ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΕΠΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΗΜΙΤΕΛΟΥΣ ΚΤΙΡΙΟΥ, ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΣΤΕΓΑΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΓΑΡΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ

Παπαγκίκας Χρίστος

Επιβλέπων: Τζουβαδάκης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2016

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΕΠΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΗΜΙΤΕΛΟΥΣ ΚΤΙΡΙΟΥ, ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΣΤΕΓΑΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΓΑΡΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ

Παπαγκίκας Χρίστος

Επιβλέπων: Τζουβαδάκης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2016

Copyright © Παπαγκίκας Χρίστος
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη, Αναπληρωτή Καθηγητή του τομέα Δομοστατικής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την ανάθεση και επίβλεψη της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, χάρη στους οποίους κατάφερα να αποφοιτήσω από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και ο βιοκλιματικός σχεδιασμός υπάρχοντος κτιρίου στον Πειραιά, που προορίζεται για την μετεγκατάσταση του δικαστικού μεγάρου.Έπειτα από μελέτη και βαθειά κατανόηση του μεγέθους της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος εξαιτίας της αλόγιστης κατανάλωσης ενέργειας, προέκυψε η συνειδητοποίηση της επιτακτικής ανάγκης για βιοκλιματικό ανασχεδιασμό του κτιρίου. Μελετώντας τις βιοκλιματικές αρχές και τις μεθόδους εφαρμογής τους, επιλέχτηκε να γίνει χρήση ορισμένων εξ αυτών στο υπό μελέτη κτίριο. Για να γίνει κάτι τέτοιο όμως, απαραίτητη προϋπόθεση ήταν η προσομοίωση του κτιρίου, η οποία υλοποιήθηκε μέσω του λογισμικού Energy Plus. Αναλύοντας τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από το πρόγραμμα και συγκεκριμένα αυτά των καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας, προτάθηκαν βιοκλιματικές λύσεις με σκοπό τη μείωση της. Κάθε μία από αυτές τις λύσεις προσομοιώθηκε εκ νέου στο λογισμικό για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας τους και της οικονομικής αποδοτικότητας των συστημάτων εφαρμογής τους.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study the energy and upgrade of an existing building in Piraeus, that is going to be the new courthouse. Having fully understood the magnitude of the environmental burden due to the irresponsible energy consumption, there was a need for bioclimatic redesign of the building. Studying the bioclimatic principles, application methods were chosen to be applied to this building. For the implementation, the simulation of the current situation of the building was necessary, which was implemented using the Energy Plus software. Analyzing the derived results, bioclimatic solutions were proposed in order to reduce the electrical consumption. Each of these solutions was simulated again in the software for the evaluation of both the effectiveness and the cost-efficiency.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ i

ABSTRACT ii

Εισαγωγή 1

1 Το ενεργειακό πρόβλημα και η ανάγκη για «πράσινα» κτίρια 3

1.1 Το ενεργειακό πρόβλημα 3

1.2 Κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα 4

1.3 Αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος της χώρας μας 5

1.3 Πράσινα κτίρια 6

2 Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων 7

2.1 Οικολογική δόμηση 7

2.2 Σκοπός του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού 7

2.3 Ειδικότεροι στόχοι του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού 8

2.4 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού 8

2.4.1 Αρχιτεκτονική δομή του κτιρίου 9

2.4.2 Προσανατολισμός 10

2.4.3 Περιβάλλοντας χώρος 10

2.5 Στοιχεία του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού 11

2.5.1 Θερμική πρστασία κελύφους 11

2.5.2 Παθητικά συστήματα θέρμανσης 12

2.5.3 Ενεργητικά συστήματα θέρμανσης 13

2.5.4 Παθητικά συστήματα φυσικού δροσισμού 13

2.6 Εκμετάλλευση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας 15

2.6.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα 15

2.6.2 Τηλεθέρμανση με Βιομάζα 18

2.6.3 Γεωθερμία 19

3 Δικαστήριο 22

3.1 Ιστορία 22

3.2 Σύγχρονη λειτουργία 23

3.3 Ελληνικό δικαστικό σύστημα 24

4 Περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου 26

4.1 Παρουσίαση του κτιρίου και της θέσης του 26

5 Προσομοίωση του Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά 34

5.1 Περιγραφή των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν 34

5.1.1 SketchUp Make 2016 34

5.1.2 OpenStudio SketchUp Plug-in 34

5.1.3 Energy Plus 34

5.1.4 PVGIS 36

5.2 Δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου 37

5.3 Καθορισμός των παραμέτρων του Δικαστικού Μεγάρου 46

5.3.1 Κατηγορία Simulation Parameters 47

5.3.2 Κατηγορία Location and Climate 47

5.3.3 Κατηγορία Schedules 48

5.3.4 Κατηγορία Surface Construction Elements 55

5.3.5 Κατηγορία Thermal Zones and Surfaces 58

5.3.6 Κατηγορία Internal Gains 60

5.3.7 Κατηγορία Zone AirFlow 63

5.3.7 Κατηγορία HVAC Templates 65

5.4 Αποτελέσματα προσομοίωσης 68

6. Προτεινόμενες επεμβάσεις ενεργειακής βελτίωσης του Δικαστικού Μεγάρου 74

6.1 Γενική αναφορά επεμβάσεων ενεργειακής βελτίωσης 74

6.2 Εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού με εξαεριστήρες 75

6.2.1 Εισαγωγή παραμέτρων προσομοίωσης 75

6.2.2 Αποτελέσματα εφαρμογής νυχτερινού δροσισμού και υπολογισμός κόστους επένδυσης 77

6.3 Προσθήκη υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής 80

6.3.1 Εισαγωγή παραμέτρων προσομοίωσης 80

6.3.2 Αποτελέσματα προσθήκης ενεργειακών υαλοπινάκων και υπολογισμός κόστους επένδυσης 82

6.4 Προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης 85

6.4.1 Εισαγωγή παραμέτρων προσομοίωσης 85

6.4.2 Αποτελέσματα προσθήκης εξωτερικής θερμομόνωσης και υπολογισμός κόστους επένδυσης 87

6.5. Τοποθέτηση Σκιάστρων στην Ανατολική Πλευρά του Κτιρίου 91

6.5.1 Εισαγωγή παραμέτρων προσομοίωσης 91

6.5.2 Αποτελέσματα προσθήκης σκιάστρων και υπολογισμός κόστους επένδυσης 92

6.6 Εγκατάσταση φυτευτού δώματος 95

6.6.1 Εισαγωγή παραμέτρων προσομοίωσης 95

6.6.2 Αποτελέσματα δημιουργίας φυτευτού δώματος και υπολογισμός κόστους επένδυσης 97

6.6 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος 101

6.6.1 Εισαγωγή παραμέτρων προσομοίωσης 101

6.6.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης και υπολογισμός κόστους επένδυσης 103

6.7 Τοποθέτηση λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας 105

6.7.1 Εισαγωγή παραμέτρων στο EnergyPlus 105

6.7.2 Αποτελέσματα προσθήκης λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας και υπολογισμός κόστους επένδυσης 106

6.8 Παρουσίαση αποτελεσμάτων μετά την εφαρμογή όλων των προτεινόμενων επεμβάσεων 108

7 Επίλογος 112

7.1 Συμπεράσματα και σχολιασμός αποτελεσμάτων 112

7.2 Μελλοντικές Προοπτικές 115

Βιβλιογραφία 117

Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενου κτιρίου, που προορίζεται για δικαστικό μέγαρο Πειραιά, μέσω εφαρμογών βιοκλιματικού σχεδιασμού. Οι πρακτικές που αναπτύσσονται αφορούν στην επίτευξη θερμοκρασιακής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους με ταυτόχρονη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων, αλλά και εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με την εγκατάσταση φωτοβολαϊκών συστημάτων.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η κατανόηση της χρησιμότητας και της αποτελεσματικότητας υιοθέτησης αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού στις κτιριακές εγκαταστάσεις. Η μελέτη καλείται να αποδείξει ότι, ακόμη και σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις, η εφαρμογή οικολογικών μεθόδων και η εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας επιφέρει αξιόλογα αποτελέσματα σχετικά με την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς τους και την εξοικονόμηση χρημάτων στην πάροδο του χρόνου.

Μέσα έρευνας: Για την δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου του κτιρίου, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης SketchUp, με την προσθήκη της ηλεκτρονικής πλατφόρμας εργαλείων Legacy Open Studio plug-in for SketchUp. Για την προσομοίωση θερμικού φορτίου και ενεργειακής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Energy Plus. Επίσης έγινε χρήση του λογισμικού PVGIS, το οποίο υπολογίζει την ενέργεια που παράγει ένα φωτοβολταϊκό σύστημα. Στο σημείο αυτό ο αναγνώστης καλείται να αφομοιώσει την λειτουργία των εν λόγω λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη μονάδας, γεγονός που αποτέλεσε αφορμή για την ενδελεχή παρουσίαση της λειτουργίας τους.

Δομή εργασίας: Στο 1^{ο} κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται οι έννοιες του «Ενεργειακού προβλήματος» και η ανάγκη για «πράσινα κτίρια» που απασχολούν τον κατασκευαστικό κλάδο με ολοένα και αυξανόμενο ρυθμό. Στο 2^{ο} κεφάλαιο αναλύονται οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι βιοκλιματικού σχεδιασμού και χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που μπορούν να εφαρμοστούν σε κτιριακές εγκαταστάσεις. Στο 3^{ο} κεφάλαιο περιγράφονται οι λειτουργίες των δικαστηρίων, καθως και το ελληνικό δικαστικό σύστημα. Στο 4^{ο} κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση του υπό μελέτη κτιρίου, καθώς και η περιγραφή των εγκαταστάσεών του. Στο 5^{ο} κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία προσομοίωσης, όπως ακολουθήθηκε κατά τη διάρκεια

εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, από το σχεδιασμό του κτιρίου μέσω του SketchUp και του Legacy Open Studio plug-in μέχρι και την ενεργειακή προσομοίωση στο Energy Plus για την εξαγωγή αποτελεσμάτων. Στο 6ο κεφάλαιο προτείνονται επεμβάσεις ενεργειακής βελτίωσης και εξοικονόμησης ενέργειας για τις οποίες γίνεται εκ νέου προσομοίωση και μελετάται η αποτελεσματικότητα τους.Τέλος, στο 7ο κεφάλαιο, αναλύονται τα συμπεράσματα της μελέτης καθώς και οι μελλοντικές προοπτικές για το κτίριο.

1 Το ενεργειακό πρόβλημα και η ανάγκη για «πράσινα» κτίρια

1.1 Το ενεργειακό πρόβλημα

Το ενεργειακό πρόβλημα συνειδητοποιήθηκε όταν εμφανίστηκε η ενεργειακή κρίση του 1973. Η συνειδητοποίηση του προβλήματος ήταν αποτέλεσμα :

• του περιορισμού άντλησης και συνεπώς των ποσοτήτων διάθεσης αργού πετρελαίου,

• του μονομερή καθορισμού τιμών από τον ΟΠΕΚ,

• από την επακόλουθη αύξηση της τιμής του ,

• από την απόφαση ΟΠΕΚ για εθνικοποιήσεις κοιτασμάτων αργού πετρελαίου.

Οι παράγοντες που τροφοδοτούν το ενεργειακό πρόβλημα είναι:

• οι ποσότητες των συμβατικών ενεργειακών πηγών αργά ή γρήγορα θα εξαντληθούν,

• η αβεβαιότητα της επάρκειας της παράγωγης και της σταθερότητας στην τροφοδοσία με καύσιμα, με σκοπό την διατήρηση των αποθεμάτων και παράλληλα την αύξηση των τιμών,

• πολιτικά και μη γεγονότα αλλά και αστάθμητοι παράγοντες επηρεάζουν και ανεβάζουν τις τιμές,

Δηλαδή η ουσία του ενεργειακού προβλήματος βρίσκεται στην συσχέτιση των ενεργειακών αποθεμάτων που διαρκώς μειώνονται με τις απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας που διαρκώς αυξάνονται. Ανισορροπίες μεταξύ γεωγραφικής κατανομής αποθεμάτων και γεωγραφικής κατανομής κατανάλωσης ενέργειας(ΑΜΕΡΙΚΗ-ΕΥΡΩΠΗ).

Είναι αρκετά εύκολο να κατανοήσουμε τι σημαίνει αύξηση της ενέργειας που καταναλώνεται αν αναλογιστούμε το πλήθος των ηλεκτρικών συσκευών που έχουμε σήμερα στο σπίτι μας σε σχέση με τις συσκευές που είχαμε, ας πούμε, πριν 50 χρόνια, ή τον αριθμό των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν τώρα στους δρόμους σε σχέση με τότε. Στο ίδιο συμπέρασμα θα καταλήξουμε αν παρατηρήσουμε τις ενεργοβόρες εγκαταστάσεις ενός σύγχρονου κτιρίου (πχ νοσοκομείου με κεντρική εγκατάσταση κλιματισμού, δίκτυο υπολογιστών, ιατρικό εξοπλισμό) και τις συγκρίνουμε με ένα ανάλογο κτίριο που κατασκευάστηκε πριν μερικές δεκαετίες. Υπολογίζεται ότι ο

πρωτόγονος άνθρωπος χρησιμοποιούσε για τις ανάγκες του ενέργεια ίση με 6,3 MJ την ημέρα που έπαιρνε μέσω της τροφής του. Ο σημερινός άνθρωπος χρησιμοποιεί περίπου 1000 MJ δηλαδή 150 φορές περισσότερη. [1]

1.2 Κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα

Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Στην Ελλάδα οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο αντιστοιχούν στο 35,5% του συνόλου.

Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν σε ποσοστό 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρισμό και 18% καυσόξυλα.

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα παρουσιάζει αυξητική τάση, λόγω της αύξησης της χρήσης κλιματιστικών και μικροσυσκευών. Η χρήση των κλιματιστικών αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής στη χώρα, με τεράστιες οικονομικές συνέπειες και σημαντική επιβάρυνση του καταναλωτή.

Επί πλέον τα κλιματιστικά επιδεινώνουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης των αστικών κέντρων και τις συνεπαγόμενες δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν το καλοκαίρι. [2]

1.3 Αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος της χώρας μας

Τα κύρια προβλήματα στη χώρα μας σχετίζονται άμεσα με το λανθασμένο ενεργειακό μοντέλο που εφαρμόζει. [1] Η χώρα μας χαρακτηρίζεται από υψηλή ενεργειακή ένταση (παραγόμενες kWh ανά μονάδα ΑΕΠ), υψηλή εξάρτηση από πετρέλαιο και λιγνίτη που αποτελούν τα πλέον ρυπογόνα καύσιμα, και άσκοπη κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό και τριτογενή τομέα.

Για την αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος πρέπει να ληφθούν μέτρα που θα στηρίζονται στους εξής άξονες:

1.αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας

• διαχωρισμός ενέργειας - οικονομικής ανάπτυξης

• στην αύξηση της ωφέλιμης ενέργειας σε σχέση με την καταναλισκομένη

2. μείωση της κατανάλωσης

3. υποκατάσταση των συμβατικών ενεργειακών πηγών με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και εξασφάλιση των προϋποθέσεων (οικονομική ανάπτυξη, νομισματική σταθερότητα, ορθός καταμερισμός του πλούτου, σταθερότητα 10 τροφοδοσίας ενεργείας) μιας μακροχρόνιας στρατηγικής επιτυχούς εκμετάλλευσης των ΑΠΕ.

Η πιο καθαρή και πιο φθηνή μορφή ενέργειας είναι αυτή που εξοικονομούμε κάνοντας σωστή χρήση της τεχνολογίας καλύπτοντας τις πραγματικές μας ανάγκες χωρίς υπερβολές και σπατάλες. Αυτό προϋποθέτει ευαισθητοποίηση των καταναλωτών με σκοπό την αλλαγή στάσεων και συμπεριφορών όχι μόνο σε προσωπικό επίπεδο αλλά και σε επίπεδο παραγωγής αξιοποιώντας παράλληλα και την σύγχρονη τεχνολογία.

1.3 Πράσινα κτίρια

Η ενεργειακή τεχνολογία είναι ζωτικής σημασίας για μια δυναμική κοινωνία, αλλά λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη απαιτείται τώρα η αλλαγή των υφισταμένων προτύπων παραγωγής και χρήσης. Η μισή καταναλισκόμενη ενέργεια χρησιμοποιείται για τις ανάγκες των κτιρίων. Έτσι μπορούμε να εστιάσουμε στις δράσεις για τη μείωση των εκπομπών CO2, αρχής γενομένης με την ενεργειακή απόδοση.

Πως μπορούμε να κατασκευάσουμε πράσινα κτίρια για το μέλλον;

- Μείωση της ποσότητας φυσικών πόρων που καταναλώνουν τα κτίρια
- Μείωση της ποσότητας ρύπανσης που εκπέμπεται από τα ίδια τα κτίρια

Στην Ευρώπη, το μεγαλύτερο μερίδιο κατανάλωσης ενέργειας καταλαμβάνει η θέρμανση. Η μόνωση και ο θερμικός σχεδιασμός μπορούν να μειώσουν δραματικά την απώλεια θερμότητας και να συμβάλουν στη μείωση του ρυθμού υπερθέρμανσης του πλανήτη. Η ζήτηση ενέργειας για θέρμανση σε υφιστάμενα κτίρια μπορεί να μειωθεί κατά 30-50%, σε σύγκριση με το σημερινό μέσο όρο, μέσω αλλαγής κατασκευαστικών υλικών. Σε νέα κτίρια μπορεί να μειωθεί κατά 90-95%, με τη χρήση ευρέως διαθέσιμης τεχνολογίας σε ανταγωνιστικό κόστος.

Τα πράσινα κτίρια συχνά περιλαμβάνουν μέτρα για τη μείωση χρήσης ενέργειας. Για να αυξηθεί η αποδοτικότητα του κτιρίου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν υψηλής απόδοσης παράθυρα, μόνωση στους τοίχους, τις οροφές και τα δάπεδα. Ο σχεδιασμός παθητικών ηλιακών συστημάτων είναι επίσης μια ακόμη στρατηγική. Οι σχεδιαστές, τοποθετούν παράθυρα, τοίχους, βεράντες και τέντες ανάλογα με την περίπτωση έτσι ώστε να παρέχουν σκιά κατά την περίοδο του καλοκαιριού αλλά και μεγιστοποίηση του ηλιακού κέρδους κατά την περίοδο του χειμώνα. Επιπλέον, η αποτελεσματική τοποθέτηση των παραθύρων (φως ημέρας) δύναται να προσφέρει περισσότερο φυσικό φως καθώς και να μειώσει την ανάγκη για ηλεκτρικό φωτισμό κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η ηλιακή θέρμανση μειώνει περαιτέρω τα απαιτούμενα φορτία ενέργειας.

Πράσινα κτίρια υψηλής απόδοσης έχουν τρία κύρια κοινά χαρακτηριστικά: υψηλή ενεργειακή απόδοση, περιορισμένες επιπτώσεις στο περιβάλλον, διασφάλιση της υγείας των κατοίκων καθώς και άνεση. Αυτές είναι οι βασικές αρχές για νέα και υφιστάμενα κτίρια. [3]

2 Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων ή βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά τον σχεδιασμό κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών – υπαίθριων) με βάση το τοπικόκλίμα, συνήθως αναφερόμενο ως μικροκλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες ανανεώσιμες πηγές, αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Η βιοκλιματική είναι κλάδος της αρχιτεκτονικής που λαμβάνει υπ' όψη τις επιταγές της οικολογίας και της βιωσιμότητας. Με τον όρο "βιοκλιματικός σχεδιασμός" εννοείται ο σχεδιασμός ο οποίος αποσκοπεί στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων. [4]

2.1 Οικολογική δόμηση

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες της οικολογικής δόμησης, η οποία ασχολείται με τον έλεγχο των περιβαλλοντικών παραμέτρων στο επίπεδο των κτιριακών μονάδων μελετώντας τις ακόλουθες κατευθύνσεις:

- Τη μελέτη του δομημένου περιβάλλοντος και των προβλημάτων που αυτό δημιουργεί (αύξηση θερμοκρασίας, συγκέντρωση αέριων ρύπων, δυσκολία στην κυκλοφορία αέρα)
- Τον σχεδιασμό των κτιρίων
- Την επιλογή των δομικών υλικών, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις θερμικές και οπτικές τους ιδιότητες, όσο και την τοξικολογική τους δράση.

2.2 Σκοπός του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

Το ζητούμενο στον βιοκλιματικό σχεδιασμό είναι η ανέγερση κτιρίων, π.χ. βιομηχανικών μονάδων, κτιρίων γραφείων, κτιρίων κατοικίας, σχεδιασμένων έτσι ώστε αφενός να καλύπτονται πλήρως οι ενεργειακές τους ανάγκες και αφετέρου στο ετήσιο ισοζύγιο να είναι μηδενική η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με εκπομπές βλαβερών για το περιβάλλον αερίων. Επίσης, η

ανέγερση κτιρίων των οποίων οι ενεργειακές ανάγκες στον τομέα της θέρμανσης και της ψύξης να καλύπτονται πλήρως μέσω συστημάτων εκμετάλλευσης των γεωθερμικών ενεργειακών πόρων, όπου η αναγκαία για τις αντλίες θερμότητας ηλεκτρική ενέργεια να παράγεται μέσω φωτοβολταϊκών στοιχείων. Τέλος, η ανέγερση κτιρίων στο πλαίσιο του συνήθους κόστους των κατασκευών, αλλά με σεβασμό στους περιορισμένους πόρους του φυσικού περιβάλλοντος.

2.3 Ειδικότεροι στόχοι του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

Συνοπτικά, οι στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι:

- Η εξασφάλιση ηλιασμού το χειμώνα
- Η προστασία από τους δυνατούς ανέμους του χειμώνα
- Η ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας το χειμώνα
- Η προστασία από τον ήλιο του καλοκαιριού
- Η εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων το καλοκαίρι
- Η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας το καλοκαίρι

2.4 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

Η γενικότερη αρχή του βιοκλιματικού σχεδιασμού θέτει ότι η Νότια πλευρά του κτιρίου πρέπει να χρησιμοποιείται για παθητική ηλιακή θέρμανση, ενώ αντίθετα η Βόρεια για προστασία από τους ανέμους και ανάσχεση της θερμότητας. Ειδικότερα, οι βασικές αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού σχετίζονται με την αρχιτεκτονική δομή και τον προσανατολισμό του κτιρίου καθώς και με τον περιβάλλοντα χώρο.

2.4.1 Αρχιτεκτονική δομή του κτιρίου

- Καταλληλότερο σχήμα για την κατοικία είναι το επιμήκες κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, διότι προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο για συλλογή της ηλιακής θερμότητας τους χειμερινούς μήνες. Αντίστοιχα, η μεγαλύτερη όψη της κατοικίας και τα μεγαλύτερα ανοίγματα πρέπει να είναι προσανατολισμένα προς το νότο, ενώ αντίστοιχα στη βόρεια πλευρά του κτιρίου πρέπει να υπάρχουν συμπαγείς τοίχοι και όσο το δυνατόν μικρότερα ανοίγματα. Σε περίπτωση που το σχήμα του οικοπέδου ή άλλα εμπόδια δεν επιτρέπουν τη διαμόρφωση επιμήκους κτίσματος κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, τότε διαμορφώνεται το κτίριο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να περιέχει "σπαστούς" όγκους για να εξασφαλίζουν ηλιασμό το χειμώνα και οι πίσω χώροι του κτίσματος.

- Οι τοίχοι του κτιρίου πρέπει να είναι ογκώδεις και φτιαγμένοι από συμπαγή υλικά για καλύτερη προστασία από τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Ιδανική συνθήκη είναι οι τοιχοποιίες να είναι φτιαγμένες από υλικά φιλικά προς το περιβάλλον, συμβάλλοντας ενεργά σε μια βιώσιμη κατεύθυνση και ανάπτυξη. Τέτοια είναι οι αχυρόμπαλες, μείγμαελαφρύ πηλού με άχυρο και η ασβεστοκάνναβη. Αντίστοιχα, οι γυάλινες επιφάνειες των ανοιγμάτων (πόρτες-παράθυρα) της κατοικίας αποτελούν τον απλούστερο ηλιακό συλλέκτη.

- Προτείνονται μεγάλα ανοίγματα προς το νότο, μετρίου μεγέθους στην ανατολική και δυτική όψη και μικρότερα ανοίγματα προς το Βορρά.

- Τα ανοίγματα της κατοικίας πρέπει να προσφέρουν διαμπερή αερισμό (κυρίως στην κατεύθυνση Βορρά-Νότο) και γι' αυτό το λόγο πρέπει οπωσδήποτε να υπάρχουν βόρεια ανοίγματα στην κατοικία. Ο διαμπερής αερισμός προσφέρει φυσικό δροσισμό τους θερινούς μήνες.

- Χρειάζεται να εκμεταλλευόμαστε την θερμική αδράνεια του εδάφους όπου αυτό είναι δυνατό (π.χ. σε εδάφη με μεγάλη κλίση).

- Ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και τις ανάγκες των κατοικούντων σε αυτό προσαρμόζεται και η χωροθέτηση των εσωτερικών χώρων. Έτσι, καθώς η βόρεια πλευρά του κτιρίου είναι η πιο ψυχρή και η λιγότερο φωτεινή, αυτοί οι χώροι προορίζονται για δωμάτια με ολιγόωρη χρήση (για παράδειγμα υπνοδωμάτια, τουαλέτα). Με αυτό τον τρόπο το κέρδος είναι διπλό, καθώς αφενός οι κύριοι χώροι χρήσης (π.χ. σαλόνι) τοποθετούνται στις νοτιότερες (και

επομένως πιο ζεστές) μεριές του κτιρίου, αφετέρου οι δευτερεύοντες χώροι λειτουργούν ως ζώνη προστασίας από τους ψυχρούς ανέμους και ανάσχεσης των θερμικών απωλειών των κύριων χώρων χρήσης.

2.4.2 Προσανατολισμός

Η μεγαλύτερη όψη του κτιρίου πρέπει να είναι προσανατολισμένη προς το νότο με απόκλιση έως 30 μοίρες (ανατολικα ή δυτικά).

2.4.3 Περιβάλλοντας χώρος

- Χρειάζεται να δίνουμε προσοχή στο μικροκλίμα γύρω από την κατοικία. Η βλάστηση μπορεί χρησιμοποιηθεί για ηλιοπροστασία, σκιασμό και προστασία από τους ανέμους. Έτσι συνίσταται η φύτευση μεγάλων φυλλοβόλων δένδρων στις νότιες και δυτικές πλευρές του κτιρίου, ενώ αντίστοιχα στη βόρεια πλευρά η ύπαρξη αειθαλών δένδρων βοηθά στην ανάσχεση των χειμωνιάτικων ανέμων και παράλληλα προσφέρει δροσισμό του αέρα τους καλοκαιρινούς μήνες.

- Σε περίπτωση που υπάρχει κάποιο εμπόδιο στη νότια πλευρά του οικοπέδου, (π.χ. μια γειτονική κατοικία) το οποίο ενδεχομένως να εμποδίσει τον ηλιασμό της κατοικίας κατά τους χειμερινούς μήνες, επιλέγουμε απόσταση ανάμεσα στο εμπόδιο και την κατοικία τουλάχιστον μιάμιση φορά το ύψος του εμποδίου (εμπειρικός κανόνας).

2.5 Στοιχεία του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

2.5.1 Θερμική πρστασία κελύφους

Η θερμική προστασία του κελύφους είναι βασική προϋπόθεση για τη σωστή θερμική συμπεριφορά οποιουδήποτε κτιρίου. Η θερμομόνωση αποτελεί βασική αρχή θερμικής προστασίας, μειώνοντας τις ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος. Η θερμομόνωση συνίσταται από ένα σύνολο κατασκευαστικών-δομικών στοιχείων (υλικών και συστημάτων) και συνδέεται άμεσα με το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των κτιρίων. Τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά εμποδίζουν την αγωγή θερμότητας από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον (αντίστροφα το καλοκαίρι) επειδή περιέχουν ακίνητο αέρα παγιδευμένο είτε σε ίνες (π.χ. υαλοβάμβακας) είτε σε κλειστές κυψελίδες (π.χ. διογκωμένη πολυστερίνη). Η θερμική αντίσταση και, συνεπώς, η θερμομονωτική ικανότητα του κάθε δομικού στοιχείου εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού και αυξάνεται με το πάχος του. Γενικά, συνιστάται τα θερμομονωτικά υλικά να τοποθετούνται εξωτερικά ή ενδιάμεσα στις τοιχοποιίες, οροφές και δάπεδα, έτσι ώστε να μην αδρανοποιείται η θερμική μάζα (θερμοχωρητικότητα) του κελύφους. Η τοποθέτησή της όμως εξαρτάται από τεχνικοοικονομικούς παράγοντες, αλλά και από τη χρήση (ωράριο λειτουργίας) των χώρων.

Ένα προσεκτικά μονωμένο κτίριο με την απαιτούμενη από τους ισχύοντες κανονισμούς θερμομόνωση, καλύπτει εν γένει τις ανάγκες ενός σωστά σχεδιασμένου από ενεργειακή άποψη κτιρίου, αρκεί να προσεχθεί η μόνωση όλων των δομικών στοιχείων ώστε να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες (αμόνωτα ή περιορισμένης μονωτικής ικανότητας στοιχεία του κελύφους), οι οποίες μπορεί να δημιουργήσουν «ευαίσθητα» σημεία στην οικοδομή, ακόμα και συμπύκνωση υδρατμών.

Εκτός από τα αδιαφανή σημεία του κελύφους (τοίχους, οροφές, δάπεδα) θα πρέπει να εξασφαλίζεται η θερμική προστασία των ανοιγμάτων, με τη χρήση διπλών (ή τριπλών για πολύ ψυχρές περιοχές, γενικά δεν συνιστώνται για τις Ελληνικές κλιματικές συνθήκες), είτε απλών είτε βελτιωμένων υαλοπινάκων , θερμομονωτικών κουφωμάτων και, σε πολλές περιπτώσεις, με τη

χρήση κινητής νυκτερινής μόνωσης (π.χ. θερμομονωτικά ρολά ή παντζούρια, θερμοκουρτίνες, κ.α).

Η θερμομόνωση του κτιρίου συνεισφέρει θετικά στη θερμική προστασία του κτιρίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ιδιαίτερα εφ' όσον συνδυάζεται με τον απαιτούμενο αερισμό, ιδιαίτερα το νυχτερινό. Όταν δεν υπάρχει επαρκής αερισμός του κτιρίου, η αυξημένη μόνωση του κελύφους, πέραν της προβλεπόμενης από τους κανονισμούς, επιβαρύνει τη θερμική λειτουργία του το καλοκαίρι, καθώς εμποδίζει την «αποφόρτιση» του κτιρίου από τη συσσωρευμένη θερμότητα.

2.5.2 Παθητικά συστήματα θέρμανσης

- Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων αποτελούν τα παθητικά συστήματα, τα οποία αποτελούν δομικά στοιχεία ενός κτιρίου. Τα παθητικά συστήματα λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και με φυσικό τρόπο θερμαίνουν, αλλά και δροσίζουν τα κτίρια. Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης

- Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού

- Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου συνεπάγεται τη συνύπαρξη και συνδυασμένη λειτουργία όλων των παραπάνω συστημάτων, ώστε να συνδυάζουν θερμικά και οπτικά οφέλη καθ’ όλη τη διάρκεια του έτους. Εκτός από τα παθητικά συστήματα, μια πολύ σημαντική μέθοδο εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα βιοκλιματικό κτίριο αποτελούν και τα ενεργητικά συστήματα, που χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα για τη θέρμανση ή το δροσισμό κτιρίων, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια ή τις φυσικές δεξαμενές ψύξης. Στη κατηγορία αυτή ανήκουν οι ηλιακοί συλλέκτες θέρμανσης ή παροχής ζεστού νερού χρήσης, ταφωτοβολταϊκά στοιχεία κλπ. Η εγκατάσταση όλων των παραπάνω συστημάτων αυξάνει ελαφρά το συνολικό κόστος κατασκευής του κτιρίου, το οποίο όμως αποσβένεται από την περιορισμένη χρήση μονάδων συμβατικής θέρμανσης και κλιματιστικών μονάδων.

Διατάξεις άμεσου κέρδους - ανοίγματα με τζάμι: Για τις διατάξεις άμεσου κέρδους χρειάζεται η ύπαρξη μεγάλης νότιας επιφάνειας με τζάμι. Η οροφή, το δάπεδο και οι τοίχοι συλλέγουν και αποθηκεύουν την ηλιακή θερμότητα. Χρειάζεται να είναι μονωμένοι κατάλληλα για να μην έχουν θερμικές απώλειες.

- Τοίχος Trombe. Ο τοίχος Trombe είναι ένας τοίχος προσανατολισμένος προς τον ήλιο που διαχωρίζεται από το εξωτερικό μέρος με τζάμι και κενό χώρο. Ο τοίχος απορροφά την ηλιακή ενέργεια την ημέρα και την απελευθερώνει σιγά σιγά προς το εσωτερικό μέρος του σπιτιού τη νύχτα. Υπάρχουν ανοίγματα στην κορυφή και στη βάση της μάζας του τοίχου τα οποία επιτρέπουν την κυκλοφορία του αέρα. Έτσι, ο ψυχρός αέρας του δωματίου καθώς εισέρχεται από την κάτω μεριά του τοίχου θερμαίνεται, ανεβαίνει προς τα πάνω και επιστρέφει ζεστός στο χώρο διαβίωσης.

- Ηλιακός χώρος - θερμοκήπιο. Ο ηλιακός χώρος είναι ένας κλειστός χώρος με γυαλί στη νότια πλευρά του κτιρίου έτσι ώστε να λειτουργεί ως "θερμοκήπιο". Ανάμεσα στον ηλιακό χώρο και στην κατοικία υπάρχει ένας τοίχος θερμικής συσσώρευσης έτσι ώστε να κρατιέται σταθερή η θερμοκρασια στον ηλιακό χώρο και στο υπόλοιπο κτίριο.

2.5.3 Ενεργητικά συστήματα θέρμανσης

- Ηλιακοί συλλέκτες. Ο ηλιακός συλλέκτης είναι μια συσκευή που συσσωρεύει την ηλιακή ακτινοβολία και την μετατρέπει σε θερμότητα.

2.5.4 Παθητικά συστήματα φυσικού δροσισμού

Ο αερισμός του κτιρίου είναι πολύ σημαντικός διότι αφενός βοηθάει στην απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας και επομένως κρατάει το κτίριο δροσερό τους θερινούς μήνες και αφετέρου διότι είναι αναγκαία η ανανέωση του εσωτερικού αέρα με φρέσκο αέρα από το περιβάλλον που είναι πλούσιος σε οξυγόνο. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες συστημάτων αερισμού: ο πύργος (καμινάδα) αερισμού, η ηλιακή καμινάδα, και ο διαμπερής αερισμός. Επίσης, τα σκίαστρα είναι απαραίτητα για την προφύλαξη της οικίας από την ηλιακή ακτινοβολία τους θερινούς μήνες.

- Καμινάδες αερισμού

Οι καμινάδες αερισμού έχουν κατάλληλο άνοιγμα προς την κατεύθυνση του ανέμου ώστε να συλλέγουν τα ψυχρά ρεύματα και να τα κατευθύνουν μέσα στο ζωτικό χώρο της οικίας.

- Ηλιακή καμινάδα

Η ηλιακή καμινάδα βασίζει την λειτουργία της στο φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού. Αντί για τοίχο, έχει ένα μικρό ηλιακό τοίχο (υαλοπίνακα) στη νότια ή νοτιοδυτική πλευρά της, οπότε με τη βοήθεια του ήλιου, θερμαίνεται η εσωτερική της επιφάνεια. Ο ζεστός αέρας κατευθύνεται προς το περιβάλλον με αποτέλεσμα να ανανεώνεται με φρέσκο δροσερό αέρα η κατοικία.

- Διαμπερής αερισμός

Ο διαμπερής αερισμός είναι η πιο συνηθισμένη, καθημερινή πρακτική για το δροσισμό ενός χώρου. Απαιτεί κατάλληλα σχεδιασμένα ανοίγματα στη βόρεια και νότια πλευρά του κτιρίου, ή αν δεν είναι αυτό δυνατό, ανοίγματα στον άξονα ανατολής-δύσης. Ο αέρας διέρχεται από τα ανοίγματα δροσίζοντας τους ενοίκους. Σημαντικό ρόλο στο διαμπερή αερισμό κατέχει η βλάστηση έξω από την οικία καθώς δροσίζει και φιλτράρει τα ρεύματα αέρα ενώ παρέχει ταυτόχρονα σκίαση.

- Σκίαστρα

Τα εξωτερικά σκίαστρα με κινητές περσίδες είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος σκιασμού. Συγκεκριμένα, συνιστώνται οριζόντια εξωτερικά σκίαστρα για τη νότια πλευρά και κατακόρυφα εξωτερικά σκίαστρα για την ανατολική και δυτική πλευρά της κατοικίας.

2.6 Εκμετάλλευση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Η ηλεκτρική κατανάλωση των κτιρίων αποτελεί μεγάλο μέρος της συνολικής κατανάλωσης μίας χώρας, ενώ προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά, από τις συμβατικές πηγές ενέργειας, δηλαδή το πετρέλαιο, τη βενζίνη και τον άνθρακα. Οι πηγές αυτές, παρόλη τη σπουδαία συνεισφορά τους στο σύγχρονο πολιτισμό, ρυπαίνουν ανεπανόρθωτα το περιβάλλον και εξαντλούνται με γοργούς ρυθμούς.

Αντιθέτως, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αναπληρώνονται μέσω των φυσικών κύκλων και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, η γεωθερμία, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες, όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας, που η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Εξάλλου, η αξιοποίησή τους για την παραγωγή ενέργειας δεν επιβαρύνει το περιβάλλον. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την έξαρση των εφαρμογών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας των τελευταίων χρόνων έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ιδιαίτερου ενδιαφέροντος για την ενσωμάτωση τους σε κτίρια.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται, με συντομία, εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) στον κτιριακό τομέα, με βάση την δυνατότητα εφαρμογής στο δομημένο περιβάλλον. Οι τεχνολογίες αυτές είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα με έμφαση στην ενσωμάτωσή τους στα κτίρια, η ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας (τηλεθέρμανση) και η γεωθερμία.

