



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αναστασία Κ. Ζαπάντη

Επιβλέπων : Βασίλης Μουστάκης

Χανιά, Σεπτέμβριος 2014

Περιεχόμενα

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ.....	1
Περίληψη.....	3
1. Εισαγωγή.....	4
2. Μοντελοποίηση Κτηριακού Κελύφους.....	6
2.1 Μοντελοποίηση με Google SketchUp.....	6
2.1.1 Σχεδίαση κελύφους.....	6
2.1.2 Σχεδίαση κουφωμάτων.....	7
2.1.3 Δημιουργία θερμικών ζωνών.....	8
2.1.4 Καθορισμός του προσανατολισμού.....	8
2.2 OpenStudio.....	8
3. Γενική περιγραφή και χαρακτηριστικά κτηρίων.....	13
3.1 κτίριο 1.....	16
3.2 Κτίριο 2.....	23
3.3 Κτίριο 3.....	29
3.4 reception.....	35
4. Αποτελέσματα προσομοίωσης.....	43
4.1 κτήριο 1.....	43
4.2 κτήριο 2.....	47
4.3 κτίριο 3.....	51
4.4 reception.....	55
4.5 Κατανάλωση Ζεστού Νερού Χρήσης.....	59
5. προτάσεις βελτίωσης.....	61
5.1 Επεμβάσεις χαμηλού ή μηδενικού κόστους.....	61
5.2 Βελτίωση θερμομόνωσης κτηριακού κελύφους.....	62
5.3 Αλλαγή κουφωμάτων.....	63
5.4 Αντικατάσταση Λαμπτήρων.....	67
5.5 αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού.....	68
5.6 αναβάθμιση λέβητα-καυστήρα.....	70
6. Συμπεράσματα.....	71
7. Βιβλιογραφία.....	74

Περίληψη

Τα ξενοδοχεία είναι κτήρια με ιδιαίτερα με ιδιαίτερα υψηλές ενεργειακές καταναλώσεις λόγω της συνεχούς λειτουργίας τους και του πλήθους των φορτίων τους. Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία έχει σκοπό την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ενός ξενοδοχείου στην Κεφαλονιά. Αυτό επιτυγχάνεται με την μείωση των ενεργειακών λειτουργιών του σε συνδυασμό με την διατήρηση ή και βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων ενεργειακών υπηρεσιών. Για τον σκοπό αυτό θα γίνει αναλυτική αποτύπωση των κτηριακών εγκαταστάσεων του ξενοδοχείου καθώς και υπολογισμός των ενεργειακών καταναλώσεων εστιάζοντας στις ενεργειακές υποδομές και στην λειτουργία του. Γίνεται προσομοίωση των κτιρίων με τη χρήση του προγράμματος Google sketch up και μέσω του λογισμικού Open studio. Στη συνέχεια, με τη χρήση του ενεργειακού προγράμματος Energy plus πραγματοποιείται η ενεργειακή ανάλυσή του και εξάγονται συμπεράσματα για την ενεργειακή του απόδοση. Τέλος, παρατίθενται προτάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου, οι οποίες προσομοιώνονται μέσω των ίδιων προγραμμάτων και αξιολογείται η αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων λύσεων. Μετά την ολοκλήρωση της η εργασία θα δοθεί στο ξενοδοχείο προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την βελτίωση των εγκαταστάσεων του.

1. Εισαγωγή

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου ισοδυναμεί με μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων των λειτουργιών του με ταυτόχρονη διατήρηση ή και βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων ενεργειακών υπηρεσιών. Ένα έργο βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης ξεκινάει με την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Κύριος σκοπός της ενεργειακής επιθεώρησης είναι η μελέτη της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, εστιάζοντας στις ενεργειακές καταναλώσεις, τις ενεργειακές υποδομές και την λειτουργία του. Επίσης στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης, προτείνονται παρεμβάσεις τεκμηριωμένες οικονομοτεχνικά. Κύριο αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η ενεργειακή επιθεώρηση του ξενοδοχείου Αστερίς. Η μελέτη αυτή βασίστηκε στην τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010. Τα ξενοδοχεία είναι μεγάλοι καταναλωτές ενέργειας καθώς λειτουργούν 24 ώρες το εικοσιτετράωρο, όλες τις μέρες της εβδομάδας οπότε η παρούσα εργασία έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το αντικείμενο ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Τα βασικά στάδια της διπλωματικής εργασίας ήταν ο σχεδιασμός και η ενεργειακή καταγραφή του ξενοδοχείου, η μελέτη και η παρουσίαση των ενεργειακών του στοιχείων, η αξιολόγηση και παρουσίαση παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας και τέλος η παρουσίαση συμπερασμάτων και προοπτικών, καθώς και το κόστος και η ωφέλεια που εμπίπτει στις παρεμβάσεις που έγιναν. Στο πρώτο στάδιο ενεργειακής επιθεώρησης και σχεδιασμού έγιναν επιτόπου καταγραφές των υποδομών του ξενοδοχείου και συγκεντρώθηκαν τα διαγράμματα κάλυψης και οι μελέτες θερμομονώσεως από τον κατασκευαστή, στην συνέχεια αφού κατηγοριοποιήθηκαν τα κτίρια σύμφωνα με το μέγεθος τους, τον

προσανατολισμό τους και την χρονολογία κατασκευής τους με την βοήθεια του Google SketchUp σχεδιάστηκαν τρισδιάστατα οι υποδομές που μελετήθηκαν. Στο δεύτερο στάδιο χρησιμοποιήθηκε η γεωμετρία του κτιριακού κελύφους που σχεδιάστηκε και με την βοήθεια του OpenStudio επενδύθηκε με θερμοφυσικά χαρακτηριστικά, φορτία και συστήματα κλιματισμού. Συγκεκριμένα υπολογίστηκε ο συντελεστής θερμομόνωσης του κτιριακού κελύφους, τα θερμικά οφέλη-απώλειες και ο αερισμός των παραθύρων, η απαιτούμενη στάθμη φωτισμού, η πυκνότητα πληθυσμού ανά χρήση καθώς ορίστηκαν και οι θερμικές ζώνες οι οποίες κλιματίζονται. Στην συνέχεια, στο τρίτο στάδιο παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα την προσομοίωσης με την βοήθεια του EnergyPlus κυρίως με την χρήση πινάκων και διαγραμμάτων. Στο τελευταίο στάδιο της επιθεώρησης του ξενοδοχείου μελετήθηκαν κάποιες παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας και αξιολογήθηκαν οικονομοτεχνικά. Αρχικά μελετήθηκε η επένδυση της τοιχοποιίας των κτηρίων με μονωτικό υλικό και συγκεκριμένα με πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης με σκοπό να μειωθεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων των κτηρίων. Στην συνέχεια μελετήθηκε η αλλαγή κουφωμάτων ώστε να μειωθούν οι θερμικές απώλειες λόγο των ανοιγμάτων. Τέλος εξετάστηκε η αναβάθμιση του συστήματος κλιματισμού και ζεστού νερού χρήσης κυρίως με πλήρη μόνωση των δικτύων διανομής με σκοπό να μειωθούν οι απώλειες και η αντικατάσταση των λαμπτήρων με οικονομικότερους. Στο τελευταίο στάδιο της εργασίας έγινε μία συγκεντρωτική παρουσίαση των βασικών συμπερασμάτων και των προοπτικών της ενεργειακής επιθεώρησης.

2. Μοντελοποίηση Κτηριακού Κελύφους

Για την μοντελοποίηση των κτηρίων χρησιμοποιήθηκε το Google SketchUp (v8.0.1) σε συνδυασμό με το plugin του OpenStudio. Το Google SketchUp είναι δωρεάν λογισμικό σχεδίασης τρισδιάστατων μοντέλων, ανεπτυγμένο από την Google. Ιδιαίτερα φιλικό προς τον χρήστη, παρέχει την δυνατότητα δημιουργίας ενός τρισδιάστατου μοντέλου προσομοίωσης του κτιρίου, με τον αντίστοιχο προσανατολισμό και διαστάσεις. Μαζί με το OpenStudio μπορούν να δημιουργηθούν ακριβέστατα μοντέλα κτιρίων και στη συνέχεια να γίνει ενεργειακή ανάλυσή τους με τη βοήθεια του EnergyPlus.

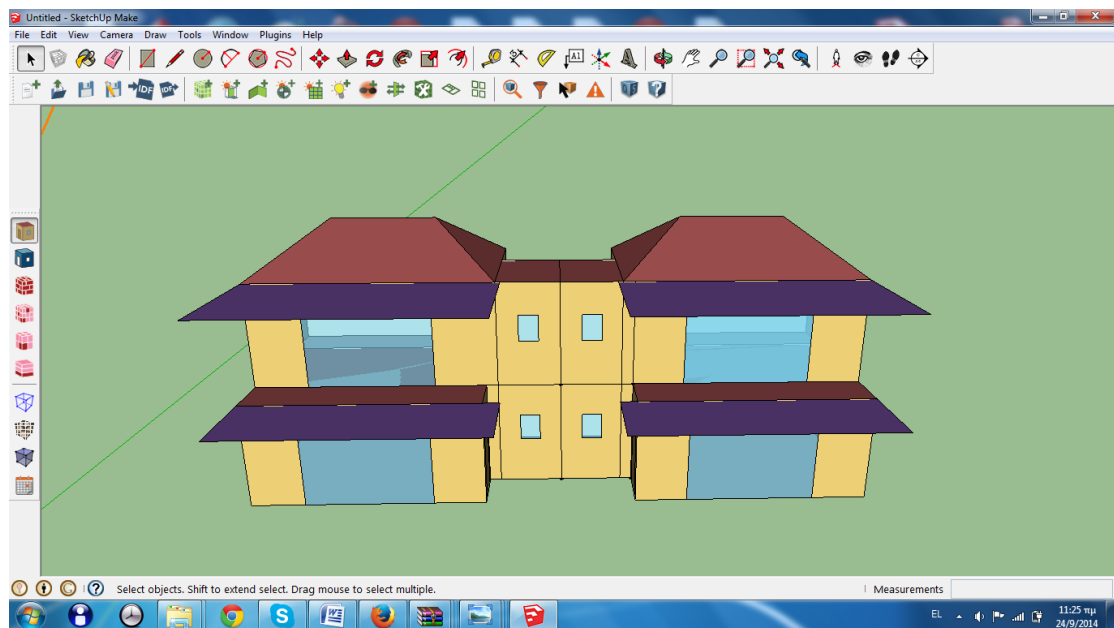
2.1 Μοντελοποίηση με Google SketchUp

Η διαδικασία του σχεδιασμού του κτηριακού κελύφους στο Google SketchUp μπορεί να συνοψιστεί σε τέσσερα βήματα:

1. Σχεδίαση κελύφους
2. Σχεδίαση σκιάσεων
3. Σχεδίαση κουφωμάτων
4. Δημιουργία θερμικών ζωνών
5. Καθορισμός του προσανατολισμού

2.1.1 Σχεδίαση κελύφους

Σχετικά με την σχεδίαση του κελύφους με ανοιχτό καφέ χρώμα συμβολίζονται οι τοίχοι, με σκούρο κόκκινο η οροφή, ενώ με γκρι το πάτωμα. Οι σκιάσεις όπως φαίνεται και στην εικόνα 1 εμφανίζονται σε μωβ χρώμα.



Εικόνα 1: Επιφάνεια εργασίας Google SketchUp

2.1.2 Σχεδίαση κουφωμάτων

Σχεδιάζοντας επάνω σε τοίχο ορθογώνια τα οποία εφάπτονται στο δάπεδο, δημιουργούνται πόρτες (καφέ σκούρο), ενώ όσα δεν εφάπτονται σε δάπεδο γίνονται παράθυρα (διαφανές γαλάζιο).

Με το εργαλείο Inspector, το οποίο το καλούμε από το περιβάλλον εργασίας του προγράμματος μας προβάλλει πληροφορίες για κάθε οντότητα που έχουμε επιλέξει. Με τη χρήση αυτού του εργαλείου μπορούμε να αλλάξουμε τον τύπο των κουφωμάτων, π.χ. από αδιαφανή πόρτα, σε γυάλινη πόρτα ή σε παράθυρο, κάτι το οποίο χρησιμοποιήθηκε πολλές φορές καθώς σε όλα τα κτήρια οι πόρτες είναι κυρίως γυάλινες.

2.1.3 Δημιουργία θερμικών ζωνών

Σε αυτό το στάδιο της μοντελοποίησης του κτηρίου που μας ενδιαφέρει, πρέπει να ορίσουμε τις διάφορες θερμικές ζώνες, τις ζώνες δηλαδή τις οποίες θέλουμε να προσομοιώσουμε. Επιλέγοντας στο πεδίο Thermal Zone την επιλογή <new thermal zone> δημιουργείται μια νέα θερμική ζώνη με τον χώρο (ή χώρους) που έχουμε επιλέξει. Πάντα με τη βοήθεια του Inspector, μπορούμε να μετονομάσουμε τις θερμικές ζώνες που έχουμε δημιουργήσει, με σκοπό να διευκολυνθούμε μετέπειτα στην μοντελοποίηση του κτηρίου.

2.1.4 Καθορισμός του προσανατολισμού

Η διεύθυνση του βορρά παριστάνεται με τον κόκκινο άξονα.

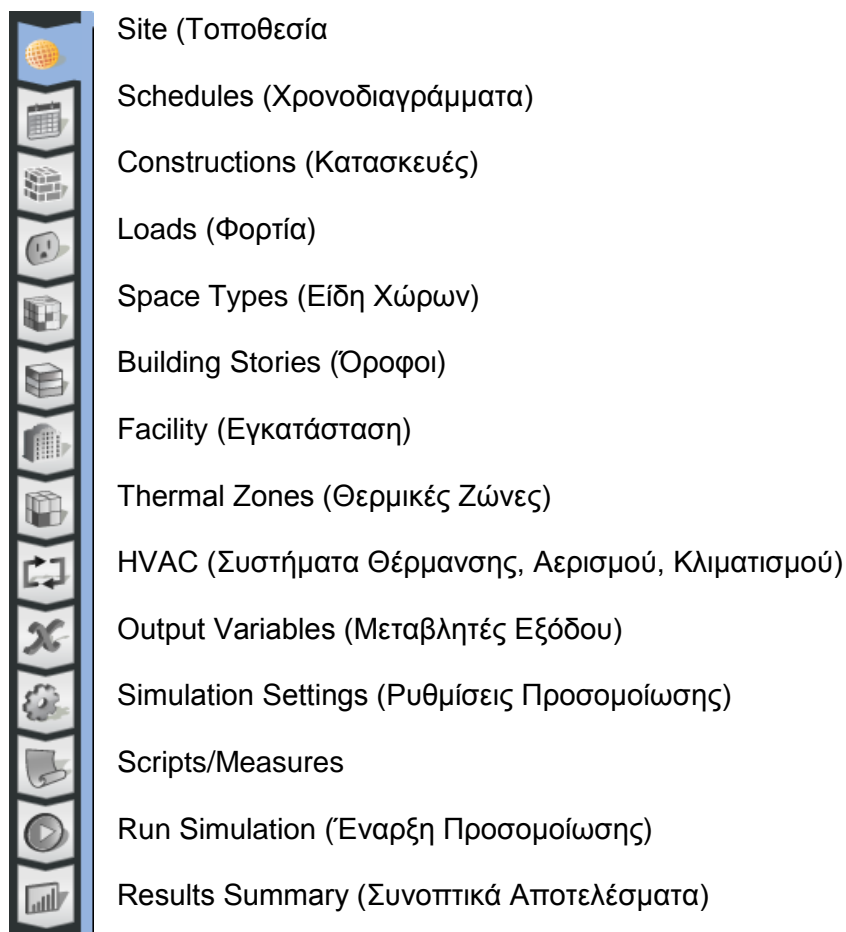
Έχοντας ολοκληρώσει την διαδικασία μοντελοποίησης του κτηριακού κελύφους στο Google SketchUp, μεταφερόμαστε στο OpenStudio όπου θα συνεχιστεί η μοντελοποίηση του κτηρίου.

2.2 OpenStudio

Το OpenStudio είναι ανεπτυγμένο από το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας των ΗΠΑ (NREL - National Renewable Energy Laboratory), και επίσης διατίθεται δωρεάν. Είναι το εργαλείο το οποίο χρησιμοποιεί την γεωμετρία του κτηρίου που δημιουργήσαμε νωρίτερα και της προσδίδει θερμοφυσικά χαρακτηριστικά, φορτία και συστήματα κλιματισμού, και ύστερα τροφοδοτεί με αυτόν τον τεράστιο όγκο δεδομένων το EnergyPlus, το οποίο δίνει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Με την ολοκλήρωση της

σχεδίασης του μοντέλου και των ρυθμίσεων στο πρόγραμμα Google SketchUp, ακολουθούν οι αντίστοιχες ρυθμίσεις στο πρόγραμμα EnergyPlus. Στην αριστερή πλευρά της οθόνης βρίσκονται οι καρτέλες στις οποίες θα γίνει η εισαγωγή των δεδομένων της προσομοίωσης.

Συνοπτικά, η χρήση της κάθε καρτέλας φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σε γενικές γραμμές, η διαδικασία της εισαγωγής δεδομένων ξεκινάει συμπληρώνοντας τις καρτέλες από πάνω προς τα κάτω, χωρίς όμως αυτό να αποτελεί κανόνα, αφού πολλές φορές μπορεί να χρειαστεί να ανατρέξουμε σε προηγούμενες καρτέλες για συμπλήρωση ή τροποποίηση των δεδομένων.

Site (Τοποθεσία)

Στην πρώτη υποκαρτέλα (Weather File & Design Days) καλούμαστε να ορίσουμε την διεύθυνση στην οποία βρίσκεται το weather file (αρχείο καιρού) με κατάληξη '.epw'. Στη δεύτερη υποκαρτέλα (Life Cycle Costs) γίνεται η εισαγωγή δεδομένων και παραμέτρων σχετικά με την ανάλυση κόστους την οποία μπορεί να διεξάγει το OpenStudio.

Schedules (Χρονοδιαγράμματα)

Στην πρώτη υποκαρτέλα (Year Settings), στο πεδίο Calendar Year καλούμαστε να ορίσουμε από ποιο ημερολογιακό έτος θέλουμε να ξεκινήσει η προσομοίωσή μας, ή εναλλακτικά θα ξεκινήσει από το ημερολογιακό έτος το οποίο ορίζεται στο αρχείο καιρού (πεδίο First Day of Year). Στο πεδίο Daylight Savings Time μπορούμε να ορίσουμε, προαιρετικά, την αρχή και την λήξη της θερινής περιόδου, έτσι ώστε να συμπεριληφθεί στην προσομοίωση η αλλαγή της ώρας για αυτή την περίοδο. Στην δεύτερη υποκαρτέλα (Schedule Sets) ομαδοποιούνται τα χρονοδιαγράμματα (δημιουργούνται στην υποκαρτέλα Schedules) έτσι ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν αργότερα στην διαδικασία της μοντελοποίησης σε έναν χώρο, σε έναν όροφο ή ακόμη και σε ένα ολόκληρο κτήριο. Τα χρονοδιαγράμματα μπορούμε να τα 'σύρουμε' από τη δεξιά πλευρά της οθόνης στο αντίστοιχο κελί που μας ενδιαφέρει. Στη δεξιά πλευρά της οθόνης, στο πεδίο My Model βρίσκονται τα χρονοδιαγράμματα τα οποία έχουμε δημιουργήσει, ενώ στο πεδίο Library βρίσκονται τα χρονοδιαγράμματα τα οποία είναι ενσωματωμένα στις βιβλιοθήκες του Open studio. Στην υποκαρτέλα Schedules γίνεται η δημιουργία των χρονοδιαγραμμάτων.

Constructions (Κατασκευές)

Στην υποκαρτέλα Materials εισάγονται τα υλικά από τα οποία δημιουργούνται οι διάφορες επιφάνειες του κελύφους και στην συνέχεια αντιστοιχίζονται οι κατασκευές που έχουμε δημιουργήσει με τις επιφάνειες του κελύφους στο αρχείο .osm. Τα Construction Sets μπορούν να εφαρμοστούν μεμονωμένα σε ένα χώρο, σε έναν όροφο, ή ακόμη και σε ένα κτήριο.

Loads (Φορτία)

Σε αυτή την καρτέλα ορίζονται τα φορτία τα οποία αργότερα θα αντιστοιχιστούν με τους διάφορους χώρους του κτηρίου. Τα φορτία αυτά μπορούν να είναι διαφόρων ειδών:

- People – Πλήθος ατόμων
- Lights/Luminaire – Ενέργεια για φωτισμό
- Electric Equipment – Ηλεκτρικός εξοπλισμός
- Steam Equipment – Εξοπλισμός ατμού
- Gas Equipment – Εξοπλισμός φυσικού αερίου
- Other Equipment – Άλλος εξοπλισμός
- Internal Mass – Μάζα αποθήκευσης θερμικής ενέργειας
- Water Use Equipment – Εξοπλισμός νερού

Space Types (Είδη Χώρων)

Στην καρτέλα αυτή μπορούμε εφαρμόσουμε τις κατασκευές (Constructions), τα φορτία (Internal Loads), τα σετ χρονοδιαγραμμάτων (Schedule Sets), καθώς και τον αερισμό, ανά χρήση χώρου.

Building Stories (Όροφοι)

Σε αυτή την καρτέλα ορίζονται (προαιρετικά) τα Construction Sets και τα Schedule Sets που εφαρμόζονται ανά όροφο.

Thermal Zones (Θερμικές Ζώνες)

Σε αυτήν την καρτέλα μπορούμε να ορίσουμε τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης (αν υπάρχουν) για κάθε θερμική ζώνη του μοντέλου ξεχωριστά.

Facility (Εγκατάσταση)

Στην καρτέλα αυτή μπορούμε να δούμε την δομή του μοντέλου μας ανά όροφο (Building Story), θερμική ζώνη (Thermal Zone) ή χρήση χώρου (Space Type), επιλέγοντας το αντίστοιχο από το πεδίο Sort Building By. Σε αυτή την καρτέλα μπορούμε να ελέγξουμε όλες τις παραμέτρους της του μοντέλου, καθώς και να κάνουμε τροποποιήσεις, καθώς μα δίνει μια συνοπτική, ιεραρχικά κατανεμημένη εικόνα του κτηρίου προς μοντελοποίηση.

