

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ: ΟΡΓΑΝΩΣΗ & ΔΙΟΙΚΗΣΗ



«ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΙΚΡΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΤΑ ΧΑΝΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΤΟΥ ΠΙΚΟΥΛΑ ΜΙΧΑΗΛ (ΑΜ 2014019005)

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Επικ. Καθηγητής Φ. Κανέλλος (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)
Επικ. Καθηγητής Σ. Τσαφάρκης
Επικ. Καθηγητής Σ. Παπαευθυμίου

ΧΑΝΙΑ, 2017

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιείται ενεργειακή προσομοίωση ενός ελληνικού οικισμού του Νομού Χανίων. Στο κεφάλαιο 1 γίνεται εισαγωγή στο ζήτημα της εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα και παρουσιάζεται ο στόχος της εργασίας. Στο κεφάλαιο 2 δίνονται στοιχεία σχετικά με την παρούσα κατάσταση στον ενεργειακό τομέα τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο και παρουσιάζονται μέθοδοι ενεργειακής ανάλυσης.

Στο κεφάλαιο 3 παρατίθενται τα χαρακτηριστικά του υπό μελέτη οικισμού καθώς και η μέθοδος με την οποία έγινε η ενεργειακή ανάλυση των κτιρίων του. Δίνονται λεπτομέρειες σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν, και γίνεται παρουσίαση εφαρμογής των λειτουργιών αυτών σε ένα εκ των δεκατριών κτιρίων του οικισμού. Στη συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά ο τρόπος με τον οποίο σχεδιάστηκαν τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν για την συγκέντρωση δεδομένων από τους κατοίκους του οικισμού.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ενεργειακής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε για κάθε κτίριο του υπό μελέτη συστήματος. Τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα Sketchup, OpenStudio και EnergyPlus.

Στο κεφάλαιο 5 εξετάζονται τα αποτελέσματα της ενεργειακής ανάλυσης του οικισμού και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν σε σχέση με τις καταναλώσεις των κτιρίων. Επίσης παρατίθενται διάφορα σενάρια επέμβασης που αποσκοπούν στη μείωση των ενεργειακών τους καταναλώσεων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---|-----------|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 3 |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ | 4 |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ | 5 |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ | 7 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ | 8 |
| 1.1 Εισαγωγή | 8 |
| 1.2 Στόχος εργασίας | 9 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑ | 10 |
| 2.1 Ιστορικά στοιχεία | 10 |
| 2.2 Ενέργεια και κτίριο στην Ελλάδα | 11 |
| 2.2.1 Υφιστάμενη κατάσταση | 11 |
| 2.2.2 Ενεργειακή βαθμολόγηση κτιρίων σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ | 12 |
| 2.2.3 Ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα | 14 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ | 16 |
| 3.1 Σύστημα μελέτης | 16 |
| 3.1.1 Χαρακτηριστικά οικισμού | 16 |
| 3.1.2 Κριτήρια επιλογής | 17 |
| 3.2 Ενεργειακή προσομοίωση | 18 |
| 3.2.1 EnergyPlus | 18 |
| 3.2.2 Google Sketchup | 21 |
| 3.2.3 OpenStudio | 22 |
| 3.2.4 Εφαρμογή ενεργειακής προσομοίωσης | 31 |
| 3.3 Δεδομένα που συλλέχθηκαν για τη διεξαγωγή της ενεργειακής προσομοίωσης-ανάλυσης | 50 |
| 3.3.1 Ερωτηματολόγιο | 50 |
| 3.3.2 Καταγραφή κτιρίων | 51 |
| 3.4 Σχεδιασμός σεναρίων επέμβασης | 55 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ | 56 |
| 4.1 Υφιστάμενη κατάσταση – Σεναρία επέμβασης | 56 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 81 |
| 5.1 Εκτίμηση υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης | 81 |
| 5.2 Εκτίμηση της ενεργειακής φτώχειας | 82 |
| 5.2.1 Εκτίμηση ενεργειακής φτώχειας κατά Boardman | 82 |
| 5.2.2 Εκτίμηση της ενεργειακής φτώχειας με τον EDI | 83 |
| 5.3 Προτεινόμενα σεναρία επέμβασης | 84 |

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

| | |
|---|----|
| Σχήμα 1 Έτος κατασκευής ελληνικών κτιρίων..... | 11 |
| Σχήμα 2 Κατηγοριοποίηση κτιρίων | 16 |
| Σχήμα 3 Τρισδιάστατη απεικόνιση οικισμού στο SketchUp..... | 17 |
| Σχήμα 4 EP Launch..... | 19 |
| Σχήμα 5 IDF Editor | 20 |
| Σχήμα 6 Σχεδιασμός κατοικίας στο Google Sketchup | 21 |
| Σχήμα 7 Open Studio plugin στο Google Sketchup | 22 |
| Σχήμα 8 OpenStudio – Site tab | 23 |
| Σχήμα 9 OpenStudio – Schedule tab..... | 24 |
| Σχήμα 10 OpenStudio – Constructions tab..... | 25 |
| Σχήμα 11 OpenStudio – Materials tab | 27 |
| Σχήμα 12 OpenStudio – Loads tab..... | 28 |
| Σχήμα 13 OpenStudio – Thermal Zones tab..... | 29 |
| Σχήμα 14 OpenStudio – Results tab..... | 30 |
| Σχήμα 15 OpenStudio – Site tab | 31 |
| Σχήμα 16 OpenStudio–Schedule tab–People Activity..... | 32 |
| Σχήμα 17 OpenStudio–Schedule tab–Temperature Cooling..... | 33 |
| Σχήμα 18 OpenStudio–Schedule tab–Temperature Heating..... | 33 |
| Σχήμα 19 OpenStudio–Schedule tab–Electric Equipment | 34 |
| Σχήμα 20 OpenStudio–Schedule tab–Infiltration..... | 35 |
| Σχήμα 21 OpenStudio–Schedule tab–Lighting | 36 |
| Σχήμα 22 OpenStudio–Schedule tab–People..... | 37 |
| Σχήμα 23 OpenStudio–Schedule tab–Schedule Sets | 38 |
| Σχήμα 24 OpenStudio – Materials tab | 39 |
| Σχήμα 25 OpenStudio – Constructions tab | 40 |
| Σχήμα 26 OpenStudio–Loads tab–People Definition | 41 |
| Σχήμα 27 OpenStudio–Loads tab–Lighting Definition..... | 42 |
| Σχήμα 28 OpenStudio–Loads tab–Lighting Definition..... | 43 |
| Σχήμα 28 OpenStudio–Thermal Zones tab–HVAC..... | 44 |
| Σχήμα 29 OpenStudio–Thermal Zones tab–HVAC..... | 45 |
| Σχήμα 30 OpenStudio–Thermal Zones tab–HVAC..... | 45 |
| Σχήμα 31 Google Sketchup–OpenStudio–Thermal Zones | 46 |
| Σχήμα 32 Google Sketchup–OpenStudio–Surfaces | 47 |
| Σχήμα 33 Spaces check | 48 |
| Σχήμα 35 OpenStudio–Results Graph..... | 49 |
| Σχήμα 36 OpenStudio–Results Table..... | 49 |
| Σχήμα 26 Κατοικία 1 | 51 |
| Σχήμα 27 Κατοικία 2..... | 51 |
| Σχήμα 28 Κατοικία 3..... | 52 |

| | |
|--|----|
| Σχήμα 29 Κατοικία 4 | 52 |
| Σχήμα 30 Κατοικία 5 | 52 |
| Σχήμα 31 Κατοικία 6 | 52 |
| Σχήμα 32 Κατοικία 7 | 53 |
| Σχήμα 33 Κατοικία 8 | 53 |
| Σχήμα 34 Κατοικία 9 | 53 |
| Σχήμα 35 Κατοικία 10 | 53 |
| Σχήμα 36 Κατοικία 11 | 54 |
| Σχήμα 37 Κατοικία 12 | 54 |
| Σχήμα 38 Κατοικία 13 | 54 |
| Σχήμα 39 Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών στα κτίρια του οικισμού | 80 |

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

| | | |
|------------|--|----|
| Πίνακας 1 | Όρια ενεργειακών κατηγοριών ΚΕΝΑΚ | 12 |
| Πίνακας 2 | Χρήσεις κτιρίων | 13 |
| Πίνακας 3 | Όρια ενεργειακών κατηγοριών για τις 4 κλιματικές ζώνες..... | 14 |
| Πίνακας 4 | Συντελεστής εποχιακής μεταβλητότητας της θνησιμότητας..... | 15 |
| Πίνακας 5 | Τεχνικές προδιαγραφές υλικών | 27 |
| Πίνακας 6 | Κόστος εγκατάστασης, εξοικονόμηση και έτη αποπληρωμής ανά σενάριο για την κατοικία 1 | 57 |
| Πίνακας 7 | Κατοικία 2 | 59 |
| Πίνακας 8 | Κατοικία 3..... | 61 |
| Πίνακας 9 | Κατοικία 4 | 63 |
| Πίνακας 10 | Κατοικία 5..... | 65 |
| Πίνακας 11 | Κατοικία 6 | 66 |
| Πίνακας 12 | Κατοικία 8..... | 68 |
| Πίνακας 13 | Κατοικία 9..... | 70 |
| Πίνακας 14 | Κατοικία 7 | 72 |
| Πίνακας 15 | Κατοικία 10..... | 74 |
| Πίνακας 16 | Κατοικία 11 | 75 |
| Πίνακας 17 | Κατοικία 12..... | 77 |
| Πίνακας 18 | Κατοικία 13..... | 79 |
| Πίνακας 19 | Εξοικονομήσεις ανά τύπο κατοικίας ανά σενάριο [€] | 79 |
| Πίνακας 20 | Εκτίμηση ενεργειακής φτώχειας νοικοκυριών οικισμού κατά Boardman..... | 82 |
| Πίνακας 21 | Σενάριο: Αντικατάσταση λαμπτήρων | 84 |
| Πίνακας 22 | Σενάριο: Ηλιακός θερμοσίφωνας | 85 |
| Πίνακας 23 | Σενάριο: Αντικατάσταση ηλεκτρικών συσκευών | 85 |
| Πίνακας 24 | Σενάριο: Τοποθέτηση κλιματιστικών | 86 |
| Πίνακας 25 | Σενάριο: Αντικατάσταση κουφωμάτων..... | 86 |
| Πίνακας 26 | Σενάριο: Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών..... | 87 |
| Πίνακας 27 | Σενάριο: Θερμική μόνωση κτιρίου..... | 87 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1.1 Εισαγωγή

Από τα ζητήματα τα οποία καλείται να αντιμετωπίσει ένα κρατικό σύστημα, αυτό της ενέργειας αποτελεί ίσως το πιο κρίσιμο. Με την πάροδο του χρόνου διαφαίνεται όλο και περισσότερο η ανάγκη όχι μόνο για εύρεση νέων πόρων αλλά και για μείωση των υπαρχουσών ενεργειακών καταναλώσεων σε επίπεδο κοινωνίας, με ταυτόχρονη κάλυψη των αναγκών των ανθρώπων μελών.

Η ολοένα και αυξανόμενη παραγωγή επιστημονικού έργου στον ενεργειακό τομέα, καταδεικνύει πως τα μελλοντικά προβλήματα τόσο σε τοπικό όσο και σε διεθνές επίπεδο θα αφορούν σε μεγάλο βαθμό την κατανάλωση ενέργειας. Για το λόγο αυτό παρατηρείται η μεταστροφή των κυβερνήσεων ανά τον κόσμο προς την ενίσχυση του σχετικού ερευνητικού πλαισίου σε όλα τα επίπεδα.

Κεντρική θέση στους παράγοντες που συντελούν στην επιδείνωση του φαινομένου της ενεργειακής υπερκατανάλωσης κατέχει ο κτιριακός τομέας. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι τα κτίρια ευθύνονται για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και το 36% των αερίων εκπομπών του θερμοκηπίου στην Ευρώπη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει φιλόδοξους στόχους για το 2020 και ακόμη περισσότερους για το 2050 [European Comission 2011].

Προκειμένου να μειωθούν οι εγχώριες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 80-95% έως το 2050 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, ο κτιριακός τομέας έχει να κάνει από την πλευρά του μια βαθιά αναδιάρθρωση. Στις εθνικές αγορές υπάρχει έλλειψη εξοικείωσης και γνώσεων για μια ολοκληρωμένη διαδικασία σχεδιασμού ενώ ο ανεπαρκής αριθμός των ειδικευμένων τεχνιτών και σχεδιαστών για κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης αποδεικνύουν ότι ακόμη και σήμερα υπάρχει ανεπαρκής ενημέρωση-εξειδίκευση σχετικά με τα κτίρια αυτά [European Comission 2011].

1.2 Στόχος εργασίας

Στον ελλαδικό χώρο ο βαθμός στον οποίο συμβάλλει ο κτιριακός τομέας στην συνολική ενεργειακή κατανάλωση είναι αρκετά μεγάλος. Η ελάχιστη, αν όχι ανύπαρκτη, μέριμνα που δόθηκε ως προς τις επιταγές του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων μοιραία οδηγεί στο σημερινό φαινόμενο του «σπάταλου» ελληνικού κτιρίου.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή γίνεται μια προσπάθεια ανάδειξης του φαινομένου αυτού, μέσω της αποτύπωσης της παρούσας ενεργειακής κατάστασης ενός μικρού ελληνικού οικισμού στην περιοχή του Νομού Χανίων. Στόχος της εργασίας είναι η συνολική καταγραφή και μελέτη των ενεργειακών αναγκών των νοικοκυριών του οικισμού μελέτης, η διερεύνηση των παραγόντων που συμβάλλουν στην ενεργειακή υπερκατανάλωση καθώς και ο σχεδιασμός σεναρίων επέμβασης με απώτερο σκοπό την μελλοντική μείωση των καταναλώσεων και την εξοικονόμηση πόρων και χρημάτων.

Στο πλαίσιο της ενεργειακής προσομοίωσης των κτιρίων του οικισμού, κρίθηκε επίσης σκόπιμη μια ανασκόπηση των μεθόδων ανάλυσης, μέσω λεπτομερούς παρουσίασης του τρόπου λειτουργίας των αντίστοιχων εξειδικευμένων λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν, προκειμένου να καταστεί σαφής η διαδικασία εξαγωγής των αποτελεσμάτων.

Επιπρόσθετα, γίνεται προσπάθεια εκτίμησης της ενεργειακής φτώχειας στον οικισμό. Το φαινόμενο αυτό είναι απόρροια της γενικότερης έλλειψης μέριμνας στον ενεργειακό τομέα, ειδικότερα στον κτιριακό, και αντικατοπτρίζει το δυσανάλογο – σε σχέση με τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες - υψηλό ενεργειακό κόστος το οποίο καλούνται οι κάτοικοι του ελλαδικού χώρου να καλύψουν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

2.1 Ιστορικά στοιχεία

Η ανάγκη εύρεσης πηγών ενέργειας χρονολογείται από τα προϊστορικά χρόνια. Η επίτευξη ενός βελτιωμένου βιοτικού επιπέδου αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο στην ιστορία της εξέλιξης και του πολιτισμού των λαών, ενώ αδιαμφισβήτητα κοινωνικές ομάδες με ευκολότερη πρόσβαση σε διαφόρων ειδών πρώτες ύλες επικράτησαν έναντι άλλων που αντιμετώπισαν δυσκολίες στον συγκεκριμένο τομέα.

Στις μέρες μας, και ενώ οι μορφές των χρησιμοποιούμενων πηγών ενέργειας έχουν αλλάξει σε σχέση με το παρελθόν, παρατηρείται σε παγκόσμιο επίπεδο μια ολοένα αυξανόμενη δραστηριότητα που στοχεύει στην μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων. Οι λόγοι ύπαρξης του φαινομένου αυτού ποικίλλουν, σε ένα βασικό όμως επίπεδο συγκλίνουν στο γεγονός ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των χρησιμοποιούμενων από το ανθρώπινο είδος πόρων ανήκει στις μη ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, οι οποίες με την πάροδο του χρόνου εξαντλούνται.

Εκτός από τον κίνδυνο έλλειψης ενεργειακών πόρων, εξέχουσα θέση ανάμεσα στους διαφαινόμενους κινδύνους καταλαμβάνει η σταδιακή επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, γεγονός που ανησυχεί επιστήμονες σε ολόκληρο τον πλανήτη σχετικά με την βιωσιμότητα του γήινου οικοσυστήματος.

Βασική επιδίωξη διαφόρων οργανώσεων, οργανισμών, ιδιωτικών και επιστημονικών προσπαθειών είναι η μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων από το ανθρώπινο είδος. Στην κορυφή των υπό εξέταση θεμάτων βρίσκεται και ο κτιριακός τομέας, αφού κατέχει διόλου ευκαταφρόνητο ποσοστό στη συνολική παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας.

Τον Ιανουάριο του 2007, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπέβαλε ένα ολοκληρωμένο σχέδιο-πρόταση για την ενεργειακή/κλιματική αλλαγή που αφορούσε τα θέματα προμήθειας ενέργειας, κλιματικής αλλαγής και βιομηχανικής εξέλιξης. Δύο μήνες αργότερα, οι αρχηγοί των Ευρωπαϊκών Κρατών ενέκριναν το σχέδιο και συμφώνησαν σε μια Ενεργειακή Πολιτική για την Ευρώπη (Proposal Commission 2008).

Το σχέδιο απαιτούσε:

- Αύξηση 20% στην ενεργειακή απόδοση
- Μείωση 20% στις εκπομπές αερίου θερμοκηπίου
- Συμμετοχή των ΑΠΕ σε ποσοστό 20% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας από την ΕΕ μέχρι το 2020.

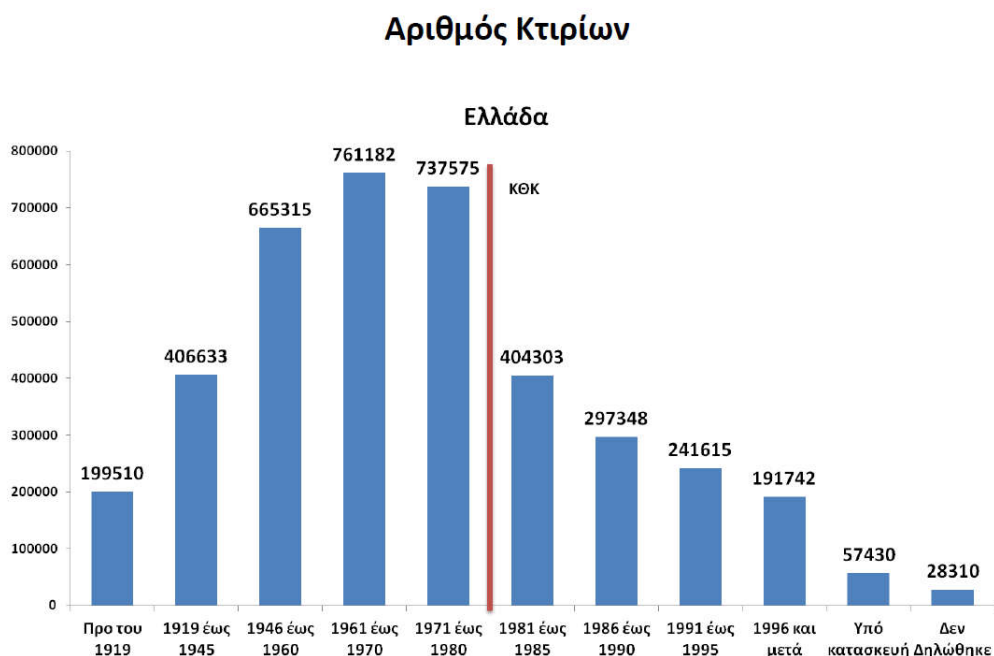
2.2 Ενέργεια και κτίριο στην Ελλάδα

2.2.1 Υφιστάμενη κατάσταση

Στον ελλαδικό χώρο η ενεργειακή κατανάλωση στον κτιριακό τομέα αποτελεί μείζον πρόβλημα. Ένας από τους βασικότερους παράγοντες που συμβάλλουν στην επιδείνωση του φαινομένου αυτού είναι η κακή, από πλευράς ενεργειακής αποδόσεως, ποιότητα κατασκευής του μεγαλύτερου ποσοστού των κτιρίων στον ελληνικό χώρο. Σύμφωνα με έρευνα του Τμήματος Στατιστικής του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών περίπου το 70% των κτιρίων της Ελλάδας κατασκευάστηκαν πριν το 1980, πριν δηλαδή την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης (**Σχήμα 1**).

Το γεγονός ότι ελάχιστη μέριμνα υπήρξε από τους μελετητές ως προς τις βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού έχει ως αποτέλεσμα σήμερα ο κτιριακός τομέας να αντιπροσωπεύει το 36% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, ποσοστό που μεταφράζεται σε 450 εκατομμύρια ευρώ ανά έτος. Συγκρινόμενες οι καταναλώσεις των κτιρίων της Αθήνας (29kWh / έτος / m³) προκύπτουν πολλαπλάσιες από αυτές χωρών όπως η Δανία (13 kWh / έτος / m³) η Γερμανία (21 kWh / έτος / m³) και η Ολλανδία (20 kWh / έτος / m³), οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι το ελληνικό κτίριο είναι εξαιρετικά “σπάταλο”.(Πάνας 2012)

Σχήμα 1 Έτος κατασκευής ελληνικών κτιρίων



Πηγή: (Πάνας 2012)

2.2.2 Ενεργειακή βαθμολόγηση κτιρίων σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ

Για τους λόγους που αναλύθηκαν ανωτέρω κρίθηκε σκόπιμη η θέσπιση ορισμένων κανονιστικών διατάξεων προκειμένου να μειωθεί το μέγεθος του προβλήματος. Βασικό εργαλείο πάνω στο οποίο στηρίχθηκε η προσπάθεια θεσμοθέτησης των ενεργειακών απαιτήσεων των κτιρίων ήταν το πρότυπο pr EN 15217:2006 και η μεθοδολογία που αυτό προτείνει. Σύμφωνα με το πρότυπο, ορίζονται επτά κατηγορίες ενεργειακών ορίων, από το Α έως το Η, βασιζόμενες στην ενεργειακή κατανάλωση («ΕΚ») του κτιρίου συναρτήσει των εξής παραγόντων:

- του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος (R_s), οποίος αντιστοιχεί στην ενεργειακή κατανάλωση του 50% του κτιριακού αποθέματος,
- του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού (R_r), δηλαδή τη μέγιστη επιτρεπόμενη, από τον κανονισμό, ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων.

Οι δείκτες R_r και R_s αφορούν στο σύνολο των ενεργειακών απαιτήσεων (θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης) και είναι εκφρασμένοι σε $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{έτος})$.

Βάσει του προτύπου, το μέγιστο όριο της κατηγορίας Β είναι ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού (R_r), ενώ το μέγιστο όριο της κατηγορίας Δ είναι ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος (R_s). Για την περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων που κατατάσσονται στις κατηγορίες Α και Β, θεσπίστηκαν οι κατηγορίες Α+ και Β. (Πίνακας 1)

Πίνακας 1 Όρια ενεργειακών κατηγοριών ΚΕΝΑΚ

| Ενεργειακή Κατηγορία | Όρια κατηγορίας |
|----------------------|---|
| A+ | Για $EK \leq 0,33 R_r$ |
| A | Για $0,33 R_r \leq EK \leq 0,50 R_r$ |
| B+ | Για $0,50 R_r \leq EK \leq 0,75 R_r$ |
| B | Για $0,75 R_r \leq EK \leq R_r$ |
| Γ | Για $R_r \leq EK \leq 0,50 (R_r + R_s)$ |
| Δ | Για $0,50 (R_r + R_s) \leq EK \leq R_s$ |
| E | Για $R_s \leq EK \leq 1,25 R_s$ |
| Z | Για $1,25 R_s \leq EK \leq 1,50 R_s$ |
| H | Για $1,50 R_s \leq EK$ |

Πηγή: (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας 2008)

Προκειμένου να ορισθούν τα όρια των ενεργειακών κατηγοριών (σε απόλυτες τιμές) ανά χρήση κτιρίου και ανά κλιματική ζώνη, συλλέχθηκαν στοιχεία από υπάρχουσες ενεργειακές μελέτες, επιθεωρήσεις και καταγραφές, από τις οποίες προέκυψε ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος (R_s) της χώρας, ανά χρήση κτιρίων και κλιματική ζώνη. Ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού (R_r) λήφθηκε ως το 75% του R_s .

Λαμβάνοντας υπόψη τις 4 κλιματικές ζώνες της χώρας, προέκυψαν όρια ενεργειακών κατηγοριών για 12 χρήσεις κτιρίων σε 4 κλιματικές ζώνες.

Οι κατηγορίες χρήσης κτιρίων που λήφθηκαν υπόψη, βάσει του Νόμου 3661/2008 (ΦΕΚ Α 89/19-05-2008), φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί. (**Πίνακας 2**).

Πίνακας 2 Χρήσεις κτιρίων

| No | Χρήση κτιρίου |
|----|---|
| 1 | Γραφείο |
| 2 | Εκπαιδευτικό κτίριο Πρωτοβάθμιας ή/και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης |
| 3 | Εκπαιδευτικό κτίριο Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης |
| 4 | Νοσοκομείο - Κλινική |
| 5 | Διαγνωστικό κέντρο - Ιατρείο |
| 6 | Ξενοδοχείο |
| 7 | Εμπορικό κατάστημα |
| 8 | Αθλητική εγκατάσταση-κλειστό γυμναστήριο |
| 9 | Αθλητική εγκατάσταση-κλειστό κολυμβητήριο |
| 10 | Μονοκατοικία |
| 11 | Πολυκατοικία |
| 12 | Αεροδρόμιο |

Πηγή: (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας 2008)

Όλα τα νέα κτίρια, καθώς και τα υφιστάμενα άνω των 1000m² που υφίστανται ριζική ανακαίνιση, θα πρέπει να βρίσκονται κατ' ελάχιστον εντός του εύρους ενεργειακής κατανάλωσης της κατηγορίας Β, ενώ για να θεωρηθεί ένα νοικοκυριό εκτός κατάστασης ενεργειακής φτώχειας, θα πρέπει το κτίριο να ανήκει τουλάχιστον στην κατηγορία Γ.

