ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΧΩΡΩΝ ΚΤΗΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ,ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ, ΣΤΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΤΟΥΣ, ΓΙΑ ΤΑ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΖΕΡΒΑ

ΧΑΝΙΑ, 2009

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Επ. Καθηγητής ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΤΣΟΥΤΣΟΣ *(ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)*

Αναπλ. Καθηγητής ΜΙΧΑΛΗΣ ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ

Αναπλ. Καθηγητής ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΣ



Περίληψη

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά την περίοδο Ιουνίου-Οκτωβρίου 2009 στο τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Πολλαπλά είναι τα πλεονεκτήματα που μπορούν να προκύψουν από την εφαρμογή προμελετημένων σκιάστρων σε ένα χώρο. Η παρούσα εργασία, ως στόχο της έχει, τη διερεύνηση εξωτερικών σκιάστρων, με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, σε ότι αφορά την διατήρηση των εσωτερικών συνθηκών σε συνθήκες άνεσης, για τα κλιματολογικά δεδομένα και την γεωγραφική θέση του Πολυτεχνείου Κρήτης και της ευρύτερης περιοχής του δήμου Χανίων.

Αρχικά στην εργασία αυτή γίνεται εισαγωγή σε έννοιες μετάδοσης θερμότητας από εξωτερικό σε εσωτερικό χώρο, αναλύεται η ημερήσια κίνηση του Ήλιου και διακρίνονται οι ημέρες εκείνες που πρέπει να λάβει κάποιος υπόψη του στον σχεδιασμό σκιάστρων.

Με κριτήριο τα ενεργειακά οφέλη καθόλη την διάρκεια ενός έτους συγκρίνονται, αξιολογούνται και κατηγοριοποιούνται 14 διαφορετικοί τύποι σκιάστρων, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι εξωτερικά σε συγκεκριμένο χώρο. Ο χώρος αυτός θεωρείται ότι ανήκει σε κτήριο γραφείων, τυπικού εμβαδού 17,50m^2, με ένα μοναδικό άνοιγμα. Εφαρμόζοντας στο άνοιγμα κάθε φορά διαφορετικό σκίαστρο και εκτελώντας προσομοίωση ενεργειακής ζήτησης για διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας μεταξύ 18-26 ^oC μέσω εικονικού συστήματος ψύξης και θέρμανσης, καταγράφονται και σχετίζονται οι ενεργειακές ανάγκες που προκύπτουν με τα αντίστοιχα σκίαστρα.

Απαιτούμενη προϋπόθεση της ενεργειακής προσομοίωσης είναι η δημιουργία αρχείου που θα περιλαμβάνει ωριαία μετεωρολογικά δεδομένα για τα κλιματολογικά στοιχεία του Νομού Χανίων Κρήτης. Η διαδικασία αυτή αναλύεται εκτενώς και τονίζεται η σημασία της στο κεφάλαιο 6.

Η προσομοίωση των ενεργειακών αναγκών του χώρου για κάθε σκίαστρο γίνεται δύο φορές από δύο διαφορετικά προγράμματα για την επίτευξη μεγαλύτερης αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Χρησιμοποιούνται για κάθε προσομοίωση αντίστοιχα τα λειτουργικά Autodesk Ecotect v5.6 και EnergyPlus v3.1 με ενεργά κριτήρια μοντελοποίησης κοινά και για τα δύο ώστε να υπάρχει μέτρο σύγκρισης των αποτελεσμάτων και συμβατότητα των προγραμμάτων.

Το βέλτιστο σκίαστρο, το σκίαστρο δηλαδή που προσδίδει στον χώρο την ιδιότητα να ελαχιστοποιεί την ανάγκη για θέρμανση τον χειμώνα και αντίστοιχα ψύξη για το καλοκαίρι προκύπτει ως το κοινό αποτέλεσμα αυτών των δύο προγραμμάτων. Το βέλτιστο σκίαστρο που προκύπτει από αυτή τη μελέτη είναι μορφής προβόλου με περσίδες.

Abstract

This thesis was prepared during the period June-October 2009 in the Department of Environmental Engineering at the Technical University of Crete.

The benefits that arise from the application of premeditated louvers, shaders and awnings are multiple at a given area. This work objective is the study of the capability of external awnings, to save energy, in terms of preserving internal conditions at thermal comfort, for climatic data and geographic position of the TUC and the wider area of the municipality of Chania.

At the first chapter, are covered concepts of heat transfer from outer to inner space, analysis of the annually movement of the sun, presentation of the days that must be taken into consideration when designing a solar shade system and analysis of internal conditions for thermal comfort.

In terms of energy benefits over a year 14 different types of awnings are compared, evaluated and categorized, that are applied externally at a designated room. This room is considered to be part of an office building and has an area of 17,50m^2, with a unique window. Applying to the window each time a different shade and executing simulated energy demand

analysis to maintain the internal temperature between 18-26 °C through a virtual HVAC system related energy needs are recordered due to their respective blinds.

Prerequisite for energy simulation software is the creation of a file that contains hourly meteorological data for the climatic data of the prefecture of Chania, Crete. This process is analyzed in detail at Chapter 6.

The simulation of the energy needs of this space for each shade is twice calculated by two different programs to achieve a greater reliability of the results. The programs that are used for each simulation, are Autodesk Ecotect v5.6 and EnergyPlus v3.1 with active modeling criteria common to both so that the outcome can be contrasted and the programs results can be compatible.

The best shade, the shade that gives the room the feature to minimize the need for heating in winter and cooling, respectively for the summer, shows as the joint result of these two programs. The best shade resulting from this study is an overhang format shading system with blinds.

Περιεχόμενα

Ενότητα	Θέμα	Σελίδα
1	**Εισαγωγή**	4
2	**Διεθνής Επιστημονική Εμπειρία**	5
3	**Θεωρία**	9
	3.1 Παρουσίαση Εννοιών	9
	3.1.1 Γενικές Έννοιες	9
	3.1.2 Αρχές Θερμοδυναμικής	13
	3.1.3 Μετάδοση Θερμότητας	13
	3.2 Κίνηση του Ήλιου	15
	3.2.1 Ισημερία	16
	3.2.2 Καλοκαιρινό Ηλιοστάσιο	16
	3.2.3 Χειμερινό Ηλιοστάσιο	17
	3.3 Συνθήκες άνεσης	19
	3.3.1 Θερμική Άνεση	19
	3.3.2 Η θερμοκρασία του αέρα στον χώρο	22
	3.3.3 Διαγράμματα θερμικής Άνεσης	22
4	**Σχεδιασμός Σκιάστρων**	24
	4.1 Ο ρόλος της σκίασης	24
	4.2 Προστασία από την ζέστη	25
	4.3 Σύγκριση και απόδοση συστημάτων σκίασης	27
	4.4 Παρουσίαση σκιάστρων	28
5	**Μελέτη κλίματος**	34
	5.1 Αναγκαία κλιματολογικά στοιχεία ενεργειακών μελετών	34
	5.2 Κλιματολογικά στοιχεία Κρήτης – Νομού Χανίων	37
6	**Δημιουργία αρχείου καιρού**	39
	6.1 Σε περιβάλλον Ecotect	39
	6.2 Σε περιβάλλον EnergyPlus	46
7	**Χώρος**	47
	7.1 Χώροι γραφείων – Τυποποίηση χώρου μελέτης	47
	7.2 Θερμικό ισοζύγιο χώρου	48
	7.2.1 Ροή ενέργειας μέσα από τοίχο	48
	7.2.2 Ροή ενέργειας μέσα από υαλοπίνακα	50
	7.3 Μοντελοποίηση χώρου σε περιβάλλον Ecotect	52
	7.4 Μοντελοποίηση χώρου και δεδομένων σε περιβάλλον EnergyPlus	55
8	**Αποτελέσματα**	71
	8.1 Ενεργειακές ανάγκες χώρου υπό την επίδραση των σκιάστρων (Ecotect)	71
	8.2 Θερμική ανάλυση βέλτιστων χώρων (Ecotect)	89
	8.2.1 Βέλτιστο σκίαστρο για εξοικονόμηση θερμικών απωλειών	89
	8.2.2 Βέλτιστο σκίαστρο για εξοικονόμηση ψυκτικών φορτίων	92
	8.2.3 Βέλτιστο σκίαστρο εξοικονόμησης ενέργειας	94
	8.3 Ενεργειακές ανάγκες χώρου υπό την επίδραση των σκιάστρων (EnergyPlus)	97
	8.4 Παρουσίαση βέλτιστου σκίαστρου (EnergyPlus)	116
	8.5 Σύγκριση αποτελεσμάτων – Προγραμμάτων –Βέλτιστο σκίαστρο	118
9	Συμπεράσματα	121
10	Επίλογος / Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα / Ευχαριστίες	125
11	Παράρτημα / Ένθετο CD	127
12	Κατάλογος Πινάκων	128
13	Κατάλογος διαγραμμάτων	129
14	Βιβλιογραφία	130

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Ο άνθρωπος από την αρχή της πορείας του έχει την τάση να δημιουργεί ένα θερμικά ουδέτερο και φιλικό προς αυτόν περιβάλλον, μέσα στο οποίο αισθάνεται άνετα και περνά τις περισσότερες και δημιουργικότερες ώρες της ζωής του.

Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις των σύγχρονων μελετητών είναι η δημιουργία ενός θερμικά άνετου περιβάλλοντος μέσα στα κτίρια, μετά από ανάλυση όλων των παραμέτρων που συντελούν σε αυτό.

Σήμερα, μια καλά σχεδιασμένη εξωτερική σκίαση αποτελεί την πιο αποτελεσματική μέθοδο ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτηριακού κελύφους, με την προϋπόθεση ότι έχουν διασφαλιστεί όλα τα αναγκαία μέτρα για την περιστολή των θερμικών απωλειών. Η παρούσα εργασία έχει σαν σκοπό την ανάδειξη της σημασίας της σκίασης για τον έλεγχο ενός δεδομένου χώρου μέσω γεωμετρικής διερεύνησης σκιάστρων και, κατ' επέκταση, την σύγκριση τους μέσω προσέγγισης των ενεργειακών αναγκών του χώρου για σταθερές συνθήκες με μόνη μεταβλητή το ίδιο το σκίαστρο.

Στη μελέτη αυτή κατηγοριοποιούνται, συγκρίνονται και αξιολογούνται 14 διαφορετικοί τύποι σκιάστρων όσον αφορά τη θερμική διασπορά μέσα σε ένα χώρο 52,5 m^3, τυπικό χώρο γραφείου με ένα νότιο μοναδικό άνοιγμα. Έγινε προσπάθεια να αναδειχθεί η σημασία της εξοικονόμησης ενέργειας και του έλεγχου της εσωτερικής θερμοκρασίας στη φάση του σχεδιασμού ενός χώρου ή κτηρίου, χωρίς την τοποθέτηση οποιουδήποτε τύπου ηλεκτρομηχανολογικών μονάδων κλιματισμού. Αποδεικνύεται έτσι ότι απλές και μόνιμες εγκαταστάσεις, με μηδαμινό κόστος συντήρησης, όπως τα σκιάστρα, είναι δυνατόν να βελτιώσουν σε μεγάλο βαθμό την ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου και να αποτελέσουν μια βιώσιμη λύση για τον περιορισμό της ενεργειακής σπατάλης που διαπιστώνεται κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες στην περιοχή της Μεσογείου.

Κεφάλαιο 2. Διεθνής Επιστημονική Εμπειρία

Η διαχείριση της ενέργειας στα κτήρια και ο σχεδιασμός τους με κριτήριο την εξοικονόμησή της είναι ένα θέμα που έχει απασχολήσει την επιστημονική και ακαδημαϊκή κοινότητα. Τόσο σε εγχώριο επίπεδο όσο και σε διεθνές, εκτός από την ανάπτυξη μοντέλων και ειδικών προγραμμάτων υπολογιστών πληθώρας λογισμικών και μοντέλων πρόβλεψης ενεργειακών αναγκών [Crawley 2005], παρατηρείται αυξανόμενο ενδιαφέρον για έρευνα στο συγκεκριμένο τομέα, αναγκαίο, αφού πλέον του 40% της παγκόσμιας καταναλισκόμενης ενέργειας χρησιμοποιείται για την ψύξη ή και θέρμανση εσωτερικών χώρων.[U.S. Department of Energy]

Σε αρκετές εργασίες γίνεται λόγος για βελτιστοποίηση των γεωμετρικών διαστάσεων σκιάστρων, ώστε να αποτρέπουν την εισαγωγή πλεονάζουσας ηλιακής ακτινοβολίας τους θερμούς κυρίως μήνες, για δεδομένο τόπο και χρόνο.

Σε σχετική δημοσίευση [Gómez et al, 2003] γίνεται προσπάθεια κατασκευής ενός μοντέλου που βελτιστοποιεί την σχέση μεταξύ σκίαστρου και παραθύρου ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή γεωμετρία του ανάλογα με τη χωροθέτηση του κτηρίου. Η εργασία αυτή αναφέρεται σε εξωτερικά σκίαστρα και κατακόρυφους τοίχους μπροστά από τα παράθυρα σε ισόγειες κατοικίες που έχουν τον ρόλο του σκίαστρου. Η διαδικασία διαστασιολόγησης των σκιάστρων στη παρούσα εργασία συνδέεται με την μεθοδολογία που περιγράφεται στην δημοσίευση αυτή. Βλέπουμε εδώ μια σημαντική μεθοδολογία για τον προσδιορισμό Η διαφορά στην αντιμετώπιση της μεθοδολογίας που περιγράφεται στην παρούσα εργασία έγκειται στο γεγονός ότι μας ενδιαφέρει η συμπεριφορά του σκίαστρου στην αντιμετώπιση και θερμικών φορτίων κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Η μελέτη των θερμικών κερδών – απωλειών ανά εποχή είναι σημαντική, αφού η γεωγραφική τοποθεσία του χώρου και οι κλιματολογικές συνθήκες ορίζουν το είδος του φορτίου

το οποίο πρέπει να προσεχτεί κατά την μοντελοποίηση του χώρου (ψυκτικό ή θερμικό). Κατά τον σχεδιασμό σκιάστρων πρέπει να γίνεται λόγος για τα ενεργειακά οφέλη που αποδίδει στο κτήριο για ψύξη και για θέρμανση [Juanico, 2009]. Σε αυτή τη δημοσίευση γίνεται λόγος για το σχεδιασμό ενός σκίαστρου – ρολού, τύπου τέντας. Πρόκειται για μια μηχανική κατασκευή που ξεδιπλώνει μια τέντα όταν αυτό είναι αναγκαίο και γίνεται ανάλυση των ενεργειακών κερδών ανά εποχή.

Σημαντική παράμετρος που εξετάζουν οι περισσότερες εργασίες, είναι ο προσανατολισμός των σκιάστρων και τον παραθύρων στα οποία ανήκουν ως προς τον βορρά [Dubois et al, 1998]. Σε αυτή την εργασία γίνεται λόγος για προστατευτικά φιλμ τα οποία μπαίνουν ως επίστρωση σε υπάρχοντα παράθυρα και γίνεται εκτενής μελέτη της επιρροής τους πάνω στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση σε ψυχρά κλίματα. Ο υπολογισμός των ενεργειακών κερδών έγινε με την χρήση προγράμματος μοντέλου υπολογιστή και συγκεκριμένα το Derob-LTH. Σημαντικό αποτέλεσμα αυτής της εργασίας είναι πώς η απόδοση ενός τέτοιου σκιαδίου εξαρτάται από την χωροθέτηση του παραθύρου στο οποίο θα εφαρμοστεί καθώς και στον προσανατολισμό του. Αυτή η παράμετρος εξετάζεται στην παρούσα εργασία με σκίαστρα προσανατολισμένα προς τον νότο αφού αυτή θεωρείται ως βέλτιστη κλίση για το σύνολο του Ελλαδικού χώρου.

Τα σκίαστρα αυτά αποτελούν ξέχωρες κατασκευές εφαρμοσμένες στην όψη του κτηρίου στις οποίες σημαντική παράμετρος είναι το υλικό από αυτό που είναι φτιαγμένα. Μεγάλη σημασία στην μοντελοποίηση, αλλά και στην ποιότητα των αποτελεσμάτων είναι η επιλογή των υλικών και των ιδιοτήτων που θα χρησιμοποιηθούν στον χώρο, στους υαλοπίνακες αλλά και στα σκίαστρα. Σε σχετική εργασία [Dubois, 2000] παρουσιάζεται μια μέθοδος υπολογισμού, με χρήση στατιστικής και ισοζυγίων ενέργειας, της μέγιστης διαπερατότητας σκιαδιών και σκιάστρων. Η μέθοδος αυτή λειτουργεί με το να υπολογίζεται πρώτα η ιδεατή ωριαία διαπερατότητα του σκίαστρου. Αυτό γίνεται υπολογίζοντας την ηλιακή ακτινοβολία που εισρέει

στον χώρο με λογισμικό προσομοίωσης και ύστερα σύγκριση της αντίστοιχης χωρίς την εφαρμογή του σκίαστρου. Αυτή η εργασία αποτελεί ένα πολύ καλό τρόπο επιλογής του υλικού για βέλτιστο σκίαστρο σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία.

Σημαντικός παράγοντας για κάθε ενεργειακή μελέτη είναι η τοποθεσία του χώρου. Έτσι ανάλογα με το γεωγραφικό στίγμα λαμβάνονται διαφορετικές συνθήκες υπόψη για την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών αναγκών [Jones et al, 1988]. Στην συγκεκριμένη δημοσίευση, μέσω παραδείγματος 3 κατοικιών στο Texas συσχετίζεται η επίδραση που έχουν σκίαστρα στις ετήσιες ενεργειακές ανάγκες τους. Χρησιμοποιείται ένα ωριαίο μοντέλο ανάλυσης του ισοζυγίου της θερμότητας των κατοικιών. Για την μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά σκίαστρα αλλά και φιλμ θόλωσης των παραθύρων.

Βεβαίως η χρήση υπολογιστικών συστημάτων προσομοίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτηρίου, προσπαθεί, ανάλογα με τα δεδομένα που έχουν ληφθεί υπόψη να αναπαραστήσει, όσο το δυνατόν καλύτερα, την πραγματικότητα.

Μεγάλος προβληματισμός υπήρξε στην αξιοπιστία των αποτελεσμάτων από την χρήση τέτοιων προγραμμάτων. Υπάρχουν και εργασίες που συγκρίνουν πραγματικά αποτελέσματα ύστερα από την κατασκευή ενός χώρου με αυτά που είχαν προβλεφθεί από την μελέτη [Hübe, 2003]. Αυτή η δημοσίευση περιγράφει τα αποτελέσματα που είχε μια εκτενής συλλογή δεδομένων από πραγματικές αποδόσεις σκιάστρων, η μέτρηση τους έγινε με την κατασκευή ειδικής συσκευής μέτρησης της θερμικής ακτινοβολίας μετά την εφαρμογή σκιάστρου και σύγκριση τους με θεωρητικά αποτελέσματα του προγράμματος Parasol v2.0. Αυτή η εργασία είναι πολύ χρήσιμη κατά την διαδικασία εξαγωγής αποτελεσμάτων καθώς θέτει ένα όριο αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων από την χρήση υπολογιστή.

Μεγάλη σημασία έχει και η χρήση του χώρου για την οποία κάνει λόγο η μελέτη. Διαφορετικά κριτήρια θα ληφθούν υπόψη εάν ο χώρος πρόκειται για κατοικία, για χώρο γραφείων, για νοσοκομείο ή για χώρο συνεστίασης. Χώροι εργασίας, επιβάλουν, τη θεώρηση

μεγάλων ανοιγμάτων για φυσικό φωτισμό και αερισμό, ωραρίου και ενεργοβόρων συσκευών οι οποίες αυξάνουν την εσωτερική θερμοκρασία κατά τη λειτουργία τους [Dubois, 2001]. Ο σκιασμός είναι υποχρεωτικός σε κτήρια γραφείων, ιδιαίτερα σε χώρους με μεγάλα ανοίγματα υαλοπινάκων. Ο σκιασμός λοιπόν πρέπει να είναι μέρος του σχεδιασμού του κτηρίου, όπως και να ληφθεί επιπλέον υπόψη η οπτική άνεση και ο φυσικός φωτισμός. Αυτή η εργασία περιγράφει όλους τους παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την διερεύνηση σκιάστρων για την εφαρμογή τους σε παράθυρα χώρων γραφείων, παράγοντες που λήφθηκαν υπόψη και στη παρούσα εργασία, και αναφέρει τυπικές διαστάσεις χώρων γραφείων που επίσης συμφωνούν με τις διαστάσεις του χώρου σε αυτή την εργασία. Τέλος σημαντικό είναι να αναφερθεί πως η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εργασία, καθώς οι εσωτερικοί τοίχοι αποτελούν αδιαβατικές επιφάνειες, είναι ένας ασφαλής τρόπος για τη θεώρηση εσωτερικού χώρου χωρίς τη μοντελοποίηση όλου του κτηρίου [Dubois, 2001].

Βλέπουμε λοιπόν πως το θέμα σκίαση και ενεργειακή απόδοση κτηρίου είναι ένα θέμα που απασχολεί αρκετά χρόνια την παγκόσμια ακαδημαϊκή κοινότητα, αφού αποτελεί τον πιο απλό και συγχρόνως εύκολο τρόπο για να μειωθούν οι ενεργειακές ανάγκες ενός χώρου. Σε αυτό το πλαίσιο αξίζει να υπογραμμιστεί πως με τη χρήση κατάλληλου σκίαστρου πολλές από τις παραπάνω μελέτες έδειξαν μείωση έως και 30 % των ετήσιων ενεργειακών αναγκών. Το σίγουρο πάντως είναι πως η ενεργειακή απόδοση ενός σκιάστρου σχετίζεται άμεσα με τη θερμική άνεση ενός χώρου. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας θα γίνει προσπάθεια ανάδειξης των θετικών επιπτώσεων που έχει η χρήση σκιάστρου σε ένα χώρο όσον αφορά την ενεργειακή απόδοσή του αλλά και αξιολόγηση 14 σκίαστρων που χρησιμοποιούνται σε νότιο προσανατολισμό βάσει της απόδοσής που έχουν στον χώρο με κριτήριο την εξοικονόμηση ενέργειας για διατήρηση των εσωτερικών συνθηκών σε συγκεκριμένο πλαίσιο και παράθεση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων τους. Τέλος μέσω της χρήσης δυο λογισμικών ενεργειακής προσομοίωσης και όχι ενός που χρησιμοποιούν οι περισσότερες αντίστοιχες δημοσιεύσεις λαμβάνουμε αξιόπιστα

αποτελέσματα για τη βέλτιστη λύση στο δεδομένο τόπο και χρόνο και με την προϋπόθεση ότι τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής παραμένουν σχετικά σταθερά διαχρονικά.

Κεφάλαιο 3.Θεωρία

3.1 Παρουσίαση εννοιών

3.1.1 Γενικές Έννοιες

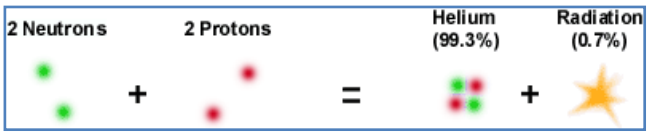
Η εργασία αυτή χρησιμοποιεί έννοιες και εργαλεία που αποτελούν αντικείμενα διαφόρων επιστημών, όπως κυρίως, της Αρχιτεκτονικής, της Φυσικής, της Μετεωρολογίας, της Χημείας και των Μαθηματικών.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική, η θερμοδυναμική, η επιστήμη των υλικών και οι διαφορικές εξισώσεις συνιστούν τα απαραίτητα γνωστικά πεδία μέσα στα οποία κινείται κάθε προσπάθεια προσέγγισης και μελέτης της ενεργειακής συμπεριφοράς οποιουδήποτε χώρου.

Κρίνεται επομένως απαραίτητο να επικεντρωθούμε σε κάποιες έννοιες των επιστημών που έχουν σχέση με το αντικείμενο της παρούσας εργασίας και οι οποίες στην ουσία, δεν αποτελούν νέα ορολογία αλλά είναι η συγκέντρωση των απαραιτήτων όρων για την περιγραφή της παρούσας μελέτης.

Ήλιος.

Η βασική προϋπόθεση ύπαρξης ζωής και ενέργειας στον πλανήτη Γή είναι ο Ήλιος. Ο Ήλιος απελευθερώνει ποσά ενέργειας ισχύος $63*10^6$ W/m^2. Η ενέργεια αυτή παράγεται από αλυσιδωτές αντιδράσεις, πυρηνικής κυρίως φύσεως, που γίνονται στην επιφάνεια του.



Εικόνα 1 Πυρηνική αντίδραση στον ήλιο.
[πηγή : http://www.squ1.com/archive/main-page.html]

Χαρακτηριστικό	Τιμή
Μάζα :	$1,989x10^{30}$ kg
Όγκος :	$1,4122x10^{18}$ km^3
Ακτίνα :	695,500 km
Μέση πυκνότητα :	1,409 kg/m^3
Βαρύτητα στην επιφάνεια :	274 m/s^2
Ταχύτητα διαφυγής:	617,7 km/s
Περίοδος τροχιάς:	220 10^3 yr
Περίοδος περιστροφής:	26,8 - 35 d

Πίνακας 1 Χαρακτηριστικά του ήλιου (πηγή : http://solarscience.msfc.nasa.gov)

Η μέση απόσταση του Ήλιου από τη Γη είναι $150*10^3$ km, και χρειάζεται περίπου 8,5min για να φτάσει η ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της Γής.

Η διάμετρος του Ήλιου είναι περίπου $1,4*10^6$ km, 109 φορές μεγαλύτερο της Γης και ο όγκος του ένα εκατομμύριο φορές μεγαλύτερος του αντίστοιχου γήινου. Συνοπτικά παρατίθεται πίνακας των σχετικών τιμών.

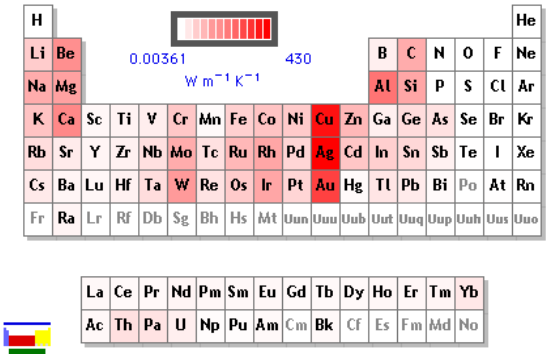
Ως Ηλιακή σταθερά εκφράζεται η ενέργεια που φτάνει από τον ήλιο στα ακραία σημεία της γήινης ατμόσφαιρας και έχει μέση τιμή 1367 W/m^2 . Ένα ποσοστό αυτής της ενέργεια φτάνει στο έδαφος άμεσα ενώ ένα άλλο φτάνει έπειτα από διάχυση στην ατμόσφαιρα. **Η ολική ακτινοβολία** προσδιορίζεται ως το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας. Μέρος αυτής της ακτινοβολίας **ανακλάται**. Το ποσοστό αυτό εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας, το χρώμα και το βαθμό τραχύτητας της επιφάνειας. (πηγή: http://solarscience.msfc.nasa.gov)

Βαθμός ανάκλασης είναι ο λόγος της ολικής ροής που ανακλάται ως προς το σύνολο της ροής που προσπίπτει. Άλλο μέρος αυτής της ακτινοβολίας **μεταδίδεται**. Αυτό συμβαίνει μόνο αν το υλικό διάδοσης είναι διαφανές ή ημιδιαφανές ή διαφανές κατά βούληση του χρήστη. Ενώ ένα άλλο ποσό απορροφάται και μετατρέπεται σε αποθηκευμένη θερμότητα. **Ο βαθμός απορρόφησης** είναι ο λόγος της ροής ενέργειας που απορροφάται προς το σύνολο της ροής που προσπίπτει. [Goulding et al, 1992]

Η Θερμότητα αποτελεί μια μορφή ενέργειας που σχετίζεται με την κίνηση των μορίων σε ένα στερεό, υγρό ή αέριο σώμα και μετριέται σε J. **Η θερμοκρασία** αποτελεί μέτρο της θερμικής κατάστασης ενός υλικού και μετριέται σε διάφορες κλίμακες όπως βαθμοί C^{o} ή K. [Young, 1992]

Θερμικό φορτίο ή "θερμική απώλεια" ορίζεται το ποσό θερμότητας που πρέπει να προστεθεί στο κτίριο ώστε να διατηρείται στους διάφορους χώρους ή θερμοκρασία που έχει επιλεγεί και να πληρούνται οι συνθήκες ευεξίας.[ASHRAE, 1981]

Η θερμοχωρητικότητα πρόκειται για την **ενέργεια** που χρειάζεται για να θερμανθεί ή να ψυχθεί ένα σώμα. Συγκεκριμένα με τον όρο αυτό ορίζεται η **ποσότητα** της θερμότητας που παράγεται ή απορροφάται από κάποιο σώμα όταν η θερμοκρασία του μεταβληθεί κατά **ένα** βαθμό Κελσίου. Για την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας που συλλέγεται από τα παθητικά ηλιακά συστήματα, θα πρέπει να επιλεγούν δομικά στοιχεία με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Το μέτρο αυτό παίζει σημαντικό ρόλο κυρίως σε βιοκλιματικά κτίρια και χώρους συνεχούς χρήσης, καθώς και σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες τη θερινή περίοδο. Η αποθηκευμένη θερμότητα μεταδίδεται στον εσωτερικό χώρο με χρονική καθυστέρηση, η οποία μπορεί να υπολογιστεί έτσι, ώστε να συμπέσει με τις βραδινές ώρες κατά τις οποίες παρουσιάζονται και οι μεγαλύτερες ανάγκες σε θέρμανση των χώρων. [Callister, 2009]



Εικόνα 2 Πίνακας περιοδικών στοιχείων και συσχετισμός τους με την θερμοχωρητικότητα. (πηγή: http://www.standnes.no/chemix/periodictable/thermal-conductivity-table.gif)

Ψύξη είναι η διεργασία αφαίρεσης θερμικής ενέργειας (θερμότητας) από τον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου με σκοπό την πτώση της θερμοκρασίας ή τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε ορισμένα όρια.

Ύγρανση είναι η διεργασία πρόσθεσης νερού (υγρασίας) στον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου με σκοπό την άνοδο της σχετικής υγρασίας ή τη διατήρησή της σε ορισμένα όρια.

Αφύγρανση είναι η διεργασία αφαίρεσης νερού (υγρασίας) από τον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου με σκοπό την πτώση της σχετικής υγρασίας ή τη διατήρησή της σε ορισμένα όρια.

Ενεργειακή απόδοση κτιρίου ορίζεται η ποσότητα ενέργειας που **πράγματι** καταναλώνεται ή εκτιμάται ότι ικανοποιεί τις διάφορες ανάγκες που συνδέονται με τη **συνήθη χρήση** του κτιρίου, οι οποίες μπορούν να περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τη θέρμανση, την παραγωγή ζεστού νερού, την ψύξη, τον εξαερισμό και το φωτισμό. Η ποσότητα αυτή εκφράζεται με έναν ή περισσότερους αριθμητικούς δείκτες οι οποίοι έχουν υπολογισθεί λαμβάνοντας υπόψη τη μόνωση, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης, το σχεδιασμό και τη θέση σε σχέση με κλιματολογικούς παράγοντες, την έκθεση στον ήλιο και την επίδραση γειτονικών κατασκευών, την παραγωγή ενέργειας του ιδίου του κτιρίου και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ζήτηση, στους οποίους περιλαμβάνονται και οι κλιματικές συνθήκες στο εσωτερικό του κτιρίου. [Ν.3661,ΦΕΚ89,19/5/2008]

Με τον όρο **κέλυφος** [Ανδρουτσόπουλος, 2007] ενός κτηρίου ονομάζουμε το σύνολο των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων τα οποία καθορίζουν το εξωτερικό περίγραμμα του κτηρίου και διαχωρίζουν τον εσωτερικό από τον εξωτερικό χώρο. Ο τρόπος κατασκευής του κελύφους είναι καθοριστικός για τη θερμική συμπεριφορά άρα και κατ επέκταση για την ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου. Από τα υλικά και τον τρόπο συναρμογής τους εξαρτάται:

- Η μετάδοση θερμότητας από και προς το κτήριο σε σχέση με το περιβάλλον
- Ο ρυθμός των θερμικών απωλειών και κερδών
- Η ανανέωση του αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου
- Η απαγωγή θερμικής ενέργειας
- Η εισροή της ηλιακής ακτινοβολίας στο κτήριο
- Η θερμοχωρητικότητα του κτηρίου

3.1.2 Αρχές Θερμοδυναμικής

Οποιοδήποτε πρόγραμμα μοντελοποίησης και ενεργειακής διαχείρισης, στηρίζεται, για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων του σε νόμους της θερμοδυναμικής. Με τον πρώτο νόμο μπορούμε να κατασκευάσουμε τα απαραίτητα ισοζύγια ενώ με τον δεύτερο να θεωρήσουμε τον τρόπο της μετάδοσης ενέργειας (κεφ. 7.2.1,7.2.2).

Πρώτος Νόμος : Διατήρηση της ενέργειας

Η ενέργεια δεν μπορεί να δημιουργηθεί αλλά ούτε και να καταστραφεί μόνο να μετατραπεί από μια μορφή σε μια άλλη. Έτσι σε κάθε σύστημα το ποσό της ενέργειας που εισρέει είναι ίσο με το άθροισμα του ποσού της ενέργειας που εκρέει πλην αυτού που αποθηκεύεται.[Gekas et al, 2003].

Δεύτερος Νόμος :

Μεταβίβαση ενέργειας πραγματοποιείται αυθόρμητα μόνο από υψηλότερη στάθμη σε χαμηλότερη. Για την θερμική ενέργεια η μεταβίβαση θερμότητας πραγματοποιείται από ένα θερμό σώμα σε ένα ψυχρό. Η αναστροφή της κατεύθυνσης αυτής απαιτεί εξωτερική πηγή ενέργειας. [Gekas et al, 2003].

3.1.3 Μετάδοση Θερμότητας

Μετάδοση της θερμότητας με αγωγή

Σύμφωνα με τον Νόμο του **Φουριέ**, η μεταφορά θερμότητας με αγωγή εκφράζει τη ροή θερμότητας **Q** από ένα σώμα στο άλλο μέσω επαφής και είναι ανάλογη με τη διαφορά θερμοκρασίας τους. Ειδικότερα ισχύει: $Q = \lambda A \Delta T/\Delta x$. (J)

`Οπού λ ονομάζεται η θερμική αγωγιμότητα του θερμαινόμενου υλικού και εξαρτάται από το υλικό που χρησιμοποιούμε προς μελέτη, Α είναι η επιφάνεια επαφής και Δx το πάχος του υλικού. [YOUNG,1994]

Μετάδοση της θερμότητας με μεταφορά (ή συναγωγή)

Στα υγρά και τα αέρια η θερμότητα διαδίδεται με μεταφορά. Κατά τη μεταφορά αυτή, ποσότητες υγρού ή αερίου θερμαίνονται και μεταφέρονται σε ψυχρότερη περιοχή, όπου και προκαλούν τη θέρμανσή της. Μπορεί να υπάρξει διάδοση μεταξύ στερεού και υγρού ή αέριου σώματος. [Cengel, 2003]

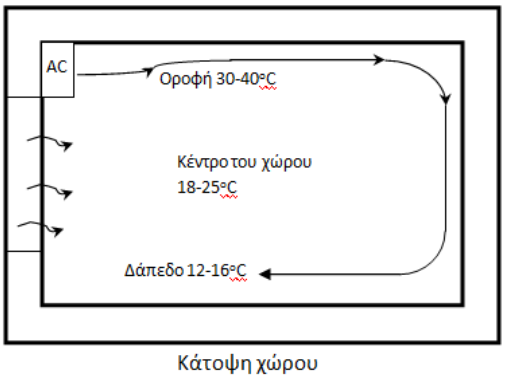
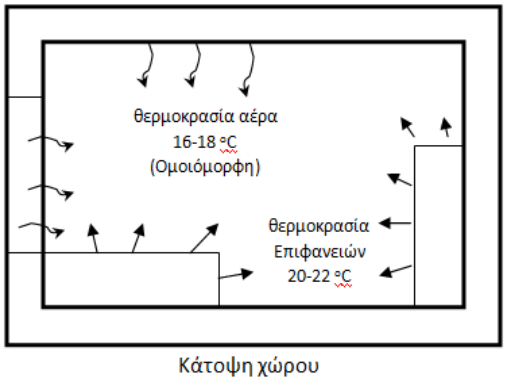
Η μεταφορά (ή συναγωγή) διακρίνεται σε Ελεύθερη (Free Convection) και Εξαναγκασμένη (Forced Convection).

- Όταν το ρευστό βρίσκεται σε ηρεμία έχουμε ελεύθερη μεταφορά και η κίνηση του είναι αποτέλεσμα ανωστικών δυνάμεων που δημιουργούνται λόγω διαφοράς πυκνότητας η οποία οφείλεται στην αύξηση ή τη μείωση της θερμοκρασίας του.
- Όταν το ρευστό έχει κάποια ταχύτητα έχουμε εξαναγκασμένη μεταφορά. Στην εξαναγκασμένη μεταφορά έχουμε μεγαλύτερο ρυθμό μετάδοσης θερμότητας από ότι στην ελεύθερη μεταφορά λόγω αύξησης του συντελεστή μετάδοσης θερμότητας h.

Μετάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία

Για τη μετάδοση της θερμότητας με αγωγή ή με μεταφορά χρειάζεται η παρουσία της ύλης (στερεά, υγρά ή αέρια). Η θερμότητα όμως διαδίδεται και στο κενό. Γνωστό παράδειγμα στη φύση είναι η θέρμανση της Γης από τον Ήλιο, όπου δεν υπάρχει μέσο διάδοσης.

Ο τρόπος αυτός διάδοσης της θερμότητας λέγεται διάδοση με ακτινοβολία. Η θερμική ακτινοβολία διαδίδεται στο χώρο με ηλεκτρομαγνητικά κύματα (όμοια με τα φωτεινά), απορροφάται από τα διάφορα σώματα και τα θερμαίνει. [YOUNG,1994]

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ
	
Εικόνα 3 Μετάδοση της θερμότητας με συναγωγή / μεταφορά (κίνηση αέρα). Η θερμότητα μεταφέρεται είτε με θερμό αέρα είτε με φυσική κυκλοφορία του αέρα από ψυχρότερα σε θερμότερα στρώματα	**Εικόνα 4** Μετάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία. Το θερμαντικό σώμα συγκεντρώνει θερμότητα και λειτουργεί ως μέλαν σώμα, εκπέμπει δηλαδή θερμική ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος

3.2 Κίνηση του ήλιου

Η ελλειψοειδής μορφή της γήινης τροχιάς γύρω από τον ήλιο και η αξονική περιστροφή της σε 23,45° στο τροχιακό επίπεδο είναι οι κύριοι λόγοι που έχουμε εποχιακές αλλαγές στις καιρικές συνθήκες. Όσο περισσότερο απομακρυνόμαστε από τον ισημερινό και πλησιάζουμε τους πόλους, το μέγιστο ύψος του ήλιου και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας ποικίλει σε όλη τη διάρκεια του έτους.

Οι κύριες εποχιακές αλλαγές οφείλονται στις διακυμάνσεις της γωνίας της Γης που συνεπάγεται διακύμανση της έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία. Κάποιες στιγμές αυτής της τροχιάς, το βόρειο ημισφαίριο εκτίθεται περισσότερο προς τον ήλιο από το νότιο ημισφαίριο.



Εικόνα 5 Η ελλειπτική τροχιά της Γης γύρω από τον ήλιο.

(Πηγή: http://squ1.org/wiki/The_Sun)

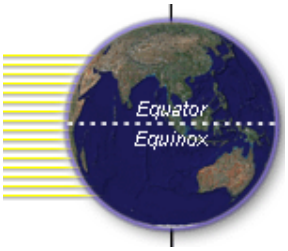
Αυτό οδηγεί στην δημιουργία ήπιου και ζεστού κλίματος βόρεια του ισημερινού και ψυχρού νότια του ισημερινού. Ομοίως, στην άλλη πλευρά της τροχιάς, το νότιο ημισφαίριο είναι γερμένο περισσότερο προς τον ήλιο, με συνέπεια καλοκαιρία νότια του

ισημερινού και της χαμηλότερες θερμοκρασίες στο Βορρά.

Από αυτές τις παρατηρήσεις ειδικές ημερομηνίες του έτους που αντιστοιχούν σε ορισμένα ηλιακά γεγονότα έχουν σημαντική έννοια, ειδικά η ισημερία και τα ηλιοστάσια. Αυτές οι ημερομηνίες είναι σημαντικές επίσης στις σύγχρονες μεθόδους σχεδιασμού κατοικιών αφού βάσει αυτών θα προβλεφτούν οι μέγιστες ενεργειακές ανάγκες για την ψύξη και θέρμανση των χώρων.

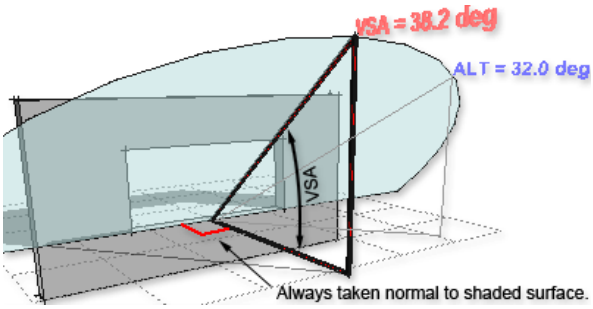
3.2.1 Ισημερία

Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο η διάρκεια την ημέρας και της νύχτας είναι 12 ώρες η κάθε μια. Πρόκειται για διαρκές φαινόμενο στον ισημερινό της Γης και συμβαίνει μόνο 2 φορές τον χρόνο. Η πρώτη είναι την άνοιξη (Εαρινή ισημερία 21 Μαρτίου και η δεύτερη είναι το φθινόπωρο (Φθινοπωρινή ισημερία 23 Σεπτεμβρίου). Στην Ισημερία οι ακτίνες της ηλιακής ακτινοβολίας ευθυγραμμίζονται με τον ισημερινό και διανέμονται ομοιόμορφα μεταξύ των βόρειων και νότιων ημισφαιρίων.



Εικόνα 6 Ακτινοβολία του ήλιου σε ισημερία. (http://squ1.org/wiki/The_Sun)

Η Ισημερία έχει μεγάλη σημασία στον σχεδιαστή αφού σε εκείνο το γεγονός η κάθετη γωνία σκίασης (VSA) για ένα αντικείμενο κάθετο στον ισημερινό είναι απολύτως **σταθερή** καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.



Εικόνα 7 Η γωνία κίνησης του ήλιου κατά την ισημερία (πηγή http://squ1.org)

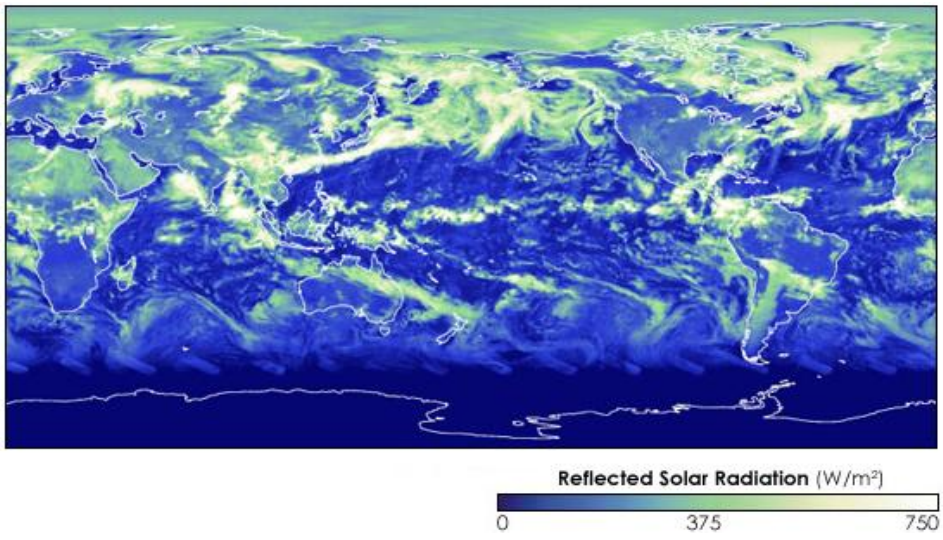
3.2.2 Καλοκαιρινό Ηλιοστάσιο

Τον Ιούνιο, ο μετατοπισμένος άξονας περιστροφής της γης σημαίνει ότι το βόρειο ημισφαίριο εκτίθεται περισσότερο στην ακτινοβολία του ήλιου σε σχέση με το νότιο ημισφαίριο. Στο βόρειο ημισφαίριο ο ήλιος εμφανίζεται πιο υπερυψωμένος και είναι ορατός για περισσότερες ώρες της ημέρας.

Αυτό το μεγαλύτερο μέσο ύψος σημαίνει ότι, για οποιοδήποτε δεδομένο σημείο στη γήινη επιφάνεια, οι ηλιακές ακτίνες φθάνουν πιο κοντά στην κατακόρυφο και επομένως έχουν λιγότερο μέρος της ατμόσφαιρας για να περάσουν μέσω. Δεδομένου ότι ο αέρας είναι ελαφρώς θερμότερος, η πίεση ατμού μειώνεται και έτσι απαιτείται περισσότερη υγρασία για να διαμορφωθούν τα σύννεφα στην ατμόσφαιρα. Αυτή η μικρή μείωση του σχηματισμού σύννεφων σημαίνει ότι ελαφρώς περισσότερη ακτινοβολία περνά την ατμόσφαιρα, με συνέπεια ελαφρώς περισσότερη θέρμανση.

Αυτή η επίδραση είναι μέγιστη την 21^{η} ημέρα του Ιουνίου, το οποίο είναι το καλοκαιρινό ηλιοστάσιο στο βόρειο ημισφαίριο. Την 21^{η} του Ιουνίου στο νότιο ημισφαίριο ισχύει το αντίθετο.

Η σημασία του καλοκαιρινού Ηλιοστασίου στο σχεδιασμό κτηρίων είναι ότι, κατά τη διάρκεια αυτής, η κάθετη γωνία σκίασης για ένα αντικείμενο κάθετο στον ισημερινό είναι στο **ελάχιστό** της το μεσημέρι. Τις ώρες πριν και μετά, είναι μεγαλύτερη.



Εικόνα 8 Ποσό ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας κατά το βόρειο θερινό ηλιοστάσιο στις 20 Ιουνίου 2005 (πηγή : http://solarscience.msfc.nasa.gov)

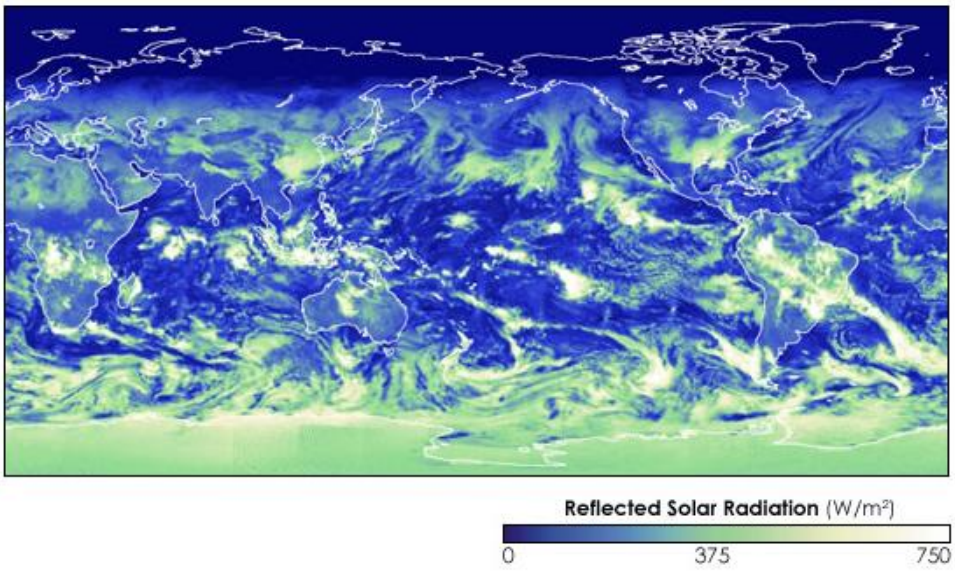
3.2.3 Χειμερινό ηλιοστάσιο

Στο χειμερινό ηλιοστάσιο, το βόρειο ημισφαίριο λόγω της κλίσης του βρίσκεται πιο μακριά από τον ήλιο και υπάρχουν λιγότερες ώρες του φωτός την ημέρα.

Αυτό σημαίνει ότι, για οποιοδήποτε δεδομένο σημείο στο βόρειο ημισφαίριο, οι ηλιακές ακτίνες πρέπει να κάνουν μεγαλύτερη διαδρομή στην ατμόσφαιρα δεδομένου ότι οι μέσες γωνίες πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι πιο μικρές. Αυτό μειώνει τις θερμοκρασίες επιφάνειας που, στη συνέχεια, οδηγεί στον αυξανόμενο σχηματισμό σύννεφων και την ακόμα μεγαλύτερη διασπορά και αντανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας. Το αποτέλεσμα είναι η ύπαρξη πιο κρύας και σκοτεινής ατμόσφαιρας που ο ονομάζουμε χειμώνα.

Αυτό το φαινόμενο είναι μέγιστο την 21^{η} του Δεκεμβρίου, και ονομάζεται χειμερινό ηλιοστάσιο στο βόρειο ημισφαίριο. Στο νότιο ημισφαίριο επικρατούν ακριβώς αντίθετες συνθήκες.

Η σημασία που έχει αυτό το γεγονός στο σχεδιασμό κτιρίων είναι ότι, κατά τη διάρκεια του χειμερινού ηλιοστάσιου, η κάθετη γωνία σκίασης για ένα κάθετο στον ισημερινό αντικείμενο είναι στο **μέγιστό** της τις μεσημεριανές ώρες. Πριν και μετά, είναι μικρότερη.



Εικόνα 9 Ποσό ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας κατά το βόρειο χειμερινό ηλιοστάσιο στις 22 Δεκεμβρίου 2004 (πηγή : http://solarscience.msfc.nasa.gov)

3.3 Συνθήκες Άνεσης

Ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός ενός κτιρίου θα πρέπει να έχει ως στόχο τη βελτιστοποίηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων στο εσωτερικό του. Σύμφωνα με την Αμερικανική Επιστημονική Εταιρία Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning), **ως θερμική άνεση** ορίζεται η κατάσταση του μυαλού κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή του εσωτερικού περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες. Σε κάθε άτομο, για την αντίληψη της άνεσης, σημαντικό ρόλο παίζουν τα βιολογικά, ψυχολογικά και φυσικά χαρακτηριστικά του. Όπως είναι προφανές η κατάσταση στην οποία ένα άτομο αισθάνεται θερμικά άνετα έχει υποκειμενικό χαρακτήρα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ανθρώπων εντός του χώρου τόσο περιπλέκεται η επιλογή των παραμέτρων άνεσης καθώς είναι πολύ δύσκολο να ικανοποιηθούν όλοι απόλυτα. Αν συνυπολογίσει κανείς την υπάρχουσα τεχνολογία και το κόστος, τόσο απομακρύνεται από τις θεωρούμενες ιδανικές συνθήκες. . Έτσι εξελίχθηκε το διεθνές πρότυπο ISO – 7730/1984 και η μονάδα μέτρησης του PMV (Predicted Mean Vote) με την πιο πρόσφατη αναθεώρηση του το 2005 (ISO 7730:2005). [Παπαδόπουλος, 2006].

Αρχικά, προσδιορίζονται οι ιδανικές συνθήκες οι οποίες με ρεαλιστικά δεδομένα προσαρμόζονται στις επιθυμητές, και έπειτα από τεχνικούς υπολογισμούς, διαμορφώνουν τις εφικτές συνθήκες άνεσης σε κάθε στιγμή λειτουργίας του χώρου. Οι επιθυμητές συνθήκες αποτελούν σημείο αναφοράς για την οικονομοτεχνική μελέτη μιας εγκατάστασης. Η βέλτιστη κατάσταση άνεσης είναι εκείνη στην οποία όλες οι παράμετροι βρίσκονται σε ισορροπία.

Το αίσθημα της θερμικής άνεσης εξαρτάται από επτά παραμέτρους. Οι τρεις από αυτές – ο μεταβολισμός, η ένδυση και η θερμοκρασία του δέρματος- σχετίζονται με το άτομο. Οι υπόλοιπες σχετίζονται με το γύρω περιβάλλον. Αυτές είναι η θερμοκρασία του χώρου, η σχετική

υγρασία, η θερμοκρασία επιφάνειας των τοίχων και των άλλων επιφανειών του χώρου και η ταχύτητα του αέρα. [Gouldin et al, 1994].

Για την επιλογή της επιθυμητής θερμοκρασίας με σκοπό την επίτευξη θερμικής άνεσης γίνεται χρήση της στατιστικής, με χρήση δείγματος που αφορά τις διαπιστωμένες προτιμήσεις μεγάλου αριθμού ανθρώπων. Μετά από τέτοιου είδους έρευνες διάφοροι οργανισμοί ή ινστιτούτα συντάσσουν πίνακες με προτεινόμενες τιμές για χώρους διαφόρων χρήσεων. Σε αρκετές περιπτώσεις παρουσιάζονται αποκλίσεις μεταξύ των τιμών αυτών αφού σε κάθε άτομο, για την αντίληψη της άνεσης, σημαντικό ρόλο παίζουν τα βιολογικά, ψυχολογικά και φυσικά χαρακτηριστικά του.

Οι μελετητές όμως είναι γενικά υποχρεωμένοι να στοχεύουν στη διαμόρφωση άνεσης όλης της ομάδας χρηστών ενός χώρου που θα πρέπει να την αντιμετωπίζουν ως ένα ενιαίο σύνολο.

Η άνεση ορίζεται ως η αίσθηση της απόλυτης φυσικής και πνευματικής ευημερίας όλων των ατόμων που βρίσκονται σε ένα χώρο [ASHRAE]. Η εξασφάλιση άνεσης καθορίζεται από πλήθος καταστάσεων που πρέπει να εξασφαλίζονται ταυτόχρονα. Έτσι στα κτίρια κατά το θέρος απαιτούνται ειδικές εγκαταστάσεις κλιματισμού ή μέριμνα εφαρμογής φυσικού δροσισμού, ώστε να εξασφαλίζονται οι απαραίτητες αλλαγές φρέσκου αέρα στο εσωτερικό με ειδικές συνθήκες.

Είναι γνωστό ότι πολλές καταστάσεις, όπως το σύνδρομο της μόνιμης αίσθησης κόπωσης των ενοίκων, το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου καταλήγουν να αποτελούν πηγές κακής υγείας που οφείλονται στην κατάσταση που επικρατεί στο εσωτερικό των κτιρίων λόγω έλλειψης θερμικής άνεσης.

