



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ “ENERGYPLUS” ΣΤΟ
ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΜΙΚΡΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ



ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ

Επιβλέπων: Ι. Τζουβαδάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, Ιούλιος 2012

Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή του Ε.Μ.Π. και επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη, για την αμέριστη βοήθειά του και καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησής της.

Ευχαριστίες επίσης στον κ. Μενέλαο Ξενάκη, Υποψήφιο Διδάκτορα Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. για την πολύτιμη συνδρομή του.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ενεργειακή μελέτη και αναβάθμιση μικρής κατοικίας στην περιοχή της Αττικής. Αρχικά, παρουσιάζονται σε θεωρητικό επίπεδο οι δυνατότητες ενσωμάτωσης της χρήσης Α.Π.Ε. στα κτίρια. Στη συνέχεια, αφού γίνεται μια μικρή εισαγωγή στο λογισμικό EnergyPlus, παρουσιάζονται βήμα προς βήμα όλα τα στάδια για την προσομοίωση της κατοικίας στο λογισμικό αυτό καθώς και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την προσομοίωση αυτή. Βάσει των αποτελεσμάτων αυτών προτάθηκαν μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς της κατοικίας και έγινε αξιολόγηση της αποδοτικότητάς τους. Υπολογίστηκαν επίσης η απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη και θέρμανση και προτάθηκε η μερική κάλυψη της από την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ υψηλής απόδοσης στην στέγη της κατοικίας.

SHORT SUMMARY

The purpose of that dissertation is the energy design and upgrade of a small residence in Attica region. In the first part, the different types of renewable energy systems that can be incorporated in buildings are presented and analyzed. In the second part, after the software EnergyPlus is being introduced, it is presented step by step the whole process of the simulation of the residence in EnergyPlus as well as the results of that simulation. Based on those results, it is proposed and evaluated appropriate modifications for the improvement of the thermal performance of the building. Finally, the heating and cooling requirements of the residence, in order to achieve thermal comfort, were estimated and presented their diurnal and seasonal variation. Part of these requirements are offset by a suggested installation of high performance photovoltaic panels on the roof.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1 ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ Α.Π.Ε. ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

1.1	Εισαγωγή.....	1
1.2	Φωτοβολταϊκά.....	1
1.3	Φ/Β Πάνελ σε στέγες και οροφές κτιρίων.....	2
1.4	Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών στοιχείων στα κτίρια (BIPV).....	3
1.4.1	Φωτοβολταϊκά δεύτερης γενιάς.....	3
1.4.2	Φωτοβολταϊκά κεραμίδια.....	3
1.4.3	Φωτοβολταϊκά υαλοπετάσματα.....	5
1.4.4	Φωτοβολταϊκά τρίτης γενιάς.....	5
1.5	Μικρές ανεμογεννήτριες.....	7
1.6	Βιομάζα.....	9
1.7	Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας.....	11
1.8	Θερμικά ηλιακά συστήματα.....	13
1.8.1	Θέρμανση ζεστού νερού χρήσης.....	13
1.8.2	Θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης- Συστήματα Combi.....	14

2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ENERGYPLUS

2.1	Γενικά.....	16
2.2	Κατηγορίες δεδομένων εισόδου στο EnergyPlus.....	16

3 ΣΤΑΔΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ENERGYPLUS

3.1	Περιγραφή κτιρίου.....	19
3.2	Χωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες.....	19
3.3	Σχεδιασμός του κτιρίου στο λογισμικό Google SketchUp.....	21
3.4	Εισαγωγή μετεωρολογικών δεδομένων (Weather Data).....	23
3.5	Εισαγωγή δεδομένων- IDF Editor.....	25
3.5.1	Δομικά στοιχεία επιφάνειας (Surface Construction Elements).....	25
3.5.2	Χρονοδιαγράμματα (Schedules).....	30
3.5.3	Εσωτερικά θερμικά κέρδη (Internal Gains).....	32
3.5.4	Ροή του αέρα δια μέσω των θερμικών ζωνών (Zone Airflow).....	34
3.5.5	Καθορισμός αποτελεσμάτων (Output:Variable).....	36

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1	Αποτελέσματα προσομοίωσης.....	37
4.2	Αξιολόγηση αποτελεσμάτων και συμπεράσματα.....	41

5	<u>ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ</u>	
5.1	Αλλαγή υαλοπετασμάτων παραθύρων.....	43
5.1.1	Αποτελέσματα και σύγκριση.....	44
5.2	Αλλαγή θερμομονωτικού υλικού.....	49
5.2.1	Αποτελέσματα και σύγκριση.....	50
5.3	Τοποθέτηση υαλοπινάκων σε όλη την επιφάνεια της νοτιοδυτικής κεκλιμένης στέγης για συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας.....	56
5.3.1	Αποτελέσματα και σύγκριση.....	58
6	<u>ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ</u>	
6.1	Ιδανικό σύστημα ψύξης- θέρμανσης και κλιματισμού (HVAC).....	63
6.1.1	Σύγκριση των ενεργειακών απαιτήσεων της κατοικίας για θέρμανση και κλιματισμό πριν και μετά τις βελτιώσεις του κεφαλαίου 5....	67
6.2	Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων στη στέγη της κατοικίας.....	69
6.2.1	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και σύγκριση της με τις ενεργειακές απαιτήσεις της κατοικίας για θέρμανση και κλιματισμό.....	72
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	74
	ΑΝΑΦΟΡΕΣ- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	76
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ GOOGLE SKETCHUP.....	77
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ OPENSTUDIO PLUG-IN ΓΙΑ ΤΟ GOOGLE SKETCHUP.....	89

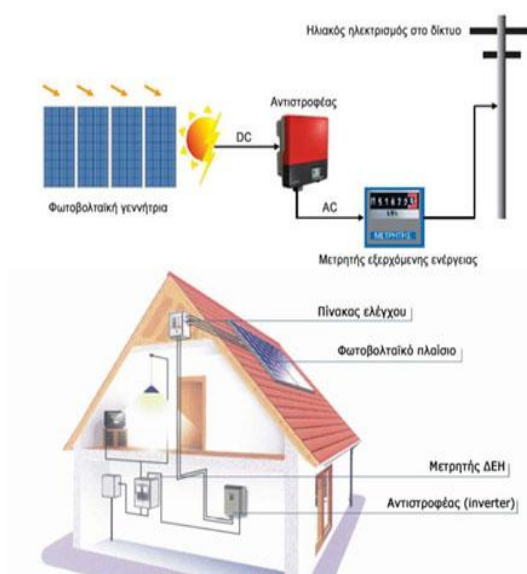
1. ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ Α.Π.Ε. ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

1.1 Εισαγωγή

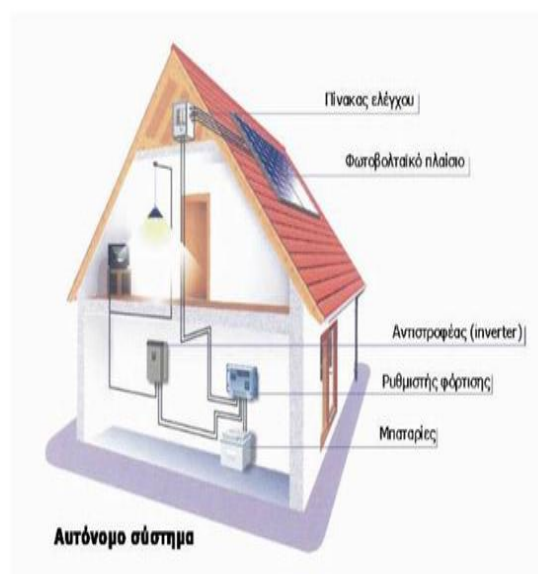
Η χώρα μας αποτελεί τον μεγαλύτερο (ποσοστιαία) εισαγωγέα συμβατικών καυσίμων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Μεγάλο μέρος των καυσίμων αυτών καταναλώνεται στον οικιακό και εμπορικό τομέα για τις ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων. Οι συνεχόμενες όμως ανατιμήσεις στην τιμή του πετρελαίου καθώς και η πρωτοφανής οικονομική κρίση στην οποία έχουμε περιέλθει καθιστούν την εισαγωγή συμβατικών καυσίμων εξαιρετικά κοστοβόρα. Αν συνυπολογίσουμε δε και την περιβαλλοντική επιβάρυνση τότε καθίσταται έκδηλη η ανάγκη απεξάρτησης του ενεργειακού μας συστήματός από τα συμβατικά καύσιμα και η στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.) ,οι οποίες αφθονούν στην πατρίδα μας.

1.2 Φωτοβολταϊκά

Η χρήση των φωτοβολταϊκών (Φ/Β) συστοιχιών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ώριμη και συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία. Τα φωτοβολταϊκά διακρίνονται σε «διασυνδεδεμένα» συστήματα ,που συνδέονται στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, και σε «αυτόνομα» συστήματα ,όπου χρησιμοποιούνται και συσσωρευτές (μπαταρίες). Στην Ελλάδα η χρήση των Φ/Β στον οικιακό τομέα έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία 2 χρόνια λόγω των υψηλών τιμών αγοράς (feed in tariffs) του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται από αυτά.



Εικόνα 1.1: Διασυνδεδεμένο σύστημα
(Πηγή: <http://www.green-tech.com.gr/photovoltaics.php?ips>)



Εικόνα 1.2: Αυτόνομο σύστημα
(Πηγή: http://www.solarwind.gr/?p=p_71)

Στην περίπτωση που η κατοικία είναι διασυνδεδεμένη στο δίκτυο, η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας πωλείται στη ΔΕΗ. Οι εγγυημένες τιμές με τις οποίες η ΔΕΗ αγοράζει το ρεύμα που παράγεται από οικιακά Φ/Β έως 10kWp διαμορφώνονται στα 0,495ευρώ/kWp σύμφωνα με ανακοίνωση του ΥΠΕΚΑ την 1^η Φεβρουαρίου 2012, τιμή που θα ισχύσει μέχρι την 1^η Αυγούστου 2012.

Για την κατοικία που δεν είναι διασυνδεδεμένη στο δίκτυο (αυτόνομο σύστημα) είναι απαραίτητη η αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας σε μπαταρίες ,που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της νύχτας ή όταν δεν υπάρχει αρκετή ηλιοφάνεια. Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται είναι ειδικού τύπου ώστε να αντέχουν στους συνεχείς κύκλους φόρτισης – εκφόρτισής τους.

Απαραίτητο στοιχείο τόσο για τα συνδεδεμένα όσο και για τα αυτόνομα συστήματα Φ/Β είναι ο αντιστροφέας ισχύος (inverter) ο οποίος χρησιμοποιείται για τη μετατροπή του συνεχούς ρεύματος που παράγεται από τα Φ/Β σε εναλλασσόμενο ρεύμα για τις οικιακές συσκευές και το δίκτυο. Για την επίτευξη μεγάλης απόδοσης ,κρίνεται σκόπιμο η ισχύς του αντιστροφέα να είναι περίπου το 80-90% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς των Φ/Β ώστε να λειτουργεί όσο το δυνατόν πιο κοντά στη μέγιστη ισχύ του.[3]

1.3 Φ/Β πάνελ σε στέγες ή οροφές κτιρίων

Τα Φ/Β πλαίσια που χρησιμοποιούνται είναι από άμορφο ,πολυκρυσταλλικό ή μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Τοποθετούνται στην οροφή ή τη στέγη του κτιρίου σε μεταλλικές βάσεις στήριξης παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται επί εδάφους. Οι βάσεις στηρίζονται με κατάλληλους αποστάτες στην οροφή ή τη στέγη. Επίσης, σε περιπτώσεις όπου είναι ανεπιθύμητη η διάτρηση της πλάκας για την τοποθέτηση των μεταλλικών βάσεων, υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης βάσεων με αντίβαρα.



Εικόνα 1.3: Φ/Β σε κεκλιμένη στέγη
(Πηγή:
http://www.solarnavigator.net/solar_panel_s.htm)



Εικόνα 1.4: Φ/Β σε επίπεδη στέγη
(Πηγή:
http://www.renewableenergypartnership.co.uk/?page_id=132)

Για την επίτευξη μέγιστης απόδοσης του συστήματος πρέπει τα πλαίσια να τοποθετούνται με νότιο προσανατολισμό, κατάλληλη κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο (στην Ελλάδα γύρω στο 30%) και σε μέρη με μηδενική σκίαση. Βέβαια δεν αποκλείονται και άλλοι τρόποι τοποθέτησής τους (διαφορετικός προσανατολισμός και κλίση) αν αυτοί επιβάλλονται από την αρχιτεκτονική ή τον περιορισμό χώρου, αλλά συνεπάγονται μείωση της απόδοσης.

1.4 Ενσωμάτωση Φωτοβολταϊκών στοιχείων στα κτίρια (BIPV)

1.4.1 Φωτοβολταϊκά δεύτερης γενιάς

Τα ενσωματωμένα Φ/Β στοιχεία στα κτίρια (BIPV) καταλαμβάνουν μέχρι στιγμής μικρό ποσοστό της παγκόσμιας βιομηχανίας φωτοβολταϊκών ,ωστόσο αδιαμφισβήτητα φαίνεται να έχουν μεγάλο περιθώριο ανάπτυξης και ευρείας εφαρμογής στο μέλλον. Τα BIPV (Building Integrated Photovoltaics) αναφέρονται σε Φ/Β στοιχεία thin-film ,τα γνωστά και ως φωτοβολταϊκά δεύτερης γενιάς. Αυτά υστερούν ως προς το κόστος σε σχέση με τα συμβατικά Φ/Β στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου (φωτοβολταϊκά πρώτης γενιάς), τα οποία κυριαρχούν στην αγορά προς το παρόν. Ωστόσο, η τεχνολογία thin-film με τα ευέλικτα, ελαφρότερα και μικρότερου πάχους στοιχεία έχει σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των συμβατικών πάνελ, ιδιαίτερα σε στέγες και μεγάλες προσόψεις κτιρίων όπου το μεγάλο βάρος των πάνελ αποτελεί μειονέκτημα.



Εικόνα 1.5: Φωτοβολταϊκά στοιχεία thin-film (δεύτερης γενιάς)
(Πηγή: <http://www.metalroofingnj.com/solarpanels.html>)

1.4.2 Φ/Β κεραμίδια

Μια από τις ποικίλες εφαρμογές ενσωμάτωσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων (thin-film) στα κτίρια είναι τα φωτοβολταϊκά κεραμίδια. Ασύγκριτο πλεονέκτημα τους σε σχέση με τα συμβατικά πάνελ είναι ότι ενσωματώνονται αρμονικά στα κτίρια διατηρώντας την αισθητική αφού προσομοιάζουν τα κλασικά κεραμίδια. Επίσης

χαρακτηρίζονται από μικρό βάρος και υψηλή ανθεκτικότητα, ενώ διατίθενται κυρίως σε επίπεδη μορφή ή σε μορφή τυπικού καραμιδιού. Τα φωτοβολταϊκά κεραμίδια είναι κατάλληλα για κάθε κτίριο με τον κατάλληλο προσανατολισμό στέγης. Τοποθετούνται πάνω στις τεγίδες της στέγης και η στερέωση γίνεται όπως και με τα κοινά κεραμίδια, με την πρόβλεψη δημιουργίας ηλεκτρολογικού καναλιού δίπλα στις τεγίδες. Μπορούν να εφαρμοστούν τόσο σε νέα όσο και σε υφιστάμενα κτίρια.



Εικόνα 1.6: Φ/Β κεραμίδια σύγχρονης τεχνολογίας σε μορφή παραδοσιακών κεραμιδιών

(Πηγή: <http://www.boxofhomes.com/2009/10/eye-popping-solar-roofing-tiles.html>)

Στο εμπόριο διατίθενται επίσης κεραμίδια κλασικού τύπου τα οποία δέχονται στην επιφάνειά τους φωτοβολταϊκά στοιχεία τα οποία κουμπώνουν πάνω στην επιφάνεια των συμβατικών κεραμιδιών.

Τα φωτοβολταϊκά κεραμίδια έκαναν πρόσφατα την εμφάνιση τους στις Η.Π.Α ,ενώ στην χώρα μας δεν είναι καθόλου διαδεδομένα ακόμα ,αν και κάποιες εταιρίες του χώρου έχουν αρχίσει ήδη να εισάγουν τέτοιου είδους κεραμίδια απ' το εξωτερικό.[2]



Εικόνα 1.7: Φ/Β στοιχεία ενσωματωμένα σε συμβατικά κεραμίδια
(Πηγή: http://892fm.blogspot.gr/2010/06/blog-post_8472.html)

1.4.3 Φ/Β Υαλοπετάσματα

Τα φωτοβολταϊκά υαλοπετάσματα είναι απλά υαλοπετάσματα στα οποία έχουν ενσωματωθεί Φ/Β στοιχεία ,επιτρέποντας σε ένα μέρος του φωτός να περνά από την πίσω πλευρά τους. Τοποθετούνται σε προσόψεις ,γυάλινες οροφές κτιρίων ,παράθυρα ,ακόμα και ως σκίαστρα. Επιτυγχάνεται ταυτόχρονα παραγωγή ενέργειας , φωτισμός και θέρμανση για το κτίριο. Χρησιμοποιούνται συχνότερα σε κτίρια με μεγάλες προσόψεις προς το νότο ,δημιουργώντας έναν τύπο θερμοκηπίου που θερμαίνει τον εσωτερικό αέρα του κτιρίου μειώνοντας τις ανάγκες για θέρμανση.



Εικόνα 1.8: Φωτοβολταϊκά σε πρόσοψη κτιρίου

(Πηγή: <http://www.sustainserv.com/easyblog/blogger/listings/till-berger.html>)



Εικόνα 1.9: Φωτοβολταϊκοί υαλοπίνακες σε οροφές κτιρίων

(Πηγή: http://greenenergja.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=66)

1.4.4 Φωτοβολταϊκά τρίτης γενιάς

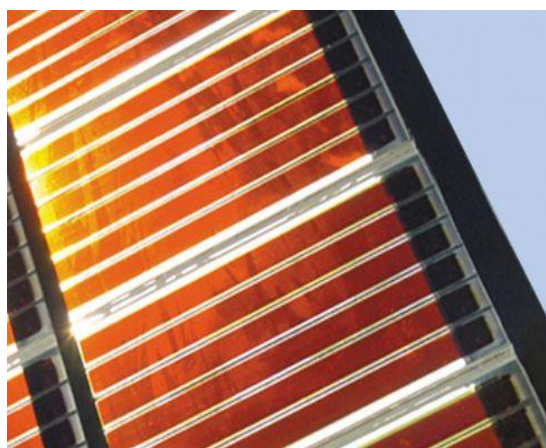
Οι τεχνολογίες τρίτης γενιάς φωτοβολταϊκών βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο αλλά παρουσιάζουν εξαιρετικές προοπτικές ενσωμάτωσής τους στα κτίρια (BIPV). Κατασκευάζονται από ένα ευρύ φάσμα μηχανικών υλικών. Τα πιο δημοφιλή είναι τα οργανικά φωτοβολταϊκά κύτταρα (OPV) καθώς και τα ηλιακά κύτταρα βαφής (DSC). Τα DSC βασίζονται σε νανοσωματίδια διοξειδίου του τιτανίου που καλύπτονται με ένα στρώμα μοριακής βαφής η οποία έχει την ιδιότητα να απορροφά

το φως. Τα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας έναντι των φωτοβολταϊκών πρώτης και δεύτερης γενιάς είναι:

- Οι τρίτης γενιάς φωτοβολταϊκές ταινίες και επικαλύψεις λόγω της μεγάλης απορροφητικότητάς τους μπορούν να κατασκευαστούν σε πολύ μικρό πάχος (νανόμετρα) πετυχαίνοντας έτσι μεγάλα επίπεδα διαφάνειας που τα κάνουν ιδανικά για ενσωμάτωση σε παράθυρα και τζάμια.
- Το κόστος για την κατασκευή τους είναι χαμηλότερο και απαιτεί την κατανάλωση λιγότερης ενέργειας.
- Εξαιρετική απόδοση σε χαμηλό φωτισμό ,πράγμα που τα καθιστά πολύ αποδοτικότερα σε όψεις κτιρίων όπου το φως είναι ασθενέστερο και κατά τη διάρκεια συννεφιάς.
- Παρουσιάζουν όπως και τα Φ/Β δεύτερης γενιάς μεγάλη μηχανική αντοχή η οποία έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες αποδόσεις σε υψηλότερες θερμοκρασίες.
- Μειώνουν το συνολικό κόστος κατασκευής ενός κτιρίου ,αφού δεν τοποθετούνται επιπρόσθετα στο κτίριο όπως στην περίπτωση των Φ/Β πρώτης γενιάς αλλά αντικαθιστούν τα κατασκευαστικά υλικά (πχ. μιας πρόσοψης ,μιας οροφής ή υαλοπετασμάτων).

Όλα τα παραπάνω έρχονται να ισορροπήσουν το μειονέκτημα της χαμηλότερης αποδοτικότητας των εν λόγω στοιχείων στη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας.

Ένα από τα σημαντικότερα πεδία εργαστηριακής έρευνας όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά τρίτης γενιάς είναι η εφαρμογή OPV φωτοβολταϊκών ,που παράγονται με τη μορφή ενός πλαστικού film σε ρολό , σε χαλύβδινες προσόψεις κτιρίων.



Εικόνα 1.10: DCS κύτταρα βαφής σε όψη κτιρίου
(Πηγή:

http://www.4green.gr/data/fotovoltaiika/news/preview_news/88763.asp#photo11)



Εικόνα 1.11: OPV φωτοβολταϊκά σε μορφή πλαστικού film σε ρολό
(Πηγή:

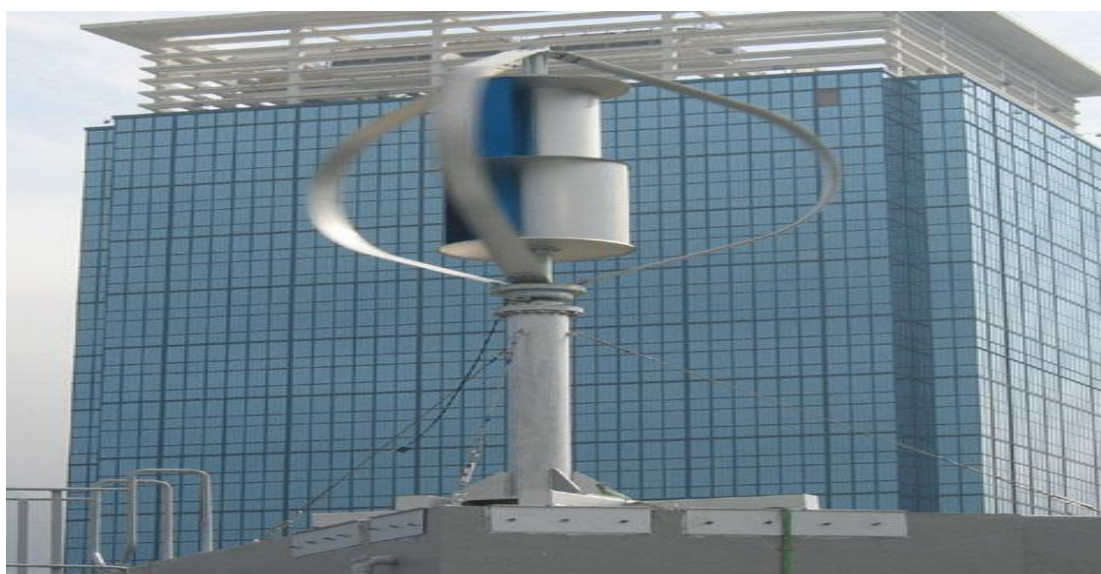
http://www.4green.gr/data/fotovoltaiika/news/preview_news/88763.asp#photo11)

1.5 Μικρές Ανεμογεννήτριες

Οι μικρές ανεμογεννήτριες είναι μια κατηγορία ΑΠΕ που εκμεταλλεύεται την ενέργεια του ανέμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αντίθεση με τις μεγάλες ανεμογεννήτριες που συναντώνται σε αιολικά πάρκα, οι μικρές ανεμογεννήτριες είναι απλουστευμένα συστήματα μικρού μεγέθους που απευθύνονται στο ευρύτερο κοινό.



Εικόνα 1.12: Μικρή ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα
(Πηγή: <http://www.superdoobie.com/small-wind-turbines-for-homes.html>)



Εικόνα 1.13: Μικρή ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα
(Πηγή: http://re.emsd.gov.hk/english/wind/small/small_ep.html)

Ενδεικτικές τιμές για μερικά από τα χαρακτηριστικά μεγέθη των μικρών α/γ είναι οι ακόλουθες:[1]

- Εγκατεστημένη ισχύς: ενδεικτικά μέχρι 75kW
- Μέση διάμετρος πτερωτής:
 - ✓ Για ανεμογεννήτρια ισχύος 10kW: ενδεικτικά 8μ
 - ✓ Για ανεμογεννήτρια ισχύος 50kW: ενδεικτικά 15μ
- Μέσο ύψος πύργου:
 - ✓ Για ανεμογεννήτρια ισχύος 10kW: ενδεικτικά 10μ
 - ✓ Για ανεμογεννήτρια ισχύος 50kW: ενδεικτικά 20μ
- Μέση ετήσια παραγωγή για μέση ταχύτητα ανέμου 7m/sec:
 - ✓ Για ανεμογεννήτρια ισχύος 10kW: ενδεικτικά 30.000kWh
 - ✓ Για ανεμογεννήτρια ισχύος 50kW: ενδεικτικά 150.000 kWh

Το 75% της παραγωγής των μικρών ανεμογεννητριών προορίζεται για αυτόνομα υβριδικά συστήματα. Ωστόσο, σήμερα λόγω της θέσπισης συστημάτων εγγυημένης τιμής kWh (feed in tariffs) σε χώρες όπως η Βρετανία, η Ιταλία, η Πορτογαλία και η Ελλάδα δημιουργείται μια αυξητική τάση στην εγκατάσταση διασυνδεδεμένων συστημάτων μικρών και πολύ μικρών α/γ. Συγκεκριμένα στη χώρα μας η τιμολόγηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από μικρές ανεμογεννήτριες διαμορφώνεται ως ακολούθως (άρθρο 13, παράγραφος 1 του ν.3468/2006 όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 5, παράγραφος 2 του ν.3851/2012):

- Για αιολική ενέργεια που παράγεται από εγκαταστάσεις ισχύος μικρότερης ή ίσης των 50kW, η τιμή ισούται με 250ευρώ/MWh (τιμή ίδια για διασυνδεδεμένο δίκτυο και σύστημα και για μη διασυνδεδεμένα νησιά),
- Για αιολική ενέργεια που παράγεται με χερσαίες εγκαταστάσεις ισχύος μεγαλύτερης των 50kW, η τιμή ισούται με 87,85ευρώ/MWh (διασυνδεδεμένο δίκτυο και σύστημα) και 99,45ευρώ/MWh (μη διασυνδεδεμένα νησιά)

Τέλος, όσον αφορά στο θόρυβο που παράγει μια μικρή ανεμογεννήτρια οικιακής χρήσης και ο οποίος προέρχεται από τα μηχανικά της μέρη αλλά και από τον αεροδυναμικό θόρυβο που δημιουργείται από την κίνηση των φτερών, πρέπει να αναφερθεί ότι αυτός είναι μικρότερος από το θόρυβο που παράγει ένα κοινό πλυντήριο, επομένως δεν υφίστανται θέματα όχλησης γειτονικών κατοικιών, ιδιαίτερα αν πρόκειται για μη αστικές περιοχές.

1.6 Βιομάζα

Η βιομάζα είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και περιλαμβάνει υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης, όπως δασικά, γεωργικά και αγρο-βιομηχανικά υπολείμματα, προϊόντα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα και αστικά απόβλητα και απορρίμματα.

Η βιομάζα μπορεί να καεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού ή/και θερμότητας. Μπορεί επίσης, με φυσική, θερμοχημική ή βιοχημική μετατροπή, να μετατραπεί σε βιοκαύσιμα σε στερεή, υγρή ή αέρια μορφή. Αυτά, με τη σειρά τους, μπορούν είτε να καούν για την παραγωγή ηλεκτρισμού ή/και θερμότητας ή να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα μεταφορών.

Στον οικιακό τομέα η κύρια χρήση της βιομάζας είναι η καύση της για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Η βιομάζα που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι σε ακατέργαστη μορφή όπως καυσόξυλα, πυρηνόξυλα, σπασμένα κουκούτσια κ.λπ. ή επεξεργασμένη για ευκολότερη χρήση, αποθήκευση και μεταφορά όπως μπρικέτες (κυρίως σε ενεργειακά τζάκια ή σόμπες) ή συσσωματώματα βιομάζας (pellets) (σε λέβητες και σόμπες).



Εικόνα 1.14: Ενεργειακό Τζάκι
(Πηγή: <http://www.tzakia.biz/energeiaka-tzakia-typou-kasetas.html>)

Για την καύση της βιομάζας μπορεί να χρησιμοποιηθούν :

- Τυπικό τζάκι με απόδοση 20-30%
- Ενεργειακό τζάκι που θερμαίνει και άλλους χώρους ή νερό με απόδοση 80-85%
- Σόμπα ξύλου ή pellets με απόδοση 90%
- Λέβητας ξύλου ή pellets για κεντρική θέρμανση με απόδοση 70-90%.



Εικόνα 1.15: Σόμπα pellets
(Πηγή:
http://www.4green.gr/data/news/preview_news/88551.asp)



Εικόνα 1.16: Λέβητας βιομάζας
(Πηγή:
<http://www.choumerianos.gr/gr/biomass-boiler/>)

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι αυτή τη στιγμή το pellet είναι περίπου 30% φθηνότερο ως καύσιμο από το πετρέλαιο, διαφορά που ενδεχομένως θα αυξηθεί στο μέλλον λόγω της παγκόσμιας αυξητικής τάσης της τιμής του πετρελαίου και της ταυτόχρονης πτώσης της τιμής των pellets στη χώρα μας εξαιτίας της λειτουργίας



Εικόνα 1.17: Πέλλετς
(Πηγή:
<http://www.glyfadaaction.gr/2011/12/pellets.html>)

εγχώριων εργοστασίων παραγωγής τους. Πέραν αυτού, όσον αφορά τα περιβαλλοντικά οφέλη της χρήσης βιομάζας, σύμφωνα με στοιχεία της Greenpeace ένας σύγχρονος λέβητας pellets εκλύει περίπου 30 φορές λιγότερα σωματίδια απ' ό,τι ένα παραδοσιακό ατομικό τζάκι, ενώ δεν επιβαρύνει το κλίμα με αέρια του θερμοκηπίου. Δηλαδή, μια πολυκατοικία 30 διαμερισμάτων που θερμαίνεται από έναν κεντρικό λέβητα

pellets, εκλύει τα ίδια μικροσωματίδια με ένα απλό τζάκι, το οποίο όμως θερμαίνει απλώς ένα δωμάτιο. Ωστόσο, το αρχικό κεφάλαιο που απαιτείται για την αγορά ενός καυστήρα βιομάζας είναι προς το παρόν αρκετά μεγάλο.

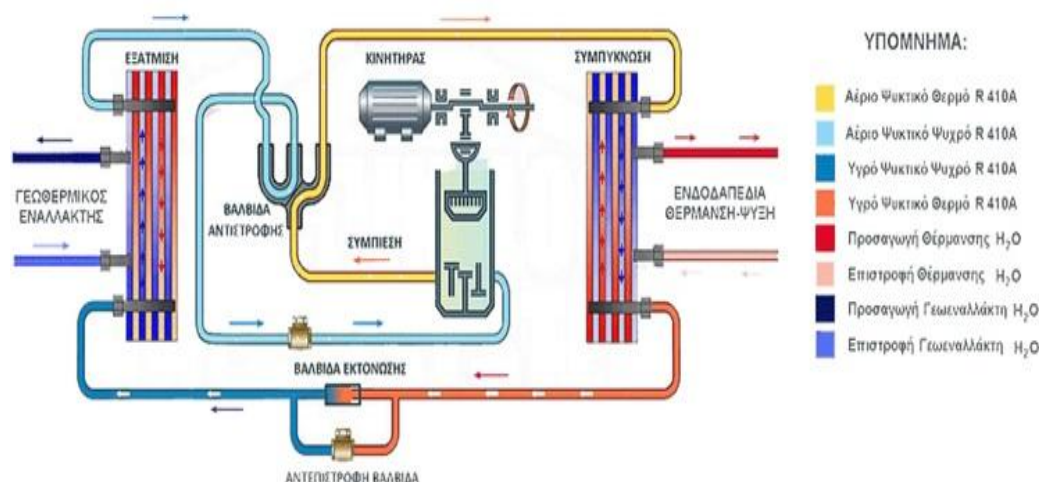
1.7 Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (ΓΑΘ) αξιοποιούν την ιδιότητα του εδάφους σε μερικά μέτρα βάθος, να διατηρεί την θερμοκρασία του σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (15-17°C) ανεξάρτητα από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, επιτυγχάνοντας ενεργειακά αποδοτική θέρμανση και ψύξη του κτιρίου.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όπου η θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του εδάφους, οι ΓΑΘ μεταφέρουν τη θερμότητα από το έδαφος στο σύστημα θέρμανσης του κτιρίου. Η διαδικασία αναστρέφεται το καλοκαίρι, όπου οι ΓΑΘ μεταφέρουν θερμότητα από το εσωτερικό του κτιρίου στο έδαφος, συμβάλλοντας στην ψύξη των εσωτερικών χώρων. Έτσι, τα γεωθερμικά συστήματα θέρμανσης-ψύξης καταναλώνουν μέχρι και 30% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από τα κλιματιστικά τελευταίας τεχνολογίας παρέχοντας θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης με τρόπο οικονομικό και φιλικό προς το περιβάλλον.

Τα συστήματα που λειτουργούν με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας περιλαμβάνουν τρία μέρη:

- Εναλλάκτης θερμότητας εδάφους: αποτελείται από σωλήνες τοποθετημένους στο έδαφος ή μέσα σε φρεάτια γεωτρήσεων, στις οποίες κυκλοφορεί νερό σε κλειστό κύκλωμα. Οι σωλήνες αυτοί μπορεί να τοποθετηθούν είτε οριζόντια σε βάθος περίπου 2m, είτε κατακόρυφα σε μεγάλο βάθος περίπου 80-100m σε περίπτωση που το οικόπεδο δεν διαθέτει επαρκή επιφάνεια ή βρίσκεται σε βραχώδη περιοχή.
- Αντλία θερμότητας: το νερό φτάνει σε αυτή από το δίκτυο του εναλλάκτη θερμότητας σε σταθερή θερμοκρασία και χρησιμοποιείται είτε για τη θέρμανση είτε για την ψύξη του χώρου.
- Σύστημα θέρμανσης-ψύξης χαμηλής θερμοκρασίας: είναι ένα δίκτυο σωληνώσεων που θερμαίνει/ψύχει τους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου είτε ενδοδαπέδια, είτε με χρήση fan-coils, είτε με παροχή αέρα μέσω αεραγωγών είτε με σύνδεση με καλοριφέρ.



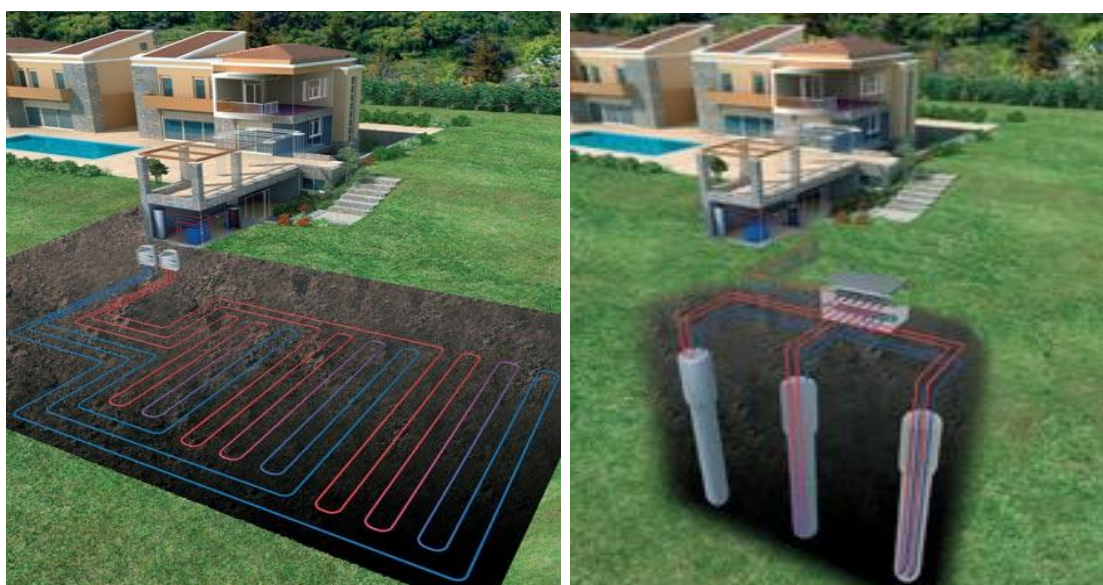
Εικόνα 1.18: Σχηματική απεικόνιση ενός συστήματος ΓΑΘ

(Πηγή: <http://econstruct.weebly.com/gammaepsilonomegathetaepsilonomhu943alpha.html>)

Θα μπορούσαν να αναφερθούν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα της χρήσης ΓΑΘ:

- Ανεξαρτησία από το πετρέλαιο θέρμανσης.
- Οικονομική λειτουργία με ετήσιο κόστος μικρότερο από το μισό ετήσιο κόστος πετρελαίου.
- Δροσισμός χωρίς κόστος το καλοκαίρι.
- Μηδενικό κόστος συντήρησης.
- Απαλλαγή από λεβητοστάσιο, καμινάδες, δεξαμενή πετρελαίου και ρύπους.

Μοναδικό μειονέκτημα της χρήσης ΓΑΘ είναι το υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης του συστήματος, το οποίο βέβαια αποσβένεται σε λίγα χρόνια.



Εικόνα 1.19: Σύστημα οριζόντιου και κατακόρυφου γεωεναλλάκτη
(Πηγή: http://www.ergon.com.gr/systemata_syllektwn_energias.php)

1.8 Θερμικά Ηλιακά Συστήματα

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για τις εξής χρήσεις:

- Θέρμανση ζεστού νερού χρήσης
- Θέρμανσης ή/και κλιματισμός χώρων

1.8.1 Θέρμανση ζεστού νερού χρήσης

Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης ζεστού νερού χρήσης διακρίνονται σε ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος και σε φυσικής και εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

Ένα σύστημα ανοιχτού κυκλώματος κυκλοφορεί νερό χρήσης στον ηλιακό συλλέκτη, ενώ ένα σύστημα κλειστού κυκλώματος χρησιμοποιεί ρευστό μεταφοράς θερμότητας (νερό ή διάλυμα αντιπηκτικού) για τη συλλογή της θερμότητας και έναν εναλλάκτη θερμότητας για την μεταφορά της στο κτίριο.

Στην κατηγορία των συστημάτων φυσικής κυκλοφορίας ανήκουν οι κοινοί ηλιακοί θερμοσίφωνες. Αυτοί αποτελούνται από έναν επίπεδο ηλιακό συλλέκτη και μια δεξαμενή αποθήκευσης του νερού χρήσης. Μέσα στο σύστημα των ηλιακών θερμοσιφώνων το νερό θερμαίνεται μέσω των ηλιακών συλλεκτών, γίνεται ελαφρότερο και ανυψώνεται προς τη δεξαμενή όπου βρίσκεται ψηλότερα. Το νερό κυκλοφορεί με φυσική κυκλοφορία μέσα στο σύστημα.



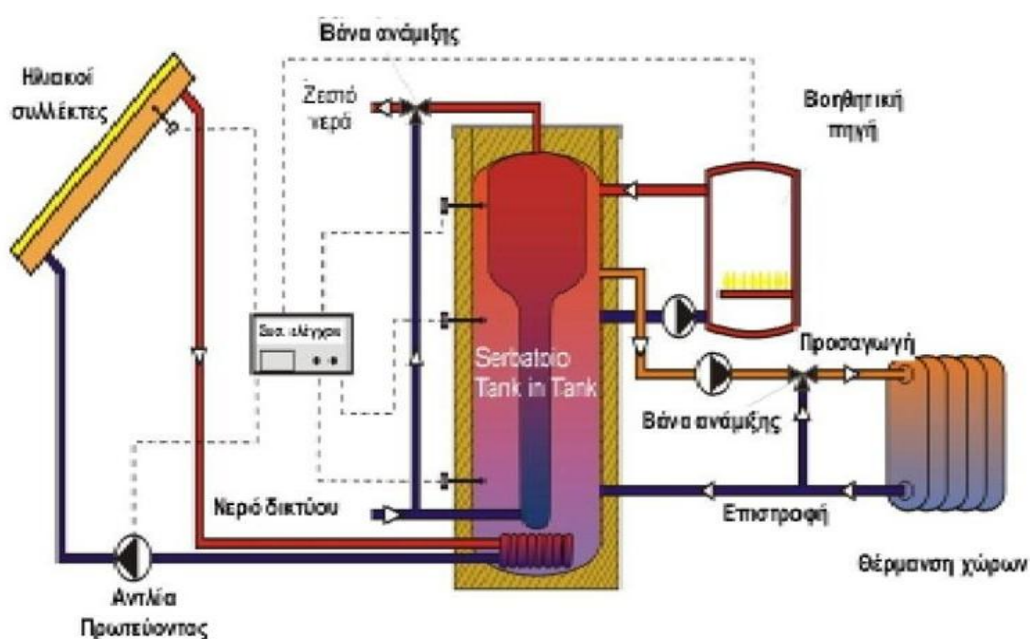
Εικόνα 1.20: Ηλιακός θερμοσίφωνας (Πηγή:

[http://www.delatolasenergy.gr/products8.php?wh=1&lang=1&the1id=3&theid=3&open1=3&open2=\)](http://www.delatolasenergy.gr/products8.php?wh=1&lang=1&the1id=3&theid=3&open1=3&open2=))

Συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας κλειστού κυκλώματος χρησιμοποιούνται κυρίως για την κάλυψη των αναγκών ολόκληρων κτιρίων. Σε αυτά τα συστήματα η δεξαμενή (που έχει μεγαλύτερη χωρητικότητα από την δεξαμενή των συστημάτων φυσικής κυκλοφορίας) βρίσκεται συνήθως στο υπόγειο και μέσω κυκλοφορητή το ρευστό μεταφέρεται στην στέγη του κτιρίου όπου βρίσκονται οι ηλιακοί συλλέκτες.[5]

1.8.2 Θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης – Συστήματα Combi

Τα συστήματα Combi χρησιμοποιούνται για θέρμανση κτιρίων και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης με τη βοήθεια ηλιακών συλλεκτών. Στην χώρα μας δεν είναι διαδεδομένα ωστόσο βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή σε χώρες της βόρειας Ευρώπης. Στα συστήματα Combi το νερό που προορίζεται για τη θέρμανση των χώρων θερμαίνεται από τους ηλιακούς συλλέκτες και στη συνέχεια αποθηκεύεται σε μία δεξαμενή θερμού νερού. Το ζεστό νερό χρήσης αποθηκεύεται σε μια δεύτερη δεξαμενή μικρότερου όγκου.



