



ΤΕΙ Κρήτης
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ 4-ΟΡΟΦΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΛΙΘΟΥΣΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENERGY PLUS ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΚΕΝΑΚ

Κουτσάκης Δημήτριος.

Λιανδράκης Μιχαήλ.

Επιβλέπων Καθηγητής : Μύρων Ε. Μονιάκης



Ηράκλειο , 2018



TEI OF CRETE

TECHNOLOGICAL EDUCATIONAL INSTITUTE OF CRETE

DEPARTMENT OF MECHANICS

THESIS

ENERGY STUDY OF A 4-STORY TEACHING ROOM BUILDING
USING THE ENERGY PLUS PROGRAM AND COMPARISON
WITH THE KENAK PROGRAM

Koutsakis Dimitrios.

Liandrakis Michael.

Supervisor : Moniakis E. Myron.



Heraklion, 2018

Περιεχόμενα.

1.	Εισαγωγή.....	5
1.1	Περίληψη.....	5
1.2	Κίνητρο για την διεξαγωγή της εργασίας.....	7
1.3	Σκοπός και στόχοι εργασίας.....	7
1.4	Δομή εργασίας.....	7
1.5	Επεξήγηση όρων και ορισμοί.....	8
2.	Μεθοδολογία υλοποίησης.....	9
2.1	Απόκτηση δεδομένων.....	9
2.2	Λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε.....	10
2.3	Επεξεργασία των δεδομένων.....	12
3.	State of the art.....	13
4.	Κύριο μέρος πτυχιακής.....	16
4.1	Περιγραφή του υπό μελέτη κτηρίου.....	16
4.1.1	Γενικά στοιχεία κτηρίου.....	17
4.1.2	Περιγραφή χώρων.....	20
4.2	Ενεργειακά στοιχεία Κτηρίου.....	21
4.3	Προσομοίωση κτηρίου.....	24
4.3.1	Αποτύπωση κτηρίου ως έχει.....	24
4.4	Εισαγωγή ενεργειακών παραμέτρων.....	30
4.4.1	Δελτίο μετεωρολογικών δεδομένων.....	31
4.4.2	Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας κτηρίου και ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.....	31
4.4.3	Τοιχοποιίες και υλικά κατασκευής.....	36
4.4.4	Ηλεκτρικά και άλλα φορτία.....	42
4.4.5	Συσχετισμός χώρων, πακέτων υλικών και χρονοδιαγραμμάτων λειτουργίας.....	45
4.4.6	Γενικά στοιχεία κτιρίου και σκιάσεις αυτού.....	46
4.4.7	Διαχωρισμός χώρων και λειτουργιών τους.....	47
4.4.8	Θερμικές ζώνες και συνθήκες μέσα σε αυτές.....	48
4.4.9	Θέρμανση και κλιματισμός.....	50
4.5	Αποτελέσματα προσομοίωσης κτηρίου ως έχει.....	51
4.6	Μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης και πιστοποίησης κτηρίου.....	63
4.7	Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτηρίου.....	69
4.7.1	Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.....	70
4.8	Αποτελέσματα προσομοίωσης μέσω προγράμματος KENAK.....	71

5	Επεμβάσεις βελτίωσης κτηρίου.....	76
5.1	Επέμβαση φωτισμού.....	76
5.1.1	Επίπεδο φωτισμού και απαιτήσεις TOTEE.....	79
5.1.2	Τοποθέτηση νέων λαμπτήρων.....	83
5.1.3	Αποτελέσματα επέμβασης φωτισμού.....	87
5.1.4	Οικονομικά στοιχεία επέμβασης.....	97
5.2	Επέμβαση θερμομόνωσης κελύφους.....	98
5.2.1	Συντελεστής απωλειών και απατήσεις TOTEE.....	98
5.2.2	Αποτελέσματα θερμομόνωσης κελύφους.....	99
5.2.3	Οικονομικά στοιχεία επέμβασης.....	108
5.3	Επέμβαση φωτοβολταϊκών.....	108
5.3.1	Αποτελέσματα επέμβασης.....	108
5.3.2	Οικονομικά στοιχεία επέμβασης.....	110
5.4	Επέμβαση ανοιγμάτων.....	111
5.4.1	Αποτελέσματα επέμβασης ανοιγμάτων.....	111
5.4.2	Οικονομικά στοιχεία επέμβασης.....	119
6	Αποτελέσματα- συμπεράσματα.....	120
7	Βιβλιογραφία.....	126

1. Εισαγωγή.

1.1 Περίληψη.

Στην πτυχιακή εργασία αυτή, μελετάται ένα 4-οροφο κτήριο αιθουσών διδασκαλίας του ΑΤΕΙ Κρήτης με την χρήση του προγράμματος Open Studio και αξιολογούνται οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου με την βοήθεια του προγράμματος Energy Plus καθώς και με το πρόγραμμα του KENAK συγκρίνοντας τα δυο αποτελέσματα και προτείνοντας στο τέλος 4 τεχνικές επεμβάσεις για την βελτίωση και την εναρμόνιση με τις απαιτήσεις της TOTEE.

Αρχικά γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων στα προγράμματα Sketch up και Open studio για να γίνει η προσομοίωση του κτιρίου σχεδιαστικά αλλά και ενεργειακά και να ληφθούν τα αποτελέσματα. Για την βελτίωση του κτιρίου ως προς το ενεργειακό κομμάτι προτείνονται, αντικατάσταση στον εσωτερικό φωτισμό, προσθήκη εξωτερικής θερμοπρόσοψης, προσθήκη Φ/Β συστήματος και αντικατάσταση στα υπάρχον εξωτερικά ανοίγματα. Έπειτα συγκρίνονται τα αποτελέσματα των επεμβάσεων με τα αρχικά.

Στο τέλος κάθε επέμβασης γίνεται οικονομική μελέτη και εκτιμάται το κατά πόσο είναι βιώσιμες αυτές οι επεμβάσεις.

ABSTRACT

In this thesis, it is been studied a 4-story classroom building of ATEI using the Open Studio program and it is been evaluated the energy requirements of the building as well as with the KENAK program comparing the two results and proposing in the end 4 technical interventions for improvement and harmonization with the requirements of TOTEE.

Initially, it is been imported the data into the Sketch up and Open studio programs to make the building's simulation both design and energy and get the results. To improve the building with regard to the energy piece it is proposed to replace the interior lighting, to add an external thermal wall, to add a PV system and to replace the existing external openings. Then the results are being compared of the interventions with the initials.

At the end of each intervention, an economic study is performed and an assessment of the extent to which these interventions are viable.

1.2 Κίνητρο για την διεξαγωγή της εργασίας.

Το κίνητρο για την διεξαγωγή αυτής της εργασίας είναι η μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του υπό μελέτη κτιρίου καθώς και η βελτίωση των συνθηκών στο εσωτερικό του. Επίσης ένα κίνητρο ήταν η βελτίωση του κτιρίου, ο εκσυγχρονισμός του με τα σημερινά δεδομένα και τις απαιτήσεις σύμφωνα με την TOTEE KENAK. Με την πάροδο των χρόνων και την εξέλιξη της τεχνολογίας δημιουργήθηκαν νέα αποδοτικότερα υλικά με καλύτερη σχέση απόδοσης-τιμής, έτσι καθίσταται πιο εφικτή και βιώσιμη η βελτίωση του. Με την πληθώρα αναλυτικών δεδομένων που μπορούν να αντληθούν και να εισαχθούν στο πρόγραμμα Energy Plus επιτυγχάνεται μια πολύ πιο ακριβής και αντιπροσωπευτική ενεργειακή μελέτη του κτιρίου.

1.3 Σκοπός και στόχοι εργασίας.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη και η διαστασιολόγηση ενός τετραώροφου κτιρίου του ΤΕΙ Κρήτης και η ανάλυση των ενεργειακών απαιτήσεων του. Επίσης θα γίνει πρόταση κάποιων επεμβάσεων έτσι ώστε να αυξηθεί η ενεργειακή απόδοση του (και κατά συνέπεια η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας) και η επίτευξη καλύτερων συνθηκών διαβίωσης στο εσωτερικό του. Τελικός σκοπός είναι η μελέτη και αξιολόγηση των προτάσεων βελτίωσης όσον αφορά το οικονομικό και το ενεργειακό κομμάτι.

1.4 Δομή εργασίας.

Κεφάλαιο 2: Μεθοδολογία υλοποίησης. Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται όλες οι παραδοχές που έχουν παρθεί για το τετραώροφο κτίριο του ΤΕΙ Κρήτης καθώς και η μεθοδολογία εκπόνησης της συγκεκριμένης εργασίας. Επίσης αναφέρονται η απόκτηση των δεδομένων και το λογισμικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε.

Κεφάλαιο 3: Σχέδιο δράσης για την εκπόνηση της εργασίας. Το κεφάλαιο αυτό ασχολείται με την βιβλιογραφική αναζήτηση της τεχνολογίας αιχμής (state of the art) και την υλοποίηση του σχεδίου δράσης για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας.

Κεφάλαιο 4: Κύριο μέρος πτυχιακής. Το κεφάλαιο αυτό ασχολείται με το κύριο μέρος της πτυχιακής δηλαδή με την ανάλυση του προβλήματος, τη σχεδίαση της λύσης και την υλοποίηση της λύσης.

Κεφάλαιο 5: Επεμβάσεις. Στο κεφάλαιο αυτό προτείνονται κάποιες επεμβάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου.

Κεφάλαιο 6: Αποτελέσματα - Συμπεράσματα. Το κεφάλαιο αυτό ασχολείται με τα αποτελέσματα τα οποία έχουν προκύψει από τα προγράμματα, τι και ποιόν μπορεί να ωφελήσει αυτή η πτυχιακή καθώς και την χρησιμότητα, σκοπό και στόχους (ερευνητικούς, αναπτυξιακούς, εκπαιδευτικούς, συλλογικούς, προσωπικούς) θα εξυπηρετήσει.

Κεφάλαιο 7: Βιβλιογραφία. Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει όλες τις πηγές δεδομένων και τις θέσεις τους που λήφθηκαν για την διεξαγωγή της εργασίας αυτής.

1.5 Επεξήγηση όρων και ορισμοί.

- COP και EER.

Οι αντλίες θερμότητας σχεδιάζονται για να μεταφέρουν θερμότητα (θερμική ενέργεια) με φορά αντίθετη από αυτήν της φυσικής ροής. Είναι αντλίες που διαθέτουν εναλλάκτη θερμότητας αέρα / ψυκτικού. Είναι γνωστά ως κλιματιστικά μηχανήματα διαιρούμενου τύπου (split type). Για την μεταφορά της θερμότητας αυτής, απαιτείται κατανάλωση ενέργειας. Με τον όρο COP και EER ορίζεται ο βαθμός απόδοσης της μεταφοράς αυτής. Τον χειμώνα, ο λόγος της μεταφερόμενης θερμότητας προς το καταναλισκόμενο έργο (Q / W σε θέρμανση), ονομάζεται ειδικός βαθμός απόδοσης της αντλίας (COP, coefficient of performance). Το καλοκαίρι ισχύει ότι, ο λόγος της μεταφερόμενης θερμότητας προς το καταναλισκόμενο έργο (Q / W σε ψύξη), ονομάζεται βαθμός ενεργειακής απόδοσης της αντλίας (EER, energy efficiency ratio).

- Συντελεστής θερμικών απωλειών (U).

Για κάθε δομικό στοιχείο που διαχωρίζει μία θερμική ζώνη του κτηρίου με τον εξωτερικό αέρα (π.χ. τοιχοποιίες, κατακόρυφα στοιχεία φέροντος οργανισμού, επιστεγάσεις, δάπεδο επάνω από ανοικτό υπόστυλο χώρο κ.ά.), με το έδαφος (π.χ. κατακόρυφα στοιχεία σε επαφή με το έδαφος, δάπεδο σε επαφή με το έδαφος κ.ά.), με μη θερμαινόμενους χώρους (π.χ. τοιχοποιίες, φέροντα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος, δάπεδα, οροφές σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους) θα πρέπει να προσδιοριστούν οι θερμοφυσικές ιδιότητες τόσο των επί μέρους στρώσεων που το συνθέτουν, όσο και της συνολικής διατομής. Η θερμική μετάδοση, θερμική διαπερατότητα, επίσης γνωστή ως τιμή U, είναι ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας μέσω μιας δομής (η οποία μπορεί να είναι ένα απλό υλικό ή ένα σύνθετο υλικό), διαιρούμενο με τη διαφορά σε θερμοκρασία διαμέσου αυτής της δομής. Οι μονάδες μέτρησης είναι $W / m^2 \cdot K$.

- Lux και Lumens

Η φωτεινότητα είναι ένα μέτρο της εξάπλωσης της φωτεινής ροής σε μια δεδομένη περιοχή. Μια δεδομένη ποσότητα φωτός θα φωτίζει μια επιφάνεια πιο αμυδρά εάν διασκορπιστεί σε μια μεγαλύτερη περιοχή, οπότε η φωτεινότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη προς την περιοχή όταν η φωτεινή ροή διατηρείται σταθερή. Οι όροι Lux, Lumens αναφέρονται στην ποσότητα φωτός που υπάρχει την συγκεκριμένη στιγμή στον συγκεκριμένο χώρο.

2. Μεθοδολογία υλοποίησης.

Στην εργασία αυτή χρειάστηκε να γίνουν αρκετές παραδοχές όσον αφορά το κτίριο και αναφέρονται παρακάτω:

1^η Παραδοχή: Διαστάσεις. Η αποτύπωση του κτιρίου στο πρόγραμμα (Sketch Up) έγινε με βάση τις κατόψεις και τις όψεις που ήταν διαθέσιμες σε μορφή AutoCAD.

2^η Παραδοχή: Τοιχοποιίες. Όλες οι τοιχοποιίες εισάχθηκαν στο υπολογιστικό πρόγραμμα (Open Studio) με βάση τα σχέδια που ήταν διαθέσιμα και τον οπτικό έλεγχο και μέτρημα των διαστάσεων (από ανοίγματα). Επίσης η μόνωση που χρησιμοποιήθηκε έγινε και αυτή βάσει σχεδίων διότι σε διαφορετική περίπτωση χρειαζόνταν καταστροφικές μέθοδοι για την διακρίβωση των ακριβών χαρακτηριστικών της υπάρχουσας μόνωσης.

3^η Παραδοχή: Ανοίγματα. Τα παράθυρα έχουν διπλό τζάμι με διάκενο 12 χιλιοστών και το πλαίσιο είναι μεταλλικό (αλουμινίου) χωρίς θερμοδιακοπή, οι εξωτερικές πόρτες είναι και αυτές με διπλό τζάμι με διάκενο 12 χιλιοστών και χωρίς θερμοδιακοπή και μεταλλικό πλαίσιο. Οι εσωτερικές πόρτες των αιθουσών είναι ξύλινες ενώ των διαδρόμων είναι κατασκευασμένες από χάλυβα υψηλής θερμικής αντοχής (θύρες πυροπροστασίας).

4^η Παραδοχή: Κλιματιστικές μονάδες. Όσον αφορά τις κλιματιστικές μονάδες και το δίκτυο αεραγωγών, έγινε καταμέτρηση και υπολογισμός της ισχύος και όλων των παραμέτρων. Εφόσον δεν ήταν δυνατή η εξακρίβωση της τοποθεσίας και της διαδρομής των αεραγωγών έγινε η παραδοχή ότι κατανέμεται η ενέργεια σε όλους τους κλιματιζόμενους χώρους ανάλογα την χρήση τους.

5^η Παραδοχή: Κλιματολογικά δεδομένα. Για τα κλιματολογικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκε ένα αρχείο καιρού που περιλαμβάνει δεδομένα θερμοκρασίας, υγρασίας, ανέμου καθώς και ηλιοφάνειας για την περιοχή της Αθήνας. Αυτό συνέβη διότι δεν κατέστη δυνατό να βρεθεί αρχείο καιρού πλησιέστερα του Ηρακλείου Κρήτης μέσω της επίσημης ιστοσελίδας του Open Studio ή από οποιαδήποτε άλλη πηγή μέσω διαδικτύου στην κατάλληλη μορφή (με κατάληξη .epw).

2.1 Απόκτηση δεδομένων.

Η εργασία αυτή ξεκινάει με την απόκτηση των σχεδίων του κτηρίου, από τον επιβλέπων Καθηγητή της εργασίας αυτής (Κο Μονιάκη Μύρων), που είναι σε μορφή AutoCAD και περιλαμβάνουν την κάτοψη του ισόγειου και πρώτου ορόφου καθώς και τις όψεις στους τέσσερις προσανατολισμούς (Βορρά- Νότο- Ανατολή- Δύση).

Επίσης έπρεπε να ληφθούν πληροφορίες όσον αφορά τον κλιματισμό οι οποίες δεν υπήρχαν. Έτσι λοιπόν έγινε καταγραφή των χαρακτηριστικών της υπάρχον κλιματιστικής μονάδας η οποία είναι εγκατεστημένη στην οροφή του υπό μελέτη κτιρίου. Για να αποκτηθούν τα προηγούμενα χρειάστηκε να γίνει οπτικός έλεγχος στις μονάδες των κλιματιστικών μηχανημάτων, μια προς μια, και αργότερα, μέσω της μάρκας και του μοντέλου, να γίνει αναζήτηση στο διαδίκτυο έτσι ώστε να αποκτηθούν διάφοροι συντελεστές όπως το COP και EER των μηχανημάτων καθώς και οι πραγματική ισχύς τους.

Όσον αφορά τα φωτιστικά σώματα έγινε επί τόπου καταγραφή των χαρακτηριστικών αλλά και της ποσότητας των λαμπτήρων και των φωτιστικών σωμάτων στο εσωτερικό και εξωτερικό μέρος του κτιρίου. Έπειτα μέσω της ιστοσελίδας της κατασκευάστριας εταιρείας (Philips) αποκτήθηκαν τα απαραίτητα δεδομένα όπως ο χρόνος ζωής, φωτεινότητα, χρώμα εκπεμπόμενου φωτός κλπ.

Ακόμα μετρήθηκαν η χωρητικότητα ατόμων της κάθε αίθουσας, τα χαρακτηριστικά του ανελκυστήρα αλλά και οποιαδήποτε λεπτομέρεια ήταν απαραίτητη για την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Επίσης μετρήθηκαν όλα τα ανοίγματα (εσωτερικά και εξωτερικά) έτσι ώστε να αποτυπωθούν αργότερα στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Sketch Up. Αυτό περιλάμβανε διαστάσεις (πλάτος, μήκος, ύψος, πάχος υαλοπίνακα κλπ) καθώς και διακρίβωση υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στις επιμέρους κατασκευές έτσι ώστε να ληφθούν τα απαραίτητα στοιχεία για τον ενεργειακό υπολογισμό, αργότερα, μέσω Energy Plus.

2.2 Λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε.

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε με την σειρά που χρησιμοποιήθηκε :

Sketch Up: Το Sketch Up, πρώην Google Sketchup, είναι ένα πρόγραμμα υπολογιστή τρισδιάστατου μοντέλου για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών σχεδίασης όπως αρχιτεκτονική, εσωτερική διακόσμηση, αρχιτεκτονική τοπίου, αστική και μηχανολογία, σχεδιασμός παιχνιδιών και ταινιών. Διατίθεται ως δωρεάν έκδοση, το Sketch Up Make και μια πληρωμένη έκδοση με πρόσθετη λειτουργικότητα, το Sketch Up Pro. Το SketchUp ανήκει στην Trimble Inc., εταιρεία χαρτογράφησης, τοπογραφίας και εξοπλισμού πλοήγησης. Υπάρχει μια ηλεκτρονική βιβλιοθήκη δωρεάν συγκροτημάτων μοντέλων (π.χ. παράθυρα, πόρτες, αυτοκίνητα), 3D Warehouse, στα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν απο χρήστες για τα διάφορα μοντέλα. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει λειτουργίες διάταξης σχεδίασης, επιτρέπει επιφανειακή απόδοση σε μεταβλητά "στυλ", υποστηρίζει προγράμματα "plug-in" άλλων κατασκευαστών που φιλοξενούνται σε μια τοποθεσία που ονομάζεται Extension Warehouse για να παρέχουν άλλες δυνατότητες. Είναι ένα λογισμικό σχεδιασμού που ενώ αρχικά φαίνεται απλό και εύκολο στην χρήση με την κατάλληλη εισαγωγή (Plug-in Open Studio) προγράμματος επικοινωνίας με το Open Studio μετατρέπεται σε ένα πολύ δυνατό εργαλείο σχεδιασμού, εισαγωγής και επεξεργασίας δεδομένων, που αργότερα ο χρήστης μπορεί να εισάγει όλων των ειδών ενεργειακά μεγέθη. Το SketchUp αναπτύχθηκε από την εταιρεία εκκίνησης @Last Software του Boulder, Κολοράντο, που ιδρύθηκε το 1999 από τους Brad Schell και Joe Esch.

Το SketchUp έκανε το ντεμπούτο του τον Αύγουστο του 2000 ως εργαλείο δημιουργίας 3D γενικού σκοπού και θεωρήθηκε ως πρόγραμμα λογισμικού που θα επέτρεπε στους επαγγελματίες του σχεδίου να σχεδιάζουν τον τρόπο που θέλουν, εξομοιώνοντας την αίσθηση και την ελευθερία εργασίας με το στυλό και το χαρτί σε ένα απλό και κομψό περιβάλλον εργασίας, που θα ήταν διασκεδαστικό να χρησιμοποιηθεί και εύκολο να μαθευτεί και που θα χρησιμοποιούσαν οι σχεδιαστές για να παίζουν με

τα σχέδιά τους με τρόπο που δεν είναι εφικτός με το παραδοσιακό λογισμικό σχεδιασμού. Έχει επίσης κουμπιά φιλικά προς το χρήστη για να διευκολύνει τη χρήση.

Το πρόγραμμα κέρδισε το βραβείο επιλογής της Κοινότητας στην πρώτη του έκθεση το 2000

Η Google απέκτησε το @Last Software στις 14 Μαρτίου 2006 για άγνωστο ποσό, που προσελκύνθηκε από το έργο του @Last Software για την ανάπτυξη ενός plugin για το Google Earth. Στις 9 Ιανουαρίου 2007, η Google ανήγγειλε το Google SketchUp 6, μια δωρεάν έκδοση του SketchUp χωρίς κάποιες λειτουργικότητες του SketchUp Pro, αλλά περιλαμβάνει ολοκληρωμένα εργαλεία για τη μεταφόρτωση περιεχομένου στο Google Earth και στην Google 3D Warehouse. Μια εργαλειοθήκη δίνει τη δυνατότητα σε έναν θεατή να "περπατάει" και να βλέπει πράγματα από διαφορετικές απόψεις και υποστηρίζει ετικέτες για τα μοντέλα, ένα εργαλείο εμφάνισης και ένα εργαλείο σχήματος. Το Google SketchUp Pro 6 εισήγαγε μια δοκιμαστική έκδοση του Google SketchUp LayOut. Το LayOut περιλαμβάνει εργαλεία δυσδιάστατα (2D) και εργαλεία διάταξης σελίδας που επιτρέπουν την παραγωγή παρουσιάσεων χωρίς την ανάγκη για ξεχωριστό πρόγραμμα παρουσίασης.

Στις 17 Νοεμβρίου 2008, το SketchUp 7 κυκλοφόρησε με αλλαγές που αποσκοπούσαν στην ευκολότερη χρήση του, ενσωμάτωση του SketchUp με το Google 3D Warehouse, LayOut 2 και δυναμικά στοιχεία που ανταποκρίνονται στην κλιμάκωση στοιχείων. Επίσης τα Windows 2000 δεν υποστηρίζονται πλέον.

Την 1η Σεπτεμβρίου 2010, το SketchUp 8 κυκλοφόρησε με μοντέλο εύρεσης με την ενσωμάτωση των Χαρτών Google και Building Maker.

Ούτε η δωρεάν έκδοση ούτε η επαγγελματική έκδοση ήταν διαθέσιμες σε εγγενή μορφή για Linux ή Mac OS νωρίτερα από την 10.5 έκδοση. Η έκδοση 8 της εφαρμογής SketchUp έχει βαθμολογηθεί ως "Χρυσή" για τις πρωτοποριακές δυνατότητες της.

Οι πληροφορίες γεωγραφικής κατανομής αποθηκεύονται πάντοτε στο αρχείο KMZ ενώ τα σχέδια του κτιρίου σώζονται σε μορφή SKP.

Trimble

Η Trimble Navigation (τόρα Trimble Inc.) απέκτησε το SketchUp από την Google την 1η Ιουνίου 2012 για ένα μη ανακοινωθέν ποσό. Το 2013 κυκλοφόρησε το SketchUp 2013. Ένας νέος ιστότοπος παρέχεται, Extension Warehouse, φιλοξενώντας plugins και επεκτάσεις για Sketchup.

OpenStudio: Το Open Studio είναι μια συλλεκτική πλατφόρμα (Windows, Mac και Linux) που διαθέτει εργαλεία λογισμικού για τη στήριξη ολόκληρης της ενεργειακής μοντελοποίησης του κτιρίου χρησιμοποιώντας το Energy Plus και την προηγμένη ανάλυση της ημέρας χρησιμοποιώντας την ημερησία ακτινοβολία από το εκάστοτε αρχείο καιρού. Το Open Studio είναι ένα έργο ανοιχτής πηγής (LGPL) για τη διευκόλυνση της ανάπτυξης, της επέκτασης και της υιοθέτησης του ιδιωτικού τομέα. Το Open Studio περιλαμβάνει γραφικές διεπαφές μαζί με ένα πακέτο ανάπτυξης λογισμικού (SDK). Οι γραφικές εφαρμογές περιλαμβάνουν το Plug-in Open Studio Sketch Up, την εφαρμογή Open Studio, το View Viewer και το εργαλείο παραμετρικής ανάλυσης. Το Plug-in Open Studio Sketch Up είναι μια επέκταση στο δημοφιλές εργαλείο μοντελοποίησης Sketch Up του Trimble που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν γρήγορα τη γεωμετρία που απαιτείται για το Energy Plus. Επιπλέον, το Open Studio υποστηρίζει την εισαγωγή gbXML και IFC για δημιουργία γεωμετρίας. Η εφαρμογή

Open Studio είναι μια πλήρως εξοπλισμένη γραφική διεπαφή για τα μοντέλα του Open Studio, συμπεριλαμβανομένων των φακέλων, των φορτίων, των χρονοδιαγραμμάτων και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Το View Viewer επιτρέπει την περιήγηση, τη γραφική παράσταση και τη σύγκριση των δεδομένων εξόδου προσομοίωσης. Το εργαλείο παραμετρικής ανάλυσης επιτρέπει να μελετηθεί ο αντίκτυπος της εφαρμογής πολλαπλών συνδυασμών των μέτρων που χρησιμοποιήθηκαν στο Open Studio σε ένα βασικό μοντέλο καθώς και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων ανάλυσης για την υποβολή της εκάστοτε μελέτης. Εκτός από τη γραφική διεπαφή, το Open Studio επιτρέπει στους ερευνητές και στους προγραμματιστές να ξεκινήσουν γρήγορα τα πολλαπλά επίπεδα εισόδου, συμπεριλαμβανομένης της πρόσβασης μέσω C ++, Ruby και C #. Οι χρήστες μπορούν να αξιοποιήσουν τη διεπαφή Ruby για να δημιουργήσουν μέτρα Open Studio που μπορούν εύκολα να μοιραστούν και να εφαρμοστούν στα μοντέλα Open Studio μέσω μιας διεθνούς on-line διαδικτυακής βιβλιοθήκης (BCL).

Energy Plus.

Το Energy Plus είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης ενέργειας για μια κατασκευή κτηρίου που χρησιμοποιούν οι μηχανικοί, οι αρχιτέκτονες και οι ερευνητές για να μοντελοποιούν τόσο την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό, εξαερισμό, φωτισμό, πρόσθετα φορτία επεξεργασίας, και για τη χρήση νερού σε κτίρια. Μερικά από τα αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά και δυνατότητες του Energy Plus περιλαμβάνουν:

- Ολοκληρωμένη, ταυτόχρονη λύση των συνθηκών της θερμικής ζώνης και της απόκρισης του συστήματος κλιματισμού (HVAC) ανά θερμική ζώνη.
- Ανάλυση της θερμικής ισορροπίας με βάση την ακτινοβολία και μεταφορά ενέργειας με αγωγή και συναγωγή. Πολλαπλά χρονικά βήματα καθορισμένα από τον χρήστη για αλληλεπίδραση μεταξύ θερμικών ζωνών και περιβάλλοντος με αυτόματα μεταβαλλόμενα χρονικά βήματα για αλληλεπιδράσεις μεταξύ θερμικών ζωνών και συστημάτων κλιματισμού (HVAC). Αυτά επιτρέπουν στο Energy Plus να μοντελοποιεί συστήματα με μεγάλη ταχύτητα προσομοίωσης και με μεγαλύτερη ακρίβεια.
- Προσφέρει συνδυασμένο μοντέλο μεταφοράς θερμότητας και μάζας που αντιπροσωπεύει την κίνηση του αέρα μεταξύ των ζωνών.
- Προηγμένα μοντέλα σκίασης, συμπεριλαμβανομένων των ελεγχόμενων περσίδων παραθύρων, ηλεκτροχρωμικών υαλοπινάκων και θερμικής ισορροπίας ανά στρώμα υλικού που υπολογίζουν την ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από τα παράθυρα.
- Υπολογισμοί φωτεινότητας και αντανάκλασης για την αναφορά οπτικών αισθητικών υπολογισμών.
- Κλιματισμός (HVAC) που βασίζεται σε εξαρτήματα και υποστηρίζει τόσο τυποποιημένες όσο και νέες διαμορφώσεις συστημάτων. Τυπικές ανακεφαλαιωτικές και αναλυτικές αναφορές εξόδου, καθώς και αναφορές καθορισμένες από το χρήστη με δυνατότητα επιλογής χρόνου από ετήσια έως υπό-ωριαία χρονικά βήματα.

2.3 Επεξεργασία των δεδομένων.

Ακολουθεί η επεξεργασία των σχεδίων (σε AutoCAD) και η αφαίρεση των μη χρησίων ενεργειακά στοιχείων (δένδρα που δεν σκιάζουν το κτήριο, παραπλήσιοι χώροι, παρκινγκ κλπ).

Μένουν λοιπόν μόνο το κέλυφος και τα εσωτερικά χωρίσματα του κτηρίου τα οποία εισάγονται στο Sketch up* μέσω της εντολής **Import CAD file** και χρησιμοποιώντας τις κατόψεις δημιουργείται το "αποτύπωμα" στο πρόγραμμα αυτό, κομμάτι-κομμάτι. Εδώ είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι με την χρήση της παραπάνω εντολής αποτυπώνεται μόνο μια ισχνή αποτύπωση και όχι πραγματικές «γραμμές». Έτσι απαιτήθηκε να ξανασχεδιαστεί όλο το γράφημα της κάτοψης του ισόγειου αλλά και του πρώτου ορόφου εκ νέου .

Το τρισδιάστατο κτήριο απαιτεί αρκετές επεμβάσεις στο αρχικό σχέδιο με εκ-νέου σχεδιασμό πολλών τμημάτων για να μπορέσει να "δέσει" το ισόγειο με τον πρώτο όροφο. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας την εντολή **create spaces from diagram** (που βρίσκεται στο plug in του open studio εντός του Sketch Up). Μέσω του Sketch Up Plug in υπάρχει η δυνατότητα να οριστούν θερμικές ζώνες για κάθε διαφορετικό δωμάτιο, το οποίο και γίνεται αργότερα στον σχεδιασμό.

3. State of the art.

Στην Ελλάδα του 2018 χρησιμοποιείται ευρέως (και σύμφωνα με την νομοθεσία) το πρόγραμμα του TEE-KENAK για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατηγορίας ενός κτηρίου για την απόκτηση ενεργειακού πιστοποιητικού. Το ειδικό λογισμικό TEE-KENAK αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (IEΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο του προγράμματος συνεργασίας με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ).

Επίσης, με τη συμβολή μεγάλου αριθμού εξειδικευμένων επιστημόνων αλλά και απλών χρηστών έγινε προσπάθεια ενσωμάτωσης των περισσότερων παρατηρήσεων από την πιλοτική διάθεσή του, προκειμένου για την αναβάθμιση και βελτίωση του και πλέον αποτελεί ένα κοινό σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στην Ελλάδα.

Το λογισμικό αυτό εφαρμόζει τους απαραίτητους αλγόριθμους για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στην Ελλάδα, βασιζόμενο στην μεθοδολογία Ευρωπαϊκών προτύπων (ΕΛΟΤ EN ISO 13790, κ.α.) καθώς και στα σχετικά εθνικά πρότυπα και στις αντίστοιχες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

Στο λογισμικό εισάγονται δεδομένα σχετικά με τα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους (θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων, σκιάσεις κ.α.), καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των απαραίτητων Η/Μ εγκαταστάσεων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης / ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου. Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα των υπολογισμών, εκτυπώνονται σε αντίστοιχες αναφορές του λογισμικού.

Στο πλαίσιο της Κοινοτικής Οδηγίας **91/2002/ΕΚ** «για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων», η χώρα είχε την υποχρέωση να εναρμονιστεί μέχρι τον Ιανουάριο του 2006 με την έκδοση και την εφαρμογή σχετικών νομοθετικών διατάξεων. Το πρώτο βήμα για την εναρμόνισή με την Κοινοτική Οδηγία αυτή ήταν η έκδοση του **ν. 3661/2008** (ΦΕΚ Α' 89) «Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτιρίων και άλλες διατάξεις». Βάσει του νόμου υπήρχε η υποχρέωση έκδοσης σχετικού «Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης κτηρίων» (**Κ.Εν.Α.Κ.**) στον οποίο, μεταξύ άλλων, θα πρέπει να καθορίζονται οι ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές και απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης των νέων και ριζικά ανακαινιζόμενων, καθώς και η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων (ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790 και των λοιπών σχετικών προτύπων). Η οδηγία 91/2002/ΕΚ τροποποιήθηκε από την οδηγία 31/2010/ΕΚ και η εναρμόνισή μας με τη νέα οδηγία έγινε με την έκδοση του νέου νόμου **4122/2013** (ΦΕΚ Α' 42) «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων - Εναρμόνιση με την οδηγία **2010/31/ΕΕ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις».

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) αποτελεί υποχρέωση της χώρας τόσο προς τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Κοινοτική Οδηγία), αλλά περισσότερο προς τους πολίτες της. Ο κτιριακός πλούτος της χώρας πρέπει, σύμφωνα με τις σύγχρονες απαιτήσεις διαβίωσης, να αποκτήσει καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά μέσω της σωστής διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας. Με αυτό τον τρόπο, εκτός από την ασφάλεια και την αισθητική που μέχρι σήμερα ήταν τα κυριότερα στοιχεία ενός κτηρίου, προστίθεται και η μέριμνα, έτσι ώστε η κατανάλωση ενέργειας να είναι κατά το δυνατόν χαμηλότερη, με ταυτόχρονη εξασφάλιση άριστων συνθηκών για τους χρήστες.

Ο Κ.Εν.Α.Κ. σύμφωνα με τα οριζόμενα στο άρθρο 23, παράγραφο 2, **του νόμου 4122/2013**, εξακολουθεί να ισχύει μέχρι την έκδοση νέας απόφασης για αναθεώρηση του Κανονισμού.

Η αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας προστατεύει άμεσα και έμμεσα το περιβάλλον, εξοικονομεί ενεργειακούς πόρους και επιπλέον συμβάλλει στην οικονομία όχι μόνο των χρηστών των κτηρίων, αλλά και της ίδιας της χώρας.

Αξιοποιώντας το επιστημονικό δυναμικό των Μελών του, το ΤΕΕ, κατάρτισε σε συνεργασία με την Πολιτεία τις απαραίτητες Τεχνικές Οδηγίες, οι οποίες εξειδικεύουν τα πρότυπα των μελετών και των επιθεωρήσεων της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, στα Ελληνικά κλιματικά και κτιριακά δεδομένα. Οι Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ) εγκρίθηκαν αρχικά αρχικά από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής με την με Αριθ. οικ. 17178/ΦΕΚ Β 1387-2010 Απόφαση και τίθενται σε υποχρεωτική εφαρμογή ως εξής:

ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».

ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων».

ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών».

ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού».

Μετά από τη διετή εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ., προέκυψαν και καταγράφηκαν αρκετά ερωτήματα και παρατηρήσεις, τόσο όσον αφορά στη διαδικασία ενεργειακών επιθεωρήσεων κτηρίων, όσο και στην εκπόνηση - υποβολή μελετών ενεργειακής απόδοσης κτηρίων. Προκειμένου για τη διευκόλυνση, καθοδήγηση και ενιαία αντιμετώπιση των θεμάτων που προέκυψαν, καθώς και για τα όσα αναφέρονταν στις διευκρινιστικές εγκυκλίους του Υ.Π.Ε.Κ.Α., το ΤΕΕ υπέβαλε σχετικά κείμενα, ανά τεχνική οδηγία, με τις απαραίτητες διευκρινίσεις, προσθήκες και τροποποιήσεις στην αρμόδια υπηρεσία Ε.Υ.Επ.Εν. Τα σχετικά κείμενα «Διευκρινίσεις & Προσθήκες Τεχνικών Οδηγιών» εγκρίθηκαν από τον Υπουργό Υ.Π.Ε.Κ.Α. με την υπ' Αριθμ. οικ. 1192/ΦΕΚ 1413-2012, τα οποία ίσχυαν με την έκδοση του σχετικού ΦΕΚ και ενσωματώνονταν στη δεύτερη έκδοση των αντίστοιχων Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010, 20701-3/2010 και 20701-4/2010. Με την ίδια απόφαση είχε εγκριθεί και η τεχνική οδηγία:

ΤΟΤΕΕ 20701-5/2012 «Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού, Θερμότητας και Ψύξης: Εγκαταστάσεις σε Κτήρια».

Μετά την έκδοση του ν. 4122/2013, το Υ.Π.Ε.Κ.Α. κοινοποίησε σχέδιο υπουργικής απόφασης με τίτλο «Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2013/213/GR), σε εφαρμογή των διατάξεων του Π.Δ. 39/2001 (ΦΕΚ Α' 28). Στη συνέχεια διατυπώθηκαν σχετικές παρατηρήσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής με το αριθμό C(2013) 4758 final/19.7.2013 έγγραφο της, οι οποίες έγιναν αποδεχτές και ενσωματώθηκαν στις Τεχνικές Οδηγίες με το υπ αριθμ. 724/2013/6.6.2014 έγγραφο του Υ.Π.Ε.Κ.Α. Η τελική έγκριση των Τεχνικών Οδηγιών του ΤΕΕ από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, μετά και την ενσωμάτωση των παρατηρήσεών της, έγινε με το 791/3.10.2014 μήνυμα της. Κατόπιν και την έγκριση των Τεχνικών Οδηγιών του ΤΕΕ από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, το Υ.Π.Ε.Κ.Α. εξέδωσε εκ νέου υπουργική απόφαση με αριθμό 2618/23.10.2014(ΦΕΚ Β'2945) για την «Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» στην οποία κοινοποιούνται σε παραρτήματα οι νέες εκδόσεις των Τεχνικών Οδηγιών του ΤΕΕ τροποποιημένες με την ενσωμάτωση των ως άνω παρατηρήσεων. Με την ίδια απόφαση καταργούνται οι προηγούμενες εγκρίσεις.

Χρονικό εφαρμογής κανονισμού.

Από 1η Οκτωβρίου 2010 τέθηκε σε πλήρη εφαρμογή ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) για την έκδοση οικοδομικών αδειών. Ειδικότερα, από την 1η του μήνα είναι υποχρεωτική για την έκδοση οικοδομικής άδειας σε κτίρια νέα ή υφιστάμενα που ανακαινίζονται ριζικά, η υποβολή στις πολεοδομικές υπηρεσίες της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου, σύμφωνα με τα οριζόμενα στο Κεφάλαιο Δ' του ΚΕΝΑΚ και θα τηρούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης ώστε να εντάσσονται τουλάχιστον στην Β' ενεργειακή κατηγορία. Υποβάλλεται επίσης και η Μελέτη Τεχνικής, Περιβαλλοντικής και Οικονομικής Σκοπιμότητας που τη συνοδεύει. Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής των κτιρίων αυτών θα εκδίδεται Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.) των Κτιρίων από τους Ενεργειακούς Επιθεωρητές που εντάσσονται σε σχετικό Μητρώο.

Για την εκπόνηση της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης και την έκδοση Π.Ε.Α. απαιτείται η χρήση λογισμικού, καθώς επίσης και Τεχνικών Οδηγιών του ΤΕΕ, που διατίθενται ήδη ηλεκτρονικά από την ιστοσελίδα του ΤΕΕ:

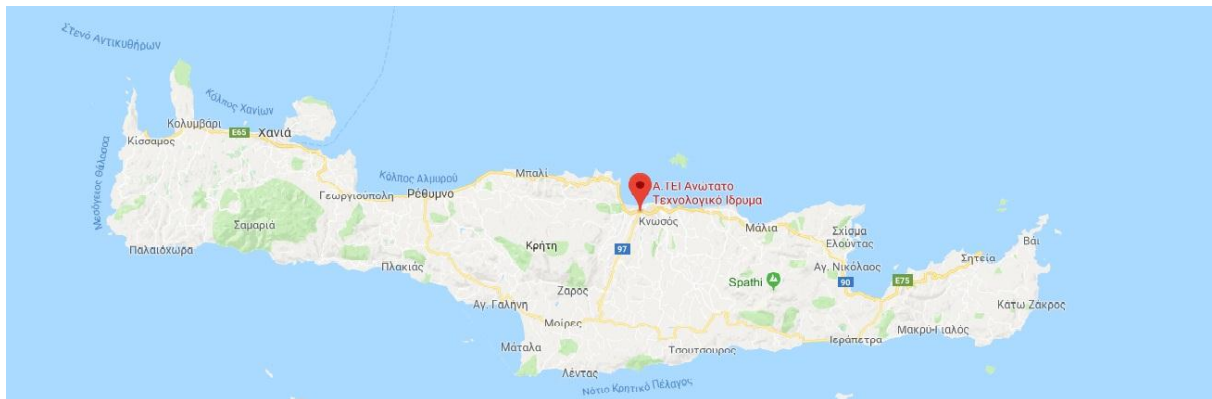
Με την Εγκύκλιο οικ.1603/4.10.2010 παρέχονται διευκρινίσεις προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία έκδοσης οικοδομικών αδειών σχετικά με τον έλεγχο της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης

των Κτιρίων, καθώς επίσης και με τα δεδομένα υπολογισμού, τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, τη διαδικασία Ενεργειακών Επιθεωρήσεων και την έκδοση Π.Ε.Α.

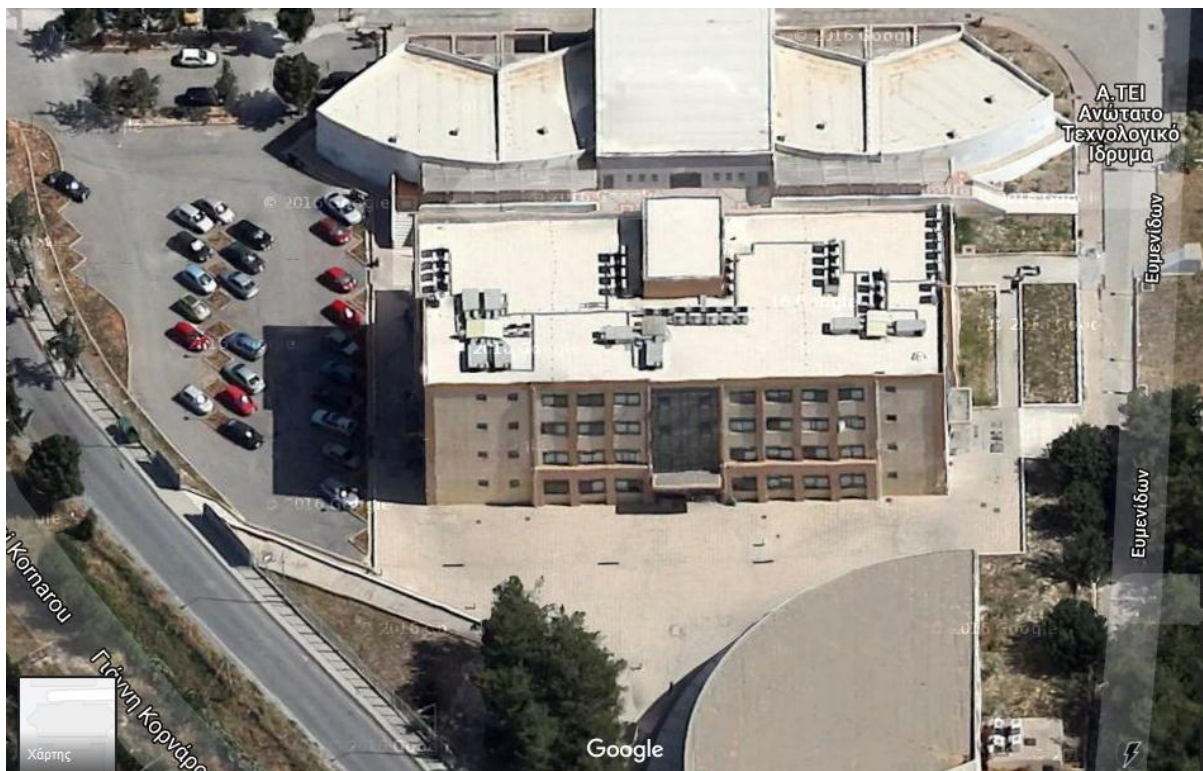
4. Κύριο μέρος πτυχιακής.

4.1 Περιγραφή του υπό μελέτη κτηρίου.

Το προς μελέτη κτήριο είναι ένα τετραώροφο κτήριο αιθουσών διδασκαλίας του ΤΕΙ Κρήτης που βρίσκεται στο νόμο Ηρακλείου Κρήτης στην περιοχή του Εσταυρωμένου. Οι διαστάσεις του εν λόγω κτηρίου είναι: Μήκος 50,25 μέτρα, πλάτος 28,25 μέτρα και το ύψος του είναι 15,6 μέτρα. Οι συντεταγμένες της τοποθεσίας του είναι: γεωγραφικό πλάτος $35^{\circ} 19' 1,5''$ Βόρεια και το γεωγραφικό μήκος $25^{\circ} 6' 7''$ Δυτικά, ενώ το υψόμετρο του από την θάλασσα είναι στα 63 μέτρα. Σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ το κτήριο βρίσκεται στην Α κλιματική ζώνη.



Εικόνα 4.1 Θέση κτηρίου στον χάρτη της Κρήτης.



Εικόνα 4.2 Εναέρια φωτογραφία του κτηρίου (μέσω Google Earth).

