτέλεσμα, έχουν όμως

το μειονέκτημα της αύξησης των θερμικών κερδών, αλλά και των θερμικών απωλειών.

Παράδειγμα εφαρμογής διπλού κελύφους είναι ένα κτίριο γραφείων στη Λυών (σχήμα 3.30).



Σχήμα 3.30: Κτίριο γραφείων με διπλό κέλυφος στη Λυών
(Πηγή: Αρχιτέκτονας: Renzo Piano)

3.4.3 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

Η εφαρμογή τεχνικών φυσικού δροσισμού συνεπάγεται τη μείωση των ψυκτικών φορτίων των κτιρίων και του χρόνου λειτουργίας των συστημάτων αυτών, ακόμη και την κατάργηση της ανάγκης εγκατάστασης συστήματος κλιματισμού.

Με το φυσικό δροσισμό, εξοικονομείται ενέργεια και βελτιώνονται σημαντικά οι συνθήκες άνεσης μέσα στους χώρους, ακόμα και σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Από έρευνες προκύπτει ότι η θερμοκρασία μέσα στα κτίρια μπορεί να διατηρηθεί έως και 10 °C χαμηλότερη από την εξωτερική.

Η λειτουργία των τεχνικών φυσικού δροσισμού βασίζεται στη μείωση των ηλιακών και θερμικών κερδών στο περίβλημα του κτιρίου και στην απόρριψη της θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου προς το φυσικό περιβάλλον :

- προς τον αέρα με συναγωγή / αγωγή
- προς τη γη με αγωγή
- προς τον ουρανό με ακτινοβολία
- προς το νερό μέσω εξάτμισης

3.4.3.1 Απλές μέθοδοι φυσικού δροσισμού

A. Ηλιοπροστασία /σκίαση – θερμική προστασία

Η ηλιοπροστασία επιτυγχάνεται με ποικίλους τρόπους, όπως με τη βλάστηση, τις προεξοχές που διαθέτει το κτίριο και αποτελούν τα γεωμετρικά στοιχεία του, τα διάφορα ανοίγματα που είναι είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά, τη χρήση μόνιμων ή κινητών σκιάστρων, καθώς και τη χρήση υαλοπινάκων που διαθέτουν ειδικές επιστρώσεις ή έχουν υποστεί ειδική επεξεργασία, που τους καθιστά ανακλαστικούς, ηλεκτροχρωμικούς κ.α

Φύτευση - Αλληλοσκιασμός

Τα φυτά ως στοιχεία ηλιοπροστασίας αποτελούν τον καλύτερο και τον πιο έξυπνο τρόπο σκίασμού αφού η ποσότητα του φωτός που εισέρχεται σε ένα κτίριο εξαρτάται από την ύπαρξη ή όχι τυχόν φύτευσης ή βλάστησης στον περιβάλλοντα χώρο. Στον εξωτερικό χώρο μιας κατοικίας μπορούν να τοποθετηθούν φυλλοβόλα δέντρα, ώστε να αφήνουν τον ήλιο να εισχωρεί ελεύθερα το χειμώνα και να τον κρατούν μακριά το καλοκαίρι. Σημαντικό ρόλο παίζει και η φυσική βλάστηση στις βεράντες αλλά και στην οροφή του σπιτιού. Η πράσινη στέγη βελτιώνει την ποιότητα του εισπνεόμενου αέρα και αποτελεί ασπίδα προστασίας ενάντια στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες.

Ένα επιπλέον όφελος είναι η απορρόφηση της θάμβωσης που προκαλείται από την ύπαρξη γειτονικών κτιρίων με κατασκευαστικά υλικά μεγάλης ανακλαστικότητας. Επειδή το ύψος της ηλιακής απόστασης φτάνει και τις 75° σε περιοχές της Μεσογείου (σχεδόν κάθετα) κατά την διάρκεια της θερμής περιόδου είναι βέβαιο ότι έχουμε μεγάλη αύξηση της ανακλαστικότητας στον περιβάλλοντα χώρο ενώ παράλληλη μείωση της διαπερατότητας .Αυτό σημαίνει ότι η ηλιακή ακτινοβολία που επιστρέφει στο ύπαιθρο είναι πάνω από 50% συμβάλλοντας έτσι στην δημιουργία ενός φωτεινού καθεστώτος όπου επικρατεί συνήθως ένα «σκοτεινό

κόκκινο περιβάλλον» πολύ ενοχλητικό στο ευαίσθητο ανθρώπινο μάτι. Επειδή το νερό και το πράσινο έχουν την πιο χαμηλή τιμή ανακλαστικότητας απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στις επιφάνειες τους (Συντελεστής ανάκλασης: Χορτάρι 6%, Νερό7%, Μάρμαρο45%.).

Σκίαση ανοιγμάτων

Η βασικότερη μέθοδος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων είναι η σκίαση, δηλαδή η παρεμπόδιση των ηλιακών ακτίνων να φθάνουν στα παράθυρα. Το ίδιο το σχήμα του κτιρίου, αλλά και ειδικά διαμορφωμένες προεξοχές μπορούν να αποτελέσουν σύστημα σκίασης του κτιρίου. Επί πλέον, υπάρχει πληθώρα σκιάστρων για τα ανοίγματα, τα οποία διακρίνονται ανάλογα με τη θέση τους (εσωτερικά, εξωτερικά ή ενδιάμεσα των υαλοπινάκων), ανάλογα με τη γεωμετρία τους (κατακόρυφα, οριζόντια, σχαρωτά), ανάλογα με τη δυνατότητα χειρισμού τους (σταθερά ή κινητά) και τέλος, ανάλογα με το υλικό και τις θερμικές και οπτικές ιδιότητες τους και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους

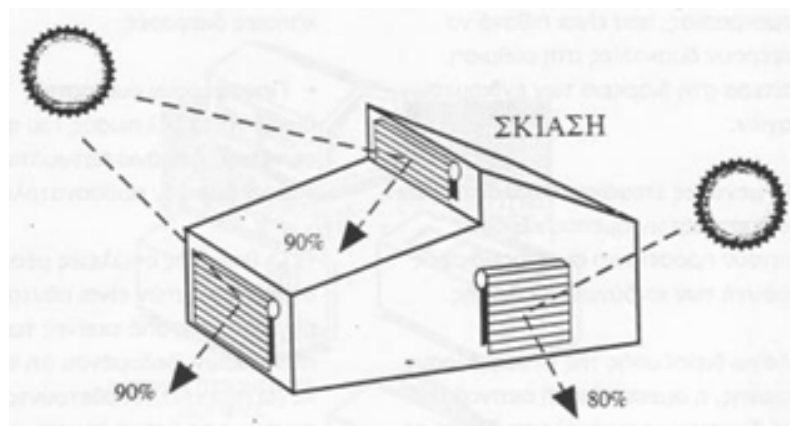
Πίνακας 3.6: Σκίαση ανοιγμάτων

Κατηγορίες Σκιάστρων		Παρατηρήσεις
Εσωτερικά	Συνήθως είναι βενετικές περσίδες Διάφορα ρολά . Πανό από ύφασμα .	Είναι συνηθισμένη λύση που τα αποτελέσματα της είναι περιορισμένα αφού ή ηλιακή ακτινοβολία έχει ήδη εισβάλει στο εσωτερικό και έχει δημιουργήσει συνθήκες υπερ-θέρμανσης.
Εξωτερικά	Παραθυρόφυλλα, τέντες από ύφασμα ή πλαστικές. Περσίδες (οριζόντιες κάθετες ή και τα δύο)	Θεωρούνται τα πιο αποδοτικά συστήματα σκιασμού γιατί προλαβαίνουν να αποτρέψουν την ηλιακή ακτινοβολία πριν φτάσει στην γυάλινη επιφάνεια .(ειδική κατηγορία τα brise-soleil)
Ενδιάμεσα	Τοποθετούνται ανάμεσα το κενό που υπάρχει στα δυο επίπεδα ενός διπλού υαλοπετάσματος	Τα σκιάστρα αυτά δεν καταπονούνται από εξωτερικούς παράγοντες και –κυρίως-εμποδίζουν την ηλιακή θερμότητα να εισέλθει στο εσωτερ. χώρο.

Η αποτελεσματικότητα των συστημάτων σκίασης, καθορίζεται από το ποσοστό παρεμπόδισης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο εσωτερικό της κατοικίας.

Η καλύτερη δυνατή απόδοση όλων των στοιχείων σκιασμού που προαναφέρθηκαν εξασφαλίζεται όταν δεν παγιδεύεται ή θερμότητα κάτω ή ανάμεσα στις επιφάνειες που προστατεύουν. Οι σταθερές περσίδες με υλικά όπως τον οπλισμένο σκυρόδεμα, που έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα, μεταδίδουν με αγωγή και με μεταφορά μεγάλες ποσότητες θερμότητας στο ίδιο το κέλυφος αλλά και στο εσωτερικό του καθώς επίσης και τα συμπαγή προστεγάσματα (πρόβολοι) οι οποίοι εμποδίζουν την απομάκρυνση ρευμάτων θερμού αέρα από τις όψεις. Συνεπώς στα πολύ θερμά κλίματα πρέπει να χρησιμοποιούνται υλικά σκίασης που μετριάζουν ή απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία. Οι τέντες με κλειστά σχήματα παγιδεύουν ποσότητες θερμού αέρα με κίνδυνο να το διοχετευτούν στο κτίριο. Κατάλληλα υλικά σκιασμού που έχουν μεγάλους συντελεστές απορρόφησης και ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι το ξύλο, το αλουμίνιο, (ίσως και το γυαλί). Κύρια χαρακτηριστικά τους είναι η γρήγορη αποβολή θερμότητας και η γρήγορη ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας. Μια ξύλινη επιφάνεια θα αποθηκεύσει πολύ λιγότερη θερμική ενέργεια από ένα άλλο συμβατικό υλικό όπως π.χ. το μπετόν θα αποβάλλει το ψύχος πολύ γρηγορότερα.

Βελτίωση της απόδοσης των σκιάστρων επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο χρωματισμό τους αλλά και τον υπολογισμό της γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, πάνω σ' αυτά (σχήμα 3.31).



Σχήμα 3.31: Συστήματα σκίασης

(Πηγή: Ενέργεια στην αρχιτεκτονική: Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα παθητικά

Ειδικό Υαλοπίνακες

Οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες λειτουργούν ανακλώντας σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών, ωστόσο

μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο αλλά και στα γύρω σπίτια.

Οι έγχρωμοι υαλοπίνακες παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα λόγω χημικής επεξεργασίας που έχουν υποστεί και χρησιμοποιούνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου.

Οι απορροφητικοί υαλοπίνακες λειτουργούν απορροφώντας μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας περιορίζοντας τη θερμοπερατότητα χωρίς όμως να μειώνουν σε μεγάλο μέρος την φωτοδιαπερατότητα. Χρησιμοποιούνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου και δεν προκαλούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου, σε αντίθεση με τους ανακλαστικούς υαλοπίνακες.

Ανακλαστικά επιχρίσματα εξωτερικών επιφανειών

Βασική τεχνική για την ηλιοπροστασία του κτιριακού κελύφους είναι, εκτός της σκίασης, η αύξηση της ανακλαστικότητας των εξωτερικών επιφανειών. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ανακλαστικών (ανοιχτόχρωμων) επιχρισμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων, η οποία μειώνει την απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από το κτιριακό κέλυφος και συνεπώς, τη θερμική επιβάρυνση του κτιρίου τους θερμούς μήνες.

Τα υλικά αυτά (ψυχρά υλικά) μπορούν να εφαρμοσθούν και στις υπόλοιπες επιφάνειες του δομημένου περιβάλλοντος (πεζοδρόμια, δρόμοι, πλατείες, χώροι στάθμευσης κοκ). Οι επιφανειακές θερμοκρασίες των ψυχρών υλικών συνήθως δεν ξεπερνούν τους 50°C, ενώ για συνήθη δομικά υλικά οι επιφανειακές θερμοκρασίες τη θερινή περίοδο μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. επίστρωση δωματίων με μαύρου χρώματος στεγανοποιητικά φύλλα) να φτάσουν και τους 90°C. Ένα από τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα ψυχρά επιφανειακά υλικά είναι το γεγονός ότι με την πάροδο του χρόνου μειώνεται η ανακλαστικότητά τους (γήρανση του υλικού, επικάθιση σκόνης κοκ). Αναλόγως με τη φύση του υλικού, τη χρήση και τη συντήρησή του, η μείωση αυτή μπορεί να κυμαίνεται από 0% έως 30%. Σε περιπτώσεις εφαρμογής των σε κατασκευές εντός του αστικού ιστού πρέπει να δίνεται προσοχή στην οπτική και θερμική όχληση που μπορεί να προκαλέσουν στα γύρω κτίρια και τον περιβάλλοντα χώρο τους.

Φράγμα ακτινοβολίας

Το φράγμα ακτινοβολίας (radiant barrier) είναι τεχνική που μειώνει την ηλιακή ενέργεια η οποία διαπερνά την οροφή, με αποτέλεσμα να συνεισφέρει στη θερμική προστασία του κτιρίου τους καλοκαιρινούς μήνες. Αποτελείται από λεπτά φύλλα αλουμινίου τα οποία τοποθετούνται κάτω από τη στέγη. Τα φύλλα αυτά έχουν υψηλό

συντελεστή εκπομπής και ανακλαστικότητας με αποτέλεσμα να διαπερνώνται από ελάχιστα μόνον ποσοστά ακτινοβολίας. Έτσι η θερμική ακτινοβολία που απορροφάται από τη στέγη δεν εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο. Όταν εξασφαλίζεται διαμπερής αερισμός της στέγης, η θερμότητα του φράγματος ακτινοβολίας μεταφέρεται στο εξωτερικό περιβάλλον, με αποτέλεσμα την αποφυγή της υπερθέρμανσης του αλουμινίου και την πιο αποδοτική λειτουργία του συστήματος.

Β. Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός, (αναπτύχθηκε παραπάνω), επιτρέπει την κίνηση του αέρα σε όλους τους χώρους, συμβάλλει στο δροσισμό του κτιρίου.

3.4.3.2 Σύνθετα συστήματα δροσισμού, με επιπλέον οφέλη ψύξης

Α. Δροσισμός μέσω εδάφους

Πρόκειται για αξιοποίηση της χαμηλής θερμοκρασίας του εδάφους σε σχέση με τον αέρα περιβάλλοντος κατά τους θερμούς μήνες. οι θερμοκρασίες εδάφους κυμαίνονται από 10°C έως 21°C, για τον ελλαδικό χώρο. Αυτή η θερμοκρασία εδάφους είναι θερμότερη από τον αέρα πάνω από το έδαφος κατά τη διάρκεια του χειμώνα και ψυχρότερη από τον αέρα το καλοκαίρι. Η εκμετάλλευση αυτής της ιδιότητας του εδάφους μπορεί να γίνει με δύο τρόπους είτε με διάχυση θερμότητας προς το έδαφος με αγωγή, είτε με μεταφορά: υπόσκαφα ή ημιυπόσκαφα κτίρια, υπεδάφιο σύστημα αγωγών (εναλλάκτες εδάφους-αέρα)

Υπόσκαφα ή ημιυπόσκαφα κτίρια

Η κατασκευή υπόσκαφων ή ημιυπόσκαφων κτιρίων, εφόσον τοπογραφικές και άλλες συνθήκες το συνιστούν, συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση του ψυκτικού φορτίου των κτιρίων. Κατά τους θερμούς μήνες, το έδαφος βρίσκεται σε αρκετά χαμηλότερη θερμοκρασία από το εξωτερικό περιβάλλον και, ερχόμενο σε επαφή με το κτιριακό κέλυφος, βοηθά στην απομάκρυνση της θερμότητας από το κτίριο. Το χειμώνα, η επαφή του κτιρίου με το έδαφος μειώνει τις θερμικές απώλειες προς το ψυχρό περιβάλλον.

Σε περιοχές με πολύ ψυχρούς χειμώνες συνιστάται η θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους, ώστε να μειώνονται οι θερμικές απώλειες προς το έδαφος, ενώ σε περιοχές με θερμά καλοκαίρια συνιστάται η μη θερμομόνωσή του ώστε να διευκολύνεται η μετάδοση της θερμότητας με αγωγή προς το έδαφος. Στα σημεία κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, τα οποία βρίσκονται σε θερμοκρασία που

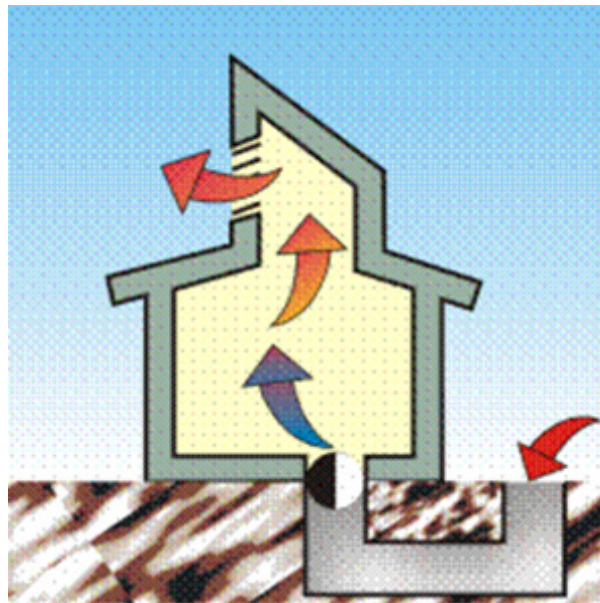
πλησιάζει αυτή του εξωτερικού αέρα, συνιστάται περιμετρική θερμομόνωση για παρεμπόδιση της μετάδοσης της θερμότητας στο κτίριο. Ακόμη, συνιστάται η υγρασιμότητα για να αποφεύγονται προβλήματα από την υγρασία στις επιφάνειες τους.

Υπεδάφιο σύστημα αγωγών (εναλλάκτες εδάφους - αέρα)

Είναι σύστημα μεταλλικών αγωγών (ή PVC) που τοποθετούνται σε βάθος 1-3μ. Το σύστημα χρησιμοποιείται για την ψύξη των κτιρίων το καλοκαίρι, οπότε και αξιοποιεί το έδαφος - του οποίου η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη κάτω από την επιφάνεια - ως απαγωγέα της θερμότητας.

Ο αέρας εισάγεται είτε από το εξωτερικό περιβάλλον είτε από το εσωτερικό του κτιρίου, κυκλοφορεί στο δίκτυο αγωγών με τη βοήθεια φυσητήρων και εισέρχεται στο κτίριο ψυχρότερος (σχήμα 3.32).

Παράλληλα, το σύστημα λειτουργεί και το χειμώνα, συμβάλλοντας στην προθέρμανση του ψυχρού εξωτερικού αέρα, καθώς το έδαφος είναι το χειμώνα θερμότερο από τον εξωτερικό αέρα.



Σχήμα 3.32: Υπεδάφιο σύστημα αγωγών (εναλλάκτες εδάφους - αέρα)

(Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria)

Το σύστημα αυτό μπορεί να συνδυαστεί με σύστημα κλιματισμού, συντελώντας στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση του κτιρίου, καθώς μειώνει την θερμοκρασιακή διαφορά εισερχόμενου-εξερχόμενου αέρα από το σύστημα, και

συνεπώς μειώνει την εγκατεστημένη ισχύ του συστήματος και την ενέργεια που αυτό καταναλώνει.

Β.Δροσισμός μέσω εξάτμισης

Σε περιοχές με σχετικά χαμηλή υγρασία, μπορεί να επιτευχθεί δροσισμός με την εξάτμιση νερού: πύργος δροσισμού, ψυκτικές μονάδες εξάτμισης (άμεσης, έμμεσης ή συνδυασμένης εξάτμισης)

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται το φαινόμενο της εξάτμισης. Η μεταβολή του νερού, από υγρό σε ατμό, συνοδεύεται με απορρόφηση ενός ποσοστού θερμότητας από τον αέρα με αποτέλεσμα ο αέρας, διερχόμενος από κάποιο σώμα νερού και προκαλώντας την εξάτμισή του, να ψύχεται, ενώ εμπλουτίζεται με υδρατμούς. Όταν ο αέρας αυτός εισέρχεται απ' ευθείας στο κτίριο έχουμε άμεσο εξατμιστικό δροσισμό, ενώ όταν ψύχει το κέλυφος του κτιρίου ή εναλλάκτη, τότε έχουμε έμμεσο εξατμιστικό δροσισμό.

Στην άμεση ψύξη με τη χρήση του φαινομένου της εξάτμισης, έχουμε ως αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του ξηρού βολβού του αέρα, αυξάνοντας παράλληλα την υγρασία του. Οι τεχνικές άμεσου φυσικού δροσισμού περιλαμβάνουν τη χρήση σωμάτων νερού (όπως λίμνες ή σιντριβάνια) σε εσωτερικές αυλές (σχήμα 3.33) και αίθρια ή σε πύργους δροσισμού.



Σχήμα 3.33: Σύστημα άμεσου φυσικού δροσισμού

(Πηγή:http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_exatmistikos_drosismos.htm)

Στην έμμεση ψύξη μέσω εξάτμισης, η διαδικασία της εξάτμισης, συμβαίνει στην εσωτερική επιφάνεια ενός σφραγισμένου δοχείου (π.χ. ένας σωλήνας), όπου ως αποτέλεσμα έχουμε τη μείωση της θερμοκρασίας της επιφάνειάς του με παράλληλη ψύξη του αέρα στο εξωτερικό του χωρίς όμως αύξηση της υγρασίας του. Οι τεχνικές έμμεσου φυσικού δροσισμού περιλαμβάνουν τις ανοιχτές λίμνες οροφής και το ψεκασμό των δωματίων με νερό.

Τόσο η άμεση όσο και η έμμεση ψύξη χρησιμοποιούνται στα παθητικά συστήματα δροσισμού, χρησιμοποιώντας στοιχεία από το κέλυφος του κτιρίου. Επίσης μπορούν να βοηθηθούν μηχανικά σχηματίζοντας υβριδικά συστήματα.

Γ.Δροσισμός μέσω νυκτερινής ακτινοβολίας

Οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων, κατά τη διάρκεια της νύχτας, ακτινοβολούν θερμότητα προς τον ουρανό. Το ποσό ακτινοβολίας που εκπέμπεται εξαρτάται από τη καθαρότητα του ουρανού και το ποσοστό υγρασίας του αέρα.

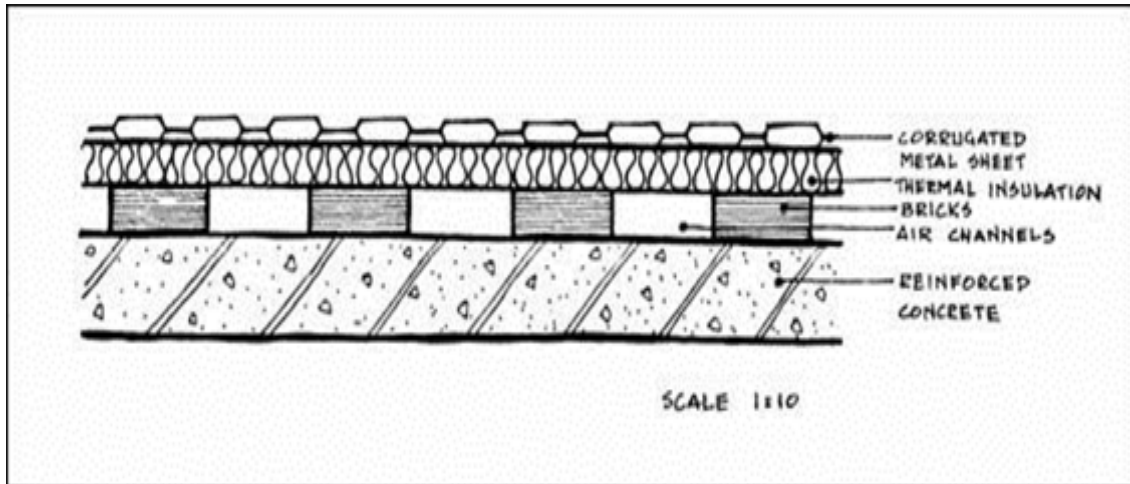
Το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας ακτινοβολούν οι οροφές των κτιρίων. Η επιφάνεια ακτινοβολίας θα πρέπει να είναι έτσι κατασκευασμένη, ώστε η συσσωρευμένη κατά τη διάρκεια της ημέρας θερμότητα να έχει τη δυνατότητα να διοχετευθεί, μέσω κατάλληλης κατασκευής, προς την εξωτερική επιφάνεια του κελύφους.

Επειδή, πρακτικά, η νυκτερινή ακτινοβολία μεγάλης ποσότητας θερμικής ενέργειας από το κτίριο προϋποθέτει οροφή χωρίς μόνωση, ενώ η μόνωση της οροφής είναι απαραίτητη για την προστασία του κτιρίου από την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας, το σύστημα δροσισμού μέσω νυκτερινής ακτινοβολίας αποτελεί πάντα μια ειδική κατασκευή. Τα συνηθέστερα συστήματα νυκτερινής ακτινοβολίας είναι: ο μεταλλικός ακτινοβολητής τοποθετημένος στην οροφή του κτιρίου και η λίμνη οροφής.

Μεταλλικός ακτινοβολητής

Το σύστημα αποτελείται από μεταλλική, αυλακωτή, διπλή πλάκα τοποθετημένη εξωτερικά της οροφής του κτιρίου. Η εξωτερική του επιφάνεια είναι ανακλαστική, ενώ στην εσωτερική πλευρά τοποθετείται θερμομονωτικό υλικό. Η μεταλλική πλάκα ακτινοβολεί προς το νυκτερινό ουρανό μεγάλη ποσότητα θερμικής ενέργειας (σχήμα 3.34).

Μέσα στο σύστημα του ακτινοβολητή διοχετεύεται θερμός αέρας από το κτίριο, ο οποίος διέρχεται μέσα από το σύστημα, ψύχεται καθώς έρχεται σε επαφή με την ψυχρή εξωτερική πλευρά και επαναδιοχετεύεται στο εσωτερικό του κτιρίου.



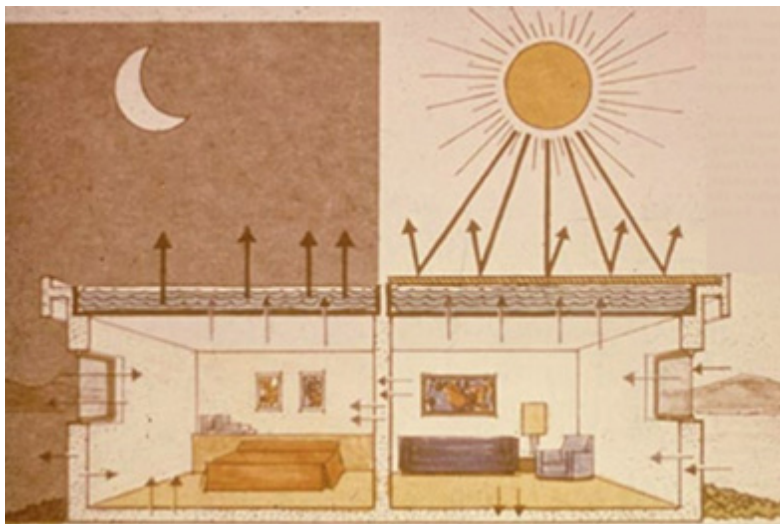
Σχήμα 3.34: Σύστημα δροσισμού οροφής με ακτινοβολητή

(Πηγή:http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria)

Το σύστημα λειτουργεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε περιοχές με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και χαμηλή σχετική υγρασία. Σε περιοχές με έντονα ρεύματα αέρα, το σύστημα καλύπτεται με φύλλο πολυαιθυλενίου (σε απόσταση περ. 5 εκ.) - διαπερατό από την υπέρυθρη ακτινοβολία. Το πολυαιθυλένιο επιτρέπει την εκπομπή της θερμικής ακτινοβολίας, ενώ περιορίζει την επαφή της ψυχρής επιφάνειας του ακτινοβολητή με το θερμότερο αέρα του περιβάλλοντος και συνεπώς περιορίζει την αύξηση της θερμοκρασίας στον ακτινοβολητή.

Λίμνες οροφής

Μπορεί να διαμορφωθεί στην οροφή ενός κτιρίου αβαθής δεξαμενή νερού (ανοιχτή ή κλειστή με διαφανή επικάλυψη), η οποία σκιάζεται την ημέρα (π.χ. με κινητό σύστημα θερμομονωτικού υλικού) και ανοιγόμενη τη νύχτα, ακτινοβολεί θερμότητα στο περιβάλλον (σχήμα 3.35). Η λίμνη οροφής μπορεί να λειτουργήσει αντίστροφα το χειμώνα, δεχόμενη την ηλιακή ακτινοβολία παραμένοντας ανοιχτή την ημέρα, ενώ τη νύχτα κλείνει με θερμομονωτικά φύλλα.



Σχήμα 3.35: Λίμνες οροφής

(Πηγή: [Http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_nyxterini_aktinobolia.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_nyxterini_aktinobolia.htm))

Για τις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας αυτό το σύστημα δεν είναι αρκετά αποδοτικό σαν παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης, λόγω του οριζόντιου προσανατολισμού της συλλεκτικής επιφάνειας, ενώ τεχνικοί κατασκευαστικοί και λειτουργικοί λόγοι το καθιστούν ασύμφορο.

Δ.Η αξιοποίηση της τέφρας για τον παθητικό δροσισμό των κτιρίων

Μία εναλλακτική μέθοδο που μπορεί να περιορίσει στο ελάχιστο τη χρήση κλιματιστικών στα κτίρια, μελετά μία ομάδα του Τμήματος Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Εκτιμάται ότι η έρευνα βρίσκεται σε καλό δρόμο και υπάρχουν βάσιμες ελπίδες για την ανάπτυξη ενός εναλλακτικού τρόπου παθητικού δροσισμού των κτιρίων.

Ο Επίκουρος Καθηγητής Εναλλακτικών Πηγών Ενέργειας Δημήτρης Καραμάνης, μαζί με τον μεταπτυχιακό φοιτητή Ευτύχιο Βαρδουλάκη και τη φοιτήτρια Γεωργία

Αντωνοπούλου μελέτησαν την ανεκμετάλλευτη τέφρα που παράγουν οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί της χώρας, ως υλικό εξατμιστικού δροσισμού κτιρίων και υπαίθριων χώρων.

Και βρήκαν πως η ενσωμάτωση της τέφρας στα δομικά υλικά του κτιρίου μπορεί να βελτιώσει τις θερμικές συνθήκες, λειτουργώντας σαν έμμεσος εξατμιστικός δροσισμός, δηλαδή ψύχοντας το κέλυφός του.

Η αξιοποίηση της τέφρας για τον παθητικό δροσισμό των κτιρίων βρίσκεται ακόμη σε ερευνητικό στάδιο. Ένα από τα σημεία των ερευνών που θα ακολουθήσουν, είναι η ασφάλεια της εφαρμογής, καθώς προαπαιτείται η αξιολόγηση της επικινδυνότητας της τέφρας για τη δημόσια υγεία.

3.4.4 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την παροχή φυσικού φωτισμού στα κτίρια ταξινομούνται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:

- τα παράθυρα (ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία),
- τα ανοίγματα οροφής,
- τους φωταγωγούς και
- τα αίθρια.

Αυτά τα συστήματα συνδυάζονται με συγκεκριμένες τεχνικές σχετικές με το σχεδιασμό ανοιγμάτων, τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των επιφανειών όπως το χρώμα, η υφή και η φωτοδιαπερατότητα των υλικών, τις οπτικές ιδιότητες των υαλοπινάκων και τη χρήση των ανακλαστήρων. Με αυτό τον τρόπο επιθυμείται η εξασφάλιση της επάρκειας και της ομαλής κατανομής του φυσικού φωτός στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας.

Οι συνήθεις τεχνικές φυσικού φωτισμού που εφαρμόζονται αποτελούνται από πέντε κατηγορίες:

- Τους υαλοπίνακες, οι οποίοι κατηγοριοποιούνται σε θερμοχρωμικούς, φωτοχρωμικούς, ηλεκτροχρωμικούς, απορροφητικούς, σε υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστήεκπομπής, σε έγχρωμους και αντανακλαστικούς υαλοπίνακες
- τα πρισματικά φωτοδιαπερατά στοιχεία
- τους ανακλαστήρες (ή ράφια φωτισμού)
- τις ανακλαστικές περσίδες
- τα διαφανή μονωτικά υλικά

Η εξασφάλιση φυσικού φωτισμού, απαιτεί καλό και προσεκτικό σχεδιασμό, ο οποίος θα πρέπει να συμπεριληφθεί από τα αρχικά στάδια της αρχιτεκτονικής μελέτης, διότι είναι πιο αποτελεσματική μέθοδος συγκρινόμενη με την εφαρμογή των τεχνικών μεθόδων φυσικού φωτισμού που παρουσιάζεται στο τέλος της μελέτης. Είναι σημαντικός ο έλεγχος και η σωστή διαστασιολόγηση των ανοιγμάτων, διότι έτσι αποφεύγονται τα προβλήματα θάμβωσης, υπερθέρμανσης, ή και υπερβολικής ψύξης.

Για την εξασφάλιση του φυσικού φωτισμού είναι αναγκαία η πραγματοποίηση κάποιων δαπανών, οι οποίες εξαρτώνται από το μέγεθος και τη διαμόρφωση του κτιρίου, το σύστημα κουφωμάτων καθώς και από το κάθε εμπόδιο στο φωτισμό του κτιρίου.

Κατά το σχεδιασμό συστημάτων φυσικού φωτισμού, κρίνεται απαραίτητος ο καθορισμός της στάθμης της έντασης του φωτός που πρέπει να εξασφαλιστεί. Αν αδυνατεί ο φυσικός φωτισμός, αυτή η στάθμη καλείται κρίσιμη στάθμη έντασης φωτισμού. Ο καθορισμός της είναι μια περίπλοκη διαδικασία διότι υπόκειται σε υποκειμενικούς παράγοντες και ποικίλες περιστάσεις. Η ανθρώπινη συμπεριφορά είναι αυτή που καθορίζει τη διαφορά μεταξύ κρίσιμη στάθμης έντασης φωτισμού και απαιτήσεις για ηλεκτρικό φωτισμό, δεν υπάρχουν κάποιοι απόλυτοι κανόνες. Ο μελετητής θα πρέπει να θέσει λοιπόν ως στόχο, την παροχή λογικής ποσότητας φωτισμού ανάλογα με τον τρόπο χρήσης του κάθε χώρου (σχήμα 3.36), ενώ παράλληλα θα πρέπει να εξασφαλίζει ευχάριστη ποιότητα φωτός.



Σχήμα 3.36: Γυάλινη Στέγη αεροδρομίου
(Πηγή: <http://eu.art.com>)

Όπως προαναφέρθηκε, το άτομο είναι αυτό που θα επιλέξει σε ποια στάθμη της έντασης του φωτός αισθάνεται και λειτουργεί καλύτερα, ανάλογα με τη δραστηριότητά του αλλά και τον τρόπο που το φυσικό φως διεισδύει στο χώρο. Συνήθως η πλειοψηφία των ατόμων προτιμά τις υψηλές εντάσεις φωτισμού κι αυτό το προνόμιο το εξασφαλίζουν οι τεχνικές φυσικού φωτισμού για κάποιες ώρες της ημέρας και με πολύ οικονομικό τρόπο. Ως παράγοντας διανομής φυσικού φωτός

ορίζεται ο τρόπος με τον οποίο το φυσικό φως διεισδύει στο κτίριο, ανάλογα με την κατανομή της εσωτερικής έντασης φωτισμού σε σχέση με τις εξωτερικές συνθήκες φωτισμού. Ο υπολογισμός αυτού του παράγοντα γίνεται με αναφορά στο νεφελώδη ουρανό. Αποτελεί σημαντική παράμετρο περιγραφής του τρόπου που το φυσικό φως εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους του σπιτιού, εφόσον επικρατεί συννεφιά. Ο παράγοντας φυσικού φωτός αποτελεί χαρακτηριστικό στοιχείο της γεωμετρίας του χώρου ενώ είναι ανεξάρτητος της τοποθεσίας και του κλίματος. Επίσης χρησιμοποιείται για την περιγραφή της απόδοσης του συστήματος φυσικού φωτισμού σε ένα προσδιορισμένο εσωτερικό σημείο, χωρίς να προσδιορίζει την ποιότητα φωτισμού του εσωτερικού περιβάλλοντος. Στα σημεία που ο παράγοντας φυσικού φωτός έχει τις ίδιες τιμές με κάποιο άλλο σημείο, ο χώρος είναι τόσο σκοτεινός ή φωτεινός, ανάλογα με τον τρόπο που εισέρχεται το φυσικό φως στο χώρο αλλά και τη στάθμη αντίθεσης στο οπτικό πεδίο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία διαφορετικών φωτεινών περιβαλλόντων. Για να είναι πιο κατανοητό, θέτουμε ένα παράδειγμα, στο οποίο, η τιμή φυσικού φωτός σε ένα διάδρομο είναι 1% και είναι πολύ φωτεινό ενώ η ίδια τιμή σε ένα γραφείο το κάνει σκοτεινό. Επίσης, ένα γραφείο ίσως να δείχνει πιο άνετο αν διαθέτει τιμή φυσικού φωτός 3% από ότι θα έδειχνε αν η τιμή ήταν 4%, διότι η πρώτη περίπτωση μπορεί να προκαλεί λιγότερη θάμβωση, έτσι προτιμάται η τοποθέτηση του γραφείου σε ορθή γωνία ως προς το παράθυρο, παρά να τοποθετείται μπροστά από αυτό. Στις τεχνικές φυσικού φωτισμού τίθενται κάποιοι περιορισμοί, που εμποδίζουν την αποτελεσματικότητά τους. Ένας περιορισμός αναφέρεται στην ποσότητα διαθέσιμου φωτός. Κατά τα θερινά μεσημέρια ο τυπικά συννεφιασμένος ουρανός είναι πολύ πιο φωτεινός από μια αντίστοιχη χειμερινή μέρα, διότι η θέση του ήλιου είναι ψηλότερα από το στρώμα των σύννεφων. Το διαθέσιμο φως μπορεί επίσης να περιοριστεί λόγω ύπαρξης γειτονικών κτιρίων ή δέντρων.