2.6.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Με τη φωτοβολταϊκή τεχνολογία γίνεται εκμετάλλευση της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας. Η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία επιφάνεια ενός τετραγ. μέτρου μία ηλιόλουστημέρα μπορεί να φτάσει το 1 kW ενώ η ενέργεια η οποία προσπίπτει συνολικά σε ένα έτος σε μία επιφάνια εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση και τον προσανατολισμό της επιφάνειας. [5]

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα πάνελ (πλαίσια) φωτοβολταϊκών στοιχείων (ή κυψελών), μαζί με τις απαραίτητες συσκευές για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο έχει συνήθως

τετράγωνω με πλευρά 120 – 160 χιλλιοστά. Δυο τύποι πυριτίου χρησιμοποιούνται για την δημιουργία φωτοβολταϊκών στοιχείων: το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο, ενώ το κρυσταλλικό πυρίτιο διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό. Οι δύο αυτοί τύποι παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα, και κατά τη μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται η αξιολόγηση των ειδικών συνθηκών της εφαρμογής (κατεύθυνση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, τυχόν σκιάσεις κλπ.) ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία. Επίσης, εκτός από το πυρίτιο χρησιμοποιούνται και άλλα υλικά για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων, όπως το Κάδμιο - Τελλούριο (CdTe) και ο ινδοδισεληνιούχος χαλκός. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ είνα πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους, επικαλυμμένα με ειδικές μεμβράνες και εγκιβωτισμένα σε γυαλί με πλαίσιο από αλουμίνιο. Η ονομαστική τους ισχύς κυμαίνεται ανάλογα με την τεχνολογία και τον αριθμό των φωτοβολταϊκών κυψελών που τα αποτελούν και μπορεί να έχει τιμές μέχρι και 200 W (Watt) ή και παραπάνω. Τα πάνελ συνδέονται μεταξύ τους και δημιουργούν τη φωτοβολταϊκή συστοιχία, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει από 2 έως και αρκετές εκατοντάδες φωτοβολταϊκές γεννήτριες.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια Φ/Β συστοιχία είναι συνεχούς ρεύματος (DC), και για το λόγο αυτό οι πρώτες χρήσεις των φωτοβολταϊκών αφορούσαν εφαρμογές DC τάσης: κλασικά παραδείγματα είναι ο υπολογιστής τσέπης («κομπιουτεράκι») και οι δορυφόροι. Με την προοδευτική αύξηση όμως του βαθμού απόδοσης, δημιουργήθηκαν ειδικές συσκευές – οι αναστροφείς (inverters) - που σκοπό έχουν να μετατρέψουν την έξοδο συνεχούς τάσης της Φ/Β συστοιχίας σε εναλλασσόμενη τάση. Με τον τρόπο αυτό, το Φ/Β σύστημα είναι σε θέση να τροφοδοτήσει μια σύγχρονη εγκατάσταση (κατοικία, θερμοκήπιο, μονάδα παραγωγής κλπ.) που χρησιμοποιεί κατά κανόνα συσκευές εναλλασσόμενου ρεύματος (AC). Ο βαθμός απόδοσης εκφράζει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο φωτοβολταϊκό στοιχείο. Τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία έχουν τη μεγαλύτερη απόδοση (μετατρέπουν έως και το 17%-18% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό) ενώ τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία έχουν ελαφρώς χαμηλότερη απόδοση (14%-15%), η οποία όμως συγκρινόμενη με την απόδοση άλλου συστήματος (συμβατικού, αιολικού, υδροηλεκτρικού κλπ.), παραμένει ακόμη αρκετά χαμηλή. Αυτό σημαίνει ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια προκειμένου να αποδώσει την επιθυμητή ηλεκτρική ισχύ. Ωστόσο, η απόδοση ενός δεδομένου συστήματος μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών σε ηλιοστάτη. [6]

Τα τελευταία χρόνια έχει εκδηλωθεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον για εφαρμογές Φ/Β συστημάτων ενσωματωμένων σε κτίρια καθώς η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β είναι η μόνη τεχνολογία που μπορεί να εφαρμοστεί σε αστικό περιβάλλον με μηδενική ρύπανση. Οι κυριότερες εφαρμογές είναι: η κάλυψη ολόκληρης ή μέρους της οροφής του κτιρίου, η χρήση τους σε γυάλινες προσόψεις του κτιρίου και σε επιφάνειες προστασίας από καιρικές συνθήκες όπως στέγαστρα και σκίαστρα. Για την εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων σε υπάρχουσες κατασκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κοινά πανέλα με το πλαίσιο αλουμινίου που διαθέτουν, όπου σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται μία πρόσθετη ενδιάμεση κατασκευή πάνω στην οποία θα τοποθετηθούν τα πλαίσια. Αντίθετα, για εφαρμογές σε νέα κτίρια είναι προτιμότερα τα πανέλα χωρίς το πλαίσιο αλουμινίου, τα οποία επιτρέπουν την ενσωμάτωσή τους σαν δομικές επιφάνειες.

Στα Φ/Β συστήματα που εγκαθίστανται στο έδαφος πάντοτε δίνεται ο προσανατολισμός και η κλίση που θα επιτρέπει τη βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό είναι επιθυμητό και στις εφαρμογές σε κτίρια , ωστόσο δεν είναι συνήθως δυνατό καθώς υπάρχουν περιορισμοί από τις δεδομένες επιφάνειες του κτιρίου. Οι απώλειες όμως από το μη σωστό προσανατολισμό δεν είναι τόσο σημαντικές σε σχέση με τα οφέλη που προκύπτουν. Ωστόσο, είναι σημαντικό να μη δημιουργούνται σκιασμοί των Φ/Β πλαισίων, ιδιαίτερα τις ώρες υψηλής ακτινοβολίας, διότι προκαλείται σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος.

Τα Φ/Β συστήματα διακρίνονται σε διασυνδεδεμένα (on-grid) και μη διασυνδεδεμένα (off-grid). Στα πρώτα υπάρχει διασύνδεση με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. ενώ στα δεύτερα όχι. Τα μη διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα ονομάζονται και αυτόνομα συστήματα και διακρίνονται σε αυτόνομα συστήματα με αποθήκευση (για χρήση σε νυχτερινές ώρες ή συννεφιά) ή χωρίς αποθήκευση (απευθείας χρήση από τον ήλιο μόνος τις ώρες ηλιοφάνειας πχ σε αντλιοστάσιο). Τα αυτόνομα συστήματα με αποθήκευση όσο υπάρχει ηλιοφάνεια φορτίζουν τις μπαταρίες-συσσωρευτές (ή αν υπάρχει ζήτηση, στέλνουν την ενέργεια απευθείας στην κατανάλωση - AC coupling) ενώ όταν δεν υπάρχει ήλιος η ενέργεια αποδίδεται από τις μπαταρίες. Υπάρχει δυνατότητα συνδυασμού επίσης με ανεμογεννήτριες και συνιστούν υβριδικά συστήματα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Για λόγους κυρίως κόστους, συνήθως χρησιμοποιούνται σε εξοχικά σπίτια και εν γένει σε κτίρια τα οποία δεν υπάρχει διασύνδεση με τη Δ.Ε.Η. ή υπάρχουν συχνές διακοπές ρεύματος και απαιτείται αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα με τη σειρά τους διακρίνονται σε λογιστικού συμψηφισμού (feed-in tariff) και

ενεργειακού συμψηφισμού - αυτοπαραγωγής (net metering). Στα πρώτα ο πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας πληρώνει την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια βάσει συμφωνημένης «ταρίφας». Στα δεύτερα συμψηφίζεται η παραγόμενη με την καταναλισκόμενη ενέργεια, συνήθως όμως χωρίς αποζημίωση της περίσσειας και πιο συγκεκριμένα, ο αυτοπαραγωγός παράγει την ενέργεια που χρειάζεται με τη βοήθεια Φ/Β και την καταναλώνει απευθείας στο κτίριο του την ίδια στιγμή. Το κτίριο παραμένει διασυνδεδεμένο με το δίκτυο δημόσιου ηλεκτρισμού. Όταν δεν του αρκεί η ενέργεια αντί να έχει συσσωρευτές, όπως με ένα αυτόνομο Φ/Β, παίρνει από το δίκτυο. Συνήθως, τοποθετούνται σε μόνιμες κατοικίες ή επιχειρήσεις όπου υπάρχει μεγάλη κατανάλωση ενέργειας καθημερινά με σκοπό την μείωση του ενεργειακού κόστους χρήσης του κτιρίου.

2.6.2 Τηλεθέρμανση με Βιομάζα

Η βιομάζα με την ευρύτερη έννοια του όρου περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς. Ειδικότερα, η βιομάζα για ενεργειακούς σκοπούς, περιλαμβάνει κάθε τύπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών και/ ή αέριων καυσίμων. [7]

Τηλεθέρμανση είναι η παροχή θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται με δίκτυο μονωμένων αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια. Ένα σύστημα τηλεθέρμανσης αποτελείται από: το σταθμό παραγωγής θερμότητας όπου είναι εγκατεστημένος ο κεντρικός εξοπλισμός (λέβητες, σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου, καπνοδόχος, αντλίες κλπ), το δίκτυο διανομής του θερμαίνοντος μέσου, το οποίο είναι θερμό ή υπέρθερμο νερό, από το σταθμό παραγωγής θερμότητας προς τα θερμαινόμενα κτίρια, τους υποσταθμούς σύνδεσης, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η σύνδεση των εσωτερικών εγκαταστάσεων θέρμανσης των κτιρίων με το δίκτυο διανομής τηλεθέρμανσης, και τις εσωτερικές εγκαταστάσεις θέρμανσης των κτιρίων (δίκτυα σωληνώσεων, θερμαντικά σώματα κλπ). [8]

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου τηλεθέρμανσης είναι πολλά. Αρχικά γίνεται εξοικονόμηση ενέργειας με την αξιοποίηση ενός εγχώριου ενεργειακού πόρου. Βελτιώνεται το βιοτικό επίπεδο, καθώς επιτυγχάνεται καλύτερη ποιότητα θέρμανσης, ειδικά σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν

τοπικές θερμάνσεις (τζάκια, ξυλόσομπες κλπ.), ενώ ο καταναλωτής εξασφαλίζει τη θέρμανσή του χωρίς πρόσθετες δικές του φροντίδες (προμήθεια πετρελαίου ή καυσόξυλων, συντήρηση καυστήρα κλπ). Επίσης, γίνεται ελαχιστοποίηση της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αφενός εξαιτίας της χρησιμοποίησης ενός κεντρικού σταθμού παραγωγής θερμότητας σωστά συντηρούμενου, αντί πολλών λεβήτων διασκορπισμένων στα κτίρια, και αφετέρου εξαιτίας της χρήσης βιομάζας σαν καύσιμο, αντί του πετρελαίου.

2.6.3 Γεωθερμία

Με τον όρο γεωθερμία ορίζεται η εκμετάλλευση της ενέργειας από το εσωτερικό της γης απ' όπου με τη χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας επιτρέπεται η μεταφορά θερμότητας από και προς το έδαφος για παραγωγή ψύξης, θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης για οικιακές αλλά και ευρύτερης κλίμακας εφαρμογές. Με τον τρόπο αυτό εκμεταλλευόμαστε το γεγονός ότι η γη διατηρεί σε σχετικά μικρό βάθος καθ' όλη τη διάρκεια του έτους σταθερή θερμοκρασία (συγκεκριμένα στην Ελλάδα 14-20oC). Η γεωθερμική ενέργεια ανήκει στην κατηγορία των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας και η αξιοποίηση της εξοικονομεί το 50-70% της ενέργειας σε σχέση με τα συμβατικά μέσα (πετρέλαιο ή ηλεκτρισμό).

Ένα γεωθερμικό σύστημα αποτελείται από τα εξής τρία κύρια μέλη: έναν γεωθερμικό εναλλακτή θερμότητας νερού, μία γεωθερμική αντλία θερμότητας (ΓΑΘ) και ένα εσωτερικό σύστημα διανομής στο κτίριο. Με τον όρο γεωθερμική αντλία θερμότητας ονομάζουμε τη μηχανολογική διάταξη που επιτρέπει τη μεταφορά ενέργειας από ένα χώρο χαμηλής θερμοκρασίας σε ένα χώρο υψηλότερης θερμοκρασίας (δηλαδή αντίθετη ροή της θερμότητας). Ο τρόπος λειτουργίας της βασίζεται στον κύκλο ψύξης. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα το υγρό που κυκλοφορεί στο σύστημα του γεωεναλλάκτη απορροφά ενέργεια από το έδαφος και οδηγείται στον εξατμιστή της ΓΑΘ, ο οποίος τη δεσμεύει. Μέσω του εξατμιστή μεταδίδεται θερμότητα στο ψυκτικό μέσο της αντλίας το οποίο μετατρέπεται από υγρό σε αέριο. Το ψυκτικό μέσο το οποίο κινείται σε ένα κλειστό κύκλωμα περνάει απ' το συμπιεστή όπου συμπιέζεται (μεγάλη πίεση, μεγάλη θερμοκρασία) και υγροποιείται. Έπειτα οδηγείται στο συμπυκνωτή όπου αποβάλλει τη θερμότητα, που έχει αποθηκεύσει το νερό του κυκλώματος από τον συμπιεστή, στο κτίριο. Το υγρό μεταφέρεται στη συνέχεια στη βαλβίδα εκτόνωσης, εκεί εκτονώνεται (μειώνεται η πίεση του και η θερμοκρασία

του) και εν τέλει εξατμίζεται λόγω της μείωσης της πίεσης του ώστε να επιστρέψει στον εξατμιστή και να επαναλάβει την ίδια διαδικασία. Το καλοκαίρι η διαδικασία αυτή μπορεί να αντιστραφεί, οπότε οι ΓΑΘ απάγουν θερμότητα από το κτίριο ή αλλιώς παρέχουν ψύξη/δροσισμό σε αυτό και τη διοχετεύουν στο υπέδαφος μέσω του γεωεναλλάκτη. Το εσωτερικό δίκτυο διανομής μπορεί να καταλήγει σε ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης, σε fans coils, σε αεραγωγούς αλλά και σε συμβατικά σώματα.

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες εγκατάστασης γεωθερμικών συστημάτων, τα συστήματα κλειστού βρόχου (closed loop) και τα συστήματα ανοιχτού βρόγχου (open loop systems). Στα συστήματα κλειστού βρόγχου τοποθετούνται συστήματα σωληνώσεων πολυαιθυλενίου στο έδαφος, ειδικού τύπου για γεωθερμικές εφαρμογές, δημιουργώντας ένα κλειστό κύκλωμα μέσα από το οποίο διέρχεται μίγμα νερού και γλυκόλης και στο οποίο γίνεται η μεταφορά θερμότητας από το έδαφος. Υπάρχουν δύο τρόποι γεωθερμίας σ' αυτή την κατηγορία· η οριζόντια και η κατακόρυφη γεωθερμία. Στην οριζόντια γεωθερμία εγκαθίσταται στο εξωτερικό του κτιρίου ο γεωθερμικός εναλλάκτης οριζόντια, σε βάθος 1.5 έως 2 μέτρα, σε μία ή περισσότερες στρώσεις σωληνώσεων. Συνήθως το σύστημα σωληνώσεων καλύπτει επιφάνεια διπλάσια απ' αυτήν που επιθυμεί ο χρήστης να θερμάνει. Ο δεύτερος τρόπος γεωθερμίας με κατακόρυφο σύστημα κλειστού βρόχου πραγματοποιείται με γεωτρήση (σε μικρά σχετικά βάθη περίπου των 150 μέτρων) μέσα στην οποία εισάγεται το σύστημα σωληνώσεων. Εν συνεχεία οι γεωτρήσεις πληρούνται με ειδικό θερμαγώγιμο υλικό με σκοπό τη μέγιστη μετάδοση ενέργειας από τα πετρώματα στο σύστημα και αντίστροφα.

Στη δεύτερη κατηγορία γεωθερμίας με ανοιχτά συστήματα το νερό αντλείται είτε από επιφανειακή πηγή (θάλασσα, λίμνη, ποτάμι) είτε από υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα (μέσω γεώτρησης ή πηγαδιού) το οποίο διέρχεται από την αντλία θερμότητας όπου απορροφά ή αποδίδει θερμότητα και κατόπιν επανεισάγεται στην πηγή απ' όπου αντλήθηκε.

Τα πλεονεκτήματα των γεωθερμικών συστημάτων είναι ποικίλα. Αρχικά η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη όλο το εικοσιτετράωρο, καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες (δεν εξαρτάται π.χ. από ηλιοφάνεια). Είναι διαρκώς ανανεώσιμη, καθώς προέρχεται από το εσωτερικό της γης και την ακτινοβολία του ήλιου και η εκμετάλλευση της είναι φιλική προς το περιβάλλον εφόσον δεν εξαντλεί πόρους και δεν παράγει ρύπους (σχεδόν μηδενικές εκπομπές του CO2). Μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με δοκιμασμένες υψηλές τεχνολογίες ψύξης-

θέρμανσης οι οποίες είναι αισθητικά αναβαθμισμένες (απουσία αντιαισθητικών εγκαταστάσεων όπως ψύκτες, συστήματα air conditioning κ.ο.κ.), ενώ με την ίδια εγκατάσταση εκτός από ψύξη-θέρμανση μπορεί να εξασφαλίσει την παραγωγή ζεστού νερού χωρίς επιπλέον κόστος. Σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί ακόμη το γεγονός ότι η λειτουργία ενός γεωθερμικού μηχανισμού αποδεσμεύεται πλήρως από το πετρέλαιο και οποιεσδήποτε κοστολογικές διακυμάνσεις του. Παράλληλα ένα τέτοιο σύστημα εξοικονομεί χώρους, αφού δεν υπάρχει ανάγκη για δεξαμενή πετρελαίου ή καμινάδας, είναι φιλικό προς το περιβάλλον και προσφέρει αθόρυβη λειτουργία. Τέλος έχει μηδενική συντήρηση του γεωεναλλάκτη και η αντλία γεωθερμίας απαιτεί απλώς έναν περιοδικό έλεγχο. [9]

3 Δικαστήριο

Το δικαστήριο είναι «δημόσια λειτουργία» που έχει ως σκοπό την απονομή της Δικαιοσύνης, αποτελεί δε εξουσία ανεξάρτητη της νομοθετικής και της εκτελεστικής.

3.1 Ιστορία

Η αρχική έννοια σύστασης δικαστηρίου για την απονομή δικαιοσύνης βρίσκεται στην Ελληνική Μυθολογία και μάλιστα από τους ίδιους Ολύμπιους θεούς, από τους οποίους προ-ιστορικά πέρασε τόσο στην Αρχαία Ελλάδα όσο και στη Ρώμη να απονέμεται από τους Βασιλείς. Αργότερα ανατέθηκε αυτή σε δικαστήρια.

Στην αρχαία Αθήνα ονομαστά ποινικά δικαστήρια ήταν η "Βουλή του Αρείου Πάγου", το "Παλλάδιο", το "Δελφίνιο", το "εν Φρεαττοί", το "επί Πρυτανείω" και η "Ηλιαία". Εκτός όμως αυτών δικαστική εξουσία είχαν οι αγορές των δήμων, η βουλή, η εκκλησία του δήμου, οι εννέα άρχοντες, οι στρατηγοί, οι ένδεκα, οι επιμελητές και οι αστυνόμοι. Επί Δράκοντος τους φόνους δίκαζαν οι πρυτάνεις που όμως ο Σόλων επανέφερε την αρμοδιότητα αυτή στον Άρειο Πάγο. Τη δε πολιτική δικαιοσύνη απένεμαν οι κατά δήμο δικαστές, οι διαιτητές και οι ναυτοδίκες.

Στην αρχαία Σπάρτη την ποινική δικαιοσύνη απένεμε η γερουσία ενώ την πολιτική οι Έφοροι, περιοριζόμενοι οι Βασιλείς μόνο σε διαφορές οικογενειακού δικαίου.

Στην αρχαία Ρώμη δικαστικά έργα είχαν κυρίως οι "πραίτωρες", ενώ δίκαζαν επίσης οι "τιμητές", οι αγορανόμοι, οι ίππαρχοι, η εκκλησία του δήμου, και η εκκλησία του λαού, το δικαστήριο των εκατό και οι δέκα.

Κατά την Οθωμανική κυριαρχία την πολιτική δικαιοσύνη στην Ελλάδα απένεμε ο Καδής, όσοι κατέφευγαν σ΄αυτόν, συνεπικουρούμενος από τους Μουλάδες, καθώς επίσης και οι Προεστοί ή δημογέροντες.

3.2 Σύγχρονη λειτουργία

Κατά σχετικά άρθρα του Συντάγματος εκτός των τακτικών δικαστηρίων, δικαστικές επιτροπές και έκτακτα δικαστήρια υπό οποιαδήποτε ονομασία απαγορεύεται η σύσταση. Εκτός περίπτωσης πολέμου ή γενικής επιστράτευσης οπότε και συγκροτούνται έκτακτα στρατοδικεία στα οποία και υπάγονται αδικήματα που διαπράχθηκαν από μη στρατιωτικούς. Επίσης τη δικαιοσύνη στα δικαστήρια απονέμουν δικαστές που ορίζονταν παλαιότερα υπό του Βασιλέως και είναι αυτοί ισόβιοι ή μόνιμοι με εξαίρεση των ορκωτών δικαστών που εκλέγονται με κλήρο.

Τα δικαστήρια διακρίνονται κυρίως στα πολιτικά και ποινικά. Ο Άρειος Πάγος ως ανώτατο δικαστήριο και των δύο κατηγοριών δικάζει ως ακυρωτικό πλην εξαιρετικών περιπτώσεων που δικάζει επί της ουσίας.

Τα δικαστήρια συνεδριάζουν εντός των καταστημάτων τους και στις αίθουσες ειδικά διαμορφωμένες εκτός των Ειρηνοδικείων που μπορούν και στο ύπαιθρο (στον επίμαχο τόπο, επί προσωρινών μέτρων). Επίσης κατά το Σύνταγμα οι συνεδριάσεις των δικαστηρίων είναι δημόσιες εκτός κι αν η δημοσιότητα καθίσταται επιβλαβής στα χρηστά ήθη ή στην κοινή τάξη ή για εθνικούς λόγους οπότε και εκδίδεται η γνωστή σχετική απόφαση "κεκλεισμένων των θυρών".

Την δικάσιμο ορίζει ο Προϊστάμενος του Δικαστηρίου (Ειρηνοδίκης ή Πρόεδρος). Τη διεύθυνση της διεξαγωγής της δίκης έχει ο Πρόεδρος ή άλλος ορισθείς δικαστής. Ο Πρόεδρος (ή Ειρηνοδίκης) διευθύνει τη συζήτηση, δίδει την άδεια αγόρευσης των διαδίκων και υποβολής ερωτήσεων από τους πληρεξούσιους, εξετάζει τους μάρτυρες, κηρύσσει το πέρας της συνεδρίασης και δημοσιεύει την απόφαση. Για τη διατήρηση της ευταξίας μπορεί επίσης να διατάξει την 24ωρη κράτηση θορυβούντος.

Κάθε απόφαση δικαστηρίου πρέπει να είναι αιτιολογημένη και να δημοσιεύεται σε δημόσια συνεδρίαση.

3.3 Ελληνικό δικαστικό σύστημα

Πολιτικά δικαστήρια

Προς απονομή της πολιτικής δικαιοσύνης υφίστανται τα εξής Πολιτικά Δικαστήρια:

- Τα Ειρηνοδικεία
- Τα Πρωτοδικεία (μονομελή και πολυμελή)
- Τα Εφετεία
- Ο Άρειος Πάγος
- Εφετεία 15

Ποινικά δικαστήρια

Την ποινική διαδικασία ασκούν τα εξής Ποινικά Δικαστήρια:

- Τα Πταισματοδικεία
- Τα Πλημμελειοδικεία (μονομελή και τριμελή)
- Τα Δικαστήρια Ανηλίκων
- Τα Μικτά Ορκωτά Δικαστήρια
- Τα Εφετεία (τριμελή και πενταμελή)
- Τα Μικτά Ορκωτά Εφετεία
- Ο Άρειος Πάγος.

Εισαγγελίες

- Εισαγγελία Αρείου Πάγου
- Εισαγγελίες Εφετών 15

Διοικητικά δικαστήρια

Τέλος άλλα δικαστήρια είναι τα Διοικητικά Δικαστήρια που εκδικάζουν διοικητικές διαφορές. Αυτά είναι τα εξής:

- Τα Διοικητικά Πρωτοδικεία (μονομελή και τριμελή}
- Τα Διοικητικά Εφετεία
- Το Συμβούλιο της Επικρατείας
- Το Ελεγκτικό Συνέδριο

Στρατιωτικά και Ειδικά Δικαστήρια

Εξαιρετική ποινική δικαιοδοσία έχουν τα Στρατιωτικά Δικαστήρια (Στρατοδικείο, Ναυτοδικείο, Αεροδικείο) καθώς και τα Ειδικά δικαστήρια όπως για Υπουργούς (Υπουργοδικείο) κ.α.

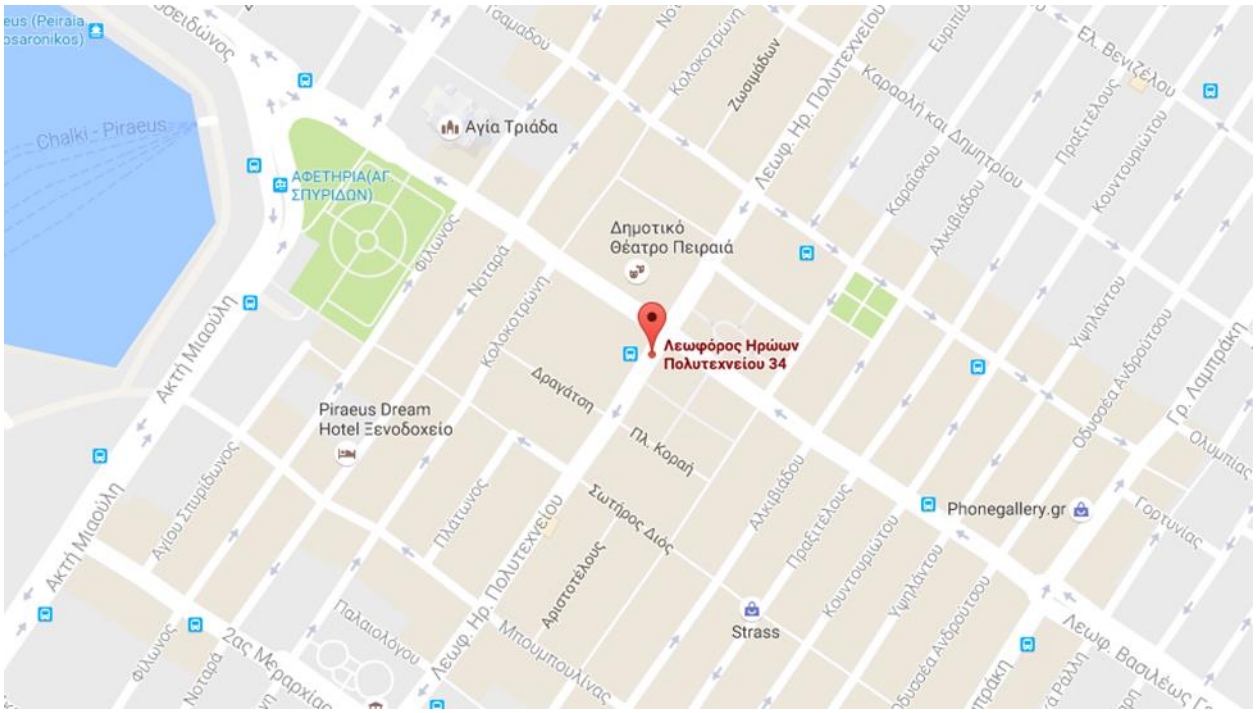
Ο Άρειος Πάγος, το Συμβούλιο της Επικρατείας και το Ελεγκτικό Συνέδριο αποτελούν τα ανώτατα δικαστήρια της Ελλάδας.

Όλα τα παραπάνω αναφερόμενα είδη Δικαστηρίων φέρουν την αυτή ονομασία τόσο ως Υπηρεσία όσο και ως χώρο διεξαγωγής (κατάστημα - αίθουσα) παρ' εκάστου δίκης και καθένα εξ αυτών αποτελεί Δικαστική Αρχή. [10]

4 Περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου

4.1 Παρουσίαση του κτιρίου και της θέσης του

Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται στην λεωφόρο Ηρώων Πολυτεχνείου 34, στον δήμο Πειραιά. Έχει γεωγραφικές συντεταγμένες: 23,646255 (γεωγραφικό μήκος) και 37,942923 (γεωγραφικό πλάτος). Το κτίριο αποτελείται σήμερα μόνο από τον σκελετό, δηλαδή πλάκες και υποστυλώματα. Το ύψος του είναι 30,15 m και έχει κάτοψη (50*56) m^2 στο ισόγειο, (50*47) m2 στους ενδιάμεσους ορόφους και (45*36) m^2 στον τελευταίο όροφο. Κεντρικά στο κτίριο υπάρχει φωταγωγός με διαστάσεις (20*8) m^2 στους 3 πρώτους ορόφους και (20*11) m^2 στους υπόλοιπους. Η συνολική επιφάνεια των ορόφων ειναι 13981,27 m^2. Στην επόμενη Εικόνα 4.1 φαίνεται η γεωγραφική θέση του κτιρίου, που βρέθηκε μέσω της υπηρεσίας 'Χάρτες Google'.



Εικόνα 4.1: Γεωγραφική θέση υπό μελέτη κτιρίου [27]

Η κατασκευαστική εταιρεία προτείνει την χωροθέτηση των διαφόρων υπηρεσιών του δικαστικού μεγάρου, στο κτίριο όπως φαίνεται στα παρακάτω σχέδια.

Εικόνα 4.2: Κάτοψη εισογείου από οδό Κολοκοτρώνη [28]

Εικόνα 4.3: Κάτοψη εισογείου από λεωφόρο Ηρώων Πολυτεχνείου [28]

Εικόνα 4.4: Κάτοψη α' ορόφου [28]

Εικόνα 4.5: Κάτοψη β' ορόφου [28]

Εικόνα 4.6: Κάτοψη γ' ορόφου [28]

Εικόνα 4.7: Κάτοψη δ' ορόφου [28]

Εικόνα 4.8: Κάτοψη ε' ορόφου [28]

5 Προσομοίωση του Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά

5.1 Περιγραφή των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν

Τα λογισμικά που χρειάστηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία, με τη σειρά χρήσης τους, είναι: το SketchUp Make 2016, το OpenStudio SketchUp Plug-in, το Energy Plus (version 8.5) και το PVGIS. Παρακάτω αναλύεται το καθένα αναλυτικά.

5.1.1 SketchUp Make 2016

Το SketchUp είναι ένα πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης ευρείας χρήσης, με εφαρμογές αξιοποιήσιμες τόσο στην αρχιτεκτονική, την εσωτερική διακόσμηση, τις ταινίες και το σχεδιασμό βιντεοπαιχνιδιών, όσο και από πολιτικούς και μηχανολόγους μηχανικούς. [11]

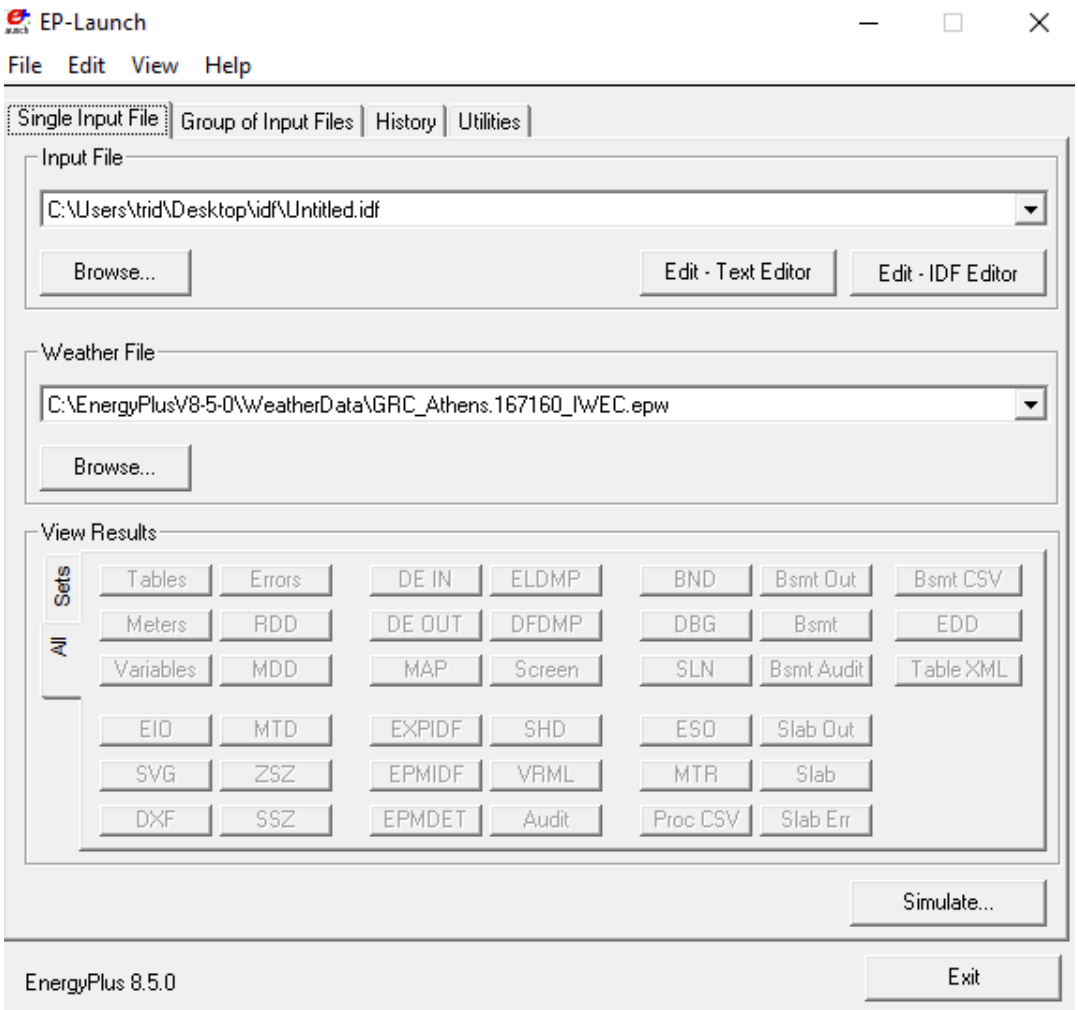
5.1.2 OpenStudio SketchUp Plug-in

Το Open Studio αποτελεί μια πλατφόρμα εργαλείων λογισμικού για την υποστήριξη της ενεργειακής προσομοίωσης ενός κτιρίου. Η λειτουργία legacy Open Studio plug-in που προσφέρει το λογισμικό Open Studio αποτελεί ένα μέσο γραφικής ενεργειακής μοντελοποίησης που υποστηρίζεται και ‘’φιλοξενείται’’ στον περιβάλλοντα χώρο του SketchUp με τη μορφή μια επιπρόσθετης ‘’ηλεκτρονικής εργαλειοθήκης’’. Κατά το σχεδιασμό της γεωμετρίας στο περιβάλλον του SketchUp γίνεται συνδυασμός τόσο των εργαλείων του, όσο και αυτών του legacy Open Studio plug-in· το τελευταίο, με το που σχεδιάζει ο χρήστης μια επιφάνεια, αυτόματα μετατρέπει το αρχείο σχεδιασμού, που την περιέχει, σε μορφή (.idf) αναγνώσιμη από το Energy Plus. [12]

5.1.3 Energy Plus

Πρόκειται για ένα πρόγραμμα προσομοίωσης θερμικού φορτίου και ενεργειακής ανάλυσης, υλοποιημένο σε γλώσσα προγραμματισμού Fortran, το οποίο εκδόθηκε από το τμήμα ενέργειας της Αμερικάνικης κυβέρνησης. Το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιούν μηχανικοί, αρχιτέκτονες και

ερευνητές για να μοντελοποιήσουν την ενέργεια και τη χρήση νερού ενός κτιρίου με σκοπό τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του ώστε να αποφέρει ενεργειακά οφέλη. Το εν λόγω λογισμικό δίνει στο χρήστη την επιλογή ανάλυσης ενός μεγάλου εύρους παραμέτρων, όπως ο φωτισμός, η θέρμανση/ψύξη, ο αερισμός κι άλλες ροές ενέργειας, γεγονός που οδηγεί τελικώς σε μια αρκετά αντιπροσωπευτική προσομοίωση του κτιρίου. Για την υλοποίηση της κτιριακής προσομοίωσης το Energy Plus παρέχει, μεταξύ άλλων, τα υποπρογράμματα: IDF Editor και EP-Launch τα οποία αντίστοιχα εξυπηρετούν στη δημιουργία/επεξεργασία αρχείων εισόδου και την εκτέλεση προσομοιώσεων.



Εικόνα 5.1: EnergyPlus-Launch

Το EP-Launch επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει τα αρχεία εισόδου που επιθυμεί να εκτελεστούν, μορφής .idf, (όπως αυτό που δημιουργήθηκε από τη ‘’συνεργασία’’ των SketchUp και Legacy Open Studio plug-in) καθώς και τα αρχεία καιρού (τα οποία δίνουν πληροφορίες σχετικά με τις μετεωρολογικές συνθήκες της τοποθεσίας που ευρίσκεται το κτίριο) βάσει των οποίων θα προκύψει η ενεργειακή προσομοίωση με την επιλογή ‘’simulate’’.

Το EP-Launch, όπως φαίνεται και στην παραπάνω Εικόνα 5.1, δίνει την επιλογή ‘’Edit - IDF Editor’’. Το IDF Editor είναι ένα μέσο που δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργεί ή/και να επεξεργάζεται αρχεία εισόδου δεδομένων (.idf – input data files) του Energy Plus.

