



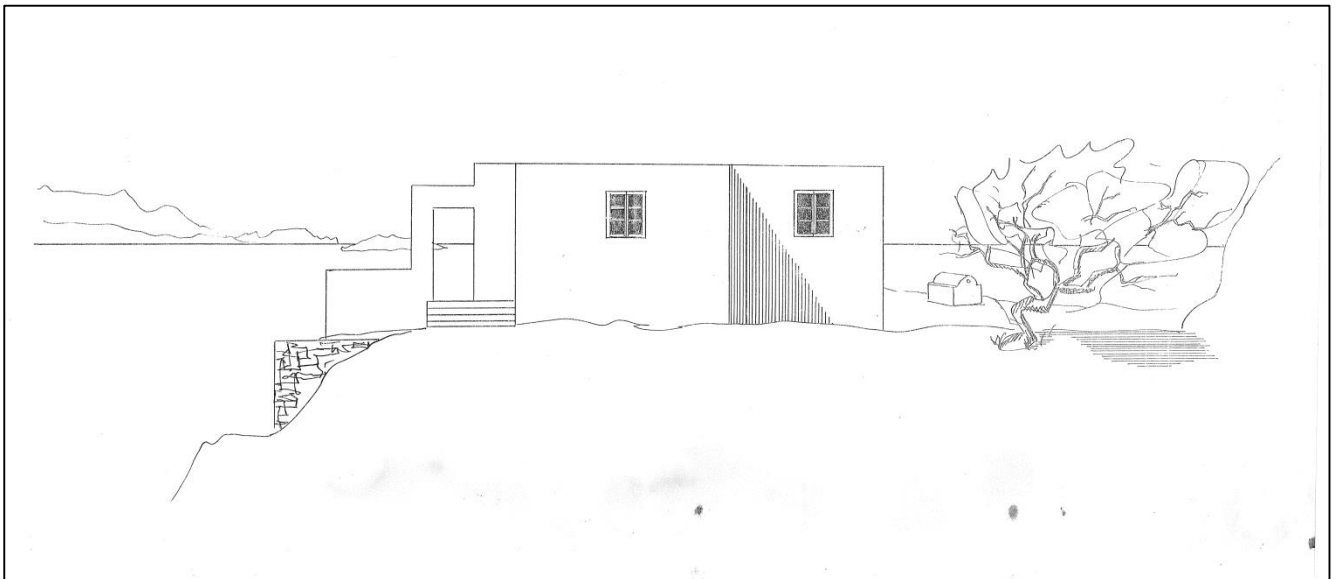
**Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο**

**Σχολή Πολιτικών Μηχανικών**

**Τομέας Δομοστατικής**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός κατοικίας στο νησί της Μήλου με χρήση των λογισμικών EnergyPlus και PVGis



Ελευθερίου Μυρτώ Μύριαμ

Κατσαμπή Λουίζα Μαριέττα

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Τζουβαδάκης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2016



# **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός κατοικίας στο νησί της Μήλου με χρήση των λογισμικών EnergyPlus και PVGIS

**Ελευθερίου Μυρτώ Μύριαμ**

**Κατσαμπή Λουίζα Μαριέττα**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Τζουβαδάκης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2016

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.

*Αφιερωμένο στις οικογένειές μας*

## ***Ευχαριστίες***

Πρωτίστως θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας, κύριο Ιωάννη Τζουβαδάκη για την καθοδήγησή του από την αρχή μέχρι το τέλος αυτής της εργασίας και για την άμεση βοήθεια που μας προσέφερε, όποτε παρέστη ανάγκη. Ακόμα, θα θέλαμε να τον ευχαριστήσουμε για τις γνώσεις που μας παρείχε στο σύνολο του κύκλου σπουδών μας.

Επιπροσθέτως, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας για την αμέριστη υποστήριξη και τη συνεχή παρουσία τους δίπλα μας.

Τέλος, να ευχαριστήσουμε τον κύριο Μενέλαο Ξενάκη για τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις και την καθοδήγηση επί της θεματολογίας.



## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Αντικείμενο αυτής της εργασίας αποτελεί η ενεργειακή ανάλυση και αναθεώρηση της υπό μελέτη οικίας με βιοκλιματικά κριτήρια. Η κατοικία που εξετάζεται βρίσκεται στη Μήλο, ένα νησί με έντονο ενεργειακό ενδιαφέρον. Σκόπιμο λοιπόν κρίθηκε να αναθεωρηθεί η οικία όσον αφορά σε ανάγκες που εξυπηρετούν εκτεταμένες χρήσεις, διατηρώντας μία οικολογική συμπεριφορά, όπως αρμόζει στην σύγχρονη θεώρηση, που στρέφεται σε έναν φιλικότερο προς το περιβάλλον, σχεδιασμό. Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, προτάθηκαν τέσσερις επεμβάσεις βιοκλιματικού χαρακτήρα. Σε πρώτη φάση περιγράφεται η οικία και στη συνέχεια σχεδιάζεται σε κατάλληλο πρόγραμμα, ώστε να συγκριθούν έπειτα τα ενεργειακά αποτελέσματα της με αυτά των προτεινόμενων επεμβάσεων. Ακολουθεί η προσομοίωση των τεσσάρων επεμβάσεων στην υφιστάμενη οικία και η εξαγωγή αποτελεσμάτων. Η κάθε επέμβαση αναλύεται από άποψη ενεργειακού και οικονομικού οφέλους και συγκρίνεται με την υφιστάμενη κατάσταση, ώστε να εκτιμηθεί η εξοικονόμηση ενέργειας από την εφαρμογή της. Σε ένα μεγάλο μέρος της εργασίας αναλύεται η χρήση και η εισαγωγή παραμέτρων σε όλα τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν. Στο τελευταίο κομμάτι της εργασίας, για μελετητικούς σκοπούς, αντιπαραβάλλονται τα αποτελέσματα που εξήχθησαν για την ίδια επέμβαση με χρήση δύο διαφορετικών ενεργειακών προγραμμάτων.

## **ABSTRACT**

The purpose of this Diploma thesis is the energy analysis and review of the building under study with bioclimatic criteria. The house is located in Milos, an island with intense energy interest. So, it was considered appropriate to adapt the building to the expanded needs for the several uses of the house, maintaining an ecological behavior that is closer to the modern vision, which focuses on a more environmentally friendly design. To achieve these objectives, four bioclimatic interventions are being proposed. Initially the house is described and then designed on a suitable program, in order for the results of the energy simulation to be compared afterwards with those of the proposed interventions. Subsequently, the four interventions in the existing house are simulated, so that energy results can be exported. Each operation is analyzed in terms of energy and economic benefits and, also, compared to the current situation to assess the energy savings from the implementation. In a large part of the Diploma thesis, an analysis of the use and imported parameters in all four computer programs is conducted. The last part of this thesis is the collation of the results obtained, for the same intervention, using two different energy programs, for design purposes.





# Περιεχόμενα

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
<b>1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ .....</b>	<b>3</b>
1.1 Εισαγωγή στον Βιοκλιματικό σχεδιασμό.....	3
1.2 Γενικές αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού.....	4
1.2.1 Χωροθέτηση-Προσανατολισμός.....	5
1.2.2 Τοιχοποιία.....	5
1.2.3 Ανοίγματα για ηλιασμό και αερισμό.....	5
1.2.4 Θερμική αδράνεια κτιρίου .....	5
1.2.5 Χρήση του κτιρίου από τους ανθρώπους .....	6
1.2.6 Περιβάλλον χώρος.....	6
1.3 Παθητικά συστήματα ηλιακής θέρμανσης .....	6
1.3.1 Σύστημα άμεσου κέρδους .....	6
1.3.2 Τοίχος θερμικής αποθήκευσης (τοίχος μάζας ή ηλιακός τοίχος).....	7
1.3.3 Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος.....	9
1.3.4 Θερμοσιφωνικό πανέλο ή αεροσυλλέκτης.....	10
1.3.5 Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση .....	11
1.4 Παθητικά συστήματα Αερισμού και Δροσισμού και τεχνικές .....	12
1.4.1 Αερισμός.....	13
1.4.1.1 Φυσικός αερισμός .....	13
1.4.1.2 Αερισμός με ανεμιστήρες οροφής.....	15
1.4.1.3 Αερισμός με αεριζόμενο κέλυφος.....	15
1.4.2 Δροσισμός.....	16
1.4.2.1 Ψύξη με εξάτμιση.....	16
1.4.2.2 Ψύξη με ακτινοβολία.....	17
1.4.2.3 Ψύξη από το έδαφος.....	18
1.4.2.4 Ξήρανση στον αέρα που εισέρχεται στο κτίριο.....	19
1.4.2.5 Γεωθερμικές αντλίες .....	19
1.4.2.6 Αντλίες απορρόφησης.....	21
1.5 Συστήματα φυσικού φωτισμού.....	21
1.5.1 Πρισματικοί υαλοπίνακες .....	22
1.5.2 Φωτοσωλήνες (light pipes) .....	22
1.5.3 Ανειδωλικά συστήματα οροφής.....	23
1.5.4 Ανοίγματα οροφής .....	24
1.5.5 Αίθρια .....	26
1.5.6 Ράφια φωτισμού (light shelves) .....	26
1.5.7 Φωτοσωλήνες (light ducts) .....	27
1.5.8 Ηλιοστάσια .....	28
1.5.9 Διαφανής μόνωση .....	29
1.5.10 Πρισματικά υλικά διαπερατά από το φως.....	30
1.5.11 Ανακλαστικές περσίδες.....	31
1.6 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα .....	31
1.6.1 Εκμετάλλευση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας .....	32