Στην εναλλαγή θερμότητας μεταξύ ανθρώπινου σώματος και περιβάλλοντος συμμετέχουν, σε διαφορετικό ποσοστό:

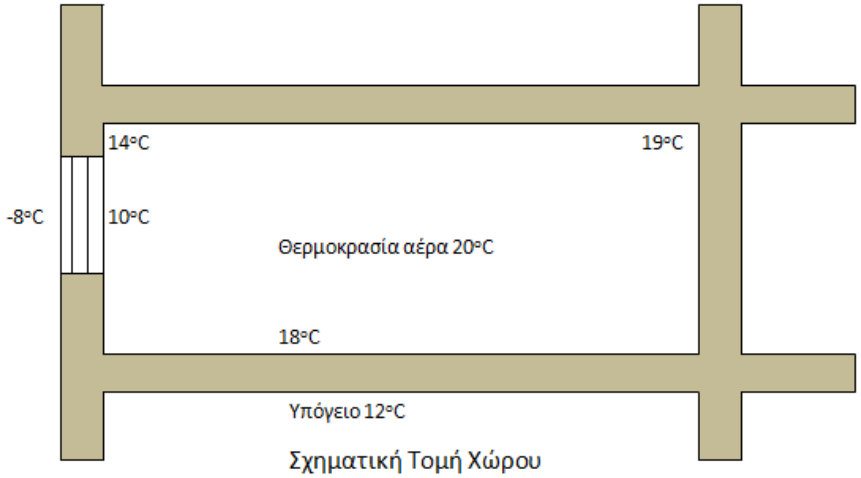
α) Η θερμική αγωγή, κυρίως από τα πέλματα του ποδιού.

β) Η μεταφορά θερμότητας αφενός από το δέρμα προς τα ρούχα και αφετέρου από τα ρούχα στο περιβάλλον. Το ποσοστό μετάδοσης με συναγωγή εξαρτάται βασικά από τη θερμοκρασία και την κίνηση του αέρα.

γ) Η ακτινοβολία, δηλαδή η εκπομπή υπέρυθρων ακτινών από και προς τις επιφάνειες που περικλείουν το χώρο, δηλαδή τοίχους, οροφή και επίπλωση. Εξαρτάται από τις επιφανειακές θερμοκρασίες των παραπάνω κτιριακών στοιχείων.

δ) Η εξάτμιση, δηλαδή η εφίδρωση και η αναπνοή. Ο ανθρώπινος οργανισμός εξαερώνει 1 έως 2.5 λίτρα υγρασίας ημερησίως. Αυτά αντιστοιχούν σε θερμική απόδοση 600 έως 1500 W (0.58 W/g νερού), η οποία αντιστοιχεί σε ποσοστό επί της συνολικής απόδοσης θερμότητας 25 έως 30%. Η εξάτμιση εξαρτάται κύρια από τη θερμοκρασία και την περιεκτικότητα του αέρα σε υγρασία, καθώς και από την κινητικότητα του σώματος. Όσο ψυχρότερος είναι ο εισπνεόμενος αέρας του χώρου, τόσο ευκολότερα και πληρέστερα ρυθμίζει ο οργανισμός το θερμικό του ισοζύγιο.

Ένα άτομο κατά την παραμονή του σε ένα χώρο υφίσταται τη συνδυασμένη επίδραση της θερμοκρασίας του αέρα, της θερμοκρασίας των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο, της κίνησης μαζών αέρα λόγω ανισοτήτων θερμοκρασίας και της υγρασίας του αέρα. Κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες μικροκλίματος, όπως αυτές διαμορφώνονται κάθε φορά από τις παραπάνω παραμέτρους, δημιουργείται ένα φάσμα θερμικών καταστάσεων που κυμαίνεται από το αφόρητο ψύχος έως την αφόρητη ζέστη. Ενδιάμεσα υπάρχει μία περιοχή ισορροπίας όπου ένα άτομο αισθάνεται **άνετα**, δηλαδή δεν καταπονείται από τις εσωτερικές κλιματικές συνθήκες. Αυτή η περιοχή αποκαλείται **περιοχή ή ζώνη άνεσης** (βλ Διαγράμματα Θερμικής Άνεσης).



Εικόνα 10 Η αισθητή θερμοκρασία ως συνάρτηση των θερμοκρασιών του αέρα και των θερμοκρασιών των επιφανειών που περικλείουν τον χώρο

3.2.1 Η θερμοκρασία του αέρα στον χώρο

Οι θερμοκρασίες που θεωρούνται βέλτιστες για τον αέρα εσωτερικών χώρων ανάλογα με τη χρήση, χωρίς ωστόσο εγγύτερη διερεύνηση των επιφανειακών θερμοκρασιών, παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

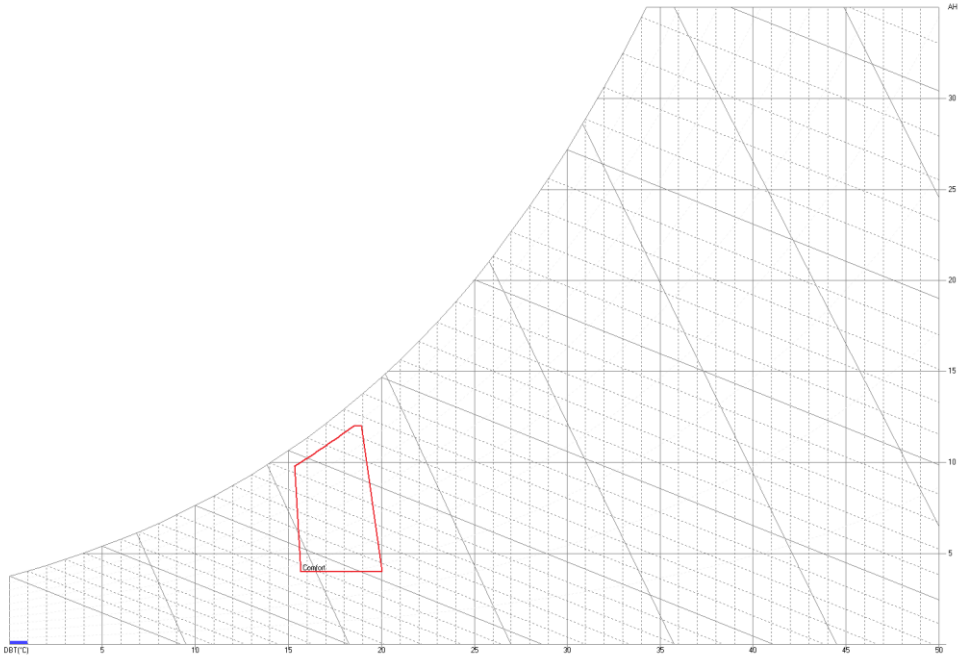
Είδος χώρου	**Βέλτιστη θερμοκρασία αέρα**
καθιστικό και γραφείο	18 - 22 °C
Υπνοδωμάτιο	15 - 17 °C
Λουτρό	20 - 23 °C
Κλιμακοστάσιο	10 - 14 °C
Κουζίνα / ελαφρά σωματική δραστηριότητα	18 - 20 °C
Χώροι εργασίας / βαριά σωματική δραστηριότητα	15 - 17 °C

Πίνακας 2 Βέλτιστες θερμοκρασίες του αέρα διαφόρων ειδών χώρων [ASHRAE, 2009]

3.3.2 Τα διαγράμματα θερμικής άνεσης

Τα διαγράμματα άνεσης απεικονίζουν σχέσεις της θερμοκρασίας, της σχετικής υγρασίας και του αερισμού και δείχνουν τις περιοχές εκείνες όπου εξασφαλίζεται θερμική άνεση, π.χ. μεταξύ 17ºC και σχετική υγρασία 75% και 24 ^{o}C με σχετική υγρασία 35%. Γύρω από αυτή την περιοχή υπάρχει μία ζώνη όπου οι συνθήκες κρίνονται ανεκτές. Ένα τέτοιο διάγραμμα έχουμε

στο επόμενο σχήμα όπου η άνεση προσδιορίζεται σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και την υγρασία. [Πηγή: http://www.squ1.com]



Εικόνα 11 Διάγραμμα θερμικής άνεσης από το περιβάλλον Ecotect. Η κόκκινη περιοχή είναι η περιοχή θερμικής άνεσης

Κεφάλαιο 4. Σχεδιασμός Σκιάστρων

4.1 Ο ρόλος της σκίασης

Ο σκιασμός των κτιρίων αποτελεί μια παράμετρο που ρητά αναφέρεται στο κείμενο της κοινοτικής οδηγίας 2002/91/EU, μαζί με τα παθητικά ηλιακά συστήματα. Η ηλιοπροστασία, όταν ελέγχεται σωστά, μπορεί να έχει ουσιαστική συμβολή στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτήριο που αποτελεί και την βάση της οδηγίας αυτής .

- Τα συστήματα σκίασης αποτρέπουν την υπερθέρμανση το καλοκαίρι. Κατά συνέπεια n κατανάλωση ενέργειας των μονάδων κλιματισμού μειώνεται.
- Το χειμώνα, ένα έξυπνα ελεγχόμενο σύστημα ηλιοπροστασίας μπορεί να κατευθύνει την ηλιακή ενέργεια στο εσωτερικό του κτιρίου επιτυγχάνοντας έτσι μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση.
- Τα εξωτερικά και εσωτερικά συστήματα σκίασης μπορούν να συμβάλουν στη βέλτιστη χρησιμοποίηση του φωτός της ημέρας και να οδηγήσουν έτσι σε χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, όταν γίνεται χρήση τεχνητού φωτός.
- Η χρήση της ηλιοπροστασίας έχει μια αποδεδειγμένα θετική επίδραση στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου. Η άνεση και n εργασιακή απόδοση βελτιώνεται σαφώς εάν η σκίαση του κτιρίου έχει σχεδιαστεί και μελετηθεί για τις ανάγκες του.
- Η σκίαση εμπίπτει στην οδηγία για την ασφάλεια και την υγιεινή στους χώρους εργασίας (Safety and Health for Work with Display Screen Equipment), που καθορίζει συγκεκριμένες προδιαγραφές φωτισμού και σκίασης των εσωτερικών χώρων σε κτίρια γραφείων.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θέσει το θέμα της ενέργειας σε μια από τις κύριες προτεραιότητες της, αναλαμβάνοντας παράλληλα την πρωτοβουλία να δημοσιεύσει την "Πράσινη Βίβλο για την ενεργειακή αποδοτικότητα ή κάνοντας περισσότερα με λιγότερα", τον Ιούνιο του 2005.

4.2 Προστασία από την ζέστη

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων θα πρέπει να εξασφαλίζει την ελάχιστη εισερχόμενη ακτινοβολία το καλοκαίρι, συνδυάζοντας όμως τη δυνατότητα φυσικού φωτισμού, αερισμού και θέας και φυσικά, να μην εμποδίζει τον απαραίτητο ηλιασμό κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Επίσης πρέπει να ελέγχεται και ο ηλιασμός των ανοιγμάτων κατά τις ενδιάμεσες περιόδους (άνοιξη - φθινόπωρο).

Επίσης η απόδοση της σκίασης εξαρτάται από τον προσανατολισμό του κτηρίου και ειδικότερα του ανοίγματος στο οποίο είναι τοποθετημένο. Εν γένει ο νότιος προσανατολισμός ενδείκνυται στα κτίρια του Βόρειου Ημισφαίριου, καθώς συνδυάζει τον απαιτούμενο ηλιασμό το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι (που ο ήλιος βρίσκεται πιο ψηλά στον ορίζοντα) δέχονται λιγότερη ακτινοβολία, η οποία ελαχιστοποιείται με ένα απλό οριζόντιο σκιάστρο.

Η ακριβής θέση του Ήλιου κάθε φορά υπολογίζεται από δύο μεγέθη το αζιμούθιο και το ηλιακό ύψος. Για να εξασφαλισθεί ή απαιτούμενη ακρίβεια της φαινομενικής κίνησης του ήλιου χρησιμοποιούνται τα Κυλινδρικά και τα Πολικά διαγράμματα τα οποία υπολογίζουν τον ηλιακό χρόνο σε τοπικό.

Σε σχέση με την κάτοψη ενός κτιρίου και με βάση την γεωγραφική θέση των Χανίων (Γ.Π.35º 30΄και Γ.Μ.24º 01΄)μπορούμε να υπολογίσουμε τη φαινομενική τροχιά του ήλιου στο Θερινό, Χειμερινό Ηλιοστάσιο και τις Ισημερίες. Σε κάθε περίπτωση ο ακριβής υπολογισμός της ηλιακής ακτινοβολίας όλες τις εποχές του έτους και κατά την διάρκεια της ημέρας, όταν βέβαια δεν υπάρχει νεφοκάλυψη και ατμοσφαιρική ρύπανση, μας οδηγεί να πάρουμε πολύ συγκεκριμένα μέτρα για την προστασία του κτιρίου. Τα μέτρα που θα ληφθούν σε σχέση με τα ανοίγματα και τα συστήματα ηλιοπροστασίας λαμβάνονται πάντοτε σε συνάρτηση με τις εκάστοτε προβολές φωτός και σκιάς στην εσωτερική ή εξωτερική κλίμακα του κτιρίου. Ο μελετητής πρέπει να είναι σε θέση να εκτιμήσει (είτε χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα στον υπολογιστή ,είτε φτιάχνοντας ένα πρόπλασμα υπό κλίμακα) ποιος θα είναι ο ακριβής χειρισμός

του ηλιακού φωτός που δέχεται ένα κτίριο. Έτσι βρίσκοντας τη μέγιστη ηλιακή γωνία του έτους, η οποία θα εντοπίζεται μέσα στο καλοκαίρι και έχοντας λάβει τις γεωμετρικές ιδιότητες του ανοίγματος που θέλει να σκιάσει, πρέπει να μπορεί να βγάλει αποτελέσματα για την «χειρότερη μέρα του έτους», την ημέρα δηλαδή που θα έχουμε την μεγαλύτερη ηλιοφάνεια και την υψηλότερη θερμοκρασία, ούτως ώστε να ορίσει τις γεωμετρικές ιδιότητες του σκίαστρου με βάση εκείνη την ημέρα για να μην έχουμε καθόλου εισαγωγή ηλιακής ακτινοβολίας στο χώρο.

Ο σχεδιασμός των υπό μελέτη σκιάστρων σε αυτή την εργασία έγινε όπως θα εξηγηθεί καλύτερα στο αντίστοιχο κεφάλαιο με ακριβώς αυτό τον τρόπο. Πρώτα αποφασίστηκε η μορφή και μετά υπολογίστηκαν οι διαστάσεις του με γνώμονα το να μην έχουμε εισροή ηλιακής ακτινοβολίας την πιο ζεστή μέρα του έτους και να έχουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη εισροή ηλιακής ακτινοβολίας την ψυχρότερη μέρα του έτους.

Επειδή το κλίμα των Χανίων όπως αναφέρθηκε είναι κυρίως θερμό μας ενδιαφέρει περισσότερο ο σχεδιασμός για την αποφυγή της πλεονάζουσας ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι μέσα στο χώρο που μελετάμε. Αυτό δηλώνει ότι δόθηκε περισσότερη σημασία στο σχεδιασμό για τις θερμότερες μέρες του έτους παρά για τις ψυχρότερες, μιας και τα σκίαστρα που εξετάζουμε είναι κινητά και όχι μεταβλητά.

Εκτός από την άμεση ακτινοβολία του ήλιου που είναι αλήθεια ότι ελέγχεται και προσδιορίζεται εύκολα, είναι αναγκαίο να συνυπολογιστούν επίσης, η διάχυτη και η ανακλώμενη ακτινοβολία οι οποίες είναι πολύ σημαντικές στον Αστικό Σχεδιασμό. Η διάχυτη εξαρτάται από τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα (θολότητα της ατμόσφαιρας, ρύποι κ.α.) και από το υψόμετρο του ήλιου δηλαδή τις εποχές. Η ανακλώμενη εξαρτάται από τις ανακλαστικές ιδιότητες του περιβάλλοντος. Η ανακλώμενη ακτινοβολία στο αστικό περιβάλλον και σε συνδυασμό με την ολική της πρόσπτωση πάνω σε κατακόρυφες επιφάνειες, προκαλεί πολλές δυσάρεστες επιπτώσεις. Οι κατακόρυφες επιφάνειες δέχονται το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της ακτινοβολίας ενώ οι κεκλιμένες λιγότερο και οι οριζόντιες καθόλου.

Ο έλεγχος και ο υπολογισμός των ηλιακών κερδών κυρίως σε παρόμοια αστικά περιβάλλοντα, απαιτεί, επίσης, τις απόλυτες τιμές της προσπίπτουσας ακτινοβολίας επάνω σε επιφάνειες διαφορετικού προσανατολισμού και κλίσης. Ο προσανατολισμός δηλαδή η ακριβής θέση του κτιρίου σε σχέση με τον ήλιο, καθορίζει τον τρόπο σκίασης όταν ή ηλιακή ακτινοβολία είναι άμεση δηλ έχει συγκεκριμένη διεύθυνση πρόσπτωσης. Η παραδοχή που μας υποδεικνύει ότι όταν ο ήλιος είναι ψηλά έχουμε οριζόντια σκίαστρα και όταν είναι χαμηλά μόνο κατακόρυφα σκίαστρα είναι πολύ απλή και σίγουρη αφού προστατεύει αποτελεσματικά το κτίριο. Μια άλλη παραδοχή είναι ότι οι Νοτιοδυτικές και οι Νοτιοανατολικές όψεις κατά την διάρκεια του Καλοκαιριού δέχονται το μέγιστο ημερήσιο άθροισμα θερμότητας και για τη σωστή προστασία του κτιρίου ή των ανοιγμάτων χρειάζεται ο κατάλληλος συνδυασμό οριζόντιων και κατακόρυφων σκιάστρων.

Συνοψίζοντας, για να προστατευτεί ένα συγκεκριμένο άνοιγμα με αποτελεσματικό τρόπο πρέπει να γίνουν τα ακόλουθα 4 βήματα. [Olgyay, 1973].

- Προσδιορισμός της περιόδου υπερθέρμανσης στο σημείο του κτιρίου που απαιτείται σκίαση
- Καθορισμός διαγραμμάτων για την ακριβή θέση του ήλιου
- Λεπτομερής σχεδιασμός κάθε τύπου σκιάστρου
- Καθορισμός της διαστασιολόγησης του σκιάστρου ώστε να διακόπτεται ή ακτινοβολία κατά την θερμή περίοδο και να διεισδύει κατά την ψυχρή

4.3 Σύγκριση και απόδοση συστημάτων σκίασης

Τα συστήματα σκίασης με τη χρήση παρεμβολής ενός αντικειμένου για σκίαση χωρίζονται σε 3 μεγάλες κατηγορίες. Στα εξωτερικά σκίαστρα, σκίαστρα δηλαδή που εφαρμόζονται εξωτερικά του χώρου που θέλουμε να σκιάσουμε και αποτελούν μέρος της όψης του κτηρίου. Στα εσωτερικά, εδώ βρίσκουν εφαρμογή είδη όπως περσίδες και κουρτίνες στα

οποία όμως παγιδεύεται ή θερμότητα κάτω ή ανάμεσα στις επιφάνειες πού προστατεύουν και σε σκιάδια τα οποία είναι ενσωματωμένα στον υαλοπίνακα, ανάμεσα δηλαδή σε δύο υαλοπίνακες. Το καθένα έχει θετικές και αρνητικές ιδιότητες τα οποία συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Κατηγορίες Σκιάστρων		Θετικές ιδιότητες	Αρνητικές ιδιότητες
Εσωτερικά	Συνήθως είναι βενετικές περσίδες Διάφορα ρολά Πανό από ύφασμα . Μόνιμες κατασκευές	Δεν υφίστανται καταπόνηση από εξωτερικές συνθήκες Μπορούν να αφαιρεθούν εύκολα Μεγάλη διάρκεια ζωής	Περιορισμένη Απόδοση, Μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας εισβάλλει στο εσωτερικό μέσω επιπλέον ανάκλασης στο τζάμι και διάχυσης του στο εσωτερικό χώρο
Εξωτερικά	Παραθυρόφυλλα, τέντες από ύφασμα ή πλαστικές. Περσίδες (οριζόντιες κάθετες ή και τα δύο), Κουρτίνες	Μεγάλη απόδοση, Εκτρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία πριν φτάσει στην γυάλινη επιφάνεια, ελάχιστη παρεμβολή στην όψη του κτηρίου	Μόνιμες κατασκευές, Δυσκολία απομάκρυνσης τους αν χρειαστεί, Καταπόνηση από εξωτερικούς παράγοντες, Μικρότερη διάρκεια ζωής
Ενδιάμεσα	Τοποθετούνται ανάμεσα το κενό που υπάρχει στα δυο επίπεδα ενός διπλού υαλοπετάσματος	Μεγάλη απόδοση Ελάχιστη παρεμβολή στην όψη του κτηρίου Μηδενική καταπόνηση από εξωτερικούς παράγοντες	Ακριβές κατασκευές, Μόνιμες κατασκευές Αδυναμία αφαίρεσης τους,

Πίνακας 3 Γενικές ιδιότητες κατηγορίων σκιάστρων

Στην μελέτη της εργασίας αυτής θα χρησιμοποιηθούν μόνο εξωτερικής εφαρμογής σκίαστρα και περσίδες

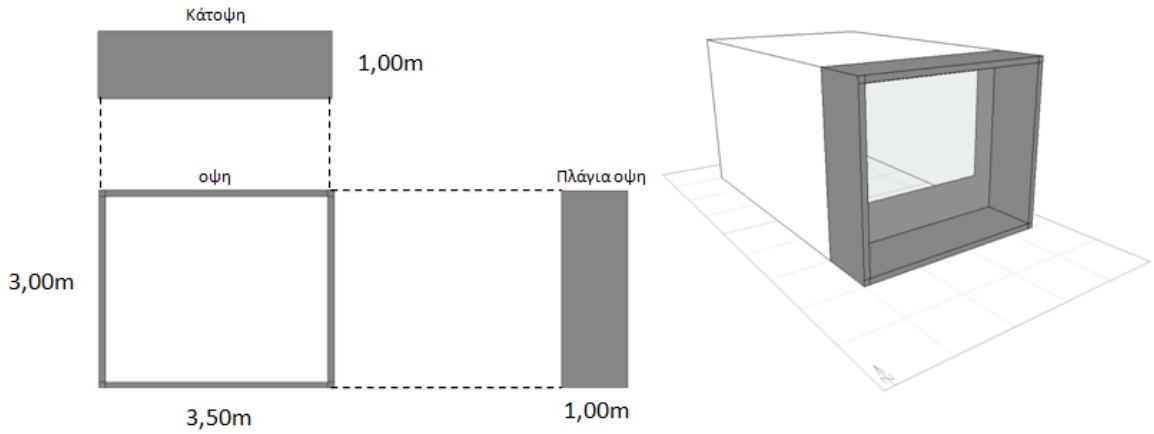
4.4 Παρουσίαση Σκιάστρων

Για την επιλογή των σκιάστρων έγινε βιβλιογραφική έρευνα σε τυπικές δομές σκίαστρων που χρησιμοποιούνται σε χώρους γραφείων. Χρησιμοποιήθηκαν σταθερές δομές πάνελ ή περσίδων σε εξωτερική εφαρμογή με νότιο προσανατολισμό.

Για το σχεδιασμό των διαστάσεων χρησιμοποιήθηκε ως κριτήριο η πιο ζεστή και η πιο ψυχρή μέρα του έτους. Οι διαστάσεις προέκυψαν έτσι ώστε την πιο ζεστή μέρα του έτους να έχουμε τη λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία μέσα στο χώρο.

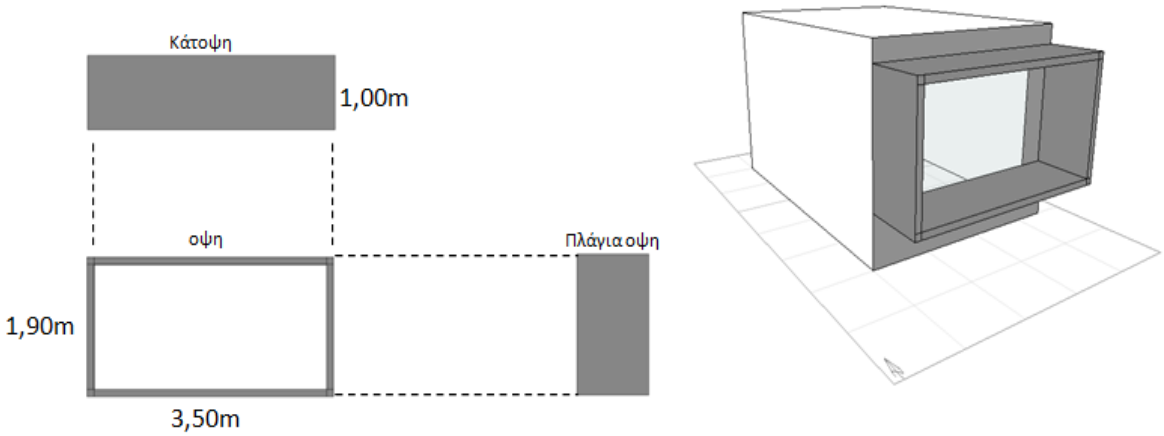
Σκίαστρο 1

Σκίαστρο 1



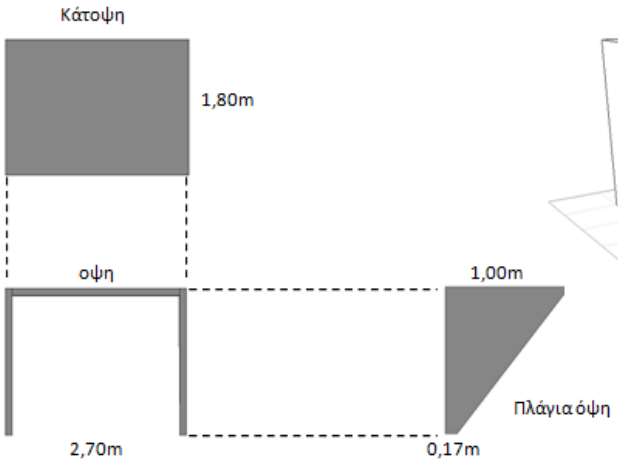
Το σκίαστρο αυτό αποτελείται από 4 επίπεδα πάνελ που βρίσκονται κάθετα και περιμετρικά στην όψη του χώρου και γύρω από το άνοιγμα-παραθυρό του. Το πάχος των πάνελ είναι 10 cm.

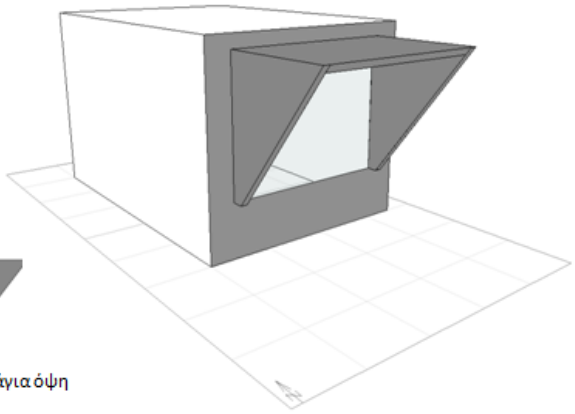
Σκίαστρο 2



Το σκίαστρο αυτό είναι μια παραλλαγή του προηγούμενου με τη μόνη διαφορά στο ύψος εφαρμογής των οριζόντιων πάνελ.

Σκίαστρο 3

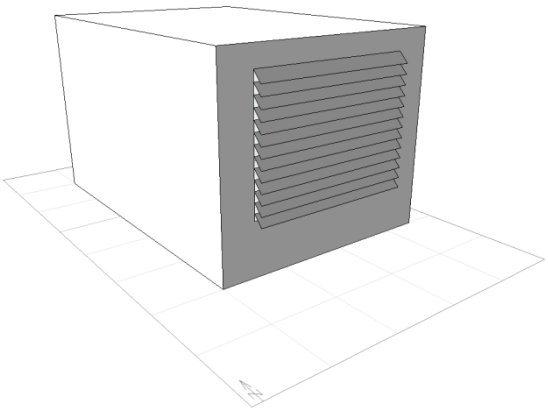




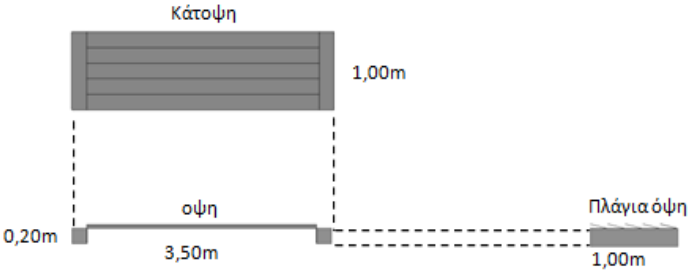
Το σκίαστρο αυτό αποτελεί παράδειγμα μορφής τέντας που η κλίση της (28^{o}) προέκυψε μετά από μελέτη της κλίσης του ήλιου στην περιοχή των Χανιών ώστε τους μήνες Ιούνιο Ιούλιο και Αύγουστο να μην έχουμε εμφάνιση ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στο χώρο.

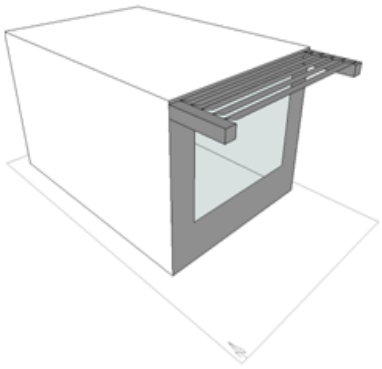
Σκίαστρο 4

Εδώ έχουμε εξωτερικό σκίαστρο με τη μορφή περσίδων. Η κλίση των περσίδων είναι 46^{o} και προέκυψε ύστερα από μελέτη ώστε τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο να μην έχουμε εμφάνιση ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στο χώρο. Το μήκος τους είναι 0,20 m και καλύπτουν όλη την επιφάνεια του παραθύρου.



Σκίαστρο 5

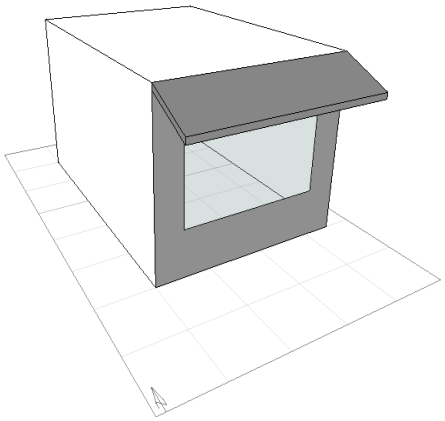




Το σκίαστρο αυτό αποτελεί μια προσέγγιση πέργκολας η οποία εξέχει από το μέγιστο ύψος του παραθύρου έως και 1 m . Η κλίση των περσίδων ως προς τον οριζόντιο άξονα είναι 14^{o}

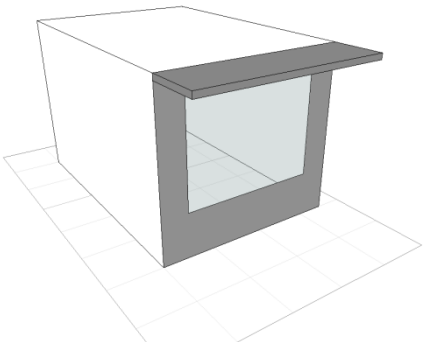
Σκίαστρο 6

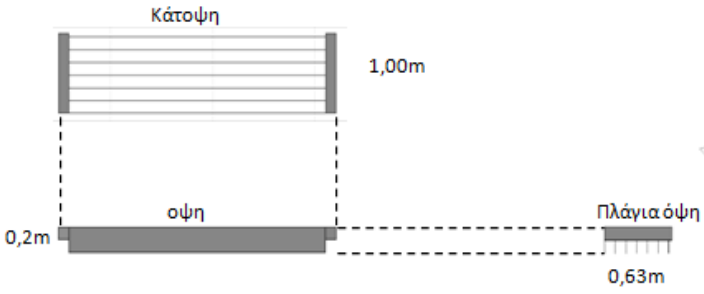
Το σκίαστρο αυτό αποτελεί παράδειγμα μορφής πάνελ που η κλίση του (24^{o}) προέκυψε μετά από μελέτη της κλίσης του ήλιου στην περιοχή των Χανιών ώστε τους μήνες Ιούνιο Ιούλιο και Αύγουστο να έχουμε τη χαμηλότερη δυνατή εμφάνιση ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στο χώρο. Οι διαστάσεις του είναι 0,98m x 3,50m

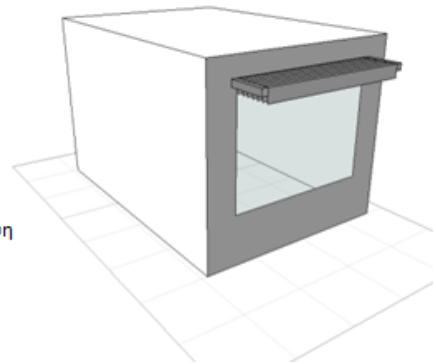


Σκίαστρο 7

Το σκίαστρο αυτό αποτελεί παράδειγμα μορφής πάνελ κάθετο επάνω στην όψη του χώρου. Οι διαστάσεις του είναι 1,00m x 3,50m





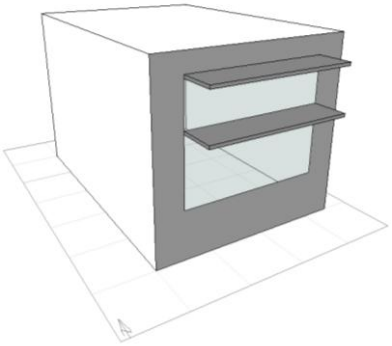


Σκίαστρο 8

Το σκίαστρο αυτό αποτελεί μια προσέγγιση πέργκολας η οποία εξέχει από το μέγιστο ύψος του παραθύρου έως και 0,63 m . Η κλίση των περσίδων ως προς τον οριζόντιο άξονα είναι 90^{o} .

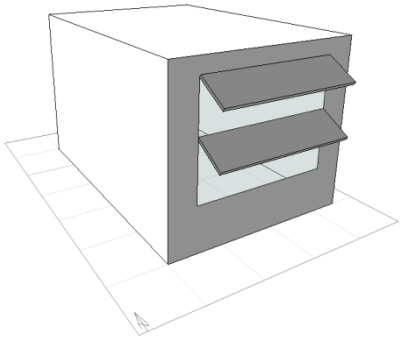
Σκίαστρο 9

Παραλλαγή του σκιάστρου 7 με διπλή εφαρμογή του στο μέσον του παραθύρου



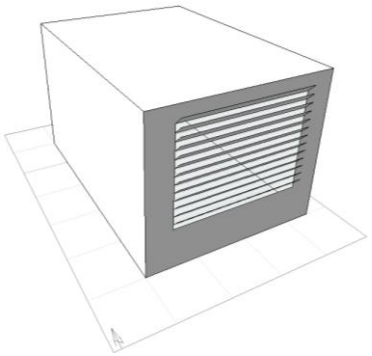
Σκίαστρο 10

Παραλλαγή του σκιάστρου 6 με διπλή εφαρμογή του στο μέσον του παραθύρου



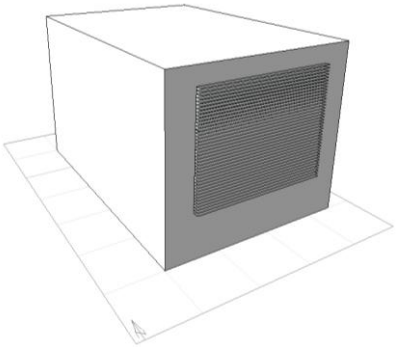
Σκίαστρο 11

Εφαρμογή εξωτερικών περσίδων με αντίθετη κλίση



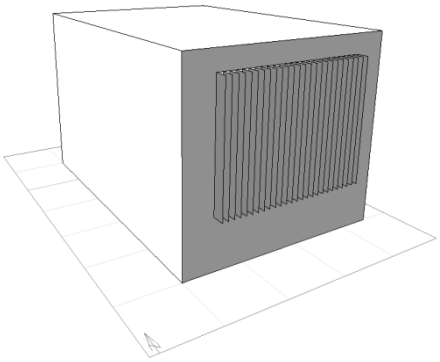
Σκίαστρο 12

Εφαρμογή περσίδων με παράλληλη κλίση ως προς τον ορίζοντα

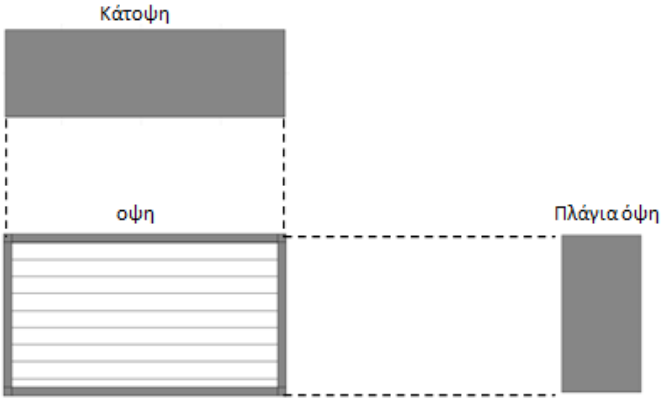


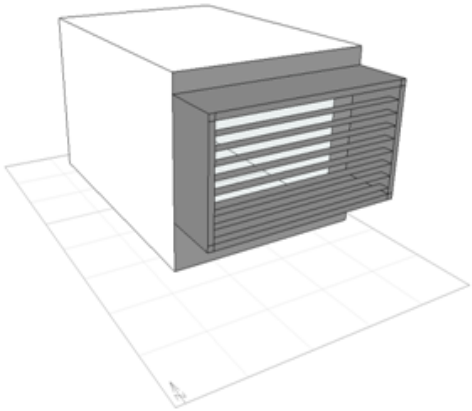
Σκίαστρο 13

Εφαρμογή περσίδων με κλίση κάθετη ως προς τον ορίζοντα



Σκίαστρο 14





Το σκίαστρο αυτό αποτελεί σύνθεση του 2 σκίαστρου και περσίδων παράλληλων με τον ορίζοντα.

Κεφάλαιο 5. Μελέτη κλίματος

5.1 Αναγκαία Κλιματολογικά δεδομένα για την ενεργειακή μελέτη χώρων

Κατά τη μελέτη του κλίματος μιας περιοχής, για να εξάγουμε συμπεράσματα όσον αφορά τις ενεργειακές ανάγκες στη δομήση, καθώς και να τρέξουμε αντίστοιχα μοντέλα προγραμμάτων για αυτό το σκοπό, πρέπει να έχουμε στη διάθεσή μας τα περισσότερα δυνατά από τα παρακάτω δεδομένα. Η ανάγκη ύπαρξης αυτών των δεδομένων φαίνεται στο γεγονός της ανάγκης ύπαρξης ενός αρχείου καιρού, το οποίο εισάγεται σαν «input», στα αντίστοιχα πρόγραμματα ώστε να υπολογιστεί το συνολικό ισοζύγιο εισόδου - εξόδου για κάθε ώρα του έτους. [Crawley et al, 1998].

Μέση Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του αέρα θεωρείται ένα από τα βασικότερα κλιματικά στοιχεία που συντελούν στη διαμόρφωση του κλίματος μιας περιοχής. Αυτή εξαρτάται, γενικά, από το γεωγραφικό στίγμα, το υψόμετρο, τη γειτνίαση της περιοχής με τη θάλασσα και άλλους δευτερεύοντες παράγοντες.

Εκτός απο διάφορους αστρονομικούς παράγοντες που θεωρούνται βασικοί για τον καθορισμό της ετήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του αέρα, πρέπει επίσης να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη το μεσημβρινό ύψος του ήλιου και η διάρκεια της ημέρας στην περιοχή.

Θα πρέπει επίσης να τονιστεί οτι η μέση ετήσια θερμοκρασία δεν παρουσιάζει σημαντικές διακύμανσεις απο έτος σε έτος, με την ελάχιστη τιμή, συνήθως, τον Ιανουάριο ή το Φεβρουάριο, και τη μέγιστη τον Ιούλιο ή τον Αύγουστο.

Σχετική υγρασία.

Σχετική υγρασία είναι η μάζα των υδρατμών που περιέχει ένας ορισμένος όγκος αέρα προς τη μάζα των υδρατμών που απαιτείται για να κορεστεί ο ίδιος ο αέριος όγκος στην ίδια θερμοκρασία. [Λαζαρίδης, 2008]

Πρόκειται για βασικό κλιματικό στοιχείο μιας περιοχής, από άποψη τόσο κλιματική όσο και βιοκλιματική, γιατί από αυτήν εξαρτάται σημαντικά η υγιεινή του εσωτερικού κλίματος και η θερμική άνεση. (Είναι γενικά αποδεκτό ότι υπάρχει σχέση μεταξύ της σχετικής υγρασίας και της θνησιμότητας από νόσους του αναπνευστικού συστήματος).

Κύριος ρυθμιστής της υγρασίας είναι το ανάγλυφο του εδάφους, η παρουσία των υδάτινων μαζών και πηγών, καθώς και η υγρότητα ή ξηρότητα των επικρατούντων ανέμων.

Βροχόπτωση.

Η βροχόπτωση και, γενικά, όλα τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα με ανάλογα χαρακτηριστικά, αποτελούν βασικό κλιματολογικό στοιχείο μιας περιοχής.

Εξαιτίας της βροχόπτωσης αυξάνει η υδροδυναμική ενεργεία, τροφοδοτούνται τα αρδευτικά δίκτυα, υδροδοτούνται κατοικημένοι χώροι, και εξυπηρετούνται πολλές άλλες ανάγκες.

Με βάση την ετήσια βροχόπτωση, η Ελλάδα διαιρείται σε δύο τμήματα: το δυτικό, με άφθονες βροχές και το ανατολικό, με λιγότερες. Οι οροσειρές της Πίνδου, που έχουν Β-ΒΔ προς Ν-ΝΑ κατεύθυνση, εμποδίζουν τους θερμούς ανέμους του νοτίου τμήματος και τους αναγκάζουν να ανέλθουν. Οι ανερχόμενοι αυτοί άνεμοι, ψύχονται και έτσι εναποθέτουν στις δυτικές πλαγιές τη μεγαλύτερη ποσότητα των υδρατμών τους, τις λεγόμενες «ορεογραφικές βροχές». [Τσίπηρας, 2005]

Μέση Νεφοκάλυψη

Η Ελλάδα ανήκει στις μεσογειακές χώρες οι οποίες διακρίνονται για τη μικρή νέφωση και τη μεγάλη ηλιοφάνεια. Η νέφωση εμποδίζει μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας να φτάσει στη γη και τη γήινη θερμότητα να διαφύγει προς τα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Αυξάνει, επίσης, τη λευκαύγεια, μειώνει την ηλιοφάνεια και έχει άμεση σχέση με τη θερμοκρασία του αέρα.

Υπολογίζεται, πχ, πως εάν δεν υπήρχε η νέφωση, η οποία σε όλο τον πλανήτη έχει μέση τιμή τα 4/8 (το όγδοο του ουράνιου θόλου είναι η μονάδα μέτρησής της), η θερμοκρασία της γης θα ήταν κατά 6 ^{o}C μεγαλύτερη.

Διεύθυνση ανέμου

Η διεύθυνση του ανέμου χαρακτηρίζεται από το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος. Εκφράζεται δε είτε σε μοίρες (απόκλισης από το γήινο μαγνητικό Βορρά), είτε με σύμβολα ανεμολογίου (ανεμόρρομβοι), είτε και ονομαστικά.

Οι άνεμοι χαρακτηρίζονται επίσης και με πολλά άλλα ονόματα, ανάλογα μετά χαρακτηριστικά τους, τον τόπο, την ένταση και τη διεύθυνσή τους.

Ταχύτητα Ανέμου

Άνεμος είναι η μετακίνηση αερίων μαζών από κάποιο σημείο της ατμόσφαιρας σε κάποιο άλλο. Η μετακίνηση των αερίων μαζών είναι αποτέλεσμα της ανισότητας των ατμοσφαιρικών πιέσεων που επικρατούν στις διάφορες περιοχές κάποια χρονικά διαστήματα. Βασικό αίτιο της ανισότητας αυτής είναι η διαφορά θερμοκρασίας που υπάρχει μεταξύ των περιοχών αυτών.

Άμεση Ηλιακή Ακτινοβολία

Η ακτινοβολία που φτάνει από τον ήλιο χωρίς να έχει υποστεί σκέδαση στην ατμόσφαιρα (κλιμάκωση γήινης ατμόσφαιρας).

Διάχυτη Ηλιακή Ακτινοβολία

Η ακτινοβολία που φτάνει από τον ήλιο αφού έχει αλλάξει διεύθυνση από σκέδαση στην ατμόσφαιρα.

5.2 Κλιματολογικά στοιχεία Κρήτης – Νομού Χανιών

Το κλίμα της ευρύτερης περιοχής του Νομού Χανίων, όπως και ολόκληρης της Κρήτης, θεωρείται **εύκρατο μεσογειακό και ιδιαίτερα ξηροθερμικό**, με την ηλιοφάνεια να καλύπτει το 70% των ημερών του έτους. Τα κύρια στοιχεία του είναι το θερμό και ξηρό καλοκαίρι, με ήπιο και σχετικά βροχερό χειμώνα. Η κύρια διεύθυνση των ανέμων στην περιοχή είναι βορειοδυτική και δυτική. Η ένταση των ανέμων, με βάση τα συγκριτικά στατιστικά στοιχεία από τους κοντινότερους μετεωρολογικούς σταθμούς, κυμαίνεται κυρίως από 1 έως 4 Beaufort.

Η διάρκεια του χειμώνα εντοπίζεται από το τέλος Νοέμβρη έως και το Μάρτη, ενώ το καλοκαίρι από το Μάρτιο έως και το τέλος Σεπτεμβρίου. Η άνοιξη καθώς και το φθινόπωρο είναι μικρής διάρκειας. Ο παρακάτω πίνακας δίνει τιμές, για τα κλιματολογικά στοιχεία του Νομού για το έτος 2008 από το σταθμό του αεροδρομίου. Χιονοπτώσεις εμφανίζονται στα Λευκά Όρη στις αρχές του Νοέμβρη από χιόνι που διατηρείται μέχρι το τέλος του Μάη, αλλά σπανιότατα θα δει κανείς χιονοπτώσεις σε χαμηλό υψόμετρο.

Τον Απρίλη ο καιρός είναι σταθερός και δεν υπάρχουν απότομες μεταβολές από ηλιοφάνεια σε συνθήκες βροχής. Τον Οκτώβρη σπάνια έχουμε βροχοπτώσεις, ο καιρός διατηρείται ζεστός και ήπιος. Ο Μάης και ο Σεπτέμβρης έχουν κατά κανόνα ηλιοφάνεια, αλλά χωρίς υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες. Το καλοκαίρι όμως έχουμε συνθήκες αρκετά ζεστής και ξηρής ατμόσφαιρας.

Ο Ιούνης ο Ιούλης και ο Αύγουστος είναι οι πιο ζεστοί μήνες του χρόνου χωρίς να παρουσιάζονται βροχοπτώσεις.

Σταθμός	Χανίων Κρήτης
Γεωγραφικό μήκος-πλάτος	24° 02΄ / 35° 3΄
Ύψος σταθμού	62

Μήνας	ώρες ηλιοφάνειας	Βαρομετρική πίεση	Μέση θερμοκρασία αέρα	Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία	Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία	Σχετική Υγρασία	Μέση Νέφωση	Βροχόπτωση	Διεύθ. ανέμου	ακτινοβολία σε οριζόντιο επιπ.	ακτινοβολία σε οριζόντιο επιπ.	Ταχύτητα ανέμου
	h	mm Hg	°C	°C	°C	%	8	σε mm				m/sec
1	111,7	1016,8	11,6	25,6	0,5	71,7	5,1	122,9	ΝΔ	62,1	33,1	3,2
2	128,9	1015,3	11,8	29,4	0	69,3	5	108,6	Β	78,2	38,3	2,8
3	174,4	1015,1	13,2	34	0,4	68,4	4,4	71,9	ΝΔ	120,0	54,9	3
4	228,5	1013,3	16,3	35,8	5	65,4	3,5	31,9	ΒΔ	153,4	61,4	2,6
5	314,2	1014,1	20,1	38,6	8,5	62,2	2,8	13,9	ΒΔ	206,8	61,3	2,3
6	357,8	1013,3	24,5	40	13	55,8	1,3	6,6	ΒΔ	224,2	56,6	2,3
7	391,7	1012	26,5	42,5	16,6	55,3	0,6	0,5	ΒΔ	237,6	60,6	2,3
8	368,4	1012,4	26,1	41,2	12,5	57,7	0,6	2,7	ΒΔ	218,1	50,4	2,1
9	276,3	1015,3	23,3	39,6	10,5	63,9	1,6	18,2	Β	163,2	43,8	2,1
10	183,8	1016,9	19,4	35,6	9,2	70,4	3,5	82,1	Β	104,7	43,9	2
11	157,7	1018	16,1	35	2	72,2	4,2	70,9	Β	75,1	32,7	2
12	115,4	1016,3	13,1	28,8	3,6	72,1	4,8	91,3	ΝΔ	57,4	29,7	2,6
Σύν.	2809							621,5		1700,6	566,9	

Πίνακας 4 Μετεωρολογικά στοιχεία δήμου Χανίων (πηγή μετεωρολογικός σταθμός αεροδρομίου Χανίων Κρήτης)

Ωστόσο η ηλιοφάνεια στο Νομό είναι από τις μεγαλύτερες στην Ευρώπη και ιδιαίτερα σε περιοχές στα νότια παράλια πλησιάζει τις 150 ημέρες το χρόνο.

Οι τιμές βροχόπτωσης στα Χανιά, είναι τουλάχιστον 700 mm βροχής ανά έτος. Οι βροχές όταν εκδηλώνονται είναι έντονες και περιορίζονται στο διάστημα Οκτώβρη - Μάρτη. Οι ισχυροί άνεμοι που κυριαρχούν τους καλοκαιρινούς μήνες εξισορροπούν τις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ το χειμώνα οι νότιοι άνεμοι είναι εξίσου συχνοί με τους βόρειους.

Κεφάλαιο 6. Δημιουργία αρχείου καιρού

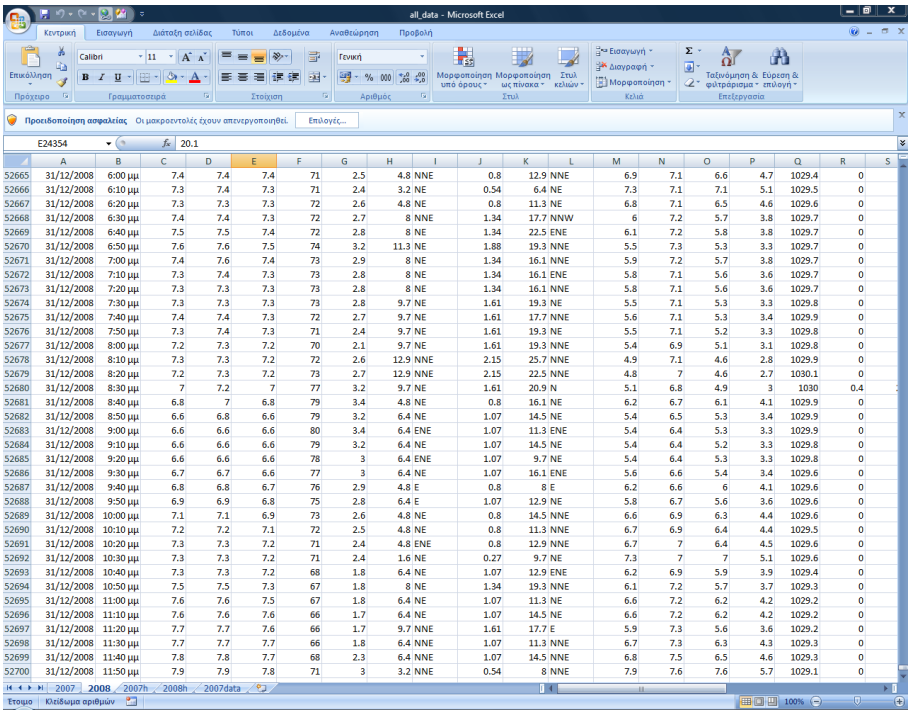
6.1.Σε περιβάλλον Ecotect

Τα δεδομένα για την ενεργειακή και θερμική μελέτη του χώρου και την αξιολόγηση των σκιάστρων σε αυτή την εργασία, ελήφθησαν από το σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης και αφορούν στα δεδομένα θερμοκρασίας, σχετική υγρασίας, ταχύτητας ανέμου, διεύθυνσης του ανέμου, βροχόπτωσης, απευθείας ηλιακής ακτινοβολίας και διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας, για τα έτη 2007, 2008.

Για την δημιουργία αρχείου καιρού συμβατού με τα προγράμματα που επιλέχτηκαν για τη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε, αρχικά, το υποπρόγραμμα του πακέτου Ecotect ¨**Weather tool**¨.

Το αρχείο καιρού Chania.wea καθώς και η έκδοση του Chania.wpa για το Energy Plus παρατίθενται στο παράρτημα CD στο τέλος της εργασίας.