Τέλος οι στάθμες φωτισμού κατά την έναρξη και λήξη της μέρας παρέχουν λιγοστό φυσικό φωτισμό στο εσωτερικό της κατοικίας. Ένας ακόμη περιορισμός, αναφέρεται στη διάρκεια της μέρας ως προς το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή. Συμπεραίνουμε με βάση τα παραπάνω, ότι κάθε κτίριο διαθέτει μια στάθμη εξωτερικού φωτισμού, η οποία πρέπει να ξεπεραστεί ώστε οι απαιτήσεις του εσωτερικού περιβάλλοντος να πλησιάζουν το φυσικό φωτισμό. Η διαθεσιμότητα του φυσικού φωτισμού διαφέρει από τόπο σε τόπο, για να μπορέσουμε να περιγράψουμε την κατάσταση φωτισμού θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τον όρο που δείχνει πόσο συχνά ξεπερνάτε η τιμή εξωτερικής έντασης φωτισμού που θεωρείται δεδομένη σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

3.4.4.1 Συστήματα φυσικού φωτισμού

Στα συστήματα φυσικού φωτισμού όπως έγινε αναφορά παραπάνω συμπεριλαμβάνονται τα ανοίγματα οροφής, τα αίθρια, οι φωταγωγοί, τα ράφια φωτισμού – ανακλαστήρες και οι περσίδες.

Ανοίγματα οροφής

Τα ανοίγματα οροφής παρουσιάζουν κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με τα κοινά ανοίγματα στην τοιχοποιία, γι' αυτό και συγκαταλέγονται σε ειδική κατηγορία συστημάτων φυσικού φωτισμού. Τα πλεονεκτήματα που διαθέτουν είναι ότι παρέχουν μεγάλη ποσότητα διάχυτου φωτός, μπορούν να διαθέτουν διαφανείς ή ημιδιαφανείς υαλοπίνακες και συντελούν στην ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, λόγω της θέσης του. Λόγω της θέσης τους συστήνεται η ύπαρξη κάποιου συστήματος ηλιοπροστασίας, όπως περσίδες, πετάσματα και ανακλαστήρες ώστε να αποφεύγεται η θάμβωση που προκαλεί το άμεσο φως. Τα ανοίγματα οροφής ανάλογα με τον τύπο τους μπορεί να είναι είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά. Συνήθως προτιμώνται τα κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα οροφής από τα οριζόντια, συνδυάζοντας παράλληλα και διατάξεις σκιασμού λόγω της μεγάλης ηλιακής πρόσπτωσης που δέχονται τους θερινούς μήνες (σχήμα 3.37). Τέλος, η επιλογή κατασκευής των ανοιγμάτων οροφής βασίζεται σε κριτήρια που αφορούν την οικονομικότητά τους αλλά και την ενεργειακή τους απόδοση συνολικά.



Σχήμα 3.37: Ανοίγματα στην οροφή για την εξασφάλιση φυσικού φωτισμού και αερισμού

(Πηγή: <http://www.evonymos.org>)

Αίθρια

Τα αίθρια στο εσωτερικό ενός κτιρίου, συμβάλλουν στην βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, επιτρέποντας την είσοδο του φωτός στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου με παράλληλη αύξηση της στάθμης του στους διάφορους χώρους . Επίσης βοηθούν στην ομοιογενή κατανομή διάχυτου φωτός που προέρχεται από το ουράνιο θόλο, με αποτέλεσμα την αποφυγή της ανεπιθύμητης εμφάνισης του φαινομένου της θάμβωσης. Εξασφαλίζουν δηλαδή καλή οπτική άνεση για ένα κτίριο (σχήμα 3.38). Η στάθμη φωτισμού των διάφορων χώρων καθορίζεται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αίθριου, την ανακλαστικότητα των επιφανειών (τοίχων-δαπέδων) και τα οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων που βρίσκονται στους χώρους που περιβάλλουν το αίθριο.



Σχήμα 3.38: Γυάλινο αίθριο

(Πηγή: <http://www.evonymos.org>)

Ειδικό Υαλοπίνακες

Κατά την κατασκευή του κτιρίου συστήνεται η χρήση ειδικών υαλοπινάκων οι οποίοι μπορούν να συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, ψύξη και φωτισμό αλλά και στη βελτίωση της οπτικής και θερμικής άνεσης των εσωτερικών χώρων της κατοικίας. Οι υαλοπίνακες διαθέτουν σταθερές, μεταβαλλόμενες και ρυθμιζόμενες ιδιότητες ανάλογα με τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Οι ειδικό υαλοπίνακες χωρίζονται σε 9 κατηγορίες και διαφοροποιούνται από τους απλούς υαλοπίνακες ως προς τα φωτομετρικά και θερμικά τους χαρακτηριστικά. Οι κατηγορίες των ειδικών υαλοπινάκων είναι οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες, οι έγχρωμοι, οι θερμομονωτικοί, οι ηλεκτροχρωμικοί, οι φωτοχρωμικοί, οι θερμοχρωμικοί, οι επίλεκτοι υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής, και οι υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων.

Οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες (σχήμα 3.39) λειτουργούν ανακλώντας σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών, ωστόσο μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο αλλά και στα γύρω σπίτια.



Σχήμα 3.39: Κτίριο με ανακλαστικούς υαλοπίνακες

(Πηγή: <http://www.panariello.gr>)

Οι έγχρωμοι υαλοπίνακες παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα λόγω χημικής επεξεργασίας που έχουν υποστεί και χρησιμοποιούνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου.

Οι απορροφητικοί υαλοπίνακες λειτουργούν απορροφώντας μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας περιορίζοντας τη θερμοπερατότητα χωρίς όμως να μειώνουν σε μεγάλο μέρος την φωτοδιαπερατότητα. Χρησιμοποιούνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου και δεν προκαλούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου, σε αντίθεση με τους ανακλαστικούς υαλοπίνακες.

Οι θερμομονωτικοί υαλοπίνακες διαθέτουν αυξημένη θερμομονωτική ικανότητα όπως και οι διπλοί ή τριπλοί υαλοπίνακες, όμως οι θερμομονωτικοί περιέχουν στο διάκενό τους αντί για αέρα κάποιο άλλο υγρό όπως το αργό. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε κτίρια που διαθέτουν μεγάλα ανοίγματα και απαιτείται υψηλή μόνωση του κελύφους.

Οι ηλεκτροχρωμικοί υαλοπίνακες έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλλουν τα οπτικά τους χαρακτηριστικά και τη διαπερατότητά τους αν διοχετευτεί σε αυτά ηλεκτρικό ρεύμα (σχήμα 3.40)



Σχήμα 3.40: Κτίριο με ηλεκτροχρωμικούς υαλοπίνακες
(Πηγή: <http://buildaroo.com/wp-content/uploads/2010/09>)

Οι φωτοχρωμικοί υαλοπίνακες, όπως και οι ηλεκτροχρωμικοί μεταβάλλουν τις ιδιότητές τους δηλαδή τα οπτικά τους χαρακτηριστικά ανάλογα με το ποσό

προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Ενώ η φωτοδιαπερατότητά τους μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας.

Οι θερμοχρωμικοί υαλοπίνακες μεταβάλλουν τις οπτικές τους ιδιότητες ανάλογα με την θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος και όταν για παράδειγμα αυτή αυξάνεται μεταβάλλονται από διαφανείς σε γαλακτόχρωμους.

Οι επίλεκτοι υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e) λειτουργούν εμποδίζοντας ένα μεγάλο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας να εισέρχεται προς το κτίριο ή να εκπέμπεται προς το εξωτερικό περιβάλλον ανάλογα τον τρόπο που αυτά τοποθετούνται. Χρησιμοποιούνται για τη μείωση των θερμικών απωλειών ή των κερδών των κτιρίων ανάλογα με τις θερμικές ανάγκες του κτιρίου και το κλίμα της περιοχής στην οποία βρίσκεται.

Οι υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων, μετατρέπονται από γαλακτόχρωμοι σε διαφανείς με την εφαρμογή τάσης.



Σχήμα 3.41: Υαλοπίνακας υγρών κρυστάλλων

(Πηγή: http://www.varnakiotis.com/managed_images/a19.jpg)

Για να επιλέξει ο μελετητής τον κατάλληλο υαλοπίνακα είναι απαραίτητη η μελέτη της χρήσης του κτιρίου, του βαθμού που ο υαλοπίνακας συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση και της συνολικής οικονομικότητας του συστήματος, δηλαδή το κόστος κατασκευής του, τα οφέλη που θα προκύψουν αλλά

και ο χρόνος που θα μεσολαβήσει για να γίνει η απόσβεση. Θα πρέπει επίσης να εξασφαλίζει ο υαλοπίνακας τα οπτικά του και τα θερμικά του χαρακτηριστικά, γι' αυτό και θα πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά με κριτήριο τη συμπεριφορά του στη θέρμανση και το δροσισμό του κτιρίου και σε συνδυασμό με το συνολικό σχεδιασμό των συστημάτων φωτισμού δηλαδή το σχεδιασμό των ανοιγμάτων ώστε να εξασφαλίζει τις απαιτήσεις του κτιρίου σε φυσικό φωτισμό των χώρων του κτιρίου στο μέγιστο δυνατό.

Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά

Τα πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά είναι στοιχεία που διαθλούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία και μπορούν να αποκλείσουν τελείως την είσοδο ή και να αλλάξουν την κατεύθυνση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανάλογα με την κατασκευαστική τους δομή. Τα πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά είναι καλό να αποφεύγονται στα σημεία που είναι επιθυμητή η θέα προς τα έξω, διότι είναι αδιαφανή. Συνήθως τοποθετούνται στο κέλυφος του κτιρίου ως αυτόνομα στοιχεία ή μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων.

Διαφανή μονωτικά υλικά

Πρόκειται για υλικά που λειτουργούν όπως τα πρότυπα μονωτικά υλικά, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπουν τη διέλευση του φωτός δια μέσου αυτών. Περιορίζονται έτσι οι απώλειες από θερμική μετάδοση από το κτίριο, ενώ επιτρέπεται στο φως να συνεχίζει να μεταδίδεται.

Επειδή, η διαφανής θερμομόνωση απορροφά τόσο την ακτινοβολία που προσπίπτει άμεσα στην επιφάνειά της όσο και τη διάχυτη ακτινοβολία, επιφέρει θετικά αποτελέσματα σε οποιαδήποτε όψη κι αν εφαρμοστεί. Μπορεί να τοποθετηθεί τόσο σε τοίχους, όσο και σε οροφές. Εάν για λόγους οικονομίας αποφασιστεί να μη μονωθούν όλες οι όψεις, η πρώτη επιλογή είναι η νότια όψη και ακολουθούν η ανατολική και η δυτική. Η διαφανής μόνωση έχει 2-3 φορές υψηλότερη θερμομονωτική ικανότητα από τους διπλούς υαλοπίνακες.

Διαφανή μονωτικά υλικά μπορούν να τοποθετηθούν, επίσης, μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων ή πλαστικών φύλλων. Η φωτοδιαπερατότητα των διαφανών υλικών κυμαίνεται μεταξύ του 45% -80%, με μια μείωση γύρω στο 8% για κάθε φύλλο υαλοπίνακα. Το κόστος αυτών των υλικών παραμένει σχετικά υψηλό, ενώ απαιτούνται ορισμένες βελτιώσεις, για να διατηρούνται οι αποδόσεις και οι θερμοοπτικές ιδιότητες των υλικών, καθώς και η διάρκεια ζωής τους. Σε υφιστάμενα

κτίρια μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από υπάρχουσα αμόνωτη τοιχοποιία, όπως γίνεται και η προσθήκη της συνήθους θερμομόνωσης.

Ανακλαστικές περσίδες

Είναι κινητά ανακλαστικά στοιχεία , μικρού μεγέθους, που τοποθετούνται στην εσωτερική ή την εξωτερική επιφάνεια του κουφώματος ή και μεταξύ διπλών κουφωμάτων (σχήμα 3.42). Ως σύστημα φυσικού φωτισμού λειτουργούν όπως και τα ράφια φωτισμού, εκτρέποντας της ηλιακές ακτίνες προς την επιθυμητή κατεύθυνση στο χώρο (κατά προτίμηση στην οροφή). Οι κινητές περσίδες είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές καθώς επιτρέπουν εύκολα τη ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Τόσο τα ράφια φωτισμού, όσο και οι περσίδες μπορούν και πρέπει να εξασφαλίζουν και την απαιτούμενη, για λόγους θερμικής προστασίας, σκίαση των χώρων αλλά και τον απαιτούμενο χειμερινό ηλιασμό.



Σχήμα 3.42: Ανακλαστικές Περσίδες

(Πηγή: <http://www.cres.gr>)

Ράφια Φωτισμού

Πρόκειται για επίπεδα, ή καμπύλα σταθερά στοιχεία (light shelves), που τοποθετούνται οριζόντια στα πλαίσια των ανοιγμάτων, πάνω από το επίπεδο του ματιού και προεξέχουν εξωτερικά ή εσωτερικά. Από πάνω τους, στη συνέχεια του παραθύρου, υπάρχει άνοιγμα - θυρίδα. Σκοπό έχουν να μειώσουν το επίπεδο φωτισμού κοντά στο παράθυρο και να το αυξήσουν στο πίσω μέρος του χώρου.

Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στις νότιες όψεις, βελτιώνουν τη διανομή του φυσικού φωτός, προκαλώντας μείωση των επιπέδων φωτισμού κοντά στο παράθυρο και αποφυγή της θάμβωσης.

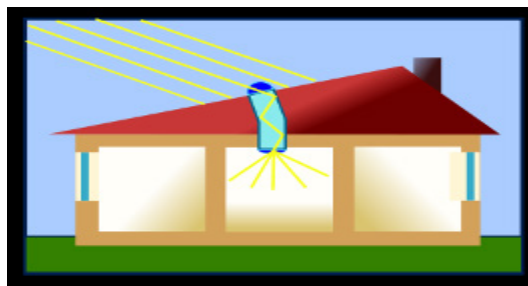
Τα εξωτερικά ράφια φωτισμού είναι πιο αποτελεσματικά από τα εσωτερικά, ενώ ο συνδυασμός τους επιφέρει μεγαλύτερη ακόμη απόδοση στο σύστημα. Ένας πρακτικός κανόνας υπαγορεύει ότι το μήκος του ραφιού πρέπει να είναι περίπου ίσο με το ύψος του παραθύρου που βρίσκεται πάνω του, ενώ το υλικό του πρέπει να είναι αρκετά ανακλαστικό.

Ηλιοστάσια

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

Φωτοσωλήνες

Πρόκειται για σωλήνες διαμέτρου 0,5 m περίπου, που εξέρχουν από την στέγη, διαπερνούν τη σοφίτα ή το δώμα και καταλήγουν στο εσωτερικό του κτιρίου. Η εσωτερική επιφάνεια τους είναι κατασκευασμένη από υψηλά ανακλαστικό υλικό ικανό να ανακλάσει το φως σε μεγάλο βαθμό (σχήμα 3.43). Εξαιτίας αυτής της ιδιότητας, το φως μεταφέρεται στο κτίριο χωρίς μεγάλες απώλειες. Αν ο φωτοσωλήνας έχει διαφανή τοιχώματα, καθίσταται γραμμική φωτεινή πηγή σε όλο το μήκος του. Για να μεταφέρεται κατά το μέγιστο η φωτεινή δέσμη, πρέπει να προσπίπτει κάθετα στη διατομή του φωτοσωλήνα. Διαφορετικά θα πρέπει ο φωτοσωλήνας να είναι μικρού μήκους και μεγάλης διατομής.



Σχήμα 3.43: Φωτοσωλήνας

(Πηγή: <http://greenedmonton.ca/mcnzh-light-pipes>)

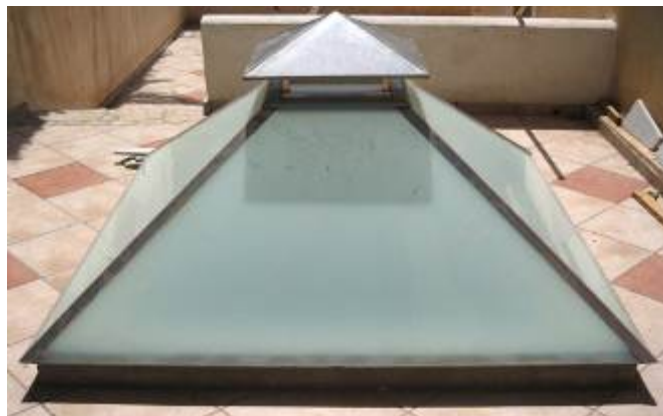
Υπάρχουν φωτοσωλήνες από μέταλλο και άκαμπτα πλαστικά, πλήρως ακριλικοί, ενώ στο εσωτερικό τους μπορούν να έχουν γυάλινες ή πλαστικές οπτικές ίνες, οι οποίες τον καθιστούν ιδιαίτερα αποτελεσματικό, όταν η εισερχόμενη φωτεινή δέσμη χρειάζεται να διανεμηθεί σε επιμέρους δέσμες. Χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο, ιδίως σε κτίρια που χρησιμοποιούνται κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπως είναι αποθήκες και στον οικιακό τομέα, στους διαδρόμους και στους προθαλάμους-εισόδους. Δεν είναι ιδιαίτερα ακριβοί και εύκολα προσαρμόζονται σε υφιστάμενα κτίρια.

Φωταγωγοί

Οι φωταγωγοί εισάγουν το φυσικό φως σε χώρους όπου είναι δύσκολη η διείσδυση φυσικού φωτός με άλλο τρόπο. Υπάρχουν διάφορα είδη φωταγωγών με ποικιλία διαστάσεων. Οι φωταγωγοί είναι καλό να διαθέτουν ανακλαστικές επιφάνειες και τα ανοίγματά που βλέπουν σε αυτούς είναι χρήσιμο να διαθέτουν ανακλαστήρα ο οποίος θα διοχετεύει το φως στους χώρους διαβίωσης (σχήμα 3.44).

Η χρήση ανακλαστήρα στο σημείο εισόδου του φωτός από τον φωταγωγό, συμβάλλει στη βελτίωση της αποδοτικότητάς τους, διότι ο ανακλαστήρας έχει την ικανότητα να εκτρέπει τις ηλιακές ακτινοβολίες προς τα κάτω. Η αποδοτικότητα του φωταγωγού μπορεί να αυξηθεί και με την ενσωμάτωση ηλιοστάτη, καθώς διαθέτει καθρέπτη και λειτουργεί ακολουθώντας την πορεία του ήλιου καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας.

Μια άλλη λειτουργία των φωταγωγών συνδέεται με τη δυνατότητα αερισμού του χώρου φυσικά. Μια μορφή φωταγωγών, οι φλογοσωλήνες χρησιμοποιούνται για το φωτισμό ενός ή περισσότερων ορόφων, η μέγιστη απόδοσή τους εξασφαλίζεται σε περιορισμένο μήκος φωτοσωλήνα ανάλογα τον τύπο και τον κατασκευαστή.



Σχήμα 3.44: Φωταγωγός

(Πηγή: <http://www.kagioulisinox.gr>)

3.4.5 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ

Παράλληλα με την χρήση των παθητικών συστημάτων θα πρέπει να γίνεται και αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών και εναλλακτικών μορφών ενέργειας για μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας με περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη.

3.4.5.1 Αιολική ενέργεια

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

3.4.5.2 Βιομάζα

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

Ένα βασικό χαρακτηριστικό της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα είναι ο μεγάλος όγκος πρώτης ύλης που απαιτείται. Για το λόγο αυτό η παραγόμενη ενέργεια ενδιαφέρει κυρίως καταναλωτές «σταθερού σημείου» και η παραγωγή ενέργειας πρέπει να έχει βασικά τοπικό χαρακτήρα, με μέγιστη οικονομική εμβέλεια 5-10 km.

3.4.5.3 Γεωθερμική ενέργεια

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

3.4.5.4 Κυματική ενέργεια

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

3.4.5.5 Υδροηλεκτρική ενέργεια

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

3.4.5.6 Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιείται τόσο για την θέρμανση των κτιρίων με άμεσο ή έμμεσο τρόπο και με τη χρήση ενεργητικών ή και παθητικών συστημάτων, όσο και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

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

Ακόμη θα πρέπει να τύχουν ευρύτερης εφαρμογής η τηλεθέρμανση και ο τηλεδροσισμός, δηλαδή η μεταφορά ζεστού ή κριου νερού αντίστοιχα μέσω μονομένων σωλήνων από από τους σταθμούς τηλεθέρμανσης/τηλεδροσισμού (π.χ. θερμοληκτρικοί σταθμοί, λίμνες κ.λ.π)

Η πρώτη μικρού μεγέθους εγκατάσταση Τ/Θ στην Ελλάδα ξεκίνησε στην Πτολεμαΐδα το 1960, θερμαίνοντας τον οικισμό της ΔΕΗ στο Προάστιο Εορδαίας από τον ΑΗΣ Πτολεμαΐδας. Σήμερα εγκαταστάσεις Τ/Θ διαθέτουν οι πόλεις της Κοζάνης, Πτολεμαΐδας, Αμύνταιου, Φιλώτα και Μεγαλόπολης που αξιοποιούν το θερμικό φορτίο των γειτονικών θερμοληκτρικών σταθμών.

3.5 ΣΩΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, συμβάλλει στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης εξασφαλίζοντας: θερμική άνεση, οπτική άνεση, καλή ποιότητα αέρα, ιδανικό μικροκλίμα. Η επίτευξη όμως αυτών αλλά και της μέγιστης δυνατής απόδοσης, προϋποθέτει προσεκτική μελέτη και προσεκτική εφαρμογή των αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής καθ' όλη τη διάρκεια κατασκευής του κτιρίου αλλά και του τρόπου χρήσης των ενεργειακών εφαρμογών.

Όσον αφορά στην απόδοση ενός παθητικού συστήματος, παρά το γεγονός ότι σχετίζεται με το κλίμα της περιοχής στην οποία βρίσκεται το κτίριο, αυτή εξαρτάται από τη συνολική κατασκευή του κτιρίου αλλά και την συμβολή των λοιπών δομικών στοιχείων καθώς και τις απαιτήσεις άνεσης που τίθενται από τους χρήστες του κτιρίου. Παρατηρούμε λοιπόν, ότι αν δεν υπολογιστεί προσεκτικά και αναλυθεί ολόκληρο το κέλυφος, παρά το γεγονός ότι έχει επιλεχθεί το κατάλληλο σύστημα ανάλογα με την περιοχή μπορεί να μην έχουμε τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα.

Ένα άλλο πρόβλημα που εμφανίζεται είναι η λανθασμένη χρήση των συστημάτων από τους ενοίκους, αλλά και αποκλίσεις από την κατασκευή του, που μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα μειωμένα ενεργειακά οφέλη αλλά και αρνητική λειτουργία. Αυτό δεν αποτελεί στόχο της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής η οποία επιδιώκει να εξοικονομεί ενέργεια και χρήματα.

Για να έχουμε λοιπόν τα επιθυμητά αποτελέσματα όσον αφορά την απόδοση του βιοκλιματικού σχεδιασμού πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιες παράμετροι, οι οποίες είναι οι εξής:

- ο σωστός σχεδιασμός και η ορθολογική επιλογή τεχνικών,
- η σωστή χρήση και λειτουργία του κτιρίου και των συστημάτων
- η ορθή υλοποίηση των συστημάτων κατά την κατασκευή.
- η επαρκής συντήρηση

Σωστός σχεδιασμός και ορθολογική επιλογή τεχνικών

Βασικά, προτείνεται η εφαρμογή των αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού που εξασφαλίζουν τα μέγιστα ηλιακά οφέλη το χειμώνα για τη θέρμανση του κτιρίου επαρκούς αερισμού κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και επιλογή των καταλληλότερων τεχνικών προστασίας και συστημάτων που θα αξιοποιούν τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές πηγές. Στην περίπτωση που τα νότια ανοιγμάτα διαθέτουν μεγάλη επιφάνεια αλλά δεν υπάρχει επαρκής νυχτερινή θερμομόνωση, τότε οι αποδόσεις κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι αρνητικές. Κάτι ανάλογο ισχύει για τα θερμοκήπια που είναι ενσωματωμένα στο χώρο και λειτουργούν ως συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους και τα οφέλη από την προστασία του κελύφους προερχόμενα από την κατάλληλη επιλογή υλικών δόμησης τα οποία διαθέτουν αυξημένη θερμομόνωση και θερμοχωρητικότητα καθώς και τη χρήση αεριζόμενων δομικών στοιχείων, ακτινοβολητών, φράγματα ακτινοβολίας, κλπ. Για τα νότια κλίματα δεν ενδείκνυται η ευρεία εφαρμογή των παθητικών ηλιακών συστημάτων, παρά μόνο αν εξασφαλίζεται η αντίστροφη λειτουργία τους το καλοκαίρι. Στα βόρεια και ψυχρά όμως κλίματα συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην επίτευξη θερμικής άνεσης. Με τη χρήση των ηλιακών τοίχων επιτυγχάνονται καλύτερα αποτελέσματα θερμικής άνεσης ενώ με τη χρήση θερμοκηπίων, ηλιακών αίθριων τα έμμεσα κέρδη που προκύπτουν καλύπτουν τις απαιτήσεις των γειτονικών χώρων αλλά και βοηθούν στην ομαλή λειτουργία επικουρικών συστημάτων, προθερμαίνοντας τον αέρα ή ανακτώντας θερμότητα.

Ο φυσικός δροσισμός τόσο με διαμπερή αερισμό όσο και με τις υπόλοιπες τεχνικές είναι αποτελεσματικός και απαραίτητος για το κλίμα της Ελλάδας. Η χρήση συστημάτων φυσικού δροσισμού έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι και 100% για τις ανάγκες σε ψύξη στις βόρειες κλιματικές περιοχές. Οι μέθοδοι που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να έχουν υψηλή απόδοση και σε αυτό συμβάλλουν οι τεχνικές ηλιοπροστασίας, νυχτερινού αερισμού. Τα συστήματα εξατμιστικής ψύξης και ψύξης με ακτινοβολία, δεν έχουν τα προβλεπόμενα

αποτελέσματα σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία, αντιθέτως εμφανίζουν υψηλή απόδοση σε ζεστά και ξηρά κλίματα αλλά και σε μικρές κατοικίες. Η φύτευση της στέγης ή της ταράτσας, εφόσον γίνει σωστός σχεδιασμός, έχει ως αποτέλεσμα οφέλη τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη. Μια ακόμη παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι το κόστος του κάθε συστήματος και τεχνικής που χρησιμοποιείται, του οποίου το κόστος μεταβάλλεται ανάλογα τον τύπο, το μέγεθος και τη χρήση του κτιρίου, το σύστημα δόμησης της περιοχής, το τοπικό κλίμα κλπ. γι' αυτό και θα πρέπει ο μελετητής κατά την επιλογή των τεχνικών και των συστημάτων που θα εφαρμόσει σε ένα κτίριο, να έχει πρώτα κάνει μια τεχνικό-οικονομική ανάλυση κόστους και οφέλους ώστε το κόστος εφαρμογής να μην υπερβαίνει τις δυνατότητες οφέλους, αλλά και ο χρόνος απόσβεσης του συστήματος να μην είναι μεγάλος και αποτρεπτικός.

Ορθή υλοποίηση των συστημάτων κατά την κατασκευή

Η ορθή υλοποίηση των συστημάτων κατά τη μελέτη και κατασκευή της κατοικίας αποτελεί τη δεύτερη παράμετρο επιτυχούς εφαρμογής του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Στα περισσότερα παθητικά ηλιακά κτίρια στην Ελλάδα η μειωμένη απόδοση των παθητικών ηλιακών συστημάτων οφείλεται στην απόκλιση μεταξύ αρχικής μελέτης και τελικής κατασκευής. Αυτό προκαλείται από κατασκευαστικά λάθη, παραλήψεις, προτιμήσεις των χρηστών, που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία δυσμενών συνθηκών όπως αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση και μειωμένη θερμική άνεση, κάνοντας τα συμβατικά σπίτια χωρίς παθητικά συστήματα να λειτουργούν καλύτερα και να υπάρχουν καλύτερες συνθήκες άνεσης.

Σωστή χρήση και λειτουργία του κτιρίου και των συστημάτων

Η συμβολή των χρηστών των παθητικών ηλιακών κατοικιών στη σωστή χρήση και λειτουργία του κτιρίου και των συστημάτων, είναι σημαντική παράμετρος για την επίτευξη αυξημένων αποδόσεων. Είναι φυσιολογικό τα συστήματα άμεσου κέρδους να χρειάζονται τη συμβολή των χρηστών, διότι αν για παράδειγμα δεν ανοιχτεί ένα παράθυρο ή οι κουρτίνες παραμείνουν κλειστές, τότε δεν θα υπάρχουν οι αναμενόμενες αποδόσεις. Επιπλέον, αν κατά τη διάρκεια της νύχτας δεν προστατεύονται τα συστήματα ηλιακού κέρδους θα έχουμε σημαντικές απώλειες θερμότητας.

Γι' αυτό και ο μελετητής πρέπει να συμπεριλάβει και τον παράγοντα χρήστη κατά το σχεδιασμό της κατοικίας και των παθητικών συστημάτων, αν και στις περισσότερες περιπτώσεις η συμβολή του χρήστη είναι πολύ μικρή. Η τεχνολογική

ανάπτυξη, παρέχει πλέον γρήγορη και επαρκή κάλυψη των υψηλών απαιτήσεων άνεσης και διαβίωσης που αδρανοποιούν τη συμβολή του χρήστη και δυστυχώς έχουν αρνητικά αποτελέσματα στη λειτουργία των παθητικών ηλιακών κατοικιών. Επίσης ο χρήστης συχνά συμβάλλει στην αρνητική λειτουργία των βιοκλιματικών κατοικιών. Γι' αυτό και τα συστήματα θα πρέπει να έχουν απλές τεχνικές χρήσης κι όχι πολύπλοκες ώστε να συμμετέχει ο χρήστης στην ομαλή λειτουργία των συστημάτων και επομένως των κατοικιών.

Επαρκής συντήρηση

Τέλος, η επαρκής συντήρηση εξασφαλίζει κι αυτή τη μέγιστη απόδοση των βιοκλιματικών κατοικιών που διαθέτουν παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές. Αν και τα παθητικά συστήματα λειτουργούν χωρίς μηχανικά μέσα, η συντήρησή τους είναι απαραίτητη καθώς συμβάλλει στη διαχρονική λειτουργία τους χωρίς να μειώνεται η απόδοσή τους. Οι κύριοι λόγοι που γίνεται η συντήρηση είναι για τη σκόνη που αυξάνει το συντελεστή σκίασης, τη παλαιότητα των διαφανών υλικών που μειώνει τη φωτοδιαπερατότητα και μεταβάλλει τις θερμικές ιδιότητες, τη παλαιότητα των κουφωμάτων η οποία αυξάνει την είσοδο του αέρα και το συντελεστή θερμό-αεροπερατότητας, το σκούριασμα που δυσχεραίνει τη λειτουργία των περσίδων σκίασης και των ανοιγμάτων αερισμού καθώς και για άλλους παράγοντες που δημιουργούνται με το χρόνο, τη χρήση και τη λειτουργία των συστημάτων.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΕΡΕΥΝΑΣ

4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην περιοχή της πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου τοποθετήθηκαν τρία προκατασκευασμένα κτίρια βαρέου τύπου μικρών διαστάσεων (4,3m x 3,3m) με κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ τους έχοντας όμως διαφορά στην νότια πλευρά τους (Φωτογραφία 4.1).

Αρχικά πραγματοποιήθηκε σύγκριση διαφόρων τύπων παθητικών συστημάτων έμμεσου και άμεσου ηλιακού κέρδους.



Φωτογραφία 4.1: Φωτογραφία μελετώμενων προκατασκευασμένων κτιρίων

Το πρώτο απ' τα κτίρια είχε στη νότια πλευρά έχει ένα απλό παράθυρο και κεκλιμένη στέγη, το δεύτερο έναν τοίχο θερμικής αποθήκευσης τύπου Trombe και το τρίτο έναν ηλιακό χώρο τύπου θερμοκηπίου. Με όλες τις άλλες παραμέτρους ίδιες επιτεύχθηκε με την τοποθέτηση θερμοϋγρομέτρων στο εσωτερικό και των τριών να δημιουργηθεί μία εικόνα ώστε να συγκριθεί και να εκτιμηθεί η συμπεριφορά τους.

Και στα τρία κτίρια τοποθετήθηκαν ένας αισθητήρα στο νότιο τοίχο, ένας στον βόρειο, ένας στο πάτωμα και ένας στην οροφή. Στο κτίριο με το θερμοκήπιο θεωρήθηκε αναγκαία η τοποθέτηση κάποιων επιπλέον αισθητήρων λόγω της ιδιαιτερότητας της κατασκευής και της λειτουργίας του. Έτσι προστέθηκε ένας ακόμα αισθητήρας μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου, ένας στο πρέκι της τζαμαρίας που χωρίζει το κυρίως σπίτι από το χώρο του θερμοκηπίου και επίσης καθότι δεν υπάρχει νότιος τοίχος που να χωρίζει το θερμοκήπιο από το υπόλοιπο κτίσμα τοποθετήθηκε ένας αισθητήρας στο νότιο μέρος του εσωτερικού δωματίου, μέσα δηλαδή από το θερμοκήπιο.

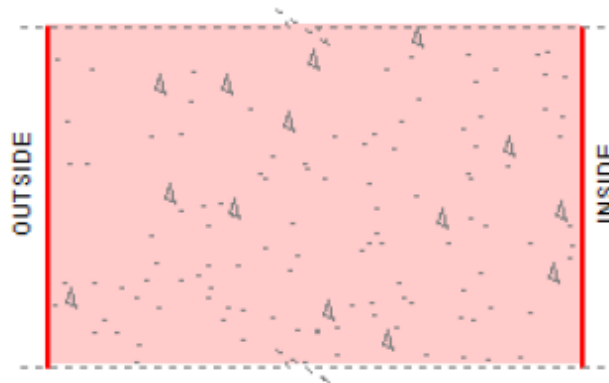
Τα δεδομένα που προέκυψαν για την θερμοκρασία και υγρασία στο εσωτερικό των σπιτιών επεξεργάστηκαν και διαγραμματοποιήθηκαν έτσι ώστε να μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους αλλά και με τα αντίστοιχα μεγέθη του περιβάλλοντος εξωτερικού χώρου τα οποία πήραμε από τον μετεωρολογικό σταθμό του ΕΜΠ που βρίσκεται στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, πολύ κοντά στα κτίρια της έρευνάς μας. Εκτός από τη θερμοκρασία και την υγρασία θεωρήθηκε σημαντικό να συμπεριληφθούν στους υπολογισμούς και τα μεγέθη της ηλιοφάνειας και της βροχόπτωσης.

Οι μετρήσεις έγιναν στο διάστημα 06/12/2010 έως και 11/02/2011.

4.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

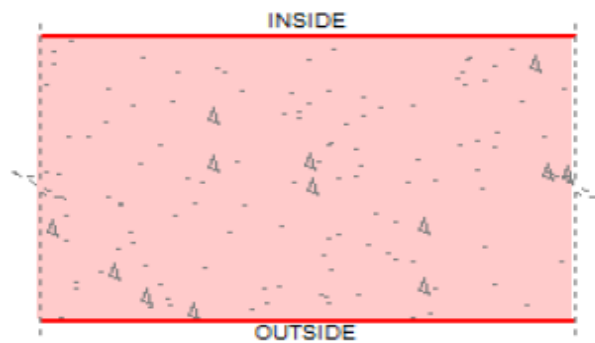
Δομικά υλικά

Εξωτερική τοιχοποιία: 15εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα, 3εκ. αφρώδης πολυουρεθάνη, 15εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 0,73W/m²K. Τοίχος Trombe: 20εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 3,88W/m²K.



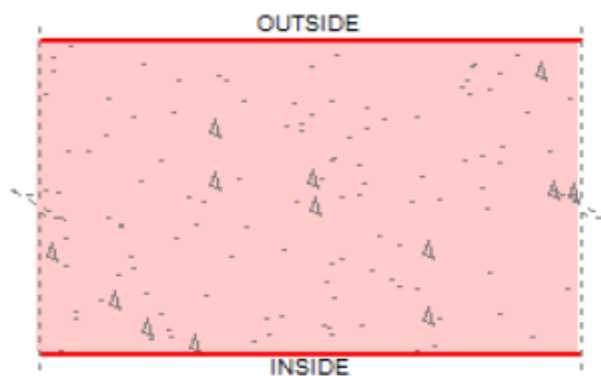
Σχέδιο 4.1: Τομή Τοίχου Trombe προκατασκευασμένου κτίσματος

Δάπεδο: 15εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 4,2W/m²K. .



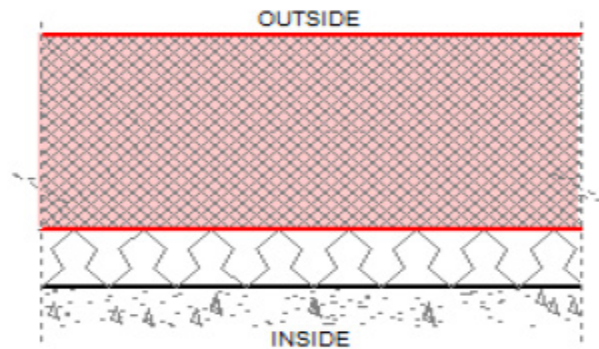
Σχέδιο 4.2: Τομή δαπέδου προκατασκευασμένων κτισμάτων

Ταβάνι: 15εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 4,2W/m²K.



Σχέδιο 4.3: Τομή ταβανιού προκατασκευασμένων κτισμάτων

Σκεπή: 10εκ. κεραμίδια, 3εκ. αφρώδης πολυουρεθάνη, 2εκ. τσιμεντοκονίαμα με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 0,66W/m²K.