Το IDF Editor, όπως θα φανεί παρακάτω, παρέχει μια λίστα στοιχείων που δείχνει πως ταξινομούνται οι διάφορες παράμετροι/υποκατηγορίες (classes) σε ευρύτερες κατηγορίες (group). Κατ’ αυτόν τον τρόπο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει οποιαδήποτε παράμετρο από τη λίστα και να εισάγει τις αντίστοιχες πληροφορίες για το κτίριο που μελετάει. [13]

5.1.4 PVGIS

Το Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) είναι ένα λογισμικό που παρέχει η Ευρωπαϊκή Ένωση, για τον υπολογισμό της απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, ανάλογα με τη γεωγραφική του θέση, το είδος του και άλλων παραμέτρων που αφορούν την τοποθέτησή του. [14]

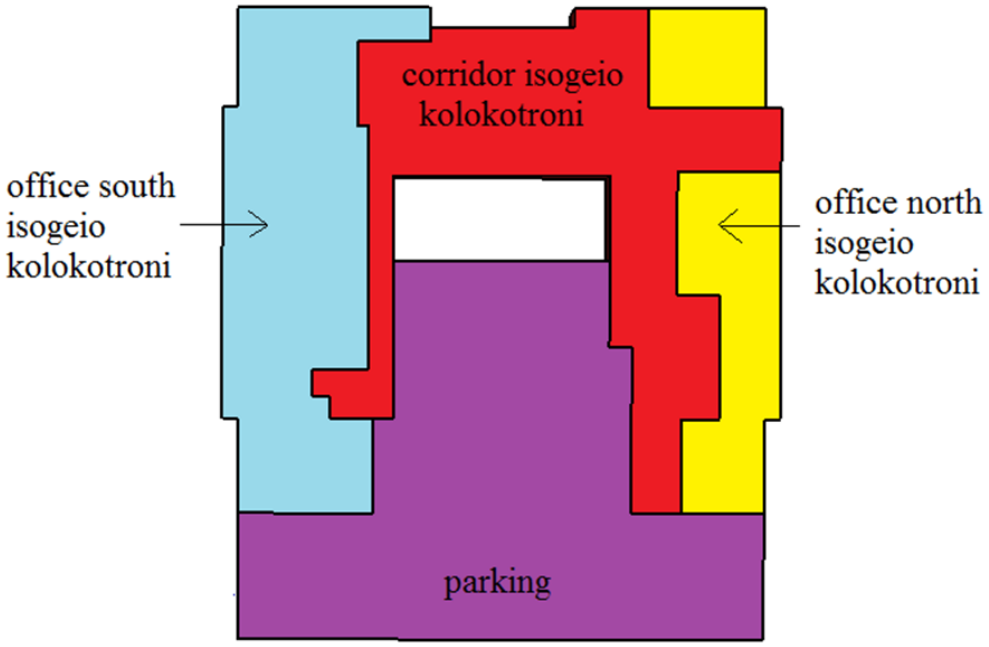
5.2 Δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου

Το πρώτο βήμα ήταν ο χωρισμός, μόνο των εσωτερικών χώρων, του Δικαστικού Μεγάρου σε θερμικές ζώνες σύμφωνα με τους κανονισμούς που ορίζει η Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010) [15]. Ως θερμική ζώνη ορίζεται το σύνολο των χώρων μέσα στο κτίριο με όμοιες απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες, με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Έτσι το Μέγαρο χωρίστηκε σε 38 αυτόνομες θερμικές ζώνες. Σε όλους τους ορόφους ο χωρισμός έγινε βάσει του προσανατολισμού των γραφείων· έτσι σε κάθε όροφο υπάρχει ξεχωριστή ζώνη για τα γραφεία με προσανατολισμό το Βορρά, το Νότο, την Ανατολή και τη Δύση. Για τα εσωτερικά γραφεία δημιουργήθηκαν επιπλέον ζώνες,όπως και για το parking. Επίσης κρίθηκε σκόπιμη η δημιουργία επιπλέον ζωνών για τους χώρους κίνησης (διαδρόμους) που παρεμβάλλονται μεταξύ των γραφείων. Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι 38 θερμικές ζώνες όπως προέκυψαν :

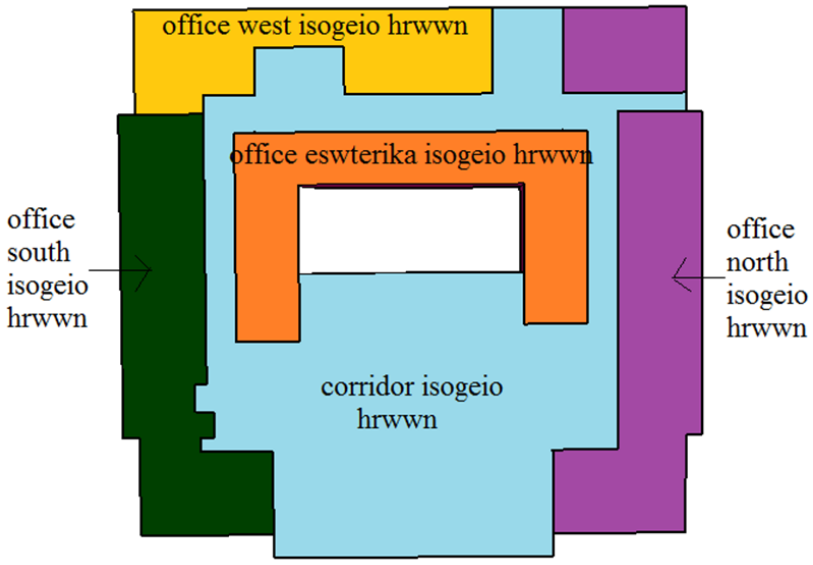
Χώροι Δικαστικού Μεγάρου	**Ονομασίες θερμικών ζωνών όπως εισήχθησαν στα προγράμματα**
Κοινόχρηστοι χώροι ισογείου από την οδό Κολοκοτρώνη	corridor isogeio kolokotroni
Χώρος στάθμευσης	parking
Βορρινά γραφεία ισογείου από την οδό Κολοκοτρώνη	office north isogeio kolokotroni
Νότια γραφεία ισογείου από την οδό Κολοκοτρώνη	office south isogeio kolokotroni
Κοινόχρηστοι χώροι ισογείου από την Λεωφόρο Ηρώων Πολυτεχνείου	corridor isogeio hrwwn
Βορρινά γραφεία ισογείου από την Λεωφόρο Ηρώων Πολυτεχνείου	office north isogeio hrwwn
Νότια γραφεία ισογείου από την Λεωφόρο Ηρώων Πολυτεχνείου	office south isogeio hrwwn
Δυτικά γραφεία ισογείου από την Λεωφόρο Ηρώων Πολυτεχνείου	office west isogeio hrwwn
Εσωτερικά γραφεία ισογείου από την Λεωφόρο Ηρώων Πολυτεχνείου	office eswterika isogeio hrwwn

Κοινόχρηστοι χώροι α’ ορόφου	corridor a’ orofos
Βορρινά γραφεία α’ ορόφου	office north a’ orofos
Νότια γραφεία α’ ορόφου	office south a’ orofos
Ανατολικά γραφεία α’ ορόφου	office east a’ orofos
Δυτικά γραφεία α’ ορόφου	office west a’ orofos
Εσωτερικά γραφεία α’ ορόφου	office eswt a’ orofos
Κοινόχρηστοι χώροι β’ ορόφου	corridor b’ orofos
Βορρινά γραφεία β’ ορόφου	office north b’ orofos
Νότια γραφεία β’ ορόφου	office south b’ orofos
Ανατολικά γραφεία β’ ορόφου	office east b’ orofos
Δυτικά γραφεία β’ ορόφου	office west b’ orofos
Εσωτερικά γραφεία β’ ορόφου	office eswt b’ orofos
Κοινόχρηστοι χώροι γ’ ορόφου	corridor c’ orofos
Βορρινά γραφεία γ’ ορόφου	office north c’ orofos
Νότια γραφεία γ’ ορόφου	office south c’ orofos
Ανατολικά γραφεία γ’ ορόφου	office east c’ orofos
Δυτικά γραφεία γ’ ορόφου	office west c’ orofos
Εσωτερικά γραφεία γ’ ορόφου	office eswt c’ orofos
Κοινόχρηστοι χώροι δ’ ορόφου	corridor d’ orofos
Βορρινά γραφεία δ’ ορόφου	office north d’ orofos
Νότια γραφεία δ’ ορόφου	office south d’ orofos
Ανατολικά γραφεία δ’ ορόφου	office east d’ orofos
Δυτικά γραφεία δ’ ορόφου	office west d’ orofos
Εσωτερικά γραφεία δ’ ορόφου	office eswt d’ orofos
Κοινόχρηστοι χώροι ε’ ορόφου	corridor e’ orofos
Βορρινά γραφεία ε’ ορόφου	office north e’ orofos
Νότια γραφεία ε’ ορόφου	office south e’ orofos
Ανατολικά γραφεία ε’ ορόφου	office east e’ orofos
Δυτικά γραφεία ε’ ορόφου	office west e’ orofos

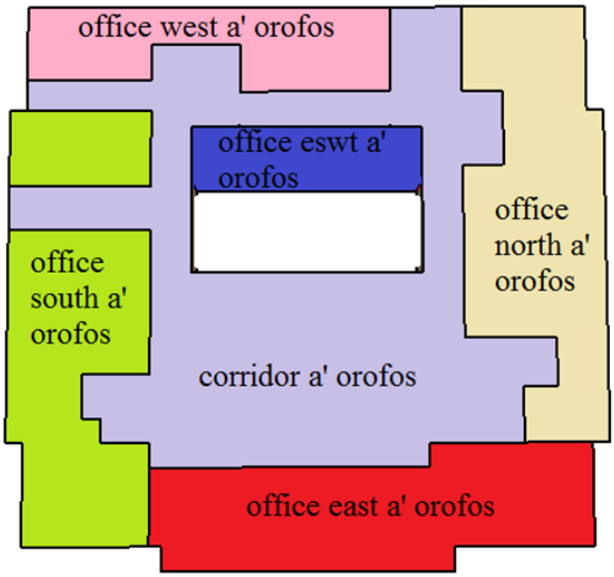
Στις παρακάτω Εικόνες 5.2,5.3,5.4,5.5,5.6,5.7 και 5.8 σχεδιάστηκαν στις κατόψεις κάθε ορόφου οι θερμικές ζώνες έτσι όπως εισήχθησαν στο SketchUp (υπενθυμίζεται ότι στο SketchUp εισήχθησαν μόνο οι εσωτερικοί χώροι του κτιρίου).



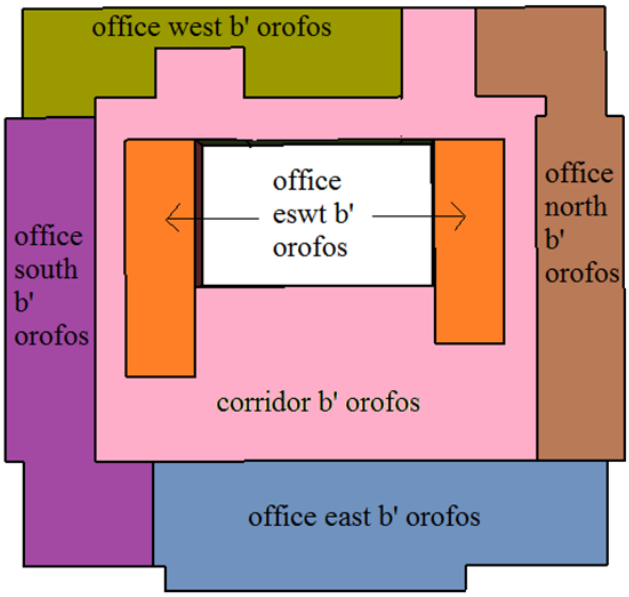
Εικόνα 5.2: θερμικές ζώνες ισογείου από οδό Κολοκοτρώνη



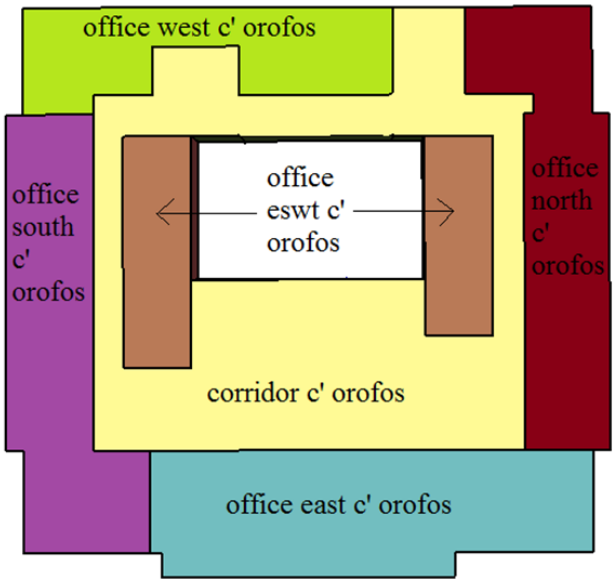
Εικόνα 5.3: θερμικές ζώνες ισογείου από λεωφόρο Ηρώων Πολυτεχνείου



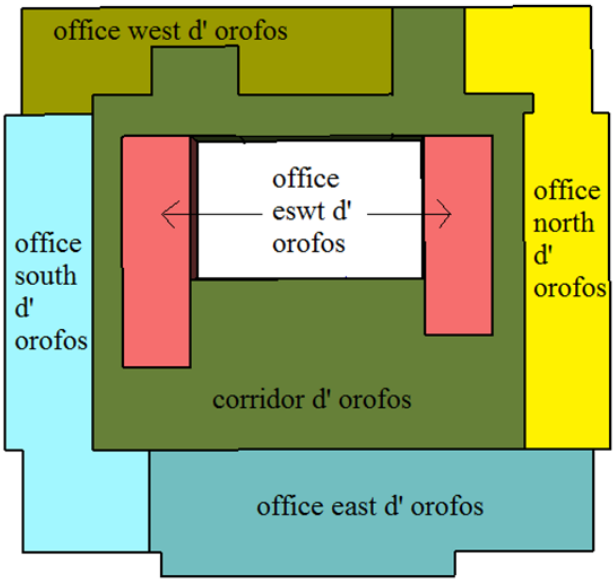
Εικόνα 5.4: θερμικές ζώνες ισογείου α' ορόφου



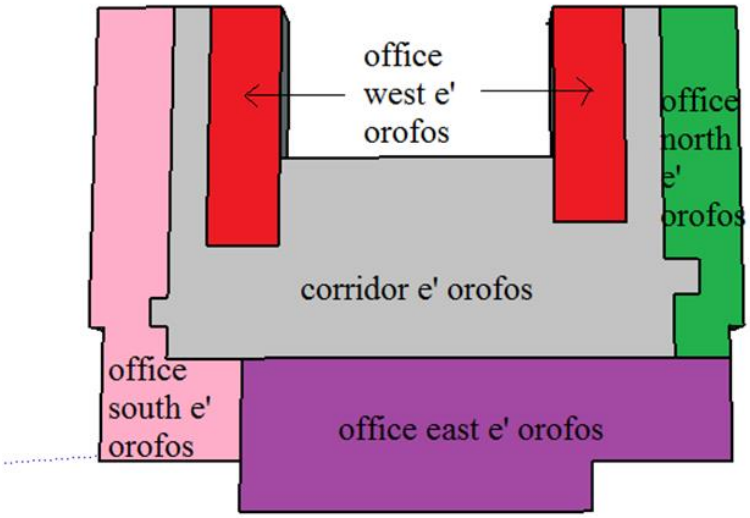
Εικόνα 5.5: θερμικές ζώνες ισογείου β' ορόφου



Εικόνα 5.6: θερμικές ζώνες ισογείου γ' ορόφου



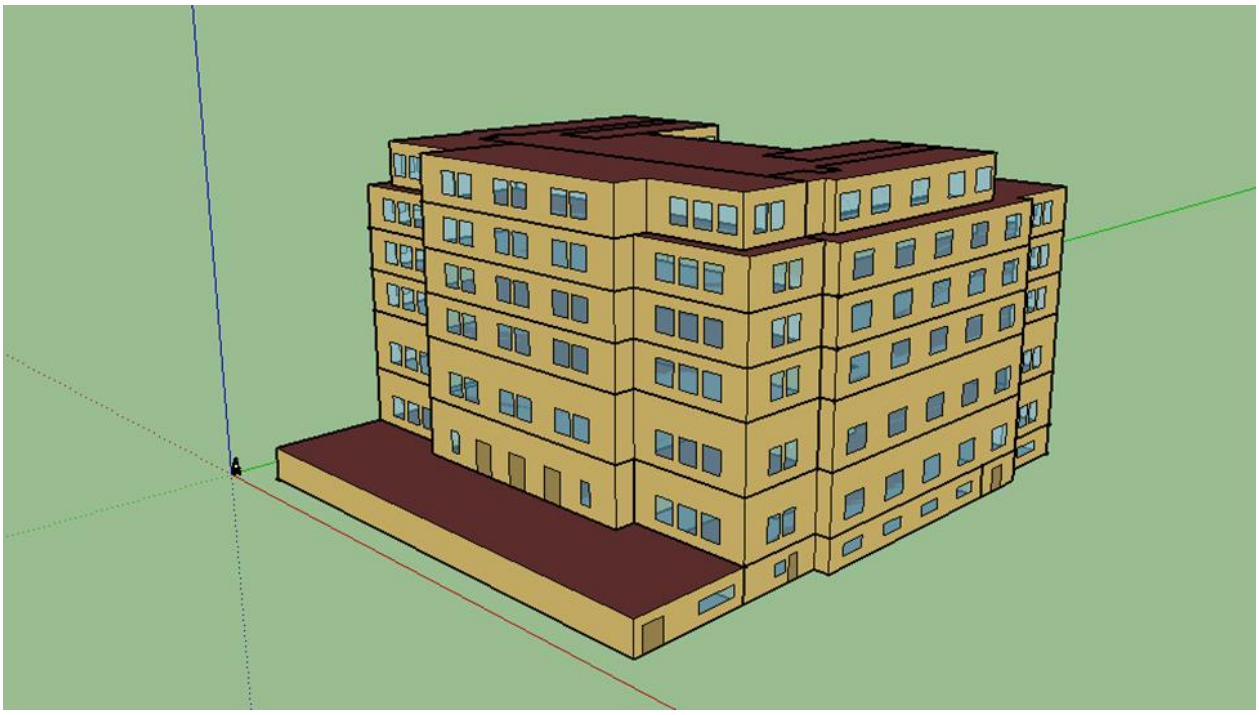
Εικόνα 5.7: θερμικές ζώνες ισογείου δ' ορόφου



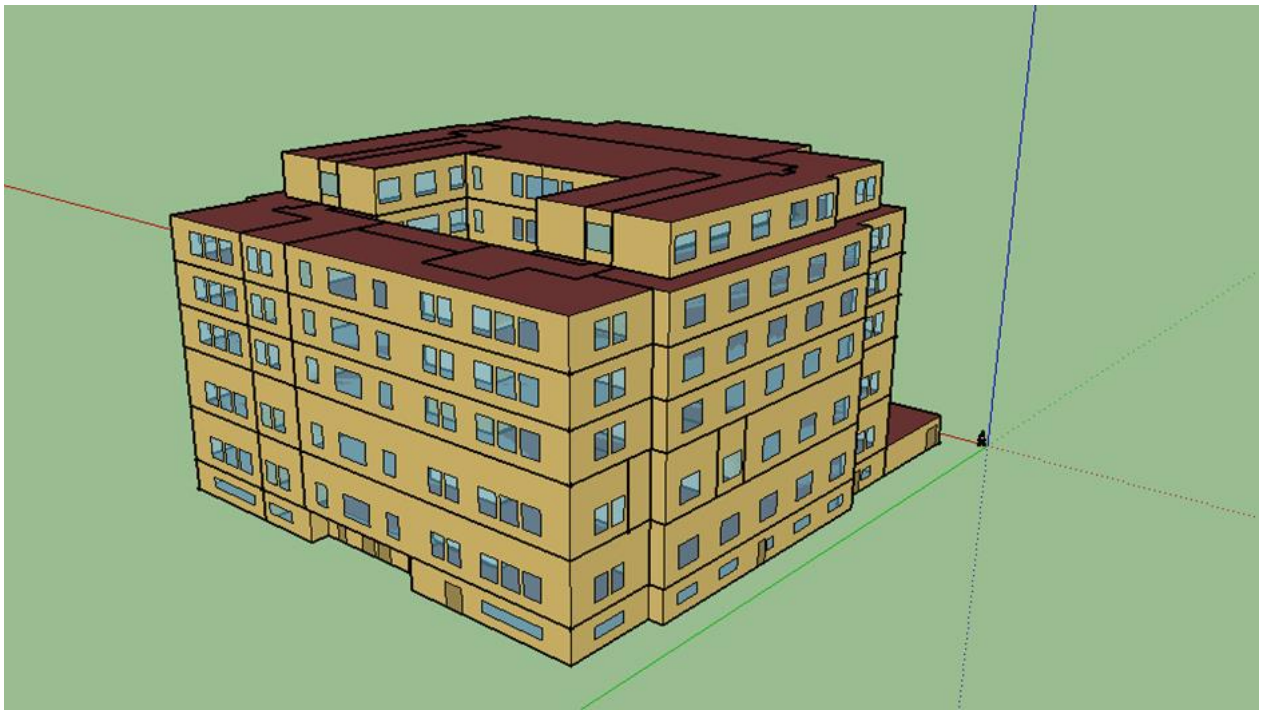
Εικόνα 5.8: θερμικές ζώνες ισογείου ε' ορόφου

Επόμενο βήμα σχεδίασης ήταν η αποτύπωση του κτιρίου στο SketchUp, χρησιμοποιώντας την εντολή "Create Spaces From Diagram", με την οποία κάθε κάτοψη μετατρέπεται σε όροφο εισάγοντας το ύψος του ορόφου.Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν οι θερμικές ζώνες με τη βοήθεια του εγαλείου "Set Attributes For Selected Spaces" και της επιλογής "Thermal Zone". Τέλος, σχεδιάστηκαν τα ανοίγματα (14 πόρτες και 368 παράθυρα) και μέσω της εντολής "Project All Loose Geometry" αναγνωρίστηκαν και ενσωματώθηκαν στο μοντέλο.

Το τρισδιάστατο ολοκληρωμένο μοντέλο που προέκυψε φαίνεται στις Εικόνες 5.9 και 5.10.

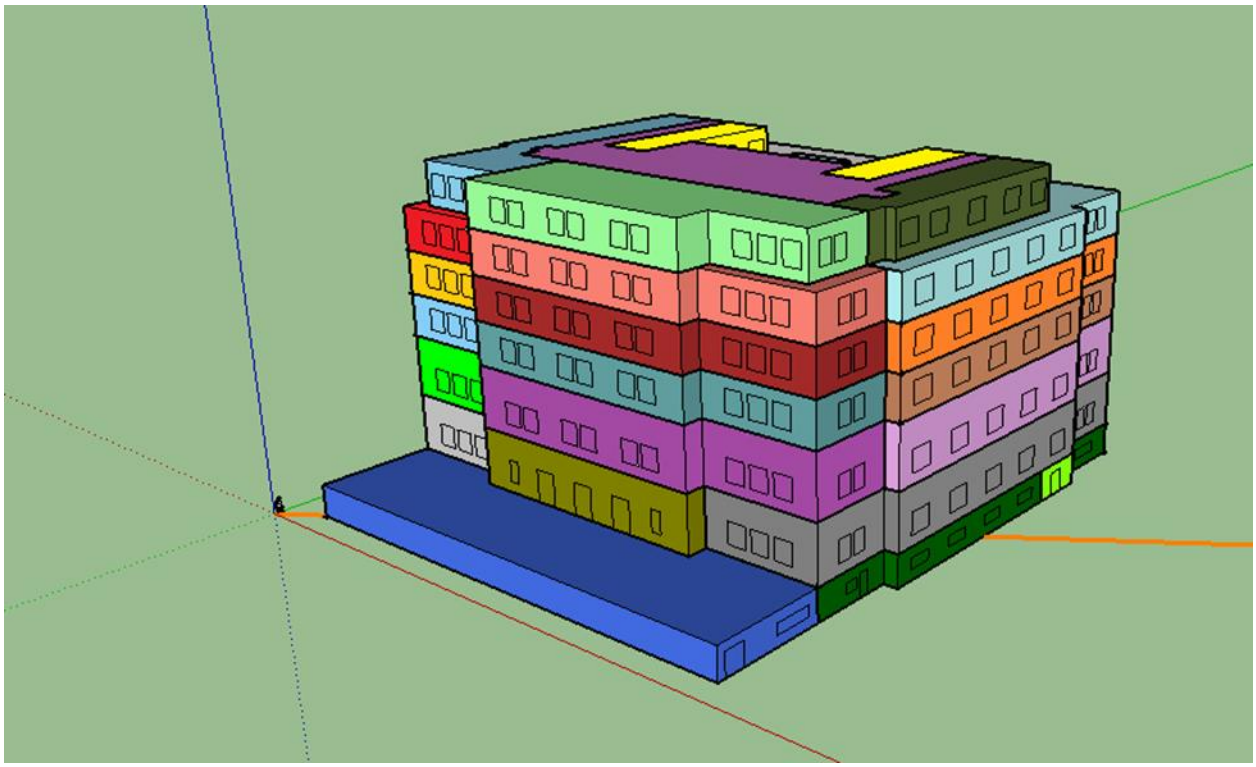


Εικόνα 5.9: ανατολική όψη Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά



Εικόνα 5.10: δυτική όψη Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά

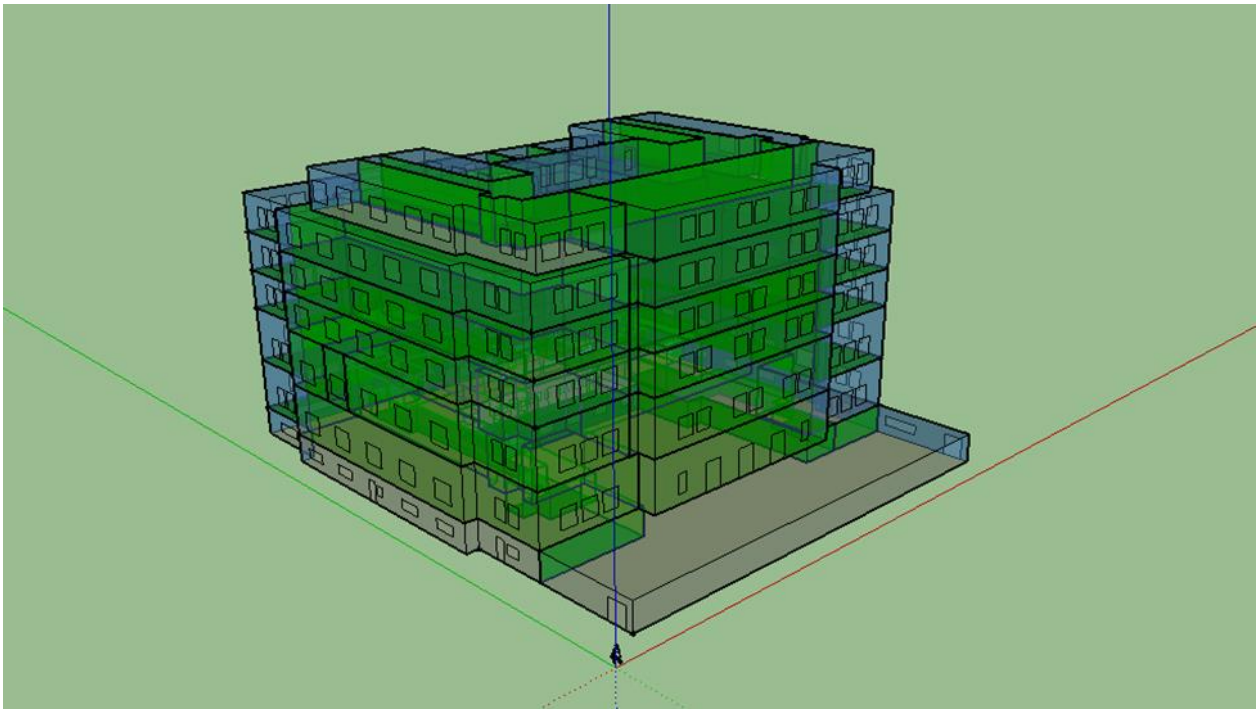
Με την επιλογή “Render By Thermal Zone” μπορούμε να δούμε τις θερμικές ζώνες που έχουν δημιουργηθεί, όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 5.11.



Εικόνα 5.11: θερμικές ζώνες Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά

Μέσω των εργαλείων που προσφέρει το Open Studio legacy plugin και συγκεκριμένα του “Surface Matching” και των επιλογών “Intersect In Entire Model” και “Match In Entire Model”, εισήχθησαν οι εξής χρήσιμες πληροφορίες στο μοντέλο: ο κάθε εξωτερικός τοίχος του κτιρίου ως επιφάνεια, ο οποίος χαρακτηρίζεται από τις συνθήκες περιβάλλοντος του (έκθεση στον άνεμο και στον ήλιο ανάλογα με το εάν βρίσκεται στο υπόγειο ή στο ισόγειο και τους ορόφους), ο κάθε εσωτερικός τοίχος ως διεπιφάνεια μεταξύ δύο θερμικών ζωνών, το δάπεδο επί φυσικού εδάφους και η εξωτερική οροφή, τα εσωτερικά δάπεδα/οροφές ως διεπιφάνειες μεταξύ δυο θερμικών ζωνών, τα εξωτερικά παράθυρα, οι εξωτερικές και εσωτερικές πόρτες.

Με την επιλογή “View Model In X-Ray Mode” μπορούμε να δούμε με μπλε χρώμα τους εξωτερικούς τοίχους, με πράσινο τους εσωτερικούς και με γκρι το έδαφος, όπως φαίνεται στην επόμενη Εικόνα 5.12.



Εικόνα 5.12: Δικαστικό Μέγαρο Πειραιά σε X-Ray Mode

5.3 Καθορισμός των παραμέτρων του Δικαστικού Μεγάρου

Σ' αυτό το σημείο εισήχθει στο υποπρόγραμμα EP-Launch του Energy Plus το αρχείο που προέκυψε από τα παραπάνω σχεδιαστικά προγράμματα και έπειτα στο IDF Editor. Από την ευρεία λίστα που παρέχεται στο χρήστη μέσω του IDF Editor δόθηκαν πληροφορίες για τις κατηγορίες του Πίνακα 5.13.

Ονομασίες των κατηγοριών στο IDF Editor	**Επεξήγηση**
Simulation Parameters	Παράμετροι προσομοίωσης
Location and Climate	Τοποθεσία και κλίμα
Schedules	Χρονοδιαγράμματα
Surface Construction Elements	Κατασκευαστικά στοιχεία επιφανειών
Thermal Zones and Surfaces	Θερμικές ζώνες και επιφάνειες
Internal Gains	Εσωτερικά θερμικά κέρδη
Zone Airflow	Ροή αέρα
HVAC Templates	Πρότυπα Θέρμανσης/Αερισμού/Κλιματισμού

Πίνακας 5.13: Κατηγορίες που αναλύθηκαν στο IDF Editor

Στο εξής θα αναλυθεί εκτεταμένα κάθε μία απ τις παραπάνω κατηγορίες[16].

5.3.1 Κατηγορία Simulation Parameters

Σ' αυτήν την κατηγορία εισάγονται γενικά δεδομένα πού σχετίζονται με τον τρόπο που θέλει ο χρήστης να προσεγγίσει την προσομοίωση του κτιρίου που μελετάει. Εισήχθησαν λοιπόν πληροφορίες για τις παρακάτω υποκατηγορίες. Στην υποκατηγορία «Version» αναφέρεται η έκδοση του Energy Plus το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην υπό μελέτη προσομοίωση. Στην υποκατηγορία «Building» δηλώθηκε το όνομα του κτιρίου (στο πεδίο Name: dikastiko megaro peiraia), ο τύπος του εδάφους, το οποίο ανάλογα με την τιμή που θα του δοθεί δηλώνει πως επηρεάζεται το κτίριο από την κίνηση του ανέμου (στο πεδίο Terrain: city, εφόσον βρίσκεται στην πόλη του Πειραιά) και δηλώθηκε επίσης και ο μηχανισμός με τον οποίο γίνεται η διανομή της ηλιακής ακτινοβολίας (στο πεδίο Solar Distribution: FullExterior, εφόσον στην εξεταζόμενη περίπτωση δημιουργούνται σκιάσεις στους εξωτερικούς τοίχους από την πλευρά της οδού Κολοκοτρώνη λόγω άλλων κτιρίων. Στην υποκατηγορία «Timestep» εισήχθει το χρονικό βήμα βάσει του οποίου θα γίνουν οι υπολογισμοί μεταφοράς της θερμότητας (στο πεδίο Number of Timesteps per hour: 6 ώρες). Τέλος στην υποκατηγορία «SimulationControl» δόθηκαν τιμές στα διάφορα πεδία της σύμφωνα με τον τρόπο που επιθυμείται να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης στο τελευταίο στάδιο.

5.3.2 Κατηγορία Location and Climate

Η συγκεκριμένη κατηγορία περιγράφει τις συνθήκες περιβάλλοντος που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή του υπό μελέτη κτιρίου και είναι απαραίτητες να δηλωθούν για την εκτέλεση της προσομοίωσης. Συγκεκριμένα στην υποκατηγορία «Site:Location» καταγράφηκαν οι ακριβείς γεωγραφικές συντεταγμένες του κτιρίου (γεωγραφικό μήκος και πλάτος), η ζώνη ώρας στην οποία ανήκει, καθώς και το υψόμετρο στο οποίο βρίσκεται. Στην υποκατηγορία «RunPeriod» δηλώθηκε το χρονικό διάστημα προσομοίωσης δηλαδή η περίοδος λειτουργίας του Δικαστικού Μεγάρου, που είναι όλο το χρόνο.

5.3.3 Κατηγορία Schedules

Αυτή η κατηγορία επιτρέπει στο χρήστη να ρυθμίζει τον προγραμματισμό (ο οποίος γίνεται με τη βοήθεια χρονοδιαγραμμάτων) πολλών παραμέτρων, όπως η πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης, η ανθρώπινη δραστηριότητα, ο φωτισμός και η λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών. Συγκεκριμένα, στην υποκατηγορία «Schedule:Compact» που χρησιμοποιήθηκε, ο προγραμματισμός της εκάστοτε παραμέτρου περιγράφηκε σε χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου. Οι τιμές που δόθηκαν στα πεδία της υποκατηγορίας, για όσο χρονικό διάστημα ορίστηκε, μπορούν να είναι συντελεστές (Fraction), θερμοκρασίες (Temperature), η οποιαδήποτε άλλη τιμή με μονάδα μέτρησης αντίστοιχης του στοιχείου στο οποίο αναφέρεται (Any Number). Παρακάτω αναλύονται ενδελεχώς τα χρονοδιαγράμματα τα οποία ορίσθηκαν (και τα οποία στην πορεία θα χρησιμοποιηθούν σε ποικίλες κατηγορίες). Συγκεκριμένα:

- Χρονοδιαγράμματα πυκνότητας ανθρώπινης ύπαρξης

Αξιοποιώντας τις πληροφορίες για τα Δικαστικά Μέγαρα, συμπληρώθηκαν οι συντελεστές στο χρονοδιάγραμμα των γραφείων (χρονοδιάγραμμα SchGrafeiaPeople) και στο χρονοδιάγραμμα των κοινόχρηστων χώρων (χρονοδιάγραμμα SchKoinPeople). Συγκεκριμένα, ο συντελεστής είναι μηδέν μέχρι τις έξι το πρωί, καθώς το κτίριο παραμένει κλειστό το βράδυ. Μέχρι τις εφτά έχουν μία μικρή τιμή (0.05) λόγω των συνεργείων καθαρισμού. Στην συνέχεια αυξάνονται μέχρι την μέγιστη τιμή τους, που σημειώνεται μετά τις δώδεκα και είναι 0.95 για τα γραφεία και 0.8 για τους κοινόχρηστους. Κατόπιν η τιμή μειώνεται λόγω της αποχώρησης των υπαλλήλων, μέχρι που μηδενίζεται μετά τις εφτά που κλείνει.

Παρακάτω στην Εικόνα 5.14 φαίνονται τα χρονοδιαγράμματα όπως ακριβώς εισήχθησαν στην υποκατηγορία «Schedule:Compact».

Obj1	Obj2
SchGrafeiaPeople	SchKoinPeople
Fraction	Fraction
Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays
Until: 6:00	Until: 6:00
0	0.05
Until: 8:00	Until: 7:00
0.05	0.2
Until: 12:00	Until: 8:00
0.8	0.5
Until: 17:00	Until: 12:00
0.95	0.7
Until: 19:00	Until: 17:00
0.3	0.8
Until: 24:00	Until: 19:00
0	0.3
	Until: 24:00
	0

Εικόνα 5.14: Χρονοδιαγράμματα μεταβολής ανθρώπινης ύπαρξης

- Χρονοδιαγράμματα ανθρώπινης δραστηριότητας

Για τη δημιουργία των χρονοδιαγραμμάτων της Εικόνα 5.15, τέθηκαν οι τιμές 100 , 140 και 240 (μονάδα μέτρησης Watt/person) που αντιστοιχούν στο επίπεδο ανθρώπινης δαραστηριότητας [17]. Συγκεκριμένα, στο χρονοδιάγραμμα “SchGrafeiaActivity”, που αντιπροσωπεύει την δραστηριότητα των ατόμων για όση ώρα βρίσκονται μέσα στο γραφείο, η τιμή 140 προέκυψε ως μέσος όρος των συνήθων δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα μέσα στα γραφεία. Στο χρονοδιάγραμμα “SchKoinActivity”, που αναφέρεται στην δραστηριότητα που παρατηρείται στους κοινόχρηστους του δικαστηρίου, η τιμή 240 προέκυψε ως μέσος όρος των τυπικών δραστηριοτήτων που παρατηρούνται στους χώρους αυτούς (έντονο περπάτημα κ.ο.κ.).

Παρακάτω στην Εικόνα 5.15 φαίνονται τα χρονοδιαγράμματα όπως ακριβώς εισήχθησαν στην υποκατηγορία «Schedule:Compact».

Obj3	Obj4
ActivityLevel	ActivityLevel
Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays
Until: 7:00	Until: 7:00
100	100
Until: 17:00	Until: 17:00
140	240
Until: 24:00	Until: 24:00
100	100

Εικόνα 5.15: Χρονοδιαγράμματα ανθρώπινης δραστηριότητας θερμικών ζωνών

- Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τεχνητού φωτισμού

Λόγω του επαρκή φυσικού φωτισμού στις θερμικές ζώνες των γραγείων (SchGrafeiaLights),τα ποσοστά της λειτουργίας του τεχνικού φωτισμού είναι μικρότερα από ότι στους διαδρόμους (SchKoinLights). Επίσης, τον χειμώνα έχουμε αύξηση όλων των ποσοστών, λόγω της γενικής μείωσης του φυσικού φωτισμού.

Παρακάτω στην Εικόνα 5.16 φαίνονται τα χρονοδιαγράμματα όπως ακριβώς εισήχθησαν στην υποκατηγορία «Schedule:Compact».

Obj5	Obj6
SchGrafeiaLights	SchKoinLights
Fraction	Fraction
Through: 03/30	Through: 03/30
For: AllDays	For: AllDays
Until: 7:00	Until: 7:00
0.05	0.1
Until: 14:00	Until: 14:00
0.5	0.7
Until: 17:00	Until: 17:00
0.95	1
Until: 19:00	Until: 19:00
0.5	0.8
Until: 24:00	Until: 24:00
0.05	0.05
Through: 10/30	Through: 10/30
For: AllDays	For: AllDays
Until: 7:00	Until: 7:00
0.05	0.1
Until: 17:00	Until: 17:00
0.4	0.6
Until: 24:00	Until: 24:00
0.05	0.05
Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays

Εικόνα 5.16: Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τεχνητού φωτισμού

- Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών

Για τη δημιουργία του χρονοδιαγράμματος λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών στο χώρο τον γραφείων (SchGrafeiaEleEq), όσο και των κοινόχρηστων χώρων (SchKoinEleEq) εκτιμήθηκε η συνεχής λειτουργία τους καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του δικαστηρίου και για το λόγο αυτό ο συντελεστής πήρε μη μηδενικές τιμές στο διάστημα 7:00 π.μ. με 17:00μ.μ.