1.6.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	33
1.6.3 Τηλεθέρμανση με Βιομάζα .....	34
1.6.4 Γεωθερμία .....	34
1.6.5 Συστήματα θερμικής προστασίας κτιριακού κελύφους .....	36
1.6.6 Υλικά κατασκευής .....	37
1.6.7 Υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής .....	38
1.6.8 Φυτευτά (ή φυτεμένα) Δώματα.....	39
<b>2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ.....</b>	<b>40</b>
2.1 Τοποθεσία κτιρίου .....	40
2.2 Γενικά στοιχεία κατοικίας .....	40
2.3 Περιγραφή εσωτερικών χώρων .....	45
<b>3. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ .....</b>	<b>49</b>
3.1 Περιγραφή των χρησιμοποιηθέντων λογισμικών .....	49
3.1.1 SketchUp και Legacy Open Studio .....	49
3.1.2 EnergyPlus .....	49
3.2 Σχεδίαση κατοικίας με το SketchUp και Open Studio plug-in.....	50
3.2.1 Περιγραφή εργαλείων .....	50
3.2.2 Καθορισμός θερμικών ζωνών στο υπό μελέτη μοντέλο .....	53
3.3 Προσομοίωση μοντέλου στο EnergyPlus.....	56
3.3.1 Πρώτη εκτέλεση προσομοίωσης με χρήση EP-Launch .....	56
3.3.2 Κατηγορία Simulation Parameters.....	57
3.3.3 Κατηγορία Location & Climate .....	58
3.3.4 Κατηγορία Surface Construction Elements.....	60
3.3.5 Κατηγορία Thermal Zones & Surfaces .....	67
3.3.6 Κατηγορία Schedules.....	69
3.3.7 Κατηγορία Internal Gains .....	75
3.3.8 Κατηγορία Zone Airflow .....	79
3.3.9 Κατηγορία HVAC Templates .....	80
3.3.10 Κατηγορία Output Reporting .....	81
3.4 Εκτέλεση στο υποπρόγραμμα EP-Launch /Αποτελέσματα προσομοίωσης υφιστάμενης κατάστασης οικίας .....	82
3.4.1 Παρατηρήσεις επί των αποτελεσμάτων .....	82
3.4.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης και σχολιασμός .....	82
<b>4. ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ .....</b>	<b>87</b>
4.1 Αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low-Emissivity).....	87
4.1.1 Εισαγωγή δεδομένων στο υποπρόγραμμα IDFEditor .....	87
4.1.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης για την αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low-Emissivity) και σχολιασμός .....	88
4.1.2.1 Θερμοκρασίες .....	89
4.1.2.2 Καταναλώσεις και ανάλυση κόστους.....	91

<b>4.2 Προσθήκη συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης .....</b>	<b>92</b>
4.2.1 Εισαγωγή δεδομένων στο υποπρόγραμμα IDFEditor .....	93
4.2.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης για την προσθήκη συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης και σχολιασμός .....	96
4.2.2.1 Θερμοκρασίες .....	96
4.2.2.2 Καταναλώσεις και ανάλυση κόστους.....	99
<b>4.3 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πανέλων στην οροφή του κτιρίου .....</b>	<b>101</b>
4.3.1 Σχεδίαση του φωτοβολταϊκού συστήματος με χρήση του Skelion .....	103
4.3.2 Εισαγωγή δεδομένων στο υποπρόγραμμα IDFEditor .....	104
4.3.3 Αποτελέσματα προσομοίωσης για τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πανέλων στην οροφή του κτιρίου και σχολιασμός .....	109
4.3.3.1 Θερμοκρασίες .....	109
4.3.3.2 Καταναλώσεις και ανάλυση κόστους.....	109
<b>4.4 Αντικατάσταση υπάρχοντος φωτισμού με φωτισμό τεχνολογίας LED.....</b>	<b>110</b>
4.4.1 Επιλογή λαμπτήρων για την προτεινόμενη επέμβαση .....	110
4.4.2 Καταναλώσεις και ανάλυση κόστους .....	111
<b>4.5 Συμπεράσματα .....</b>	<b>113</b>
<b>5.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ PVGIS.....</b>	<b>114</b>
<b>5.1 Παρουσίαση του προγράμματος .....</b>	<b>114</b>
<b>5.2 Περιγραφή του προγράμματος .....</b>	<b>114</b>
5.2.1 Εισαγωγή δεδομένων στη φόρμα του PVGIS.....	114
5.2.2 Αποτελέσματα της προσομοίωσης ανά καρτέλα .....	121
5.2.2.1 PV Estimation .....	121
5.2.2.2 Monthly Radiation.....	124
5.2.2.3 Daily Radiation .....	129
5.2.2.4 Stand-Alone PV .....	131
<b>5.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων προγράμματος PVGIS με αποτελέσματα προγράμματος EnergyPlus.....</b>	<b>132</b>
5.3.1 Αποτελέσματα των δύο προγραμμάτων για φωτοβολταϊκό σύστημα διασυνδεδεμένο με δίκτυο διανομής ρεύματος .....	133
5.3.1.1 Classic PVGIS – Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα .....	133
5.3.1.2 Climate SAF-PVGIS – Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα.....	134
5.3.2 Αποτελέσματα των δύο προγραμμάτων για αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα .....	135
5.3.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων .....	136

<b>ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....</b>	<b>138</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>138</b>
<b>ΕΠΙΛΟΓΟΣ - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....</b>	<b>140</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>141</b>
<b>ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ .....</b>	<b>141</b>
<b>ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....</b>	<b>142</b>

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 : Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους[21] .....	7
Εικόνα 1.2: Αρχή λειτουργίας τοίχου θερμικής αποθήκευσης[21].....	8
Εικόνα 1.3: Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες (τοίχος Trombe-Michelle) [21] .....	9
Εικόνα 1.4: Χειμερινή λειτουργία θερμοκηπίου με ανοιγόμενα υαλοστάσια[21] .....	10
Εικόνα 1.5: Θερινή λειτουργία θερμοκηπίου με ανοιγόμενα υαλοστάσια [21] .....	10
Εικόνα 1.6: Αρχή λειτουργίας θερμοσιφωνικού πανέλου[21].....	11
Εικόνα 1.7: Αρχές λειτουργίας αδιαφανούς στοιχείου με διαφανή μόνωση[21] .....	12
Εικόνα 1.8: Διαμπερής φυσικός αερισμός[22] .....	14
Εικόνα 1.9: Κατακόρυφος φυσικός αερισμός με καμινάδα ή πύργο αερισμού[23] .....	14
Εικόνα 1.10: Φυσικός αερισμός μέσω ηλιακής καμινάδας[23].....	15
Εικόνα 1.11: Αεριζόμενο δομικό στοιχείο πρόσοψης και οροφής[23] .....	16
Εικόνα 1.12: Εξατμιστικός δροσισμός .....	17
Εικόνα 1.13: Δροσισμός με ακτινοβολία [23] .....	18
Εικόνα 1.14: Δροσισμός από το έδαφος με υπόσκαφα ή ημιυπόσκαφα κτίρια [23] .....	18
Εικόνα 1.15: Δροσισμός από το έδαφος μέσω υπεδάφιου συστήματος αγωγών [23].....	19
Εικόνα 1.16: Γεωθερμικό σύστημα με οριζόντιους εναλλάκτες[26].....	20
Εικόνα 1.17: Γεωθερμικό σύστημα με κατακόρυφους εναλλάκτες[26].....	20
Εικόνα 1.18: Γεωθερμικό σύστημα με γεώτρηση[26] .....	21
Εικόνα 1.19: Ανακατεύθυνση φωτός μέσω πρισματικών υαλοπινάκων[26] .....	22
Εικόνα 1.20: Σύστημα Φωτοσωλήνα[25] .....	23
Εικόνα 1.21: Λειτουργία ανειδωλικού συστήματος οροφής[27].....	24
Εικόνα 1.22: Διάφορες διατάξεις ανοιγμάτων οροφής[28] .....	25
Εικόνα 1.23: Φυσικό φως σε αίθριο[28].....	26
Εικόνα 1.24: α) εξωτερικά ανακλαστικά ράφια και β) ανακλαστικά ράφια εκατέρωθεν του ανοίγματος[28].....	27
Εικόνα 1.25: Παροχή φωτός και ανάκλασή του σε φωταγωγό[28].....	28
Εικόνα 1.26: Σύστημα κατόπτρων και φακών για τη συλλογή φωτός[29].....	29
Εικόνα 1.27: Σύστημα διαφανής μόνωσης[23].....	30
Εικόνα 1.28: Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά [23] .....	30
Εικόνα 1.29: Σύστημα ανακλαστικών περσίδων [23] .....	31
Εικόνα 1.30: Φωτοβολταϊκό σύστημα [30] .....	34
Εικόνα 1.31: Κατακόρυφο γεωθερμικό σύστημα κλειστού βρόγχου [31] .....	35
Εικόνα 1.32: Κατακόρυφο γεωθερμικό σύστημα ανοιχτού βρόγχου [31] .....	36
Εικόνα 1.33: Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους[23].....	37
Εικόνα 1.34: Βελτίωση θερμικής προστασίας κτιρίου με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής[23] .....	39
Εικόνα 1.35: Φυτευτό δάμα [23].....	39
Εικόνα 2.1: Γεωγραφική θέση της κατοικίας .....	40
Εικόνα 2.2: Τοπογραφικό σχέδιο οικοπέδου .....	41
Εικόνα 2.3: Βόρεια όψη οικίας .....	42
Εικόνα 2.4: Νότια όψη οικίας .....	42
Εικόνα 2.5: Δυτική όψη οικίας .....	43