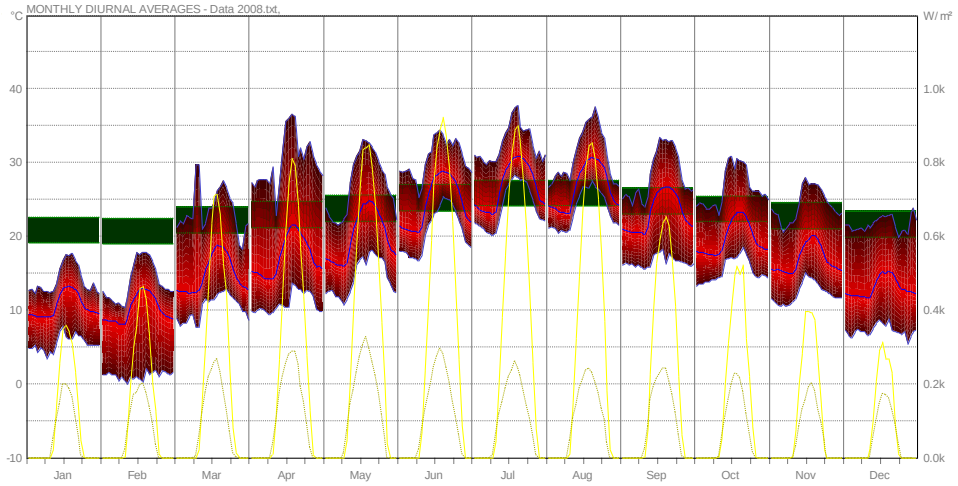
Η καταγραφή των δεδομένων αυτών είχε γίνει σε άλλες περιόδους του έτους ανά δεκάλεπτο ενώ σε άλλες ανά τέταρτο της ώρας (συνολικά 52700 τιμές). Το λειτουργικό Weather Tool δέχεται ωριαίες τιμές. Αφού τα δεδομένα αυτά εισάχθηκαν και ταξινομήθηκαν στο πρόγραμμα επεξεργασίας λογιστικών φύλων **Excel,** δημιουργήθηκε πρόγραμμα σε γλώσσα **Visual Basic (macro)** το οποίο επέλεξε αυτόματα τις μέσες τιμές κάθε ώρας απο κάθε παράμετρο και τοποθετήθηκαν αυτές οι μέσες τιμές αυτόματα σε διαφορετικό λογιστικό φύλλο. Ο κώδικας του προγράμματος παρατίθεται στο παράρτημα.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
52665	31/12/2008	6:00 μμ	7.4	7.4	7.4	71	2.5	4.8	NNE	0.8	12.9	NNE	6.9	7.1	6.6	4.7	1029.4	0	
52666	31/12/2008	6:10 μμ	7.3	7.4	7.3	71	2.4	3.2	NE	0.54	6.4	NE	7.3	7.1	7.1	5.1	1029.5	0	
52667	31/12/2008	6:20 μμ	7.3	7.3	7.3	72	2.6	4.8	NE	0.8	11.3	NE	6.8	7.1	6.5	4.6	1029.6	0	
52668	31/12/2008	6:30 μμ	7.4	7.4	7.3	72	2.7	8	NNE	1.34	17.7	NNW	6	7.2	5.7	3.8	1029.7	0	
52669	31/12/2008	6:40 μμ	7.5	7.5	7.4	72	2.8	8	NE	1.34	22.5	ENE	6.1	7.2	5.8	3.8	1029.7	0	
52670	31/12/2008	6:50 μμ	7.6	7.6	7.5	74	3.2	11.3	NE	1.88	19.3	NNE	5.5	7.3	5.3	3.3	1029.7	0	
52671	31/12/2008	7:00 μμ	7.4	7.6	7.4	73	2.9	8	NE	1.34	16.1	NNE	5.9	7.2	5.7	3.8	1029.7	0	
52672	31/12/2008	7:10 μμ	7.3	7.4	7.3	73	2.8	8	NE	1.34	16.1	ENE	5.8	7.1	5.6	3.6	1029.7	0	
52673	31/12/2008	7:20 μμ	7.3	7.3	7.3	73	2.8	8	NE	1.34	16.1	NNE	5.8	7.1	5.6	3.6	1029.7	0	
52674	31/12/2008	7:30 μμ	7.3	7.3	7.3	73	2.8	9.7	NE	1.61	19.3	NE	5.5	7.1	5.3	3.3	1029.8	0	
52675	31/12/2008	7:40 μμ	7.4	7.4	7.3	72	2.7	9.7	NE	1.61	17.7	NNE	5.6	7.1	5.3	3.4	1029.9	0	
52676	31/12/2008	7:50 μμ	7.3	7.4	7.3	71	2.4	9.7	NE	1.61	19.3	NE	5.5	7.1	5.2	3.3	1029.8	0	
52677	31/12/2008	8:00 μμ	7.2	7.3	7.2	70	2.1	9.7	NE	1.61	19.3	NNE	5.4	6.9	5.1	3.1	1029.8	0	
52678	31/12/2008	8:10 μμ	7.3	7.3	7.2	72	2.6	12.9	NNE	2.15	25.7	NNE	4.9	7.1	4.6	2.8	1029.9	0	
52679	31/12/2008	8:20 μμ	7.2	7.3	7.2	73	2.7	12.9	NNE	2.15	22.5	NNE	4.8	7	4.6	2.7	1030.1	0	
52680	31/12/2008	8:30 μμ	7	7.2	7	77	3.2	9.7	NE	1.61	20.9	N	5.1	6.8	4.9	3	1030	0.4	
52681	31/12/2008	8:40 μμ	6.8	7	6.8	79	3.4	4.8	NE	0.8	16.1	NE	6.2	6.7	6.1	4.1	1029.9	0	
52682	31/12/2008	8:50 μμ	6.6	6.8	6.6	79	3.2	6.4	NE	1.07	14.5	NE	5.4	6.5	5.3	3.4	1029.9	0	
52683	31/12/2008	9:00 μμ	6.6	6.6	6.6	80	3.4	6.4	ENE	1.07	11.3	ENE	5.4	6.4	5.3	3.3	1029.9	0	
52684	31/12/2008	9:10 μμ	6.6	6.6	6.6	79	3.2	6.4	NE	1.07	14.5	NE	5.4	6.4	5.2	3.3	1029.8	0	
52685	31/12/2008	9:20 μμ	6.6	6.6	6.6	78	3	6.4	ENE	1.07	9.7	NE	5.4	6.4	5.3	3.3	1029.8	0	
52686	31/12/2008	9:30 μμ	6.7	6.7	6.6	77	3	6.4	NE	1.07	16.1	ENE	5.6	6.6	5.4	3.4	1029.6	0	
52687	31/12/2008	9:40 μμ	6.8	6.8	6.7	76	2.9	4.8	E	0.8	8	E	6.2	6.6	6	4.1	1029.6	0	
52688	31/12/2008	9:50 μμ	6.9	6.9	6.8	75	2.8	6.4	E	1.07	12.9	NE	5.8	6.7	5.6	3.6	1029.6	0	
52689	31/12/2008	10:00 μμ	7.1	7.1	6.9	73	2.6	4.8	NE	0.8	14.5	NNE	6.6	6.9	6.3	4.4	1029.6	0	
52690	31/12/2008	10:10 μμ	7.2	7.2	7.1	72	2.5	4.8	NE	0.8	11.3	NNE	6.7	6.9	6.4	4.4	1029.5	0	
52691	31/12/2008	10:20 μμ	7.3	7.3	7.2	71	2.4	4.8	ENE	0.8	12.9	NNE	6.7	7	6.4	4.5	1029.6	0	
52692	31/12/2008	10:30 μμ	7.3	7.3	7.2	71	2.4	1.6	NE	0.27	9.7	NE	7.3	7	7	5.1	1029.6	0	
52693	31/12/2008	10:40 μμ	7.3	7.3	7.2	68	1.8	6.4	NE	1.07	12.9	ENE	6.2	6.9	5.9	3.9	1029.4	0	
52694	31/12/2008	10:50 μμ	7.5	7.5	7.3	67	1.8	8	NE	1.34	19.3	NNE	6.1	7.2	5.7	3.7	1029.3	0	
52695	31/12/2008	11:00 μμ	7.6	7.6	7.5	67	1.8	6.4	NE	1.07	11.3	NE	6.6	7.2	6.2	4.2	1029.2	0	
52696	31/12/2008	11:10 μμ	7.6	7.6	7.6	66	1.7	6.4	NE	1.07	14.5	NE	6.6	7.2	6.2	4.2	1029.2	0	
52697	31/12/2008	11:20 μμ	7.7	7.7	7.6	66	1.7	9.7	NNE	1.61	17.7	E	5.9	7.3	5.6	3.6	1029.2	0	
52698	31/12/2008	11:30 μμ	7.7	7.7	7.7	66	1.8	6.4	NNE	1.07	11.3	NNE	6.7	7.3	6.3	4.3	1029.3	0	
52699	31/12/2008	11:40 μμ	7.8	7.8	7.7	68	2.3	6.4	NNE	1.07	14.5	NNE	6.8	7.5	6.5	4.6	1029.3	0	
52700	31/12/2008	11:50 μμ	7.9	7.9	7.8	71	3	3.2	NNE	0.54	8	NNE	7.9	7.6	7.6	5.7	1029.1	0	

Εικόνα 12 | Φύλλο Excel με τις τιμές των κλιματολογικών δεδομένων για τα Χανιά

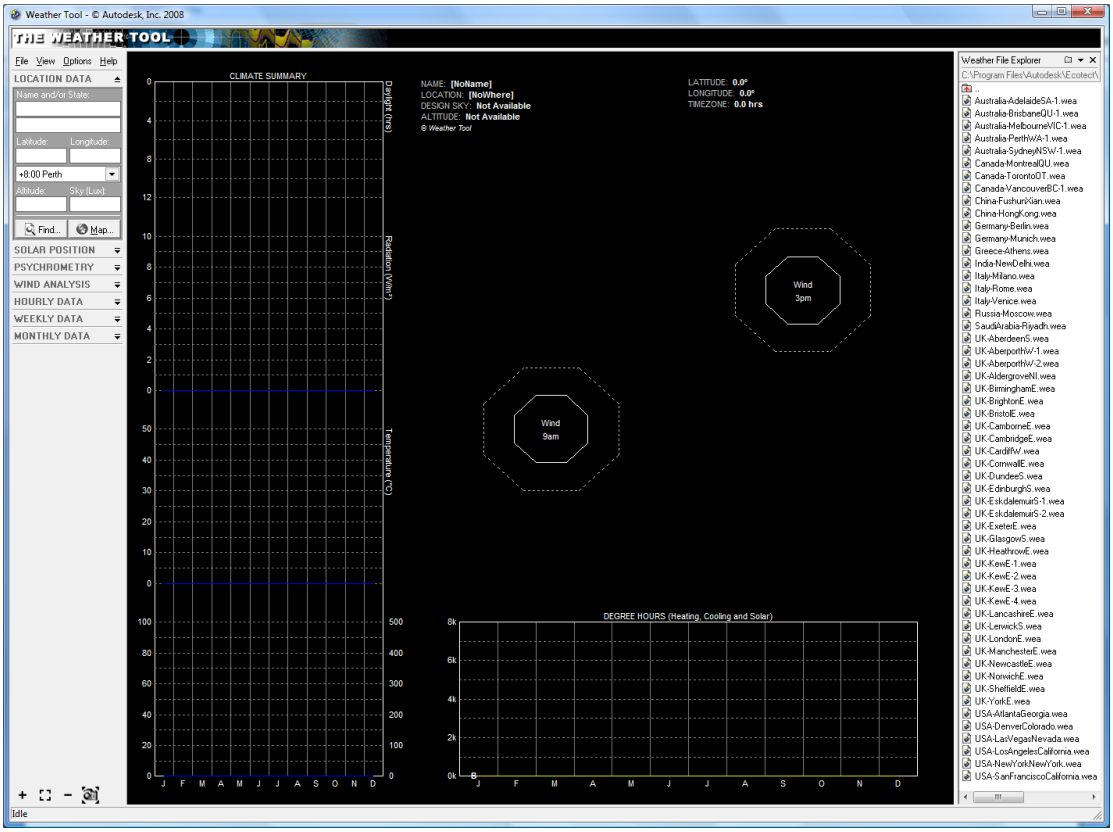
Κατόπιν τα δεδομένα αυτά εξάχθηκαν από το Excel σε μορφή αρχείου κειμένου με τις τιμές να διαχωρίζονται από τον ειδικό χαρακτήρα tab και, στη συνέχεια εισάχθηκαν στο πρόγραμμα **Ecotect Weather Tool** όπου εκεί ορίστηκαν επιπλέον δεδομένα όπως το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της υπό μελέτη περιοχής καθώς και ωρολογιακά δεδομένα. (Αρχείο Chania.xls)



Εικόνα 13 Εικόνα από το περιβάλλον EcotectWeatherTool μετά την εισαγωγή δεδομένων [Φαίνεται η διακύμανση της θερμοκρασία- μέγιστη ελάχιστη στην κάθε ημέρα του μήνα, Μέγιστη απευθείας ακτινοβολία (κίτρινο) και μέγιστη διάχυτη (μαύρο) καθώς και μέση υγρασία (πράσινο)].

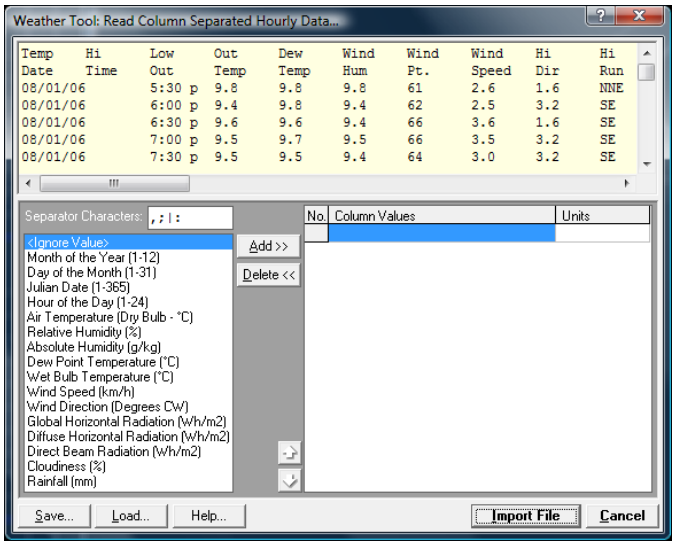
Το εργαλείο Weather Tool αρχειοθετεί τα δεδομένα σε μορφή αξιοποιήσιμη για το κεντρικό πρόγραμμα Ecotect και να παραστήσει γραφικά τις ιδιαιτερότητες του κλίματος στην υπό μελέτη περιοχή καθώς και να παρουσιάσει στο χρήστη ενιαία κλιματολογικά στοιχεία σε ταυτόχρονη απεικόνιση **μέρας, εβδομάδας**, **ώρας** και επιλεγμένης **μεταβλητής** από αυτές που έχουμε εισάγει στο αρχείο καιρού.

Με την έναρξη του προγράμματος Weather Tool έχουμε το εξής περιβάλλον εργασίας



Εικόνα 14 Περιβάλλον εργασίας Ecotect Weather Tool

Για την δημιουργία νέου αρχείου καιρού χρησιμοποιούμε την εντολή File – Open και από εκεί διαλέγουμε το αρχείο κειμένου που έχουμε δημιουργήσει από το Excel.

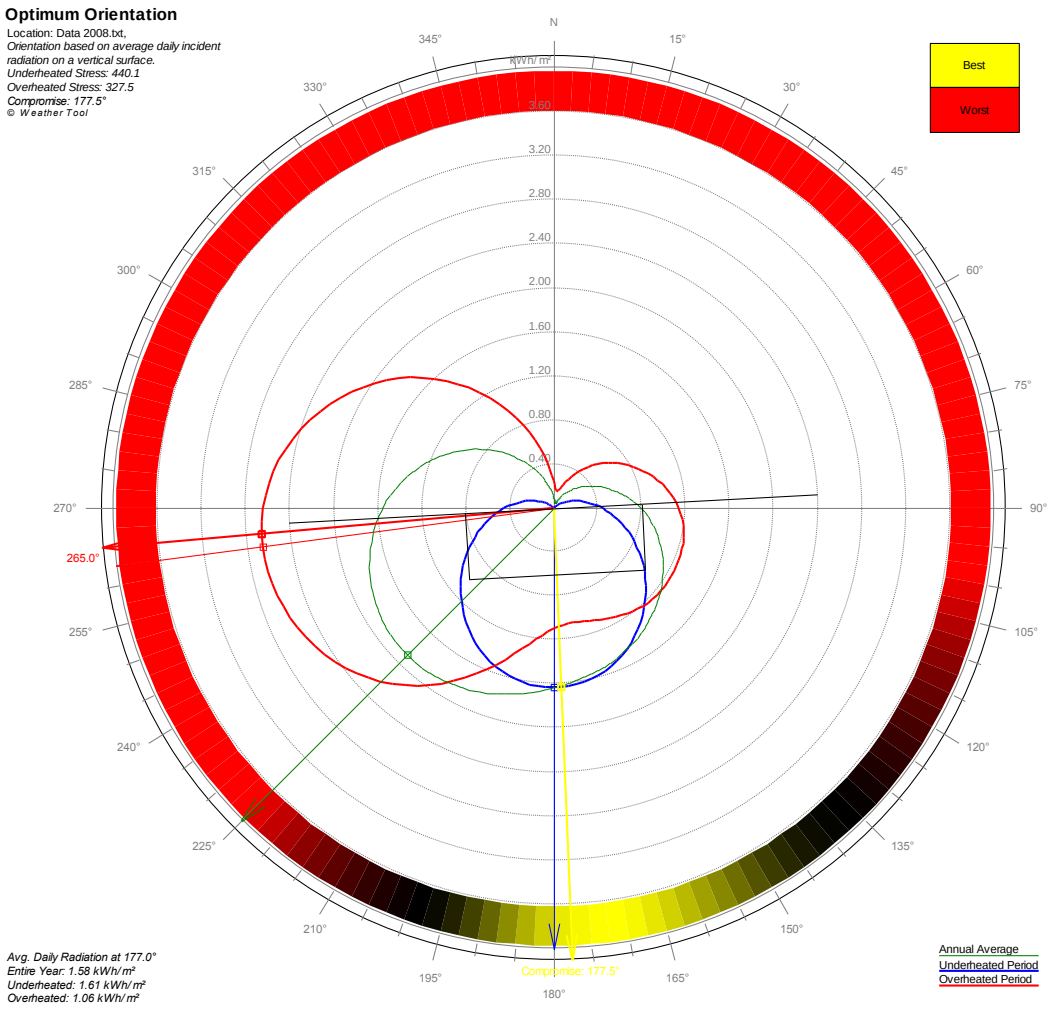


Εικόνα 15 Παράθυρο δημιουργίας νέου αρχείου

Το επόμενο βήμα είναι διακριτοποίηση των μεταβλητών στο πρόγραμμα. Δηλώνουμε το είδος της μεταβλητής και τις αντίστοιχες μονάδες για το κάθε ένα από τη στήλη Units.

Αφού δημιουργηθεί το αρχείο καιρού το επόμενο βήμα είναι να εισάγουμε τα γεωγραφικά δεδομένα στίγματος της περιοχής και ζώνης ώρας και αμέσως μπορούμε να εξάγουμε αρχικά συμπεράσματα από την τοποθεσία μας χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα.

Χρησιμοποιώντας την καρτέλα **Solar Position** και την εντολή **Best Orientation** το πρόγραμμα υπολογίζει τη βέλτιστη γωνία κλίσης ως προς το βορά σε ότι αφορά την ελαχιστοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι και τη μεγιστοποίηση της το χειμώνα.

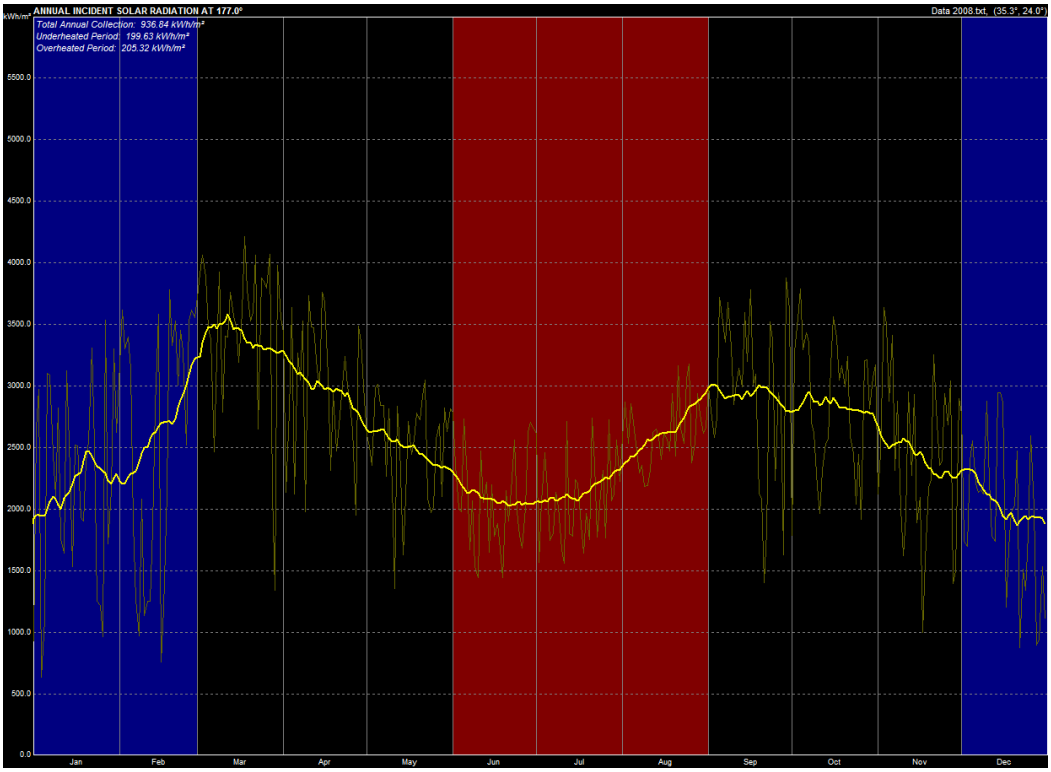


Γράφημα 1 Διάγραμμα προσδιορισμού βέλτιστης κλίσης στην χωροθέτηση

Η βέλτιστη κλίση, όπως προκύπτει και από το παραπάνω διάγραμμα, είναι στις 177,5^{o} (κίτρινο βέλος) από τη διεύθυνση του βορά ενώ η χειρότερη στις 265^{o} (κόκκινο βέλος). Έτσι έχουμε μια άμεση πληροφορία για το σχεδιασμό του χώρου τον οποίο θέλουμε να βελτιστοποιήσουμε καθώς και ένα βασικό κριτήριο σχεδιασμού

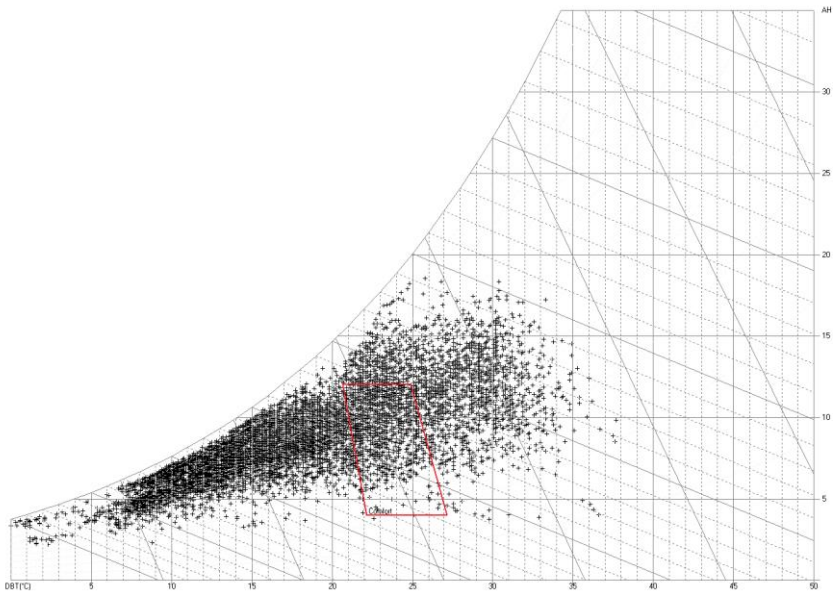
Επιπρόσθετα χρησιμοποιώντας την εντολή **Solar Radiation** μπορούμε να εξάγουμε αποτελέσματα για την ενέργεια που φτάνει στο συγκεκριμένο σημείο, για τα συγκεκριμένα μετεωρολογικά δεδομένα, από τον ήλιο σε όλη την διάρκεια του έτους (936 kWh/m^2).

Δευτερεύοντα στοιχεία επίσης δίνονται από το σύστημα όπως την ενέργεια που φτάνει την πιο ζεστή περίοδο του έτους (205,32 kWh/m^2) και την αντίστοιχη της πιο ψυχρής περιόδου του έτους (199,63 kWh/m^2).



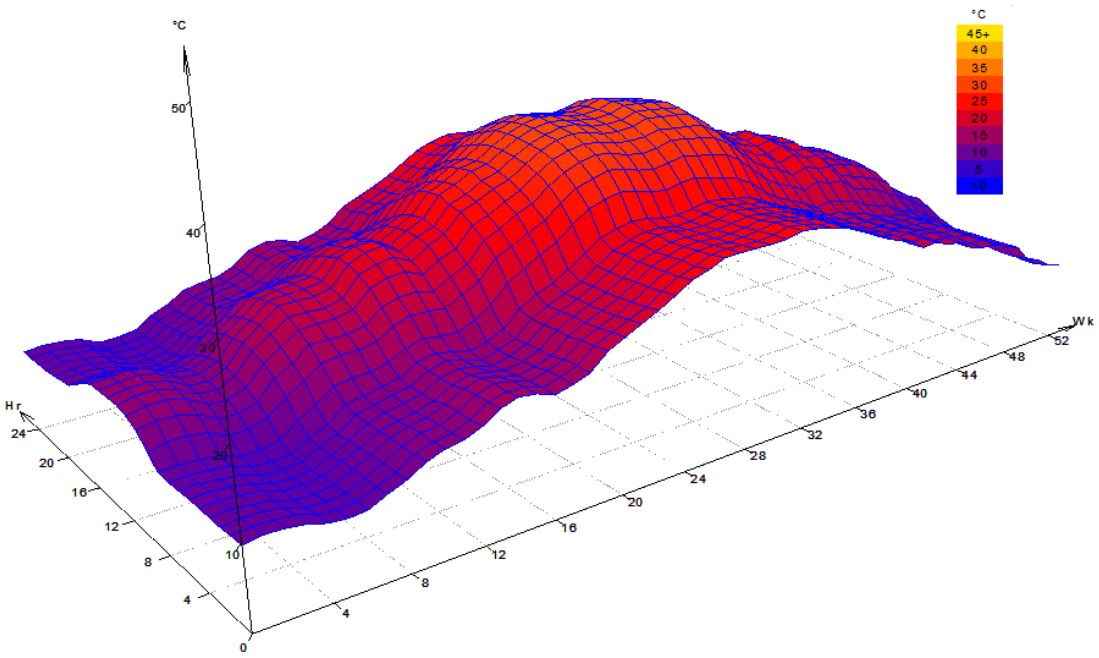
Γράφημα 2 Διάγραμμα συσχετισμού απευθείας ηλιακής ακτινοβολίας και χρόνου. (Οι μπλε και κόκκινες κάθετες στήλες δείχνουν αντίστοιχα τις ψυχρές και τις θερμές περιόδους του έτους)

Η επόμενη πληροφορία που μπορούμε να πάρουμε από το πρόγραμμα έχει σχέση με τις συνθήκες άνεσης στην περιοχή, δεδομένα θερμοκρασίας και υγρασίας σε διάγραμμα θερμικής άνεσης. Αυτό μας δίνει αμέσως μια εικόνα της **αξίας** του κλίματος στην περιοχή αυτή, αφού συσχετίζει την τιμή της **ωριαίας θερμοκρασίας** με το **ποσοστό της ωριαίας υγρασίας** και τις συγκρίνει με τις συνθήκες άνεσης (κόκκινο τετράπλευρο) .

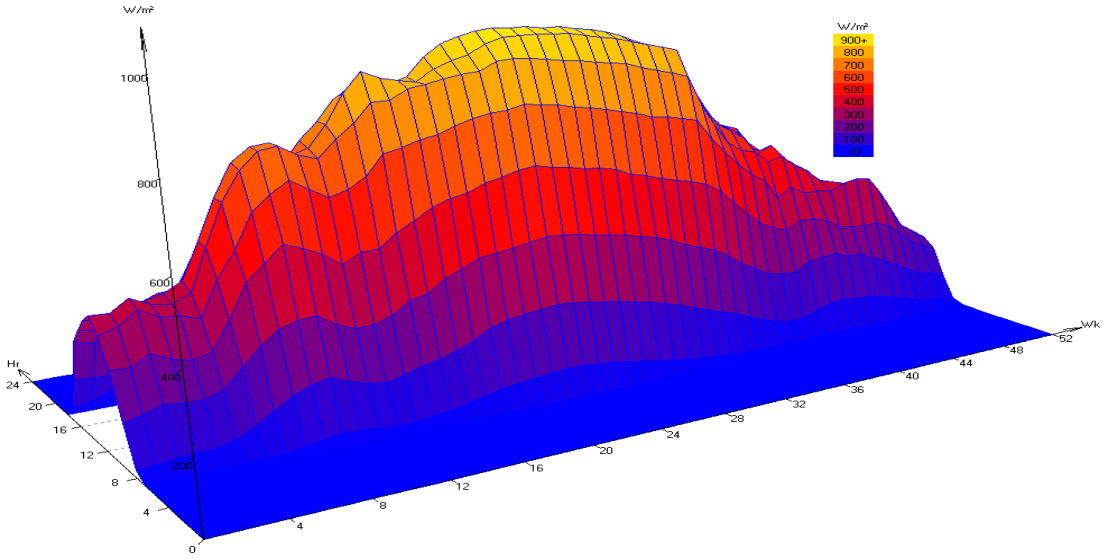


Γράφημα 3 Διάγραμμα θερμικής άνεσης για το έτος 2008

Τέλος σημαντικά συμπεράσματα και μια πολύ χρήσιμη οπτικοποίηση των δεδομένων μπορούμε να έχουμε από την καρτέλα **Weekly Data** αφού το πρόγραμμα δημιουργεί τρισδιάστατα γραφήματα με τιμές αξόνων την εβδομάδα του έτους, τις ώρες της αντίστοιχης ημέρας και την τιμή της μεταβλητής που μας ενδιαφέρει



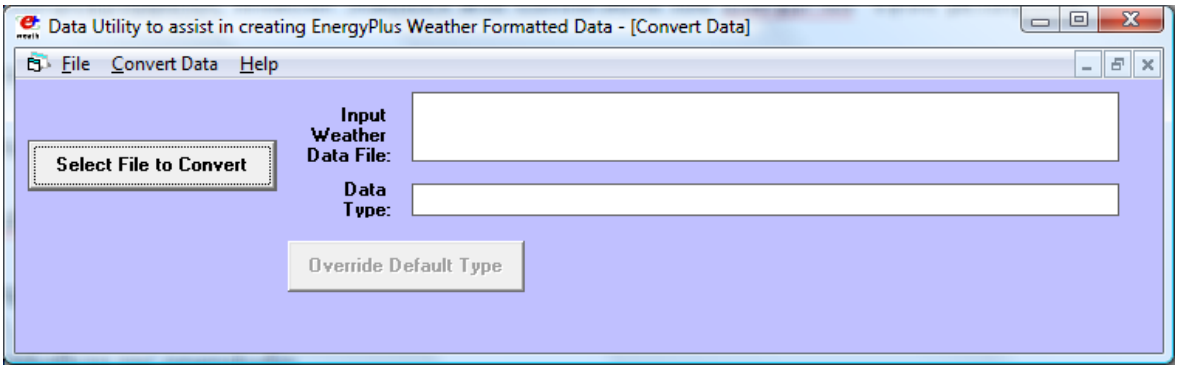
Εικόνα 16 Τρισδιάστατη απεικόνιση θερμοκρασίας Χανίων το έτος 2008 (Θερμοκρασία / Εβδομάδα / Ώρα)



Εικόνα 17 Τρισδιάστατη απεικόνιση ηλιακής ακτινοβολίας Χανίων το έτος 2008 (Ενέργεια / Εβδομάδα / Ώρα)

6.2 Σε περιβάλλον EnergyPlus

Για την μελέτη του χώρου και κατόπιν την σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ των δύο προγραμμάτων Ecotect-EnergyPlus έγινε προσπάθεια ώστε η μοντελοποίηση των χώρων και των συνθηκών να στηρίζεται σε **παρόμοιες καταστάσεις**. Έτσι μέσω του υποπρογράμματος Weather Statistics and Conversions του EnergyPlus έγινε μετατροπή του αρχείου Chania2008.wea που είχε δημιουργηθεί για το περιβάλλον του Ecotect σε μορφή συμβατή για το EnergyPlus (Chania2008.epw, και τα δύο αρχεία βρίσκονται στο ένθετο cd της μελέτης).



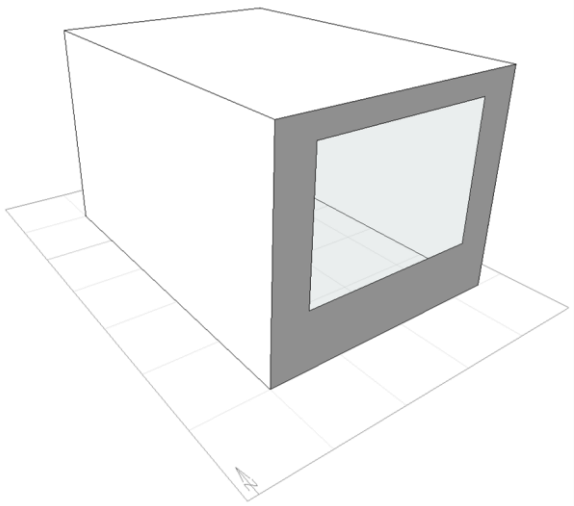
Εικόνα 18 Το υποπρόγραμμα μετατροπής των αρχείων καιρού

Κεφάλαιο 7. Χώρος

7.1 Χώροι γραφείων – Τυποποίηση χώρου μελέτης

Η ενεργειακή αποδοτικότητα ενός χώρου γραφείου είναι ένα αναγκαίο σχεδιαστικό κριτήριο. Οι μειωμένοι λογαριασμοί ρεύματος αλλά και ο ελάχιστος αντίκτυπος στο περιβάλλον από τη λειτουργία εσωτερικών χώρων , σχετίζονται και δεν είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους, αλλά το αποτέλεσμα τους, παρέχει ένα κτήριο το οποίο προσφέρει τα μέγιστα στους ανθρώπους που το λειτουργούν αλλά και στους ιδιοκτήτες και στον αστικό ιστό γενικότερα.

Ένας τυπικός ανεξάρτητος χώρος γραφείου όπως ορίζεται από τον Neufert [NEUFERT, 2000] για θέση προϊσταμένου πρέπει να είναι 15 – 25 m^2 , για καθιστική εργασία, και για πρόβλεψη επισκεπτών. Με αυτό το δεδομένο και κριτήρια εμπειρίας σε γραφεία του Ελληνικού χώρου επιλέχτηκε να μελετηθεί ως χώρος γραφείου, χώρος με διαστάσεις 3,50m (πλάτος) * 5m (μήκος) * 3m (ύψος), δηλαδή 17,50 m^2 ή 52,5m^3 .



Εικόνα 12 Τυπική δομή χώρου που χρησιμοποιήθηκε στην μοντελοποίηση

Οι 5 πλευρές αυτού του όγκου θεωρούνται θερμικά μη αγώγιμες αδιαβατικού τύπου ενώ δεν υπάρχει πουθενά άνοιγμα σε όλο τον όγκο. Η μια πλευρά αυτή που δηλαδή ανήκει στην όψη του κτηρίου έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και μόνο από αυτή επιτρέπεται να έχουμε μεταφορά και ροή ενέργειας (γκρι χρώμα) . Αυτό έγινε γιατί θεωρούμε πως ο χώρος αυτός ανήκει σε κτήριο με πολλά γραφεία και πως όλες οι πλευρές του ανήκουν στο εσωτερικό του κτηρίου πλην αυτής που ανήκει στην πρόσοψη. Στο τοίχο αυτό που ανήκει στην πρόσοψη έχουμε χαρακτηριστικά συμβατικής κατασκευής από σκυρόδεμα, τούβλο και μόνωση από πολυεστέρα.

Έτσι ως δεδομένα έχουμε ένα όγκο 52,5 m^3 με 5 αδιαβατικές πλευρές και μία πλευρά που έχει ρυθμό απορρόφησης (U-value) 1,77W/m^2K κι ρυθμό ανάκλασης 2,2W/m^2K. Στην πλευρά αυτή ανήκει και το παράθυρο το οποίο έχει διαστάσεις 1,9m x 2,5m.

Το άνοιγμα αυτό, το οποίο είναι και ο κύριος λόγος για την εισαγωγή θερμικής ενέργειας στο χώρο, θεωρείται κλειστό σε όλη τη διάρκεια του έτους και ο αερισμός του χώρου προέρχεται από ελεγχόμενο μηχανικό σύστημα εξαερισμού-κλιματισμού. Επίσης θεωρείται πως το γυαλί σαν υλικό έχει ρυθμό απορρόφησης 2,7 W/m^2K και ρυθμό εκπομπής 2,8 W/m^2K. Το τζάμι έχει βαθμό διαφάνειας 85% .

Ο χώρος αυτός έχει ορισθεί ότι βρίσκεται στο γεωμετρικό πλάτος και μήκος των Χανίων για τα κλιματολογικά δεδομένα των Χανίων με προσανατολισμό του ανοίγματός του (παράθυρο) προς τον νότο.

7.2 Θερμικό ισοζύγιο χώρου

Για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων των μοντέλων που θα παρουσιαστούν σε επόμενο κεφάλαιο για την ενεργειακή μελέτη του χώρου, κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν οι εξισώσεις που διέπουν την αρχή λειτουργίας των προγραμμάτων αυτών. Η περίπτωση του χώρου που εξετάζουμε είναι αρκετά απλή και θα αναλυθεί η περίπτωση μεταφοράς θερμικής ενέργειας μέσω τοίχου και μέσω υαλοπίνακα, τα 2 κύρια στοιχεία του χώρου μας, ενώ θα θεωρήσουμε ως σύνολο της ενέργειας που μπαίνει στον χώρο το άθροισμα τους.

Η ολική ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια επιφάνεια υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση, λαμβάνοντας υπ'όψη την άμεση, τη διάχυτη και την ακτινοβολία εδάφους και περιβάλλοντος. [ASHRAE, 1981]

$Io = Id + Is + Iα$, (W/m^2)

Η ακτινοβολία καθαρού ουρανού Ic που δέχεται μια επιφάνεια ορίζεται από τη σχέση :

$Ic = \frac{A}{e^{Bsin\ (\beta)}}$, (W/m^2)

Οι σταθερές Α και Β μεταβάλλονται εποχιακά σύμφωνα με τη γεωμετρία Γης - Ηλίου, την υγρασία και την καθαρότητα της ατμόσφαιρας [ASHRAE, 1981]. Η κάθετη συνιστώσα Id προκύπτει κατόπιν από τη σχέση:

Id = Ic cos(λ) [-π/2 < λ < π/2] , (W/m^2)

Στη συνέχεια ορίζονται η γωνία ηλιακού ύψους (β)

sin(β)=cos(l)cos(h)cos(d)+sin(l)sin(d)

και η γωνία ηλιακού αζιμουθίου (γ)

cos(γ) =[cos(l)sin(d)-sin(l)cos(h)cos(d)]/cos(β)

Για μια επιφάνεια με τυχαία κλίση (ϕ) η κάθετη συνιστώσα της έντασης της άμεσης ακτινοβολίας Id δίνεται από τη σχέση (3.3), όπου:

cos(λ)=cos(β)cos(δ)cos(ϕ)+sin(β)sin(ϕ)

με δ = γ-ε

Η ένταση διάχυτης ακτινοβολίας ορίζεται με την εξίσωση:

Is = C Ic Fs, (W/m^2)

Ο συντελεστής διάχυσης C καθορίζεται από την ατμόσφαιρα, αφορά ημέρες χωρίς νέφωση και μεταβάλλεται εποχιακά.

Σε ότι αφορά την ένταση ακτινοβολίας εδάφους - περιβάλλοντος, αυτή μπορεί να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες:

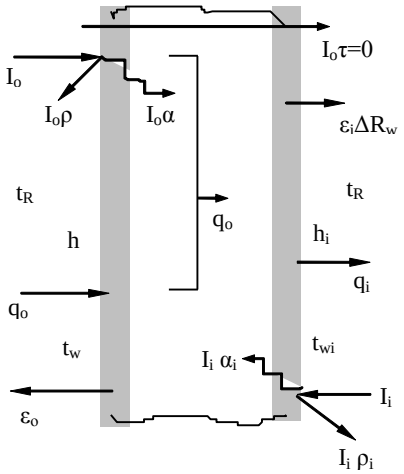
Iα = Ig + Ib

Η ένταση ακτινοβολίας γειτονικών κτιρίων (Ib) θεωρείτε αμελητέα στην περίπτωση μας ενώ η ένταση ακτινοβολίας εδάφους (Ig) δίνεται από τη σχέση :

$I_g = \rho_g I_C [C + \sin(\beta)] F_G$

7.2.1 Ροή ενέργειας μέσα σε τοίχο

Η προκαλούμενη από τα θερμικά κέρδη ηλιακής ακτινοβολίας και μεταφοράς ροή θερμότητας σε αδιαφανή δομικά στοιχεία απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα :



Εικόνα 19 Ροή θερμότητας σε σχηματική τομή τοίχου [ASHRAE,2001]

Ειδικότερα στην περίπτωση αδιαφανών δομικών στοιχείων (τ=0), το θερμικό κέρδος που διαπερνά την εξωτερική επιφάνεια είναι:

$q_{o1} = q_o + \alpha I_o - \varepsilon_o \Delta R_{wo} = h_o(t_e - t_{wo})$

όπου

- I_o Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, (W/m^2)
- α συντελεστής χρώματος υλικού
- ε_o απόδοση θερμικής μεταφοράς
- ΔR_{wo} διαφορά θερμικής αντίστασης υλικών, K/W

- $q_o = h_o(t_\alpha - t_{wo})$ το αισθητό θερμικό κέρδος
- h αγωγιμότητα, W/m^2K
- $t_e = t_\alpha - \frac{\alpha I_o}{h_o} - \frac{\varepsilon_o \Delta R_{wo}}{h_o}$, η ισοδύναμη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα που θα είχε την ίδια επίδραση στη ροή θερμότητας με το συνδυασμένο φαινόμενο της ακτινοβολίας και της μεταφοράς, όπως προκύπτει από την εξίσωση, ^oC

Ενδεικτικές τιμές των παραμέτρων που λαμβάνονται κατά την επίλυση των εξισώσεων είναι: α = 0.44 για ανοιχτόχρωμες και α=0.88 για σκουρόχρωμες επιφάνειες αντίστοιχα, h_o=20 W/m^2K, h_i=8.3 W/m^2K, $\varepsilon_o\Delta R_{wo}$ = 60 W/m^2 για οριζόντιες επιφάνειες (οροφές) και $\varepsilon_o\Delta R_{wo}$=0 για κατακόρυφες επιφάνειες (τοίχους). [Tzaxanis et al, 2006].

Η θερμότητα που διαρρέει ετεροχρονισμένα την εσωτερική επιφάνεια του τοίχου και αποτελεί το θερμικό κέρδος είναι σύμφωνα με την εικόνα 19

$q_i = h_i(t_{wi} - t_R) + \varepsilon_i\Delta R_{wi} < q_{o1}$

- όπου $\varepsilon_i\Delta R_{wi} \approx 0$.

Η θερμική αδράνεια των δομικών στοιχείων έχει σαν αποτέλεσμα να διαμορφώνεται τελικά μικρότερο φορτίο q_i από το εισερχόμενο θερμικό κέρδος q_{o1} και να εμφανίζεται με χρονική υστέρηση. Ο υπολογισμός τόσο της μεταβολής του φορτίου, όσο και της θερμοκρασίας twi ανάγεται στην επίλυση της διαφορικής εξίσωσης του Fourier για μονοδιάστατη μη μόνιμη αγωγιμότητα

$$\frac{\partial t}{\partial z} = \frac{\lambda}{pc}\frac{\partial^2 t}{\partial x^2}$$

Οι τιμές ρ, λ, c μεταβάλλονται σε μία ευρεία κλίμακα ανάλογα με το είδος των υλικών των στρωμάτων της κατασκευής.

Η επίλυση της εξίσωσης αυτής μας δίνει την εσωτερική θερμοκρασία του χώρου και η χρήση της γίνεται από κάθε πρόγραμμα μοντέλου υπολογιστή με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών.

7.2.2 Ροή ενέργειας μέσα σε διπλό υαλοπίνακα

Το θερμικό κέρδος προερχόμενο από διπλό υαλοπίνακα υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία της προσομοίωσης που προτείνεται από την ASHRAE και η οποία επιτρέπει την καταγραφή της ημερήσιας διακύμανσης της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας και της μεταφοράς στην επιφάνεια του υαλοπίνακα.

Το ολικό στιγμιαίο θερμικό κέρδος από τον υαλοπίνακα είναι:

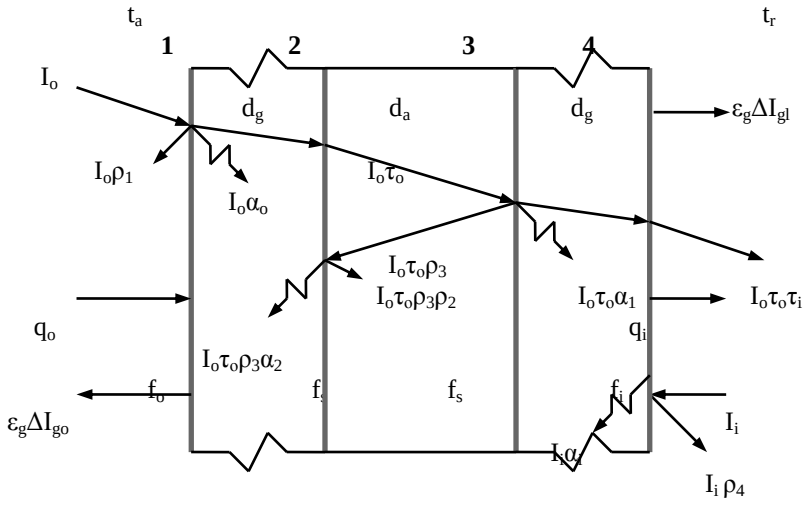
$q_l = q_o + q_c$

Για διπλό υαλοπίνακα, η προηγούμενη Εξίσωση μπορεί να γραφτεί:

$q_l = f_i(t_g - t_r) + I_o\tau + \sigma\varepsilon_g(T_g^4 - T_R^4)$

αφού έχουν γίνει οι παρακάτω παραδοχές:

- Θεωρούμε τη θερμοκρασία του γυαλιού σταθερή σε όλο το πάχος του
- Η θερμική αδράνεια του γυαλιού θεωρείται αμελητέα
- Το χρησιμοποιούμενο γυαλί είναι αδιαπέραστο από την ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος στις χαμηλές θερμοκρασίες, οπότε $\tau_i=0$.



Εικόνα 20 Ροή θερμότητας σε διπλό υαλοπίνακα [ASHRAE,2001]

Για τον υπολογισμό της μέσης θερμοκρασίας του γυαλιού t_g, το ισοζύγιο ενέργειας μεταξύ ηλιαζόμενου διπλού υαλοπίνακα και του περιβάλλοντος είναι, σύμφωνα με την Εικόνα 14

$q_o + I_o\alpha = q_l + \varepsilon g\Delta I_g$, το οποίο είναι ισοδύναμο με:

$f_o(t_a - t_g) + I_o\alpha = q_l + \sigma\varepsilon_g(T_g^4 - T_R^4)$

όπου

$q_I=U[\alpha_o I_o/f_o + \alpha i I_o(1/f_i+1/f_o)]+U(t_a-t_R)$

όπου ο ολικός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση:

$U=1/(1/f_o+2\delta_g/\lambda_g+2/f_s+\delta_\alpha/\lambda_\alpha+1/f_i)$

και

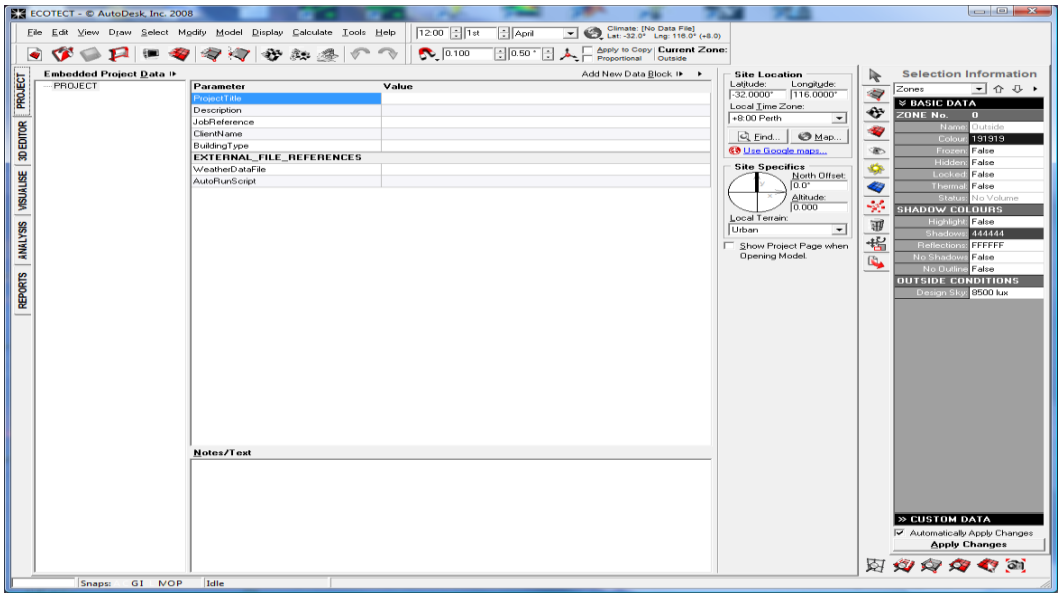
$\alpha_o = \alpha_1+\alpha_2(\tau_o \rho_3/1-\rho_2 \rho_3)$

$\alpha_i=\alpha_3 (\tau_o/1-\rho_2\rho_3)$

Όπου α_o, α_i είναι αντίστοιχα η απορρόφηση της εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας γυαλιού. Επιπλέον η διακύμανση των ηλιακών-οπτικών ιδιοτήτων (τ,α) του συνηθισμένου γυαλιού που χρησιμοποιείται στις κατασκευές, χωρίς επίστρωμα χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς λαμβάνοντας υπ' όψη τη γωνία πρόσπτωσης και το πάχος. Τέλος, ο συντελεστής ανάκλασης υπολογίζεται από την εξίσωση: $\rho=1-\tau-\alpha$. [Tzachanis et al, 2002]

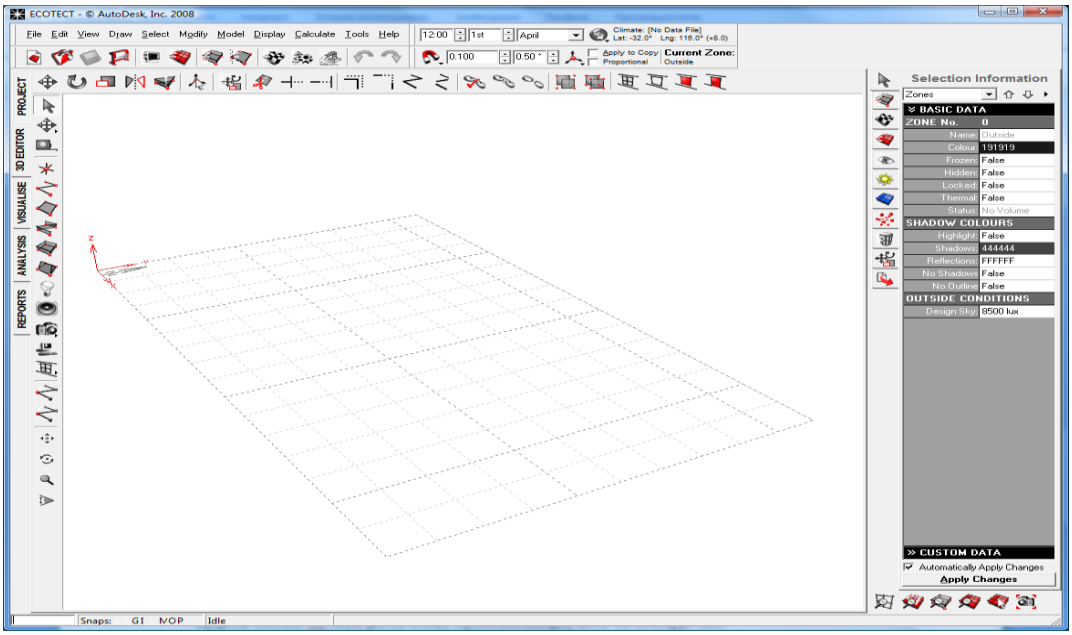
7.3 Μοντελοποίηση χώρου σε περιβάλλον Ecotect

Εκτελώντας το λειτουργικό Ecotect βρισκόμαστε αρχικά στην ακόλουθη καρτέλα εισαγωγής δεδομένων. Εδώ μπορούμε να εισάγουμε στοιχεία για την τοποθεσία του χώρου μας τον προσανατολισμό του σε σχέση με το βορά καθώς και το είδος του περιβάλλοντα χώρου στο οποίο θα σχεδιάσουμε τον υπό μελέτη χώρο.



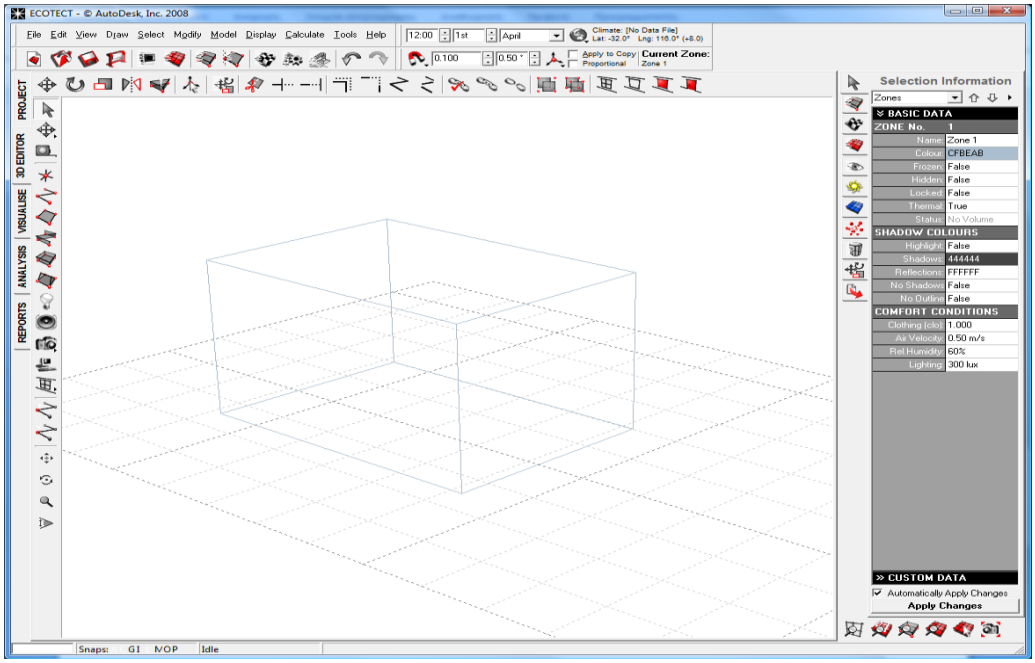
Εικόνα 21 Περιβάλλον Ecotect

Πηγαίνοντας στην επόμενη καρτέλα (3DEDITOR) βρισκόμαστε αμέσως σε περιβάλλον CAD οπού μπορούμε με κλασσικές εντολές σχεδιασμού CAD να σχεδιάσουμε το χώρο μας



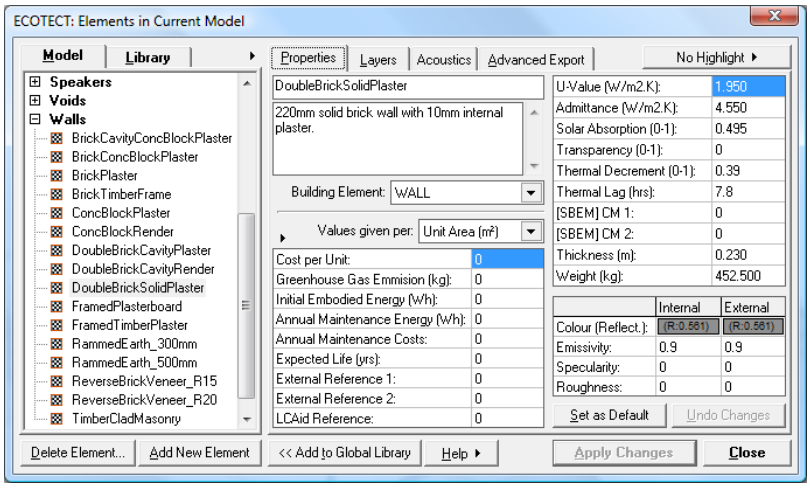
Εικόνα 22 Περιβάλλον σχεδιασμού CAD

Με την εντολή zone σχεδιάζουμε ένα χώρο 5,00m * 3,50m * 3,00m



Εικόνα 23 Δημιουργία όγκου

Και επιλέγοντας ένα από τα στοιχεία του μπορούμε να αλλάξουμε τις παραμετρικές του ιδιότητες από την καρτέλα Basic Selection – Primary material επιλέγοντας την εντολή properties.