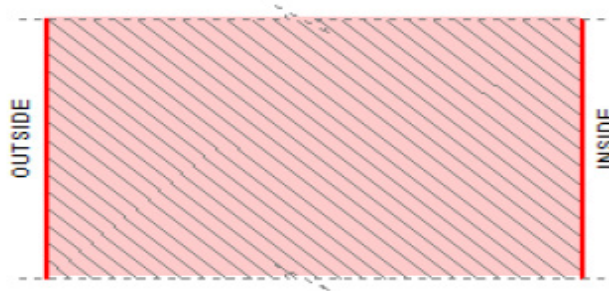
Σχέδιο 4.4: Τομή σκεπής προκατασκευασμένων κτισμάτων

Παράθυρα: 0,6εκ. υαλοπίνακας, 3εκ. κενό, 0,6εκ. υαλοπίνακας με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 2,70W/m²K.



Σχέδιο 4.5: Τομή παραθύρου προκατασκευασμένων κτισμάτων

Εξώπορτα: 6εκ. αλουμίνιο με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: $5,62\text{W/m}^2\text{K}$.



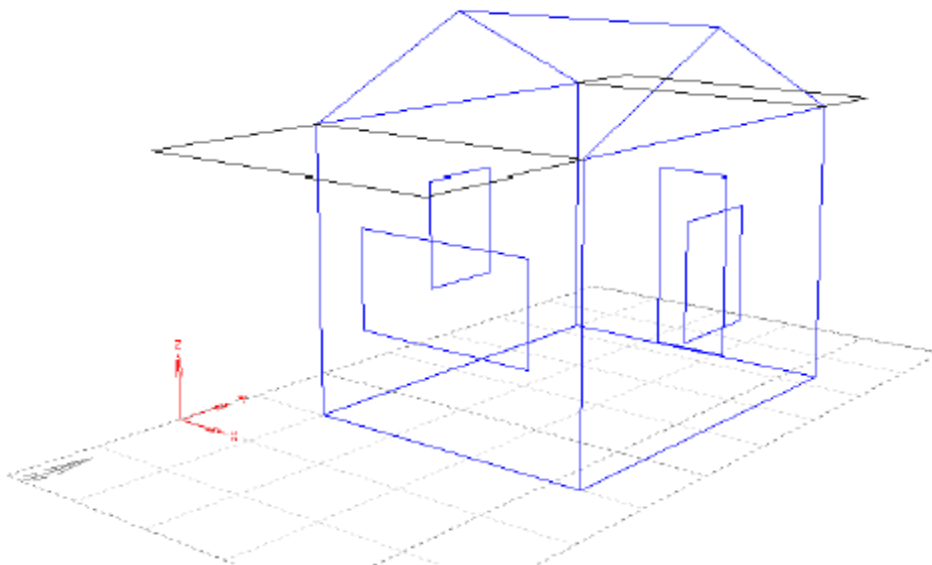
Σχέδιο 4.6: Τομή εξώπορτας προκατασκευασμένων κτισμάτων

Παραδοχές σχεδιασμού

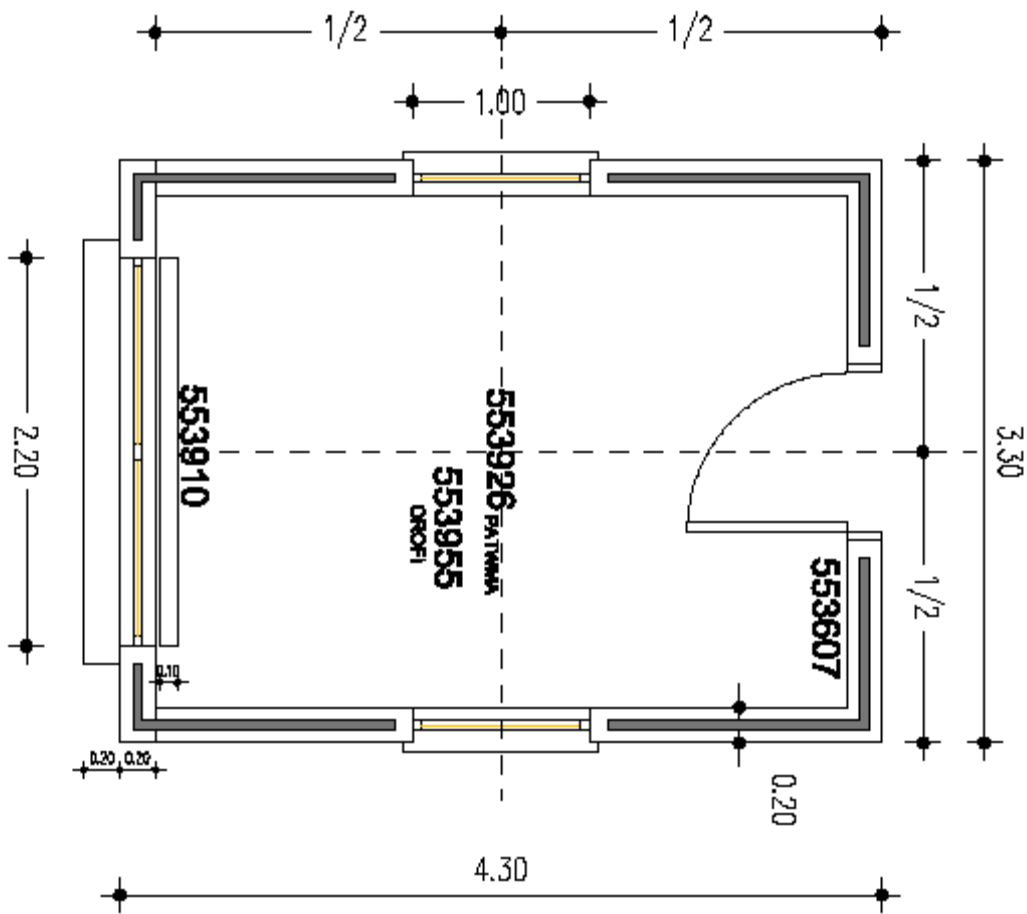
- Τα παράθυρα, οι εξώπορτες και οι μπαλκονόπορτες θεωρήθηκαν συνεχώς κλειστές.
- Ο προσανατολισμός των κτιρίων είναι νότιος, δηλαδή -180°

Συγκεκριμένα το σπίτι με το απλό παράθυρο αποτελείται από μία θερμική ζώνη, ενώ το θερμοκήπιο αποτελεί επιπλέον θερμική ζώνη καθώς και ο τοίχος Trombe.

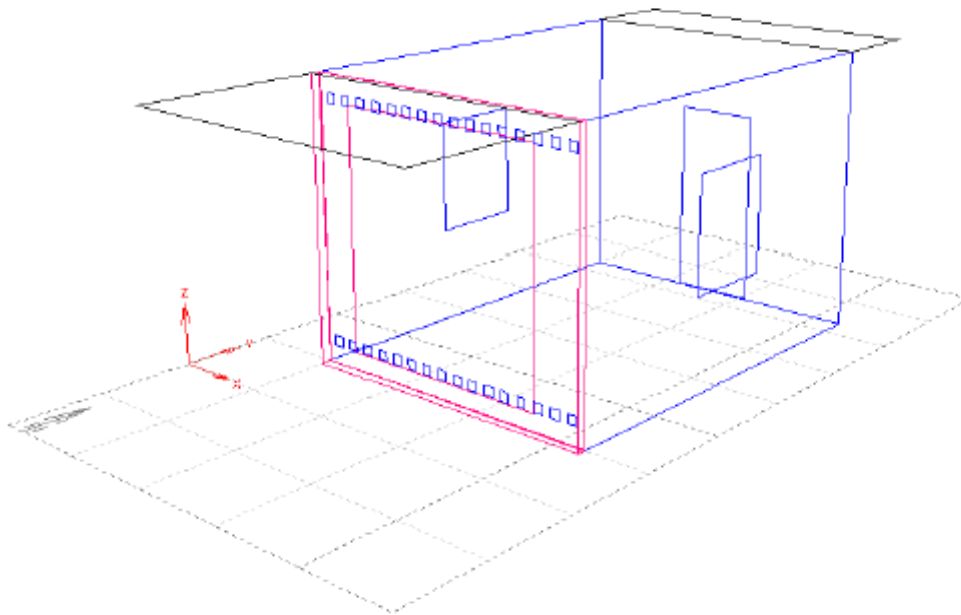
Σχέδια-Κατόψεις



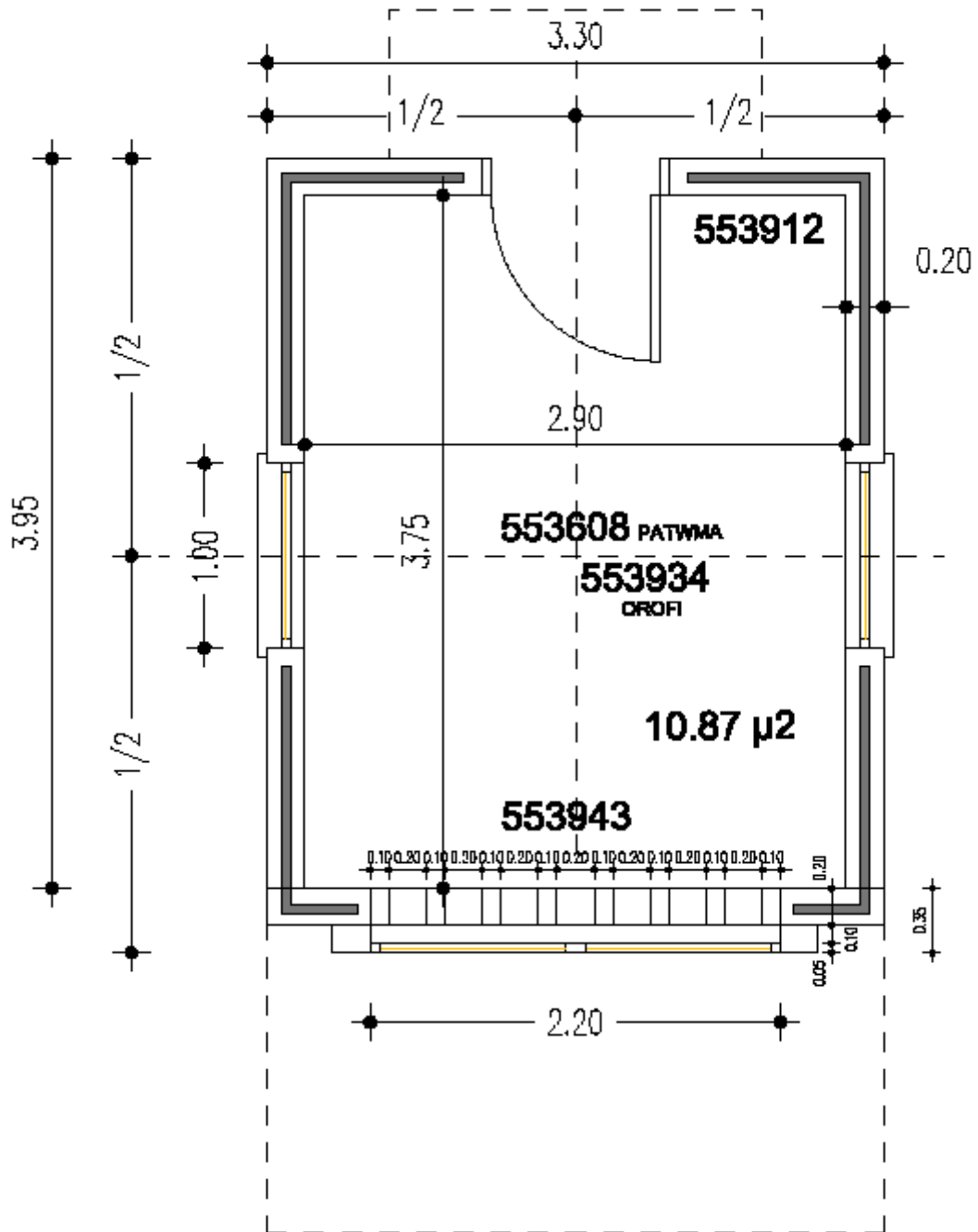
Σχέδιο 4.7: Κτίσμα με απλό παράθυρο στη νότια όψη και σκεπή



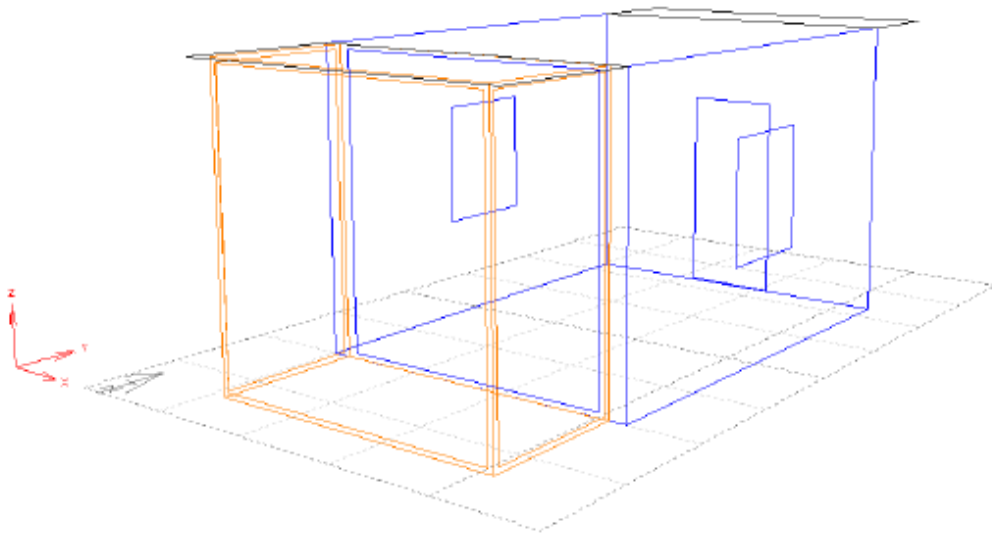
Σχέδιο 4.8: Κάτοψη προκατασκευασμένου κτιρίου με Κεκλιμένη Στέγη και παράθυρο(1ο))



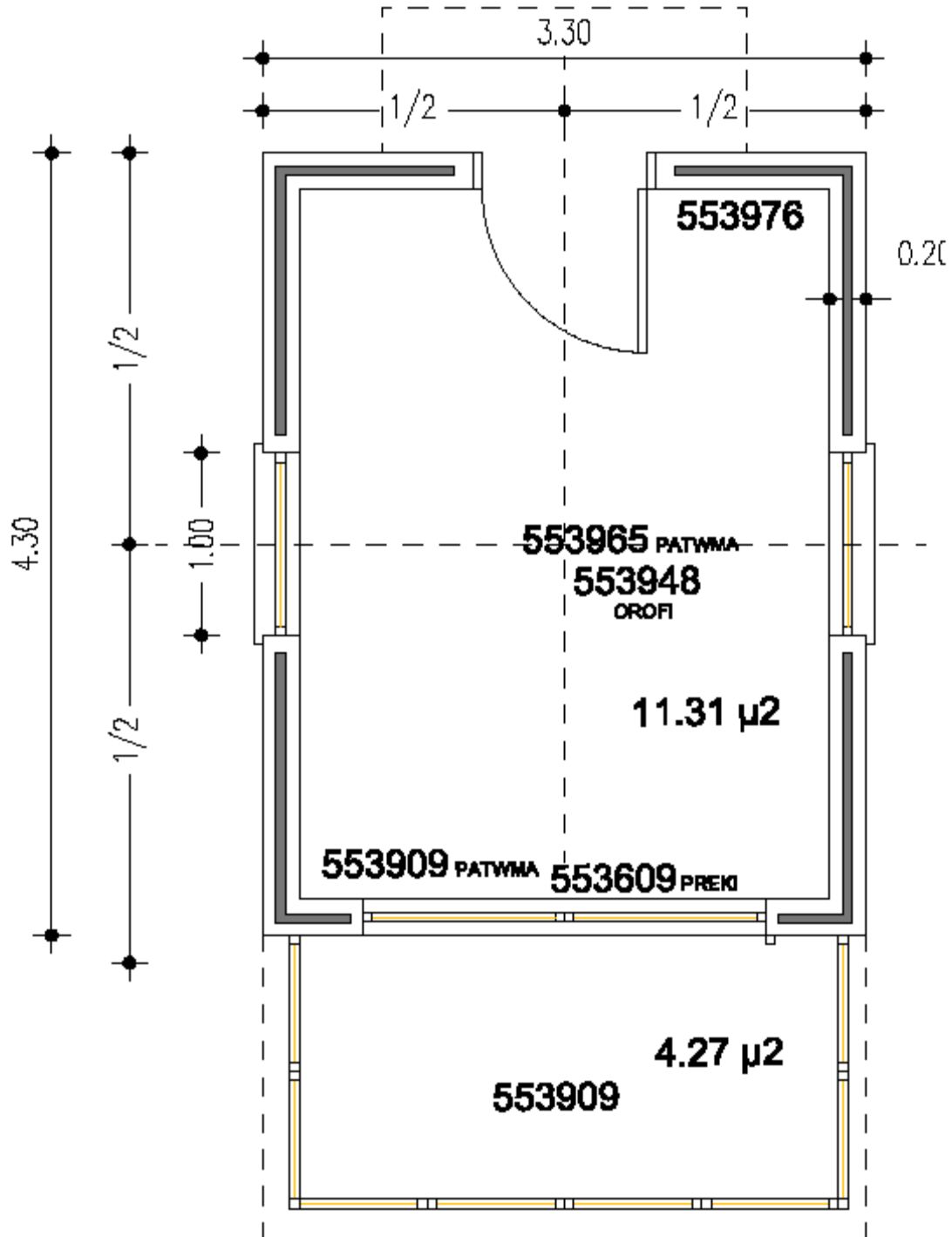
Σχέδιο 4.9: Κτίσμα με τοίχο Trombe στη νότια όψη



Σχέδιο 4.10: Κάτοψη προκατασκευασμένου κτιρίου με Trombe (2°)



Σχέδιο 4.11: Κτίσμα με θερμοκήπιο στη νότια όψη (3°)



Σχέδιο 4.12: Κάτοψη προκατασκευασμένου κτιρίου με Θερμοκήπιο (3^ο)

4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η ανάλυση μπορεί να γίνει για δύο χρονικές περιόδους:

- Για το σύνολο της περιόδου των μετρήσεων δηλαδή 06/12/2010 έως 11/02/2011
- Για την εβδομάδα 6/12/2010 έως 13/12/2010 που έχει επιλεγεί σαν χαρακτηριστική καθώς σε αυτήν παρατηρούμε τις υψηλότερες θερμοκρασίες που καταγράφηκαν, τις πρώτες ημέρες, καθώς και τις χαμηλότερες, τις υπόλοιπες ημέρες.
- Οι μετρήσεις συνεχίζονται μέχρι και σήμερα αλλά δε παρουσιάζονται στην παρούσα πτυχιακή, αφού αποτελέσουν αποτελέσματα περαιτέρω έρευνας.

4.3.1 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

- **Νότος**

Στο διάγραμμα θερμοκρασιών των Νότιων τοίχων (διάγραμμα 4.1) για τη συνολική περίοδο φαίνεται ξεκάθαρα ότι οι θερμοκρασίες που κατέγραψε ο αισθητήρας στο κτίσμα με το παράθυρο είναι σταθερά χαμηλότερες από αυτές των άλλων δύο. Η διαφορά αυτή είναι πολύ έντονη της ημέρες με υψηλή εξωτερική θερμοκρασία και ηλιοφάνεια και ιδιαίτερα τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες (αιχμές του διαγράμματος).

Τα άλλα δύο κτίσματα παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά με μια μικρή διαφοροποίηση. Στο κτίσμα με τον τοίχο Trombe οι θερμοκρασίες είναι ελάχιστα υψηλότερες από αυτές του κτίσματος με το θερμοκήπιο τις περισσότερες ημέρες. Τα μοναδικά σημεία του διαγράμματος που στο θερμοκήπιο παρατηρούνται υψηλότερες θερμοκρασίες αντιστοιχούν στις θερμότερες ημέρες της περιόδου δηλαδή 6/11 έως 10/11.

- **Βορράς**

Και στο διάγραμμα αυτό (διάγραμμα 4.2) παρατηρούμε αντίστοιχη συμπεριφορά με του νότου. Στο κτίσμα με το παράθυρο οι μετρήσεις του βόρειου αισθητήρα καταγράφουν πιο μικρές θερμοκρασίες από τους αντίστοιχους αισθητήρες των δύο άλλων κτιρίων. Οι διαφορές που παρατηρούνται όμως είναι λιγότερο έντονες στις θερμές ημέρες με υψηλή ηλιοφάνεια.

Τα άλλα δύο κτίσματα παρουσιάζουν και αυτά αντίστοιχη συμπεριφορά με το θερμοκήπιο να ξεπερνάει τις τιμές του κτιρίου με τον τοίχο Trombe αλλά για πολύ μικρές διαφορές.

- **Δάπεδο**

Στο διάγραμμα των θερμοκρασιών που κατέγραψαν οι αισθητήρες δαπέδου (διάγραμμα 4.3) παρατηρούμε και πάλι τις χαμηλότερες θερμοκρασίες στο κτίσμα με το παράθυρο με αντίστοιχη συμπεριφορά.

Από τα άλλα δύο κτίσματα αυτό που ξεχωρίζει είναι αυτό με το θερμοκήπιο. Οι αιχμές που παρουσιάζονται στις θερμοκρασίες καταγραφής του αισθητήρα του, όλες τις ημέρες με ψηλή ηλιοφάνεια, είναι πολύ πιο έντονες από ότι στα προηγούμενα διαγράμματα και είναι σταθερά θερμότερο από το κτίριο με τον τοίχο Trombe.

- **Οροφή**

Στο διάγραμμα θερμοκρασιών που καταγράφονται από τους αισθητήρες οροφής (διάγραμμα 4.4), που καταγράφουν τη θερμοκρασία του αέρα του κάθε κτίσματος αφού δεν έρχονται σε επαφή το κέλυφος, παρατηρείται αντίστοιχη εικόνα με αυτή του διαγράμματος του νότου, με τη διαφορά ότι το κτίσμα με το παράθυρο είναι εξίσου θερμό με τα άλλα της ημέρες μικρής ηλιοφάνειας.

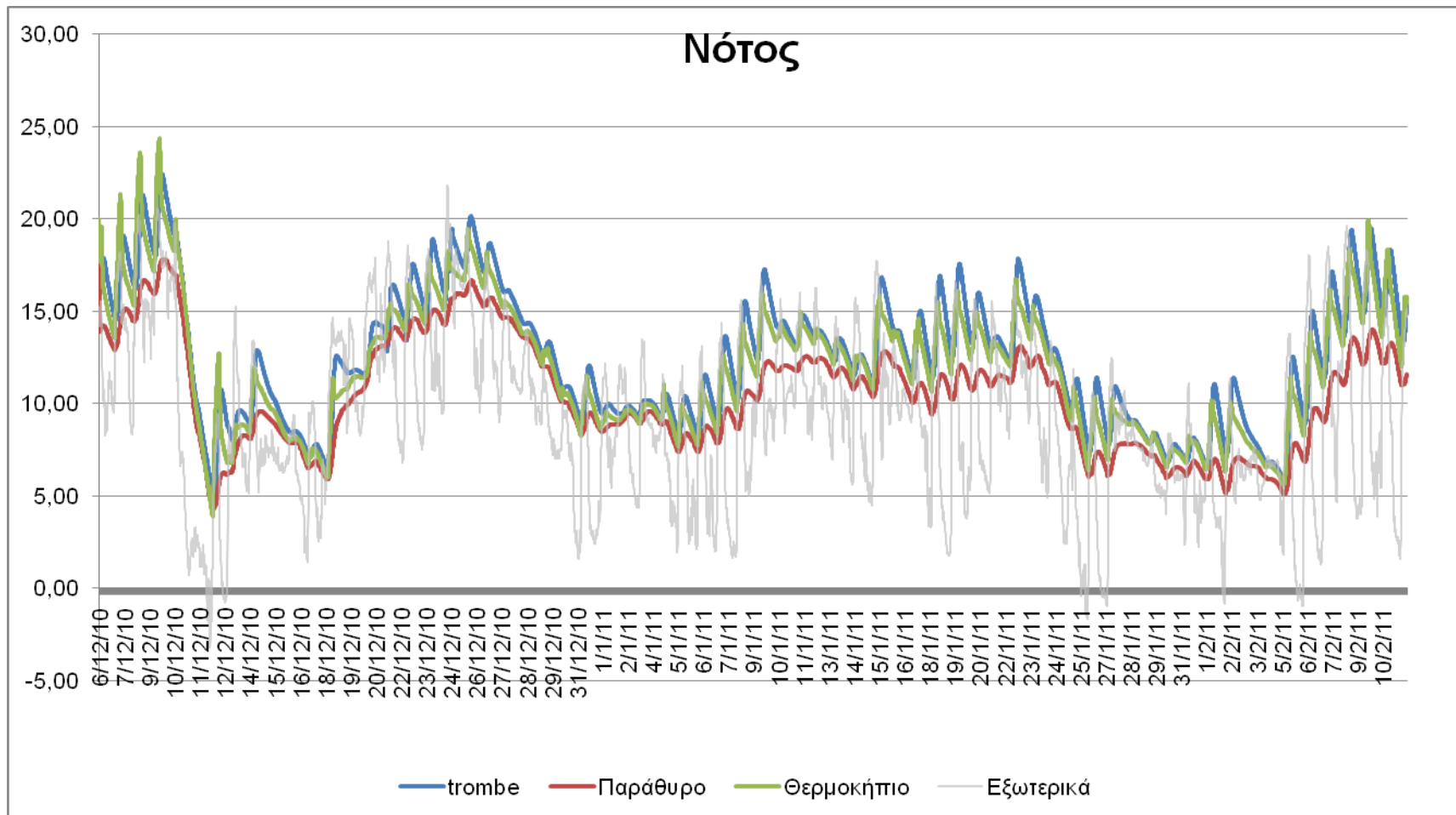
Κατά τα άλλα το κτίσμα με τον τοίχο Trombe είναι και πάλι πιο θερμό με πολύ μικρή όμως διαφορά μόνο στις αιχμές των μεσημεριανών ωρών.

- **Συγκεντρωτικά διαγράμματα όλων των αισθητήρων σε κάθε κτίριο**

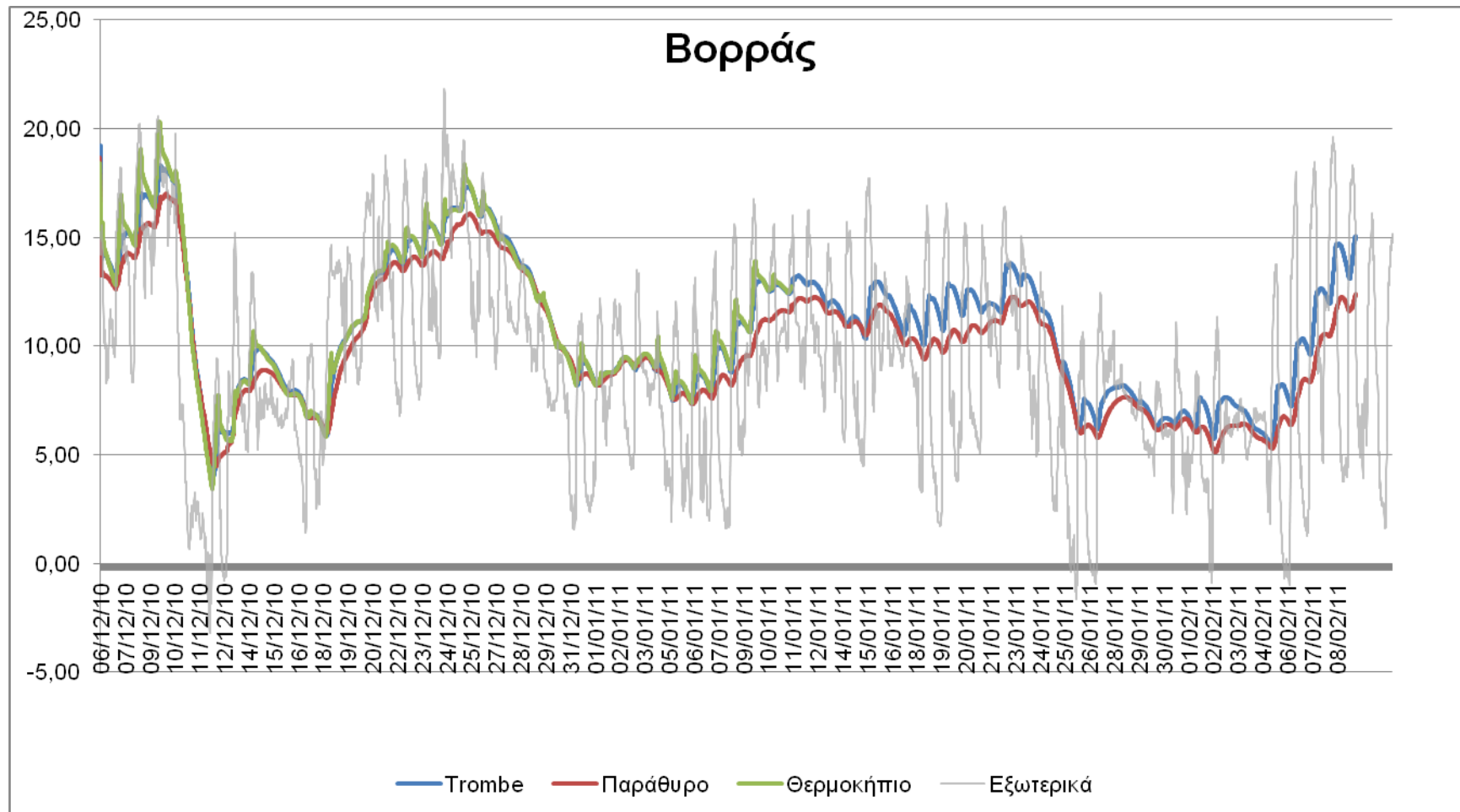
Στο κτίριο με τον τοίχο Trombe (διάγραμμα 4.5) είναι ξεκάθαρες οι έντονες αιχμές που καταγράφει ο αισθητήρας του νότιου τοίχου τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες. Αυτό το θερμικό κέρδος μεταφράζεται και σε μεγαλύτερη θερμοκρασία αέρα στο κτίριο με παρόμοια συμπεριφορά.

Στο κτίριο με το παράθυρο (διάγραμμα 4.6) το θερμικό κέρδος στη διάρκεια της ημέρας είναι πολύ μικρό. Άρα δεν υπάρχουν αιχμές, όλοι οι αισθητήρες καταγράφουν σχεδόν αντίστοιχες θερμοκρασίες. Αυτό που ξεχωρίζει είναι η πολύ μικρή διακύμανση και τις νυχτερινές ώρες που οφείλεται στις πολύ μικρές απώλειες από ανοίγματα.

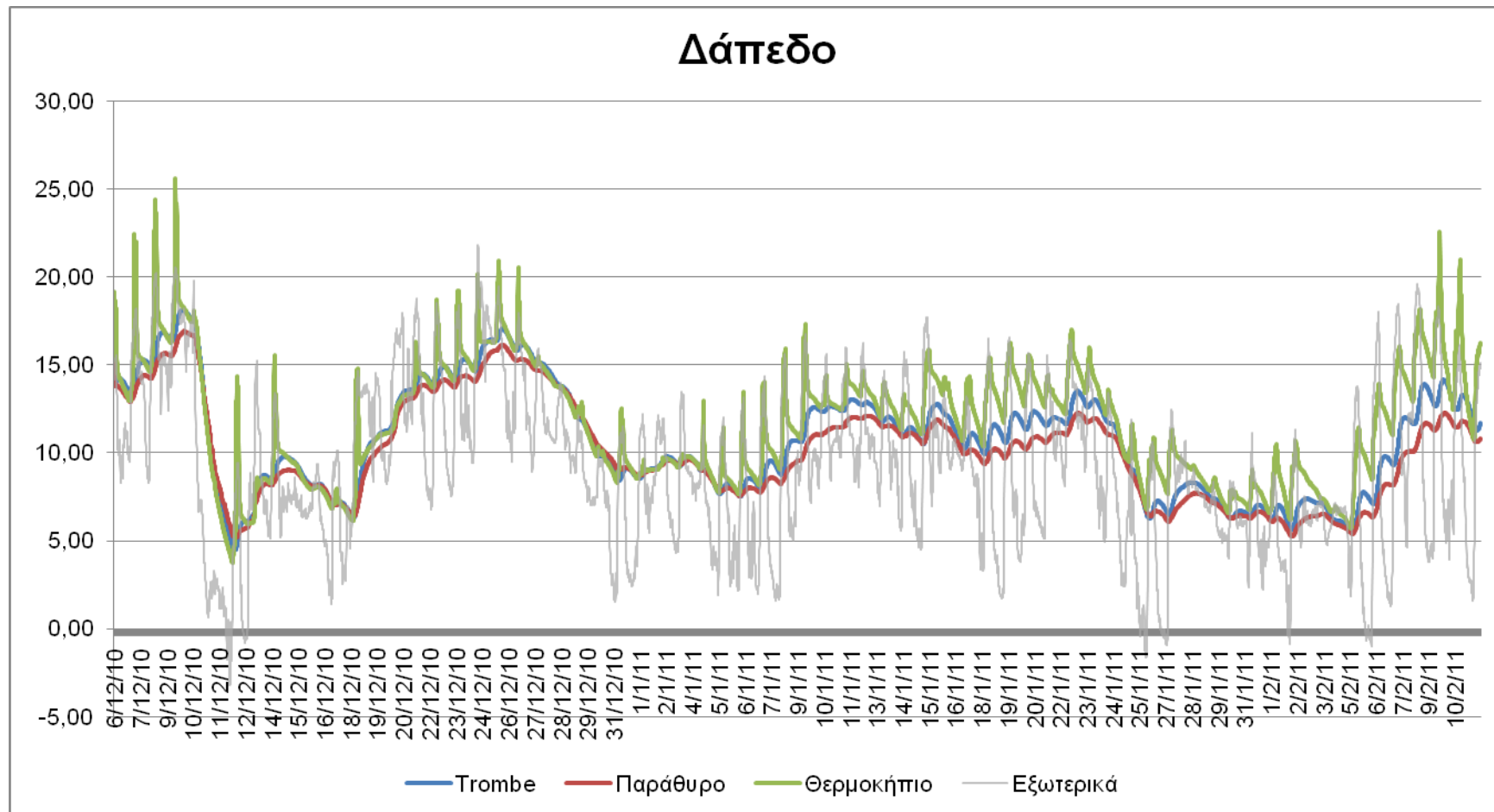
Στο κτίριο με το θερμοκήπιο (διάγραμμα 4.7) τα δεδομένα είναι πιο σύνθετα. Ο χώρος του θερμοκηπίου παρουσιάζει εντονότερες αιχμές αφού δέχεται το μεγαλύτερο θερμικό κέρδος στη διάρκεια της ημέρας. Η επιρροή του στο εσωτερικό του κτιρίου είναι σημαντική όπως είδαμε και από τα προηγούμενα διαγράμματα με έντονες αιχμές να παρατηρούνται στον αισθητήρα που τοποθετήθηκε στο πρέκι, στην εσωτερική μεριά του υαλοπίνακα που χωρίζει το θερμοκήπιο από το υπόλοιπο κτίσμα αλλά και σε αυτόν του δαπέδου.