HVAC (Συστήματα Θέρμανσης, Αερισμού, Κλιματισμού)

Στην καρτέλα αυτή γίνεται η δημιουργία συστημάτων Θέρμανσης/Ψύξης και Αερισμού.

Output Variables (Μεταβλητές Εξόδου)

Στην καρτέλα αυτή γίνεται ο ορισμός των μεταβλητών τις οποίες θα επιστρέψει η προσομοίωση καθώς και η συχνότητα επιστροφής δεδομένων.

Simulation Settings (Ρυθμίσεις Προσομοίωσης)

Σε αυτή την καρτέλα γίνονται εξειδικευμένες ρυθμίσεις για την προσομοίωση του μοντέλου που έχουμε δημιουργήσει. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο πεδίο Date Range μπορούμε να αλλάξουμε την διάρκεια της προσομοίωσης, σε

περίπτωση που δεν επιθυμούμε προσομοίωση ενός ολόκληρου ημερολογιακού έτους.

Scripts/Measures

Η καρτέλα αυτή επιτρέπει στον χρήστη να εισάγει Scripts δημιουργημένα από τον ίδιο και να επεκτείνει τις δυνατότητες του OpenStudio, ανάλογα με τις δικές του απαιτήσεις.

Run Simulation (Έναρξη Προσομοίωσης)

Γίνεται έλεγχος του μοντέλου για σφάλματα και στη συνέχεια γίνεται έναρξη της προσομοίωσης. Εάν εμφανιστεί κάποιο σφάλμα, εμφανίζεται το μήνυμα Failed.

Results Summary (Συνοπτικά Αποτελέσματα)

Σε αυτή την καρτέλα βρίσκονται συνοψισμένα τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Οι υποκαρτέλες Utility Bills και Utility Rates προς το παρόν βρίσκονται στην διαδικασία της ανάπτυξής τους και δεν είναι διαθέσιμες στην έκδοση 1.3.0 του OpenStudio.

3. Γενική περιγραφή και χαρακτηριστικά κτηρίων

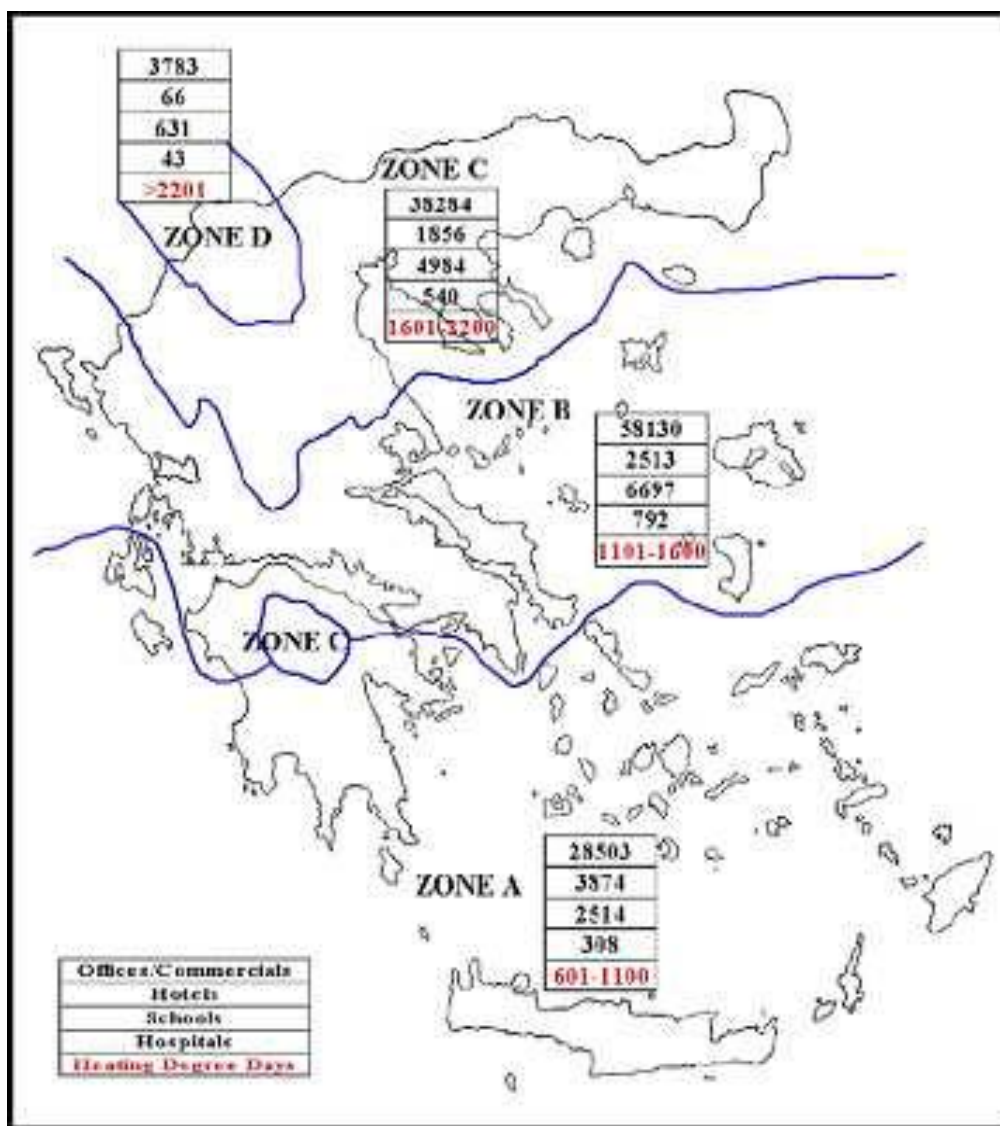
Το ξενοδοχείο **Αστερίς** βρίσκεται στην νοτιοανατολική Κεφαλονιά σε υψόμετρο 50 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας. Είναι κτισμένο σε μία έκταση 12.000 τ.μ. και στον απόλυτα ασφαλή περιβάλλοντα χώρο, βρίσκονται διασπαρμένα 11 κτίρια, όπου στεγάζονται 12 ευρύχωρα διαμερίσματα και 28 στούντιο. Τα 2 κεντρικά κτίρια που στεγάζουν τον χώρο υποδοχής (reception),

το restaurant - snack bar. Ξεκίνησε να κατασκευάζεται το 2001 και μέχρι σήμερα συνεχίζει να επεκτείνεται και να αυξάνει τις εγκαταστάσεις του. Το ξενοδοχειακό συγκρότημα Asteris έχει διακριθεί στην Ελλάδα και το Εξωτερικό για την ποιότητα των υπηρεσιών του. Το 2004 και 2005 αναδείχθηκε το καλύτερο ξενοδοχείο στην Ελλάδα σύμφωνα με την προτίμηση των επισκεπτών της διεθνούς εταιρίας TUI και του απονεμήθηκε το «GOLD MEDAL AWARD 2004 and 2005».



Εικόνα 2 : Αεροφωτογραφία ξενοδοχείου

Από τον χάρτη με τις κλιματικές ζώνες της Ελλάδας προκύπτει ότι το ξενοδοχείο βρίσκεται στην Α κλιματική ζώνη.



Εικόνα 3 : Χάρτης κλιματικών ζωνών της Ελλάδας.

Προκειμένου να μελετηθούν τα κτήρια ενεργειακά, κατηγοριοποιήθηκαν σύμφωνα με το έτος κατασκευής τους, το μέγεθος τους και τον προσανατολισμό τους.

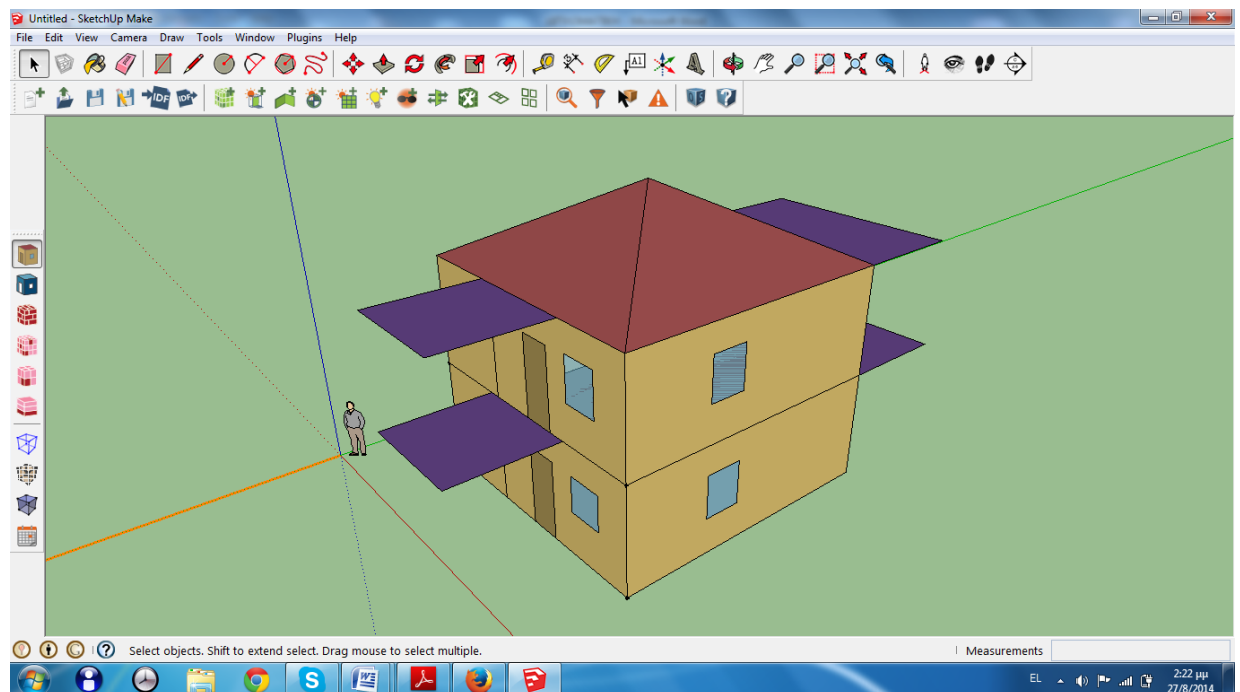
3.1 κτίριο 1



Εικόνα 4 : Νότια όψη κτηρίου 1

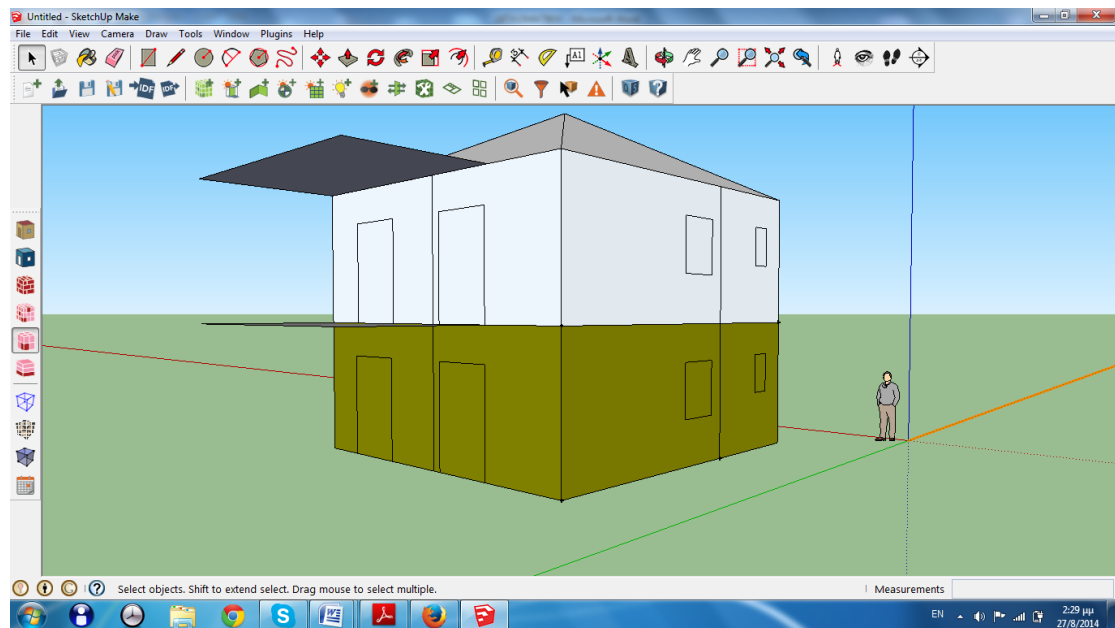
Το πρώτο κτήριο που μελετήθηκε, κατασκευάστηκε το 2001 και αποτελείται από δύο ορόφους συνολικού εμβαδού 117m^2 . Σε κάθε όροφο ($58,5\text{m}^2$) στεγάζεται ένα διαμέρισμα στο οποίο βρίσκονται δύο δωμάτια και ένα λουτρό. Ένα μεγάλο μέρος της επιφάνειας των τοίχων καλύπτεται από παράθυρα και τζαμαρίες (11,17%) Τα παράθυρα αποτελούνται από διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα (6mm) και μεταλλικό πλαίσιο (4cm) χωρίς θερμοδιακόπτη. Οι εξωτερικές πόρτες είναι μεταλλικές, αλουμινίου και οι εσωτερικές ξύλινες. Το κτήριο με βάση την κύρια πρόσοψη έχει βόρειο προσανατολισμό και δεν έρχεται σε επαφή με άλλα κτήρια ενώ δεν διακόπτεται και η είσοδος του ηλιακού φωτός καθώς δεν σκιάζεται από εξωτερικούς παράγοντες.

Ο διαχωρισμός σε θερμικές ζώνες έγινε ανά όροφο, κάθε διαμέρισμα ψύχεται από δύο μονάδες κλιματισμού και αποτελεί μια ξεχωριστή θερμική ζώνη. Το ξενοδοχείο δεν λειτουργεί τους χειμερινούς μήνες οπότε δεν υπάρχει σύστημα θέρμανσης. Για το κτηριακό κέλυφος συγκεντρώθηκαν πληροφορίες από τον κατασκευαστή και την μελέτη θερμομόνωσης του κτηρίου σύμφωνα με την οποία η εξωτερική τοιχοποιία έχει τύπο κατασκευής διπλό δρομικό και όπως φαίνεται και αποτελείται από διπλό επίχρισμα στις δύο όψεις του τοίχου και υλικό θερμομόνωσης στο κέντρο. Το συνολικό πάχος της εξωτερικής και εσωτερικής τοιχοποιίας είναι ίδιο (0,26 m). Η οροφή πάχους 0,17m αποτελείται από ξύλινη στέγη (ξύλο ελάτης) , κεραμίδια και θερμομονωτικό υλικό. Τέλος το δάπεδο (0,23m) είναι κατασκευασμένο (ξεκινώντας από μέσα προς τα έξω) από σκυρόδεμα, θερμομονωτικό υλικό, γαρμπιλοσκυρόδεμα, ασβεστοσιμεντοκονίαμα και πλάκες μαρμάρου.



Εικόνα 5 : Σχεδίαση κτηρίου 1 με την χρήση του Google Sketch up

Στην εικόνα 6 φαίνεται με διαφορετικό χρώμα ο διαχωρισμός σε θερμικές ζώνες.



Εικόνα 6 : Θερμικές ζώνες κτηρίου 1

Στρώσεις υλικών από μέσα προς τα έξω	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Λόγος $d/l=1/\lambda$
Σκυρόδεμα B120	0,10	1,30	0,077
Μόνυαλ Σ.Π.Μ.Φ.	0,05	0,04	1,429
Γαρμπιλοσκυρόδεμα	0,04	0,95	0,042
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,75	0,027
Πλάκες μαρμάρου	0,02	3,00	0,007

Πίνακας 1: Θερμοφυσικές ιδιότητες δαπέδου κτιρίου 1

Στρώσεις υλικών από μέσα προς τα έξω	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Λόγος $d/l=1/\lambda$
Κεραμίδια	0,07	0,00	
Μόνυαλ Ε.Ο.Π.	0,08	0,04	2,286
Ξύλο ελάτης	0,02	0,12	0,167

Πίνακας 2: θερμοφυσικές ιδιότητες οροφής κτιρίου 1

Στρώσεις υλικών από μέσα προς τα έξω	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Λόγος $d/l=1/\lambda$
Επίχρισμα	0,02	0,75	0,027
Τοίχος δρομικός	0,09	0,45	0,200
Μόνυαλ Ε.Ο.Π.	0,04	0,04	1,143
Τοίχος δρομικός	0,09	0,45	0,200
Επίχρισμα	0,02	0,75	0,027

Πίνακας 3 : θερμοφυσικές ιδιότητες τοίχου κτηρίου 1

Σύμφωνα με την μελέτη θερμομονώσεως του κτιρίου (πίνακες 1,2 και 3) και την παράγραφο 3.2.5 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1, στην οποία μελετάται ο συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας, και συγκεκριμένα τον πίνακα 3.14 στον οποίο δίνονται τυπικές τιμές απορροφητικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία για διάφορες επιφάνειες που συναντώνται ως τελικές

επιστρώσεις των κατακόρυφων και οριζοντίων δομικών στοιχείων του περιβλήματος, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι εξωτερικοί τοίχοι έχουν σκουρόχρωμο επίχρισμα και η οροφή κόκκινο κεραμίδι προκύπτουν οι ιδιότητες των κατασκευών του κτηριακού κελύφους και υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας όπως φαίνονται στον πίνακα 4. Αυτές οι ιδιότητες εισάγονται στο OpenStudio και στο τέλος της προσομοίωσης μέσω του EnergyPlus δίνεται η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου η οποία επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη.

Κατασκευή	Πάχος (m)	Συντελεστής απορρόφησης θερμικής ακτινοβολίας	Συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² -K)
Τοίχος	0,26	0,2	0,8	0,651
Οροφή	0,17	0,2	0,8	0,439
Δάπεδο	0,23	0,2	0,4	0,654

Πίνακας 4 : Ιδιότητες δομικών στοιχείων κτηριακού κελύφους κτιρίου 1

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_w) των διαφανών επιφανειών και του συντελεστή του ηλιακού θερμικού κέρδους των υαλοπινάκων και κουφωμάτων (g_w) έγινε σύμφωνα με τις παραγράφους 3.2.3 και 3.2.7 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1. Στην παράγραφο 3.2.3 δίνονται οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα και του πλαισίου οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων, στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουν χρησιμοποιηθεί οι τιμές

για δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6mm και για μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακόπτη. Στην παράγραφο 3.2.7 δίνεται η σχέση υπολογισμού του συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους ο οποίος εξαρτάται από την τιμή συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθετη πρόσπτωση, της ημισφαιρικής διαπερατότητας και τις μέσης διαπερατότητας για τους διάφορους τύπους υαλοπινάκων ,οι τιμές αυτές δίνονται στον πίνακα 3.16. Έτσι προέκυψαν τα αποτελέσματα όπως φαίνονται στον πίνακα 5 τα οποία εισάγονται στο OpenStudio για τον υπολογισμό του θερμικού κέρδους και απώλειας από τα κουφώματα του κτιρίου .

Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² *K)	Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους
Παράθυρο μεγάλο	3,99	0,58
Παράθυρο μικρό	3,73	0,47
Τζαμόπορτα	4,40	0,61

Πίνακας 5 : Χαρακτηριστικά υαλοπινάκων και κουφωμάτων κτιρίου 1

Όσον αφορά τον αερισμό του κτηρίου δεν υπάρχει σύστημα μηχανικού αερισμού και έτσι υπολογίστηκαν οι τιμές φυσικού αερισμού λόγω ύπαρξης χαραμάδων ανά μονάδα επιφάνειας κουφώματος σύμφωνα με την σχέση που δίνεται στην παράγραφο 3.4.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1. Για τον υπολογισμό χρειάστηκαν ο συντελεστής αεροδιαπερατότητας από χαραμάδες του ανοίγματος, ανάλογα με την ποιότητα του κουφώματος που λαμβάνει τιμές

από τον πίνακα 3.23, ο συντελεστής διεισδυτικότητας που εξαρτάται από το λόγο επιφανείας των εξωτερικών προς τα εσωτερικά ανοίγματα που λαμβάνει τιμές από τον πίνακα 3.24 και τον συντελεστή θέσης του ανοίγματος και ανεμόπτωσης που λαμβάνει τιμές από τον πίνακα 3.25.

Είδος κουφώματος	Αερισμός m^3/s
Παράθυρο μεγάλο	0,00226
Παράθυρο μικρό	0,00047
Τζαμόπορτα	0,00595

Πίνακας 6: Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας από τα κουφώματα του κτηρίου
1

Αθροιστικά ο φυσικός αερισμός ανά θερμική ζώνη , δηλαδή ανά διαμέρισμα είναι $0,0221 \text{ m}^3/\text{s}$. Τα στοιχεία του πίνακα 5 και 6 εισάγονται στο OpenStudio για τον υπολογισμό του θερμικού κέρδους και απώλειας από τα κουφώματα του κτιρίου.

Η πυκνότητα πληθυσμού καθορίστηκε σύμφωνα με τον πίνακα 2.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 στον οποίο δίνονται ανά χρήση κτηρίου ή θερμικής ζώνης οι τυπικές τιμές ατόμων που αντιστοιχούν σε 100m^2 επιφάνειας δαπέδου, για υπνοδωμάτια ξενοδοχείου ($8 \text{ άτομα}/100\text{m}^2$ επιφάνειας δαπέδου) προκύπτει ότι αντιστοιχούν $0,08 \text{ άτομα}/\text{m}^2$.

Τα περισσότερα φωτιστικά σώματα στο κτήριο αυτό αποτελούνται από οικονομικούς λαμπτήρες φθορίου και η απόδοσή τους θεωρήθηκε κατά παραδοχή στα $60\text{lm}/\text{W}$ (τυπική τιμή απόδοσης λαμπτήρα φθορίου). Επίσης, θεωρήθηκε ότι πληρείται η ελάχιστη στάθμη φωτισμού για υπνοδωμάτιο

ξενοδοχείου (250lx), όπως φαίνεται στον πίνακα 2.4 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1. Έτσι προέκυψε η ενέργεια φωτισμού ανά τετραγωνικό μέτρο στα $4,66 \text{ W/m}^2$.