Εικόνα 1.21: Σύστημα Combi

(Πηγή: http://www.monachos.gr/forum/topic.asp?TOPIC_ID=1575)

Τα συστήματα Combi έχουν μέγιστη απόδοση όταν λειτουργούν σε θερμοκρασίες 40 – 50°C, πράγμα που σημαίνει ότι συνδυάζονται βέλτιστα με fan-coils, ενδοδαπέδια και ενδοτοιχία θέρμανση. Ωστόσο είναι δυνατός ο συνδυασμός τους και με κοινά καλοριφέρ τα οποία λειτουργούν σε εύρος θερμοκρασιών 45-70°C.

Όταν σε ένα υπάρχον κτίριο υπάρχει ήδη κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το σύστημα Combi μπορεί να συνδυαστεί με τον υφιστάμενο λέβητα συμβατικού καυσίμου και τα υφιστάμενα θερμαντικά σώματα (καλοριφέρ). Αλλά και στην περίπτωση ενός νεόδμητου κτιρίου στο οποίο εγκαθίσταται κεντρικό σύστημα θέρμανσης Combi κρίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση και ενός εφεδρικού συστήματος (συμβατικός λέβητας ή λέβητας βιομάζας), το οποίο θα συνδράμει όσο δεν επαρκεί η ηλιακή ενέργεια.[4]



Εικόνα 1.22: Σύστημα Combi στο Gneis-Moos της Αυστρίας στο οποίο οι ηλιακοί συλλέκτες αποτελούν τη στέγη του κτιρίου και το οποίο καλύπτει το 40% των συνολικών αναγκών για θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης
(Πηγή: http://www.monachos.gr/forum/topic.asp?TOPIC_ID=1575)

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ENERGYPLUS

2.1 Γενικά

Το EnergyPlus είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα (open source) που αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α. αποσκοπώντας στην προσομοίωση και την ενεργειακή ανάλυση κτιρίων. Βασιζόμενο στην αναλυτική περιγραφή από τον χρήστη των γεωμετρικών και δομικών χαρακτηριστικών του κτιρίου, των συστημάτων ψύξης-θέρμανσης και κλιματισμού (HVAC Systems-Heating Ventilation and Air-condition Systems), των μηχανολογικών εγκαταστάσεων και των κλιματολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο, το EnergyPlus έχει τη δυνατότητα υπολογισμού πληθώρας αποτελεσμάτων (τα οποία ορίζονται και αυτά από το χρήστη) όπως η ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου, οι θερμοκρασίες των θερμικών ζωνών ή/και επιφανειών του κτιρίου, τα θερμικά και ψυκτικά φορτία που απαιτούνται για να καλυφθούν οι θερμικές και ψυκτικές απαιτήσεις του κτιρίου κ.λπ.. Τα αποτελέσματα αυτά βοηθούν το χρήστη ώστε να πάρει αποφάσεις και να λάβει συγκεκριμένα μέτρα για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου και την αποφυγή κατασπατάλησης ενέργειας.

Το EnergyPlus βασίζεται στα λογισμικά ενεργειακής ανάλυσης BLAST (Building Loads and Systems Thermodynamics) και DOE-2 (Department of Energy-2) που κατασκευάστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του '80. Παρόλα αυτά έχει καταφέρει να αντιμετωπίσει πολλές από τις αδυναμίες των παραπάνω λογισμικών εφαρμόζοντας καινοτόμες μεθόδους προσομοίωσης όπως είναι η προσομοίωση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των συστημάτων ψύξης-θέρμανσης και κλιματισμού με τις θερμικές ζώνες, η προσομοίωση με συστήματα ψύξης-θέρμανσης και κλιματισμού τελευταίας τεχνολογίας και η έκδοση αποτελεσμάτων με χρονικά βήματα μικρότερα της μίας ώρας.

2.2 Κατηγορίες δεδομένων εισόδου στο EnergyPlus

Στη συνέχεια περιγράφονται συνοπτικά οι κυριότερες κατηγορίες δεδομένων που μπορεί να δεχθεί το λογισμικό EnergyPlus προς επεξεργασία. Κάθε κατηγορία δεδομένων αποτελείται από επιμέρους αντικείμενα. Τα αντικείμενα αυτά ,τα οποία περιγράφονται από τον χρήστη, εμπεριέχουν όλα τα χαρακτηριστικά του κτιρίου (διαστάσεις, δομικά υλικά, συστήματα θέρμανσης-ψύξης, αριθμός ενοίκων κ.λπ.) που πρόκειται να μοντελοποιηθεί και καθορίζουν τα αποτελέσματα που θα προκύψουν.

Οι κατηγορίες δεδομένων με βάση τις οποίες ο χρήστης θα περιγράψει το κτίριο στο λογισμικό είναι οι ακόλουθες:

- **Simulation Parameters:** Από την κατηγορία αυτή ο χρήστης ορίζει διάφορες παραμέτρους (π.χ. αλγόριθμους, σκιάσεις κ.λπ.).
- **Location and Climate:** Από αυτή την κατηγορία ο χρήστης ορίζει τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή που βρίσκεται το

κτίριο. Αυτό γίνεται μέσω του αρχείου κλιματολογικών δεδομένων (weather file).

- **Schedules:** Από την κατηγορία αυτή ο χρήστης κατασκευάζει χρονοδιαγράμματα για κάποια από τα αντικείμενα που έχει επιλέξει (όπως π.χ. για το πότε θα βρίσκονται οι άνθρωποι, που έχει ορίσει ο χρήστης σε κάθε ζώνη ,εντός της ζώνης, πότε θα χρησιμοποιείται τεχνητός φωτισμός, πότε θα λειτουργούν οι ηλεκτρικές συσκευές κ.λπ.).
- **Surface Construction Elements:** Από εδώ ο χρήστης έχει την δυνατότητα να περιγράψει λεπτομερώς όλα τα δομικά στοιχεία που αποτελούν το κτίριο (τοιχοποιίες, θερμομονώσεις, υαλοπίνακες κ.λπ.).
- **Thermal Zones and Surfaces:** Εδώ περιγράφονται οι θερμικές ζώνες του κτιρίου, δίνονται οι εσωτερικές και οι εξωτερικές επιφάνειες και οι θερμικές ζώνες που ανήκουν, τα υαλοπετάσματα και οι θερμικές ζώνες στις οποίες αυτά ανήκουν καθώς και τα στοιχεία σκίασης του κτιρίου.
- **Advanced Construction, Surface, Zone Concepts:** Εδώ ορίζονται οι περιβάλλουσες συνθήκες κάθε επιφάνειας του κτιρίου.
- **Room Air Models:** Από εδώ ο χρήστης ορίζει τα μαθηματικά μοντέλα με τα οποία θα υπολογιστεί η θερμοκρασία του αέρα σε κάθε ζώνη, στην περίπτωση που αυτή είναι ανομοιόμορφη.
- **Internal Gains:** Εδώ ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να περιγράψει διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν τα εσωτερικά θερμικά κέρδη ενός κτιρίου (όπως π.χ. οι άνθρωποι που βρίσκονται μέσα σε αυτό, ο τεχνητός φωτισμός, ηλεκτρικές συσκευές κ.λπ.).
- **Daylighting:** Εδώ ορίζεται ο έλεγχος του τεχνητού φωτισμού κάποιας ζώνης ανάλογα με το επίπεδο του φυσικού φωτισμού.
- **Zone Airflow:** Από εδώ περιγράφεται ο αθέλητος (infiltration) και ο φυσικός αερισμός (ventilation) κάθε ζώνης.
- **Exterior Equipment:** Από εδώ ο χρήστης μπορεί να περιγράψει αντικείμενα τα οποία βρίσκονται έξω από το κτίριο και δεν επηρεάζουν θερμικά κάποια ζώνη (π.χ. εξωτερικός φωτισμός, εξωτερική παροχή νερού κ.λπ.).
- **Fans:** Εδώ περιγράφεται ο ανεμιστήρας που διαθέτει ένα σύστημα θέρμανσης-ψύξης και κλιματισμού.
- **Coils:** Εδώ περιγράφονται οι θερμοσυσσωρευτές που μπορεί να διαθέτει ένα σύστημα θέρμανσης-ψύξης και κλιματισμού.
- **Evaporative Coolers:** Εδώ ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να περιγράψει ένα σύστημα ψύξης που βρίσκεται στο κτίριο (διαφορετικό από αυτό που θα περιγράψει στην κατηγορία Refrigeration -βλέπε παρακάτω).
- **Humidifiers and Dehumidifiers:** Στην κατηγορία αυτή περιγράφεται ο υγραντήρας και ο αφυγραντήρας ενός συστήματος θέρμανσης-ψύξης και κλιματισμού.
- **Heat Recovery:** Εδώ περιγράφεται ο εναλλάκτης θερμότητας που περιέχει ένα σύστημα θέρμανσης-ψύξης και κλιματισμού.
- **Controllers / Setpoint Managers:** Οι δύο αυτές κατηγορίες συνεργάζονται μεταξύ τους ώστε ο χρήστης να ελέγξει τη λειτουργία της μηχανολογικής εγκατάστασης των συστημάτων θέρμανσης-ψύξης και κλιματισμού.

- **Air Distribution:** Από εδώ ο χρήστης μπορεί να περιγράψει την διανομή του αέρα σε μια ζώνη από τα συστήματα θέρμανσης-ψύξης και κλιματισμού που βρίσκονται μέσα σε αυτή.
- **Node Branch-Management:** Από εδώ ο χρήστης περιγράφει τα κομβικά σημεία για την σύνθεση ενός συστήματος θέρμανσης-ψύξης και κλιματισμού καθώς και τις διακλαδώσεις αυτού.
- **Pumps:** Εδώ θα περιγραφεί ο τύπος των αντλιών που διαθέτουν οι μηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου.
- **Plant- Condenser Flow Control:** Εδώ περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο διανέμονται τα ρευστά του κλειστού κυκλώματος της μηχανολογικής εγκατάστασης.
- **Solar Collectors:** Από εδώ ο χρήστης μπορεί να περιγράψει τον τύπο των ηλιακών συλλεκτών (π.χ. ηλιακοί θερμοσίφωνες) που χρησιμοποιούνται στο κτίριο.
- **Plant Heating and Cooling Equipment, Condenser Equipment and Heat Exchangers:** Από εδώ ο χρήστης μπορεί να περιγράψει τα εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται μία μηχανολογική εγκατάσταση (π.χ. boiler, πύργους ψύξης, συμπυκνωτές κ.λπ.).
- **Water Heaters and Thermal Storage:** Στην κατηγορία περιγράφεται ο τύπος των δεξαμενών αποθήκευσης ζεστού νερού.
- **Refrigeration:** Εδώ περιγράφεται το σύστημα ψύξης που διαθέτει το κτίριο.
- **Demand Limiting Controls:** Από την κατηγορία αυτή ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να περιορίσει τις ενεργειακές απαιτήσεις που έχει ένα κτίριο για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα.
- **Electric Load Center Generators-Specifications:** Εδώ ορίζονται τα διάφορα συστήματα που παράγουν ενέργεια στο κτίριο (όπως π.χ. φωτοβολταϊκά συστήματα, ανεμογεννήτριες κ.λπ.).
- **Performance Curves:** Εδώ ορίζεται ο τύπος των εξισώσεων που δείχνουν πως μεταβάλλεται η απόδοση ορισμένων εξαρτημάτων της μηχανολογικής εγκατάστασης συναρτήσει κάποιων μεταβλητών (όπως θερμοκρασία, ροή ρευστών κ.λπ.).
- **Fluid Properties:** Εδώ ο χρήστης πρέπει να περιγράψει τις ιδιότητες των ρευστών (συγκέντρωση, θερμοκρασία, βαθμός κορεσμού κ.λπ.) που χρησιμοποιούνται στις μηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου.
- **Economics:** Από αυτή την κατηγορία ο χρήστης μπορεί να ορίσει διάφορα οικονομικά στοιχεία που αφορούν την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου (όπως π.χ. νόμισμα, τιμή κιλοβατώρας κ.λπ.).
- **Output Reporting:** Εδώ ο χρήστης ορίζει τα αποτελέσματα που θέλει να του δώσει το πρόγραμμα μετά το πέρας της προσομοίωσης καθώς και την χρονική μεταβολή τους (ωριαία, ημερήσια κ.λπ.). Τα αποτελέσματα αυτά εξαρτώνται από τα δεδομένα που ο χρήστης έχει δώσει στο λογισμικό.

3. ΣΤΑΔΙΑ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ENERGYPLUS

3.1 Περιγραφή κτιρίου

Το προς μελέτη κτίριο είναι μία διώροφη κατοικία με υπόγειο στην περιοχή της Αττικής. Το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου είναι 156m². Το ισόγειο ,επιφάνειας 68m² αποτελείται από το καθιστικό ,στο οποίο εισέρχεται από την κύρια είσοδο της κατοικίας, δύο μικρές κουζίνες, δύο μπάνια και ένα υπνοδωμάτιο. Το υπνοδωμάτιο, η μία κουζίνα και το ένα μπάνιο βρίσκονται σε επίπεδο 0,50m χαμηλότερα από το επίπεδο του καθιστικού και του άλλου μπάνιου-κουζίνα, σχηματίζοντας έτσι δύο εν δυνάμει ανεξάρτητα διαμερίσματα. Το καθιστικό του ισογείου συνδέεται με τον όροφο ,επιφάνειας 20m², όπου στεγάζεται ένα ακόμα υπνοδωμάτιο. Στον όροφο υπάρχει επίσης και βεράντα ,τμήμα της οποίας σκεπάζεται από μία μεταλλική πέργκολα στην οποία θα αναπτυχθεί φύτευση αειθαλών αναρριχώμενων φυτών ώστε να εξασφαλίζεται σκίαση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Τέλος, στο υπόγειο επιφάνειας 68m² βρίσκονται μία αποθήκη και μία θέση στάθμευσης.

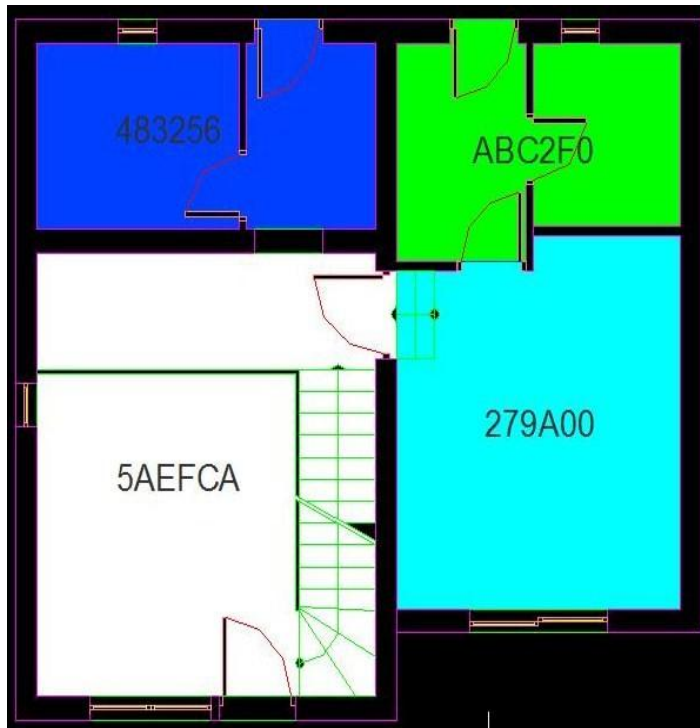
3.2 Χωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες

Αρχικά πρέπει να καταστεί σαφές στον αναγνώστη το ακριβές περιεχόμενο του όρου «θερμική ζώνη». Με τον όρο «θερμική ζώνη» λοιπόν, αναφερόμαστε στον όγκο του αέρα ο οποίος βρίσκεται σε μια ομοιόμορφη θερμοκρασία, μαζί με τις επιφάνειες που τον περικλείουν ή/και περικλείονται από αυτόν, έχοντας την δυνατότητα να μεταφέρουν και να αποθηκεύουν θερμότητα.

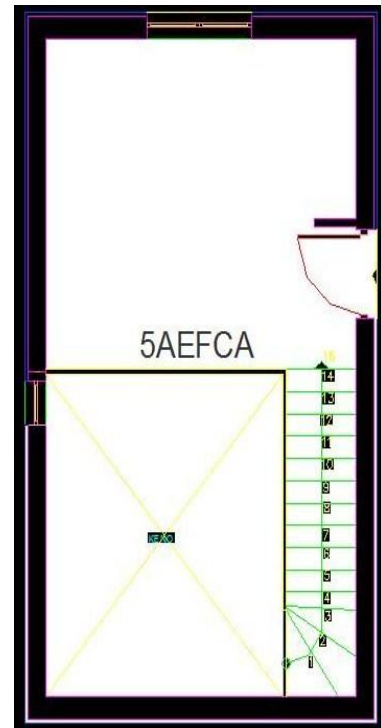
Το κτίριο χωρίστηκε σε 6 θερμικές ζώνες προκειμένου να προσομοιωθεί στο EnergyPlus. Η επιλογή των ζωνών έγινε με κριτήριο την χρήση των χώρων και τον προσανατολισμό τους. Αυτό σημαίνει ότι χώροι όπως τα μπάνια και οι κουζίνες για τους οποίους δεν μας ενδιαφέρει η επίτευξη μεγάλης λεπτομέρειας στην ανάλυση και τα οποία έχουν βορινό προσανατολισμό, επιλέχθηκε να ενοποιηθούν σε λιγότερες ζώνες. Απ' την άλλη, χώροι όπως τα υπνοδωμάτια και το καθιστικό, στους οποίους μας ενδιαφέρει να πετύχουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη λεπτομέρεια στην ανάλυση και οι οποίοι έχουν νότιο προσανατολισμό, που σημαίνει ότι έχουν μεγάλα ηλιακά θερμικά κέρδη, επιλέχθηκε να θεωρηθούν ως ανεξάρτητες-ξεχωριστές ζώνες.

Πιο συγκεκριμένα, το καθιστικό του ισογείου μαζί με το υπνοδωμάτιο του ορόφου θεωρήθηκε ως μία ζώνη (Σαλόνι+Υπνος) αφού δεν υπάρχει κάποιο διαχωριστικό μεταξύ των δύο αυτών χώρων και η διέλευση του αέρα μεταξύ των είναι ελεύθερη. Το υπνοδωμάτιο του ισογείου θεωρήθηκε επίσης ως μία ζώνη (Υπνοδωμάτιο2). Τα δύο ζεύγη μπάνιου-κουζίνας του ισογείου θεωρήθηκαν ως δύο ζώνες (WC+Κουζίνα1 και WC_Κουζίνα2) και το υπόγειο χωρίστηκε σε δύο ζώνες, μία για την αποθήκη (Υπόγειο1) και μία για την θέση στάθμευσης (Υπόγειο2).

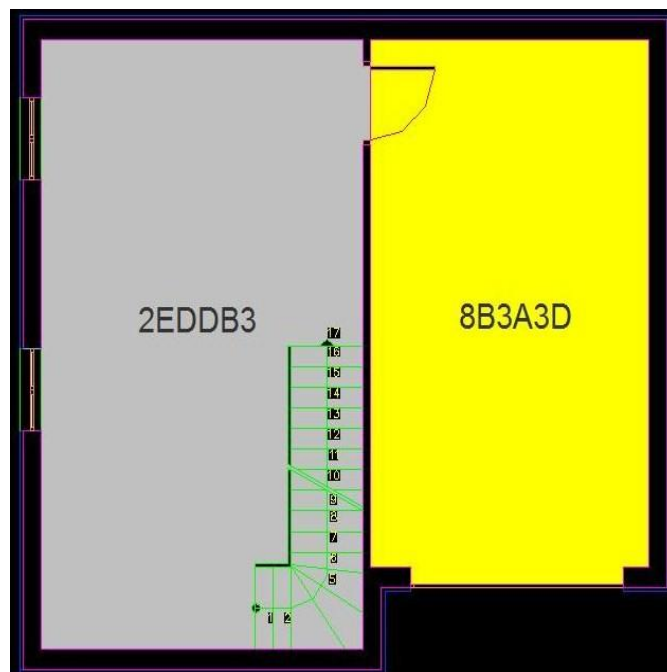
Όλα τα παραπάνω φαίνονται σχηματικά στη επόμενη σελίδα:



Εικόνα 3.1: Θερμικές ζώνες ισογείου



Εικόνα 3.2: Θερμική ζώνη ορόφου



Εικόνα 3.3: Θερμικές ζώνες υπογείου

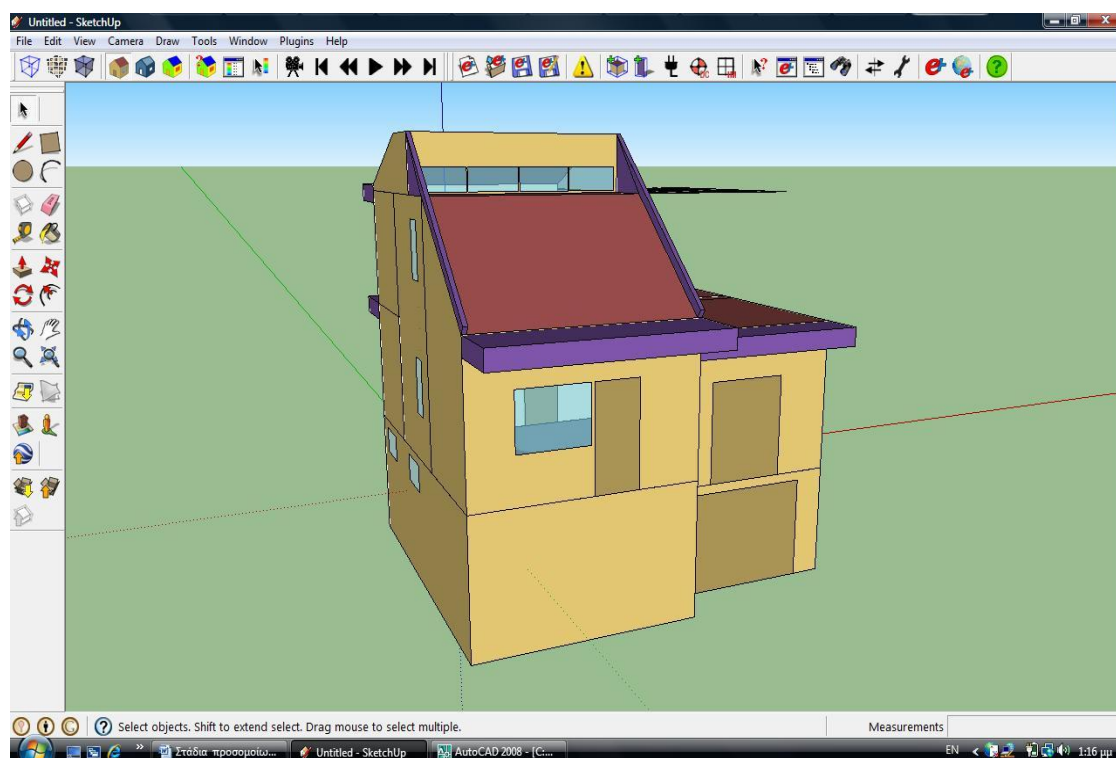
3.3 Σχεδιασμός του κτιρίου στο λογισμικό Google SketchUp

Για να προσομοιωθεί ένα κτίριο στο EnergyPlus ,πρέπει να εισαχθεί η γεωμετρία του κτιρίου από ένα λογισμικό με μια πιο κατάλληλη επιφάνεια εργασίας. Το πλέον κατάλληλο γι'αυτό το σκοπό λογισμικό είναι το Google SketchUp ,το οποίο σε συνεργασία με ένα επιπλέον plug-in ,το Legacy OpenStudio, επιτρέπει τον πολύ εύκολο σχεδιασμό του κτιρίου στο χώρο καθώς και τον ορισμό των θερμικών ζωνών και επιφανειών του, των ανοιγμάτων (εσωτερικών και εξωτερικών) ,των σκιάζουσων επιφανειών κ.λπ.

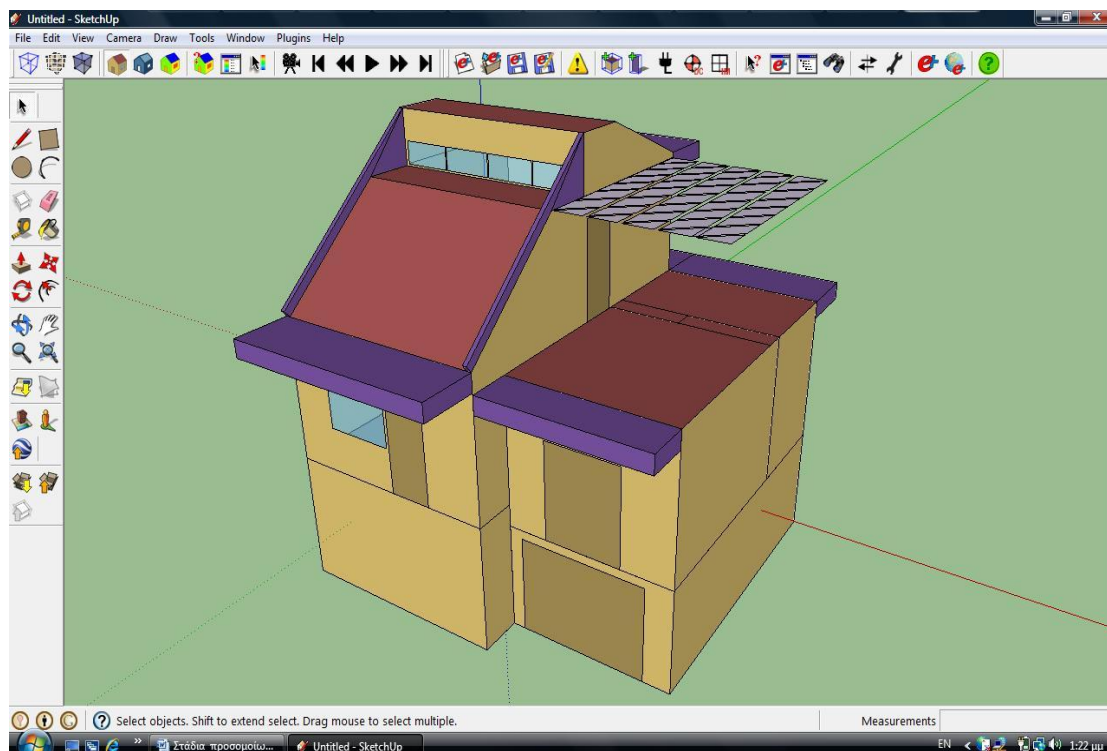
Η προσομοίωση των προβόλων περιμετρικά του κτιρίου και της πέργκολας έγινε χρησιμοποιώντας σκιάζουσες επιφάνειες (shading surfaces).Μάλιστα για την πέργκολα χρησιμοποιήθηκαν πολλές σκιάζουσες επιφάνειες με κενά ανάμεσα τους που αποτελούν το 20% της συνολικής επιφάνειας της πέργκολας, προκειμένου να προσομοιωθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η έλλειψη παροχής απόλυτης σκίασης από την προβλεπόμενη βλάστηση.

Επίσης το κτίριο στράφηκε κατά 40° ωρολογιακά ως προς τη διεύθυνση του Βορρά ,που παριστάνεται στο SketchUp από τον πράσινο άξονα.

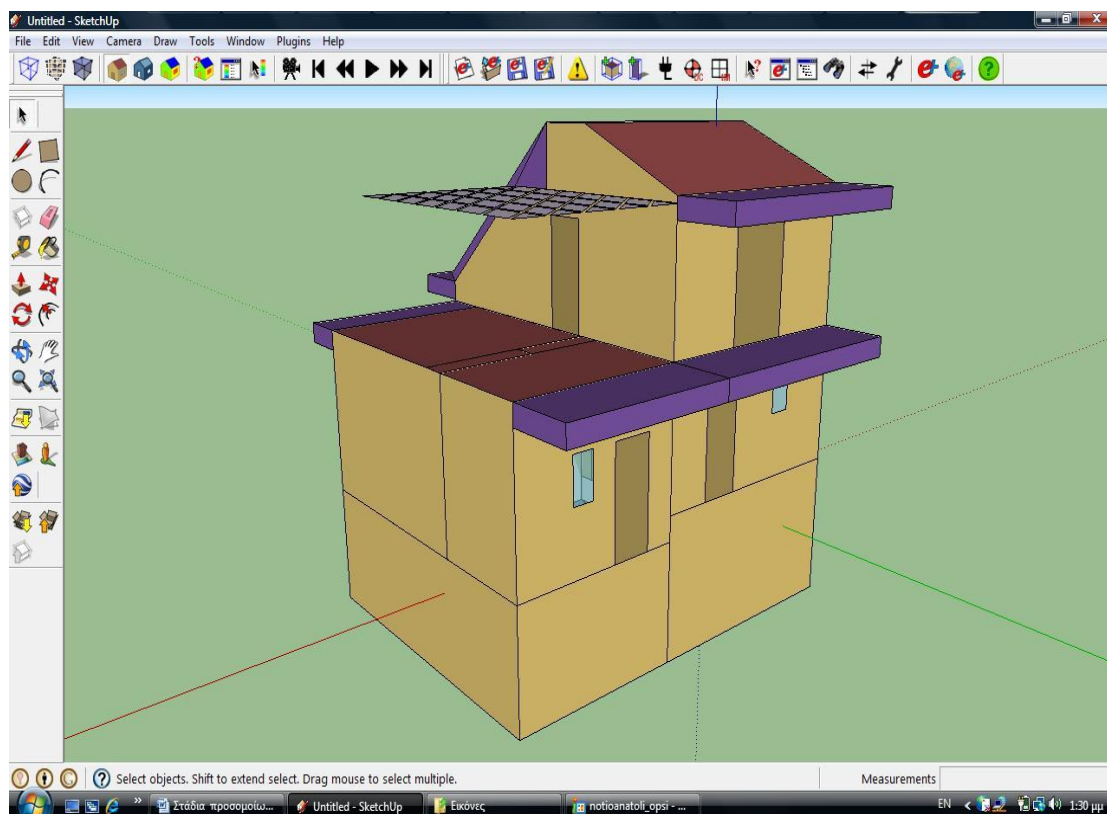
Η γεωμετρία της κατοικίας μας έτσι όπως σχεδιάστηκε στο Google SketchUp φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 3.4: Νοτιοδυτική Όψη

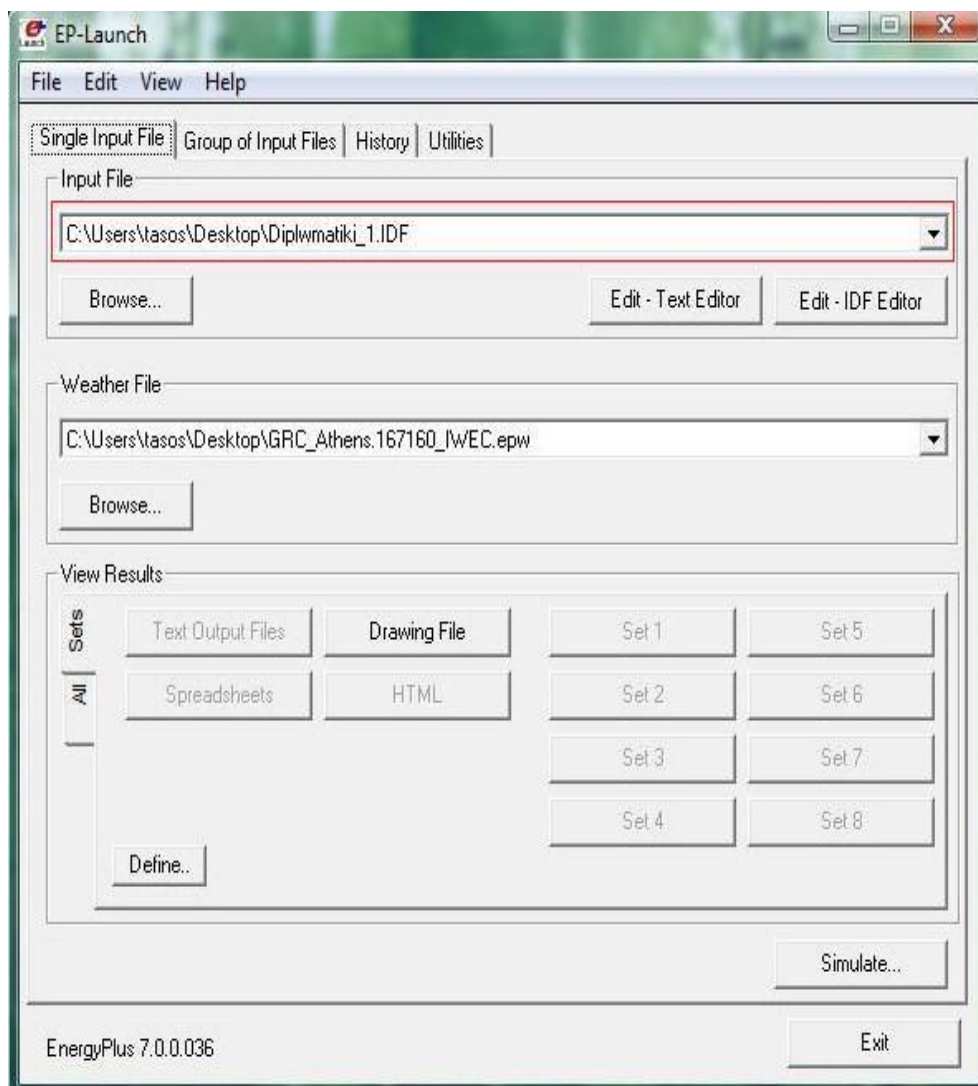


Εικόνα 3.5: Νοτιοανατολική Όψη



Εικόνα 3.6: Βορειοανατολική Όψη

Όλα τα παραπάνω εισέρχονται στο EnergyPlus από την κύρια κονσόλα του λογισμικού ως δεδομένα εισόδου (Input File).



Εικόνα 3.7: Εισαγωγή κατασκευαστικών δεδομένων στο EnergyPlus

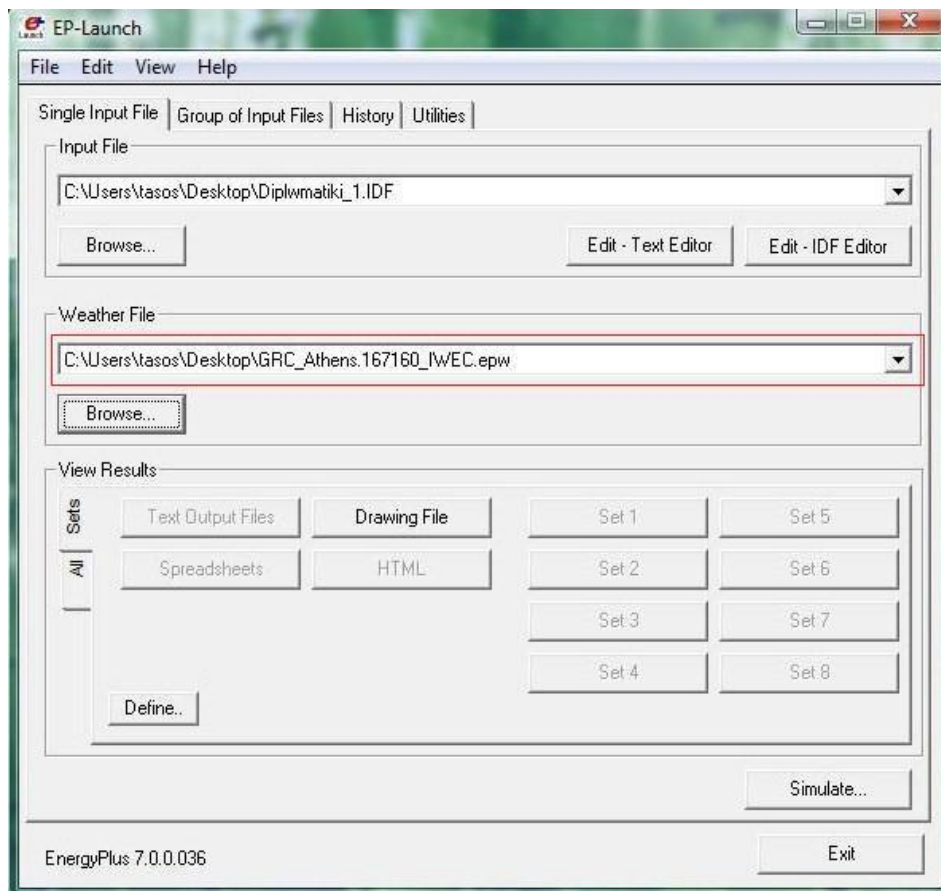
Για αναλυτικές πληροφορίες όσον αφορά τη λειτουργία και την χρήση τόσο του Google SketchUp όσο και του Legacy OpenStudio plug-in, ανατρέξτε στο παράρτημα στο τέλος της διπλωματικής.

3.4 Εισαγωγή Μετεωρολογικών Δεδομένων (Weather Data)

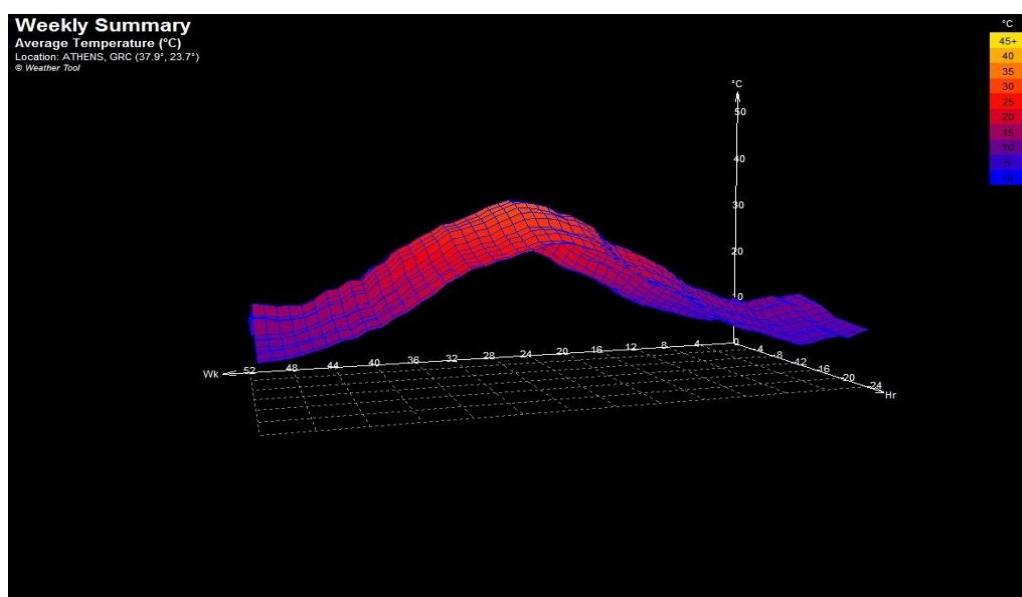
Αφού εισαγάγαμε τη γεωμετρία του κτιρίου, τώρα πρέπει να εισάγουμε στο EnergyPlus πληροφορίες για τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή του κτιρίου μας. Αυτό μπορεί εύκολα να γίνει αφού το EnergyPlus στην ιστοσελίδα του περιέχει πληθώρα τέτοιων στοιχείων για περισσότερες από 2100 τοποθεσίες σε όλο τον κόσμο. Όσον αφορά την Ελλάδα υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τις περιοχές των Αθηνών, της Θεσσαλονίκης και της Ανδραβίδας.

ΣΤΑΔΙΑ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ENERGYPLUS

Τα μετεωρολογικά δεδομένα εισάγονται και αυτά μέσω της κύριας κονσόλας, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 3.8: Εισαγωγή μετεωρολογικών δεδομένων στο EnergyPlus



Εικόνα 3.9: Μεταβολή της θερμοκρασίας στην Αθήνα κατά τη διάρκεια του χρόνου (σε εβδομάδες) και κατά τη διάρκεια της ημέρας

Για λόγους εποπτικής απεικόνισης και μόνο, και χωρίς να έχει σημασία για την προσομοίωση μας παρουσιάστηκε στην εικόνα 3.9 η μεταβολή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του χρόνου(σε εβδομάδες) και κατά την διάρκεια της ημέρας, όπως προέκυψε από την εισαγωγή του παραπάνω weather file που παρέχεται από το EnergyPlus, στο λογισμικό Ecotect.

3.5 Εισαγωγή Δεδομένων – IDF Editor

Το IDF Editor παρέχει στον χρήστη έναν απλό και εύκολο τρόπο για την δημιουργία και επεξεργασία των εισερχόμενων αρχείων δεδομένων (IDF). Κάθε εισερχόμενο δεδομένο μπορεί να οριστεί και να επεξεργαστεί χρησιμοποιώντας ένα υπολογιστικό φύλλο, μορφής πλέγματος, το οποίο περιέχει λίστες με ορισμένες επιλογές ώστε να διευκολύνει το χρήστη. Για την περιγραφή κάθε δεδομένου ζητείται η συμπλήρωση από το χρήστη συγκεκριμένων πεδίων ,τα οποία πολλές φορές είναι συμπληρωμένα με προεπιλεγμένες τιμές από το ίδιο το EnergyPlus. Τα πεδία των οποίων ο τίτλος είναι γραμμένος με μπλε γράμματα πρέπει οπωσδήποτε να ορισθούν ώστε το λογισμικό να διεξάγει την προσομοίωση.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά η εισαγωγή των σημαντικότερων δεδομένων μέσω του IDF Editor.

3.5.1 Δομικά Στοιχεία Επιφάνειας (Surface Construction Elements)

Για την εισαγωγή των δομικών στοιχείων επιφάνειας χρησιμοποιήθηκαν τα χαρακτηριστικά των υλικών που δίνονται στην ενεργειακή μελέτη του κτιρίου μας. Όσες τιμές ιδιοτήτων των υλικών αυτών απαιτούνταν από το EnergyPlus αλλά δεν περιέχονταν στην ενεργειακή μελέτη, αναζητήθηκαν και βρέθηκαν από την τεχνική οδηγία του T.E.E, T.O.T.E.E 20701-2/2010.