Στον πίνακα που ακολουθεί (**Πίνακας 3**) δίνεται η κλίμακα ενεργειακής βαθμολόγησης των μονοκατοικιών (που είναι και ο βασικός τύπος κατοικίας του οικισμού μελέτης), αναλόγως της ενεργειακής του κατανάλωσης και ανά κλιματική ζώνη. (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας 2008)

Πίνακας 3 Όρια ενεργειακών κατηγοριών για τις 4 κλιματικές ζώνες

| ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|--------|-----|-----|--------|-----|-----|--------|-----|-----|--------|-----|
| Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))] | | | | | | | | | | | | |
| Κλιματική Ζώνη | | | | | | | | | | | | |
| | | A | | | B | | | Γ | | | Δ | |
| A+ | | EK < | 60 | | EK < | 60 | | EK < | 65 | | EK < | 75 |
| A | 60 | ≤ EK < | 80 | 60 | ≤ EK < | 80 | 65 | ≤ EK < | 90 | 75 | ≤ EK < | 100 |
| B+ | 80 | ≤ EK < | 110 | 80 | ≤ EK < | 115 | 90 | ≤ EK < | 125 | 100 | ≤ EK < | 140 |
| B | 110 | ≤ EK < | 140 | 115 | ≤ EK < | 145 | 125 | ≤ EK < | 160 | 140 | ≤ EK < | 180 |
| Γ | 140 | ≤ EK < | 155 | 145 | ≤ EK < | 165 | 160 | ≤ EK < | 180 | 180 | ≤ EK < | 205 |
| Δ | 155 | ≤ EK < | 175 | 165 | ≤ EK < | 185 | 180 | ≤ EK < | 205 | 205 | ≤ EK < | 230 |
| E | 175 | ≤ EK < | 215 | 185 | ≤ EK < | 225 | 205 | ≤ EK < | 250 | 230 | ≤ EK < | 285 |
| Z | 215 | ≤ EK < | 255 | 225 | ≤ EK < | 265 | 250 | ≤ EK < | 300 | 285 | ≤ EK < | 335 |
| H | 255 | ≤ EK | | 265 | ≤ EK | | 300 | ≤ EK | | 335 | ≤ EK | |

Πηγή: (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας 2008)

2.2.3 Ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα

Παρά τα ακραία μέτρα οικονομικής πολιτικής που εφαρμόζονται τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα, στο ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας καθώς και το ποσοστό συμμετοχής του στην αντικειμενικά δυσβάσταχτη οικονομική ύφεση που η χώρα διανύει δεν έχει αποδοθεί η πρέπουσα σημασία. Με τη συνδυασμένη αύξηση των τιμών του πετρελαίου, την σταθερά αυξανόμενη τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος και την πτωτική τάση των εσόδων όλων των κοινωνικών ομάδων, το θέμα της αποτελεσματικής θέρμανσης των κατοικιών αποτελεί μείζον πρόβλημα για την ελληνική οικογένεια.

Σημαντικά στοιχεία προκύπτουν από έρευνες που αφορούν τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ ανεπαρκούς θέρμανσης της κατοικίας και στην υπέρβαση της θνησιμότητας (θνησιμότητα μεγαλύτερη του μέσου όρου) κατά τους χειμερινούς μήνες. Σύμφωνα με τον J.D.Healy (2003) η Ελλάδα παρουσιάζει συντελεστή εποχικής μεταβλητότητας της θνησιμότητας κατά τους χειμερινούς μήνες της τάξεως του 18%, ξεπερνώντας χώρες που αντιμετωπίζουν αντιξοότερες καιρικές συνθήκες όπως η Φινλανδία και η Σουηδία (Πίνακας 4). Σημειώνεται ότι οι θάνατοι αφορούν κυρίως ηλικιωμένους άνω των 65 χρόνων, δηλαδή ανθρώπους που είναι συνταξιούχοι και δυσκολεύονται να ανταπεξέλθουν οικονομικά στις ανάγκες θέρμανσης της κατοικίας τους.(Healy 2003)

Πίνακας 4 Συντελεστής εποχιακής μεταβλητότητας
της θνησιμότητας

| Χώρα | Ποσοστό μεταβλητότητας θνησιμότητας |
|--------------------|--|
| Φινλανδία | 0,1 |
| Γερμανία | 0,11 |
| Ολλανδία | 0,11 |
| Σουηδία | 0,12 |
| Νορβηγία | 0,12 |
| Δανία | 0,12 |
| Βέλγιο | 0,13 |
| Γαλλία | 0,13 |
| Αυστρία | 0,14 |
| Ελλάδα | 0,18 |
| Ηνωμένο Βασίλειο | 0,18 |
| Ιρλανδία | 0,21 |
| Πορτογαλία | 0,28 |
| Πηγή: (Healy 2003) | |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Σύστημα μελέτης

3.1.1 Χαρακτηριστικά οικισμού

Λαμβάνοντας λοιπόν υπ' όψη την παρούσα κατάσταση στον ελλαδικό χώρο, η ανάγκη μείωσης των ενεργειακών καταναλώσεων, με ιδιαίτερη έμφαση στον κτιριακό τομέα, κρίνεται επιτακτική. Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή συμβάλλει στην προσπάθεια αυτή, μελετώντας τις δυνατότητες ενεργειακής προσομοίωσης σε επίπεδο οικισμού. Ως οικισμός μελέτης επιλέχθηκε ένα μικρό χωριό στο Νομό Χανίων Κρήτης.

Το χωριό αποτελείται από 13 συνολικά κτίσματα τα οποία παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. 8 από τα κτίρια είναι κατασκευασμένα πριν το 1975 ενώ τα υπόλοιπα μετά. Όσον αφορά το χρονικό διάστημα χρήσης διακρίνονται 3 κατηγορίες κτιρίων: αυτά που κατοικούνται όλο το χρόνο, αυτά που κατοικούνται μόνο τα Σαββατοκύριακα και αυτά που κατοικούνται μόνο τους καλοκαιρινούς μήνες. (Σχήμα 2, Σχήμα 3)

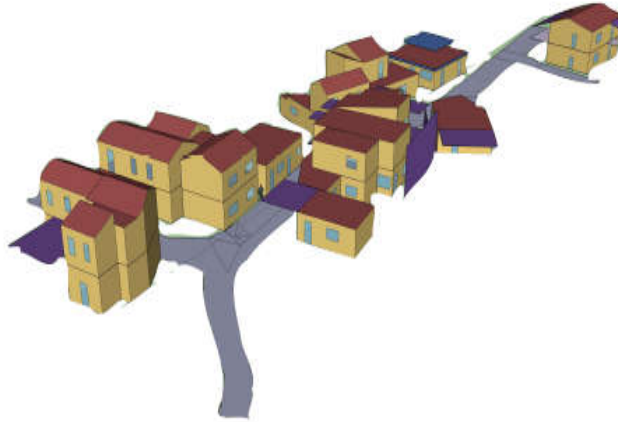
Η αποτύπωση των κτιρίων πραγματοποιήθηκε ως εξής:

- Διαστασιολόγηση στο AutoCAD
- Τρισδιάστατη απεικόνιση στο SketchUp (Us Department Of Energy 2010)

Σχήμα 2 Κατηγοριοποίηση κτιρίων



Σχήμα 3 Τρισδιάστατη απεικόνιση οικισμού στο SketchUp



3.1.2 Κριτήρια επιλογής

Η επιλογή του οικισμού έγινε λαμβάνοντας υπόψιν τους εξής παράγοντες:

- Τοποθεσία
Η κοντινή απόσταση που χωρίζει τον οικισμό από την πόλη των Χανίων διευκόλυνε την άμεση πρόσβαση καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας.
- Έκταση
Το μέγεθος του χωριού και ο αριθμός των κατοίκων εξασφάλισε ένα ικανοποιητικό δείγμα, δίνοντας παράλληλα τη δυνατότητα να εξεταστούν όλα τα κτίσματα, πράγμα που θα ήταν πολύ δύσκολο σε μία μεγάλη πόλη
- Ανομοιογένεια κτιρίων
Τα κτίρια του οικισμού διέφεραν τόσο ως προς τα υλικά κατασκευής (πέτρα, σκυρόδεμα, ξύλο, οπτόπλινθοι) όσο και ως προς την συνολική δομή (ύψος, εμβαδόν αρχιτεκτονική σύνθεση). Το γεγονός αυτό έδωσε τη δυνατότητα να εξεταστεί ένα αρκετά μεγάλο εύρος διαφορετικών ενεργειακών απαιτήσεων.
- Πληθυσμός
Η οικονομική κατάσταση των περισσότερων κατοίκων του χωριού συμβαδίζει με αυτή της μέσης ελληνικής οικογένειας, χωρίς σημαντικές διαφοροποιήσεις.

3.2 Ενεργειακή προσομοίωση

Προκειμένου να εξακριβωθούν λεπτομερώς όλες οι ενεργειακές καταναλώσεις των κτιρίων, απαραίτητο στοιχείο για τη χρήση οποιασδήποτε μεθόδου ενεργειακής μοντελοποίησης, πραγματοποιήθηκε τρισδιάστατη απεικόνιση με χρήση του προγράμματος Google Sketchup και στη συνέχεια ενεργειακή προσομοίωση όλων των κτισμάτων του οικισμού εισάγοντας τα δεδομένα που προέκυψαν από τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων στα προγράμματα ενεργειακής ανάλυσης Energy Plus και Open Studio.

3.2.1 EnergyPlus

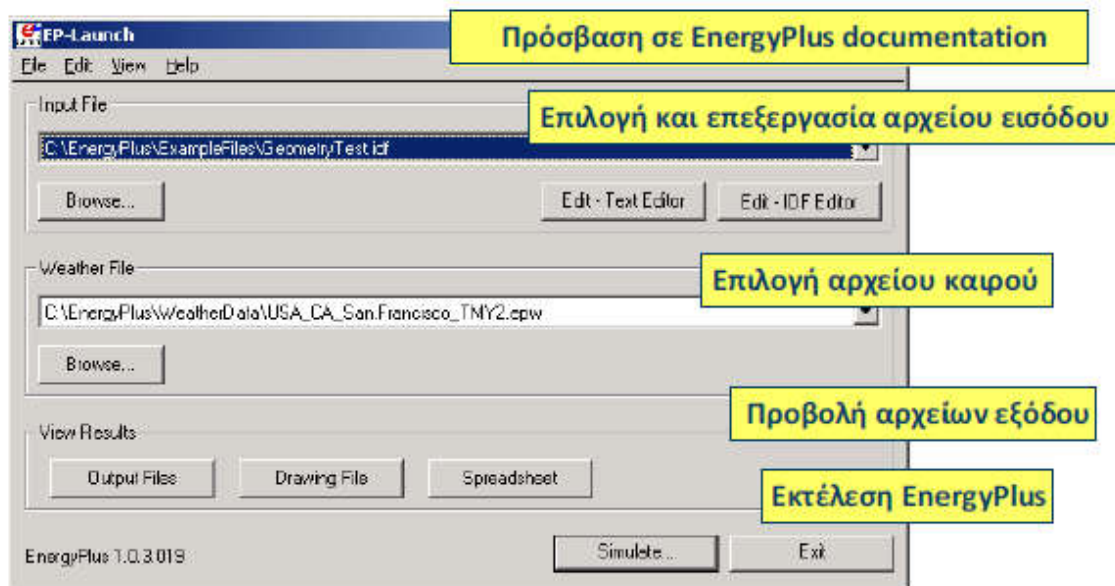
Πρόκειται για το βασικό εργαλείο ανάλυσης αφού τόσο το OpenStudio όσο και το Sketchup παρέχουν απλώς ένα φιλικότερο περιβάλλον χρήσης (User Interface) για το ισχυρότατο μεν, σχετικά δύσχρηστο δε EnergyPlus.

Είναι ένα λογισμικό προσομοίωσης και ενεργειακής ανάλυσης θερμικών φορτίων. Βασιζόμενο στην φυσική περιγραφή του κτιρίου, των ενεργειακών συστημάτων που διαθέτει το EnergyPlus υπολογίζει τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου, τα θερμικά και ψυκτικά φορτία που απαιτούνται ώστε να καλυφθούν οι θερμικές και ψυκτικές του απαιτήσεις καθώς και διάφορες άλλες παραμέτρους οι οποίες είναι απαραίτητες στο να επιβεβαιώσουν ότι η προσομοίωση αναπαριστά την λειτουργία του κτιρίου υπό πραγματικές συνθήκες.

EP-Launch

Πρόκειται για μία εφαρμογή που συγκεντρώνει όλες τις διαθέσιμες ενέργειες που μπορεί ο χρήστης του EnergyPlus να πραγματοποιήσει, αποφεύγοντας τη χρήση της γραμμής εντολών DOS. (Σχήμα 4)

Σχήμα 4 EP Launch



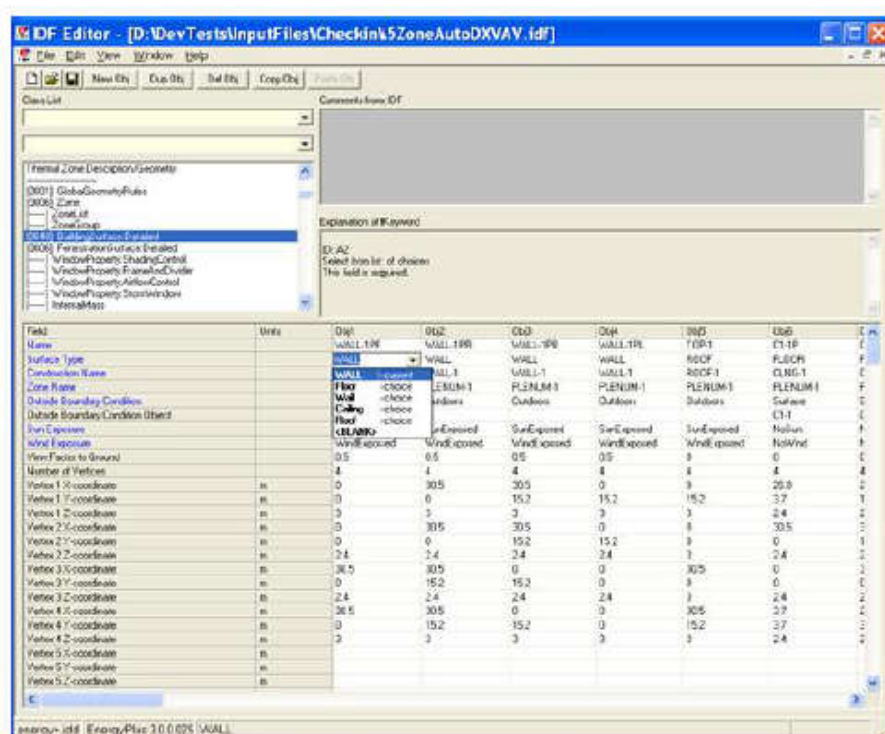
Πηγή: (U.S. Department of Energy 2012)

Αρχείο καιρού

Απαραίτητο στοιχείο για την οποιοδήποτε είδους ανάλυση, είναι η εισαγωγή των κλιματολογικών δεδομένων στο πρόγραμμα. Το αρχείο καιρού περιλαμβάνει τις πληροφορίες αυτές μέσω στατιστικών αναλύσεων και καταγραφών που έχουν συλλεχθεί από τις διάφορες μετεωρολογικές υπηρεσίες των υπό μελέτη σε βάθος αρκετών χρόνων. Στην προκειμένη περίπτωση τα μετεωρολογικά δεδομένα ελήφθησαν από προσομοίωμα καιρικών συνθηκών μέσης τιμής δεκαετίας, του μετεωρολογικού σταθμού Πολυτεχνείου Κρήτης.

IDF Editor

Σχήμα 5 IDF Editor



Πηγή: (U.S. Department of Energy 2012)

Πρόκειται για την ενσωματωμένη μέθοδο εισαγωγής/τροποποίησης των χαρακτηριστικών του προς προσομοίωση κτιρίου που διαθέτει το EnergyPlus. Ουσιαστικά είναι το μοναδικό εργαλείο που καλείται ο χρήστης να χρησιμοποιήσει προκειμένου να εισάγει σωστά τα χαρακτηριστικά της κατασκευής και να εξάγει αποτελέσματα.

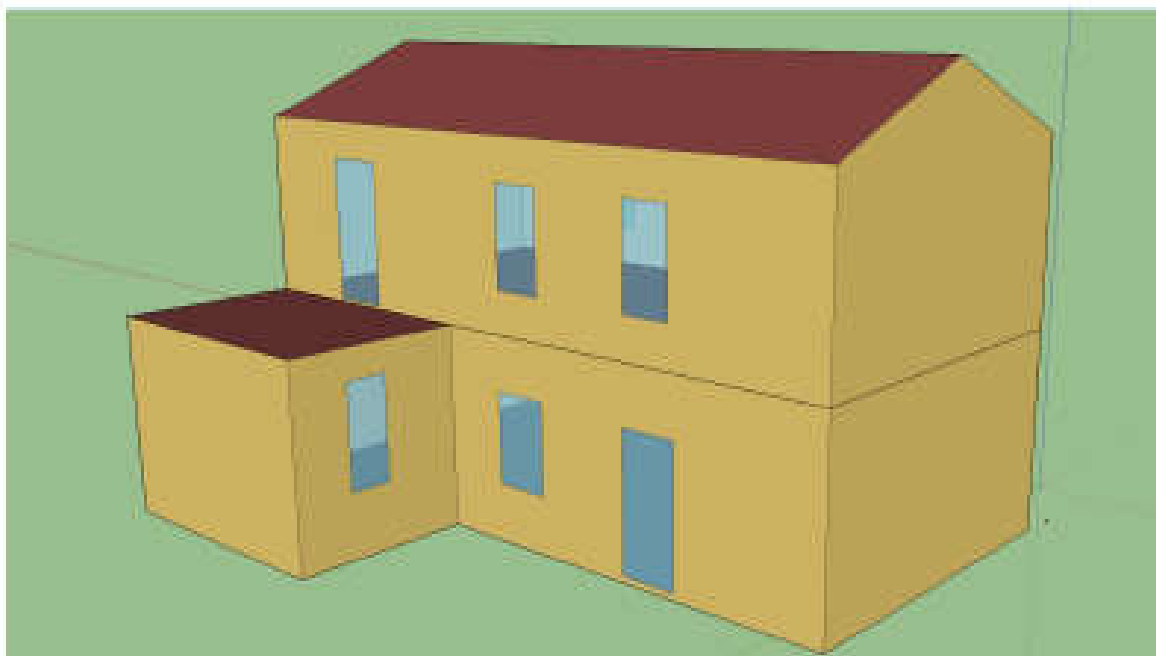
Επειδή όμως ο τρόπος εισαγωγής δεδομένων (χρήση ξεχωριστών στοιχείων υπό μορφή πινάκων/κελιών) είναι σχετικά δύσχρηστος, το μεγαλύτερο μέρος της εισαγωγής δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη συνδυασμένη χρήση των άλλων δύο προγραμμάτων, ακολουθώντας τη μεθοδολογία που αναλύεται παρακάτω.

3.2.2 Google Sketchup

Είναι το βασικό σχεδιαστικό πρόγραμμα, το οποίο σε συνδυασμό με το OpenStudio προσφέρει την δυνατότητα :

- Εισαγωγής της γεωμετρίας του κτιρίου.
- Σχεδιασμό όλων των επιφανειών (ανοίγματα, τοιχοποιίες, οροφή, δάπεδο) με απλά εργαλεία.
- Εισαγωγή των διατομών με την αναλυτική τους μορφή (είδος υλικού, πάχος στρώσης, θερμικές ιδιότητες)
- Εισαγωγή του προσανατολισμού του κτιρίου.

Σχήμα 6 Σχεδιασμός κατοικίας στο Google Sketchup

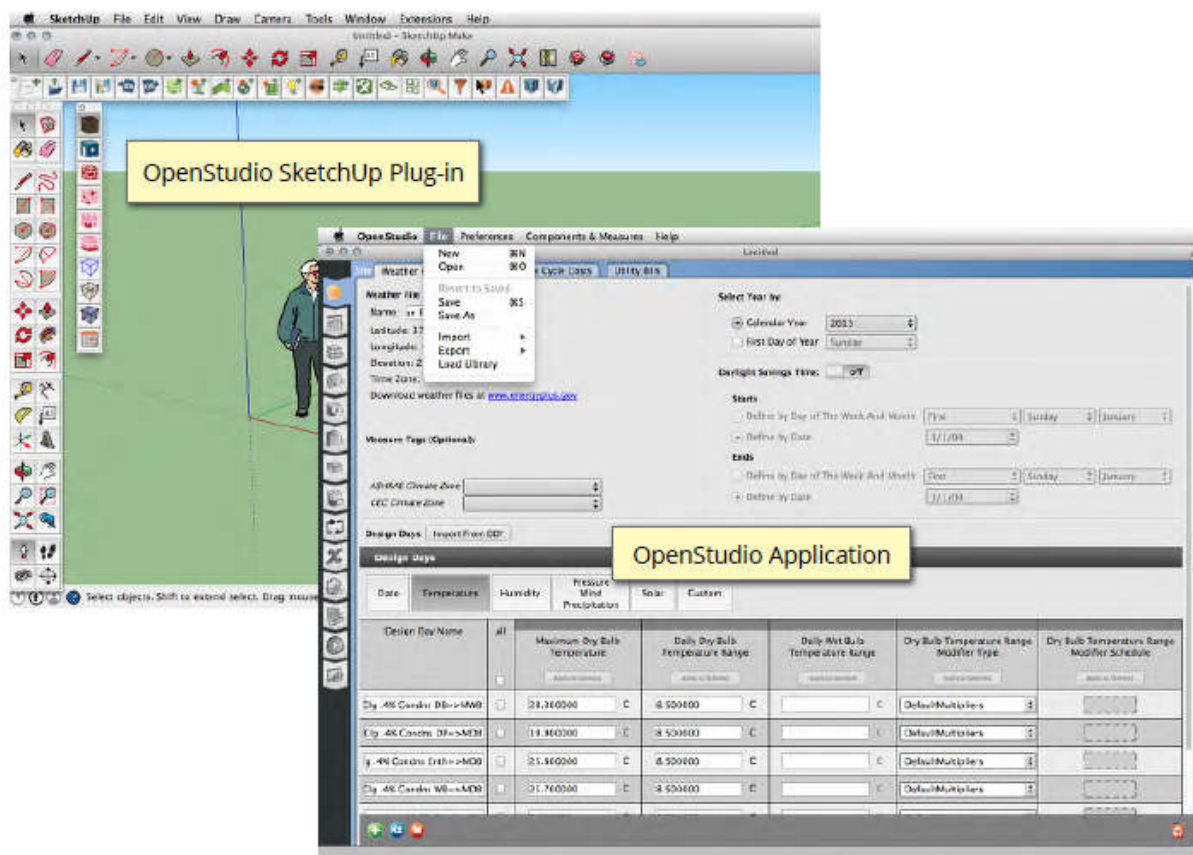


Πηγή: (U.S. Department of Energy 2012)

3.2.3 OpenStudio

Προκειμένου να εισαχθούν στοιχεία του κτιρίου που αφορούν τη λεπτομερή ενεργειακή του ανάλυση, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα OpenStudio.

Σχήμα 7 Open Studio plugin στο Google Sketchup



Πηγή: (OpenStudio 2015)

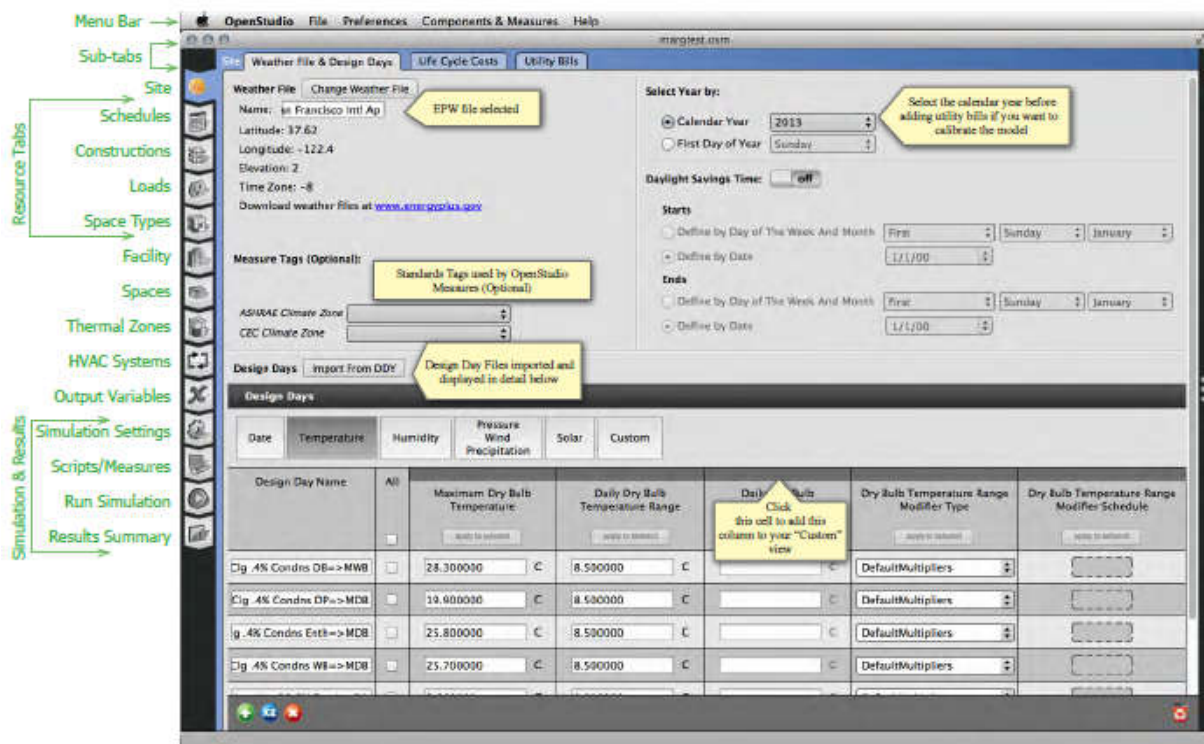
Κάνοντας χρήση της δυνατότητας διεπαφής των προγραμμάτων Google Sketchup και OpenStudio (μέσω plug-in που υπάρχει στο Sketchup) (Σχήμα 6), έγινε εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων ως εξής:

Τοποθεσία (Site)

Σε αυτήν την ενότητα εισάγονται βασικές πληροφορίες για την κατασκευή:

- Τοποθεσία κτιρίου υπό μορφή συντεταγμένων.
- Υψόμετρο τοποθεσίας.
- Αρχείο καιρού.
- Κλιματική ζώνη

Σχήμα 8 OpenStudio – Site tab



Πηγή: (OpenStudio 2015)

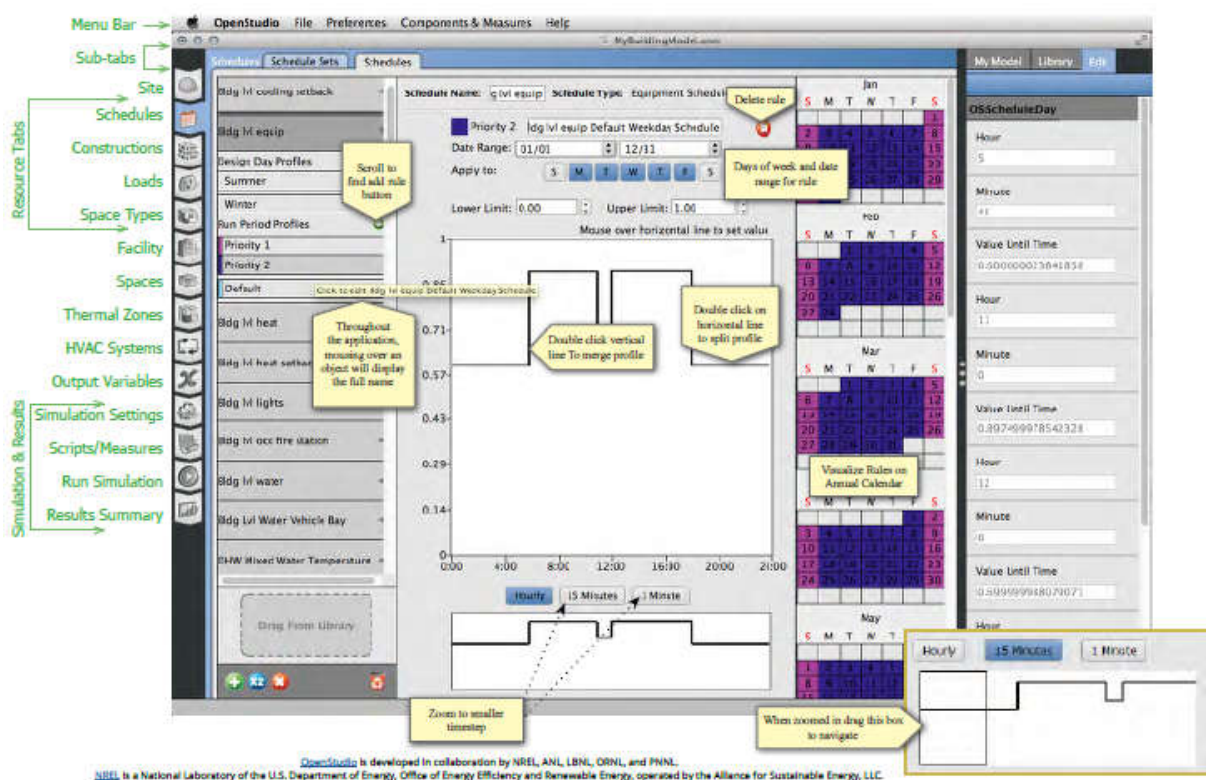
Χρονικά προγράμματα (Schedules)

Προκειμένου να υπάρχει μια ρεαλιστική απεικόνιση των ενεργειακών αναγκών των κατοίκων του κτιρίου, είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός βασικού χρονικού προγραμματισμού.