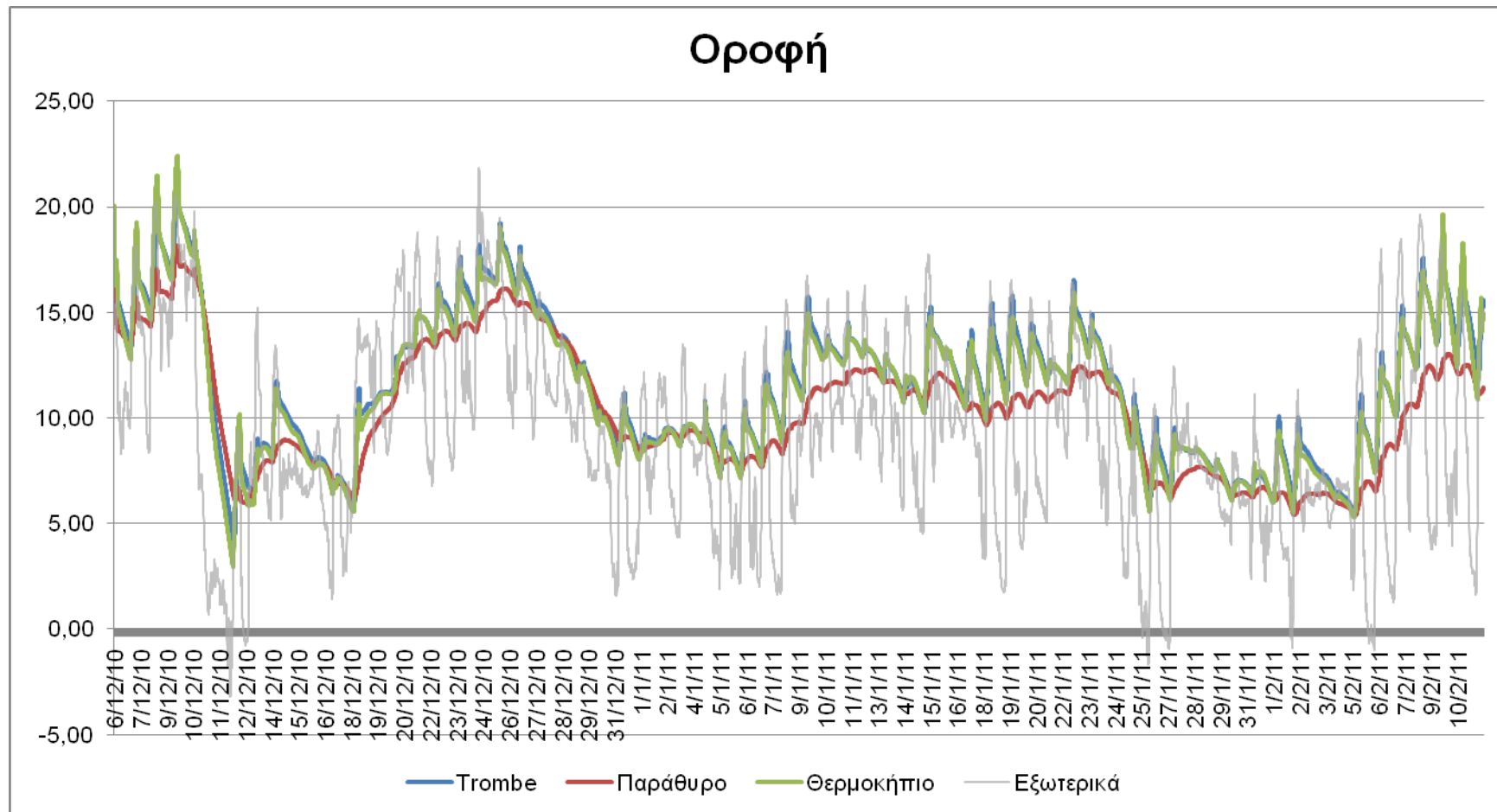
Διάγραμμα 4.1: Διάγραμμα θερμοκρασιών Νότιων τοίχων για τη συνολική περίοδο



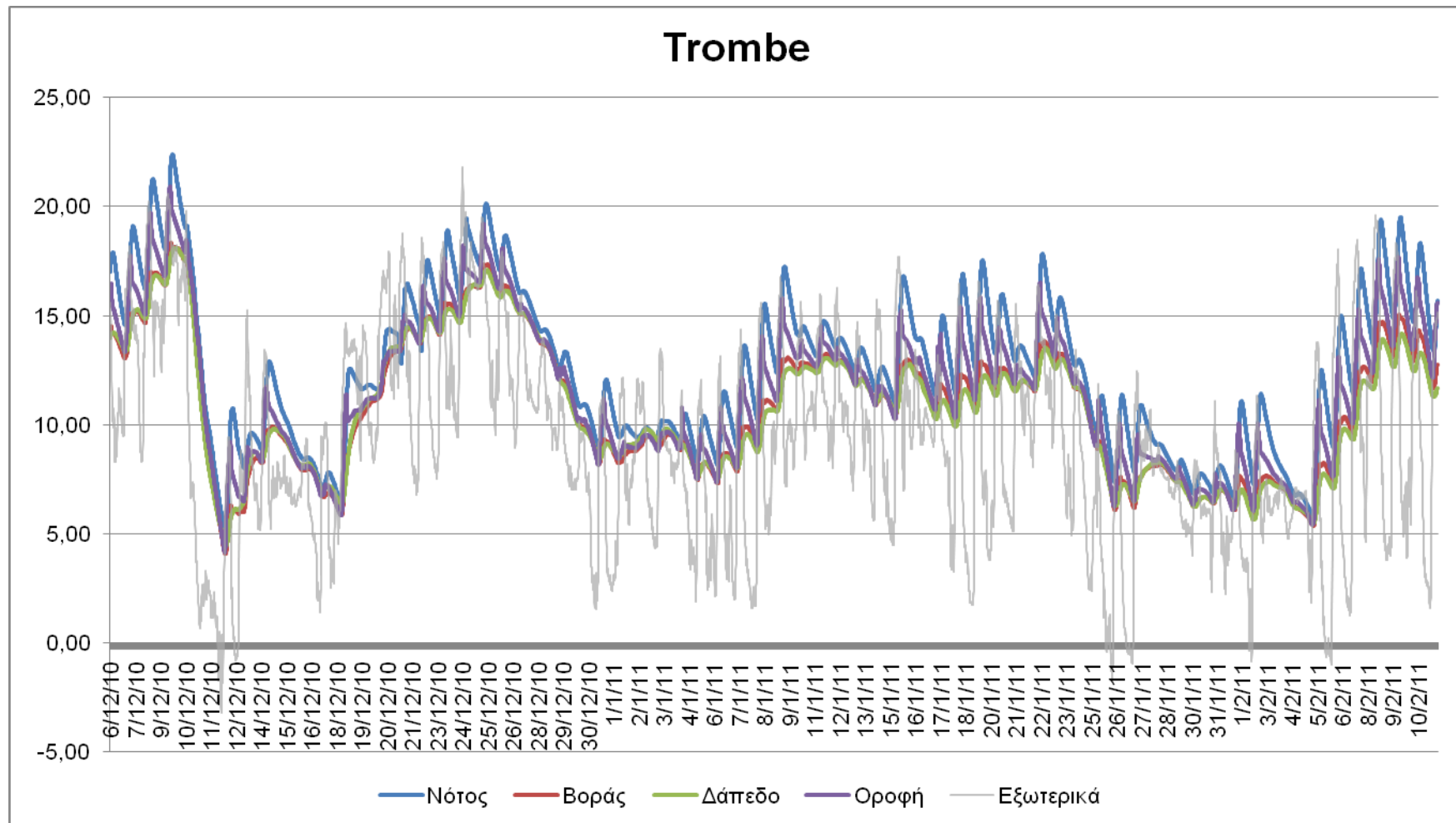
Διάγραμμα 4.2: Διάγραμμα θερμοκρασιών Βόρειων τοίχων για τη συνολική περίοδο



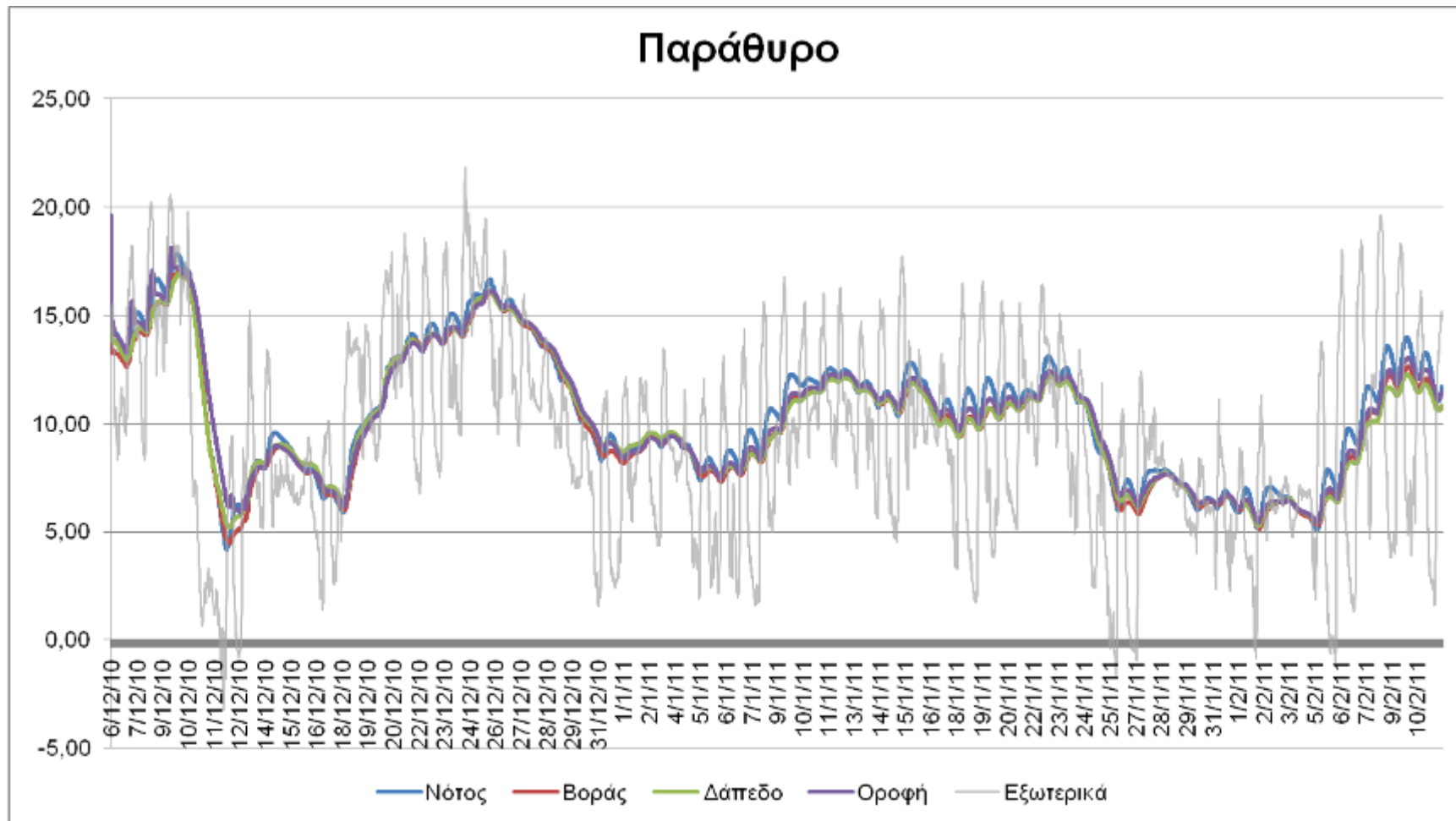
Διάγραμμα 4.3:: Διάγραμμα θερμοκρασιών Δαπέδων για τη συνολική περίοδο



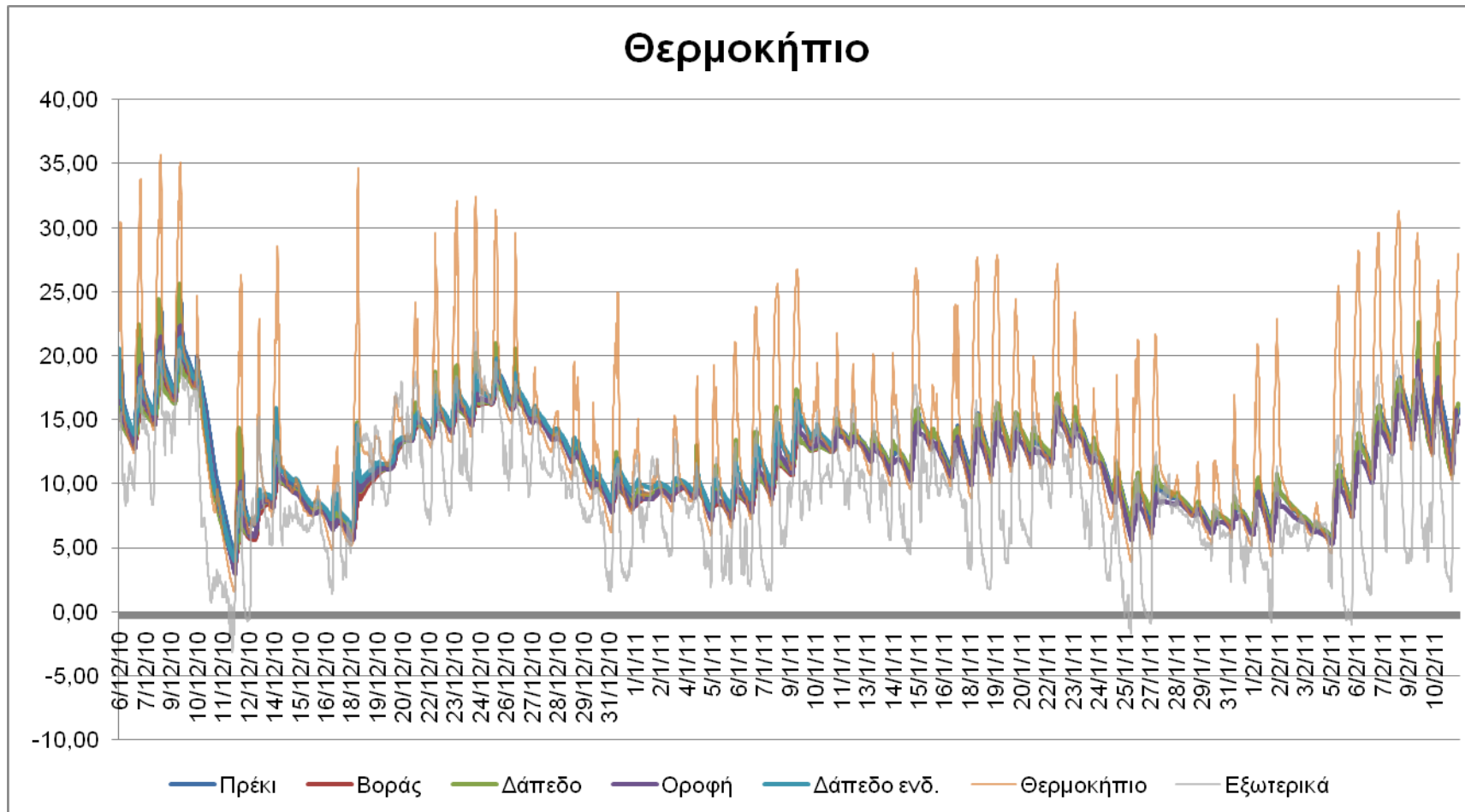
Διάγραμμα 4.4:: Διάγραμμα θερμοκρασιών Οροφών για τη συνολική περίοδο



Διάγραμμα 4.5: Διάγραμμα θερμοκρασιών αισθητήρων στο κτίριο με τον τοίχο Trombe για τη συνολική περίοδο



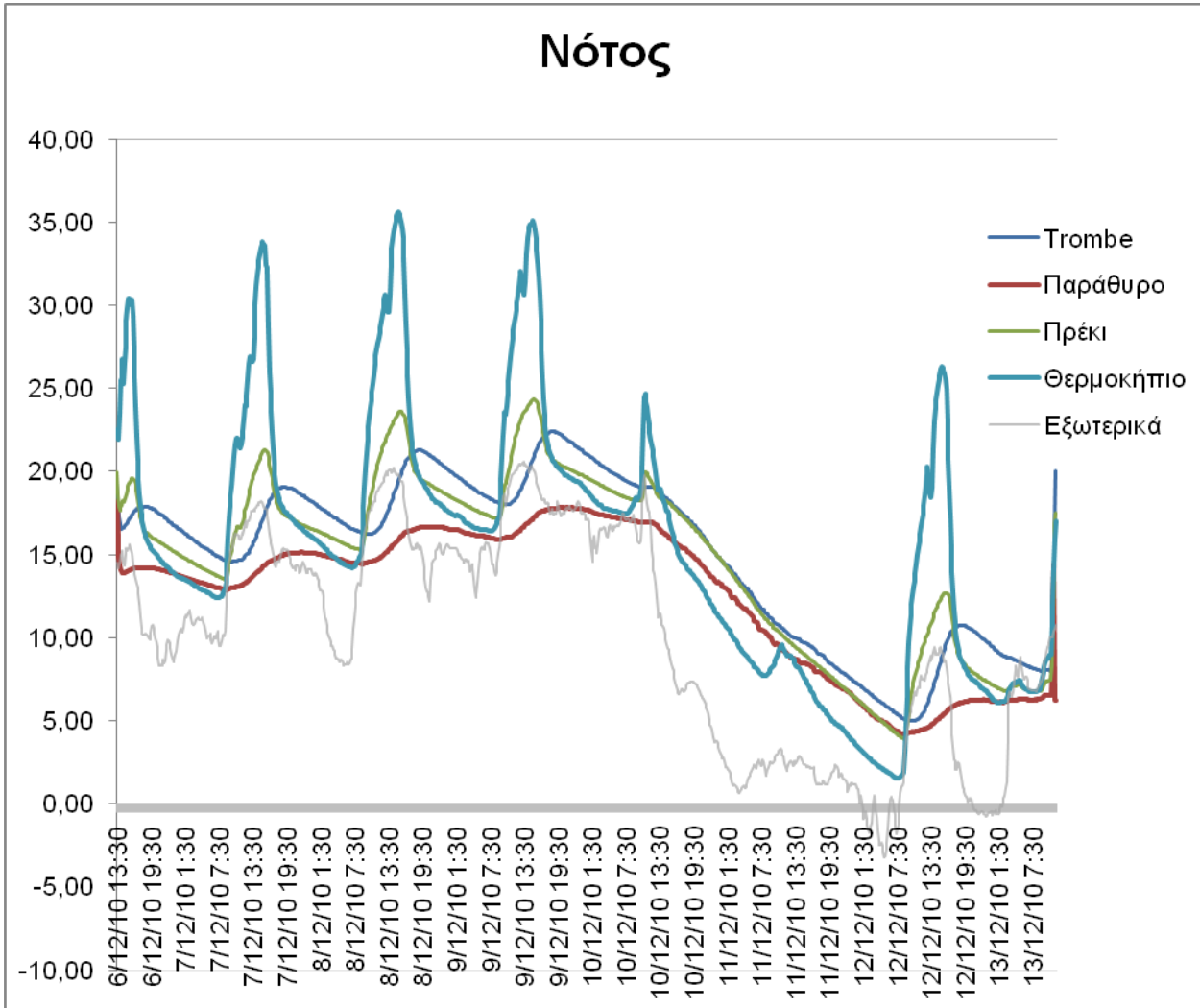
Διάγραμμα 4.6: Διάγραμμα θερμοκρασιών σενσόρων στο κτίριο με το παράθυρο για τη συνολική περίοδο



Διάγραμμα 4.7: Διάγραμμα θερμοκρασιών αισθητήρων στο κτίριο με το θερμοκήπιο για τη συνολική περίοδο

4.3.2 ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ 06/12/10 – 13/12/10

Σύγκριση Θερμοκρασιών Νότιου τοίχου



Διάγραμμα 4.8: Διάγραμμα Θερμοκρασιών Νοτίων τοίχων για τη χαρακτηριστική βδομάδα

Σε διάγραμμα απεικονίζονται οι θερμοκρασίες που κατέγραψαν οι αισθητήρες που έχουν τοποθετηθεί στους νότιους τοίχους των τριών κτιρίων καθώς και αυτές που μετρήθηκαν στο περιβάλλοντα χώρο (διάγραμμα 4.8). Η περίοδος αναφοράς του συγκεκριμένου διαγράμματος είναι η εβδομάδα 06/12/2010 έως 13/12/2010 και επιλέχθηκε ως χαρακτηριστική καθώς παρουσίασε τις χαμηλότερες θερμοκρασίες του διαστήματος μετρήσεων και τη μοναδική με χιονόπτωση όπως και κάποιες από τις υψηλότερες.

Στη διάρκεια της χαρακτηριστικής εβδομάδας παρατηρούμε απότομη πτώση της θερμοκρασίας και χιονόπτωση από την 10/12 και έπειτα. Έτσι μπορεί να αναλυθεί σε δύο χρονικές περιόδους που θα οδηγήσουν σε πιο χαρακτηριστικά συμπεράσματα.

Στο διάστημα 6/12 έως 10/12 φαίνονται χαρακτηριστικά η σταθερά μικρότερη θερμοκρασία στο κτίριο με το παράθυρο σε σχέση με τα υπόλοιπα καθώς και οι αιχμές που παρουσιάζει η θερμοκρασία στο νότιο μέρος του κτιρίου με το θερμοκήπιο τις ώρες μεγάλης ηλιοφάνειας τόσο μέσα στο θερμοκήπιο όσο και στο πρέκι του κουφώματος που χωρίζει το θερμοκήπιο από το εσωτερικό του κτιρίου.

Και τα δύο αυτά στοιχεία ήταν αναμενόμενα. Στο θερμοκήπιο το ηλιακό κέρδος είναι μεγαλύτερο από αυτό του κτιρίου με το παράθυρο όσο και του κτιρίου με τον τοίχο Trombe τις πρωινές – μεσημεριανές ώρες όταν πρόκειται για ημέρες μεγάλης ηλιοφάνειας και θερμοκρασίας. Έτσι φαίνεται λογικό οι θερμοκρασίες του κτιρίου με το θερμοκήπιο να είναι αρκετά υψηλότερες τις ώρες αυτές με την διαφορά να φτάνει ακόμα και τους επτά βαθμούς κελσίου αν συγκρίνουμε τις μετρήσεις από το πρέκι του θερμοκηπίου με αυτές του νότιου τοίχου του κτιρίου με το παράθυρο. Στο κτίριο με τον τοίχο Trombe το ηλιακό κέρδος τις ώρες αυτές είναι αρκετά μεγάλο και η θερμοκρασία του νότιου τοίχου φτάνει μέχρι και δύο βαθμούς κελσίου χαμηλότερα από το πρέκι του θερμοκηπίου. Το κτίριο με το παράθυρο είναι το λιγότερο ευεπηρέαστο από την αύξηση της θερμοκρασίας και της ηλιοφάνειας.

Τις βραδινές ώρες όμως, λόγω των απωλειών θερμότητας και στα τρία κτίρια η θερμοκρασιακή κατάσταση αλλάζει. Στο κτίριο με το θερμοκήπιο παρατηρούμε τις μεγαλύτερες απώλειες χωρίς όμως να αρκεί ο χρόνος ώστε να γίνει πιο ψυχρό από το κτίριο με το παράθυρο το οποίο παραμένει το πιο κρύο καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Πολύ λιγότερες είναι οι απώλειες που παρουσιάζονται στο κτίριο με τον τοίχο Trombe και έτσι αυτό είναι το θερμότερο όλων τις βραδινές ώρες των ζεστών ημερών με μεγάλη ηλιοφάνεια.

Στο δεύτερο χρονικό διάστημα της εβδομάδας από 10/12 έως 13/12 παρατηρείται απότομη πτώση της θερμοκρασίας όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

Οι συμπεριφορές διαφοροποιούνται. Το κτίριο με το θερμοκήπιο παρουσιάζει σαφώς χειρότερη συμπεριφορά καθώς έχει μεγάλες απώλειες ενώ το ηλιακό κέρδος που θα μπορούσε να έχει είναι πολύ μικρό λόγω της πολύ μικρής ηλιοφάνειας.

Παραμένει παρόλα αυτά θερμότερο από το κτίριο με το παράθυρο εκτός από τη στιγμή με τη χαμηλότερη θερμοκρασία οπότε και εξισώνονται οι θερμοκρασίες στα δυο κτίρια. Το κτίριο με τον τοίχο Trombe παρουσιάζει την καλύτερη εικόνα με σταθερά μεγαλύτερη θερμοκρασία από τα άλλα δύο κατά έναν βαθμό κελσίου.

Ξεχωριστά πρέπει να σχολιαστούν οι μετρήσεις του αισθητήρα του θερμοκηπίου όπου παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά. Τις ώρες μεγάλης θερμοκρασίας και ηλιοφάνειας το θερμοκήπιο φτάνει τους 35 βαθμούς κελσίου, θερμοκρασία 15 περίπου βαθμούς μεγαλύτερη από την εξωτερική. Στο γεγονός αυτό οφείλονται οι αιχμές θερμοκρασίας που παρατηρούνται και στα υπόλοιπα σημεία του κτιρίου. Τις βραδινές ώρες όπου η θερμοκρασία μειώνεται παρατηρούμε μειωμένες θερμοκρασίες στο χώρο του θερμοκηπίου που δεν είναι όμως χαμηλότερες από τις αντίστοιχες του κτιρίου με το παράθυρο όμως.

Τις ημέρες από 10/12 και μετά όμως που παρατηρούμε τις χαμηλότερες θερμοκρασίες σε όλη τη διάρκεια της ημέρας παρουσιάζει χαμηλότερη συμπεριφορά από όλα τα άλλα κτίρια κάτι που μάλλον οδηγεί και το θερμότερο κατά τα άλλα κτίριο του θερμοκηπίου να γίνει το πιο ψυχρό.

Από το διάγραμμα φαίνεται σαφώς η διαφορά θερμικής μάζας των νότιων τοίχων στα τρία κτίρια. Η χρονική υστέρηση από τη στιγμή της μέγιστης εξωτερικής θερμοκρασίας μέχρι τη στιγμή που μεγιστοποιείται η εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία στους νότιους τοίχους είναι αρκετά μεγαλύτερη στο κτίριο με τον τοίχο Trombe αλλά και σε αυτό με το παράθυρο σε σχέση με το κτίριο του θερμοκηπίου. Η χρονική υστέρηση αυτή (timelag) φτάνει μέχρι και τις πέντε ώρες τόσο για το κτίριο με το παράθυρο όσο και για εκείνο με τον τοίχο Trombe έναντι του κτιρίου με το θερμοκήπιο η χρονική υστέρηση του οποίου είναι μόλις μία ώρα.

Λόγω της μεγαλύτερης θερμοχωρητικότητας στα κτίρια με το παράθυρο αλλά και τον τοίχο Trombe παρατηρείται και μικρότερη διακύμανση της θερμοκρασίας των νότιων τοίχων τους, σε σχέση με το κτίριο με το θερμοκήπιο, στη διάρκεια της ημέρας με τις τιμές διακύμανσης να φτάνουν τους 3,5°C για το κτίριο με το παράθυρο, 5 °C για το κτίριο με τον τοίχο Trombe έναντι 6,5 °C για το κτίριο με το θερμοκήπιο.

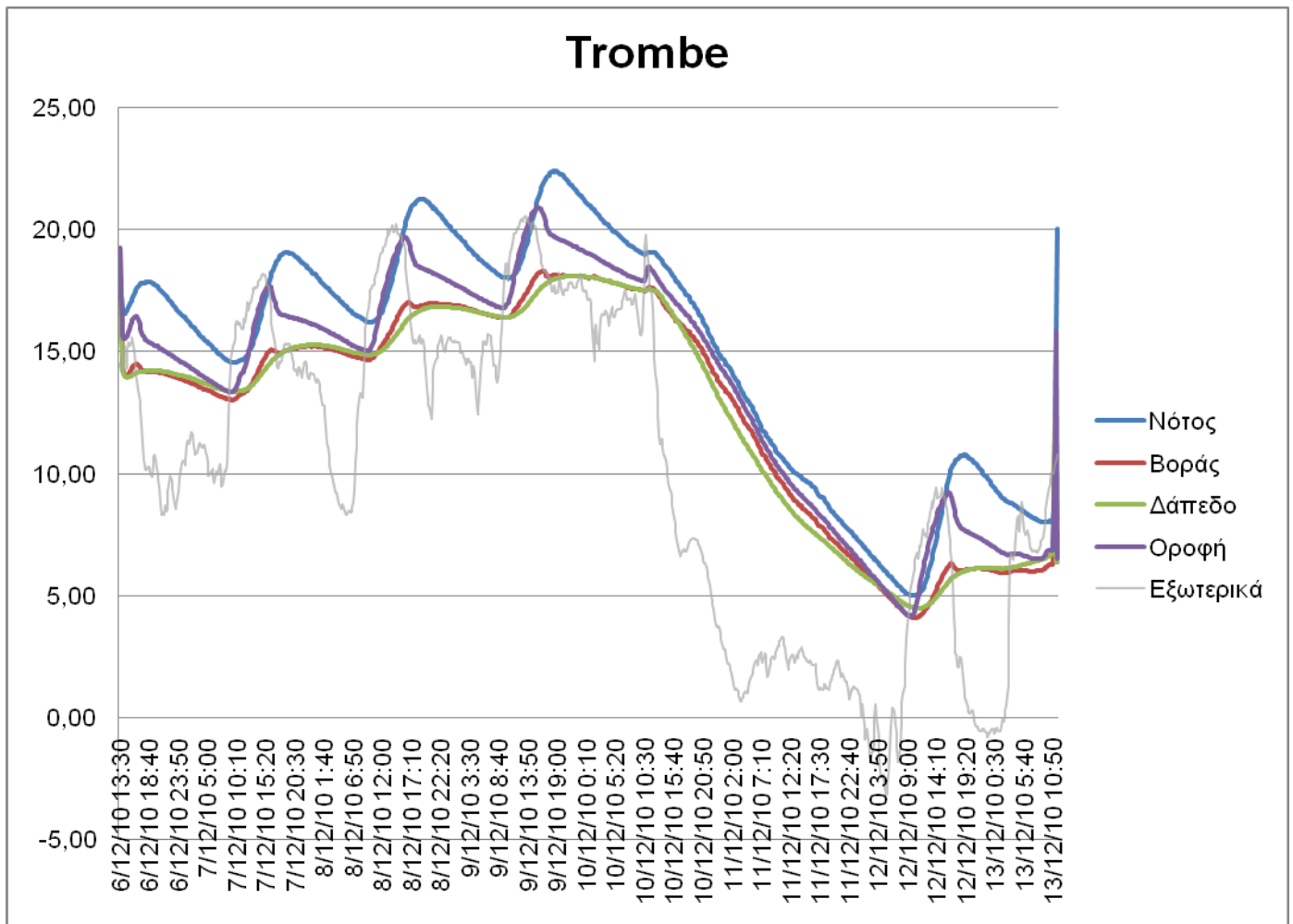
Στη συνέχεια παρουσιάζονται διαγραμματικά οι μετρήσεις των αισθητήρων του κάθε κτιρίου ξεχωριστά.

4.3.3 Προκατασκευασμένο κτίριο με Τοίχο Trombe

Στο προκατασκευασμένο κτίριο με Τοίχο Trombe (Φωτογραφία 4.2) έχουν εγκατασταθεί τέσσερις αισθητήρες



Φωτογραφία 4.2: Φωτογραφία προκατασκευασμένου κτιρίου με τοίχο Trombe



Διάγραμμα 4.9: Διάγραμμα θερμοκρασιών σενσόρων στο κτίριο με τον τοίχο Trombe για τη χαρακτηριστική βδομάδα

Στο κτίριο έχουν τοποθετηθεί όπως ειπώθηκε παραπάνω αισθητήρες στον τοίχο Trombe (Φωτογραφία 4.2), τον βόρειο τοίχο, το δάπεδο και την οροφή. Από το διάγραμμα (διάγραμμα 4.9) φαίνεται η επιρροή στην αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του τοίχου Trombe καθώς τις πρωινές – μεσημεριανές ώρες παρατηρούμε αύξησή της στον νότιο τοίχο κατά 4 έως 5 βαθμούς κελσίου σε σχέση με τον βόρειο ή και το δάπεδο. Έτσι η θερμοκρασία στο μέσον του κτιρίου όπως βλέπουμε από τον αισθητήρα οροφής παίρνει μια ενδιάμεση τιμή 2 έως 3 βαθμούς κελσίου μεγαλύτερη από τις τιμές του δαπέδου και του βόρειου τοίχου.

Χαρακτηριστική είναι και η συμπεριφορά του νότιου τοίχου Trombe στο διάστημα από 10/12 έως 13/12, δηλαδή την περίοδο της πιο κρύας περιόδου των μετρήσεων,

καθώς διατηρεί θερμοκρασία περίπου 2 βαθμούς κελσίου ψηλότερα από το αυτή του δαπέδου, του βόρειου τοίχο αλλά και του μέσου του δωματίου όπως φαίνεται από τις τιμές του αισθητήρα οροφής.

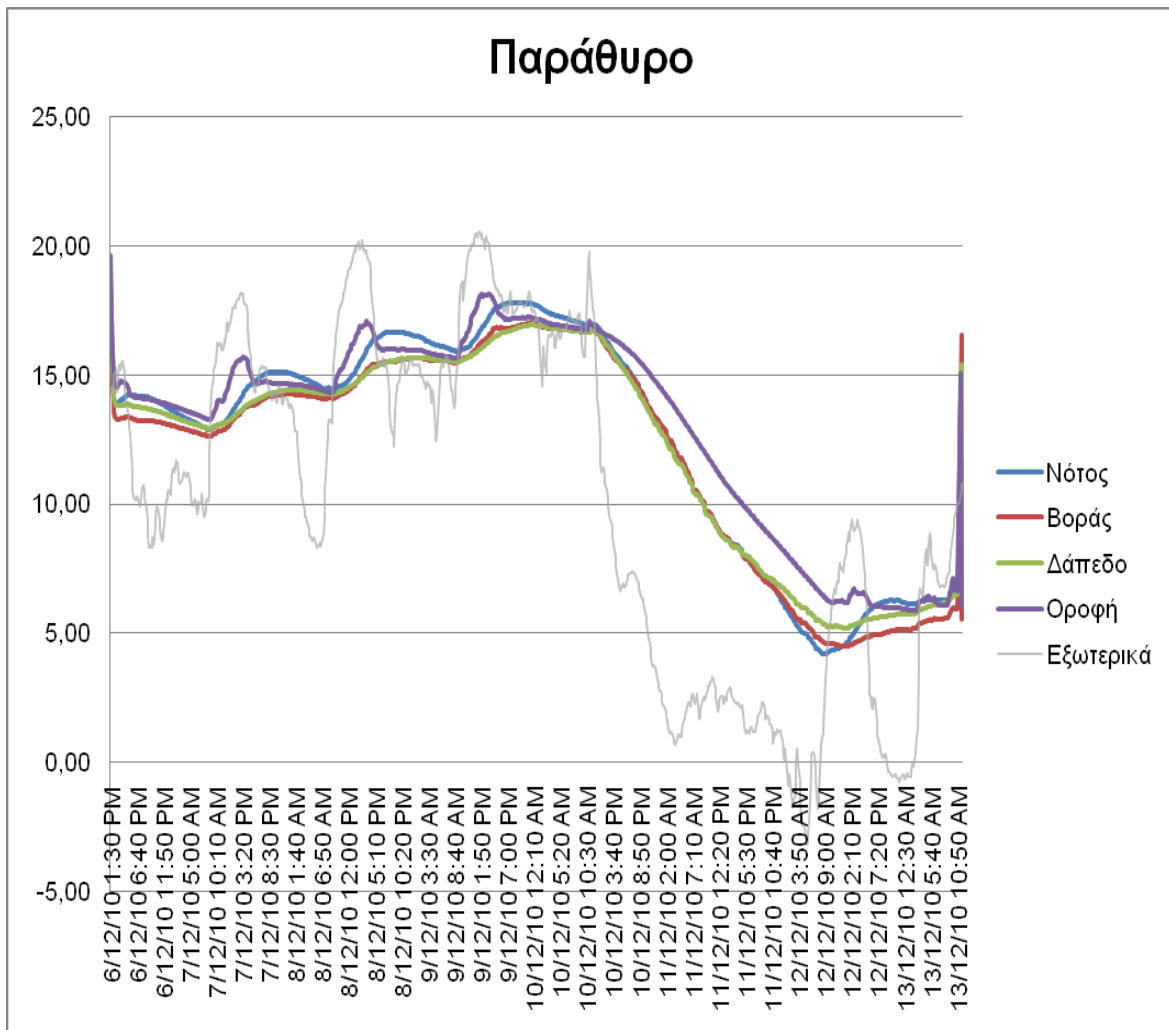
Όπως ειπώθηκε και παραπάνω ο Νότιος τοίχος του κτιρίου (τοίχος Trombe) παρουσιάζει χρονική υστέρηση σε σχέση με τους υπόλοιπους που φτάνει τις 5 ώρες.

4.3.4 Προκατασκευασμένο κτίριο με νότιο παράθυρο

Στο προκατασκευασμένο κτίριο με νότιο παράθυρο (Φωτογραφία 4.3) έχουν εγκατασταθεί τέσσερις αισθητήρες



Φωτογραφία 4.3: Φωτογραφία προκατασκευασμένου κτιρίου με παράθυρο



Διάγραμμα 4.10: Διάγραμμα θερμοκρασιών σενσόρων στο κτίριο με το παράθυρο για τη χαρακτηριστική βδομάδα

Η επιρροή του παραθύρου (Φωτογραφία 4.3) στη αύξηση της θερμοκρασίας είναι περιορισμένη καθώς παρουσιάζει αιχμή τις πρωινές – μεσημεριανές ώρες αλλά πολύ μικρότερη από την περίπτωση του τοίχου Trombe, καθώς στο νότιο τοίχο παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας κατά το πολύ 2 βαθμούς κελσίου σε σχέση με το δάπεδο και τον βόρειο τοίχο (Διάγραμμα 4.10).

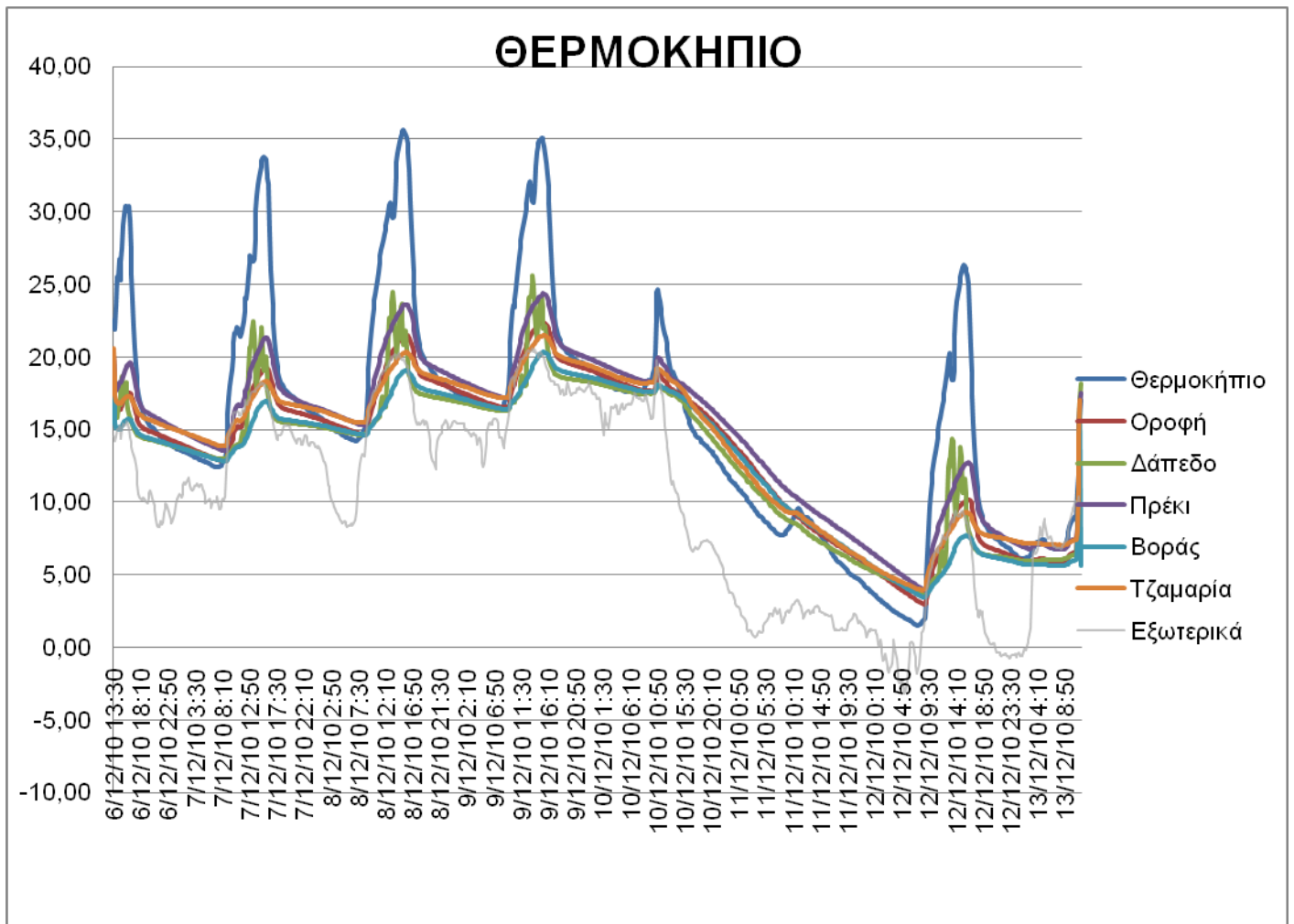
Και στην περίοδο πτώσης της θερμοκρασίας όμως η συμπεριφορά του νότιου τοίχου δε διαφοροποιείται. Λειτουργεί σαν κοινός τοίχος καθώς οι τιμές που μετρήθηκαν στην επιφάνειά του είναι σχεδόν ίσες με αυτές του βόρειου τοίχου και του δαπέδου. Αυτό που είναι σημαντικό είναι η θερμοκρασία στο μέσον του δωματίου, η οποία είναι 2 έως 3 βαθμούς υψηλότερη των αντιστοίχων στις επιφάνειες των τοίχων και του δαπέδου.