Στα δομικά στοιχεία επιφάνειας καταχωρούνται δεδομένα στις εξής επιλογές:

- Material

Εδώ ορίζονται όλα τα αδιαφανή δομικά υλικά που αποτελούν το κτίριο. Αυτό γίνεται ορίζοντας το όνομα (name), την τραχύτητα (roughness), το πάχος (thickness), την θερμική αγωγιμότητα (conductivity), την πυκνότητα (density) και την ειδική θερμοχωρητικότητα (specific heat) κάθε υλικού, όπως φαίνεται στις επόμενες δύο σελίδες:

ΣΤΑΔΙΑ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ENERGYPLUS

The screenshot shows the IDF Editor window with the following components:

- Class List:** A list of material classes including Schedule, Surface Construction Elements, and Material. The 'Material' class is selected.
- Comments from IDF:** A text area for user comments.
- Explanation of Keyword:** A text area providing details for the selected keyword, such as 'Regular materials described with full set of thermal properties' and 'ID: A1'.
- Table:** A table with 12 columns (Field, Units, Obj1 to Obj10) and 12 rows (Name, Roughness, Thickness, Conductivity, Density, Specific Heat, Thermal Absorptance, Solar Absorptance, Visible Absorptance). The 'Obj1' column is highlighted in blue.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Name		ασφαλτοχαρτο	ασβε/κονιαμα δωμα	σκυροδεμα οπλισμ.	κισπροδεμα	fibran eco rf δωμα	κεραμιδια	επιχρισμα	fibran eco εξ. τοιχου	ασβε/κονιαμα εξ. τοιχου	τοιχος (τουβλα)
Roughness		MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumSmooth	MediumRough	MediumRough	MediumSmooth	MediumRough	MediumSmooth
Thickness	m	0.01	0.02	0.2	0.05	0.07	0.02	0.02	0.05	0.01	0.12
Conductivity	W/m-K	0.19	0.87	2.5	0.2	0.03	0.7	0.872	0.03	1	0.523
Density	kg/m3	1100	1900	2400	500	32	2000	1900	30	1900	1200
Specific Heat	J/kg-K	1000	1000	1000	1000	1210	800	1100	1210	1100	1000
Thermal Absorptance											
Solar Absorptance											
Visible Absorptance											

Εικόνα 3.10: Ορισμός των αδιαφανών υλικών που αποτελούν το κτίριο

The screenshot shows the EnergyPlus software interface. The 'Class List' on the left has 'Material' selected. The 'Comments from IDF' pane is empty. The 'Explanation of Keyword' pane shows the text: 'Regular materials described with full set of thermal properties', 'ID: A1', 'Enter a alphanumeric value', and 'This field is required.' Below these panes is a table with the following data:

Field	Units	Obj11	Obj12	Obj13	Obj14	Obj15
Name		κεραμικα πλακιδια δαπεδου	ταψμεντοκονιαμα	σκυροδεμα οηλασ. δαπεδου	fibran eco δαπεδου	ασβεστο/νιαμα δαπεδου
Roughness		MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumSmooth	MediumRough
Thickness	m	0.05	0.02	0.15	0.07	0.015
Conductivity	W/m-K	1.84	0.87	2.5	0.03	0.87
Density	kg/m3	2000	1800	2400	38	1800
Specific Heat	J/kg-K	840	1000	1000	1210	1000
Thermal Absorptance						
Solar Absorptance						
Visible Absorptance						

Εικόνα 3.11: Ορισμός των αδιαφανών υλικών που αποτελούν το κτίριο (συνέχεια)

- WindowMaterial:Glazing

Εδώ ορίζονται συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων που θα χρησιμοποιηθούν στα παράθυρα. Αξίζει να σημειωθεί πως στην περίπτωση του προς μελέτη κτιρίου μας το οποίο έχει μόνο εξωτερικά παράθυρα, ως μπροστινή πλευρά (front side) ορίζεται η πλευρά του γυαλιού που γειτνιάζει με τον εξωτερικό αέρα, ενώ ως πίσω πλευρά (back side) ορίζεται η πλευρά του υαλοπίνακα που γειτνιάζει με την ζώνη στην οποία εμπεριέχεται το παράθυρο.

Field	Units	Obj3
Name		Clear 3mm
Optical Data Type		SpectralAverage
Window Glass Spectral Data Set Name		
Thickness	m	0.003
Solar Transmittance at Normal Incidence		0.837
Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.075
Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.075
Visible Transmittance at Normal Incidence		0.898
Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.081
Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.081
Infrared Transmittance at Normal Incidence		0
Front Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.84
Back Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.84
Conductivity	W/m-K	0.9
Dirt Correction Factor for Solar and Visible Transmittanc		
Solar Diffusing		

Εικόνα 3.12 : Καθορισμός των χαρακτηριστικών των υαλοπινάκων που θα χρησιμοποιηθούν στα παράθυρα

- WindowMaterial:Gas

Στην επιλογή αυτή ορίζονται τα χαρακτηριστικά του αερίου που περιέχεται μεταξύ των υαλοπινάκων των παραθύρων. Στην περίπτωση μας μεταξύ των υαλοπινάκων παρεμβάλλεται αέρας.

Field	Units	Obj2
Name		AIR 6MM
Gas Type		Air
Thickness	m	0.0063
Conductivity Coefficient A	W/m-K	
Conductivity Coefficient B	W/m-K2	
Viscosity Coefficient A	g/m-s	
Viscosity Coefficient B	g/m-s-K	
Specific Heat Coefficient A	J/kg-K	
Specific Heat Coefficient B	J/kg-K2	
Molecular Weight		

Εικόνα 3.13: Καθορισμός των χαρακτηριστικών του αερίου που περιέχεται μεταξύ των υαλοπινάκων

- **Construction**

Εδώ ορίζεται πλήρως η σύνθεση των εξωτερικών και εσωτερικών επιφανειών του κτιρίου, κάνοντας χρήση των δομικών υλικών που δόθηκαν παραπάνω. Έτσι για παράδειγμα ορίζεται ο εξωτερικός τοίχος ο οποίος αποτελείται από τα εξής δομικά υλικά (στρώσεις) από έξω προς τα μέσα (βλέπε εικόνα Obj4): επίχρισμα, θερμομόνωση fibran eco εξωτερικού τοίχου, τούβλα, ασβεστοκονίαμα εξωτερικού τοίχου, τούβλα, επίχρισμα.

The screenshot shows the EnergyPlus software interface. The 'Class List' on the left has 'Construction' selected. The 'Explanation of Keyword' on the right provides instructions for the 'Construction' keyword. Below, a table lists the material layers for an exterior wall, organized into 10 layers (Obj2 to Obj9).

Field	Units	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9
Name		eswt. toikos	arof1	arof2	ek.swt. toikos	dapedo	parathiroObj Clr 3mm/6mm Air	Exterior Door	Interior Door
Outside Layer		επίχρισμα	ασβε/κονιαμα δωμα	κεραμιδια	επίχρισμα	κεραμικα πλακιδια δαπεδου	Clear 3mm	F08 Metal surface	G05 25mm wood
Layer 2		τοιχος (τουβλα)	σκυροδεμα οπισμ.	ασφαλτοχαρτο	fibran eco εξ. τοιχου	ταιμεντοκονιαμα	AIR 6MM	I01 25mm insulation board	
Layer 3		επίχρισμα	κισηροδεμα	fibran eco η δωμα	τοιχος (τουβλα)	κισηροδεμα	Clear 3mm		
Layer 4			fibran eco η δωμα	σκυροδεμα οπισμ.	ασβε/κονιαμα εξ. τοιχου	σκυροδεμα οπισμ. δαπεδου			
Layer 5			ασβε/κονιαμα δωμα		τοιχος (τουβλα)	fibran eco δαπεδου			
Layer 6					επίχρισμα	ασβεστο/νιαμα δαπεδου			
Layer 7									
Layer 8									
Layer 9									
Layer 10									

Εικόνα 3.14: Καθορισμός της σύνθεσης των εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου, με βάση τα δομικά υλικά που ορίστηκαν προηγουμένως

3.5.2 Χρονοδιαγράμματα (Schedules)

Το EnergyPlus δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να καθορίσει χρονοδιαγράμματα για την χρονική μεταβολή διαφόρων παραμέτρων που επηρεάζουν την θερμική συμπεριφορά του κτιρίου. Οι παράμετροι αυτοί μπορεί να είναι η «πυκνότητα» ή/και η δραστηριότητα των ενοίκων, ο τεχνητός φωτισμός, η λειτουργία των ηλεκτρικών ή/και άλλων συσκευών, ο φυσικός αερισμός, η λειτουργία των συστημάτων ψύξης-θέρμανσης και κλιματισμού κ.λπ.

Για της ανάγκες της παρούσας προσομοίωσης ορίσθηκαν αρχικά τα χρονοδιαγράμματα μεταβολής της ανθρώπινης ύπαρξης σε όλες τις ζώνες. Ενδεικτικά, παρουσιάζεται στην διπλανή εικόνα το χρονοδιάγραμμα για τα υπνοδωμάτια. Σ' αυτό παρατηρείται, όπως είναι λογικό, αύξηση της ανθρώπινης ύπαρξης κατά την διάρκεια του βραδινού και του μεσημεριανού ύπνου (20:00- 08:00, 14:00- 18:00).

Obj8
ipnodwmatia_ Occupancy Schedule
Fraction
Through: 12/31
For: Weekdays
Until: 06:00
0.9
Until: 07:00
0.9
Until: 08:00
0.9
Until: 12:00
0.5
Until: 13:00
0.5
Until: 17:00
0.8
Until: 18:00
0.8
Until: 20:00
0.5
Until: 24:00
0.7

Εικόνα 3.15: Χρονοδιάγραμμα της ανθρώπινης ύπαρξης στα υπνοδωμάτια

Obj1
wc_kouzinaEquipment Schedule
Fraction
Through: 12/31
For: Weekdays
Until: 08:00
0.4
Until: 12:00
0.9
Until: 13:00
0.8
Until: 17:00
0.5
Until: 18:00
0.5
Until: 24:00
0.4
For: SummerDesignDay
Until: 24:00
1

Εικόνα 3.16: Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών

Αμέσως μετά την ανθρώπινη παρουσία ορίσθηκαν τα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών σε κάθε θερμική ζώνη. Αριστερά φαίνεται, ενδεικτικά το χρονοδιάγραμμα για την κουζίνα και το WC που έχουν θεωρηθεί ως ενιαία ζώνη. Παρατηρήστε ότι η λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών σε αυτούς τους χώρους είναι μεγαλύτερη κατά τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες.

Στη συνέχεια ορίσθηκαν τα χρονοδιαγράμματα χρήσης τεχνητού φωτισμού σε όλες τις ζώνες. Στην παρακείμενη εικόνα παρουσιάζεται το εν λόγω χρονοδιάγραμμα για τον τεχνητό φωτισμό στα υπνοδωμάτια. Σε αυτό παρατηρείται ότι ο τεχνητός φωτισμός είναι σχεδόν μηδενικός κατά την διάρκεια της ημέρας ενώ αυξάνεται σταδιακά στο χρονικό διάστημα από τις 18:00 μέχρι τις 23:00, μετά το οποίο αρχίζει να φθίνει και πάλι. Δίπλα (εικόνα) παρουσιάζεται επίσης και το χρονοδιάγραμμα τεχνητού φωτισμού για τα υπόγεια. Εδώ, παρατηρήστε ότι συγκριτικά με τα υπνοδωμάτια, ο τεχνητός φωτισμός είναι λίγο μεγαλύτερος κατά τη διάρκεια της ημέρας, αφού ο φυσικός φωτισμός στους χώρους του υπογείου και ιδιαίτερα στην θέση στάθμευσης είναι περιορισμένος.

Obj5	Obj4
ipnodwmatia_Lights Schedule	ipogia_Lights Schedule
Fraction	Fraction
Through: 12/31	Through: 12/31
For: Weekdays	For: Weekdays
Until: 05:00	Until: 05:00
0.1	0.05
Until: 07:00	Until: 07:00
0.1	0.1
Until: 08:00	Until: 08:00
0.1	0.3
Until: 17:00	Until: 17:00
0.2	0.3
Until: 18:00	Until: 18:00
0.3	0.3
Until: 20:00	Until: 20:00
0.5	0.5
Until: 22:00	Until: 22:00
0.8	0.8
Until: 23:00	Until: 23:00
0.9	0.8
Until: 24:00	Until: 24:00
0.2	0.1

Εικόνα 3.17: Χρονοδιαγράμματα χρήσης τεχνητού φωτισμού για τα υπνοδωμάτια και τα υπόγεια

Obj9
infiltration1.Always On
Fraction
Through: 12/31
For: AllDays
Until: 24:00
1

Εικόνα 3.18: Χρονοδιάγραμμα για τον αθέλητο αερισμό

Τέλος, ορίσθηκαν δύο σταθερά και ενιαία χρονοδιάγραμμα για όλες τις ζώνες και όλες τις ημέρες του χρόνου για τον αθέλητο και τον φυσικό αερισμό (Εικόνα).

3.5.3 Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη (Internal Gains)

Επιρροή στην ενεργειακή συμπεριφορά και κατανάλωση ενός κτιρίου έχουν, εκτός από τις εξωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντος και τα δομικά υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένο, και άλλοι παράγοντες όπως οι άνθρωποι που ζουν και κινούνται μέσα σε αυτό, ο τεχνητός φωτισμός, οι ηλεκτρικές συσκευές, ο εξοπλισμός φυσικού αερίου, παροχής ζεστού νερού κ.λπ.

Στην περίπτωση του υπό μελέτη κτιρίου μας οι παράγοντες που συνεισφέρουν στα εσωτερικά θερμικά κέρδη είναι οι άνθρωποι, ο τεχνητός φωτισμός και οι ηλεκτρικές συσκευές.

- Άνθρωποι (People):

Εδώ ορίζονται τα εσωτερικά θερμικά κέρδη κάθε θερμικής ζώνης της κατοικίας, που προκύπτουν από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Έτσι, όπως φαίνεται παρακάτω (εικόνα), έχουν δοθεί για κάθε κατηγορία ζώνης (υπνοδωμάτια, WC-κουζίνες, υπόγεια) στοιχεία όπως: τα χρονοδιαγράμματα μεταβολής της ανθρώπινης ύπαρξης που αναφέρονται σε κάθε ζώνη (Number of People Schedule Name), τα οποία ορίστηκαν στην επιλογή schedules, ο μέγιστος αριθμός των ανθρώπων που βρίσκονται σε κάθε ζώνη (Number of People), τα χρονοδιαγράμματα της ανθρώπινης δραστηριότητας σε κάθε ζώνη (Activity Level Schedule Name), τα οποία ορίστηκαν στην επιλογή schedules, και άλλα στοιχεία δευτερευούσης σημασίας. Να τονισθεί ότι το επίπεδο της ανθρώπινης δραστηριότητας ορίστηκε σε 120Watt/Person, με βάση τον πίνακα 4 του εγχειριδίου 2005 ASHRAE.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		people schedule 1	people schedule 2	people schedule 3
Zone or ZoneList Name		ipnodwmatia	wc_kouzines	ipogia
Number of People Schedule Name		ipnodwmatia_Occupancy Schedule	kouzines_Lights Schedule	ipogia_Occupancy Schedule
Number of People Calculation Method		People	People	People
Number of People		2	1	1
People per Zone Floor Area	person/m2			
Zone Floor Area per Person	m2/person			
Fraction Radiant		0.35	0.35	0.35
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		Office Activity Schedule	Office Activity Schedule	Office Activity Schedule
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s-w'	0.000000382	0.000000382	0.000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		Yes	Yes	Yes
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged

Εικόνα 3.19: Καθορισμός της ανθρώπινης δραστηριότητας σε κάθε ζώνη

- Τεχνητός Φωτισμός (Lights):

Στην επιλογή αυτή ορίστηκε η συμβολή του τεχνητού φωτισμού στα εσωτερικά θερμικά κέρδη κάθε ζώνης της κατοικίας μας. Για τον σκοπό αυτό δόθηκαν τα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού για κάθε ζώνη, τα οποία

έχουν ήδη καθοριστεί στην επιλογή schedules, καθώς και η ισχύς των φωτιστικών ανά τετραγωνικό μέτρο ($3,6 \text{ W/m}^2$). Επίσης δόθηκαν τιμές για τους συντελεστές Return Air Fraction, Fraction Radiant, Fraction Visible και Fraction Replaceable με βάση τον Πίνακα 14 και το σχήμα 41 του εγχειριδίου (Documentation) του EnergyPlus. Οι εν λόγω συντελεστές έχουν να κάνουν με τον τύπο του χρησιμοποιούμενου φωτιστικού.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		lights2	lights3	lights1
Zone or ZoneList Name		ipnodwmatia	wc_kouzines	ipogia
Schedule Name		ipnodwmatia_Lights	kouzines_Lights Sc	ipogia_Lights Schedule
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area
Lighting Level	W			
Watts per Zone Floor Area	W/m2	3.6	3.6	3.6
Watts per Person	W/person			
Return Air Fraction		0	0	0
Fraction Radiant		0.42	0.42	0.42
Fraction Visible		0.18	0.18	0.18
Fraction Replaceable		1	1	1
End-Use Subcategory		General	General	General
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature		No	No	No

Εικόνα 3.20: Καθορισμός των χαρακτηριστικών του τεχνητού φωτισμού σε κάθε ζώνη

- Ηλεκτρικές Συσκευές (Electric Equipment):

Τέλος, ορίσθηκαν τα εσωτερικά θερμικά κέρδη κάθε ζώνης λόγω της λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών. Για τον λόγο αυτό, κάθε ζώνη συσχετίστηκε με το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών, το οποίο ορίστηκε προηγουμένως μέσω της επιλογής schedules. Επίσης, δόθηκε η ισχύς των ηλεκτρικών συσκευών κάθε ζώνης ($5,6 \text{ W/m}^2$ για όλες τις ζώνες), καθώς και τρεις άλλες παράμετροι που εκφράζουν την μορφή της μεταβιβαζόμενης θερμότητας από τις ηλεκτρικές συσκευές σε κάθε ζώνη (Fraction Latent, Fraction Radiant) και το ποσοστό των απωλειών θερμότητας (Fraction Lost).

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		equipment2	equipment3	equipment4
Zone or ZoneList Name		wc_kouzines	ipnodwmatia	ipogia
Schedule Name		wc_kouzinaEquipment Schedule	ipnodwmatia_Equip	ipogia_Equipment S
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area
Design Level	W			
Watts per Zone Floor Area	W/m2	5.6	5.6	5.6
Watts per Person	W/person			
Fraction Latent		0	0	0
Fraction Radiant		0.36	0.36	0.36
Fraction Lost		0	0	0
End-Use Subcategory		General	General	General

Εικόνα 3.21: Καθορισμός των χαρακτηριστικών των ηλεκτρικών συσκευών που λειτουργούν σε κάθε ζώνη

3.5.4 Ροή του αέρα δια μέσω των θερμικών ζωνών (Zone Airflow)

Ένας πολύ σημαντικός ρυθμιστικός παράγοντας της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια είναι η ροή του αέρα μεταξύ των θερμικών ζωνών ή/και μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού περιβάλλοντος, είτε αυτή προκαλείται αθέλητα, είτε προκαλείται σκόπιμα.

- Αθέλητος αερισμός (Infiltration):

Ο αθέλητος αερισμός είναι η μη σκόπιμη ροή αέρα που προκαλείται από το άνοιγμα και το κλείσιμο των εξωτερικών πορτών, από ρωγμές ή σχισμές γύρω από τα κουφώματα, και σε πολύ μικρότερες ποσότητες ακόμα και δια μέσω δομικών στοιχείων του κτιρίου.

Η περιγραφή του αθέλητου αερισμού έγινε στην περίπτωση μας μέσω της επιλογής ZoneInfiltration:DesignFlowRate. Όπως φαίνεται και παρακάτω (εικόνα) κάθε ζώνη συσχετίστηκε με το χρονοδιάγραμμα για τον αθέλητο αερισμό το οποίο έχει ορισθεί προηγουμένως (schedules). Στην συνέχεια ορίστηκε σε κάθε ζώνη ο αριθμός των φορών που ανανεώνεται ο αέρας της ζώνης ανά ώρα (Air Changes per Hour). Τέλος, όσον αφορά τους υπόλοιπους τέσσερις συντελεστές που συμπληρώνουν τα δεδομένα για τον υπολογισμό του αθέλητου αερισμού, κρατήθηκαν οι προεπιλεγμένες τιμές του EnergyPlus που δίνουν ένα σταθερό όγκο ροής αέρα λόγω αθέλητου αερισμού κάτω από όλες τις συνθήκες.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		infiltration1	infiltration2	infiltration3	infiltration4	infiltration5	infiltration6
Zone or ZoneList Name		ipogio2	wc+kouzina1	wc_kouzina2	saloni+ipnos	ypnodwmatio2	ipogio1
Schedule Name		infiltration1Always On	infiltration1Alw	infiltration1Alw	infiltration1Alw	infiltration1Alw	infiltration1
Design Flow Rate Calculation Method		AirChanges/Hour	AirChanges/t	AirChanges/t	AirChanges/t	AirChanges/Hr	AirChanges
Design Flow Rate	m3/s						
Flow per Zone Floor Area	m3/s-m2						
Flow per Exterior Surface Area	m3/s-m2						
Air Changes per Hour		0.78	0.52	0.54	0.5	0.49	0.03
Constant Term Coefficient		1	1	1	1	1	1
Temperature Term Coefficient		0	0	0	0	0	0
Velocity Term Coefficient		0	0	0	0	0	0
Velocity Squared Term Coefficient		0	0	0	0	0	0

Εικόνα 3.22: Καθορισμός των χαρακτηριστικών του αθέλητου αερισμού σε κάθε ζώνη

- Αερισμός (Ventilation):

Ως αερισμός ορίζεται η σκόπιμη ροή αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου στο εσωτερικό. Ο αερισμός χωρίζεται σε φυσικό (π.χ. άνοιγμα παραθύρων) και μηχανικό (π.χ. εξαερισμό με ανεμιστήρες). Στην υπό μελέτη κατοικία μας έχει ληφθεί υπόψη μόνο φυσικός αερισμός. Αυτό ορίστηκε στην επιλογή ZoneVentilation:DesignFlowRate, επιλέγοντας ως Ventilation Type: Natural.

Προκειμένου να προσομοιώσουμε τη συμπεριφορά των ανθρώπων που ζουν στην κατοικία, όσον αφορά το άνοιγμα και το κλείσιμο των παραθύρων, το EnergyPlus δίνει τη δυνατότητα στο μελετητή να χρησιμοποιήσει κάποια όρια στις εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες καθώς και στη διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας (Delta Temperature), τα οποία όταν ξεπερνιούνται ο φυσικός αερισμός σταματά, δηλαδή τα παράθυρα παραμένουν κλειστά. Η παρακάτω έκφραση παρουσιάζει ξεκάθαρα τη λογική αυτή καθώς και τα όρια που τίθενται.

If $T_z < T_{imin}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ then OFF
 If $T_z > T_{imax}=28\text{ }^{\circ}\text{C}$ then OFF
 If $T_{out} < T_{omin}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$ then OFF
 If $T_{out} > T_{omax}=32\text{ }^{\circ}\text{C}$ then OFF
 If $(T_z - T_{out}) < DT=2\text{ }^{\circ}\text{C}$ then OFF
 Else ON

Έτσι για παράδειγμα, αν η θερμοκρασία της ζώνης είναι μικρότερη από $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ή μεγαλύτερη από $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, τότε τα παράθυρα θα παραμείνουν κλειστά. Κατ' αντιστοιχία, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη από $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ή μεγαλύτερη από $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, τότε τα παράθυρα θα παραμείνουν επίσης κλειστά γιατί η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι και στις δύο περιπτώσεις έξω από τα ανθρώπινα όρια θερμικής άνεσης.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		ventilation1	ventilation1 additional
Zone or ZoneList Name		allzoneslist	allzoneslist
Schedule Name		Always On	Always On
Design Flow Rate Calculation Method		AirChanges/Hour	AirChanges/Hour
Design Flow Rate	m3/s		
Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2		
Flow Rate per Person	m3/s-person		
Air Changes per Hour		2	4
Ventilation Type		Natural	Natural
Fan Pressure Rise	Pa		
Fan Total Efficiency		1	1
Constant Term Coefficient		1	1
Temperature Term Coefficient			
Velocity Term Coefficient			
Velocity Squared Term Coefficient			
Minimum Indoor Temperature	C	-100	20
Minimum Indoor Temperature Schedule Name			
Maximum Indoor Temperature	C	100	28
Maximum Indoor Temperature Schedule Name			
Delta Temperature	deltaC	-100	2
Delta Temperature Schedule Name			
Minimum Outdoor Temperature	C	-100	15
Minimum Outdoor Temperature Schedule Name			
Maximum Outdoor Temperature	C	100	32
Maximum Outdoor Temperature Schedule Name			
Maximum Wind Speed	m/s	40	40

Εικόνα 3.23: Καθορισμός των χαρακτηριστικών του φυσικού αερισμού

3.5.5 Καθορισμός Αποτελεσμάτων (Output:Variable)

Αφού ορίσαμε παραπάνω όλα τα απαραίτητα για το EnergyPlus χαρακτηριστικά του κτιρίου μας, πρέπει τώρα να καθορίσουμε σε αυτό και τα αποτελέσματα που επιθυμούμε να πάρουμε μετά την επεξεργασία τους. Για τον σκοπό αυτό, το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να ορίσει μια σειρά από επιθυμητά αποτελέσματα μέσω της επιλογής Output Reporting. Στην περίπτωση μας ως επιθυμητά αποτελέσματα ορίστηκαν η μέση θερμοκρασία του αέρα κάθε ζώνης και η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος σε ωριαία βάση για όλο το χρόνο (εικόνα).

Field	Units	Obj1	Obj2
Key Value		*	*
Variable Name		Zone Mean Air Temperature	Outdoor Dry Bulb
Reporting Frequency		Hourly	Hourly
Schedule Name		infiltration1Always On	infiltration1Always On

Εικόνα 3.24: Καθορισμός αποτελεσμάτων

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

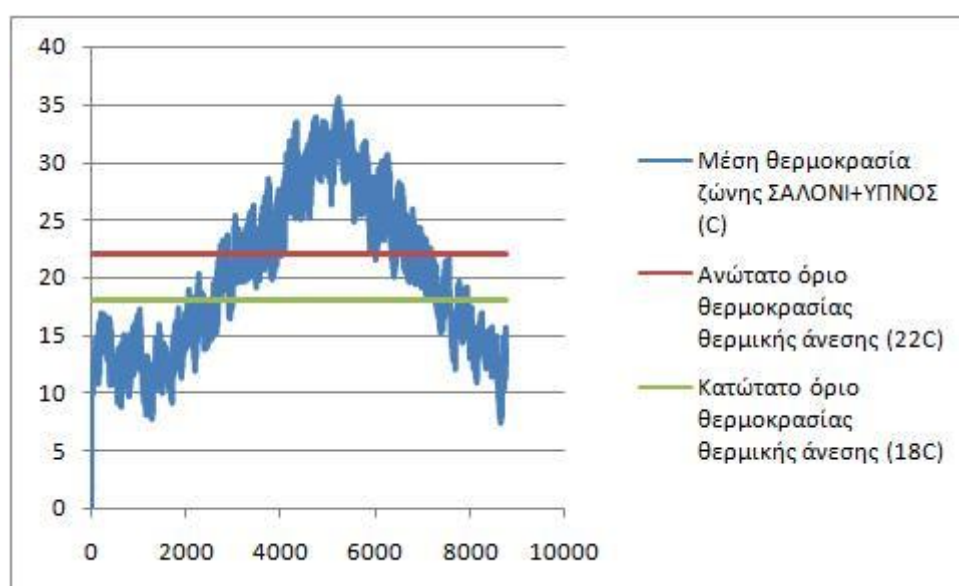
4.1 Αποτελέσματα Προσομοίωσης

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την αρχική προσομοίωση της κατοικίας, με βάση τα δεδομένα που δόθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα αυτά περιλαμβάνουν ωριαίες τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος καθώς και της μέσης θερμοκρασίας κάθε ζώνης του κτιρίου για όλο το χρόνο. Οι τιμές αυτές επεξεργάστηκαν σε φύλλα excel με σκοπό να παραχθούν στοιχεία που θα ήταν πιο απτά και θα έκαναν δυνατή τη σύγκριση και την εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων. Έτσι, υπολογίστηκε ο αριθμός των ωρών καθ' όλη τη διάρκεια του έτους που η μέση θερμοκρασία κάθε ζώνης ξεπερνά τα όρια που εξασφαλίζουν θερμική άνεση στους ενοίκους (18°C-22°C). Ο αριθμός αυτός διαιρέθηκε με τον συνολικό αριθμό των ωρών του έτους (8760) και προέκυψε το ποσοστό των ωρών που οι μέσες θερμοκρασίες είναι κάτω από 18°C και πάνω από 22°C (Πίνακας 1).

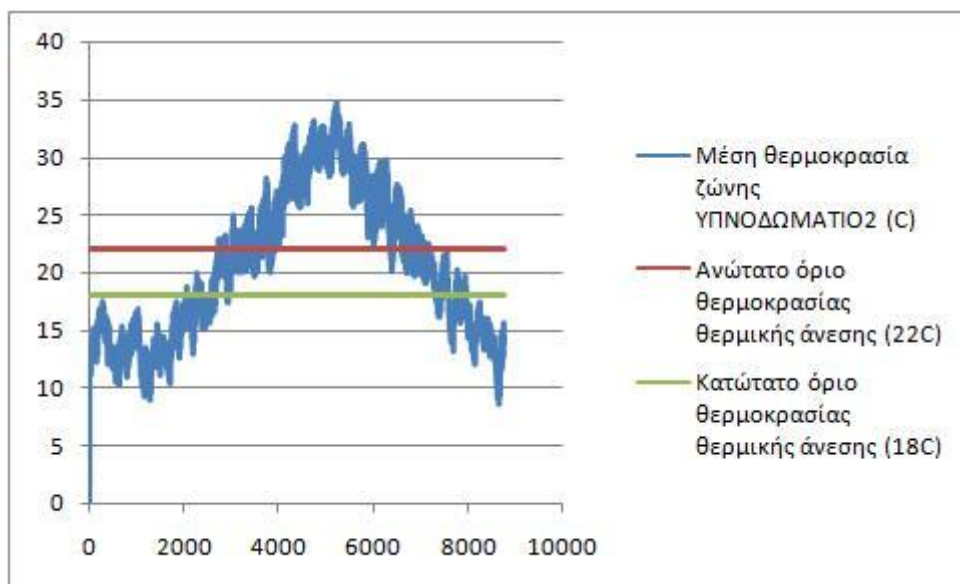
	<18 °C	>22 °C
ΣΑΛΟΝΙ+ΥΠΝΟΣ	44.3%	39.1%
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ2	42.2%	40%
WC+ΚΟΥΖΙΝΑ1	44.8%	38.7%
WC ΚΟΥΖΙΝΑ2	44.4%	38.6%
ΥΠΟΓΕΙΟ1	46.7%	35.9%
ΥΠΟΓΕΙΟ2	46.2%	36.2%

Πίνακας 4.1: Ποσοστά ωρών του έτους που η θερμοκρασία σε κάθε ζώνη ξεπερνά τα όρια θερμικής άνεσης

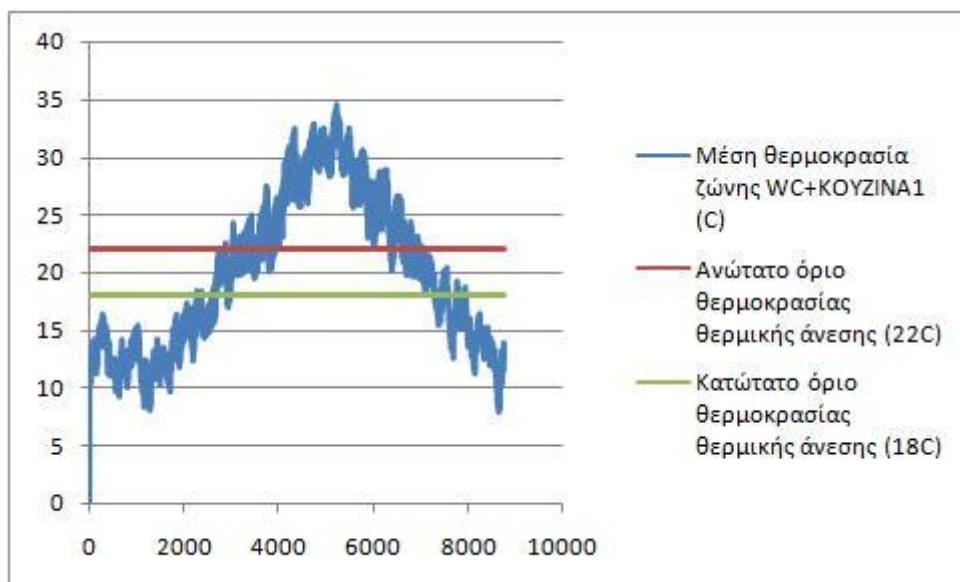
Ακόμα, κατασκευάστηκαν διαγράμματα που δείχνουν την ωριαία μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας κάθε ζώνης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.



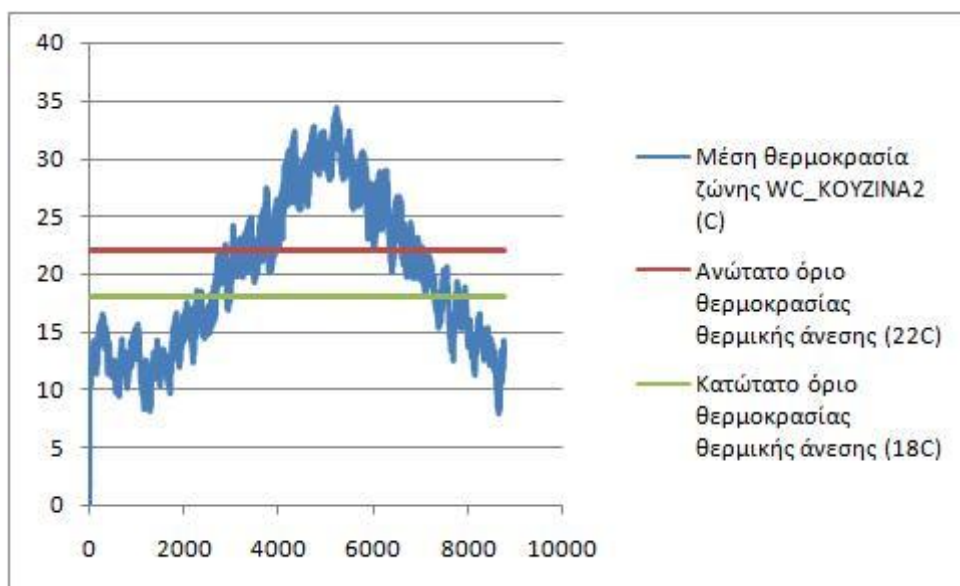
Εικόνα 4.1: Ωριαία μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα (°C) της ζώνης «Σαλόνι+Ύπνος» καθ' όλη τη διάρκεια του έτους



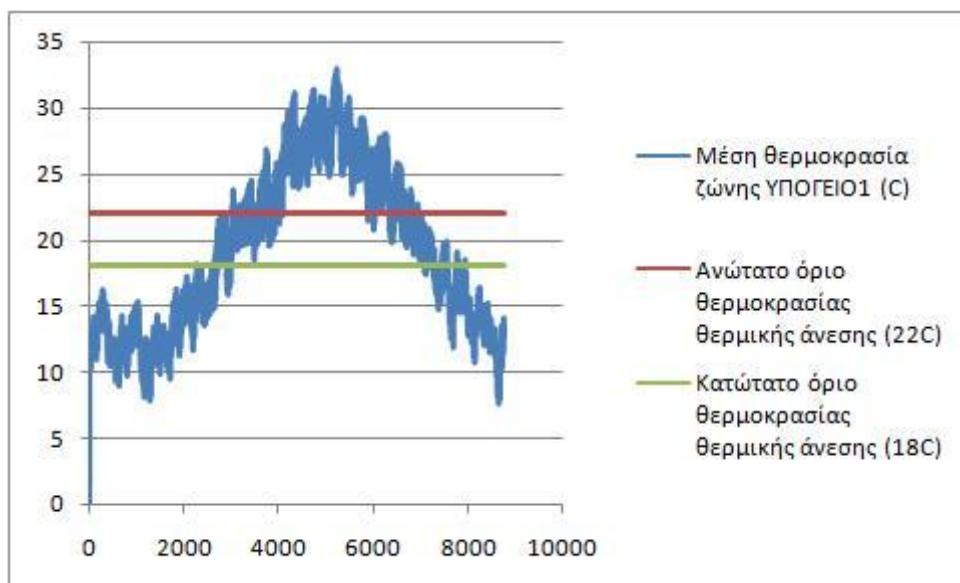
Εικόνα 4.2: Ωριαία μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα (°C) της ζώνης «Υπνοδωμάτιο2» καθ' όλη τη διάρκεια του έτους



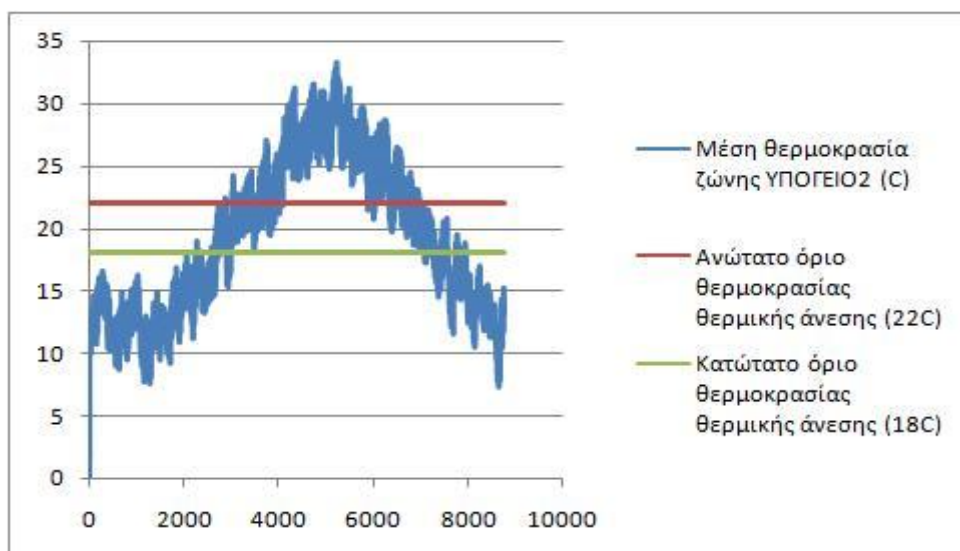
Εικόνα 4.3: Ωριαία μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα (°C) της ζώνης «WC+Κουζίνα1» καθ' όλη τη διάρκεια του έτους



Εικόνα 4.4: Ωριαία μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα (°C) της ζώνης «WC_Κουζίνα2» καθ' όλη τη διάρκεια του έτους



Εικόνα 4.5: Ωριαία μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα (°C) της ζώνης «Υπόγειο1» καθ' όλη τη διάρκεια του έτους

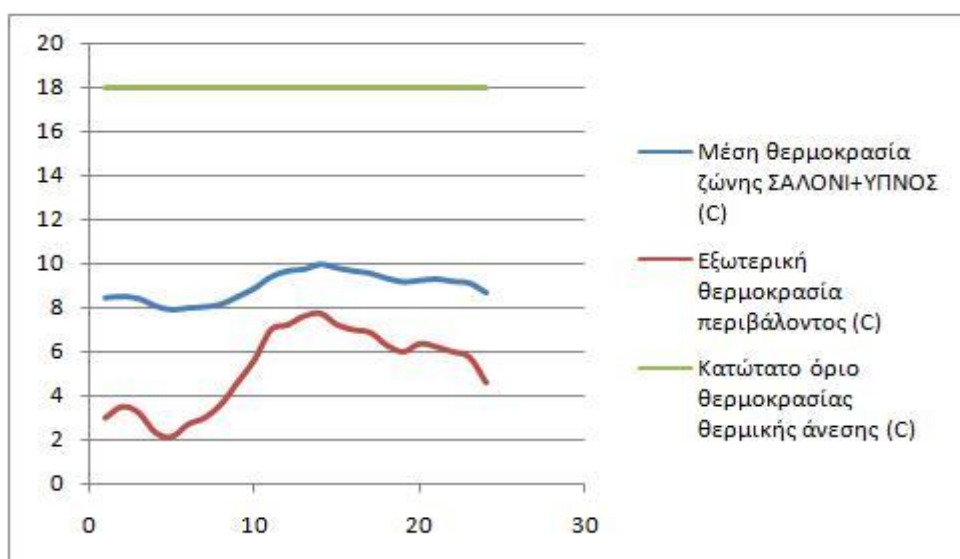


Εικόνα 4.6: Ωριαία μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα (°C) της ζώνης «Υπόγειο2» καθ' όλη τη διάρκεια του έτους

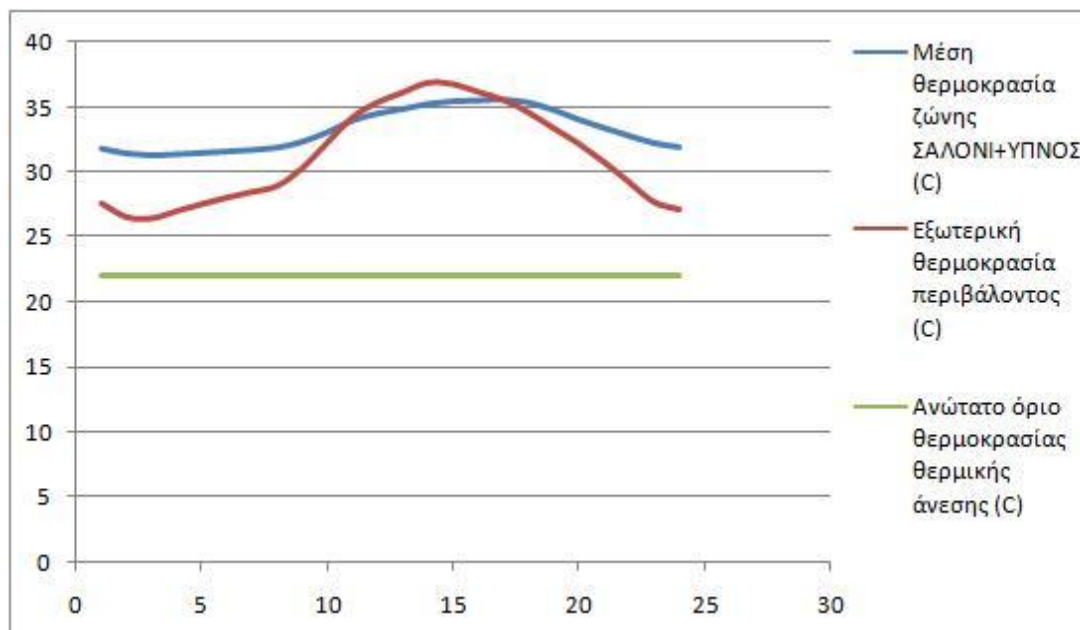
Τέλος, επιλέχθηκε η ζώνη που περιλαμβάνει το καθιστικό της κατοικίας και το υπνοδωμάτιο στον όροφο (ζώνη «Σαλόني+Ύπνος»), για περεταίρω επεξεργασία. Η επιλογή της συγκεκριμένης ζώνης έγινε διότι αυτή θεωρήθηκε μεγαλύτερης σημασίας συγκριτικά με τις υπόλοιπες για τους εξής δύο λόγους:

- οι κάτοικοι ενός σπιτιού περνούν κατά κανόνα τον περισσότερο χρόνο που βρίσκονται μέσα σε αυτό στο καθιστικό και στο υπνοδωμάτιο, άρα η επίτευξη θερμικής άνεσης μέσα σε αυτούς τους χώρους είναι ζητούμενο,
- ο προσανατολισμός της ζώνης είναι προς το νότο, άρα σε συνδυασμό και με τα πολλά ανοίγματα που υπάρχουν αναμένουμε μεγάλα ηλιακά κέρδη.