4.1.1 Γενικά στοιχεία κτηρίου.

Το κτήριο διαθέτει 28 αίθουσες διδασκαλίας εκ των οποίων δύο αμφιθέατρα τα οποία βρίσκονται στο ισόγειο. Η δυναμικότητα του κτηρίου είναι 2240 ατόμων. Έχει συνολική επιφάνεια 4877,46 τετραγωνικά μέτρα όπου ο κάθε όροφος είναι 1143,27 και το ισόγειο είναι 1447,65 τετραγωνικά μέτρα που περιλαμβάνει και τα αμφιθέατρα. Τα αμφιθέατρα βρίσκονται στην βόρεια όψη του κτηρίου, στη δυτική όψη βρίσκεται το παρκινγκ ενώ στην νότια όψη βρίσκεται το αμφιθέατρο K28 σε απόσταση 16,23 μέτρων (ελάχιστη). Το κτήριο διαθέτει εισόδους και στις τέσσερις διευθύνσεις (Ανατολή-Δύση-Βορράς-Νότος).

Οι αίθουσες λειτουργούν σε τρεις περιόδους ανά έτος (του 2017) οι οποίες είναι οι εξής:

- Από τις 09 Ιανουαρίου έως 07 Απριλίου (περίοδος μέχρι το Πάσχα).
- Από τις 24 Απριλίου έως τις 14 Ιουλίου (περίοδος μέχρι το καλοκαίρι)
- Από 04 Σεπτεμβρίου έως 22 Δεκεμβρίου (περίοδος έως Χριστούγεννα)

Οι περίοδοι αυτοί δεν είναι κάθε έτος σταθεροί ,αλλάζουν αναλόγως τις εορτές , για παράδειγμα το Πάσχα δεν είναι σταθερή εορτή καθώς επίσης και το αν θα πέφτει Δευτέρα η έναρξη του εξαμήνου ή όχι.

Τις ημέρες που το κτήριο είναι κλειστό οι μόνες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας είναι τα εξωτερικά φώτα (προβολείς) ασφαλείας .

Παρακάτω παρατίθενται μερικές φωτογραφίες εξωτερικά του κτηρίου.



Εικόνα 4.3 Νότια όψη (απέναντι από αμφιθέατρο K28).



Εικόνα 4.4 βόρεια όψη.



Εικόνα 4.5 Ανατολική όψη.

4.1.2 Περιγραφή χώρων.

Το κτήριο αποτελείται από το Ισόγειο και τρεις ορόφους (4-οροφο) που επικοινωνούν μεταξύ τους με τρία (3) κλιμακοστάσια (σκάλες) και έναν ανελκυστήρα 15 ατόμων σε όλες τις στάθμες του. Σε κάθε όροφο υπάρχουν επτά (7) αίθουσες διδασκαλίας εκ των οποίων στο ισόγειο οι δυο είναι αμφιθέατρα. Παρακάτω αναφέρονται οι αίθουσες με τα τετραγωνικά τους καθώς και η μέγιστη χωρητικότητα τους σε άτομα.

Πινάκας 4.1 Περιγραφή χώρων

Αίθουσες	Προσανατολισμός	Ποσότητα	Χωρητικότητα (άτομα)
Αμφιθέατρα	Βόρειος	2	144
Μεγάλες	Βόρειες	14	96
Μεγάλες	Νότιες	4	72
Μικρές	Νότιες	8	40
Ανελκυστήρας	Βόρειος	1	15
Δωμάτια ηλεκτρικών εγκαταστάσεων	Νότιος	4	-
Τουαλέτες	Νότιος	4	10

4.2 Ενεργειακά στοιχεία Κτηρίου.

Το κτήριο μας καταναλώνει μόνο μιας μορφής ενέργεια, την ηλεκτρική ενέργεια, για τον φωτισμό, την λειτουργία του ηλεκτρικού εξοπλισμού και τον κλιματισμό.

Ο φωτισμός περιλαμβάνει τα φωτιστικά σώματα που είναι τοποθετημένα σε κάθε αίθουσα καθώς και στους διαδρόμους αλλά και στην περίμετρο του κτηρίου. Ο ηλεκτρικός εξοπλισμός αναφέρεται κυρίως σε μηχανήματα προβολής διαφανειών, φορητούς υπολογιστές και στον ανεγκυστήρα.

Ο κλιματισμός περιλαμβάνει κλιματιστικές μονάδες που η διανομή γίνεται μέσω αεραγωγών με την βοήθεια ηλεκτρικών ανεμιστήρων.

Πίνακας 4.2 Εγκατεστημένη ισχύς

Τύπος	Ισχύς (Watt)
Φωτισμός	47.088
Προβολείς (εξωτερικοί)	2.800
Προβολέας διαφανειών	1.200
Ανεγκυστήρας	20.000
Κλιματισμός (σύνολο μαζί με αεραγωγούς)	27.2206,8

Φωτισμός: ο φωτισμός των εσωτερικών χώρων του κτηρίου καλύπτεται από φωτιστικά τύπου φθορισμού με 2 και 4 λάμπες έκαστο. Πιο συγκεκριμένα στις αίθουσες χρησιμοποιούνται φωτιστικά με τέσσερις (4) λάμπες φθορισμού μάρκας Philips T8 830 1450 Lumens 18 Watt- 60 εκατοστών. Τα συνολικά φωτιστικά στις αίθουσες και τα αμφιθέατρα ανέρχονται σε 500 τεμάχια.

Στους διαδρόμους χρησιμοποιούνται διπλά φωτιστικά μεγαλύτερου μεγέθους με λάμπες Philips T8 54-765 3250 Lumens 36 Watt-120 εκατοστών. Τα συνολικά φωτιστικά στους διαδρόμους ανέρχονται σε 128 τεμάχια.

Στις τουαλέτες χρησιμοποιούνται φωτιστικά με δύο λάμπες Philips T8 830 1450 Lumens 18 Watt- 60 εκατοστών. Τα συνολικά φωτιστικά στις τουαλέτες ανέρχονται σε 52 τεμάχια

Τα εξωτερικά φώτα αποτελούνται από 14 προβολείς πυρακτώσεως ισχύος 200 Watt έκαστος τοποθετημένα περιμετρικά του κτηρίου κυρίως στις τέσσερις εισόδους.

Ο ηλεκτρικός εξοπλισμός αποτελείται από 8 μηχανήματα προβολής διαφανειών ισχύος 150 Watt ο κάθε ένας.

Όσον αφορά τον Ανεγκυστήρα αυτός έχει ισχύ 20KW (20000Watt) είναι χωρητικότητας 15 ατόμων ή 1125 κιλά, με τέσσερις στάσεις.

Το κτήριο είναι εξοπλισμένο με 60 διαιρούμενες κλιματιστικές μονάδες (split) οι οποίες συμβάλουν όλες μαζί σε τρεις (3) διαφορετικούς εναλλάκτες με σύστημα αεραγωγών για την διανομή τους στον χώρο του κτηρίου. Η ισχύς των κλιματιστικών μονάδων είναι 265,68KW (265680Watt) συνολικά με COP 2.49 και EER 2.54.

Οι αεραγωγοί περιλαμβάνουν ηλεκτρικούς κινητήρες συνολικής ισχύος 6526,8 Watt με συντελεστή απόδοσης 0.8. Το ποσοστό ανάμειξης στο δίκτυο των αεραγωγών είναι 18,27% νωπός αέρας και η

παροχή τους είναι συνολικά (μαζί με την ανακυκλοφορία) 10,33 κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m^3/sec) συνολικά για όλο το κτήριο.

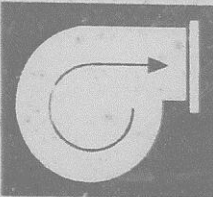
Ακολουθούν φωτογραφίες της οροφής του κτηρίου όπου φαίνονται οι κλιματιστικές μονάδες μαζί με το δίκτυο των αεραγωγών.



Εικόνα 4.6 Δυτική πλευρά του κτηρίου.



Εικόνα 4.7 Ανατολική-βόρεια πλευρά του κτηρίου.

 "AIRTECHNIC" ΧΑΤΖΟΥΔΗΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ Τηλ :210-2130051, 2926304, 2923916 Fax :210-2223283 ΑΓ. ΑΝΤΩΝΙΟΥ 19 & ΞΗΡΟΚΡΗΝΗΣ					
ΑΡΙΘΜ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ		: ΠΚ-31/Α		ΤΥΠΟΣ ΜΗΧ/ΤΟΣ: ENC (Τυ box 80/180-7-B)	
ΠΑΡΟΧΗ ΑΕΡΑ ΠΡ	M H	5 800	ΠΑΡΟΧΗ ΑΕΡΑ ΕΠ	M H	3 800
ΣΤ ΠΙΕΣΗ	(Pa)	450	ΣΤ ΠΙΕΣΗ	(Pa)	410
ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	KW		ΨΥΚΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	KW	
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ		ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ		ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ	
ΤΥΠΟΣ		AT 15/15	ΤΥΠΟΣ		
ΣΤΡΟΦΕΣ	RPM	420	ΣΤΡΟΦΕΣ	RPM	1050
ΗΛΕΚ Ρ			ΗΛΕΚ ΡΑ		
ΙΣΧΥΣ	KW	2,2	ΙΣΧΥΣ	KW	1,1
ΤΑΣΗ	V	230	ΤΑΣΗ	V	230

Εικόνα 4.8 Ενδεικτική ταμπέλα του ηλεκτρικού κινητήρα ενός εκ των αεραγωγών.

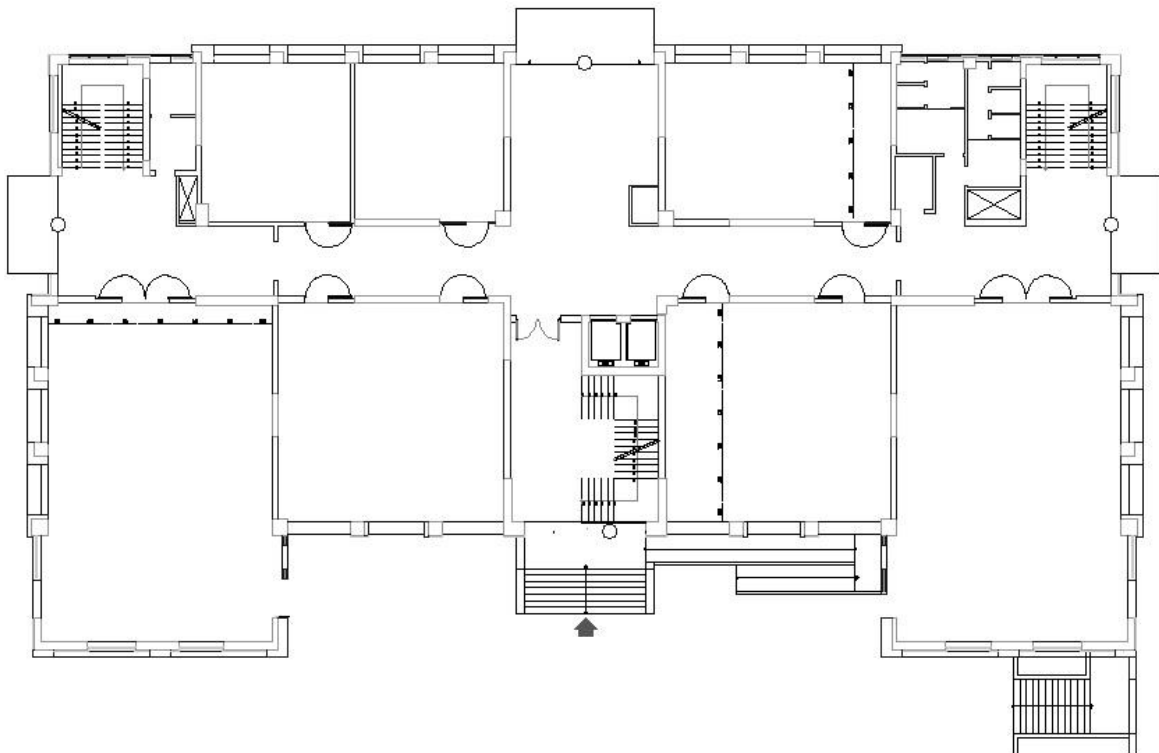
4.3 Προσομοίωση κτηρίου.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα προσομοιωθεί το κτήριο ως έχει και θα γίνει υπολογισμός των ενεργειακών αναγκών του με βάση τα υπάρχοντα δομικά υλικά και ανοίγματα καθώς και με τον υπάρχον ηλεκτρικό εξοπλισμό συμπεριλαμβανομένου και των κλιματιστικών μονάδων.

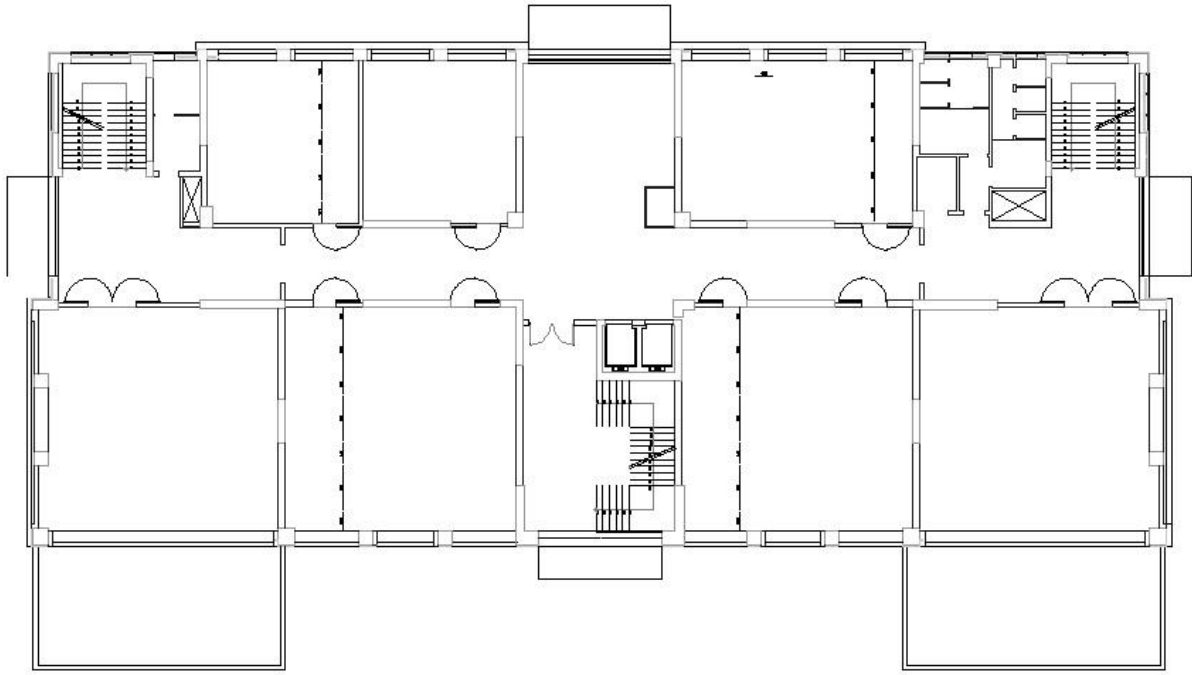
4.3.1 Αποτύπωση κτηρίου ως έχει.

Η προσομοίωση του κτηρίου ξεκινά με την απόκτηση των σχεδίων του σε μορφή Auto Cad. Έπειτα έγινε επεξεργασία των σχεδίων έτσι ώστε να αφαιρεθούν τα περιττά σχέδια παροπλίσεων κατασκευών όπως είναι ο σχεδιασμός του χώρου στάθμευσης στα δυτικά του κτηρίου καθώς δέντρα και σκαλιά στο εξωτερικό τμήμα του κτηρίου που δεν έρχονταν σε επαφή.

Ακόμα αφαιρέθηκαν και τα περιττά εσωτερικά σχέδια όπως τα θρανία και οι καρέκλες για την ευκολότερη περαιτέρω επεξεργασία. Ακολουθεί μια φωτογραφία της κάτοψης του κτηρίου μετά από την αφαίρεση των παραπάνω.

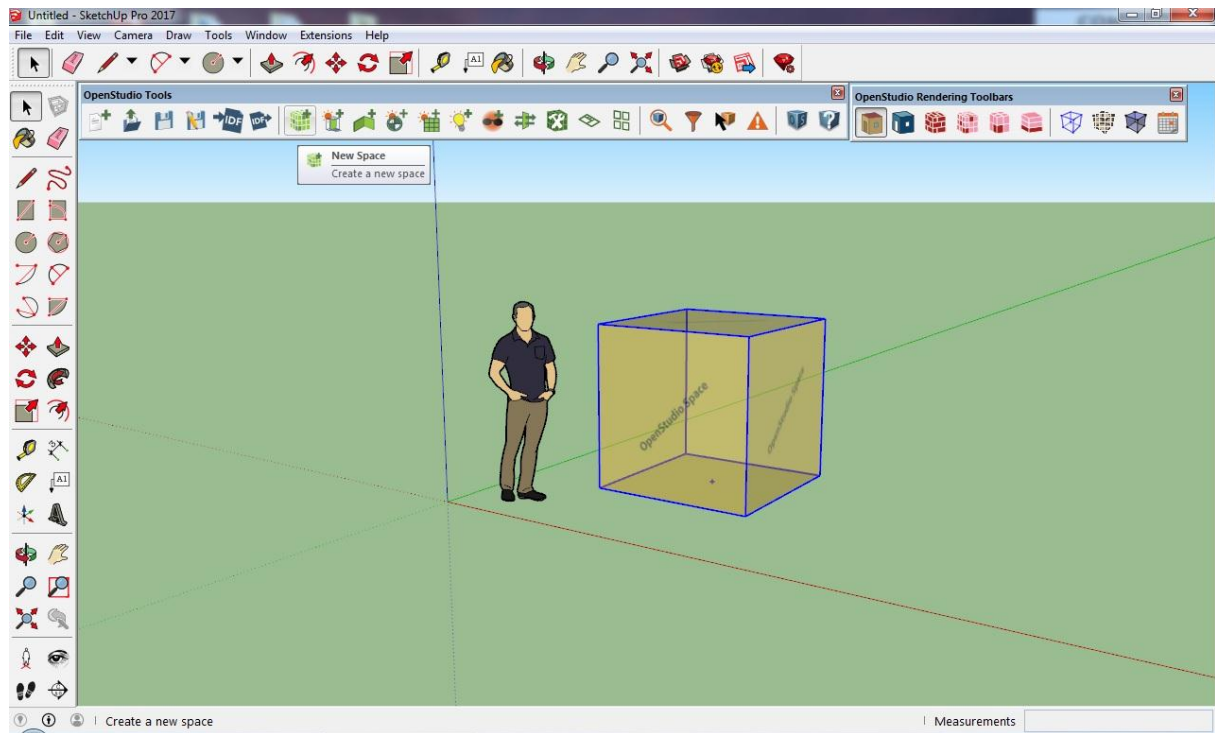


Εικόνα 4.9 Κάτοψη ισογείου.



Εικόνα 4.10 Κάτοψη πρώτου ορόφου.

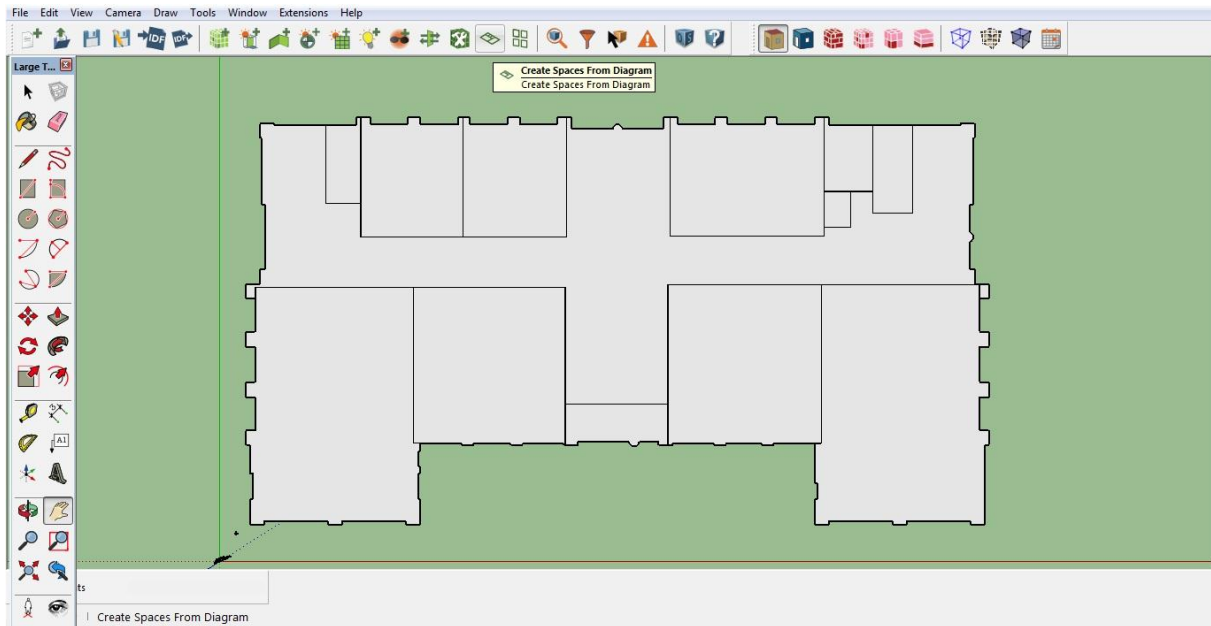
Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν στο πρόγραμμα Sketch up δύο ξεχωριστές κατόψεις με βάση τα παραπάνω σχέδια με τις ακριβείς τους διαστάσεις. Ο σχεδιασμός τους ήταν απαραίτητο να γίνει μέσα σε ένα «χώρο Open Studio» έτσι ώστε να μπορέσει αργότερα το Open Studio να επεξεργαστεί ενεργειακά την κατασκευή που περικλείεται μέσα σε αυτό το «χώρο».



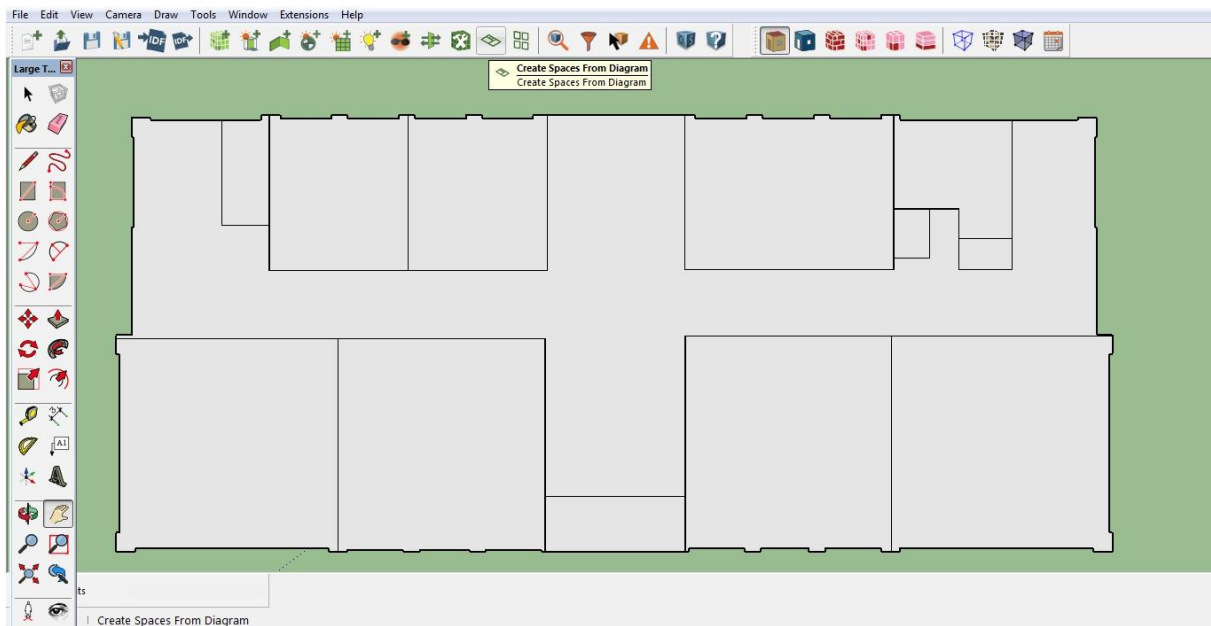
Εικόνα 4.11 Δημιουργία «χώρου Open Studio ».

Έχοντας δημιουργήσει τις κατόψεις του ισόγειου και του πρώτου ορόφου, μέσω της εντολής *create spaces from diagram* ορίστηκε το ύψος του ισόγειου καθώς και των υπόλοιπων ορόφων το οποίο είναι 3,90 μέτρα. Έπειτα οι όροφοι (1^{ος}, 2^{ος}, 3^{ος}) μετακινήθηκαν με την χρήση της εντολής *move* και τοποθετήθηκαν στην οροφή του ισόγειου και έτσι δημιουργήθηκε το αρχικό εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου. Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί ότι το Sketch Up δεν δημιουργεί πάχος τοιχοποιίας, οροφής και δαπέδων, αλλά το συγκεκριμένο μέγεθος εισάγεται έπειτα από το Open studio.

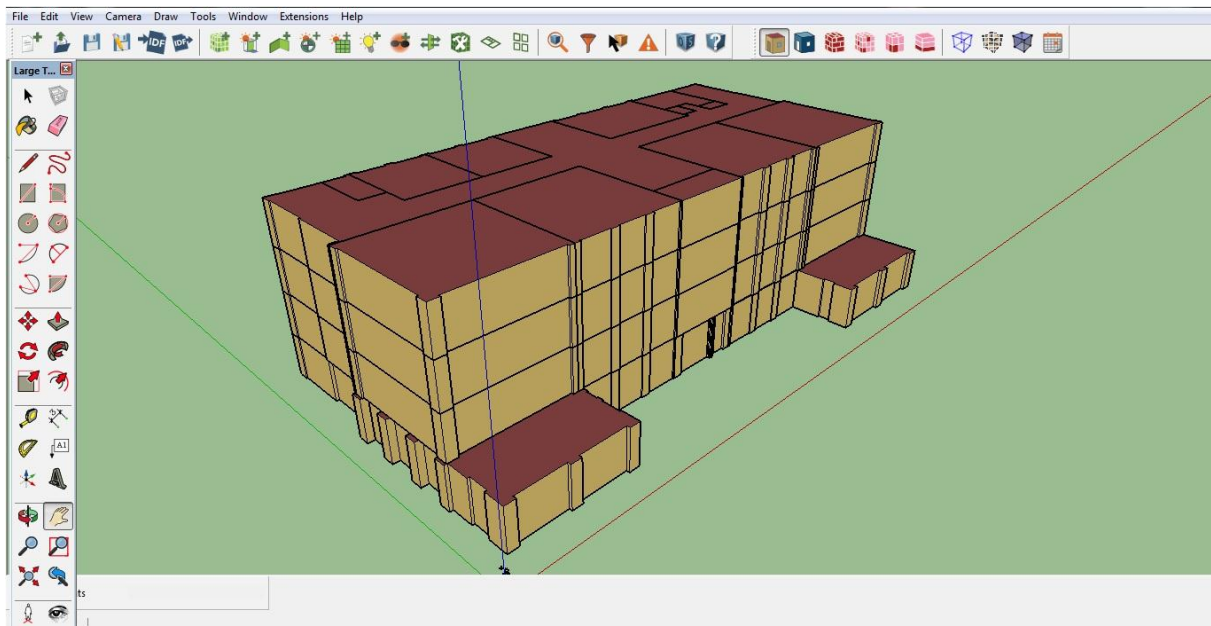
Η δημιουργία των δύο διαφορετικών κατόψεων ήταν απαραίτητη διότι το ισόγειο διαθέτει δυο αμφιθέατρα τα οποία εκτείνονται προς το βορρά και έτσι το ισόγειο και οι υπόλοιποι όροφοι έχουν διαφορετικές διαστάσεις. Παρακάτω φαίνονται κάποια στιγμιότυπα (print screen) κατά την πραγματοποίηση των παραπάνω.



Εικόνα 4.12 Κάτοψη ισογείου (sketch up).

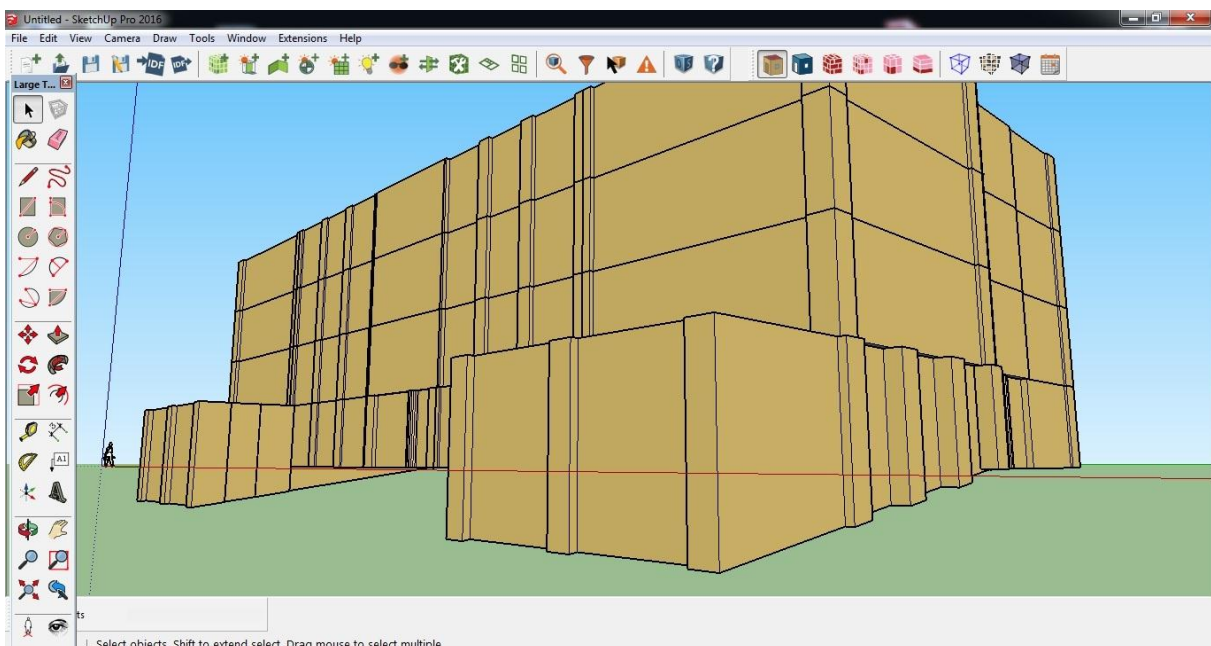


Εικόνα 4.13 Κάτοψη ορόφων (sketch up).



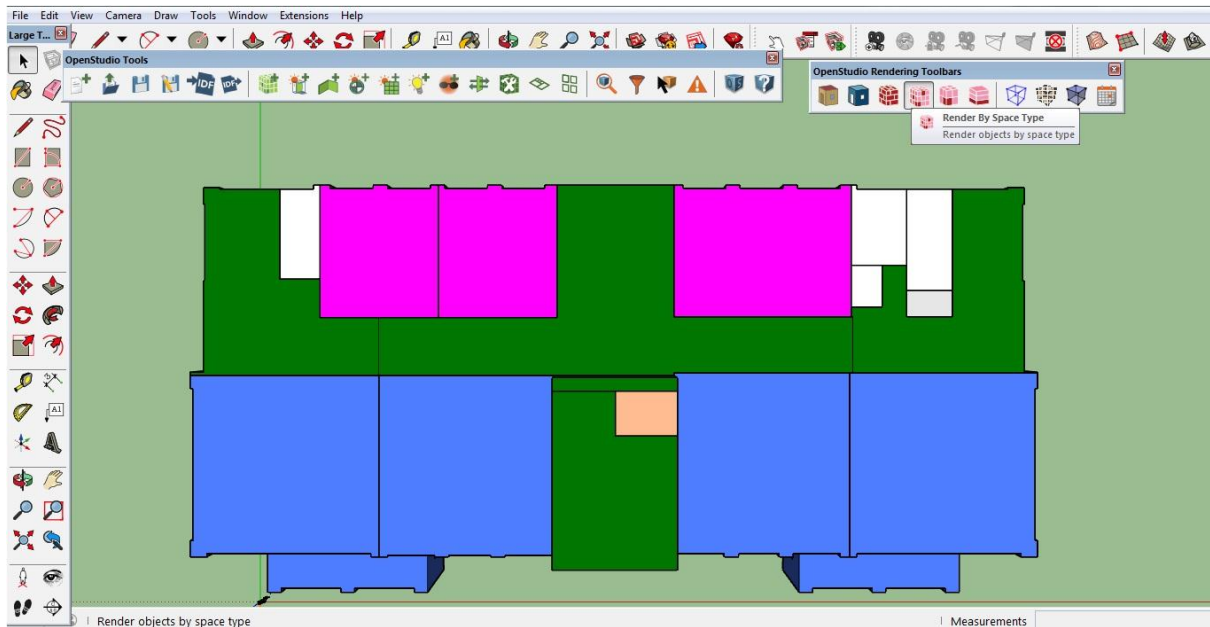
Εικόνα 4.14 Κέλυφος κτηρίου.

Στο συγκεκριμένο σημείο σχεδιάστηκε η κεκλιμένη επιφάνεια του δαπέδου των δυο αμφιθεάτρων του ισογείου. Αυτό έγινε διότι η βόρεια πλευρά των αμφιθεάτρων είναι χαμηλότερη από την δυτική, ανατολική και νότια επιφάνεια του εδάφους κατά 2,35 μέτρα.

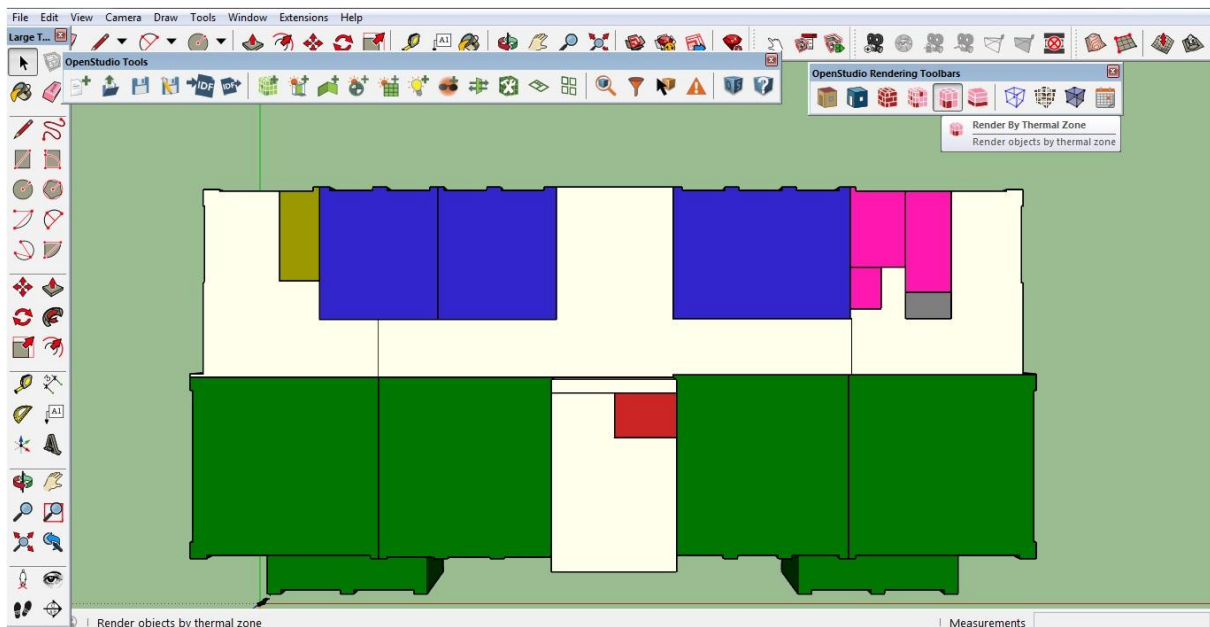


Εικόνα 4.15 Δημιουργία αμφιθεάτρων.

Στη συνέχεια ορίστηκαν μέσω του Open studio plug-in οι όροφοι καθώς και οι ονομασίες τους ισόγειο, πρώτος, δεύτερος και τρίτος όροφος. Έπειτα διαχωρίστηκαν, τα δωμάτια που έχουν σχεδιαστεί, ανά τύπο χρήσης (Space type) και ανά θερμική ζώνη.



Εικόνα 4.16 Διαχωρισμός ανά τύπο χώρου (Space type).



Εικόνα 4.17 Διαχωρισμός ανά θερμική ζώνη (Thermal zone).

Για την εισαγωγή των ανοιγμάτων ελήφθησαν πραγματικές μετρήσεις και σχεδιάστηκαν στο Sketch Up έτσι ώστε να εισαχθούν μετέπειτα οι ιδιότητες και το πάχος των υλικών τους για να αποκτήσουν ενεργειακά μετρήσιμα χαρακτηριστικά μέσω του Open Studio.



Εικόνα 4.18 Τοποθετημένα παράθυρα και πόρτες.

4.4 Εισαγωγή ενεργειακών παραμέτρων.

Σε αυτήν την ενότητα εισάγονται όλα τα απαραίτητα δεδομένα για την ενεργειακή προσομοίωση του κτηρίου ως έχει. Συγκεκριμένα θα εισαχθούν:

- Δελτίο μετεωρολογικών δεδομένων.
- Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας κτηρίου και ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.
- Τοιχοποιίες και υλικά κατασκευής.
- Ηλεκτρικά και άλλα φορτία.
- Συσχετισμός χώρων, πακέτων υλικών και χρονοδιαγραμμάτων λειτουργίας.
- Γενικά στοιχεία κτηρίου και σκιάσεις αυτού.
- Διαχωρισμός χώρων και των λειτουργιών τους.
- Θερμικές ζώνες και συνθήκες μέσα σε αυτές.
- Θέρμανση και κλιματισμός.

4.4.1 Δελτίο μετεωρολογικών δεδομένων.

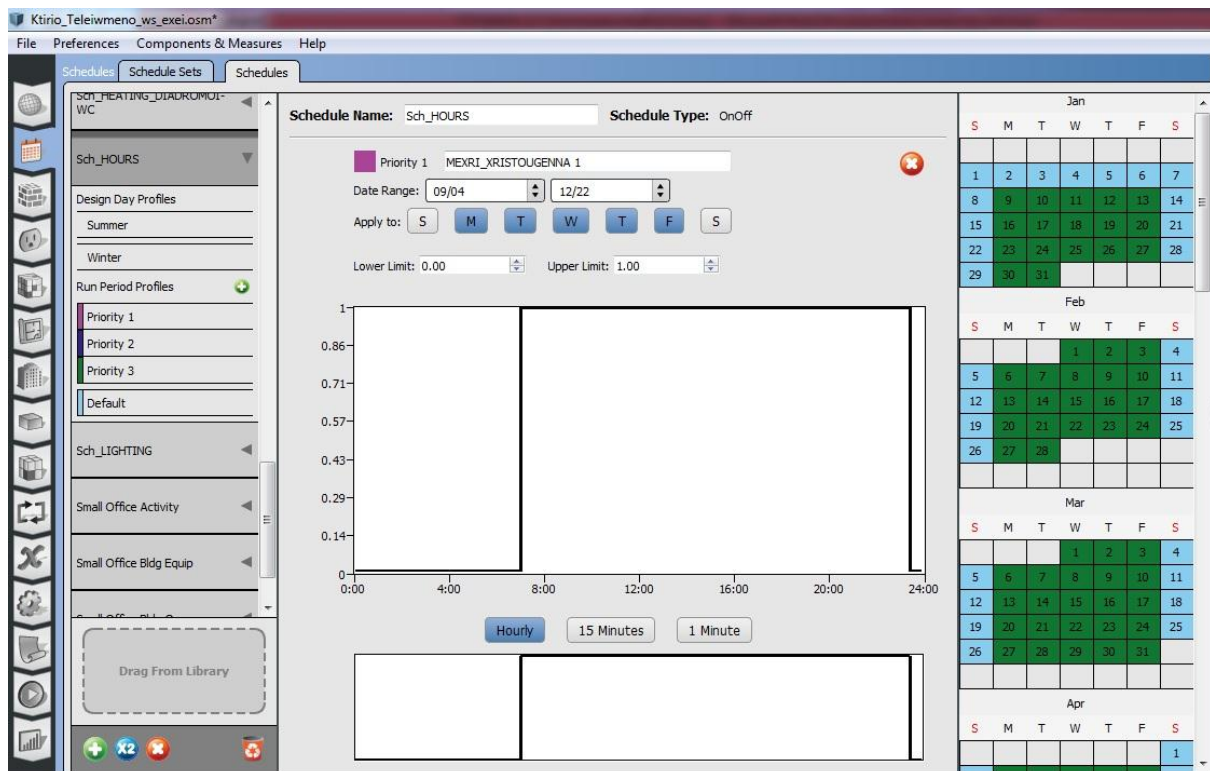
Τα μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν σε όλες τις προσομοιώσεις της εργασίας αυτής λήφθηκαν μέσω της επίσημης ιστοσελίδας του προγράμματος Energy Plus. Αυτά περιλαμβάνουν δεδομένα θερμοκρασιών, ανεμολογικά και ηλιοφάνειας για όλη την περίοδο του έτους (έτος δεδομένων 2011). Ειδικότερα περιλαμβάνουν μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες καθώς και τις ενδιάμεσες τιμές κατά τη διάρκεια του 24ώρου για όλο το έτος και με χρονικό βήμα μεταξύ των μετρήσεων ανά 60 λεπτά (1 μέτρηση ανά ώρα). Το χρονικό βήμα αυτό επαναλαμβάνεται και για τις μετρήσεις των ανεμολογικών αλλά και της ηλιοφάνειας.

4.4.2 Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας κτηρίου και ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.

Τα χρονοδιαγράμματα είναι απαραίτητα για τον ακριβή υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών του κτηρίου από το Open Studio τα οποία τα εισάγει ο χρήστης χειροκίνητα από την καρτέλα Schedules. Τα χρονοδιαγράμματα (Schedules) αναφέρονται στο σύνολο του έτους υπολογισμού και ρυθμίζονται με βάση την ημερομηνία. Έτσι ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα ή και περισσότερα χρονοδιαγράμματα για να ικανοποιήσει ακόμα και καθημερινές αλλαγές σε ενεργειακά φορτία καθώς και καθημερινές αλλαγές στον αριθμό των ατόμων που χρησιμοποιούν την εγκατάσταση. Για παράδειγμα για την χρήση των φωτιστικών σωμάτων μπορεί να οριστεί με ακρίβεια του ενός λεπτού η διάρκεια χρήσης τους καθώς και το επί τοις εκατό (%) ποσοστό της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος τους. Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να αναφερθεί ότι σε όλα τα χρονοδιαγράμματα έχουν οριστεί περίοδοι λειτουργίας ανάλογα με τις διακοπές και τις αργίες του έτους 2017 έτσι ώστε το κτήριο να βρίσκεται εκτός λειτουργίας τα Χριστούγεννα , το Πάσχα και το καλοκαίρι (κεφ. 4.1.1)

Δημιουργήθηκαν λοιπόν τα εξής χρονοδιαγράμματα:

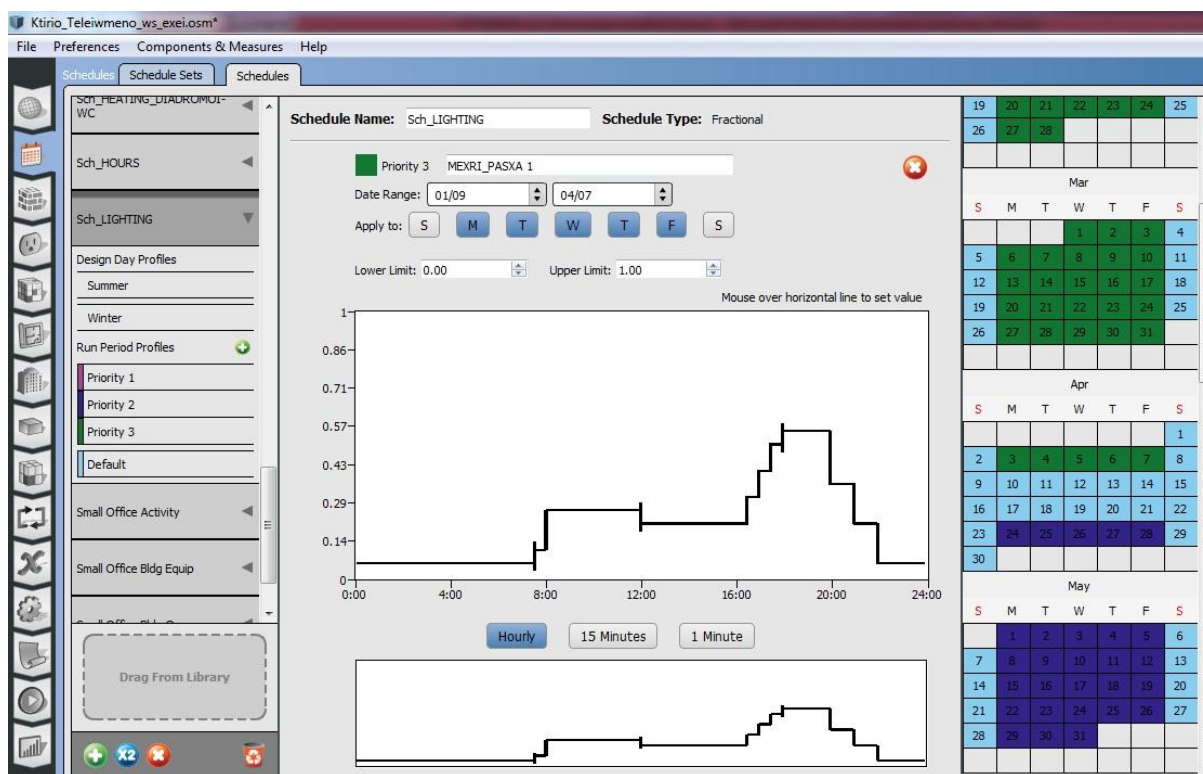
- Χρονοδιάγραμμα ωρών λειτουργίας. Στο χρονοδιάγραμμα ωρών (Sch_Hours) δημιουργήθηκε ένα καθημερινό «τυπικό» πρόγραμμα λειτουργίας του κτηρίου που ξεκινά από τις 07:00 το πρωί της Δευτέρας έως στις 23:30 το βράδυ της Δευτέρας όπου και το κτήριο θεωρείται εκτός λειτουργίας, αυτό επαναλαμβάνεται κάθε ημέρα της εβδομάδας εκτός από τα Σαββάτο και την Κυριακή όπου θεωρείται κλειστό. Ο τύπος του χρονοδιαγράμματος αυτού είναι τύπου on/off που σημαίνει ότι ορίζεται τιμή από 0 έως 1 , όπου το 0 αντιπροσωπεύει το κτήριο εκτός λειτουργίας και το 1 όταν είναι πλήρως λειτουργικό.