4.3.5 Προκατασκευασμένο κτίριο με θερμοκήπιο

Στο κτίριο του θερμοκηπίου (Φωτογραφία 4.4) έχουν εγκατασταθεί έξι αισθητήρες λόγω της ιδιαιτερότητάς του. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω η επιρροή του θερμοκηπίου στη συνολική θερμοκρασιακή συμπεριφορά του κτιρίου είναι πολύ σημαντική.



Φωτογραφία 4.4: Φωτογραφία προκατασκευασμένου κτιρίου με θερμοκήπιο



Διάγραμμα 4.11: Διάγραμμα θερμοκρασιών σενσόρων στο κτίριο με το θερμοκήπιο για τη χαρακτηριστική βδομάδα

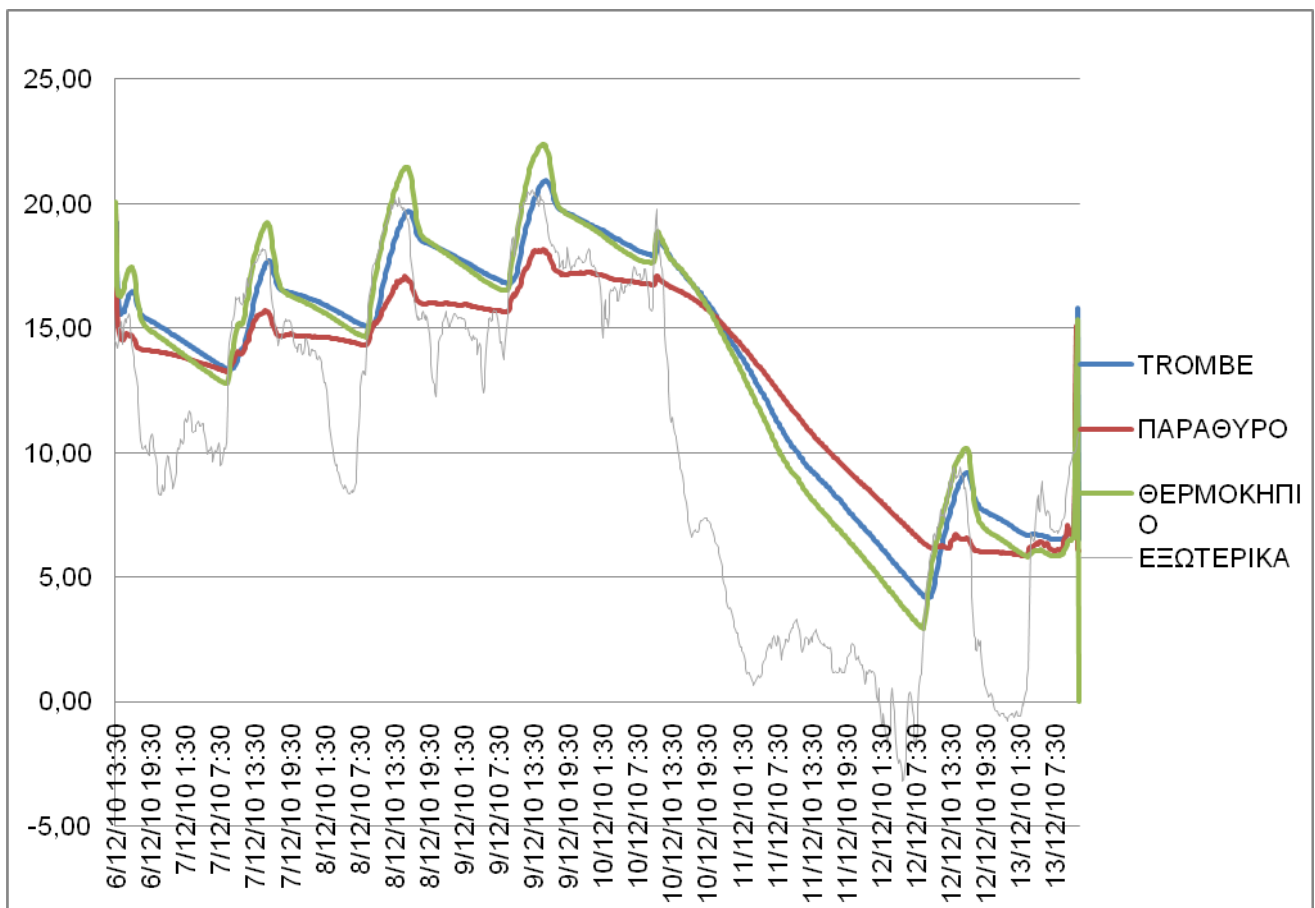
Οι αιχμές που παρουσιάζονται τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες στο χώρο του θερμοκηπίου είναι πολύ έντονες και φτάνουν ακόμα και 17 βαθμούς κελσίου υψηλότερα από τις θερμοκρασίες που καταγράφονται στο βόρειο τοίχο. Αντίστοιχα και στα υπόλοιπα σημεία που έχουν τοποθετηθεί αισθητήρες, φαίνεται η έντονη επίδραση του θερμοκηπίου από τη θερμοκρασία που καταγράφεται (Διάγραμμα 4.11).

Χαρακτηριστικά ξεχωρίζει το δάπεδο αλλά και το πρέκι του υαλοπίνακα με ψηλότερες τιμές θερμοκρασίας από τα υπόλοιπα ενώ μικρότερη θερμοκρασία δίνουν ο αισθητήρας στη βάση της τζαμαρίας, ο αισθητήρας στην οροφή και τέλος αυτός του βόρειου τοίχου.

Στην ψυχρότερη περίοδο οι θερμοκρασίες στο θερμοκήπιο είναι πολύ χαμηλές και δεν μπορούν να προσφέρουν θερμοκρασιακό κέρδος στο κτίριο. Στους υπολοίπους αισθητήρες με εξαίρεση το πρέκι που παρουσιάζει υψηλότερες θερμοκρασίες, σε όλα τα άλλα σημεία παρατηρούμε σχεδόν ομοιόμορφη θερμοκρασιακή συμπεριφορά.

4.3.6 Σύγκριση θερμοκρασίας αέρα τριών κτιρίων

Εδώ είναι σκόπιμο να παρουσιαστούν οι θερμοκρασίες στα μέσα των τριών κτιρίων όπως προκύπτουν από τις μετρήσεις των αισθητήρων που έχουν κρεμαστεί από τις οροφές των κτιρίων και έτσι δεν έρχονται σε επαφή με την τοιχοποιία (Διάγραμμα 4.12).



Διάγραμμα 4.12: Διάγραμμα θερμοκρασιών αέρα για τη χαρακτηριστική βδομάδα

Στην πρώτη χρονική περίοδο που αφορά τις θερμές ημέρες μεταξύ 6/12 και 10/12 τα συμπεράσματα δε διαφοροποιούνται αρκετά από αυτά που είχαν προκύψει παραπάνω όταν μελετήθηκαν οι νότιοι τοίχοι των κτιρίων.

Δηλαδή το κτίριο με το παράθυρο είναι σταθερό το πιο ψυχρό από τα τρία. Το κτίριο με το θερμοκήπιο είναι θερμότερο τις ώρες μεγάλης ηλιοφάνειας και εξωτερικής θερμοκρασίας ενώ τις βραδινές ώρες θερμότερο είναι το κτίριο με τον τοίχο Trombe.

Το αξιοσημείωτο παρατηρείται στο δεύτερο κομμάτι της χαρακτηριστικής εβδομάδας, δηλαδή μεταξύ της 10/12 και της 13/12. Παρά το ότι στις θερμοκρασίες των νότιων τοίχων όπως και των βόρειων αλλά και των δαπέδων δεν υπήρχε τέτοια ένδειξη, η θερμοκρασία στο μέσον του κτιρίου με το παράθυρο είναι αρκετά υψηλότερη από αυτή των άλλων δύο κτιρίων. Πιο συγκεκριμένα, είναι 4 βαθμούς κελσίου υψηλότερη αυτής του κτιρίου με το θερμοκήπιο και περίπου 2,5 αυτής του κτιρίου με τον τοίχο Trombe. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να οφείλεται και στην κεκλιμένη στέγη του κτιρίου αυτού που την περίοδο αυτή με τις βροχές και τις χιονοπτώσεις ίσως συνεισέφερε θετικά.

4.4 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ-THERMAL ANALYSIS

Πραγματοποιήθηκε θερμική ανάλυση των τριών προκατασκευασμένων σπιτιών με σκοπό την εξεύρεση του παθητικού ηλιακού συστήματος που είχε τα βέλτιστα αποτελέσματα ως προς τη θερμική άνεση. Έγινε ανάλυση του ωριαίου θερμοκρασιακού προφίλ των σπιτιών χωρίς τη χρήση συστήματος ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού.

Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν για τις ακόλουθες ενδεικτικές ημέρες του έτους:

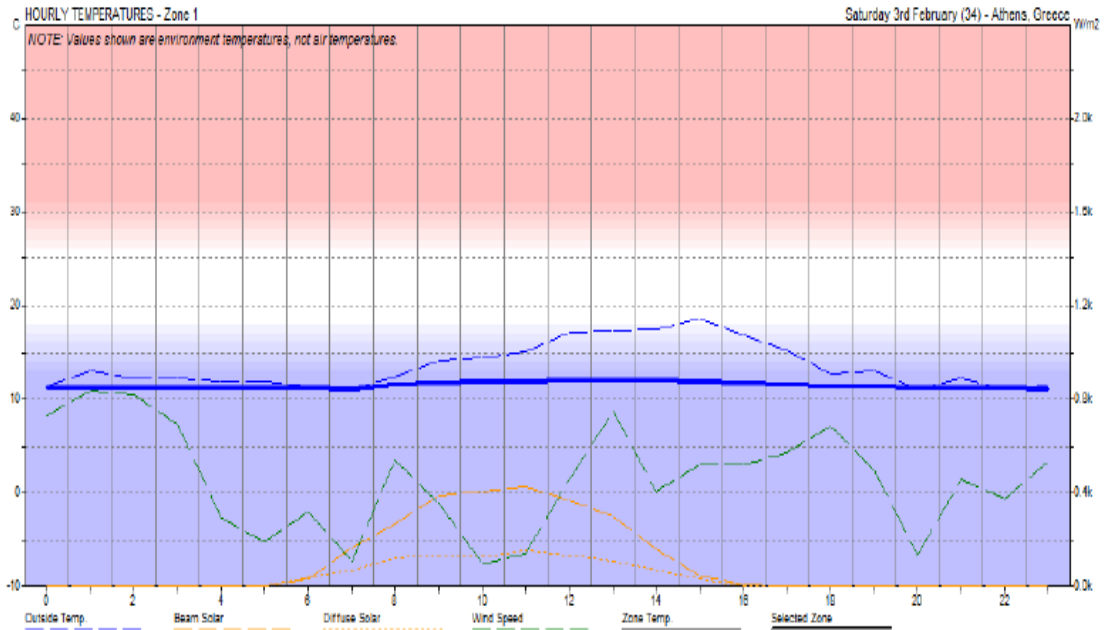
- Τυπική χειμωνιάτικη ημέρα 3η Φεβρουαρίου,
- Πλέον ψυχρή ημέρα του χειμώνα 24η Φεβρουαρίου, (coldest day average)
- Τυπική καλοκαιρινή ημέρα 12η Ιουνίου και,
- Πλέον θερμή ημέρα του καλοκαιριού 1η Αυγούστου (hottest day average).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

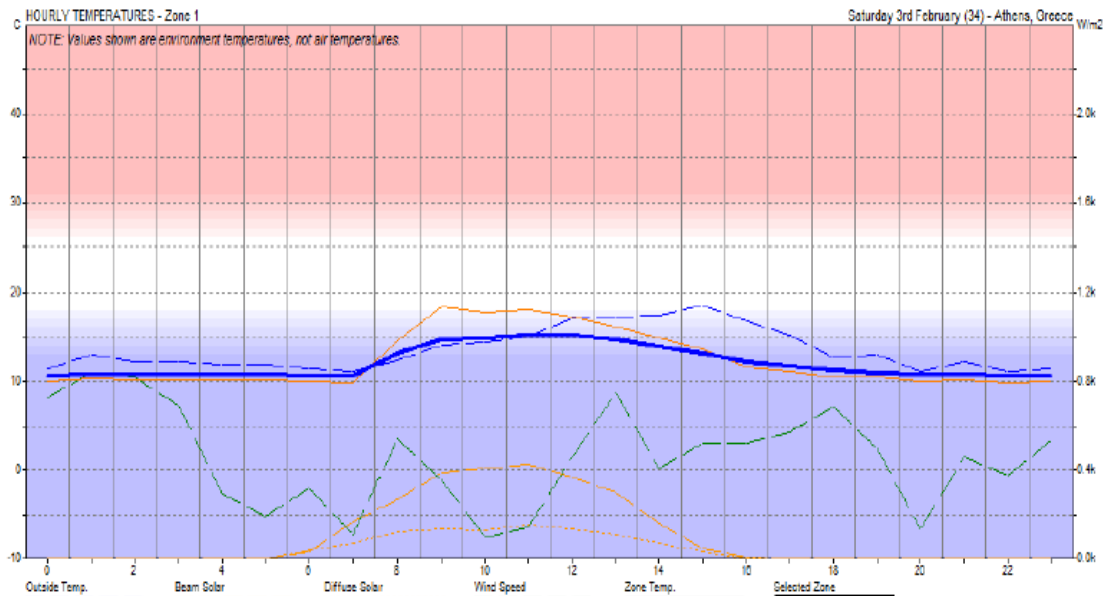
- Όλα τα παράθυρα και οι πόρτες παραμένουν κλειστά
- Τα όρια της θερμικής άνεσης είναι 18-26°C
- Ο συντελεστής ρουχισμού θεωρήθηκε 0,00, η υγρασία 60% η ταχύτητα του αέρα 0,5m/s και το επίπεδο φωτισμού 50lux
- Ο μέγιστος αριθμός των ανθρώπων θεωρήθηκε 0 και η δραστηριότητα καθιστική (70W) • Τα θερμικά κέρδη από τα φώτα και τις συσκευές της ζώνης (sensible) είναι 0W/m² και από την εξάτμιση είναι 2W/m²
- Το ποσοστό διήθησης που καθορίζει τη διήθηση του αέρα στη ζώνη είναι 0,50 και η ευαισθησία στον άνεμο είναι 0,25
- Η περιοχή θεωρήθηκε εκτεθειμένη (exposed) Ωριαίο θερμοκρασιακό διάγραμμα: Αποδίδει τις εσωτερικές θερμοκρασίες της θερμικής ζώνης σε 24ωρη βάση.

Επιπλέον παρέχει πληροφόρηση σχετικά με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως εξωτερική θερμοκρασία αέρα, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία.

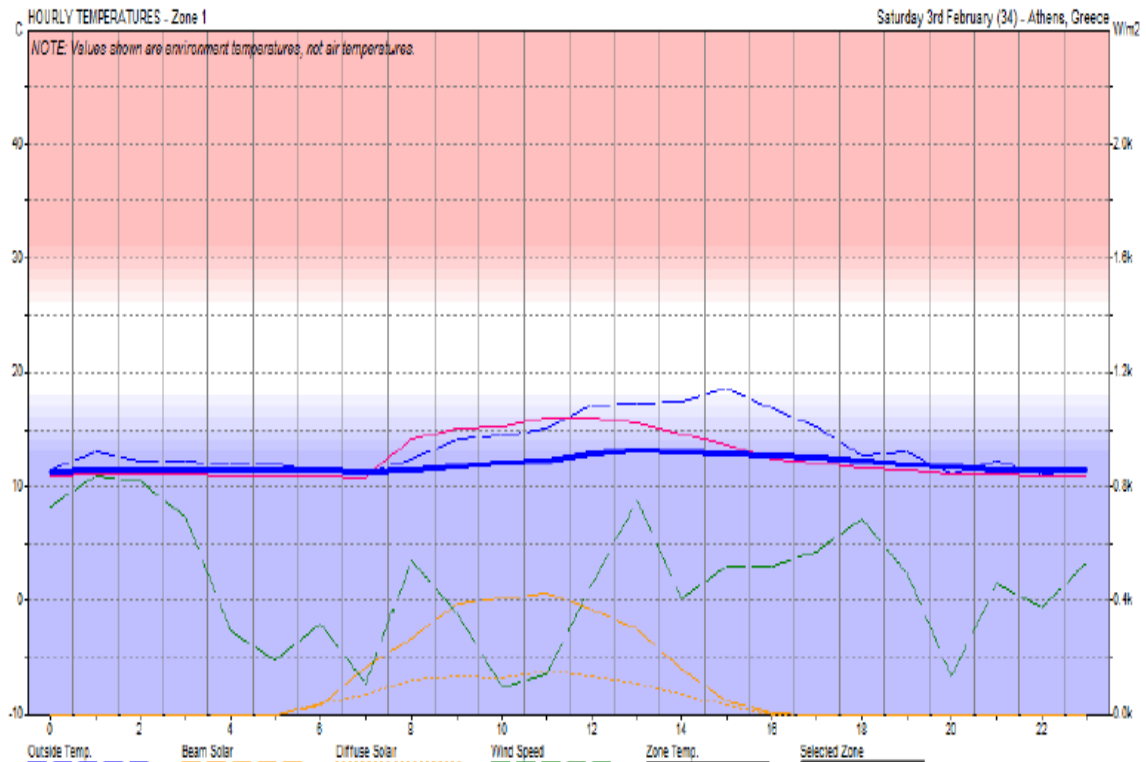
Τυπική χειμωνιάτικη ημέρα (3^η Φεβρουαρίου):



Διάγραμμα 4.13: Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για μια τυπική χειμωνιάτικη μέρα της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το απλό παράθυρο



Διάγραμμα 4.14: Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ για μια τυπική χειμωνιάτικη μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το θερμοκήπιο



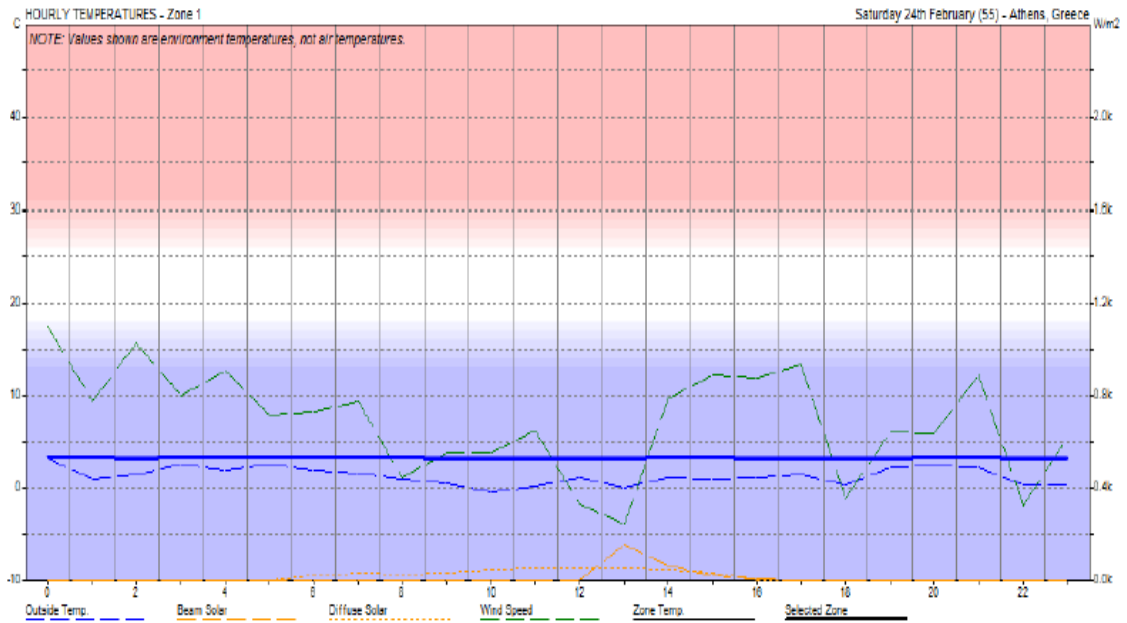
Διάγραμμα 4.15: Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για μια τυπική χειμωνιάτικη μέρα της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το Trombe

Για την τυπική χειμωνιάτικη ημέρα (3η Φεβρουαρίου) παρατηρούμε ότι η μέγιστη θερμοκρασιακή διαφορά ($\Delta\theta$ εσωτερική – εξωτερική) κατά τη διάρκεια του 24ωρου παρουσιάζεται μεταξύ 14:00-15:00 και είναι:

- $\max \Delta\theta_{\text{εσωτερική} - \text{εξωτερική}} = -6,5 \text{ }^\circ\text{C}$ για το σπίτι με το απλό παράθυρο
- $\max \Delta\theta_{\text{εσωτερική} - \text{εξωτερική}} = -5,7 \text{ }^\circ\text{C}$ για το σπίτι με το θερμοκήπιο
- $\max \Delta\theta_{\text{εσωτερική} - \text{εξωτερική}} = -5,6 \text{ }^\circ\text{C}$ για το σπίτι με τον τοίχο Trombe με μεγαλύτερες τις εξωτερικές θερμοκρασίες

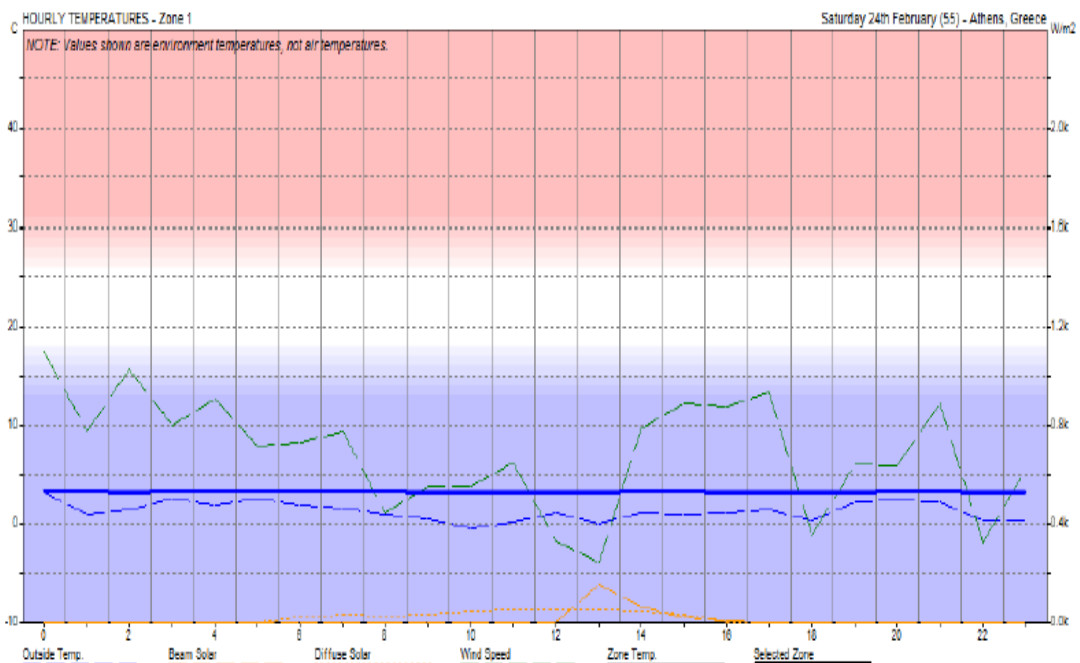
Φαίνεται λοιπόν ότι περισσότερο αποτελεσματικό είναι το σπίτι με τον τοίχο Trombe και το σπίτι με το θερμοκήπιο καθώς παρουσιάζουν τις μικρότερες θερμοκρασιακές διαφορές της εσωτερικής με την εξωτερική θερμοκρασία, έχουν δηλαδή μεγαλύτερη εσωτερική θερμοκρασία την τυπική χειμωνιάτικη μέρα.

Πλέον ψυχρή ημέρα (24^η Φεβρουαρίου):

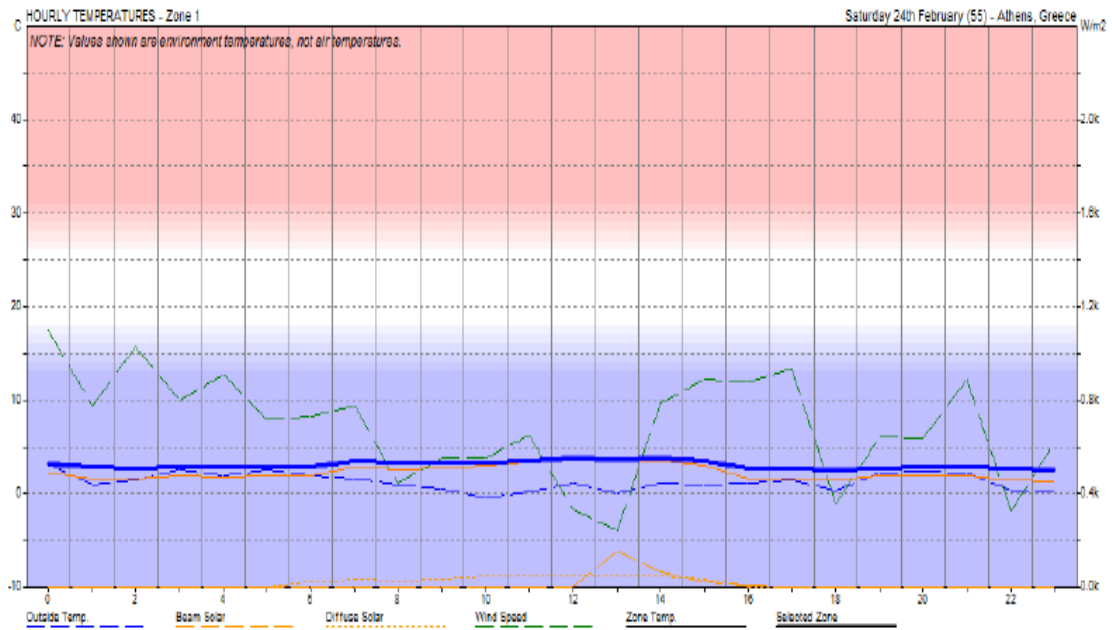


Διάγραμμα 4.16: Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για την πλέον ψυχρή μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το απλό παράθυρο

Πλέον ψυχρή ημέρα (24^η Φεβρουαρίου):



Διάγραμμα 4.17: Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για την πλέον ψυχρή μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το θερμοκήπιο



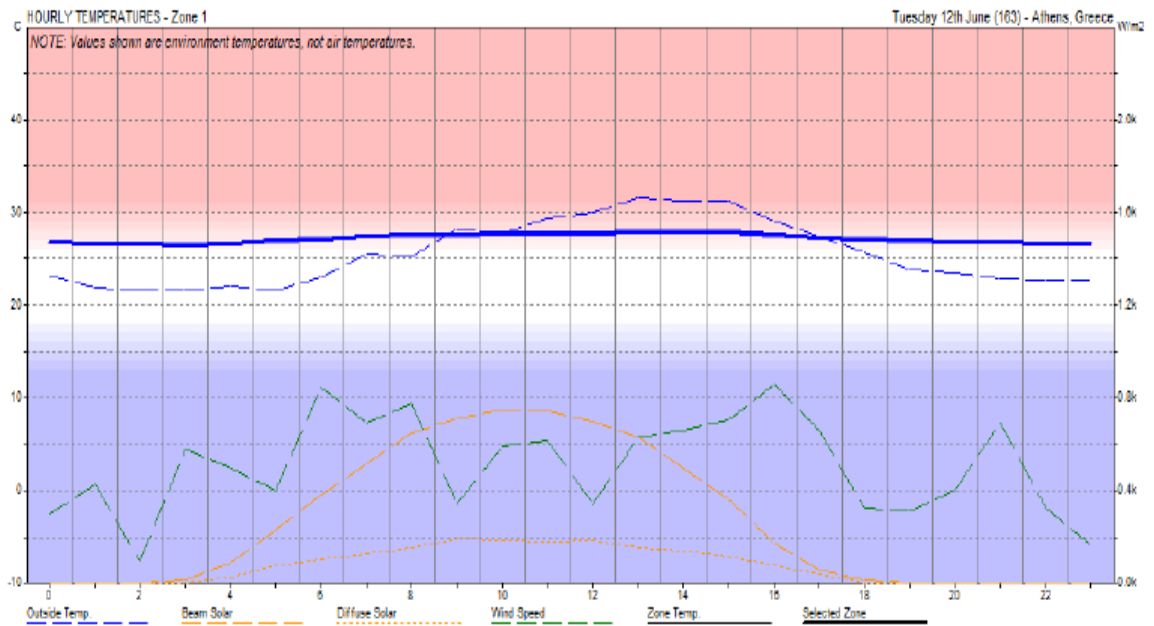
Διάγραμμα 4.18: Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για την πλέον ψυχρή μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το Trombe

Για την πλέον ψυχρή μέρα (24^η Φεβρουαρίου) έχουμε

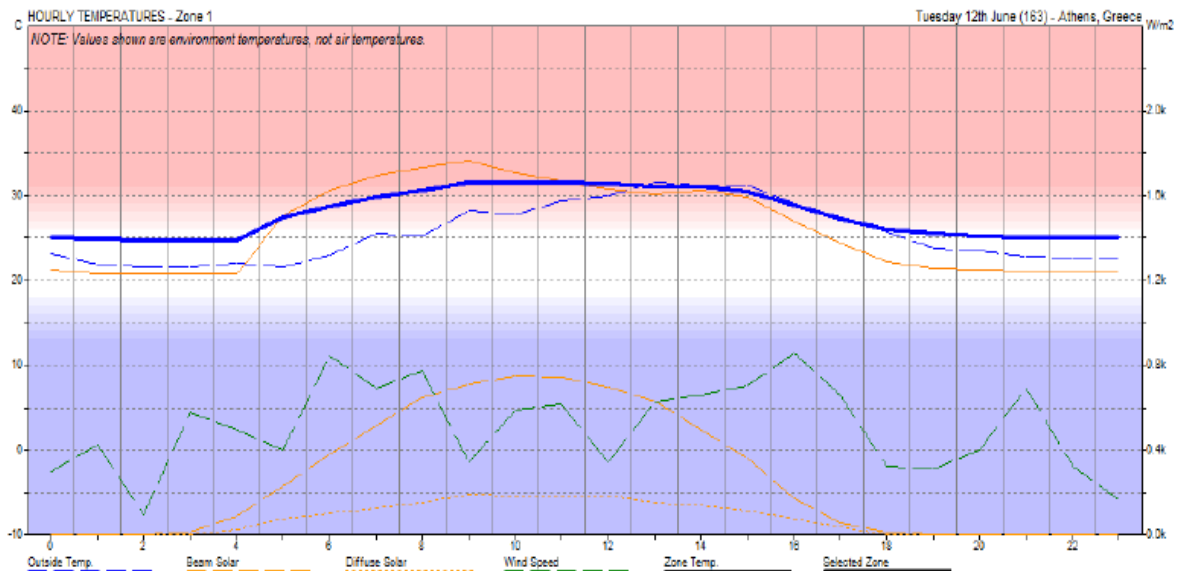
- $\max \Delta\theta_{\text{εσωτερική} - \text{εξωτερική}} = 3,6 \text{ }^\circ\text{C}$ για το σπίτι με το απλό παράθυρο
- $\max \Delta\theta_{\text{εσωτερική} - \text{εξωτερική}} = 3,8 \text{ }^\circ\text{C}$ για το σπίτι με το θερμοκήπιο
- $\max \Delta\theta_{\text{εσωτερική} - \text{εξωτερική}} = 3,9 \text{ }^\circ\text{C}$ για το σπίτι με τον τοίχο Trombe

Εδώ φαίνεται πως οι διαφορές είναι μικρές με το σπίτι με το θερμοκήπιο να διατηρεί ελαφρώς θερμότερες συνθήκες στο εσωτερικό του.

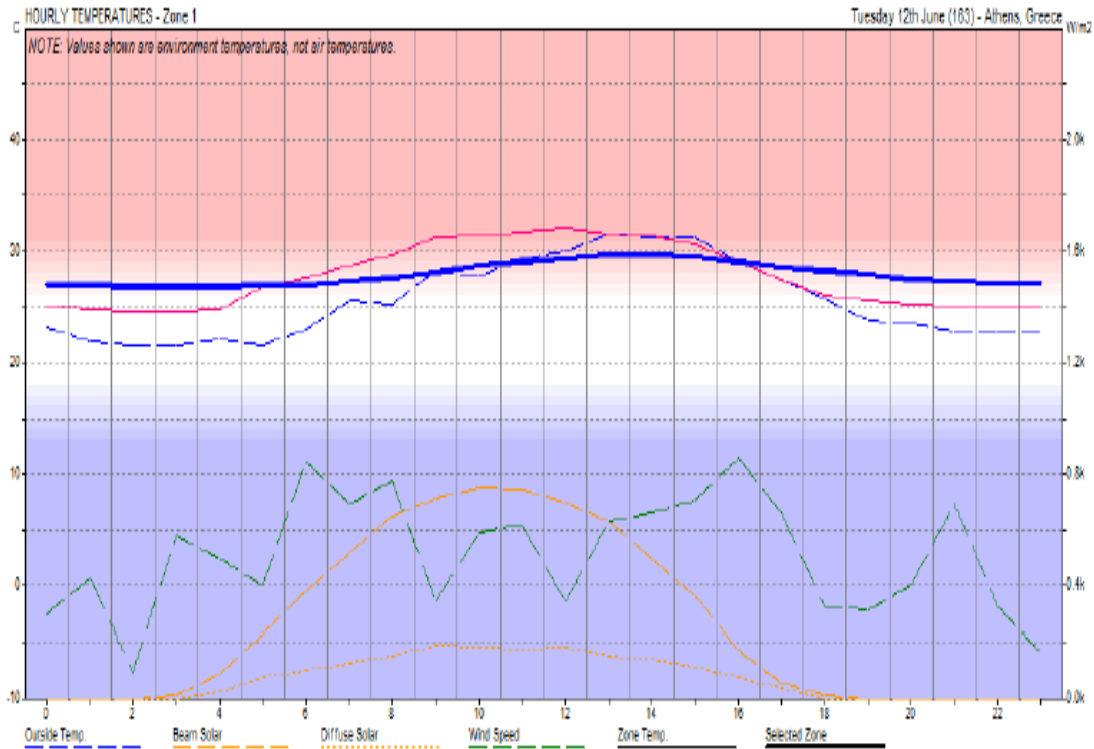
Τυπική καλοκαιρινή ημέρα (12^η Ιουνίου):



Διάγραμμα 4.19: Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για μια τυπική καλοκαιρινή μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το απλό παράθυρο



Διάγραμμα 4.20: Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για μια τυπική καλοκαιρινή μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με θερμοκήπιο



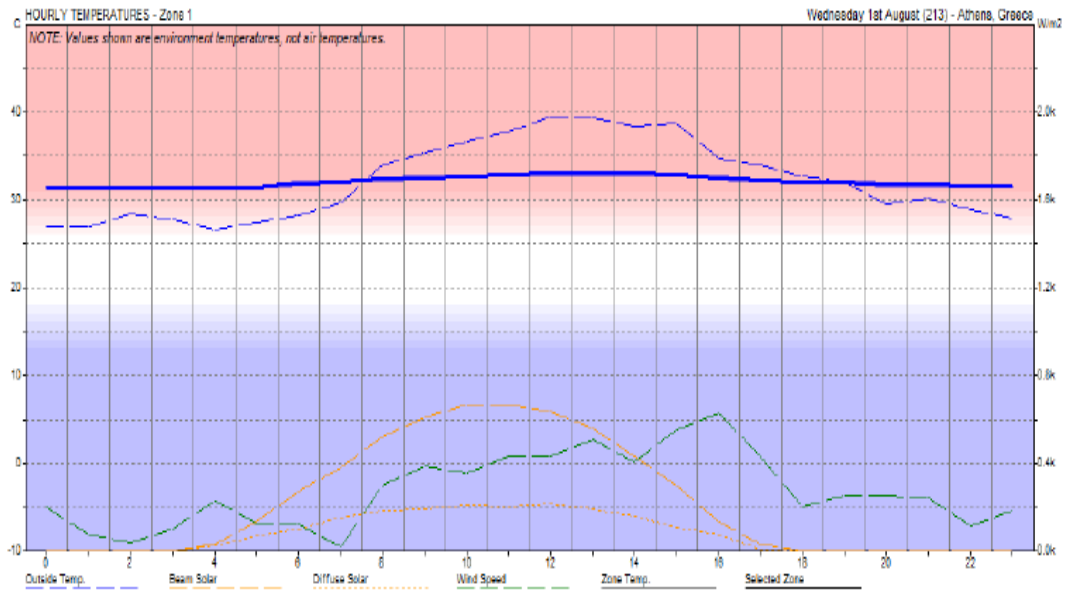
Διάγραμμα 4.21: Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για μια τυπική καλοκαιρινή μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το Trombe.