Έτσι, κατασκευάστηκαν για την ζώνη αυτή δύο διαγράμματα που απεικονίζουν τη μεταβολή της θερμοκρασίας της ζώνης την πιο ζεστή μέρα του καλοκαιριού (6 Αυγούστου) και την πιο κρύα μέρα του χειμώνα (26 Δεκέμβρη).



Εικόνα 4.7: Μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα (°C) της ζώνης «Σαλόني+Ύπνος» την πιο κρύα μέρα του χρόνου (26 Δεκέμβρη)



Εικόνα 4.8: Μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα (°C) της ζώνης «Σαλόني+Ύπνος» την πιο ζεστή μέρα του χρόνου (6 Αυγούστου)

4.2 Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων και Συμπεράσματα

Παρατηρώντας τον Πίνακα 1, βλέπουμε ότι οι ζώνες «Σαλόني+Ύπνος» και «Ύπνοδωμάτιο2» έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό ωρών του έτους (39.1% και 40% αντίστοιχα) που η θερμοκρασία τους υπερβαίνει το ανώτερο θερμοκρασιακό όριο για την επίτευξη θερμικής άνεσης (22°C). Στη συνέχεια έρχονται οι ζώνες που περιλαμβάνουν τις κουζίνες και τα μπάνια (38.7% και 38.6%) και τέλος έρχονται τα δύο υπόγεια με 35.9% και 36.2%. Την ακριβώς αντίστροφη πορεία εμφανίζουν τα ποσοστά των ωρών του έτους που η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την ελάχιστη θερμοκρασιακή απαίτηση για την εξασφάλιση θερμικής άνεσης στις ζώνες. Έτσι τα υπόγεια έρχονται πρώτα, εμφανίζοντας τα μεγαλύτερα ποσοστά ωρών (46.7% και 46.2%) με θερμοκρασία κάτω από 18°C. Μετά ακολουθούν οι κουζίνες-μπάνια (44.8% και 44.4%) και τέλος τα υπνοδωμάτια και το καθιστικό.

Προσπαθώντας να ερμηνεύσουμε τα παραπάνω αποτελέσματα, ας δούμε λίγο τις αιτίες που μπορεί να οδήγησαν δυνητικά σε αυτά. Ξεκινώντας από τα υπνοδωμάτια και το καθιστικό, θα μπορούσαμε να αποδώσουμε τις υψηλές θερμοκρασίες που εμφανίζονται σε αυτά στον νότιο (εν γένει) προσανατολισμό τους, στα πολλά ανοίγματα και στα αυξημένα εσωτερικά θερμικά κέρδη λόγω της μεγαλύτερης συγκριτικά με τις άλλες ζώνες ανθρώπινης παρουσίας. Συγκρίνοντας τις ζώνες αυτές μεταξύ τους (Σαλόني+Ύπνος και Ύπνοδωμάτιο2), βλέπουμε πως το ποσοστό των ωρών που η θερμοκρασία στην ζώνη «Σαλόني+Ύπνος» είναι κάτω από 18°C υπερβαίνει κατά περίπου 2% το αντίστοιχο ποσοστό της ζώνης «Ύπνοδωμάτιο2». Αυτό οφείλεται στην έκθεση του υπνοδωματίου του ορόφου σε βορινούς ανέμους και

πιθανόν στο αρκετά μεγαλύτερο μέγεθος της ζώνης. Αναφερόμενοι στις ζώνες που περιλαμβάνουν τις κουζίνες-μπάνια της κατοικίας, είναι εμφανής η επιρροή του εξολοκλήρου βορινού προσανατολισμού τους στην μείωση της θερμοκρασίας τους. Τέλος, όσον αφορά τα υπόγεια, το γεγονός ότι σχεδόν οι μισές μέρες του χρόνου η θερμοκρασία τους είναι κάτω από 18°C οφείλεται στην άμεση επαφή τους με το έδαφος του οποίου η θερμοκρασία κυμαίνεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους μεταξύ $15-17^{\circ}\text{C}$, στην απουσία μεγάλων εσωτερικών κερδών λόγω ανθρώπινης παρουσίας και λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών, αλλά και στην έλλειψη μεγάλων ανοιγμάτων.

Στα ίδια συμπεράσματα καταλήγουμε παρατηρώντας και τα διαγράμματα 1-6. Συγκρίνοντας τα μάλιστα με τις δύο οριζόντιες γραμμές που οριοθετούν το θερμοκρασιακό εύρος για την επίτευξη θερμικής άνεσης βλέπουμε ότι σε όλες τις ζώνες οι εσωτερικές θερμοκρασίες βρίσκονται ανάμεσα σε αυτά τα όρια δύο περιόδους μέσα στο χρόνο: στα τέλη της άνοιξης (Απρίλης- Μάιος) και στις αρχές του φθινοπώρου (Οκτώβρης- Νοέμβρης).

Τέλος, εστιάζοντας στα δύο τελευταία διαγράμματα (διαγράμματα 7,8), παρατηρούμε ότι και στις δύο περιπτώσεις (πιο ζεστή μέρα του καλοκαιριού και πιο κρύα μέρα του χειμώνα) η εσωτερική μέση θερμοκρασία της ζώνης «Σαλόνη+Ύπνος» κυμαίνεται έξω από τα όρια θερμικής άνεσης ($18^{\circ}\text{C}-22^{\circ}\text{C}$). Παρ' όλα αυτά, κατά την διάρκεια της πιο κρύας μέρας του χειμώνα η θερμοκρασία κυμαίνεται πιο κοντά στα όρια θερμικής άνεσης (μέγιστη απόκλιση $18-8=10^{\circ}\text{C}$) σε σχέση με την πιο θερμή μέρα του καλοκαιριού, όπου η μέγιστη απόκλιση από τα εν λόγω όρια είναι μεγαλύτερη ($36-22=14^{\circ}\text{C}$).

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

- Οι πιο «θερμές» ζώνες της κατοικίας μας είναι τα υπνοδωμάτια και το καθιστικό, ενώ οι πιο «ψυχρές» τα δύο υπόγεια.
- Συνθήκες θερμικής άνεσης επικρατούν στην κατοικία μόνο κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο, ενώ οι μεγαλύτερες αποκλίσεις από τις συνθήκες αυτές εμφανίζονται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

5. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

5.1 Αλλαγή Υαλοπετασμάτων Παραθύρων

Προκειμένου να βελτιωθεί η θερμική συμπεριφορά του κτιρίου μας, θα δοκιμάσουμε αρχικά την αντικατάσταση των υφιστάμενων υαλοπετασμάτων των παραθύρων με καινούρια. Τα υφιστάμενα παράθυρα αποτελούνται από διπλούς υαλοπίνακες πάχους 3mm έκαστος ανάμεσα στους οποίους παρεμβάλλεται στρώμα αέρα πάχους 6 mm. Προτείνεται λοιπόν αυτά να αντικατασταθούν από νέα, με διπλούς υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμφιμότητας (low-e) πάχους 6mm έκαστος ανάμεσα στους οποίους θα παρεμβάλλεται στρώμα από Αργό πάχους 13mm. Τα χαρακτηριστικά των προτεινόμενων υαλοπινάκων φαίνονται παρακάτω:

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		ECABS-2 BLEACHED 6MM	LoE SPEC SEL CLEAR 6MM Rev
Optical Data Type		SpectralAverage	SpectralAverage
Window Glass Spectral Data Set Name			
Thickness	m	0.006	0.006
Solar Transmittance at Normal Incidence		0.814	0.43
Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.086	0.42
Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.086	0.3
Visible Transmittance at Normal Incidence		0.847	0.77
Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.099	0.06
Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.099	0.07
Infrared Transmittance at Normal Incidence		0	0

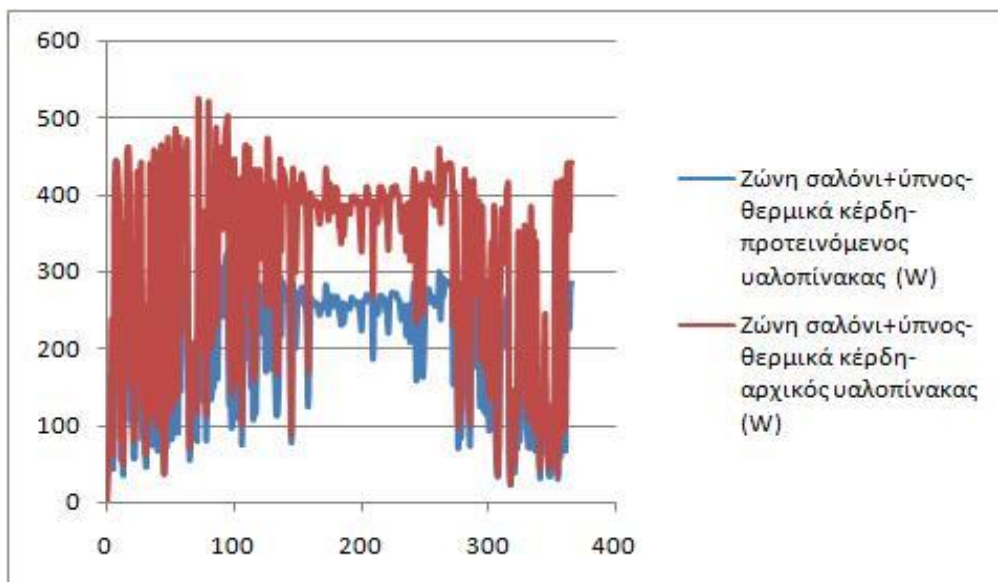
Εικόνα 5.1: Χαρακτηριστικά προτεινόμενων υαλοπινάκων, όπως αυτά ορίσθηκαν στην επιλογή WindowMaterial:Glazing του Energyplus

Field	Units	Obj1
Name		DbI LoE Elec Abs Bleached 6mm/13mm Arg
Outside Layer		ECABS-2 BLEACHED 6MM
Layer 2		ARGON 13MM
Layer 3		LoE SPEC SEL CLEAR 6MM Rev
Layer 4		
Layer 5		
Layer 6		
Layer 7		
Layer 8		
Layer 9		

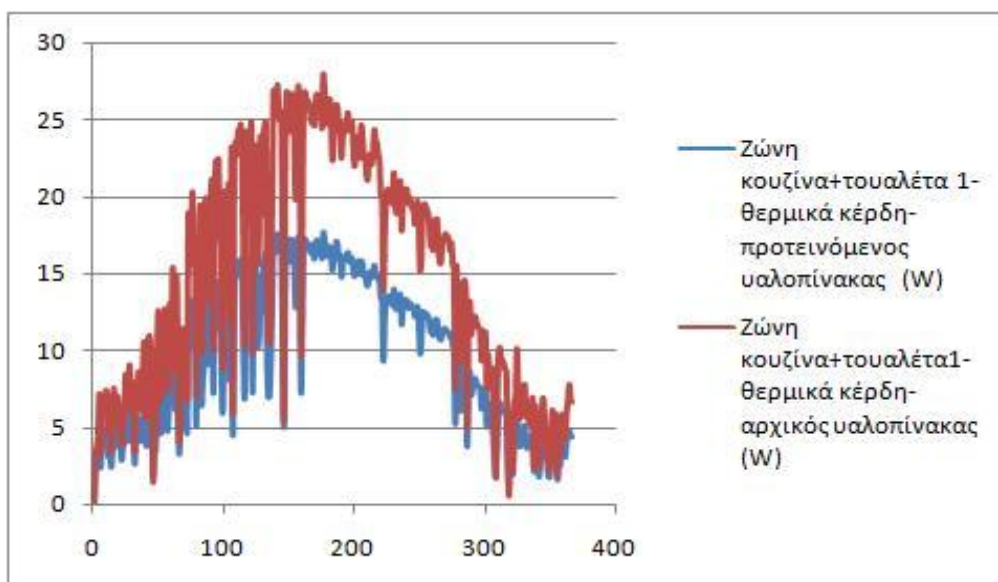
Εικόνα 5.2: Διάταξη των προτεινόμενων υαλοπινάκων, όπως ορίσθηκε στην επιλογή Construction

5.1.1 Αποτελέσματα και Σύγκριση

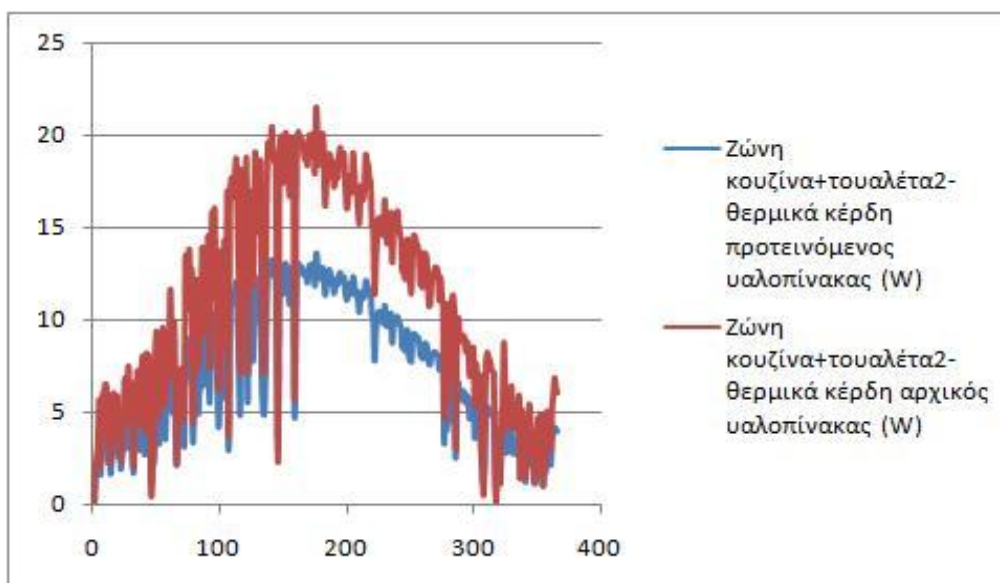
Τα αποτελέσματα που πήραμε μετά την προσομοίωση των νέων παραθύρων στο EnergyPlus ήταν οι ωριαίες θερμοκρασίες και τα ημερήσια θερμικά κέρδη από τα παράθυρα, για όλες τις ζώνες καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στη συνέχεια σε διαγράμματα στα οποία συγκρίνεται η θερμική απόδοση των ζωνών με τα παλιά και τα νέα παράθυρα.



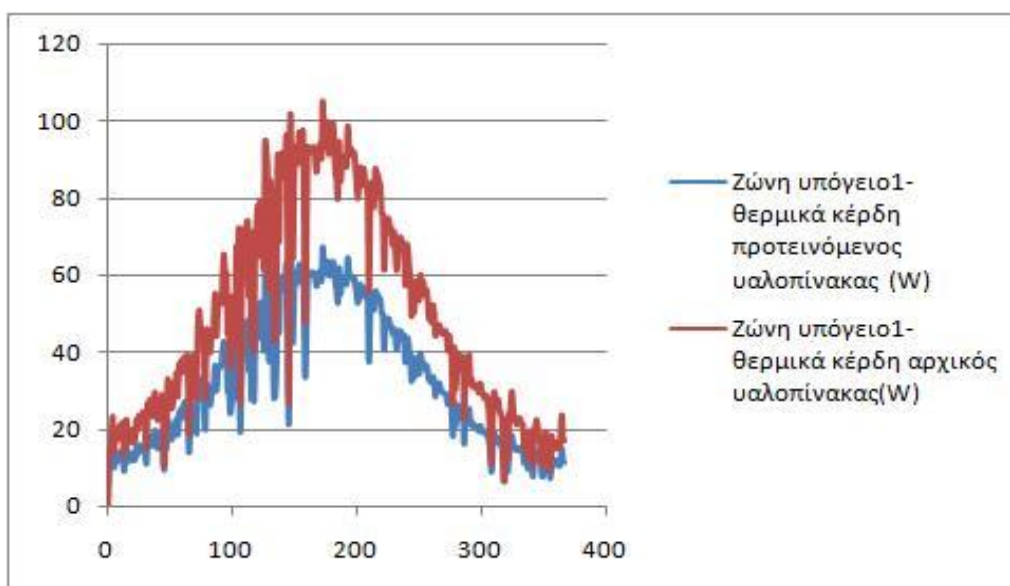
Εικόνα 5.3: Σύγκριση των ημερήσιων θερμικών κερδών από τα παράθυρα (Watt) της ζώνης «Σαλόνι+Ύπνος» καθ' όλη τη διάρκεια του έτους



Εικόνα 5.4: Σύγκριση των ημερήσιων θερμικών κερδών από τα παράθυρα (Watt) της ζώνης «WC+Κουζίνα1» καθ' όλη τη διάρκεια του έτους



Εικόνα 5.5: Σύγκριση των ημερήσιων θερμικών κερδών από τα παράθυρα (Watt) της ζώνης «WC_Κουζίνα2» καθ' όλη τη διάρκεια του έτους

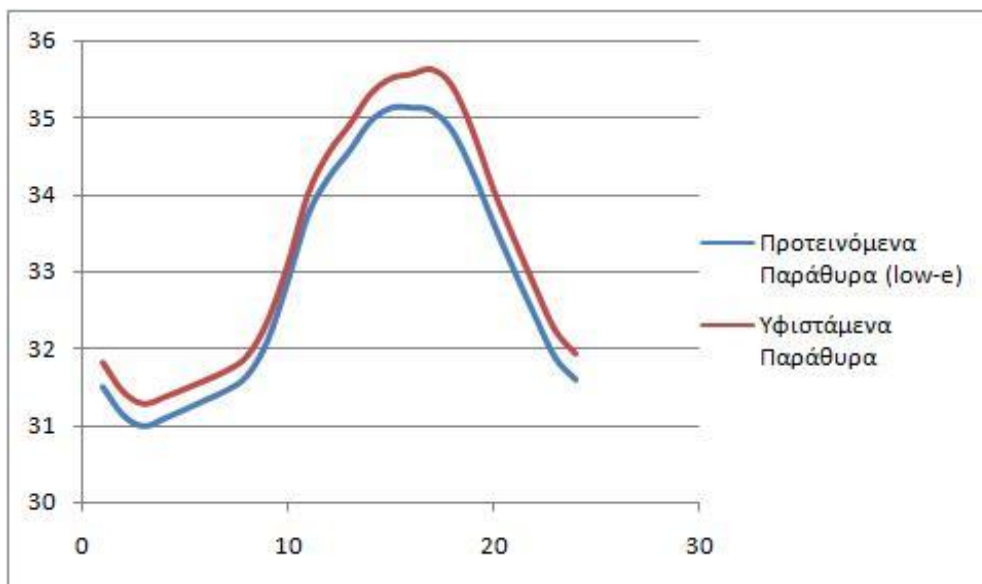


Εικόνα 5.6: Σύγκριση των ημερήσιων θερμικών κερδών από τα παράθυρα (Watt) της ζώνης «Υπόγειο1» καθ' όλη τη διάρκεια του έτους

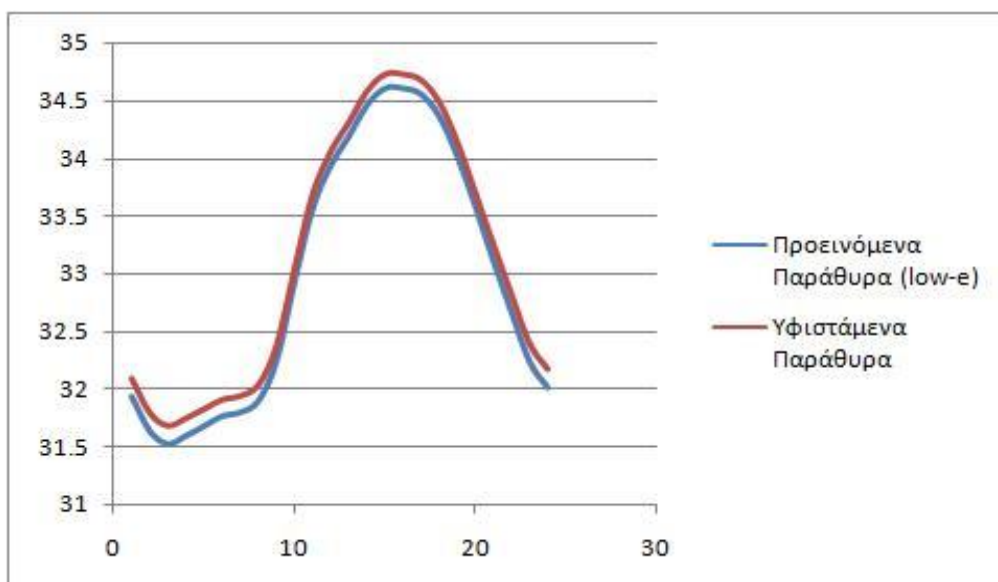
Αρχικά, βλέπουμε ότι η αντικατάσταση των υαλοπετασμάτων μείωσε σημαντικά τα θερμικά κέρδη από τα παράθυρα σε όλες τις ζώνες. Παρατηρώντας τα ανωτέρω διαγράμματα βλέπουμε ότι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η διακύμανση των θερμικών κερδών από τα παράθυρα είναι κατά πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη διακύμανση στο υπόλοιπο του έτους. Αυτό οφείλεται στο ότι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η ηλιοφάνεια είναι κατά κανόνα σταθερή και δεν μεταβάλλεται σημαντικά από μέρα σε μέρα, όπως συμβαίνει λόγω χάρη το χειμώνα όπου μπορεί να έχουμε μέρες με παρατεταμένη συννεφιά και μέρες με ηλιοφάνεια. Επίσης, μπορούμε να

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

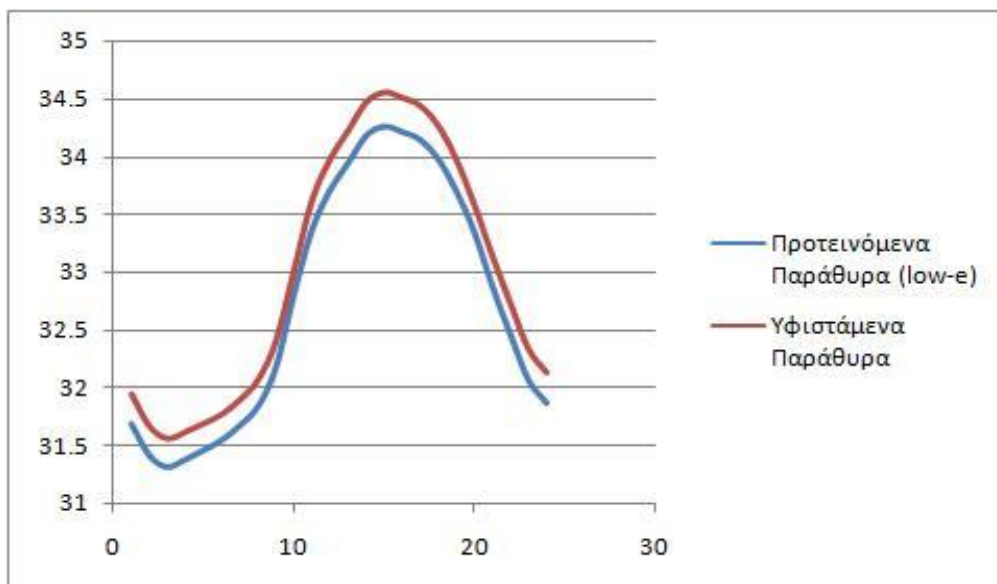
επισημάνουμε ακόμα τη μεγάλη διαφορά των ηλιακών κερδών στη ζώνη «Σαλόني+Ύπνος» συγκριτικά με τις άλλες ζώνες, η οποία οφείλεται στην μεγάλη επιφάνεια υαλοπετασμάτων με νότιο προσανατολισμό που διαθέτει η ζώνη αυτή. Για τους ίδιους λόγους, η ζώνη αυτή είναι η μόνη στην οποία οι μέγιστες τιμές των θερμικών κερδών παραμένουν στα ίδια επίπεδα όλο το χρόνο.



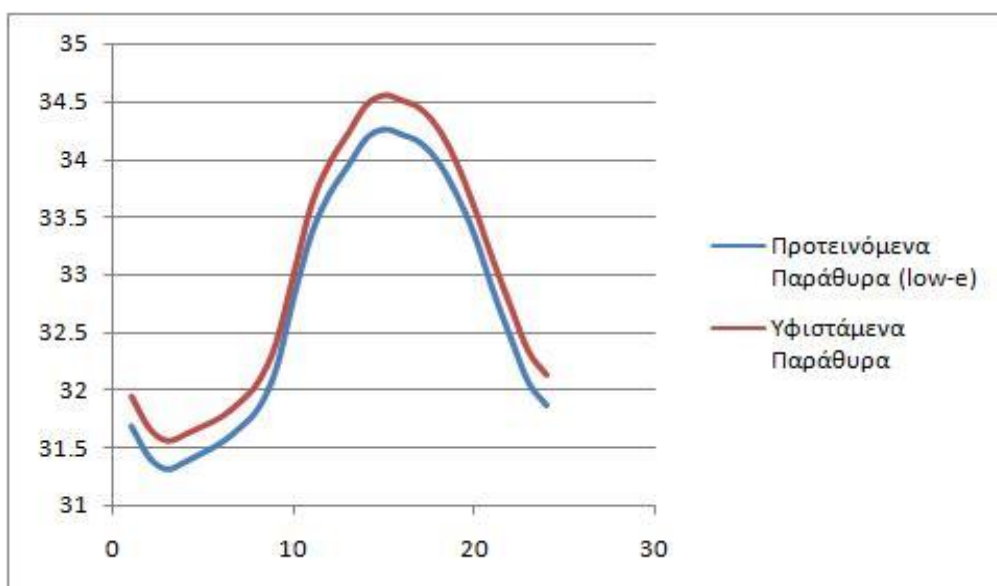
Εικόνα 5.7: Σύγκριση της θερμοκρασίας του αέρα (°C) της ζώνης «Σαλόني+Ύπνος» την πιο ζεστή μέρα του χρόνου (6 Αυγούστου)



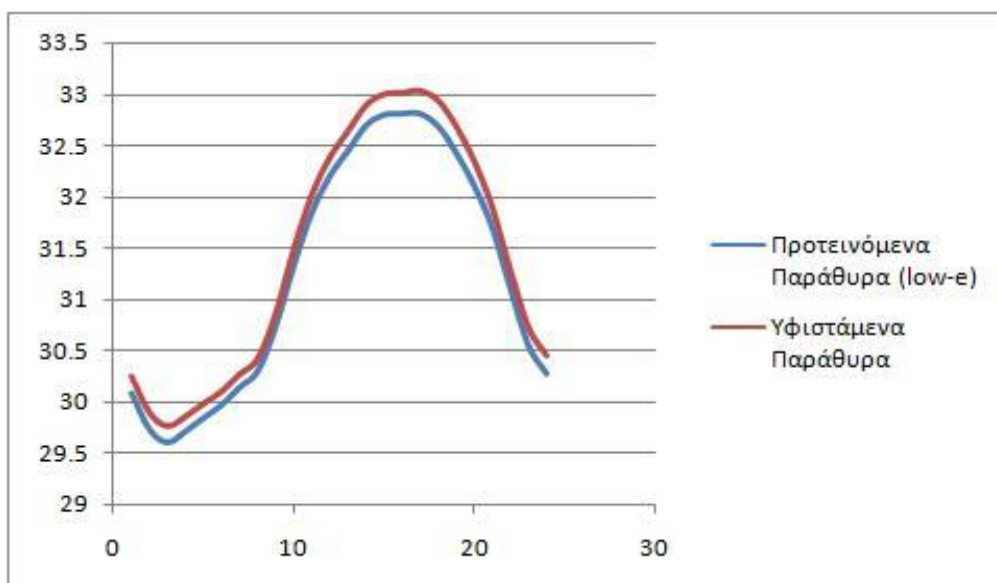
Εικόνα 5.8: Σύγκριση της θερμοκρασίας του αέρα (°C) της ζώνης «Ύπνοδωμάτιο2» την πιο ζεστή μέρα του χρόνου (6 Αυγούστου)



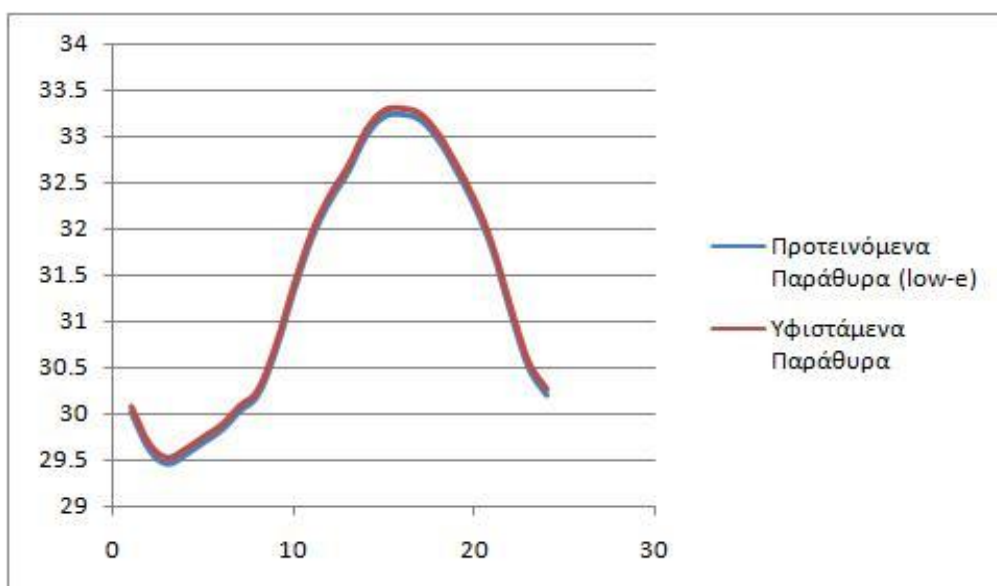
Εικόνα 5.9: Σύγκριση της θερμοκρασίας του αέρα (°C) της ζώνης «WC+Κουζίνα1» την πιο ζεστή μέρα του χρόνου (6 Αυγούστου)



Εικόνα 5.10: Σύγκριση της θερμοκρασίας του αέρα (°C) της ζώνης «WC_Κουζίνα2» την πιο ζεστή μέρα του χρόνου (6 Αυγούστου)



Εικόνα 5.11: Σύγκριση της θερμοκρασίας του αέρα (°C) της ζώνης «Υπόγειο1» την πιο ζεστή μέρα του χρόνου (6 Αυγούστου)



Εικόνα 5.12: Σύγκριση της θερμοκρασίας του αέρα (°C) της ζώνης «Υπόγειο2» την πιο ζεστή μέρα του χρόνου (6 Αυγούστου)

Από τα διαγράμματα 5.5 έως 10.5 είναι φανερό ότι η αντικατάσταση των υαλοπετασμάτων δεν είχε το ίδιο θεαματικά αποτελέσματα και στις εσωτερικές θερμοκρασίες των ζωνών. Συγκεκριμένα οι μειώσεις αυτές δεν ξεπέρασαν σε καμία ζώνη τους 0,5°C κατά τη διάρκεια της πιο ζεστής μέρας του έτους. Αυτό που αξίζει να δούμε εδώ είναι ότι η θερμοκρασίες μειώθηκαν (σχεδόν ανεπαίσθητα βέβαια) ακόμα και στις ζώνες που δεν έχουν παράθυρα, όπως το «Υπνοδωμάτιο2» και το «Υπόγειο2».

5.2 Αλλαγή Θερμομονωτικού Υλικού

Στην ενότητα αυτή δοκιμάστηκε η αντικατάσταση του υφιστάμενου θερμομονωτικού υλικού από δύο άλλους τύπους θερμομονωτικού υλικού προκειμένου να δούμε τι αλλαγές θα επέφεραν στην θερμική απόδοση της κατοικίας. Έτσι, η εξωτερική θερμομόνωση από πλάκες *εξηλασμένης πολυστερίνης* πάχους 5cm που είχε τοποθετηθεί αρχικά, αντικαταστάθηκε σε πρώτη φάση από *αφρό πολυουρεθάνης* που στρώθηκε σε πάχος επίσης 5cm. Στη συνέχεια, μιας και το πάχος της χρησιμοποιούμενης θερμομόνωσης ήταν ήδη μεγάλο αλλά και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά αυτής ήταν από τα καλύτερα στην αγορά, ήταν δύσκολο να πετύχουμε επιπλέον αξιόλογη βελτίωση της θερμικής απόδοσης του κτιρίου χρησιμοποιώντας συμβατικά υλικά. Έτσι λοιπόν αναζητήθηκε, πέρα από τα συμβατικά υλικά, ένα καινοτόμο υλικό το οποίο θα μπορούσε να προσφέρει καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα μικρό βάρος και πάχος. Μετά από σχετική έρευνα στο διαδίκτυο βρέθηκε πως εταιρίες στην Αμερική και τη Γερμανία έχουν αρχίσει να εφαρμόζουν στον κατασκευαστικό κλάδο ένα υλικό νανοτεχνολογίας που χρησιμοποιείται για αρκετές δεκαετίες στην αεροναυπηγική για την θερμομόνωση διαστημοπλοίων και ονομάζεται "*aerogel*". Το υλικό αυτό είναι το πιο ελαφρύ και ταυτόχρονα το πιο θερμομονωτικό υλικό στον κόσμο. Είναι υδροφοβικό και παράγεται σε μικρά κομμάτια τα οποία αποτελούνται κατά 90% από αέρα. Αποτελείται από πόρους διαστάσεων 20-40 νανόμετρα και μπορεί να προσφέρει τάξης μεγέθους μικρότερη θερμική αγωγιμότητα σε σχέση με τα καλύτερα συμβατικά θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή στον κατασκευαστικό κλάδο παγκοσμίως. Και όλα αυτά με πάχος που ξεκινά από μόλις 10mm. [12]



Εικόνα 5.13: Θερμομονωτικά φύλλα από Aerogel
(Πηγή: <http://www.treehugger.com/sustainable-product-design/space-age-tech-coming-to-a-building-near-you-aerogel-as-insulation.html>)

Στη συνέχεια λοιπόν παρατίθεται ένας πίνακας με τα χαρακτηριστικά και των τριών τύπων θερμομονωτικών υλικών που δοκιμάστηκαν (συμπεριλαμβανομένου και του υφιστάμενου), όπως αυτά ορίστηκαν στο EnergyPlus:

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

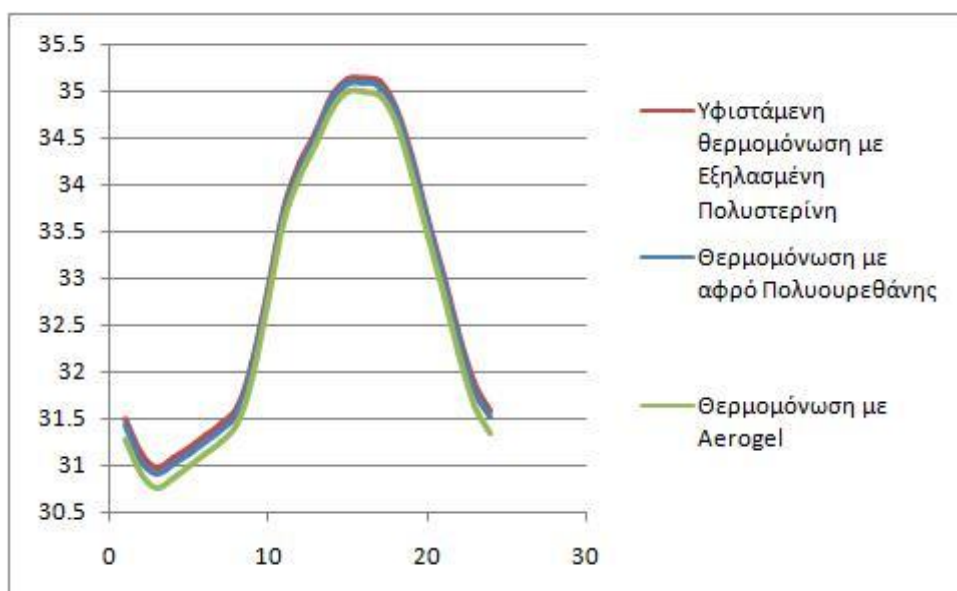
	Εξηλασμένη Πολυστερίνη	Αφρός Πολυουρεθάνης	Aerogel
Τραχύτητα	Μεσαία ομαλή	Μεσαία ομαλή	Μεσαία ομαλή
Πάχος (m)	0.05	0.05	0.01
Θερμική Αγωγιμότητα (W/mK)	0.03	0.028	0.009
Φαινόμενη Πυκνότητα (Kg/m ³)	30	30	100
Ειδική Θερμότητα (J/KgK)	1210	1470	700

Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά των τριών τύπων θερμομονωτικών υλικών που δοκιμάστηκαν

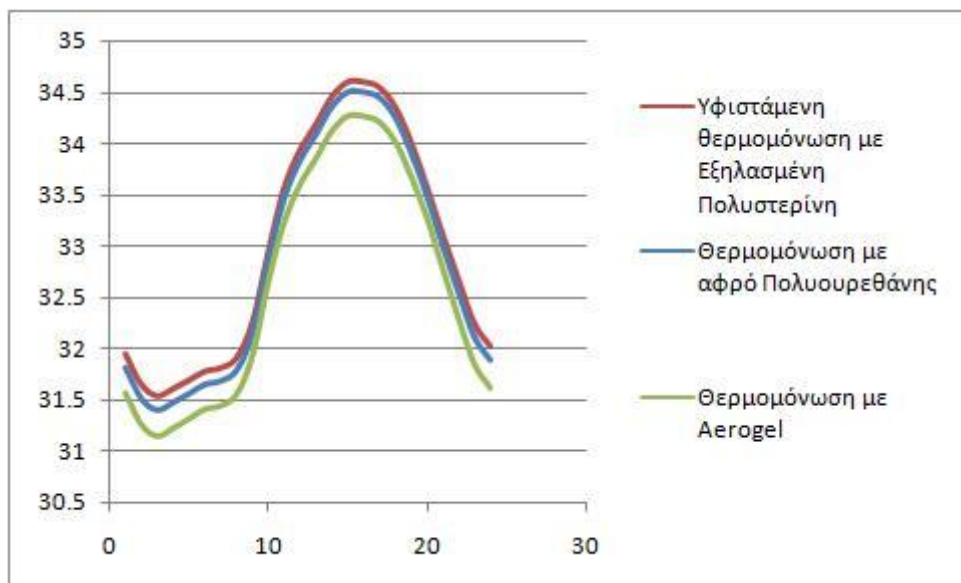
5.2.1 Αποτελέσματα και Σύγκριση

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης των νέων θερμομονωτικών υλικών, παρουσιάζονται στη συνέχεια με τη μορφή διαγραμμάτων που απεικονίζουν τη μεταβολή της θερμοκρασίας κάθε ζώνης κατά τη διάρκεια της πιο ζεστής και πιο κρύας μέρας του χρόνου, για την υφιστάμενη θερμομόνωση και τις δύο προτεινόμενες. Να σημειωθεί ότι τα ακόλουθα αποτελέσματα προέκυψαν μετά από προσομοίωση του κτιρίου με τα καινούρια παράθυρα από υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμπιμότητας (low-e) που περιγράφηκαν στην προηγούμενη ενότητα.