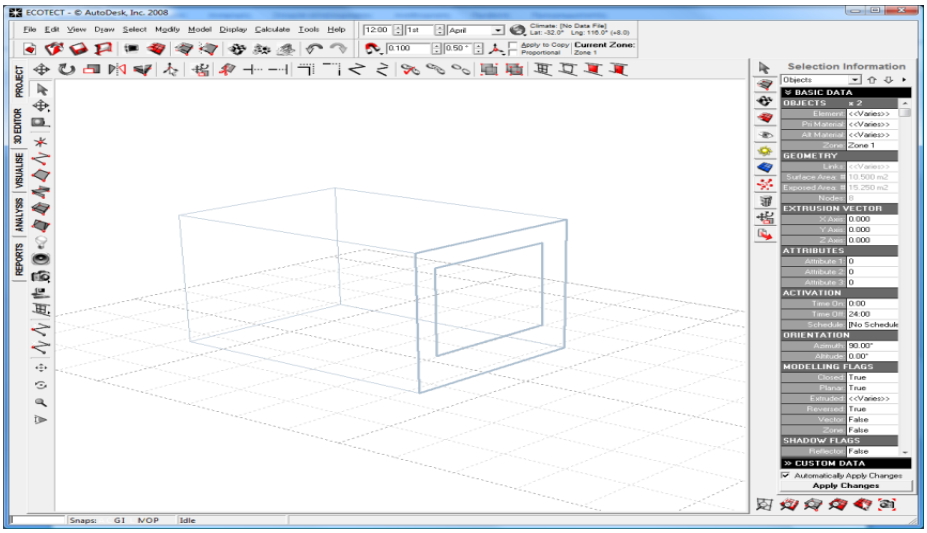


Εικόνα 24 Παράθυρο επιλογής υλικών

Σε αυτό το παράθυρο μπορούμε να δούμε τη βιβλιοθήκη των υλικών του προγράμματος ECOTECT καθώς και των πολυστρωματικών αντικειμένων όπως μια πόρτα ή ένας τοίχος και να φτιάξουμε αντίστοιχα τα δικά μας με την εισαγωγή δεδομένων για τη διαπερατότητα του υλικού μας, τη θερμική του αγωγιμότητα, την ανακλαστικότητα του κτλ.

Εκεί ορίζονται 5 κύρια υλικά με τις αντίστοιχες ιδιότητες τους: 1 Τούβλο, 2 Περιεχόμενος αέρας μέσα στον τοίχο, 3 Σοβάς, το υλικό του παραθύρου, και ένα υλικό που Void με ιδιότητες που τείνουν να προσομοιώσουν αδιαβατικό τοίχωμα. Στις ιδιότητες των υλικών εμπεριέχονται η σκληρότητα του υλικού, το πάχος του υλικού, η αγωγιμότητα, η πυκνότητα και η ειδική θερμότητα.

Επόμενο βήμα είναι να σχεδιάσουμε το παράθυρο. Σημαντικό είναι να ορίσουμε τον τοίχο στον οποίο θα ανήκει το παράθυρο. Συνεπώς σχεδιάζουμε ένα ορθογώνιο με διαστάσεις (2,50 m x 1,90 m) και απόστασης από την κορυφή του τοίχου 0,5 m κατά πλάτος και 0,3 m κατά ύψος.



Εικόνα 25 Δημιουργία παραθύρου

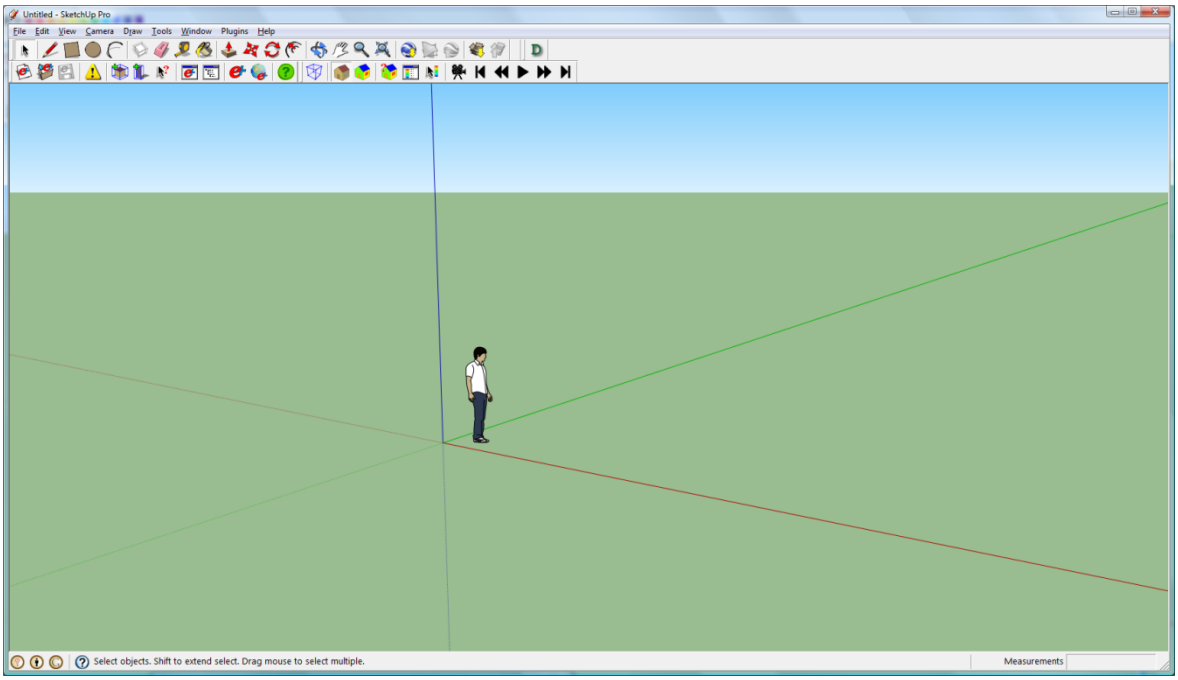
Στην συνέχεια έγινε μοντελοποίηση για κάθε σκίαστρο ξεχωριστά και ανάλυση με την εντολή analyze. Για την εύρεση των ενεργειακών κερδών και ενεργειακής ζήτησης του κτηρίου χρησιμοποιήθηκε σύστημα HVAC το οποίο έπρεπε να διατηρήσει την θερμοκρασία στο εσωτερικό του χώρου μεταξύ 18 -26 ^{o}C (συνθήκες άνεσης) και από αυτό είχαμε καταγραφή των αποτελεσμάτων.

7.4 Μοντελοποίηση χώρου και δεδομένων σε περιβάλλον EnergyPlus

Για την εισαγωγή της γεωμετρίας του χώρου στα αρχεία επιλέχτηκε το πρόγραμμα Sketchup το οποίο παρέχεται δωρεάν από την Google σε συνεργασία με το πρόσθετο της openstudio, το οποίο επιτρέπει την ενσωμάτωσης της γεωμετρίας σε αρχεία τύπου idf που μετά είναι προσπελάσιμα από το EnergyPlus.

Στην συνέχεια θα γίνει βήμα προς βήμα η μοντελοποίηση του χώρου χωρίς σκίαστρα, τόσο στην γεωμετρία όσο και στις συνθήκες ώστε να γίνει πιο κατανοητό και το πρόγραμμα αλλά και οι συνθήκες της μοντελοποίησης.

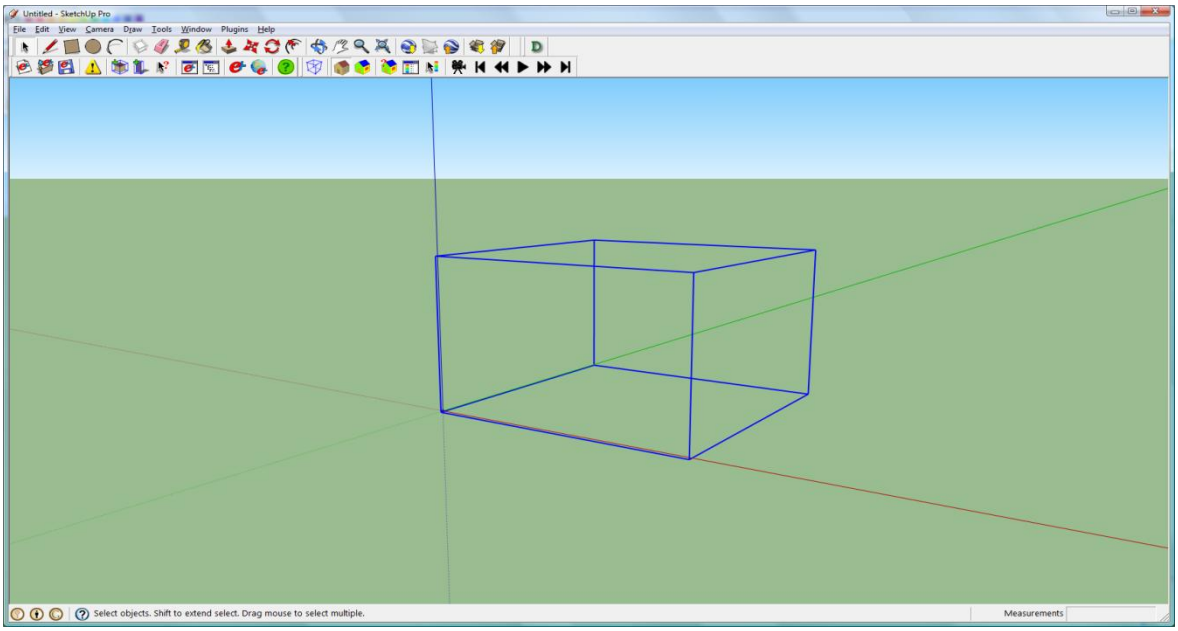
Εκτελώντας το πρόγραμμα Sketchup βλέπουμε την ακόλουθη εικόνα



Εικόνα 26 Το περιβάλλον Sketchup

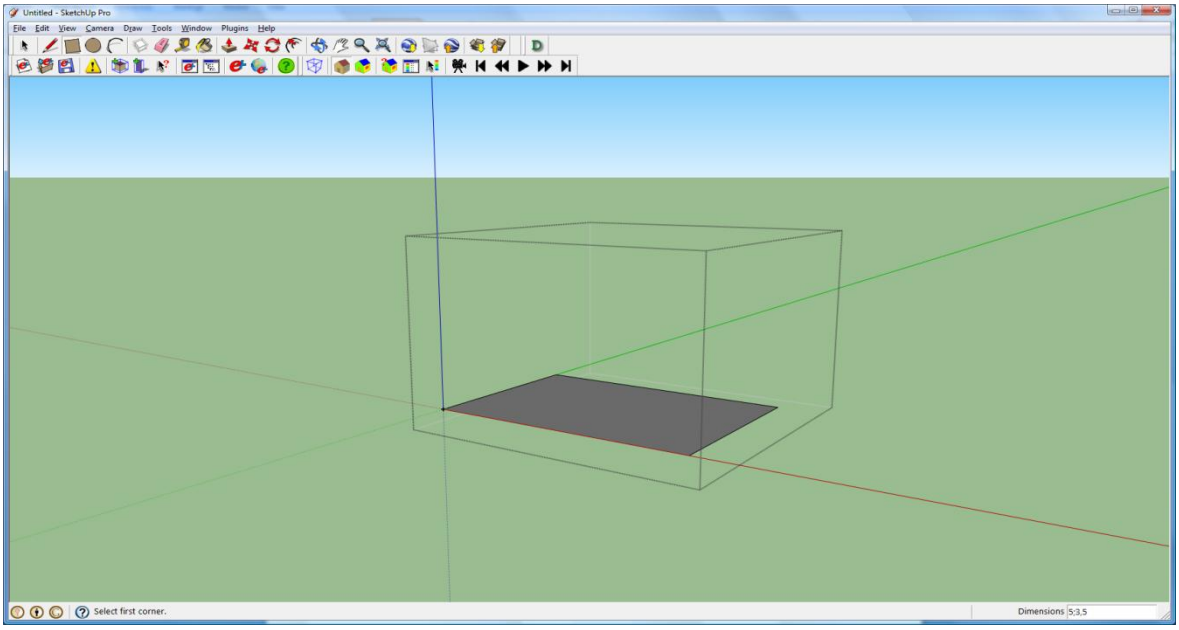
Η πρώτη μπάρα εργαλείων είναι του προγράμματος Sketchup ενώ η δεύτερη είναι του υποπρογράμματος openstudio οπού φαίνονται οι χαρακτηριστικές εντολές του προγράμματος, για την δημιουργία χώρων και όγκων για ενεργειακή ανάλυση.

Το αντικείμενο που απεικονίζεται στο κέντρο του χώρου (άνθρωπος) υπάρχει για να δίνει την αίσθηση κατά την δημιουργία όγκων της ανθρώπινης κλίμακας. Όμως επειδή δημιουργεί πολλές φορές προβλήματα κατά τη διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων συνίσταται η διαγραφή του. Επιλέγοντας το, το σβήνουμε για να συνεχίσουμε στη μοντελοποίηση του χώρου. Από τη μπάρα εντολών του **openstudio** επιλέγουμε την εντολή **New EnergyPlus Zone** οπού θα δημιουργήσουμε μια ζώνη η οποία έχει ιδιότητες ανταλλαγής θερμικής ενέργειας και ακτινοβολίας με τον περιβάλλοντα χώρο. Πατώντας στο συγκεκριμένο εικονίδιο εμφανίζεται μια ζώνη στο σημείο που επιλέγουμε στο χώρο.



Εικόνα 27 Δημιουργία ζώνης

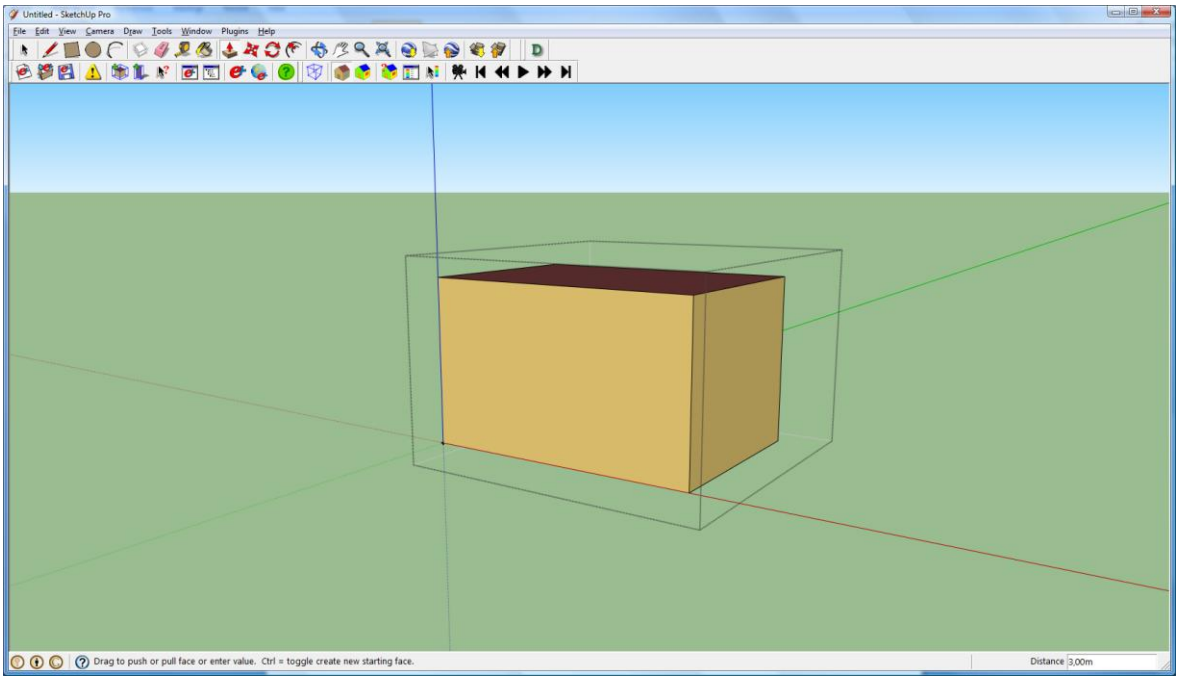
Στην συνέχεια με την εντολή του Sketchup – **Rectangle** δημιουργούμε μια επιφάνεια από την αρχή του όγκου αυτού με διαστάσεις 5,00m x 3,50m .



Εικόνα 28 Δημιουργία επιφάνειας

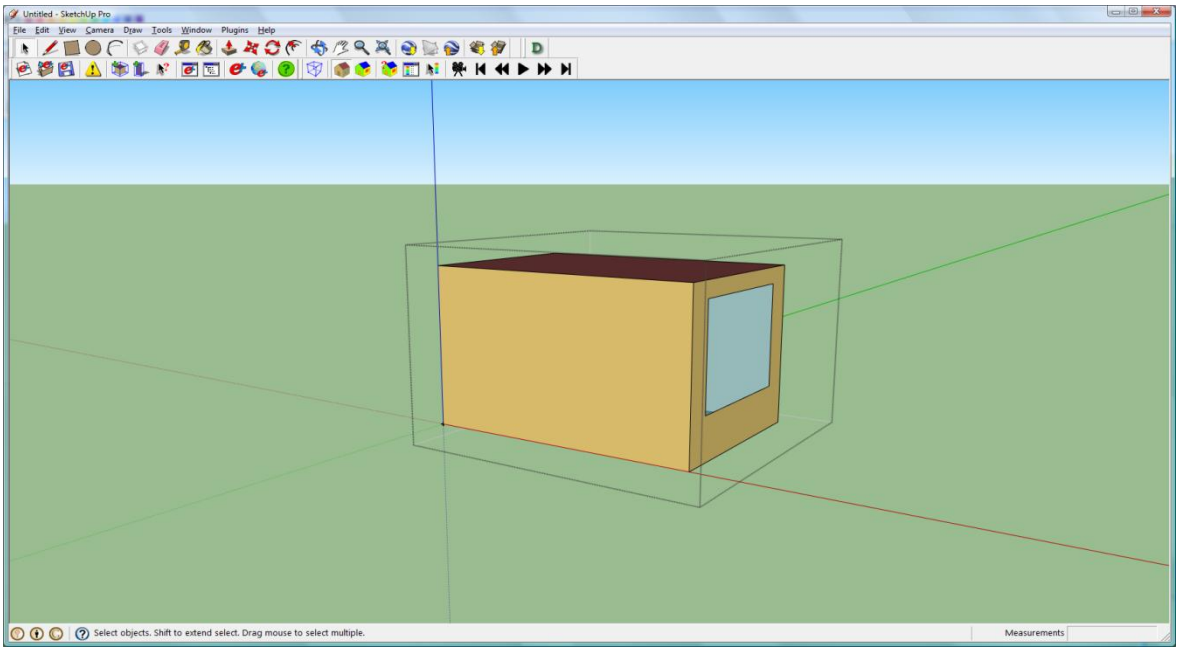
Στην συνέχεια με την εντολή **Push/Pull** δημιουργούμε όγκο από αυτή την επιφάνεια ύψους 3m. Ας σημειωθεί πως το πρόγραμμα δηλώνει αυτόματα τους τοίχους την οροφή και το

πάτωμα , καθώς και τις θερμικές ιδιότητες τους, οι οποίες όμως θα αλλάξουν ώστε τα υλικά να είναι ίδια και στα δύο προγράμματα.



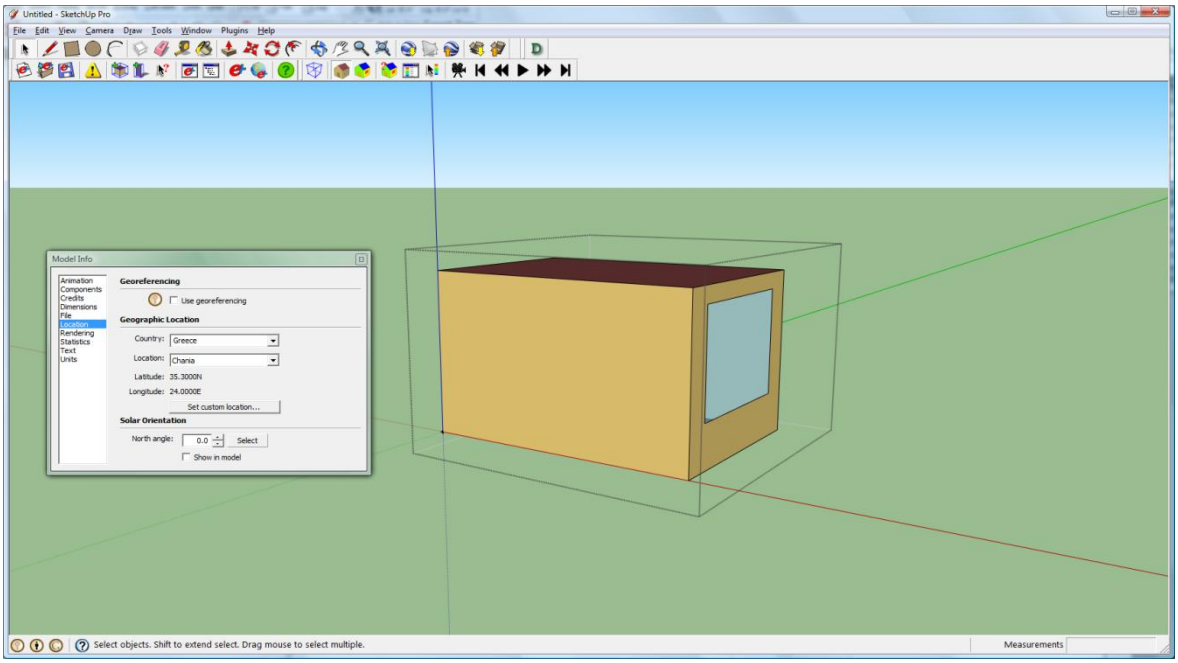
Εικόνα 29 Δημιουργία του όγκου

Όπως φαίνεται και από την εικόνα βλέπουμε τον όγκο του χώρου που θέλουμε να μελετήσουμε χωρίς όμως το άνοιγμά του. Το πρόγραμμα έχει καταλάβει αυτόματα που είναι οι τοίχοι (κίτρινο χρώμα) και που η οροφή (καφέ χρώμα). Για την προσθήκη του παραθύρου θα χρησιμοποιήσουμε πάλι την εντολή **Rectangle** στην πλευρά που θέλουμε να υπάρχει το παράθυρο διαστάσεων (2,50 m x 1,90 m) και απόστασης από την κορυφή του τοίχου 0,5 m κατά πλάτος και 0,3 m κατά ύψος



Εικόνα 30 Δημιουργία του χώρου

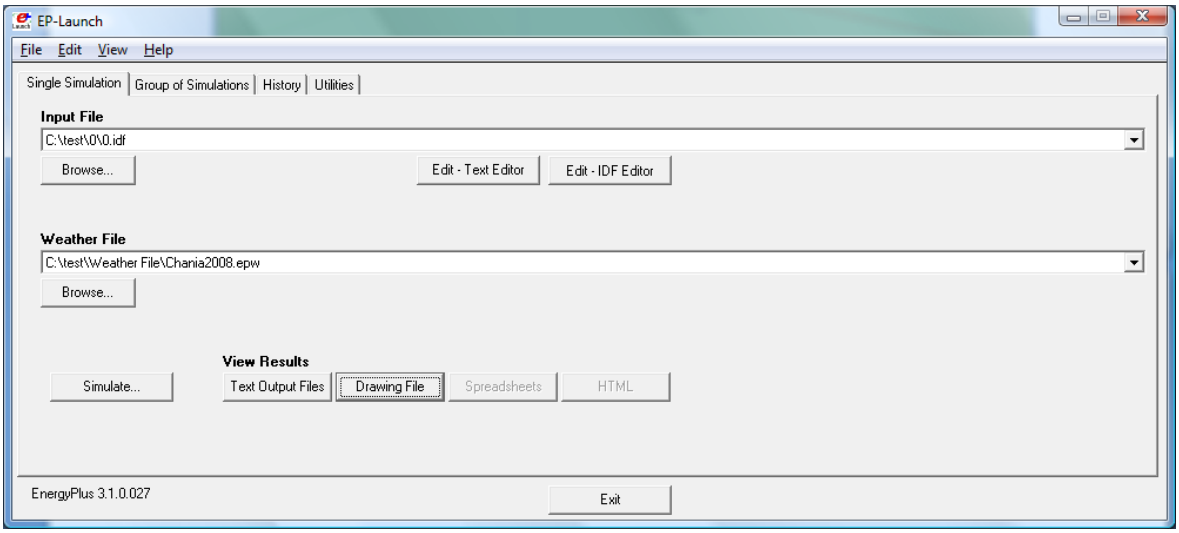
Στην συνέχεια πρέπει να δηλώσουμε ορισμένα δεδομένα για την τοποθεσία του χώρου καθώς και μερικών επιπλέον δεδομένων τα οποία μπορούν να δηλωθούν και πιο μετά . Στο περιβάλλον του Sketchup χρησιμοποιώντας την εντολή Model Info, δηλώνουμε την τοποθεσία του χώρου όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 31 Δήλωση τοπογραφικών δεδομένων

Το επόμενο βήμα είναι να μεταφερθούμε στο περιβάλλον του EnergyPlus. Έτσι αποθηκεύουμε το αρχείο σε φάκελο και ακολουθεί η εξής διαδικασία.

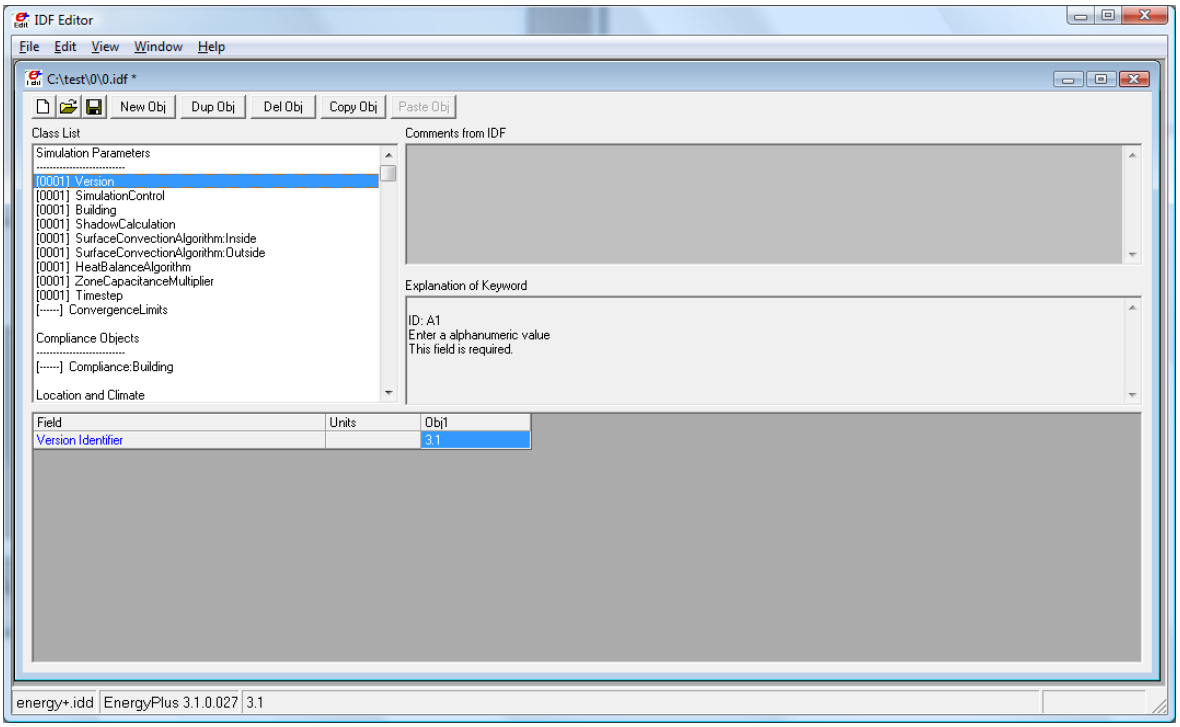
Αρχικά ανοίγουμε το πρόγραμμα EP-Launch και από εκεί φορτώνουμε το αρχείο idf που δημιουργήσαμε πριν από το περιβάλλον του EnergyPlus καθώς και το αρχείο καιρού που έχουμε μετατρέψει από το πρόγραμμα Ecotect.



Εικόνα 32 Το κεντρικό παράθυρο του Energy Plus

Το αρχείο που δημιουργήσαμε περιέχει μόνο δεδομένα γεωμετρίας γι' αυτό και αν τρέξουμε την ανάλυση θα μας παρέχει μόνο αποτελέσματα θερμοκρασιών στο χώρο που έχουμε δημιουργήσει και όχι κατανάλωσης ενέργειας για τη διατήρηση θερμοκρασίας 18 – 26 ^{o}C στο εσωτερικό του. Για να εισάγουμε αυτά τα δεδομένα μπορούμε, είτε να επεξεργαστούμε το αρχείο χρησιμοποιώντας επεξεργαστή κειμένου είτε μέσω ενός υποπρογράμματος που παρέχει το EnergyPlus. Έτσι εκτελώντας την εντολή Edit – IDF Editor ανοίγει το πρόγραμμα επεξεργασία του αρχείου που έχουμε δημιουργήσει, ώστε να εισάγουμε δεδομένα για τα υλικά μας, για την εγκατάσταση κλιματισμού θέρμανσης καθώς και των ατόμων που θα χρησιμοποιούν τον χώρο για να πάρουμε αποτελέσματα συνθηκών άνεσης.

Εκτελώντας τον IDF-Editor βλέπουμε την ακόλουθη φόρμα εισαγωγής δεδομένων

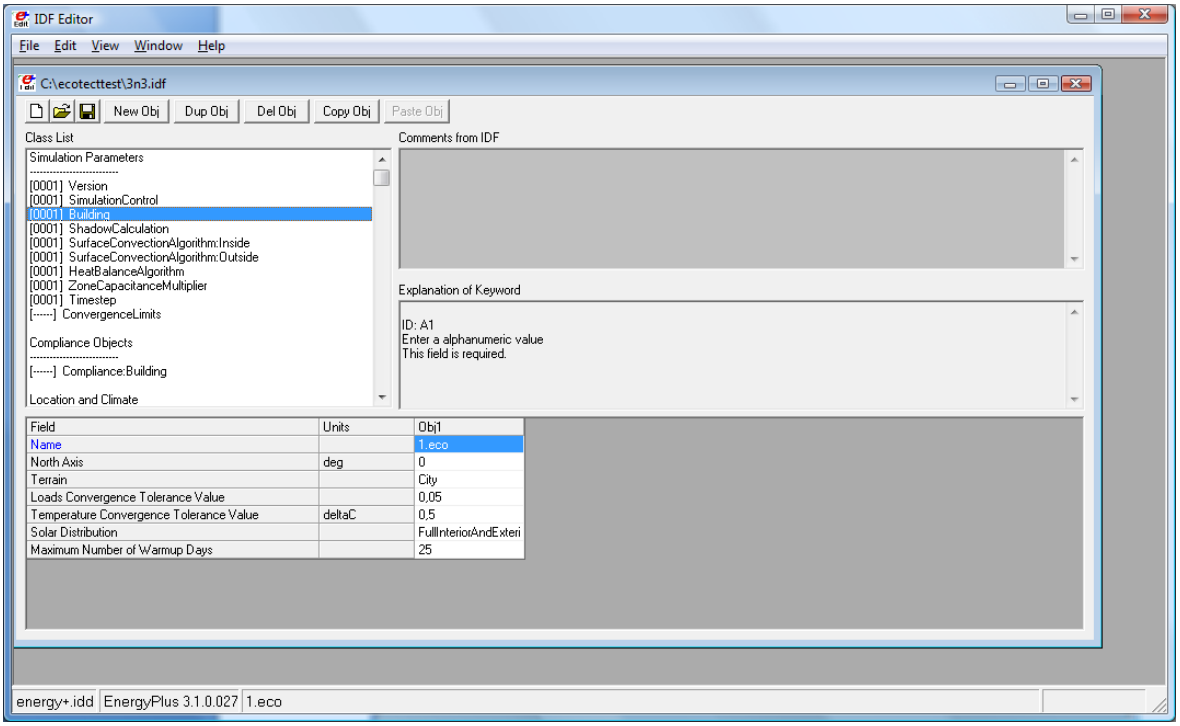


Εικόνα 33 Πρόγραμμα εισαγωγής δεδομένων

Επειδή χρησιμοποιήσαμε τα προγράμματα Sketchup και Openstudio πολλές από τις αρχικές παραμέτρους της προσομοίωσης του προγράμματος έχουν είδη εισαχθεί, όμως θα σχολιαστούν εκτενώς για την κατανόηση του προγράμματος.

Η πρώτη παράμετρος δηλώνει την έκδοση του προγράμματος που έχει προέλθει το αρχείο, στην οποία δηλώνουμε την παρούσα έκδοση που χρησιμοποιούμε (3.1). Η δεύτερη παράμετρος έχει να κάνει με γενικές συνθήκες για τον έλεγχο της προσομοίωσης όπως αν θα χρειαστεί το πρόγραμμα να κάνει έλεγχο των ζωνών ως προς την γεωμετρία τους , αν θα λάβει υπόψη την αύξηση των φυτών του περιβάλλοντα χώρου και άλλα πεδία επιλογών τύπου ναι ή όχι. Από αυτές τις επιλογές μας ενδιαφέρει μόνο η τελευταία η οποία λέγεται Run Simulation for Weather File Periods να είναι yes ούτος ώστε να γίνει η προσομοίωση με βάση τις περιόδους του αρχείου καιρού

Η τρίτη επιλογή παραμέτρων με την ονομασία Building έχει μεγαλύτερη σημασία και αυτό γιατί ορίζονται επιλογές σε σχέση με την τοπογραφία του χώρου που θέλουμε να μελετήσουμε



Εικόνα 34 Χωροθέτηση κατασκευής

Εκεί διαλέγουμε την απόκλιση που έχει ο βόρειος προσανατολισμός με το κτήριο μας. Για να έχουμε καλύτερη άποψη του προσανατολισμού μπορούμε να εγκαταστήσουμε ένα πρόγραμμα προβολής dxf αρχείων και να ζητήσουμε από το EnergyPlus να αναπαραγάγει τη γεωμετρία του αρχείου σε ένα τέτοιο αρχείο όπου εκεί θα δούμε και τον προσανατολισμό όπως θα δειχθεί αργότερα. Στη συνέχεια διαλέγουμε τον τύπο του περιβάλλοντα χώρου που βρίσκεται το κτήριο μας (στην παρούσα μελέτη έχει επιλεχθεί η παράμετρος city αφού πρόκειται για χώρο γραφείου). Παράλληλα, επιλέγουμε διάφορους τύπους ανοχής της σύγκλισης των φορτίων και της θερμοκρασίας στο χώρο καθώς και τον τύπο του υπολογισμού της διανομής της ηλιακής ακτινοβολίας που επιλέγουμε να γίνεται και εσωτερικά στο χώρο εκτός από εξωτερικά.

Το EnergyPlus είναι πρόγραμμα που διαθέτει πολλές παραμέτρους για θερμικές μελέτες χώρων κάτι που το καθιστά αρκετά αξιόπιστο, παρόλα αυτά επειδή η μελέτη αυτή δεν έχει να

κάνει με την προσέγγιση των θερμικών κερδών/απωλειών ενός κτηρίου αλλά με την σύγκριση απλών χώρων, όπου το μόνο που διαφοροποιείται είναι η σκίασή τους πολλές από αυτές τις παραμέτρους παραλείπονται ώστε να απλοποιηθεί η διαδικασία της μοντελοποίησης. Όμως, επειδή μας ενδιαφέρει να υπάρχει σύγκριση μεταξύ του προγράμματος Ecotect ενεργοποιούμε κριτήρια μοντελοποίησης, τα οποία δεν είναι απαραίτητα για την εξαγωγή αποτελεσμάτων από το πρόγραμμα. Τα κριτήρια αυτά διαπιστώθηκαν ύστερα από ανάλυση των ενεργών παραμέτρων αρχείου EnergyPus που προκύπτει από το Ecotect (Το Ecotect εξάγει αρχεία EnergyPlus για παλιές εκδόσεις του προγράμματος, τα οποία δεν λειτουργούν στην τρέχουσα έκδοση). Στην συνέχεια ενεργοποιήθηκαν οι παράμετροι και τροποποιήθηκε το αρχείο ώστε να είναι συμβατό με την τρέχουσα έκδοση.

Επόμενες παράμετροι λοιπόν είναι

Shadow Calculation-> Calculation frequency 14

Συχνότητα που θα υπολογίζει το πρόγραμμα τις σκιάσεις

Surface Convection algorithm inside -> Detailed

Αλγόριθμος υπολογισμού διάχυσης της θερμοκρασίας στον εσωτερικό χώρο

Surface Convection algorithm outside -> Detailed

Αλγόριθμος υπολογισμού διάχυσης της θερμοκρασίας στον εξωτερικό χώρο

Heat Balance Algorithm -> Conduction Transfer

Αλγόριθμος ισοζυγίου θερμότητας -> Μεταφορά μέσω διάχυσης

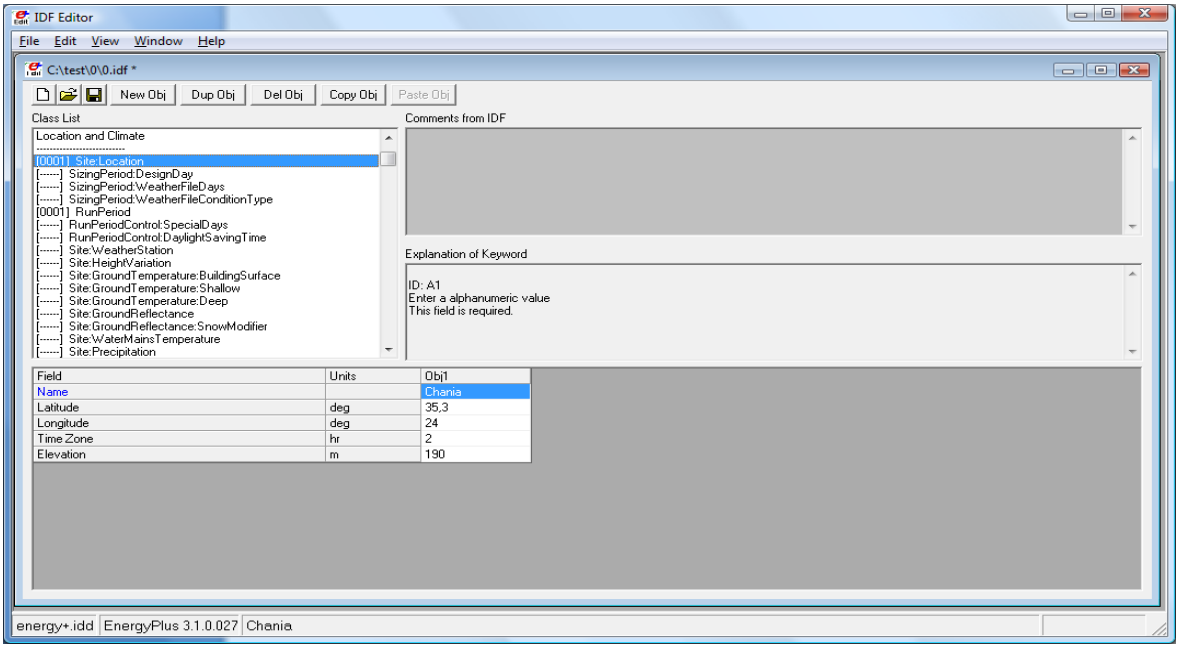
Zone Capacitance multiplier -> 1

Σταθερά ενεργειακής χωρητικότητας ζώνης

Timestep -> 6

Βήμα σε χρόνο μιας ώρας ελέγχου των ισοζυγίων

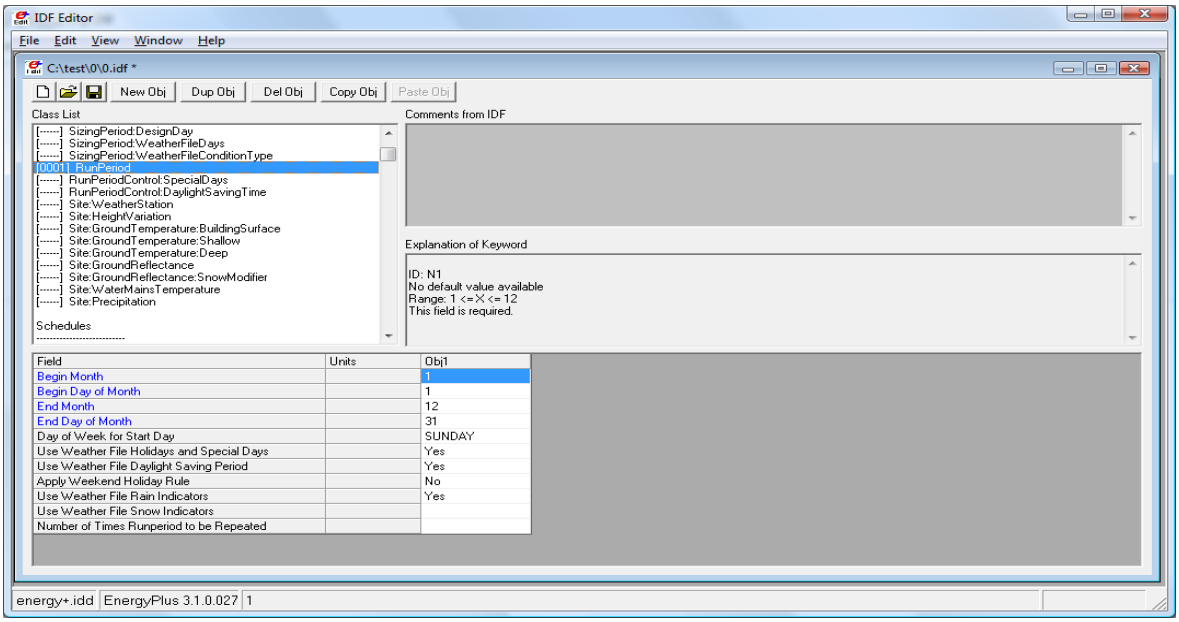
Επόμενη ομάδα παραμέτρων που μας ενδιαφέρει είναι η Location and Climate



Εικόνα 35 Εισαγωγή τοπογραφικών δεδομένων

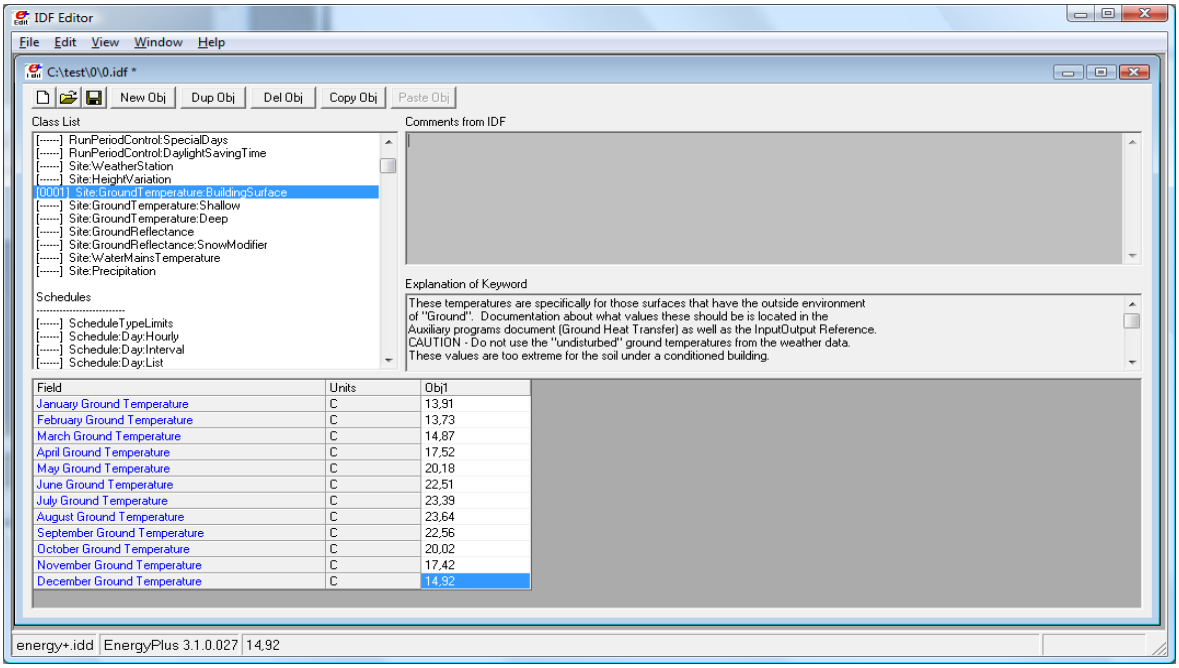
Από εκεί βλέπουμε πως είναι ήδη ορισμένες οι παράμετροι του ονόματος της τοποθεσίας καθώς και το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της περιοχής αλλά και της ζώνης ώρας και του υψομέτρου από δεδομένα του αρχείου καιρού.

Επόμενη παράμετρος που πρέπει να δηλώσουμε είναι ποια μέρα του έτους πρέπει να ξεκινήσει το EnergyPlus να κάνει υπολογισμούς.



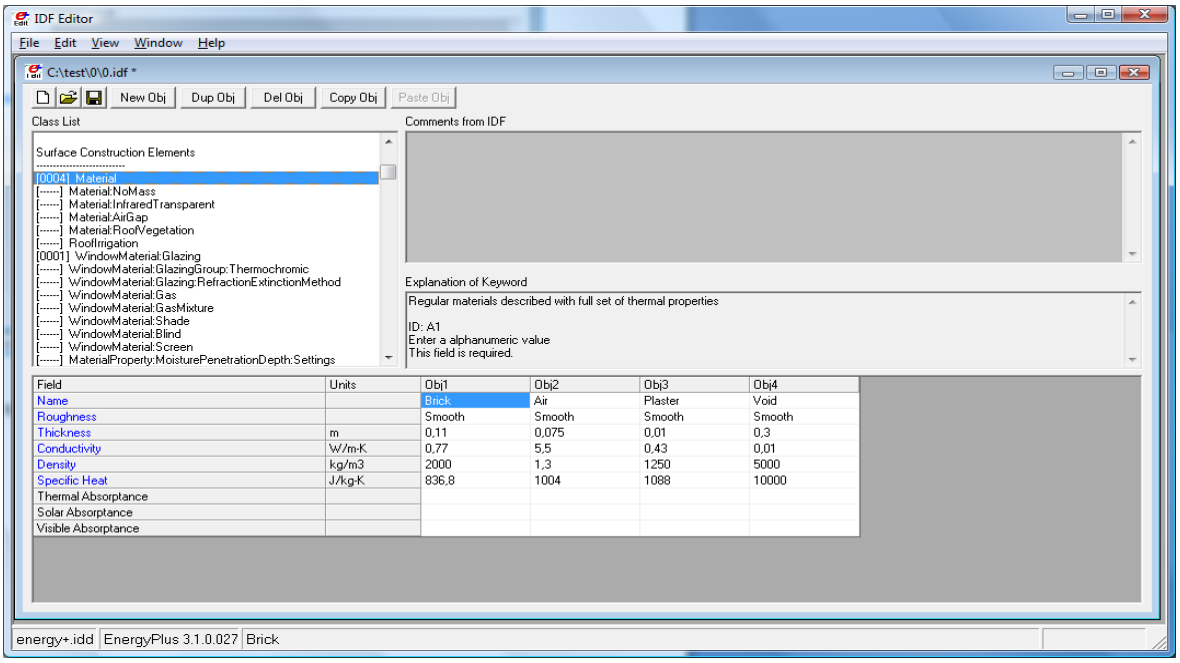
Εικόνα 36 Εισαγωγή αρχικής - τελικής ημέρας και μήνα

Στην ίδια ομάδα παραμέτρων πρέπει να εισαχθούν οι μέσες θερμοκρασίες εδάφους κάθε μήνα του έτους. Στην καρτέλα Site Ground Temperature : Building Surface εισάγονται οι ακόλουθες τιμές



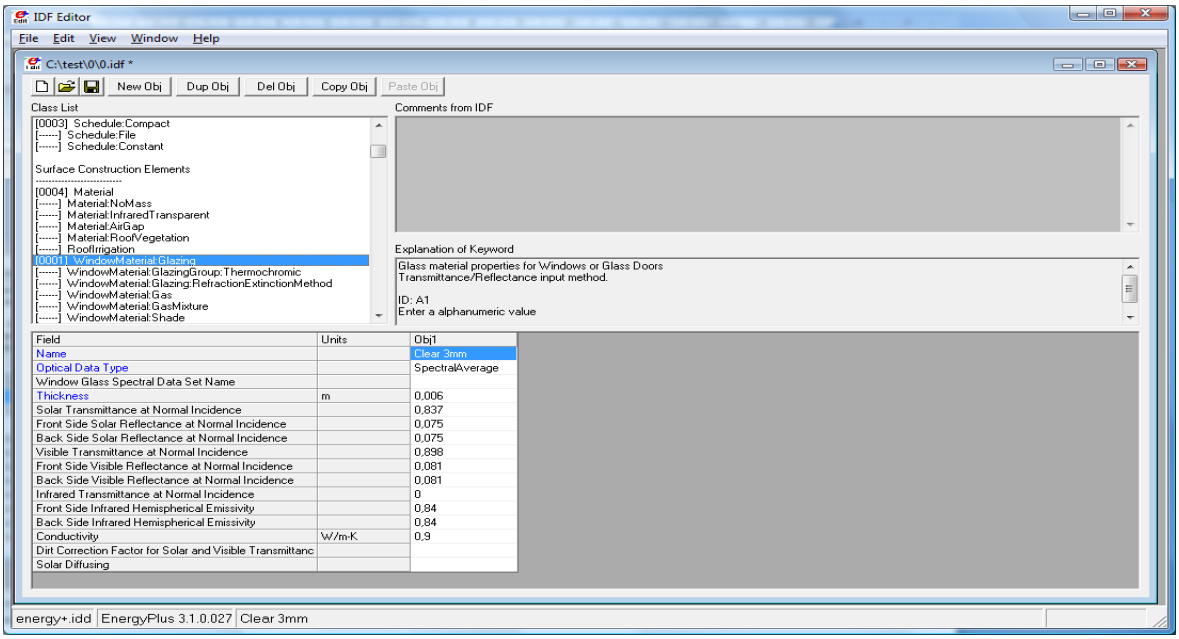
Εικόνα 37 Μέσες θερμοκρασίες εδάφους κάθε μήνα

Επόμενο βήμα είναι να ορίσουμε τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στο χώρο



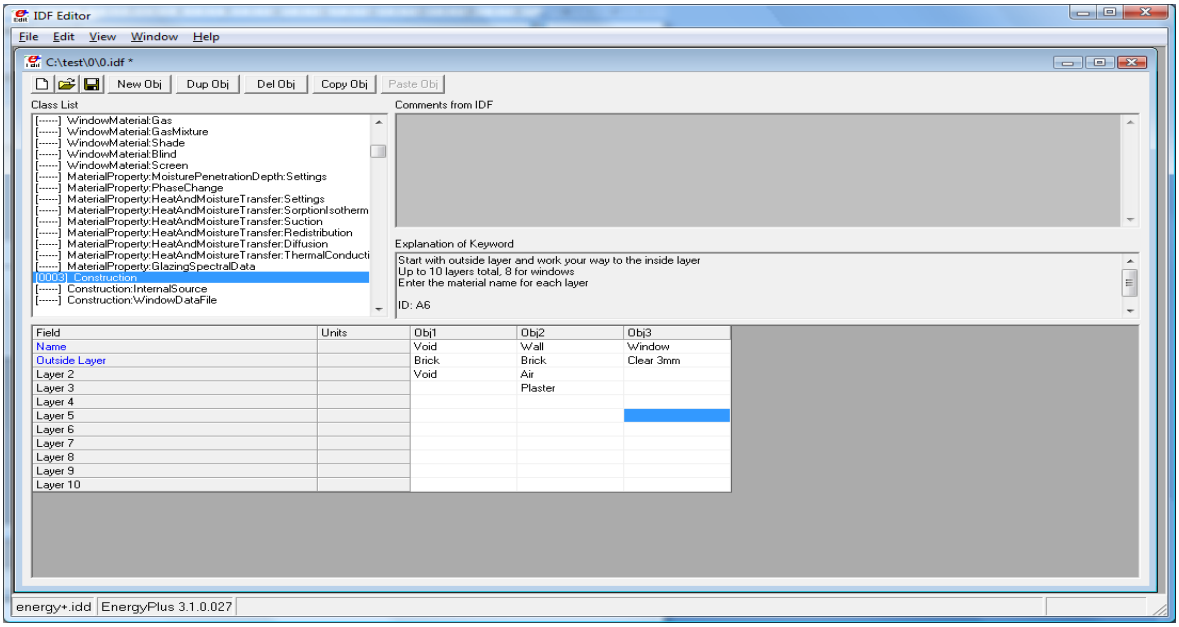
Εικόνα 38 Ορισμός των υλικών και των ιδιοτήτων τους

Όπως φαίνεται και από την εικόνα 38 ορίζονται 4 κύρια υλικά με τις αντίστοιχες ιδιότητες τους. 1 Τούβλο, 2 Περιεχόμενος αέρας μέσα στον τοίχο, 3 Σοβάς , και ένα υλικό void με ιδιότητες που τείνουν να προσομοιώσουν αδιαβατικό τοίχωμα. Στις ιδιότητες των υλικών εμπεριέχονται η Σκληρότητα του υλικού, το πάχος του υλικού, η αγωγιμότητα, η πυκνότητα και η ειδική θερμότητα. Το υλικό του παραθύρου εισάγεται σε ξεχωριστή παράμετρο που λέγεται Window Material Glazing.



Εικόνα 39 Ορισμός υλικού παραθύρου

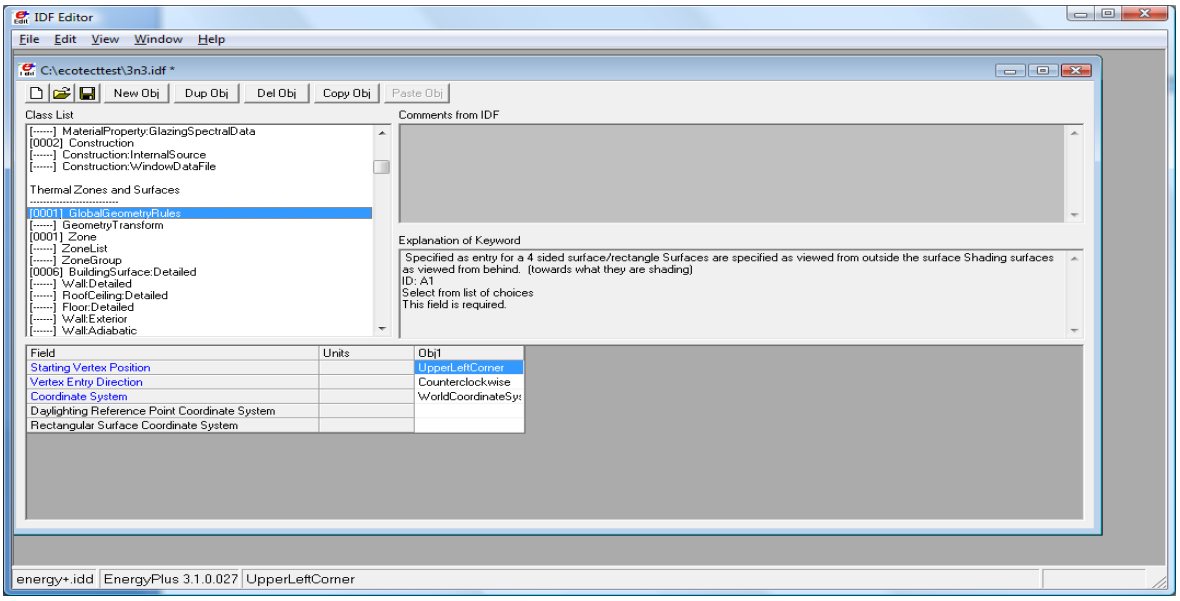
Το επόμενο βήμα είναι να ορίσουμε την δομή των κατασκευαστικών στοιχείων των επιφανειών του χώρου.