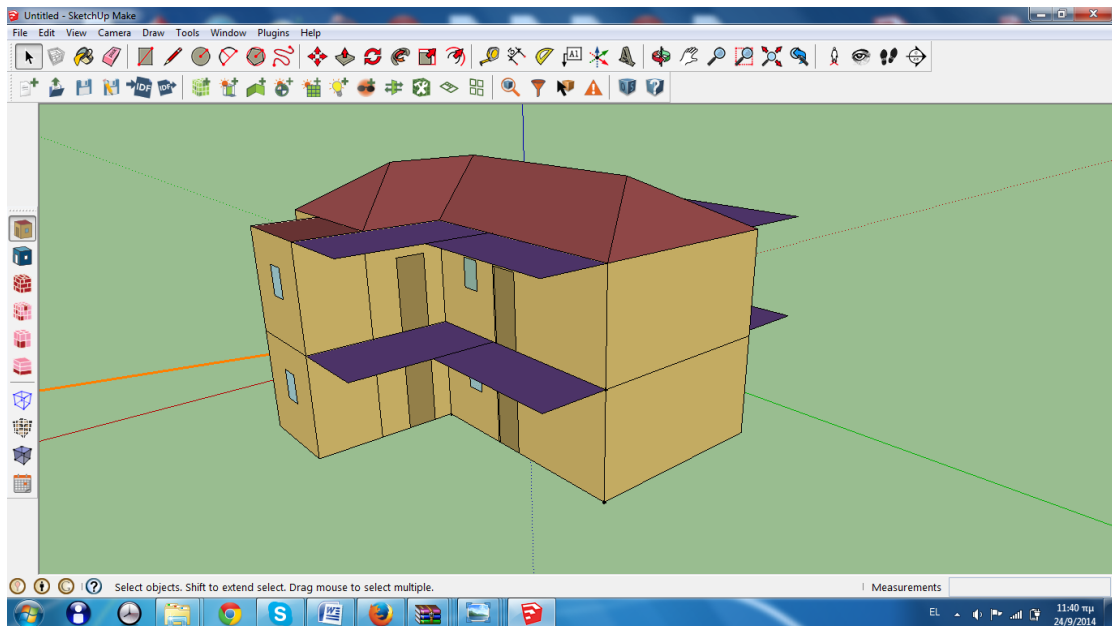
3.2 Κτίριο 2



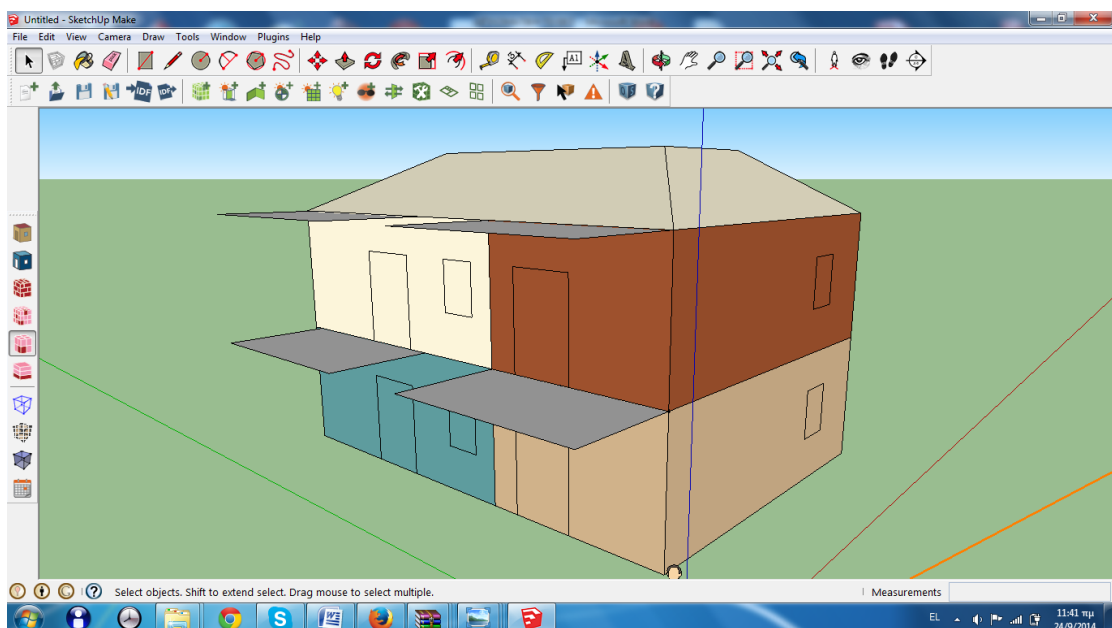
Εικόνα 7 : Νότια όψη κτιρίου 2

Το δεύτερο σε σειρά κτήριο που μελετήθηκε, κατασκευάστηκε το 2002 και αποτελείται από δύο ορόφους συνολικού εμβαδού 170m^2 . Σε κάθε όροφο (85m^2) στεγάζονται δύο δωμάτια στο καθένα από τα οποία εκτός από τον κύριο χώρο του υπνοδωματίου υπάρχει και ένα λουτρό. Το κτήριο ως προς την είσοδο του έχει βορειοδυτικό προσανατολισμό και δεν βρίσκεται σε επαφή με άλλα κτήρια. Ένα μεγάλο μέρος της επιφάνειας των τοίχων καλύπτεται από παράθυρα και τζαμαρίες (8,01%) Τα παράθυρα αποτελούνται από διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα (6mm) και μεταλλικό πλαίσιο (4cm) χωρίς θερμοδιακόπτη. Οι εξωτερικές πόρτες είναι μεταλλικές, αλουμινίου και οι

εσωτερικές ξύλινες. Ο διαχωρισμός σε θερμικές ζώνες έγινε ανά δωμάτιο, κάθε δωμάτιο ψύχεται από μία μονάδες κλιματισμού και αποτελεί μια ξεχωριστή θερμική ζώνη. Τα δωμάτια ανά όροφο διαφέρουν λίγο ως προς το μέγεθος τους, έτσι έχουμε ένα μικρότερο δωμάτιο μεγέθους $41,54\text{m}^2$ και ένα μεγαλύτερο μεγέθους $43,47\text{m}^2$. Στο κτήριο δεν υπάρχει σύστημα θέρμανσης.



Εικόνα 8 : Σχεδίαση κτιρίου 2 με το Google SketchUp



Εικόνα 9 : Διαχωρισμός σε θερμικές ζώνες

Για το κτηριακό κέλυφος συγκεντρώθηκαν πληροφορίες από τον κατασκευαστή και την μελέτη θερμομόνωσης του κτηρίου σύμφωνα με την οποία η εξωτερική τοιχοποιία έχει τύπο κατασκευής διπλό δορμικό και όπως φαίνεται και αποτελείται από διπλό επίχρισμα στις δύο όψεις του τοίχου και υλικό θερμομόνωσης στο κέντρο. Το συνολικό πάχος της εξωτερικής και εσωτερικής τοιχοποιίας είναι ίδιο (0,26 m). Η οροφή πάχους 0,17m αποτελείται από ξύλινη στέγη (ξύλο ελάτης) , κεραμίδια και θερμομονωτικό υλικό. Τέλος το δάπεδο (0,23m) είναι κατασκευασμένο (ξεκινώντας από μέσα προς τα έξω) από σκυρόδεμα, θερμομονωτικό υλικό, γαρμπιλοσκυρόδεμα, ασβεστοτσιμεντοκονίαμα και πλάκες μαρμάρου. Οι θερμοφυσικές ιδιότητες των κατασκευών του κτηριακού κελύφους φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Στρώσεις υλικών από μέσα προς τα έξω	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Λόγος $d/l=1/\lambda$
Σκυρόδεμα B120	0,10	1,30	0,077
Μόνυαλ Σ.Π.Μ.Φ.	0,05	0,04	1,429
Γαρμπιλοσκυρόδεμα	0,04	0,95	0,042
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,75	0,027
Πλάκες μαρμάρου	0,02	3,00	0,007

Πίνακας 7 : Θερμοφυσικές ιδιότητες δαπέδου κτηρίου 2

Στρώσεις υλικών από μέσα προς τα έξω	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Λόγος d/l=1/λ
Κεραμίδια	0,07	0,00	
Μόνυαλ Ε.Ο.Π.	0,08	0,04	2,286
Ξύλο ελάτης	0,02	0,12	0,167

Πίνακας 8 : θερμοφυσικές ιδιότητες οροφής κτηρίου 2

Στρώσεις υλικών από μέσα προς τα έξω	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Λόγος d/l=1/λ
Επίχρισμα	0,02	0,75	0,027
Τοίχος δρομικός	0,09	0,45	0,200
Μόνυαλ Ε.Ο.Π.	0,04	0,04	1,143
Τοίχος δρομικός	0,09	0,45	0,200
Επίχρισμα	0,02	0,75	0,027

Πίνακας 9 : θερμοφυσικές ιδιότητες τοίχου κτηρίου 2

Σύμφωνα με την μελέτη θερμομονώσεως του κτιρίου και την παράγραφο 3.2.5 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1, στην οποία μελετάται ο συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας, και συγκεκριμένα τον πίνακα 3.14 στον οποίο δίνονται τυπικές τιμές απορροφητικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία για διάφορες επιφάνειες που συναντώνται ως τελικές επιστρώσεις των

κατακόρυφων και οριζοντίων δομικών στοιχείων του περιβλήματος, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι εξωτερικοί τοίχοι έχουν σκουρόχρωμο επίχρισμα και η οροφή κόκκινο κεραμίδι προκύπτουν οι ιδιότητες των κατασκευών του κτηριακού κελύφους όπως φαίνονται στον πίνακα 10.

Κατασκευή	Πάχος (m)	Συντελεστής απορρόφησης θερμικής ακτινοβολίας	Συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² -K)
Τοίχος	0,26	0,2	0,8	0,651
Οροφή	0,17	0,2	0,8	0,439
Δάπεδο	0,23	0,2	0,4	0,654

Πίνακας 10 : Ιδιότητες δομικών στοιχείων κτηριακού κελύφους

κτηρίου 2

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_w) των διαφανών επιφανειών και του συντελεστή του ηλιακού θερμικού κέρδους των υαλοπινάκων και κουφωμάτων (g_w) έγινε σύμφωνα με τις παραγράφους 3.2.3 και 3.2.7 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1. Στην παράγραφο 3.2.3 δίνονται οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα και του πλαισίου οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων, στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουν χρησιμοποιηθεί οι τιμές για δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6mm και για μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακόπτη. Στην παράγραφο 3.2.7 δίνεται η σχέση υπολογισμού του συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους ο οποίος εξαρτάται από την τιμή συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθετη πρόσπτωση, της ημισφαιρικής διαπερατότητας και τις μέσης διαπερατότητας για τους

διάφορους τύπους υαλοπινάκων ,οι τιμές αυτές δίνονται στον πίνακα 3.16.

Έτσι προέκυψαν τα αποτελέσματα όπως φαίνονται στον πίνακα 11.

Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² *K)	Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους
Παράθυρο μεγάλο	3,99	0,583
Παράθυρο μικρό	3,73	0,479
Τζαμόπορτα	4,40	0,618

Πίνακας 11 : Χαρακτηριστικά υαλοπινάκων και κουφωμάτων κτηρίου 2

Όσον αφορά τον αερισμό του κτηρίου δεν υπάρχει σύστημα μηχανικού αερισμού και έτσι χρησιμοποιήθηκαν οι τυπικές τιμές φυσικού αερισμού λόγω ύπαρξης χαραμάδων ανά μονάδα επιφάνειας κουφώματος όπως αναφέρονται στην παράγραφο 3.4.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1.

Είδος κουφώματος	Αερισμός m ³ /s
Παράθυρο μεγάλο	0,00226
Παράθυρο μικρό	0,00047
Τζαμόπορτα	0,00595

Πίνακας 12: Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας από τα κουφώματα του κτηρίου 2

Ο συνολικός αερισμός για τους δύο διαφορετικούς τύπους δωματίων διαμορφώνεται σε 0,01162886 m³/s και 0,01389546 m³/s αντίστοιχα.

Η πυκνότητα πληθυσμού καθορίστηκε σύμφωνα με τον πίνακα 2.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 για υπνοδωμάτια ξενοδοχείου (8 άτομα/100m² επιφάνειας δαπέδου), από όπου προέκυψε ότι αντιστοιχούν 0,08 άτομα/m².

Τα περισσότερα φωτιστικά σώματα στο κτήριο αυτό αποτελούνται από οικονομικούς λαμπτήρες φθορίου και η απόδοσή τους θεωρήθηκε κατά παραδοχή στα 60lm/W (τυπική τιμή απόδοσης λαμπτήρα φθορίου). Επίσης, θεωρήθηκε ότι πληρείται η ελάχιστη στάθμη φωτισμού για υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου (250lx), όπως φαίνεται στον πίνακα 2.4 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1. Έτσι προέκυψε η ενέργεια φωτισμού ανά τετραγωνικό μέτρο στα 4,66 W/m².

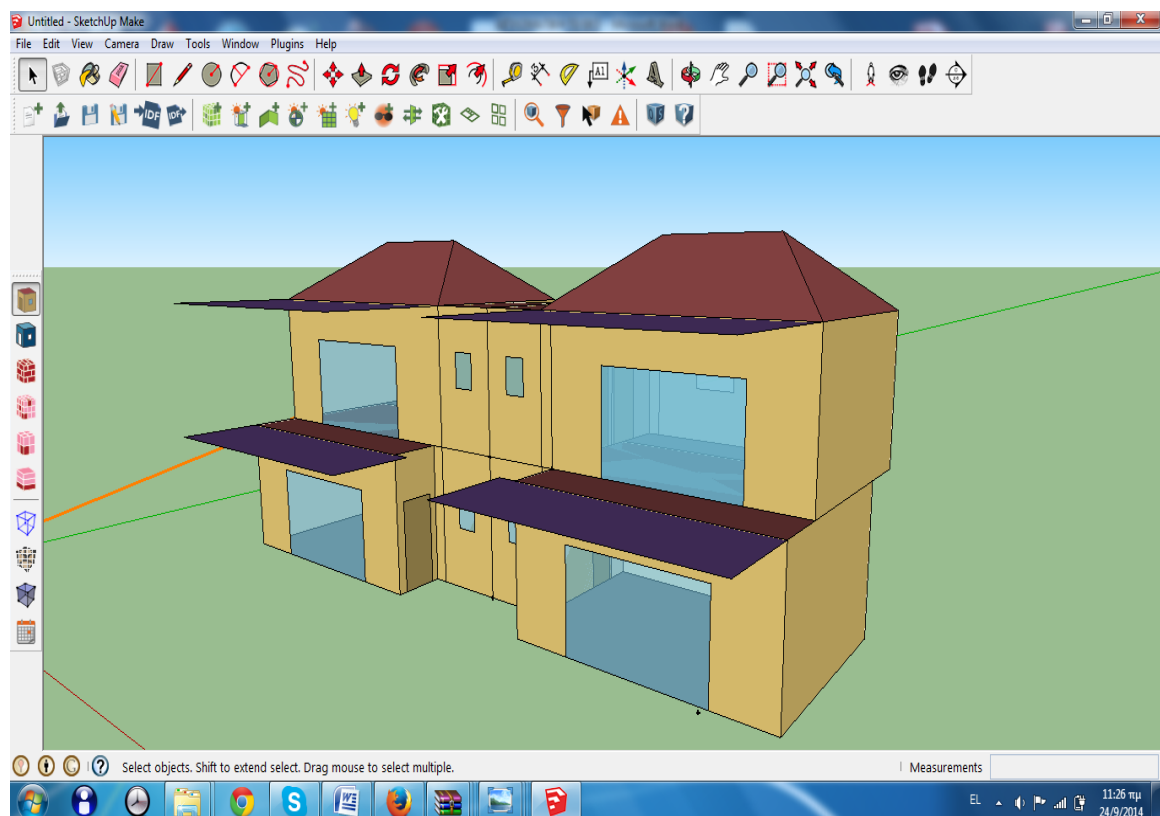
3.3 Κτίριο 3



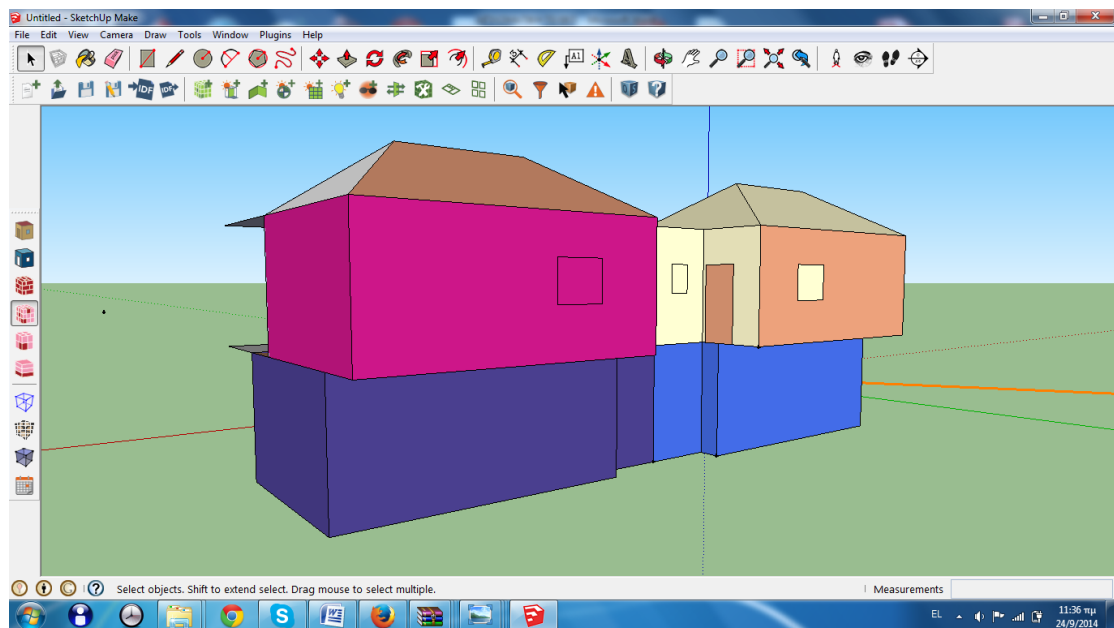
Εικόνα 10 : Νότια όψη κτιρίου 3

Το τελευταίο κτήριο που μελετήθηκε ως προς αυτά που αποτελούνται από δωμάτια φιλοξενίας είναι και το πιο πρόσφατο, κατασκευασμένο το 2005. Αποτελείται από δύο ορόφους όπως και τα προηγούμενα κτήρια και ο κάθε όροφος έχει από δύο δωμάτια ίδιου μεγέθους (κυρίως χώρος υπνοδωματίου και ένα λουτρό). Τα δωμάτια του ορόφου είναι 43,12 m² και του ισογείου είναι

42,48 m². Τα παράθυρα καλύπτουν το 10,83% της επιφάνειας των τοίχων και αποτελούνται από διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα (6mm) και μεταλλικό πλαίσιο (4cm) χωρίς θερμοδιακόπτη. Οι εξωτερικές πόρτες είναι μεταλλικές, αλουμινίου και οι εσωτερικές ξύλινες. Το κτήριο δεν σκιάζεται και δεν διακόπτεται από πουθενά η είσοδος του ηλιακού φωτός ωστόσο ο τοίχος του ισογείου στην βόρεια πλευρά του κτηρίου βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της γης λόγω του κεκλιμένου εδάφους. Και εδώ ο διαχωρισμός σε θερμικές ζώνες έγινε ανά δωμάτιο και έτσι έχουμε συνολικά τέσσερις. Καθε δωμάτιο ψύχεται από μία μονάδα κλιματισμού ενώ και εδώ δεν υπάρχει σύστημα θέρμανσης.



Εικόνα 11 : Σχεδίαση κτιρίου 3 με Google SketchUp



Εικόνα 12 : Διαχωρισμός σε θερμικές ζώνες

Για το κτηριακό κέλυφος όπως έγινε και για τα υπόλοιπα κτήρια συγκεντρώθηκαν πληροφορίες από τον κατασκευαστή και την μελέτη θερμομόνωσης του κτηρίου σύμφωνα με την οποία η εξωτερική τοιχοποιία έχει τύπο κατασκευής διπλό δρομικό και όπως φαίνεται και αποτελείται από διπλό επίχρισμα στις δύο όψεις του τοίχου και υλικό θερμομόνωσης στο κέντρο. Το συνολικό πάχος της εξωτερικής και εσωτερικής τοιχοποιίας είναι ίδιο (0,26 m). Η οροφή πάχους 0,17m αποτελείται από ξύλινη στέγη (ξύλο ελάτης) , κεραμίδια και θερμομονωτικό υλικό. Τέλος το δάπεδο (0,23m) είναι κατασκευασμένο (ξεκινώντας από μέσα προς τα έξω) από σκυρόδεμα, θερμομονωτικό υλικό, γαρμπιλοσκυρόδεμα, ασβεστοτσιμεντοκονίαμα και πλάκες μαρμάρου.