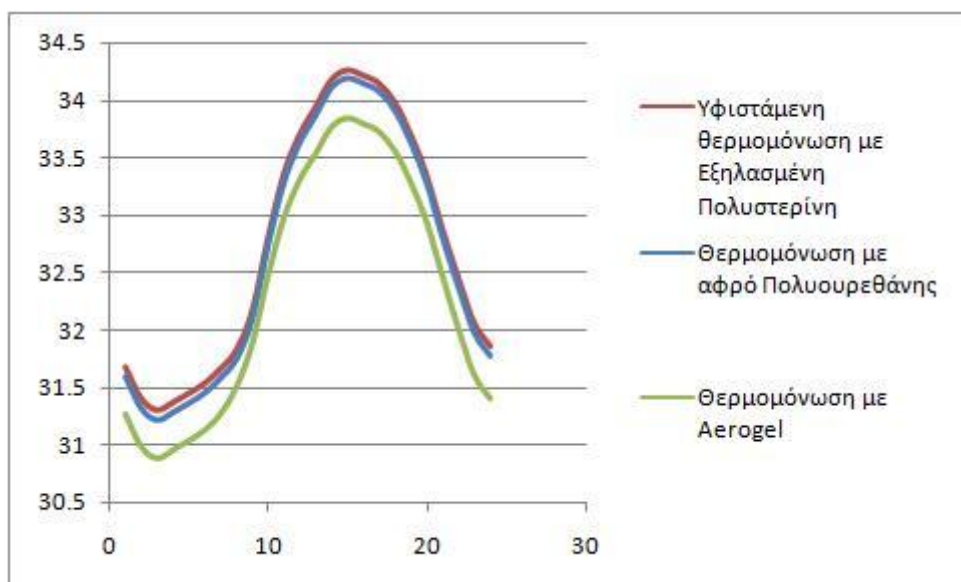
Για την πιο ζεστή μέρα:



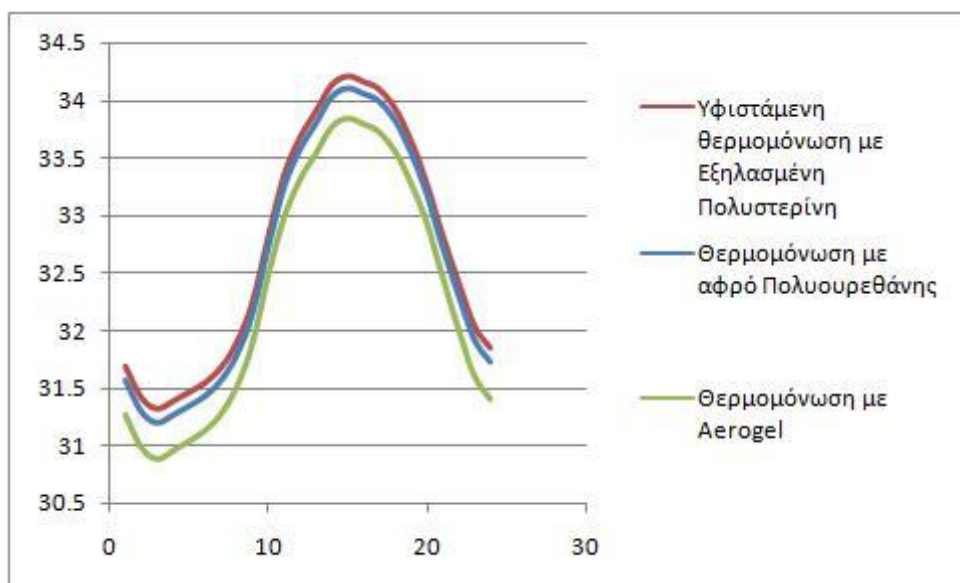
Εικόνα 5.14: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «Σαλόνι+Ύπνος» για τους τρεις τύπους θερμομόνωσης, την πιο ζεστή μέρα του χρόνου



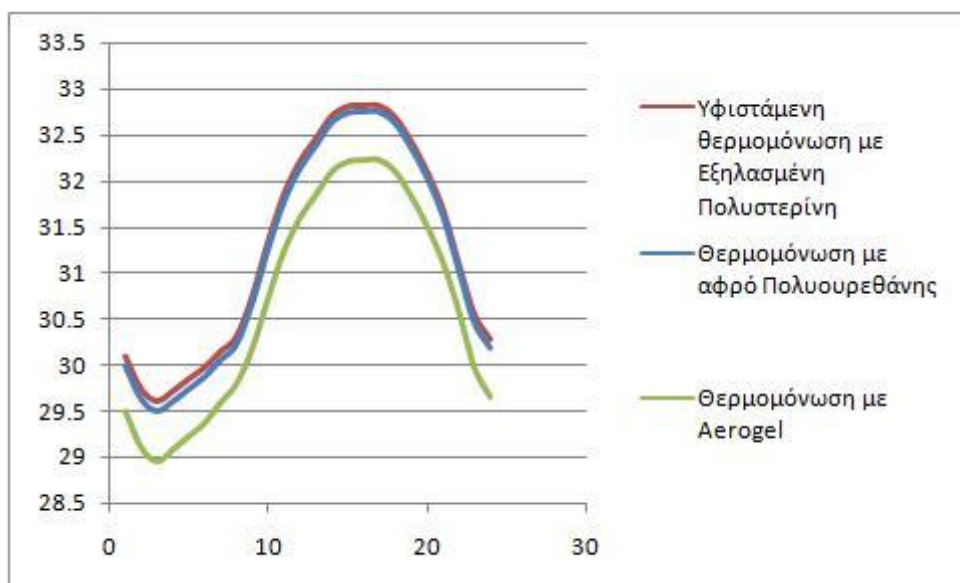
Εικόνα 5.15: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «Υπνοδωμάτιο2» για τους τρεις τύπους θερμομόνωσης, την πιο ζεστή μέρα του χρόνου



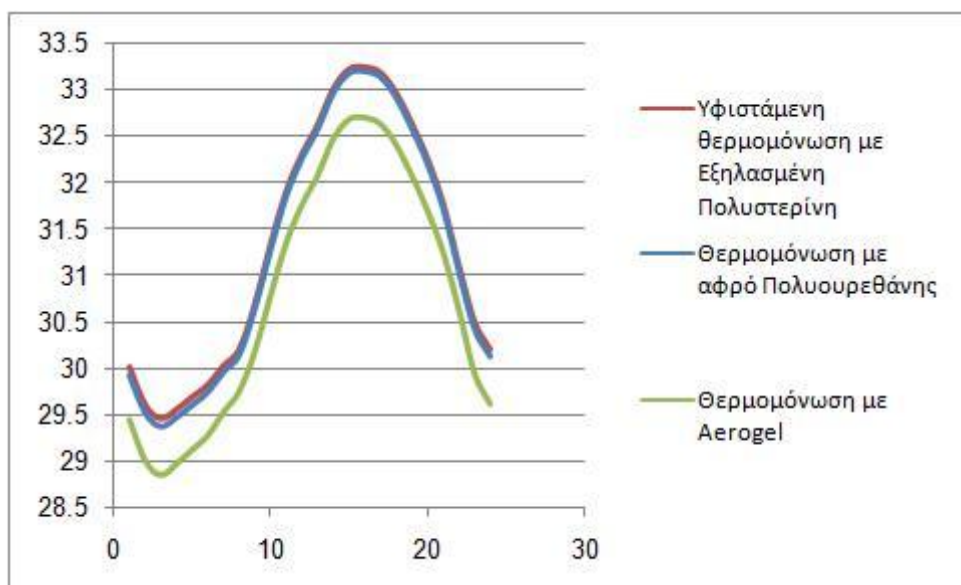
Εικόνα 5.16: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «WC+Κουζίνα1» για τους τρεις τύπους θερμομόνωσης, την πιο ζεστή μέρα του χρόνου



Εικόνα 5.17: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «WC_Κουζίνα2» για τους τρεις τύπους θερμομόνωσης, την πιο ζεστή μέρα του χρόνου

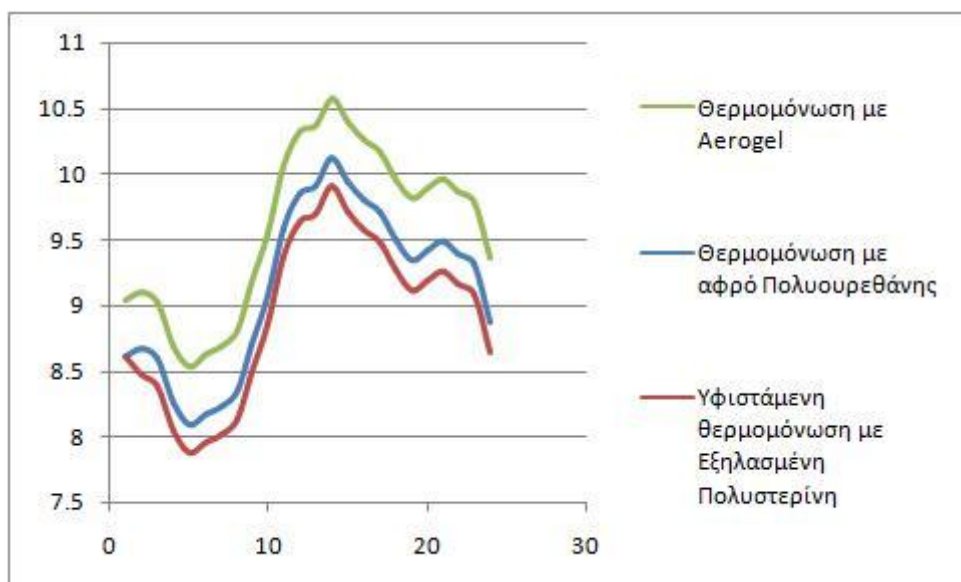


Εικόνα 5.18: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «Υπόγειο1» για τους τρεις τύπους θερμομόνωσης, την πιο ζεστή μέρα του χρόνου



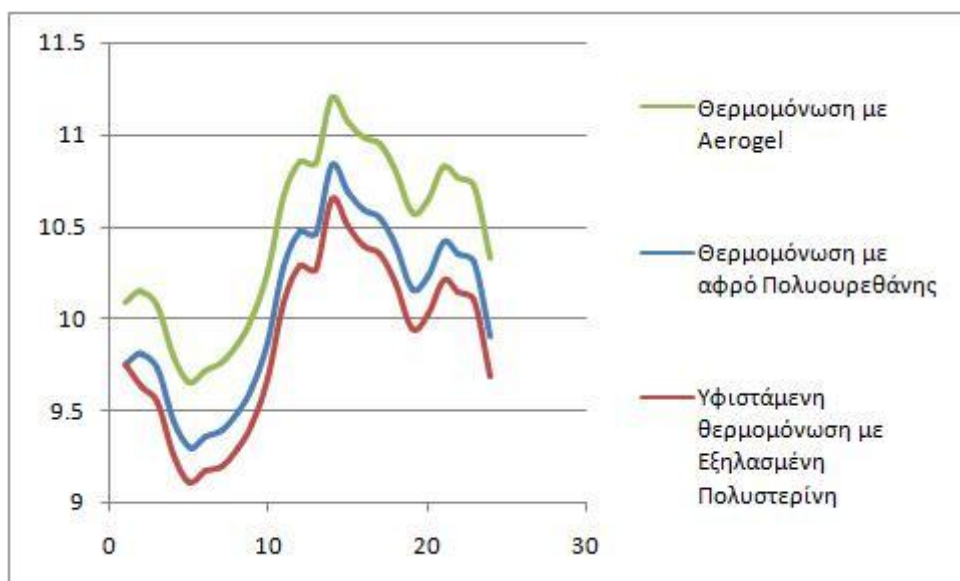
Εικόνα 5.19: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «Υπόγειο2» για τους τρεις τύπους θερμομόνωσης, την πιο ζεστή μέρα του χρόνου

Για την πιο κρύα μέρα:

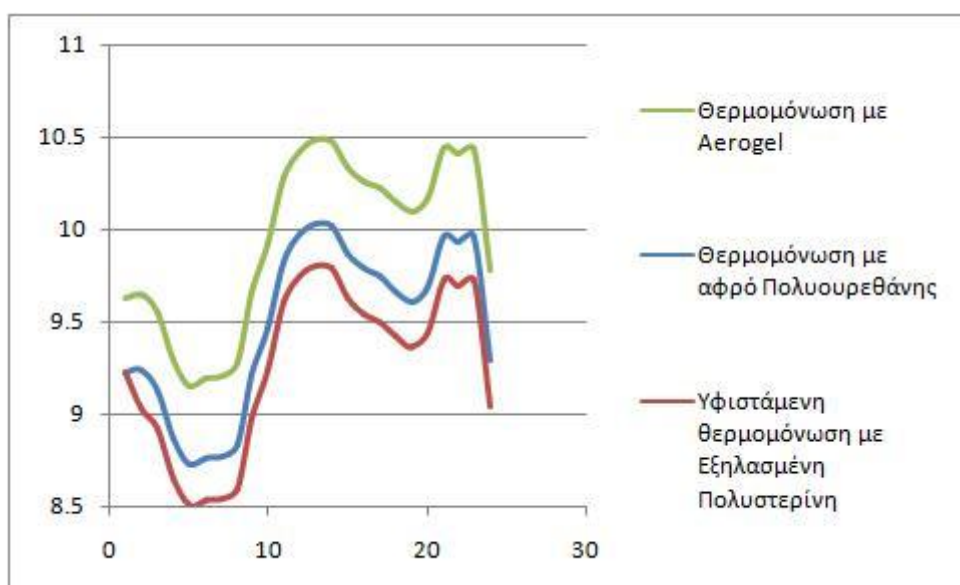


Εικόνα 5.20: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «Σαλόνι+Ύπνος» για τους τρεις τύπους θερμομόνωσης, την πιο κρύα μέρα του χρόνου

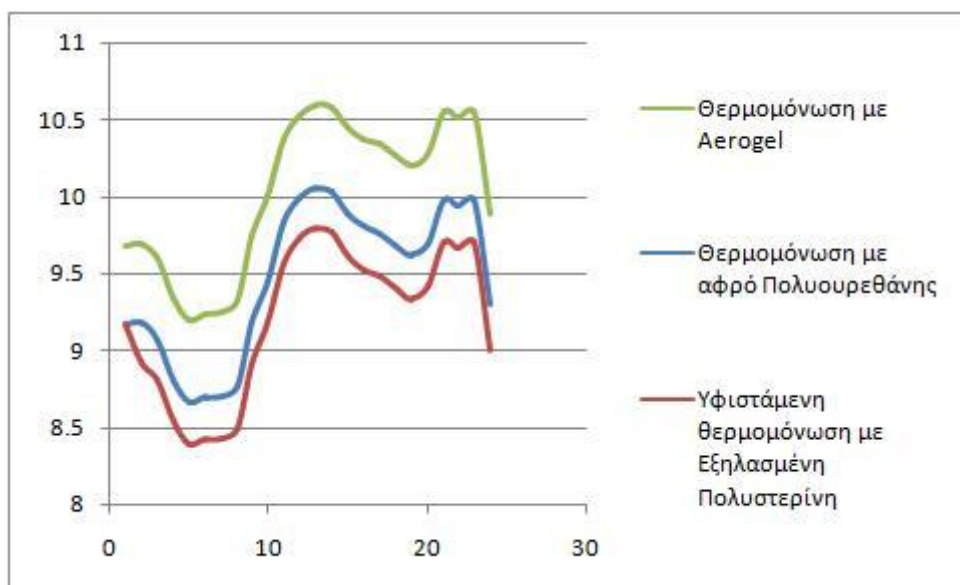
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



Εικόνα 5.21: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «Υπνοδωμάτιο2» για τους τρεις τύπους θερμομόνωσης, την πιο κρύα μέρα του χρόνου



Εικόνα 5.22: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «WC_Κουζίνα2» για τους τρεις τύπους θερμομόνωσης, την πιο κρύα μέρα του χρόνου



Εικόνα 5.23: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «WC+Κουζίνα1» για τους τρεις τύπους θερμομόνωσης, την πιο κρύα μέρα του χρόνου

Όσον αφορά τα διαγράμματα 11.5-16.5, βλέπουμε ότι την πιο ζεστή μέρα του χρόνου η μείωση της θερμοκρασίας που επιφέρει η αντικατάσταση της αρχικής θερμομόνωσης από εξηλασμένη πολυστερίνη από θερμομόνωση με αφρό πολυουρεθάνης είναι σχεδόν ανεπαίσθητη και δεν ξεπερνά τους 0.1°C. Αντιθέτως, η μείωση αυτή γίνεται αισθητή στην περίπτωση της εφαρμογής θερμομονωτικού υλικού από aerogel, οπότε φτάνει τους 0.6°C το μέγιστο.

Τέλος, παρατηρώντας τα διαγράμματα 17.5-20.5 που αφορούν την πιο κρύα μέρα, βλέπουμε πως εδώ η επιβολή των προτεινόμενων θερμομονωτικών υλικών είχε πιο αισθητά αποτελέσματα κυρίως για τον αφρό πολυουρεθάνης η χρήση του οποίου οδήγησε σε θερμοκρασίες υψηλότερες κατά 0.3°C το μέγιστο, ενώ στην περίπτωση του aerogel έως και 0.7°C.

5.3 Τοποθέτηση Υαλοπινάκων σε όλη την επιφάνεια της νοτιοδυτικής κεκλιμένης στέγης για συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας

Στην ενότητα αυτή επιχειρήθηκε η προσθήκη στην κατοικία μας ενός ηλιακού παθητικού συστήματος που θα χρησιμοποιούσε την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανσή κατά τη διάρκεια του χειμώνα, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο την κατανάλωση ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών των κατοίκων του για θέρμανση. Επιλέχθηκε, λοιπόν, η τοποθέτηση πάνω στις προεξοχές από σκυρόδεμα της νοτιοδυτικής κεκλιμένης στέγης της κατοικίας, υαλοπίνακα που καλύπτει όλη την επιφάνεια της στέγης και απέχει απόσταση 20cm από αυτή. Ο υαλοπίνακας αυτός επιτρέπει την διέλευση αέρα από την ατμόσφαιρα μόνο στο κάτω μέρος της στέγης, στο οποίο δεν υπάρχει προεξοχή από σκυρόδεμα. Έτσι, η ηλιακή ακτινοβολία θα διέρχεται μέσω του υαλοπίνακα, θερμαίνοντας τον ψυχρό αέρα ο οποίος θα εισρέει από το άνοιγμα στο κάτω μέρος της στέγης. Εν συνεχεία ο αέρας αυτός, αφού θερμανθεί, ανέρχεται ως ελαφρότερος και εξέρχεται στον εσωτερικό χώρο της ζώνης «Σαλόني+Ύπνος» μέσω των παραθύρων. Έτσι θα έχουμε μεταφορά θερμότητας στο εσωτερικό της κατοικίας με φυσική ροή, με βάση το φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού.

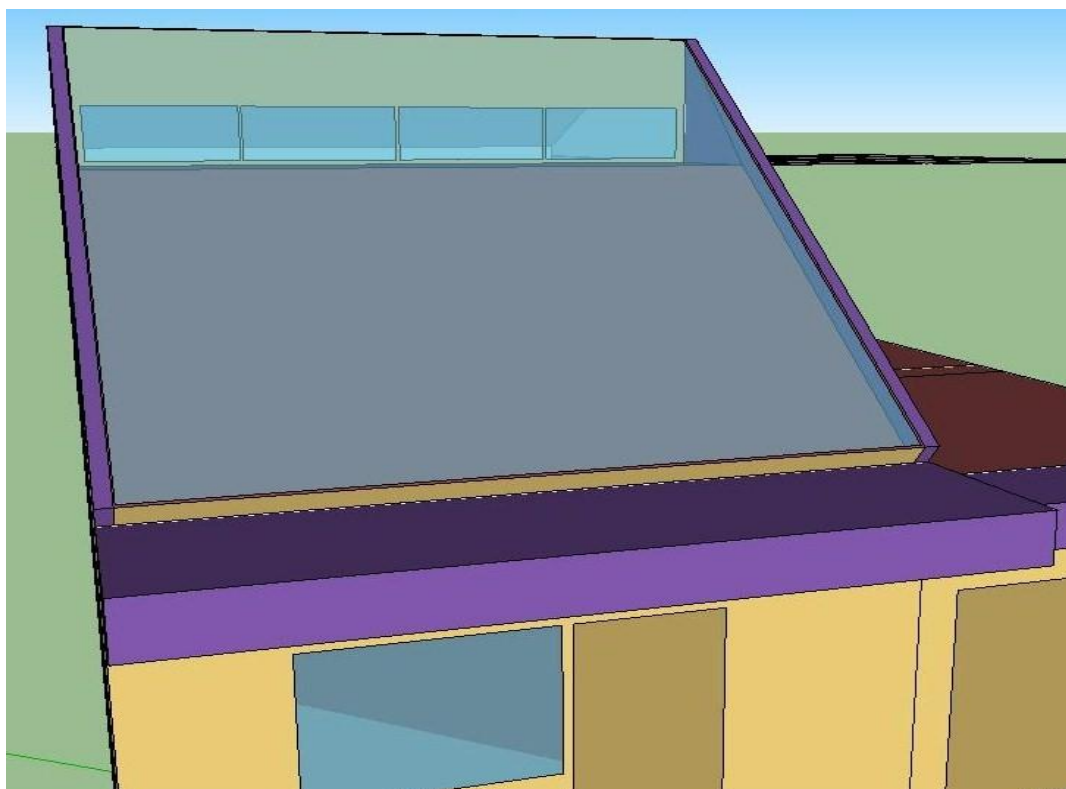
Η κατασκευή έχει τη μέγιστη δυνατή απόδοση αφού θα τοποθετηθεί νοτιοδυτικά, με κλίση γύρω στις 35° (30-40° είναι η βέλτιστη κλίση για τον ελλαδικό χώρο). Επίσης, χρησιμοποιήθηκε διπλός υαλοπίνακας πάχους 3mm έκαστος με ενδιάμεση στρώση αέρα πάχους 6mm, με σκοπό την καλύτερη θερμομόνωση του χώρου στον οποίο κυκλοφορεί ο αέρας.

Η προσθήκη της συγκεκριμένης κατασκευής αναμένεται να έχει ευεργετικά αποτελέσματα κατά τη διάρκεια του χειμώνα, θερμαίνοντας με φυσικό, οικονομικό και φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο τους εσωτερικούς χώρους. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού όμως είναι δυνατόν να προκαλέσει ανεπιθύμητη υπερθέρμανση, για την αποφυγή της οποίας μπορούμε είτε να σκιάζουμε τον υαλοπίνακα με μια ανοιγοκλειόμενη τέντα, είτε να ανοίγουμε ή ακόμα και να αποσπούμε τους υαλοπίνακες.

Να σημειωθεί ότι τα παράθυρα που βρίσκονται στο νότιο τμήμα της ζώνης «Σαλόني+Ύπνος» πρέπει να ανοίγουν κατά τη διάρκεια των μεσημεριανών και απογευματινών ωρών του χειμώνα, εφόσον υπάρχει ηλιοφάνεια, ώστε να επιτρέπουν στον θερμαινόμενο αέρα να εισέλθει στο εσωτερικό. Αντίθετα, θα πρέπει να κλείνουν κατά τη διάρκεια της νύχτας, προς αποφυγή θερμικών απωλειών. Έτσι καθίσταται η εφαρμογή συστήματος αυτοματισμών σχεδόν επιτακτική, προκειμένου να αποφευχθεί δυσλειτουργία του συστήματος από αμέλεια των χρηστών.



Εικόνα 5.24: Νοτιοδυτική στέγη της κατοικίας πριν την τοποθέτηση του ηλιακού παθητικού συστήματος

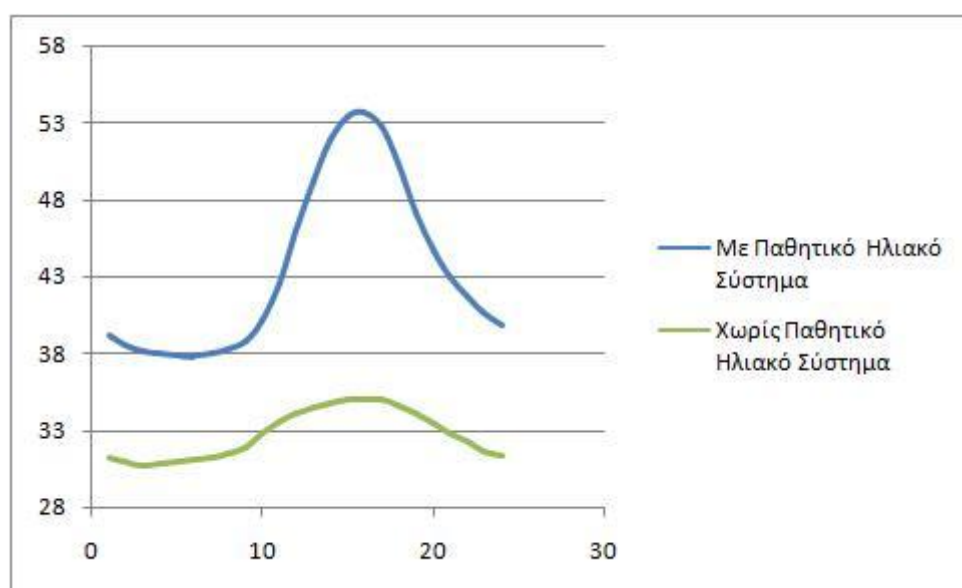


Εικόνα 5.25: Νοτιοδυτική στέγη της κατοικίας μετά την τοποθέτηση του ηλιακού παθητικού συστήματος

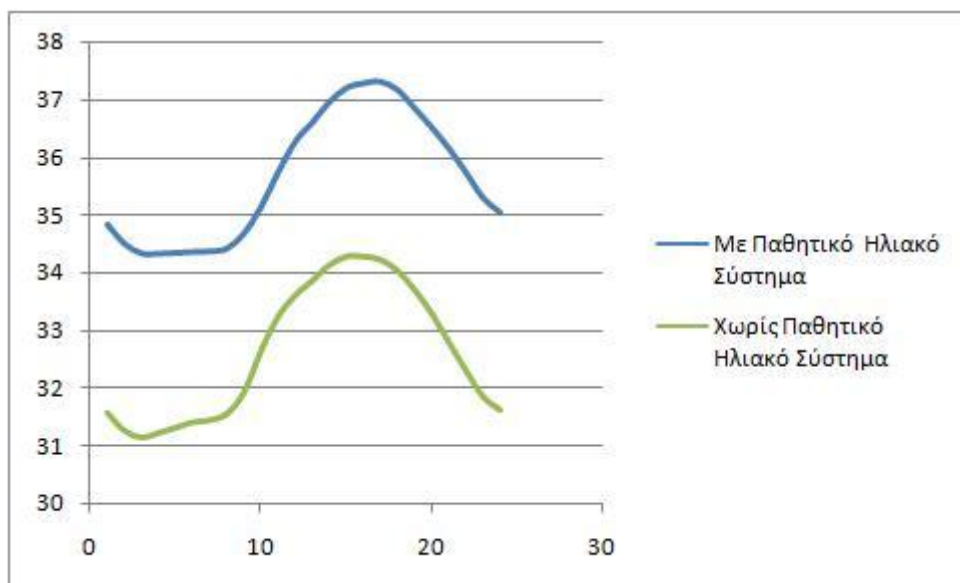
5.3.1 Αποτελέσματα και Σύγκριση

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση της κατοικίας με το ηλιακό παθητικό σύστημα που περιγράφηκε προηγουμένως, συμπεριλαμβανομένων των παραθύρων με υαλοπετάσματα χαμηλής εκπεψιμότητας (low-e) που περιγράφηκαν στην ενότητα 5.1 και της εξωτερικής θερμομόνωσης με aerogel που περιγράφηκε στην ενότητα 5.2. Τα αποτελέσματα που παράχθηκαν παρουσιάζονται παρακάτω με τη μορφή διαγραμμάτων που παρουσιάζουν τη μεταβολή της θερμοκρασίας για την πιο ζεστή και την πιο κρύα μέρα του χρόνου, συγκρινόμενη με την αντίστοιχη μεταβολή της θερμοκρασίας κατά την προσομοίωση της κατοικίας μόνο με παράθυρα με υαλοπετάσματα low-e και με εξωτερική θερμομόνωση με aerogel.

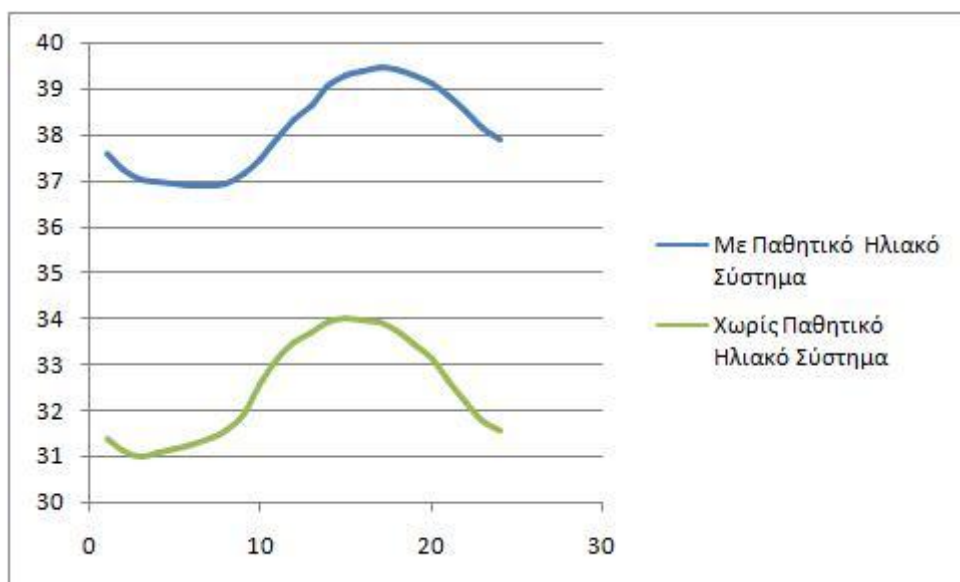
Για την πιο ζεστή μέρα:



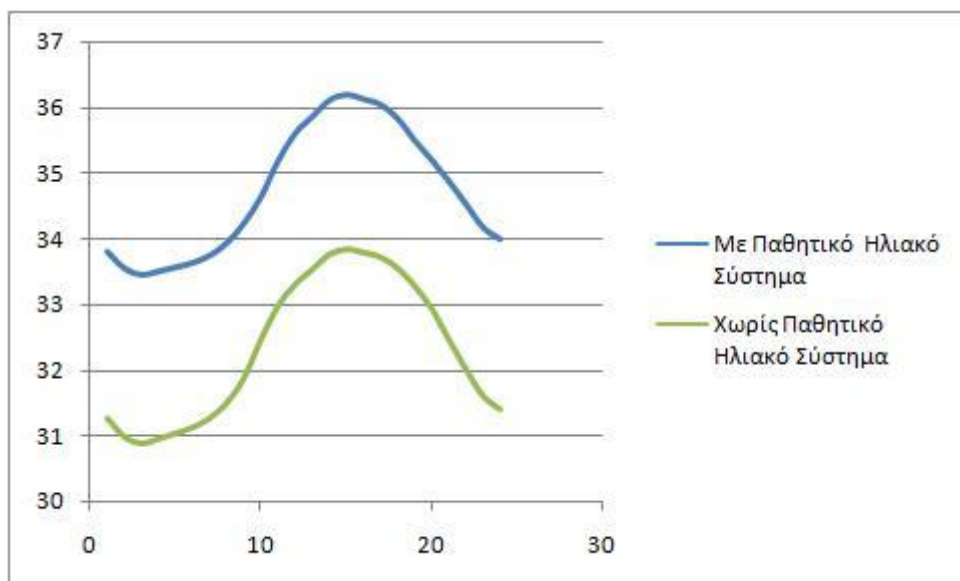
Εικόνα 5.26: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «Σαλόνι+Ύπνος» πριν και μετά την τοποθέτηση του παθητικού ηλιακού συστήματος, την πιο ζεστή μέρα του χρόνου



Εικόνα 5.27: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «Υπνοδωμάτιο2» πριν και μετά την τοποθέτηση του παθητικού ηλιακού συστήματος, την πιο ζεστή μέρα του χρόνου

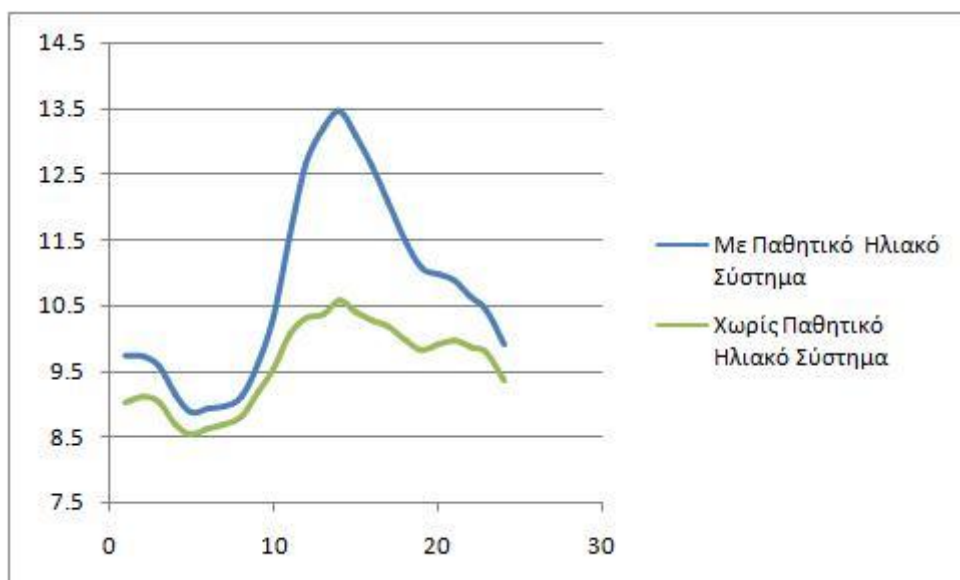


Εικόνα 5.28: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «WC+Κουζίνα1» πριν και μετά την τοποθέτηση του παθητικού ηλιακού συστήματος, την πιο ζεστή μέρα του χρόνου

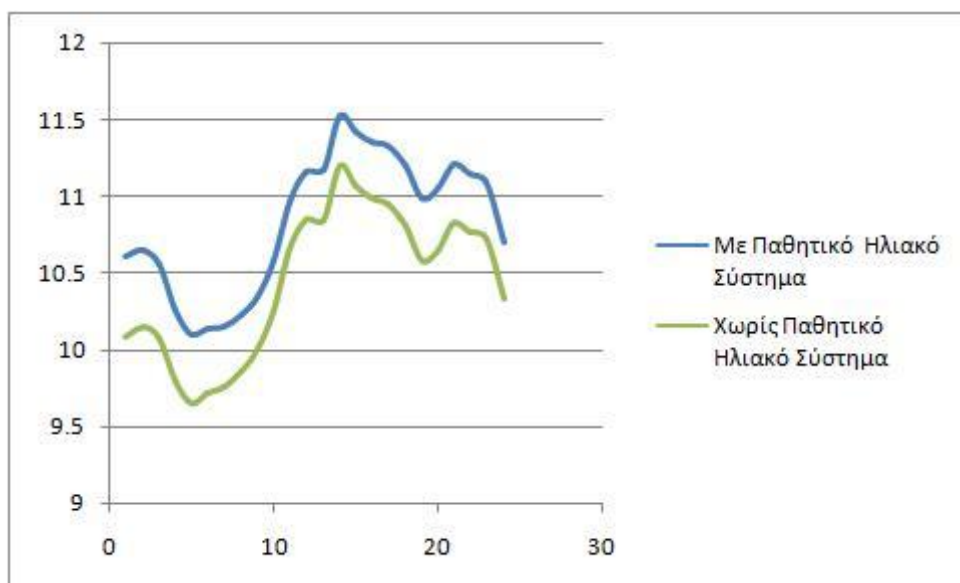


Εικόνα 5.29: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «WC_Κουζίνα2» πριν και μετά την τοποθέτηση του παθητικού ηλιακού συστήματος, την πιο ζεστή μέρα του χρόνου

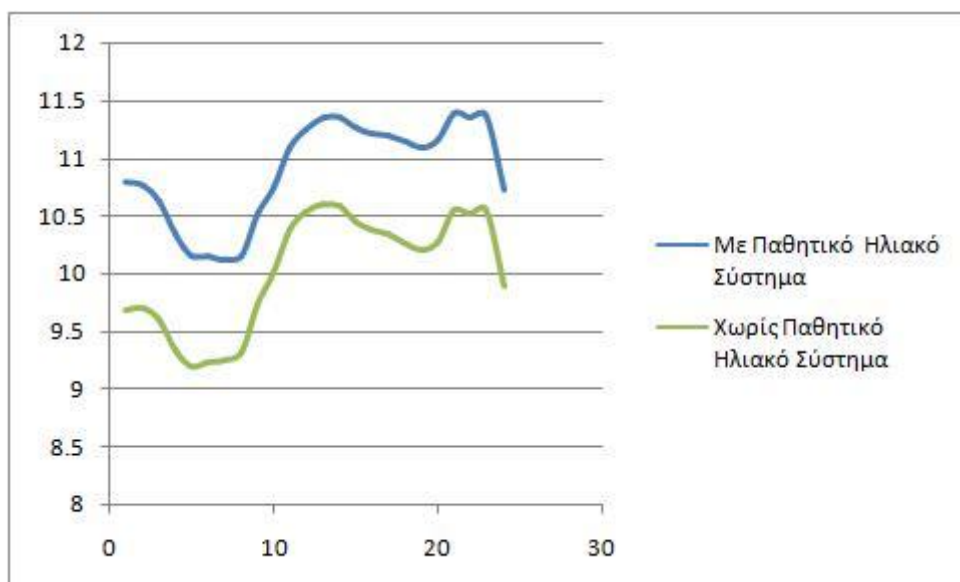
Για την πιο κρύα μέρα:



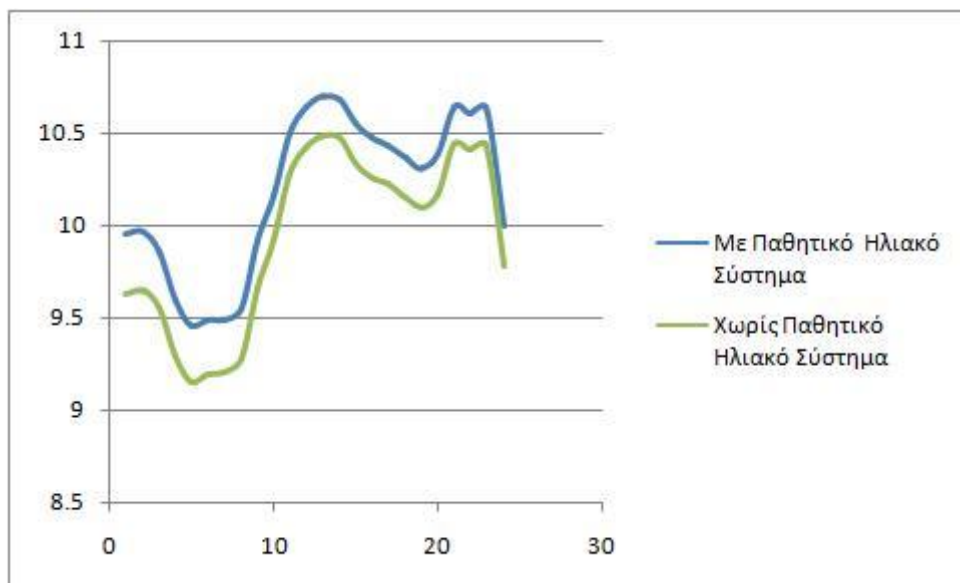
Εικόνα 5.30: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «Σαλόνι+Ύπνος» πριν και μετά την τοποθέτηση του παθητικού ηλιακού συστήματος, την πιο κρύα μέρα του χρόνου



Εικόνα 5.31: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «Υπνοδωμάτιο2» πριν και μετά την τοποθέτηση του παθητικού ηλιακού συστήματος, την πιο κρύα μέρα του χρόνου



Εικόνα 5.32: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «WC+Κουζίνα1» πριν και μετά την τοποθέτηση του παθητικού ηλιακού συστήματος, την πιο κρύα μέρα του χρόνου



Εικόνα 5.33: Σύγκριση της θερμοκρασίας (°C) της ζώνης «WC_Κουζίνα2» πριν και μετά την τοποθέτηση του παθητικού ηλιακού συστήματος, την πιο κρύα μέρα του χρόνου

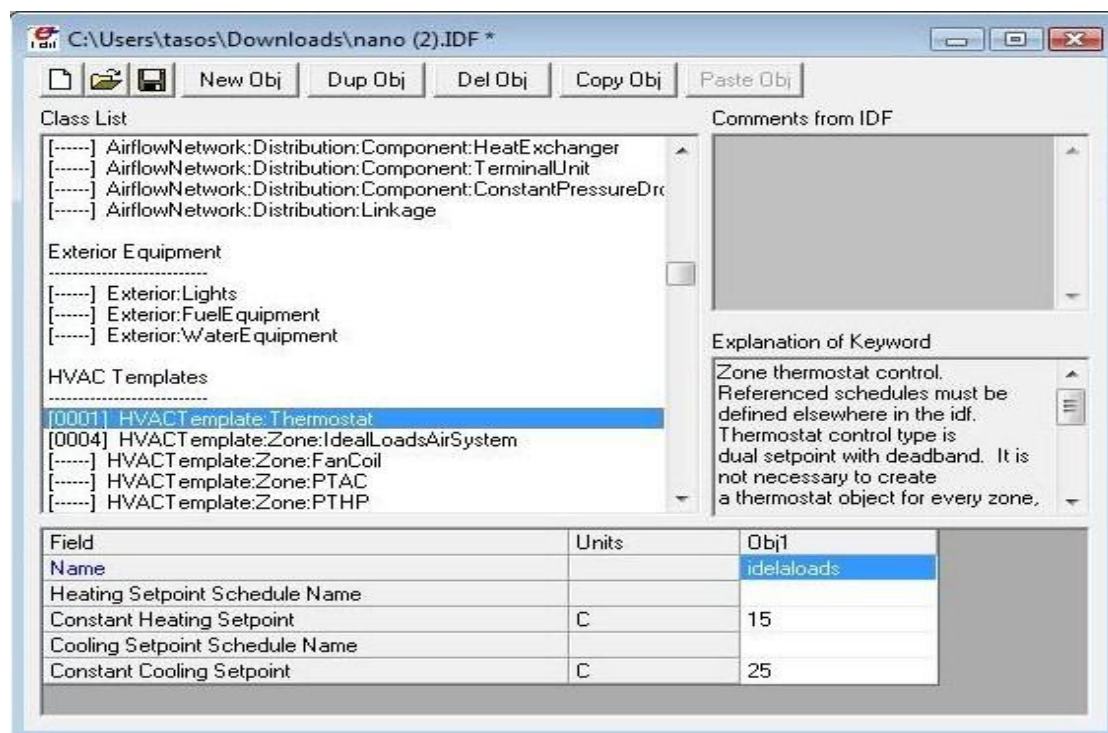
Όπως αναμέναμε, τα αποτελέσματα της τοποθέτησης του ηλιακού παθητικού συστήματος είναι εξαιρετικά ως προς τη θέρμανση του κτιρίου μας κατά τους χειμερινούς μήνες. Όπως παρατηρούμε οι θερμοκρασίες όλων των ζωνών (με εξαίρεση τα υπόγεια) αυξάνουν κατά τη διάρκεια της πιο κρύας μέρας του χειμώνα. Η αύξηση αυτή, φτάνει ως και τους 3°C κατά τη διάρκεια των μεσημεριανών ωρών στην ζώνη «Σαλόني+Ύπνος» και ως τον 1°C στην γειτονική ζώνη «WC+Κουζίνα1». Όπως είναι λογικό η αύξηση της θερμοκρασίας είναι ελάχιστη στις υπόλοιπες, μη γειτονικές ζώνες με τη ζώνη «Σαλόني+Ύπνος», και αυτή δεν ξεπερνά τους 0.3°C. Αξίζει να σημειώσουμε ότι στη ζώνη «Σαλόني+Ύπνος», που έρχεται σε άμεση επαφή με το παθητικό ηλιακό σύστημα, έχουμε ραγδαία αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του μεσημεριού και του απογεύματος, ενώ στις υπόλοιπες ζώνες η αύξηση της θερμοκρασίας είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της χειμωνιάτικης μέρας. Αυτό υποδηλώνει τα άμεσα ηλιακά θερμικά κέρδη που έχει η ζώνη «Σαλόني+Ύπνος», σε αντίθεση με τις υπόλοιπες ζώνες όπου η θερμότητα μεταφέρεται σε αυτές με διαφορά φάσης και σταθερό ρυθμό.