Εικόνα 40 Σύνθεση αντικειμένων από πολλαπλά υλικά

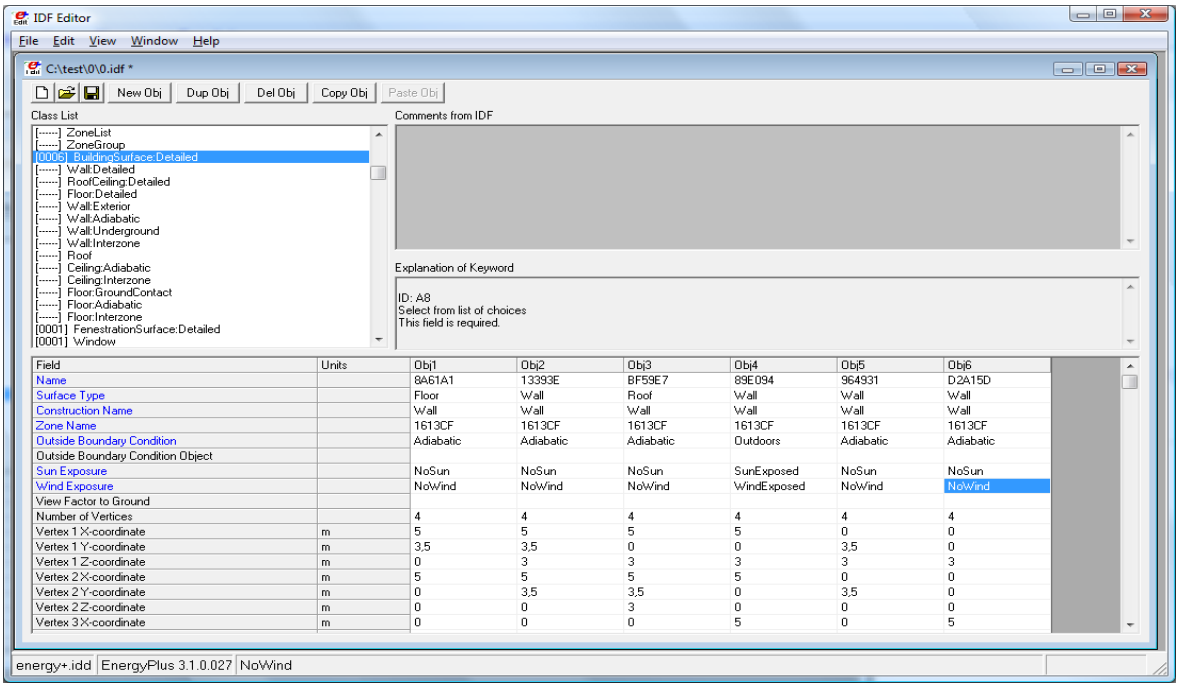
Ορίζονται 2 διαφορετικές επιφάνειες. Μια για τους τοίχους με υλικά τούβλο, κενό αέρα, μόνωση και σοβάς και μια για το παράθυρο. Μετά θα συνδέσουμε τα υλικά αυτά με τη γεωμετρία που έχει είδη παραχθεί από το Sketchup. Επόμενο βήμα είναι να ορίσουμε την

καρτέλα Global Geometry Rules, στην ομάδα επιλογών Thermal Zones and Surfaces τις επιλογές που φαίνονται στην εικόνα 41.



Εικόνα 41 Ορισμός καθολικού συστήματος αναφοράς της διεύθυνσης.

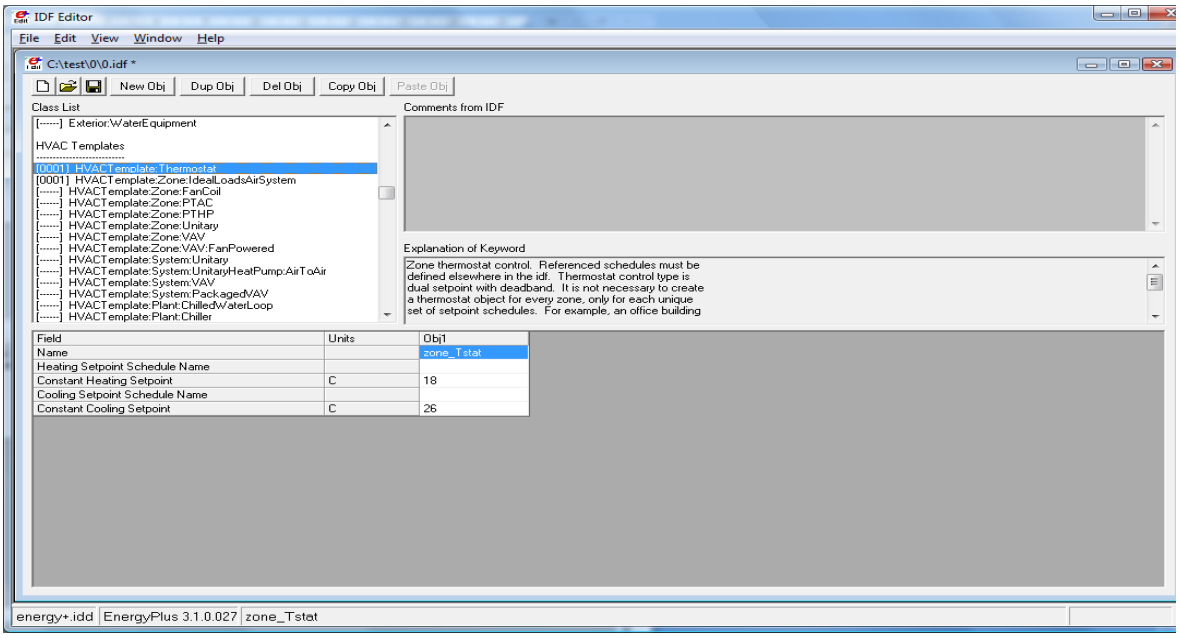
Αυτές οι επιλογές έχουν σχέση με τον τρόπο που θα αντιμετωπίσει τη γεωμετρία το πρόγραμμα, καθώς και που θα βρίσκεται το αρχικό σημείο κάθε επιφάνειας και τι σύστημα συντεταγμένων θα ακολουθήσει για τον υπολογισμό των όγκων . Μετά στην καρτέλα Zone ορίζουμε το όνομα της ζώνης, το αρχικό σημείο της ζώνης , το ύψος της και τον όγκο της. Αν και αυτές οι τιμές θα μπορούσαν να υπολογιστούν αυτόματα από το πρόγραμμα θέτοντας τες εδώ μειώνουμε το χρόνο υπολογισμού και τα περιθώρια εμφάνισης λάθους.



Εικόνα 42 Καρτέλα γεωμετρίας του χώρου.

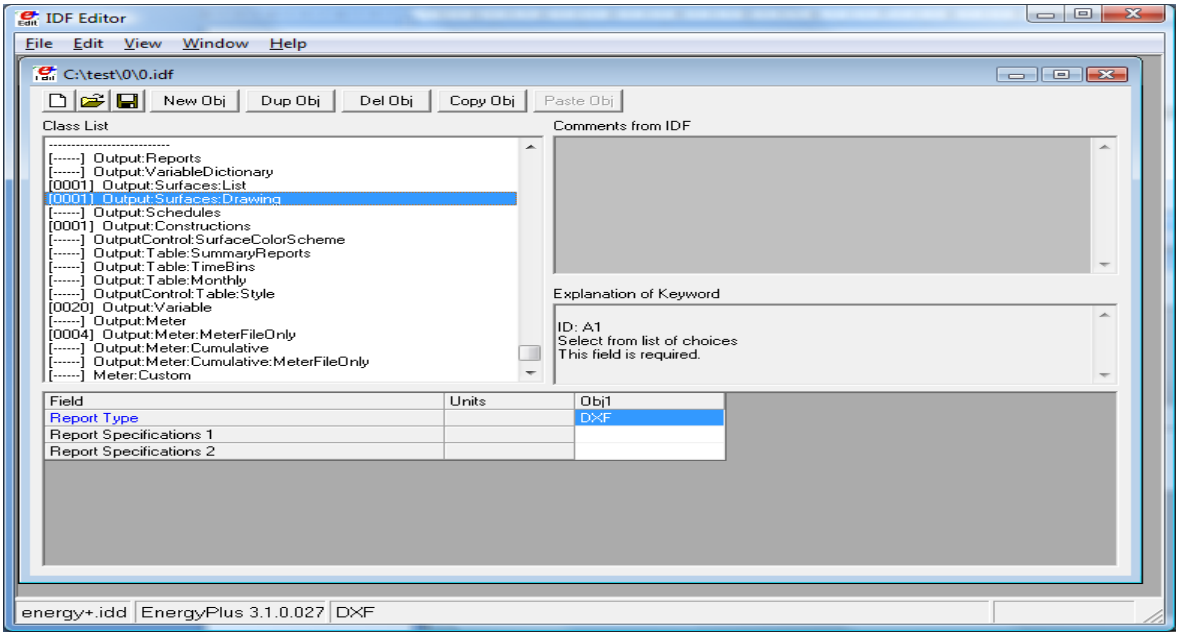
Πηγαίνοντας στο πεδίο Building Surface Detailed βλέπουμε τη γεωμετρία του χώρου αναλυτικά καθώς και τις διάφορες επιφάνειες που τον απαρτίζουν. Στο περιβάλλον Energy Plus δε χρειάζεται να ορίσουμε τις επιφάνειες αδιαβατικές, αφού υπάρχει η επιλογή να θεωρήσουμε τις επιφάνειες του χώρου μας χωρίς επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και του αέρα. Γεγονός που προσομοιώνει καλύτερα τις συνθήκες εσωτερικού χώρου που θέλουμε.

Το τελευταίο που πρέπει να ορίσουμε είναι το σύστημα θέρμανση ψύξης από την καρτέλα HVAC templates

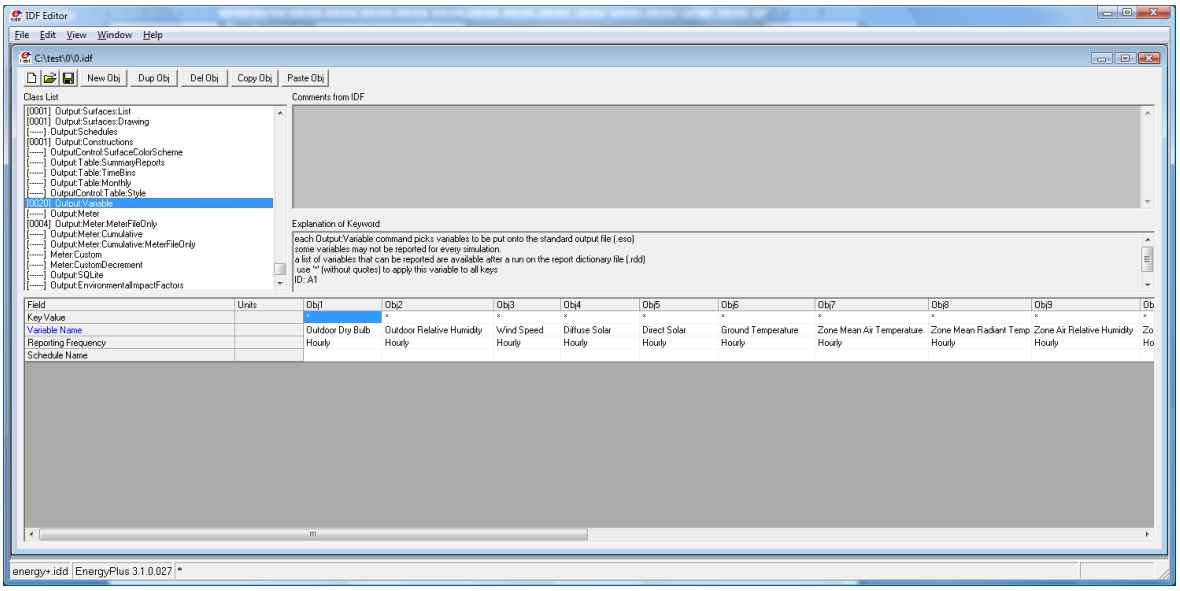


Εικόνα 43 Σε αυτό το πεδίο δηλώνουμε τις θερμοκρασίες "όρια" για τις οποίες θα λειτουργεί το σύστημα HVAC.

Εκεί ορίζουμε και το θερμοστάτη του συστήματος ώστε ο χώρος να διατηρεί συνέχεια τις συνθήκες που θέλουμε. Τέλος, πρέπει να δηλώσουμε τι θέλουμε να μας υπολογίσει το πρόγραμμα. Στην καρτέλα Output δηλώνουμε τα εξής (εικόνα 39,40).



Εικόνα 44 Με αυτή την εντολή το πρόγραμμα μας εξάγει αρχείο CAD που περιέχει τις πληροφορίες της γεωμετρίας του αρχείου ώστε να την επιβεβαιώσουμε.



Εικόνα 45 Δήλωση των μεταβλητών που θέλουμε να μας υπολογίσει το πρόγραμμα.

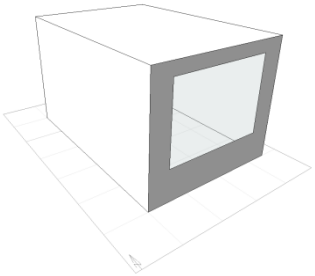
Κεφάλαιο 8. Αποτελέσματα

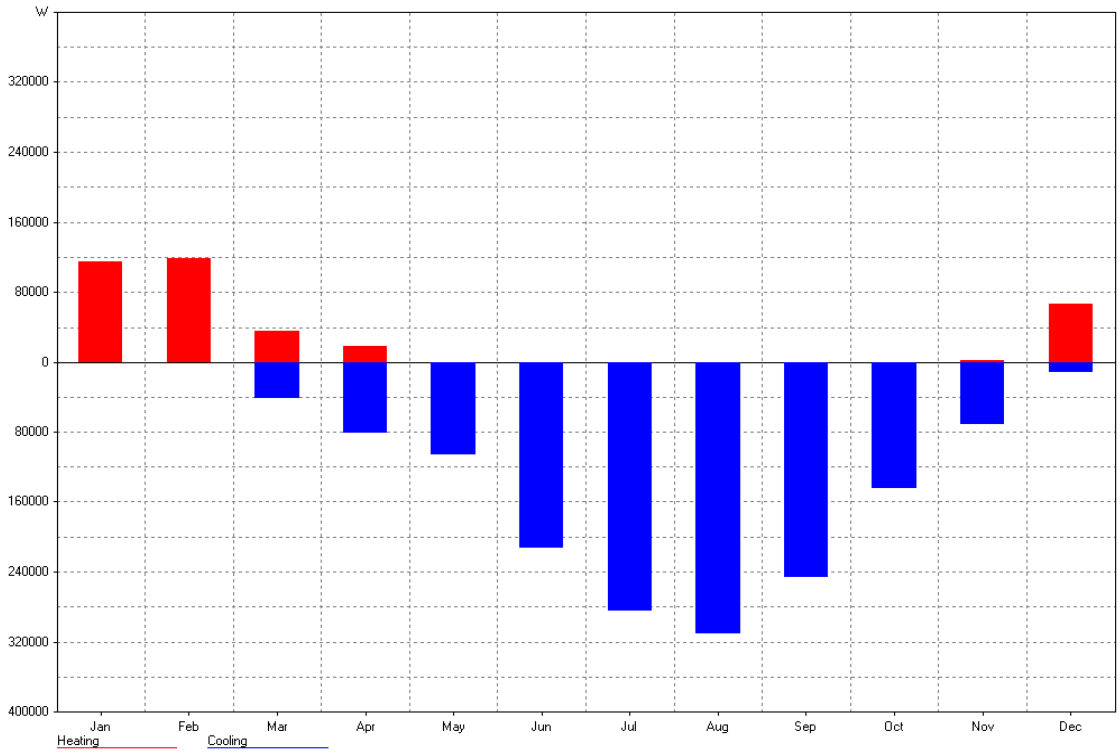
8.1 Ενεργειακές ανάγκες χώρου υπό την επίδραση των σκιάστρων (Ecotect)

Ακολουθεί ο υπολογισμός της ενεργειακής ζήτησης του χώρου κάτω από την επίδραση των διάφορων σκιάστρων για όλο τον χρόνο.

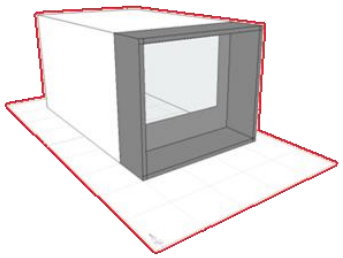
Zone: 0 (Χώρος χωρίς σκίαστρα)

Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	114778	0	114778
Φεβρουάριος	118822	0	118822
Μάρτιος	36308	42032	78340
Απρίλιος	18961	81032	99993
Μάιος	570	106124	106694
Ιούνιος	0	213151	213151
Ιούλιος	0	284215	284215
Αύγουστος	0	310031	310031
Σεπτέμβριος	0	246053	246053
Οκτώβριος	0	144253	144253
Νοέμβριος	2834	72020	74854
Δεκέμβριος	66460	11152	77613
Σύνολο	**358733**	**1510065**	**1868798**
Ανά m^2	**20499**	**86289**	**106788**

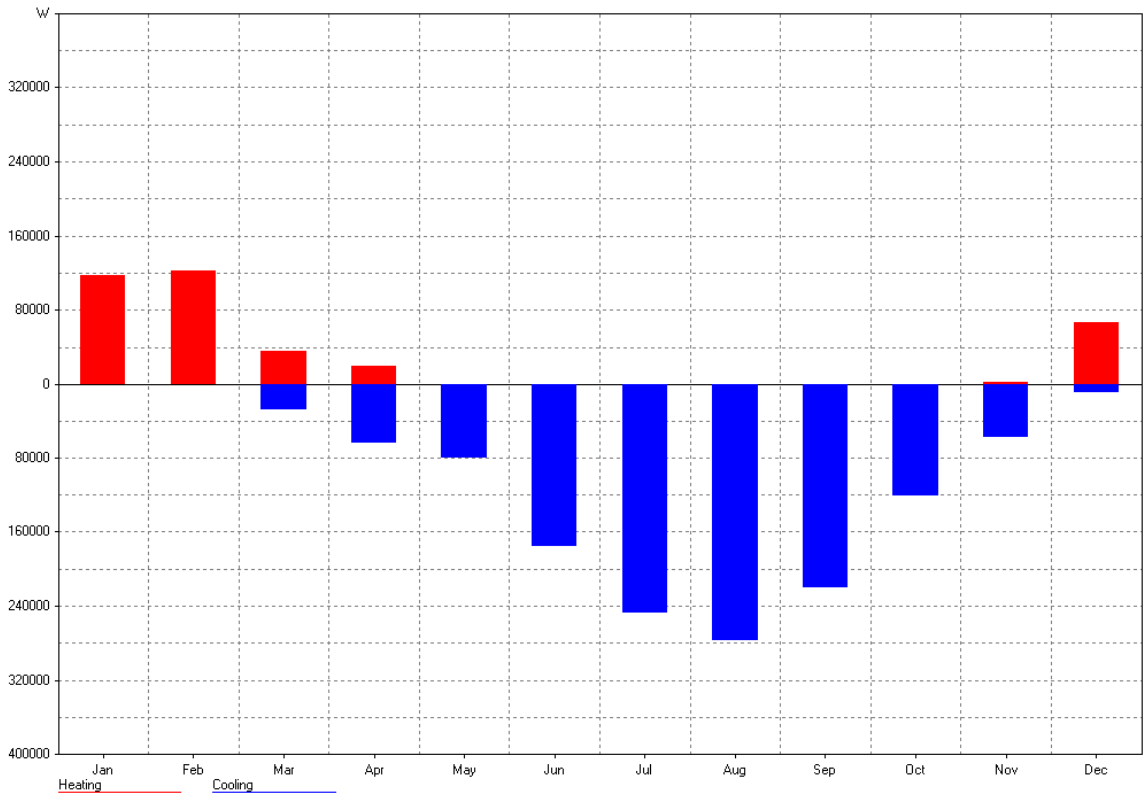




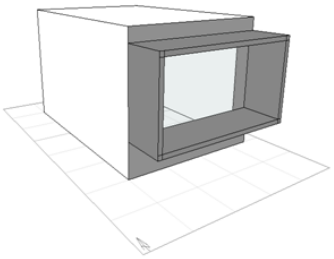
Zone: 1



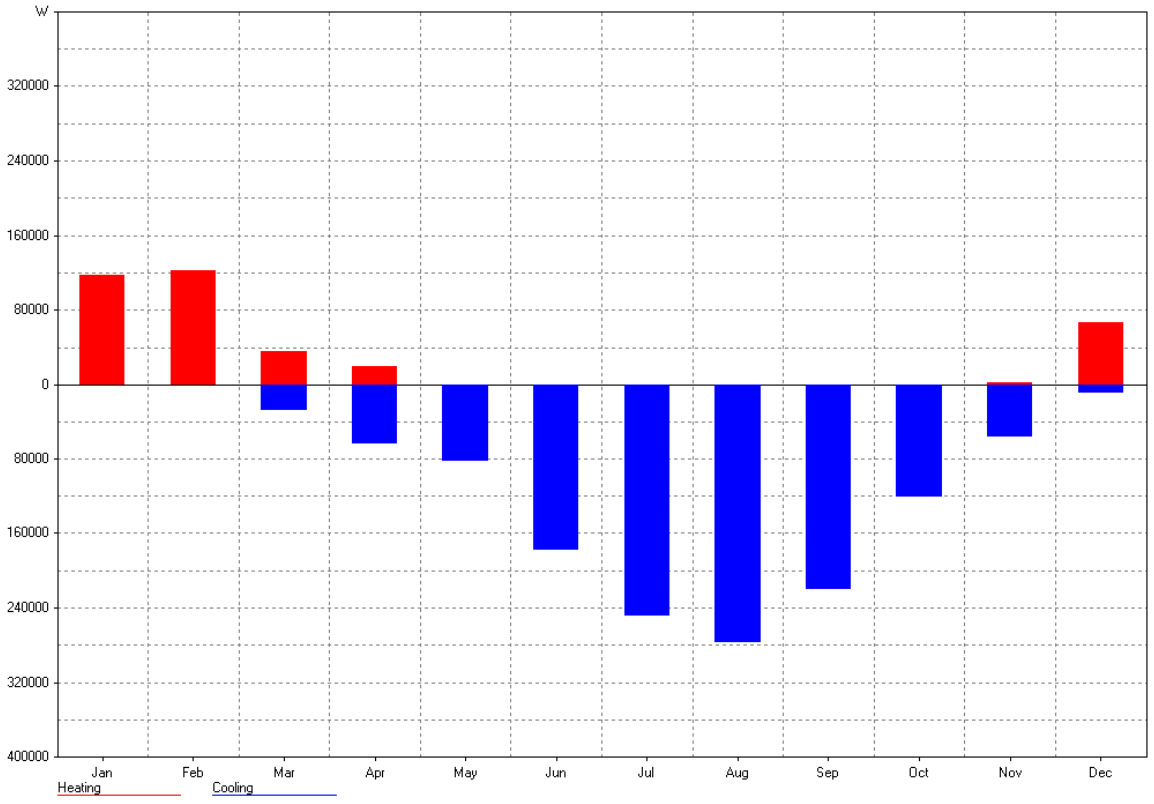
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	117029	0	117029
Φεβρουάριος	122323	0	122323
Μάρτιος	35914	26721	62635
Απρίλιος	19606	64631	84237
Μάιος	304	80496	80800
Ιούνιος	0	175391	175391
Ιούλιος	0	246754	246754
Αύγουστος	0	276468	276468
Σεπτέμβριος	0	219619	219619
Οκτώβριος	0	121253	121253
Νοέμβριος	2367	57533	59900
Δεκέμβριος	67262	8299	75561
Σύνολο	**364805**	**1277163**	**1641969**
Ανά m^2	**20846**	**72981**	**93827**



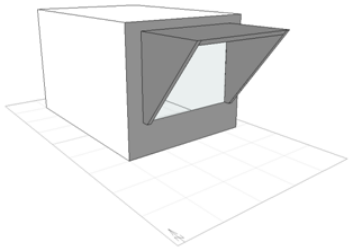
Zone: 2



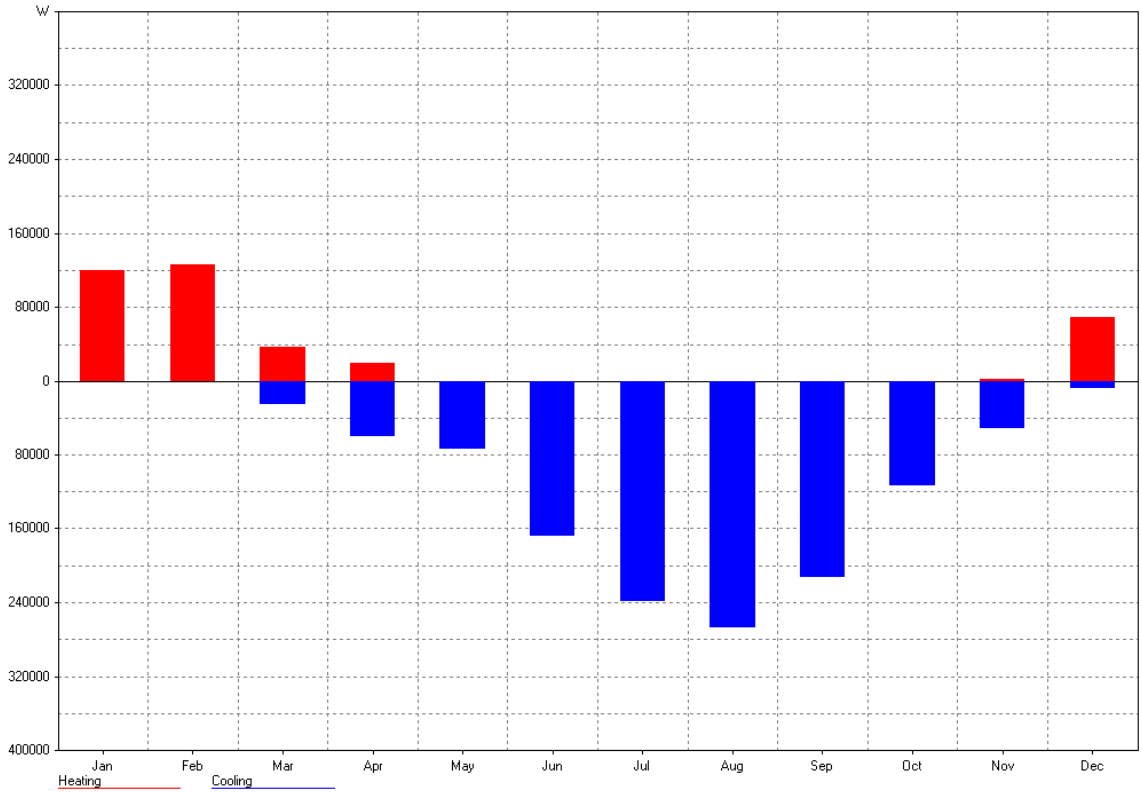
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	117034	0	117034
Φεβρουάριος	122424	0	122424
Μάρτιος	35869	26982	62851
Απρίλιος	19542	64759	84301
Μάιος	153	82385	82538
Ιούνιος	0	177592	177592
Ιούλιος	0	248012	248012
Αύγουστος	0	276703	276703
Σεπτέμβριος	0	219644	219644
Οκτώβριος	0	120954	120954
Νοέμβριος	2364	56606	58971
Δεκέμβριος	67137	8304	75442
Σύνολο	**364524**	**1281941**	**1646465**
Ανά m^2	**20830**	**73254**	**94084**



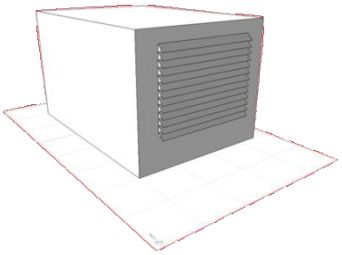
Zone: 3



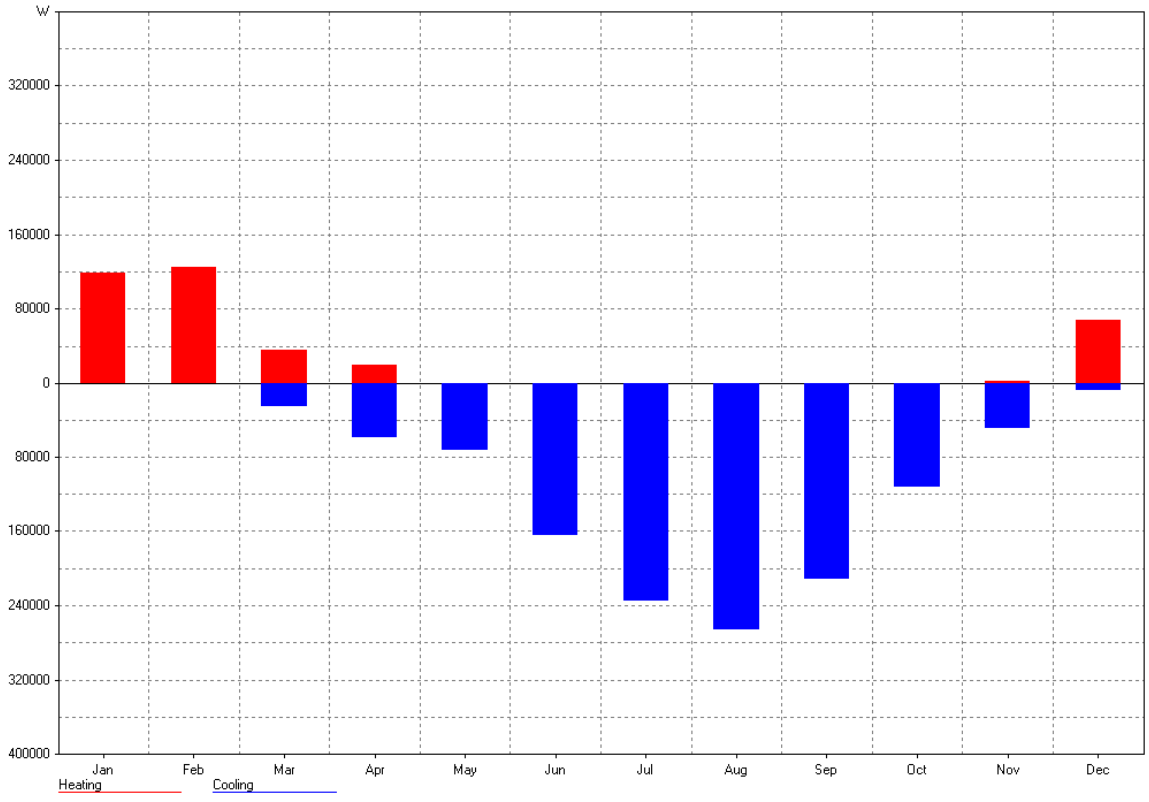
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	119510	0	119510
Φεβρουάριος	125642	0	125642
Μάρτιος	36502	24927	61429
Απρίλιος	19976	61127	81104
Μάιος	0	74547	74547
Ιούνιος	0	168299	168299
Ιούλιος	0	238192	238192
Αύγουστος	0	267643	267643
Σεπτέμβριος	0	212513	212513
Οκτώβριος	0	114172	114172
Νοέμβριος	2382	52008	54389
Δεκέμβριος	68660	7329	75989
Σύνολο	**372672**	**1220757**	**1593429**
Ανά m^2	**21296**	**69758**	**91053**



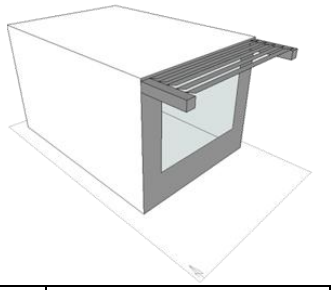
Zone: 4



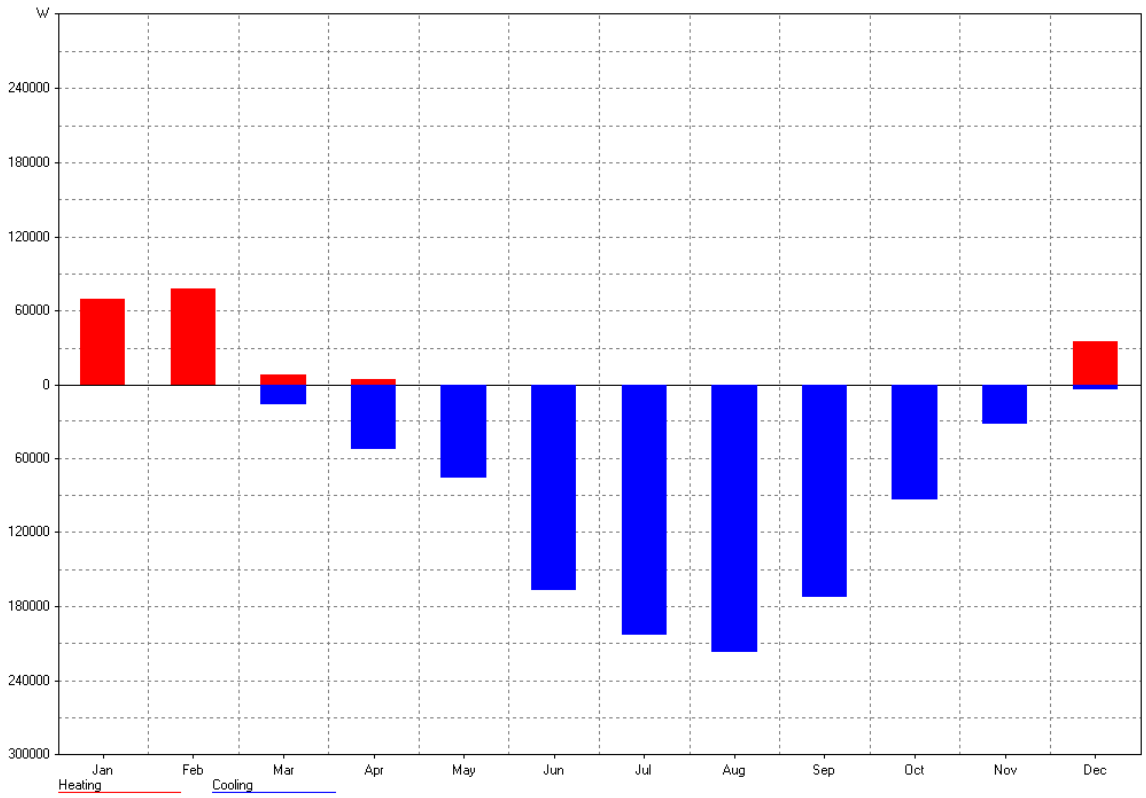
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	118109	0	118109
Φεβρουάριος	124271	0	124271
Μάρτιος	36039	24397	60436
Απρίλιος	19721	59645	79365
Μάιος	0	73493	73493
Ιούνιος	0	165037	165037
Ιούλιος	0	235013	235013
Αύγουστος	0	265654	265654
Σεπτέμβριος	0	211469	211469
Οκτώβριος	0	112664	112664
Νοέμβριος	2342	49698	52040
Δεκέμβριος	67750	7247	74997
Σύνολο	**368232**	**1204316**	**1572548**
Ανά m^2	**21042**	**68818**	**89860**



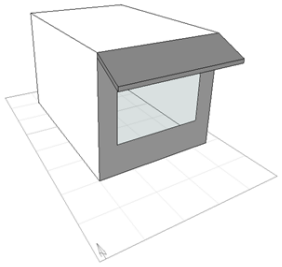
Zone: 5



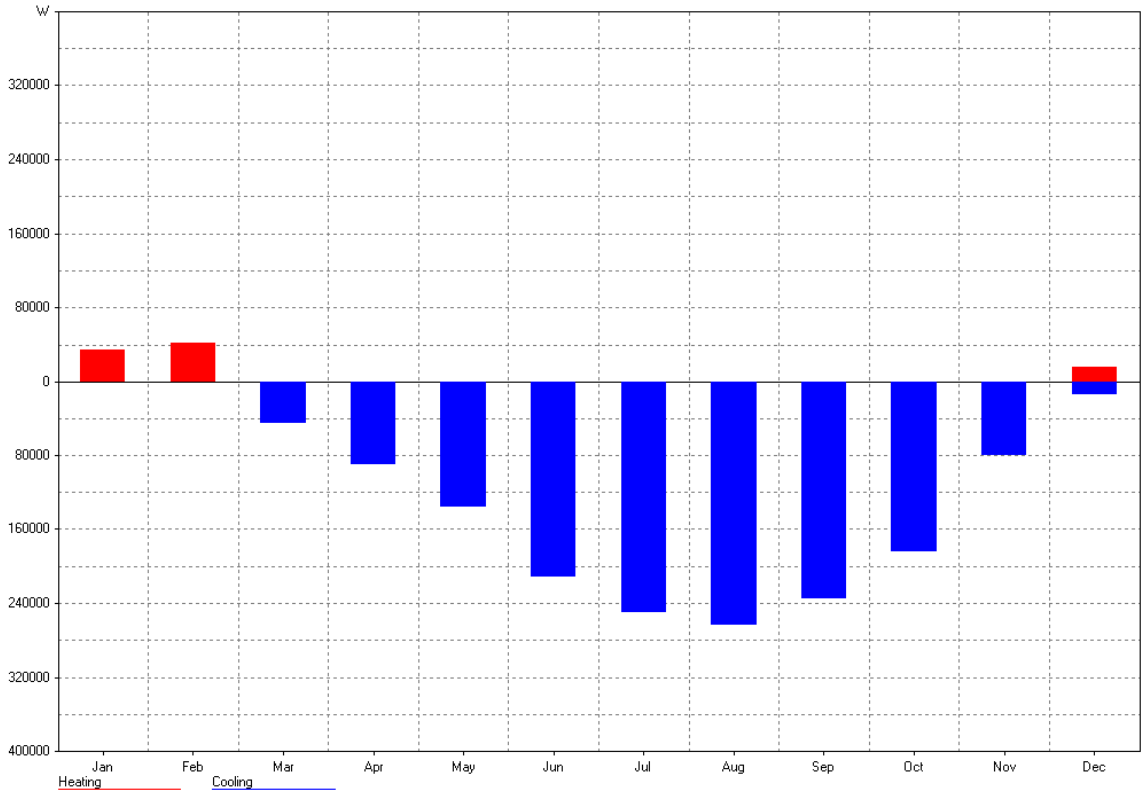
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	69611	0	69611
Φεβρουάριος	77438	0	77438
Μάρτιος	8257	15919	24176
Απρίλιος	5013	52785	57797
Μάιος	0	76059	76059
Ιούνιος	0	166690	166690
Ιούλιος	0	203415	203415
Αύγουστος	0	216608	216608
Σεπτέμβριος	0	172849	172849
Οκτώβριος	0	93969	93969
Νοέμβριος	0	32884	32884
Δεκέμβριος	34795	3693	38487
Σύνολο	**195113**	**1034869**	**1229982**
Ανά m^2	**11149**	**59135**	**70285**



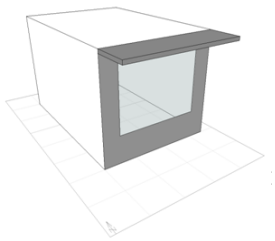
Zone: 6



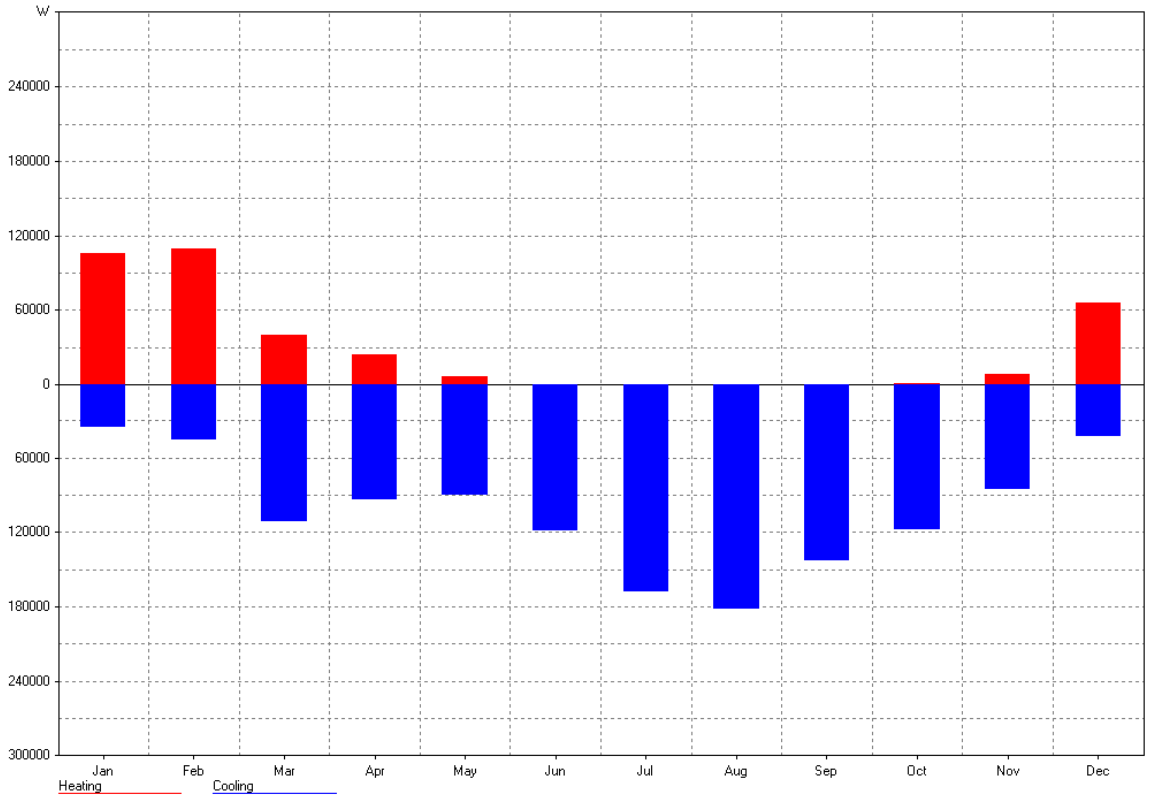
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	34243	0	34243
Φεβρουάριος	42445	0	42445
Μάρτιος	0	46239	46239
Απρίλιος	0	90540	90540
Μάιος	0	135989	135989
Ιούνιος	0	211599	211599
Ιούλιος	0	249333	249333
Αύγουστος	0	263013	263013
Σεπτέμβριος	0	235078	235078
Οκτώβριος	0	183678	183678
Νοέμβριος	0	80134	80134
Δεκέμβριος	15994	13407	29400
Σύνολο	**92682**	**1509010**	**1601692**
Ανά m^2	**5296**	**86229**	**91525**



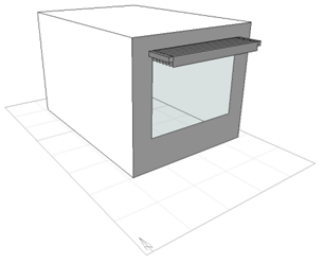
Zone: 7



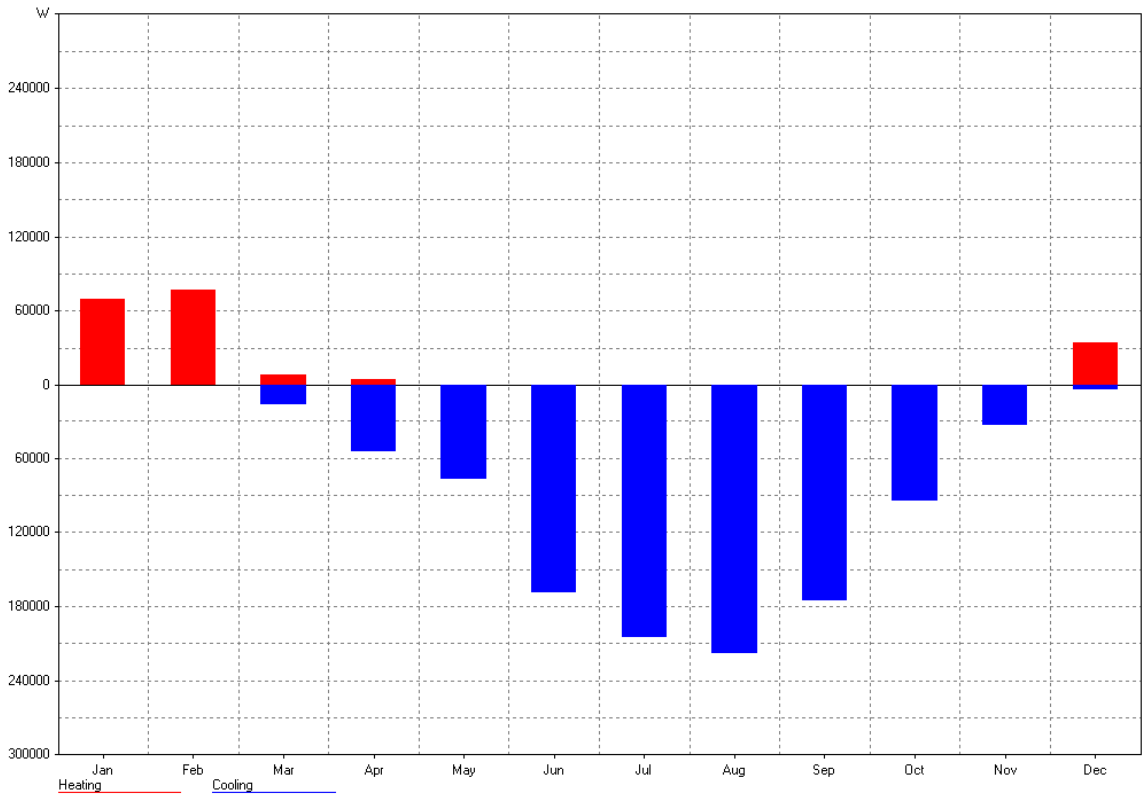
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	106114	34863	140977
Φεβρουάριος	109450	45444	154894
Μάρτιος	40294	111081	151375
Απρίλιος	23982	93888	117871
Μάιος	6716	90133	96849
Ιούνιος	0	118709	118709
Ιούλιος	0	167653	167653
Αύγουστος	0	182183	182183
Σεπτέμβριος	0	143196	143196
Οκτώβριος	1203	118042	119245
Νοέμβριος	8775	85269	94044
Δεκέμβριος	66254	42919	109173
Σύνολο	**362788**	**1233380**	**1596168**
Ανά m^2	**20731**	**70479**	**91210**



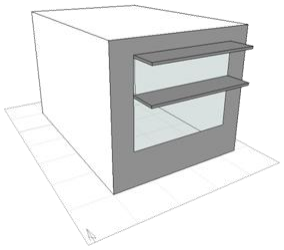
Zone: 8



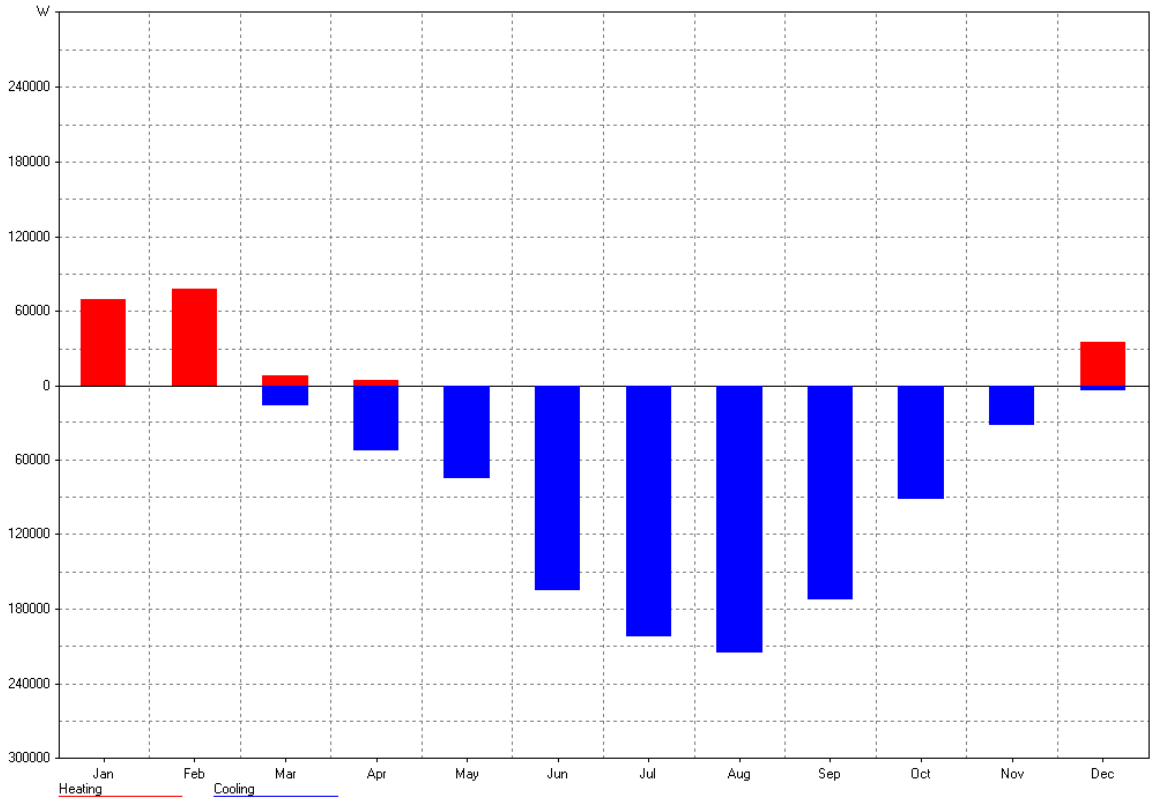
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	69193	0	69193
Φεβρουάριος	76944	0	76944
Μάρτιος	8215	16074	24290
Απρίλιος	4880	54704	59584
Μάιος	0	77054	77054
Ιούνιος	0	168467	168467
Ιούλιος	0	205029	205029
Αύγουστος	0	218097	218097
Σεπτέμβριος	0	174952	174952
Οκτώβριος	0	94647	94647
Νοέμβριος	0	33612	33612
Δεκέμβριος	34580	3712	38292
Σύνολο	**193812**	**1046348**	**1240160**
Ανά m^2	**11075**	**59791**	**70866**



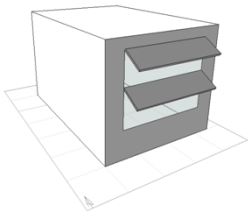
Zone: 9



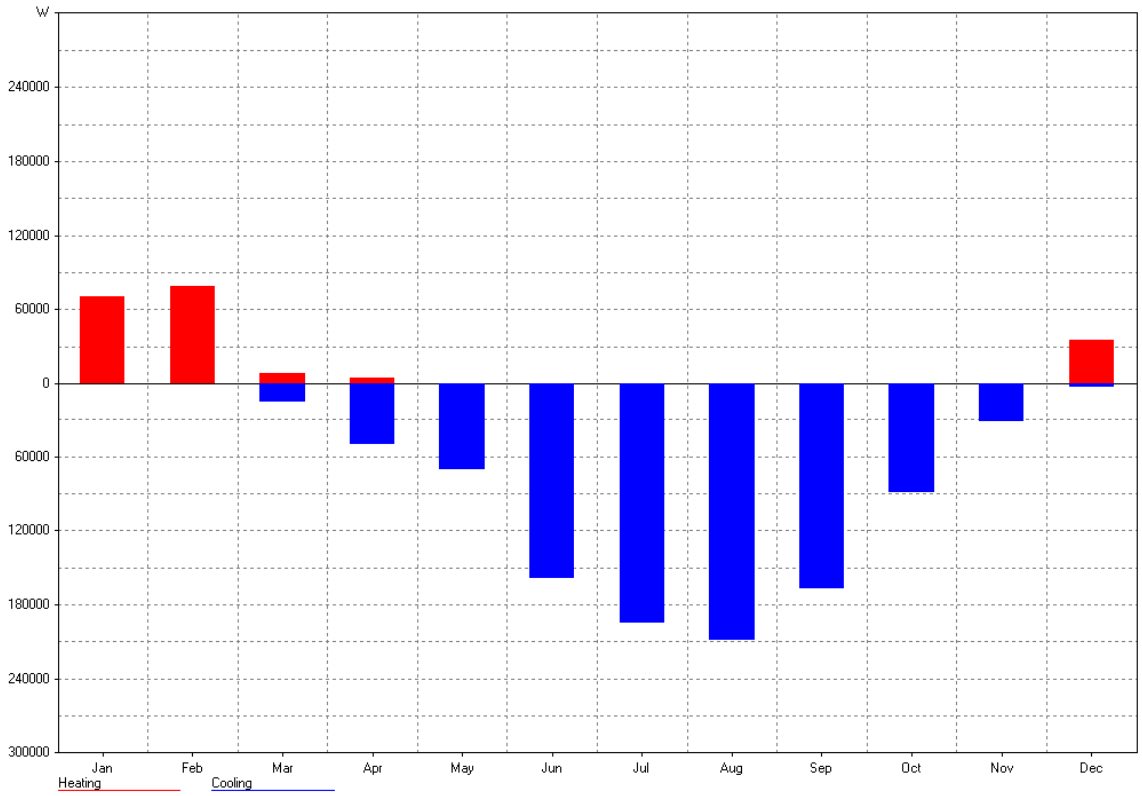
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	69693	0	69693
Φεβρουάριος	77640	0	77640
Μάρτιος	8274	15745	24019
Απρίλιος	4864	52515	57379
Μάιος	0	75229	75229
Ιούνιος	0	165377	165377
Ιούλιος	0	202084	202084
Αύγουστος	0	215382	215382
Σεπτέμβριος	0	172070	172070
Οκτώβριος	0	92129	92129
Νοέμβριος	0	32127	32127
Δεκέμβριος	34850	3650	38501
Σύνολο	**195321**	**1026309**	**1221630**
Ανά m^2	**11161**	**58646**	**69807**