Παρακάτω στην Εικόνα 5.17 φαίνονται τα χρονοδιαγράμματα όπως ακριβώς εισήχθησαν στην υποκατηγορία «Schedule:Compact».

Obj7	Obj8
SchGrafeiaEleEq	SchKoinEleEq
Fraction	Fraction
Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays
Until: 7:00	Until: 7:00
0	0
Until: 17:00	Until: 17:00
0.7	0.4
Until: 24:00	Until: 24:00
0	0

Εικόνα 5.17: Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών

- Χρονοδιαγράμματα αερισμού θερμικών ζωνών

Όλοι οι χώροι του κτιρίου έχουν πρόσβαση σε φυσικό αερισμό. Τα παράθυρα επιλέγεται από τον Οκτώβριο μέχρι τον Μάιο να ανοίγουν κατά τις μεσημεριανές ώρες, ενώ τους υπόλοιπους πιο ζεστούς μήνες επιλέγεται να ανοίγουν τις πρωινές ώρες.

Συγκεκριμένα, θεωρείται ότι από 1/1 μέχρι 30/5 και από 1/10 μέχρι 31/12 τα παράθυρα ανοίγουν από τις 7:00 μέχρι τις 14:00 σε ποσοστό 2% και από τις 14:00 μέχρι τις 16:00 σε ποσοστό 15%. Τους υπόλοιπους μήνες ανοίγουν απο τις 7:00 μέχρι τις 10:00 σε ποσοστό 90%, από τις 10:00 μέχρι τις 17:00 σε ποσοστό 5% και τις υπόλοιπες ώρε παραμένουν κλειστά.

Στην επόμενη Εικόνα 5.18 φαίνεται το χρονοδιάγραμμα αερισμού των θερμικών ζωνών.

SchVent
Fraction
Through: 05/30
For: AllDays
Until: 7:00
0
Until: 14:00
0.02
Until: 16:00
0.15
Until: 24:00
0
Through: 09/30
For: AllDays
Until: 7:00
0
Until: 10:00
0.9

Εικόνα 5.18: Χρονοδιάγραμμα αερισμού αέρα στις θερμικές ζώνες

- Χρονοδιάγραμμα διήθησης αέρα

Χρησιμοποιήθηκε το προτεινόμενο χρονοδιάγραμμα Always On,που παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.19, σύμφωνα με το οποίο δηλώθηκε σταθερή διαφυγή αέρα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Obj10
AlwaysOn
Fraction
Through: 12/31
For: AllDays
Until: 24:00
1

Εικόνα 5.19: Χρονοδιάγραμμα διήθησης αέρα στις θερμικές ζώνες

- Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας συστημάτων κλιματισμού για ψύξη

Στο Δικαστικό Μέγαρο θα διατίθεται σύστημα κλιματισμού σε όλους τους χώρους των γραφείων και στους κοινόχρηστους χώρους. Το σύστημα κλιματισμού των (χρονοδιάγραμμα SchCoolingSetPoint) εκτιμήθηκε ότι τίθεται σε λειτουργία τις αντίστοιχες ώρες όπου τα παράθυρα του κτιρίου παραμένουν κλειστά, για εκείνο το διάστημα λοιπόν τέθηκε το κατώτατο όριο θερμοκρασίας, για την οποία το σύστημα κλιματισμού θα ενεργοποιείται, 40oC (μια θερμοκρασία που είναι αδύνατο να συναντηθεί και αυτόματα υποδηλώνει ότι ο κλιματισμός θα είναι ανενεργός). Τις ώρες όπου τα παράθυρα μένουν κλειστά, (βλ. χρονοδιάγραμμα άμεσου αερισμού των δωματίων) τέθηκε κατώτατο όριο θερμοκρασίας, για την οποία το σύστημα κλιματισμού θα ενεργοποιείται, 25 oC.Ο κλιματισμός για ψύξη θα λειτουργεί απο 1/6 έως 30/09.

Παρακάτω στη Εικόνα 5.20 φαίνεται το χρονοδιάγραμμα όπως ακριβώς εισήχθη στην υποκατηγορία «Schedule:Compact».

SchCoolingSetPoint
Temperature 1
Through: 05/30
For: AllDays
Until: 24:00
40
Through: 09/30
For: AllDays
Until: 10:00
40
Until: 17:00
25
Until: 24:00
40
Through: 12/31
For: AllDays
Until: 24:00
40

Εικόνα 5.20: Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας συστημάτων κλιματισμού για ψύξη

- Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας συστημάτων κλιματισμού για θέρμανση

Το σύστημα κλιματισμού για θέρμανση των χώρων του Δικαστικού Μεγάρου (χρονοδιάγραμμα SchHeatingSetPoint) εκτιμήθηκε ότι τίθεται σε λειτουργία από 1/10 έως τις 30/5. Για εκείνο το διάστημα και για τις ώρες από 7:00 μέχρι 17:00, λοιπόν τέθηκε κατώτατο όριο θερμοκρασίας, για την οποία το σύστημα κλιματισμού θα ενεργοποιείται, 25 oC. Το κατώτατο όριο θερμοκρασίας, για την οποία το σύστημα κλιματισμού θα ενεργοποιείται όλο τον υπόλοιπο καιρό είναι οι 10oC (μια θερμοκρασία που είναι αδύνατο να συναντηθεί και αυτόματα υποδηλώνει ότι ο κλιματισμός θα είναι ανενεργός).

Παρακάτω στη Εικόνα 5.21 φαίνεται το χρονοδιάγραμμα όπως ακριβώς εισήχθη στην υποκατηγορία «Schedule:Compact».

t SchHeatingSetPoir
Temperature 2
Through: 05/30
For: AllDays
Until: 7:00
10
Until: 17:00
25
Until: 24:00
10
Through: 09/30
For: AllDays
Until: 24:00
10
Through: 12/31
For: AllDays
Until: 7:00
10
Until: 17:00
25
Until: 24:00
10

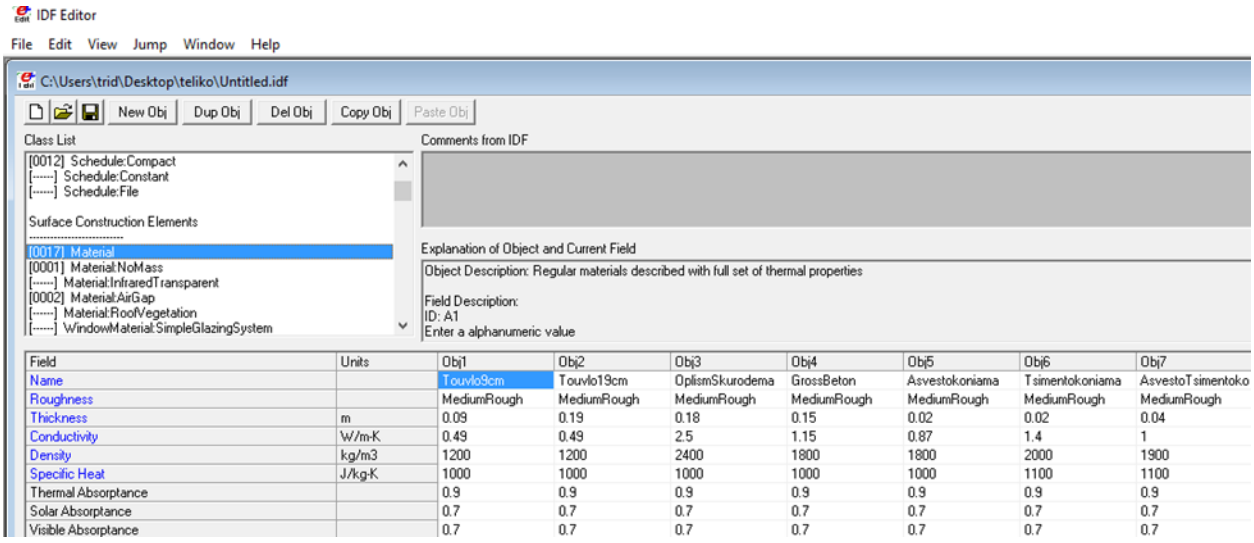
Εικόνα 5.21: Χρονοδιάγραμμ ων κλιματισμού για θέρμανση

5.3.4 Κατηγορία Surface Construction Elements

Αυτή η κατηγορία περιγράφει τις φυσικές ιδιότητες και τη σύνθεση του κτιριακού κελύφους και των εσωτερικών του στοιχείων. Τα στοιχεία που προσδιορίζονται είναι οι εξωτερικοί/εσωτερικοί τοίχοι, τα δάπεδα/οροφές, τα παράθυρα και οι πόρτες. Στη συνέχεια αναλύονται οι πληροφορίες που εισήχθησαν σε κάθε υποκατηγορία που ανήκει στην κατηγορία αυτή.

- «Material» (Υλικό)

Σ' αυτήν την υποκατηγορία δηλώθηκαν όλα τα επιμέρους δομικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή κάθε επιφάνειας του κτιρίου. Όπως παρουσιάζεται και στην Εικόνα 5.22, το κάθε υλικό που εισήχθει συνοδεύεται από τις τέσσερεις βασικές θερμικές του ιδιότητες (πάχος, αγωγιμότητα, πυκνότητα, ειδική θερμότητα) στα αντίστοιχα πεδία που ζητούνται. Οι τιμές για τις ιδιότητες αυτές λήφθηκαν από τους πίνακες που δίνονται στη Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.)[18]. Επίσης απαραίτητο είναι να συμπληρωθεί και η τραχύτητα του κάθε υλικού.



Εικόνα 5.22: Παράμετροι υποκατηγορίας Material

Τα υλικά αυτά παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω Πίνακα 5.23 με τις αντίστοιχες ιδιότητες τους.

Υλικό (material)	**Τραχύτητα (roughness)**	**Πάχος (thickness) (m)**	**Αγωγιμότητα (conductivity) (W/m*k)**	**Πυκνότητα (density) (kg/m3)**	**Ειδική Θερμότητα (special heat) (J/(kg*K))**
Οπτόπλινθος	Μεσαία	0.09	0.49	1200	1000
Οπτόπλινθος	Μεσαία	0.19	0.49	1200	1000
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	Μεσαία	0.18	2.50	2400	1000
Γκρο-Μπετόν	Μεσαία	0.15	1.15	1800	1000
Ασβεστοκονίαμα	Μεσαία	0.02	0.87	1800	1000
Τσιμεντοκονίαμα	Λίγο	0.02	1.40	2000	1100
Ασβεστοτσιμεντο-κονίαμα	Μεσαία	0.04	0.30	1250	1000
Τσιμεντόπλακες	Μεσαία	0.025	0.30	1250	1000
Κισσηρομπετόν	Μεσαία	0.03	0.20	500	1000
Αμμοχάλικο	Πολύ	0.3	2.00	2200	1000
Πλακάκια Κεραμικά	Λίγο	0.015	1.84	2000	840
Πετροβάμβακας	Λίγο	0.03	0.04	100	840
Ατσάλι	Καθόλου	0.002	50	7800	450
Πλακάκια Μωσαϊκό	Λίγο	0.02	1.20	1900	800
Ξύλο	Λίγο	0.045	0.13	500	1600
Αέρας	Λίγο	0.01	0.6	800	1000
Γυαλί	Λίγο	0.012	1.00	2500	750

Πίνακας 5.23: Δομικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του Δικαστικού Μεγάρου

- «WindowMaterial:Glazing» (Υλικό παραθύρου: Γυαλί)

Σ’ αυτό το σημείο προστέθηκε το υλικό απ’ το οποίο αποτελούνται τα παράθυρα, στην περίπτωση αυτή, γυαλί πάχους 3 χιλιοστών, καθώς και δόθηκαν τιμές για κάποια απ’ τα χαρακτηριστικά του (όπως συντελεστές διαπερατότητας, διάχυσης, εκπομπής ηλιακής ακτινοβολίας).

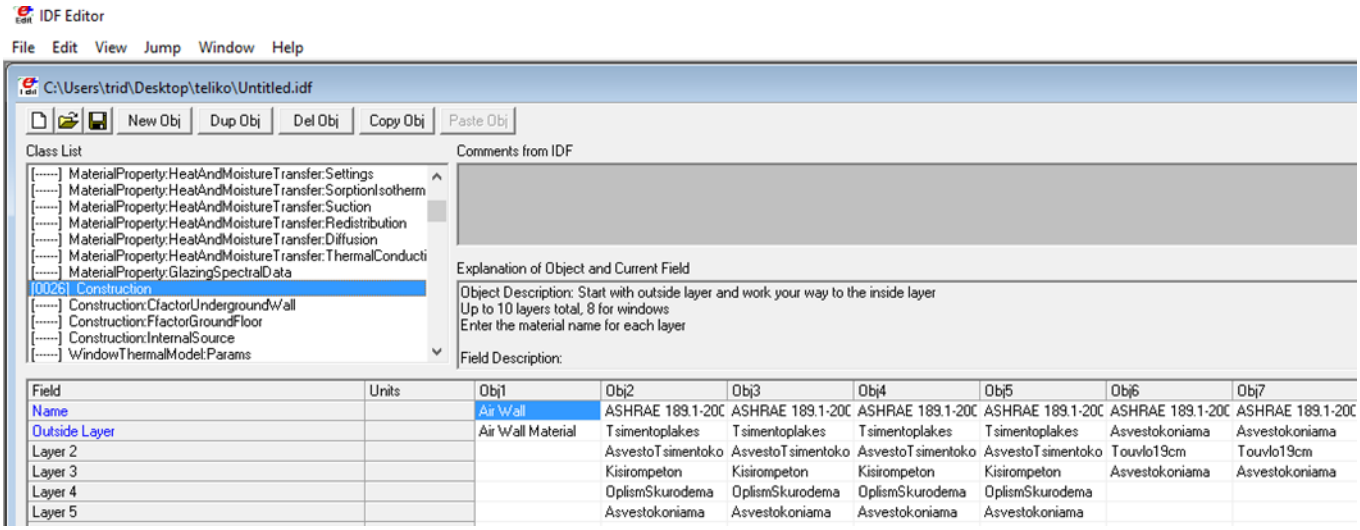
- «WindowMaterial:Gas» (Υλικό παραθύρου: Αέρας)

Στην υποκατηγορία αυτή καθορίστηκαν οι ιδιότητες του φυσικού αέρα που εισάγεται μεταξύ υαλοπινάκων σε ένα παράθυρο. Τα παράθυρα του κτιρίου, μεταξύ των υαλοπινάκων, επιλέχθηκε να περιέχουν αέρα πάχους 13 χιλιοστών.

- «Construction» (Δομή κατασκευής επιφανειών)

Για όλες τις επιφάνειες που συνιστούν το κτίριο (δηλαδή, τους τοίχους, τα δάπεδα, τις οροφές, τα παράθυρα και τις πόρτες) εισήχθησαν τα υλικά που τις αποτελούν, με σειρά από το εξωτερικό στρώμα προς το εσωτερικό. Τα υλικά αυτά αντλήθηκαν από την υποκατηγορία «Material» για τους τοίχους, τα δάπεδα, τις οροφές και τις πόρτες, και από τις υποκατηγορίες «WindowMaterial:Glazing», «WindowMaterial:Gas» για τα παράθυρα.

Παρακάτω στην Εικόνα 5.24 παρουσιάζονται όλες οι επιφάνειες με τα υλικά τους, σε σειρά από το εξωτερικό στρώμα προς το εσωτερικό:



Εικόνα 5.24: Παράμετροι υποκατηγορίας Construction

5.3.5 Κατηγορία Thermal Zones and Surfaces

Στην κατηγορία αυτή περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των θερμικών ζωνών καθώς και οι λεπτομέρειες κάθε επιφάνειας του κτιρίου που πρόκειται να διαμορφωθεί.

- «Zone» (Θερμική Ζώνη)

Στην υποκατηγορία «Zone» καθορίζονται οι παράμετροι για την προσομοίωση κάθε θερμικής ζώνης του κτιρίου. Οι παράμετροι αυτές (όνομα, συντεταγμένες) αναγνωρίζονται αυτόματα στο υποπρόγραμμα Ep- Launch του Energy Plus κατά την εισαγωγή του αρχείου μορφής idf, που προέκυψε από τον σχεδιασμό του κτιρίου στο SketchUp.

- «ZoneList» (Ομαδοποίηση θερμικών ζωνών)

Λαμβάνοντας υπόψη ότι αρκετές θερμικές ζώνες ενός κτιρίου εμφανίζουν κοινά χαρακτηριστικά όσον αφορά στις λειτουργίες που διαθέτουν, με την υποκατηγορία αυτή δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει ομάδες ζωνών με κοινές ιδιότητες. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται η διαδικασία αντιστοίχησης κάθε ιδιότητας στις επιμέρους ζώνες. Στο υπό μελέτη κτίριο δημιουργήθηκαν δύο ομάδες:η μία περιλαμβάνει τους κοινόχρηστους χώρους, δηλαδή τους διαδρόμους και τον χώρο στάθμευσης και η άλλη τα γραφεία.

Στην παρακάτω Εικόνα 5.25 φαίνεται η ομαδοποίηση των ζωνών του κτιρίου.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		koinoxristoi	grafeia
Zone 1 Name		corridor a'orofos	office east a' orofos
Zone 2 Name		corridor b' orofos	office east b' orofos
Zone 3 Name		corridor c' orofos	office east c' orofos
Zone 4 Name		corridor d' orofos	office east d' orofos
Zone 5 Name		corridor e' orfos	office east e' orofos
Zone 6 Name		corridor isogeio hrw	office north a' orofos
Zone 7 Name		corridor isogeio kolo	office north b' orofos
Zone 8 Name		parking	office north c' orofos
Zone 9 Name			office north d' orofos
Zone 10 Name			office north e'orofos
Zone 11 Name			office north isogeio l
Zone 12 Name			office north isogeio l
Zone 13 Name			office south a' orofo
Zone 14 Name			office south b' orofo
Zone 15 Name			office south c'orofos
Zone 16 Name			office south d' orofo
Zone 17 Name			office south e'orofos
Zone 18 Name			office south isogeio
Zone 19 Name			office south isogeio
Zone 20 Name			office west a' orofos
Zone 21 Name			office west b' orofos
Zone 22 Name			office west c' orofos

Εικόνα 5.25: Παράμετροι υποκατηγορίας ZoneList

• «BuildingSurface:Detailed» (Λεπτομέρειες επιφανειών δόμησης κτιρίου) και «FenestrationSurface:Detailed» (Λεπτομέρειες επιφανειών ανοιγμάτων κτιρίου)

Καθεμία από τις επιφάνειες του Δικαστικού Μεγάρου εμφανίζεται με τις απαραίτητες γεωμετρικές προδιαγραφές στις παραπάνω υποκατηγορίες, αντλούμενες από τη γεωμετρική μοντελοποίηση του κτιρίου στο SketchUp. Οι υποκατηγορίες αυτές χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τα σημαντικά στοιχεία της κατασκευής του κτιρίου (τοίχους, οροφές, δάπεδα, παράθυρα, πόρτες), που έχουν οριστεί στην υποκατηγορία «Construction», και να καθορίσουν τις αλληλεπιδράσεις των στοιχείων αυτών με το εξωτερικό περιβάλλον και τις απαιτήσεις του εσωτερικού χώρου. Κατά τον προσδιορισμό των προδιαγραφών της εκάστοτε επιφάνειας διατίθενται επιλογές όπως : Ground (Έδαφος) - όταν μία επιφάνεια έρχεται σε επαφή με το έδαφος, Outdoors (Εξωτερική) – όταν μία επιφάνεια είναι άμεσα εκτεθειμένη στις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος, Surface (Επιφάνεια) – όταν μία επιφάνεια αποτελεί τη διεπιφάνεια μεταξύ δύο θερμικών ζωνών, και άλλες οι οποίες στην εν λόγω προσομοίωση δεν ορίσθηκαν. Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι παράμετροι της υποκατηγορίας «BuildingSurface:Detailed» στην Εικόνα 5.26.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		Surface 222	Surface 223	Surface 224	Surface 225	Surface 226	Surface 227
Surface Type		Floor	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		Interior Floor	Interior Wall	Interior Wall	ASHRAE 189.1-20C	ASHRAE 189.1-20C	ASHRAE 189.1-20C
Zone Name		corridor a'orofos	corridor a'orofos	corridor a'orofos	corridor a'orofos	corridor a'orofos	corridor a'orofos
Outside Boundary Condition		Surface	Surface	Surface	Outdoors	Outdoors	Outdoors
Outside Boundary Condition Object		Surface 780	Surface 291	Surface 290			
Sun Exposure		NoSun	NoSun	NoSun	SunExposed	SunExposed	SunExposed
Wind Exposure		NoWind	NoWind	NoWind	WindExposed	WindExposed	WindExposed
View Factor to Ground							
Number of Vertices							
Vertex 1 X-coordinate	m	-1.20000000E+01	-4.00000000E+00	-4.00000000E+00	-4.00000000E+00	15.2	15.2
Vertex 1 Y-coordinate	m	-5	0	-4.6	-12.2	-12.2	-4.6
Vertex 1 Z-coordinate	m	0	5.68	5.68	5.68	5.68	5.68
Vertex 2 X-coordinate	m	-1.20000000E+01	-4.00000000E+00	-4.00000000E+00	-4.00000000E+00	15.2	15.2
Vertex 2 Y-coordinate	m	-8.6	0	-4.6	-12.2	-12.2	-4.6
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0	0
Vertex 3 X-coordinate	m	-19.2	0	-4.00000000E+00	-4.00000000E+00	-4.00000000E+00	15.2
Vertex 3 Y-coordinate	m	-8.6	0	0	-4.6	-12.2	-12.2
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0	0
Vertex 4 X-coordinate	m	-19.2	0	-4.00000000E+00	-4.00000000E+00	-4.00000000E+00	15.2
Vertex 4 Y-coordinate	m	-5	0	0	-4.6	-12.2	-12.2
Vertex 4 Z-coordinate	m	0	5.68	5.68	5.68	5.68	5.68

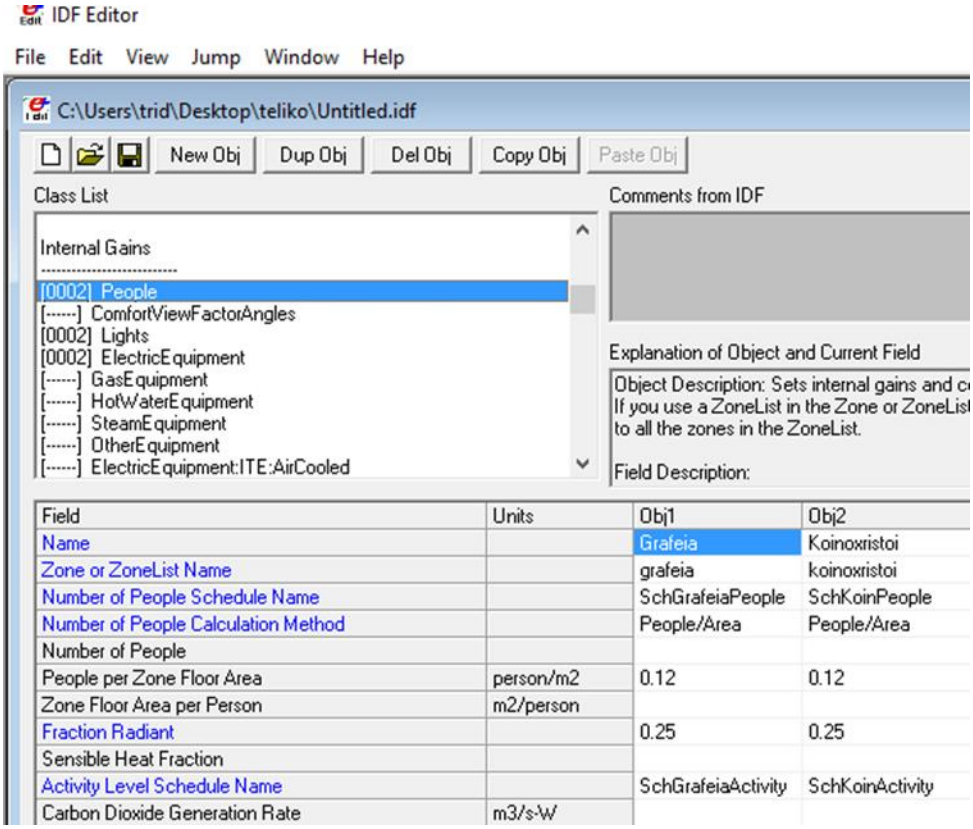
Εικόνα 5.26: Παράμετροι υποκατηγορίας BuildingSurface:Detailed

5.3.6 Κατηγορία Internal Gains

Τα θερμικά φορτία ή κέρδη που προκύπτουν σε ένα χώρο εξαρτώνται από τον αριθμό των ατόμων μέσα σε αυτόν, το ωράριο παραμονής τους στο χώρο και το είδος της δραστηριότητάς τους (θερμική ενέργεια που εκλύεται λόγω του μεταβολισμού). Επίσης, εξαρτώνται από τη λειτουργία του φωτισμού καθώς και το είδος, τον αριθμό και τον χρόνο λειτουργίας όλων των ηλεκτρικών συσκευών. Η κατηγορία που εξετάζει αυτές τις παραμέτρους ονομάζεται Internal Gains και συγκεκριμένα οι υποκατηγορίες «People», «Lights» και «Electric Equipment». Τα δεδομένα για αυτές τις κατηγορίες αντλήθηκαν από τους σχετικούς πίνακες του Τ.Ε.Ε. [15].

- «People» (Ανθρώπινη Δραστηριότητα)

Στην υποκατηγορία «People», που παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.27, προσδιορίζονται οι παράμετροι υπολογισμού των εσωτερικών θερμικών κερδών κάθε θερμικής ζώνης του Δικαστικού Μεγάρου, τα οποία προκύπτουν ως συνάρτηση τη ανθρώπινης δραστηριότητας.



Εικόνα 5.27: Παράμετροι υποκατηγορίας People

Πιο συγκεκριμένα οι απαραίτητοι παράμετροι που εισήχθησαν είναι το όνομα της θερμικής ζώνης ή της ομάδας θερμικών ζωνών στις οποίες εξετάζεται η ανθρώπινη δραστηριότητα, ο εκτιμώμενος αριθμός ατόμων ανά τετραγωνικό μέτρο θερμικής ζώνης (People per Zone Floor Area), η εκτιμώμενη τιμή της ανθρώπινης ακτινοβολίας (Fraction Radiant), καθώς και τα χρονοδιαγράμματα μεταβολής της ανθρώπινης ύπαρξης (Number of People Schedule Name) και της ανθρώπινης δραστηριότητας (Activity Level Schedule Name) σε κάθε ζώνη. Τα πεδία Number of People Schedule Name και Activity Level Schedule Name λαμβάνουν πληροφορίες από την υποκατηγορία «Schedule:Compact», στην οποία έχουν προσδιορισθεί. Για το πεδίο People per Zone Floor Area εκτιμήθηκε ο μέγιστος αριθμός ατόμων ανά τετραγωνικό μέτρο θερμικής ζώνης ή ομάδας θερμικών ζωνών (μονάδα συντελεστή person/m2). Τέλος, η τιμή που τοποθετείται στο πεδίο Fraction Radiant υποδηλώνει το ποσοστό της θερμότητας που εκπέμπεται απ' τον άνθρωπο στην θερμική ζώνη και η οποία κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0 και 1. Έγινε η υπόθεση ότι η τιμή αυτή είναι 0.25, δηλαδή το 25%.

- «Lights» (Τεχνητός Φωτισμός)

Η υποκατηγορία «Lights» παρέχει τη δυνατότητα καθορισμού όλων των πληροφοριών σχετικά με το σύστημα ηλεκτρικού φωτισμού μιας ζώνης, την ισχύ του και το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του (Schedule Name). (Εικόνα 5.28)

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		grafeia lights	koinoxristoi lights
Zone or ZoneList Name		grafeia	koinoxristoi
Schedule Name		SchGrafeiaLights	SchKoinLights
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area
Lighting Level	W		
Watts per Zone Floor Area	W/m2	19	15
Watts per Person	W/person		
Return Air Fraction		0	0
Fraction Radiant		0.42	0.42
Fraction Visible		0.18	0.18
Fraction Replaceable		1	1

Εικόνα 5.28: Παράμετροι υποκατηγορίας Lights

Στα πεδίο Schedule Name, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.28, δηλώθηκαν τα ονόματα των χρονοδιαγραμμάτων λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού της εκάστοτε ζώνης, τα οποία

αντλήθηκαν από την υποκατηγορία «Schedule:Compact». Στο πεδίο Watts Per Zone Floor Area, η προτεινόμενη τιμή του ΤΕΕ για γραφεία είναι 19 W/m2 και για τους κοινόχρηστους χώρους 15 W/m2. Στα πεδία Return Air Fraction, Fraction Radiant, Fraction Visible, εισήχθησαν οι τυπικές τιμές 0, 0.42, 0.18 αντίστοιχα, που καθορίζονται ανάλογα με τον τύπο των φωτιστικών που χρησιμοποιούνται.

- «Electric Equipment» (Ηλεκτρικός Εξοπλισμός)

Στην υποκατηγορία αυτή εξετάζονται τα εσωτερικά θερμικά κέρδη των ζωνών, παραγόμενα από τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών στους χώρους, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται τα σώματα κλιματισμού μέσα σε αυτές. Συγκεκριμένα ορίσθηκαν πληροφορίες σχετικά με την λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών, την ισχύ τους και τα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τους, όπως φαίνεται και στην παρακάτω Εικόνα 5.30.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		GrafeiaEleEq	KoinEleEq
Zone or ZoneList Name		grafeia	koinoxristoi
Schedule Name		SchGrafeiaEleEq	SchKoinEleEq
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area
Design Level	W		
Watts per Zone Floor Area	W/m2	15	5
Watts per Person	W/person		
Fraction Latent		0	0
Fraction Radiant		0.35	0.35
Fraction Lost		0	0
End-Use Subcategory			

Εικόνα 5.30: Παράμετροι υποκατηγορίας Electric Equipment

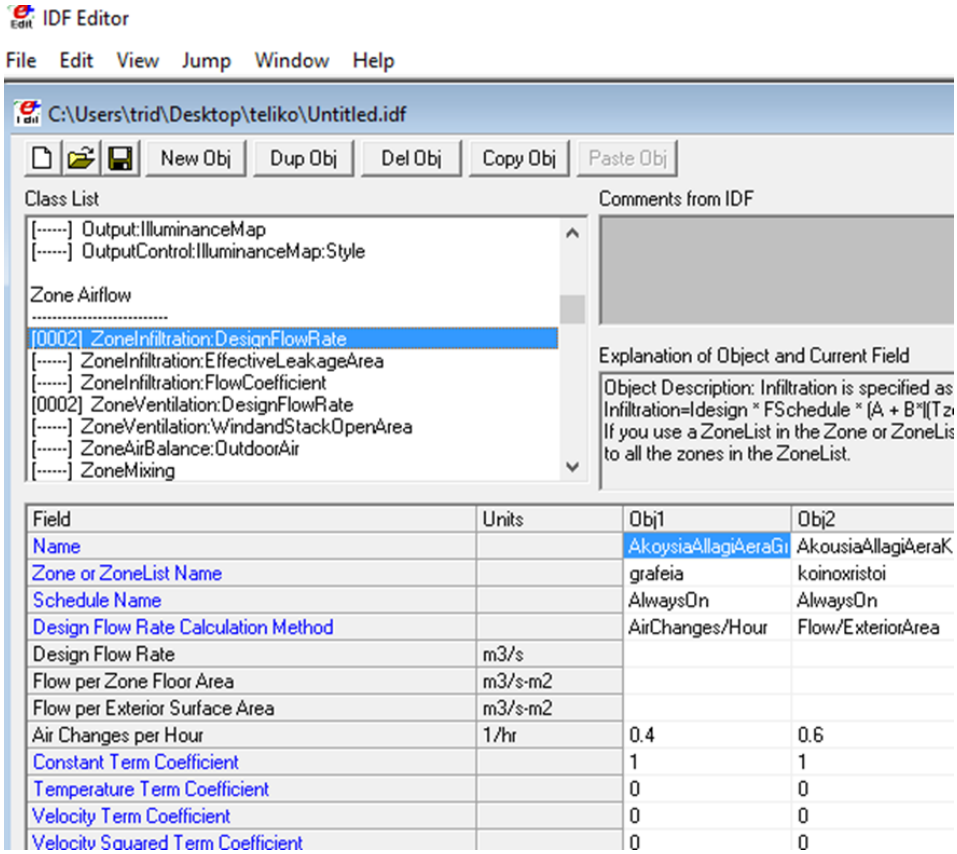
Αναλυτικότερα, στο πεδίο Watts Per Zone Floor Area, διαιρώντας την συνολική ισχύ των ηλεκτρικών συσκευών που λειτουργούν σε κάθε ζώνη με το αντίστοιχο εμβαδό, προέκυψαν οι παραπάνω τιμές για την εκάστοτε ζώνη. Για τις παραμέτρους Fraction Radiant, Fraction Latent, οι οποίες εκφράζουν τη μορφή της μεταβιβαζόμενης θερμότητας από τις ηλεκτρικές συσκευές σε κάθε ζώνη και στην παράμετρο Fraction Lost, που εκφράζει το ποσοστό των απωλειών θερμότητας, συμπληρώθηκαν οι παραπάνω τυπικές τιμές . Τέλος στο πεδίο Schedule Name εισήχθησαν τα αντίστοιχα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας των συσκευών για κάθε ζώνη από την υποκατηγορία «Schedule:Compact».

5.3.7 Κατηγορία Zone AirFlow

Ένα επίσης σημαντικό χαρακτηριστικό της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια είναι η ροή του αέρα μέσα σ' αυτά. Υπάρχουν δύο διαφορετικές μορφές αερισμού ενός κτιρίου, ο φυσικός και ο τεχνητός αερισμός. Ο φυσικός αερισμός στηρίζεται είτε στην ακούσια ροή του αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον απευθείας σε μία θερμική ζώνη, χωρίς αυτό να είναι σκόπιμο (διήθηση - infiltration), είτε στην σκόπιμη ροή αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον απευθείας σε μία θερμική ζώνη (άμεσος αερισμός - ventilation). Τα στοιχεία αυτά περιγράφονται στην κατηγορία αντικειμένων Zone AirFlow.

- «ZoneInfiltration:DesignFlowRate»

Η διήθηση αέρα στο κτίριο συνήθως προκαλείται από το άνοιγμα και το κλείσιμο των εξωτερικών θυρών, τις ρωγμές γύρω από τα παράθυρα, ακόμα και σε πολύ μικρές ποσότητες μέσω των δομικών στοιχείων. Στην υποκατηγορία αυτή, που εμφανίζεται στην Εικόνα 5.31, συμπληρώνονται οι απαραίτητες παράμετροι που εκφράζουν την εν λόγω διαδικασία.



Εικόνα 5.31: Παράμετροι υποκατηγορίας ZoneInfiltration:DesignFlowRate

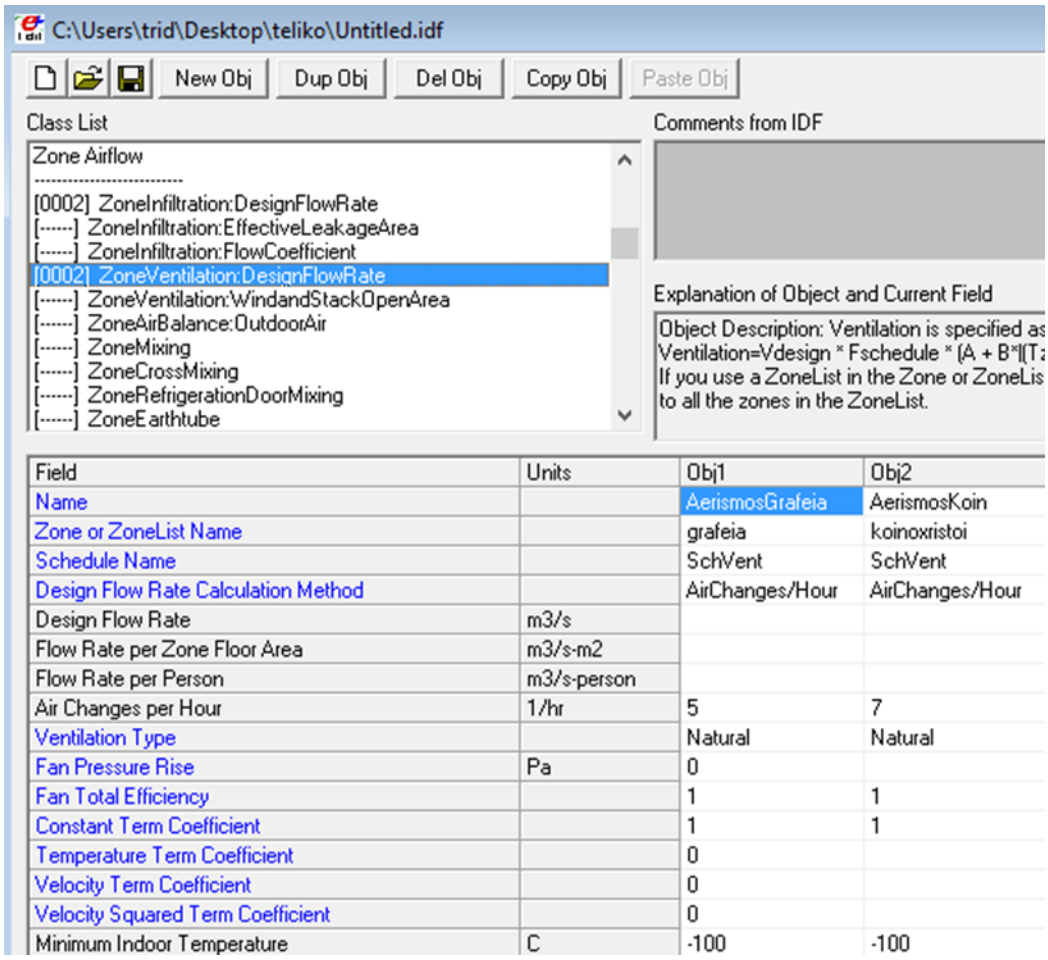
Στο πεδίο Zone or Zone list έχει τεθεί το όνομα της κάθε ομάδας των θερμικών ζωνών του κτιρίου. Στο πεδίο Schedule Name εισήχθη το σταθερό χρονοδιάγραμμα διήθησης του χρονοδιαγράμματος που έχει ορισθεί στην υποκατηγορία «Schedule:Compact». Τέλος, στο πεδίο Air Changes per Hour εκτιμήθηκε ο αριθμός των εναλλαγών του αέρα ανά ώρα, n=0.4 για τα γραφεία και n=0.6 για τους κοινόχρηστους χώρους.