Εικόνα 4.19 Χρονοδιάγραμμα ωρών λειτουργίας κτηρίου.

- Χρονοδιάγραμμα ατόμων (χρηστών). Στο χρονοδιάγραμμα ατόμων (Sch_ATOMA) ισχύει ότι αναφέρθηκε παραπάνω με την μόνη αλλαγή ότι ο αριθμός των ατόμων αλλάζει ανά λεπτό της ημέρας και αναλόγως την περίοδο που διανύει η προσομοίωση. Στο συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα ορίστηκε ο μέγιστος αριθμός ατόμων (που είναι ίσος με τον αριθμό των θέσεων αθροιστικά σε όλο το κτήριο) (Παρ 4.1.1) και ορίστηκε ένα μεταβαλλόμενο (προσεγγιστικά) ποσοστό ατόμων χρήσης κατά την διάρκεια της ημέρας βάση του προγράμματος διδασκαλίας του ΑΤΕΙ). Αυτό χρησιμοποιείται από το Open Studio για τον ακριβή υπολογισμό των θερμικών κερδών ή απωλειών λόγω ακτινοβολίας και συναγωγής. Είναι ενδιαφέρον αναφερθεί ότι το Open Studio λαμβάνει υπόψη ακόμα και τον ρουχισμό των χρηστών αναλόγως την εποχή (άρα και αναλόγως τύπος ρουχισμού) και την κλιματική ζώνη που βρίσκεται η εγκατάσταση σε συνδυασμό με το δελτίο καιρού που έχει εισαχτεί σε αυτό. Ο τύπος του χρονοδιαγράμματος αυτού είναι τύπος Fractional δηλαδή από 0 έως 1 αλλά με ενδιάμεσες τιμές που σημαίνει ότι μπορεί μια στιγμή της ημέρας να είναι 0 και μια άλλη 0.15 (δηλ. $0.15 \cdot 2240 = 336$ άτομα).
- Χρονοδιάγραμμα δραστηριότητας ατόμων. Στο χρονοδιάγραμμα δραστηριότητας (Sch_activity) ατόμων ορίστηκε ο τύπος δραστηριότητας που ασκούν οι χρήστες του κτηρίου για παράδειγμα γυμναστική ή καθιστική εργασία όπως δραστηριότητες γραφείου κλπ. Έτσι ορίστηκε και εισάχθηκε μια μέση δραστηριότητα (ίση με 132 Watt/person).

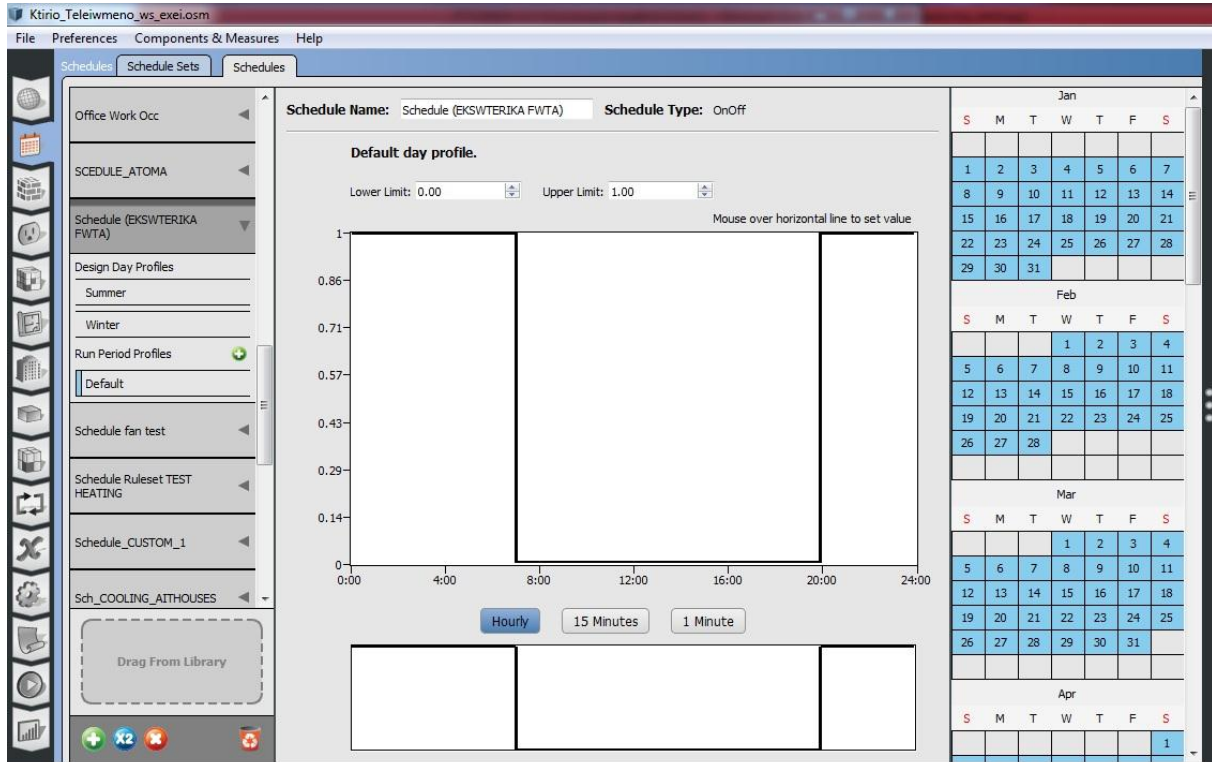
- Χρονοδιάγραμμα φωτισμού. Το χρονοδιάγραμμα φωτισμού (Sch_lighting) είναι επίσης ένα ετήσιο πρόγραμμα ποσοστού-χρόνου που ορίζεται το ποσοστό χρήσης της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού κατά την διάρκεια της ημέρας και κατά συνέπεια του έτους. Η ακρίβεια της ρύθμισης του χρόνου μπορεί να οριστεί ανά λεπτό της ώρας.



Εικόνα 4.20 Χρονοδιάγραμμα εσωτερικού φωτισμού.

- Χρονοδιάγραμμα ηλεκτρικού εξοπλισμού. Στο χρονοδιάγραμμα ηλεκτρικού εξοπλισμού ορίζεται ο εσωτερικός ηλεκτρικός εξοπλισμός του κτηρίου ο οποίος δεν περιλαμβάνει φωτισμό και κλιματιστικές μονάδες. Είναι τύπου fractional και έχει χρησιμοποιηθεί το ίδιο χρονοδιάγραμμα και στον ηλεκτρικό εξοπλισμό όπως και στα άτομα διότι η χρήση του ηλεκτρικού εξοπλισμού κυμαίνεται ανάλογα τον αριθμό των ατόμων κατά την διάρκεια της ημέρας.
- Χρονοδιάγραμμα εξωτερικού φωτισμού (προβολείς). Σε αυτό το χρονοδιάγραμμα τοποθετούνται οι ώρες λειτουργίας των εξωτερικών προβολέων ασφαλείας που ενεργοποιούνται αυτόματα το σούρουπο (στις 20.00) και απενεργοποιούνται την τις πρώτες πρωινές ώρες της ημέρας (07.00). Ο τύπος του χρονοδιαγράμματος αυτού είναι τύπου on/off που σημαίνει ότι ορίζεται τιμή από 0 έως 1, όπου το 0 αντιπροσωπεύει το ότι οι προβολείς είναι εκτός λειτουργίας και το 1 όταν είναι πλήρως λειτουργικοί. Σημείωση* είναι το

μοναδικό χρονοδιάγραμμα το οποίο δεν είναι ρυθμισμένο με τις προαναφερθέντες περιόδους διακοπών και αργιών (κεφ 4.1.1). Αυτό συμβαίνει διότι οι εξωτερικοί προβολείς του κτηρίου δεν σταματούν να λειτουργούν κατά την διάρκεια του χρόνου αντιθέτως λειτουργούν ως φώτα ασφαλείας στην περίμετρο της εγκατάστασης.



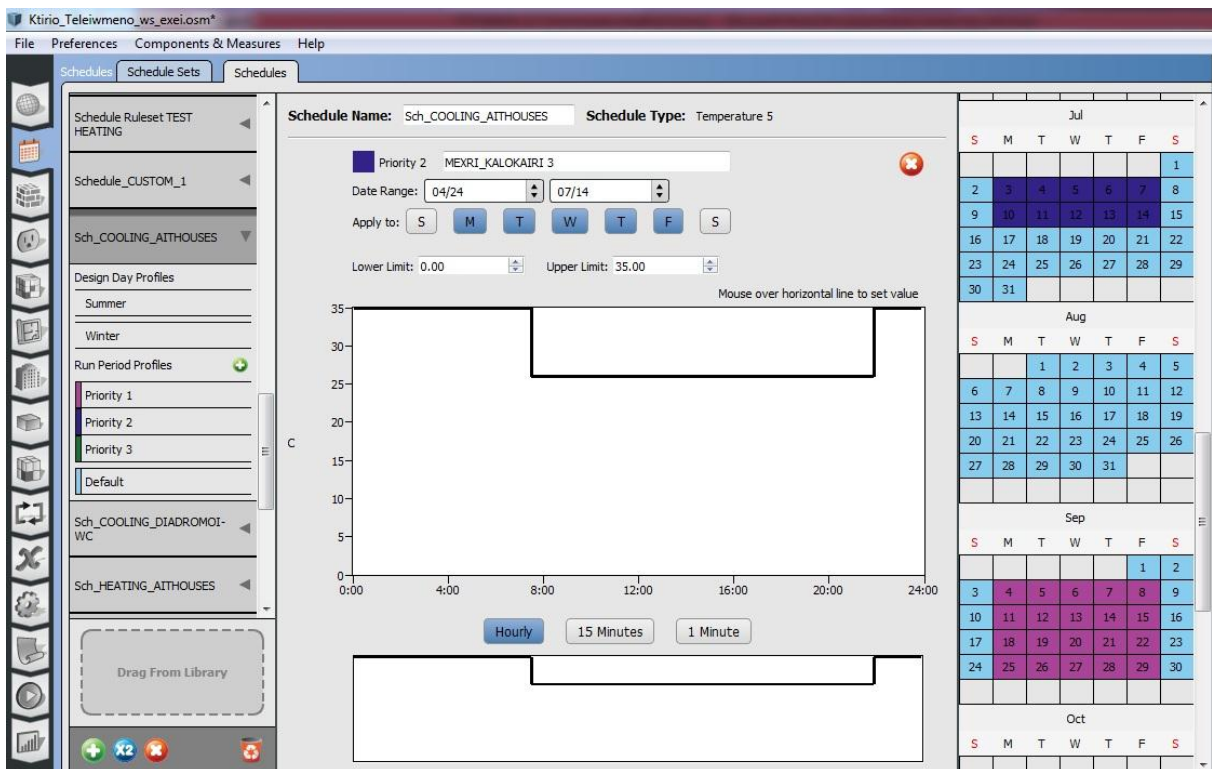
Εικόνα 4.21 Χρονοδιάγραμμα εξωτερικού φωτισμού.

- Χρονοδιαγράμματα θέρμανσης και κλιματισμού. Στα χρονοδιαγράμματα αυτά έχουν οριστεί οι επιθυμητές θερμοκρασίες ανά χώρο και θερμική ζώνη κατά την διάρκεια της ημέρας και κατά την διάρκεια του έτους με ακρίβεια του ενός λεπτού. Πιο συγκεκριμένα έχουν δημιουργηθεί τέσσερα διαφορετικά χρονοδιαγράμματα από τα οποία τα δύο χρησιμοποιούνται για την θέρμανση και δύο για την ψύξη. Για την θέρμανση τους χειμερινούς μήνες του χρόνου χρησιμοποιείται ένα χρονοδιάγραμμα για τις αίθουσες διδασκαλίας ορισμένο στους 20 βαθμούς κελσίου (°C) που λειτουργεί ως θερμοστάτης στα συστήματα θέρμανσης της εγκατάστασης. Για τους διαδρόμους και τις σκάλες χρησιμοποιείται το δεύτερο χρονοδιάγραμμα το οποίο είναι ορισμένο στους 18 βαθμούς κελσίου (°C) και λειτουργεί αντίστοιχα με το παραπάνω.

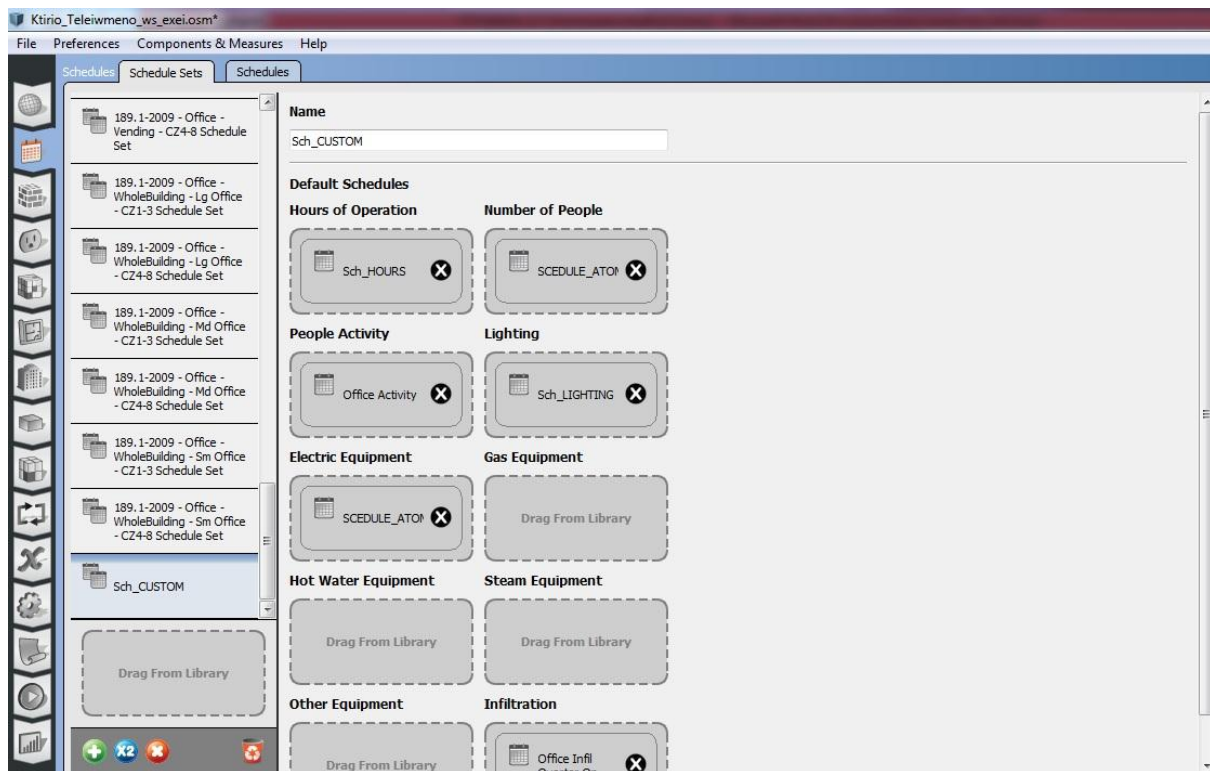
Για τους θερινούς μήνες χρησιμοποιείται ένα χρονοδιάγραμμα για τις αίθουσες διδασκαλίας το οποίο είναι ορισμένο στους 26 βαθμούς κελσίου (°C) και λειτουργεί ως θερμοστάτης στο σύστημα κλιματισμού του κτηρίου. Για τους διαδρόμους και τις σκάλες χρησιμοποιείται το δεύτερο χρονοδιάγραμμα το οποίο είναι ορισμένο στους 28 βαθμούς κελσίου (°C) κατά την θερινή περίοδο. Όλα τα παραπάνω χρονοδιαγράμματα της θέρμανσης και του κλιματισμού

ακολουθούν τις περιόδους λειτουργίας του κτηρίου και επίσης σταματούν την λειτουργία τους κατά την διάρκεια της νύκτας.

Τέλος όλα τα χρονοδιαγράμματα των διαφόρων λειτουργιών συνδυάζονται σε ένα πακέτο όπου «τοποθετούνται» και συνεργάζονται μεταξύ τους έτσι ώστε να δώσουν μια ολοκληρωμένη αποτύπωση της ενεργειακής ταυτότητας του κτηρίου για να μπορέσει έπειτα να επεξεργαστεί από το πρόγραμμα Energy plus το οποίο είναι ενσωματωμένο στο πρόγραμμα του Open Studio. Ακολουθούν ορισμένα στιγμιότυπα οθόνης με τα χρονοδιαγράμματα και τέλος με το σετ χρονοδιαγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση του κτηρίου ως έχει (χωρίς ενεργειακές επεμβάσεις).



Εικόνα 4.22 Χρονοδιάγραμμα κλιματισμού.



Εικόνα 4.23 Πακέτο χρονοδιαγραμμάτων (Schedule set).

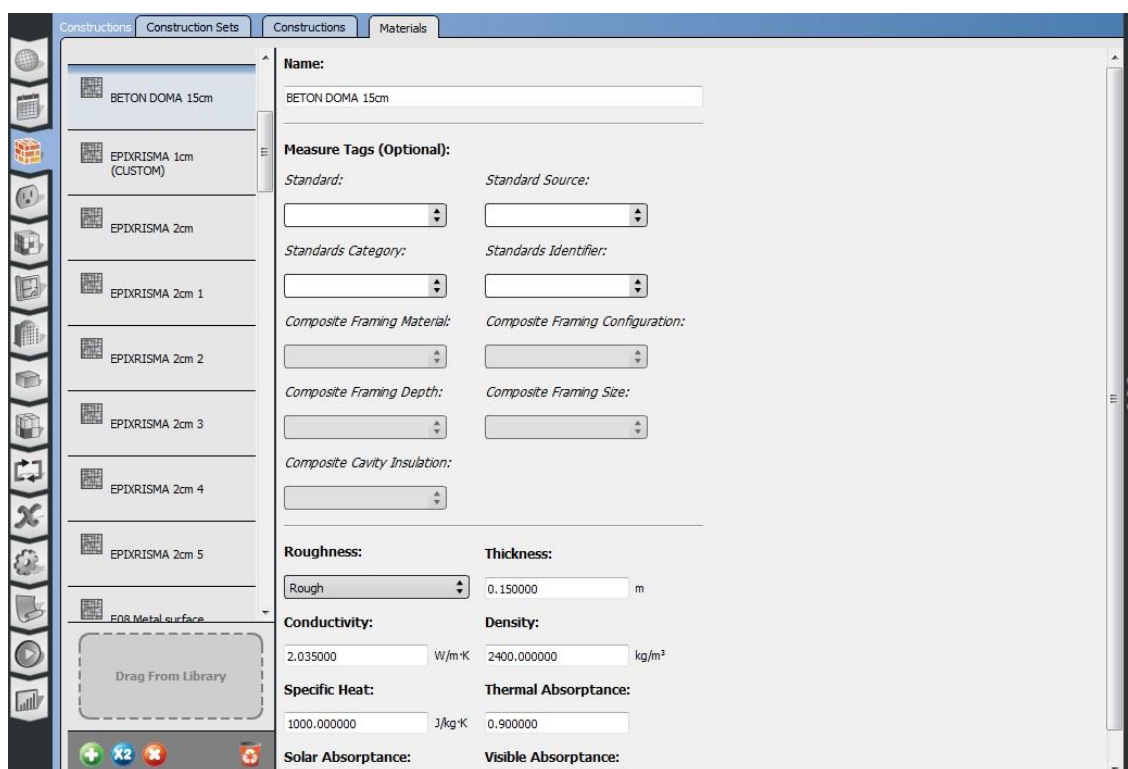
4.4.3 Τοιχοποιίες και υλικά κατασκευής.

Στην παρούσα υποενότητα εισάγονται όλα τα απαραίτητα υλικά κατασκευής της τοιχοποιίας και του φέροντος οργανισμού με όλες τις ιδιότητες τους όπως ο συντελεστής αγωγιμότητας, θερμική απορροφητικότητα, πυκνότητα, τραχύτητα κ.α. Έχοντας εισαχθεί όλες οι παραπάνω ιδιότητες για κάθε υλικό ξεχωριστά δημιουργείται μία βιβλιοθήκη δομικών υλικών. Στη συνέχεια πρέπει να δημιουργηθούν οι κατασκευές (Constructions). Για την δημιουργία των κατασκευών (Constructions) της τοιχοποιίας, των δαπέδων και των οροφών χρησιμοποιούνται τα παραπάνω υλικά από την βιβλιοθήκη που έχει ήδη κατασκευαστεί και τοποθετούνται με φορά από έξω προς τα μέσα. Με αυτό τον τρόπο κατασκευάζονται όλα τα δομικά στοιχεία του κτιρίου (δάπεδα, οροφές, τοίχοι, εσωτερικά χωρίσματα κλπ). Τέλος έχοντας δημιουργήσει όλα τα απαραίτητα πακέτα υλικών (Constructions) εισάγονται σε ένα ή και περισσότερα διαφορετικά πακέτα κατασκευών (Constructions Sets) τα οποία χαρακτηρίζουν ένα χώρο ξεχωριστά ή ακόμα και όλο το κτίριο.

Τα υλικά κατασκευής του κτιρίου καθώς και τα χαρακτηριστικά τους τα οποία δημιουργήθηκαν αναφέρονται παρακάτω:

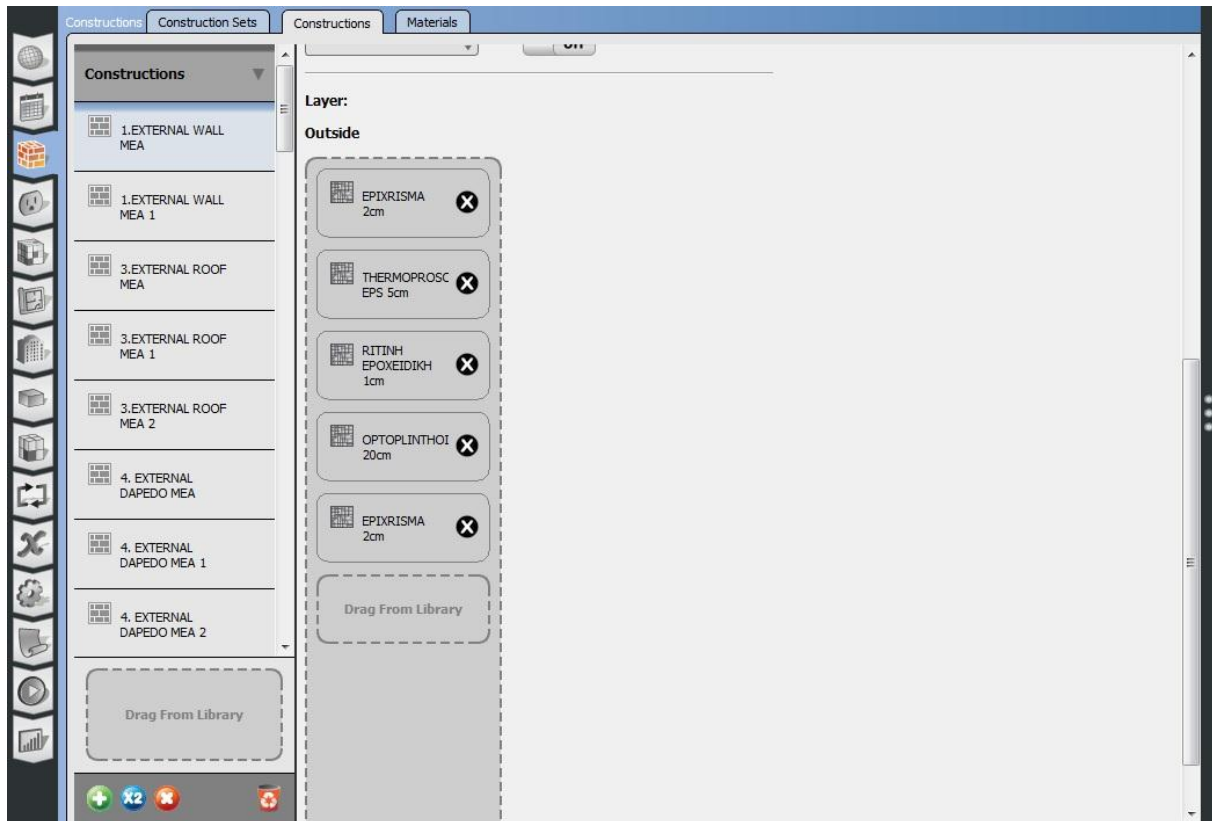
Πίνακας 4.3 Υλικά κατασκευής

Όνομασία	Συντελεστής αγωγιμότητας (Watt/m*K)	Θερμική απορροφητικότητα	Πυκνότητα (kg/m ³)	Τραχύτητα υλικού
Μπετόν (δάπεδο)	2,03	0,9	2.400	Τραχύ
Μπετόν (δώμα)	2,03	0,9	2.400	Τραχύ
Επίχρισμα (σοβάς)	0,87	0,9	1.800	Λείο
Οπτόπλινθοι (τούβλα)	0,46	0,9	1.000	Μέτρια
Πλακάκια δαπέδου	1,05	0,9	2.200	Τραχύ
Ρητίνη εποξειδική	0,2	0,9	1.200	Μέτρια
Θερμομόνωση EPS	0,04	0,85	16	Μέτρια



Εικόνα 4.24 Κατασκευή υλικού (material).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω όλα τα υλικά τοποθετούνται σε μία ή περισσότερες κατασκευές (Constructions) για την δημιουργία ενός δομικού στοιχείου (π.χ. τοίχος).



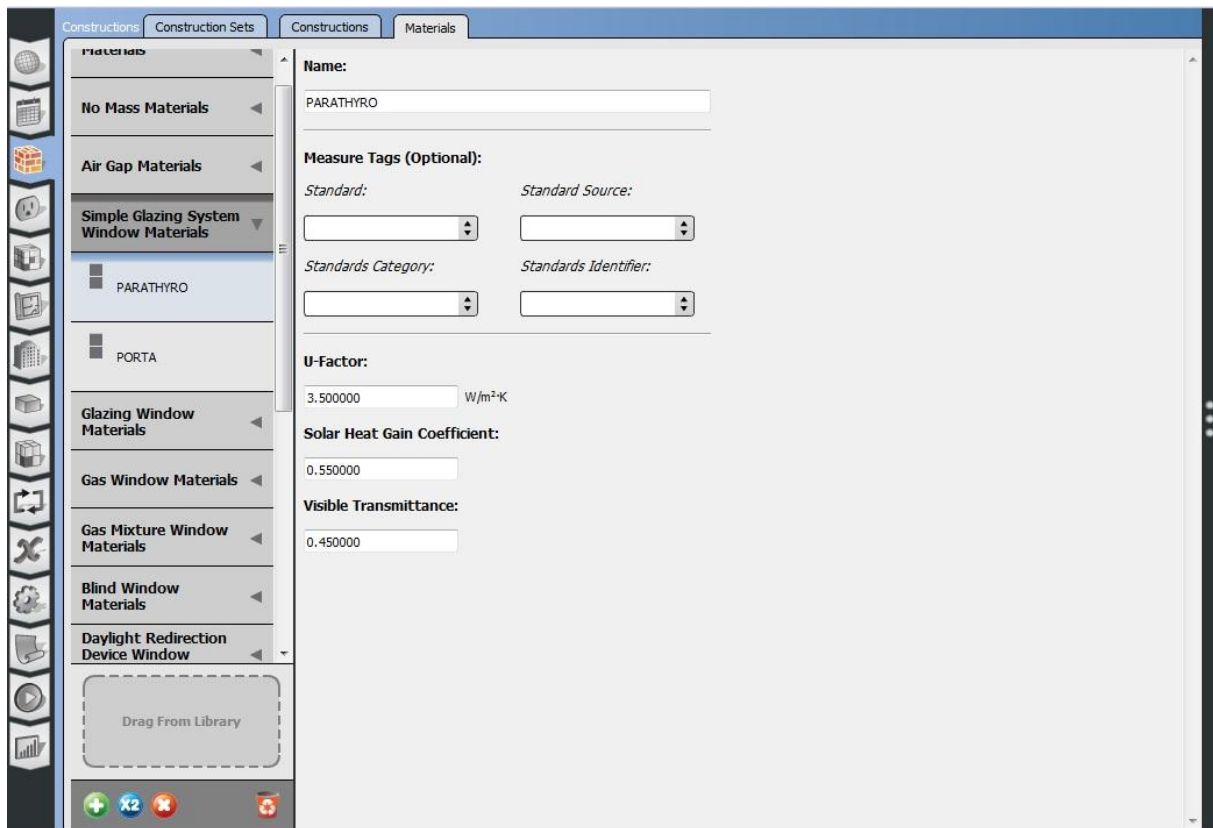
Εικόνα 4.25 Κατασκευή δομικού στοιχείου (Construction).

Στην κατηγορία των υλικών (materials), του προγράμματος Open studio, περιλαμβάνονται και τα υλικά κατασκευής των ανοιγμάτων. Η διαδικασία κατασκευής τους είναι παρόμοια της τοιχοποιίας. Πιο συγκεκριμένα για την κατασκευή ενός παραθύρου χρειάστηκε να δημιουργηθεί ένα τζάμι στο οποίο εισάχθηκαν οι πραγματικές τιμές πάχους, ανακλαστικότητας, διαπερατότητας, καθώς και διάκενου μεταξύ των τζαμιών από την στιγμή που τα παράθυρα του κτιρίου είναι διπλά με διάκενο ενδιάμεσα. Ταυτόχρονα κατασκευάστηκαν και οι πόρτες (εσωτερικές και εξωτερικές) με αντίστοιχο τρόπο. Παρακάτω αναφέρονται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν με τα χαρακτηριστικά τους καθώς και κάποια στιγμιότυπα οθόνης :

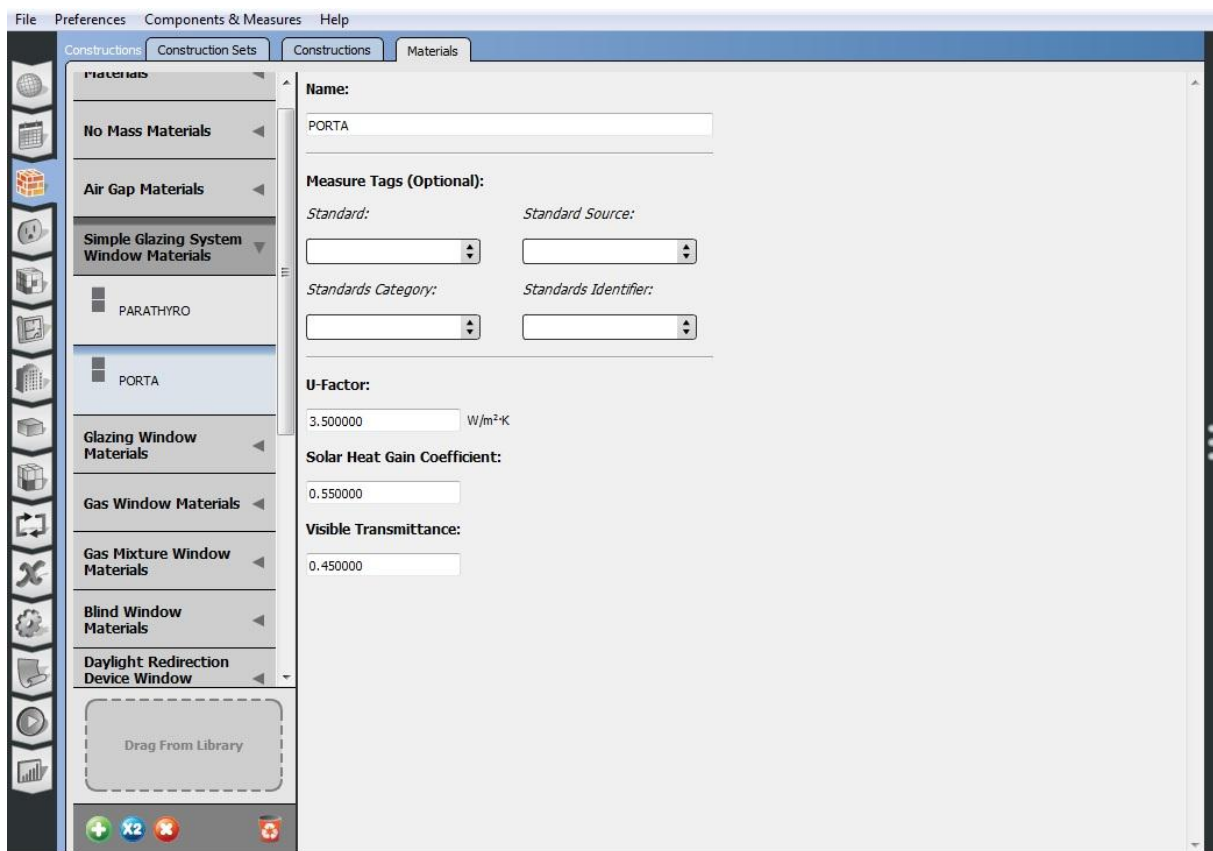
- Αλουμίνιο (πλαίσιο κουφώματος) πάχους πέντε εκατοστών με $U_f = 7,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Διπλό γυαλί με διάκενο αέρα 12 χιλιοστά συνολικού πάχους είκοσι χιλιοστών με $U_f = 3,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, με δείκτη ηλιακού κέρδους (SHGC)= 0,55 και με συντελεστή οπτικής διαπερατότητας (VT)= 0,45

Ακριβώς τα ίδια υλικά χρησιμοποιήθηκαν και για τις πόρτες εισόδου-εξόδου του κτηρίου με τις αντίστοιχες διαστάσεις τους, καθώς και αυτές είναι κατασκευές αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή.

Όσον αφορά τις εσωτερικές πόρτες των αιθουσών αυτές είναι τυπικές εσωτερικές ξύλινες πόρτες πάχους 8,89 εκατοστών με $U_{\text{value}} = 4,13 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ και πυκνότητα $126,145 \text{ kg/m}^3$.



Εικόνα 4.26 Κατασκευή τζαμιού (χωρίς κούφωμα).

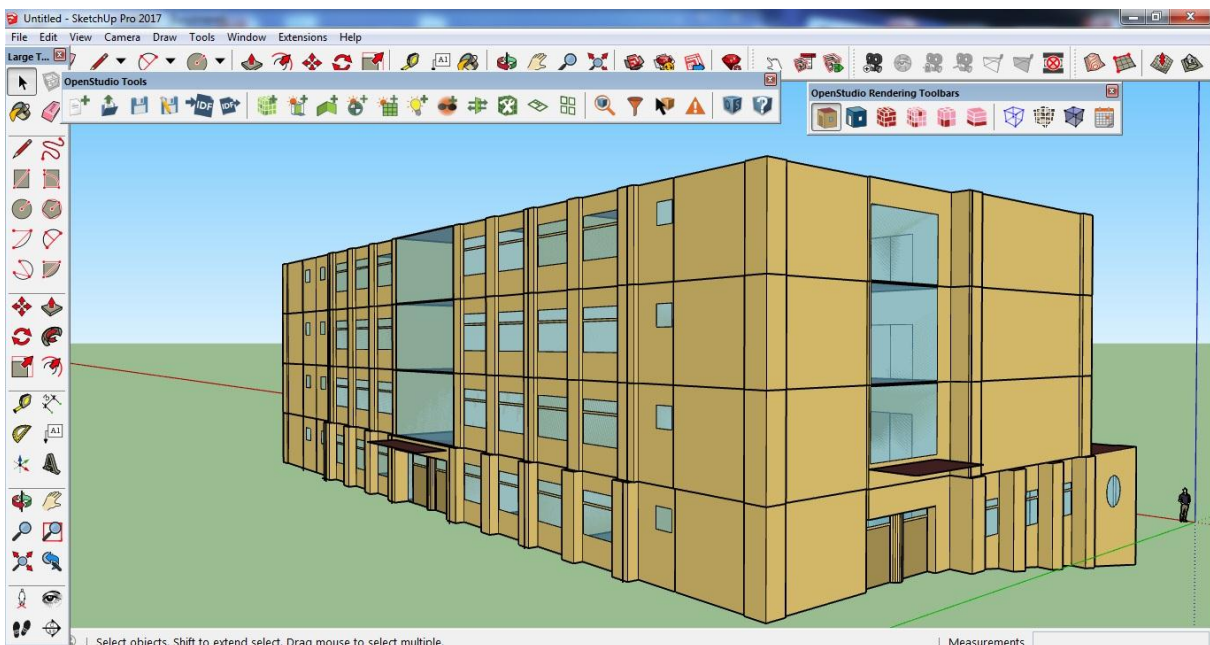


Εικόνα 4.27 Κατασκευή πόρτας (χωρίς κούφωμα).

Έχοντας δημιουργήσει το τζάμι του παραθύρου έπρεπε να δηλωθεί η συνολική επιφάνεια των τζαμιών του κτηρίου. Χρησιμοποιώντας λοιπόν ξανά το πρόγραμμα Sketch up σχεδιάστηκαν όλα τα ανοίγματα.

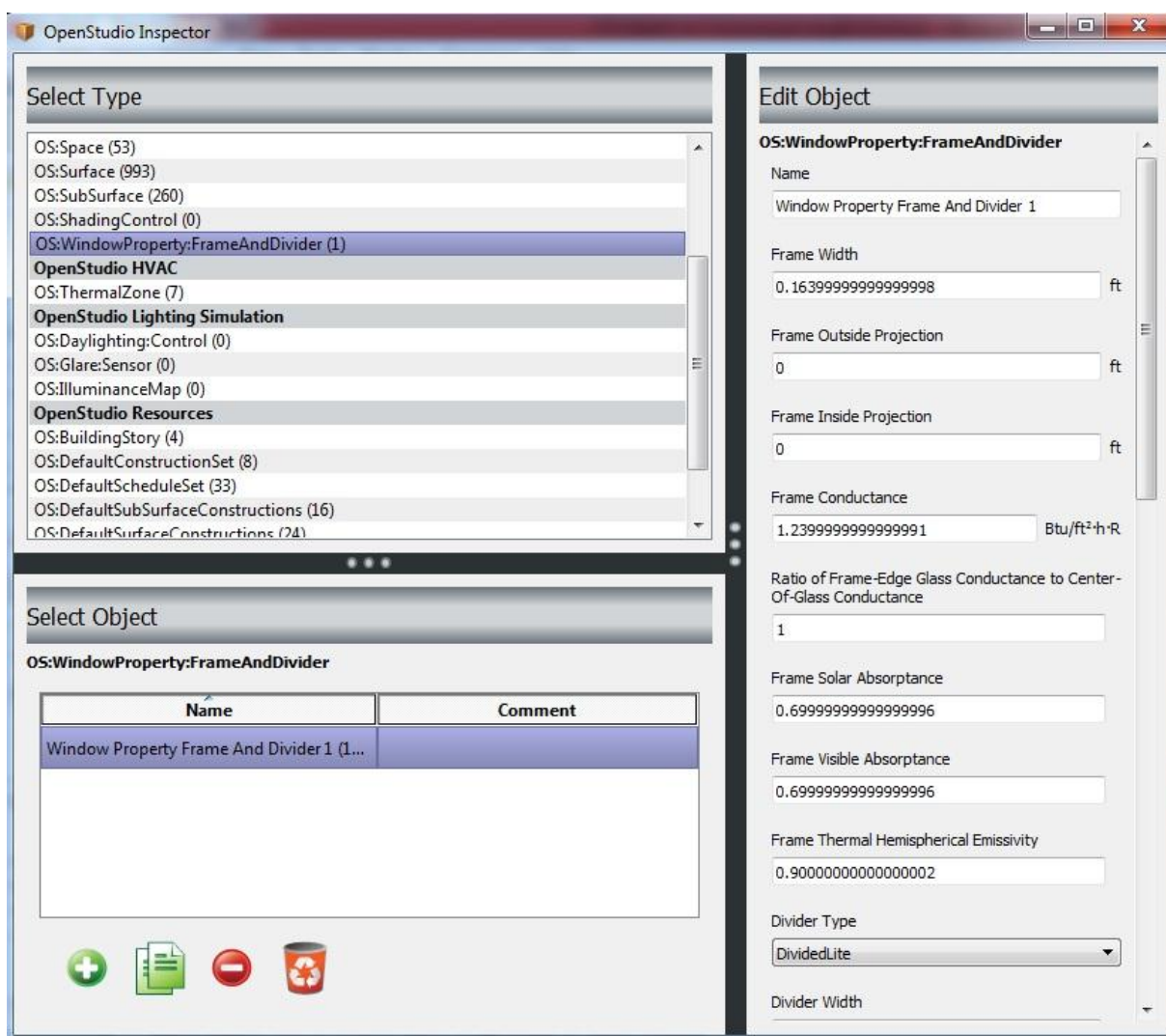


Εικόνα 4.28 Δημιουργία πορτών και παραθύρων.



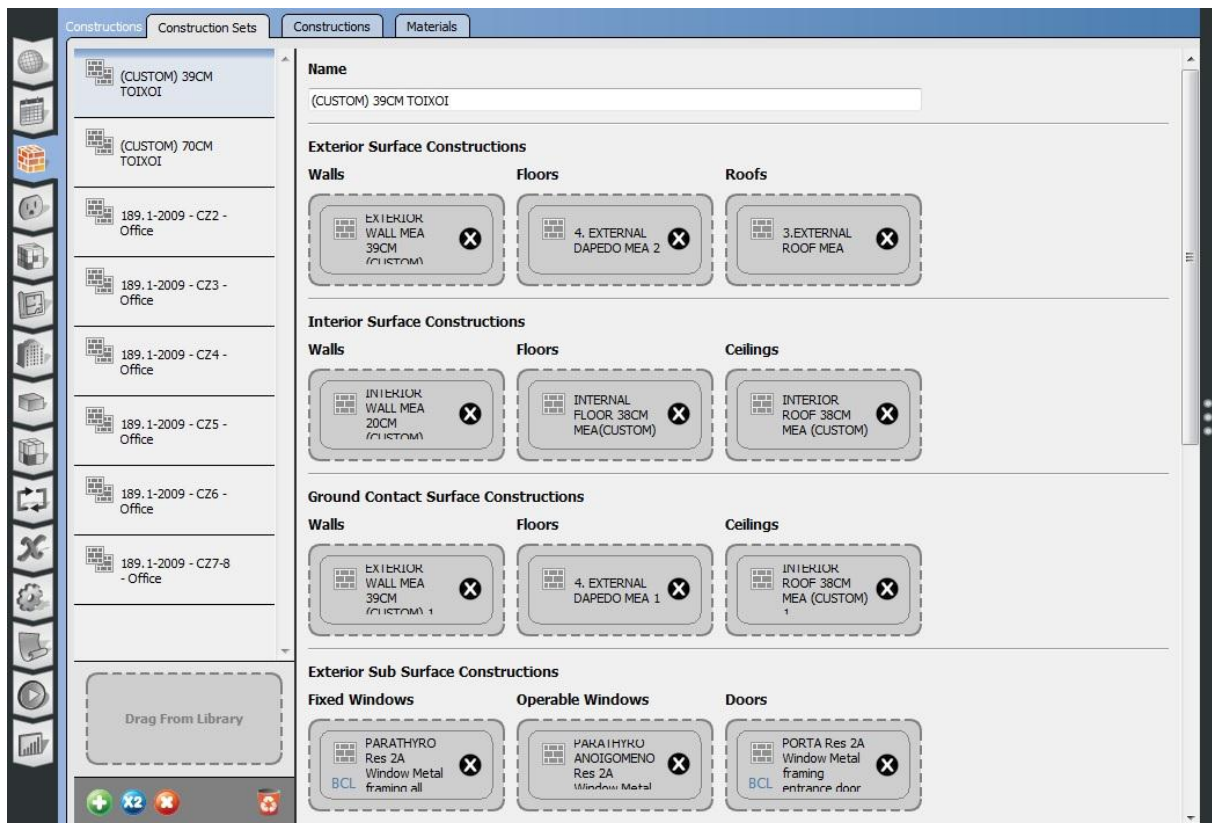
Εικόνα 4.29 Δημιουργία πορτών και παραθύρων.

Για την ολοκλήρωση των ανοιγμάτων δηλώθηκαν και οι διαστάσεις των κουφωμάτων, το υλικό κατασκευής τους καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του υλικού.



Εικόνα 4.30 Τεχνικά χαρακτηριστικά και διαστάσεις.

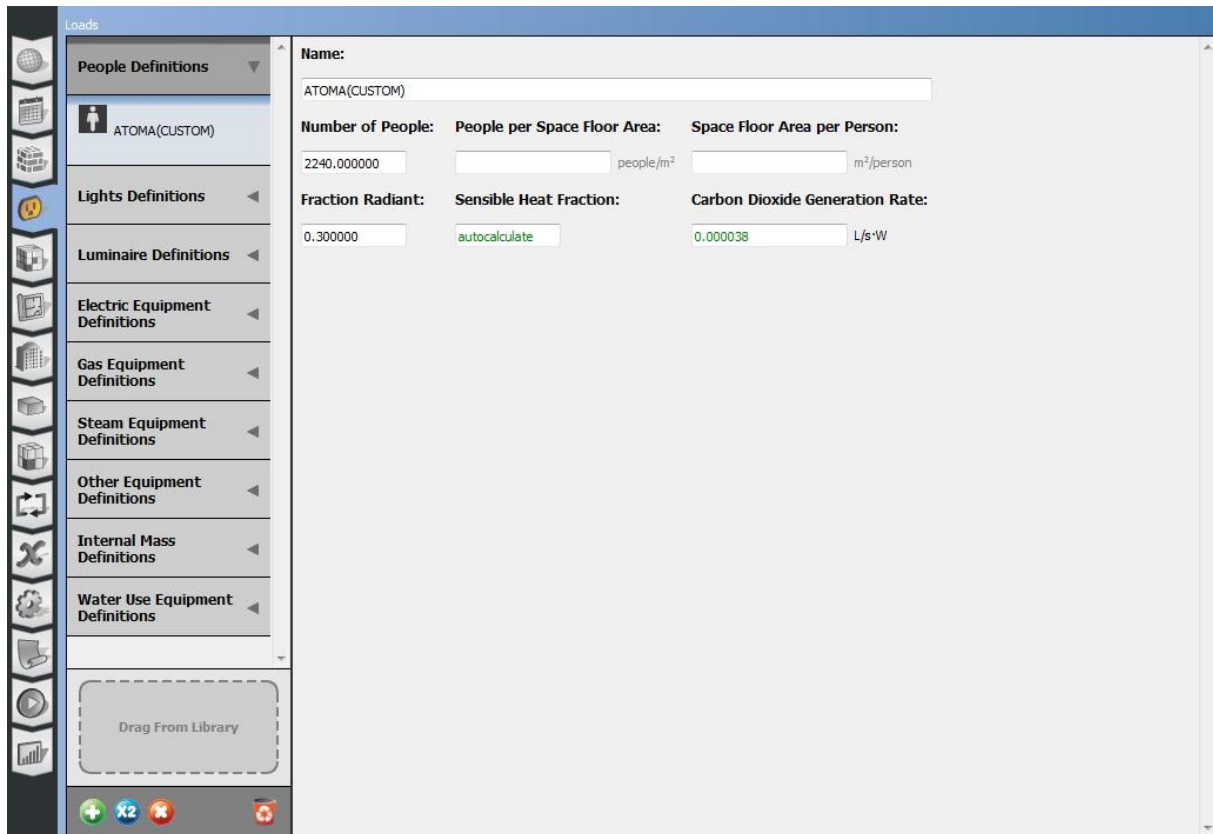
Στο τέλος της υποενότητας αυτής τοποθετούνται όλες οι παραπάνω κατασκευές (Constructions), ανοιγμάτων, τοιχοποιίας, δαπέδων κ.λπ. σε ένα πακέτο κατασκευών (Construction Sets) το οποίο μπορεί να οριστεί είτε για ένα δωμάτιο είτε για όλο το κτίριο.