Εικόνα 2.6: Ανατολική όψη οικίας .....	43
Εικόνα 2.7: Κάτοψη Α' ορόφου οικίας.....	44
Εικόνα 2.8: Κάτοψη ισογείου οικίας .....	45
Εικόνα 2.9: Χώροι Α' ορόφου.....	46
Εικόνα 2.10: Χώροι ισογείου.....	46
Εικόνα 2.11: Νότια όψη οικίας στο πρόγραμμα SketchUp .....	46
Εικόνα 2.12: Δυτική όψη οικία στο πρόγραμμα SketchUp .....	47
Εικόνα 2.13: Βόρεια όψη οικίας στο πρόγραμμα SketchUp .....	47
Εικόνα 2.14: Ανατολική όψη οικίας στο πρόγραμμα SketchUp .....	48
Εικόνα 3.1: Νότια όψη της οικίας, προβολή κατά συνοριακή συνθήκη στο πρόγραμμα SketchUp.....	51
Εικόνα 3.2: Δυτική όψη οικίας, προβολή κατά συνοριακή συνθήκη στο πρόγραμμα SketchUp .....	52
Εικόνα 3.3: Βόρεια όψη της οικίας, προβολή κατά συνοριακή συνθήκη στο πρόγραμμα SketchUp...52	
Εικόνα 3.4: Ανατολική όψη της οικίας, προβολή κατά συνοριακή συνθήκη στο πρόγραμμα SketchUp .....	53
Εικόνα 3.5: Διαχωρισμός της υπό μελέτη οικίας σε θερμικές ζώνες .....	54
Εικόνα 3.6: Νότια όψη της οικίας, προβολή κατά θερμική ζώνη στο πρόγραμμα SketchUp.....	54
Εικόνα 3.7: Δυτική όψη της οικίας, προβολή κατά θερμική ζώνη στο πρόγραμμα SketchUp .....	55
Εικόνα 3.8: Βόρεια όψη της οικίας, προβολή κατά θερμική ζώνη στο πρόγραμμα SketchUp .....	55
Εικόνα 3.9: Καρτέλα εισαγωγής δεδομένων του υποπρογράμματος EP-Launch .....	57
Εικόνα 3.10: Υποκατηγορία Building στο IDFEditor .....	58
Εικόνα 3.11: Υποκατηγορία Site Location στο IDFEditor.....	58
Εικόνα 3.12: Υποκατηγορία Sizing Period Design Day στο IDFEditor.....	59
Εικόνα 3.13: Υποκατηγορία Run Period στο IDFEditor .....	59
Εικόνα 3.14: Υποκατηγορία Site Ground Temperature Building στο IDFEditor .....	60
Εικόνα 3.15: Υποκατηγορία Site Ground Temperature Shallow στο IDFEditor .....	60
Εικόνα 3.16: Υποκατηγορία Site Ground Temperature Deep στο IDFEditor .....	60
Εικόνα 3.17: Υποκατηγορία Material στο IDFEditor.....	62
Εικόνα 3.18: Υποκατηγορία Material Air Gap στο IDFEditor.....	63
Εικόνα 3.19: Υποκατηγορία Window Material Gas στο IDFEditor.....	63
Εικόνα 3.20: Υποκατηγορία Window Material Glazing στο IDFEditor .....	64
Εικόνα 3.21: Υποκατηγορία Construction στο IDFEditor.....	67
Εικόνα 3.22: Υποκατηγορία Zone στο IDFEditor .....	67
Εικόνα 3.23: Υποκατηγορία Zone List στο IDFEditor.....	68
Εικόνα 3.24: Υποκατηγορία Building Surface Detailed στο IDFEditor .....	68
Εικόνα 3.25: Υποκατηγορία Fenestration Surface Detailed στο IDFEditor.....	69
Εικόνα 3.26: Υποκατηγορία Schedule Type Limits στο IDFEditor .....	69
Εικόνα 3.27: Χρονοδιάγραμμα πυκνότητας ανθρώπινης ύπαρξης και ανθρώπινης δραστηριότητας στην υποκατηγορία Schedule Compact του IDFEditor .....	71
Εικόνα 3.28: Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας ηλεκτροφωτισμού στην υποκατηγορία Schedule Compact του IDFEditor.....	71
Εικόνα 3.29: Χρονοδιάγραμμα ηλεκτρικού εξοπλισμού στην υποκατηγορία Schedule Compact του IDFEditor .....	72

Εικόνα 3.30: Χρονοδιάγραμμα διήθησης αέρα στην υποκατηγορία Schedule Compact του IDFEditor .....	72
Εικόνα 3.31: Χρονοδιάγραμμα διήθησης φυσικού αερισμού στην υποκατηγορία Schedule Compact του IDFEditor.....	73
Εικόνα 3.32: Χρονοδιάγραμμα διήθησης αερισμού θερμικών ζωνών στην υποκατηγορία Schedule Compact του IDFEditor .....	74
Εικόνα 3.33: Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας θερμοστάτη στην υποκατηγορία Schedule Compact του IDFEditor .....	75
Εικόνα 3.34: Υποκατηγορία People στο IDFEditor .....	76
Εικόνα 3.35: Τρόπος τοποθέτησης φωτισμού .....	77
Εικόνα 3.36: Συντελεστές υποκατηγορίας Lights του IDFEditor ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης φωτισμού.....	77
Εικόνα 3.37: Υποκατηγορία Lights στο IDFEditor .....	78
Εικόνα 3.38: Υποκατηγορία Electric Equipment στο IDFEditor .....	78
Εικόνα 3.39: Υποκατηγορία Zone Infiltration Design Flow Rate στο IDFEditor.....	79
Εικόνα 3.40: Υποκατηγορία Zone Ventilation Design Flow Rate στο IDFEditor .....	80
Εικόνα 3.41: Υποκατηγορία HVAC Template Thermostat στο IDFEditor.....	80
Εικόνα 3.42: Υποκατηγορία HVAC Template: Zone Ideal Loads Airsystem στο IDFEditor .....	81
Εικόνα 3.43: Υποκατηγορία Output Variables στο IDFEditor.....	81
Εικόνα 3.44: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες υφιστάμενης κατάστασης κατοικίας στις θερμικές ζώνες .....	82
Εικόνα 3.45: Συγκεντρωτικός πίνακας μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση στις θερμικές ζώνες .....	83
Εικόνα 3.46: Συγκεντρωτικός πίνακας μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη στις θερμικές ζώνες .....	84
Εικόνα 3.47: Διάγραμμα μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση στις θερμικές ζώνες.....	84
Εικόνα 3.48: Διάγραμμα μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη στις θερμικές ζώνες .....	85
Εικόνα 3.49: Διάγραμμα συνολικής μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση υφιστάμενης κατάστασης οικίας .....	85
Εικόνα 3.50: Διάγραμμα συνολικής μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη υφιστάμενης κατάστασης οικίας .....	86
Εικόνα 4.1: Υποκατηγορία Window Material Glazing στο IDFEditor .....	87
Εικόνα 4.2: Υποκατηγορία Window Material Gas στο IDFEditor.....	88
Εικόνα 4.3: Υποκατηγορία Construction στο IDFEditor.....	88
Εικόνα 4.4: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 1 μετά την αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες low-e .....	89
Εικόνα 4.5: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 2 μετά την αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες low-e .....	89
Εικόνα 4.6: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 3 μετά την αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες low-e .....	90
Εικόνα 4.7: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 4 μετά την αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες low-e .....	90



Εικόνα 4.8: Διάγραμμα συνολικών μηνιαίων καταναλώσεων ενέργειας για θέρμανση μετά την αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες low-e .....	91
Εικόνα 4.9: Διάγραμμα συνολικών μηνιαίων καταναλώσεων ενέργειας για ψύξη μετά την αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες low-e .....	91
Εικόνα 4.10: Συγκεντρωτικός πίνακας συνολικής μηνιαίας κατανάλωσης κι εξοικονόμησης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη στις θερμικές ζώνες και ετήσιο όφελος από την αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες low-e .....	92
Εικόνα 4.11: Μέθοδος εξωτερικής θερμομόνωσης Kelyfos [33].....	93
Εικόνα 4.12: Υποκατηγορία Material στο IDFEditor.....	94
Εικόνα 4.13: Υποκατηγορία Construction στο IDFEditor.....	94
Εικόνα 4.14: Τοποθέτηση σκιάστρων στη νότια και δυτική όψη της οικίας.....	95
Εικόνα 4.15: Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας σκιάστρων στην υποκατηγορία Schedule Compact του IDFEditor .....	95
Εικόνα 4.16: Τύπος αλουμινένιων σκιάστρων που προτείνεται [36] .....	96
Εικόνα 4.17: Υποκατηγορία Shading Zone: Detailed στο IDFEditor .....	96
Εικόνα 4.18: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 1 μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης και τοποθέτηση σκιάστρων .....	96
Εικόνα 4.19: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 2 μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης και τοποθέτηση σκιάστρων .....	97
Εικόνα 4.20: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 3 μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης και τοποθέτηση σκιάστρων .....	97
Εικόνα 4.21: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 4 μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης και τοποθέτηση σκιάστρων .....	98
Εικόνα 4.22: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 2 με την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης, χωρίς τοποθέτηση σκιάστρων.....	98
Εικόνα 4.23: Διάγραμμα συνολικών μηνιαίων καταναλώσεων ενέργειας για θέρμανση μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης .....	99
Εικόνα 4.24: Διάγραμμα συνολικών μηνιαίων καταναλώσεων ενέργειας για ψύξη μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης .....	99
Εικόνα 4.25: Συγκεντρωτικός πίνακας συνολικής μηνιαίας κατανάλωσης κι εξοικονόμησης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη στις θερμικές ζώνες και ετήσιο όφελος από την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης .....	100
Εικόνα 4.26: Αυτόνομο σύστημα φωτοβολταϊκών σε οικία [32].....	101
Εικόνα 4.27: Διασυνδεδεμένο σύστημα φωτοβολταϊκών σε οικία [32].....	102
Εικόνα 4.28: Τοποθέτηση συστοιχίας φωτοβολταϊκών για μεγιστοποίηση της απόδοσης[32] .....	102
Εικόνα 4.29: Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πανέλων στην οροφή της οικίας με χρήση του λογισμικού Skelion .....	104
Εικόνα 4.30: Υποκατηγορία Photovoltaic Performance: Simple στο IDFEditor .....	105
Εικόνα 4.31: Υποκατηγορία Shading Sites στο IDFEditor .....	106
Εικόνα 4.32: Υποκατηγορία Generator Photovoltaic στο IDFEditor .....	106
Εικόνα 4.33: Υποκατηγορία Electric Load Center: Inverter: Simple στο IDFEditor.....	106
Εικόνα 4.34: Υποκατηγορία Electric Load Center: Generators στο IDFEditor .....	107
Εικόνα 4.35: Υποκατηγορία Curve Rectangular Hyperbola 2 IDFEditor .....	107