Για το λόγο αυτό σε αυτήν την ενότητα εισάγονται:

- Ο αριθμός των κατοίκων και οι διάφορες δραστηριότητές τους.
- Το ημερήσιο τους πρόγραμμα (ώρες δραστηριότητας, ώρες κατάκλισης).
- Το εβδομαδιαίο πρόγραμμα.
- Το ετήσιο πρόγραμμα.

Σχήμα 9 OpenStudio – Schedule tab



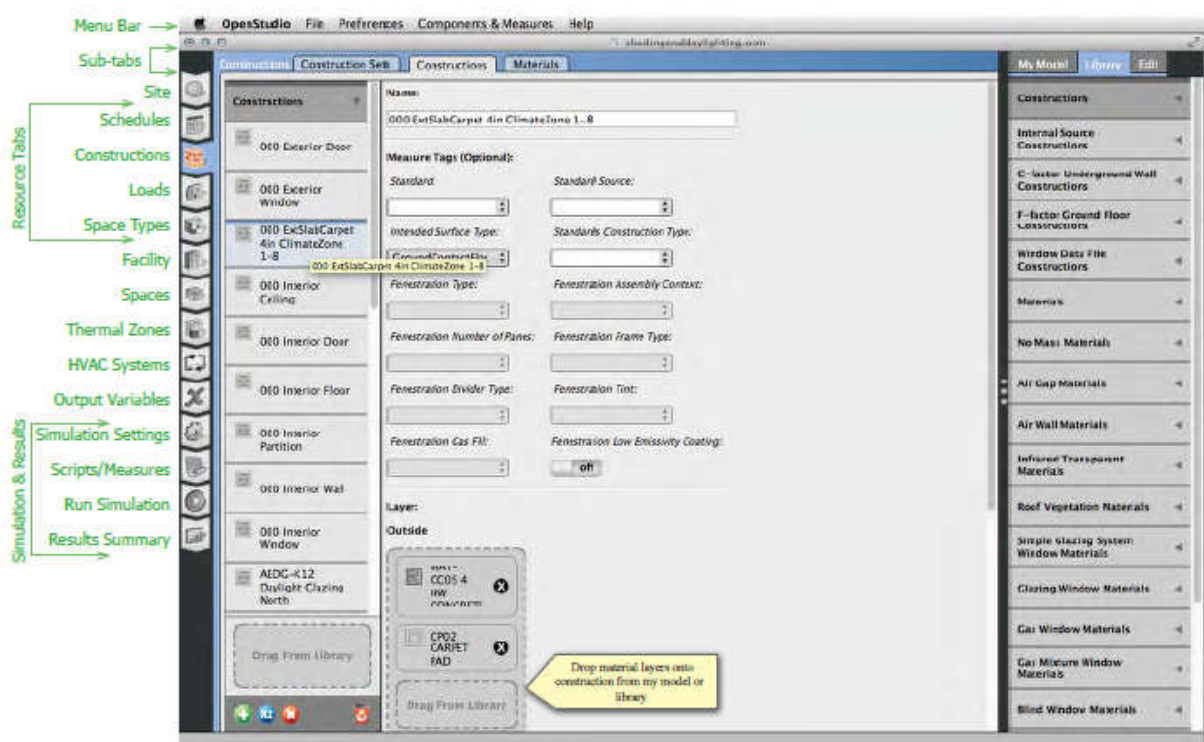
Πηγή: (OpenStudio 2015)

Κατασκευές (Constructions)

Ένα από τα πλέον απαραίτητα στοιχεία για την αποτελεσματική προσομοίωση των ενεργειακών καταναλώσεων είναι τα χαρακτηριστικά των διατομών από τις οποίες αποτελείται η κατασκευή.

Σε αυτό το πρώτο στάδιο δημιουργούνται τα διάφορα κατασκευαστικά στοιχεία, με την εισαγωγή των υλικών που τα απαρτίζουν, με την κατάλληλη σειρά (από το εσωτερικό προς το εξωτερικό ή αντιστρόφως).

Σχήμα 10 OpenStudio – Constructions tab



Πηγή: (OpenStudio 2015)

Για παράδειγμα στην περίπτωση μιας διατομής από οπλισμένο σκυρόδεμα:

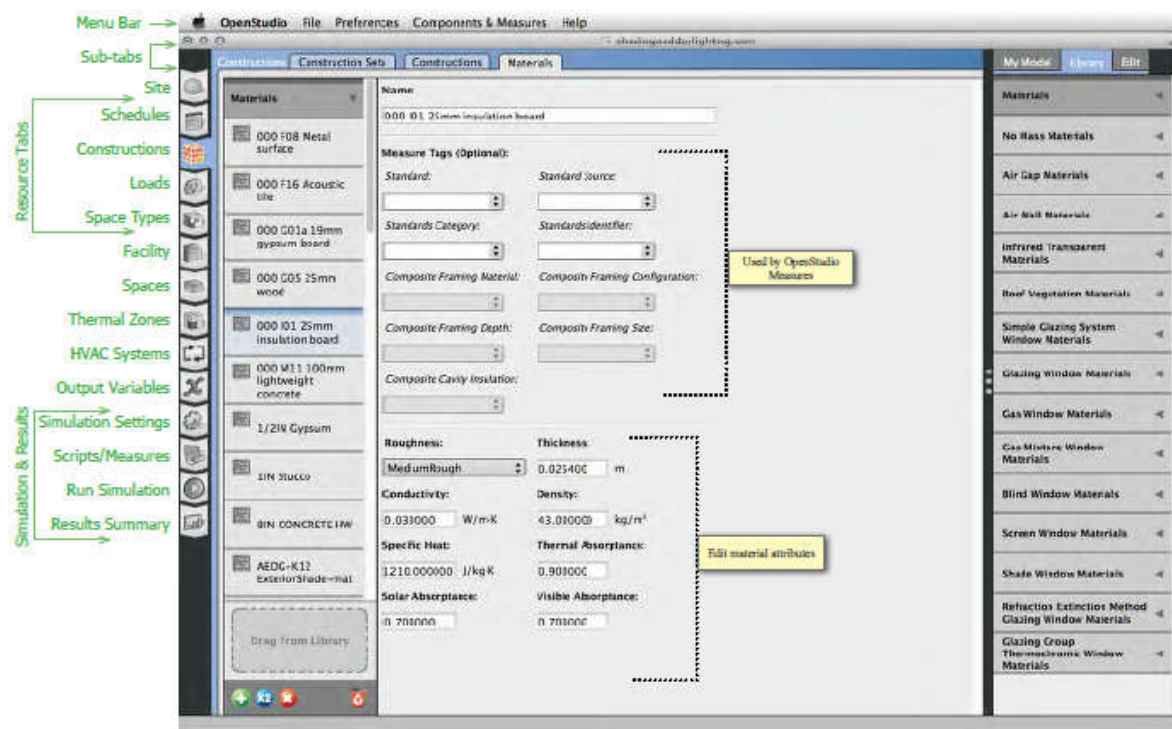
| Εξωτερικό | Πάχος [mm] |
|-------------------------------------|-------------------|
| Σοβάς | 2 |
| Πολυουρεθάνη με κλειστές κυψέλες | 50 |
| Σκυρόδεμα | 250 |
| Σοβάς | 2 |
| Εσωτερικό | |

Ή στην περίπτωση μιας τοιχοποιίας από οπτόπλινθους:

| Εξωτερικό | Πάχος [mm] |
|------------------|-------------------|
| Σοβάς | 2 |
| Οπτόπλινθοι | 11 |
| Πετροβάμβακας | 50 |
| Οπτόπλινθοι | 19 |
| Σοβάς | 2 |
| Εσωτερικό | |

Στην επόμενη ενότητα δίνονται τα θερμικά χαρακτηριστικά καθενός από τα υπάρχοντα υλικά, προκειμένου να υπολογιστεί η συνολική θερμική αδράνεια της διατομής, για κάθε διατομή, για κάθε κατασκευαστικό στοιχείο, για το σύνολο των στοιχείων του κτιρίου.

Σχήμα 11 OpenStudio – Materials tab



Πηγή: (OpenStudio 2015)

Οι τεχνικές προδιαγραφές των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στο Energy Plus είναι αυτές που δίνονται στον κατάλογο του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Πίνακας 5) . (OpenStudio 2015)(U.S. Department of Energy 2012)

Πίνακας 5 Τεχνικές προδιαγραφές υλικών

| Υλικά | Πυκνότητα (kg.m ³) | Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (W/(m*K)) | Ειδική θερμοχωρητικότητα (J/kg*K) |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------------|
| Συμπαγείς λίθοι | 2.600 | 2,3 | 1.000 |
| Οπλισμένο σκυρόδεμα | 2.300 | 2,3 | 1.000 |
| Αργιλικές οπτόπλινθοι | 940 | 0,26 | 1.000 |
| Ασβεστοσιμεντοκονίαμα | 1.800 | 0,87 | 1.000 |
| Αργιλικά πλακίδια | 2.000 | 1 | 800 |
| επιστέγασης | | | |
| Ξύλο | 450 | 0,12 | 1.600 |
| Γυαλί | 2.500 | 1 | 750 |
| Διογκωμένη πολυστερίνη | 20 | 0,035 | 1.450 |
| Πολυουρεθάνη με κλειστές κυψέλες | 50 | 0,025 | 1.450 |

Πηγή: (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας 2010)

Φορτία (Loads)

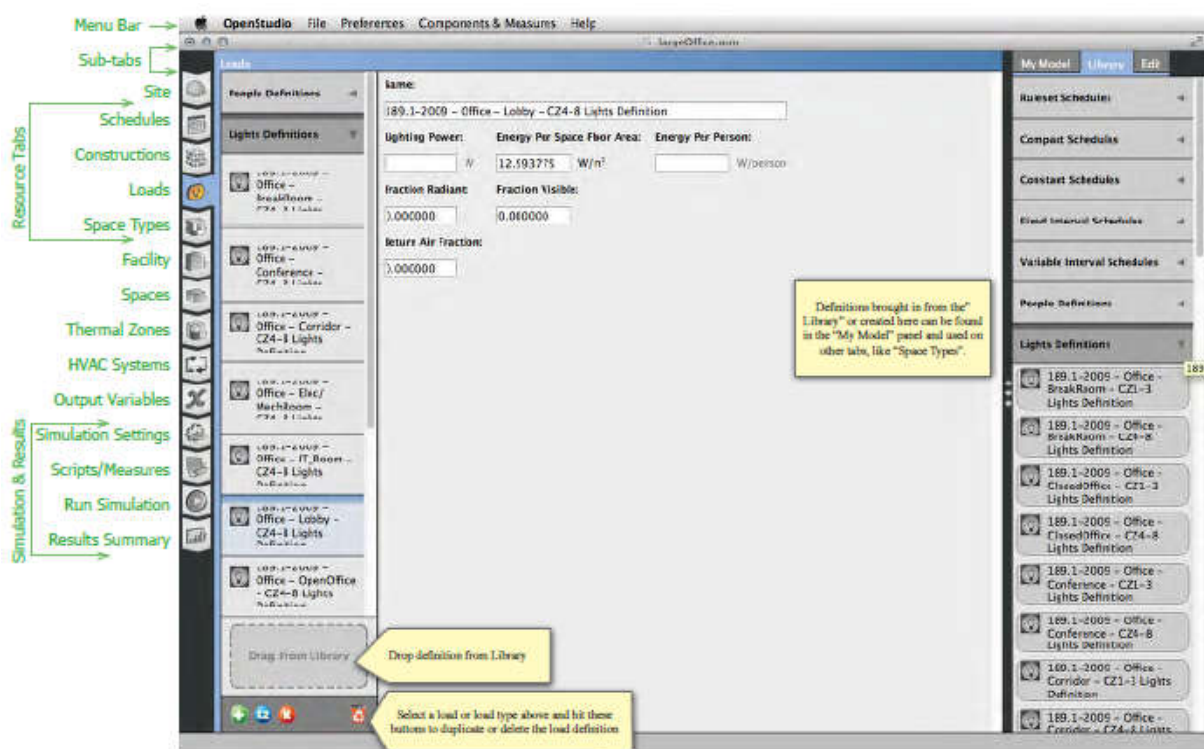
Προκειμένου να υπολογιστούν οι ενεργειακές ανάγκες κάθε νοικοκυριού, σε αυτήν την ενότητα εισάγονται όλα τα φορτία, δηλαδή όλες οι απαιτήσεις για ηλεκτρική ενέργεια.

Καταγράφεται η ύπαρξη ηλεκτρικών συσκευών όπως:

| | |
|--------------------------|----------------------|
| Ψυγείο | Πλυντήριο |
| Ηλεκτρική κουζίνα | Τηλεόραση |
| Ηλεκτρονικός υπολογιστής | Φούρνος μικροκυμάτων |
| Ηλεκτρικό σίδερο | Λαμπτήρες |

Ακολουθώς, πραγματοποιείται η εισαγωγή τους στο πρόγραμμα, για να υπάρχει μια ρεαλιστική εικόνα των καταναλώσεων για το κάθε νοικοκυριό.

Σχήμα 12 OpenStudio – Loads tab



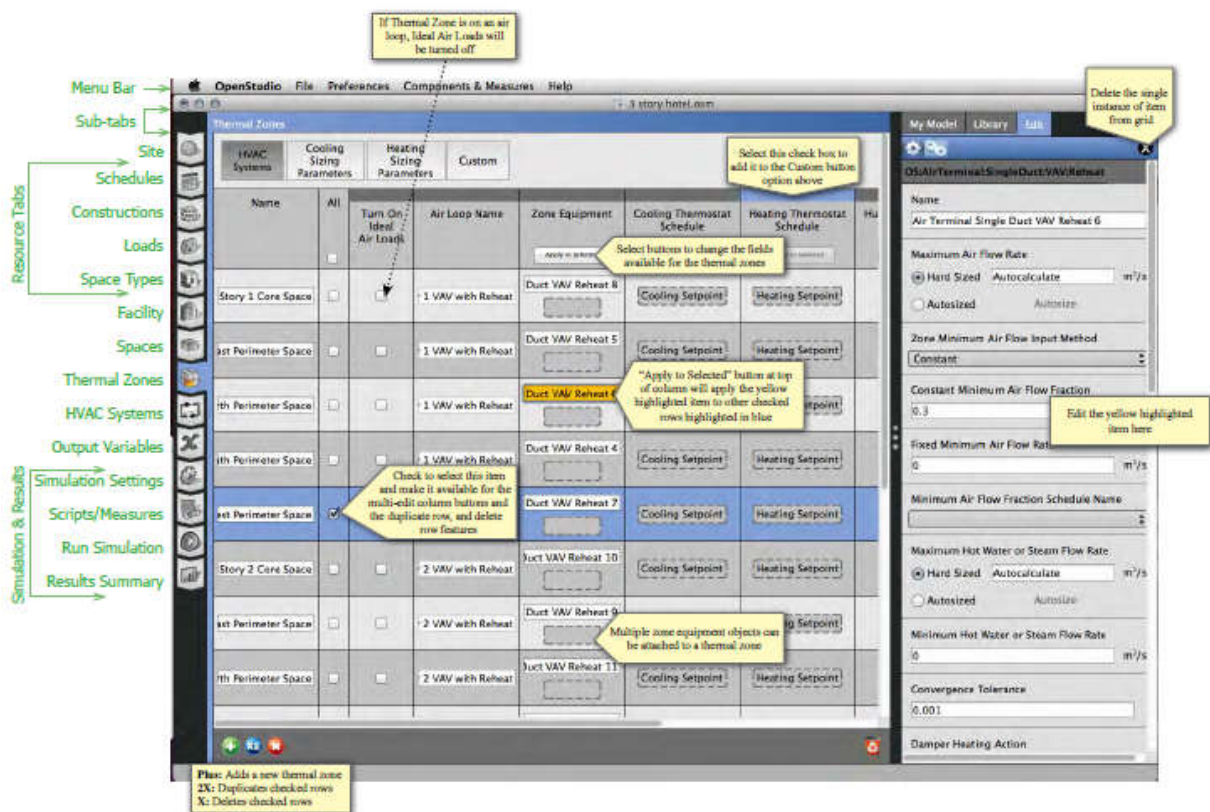
Πηγή: (OpenStudio 2015)

Θερμικές Ζώνες (Thermal Zones)

Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται ο κατακερματισμός του κάθε κτιρίου σε διαφορετικές θερμικές ζώνες. Η κάθε ζώνη διαθέτει τα δικά της χαρακτηριστικά (αριθμός κατοίκων που βρίσκονται σε αυτήν, επίπεδο θερμικής άνεσης, ωράριο λειτουργίας), τα οποία μπορεί να συμπίπτουν με αυτά άλλων ζωνών ή να είναι μοναδικά.

Ο διαχωρισμός σε ζώνες βοηθά στον αποτελεσματικό διαχωρισμό του κτιρίου στις επιθυμητές περιοχές, με σκοπό την αποτελεσματικότερη προσομοίωση της μεθόδου ψύξης θέρμανσης του κτιρίου αλλά και την εξαγωγή τόσο μεμονωμένων όσο και συνολικών συμπερασμάτων για την ενεργειακή συμπεριφορά της κατασκευής.

Σχήμα 13 OpenStudio – Thermal Zones tab



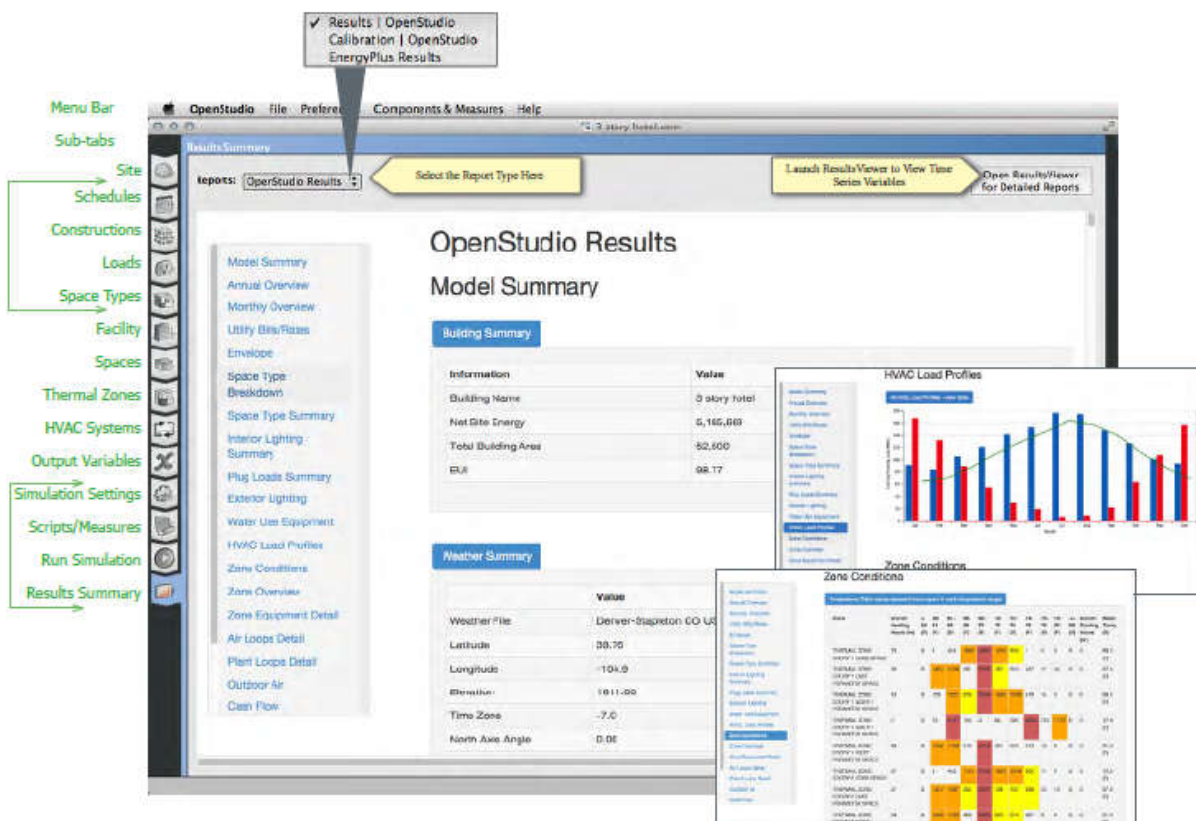
Πηγή: (OpenStudio 2015)

Αποτελέσματα (Results)

Η πληθώρα επιλογών σε σχέση με τις δυνατότητες εξαγωγής συμπερασμάτων που προσφέρει το EnergyPlus παρουσιάζεται στην τελευταία καρτέλα αυτή των αποτελεσμάτων.

Μετά την ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου, συλλέγονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα που αφορούν τις ενεργειακές καταναλώσεις, σε διαγράμματα, πίνακες κ.α. για την περαιτέρω αξιοποίησή τους από το χρήστη.

Σχήμα 14 OpenStudio – Results tab



Πηγή: (OpenStudio 2015)

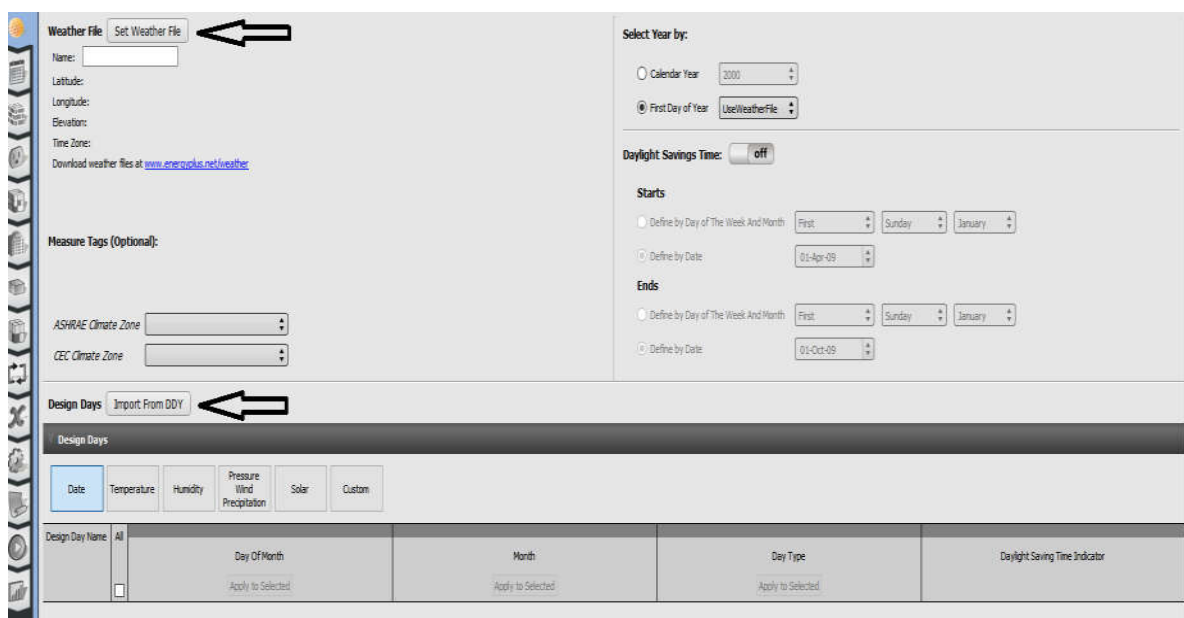
3.2.4 Εφαρμογή ενεργειακής προσομοίωσης

Σε αυτήν την ενότητα θα παρουσιαστεί μια ολοκληρωμένη διαδικασία υπολογισμού ενεργειακών χαρακτηριστικών για μία από τις δεκατρείς κατοικίες που απαρτίζουν τον οικισμό μελέτης. Ξεκινώντας από την εισαγωγή δεδομένων που αφορούν το κτίριο στο πρόγραμμα OpenStudio, δίνεται βήμα προς βήμα ολόκληρη η διαδικασία που ακολουθήθηκε.