Εικόνα 4.31 Πακέτα κατασκευών (Construction Sets).

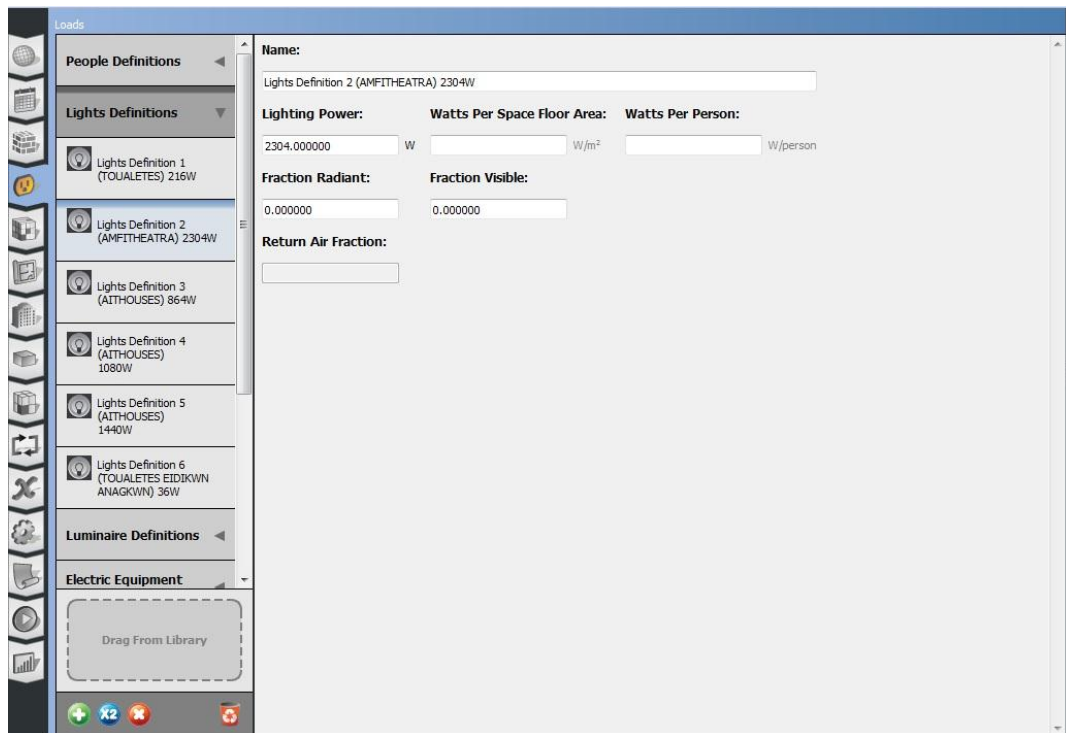
4.4.4 Ηλεκτρικά και άλλα φορτία.

Τα φορτία είναι απαραίτητα και σημαντικά στην ενεργειακή απεικόνιση και μελέτη του κτιρίου. Αρχικά ορίστηκε ο συνολικός αριθμός των ατόμων που μπορεί να φιλοξενήσει το κτίριο σε πλήρη λειτουργία ο οποίος είναι 2240 άτομα. Αυτό είναι απαραίτητο για να μπορέσει το πρόγραμμα να υπολογίσει όλα τα θερμικά κέρδη κατά την χειμερινή περίοδο ή φορτία κατά την θερινή περίοδο. Επίσης το Open studio δίνει την δυνατότητα να οριστούν κάποιες επιπλέον παράμετροι όσον αφορά την ποιότητα του αέρα στους εσωτερικούς χώρους, για παράδειγμα ο ρυθμός παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα (Lt/Sec*Watt). Αναλόγως τον τύπο της δραστηριότητας των ατόμων (και κατά συνέπεια τα Watt που εκλύουν) εσωτερικά του κτιρίου υπολογίζει αυτόματα και την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα.



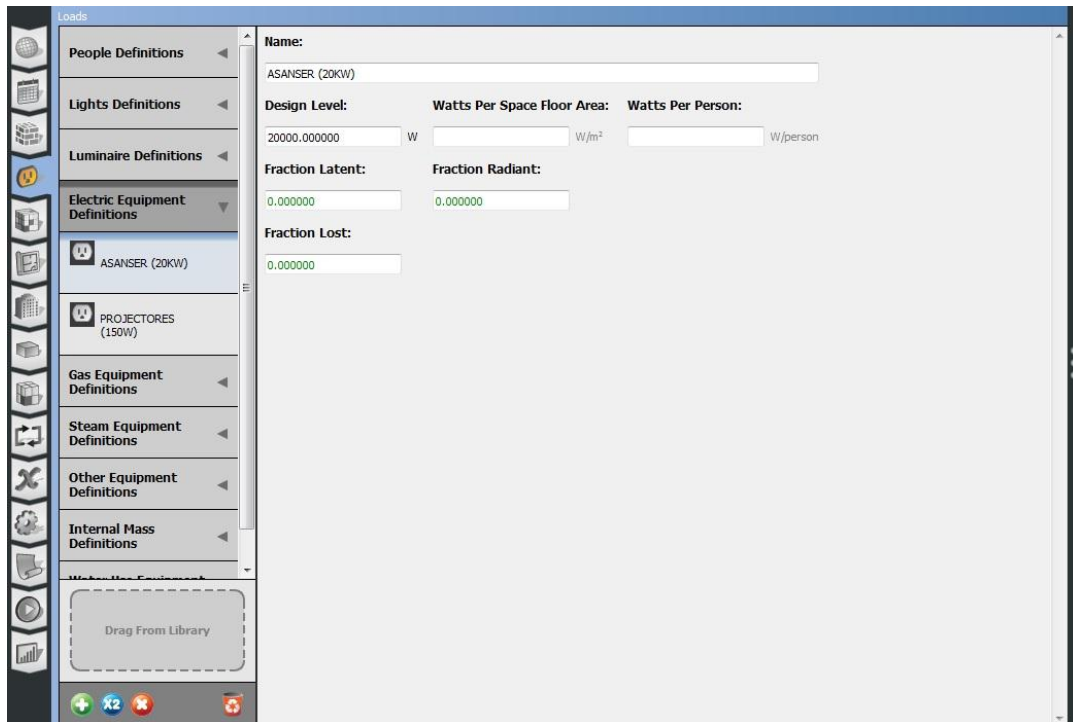
Εικόνα 4.32 Θερμικά φορτία ατόμων.

Τα επόμενα φορτία που ορίζονται είναι τα ηλεκτρικά. Αυτά περιλαμβάνουν τον εσωτερικό φωτισμό σε κάθε δωμάτιο του κτιρίου αλλά και στους διαδρόμους- σκάλες. Δημιουργήθηκαν λοιπόν έξι διαφορετικοί συνδυασμοί φωτιστικών σωμάτων με διαφορετική ισχύ για την κάλυψη της εγκατάστασης .



Εικόνα 4.33 Φορτία φωτιστικών συγκροτημάτων.

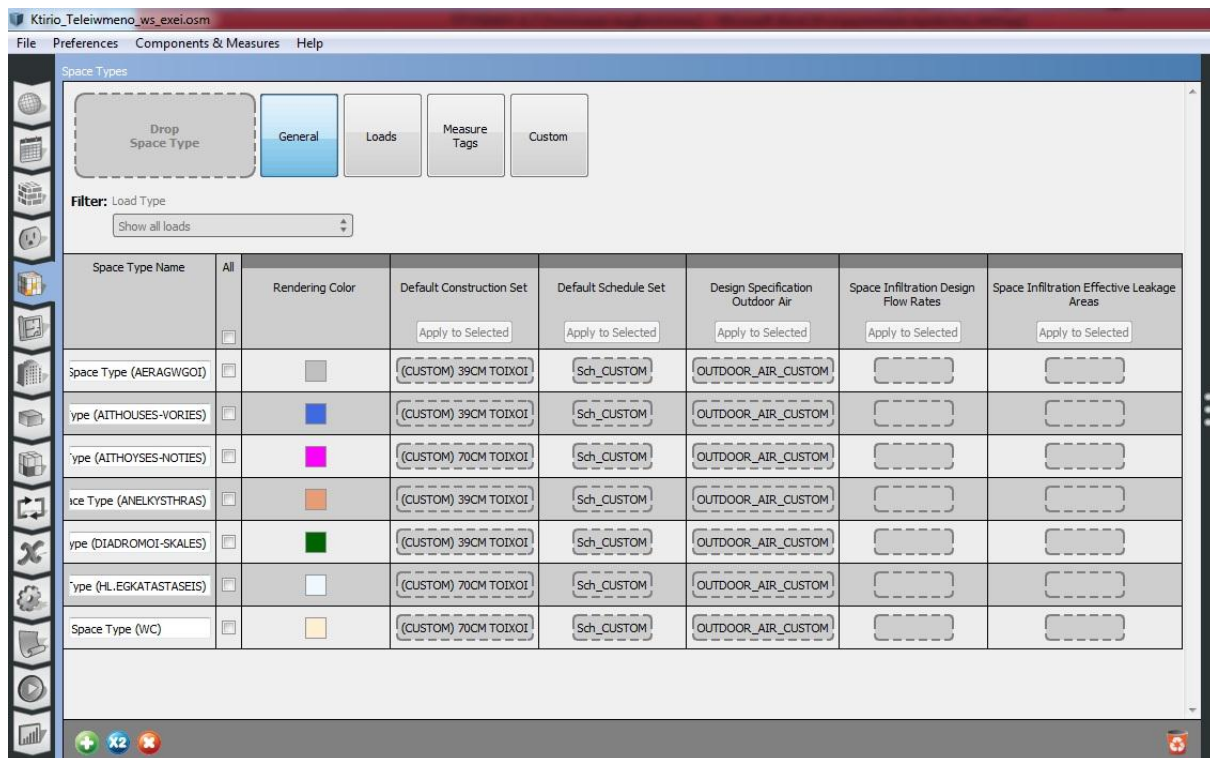
Τα τελευταία φορτία που εισάγονται είναι του ηλεκτρικού εξοπλισμού. Στην κατηγορία ηλεκτρικός εξοπλισμός περιλαμβάνονται ο ανελκυστήρας καθώς επίσης και τα μηχανήματα προβολής διαφανειών ή και φορητοί υπολογιστές. Ο ανελκυστήρας είναι δεκαπέντε ατόμων με ισχύ 20KW ενώ τα μηχανήματα προβολής διαφανειών και φορητοί υπολογιστές έχουν οριστεί στα 150 W ανά αίθουσα και λειτουργούν ανάλογα με το χρονοδιάγραμμα που έχει οριστεί όπως αναφέρθηκε παραπάνω (κεφ. 4.4.2).



Εικόνα 4.34 Φορτία ανελκυστήρα και μηχανήματα προβολής διαφανειών.

4.4.5 Συσχετισμός χώρων, πακέτων υλικών και χρονοδιαγραμμάτων λειτουργίας.

Στο συσχετισμό χώρων συνδέονται όλα τα προηγούμενα πακέτα υλικών που έχουν κατασκευαστεί σε κάθε ένα από τους επτά διαφορετικούς τύπους χώρων που έχουν δημιουργηθεί σε συνδυασμό με τα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας όλης της εγκατάστασης. Με αυτόν τον τρόπο ολοκληρώνεται η διαδικασία αποτύπωσης της κτηριακής εγκατάστασης σε όλους τους χώρους του κτηρίου.

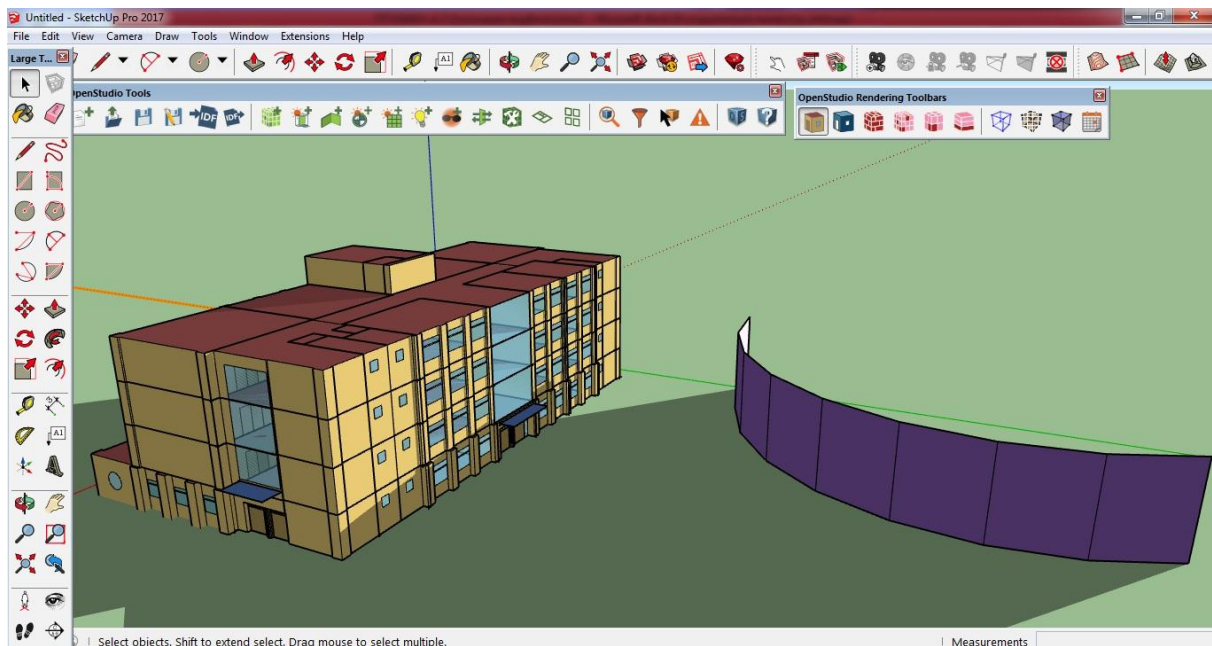


Εικόνα 4.35 Τύπος χώρων και σύνδεση με χρονοπρογράμματα λειτουργίας.

4.4.6 Γενικά στοιχεία κτιρίου και σκιάσεις αυτού.

Όσον αφορά τα κύρια στοιχεία του κτιρίου χρειάστηκε να οριστούν ο προσανατολισμός του κτιρίου ο οποίος είναι 180° ως προς τον νότο, οι σκιάσεις οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω καθώς και ο εξωτερικός εξοπλισμός του κτιρίου. Στον εξωτερικό εξοπλισμό περιλαμβάνεται μόνο ο εξωτερικός φωτισμός ο οποίος αποτελείται από δεκατέσσερις (14) προβολείς περιμετρικά του κτιρίου, ισχύς διακοσίων (200) watt έκαστος.

Οι σκιάσεις που δημιουργούνται στο κτίριο ορίστηκαν μέσω του προγράμματος Sketch up. Πιο συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν οι επιφάνειες σκίασης από τους προβόλους αλλά και από το αμφιθέατρο K28 όπως φαίνεται στην εικόνα 4.36. Όλες οι σκιάσεις που δημιουργεί το κτίριο στον εαυτό του υπολογίζονται και δηλώνονται αυτόματα από το πρόγραμμα του Open studio. Είναι ενδιαφέρον να αναφερθεί ότι το πρόγραμμα Sketch up μπορεί να απεικονίσει τις σκιάσεις κατά την διάρκεια του έτους αλλά και κατά την διάρκεια μίας ημέρας (εικόνα 4.36).



Εικόνα 4.36 Επιφάνειες σκίασης.

4.4.7 Διαχωρισμός χώρων και λειτουργιών τους.

Είναι ένας χώρος του προγράμματος Open studio στον οποίο εισάγονται και μπορούν να επεξεργαστούν οι ιδιότητες που χρειάζεται ο κάθε χώρος αλλά και η κάθε επιφάνεια ξεχωριστά. Αυτό είναι χρήσιμο σε περιπτώσεις όπου αλλάζουν τα φορτία, τα δομικά υλικά, οι ώρες χρήσης, ο κλιματισμός, η θερμική ζώνη και πολλά άλλα, για μία συγκεκριμένη αίθουσα, επιφάνεια ή και υποεπιφάνεια (π.χ. ανοίγματα). Από αυτό το χώρο του Open studio δηλώθηκαν κυρίως τα φορτία που περιλαμβάνονται σε κάθε χώρο και στην συγκεκριμένη περίπτωση τα φορτία ήταν ο φωτισμός, τα άτομα που χρησιμοποιούν τους χώρους, η κατανομή του εσωτερικού εξοπλισμού, καθώς και ο ανεγκυστήρας ο οποίος αφορά τον χώρο (Space type) του ανεγκυστήρα. Για τα φορτία αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω εισάχθηκαν και τα αντίστοιχα χρονοδιαγράμματα χρήσης τους.

Room Name	Component	Value	Definition	Schedule	Activity
Αίθουσα 15 (Β-2ος ΟΡΟΦΟΣ)	People 34	0.022490	ATOMA(CUSTOM)	SCHEDULE_ATOMA	Office Activity
	Lights 34	1.000000	Definition 5 (AITHOUSES) 1440W	Sch_LIGHTING	
Αίθουσα 20 (Β-3ος ΟΡΟΦΟΣ)	People 35	0.022490	ATOMA(CUSTOM)	SCHEDULE_ATOMA	Office Activity
	Lights 35	1.000000	Definition 5 (AITHOUSES) 1440W	Sch_LIGHTING	
Αμφιθέατρο 1 (ΒΑ-ΙΣΟΓΕΙΟ)	People 36	0.070300	ATOMA(CUSTOM)	SCHEDULE_ATOMA	Office Activity
	Lights 36	1.000000	Definition 2 (AMFITHEATRA) 2304W	Sch_LIGHTING	
	Electric Equipment 6	1.000000	PROJECTORES (150W)	SCHEDULE_ATOMA	
Αμφιθέατρο 2 (ΒΑ-ΙΣΟΓΕΙΟ)	People 37	0.070300	ATOMA(CUSTOM)	SCHEDULE_ATOMA	Office Activity
	Lights 37	1.000000	Definition 2 (AMFITHEATRA) 2304W	Sch_LIGHTING	
	Electric Equipment 5	1.000000	PROJECTORES (150W)	SCHEDULE_ATOMA	
Ανεκλυστήρας (1ος ΟΡΟΦΟΣ)	People 38	0.002440	ATOMA(CUSTOM)	SCHEDULE_ATOMA	Office Activity
Electric Equipment 4	1.000000	ASANSER (20KW)	SCHEDULE_ATOMA		

Εικόνα 4.37 Εισαγωγή φορτίων ανά χώρο.

4.4.8 Θερμικές ζώνες και συνθήκες μέσα σε αυτές.

Στην καρτέλα θερμικών ζωνών (Thermal Zones) εμφανίζονται και οι επτά ζώνες που έχουν δημιουργηθεί μέσω του προγράμματος Sketch up και δίνεται η δυνατότητα να οριστούν τα προγράμματα (Schedules) του θερμοστάτη του κλιματισμού και της θέρμανσης. Επίσης έχουν οριστεί οι θερμοκρασίες προσαγωγής των αεραγωγών και η ποσότητα ροής αέρα ανά κλιματική ζώνη. Στην παράμετρο ποσότητα αέρα ανά κλιματική ζώνη έχει υπολογιστεί η ποσότητα του νεπού αέρα που εισάγεται στο σύστημα από το περιβάλλον. Τα στοιχεία αυτά λήφθηκαν από τον κατασκευαστή του συστήματος αεραγωγών όπου αναγράφονται στα μηχανήματα (ενδεικτική ταμπέλα).

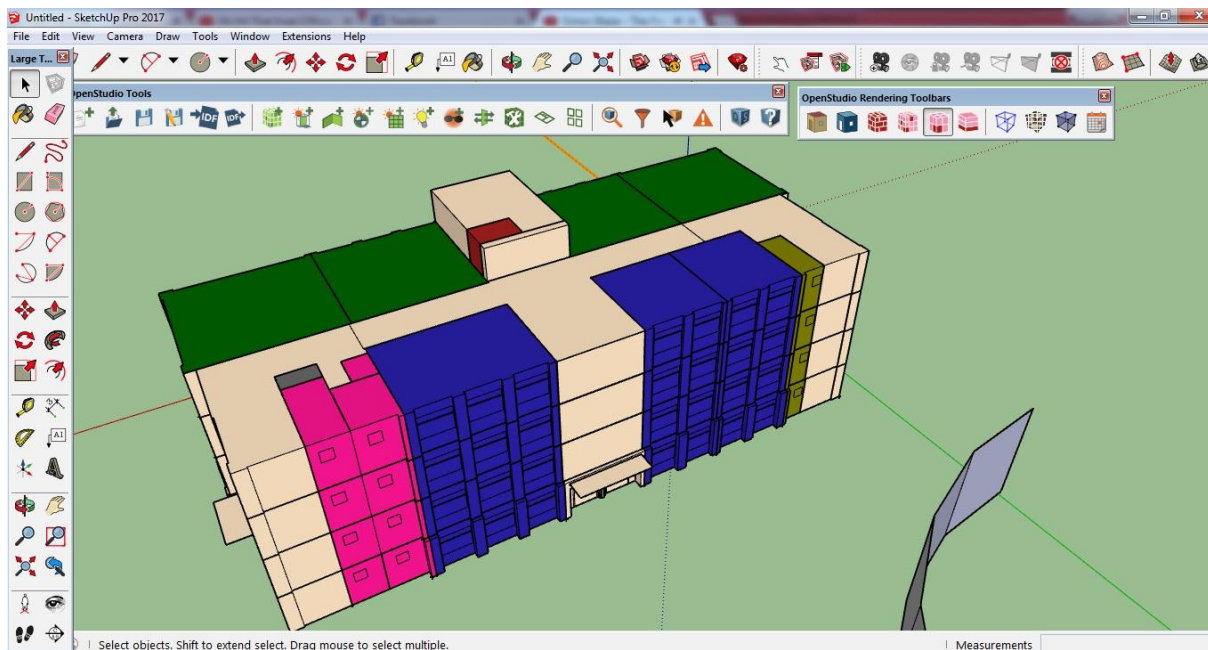
File Preferences Components & Measures Help

Thermal Zones

HVAC Systems Cooling Sizing Parameters Heating Sizing Parameters Custom

Name	All	Turn On Ideal Air Loads	Air Loop Name	Zone Equipment	Cooling Thermostat Schedule	Heating Thermostat Schedule
Thermal Zone (AERAGWGWN)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	None	Apply to Selected	Apply to Selected	Apply to Selected
Thermal Zone (AITHOUSES-NOTIES)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	None	Cooling PTAC DX Clg Elec Htg	Sch_COOLING_AITHOUSES	Sch_HEATING_AITHOUSES
Thermal Zone (AITHOUSES-VORIES)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	None	Cooling PTAC DX Clg Elec Htg 3	Sch_COOLING_AITHOUSES	Sch_HEATING_AITHOUSES
Thermal Zone (ANELKYSTHRA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	None			
Thermal Zone (DIADROMOI-SKALES)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	None	Cooling PTAC DX Clg Elec Htg 2	Sch_COOLING_DIADROMOI	Sch_HEATING_DIADROMOI
Thermal Zone (HL.EGKATASTASEIS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	None			
Thermal Zone WC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	None	Cooling PTAC DX Clg Elec Htg 1	Sch_COOLING_DIADROMOI	Sch_HEATING_DIADROMOI

Εικόνα 4.38 Θερμικές ζώνες.



Εικόνα 4.39 Θερμικές ζώνες (Sketch up).

4.4.9 Θέρμανση και κλιματισμός.

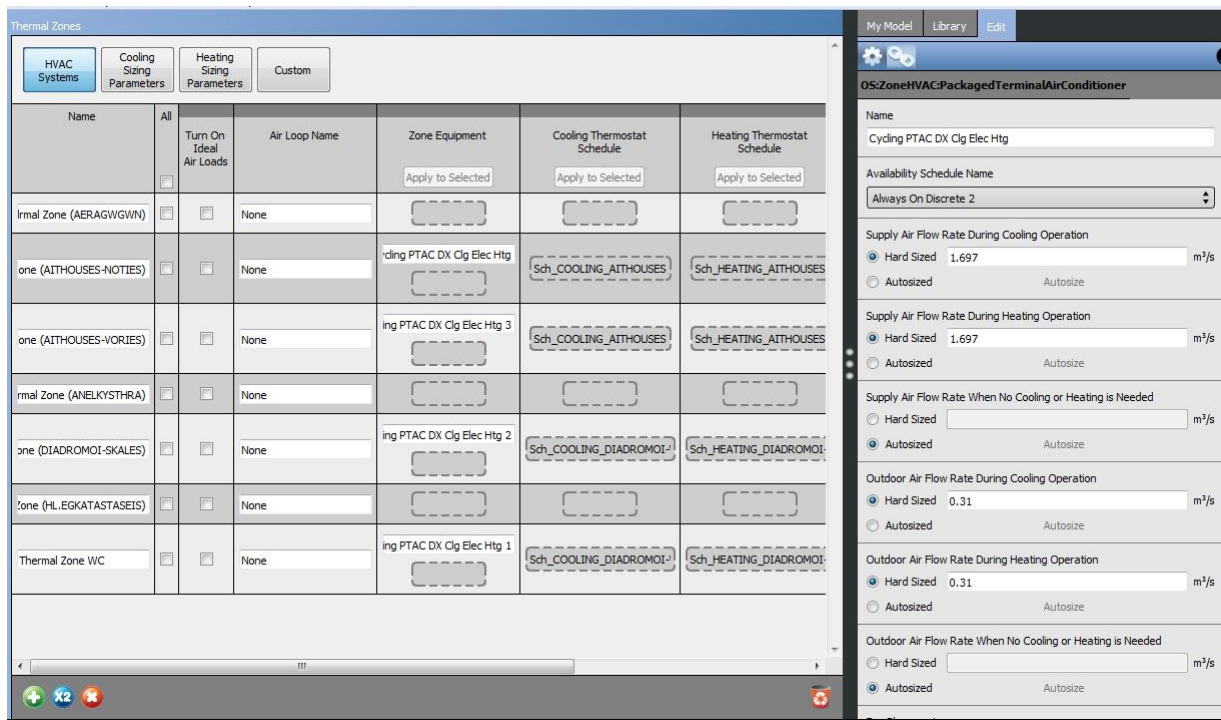
Στην θέρμανση και στον κλιματισμό αρχικά έγινε καταγραφή όλων των κλιματιστικών μονάδων και όλων των στοιχείων τους. Υπάρχουν 60 κλιματιστικές μονάδες στην οροφή του κτιρίου οι οποίες σε συνδυασμό με τρεις κεντρικούς αεραγωγούς διανέμουν τον κλιματισμένο αέρα σε όλο το κτίριο. Λόγο της έλλειψης σχεδίου εγκατάστασης των αεραγωγών δεν ήταν εφικτή η ακριβής διαδρομή που ακολουθούν άρα και οι ποσότητες αέρα ανά κλιματιζόμενο χώρο. Έτσι έγινε η παραδοχή ότι οι ποσότητες κλιματιζόμενου αέρα ισοκατανέμονται σε όλο το κτίριο. Αυτό έγινε εφικτό με την πρόσθεση όλων των ποσοτήτων αέρα που διαχειρίζεται ο κάθε αεραγωγός. Έχοντας λοιπόν την συνολική ισχύ όλων των κλιματιστικών μονάδων (265,68 KW) και το σύνολο των κλιματιζόμενων χώρων (4.877,46m²) υπολογίζεται η ισχύς ανά τετραγωνικό μέτρο (0,0541156 Kw/m²) . Πολλαπλασιάζοντας λοιπόν τον συντελεστή αυτόν με τα τετραγωνικά των χώρων έχουμε την μέγιστη κλιματιζόμενη ισχύ που εισέρχεται στους χώρους αυτούς.

Επίσης για τον υπολογισμό της ροής του αέρα χρησιμοποιήθηκε παρόμοια μέθοδος, όπου υπολογίστηκε η συνολική ροή αέρα και από τους τρεις κεντρικούς αεραγωγούς (10,33 m³/sec) και διαιρέθηκε με το σύνολο των κλιματιζόμενων χώρων (4877,46 m²) και προέκυψε ο αντίστοιχος συντελεστής (0,0021047 m³/sec/m²). Πολλαπλασιάζοντας λοιπόν τον συντελεστή αυτόν με τα τετραγωνικά των χώρων έχουμε την μέγιστη ροή αέρα που εισέρχεται στους χώρους αυτούς.

Η κάθε κεντρική μονάδα των αεραγωγών έχει 4650 m³/h προσαγωγή σε πίεση 450 Pa και απαγωγή 3800 m³/h στα 410 Pa. Αυτό σημαίνει ότι διαρκώς όσο λειτουργεί ο κλιματισμός εισάγεται πλεονάζον ποσό αέρα στο κτίριο. Αυτό συμβαίνει για να καλυφθούν οι υπάρχουσες απώλειες αερισμού από τα ανοίγματα που υπάρχουν σε όλο το κτίριο (παράθυρα- πόρτες). Διαιρώντας λοιπόν την απαγωγή με την προσαγωγή βρέθηκε ότι το 81,72% είναι ανακυκλώσιμος αέρας (κλιματιζόμενος) έτσι υπολογίστηκε ότι το 18,28% που κυκλοφορεί στο δίκτυο των αεραγωγών είναι νωπός αέρας.

Έπειτα για λόγους υπολογισιμότητας δημιουργήθηκαν τέσσερις ξεχωριστές κλιματιστικές μονάδες, μία για κάθε κλιματιζόμενη θερμική ζώνη, που η συνολική ισχύ τους είναι ίση με τις 60 κλιματιστικές μονάδες και τους αεραγωγούς .

Τέλος έγινε η εισαγωγή των παραπάνω χαρακτηριστικών (ροές νωπού και ανακυκλώσιμου αέρα , ισχύς μονάδων και ανεμιστήρων, βαθμοί απόδοσης, COP, EER) στο πρόγραμμα του Open studio για να γίνει και ο ενεργειακός υπολογισμός τους.



Εικόνα 4.40 Κλιματιστικές μονάδες και χαρακτηριστικά.

4.5 Αποτελέσματα προσομοίωσης κτηρίου ως έχει.

Σε αυτό το κεφάλαιο αναφέρονται επιλεγμένα μερικά από τα αποτελέσματα που προέκυψαν, ενεργειακά και μη, από την προσομοίωση του κτηρίου ως έχει αυτήν τη στιγμή.

Το πρώτο αποτέλεσμα που εμφανίζει στο report το Open Studio είναι η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας (μόνο ηλεκτρική στην περίπτωση αυτή). Παρακάτω φαίνεται το report μαζί με τις μετατροπές του σε μονάδες (Wh-Kwh-Mwh κλπ).

Πίνακας 4.4 Συνολικά τετραγωνικά.

Building Area	
	Area [m ²]
Total Building Area	4877,46
Net Conditioned Building Area	4767,73
Unconditioned Building Area	109,73

Πίνακας 4.5 Γενικά στοιχεία.

General	
	Value
Program Version and Build	EnergyPlus, Version 8.8.0-7c3bbe4830, YMD=2018.03.14 13:28
RunPeriod	RUN PERIOD 1
Weather File	ATHENS - GRC IWEC Data WMO#=167160
Latitude [deg]	37,90
Longitude [deg]	23,73
Elevation [m]	15,00
Time Zone	2,00
North Axis Angle [deg]	180,00
Rotation for Appendix G [deg]	0,00
Hours Simulated [hrs]	8760,00

Πίνακας 4.6 Ετήσια ενέργεια.

Site and Source Energy			
	Total Energy [GJ]	Energy Per Total Building Area [MJ/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [MJ/m ²]
Total Site Energy	580,52	119,02	121,76
Net Site Energy	580,52	119,02	121,76
Total Source Energy	1838,50	376,94	385,61
Net Source Energy	1838,50	376,94	385,61
	Total Energy [KWh]	Energy Per Total Building Area [GWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [GWh/m ²]
Total Site Energy	161255,56	33061,11	33822,22
Net Site Energy	161255,56	33061,11	33822,22
Total Source Energy	510694,44	104705,56	107113,89
Net Source Energy	510694,44	104705,56	107113,89

Το ενδιαφέρον στον παραπάνω πίνακα είναι ότι το πρόγραμμα εμφανίζει όχι μόνο την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και το ποσό της πρωταρχικής ενέργειας που καταναλώθηκε για να παραχθεί η τελική καταναλισκόμενη ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε στο κτήριο. Ο συντελεστής

μετατροπής της ενέργειας αυτής είναι 3,1669 και αν πολλαπλασιαστεί το ποσό της καταναλισκόμενης ενέργειας ετησίως του κτηρίου 161255,56 Kwh με το 3,1669 το αποτέλεσμα είναι 510694,44 Kwh. Επίσης το Open Studio δίνει την δυνατότητα να εμφανιστεί η ετήσια ενέργεια και ανά τετραγωνικό μέτρο για την συνολική επιφάνεια του κτηρίου αλλά και ανά τετραγωνικό μέτρο κλιματιζόμενων χώρων.

Πίνακας 4.7 Περίληψη θερμικών ζωνών

Zone Summary								
	Area [m ²]	Conditioned (Y/N)	Volume [m ³]	Above Ground Gross Wall Area [m ²]	Window Glass Area [m ²]	Opening Area [m ²]	Lighting [W/m ²]	People [m ² per person]
THERMAL ZONE (AERAGWGN)	17,92	No	69,89	137,28	0,00	0,00	0,00	
THERMAL ZONE (AITHOUSES -NOTIES)	806,37	Yes	3.144,84	1.614,60	160,20	180,07	13,93	1,20
THERMAL ZONE (AITHOUSES -VORIES)	2.091,36	Yes	8.631,07	3.060,67	327,27	364,35	11,84	2,06
THERMAL ZONE (ANELKYSTHRA)	37,44	No	173,63	230,02	0,00	0,00	0,00	1,87
THERMAL ZONE (DIADROMOI-SKALES)	1.717,49	Yes	6.695,44	3.364,79	340,79	357,18	5,37	3,69
THERMAL ZONE (HLEGKATASTASEIS)	54,36	No	212,02	258,18	11,88	12,64	0,00	
THERMAL ZONE WC	152,52	Yes	594,81	626,54	34,56	36,08	25,49	3,82
Total	4.877,46		19.521,69	9.292,07	874,70	950,33	10,07	2,21
Conditioned Total	4.767,73		19.066,16	8.666,59	862,82	937,69	10,30	2,18
Unconditioned Total	109,73		455,54	625,48	11,88	12,64	0,00	5,49
Not Part of Total	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00		

Site to Source Energy Conversion Factors

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Εικόνα 4.41 Συντελεστές μετατροπής πρωταρχικής ενέργειας από διάφορες αρχικές μορφές.

Έπειτα το πρόγραμμα εμφανίζει την τελική χρήση ενέργειας ανά είδος κατανάλωσης για όλο το συγκρότημα. Αξίζει να σημειωθεί η μεγάλη διαφορά της τελικής κατανάλωσης ενέργειας όσον αφορά την θέρμανση που είναι σχεδόν τρεισήμισι φορές μεγαλύτερη από αυτήν του κλιματισμού.

Πίνακας 4.8 Τελικές χρήσεις

End Uses		
	Electricity [GJ]	Electricity [KWh]
Heating	163,27	45.352,78
Cooling	46,69	12.969,44
Interior Lighting	182,67	50.741,67
Exterior Lighting	40,47	11.241,67
Interior Equipment	141,19	39.219,44
Exterior Equipment	0,00	0,00
Fans	6,22	1727,78
Pumps	0,00	0,00
Heat Rejection	0,00	0,00
Humidification	0,00	0,00
Heat Recovery	0,00	0,00

Water Systems	0,00	0,00
Refrigeration	0,00	0,00
Generators	0,00	0,00
Total End Uses	580,52	161.255,56



Γράφημα 4.1 Τελικές χρήσεις ενέργειας.

Στο παραπάνω γράφημα (4.1) των τελικών χρήσεων του κτηρίου παρατηρείται υπάρχουν τρεις μεγάλες, σε ποσοστό, καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας με το μεγαλύτερο ποσοστό (31%) να καταναλώνεται από τον εσωτερικό φωτισμό. Ακολουθεί η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας λόγω θέρμανσης σε ποσοστό (28%). Τέλος ο εσωτερικός εξοπλισμός καταλαμβάνει το 24% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό οφείλεται στο ότι συμπεριλαμβάνεται και ο ανεγκυστήρας ισχύος 20 Kw στον εσωτερικό εξοπλισμό.

Πίνακας 4.9 Ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας ανά τύπο χρήσης.

	Percent [%]
Interior Lighting (All)	31
Space Heating	28
Space Cooling	8
Fans (All)	1
Service Water Heating	0
Receptacle Equipment	24
Miscellaneous	7

Παρακάτω φαίνεται η ετήσια πυκνότητα ενέργειας για την συνολική επιφάνεια του κτηρίου ανά τετραγωνικό μέτρο.

Πίνακας 4.10 Ετήσια πυκνότητα ενέργειας

Utility Use Per Total Floor Area		
	Electricity Intensity [MJ/m ²]	Electricity Intensity [KWh/m ²]
Lighting	45,75	12,71
HVAC	44,32	12,31
Other	28,95	8,04
Total	119,02	33,06

Πίνακας 4.11 Επιφάνειες τοιχοποιίας και ανοιγμάτων.

Window-Wall Ratio					
	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m ²]	9.292,07	2.410,14	2.332,50	2.253,17	2.296,26
Above Ground Wall Area [m ²]	9.292,07	2.410,14	2.332,50	2.253,17	2.296,26
Window Opening Area [m ²]	950,33	412,15	98,73	346,93	92,51
Gross Window-Wall Ratio [%]	10,23	17,10	4,23	15,40	4,03
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	10,23	17,10	4,23	15,40	4,03

Στον παραπάνω πίνακα (4.11) παρατηρείται ότι η συνολική μετρημένη επιφάνεια τοιχοποιίας περιλαμβάνει εξωτερικές αλλά και εσωτερικές επιφάνειες τοιχοποιίας χωρίς οροφές και δάπεδα.

Πίνακας 4.12 Αποτελέσματα τιμών U για κατασκευές δαπέδου, οροφών και τοίχων.

Construction	U-Factor [W/m2-K]
EXTERIOR WALL MEA 39CM (CUSTOM)	0,68
EXTERIOR WALL MEA 70CM(CUSTOM)	0,61
4. EXTERNAL DAPEDO MEA 1	1,19
3.EXTERNAL ROOF MEA	0,45

Πίνακας 4.13 Αποτελέσματα τιμών για κατασκευές ανοιγμάτων.

Construction	Glass U-Factor [W/m2-K]	Glass SHGC	Glass Visible Transmittance	Frame Conductance [W/m2-K]
PARATHYRO RES 2A WINDOW METAL FRAMING ALL OTHER	3,50	0,55	0,45	7,04
PORTA RES 2A WINDOW METAL FRAMING ENTRANCE DOOR	3,50	0,55	0,45	7,04

Πίνακας 4.14 Δεδομένα κλιματιστικών.

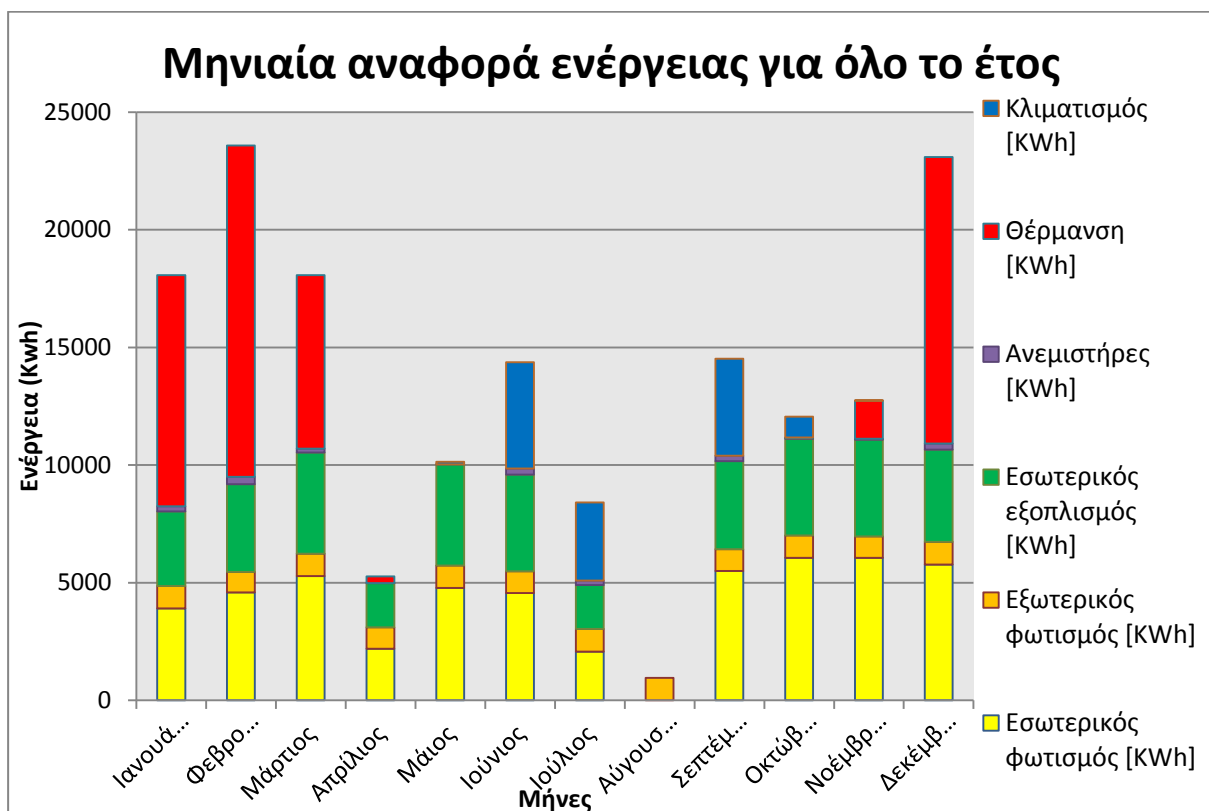
Cooling Coils						
	Type	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Sensible Capacity [W]	Nominal Latent Capacity [W]	Nominal Sensible Heat Ratio	Nominal Efficiency [W/W]
CYCLING ELEC PTAC 1 SPD DX CLG COIL	Coil: Cooling: DX: Single Speed	43.637	30.025,89	13.611,11	0,69	2,49
CYCLING ELEC PTAC 1 SPD DX CLG COIL 3	Coil: Cooling: DX: Single Speed	113.175	77.873,82	35.301,18	0,69	2,49
CYCLING ELEC PTAC 1 SPD DX CLG COIL 2	Coil: Cooling: DX: Single Speed	100.613	69.230,12	31.382,88	0,69	2,49
CYCLING ELEC PTAC 1 SPD DX CLG COIL 1	Coil: Cooling: DX: Single Speed	8.253	5.678,75	2.574,25	0,69	2,49

Πίνακας 4.15 Μηνιαία αναφορά.

Custom Monthly Report						
	Interior lights: electricity [KWh]	Exterior lights: electricity [KWh]	Interior equipment: electricity [KWh]	Fans: electricity [KWh]	Heating: electricity [KWh]	Cooling: electricity [KWh]
January	3.902,53	954,80	3.174,92	214,96	9.825,25	0,00
February	4.591,22	862,40	3.735,19	308,11	14.082,97	0,00
March	5.279,92	954,80	4.295,47	161,51	7.382,19	0,00
April	2.185,13	924,00	1.867,60	6,16	281,75	0,00
May	4.771,69	954,80	4.295,47	6,17	0,00	109,71
June	4.564,22	924,00	4.108,72	253,81	0,00	4.510,86
July	2.074,64	954,80	1.867,60	188,63	0,00	3.328,89
August	0,00	954,80	0,00	0,00	0,00	0,00
September	5.499,64	924,00	3.735,19	236,40	0,00	4.126,31

October	6.049,61	954,80	4.108,72	50,15	2,10	883,83
November	6.049,61	924,00	4.108,72	35,84	1.614,46	9,25
December	5.774,64	954,80	3.921,97	266,15	12.165,17	0,00
Annual Sum or Average	50.742,78	11.242,00	39.219,72	1.727,89	45.353,89	12.968,86
Minimum of Months	0,00	862,40	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum of Months	6.049,61	954,80	4.295,47	308,11	14.082,97	4.510,86

Στον παραπάνω πίνακα (4.15) αναφέρονται το σύνολο των καταναλώσεων ανά μήνα και ανά τύπο κατά την διάρκεια του έτους. Επίσης αναφέρονται η ελάχιστη, μέση και μέγιστη κατανάλωση ενέργειας όλου του έτους.



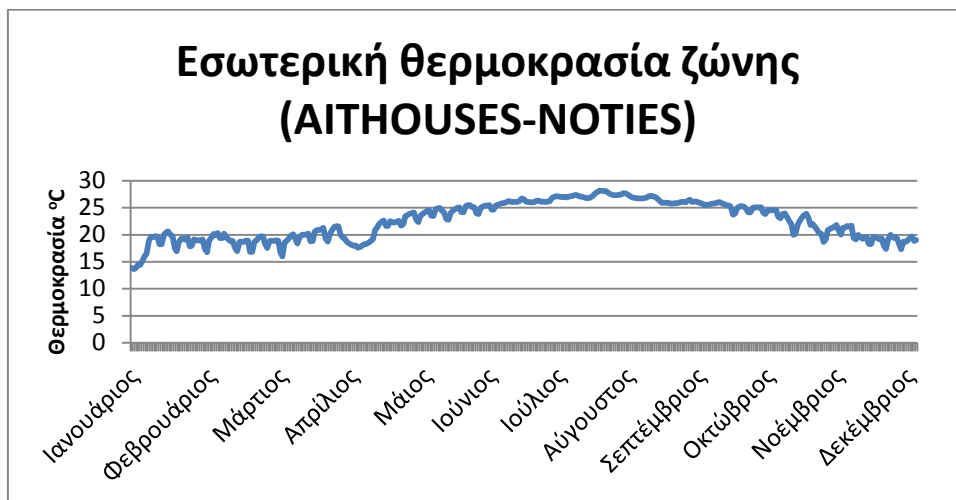
Γράφημα 4.2 Μηνιαία αναφορά έτους.