Εικόνα 4.36: Υποκατηγορία Electric Load Center Storage Battery στο IDFEditor.....	108
Εικόνα 4.37: Υποκατηγορία Electric Load Center: Distribution στο IDFEditor .....	108
Εικόνα 4.38: Συγκεντρωτικός πίνακας συνολικής μηνιαίας κατανάλωσης και εξοικονόμησης ενέργειας και ετήσιο όφελος από την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πανέλων στην οροφή του κτιρίου .....	109
Εικόνα 4.39: Συγκεντρωτικός πίνακας υφιστάμενου και προτεινόμενου ηλεκτροφωτισμού οικίας και καταγραφή του κόστους αγοράς .....	111
Εικόνα 4.40: Ιδιότητες, εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση και κόστος ετήσιας κατανάλωσης υφιστάμενων λαμπτήρων πυρακτώσεως.....	112
Εικόνα 4.41: Ιδιότητες, εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση και κόστος ετήσιας κατανάλωσης προτεινόμενων λαμπτήρων LED .....	112
Εικόνα 4.42: Συμπεράσματα που εξήχθησαν από τις τέσσερεις επεμβάσεις .....	113
Εικόνα 5.1: Καρτέλα PV Estimation του υπολογιστικού προγράμματος PVGIS.....	115
Εικόνα 5.2: Καρτέλα Monthly Radiation του υπολογιστικού προγράμματος PVGIS .....	116
Εικόνα 5.3: Ετήσια ποσότητα καθολικής ακτινοβολίας που συλλέχθηκε από πανέλα τοποθετημένα με κλίση 90° σε KWh/m <sup>2</sup> .....	117
Εικόνα 5.4: Ετήσια ποσότητα καθολικής ακτινοβολίας που συλλέχθηκε από πανέλα τοποθετημένα με βέλτιστη κλίση σε KWh/m <sup>2</sup> .....	118
Εικόνα 5.5: Καρτέλα Daily Radiation του υπολογιστικού προγράμματος PVGIS .....	119
Εικόνα 5.6: Καρτέλα Stand-alone PV Estimation του υπολογιστικού προγράμματος PVGIS.....	120
Εικόνα 5.7: Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης από την καρτέλα PV Estimation για εισαγωγή καιρικών δεδομένων από Classic PVGIS.....	121
Εικόνα 5.8: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας παραγόμενης ενέργειας φωτοβολταϊκού συστήματος για εισαγωγή καιρικών δεδομένων από Classic PVGIS .....	122
Εικόνα 5.9: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας συνολικής καθολικής ακτινοβολίας που συλλέγεται ανά τετραγωνικό μέτρο των πανέλων του συστήματος για εισαγωγή καιρικών δεδομένων από Classic PVGIS .....	122
Εικόνα 5.10: Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης από την καρτέλα PV Estimation για εισαγωγή καιρικών δεδομένων από Climate-SAF PVGIS .....	123
Εικόνα 5.11: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας παραγόμενης ενέργειας φωτοβολταϊκού συστήματος για εισαγωγή καιρικών δεδομένων από Climate-SAF PVGIS .....	123
Εικόνα 5.12: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας συνολικής καθολικής ακτινοβολίας που συλλέγεται ανά τετραγωνικό μέτρο των πανέλων του συστήματος για εισαγωγή καιρικών δεδομένων από Climate-SAF PVGIS.....	124
Εικόνα 5.13: Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης από την καρτέλα Monthly Radiation .....	124
Εικόνα 5.14: Διάγραμμα έκθεσης σε ακτινοβολία σε οριζόντιο (-) , βέλτιστα κεκλιμένο(-) και κατακόρυφο επίπεδο ανά μήνα (-).....	125
Εικόνα 5.15: Διάγραμμα βέλτιστης κλίσης πανέλων ανά μήνα .....	126
Εικόνα 5.16: Διάγραμμα θολότητας ατμόσφαιρας ανά μήνα .....	126
Εικόνα 5.17: Διάγραμμα αναλογίας διάχυτης ακτινοβολίας σε σχέση με την παγκόσμια ηλιακή ακτινοβολία ανά μήνα.....	127
Εικόνα 5.18: Διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της ημέρας (-) και κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου ανά μήνα (-).....	127

Εικόνα 5.19: Διάγραμμα αθροίσματος των διαφορών των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών του μήνα που έχουν θερμοκρασία χαμηλότερη των 18° C από το όριο των 18° C .....	128
Εικόνα 5.20: Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης από την καρτέλα Daily Radiation .....	129
Εικόνα 5.21: Διάγραμμα έκθεσης σε καθολική ηλιακή ακτινοβολία με καθαρό ουρανό (-), σε καθολική ηλιακή ακτινοβολία ρεαλιστικών συνθηκών (-) και σε διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία ρεαλιστικών συνθηκών (-) .....	130
Εικόνα 5.22: Συγκεντρωτικός πίνακας 1 των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης από την καρτέλα Stand-Alone PV .....	131
Εικόνα 5.23: Συγκεντρωτικός πίνακας 2 των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης από την καρτέλα Stand-Alone PV .....	131
Εικόνα 5.24: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας παραγόμενης ενέργειας φωτοβολταϊκού συστήματος(-) και μέση τιμή των μηνιαίων καταγραφών(-) .....	132
Εικόνα 5.25: Διάγραμμα ποσοστού ημερών ανάλογα με το επίπεδο φόρτισης του συσσωρευτή .....	132
Εικόνα 5.26: Συγκεντρωτικός πίνακας μέσης μηνιαίας παραγόμενης ενέργειας για φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο με δίκτυο διανομής ρεύματος- Συλλογή καιρικών δεδομένων από μετεωρολογικό σταθμό συλλογής .....	133
Εικόνα 5.27: Συγκεντρωτικός πίνακας μέσης μηνιαίας παραγόμενης ενέργειας για φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο με δίκτυο διανομής ρεύματος- Συλλογή καιρικών δεδομένων από δορυφόρο .....	134
Εικόνα 5.28: Συγκεντρωτικός πίνακας μέσης μηνιαίας παραγόμενης ενέργειας για αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα .....	135
Εικόνα 5.29: Συγκεντρωτικός πίνακας παραμέτρων προσομοίωσης προγραμμάτων PVGIS και EnergyPlus .....	137

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **Σκοπός**

Η μελέτη που ακολουθεί εκπονήθηκε με την επιδίωξη πρωτίστως της εφαρμογής βιοκλιματικών μεθόδων στην υπό μελέτη οικία, και δευτερευόντως της αναβάθμισής της. Η οικία βρίσκεται στην περιοχή Φυλακωπή της νήσου Μήλου και αποτελεί κατά κύριο λόγο εξοχική κατοικία. Η παρούσα εργασία μελετά και τη διαφοροποίηση των χρήσεων της οικίας, θεωρώντας μόνιμη παρουσία χρηστών, ώστε αυτή να αποτελέσει ένα άνετο περιβάλλον μόνιμης κατοικίας, σεβόμενη τη νησιωτική και αρχαιολογικά χαρακτηρισμένη τοποθεσία, αλλά και κατ' επέκταση το περιβάλλον. Εξετάζονται δύο λύσεις επέμβασης στον υφιστάμενο εξοπλισμό και δύο λύσεις εφαρμογής νέων μεθόδων, που ωφελούν ενεργειακά και οικονομικά την οικία, με πρωτεύοντα πάντα σκοπό την άνεση των χρηστών.

### **Στόχος**

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι η επίτευξη, μέσω των βιοκλιματικών μεθόδων που προσομοιώνονται, της άνεσης του χρήστη, αλλά και του ενεργειακού και κατ' επέκταση οικονομικού οφέλους που επιφέρει η καθεμιά από αυτές. Τα αποτελέσματα που εξάγονται για τις τέσσερις λύσεις που προτείνονται αφορούν τη μεταβολή της θερμοκρασίας, ένα μέγεθος που αφορά άμεσα την άνεση του χρήστη, και την εξοικονόμηση ενέργειας, που αφορά το οικονομικό όφελος του χρήστη, αλλά και την ενεργειακή αναθεώρηση της οικίας.

### **Μέσα Έρευνας**

Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για να προσομοιώσουν την υφιστάμενη κατοικία ως έχει και τις εξεταζόμενες σε αυτήν επεμβάσεις αποτελούν ελεύθερα λογισμικά, τα οποία βρίσκονται προς χρήση κάθε ενδιαφερόμενου στο Διαδίκτυο. Αρχικά σχεδιάζεται η υπάρχουσα οικία και καταγράφονται τα χαρακτηριστικά της στο πρόγραμμα SketchUp και Legacy Open Studio plug-in. Στην συνέχεια, εισάγονται περισσότερα δεδομένα που αφορούν το μοντέλο που σχεδιάστηκε, στο πρόγραμμα EnergyPlus. Στα δεδομένα αυτά συμπεριλαμβάνονται κλιματολογικά και θερμοκρασιακά στοιχεία της περιοχής, δομικά στοιχεία της οικίας, ο εξοπλισμός της και οι χρήσεις της κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου. Το κύριο εργαλείο εξαγωγής ενεργειακών αποτελεσμάτων για την υφιστάμενη οικία αλλά και για την απόδοση των επεμβάσεων αποτελεί το πρόγραμμα EnergyPlus. Τέλος, πραγματοποιείται η χρησιμοποίηση ενός ακόμα υπολογιστικού εργαλείου, του PVGIS, για την εξαγωγή αποτελεσμάτων φωτοβολταϊκού συστήματος, με στόχο την πραγματοποίηση μίας σύγκρισης των απαιτούμενων παραμέτρων και των αποτελεσμάτων των προγραμμάτων PVGIS και EnergyPlus όσον αφορά στα φωτοβολταϊκά συστήματα.

### **Ενότητες**

Στο πρώτο κεφάλαιο αναπτύσσονται οι γενικές αρχές και οι στόχοι του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού. Γίνεται εκτενής ανάλυση των διάφορων εφαρμογών του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού στις κατηγορίες που αυτές διαχωρίζονται. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία γενική αναφορά στην τοποθεσία και στη συνέχεια μία ειδικότερη αναφορά στην τοπογραφική θέση της υπό μελέτη οικίας. Επιπροσθέτως παρατίθενται στοιχεία για τη διαρρύθμιση των χώρων στο εσωτερικό της. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η χρήση των προγραμμάτων SketchUp, Legacy Open Studio plug-in και

EnergyPlus κι εξάγονται αποτελέσματα από την προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης της οικίας. Στο τέταρτο κεφάλαιο προτείνονται επεμβάσεις βιοκλιματικού χαρακτήρα στην οικία κι εξάγονται εκ νέου αποτελέσματα για κάθε μία, τα οποία συγκρίνονται με αυτά πριν τις επεμβάσεις. Ακολουθεί ενεργειακή και οικονομική ανάλυση. Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο αναπτύσσεται το λογισμικό PVGIS, οι δυνατότητες του χρήστη και οι παράμετροι που εισάγονται. Στη συνέχεια γίνεται μία σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων και κατ' επέκταση των αποτελεσμάτων που εξάγουν τα λογισμικών PVGIS και EnergyPlus. Ακολουθούν μία σύντομη ανακεφαλαίωση των βημάτων που εκτελέστηκαν, τα γενικά συμπεράσματα που εξήχθησαν και οι μελλοντικές προοπτικές για το νησί και την οικία.