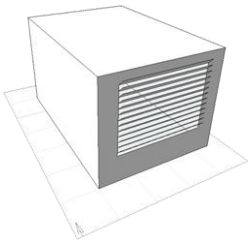
Zone: 10



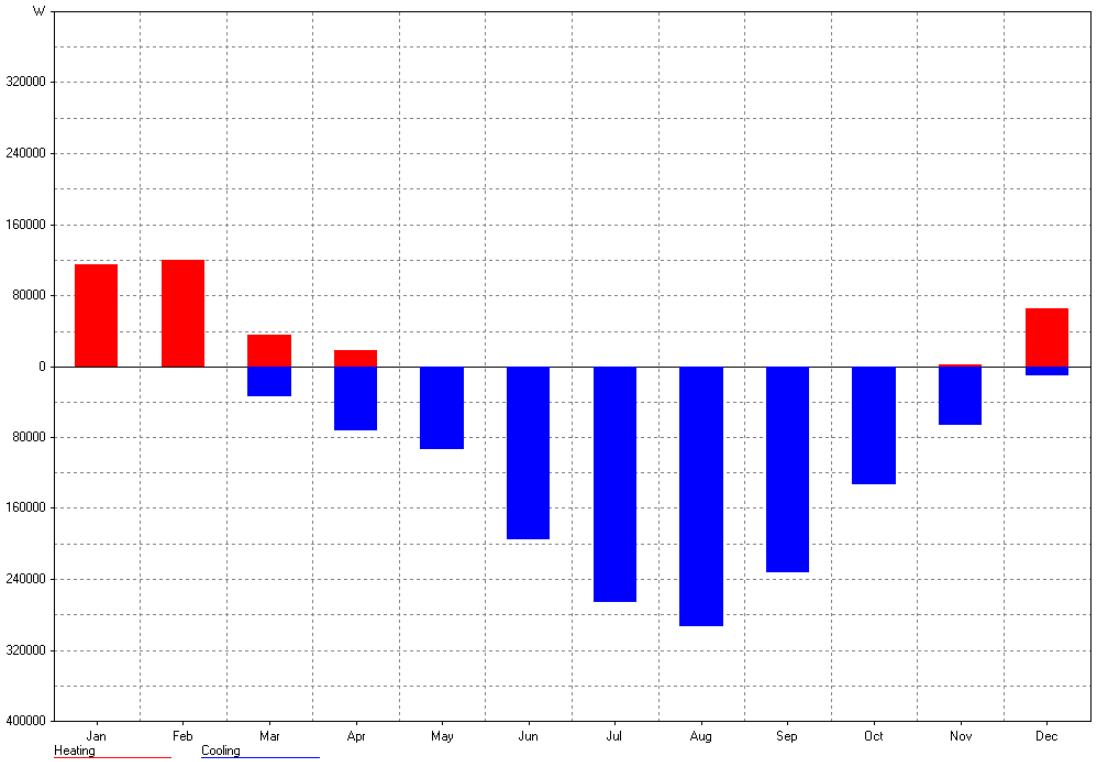
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	70531	0	70531
Φεβρουάριος	78925	0	78925
Μάρτιος	8124	14566	22690
Απρίλιος	4666	50500	55166
Μάιος	0	70942	70942
Ιούνιος	0	158314	158314
Ιούλιος	0	194982	194982
Αύγουστος	0	208842	208842
Σεπτέμβριος	0	166560	166560
Οκτώβριος	0	89301	89301
Νοέμβριος	0	31324	31324
Δεκέμβριος	35317	2983	38300
Σύνολο	**197565**	**988314**	**1185879**
Ανά m^2	**11289**	**56475**	**67765**



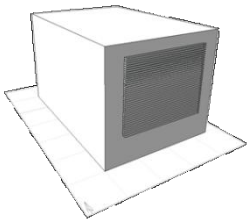
Zone: 11



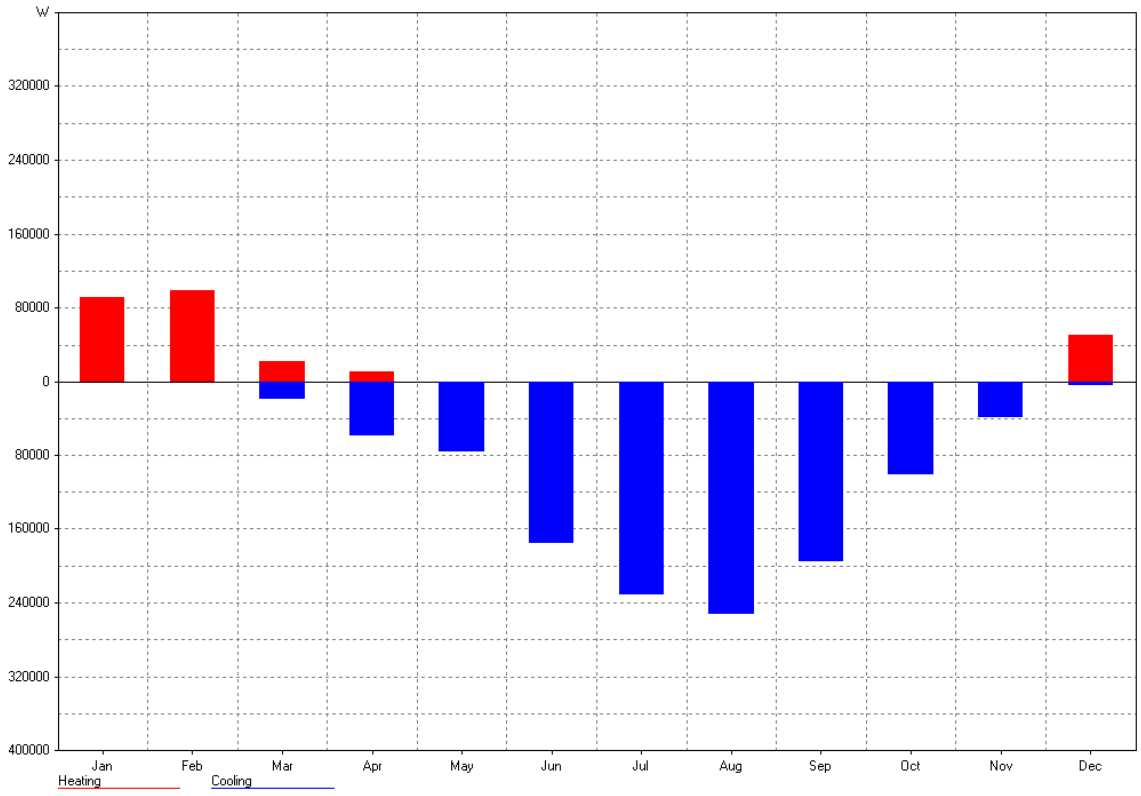
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	114871	0	114871
Φεβρουάριος	119574	0	119574
Μάρτιος	35259	32799	68058
Απρίλιος	18958	73070	92029
Μάιος	304	94541	94845
Ιούνιος	0	195905	195905
Ιούλιος	0	266186	266186
Αύγουστος	0	293441	293441
Σεπτέμβριος	0	232533	232533
Οκτώβριος	0	133887	133887
Νοέμβριος	2402	66614	69016
Δεκέμβριος	66090	9874	75964
Σύνολο	**357458**	**1398852**	**1756311**
Ανά m^2	**20426**	**79934**	**100361**



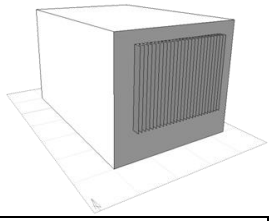
Zone: 12



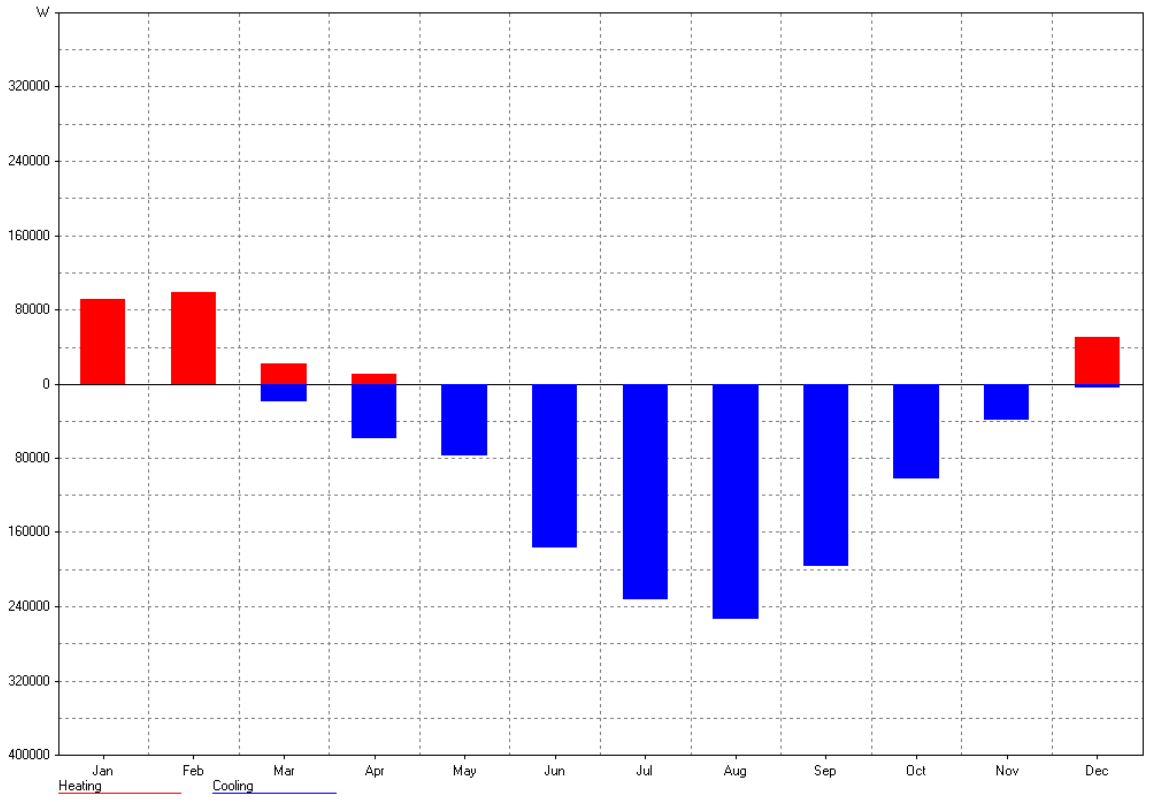
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	91869	0	91869
Φεβρουάριος	99459	0	99459
Μάρτιος	22666	18786	41451
Απρίλιος	11697	59055	70752
Μάιος	0	77069	77069
Ιούνιος	0	175379	175379
Ιούλιος	0	230780	230780
Αύγουστος	0	251815	251815
Σεπτέμβριος	0	195270	195270
Οκτώβριος	0	101603	101603
Νοέμβριος	82	38181	38263
Δεκέμβριος	50292	3191	53483
Σύνολο	**276065**	**1151129**	**1427194**
Ανά m^2	**15775**	**65779**	**81554**



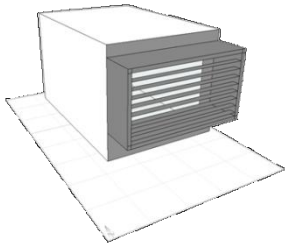
Zone: 13



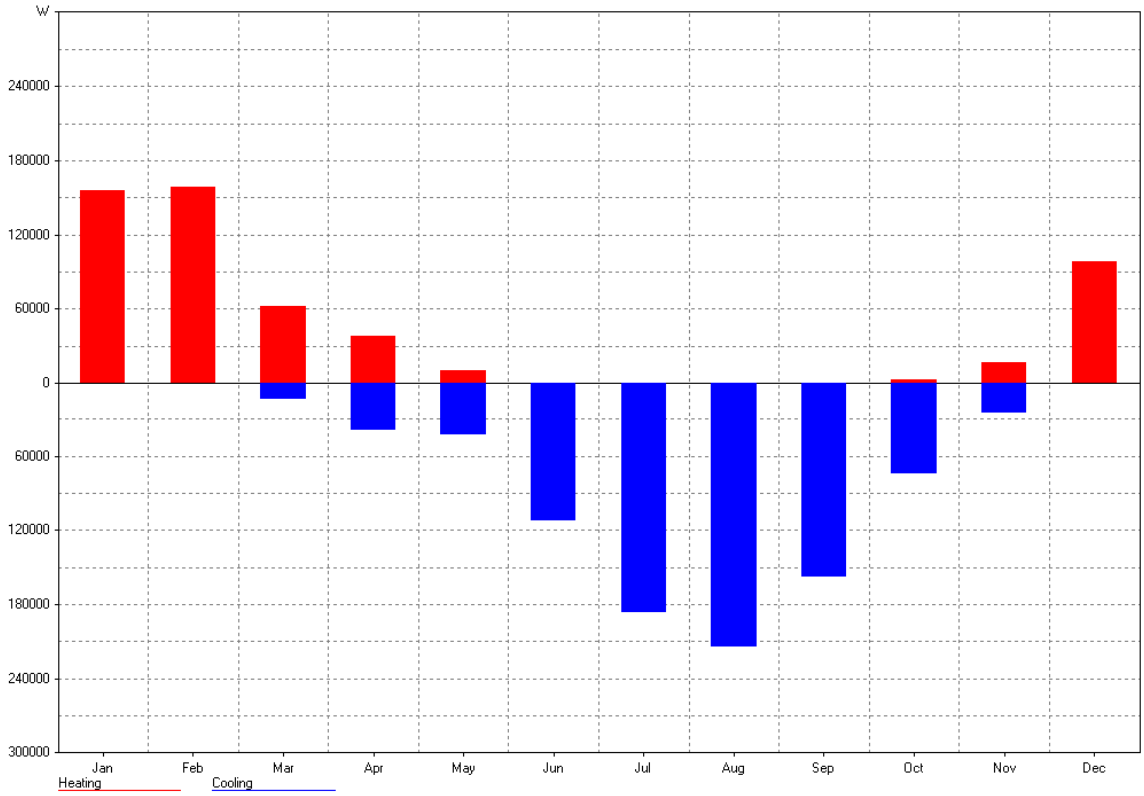
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	91692	0	91692
Φεβρουάριος	99174	0	99174
Μάρτιος	22629	18955	41584
Απρίλιος	11642	59514	71156
Μάιος	0	77963	77963
Ιούνιος	0	176647	176647
Ιούλιος	0	232381	232381
Αύγουστος	0	253290	253290
Σεπτέμβριος	0	196771	196771
Οκτώβριος	0	102216	102216
Νοέμβριος	82	38413	38495
Δεκέμβριος	50346	3221	53567
Σύνολο	**275566**	**1159372**	**1434938**
Ανά m^2	**15747**	**66250**	**81996**

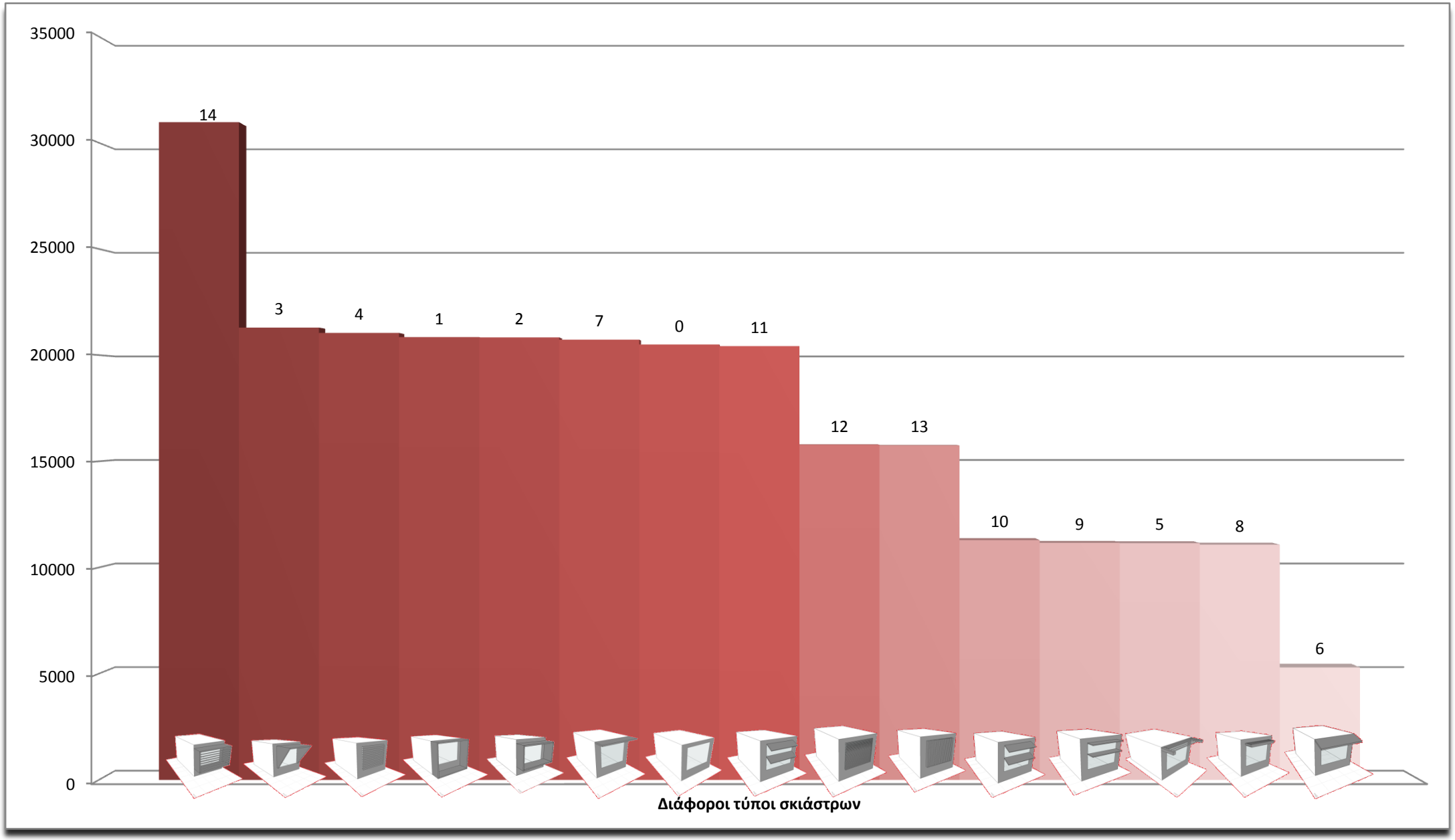


Zone: 14

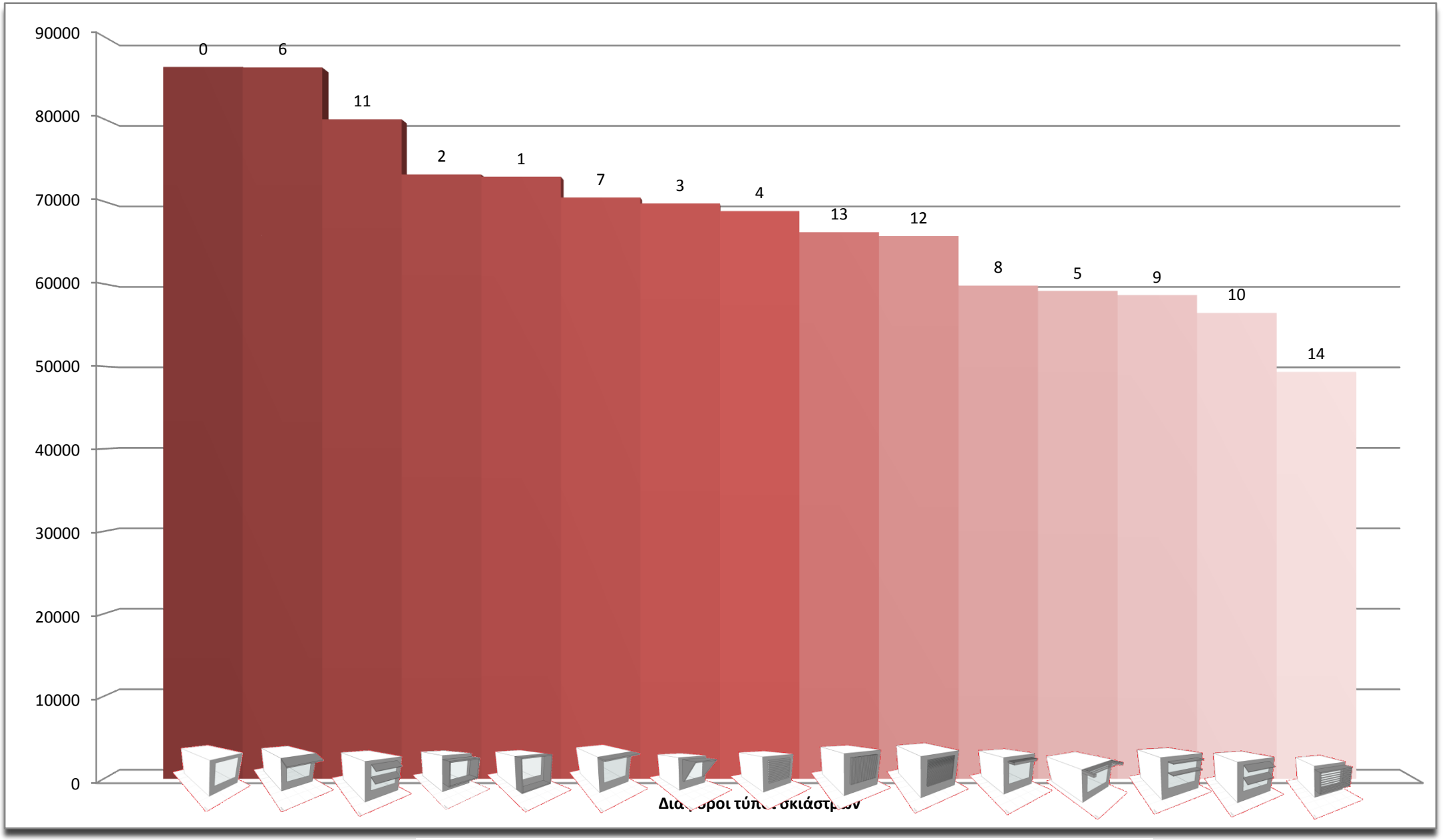


Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	155878	0	155878
Φεβρουάριος	158214	0	158214
Μάρτιος	6230	12963	75267
Απρίλιος	4	38606	76530
Μάιος	37924	42521	52579
Ιούνιος	10058	112281	112281
Ιούλιος	0	186519	186519
Αύγουστος	0	214005	214005
Σεπτέμβριος	0	157667	157667
Οκτώβριος	0	74175	76756
Νοέμβριος	2581	24487	41073
Δεκέμβριος	16586	0	98416
Σύνολο	**541960**	**863225**	**1405184**
Ανά m^2	**30969**	**49327**	**80296**

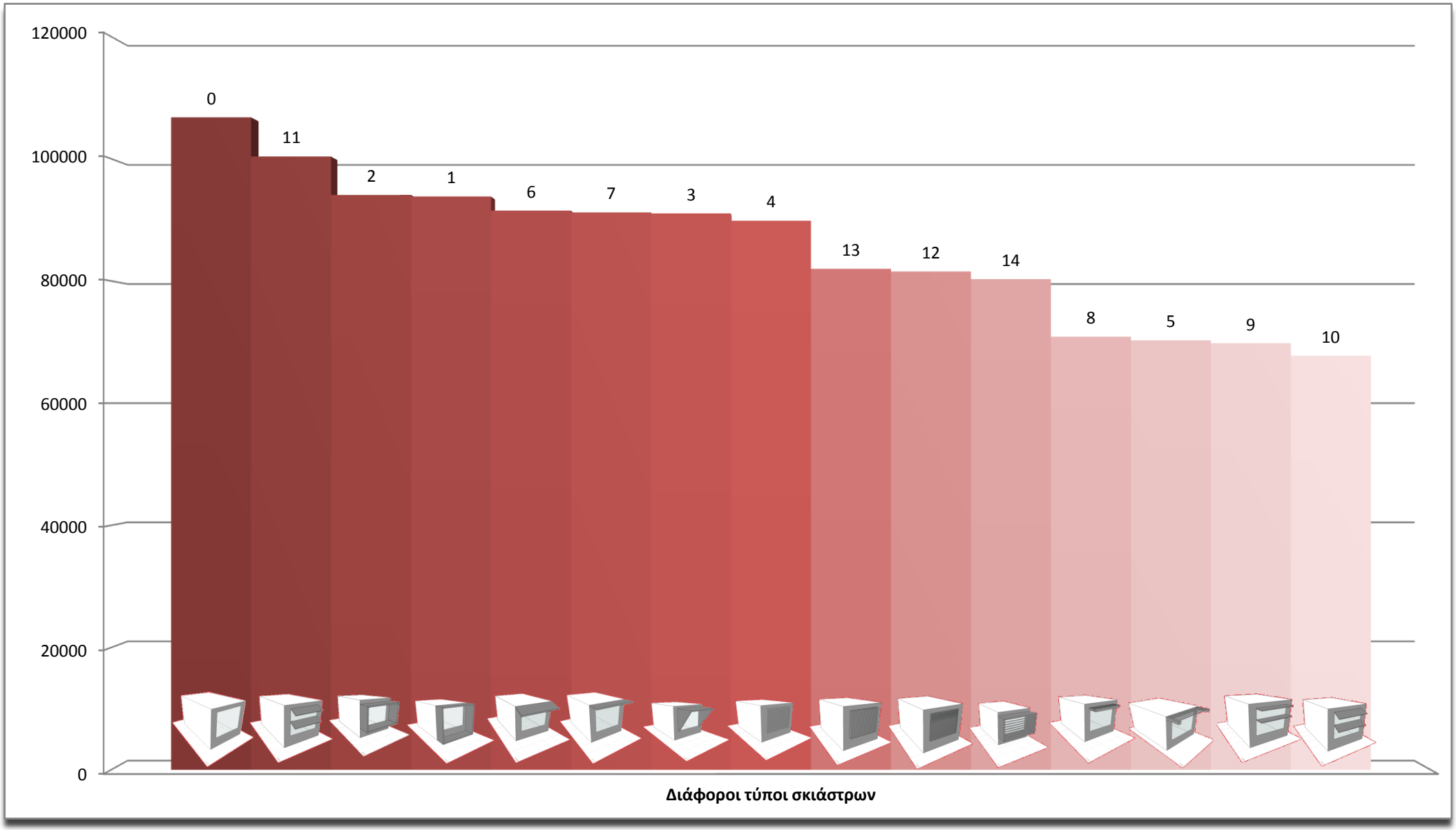




Γράφημα 4 Σύγκριση σκιάστρων με βάση την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση του χώρου



Γράφημα 5 Σύγκριση σκιάστρων με βάση την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη του χώρου

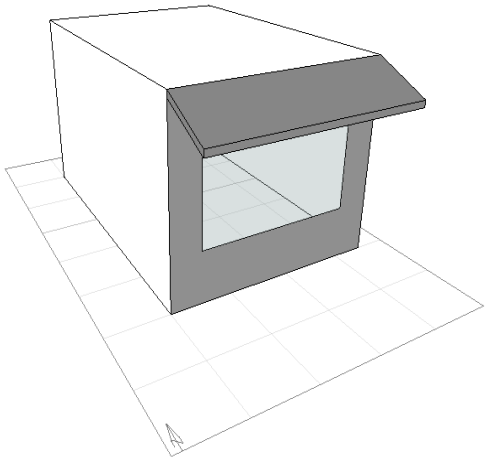


Γράφημα 6 Άθροισμα ψυκτικής και θερμικής ενεργειακής ζήτησης του κτηρίου με εφαρμογή των διάφορων σκιάστρων

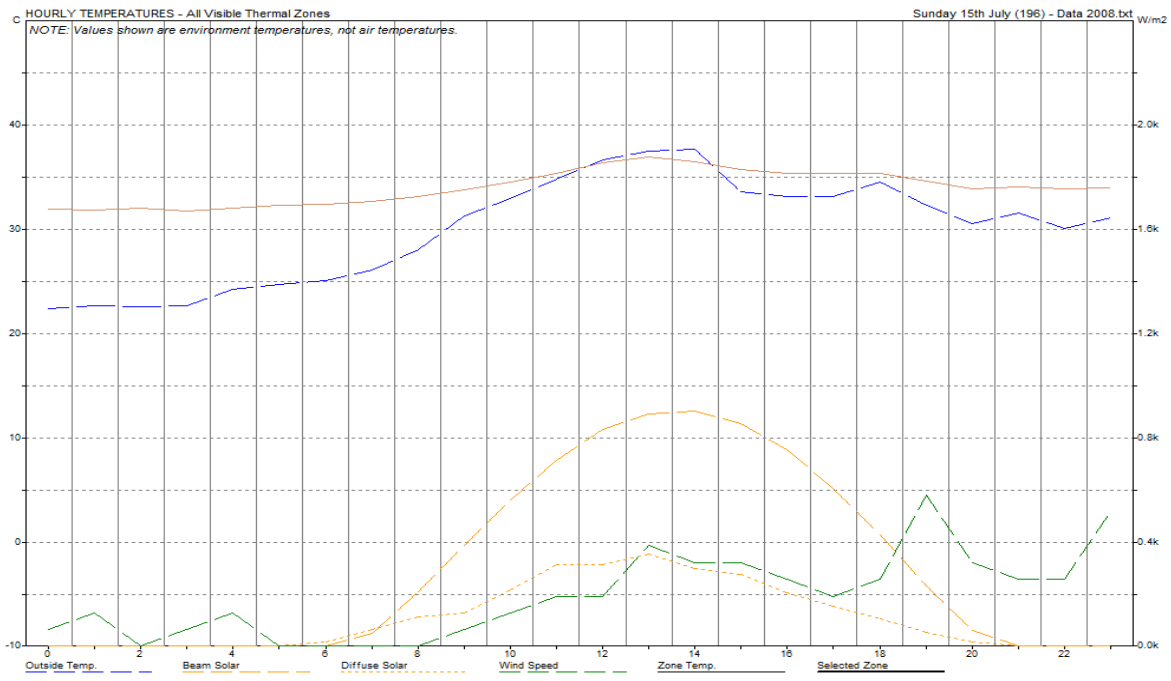
8.2 Θερμική ανάλυση βέλτιστων χώρου με τα βέλτιστα σκίαστρα (Ecotect)

8.2.1 Βέλτιστο σκίαστρο για εξοικονόμηση θερμικών απωλειών:

Σκίαστρο 6



Το σκίαστρο αυτό από την ενεργειακή μελέτη που προηγήθηκε είναι αυτό που παρουσιάζει τις λιγότερες θερμικές ανάγκες στο χρόνο. Αποτελεί μια απλή λύση άμεσα εφαρμόσιμη σε υπάρχουσες κατασκευές, η οποία δεν επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την όψη του κτηρίου. Η κλίση του πάνελ είναι ανάλογη του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής, καθώς η μελέτη αυτή αφορά σταθερά σκίαστρα. Υπάρχει και η προοπτική σε τέτοιου είδους δομές σκιάστρων, η κλίση τους να είναι ρυθμιζόμενη μηχανικά ή και ηλεκτρονικά με έξυπνα συστήματα παρακολούθησης της ηλιακής ακτινοβολίας και στρέψης του

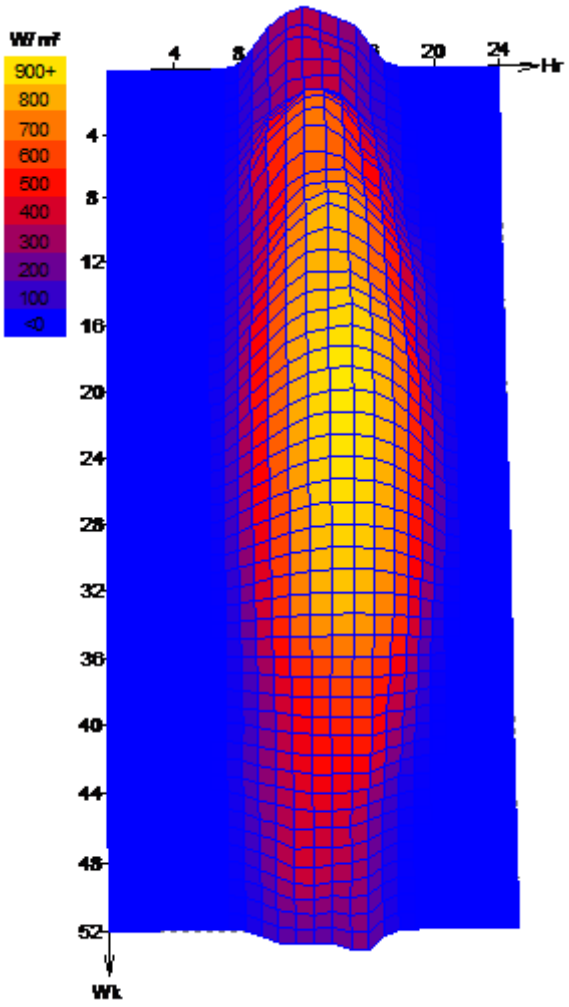


Γράφημα 7 Διάγραμμα σύγκρισης εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας την πιο θερμή μέρα του έτους

σκιάστρου σε όλη τη διάρκεια της μέρας αυτόματα, ώστε να αυξηθεί ακόμη περισσότερο η

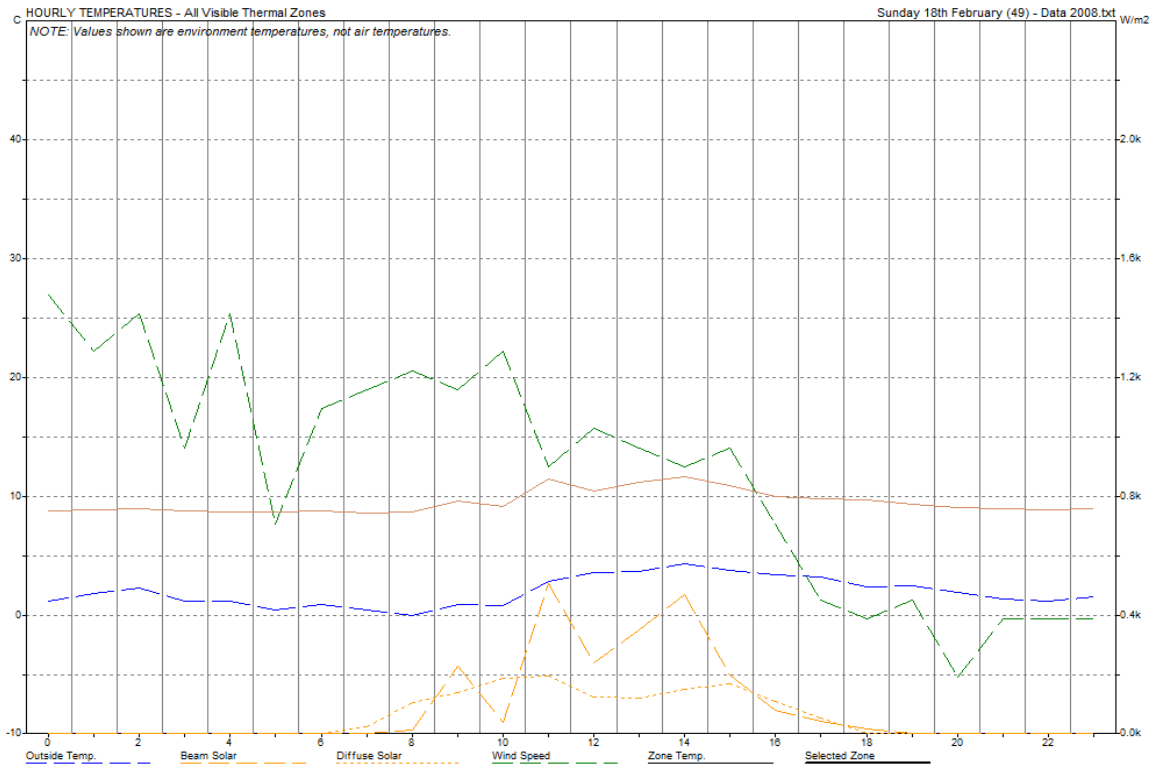
απόδοση τους. Το ίδιο το πάνελ μπορεί να αποτελείται από φωτοβολταϊκά κύτταρα ώστε να αυτοτροφοδοτείται χωρίς να εξαρτάται από την ηλεκτρική ενέργεια του δικτύου.

Στο διάγραμμα, μεταξύ άλλων, φαίνεται και η σύγκριση θερμοκρασιών εξωτερικά του χώρου και εσωτερικά την πιο θερμή μέρα του έτους. Βλέπουμε πως ο χώρος είναι στο σύνολο της ημέρας πιο θερμός από τον περιβάλλοντα χώρο του. Αυτό δεν είναι θεμιτό για τη χρήση του σε κλίματα όπως του Νομού Χανίων αφού στο σύνολο του έτους έχουμε μεγάλη ηλιοφάνεια και μεγάλες θερμοκρασίες. Η κατάταξή του όσον αφορά την απόδοσή του σε εξοικονόμηση ενέργειας από την ψύξη του χώρου είναι αρκετά χαμηλή. Η κατάταξη του είναι 11^{η} ανάμεσα στα 14 σκίαστρα που εξετάστηκαν. Όμως αυτό δεν αποτελεί και ακριβές κριτήριο για την εφαρμογή ή αποφυγή σε όψη κτηρίου. Άλλα σκίαστρα όπως το 14^{ο}, το οποίο σε κατάταξη με το ίδιο κριτήριο ιεραρχείται 5^{ο}, σε σύγκριση με βάση την εξοικονόμηση ενέργειας στη θέρμανση του χώρου, βλέπουμε πως έρχεται τελευταίο και μάλιστα καθιστά το χώρο πολύ πιο ενεργοβόρο τον χειμώνα από το να μην είχε χρησιμοποιηθεί καθόλου σκίαστρο. Γενικά το ίδιο ισχύει και για τα σκίαστρα 1, 2, 4, 7, 14, τα οποία λόγω αυτού του κριτηρίου θα ήταν καλό να μη χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις σχεδιασμού κτηρίων παθητικής εξοικονόμησης ενέργειας . Στο επόμενο διάγραμμα εμφανίζεται, μεταξύ άλλων, η σχέση εξωτερικής θερμοκρασίας και



Γράφημα 8 Συσχέτιση ηλιακής ακτινοβολίας εβδομάδων του έτους και ώρας των ημερών

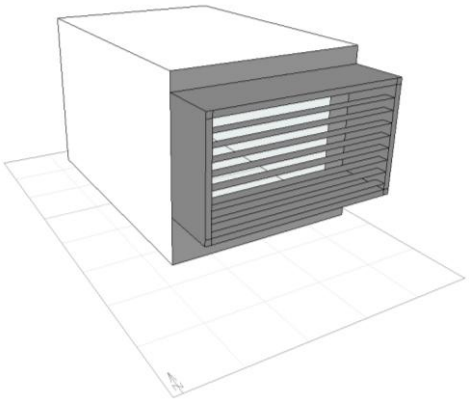
εσωτερικής του χώρου την πιο ψυχρή μέρα του έτους. Σε αυτό το διάγραμμα φαίνεται ξεκάθαρα η καλή συμπεριφορά του χώρου με τη βοήθεια που του παρέχει το σκίαστρο ώστε να επιτρέπει την εισροή της ηλιακής ακτινοβολίας και να αντιστέκεται στους ψυχρούς ανέμους που μειώνουν την εξωτερική θερμοκρασία και τείνουν να μειώσουν και την εσωτερική. Η όλη συμπεριφορά του σε όλη την διάρκεια της μέρας ουσιαστικά είναι παράλληλη με την εξωτερική θερμοκρασία τείνοντας όμως να εξομαλύνει τις απότομες αλλαγές της.



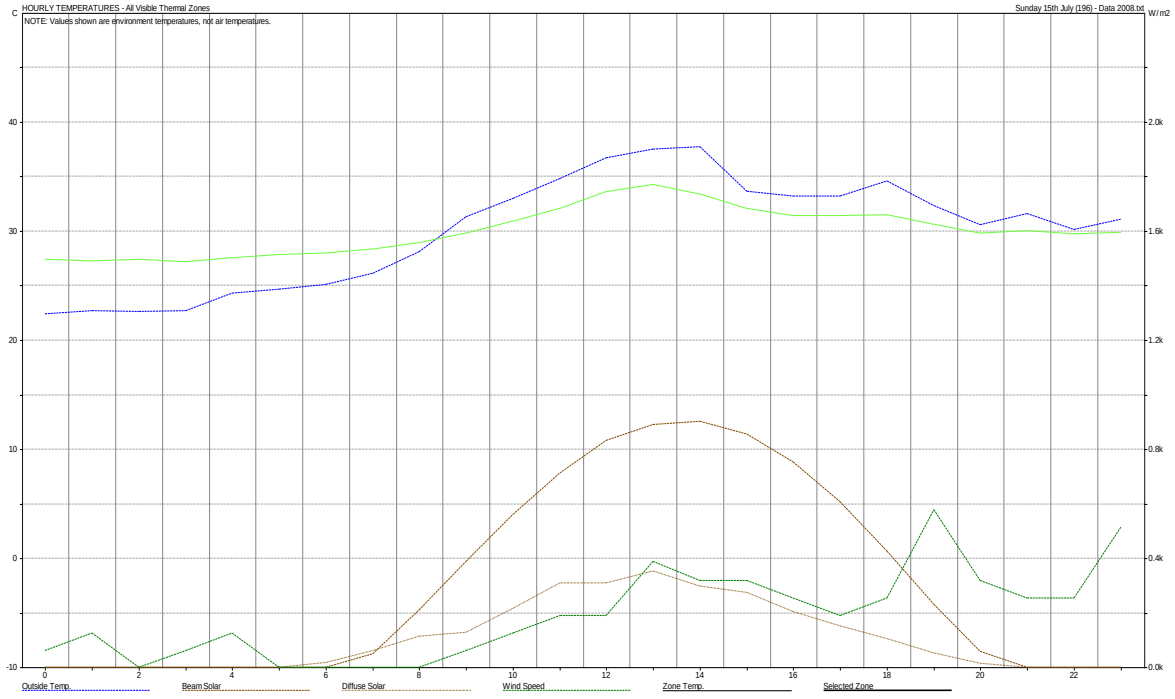
Γράφημα 9 Διάγραμμα σύγκρισης εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας την πιο ψυχρή μέρα του έτους

8.2.2 Βέλτιστο σκίαστρο για εξοικονόμηση ψυκτικών φορτίων

Σκίαστρο 14

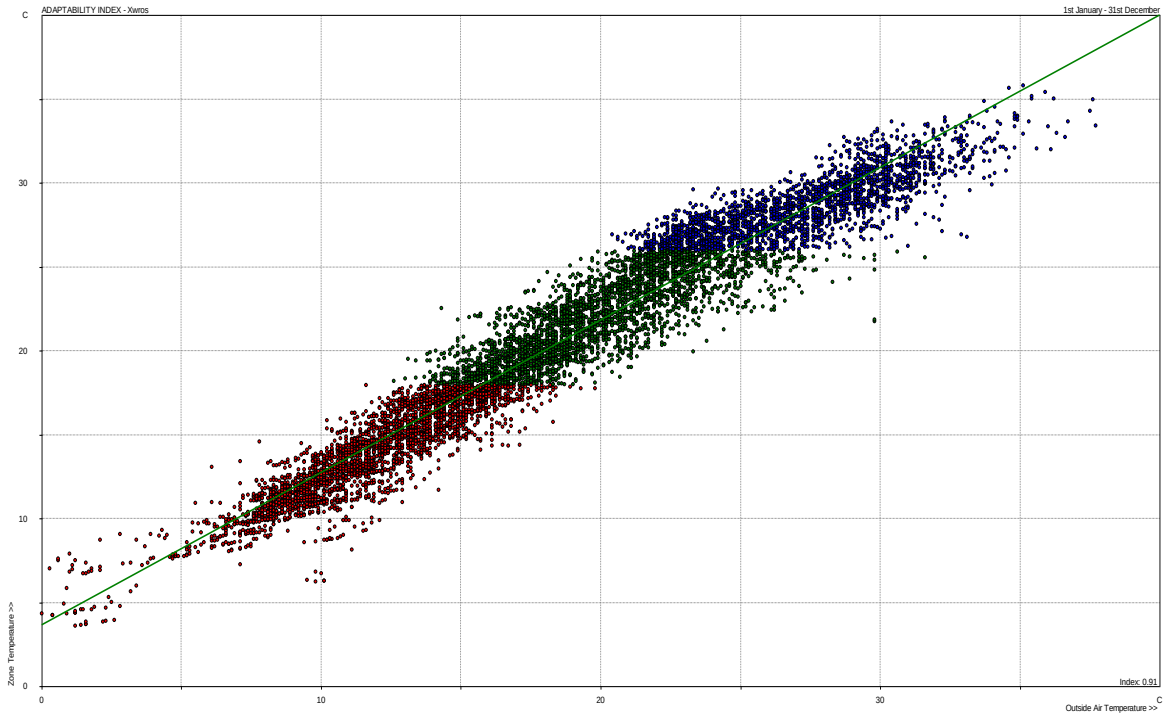


Από την ενεργειακή μελέτη που προηγήθηκε, φαίνεται ότι το σκίαστρο 14 είναι αυτό που δίνει στο χώρο τις λιγότερες ανάγκες για ψύξη στο χρόνο της μελέτης. Αποτελεί μια σύνθετη λύση μόνιμης και δύσκολα αφαιρούμενης κατασκευής, η οποία επηρεάζει την όψη του κτηρίου, καθώς και τη θέα του παραθύρου.



Γράφημα 10 Διάγραμμα σύγκρισης εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας την πιο θερμή μέρα του έτους

Το γράφημα σύγκρισης εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας την πιο ζεστή μέρα του έτους, δίνει σίγουρα πολύ καλύτερα αποτελέσματα, αφού σε όλη τη διάρκεια της ημέρας που έχουμε εμφάνιση ηλιακής ακτινοβολίας. Ωστόσο η εσωτερική θερμοκρασία διατηρείται έως και 5^{o}C χαμηλότερα της εξωτερικής.



Γράφημα 11 Σχέση μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας σε όλη τη διάρκεια του έτους

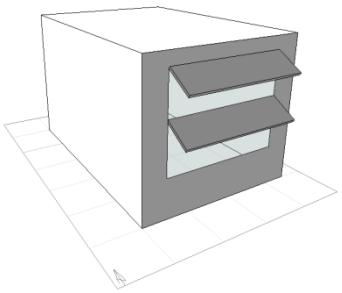
Όπως φαίνεται και από το παραπάνω διάγραμμα (γράφημα 8) η συσχέτιση εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας μπορεί να περιγραφεί στατιστικά από τη σχέση Τεσ = 0,91Τεξ + 4,3

Ο συντελεστής 0,91 λέγεται και συντελεστής προσαρμοστικότητας σχετίζεται με το πόσο εύκολα προσαρμόζεται ο χώρος στις εξωτερικές συνθήκες. Όσο μικρότερος είναι αυτός ο συντελεστής τόσο περισσότερο προσεγγίζουμε ιδανικές συνθήκες άνεσης

Το συγκεκριμένο σκίαστρο δεν αποτελεί λύση για το χώρο καθώς η κατάταξή του για την εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση του χώρου το θέτει στην τελευταία θέση. Αν και για το συγκεκριμένο κλίμα που γίνεται η μελέτη μας ενδιαφέρει περισσότερο η εξοικονόμηση ενέργειας από ψυκτικά φορτία η συγκεκριμένη λύση κρίνεται δύσκολη στην εφαρμογή της, ως μια μόνιμη ογκώδη κατασκευή, η οποία σε περίπτωση ανάγκης αφαίρεσης ή επιδιόρθωσής της, λόγω φθοράς θα είναι προβληματική.

8.2.2 Βέλτιστο σκίαστρο για εξοικονόμηση ενέργειας

Σκίαστρο 10



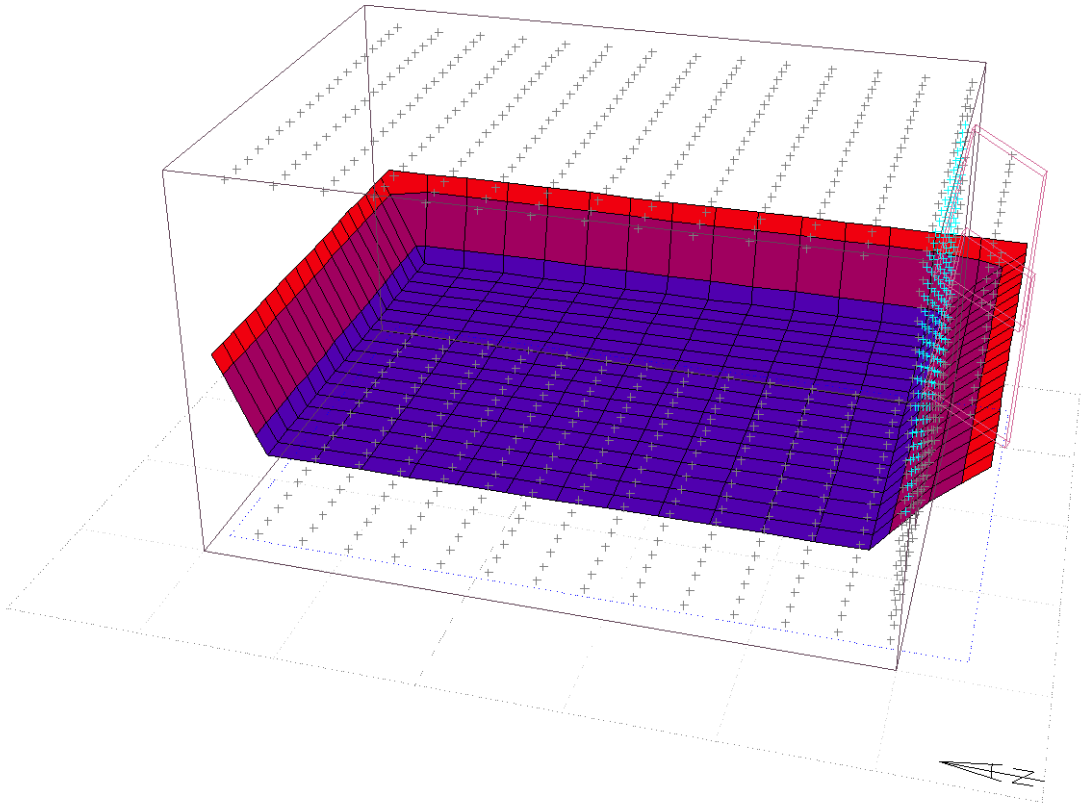
Το σκίαστρο αυτό προέκυψε ως η βέλτιστη λύση από την ανάλυση που ακολούθησε. Το άθροισμα των ενεργειακών αναγκών, για ψύξη και θέρμανση του χώρου, ώστε να διατηρηθούν οι συνθήκες του μεταξύ 18 και 26 ^{o}C , είναι μικρότερο από την εφαρμογή οποιουδήποτε άλλου σκίαστρου, από αυτά που εξετάζονται στην εργασία αυτή, με χρήση του προγράμματος Ecotect.

Βέβαια, για την εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση του χώρου, έχει σχεδόν τη μισή απόδοση σε σχέση με το σκίαστρο 6, όμως μπορούμε να πούμε ότι αποτελεί μια λύση που θυμίζει το σκίαστρο αυτό σε πιο σύνθετη εκδοχή του. Συγκεκριμένα, με αυτό το κριτήριο έρχεται πέμπτο σε κατάταξη, αφού προηγούνται τα σκίαστρα 5, 8 και 9 τα οποία όμως δεν διαφέρουν πολύ στην απόδοσή τους.

Με τη χρήση του σκίαστρου αυτού μπορούμε να έχουμε εξοικονόμηση ενέργειας έως και 36% για τη διατήρηση συνθηκών άνεσης εντός του χώρου, κάτι που επιβεβαιώνει τον κανόνα για εξοικονόμηση ενέργειας έως και 40% από την εφαρμογή σκιάστρων στο χώρο.

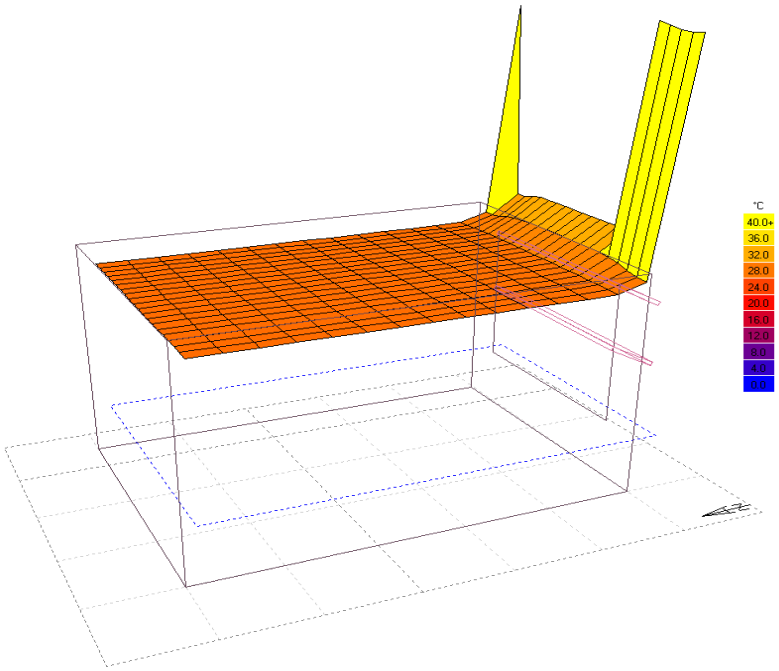
Η κλίση των πάνελ είναι ανάλογη του γεωγραφικού πλάτους τής περιοχής, καθώς η μελέτη αυτή αφορά σταθερά σκίαστρα. Για την κλίση αυτή υπάρχει η προοπτική να είναι ρυθμιζόμενη μηχανικά ή και ηλεκτρονικά με έξυπνα συστήματα παρακολούθησης της ηλιακής ακτινοβολίας και στρέψης του σκιάστρου σε όλη την διάρκεια της μέρας αυτόματα ώστε να αυξηθεί και άλλο η απόδοσή του. Τα ίδια τα πάνελ μπορεί να αποτελούνται από φωτοβολταϊκά κύτταρα ώστε να αυτοτροφοδοτούνται χωρίς να εξαρτάται η κίνηση αυτή από τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας του δικτύου.

Την πιο θερμή ημέρα του έτους το σκίαστρο αυτό προσδίδει στο χώρο αρκετά μεγάλη ικανότητα προστασίας αφού αποβάλει σε μεγάλο βαθμό την ηλιακή ακτινοβολία άρα και την αποφυγή της θέρμανσής του. Η θερμοκρασία στο εσωτερικό δεν ξεπερνά τους 37 ^{o}C και αυτό συμβαίνει για μερικές ώρες της ημέρας (μεταξύ 12 και 2 μμ). Όπως φαίνεται και στην επόμενη απεικόνιση η διασπορά της θερμοκρασίας στο χώρο είναι μέγιστη κοντά στα όρια του χώρου



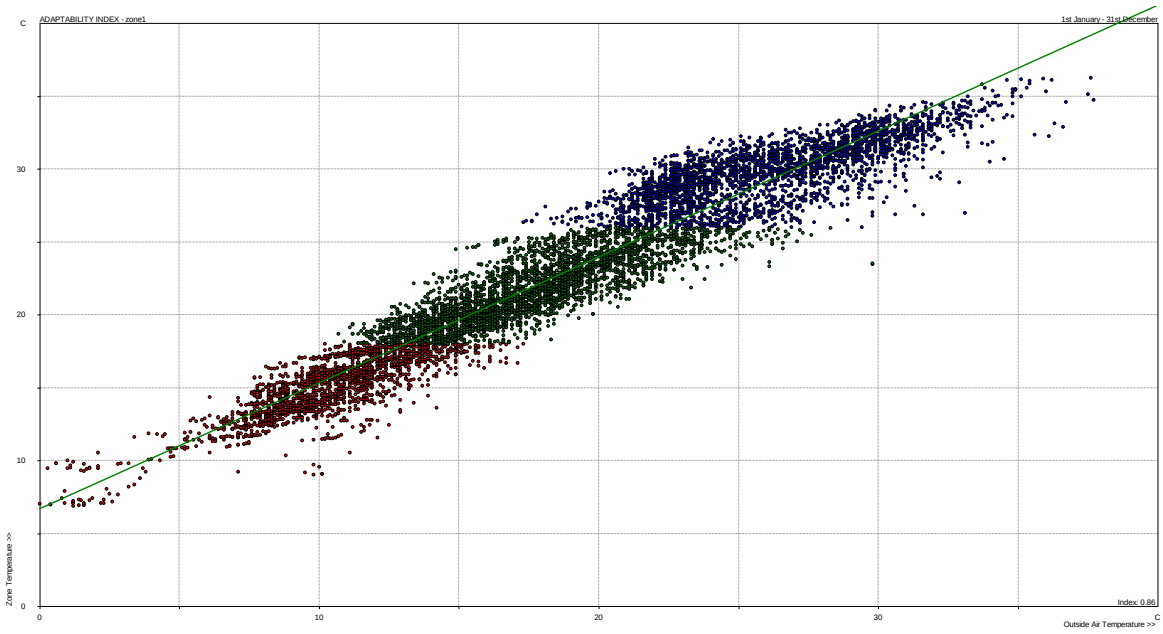
Εικόνα 46 Τρισδιάστατη απεικόνιση διασποράς της θερμοκρασίας την πιο θερμή μέρα του έτους

(τοίχοι) και μειώνεται σταδιακά προς το κέντρο του. Αξίζει να σημειωθεί ότι η θερμοκρασία στο κέντρο του χώρου και σε απόσταση 60 cm από το έδαφος δεν ξεπερνά τους 30 ^{o}C .