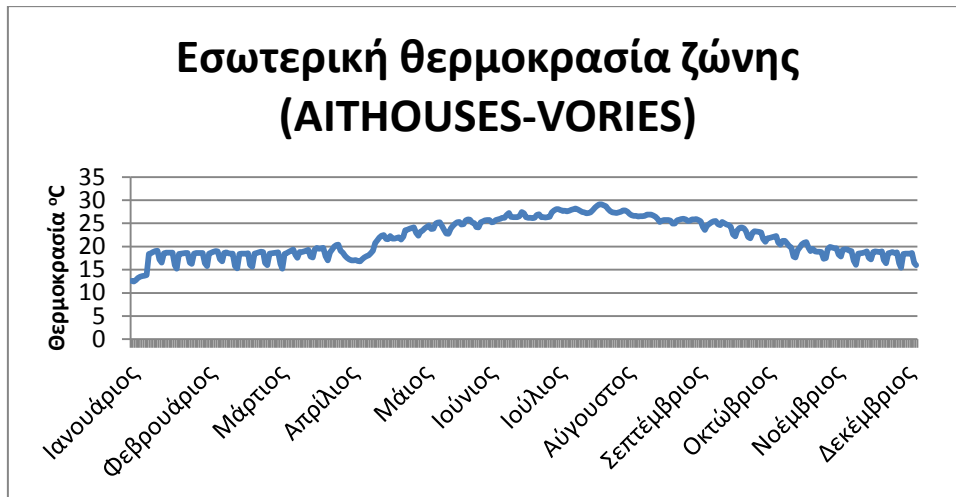
Γράφημα 4.3 Προφίλ μηνιαίων φορτίων.

Στο παραπάνω γράφημα (4.3) φαίνονται το προφίλ των μηνιαίων φορτίων θέρμανσης και κλιματισμού στην διάρκεια του έτους σε συνδυασμό με την μέση ημερήσια θερμοκρασία.

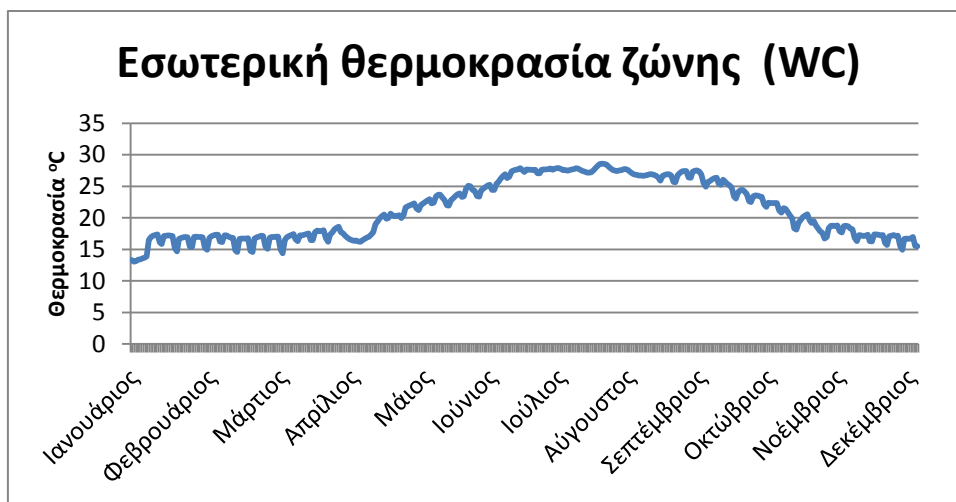
Στα επόμενα γραφήματα αναλύονται οι θερμοκρασίες εντός του κτηρίου, σε όλες τις θερμικές (κλιματιζόμενες) ζώνες, στην παρούσα κατάσταση όπου βρίσκεται.



Γράφημα 4.4 Εσωτερική θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους για την νότια θερμική ζώνη.



Γράφημα 4.5 Εσωτερική θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους για την βόρεια θερμική ζώνη.



Γράφημα 4.6 Εσωτερική θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους για την θερμική ζώνη των τουαλετών.

Στα παραπάνω γραφήματα παρατηρείται μια διαφορά στην διακύμανση της θερμοκρασίας μεταξύ της βόρειας και στην νότιας θερμική ζώνης. Αυτό είναι απολύτως φυσιολογικό διότι η νότια πλευρά, παρότι κατά λίγο μικρότερη σε επιφάνεια, διαχέεται από ηλιακή ακτινοβολία όλη σχεδόν την διάρκεια του έτους (όταν δεν σκιάζεται από το αμφιθέατρο K28). Έτσι, η θερμοκρασία στις αίθουσες με ανοίγματα προς τον νότο έχουν μία αυξημένη εσωτερική θερμοκρασία (μέγιστη) της τάξεως του ενός ή και δύο βαθμών κελσίου σε σχέση με τις αντίστοιχες βόρειες την ίδια χρονική στιγμή (στιγμή μέγιστης θερμοκρασίας).

Πίνακας 4.16 Ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες ανά θερμική ζώνη στην διάρκεια του έτους.

	MIN (οC)	MAX (οC)
Αίθουσες Νότιες	13,62	28,14
Αίθουσες Βόρειες	12,42	29,12
Διάδρομοι- Σκάλες	12,72	29,24
Τουαλέτες	13,04	28,57



Γράφημα 4.7 Μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες ανά θερμική ζώνη στην διάρκεια του έτους.

Με την βοήθεια των παραπάνω διαγραμμάτων παρατηρείται ότι η ελάχιστη θερμοκρασία είναι 12,427 °C στις βόρειες αίθουσες κατά τις αρχές του Ιανουαρίου (στις 2 Ιανουαρίου). Η μέγιστη θερμοκρασία είναι 29,246 °C και παρατηρείται στην θερμική ζώνη των διαδρόμων κατά την περίοδο του Αυγούστου (στις 5 Αυγούστου). Η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους καταγράφονται στις περιόδους τις οποίες το κτήριο είναι εκτός λειτουργίας, έτσι οι κλιματιστικές μονάδες είναι εκτός λειτουργίας και οι θερμοκρασίες μη ελεγχόμενες. Οι μετρήσεις των θερμοκρασιών λαμβάνουν χώρα από την πρώτη Ιανουαρίου στις 12.00 το μεσημέρι και κάθε 24 ώρες έπειτα για όλο το έτος με την τελευταία να είναι στις 31 Δεκεμβρίου στις 12.00 την μεσημβρινή.

4.6 Μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης και πιστοποίησης κτηρίου.

Σύμφωνα με το άρθρο 5 του Κ.Εν.Α.Κ., για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων εφαρμόζεται η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790 και των υπόλοιπων ευρωπαϊκών προτύπων, όπως αυτά απεικονίζονται στο παράρτημα 1 του Κ.Εν.Α.Κ. και ισχύουν.

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα ευρωπαϊκά πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων.

Πίνακας 4.17 Ευρωπαϊκά πρότυπα για την ενεργειακή απόδοση κτηρίων.

Υπολογισμός ενεργειακής ζήτησης κτηρίου για θέρμανση και ψύξη (μηνιαία μέθοδος)		
2. ΕΛΟΤ EN ISO 13790 E2 13790 E2 (2009)	Ενεργειακή απόδοση κτηρίων - Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων.	Υπολογισμός της ενεργειακής ζήτησης του κτηριακού κελύφους με τη μέθοδο ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος.
ΕΛΟΤ EN ISO 13789 E2 (2009)	Θερμική απόδοση κτηρίων - Συντελεστές μεταφοράς θερμότητας σχετικά με μετάδοση και αερισμό - Μέθοδος υπολογισμού.	Υπολογισμός των απωλειών θερμότητας κτηρίου προς το περιβάλλον μέσω των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων, καθώς και μέσω του αερισμού του κτηρίου (διείσδυσης αέρα, φυσικού ή μηχανικού αερισμού).
ΕΛΟΤ EN ISO 6946 E2 (2009)	Κτηριακά μέρη και στοιχεία - Θερμική αντίσταση και θερμοπερατότητα - Μέθοδος υπολογισμού.	
ΕΛΟΤ EN ISO 13370 E2 (2009)	Θερμικές επιδόσεις κτηρίων - Μετάδοση θερμότητας μέσω του εδάφους - Μέθοδοι υπολογισμού.	
ΕΛΟΤ EN ISO 14683 (2009)	Θερμογέφυρες σε κτηριακές κατασκευές - Γραμμική θερμική μετάδοση - Απλοποιημένες μέθοδοι και τιμές προεπιλογής.	

ΕΛΟΤ EN ISO 10211 (2009)	Θερμογέφυρες στις κτηριακές κατασκευές - Ροές θερμότητας και επιφανειακές θερμοκρασίες - Λεπτομερείς υπολογισμοί.	
EN ISO 10077-1 (2006)	Θερμική απόδοση παραθύρων, θυρών και εξωφύλλων - Υπολογισμός θερμικής μετάδοσης - Μέρος 1: Απλοποιημένη μέθοδος.	
ΕΛΟΤ EN ISO 12631	Θερμική απόδοση τοιχοπετασμάτων - Υπολογισμός της θερμικής μετάδοσης (2014).	
ΕΛΟΤ EN 15241 (2008)	Αερισμός κτηρίων - Μέθοδοι υπολογισμού ενεργειακών απωλειών σε εμπορικής χρήσης κτήρια λόγω αερισμού και διήθησης.	
ΕΛΟΤ EN ISO 15927.01 (2004)	Υγροθερμικές επιδόσεις κτηρίων - Υπολογισμός και παρουσίαση κλιματικών δεδομένων - Μέρος 1: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές μετεωρολογικών στοιχείων	Παραδοχές και υπολογισμοί για κλιματικά δεδομένα.
ΕΛΟΤ EN 15193 (2008)	Ενεργειακή απόδοση κτηρίων - Ενεργειακές απαιτήσεις για φωτισμό.	Υπολογισμός εσωτερικών κερδών από φωτισμό.
ΕΛΟΤ EN ΕΛΟΤ EN ISO 13790 Ε2 13790 Ε2 (2009)	Ενεργειακή απόδοση κτηρίων - Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων.	Υπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη βάσει της ενεργειακής ζήτησης του κτηριακού κελύφους και των αποδόσεων των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.
ΕΛΟΤ EN 15316.01 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 1: Γενικά.	Υπολογισμός της απόδοσης του συστήματος θέρμανσης.
ΕΛΟΤ EN 15316.02.01 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοσης συστημάτων - Μέρος 2-1: Συστήματα εκπομπών θέρμανσης χώρων.	

<p>ΕΛΟΤ EN 15316.02.03 (2008)</p>	<p>Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 2-3: Συστήματα διανομής για τη θέρμανση χώρων.</p>	
<p>ΕΛΟΤ EN 15316.04.01 (2008)</p>	<p>Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 4-1: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων. Συστήματα καύσης (λέβητες).</p>	
<p>ΕΛΟΤ EN 15316.04.02 (2008)</p>	<p>Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοση συστημάτων - Μέρος 4-2: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων, συστήματα αντλιών θερμότητας.</p>	
<p>ΕΛΟΤ EN 15316.04.03 (2008)</p>	<p>Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοση συστημάτων - Μέρος 4-3: Συστήματα παραγωγής θερμότητας, θερμικά ηλιακά.</p>	
<p>ΕΛΟΤ EN 15316.04.04 (2008)</p>	<p>Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 4-4: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων. Συστήματα συμπαραγωγής, ενσωματωμένα στο κτήριο.</p>	
<p>ΕΛΟΤ EN 15316.04.05 (2008)</p>	<p>Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 4-5: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων. Απόδοση και ποιότητα συστημάτων τηλεθέρμανσης και συστημάτων μεγάλου όγκου.</p>	

ΕΛΟΤ EN 15316.04.06 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 4-6: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων. Φωτοβολταϊκά συστήματα.	
ΕΛΟΤ EN 15316.04.07 (2010)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοση συστημάτων - Μέρος 4-7: Συστήματα παραγωγής θερμότητας χώρων, συστήματα καύσης βιομάζας.	
ΕΛΟΤ EN 15243 (2008)	Αερισμός κτηρίων - Υπολογισμός θερμοκρασίας χώρου και του φορτίου και της ενέργειας κτηρίων εξοπλισμένων με σύστημα κλιματισμού.	Υπολογισμός απόδοσης συστήματος ψύξης.
ΕΛΟΤ EN 15232 (2007)	Ενεργειακή λειτουργία των κτηρίων - Επίδραση του αυτοματισμού κτηρίων, των συσκευών ελέγχου και της διαχείρισης κτηρίων.	Υπολογισμός εξοικονομούμενης ενέργειας από διατάξεις αυτομάτου ελέγχου.
ΕΛΟΤ EN 15378:2007	Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Επιθεώρηση λεβήτων και συστημάτων θέρμανσης	Υπολογισμός/εκτίμηση εποχιακού βαθμού απόδοσης της θέρμανσης
ΕΛΟΤ EN 15239 2007	Αερισμός σε κτίρια - Ενεργειακή απόδοση κτηρίων - Οδηγίες επιθεώρησης συστημάτων αερισμού	Εκτίμηση απόδοσης της ψύξης των συστημάτων αερισμού
ΕΛΟΤ EN 15240 2007	Αερισμός σε κτίρια - Ενεργειακή απόδοση κτηρίων - Οδηγίες επιθεώρησης συστημάτων κλιματισμού	Υπολογισμός/εκτίμηση εποχιακού βαθμού απόδοσης της ψύξης
Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης κτηρίου για ζεστό νερό χρήσης (Z.N.X.) και φωτισμό		
ΕΛΟΤ EN 15316.03.01 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 3-1: Συστήματα ζεστού νερού χρήσης. Χαρακτηρισμός αναγκών (απαιτήσεις άντλησης).	Υπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης (Z.N.X.).

ΕΛΟΤ EN 15316.03.02 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 3-2: Συστήματα ζεστού νερού χρήσης, διανομή.	
ΕΛΟΤ EN 15316.03.03 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 3-3: Συστήματα ζεστού νερού χρήσης, παραγωγή.	
ΕΛΟΤ EN 15193 (2008)	Ενεργειακή απόδοση κτηρίων - Ενεργειακές απαιτήσεις για φωτισμό.	Υπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας για τεχνητό φωτισμό κτηρίων.
ΕΛΟΤ EN 12464-1 (2011)	Φως και φωτισμός - Φωτισμός χώρων εργασίας - Μέρος 1: Εσωτερικοί χώροι εργασίας	Καθορισμός των απαραίτητων επιπέδων τεχνητού φωτισμού
ΕΛΟΤ EN 12193 E2 (2009)	Φως και φωτισμός - Φωτισμός χώρων αθλοπαιδιών	
CEN Daylight	CEN/TC 169/WG 11 -Daylight	Καθορισμός δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας από τον φυσικό φωτισμό

Τα δεδομένα των υπολογισμών της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων υποβάλλονται και ανταλλάσσονται μέσω ανοικτής δομής δεδομένων (XML) και διεπαφής προγραμματισμού εφαρμογών (API). Οι παράμετροι υπολογισμού θα καθορίζονται από τα στοιχεία της αρχιτεκτονικής και ηλεκτρομηχανολογικής μελέτης του κτηρίου και σύμφωνα με την παρούσα τεχνική οδηγία, καθώς επίσης και σύμφωνα με τις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. των κλιματικών δεδομένων.

Η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων προσδιορίζεται με βάση τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Η μεθοδολογία υπολογισμού θα πρέπει να περιλαμβάνει κατ' ελάχιστον τα παρακάτω στοιχεία: την πραγματική κύρια χρήση του κτιρίου ή της κτιριακής μονάδας, τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός), τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και τον αριθμό χρηστών, τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου ή της κτιριακής μονάδας (θερμοκρασία, σχετική και απόλυτη υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία), τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (μορφή του κτιρίου, διαφανείς και μη επιφάνειες, σκίαστρα κ.ά.), σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων (χωρίσματα κ.ά.), τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (θερμοπερατότητα, θερμική μάζα, απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας, διαπερατότητα κ.ά.). Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των Η/Μ συστημάτων για ΘΨΚ και ΖΝΧ (τύπος συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.α.), τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης γενικού φωτισμού (στα κτίρια τριτογενή τομέα), τα τεχνικά χαρακτηριστικά των διατάξεων αυτομάτου ελέγχου και ρύθμισης λειτουργίας των Η/Μ συστημάτων, το μηχανικό και

φυσικό αερισμό, που περιλαμβάνει και την αεροστεγανότητα, τα παθητικά και υβριδικά ηλιακά συστήματα και την ηλιακή προστασία, την παθητική θέρμανση και δροσισμό, τις κλιματικές συνθήκες εσωτερικού χώρου, λαμβάνοντας υπόψη και τις συνθήκες σχεδιασμού εσωτερικού κλίματος, τα εσωτερικά φορτία. Στους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης λαμβάνεται υπόψη η θετική επίδραση των κατωτέρω παραγόντων:

των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και άλλων συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βασιζόμενων σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές (ΑΠΕ), της ωφέλιμης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης με συμπαραγωγή (ΣΗΘ) και των συστημάτων τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, του φυσικού φωτισμού.

Επίσης στη μεθοδολογία υπολογισμού συνεκτιμάται κατά περίπτωση η θετική επίδραση των ακόλουθων συστημάτων:

των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και άλλων συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βασιζόμενων σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές (ΑΠΕ), της ωφέλιμης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης με συμπαραγωγή (ΣΗΘ) και των συστημάτων τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, του φυσικού φωτισμού. Για τον υπολογισμό της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας εφαρμόζεται η ίδια μεθοδολογία τόσο στο υπό μελέτη κτήριο, όσο και στο αντίστοιχο κτήριο αναφοράς. Η αναγωγή της υπολογιζόμενης τελικής κατανάλωσης καυσίμου σε πρωτογενή γίνεται με τη χρήση των συντελεστών μετατροπής του πίνακα 4.18.

Πίνακας 4.18 Συντελεστής μετατροπής διαφόρων πρωτογενών πηγών ενέργειας.

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλύόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO ₂ /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,19
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,1	0,26
Ηλεκτρική ενέργεια	2,9	0,99
Υγραέριο	1,05	0,24
Βιομάζα	1	
Τηλεθέρμανση από θερμικούς σταθμούς	0,7	0,35
Τηλεθέρμανση από ΑΠΕ	0,5	—

Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται ως καύσιμο πετρέλαιο κίνησης (συστήματα συμπαραγωγής, παραγωγής ζεστού νερού χρήσης κ.ά.), ο συντελεστής μετατροπής του σε πρωτογενή ενέργεια είναι ο ίδιος με αυτόν του πετρελαίου θέρμανσης. Επίσης, ο συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια

της βιομάζας είναι ο ίδιος τόσο για την ακατέργαστη βιομάζα (καυσόξυλα, κλαδοδέματα κ.ά.) όσο και για την τυποποιημένη βιομάζα όπως τα συσσωματώματα (pellets) κ.ά.

4.7 Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτηρίου.

Βάσει της τελικής ανηγμένης σε πρωτογενή ενέργεια κατανάλωσης του κτηρίου, καθορίζεται και η κατηγορία της ενεργειακής απόδοσής του και εκδίδεται το «πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτηρίου - Π.Ε.Α.». Οι κατηγορίες ενεργειακής ταξινόμησης των κτηρίων δίνονται στον πίνακα 4.19.

Ο δείκτης R_r είναι ίσος με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς. Ο λόγος T είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς (R_r) και αποτελεί το κριτήριο για την κατάταξη του κτηρίου στην αντίστοιχη κατηγορία ενεργειακής απόδοσης.

Πινάκας 4.19 Ενεργειακή ταξινόμηση κτηρίων.

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια
A+	EP <0,33R_r	T <0,33
A	0,33R _r <^P< 0,50R _r	0,33 < T <0,50
B+	0,50R _r <^P< 0,75R _r	0,50 < T <0,75
B	0,75R _r <^P<1,00R _r	0,75 < T <1,00
Γ	1,00R _r <^P<1,41R _r	1,00 < T <1,41
Δ	^R^P^R _r	1,41 < T <1,82
E	^R^P^ 2,27R _r	1,82 < T <2,27
Z	2,27R _r <^P< 2,73R _r	2,27 < T < 2,73
H	2,73R _r < EP	2,73 < T

Η ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς αντιστοιχεί στο άνω όριο της κατηγορίας ενεργειακής απόδοσης B. Κτήρια με χαμηλότερη ή υψηλότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατατάσσονται στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία. Όταν ένα κτήριο είναι μεικτής χρήσης, δηλαδή διαθέτει περισσότερα από ένα τμήματα που ανήκουν σε διαφορετικές βασικές κατηγορίες κύριας χρήσης, τότε κάθε τμήμα από αυτά εξετάζεται μεμονωμένα και αντίστοιχα, εκδίδεται πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης για κάθε βασική κατηγορία κύριας χρήσης του κτηρίου ξεχωριστά. Για παράδειγμα, σε κτήριο κατοικιών με ισόγειο κατάστημα θα πρέπει να εξετασθούν ξεχωριστά το κατάστημα και το τμήμα με τις κατοικίες. Θα πρέπει δηλαδή να εκδοθούν κατ' ελάχιστον δύο Π.Ε.Α., ένα για το κατάστημα και ένα για τις κατοικίες, (είτε σε μεμονωμένες πιστοποιήσεις οριζόντιων ιδιοκτησιών είτε σε κοινή πιστοποίηση ολόκληρου του κτηρίου, σύμφωνα με τον ν. 4122/2013 για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων).

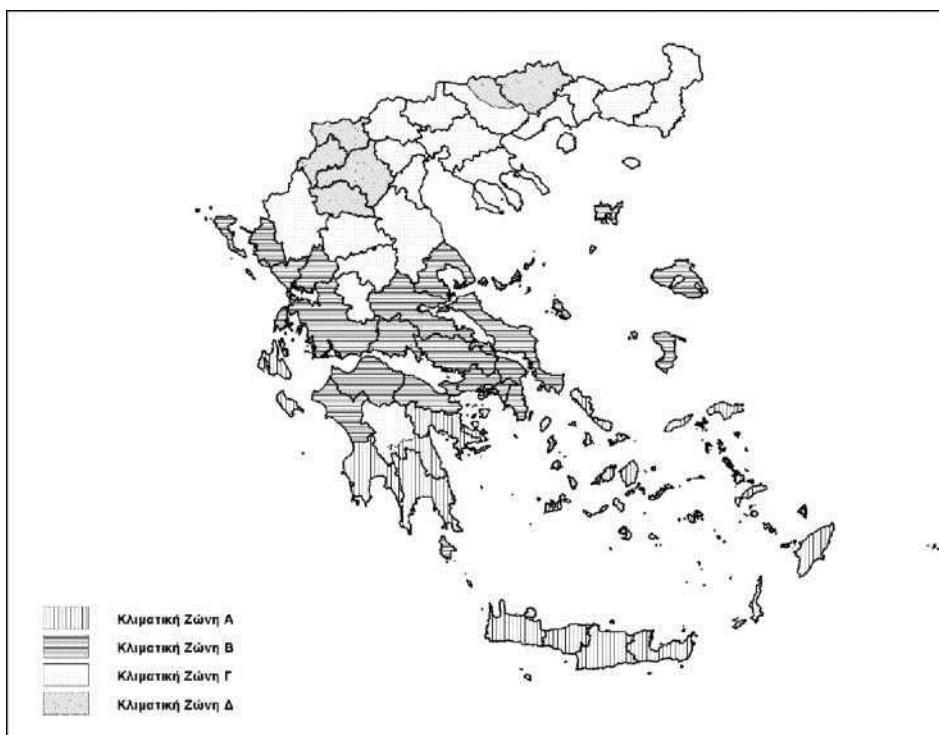
4.7.1 Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.

Για την εκπόνηση της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Στον πίνακα 4.20 προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από τη θερμότερη στην ψυχρότερη) και ακολουθεί σχηματική απεικόνιση των παραπάνω ζωνών στο σχήμα .

Για κάθε νομό, τα κτίρια σε περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων εξετάζονται βάσει των προδιαγραφών της επόμενης ψυχρότερης κλιματικής ζώνης από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω. Για την Δ ζώνη όλες οι περιοχές, ανεξαρτήτως υψομέτρου, περιλαμβάνονται στην ζώνη Δ. Στο τμήμα του νομού Αρκαδίας που εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Γ και στο τμήμα του νομού Σερρών (ΒΑ τμήμα) που εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Δ, περιλαμβάνονται όλες οι περιοχές που έχουν υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.20 Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.

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



Εικόνα 4.8 Απεικόνιση κλιματικών ζωνών στην Ελλάδα.

4.8 Αποτελέσματα προσομοίωσης μέσω προγράμματος KENAK.

Στο πρόγραμμα του KENAK εισάγονται οι πληροφορίες από αρχιτεκτονικά σχέδια, Η/Μ σχέδια και από ιδιοκτήτη-διαχειριστή του κτηρίου. Αυτά περιλαμβάνουν όλες τις διαστάσεις (ύψος τυπικού ορόφου, ολικό μήκος, ολικό πλάτος, μεγέθη ανοιγμάτων κλπ) καθώς και πληροφορίες για τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις (συνολική ισχύς κλιματισμού, φωτισμού κλπ). Όλα τα παραπάνω χωρίζονται σε δυο υποκατηγορίες, κελύφους και συστημάτων. Στο κέλυφος περιλαμβάνονται όλες οι αδιαφανείς επιφάνειες (τοιχοί, κολώνες, δάπεδα) αναλόγως την επαφή τους με αέρα, θερμαινόμενους ή μη χώρους, πυλωτές κλπ κλπ. Στο κέλυφος περιλαμβάνονται επίσης και όλες οι διαφανείς επιφάνειες (ανοίγματα) αναλόγως τον τύπο ανοίγματος την θέση και τους διάφορους συντελεστές που το αποτελούν (m^2 , U_{value} , συντελεστής σκίασης κλπ). Στην συνέχεια όταν εισαχθούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία, το πρόγραμμα «τρέχει» και συγκρίνει τα ενεργειακά αποτελέσματα με αυτά του κτηρίου αναφοράς.

Κτίριο αναφοράς. Σύμφωνα με το άρθρο 7 του Κ.Εν.Α.Κ., κάθε νέο κτήριο, καθώς και κάθε υφιστάμενο κτήριο που ανακαινίζεται ριζικά πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κατά τα οριζόμενα στα άρθρα 6 και 7 του ν. 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42).

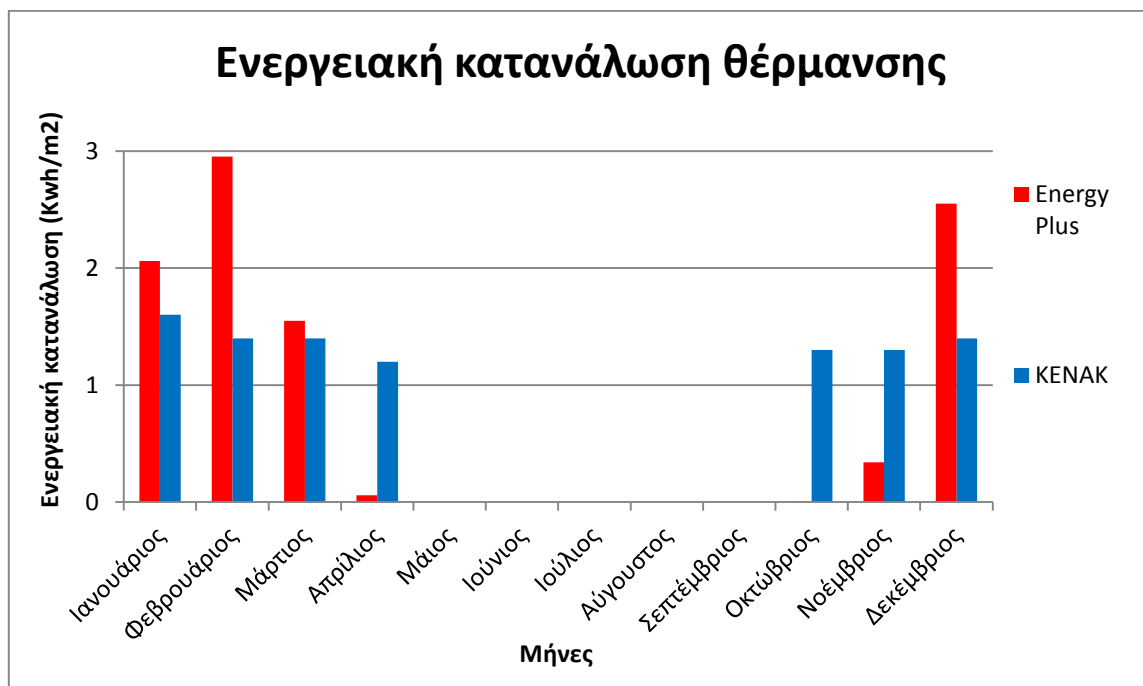
Σε κάθε περίπτωση απαιτείται ο υπολογισμός της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας με την εκπόνηση ενεργειακής μελέτης, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναφέρεται στα άρθρα 4 και 5 του Κ.Εν.Α.Κ., προκειμένου να προσδιοριστεί η ενεργειακή απόδοση και η κατάταξη του κτηρίου.

Σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ., οι ελάχιστες απαιτήσεις για τα νέα και ριζικώς ανακαινιζόμενα κτήρια, αναφέρονται στο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κτηρίου, στα θερμοφυσικά

χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους και στα τεχνικά συστήματα. Αυτές οι ελάχιστες απαιτήσεις αναλύονται στην αντίστοιχη θεματική ενότητα της παρούσας τεχνικής οδηγίας.

Το «κτήριο αναφοράς» καθορίζεται να είναι το ίδιο με το υπό μελέτη κτήριο. Συγκεκριμένα, θεωρείται πως έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτήριο. Το κτήριο αναφοράς πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές όπως περιγράφονται στο άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στα Η/Μ τεχνικά συστήματα που αφορούν στη Θ.Ψ.Κ. των εσωτερικών χώρων, στην παραγωγή Ζ.Ν.Χ. και στο φωτισμό. Στις ενότητες που ακολουθούν καθορίζονται με λεπτομέρεια τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κτηρίου αναφοράς τόσο ως προς το κτηριακό κέλυφος, όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικά τεχνικά συστήματα.

Ακολουθεί η σύγκριση των αποτελεσμάτων του προγράμματος του KENAK με το Energy Plus .

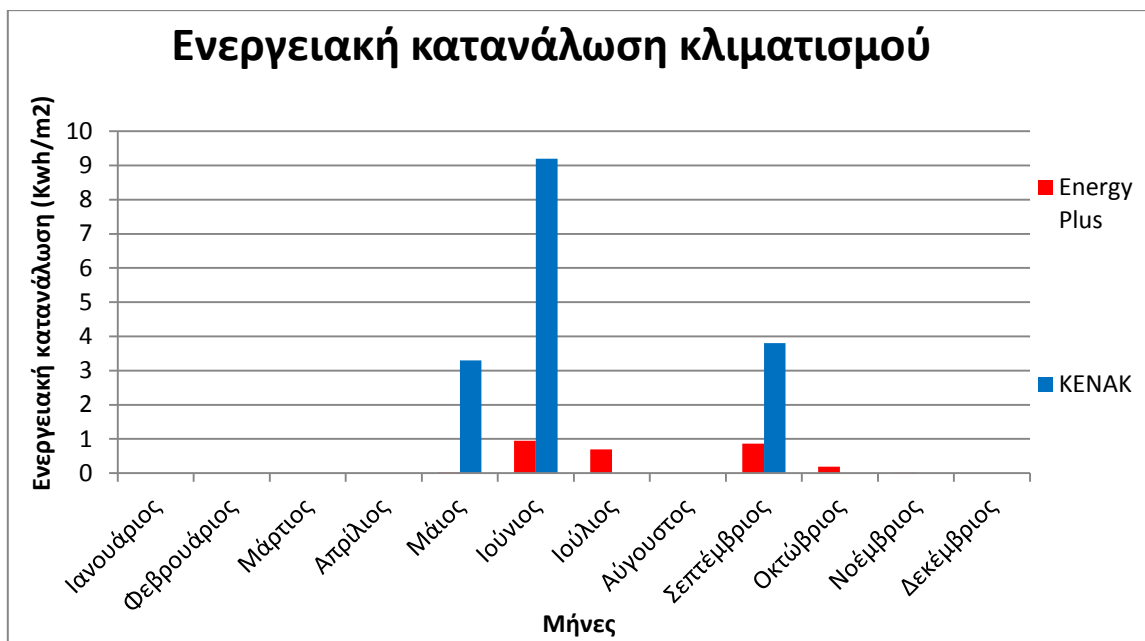


Γράφημα 4.8 Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωση θέρμανσης ανά μήνα στα δύο προγράμματα.

Στο παραπάνω διάγραμμα (4.8) παρατηρείται διαφορά από το πρόγραμμα του Energy Plus στο πρόγραμμα του KENAK κατά την διάρκεια του έτους . Αυτό συμβαίνει διότι στο πρόγραμμα του Energy Plus και στο Open Studio δηλώνονται ακριβώς οι ημερομηνίες λειτουργίας του κτηρίου με βήμα του ενός λεπτού. Έτσι υπολογίζεται με κάθε λεπτομέρεια και πολύ κοντά στα πραγματικά δεδομένα.

Πίνακας 4.21 Αποτελέσματα Energy Plus και KENAK

	Αποτελέσματα μέσω Energy Plus		Αποτελέσματα μέσω KENAK	
	Θέρμανση [KWh/m ²]	Κλιματισμός [KWh/m ²]	Θέρμανση [KWh/m ²]	Κλιματισμός [KWh/m ²]
Ιανουάριος	2,0608	0,0000	1,6000	0,0000
Φεβρουάριος	2,9538	0,0000	1,4000	0,0000
Μάρτιος	1,5484	0,0000	1,4000	0,0000
Απρίλιος	0,0591	0,0000	1,2000	0,0000
Μάιος	0,0000	0,0230	0,0000	3,3000
Ιούνιος	0,0000	0,9461	0,0000	9,2000
Ιούλιος	0,0000	0,6982	0,0000	0,0000
Αύγουστος	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Σεπτέμβριος	0,0000	0,8655	0,0000	3,8000
Οκτώβριος	0,0004	0,1854	1,3000	0,0000
Νοέμβριος	0,3386	0,0019	1,3000	0,0000
Δεκέμβριος	2,5516	0,0000	1,4000	0,0000
Σύνολο	9,5127	2,7201	9,6000	16,3000



Γράφημα 4.9 Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωση κλιματισμού ανά μήνα στα δύο προγράμματα.

Πίνακας 4.22 Αποτελέσματα Energy Plus και KENAK για εσωτερικό φωτισμό.

	Αποτελέσματα μέσω Energy Plus	Αποτελέσματα μέσω KENAK
	Εσωτ. Φωτισμός [KWh/m ²]	Εσωτ. Φωτισμός [KWh/m ²]
Ιανουάριος	0,82	3,4
Φεβρουάριος	0,96	3,4
Μάρτιος	1,11	3,4
Απρίλιος	0,46	3,4
Μάιος	1,00	3,4
Ιούνιος	0,96	3,4
Ιούλιος	0,44	3,4
Αύγουστος	0,00	3,4
Σεπτέμβριος	1,15	3,4
Οκτώβριος	1,27	3,4
Νοέμβριος	1,27	3,4
Δεκέμβριος	1,21	3,4
Σύνολο	10,64	40,80

Από την παράθεση των παραπάνω συγκριτικών πινάκων με τις καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας οι οποίες προκύπτουν από τα υπό μελέτη υπολογιστικά μοντέλα (TEE/KENAK και Energy Plus), προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα.

- Τα υπό μελέτη υπολογιστικά μοντέλα παρουσιάζουν (ακόμα και σημαντικές) αποκλίσεις ως προς τα αποτελέσματά τους κυρίως όσον αφορά τις ενεργειακές καταναλώσεις στις εγκαταστάσεις Ψύξης/κλιματισμού (περισσότερο) και Θέρμανσης (λιγότερο).
- Οι αποκλίσεις αυτές οφείλονται και εξηγούνται κατ' αρχάς τόσο από τις διαφορετικές υπολογιστικές μεθόδους (διαφορετικούς αλγορίθμους) που χρησιμοποιούν το TEE/KENAK και το Energy Plus, όσο και από την ίδια την μεθοδολογία με την οποία λειτουργούν (λεπτομερή ή μη εισαγωγή δεδομένων κ.α.) τα δύο προσομοιωτικά προγράμματα.
- Όσον αφορά τις αποκλίσεις λόγω των διαφορετικών υπολογιστικών μεθόδων, είναι κάτι αναμενόμενο και αναπόφευκτο, αν ανατρέξει κάποιος και συγκρίνει/εντοπίσει τις διαφοροποιήσεις στους αλγορίθμους που χρησιμοποιούν τα δύο λογισμικά.
- Από την άλλη πλευρά τα υπόψη λογισμικά διαφοροποιούνται και ως προς την αναλυτικότητα των δεδομένων εισόδου που χρησιμοποιούνται στο καθένα. Έτσι π.χ. στο **ημι-στατικό μοντέλο** (TEE/KENAK) η κίνηση του ηλίου δεν προσομοιώνεται κάτι που συμβαίνει στο **δυναμικό μοντέλο** (Energy Plus). Αντίστοιχα στο ημι-στατικό μοντέλο γίνεται λεπτομερής εισαγωγή δεδομένων που αφορούν τις σκιάσεις του κτιρίου, πράγμα που δεν απαιτείται στο δυναμικό μοντέλο.
- Επιπλέον οι αποκλίσεις μπορούν να γίνουν ακόμα μεγαλύτερες καθώς το δυναμικό μοντέλο μπορεί να λαμβάνει υπόψη του i)τη θέση του κτιρίου σε σχέση με τον πολεοδομικό ιστό που το περιβάλλει, ii)την ταχύτητα του ανέμου, iii) τη διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας με ωριαίο βήμα, καθώς και iv) τις θερμοκρασιακές διαφορές που προκύπτουν στις επιμέρους ζώνες του, πράγματα που δεν αξιολογούνται στο ημι-στατικό μοντέλο.
- Επίσης φαίνεται πως το ημι-στατικό μοντέλο υπερεκτιμά τις απώλειες μέσω μεταφοράς σε σχέση με το δυναμικό μοντέλο, καθώς αδυνατεί να λάβει υπόψη του την αποθήκευση και εκπομπή θερμότητας από τα δομικά στοιχεία που αποτελούν το κτιριακό κέλυφος.

Γενικότερα το ημι-στατικό μοντέλο προσομοιώνει πλήθος δυναμικών χαρακτηριστικών με εμπειρικό τρόπο, όπως π.χ. ότι υπάρχει μια γενική τιμή που περιγράφει τη θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους, καθώς παράμετροι όπως η θερμική αδράνεια των υλικών του χώρου δεν λαμβάνονται υπόψη.

Έτσι λοιπόν καθίσταται φανερό πως ,ακόμα και αν πολλά από τα αρχικά δεδομένα εισαγωγής και στα δυο μοντέλα είναι κοινά (όπως π.χ. οι επιφάνειες του κτιριακού κελύφους, οι συντελεστές θερμοπερατότητας, η ισχύς και ο βαθμός απόδοσης μηχανημάτων/συστημάτων/εγκαταστάσεων) στα τελικά αποτελέσματα θα υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση στην απαιτούμενη/εκτιμώμενη ενέργεια τελικής χρήσης (άρα και της πρωτογενούς) για τη θέρμανση και ψύξη των κτιρίων. Υπάρχει έτσι μεγάλη πιθανότητα να προκύπτει διαφορετική ενεργειακή κατηγοριοποίηση του κτιρίου από το κάθε λογισμικό (αν φυσικά η ενεργειακή κατηγοριοποίηση βασίζεται σε «απόλυτες» τιμές και δεν χρησιμοποιεί π.χ. συγκριτικά δεδομένα με κάποιο κτίριο αναφοράς, όπως συμβαίνει με το TEE/KNAK).

Από την άλλη φαίνεται να αποτελεί γεγονός (διερευνήθηκε στη παρούσα εργασία βιβλιογραφικά και όχι με άμεση εφαρμογή και σύγκριση στο κτίριό μας, όπου εφαρμόσαμε σενάρια Εξ.Εν. μόνο στο Energy Plus) ότι και τα δύο μοντέλα παρουσιάζουν τις ίδιες ποσοστιαίες ετήσιες μειώσεις κατανάλωσης ενέργειας, στην εφαρμογή αντίστοιχων (των ιδίων ακριβώς) μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, σε κάποια πιθανά σενάρια.

Αυτό, με βάση και το γεγονός ότι τα προς εισαγωγή δεδομένα είναι τα ίδια, σημαίνει ότι και τα δύο προγράμματα προσομοίωσης αντιδρούν με τον ίδιο τρόπο σε τυχόν παρεμβάσεις που υφίστανται και η όλη τελική διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων τους βασίζεται (όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κειμένου αυτού) στους διαφορετικούς αλγόριθμους που χρησιμοποιούν όσο και στη λεπτομερέστερη ή μη εισαγωγή/αξιοποίηση κάποιων αρχικών δεδομένων .

5 Επεμβάσεις βελτίωσης κτηρίου.

Στις επεμβάσεις βελτίωσης κτηρίου περιλαμβάνονται όλες οι επεμβάσεις που μπορούν να γίνουν μετά την κατασκευή του κτηρίου με σκοπό την βελτίωση της κατανάλωσης ενέργειας (στην περίπτωση αυτή, ηλεκτρικής). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την μείωση των απωλειών θερμότητας, με την βελτίωση ή και αντικατάσταση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού καθώς επίσης και με την βελτίωση χρήσης αυτών. Στη συνέχεια αναφέρονται κάποια επιλεγμένα σενάρια επέμβασης καθώς και η σύγκριση των αποτελεσμάτων τους με τα αποτελέσματα του υπάρχοντος κτηρίου.

5.1 Επέμβαση φωτισμού.

Στην συγκεκριμένη επέμβαση έγινε καταγραφή της υπάρχον εγκατάστασης του φωτισμού η οποία αποτελείται από τα φωτιστικά σώματα, τις λάμπες καθώς και τους εξωτερικούς προβολείς. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα φωτιστικά σώματα καθώς και οι ισχύς των λαμπτήρων φθορισμού που περιέχουν.

Τα φωτιστικά σώματα είναι τύπου «σκαφάκι» με δύο και τέσσερις λάμπες. Τα φωτιστικά με τις δύο λάμπες περιέχουν δύο λαμπτήρες μήκους 120 εκατοστών και τα τετραπλά περιέχουν τέσσερις με μήκος 60 εκατοστών αντίστοιχα.

Πίνακας 5.1 Στοιχεία λαμπτήρων φθορίου.

Όνομασία	Ισχύς (Watt)	Lumens	Μήκος(cm)	Θερμοκρασία χρώματος (Kelvin)
Philips T8 TL-D 830	18	1.350	60	3.000
Philips T8 TL-D 830	36	3.250	120	3.000

Η φωτιστική ισχύς ανά μονάδα ισχύος στον 18 Watt 60 εκατοστά λαμπτήρα είναι 75Lm/Watt και στον 36 watt 120 εκατοστών είναι 90 Lm/Watt. Ο προσδόκιμος χρόνος ζωής τους στο 10% της αστοχίας είναι 12000 ώρες, στο 50% της αστοχίας είναι 15000 ώρες και στο 50% της αστοχίας με κανονική προθέρμανση λαμπτήρα στις 20000 ώρες και για τους δύο τύπους λαμπτήρων.

MASTER TL-D Super 80 36W/830 UNP/25



Product data

General Information

Cap-Base	G13 [Medium Bi-Pin Fluorescent]
Life to 10% Failures (Nom)	12000 h
Life to 50% Failures (Nom)	15000 h
Life to 50% Failures Preheat (Nom)	20000 h
LSF 2000 h Rated	99 %
LSF 4000 h Rated	99 %
LSF 6000 h Rated	99 %
LSF 8000 h Rated	99 %
LSF 12000 h Rated	89 %
LSF 16000 h Rated	33 %
LSF 20000 h Rated	2 %

Light Technical

Color Code	830 [CCT of 3000K]
Luminous Flux (Nom)	3250 lm
Luminous Flux (Rated) (Nom)	3250 lm
Color Designation	Warm White (WW)
Correlated Color Temperature (Nom)	3000 K
Luminous Efficacy (Rated) (Nom)	90 lm/W
Color Rendering Index (Nom)	>80
LLMF 2000 h Rated	96 %
LLMF 4000 h Rated	95 %
LLMF 6000 h Rated	94 %
LLMF 8000 h Rated	93 %
LLMF 12000 h Rated	92 %
LLMF 16000 h Rated	91 %
LLMF 20000 h Rated	90 %

Operating and Electrical

Power (Rated) (Nom)	36.0 W
Lamp Current (Nom)	0.440 A

Temperature

Design Temperature (Nom)	25 °C
--------------------------	-------

Controls and Dimming

Dimmable	Yes
----------	-----

Εικόνα 5.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά λαμπτήρα φορισμού 18Watt.

Οι λαμπτήρες που επιλέχθηκαν προς αντικατάσταση των παλαιών είναι τύπου Led (φωτοδίοδος) και ταιριάζουν στις υποδοχές των ήδη υπαρχόντων φωτιστικών σωμάτων. Έχουν χαμηλότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με υψηλότερη απόδοση φωτισμού ανά μονάδα ισχύος (Lm/Watt). Επίσης έχουν 0% περιεκτικότητα σε υδράργυρο σε σχέση με τις παλαιές που περιέχουν από 2-5% άρα αποτελεί και μια πιο οικολογική επιλογή επιπλέον.