# 1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

## 1.1 Εισαγωγή στον Βιοκλιματικό σχεδιασμό

Χρησιμοποιημένος για πρώτη φορά από τους αδερφούς Olgyay στις αρχές της δεκαετίας του 1960, ο όρος βιοκλιματικός σχεδιασμός κερδίζει σήμερα ολοένα και περισσότερο έδαφος, καθώς πολιτικοί μηχανικοί και αρχιτέκτονες καλούνται να αντεπεξέλθουν σε δύο καίριες προκλήσεις της εποχής μας: τη μέριμνα για το περιβάλλον και την εξοικονόμηση ενέργειας. [1]

Άλλωστε, ακριβώς η ενεργειακή κρίση που παρατηρήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1970 έδωσε το έναυσμα για την προσπάθεια να μελετηθούν τα κτίρια σε σχέση με το περιβάλλον τους, με κύριο στόχο την ελάττωση του ποσού της χρησιμοποιούμενης ενέργειας που παραγόταν με τους κλασικούς τρόπους (καύση πετρελαίου, κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος). Η αρχή, όμως αυτής της προσπάθειας, όπως και κάθε σχεδόν αρχή, δεν ήταν εύκολη, καθώς τα πλεονεκτήματα που αποκτούνταν συνοδεύονταν συχνά από διόλου ασημαντα μειονεκτήματα. Έτσι, παραδείγματος χάρη, στο εσωτερικό κτιρίων που μπορούσαν να θερμανθούν ικανοποιητικά κατά τη διάρκεια του χειμώνα, χάρη στον προσανατολισμό τους με βάση τη λογική των παθητικών ηλιακών συστημάτων, στα οποία θα αναφερθούμε στη συνέχεια, αναπτύσσονταν συχνά δυσάρεστα υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι. Ή, για να δώσουμε ένα άλλο παράδειγμα, ο περιορισμός της διαφυγής του αέρα από ένα θερμαινόμενο κτίριο, ο οποίος πράγματι βοηθούσε στον περιορισμό των απωλειών ενέργειας, οδήγησε πολλές φορές στον ελλιπή και κατά συνέπεια ανθυγιεινό εξαερισμό του, με αποτέλεσμα το δυσάρεστο φαινόμενο του «άρρωστου κτιρίου».

Γενικότερα, μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι η μονόπλευρη αντιμετώπιση των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων δημιουργεί προβλήματα λειτουργικότητας. Έτσι, σήμερα, στο πλαίσιο του βιοκλιματικού σχεδιασμού, καλούμαστε να προτείνουμε σφαιρικές προσεγγίσεις, που βοηθούν στην οικολογική και οικονομική δόμηση, ενώ ταυτόχρονα μεριμνούν για την υγιεινή και δεν παρακωλύουν την εύρυθμη λειτουργία των κατασκευών. Είναι σαφές ότι τα κοινωνικά οφέλη που προκύπτουν από τα παραπάνω, ιδίως μέσα στο πλαίσιο μιας ανθρωπότητας που ολοένα και μεγαλώνει, είναι επίσης σημαντικά.

Έχοντας αυτά κατά νου, θα λέγαμε ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αποσκοπεί στην εκμετάλλευση του ιδιαίτερου κλίματος της περιοχής στην οποία πρόκειται να χτιστεί κάτι, με στόχο την **προστασία του περιβάλλοντος** και την επίτευξη θερμικής και οπτικής **άνεσης**, όπως και **εξοικονόμησης ενέργειας**. Γι' αυτούς τους σκοπούς, αξιοποιούνται ιδίως η ηλιακή ενέργεια και τα ιδιαίτερα φυσικά φαινόμενα και οι περιβαλλοντικές πηγές της κάθε περιοχής.

Πιο συγκεκριμένα, αυτοί είναι κάποιοι από τους επιμέρους **στόχους** του σύγχρονου βιοκλιματικού σχεδιασμού, συνοδευόμενοι από ορισμένες από τις μεθόδους που χρησιμοποιεί για να τους πετύχει:

- εξοικονόμηση ενέργειας από τη σημαντική μείωση απωλειών χάρη στη βελτιωμένη προστασία του κελύφους και τη μελέτη της συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων (θερμική μάζα, ανακλαστικότητα, απορροφητικότητα κλπ)
- παραγωγή θερμικής ενέργειας (θερμότητας) μέσω του σωστού προσανατολισμού του κτιρίου και των ηλιακών συστημάτων άμεσου ή έμμεσου κέρδους με συμβολή στις θερμικές ανάγκες των χώρων προσάρτησης και μερική κάλυψη των απαιτήσεων

θέρμανσης του κτιρίου. Ταυτόχρονα, επιθυμητή είναι η θερμική προστασία του κτιρίου, μέσω της καλής θερμομόνωσης και αεροστεγανότητας

- δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης και μείωση των απαιτήσεων όσον αφορά στη ρύθμιση θερμοστάτη (σε χαμηλότερες θερμοκρασίες τον χειμώνα και υψηλότερες το καλοκαίρι). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί ενδεικτικά μέσω της **εκμετάλλευσης του ανέμου** την καλοκαιρινή περίοδο (φυσικός νυχτερινός αερισμός– δροσισμός, ώστε να απομακρυνθεί η θερμότητα που αποθηκεύτηκε στο κτήριο κατά τη διάρκεια της ημέρας, σωστή διαστασιολόγηση και προσανατολισμός των εξωτερικών κουφωμάτων) και, αντίστοιχα, μέσω της **προστασίας από τον άνεμο** τη χειμερινή περίοδο (σωστή χωροθέτηση των κτηριακών όγκων, φύτευση στον περιβάλλοντα χώρο του κτηρίου), όπως και μέσω της **προστασίας από την ηλιακή ακτινοβολία** και την υπερθέρμανση την καλοκαιρινή περίοδο (φυσικός– τεχνητός σκιασμός, προσεκτικός σχεδιασμός φυλλοβόλας και αιθαλούς φύτευσης στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου). Συνεπακόλουθα, η επίτευξη της θερμικής άνεσης συντελεί στη μείωση του φορτίου για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από τα επικουρικά συστήματα κατά την χρήση του κτιρίου, κι επομένως σε περισσότερη εξοικονόμηση.
- **επαρκής φυσικός φωτισμός** (διανομή του φυσικού φωτός μέσα στο κτήριο, έλεγχος της ηλιακής ακτινοβολίας)
- **συνολική βελτίωση του μικροκλίματος** γύρω από το κτήριο, το οποίο επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό και την εσωτερική θερμική άνεση.

Προτού προχωρήσουμε, πρέπει να σημειωθεί ότι, καθώς το κλίμα αποτελεί τον βασικό ίσως παράγοντα για το θέμα μας, πρέπει πάντα να έχουμε υπ' όψιν ότι αυτές οι μέθοδοι εναλλάσσονται, προσαρμόζονται και συνδυάζονται ανάλογα με τις κλιματικές ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής, όπως είναι η ηλιοφάνεια, οι άνεμοι, η φύση της βλάστησης, η ένταση των φυσικών φαινομένων. Ταυτόχρονα, η ενεργειακή κατάσταση ενός κτιρίου είναι μια δυναμική κατάσταση που συναρτάται από πολλούς παράγοντες, σχετικούς με το κλίμα, τη θέση του κτιρίου, την κοντινή ή όχι γειτνίασή του με άλλα κτίσματα, και, φυσικά, με τη λειτουργία του. Διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες έχει ένα θέατρο, ένα σπίτι, ένα νοσοκομείο. Οι κατάλληλες βιοκλιματικές λύσεις, λοιπόν, μπορούν να διαφέρουν σημαντικά από περίπτωση σε περίπτωση. Γενικότερα, όμως, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η απλότητα στη χρήση των εφαρμογών, η αποφυγή ή ο περιορισμός πολύπλοκων παθητικών συστημάτων και, όπου αυτό δεν είναι εφικτό, η συνετή χρήση τους, η προσφυγή σε αποδοτικές ενεργειακά και οικονομικές τεχνολογίες που έχουν δοκιμαστεί επιτυχημένα και χρησιμοποιούνται ευρέως με θετικά αποτελέσματα, και όλα αυτά πάντα σε συνδυασμό με τη λήψη υπ' όψιν των ιδιαιτεροτήτων του εκάστοτε περιβάλλοντος, αποτελούν κάποιες γενικές κατευθυντήριες ιδέες του βιοκλιματικού σχεδιασμού. [10]

## 1.2 Γενικές αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζουμε κάποιους γενικούς παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν κατά τη διαδικασία του βιοκλιματικού σχεδιασμού ενός κτιρίου. Πρόκειται για γενικές αρχές, στις οποίες κρίναμε σωστό να αναφερθούμε προτού περάσουμε σε περισσότερο εξειδικευμένα στοιχεία. [5][11]

### **1.2.1 Χωροθέτηση-Προσανατολισμός**

Το ιδανικό σχήμα του κτιρίου είναι το επίμηκες πάνω στον άξονα ανατολή-δύση, ώστε να προσφέρεται μεγαλύτερη επιφάνεια προς την ηλιακή ακτινοβολία. Επιπλέον, προτείνεται η πιο μεγάλη όψη του κτίσματος και τα περισσότερα ανοίγματα να βρίσκονται στη νότια πλευρά (προσανατολισμός προς τον νότο με απόκλιση ως 30 μοίρες ανατολικά/δυτικά), ενώ στη βόρεια να αποφεύγονται τα πολλά ανοίγματα και να προτιμούνται οι συμπαγείς τοίχοι.

Σε περίπτωση, όμως, που το σχήμα του οικοπέδου δεν επιτρέπει να δώσουμε στο κτίριο το ιδανικό σχήμα, θα πρέπει να προτιμηθεί η οικοδόμηση σε σπαστούς δομικούς όγκους, ώστε, με κατάλληλο προσανατολισμό, όλοι οι χώροι του κτίσματος να εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία.

### **1.2.2 Τοιχοποιία**

Για την κατασκευή των τοίχων προκρίνεται ο μεγάλος όγκος και η χρήση συμπαγών υλικών, που επιτρέπουν τη διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Όσον αφορά στα παράθυρα και στα λοιπά ανοίγματα (πχ πόρτες), τα γυάλινα υλικά αποτελούν τον πιο απλό συλλέκτη ηλιακής θερμότητας.

### **1.2.3 Ανοίγματα για ηλιασμό και αερισμό**

Ένας σημαντικός στόχος που πρέπει να επιτευχθεί είναι ο διαμπερής αερισμός του κτιρίου, που χρησιμεύει στην υγιεινή του αέρα και στον φυσικό δροσισμό κατά τους θερμούς μήνες. Για τον λόγο αυτό, πρέπει να υπάρχουν ανοίγματα σε όλες τις πλευρές του κτίσματος. Τα μεγαλύτερα και περισσότερα ανοίγματα, όμως, θα πρέπει να βρίσκονται στη νότια πλευρά, να ακολουθούν τα μεσαία σε μέγεθος και αριθμό ανοίγματα στη δυτική και την ανατολική πλευρά, και λιγότερα και μικρότερα (όχι όμως ανύπαρκτα) να τοποθετούνται στη βόρεια πλευρά του κτιρίου.