- «ZoneVentilation:DesignFlowRate»

Στην υποκατηγορία αυτή, όπως παρουσιάζεται και στην Εικόνα 5.32, ορίζονται οι παράμετροι του άμεσου αερισμού, ο οποίος προκαλείται λόγω των ανοικτών παραθύρων και άλλων σχεδιασμένων σημείων εισόδου και εξόδου που έχουν σκοπό την εισαγωγή φρέσκου αέρα στο εσωτερικό ενός κτιρίου. Στην εξεταζόμενη περίπτωση, στα απαιτούμενα πεδία συμπληρώθηκαν το όνομα, η θερμική ζώνη ή η ομάδα θερμικών ζωνών στην οποία γίνεται ο αερισμός, το χρονοδιάγραμμα αερισμού της εκάστοτε θερμικής ζώνης ή ομάδας θερμικών ζωνών, οι εναλλαγές του αέρα ανά ώρα (Air Changes per Hour), ο τύπος του αερισμού (Ventilation Type), καθώς και οι προτεινόμενες από το πρόγραμμα τιμές της ελάχιστης και μέγιστης εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας και ταχύτητας ανέμου (Maximum/Minimum Indoor Temperature, Maximum/Minimum Outdoor Temperature, Wind Speed).

Το πεδίο Schedule Name λαμβάνει πληροφορίες από την υποκατηγορία «Schedule:Compact» στην οποία για κάθε θερμική ζώνη ορίσθηκε αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα αερισμού. Στο πεδίο Air Changes per Hour δηλώθηκε ο αριθμός n των εναλλαγών του αέρα για κάθε ζώνη στην οποία πραγματοποιείται φυσικός αερισμός. Ο αριθμός αυτός δίνει την εναλλαγή αέρα στον χώρο ως πολλαπλάσιο του όγκου του χώρου ανά ώρα. Ένας αριθμός εναλλαγών του αέρα ίσος με 2 σημαίνει ότι μέσα σε μία ώρα εισέρχεται στο χώρο ένας όγκος νωπού αέρα ίσος με το διπλάσιο του όγκου του χώρου. Η μονάδα που χαρακτηρίζει τον αριθμό των εναλλαγών του αέρα είναι 1/h. Ο απαιτούμενος αριθμός εναλλαγών για την εξασφάλιση κατάλληλης ποσότητας οξυγόνου και την αποφυγή δυσάρεστων συνθηκών ενός χώρου διαφέρει ανάλογα με τη χρήση του. Για κοινόχρηστους χώρους ορίζεται n = 4 – 8. Για το λόγο αυτό στους χώρους όπου παρατηρείται έντονος αερισμός όπως συμβαίνει στους κοινόχρηστους χώρους ισογείου/ορόφων του κτιρίου

τέθηκε η τιμή 7, ενώ στα γραφεία, 5. Τέλος, στο πεδίο Ventilation Type συμπληρώθηκε η επιλογή Natural, καθώς εξετάζεται ο φυσικός αερισμός του κτιρίου.



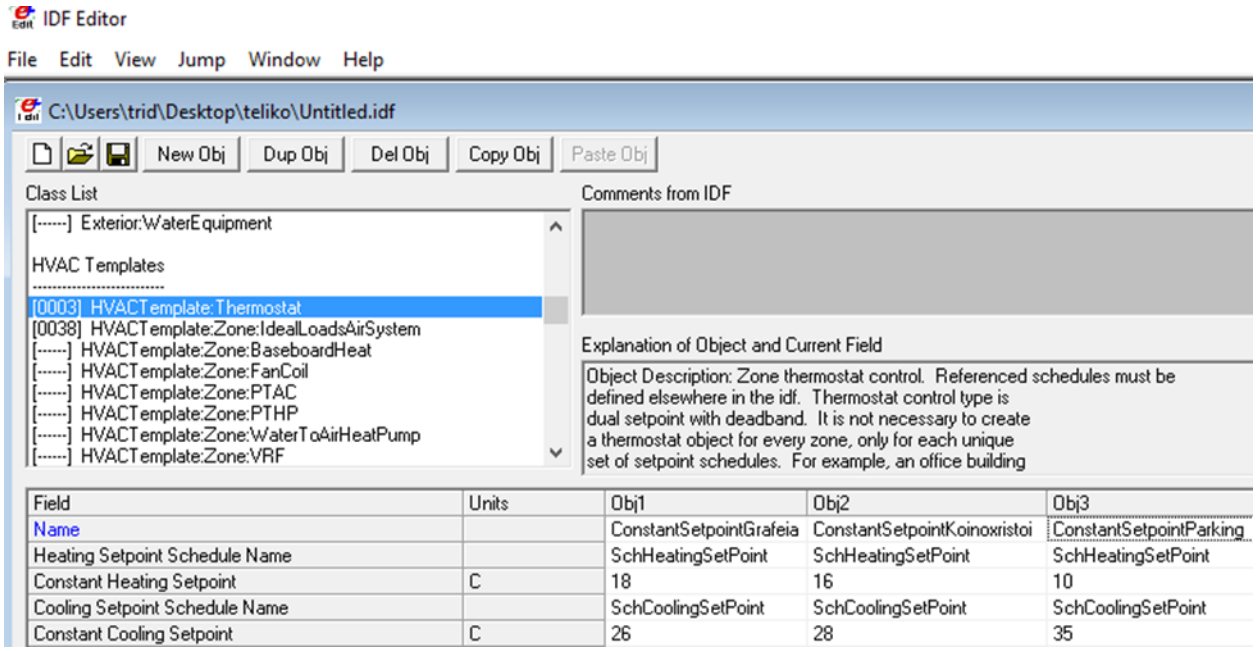
Εικόνα 5.32: Παράμετροι υποκατηγορίας ZoneVentilation:DesignFlowRate

5.3.7 Κατηγορία HVAC Templates

Η κατηγορία αυτή σχετίζεται με τη λειτουργία των συστημάτων ψύξης – θέρμανσης και κλιματισμού σε ένα χώρο. Για τον προσδιορισμό ενός απλού ιδανικού συστήματος ψύξης – θέρμανσης και κλιματισμού διατίθενται οι υποκατηγορίες «HVACTemplate:Thermostat» και «HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem». Ο χρήστης πρακτικά ορίζει ένα ιδανικό σύστημα το οποίο λειτουργεί με θερμοστάτη, θέτοντας το σε λειτουργία όταν οι θερμοκρασίες στο χώρο ξεπεράσουν τα θερμοκρασιακά όρια που έχει ορίσει.

- «HVACTemplate:Thermostat»

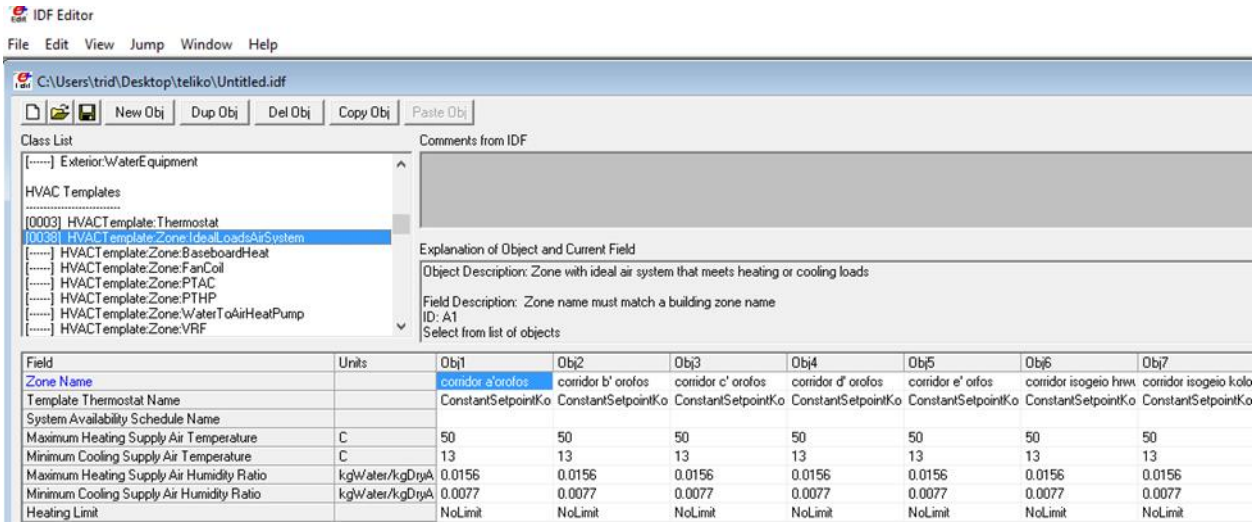
Στην υποκατηγορία αυτή, όπως φαίνεται και παρακάτω στην Εικόνα 5.33, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει εάν ο καθορισμός των θερμοκρασιακών ορίων λειτουργίας του συστήματος θα γίνει με την δήλωση σταθερών τιμών ή σύμφωνα με κάποιο προκαθορισμένο χρονοδιάγραμμα. Για την εν λόγω προσομοίωση δημιουργήθηκαν ακριβή χρονοδιαγράμματα, στην υποκατηγορία «Schedule:Compact», προσαρμοσμένα στις συνθήκες της ζώνης στην οποία απευθύνονται. Στα πεδία Heating και Cooling Setpoint Schedule Name για κάθε ζώνη ή ομάδα ζωνών εισήχθησαν τα αντίστοιχα χρονοδιαγράμματα όπως ορίσθηκαν στην υποκατηγορία «Schedule:Compact». Για τη θέρμανση του Δικαστικού Μεγάρου, δηλώθηκε στο πεδίο Constant Heating Setpoint ο αριθμός 18 για γραφεία 16 για τους κοινόχρηστους και 10 για τον χώρο στάθμευσης, οι οποίοι δηλώνουν τις θερμοκρασίες κάτω από τις οποίες ενεργοποιείται ο κλιματισμός. Αντίστοιχα, για την ψύξη του Δικαστικού Μεγάρου, δηλώθηκε στο πεδίο Constant Cooling Setpoint ο αριθμός 26 για γραφεία 28 για τους κοινόχρηστους και 35 για τον χώρο στάθμευσης, οι οποίοι ομοίως, δηλώνουν τις θερμοκρασίες πάνω από τις οποίες ενεργοποιείται ο κλιματισμός



Εικόνα 5.33: Παράμετροι υποκατηγορίας HVACTemplate:Thermostat

- «HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem»

Σ’ αυτήν την υποκατηγορία ορίζεται το ιδανικό σύστημα κλιματισμού που αντιστοιχεί σε κάθε θερμική ζώνη· έτσι στο πεδίο Template Thermostat Name δηλώθηκε το όνομα του πρότυπου θερμοστάτη, το οποίο ορίστηκε στην υποκατηγορία «HVACTemplate:Thermostat», όπως παρουσιάζεται και στην Εικόνα 5.34. Αξίζει να σημειωθεί πως είναι εφικτό διαφορετικές θερμικές ζώνες να αναφέρονται στο ίδια σύστημα κλιματισμού, γεγονός που κάνει πιο εύκολο τον έλεγχο της λειτουργίας του συστήματος σε πολλά τμήματα του κτιρίου.



Εικόνα 5.34: Παράμετροι υποκατηγορίας HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem

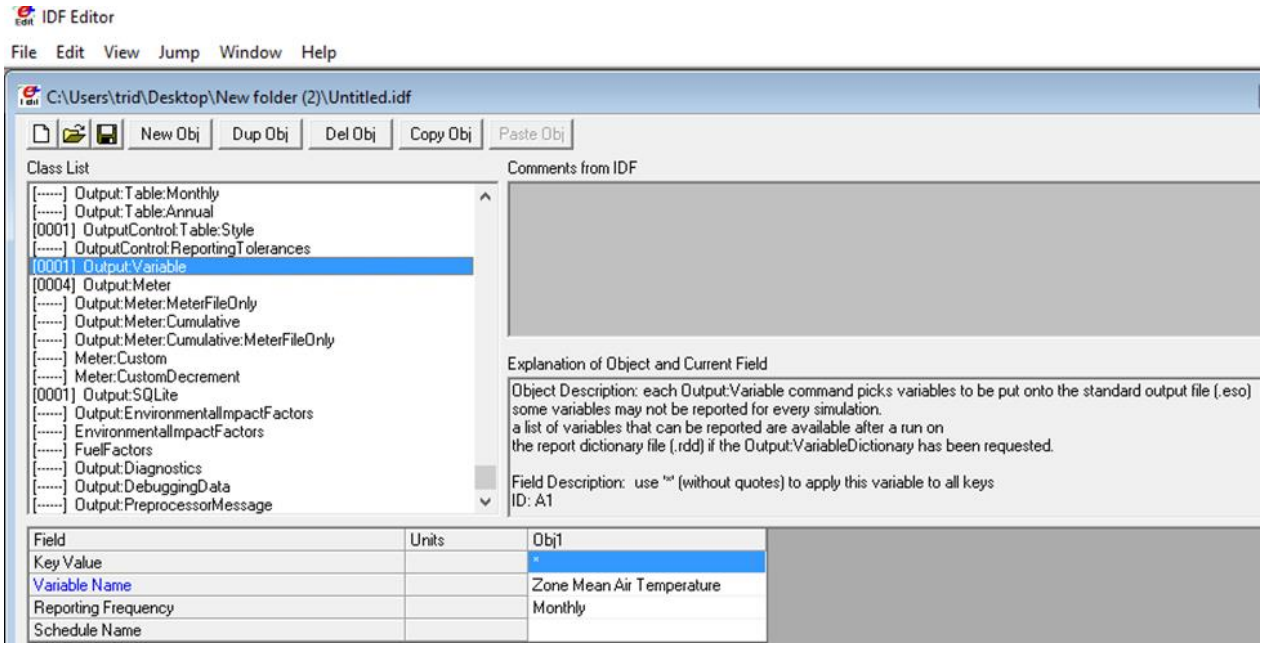
5.4 Αποτελέσματα προσομοίωσης

Για την εξαγωγή αποτελεσμάτων από την ενεργειακή προσομοίωση ο χρήστης καλείται να καθορίσει στην κατηγορία Output:Reporting, του υποπρογράμματος IDF Editor του Energy Plus, τα αρχεία εξόδου και συνεπώς τις πληροφορίες που επιθυμεί να αντλήσει. Κάθε υποκατηγορία αντιπροσωπεύει διαφορετικό είδος απαιτούμενων στοιχείων.

- Output:Variable

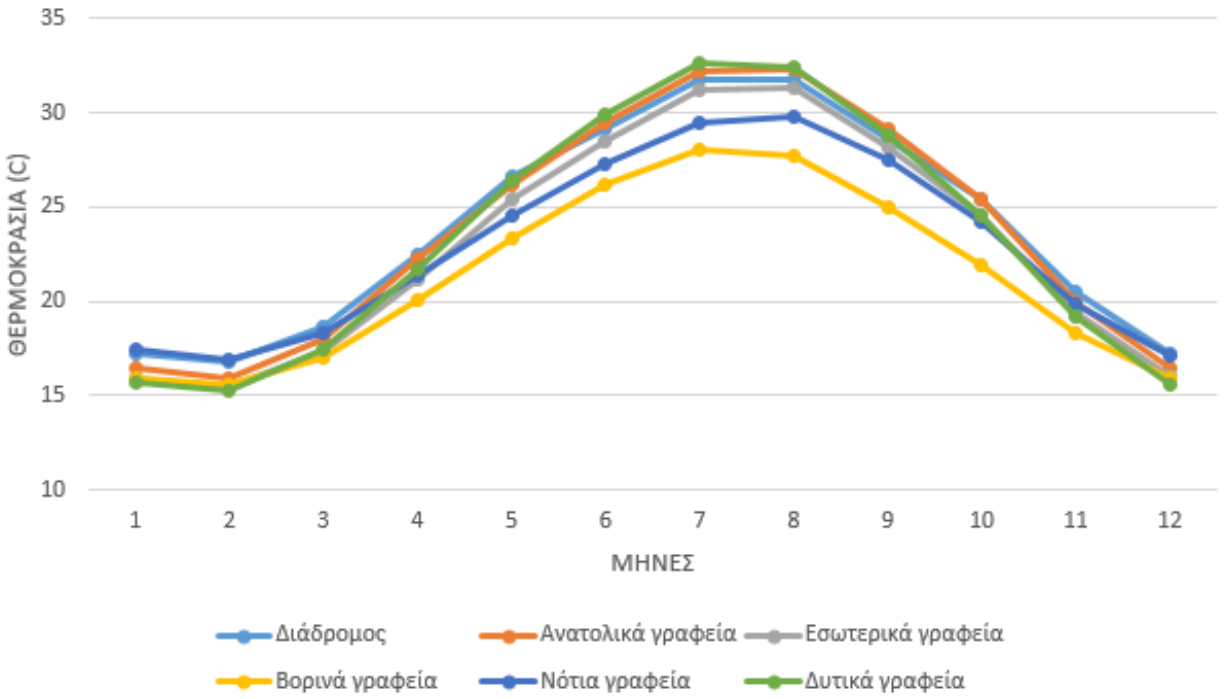
Η υποκατηγορία αυτή χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του μεγέθους για το οποίο ο χρήστης ζητεί να λάβει γνώσεις (π.χ. θερμοκρασίες, καταναλώσεις ενέργειας) και το χρονικό βήμα εμφάνισης του (π.χ. ωριαίως, μηνιαίως, ετησίως).

Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.35, προκειμένου να εξαχθούν αποτελέσματα σχετικά με τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες της εκάστοτε θερμικής ζώνης του κτιρίου χωρίς τη χρήση κλιματιστικών, στο πεδίο Variable Name επιλέχθηκε η παράμετρος Zone Mean Air Temperature και στο πεδίο Reporting Frequency επιλέχθηκε η παράμετρος Monthly. Το σύμβολο (*) στο πεδίο Key Value έχει τεθεί για να επιτρέπει την επιλογή όλων των παραμέτρων που διατίθενται από το πεδίο Variable Name.



Εικόνα 5.35: Υποκατηγορία Output:Variable

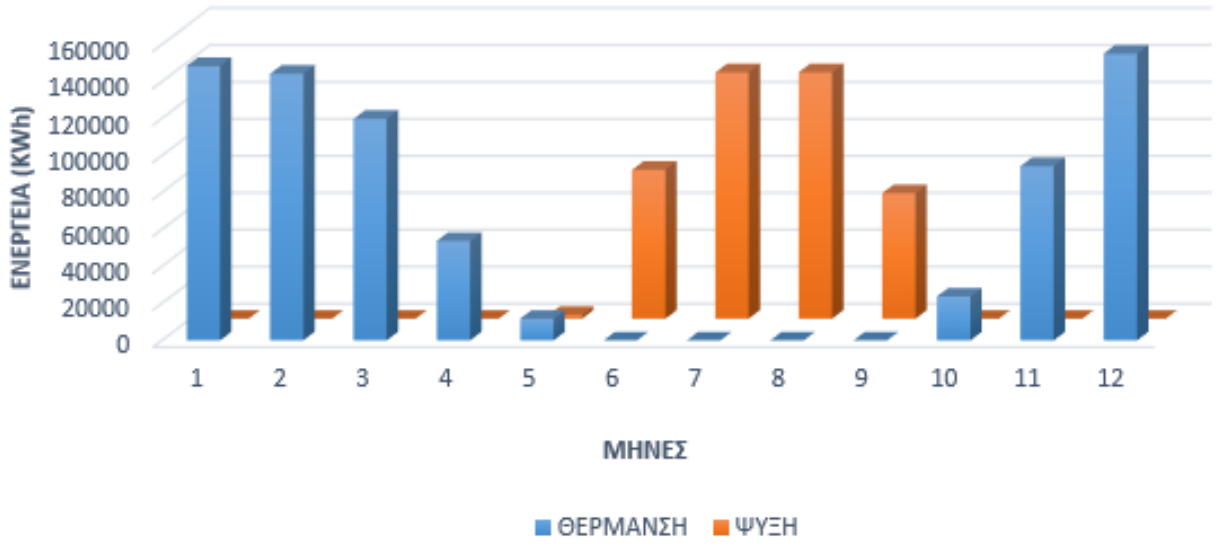
Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης προσομοίωσης για τις διαφορετικές θερμικές ζώνες του β' ορόφου του Δικαστικού Μεγάρου παρουσιάζονται στην Εικόνα 5.36.



Εικόνα 5.36: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στις ζώνες του β' ορόφου

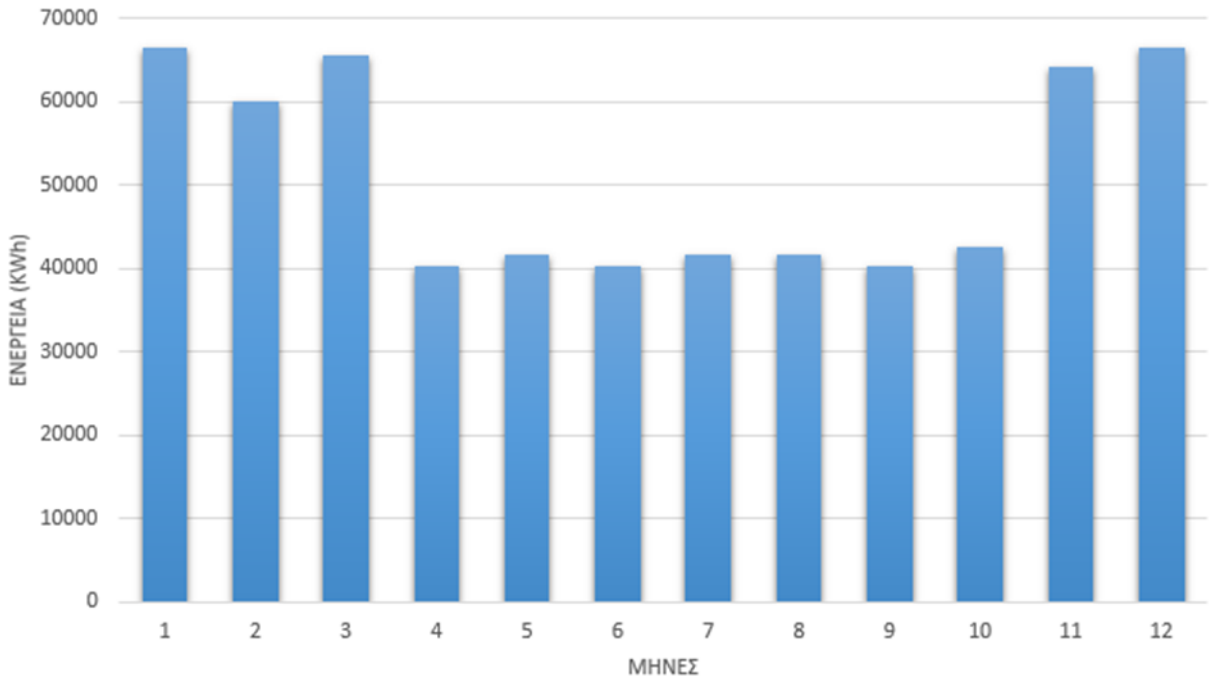
Σημαντικό ενδιαφέρον σε αυτό το σημείο που αξίζει να μελετηθεί, σημειώνει η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του βόρειου τμήματος με τα υπόλοιπα του κτιρίου. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.36, παρατηρούνται χαμηλότερες θερμοκρασίες στα βορρινά γραφεία του Β' ορόφου από όλες τις άλλες θερμικές ζώνες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Κάτι τέτοιο είναι απολύτως αναμενόμενο, εφόσον ο ηλιακός χάρτης εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου· έτσι συγκεκριμένα στην Ελλάδα το καλοκαίρι ο ήλιος κινείται ψηλά στο στερέωμα πάνω από τα κτίρια, με μικρή κλίση προς το Νότο και τον χειμώνα ακόμα πιο χαμηλά προς το Νότο. Συνεπώς, είναι λογικό όλες οι άλλες θερμικές ζώνες να θερμαίνονται περισσότερο. Η διαφορά θερμοκρασιών των ζωνών φτάνει έως και τους 5,2 ^{o}C τους θερινούς μήνες.

Ακόμη, ζητήθηκαν αποτελέσματα σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το σύστημα κλιματισμού του κτιρίου για την ψύξη και τη θέρμανση των επιμέρους θερμικών ζωνών. Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητο να αναφερθεί ότι κατά την προσομοίωση οι καταναλώσεις ενέργειας που προκύπτουν έχουν μονάδα μέτρησης τα Joules (J). Ωστόσο για τη μελέτη των αποτελεσμάτων κρίθηκε εύλογη η μετατροπή της μονάδας μέτρησης σε κιλοβατόρες (KWh), όπου 1 J = 2.777778 KWh. Για τη θέρμανση το πρόγραμμα έδειξε μηδενικές καταναλώσεις από τον Ιούνιο μέχρι τον Σεπτέμβριο, γεγονός που σημαίνει ότι κατά την περίοδο αυτή,δε σημειώνεται θερμοκρασία κάτω των 18°C. Επίσης, για τη ψύξη έδειξε μηδενικές καταναλώσεις από τον Οκτώβριο μέχρι τον Μάιο, γεγονός που σημαίνει ότι κατά την περίοδο αυτή,δε σημειώνεται θερμοκρασία άνω των 26°C. Στην Εικόνα 5.37, παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας σε KWh για την ψύξη και την θέρμανση του Δικαστικού Μεγάρου.



Εικόνα 5.37: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας κλιματισμού και ψύξης του κτιρίου

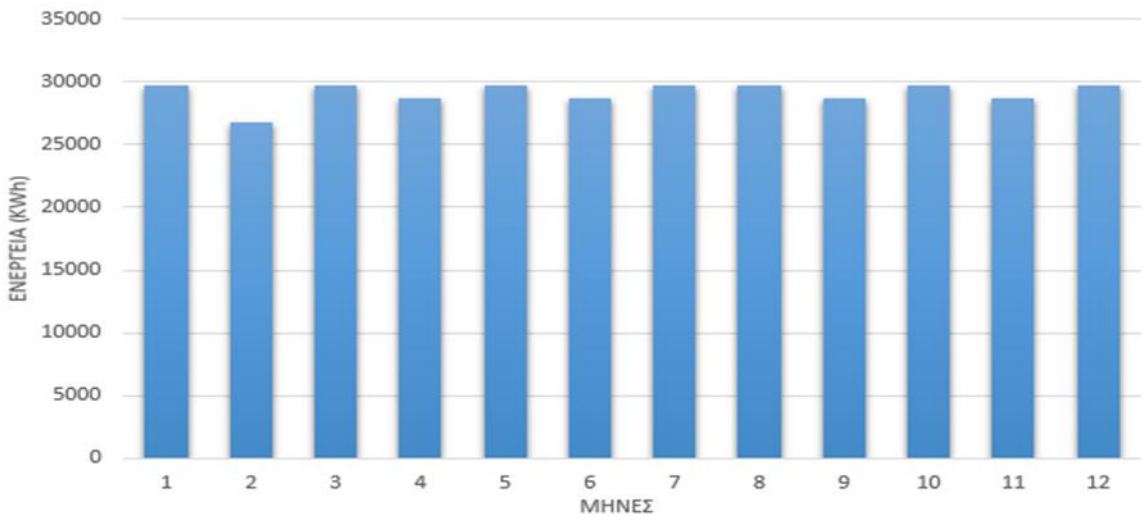
Για τον φωτισμό του Δικαστικού Μεγάρου, το πρόγραμμα έδειξε ότι καταναλώνεται μεγαλύτερη ενέργεια τους χειμερινούς μήνες.Αυτό είναι λογικό, αφού αυτούς τους μήνες είναι μικρότερη η μέρα και υπάρχουν περισσότερες συννεφιασμένες μέρες απ'ότι στους υπόλοιπους. Στην Εικόνα 5.38, παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας σε KWh για τον φωτισμό του Δικαστικού Μεγάρου.



Εικόνα 5.38: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας τεχνητου φωτισμού κτιρίου

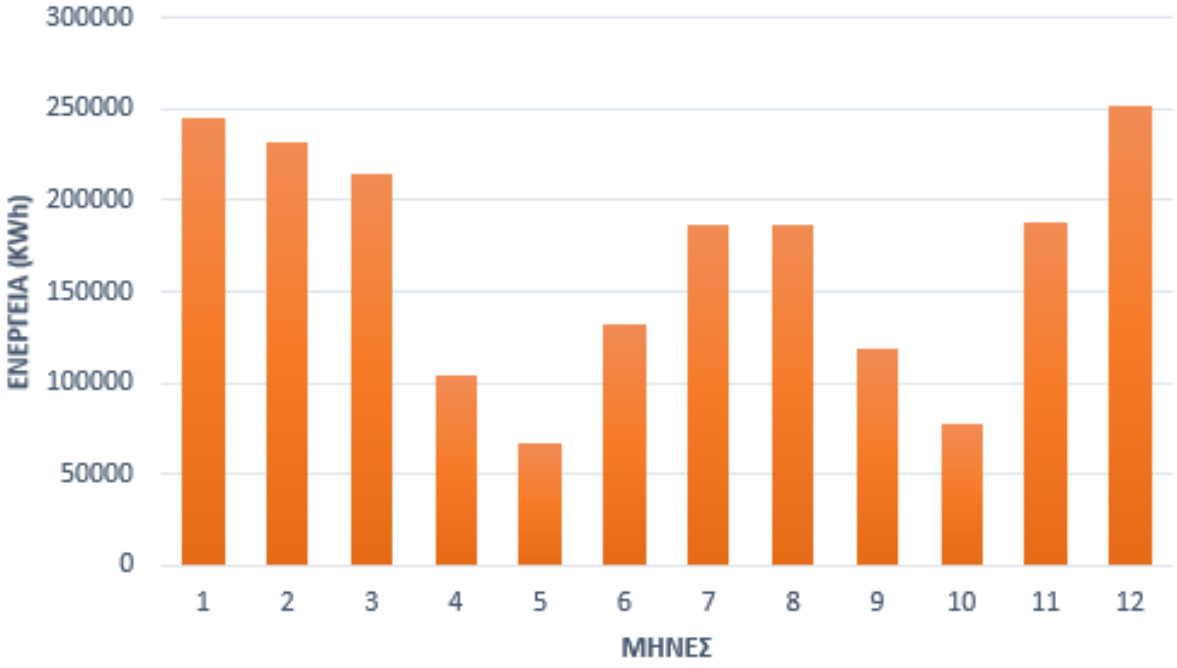
Για τις λοίπες συσκεύες πλην των κλιματιστικών, η καταναλισκώμενη ενέργεια είναι περίπου ίδια για όλους τους μήνες του έτους.

Στην Εικόνα 5.39, παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας σε KWh για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό του Δικαστικού Μεγάρου.



Εικόνα 5.39: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας ηλεκτρικού εξοπλισμού κτιρίου

Τέλος, στην παρακάτω Εικόνα 5.40 φαίνονται οι συνολικές απαιτήσεις του Δικαστικού Μεγάρου σε ηλεκτρική ενέργεια.



Πίνακας 5.40: Συνολικές καταναλώσεις ενέργειας του κτιρίου

Αναλυτικά τα ποσά καταναλισκόμενης ενέργειας, καθώς και του κόστους της σε ευρώ παρουσιάζονται και στον Πίνακα 5.41. (Σύμφωνα με τα τιμολόγια της Δ.Ε.Η για μεγάλα γραφεία, η τιμη της KWh ορίζεται στα 0,08259 €)

Μήνες	**Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (KWh)**	**Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (€)**
Ιανουάριος	244608.85	20202.24
Φεβρουάριος	231159.67	19091.48
Μάρτιος	214608.61	17724.53
Απρίλιος	104782.29	8653.97
Μάιος	66517.63	5493.69
Ιούνιος	131568.90	10866.28
Ιούλιος	186001.79	15361.89
Άυγουστος	186073.68	15367.83
Σεπτέμβριος	118861.28	9816.75
Οκτώβριος	77846.88	6429.37
Νοέμβριος	187320.29	15470.78
Δεκέμβριος	251261.93	20751.72
ΣΥΝΟΛΟ	**2000611.81**	**165230.53**

Πίνακα 5.41: Μηνιαία καταναλισκώμενη ενέργεια του κτιρίου και το κόστος της

6. Προτεινόμενες επεμβάσεις ενεργειακής βελτίωσης του Δικαστικού Μεγάρου

6.1 Γενική αναφορά επεμβάσεων ενεργειακής βελτίωσης

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για την αρχική κατάσταση του κτιρίου, προτείνονται παρακάτω ορισμένες πιθανές επεμβάσεις για την μείωση των θερμικών του φορτίων και εν γένει για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του. Έπειτα αξιολογείται η αποτελεσματικότητα των επεμβάσεων αυτών συγκρίνοντας τα αποτελέσματα εφαρμογής τους με τα αντίστοιχα που προέκυψαν κατά την αρχική προσομοίωση του κτιρίου. Επιπρόσθετα, για κάθε μία πιθανή επέμβαση προτείνονται συγκεκριμένα συστήματα για την εφαρμογή της, υπολογίζεται το αντίστοιχο κόστος της έτσι όπως διαμορφώνεται στο εμπόριο με τις ισχύουσες συνθήκες και εκτιμάται ο χρόνος απόσβεσης του κόστους αυτού. Ονομαστικά, οι προτεινόμενες επεμβάσεις με τη σειρά εφαρμογής τους, οι οποίες αναλύονται παρακάτω, είναι οι εξής: η μέθοδος φυσικού νυχτερινού δροσισμού, η προσθήκη υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής, η προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης, η τοποθέτηση σκιάστρων, η προσθήκη φυτευτού δώματος, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς και η τοποθέτηση λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας.

6.2 Εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού με εξαεριστήρες

6.2.1 Εισαγωγή παραμέτρων προσομοίωσης

Αρχική πρόταση είναι η χρήση της μεθόδου φυσικού νυχτερινού δροσισμού. Η μέθοδος αυτή αφενός βοηθάει στην απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας, και επομένως κρατάει το κτίριο δροσερό τους θερινούς μήνες, και αφετέρου συνεισφέρει στην ανανέωση του εσωτερικού αέρα με φρέσκο αέρα από το περιβάλλον που είναι πλούσιος σε οξυγόνο· σε αντίθεση με τα κλιματιστικά, παρέχει ήπιο τρόπο ανταλλαγής θερμότητας με το εξωτερικό περιβάλλον. Προτείνεται έτσι η εφαρμογή μονόπλευρου φυσικού δροσισμού με ένα άνοιγμα στις θερμικές ζώνες του κτιρίου. Για την υλοποίηση της μεθόδου προτείνεται η εγκατάσταση ειδικών εξαεριστήρων στους υαλοπίνακες, προσαρμοσμένων σε άνοιγμα μορφής φεγγίτη. Η λειτουργία τους θα γίνεται με αυτόματο μηχανισμό, ο οποίος θα ρυθμίζει το διάστημα λειτουργίας τους και την ένταση του εξαερισμού. Επίσης, στην εξωτερική επιφάνεια των εξαεριστήρων προτείνεται η ύπαρξη οριζόντιων περσίδων οι οποίες θα ανοιγοκλείνουν σύμφωνα με τον αυτόματο μηχανισμό ρυθμίζοντας την είσοδο του εξωτερικού αέρα.

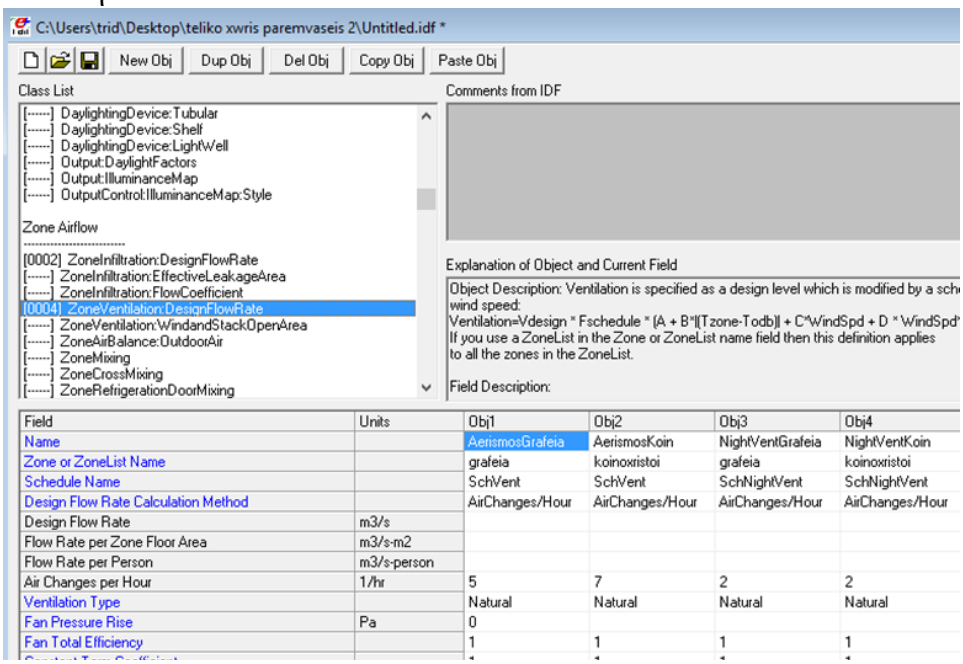
Για την προσομοίωση της μεθόδου, δημιουργήθηκε νέο χρονοδιάγραμμα νυχτερινού δροσισμού (με το όνομα SchNightVent) στην υποκατηγορία εισαγωγής χρονοδιαγραμμάτων «Schedule:Compact», το οποίο παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.1.

SchNightVent
Fraction
Through: 05/20
For: AllDays
Until: 24:00
0
Through: 09/30
For: AllDays
Until: 5:00
1
Until: 09:00
0.2
Until: 22:00
0
Until: 24:00
1
Through: 12/31
For: AllDays
Until: 24:00
0

Εικόνα 6.1 Χρονοδιάγραμμα εφαρμογής νυχτερινού φυσικού δροσισμού

Όπως φαίνεται παραπάνω, για το διάστημα 30/5-30/9, όπου οι θερμοκρασίες ανεβαίνουν σε αρκετά υψηλά επίπεδα (όπως φαίνεται και από την Εικόνα 5.36 που παρουσιάζονται οι θερμοκρασίες των θερμικών ζωνών) προτάθηκε ο αερισμός στους χώρους να γίνεται μόνο από τις 10:00 μμ. έως τις 5:00 πμ.