Εικόνα 47 Διακύμανση θερμοκρασίας κοντά στο οροφή του χώρου

Ο συντελεστής προσαρμοστικότητας για αυτό το σκίαστρο στο χώρο είναι 0,86. Αυτό σημαίνει πως έχουμε περισσότερες ώρες θερμικής άνεσης , όπως διαπιστώνεται και στην επόμενη εικόνα.

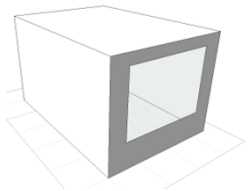


Γράφημα 12 Διάγραμμα εσωτερικής - εξωτερικής θερμοκρασίας

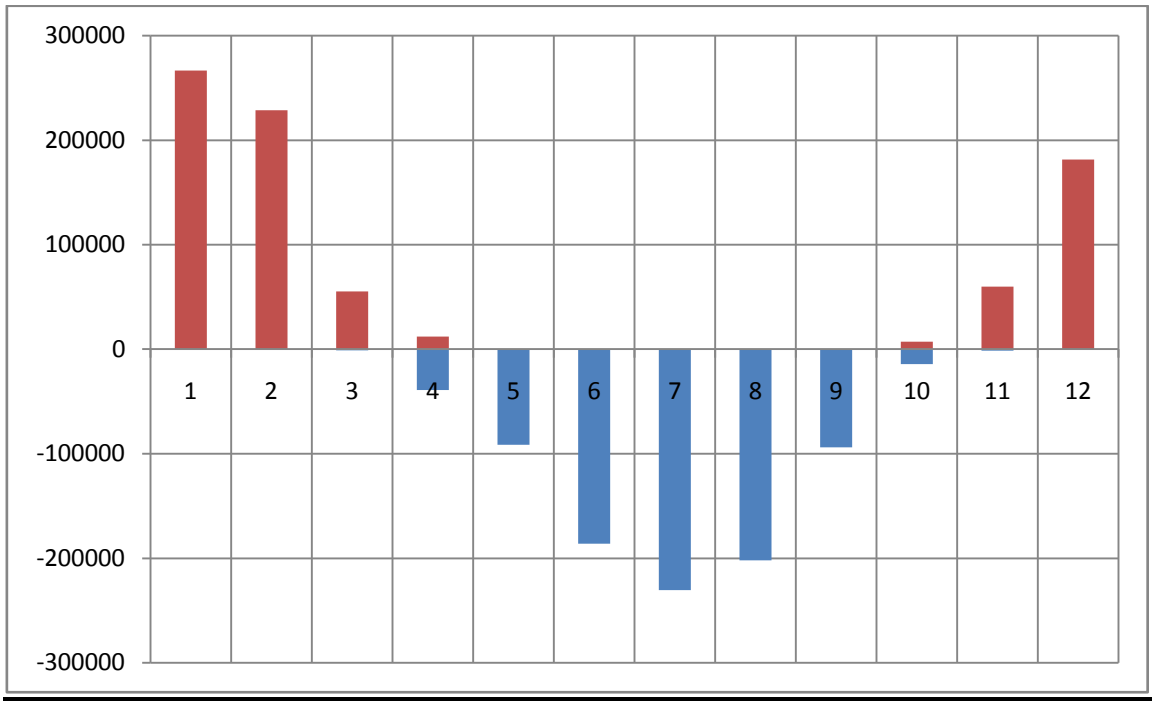
8.3. Ενεργειακές ανάγκες χώρου υπό την επίδραση των σκιάστρων (EnergyPlus)

Ακολουθούν τα αποτελέσματα της ενεργειακής ανάλυσης του χώρου για κάθε σκίαστρο σε όλο το έτος

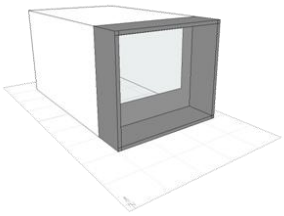
Zone: 0 (Χώρος χωρίς σκίαστρα)



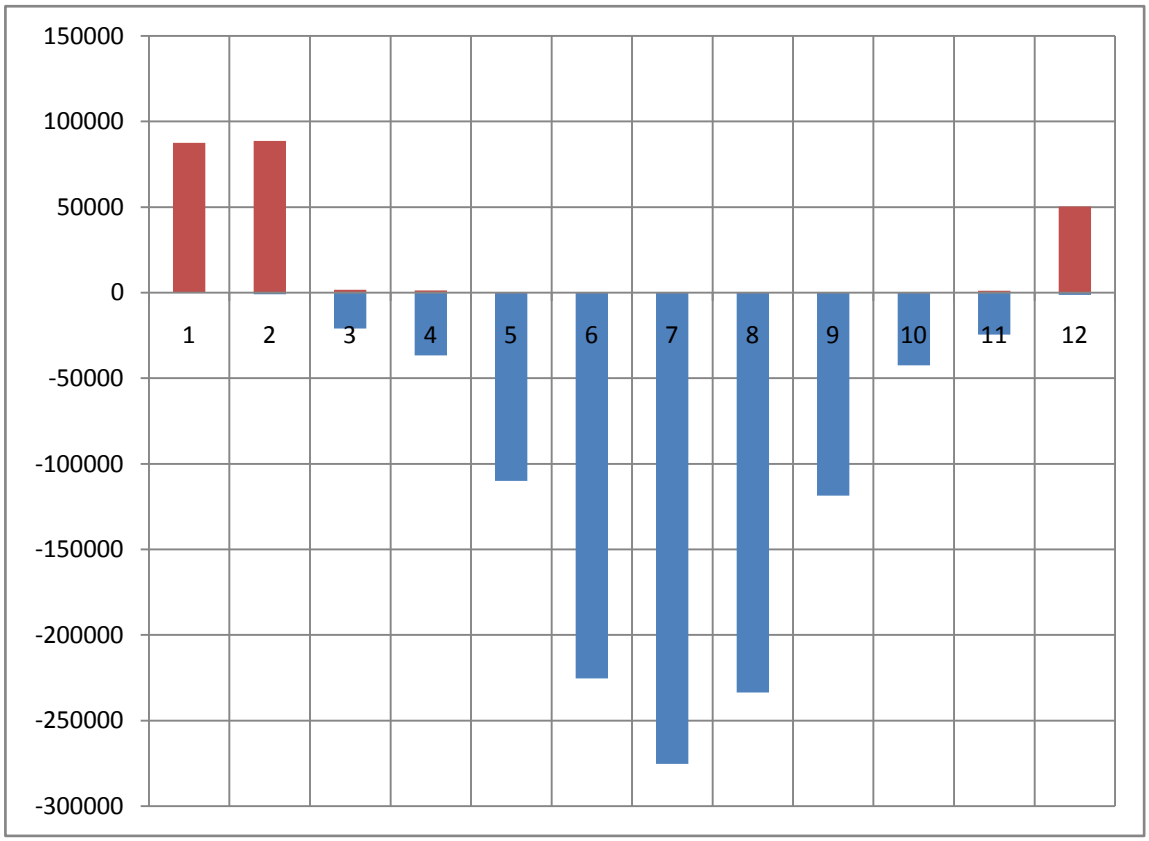
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	266672	0	266672
Φεβρουάριος	228560	0	228560
Μάρτιος	55351	1008	56360
Απρίλιος	12079	39038	51118
Μάιος	4	91378	91383
Ιούνιος	0	186014	186014
Ιούλιος	0	230455	230455
Αύγουστος	0	202049	202049
Σεπτέμβριος	0	93855	93855
Οκτώβριος	7217	14114	21332
Νοέμβριος	59873	1260	61134
Δεκέμβριος	181401	0	181401
Σύνολο	**811161**	**859176**	**1670338**
Ανά m^2	**46352**	**49095**	**95447**



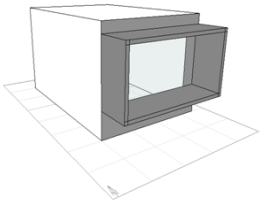
Zone: 1



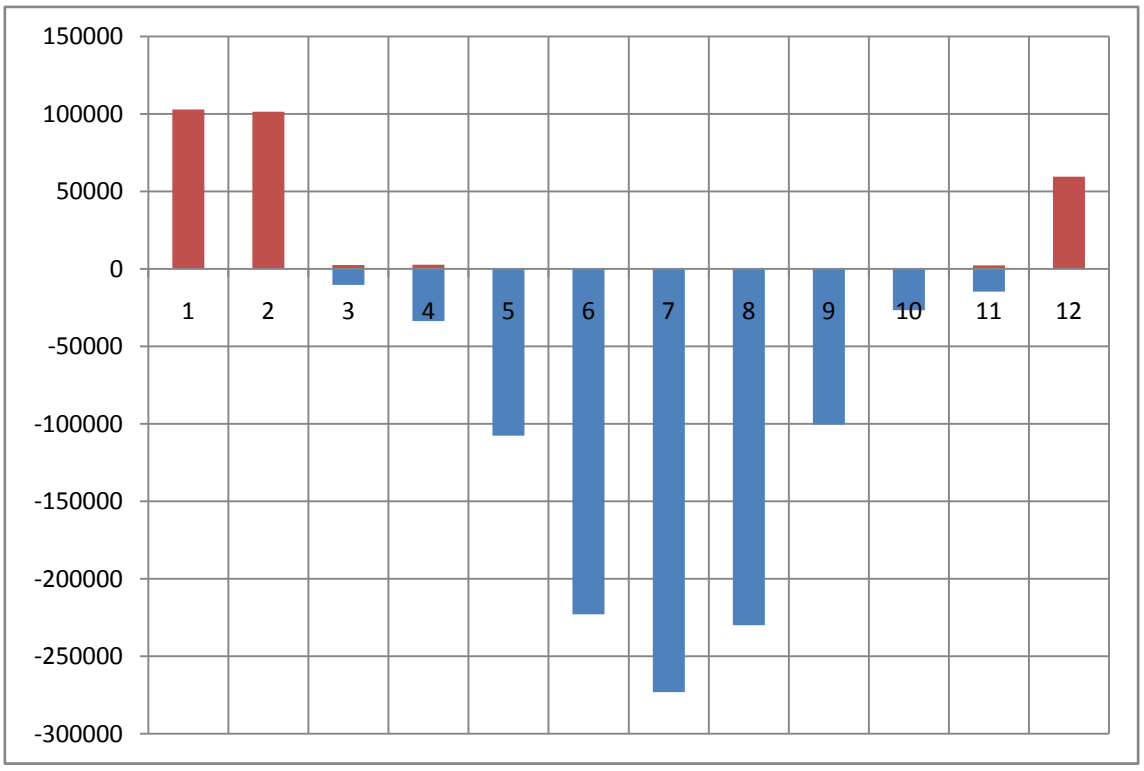
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	87558	0	87558
Φεβρουάριος	88712	1004	89716
Μάρτιος	1606	20880	22486
Απρίλιος	1361	36607	37968
Μάιος	0	110027	110027
Ιούνιος	0	225403	225403
Ιούλιος	0	275253	275253
Αύγουστος	0	233573	233573
Σεπτέμβριος	0	118499	118499
Οκτώβριος	0	42533	42533
Νοέμβριος	1032	24473	25505
Δεκέμβριος	50358	1268	51627
Σύνολο	**230628**	**1089525**	**1320154**
Ανά m^2	**13178**	**62258**	**75437**



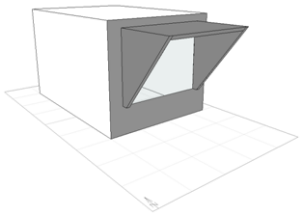
Zone: 2



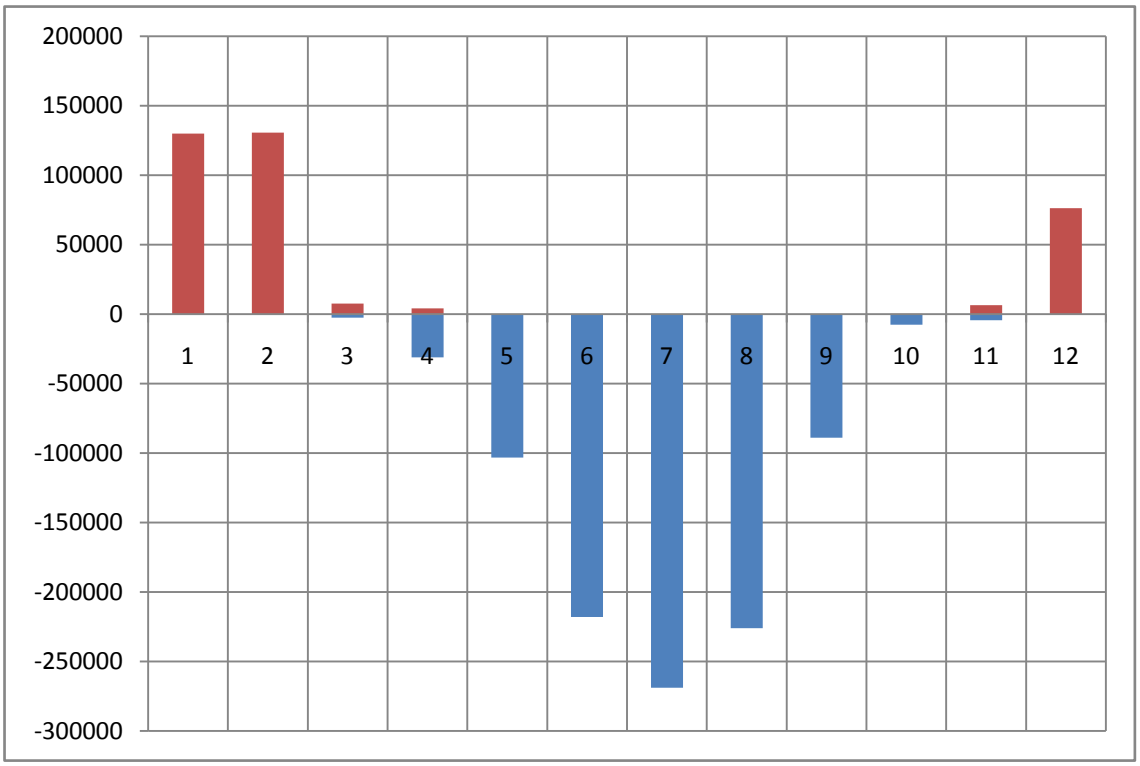
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	102947	0	102947
Φεβρουάριος	101368	0	101368
Μάρτιος	2513	10273	12787
Απρίλιος	2649	33722	36372
Μάιος	0	107611	107611
Ιούνιος	0	222869	222869
Ιούλιος	0	273218	273218
Αύγουστος	0	229901	229901
Σεπτέμβριος	0	100312	100312
Οκτώβριος	0	26711	26711
Νοέμβριος	2217	14699	16917
Δεκέμβριος	59413	21	59434
Σύνολο	**271109**	**1019342**	**1290451**
Ανά m^2	**15491**	**58248**	**73740**



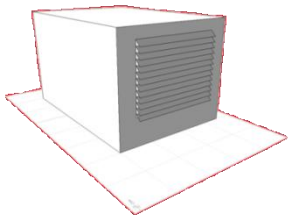
Zone: 3



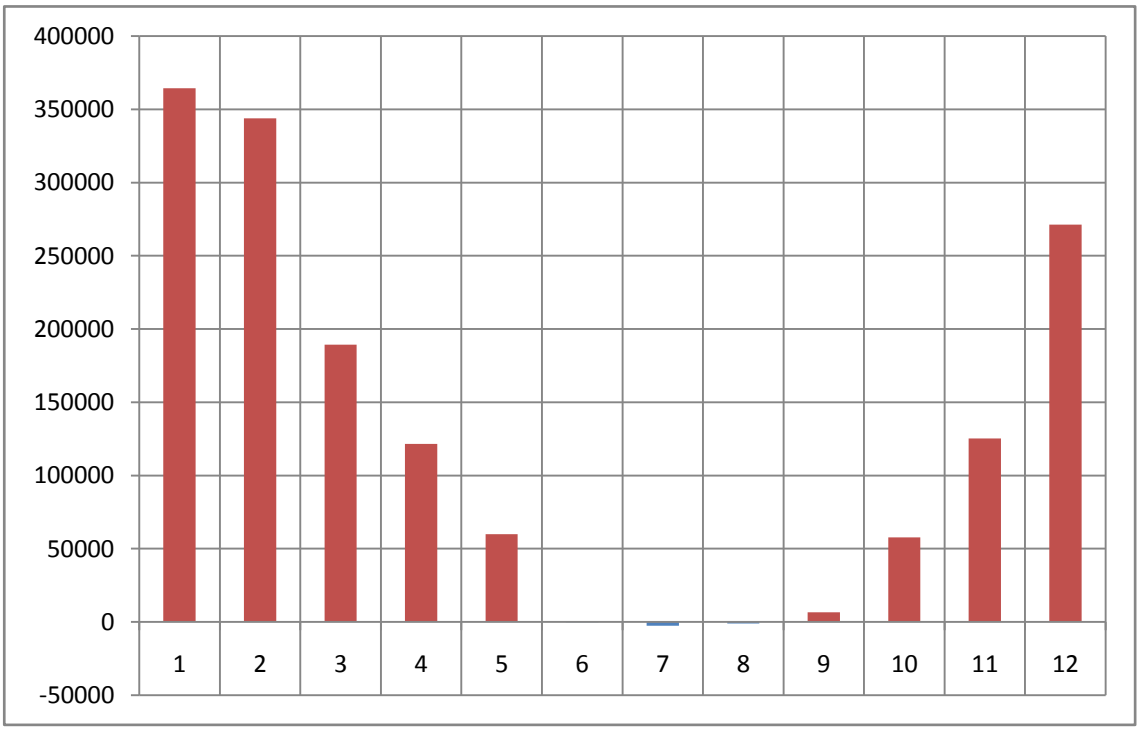
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	129846	0	129846
Φεβρουάριος	130601	0	130601
Μάρτιος	7644	2634	10279
Απρίλιος	4054	31174	35228
Μάιος	0	103204	103204
Ιούνιος	0	218038	218038
Ιούλιος	0	268964	268964
Αύγουστος	0	226108	226108
Σεπτέμβριος	0	89039	89039
Οκτώβριος	135	7547	7683
Νοέμβριος	6391	4295	10687
Δεκέμβριος	76365	0	76365
Σύνολο	**355039**	**951008**	**1306048**
Ανά m^2	**20288**	**54343**	**74631**



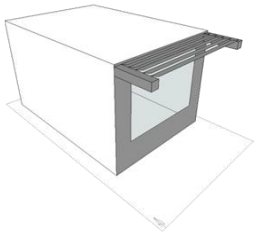
Zone: 4



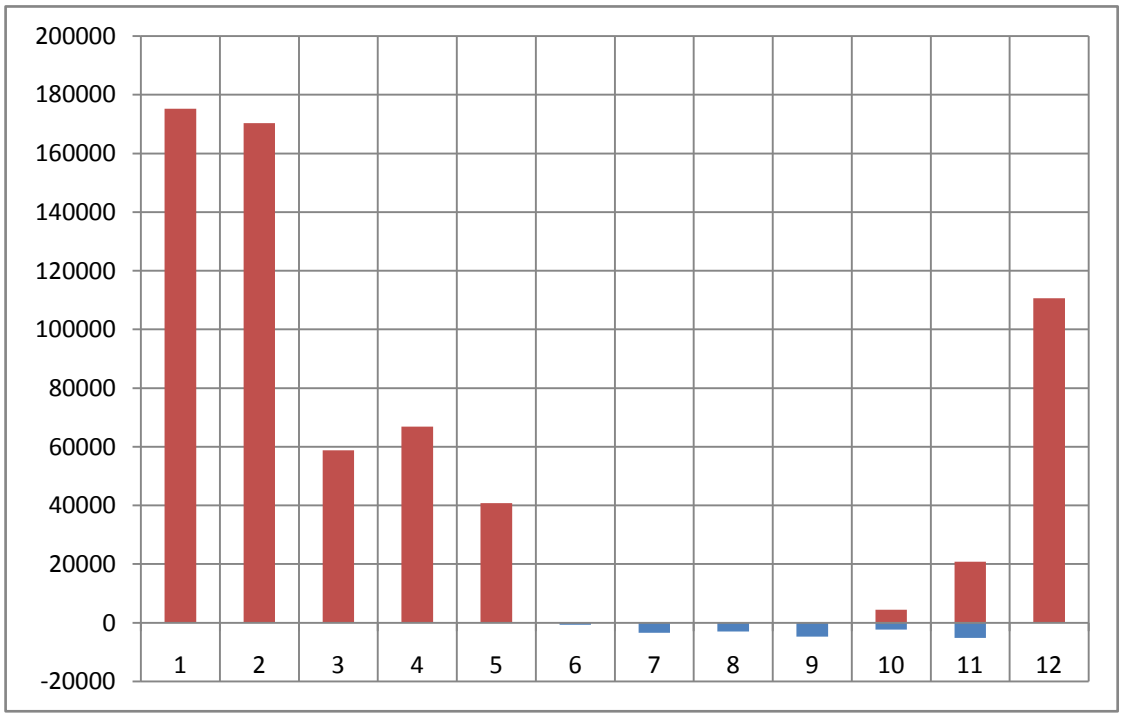
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	364289	0	364289
Φεβρουάριος	343766	0	343766
Μάρτιος	189328	0	189328
Απρίλιος	121582	0	121582
Μάιος	60022	0	60022
Ιούνιος	0	3	3
Ιούλιος	0	2656	2656
Αύγουστος	0	1078	1078
Σεπτέμβριος	6677	0	6677
Οκτώβριος	57746	0	57746
Νοέμβριος	125361	0	125361
Δεκέμβριος	271215	0	271215
Σύνολο	**1539989**	**3738**	**1543728**
Ανά m^2	**87999**	**213**	**88213**



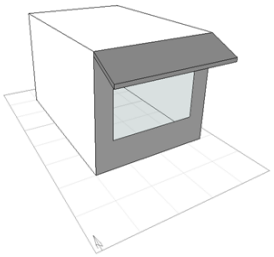
Zone: 5



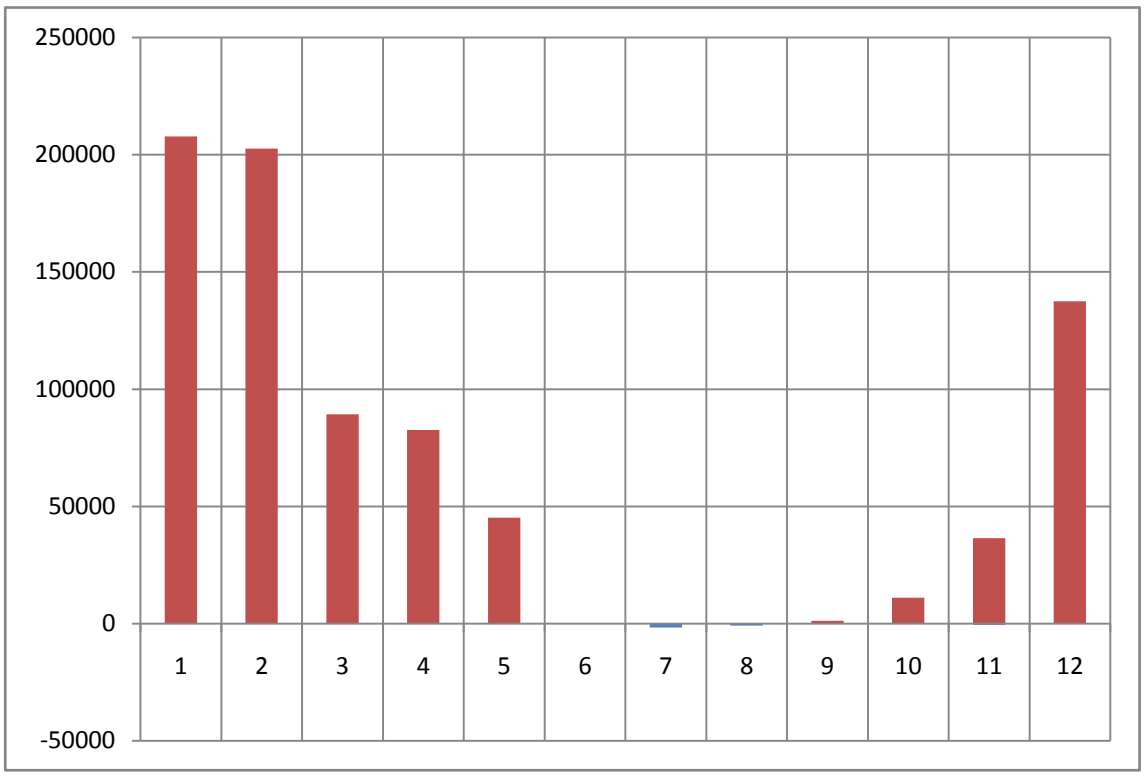
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	175254	0	175254
Φεβρουάριος	170319	0	170319
Μάρτιος	58766	0	58766
Απρίλιος	66834	0	66834
Μάιος	40803	0	40803
Ιούνιος	0	675	675
Ιούλιος	0	3429	3429
Αύγουστος	0	2939	2939
Σεπτέμβριος	196	4732	4928
Οκτώβριος	4391	2303	6695
Νοέμβριος	20849	5151	26001
Δεκέμβριος	110651	0	110651
Σύνολο	**648066**	**19232**	**667299**
Ανά m^2	**37032**	**1098**	**38131**



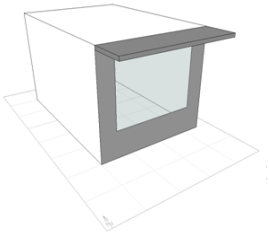
Zone: 6



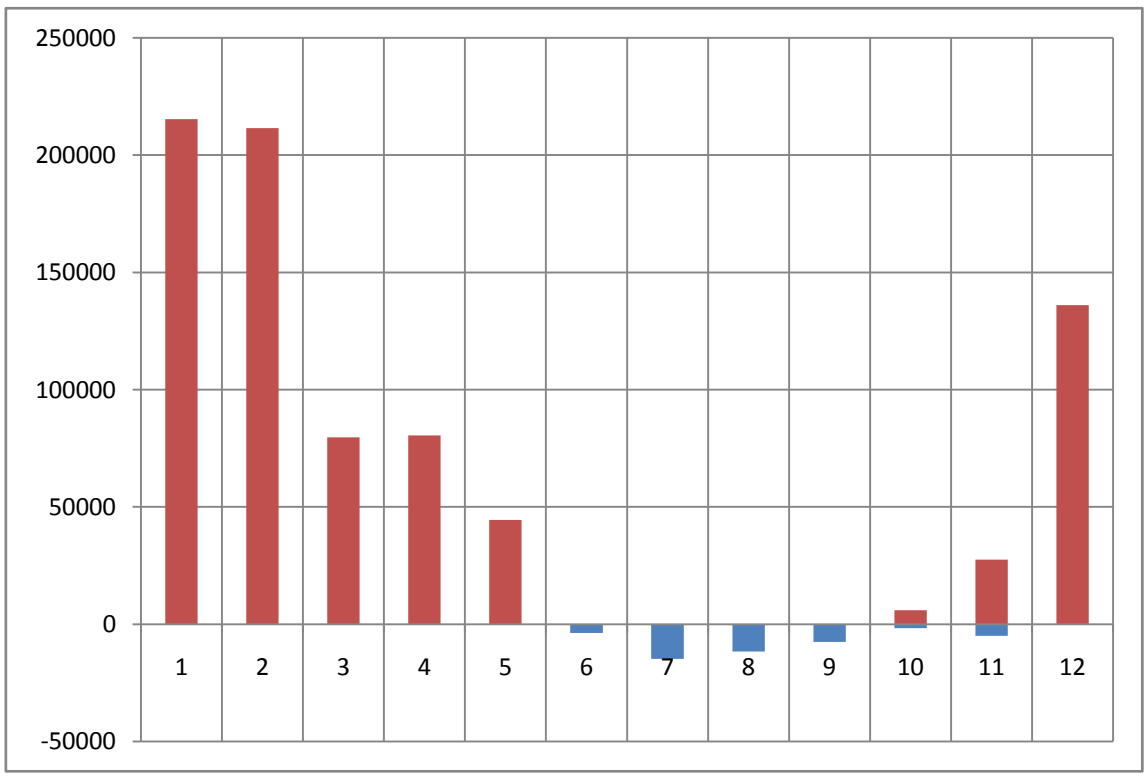
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	207874	0	207874
Φεβρουάριος	202583	0	202583
Μάρτιος	89316	0	89316
Απρίλιος	82639	0	82639
Μάιος	45144	0	45144
Ιούνιος	0	225	225
Ιούλιος	0	1714	1714
Αύγουστος	0	869	869
Σεπτέμβριος	1207	98	1305
Οκτώβριος	11035	28	11064
Νοέμβριος	36374	612	36986
Δεκέμβριος	137537	0	137537
Σύνολο	**813713**	**3547**	**817260**
Ανά m^2	**46497**	**202**	**46700**



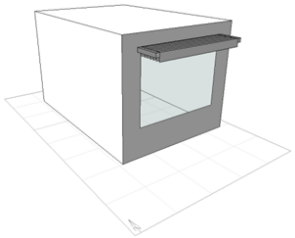
Zone: 7



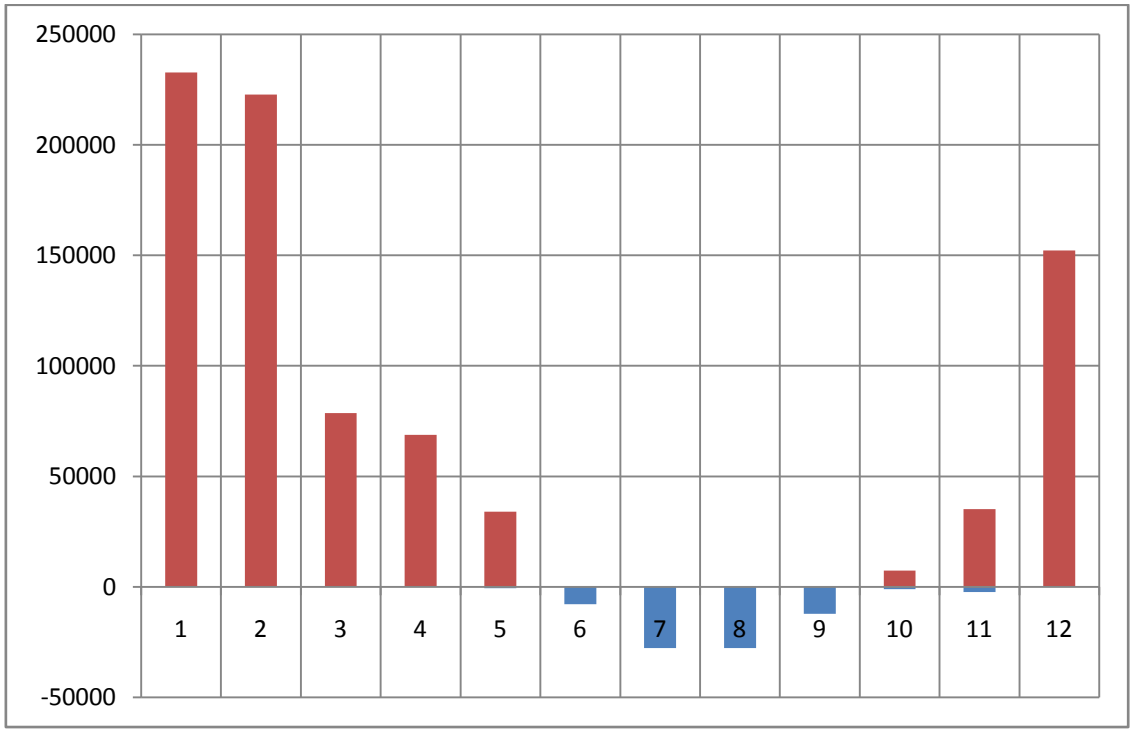
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	215353	0	215353
Φεβρουάριος	211445	0	211445
Μάρτιος	79633	0	79633
Απρίλιος	80429	0	80429
Μάιος	44439	0	44439
Ιούνιος	0	3736	3736
Ιούλιος	0	14769	14769
Αύγουστος	0	11588	11588
Σεπτέμβριος	79	7484	7563
Οκτώβριος	5943	1616	7559
Νοέμβριος	27531	4905	32436
Δεκέμβριος	136004	0	136004
Σύνολο	**800860**	**44101**	**844961**
Ανά m^2	**45763**	**2520**	**48283**



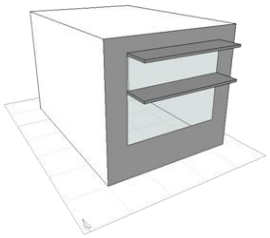
Zone: 8



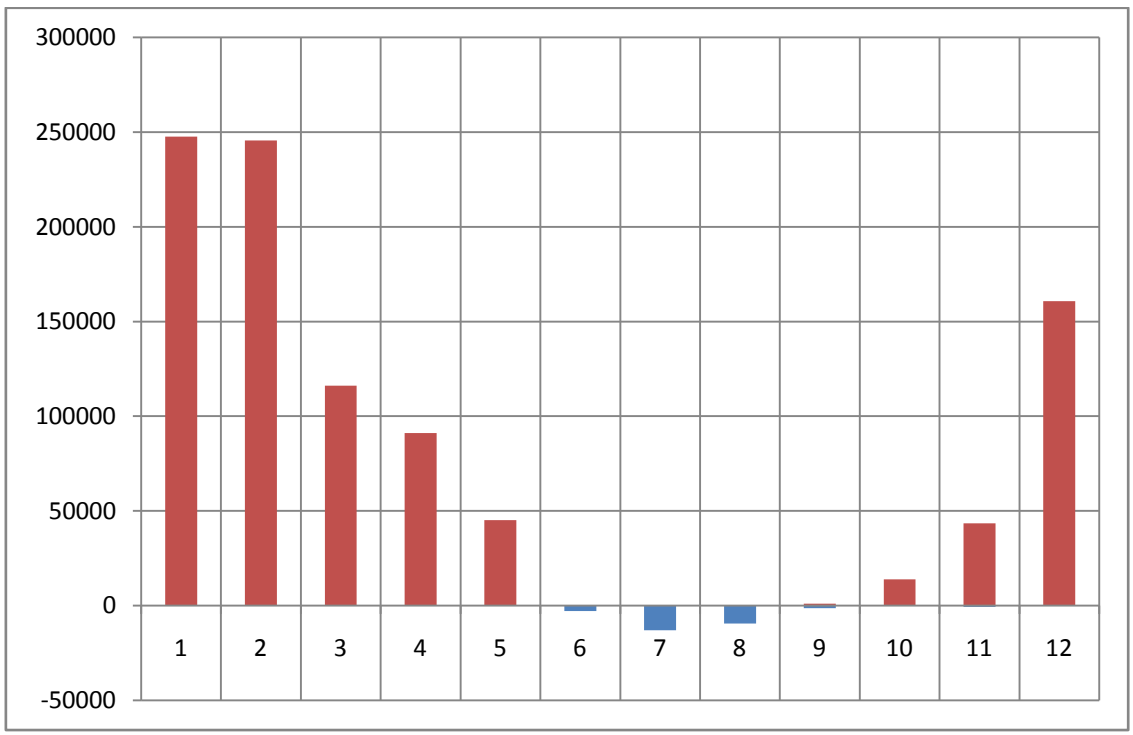
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	232821	0	232821
Φεβρουάριος	222798	0	222798
Μάρτιος	78668	0	78668
Απρίλιος	68733	0	68733
Μάιος	34039	583	34622
Ιούνιος	0	7874	7874
Ιούλιος	0	27710	27710
Αύγουστος	0	27658	27658
Σεπτέμβριος	71	12261	12332
Οκτώβριος	7397	1047	8445
Νοέμβριος	35221	2311	37533
Δεκέμβριος	152257	0	152257
Σύνολο	**832009**	**79445,79**	**911455**
Ανά m^2	**47543**	**4539,759**	**52083**



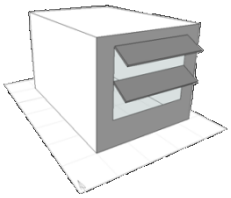
Zone: 9



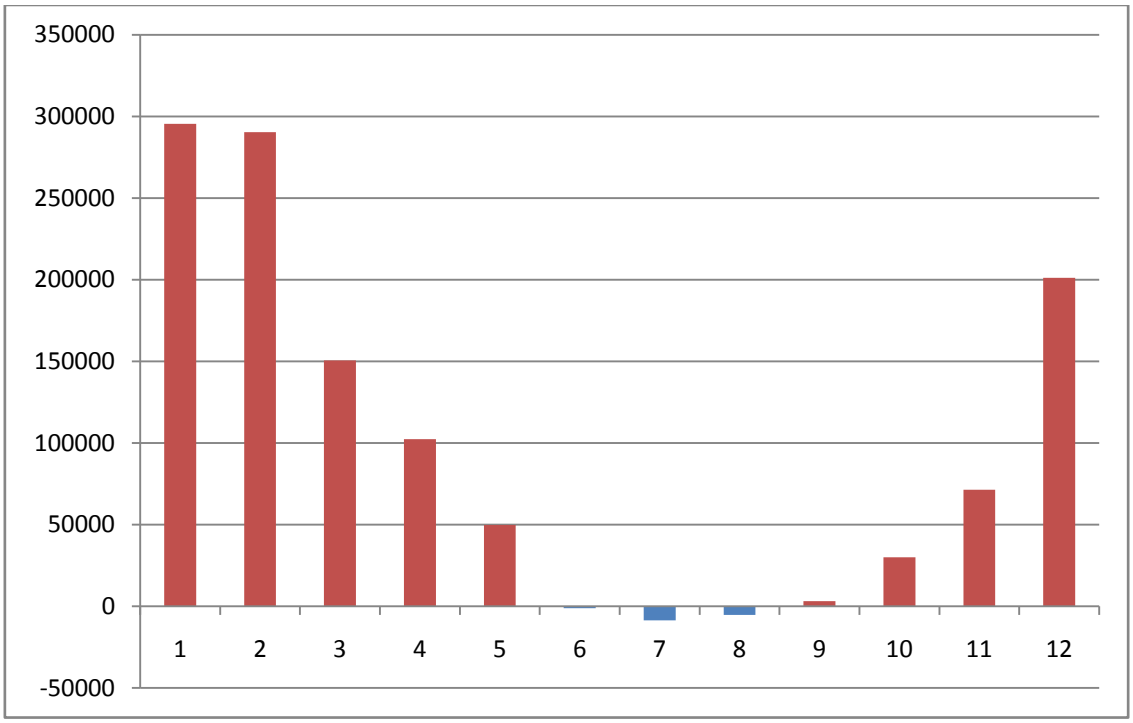
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	247636	0	247636
Φεβρουάριος	245579	0	245579
Μάρτιος	116120	0	116120
Απρίλιος	91196	0	91196
Μάιος	45223	0	45223
Ιούνιος	0	2868	2868
Ιούλιος	0	12962	12962
Αύγουστος	0	9425	9425
Σεπτέμβριος	958	1386	2344
Οκτώβριος	13848	13	13861
Νοέμβριος	43432	625	44057
Δεκέμβριος	160828	0	160828
Σύνολο	**964822**	**27282**	**992105**
Ανά m^2	**55132**	**1559**	**56691**



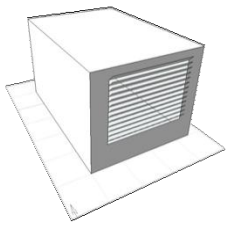
Zone: 10



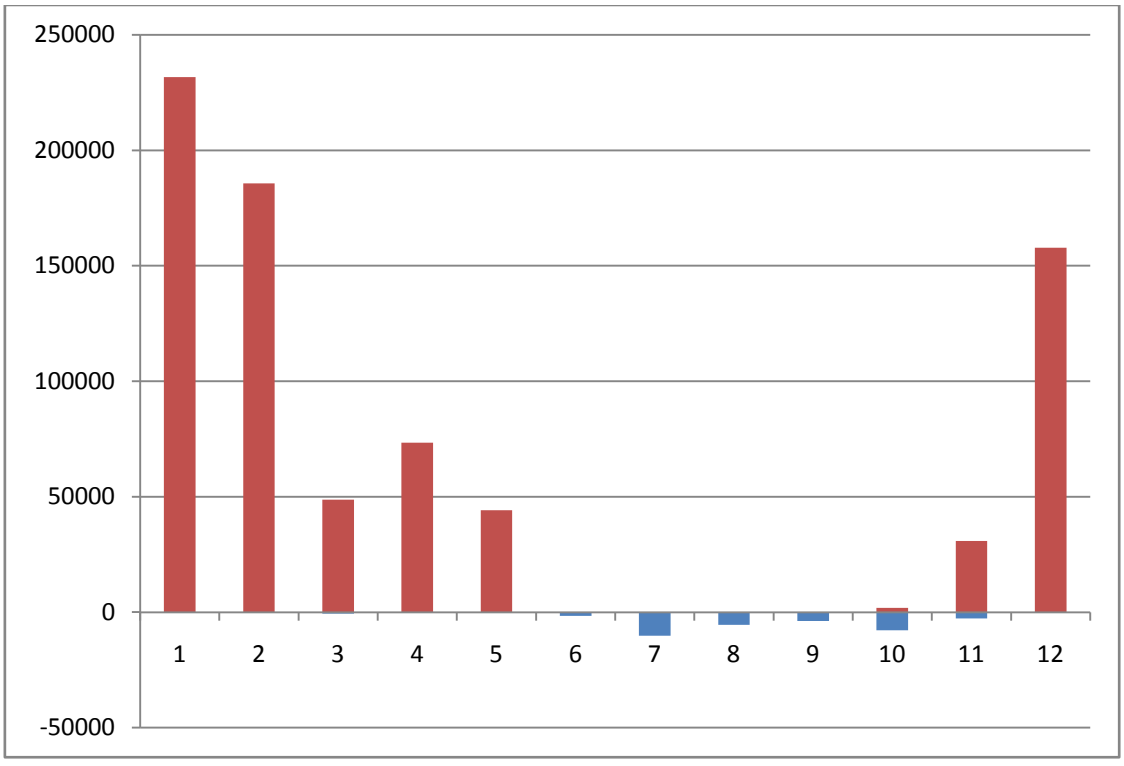
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	295552	0	295552
Φεβρουάριος	290460	0	290461
Μάρτιος	150631	0	150631
Απρίλιος	102426	0	102426
Μάιος	49717	0	49717
Ιούνιος	0	1261	1261
Ιούλιος	0	8593	8593
Αύγουστος	0	5199	5199
Σεπτέμβριος	3071	217	3288
Οκτώβριος	30032	0	30032
Νοέμβριος	71288	0	71288
Δεκέμβριος	201216	0	201216
Σύνολο	**1194398**	**15272**	**1209672**
Ανά m^2	**68251**	**872**	**69124**



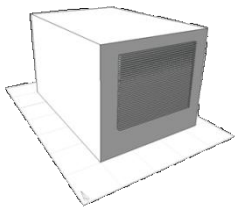
Zone: 11



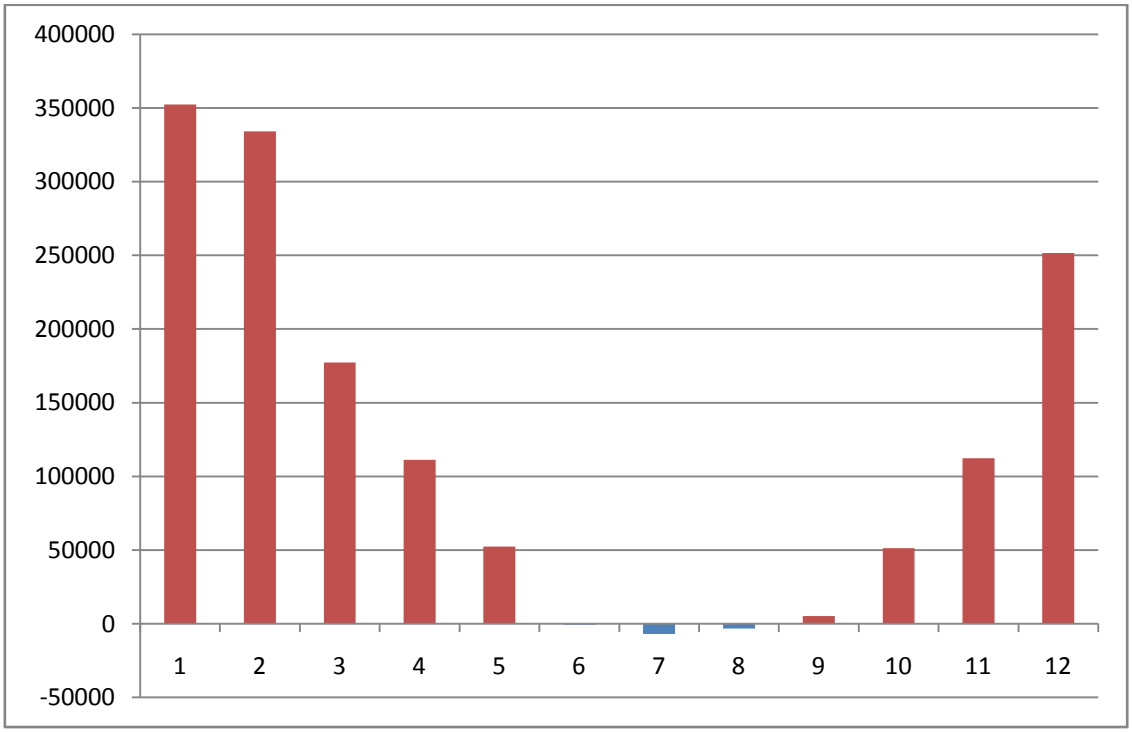
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	231728,8171	0	231728,8171
Φεβρουάριος	185731,4508	0	185731,4508
Μάρτιος	48637,88131	647,9110191	49285,79233
Απρίλιος	73415,36254	0	73415,36254
Μάιος	44094,65033	0	44094,65033
Ιούνιος	0	1557,791108	1557,791108
Ιούλιος	0	10267,61352	10267,61352
Αύγουστος	0	5456,642027	5456,642027
Σεπτέμβριος	0	3803,489765	3803,489765
Οκτώβριος	1898,486709	7853,053887	9751,540595
Νοέμβριος	30789,98802	2707,52393	33497,51195
Δεκέμβριος	157789,3482	0	157789,3482
Σύνολο	**774085,985**	**32294,02525**	**806380,0103**
Ανά m^2	**44233,48486**	**1845,372872**	**46078**



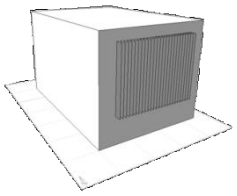
Zone: 12



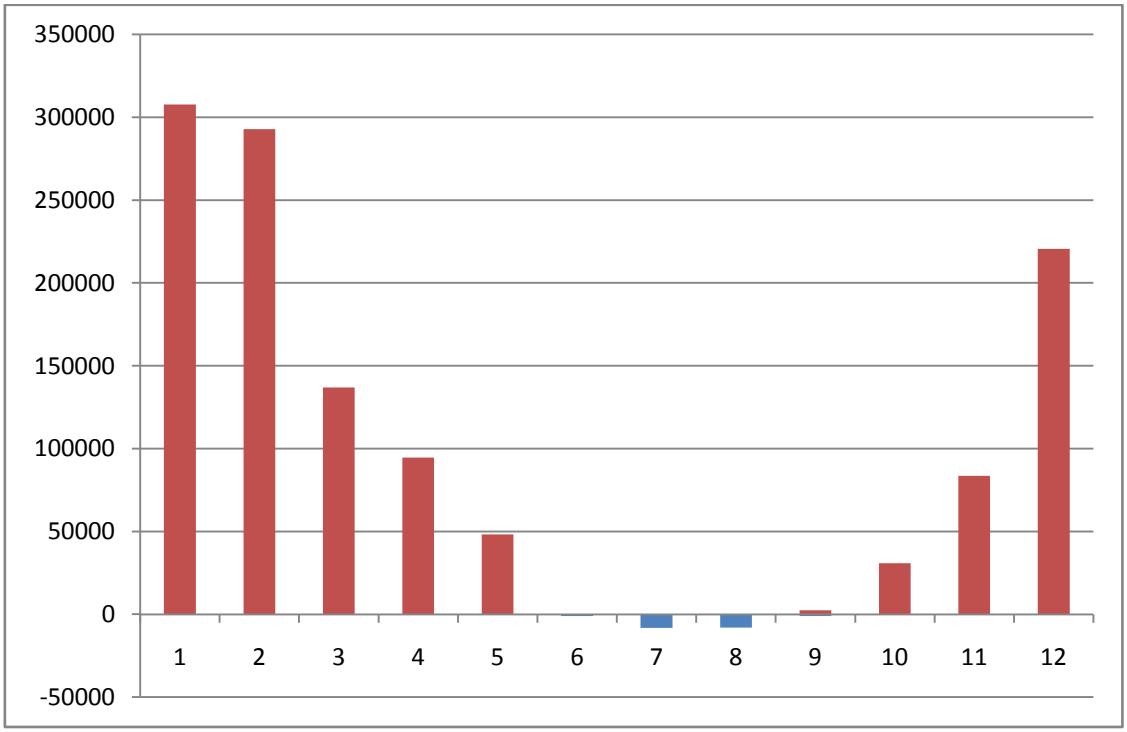
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	352364	0	352364
Φεβρουάριος	334108,9	0	334108,9
Μάρτιος	177330,3	0	177330,3
Απρίλιος	111305	0	111305
Μάιος	52300,81	0	52300,81
Ιούνιος	0	723,7573	723,7573
Ιούλιος	0	6912,804	6912,804
Αύγουστος	0	3208,838	3208,838
Σεπτέμβριος	5220,855	0	5220,855
Οκτώβριος	51202,33	0	51202,33
Νοέμβριος	112248,5	0	112248,5
Δεκέμβριος	251582,8	0	251582,8
Σύνολο	**1447663**	**10845,4**	**1458509**
Ανά m^2	**82723,63**	**619,7371**	**83343**



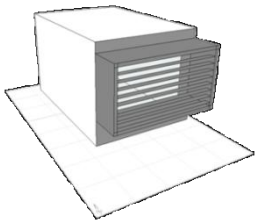
Zone: 13



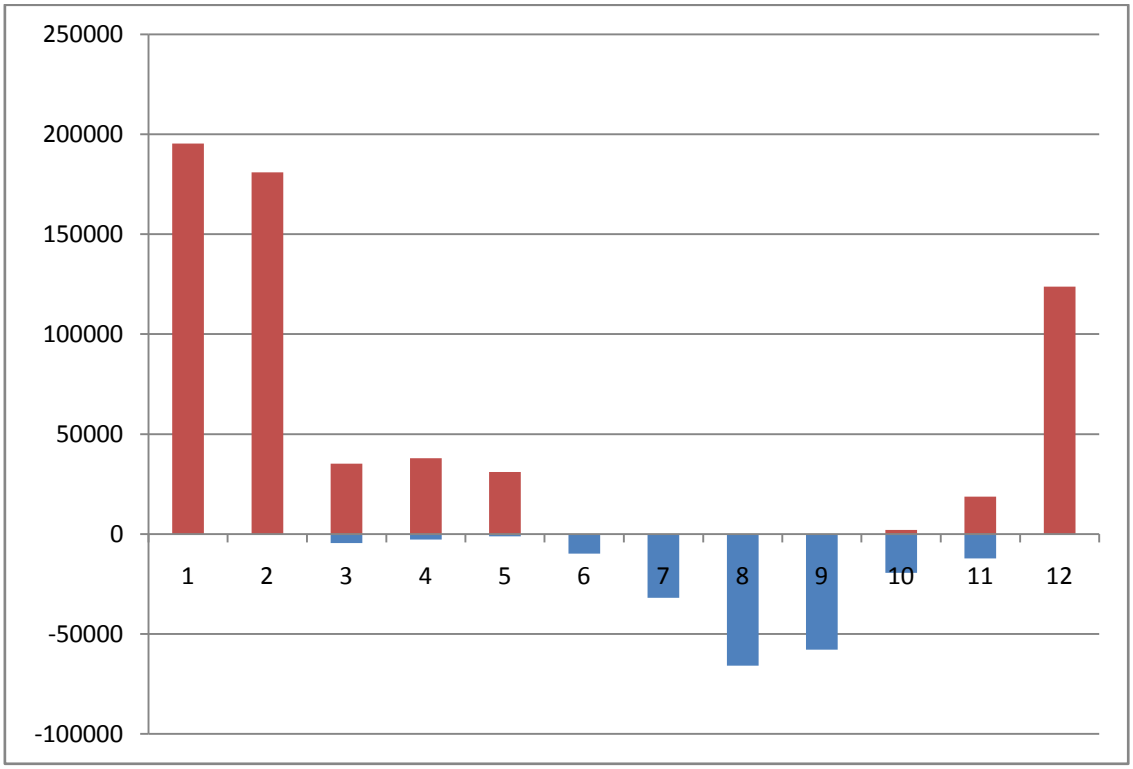
Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	307594,1588	0	307594,2
Φεβρουάριος	292813,7177	0	292813,7
Μάρτιος	136920,687	0	136920,7
Απρίλιος	94484,47199	0	94484,47
Μάιος	48113,82293	0	48113,82
Ιούνιος	0	1025,292675	1025,293
Ιούλιος	0	8327,088887	8327,089
Αύγουστος	0	8133,779697	8133,78
Σεπτέμβριος	2272,077676	1159,53596	3431,614
Οκτώβριος	30868,26866	0	30868,27
Νοέμβριος	83580,16634	0	83580,17
Δεκέμβριος	220515,5359	0	220515,5
Σύνολο	**1217162,907**	**18645,69722**	**1235809**
Ανά m^2	**69552,16611**	**1065,468413**	**70617**