Στρώσεις υλικών από μέσα προς τα έξω	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Λόγος $d/l=1/\lambda$
Σκυρόδεμα B120	0,10	1,30	0,077
Μόνυαλ Σ.Π.Μ.Φ.	0,05	0,04	1,429
Γαρμπιλοσκυρόδεμα	0,04	0,95	0,042
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,75	0,027
Πλάκες μαρμάρου	0,02	3,00	0,007

Πίνακας 13 : θερμοφυσικές ιδιότητες δαπέδου κτιρίου 3

Στρώσεις υλικών από μέσα προς τα έξω	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Λόγος $d/l=1/\lambda$
Κεραμίδια	0,07	0,00	
Μόνυαλ Ε.Ο.Π.	0,08	0,04	2,286
Ξύλο ελάτης	0,02	0,12	0,167

Πίνακας 14 : θερμοφυσικές ιδιότητες οροφής κτιρίου 3

Στρώσεις υλικών από μέσα προς τα έξω	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Λόγος d/l=1/λ
Επίχρισμα	0,02	0,75	0,027
Τοίχος δρομικός	0,09	0,45	0,200
Μόνυαλ Ε.Ο.Π.	0,04	0,04	1,143
Τοίχος δρομικός	0,09	0,45	0,200
Επίχρισμα	0,02	0,75	0,027

Πίνακας 15 : θερμοφυσικές ιδιότητες τοίχου κτιρίου 3

Σύμφωνα με την μελέτη θερμομονώσεως του κτιρίου και την παράγραφο 3.2.5 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 προκύπτουν οι παρακάτω ιδιότητες των κατασκευών του κτηριακού κελύφους

Κατασκευ ή	Πάχος (m)	Συντελεστής απορρόφησης θερμικής ακτινοβολίας	Συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας	Συντελεστής θερμοπερατότη τας (W/m2-K)
Τοίχος	0,26	0,2	0,8	0,651
Οροφή	0,17	0,2	0,8	0,439
Δάπεδο	0,23	0,2	0,4	0,654

Πίνακας 16 : Ιδιότητες δομικών στοιχείων κτηριακού κελύφους κτιρίου 3

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_w) των διαφανών επιφανειών και του συντελεστή του ηλιακού θερμικού κέρδους των

υαλοπινάκων και κουφωμάτων (g_w) έγινε σύμφωνα με τις παραγράφους 3.2.3 και 3.2.7 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 και προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα όπως φαίνονται στον πίνακα.

Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας ($W/m^2 \cdot K$)	Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους
Παράθυρο μεγάλο	3,99	0,583
Παράθυρο μικρό	3,73	0,479
Τζαμόπορτα	5,08	0,641

Πίνακας 17 : Χαρακτηριστικά υαλοπινάκων και κουφωμάτων κτιρίου 3

Όσον αφορά τον αερισμό του κτηρίου δεν υπάρχει σύστημα μηχανικού αερισμού και έτσι χρησιμοποιήθηκαν οι τυπικές τιμές φυσικού αερισμού λόγω ύπαρξης χαραμάδων ανά μονάδα επιφάνειας κουφώματος όπως αναφέρονται στην παράγραφο 3.4.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1.

Είδος κουφώματος	Αερισμός m^3/s
Παράθυρο μεγάλο	0,00226
Παράθυρο μικρό	0,00047
Τζαμόπορτα	0,01579

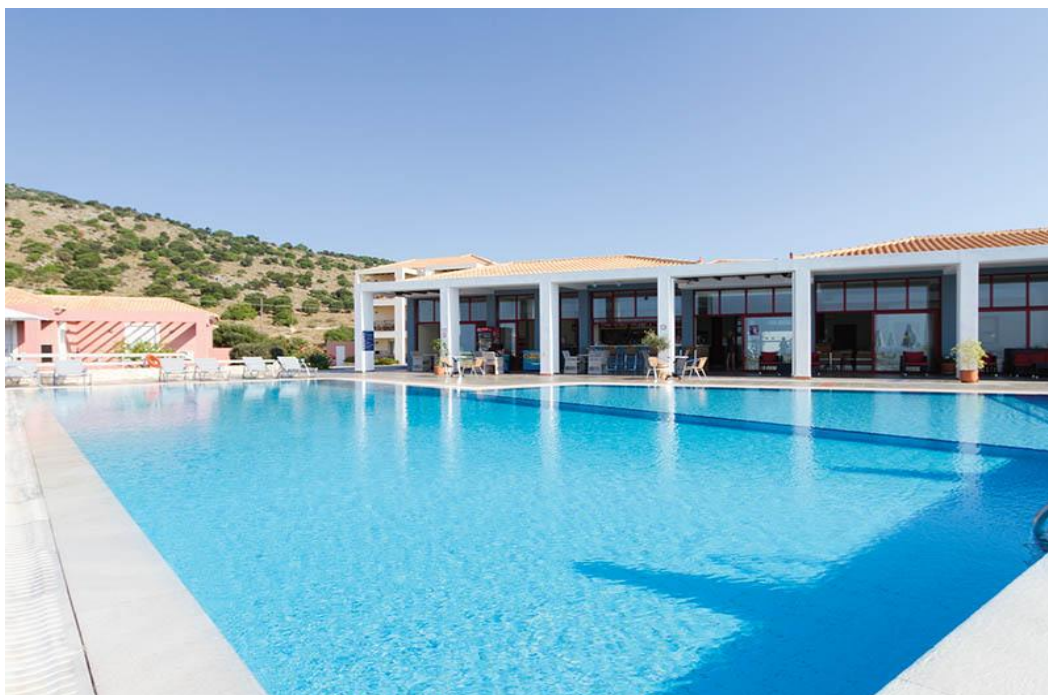
Πίνακας 18: Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας από τα κουφώματα του κτηρίου 3

Ο συνολικός αερισμός για τους δύο διαφορετικούς τύπους δωματίων διαμορφώνεται σε $0,0192022m^3/s$ και $0,0219344 m^3/s$ αντίστοιχα.

Η πυκνότητα πληθυσμού καθορίστηκε σύμφωνα με τον πίνακα 2.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 για υπνοδωμάτια ξενοδοχείου ($8 \text{ άτομα}/100\text{m}^2$ επιφάνειας δαπέδου), από όπου προέκυψε ότι αντιστοιχούν $0,08 \text{ άτομα}/\text{m}^2$.

Τα περισσότερα φωτιστικά σώματα στο κτήριο αυτό αποτελούνται από οικονομικούς λαμπτήρες φθορίου και η απόδοσή τους θεωρήθηκε κατά παραδοχή στα $60\text{lm}/\text{W}$ (τυπική τιμή απόδοσης λαμπτήρα φθορίου). Επίσης, θεωρήθηκε ότι πληρείται η ελάχιστη στάθμη φωτισμού για υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου (250lx), όπως φαίνεται στον πίνακα 2.4 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1. Έτσι προέκυψε η ενέργεια φωτισμού ανά τετραγωνικό μέτρο στα $4,66 \text{ W}/\text{m}^2$.

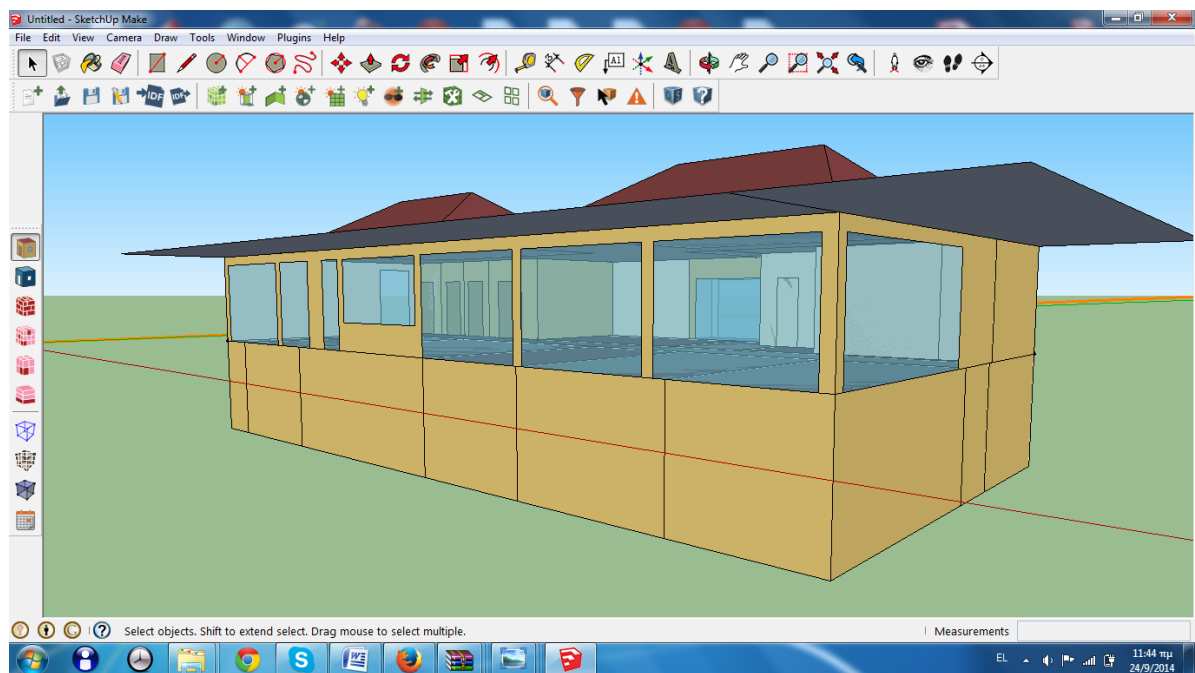
3.4 reception



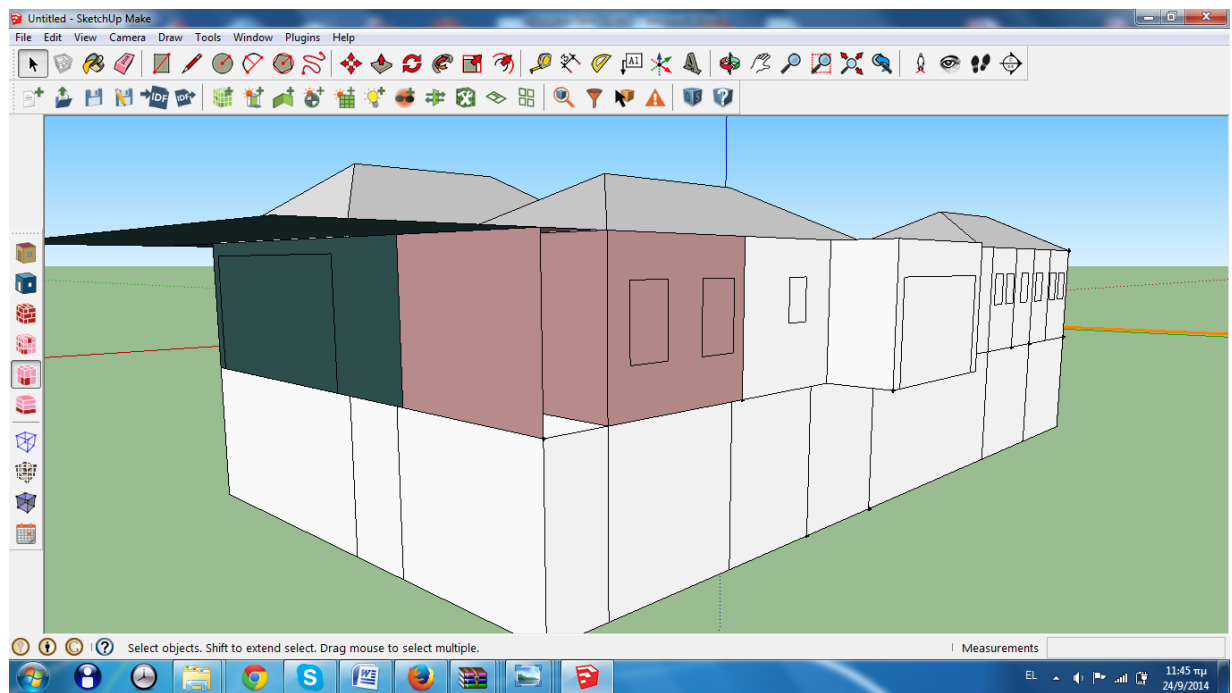
Εικόνα 13 : Νότια όψη κτιρίου reception

Το κτήριο της reception κατασκευάστηκε το 2003 και έχει συνολικό μέγεθος $245,95 \text{ m}^2$. Αποτελείται από δύο επίπεδα ίδιου μεγέθους, το ισόγειο στο

οποίο υπάρχουν εκτός από τον κύριο χώρο υποδοχής ένα γραφείο και τέσσερα wc και το υπόγειο στο οποίο υπάρχουν τα αποδυτήρια της πισίνας και τα αποδυτήρια του προσωπικού, το λεβητοστάσιο, ο κεντρικός κλιματισμός, η λινόθήκη, το πλυντήριο-σιδερωτήριο, δύο αποθήκες και ένα γραφείο. Ένα πάρα πολύ μεγάλο ποσοστό της επιφάνειας των τοίχων (49,3%) καλύπτεται από τζαμαρίες και παράθυρα τα οποία αποτελούνται από διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα (6mm) και μεταλλικό πλαίσιο (4cm) χωρίς θερμοδιακόπτη. Η εξωτερική πόρτα που υπάρχει στο κτήριο είναι μεταλλική, αλουμινίου και οι εσωτερικές ξύλινες. Οι κλιματιζόμενοι χώροι του κτηρίου είναι ο χώρος υποδοχής $232,65 \text{ m}^2$ και το γραφείο του ισογείου $13,3 \text{ m}^2$ και αυτός είναι ο λόγος που δημιουργήθηκαν δύο θερμικές ζώνες.



Εικόνα 14 : Σχεδίαση reception με Google SketchUp



Εικόνα 15 : Διαχωρισμός σε θερμικές ζώνες

Σύμφωνα με την μελέτη θερμομονώσεως για το κτηριακό κέλυφος του κτηρίου προκύπτει ότι η εξωτερική τοιχοποιία έχει τύπο κατασκευής διπλό δρομικό και αποτελείται από διπλό επίχρισμα στις δύο όψεις του τοίχου και υλικό θερμομόνωσης στο κέντρο. Το συνολικό πάχος της εξωτερικής και εσωτερικής τοιχοποιίας είναι ίδιο (0,26 m). Η οροφή πάχους 0,17m αποτελείται από ξύλινη στέγη (ξύλο ελάτης) , κεραμίδια και θερμομονωτικό υλικό. Το δάπεδο (0,23m) είναι κατασκευασμένο (ξεκινώντας από μέσα προς τα έξω) από σκυρόδεμα, θερμομονωτικό υλικό, γαρμπιλοσκυρόδεμα, ασβεστοσιμεντοκονίαμα και πλάκες μαρμάρου. Τέλος το δάπεδο πάνω από το υπόγειο το οποίο είναι συνολικού πάχους 0,24m και αποτελείται από ξύλινο δάπεδο, ξύλινο υπόστρωμα, μονωτικό υλικό, πλάκα beton arme και επίχρισμα. Παρακάτω φαίνονται οι θερμοφυσικές ιδιότητες των κατασκευών.

Στρώσεις υλικών από μέσα προς τα έξω	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Λόγος $d/l=1/\lambda$
Σκυρόδεμα B120	0,10	1,30	0,077
Μόνυαλ Σ.Π.Μ.Φ.	0,05	0,04	1,429
Γαρμπιλοσκυρόδεμα	0,04	0,95	0,042
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,75	0,027
Πλάκες μαρμάρου	0,02	3,00	0,007

Πίνακας 19 : θερμοφυσικές ιδιότητες δαπέδου reception

Στρώσεις υλικών από μέσα προς τα έξω	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Λόγος $d/l=1/\lambda$
Κεραμίδια	0,07	0,00	
Μόνυαλ Ε.Ο.Π.	0,08	0,04	2,286
Ξύλο ελάτης	0,02	0,12	0,167

Πίνακας 20 : θερμοφυσικές ιδιότητες οροφής reception

Στρώσεις υλικών από μέσα προς τα έξω	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Λόγος $d/l=1/\lambda$
Επίχρισμα	0,02	0,75	0,027
Τοίχος δρομικός	0,09	0,45	0,200
Μόνυαλ Ε.Ο.Π.	0,04	0,04	1,143
Τοίχος δρομικός	0,09	0,45	0,200
Επίχρισμα	0,02	0,75	0,027

Πίνακας 21 : θερμοφυσικές ιδιότητες τοίχου reception

Στρώσεις υλικών από μέσα προς τα έξω	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Λόγος $d/l=1/\lambda$
Ξύλινο δάπεδο	0,02	0,18	0,111
Ξύλινο υπόστρωμα	0,02	0,12	0,142
Μόνυαλ Ε.Ο.Π.	0,04	0,04	1,143
Πλάκα beton arme	0,14	1,75	0,080
επίχρισμα	0,02	0,75	0,027

Πίνακας 22 : θερμοφυσικές ιδιότητες δαπέδου πάνω από το υπόγειο reception

Κατασκευή	Πάχος (m)	Συντελεστής απορρόφησης θερμικής ακτινοβολίας	Συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² -K)
Τοίχος	0,26	0,2	0,8	0,651
Οροφή	0,17	0,2	0,8	0,439
Δάπεδο	0,23	0,2	0,4	0,654
Δάπεδο πάνω από υπόγειο	0,24	0,2	0,4	0,631

Πίνακας 23 : Ιδιότητες δομικών στοιχείων κτιριακού κελύφους reception

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_w) των διαφανών επιφανειών και του συντελεστή του ηλιακού θερμικού κέρδους των υαλοπινάκων και κουφωμάτων (g_w) έγινε σύμφωνα με τις παραγράφους 3.2.3 και 3.2.7 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 και προέκυψαν τα αποτελέσματα όπως φαίνονται στον πίνακα 24.

Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² *K)	Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους
Παράθυρο μπαρ	4,92	0,636
Παράθυρο μεγάλο	4,01	0,582
Παράθυρο μικρό	3,82	0,536
Τζαμόπορτα τύπου 1	4,39	0,601
Τζαμόπορτα τύπου 2	4,53	0,622
Τζαμόπορτα τύπου 3	4,64	0,630
Τζαμόπορτα τύπου 4	5,16	0,645
Τζαμόπορτα τύπου 5	5,78	0,650

Πίνακας 24 : Χαρακτηριστικά υαλοπινάκων και κουφωμάτων reception

Όσον αφορά τον αερισμό του κτηρίου δεν υπάρχει σύστημα μηχανικού αερισμού και έτσι χρησιμοποιήθηκαν οι τυπικές τιμές φυσικού αερισμού λόγω ύπαρξης χαραμάδων ανά μονάδα επιφάνειας κουφώματος όπως αναφέρονται στην παράγραφο 3.4.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1.

Είδος κουφώματος	Αερισμός m ³ /s
Παράθυρο μπαρ	0,01258
Παράθυρο μεγάλο	0,00229
Παράθυρο μικρό	0,00102
Τζαμόπορτα τύπου 1	0,00459
Τζαμόπορτα τύπου 2	0,00731
Τζαμόπορτα τύπου 3	0,00918
Τζαμόπορτα τύπου 4	0,01836
Τζαμόπορτα τύπου 5	0,02907

Πίνακας 25: Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας από τα κουφώματα της reception

Ο συνολικός αερισμός για τις δύο θερμικές ζώνες που επιλέχθηκαν διαμορφώνεται σε 0,13804m³/s για τον χώρο υποδοχής και 0,0009444m³/s για το γραφείο.

Η πυκνότητα πληθυσμού καθορίστηκε σύμφωνα με τον πίνακα 2.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 για κοινόχρηστο χώρο ξενοδοχείου (25 άτομα/100m² επιφάνειας δαπέδου) και για γραφείο (10 άτομα/100m² επιφάνειας δαπέδου) , από όπου προέκυψε ότι αντιστοιχούν 0,25 άτομα/m² και 0,1 άτομα/m² αντίστοιχα.

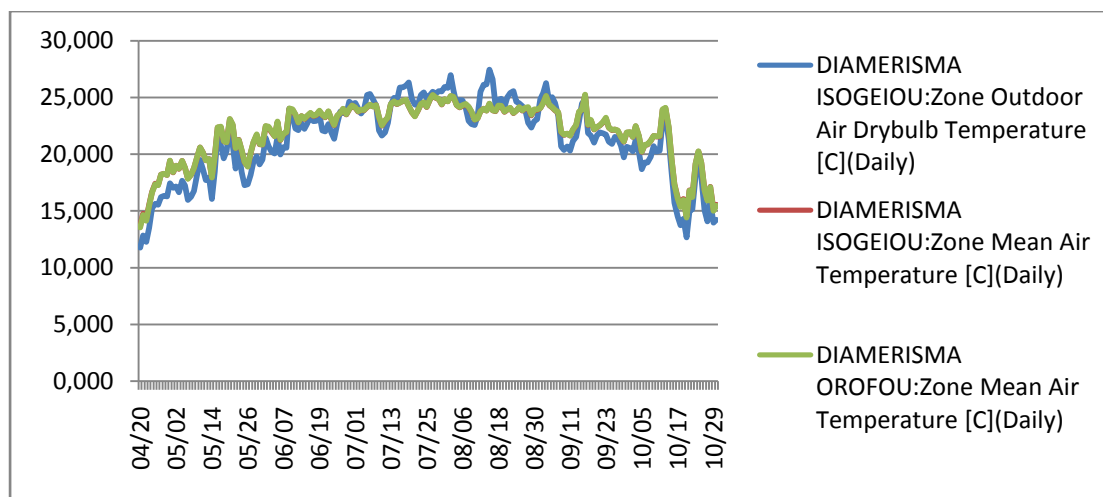
Τα περισσότερα φωτιστικά σώματα στο κτήριο αυτό αποτελούνται από οικονομικούς λαμπτήρες φθορίου και η απόδοσή τους θεωρήθηκε κατά παραδοχή στα 60lm/W (τυπική τιμή απόδοσης λαμπτήρα φθορίου). Επίσης,

θεωρήθηκε ότι πληρείται η ελάχιστη στάθμη φωτισμού για τους διάφορους χώρους του κτηρίου όπως φαίνεται στον πίνακα 2.4 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 δηλαδή 100lx για κοινόχρηστο χώρο ξενοδοχείου και 500lx για γραφείο , έτσι προέκυψε η ενέργεια φωτισμού ανά τετραγωνικό μέτρο στα $1,66 \text{ W/m}^2$ και $8,332 \text{ W/m}^2$ αντίστοιχα.