MAS LEDtube 1200mm UO 16W 830 T8



δεδομένα Προϊόντων

Γενικές πληροφορίες

Λυχνιολαβή	G13 [Medium Bi-Pin Fluorescent]
Ονομαστική διάρκεια ζωής (ονομ.)	50000 h
Κύκλος λειτουργίας	200000X
B50L70	50000 h

Τεχνικός φωτισμός

Κωδικός χρώματος	830 [CCT με 3000K]
Φωτεινή ροή (ονομ.)	2300 lm
Φωτεινή ροή (ονομαστική) (ονομ.)	2300 lm
Σχετική θερμοκρασία χρώματος (ονομ.)	3000 K
Συνάφεια χρωμάτων	<6
Δείκτης χρωματικής απόδοσης (ονομ.)	83
Lmf στο τέλος της ονομαστικής διάρκειας ζωής (ονομ.)	70 %

Λειτουργία και ηλεκτρικά συστήματα

Συχνότητα εισόδου	50 έως 60 Hz
Power (Rated) (Nom)	16 W
Ένταση ρεύματος λαμπτήρα (μέγ.)	75 mA
Ένταση ρεύματος λαμπτήρα (ελάχ.)	68 mA
Χρόνος έναρξης (ονομ.)	0.5 s
Χρόνος προθέρμανσης έως το 60% του φωτός (ονομ.)	0.5 s
Συντελεστής ισχύος (ονομ.)	0.9
Τάση (ονομ.)	220-240 V

Θερμοκρασία

Θερμοκρασία περιβάλλοντος (μέγ.)	45 °C
----------------------------------	-------

Εικόνα 5.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά λαμπτήρα Led 16 Watt.

5.1.1 Επίπεδο φωτισμού και απαιτήσεις TOTEE.

Η ελάχιστη στάθμη φωτισμού, όπως ορίζεται από την TOTEE (20701-1) για τις αίθουσες διδασκαλίας είναι στα 500 Lux και για τους διαδρόμους και κοινόχρηστους χώρους 100 Lux, όπως περιγράφεται στον πίνακα 5.2 (2.4 της TOTEE).

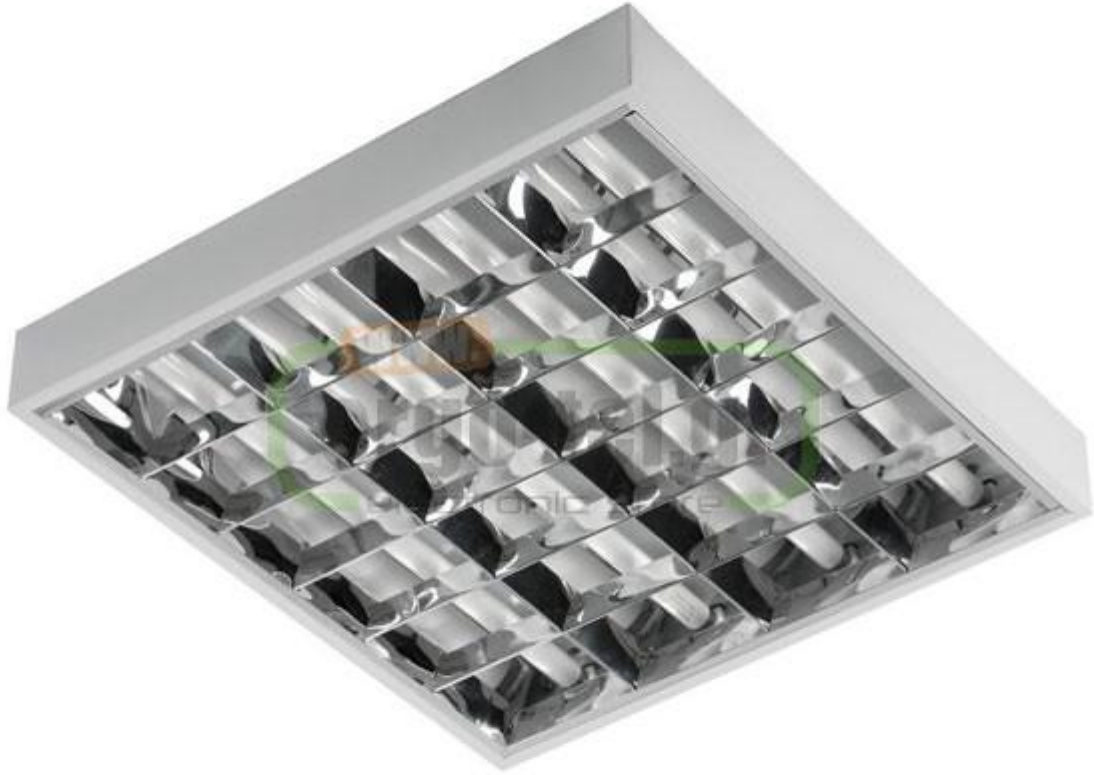
Πίνακας 5.2 Ελάχιστες απαιτήσεις φωτισμού κατά TOTEE (Πίνακας 2.4. TOTEE)

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού [lx]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]	Δείκτης θάμβωσης UGR	Ομοιομορφία φωτισμού U _o (min/μέση τιμή)
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	300	0,8	19	0,6
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	300	0,5	22	0,6
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	100	0	28	0,4
Λουτρό (κοινόχρηστο)	200	0,8	25	0,4
Νηπιαγωγείο	300	0,8	19	0,6
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	300	0,8	19	0,6
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	500	0,8	19	0,6
Φροντιστήριο, ωδείο	500	0,8	19	0,6

Πρότερα της επέμβασης:

Μια αίθουσα για παράδειγμα μεγάλης χωρητικότητας (125,97 m²-Γ1-Βορειο-δυτική) διαθέτει :

20 φωτιστικά συνολικής ισχύος 1440 Watt (20x4x18watt) με επίπεδο φωτισμού 108000 Lumens. Οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες έχουν απόδοση 75Lm/Watt.



Εικόνα 5.3 Φωτιστικό τετραπλό (αιθουσών).

Οι διάδρομοι – σκάλες (380m^2) της εγκατάστασης διαθέτουν 32 φωτιστικά συνολικής ισχύος 2304 Watt ανά όροφο με δύο λαμπτήρες ανά φωτιστικό ($32 \times 2 \times 36\text{Watt}$). Οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες (120 εκατοστών) έχουν απόδοση 90 Lm/Watt.



Εικόνα 5.4 Φωτιστικό διπλό (διαδρόμου).

Το κτήριο διαθέτει 14 εξωτερικούς προβολείς αλογόνου διαμοιρασμένους σε κάθε είσοδο για τον νυκτερινό φωτισμό ισχύος 200 (watt) έκαστος.



Εικόνα 5.5 Εξωτερικός προβολέας αλογόνου.

5.1.2 Τοποθέτηση νέων λαμπτήρων.

Στην τοποθέτηση των νέων λαμπτήρων, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, θα τοποθετηθούν λαμπτήρες φωτοδιόδων (Led). Οι λαμπτήρες αυτοί έχουν μεγαλύτερη απόδοση (lm/watt) αλλά και χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, μιας και με την ίδια ισχύ αποδίδουν περισσότερο φωτισμό. Ο συνολικός φωτισμός με τον ίδιο αριθμό λαμπτήρων (τα φωτιστικά παραμένουν τα ίδια) θα μειωθεί αλλά θα παραμείνει εντός νομοθεσίας (TOTEE) και για τις αίθουσες διδασκαλίας αλλά και για τους διάδρομους-σκάλες. Για παράδειγμα η αίθουσα αναφοράς (Γ1-Βορειο-Δυτική) πριν την επέμβαση είχε 1440 Watt (20x4x18watt). Μετά την επέμβαση θα έχει 640 Watt (20x4x8watt). Αυτό σημαίνει 55,55%. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ποσοστιαίες μεταβολές ανά τύπο χώρου καθώς και οι συνολικές ισχύς.

Πίνακας 5.3 ποσοστιαίες μεταβολές και ισχύ.

Αίθουσες	Φθορίου (Watt)	Led (Watt)	lumens Φθορίου	lumens Led	Ποσοστιαία μείωση Watt
Νοτιοανατολικές	864	384	64.800	48.000	55,55%
Νοτιοδυτική	1.080	480	81.000	60.000	55,55%
Τουαλέτες	468	208	35.100	26.000	55,55%
Βόρειες	1.440	640	108.000	80.000	55,55%
Αμφιθέατρα	2.304	1.024	172.800	128.000	55,55%
Διάδρομοι-Σκάλες	2.304	1.024	20.8000	147.200	55,55%

Στους εξωτερικούς προβολείς θα τοποθετηθούν προβολείς τύπου Led με 20 Watt έναντι των αλογόνου 200 watt. Έτσι έχουμε πριν την επέμβαση 14x200 watt=2800 Watt και μετά 14x20 watt=280 Watt με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (50000 ωρών) έναντι του κοινού λαμπτήρα αλογόνου (1500-2000 ώρες). Ο προβολέας Led των 20Watt αντικαθιστά πλήρως έναν 200Watt αλογόνου τόσο στην παραγόμενη ισχύ φωτός, όσο και στην χρωματική απόδοση που κατατάσσεται στα 4000k (λευκός φωτισμός).



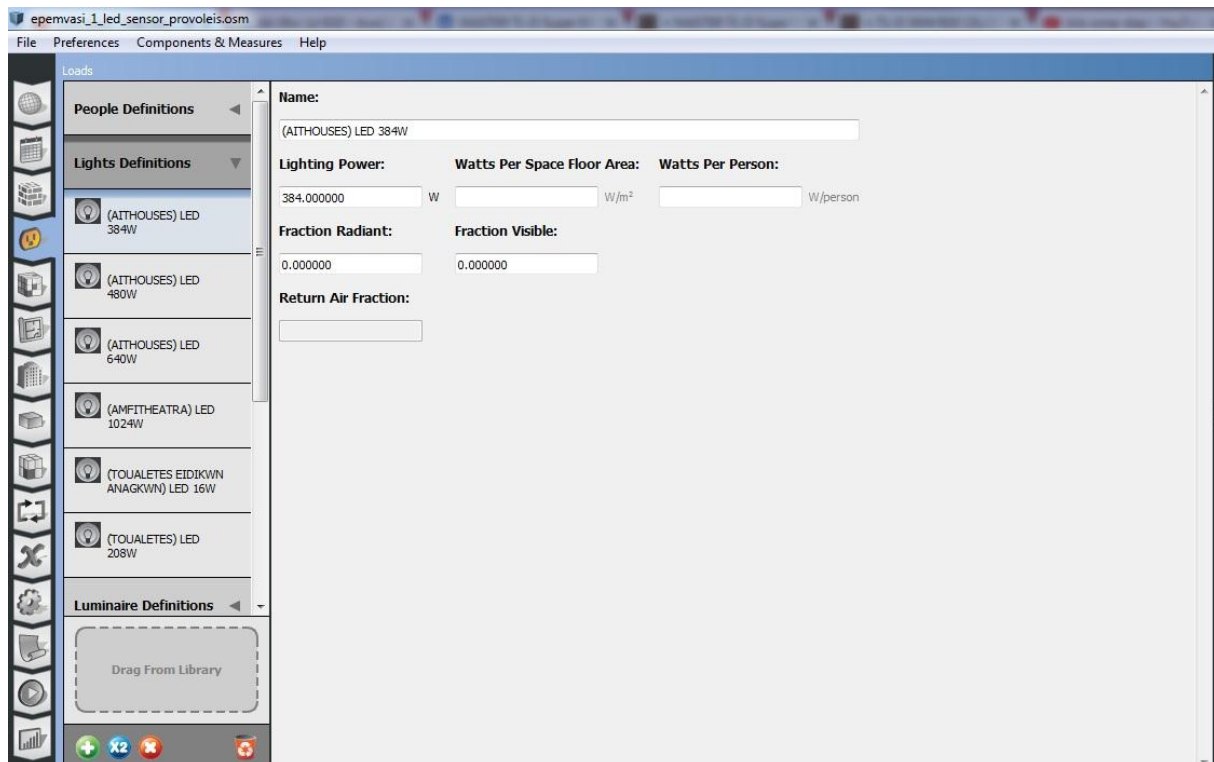
Εικόνα 5.6 Εξωτερικός προβολέας Led.

Για περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας και κυρίως όταν δεν χρειάζεται ο τεχνητός φωτισμός στους χώρους του κτηρίου αποφασίστηκε να τοποθετηθεί σε κάθε χώρο ένας αισθητήρας ποσότητας φωτισμού (Lux Sensor). Αυτός ο αισθητήρας θα είναι συνδεδεμένος με τα φώτα του κάθε χώρου χωριστά και θα μετρά συνεχώς την ποσότητα φωτισμού και όταν αυτή πέσει κάτω από ένα προκαθορισμένο επίπεδο (500Lux για τις αίθουσες διδασκαλίας και 100 για τους κοινοχρήστους χώρους) θα ενεργοποιεί τα συγκεκριμένα φωτιστικά σώματα που είναι συνδεδεμένος.



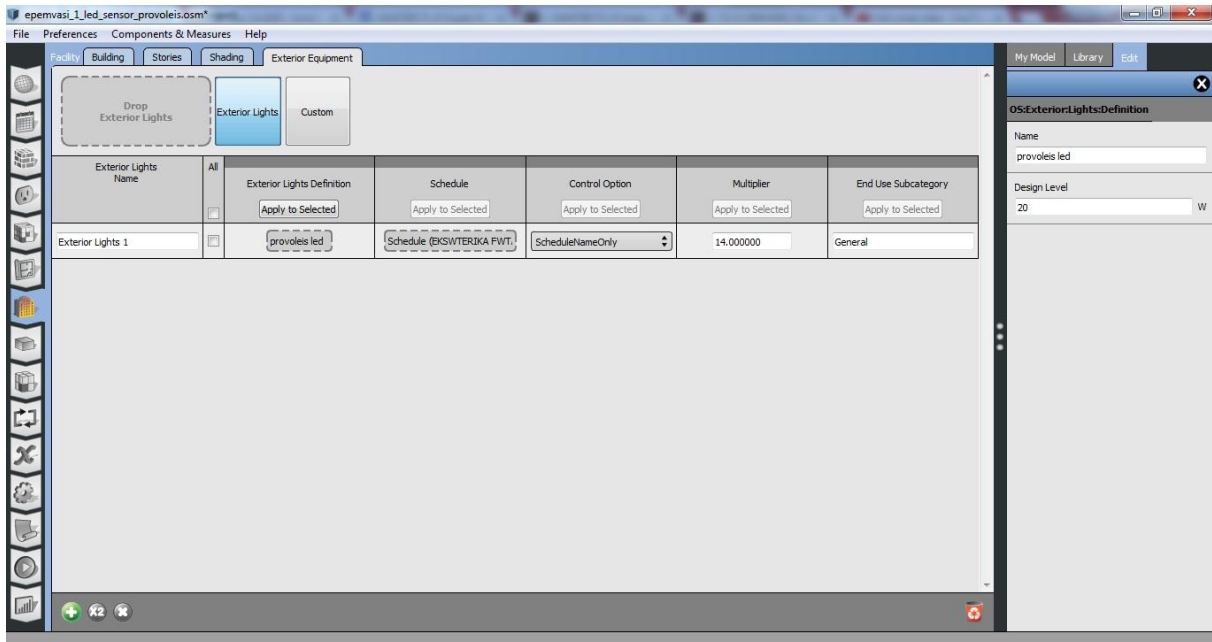
Εικόνα 5.7 Αισθητήρας ποσότητας φωτισμού (Lux sensor).

Στη συνέχεια περιγράφεται η πορεία που ακολουθήθηκε για την εισαγωγή όλων των παραπάνω δεδομένων στο πρόγραμμα του Open Studio καθώς και του Sketch Up. Σαν πρώτο βήμα δημιουργήθηκαν συγκροτήματα φωτιστικών ανάλογα την ισχύ του κάθε χώρου.



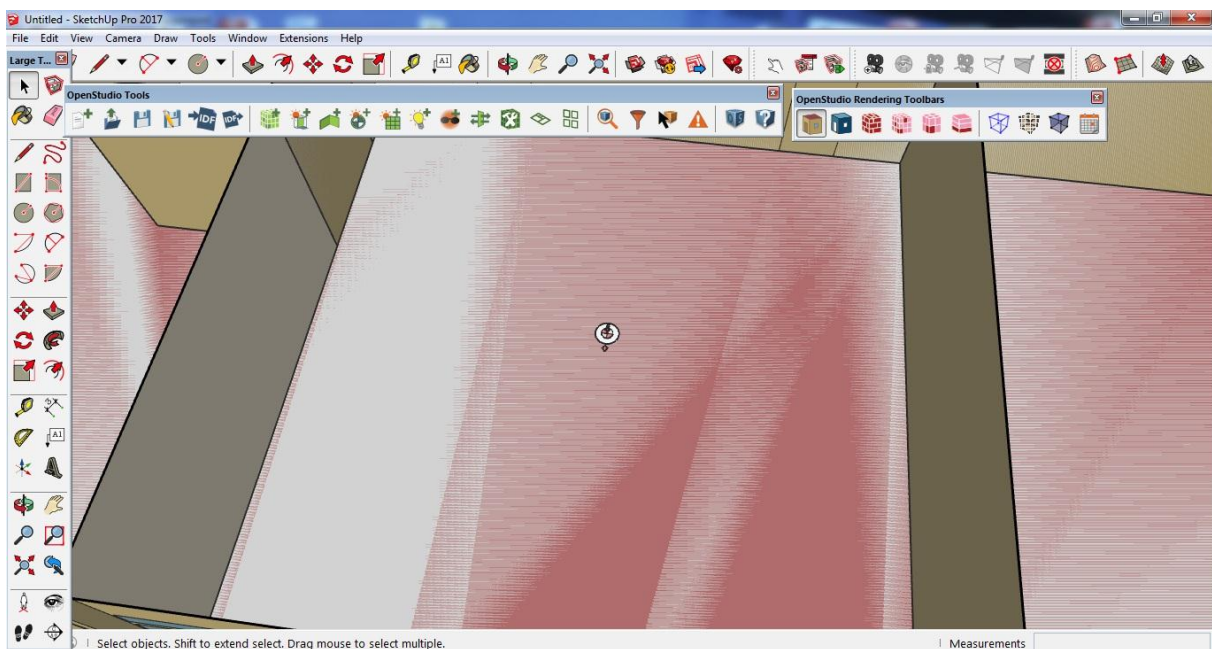
Εικόνα 5.8 Δημιουργία φωτιστικών συγκροτημάτων στο Open Studio.

Έπειτα αντικαταστάθηκαν τα εξωτερικά φώτα με προβολείς Led στην ανάλογη καρτέλα εντός του προγράμματος όπου δηλώθηκε η ισχύς και ο αριθμός των νέων προβολέων.



Εικόνα 5.9 Εισαγωγή εξωτερικών προβολέων Led.

Τέλος τοποθετήθηκαν οι αισθητήρες φωτισμού μέσω του προγράμματος Sketch Up στο κέντρο κάθε χώρου και συσχετίστηκε η λειτουργία τους με το πρόγραμμα του Open Studio.



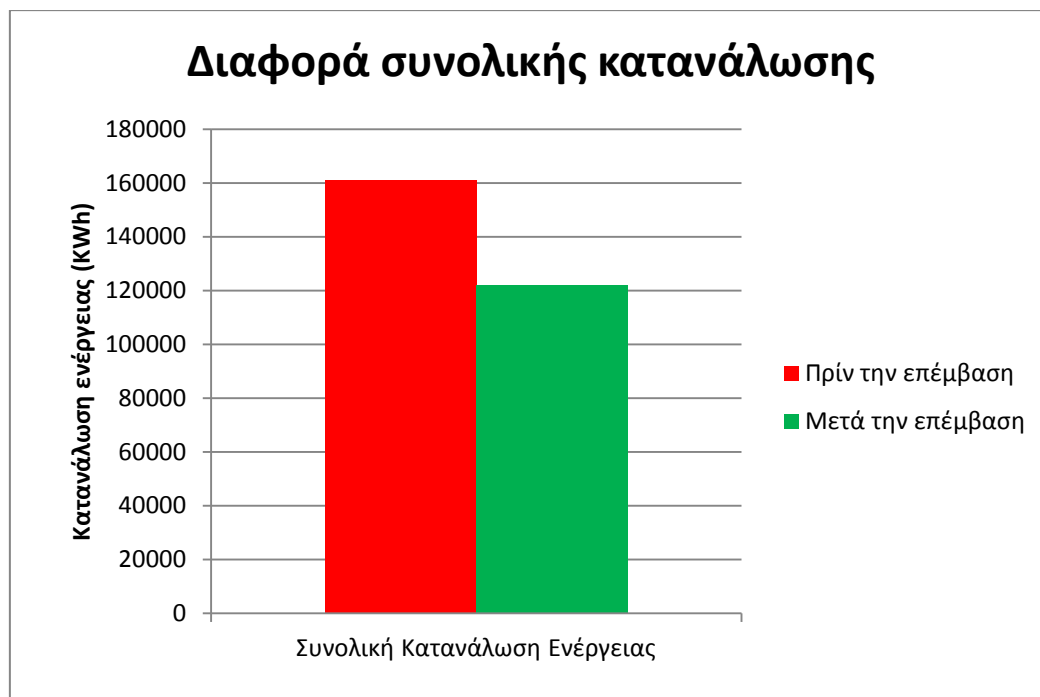
Εικόνα 5.10 Εισαγωγή αισθητήρων φωτισμού στο κέντρο της αίθουσας.

5.1.3 Αποτελέσματα επέμβασης φωτισμού.

Κατόπιν εισαγωγής όλων των παραπάνω δεδομένων ξεκίνησε η προσομοίωση του κτηρίου με τις επεμβάσεις που προαναφέρθηκαν και τα αποτελέσματα αναφέρονται παρακάτω.

Πίνακας 5.4 Κατανάλωση ενέργειας πριν και μετά.

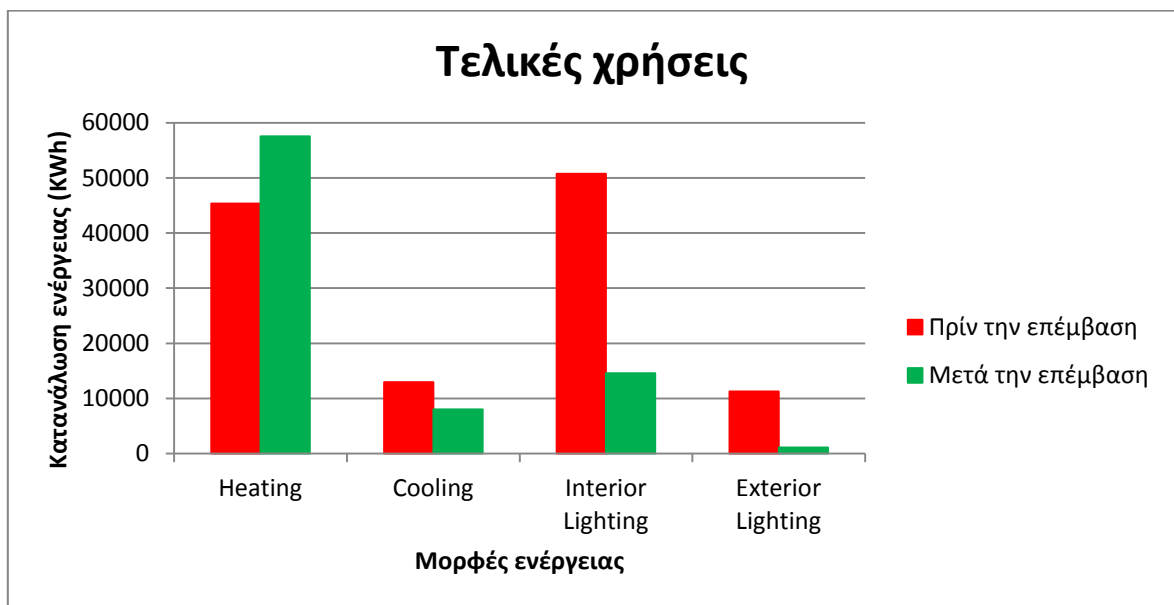
Site and Source Energy (Πριν)				Site and Source Energy (Μετά)		
	Total Energy [GJ]	Energy Per Total Building Area [MJ/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [MJ/m ²]	Total Energy [GJ]	Energy Per Total Building Area [MJ/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [MJ/m ²]
Total Site Energy	580,52	119,02	121,76	439,89	91,05	93,17
Net Site Energy	580,52	119,02	121,76	439,89	91,05	93,17
Total Source Energy	1.838,50	376,94	385,61	1.393,13	288,35	295,06
Net Source Energy	1.838,50	376,94	385,61	1.393,13	288,35	295,06
	Total Energy [KWh]	Energy Per Total Building Area [GWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [GWh/m ²]	Total Energy [KWh]	Energy Per Total Building Area [GWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [GWh/m ²]
Total Site Energy	161.255,56	33.061,11	33.822,22	122.191,67	25.291,67	25.880,56
Net Site Energy	161.255,56	33.061,11	33.822,22	122.191,67	25.291,67	25.880,56
Total Source Energy	510.694,44	104.705,56	107.113,89	386.980,56	80.097,22	81.961,11
Net Source Energy	510.694,44	104.705,56	107.113,89	386.980,56	80.097,22	81.961,11



Γράφημα 5.1 Συνολική κατανάλωση ενέργειας πριν και μετά την επέμβαση.

Πίνακας 5.5 Τελικές χρήσεις ανά τύπο κατανάλωσης πριν και μετά.

End Uses (Πριν)			End Uses (Μετά)		
	Electricity [GJ]	Electricity [KWh]		Electricity [GJ]	Electricity [KWh]
Heating	163,27	45.352,78	Heating	207,15	57.541,67
Cooling	46,69	12.969,44	Cooling	28,85	8.013,89
Interior Lighting	182,67	50.741,67	Interior Lighting	52,49	14.580,56
Exterior Lighting	40,47	11.241,67	Exterior Lighting	4,05	1.125,00
Interior Equipment	141,19	39.219,44	Interior Equipment	141,19	39.219,44
Exterior Equipment	0,00	0,00	Exterior Equipment	0	0,00
Fans	6,22	1.727,78	Fans	6,16	1.711,11
Pumps	0,00	0,00	Pumps	0	0,00
Heat Rejection	0,00	0,00	Heat Rejection	0	0,00
Humidification	0,00	0,00	Humidification	0	0,00
Heat Recovery	0,00	0,00	Heat Recovery	0	0,00
Water Systems	0,00	0,00	Water Systems	0	0,00
Refrigeration	0,00	0,00	Refrigeration	0	0,00
Generators	0,00	0,00	Generators	0	0,00
Total End Uses	580,52	161.255,56	Total End Uses	439,89	122.191,67



Γράφημα 5.2 Τελικές χρήσεις πριν και μετά την επέμβαση.

Είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι η κατανάλωση ενέργειας για την θέρμανση μετά την επέμβαση ότι αυξήθηκε. Αυτό συνέβη διότι οι κοινοί λαμπτήρες φθορισμού παράγουν αρκετή θερμότητα κατά την λειτουργία τους με αποτέλεσμα να θερμαίνουν τους χώρους που φωτίζουν. Έτσι μετά την επέμβαση οι κλιματιστικές μονάδες έχουν περεταίρω φόρτο θέρμανσης, αφού οι λαμπτήρες αντικαταστάθηκαν με τύπου Led που παράγουν σχεδόν μηδενικά ποσά θερμότητας κατά την λειτουργία τους. Αντίστοιχα το καλοκαίρι για τον κλιματισμό τα κλιματιστικά φορτία μειώθηκαν σημαντικά με την εγκατάσταση των νέων λαμπτήρων για τον ίδιο λόγο.

Ακολουθούν πίνακες με μηνιαία δεδομένα για όλο το έτος πριν και μετά την επέμβαση.

Πίνακας 5.6 Μηνιαία αναφορά για όλο το έτος πριν την επέμβαση.

Custom Monthly Report (Πρίν)						
	Εσωτερικός φωτισμός [KWh]	Εξωτερικός φωτισμός [KWh]	Εσωτερικός εξοπλισμός [KWh]	Ανεμιστήρες [KWh]	Θέρμανση [KWh]	Κλιματισμός [KWh]
Ιανουάριος	3.902,53	954,80	3.174,92	214,96	9825,25	0,00
Φεβρουάριος	4.591,22	862,40	3.735,19	308,11	14.082,97	0,00
Μάρτιος	5.279,92	954,80	4.295,47	161,51	7.382,19	0,00
Απρίλιος	2.185,13	924,00	1.867,60	6,16	281,75	0,00
Μάιος	4.771,69	954,80	4.295,47	6,17	0,00	109,71
Ιούνιος	4.564,22	924,00	4.108,72	253,81	0,00	4.510,86
Ιούλιος	2.074,64	954,80	1.867,60	188,63	0,00	3.328,89
Αύγουστος	0,00	954,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Σεπτέμβριος	5.499,64	924,00	3.735,19	236,40	0,00	4.126,31

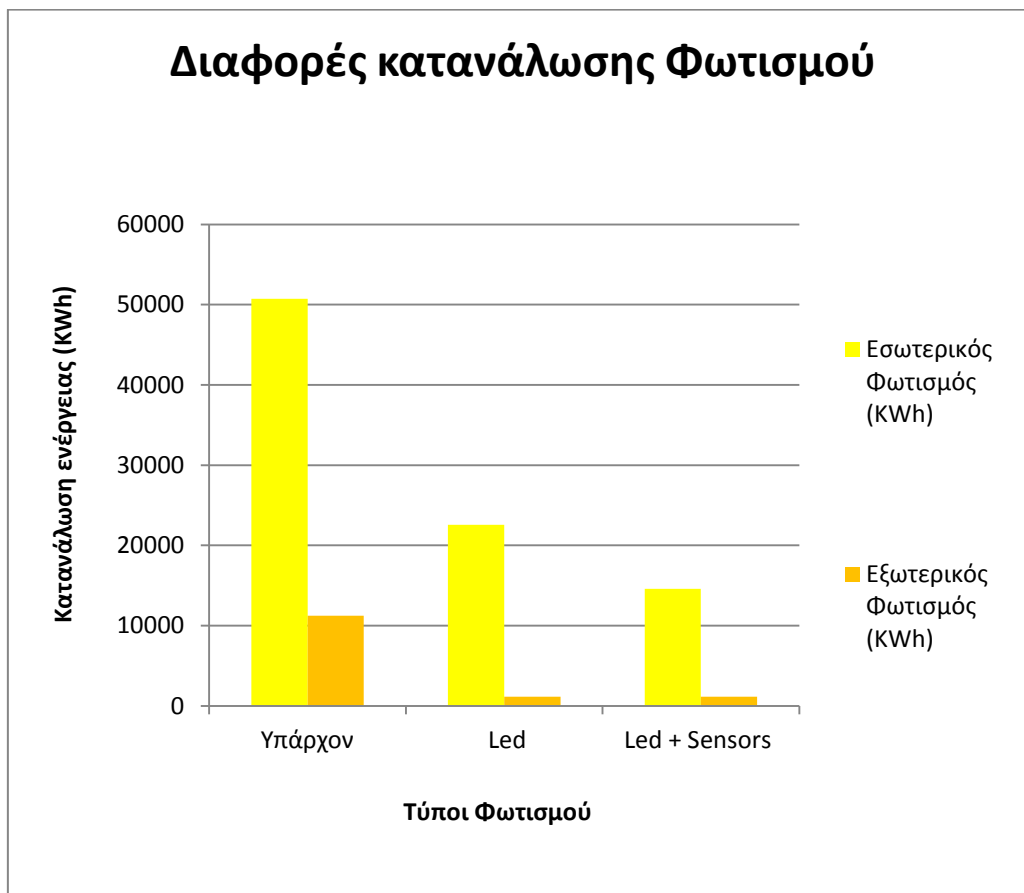
Οκτώβριος	6.049,61	954,80	4.108,72	50,15	2,10	883,83
Νοέμβριος	6.049,61	924,00	4.108,72	35,84	1.614,46	9,25
Δεκέμβριος	5.774,64	954,80	3.921,97	266,15	12.165,17	0,00
Annual Sum or Average	50.742,78	11.242,00	39.219,72	1.727,89	45.353,89	12.968,86
Minimum of Months	0,00	862,40	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum of Months	6.049,61	954,80	4295,47	308,11	14.082,97	4.510,86

Πίνακας 5.7 Μηνιαία αναφορά για όλο το έτος μετά την επέμβαση.

Custom Monthly Report (Μετά)						
	Εσωτερικός φωτισμός [KWh]	Εξωτερικός φωτισμός [KWh]	Εσωτερικός εξοπλισμός [KWh]	Ανεμιστήρες [KWh]	Θέρμανση [KWh]	Κλιματισμός [KWh]
Ιανουάριος	1.321,63	95,48	3.174,92	259,89	11.879,17	0,00
Φεβρουάριος	1.478,11	86,24	3.735,19	368,40	16.839,06	0,00
Μάρτιος	1.554,47	95,48	4.295,47	215,63	9.856,28	0,00
Απρίλιος	596,96	92,40	1.867,60	11,14	509,07	0,00
Μάιος	1.166,26	95,48	4.295,47	0,02	1,06	0,00
Ιούνιος	1.056,44	92,40	4.108,72	157,42	0,00	2.806,61
Ιούλιος	488,22	95,48	1.867,60	142,99	0,00	2.550,49
Αύγουστος	0,00	95,48	0,00	0,00	0,00	0,00
Σεπτέμβριος	1.384,53	92,40	3.735,19	139,11	0,00	2.448,13
Οκτώβριος	1.723,50	95,48	4.108,72	13,20	10,65	208,80
Νοέμβριος	1.906,43	92,40	4.108,72	64,31	2.939,67	0,00
Δεκέμβριος	1.905,09	95,48	3.921,97	339,23	15.505,42	0,00
Annual Sum or Average	14.581,64	1.124,20	39.219,72	1.711,35	57.540,28	8.014,03
Minimum of Months	0,00	86,24	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum of Months	1.906,43	95,48	4.295,47	368,40	16.839,06	2.806,61

Πίνακας 5.8 Διαφορές ετήσιων καταναλώσεων πριν και μετά.

	Υπάρχον	Led	Led + Sensors
Εσωτερικός Φωτισμός (KWh)	50.741,67	22.552,78	14.580,56
Εξωτερικός Φωτισμός (KWh)	11.241,67	1.125,00	1.125,00



Γράφημα 5.3 Διαφορές κατανάλωσης πριν και μετά.

Πίνακας 5.9 Χρήσεις ενέργειας ανά τετραγωνικό και ανά τύπο πριν και μετά.

Utility Use Per Total Floor Area (Πριν)			Utility Use Per Total Floor Area (Μετά)	
	Electricity Intensity [MJ/m ²]	Electricity Intensity [KWh/m ²]	Electricity Intensity [MJ/m ²]	Electricity Intensity [KWh/m ²]
Lighting	45,75	12,71	11,70	3,25
HVAC	44,32	12,31	50,12	13,92
Other	28,95	8,042	29,22	8,12
Total	119,02	33,06	91,05	25,29

Πίνακας 5.10 Αναφορά ανά θερμική ζώνη πριν και μετά.

Zone Summary			Πριν	Μετά
	Area [m ²]	Conditioned (Y/N)	Lighting [W/m ²]	Lighting [W/m ²]
THERMAL ZONE (AERAGWGWN)	17,92	No	0,00	0,00
THERMAL ZONE (AITHOUSES-NOTIES)	806,37	Yes	13,93	6,19
THERMAL ZONE (AITHOUSES-VORIES)	2.091,36	Yes	11,84	5,27

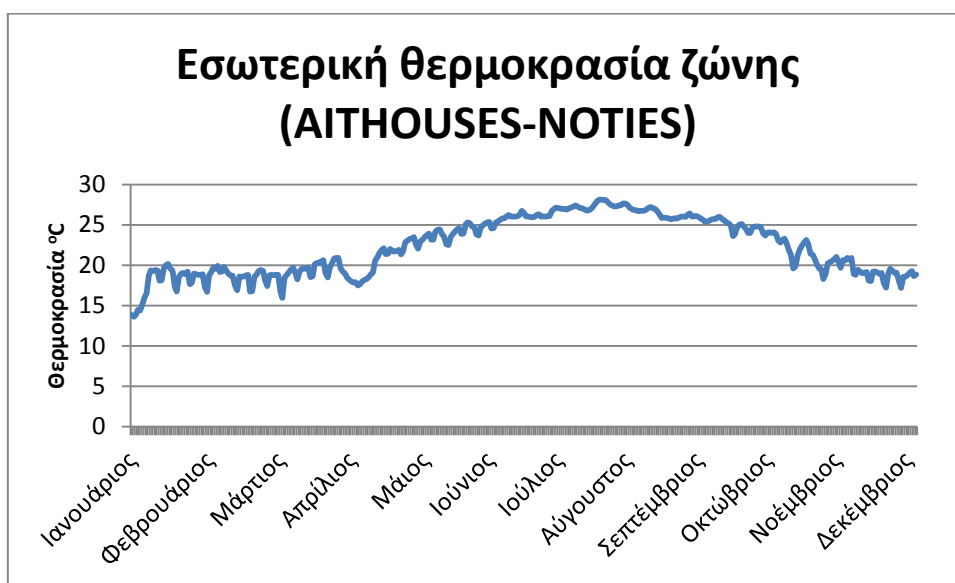
THERMAL ZONE (ANELKYSTHRA)	37,44	No	0,00	0,00
THERMAL ZONE (DIADROMOI- SKALES)	1.717,49	Yes	5,37	2,64
THERMAL ZONE (HLEGKATASTASEIS)	54,36	No	0,00	0,00
THERMAL ZONE WC	152,52	Yes	25,49	11,33
Total	4.877,46		10,07	4,65
Conditioned Total	4.767,73		10,30	4,76
Unconditioned Total	109,73		0,00	0,00

Πίνακας 5.11 Επί τοις εκατό διαφορά πριν και μετά ανά τύπο χρήσεις.

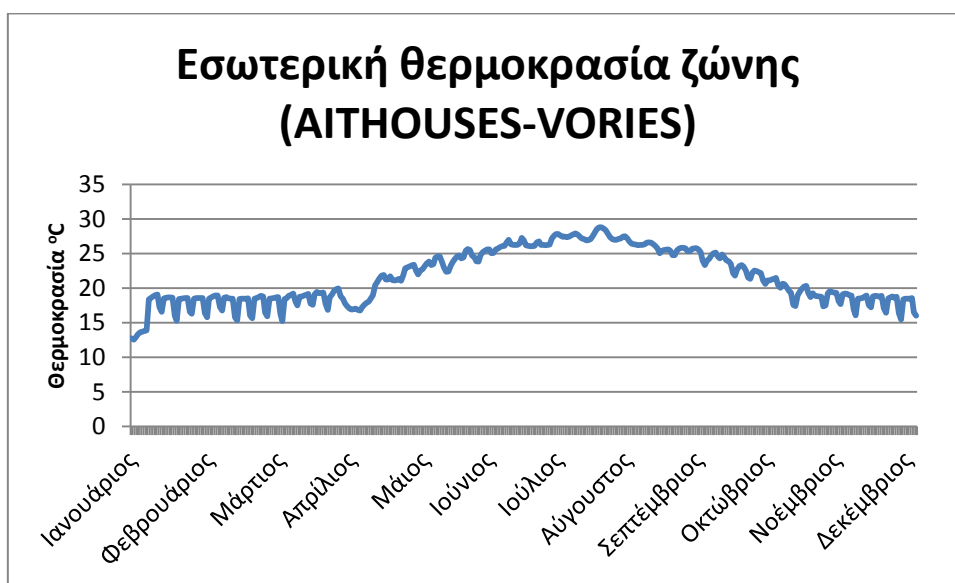
	Percent (Πριν) [%]	Percent (Μετά) [%]
Interior Lighting (All)	31,47	11,93
Space Heating	28,13	47,09
Space Cooling	8,04	6,56
Fans (All)	1,07	1,40
Service Water Heating	0,00	0,00
Receptacle Equipment	24,32	32,10
Miscellaneous	6,97	0,92

Πίνακας 5.12 Μείωση κατανάλωσης επί τοις εκατό (%).

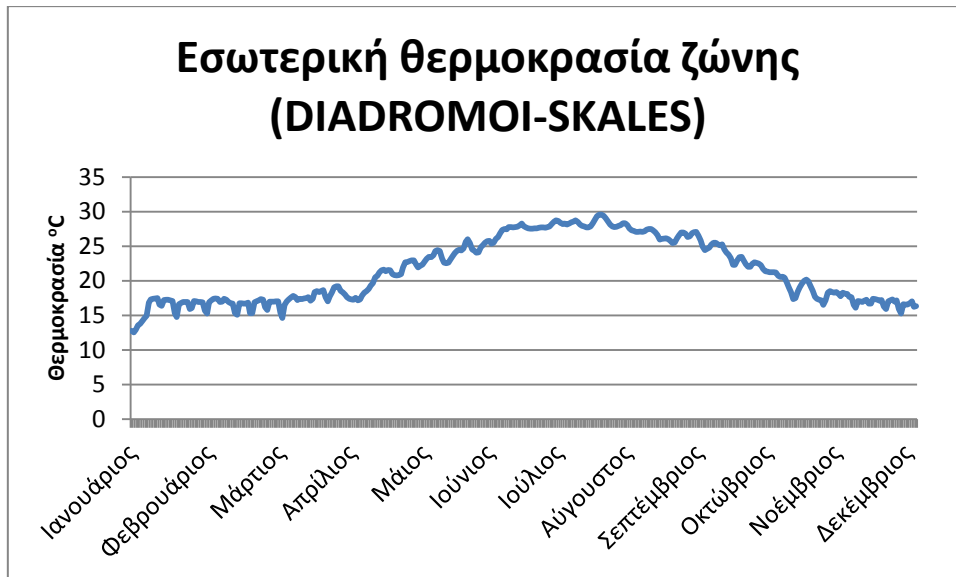
	Διαφορά Led (%)	Διαφορά Led + Sensors (%)
Εσωτερικός Φωτισμός	55,55	71,27
Εξωτερικός Φωτισμός	89,99	89,99



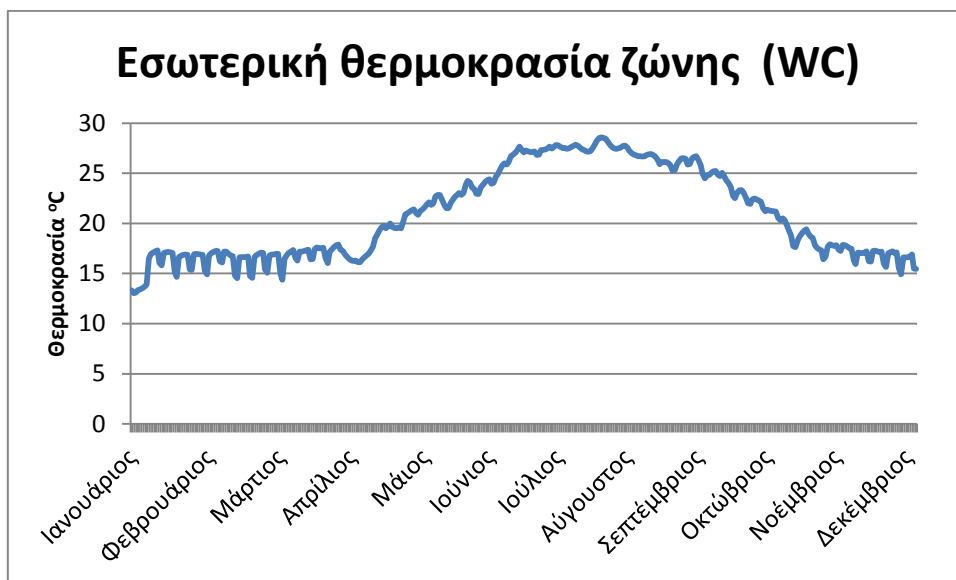
Γράφημα 5.4 Διακύμανση εσωτερικής θερμοκρασίας νότιας θερμικής ζώνης.



Γράφημα 5.5 Διακύμανση εσωτερικής θερμοκρασίας βόρειας θερμικής ζώνης.



Γράφημα 5.6 Διακύμανση εσωτερικής θερμοκρασίας θερμικής ζώνης διαδρόμων- σκαλών.



Γράφημα 5.7 Διακύμανση εσωτερικής θερμοκρασίας θερμικής ζώνης τουαλετών.

Πίνακας 5.13 Ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες ανά έτος.

	MIN (°C)	MAX (°C)
Αίθουσες Νότιες	13,62	28,14
Αίθουσες Βόρειες	12,54	28,80
Διάδρομοι-Σκάλες	12,56	29,59
Τουαλέτες	13,04	28,56



Γράφημα 5.8 Ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες ανά θερμική ζώνη.

Με την βοήθεια των παραπάνω διαγραμμάτων παρατηρείται ότι η ελάχιστη θερμοκρασία είναι 12,542 °C στις βόρειες αίθουσες κατά τις αρχές του Ιανουαρίου (στις 2 Ιανουαρίου). Η μέγιστη θερμοκρασία είναι 29,590 °C και παρατηρείται στην θερμική ζώνη των διαδρόμων κατά την περίοδο του Αυγούστου (στις 5 Αυγούστου). Η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους καταγράφονται στις περιόδους τις οποίες το κτήριο είναι εκτός λειτουργίας, έτσι οι κλιματιστικές μονάδες είναι εκτός λειτουργίας και οι θερμοκρασίες μη ελεγχόμενες. Οι μετρήσεις των θερμοκρασιών λαμβάνουν χώρα από την πρώτη Ιανουαρίου στις 12.00 το μεσημέρι και κάθε 24 ώρες έπειτα για όλο το έτος με την τελευταία να είναι στις 31 Δεκεμβρίου στις 12.00 την μεσημβρινή.

5.1.4 Οικονομικά στοιχεία επέμβασης.

Η προτεινόμενη επέμβαση περιλαμβάνει την αντικατάσταση των όλων των λαμπτήρων φθορισμού με νέας τεχνολογίας Led (φωτοδίοδος) σε συνδυασμό με την εγκατάσταση, σε κάθε χώρο του κτηρίου, αισθητήρων επιπέδου φωτισμού (Lux sensor) κατάλληλα ρυθμισμένοι για κάθε χώρο. Επίσης θα τοποθετηθούν νέοι εξωτερικοί προβολείς τύπου Led σε αντίθεση με τους αλογόνου που υπάρχουν αυτήν τη στιγμή. Τα (μέσα ενδεικτικά) κόστη αγοράς αλλά και τοποθέτησης των παραπάνω αναφέρονται στον αντίστοιχο πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 5.14 Κόστη αγοράς και τοποθέτησης.

Τύπος	Τιμή τυχ.(Μέση τιμή- €)	Κόστος τοποθέτησης (€)	Τεμάχια (συνολικά)	Κόστος σε € (αγορά +τοποθέτηση)
Λαμπτήρες (Led)	-	-	-	
Philips T8-830-60cm (8W)	10	2,5	1.312	16.400
Philips T8-830-120cm (16W)	14	3,5	256	4.480
Αισθητήρες φωτισμού (Lux sensor)	-	-	-	
Oem 240v-10A Light sensor	9,11	2,28	38	432,72
Προβολείς (Led)	-	-	-	
Oem 240v- 20W Led Projector IP65	13,9	3,475	14	243,25
Σύνολα	47,01	11,75	1.620	21.555,97

Έπειτα από την τοποθέτηση όλων των παραπάνω το κτήριο θα εξοικονομεί ενέργεια (και κατ' επέκταση χρήματα) με σταθερό ρυθμό έως ότου αποπληρωθεί η επέμβαση. Ως ενδεικτική τιμή επιλέχθηκε η τιμή της Κιλοβατώρας στα 0,229 €.