Για μια τυπική καλοκαιρινή μέρα (12η Ιουνίου) βρίσκουμε τις μέγιστες θερμοκρασιακές διαφορές εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας που συμβαίνουν μεταξύ 05:00-06:00:

- $\max \Delta\theta_{\text{εσωτερική} - \text{εξωτερική}} = 5,4 \text{ }^\circ\text{C}$ για το σπίτι με το απλό παράθυρο
- $\max \Delta\theta_{\text{εσωτερική} - \text{εξωτερική}} = 5,9 \text{ }^\circ\text{C}$ για το σπίτι με το θερμοκήπιο
- $\max \Delta\theta_{\text{εσωτερική} - \text{εξωτερική}} = 5,3 \text{ }^\circ\text{C}$ για το σπίτι με τον τοίχο Trombe

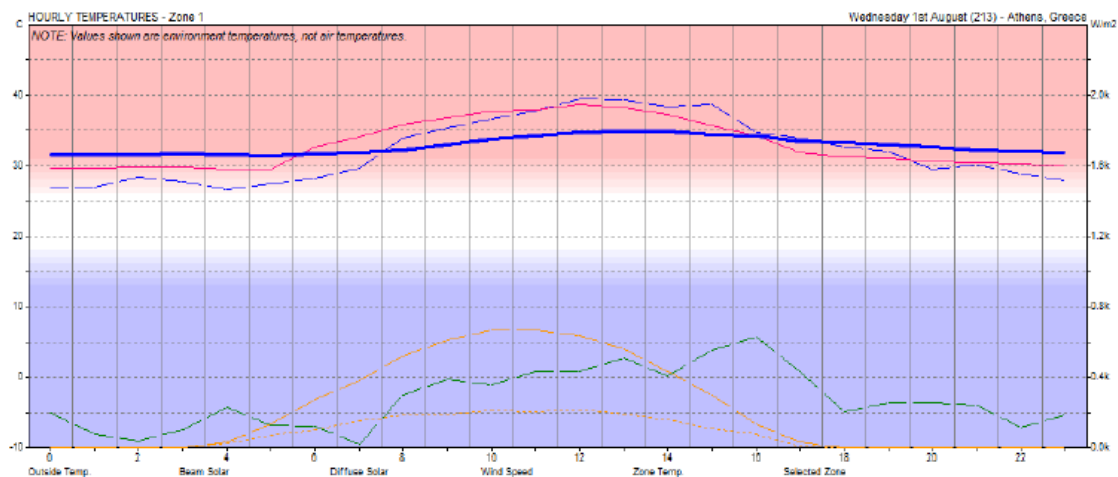
Είναι εμφανές ότι οι δροσερότερες εσωτερικές συνθήκες παρατηρούνται στο σπίτι με το απλό παράθυρο και στο σπίτι με τον τοίχο Trombe το οποίο είναι ελάχιστα δροσερότερο κατά $0,1^\circ\text{C}$.

Πλέον θερμή ημέρα (1^η Αυγούστου):



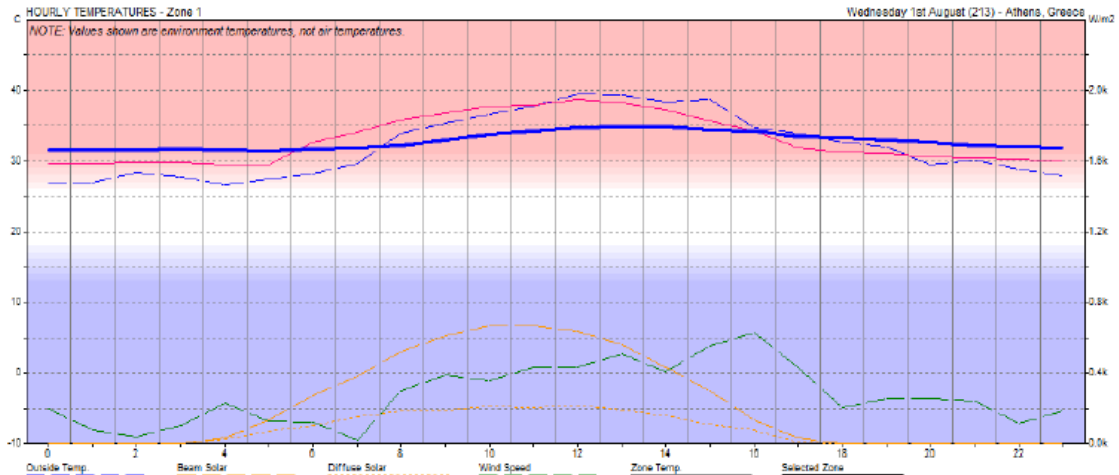
Διάγραμμα 4.22: Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για την πλέον θερμή μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το απλό παράθυρο

Το ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για την πλέον θερμή μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το θερμοκήπιο παρουσιάζεται στο ακόλουθο Διάγραμμα



Διάγραμμα 4.23: Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για την πλέον θερμή μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το θερμοκήπιο

Το ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για την πλέον θερμή μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το Trombe παρουσιάζεται στο ακόλουθο Διάγραμμα



Διάγραμμα 4.24: Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για την πλέον θερμή μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το Trombe.

Και σε αυτήν την περίπτωση παίρνοντας τις μέγιστες θερμοκρασιακές διαφορές εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας:

- $\max \Delta\theta_{\text{εσωτερική} - \text{εξωτερική}} = 4,7 \text{ }^\circ\text{C}$ για το σπίτι με το απλό παράθυρο
- $\max \Delta\theta_{\text{εσωτερική} - \text{εξωτερική}} = 4,9 \text{ }^\circ\text{C}$ για το σπίτι με το θερμοκήπιο
- $\max \Delta\theta_{\text{εσωτερική} - \text{εξωτερική}} = 4,9 \text{ }^\circ\text{C}$ για το σπίτι με τον τοίχο Trombe

Βλέπουμε πως το σπίτι με το απλό παράθυρο είναι περισσότερο δροσερό στο εσωτερικό του σε σύγκριση με τα άλλα δύο με τις διαφορές όμως να είναι πολύ μικρές, της τάξης των $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Το σπίτι με το θερμοκήπιο έχει ίδια διαφορά θερμοκρασίας με αυτό με τον τοίχο Trombe. Στην περίπτωση της καλοκαιρινής περιόδου παρατηρούμε πως αν και οι διαφορές των αιχμών των θερμοκρασιακών διαφορών των τριών κτισμάτων είναι μικρές μεταξύ τους, παρ'όλα αυτά το σπίτι με το απλό παράθυρο διατηρεί περισσότερο σταθερή την εσωτερική του θερμοκρασία σε σύγκριση με τα άλλα δύο κατά τη διάρκεια της μέρας. Αυτό είναι φυσικό καθώς ξέρουμε πως τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι περισσότερο αποδοτικά τη χειμερινή περίοδο ενώ την καλοκαιρινή χρειάζονται προστασία, όπως συστήματα σκίασης, για την αύξηση της αποδοτικότητάς τους.

4.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπεράνουμε πως ευνοϊκότερο από θερμοκρασιακή άποψη είναι το κτίσμα με τον τοίχο Trombe και αυτό με το θερμοκήπιο τους χειμερινούς μήνες, καθώς διατηρούν θερμότερο το εσωτερικό περιβάλλον.

Τους καλοκαιρινούς μήνες ευνοϊκότερη είναι η περίπτωση του απλού παραθύρου και του τοίχου Trombe καθώς οι εσωτερικές θερμοκρασίες διατηρούνται χαμηλότερες. Τα αποτελέσματα των επί τόπου μετρήσεων στα τρία προκατασκευασμένα σπίτια βαρέου τύπου, στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, οι οποίες ξεκίνησαν τον Νοέμβριο του 2010, απέδειξαν πως ευνοϊκότερο παθητικό ηλιακό σύστημα για την χειμερινή περίοδο είναι ο τοίχος Trombe-Michel αφού δημιουργεί θερμότερες συνθήκες στο εσωτερικό του σπιτιού.

Αντίστοιχα τους καλοκαιρινούς μήνες, παρ' όλο που δεν έχει χρησιμοποιηθεί κάποιο σύστημα σκίασης για την ηλιοπροστασία του τοίχου Trombe, αυτός διατηρούσε στο εσωτερικό του σπιτιού χαμηλότερη θερμοκρασία από το θερμοκήπιο.

Συμπερασματικά λοιπόν, και σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα των επί τόπου μετρήσεων, αποδοτικότερο παθητικό ηλιακό σύστημα θεωρείται ο τοίχος Trombe και αυτόν προσαρτήσαμε στη νότια όψη της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα (κεφ. 5ο) .

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τη βοήθεια του προγράμματος «Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων του Τεχνικού επιμελητηρίου (ΤΕΕ Κ.ΕΝ.Α.Κ.)» μελετήθηκε η επιρροή διαφόρων παραμέτρων της κατασκευής δώροφης εξοχικής κατοικίας στην τελική ενεργειακή της απόδοση σε σχέση με το κτίριο αναφοράς. Οι παράμετροι που επιλέχθηκαν για έλεγχο είναι κυρίως αυτές που σχετίζονται με τα βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε εφαρμογή του λογισμικού Ecotect Analysis στην ίδια κατοικία στην οποία είχε προσαρτηθεί το παθητικό σύστημα που θεωρήθηκε αποδοτικότερο στις προηγούμενες αναλύσεις στα τρία προκατασκευασμένα κτίσματα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, δηλαδή ο τοίχος Trombe..

5.2 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗΝ ΚΤΙΡΙΟΥ

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για να γίνουν οι υπολογισμοί με τη βοήθεια του προγράμματος ΚΕΝΑΚ.

5.2.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ

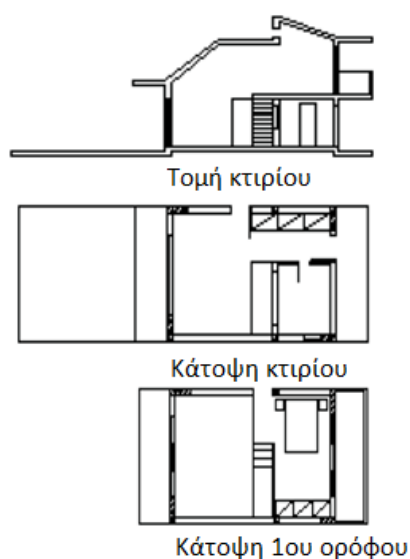
Η κλιματική ζώνη στην οποία υπάγεται η περιοχή μελέτης (Σαρωνίδα Αττικής) είναι η Β όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 5.1):

Πίνακας 5.1: Ταξινόμηση των κτιρίων σύμφωνα με τη χρήση τους για τις ανάγκες της παρούσας τεχνικής οδηγίας

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

5.2.2 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

Το υπό μελέτη κτίριο είναι διώροφο, συνολικού εμβαδού 59 m², το εμβαδό του πρώτου ορόφου και του παταριού είναι 40m² και 19m² (Σχέδιο 5.1) αντίστοιχα ενώ για την δόμησή του επιλέχθηκε η μέθοδος της προκατασκευής με ξύλινη στέγη.



Σχέδιο 5.1: Σχέδια κτιρίου

Οι διαφανείς και αδιαφανείς επιφάνειες του είναι οι εξής (πίνακας 5.2):

Πίνακας 5.2: Πίνακας με διαφανείς και αδιαφανείς επιφάνειες

Βόρεια πλευρά	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Επιφάνεια (m ²)
Πόρτα	0.90	2.00	1.80
Παράθυρο ισογείου	0.60	0.70	0.42
Συρόμενο άνοιγμα 1 ^{ου} ορόφου	3.00	2.00	6.00
Τοιχοποιία	-	-	14.50
		Σύνολο	22.70

Νότια πλευρά	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Επιφάνεια (m ²)
Παράθυρο ισογείου	3.00	2.40	7.20
Φεγγίτης στέγης	4.10	0.30	1.23
Τοιχοποιία	-	-	15.50
		Σύνολο	23.90

Δυτική πλευρά	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Επιφάνεια (m ²)
Πόρτα	0.90	2.00	1.80
Τοιχοποιία	-	-	38.50
		Σύνολο	40.25

Ανατολική πλευρά	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Επιφάνεια (m ²)
Τοιχοποιία	-	-	40.25
		Σύνολο	40.25

5.2.3 ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Για την προκατασκευασμένη τοιχοποιία έχουμε:

- 7 cm χυτό σκυρόδεμα
- 6 cm πολυουρεθάνη
- 8 cm οπλισμένο σκυρόδεμα
- 7 cm χυτό σκυρόδεμα

Πίνακας 5.3: Χαρακτηριστικά υλικών τοιχοποιίας

	Σκυρόδεμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο υψηλής πυκνότητας	Οπλισμένο σκυρόδεμα(≥2% σίδηρος)	Πολυουρεθάνη με κλειστές κυψελίδες σε πλάκες	Σκυρόδεμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο υψηλής πυκνότητας
συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας,λ	2	2.5	0.027	2
πυκνότητα,ρ	2400	2400	55	2400
ειδική θερμοχωρητικότητα,c	1000	1000	1450	1000
πάχος (cm)	7	8	6	7

με συντελεστή θερμοπερατότητας U_{value} ίσο με $0,411 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ που ικανοποιεί τον περιορισμό μέγιστης τιμής του Κ.Εν.Α.Κ για εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με τον αέρα σε περιοχή της κλιματικής ζώνης Β, $U_{value \max} = 0.50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

5.2.4 ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

Για τις διαφανείς επιφάνειες έχει επιλεγεί διπλός υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 6mm και U_{value} ίσο με $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ που ικανοποιεί τον περιορισμό μέγιστης τιμής του Κ.Εν.Α.Κ για ανοίγματα σε περιοχή της κλιματικής ζώνης Β, $U_{value \max} = 3.00 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

5.2.5 ΣΤΕΓΗ

Για τη στέγη έχουμε:

- Οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ σίδηρος) 20 cm
- Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα) 1 cm
- Διογκωμένη πολυστερίνη 7cm
- Τσιμεντοκονίαμα 2 cm
- Κεραμίδι

Πίνακας 5.4: Χαρακτηριστικά υλικών στέγης

	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	Οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ σίδηρος)	Τσιμεντοκονίαμα	Κεραμίδι	Ασφαλτικά φύλλα
συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ	0.035	2.5	1.4	0.4	0.23
πυκνότητα, ρ	30	2400	2000		1100
ειδική θερμοχωρητικότητα, c	1500	1000	1100		1000
πλάχος	7	20	2	1.5	1

Με συντελεστή θερμοπερατότητας U_{value} ίσο με $0,42\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ που ικανοποιεί τον περιορισμό μέγιστης τιμής του Κ.Εν.Α.Κ για κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον αέρα σε περιοχή της κλιματικής ζώνης Β, $U_{\text{value max}} = 0.45 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

5.2.6 ΔΑΠΕΔΟ

- Οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ σίδηρος) 15 cm
- Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες 3 cm
- Τσιμεντοκονίαμα 3 cm
- Κεραμικά πλακίδια δαπέδου 1.5 cm

Πίνακας 5.5: Χαρακτηριστικά υλικών δαπέδου

	Οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ σίδηρος)	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	Τσιμεντοκονίαμα	Κεραμικά πλακίδια δαπέδου
συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ	2.5	0.035	1.4	1.84
πυκνότητα, ρ	2400	30	2000	2000
ειδική θερμοχωρητικότητα, c	1000	1500	1100	840
Πάχος	15	6	3	1.5

Με συντελεστή θερμοπερατότητας U_{value} ίσο με $0,54 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ που ικανοποιεί τον περιορισμό μέγιστης τιμής του Κ.Εν.Α.Κ για δάπεδο σε επαφή με έδαφος σε περιοχή της κλιματικής ζώνης Β, $U_{\text{value max}} = 0.90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

5.2.7 ΜΗΚΟΣ ΧΑΡΑΜΑΔΑΣ

Ο αερισμός λόγω ύπαρξης χαραμάδων δίνεται από τον τύπο:

$$V_{\text{inf}} = \sum (l \cdot \alpha) \cdot R \cdot H$$

όπου: l [m] το συνολικό μήκος των χαραμάδων του ανοίγματος (πόρτα, παράθυρο κ.ά.),

α [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m})$] ο συντελεστής αεροδιαπερατότητας από χαραμάδες του ανοίγματος, ανάλογα με την ποιότητα του κουφώματος

R [-] ο συντελεστής διεισδυτικότητας, που εξαρτάται από το λόγο επιφανείας των εξωτερικών προς τα εσωτερικά ανοίγματα

H [-] ο συντελεστής θέσης του ανοίγματος και ανεμόπτωσης

Προκύπτει μήκος χαραμάδας (Πίνακας 5.6) ίσο με 23.71m,
και με συντελεστές $\alpha = 1.4$, $R = 0.7$ και $H = 1.87$,

Πίνακας 5.6: Μήκος χαραμάδας

Νότια	Βόρεια	Ανατολικά	Δυτικά
17.23m	6	0.48m	0
Σύνολο			23.710m

ο συνολικός αερισμός λόγω ύπαρξης χαραμάδων προκύπτει ίσος με:

$$V_{inf} = 43.45 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.2.8 ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ

Από μελέτες έχει αποδειχθεί ότι οι θερμογέφυρες προσαυξάνουν κατά μέσο όρο την πραγματική ενεργειακή κατανάλωση του συνολικού κελύφους του κτιρίου συγκριτικά με τη θεωρητικά υπολογιζόμενη, θεωρούμενης της θερμικής ροής στον υπολογισμό κατά παραδοχή ως μονοδιάστατο μέγεθος και κάθετο στην επιφάνεια του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου, σε ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 5% και 30%.

Για τους υπολογισμούς στο πρόγραμμα TEE KENAK θα θεωρήσουμε θερμογέφυρες ίσες με 35 W/K. Η τιμή αυτή έχει προκύψει μετά από σύντομους υπολογισμούς με τη βοήθεια των πινάκων 16α έως 16λ του τεύχους Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010

5.3 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΑΙΤΗΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΑΛΛΑΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

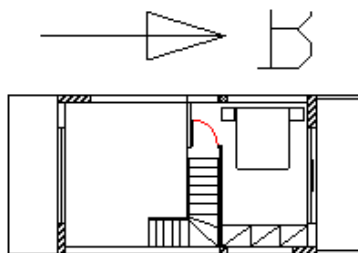
Αναλυτικά οι παράμετροι των οποίων μελετήθηκε η επιρροή είναι οι εξής:

- Προσανατολισμός κτιρίου
- Σκίαση
- Εμβαδόν ανοιγμάτων
- Θερμομόνωση και Συντελεστές θερμοπερατότητας U_{Value}

5.3.1 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΚΙΑΣΗ

Για να διαπιστωθεί η σημασία τόσο του σωστού προσανατολισμού του κτιρίου όσο και της σκίασης όσον αφορά στην ενεργειακή του κατανάλωση, έγινε στροφή 90°, 180° και 270° σε σχέση με τον προσανατολισμό που έχει αρχικά επιλεγεί.

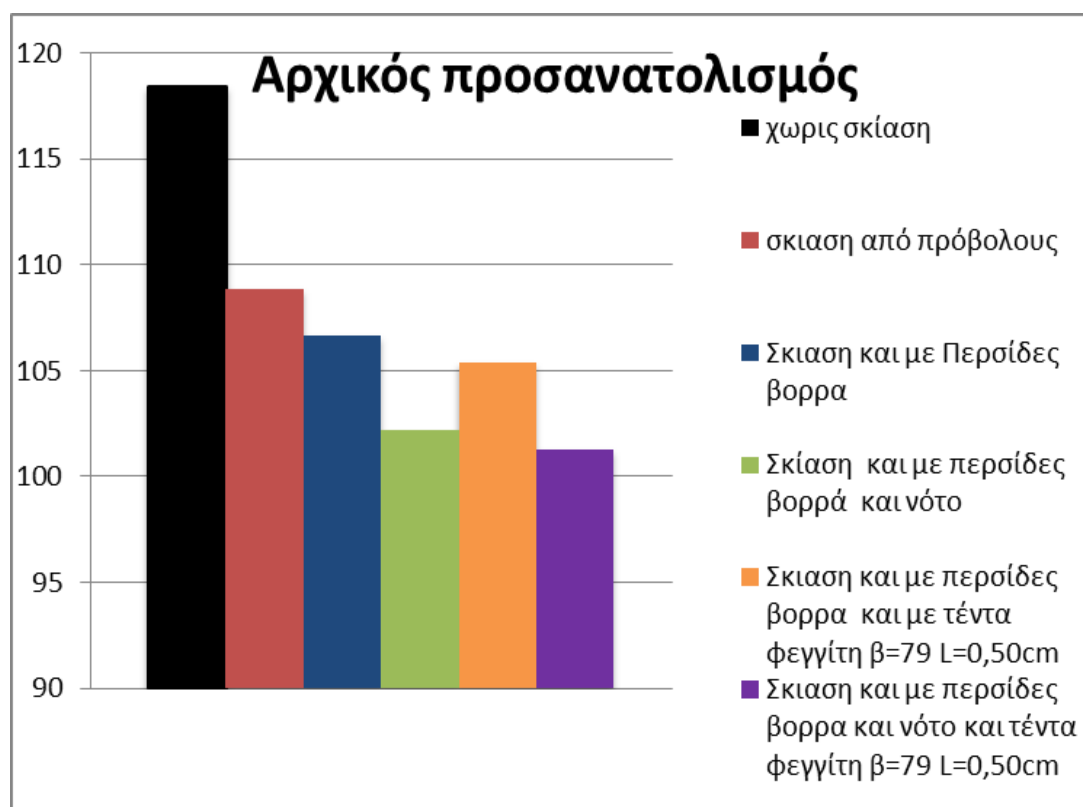
- Αρχικός προσανατολισμός κατοικίας (πίνακας 5.7)(διάγραμμα 5.1).



Σχέδιο 5.2: Κάτοψη 1^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά

Πίνακας 5.7: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για αρχικό προσανατολισμό και διαφορετικούς τρόπους σκίασης

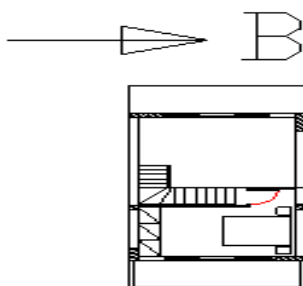
	fon h	fon c	πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση KWh/m2	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Σύνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
χωρίς σκίαση			150.10	52.5	65.9	118.4
σκίαση από πρόβολους			148.00	57.5	51.4	108.9
Σκίαση και με Περσίδες βορρα	0.5	0.41	147.10	58	48.7	106.7
Σκίαση και με περσίδες βορρά και νότο	0.5	0.41	150.20	65.7	36.5	102.2
	0.46	0.03				
Σκίαση και με περσίδες βορρα και με τέντα φεγγίτη β=79 L=0,50cm	0.5	0.41	147.75	59.4	46	105.4
	1	0.28				
Σκίαση και με περσίδες βορρα και νότο και τέντα φεγγίτη β=79 L=0,50cm	0.5	0.41	151.4	67.5	33.8	101.3
	1	0.28				



Διάγραμμα 5.1: Διάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για αρχικό προσανατολισμό και διαφορετικούς τρόπους σκίασης

Βέλτιστη περίπτωση συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων : 101.3KWh/m²

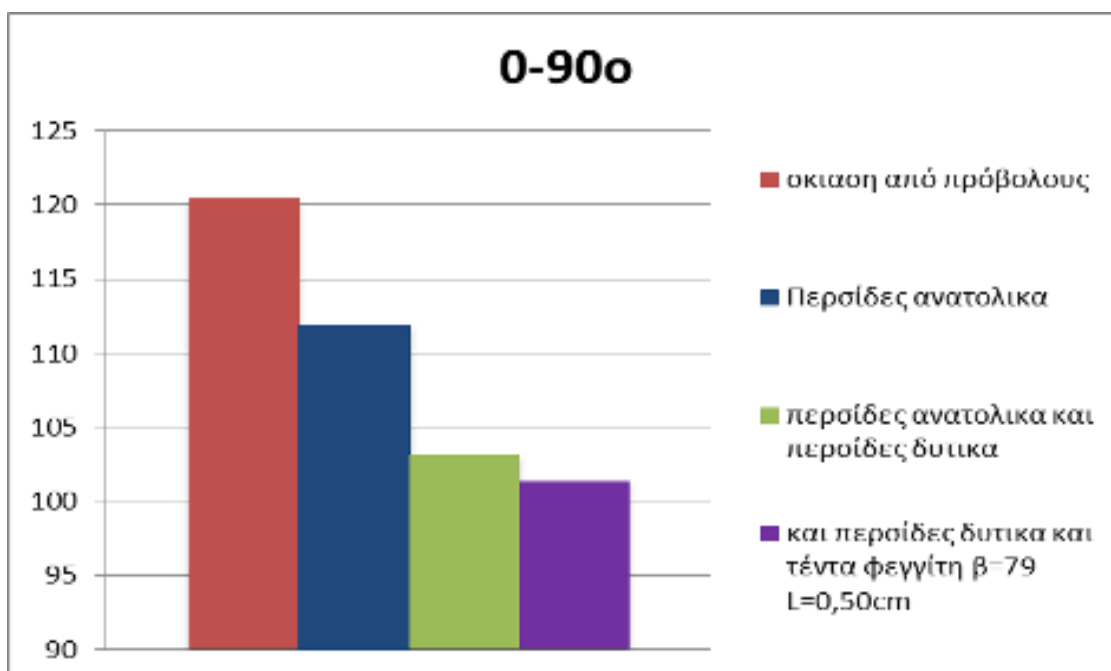
- Στροφή 90° κατά τη φορά του ρολογιού (πίνακας 5.8)(διάγραμμα 5.2).



Σχέδιο 5.3: Κάτοψη 1^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά

Πίνακας 5.8: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-90° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης

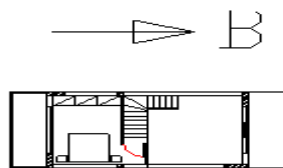
	fon h	fon c	πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση KWh/m ²	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
σκίαση από πρόβολου			157	59.7	60.8	120.5
Περσίδες ανατολικά	0.48	0.12	154	62.7	49.2	111.9
περσίδες ανατολικά και περσίδες δυτικά	0.48	0.12	151.6	66.6	36.6	103.2
περσίδες ανατολικά και περσίδες δυτικά και τέντα φεγγίτη β=79 L=0,50cm	0.48	0.12	151.2	67.8	33.6	101.4
και τέντα φεγγίτη β=79 L=0,50cm	1	0.28				



Διάγραμμα 5.2: Διάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-90° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης

Βέλτιστη περίπτωση συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων : 101.4KWh/m²

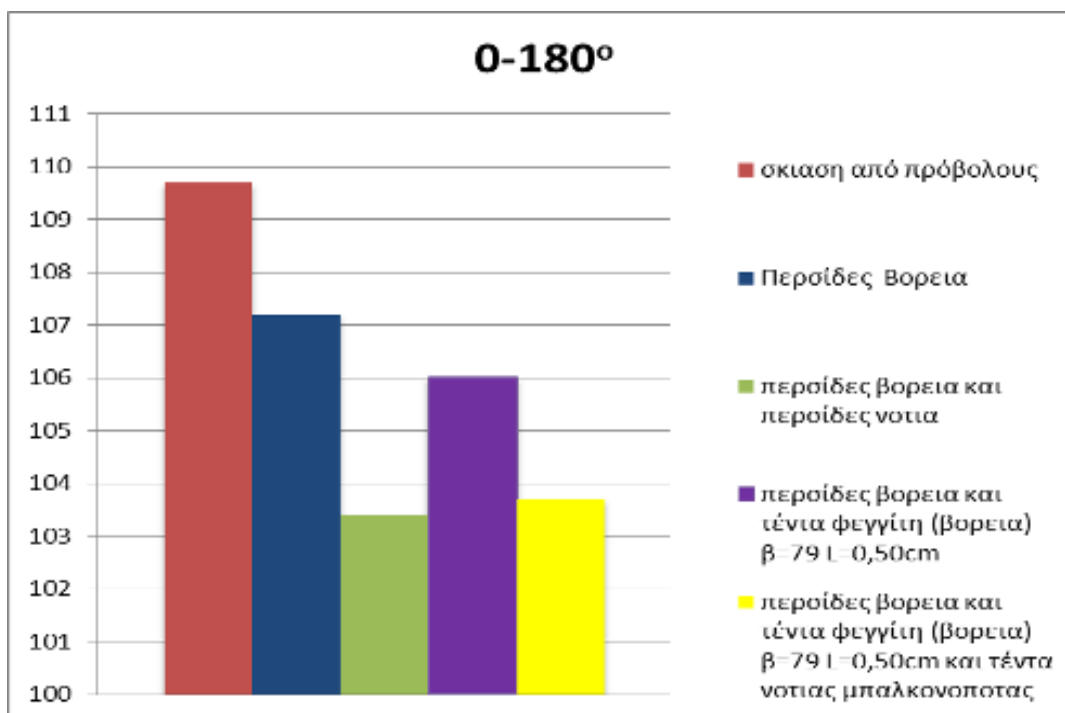
- Στροφή 180° κατά τη φορά του ρολογιού (πίνακας 5.9)(διάγραμμα 5.3)



Σχέδιο 5.4: Κάτοψη 1^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά

Πίνακας 5.9: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-180° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης

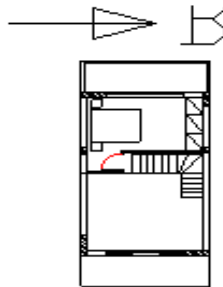
	fon h	fon c	πρωταγενής ενέργεια ανα τελική χρήση KWh/m ²	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
σκίαση από πρόβολους			149.9	59.4	50.3	109.7
Περσίδες Βορεια	0.5	0.41	148.8	60	47.2	107.2
περσίδες βορεια και περσίδες νοτια	0.4	0.03	152.3	67.4	36	103.4
περσίδες βορεια και τέντα φεγγίτη (βορεια) β=79 L=0,50cm	0.5	0.41	148.4	60.4	45.6	106
περσίδες βορεια και τέντα φεγγίτη (βορεια) β=79 L=0,50cm	1	0.41	150.3	64.9	38.8	103.7
και τέντα νοτιας μπαλκονοποτας	0.64	0.24				



Διάγραμμα 5.3: Διάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-180° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης

Βέλτιστη περίπτωση συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων: 103.4 KWh/m²

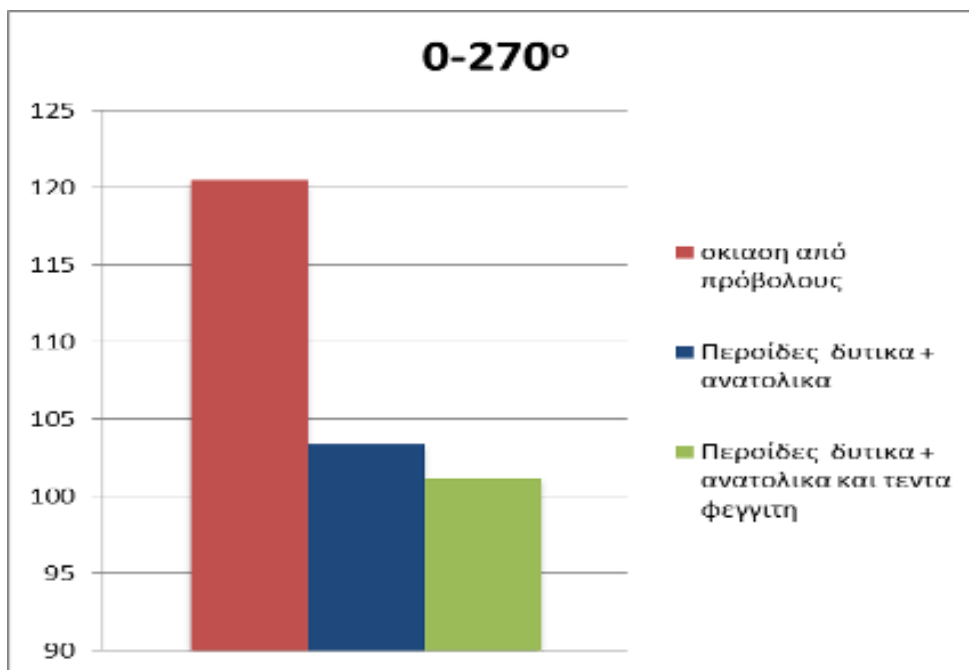
- Στροφή 270° κατά τη φορά του ρολογιού (Πίνακας 5.10) (διάγραμμα 5.4).



Σχέδιο 5.5: Κάτοψη 1^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά

Πίνακας 5.10: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-270° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης

	fon h	fon c	πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση KWh/m ²	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Σύνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
σκιαση από πρόβολους			157.2	59.8	60.7	120.5
Περσίδες δυτικά + ανατολικά	0.48	0.12	151.6	66.9	36.5	103.4
Περσίδες δυτικά + ανατολικά και τεντα φεγγιτη	1	0.17	151.5	67.7	33.5	101.2



Διάγραμμα 5.4: Διάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-270° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης

5 Βέλτιστη πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση : 101.2KWh/m²

5.3.2 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ

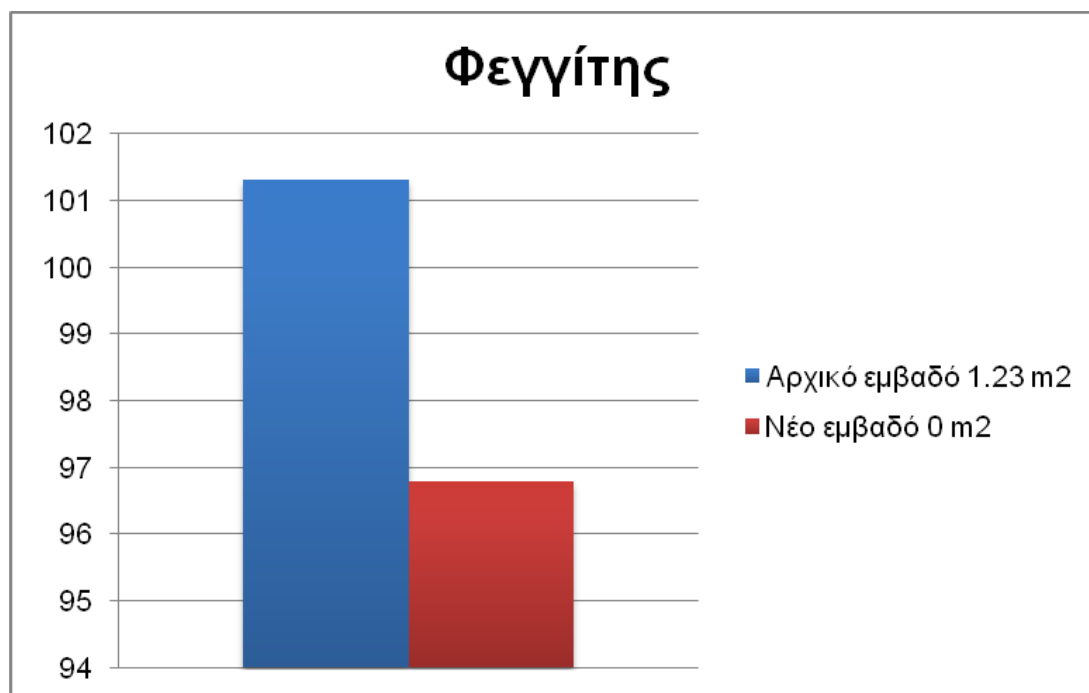
Ανοίγματα με αρχικά θεωρημένο $U_{\text{value}} = 3,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Με την αλλαγή των εμβαδών ανοιγμάτων του κτιρίου αλλάζει το άθροισμα των θερμογεφυρών αλλά και το συνολικό μήκος χαραμάδας και άρα η διείσδυση αέρα από τα κουφώματα. Η επιρροή της αλλαγής των εμβαδών των ανοιγμάτων στις θερμογέφυρες θεωρείται αμελητέα για μικρές μεταβολές αλλά στη διείσδυση του αέρα έχει γίνει υπολογισμός εκ νέου.

Με χρήση του αρχικά επιλεγμένου προσανατολισμού, και σκίαση από προβόλους και περσίδες μόνο στα νότια και βορινά ανοίγματα για κατάργηση του φεγγίτη προκύπτει (Πίνακας 5.11) (διάγραμμα 5.5):

Πίνακας 5.11: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού του φεγγίτη

	Φεγγίτης στέγης	Βέλτιστη πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Σύνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
Αρχικό εμβαδό	1.23	149.4	67.5	33.8	101.3
Νέο εμβαδό	0	145.5	64.3	32.5	96.8



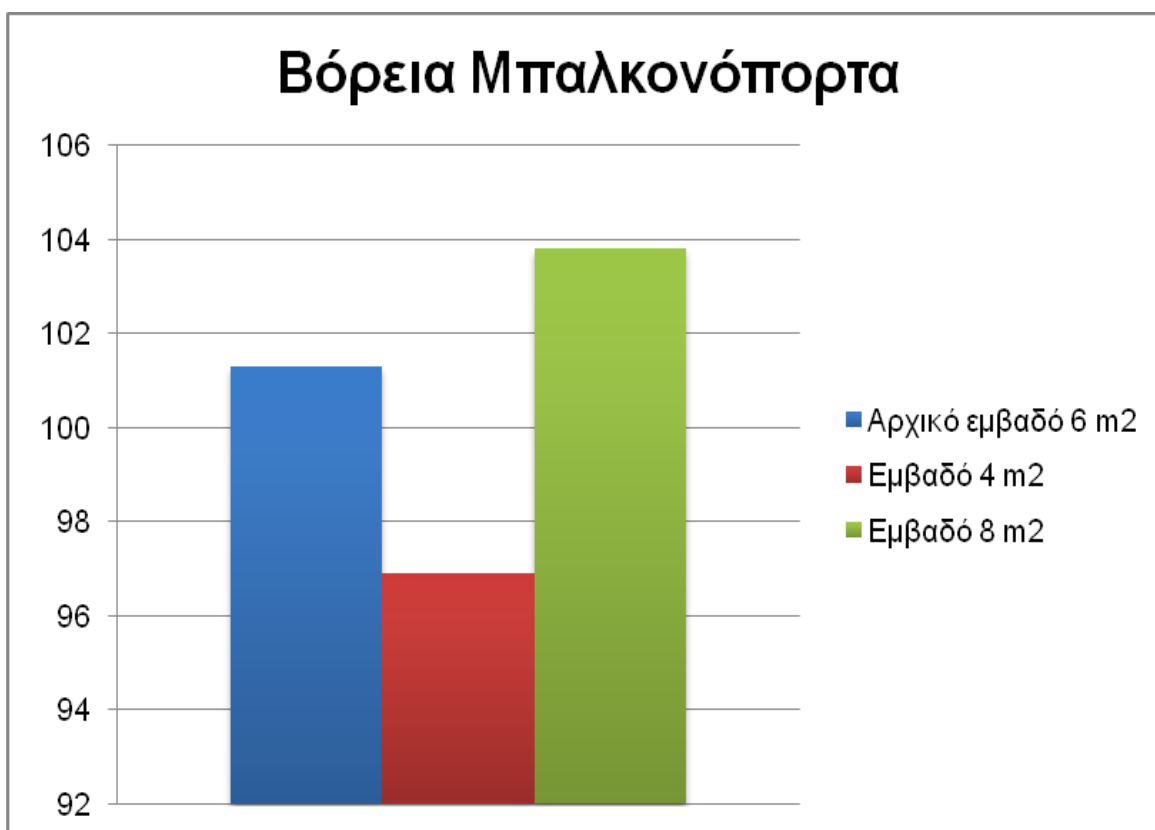
Διάγραμμα 5.5: Διάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού του φεγγίτη

Δηλαδή η κατάργηση του φεγγίτη έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της συνολικής ενεργειακής απαίτησης του κτιρίου κατά 4,45 %.