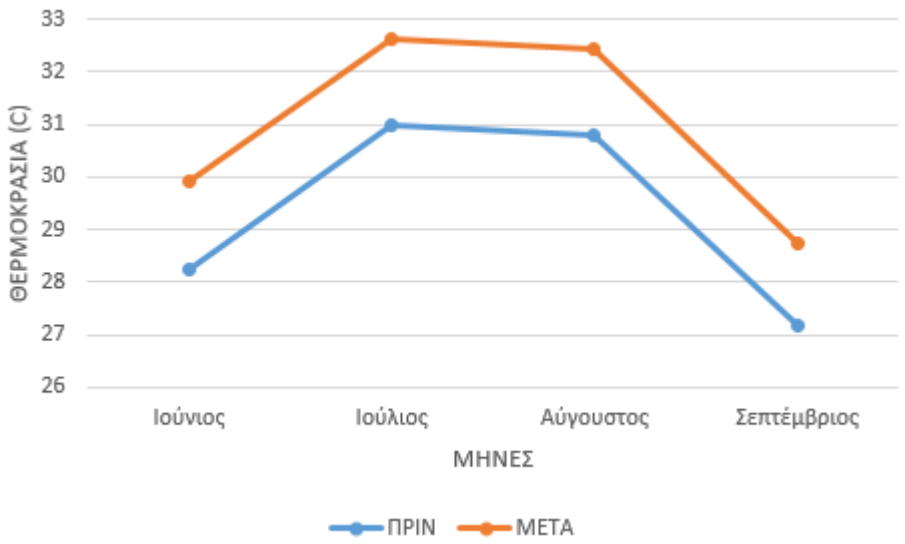
Έπειτα, στην υποκατηγορία «ZoneVentilation:DesignFlowRate», για τις θερμικές ζώνες των δωματίων, εισήχθει το παραπάνω χρονοδιάγραμμα, και συγκεκριμένα στο πεδίο Schedule Name, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6.2.



Εικόνα 6.2: Εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού στις θερμικές ζώνες του κτιρίου

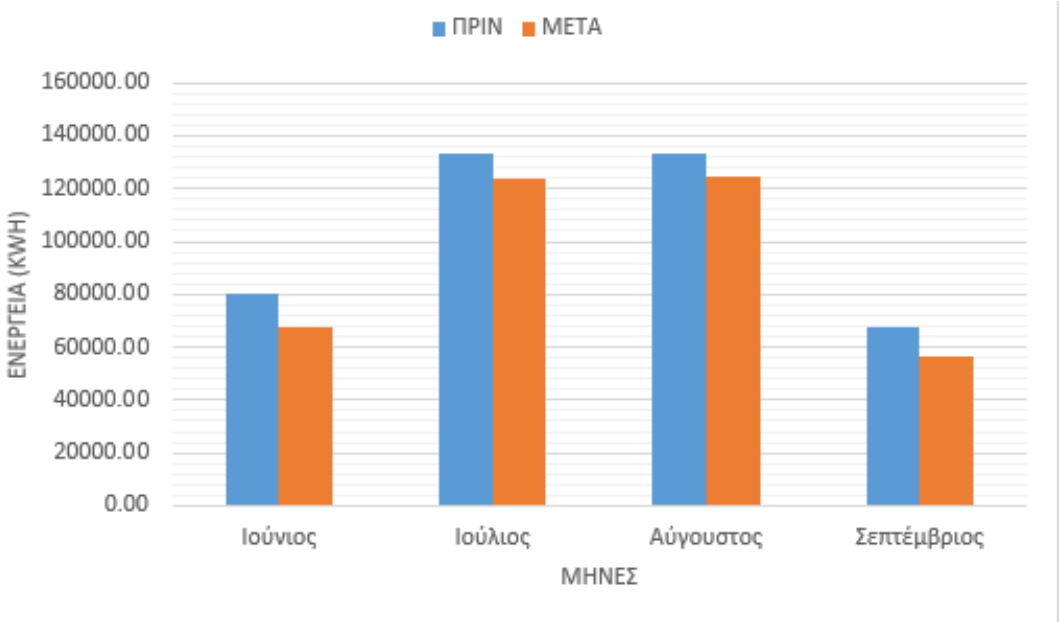
6.2.2 Αποτελέσματα εφαρμογής νυχτερινού δροσισμού και υπολογισμός κόστους επένδυσης

Στο σημείο αυτό, μέσω των δυνατοτήτων που δίνονται από την υποκατηγορία Outputs:Variable, ελέγχθηκε η αποτελεσματικότητα της μεθόδου στη μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας και συνεπώς στην εξοικονόμηση ενέργειας. Αρχικά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.3, επήλθε αξιοσημείωτη πτώση θερμοκρασίας στην ζώνη 'office west b' orofos' σε μηνιαία βάση, για το διάστημα που επιλέχτηκε.



Εικόνα 6.3: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στη ζώνη 'office west b' orofos' πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Τέλος, έγινε αναγωγή της μείωσης της θερμοκρασίας σε μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας του κλιματισμού για ψύξη σε κιλοβατόρες (KWh), για όλο το κτίριο, ώστε να γίνει αντιληπτή η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.4, μείωση καταναλώσεων εμφανίζεται για όλους τους μήνες που επιλέχθηκε ο νυχτερινός αερισμός.



Εικόνα 6.4: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας κλιματισμού του κτιρίου πριν και μετά το νυχτερινό δροσισμό

Συνολικά η εξοικονόμηση ενέργειας μετά την εφαρμογή της μεθόδου του νυχτερινού δροσισμού για όλο το κτίριο παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.5. Αρχικά, για τους μήνες που επιλέχθηκε ο νυχτερινός δροσισμός, οι απαιτήσεις ενέργειας για ψύξη φτάνουν τις 415245.65 KWh ενώ μετά την εφαρμογή νυχτερινού αερισμού παρατηρείται μείωση κατά 42560.33 KWh συνολικά. Μεταφρασμένη σε χρηματικό όφελος αυτή η μείωση ισούται με 3515.06 €/ έτος, τιμή που προέκυψε για κόστος 0.08259 €/ KWh, όπως προβλέπεται από το τιμολόγιο της ΔΕΗ.

Μήνες	**Καταναλώσεις Ενέργειας Κλιματισμού (KWh)**		**Εξοικονόμηση Ενέργειας (KWh)**	**Όφελος (€)**
	Πριν	Μετά		
Ιούνιος	80603.33	67631.41	12971.92	1071.35
Ιούλιος	133337.36	124090.67	9246.70	763.68
Αύγουστος	133409.25	124333.46	9075.80	749.57
Σεπτέμβρης	67895.71	56629.79	11265.92	930.45
Σύνολο	415245.65	372685.32	42560.33	3515.06

Πίνακας 6.5: Συγκεντρωτικός πίνακας μηνιαίων καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου πριν και μετά την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού

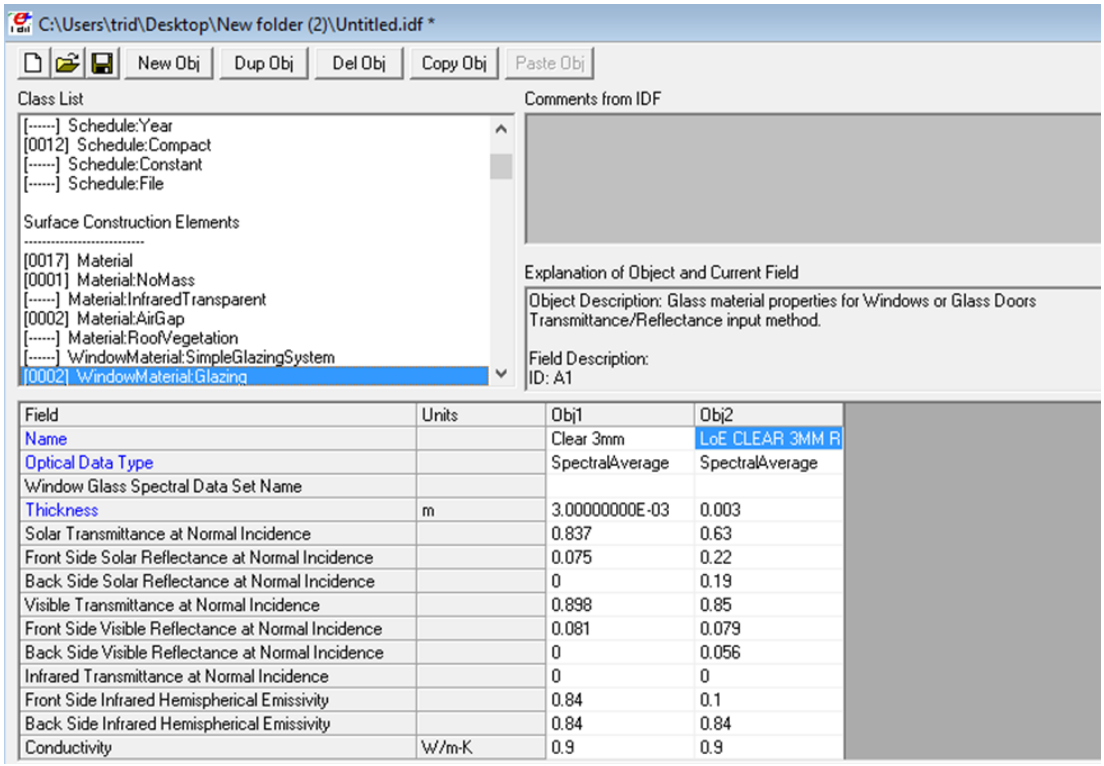
Σε επόμενο στάδιο, αναζητείται το κόστος που θα επιφέρει η εφαρμογή μιας τέτοιας βιοκλιματικής λύσης. Ο νυχτερινός δροσισμός μπορεί να εφαρμοστεί με ποικίλους κατασκευαστικούς τρόπους, κάποιοι εκ των οποίων είναι η εγκατάσταση συστήματος εξαερισμού στους τοίχους του χώρου για τον οποίο επιθυμείται να γίνει ο αερισμός, η κατασκευή αεριζόμενης οροφής κ.α. Για τη δεδομένη περίπτωση θεωρήθηκε ως καταλληλότερη μέθοδος νυχτερινού δροσισμού η τοποθέτηση εξαεριστήρων τζαμιού στους υαλοπίνακες του κτιρίου. [19]Η επιλογή τους έγινε με κριτήρια το μέγεθος του χώρου που επιθυμείται να αεριστεί, τη χρήση του χώρου αυτού και το κόστος τους. Η ροη του αέρα που απαιτείται για τους χώρους του κτιρίου υπολογίστηκε από τον τύπο: όγκος χώρου (m3) * ανανεώσεις του αέρα ανά ώρα (1/h). Ο όγκος όλων των χώρων του Δικαστικού Μεγάρου, εκτός του χώρου στάθμευσης είναι περίπου 56700 m3, συνεπώς προκύπτει απαιτούμενη ροή αέρα (2*56700) 113400 m3/h.Προτείνονται οι εξαεριστήρες σειράς Τ, οι οποίοι χάριν του κινητήρα που διαθέτουν συνδυάζουν τη μέγιστη απόδοση με τη χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα επιλέχτηκε ο τύπος TX 6 WW διαμέτρου 150 χιλιοστών, ισχύος 30 Watt, οπής διαμέτρου 184 χιλιοστών, με δυνατότητα εισαγωγής και εξαγωγής αέρα, δυνατότητα τριών ταχυτήτων παροχής αέρα 245,315,360 m3/h, στάθμης θορύβου 41 dB και τιμής 193 € + 23% ΦΠΑ = 237.4 €/εξαεριστήρα.Επομένως, θα χρειαστούν (113400/360) 315 εξαεριστήρες οι οποίοι θα μοιραστούν ανάλογα με τα κυβίκα του κάθε χώρου στο στίριο. Συνεπώς το τελικό κόστος επένδυσης ανέρχεται στα 74781 €. Ωστόσο, θα υπαρχει επιπλέον επιβάρυνση λόγω της ηλεκτρικής ενέργειας που θα καταναλώνουν οι εξαεριστήρες΄που υπολογίζεται στα 640 €/έτος. Δεδομένου λοιπόν ότι από τη μείωση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει ετήσιο όφελος (3515.06-640) 2875.06 €/έτος, η απόσβεση του κόστους εκτιμάται ότι θα γίνει σε 26 έτη.

6.3 Προσθήκη υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής

6.3.1 Εισαγωγή παραμέτρων προσομοίωσης

Στο σημείο αυτό προτείνεται η τοποθέτηση υαλοπινάκων Low-emissivity (χαμηλής εκπομπής) που έχουν υποστεί ειδική επεξεργασία και φέρουν πολλές επιστρώσεις οι οποίες δημιουργούν μια επιφάνεια που δεν επιτρέπει στη ζέστη και στην ακτινοβολία UV να εισέλθουν στο κτίριο το καλοκαίρι και "κρατά" τη θερμότητα στο εσωτερικό τον χειμώνα.

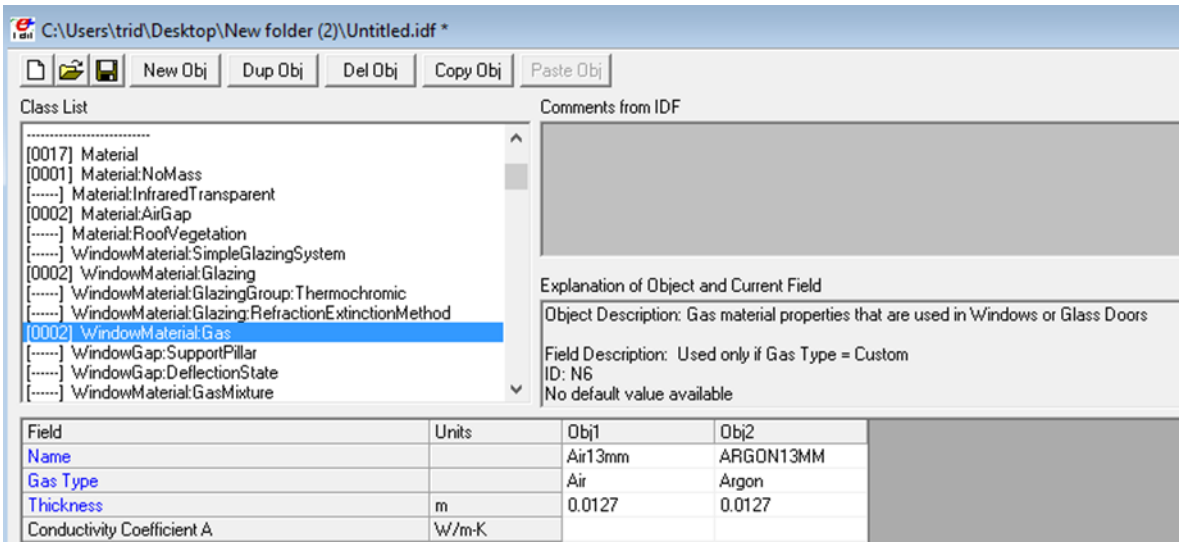
Για την εισαγωγή των υαλοπινάκων αυτών προστέθηκε στην υποκατηγορία WindowMaterial:Glazing ένα νέο αντικείμενο(Obj2) με τα χαρακτηριστικά τους, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6.6. Τα χαρακτηριστικά αυτά λήφθηκαν έτοιμα από τη βιβλιοθήκη αρχείων (DataSet) που διαθέτει το Energy Plus, όπου υπάρχει συγκεκριμένο παράδειγμα εισαγωγής υλικών παραθύρου (το WindowGlassMaterials.idf) και το οποίο περιέχει τα συγκεκριμένα παράθυρα χαμηλής εκπομπής πάχους 3mm που χρησιμοποιήθηκαν (LoE CLEAR 3MM Rev).



Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Clear 3mm	LoE CLEAR 3MM R
Optical Data Type		SpectralAverage	SpectralAverage
Window Glass Spectral Data Set Name			
Thickness	m	3.00000000E-03	0.003
Solar Transmittance at Normal Incidence		0.837	0.63
Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.075	0.22
Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0	0.19
Visible Transmittance at Normal Incidence		0.898	0.85
Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.081	0.079
Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0	0.056
Infrared Transmittance at Normal Incidence		0	0
Front Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.84	0.1
Back Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.84	0.84
Conductivity	W/m-K	0.9	0.9

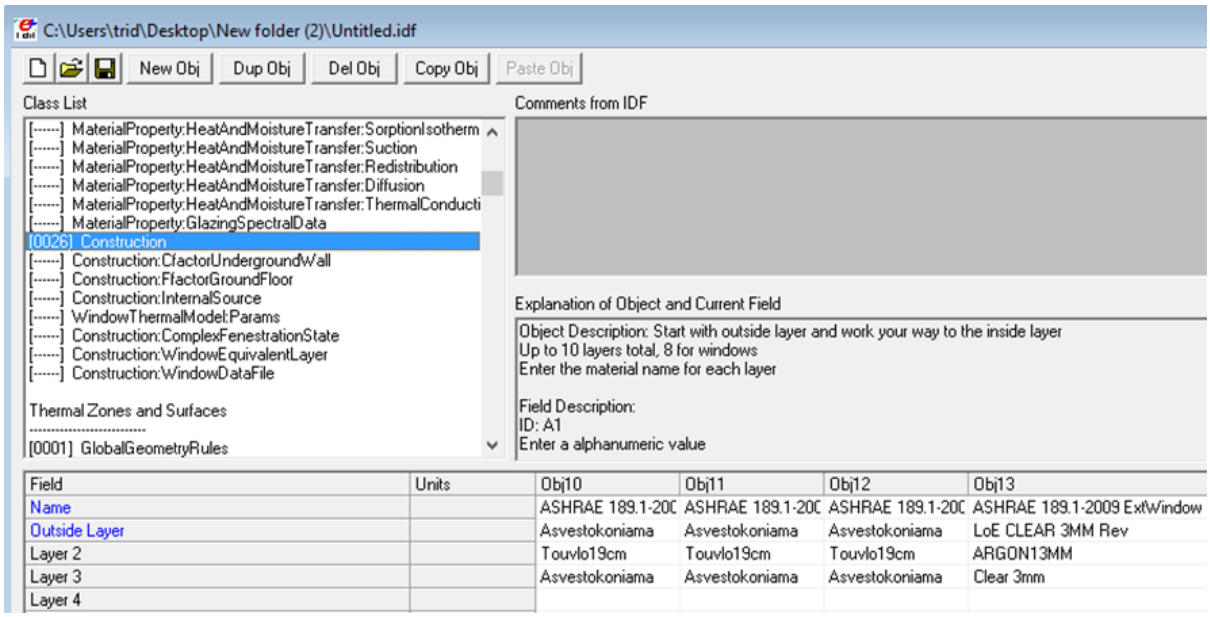
Εικόνα 6.6: Χαρακτηριστικά υαλοπινάκων Low-emissivity (χαμηλής εκπομπής)

Στο επόμενο βήμα καθορίστηκε το φυσικό αέριο που θα παρεμβάλλεται μεταξύ των παραπάνω υαλοπινάκων ούτως ώστε να ενισχυθούν οι μονωτικές ιδιότητες τους. Επιλέχτηκε από τη βιβλιοθήκη (DataSet) του Energy Plus (και συγκεκριμένα απ' το παράδειγμα WindowGasMaterials.idf) το ευγενές αέριο, Αργό (ARGON 13MM) μαζί με τα χαρακτηριστικά του, τα οποία προστέθηκαν σε νέο αντικείμενο (Obj2), όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6.7.



Εικόνα 6.7: Χαρακτηριστικά υλικού πλήρωσης του χώρου μεταξύ υαλοπινάκων

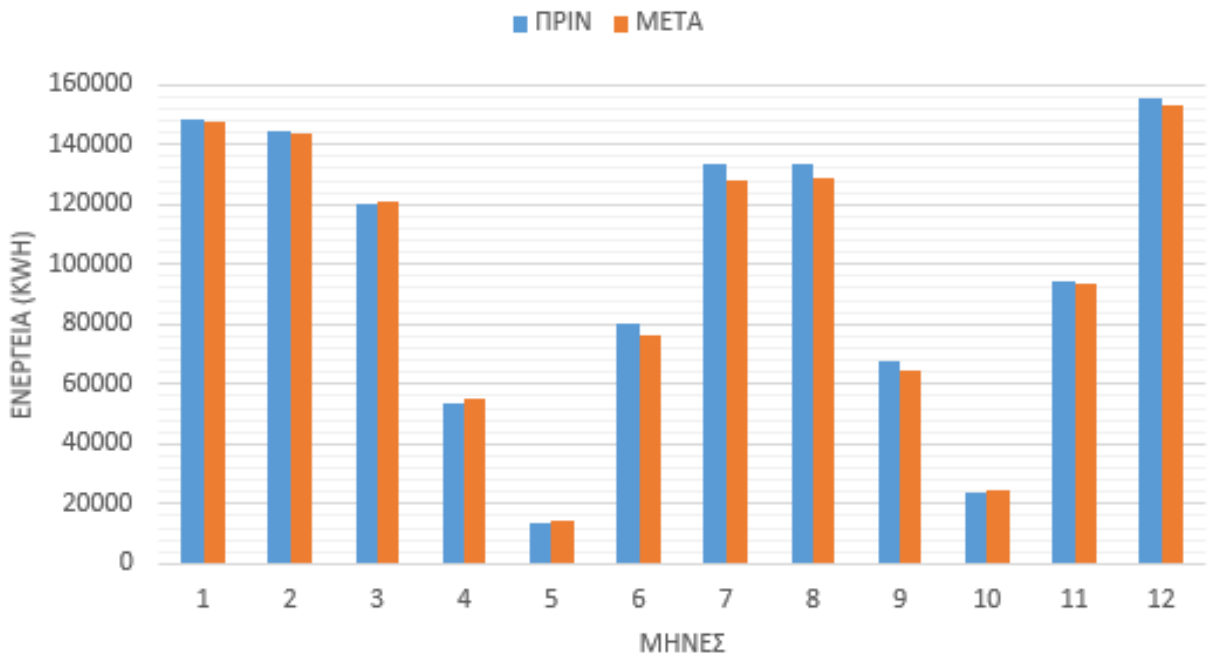
Στην πορεία δηλώθηκε η νέα δομή των εξωτερικών παραθύρων στο ήδη υπάρχον αντικείμενο Obj13, της υποκατηγορίας Construction. Ο ενεργειακός υαλοπίνακας τοποθετήθηκε μόνο στο εξωτερικό των παραθύρων ώστε να περιορίσει την ποσότητα του υπεριώδους και του υπέρυθρου φωτός που μπορεί να περάσει μέσα από γυαλί ενώ αντιθέτως στο εσωτερικό τοποθετήθηκε απλό τζάμι για να επιτρέπει τη θερμότητα να εξέρχεται από το εσωτερικό προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η δομή τους φαίνεται στην Εικόνα 6.8. Απευθείας στην υποκατηγορία FenestrationSurface:Detailed οι επιφάνειες που έχουν δηλωθεί ως Exterior Window αντλούν πληροφορίες απ' το ανανεωμένο στοιχείο.



Εικόνα 6.8: Δομή εξωτερικών παραθύρων μετά την τοποθέτηση υαλοπινάκων Low-emissivity

6.3.2 Αποτελέσματα προσθήκης ενεργειακών υαλοπινάκων και υπολογισμός κόστους επένδυσης

Εξετάσθηκε η διακύμανση στην κατανάλωση ενέργειας, λόγω ψύξης και θέρμανσης του κτιρίου, πριν και μετά την προσθήκη των υαλοπινάκων. Λαμβάνοντας υπόψη την μικρή διαφορά της θερμοκρασίας που παρατηρήθηκε σε όλους τους χώρους ήταν αναμενόμενη η επίσης μικρή απόκλιση της κατανάλωσης ενέργειας, η οποία παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.9.



Εικόνα 6.9: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας κλιματισμού ψύξης και θέρμανσης του κτιρίου πριν και μετά την τοποθέτηση υαλοπινάκων LowE

Συνολικά στον Πίνακα 6.10. παρουσιάζονται οι καταναλώσεις ενέργειας του συστήματος κλιματισμού για όλο το έτος. Συγκεκριμένα, οι συνολικές καταναλώσεις ενέργειας μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων μειώθηκαν κατά 18635.61 KWh, ενώ θέτοντας κόστος 0.08259 €/ KWh ,προκύπτει ετήσιο όφελος 1539.12 €.

Μήνες	**Καταναλώσεις Ενέργειας Κλιματισμού (KWh)**		**Εξοικονόμηση Ενέργειας (KWh)**	**Όφελος (€)**
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	148497.32	147236.61	1260.71	104.12
Φεβρουάριος	144349.26	143951.38	397.88	32.86
Μάρτιος	119898.60	120653.02	-754.42	-62.31
Απρίλιος	53816.71	54972.05	-1155.34	-95.42
Μάιος	13853.20	14263.53	-410.33	-33.89
Ιούνιος	80603.33	76262.22	4341.11	358.53
Ιούλιος	133337.36	128282.53	5054.84	417.48
Αύγουστος	133409.25	128644.41	4764.84	393.53
Σεπτέμβρης	67895.71	64665.64	3230.07	266.77
Οκτώβριος	23780.93	24234.27	-453.34	-37.44
Νοέμβριος	94309.13	93733.77	575.36	47.52
Δεκέμβριος	155150.40	153366.17	1784.23	147.36
ΣΥΝΟΛΟ	**1168901.20**	**1150265.58**	**18635.61**	**1539.12**

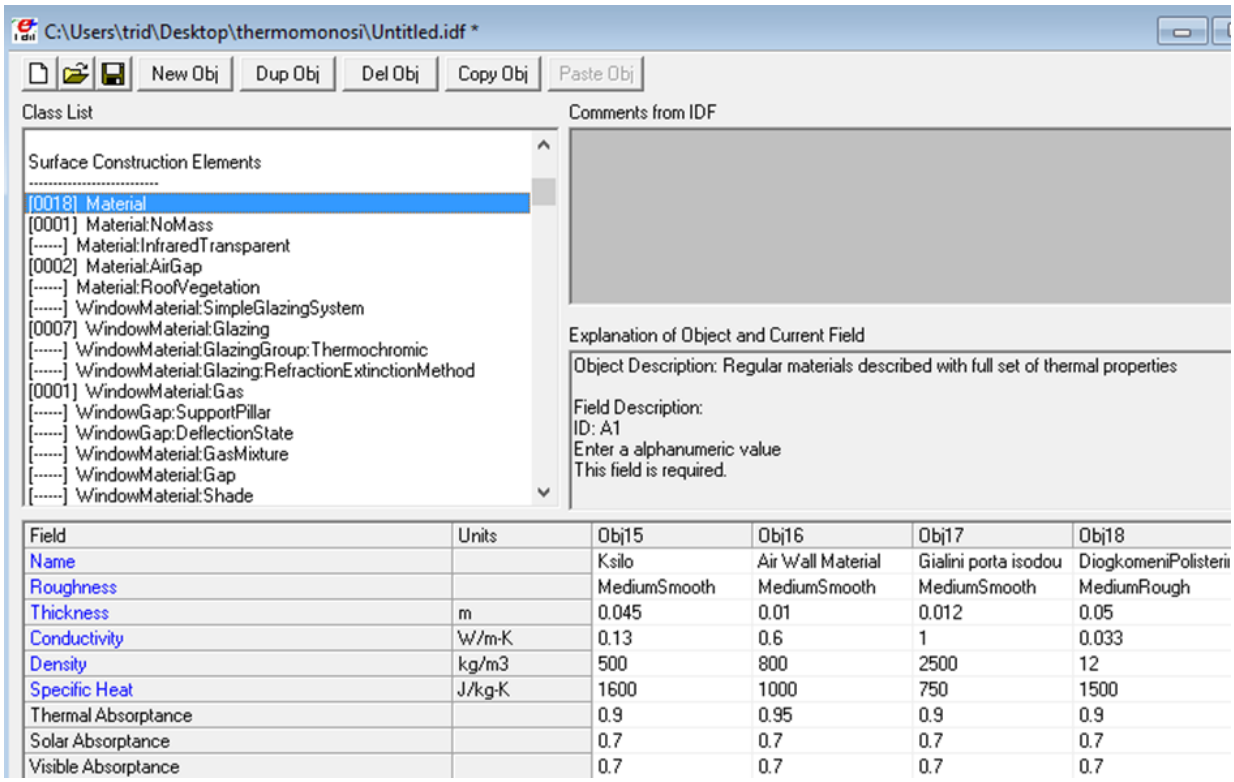
Πίνακας 6.10: Συγκεντρωτικός πίνακας μηνιαίων καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση κα ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την τοποθέτηση υαλοπινάκων Low-E

Εφόσον δεν θα γίνει αντικατάσταση, αφού το κτίριο δεν έχει ολοκληρωθεί ακομη,το κόστος θα είναι η διαφορά της τιμής των απλών και των ενεργειάκων υαλοπινάκων. Η επιβάρυνση αυτή, όπως προέκυψε από έρευνα αγοράς, διαμορφώνεται περίπου στα 28 €/ τετρ. μέτρο, συμπεριλαμβανομένου του Φ.Π.Α 23%, (διαφορά κόστους από τα απλά κουφώματα). Η συνολική επιφάνεια των 368 υαλοπινάκων είναι 1363,40 τετρ. μέτρα, επομένως το συνολικό κόστος εγκατάστασης ανέρχεται στα 38175.2 €. Ως εκ τούτου, με ετήσιο όφελος 1539.12 €/ έτος, εκτιμάται χρόνος απόσβεσης αρχικού κόστους επένδυσης τα 24 έτη.

6.4 Προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

6.4.1 Εισαγωγή παραμέτρων προσομοίωσης

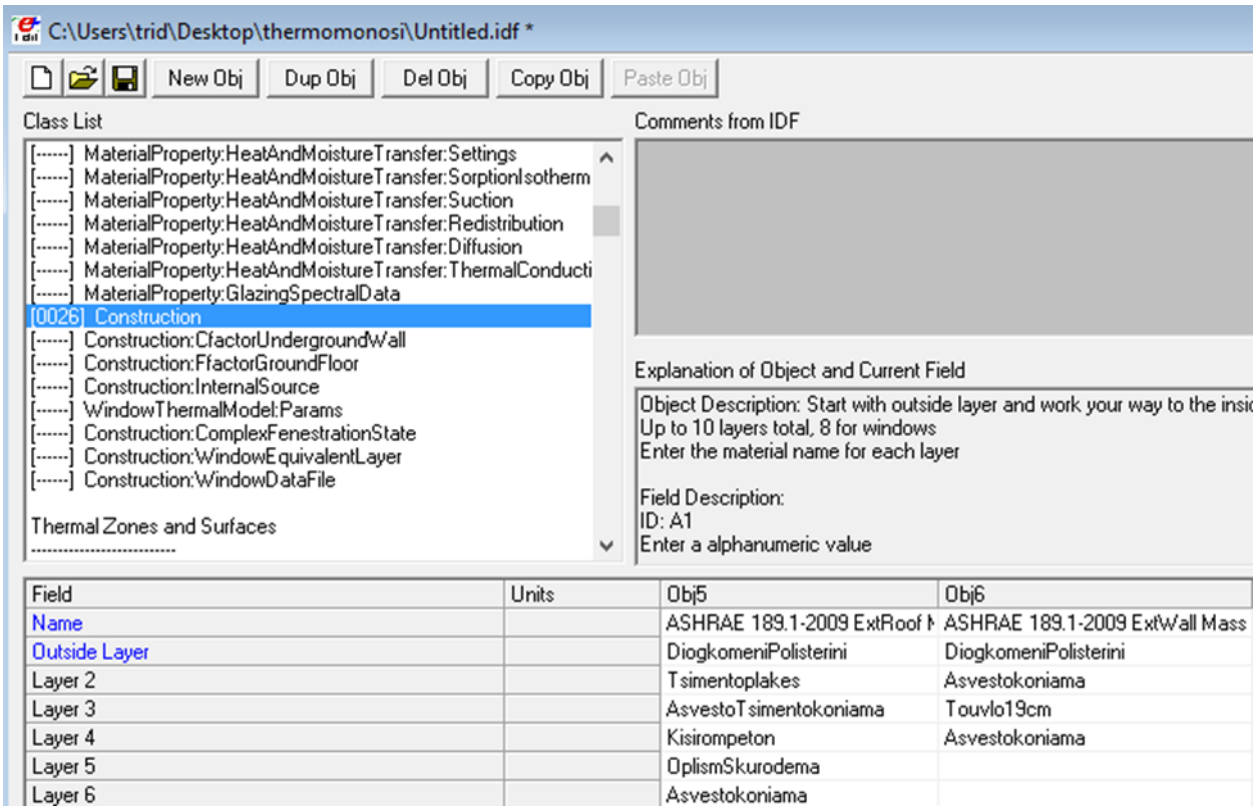
Στο στάδιο αυτό, προτείνεται η προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου. Η πρόταση αυτή θα υλοποιηθεί με την τοποθέτηση θερμομονωτικών πλακών διογκωμένης πολυστερίνης στις εξωτερικές οροφές του τετάρτου και πέμπτου ορόφου και στην εξωτερική στρώση των περιμετρικών τοίχων του κτιρίου. Επιλέχτηκε λοιπόν η θερμομόνωση για όλους τους τοίχους του Δικαστικού Μεγάρου που εκτίθενται στις εξωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντος. Προστέθηκε λοιπόν στο IDF Editor και συγκεκριμένα στην υποκατηγορία «Material» το νέο αυτό υλικό με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του (όπως αναφέρονται στο Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010)[18], το οποίο φαίνεται στην Εικόνα 6.11.



Field	Units	Obj15	Obj16	Obj17	Obj18
Name		Ksilo	Air Wall Material	Gialini porta isodou	DiogkomeniPolisterii
Roughness		MediumSmooth	MediumSmooth	MediumSmooth	MediumRough
Thickness	m	0.045	0.01	0.012	0.05
Conductivity	W/m-K	0.13	0.6	1	0.033
Density	kg/m3	500	800	2500	12
Specific Heat	J/kg-K	1600	1000	750	1500
Thermal Absorptance		0.9	0.95	0.9	0.9
Solar Absorptance		0.7	0.7	0.7	0.7
Visible Absorptance		0.7	0.7	0.7	0.7

Εικόνα 6.11: Χαρακτηριστικά διογκωμένης πολυστερίνης

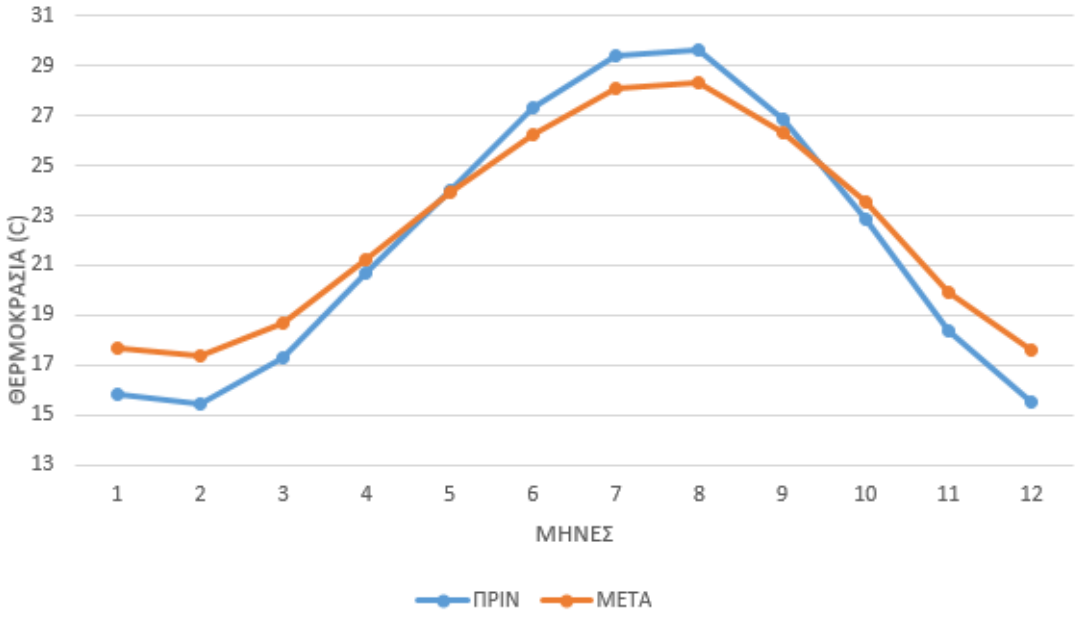
Στην συνέχεια, δηλώθηκε η νέα δομή της κατασκευής των εξωτερικών τοίχων και οροφών στα ήδη υπάρχοντα αντικείμενα ExtWall και ExtRoof, στην υποκατηγορία «Construction», όπως φαίνεται παρακάτω στην Εικόνα 6.12. Αυτόματα έτσι η υποκατηγορία «BuildingSurface:Detailed» αναγνώρισε τα ανανεωμένα στοιχεία της κατασκευής για κάθε επιφάνεια που χαρακτηρίζεται ως Exterior Wall και Exterior Roof.