Πίνακας 5.15 Διαφορές καταναλώσεων και ετήσια κόστη ενέργειας.

	Καταναλώσεις (Kwh)	Ετήσιο κόστος ρεύματος (€)
Παλιά κατανάλωση (Kwh)	161.255,56	36.927,52
Νέα κατανάλωση (Kwh)	122.191,67	27.981,89
Διαφορά (Kwh)	39.063,89	8.945,63

Η απλή περίοδος αποπληρωμής ανέρχεται στα 2,41 έτη ή 28,92 μήνες. Αξιόλογο ενδιαφέρον παρουσιάζει και ο χρόνος ζωής των λαμπτήρων τύπου Led σε σχέση με τους φθορισμού. Σύμφωνα με την εταιρεία παραγωγής τους οι Led έχουν μέσο χρόνο ζωής 50000 ώρες σε αντίθεση με τους φθορισμού που έχουν 10000-20000 ώρες. Έτσι επιμηκύνεται ο χρόνος αντικατάστασης των νέων λαμπτήρων από 3 έως 5 φορές παραπάνω συμβάλλοντας στην περαιτέρω εξοικονόμηση χρημάτων μακροπρόθεσμα. Ακόμα αξίζει να σημειωθεί και το περιβαλλοντολογικό κομμάτι αυτής της επέμβασης. Οι λαμπτήρες τύπου Led εκτός της εξοικονόμησης ενέργειας, άρα και κατ' επέκταση

λιγότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, περιέχουν και μηδενικό ποσοστό σε υδράργυρο. Αυτό τις κάνει πολύ πιο φιλικές στο περιβάλλον όταν πια κλείσει ο κύκλος ζωής τους.

5.2 Επέμβαση θερμομόνωσης κελύφους.

Στην επέμβαση αυτή θα προστεθεί εξωτερική θερμομόνωση κελύφους (θερμοπρόσοψη) για την επίτευξη καλύτερου συντελεστή απωλειών θερμότητας κτηρίου από τα δομικά στοιχεία και κατά συνέπεια μικρότερη απώλεια ενέργειας.

5.2.1 Συντελεστής απωλειών και απαιτήσεις TOTEE.

Πίνακας 5.16 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ανέγερσης νέου κτηρίου.
(Πίνακας 3.3α TOTEE)

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m ² K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,55	0,45	0,40	0,35
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πλοτή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,10	1,90	1,75	1,70

5.2.2 Αποτελέσματα θερμομόνωσης κελύφους.

Το υλικό θερμομόνωσης που επιλέχθηκε είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) σε πάχος 5 εκατοστών σε συνδυασμό με εποξειδική ρητίνη πάχους ενός εκατοστού για την συγκόλληση στην εξωτερική επιφάνεια του κτηρίου. Έπειτα χρησιμοποιήθηκε επίχρισμα ενός εκατοστού. Το συνολικό πάχος των τοίχων τροποποιείται από 39 εκατοστά σε 46 εκατοστά και από 70 εκατοστά στα 77 εκατοστά αντίστοιχα.

Πίνακας 5.17 Τελικός συντελεστής U στα δομικά στοιχεία πριν και μετά την επέμβαση.

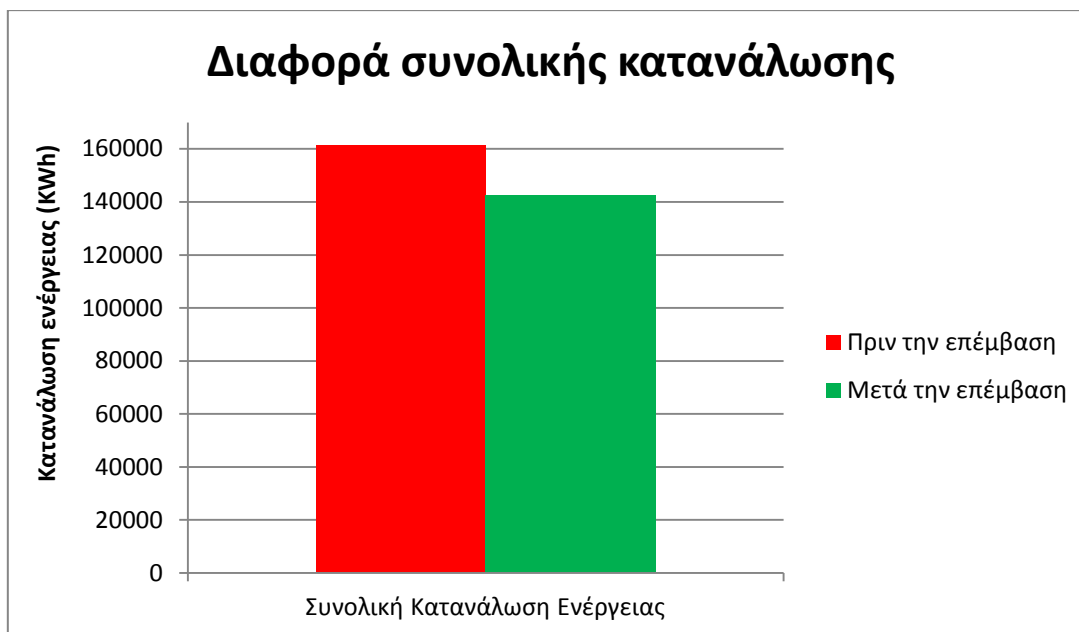
Πρίν		Μετά	
Construction	U-Factor [W/m ² K]	Construction	U-Factor [W/m ² K]
EXTERIOR WALL MEA 39CM (CUSTOM)	0,68	EXTERIOR WALL MEA 46CM (CUSTOM)	0,36
EXTERIOR WALL MEA 70CM (CUSTOM)	0,61	EXTERIOR WALL MEA 77CM (CUSTOM)	0,34
4. EXTERNAL DAPEDO MEA 1	1,19	4. EXTERNAL DAPEDO MEA 1	1,19
3.EXTERNAL ROOF MEA	0,45	3.EXTERNAL ROOF MEA	0,45

Όπως φαίνεται στον πίνακα 5.17 με την επέμβαση της εξωτερικής θερμομόνωσης στους τοίχους περιμετρικά του κτηρίου ο συντελεστής θερμικών απωλειών μειώθηκε για παράδειγμα στον «40αρι» τοίχο (39 πραγματικά εκατοστά) από 0,68 (W/m²K) στο 0,36 (W/m²K).

Έπειτα από την ολοκλήρωση της προσομοίωσης στο πρόγραμμα του Open Studio που περιλαμβάνει το πρόγραμμα Energy Plus εμφανίστηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Πίνακας 5.18 Κατανάλωση ενέργειας πριν και μετά.

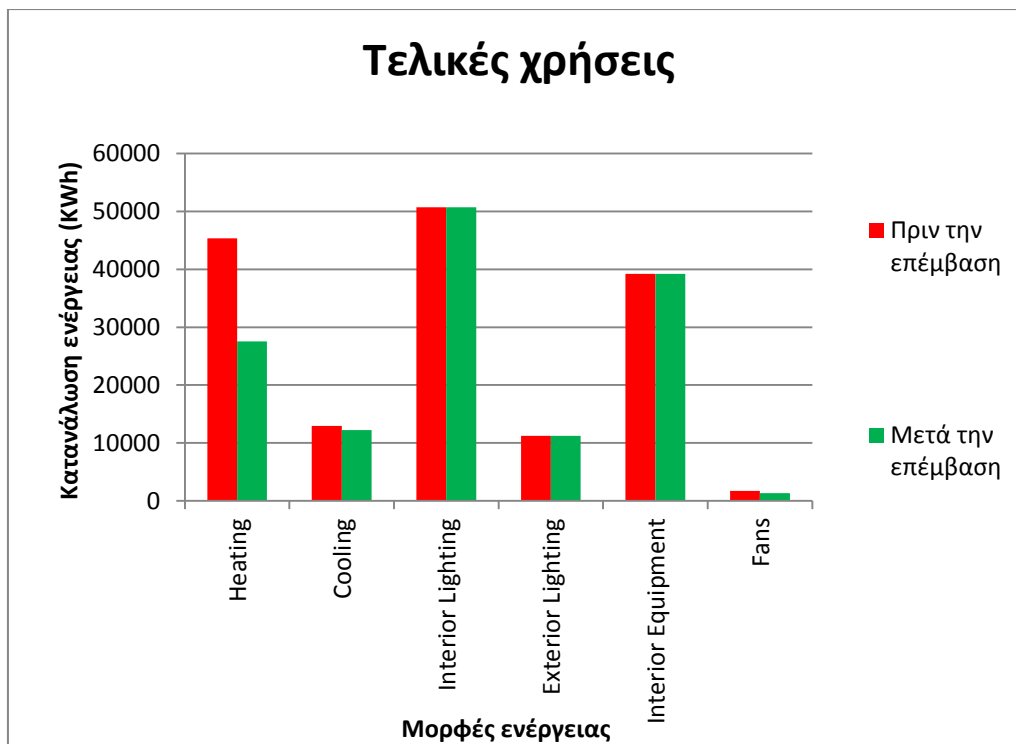
Site and Source Energy (Πριν)				Site and Source Energy (Μετά)		
	Total Energy [GJ]	Energy Per Total Building Area [MJ/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [MJ/m ²]	Total Energy [GJ]	Energy Per Total Building Area [MJ/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [MJ/m ²]
Total Site Energy	580,52	119,02	121,76	512,36	105,05	107,46
Net Site Energy	580,52	119,02	121,76	516,36	105,05	107,46
Total Source Energy	1.838,50	376,94	385,61	1.622,63	332,68	340,34
Net Source Energy	1.838,50	376,94	385,61	1.622,63	332,68	340,34
	Total Energy [KWh]	Energy Per Total Building Area [GWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [GWh/m ²]	Total Energy [KWh]	Energy Per Total Building Area [GWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [GWh/m ²]
Total Site Energy	161.255,56	33.061,11	33.822,22	142.322,22	29.180,56	29.850,00
Net Site Energy	161.255,56	33.061,11	33.822,22	143.433,33	29.180,56	29.850,00
Total Source Energy	510.694,44	104.705,56	107.113,89	450.730,56	92.411,11	94.538,89
Net Source Energy	510.694,44	104.705,56	107.113,89	450.730,56	92.411,11	94.538,89



Γράφημα 5.9 Συνολική κατανάλωση ενέργειας έτους.

Πίνακας 5.19 Τελικές χρήσεις πριν και μετά.

End Uses (Πρίν)			End Uses (Μετά)		
	Electricity [GJ]	Electricity [KWh]		Electricity [GJ]	Electricity [KWh]
Heating	163,27	45.352,78	Heating	99,24	27.566,67
Cooling	46,69	12.969,44	Cooling	44,08	12.244,44
Interior Lighting	182,67	50.741,67	Interior Lighting	182,67	50.741,67
Exterior Lighting	40,47	11.241,67	Exterior Lighting	40,47	11.241,67
Interior Equipment	141,19	39.219,44	Interior Equipment	141,19	39.219,44
Exterior Equipment	0,00	0,00	Exterior Equipment	0	0,00
Fans	6,22	1.727,78	Fans	4,7	1.305,56
Pumps	0,00	0,00	Pumps	0	0,00
Heat Rejection	0,00	0,00	Heat Rejection	0	0,00
Humidification	0,00	0,00	Humidification	0	0,00
Heat Recovery	0,00	0,00	Heat Recovery	0	0,00
Water Systems	0,00	0,00	Water Systems	0	0,00
Refrigeration	0,00	0,00	Refrigeration	0	0,00
Generators	0,00	0,00	Generators	0	0,00
Total End Uses	580,52	161.255,56	Total End Uses	512,36	142.322,22



Γράφημα 5.10 Τελικές χρήσεις ενέργειας πριν και μετά.

Πίνακας 5.20 Χρήσεις κλιματισμού (HVAC) και φωτισμού πριν και μετά.

Utility Use Per Total Floor Area	Πριν		Μετά	
	Electricity Intensity [MJ/m ²]	Electricity Intensity [KWh/m ²]	Electricity Intensity [MJ/m ²]	Electricity Intensity [KWh/m ²]
Lighting	45,75	12,71	45,75	12,71
HVAC	44,32	12,31	30,35	8,43
Other	28,95	8,04	28,95	8,04
Total	119,02	33,06	105,05	29,18

Εδώ είναι απαραίτητο να επισημανθεί η μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα κλιματιστικά μηχανήματα του κτηρίου. Αυτή η συμπεριφορά ήταν αναμενόμενη διότι μετά την επέμβαση υπάρχει καλύτερη θερμομόνωση στα δομικά (αδιαφανή) στοιχεία της εγκατάστασης με αποτέλεσμα μικρότερα φορτία θέρμανσης και κλιματισμού.

Πίνακας 5.21 Ποσοστά Θέρμανσης και κλιματισμού πριν και μετά την επέμβαση.

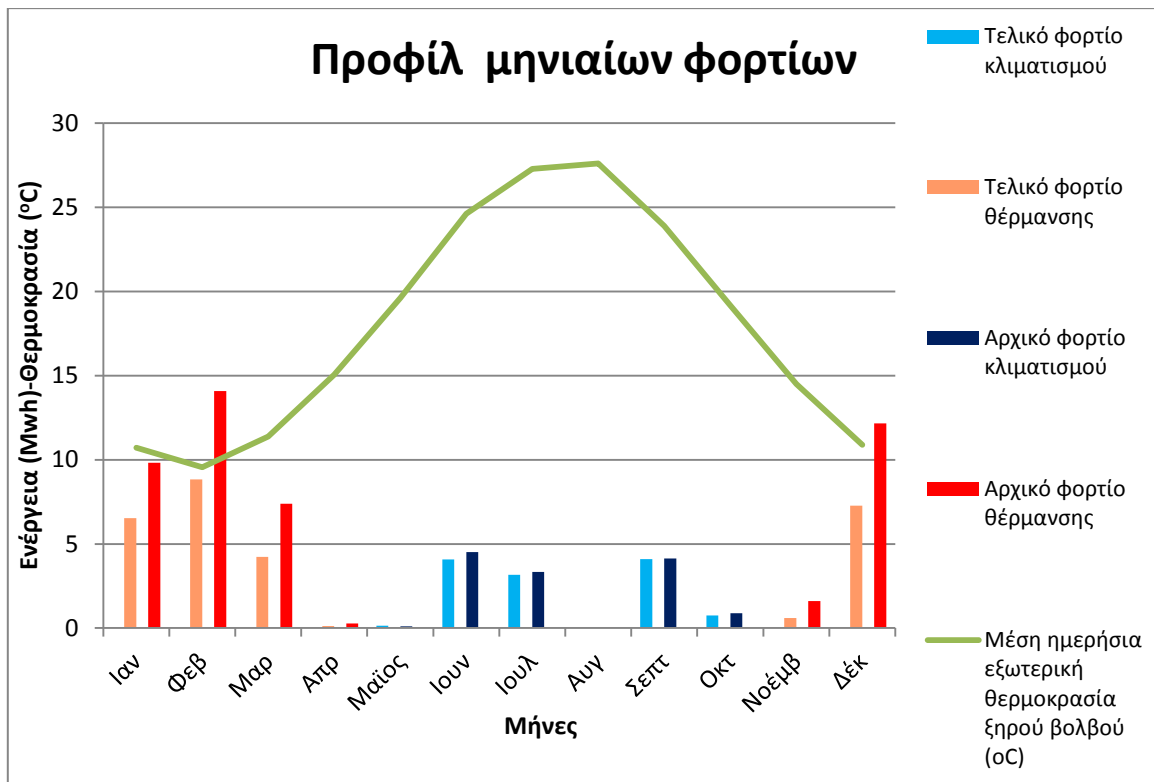
	Percent (Πριν) [%]	Percent (Μετά) [%]
Interior Lighting (All)	31,47	35,65
Space Heating	28,13	19,37
Space Cooling	8,04	8,60
Fans (All)	1,07	0,92
Service Water Heating	0,00	0,00
Receptacle Equipment	24,32	27,56
Miscellaneous	6,97	7,90

Πίνακας 5.22 Μηνιαία αναφορά πριν την επέμβαση.

Custom Monthly Report (Πρίν)						
	Εσωτερικός φωτισμός [KWh]	Εξωτερικός φωτισμός [KWh]	Εσωτερικός εξοπλισμός [KWh]	Ανεμιστήρες [KWh]	Θέρμανση [KWh]	Κλιματισμός [KWh]
Ιανουάριος	3.902,53	954,80	3.174,92	214,96	9.825,25	0,00
Φεβρουάριος	4.591,22	862,40	3.735,19	308,11	14.082,97	0,00
Μάρτιος	5.279,92	954,80	4.295,47	161,51	7.382,19	0,00
Απρίλιος	2.185,13	924,00	1.867,60	6,16	281,75	0,00
Μάιος	4.771,69	954,80	4.295,47	6,17	0,00	109,71
Ιούνιος	4.564,22	924,00	4.108,72	253,81	0,00	4.510,86
Ιούλιος	2.074,64	954,80	1.867,60	188,63	0,00	3.328,89
Αύγουστος	0,00	954,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Σεπτέμβριος	5.499,64	924,00	3.735,19	236,40	0,00	4.126,31
Οκτώβριος	6.049,61	954,80	4.108,72	50,15	2,10	883,83
Νοέμβριος	6.049,61	924,00	4.108,72	35,84	1.614,46	9,25
Δεκέμβριος	5.774,64	954,80	3.921,97	266,15	12.165,17	0,00
Annual Sum or Average	50.742,78	1.1242,00	39.219,72	1.727,89	45.353,89	12.968,86
Minimum of Months	0,00	862,40	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum of Months	6.049,61	954,80	4295,47	308,11	14.082,97	4.510,86

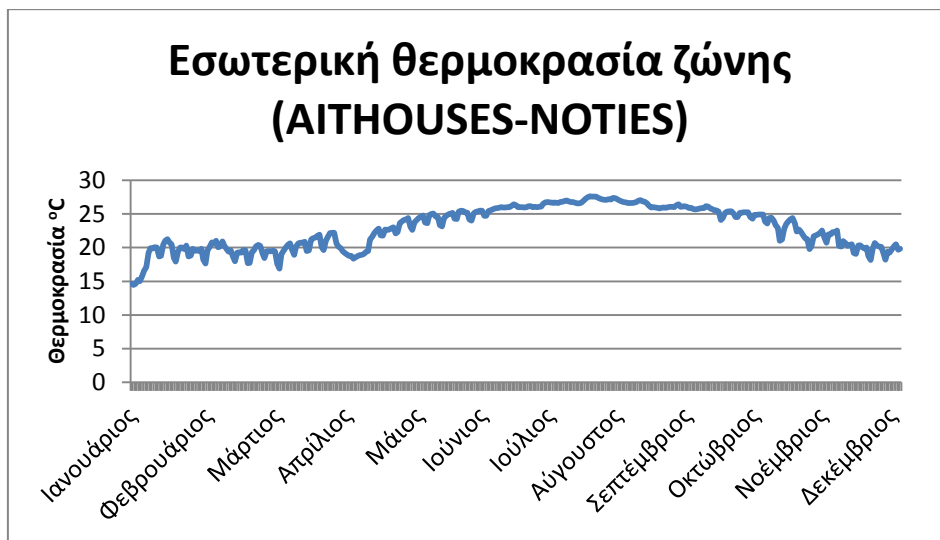
Πίνακας 5.23 Μηνιαία αναφορά μετά την επέμβαση.

Custom Monthly Report (Μετά)						
	Εσωτερικός φωτισμός [KWh]	Εξωτερικός φωτισμός [KWh]	Εσωτερικός εξοπλισμός [KWh]	Ανεμιστήρες [KWh]	Θέρμανση [KWh]	Κλιματισμός [KWh]
Ιανουάριος	3.902,53	954,80	3.174,92	142,74	6.524,22	0,00
Φεβρουάριος	4.591,22	862,40	3.735,19	193,09	8.825,53	0,00
Μάρτιος	5.279,92	954,80	4.295,47	92,43	4.224,64	0,00
Απρίλιος	2.185,13	924,00	1.867,60	2,57	117,30	0,00
Μάιος	4.771,69	954,80	4.295,47	8,41	0,00	145,91
Ιούνιος	4.564,22	924,00	4.108,72	231,90	0,00	4.076,06
Ιούλιος	2.074,64	954,80	1.867,60	179,76	0,00	3.166,97
Αύγουστος	0,00	954,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Σεπτέμβριος	5.499,64	924,00	3.735,19	235,30	0,00	4.087,47
Οκτώβριος	6.049,61	954,80	4.108,72	46,20	0,00	748,19
Νοέμβριος	6.049,61	924,00	4.108,72	14,29	597,21	19,14
Δεκέμβριος	5.774,64	954,80	3.921,97	159,23	7.278,11	0,00
Annual Sum or Average	50.742,78	11.242,00	39.219,72	1.305,92	27.567,03	12.243,75
Minimum of Months	0,00	862,40	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum of Months	6.049,61	954,80	4.295,47	235,30	8.825,53	4.087,47

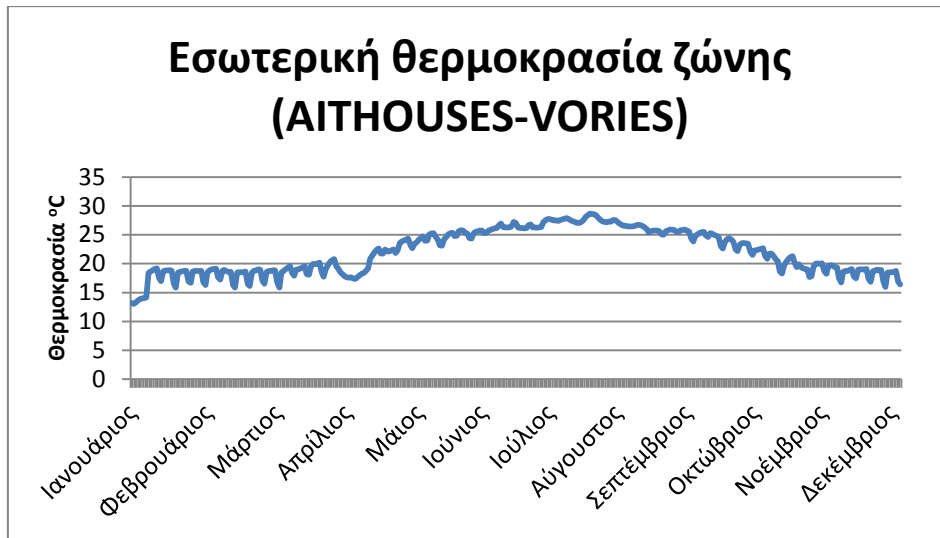


Γράφημα 5.11 Προφίλ μηνιαίων φορτίων.

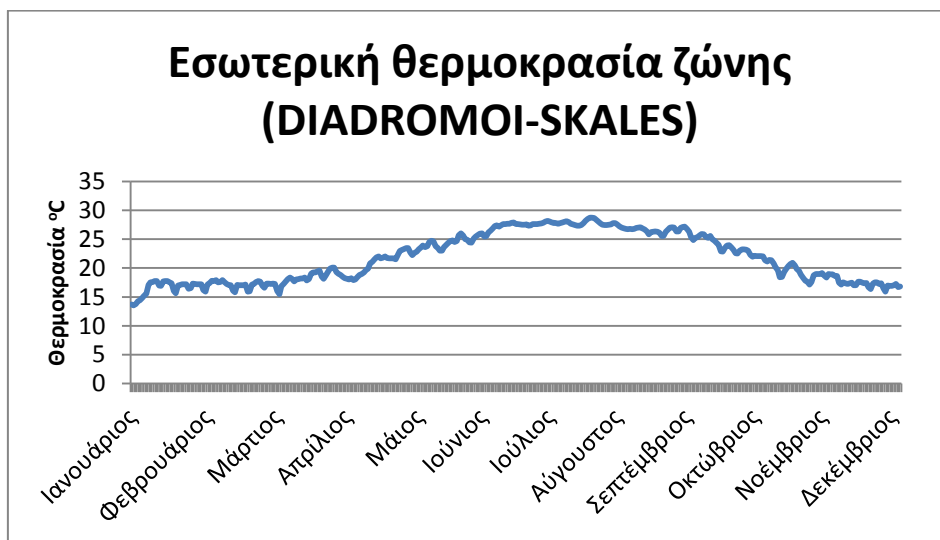
Στο παραπάνω γράφημα (5.11) φαίνονται το προφίλ των μηνιαίων φορτίων θέρμανσης και κλιματισμού στην διάρκεια του έτους σε συνδυασμό με την μέση ημερήσια θερμοκρασία πριν και μετά την επέμβαση.



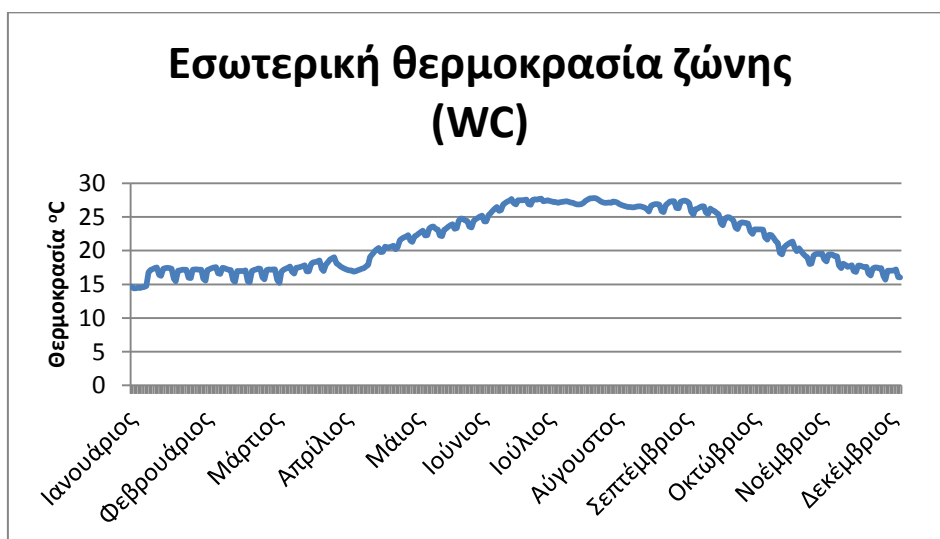
Γράφημα 5.12 Εσωτερική θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους για την νότια θερμική ζώνη.



Γράφημα 5.13 Εσωτερική θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους για την βόρεια θερμική ζώνη.



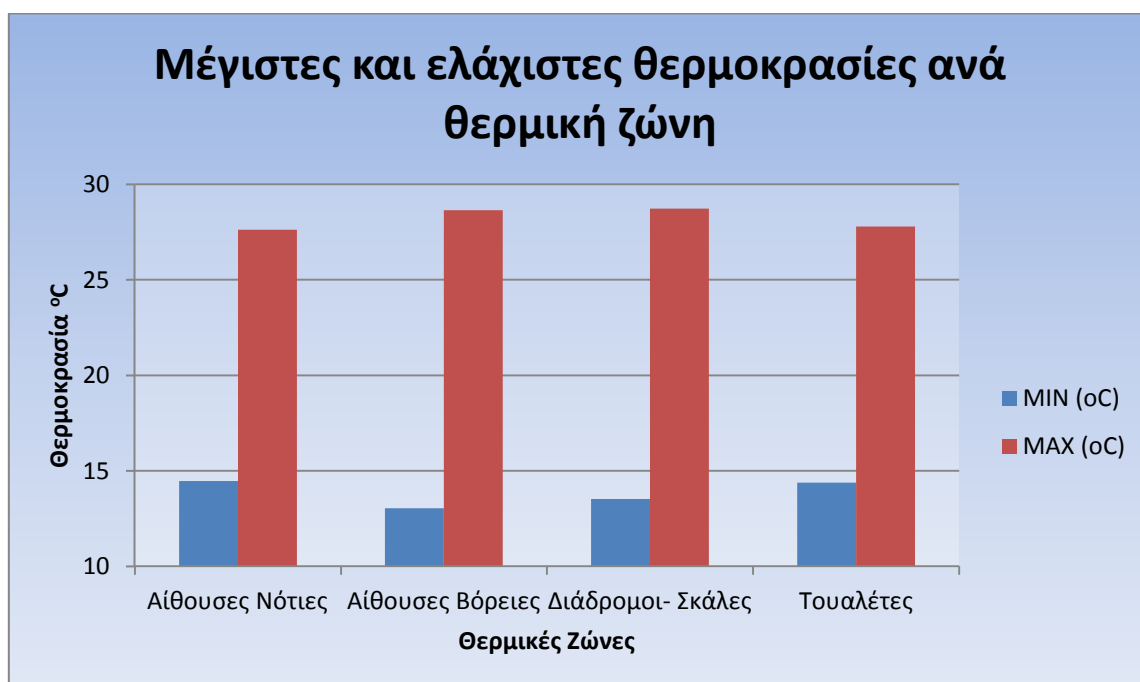
Γράφημα 5.14 Θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους για την θερμική ζώνη των διαδρόμων-σκαλών.



Γράφημα 5.15 Θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους για την θερμική ζώνη των τουαλετών.

Πίνακας 5.24 Ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες ανά θερμική ζώνη.

	MIN (οC)	MAX (οC)
Αίθουσες Νότιες	14,46	27,62
Αίθουσες Βόρειες	13,04	28,64
Διάδρομοι- Σκάλες	13,52	28,73
Τουαλέτες	14,38	27,79



Γράφημα 5.16 Μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες ανά θερμική ζώνη στο σύνολο του έτους.

Με την βοήθεια των παραπάνω διαγραμμάτων παρατηρείται ότι η ελάχιστη θερμοκρασία είναι 13,04°C στις βόρειες αίθουσες κατά τις αρχές του Ιανουαρίου (στις 2 Ιανουαρίου). Η μέγιστη θερμοκρασία είναι 28,73 °C και παρατηρείται στην θερμική ζώνη των διαδρόμων κατά την περίοδο του Αυγούστου (στις 5 Αυγούστου). Η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους καταγράφονται στις περιόδους τις οποίες το κτήριο είναι εκτός λειτουργίας, έτσι οι κλιματιστικές μονάδες είναι εκτός λειτουργίας και οι θερμοκρασίες μη ελεγχόμενες. Οι μετρήσεις των θερμοκρασιών λαμβάνουν χώρα από την πρώτη Ιανουαρίου στις 12.00 το μεσημέρι και κάθε 24 ώρες έπειτα για όλο το έτος με την τελευταία να είναι στις 31 Δεκεμβρίου στις 12.00 την μεσημβρινή.

5.2.3 Οικονομικά στοιχεία επέμβασης.

Στην οικονομική μελέτη της επέμβασης αυτής περιλαμβάνεται η αγορά και εγκατάσταση από εξειδικευμένο προσωπικό (συνεργείο) της θερμοπρόσοψης και συμπεριλαμβάνεται στην τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο που φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.25 επιφάνειες και κόστος επέμβασης.

Όψη	Επιφάνεια (m ²)	Κόστος (Ευρώ/m ²)	Συνολικό κόστος ανά όψη (€)
Ανατολική	314,29	30	9.428,76
Δυτική	257,14		7.714,44
Βόρεια	635,55		19.066,50
Νότια	533,90		16.017,00
Σύνολο	1.740,89		52.226,70

Η εξοικονόμηση που θα επιτευχτεί θα έχει το παρακάτω οικονομικό όφελος με βάση τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται στα 18933,33 Kwh ανά έτος. Αν λάβουμε την τιμή της κιλοβατώρας σταθερή και ίση με 0,229 €/Kwh και πολλαπλασιαστεί με το ποσό της εξοικονόμησης το αποτέλεσμα είναι 4335,73 € ανά έτος. Με έναν απλό υπολογισμό το αποτέλεσμα της απλής περιόδου αποπληρωμής (ΑΠΑ) είναι 12,05 έτη.

5.3 Επέμβαση φωτοβολταϊκών.

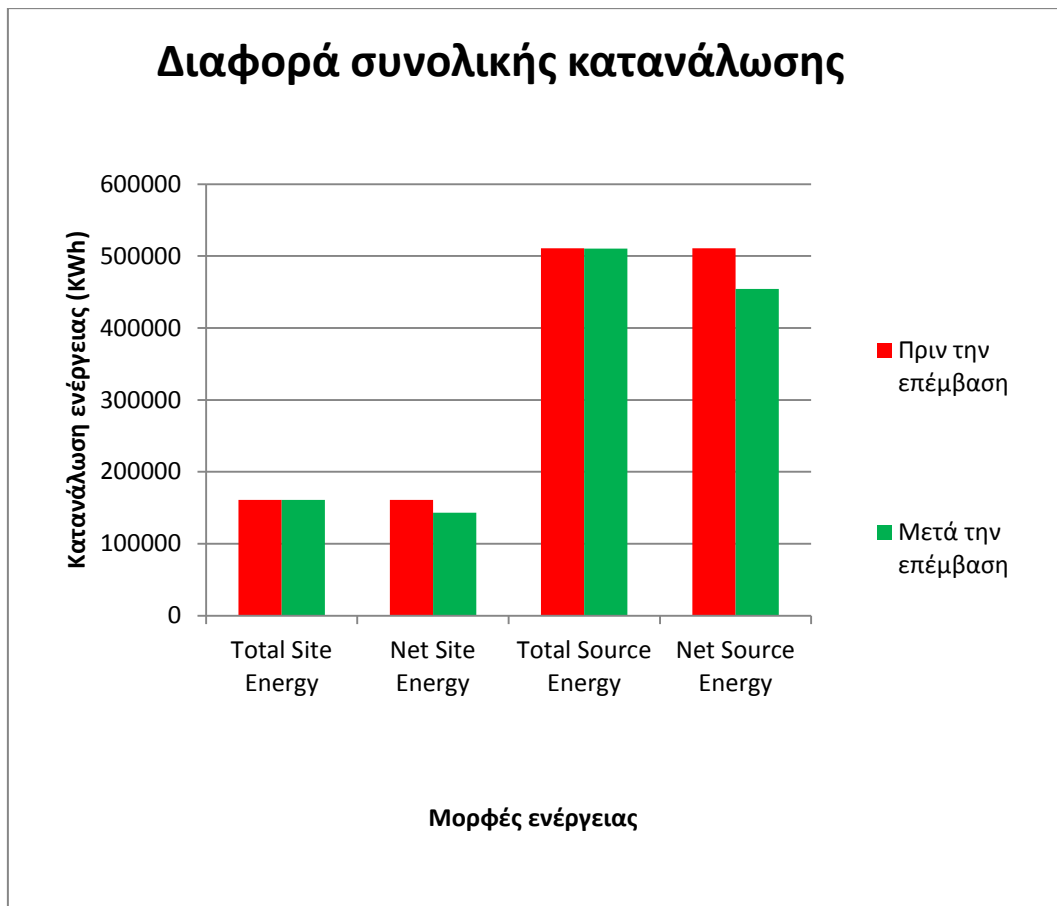
Στην επέμβαση των φωτοβολταϊκών προτείνεται η επέμβαση να εγκατασταθούν συστοιχίες φωτοβολταϊκών στην οροφή του κτηρίου συνολικής επιφάνειας (στοιχείου) 96,18 τετραγωνικών (m²) και συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 15,39 Kw.

5.3.1 Αποτελέσματα επέμβασης.

Τα αποτελέσματα της επέμβασης μετά την προσομοίωση φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.26 Ενέργεια στην εγκατάσταση πριν και μετά.

Site and Source Energy (Πριν)				Site and Source Energy (Μετά)		
	Total Energy [GJ]	Energy Per Total Building Area [MJ/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [MJ/m ²]	Total Energy [GJ]	Energy Per Total Building Area [MJ/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [MJ/m ²]
Total Site Energy	580,52	119,02	121,76	580,16	118,95	121,68
Net Site Energy	580,52	119,02	121,76	516,27	105,85	108,28
Total Source Energy	1.838,50	376,94	385,61	1.837,36	376,7	385,37
Net Source Energy	1.838,50	376,94	385,61	1.635,03	335,22	342,94
	Total Energy [KWh]	Energy Per Total Building Area [GWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [GWh/m ²]	Total Energy [KWh]	Energy Per Total Building Area [GWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [GWh/m ²]
Total Site Energy	161.255,56	33.061,11	33.822,22	161.155,56	33.041,67	33.800,00
Net Site Energy	161.255,56	33.061,11	33.822,22	143.408,33	29.402,78	30.077,78
Total Source Energy	510.694,44	104.705,56	107.113,89	510.377,78	104.638,89	107.047,22
Net Source Energy	510.694,44	104.705,56	107.113,89	454.175,00	93.116,67	95.261,11



Γράφημα 5.17 Διαφορά συνολικής κατανάλωσης.

5.3.2 Οικονομικά στοιχεία επέμβασης.

Αρχική ενέργεια 161255,56 Kwh σε αντίθεση με την τελική κατανάλωση ενέργειας 143408,33 Kwh. Αν λάβουμε την τιμή της κιλοβατώρας σταθερή και ίση με 0,229 €/Kwh πολλαπλασιάζοντας με την διαφορά πριν και μετά την επέμβαση θα έχουμε συνολική εξοικονόμηση 4087,01 € ανά έτος.

Το κόστος της συνολικής επέμβασης ανέρχεται στα 54560 € για 15 Kw εγκατεστημένη ισχύς (συμπεριλαμβανομένου των μπαταριών, Inverter, καλωδίων διανομής κλπ). Με αυτό το νούμερο συμπεραίνουμε ότι μέσα σε 13,35 έτη θα έχει αποπληρωθεί το κόστος της αρχικής επέμβασης. Τα 13,35 έτη μπορεί να φαίνονται πολλά αλλά αν αναλογιστεί κανείς ότι ο μέσος χρόνος ζωής ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι τα 25-30 έτη, αυτή χαρακτηρίζεται μια αρκετά συμφέρουσα επιλογή διότι κατόπιν από τα 13,42 έτη και για 16,65 έτη η ενέργεια που εξοικονομείται θα είναι δωρεάν.

Τριφασικό Αυτόνομο Φωτοβολταϊκό έως 80kWh Ημερησίως, 44.000€ ΜΕ Εγκατάσταση, Επιπλέον ΦΠΑ.

ΦΒ πλαίσια 54 x Q-Cells Pro Black Frame 285W (<https://www.mp-energy.gr/category/284/φωτοβολταϊκα-qcells.html>) (No1 εταιρεία παραγωγής φωτοβολταϊκών πλαισίων στον κόσμο, No1 φωτοβολταϊκό πλαίσιο παγκοσμίως σύμφωνα με Photon Test, 12χρόνια Πραγματική Εγγύηση προϊόντος, 25 γραμμική χρόνια εγγύηση απόδοσης, υψηλότερη απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι, υψηλότερη απόδοση χειμώνα και σε συννεφιά, anti-hot spots protection, PID-free, 100% ελεγμένα κουτιά και δίοδοι, συναρμολογημένο και όχι βιδωμένο πλαίσιο, Germany-Engineered, Μαύρο πλαίσιο)



Τριφασικό Αυτόνομο ΦΒ Σύστημα έως 80kWh ημερησίως με DC coupling για μικρή ξενοδοχειακή μονάδα - επιχείρηση με 44.000€ Επιπλέον ΦΠΑ ΜΕ Εγκατάσταση

Συνολική εγκατεστημένη ισχύς: 15,39KW

Το σύστημα είναι κατάλληλο για μεγάλη-πολυτελή μόνιμη κατοικία ή μικρή επιχείρηση με χρήση χειμώνα-καλοκαίρι

Αντιστροφείς /Φορτιστής 3 x Victron Quattro 10000VA (<http://www.mp-energy.gr/αυτονομα-συστηματα/υλικά/αντιστροφείς/quattro.html>), Max Power 3 x 20.000VA, 48V (Ολλανδία, 5 χρόνια εγγύηση / Δυνατότητα σύνδεσης με ΔΕΗ και Γεννήτρια) - ΠΑΡΑΜΗΛΗΣΙΜΟΣ-ΕΠΕΚΤΑΣΙΜΟΣ ή

Ρυθμιστής Φόρτισης 3 x Victron SmartSolar 85A/250V (<https://www.mp-energy.gr/category/283/victron-smartsolar.html>), 48V (Ολλανδία, "Έξυπνος ρυθμιστής" -> 30% περισσότερη ενέργεια από τα φβ + Αύξηση χρόνου ζωής μπαταριών!, 5 χρόνια εγγύηση)



Το σύστημα αυτό αποτελεί Best Seller της εταιρείας μας με εξαιρετικές αποδόσεις και πολύ ικανοποιημένους πελάτες (έχουν εγκατασταθεί δεκάδες παρόμοια συστήματα).

Εγκατάσταση-	ΜΕ Εγκατάσταση από το έμπειρο ΚΑΙ Ιδιότητα συνεργείο της MP-Energy!
Εγγύηση-	Εγγύηση καλής λειτουργίας 2 ετών (πέραν των επιμέρους εγγυήσεων).
Ρυθμίσεις-	Προγραμματισμός inverter-ρυθμιστή με υπολογιστή από τον κ. Πέτσιο.
Έλεγχος-	Έλεγχος on-site κάθε συνθήκης λειτουργίας και κάθε πιθανής βλάβης.
Εκπαίδευση-	Εκπαίδευση χρήστη με στόχο την ορθή και μακροχρόνια λειτουργία.
Παράδοση-	Παράδοση έργου και τεχνικού φακέλου με οδηγίες χρήσης-συντήρησης.
After Sales-	Τηλεφωνική γραμμή εξυπηρέτησης πελατών 24h/24h-7d/7d.
Επίβλεψη	Διαρκής παρουσία και ουσιαστική ΕΠΙΒΛΕΨΗ ΣΕ ΟΛΑ ΤΑ ΕΡΓΑ του Ιδιοκτήτη της MP-Energy και Γεν. Δ/ντη Ηλεκτρολόγου Μηχανικού ΕΜΠ και Διδάκτορος ΕΜΠ κ. Μιχαήλ Πέτσιου!!



Εικόνα 5.11 Φωτοβολταϊκό σύστημα.

5.4 Επέμβαση ανοιγμάτων.

Στην επέμβαση αυτή προτείνεται η αλλαγή των ανοιγμάτων (υαλοπινάκων και πλαισίων) με νέου τύπου με υψηλότερο βαθμό θερμικής αντίστασης συνολικά, έτσι ώστε να επιτευχθεί μικρότερος συντελεστής απωλειών (Uvalue) με άμεσο αντίκτυπο στην συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια.

5.4.1 Αποτελέσματα επέμβασης ανοιγμάτων.

Τα ανοίγματα που επιλέχθηκαν προς αντικατάσταση των παλαιών είναι τύπου PVC (θερμοπλαστικά) σε συνδυασμό με διπλό τζάμι με διάκενο αέρα 16 χιλιοστών και επίστρωση χαμηλής εκπεψιμότητας (Low-e). Το πλαίσιο (PVC) έχει συντελεστή θερμικών απωλειών (Uvalue) ίσο με 2,8 W/m²*k και μηδενικό μήκος θερμογέφυρας (θερμοπλαστικό). Οι υαλοπίνακες που θα χρησιμοποιηθούν έχουν συντελεστή θερμικών απωλειών ίσο με 1,8 W/m²*k με συντελεστή ηλιακού κέρδους (SHGC) 0,74 και συντελεστή ορατού φωτισμού (GVT) 0,79. Επιλέχθηκαν οι συγκεκριμένοι υαλοπίνακες διότι οι ανάγκες του κτηρίου για θέρμανση τον χειμώνα ήταν κατά πολύ μεγαλύτερες από τις ανάγκες κλιματισμού το καλοκαίρι (δεν λειτουργεί πάνω από ένα μήνα το καλοκαίρι κεφ. 4.1.1).

Έπειτα από την εισαγωγή των νέων δεδομένων στο πρόγραμμα, πραγματοποιήθηκε η προσομοίωση και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 5.27 Καταναλισκόμενη ενέργεια πριν και μετά.

Site and Source Energy (Πριν)				Site and Source Energy (Μετά)		
	Total Energy [GJ]	Energy Per Total Building Area [MJ/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [MJ/m ²]	Total Energy [GJ]	Energy Per Total Building Area [MJ/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [MJ/m ²]
Total Site Energy	580,52	119,02	121,76	531,92	109,06	111,57
Net Site Energy	580,52	119,02	121,76	531,92	109,06	111,57
Total Source Energy	1.838,50	376,94	385,61	1.684,60	345,39	353,33
Net Source Energy	1.838,50	376,94	385,61	1.684,60	345,39	353,33
	Total Energy [KWh]	Energy Per Total Building Area [GWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [GWh/m ²]	Total Energy [KWh]	Energy Per Total Building Area [GWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [GWh/m ²]
Total Site Energy	161.255,56	33.061,11	33.822,22	147.755,56	30.294,44	30.991,67
Net Site Energy	161.255,56	33.061,11	33.822,22	147.755,56	30.294,44	30.991,67
Total Source Energy	510.694,44	104.705,56	107.113,89	467.944,44	95.941,67	98.147,22
Net Source Energy	510.694,44	104.705,56	107.113,89	467.944,44	95.941,67	98.147,22

Διαφορά συνολικής κατανάλωσης

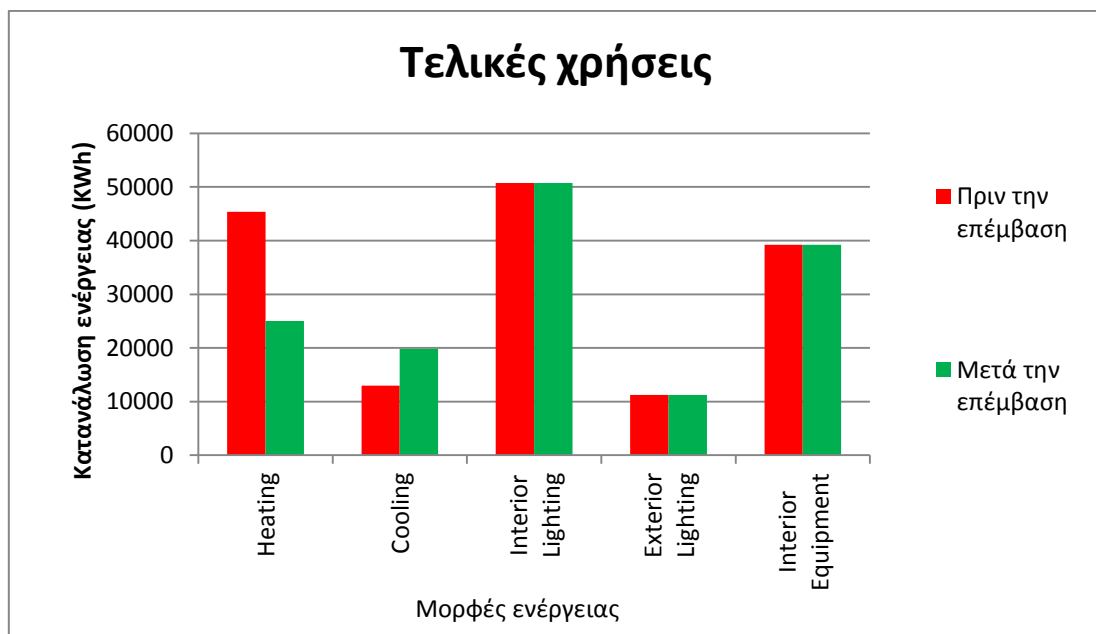


Γράφημα 5.18 Συνολική κατανάλωση ενέργειας πριν και μετά την επέμβαση.