Αντίστοιχα με την αλλαγή της βόρειας μπαλκονόπορτας αρχικού εμβαδού 6 m² σε 4m² και 8m² προκύπτει (πίνακας 5.12) (διάγραμμα 5.6):

Πίνακας 5.12: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού της μπαλκονόπορτας

	Βόρεια μπαλκονόπορτα	Ενεργειακή απόδοση	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Σύνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
Αρχικό εμβαδό	6	149.4	67.5	33.8	101.3
Νέο εμβαδό	4	146	65	31.9	96.9
Νέο εμβαδό	8	142.8	68.2	35.6	103.8



Διάγραμμα 5.6: Διάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού της μπαλκονόπορτας

Δηλαδή για αύξηση του εμβαδού της βόρειας μπαλκονόπορτας κατά 2m^2 έχουμε αύξηση ενεργειακής απαίτησης κατά 2,47% ενώ για μείωση εμβαδού ίση με 2m^2 έχουμε μείωση ενεργειακής απαίτησης 4,34%.

Όπως φαίνεται και στις δύο περιπτώσεις και κυρίως σε αυτή του φεγγίτη μεγαλώνοντας τα ανοίγματα αυξάνεται και η συνολική ενεργειακή απαίτηση του κτιρίου, ενώ μειώνοντάς τα μικραίνει.

Αυτό που κάνει εντύπωση στα παραπάνω διαγράμματα είναι η μεγάλη μεταβολή της ενεργειακής απαίτησης για μικρή μεταβολή του εμβαδού των κουφωμάτων. Αυτό οφείλεται στο υψηλό U_{value} των υαλοπινάκων. Δηλαδή, όταν γίνεται υπολογισμός με μεγαλύτερο εμβαδό κουφωμάτων, οι ενεργειακές απώλειες λόγω υψηλής θερμοπερατότητας είναι μεγαλύτερες από το θερμικό κέρδος λόγω άμεσου ηλιασμού που μπορούν να προσφέρουν κυρίως τα νότια ανοίγματα λειτουργώντας ως παθητικά ηλιακά συστήματα άμεσου κέρδους

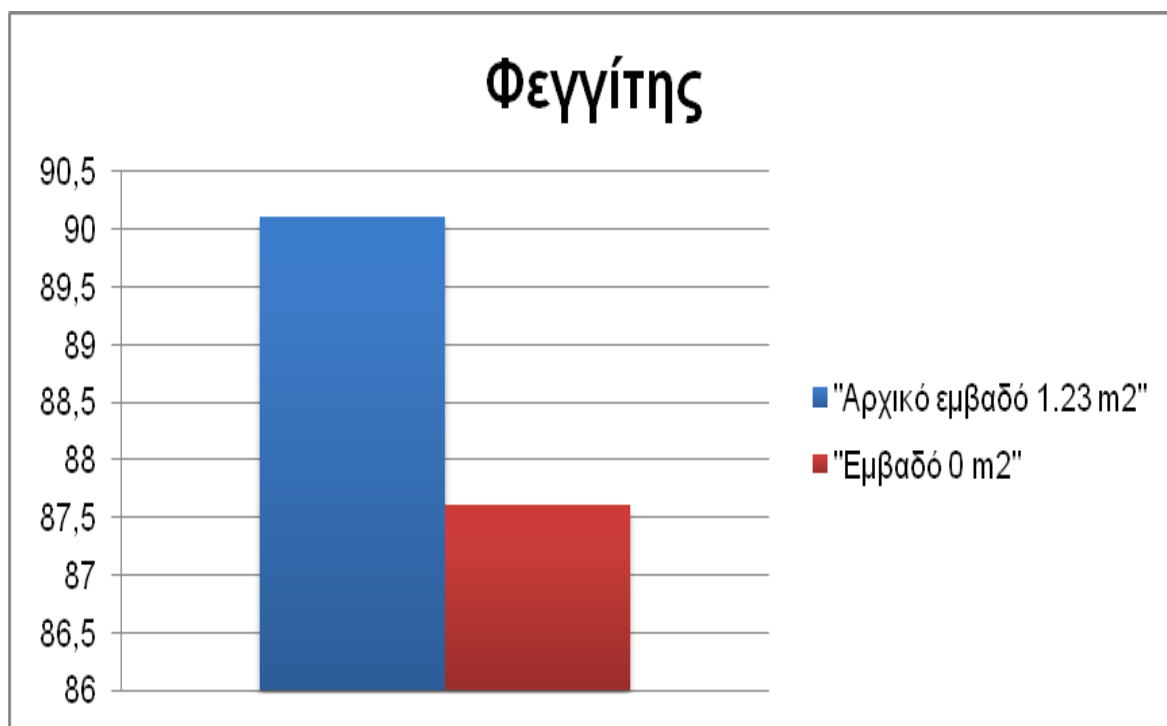
Ανοίγματα με $U_{value} = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Για να γίνει έλεγχος του συμπεράσματος αυτού, ακολουθεί νέος υπολογισμός. Από τους υαλοπίνακες του εμπορείου, μία αρκετά καλή τιμή για το U_{value} είναι το 1,5. Με όλα τα άλλα δεδομένα σταθερά, και αλλαγή της τιμής του U_{value} όλων των υαλοπινάκων από 3,0 σε 1,5 προκύπτει:

Για τον φεγγίτη (Πίνακας 5.13) (διάγραμμα 5.7).

Πίνακας 5.13: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού του φεγγίτη

	Φεγγίτης στέγης	Βέλτιστη πρωτογενής ενέργεια ανά τελική	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Σύνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
Αρχικό εμβαδό	1.23	135	57.1	33	90.1
Νέο εμβαδό	0	131.9	55.6	32	87.6



Διάγραμμα 5.7: Διάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού του φεγγίτη

Δηλαδή η κατάργηση του φεγγίτη έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της συνολικής ενεργειακής απαίτησης του κτιρίου κατά 2,77 % έναντι 4,45% στην περίπτωση του υπολογισμού με U_{value} ίσο με 3.0.

Και ομοίως για τη βόρεια μπαλκονόπορτα (πίνακας 5.14) (διάγραμμα 5.8)

Πίνακας 5.14: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού της μπαλκονόπορτας

	Βόρεια μπαλκονόπορτα	Ενεργειακή απόδοση	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Σύνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
Αρχικό εμβαδό	6	134.7	57.1	33	90.1
Νέο εμβαδό	4	132.7	56.3	31.2	87.5
Νέο εμβαδό	8	137.4	58	34.9	92.9



Διάγραμμα 5.8: Διάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού της μπαλκονόπορτας

Δηλαδή για αύξηση του εμβαδού της βόρειας μπαλκονόπορτας κατά 2m² έχουμε αύξηση ενεργειακής απαίτησης κατά 3,10% ενώ για μείωση εμβαδού ίση με 2m² έχουμε μείωση ενεργειακής απαίτησης 2,88%. Όπως φαίνεται και στις δύο

περιπτώσεις οι μεταβολές της ενεργειακής απαίτησης είναι σχεδόν υποδιπλάσιες με τη μείωση του U_{value} καθώς υπάρχει μεγαλύτερη ισορροπία ανάμεσα στη διαφυγή και το κέρδος ενέργειας.

Επίσης φαίνεται η σημασία της χρήσης υαλοπινάκων με χαμηλή θερμοπερατότητα που στο παράδειγμά μας μεταφράζεται σε μείωση της ενεργειακής απαίτησης του κτιρίου κατά περίπου 11 kWh/m^2 που αντιστοιχεί σε μείωση ποσοστού 10%.

5.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ECOTECT ANALYSIS

Όπως προαναφέρθηκε εξετάζεται η περίπτωση της εφαρμογής Τοίχου Trombe στη νότια όψη της εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με σκοπό την αξιολόγηση του τοίχου.

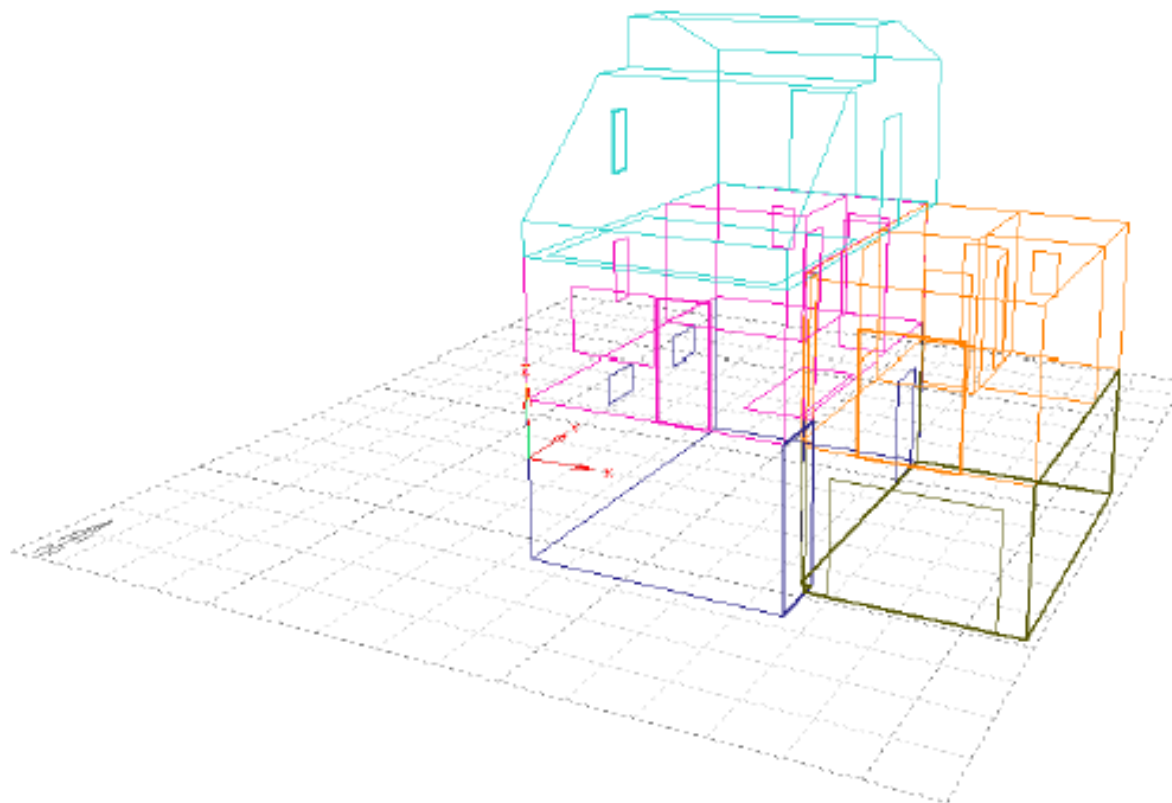
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ-ΟΙΚΟΠΕΔΟ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη Σαρωνίδα Αττικής σε ορθογωνικό οικόπεδο εμβαδού 752,05 τ.μ. με μηδενική κλίση. Κλιματικά και γεωμετρικά δεδομένα περιοχής:

- Γεωγραφικό μήκος (Longitude) 37.900°
- Γεωγραφικό πλάτος (Latitude) 23.700°
- Γεωγραφικό ύψος (Altitude) 21,7 μ.
- Κλίση σε σχέση με το Βορρά (North Offset) -35°
- Περιοχή μελέτης (local terrain) Αστική (Urban)
- Κλιματικός φάκελος (Weather file): Ελλάδα- Αθήνα (Greece-Athens)

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΟ ECOTECT ANALYSIS

Το οίκημα που είναι διώροφη κατοικία με υπόγειο γκαράζ και αποθήκη, ισόγειο καθιστικό και υπνοδωμάτιο και όροφο-σοφίτα με κεκλιμένη οροφή και τα επίπεδα επικοινωνούν μεταξύ τους με εσωτερική σκάλα, χωρίστηκε σε διαφορετικές θερμικές ζώνες οι οποίες επικοινωνούν θερμικά μεταξύ τους με ανοίγματα όπως εσωτερικές πόρτες και σκάλες αλλά και με εσωτερικούς τοίχους (η θερμότητα μεταφέρεται από τη μία ζώνη στην άλλη διαμέσου των δομικών υλικών).



Σχέδιο 5.6: Απεικόνιση θερμικών ζωνών

Ζώνη 1: ΥΠΟΓΕΙΟ-ΓΚΑΡΑΖ

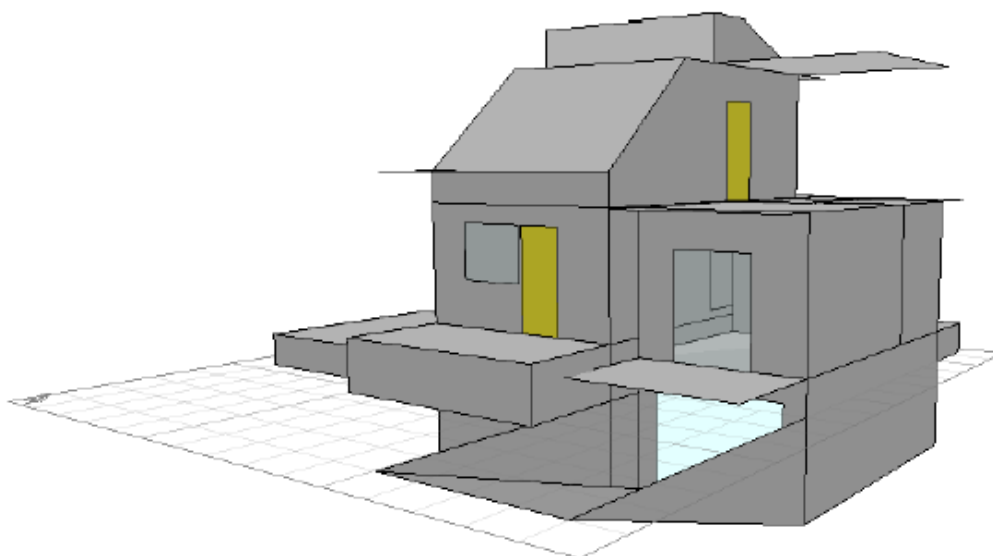
Ζώνη 2: ΥΠΟΓΕΙΟ-ΑΠΟΘΗΚΗ

Ζώνη 3: ΙΣΟΓΕΙΟ-ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ

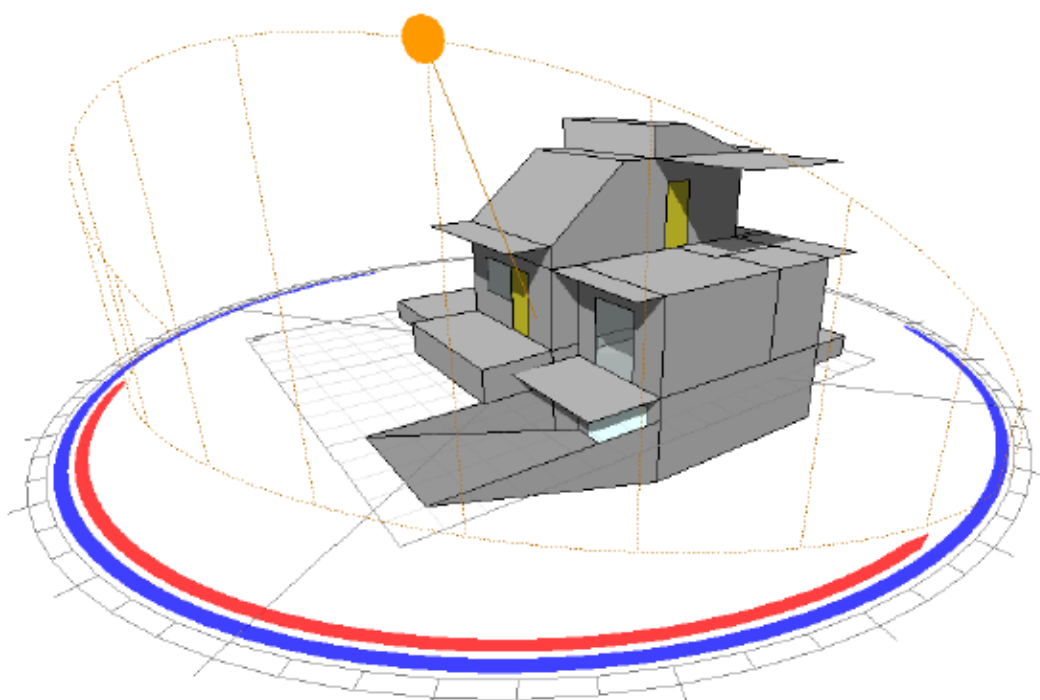
Ζώνη 4: ΙΣΟΓΕΙΟ-ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ

Ζώνη 5: Α' ΟΡΟΦΟΣ

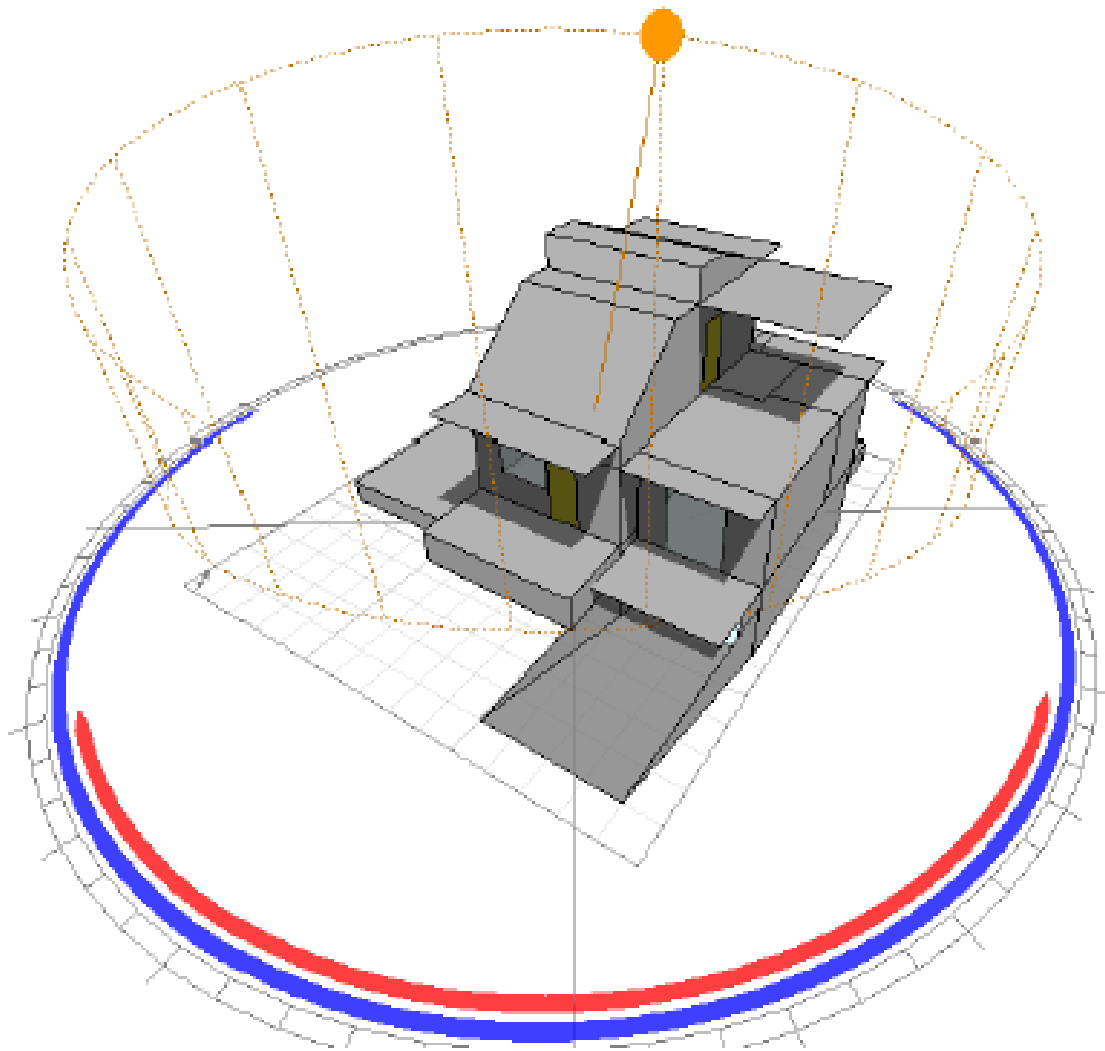
Τέλος υπάρχει και μία ακόμα ζώνη που θεωρήθηκε μη θερμική-εξωτερική στην οποία ανήκουν οι εξώστες, τα σκέπαστρα σκίασης και όλοι οι εξωτερικοί χώροι.



Σχέδιο 5.7: Απεικόνιση κατοικίας στο ecotect

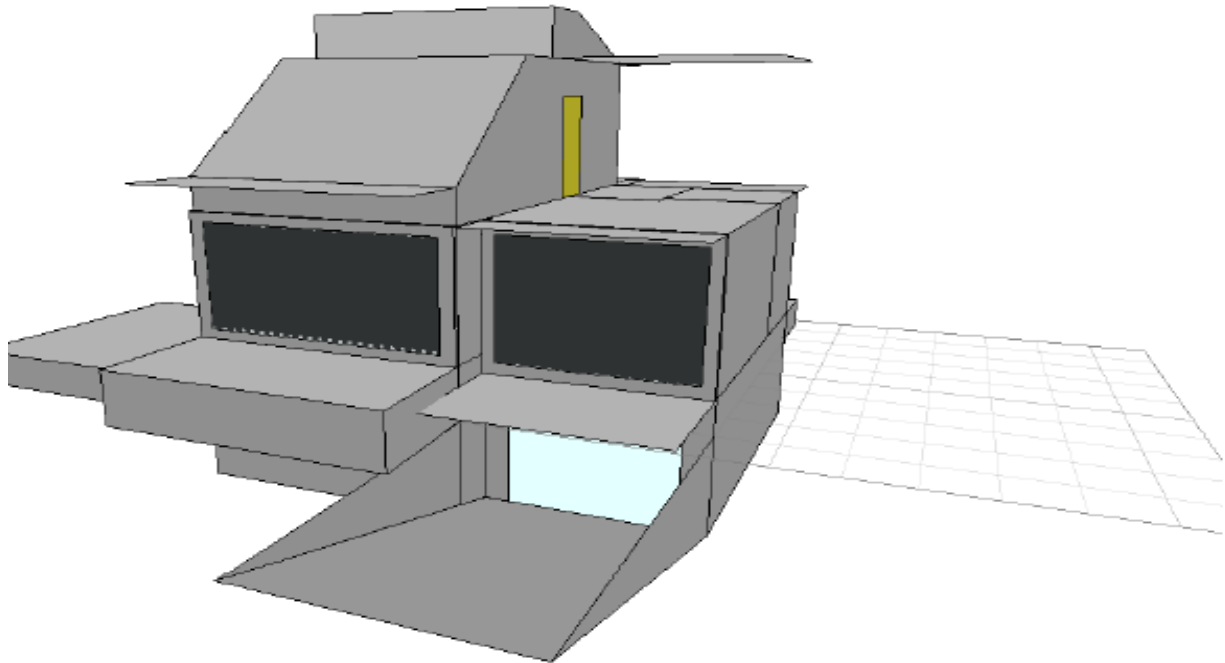


Σχέδιο 5.8: Ηλιακή θέση την 24η Φεβρουαρίου στις 12:00(όψη κτιρίου από τη θέση του ήλιου)



Σχέδιο 5.9: Ηλιακή θέση και σκίαση κτιρίου την 1η Αυγούστου στις 12:00

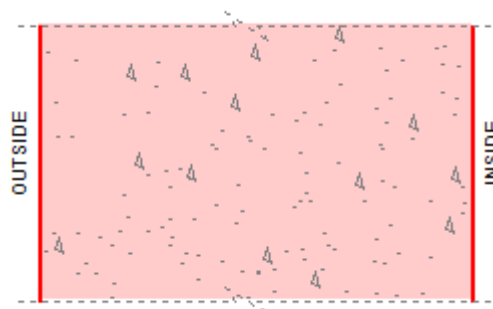
Η εφαρμογή του τοίχου Trombe έγινε και στις δύο επιφάνειες της νότια όψης των ζωνών «Ισόγειο-Καθιστικό», «Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο».



Σχέδιο 5.10: Τοίχος Trombe στη νότια όψη

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ TROMBE

Τοίχος Trombe: πάχους 250 εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα, μαύρο χρώμα στην εξωτερική επιφάνεια και ανοίγματα με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: $3,60\text{W/m}^2\text{K}$.



Σχέδιο 5.11: Τομή τοίχου Trombe

Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν για τις ακόλουθες ενδεικτικές ημέρες του έτους:

- Τυπική χειμωνιάτικη ημέρα 3η Φεβρουαρίου,
- Πλέον ψυχρή ημέρα του χειμώνα 24η Φεβρουαρίου (coldest day average)
- Τυπική καλοκαιρινή ημέρα 5η Ιουνίου και,
- Πλέον θερμή ημέρα του καλοκαιριού 1η Αυγούστου (hottest day average).

Οι παράμετροι της θερμικής ανάλυσης είναι ίδιες με την περίπτωση που δεν έχουμε παθητικό ηλιακό σύστημα. Δεν χρησιμοποιείται κανένα σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού.

Στο Πίνακα 5.15 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των ωριαίων διαφορών θερμοκρασίας (εσωτερική-εξωτερική) των ζωνών του ισόγειου για τέσσερις χαρακτηριστικές ημέρες πριν και μετά την εφαρμογή του τοίχου Trombe.

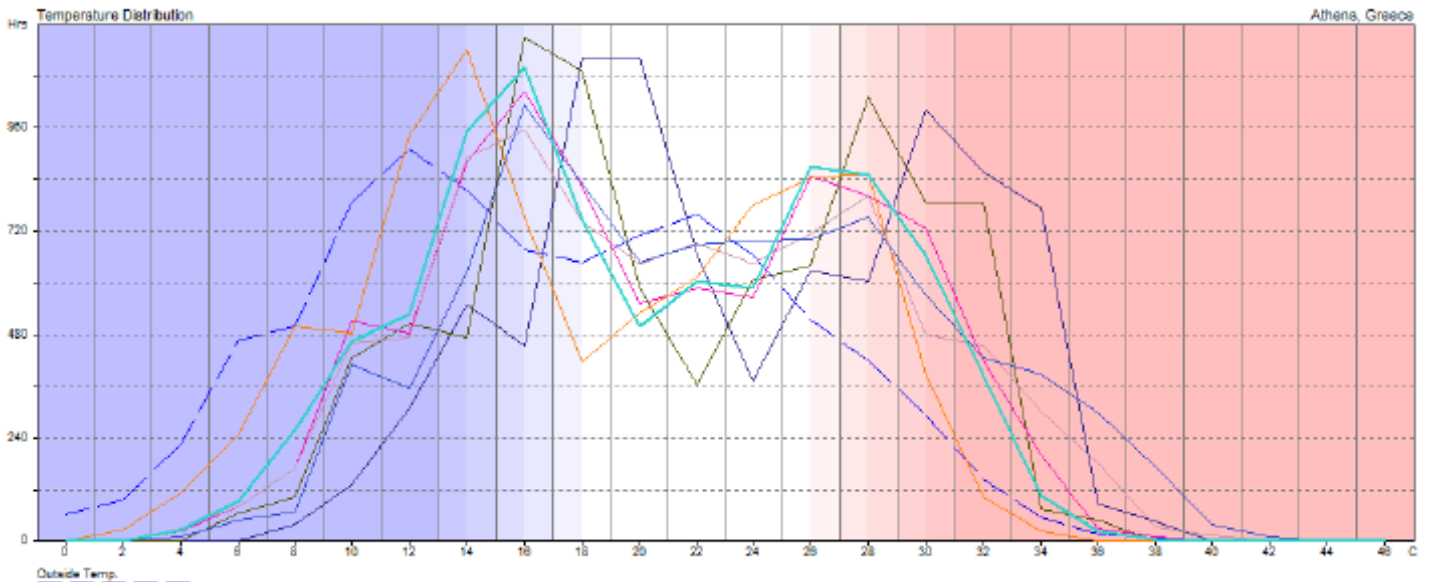
Πίνακας 5.15: Μέσος όρος ωριαίων διαφορών θερμοκρασίας ζωνών ισόγειου

	ΧΩΡΙΣ ΤΡΟΜΒΕ		ΜΕ ΤΡΟΜΒΕ	
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΗΜΕΡΕΣ	ΙΣ.- ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ(°C)	ΙΣ.-ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ(°C)	ΙΣ.- ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ(°C)	ΙΣ.-ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ(°C)
ΤΥΠΙΚΗ ΧΕΙΜΩΝΙΑΤΙΚΗ	-1,05	0,76	-0,96	1,5
ΠΛΕΟΝ ΨΥΧΡΗ	2,84	4,67	3	5,57
ΤΥΠΙΚΗ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΗ	1,69	3,22	1,84	4,04
ΠΛΕΟΝ ΘΕΡΜΗ	1,22	2,64	1,38	3,44

Παρόμοια διερεύνηση έγινε και για τις υπόλοιπες ζώνες της κατοικίας (υπόγειο και α-όροφος) όπου δεν παρατηρήθηκε διαφορά στις διαφορές των θερμοκρασιών τους χωρίς και με τον τοίχο Trombe. Η επιρροή του παθητικού ηλιακού συστήματος στις άμεσα επηρεαζόμενες ζώνες ήταν πολύ μικρή, αναμενόμενο ήταν στις υπόλοιπες ζώνες να είναι αμελητέα. Ο τοίχος Trombe αυξάνει πολύ λίγο τις εσωτερικές θερμοκρασίες των επηρεαζόμενων ζωνών κατά την περίοδο του χειμώνα ενώ το καλοκαίρι επίσης αυξάνει τις θερμοκρασίες των ζωνών με αποτέλεσμα να κρίνεται μη αποδοτικός για αυτή την περίοδο. Αυτό είναι κατανοητό αφού τα παθητικά ηλιακά συστήματα στις θερμές περιόδους χρειάζονται επικουρικά συστήματα σκίασης για τον περιορισμό της αναρροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας για την αύξηση της αποτελεσματικότητάς τους. Συγκεκριμένα στο «Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο» την τυπική χειμωνιάτικη μέρα

(Σχέδιο 5.8) η εφαρμογή του τοίχου Trombe αυξάνει τη θερμοκρασία κατά μόλις 0,10°C ενώ την πλέον ψυχρή ημέρα κατά 0,15°C. Στο «Ισόγειο-Καθιστικό» η αύξηση της θερμοκρασίας είναι 0,75°C και 1°C αντίστοιχα. Την τυπική καλοκαιρινή (Σχέδιο 5.9) και την πλέον θερμή ημέρα στο «Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο» μετά την εφαρμογή του τοίχου Trombe, η θερμοκρασία κατά μέσο όρο αυξάνεται κατά 0,15°C ενώ στη ζώνη «Ισόγειο-Καθιστικό» αυξάνεται κατά 0,80°C.

Ο Πίνακας 5.16 παρουσιάζει τον αριθμό των ωρών και το ποσοστό της κάθε ζώνης που βρίσκεται εντός θερμικής άνεσης (18-26°C). Και στην περίπτωση της εφαρμογής του τοίχου Trombe η θερμοκρασιακά πιο ανεκτή ζώνη είναι η «Υπόγειο-Αποθήκη» ενώ οι υπόλοιπες ζώνες δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.



Διάγραμμα 5.9:Αριθμός ωρών εντός θερμικής άνεσης

Πίνακας 5.16:Ποσοστό εντός θερμικής άνεσης κάθε ζώνης

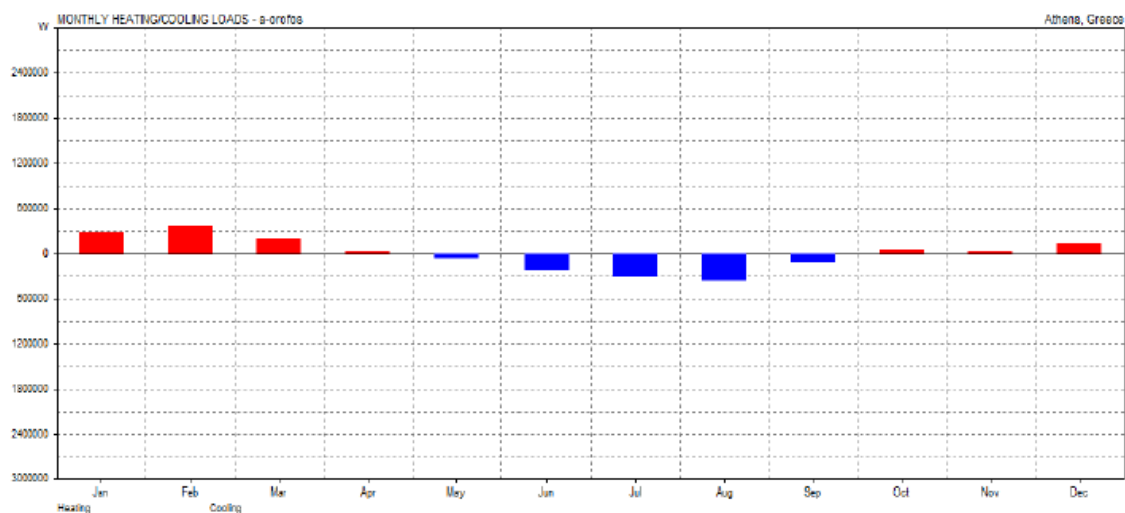
Ζώνες	Αριθμός ωρών εντός θερμικής άνεσης(ετήσιο)	Ποσοστό εντός θερμικής άνεσης
Υπόγειο-Αποθήκη	3910	44,60%
Υπόγειο-Γκαράζ	3143	35,90%
Ισόγειο-Καθιστικό	3376	38,50%
Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο	3185	36,40%
Α' όροφος	3305	37,70%

Στη συνέχεια στον ακόλουθο Πίνακα 5.17 συγκρίνονται τα ποσοστά των ωρών εντός θερμικής άνεσης για κάθε θερμική ζώνη πριν και μετά την εφαρμογή του τοίχου Trombe.

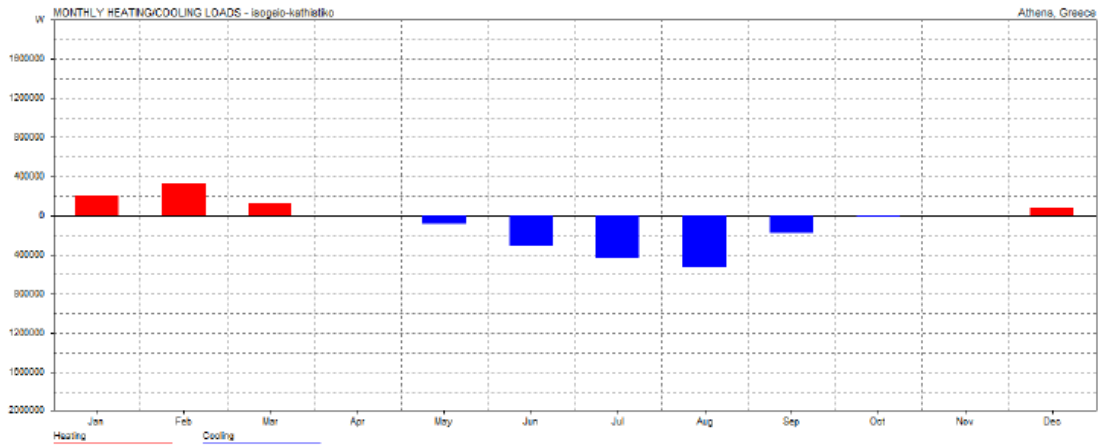
Πίνακας 5.17: Μεταβολές ποσοστού εντός θερμικής άνεσης

Ζώνες	Ποσοστό εντός θερμικής άνεσης		Μεταβολή
	χωρίς Trombe	με εφαρμογή Trombe	
Υπόγειο-Αποθήκη	44,60%	44,60%	0%
Υπόγειο-Γκαράζ	35,90%	35,90%	0%
Ισόγειο-Καθιστικό	37,20%	38,50%	1,30%
Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο	36,70%	36,40%	-0,30%
A' όροφος	37,70%	37,70%	0%

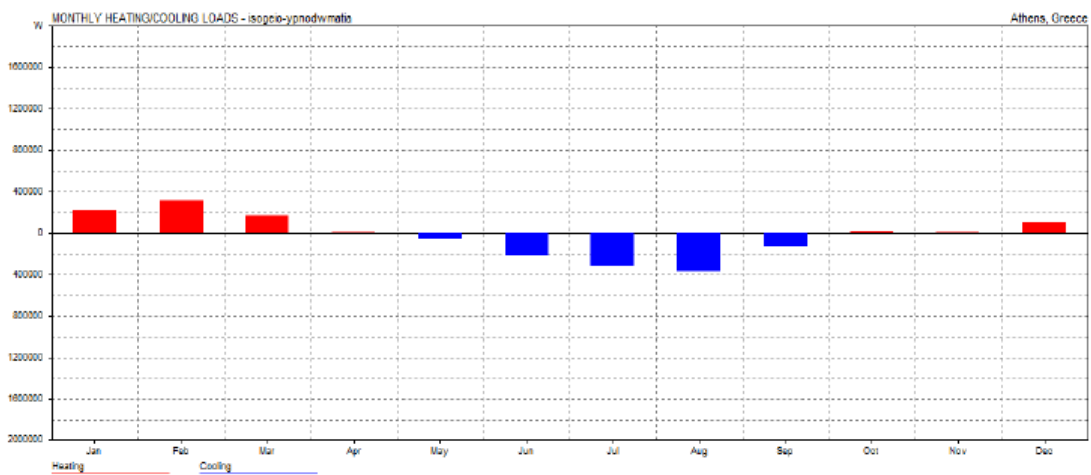
Φαίνεται ότι η εφαρμογή του τοίχου Trombe δεν προκαλεί σημαντική αύξηση στο ποσοστό των ωρών εντός θερμικής άνεσης μέσα στο έτος. Η ζώνη με τη μεγαλύτερη βελτίωση της θερμοκρασίας της είναι το «Ισόγειο-Καθιστικό» ενώ η ζώνη «Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο» έχει χειρότερες θερμοκρασιακές συνθήκες απ' ότι πριν, εξ αιτίας των αυξημένων θερμικών κερδών κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Η συνολική βελτίωση των συνθηκών για όλη την κατοικία είναι 1%.