Site

- Στην περιγραφή του καιρού τοποθετείται το αρχείο καιρού.
- Στο κελί design days εισάγεται από την επίσημη ιστοσελίδα του EnergyPlus το αντίστοιχο αρχείο για την περιοχή των Χανίων. (Σχήμα 15)

Σχήμα 15 OpenStudio – Site tab



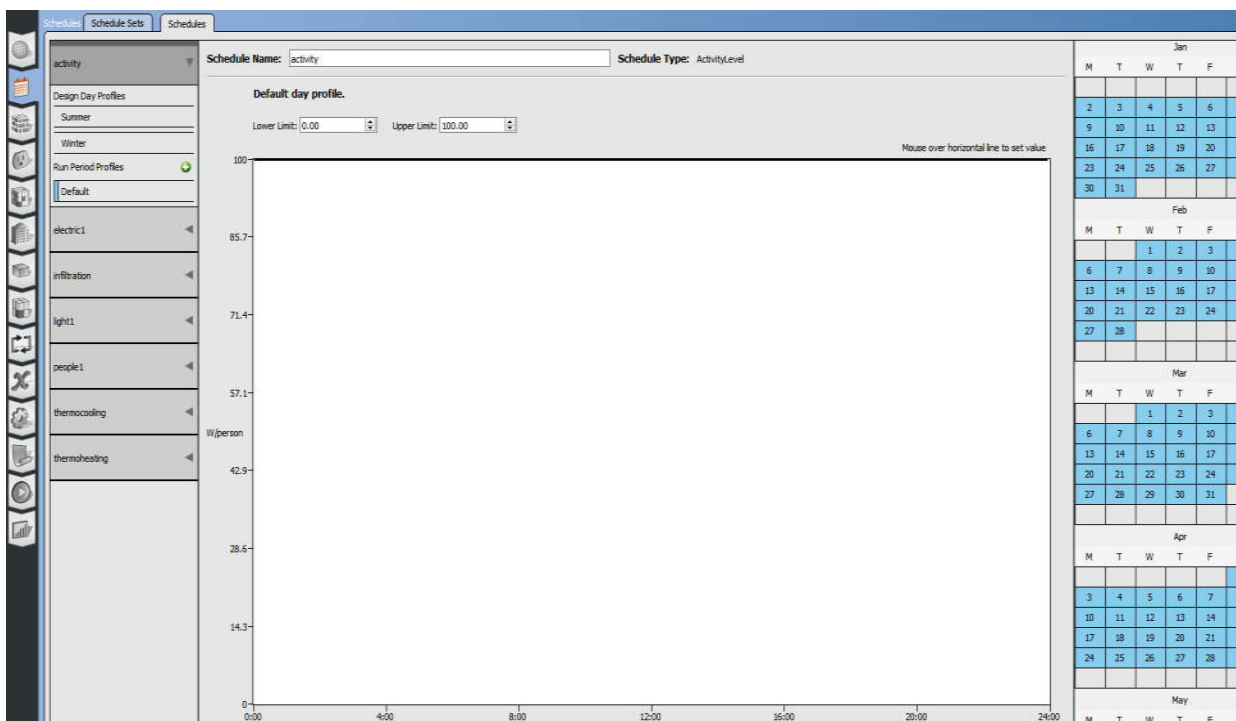
Πηγή: (OpenStudio 2015)

Schedules

Αρχικά δημιουργούνται όλα τα επιμέρους διαφορετικά ετήσια ωράρια λειτουργίας (Schedules) τα οποία στη συνέχεια θα συνθέσουν το ολοκληρωμένο Schedule Set που αφορά το κτίριο.

- People Activity, οι ώρες δηλαδή που υπάρχει ανθρώπινη δραστηριότητα στο σπίτι, καθώς και η ένταση αυτής. (Σχήμα 16)

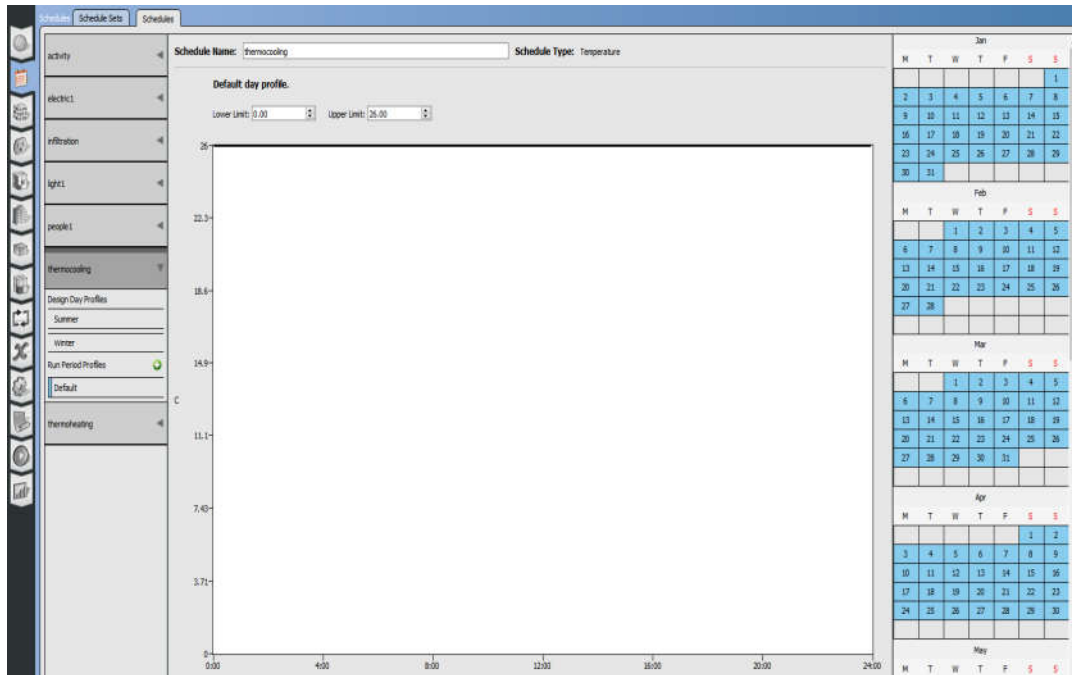
Σχήμα 16 OpenStudio–Schedule tab–People Activity



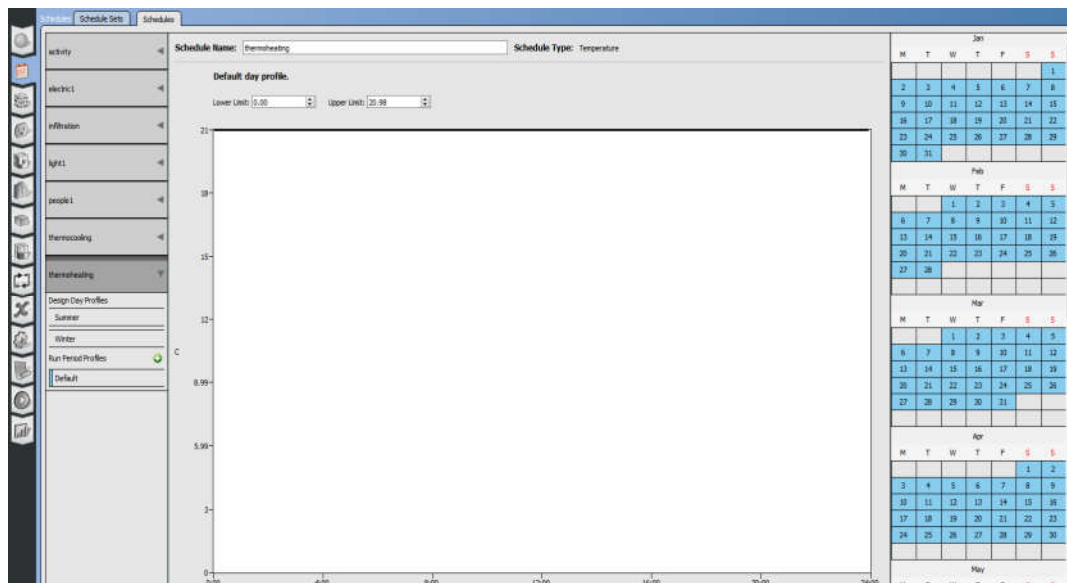
Πηγή: (OpenStudio 2015)

- Temperature: Ρύθμιση δηλαδή του θερμοστάτη σχετικά με τις ώρες-ημέρες-μήνες και θερμοκρασίες λειτουργίας, λαμβάνοντας πάντοτε υπ' όψην τη ζώνη θερμικής άνεσης 18°-26°.(**Σχήμα 17**, **Σχήμα 18**)

Σχήμα 17 OpenStudio–Schedule tab–Temperature Cooling



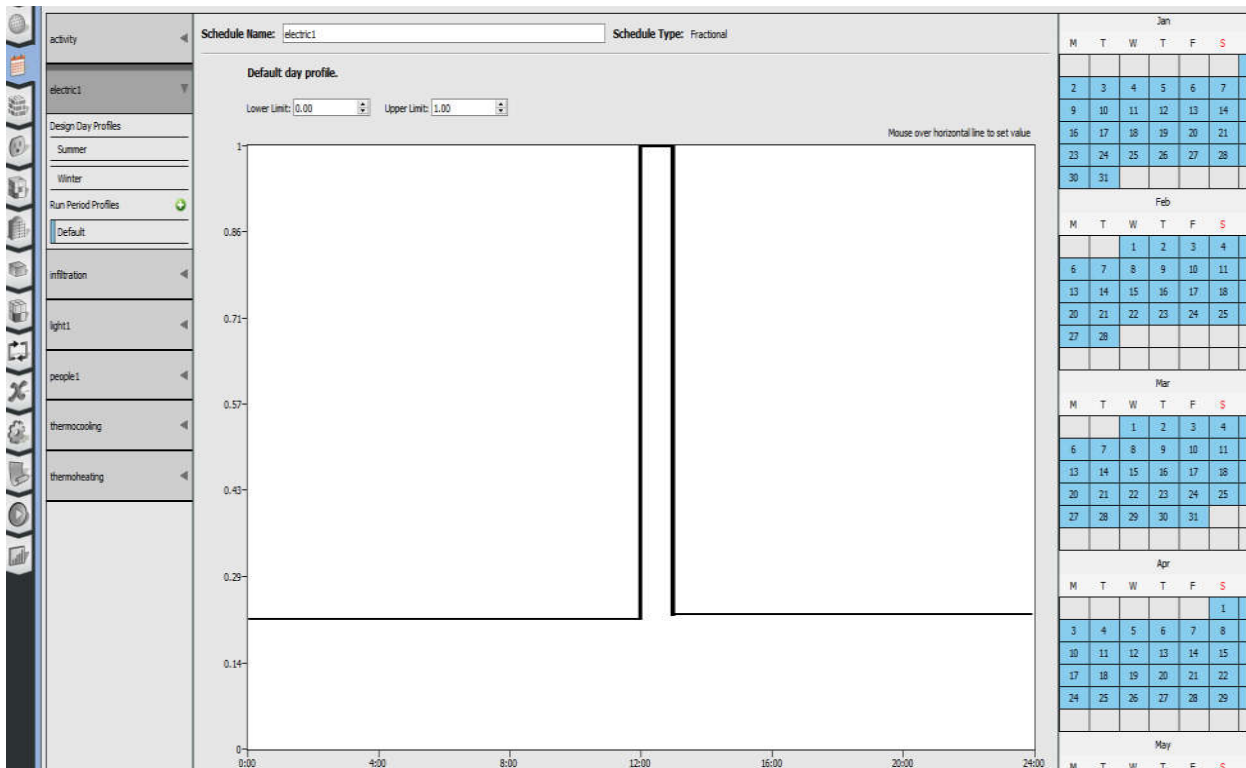
Σχήμα 18 OpenStudio–Schedule tab–Temperature Heating



Πηγή: (OpenStudio 2015)

- Electric Equipment: Εισάγεται τόσο η χρονική περίοδος χρήσης των ηλεκτρικών συσκευών στην οικία όσο και το επίπεδο κατανάλωσης υπό τη μορφή κλάσματος.(Σχήμα 19)

Σχήμα 19 OpenStudio–Schedule tab–Electric Equipment



Πηγή: (OpenStudio 2015)

- Infiltration: Εισάγεται η ολική διείσδυση αέρα στους χώρους του κτιρίου. Το μέγεθος αυτό, που έχει μονάδες μέτρησης αλλαγές αέρα/ώρα, ποικίλλει ανάλογα με το είδος και την ποιότητα των κουφωμάτων.(Σχήμα 20)

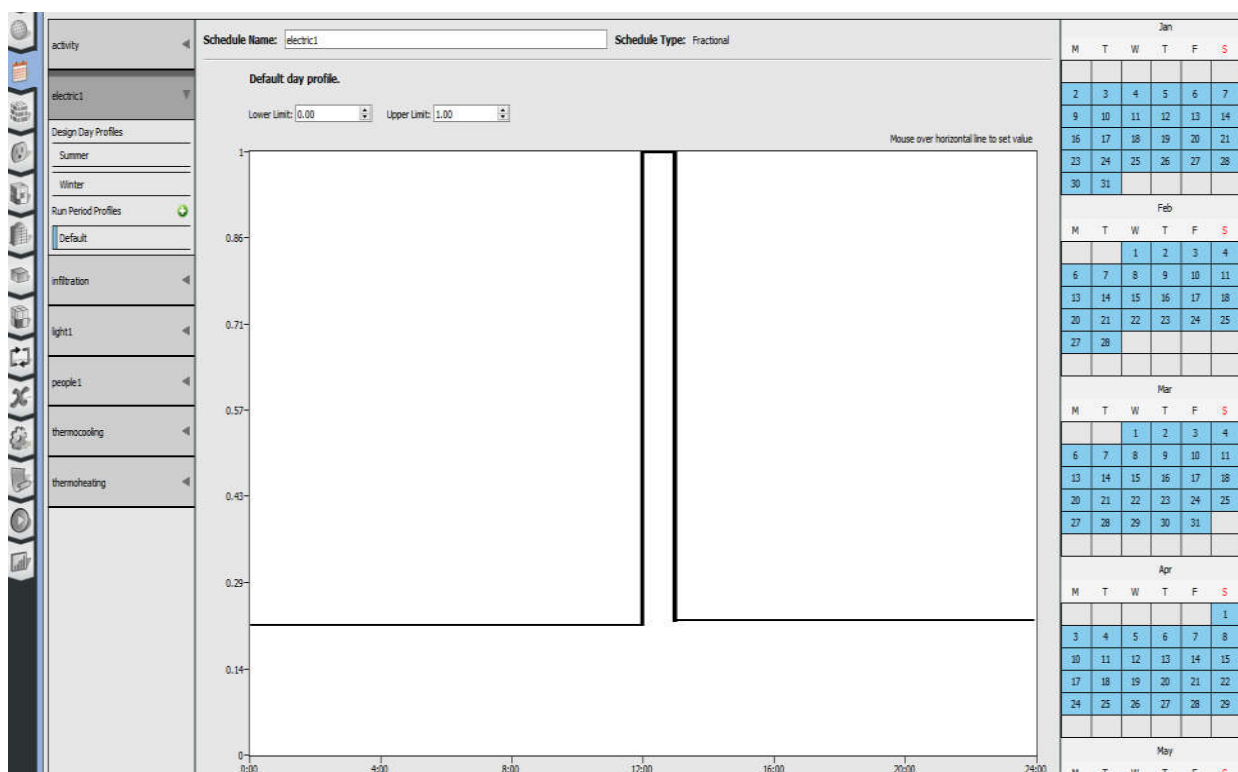
Ενδεικτικές τιμές είναι:

0,1 για σύγχρονες κατασκευές,

0,3 για κατοικίες έτους κατασκευής πριν από το 1980,

0,5 για παλαιότερες πέτρινες κατοικίες.

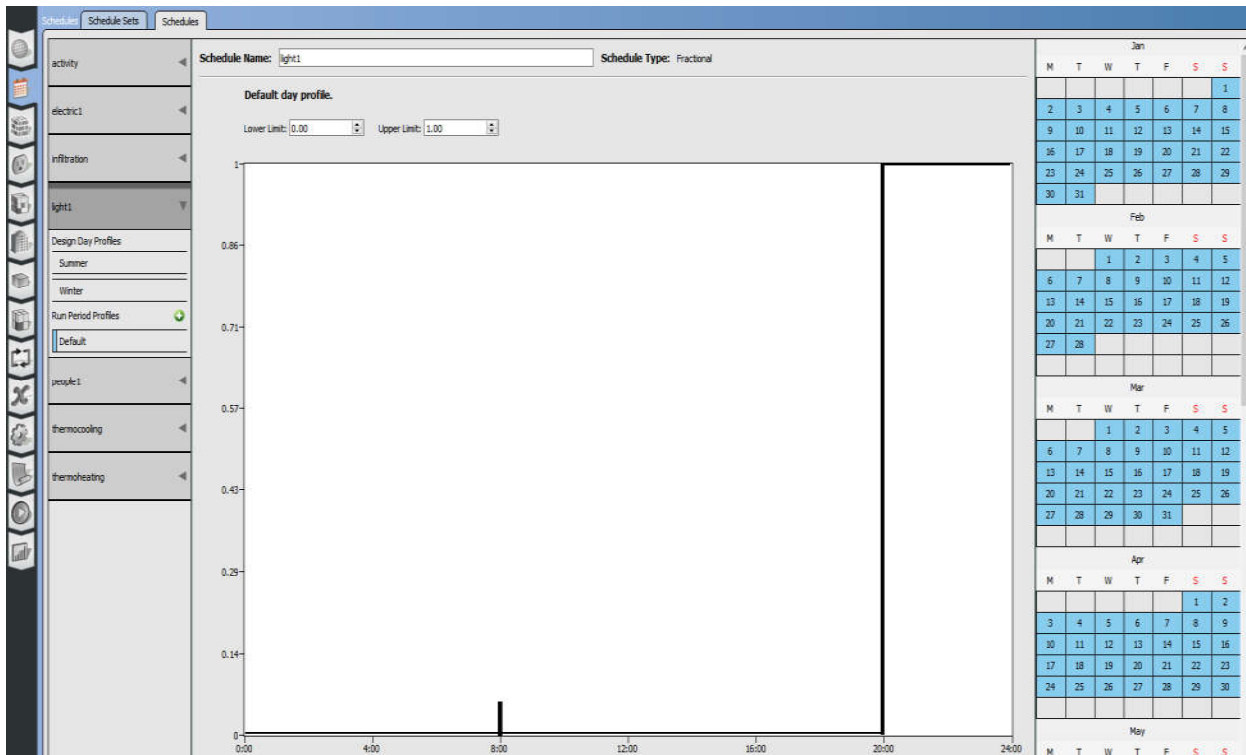
Σχήμα 20 OpenStudio–Schedule tab–Infiltration



Πηγή: (OpenStudio 2015)

- Lighting: Η συμπλήρωση της καρτέλας αυτής ακολουθεί παρόμοια διαδικασία με αυτή του Electric Equipment, εισαγωγή δηλαδή ωραρίου και έντασης λειτουργίας των ηλεκτρικών λαμπτήρων της κατοικίας. (Σχήμα 21)

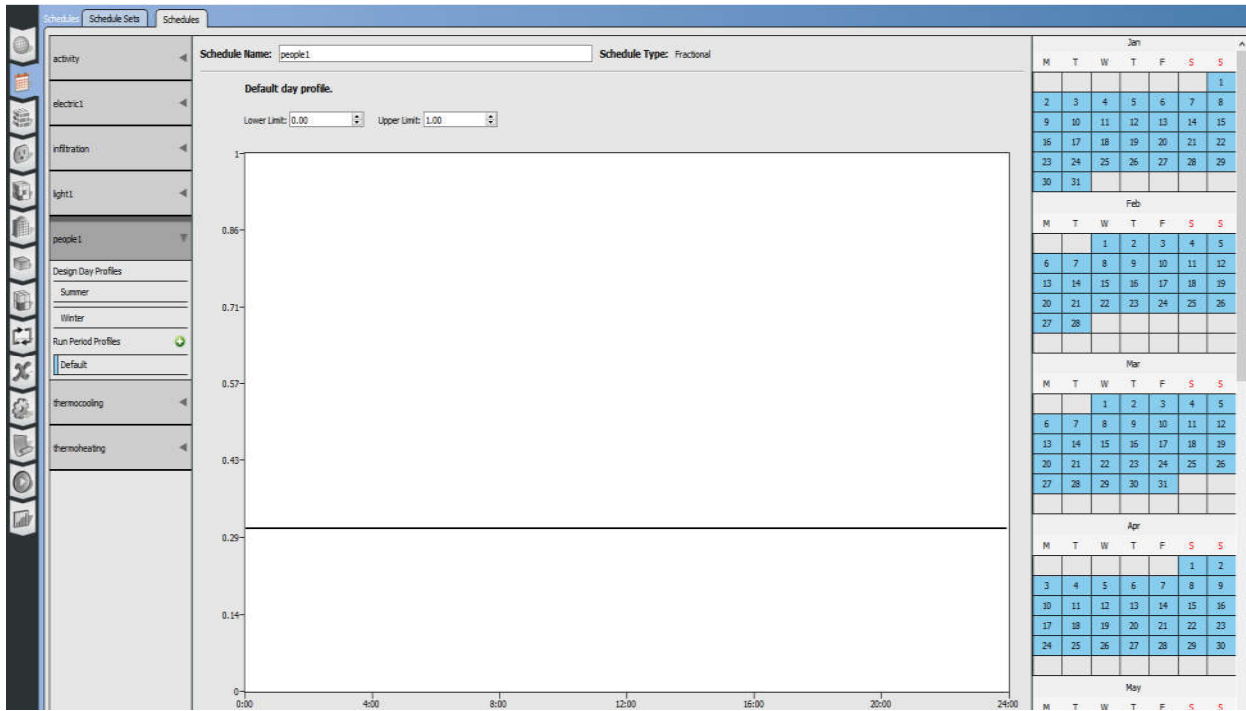
Σχήμα 21 OpenStudio–Schedule tab–Lighting



Πηγή: (OpenStudio 2015)

- Αριθμός ανθρώπων: Εισάγεται ο αριθμός των χρηστών της κατοικίας καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. (Σχήμα 22)

Σχήμα 22 OpenStudio–Schedule tab–People

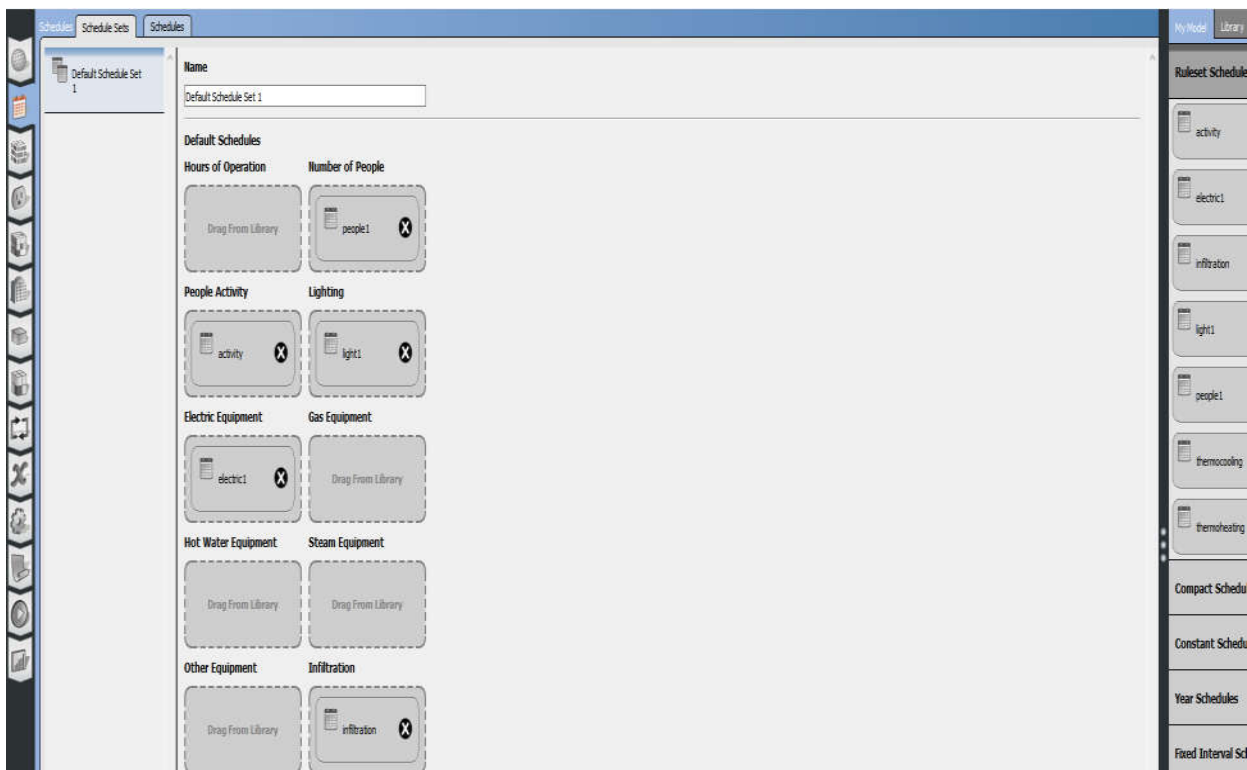


Πηγή: (OpenStudio 2015)

Schedule Sets

Στη συνέχεια όλα τα επιμέρους ωράρια (schedules) που δημιουργήθηκαν, ομαδοποιούνται σε ένα σύνολο, το Schedule Set, το οποίο πλέον χαρακτηρίζει τη συνολική ενεργειακή δραστηριότητα της κατοικίας, και θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια για τον υπολογισμό των ενεργειακών της αναγκών. (Σχήμα 23)

Σχήμα 23 OpenStudio–Schedule tab–Schedule Sets



Πηγή: (OpenStudio 2015)

Constructions

Στην καρτέλα Constructions δημιουργούνται αρχικά οι διάφορες διατομές που συναντώνται στα στοιχεία του κτιρίου, με την εισαγωγή των υλικών από τα οποία αποτελούνται. Αρχικά συμπληρώνεται η καρτέλα Materials (Σχήμα 24) με τα διάφορα υλικά καθώς και τους συντελεστές θερμικής αγωγιμότητάς τους και στη συνέχεια συμπληρώνεται η καρτέλα Constructions, βάζοντας στην επιθυμητή σειρά τα προηγούμενως δημιουργηθέντα υλικά (Σχήμα 25), συνθέτοντας έτσι τη δομή του κάθε στοιχείου.