4. Αποτελέσματα προσομοίωσης

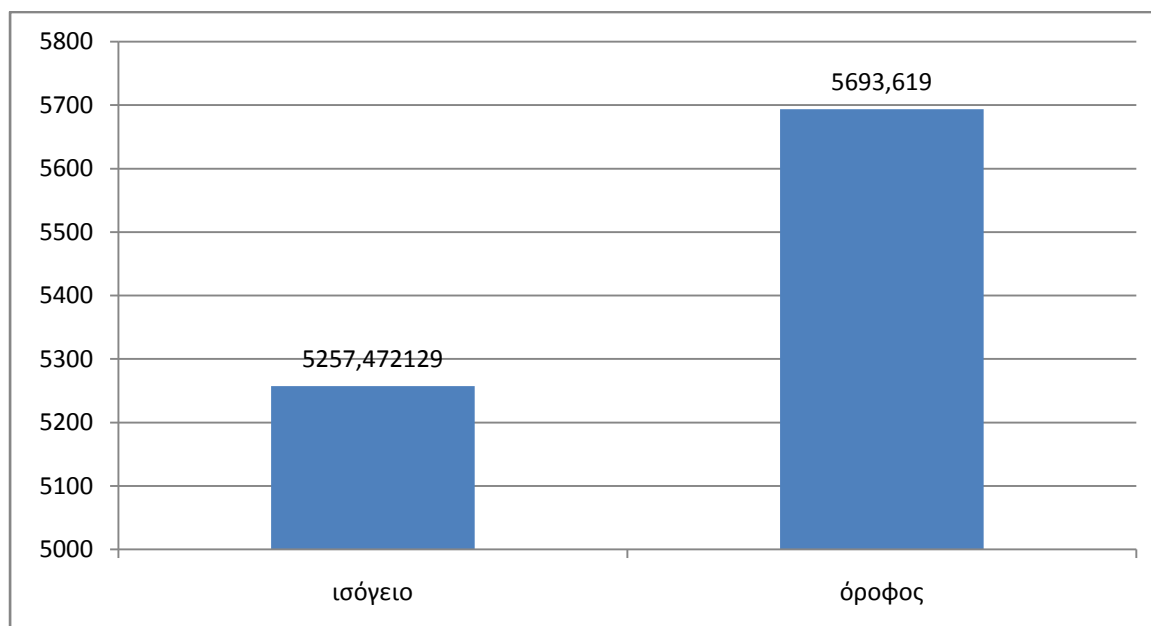
4.1 κτήριο 1

Στο διάγραμμα 1 φαίνεται αναλυτικά η κατανομή της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου που λειτουργεί το ξενοδοχείο ανά θερμική ζώνη στο πρώτο κτήριο. Έχοντας υπόψη ότι το όριο θερμικής άνεσης είναι στους 26°C παρατηρούμε ότι ποτέ δεν το υπερβαίνεται κάτι το οποίο είναι λογικό γιατί αυτή είναι η θερμοκρασία που έχουμε ορίσει τον θερμοστάτη του συστήματος κλιματισμού. Ωστόσο παρατηρούμε ότι η μέση ημερήσια θερμοκρασία στο τέλος Απριλίου και στο τέλος Οκτώβρη απέχει περίπου κατά 5 βαθμούς κελσίου από την επιθυμητή κάτι που όμως δεν επηρεάζει την λειτουργία του ξενοδοχείου διότι αυτές οι ημερομηνίες αποτελούν την περίοδο προετοιμασίας της επιχείρησης.



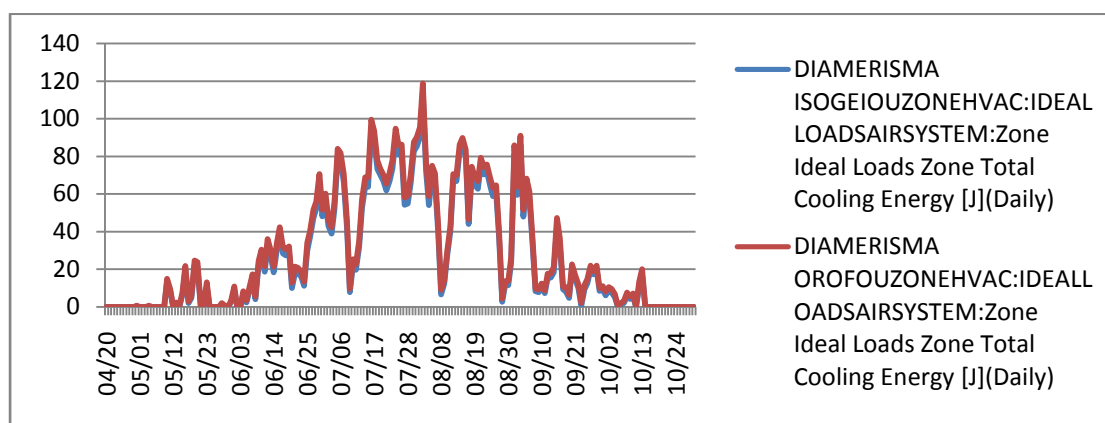
Διάγραμμα 1 : Ημερήσια κατανομή εξωτερικής θερμοκρασίας και θερμοκρασίας ανά θερμική ζώνη κτιρίου 1

Η ενέργεια που χρειάζεται η κάθε θερμική ζώνη έτσι ώστε να διατηρείται η θερμοκρασία της κάτω από τους 26°C κατά την περίοδο θέρμανσης φαίνεται στο διάγραμμα 2. Μεγαλύτερα ποσά ενέργειας απαιτούνται από τον όροφο του κτηρίου, ενώ ακολουθεί το ισόγειο .



Διάγραμμα 2 : Απαιτούμενη ψυκτική ενέργεια ανά θερμική ζώνη κτιρίου 1

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η απαιτούμενη ενέργεια ανά μέρα.

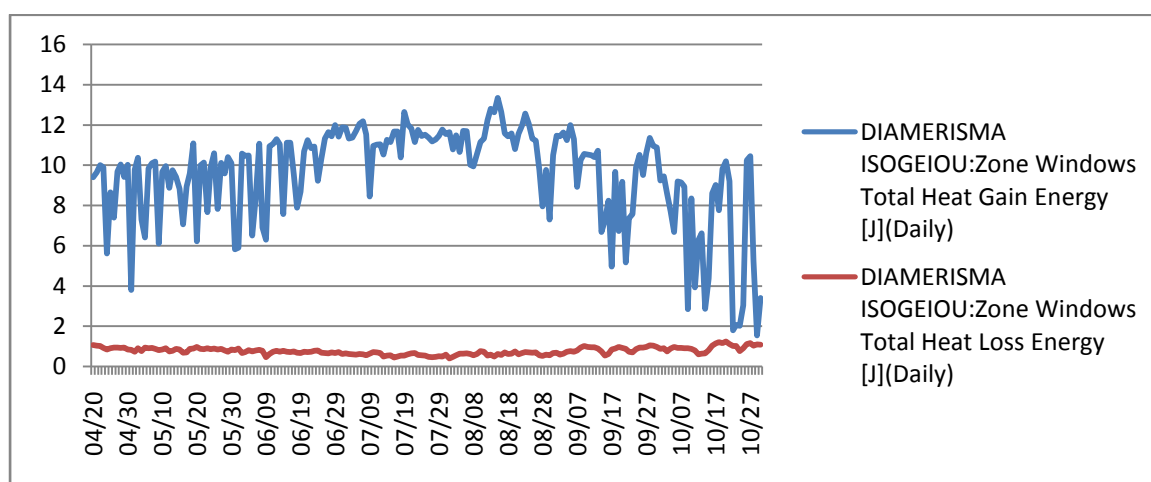


Διάγραμμα 3 : Ημερήσια ψυκτική ενέργεια ανά θερμική ζώνη

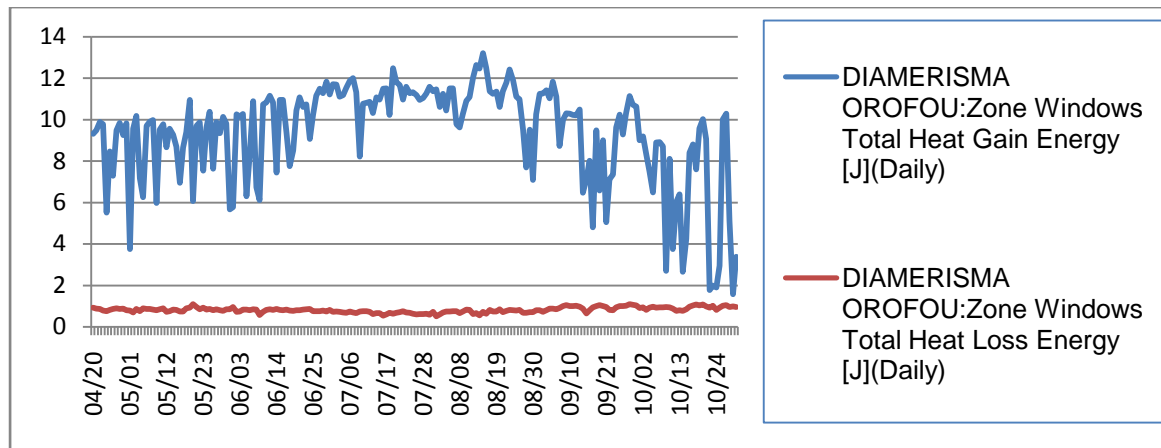
κτιρίου 1

Κέρδη και Απώλειες από Ανοίγματα

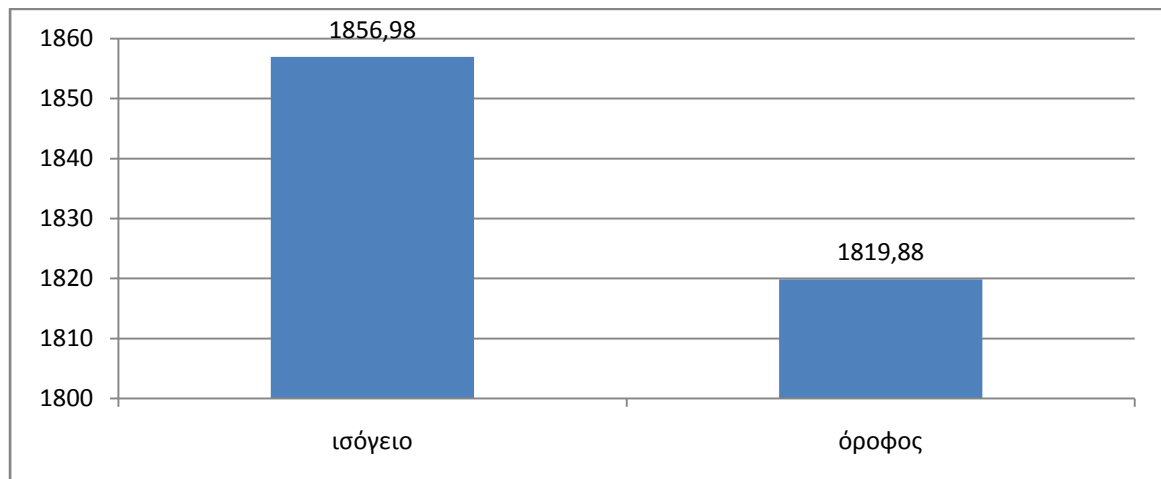
Όπως φαίνεται και στα ακόλουθα διαγράμματα η θερμική ενέργεια που εισέρχεται στο κτήριο από τα παράθυρα μπορεί να φτάσει από 2 kWh έως και 13 kWh ημερησίως ανά ζώνη, ενώ οι απώλειες είναι σχεδόν σταθερές περίπου 1 kWh ημερησίως.



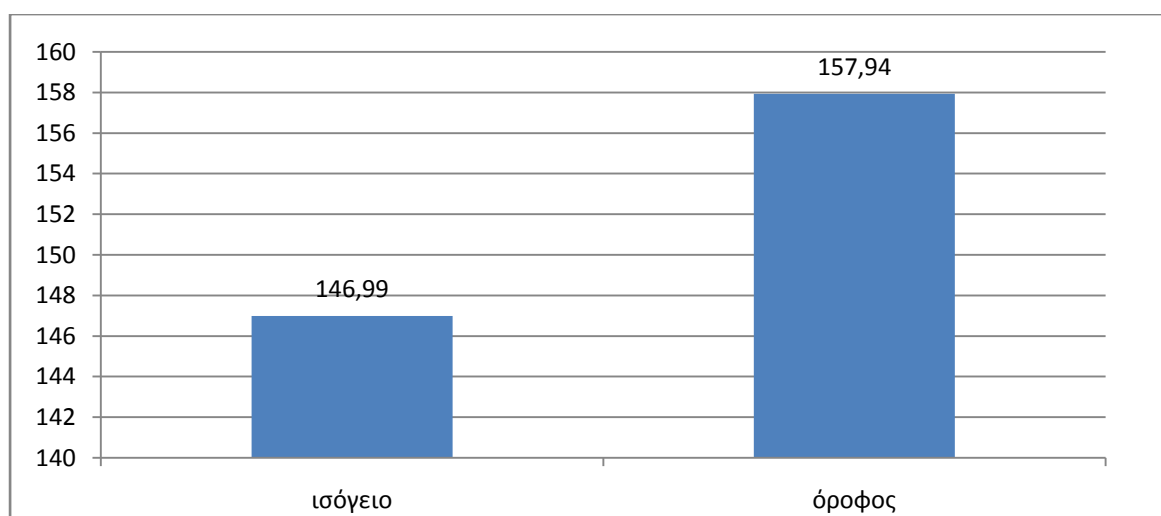
Διάγραμμα 4 : Ημερήσια θερμικά κέρδη και απώλειες από τα ανοίγματα του διαμερίσματος του ισογείου



Διάγραμμα 5 : Ημερήσια θερμικά κέρδη και απώλειες από τα ανοίγματα του διαμερίσματος του ορόφου



Διάγραμμα 6 : Συνολική θερμική ενέργεια που εισέρχεται από τα παράθυρα



Διάγραμμα 7 : Θερμικές απώλειες από ανοίγματα.

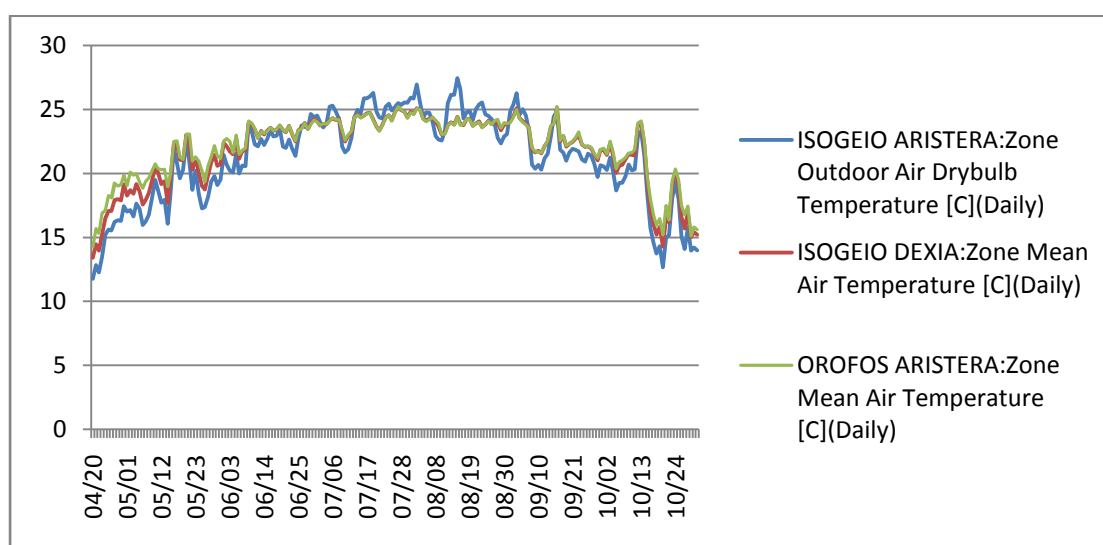
Παρατηρείται ότι οι θερμικές απώλειες από τα κουφώματα είναι συνολικά 304,93 kWh και η ενέργεια που εισέρχεται στο κτήριο είναι ίση με 3676,86 kWh.

φωτισμός και εξοπλισμός δωματίων

Το κτήριο καταναλώνει συνολικά 932 kWh για τον φωτισμό του και ο ηλεκτρικός εξοπλισμός του δωματίου καταναλώνει 805 kWh και όπως διαπιστώνεται η ενέργεια που καταναλώνεται σε αυτούς τους τομείς είναι πολύ μικρότερη από αυτήν που απαιτείται για τον κλιματισμό του κτηρίου.

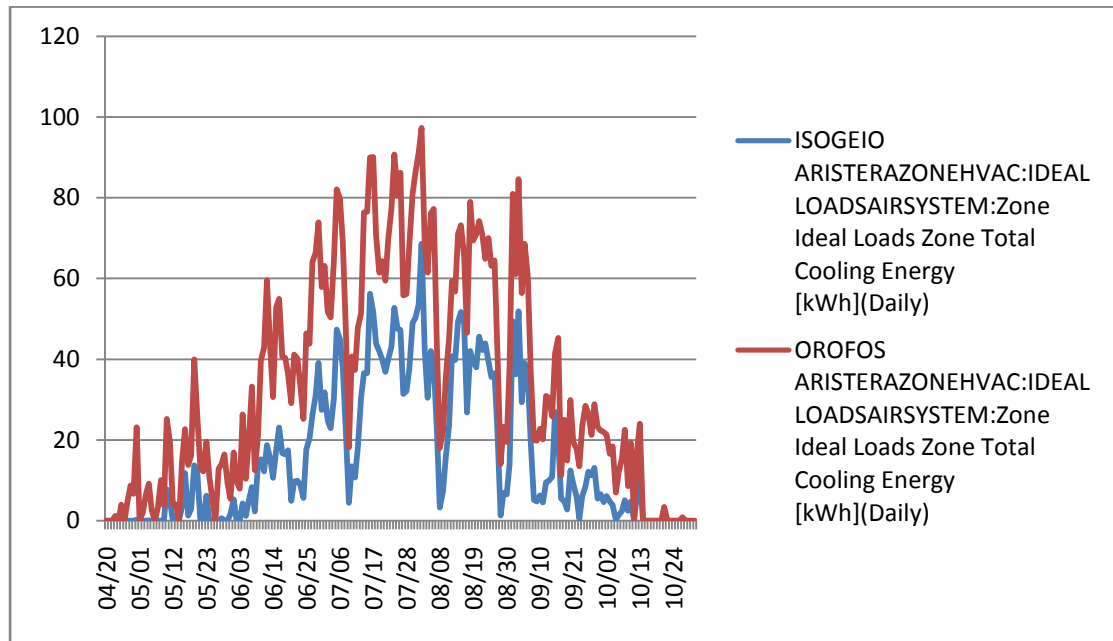
4.2 κτήριο 2

Σε αυτό το κτήριο παρατηρώντας ενδεικτικά τις θερμοκρασίες δύο δωματίων τα οποία δεν έχουν την ίδια διαρρύθμιση χώρου και δεν βρίσκονται στον ίδιο όροφο συμπεραίνουμε ότι διαφέρουν μέχρι και 2 °C οπότε είναι λογικό να διαφέρουν αρκετά και τα ποσά ενέργειας που απαιτούνται για τον κλιματισμό τους. Ούτε και σε αυτή την περίπτωση η θερμοκρασία υπερβαίνει τους 26 °C εξαιτίας του συστήματος ψύξης.



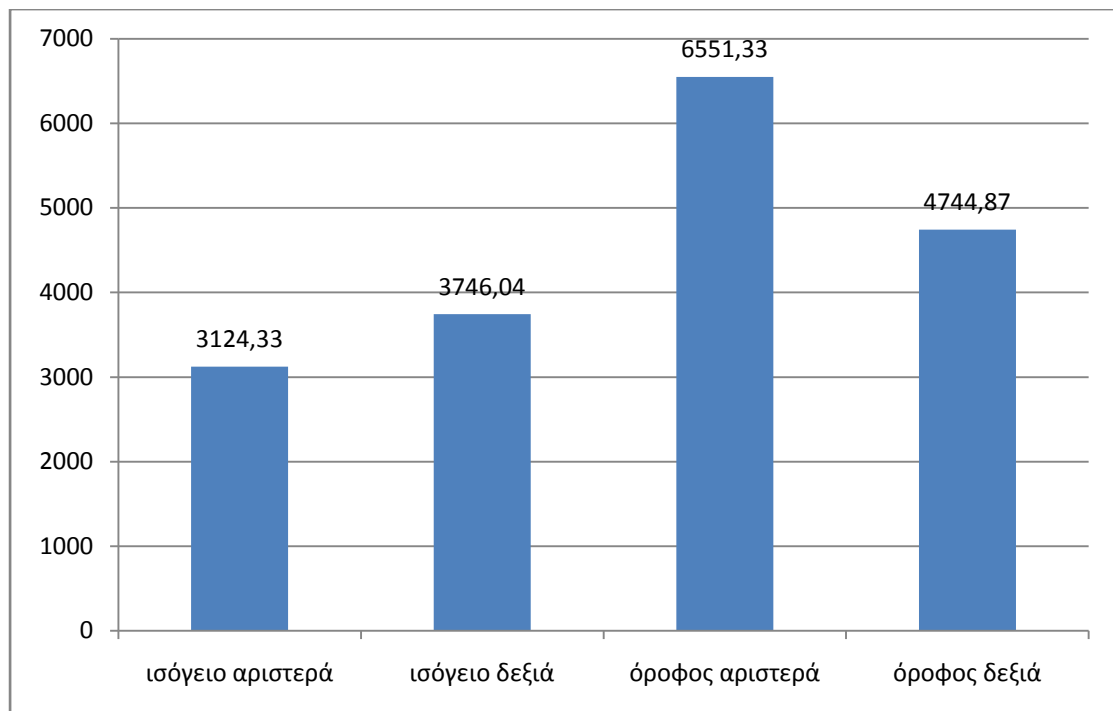
Διάγραμμα 8 : Ημερήσια κατανομή εξωτερικής θερμοκρασίας και θερμοκρασίας ανά θερμική ζώνη κτιρίου 2

Στο διάγραμμα 9 φαίνονται ενδεικτικά οι καταναλώσεις ενέργειας σε kWh που χρειάζονται τα δύο δωμάτια ημερησίως κατά την διάρκεια της τουριστικής περιόδου και συγκεντρωτικά την κατανάλωση του κάθε δωματίου συνολικά για τους 6 μήνες.