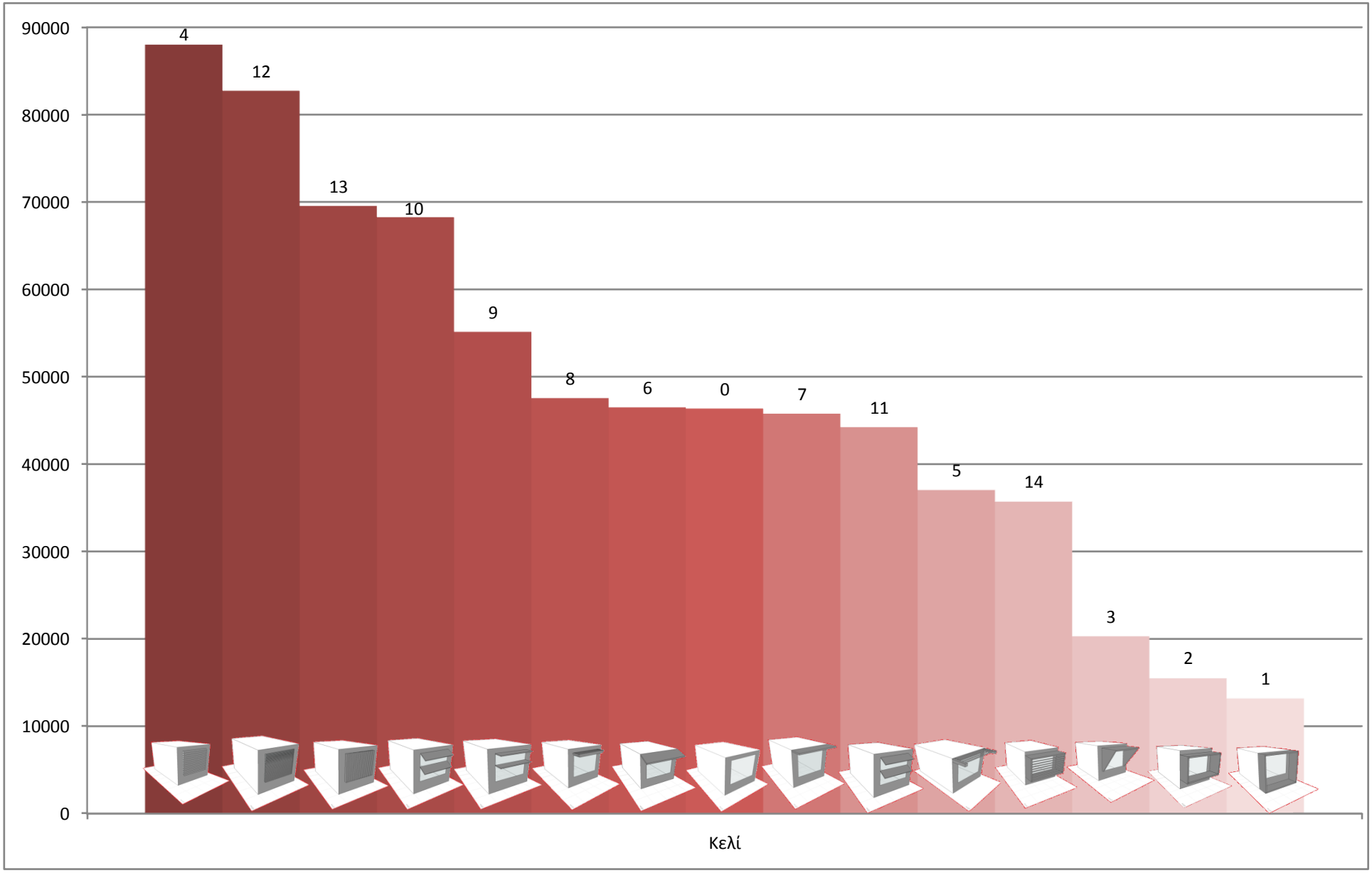


Zone: 14

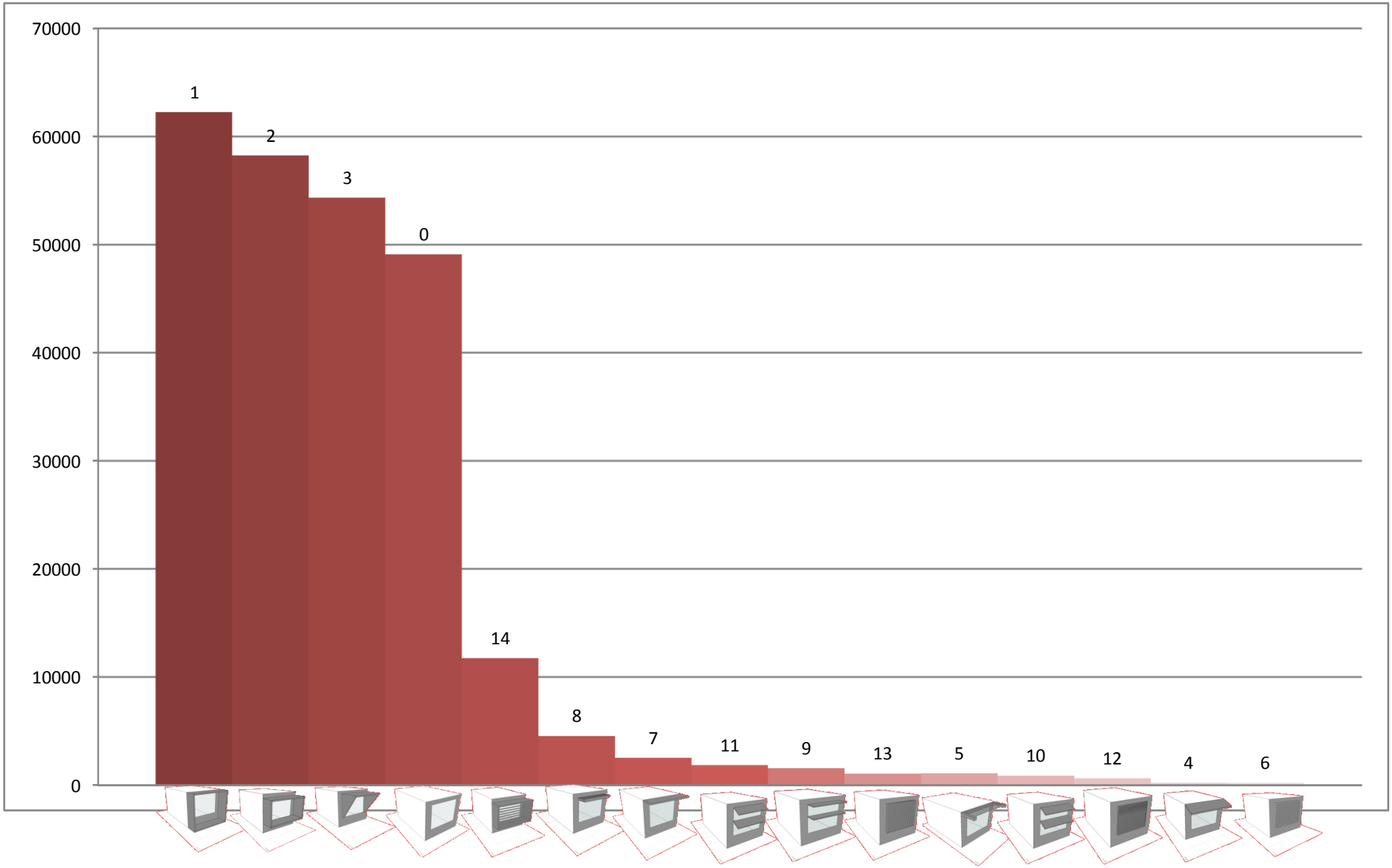


Μήνας	Θέρμανση (Wh)	Ψύξη (Wh)	Σύνολο (Wh)
Ιανουάριος	195302	0	195302
Φεβρουάριος	180972	0	180973
Μάρτιος	35174	4491	39665
Απρίλιος	37872	2720	40593
Μάιος	30952	1205	32158
Ιούνιος	0	9764	9764
Ιούλιος	0	31961	31961
Αύγουστος	0	65840	65840
Σεπτέμβριος	0	57830	57830
Οκτώβριος	2082	19460	21542
Νοέμβριος	18650	12228	30878
Δεκέμβριος	123735	0	123735
Σύνολο	**624742**	**205502**	**830244**
Ανά m^2	**35699**	**11742**	**47442**

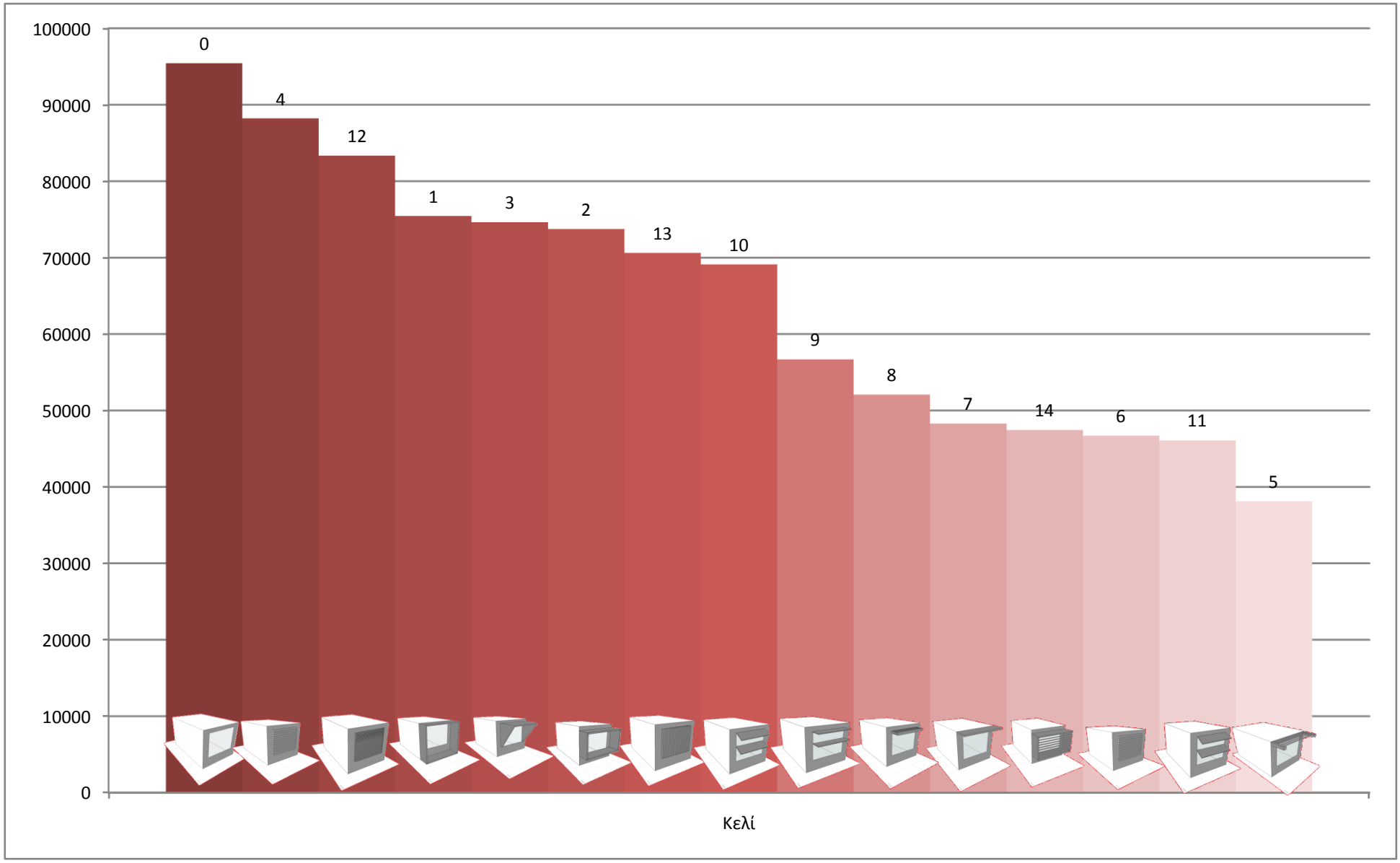




Γράφημα 13 Απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση του χώρου



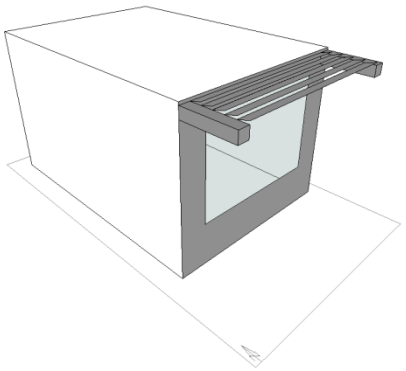
Γράφημα 14 Απαιτούμενη ενέργεια για τη ψύξη του χώρου



Γράφημα 15 Συνολική απαιτούμενη ενέργεια EnergyPlus

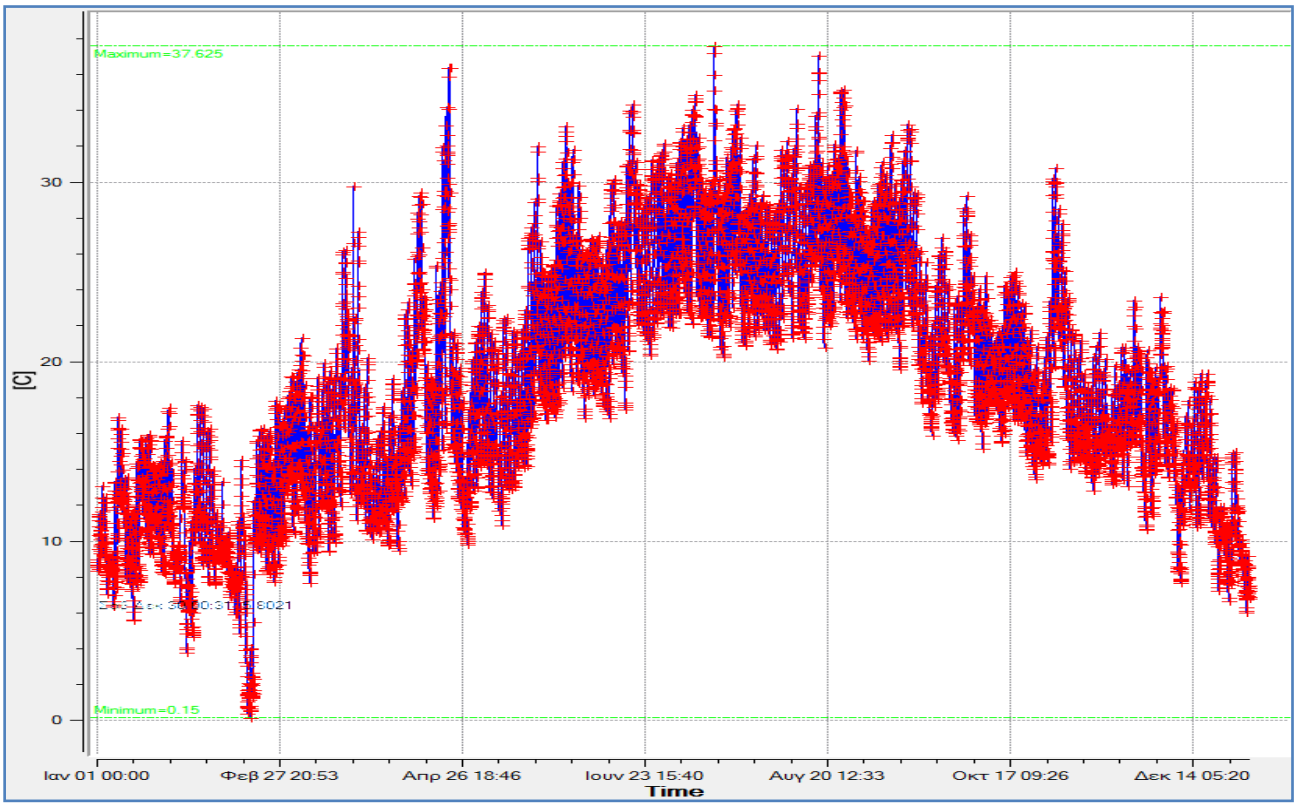
8.4 Παρουσίαση βέλτιστου σκίαστρου (EnergyPlus)

Σκίαστρο 5

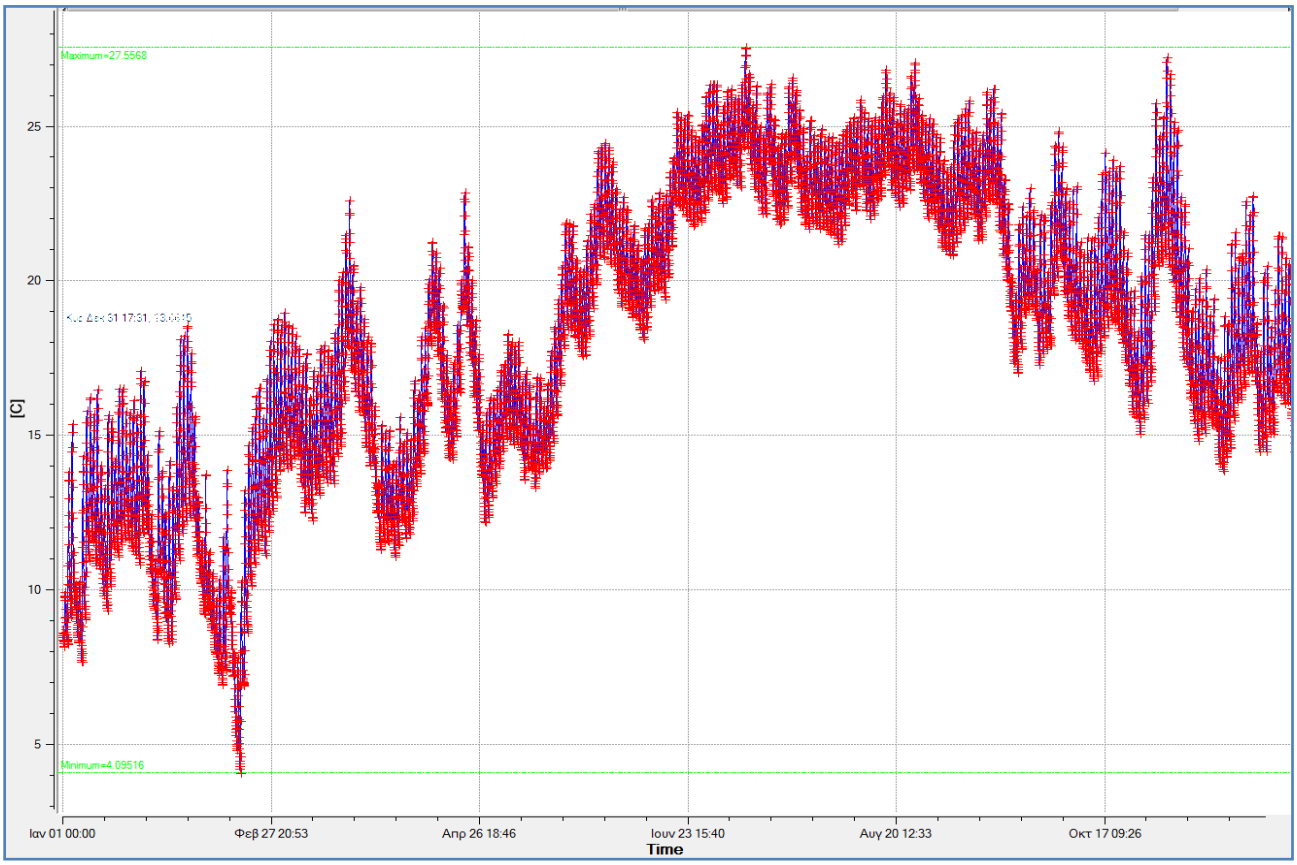


Το σκίαστρο αυτό, από την ενεργειακή μελέτη που προηγήθηκε, είναι αυτό που παρουσιάζει τις χαμηλότερες ενεργειακές ανάγκες στο χρόνο με κριτήριο τη διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας μεταξύ 18 και 26 ^{o}C . Αποτελεί μια απλή λύση, καλαίσθητη, άμεσα εφαρμόσιμη σε υπάρχουσες κατασκευές, η οποία δεν επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την όψη του κτηρίου. Η κλίση των περσίδων μπορεί και εδώ να είναι ρυθμιζόμενη μηχανικά ή και ηλεκτρονικά με έξυπνα συστήματα παρακολούθησης της ηλιακής ακτινοβολίας και στρέψης του σκιάστρου σε όλη την διάρκεια της μέρας αυτόματα, ώστε να αυξηθεί και άλλο η απόδοσή του.

Στα επόμενα διαγράμματα φαίνεται η εξωτερική και η εσωτερική θερμοκρασία σε όλη την διάρκεια του έτους



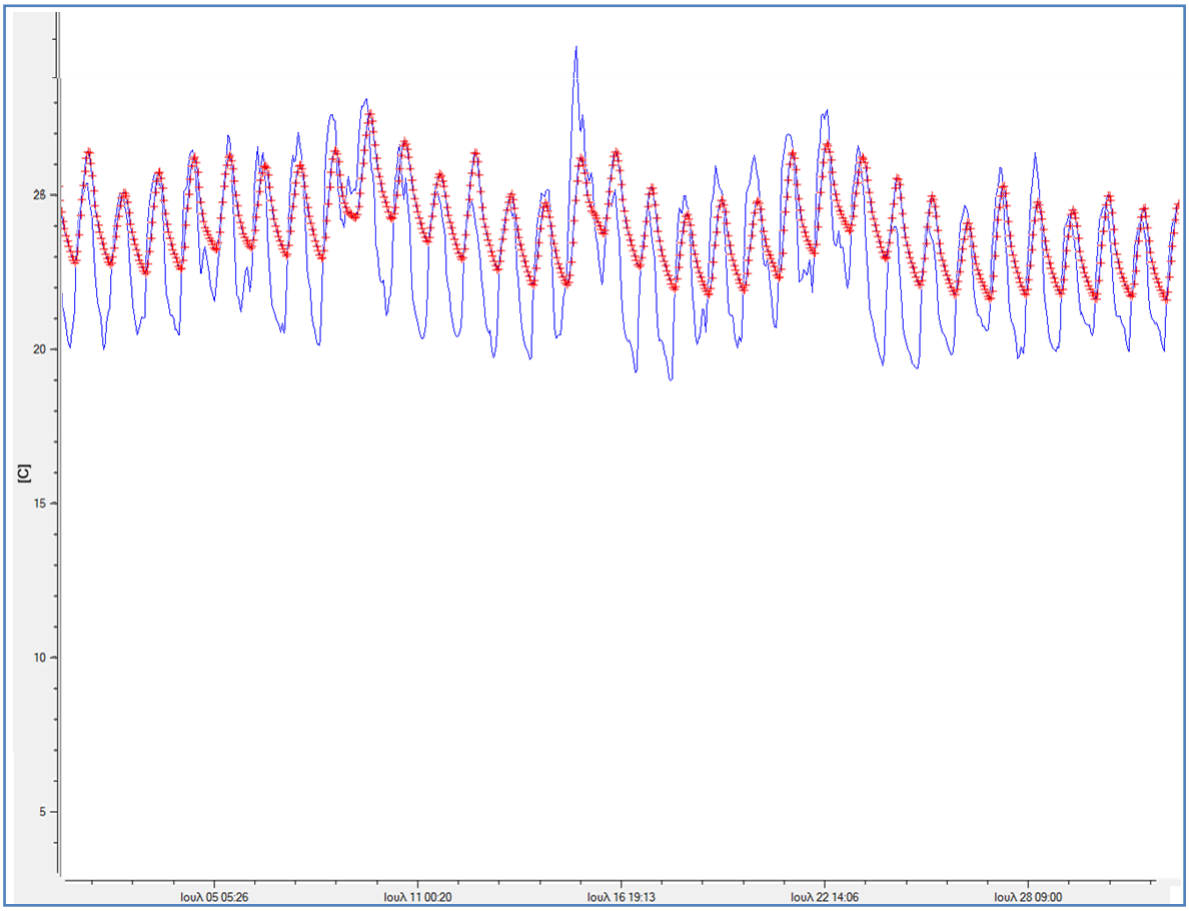
Γράφημα 16 Εξωτερική θερμοκρασία



Γράφημα 17 Εσωτερική θερμοκρασία

Η μέγιστη θερμοκρασία που έχουμε σε όλο το χρόνο είναι 37,62 ^{o}C ενώ η μέγιστη εσωτερική θερμοκρασία που υπολογίστηκε από το πρόγραμμα είναι 27,55 ^{o}C. Ο χώρος λοιπόν ανταποκρίνεται αρκετά καλά στις θερμικές διακυμάνσεις του περιβάλλοντος. Αυτή η θερμοκρασιακή διαφορά την πιο θερμή μέρα του έτους (10^{o}C) είναι ζωτικής σημασίας για την ενεργειακή οικονομία του κτηρίου αφού το σύστημα κλιματισμού καλείται να αντιμετωπίσει πολύ χαμηλότερα φορτία.

Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η συσχέτιση εξωτερικής (μπλε χρώμα) και εσωτερικής (κόκκινο χρώμα) θερμοκρασίας τον πιο ζεστό μήνα του χρόνου (Ιούνιο) ώστε να γίνει πιο κατανοητή η συμπεριφορά του χώρου.

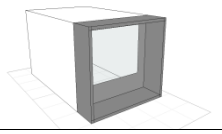
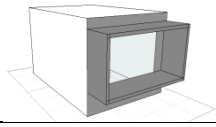
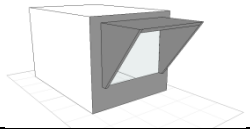
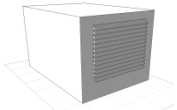
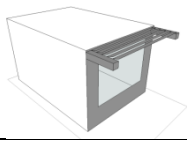
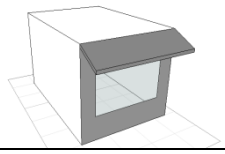
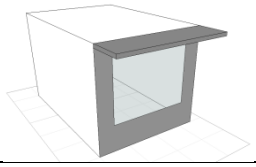
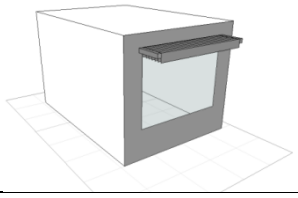


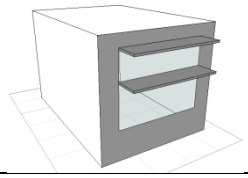
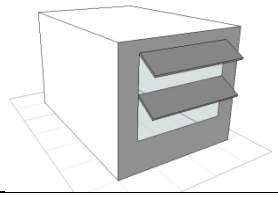
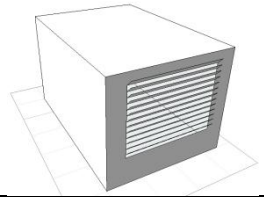
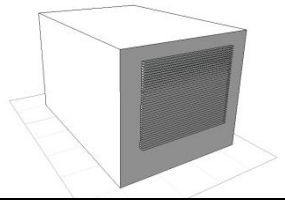
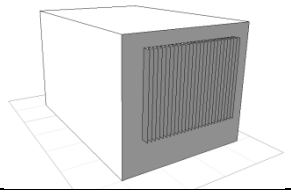
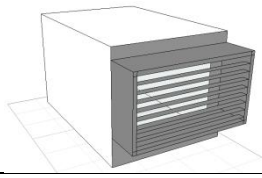
Γράφημα 18 Θερμοκρασιακές διακυμάνεις εσωτερικού (κόκκινο χρώμα) και εξωτερικού αέρα (μπλέ χρώμα)

Είναι προφανές πως ο χώρος αντιδρά πολύ καλά στις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και η θερμοκρασία του κυμαίνεται πολύ πιο κοντά στην μέση θερμοκρασία για το μήνα αυτό (24^{o}C). Ακόμη παρατηρούμε πως δεν επηρεάζεται από απότομες και ακραίες μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας (15 Ιουλίου).

8.5 Σύγκριση αποτελεσμάτων – Προγραμμάτων – Βέλτιστο σκίαστρο

Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν για την ενεργειακή – θερμική ανάλυση του χώρου μετά την εφαρμογή των σκιάστρων δημιουργήθηκε ο παρακάτω συγκεντρωτικός πίνακας.

Σκίαστρο	Εξοικονόμηση κατά Ecotect	Εξοικονόμηση κατά EnergyPlus	Μέσος όρος
1 	12,14%	20,96%	16,55%
2 	11,90%	22,74%	17,32%
3 	14,73%	21,81%	18,27%
4 	15,85%	7,58%	11,72%
5 	34,18%	60,05%	47,12%
6 	14,29%	51,07%	32,68%
7 	14,59%	49,41%	32,00%
8 	33,64%	45,43%	39,54%

9 	34,63%	40,60%	37,62%
10 	36,54%	27,58%	32,06%
11 	6,02%	51,72%	28,87%
12 	23,63%	12,68%	18,16%
13 	23,22%	26,01%	24,62%
14 	24,81%	50,29%	37,55%

Πίνακας 5 Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα δείχνουν πως τα προγράμματα Ecotect και EnergyPlus έχουν αρκετά μεγάλη απόκλιση κάτω από μοντελοποίηση ίδιων συνθηκών και γεωμετρικών ιδιοτήτων. Αν και οι πραγματικές τιμές κατανάλωσης ενέργειας δεν μας ενδιαφέρουν τόσο στη συγκεκριμένη μελέτη μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκρισή τους με το σκίαστρο 0, το χώρο δηλαδή στον οποίο δεν εφαρμόζεται σκίαστρο. Η σύγκριση των σκιάστρων με βάση την εξοικονόμηση

ενέργειας εκφράζεται ως ποσοστιαία απόδοση. Αν και το EnergyPlus θεωρείται ένα από τα πιο αξιόπιστα λογισμικά προσομοίωσης θερμικής και ενεργειακής συμπεριφοράς κτηρίων, τα αποτελέσματα στα σκίαστρα 11 και 14 έχουν δώσει τιμές αρκετά μεγάλης απόδοσης που ίσως και να μην είναι αληθής. Ειδικά στην περίπτωση σκιάστρου 11, βλέπουμε πως με την εφαρμογή περσίδων έχουμε 51,72% εξοικονόμηση ενέργειας κάτι που δεν είναι λογικό αφού θα έπρεπε να έχουμε παρόμοιες τιμές και στις υπόλοιπες μορφές περσίδων. Γενικά πάντως βλέπουμε μεγάλες αποδόσεις και από τα δύο προγράμματα σε σκίαστρα τύπου πέργκολας και συγκεκριμένα στο σκίαστρο 5 το οποίο και θεωρείται ως βέλτιστο σε αυτή τη μελέτη. Ο μέσος όρος εξοικονόμησης ενέργειας των προγραμμάτων μας δίνει 47% εξοικονόμηση ενέργειας για την διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας μεταξύ 18 και 26 ^{o}C καθόλη τη διάρκεια του χρόνου.

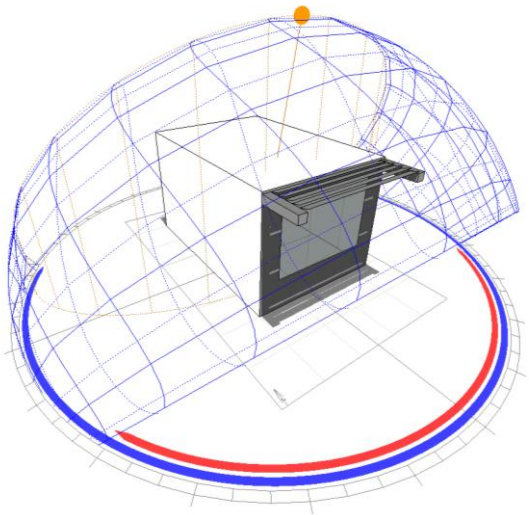
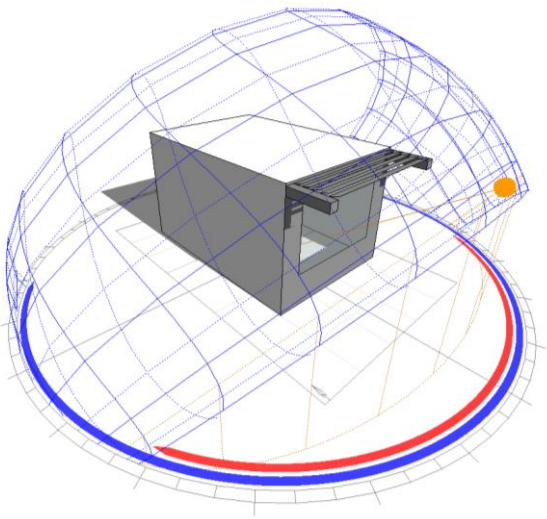
Η εφαρμογή ενός τέτοιου σκίαστρου σίγουρα θα έχει μεγάλα οφέλη για την λειτουργία του χώρου. Ακόμη και το 50% της τιμής της απόδοσης που προέκυψε από τη μελέτη να είναι αληθής, βλέπουμε πως από μια πάγια εγκατάσταση ενός σκίαστρου σε ένα παράθυρο μπορούμε να έχουμε οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη σε όλη την περίοδο λειτουργίας του χώρου.

Κεφάλαιο 9. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία έγινε λόγος για την αλλαγή στην ενεργειακή συμπεριφορά ενός χώρου γραφείου 17,5 m^2 με την εφαρμογή 14 διαφορετικών τύπων σκίαστρων, προσέγγιση των ενεργειακών αναγκών του χώρου για διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας σε συνθήκες άνεσης με την χρήση επαγγελματικών λογισμικών και σύγκριση-αξιολόγησή τους ως προς την ιδιότητά τους να εξοικονομούν ενέργεια στο χώρο.

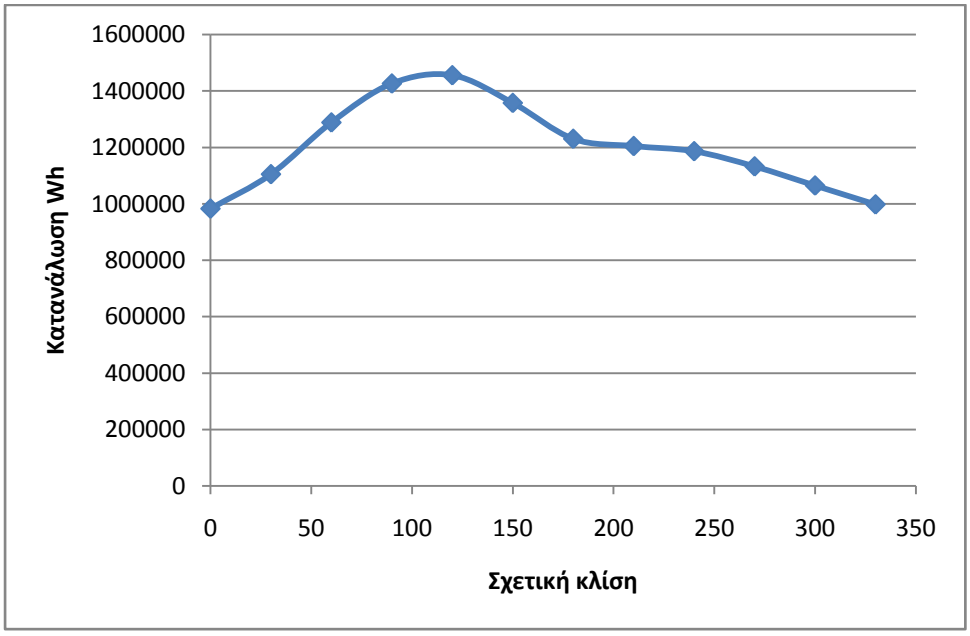
Τα σκίαστρα που εξετάστηκαν θεωρούνται όλα εξωτερικής εφαρμογής, χωρίς κινούμενα μέρη, τοποθετημένα επάνω στην όψη του χώρου της οποίας το άνοιγμα έχει νότιο προσανατολισμό.

Η μελέτη αυτή κατέληξε σε βέλτιστο σκίαστρο μορφής προβόλου με περσίδες με συγκεκριμένη κλίση περσίδων. Η κλίση αυτή προέκυψε από ανάλυση του χώρου ώστε την πιο θερμή μέρα του έτους να ελαχιστοποιείται η εισροή ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στο χώρο ενώ παράλληλα να μεγιστοποιείται τις ψυχρές μέρες του έτους.

Θερινή Περίοδος	**Χειμερινή Περίοδος**
	
Εικόνα Κλίση του Ήλιου την πιο θερμή μέρα του έτους και μεγιστοποίηση σκιασμού από το σκίαστρο.	**Εικόνα 48** Κλίση του Ήλιου την πιο ψυχρή μέρα του έτους και ελαχιστοποίηση σκιασμού από το σκίαστρο.

Σημαντική παρατήρηση είναι πως τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής ισχύουν για το γεωγραφικό στίγμα που έγινε η μελέτη και των γύρω περιοχών. Η εφαρμογή τέτοιου σκίαστρου πολύ μακριά από την περιοχή των Χανίων μπορεί να έχει και αρνητικές επιπτώσεις στην ενεργειακή ταυτότητα του χώρου αφού όχι μόνο θα έχουμε διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες αλλά οι κλίσεις του Ήλιου κατά τη θερινή και χειμερινή περίοδο θα είναι διαφορετικές.

Επίσης μεγάλο ρόλο παίζει η οριζόντια κλίση του χώρου ως προς το βορρά. Για την μελέτη αυτή, όπως προαναφέρθηκε, θεωρήθηκε χώρος με νότιο άνοιγμα (παράθυρο) στον οποίον εφαρμόστηκαν σκίαστρα. Η αλλαγή της κλίσης έχει μεγάλη σημασία καθώς τα θερμικά φορτία αλλάζουν ανάλογα με την κλίση αυτή και σε διαφορετική σχέση του χώρου με το βορρά, από αυτή που εξετάστηκε, μπορεί να έχουμε διαφορετικά αποτελέσματα.



Γράφημα 19 Κατανάλωση χώρου με εφαρμογή βέλτιστου σκίαστρου σε σχέση με την κλίση του από τον βορρά (Ecotect)

Όπως φαίνεται και από το γράφημα 18, η βέλτιστη κλίση του χώρου, η κλίση δηλαδή στην οποία ο χώρος έχει τις λιγότερες ενεργειακές απαιτήσεις για διατήρηση της θερμοκρασίας του σε συνθήκες ανέσεις σε όλο το έτος, σύμφωνα με το λειτουργικό Ecotect είναι η Βόρεια, η δυσμενέστερη είναι η δυτική και μέσης αποδοτικότητας είναι η νότια που εξετάστηκε. Βέβαία σε

βόρειο προσανατολισμό το είδος του σκίαστρου δεν επηρεάζει πολύ την ενεργειακή κατανάλωση αφού η ηλιακή ακτινοβολία δε φτάνει σε μεγάλο βαθμό μέσα στο χώρο

(ECOTECT)	Χώρος χωρίς σκίαστρο			Χώρος με βέλτιστο σκίαστρο		
Κατανάλωση	Θέρμανση (Wh/m^2)	Ψύξη (Wh/m^2)	Σύνολο (Wh/m^2)	Θέρμανση (Wh/m^2)	Ψύξη (Wh/m^2)	Σύνολο (Wh/m^2)
Βόρειος Προσανατολισμός	23500	46300	69800	13000	43500	56500
Νότιος Προσανατολισμός	20800	74200	95000	11000	59000	70000

Πίνακας 6 Ενεργειακή ζήτηση του χώρου για επικράτηση συνθηκών άνεσης σε σχέση με την βόρειο και νότιο προσανατολισμό και με εφαρμογή ή όχι σκίαστρου.

Από τον παραπάνω πίνακα είναι προφανές πως με βόρειο προσανατολισμό έχουμε διαφορά ζήτησης ενέργειας με εφαρμογή ή όχι του σκίαστρου περίπου 13300 Wh, ενώ στο Νότιο Προσανατολισμό έχουμε διαφορά 25000 Wh που τονίζει ακόμα περισσότερο την αναγκαιότητα ύπαρξης σκίαστρου σε αυτόν τον προσανατολισμό.

Σημαντικό είναι πάντως ότι τα δύο προγράμματα που επιλέχτηκαν συμφωνούν ως προς το βέλτιστο σκίαστρο και δίνουν μεγάλο μέσο όρο απόδοσης (47%), κάτω από παρόμοιες συνθήκες, αφού έχουν δομηθεί με διαφορετική τεχνολογία με ίδια όμως φιλοσοφία, την ενεργειακή μελέτη χώρων και κτηρίων. Η μοναδική διαφορά στη μοντελοποίηση έγκειται στο γεγονός ότι το EnergyPlus δεν δέχεται την ύπαρξη αδιαβατικών επιφανειών. Έχει όμως σαν επιλογή την έκθεση ή όχι μιας επιφάνειας σε ήλιο και αέρα. Κατά τη μοντελοποίηση λοιπόν ενώ σε περιβάλλον Ecotect θεωρήθηκαν οι εσωτερικές επιφάνειες του όγκου αδιαβατικές (μηδενικός συντελεστής θερμικής διαχυτότητας), σε περιβάλλον EnergyPlus χρησιμοποιήθηκε η επιλογή αυτές οι επιφάνειες να μην εκτίθενται σε ήλιο και άνεμο, κάτι που προσεγγίζει περισσότερο τις πραγματικές συνθήκες.

Το σκίαστρο με την χαμηλότερη απόδοση, με βάση την ανάλυση με το λειτουργικό Ecotect, είναι το σκίαστρο 11 ενώ με βάση το EnergyPlus το σκίαστρο 4. Επίσης σημαντικό είναι αυτό το συμπέρασμα αφού και τα δύο σκίαστρα είναι μορφής εξωτερικών περσίδων οπότε και εδώ έχουμε σύγκλιση αποτελεσμάτων των δύο προγραμμάτων και μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα πως η χρήση στατικών περσίδων σε όλη τη διάρκεια του έτους πρέπει να αποφευχθεί. Συγκεκριμένα τα σκίαστρα αυτού του τύπου παρουσιάζουν μεγάλη ενεργειακή ζήτηση τους χειμερινούς μήνες του έτους κάτι το οποίο δεν είναι αποδεκτό αφού ο χειμώνας στην υπό μελέτη περιοχή χαρακτηρίζεται ήπιος.

Τέλος βασικός λόγος για τη μεταφορά θερμότητας στον εσωτερικό χώρο είναι ο υαλοπίνακας που επιλέχτηκε. Στην συγκεκριμένη μελέτη είχαμε χρήση πολύ μεγάλου ανοίγματος σε σχέση με τον τοίχο στον οποίο ανήκει. Συγκεκριμένα το παράθυρο είναι εμβαδού 4,75 m^2 ενώ ο τοίχος στον οποίο ανήκει είναι 10,5 m^2 που αντιστοιχεί περίπου στο 50% της επιφάνειας του. Η επιλογή τόσο μεγάλου διπλού υαλοπίνακα έγινε για να εξεταστούν τα απαιτούμενα ποσοστά φυσικού φωτισμού και οπτικής άνεσης που απαιτεί ένας τέτοιος χώρος.

Κεφάλαιο 10. Επίλογος / Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα / Ευχαριστίες

Η φιλοσοφία στο σχεδιασμό των κτιρίων έγκειται στην ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας δίχως να θυσιάζεται η επίτευξη θερμικής άνεσης και ικανοποιητικής ποιότητας εσωτερικού αέρα. Η θερμική άνεση καθορίζεται κυρίως από τέσσερις φυσικές παραμέτρους: τη θερμοκρασία του αέρα, την υγρασία του αέρα, τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας και τη ταχύτητα του αέρα. Ωστόσο, υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός παραγόντων που επιδρά στη θερμική άνεση στο εσωτερικό των κτιρίων οι οποίοι συχνά δεν είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους αλλά αλληλεπιδρούν στη δημιουργία του θερμικού περιβάλλοντος στα κτίρια. Ως εκ τούτου ο ορθός σχεδιασμός των κτιρίων οφείλει να λαμβάνει υπόψη όλες τις παραμέτρους που διαμορφώνουν το εσωτερικό περιβάλλον και τη διασύνδεσή τους ώστε να επιτυγχάνονται οι στόχοι τόσο της θερμικής άνεσης όσο και της ικανοποιητικής ποιότητας εσωτερικού αέρα.

Η ενεργειακή ανάλυση των κτηρίων και των χώρων είναι μια πολύ σημαντική μελέτη που πρέπει να γίνεται στη φάση σχεδιασμού τους καθώς πρόκειται για ένα εργαλείο που μπορεί να εξοικονομήσει πολλούς πόρους και να έχει περιβαλλοντικά οφέλη σε όλες τις φάσεις λειτουργίας του είτε πρόκειται για κατοικίες είτε για χώρους εργασίας.

Σήμερα υπάρχουν πολλά προγράμματα ενεργειακής προσομοίωσης με χρήση υπολογιστή, γι’ αυτό το σκοπό, και μπορούν να βοηθήσουν όχι μόνο στη διερεύνηση ενεργειακών αναγκών συγκεκριμένων κτηρίων αλλά τη βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς υαλοπινάκων και σκιάστρων σε ό,τι αφορά τις γεωμετρικές τους ιδιότητες.

Μια προσπάθεια διερεύνησης βέλτιστου σκίαστρου για δεδομένο χώρο, τόπο και χρόνο έγινε στην παρούσα εργασία στην οποία αναμφίβολα υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης και μελλοντικές προοπτικές για μια βαθύτερη έρευνα του θέματος.

Όλα τα σκίαστρα που εξετάστηκαν περιελάμβαναν δομές εξωτερικής εγκατάστασης, μια πρόταση λοιπόν είναι η διερεύνηση εσωτερικής εφαρμογής σκιάστρων ή και ενδιάμεσης εγκατάστασης ανάμεσα σε διπλό υαλοπίνακα και η σύγκρισή τους με οικονομοτεχνικά κριτήρια.

Μια ακόμη πρόταση είναι η διερεύνηση της περίπτωσης κινητών σκιάστρων κάτι που με τα σημερινά λογισμικά είναι αρκετά δύσκολο.

Ένα ακόμη βήμα που θα κρίνει καλύτερα τα σκίαστρα αυτά είναι η σύγκριση της απόδοσής τους με την κλίση ολόκληρου του χώρου ως προς το βορρά, κάτι που σχολιάστηκε στο κεφάλαιο 9.

Τέλος μια ακόμη πρόταση για περαιτέρω έρευνα είναι, η καλύτερη μοντελοποιήση με θεώρηση ωραρίου λειτουργίας του χώρου και ηλεκτρικών συσκευών που καταταναλώνουν ενέργεια και εκπέμπουν θερμότητα στον χώρο και επηρεάζουν έτσι το θερμικό ισοζύγιο του χώρου.

Η σύνθεση της παρούσας εργασίας δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την πολύτιμη συμβολή του καθηγητή κου Τσούτσου Θεοχάρη του τμήματος των Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης επιβλέποντος της όλης προσπάθειας μου, της κας Μανδαλάκη Μαρίας λέκτορα του (Π.Δ. 407/80) του τμήματος των Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πολυτεχνείου Κρήτης και του κου Γλυτσού Θεόδωρου μέλους ΕΕΔΙΠ του Πολυτεχνείου Κρήτης. Προς όλους τους πιο πάνω εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες.

Κεφάλαιο 11. Παράρτημα / Ένθετο CD

Κώδικας Visual Basic (Macro) για φύλλο Excel για παράλειψη κελιών από 1 φύλλο εργασίας στήλη Α σε 2 φύλλο εργασίας στήλη Α με συγκεκριμένο βήμα.

```
Dim d As Long, bima As Long
Sub showform()
d = InputBox("Doste Arxiko Vima")
bima = InputBox("Doste Vima")
form1.Show


End Sub
Sub sellectlines()
   Dim MyRange As Range, i As Long
   Application.ScreenUpdating = False
   Set MyRange = Rows(d)
   For i = MyRange.Row To Cells(Rows.Count, "A").End(xlUp).Row Step bima
      Set MyRange = Union(MyRange, Rows(i))
      updatef i, Rows.Count
   Next i
   Unload form1
   MyRange.Select
End Sub
Sub updatef(fd As Long, ds As String)
form1.Label2.Caption = fd & " / " & ds
   DoEvents
End Sub
```

Κεφάλαιο 12. Κατάλογος Πινάκων

Αριθμός	Τίτλος	Πηγή	Σελίδα
1	Χαρακτηριστικές ιδιότητες του ήλιου	http://solarscience.msfc.nasa.gov	10
2	Βέλτιστες θερμοκρασίες του αέρα διαφόρων ειδών χώρων	ASHRAE, 2009	22
3	Γενικές ιδιότητες κατηγορίων σκιάστρων	Βιβλιογραφική έρευνα	28
4	Μετεωρολογικά στοιχεία δήμου Χανίων	Μετεωρολογικός σταθμός αεροδρομίου Χανίων Κρήτης	38
5	Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων	Αποτέλεσμα παρούσας μελέτης	119
6	Ενεργειακή ζήτηση του χώρου για επικράτηση συνθηκών άνεσης σε σχέση με την βόρειο και νότιο προσανατολισμό και με εφαρμογή ή όχι σκίαστρου	Αποτέλεσμα παρούσας μελέτης	123

Κεφάλαιο 13. Κατάλογος Διαγραμμάτων

Αριθμός	Τίτλος	Σελίδα
1	Διάγραμμα προσδιορισμού βέλτιστης κλίσης στην χωροθέτηση	43
2	Διάγραμμα συσχετισμού απευθείας ηλιακής ακτινοβολίας και χρόνου	44
3	Διάγραμμα θερμικής άνεσης για το έτος 2008	28
4	Σύγκριση σκιάστρων με βάση την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση του χώρου (Ecotect)	86
5	Σύγκριση σκιάστρων με βάση την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη του χώρου (Ecotect)	87
6	Άθροισμα ψυκτικής και θερμικής ενεργειακής ζήτησης του κτηρίου με εφαρμογή των διάφορων σκιάστρων (Ecotect)	88
7	Διάγραμμα σύγκρισης εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας την πιο θερμή μέρα του έτους	89
8	Συσχέτιση ηλιακής ακτινοβολίας εβδομάδων του έτους και ώρας των ημερών	
9	Διάγραμμα σύγκρισης εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας την πιο ψυχρή μέρα του έτους	91
10	Διάγραμμα σύγκρισης εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας την πιο θερμή μέρα του έτους	92
11	Σχέση μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας σε όλη τη διάρκεια του έτους	93

12	Διάγραμμα εσωτερικής - εξωτερικής θερμοκρασίας	96
13	Απαιτούμενη ενέργεια για την θέρμανση του χώρου	112
14	Απαιτούμενη ενέργεια για την ψύξη του χώρου	113
15	Συνολική απαιτούμενη ενέργεια EnergyPlus	114
16	Εξωτερική θερμοκρασία	115
17	Εσωτερική θερμοκρασία	116
18	Θερμοκρασιακές διακυμάνεις εσωτερικού (κόκκινο χρώμα) και εξωτερικού αέρα (μπλέ χρώμα)	117
19	Κατανάλωση χώρου με εφαρμογή βέλτιστου σκίαστρου σε σχέση με την κλίση του από τον βορρά (Ecotect)	122

Κεφάλαιο 12. Βιβλιογραφία

Βιβλία

1. Ανδρεαδάκη – Χρονάκη, Ελένη. 1985. *Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική – Παθητικά ηλιακά Συστήματα*. University Studio Press.
2. ASHRAE. 1981. *Handbook of Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*, N.Y.
3. ASHRAE. 2002. *Handbook of Fundamentals HVAC. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*, N.Y.
4. Ενεργειακός Σχεδιασμός. 1994. *Εισαγωγή για Αρχιτέκτονες*. Μαλλιαρής Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή,
5. Wachbergen, M. 1988. *Αξιοποίηση της Ηλιακής Ενέργειας στην κατασκευή των κτιρίων*. Εκδόσεις Μ.Γκιούρδας,
6. Βασίλειος Χρ. Γκέκας – Σπυριδούλα Γ. Πρωιμάκη. 2000. *Φαινόμενα Μεταφοράς για Μηχανικούς Περιβάλλοντος*. Εκδόσεις Τζιόλα.
7. Βασίλειος Χρ. Γκέκας – Σπύρος Χρ. Γκέκας. 2003. *Θερμοδυναμική και Περιβάλλον*. Εκδόσεις Τζιόλα
8. Κώστας & Θέμης Στεφ. Τσίπηρας. 2005. *Οικολογική Αρχιτεκτονική*. Εκδόσεις Κέδρος.
9. Hugh D. Young. 1994. *Πανεπιστημιακή Φυσική – Μηχανική Θερμοδυναμική*. Εκδόσεις Παπαζήση.
10. Yunus A. Cengel – Michael A.Boles. 2003. *Θερμοδυναμική για μηχανικούς*. Εκδόσεις Τζιόλα
11. Ηλίας Ευθυμιόπουλος. 2005. *Κτίριο & Περιβάλλον*. Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
12. Μιχάλης Λαζαρίδης. 2005. *Ατμοσφαιρική ρύπανση με στοιχεία μετεωρολογίας*. Εκδόσεις Τζιόλα
13. Μιχάλης Λαζαρίδης. 2008. *Ποιότητα αέρα σε εσωτερικούς χώρους*. Εκδόσεις Τζιόλα

14. Norbert Lechner. 2009. *Heating, Cooling, Lighting – Sustainable Methods for Architects*. Εκδόσεις Wiley
15. Neufert. 2000. *Οικοδομική & Αρχιτεκτονική Σύνθεση*. Εκδόσεις Γκιούρδας
16. W.D. Callister. 2001. *Materials Science and Engineering*. John Wiley & Sons Inc
17. Olgyay, Victor. 1973. *Design With Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism* , Princeton University Press,, Princeton

Άρθρα σε περιοδικά - Εργασίες

18. Victor M. Gómez-Muñoz and Miguel Ange, M.A. Porta-Gándara. 2003. *General model to build awnings and external walls with optimum shading interaction*. Renewable Energy (Elsevier), Τεύχος 29, Σελίδα 4.
19. Tzachanis A., A. Bartzokas and K. Vasilatos. 2002. *Heat gain through South Facing Fenestration*. Conference Proceedings of the Second IASTED International Conference, Power and Energy Systems (EuroPes), June 25-28 2002, Crete, Greece
20. A. Tzachanis, P. Chassiotis, and K. Kitsakis. 2006. *Solar Heat Flow: A Simulation Model Validated through Test Cell Experiments.* Applied Simulation and Modelling June 26-28,2006 Rhodes Greece
21. Luis E. Juanico. 2009. *A new design of configurable solar awning for managing cooling and heating loads*. Energy and Buildings.
22. Marie-Claude Dubois, M. Arch. 1998. *Awnings and solar-protective glazing for efficient energy use in cold climates*. Renewable Energy Technologies in Cold Climates '98 Conf., 4-6 May, Montreal.
23. Marie-Claude Dubois. 2000. *A method to define shading devices considering the ideal total solar energy transmittance*. Eurosun 2000 Conference, June 19-22, Copenhagen (Denmark)
24. Jerold W.Jones, Bruce D. Hunn, Randy K. Pletzer. 1988. *Effect of shading devices on residential energy use in Austin – Texas*. Center for Energy Studies The University of Texas at Austin. Austin, Texas,

25. Helena Bülow-Hübe, Hasse Kvist and Bengt Hellström. 2003. *Estimation of the performance of sunshades using outdoor measurements and the software tool PARASOL V 2.0*. Proceedings of ISES Solar World Congress 2003,14-19 June, Gothenburg, Sweden.
26. Crawley, Drury B. 1998. *Which Weather Data Should You Use for Energy Simulations of Commercial Buildings*, ASHRAE Transactions, 104 Pt. 2. Atlanta: ASHRAE.
27. Άγις Μ. Παπαδόπουλος. 2006. *Θερμική Άνεση στα Κτίρια, Νέα Πρότυπα και Βελτίωση Θερμικής Άνεσης στα Κτίρια*. Ιωάννινα.
28. Marie-Claude Dubois. 2001. *Solar Shading for Low Energy Use and Daylight Quality in Offices*. Department of Construction & Architecture, Lund University

Ιστοσελίδες

29. http://www.cres.gr/
30. http://www.squ1.com/
31. http://www.cibse.org
32. http://www.ashrae.org/
33. http://www.energy.gov/
34. http://solarscience.msfc.nasa.gov