Σχήμα 24 OpenStudio – Materials tab

The screenshot shows the OpenStudio Materials tab. On the left, there is a list of materials with their IDs and names. On the right, the properties for the selected material, A01_Concrete015, are displayed.

| Material ID | Material Name |
|-----------------------|----------------|
| A01_Concrete015 | Concrete |
| A02_Bricks | Bricks |
| A03_Sovas | Soles |
| A04_Poliurethani005 | Polyurethane |
| A04_Poliurethani008 | Polyurethane |
| A05_Diogkameni005 | Diogkameni |
| A06_Exilasmeni005 | Exilasmeni |
| A07_Petrobambakas005 | Petrobambakas |
| A08_Petra050 | Petra |
| A09_Marmaro003 | Marmaro |
| A10_ThiraikiGi005 | ThiraikiGi |
| A11_Asvestokoniama001 | Asvestokoniama |

Name: A01_Concrete015

Measure Tags (Optional):

| Standard: | Standard Source: |
|-----------|------------------|
| | |

Standards Category: **Standards Identifier:**

| Standards Category: | Standards Identifier: |
|---------------------|-----------------------|
| | |

Composite Framing Material: **Composite Framing Configuration:**

| Composite Framing Material: | Composite Framing Configuration: |
|-----------------------------|----------------------------------|
| | |

Composite Framing Depth: **Composite Framing Size:**

| Composite Framing Depth: | Composite Framing Size: |
|--------------------------|-------------------------|
| | |

Composite Cavity Insulation:

| Composite Cavity Insulation: |
|------------------------------|
| |

Roughness: Smooth **Thickness:** 0.150000 m

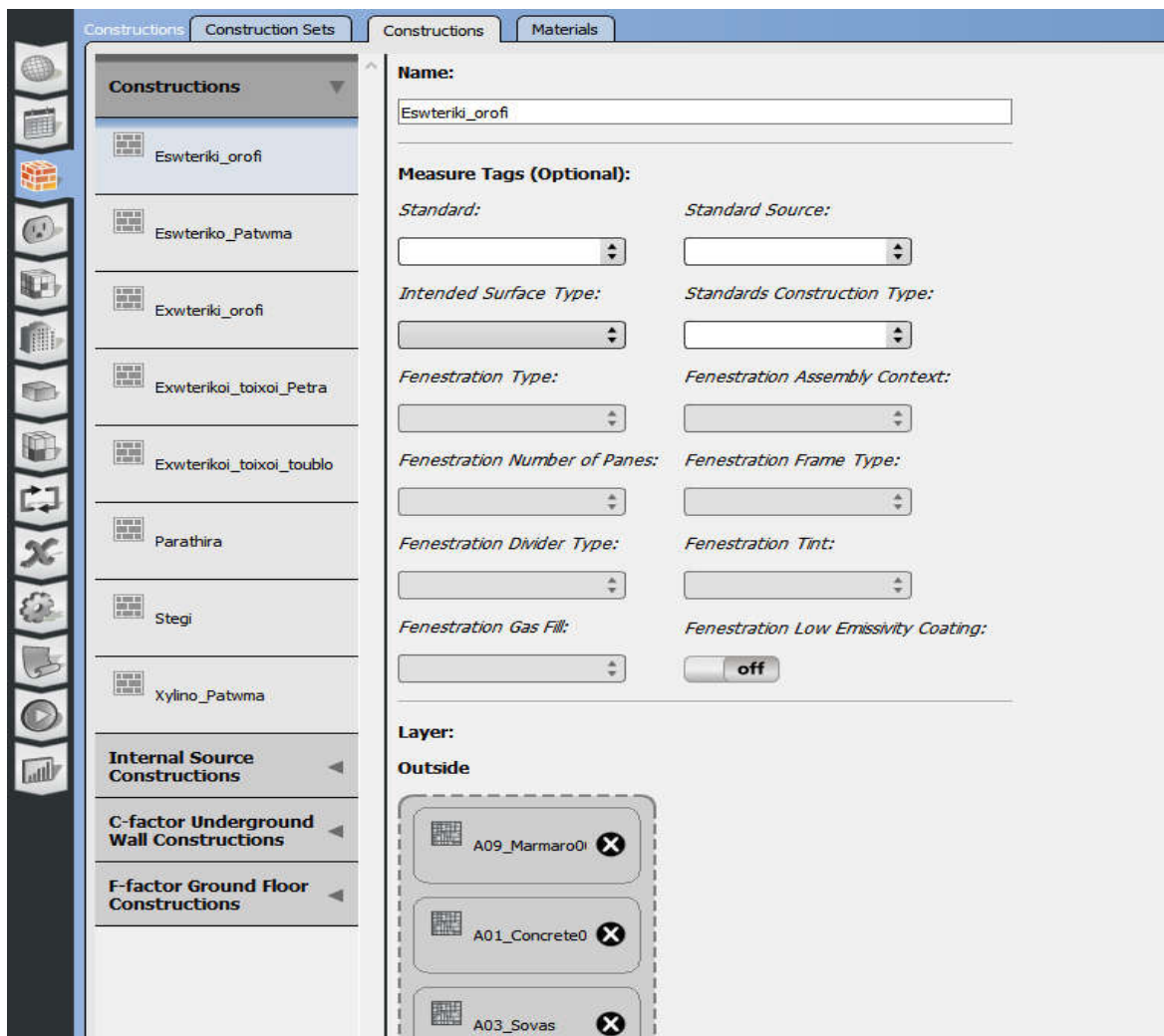
Conductivity: 2.300000 W/m·K **Density:** 2300.000000 kg/m³

Specific Heat: 1000.000000 J/kg·K **Thermal Absorptance:** 0.900000

Solar Absorptance: 0.700000 **Visible Absorptance:** 0.700000

Πηγή: (OpenStudio 2015)

Σχήμα 25 OpenStudio – Constructions tab



Πηγή: (OpenStudio 2015)

Loads

Στην καρτέλα αυτή, συμπληρώνονται:

- People Definition: ο αριθμός των ατόμων ανά θερμική ζώνη του κτιρίου.(Σχήμα 26)

Σχήμα 26 OpenStudio—Loads tab—People Definition

The screenshot shows the 'Loads' tab in OpenStudio, specifically the 'People Definition' section. On the left is a vertical toolbar with icons for various load types: People, Lights, Luminaire, Electric Equipment, Gas Equipment, Steam Equipment, Other Equipment, Internal Mass, and Water Use Equipment. The 'People Definitions' panel is active, showing a list with 'People Definition 1'. The main area contains the following fields:

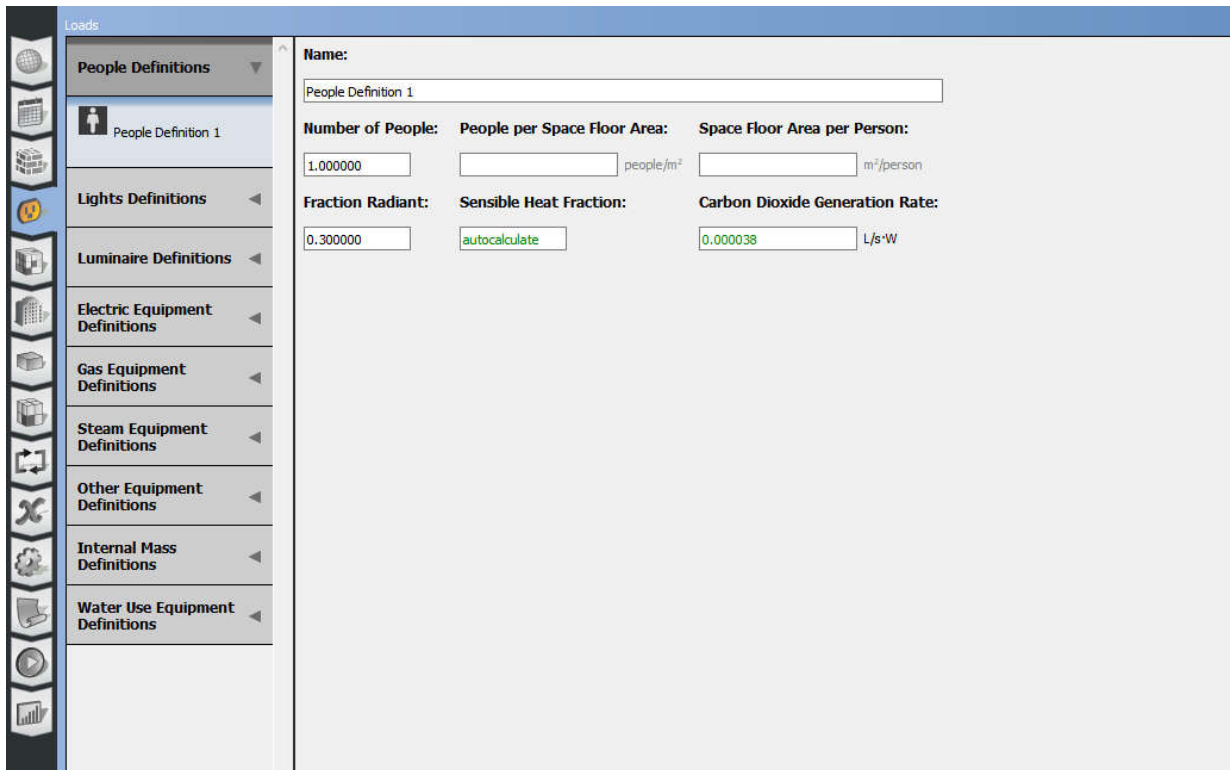
| Name: | Number of People: | People per Space Floor Area: | Space Floor Area per Person: | Fraction Radiant: | Sensible Heat Fraction: | Carbon Dioxide Generation Rate: |
|---------------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------------------|
| People Definition 1 | 1.000000 | | | 0.300000 | autocalculate | 0.000038 |

Units are indicated for the last three columns: people/m², m²/person, and L/s·W.

Πηγή: (OpenStudio 2015)

- Light Definition: τα συνολικά καταναλισκόμενα Watt για φωτισμό.(Σχήμα 27)
- Electric Equipment Definition: τα συνολικά καταναλισκόμενα Watt από τις ηλεκτρικές συσκευές.

Σχήμα 27 OpenStudio–Loads tab-Lighting Definition



Loads

People Definitions

- People Definition 1

Lights Definitions

Luminaire Definitions

Electric Equipment Definitions

Gas Equipment Definitions

Steam Equipment Definitions

Other Equipment Definitions

Internal Mass Definitions

Water Use Equipment Definitions

Name:
People Definition 1

Number of People: 1.000000

People per Space Floor Area: people/m²

Space Floor Area per Person: m²/person

Fraction Radiant: 0.300000

Sensible Heat Fraction: autocalculate

Carbon Dioxide Generation Rate: 0.000038 L/s·W

Πηγή: (OpenStudio 2015)

Spaces

Στην καρτέλα αυτήν εισάγονται όλοι οι χώροι του κτιρίου, καθώς και όλα τα στοιχεία από την καρτέλα Schedules που τους χαρακτηρίζουν (Σχήμα 29):

Schedule People

Schedule Lights

Schedule Electric Equipment

Infiltration

Έτσι ο κάθε χώρος μπορεί να ανεξαρτητοποιηθεί από τους υπόλοιπους ως προς τις ενεργειακές του απαιτήσεις.

Σχήμα 28 OpenStudio–Loads tab-Lighting Definition

The screenshot displays the 'Loads' tab in OpenStudio, specifically the 'Lighting Definition' section. On the left, a sidebar lists various load definitions: People Definitions, Lights Definitions, Luminaire Definitions, Electric Equipment Definitions, Gas Equipment Definitions, Steam Equipment Definitions, Other Equipment Definitions, Internal Mass Definitions, and Water Use Equipment Definitions. The 'People Definitions' category is selected, showing 'People Definition 1'. The main panel contains the following fields:

| Name: | | |
|---------------------|--|---|
| People Definition 1 | | |
| Number of People: | People per Space Floor Area: | Space Floor Area per Person: |
| 1.000000 | <input type="text"/> people/m ² | <input type="text"/> m ² /person |
| Fraction Radiant: | Sensible Heat Fraction: | Carbon Dioxide Generation Rate: |
| 0.300000 | autocalculate | 0.000038 L/s*W |

Πηγή: (OpenStudio 2015)

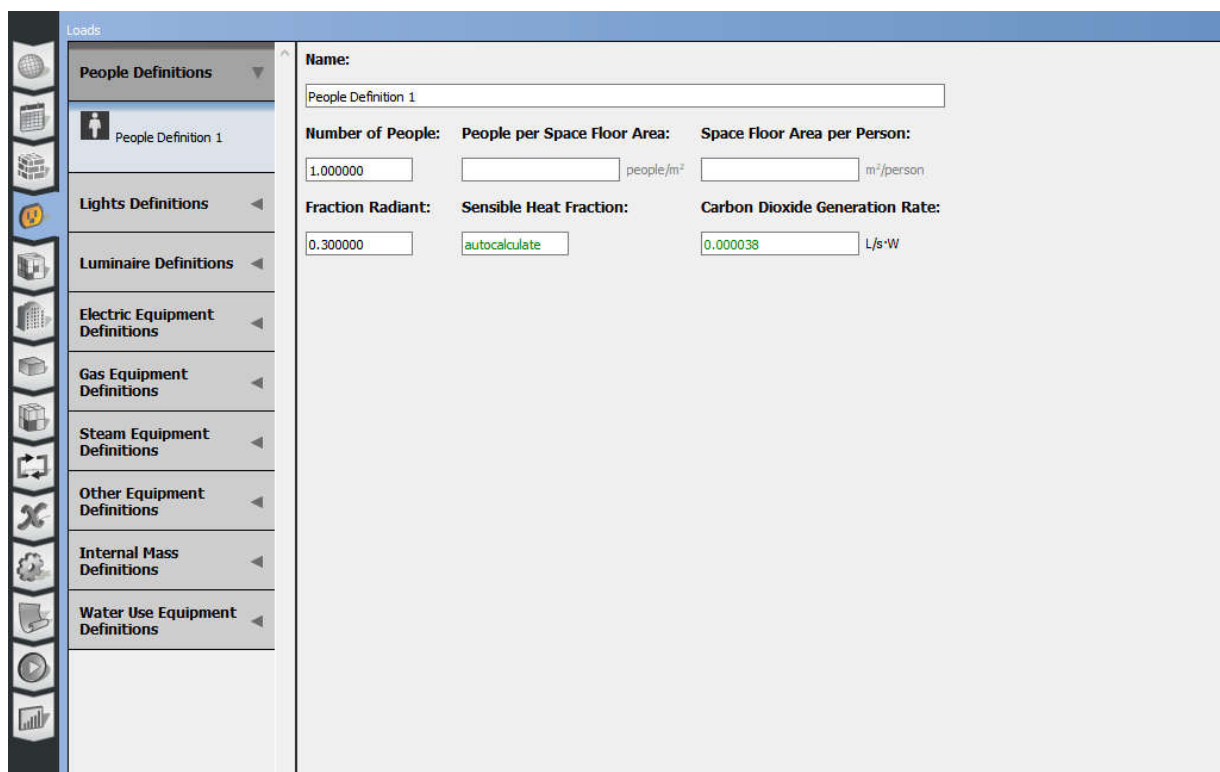
Thermal Zones

Στην καρτέλα αυτήν δημιουργούνται οι θερμικές ζώνες του κτιρίου. Πρόκειται για κατακερματισμό ολόκληρου του κτιρίου σε κατάλληλες περιοχές, οι οποίες διαθέτουν κάποιο κοινό χαρακτηριστικό (αριθμός χρηστών, ώρες λειτουργίας κ.α.), προκειμένου να προσομοιωθεί η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου όσο το δυνατόν πληρέστερα.

Στην κάθε ζώνη εισάγεται το αντίστοιχο schedule θέρμανσης και ψύξης που είχε δημιουργηθεί σε προηγούμενο βήμα προκειμένου να διατηρηθεί η επιθυμητή θερμοκρασία στο χώρο κατά τη διάρκεια της ανάλυσης.

Στην προκειμένη περίπτωση το σύστημα ψύξης/θέρμανσης που χρησιμοποιήθηκε είναι μια προκαθορισμένη επιλογή που παρέχει το Open Studio και ονομάζεται Ideal Loads. Η συγκεκριμένη επιλογή αποτελεί στην ουσία ένα μη υπαρκτό/ιδανικό σύστημα με συντελεστή απόδοσης 1. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις χωρίς να λαμβάνεται υπ' όψη η απόδοση του οποιουδήποτε υπάρχοντος συστήματος, έτσι τα εξαγόμενα αποτελέσματα είναι περισσότερο ρεαλιστικά. (Σχήμα 29)

Σχήμα 29 OpenStudio–Thermal Zones tab-HVAC



| Name: | | |
|-------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| People Definition 1 | | |
| Number of People: | People per Space Floor Area: | Space Floor Area per Person: |
| 1.000000 | | |
| Fraction Radiant: | | |
| 0.300000 | autocalculate | |
| Sensible Heat Fraction: | | Carbon Dioxide Generation Rate: |
| | | 0.000038 L/s·W |

Πηγή: (OpenStudio 2015)

Εισάγονται επίσης στοιχεία για τη θερμοκρασία του αέρα ψύξης/θέρμανσης, τις ημέρες σχεδιασμού κ.α.(Σχήμα 30, Σχήμα 31)

Σχήμα 30 OpenStudio–Thermal Zones tab-HVAC

The screenshot shows the 'Thermal Zones' tab in OpenStudio, specifically the 'Cooling' sub-tab. The interface includes a table for defining thermal zones and a sidebar on the right with various system components.

| Name | Zone Cooling Design Supply Air Temperature | Zone Cooling Design Supply Air Humidity Ratio | Zone Cooling Sensing Factor | Cooling Minimum Air Flow per Zone Floor Area | Design Zone Air Distribution Effectiveness in Cooling Mode | Cooling Minimum Air Flow Fraction | Cooling Design Air Flow Method | Cooling Design Air Flow Rate | Cooling Minimum Air Flow |
|----------------|--|---|-----------------------------|--|--|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Thermal Zone 1 | 14.000000 C | 0.008500 | | 0.000762 m³/s/m² | 1.000000 | 0.000000 | DesignDay | 0.000000 m³/s | 0.000000 m³/s |

The sidebar on the right contains the following components: Heat Pump Water Heater - Wrapped Condenser, Heat Pump Water Heater, Ruleset Schedules, activity, electric1, infiltration, light1, people1, thermocooling, and thermoheating.

Σχήμα 31 OpenStudio–Thermal Zones tab-HVAC

The screenshot shows the 'Thermal Zones' tab in OpenStudio, specifically the 'Heating' sub-tab. The interface includes a table for defining thermal zones and a sidebar on the right with various system components.

| Name | Zone Heating Design Supply Air Temperature | Zone Heating Design Supply Air Humidity Ratio | Zone Heating Sensing Factor | Heating Maximum Air Flow per Zone Floor Area | Design Zone Air Distribution Effectiveness in Heating Mode | Heating Maximum Air Flow Fraction | Heating Design Air Flow Method | Heating Design Air Flow Rate | Heating Maximum Air Flow |
|----------------|--|---|-----------------------------|--|--|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Thermal Zone 1 | 40.000000 C | 0.008000 | | 0.002032 m³/s/m² | 1.000000 | 0.300000 | DesignDay | 0.000000 m³/s | 0.141576 m³/s |

The sidebar on the right contains the following components: Heat Pump Water Heater - Wrapped Condenser, Heat Pump Water Heater, Ruleset Schedules, activity, electric1, infiltration, light1, people1, thermocooling, and thermoheating.

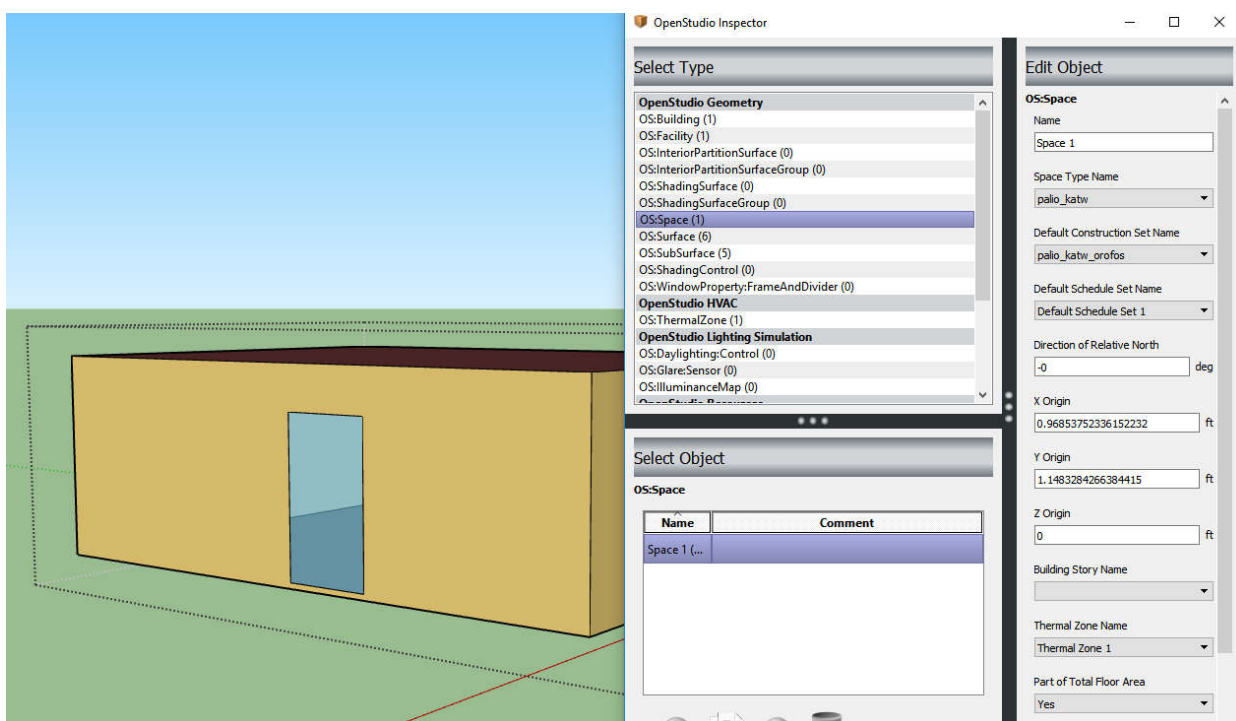
Πηγή: (OpenStudio 2015)

Διεπαφή με Google Sketchup

Έχοντας ήδη διαμορφωμένη την τρισδιάστατη γεωμετρική απεικόνιση του κτιρίου στο πρόγραμμα Sketchup, αυτό που μένει είναι να γίνει αντιστοίχιση των γεωμετρικών επιφανειών και όγκων με τις κατάλληλες διατομές και θερμικές ζώνες που δημιουργήθηκαν στο OpenStudio σε προηγούμενο βήμα.

Κάνοντας χρήση του OpenStudio plug-in στο Sketchup, επιλέγεται κάθε ένας ξεχωριστός όγκος, και αντιστοιχίζεται με την κατάλληλη θερμική ζώνη στην οποία ανήκει. (Σχήμα 32)

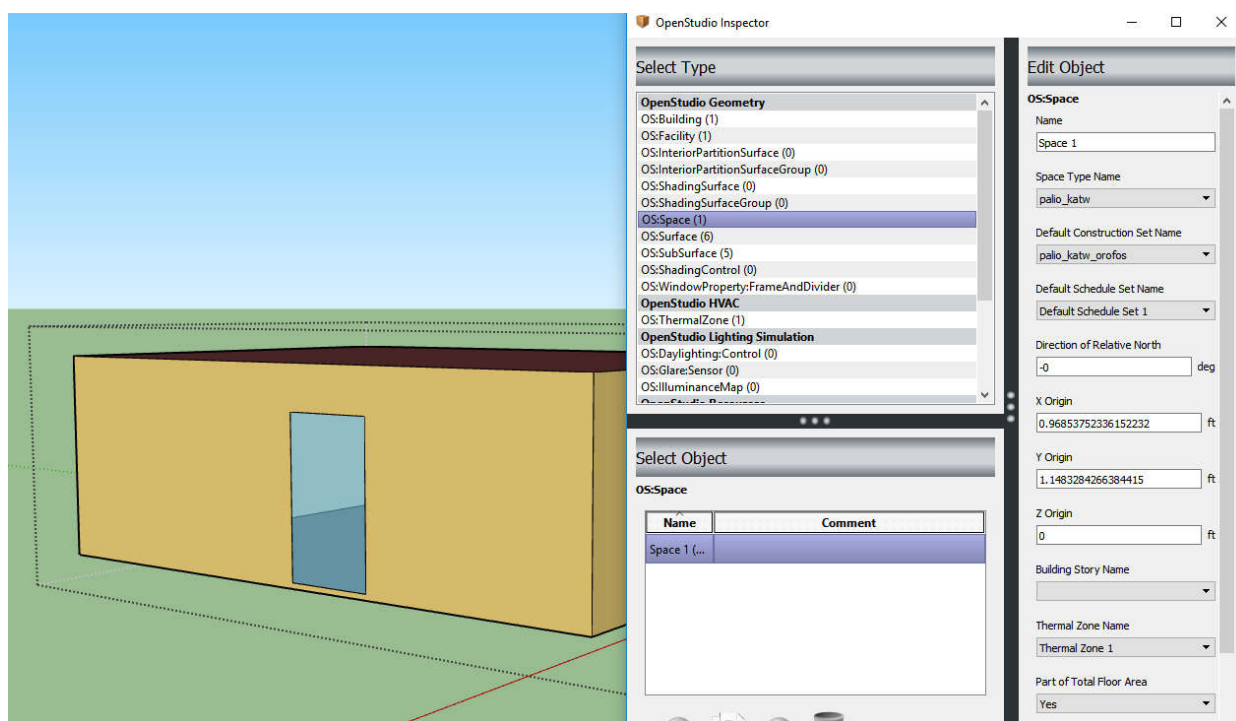
Σχήμα 32 Google Sketchup-OpenStudio-Thermal Zones



Πηγή: (OpenStudio 2015)

Στη συνέχεια φαίνεται η κατάλληλη εισαγωγή των διατομών που δημιουργήθηκαν σε προηγούμενο βήμα στις αντίστοιχες επιφάνειες (Σχήμα 33). Με τον τρόπο αυτό ολοκληρώνεται η γεωμετρία του κτιρίου, έτσι είναι εφικτή η προσομοίωση του φορέα.

Σχήμα 33 Google Sketchup-OpenStudio-Surfaces

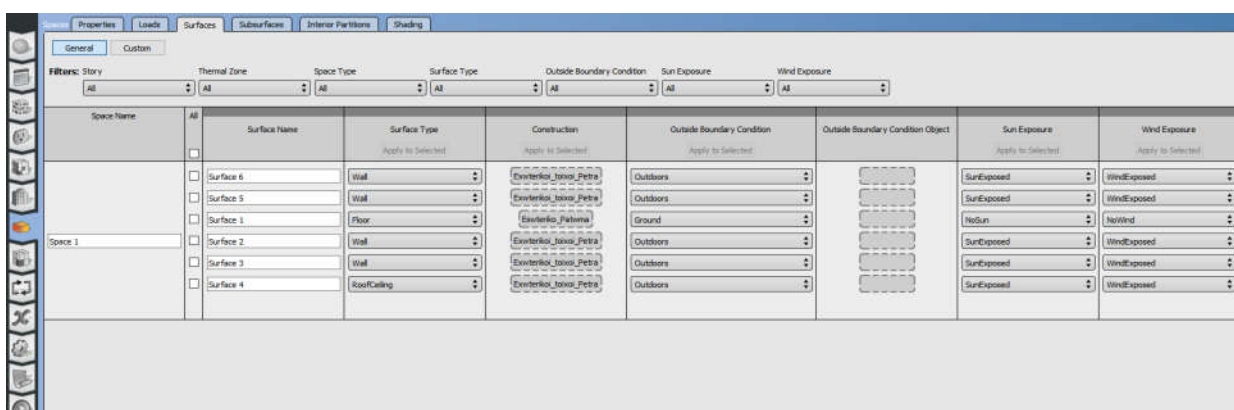


Πηγή: (OpenStudio 2015)

Παρατηρήσεις

- Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται κατά το σχεδιασμό των ζωνών, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι γεωμετρικές ασυνέχειες.
- Η ιδιότητα constructions των επιφανειών επαφής πρέπει να ελέγχεται έτσι ώστε τα υλικά να εμφανίζονται ακριβώς αντίστροφα εκατέρωθεν.
- Χρήσιμη είναι η προς αποφυγή λαθών οπτική αντιπαραβολή των δημιουργηθέντων ζωνών μεταξύ OpenStudio και Google Sketchup.(**Σχήμα 34**)

Σχήμα 34 Spaces check



| Space Name | Surface Name | Surface Type | Construction | Outside Boundary Condition | Outside Boundary Condition Object | Sun Exposure | Wind Exposure |
|------------|--------------|--------------|---------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------|
| Space 1 | Surface 6 | Wall | Exterior_Java_Petra | Outdoors | | SunExposed | WindExposed |
| | Surface 5 | Wall | Exterior_Java_Petra | Outdoors | | SunExposed | WindExposed |
| | Surface 1 | Floor | Exterior_Java_Petra | Ground | | NoSun | NoWind |
| | Surface 2 | Wall | Exterior_Java_Petra | Outdoors | | SunExposed | WindExposed |
| | Surface 3 | Wall | Exterior_Java_Petra | Outdoors | | SunExposed | WindExposed |
| | Surface 4 | Roof/Ceiling | Exterior_Java_Petra | Outdoors | | SunExposed | WindExposed |

Πηγή: (OpenStudio 2015)

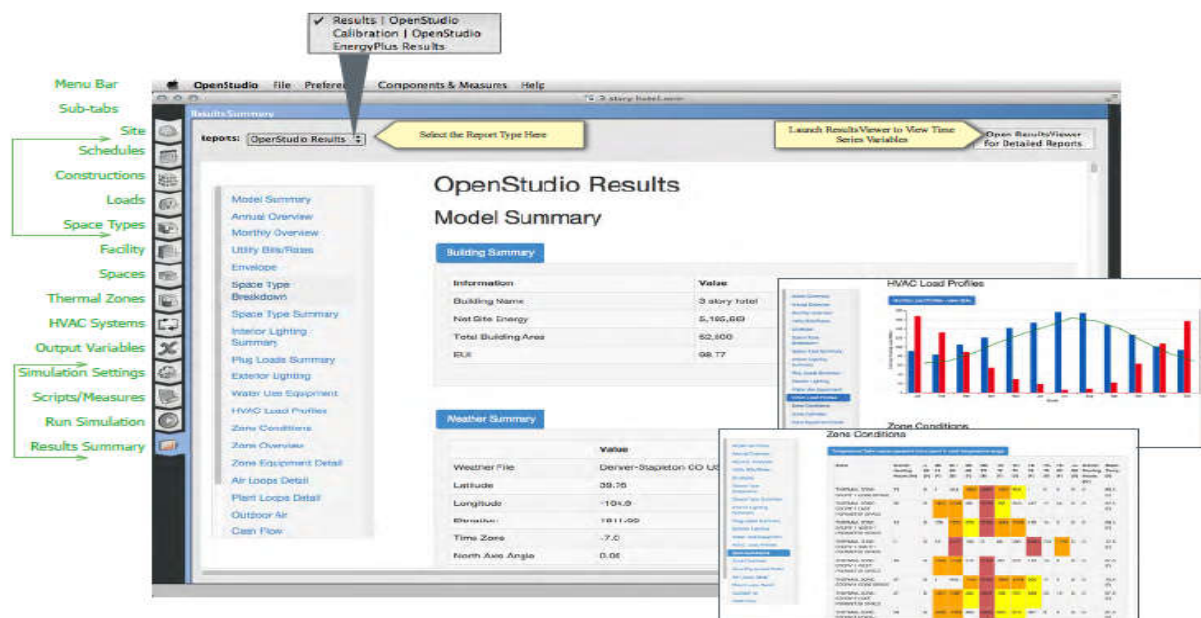
Run

Πρόκειται για την τελική καρτέλα η οποία σηματοδοτεί την έναρξη της ενεργειακής προσομοίωσης. Στο σημείο αυτό το δημιουργηθέν προσομοίωμα αποστέλλεται στο EnergyPlus στο οποίο διεξάγεται η ανάλυση.