Εικόνα 6.12: Δομή εξωτερικών τοίχων και οροφών μετά την τοποθέτηση διογκωμένης πολυστερίνης

6.4.2 Αποτελέσματα προσθήκης εξωτερικής θερμομόνωσης και υπολογισμός κόστους επένδυσης

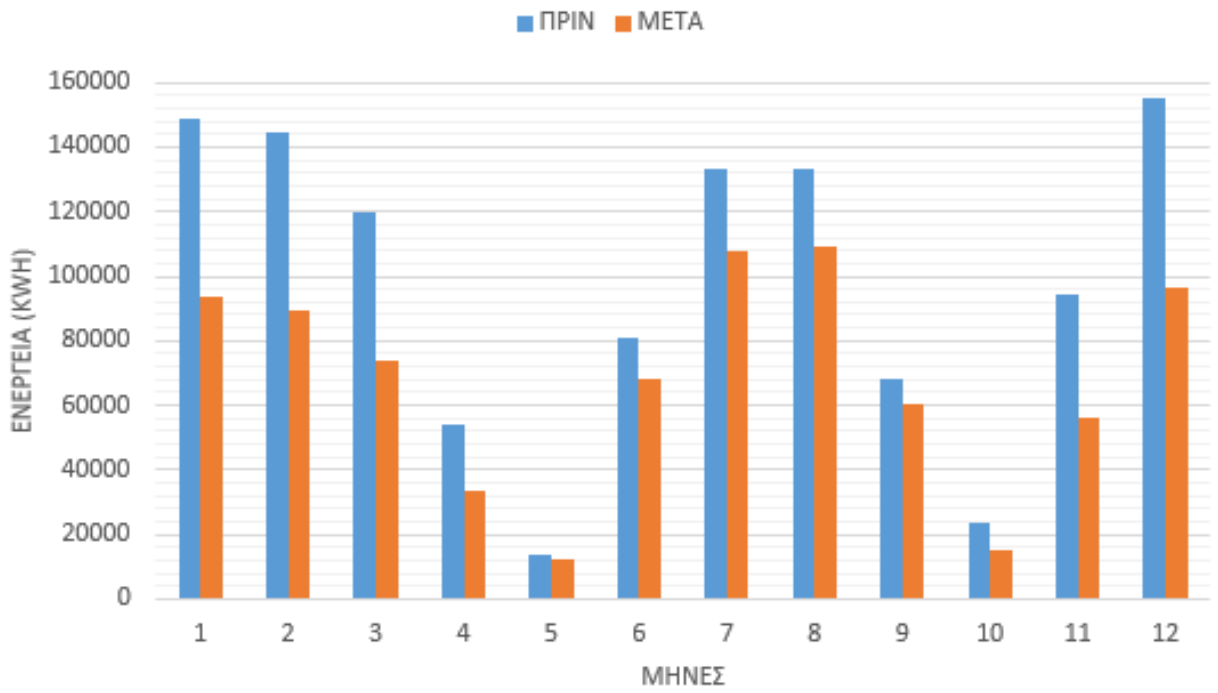
Μετά την προσομοίωση του κτιρίου με τα νέα δεδομένα, έγινε έλεγχος για την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής τους. Παρακάτω, στην Εικόνα 6.13, παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στην θερμική ζώνη "office south e' orofos" πριν και μετά την επιβολή εξωτερικής θερμομόνωσης στους τοίχους και την οροφή της. Επιλέχθηκε αυτή η ζώνη διότι δεν διαθέτει υπερκείμενο όροφο και έτσι η θερμομόνωση έγινε στους εξωτερικούς τοίχους και στην οροφή της. Συγκρίνοντας τα δύο διαγράμματα, για τις ζεστές μέρες του καλοκαιρού παρατηρείται μείωση της μέσης θερμοκρασίας στην ζώνη έως και 1.3 ^{o}C. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο καθώς με την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης εμποδίζεται μερικώς η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από το κέλυφος της ζώνης, διατηρώντας έτσι χαμηλότερη εσωτερική θερμοκρασία. Επίσης, για την περίοδο όπου παρατηρούνται χαμηλές θερμοκρασίες, λόγω της θερμομόνωσης εμποδίζεται η ροή θερμότητας από το εσωτερικό της ζώνης (υψηλότερη θερμοκρασία) προς το περιβάλλον (χαμηλότερη θερμοκρασία) με αποτέλεσμα να παρατηρείται αρκετά υψηλότερη εσωτερική θερμοκρασία στη ζώνη σε σχέση με την κατάσταση πριν την τοποθέτηση θερμομόνωσης.



Εικόνα 6.13: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στη ζώνη "office south e' orofos" πριν και μετά την εξωτερική θερμομόνωση

Αναλύοντας, λοιπόν, το διάγραμμα, διαπιστώθηκε μεγάλη βελτίωση στη θερμομονωτική ικανότητα του κτιρίου. Συγκεκριμένα, για τον μήνα Φεβρουάριο η διαφορά της θερμοκρασίας είναι περίπου 2 ^{o}C.

Έπειτα, αναλύθηκε η μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε KWh από το σύστημα κλιματισμού για την θέρμανση και την ψύξη του κτιρίου μετά την προσθήκης εξωτερικής θερμομόνωσης. Τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στην Εικόνα 6.14 παρουσιάζουν αισθητή μείωση της ανάγκης για ψύξη και θέρνανση του Δικαστικού Μεγάρου μετά την επέμβαση.



Εικόνα 6.14: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας κλιματισμού θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου πριν και μετά την εξωτερική θερμομόνωση

Οι συνολικές καταναλώσεις ενέργειας για ψύξη μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης συγκριτικά με αυτές πριν την εφαρμογή παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 6.15.

Συγκεκριμένα, η συνολική εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης ισούται με 352959.71 KWh/ έτος. Η διαφορά αυτή για κέρδος 0.08259 €/ KWh ισούται με 29150.94 € συνολικό ετήσιο κέρδος για την επιχείρηση.

Μήνες	**Καταναλώσεις Ενέργειας Κλιματισμού (KWh)**		**Εξοικονόμηση Ενέργειας (KWh)**	**Όφελος (€)**
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	148497.32	93987.94	54509.38	4501.93
Φεβρουάριος	144349.26	89402.26	54947.00	4538.07
Μάρτιος	119898.60	73778.05	46120.55	3809.10
Απρίλιος	53816.71	33521.27	20295.44	1676.20
Μάιος	13853.20	11996.94	1856.26	153.31
Ιούνιος	80603.33	68191.50	12411.83	1025.09
Ιούλιος	133337.36	108086.23	25251.14	2085.49
Αύγουστος	133409.25	108905.44	24503.81	2023.77
Σεπτέμβρης	67895.71	60217.79	7677.92	634.12
Οκτώβριος	23780.93	14997.31	8783.62	725.44
Νοέμβριος	94309.13	56120.27	38188.86	3154.02
Δεκέμβριος	155150.40	96736.49	58413.91	4824.40
ΣΥΝΟΛΟ	**1168901.20**	**815941.49**	**352959.71**	**29150.94**

Πίνακας 6.15: Συγκεντρωτικός πίνακας μηνιαίων καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου πριν και μετά την εξωτερική θερμομόνωση

Έπειτα, μελετάται το κόστος εφαρμογής της εξωτερικής θερμομόνωσης. Εκτός από το κύριο υλικό θερμομόνωσης που είναι οι πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης θα χρησιμοποιηθούν και εξωτερικά επιχρίσματα με σκοπό την κάλυψη και προστασία του βασικού θερμομονωτικού υλικού από τις εξωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντος (έκθεση σε ήλιο, υγρασία κτλ.). Τα επιχρίσματα αυτά δε δηλώθηκαν στο πρόγραμμα Energy Plus κατά την προσομοίωση καθώς το πάχος τους είναι ελάχιστο και δε προσφέρουν θερμική προστασία στο κτίριο. Προτείνονται για το υπό μελέτη κτίριο οι παρακάτω δομές θερμομόνωσης (μία για τοίχους και μία για οροφές) με συγκεκριμένα υλικά η κάθε μία.

Για την θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων θα τοποθετηθούν κατά σειρά η ειδική κόλλα, οι θερμομονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης, ο βασικός σοβάς, πλαστικά αγκύρια, υαλόπλεγμα και ο διακοσμητικός σοβάς. Μετά από έρευνα αγοράς, το κόστος για την θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων του κτιρίου συνολικού εμβαδού 7332,08 m^2 θα είναι περίπου 132441,90 €.[20]

Για την κάλυψη της εξωτερικής οροφής με συνολική επιφάνεια 3681,64 τετρ. μέτρων θα χρειαστούν τα ίδια υλικά με τη διαφορά ότι αντί για σοβά ως τελευταίο στρώμα θα χρησιμοποιηθεί επαλειπτικό σιλανικών ρητινών. Το κόστος του συνόλου και της ποσότητας αυτών των υλικών ανέρχεται στα 66682,60 €.[21]

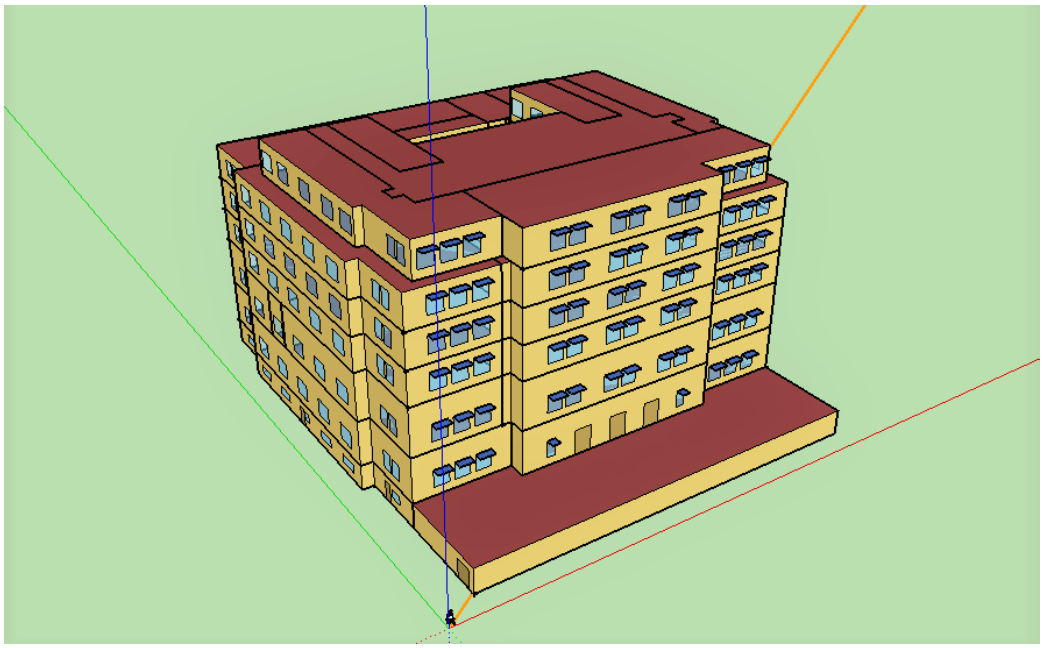
Για τη διαμόρφωση της τελικής αξίας αυτής της πρότασης πρέπει να συμπεριληφθεί στις παραπάνω τιμές και το κόστος εργασίας, που υπολογίζεται μετά από έρευνα αγοράς στα 80000 €. Συνολικά λοιπόν το κόστος εφαρμογής της εν λόγω πρότασης ανέρχεται στα 279124,50 € και με ετήσιο κέρδος 29150.94 €/έτος που προκύπτει λόγω μείωσης καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ο χρόνος απόσβεσης εκτιμάται περίπου στα 10 έτη.

6.5. Τοποθέτηση Σκιάστρων στην Ανατολική Πλευρά του Κτιρίου

6.5.1 Εισαγωγή παραμέτρων προσομοίωσης

Στο τρισδιάστατο μοντέλο που έχει προκύψει στο SketchUp επιλέγονται όλες οι ανατολικές θερμικές ζώνες. Στην συνέχεια μέσω της εντολής "Add Overhangs by Projection Factor" επιλέγεται το μήκος των σκιάστρων. Για την Αθήνα, καλές αναλογίες προβόλου είναι αυτές για τις οποίες η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της εξωτερικής πλευράς του σκιάστρου και του κατωφλιού του ανοίγματος είναι 55-60°. Αυτή είναι η κατάλληλη γωνία, ώστε να επιτρέπει στο χειμερινό ήλιο, που βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα να περάσει στο εσωτερικό του κτιρίου, ενώ το καλοκαίρι να τον εμποδίζει. Άρα, για να σχηματιστεί αυτή η γωνία ορίζεται ο συντελεστής "Projection Factor", στην τιμή 0,5. Τελικά, τοποθετούνται 66 σκίαστρα πλάτους 1,0 μέτρου το καθένα.

Στην παρακάτω Εικόνα 6.16 φαίνεται το τρισδιάστατο μοντέλο με τα σκίαστρα.

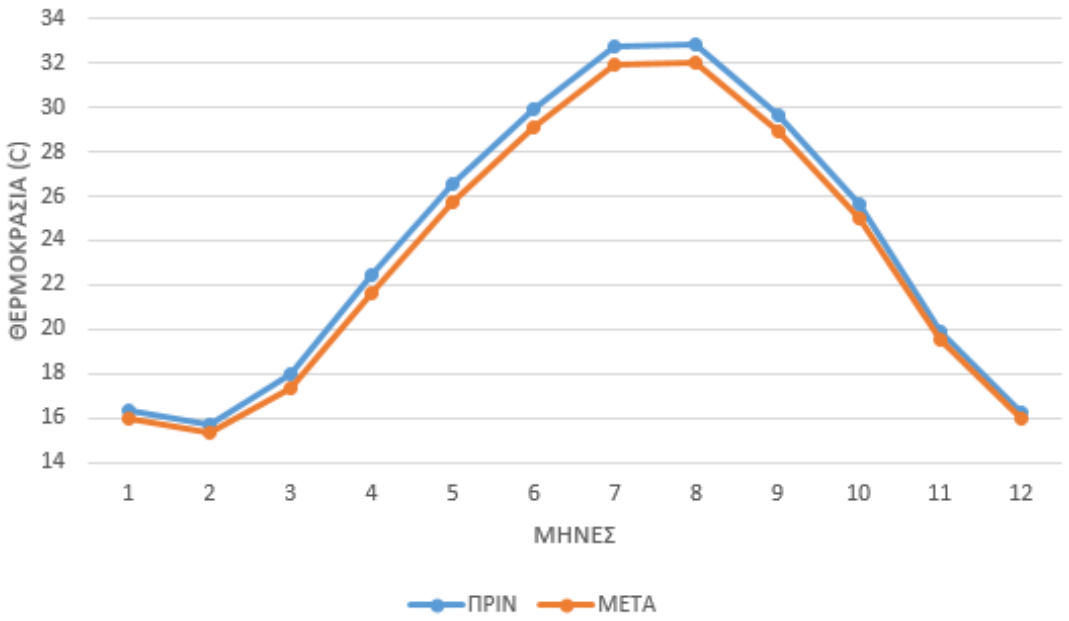


Εικόνα 6.16: Τρισδιάστατο μοντέλο με σκίαστρα

Στην συνέχεια, γίνεται εξαγωγή σε μορφή idf και προσομοίωση στο EnergyPlus.

6.5.2 Αποτελέσματα προσθήκης σκιάστρων και υπολογισμός κόστους επένδυσης

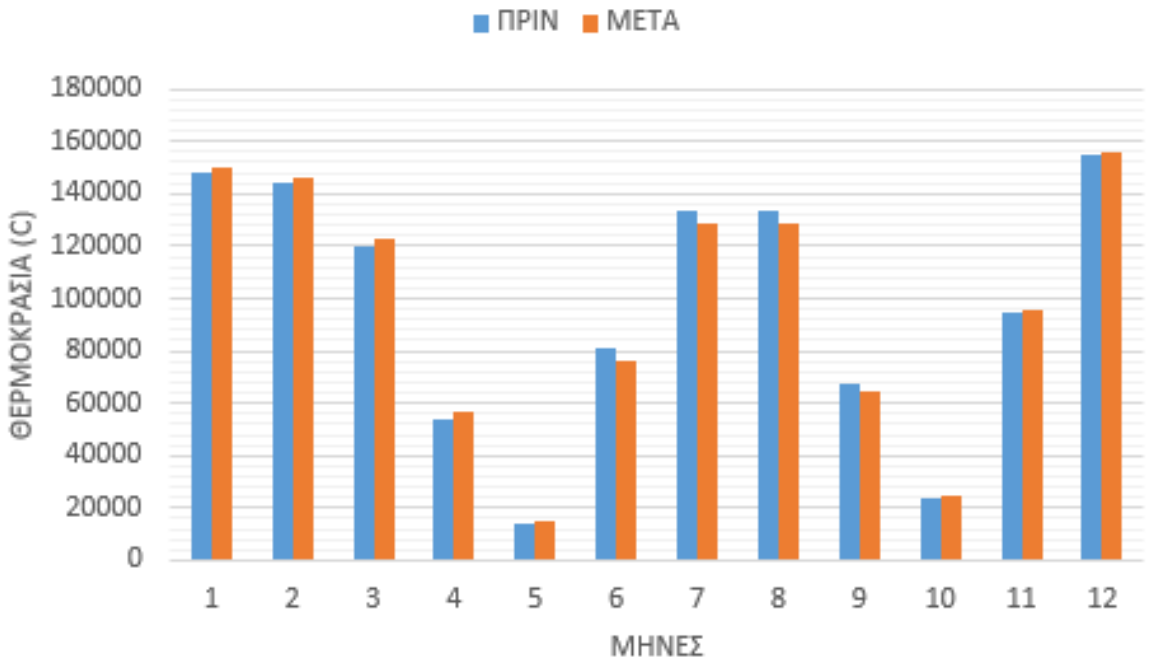
Μετά την προσομοίωση του κτιρίου με τα νέα δεδομένα, έγινε έλεγχος για την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής τους. Παρακάτω, στην Εικόνα 6.17, παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στην θερμική ζώνη "office south c' orofos" πριν και μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων.



Εικόνα 6.17: Μηνιαίες θερμοκρασίες της θερμικής ζώνης "office south c' orofos" πριν και μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων

Συγκρίνοντας τα δύο διαγράμματα, παρατηρείται μείωση της μέσης θερμοκρασίας στην ζώνη κατά 0,5 oC καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να εξοικονομείται μεν ενέργεια σε ψύξη το καλοκαίρι, αλλά να αυξάνεται η απαίτηση σε ενεργειακή κατανάλωση τον χειμώνα.

Έπειτα, αναλύθηκε η μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε KWh από το σύστημα κλιματισμού για την θέρμανση και την ψύξη του κτιρίου μετά την προσθήκης των σκιάστρων. Τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στην Εικόνα 6.18 παρουσιάζουν αισθητή μείωση της ανάγκης για ψύξη και μικρή αύξηση της ανάγκης για θέρνανση του Δικαστικού Μεγάρου μετά την επέμβαση.



Εικόνα 6.18: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας κλιματισμού θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου πριν και μετά την τοποθέτηση σκιάστρων

Οι συνολικές καταναλώσεις ενέργειας για ψύξη μετά την προσθήκη σκιάστρων συγκριτικά με αυτές πριν την εφαρμογή παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 6.19.

Συγκεκριμένα, η συνολική εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας μετά την προσθήκη σκιάστρων ισούται με 3973.03 KWh/ έτος. Η διαφορά αυτή για κέρδος 0.08259 €/ KWh ισούται με 328.13 € συνολικό ετήσιο κέρδος για την επιχείρηση.

Μήνες	**Καταναλώσεις Ενέργειας Κλιματισμού (KWh)**		**Εξοικονόμηση Ενέργειας (KWh)**	**Όφελος (€)**
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	148497.32	149821.49	-1324.17	-109.36
Φεβρουάριος	144349.26	145960.94	-1611.68	-133.11
Μάρτιος	119898.60	122491.41	-2592.81	-214.14
Απρίλιος	53816.71	56399.47	-2582.76	-213.31
Μάιος	13853.20	14656.38	-803.19	-66.34
Ιούνιος	80603.33	76581.55	4021.77	332.16
Ιούλιος	133337.36	128795.06	4542.30	375.15
Αύγουστος	133409.25	128965.19	4444.06	367.03
Σεπτέμβρης	67895.71	64353.61	3542.10	292.54
Οκτώβριος	23780.93	24965.02	-1184.09	-97.79
Νοέμβριος	94309.13	95633.08	-1323.95	-109.34
Δεκέμβριος	155150.40	156304.95	-1154.55	-95.35
ΣΥΝΟΛΟ	**1168901.20**	**1164928.17**	**3973.03**	**328.13**

Πίνακας 6.19: Συγκεντρωτικός πίνακας μηνιαίων καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου πριν και μετά την τοποθέτηση σκιάστρων

Έπειτα, μελετάται το κόστος εφαρμογής της επέμβασης. Θα τοποθετηθούν σκίαστρα αλουμινίου αξίας 110 €/m2 (περιλαμβάνεται το κόστος των εργασιών). Με δεδομένο ότι η συνολική επιφάνεια των σκιάστρων είναι 118.80 m^2, η συνολική δαπάνη θα είναι 13068 €. Άρα, με ετήσιο κέρδος 328.13 €/έτος που προκύπτει λόγω μείωσης καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ο χρόνος απόσβεσης εκτιμάται περίπου στα 39 έτη.

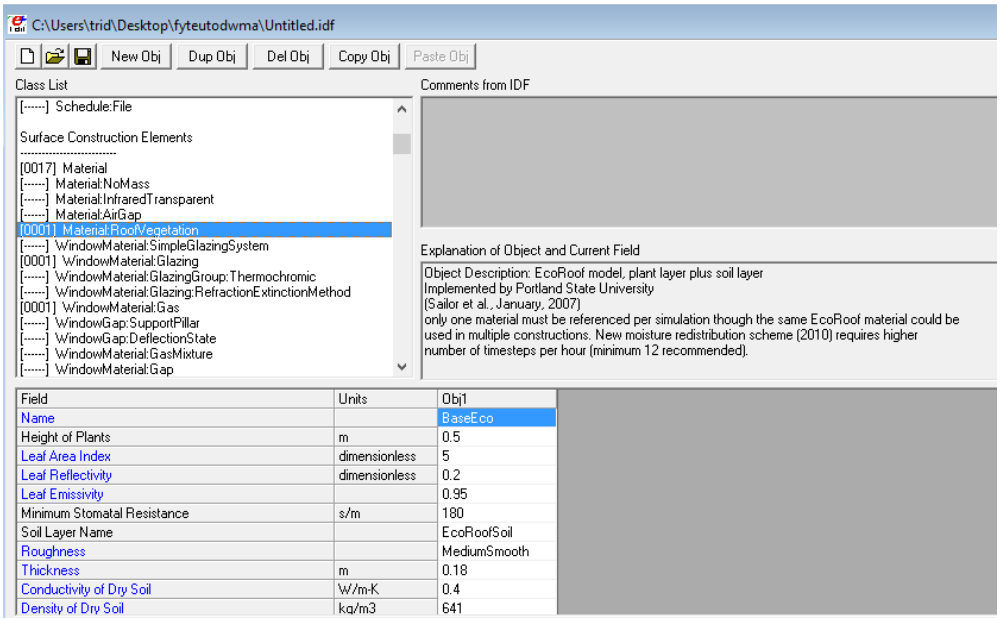
6.6 Εγκατάσταση φυτευτού δώματος

Στο στάδιο αυτό, προτείνεται η προσθήκη φυτευτού δώματος εκτατικού τύπου στο κτίριο. Το φυτεμένο δώμα λειτουργεί ως μια επιπλέον θερμομονωτική στρώση, ελαττώνοντας τα απαιτούμενα ψυκτικά ή θερμικά φορτία το καλοκαίρι και το χειμώνα αντίστοιχα. Αυτή η επιλογή έχει και περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς μειώνει την απορρόη των υδάτων και κρατάει τα βαριά μέταλλα και στοιχεία που μεταφέρονται από τη βροχή. Επίσης, προκαλεί μείωση της ηχορύπανσης και βελτίωση της ποιότητας του αέρα. [22]

Εικόνα 6.20: Παράδειγμα φυτευτού δώματος εκτατικού τύπου [29]

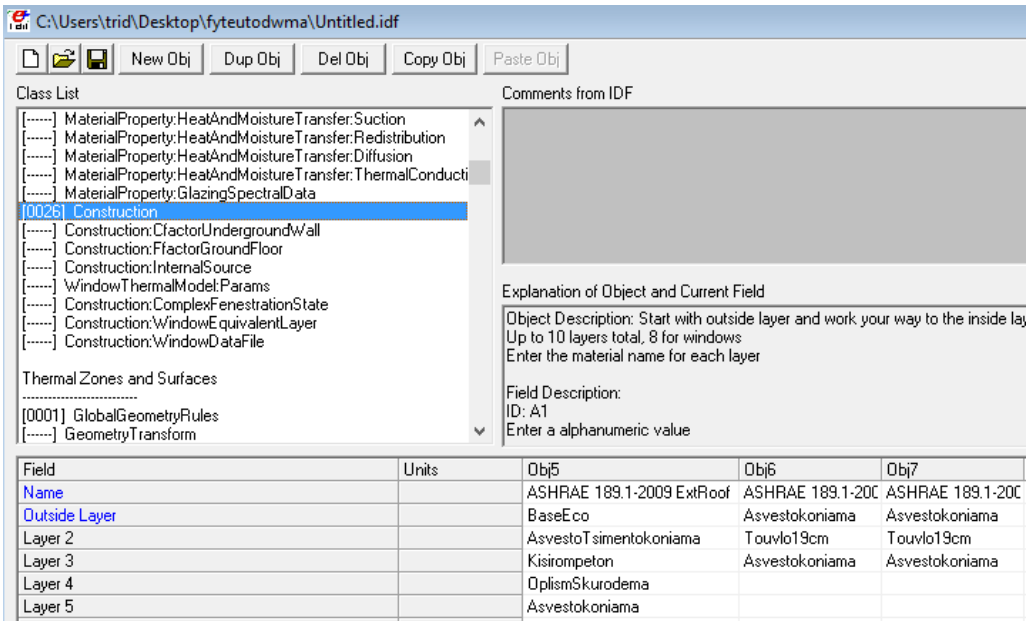
6.6.1 Εισαγωγή παραμέτρων προσομοίωσης

Η πρόταση αυτή θα υλοποιηθεί με την στεγανοποίηση των οροφών του τετάρτου και πέμπτου ορόφου, καθώς και την τοποθέτηση σε αυτές ειδικού χωμάτινου υποστρώματος, πάχους 18 εκατοστών και φυτών εκτατικής φύτευσης, ύψους 50 εκατοστών [23]. Προστέθηκε λοιπόν στο IDF Editor και συγκεκριμένα στην υποκατηγορία «Material:RoofVegetation» το νέο αυτό υλικό με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του (όπως αναφέρονται στη βιβλιοθήκη του EnergyPlus για αυτή την κατηγορία), το οποίο φαίνεται στην Εικόνα 6.21.



Εικόνα 6.21: Χαρακτηριστικά φυτευτού δώματος

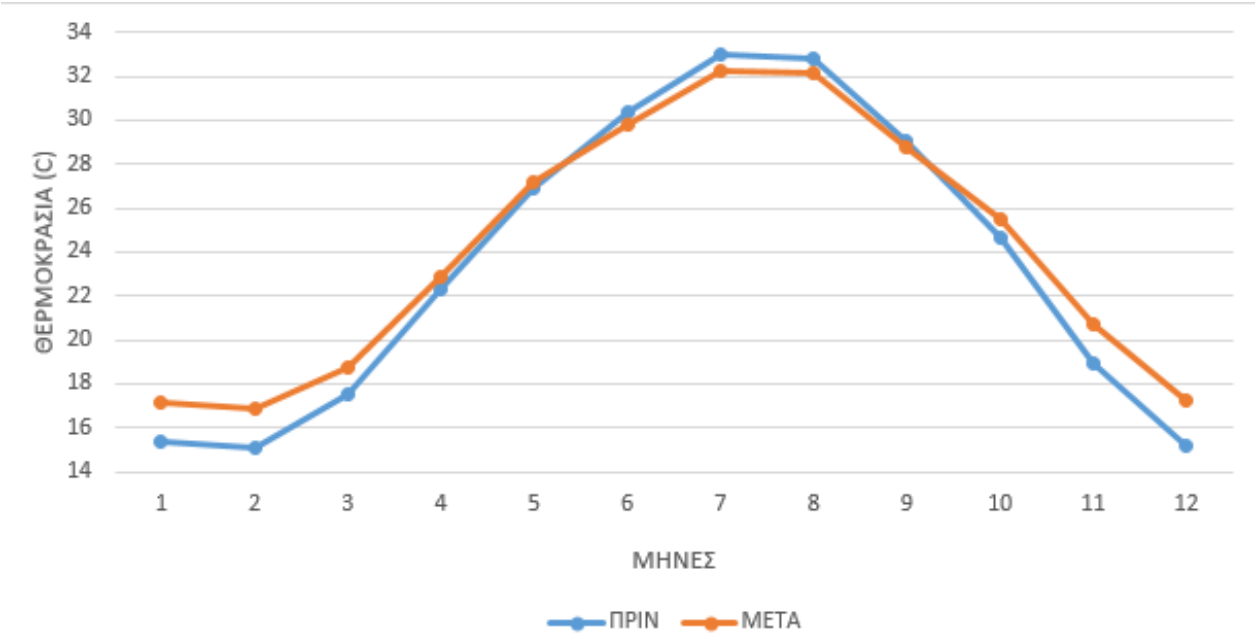
Στην συνέχεια, δηλώθηκε η νέα δομή της κατασκευής των οροφών του κτιρίου στο ήδη υπάρχον αντικείμενο Exterior Roof, στην υποκατηγορία «Construction», όπως φαίνεται παρακάτω στην Εικόνα 6.22. Αυτόματα έτσι η υποκατηγορία «BuildingSurface:Detailed» αναγνώρισε τα ανανεωμένα στοιχεία της κατασκευής για κάθε επιφάνεια που χαρακτηρίζεται ως Exterior Roof.



Εικόνα 6.22: Δομή οροφών μετά την δημιουργία φυτευτού δώματος

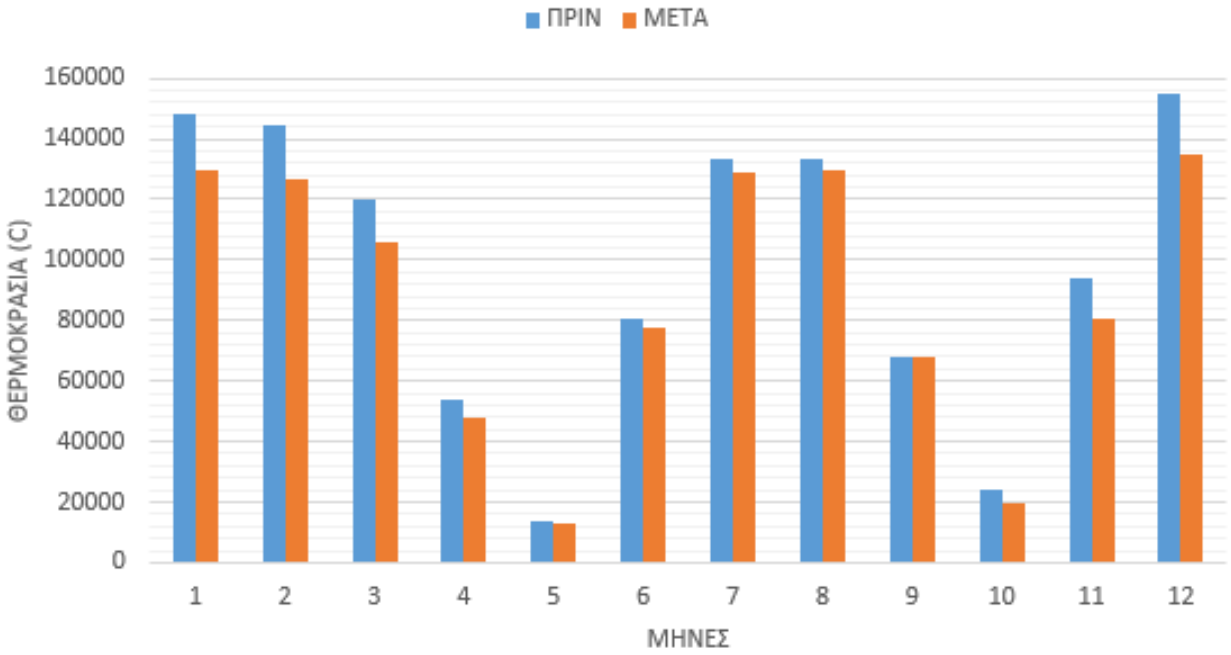
6.6.2 Αποτελέσματα δημιουργίας φυτευτού δώματος και υπολογισμός κόστους επένδυσης

Μετά την προσομοίωση του κτιρίου με τα νέα δεδομένα, έγινε έλεγχος για την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής τους. Παρακάτω, στην Εικόνα 6.23, παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στην θερμική ζώνη "corridor e' orofos" πριν και μετά την δημιουργία του φυτευτού δώματος. Επιλέχθηκε αυτή η ζώνη διότι η φύτευση έγινε στο δώμα αυτού του ορόφου και έτσι θα φανούν καλύτερα τα αποτελέσματα της επένδυσης. Συγκρίνοντας τα δύο διαγράμματα, για τους κρύους μήνες του έτους παρατηρείται αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στην ζώνη έως και 2.0 ºC. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο καθώς η δημιουργία φυτευτού δώματος λειτουργεί σαν επιπλέον θερμομόνωση στο κέλυφος της ζώνης, διατηρώντας έτσι υψηλότερη εσωτερική θερμοκρασία. Επίσης, τους θερμους μήνες παρατηρείται μία μείωση της μεσης θερμοκρασίας, περίπου κατά 0.7 ºC. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να εξοικονομείται ενέργεια σε ψύξη το καλοκαίρι, αλλά και για θέρμανση τον χειμώνα.



Εικόνα 6.23: Μηνιαίες θερμοκρασίες της θερμικής ζώνης "corridor e' orofos' orofos" πριν και μετά την δημιουργία φυτευτού δώματος

Έπειτα, αναλύθηκε η μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε KWh από το σύστημα κλιματισμού για την θέρμανση και την ψύξη του κτιρίου μετά την προσθήκης των σκιάστρων. Τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στην Εικόνα 6.24 παρουσιάζουν αισθητή μείωση της ανάγκης για ψύξη και θέρνανση του Δικαστικού Μεγάρου μετά την επέμβαση.



Εικόνα 6.24: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας κλιματισμού θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου πριν και μετά την δημιουργία φυτευτού δώματος

Οι συνολικές καταναλώσεις ενέργειας για ψύξη μετά την προσθήκη σκιάστρων συγκριτικά με αυτές πριν την εφαρμογή παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 6.24.

Συγκεκριμένα, η συνολική εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης ισούται με 106492.30 KWh/ έτος. Η διαφορά αυτή για κέρδος 0.08259 €/ KWh ισούται με 8795.20 € συνολικό ετήσιο κέρδος για την επιχείρηση.

Μήνες	**Καταναλώσεις Ενέργειας Κλιματισμού (KWh)**		**Εξοικονόμηση Ενέργειας (KWh)**	**Όφελος (€)**
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	148497.32	129935.79	18561.53	1533.00
Φεβρουάριος	144349.26	126959.30	17389.95	1436.24
Μάρτιος	119898.60	106027.13	13871.47	1145.64
Απρίλιος	53816.71	47919.61	5897.11	487.04
Μάιος	13853.20	13175.80	677.40	55.95
Ιούνιος	80603.33	77358.37	3244.95	268.00
Ιούλιος	133337.36	128998.19	4339.18	358.37
Αύγουστος	133409.25	129376.83	4032.42	333.04
Σεπτέμβρης	67895.71	68118.59	-222.88	-18.41
Οκτώβριος	23780.93	19269.05	4511.88	372.64
Νοέμβριος	94309.13	80461.74	13847.39	1143.66
Δεκέμβριος	155150.40	134808.49	20341.91	1680.04
ΣΥΝΟΛΟ	**1168901.20**	**1062408.90**	**106492.30**	**8795.20**

Πίνακας 6.24: Συγκεντρωτικός πίνακας μηνιαίων καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου πριν και μετά την δημιουργία φυτευτού δώματος

Έπειτα, μελετάται το κόστος εφαρμογής της επέμβασης, η οποία θα γίνει στα δώματα του τετάρτου και πέμπτου ορόφου, συνολικής επιφάνειας 1849 m^2. [24]Αρχικά θα τοποθετηθεί διαχωριστική μεμβράνη πολυπροπυλενίου και αντιριζική στεγανοποιητική μεμβράνη από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), 1.5 mm, αξίας 4.00 €/m^2 και 19.10 €/m^2 αντίστοιχα. Στη συνέχεια, θα τοποθετηθεί υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας-προστασίας μόνωσης, 3 mm, αξίας 5.20 €/m^2, αποστραγγιστικό σύστημα, διηθητικό φύλλο από προπυλένιο και υποστρωμα ανάπτυξης φυτών,

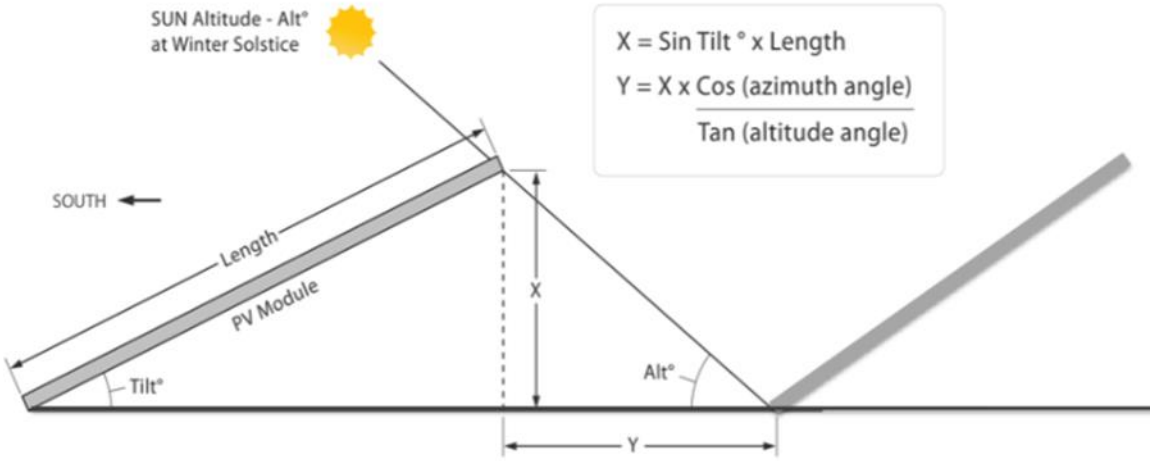
18 cm, τα οποία θα κοστίσουν 19.70 €/m^2, 2.10 €/m^2 και 46.80 €/m^2 αντίστοιχα. Τέλος, θα φυτευθούν φυτά εκτατικής φύτευσης όπως τα χόρτα, τα αμάραντα και άλλα λιγότερο απαιτητικά φυτά, που υπολογίζεται να κοστίσουν λιγότερο από 1000 €. Στις παραπάνω τιμές περιλαμβάνεται το κόστος εργασίας. Συνολικά, λοιπόν, η επέμβαση θα στοιχίσει 180168.1 €. Άρα, με ετήσιο κέρδος 8795.20 €/έτος που προκύπτει λόγω μείωσης καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ο χρόνος απόσβεσης εκτιμάται περίπου στα 20 έτη.