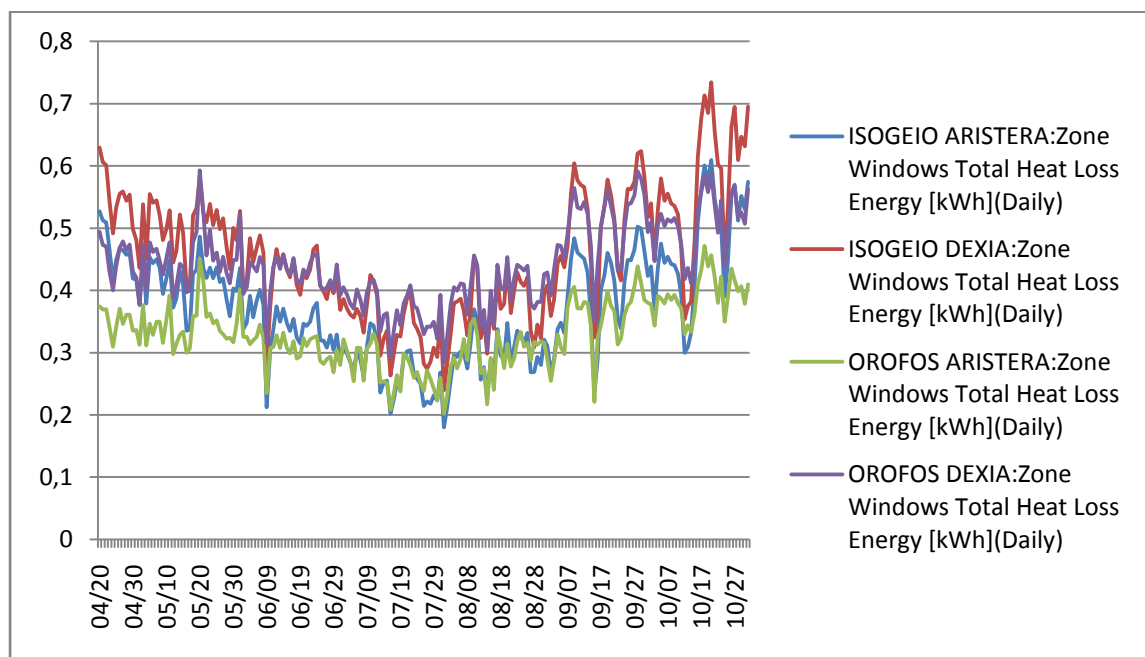
Διάγραμμα 9 : Ημερήσια απαιτούμενη ψυκτική ενέργεια σε δωμάτιο ορόφου και ισογείου κτιρίου 2

Εξαιτίας της διαφοράς προσανατολισμού και υψομέτρου του δωματίων η απαιτούμενη ενέργεια παρουσιάζει τεράστιες διαφορές. Συγκεκριμένα η ενέργεια που χρειάζεται το κάθε δωμάτιο σε όλη την διάρκεια του χρόνου φαίνεται στο διάγραμμα 10.

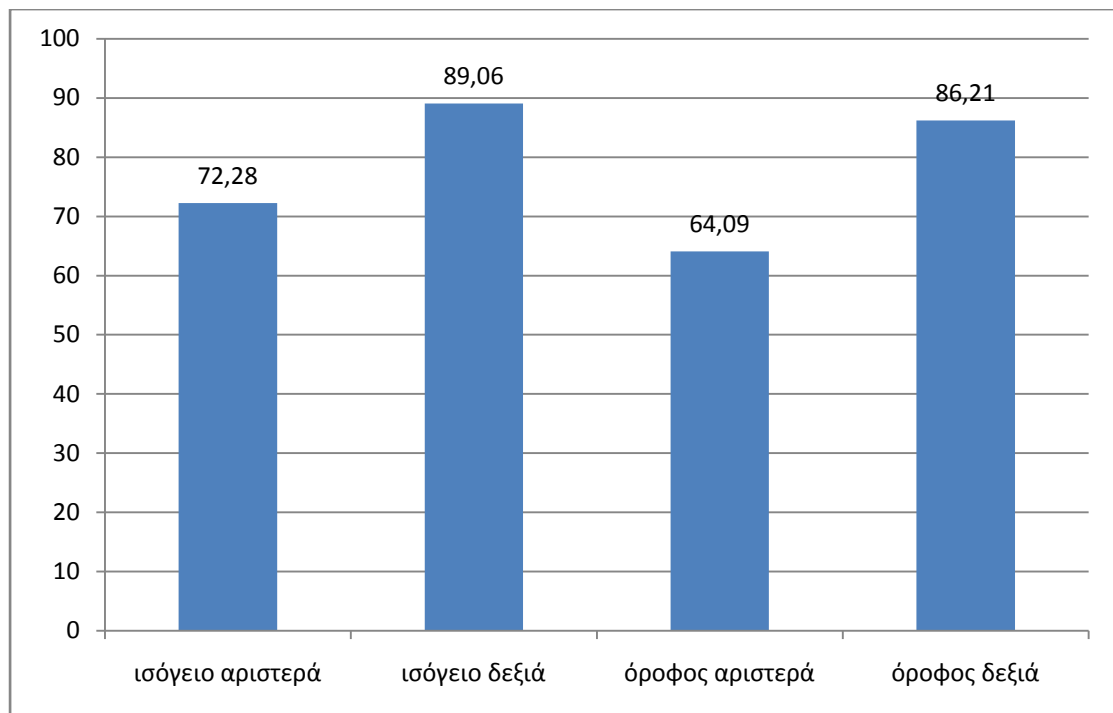


Διάγραμμα 10 : Συνολική απαιτούμενη ψυκτική ενέργεια ανά θερμική ζώνη

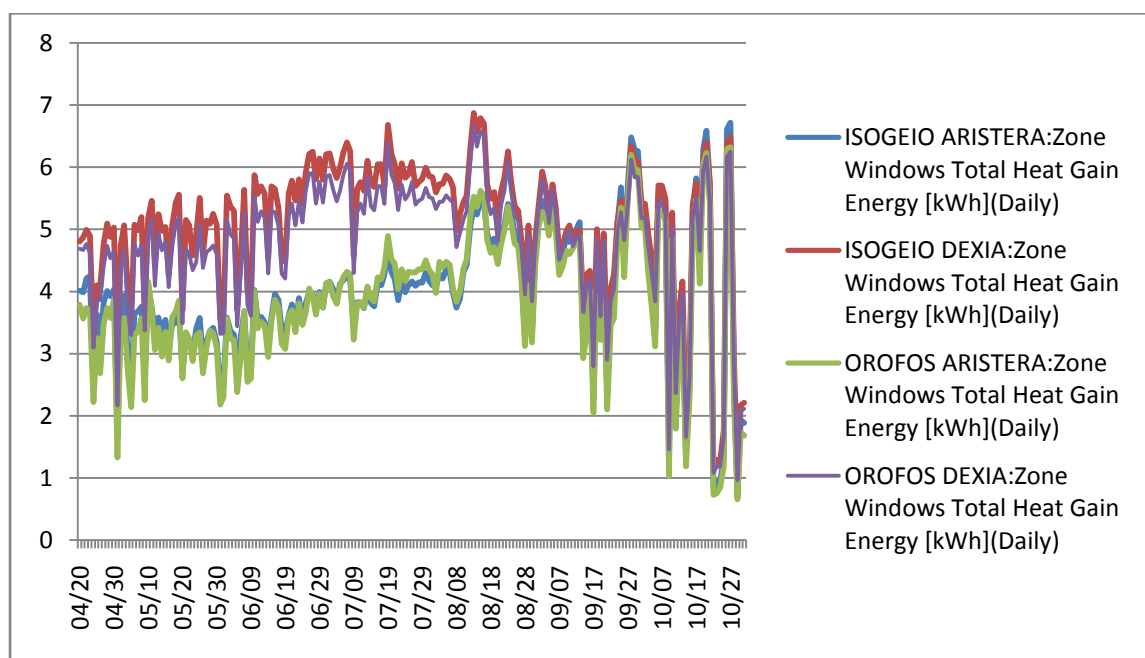
Κέρδη και Απώλειες από Ανοίγματα



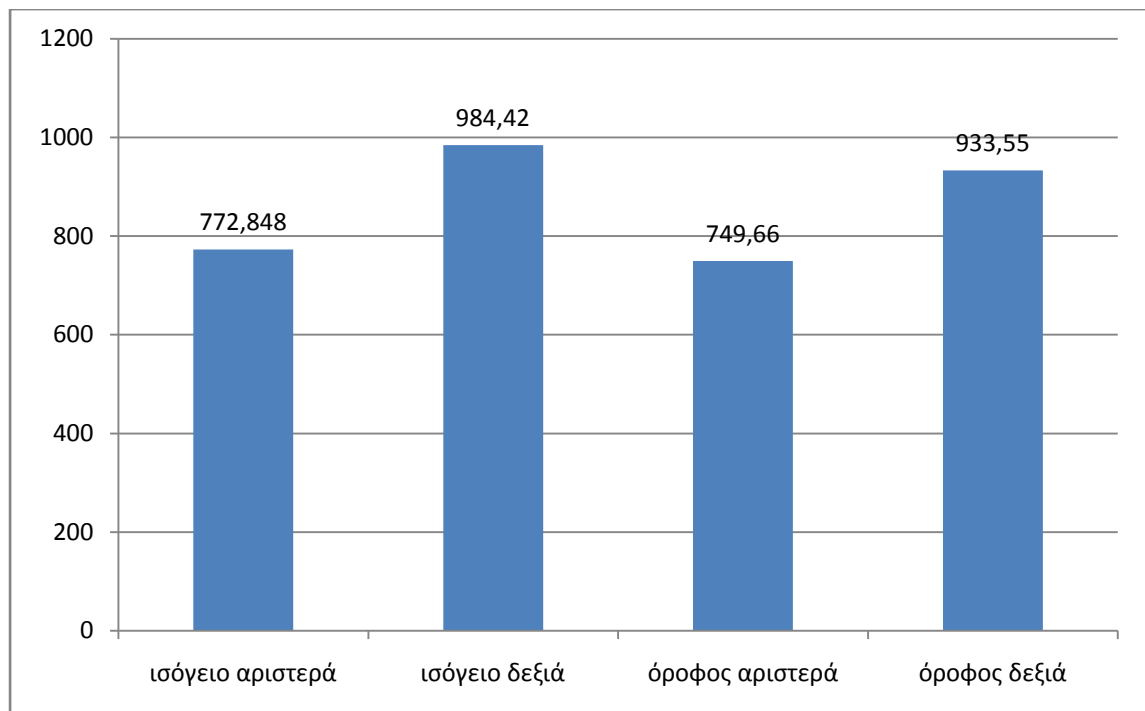
Διάγραμμα 11 : Ημερήσιες απώλειες σε kWh ανά θερμική ζώνη.



Διάγραμμα 12 : Συνολικές απώλειες ανά θερμική ζώνη.



Διάγραμμα 13 : Ημερήσια ενέργεια που διαφεύγει ανά θερμική ζώνη.



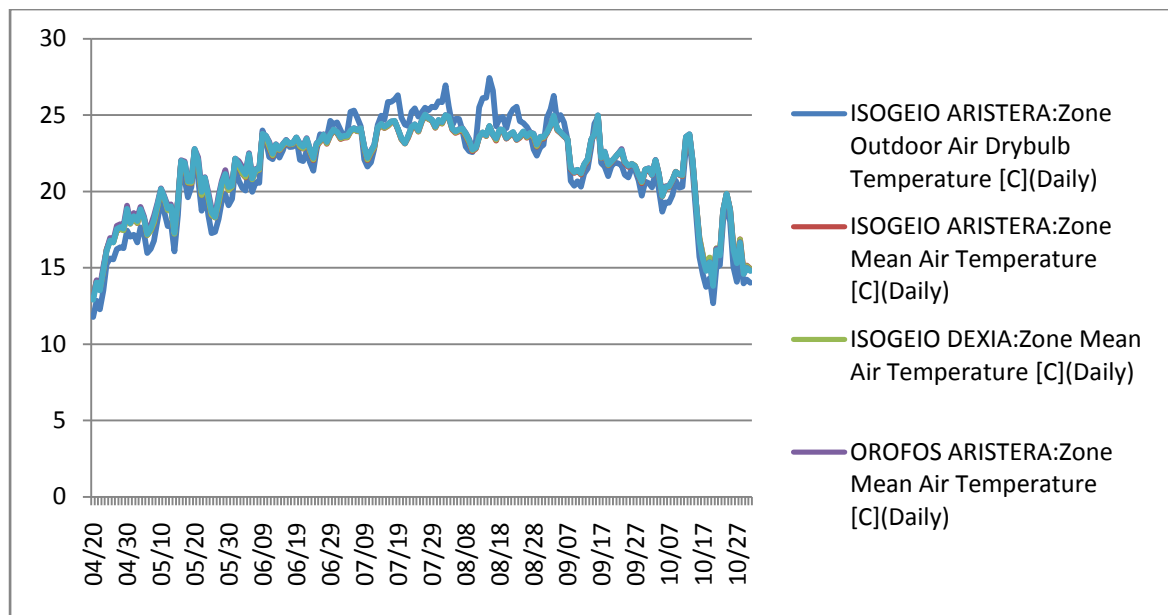
Διάγραμμα 14 : Συνολικές θερμικές απώλειες ανά θερμική ζώνη.

φωτισμός και εξοπλισμός δωματίων

Το κτήριο καταναλώνει συνολικά 1361,1 kWh για τον φωτισμό του και ο ηλεκτρικός εξοπλισμός του δωματίου καταναλώνει 1177,7 kWh.

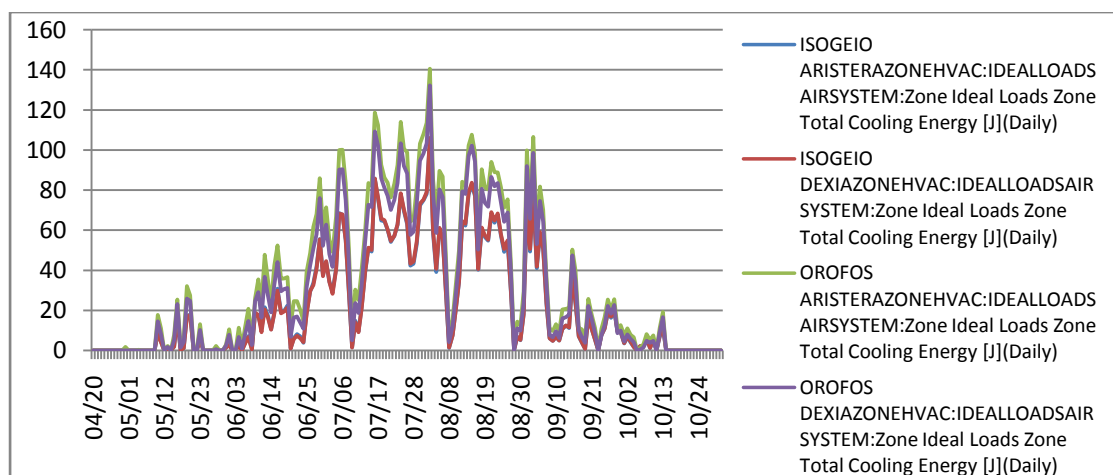
4.3 κτίριο 3

Σε αυτό το κτήριο οι θερμοκρασίες των δωματίων σχεδόν ταυτίζονται ,αυτό όμως οφείλεται κατά ένα μέρος στον θερμοστάτη που έχουμε ορίσει άρα αναμένουμε τα ποσά ενέργειας να διαφέρουν ανά θερμική ζώνη.

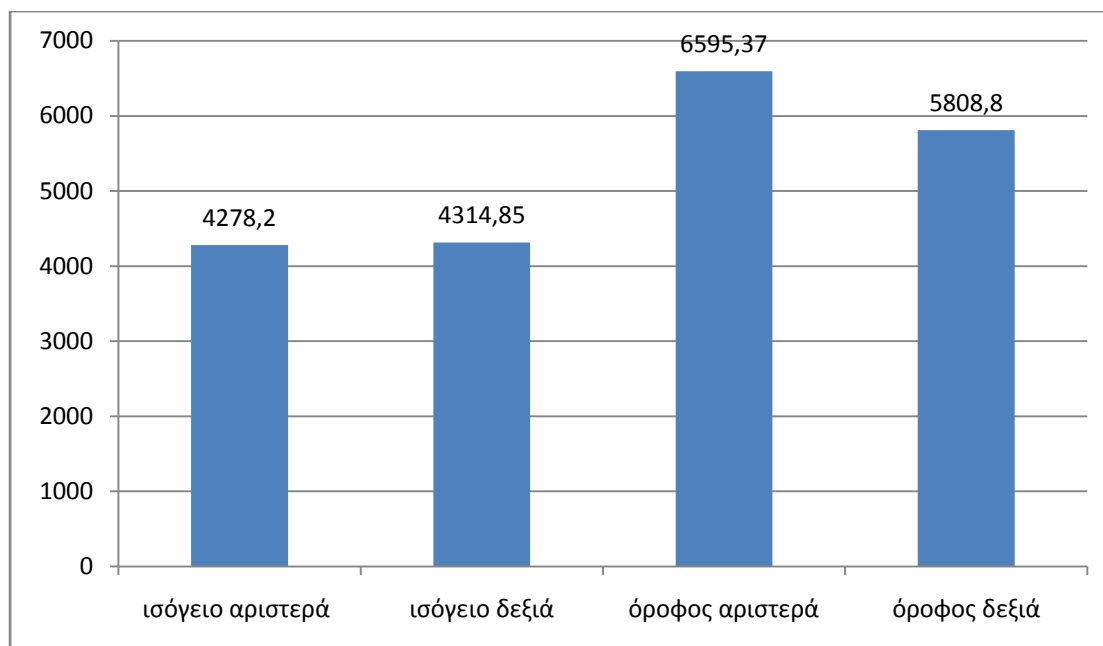


Διάγραμμα 15 : Ημερήσια κατανομή εξωτερικής θερμοκρασίας και θερμοκρασίας ανά θερμική ζώνη κτιρίου 3

Αυτό διαπιστώνεται και στα παρακάτω διαγράμματα που φαίνονται αναλυτικά οι καταναλώσεις. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι τόσο ο διαφορετικός προσανατολισμός των δωματίων όσο και η μία επιφάνεια που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της γης στο ισόγειο.

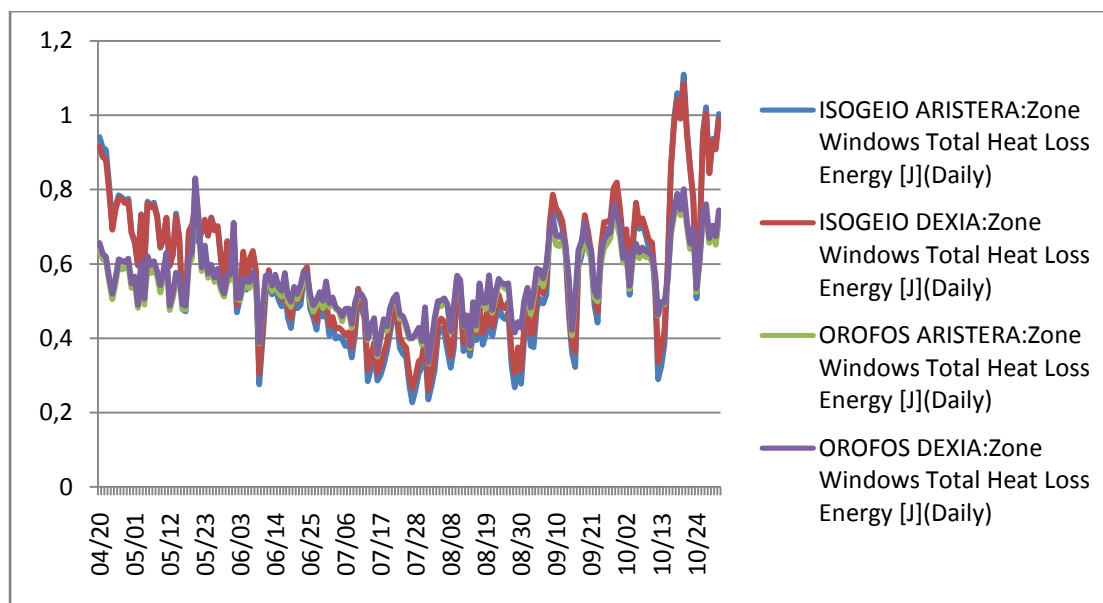


Διάγραμμα 16 : Ημερήσια απαιτούμενη κατανάλωση ενέργειας σε kWh ανά θερμική ζώνη .

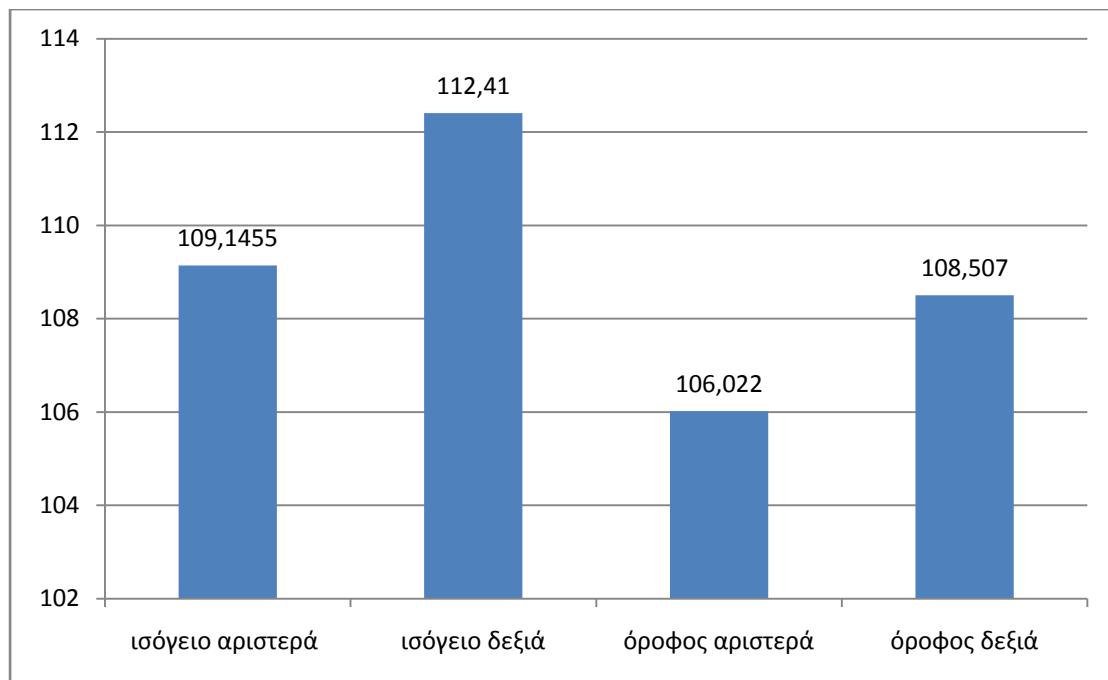


Διάγραμμα 17 : Συνολική ενέργεια ανά θερμική ζώνη και ανά έτος.