Σε περίπτωση κρίσιμων σφαλμάτων, το πρόγραμμα αδυνατεί να ολοκληρώσει την ανάλυση, βγάζοντας μήνυμα όπου καταδεικνύει την εσφαλμένη εισαγωγή δεδομένων. Το αρχείο που περιέχει την πληροφορία αυτή είναι το eplusout.err, το οποίο ανοιγόμενο με οποιονδήποτε επεξεργαστή κειμένου παρέχει πληροφορίες για την επιδιόρθωση του εισαγόμενου αρχείου.

Εφ' όσον η ανάλυση ολοκληρωθεί επιτυχώς, η καρτέλα results summary περιέχει τα αποτελέσματα υπό μορφή πινάκων και διαγραμμάτων(**Σχήμα 35, Σχήμα 36**

Σχήμα 35 OpenStudio-Results Graph



Σχήμα 36 OpenStudio-Results Table

| | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | Total | Difference from Baseline % | Saving (kWh) |
|---|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|----------|----------------------------|--------------|
| Baseline | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cooling Consumpti on KWh | — | — | — | 23.153 | 305.67 | 1074.98 | 2108.06 | 1823.78 | 737.95 | 182.29 | — | — | 6255.895 | | |
| Heating Consumpti on KWh | 3291.18 | 3096.58 | 2258.99 | 992.046 | 87.921 | — | — | — | — | 127.77 | 1160.26 | 2683.65 | 13698.43 | | |
| with facade (Polyurethane closed cell 0.05m) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cooling Consumpti on KWh | — | — | — | — | 34.289 | 340.549 | 984.133 | 801.842 | 185.22 | 12.309 | — | — | 2358.343 | 62.30 | 3897.55 |
| Heating Consumpti on KWh | 2459.15 | 2343.39 | 1790.37 | 830.563 | 83.232 | — | — | — | — | 103.45 | 828.219 | 1951.26 | 10389.66 | 24.15 | 3308.77 |
| with LEDs | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cooling Consumpti on KWh | — | — | — | — | 7.913 | 179.359 | 616.035 | 456.898 | 81.181 | 0.879 | — | — | 1342.266 | 78.54 | 1016.08 |
| Heating Consumpti on KWh | 2784.05 | 2613.48 | 2067.19 | 1122.39 | 192.84 | 2.051 | — | — | 2.638 | 225.95 | 1042.03 | 2335.02 | 12387.67 | 9.57 | -1998.01 |
| less infiltration | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cooling Consumpti on KWh | — | — | — | — | 2.051 | 89.973 | 262.006 | 195.771 | 31.066 | — | — | — | 580.867 | 90.715 | 761.399 |
| Heating Consumpti on KWh | 1101.06 | 1039.23 | 703.957 | 251.162 | 16.998 | — | — | — | — | 21.394 | 359.012 | 907.055 | 4399.876 | 67.88 | 7987.80 |

Πηγή: (OpenStudio 2015)

3.3 Δεδομένα που συλλέχθηκαν για τη διεξαγωγή της ενεργειακής προσομοίωσης-ανάλυσης

3.3.1 Ερωτηματολόγιο

Για την καταγραφή των απαραίτητων δεδομένων διαμοιράστηκε στους κατοίκους του οικισμού ερωτηματολόγιο (*Παράρτημα Β*), το οποίο δομήθηκε ως εξής:

Όσον αφορά το κτίριο:

- Έτος κατασκευής
- Τετραγωνικά χώρων
- Βασικό υλικό κατασκευής

Όσον αφορά τους χρήστες:

- Αριθμός χρηστών
- Μέσος όρος ηλικίας χρηστών
- Αίσθηση θερμικής άνεσης ανά εποχή
- Εποχικότητα

Όσον αφορά τις καταναλώσεις:

- Κατανάλωση ρεύματος
- Κατανάλωση πετρελαίου
- Ηλεκτρικές συσκευές ψύξης
- Ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης
- Θέρμανση με βιομάζα
- Θέρμανση νερού
- Λοιπές συσκευές

3.3.2 Καταγραφή κτιρίων

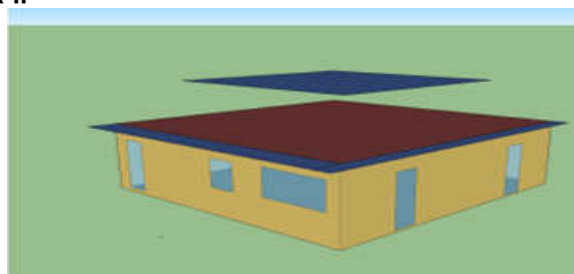
Από την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τα ερωτηματολόγια προέκυψαν τα εξής στοιχεία για τα κτίσματα του οικισμού :

Σχήμα 37 Κατοικία 1



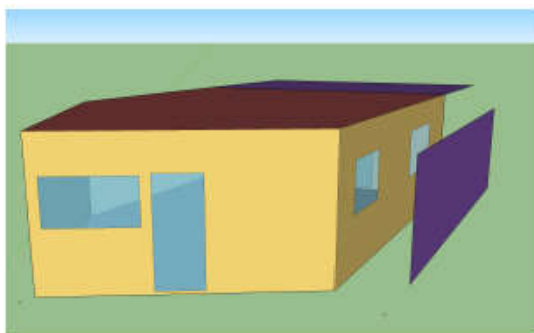
- 2 όροφοι
- Κατασκευή 1999
- Υλικά κατασκευής: Τούβλο, Κεραμίδια
- Δόμηση: 240 m²
- Χρήστες: 6 άτομα
- Χρήση: Σαββατοκύριακα (8 μέρες/μήνα)
- Κατανάλωση ανά έτος (μετρητής ΔΕΗ): 1.180 kWh
- Θέρμανση χώρων: Κλιματιστικά 54.000 BTU (2x18.000 BTU και 2x9.000BTU)
- Θέρμανση χώρων: Ηλιακός θερμοσίφωνας

Σχήμα 38 Κατοικία 2



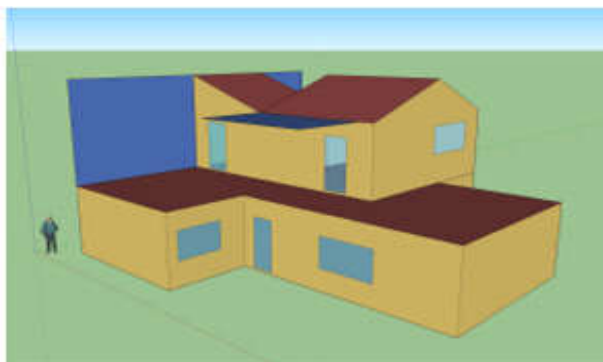
- 1 όροφος
- Κατασκευή 1975
- Υλικά κατασκευής: Τούβλο
- Δόμηση: 164 m²
- Χρήστες: 2 άτομα
- Χρήση: Όλο τον χρόνο
- Κατανάλωση ανά έτος (μετρητής ΔΕΗ): 4.340 kWh
- Θέρμανση χώρων: Πετρέλαιο (500 L/έτος)
- Θέρμανση νερού: Ηλιακός θερμοσίφωνας

Σχήμα 39 Κατοικία 3



- Κατασκευή 1975
- Υλικά κατασκευής: Τούβλο
- Δόμηση: 85 m²
- Χρήστες: 4 άτομα
- Χρήση: Όλο τον χρόνο
- Κατανάλωση ανά έτος (μετρητής ΔΕΗ): 4.180 kWh
- Θέρμανση χώρων: Πετρέλαιο (750 L/έτος)
- Θέρμανση νερού: Ηλεκτρικός θερμοσίφωνας

Σχήμα 40 Κατοικία 4



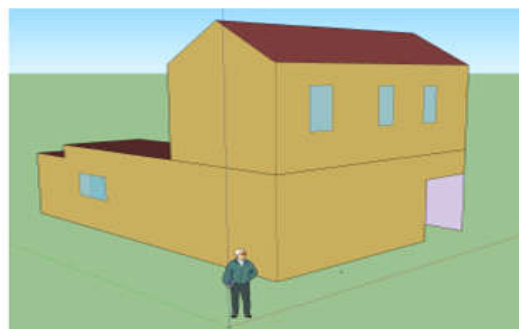
- 2 όροφος
- Κατασκευή: πριν το 1955
- Υλικά κατασκευής: Πέτρα
- Δόμηση: 196,50 m²
- Χρήστες: 4 άτομα
- Χρήση: 3 μήνες τον χρόνο (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος)
- Κατανάλωση ανά έτος (μετρητής ΔΕΗ): 590 kWh
- Θέρμανση χώρων: δεν υπάρχει
- Θέρμανση νερού: Ηλιακός θερμοσίφωνας

Σχήμα 41 Κατοικία 5



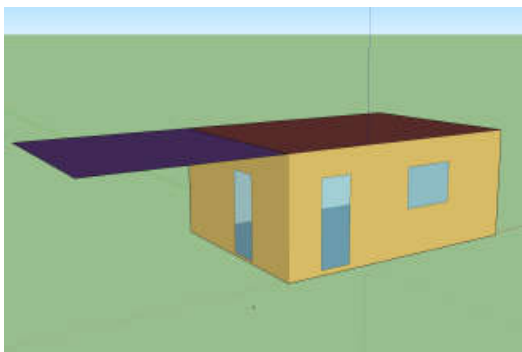
- 2 όροφοι
- Κατασκευή 1995
- Υλικά κατασκευής: Τούβλο, Κεραμίδια
- Δόμηση: 232 m²
- Χρήστες: 6 άτομα
- Χρήση: Σαββατοκύριακα (8 μέρες ανά μήνα)
- Κατανάλωση ανά έτος (μετρητής ΔΕΗ): 610 kWh
- Θέρμανση χώρων: Κλιματιστικά 54.000 BTU (2x18.000 BTU και 2x9.000BTU)
- Θέρμανση νερού: Ηλιακός θερμοσίφωνας

Σχήμα 42 Κατοικία 6



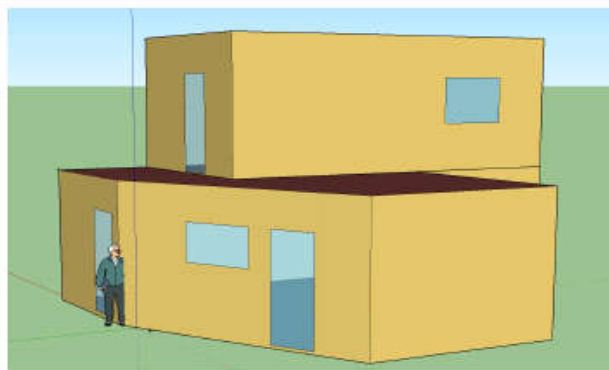
- 2 όροφοι
- Κατασκευή πριν το 1955
- Υλικά κατασκευής: Πέτρα, Κεραμίδια
- Δόμηση: 97 m²
- Χρήστες: 1 άτομα
- Χρήση: σε όλη την διάρκεια του έτους
- Κατανάλωση ανά έτος (μετρητής ΔΕΗ): 2.190 kWh
- Θέρμανση χώρων: τζάκι με κατανάλωση 1 τόνο ξύλα τον χρόνο
- Θέρμανση νερού: Ηλιακός θερμοσίφωνας

Σχήμα 43 Κατοικία 7



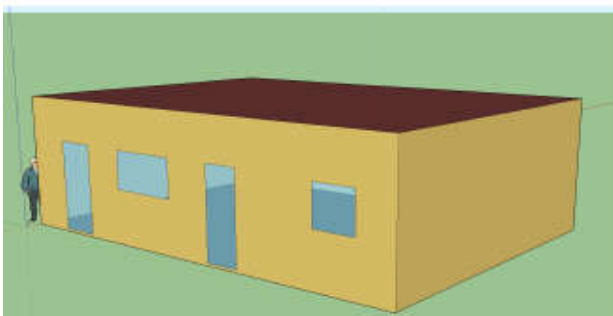
- 1 όροφος
- Κατασκευή: πριν το 1955
- Υλικά κατασκευής: Πέτρα
- Δόμηση: 60,70 m²
- Χρήστες: 1 άτομα
- Χρήση: Όλο το έτος
- Κατανάλωση ανά έτος (μετρητής ΔΕΗ): 2.070 kWh
- Θέρμανση χώρων: Τζάκι με κατανάλωση 1 tn/y
- Θέρμανση νερού: Ηλιακός θερμοσίφωνας

Σχήμα 44 Κατοικία 8



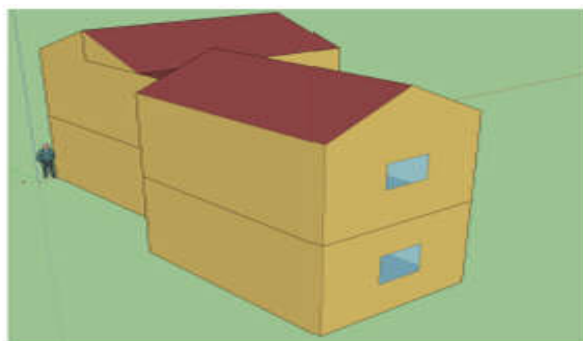
- 2 όροφοι
- Κατασκευή πριν το 1990
- Υλικά κατασκευής: Τούβλο
- Δόμηση: 158 m²
- Χρήστες: 4 άτομα
- Χρήση: 3 μήνες τον χρόνο (Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο)
- Κατανάλωση ανά έτος (μετρητής ΔΕΗ): 540 kWh
- Θέρμανση χώρων: δεν υπάρχει
- Θέρμανση νερού: Ηλιακός θερμοσίφωνας

Σχήμα 45 Κατοικία 9



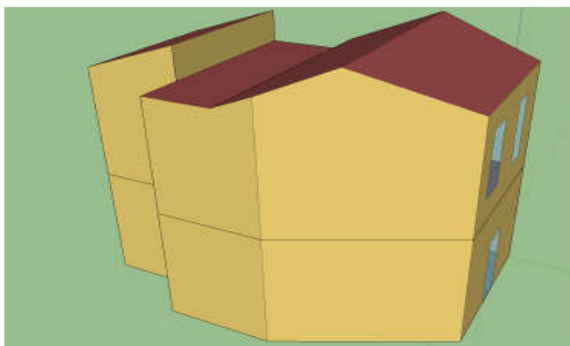
- 1 όροφοι
- Κατασκευή το 1970
- Υλικά κατασκευής: Τούβλο
- Δόμηση: 53,50 m²
- Χρήστες: 1 άτομα
- Χρήση: Όλο το έτος
- Κατανάλωση ανά έτος (μετρητής ΔΕΗ): 2.130 kWh
- Θέρμανση χώρων: Τζάκι με κατανάλωση 1 tn/y
- Θέρμανση νερού: Ηλιακός θερμοσίφωνας

Σχήμα 46 Κατοικία 10



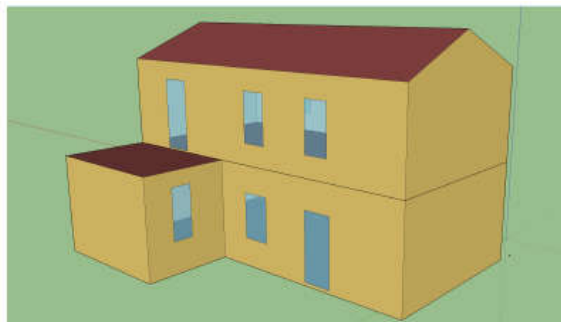
- 2 όροφοι
- Κατασκευή: πριν το 1955
- Υλικά κατασκευής: Πέτρα
- Δόμηση: 194 m²
- Χρήστες: 5 άτομα
- Χρήση: Όλο το έτος
- Κατανάλωση ανά έτος (μετρητής ΔΕΗ): 6.430 kWh
- Θέρμανση χώρων: Πετρέλαιο, 1.000 L/έτος
- Θέρμανση νερού: Ηλιακός θερμοσίφωνας

Σχήμα 47 Κατοικία 11



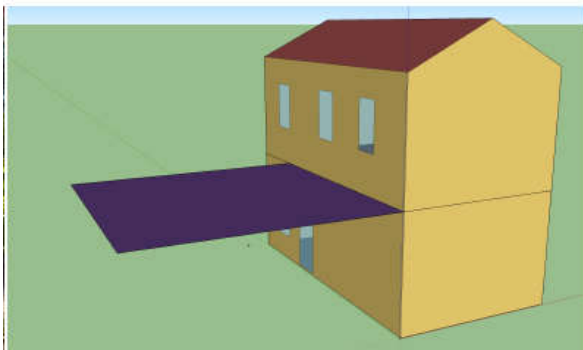
- 2 όροφοι
- Κατασκευή: πριν το 1955
- Υλικά κατασκευής: Πέτρα
- Δόμηση: 133 m²
- Χρήστες: 2 άτομα
- Χρήση: 5 μήνες ανά έτος
- Κατανάλωση ανά έτος (μετρητής ΔΕΗ): 0 kWh (ύπαρξη φωτοβολταϊκών)
- Θέρμανση χώρων: Κλιματισμός inverter
- Θέρμανση νερού: Ηλιακός θερμοσίφωνας
- Φωτοβολταϊκό σύστημα συνολικής ισχύς 9 kw (36x250w), ετήσιας παραγωγής 14.600 kWh/y

Σχήμα 48 Κατοικία 12



- 2 όροφοι
- Κατασκευή: πριν το 1955
- Υλικά κατασκευής: Πέτρα
- Δόμηση: 189,80 m²
- Χρήστες: 4 άτομα
- Χρήση: 3 μήνες (Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο)
- Κατανάλωση ανά έτος (μετρητής ΔΕΗ): 640 kWh
- Θέρμανση νερού: Ηλιακός θερμοσίφωνας

Σχήμα 49 Κατοικία 13



- 2 όροφοι
- Κατασκευή: πριν το 1955
- Υλικά κατασκευής: Πέτρα
- Δόμηση: 58,50 m²
- Χρήστες: 1 άτομα
- Χρήση: Όλο το χρόνο
- Κατανάλωση ανά έτος (μετρητής ΔΕΗ): 2.280 kWh
- Θέρμανση νερού: Ηλιακός θερμοσίφωνας

3.4 Σχεδιασμός σεναρίων επέμβασης

Το τελικό στάδιο της ενεργειακής ανάλυσης περιλαμβάνει το σχεδιασμό σεναρίων επέμβασης στα κτίρια του οικισμού, με αρχικό στόχο την μείωση των ενεργειακών τους καταναλώσεων. Ως απώτερος σκοπός των επεμβάσεων αυτών είναι η οικονομική ελάφρυνση των νοικοκυριών από τα πάγια έξοδα που αφορούν θέρμανση/ψύξη, ζεστά νερά χρήσης ZNX και φωτισμό, ταυτόχρονη μείωση δηλαδή τόσο των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων όσο και του φαινομένου της ενεργειακής φτώχειας.

Η βελτιστοποίηση της ενεργειακής συμπεριφοράς του υπό μελέτη συστήματος περιλαμβάνει διάφορα σενάρια όπως αντικατάσταση των εγκατεστημένων συστημάτων θέρμανσης/ψύξης με κλιματιστικά ενεργειακής κλάσης A+, η αντικατάσταση των λαμπτήρων με αντίστοιχους LED, και τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων όπου αυτό είναι δυνατό και.

Η χρήση φωτοβολταϊκών επιλέχθηκε για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του οικισμού, εξαιτίας των αρκετών πλεονεκτημάτων που προσφέρει η συγκεκριμένη τεχνολογία. Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και ιδιαίτερα της ηλιακής, είναι μια πρακτική που υιοθετείται όλο και περισσότερο τόσο από κυβερνήσεις όσο και από ανεξάρτητους καταναλωτές. Αποτελεί την πλέον προσιτή και αποδοτική μορφή σε σχέση με τις υπόλοιπες (αιολική, υδροηλεκτρική, γεωθερμική κ.α.), και ενδείκνυται για περιοχές με ισχυρό δυναμικό όπως η Κρήτη.

Τοποθετήθηκαν πλαίσια των 260 Wp, με γωνία κλίσης 30°. Η τιμή των πλαισίων διακυμάνθηκε στα 1,8 €/Wp με δεδομένα που συλλέχτηκαν από αντιπροσώπους εταιριών κατασκευής φ/β στην περιοχή της Κρήτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Υφιστάμενη κατάσταση – Σενάρια επέμβασης

Για την κατοικία 1, με αναλυτική περιγραφή στον Πίνακα 6:

Υφιστάμενες απαιτήσεις:

- Για θέρμανση: 6.255 kWh/y
- Για ψύξη: 13.698 kWh/y

Σενάριο 1:

- Εξωτερική θερμομόνωση με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων (Polyurethane closed cell) 5cm, συνολικής επιφάνειας 219,60 m²
- Θερμομόνωση οροφής και στέγης με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων 5 cm, συνολικής επιφάνειας 146,40 m²

Σενάριο 2:

- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορίου συνολικής ισχύος 1200 W με LEDs συνολικής ισχύος 240 W με σκοπό την μείωση όλες καταναλώσης αλλά και την μείωση εκπομπής θερμότητας.

Σενάριο 3:

- Αντικατάσταση των συρόμενων κουφωμάτων με ανοιγόμενα ώστε να μειωθεί η διείσδυση αέρα από 0,4 ach (αλλαγές αέρα την ώρα) σε 0,2 ach.

Σενάριο 4:

- Αντικατάσταση των παλαιών κλιματιστικών κλάσης E με κλιματιστικά inverter κλάσης A+. Συγκεκριμένα εγκατάσταση 2 μονάδων ψύξης/θέρμανσης συνολικής ισχύος 45.000 BTU (5x9.000BTU).

Σενάριο 5:

- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.

Απαιτούμενη ισχύς συστήματος:

1. Συσκευές: 6.03x2 kWh την ημέρα x 96 ημέρες = 1.157,7 kWh/y
2. Φωτισμός: 240Wx 96 ημέρες = 23,04 kWh/y
3. Ψύξη θέρμανση/ψύξη: 1.309,50 kWh/y

Συνολικά: 2.490,2 kWh/y

Διαθέσιμη επιφάνεια:

1. Στέγη με κλίση 43° στο νότο: 52 m²
2. Στέγη με κλίση 47° στο νότο: 10,20 m²

Πίνακας 6 Κόστος εγκατάστασης, εξοικονόμηση και έτη αποπληρωμής ανά σενάριο για την κατοικία 1

| | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|
| Σενάριο 1 | Κόστος μόνωσης (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 37.50 | 405.4 | 15203 | | 1895.00 | 265.30 | 57.30 |
| Σενάριο 2 | Κόστος λαμπτήρων (€/W) | Ισχύς (W) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.33 | 250 | 82.50 | 547.2 | -258.00 | 40.49 | 2.04 |
| Σενάριο 3 | Κόστος κουφωμάτων (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 105.64 | 46 | 4859.44 | | 2301.00 | 322.14 | 15.08 |
| Σενάριο 4 | Κόστος κλιματισμού (€/BTU) | Ισχύς (BTU) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.14 | 45000 | 6300.00 | 880.13 | | 123.22 | 51.13 |
| Σενάριο 5 | Κόστος φωτοβολταϊκών (€/Wp) | Ισχύς (Wp) | Κόστος (€) | Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (MWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 1.80 | 7.8 | 14040.00 | 12.20 | | 1708.00 | 8.22 |

Για την κατοικία **2**, με αναλυτική περιγραφή στον Πίνακα 7:

Υφιστάμενες απαιτήσεις:

- Για θέρμανση: 1.663 kWh/y
- Για ψύξη: 10.826 kWh/y

Σενάριο 1:

- Εξωτερική θερμομόνωση με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων (Polyurethane closed cell) 5cm, συνολικής επιφάνειας 144,40 m²
- Θερμομόνωση οροφής και στέγης με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων 5 cm, συνολικής επιφάνειας 163,75 m²

Σενάριο 2:

- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορίου συνολικής ισχύος 600 W με LEDs συνολικής ισχύος 120 W με σκοπό την μείωση όλες κατανάλωσης αλλά και την μείωση εκπομπής θερμότητας.

Σενάριο 3:

- Αντικατάσταση των συρόμενων κουφωμάτων με ανοιγόμενα ώστε να μειωθεί η διείσδυση αέρα από 0,4 ach (αλλαγές αέρα την ώρα) σε 0,2 ach.

Σενάριο 4:

- Αντικατάσταση του λέβητα πετρελαίου, ετήσιας κατανάλωσης 500L, με κλιματιστικά inverter κλάσης A+. Συγκεκριμένα εγκατάσταση 2 μονάδων ψύξης/ θέρμανσης συνολικής ισχύος 27.000 BTU (1x18.000 και 1x9.000).