Τέλος, όσον αφορά την πιο ζεστή μέρα του έτους, η τοποθέτηση του παθητικού ηλιακού συστήματος έχει όπως περιμέναμε εξαιρετικά ανεπιθύμητες επιπτώσεις στην εσωτερική θερμοκρασία των ζωνών. Συγκεκριμένα, η θερμοκρασία στη ζώνη «Σαλόني+Ύπνος» αγγίζει τους 54°C το μεσημέρι, από τους 35°C που φτάνει χωρίς την ύπαρξη του συστήματος. Στις υπόλοιπες ζώνες η αύξηση είναι μικρότερη, φτάνοντας τους 39.5°C στη ζώνη «WC+Κουζίνα1», τους 37.2°C στη ζώνη «Ύπνοδωμάτιο2» και τους 36.2°C στη ζώνη «WC_Κουζίνα2». Για την αποφυγή, λοιπόν, των ανεπιθύμητων αυτών επιπτώσεων, το παθητικό ηλιακό σύστημα θα σκιάζεται με ένα ανοιγοκλειόμενο σκίαστρο κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών.

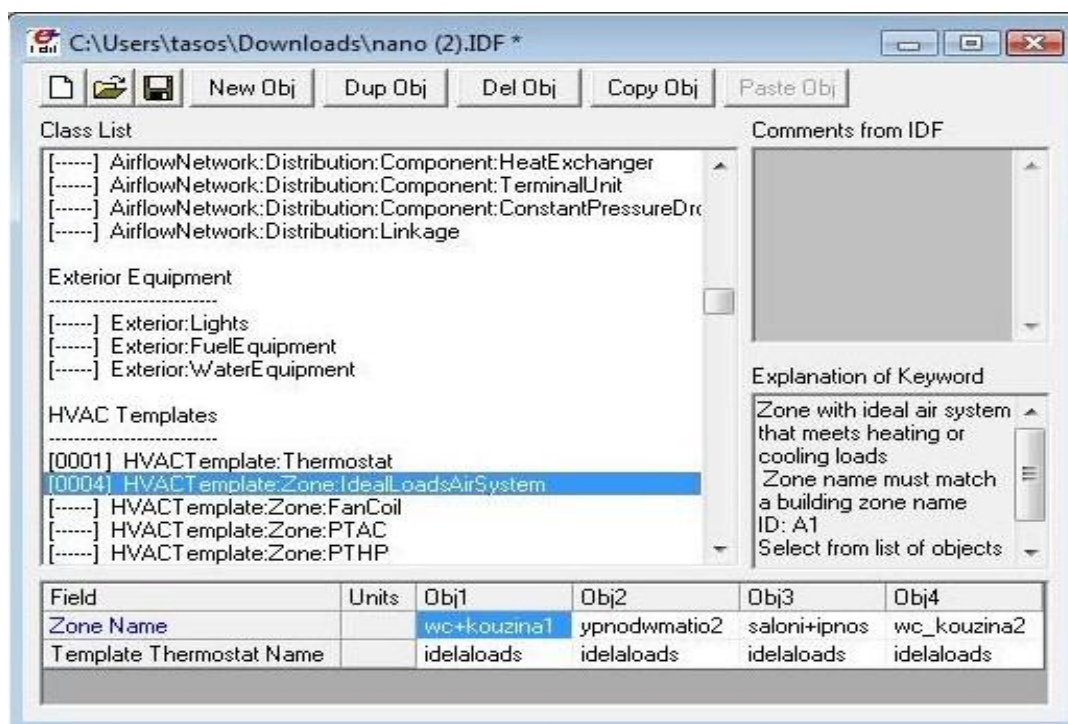
6. ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

6.1 Ιδανικό σύστημα ψύξης- θέρμανσης και κλιματισμού (HVAC)

Για την προσομοίωση ενός συστήματος ψύξης- θέρμανσης και κλιματισμού στο EnergyPlus χρησιμοποιήθηκαν οι επιλογές HVACTemplate:Thermostat και HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem. Αυτές οι επιλογές απευθύνονται σε χρήστες που δεν έχουν εξειδικευμένες μηχανολογικές γνώσεις. Έτσι, χωρίς να απαιτείται ο καθορισμός συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του μηχανολογικού εξοπλισμού από το χρήστη, υπολογίζονται εύκολα οι ενεργειακές απαιτήσεις ενός κτιρίου για ψύξη και θέρμανση. Στην ουσία, ο χρήστης από τις επιλογές αυτές ορίζει ένα ιδανικό σύστημα ψύξης- θέρμανσης και κλιματισμού το οποίο λειτουργεί με θερμοστάτη, θέτοντας το σε λειτουργία όταν οι θερμοκρασίες στο χώρο ξεπεράσουν τα θερμοκρασιακά όρια που έχουν ορισθεί. Εν προκειμένω το ιδανικό αυτό σύστημα ορίσθηκε να λειτουργεί όταν οι θερμοκρασίες της εκάστοτε ζώνης είναι εκτός των ορίων 15- 25°C (εικόνες 6.1, 6.2).

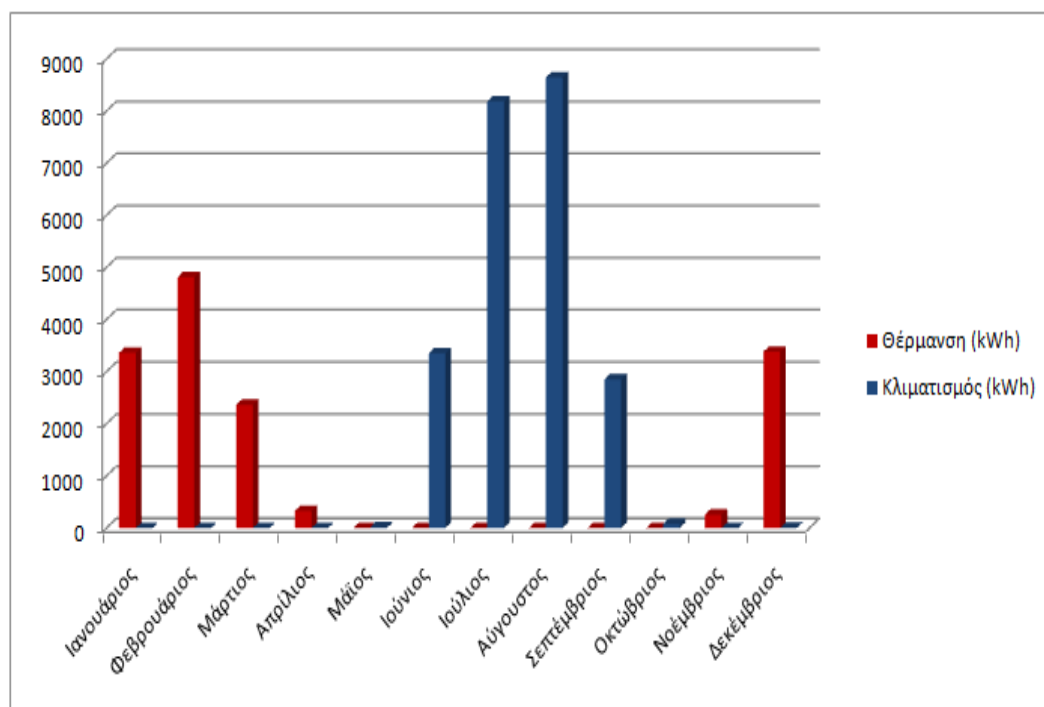


Εικόνα 6.1: Καθορισμός θερμοκρασιακών ορίων θερμοστάτη του ιδανικού συστήματος HVAC



Εικόνα 6.2: Καθορισμός λειτουργίας του ιδανικού συστήματος HVAC σε όλες τις ζώνες εκτός από τα υπόγεια

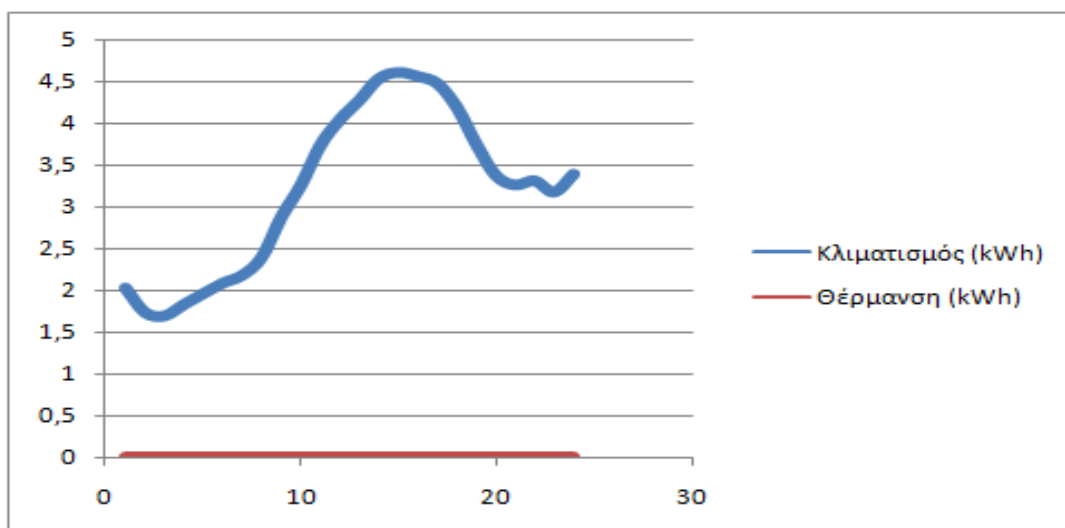
Η προσομοίωση με το ιδανικό σύστημα HVAC, έδωσαν τις απαιτήσεις της κατοικίας σε ενέργεια για ψύξη και θέρμανση για κάθε μήνα του χρόνου, όπως φαίνονται στο ακόλουθο ραβδόγραμμα.



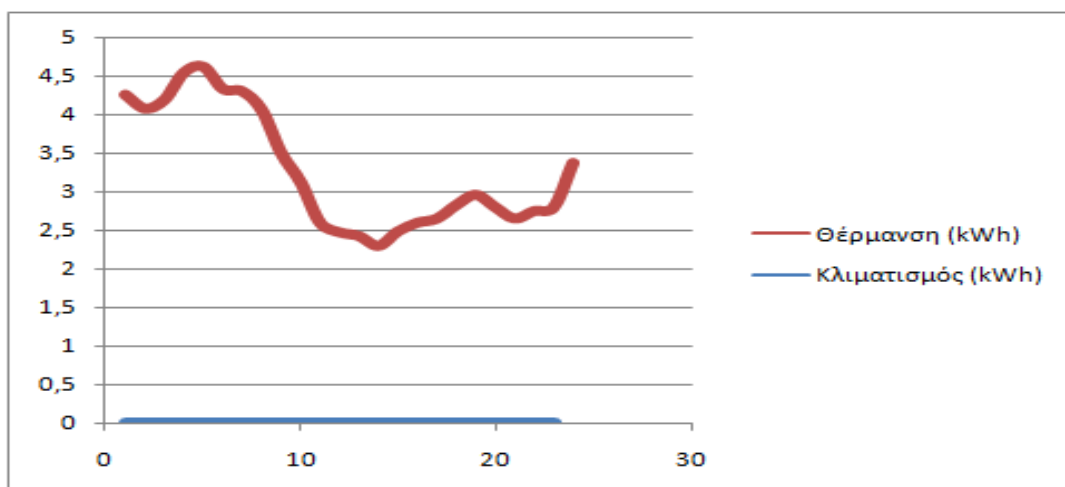
Εικόνα 6.3: Μηνιαία μεταβολή των απαιτήσεων της κατοικίας σε ενέργεια για θέρμανση και κλιματισμό (σε kWh)

Από το παραπάνω ραβδόγραμμα, είναι εμφανές ότι το μεγαλύτερο μέρος της καταναλισκόμενης ενέργειας χρησιμοποιείται για ψύξη, παρά για θέρμανση. Η μέγιστη απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη φθάνει τις 8500kWh και εμφανίζεται τον Αύγουστο. Αντίθετα, η μέγιστη απαίτηση για θέρμανση πλησιάζει τις 4500kWh κατά τη διάρκεια του Φεβρουαρίου.

Εκτός από την μεταβολή των ενεργειακών απαιτήσεων της κατοικίας μας κατά τη διάρκεια του έτους, είναι σημαντικό να δούμε τη μεταβολή αυτή και σε ημερήσια βάση. Αυτό επιλέχθηκε να γίνει για τις δύο πιο αντιπροσωπευτικές ημέρες του έτους, δηλαδή την πιο ζεστή και την πιο κρύα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα.

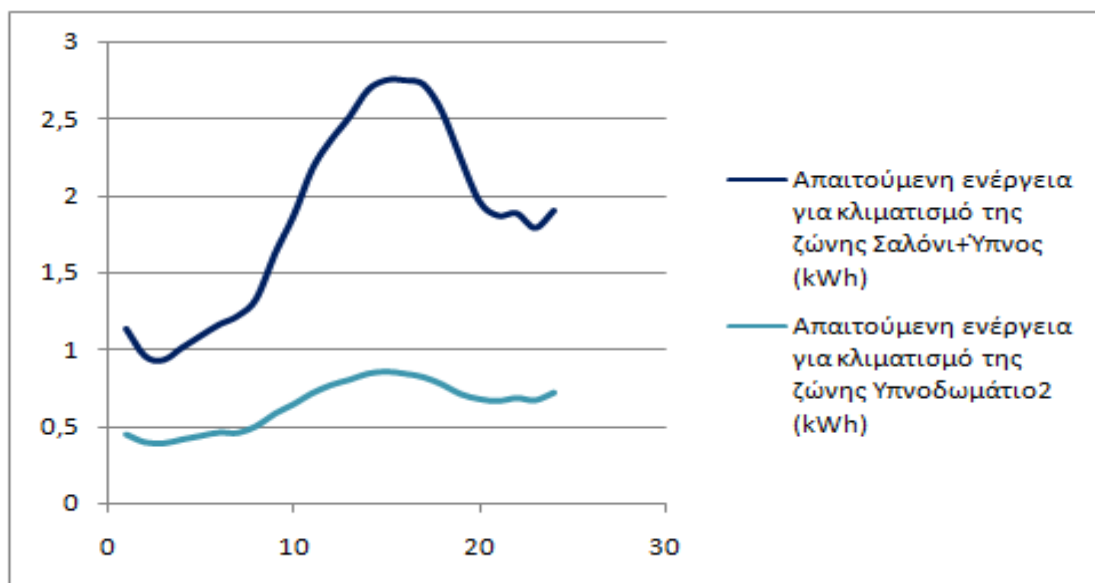


Εικόνα 6.4: Ημερήσια μεταβολή των ενεργειακών απαιτήσεων της κατοικίας την 6^η Αυγούστου (σε kWh)

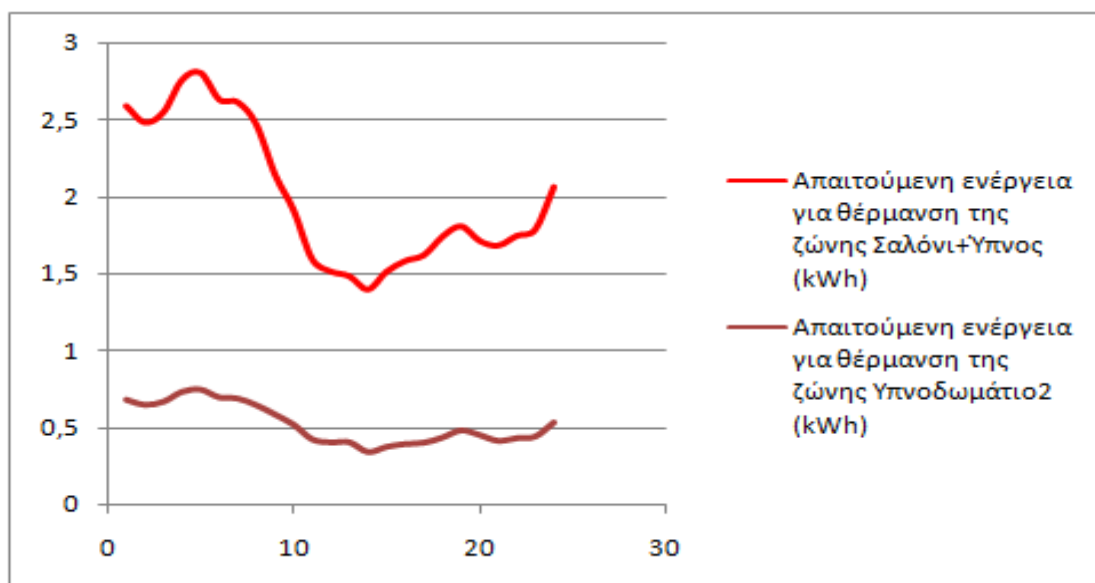


Εικόνα 6.5: Ημερήσια μεταβολή των ενεργειακών απαιτήσεων της κατοικίας την 26^η Δεκεμβρίου (σε kWh)

Τέλος, παρουσιάζεται συγκριτικά η διακύμανση των ενεργειακών απαιτήσεων για ψύξη και θέρμανση για τις ζώνες «Σαλόني+Ύπνος» και «Υπνοδωμάτιο2», τόσο για την πιο ζεστή όσο και για την πιο κρύα μέρα του χρόνου.



Εικόνα 6.6: Μεταβολή των ενεργειακών απαιτήσεων για δύο ζώνες της κατοικίας την 6^η Αυγούστου (σε kWh)



Εικόνα 6.7: Μεταβολή των ενεργειακών απαιτήσεων για δύο ζώνες της κατοικίας την 26^η Δεκεμβρίου (σε kWh)

Από τα δύο παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι η ενεργειακές απαιτήσεις διαφέρουν σημαντικά για δύο γειτονικές ζώνες του κτιρίου. Έτσι, η ζώνη «Σαλόني+Ύπνος» απαιτεί πολύ μεγαλύτερα φορτία για ψύξη και θέρμανση από ότι η ζώνη «Υπνοδωμάτιο2». Αυτό οφείλεται στην σημαντικά μεγάλη διαφορά μεγέθους και εμβαδού ανοιγμάτων των δύο ζωνών. Αυτές οι χωρικές διακυμάνσεις των θερμικών και ψυκτικών φορτίων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν διαστασιολογούμε ή επιλέγουμε ένα σύστημα ψύξης- θέρμανσης.

6.1.1 Σύγκριση των ενεργειακών απαιτήσεων της κατοικίας για θέρμανση και κλιματισμό πριν και μετά τις βελτιώσεις του κεφαλαίου 5

Στη συνέχεια παρατίθενται στοιχεία που καθιστούν δυνατή την εκτίμηση της αποδοτικότητας των τροποποιήσεων που περιγράφηκαν και προσομοιώθηκαν στο κεφάλαιο 5 της παρούσας διπλωματικής, σε όρους κατανάλωσης ενέργειας για την θέρμανση και τον κλιματισμό της κατοικίας. Έτσι στους επόμενους δύο πίνακες παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας σε kWh πριν και μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων βελτιώσεων (υαλοπίνακες χαμηλής εκπεψιμότητας και θερμομόνωση με aergel), καθώς και η ποσοστιαία εξοικονόμηση.

	Κλιματισμός (kWh)		
	Πριν	Μετά	Εξοικονόμηση (%)
Ιανουάριος	0,18	0,10	43,50
Φεβρουάριος	0,12	0,10	17,07
Μάρτιος	0,00	0,00	0,00
Απρίλιος	0,00	0,00	19,44
Μάιος	44,94	14,15	68,50
Ιούνιος	3946,56	3350,33	15,11
Ιούλιος	9169,37	8184,53	10,74
Αύγουστος	9656,01	8645,71	10,46
Σεπτέμβριος	3368,19	2852,89	15,30
Οκτώβριος	100,71	75,56	24,98
Νοέμβριος	0,02	0,00	77,48
Δεκέμβριος	0,65	0,35	46,33
Σύνολο	26286,76	23123,73	12,03

Πίνακας 6.1: Σύγκριση της καταναλισκόμενης ενέργειας για κλιματισμό πριν και μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων βελτιώσεων

	Θέρμανση (kWh)		
	Πριν	Μετά	Εξοικονόμηση (%)
Ιανουάριος	3602,51	3361,63	6,69
Φεβρουάριος	5106,08	4813,59	5,73
Μάρτιος	2451,61	2363,08	3,61
Απρίλιος	325,17	326,88	-0,53
Μάιος	0,00	0,00	0,00
Ιούνιος	0,00	0,00	0,00
Ιούλιος	0,00	0,00	0,00
Αύγουστος	0,00	0,00	0,00
Σεπτέμβριος	0,00	0,00	0,00
Οκτώβριος	0,00	0,00	0,00

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

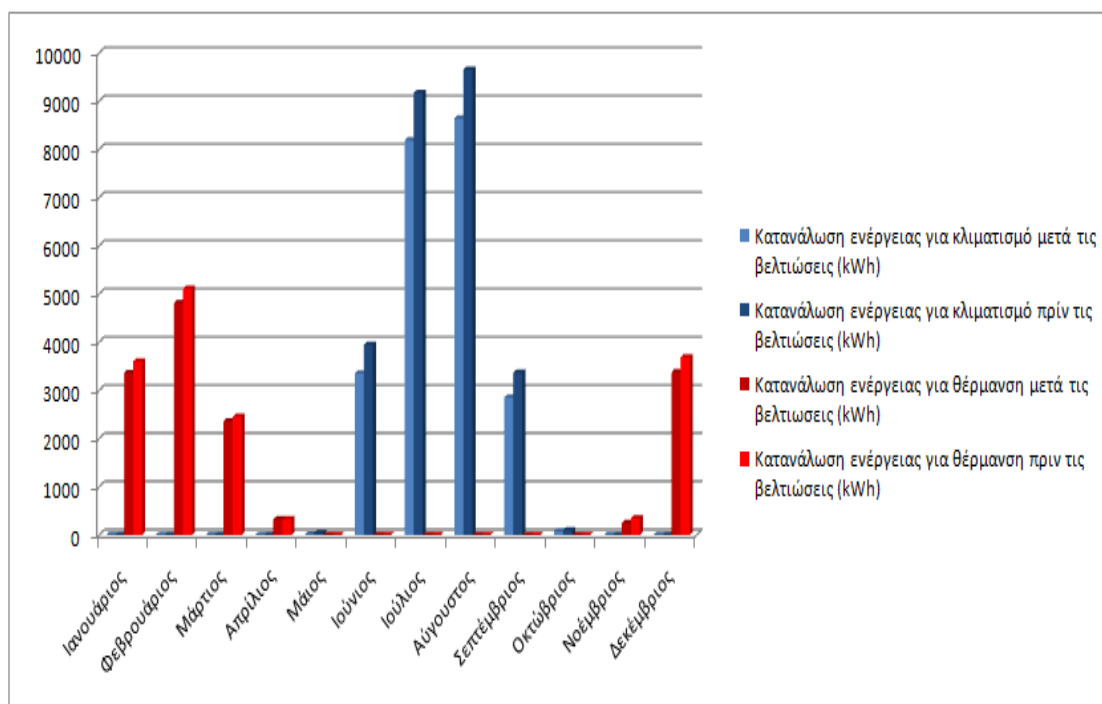
Νοέμβριος	347,85	254,30	26,89
Δεκέμβριος	3685,90	3381,33	8,26
Σύνολο	15519,12	14500,81	6,56

Πίνακας 6.2: Σύγκριση της καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων βελτιώσεων

Ωστόσο, όπως παρατηρούμε στον παρακάτω πίνακα η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση αυξάνεται αξιοσημείωτα κατά περίπου 33% όταν στο κτίριο τοποθετείται και το ηλιακό παθητικό σύστημα. Συνολικά λοιπόν παρατηρούμε πως η αλλαγή υαλοπετασμάτων και θερμομονωτικού υλικού καθώς και η προσθήκη του ηλιακού παθητικού συστήματος οδήγησαν σε μείωση της κατανάλωσης για θέρμανση και κλιματισμό κατά 39.05% και 12.03%, αντίστοιχα.

	Θέρμανση (kWh)		
	Πριν	Μετά	Εξοικονόμηση (%)
Ιανουάριος	3602,51	2304,44	36,03
Φεβρουάριος	5106,08	3121,98	38,86
Μάρτιος	2451,61	969,21	60,47
Απρίλιος	325,17	326,88	-0,53
Μάιος	0,00	0,00	0,00
Ιούνιος	0,00	0,00	0,00
Ιούλιος	0,00	0,00	0,00
Αύγουστος	0,00	0,00	0,00
Σεπτέμβριος	0,00	0,00	0,00
Οκτώβριος	0,00	0,00	0,00
Νοέμβριος	347,85	166,15	52,24
Δεκέμβριος	3685,90	2569,90	30,28
Σύνολο	15519,12	9458,56	39,05

Πίνακας 6.3: Σύγκριση της καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων βελτιώσεων συμπεριλαμβανομένου του ηλιακού παθητικού συστήματος



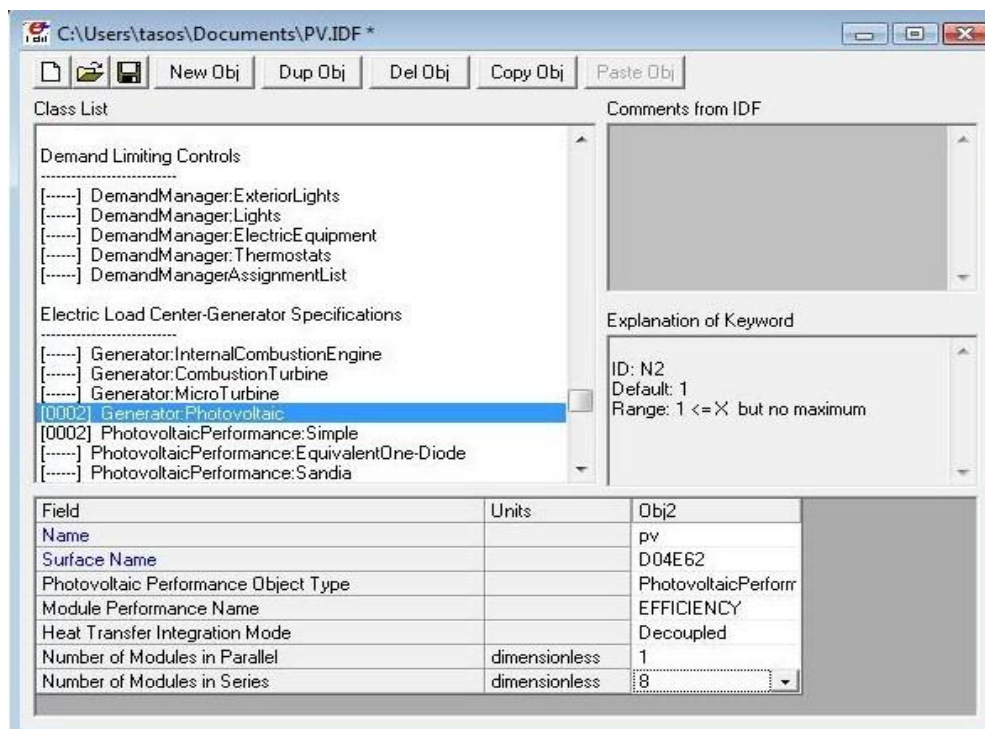
Εικόνα 6.8: Σύγκριση των μηνιαίων καταναλώσεων ενέργειας για κλιματισμό και θέρμανση πριν και μετά τις τροποποιήσεις στην κατοικία

6.2 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων στη στέγη της κατοικίας

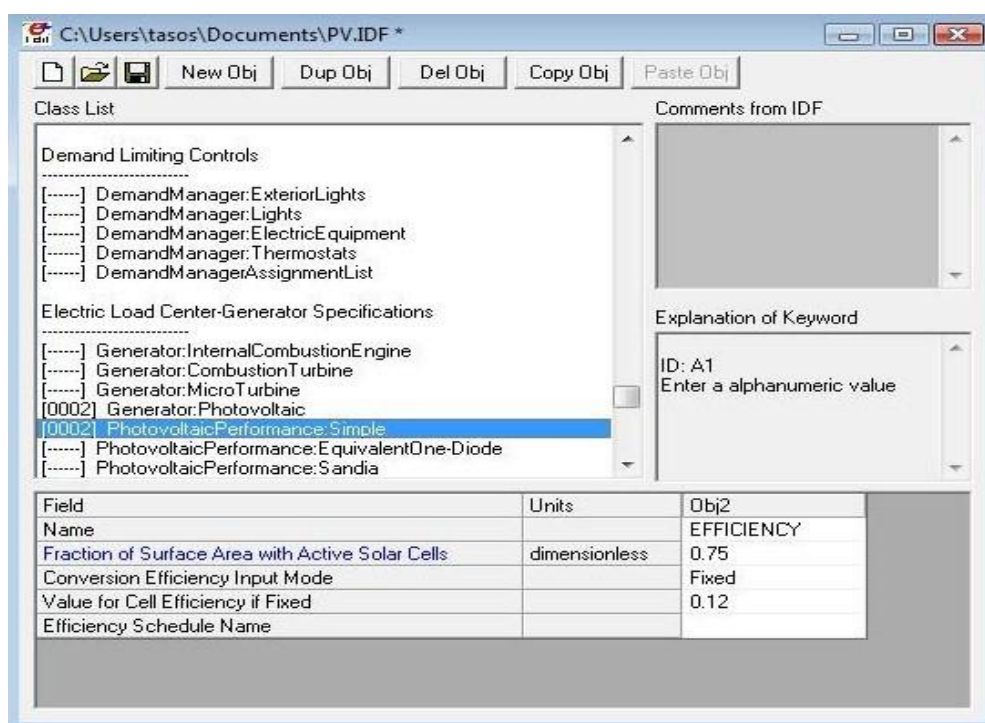
Το EnergyPlus δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να προσομοιώσει τρία διαφορετικά μοντέλα φωτοβολταϊκών τα οποία αναφέρει ως Simple, Equivalent One-Diode και Sandia. Κάθε ένα από τα μοντέλα αυτά δέχεται διαφορετικά δεδομένα εισόδου και χρησιμοποιεί διαφορετικά μαθηματικά μοντέλα για την προσομοίωση. Στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο Simple που είναι και το απλούστερο εκ των τριών μοντέλων. Σε αυτό ο χρήστης είναι υποχρεωμένος να ορίσει ο ίδιος όλα τα δεδομένα εισόδου, με εξαίρεση την ηλιακή ακτινοβολία η οποία περιέχεται στα αρχεία μετεωρολογικών δεδομένων (Weather Data).

Ως γνωστόν, τα φωτοβολταϊκά συστήματα επιτυγχάνουν την μέγιστη δυνατή απόδοσή τους στον Ελλαδικό χώρο όταν έχουν προσανατολισμό όσο γίνεται νότιο και κλίση γύρω στις 30°. Ως εκ τούτου αποτελεί την πιο αποδοτική επιλογή η τοποθέτησή τους στην νοτιοδυτική κεκλιμένη στέγη της κατοικίας. Έτσι, τοποθετήθηκαν συνολικά 8 φωτοβολταϊκά πάνελ μονοκρυσταλικού πυριτίου στην νοτιοδυτική στέγη τοποθετημένα σε δύο σειρές. Τα πάνελ αυτά έχουν διαστάσεις 1675mmX1001mm και μέγιστη ονομαστική ισχύ σε τυπικές συνθήκες δοκιμής (STC) 250Wp έκαστο.

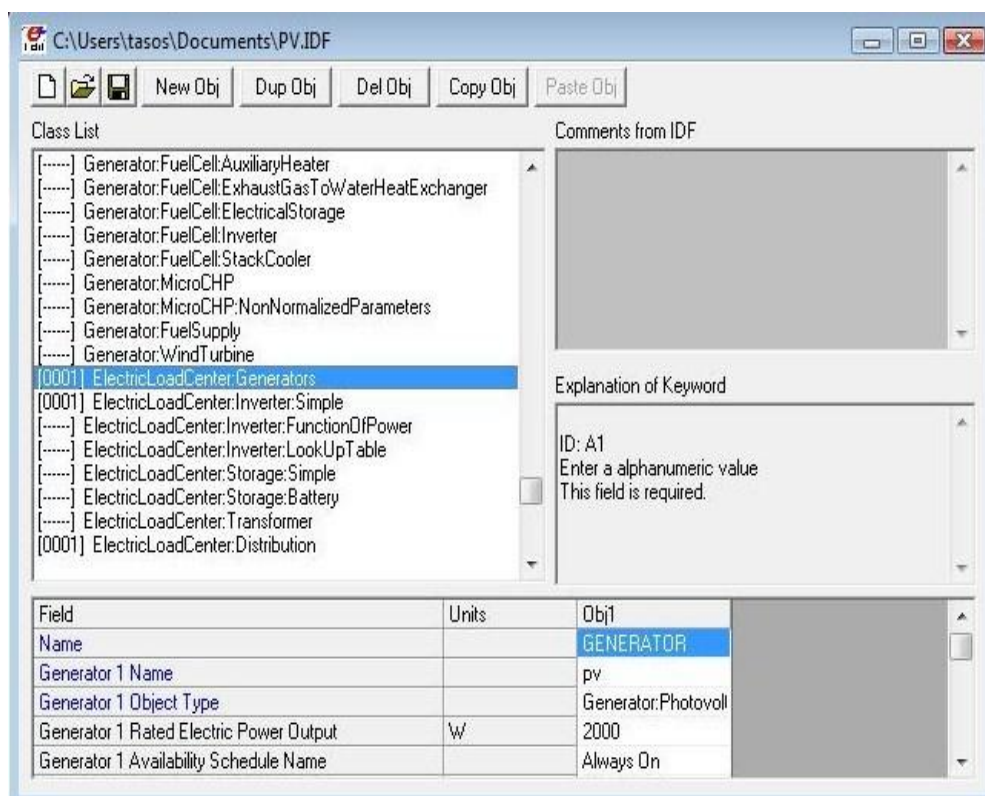
Η είσοδος όλων των απαραίτητων δεδομένων για την περιγραφή του φωτοβολταϊκού συστήματος και της φωτοβολταϊκής γεννήτριας φαίνονται παρακάτω.



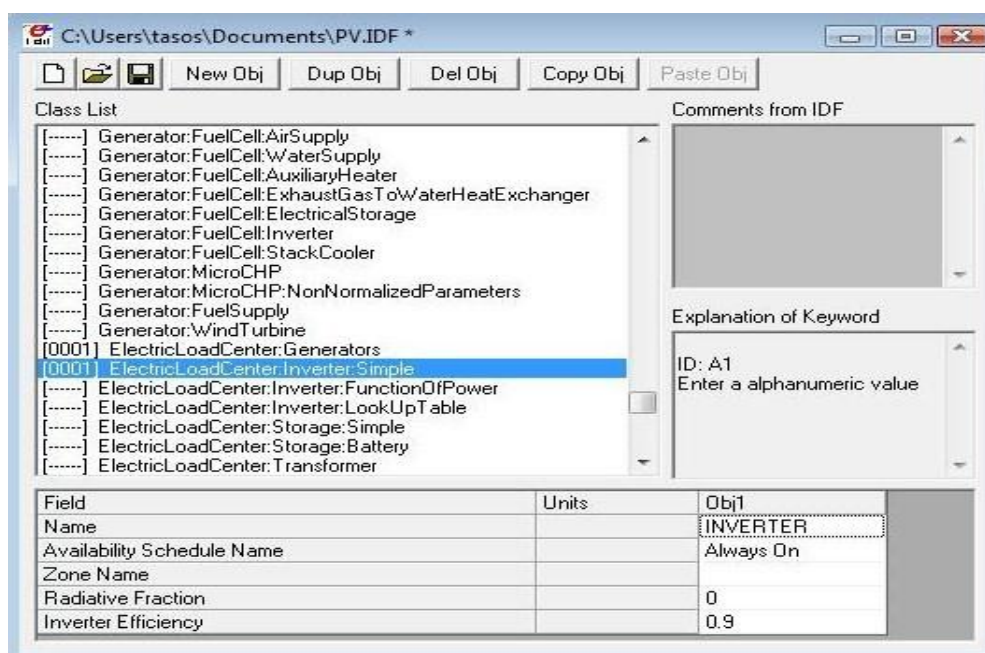
Εικόνα 6.9: Μοντελοποίηση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας



Εικόνα 6.10: Προσομοίωση με το μοντέλο Simple



Εικόνα 6.11: Ορισμός της ονομαστικής ηλεκτρικής ισχύος του συστήματος



Εικόνα 6.12: Ορισμός του συντελεστή απόδοσης του αντιστροφέα

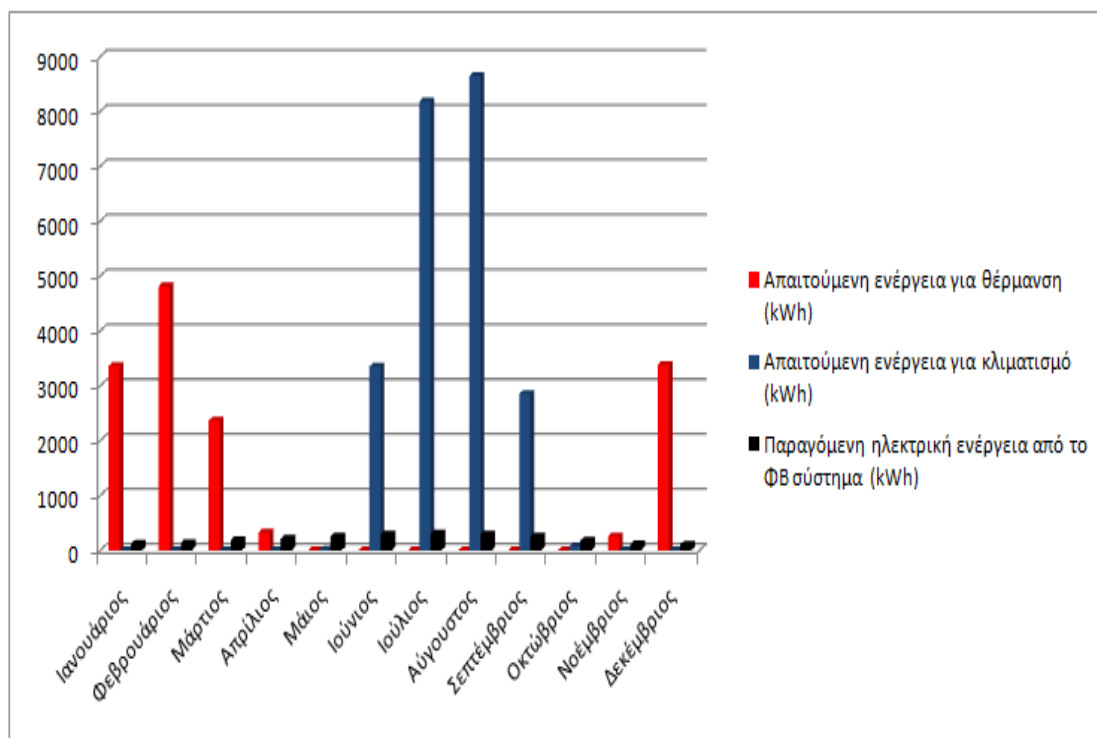
6.2.1 Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και σύγκρισή της με τις ενεργειακές απαιτήσεις της κατοικίας για θέρμανση και κλιματισμό

Το λογισμικό EnergyPlus μας δίνει αποτελέσματα για την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια του φωτοβολταϊκού συστήματος για κάθε πάνελ ξεχωριστά ανά μήνα. Τα αποτελέσματα όμως αυτά δίνονται σε Joule οπότε πρέπει να μετατραπούν σε kWh (1 kWh= 3600000J) με τη βοήθεια ενός υπολογιστικού φύλλου excel. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση και κλιματισμό καθώς και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το εγκατεστημένο φωτοβολταϊκό σύστημα σε μηνιαία βάση.

	Κλιματισμός (kWh)	Θέρμανση (kWh)	ΦΒ Σύστημα (kWh)
Ιανουάριος	0,10	3361,63	119,71
Φεβρουάριος	0,10	4813,59	134,53
Μάρτιος	0,00	2363,08	187,87
Απρίλιος	0,00	326,88	211,17
Μάιος	14,15	0,00	254,95
Ιούνιος	3350,33	0,00	288,43
Ιούλιος	8184,53	0,00	303,51
Αύγουστος	8645,71	0,00	286,21
Σεπτέμβριος	2852,89	0,00	248,70
Οκτώβριος	75,56	0,00	175,45
Νοέμβριος	0,00	254,30	109,47
Δεκέμβριος	0,35	3381,33	103,55
Σύνολο	23123,73	14500,81	2423,55

Πίνακας 6.4: Απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση και κλιματισμό καθώς και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το εγκατεστημένο φωτοβολταϊκό σύστημα σε μηνιαία βάση.

Επίσης για εποπτικούς λόγους τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται και στο ακόλουθο ραβδόγραμμα:



Εικόνα 6.13: Μηνιαία μεταβολή των απαιτήσεων της κατοικίας σε ενέργεια για θέρμανση και κλιματισμό, σε σύγκριση με την μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό (σε kWh)

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι το μικρό μέγεθος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, που επιβλήθηκε από τις περιορισμένες διαστάσεις της στέγης, οδηγεί σε πολύ μικρή παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, συγκριτικά με τις απαιτήσεις της κατοικίας για θέρμανση και κλιματισμό. Συγκεκριμένα, η ετήσια παραγωγή του φωτοβολταϊκού αποτελεί το 10.5% και το 16.7% των απαιτήσεων για κλιματισμό και θέρμανση αντίστοιχα. Έτσι, είτε το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι διασυνδεδεμένο είτε μη-διασυνδεδεμένο στο τοπικό δίκτυο λειτουργώντας αυτόνομα με συσσωρευτές, θα πρέπει να αναζητηθούν και άλλοι τρόποι για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων της κατοικίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

- Συνθήκες θερμικής άνεσης (18-22°C) επικρατούν στην κατοικία μόνο κατά τη διάρκεια δύο περιόδων μέσα στο χρόνο: στα τέλη της άνοιξης (Απρίλιος-Μάιος) και στα μέσα του φθινοπώρου (Οκτώβριο- αρχές Νοεμβρίου).
- Οι μεγαλύτερες αποκλίσεις από τα θερμοκρασιακά όρια επίτευξης θερμικής άνεσης εμφανίζονται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, παρά κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Ενδεικτικά, στη ζώνη «Σαλόني+Ύπνος» η μέγιστη απόκλιση κατά τη διάρκεια της πιο ζεστής μέρας του καλοκαιριού ήταν 14°C (36-22°C), ενώ κατά τη διάρκεια της πιο κρύας μέρας του χειμώνα 10°C (18-8°C).
- Η αντικατάσταση των αρχικών υαλοπινάκων των παραθύρων με υαλοπινακες χαμηλής εκπεμπιμότητας (low-e) οδήγησε σε μείωση της θερμοκρασίας της ζώνης «Σαλόني+Ύπνος» κατά 0.5°C το μέγιστο κατά την πιο ζεστή μέρα του χρόνου (6^η Αυγούστου), ενώ μείωσε τα ηλιακά θερμικά κέρδη της κατά περίπου 30%.
- Η αντικατάσταση της υφιστάμενης εξωτερικής θερμομόνωσης από εξηλασμένη πολυστερίνη με θερμομόνωση αφρού πολυουρεθάνης προκάλεσε ανεπαίσθητη μείωση της θερμοκρασίας κατά τη πιο ζεστή μέρα του χρόνου, που δεν ξεπερνά τον 0.5°C, ενώ αύξησε τη θερμοκρασία κατά 0.3°C το μέγιστο την πιο κρύα μέρα του έτους.
- Η αντικατάσταση της υφιστάμενης εξωτερικής θερμομόνωσης από εξηλασμένη πολυστερίνη με θερμομόνωση από Aεοgel είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της πιο ζεστής μέρας του έτους έως και 0.6°C και την αύξησή της έως και 0.7°C κατά τη διάρκεια της πιο κρύας μέρας.
- Η τοποθέτηση του παθητικού ηλιακού συστήματος οδήγησε στην αύξηση της θερμοκρασίας έως και 3°C στη ζώνη «Σαλόني+Ύπνος» κατά τη διάρκεια της πιο κρύας μέρας του χειμώνα.
- Προσθέτοντας όλα τα παραπάνω βλέπουμε πως αν εφαρμοστούν και οι τρεις αλλαγές ταυτόχρονα (υαλοπίνακες low-e, θερμομόνωση από αεοgel και παθητικό ηλιακό σύστημα) μπορούμε να πετύχουμε αύξηση της θερμοκρασίας των εσωτερικών χώρων έως και 3.7°C κατά τη διάρκεια του χειμώνα, και μείωση έως και 1.1°C κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.
- Σε όρους ενεργειακής κατανάλωσης, οι προτεινόμενες τροποποιήσεις οδήγησαν σε ετήσια μείωση κατά 12.03% της κατανάλωσης για κλιματισμό και κατά 39.05% για θέρμανση. Από αυτό το 39.05%, το 32.5% οφείλεται στο ηλιακό παθητικό σύστημα.