Τα μεγάλα νότια ανοίγματα προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα, κυρίως την εξοικονόμηση ενέργειας, τον φυσικό φωτισμό, αλλά ταυτόχρονα την αποφυγή υπερθέρμανσης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (η οποία θα μπορούσε να προκύψει αν στη θέση τους είχαμε μεγάλα και πολυάριθμα ανατολικά ή δυτικά ανοίγματα). Έτσι, προσφέρουν μεγάλη ηλιακά κέρδη τον χειμώνα, αλλά όχι δυσάρεστα μεγάλα το καλοκαίρι. Μπορούν, άλλωστε, όποτε παρίσταται ανάγκη, να σκιαστούν εύκολα με απλά οριζόντια σκίαστρα.

Τα βόρεια ανοίγματα χρησιμοποιούνται για αερισμό και φυσικό φωτισμό και είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για τον δροσισμό τους θερμούς μήνες, καθώς εκτίθενται κυρίως στη διάχυτη και όχι την άμεση ηλιακή ακτινοβολία.

Τα δε ανατολικά και δυτικά ανοίγματα χρησιμοποιούνται για αερισμό και ηλιασμό, αλλά με μέτρο, καθώς παρουσιάζουν λιγότερα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα νότια για τους λόγους που προαναφέρθηκαν.

### **1.2.4 Θερμική αδράνεια κτιρίου**

Όπου είναι δυνατό, όπως λόγω χάρη στα εδάφη με μεγάλη κλίση, προτείνεται η εκμετάλλευση της θερμικής αδράνειας του εδάφους.



### **1.2.5 Χρήση του κτιρίου από τους ανθρώπους**

Ανάλογα με τη χρήση του κτίσματος από τους ανθρώπους που κατοικούν σε αυτό ή το εκμεταλλεύονται, και σε συνδυασμό με τις ανάγκες και τις προτιμήσεις τους, μπορούν να αξιοποιηθούν οι γενικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Λόγου χάρη, αν μιλάμε για κατοικία, τα δωμάτια που δεν χρησιμοποιούνται για πολλή ώρα, όπως τα μπάνια, μπορούν να σχεδιαστούν στη βόρεια πλευρά, ενώ τα δωμάτια που χρησιμοποιούνται περισσότερο, όπως το σαλόνι (ή το γραφείο), μπορούν να τοποθετηθούν στη νότια, αποκομίζοντας όλα τα πλεονεκτήματα που προαναφέρθηκαν. Παράλληλα, οι δευτερεύοντες χώροι χρησιμεύουν έτσι ως μπλόκα, ως ενδιάμεσες ζώνες προστασίας από τους ψυχρούς ανέμους και από την απώλεια θερμοκρασίας των κεντρικών και πιο ζεστών δωματίων.

### **1.2.6 Περιβάλλον χώρος**

Όπως σημειώθηκε και παραπάνω, το κλίμα, πράγμα που φανερώνει και η ίδια η λέξη, είναι καθοριστικός παράγοντας για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Αυτό δεν αναφέρεται μόνο στο γενικότερο κλίμα της χώρας ή της επαρχίας, αλλά και στο μικροκλίμα της περιοχής που περιβάλλει το κτίσμα. Η βλάστηση, παραδείγματος χάρη, είναι ιδιαίτερος σημαντική. Τα αειθαλή δέντρα στη βόρεια πλευρά του κτιρίου μπορούν να προστατεύσουν από τους ψυχρούς χειμωνιάτικους ανέμους, ενώ τα φυλλοβόλα στη νότια και δυτική πλευρά μπορούν να προσφέρουν φυσική σκιά. Έτσι, θα μπορούσαμε να προβούμε σε ανάλογες φυτεύσεις δέντρων.

Άλλωστε, ο περιβάλλον χώρος δεν εξαντλείται μόνο στα φυσικά στοιχεία, αλλά περιλαμβάνει και άλλα κτίσματα κλπ. Έτσι, αν κοντά στο υπό σχεδιασμό κτίριο υπάρχει κάποιο άλλο που ενδεχομένως θα εμποδίζει τον ηλιασμό, θα πρέπει να φροντίσουμε ώστε να υπάρχει απόσταση ανάμεσα στα δύο κτίσματα τουλάχιστον 1,5 φορά επί το ύψος του εμποδίου. Πρόκειται για έναν εμπειρικό κανόνα.

## **1.3 Παθητικά συστήματα ηλιακής θέρμανσης**

Είμαστε πια έτοιμοι να περάσουμε από την εξέταση των γενικών στόχων, στοιχείων και αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού στην παρουσίαση των πιο συγκεκριμένων τεχνικών που αφορούν κάθε τομέα, όπως τη θέρμανση, τον δροσισμό και τον φωτισμό. Ας ξεκινήσουμε με τη σειρά. Η εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας, ιδίως σε ηλιόλουστες χώρες όπως η Ελλάδα, είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες που είμαστε σε θέση να εκμεταλλευτούμε προκειμένου να εξοικονομήσουμε ενέργεια, με ταυτόχρονα πλεονεκτήματα στους τομείς της θερμικής άνεσης και της προστασίας του περιβάλλοντος. Παρακάτω, λοιπόν, παρουσιάζουμε συνοπτικά κάποιες από τις βασικές μεθόδους και τεχνικές χρησιμοποίησης της ηλιακής θερμότητας.[12]

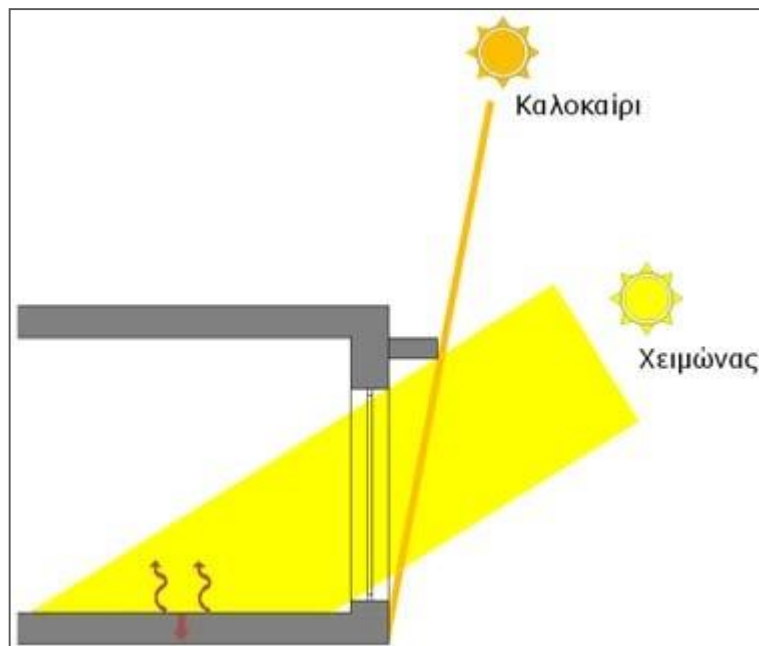
### **1.3.1 Σύστημα άμεσου κέρδους**

Πρόκειται για τον πιο απλό και συνηθισμένο τρόπο αποκόμισης ωφέλειας από την ηλιακή ακτινοβολία. Η λογική είναι απλή: οι ηλιακές ακτίνες εισέρχονται στο κτίριο μέσα από κατάλληλα γυάλινα ανοίγματα. Έτσι, ολόκληρη η οικεία (ή, γενικότερα, το κτίριο) λειτουργεί ως συλλέκτης, χώρος αποθήκευσης και διανομέας της θερμότητας που προέρχεται από τον ήλιο. Τα ανοίγματα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, είτε άμεση είτε διάχυτη. Εν συνεχεία, αυτή μετατρέπεται σε

θερμότητα και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στα δομικά στοιχεία του κτιρίου. Ανάλογα με την κατασκευή και τα υλικά, διανέμεται στους διάφορους χώρους σταδιακά.

Θα μπορούσε, φυσικά, να αναρωτηθεί κανείς εύλογα σε τι διαφέρει η τεχνική που περιγράφουμε εδώ σε σχέση με μια οποιαδήποτε άλλη συμβατική κατασκευή κτιρίου. Θα πρέπει, λοιπόν, να απαντήσουμε ότι η διαφορά έγκειται στον στρατηγικό σχεδιασμό των ανοιγμάτων και στην προσεκτική επιλογή των δομικών υλικών, που στο πλαίσιο του βιοκλιματικού σχεδιασμού γίνεται πάντα, όπως έχουμε ήδη τονίσει και θα τονίσουμε και στη συνέχεια, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Παραδείγματος χάρη, σε μια περιοχή με ηλιοφάνεια αλλά με αρκετά δροσερά καλοκαίρια, θα πρέπει να επιλεγθούν δομικά υλικά με μεγάλη απορροφητικότητα και θερμική μάζα, ώστε η θερμότητα να αποθηκεύεται και για τις ώρες που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια.

Στο πλαίσιο των συστημάτων άμεσου κέρδους, πολύ χρήσιμο μπορεί να φανεί ένα μεγάλο **υαλοστάσιο στη νότια πλευρά του κτιρίου**. Αυτός ο προσανατολισμός, όπως σημειώθηκε και παραπάνω, αποφέρει πολλά πλεονεκτήματα και μειώνει τον κίνδυνο της υπερθέρμανσης κατά τους μήνες του καλοκαιριού (τουλάχιστον σε σύγκριση με τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα/υαλοστάσια).