Σενάριο 5:

- Αντικατάσταση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα ισχύς 3kW με ηλιακό για ZNX.

Σενάριο 6:

- Αντικατάσταση ηλεκτρικών συσκευών ενεργειακής κλάσης G, συνολικής ετήσιας κατανάλωσης 1630 kWh, με κλάσης A συνολικής ετήσιας κατανάλωσης 975 kWh.

Σενάριο 7:

- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.
Απαιτούμενη ισχύς συστήματος:
 1. Συσκευές: 975 kWh/y
 2. Φωτισμός: 120W x 365 ημέρες = 43,80 kWh/y
 3. Ψύξη θέρμανση/ψύξη: 4.304,80 kWh/yΣυνολικά: 5.322,8 kWh/y
Διαθέσιμη επιφάνεια:
 1. Επίπεδη στέγη επιφάνειας 110,20 m²

Πίνακας 7 Κατοικία 2

| | | | | | | | |
|-----------|---|--------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|
| Σενάριο 1 | Κόστος μόνωσης (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 37.50 | 308.15 | 11555.63 | | 5106.00 | 714.84 | 16.17 |
| Σενάριο 2 | Κόστος λαμπτήρων (€/W) | Ισχύς (W) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.33 | 120 | 39.60 | 1051.2 | -70.02 | 137.37 | 0.29 |
| Σενάριο 3 | Κόστος κουφωμάτων (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 105.64 | 18.60 | 1964.90 | | 4304.78 | 602.67 | 3.26 |
| Σενάριο 4 | Κόστος κλιματισμού (€/BTU) | Ισχύς (BTU) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.14 | 27000 | 3780.00 | 3073 | | 430.22 | 8.79 |
| Σενάριο 5 | Κόστος ηλιακού ZNX (€/kCal) | Ισχύς (kWh) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.14 | 3 | 361.38 | 1095 | | 153.30 | 2.36 |
| Σενάριο 6 | Κατανάλωση υφιστάμενων συσκευών (kWh/y) | Κατανάλωση νέων συσκευών (kWh/y) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 1630 | 975 | 1250.00 | 655 | | 91.70 | 13.63 |
| Σενάριο 7 | Κόστος φωτοβολταϊκών (€/Wp) | Ισχύς (Wp) | Κόστος (€) | Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (MWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 1.80 | 16.5 | 29700.00 | 20.70 | | 2898.00 | 10.25 |

Για την κατοικία **3**, με αναλυτική περιγραφή στον Πίνακα 8:

Υφιστάμενες απαιτήσεις:

- Για θέρμανση: 3.114 kWh/y
- Για ψύξη: 8.394 kWh/y

Σενάριο 1:

- Εξωτερική θερμομόνωση με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων (Polyurethane closed cell) 5 cm, συνολικής επιφάνειας 95,55 m²
- Θερμομόνωση οροφής και στέγης με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων 5 cm, συνολικής επιφάνειας 85 m²

Σενάριο 2:

- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορίου συνολικής ισχύος 800 W με LEDs συνολικής ισχύος 160 W με σκοπό την μείωση όλες κατανάλωσης αλλά και την μείωση εκπομπής θερμότητας.

Σενάριο 3:

- Αντικατάσταση των συρόμενων κουφωμάτων με ανοιγόμενα ώστε να μειωθεί η διείσδυση αέρα από 0,4 ach (αλλαγές αέρα την ώρα) σε 0,2 ach.

Σενάριο 4:

- Αντικατάσταση του λέβητα πετρελαίου, ετήσιας κατανάλωσης 750L, με κλιματιστικά inverter κλάσης A+. Συγκεκριμένα εγκατάσταση 2 μονάδων ψύξης/ θέρμανσης συνολικής ισχύος 18.000 BTU (2x9.000)

Σενάριο 5:

- Αντικατάσταση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα ισχύος 3kW με ηλιακό για ZNX.

Σενάριο 6:

- Αντικατάσταση ηλεκτρικών συσκευών ενεργειακής κλάσης G, συνολικής ετήσιας κατανάλωσης 1.630 kWh, με κλάσης A συνολικής ετήσιας κατανάλωσης 975 kWh.

Σενάριο 7:

- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.
Απαιτούμενη ισχύς συστήματος:
 1. Συσκευές: 975 kWh/y
 2. Φωτισμός: 160Wx 365 ημέρες = 58,40 kWh/y
 3. Ψύξη θέρμανση/ψύξη: 4.328 kWh/yΣυνολικά: 5.361 kWh/y
Διαθέσιμη επιφάνεια:
 1. Επίπεδη στέγη επιφάνειας 85 m²

Πίνακας 8 Κατοικία 3

| | | | | | | | |
|-----------|---|--------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|
| Σενάριο 1 | Κόστος μόνωσης (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 37.50 | 180.55 | 6770.63 | | 4327.00 | 605.78 | 11.18 |
| Σενάριο 2 | Κόστος λαμπτήρων (€/W) | Ισχύς (W) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.33 | 160 | 52.80 | 1401.6 | 119.20 | 212.91 | 0.25 |
| Σενάριο 3 | Κόστος κουφωμάτων (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 105.64 | 12 | 1267.68 | | 4235.90 | 593.03 | 2.14 |
| Σενάριο 4 | Κόστος κλιματισμού (€/BTU) | Ισχύς (BTU) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.14 | 18000 | 2520.00 | 7016 | | 982.24 | 2.57 |
| Σενάριο 5 | Κόστος ηλιακού ZNX (€/kCal) | Ισχύς (kWh) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.14 | 3 | 361.38 | 1095 | | 153.30 | 2.36 |
| Σενάριο 6 | Κατανάλωση υφιστάμενων συσκευών (kWh/y) | Κατανάλωση νέων συσκευών (kWh/y) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 1630 | 975 | 1250.00 | 655 | | 91.70 | 13.63 |
| Σενάριο 7 | Κόστος φωτοβολταϊκών (€/Wp) | Ισχύς (Wp) | Κόστος (€) | Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (MWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 1.80 | 12.8 | 23040.00 | 20.70 | | 2898.00 | 7.95 |

Για την κατοικία 4, με αναλυτική περιγραφή στον Πίνακα 9:

Υφιστάμενες απαιτήσεις:

- Για θέρμανση: 6.704 kWh/y
- Για ψύξη: 18.577 kWh/y

Σενάριο 1:

- Εξωτερική θερμομόνωση με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων (Polyurethane closed cell) 5 cm, συνολικής επιφάνειας 228 m²
- Θερμομόνωση οροφής και στέγης με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων 5 cm, συνολικής επιφάνειας 131 m²

Σενάριο 2:

- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορίου συνολικής ισχύος 1600 W με LEDs συνολικής ισχύος 320 W με σκοπό την μείωση όλων των κατανάλωσης αλλά και την μείωση εκπομπής θερμότητας.

Σενάριο 3:

- Αντικατάσταση των συρόμενων κουφωμάτων με ανοιγόμενα ώστε να μειωθεί η διείσδυση αέρα από 0,4 ach (αλλαγές αέρα την ώρα) σε 0,2 ach.

Σενάριο 4:

- Εγκατάσταση κλιματιστικών inverter κλάσης A+. Συγκεκριμένα εγκατάσταση 2 μονάδων ψύξης/ θέρμανσης συνολικής ισχύος 14.000 BTU (2x7.000 BTU).

Σενάριο 5:

- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.
Απαιτούμενη ισχύς συστήματος:
 1. Συσκευές: 6.03 kWh την ημέρα x 90 ημέρες = 1.085,4 kWh/y
 2. Φωτισμός: 320W x 365 ημέρες = 43,80 kWh/y
 3. Ψύξη θέρμανση/ψύξη: 60 kWh/yΣυνολικά: 1.189,2 kWh/y
Διαθέσιμη επιφάνεια:
 1. Στέγη με κλίση 58° στο νότο, επιφάνειας 28,30 m²

Πίνακας 9 Κατοικία 4

| | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|
| Σενάριο 1 | Κόστος μόνωσης (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονόμηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 37.50 | 359 | 13462.50 | | 1583 | 221.62 | 60.75 |
| Σενάριο 2 | Κόστος λαμπτήρων (€/W) | Ισχύς (W) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονόμηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.33 | 320 | 105.60 | 691.2 | 148.60 | 117.57 | 0.90 |
| Σενάριο 3 | Κόστος κουφωμάτων (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονόμηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 105.64 | 27 | 2852.28 | | 134.00 | 18.76 | 152.04 |
| Σενάριο 4 | Κόστος κλιματισμού (€/BTU) | Ισχύς (BTU) | Κόστος (€) | | | | |
| | 0.14 | 14000 | 1960.00 | | | | |
| Σενάριο 5 | Κόστος φωτοβολταϊκών (€/Wp) | Ισχύς (Wp) | Κόστος (€) | Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (MWh/y) | | Εξοικονόμηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 1.80 | 4.2 | 7560.00 | 6.40 | | 896.00 | 8.44 |

Για την κατοικία **5**, με αναλυτική περιγραφή στον Πίνακα 10:

Υφιστάμενες απαιτήσεις:

- Για θέρμανση: 5.808 kWh/y
- Για ψύξη: 16.643 kWh/y

Σενάριο 1:

- Εξωτερική θερμομόνωση με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων (Polyurethane closed cell) 5 cm, συνολικής επιφάνειας 240 m²
- Θερμομόνωση οροφής και στέγης με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων 5 cm, συνολικής επιφάνειας 118 m²

Σενάριο 2:

- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορίου συνολικής ισχύος 2.000 W με LEDs συνολικής ισχύος 400 W με σκοπό την μείωση όλες κατανάλωσης αλλά και την μείωση εκπομπής θερμότητας.

Σενάριο 3:

- Αντικατάσταση των συρόμενων κουφωμάτων με ανοιγόμενα ώστε να μειωθεί η διείσδυση αέρα από 0,4 ach (αλλαγές αέρα την ώρα) σε 0,2 ach.

Σενάριο 4:

- Αντικατάσταση ηλεκτρικών θερμαντικών σωμάτων με κλιματιστικά inverter κλάσης A+ για θέρμανση και ψύξη. Συγκεκριμένα εγκατάσταση μονάδων συνολικής ισχύος 45.000 BTU (5x9.000).

Σενάριο 5

- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.

Απαιτούμενη ισχύς συστήματος

1. Συσκευές: 6,03x2 kWh την ημέρα x 96 ημέρες = 1.157,7 kWh/y
2. Φωτισμός: 400Wx 96 ημέρες = 38,40 kWh/y
3. Ψύξη θέρμανση/ψύξη: 4.525 kWh/y

Συνολικά: 5.721,1 kWh/y

Διαθέσιμη επιφάνεια:

1. Επίπεδη στέγη επιφάνειας 36,60 m²

Πίνακας 10 Κατοικία 5

| | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|
| Σενάριο 1 | Κόστος μόνωσης (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 37.50 | 358 | 13425.00 | | 1379 | 193.06 | 69.54 |
| Σενάριο 2 | Κόστος λαμπτήρων (€/W) | Ισχύς (W) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.33 | 400 | 132.00 | 921.6 | 28.00 | 132.94 | 0.99 |
| Σενάριο 3 | Κόστος κουφωμάτων (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 105.64 | 36 | 3803.04 | | 1934.00 | 270.76 | 14.05 |
| Σενάριο 4 | Κόστος κλιματισμού (€/BTU) | Ισχύς (BTU) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.14 | 45000 | 6300.00 | 3111 | | 435.54 | 14.46 |
| Σενάριο 5 | Κόστος φωτοβολταϊκών (€/Wp) | Ισχύς (Wp) | Κόστος (€) | Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (MWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 1.80 | 5.5 | 9900.00 | 8.90 | | 1246.00 | 7.95 |

Για την κατοικία **6**, με αναλυτική περιγραφή στον Πίνακα 11:

Υφιστάμενες απαιτήσεις:

- Για θέρμανση: 5.232 kWh/y
- Για ψύξη: 18.363 kWh/y

Σενάριο 1:

- Εξωτερική θερμομόνωση με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων (Polyurethane closed cell) 5 cm, συνολικής επιφάνειας 172,50 m²
- Θερμομόνωση οροφής και στέγης με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων 5 cm, συνολικής επιφάνειας 58,50 m²

Σενάριο 2:

- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορίου συνολικής ισχύος 500 W με LEDs συνολικής ισχύος 100 W με σκοπό την μείωση όλων των καταναλώσεων αλλά και την μείωση εκπομπής θερμότητας.

Σενάριο 3:

- Αντικατάσταση των συρόμενων κουφωμάτων με ανοιγόμενα ώστε να μειωθεί η διείσδυση αέρα από 0,4 ach (αλλαγές αέρα την ώρα) σε 0,2 ach.

Σενάριο 4:

- Αντικατάσταση του τζακιού, ετήσιας κατανάλωσης ξυλείας 1 tn, με κλιματιστικό inverter κλάσης A + για ψύξη και θέρμανση. Συγκεκριμένα εγκατάσταση συνολικής ισχύος 18.000 BTU (2x9.000).

Σενάριο 5:

- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.

Απαιτούμενη ισχύς συστήματος:

2. Συσκευές: $6,03 \times 0,5 \text{ kWh} \text{ την ημέρα} \times 365 \text{ ημέρες} = 1.100,4 \text{ kWh/y}$

3. Φωτισμός: $100 \text{ W} \times 365 \text{ ημέρες} = 36,5 \text{ kWh/y}$

4. Ψύξη θέρμανση/ψύξη: 189 kWh/y

Συνολικά: $1.654,4 \text{ kWh/y}$

Διαθέσιμη επιφάνεια:

1. Επίπεδη στέγη επιφάνειας $20,20 \text{ m}^2$

2. Στέγη με κλίση 54° στο νότο, επιφάνειας $36,750 \text{ m}^2$

Πίνακας 11 Κατοικία 6

| Σενάριο 1 | Κόστος μόνωσης (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|
| | 37.50 | 231 | 8682.50 | | 6533 | 914.62 | 9.47 |
| Σενάριο 2 | Κόστος λαμπτήρων (€/W) | Ισχύς (W) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.33 | 100 | 33.00 | 876 | -424.00 | 63.28 | 0.52 |
| Σενάριο 3 | Κόστος κουφωμάτων (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 105.64 | 21 | 2218.44 | | 12340.00 | 1727.60 | 1.28 |
| Σενάριο 4 | Κόστος κλιματισμού (€/BTU) | Ισχύς (BTU) | Κόστος (€) | | | | |
| | 0.14 | 18000 | 2520.00 | | | | |
| Σενάριο 5 | Κόστος φωτοβολταϊκών (€/Wp) | Ισχύς (Wp) | Κόστος (€) | Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (MWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 1.80 | 3 | 5400.00 | 4.90 | | 686.00 | 7.87 |

Για την κατοικία **8**, με αναλυτική περιγραφή στον Πίνακα 12:

Υφιστάμενες απαιτήσεις:

- Για θέρμανση: 4.222 kWh/y
- Για ψύξη: 14.321 kWh/y

Σενάριο 1:

- Εξωτερική θερμομόνωση με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων (Polyurethane closed cell) 5 cm, συνολικής επιφάνειας 198 m²
- Θερμομόνωση οροφής και στέγης με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων 5 cm, συνολικής επιφάνειας 33,80 m²

Σενάριο 2:

- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορίου συνολικής ισχύος 1.300 W με LEDs συνολικής ισχύος 260 W με σκοπό την μείωση όλες καταναλώσης αλλά και την μείωση εκπομπής θερμότητας.

Σενάριο 3:

- Αντικατάσταση των συρόμενων κουφωμάτων με ανοιγόμενα ώστε να μειωθεί η διείσδυση αέρα από 0,4 ach (αλλαγές αέρα την ώρα) σε 0,2 ach.

Σενάριο 4:

- Εγκατάσταση κλιματιστικών inverter κλάσης A+ για ψύξη. Συγκεκριμένα εγκατάσταση μονάδων συνολικής ισχύος 54.000 BTU (2x18.000 και 2x9.000).

Σενάριο 5:

- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.

Απαιτούμενη ισχύς συστήματος:

1. Συσκευές: 6,03x2 kWh την ημέρα x 90 ημέρες = 1.085,4 kWh/y
2. Φωτισμός: 260Wx 90 ημέρες = 23,4 kWh/y
3. Ψύξη θέρμανση/ψύξη: 1.321 kWh/y

Συνολικά: 2.429,8 kWh/y

Διαθέσιμη επιφάνεια:

1. Επίπεδη στέγη επιφάνειας 116 m²

Πίνακας 12 Κατοικία 8

| | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|
| Σενάριο 1 | Κόστος μόνωσης (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 37.50 | 231.8 | 8892.50 | | 1457.44 | 204.04 | 42.80 |
| Σενάριο 2 | Κόστος λαμπτήρων (€/W) | Ισχύς (W) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.33 | 280 | 85.80 | 599.04 | 238.00 | 118.91 | 0.73 |
| Σενάριο 3 | Κόστος κουφωμάτων (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 105.64 | 18 | 1901.52 | | 1208.00 | 169.12 | 11.24 |
| Σενάριο 4 | Κόστος κλιματισμού (€/BTU) | Ισχύς (BTU) | Κόστος (€) | | | | |
| | 0.14 | 54000 | 7560.00 | | | | |
| Σενάριο 5 | Κόστος φωτοβολταϊκών (€/Wp) | Ισχύς (Wp) | Κόστος (€) | Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (MWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 1.80 | 17.4 | 31320.00 | 28.20 | | 3948.00 | 7.93 |

Για την κατοικία **9**, με αναλυτική περιγραφή στον Πίνακα 13:

Υφιστάμενες απαιτήσεις:

- Για θέρμανση: 2.013 kWh/y
- Για ψύξη: 11.116 kWh/y

Σενάριο 1:

- Εξωτερική θερμομόνωση με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων (Polyurethane closed cell) 5 cm, συνολικής επιφάνειας 77 m²
- Θερμομόνωση οροφής και στέγης με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων 5 cm, συνολικής επιφάνειας 53,50 m²
- Εξοικονόμηση: 3.876 kWh/y

Σενάριο 2:

- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορίου συνολικής ισχύος 400 W με LEDs συνολικής ισχύος 80 W με σκοπό την μείωση όλες κατανάλωσης αλλά και την μείωση εκπομπής θερμότητας.

Σενάριο 3:

- Αντικατάσταση των συρόμενων κουφωμάτων με ανοιγόμενα ώστε να μειωθεί η διείσδυση αέρα από 0,4 ach (αλλαγές αέρα την ώρα) σε 0,2 ach.

Σενάριο 4:

- Αντικατάσταση του τζακιού, ετήσιας κατανάλωσης ξυλείας 750 kg, με κλιματιστικό inverter κλάσης A+ για ψύξη και θέρμανση. Συγκεκριμένα εγκατάσταση συνολικής ισχύος 18.000 BTU (2x9.000).

Σενάριο 5:

- Αντικατάσταση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα ισχύς 3kW με ηλιακό για ZNX.

Σενάριο 6:

- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.

Απαιτούμενη ισχύς συστήματος:

1. Συσκευές: $6.03 \times 1/2 \text{ kWh την ημέρα} \times 365 \text{ ημέρες} = 1.100.4 \text{ kWh/y}$
2. Φωτισμός: $320\text{W} \times 365 \text{ ημέρες} = 116,80 \text{ kWh/y}$
3. Ψύξη θέρμανση/ψύξη: 4.868 kWh/y

Συνολικά: $6.085.2 \text{ kWh/y}$

Διαθέσιμη επιφάνεια:

1. Επίπεδη στέγη επιφάνειας 52 m^2

Πίνακας 13 Κατοικία 9

| | | | | | | | |
|-----------|-----------------------------|-------------------------|------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|
| Σενάριο 1 | Κόστος μόνωσης (€/m2) | Εμβαδόν επιφανειών (m2) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 37.50 | 130.5 | 4893.75 | | 3878 | 542.64 | 9.02 |
| Σενάριο 2 | Κόστος λαμπτήρων (€/W) | Ισχύς (W) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.33 | 80 | 26.40 | 700.8 | 0.00 | 98.11 | 0.27 |
| Σενάριο 3 | Κόστος κουφωμάτων (€/m2) | Εμβαδόν επιφανειών (m2) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 105.64 | 10 | 1056.40 | | 4888.00 | 681.52 | 1.55 |
| Σενάριο 4 | Κόστος κλιματισμού (€/BTU) | Ισχύς (BTU) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.14 | 18000 | 2520.00 | 7016 | | 982.24 | 2.57 |
| Σενάριο 5 | Κόστος ηλιακού ZNX (€/kCal) | Ισχύς (kWh) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.14 | 3 | 361.38 | 1095 | | 153.30 | 2.36 |
| Σενάριο 6 | Κόστος φωτοβολταϊκών (€/Wp) | Ισχύς (Wp) | Κόστος (€) | Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (MWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 1.80 | 7.8 | 14040.00 | 12.60 | | 1764.00 | 7.96 |

Για την κατοικία 7, με αναλυτική περιγραφή στον Πίνακα 14:

Υφιστάμενες απαιτήσεις:

- Για θέρμανση: 3.168 kWh/y
- Για ψύξη: 7.044 kWh/y

Σενάριο 1:

- Εξωτερική θερμομόνωση με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων (Polyurethane closed cell) 5 cm, συνολικής επιφάνειας 93,40 m²
- Θερμομόνωση οροφής και στέγης με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων 5 cm, συνολικής επιφάνειας 60,70 m²

Σενάριο 2:

- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορίου συνολικής ισχύος 400 W με LEDs συνολικής ισχύος 80 W με σκοπό την μείωση όλες κατανάλωσης αλλά και την μείωση εκπομπής θερμότητας.

Σενάριο 3:

- Αντικατάσταση των συρόμενων κουφωμάτων με ανοιγόμενα ώστε να μειωθεί η διείσδυση αέρα από 0,4 ach (αλλαγές αέρα την ώρα) σε 0,2 ach.

Σενάριο 4:

- Αντικατάσταση του τζακιού, ετήσιας κατανάλωσης ξυλείας 1 tn, με κλιματιστικό inverter ενεργειακής κλάσης A+ για ψύξη και θέρμανση, συνολικής ισχύος 9.000 BTU.

Σενάριο 5:

- Αντικατάσταση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα ισχύος 3kW με ηλιακό για ZNX.

Σενάριο 6:

- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.

Απαιτούμενη ισχύς συστήματος:

1. Συσκευές: 6,03x0,5kWh την ημέρα x 365 ημέρες = 1.100,4 kWh/y
2. Φωτισμός: 80Wx 365 ημέρες = 29,20 kWh/y
3. Ψύξη θέρμανση/ψύξη: 100,50 kWh/y

Συνολικά: 1.230,1 kWh/y

Διαθέσιμη επιφάνεια:

1. Επίπεδη στέγη επιφάνειας 60,70 m²

Πίνακας 14 Κατοικία 7

| | | | | | | | |
|-----------|-----------------------------|-------------------------|------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|
| Σενάριο 1 | Κόστος μόνωσης (€/m2) | Εμβαδόν επιφανειών (m2) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 37.50 | 154.1 | 5778.75 | | 4498 | 629.72 | 9.18 |
| Σενάριο 2 | Κόστος λαμπτήρων (€/W) | Ισχύς (W) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.33 | 80 | 26.40 | 700.8 | 0.00 | 98.11 | 0.27 |
| Σενάριο 3 | Κόστος κουφωμάτων (€/m2) | Εμβαδόν επιφανειών (m2) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 105.64 | 8 | 845.12 | | 4519.00 | 632.66 | 1.34 |
| Σενάριο 4 | Κόστος κλιματισμού (€/BTU) | Ισχύς (BTU) | Κόστος (€) | | | | |
| | 0.14 | 7000 | 980.00 | | | | |
| Σενάριο 5 | Κόστος ηλιακού ZNX (€/kCal) | Ισχύς (kWh) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.14 | 3 | 381.38 | 1095 | | 153.30 | 2.36 |
| Σενάριο 6 | Κόστος φωτοβολταϊκών (€/Wp) | Ισχύς (Wp) | Κόστος (€) | Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (MWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 1.80 | 9.1 | 16380.00 | 14.80 | | 2072.00 | 7.91 |

Για την κατοικία **10**, με αναλυτική περιγραφή στον Πίνακα 15:

Υφιστάμενες απαιτήσεις:

- Για θέρμανση: 8.179 kWh/y
- Για ψύξη: 20.177 kWh/y

Σενάριο 1:

- Εξωτερική θερμομόνωση με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων (Polyurethane closed cell) 5 cm, συνολικής επιφάνειας 269,40 m²
- Θερμομόνωση οροφής και στέγης με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων 5 cm, συνολικής επιφάνειας 106 m²

Σενάριο 2:

- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορίου συνολικής ισχύος 900 W με LEDs συνολικής ισχύος 180 W με σκοπό την μείωση όλες καταναλώσης αλλά και την μείωση εκπομπής θερμότητας.

Σενάριο 3:

- Αντικατάσταση των ξύλινων κουφωμάτων με ανοιγόμενα ώστε να μειωθεί η διείσδυση αέρα από 0,4 ach (αλλαγές αέρα την ώρα) σε 0,2 ach.

Σενάριο 4:

- Αντικατάσταση του λέβητα πετρελαίου, ετήσιας καταναλώσης 1.500 L, με κλιματιστικά inverter A+ ενεργειακής κλάσης, συνολικής ισχύος 56.000 BTU (2x18.000 και 1x9.000 και 1x11.000).

Σενάριο 5:

- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.

Απαιτούμενη ισχύς συστήματος:

1. Συσκευές: 6,03x 2,5 kWh την ημέρα x 365 ημέρες = 5.502,3 kWh/y
2. Φωτισμός: 180Wx 365 ημέρες = 65,70 kWh/y
3. Ψύξη θέρμανση/ψύξη: 6.565 kWh/y

Συνολικά: 12.133 kWh/y

Διαθέσιμη επιφάνεια:

1. Στέγη με κλίση 17° στο νότο, με επιφάνεια 10,40 m²
2. Στέγη με κλίση 17° στο νότο, με επιφάνεια 24,70 m²

Πίνακας 15 Κατοικία 10

| | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|
| Σενάριο 1 | Κόστος μόνωσης (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 37.50 | 375.4 | 14077.50 | | 12108 | 1694.84 | 8.31 |
| Σενάριο 2 | Κόστος λαμπτήρων (€/W) | Ισχύς (W) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.33 | 180 | 59.40 | 1576.8 | -231.00 | 188.41 | 0.32 |
| Σενάριο 3 | Κόστος κουφωμάτων (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 105.64 | 26 | 2746.64 | | 9917.00 | 1388.38 | 1.98 |
| Σενάριο 4 | Κόστος κλιματισμού (€/BTU) | Ισχύς (BTU) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.14 | 56000 | 7840.00 | 11887 | | 1664.18 | 4.71 |
| Σενάριο 5 | Κόστος φωτοβολταϊκών (€/Wp) | Ισχύς (Wp) | Κόστος (€) | Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (MWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 1.80 | 1.6 | 2880.00 | 2.50 | | 350.00 | 8.23 |

Για την κατοικία **11**, με αναλυτική περιγραφή στον Πίνακα 16:

Υφιστάμενες απαιτήσεις:

- Για θέρμανση: 6.165 kWh/y
- Για ψύξη: 16.402 kWh/y

Σενάριο 1:

- Εξωτερική θερμομόνωση με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων (Polyurethane closed cell) 5 cm, συνολικής επιφάνειας 174 m²
- Θερμομόνωση οροφής και στέγης με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων 5 cm, συνολικής επιφάνειας 69 m²

Σενάριο 2:

- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορίου συνολικής ισχύος 1.000 W με LEDs συνολικής ισχύος 200 W με σκοπό την μείωση όλων των καταναλώσεων αλλά και την μείωση εκπομπής θερμότητας.