- Άρα, η προσθήκη του ηλιακού παθητικού συστήματος συνεισέφερε κατά πολύ περισσότερο συγκριτικά με τις άλλες βελτιώσεις στην αύξηση της θερμοκρασίας κατά της διάρκεια των χειμερινών μηνών και στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ιδιαίτερα στη ζώνη «Σαλόνη+Ύπνος».
- Το ηλιακό παθητικό σύστημα θα σκιάζεται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού γιατί διαφορετικά οδηγεί σε εξαιρετικά υψηλές εσωτερικές θερμοκρασίες.
- Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος του φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να καλύψει το 10.5% και το 16.7% αντίστοιχα της κατανάλωσης για κλιματισμό και θέρμανση.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΛΕΤΑΕΝ , «Οδηγός Μικρών Ανεμογεννητριών» , 2^η έκδοση , Μάρτιος 2012
2. Κάλτσιος , Α., Έρευνα για τα κεραμίδια στέγης, Αρχιτεκτονικό περιοδικό ΚΤΙΡΙΟ, Ιούνιος 2010,σελ.131-138
3. ΚΑΠΕ , Ενσωμάτωση Τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εξοικονόμηση Ενέργειας στον Οικιακό Τομέα , Αθήνα , 2006
4. ΚΑΠΕ , Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά συγκροτήματα , Αθήνα , 2002
5. Μαρτινόπουλος , Γ. , Ηλιακοί συλλέκτες για εξοικονόμηση ενέργειας , Αρχιτεκτονικό περιοδικό κτίριο , Ιανουάριος 2009 , σελ. 65-70
6. Harrison R., Mortimer N.D., Smarason O.B., Geothermal Heating, Brussels 1990
7. http://greenenergia.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=66
8. <http://www.4green.gr/>
9. <http://www.miniwind.gr/frequently-asked-questions/>
10. <http://www.energypress.gr/news?subject=biomaza>
11. <http://www.geothermia.gr/geoheatpumpsmain.htm>
12. <http://www.cabot-corp.com/Aerogel>
13. <http://www.constructiondigital.com/innovations/sto-ag-cabot-create-aerogel-insulation>
14. <http://www.thermablok.co.uk/>
15. http://monosimacon.blogspot.gr/2010/04/blog-post_4503.html

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

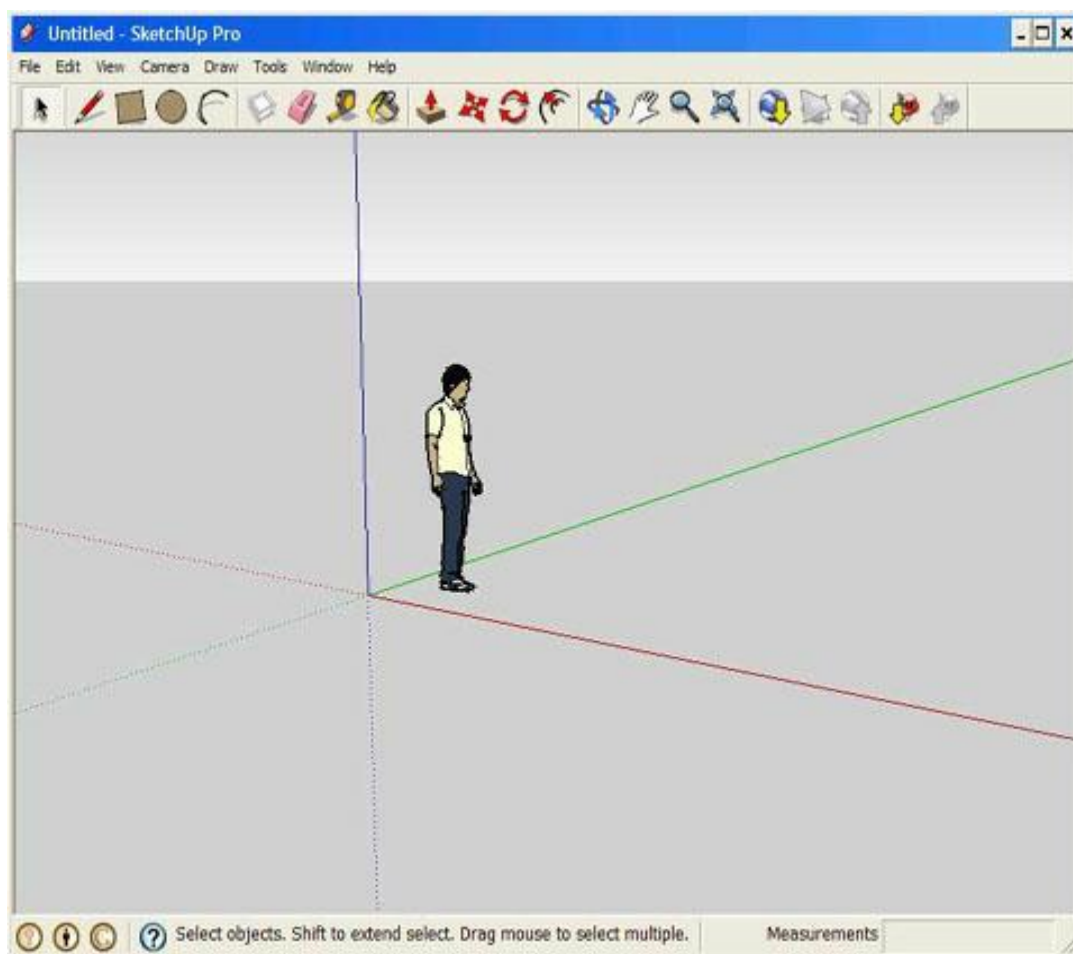
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ GOOGLE SKETCHUP

- 1.Εισαγωγή στο περιβάλλον σχεδιασμού του SketchUp
- 2.Σχεδιάζοντας σε 3D
- 3.Βλέποντας το μοντέλο στο χώρο
- 4.Σχεδιάζοντας με το εργαλείο Push/Pull
- 5.Δημιουργώντας το πρώτο σας μοντέλο
- 6.Βιβλιοθήκες (3D Warehouse)
- 7.Περαιτέρω βοηθήματα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

1.Εισαγωγή στο περιβάλλον σχεδιασμού του SketchUp

Το SketchUp είναι ένα απλό και εύκολο στη χρήση του λογισμικό σχεδίασης τόσο στο επίπεδο (2D) όσο και στο χώρο (3D).



Εικόνα Α1: Περιβάλλον σχεδιασμού του SketchUp σε λειτουργικό Microsoft Windows

Τα κύρια μέρη του περιβάλλοντος σχεδιασμού του SketchUp είναι τα ακόλουθα:

Title Bar

Το Title Bar, στην κορυφή της οθόνης, περιέχει τα τυπικά εικονίδια ελέγχου παραθύρου (close, minimize, maximize) καθώς και το όνομα του αρχείου που είναι ανοιχτό εκείνη τη στιγμή. Το όνομα αυτό εμφανίζεται ως "Untitled" όσο δεν έχετε αποθηκεύσει ακόμα το σχέδιό σας.

Menus

Τα menus εμφανίζονται ακριβώς κάτω από το title bar και περιέχουν την πλειοψηφία των εντολών και των εργαλείων του SketchUp. Τα menus είναι: File, Edit, View, Camera, Draw, Tools, Window, Help.

Toolbars

Τα toolbars εμφανίζονται κάτω από τα menus και περιέχουν ένα σύνολο εργαλείων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

που καθορίζονται από το χρήστη .Από προεπιλογή περιέχονται στα toolbars τα βασικά εργαλεία του SketchUp , αλλά ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει την εμφάνιση και άλλων εργαλείων κάνοντας κλικ στο View > Toolbars.

Drawing Area

Η Drawing Area (περιοχή σχεδίασης) είναι η πράσινη περιοχή στην οποία ο χρήστης σχεδιάζει το μοντέλο του. Ο τρισδιάστατος χώρος της περιοχής σχεδίασης ορίζεται από τους 3 χρωματιστούς άξονες ,οι οποίοι είναι κάθετοι μεταξύ τους και βοηθούν το χρήστη ώστε να έχει αίσθηση του τρισδιάστατου χώρου καθώς σχεδιάζει. Επίσης υπάρχει και ένα μοντέλο ανθρώπου για να δίνεται η αίσθηση των μεγεθών.

Status Bar

Το status bar είναι η επιμήκης γκρι ορθογωνική περιοχή που βρίσκεται κάτω από την περιοχή σχεδίασης.Αριστερά περιέχονται πλήκτρα που αφορούν τη γεωγραφική τοποθέτηση του σχεδίου, πληροφορίες για το μοντέλο και είσοδο(sign in) στο google ,αντίστοιχα. Στο μέσο περιέχονται πληροφορίες για χρησιμοποιούμενα εκείνη τη στιγμή εργαλεία ,συμπεριλαμβανομένων λειτουργιών που μπορούν να επιλεγούν χρησιμοποιώντας συντομεύσεις από το πληκτρολόγιο.

Στο δεξί άκρο της status bar υπάρχει η Measurements Toolbar , η οποία απεικονίζει τις διαστάσεις κατά τη διάρκεια της σχεδίασης. Μπορείς επίσης σε αυτή να πληκτρολογήσεις τις ακριβείς διαστάσεις ενός αντικειμένου που είναι επιλεγμένο εκείνη τη στιγμή,όπως μιας γραμμής δεδομένου μήκους.

2.Σχεδιάζοντας σε 3D


Η δημιουργία μοντέλων στο SketchUp κατά κύριο λόγο αποτελείται από δύο λειτουργίες:

- Το να βλέπεις τα μοντέλα στον χώρο χρησιμοποιώντας την κάμερα(εντολές rotate, zoom in ,zoom out ,pan)
- Το να σχεδιάζεις δυσδιάστατα σχήματα ή προσόψεις και να τα μετατρέπεις σε σχήματα στο χώρο χρησιμοποιώντας την εντολή Push/Pull που θα δούμε παρακάτω.


3.Βλέποντας το μοντέλο στο χώρο

Υπάρχουν πολλά εργαλεία για να βλέπεις το μοντέλο στο χώρο.Τα πιο συνήθης είναι το Orbit ,το Pan , το Zoom και το Zoom extents.

Orbit tool

1. Χρησιμοποιώντας ένα ποντίκι τριών κουμπιών πατήστε και κρατήστε πατημένη τη ροδέλα. Τότε ο κέρσορας παίρνει την ακόλουθη μορφή ().
2. Μετακινήστε τον κέρσορα σε οποιαδήποτε διεύθυνση για να περιστραφείτε γύρω από το κέντρο της περιοχής σχεδίασης (συνεχίστε να έχετε πατημένη τη ροδέλα).
3. Απελευθερώστε τη ροδέλα για να σταματήσετε την περιστροφή.

Pan Tool

1. Πατήστε και κρατήστε πατημένο το πλήκτρο shift.
2. Πατήστε και κρατήστε πατημένη τη ροδέλα. Τότε ο κέρσορας παίρνει την ακόλουθη μορφή ().
3. Μετακινήστε το ποντίκι οριζόντια και κατακόρυφα για να μετακινήσετε την κάμερα στις αντίστοιχες διευθύνσεις.
4. (εναλλακτικά)Πατήστε και κρατήστε πατημένο ταυτόχρονα τόσο το δεξί πλήκτρο του ποντικιού όσο και τη ροδέλα .

Zoom Tool

1. Μετακινήστε τη ροδέλα προς τα μπροστά για να κάνετε zoom in.
2. Μετακινήστε τη ροδέλα προς τα πίσω για να κάνετε zoom out.

Zoom Extents Tool

Χρησιμοποιείστε το zoom extents tool για να φέρετε το σχέδιο σας σε μία απόσταση όπου θα φαίνεται ολόκληρο και θα είναι κεντραρισμένο ως προς την περιοχή

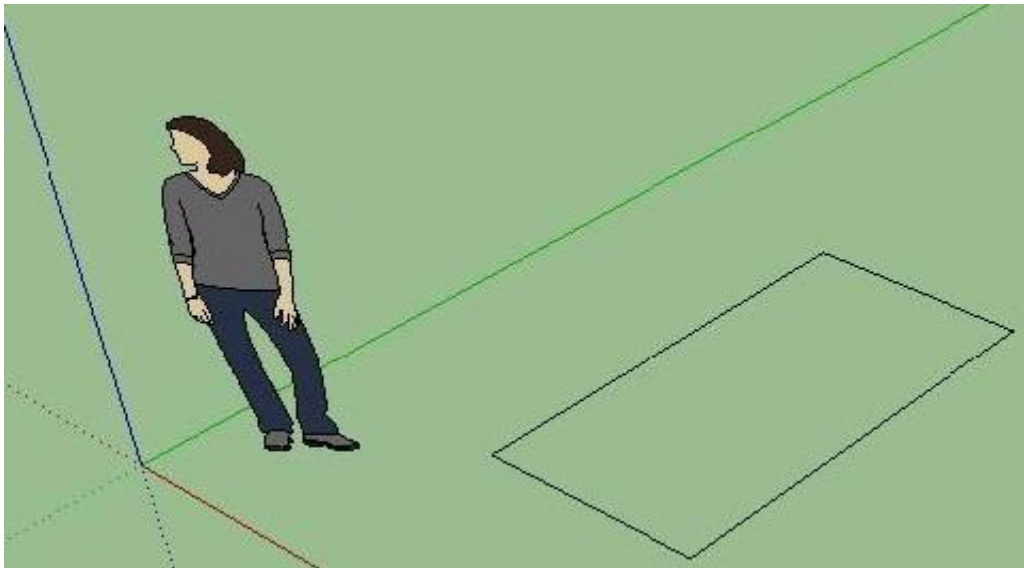
σχεδίασης. Επιλέξτε το zoom extents tool () ,από την toolbar.

4.Σχεδιάζοντας με το εργαλείο Push/Pull

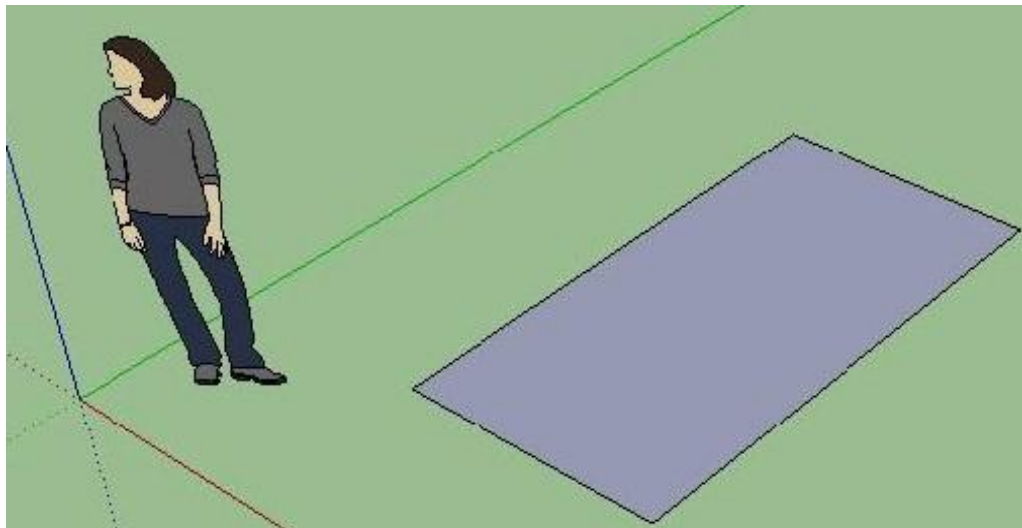
Χρησιμοποιείτε το εργαλείο Push/Pull ώστε να σπρώξετε και να τραβήξετε επιφάνειες οποιασδήποτε μορφής ώστε να προσδώσετε όγκο ή να αφαιρέσετε όγκο από τα μοντέλα σας. Ενεργοποιείτε το εργαλείο Push/Pull είτε από την Toolbar είτε από το Tools menu.


Εφαρμογή:

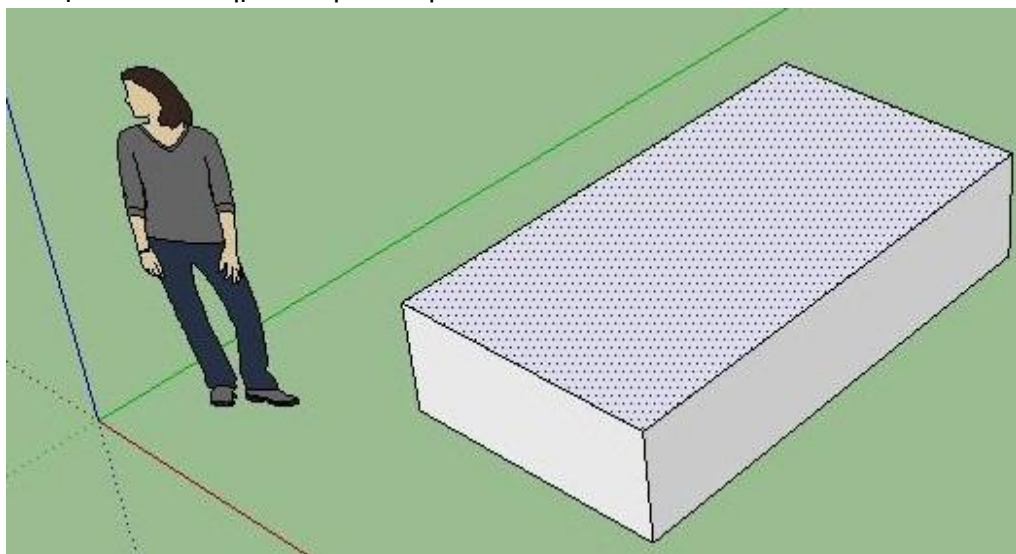
- Κάντε κλικ στην εντολή Rectangle που βρίσκεται στην toolbar .Τότε ο κέρσορας παίρνει τη μορφή ενός μολυβιού με ένα ορθογώνιο.
- Κάντε κλικ οπουδήποτε στην περιοχή σχεδίασης για να ορίσετε το πρώτο γωνιακό σημείο του ορθογωνίου.
- Μετακινήστε τον κέρσορα διαγώνια. Θα αρχίσει να δημιουργείται ένα ορθογώνιο .



- Κάντε πάλι κλικ σε ένα άλλο σημείο για να ορίσετε το δεύτερο γωνιακό σημείο του ορθογωνίου. Μία ορθογωνική επιφάνεια έχει δημιουργηθεί.



- Για να τραβήξετε ή να σπρώξετε την ορθογωνική επιφάνεια ,κάντε κλικ στην εντολή Push/Pull () που βρίσκεται στην toolbar.
- Κάντε κλικ στην ορθογωνική επιφάνεια και μετακινήστε τον κέρσορα για να δημιουργήσετε όγκο.Όταν ο όγκος βτάσει στο επιθυμητό μέγεθος κάντε πάλι κλικ για να ολοκληρωθεί η εντολή.



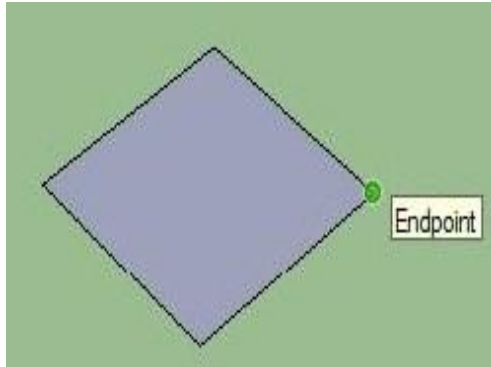
5.Δημιουργώντας το πρώτο σας μοντέλο

Παρακάτω παρουσιάζεται βήμα προς βήμα η δημιουργία μίας καρέκλας ξεκινώντας από το κάθισμα και εν συνεχεία προσθέτοντας σε αυτό την πλάτη και τα πόδια.

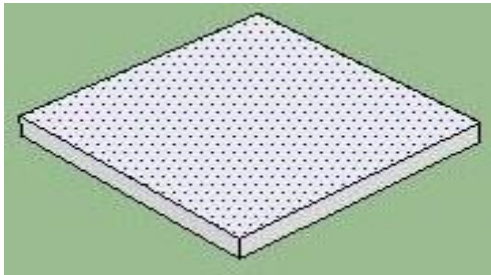
- Επιλέξτε το εργαλείο Rectangle.
- Κάντε κλικ για να ορίσετε το πρώτο γωνιακό σημείο του ορθογωνίου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

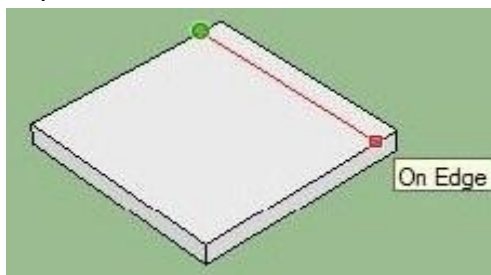
- Μετακινείστε τον κέρσορα διαγώνια.
- Πληκτρολογήστε 0,45m;0,45m και πατήστε Enter(δεν είναι ανάγκη να πληκτρολογείτε το γράμμα m μετά από κάθε αριθμό εφόσον έχετε προεπιλέξει οι μονάδες μέτρησης να είναι μέτρα).Οι διαστάσεις εμφανίζονται στην Measurements Toolbar.Έχετε δημιουργήσει το κάθισμα της καρέκλας διαστάσεων 0,45m X 0,45m.



- Εν συνέχεια επιλέξτε το εργαλείο Push/Pull.
- Κάντε κλικ στην τετραγωνική επιφάνεια.
- Μετακινείστε τον κέρσορα για να δημιουργήσετε το πάχος του καθίσματος.

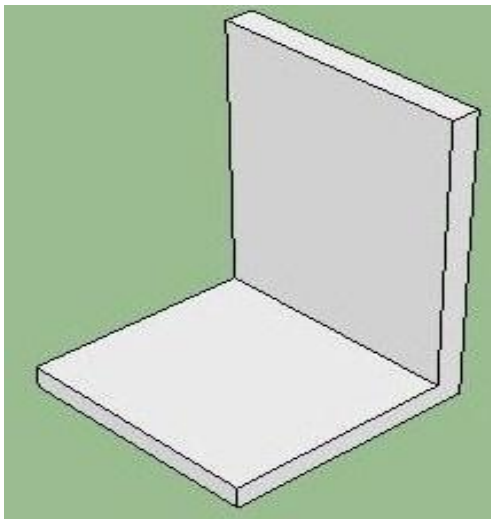


- Σχεδιάστε μια γραμμή στο πίσω μέρος του καθίσματος ,όπως φαίνεται παρακάτω.

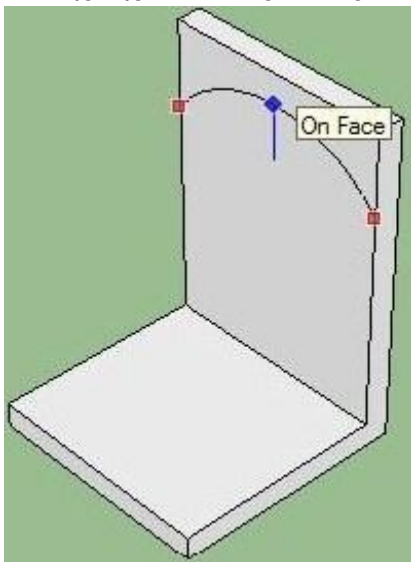


- Χρησιμοποιείστε την εντολή Push/Pull στο δημιουργηθέν ορθογώνιο για να δημιουργήσετε την πλάτη της καρέκλας.

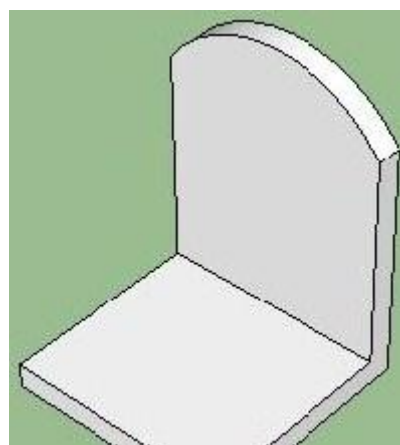
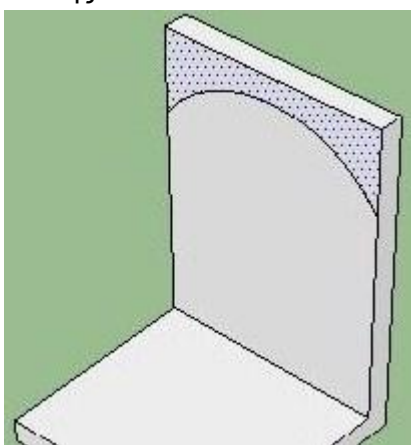
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α



- Χρησιμοποιώντας την εντολή Arc ,σχεδιάστε ένα τόξο στο πάνω μέρος της πλάτης της καρέκλας ,όπως παρακάτω.



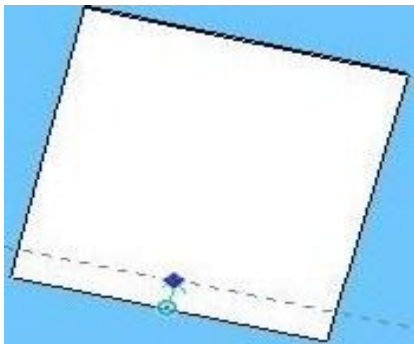
- Χρησιμοποιείτε την εντολή Push/Pull για να διώξετε το πάνω μέρος της πλάτης.



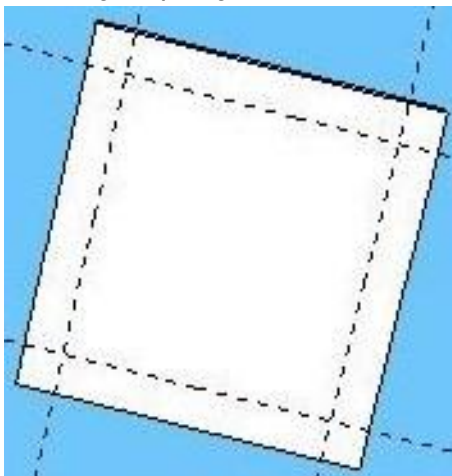
- Χρησιμοποιείτε τις εντολές Zoom ,Orbit και Pan για να φέρετε το μοντέλο σε τέτοια θέση ώστε να βλέπετε το κάτω μέρος του καθίσματος.
- Επιλέξτε το εργαλείο Tape Measure που βρίσκεται στην Toolbar.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

- Κάντε κλικ σε μία ακμή του κάτω μέρους του καθίσματος.
- Μετακινήστε λίγο τον κέρσορα από την ακμή. Δημιουργείται μία γραμμή οδηγός (guide line) παράλληλα στην ακμή. Οι γραμμές οδηγοί μας βοηθούν στο να σχεδιάζουμε με συγκεκριμένες διαστάσεις.

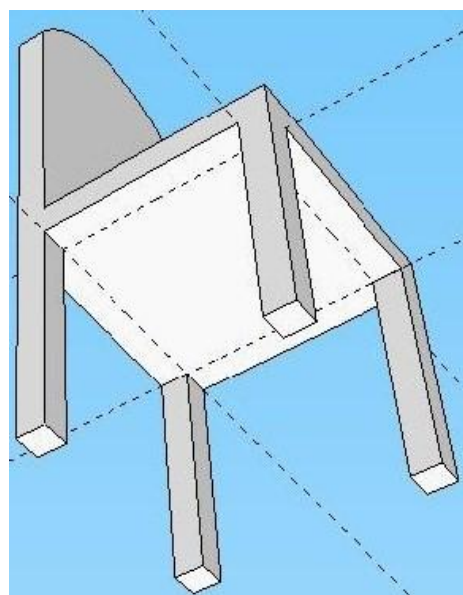
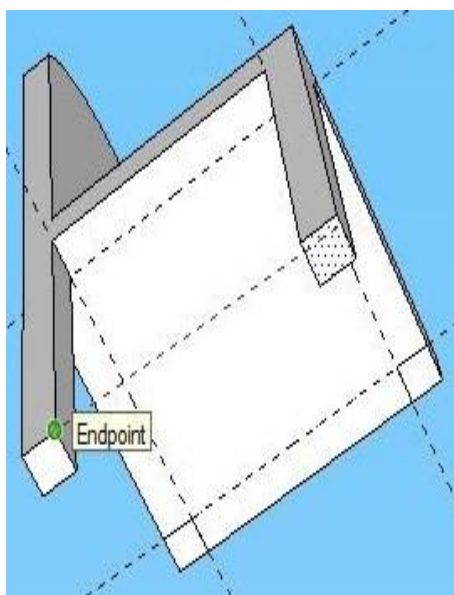


- Πληκτρολογήστε 0,05m και πατήστε Enter. Η διάσταση εμφανίζεται στην Measurements Toolbar και μία γραμμή οδηγός έχει δημιουργηθεί 0,05m παράλληλα στην ακμή.
- Επαναλάβετε τα τρία προηγούμενα βήματα για να δημιουργήσετε άλλες τρεις γραμμές οδηγούς. Το μοντέλο πρέπει να είναι όπως παρακάτω.

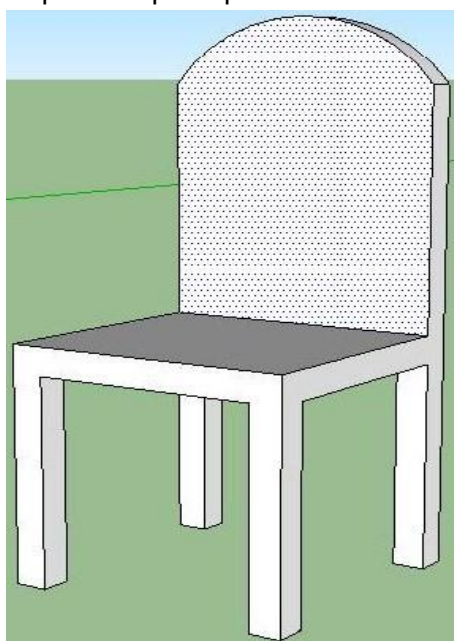


- Χρησιμοποιείτε το εργαλείο Rectangle για να δημιουργήσετε τις επιφάνειες των ποδιών της καρέκλας στις τέσσερις γωνίες της κάτω επιφάνειας του καθίσματος. Οι γραμμές οδηγοί σας βοηθούν ώστε να δώσετε σε κάθε πόδι ακριβείς διαστάσεις 0,05m X 0,05m.
- Χρησιμοποιείτε την εντολή Push/Pull για να τραβήξετε τις τέσσερις τετραγωνικές επιφάνειες ώστε να δημιουργήσετε τα πόδια της καρέκλας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α



- Χρησιμοποιείτε την εντολή Edit > Delete Guides για να σβήσετε όλες τις γραμμές οδηγούς.
- Χρησιμοποιείτε τις εντολές Orbit, Zoom και Pan για να φέρετε την καρέκλα στην σωστή θέση.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

6.Βιβλιοθήκες (3D Warehouse)

Αναζητώντας και κατεβάζοντας μοντέλα από βιβλιοθήκες (3D Warehouse) στο SketchUp

Οι βιβλιοθήκες είναι μια online συλλογή από έτοιμα 3D μοντέλα. Για να αναζητήσετε και να κατεβάσετε κάποιο από αυτά τα μοντέλα ακολουθήστε την ακόλουθη διαδικασία:

- Κάντε κλικ στο εικονίδιο **Get Models** που βρίσκεται στην Toolbar για να αποκτήσετε πρόσβαση στη βιβλιοθήκη.
- Στο παράθυρο που ανοίγει πληκτρολογήστε τον τύπο του μοντέλου που ψάχνετε στο πεδίο “search” (π.χ. kitchen, living room, sofa, trees κλπ).
- Κάντε κλικ στο κουμπί **Search** και θα εμφανιστούν διάφορα εικονίδια με σχετικά μοντέλα.
- Κάντε κλικ στο εικονίδιο με το μοντέλο που θέλετε να δείτε.
- Κάντε κλικ στο κουμπί **Download Model** για να κατεβάσετε το μοντέλο στο SketchUp.Εμφανίζεται το μήνυμα “Load this directly into your SketchUp model”.
- Επιλέξτε **Yes** για να κατεβάσετε το μοντέλο κατευθείαν στο SketchUp. Αμέσως μετά θα συμβεί ένα από τα ακόλουθα:
 1. Αν τόσο το τρέχον μοντέλο σας στο SketchUp όσο και το μοντέλο που θέλετε να κατεβάσετε από τη βιβλιοθήκη έχει δεδομένα θέσης ,θα εμφανιστεί ένα παράθυρο διαλόγου που θα λέει “The model being imported is located at a specific place on Earth, which may be far away from the current model”.Επιλέξτε **Choose new location** αν θέλετε το μοντέλο που κατεβάζετε να εμφανιστεί στην προεπιλεγμένη θέση του. Αντιθέτως, επιλέξτε **Preserve location** αν θέλετε το μοντέλο που κατεβάζετε να εμφανιστεί στην ίδια θέση με το τρέχον μοντέλο στο SketchUp.
 2. Αν το τρέχον μοντέλο σας στο SketchUp δεν έχει δεδομένα θέσης ,ενώ το μοντέλο που κατεβάζετε από τη βιβλιοθήκη έχει, τότε το μοντέλο που κατεβάζετε θα τοποθετηθεί στην αρχή των αξόνων της επιφάνειας σχεδίασης του SketchUp , με τον πράσινο άξονα να δείχνει τον Βορρά , τον κόκκινο άξονα να δείχνει Ανατολικά και τον μπλε άξονα να δείχνει την κατακόρυφο.
 3. Αν το μοντέλο που κατεβάζετε δεν έχει δεδομένα θέσης (π.χ. ένα μοντέλο καναπέ), τότε κατεβαίνει και τοποθετείται στην περιοχή σχεδίασης χρησιμοποιώντας το εργαλείο Move.

7.Περαιτέρω βοηθήματα

Όλες οι αρχές που χρησιμοποιήθηκαν στην δημιουργία της καρέκλας χρησιμοποιούνται επίσης και για τη δημιουργία κτιρίων, ανθρώπων, αυτοκινήτων,

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

επίπλων και οποιουδήποτε άλλου μοντέλου στο SketchUp. Για περαιτέρω βοηθήματα μπορείτε να ανατρέξετε στα εξής:

- Εκπαιδευτικά βίντεο:
<http://sketchup.google.com/intl/en/training/videos.html>
- Google SketchUp Help Forum:
<https://productforums.google.com/forum/#!/forum/sketchup>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ OPENSTUDIO PLUG-IN ΓΙΑ ΤΟ GOOGLE SKETCH-UP

Το Legacy OpenStudio Plug-in δημιουργήθηκε από το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (National Renewable Energy Laboratory) για το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α. προκειμένου να διευκολύνει τη χρήση του EnergyPlus. Το Plug-in αυτό επιτρέπει στον χρήστη να δημιουργεί και να επεξεργάζεται θερμικές ζώνες και επιφάνειες οι οποίες αναφέρονται στο EnergyPlus, μέσω του Google SketchUp. Στην ουσία επιτρέπει στο χρήστη να σχεδιάζει τη γεωμετρία του κτιρίου, τις θερμικές ζώνες του κτιρίου, τα ανοίγματα (πόρτες, παράθυρα), τυχόν σκίαστρα κ.λπ. και να τα περνάει σαν input file στο EnergyPlus προκειμένου να γίνει η προσομοίωση.

Πιο συγκεκριμένα οι δυνατότητες του Legacy OpenStudio Plug-in συνοψίζονται στα εξής:

- Δημιουργία και επεξεργασία θερμικών ζωνών και επιφανειών του EnergyPlus.
- Παρακολούθηση δεδομένων που έχουν εισαχθεί στο EnergyPlus μέσω του SketchUp.
- Εύκολη ενοποίηση των επιφανειών που βρίσκονται σε γειτονικές θερμικές ζώνες. Οι επιφάνειες αυτές μπορεί να είναι είτε εσωτερικοί τοίχοι είτε εσωτερικά ανοίγματα.
- Εύκολη αναζήτηση επιφανειών πληκτρολογώντας το όνομά τους. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο κατά την αναζήτηση συγκεκριμένων λαθών στο μοντέλο, ιδίως όταν πρόκειται για πολύπλοκα μοντέλα.

Βέβαια το Legacy OpenStudio Plug-in δεν είναι πανάκεια αφού μόνο ένα μικρό μέρος των εισερχόμενων στο EnergyPlus αρχείων δεδομένων μπορούν να περιγραφούν μέσω αυτού.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν και θα περιγραφούν τα πιο βασικά εργαλεία του Legacy OpenStudio Plug-in (Version 1.0.8). Έχοντας κατεβάσει το OpenStudio από την ιστοσελίδα του EnergyPlus, στο περιβάλλον εργασίας του SketchUp εμφανίζονται πλέον δύο ακόμα μπάρες εργαλείων, η *'Legacy OpenStudio'* και η *'Legacy OpenStudio Rendering'*.

Τα βασικότερα εργαλεία της μπάρας εργαλείων *'Legacy OpenStudio'*, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα διπλωματική είναι τα εξής (από αριστερά προς τα δεξιά):

- **New EnergyPlus Input File**
Κάνοντας κλικ εδώ κλείνετε το τρέχον μοντέλο EnergyPlus και ταυτόχρονα δημιουργείτε ένα καινούργιο. Αυτό δεν σημαίνει ότι κλείνετε και το μοντέλο του SketchUp, απλά δημιουργείτε ένα καινούριο μοντέλο EnergyPlus στο παραμένον μοντέλο SketchUp.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

- **Open EnergyPlus Input File**

Από εδώ μπορείτε να ανοίξετε ένα ήδη υπάρχον αρχείο EnergyPlus.

- **Save EnergyPlus Input File**

Από εδώ μπορείτε να σώσετε το μοντέλο σας σε ένα αρχείο EnergyPlus (idf).

- **SaveAs EnergyPlus Input File**

Από εδώ μπορείτε να σώσετε το μοντέλο σας σε ένα νέο αρχείο EnergyPlus (idf).

- **Show Errors And Warnings**

Κάνοντας κλικ εδώ εμφανίζεται ένα παράθυρο το οποίο περιγράφει τα τυχόν λάθη του μοντέλου. Πολλές φορές τα λάθη είναι γεωμετρικής φύσης όπως π.χ. δύο γειτονικές επιφάνειες να μην ταυτίζονται ή κατά τη σχεδίαση μιας ζώνης να έχει ορισθεί το πάτωμα επάνω και η οροφή κάτω. Τέτοιου είδους συνήθη γεωμετρικά λάθη διορθώνονται αυτόματα από το πρόγραμμα.

Τα λάθη που εμφανίζονται πρέπει να διορθώνονται γιατί διαφορετικά θα υπάρξει πρόβλημα κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.



Εικόνα Β1: Μοντέλο χωρίς λάθη



Εικόνα Β2: Μοντέλο με λάθη

- **New EnergyPlus Zone**

Με το εργαλείο αυτό μπορείτε να ορίσετε μια θερμική ζώνη στο EnergyPlus. Επιλέξτε το εργαλείο και κάντε κλικ στην περιοχή σχεδίασης για να ορίσετε το σημείο αρχής της ζώνης. Η ζώνη πλέον φαίνεται ως ένα μπλε ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο. Κάνοντας κλικ σε ένα οποιοδήποτε σημείο της περιοχής σχεδίασης το μπλε ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο χάνεται και πλέον μένει μόνο ένα μαύρο σταυρουδάκι ως ένδειξη ύπαρξης της ζώνης. Προκειμένου να σχεδιάσετε εντός της ζώνης κάντε διπλό κλικ στο μαύρο σταυρουδάκι και το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο θα εμφανιστεί πάλι, λίγο μεγαλύτερο από πριν και με μαύρες διακεκομμένες γραμμές. Τώρα μπορείτε να σχεδιάσετε εντός της ζώνης επιφάνειες, χώρους, πόρτες, παράθυρα κ.λπ.