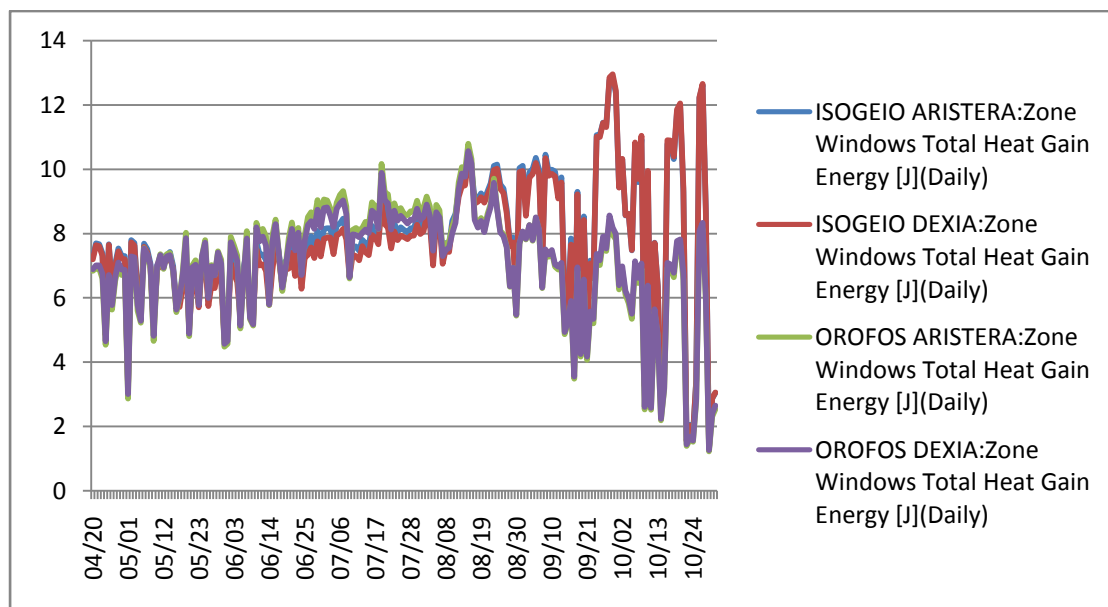
Κέρδη και Απώλειες από Ανοίγματα



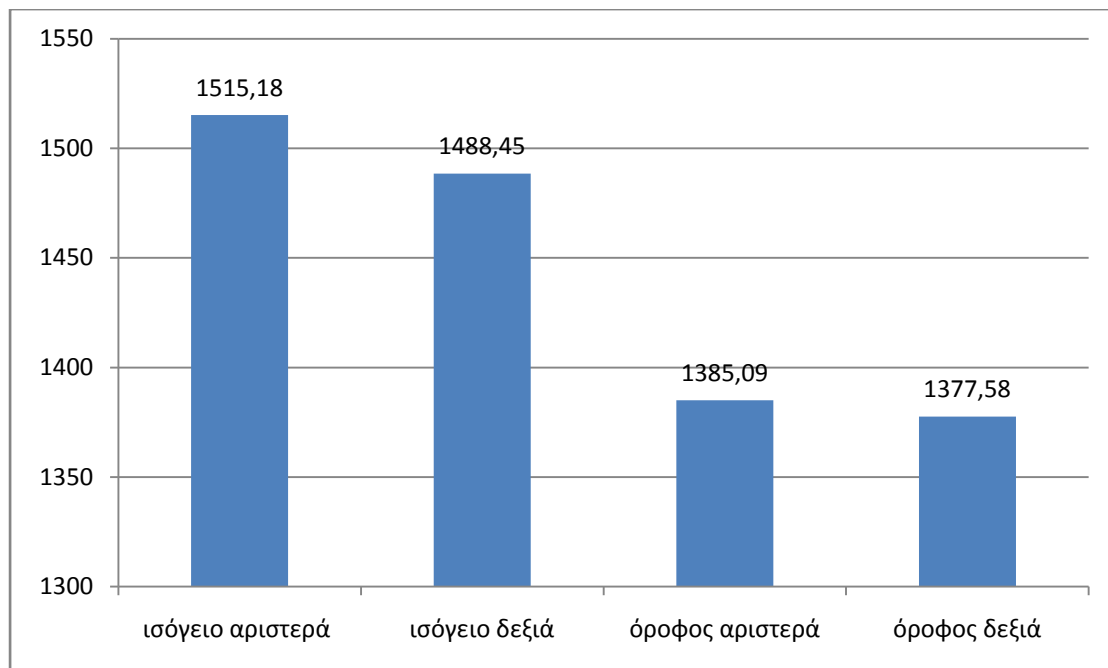
Διάγραμμα 18 : Ημερήσιες απώλειες ανά θερμική ζώνη.



Διάγραμμα 19 : Συνολικές απώλειες ανά έτος.



Διάγραμμα 20 : Εισερχόμενη ενέργεια ημερησίως ανά δωμάτιο.



Διάγραμμα 21 : Συνολικό θερμικό κέρδος.

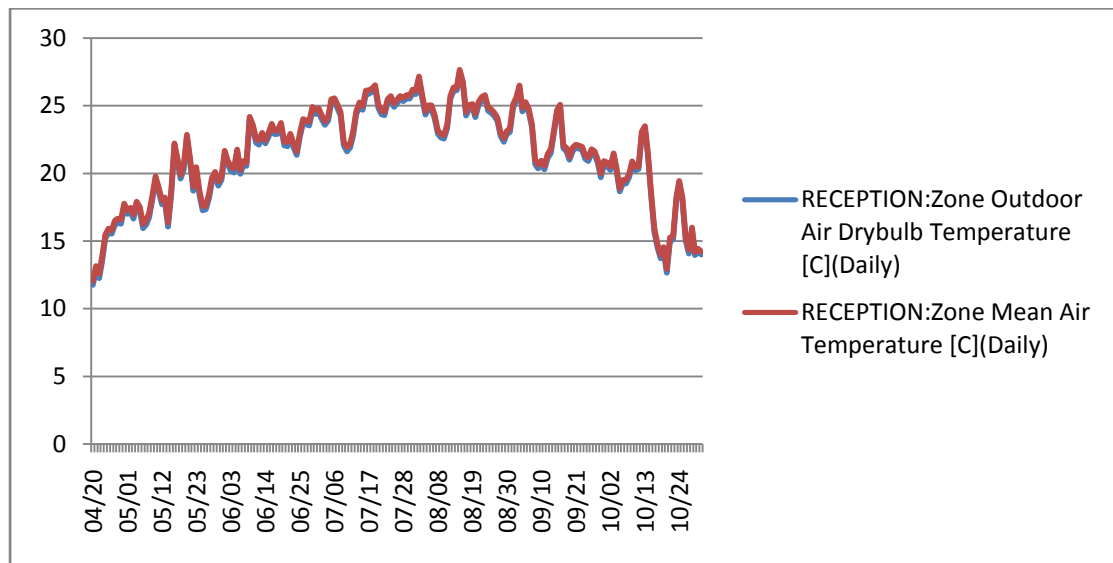
φωτισμός και εξοπλισμός δωματίων

Το κτήριο καταναλώνει συνολικά 1370,5kWh για τον φωτισμό του και ο ηλεκτρικός εξοπλισμός του δωματίου καταναλώνει 1186,1kWh.

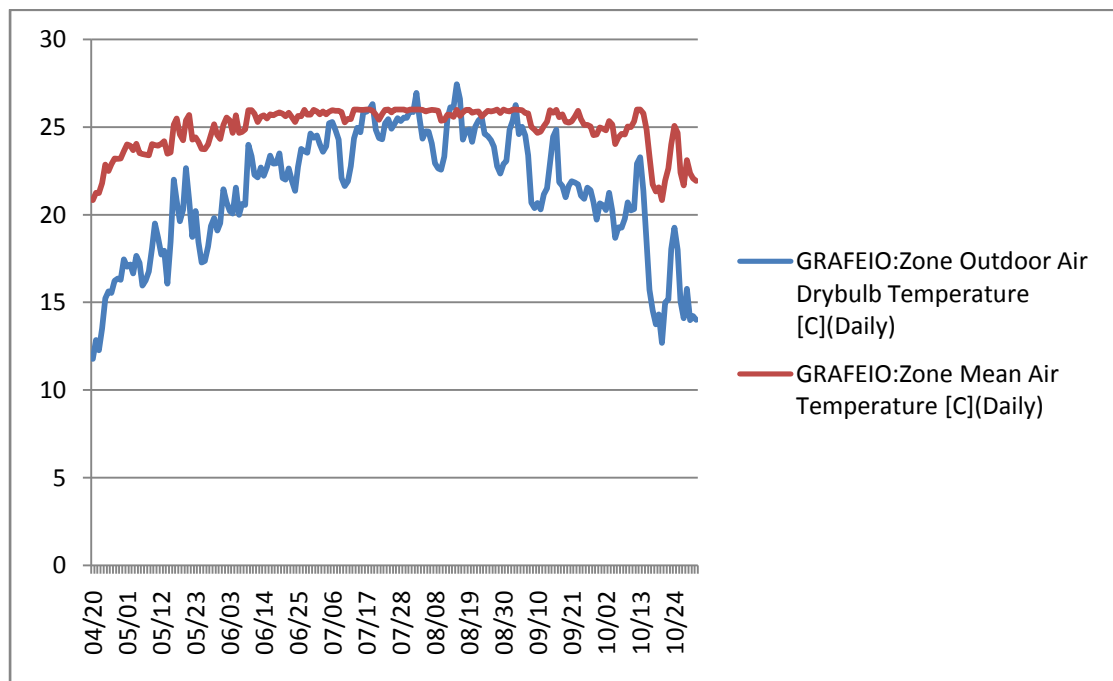
4.4 reception

Στο κεντρικό κτήριο της reception όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 22 η εσωτερική θερμοκρασία στον χώρο υποδοχής ταυτίζεται απόλυτα με την εξωτερική κάτι το οποίο είναι λογικό γιατί όπως έχει αναφερθεί περίπου το 50% των τοίχων καλύπτεται από τζαμαρίες οι οποίες είναι ανοιχτές όλη την διάρκεια της ημέρας και ο αέρας ανανεώνεται συνεχώς ωστόσο βρίσκεται εντός του θερινού ορίου θερμικής άνεσης . Αντίθετα στον χώρο του γραφείου

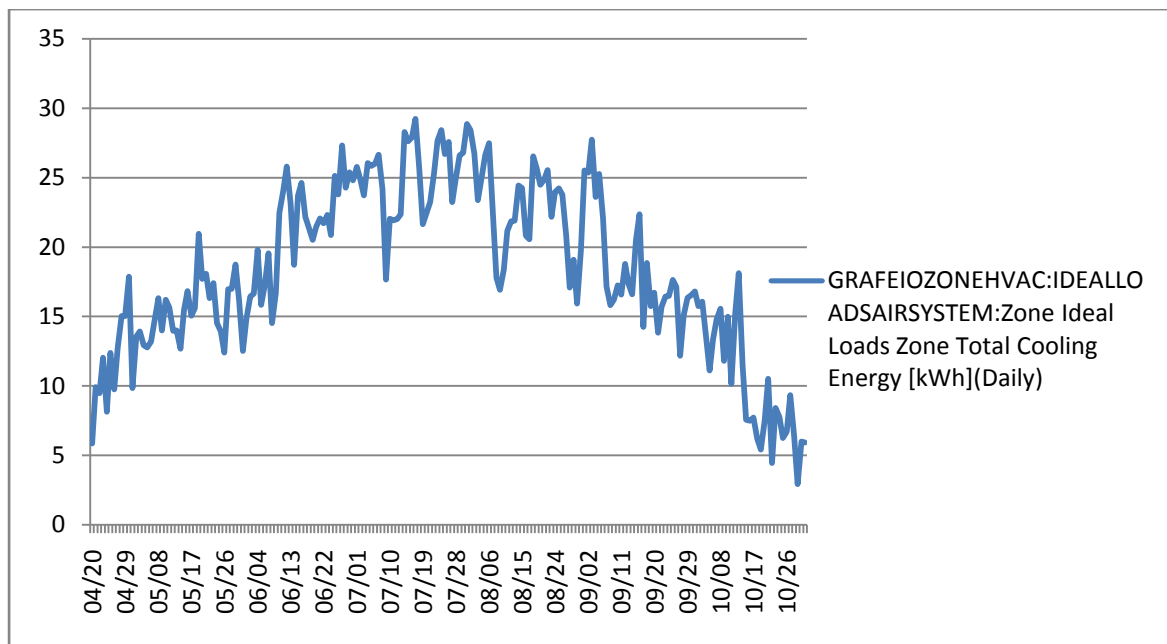
(διάγραμμα 23) στον οποίο υπάρχουν μόνο δύο παράθυρα δεν παρατηρείται κάτι τέτοιο .



Διάγραμμα 22 : Ημερήσια κατανομή εξωτερικής θερμοκρασίας και θερμοκρασίας reception



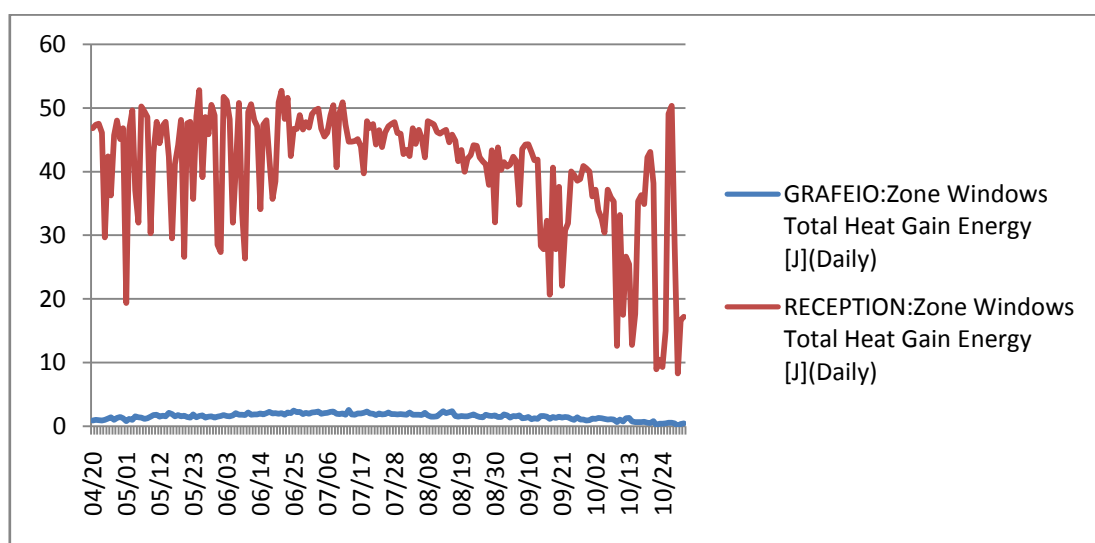
Διάγραμμα 23 : Ημερήσια κατανομή εξωτερικής θερμοκρασίας και θερμοκρασίας γραφείου



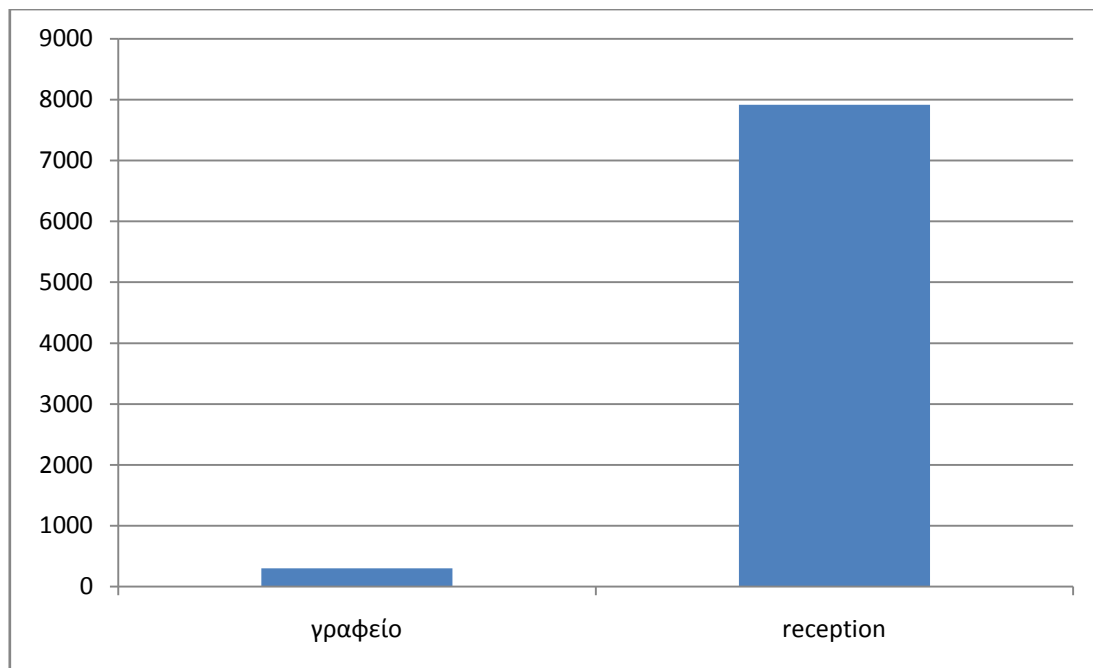
Διάγραμμα 24 : Ημερήσια ψυκτική ενέργεια γραφείου

Η συνολική ενέργεια για κλιματισμό του γραφείου ανέρχεται σε 3584,09 kWh ετησίως.

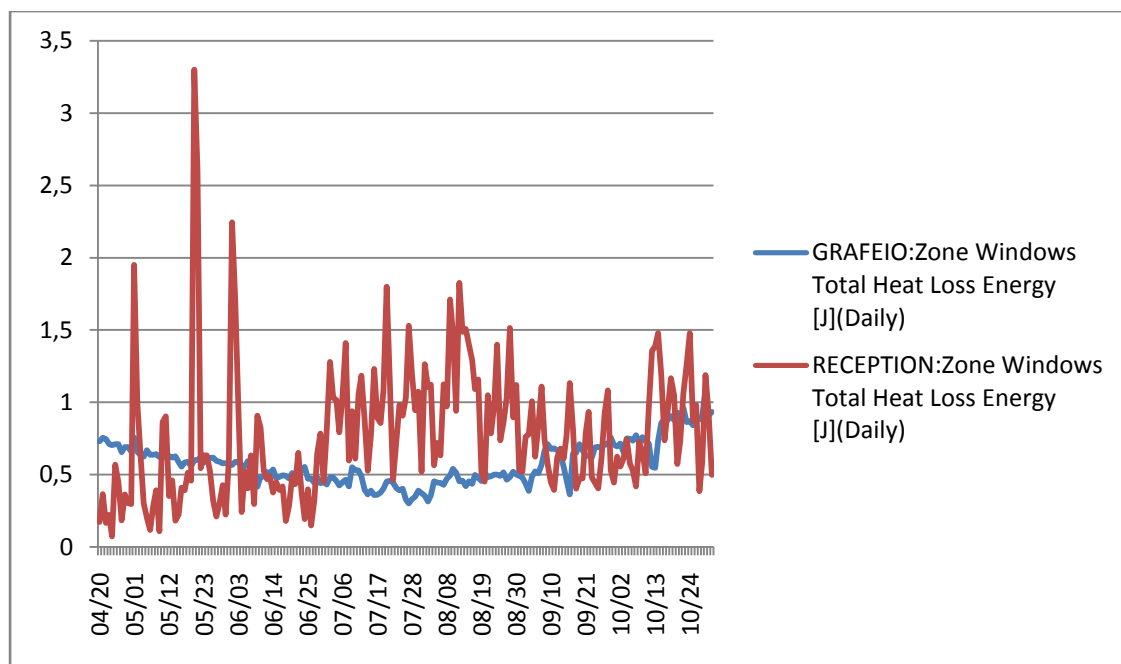
Κέρδη και Απώλειες από Ανοίγματα



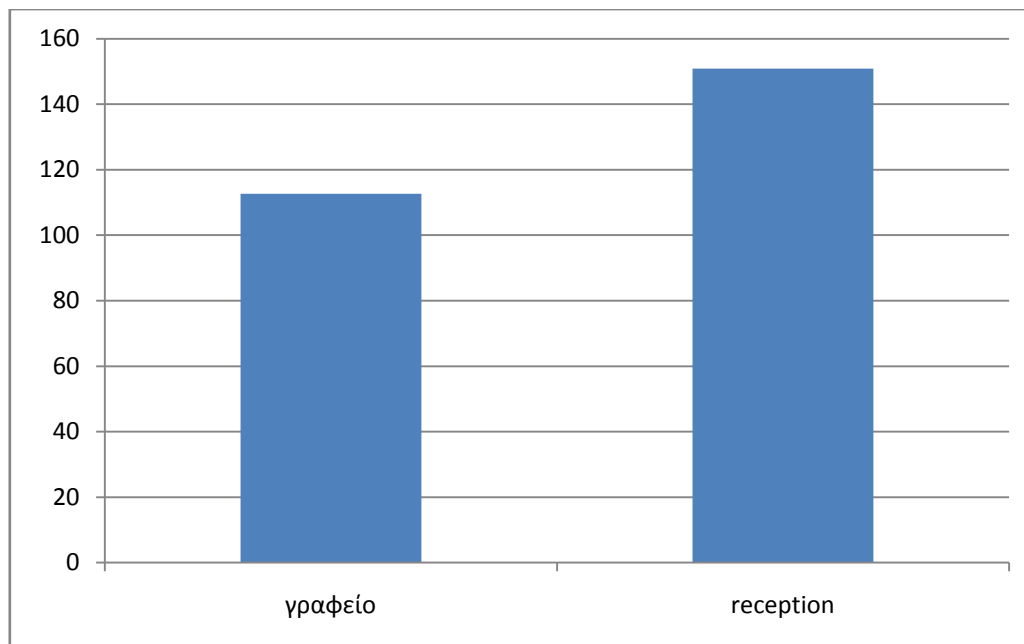
Διάγραμμα 25 : Ημερήσιο θερμικό κέρδος κουφωμάτων ανά θερμική ζώνη



Διάγραμμα 26 : Συνολικά θερμικά κέρδη κουφωμάτων ανά θερμική ζώνη



Διάγραμμα 27 : Ημερήσιες θερμικές απώλειες ανά θερμική ζώνη



Διάγραμμα 28 : Συνολικές θερμικές απώλειες κουφωμάτων ανά θερμική ζώνη

φωτισμός και εξοπλισμός

Το κτήριο καταναλώνει συνολικά 973,88 kWh για τον φωτισμό του και ο ηλεκτρικός εξοπλισμός καταναλώνει 1502,77 kWh.