6.6 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος

Τα φωτοβολταϊκά συνδυάζονται πολύ καλά με τις φυτεμένες στέγες, ιδιαίτερα όταν μιλάμε για τοποθετήσεις εκτατικού τύπου. Τα φυτά δεν επηρεάζονται από τη θερμότητα ή τη σκίαση και διατηρούν τις θερμοκρασίες χαμηλά, γεγονός που βοηθά τη λειτουργία των φωτοβολταϊκών, καθώς η υπερθέρμανσή τους αποτελεί πρόβλημα. [25]

6.6.1 Εισαγωγή παραμέτρων προσομοίωσης

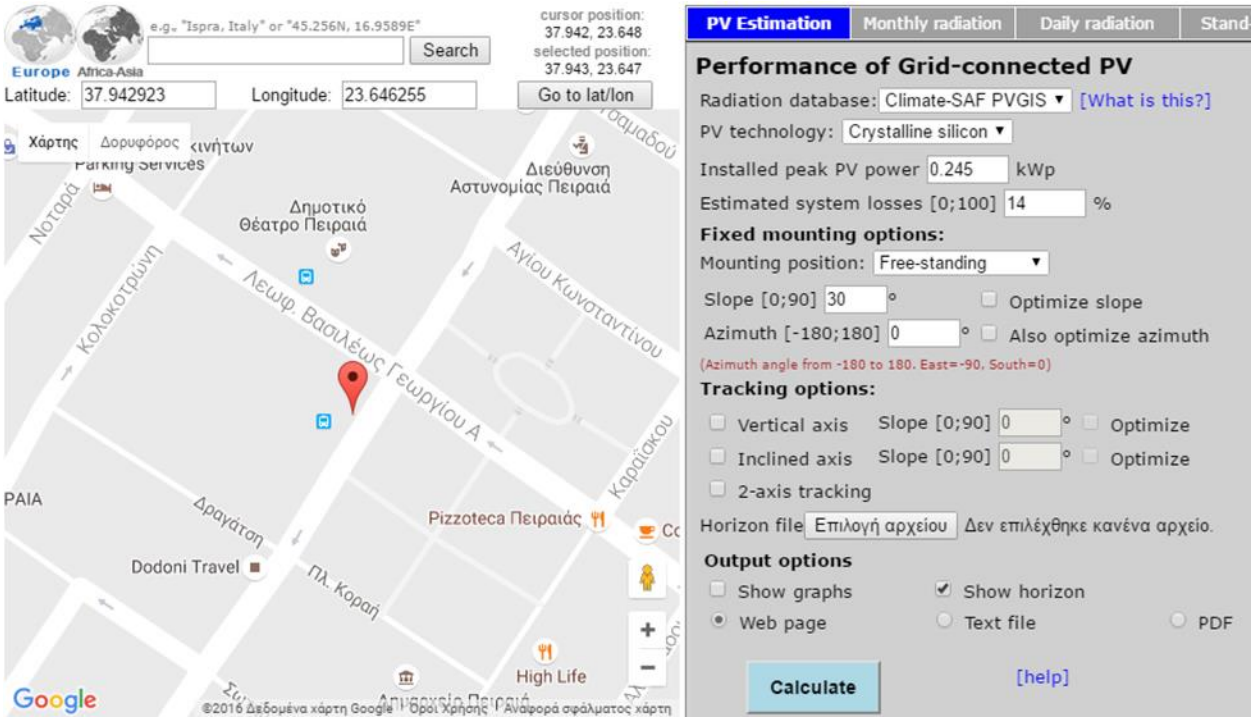
Επιλέχτηκε να τοποθετηθούν πάνελ διαστάσεων 0.99x1.66 μέτρων, με κλίση 30 μοιρών και προσανατολισμό προς το νότο, κατασκευασμένα από μονοκρυσταλλικά ηλιακά κύτταρα πυριτίου με ονομαστική απόδοση 245Wp (Watt-peak) το καθένα. Η διάταξη δύο διαδοχικών σειρών από φωτοβολταϊκά πάνελ θα γίνει βάσει της εικόνας 6.25, ούτως ώστε να μη σκιάζονται. Σε ένα δώμα, χρειάζονται περίπου 12-15 τετραγωνικά μέτρα για κάθε κιλοβάτ. Σύμφωνα με τα ανωτέρω στο δώμα του πέμπτου ορόφου εμβαδού 1296.6 τετραγ. μέτρων μπορούν να τοποθετηθούνν 375 πάνελ,ονομαστικής απόδοσης 92 KWp.



Εικόνα 6.25: Διάταξη φωτοβολταϊκών με κλίση

Ξεκινώντας την εισαγωγή παραμέτρων στο πρόγραμμα, γίνεται η επιλογή του κτιρίου στον χάρτη.Μετά, επιλέγεται η τεχνολογία των panel που θα χρησιμοποιηθει από την επιλογή “PV Technology”. Θα χρησιμοποιηθούν πάνελ με μονοκρυσταλλικά ηλιακά κύτταρα πυριτίου, άρα επιλέγεται το “Crystalline silicon”.Στη συνέχεια, γίνεται εισαγωγή της ισχύος του κάθε φωτοβολταϊκού στοιχείου, που είναι 0.245 kWp. Οι εκτιμώμενες απώλειες του συστήματος ορίζονται στο 14%. Το φωτοβολταϊκο σύστημα θα εγκατασταθεί στο δώμα του κτιρίου, άρα στο πεδίο “ Mounting position” επιλέγεται το “ Free-standing”. Επίσης, στην κλίση των πάνελ επιλέγεται το “Optimize slope” ώστε το πρόγραμμα να επιλέξει την καλύτερη κλίση για την περιοχή που βρίσκεται το κτίριο. Το αζιμούθιο ορίζεται στις 0°, αφού το σύστημα θα έχει προσανατολισμό προς το νότο.

Αναλυτικά τα στοιχεία που συμπληρώθηκαν φαίνονται στην Εικόνα 6.26.



Εικόνα 6.26: Εισαγωγή παραμέτρων στο PVGIS

6.6.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης και υπολογισμός κόστους επένδυσης

Στην παρακάτω Εικόνα 6.27, εμφανίζονται οι μέση ημερήσια και μηνιαία παραγωγή ενέργειας κάθε φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Fixed system: inclination=32°, orientation=0° (Optimum at given orientation)				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	0.69	21.2	3.51	109
Feb	0.83	23.2	4.30	120
Mar	1.11	34.4	5.84	181
Apr	1.20	35.9	6.42	193
May	1.25	38.8	6.82	212
Jun	1.33	39.9	7.40	222
Jul	1.30	40.3	7.33	227
Aug	1.28	39.5	7.21	223
Sep	1.20	35.9	6.64	199
Oct	1.00	30.9	5.39	167
Nov	0.78	23.4	4.10	123
Dec	0.61	18.9	3.14	97.4
Yearly average	**1.05**	**31.9**	**5.68**	**173**
Total for year		**382**		**2070**

E_d: Average daily electricity production from the given system (kWh)
E_m: Average monthly electricity production from the given system (kWh)
H_d: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)
H_m: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)

Εικόνα 6.27: Μέση ημερήσια και μηνιαία παραγωγή ενέργειας κάθε φωτοβολταϊκού στοιχείου

Για να βρεθεί η συνολικά παραγόμενη ενέργεια του φωτοβολταϊκού συστήματος, θα πολλαπλασιαστούν οι παραπάνω τιμές με το 375, που είναι ο αριθμός των τοποθετούμενων πάνελ. Η τιμή της αγοράς της κιλοβατώρας απο τη ΔΕΗ είναι 0,21488 €/KWh για διασυνδεδεμένα συστήματα μέχρι 100 KW.

Στον παρακάτω Πίνακα 6.28 φαίνεται η μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του φωτοβολταϊκού συστήματος, καθώς και το όφελος απο την πώλησή της στη ΔΕΗ.

Μήνας	**Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (KWh)**	**Όφελος σε € από πώληση στη ΔΕΗ**
Ιανουάριος	7950	1708.30
Φεβρουάριος	10440	2243.35
Μάρτιος	15480	3326.34
Απρίλιος	16155	3471.39
Μάιος	17460	3751.80
Ιούνιος	17955	3858.17
Ιούλιος	18135	3896.85
Αύγουστος	17775	3819.49
Σεπτέμβρης	16155	3471.39
Οκτώβριος	13905	2987.91
Νοέμβριος	10530	2262.69
Δεκέμβριος	8505	1827.55
ΣΥΝΟΛΟ	**170445**	**36625.22**

Πίνακας 6.28: Μηνιαία παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και όφελος από την πώλησή της στη ΔΕΗ

Το κόστος εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 92 KWp ανέρχεται περίπου στα 320000 €. Επίσης, η απόδοση του συστήματος υπολογίζεται ότι πέφτει κάθε χρόνο κατά περίπου 1,5 %. Επομένως, η απόσβεση της επένδυσης θα γίνει σε 10 έτη.

6.7 Τοποθέτηση λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας

Μία από τις πλέον διαδεδομένες λύσεις για τη μείωση της κατανάλωσης ρεύματος για φωτισμό είναι οι λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας. Οι λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας καταναλώνουν 4-5 φορές λιγότερο ρεύμα, ενώ η ζωή τους είναι τουλάχιστον εξαπλάσια από εκείνη που έχουν οι κοινοί λαμπτήρες πυράκτωσης, οι οποίοι σπαταλούν το 90% της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα. Υπάρχουν δύο επιλογές: οι λαμπτήρες LED και οι λαμπτήρες CFL(φθορισμού). Αν και οι λαμπτήρες CFL είναι πιο φθηνοί, επιλέγονται οι λαμπτήρες LED, επειδή έχουν χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Οι LED λαμπτήρες είναι διατάξεις ημιαγωγών που περιέχουν αέρια και είναι επικαλυμμένοι με διάφορες ενώσεις φωσφόρου.[26]

6.7.1 Εισαγωγή παραμέτρων στο EnergyPlus

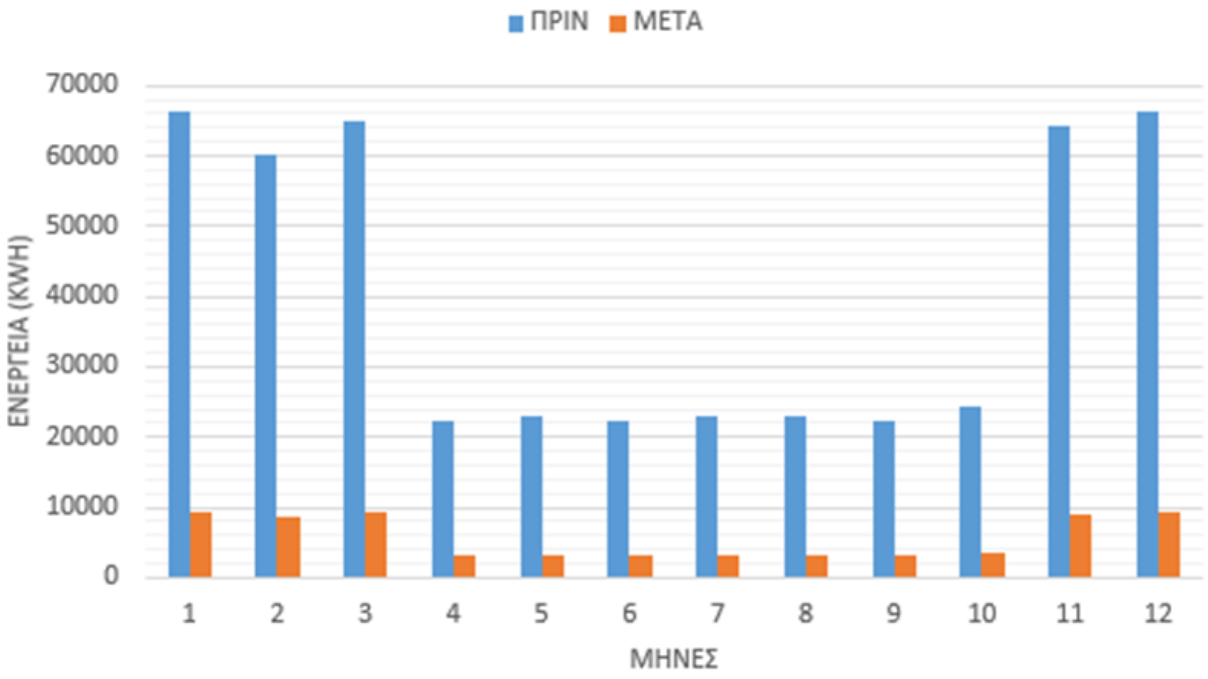
Οι λαμπτήρες LED καταναλώνουν 7-8 φορές λιγότερη ενέργεια απ΄ ότι οι λαμπτήρες πυρακτώσεως.Επομένως, στην υποκατηγορία “Lights” της κατηγορίας “Internal Gains”, στο πεδίο “Watts per Zone Floor Area”, για τα γραφεία χρησιμοποιούνται λαμπτήρες LED με ισχύ 2.7 W/m^2 και για τους κοινόχρηστους χώρους 2.15 W/m^2, όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 6.29.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		grafeia lights	koinoxristoi lights
Zone or ZoneList Name		grafeia	koinoxristoi
Schedule Name		SchGrafeiaLights	SchKoinLights
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area
Lighting Level	W		
Watts per Zone Floor Area	W/m2	2.7	2.15
Watts per Person	W/person		
Return Air Fraction		0	0
Fraction Radiant		0.42	0.42
Fraction Visible		0.18	0.18
Fraction Replaceable		1	1

Εικόνα 6.29: Χαρακτηριστικά των λαμπτήρων LED στην υποκατηγορία “Lights”

6.7.2 Αποτελέσματα προσθήκης λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας και υπολογισμός κόστους επένδυσης

Εξετάσθηκε η διακύμανση στην κατανάλωση ενέργειας, λόγω φωτισμού των χώρων του κτιρίου, πριν και μετά την προσθήκη των λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας. Λαμβάνοντας υπόψη ότι καταναλώνουν 7-8 φορές λιγότερη ενέργεια από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως ήταν αναμενόμενη η ανάλογη απόκλιση της συνολίκης κατανάλωσης ενέργειας, η οποία παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.30.



Εικόνα 6.30: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας πριν και μετά την τοποθέτηση λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας

Η εξοικονόμηση ενέργειας φτάνει τις 305022.21 KWh ανά έτος. Αυτό μεταφράζεται σε ετήσιο όφελος 34143.86 €, όπως φαίνεται και στον παρακάτω Πίνακα 6.31.

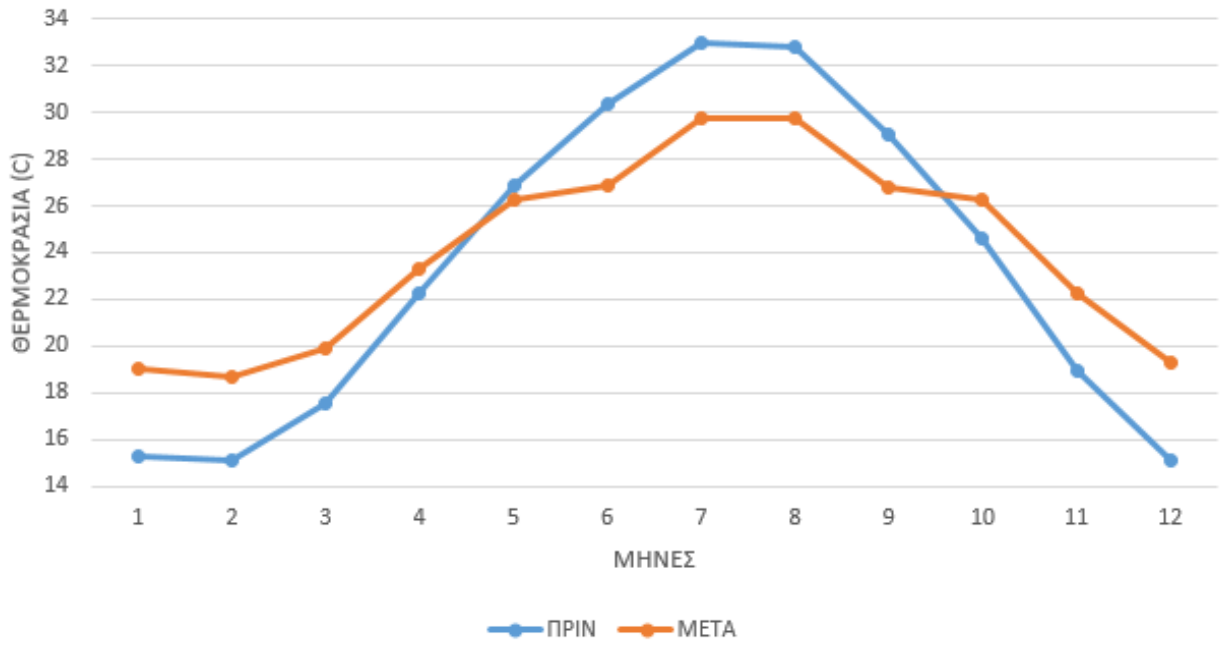
Μήνες	**Καταναλώσεις Ενέργειας Φωτισμού (KWh)**		**Εξοικονόμηση Ενέργειας (KWh)**	**Όφελος (€)**
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	66426.89	9475.29	56951.59	4703.63
Φεβρουάριος	59998.48	8558.33	51440.15	4248.44
Μάρτιος	65025.37	9275.39	55749.98	4604.39
Απρίλιος	22238.50	3172.43	19066.06	1574.67
Μάιος	22979.78	3278.18	19701.60	1627.15
Ιούνιος	22238.50	3172.43	19066.06	1574.67
Ιούλιος	22979.78	3278.18	19701.60	1627.15
Αύγουστος	22979.78	3278.18	19701.60	1627.15
Σεπτέμβρης	22238.50	3172.43	19066.06	1574.67
Οκτώβριος	24381.30	3478.09	20903.21	1726.40
Νοέμβριος	64284.08	9169.64	55114.44	4551.90
Δεκέμβριος	66426.89	9475.29	56951.59	4703.63
ΣΥΝΟΛΟ	482197.83	68783.88	**305022.21**	**34143.86**

Πίνακας 6.31: Συγκεντρωτικός πίνακας μηνιαίων καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου πριν και μετά την τοποθέτηση λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας

Οι χώροι των γραφείων εχουν επιφάνεια 7960 m2 και χρειάζονται 2.7 W/m2 για φωτισμό. Οι κοινόχρηστοι χώροι έχουν επιφάνεια 6000 m2 και χρειάζονται 2.15 W/m2. Συνολικά λοιπόν, οι απαιτήσεις του κτιρίου για φωτισμό είναι 34392 W. Αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν λαμπτήρες LED Σποτ 5.5W, διάρκειας ζωής 10 ετών, οι οποίοι παρέχουν ζεστό λευκό φως και έχουν αξία 18.60 € ο καθένας. Συνολικά θα χρησιμοποιηθούν 6253 τέτοιοι λαμπτήρες, συνολικής αξίας 116307.50 €. Επομένως, η απόσβεση αυτής της επέμβασης αναμένεται να γίνει σε 3.5 έτη.

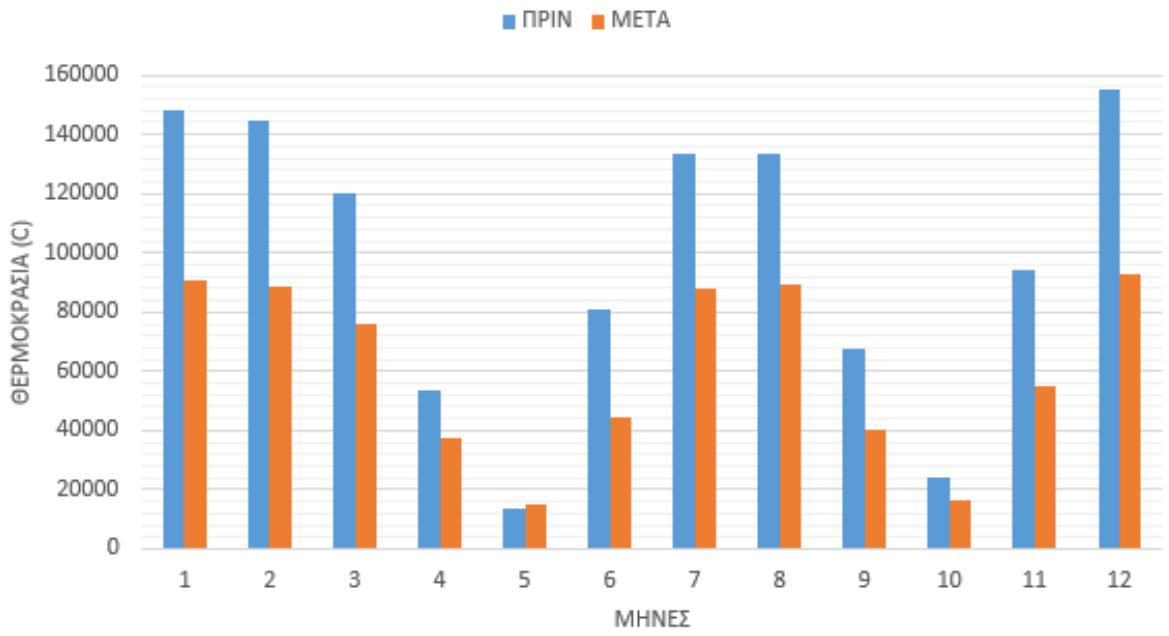
6.8 Παρουσίαση αποτελεσμάτων μετά την εφαρμογή όλων των προτεινόμενων επεμβάσεων

Σαν τελευταία ενέργεια κρίθηκε εύλογη η παρουσίαση των συνολικών αποτελεσμάτων που προέκυψαν μετά την εφαρμογή όλων των παραπάνω προτάσεων στο υπό μελέτη κτίριο. Αρχικά, στην Εικόνα 6.32, φαίνεται η συμβολή του συνδυασμού των προτεινόμενων ενεργειών νυχτερινού δροσισμού, αντικατάστασης υαλοπινάκων, εξωτερικής θερμομόνωσης, σκιάστρων και φυτευτού δώματος στην βελτίωση της εσωτερικής θερμοκρασίας της ζώνης "corridor e' orofos". Κατά τους χειμερινούς μήνες λοιπόν, όπου εμφανίζονται οι χαμηλότερες θερμοκρασίες, σημειώνεται αύξηση θερμοκρασιών η οποία φτάνει έως και τους 4°C. Επίσης, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες παρατηρείται μείωση της θερμοκρασίας, έως και 3°C.



Εικόνα 6.32: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στη ζώνη "corridor e' orofos" πριν και μετά την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού, εξωτερικής θερμομόνωσης, υαλοπινάκων Low-E, σκιάστρων και φυτευτού δώματος

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η αντίστοιχη μείωση της μηνιαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε KWh από το σύστημα κλιματισμού για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου, μετά τις επεμβάσεις. Στην Εικόνα 6.33 φαίνεται ότι το σύστημα κλιματισμού, για θέρμανση τους πιο κρύους μήνες, καταναλώνει έως και 62503.46 KWh/μήνα λιγότερες σε σχέση με πριν.



Εικόνα 6.33: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας κλιματισμού στο κτίριο πριν και μετά την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού, εξωτερικής θερμομόνωσης, υαλοπινάκων Low-E, σκιάστρων και φυτευτού δώματος

Συγκεντρωτικά, παρατίθενται στον παρακάτω Πίνακα 6.34 οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια σε KWh (συμπεριλαμβάνονται τα συστήματα φωτισμού, κλιματισμού και οι ηλεκτρικές συσκευές) πριν και μετά την εφαρμογή των πέντε αυτών προτάσεων ενεργειακής βελτίωσης που προκαλούν μείωση θερμοκρασίας, καθώς και της τοποθέτησης λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας.

Μήνες	**Καταναλώσεις Ενέργειας (KWh)**		**Εξοικονόμηση Ενέργειας (KWh)**	**Όφελος (€)**
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	244608.85	130183.52	114425.33	9450.39
Φεβρουάριος	231159.68	123937.60	107222.08	8855.47
Μάρτιος	214608.62	115280.28	99328.33	8203.53
Απρίλιος	104782.29	69529.10	35253.19	2911.56
Μάιος	66517.62	48098.98	18418.64	1521.20
Ιούνιος	131568.91	76143.14	55425.76	4577.61
Ιούλιος	186001.79	121018.96	64982.83	5366.93
Αύγουστος	186073.68	122346.99	63726.69	5263.19
Σεπτέμβρης	118861.29	71925.68	46935.61	3876.41
Οκτώβριος	77846.88	49771.67	28075.20	2318.73
Νοέμβριος	187320.29	93064.28	94256.01	7784.60
Δεκέμβριος	251261.94	131806.87	119455.07	9865.79
ΣΥΝΟΛΟ	**2000611.83**	**1153107.09**	**847504.74**	**69995.42**

Πίνακας 6.34: Συγκεντρωτικός πίνακας μηνιαίων καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας μετά την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού, εξωτερικής θερμομόνωσης , υαλοπινάκων Low-E, σκιάστρων, φυτευτού δώματος και λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας

Παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας, εάν εφαρμοστούν οι έξι προτεινόμενες ενεργειακές βελτιώσεις, ισούται με 847504.74 KWh, δηλαδή προκύπτει μείωση κατά 42.36 % των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια. Επίσης, παρατηρείται εξοικονόμηση χρημάτων 69995.42 €. Η συνολική αξία των επενδύσεων αυτών είναι 817931,80 €, άρα η απόσβεσή τους, θα γίνει σε 12 χρόνια (η αξία των λαμπτήρων προστέθηκε και δεύτερη φορά, αφού στα 10 χρόνια θα έχει γίνει αντικατάστασή τους σύμφωνα με την διάρκεια ζωής τους).

Επιπλέον, στα 10 χρόνια θα έχει γίνει και η απόσβεση του φωτοβολταϊκού συστήματος και από εκεί και πέρα θα υπάρχει ετήσιο κέρδος 31487,63 € που θα μειώνεται κατά 1,5 % ανά έτος.

Επομένως, το κόστος επένδυσης και για τις εφτά επεμβάσεις θα είναι 1137931,80 € και η απόσβεσή τους θα γίνει σε 11 έτη.

7 Επίλογος

7.1 Συμπεράσματα και σχολιασμός αποτελεσμάτων

Ολοκληρώνοντας τη μελέτη, κρίθηκε εύλογη η αξιολόγηση τόσο των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνησης της όσο και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν.

Σε πρώτη φάση, αξιολογείται η χρησιμότητα του λογισμικού Energy Plus, το οποίο επιλέχθηκε για την ενεργειακή μελέτη του κτιρίου. Με την εισαγωγή των κατάλληλων παραμέτρων και την πλήρη κατανόηση του τρόπου, με τον οποίο το πρόγραμμα επεξεργάζεται τα δεδομένα που εισάγονται, προσομοιώθηκε η αρχική κατάσταση λειτουργίας του υπό μελέτη κτιρίου, δηλαδή χωρίς τις επεμβάσεις. Ως αποτελέσματα βρέθηκαν οι συνολικές ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου.

Έπειτα με σκοπό την ενεργειακή βελτίωση του Δικαστικού Μεγάρου, εξετάζεται η αποτελεσματικότητά των προτάσεων που έγιναν και αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 6 και η δυνατότητα εφαρμογής τους από οικονομικής πλευράς, με σκοπό τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

Αρχικά, για την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού στο κτίριο, προτάθηκε η προσθήκη εξαεριστήρων στους υαλοπίνακες που λειτουργούν με αυτόματο μηχανισμό, μέσω των οποίων ο ψυχρός αέρας των νυχτερινών ωρών εισέρχεται στο εσωτερικό των χώρων, δροσίζοντάς τους με φυσικό τρόπο. Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας κλιματισμού έπειτα από την προσομοίωση της μεθόδου στο Energy Plus, υπολογίσθηκε ως το 3.64 % της αρχικής, η οποία ισοδυναμεί με όφελος 2875.06 €/έτος. Το κόστος της επένδυσης υπολογίσθηκε συνολικά 74781 €, με εκτιμώμενο χρόνο απόσβεσης στα 26 χρόνια. Εξετάζοντας τη μέθοδο μόνο από οικονομική σκοπιά, η επένδυση αυτή θεωρείται μέτρια. Ωστόσο, έστω και αν το ποσοστό μείωσης ενέργειας δεν προκύπτει πολύ μεγάλο, σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να αγνοηθεί καθώς συμβάλει στον αρχικό στόχο της επέμβασης, το βιοκλιματικό σχεδιασμό.

Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση της προσθήκης υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής. Προκαλείται μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στους χώρους και μειώνεται η εσωτερική θερμοκρασία τον χείμωνα και λόγω της θερμομονωτικής τους ιδιότητας χρειάζεται λιγότερη ενέργεια για θέρμανση τον χειμώνα. Η πρόταση αυτή, μειώνοντας την ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια κατά 1,6 %, αποφέρει ετήσιο κέρδος 1539,12 €/έτος στο Δικαστικό Μέγαρο, ενώ η επένδυση για την εφαρμογή της ανέρχεται στα 38175.2 €, με εκτιμώμενη απόσβεση κόστους στα 24 έτη. Παρόλο το μικρό ποσοστό μείωσης, η εφαρμογή της μεθόδου αυτής θεωρείται σημαντική ως προς τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας του κτιρίου. Ωστόσο, θεωρείται μέτρια από οικονομικής άποψης.

Έπειτα, με την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης επιτυγχάνεται προστασία του κελύφους του κτιρίου από την ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι και από το κρύο τον χειμώνα. Έτσι, βελτιώνεται σημαντικα η θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου. Από την μελέτη της εν λόγω πρότασης, προέκυψε ετήσια μείωση καταναλισκόμενης ενέργειας κατά 30.2% που παραπέμπει σε ετήσιο όφελος 29150,94 €. Το κόστος εφαρμογής ανέρχεται στα 279124,50 €, με αναμενόμενη απόσβεση σε διάρκεια 10 ετών. Έτσι, αναβαθμίζεται σημαντικά η ενεργειακή συμπεριφορά του Δικαστικού Μεγάρου. Η επένδυση θεωρείται πολύ καλή, λόγω του μικρού χρόνου απόσβεσης.

Αντιθέτως, στην περίπτωση της τοποθέτησης σκιάστρων στην ανατολική πλευρά του κτιρίου, τα αποτελέσματα δεν ήταν τόσο θετικά. Αυτό συνέβει διότι, η θερμοκρασία στους χώρους του κτιρίου δεν έπεφτε μόνο το καλοκαίρι, αλλά και τον χειμώνα, με αποτέλεσμα την κατανάλωση περισσότερης ενέργειας για θέρμανση. Παρ’ όλα αυτά, υπήρξε μιία μικρή μείωση της συνολικής ενέργειας για κλιματισμό κατά 0,34 % που σημαίνει όφελος 328,13 € ανά έτος. Το κόστος εφαρμογής της επέμβασης υπολογίζεται στα 13068 €, με αναμενόμενη απόσβεση στα 39 έτη. Επομένως, η επένδυση χαρακτηρίζεται κακή οικονομικά, ωστόσο συμβάλλει και αυτή θετικά στον βιοκλιματικό σχεδιασμό του κτιρίου.

Στην επόμενη φάση, προτάθηκε η δημιουργία φυτευτού δώματος, με την οποία επιτεύχθηκε βελτίωση της θερμοκρασίας του κτιρίου για όλο τον χρόνο. Αύτο είχε σαν αποτέλεσμα την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για κλιματισμό κατά 9,11 %, που μεταφράζεται σε όφελος 8795,20 € ανά έτος. Το κόστος για αυτή την επέμβαση υπολογίστηκε στα 180168,10 €, με την απόσβεσή της να αναμένεται σε 20 χρόνια. Άρα, η επέμβαση θεωρείται καλή και από οικονομικής άποψης, αλλά και ενεργειακής.

Σε συνδιασμό με το φυτευτό δώμα, στην οροφή του κτιρίου, σχεδιάστηκε και η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος με 375 πάνελ, συνολικής ονομαστικής απόδοσης 92 KWp. Η συνολικά παραγόμενη ενέργεια του συστήματος υπολογίστηκε στις 170445 KW ανά έτος και από την πώλησή της στη ΔΕΗ , το κέρδος θα είναι 36625,22 €. Το κόστος αυτής της επένδυσης υπολογίστηκε στα 320000 € και με δεδομένο ότι η απόδοση του φωτοβολταϊκού συστήματος πέφτει κατά 1,5 % κάθε χρόνο, η απόσβεσή της θα πραγματοποιηθεί σε 10 έτη. Αυτός ο μικρός χρόνος απόσβεσης, σε συνδιασμό με την παραγωγή καθαρής ενέργειας, καθιστούν την επένδυση αυτή πολύ καλή.

Τέλος, προτάθηκε η τοποθέτηση λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας, αντί των κοινών λαμπτήρων πυρακτώσεως. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης επιτεύχθηκε εξοικονόμηση ενέργειας 305022.21 KWh, με ετήσιο όφελος 34143,86 €. Μειώθηκε δηλαδή, η ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια κατά 63,26 %, σε σχέση με την ενέργεια που καταναλώνουν οι λαμπτήρες πυρακτώσεως και 15,25 %, σε σχέση με την προηγούμενη συνολική κατανάλωση του κτιρίου. Θα χρησιμοποιηθούν 6523 λαμπτήρες LED συνολικής αξίας 116307,50 €, άρα ο εκτιμώμενος χρόνος απόσβεσης είναι τα 3,5 έτη. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι λαμπτήρες θα αντικαθίστανται κάθε περίπου 10 χρόνια, λόγω της περιορισμένης διάρκειας ζωής τους. Σύμφωνα με τον μικρό χρόνο απόσβεσης και της μεγάλης συμβολής της στον βιοκλιματικό σχεδιασμό, αυτή η επέμβαση θεωρείται πολύ καλή.

Τελικά, το κόστος επένδυσης και για τις εφτά επεμβάσεις θα είναι 1137931,80 € και η απόσβεσή τους θα γίνει σε 11 έτη.

Βέβαια ένα τόσο μεγάλο κόστος επένδυσης ενδέχεται να οδηγήσει το δημόσιο στη λήψη δανείου, γεγονός που θα επιμηκύνει την περίοδο απόσβεσης του, λόγω των προστιθέμενων τόκων. Το σενάριο αυτό δεν εξετάστηκε στην παρούσα μελέτη καθώς η εκτίμηση του επιτοκίου δανεισμού αποτελεί πολύπλοκη διαδικασία η οποία εξαρτάται από πλήθος παραμέτρων.

7.2 Μελλοντικές Προοπτικές

Ενδεχόμενες επιπλέον επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης, όπως η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας, η τοποθέτηση συστημάτων εξοικονόμησης νερού ή με ελεγχόμενη ροή σε καζανάκια και βρύσες ή με τοποθέτηση φωτοκύτταρων σε βρύσες, είναι πιθανό να αποφέρουν ακόμα μεγαλύτερη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας του κτιρίου.

Βιβλιογραφία

[1] «Το ενεργειακό πρόβλημα στην σύγχρονη εποχή» -Ερευνητική εργασία- Αλεξάνδρα Καπλάνη
INT. – 1 http://1lyk-vyron.att.sch.gr/A1b_kaplani.pdf (15-10-16)

[2] «Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα» -ΥΠΕΚΑ
INT. – 2 http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ktiria_intro.htm (15-10-16)

[3] «Περιβάλλον, ενεργειακή τεχνολογία, πράσινα κτίρια»- tzanos
INT. – 3 http://www.tzanos.gr/gr/perivallon.asp (15-10-16)

[4] «Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων»-wikipedia
INT. – 4
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CF%83%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%AF%CF%89%CE%BD (15-10-16)

[5] «Φωτοβολταϊκό σύστημα»- wikipedia
INT. – 5
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CF%8C_%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1 (15-10-16)

[6] «Οδηγίες για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις» -Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ)
INT. – 6 http://www.cres.gr/kape/pdf/odigos_pv_systimaton.pdf (15-10-16)

[7] «Βιομάζα»- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ)
INT. – 7 http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_biomass.htm (15-10-16)

[8] «Τηλεθέρμανση» -Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ)
INT. – 8
http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/hmerida_bio_karditsa/5_DISTRICT_HEATING_SKARVELIS.pdf (15-10-16)

[9] «Γεωθερμία» -Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ)
INT. – 9 http://www.cres.gr/kape/education/web_dynitikoi%20xristes.pdf (15-10-16)

[10] «Δικαστήριο»- Wikipedia
INT. – 10
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%BF (15-10-16)

[11] «SketchUp»
INT. – 11 http://www.sketchup.com/ (15-10-16)

[12] «Openstudio»
INT. – 12 https://www.openstudio.net/ (15-10-16)

[13] «EnergyPlus»
INT. – 13 https://energyplus.net/ (15-10-16)

[14] «PVGIS»
INT. – 14 http://photovoltaic-software.com/pvgis.php (15-10-16)

[15] «Τεχνική οδηγία ΤΕΕ» Τ.Ο.Τ.Ε.Ε
INT. – 15 http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE-20701-1-Final-%D4%C5%C5-2nd.pdf (15-10-16)

[16] «Κατηγορίες του EnergyPlus»
INT. – 16 http://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-0/input-output-reference/index.html (15-10-16)

[17] «Επίπεδο ανθρώπινης δραστηριότητας»
INT. – 17 http://www.engineeringtoolbox.com/metabolic-heat-persons-d_706.html (15-10-16)

[18] «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών»
INT. – 18 http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE-20701-2-Final-%D4%C5%C5....pdf (15-10-16)

[19] «Εξαεριστήρες τζαμιού»
INT. – 19 http://www.sivar.gr/files/216%20GR.pdf (15-10-16)

[20] «Εξωτερική θερμομόνωση»
INT. – 20 http://www.monotikaylika.gr/eksoteriki-thermomonosi (15-10-16)

[21] «Θερμομόνωση ταράτσας»
INT. – 21 http://www.monotikaylika.gr/durosol-light-roof-7 (15-10-16)

[22] «Εφαρμογή φυτευμένου δώματος»- Διπλωματική εργασία- Αντωνίου Αικ.
INT. – 22
http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/handle/123456789/6089/%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97%20%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%91%CE%A3%CE%99%CE%91.pdf?sequence=1 (15-10-16)

[23] «Φυτευτό δώμα»- metaxiotis
INT. – 23 http://www.metaxiotis.gr/gr/21-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BC%CF%8C%CE%BD%CF%89%CF%83%CE%B7/34-%CE%B4%CF%8E%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1/38-%CF%86%CF%85%CF%84%CE%B5%CF%85%CF%84%CF%8C-%CE%B4%CF%8E%CE%BC%CE%B1-fibran.html (15-10-16)

[24] «Τιμές τιμολογίων για τα φυτεμένα δωματα»
INT. – 24 http://taratsokipos.blogspot.gr/2013/11/blog-post.html (15-10-16)

[25] «Πράσινη ταράτσα»
INT. – 25 http://www.4green.gr/data/fotovoltaika/news/preview_news/88906.asp (15-10-16)

[26] «Λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας»
INT. – 26 http://www.energylab.gr/products/energy-saving-lightbulbs/ (26-10-16)

Εικόνες

[27] «Google maps»
INT. – 27
https://www.google.gr/maps/place/%CE%9B%CE%B5%CF%89%CF%86.+%CE%97%CF%81.+%CE%A0%CE%BF%CE%BB%CF%85%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B5%CE%AF%CE%BF%CF%85+34,+%CE%A0%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%B1%CE%B9%CE%AC%CF%82+185+35/@37.9428017,23.6447102,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x14a1bbe850ac0d0f:0xafaa1229e2383f42!8m2!3d37.9427975!4d23.6468989 (26-10-16)

[28] «Χωροθέτηση των υπηρεσιών του Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά από την κατασκευαστική εταιρεία »

[29] «Φυτευτό δώμα»
INT. – 29 http://www.greenrooftechnology.com/extensive-green-roof (26-10-16)