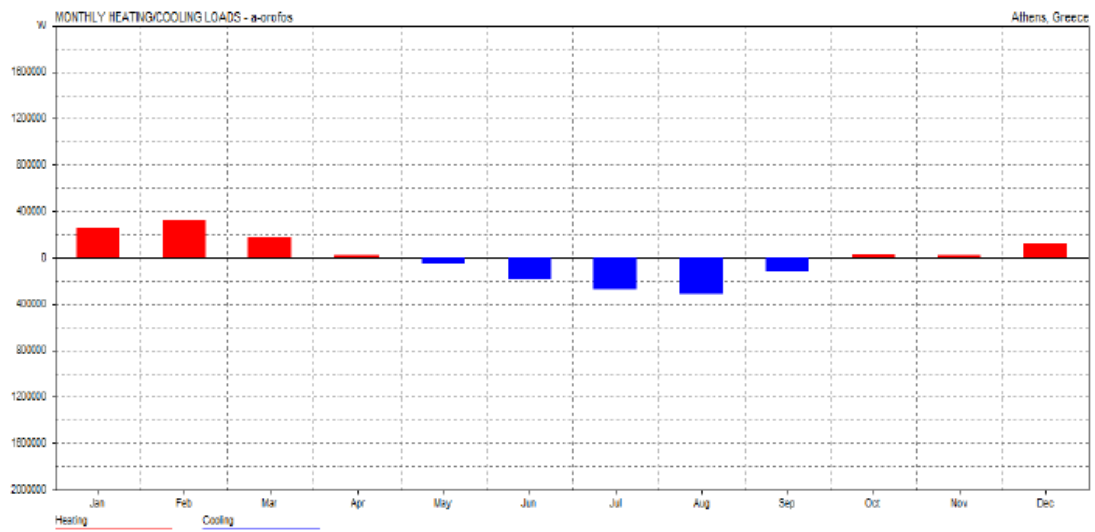
Διάγραμμα 5.10:Μηνιαία φορτία θέρμανσης,ψύξης για τη ζώνη «Α-όροφος» με την προσθήκη του τοίχου Trombe στη νότια όψη (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)



Διάγραμμα 5.11: Μηνιαία φορτία θέρμανσης, ψύξης για τη ζώνη 'Ισόγειο – Καθιστικό' με τις προδιαγραφές της ενεργειακής ανάλυσης του ΤΕΕ-KENAK (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)



Διάγραμμα 5.12: Μηνιαία φορτία θέρμανσης, ψύξης για τη ζώνη 'Ισόγειο-Υπνοδwμάτιο' με τις προδιαγραφές της ενεργειακής ανάλυσης του ΤΕΕ-KENAK (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)



Διάγραμμα 5.13: Μηνιαία φορτία θέρμανσης,ψύξης για τη ζώνη ‘Α-Όροφος’ με τις προδιαγραφές της ενεργειακής ανάλυσης του ΤΕΕ-KENAK (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο της παρούσας Πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της Α.Θ.Ν μέσω της διερεύνησης της επίδρασης διαφόρων παθητικών ηλιακών συστημάτων σε κτίσματα κατοικίας, προκειμένου να παραχθούν αποτελέσματα με σκοπό την εύρεση βέλτιστης λύσης σε δεδομένες συνθήκες με βιοκλιματικά κριτήρια, τα οποία θα δημιουργήσουν μια ενεργειακά «πράσινη» κατοικία. Η έρευνα αυτή επετεύχθητε μέσω σύγκρισης πειραματικών δεδομένων που αντλήθηκαν από μετρήσεις σε πρότυπα προκατασκευασμένα κτίσματα βαρέου τύπου.

Για τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για την έρευνα εγκαταστάθηκαν θερμοϋγρόμετρα στα υπό μελέτη κτίσματα ενώ το σύνολο των κλιματολογικών δεδομένων για τον περιβάλλοντα χώρο προήλθε από το μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Υδρολογίας & Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων που βρίσκεται εγκατεστημένος στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.

Το κάθε ένα από τα όμοια κατά τα άλλα κτίσματα αυτά, σχεδιάστηκε με διαφοροποίηση στη νότια πλευρά. Στο πρώτο από αυτά σχεδιάστηκε ένας ηλιακός χώρος τύπου θερμοκηπίου, στο δεύτερο ένα παράθυρο, ενώ στο τρίτο ένας τοίχος Trombe. Οι μετρήσεις που προέκυψαν από τους αισθητήρες που τοποθετήθηκαν στο εσωτερικό των κτιρίων στα σημεία των νότιων τοίχων, των βόρειων τοίχων, των δαπέδων αλλά και των οροφών συγκρίθηκαν ανά θέση και ανά κτίσμα. Έτσι προέκυψαν αποτελέσματα τα οποία δραματοποιήθηκαν, ώστε να γίνει σύγκριση του θερμικού κέρδους σε κάθε κτίσμα.

Στην συνέχεια με τη βοήθεια του προγράμματος «Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων του Τεχνικού επιμελητηρίου (ΤΕΕ Κ.ΕΝ.Α.Κ.)» μελετήθηκε η επιρροή διαφόρων παραμέτρων διώροφης εξοχικής κατοικίας σε προκατασκευασμένο κτίσμα κατοικίας, στην περιοχή της Σαρωνίδας Αττικής, με σκοπό να διαπιστωθεί η επίδραση του προσανατολισμού, της σκίασης και άλλων παραγόντων βιοκλιματικού σχεδιασμού στην ενεργειακή του κατανάλωση. Επιλύθηκε το κτίριο με κάποια δεδομένα που αρχικά επιλέχθηκαν και στη

συνέχεια έγιναν νέες επιλύσεις με τροποποιημένα δεδομένα κάθε φορά, τα οποία αφορούσαν κυρίως αλλαγές προσανατολισμού, αλλαγή σκίασης και μεταβολή των χαρακτηριστικών των ανοιγμάτων, έτσι ώστε να μελετηθεί η επίδρασή καθενός από αυτά στη μεταβολή της συνολικής ενεργειακής απαίτησης του κτιρίου

Στη συνέχεια ως δευτερεύων στόχος πραγματοποιήθηκε εφαρμογή του λογισμικού Ecotect Analysis στην ίδια κατοικία στην οποία είχε προσαρτηθεί το παθητικό σύστημα που θεωρήθηκε αποδοτικότερο στις προηγούμενες αναλύσεις στα τρία προκατασκευασμένα κτίσματα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, δηλαδή ο τοίχος Trombe.

6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν στο τέλος της έρευνας για τα κτίρια που εξετάστηκαν, μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Το κτίριο με τον τοίχο Trombe όπως και αυτό με το θερμοκήπιο έχουν μεγαλύτερα θερμικά κέρδη σε σχέση με το κτίριο με το παράθυρο, δηλαδή στο εσωτερικό τους καταγράφηκαν μεγαλύτερες θερμοκρασίες.
- Το κτίριο με το παράθυρο είχε τα λιγότερα θερμικά κέρδη σε σχέση με τα άλλα δύο, και η μέση θερμοκρασία που καταγράφηκε στο εσωτερικό του ήταν περίπου 2 °C έως 3 °C χαμηλότερη από την αντίστοιχη των δύο άλλων κτιρίων.
- Το κτίριο με τον τοίχο Trombe και το κτίριο με τον ηλιακό χώρο του θερμοκηπίου παρουσίασαν έντονες αυξήσεις στη θερμοκρασία του εσωτερικού τους τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες ημερών με μεγάλη ηλιοφάνεια και μεγάλη εξωτερική θερμοκρασία. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι εσωτερικές θερμοκρασίες που καταγράφησαν ήταν περίπου 5 °C υψηλότερες από τις αντίστοιχες του κτιρίου με το παράθυρο.
- Τις πρώτες πρωινές ώρες (05:00 έως 08:00) αλλά και γενικά τις ημέρες με πολύ μικρή ηλιοφάνεια και χαμηλή σχετικά εξωτερική θερμοκρασία, οι θερμοκρασίες που καταγράφησαν στα εσωτερικά των τριών κτιρίων ήταν αντίστοιχες.
- Ο νότιος τοίχος του κτιρίου με τον τοίχο Trombe και του κτιρίου με το παράθυρο παρουσίασαν τη μεγαλύτερη χρονική υστέρηση, η οποία υπολογίστηκε περίπου σε πέντε ώρες, έναντι μόλις μίας ώρας στο

κτίριο με το θερμοκήπιο. Αυτή η αυξημένη χρονική υστέρηση προσέδωσε στους νότιους τοίχους των δύο κτιρίων τη δυνατότητα να αποδώσουν, την αποθηκευμένη στη μάζα τους θερμότητα, στο χώρο τις ώρες που υπήρχε μεγαλύτερη ανάγκη.

- Ο προσανατολισμός των μεγαλύτερων ανοιγμάτων στο Νότο συμβάλει καθοριστικά στη μείωση της ενεργειακής απαίτησης των κτιρίων.
- Το σχήμα του κτιρίου για τη μέγιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας πρέπει να είναι επιμηκυμένο κατά τον άξονα ανατολής-δύσης.
- Η χρήση κατάλληλων μεθόδων σκίασης με περσίδες και τέντες μπορεί να μειώσει την ενεργειακή απαίτηση του κτιρίου ακόμα και 15%.
- Η μείωση του εμβαδού των νότιων και βόρειων ανοιγμάτων του κτιρίου μειώνει την ενεργειακή απαίτηση του καθώς το κέρδος από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία είναι μικρότερο από το κέρδος λόγω μικρότερων απωλειών των κουφωμάτων.

6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Για την περαιτέρω έρευνα του αντικειμένου της παρούσας πτυχιακής εργασίας παρουσιάζονται οι παρακάτω προτάσεις οι οποίες κρίνεται ότι θα παρουσίαζαν ενδιαφέρον:

- Διερεύνηση της συμπεριφοράς των τριών πρότυπων προκατασκευασμένων κτισμάτων καθόλη τη διάρκεια του έτους, ώστε να προκύψει μία συνολική εικόνα της συμπεριφοράς των εγκατεστημένων παθητικών ηλιακών συστημάτων.
- Επέκταση του πειράματος με τοποθέτηση περισσότερων θεροϋγρομέτρων σε κατάλληλα σημεία των τριών πρότυπων κτιρίων, ώστε να ληφθούν δεδομένα ικανά για την αναλυτική προσομοίωση του.
- Διερεύνηση του πειράματος και σε κτίρια που χρησιμοποιούν άλλους τύπους παθητικών ηλιακών συστημάτων.
- Διερεύνηση του πειράματος σε κτίρια που διαθέτουν συνδυασμό παθητικών ηλιακών συστημάτων
- Επέκταση του πειράματος του προκατασκευασμένου κτίσματος στη Σαρωνίδα με προσθήκη εναλλακτικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού.
- Επέκταση του παραπάνω πειράματος με την προσθήκη συστημάτων έμμεσου ηλιακού κέρδους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

1. Aguado A, Burt J. Understanding weather and climate
2. Arizona Solar Center, Living with the Sun – Arizona Style
3. Brown G. Z., 'Sun, Wind, and Light: Architectural Design Strategies', John Wiley & Sons Limited, New York 1985
4. EUROSTAT, "Regional Population projection EUROPOP2008
5. Godfrey Boyle Renewable Energy edited
6. Hawkes Dean, Jane Mc Donald, Koen Steemers The Selective Environment
7. Kassommenos P, Katsoulis B (2006) Mesoscale and macroscale aspects of the morning Urban Heat Island around Athens, Greece
8. Livada I, Santamouris M , Niachou K, Papanikolaou N , Mihalakakou G (2001) Determination of places in the great Athens area where the heat island is observed
9. Livada I, Santamouris M , Niachou K, Papanikolaou N , Mihalakakou G (2001) Determination of places in the great Athens area where the heat island is observed
10. Mihalakakou G, Flocas H., Santamouris M, Helmis C (2001) Application of neural Networks to the simulation of the Heat Island over Athens Greece ,Using Synoptic Types as a predictor.
11. Mihalakakou G, Flocas H., Santamouris M, Helmis C (2001) Application of neural Networks to the simulation of the Heat Island over Athens Greece ,Using Synoptic Types as a predictor.
12. Santamouris M, (2007) ABER Advances in Building Energy Research
13. Stathopoulou M , Cartalis C (2006) Daytime urban heat islands from Landsat ETM+ and Corine land cover data : An application to majors cities in Greece
14. Stathopoulou M, Cartalis C, Andritsos A (2005) Assessing the thermal environment of major cities in Greece
15. Stathopoulou M, Cartalis C, Andritsos A (2005) Assessing the thermal environment of major cities in Greece

16. Stathopoulou M, Iacovides S and Cartalis C Quality of Life in Metropolitan Athens Using Satellite and Census Data: Comparison Between 1991 and 2001
17. Stathopoulou M, Iacovides S and Cartalis C Quality of Life in Metropolitan Athens Using Satellite and Census Data: Comparison Between 1991 and 2001
18. Voogt J , Oke T (2002) Thermal remote sensing of urban climate

B. ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Ανδρεαδάκη Ελένη Βιοκλιματικός Σχεδιασμός
2. Αξαρλή Κλειώ Ν. «Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων»
3. Αξαρλή Κλειώ Ν. Αξαρλή Βιοκλιματικός Σχεδιασμός και Καθαρές Τεχνολογίες Δόμησης
4. Αργυράκη Μαρία, 'Βιοκλιματικός σχεδιασμός, ηλιακά παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα', 2008
5. Ασημακόπουλος Δημοσθένης Κίνδυνοι και επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής στο δομημένο περιβάλλον
6. ΕΑΡ, «Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και Κτιρίων. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων» – Πάτρα, 2001
7. Ευμορφοπούλου Α., Αραβαντινός Δ., "Προτάσεις για την επαναφορά της βλαστησης στο δομημένο περιβάλλον
8. ΚΑΠΕ Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα
9. ΚΑΡΑΒΑΣΙΛΗ-ΧΟΝΔΡΟΥ ΜΑΡΓΑΡΙΤΑ Βιοκλιματικός-Ενεργειακός σχεδιασμός
10. Καραβασίλη Μαργαρίτα Κτίρια για ένα πράσινο κόσμο
11. Καραβασίλη Μαργαρίτα, 'Κτίρια για έναν πράσινο κόσμο, οικολογική δόμηση, βιοκλιματική αρχιτεκτονική', Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη, , Αθήνα 1999
12. Καράλη Γ. Ι. ,Δρ., Διδακτικές Σημειώσεις, Π.Δ.Ε ΤΕΙ Πειραιά,2010,Διδακτικές Σημειώσεις
13. Καραμάνης Δημήτριος Μελέτη της τέφρας ως ενεργειακό υλικό παθητικού δροσισμού κτιρίων και υπαίθριων χώρων
14. Κοντορούπης Γ. Μ.,Ενεργειακός-Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων και Οικισμών,Ε.Μ.Π. Αθήνα'02,

15. Κορωνάιος Αιμ. Γ. καθηγητής Ε.Μ.Π. Δομικά υλικά και οικολογία
16. Κορωνάιος Αιμ. Γ. Δομικά Υλικά και Οικολογία”
17. Λαζάρη Ευγενεία ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ, Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής, Καπε, Πικέρμι Σεπτέμβριος 2002,
18. Λάζαρη Ε., Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής, ΚΑΠΕ, 2002
19. Μάλλιαρης- Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ‘Ενέργεια στην αρχιτεκτονική: Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα παθητικά ηλιακά κτίρια’, 1994
20. Μάλλιαρης παιδεία Ενεργειακός σχεδιασμός Εισαγωγή για Αρχιτέκτονες
21. Μπαλαρας, Μ.Σανταμούρης, Δ.Ν. Ασημακόπουλος, «Καταναλώσεις και δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια»
22. Μπουγατώτη Σημειώσεις
23. Μπουγιαπιωτη Φλώρα- Μαρία αρχιτέκτονας μηχανικός Α.Π.Θ.Διάλεξη / σημειώσεις: το αστικό μικρόκλιμα. βιοκλιματικές παρεμβάσεις για τη βελτίωση του
24. Νικόλακης Δ, Αθήνα 2002, Κλιματολογία
25. Νιόβη Ν. Χρυσομαλλίδου: "ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ
26. Περγίος Στ. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια – αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες – μεταφορές
27. Σίμου Γιάννα, ‘Βιοκλιματικά κριτήρια σχεδιασμού στην πόλη’, ΤΕΕ- ημερίδα «Βιοκλιματικός σχεδιασμός στον αστικό υπαίθριο χώρο», 2002
28. ΤΕΕ, 4/1992 Το πρόβλημα της ηλικίας των κτιρίων στις πόλεις, Τεχνικά Χρονικά,
29. Τσιπήρας Κώστας, Τσιπήρας Θέμης, ‘Οικολογική Αρχιτεκτονική, βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσώτερα αρχιτεκτονική’, Εκδόσεις Κέδρος
30. Φραγκουδάκης Α., Θερμοπροστασία, Υγροπροστασία, Ανεμοπροστασία Κτιρίων,Θεσσαλονίκη 1985
31. Χρυσομαλλίδου Ν., Θεοδοσίου Θ., Τσικαλουδάκη Κ., ‘Αειφόρος Ανάπτυξη ελεύθερων χώρων σε αστικό περιβάλλον’, ΤΕΕ- ημερίδα «Βιοκλιματικός σχεδιασμός στο αστικό υπαίθριο χώρο», 2002

Γ. ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

- www.epa.gov/hiri/resources
- www.actionbioscience.org/environment/voogt.html

- [www.ypan.gr/docs/d.t.\(090109\)exoikonomo_proetimasia](http://www.ypan.gr/docs/d.t.(090109)exoikonomo_proetimasia)
- www.actionbioscience.org/environment/voogt.html
- www.cres.gr/energy_saving/Ktria/
- www.minenv.gr/4/47/00_4701/odigos_katoikion.pdf
- www.oikologos.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=286&Itemid=231&showall=1
- www.exikonomisi.blogspot.com/2007_11_01_archive.html
- www.evonymos.org 2005
- www.kagioulisinox.g
- www.passivesolar.sustainablesources.com
- www.cres.gr/kape/education/
- www.medsos.gr
- www.sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses
- www.epa.gov/
- www.tee.gr
- www.renewable.gr
- www.kala-nea.gr/archives/21199
- www.greenbuildin.gr
- www.buildnet.gr/
- www.panariello.gr
- www.eu.art.com
- www.greenedmonton.ca/mcnzh-light-pipes
- www.erg.ucd.ie/mb_daylighting_in_building.pdf
- <http://medsos.gr/>

- www.cres.gr/kape/education/Apeokistika.pdf
- www.spitia.gr
- www.mcit.gov.cy
- www.buildnet.gr
- www.sites.google.com/site/wildwaterwall/
- www.s-ol-ar.gr/pathtikos.html
- www.bioxorio.com
- www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_yalopinakes.htm
- www.all4me.gr/
- www.epa.gov/hiri/resources
- www.actionbioscience.org/environment/voogt.html
- [www.ypan.gr/docs/d.t.\(090109\)exoikonomo_proetimasia](http://www.ypan.gr/docs/d.t.(090109)exoikonomo_proetimasia)
- www.actionbioscience.org/environment/voogt.html
- <http://www.greenpeace.org/greece/el/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Η θερμομόνωση ενός κτιρίου είναι αναγκαία προϋπόθεση για την εξασφάλιση υγιεινής, ευχάριστης και θερμικά άνετης διαμονής μέσα σε ένα κτίριο κάτω από συνθήκες οικονομίας. Ιδιαίτερα στις κατοικίες που λειτουργούν όλο το 24ώρο, η θερμομόνωση είναι βασική ανάγκη. Με την καλή θερμομόνωση του κτιρίου επιτυγχάνεται :

α) Εξοικονόμηση της κατανάλωσης ενέργειας από τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων κατά τη χειμερινή περίοδο.

β) Περιορισμός των φθορών που παρατηρούνται λόγω της έλλειψης θερμομόνωσης, όπως οι θραύσεις σωληνώσεων από τον παγετό, οι αποκολλήσεις επιχρισμάτων και χρωματισμών από συμπύκνωση υδρατμών στις ψυχρές εξωτερικές επιφάνειες.

γ) Μείωση των δαπανών κατασκευής της εγκατάστασης θέρμανσης, που είναι ανάλογες με την εγκατεστημένη ισχύ του λέβητα.

δ) Μείωση των εκλυόμενων ρύπων στο άμεσο περιβάλλον του κτιρίου, αλλά και στο ευρύτερο περιβάλλον.

Οι θερμικές απώλειες ενός κτιρίου εξαρτώνται αφενός από την ποιότητα της θερμομόνωσης, αφετέρου από άλλες παραμέτρους όπως:

α) Η έντονη έκθεση του κτιρίου στους ανέμους, η οποία αυξάνει τις θερμικές απώλειες. Αντίθετα η ύπαρξη γειτονικών κτιρίων, δέντρων ή άλλων εμποδίων τα οποία προφυλάσσουν το κτίριο από την άμεση επίδραση των ανέμων, μειώνουν τις θερμικές απώλειες.

β) Ο αριθμός ελεύθερων πλευρών. Όσο περισσότερες είναι οι ελεύθερες πλευρές ενός κτιρίου, τόσο μεγαλύτερες είναι οι θερμικές απώλειες.

γ) Η ενοποίηση χώρων διαφορετικών ορόφων. Σε διπλοκατοικίες με συνέχεια των χώρων, η θερμότητα του κάτω ορόφου συγκεντρώνεται στον πάνω όροφο με αποτέλεσμα την αίσθηση ψύχους.

δ) Οι καπνοδόχοι, οι σωληνώσεις παροχής θερμού και ψυχρού νερού, καθώς και οι σωλήνες των κεντρικών θερμάνσεων, δεν πρέπει να έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον γιατί συμβάλουν στις θερμικές απώλειες, εκτός αν είναι μονωμένοι. Για τις καπνοδόχους, η σωστή μόνωση εξασφαλίζει τη σωστή κυκλοφορία των καυσαερίων και την αποφυγή δημιουργίας όξινων συμπυκνωμάτων.

Η θερμομονωτική ικανότητα των στοιχείων κατασκευής χαρακτηρίζεται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (k) του δομικού στοιχείου ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση [1].

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_a} \quad [1]$$

Όπου α_i και α_a είναι οι συντελεστές μεταβάσεως του αέρα για εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες αντίστοιχα. Τα ανώτατα όρια των συντελεστών μεταβάσεως του αέρα για εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες, δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 1

Πίνακας 1: Συντελεστές θερμικής μεταβάσεως και αντίσταση θερμικής μεταβάσεως

	Συντελεστής θερμικής μεταβάσεως (α_i) και (α_a)	Αντίσταση θερμικής μεταβάσεως ($1/\alpha_i$) και ($1/\alpha_a$)
	[W/m ² .K]	[m ² .K/W]
Επιφάνεια τοίχων, εσωτερικά παράθυρα, εξωτερικά παράθυρα	$\alpha_i = 8,14$	$1/\alpha_i = 0,14$
Δάπεδα και οροφές σε περίπτωση μετάβασης θερμότητας από κάτω προς τα επάνω	$\alpha_i = 8,14$	$1/\alpha_i = 0,14$
Δάπεδα και οροφές σε περίπτωση μετάβασης θερμότητας από επάνω προς τα κάτω	$\alpha_i = 5,84$	$1/\alpha_i = 0,17$
Στις εξωτερικές πλευρές με μέση ταχύτητα ανέμου περίπου 2 [m/s]	$\alpha_a = 23,26$	$1/\alpha_a = 0,04$

$1/\Lambda$, είναι ο συντελεστής θερμοδιαφυγής ενός δομικού στοιχείου σε [m².h.°C/kcal] και υπολογίζεται από τη σχέση 2].

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{d_n}{\lambda_n} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad [2]$$

όπου

d_i , είναι το αντίστοιχο πάχος του κάθε υλικού,

λ_i , είναι οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας των διαφόρων υλικών που αποτελούν ένα δομικό στοιχείο σε [W/m.K]. Στον Πίνακα 2, παρουσιάζονται

ενδεικτικά τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ) για κοινά δομικά κοινά υλικά.

Πίνακας 2 Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) για διάφορα δομικά υλικά

Υλικά	Φαινόμενη πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ)
	[kg/m ³]	[W/m.K]
Επίχρισμα ασβεστοκονιάματος		0,87
Επίχρισμα τσιμεντοκονιάματος		1,39
Συμπαγείς λίθοι, μάρμαρο, γρανίτης, ασβεστόλιθος		3,49
Συμπαγείς πλίνθοι αργίλου ωμοί		0,93
Άμμος φυσικής προέλευσης		1,40
Σκυρόδεμα αδρανών ≤ 160		2,03
Γαρμπιλοσκυρόδεμα	1700	0,81
Περλιτόδεμα με τσιμέντο 1:8		0,128
Πλάκες σκυροδέματος με ανάμικτα αδρανή	1400	0,58
Γυψοσανίδες	1200	0,58
Τσιμεντόλιθοι πλήρεις	1800	0,99
Τσιμεντόλιθοι διάτρητοι	1400	0,70
Οπτόπλινθοι πλήρεις	1400	0,60
Οπτόπλινθοι διάτρητοι	1200	0,52
Οξυά		0,17
Κωνοφόρα		0,14
Κόντρα πλακέ		0,14
Μοριοσανίδες	900	0,17
Γυαλί		0,81
Αλουμίνιο		203,52
Χυτοσίδηρος και χάλυβας		53,15
Ασφαλτικό σκυρόδεμα	2100	0,70
Ασφαλτόχαρτο	1100	0,19
Θερμομονωτικά υλικά		
Υαλοβάμβακας	50	0,041
Πετροβάμβακας	230-250	0,056
Πλάκες διογκωμένου φελλού	160	0,046
Αφρώδης πολυουρεθάνη		0,033
Διογκωμένη πολυστερίνη	10-30	0,041

Αφρώδης πολυστυρώλη Roofmate	32-35	0,027
Αφρώδης πολυστυρώλη Styrofoam	28	0,033
Διογκωμένοι αφροί με βάση ρητίνη ουρίας φορμαλδεύδης		0,031
Πλάκες πεπιεσμένου άχυρου	220-250	0,049
Πλάκες από ίνες ζαχαροκάλαμου	260	0,046
Φύκια θαλάσσης	150	0,041

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας (**k**) των δομικών στοιχείων του κτιρίου, θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπ' όψιν οι θερμικές απώλειες από τις θερμογέφυρες, όπως υπολογίζονται σύμφωνα με το πρότυπο ISO/DIS 14683. Σε διαφορετική περίπτωση, ο συντελεστής θερμοπερατότητας **k** των δομικών στοιχείων, για κατακόρυφη απόσταση έως 1,5m εκατέρωθεν του στοιχείου θερμογέφυρας, θα προσαυξάνεται κατά 10% έναντι της τιμής που προκύπτει από την εφαρμογή της σχέσης [1].

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου (**k_m**) υπολογίζεται από την σχέση [3].

$$k_m = \frac{k_W \cdot F_W + k_F \cdot F_F + k_D \cdot F_D + 0,5 \cdot k_G \cdot F_G + k_{DL} \cdot F_{DL} + k_{WE} \cdot F_{WE}}{F} \quad [3]$$

όπου ο δείκτης (W) αναφέρεται στους εξωτερικούς τοίχους, ο δείκτης (F) στα παράθυρα και πόρτες, ο δείκτης (D) στην οροφή, ο δείκτης (G) στο δάπεδο του κτιρίου που εφάπτεται με το έδαφος ή με μη θερμαινόμενους τοίχους, ο δείκτης (DL) στο δάπεδο πιλοτής και ο δείκτης (WE) στους εξωτερικούς τοίχους σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους.

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας **k_{m (W,F)}** των επιφανειών των εξωτερικών τοίχων, συμπεριλαμβανομένων των θυρών και των παραθύρων, υπολογίζεται από τη σχέση 4.

$$k_m = \frac{k_W \cdot F_W + k_F \cdot F_F}{F_W + F_F} \quad [4]$$

Οι απώλειες θερμότητας λόγω μετάδοσης (**Q_T**) ενός κτιρίου υπολογίζονται βάσει του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας (**k_m**) του κτιρίου, τη θερμοκρασιακή διαφορά (**ΔT**) εσωτερικών χώρων με το εξωτερικό περιβάλλον, καθώς επίσης και τη συνολική εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου (**F**), σχέση [5].

$$Q_T = k_m \cdot F \cdot \Delta T \quad [5]$$

Σε όλες τις ζώνες συνιστάται η χρήση διπλών υαλοπινάκων κυρίως στις πλευρές του κτιρίου που είναι εκτεθειμένες σε ψυχρούς ανέμους, (ανάλογα την

επικρατούσα κατεύθυνση του ανέμου). Αντίστοιχα στα κτίρια που βρίσκονται στην Κλιματική Ζώνη Γ και Δ συνιστάται η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε όλες τις πλευρές του κτιρίου.

Στους παρακάτω Πίνακες 3, 4 και 5 δίνονται ενδεικτικές τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας (k_F) [$Wm^{-2}K^{-1}$] διαφόρων τύπων υαλοπινάκων, σε συνάρτηση του υλικού κατασκευής του πλαισίου, του ποσοστού του πλαισίου, κ.α.

Πίνακας 3 Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας [$Wm^{-2}K^{-1}$] διπλών και τριπλών υαλοπινάκων με διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο

Υαλοπίνακες				Τύπος αερίου στο διάκενο		
Τύπος	Τύπος γυαλιού	Ικανότητα θερμικής εκπομπής	Διαστάσεις [mm]	Αέρας	Αργό	Κρυπτό
Διπλός	Χωρίς επικάλυψη (σύνηθες γυαλί)	0.89	4 / 6 / 4	3.3	3.0	2.8
			4 / 9 / 4	3.0	2.8	2.6
			4 / 12 / 4	2.9	2.7	2.6
			4 / 15 / 4	2.7	2.6	2.6
			4 / 20 / 4	2.7	2.6	2.6
	Επικάλυψη στη μία πλευρά	≤0.40	4 / 6 / 4	2.9	2.6	2.2
			4 / 9 / 4	2.6	2.3	2.0
			4 / 12 / 4	2.4	2.1	2.0
			4 / 15 / 4	2.2	2.0	2.0
			4 / 20 / 4	2.2	2.0	2.0
	Επικάλυψη στη μία πλευρά	≤0.20	4 / 6 / 4	2.7	2.3	1.9
			4 / 9 / 4	2.3	2.0	1.6
			4 / 12 / 4	1.9	1.7	1.5
			4 / 15 / 4	1.8	1.6	1.6
			4 / 20 / 4	1.8	1.7	1.6
	Επικάλυψη στη μία πλευρά	≤0.10	4 / 6 / 4	2.6	2.2	1.7
			4 / 9 / 4	2.1	1.7	1.3
			4 / 12 / 4	1.8	1.5	1.3
			4 / 15 / 4	1.6	1.4	1.3
			4 / 20 / 4	1.6	1.4	1.3
Επικάλυψη στη μία πλευρά	≤0.05	4 / 6 / 4	2.5	2.1	1.5	
		4 / 9 / 4	2.0	1.6	1.3	
		4 / 12 / 4	1.7	1.3	1.1	
		4 / 15 / 4	1.5	1.2	1.1	
		4 / 20 / 4	1.5	1.2	1.2	
Τριπλός	Χωρίς	0.89	4 / 6 / 4 / 6	2.3	2.1	1.8

Υαλοπίνακες				Τύπος αερίου στο διάκενο		
Τύπος	Τύπος γυαλιού	Ικανότητα θερμικής εκπομπής	Διαστάσεις [mm]	Αέρας	Αργό	Κρυπτό
	επικάλυψη (σύνηθες γυαλί)		/ 4			
			4 / 9 / 4 / 9 / 4	2.0	1.9	1.7
			4 / 12 / 4 / 12 / 4	1.9	1.8	1.6
	Επικάλυψη σε δύο πλευρές	≤0.40	4 / 6 / 4 / 6 / 4	2.0	1.7	1.4
			4 / 9 / 4 / 9 / 4	1.7	1.5	1.2
			4 / 12 / 4 / 12 / 4	1.5	1.3	1.1
	Επικάλυψη σε δύο πλευρές	≤0.20	4 / 6 / 4 / 6 / 4	1.8	1.5	1.1
			4 / 9 / 4 / 9 / 4	1.4	1.2	0.9
			4 / 12 / 4 / 12 / 4	1.2	1.0	0.8
	Επικάλυψη σε δύο πλευρές	≤0.10	4 / 6 / 4 / 6 / 4	1.7	1.3	1.0
			4 / 9 / 4 / 9 / 4	1.3	1.0	0.8
			4 / 12 / 4 / 12 / 4	1.1	0.9	0.6
	Επικάλυψη σε δύο πλευρές	≤0.05	4 / 6 / 4 / 6 / 4	1.6	1.3	0.9
			4 / 9 / 4 / 9 / 4	1.2	0.9	0.7
			4 / 12 / 4 / 12 / 4	1.0	0.8	0.5

Πίνακας 4 Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας [$Wm^{-2}K^{-1}$] ανοιγμάτων για
 συνήθεις τύπους πλαισίων ($k_{\text{πλαίσιο}}=7.0$: μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή,
 $2.2 \leq k_{\text{πλαίσιο}} \leq 3.8$: μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή, $k_{\text{πλαίσιο}} \leq 2.0$: ξύλινο ή PVC
 πλαίσιο), με ποσοστό πλαισίου 20% ως προς το συνολικό άνοιγμα

Τύπος υαλοπίνακα	Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας υαλοπίνακα [$Wm^{-2}K^{-1}$]	Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας [$Wm^{-2}K^{-1}$] πλαισίου (ποσοστό πλαισίου ως προς το συνολικό άνοιγμα: 20%)								
		1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	7.0
Μονός	5.7	4.8	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.2	5.3	5.9
Διπλός	3.3	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.4	3.5	4.0
	3.1	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.9
	2.9	2.6	2.7	2.8	2.8	3.0	3.0	3.1	3.2	3.7
	2.7	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.0	3.6
	2.5	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	3.4
	2.3	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	3.3
	2.1	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	3.1
	1.9	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	3.0
	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.8
	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.6
1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.5	
1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.3	
Τριπλός	2.3	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	3.2
	2.1	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	3.1
	1.9	1.8	1.9	2.0	2.0	2.2	2.2	2.3	2.4	2.9
	1.7	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.2	2.8
	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.6
	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.5
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.3
	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	2.2
	0.7	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.0
0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.8	

Πίνακας 5 Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας [$Wm^{-2}K^{-1}$] ανοιγμάτων για
 συνήθεις τύπους πλαισίου ($k_{\text{πλαίσιο}}=7.0$: μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή,
 $2.2 \leq k_{\text{πλαίσιο}} \leq 3.8$: μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή, $k_{\text{πλαίσιο}} \leq 2.0$: ξύλινο ή PVC
 πλαίσιο), με ποσοστό πλαισίου 30% ως προς το συνολικό άνοιγμα

Τύπος υαλοπίνακα	Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας υαλοπίνακα [$Wm^{-2}K^{-1}$]	Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας [$Wm^{-2}K^{-1}$] πλαισίου (ποσοστό πλαισίου ως προς το συνολικό άνοιγμα: 30%)								
		1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	7.0
Μονός	5.7	4.3	4.4	4.5	4.6	4.8	4.9	5.0	5.1	6.1
Διπλός	3.3	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	4.4
	3.1	2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2	3.3	3.5	4.3
	2.9	2.4	2.5	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	4.1
	2.7	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	3.1	3.2	4.0
	2.5	2.2	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.9
	2.3	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8	2.9	3.8
	2.1	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8	3.6
	1.9	1.8	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.5	2.7	3.5
	1.7	1.6	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	3.3
	1.5	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	3.2
	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.2	3.1
1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.9	
Τριπλός	2.3	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	2.9	3.7
	2.1	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.8	3.6
	1.9	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	2.5	2.6	3.4
	1.7	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	3.3
	1.5	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	3.2
	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.2	3.1
	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.9
	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	2.0	2.8
	0.7	0.9	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	2.6
	0.5	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	2.5

Στον Πίνακα 6, δίνονται οι αντιστάσεις θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$) στρωμάτων αέρα τα οποία έχουν μηδενική ταχύτητα (π.χ. το στρώμα αέρα ανάμεσα σε διπλή πλινθοδομή). Στρώματα αέρα ανάμεσα σε μη αεροστεγείς επιφάνειες δεν λαμβάνονται υπόψη στο συνυπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου (π.χ. στρώμα αέρος μεταξύ της επίπεδης πλάκας οροφής και κεραμοσκεπής).

Πίνακας 6 Αντίσταση θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$) στρωμάτων αέρα

Σχετική θέση του στρώματος του αέρος και κατεύθυνσης της ροής της θερμότητας	Πάχος d στρώματος αέρος [mm]	Αντίσταση θερμοδιαφυγής $1/\Lambda = d/\Lambda$
		[m ² K/Watt]
Κατακόρυφο στρώμα αέρα	10	0,14
	20	0,16
	50	0,18
	100	0,17
	150	0,16
Οριζόντιο στρώμα αέρος, ροή θερμότητας εκ των κάτω προς τα άνω	10	0,14
	20	0,15
	≥ 50	0,16
Οριζόντιο Στρώμα αέρα, ροή θερμότητας εκ των άνω προς τα κάτω	10	0,15
	20	0,18
	≥ 50	0,21

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Επισυνάπτονται φωτογραφίες που τραβήχτηκαν με θερμοκάμερα από τα προκατασκευασμένα κτίσματα στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου στις οποίες διαφαίνονται οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ των διαφόρων δομικών στοιχείων.