Πίνακας 16 Κατοικία 11

| | | | | | | | |
|-----------|------------------------------------|--------------------------------------|------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|
| Σενάριο 1 | Κόστος μόνωσης (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 37.50 | 243 | 9112.50 | | 3929 | 550.06 | 16.57 |
| Σενάριο 2 | Κόστος λαμπτήρων (€/W) | Ισχύς (W) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.33 | 200 | 66.00 | 648 | -401.00 | 34.58 | 1.91 |

Για την κατοικία **12**, με αναλυτική περιγραφή στον Πίνακα 17:

Υφιστάμενες απαιτήσεις:

- Για θέρμανση: 5.131 kWh/y
- Για ψύξη: 16.666 kWh/y

Σενάριο 1:

- Εξωτερική θερμομόνωση με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων (Polyurethane closed cell) 5 cm, συνολικής επιφάνειας 227 m²
- Θερμομόνωση οροφής και στέγης με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων 5 cm, συνολικής επιφάνειας 98 m²

Σενάριο 2:

- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορίου συνολικής ισχύος 1.000 W με LEDs συνολικής ισχύος 200 W με σκοπό την μείωση όλων των καταναλώσεων αλλά και την μείωση εκπομπής θερμότητας.

Σενάριο 3:

- Αντικατάσταση των ξύλινων κουφωμάτων με ανοιγόμενα ώστε να μειωθεί η διείσδυση αέρα από 0,4 ach (αλλαγές αέρα την ώρα) σε 0,2 ach.

Σενάριο 4:

- Εγκατάσταση κλιματιστικών inverter A+ ενεργειακής κλάσης, συνολικής ισχύος 18.000 BTU (2 x 9.000).

Σενάριο 5:

- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.
Απαιτούμενη ισχύς συστήματος:
 1. Συσκευές: 6.03x2 kWh την ημέρα x 90 ημέρες = 1.085,4 kWh/y
 2. Φωτισμός: 320Wx 90 ημέρες = 28,80 kWh/y
 3. Ψύξη θέρμανση/ψύξη: 0,9 kWh/yΣυνολικά: 1.115,1 kWh/y
Διαθέσιμη επιφάνεια:
 1. Επίπεδη στέγη επιφάνειας 22.50 m²
 2. Στέγη με κλίση 17° στο νότο, με επιφάνεια 32,80 m²

Πίνακας 17 Κατοικία 12

| | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|
| Σενάριο 1 | Κόστος μόνωσης (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 37,5 | 325 | 12187,5 | | 2262 | 316,68 | 38,49 |
| Σενάριο 2 | Κόστος λαμπτήρων (€/W) | Ισχύς (W) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0.33 | 200 | 66.00 | 460.8 | 152.00 | 85.79 | 0.77 |
| Σενάριο 3 | Κόστος κουφωμάτων (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 105.64 | 20 | 2112.80 | | 0.60 | 0.08 | 25152.38 |
| Σενάριο 4 | Κόστος κλιματισμού (€/BTU) | Ισχύς (BTU) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0,14 | 78000 | 2520 | | | | |
| Σενάριο 5 | Κόστος φωτοβολταϊκών (€/Wp) | Ισχύς (Wp) | Κόστος (€) | Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (MWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 1,8 | 3,4 | 6120 | 5,5 | | 770 | 7,95 |

Για την κατοικία **13**, με αναλυτική περιγραφή στον Πίνακα 18:

Υφιστάμενες απαιτήσεις:

- Για θέρμανση: 4.889 kWh/y
- Για ψύξη: 17.166 kWh/y

Σενάριο 1:

- Εξωτερική θερμομόνωση με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων (Polyurethane closed cell) 5 cm, συνολικής επιφάνειας 132 m²
- Θερμομόνωση οροφής και στέγης με πολυουρεθάνη κλειστών κυψελίδων 5 cm, συνολικής επιφάνειας 31 m²

Σενάριο 2:

- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορίου συνολικής ισχύος 400 W με LEDs συνολικής ισχύος 80 W με σκοπό την μείωση όλες κατανάλωσης αλλά και την μείωση εκπομπής θερμότητας.

Σενάριο 3:

- Αντικατάσταση των ξύλινων κουφωμάτων με ανοιγόμενα ώστε να μειωθεί η διείσδυση αέρα από 0,4 ach (αλλαγές αέρα την ώρα) σε 0,2 ach.

Σενάριο 4:

- Εγκατάσταση κλιματιστικών inverter A+ ενεργειακής κλάσης, συνολικής ισχύος 18.000 BTU (2x9.000).

Σενάριο 5:

- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.

Απαιτούμενη ισχύς συστήματος:

1. Συσκευές: 6,03x0,5kWh την ημέρα x 365 ημέρες = 1.100,4 kWh/y
2. Φωτισμός: 80Wx 365 ημέρες = 29,20 kWh/y
3. Ψύξη θέρμανση/ψύξη: 1.397 kWh/y

Συνολικά: 2.526,6 kWh/y

Διαθέσιμη επιφάνεια:

1. Επίπεδη στέγη επιφάνειας 77,80 m²
2. Στέγη με κλίση 31° στο νότο, με επιφάνεια 14 m²

Πίνακας 18 Κατοικία 13

| | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|
| Σενάριο 1 | Κόστος μόνωσης (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 37,5 | 163 | 6112,5 | | 5785 | 809,9 | 7,55 |
| Σενάριο 2 | Κόστος λαμπτήρων (€/W) | Ισχύς (W) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0,33 | 80 | 26,4 | 480,8 | -146 | 44,07 | 0,6 |
| Σενάριο 3 | Κόστος κουφωμάτων (€/m ²) | Εμβαδόν επιφανειών (m ²) | Κόστος (€) | | Εξοικονόμηση ψύξη-θέρμανση (kWh/y) | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 105,64 | 18 | 1901,52 | | 10433 | 1460,62 | 1,3 |
| Σενάριο 4 | Κόστος κλιματισμού (€/BTU) | Ισχύς (BTU) | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση κατανάλωσης (kWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 0,14 | 18000 | 2520 | | | | |
| Σενάριο 5 | Κόστος φωτοβολταϊκών (€/Wp) | Ισχύς (Wp) | Κόστος (€) | Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (MWh/y) | | Εξοικονομηση (€) | Χρόνος αποπληρωμής (y) |
| | 1,8 | 11,7 | 21060 | 18,9 | | 2646 | 7,96 |

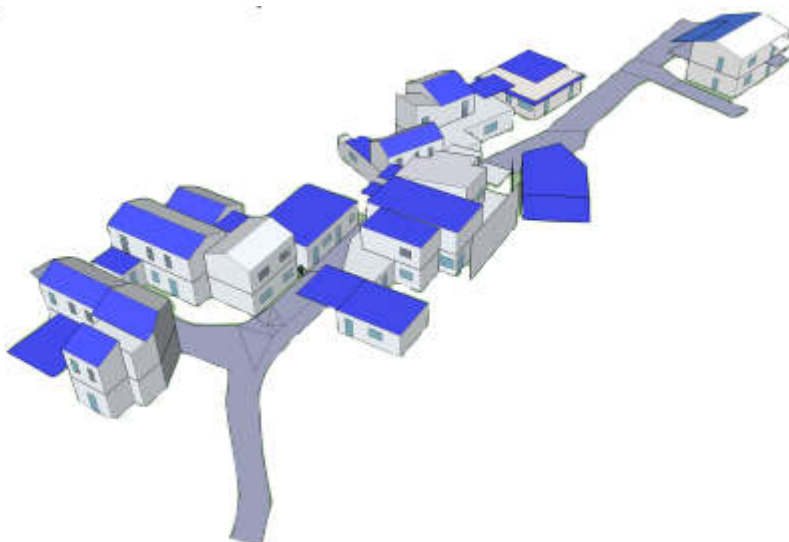
Πίνακας 19 Εξοικονομήσεις ανά τύπο κατοικίας ανά σενάριο [€]

| Κατοικία | Σενάριο 1 | Σενάριο 2 | Σενάριο 3 | Σενάριο 4 | Σενάριο 5 | Σενάριο 6 | Σενάριο 7 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 265,3 | 40,5 | 322,1 | 123,2 | 1.708 | | |
| 2 | 714,8 | 137,4 | 602,7 | 430,2 | 153,3 | 91,7 | 2.898 |
| 3 | 605,8 | 212,9 | 593 | 982,2 | 153,3 | 91,7 | 2.898 |
| 4 | 221,6 | 117,6 | 18,8 | | 896 | | |
| 5 | 193,1 | 132,9 | 270,8 | 435,5 | 1.246 | | |
| 6 | 914,6 | 62,3 | 1.727,6 | | 686 | | |
| 7 | 629,7 | 98,1 | 632,7 | | 153,3 | 2.072 | |
| 8 | 204 | 116,9 | 169,1 | | 3.948 | | |
| 9 | 542,6 | 98,1 | 681,5 | 982,2 | 153,3 | 1.764 | |
| 10 | 1.694,8 | 188,4 | 1.388,4 | 1.664,2 | 350 | | |
| 11 | 550,1 | 34,6 | | | | | |
| 12 | 316,7 | 58,8 | 0,08 | | 770 | | |
| 13 | 809,9 | 44,07 | 1.460,6 | | 2.646 | | |

Σε όλες τις κατοικίες που η χρήση δεν υπερβαίνει τις 90 ημέρες, τα έτη αποπληρωμής που προκύπταν ξεπερνούσαν τα 20, σενάριο μη αποδεκτό. Επομένως οι απαιτήσεις για όλες υπόλοιπους υπολογισμούς παρέμειναν οι αρχικές.

Όλες οι διαθέσιμες επιφάνειες των κτιρίων καλύφθηκαν με φωτοβολταϊκά, προκειμένου όχι απλώς να ικανοποιηθούν οι ενεργειακές καταναλώσεις αλλά να υπάρξει και κέρδος. Η ενσωμάτωση των πάνελ στα κτίρια φαίνεται στο Σχήμα 22.

Σχήμα 50 Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών στα κτίρια του οικισμού



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Εκτίμηση υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης

Παρατηρώντας κάποιος τα αποτελέσματα των ενεργειακών προσομοιώσεων των κτιρίων του οικισμού, καταλήγει στο συμπέρασμα πως ο γενικότερος προβληματισμός περί της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων είναι στη βάση του δικαιολογημένος.

Πιο συγκεκριμένα η σχετικά γενική διατύπωση περί «σπάταλου» ελληνικού κτιρίου, δείχνει εκ του αποτελέσματος αληθής, μιας και τα κτίρια του οικισμού εντάσσονται σε αυτήν την κατηγορία. Βασικός παράγοντας, όπως εύστοχα προβλέφθηκε, αποτελεί η κακή ποιότητα κατασκευής των κτιρίων που αποτυπώνεται στην ανύπαρκτη σχεδόν υπάρχουσα θερμική τους μόνωση, στην επιλογή των χρησιμοποιούμενων υλικών, ακόμα και σε παράγοντες που εντάσσονται στο ευρύτερο πλαίσιο του βιοκλιματικού σχεδιασμού όπως η θέση και ο προσανατολισμός των κτιρίων.

Επιπρόσθετα χαρακτηριστικά όπως η επιλογή του οικιακού εξοπλισμού (ηλεκτρικές συσκευές), επιλογή μεθόδων φωτισμού, επιλογή μεθόδων εξασφάλισης Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) καταδεικνύουν την ανάγκη αντικατάστασης ορισμένων τεχνολογιών με σύγχρονες, περισσότερο αποδοτικές.

Επιπρόσθετα, στα προς εξαγωγή συμπερασμάτων ζητήματα εντάσσεται και η ύπαρξη του φαινομένου της ενεργειακής φτώχειας στον οικισμό, που εξετάζεται αναλυτικότερα στην επόμενη ενότητα.

5.2 Εκτίμηση της ενεργειακής φτώχειας

5.2.1 Εκτίμηση ενεργειακής φτώχειας κατά Boardman

Η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής φτώχειας κατά την Boardman, ή αλλιώς «μέθοδος του 10%», ορίζει πως για κάθε τύπο κατοικίας να υπολογιστεί ο λόγος:

$$\frac{\text{Απαιτούμενο κόστος ενέργειας}}{\text{Εισόδημα}}$$

Εάν προκύψει λόγος μεγαλύτερος του 0,1 το νοικοκυριό εντάσσεται στην κατάσταση της ενεργειακής φτώχειας.

Τα δεδομένα του Πίνακα 19 χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των δεικτών (Πίνακας 20). Εξετάστηκαν μόνο τα νοικοκυριά που κατοικούν όλο το χρόνο. Σημειώνεται επίσης ότι για τον υπολογισμό του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας, χρησιμοποιήθηκε μέση τιμή μονάδας 0,12 €.

Πίνακας 20 Εκτίμηση ενεργειακής φτώχειας νοικοκυριών οικισμού κατά Boardman

| Κατοικία | Κατανάλωση [kWh/έτος] | Κατανάλωση [€/έτος] | Ετήσιο Εισόδημα [€] | Ενεργειακή Φτώχεια |
|----------|--------------------------|------------------------|------------------------|--|
| 2 | 4.340 | 520,8 | <5.000 | ✓ |
| 3 | 4.180 | 501,6 | <5.000 | ✓ |
| 6 | 2.190 | 262,8 | 10.000-15.000 | x |
| 7 | 2.070 | 248,4 | <10.000 | x |
| 9 | 2.130 | 255,6 | <5.000 | Απαιτείται περαιτέρω εξακρίβωση εισοδήματος |
| 10 | 6.430 | 771,6 | <10.000 | x |
| 13 | 2.280 | 273,6 | <5.000 | Απαιτείται περαιτέρω εξακρίβωση εισοδήματος |

5.2.2 Εκτίμηση της ενεργειακής φτώχειας με τον EDI

Για τον υπολογισμό του δείκτη EDI είναι απαραίτητος ο υπολογισμός των τεσσάρων επιμέρους δεικτών του:

1. Κατά κεφαλήν οικιακή ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.
2. Κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας για βιομηχανία, γεωργία, μετακίνηση.
3. Ποσοστό χρήσης σύγχρονων καυσίμων στον οικιακό τομέα.
4. Ποσοστό πληθυσμού με πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια.

Όσον αφορά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο, και μόνο για τις 7 κατοικίες που κατοικούνται όλο τον χρόνο, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των ερωτηματολογίων. Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας των 7 νοικοκυριών ανέρχεται σε 23.620 kWh, ή αλλιώς 2,03095 toe (tons of equivalent oil).

Η κατανάλωση για κάθε έναν από τους 19 κατοίκους των 7 νοικοκυριών είναι $2,03095/19 = 0,106$ toe/κάτοικο. Η τιμή αυτή ξεπερνά την μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του EDI επομένως θα χρησιμοποιηθεί η τιμή 0,1.

Ο δείκτης EDI του οικισμού προκύπτει ως εξής:

$$EDI = \frac{0,1 + 0,03 + 0,86 + 1}{4} = 0,4975$$

5.3 Προτεινόμενα σενάρια επέμβασης

Όπως φαίνεται το φαινόμενο της ενεργειακής υπερκατανάλωσης είναι υπαρκτό στον οικισμό μελέτης, γεγονός που επιδεινώνεται λόγω της κακής ποιότητας κατασκευής των κτιρίων. Εξετάστηκαν λοιπόν διάφορα σενάρια επέμβασης, προκειμένου να μειωθεί το φαινόμενο αυτό αλλά και να βελτιωθεί η ποιότητα ζωής των κατοίκων του οικισμού.

Το αρχικό κόστος εγκατάστασης για κάθε σενάριο καθώς και τα έτη αποπληρωμής αποτέλεσαν τον καθοριστικό παράγοντα σύμφωνα με τον οποίο τα σενάρια εξετάστηκαν και παρουσιάζονται στη συνέχεια.

- Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με αντίστοιχους τεχνολογίας LED:

Αν και η εφαρμογή του σεναρίου αυτού επιφέρει μικρές ενεργειακές αλλαγές στο σύνολο των καταναλώσεων, λόγω του χαμηλού κόστους κρίθηκε σκόπιμο να εξεταστεί(Πίνακας 21).

| Πίνακας 21 Σενάριο: Αντικατάσταση λαμπτήρων | | | | | |
|---|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------|----------------------|
| Κατοικία | Κατανάλωση [kWh/έτος] | Κατανάλωση [€/έτος] | Ετήσιο Εισόδημα [€] | Ε.Φ. Boardman | Ε.Φ. EDI Οικισμού |
| 2 | 4.203 | 504 | <5.000 | ΝΑΙ | 0,4975 |
| 3 | 3.967 | 476 | <5.000 | ΟΧΙ | |
| 6 | 2.128 | 255 | 10.000-15.000 | ΟΧΙ | |
| 7 | 1.972 | 237 | <10.000 | ΟΧΙ | |
| 9 | 2.032 | 244 | <5.000 | ΟΧΙ | |
| 10 | 6.242 | 749 | <10.000 | ΟΧΙ | |
| 13 | 2.236 | 268 | <5.000 | ΟΧΙ | |

- Τοποθέτηση ηλιακού θερμοσίφωνα

Μία δοκιμασμένη και αποδοτική λύση είναι η εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα, μιας και ο οικισμός έχει ηλιοφάνεια σχεδόν όλο το έτος. Η μείωση των εξόδων προκύπτει από τη κάλυψη των αναγκών για ζεστό νερό χρήσης (Πίνακας 22).

| Πίνακας 22 Σενάριο: Ηλιακός θερμοσίφοντας | | | | | |
|---|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------|-------------------|
| Κατοικία | Κατανάλωση [kWh/έτος] | Κατανάλωση [€/έτος] | Ετήσιο Εισόδημα [€] | Ε.Φ. Boardman | Ε.Φ. EDI Οικισμού |
| 2 | 4.187 | 502 | <5.000 | ΝΑΙ | 0,4975 |
| 3 | 4.027 | 483 | <5.000 | ΟΧΙ | |
| 6 | 2.190 | 263 | 10.000-15.000 | ΟΧΙ | |
| 7 | 1.917 | 230 | <10.000 | ΟΧΙ | |
| 9 | 1.977 | 237 | <5.000 | ΟΧΙ | |
| 10 | 6.430 | 772 | <10.000 | ΟΧΙ | |
| 13 | 2.280 | 274 | <5.000 | ΟΧΙ | |

- Αντικατάσταση ηλεκτρικών συσκευών

Οι παλιές ενεργοβόρες συσκευές του κάθε νοικοκυριού αντικαταστάθηκαν στο σενάριο αυτό με καινούριες νέας τεχνολογίας και χαμηλής κατανάλωσης. Οι καταναλώσεις για το συγκεκριμένο σενάριο παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακας 23 Πίνακας 23).

| Πίνακας 23 Σενάριο: Αντικατάσταση ηλεκτρικών συσκευών | | | | | |
|---|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------|-------------------|
| Κατοικία | Κατανάλωση [kWh/έτος] | Κατανάλωση [€/έτος] | Ετήσιο Εισόδημα [€] | Ε.Φ. Boardman | Ε.Φ. EDI Οικισμού |
| 2 | 4.248 | 510 | <5.000 | ΝΑΙ | 0,4975 |
| 3 | 4.088 | 491 | <5.000 | ΟΧΙ | |
| 6 | 2.190 | 263 | 10.000-15.000 | ΟΧΙ | |
| 7 | 2.070 | 248 | <10.000 | ΟΧΙ | |
| 9 | 2.130 | 256 | <5.000 | ΟΧΙ | |
| 10 | 6.430 | 772 | <10.000 | ΟΧΙ | |
| 13 | 2.280 | 274 | <5.000 | ΟΧΙ | |

- Τοποθέτηση κλιματιστικών

Ένα πιθανό μέτρο μείωσης των ετησίων εξόδων του κάθε σπιτιού είναι η αλλαγή των μεθόδων θέρμανσης ψύξης. Εξετάστηκε το σενάριο τοποθέτησης κλιματιστικών νέας γενιάς σε κάθε κτίριο, τα αποτελέσματα της ενεργειακής μελέτης του οποίου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 24).

| Πίνακας 24 Σενάριο: Τοποθέτηση κλιματιστικών | | | | | |
|---|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------|----------------------|
| Κατοικία | Κατανάλωση [kWh/έτος] | Κατανάλωση [€/έτος] | Ετήσιο Εισόδημα [€] | Ε.Φ. Boardman | Ε.Φ. EDI Οικισμού |
| 2 | 3.910 | 469 | <5.000 | OXI | 0,4946 |
| 3 | 3.198 | 384 | <5.000 | OXI | |
| 6 | 2.190 | 263 | 10.000-15.000 | OXI | |
| 7 | 2.070 | 248 | <10.000 | OXI | |
| 9 | 1.148 | 138 | <5.000 | OXI | |
| 10 | 4.766 | 572 | <10.000 | OXI | |
| 13 | 2.280 | 274 | <5.000 | OXI | |

- Αντικατάσταση κουφωμάτων

Όπως είναι γνωστό η ποιότητα των κουφωμάτων σε ένα κτίριο παίζει καθοριστικό παράγοντα όσον αφορά τις ενεργειακές απαιτήσεις του. Για το λόγο αυτό εξετάστηκε η κατάσταση του οικισμού υπό την προϋπόθεση εφαρμογής του σεναρίου αντικατάστασης των κουφωμάτων στα κτίρια του (Πίνακας 25).

| Πίνακας 25 Σενάριο: Αντικατάσταση κουφωμάτων | | | | | |
|---|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------|----------------------|
| Κατοικία | Κατανάλωση [kWh/έτος] | Κατανάλωση [€/έτος] | Ετήσιο Εισόδημα [€] | Ε.Φ. Boardman | Ε.Φ. EDI Οικισμού |
| 2 | 3.737 | 448 | <5.000 | OXI | 0,4912 |
| 3 | 3.587 | 430 | <5.000 | OXI | |
| 6 | 462 | 55 | 10.000-15.000 | OXI | |
| 7 | 1.437 | 172 | <10.000 | OXI | |
| 9 | 1.449 | 174 | <5.000 | OXI | |
| 10 | 5.042 | 605 | <10.000 | OXI | |
| 13 | 819 | 98 | <5.000 | OXI | |

- Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, και μάλιστα σε έναν τόσο προνομιακό όσον αφορά τη συγκεκριμένη περίπτωση τόπο αποτέλεσε βασική επιδίωξη όσον αφορά τα σενάρια επέμβασης στα κτίρια του οικισμού. Οι καταναλώσεις σύμφωνα με το σενάριο εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων στα κτίρια φαίνονται παρακάτω (Πίνακας 26).

| Πίνακας 26 Σενάριο: Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών | | | | | |
|---|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Κατοικία | Κατανάλωση [kWh/έτος] | Κατανάλωση [€/έτος] | Ετήσιο Εισόδημα [€] | Ε.Φ. Boardman | Ε.Φ. EDI Οικισμού |
| 2 | 1.442 | 173 | <5.000 | OXI | 0,4842 |
| 3 | 1.282 | 154 | <5.000 | OXI | |
| 6 | 1.504 | 180 | 10.000-15.000 | OXI | |
| 7 | -2 | 0 | <10.000 | OXI | |
| 9 | 366 | 44 | <5.000 | OXI | |
| 10 | 6.080 | 730 | <10.000 | OXI | |
| 13 | -366 | -44 | <5.000 | OXI | |

- Θερμική μόνωση κτιρίου

Οι αυξημένες ενεργειακές απώλειες των κτιρίων του οικισμού οφείλονται στην χαμηλής ποιότητας μόνωση που υπήρχε, η οποία σε κάποιες περιπτώσεις απουσίαζε παντελώς. Εφαρμόζοντας τα προδιαγραφόμενα από τον κανονισμό μέτρα θερμικής μόνωσης προκύπτουν οι παρακάτω καταναλώσεις (Πίνακας 27).

| Πίνακας 27 Σενάριο: Θερμική μόνωση κτιρίου | | | | | |
|---|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Κατοικία | Κατανάλωση [kWh/έτος] | Κατανάλωση [€/έτος] | Ετήσιο Εισόδημα [€] | Ε.Φ. Boardman | Ε.Φ. EDI Οικισμού |
| 2 | 3.625 | 435 | <5.000 | OXI | 0,4925 |
| 3 | 3.574 | 429 | <5.000 | OXI | |
| 6 | 1.275 | 153 | 10.000-15.000 | OXI | |
| 7 | 1.440 | 173 | <10.000 | OXI | |
| 9 | 1.587 | 190 | <5.000 | OXI | |
| 10 | 4.735 | 568 | <10.000 | OXI | |
| 13 | 1.470 | 176 | <5.000 | OXI | |

Είναι φανερό πως, όπου υπάρχει, το φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας μπορεί να αντιμετωπιστεί. Το σενάριο το οποίο θα επιλεγεί καθορίζει την κατάσταση στην οποία θα βρίσκεται το κάθε νοικοκυριό ξεχωριστά, αλλά και ολόκληρος ο οικισμός συνολικά.

Να τονιστεί πως η σειρά παρουσίασης των σεναρίων καθορίστηκε από το ύψος αρχικής τους εγκατάστασης, το οποίο θα πρέπει να συνυπολογιστεί για τα εκάστοτε έτη αποπληρωμής.

Επιπροσθέτως να σημειωθεί ότι η εφαρμογή ορισμένων εκ των σεναρίων αποφέρει οφέλη τα οποία δεν μετρούνται με οικονομοτεχνικούς όρους αλλά με περιβαλλοντικούς. Τέτοια είναι η μείωση του ενεργειακού ίχνους του κάθε κτιρίου, η βελτίωση των επιπέδων θερμικής άνεσης στα κτίρια και του γενικότερου βιοτικού επιπέδου των κατοίκων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- European Comission. 2011. *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS.*
- Healy, John D. 2003. "Excess Winter Mortality in Europe: A Cross Country Analysis Identifying Key Risk Factors." *Journal of Epidemiology & Community Health* 57(10): 784–89.
- OpenStudio. 2015. "OpenStudio Guide." (September): 1–50.
- Proposal Comission. 2008. "Memo on the Renewable Energy and Climate Change Package." (January): 1–5.
- U.S. Department of Energy. 2012. "Input Output Reference: The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output." *The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output* (c): 1996–2015.
- Us Department Of Energy. 2010. "Getting Started with EnergyPlus: Basic Concepts Manual - Essential Information You Need about Running EnergyPlus." : 67.
- Πάνας. 2012. "Έρευνα Για Την Ενεργειακή Φτώχεια Στην Ελλάδα Περιεχόμενα."
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. 2008. "Νόμος 3661 - Μέτρα Για Τη Μείωση Της Ενεργειακής Κατανάλωσης Των Κτιρίων Σχέδιο Κανονισμού Για Την."
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. 2010. "Energy Performance of Buildings Directive - Technical Guidelines - T.O.T.E.E. 20701-1/2010 - Guidelines on the Evaluation of the Energy Performance of Buildings."