4.5 Κατανάλωση Ζεστού Νερού Χρήσης

Σύμφωνα με τον πίνακα 2.5 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 στον οποίο αναφέρονται οι τυπικές τιμές κατανάλωσης σε θερμοκρασία 45 °C ανά χρήση κτηρίου, η κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης ορίζεται στα 12,74 m³/κλίνη ανά θερινή περίοδο. Το ξενοδοχείο διαθέτει συνολικά 12 διαμερίσματα (4 κλίνες) και 28 studio (2 κλίνες), οπότε συνολικά διαθέτει 104 κλίνες. Άρα η συνολική κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης ανέρχεται στα 1324,96 m³/έτος.

Το ημερήσιο απαιτούμενο θερμικό φορτίο υπολογίστηκε σύμφωνα με την παράγραφο 4.8.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 από την σχέση 4.11 λαμβάνοντας

υπόψη το ημερήσιο φορτίο, την πυκνότητα του νερού, την ειδική θερμότητα και την θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ της χαμηλότερης θερμοκρασίας του νερού δικτύου και της θερμοκρασίας του ζεστού νερού χρήσης. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς ανέρχεται στα 180,7432 kWh/ημέρα που ισοδυναμούν με 32533,776 kWh για κάθε χρόνο λειτουργίας. Ο βαθμός απόδοσης του λέβητα έχει υπολογιστεί στο 93%. Η απόδοση του δικτύου διανομής υπολογίζεται στο 86%. σύμφωνα με τον πίνακα 4.16 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 στον οποίο δίνονται τα ποσοστά απωλειών του δικτύου διανομής για ζεστό νερό χρήσης. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τον βαθμό απόδοσης του συστήματος παραγωγής και διανομής του ζεστού νερού χρήσης υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργειας του λέβητα για την παραγωγή του σε 40677,39 kWh/έτος.



Εικόνα 16 : Εγκαταστάσεις καυστήρα και δικτύου διανομής Ζ.Ν.Χ.

5. Προτάσεις βελτίωσης

Από τον ενεργειακό έλεγχο του ξενοδοχείου εντοπίστηκαν δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής του απόδοσης. Οι δυνατότητες αυτές παρουσιάζονται και αξιολογούνται στο παρόν κεφάλαιο. Πιο συγκεκριμένα, επισημαίνονται κάποιες επεμβάσεις μηδενικού ή πολύ χαμηλού κόστους, που αναμένεται να έχουν αισθητά αποτελέσματα στην εξοικονόμηση ενέργειας. Στην συνέχεια μελετάται το όφελος από τη βελτίωση της θερμομόνωσης των κτηρίων και από την αλλαγή των κουφωμάτων. Τέλος μελετάται η αντικατάση των λαμπτήρων φθορίου με πιο οικονομικούς και η αναβάθμιση του συστήματος κλιματισμού και του λέβητα .

5.1 Επεμβάσεις χαμηλού ή μηδενικού κόστους

Ενημέρωση πελατών: Συνιστάται η ενημέρωση των πελατών για τα οφέλη της καλής ενεργειακής συμπεριφοράς στην ποιότητα διαβίωσης εντός του ξενοδοχείου και στην προστασία του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα θα μπορούσε να τοποθετηθεί κατάλληλο ενημερωτικό φυλλάδιο πίσω από την πόρτα που θα ενθαρρύνει τους πελάτες πριν φύγουν από το δωμάτιο να κλείνουν τα παράθυρα, την τροφοδοσία της τηλεόρασης και τις κουρτίνες, αν το δωμάτιο έχει νότιο προσανατολισμό.

Κτιριακό κέλυφος: Σε περίπτωση ανακαίνισης συστήνεται η βαφή της τοιχοποιίας του κτιριακού κελύφους με λευκό ή και θερμοανакλαστικό χρώμα.

5.2 Βελτίωση θερμομόνωσης κτηριακού κελύφους

Στο κτηριακό κέλυφος των κτηρίων υπάρχει ήδη μια στρώση μονωτικού υλικού ωστόσο σε αυτό το σενάριο θα προσθέσουμε ένα μονωτικό υλικό ακόμα και συγκεκριμένα θα προσθέσουμε εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 3 εκατοστών επιχρισμένη εξωτερικά με θερμομονωτικό επίχρισμα πάχους 1 εκατοστού. Για την μόνωση της οροφής επιλέχθηκε επίσης εξηλασμένη πολυστερίνη με θερμομονωτικό επίχρισμα.

Ονομασία Υλικού	Πάχος (m)	Θερμική αγωγιμότητα (W/m*K)	Πυκνότητα (kg/m ³)	Ειδική Θερμοχωρητικότητα (J/kg*K)	Συντελεστής Απορρόφησης Θερμικής Ακτινοβολίας	Συντελεστής Απορρόφησης Ηλιακής Ακτινοβολίας
Εξηλασμένη Πολυστερίνη	0,03	0,035	35	1450	0,2	0,7
Θερμομονωτικό Επίχρισμα	0,01	0,08	250	1100	0,2	0,6

Πίνακας 26 : Θερμοφυσικές ιδιότητες νέων υλικών

Κατά συνέπεια, οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων των κτηρίων μειώνονται με αποτέλεσμα την πτώση της μέσης θερμοκρασίας κατά την θερινή περίοδο, ενώ παράλληλα οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας έχουν μικρότερο εύρος.

Η κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό σημείωσε μείωση μετά την εφαρμογή επιπλέον θερμομόνωσης. Παρακάτω φαίνονται τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας στα κτήρια μετά από αυτή την αλλαγή.

Κτήριο	Αρχική κατανάλωση	Τελική κατανάλωση
Κτήριο 1	10951,09	9236,11
Κτήριο 2	18166,57	15066,23
Κτήριο 3	20997,22	16381,87
Reception	3584,09	2858,33

Πίνακας 27 : Ψυκτικές καταναλώσεις ανά κτήριο πριν και μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης

Σύμφωνα με τον πίνακα 27 από την βελτίωση θερμομόνωσης του κτιριακού κελύφους εξοικονομούνται 10157 kWh / έτος. Η τιμή της επένδυσης ανέρχεται στα 5 €/m² . Η συνολική επιφάνεια της τοιχοποιίας είναι 904m² συνεπώς το κόστος της επένδυσης ανέρχεται σε 18.080 €. Το ετήσιο όφελος προκύπτει πολλαπλασιάζοντας την μέση τιμή χρέωσης της kWh της επιχείρησης με τις kWh που ωφελείται η επιχείρηση από αυτή την επένδυση (μέση τιμή χρέωσης kWh συμπεριλαμβανομένων των ρυθμιζόμενων χρεώσεων για επαγγελματικό τιμολόγιο Γ22 ανέρχεται στα 0,14€ . Άρα προκύπτει ετήσια ωφέλεια ίση με 1422€.

5.3 Αλλαγή κουφωμάτων

Για τα κουφώματα επιλέχθηκε συνθετικό πλαίσιο και δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12mm αέρα και επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας (low-e). Η θερμική ενέργεια που διαφεύγει από τα κουφώματα κατά τους

θερινούς μήνες εμφανίζεται μειωμένη ενώ συγχρόνως βελτιώνονται και οι τιμές του αερισμού.

Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m²*K)	Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους
Παράθυρο μεγάλο	2,24	0,515
Παράθυρο μικρό	2,43	0,423
Τζαμόπορτα	2,26	0,545

Πίνακας 28 : Χαρακτηριστικά υαλοπινάκων και κουφωμάτων κτιρίων 1 και 2 μετά την αλλαγή

Είδος κουφώματος	Αερισμός m³/s
Παράθυρο μεγάλο	0,00207
Παράθυρο μικρό	0,00043
Τζαμόπορτα	0,00543

Πίνακας 29: Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας από τα κουφώματα των κτηρίων 1 και 2 μετά την αλλαγή

Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² *K)	Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους
Παράθυρο μεγάλο	3,24	0,515
Παράθυρο μικρό	2.43	0,423
Τζαμόπορτα	2.38	0,566

Πίνακας 30 : Χαρακτηριστικά υαλοπινάκων και κουφωμάτων κτιρίου 3 μετά την αλλαγή

Είδος κουφώματος	Αερισμός m ³ /s
Παράθυρο μεγάλο	0,00207
Παράθυρο μικρό	0,00043
Τζαμόπορτα	0,0144

Πίνακας 31 : Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας από τα κουφώματα του κτηρίου 3 μετά την αλλαγή

Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² *K)	Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους
Παράθυρο μπαρ	2,35	0,561
Παράθυρο μεγάλο	2,25	0,473
Παράθυρο μικρό	2,32	0,561
Τζαμόπορτα τύπου 1	2,30	0,548
Τζαμόπορτα τύπου 2	2,31	0,530
Τζαμόπορτα τύπου 3	2,29	0,548
Τζαμόπορτα τύπου 4	2,39	0,569
Τζαμόπορτα τύπου 5	2,55	0,574

Πίνακας 32 : Χαρακτηριστικά υαλοπινάκων και κουφωμάτων reception μετά την αλλαγή

Είδος κουφώματος	Αερισμός m ³ /s
Παράθυρο μπαρ	0,01147
Παράθυρο μεγάλο	0,00209
Παράθυρο μικρό	0,00093
Τζαμόπορτα τύπου 1	0,00672
Τζαμόπορτα τύπου 2	0,00651
Τζαμόπορτα τύπου 3	0,00837
Τζαμόπορτα τύπου 4	0,01674
Τζαμόπορτα τύπου 5	0,02651

Πίνακας 33: Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας από τα κουφώματα του reception μετά την αλλαγή

Σε γενικές γραμμές τα κτήρια βγαίνουν κερδισμένα από την εφαρμογή συνθετικών κουφωμάτων με low-e υαλοπίνακες, αφού έχουν σημαντικά μειωμένο συντελεστή θερμοπερατότητας, και εμποδίζουν την είσοδο θερμότητας με την μορφή ακτινοβολίας κατά την θερινή περίοδο.

Κτήριο	Αρχική κατανάλωση	Τελική κατανάλωση
Κτήριο 1	10951,09	10630,55
Κτήριο 2	18166,57	18066.66
Κτήριο 3	20997,22	20811.11
Reception	3584,09	3552.77

Πίνακας 34 : Συνολική ψυκτική ενέργεια ανά κτήριο πριν και μετά την αλλαγή

Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα συνολικά ενεργειακά κέρδη της επιχείρησης από αυτή την αλλαγή είναι ελάχιστα σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ο δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12mm αέρα και επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπνεμπτικότητας (low-e) κοστίζει 50€/m² το σενάριο κρίνεται εξαιρετικά ασύμφορο.

5.4 Αντικατάσταση Λαμπτήρων

Για την αντικατάσταση των υπαρχόντων λαμπτήρων φθορίου επιλέχθηκαν φωτοδιόδοι (LED). Τυπική τιμή της φωτεινής δραστηριότητας των φωτοδιόδων επιλέχθηκε 90 lm/W. Έτσι διαμορφώνεται η απαιτούμενη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο χώρου και ανά χρήση σε 3,1 W/m² για τα υπνοδωμάτια, 5,55 W/m² για το γραφείο και 1,1 W/m² για τον χώρο της reception.

Η ενέργεια που καταναλώνεται πριν και μετά την αλλαγή των λαμπτήρων σε κάθε κτήριο φαίνεται στον πίνακα 35.

Κτήριο	Λαμπτήρες φθορίου (kWh)	Λαμπτήρες LED (kWh)
Κτήριο 1	932	621,33
Κτήριο 2	1361,1	907,33
Κτήριο 3	1370,5	913,66
Reception	973,8	649,25

Πίνακας 35 : Συνολική ενέργεια για φωτισμό ανά κτήριο πριν και μετά την αντικατάσταση των λαμπτήρων

Σύμφωνα με τον πίνακα 25 εξοικονομούνται 1540 kWh/ έτος . Η συνολική επιφάνεια των κτιρίων 1,2 και 3 ανέρχεται σε 373 m² , συνολικά χρειάζεται η κατανάλωση 1156 watt, η τιμή φωτεινής δραστηριότητας των λαμπτήρων LED είναι 90 lm/watt συνεπώς χρειάζεται η κάλυψη 104067lm .Ομοίως για το κτήριο της reception χρειάζονται 23032lm για τον χώρο υποδοχής και για το γραφείο 6643lm. Συνολικά απαιτούνται 133742lm. Μία λάμπα LED ισχύος 4 watt με κόστος 3,2 € αντιστοιχεί σε 320 lm φωτεινότητας. Άρα για την κάλυψη της απαιτούμενης φωτεινότητας χρειάζονται 418 λαμπτήρες με συνολικό κόστος 1337,6€. Το όφελος της ενέργειας , σύμφωνα με την τιμή χρέωσης όπως έχει προαναφερθεί ανέρχεται σε 216,44 € / έτος,

5.5 Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού

Σύμφωνα με την παράγραφο 4.2.2.1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 για τις κεντρικές μονάδες ψύξης ο δείκτης αποδοτικότητας EER για συστήματα 10-ετίας λαμβάνεται 2,5. Για ανεπαρκή μόνωση , η απόδοση του δικτύου διανομής

υπολογίζεται 97%. Επίσης ο βαθμός απόδοσης ψύξης των τερματικών μονάδων για άμεσα τερματικά συστήματα διανομής αέρα με συνεχή λειτουργία υπολογίστηκε 0,71%, έτσι η απαιτούμενη ψυκτική ενέργεια που έχει υπολογιστεί στο προηγούμενο κεφάλαιο μετατρέπεται σε 12910,9 kWh καταναλωμένης ενέργειας.



Εικόνα 17 : Κεντρική μονάδα κλιματισμού reception

Για την αναβάθμιση του συστήματος κλιματισμού επιλέγεται μόνωση ίση με την ακτίνα των σωλήνων ,διακοπτόμενη λειτουργία των τερματικών μονάδων με υδραυλικά εξισορροπημένο σύστημα και ενσωματωμένες τερματικές μονάδες. Μετά την αλλαγή η απαιτούμενη ενέργεια διαμορφώνεται σε 10107,14 kWh.

Το σύστημα κλιματισμού στα δωμάτια αποτελείται από τοπικές αντλίες θερμότητας απόδοσης 93%, σύμφωνα με την παράγραφο 4.4.2 της

T.O.T.E.E. 20701-1. Ο θερμοστάτης των κλιματιστικών για την θερινή περίοδο έχει οριστεί στους 26 °C.

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας, συμπεριλαμβανομένου και του βαθμού απόδοσης των κλιματιστικών μονάδων ανέρχεται στα σε 12140,9kWh, 20140,3kWh και 23278,5kWh για τα κτήρια 1,2 και 3 αντίστοιχα. Αντικαθιστώντας τα κλιματιστικά με πιο οικονομικά τελευταίας τεχνολογίας , απόδοσης 95% οι καινούριες καταναλώσεις ανά κτήριο θα είναι 11527,4 , 19122,7 και 22102,3 .

Συνολικά από την αναβάθμιση του συστήματος κλιματισμού η επιχείρηση κερδίζει 5611,06 KWh ετησίως. Η αντικατάσταση των κλιματιστικών μονάδων των δωματίων (συνολικά 12 μονάδες) με αντίστοιχες ενεργειακής κλάσης A+(500€ κόστος μονάδας) ανέρχεται στις 6000€. Με βάση το ετήσιο όφελος ενέργειας , το οικονομικό όφελος ανέρχεται σε 785,54€ .

5.6 Αναβάθμιση λέβητα-καυστήρα

Η μόνωση του δικτύου διανομής του ζεστού νερού χρήσης κρίνεται ανεπαρκής επειδή δεν υπάρχει καθόλου μονωτικό υλικό στις βάνες των σωλήνων. Ύστερα από πλήρη μόνωση του δικτύου το ποσοστό απωλειών μειώνεται και ο βαθμός απόδοσης του διαμορφώνεται σε 93%. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τον νέο βαθμό απόδοσης του συστήματος παραγωγής και διανομής του ζεστού νερού χρήσης υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργειας του λέβητα για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης στα 28130,46 kWh/έτος. Συνολικά ανά έτος εξοικονομούνται 12546,93 kWh. Για την αλλαγή αυτή απαιτείται μονωτικό υλικό κατά μήκος όλων των σωληνώσεων , λόγω ελλιπών στοιχείων για το

μήκος του δικτύου διανομής δεν μπορεί να υπολογιστεί το ακριβές κόστος ωστόσο η τιμή αγοράς ενός m^2 ανέρχεται μόλις σε 0,8€ και συνολικά η επιχείρηση ωφελείται από αυτό το σενάριο κατά 1756€ ετησίως άρα η επέμβαση αυτή κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα .

6. Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε η μελέτη του ξενοδοχείου Αστερίς με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση του. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε μέσω της καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης του ξενοδοχείου μετά από επί τόπου επισκέψεις και συγκέντρωσης επιπλέον στοιχείων από τα διαγράμματα κάλυψης και τις μελέτες θερμομόνωσης των κτιρίων που μελετήθηκαν. Η μοντελοποίηση των κτιρίων έγινε με τα προγράμματα Google SketchUp και Open studio ενώ η προσομοίωση με το πρόγραμμα EnergyPlus. Αφού προτάθηκαν βελτιωτικές επεμβάσεις , έγινε προσομοίωση και αξιολόγηση των επεμβάσεων αυτών. Συνολικά μελετήθηκαν πέντε σενάρια με σκοπό την ενεργειακή εξοικονόμηση του ξενοδοχείου. Το πρώτο σενάριο αφορά την θερμομόνωση του κτηριακού κελύφους με σκοπό να μειωθεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων ώστε οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας έχουν μικρότερο εύρος. Μετά την προσθήκη εξιλασμένης πολυστερίνης και θερμομονωτικού επιχρίσματος υπολογίστηκε ότι εξοικονομούνται 10157 kWh/έτος το οποίο αντιστοιχεί σε 1422€ ετησίως σύμφωνα με τη μέση τιμή χρέωσης kWh συμπεριλαμβανομένων των ρυθμιζόμενων χρεώσεων για επαγγελματικό τιμολόγιο Γ22 (0,14€/kWh) . Στο δεύτερο σενάριο έγινε αντικατάσταση των κουφωμάτων με καινούρια συνθετικού πλαισίου και δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο 12mm αέρα και επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας

(low-e) ώστε να μειωθούν τα θερμικά κέρδη που εισέρχονται στα κτίρια από τα παράθυρα. Διαπιστώθηκε ότι το συνολικό ετήσιο ενεργειακό όφελος του ξενοδοχείου ισοδυναμεί με 639kWh πόσο πάρα πολύ μικρό ειδικά αν αναλογιστεί το κόστος της επένδυσης που αντιστοιχεί σε 50€/m² υαλοπίνακα. Το τρίτο σενάριο αφορά την αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορίου με οικονομικότερους λαμπτήρες LED. Μία λάμπα LED ισχύος 4 watt με κόστος 3,2 € αντιστοιχεί σε 320 lm φωτεινότητας. Για να καλυφθεί η απαιτούμενη στάθμη φωτεινότητας ανά χρήση κτιρίου και ανά θερμική ζώνη η εφαρμογή του σεναρίου αναμένεται να στοιχίσει στην επιχείρηση 1337€. Στην συνέχεια εξετάστηκε το σενάριο της αντικατάστασης των κλιματιστικών με καινούρια ενεργειακής κλάσης A+. Η αντικατάσταση των κλιματιστικών μονάδων των δωματίων (συνολικά 12 μονάδες) με αντίστοιχες ενεργειακής κλάσης A+(500€ κόστος μονάδας) ανέρχεται στις 6000€. Με βάση το ετήσιο όφελος ενέργειας , το οικονομικό όφελος ανέρχεται σε 785,54€ . Τέλος όσον αφορά την μόνωση του δικτύου διανομής ζεστού νερού χρήσης δεν ήταν δυνατή η ακριβής πρόβλεψη του κόστους λόγω ελλιπών στοιχείων σχετικά με το μήκος των σωληνώσεων. Διαπιστώνεται όμως ότι εξοικονομεί 1756€ ετησίως και το κόστος ανέρχεται σε 0,8€/m. Το κόστος δεν αναμένεται με αυτά τα δεδομένα να είναι μεγάλο σε αντίθεση με το όφελος. Συγκριτικά με τα υπόλοιπα σενάρια η μεγάλη αυτή εξοικονόμηση οφείλεται στο γεγονός ότι οι εγκαταστάσεις του ζεστού νερού χρήσης αφορούν το ξενοδοχείο στο σύνολο του και δεν εξυπηρετούν μόνο το κτήριο που έχει προσομοιωθεί την εκάστοτε φορά . Συμπερασματικά απορρίπτεται το σενάριο αλλαγής κουφωμάτων ενώ όλες οι υπόλοιπες παρεμβάσεις προτείνονται, με προτεραιότητα στην μόνωση του δικτύου διανομής ζεστού νερού χρήσης και αντικατάστασης λαμπτήρων που

κρίθηκαν πιο συμφέρουσες καθώς μειώνεται σημαντικά η κατανάλωση ενέργειας και τα ετήσια έξοδα για ψύξη των κτιρίων.

7. Βιβλιογραφία

[1] ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010

[2]. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (2010α) 20701-1/2010 «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»

[3]. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (2010β) 20701-2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων»

[4] Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (2010γ) 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών»

[5] Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (2010δ) 20701-4/2010 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων & εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού»

[6] www.openstudio.com

[7] www.energyplus.com

[8] www.googlesketchup.com