- **New EnergyPlus Shading Group**

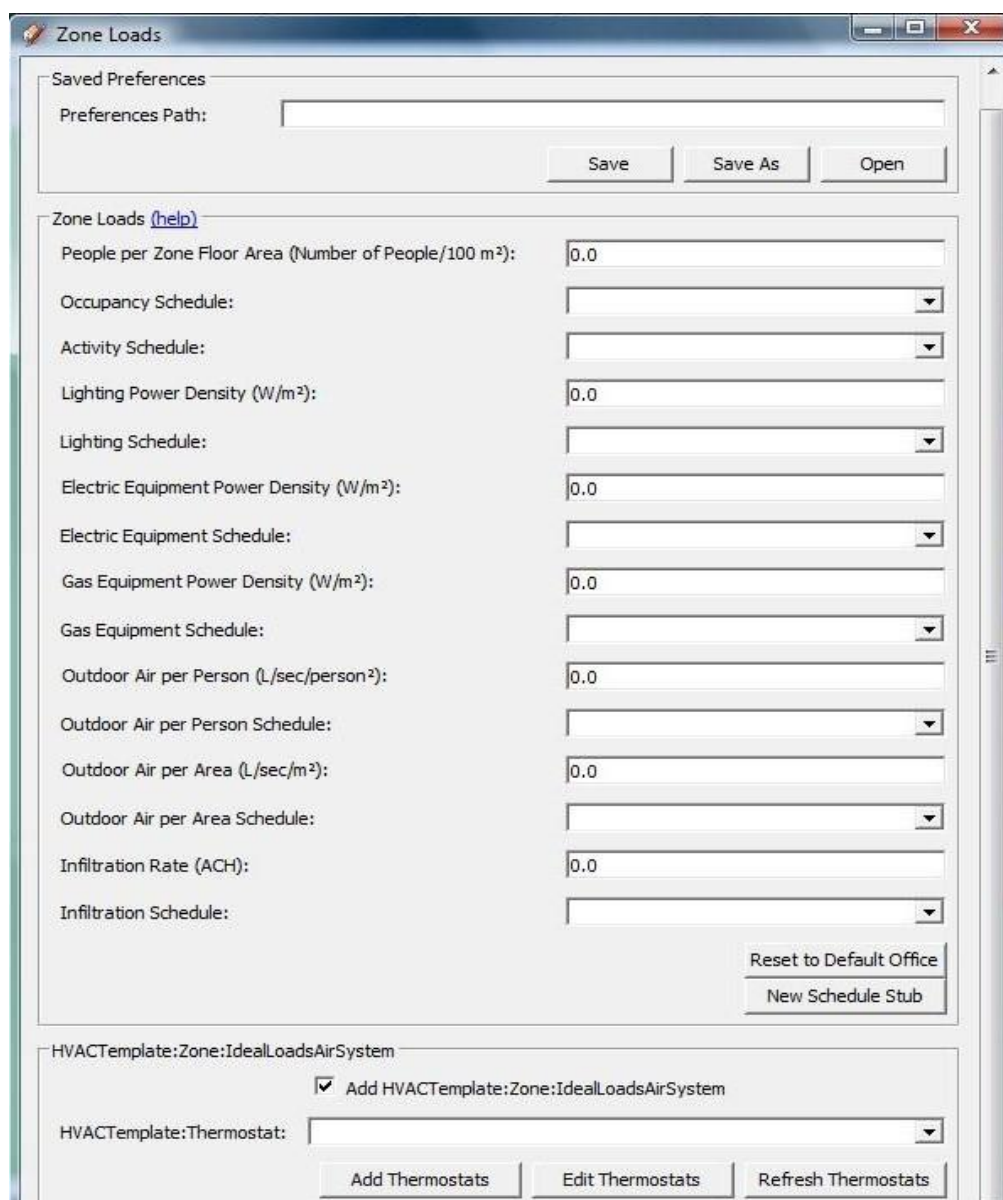
Με το εργαλείο αυτό μπορείτε να ορίσετε μία επιφάνεια σκίασης στο EnergyPlus. Ακολουθήστε την ίδια ακριβώς διαδικασία με τη δημιουργία μιας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

θερμικής ζώνης. Μπορείτε να δημιουργήσετε επιφάνειες σκίασης είτε μέσα είτε έξω από μια θερμική ζώνη.

- **Zone Loads**

Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιείται για την προσθήκη των φορτίων κάθε ζώνης καθώς και την χρονική μεταβολή των φορτίων αυτών κατά τη διάρκεια της ημέρας (schedules). Τα φορτία συνίστανται στους ανθρώπους, τον τεχνητό φωτισμό, τις ηλεκτρικές συσκευές, τον εξοπλισμό που χρησιμοποιεί αέριο, τον φυσικό και τον αθέλητο αερισμό. Σημειωτέον ότι στην παρούσα διπλωματική τα φορτία κάθε ζώνης καθώς και τα χρονοδιαγράμματά τους (schedules) δόθηκαν από το 'IDF Editor' (κεφάλαιο 3.5).

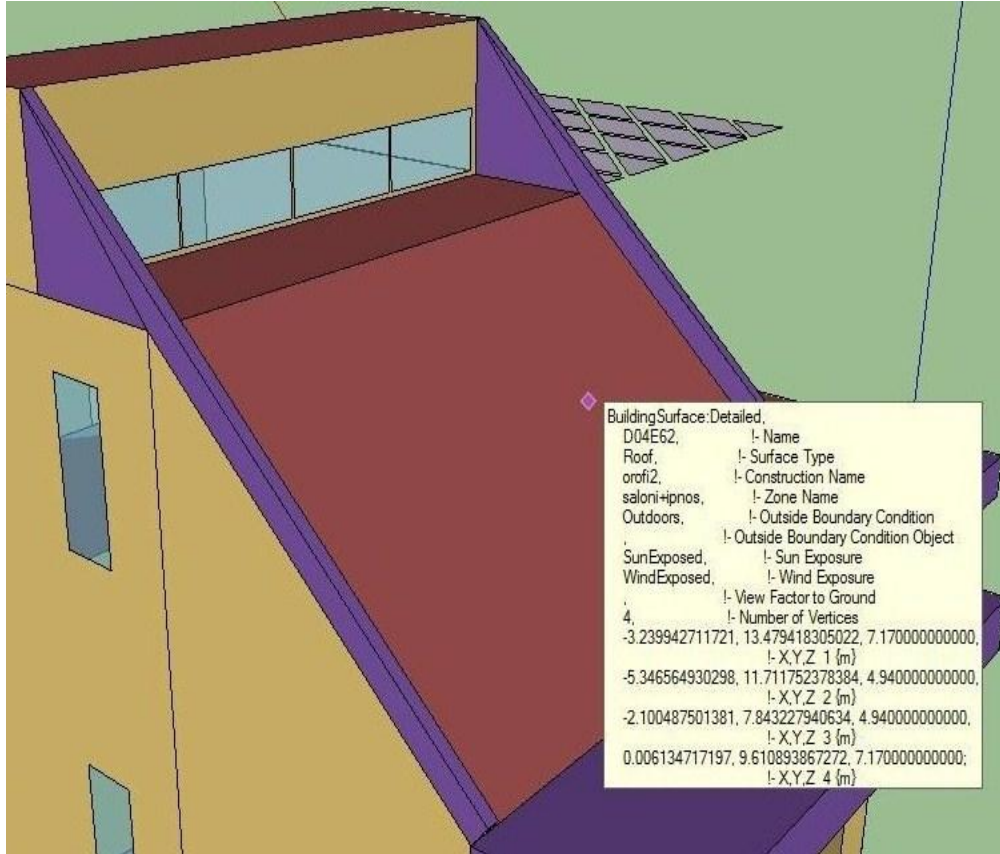


Εικόνα Β3: Παράθυρο διαλόγου του εργαλείου 'Zone Loads'

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

- **Info Tool**

Κάνοντας κλικ στο εργαλείο αυτό, ενεργοποιείται ένας κέρσορας, ο οποίος όταν τοποθετηθεί πάνω σε μια επιφάνεια του μοντέλου, εμφανίζεται ένα παράθυρο με τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας.



Εικόνα B4: Στιγμιότυπο με τα χαρακτηριστικά της νοτιοδυτικής στέγης της κατοικίας

- **Show Object Info Window**

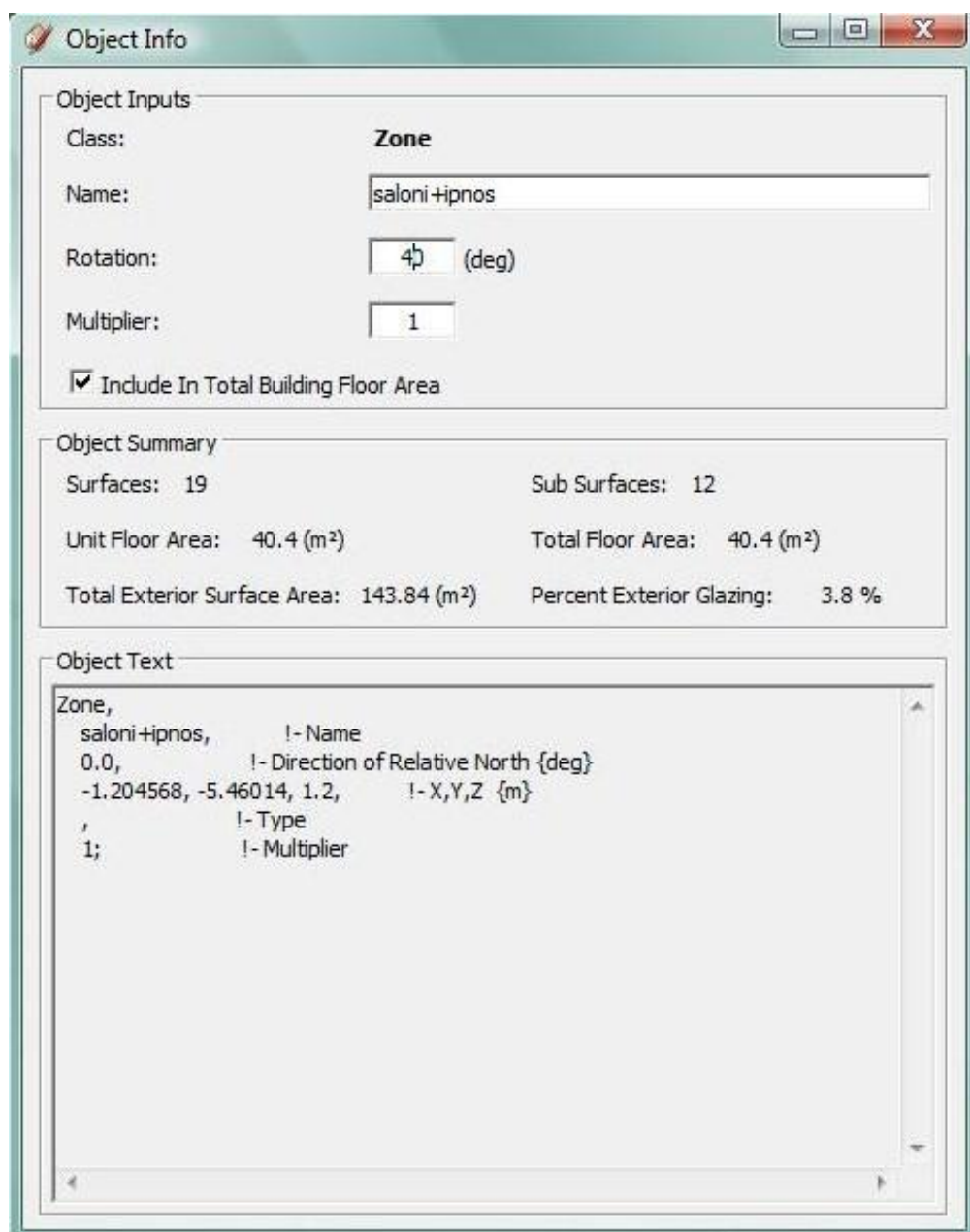
Με το εργαλείο αυτό, εμφανίζονται πληροφορίες για το επιλεγμένο εκείνη τη στιγμή αντικείμενο του OpenStudio. Το περιεχόμενο του παραθύρου που εμφανίζεται αλλάζει ανάλογα με τον τύπο του αντικειμένου που έχει επιλεγθεί. Έχοντας, για παράδειγμα, επιλέξει μία ζώνη εμφανίζονται πληροφορίες για την ζώνη (εικόνα B5). Επιλέγοντας μία επιφάνεια μιας ζώνης μπορείτε να δείτε πληροφορίες για την θερμική αυτή επιφάνεια (εικόνα B6) και επιλέγοντας μία επιφάνεια ενός σκιάζοντος αντικειμένου (shading group) εμφανίζονται πληροφορίες για την σκιάζουσα αυτή επιφάνεια (εικόνα B7). Αν δεν έχετε επιλέξει τίποτα θα εμφανιστούν πληροφορίες για το κτίριο (εικόνα B8). Το παράθυρο που εμφανίζεται όταν επιλέγεται το εργαλείο αυτό αποτελείται από τρία μέρη: το 'Object Inputs', το 'Object Summary' και το 'Object Text'. Τα προς συμπλήρωση πεδία του 'Object Inputs' δίνουν την δυνατότητα της άμεσης αλλαγής διαφόρων χαρακτηριστικών του επιλεγμένου αντικειμένου. Τα διαθέσιμα πεδία εξαρτώνται από τον τύπο του αντικειμένου που είναι επιλεγμένο εκείνη τη στιγμή. Για παράδειγμα για ένα τυπικό

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

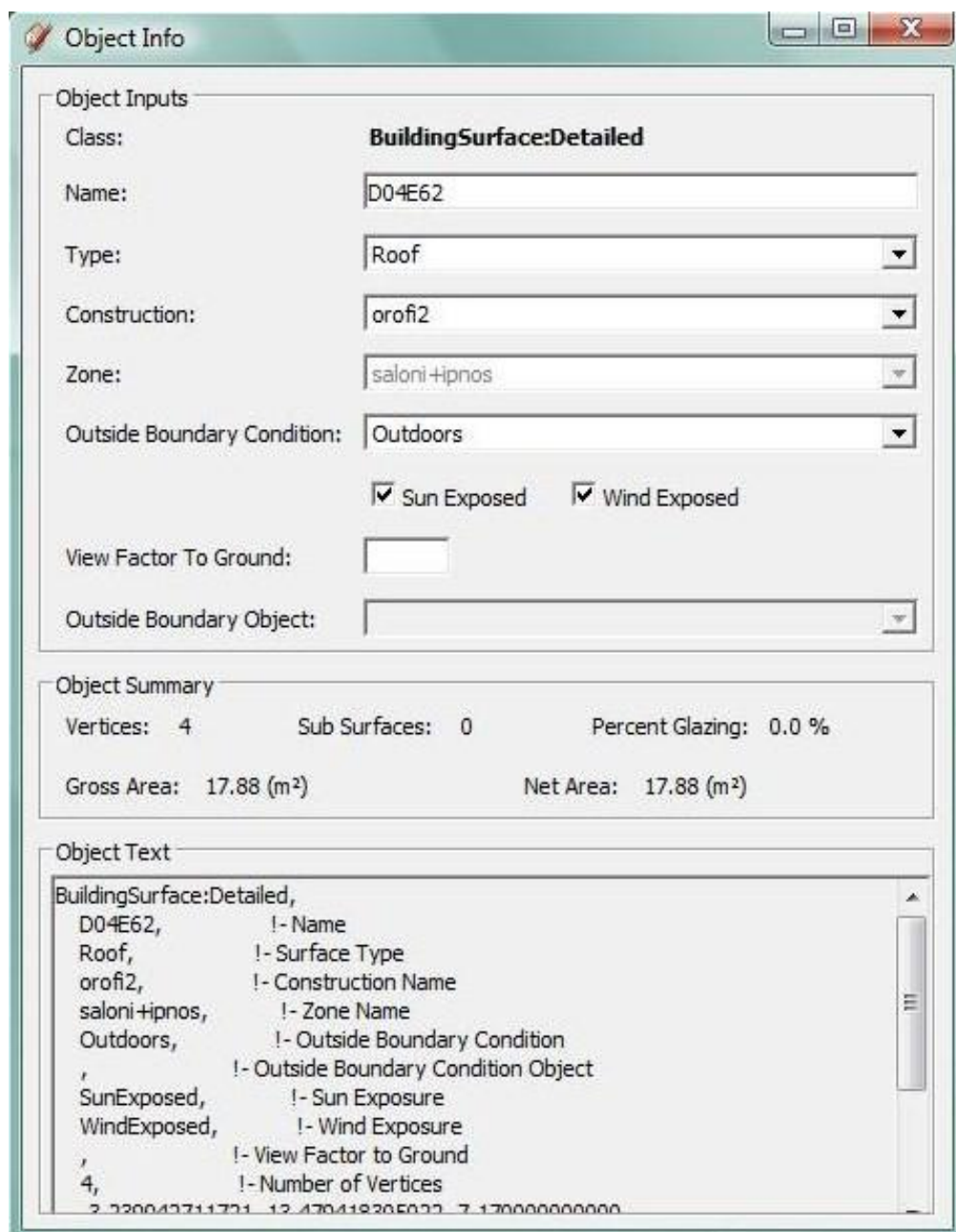
αντικείμενο 'Building Surface: Detailed' (εικόνα Β6) μπορείτε εύκολα να ορίσετε ένα καινούργιο όνομα, τον τύπο της επιφάνειας, το construction, τις εξωτερικές συνοριακές συνθήκες (Outside Boundary Condition) κ.λπ.

Όσον αφορά το μέρος 'Object Summary', αν για παράδειγμα έχετε επιλέξει μία θερμική επιφάνεια, απεικονίζει τον αριθμό των κορυφών, την καθαρή και τη μεικτή επιφάνειά της, το ποσοστό των υαλοπινάκων κ.λπ.

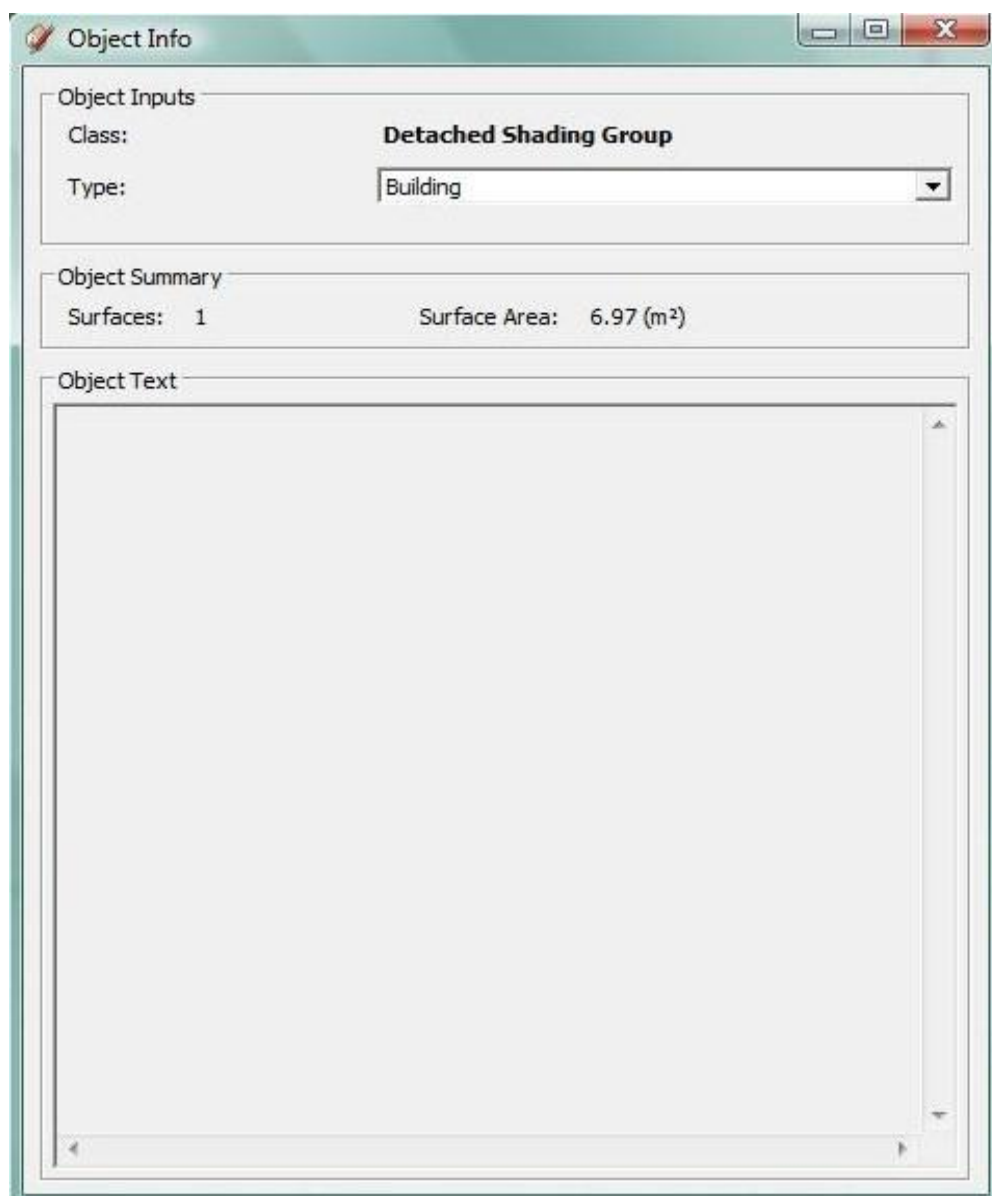
Τέλος, το μέρος 'Object Text' απεικονίζει τον πηγαίο κώδικα για το επιλεγμένο αντικείμενο, όπως αυτός υπάρχει στο αρχείο του μοντέλου OpenStudio. Τα στοιχεία του 'Object Text' όπως και του 'Object Summary' δεν μπορούν να τροποποιηθούν από το χρήστη.



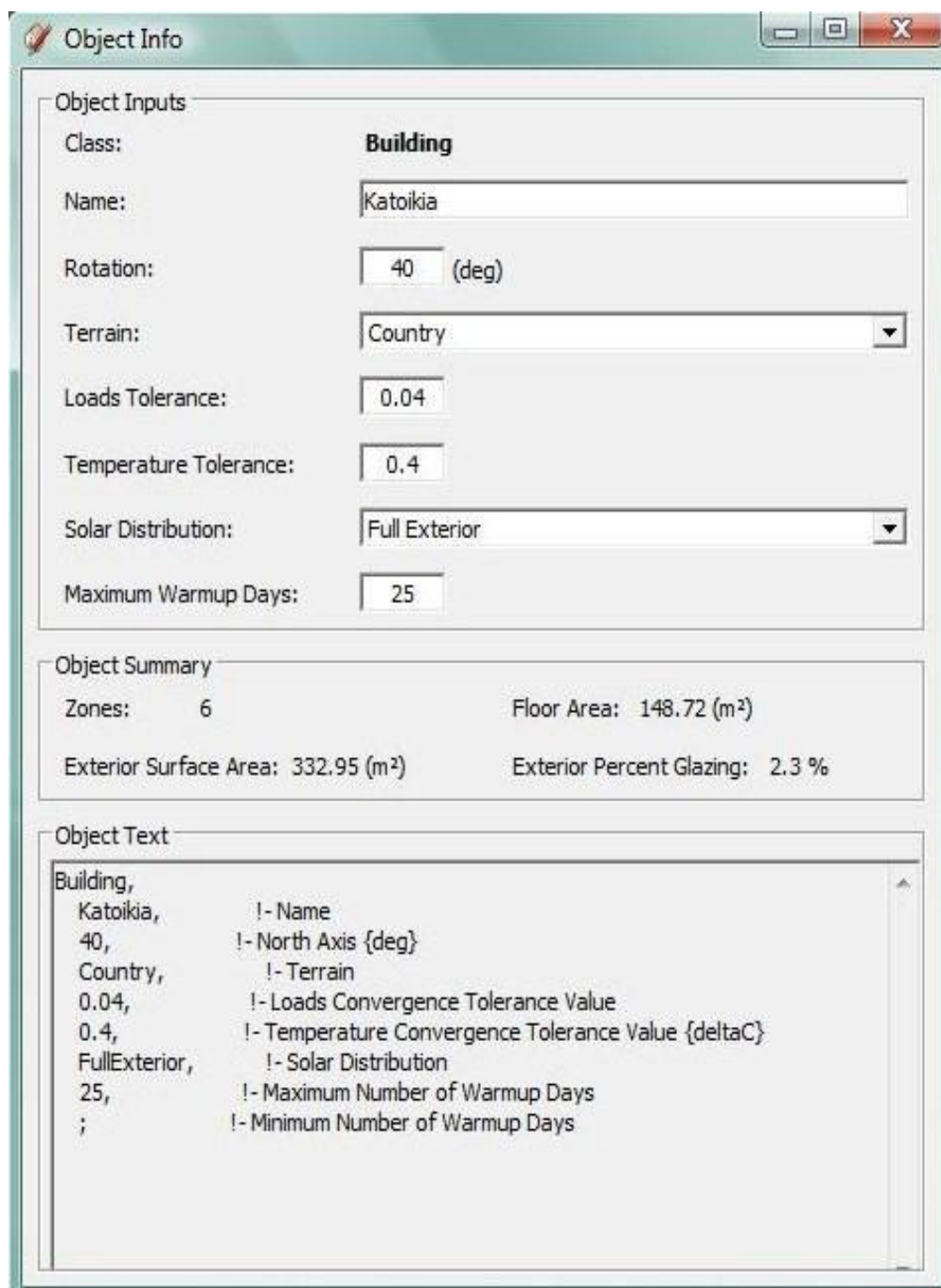
Εικόνα Β5: Παράθυρο του εργαλείου 'Show Object Info Window', έχοντας επιλέξει τη ζώνη «Σαλόني+Ύπνος»



Εικόνα Β6: Παράθυρο του εργαλείου 'Show Object Info Window', έχοντας επιλέξει την επιφάνεια της νοτιοδυτικής στέγης, της ζώνης «Σαλόني+Ύπνος»



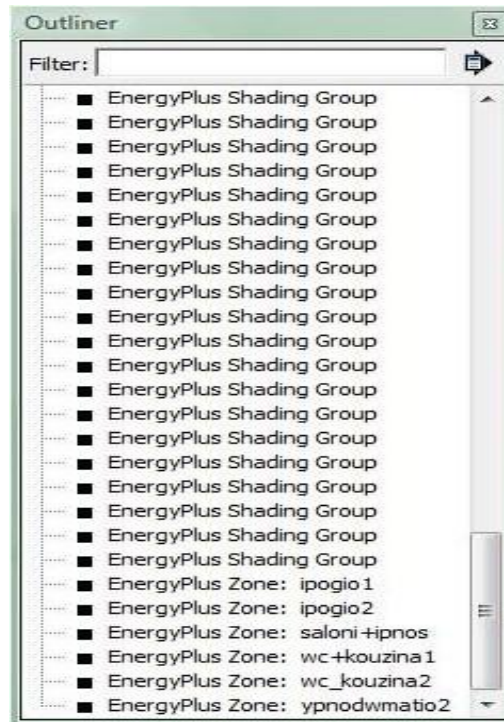
Εικόνα Β7: Παράθυρο του εργαλείου 'Show Object Info Window', έχοντας επιλέξει την επιφάνεια ενός σκιάζοντος αντικειμένου (shading group)



Εικόνα Β8: Παράθυρο του εργαλείου 'Show Object Info Window', χωρίς να έχει επιλεγεί κάποιο αντικείμενο

- **Show Outliner Window**

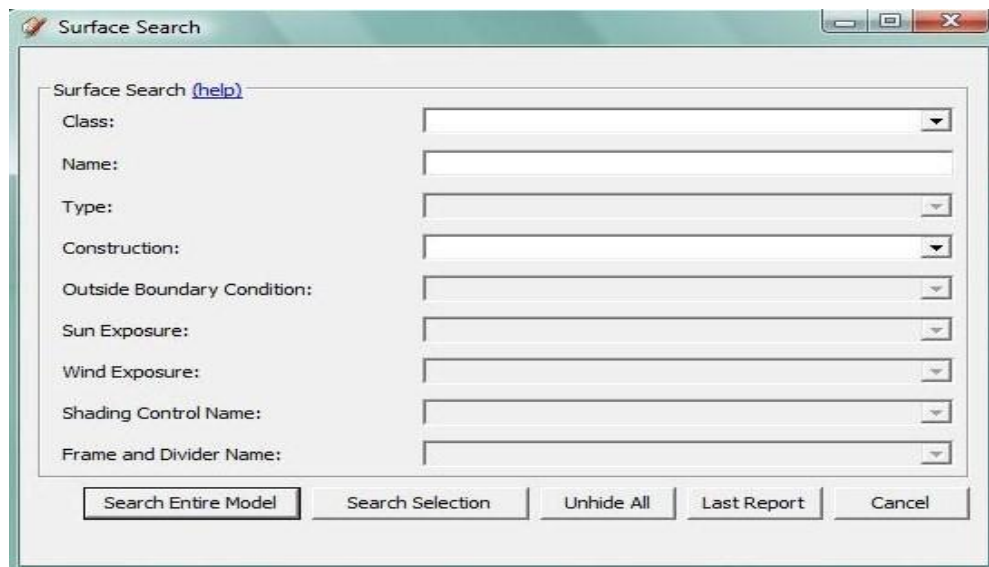
Επιλέγοντας το εργαλείο 'Show Outliner Window', εμφανίζεται στην οθόνη ένα παράθυρο με όλες τις σκιάζουσες επιφάνειες (EnergyPlus Shading Groups) και τις θερμικές ζώνες (EnergyPlus Zones) που έχουν οριστεί στο μοντέλο. Κάνοντας κλικ πάνω στο όνομα μιας σκιάζουσας επιφάνειας ή μιας θερμικής ζώνης, αυτή επισημαίνεται στο μοντέλο μας περικλειόμενη από ένα μπλε ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο.



Εικόνα Β9: Παράθυρο του εργαλείου 'Show Outliner Window'

- **Search Surfaces**

Το εργαλείο 'Search Surfaces' δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να κάνει αναζήτηση συγκεκριμένων επιφανειών στο μοντέλο που έχει κατασκευάσει δίνοντας συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τους. Αφού ορίσετε ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά της επιφάνειας που αναζητείτε, πατήστε το πλήκτρο 'Search Entire Model' και τότε η προς αναζήτηση επιφάνεια θα εμφανιστεί μόνη της στην οθόνη, χωρίς να φαίνεται το υπόλοιπο μοντέλο. Όταν τελειώσετε, πατήστε 'Unhide All' στο κάτω μέρος του παραθύρου που εμφανίζετε στην οθόνη σας, προκειμένου να δείτε ξανά όλο το μοντέλο.

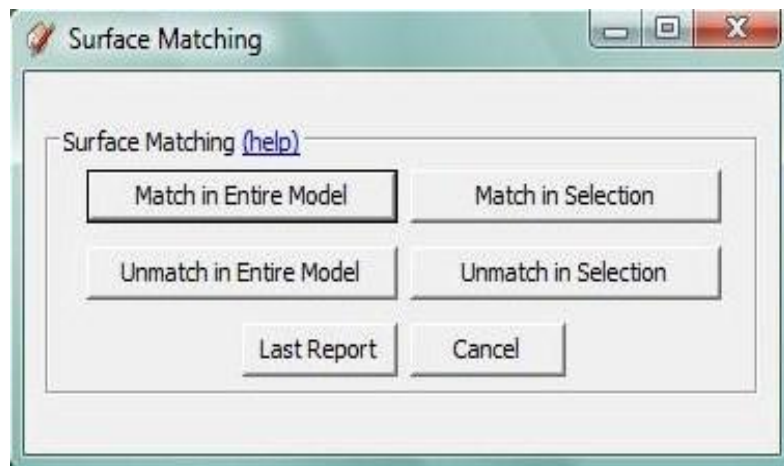


Εικόνα Β10: Παράθυρο διαλόγου του εργαλείου 'Search Surfaces'

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

- **Surface Matching**

Με το εργαλείο αυτό δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να ενώσει ή να χωρίσει γειτονικές επιφάνειες. Οι επιφάνειες αυτές μπορεί να είναι εσωτερικές πόρτες, εσωτερικά παράθυρα, εσωτερικοί τοίχοι κ.λπ. Αυτό χρειάζεται να γίνει γιατί κατά την δημιουργία γειτονικών-εφαπτόμενων θερμικών ζωνών σε ένα μοντέλο δημιουργούνται επιφάνειες σε κάθε θερμική ζώνη που στην πραγματικότητα ταυτίζονται. Για παράδειγμα μία πόρτα που ενώνει δύο γειτονικούς χώρους οι οποίοι ορίζονται ως δύο ανεξάρτητες θερμικές ζώνες, σχεδιάζεται και στις δύο ζώνες. Με το 'Surface Matching' λοιπόν ενώνουμε τις δύο πόρτες ώστε να γίνει κατανοητό από το EnergyPlus ότι πρόκειται για την ίδια. Χρησιμοποιώντας το εργαλείο 'Surface Matching' μπορείς να ενώσεις ή να χωρίσεις επιλεγμένες επιφάνειες ή συνολικά όλες τις γειτονικές επιφάνειες του μοντέλου.



Εικόνα Β11: Παράθυρο διαλόγου του εργαλείου 'Surface Matching'

- **Help**

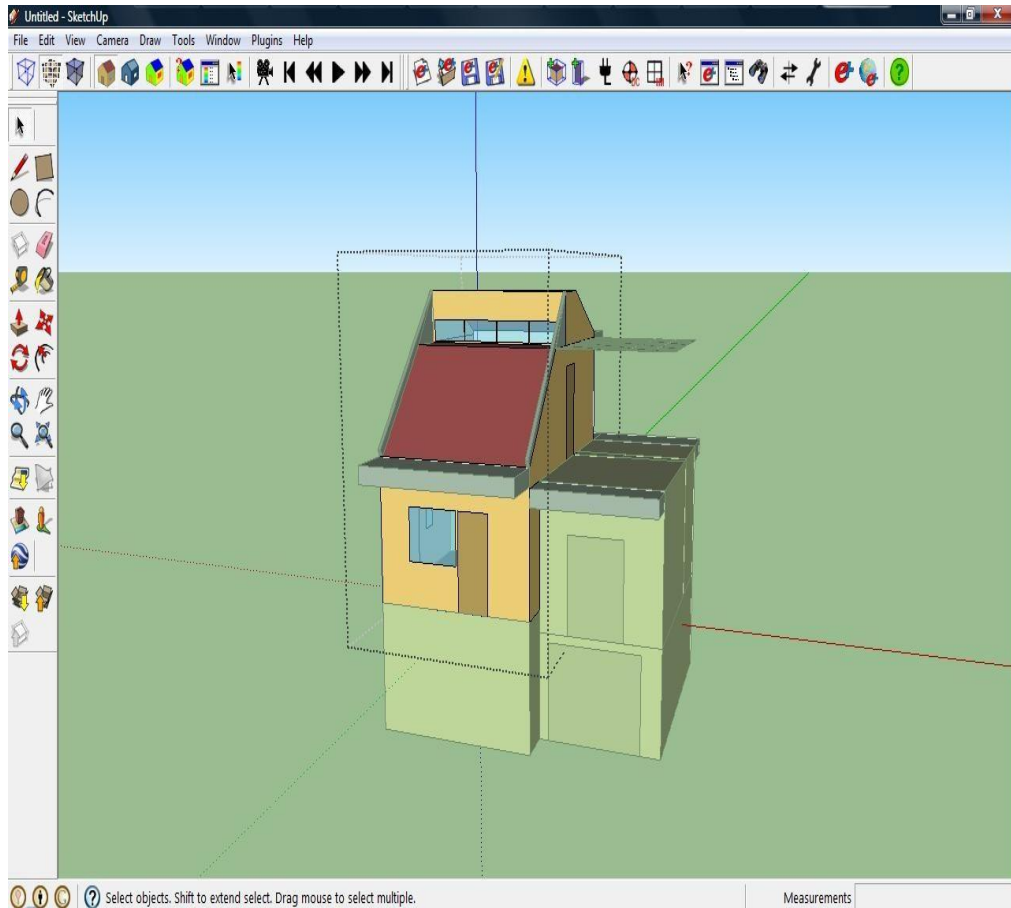
Κάνοντας κλικ εδώ οδηγείστε στην διαδικτυακή βοήθεια του Legacy OpenStudio Plug-in.

Τέλος, όσον αφορά την μπάρα εργαλείων 'Legacy OpenStudio Rendering', τα πιο σημαντικά εργαλεία της που χρησιμοποιήθηκαν και στην εν λόγω διπλωματική είναι τα εξής:

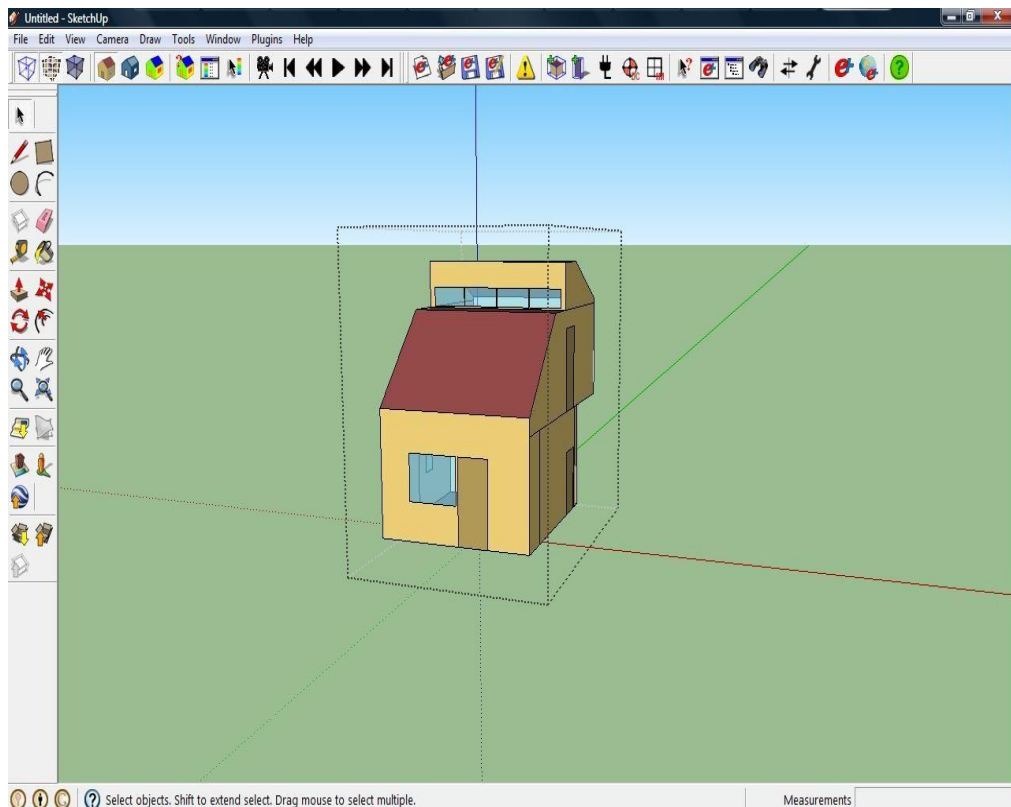
- **Hide Rest of Model**

Κάνοντας διπλό κλικ πάνω σε ένα αντικείμενο του μοντέλου σας ενώ έχετε ενεργοποιήσει το πλήκτρο 'Hide Rest of Model', απομονώνετε το συγκεκριμένο αντικείμενο από το υπόλοιπο μοντέλο. Αυτό είναι εξαιρετικά βολικό ιδίως όταν θέλετε να συμπληρώσετε σχεδιαστικές λεπτομέρειες μέσα σε μία ζώνη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β



Εικόνα Β12: Στιγμιότυπο με το υπόλοιπο μέρος του μοντέλου ορατό



Εικόνα Β13: Στιγμιότυπο με το υπόλοιπο μέρος του μοντέλου μη ορατό

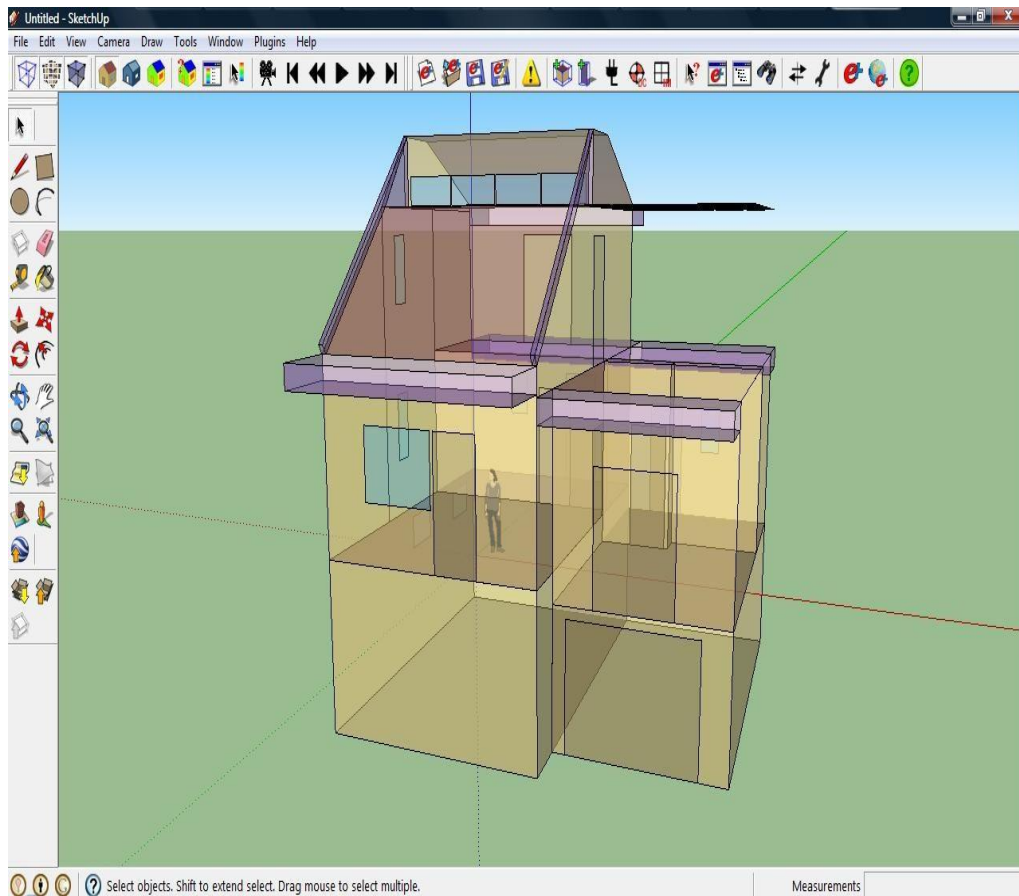
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

- **View Hidden Geometry**

Το εργαλείο αυτό ενεργοποιεί την πλήρη μορφή του μοντέλου σας, εμφανίζοντας ξανά την «κρυμμένη» γεωμετρία του. Αυτό είναι χρήσιμο κυρίως όταν έχετε χρησιμοποιήσει το εργαλείο 'Search Surfaces' και θέλετε να ξαναδείτε ολόκληρο το μοντέλο σας.

- **View Model in X-Ray Mode**

Μία πολύ χρήσιμη επιλογή με την οποία το μοντέλο σας εμφανίζεται διαφανές. Με αυτόν τον τρόπο μπορείτε να δείτε στο εσωτερικό του μοντέλου, χωρίς να χρειάζεται να σβήσετε ή να κρύψετε κάποιο τμήμα του.



Εικόνα Β14: Στιγμιότυπο με ενεργοποιημένη την επιλογή 'View Model in X-Ray Mode'