Εικόνα 1.1 : Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους[22]

### 1.3.2 Τοίχος θερμικής αποθήκευσης (τοίχος μάζας ή ηλιακός τοίχος)

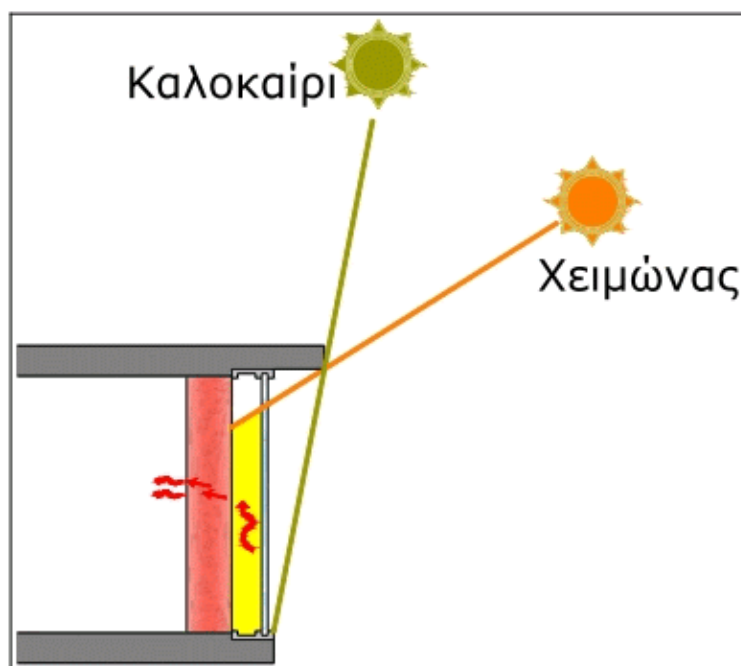
Πρόκειται για ένα σύστημα που συνδυάζει την κατασκευή τοίχου και υαλοπίνακα. Πιο συγκεκριμένα, ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης περιλαμβάνει α) **έναν τοίχο χωρίς θερμομόνωση με νότιο προσανατολισμό** (απόκλιση έως 30° ανατολικά ή δυτικά). Αυτός είναι κατασκευασμένος από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας, καθώς ο στόχος του είναι να αποθηκεύσει και να διανείμει τη θερμότητα. Και β) **ένα διαφανές υλικό τοποθετημένο σε μια ελάχιστη απόσταση 10 εκατοστών προς την εξωτερική του πλευρά**. Η λειτουργία αυτής της πλευράς στοχεύει στη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Όσο πιο πολλή ηλιακή ακτινοβολία συγκεντρώνει αυτή η εξωτερική πλευρά του συστήματος, τόσο πιο αποδοτικό είναι το τελευταίο.

Σημαντικός παράγοντας για την αποδοτικότητα του ηλιακού τοίχου είναι, όπως είναι ευνόητο, το πάχος του τοίχου. Όσο πιο παχύς είναι, τόσο πιο καθυστερημένα γίνεται η επιθυμητή μετάδοση της θερμότητας προς το εσωτερικό του κτιρίου. Σε αυτό, βέβαια, παίζουν και άλλοι παράγοντες ρόλο, όπως τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες των υλικών τοιχοποιίας. Γενικά, όμως, στους πολύ παχείς τοίχους συνίσταται η προσθήκη θυρίδων αερισμού, όπως θα αναπτύξουμε πιο κάτω.

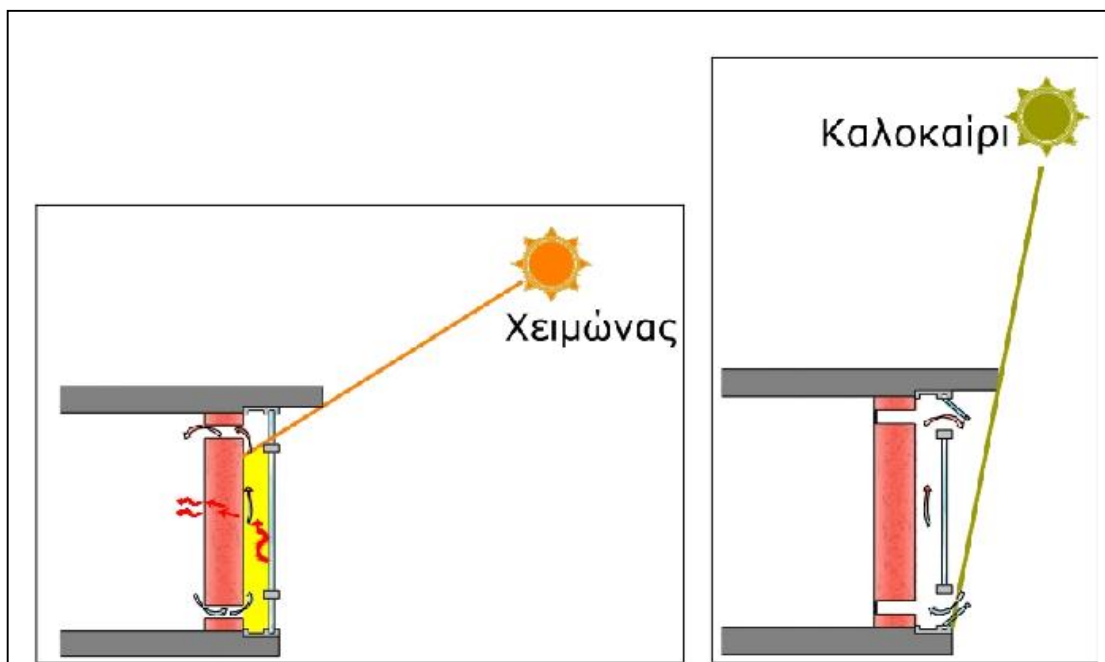
Οι ηλιακοί τοίχοι μπορούν να κατασκευαστούν από διάφορα υλικά τοιχοποιίας, όπως χυτό σκυρόδεμα, τσιμεντόλιθους, οπτόπλινθους (πλήρεις ή με οπές), πέτρα και ωμοπλίνθους ή να αποτελούνται από δοχεία μεταλλικά, πλαστικά ή κατασκευασμένα από μπετόν, τα οποία περιέχουν νερό.

Μια παραλλαγή του συστήματος που αναλύουμε είναι ο λεγόμενος τοίχος **Trombe-Michelle**, στον οποίο ενσωματώνονται και θυρίδες που επιτρέπουν την καλύτερη κυκλοφορία του αέρα. Δηλαδή, η μεταφορά της θερμότητας από το εξωτερικό τμήμα της κατασκευής (υαλοπίνακας) προς το εσωτερικό (συμπαγές τοίχος από δομικά υλικά) γίνεται όχι μόνο μέσω θερμοαγωγιμότητας, αλλά και μέσω φυσικού θερμοσιφωνισμού.

Τέλος, για να αποτραπούν οι αντίστροφες αρνητικές συνέπειες το καλοκαίρι, πρέπει να προβλεφθεί η δυνατότητα σκιασμού του εξωτερικού μέρους του τοίχου ή και ανοίγματός του.



Εικόνα 1.2: Αρχή λειτουργίας τοίχου θερμικής αποθήκευσης[22]



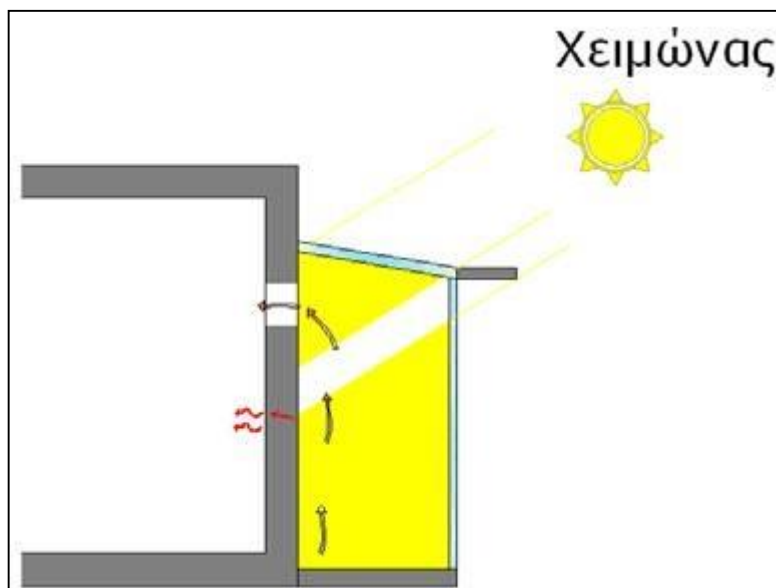
Εικόνα 1.3: Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες (τοίχος Trombe-Michelle) [22]

### 1.3.3 Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος

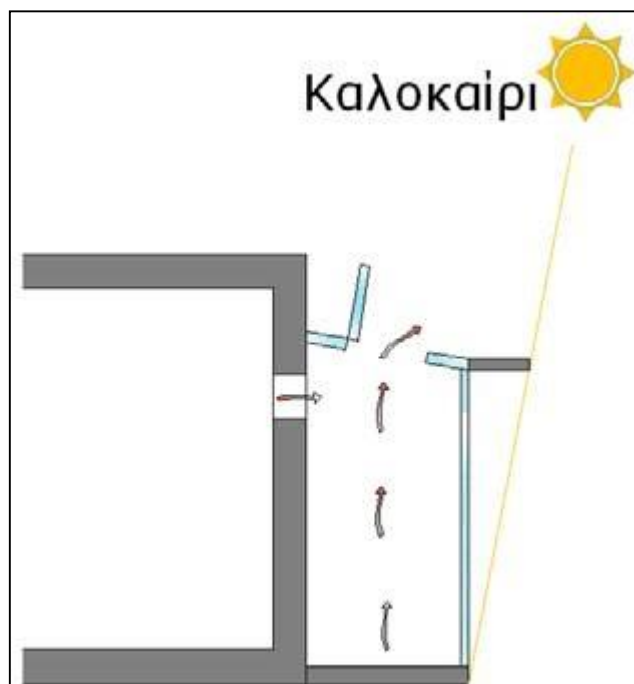
Η λειτουργία του θερμοκηπίου ως συστήματος θέρμανσης ενός κτιρίου μπορεί να περιγραφεί ως **συνδυασμός** των δύο παραπάνω αναφερθέντων συστημάτων: **του ηλιακού συστήματος άμεσου κέρδους και του τοίχου θερμικής αποθήκευσης**. Δηλαδή το θερμοκήπιο λειτουργεί ως ηλιακός συλλέκτης και ενώνεται με συμπαγή τοίχο θερμικής αποθήκευσης με την οικία που επιθυμούμε να θερμανθεί. Η μεταφορά της θερμότητας μπορεί να γίνεται μέσω αγωγιμότητας ή να διευκολύνεται με θυρίδες για τη μεταφορά θερμού αέρα από το θερμοκήπιο προς το σπίτι.

Έτσι, το κτίριο χωρίζεται σε δύο θερμικές ζώνες: τον ηλιακό χώρο που προσαρτάται στο κτήριο, όπου γίνεται συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, και τον κύριο κατοικήσιμο χώρο.