Πίνακας 5.28 Τελικές χρήσεις ενέργειας πριν και μετά.

End Uses (Πριν)			End Uses (Μετά)		
	Electricity [GJ]	Electricity [KWh]		Electricity [GJ]	Electricity [KWh]
Heating	163,27	45.352,78	Heating	90,14	25.038,89
Cooling	46,69	12.969,44	Cooling	71,37	19.825,00
Interior Lighting	182,67	50.741,67	Interior Lighting	182,67	50.741,67
Exterior Lighting	40,47	11.241,67	Exterior Lighting	40,47	11.241,67
Interior Equipment	141,19	39.219,44	Interior Equipment	141,19	39.219,44
Exterior Equipment	0,00	0,00	Exterior Equipment	0	0,00
Fans	6,22	1.727,78	Fans	6,08	1.688,89
Pumps	0,00	0,00	Pumps	0	0,00
Heat Rejection	0,00	0,00	Heat Rejection	0	0,00
Humidification	0,00	0,00	Humidification	0	0,00
Heat Recovery	0,00	0,00	Heat Recovery	0	0,00
Water Systems	0,00	0,00	Water Systems	0	0,00
Refrigeration	0,00	0,00	Refrigeration	0	0,00
Generators	0,00	0,00	Generators	0	0,00
Total End Use	580,52	161.255,56	Total End Use	531,92	147.755,56

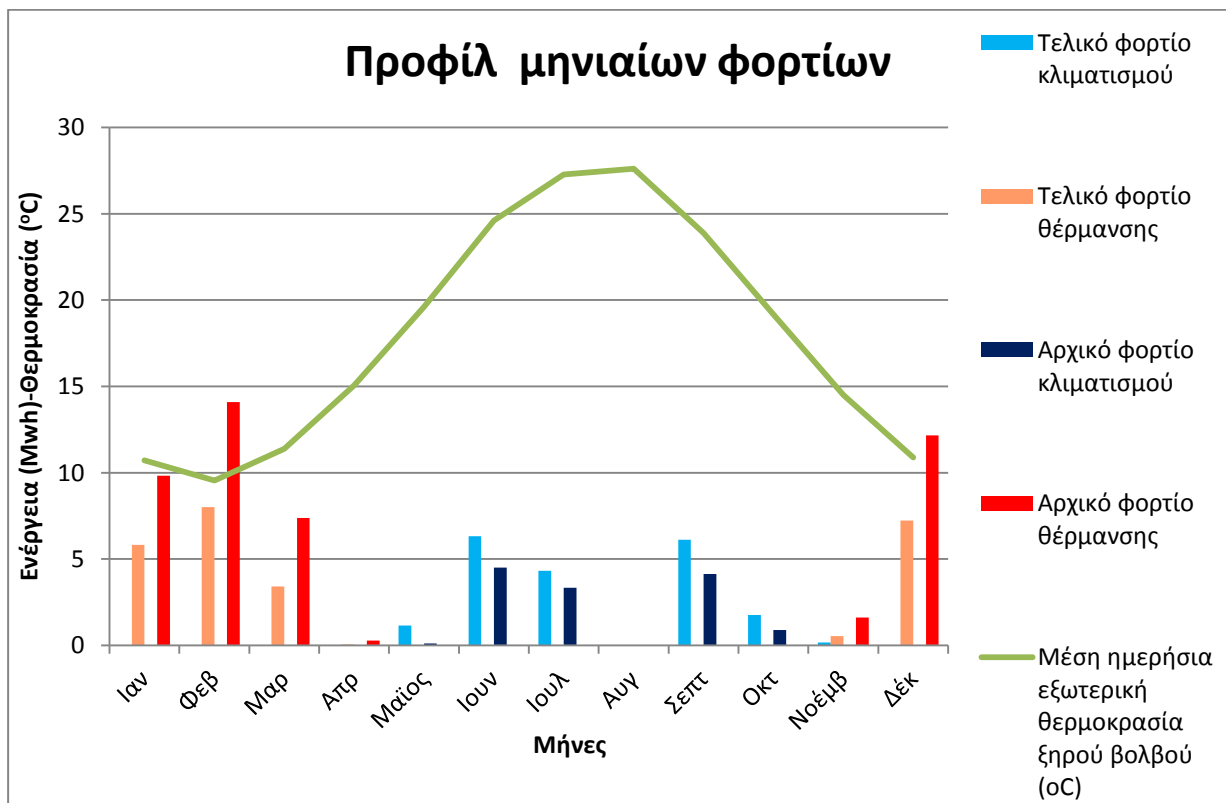
Το ενδιαφέρον στο παραπάνω πινάκα (5.28) είναι ότι, οι ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση του κτηρίου μειώθηκαν αρκετά κατά την διάρκεια του χειμώνα, μετά την επέμβαση. Αυτό οφείλεται στον αυξημένο συντελεστή ηλιακού κέρδους που διαθέτουν οι νέοι υαλοπίνακες σε σχέση με τους παλιούς, έτσι περισσότερη ποσότητα ενέργειας (ηλιακό κέρδος) εισέρχεται στον χώρο του κτηρίου κατά την διάρκεια του χειμώνα που είναι και το επιθυμητό. Το ίδιο όμως συμβαίνει και κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, έτσι οι ενεργειακές ανάγκες κλιματισμού αυξήθηκαν, όμως το ενεργειακό ισοζύγιο στο τέλος του έτους έχει μειωθεί αρκετά.



Γράφημα 5.19 Τελικές χρήσεις πριν και μετά την επέμβαση.

Πίνακας 5.29 Στοιχεία ανοιγμάτων πριν και μετά την επέμβαση.

Construction	Πριν				Μετά			
	Glass U-Factor [W/m ² -K]	Glass SHGC	Glass Visible Transmittance	Frame Conductance [W/m ² -K]	Glass U-Factor [W/m ² -K]	Glass SHGC	Glass Visible Transmittance	Frame Conductance [W/m ² -K]
PARATHYRO RES 2A WINDOW METAL FRAMING	3,50	0,55	0,45	7,04	1,80	0,74	0,79	2,80
PORTA RES 2A WINDOW METAL FRAMING ENTRANCE DOOR	3,50	0,55	0,45	7,04	1,80	0,74	0,79	2,80



Γράφημα 5.20 Προφίλ μηνιαίων φορτίων πριν και μετά την επέμβαση.

Στο παραπάνω γράφημα (5.20) φαίνονται το προφίλ των μηνιαίων φορτίων θέρμανσης και κλιματισμού στην διάρκεια του έτους πριν και μετά την επέμβαση, σε συνδυασμό με την μέση ημερήσια θερμοκρασία .

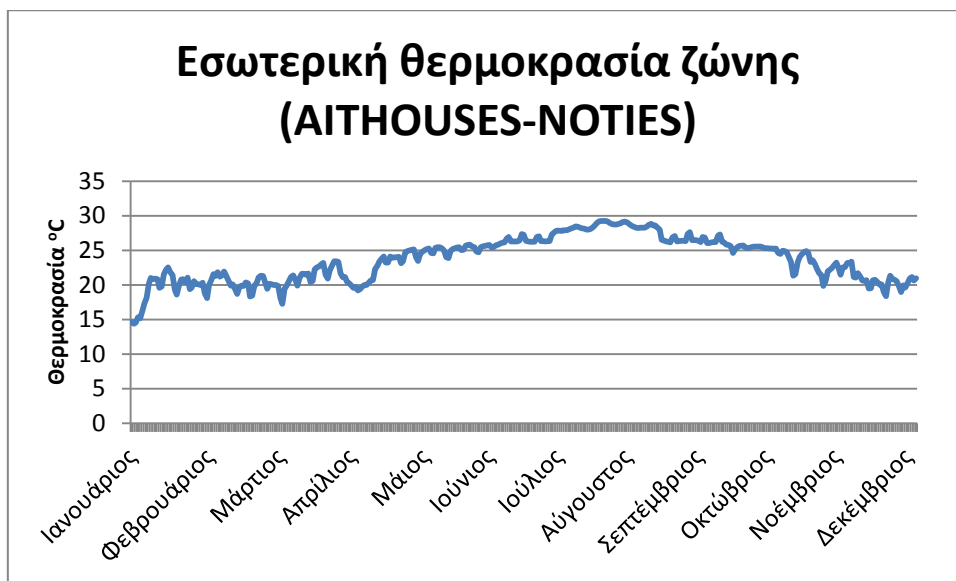
Πίνακας 5.30 Ετήσια αναφορά ανά μήνα πριν την επέμβαση.

Custom Monthly Report (Πρίν)						
	Εσωτερικός φωτισμός [KWh]	Εξωτερικός φωτισμός [KWh]	Εσωτερικός εξοπλισμός [KWh]	Ανεμιστήρες [KWh]	Θέρμανση [KWh]	Κλιματισμός [KWh]
Ιανουάριος	3.902,53	954,80	3.174,92	214,96	9.825,25	0,00
Φεβρουάριος	4.591,22	862,40	3.735,19	308,11	14.082,97	0,00
Μάρτιος	5.279,92	954,80	4.295,47	161,51	7.382,19	0,00
Απρίλιος	2.185,13	924,00	1.867,60	6,16	281,75	0,00
Μάιος	4.771,69	954,80	4.295,47	6,17	0,00	109,71
Ιούνιος	4.564,22	924,00	4.108,72	253,81	0,00	4.510,86
Ιούλιος	2.074,64	954,80	1.867,60	188,63	0,00	3.328,89
Αύγουστος	0,00	954,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Σεπτέμβριος	5.499,64	924,00	3.735,19	236,40	0,00	4.126,31
Οκτώβριος	6.049,61	954,80	4.108,72	50,15	2,10	883,83
Νοέμβριος	6.049,61	924,00	4.108,72	35,84	1.614,46	9,25
Δεκέμβριος	5.774,64	954,80	3.921,97	266,15	12.165,17	0,00
Annual Sum or Average	50.742,78	11.242,00	39.219,72	1.727,89	45.353,89	12.968,86
Minimum of Months	0,00	862,40	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum of Months	6.049,61	954,80	4.295,47	308,11	14.082,97	4.510,86

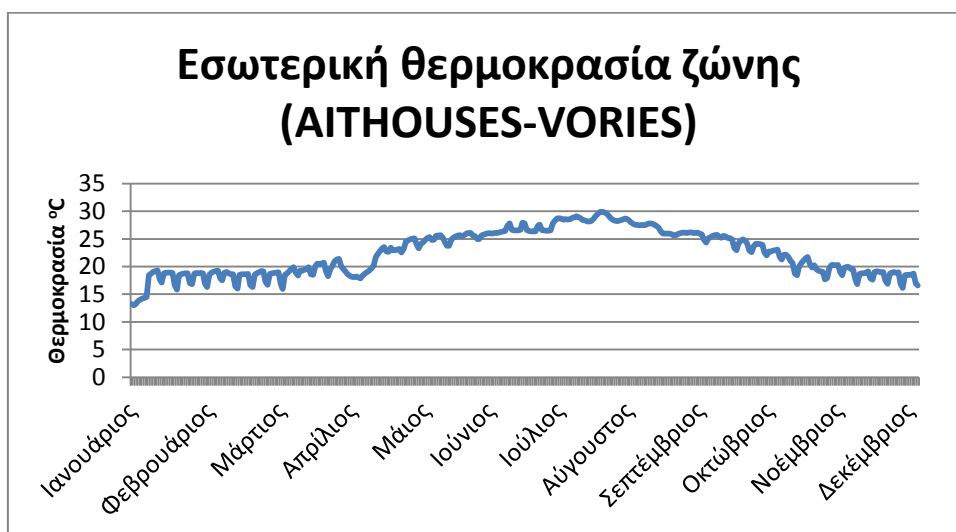
Πίνακας 5.31 Ετήσια αναφορά ανά μήνα μετά την επέμβαση.

Custom Monthly Report (Μετά)						
	Εσωτερικός φωτισμός [KWh]	Εξωτερικός φωτισμός [KWh]	Εσωτερικός εξοπλισμός [KWh]	Ανεμιστήρες [KWh]	Θέρμανση [KWh]	Κλιματισμός [KWh]
Ιανουάριος	3.902,53	954,80	3.174,92	127,19	5.813,72	0,00
Φεβρουάριος	4.591,22	862,40	3.735,19	175,03	8.000,44	0,00
Μάρτιος	5.279,92	954,80	4.295,47	74,64	3.411,75	0,00
Απρίλιος	2.185,13	924,00	1.867,60	1,35	58,29	1,24
Μάιος	4.771,69	954,80	4.295,47	64,08	0,00	1.136,29
Ιούνιος	4.564,22	924,00	4.108,72	360,69	0,00	6.317,53
Ιούλιος	2.074,64	954,80	1.867,60	247,98	0,00	4.320,89
Αύγουστος	0,00	954,80	0,00	0,00	0,00	0,00

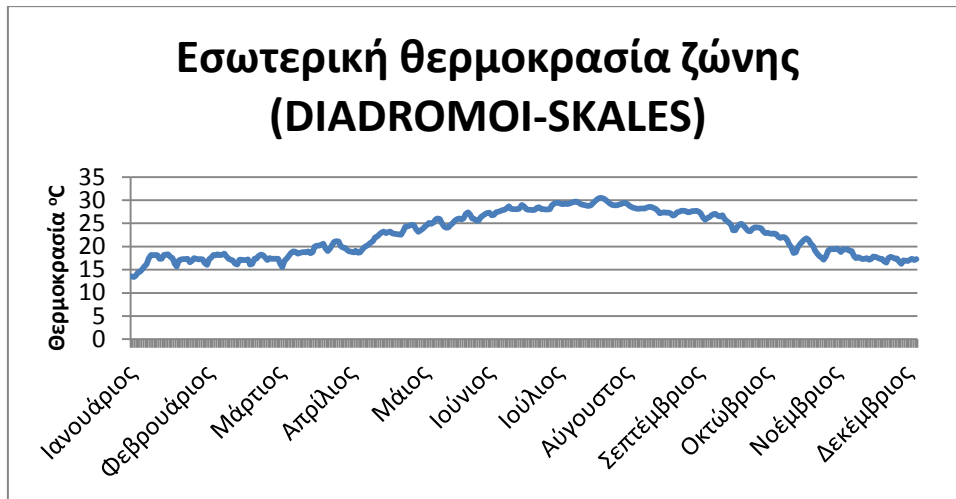
Σεπτέμβριος	5.499,64	924,00	3.735,19	356,19	0,00	6.117,56
Οκτώβριος	6.049,61	954,80	4.108,72	102,56	0,00	1.754,96
Νοέμβριος	6.049,61	924,00	4.108,72	21,36	532,39	169,49
Δεκέμβριος	5.774,64	954,80	3.921,97	158,35	7.222,17	6,13
Annual Sum or Average	50.742,78	11.242,00	39.219,72	1.689,43	25.038,78	19.824,06
Minimum of Months	0,00	862,40	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum of Months	6.049,61	954,80	4.295,47	360,69	8.000,44	6.317,53



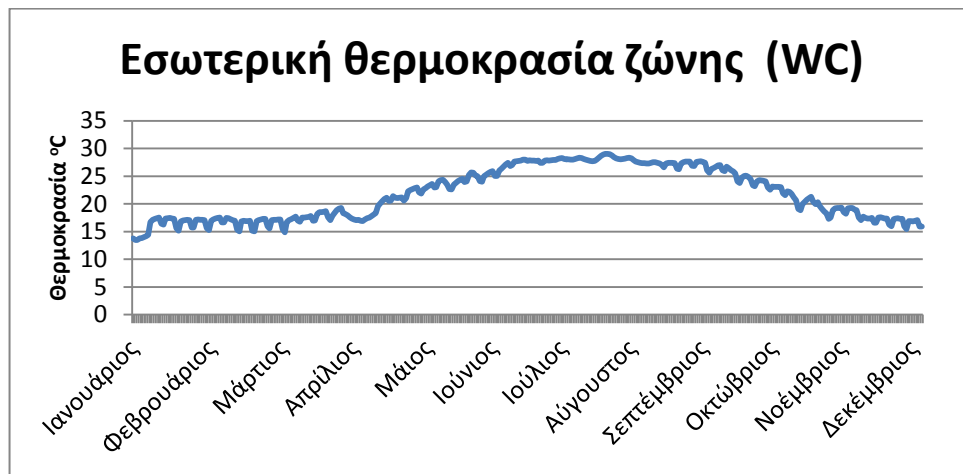
Γράφημα 5.21 Εσωτερική θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους στην νότια θερμική ζώνη.



Γράφημα 5.22 Εσωτερική θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους στην βόρεια θερμική ζώνη.



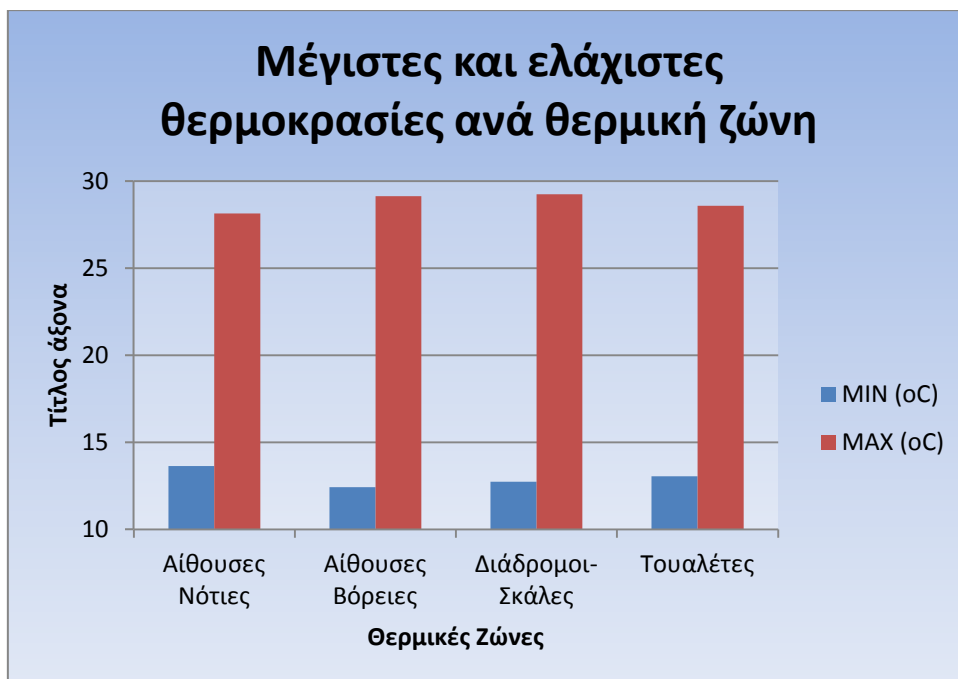
Γράφημα 5.23 Εσωτερική θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους στην θερμική ζώνη διαδρόμων-σκαλών.



Γράφημα 5.24 Εσωτερική θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους στην θερμική ζώνη των τουαλετών.

Πίνακας 5.32 Ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες ανα θερμική ζώνη.

	MIN (οC)	MAX (οC)
Αίθουσες Νότιες	14,40	29,26
Αίθουσες Βόρειες	13,00	29,90
Διάδρομοι-Σκάλες	13,38	29,42
Τουαλέτες	13,48	29,03



Γράφημα 5.25 Μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες ανά ζώνη στο σύνολο του έτους.

Με την βοήθεια των παραπάνω διαγραμμάτων παρατηρείται ότι η ελάχιστη θερμοκρασία είναι 13,00 °C στις βόρειες αίθουσες κατά τις αρχές του Ιανουαρίου (στις 2 Ιανουαρίου). Η μέγιστη θερμοκρασία είναι 29,90 °C και παρατηρείται στην βόρεια θερμική ζώνη κατά την περίοδο του Αυγούστου (στις 6 Αυγούστου). Η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία κατά την διάρκεια του έτους καταγράφονται στις περιόδους τις οποίες το κτήριο είναι εκτός λειτουργίας, έτσι οι κλιματιστικές μονάδες είναι εκτός λειτουργίας και οι θερμοκρασίες μη ελεγχόμενες. Οι μετρήσεις των θερμοκρασιών λαμβάνουν χώρα από την πρώτη Ιανουαρίου στις 12.00 το μεσημέρι και κάθε 24 ώρες έπειτα για όλο το έτος με την τελευταία να είναι στις 31 Δεκεμβρίου στις 12.00 την μεσημβρινή.

5.4.2 Οικονομικά στοιχεία επέμβασης.

Η επέμβαση αυτή περιλαμβάνει την αντικατάσταση ανοιγμάτων (παραθύρων και εξωτερικών πορτών) με νέου τύπου PVC για το σύνολο των 950,33 m² (πινάκα 4.10). Το συνολικό κόστος αντικατάστασης των ανοιγμάτων θα διαμορφωθεί σύμφωνα με τις μέσες ενδεικτικές τιμές ανά τετραγωνικό μέτρο που κυκλοφορούν στην αγορά. Η αντικατάσταση αυτή απαιτεί την αφαίρεση των παλαιών ανοιγμάτων, την αγορά των νέων και την τοποθέτησή τους. Τα αναλυτικά κόστη αναλύονται παρακάτω.

- Κόστος αφαίρεσης παλαιών κουφωμάτων : 25 €/m²
- Κόστος αγοράς νέων κουφωμάτων : 200 €/m²
- Κόστος τοποθέτησης νέων κουφωμάτων PVC : 45 €/m²

Με έναν απλό υπολογισμό το συνολικό κόστος ανέρχεται για αφαίρεση παλαιών, αγορά και τοποθέτηση νέων στα 256589,1 €. Η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται στις 13500 Kwh ανά έτος, αν υπολογιστεί με μια μέση τιμή 0,229 €/ Kwh το συνολικό εξοικονομημένο ποσό ανέρχεται στα 3091,5 € ετησίως.

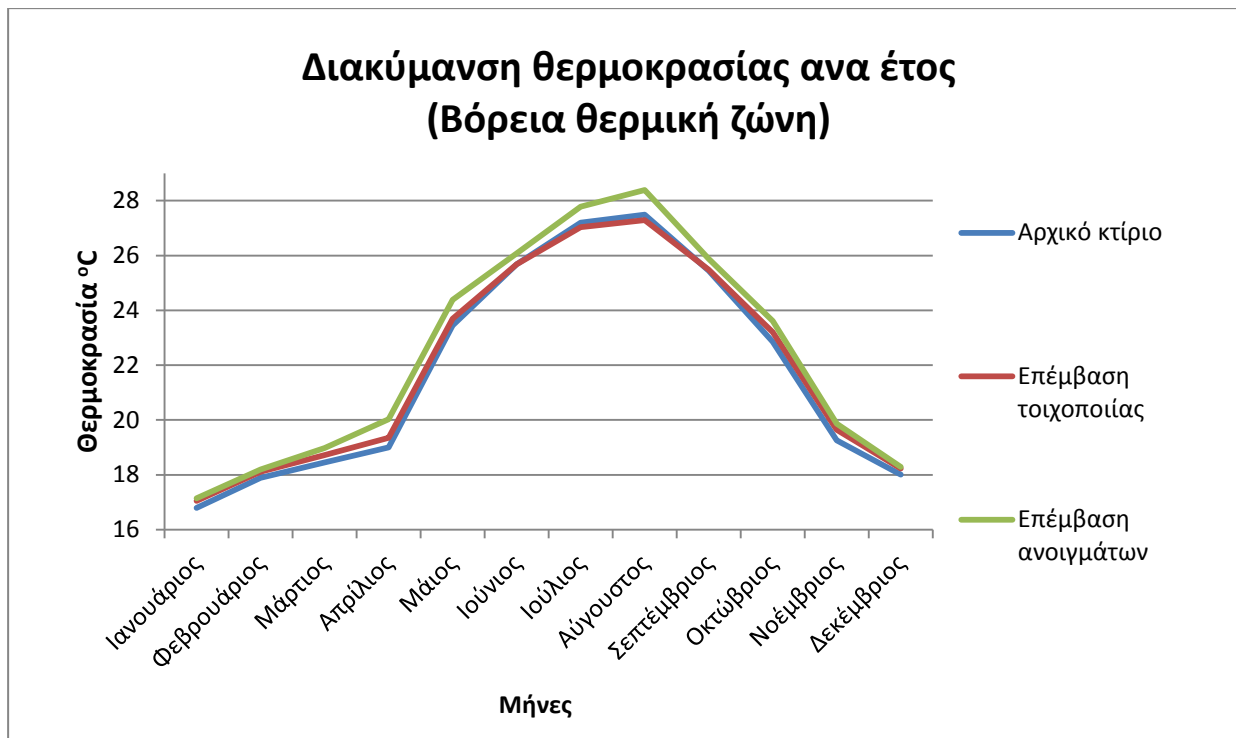
6 Αποτελέσματα- συμπεράσματα.

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συνολικά αποτελέσματα όλων των επεμβάσεων σε ενεργειακό και οικονομικό τομέα καθώς και κάποια γραφήματα που περιέχουν την αρχική και τελική κατάσταση του κτιρίου. Έπειτα συγκρίνονται μεταξύ τους έτσι ώστε να βρεθεί η βέλτιστη ενεργειακή και οικονομική επιλογή.

Πίνακας 6.1 Μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες ανά επέμβαση και ανά θερμική ζώνη.

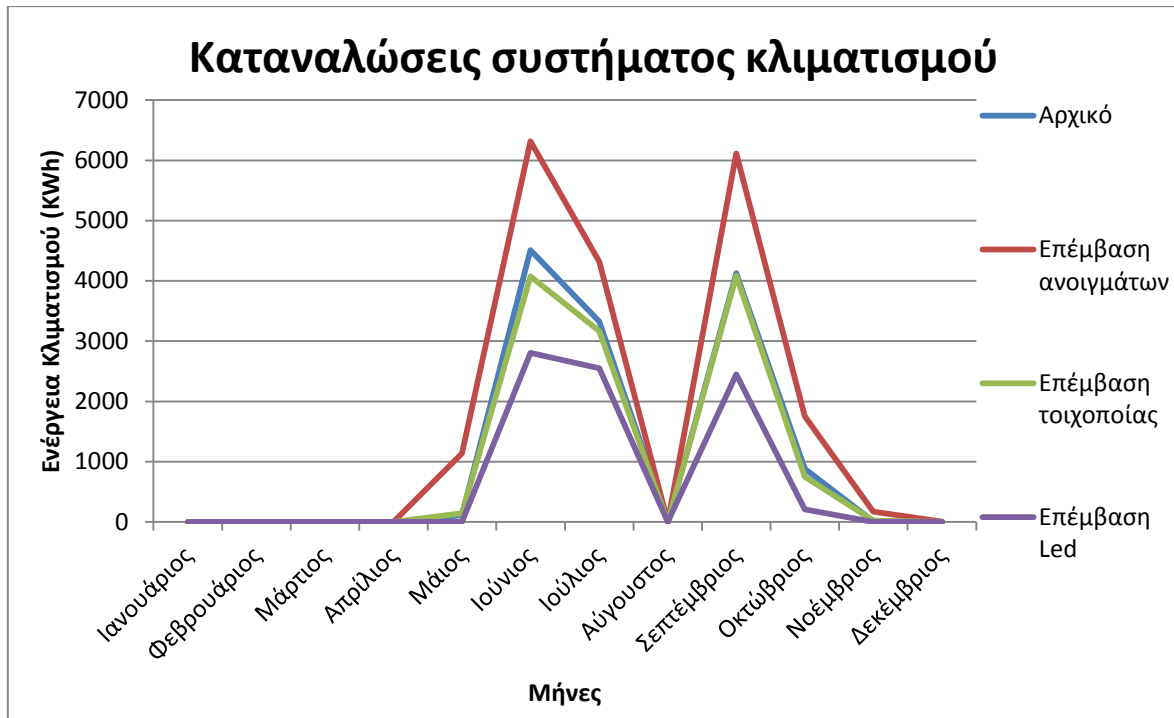
	<u>Αρχικό Κτήριο</u>		<u>Επέμβαση LED</u>		<u>Επέμβαση τοιχοποιίας</u>		<u>Επέμβαση παραθύρων</u>	
	Min (°C)	Max (°C)	Min (°C)	Max (°C)	Min (°C)	Max (°C)	Min (°C)	Max (°C)
Αίθουσες Νότιες	13,62	28,14	13,62	28,14	14,46	27,62	14,40	29,26
Αίθουσες Βόρειες	12,42	29,12	12,54	28,80	13,04	28,64	13,00	29,90
Διάδρομοι-Σκάλες	12,72	29,24	12,56	29,59	13,52	28,73	13,38	29,42
Τουαλέτες	13,04	28,57	13,04	28,56	14,38	27,79	13,48	29,03

Στον παραπάνω πίνακα (6.1) αναγράφονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες θερμοκρασίες ανά θερμική ζώνη για το αρχικό κτήριο καθώς και για κάθε επέμβαση. Επίσης έχουν υπογραμμιστεί οι μέγιστη και η ελάχιστη θερμοκρασία για το σύνολο των επεμβάσεων. Όπως παρατηρείται οι υψηλότερες θερμοκρασίες (καθώς και οι υψηλότερες μέσες ημερήσιες) εμφανίζονται στην επέμβαση των παραθύρων. Ακολουθεί η επέμβαση της τοιχοποιίας, με μικρή διαφορά.

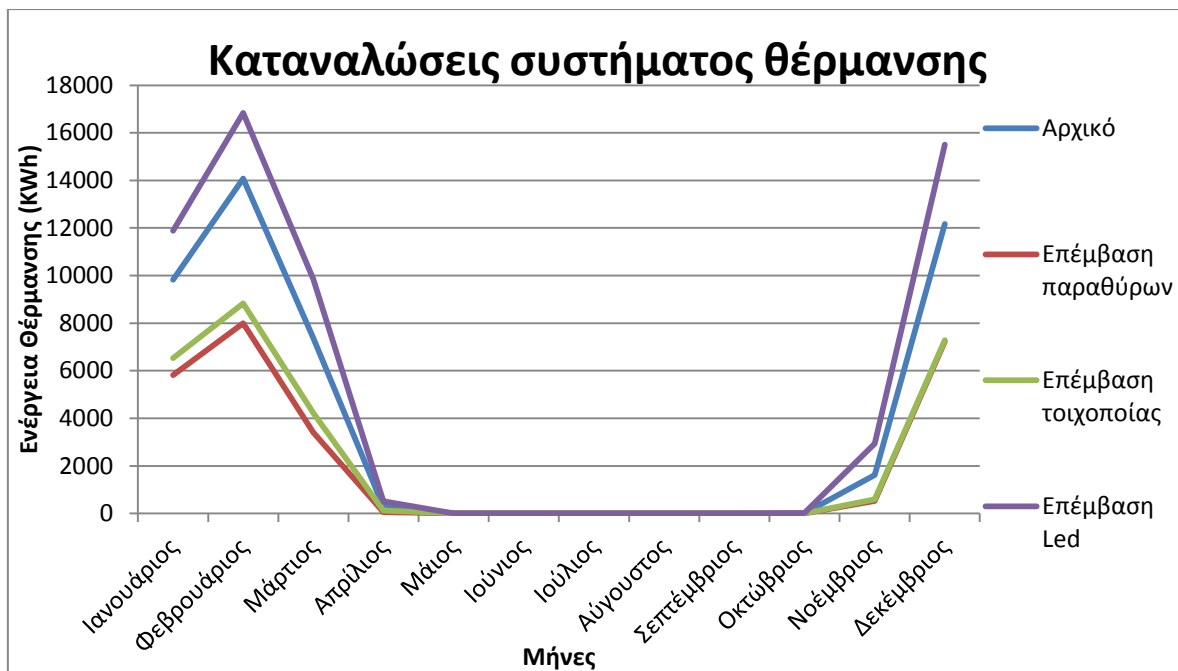


Γράφημα 6.1 Διακύμανση θερμοκρασίας στη βόρεια θερμική ζώνη ανά έτος και ανά επέμβαση.

Στο παραπάνω γράφημα παρουσιάζεται, ως παράδειγμα, η διακύμανση της θερμοκρασίας της βόρειας θερμικής ζώνης κατά την διάρκεια του έτους, στην αρχική κατάσταση του κτηρίου, με την επέμβαση της τοιχοποιίας και με την επέμβαση των ανοιγμάτων. Είναι εμφανές ότι η θερμοκρασία κατά τους θερινούς μήνες είναι αυξημένη σε σχέση με το αρχικό κτήριο, αυτό συμβαίνει διότι οι επιλεγμένοι υαλοπίνακες είναι αποδοτικότεροι κατά την χειμερινή περίοδο την οποία λειτουργεί κατά κόρον το κτήριο. Όπως φαίνεται στον πίνακα 5.25 η συνολική απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης είναι κατά πολύ μειωμένη σε σχέση με το αρχικό κτήριο. Αντίθετα η απαιτούμενη ενέργεια κλιματισμού είναι ελαφρώς αυξημένη για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω, όμως η συνολική απαιτούμενη ενέργεια του κτηρίου είναι κατά πολύ μειωμένη σε σχέση με το αρχικό κτήριο.



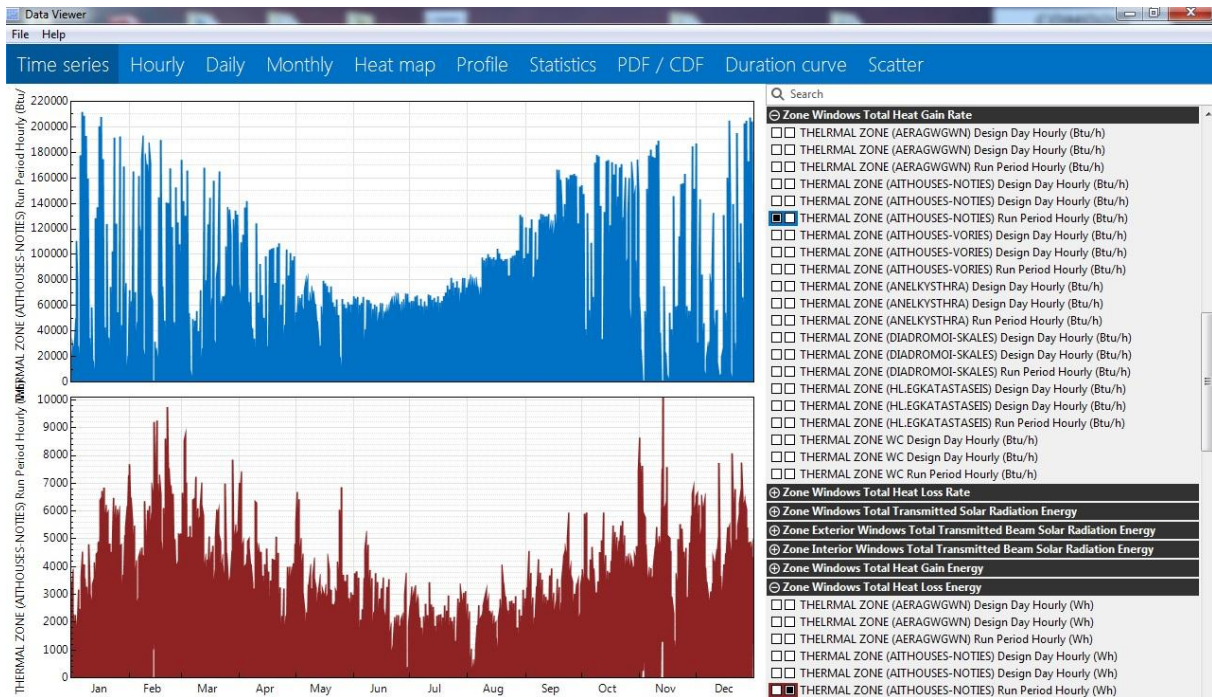
Γράφημα 6.2 Καταναλώσεις συστήματος Κλιματισμού ανά έτος και ανά επέμβαση.



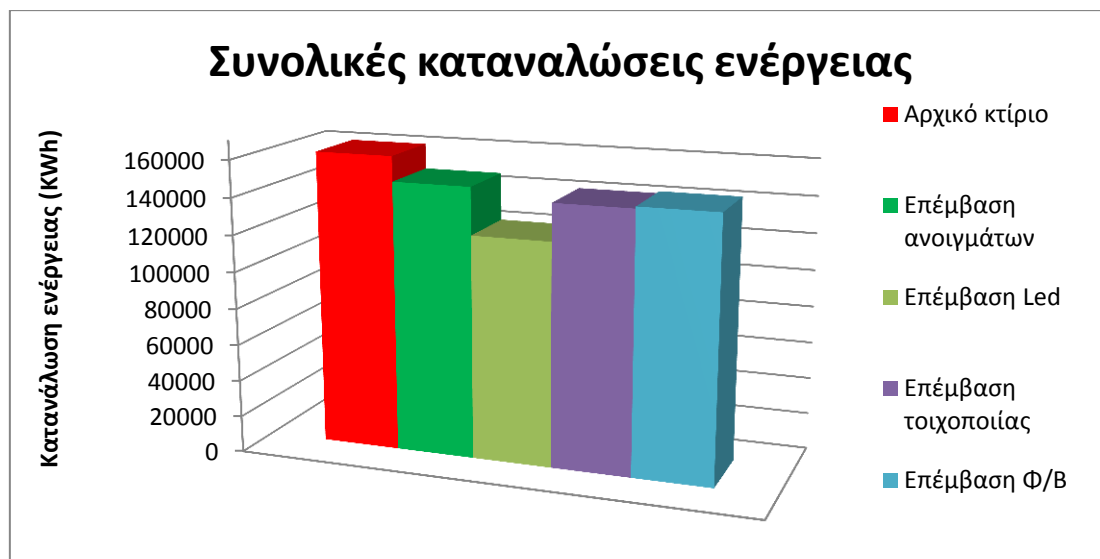
Γράφημα 6.3 Καταναλώσεις συστήματος θέρμανσης ανά έτος και ανά επέμβαση.

Στα παραπάνω γραφήματα (6.2 και 6.3) παρουσιάζονται οι καταναλώσεις ενέργειας θέρμανσης και κλιματισμού για ένα έτος και ανά επέμβαση.

Στην παρακάτω εικόνα (6.1) φαίνεται ενδεικτικά οι επιπλέον δυνατότητες του προγράμματος Open Studio που δίνονται στον χρήστη προς προβολή και επεξεργασία. Ενδεικτικά έχουν επιλεγεί για το πρώτο στην σειρά γράφημα το Zone Windows Total Heat Gain Rate που είναι ο συνολικός ρυθμός απολαβής θερμότητας της συγκεκριμένης θερμικής ζώνης από τα ανοίγματα στο σύνολο της. Για το δεύτερο γράφημα έχει επιλεγεί το Zone Windows Total Heat Loss Energy που είναι η συνολική απώλεια ενέργειας από τα ανοίγματα στην συγκεκριμένη θερμική ζώνη. Όλα τα συγκεκριμένα αποτελέσματα αναφέρονται στην προσομοίωση του κτηρίου ως έχει.



Εικόνα 6.1 Αποτύπωση των επιπλέον δυνατοτήτων των αποτελεσμάτων του Open Studio.



Γράφημα 6.4 Συνολικές καταναλώσεις ενέργειας ανά επέμβαση.

Πίνακας 6.2 Συγκεντρωτικά ποσά επεμβάσεων (ενεργειακά και οικονομικά).

	Ενέργεια πριν (KWh)	Ενέργεια μετά (KWh)	Διαφορά ενέργειας (KWh)	Εξοικονόμηση ανά έτος (€)	Συνολικό κόστος επέμβασης (€)	ΑΠΑ (έτη)
Επέμβαση φωτισμού	161.255,55	122.191,66	39.063,88	8.945,63	21.555,97	2,41
Επέμβαση τοιχοποιίας	161.255,55	142.322,22	18.933,33	4.335,73	52.226,70	12,04
Επέμβαση φωτοβολταϊκών	161.255,55	143.408,33	17.847,22	4.087,01	54.560,00	13,35
Επέμβαση Παραθύρων	161.255,55	147.755,55	13.500,00	3.091,50	256.589,10	82,99

Βλέποντας τον παραπάνω πίνακα (6.1) συμπεραίνουμε ότι η περισσότερο συμφέρουσα επιλογή επέμβασης είναι η αντικατάσταση των λαμπτήρων, με νέου τύπου Led, εσωτερικά και εξωτερικά του κτιρίου καθώς και η τοποθέτηση αισθητήρων έντασης φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας και στους διαδρόμους. Το συνολικό κόστος αυτής της επέμβασης είναι το μικρότερο από όλες τις επεμβάσεις όσον αφορά το αρχικό κόστος επέμβασης, το οποίο ανέρχεται στα 21555,975€ αλλά και στην απόσβεση αυτού του ποσού η οποία γίνεται σε μόλις 2,4 έτη. Επίσης ένα θετικό αυτής της επέμβασης είναι ότι επινικελώνεται κατά τρεις έως και πέντε φορές ο χρόνος ζωής των συγκεκριμένων λαμπτήρων, συμβάλλοντας έτσι στην περαιτέρω εξοικονόμηση χρημάτων και μακροπρόθεσμα. Χαρακτηρίζεται, ενεργειακά αλλά και οικονομικά, ως η πιο συμφέρουσα επέμβαση.

Η δεύτερη πιο συμφέρουσα προτεινόμενη επέμβαση ως προς το ενεργειακό κομμάτι αλλά και ως προς το οικονομικό, είναι αυτή της τοιχοποιίας, η οποία περιλαμβάνει την τοποθέτηση εξωτερικής θερμοπρόσοψης όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 5.2. Στην περίπτωση αυτή εξοικονομούνται

4335,733€ ανά έτος και ο συνολικός χρόνος απόσβεσης ανέρχεται σε 12,046 έτη. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η συγκεκριμένη επένδυση θεωρητικά έχει απεριόριστο χρόνο ζωής (όσο και του κτιρίου). Χαρακτηρίζεται έτσι ως η δεύτερη πιο συμφέρουσα επένδυση.

Αμέσως επόμενη επένδυση με μικρή διαφορά από αυτή της τοιχοποιίας είναι η τοποθέτηση Φ/Β συστήματος (15KW) όπου σε αυτή την περίπτωση εξοικονομούνται 4087,014€ ανά έτος και ο συνολικός χρόνος απόσβεσης ανέρχεται σε 13,35 έτη. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, χαρακτηρίζεται ως η τρίτη πιο συμφέρουσα επένδυση.

Η λιγότερο συμφέρουσα επένδυση που ίσως μπορεί να χαρακτηριστεί ως μη βιώσιμη είναι η αντικατάσταση των ανοιγμάτων αφού το αρχικό κόστος επένδυσης ανέρχεται στις 256589,10€ και τα έτη για την απόσβεση της ανέρχονται περίπου στα 83 χρόνια. Αυτό συμβαίνει διότι το υπάρχον κτήριο διαθέτει ανοίγματα με μέτριο προς καλό ενεργειακό προσανατολισμό (διπλό υαλοπίνακα με διάκενο 12 χιλιοστών) και έτσι η τοποθέτηση νέων ανοιγμάτων με αρκετά καλό ενεργειακό συντελεστή θα εξοικονομήσει λίγα ποσά ενέργειας, σε σχέση με τις υπόλοιπες τρεις επενδύσεις. Ένας άλλος παράγοντας που χαρακτηρίζει μη βιώσιμη την συγκεκριμένη επένδυση είναι η μεγάλη επιφάνεια των ανοιγμάτων, με αποτέλεσμα το αρκετά αυξημένο κόστος επένδυσης συνολικά. Ο συνδυασμός του «μικρού» ενεργειακά κέρδους σε συνάρτηση με το αυξημένο κόστος επένδυσης δημιουργεί μεγάλο χρόνο αποπληρωμής της συνολικής επένδυσης, χαρακτηρίζοντας την έτσι ως μη βιώσιμη.

Όλες οι παραπάνω επενδύσεις μπορούν να ωφελήσουν στην εξοικονόμηση ενέργειας με άμεσο αντίκτυπο στην εξοικονόμηση χρημάτων. Τα ποσά που θα εξοικονομηθούν, άμεσα και έμμεσα, βραχυχρόνια και μακροπρόθεσμα μπορούν να έχουν διαφορετική και πιο αξιόλογη χρήση για παράδειγμα στην εκπαιδευτική αναβάθμιση του ΑΤΕΙ Κρήτης. Η μείωση των ενεργειακών αναγκών δεν θα έχει μόνο οικονομικό χαρακτήρα αλλά και περιβαλλοντολογικό, μειώνοντας τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων παραγόντων μόλυνσης του περιβάλλοντος, δημιουργώντας έτσι ένα λιγότερο μολυσμένο περιβάλλον για τις νέες γενεές.

7 Βιβλιογραφία.

- www.energyplus.net Απόκτηση προγράμματος *Energy Plus*.
- www.sketchup.com Απόκτηση προγράμματος *Sketch Up*.
- www.openstudio.net Απόκτηση προγράμματος *Open Studio*.
- <http://www.york.com> Απόκτηση δεδομένων κλιματιστικών μονάδων.
- www.lighting.philips.com Απόκτηση δεδομένων λαμπτήρων.
- www.ergo-tel.gr Απόκτηση δεδομένων εξοπλισμού λαμπτήρων.
- www.athamas-haritos.gr Απόκτηση δεδομένων επέμβασης τοιχοποιίας.
- www.mp-energy.gr Απόκτηση δεδομένων Φ/Β συστήματος επέμβασης.
- www.vkool-iqie.gr Απόκτηση δεδομένων ανοιγμάτων επέμβασης.
- <http://portal.tee.gr> Απόκτηση χαρακτηριστικών TEE-KENAK.
- www.wikipedia.org Απόκτηση γενικών πληροφοριών.
- I.E. Φραγκιαδάκης 3^η έκδοση-Φωτοβολταϊκά συστήματα-Εκδόσεις ΖΗΤΗ Θεσσαλονίκη.*
- Μιχάλης Ι. Κτενιαδάκης –Εφαρμογές Μετάδοσης Θερμότητας- Εκδόσεις ΖΗΤΗ.*
- Β.Η.ΣΕΛΛΟΥΝΤΟΣ-Θέρμανση κλιματισμός-Επίτομη έκδοση-Εκδόσεις ΣΕΛΚΑ 4Μ.*