Φυσικά, μπορούν να υπάρξουν και παραλλαγές αυτής της βασικής ιδέας. Παραδείγματος χάρη, το θερμοκήπιο μπορεί να ενσωματωθεί στο κτίριο και να μοιράζονται τρεις τοίχους, ενώ να υπάρχει κι ένας γυάλινος τοίχος προς το Νότο. Ή, άλλο παράδειγμα, ως «θερμοκήπια» μπορούν να λειτουργήσουν και τα εσωτερικά αίθρια των κτιρίων, από τη στιγμή που σκεπάζονται με διαφανή στέγη.



Εικόνα 1.4: Χειμερινή λειτουργία θερμοκηπίου με ανοιγόμενα υαλοστάσια[22]



Εικόνα 1.5: Θερινή λειτουργία θερμοκηπίου με ανοιγόμενα υαλοστάσια [22]

### 1.3.4 Θερμοσιφωνικό πάνελο ή αεροσυλλέκτης

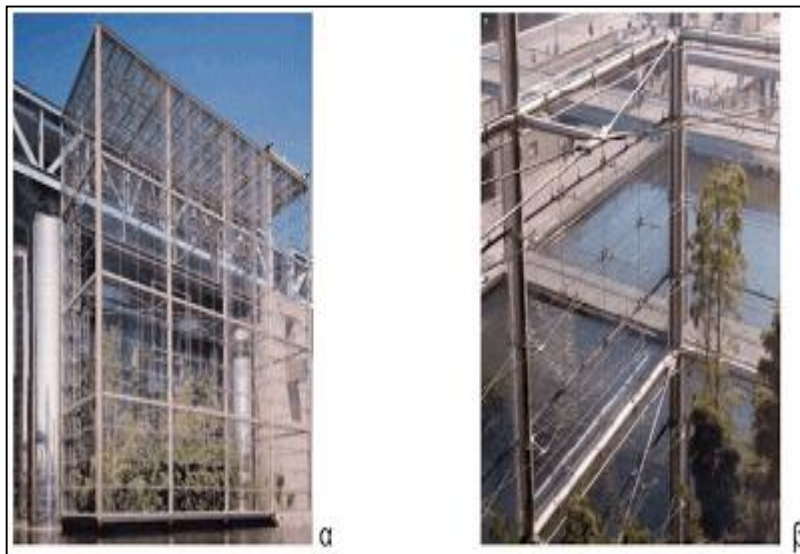
Πρόκειται για έναν συλλέκτη ηλιακής ακτινοβολίας, ο οποίος δεν διαθέτει θερμική μάζα. Ενδέχεται να είναι είτε προσαρτημένος στο κέλυφος του κτιρίου είτε τοποθετημένος ανεξάρτητα από αυτό. Αποτελείται από έναν **υαλοπίνακα**, τοποθετημένο σε απόσταση δύο έως πέντε εκατοστών μπροστά από μία **μεταλλική επιφάνεια** με σκούρο ή μαύρο χρώμα. Συνολικά, το σύστημα θερμομονώνεται και έχει νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως και 30 μοίρες από το νότο και κλίση είτε κατακόρυφη, είτε υπό γωνία. Για την Ελλάδα, έχει υπολογιστεί ότι η βέλτιστη κλίση είναι οι 30-40 μοίρες. Πάντως, αξίζει να σημειωθεί ότι η κεκλιμένη τοποθέτηση του συστήματος αποφέρει καλύτερη απόδοση, όμως

απαιτεί περισσότερο χώρο. Αντίστοιχα, η κατακόρυφη τοποθέτηση στον τοίχο καθιστά πιο εύκολη την αισθητική εναρμόνιση με το υπόλοιπο κτίριο.

Το σύστημα του θερμοσιφωνικού πάνελ (ή αεροσυλλέκτη, όπως ονομάζεται εναλλακτικά) επικοινωνεί με το κτίριο με θυρίδες εισροής και εκροής. Από αυτές, ο αέρας κυκλοφορεί από και προς το κτίριο, χάρη στο **φαινόμενο του φυσικού θερμοσιφονισμού**, στο οποίο αναφερθήκαμε και παραπάνω, με αφορμή τη λειτουργία του ηλιακού τοίχου: ο ψυχρός αέρας, που προέρχεται από το εσωτερικό του κτιρίου, εισέρχεται στο κατώτερο μέρος του θερμοσιφωνικού πάνελ από τη χαμηλότερα τοποθετημένη θυρίδα· εκεί θερμαίνεται, με αποτέλεσμα να γίνεται ελαφρότερος και να ανεβαίνει προς την ανώτερη θυρίδα, απ' όπου διοχετεύεται εκ νέου προς τον χώρο του κτιρίου που πρέπει να θερμανθεί.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του εν λόγω συστήματος είναι ότι, καθώς μπορεί να απομονωθεί θερμικά από το υπόλοιπο κτίριο (γι' αυτό και χαρακτηρίζεται ως παθητικό ηλιακό θερμικό σύστημα απομονωμένου κέρδους), δεν χρειάζεται να αντιμετωπίσουμε τις επιπτώσεις της υπερθέρμανσης κατά τη διάρκεια των θερμών καλοκαιρινών μηνών. Το μόνο που απαιτείται είναι να κλείσουμε τις θυρίδες. Το κλείσιμο των θυρίδων, άλλωστε, είναι σημαντικό να γίνεται κατά τη διάρκεια της νύχτας, ώστε να αποφευχθούν οι θερμικές απώλειες για όσες ώρες δεν έχει ήλιο.

Για την αύξηση της απόδοσης του θερμοσιφωνικού πάνελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί διπλός υαλοπίνακας.



Εικόνα 1.6: Αρχή λειτουργίας θερμοσιφωνικού πάνελου[22]

### 1.3.5 Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση

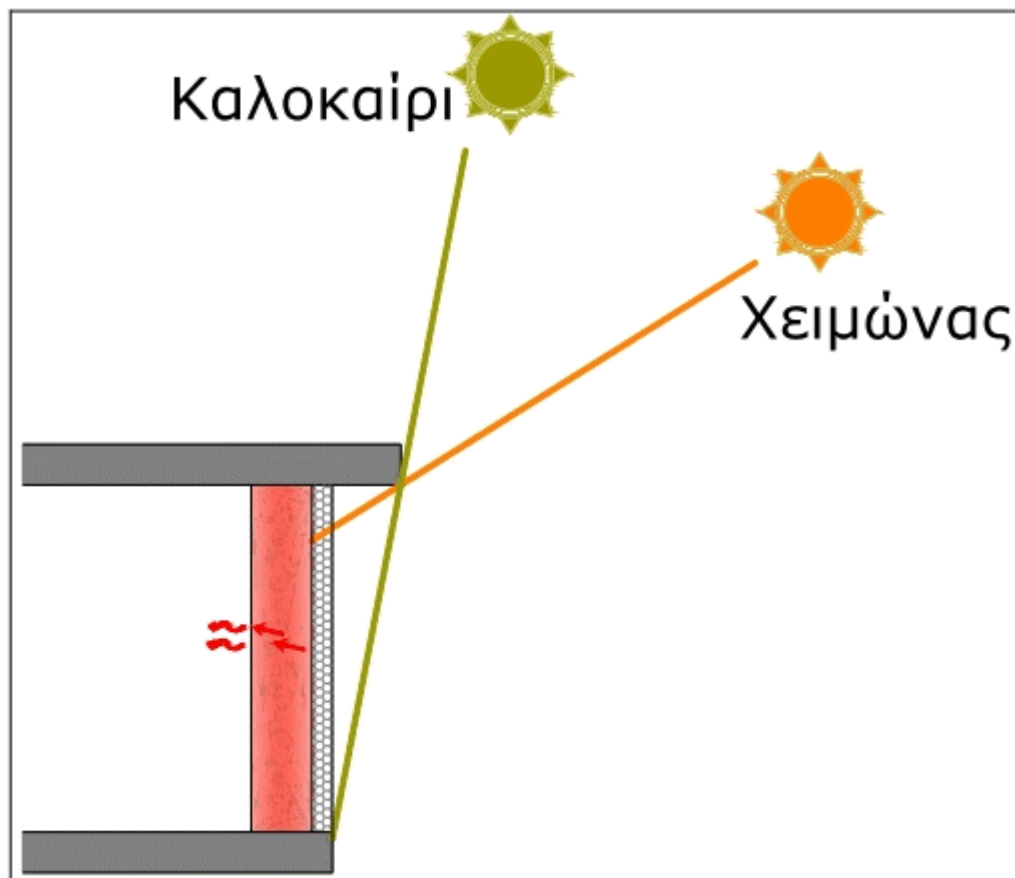
Το συγκεκριμένο σύστημα αφορά έναν **τοίχο στη νότια πλευρά** του κτιρίου (με απόκλιση έως και 30 μοίρες). Ο τοίχος είναι φτιαγμένος από **υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα**, όπως τούβλο, το οποίο και συνηθίζεται. Στην **εξωτερική πλευρά** του τοποθετείται **διαφανής μόνωση** (από θερμομονωτικό υλικό, κυψελωτής δομής, που επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να τη διαπεράσει) **χωρίς επίχρισμα**. Επίσης, η εξωτερική πλευρά του τοίχου βάφεται με μαύρο ή σκούρο χρώμα.

Ουσιαστικά, δηλαδή, έχουμε να κάνουμε με έναν ηλιακό τοίχο, αλλά θερμομονωμένο. Επομένως, από τη μία μειώνονται μεν οι θερμικές απολαβές, αφού η εξωτερική επιφάνεια απορροφά λιγότερη

ακτινοβολία σε σχέση με το γυαλί. Παράλληλα, όμως, αυξάνονται τα συνολικά θερμικά οφέλη, λόγω της θερμομόνωσης που περιορίζει τις απώλειες σε σχέση με το γυαλί. Έτσι, δεν χρειάζεται και τις νύχτες του χειμώνα κάποια επιπλέον πρόνοια για τη θερμική προστασία.

Ταυτόχρονα, άλλο πλεονέκτημα είναι ότι έχει μεγάλη απόδοση, ιδιαίτερα κατά τους ψυχρότερους μήνες. Η απόδοση αυξάνεται, όπως είναι φυσικό, παράλληλα με το εμβαδόν του τοίχου, ενώ εξαρτάται επίσης από παράγοντες όπως ο προσανατολισμός του τοίχου και οι ιδιότητες του υλικού κατασκευής τόσο του τοίχου όσο και της διαφανούς μόνωσής του.

Τους θερμούς μήνες του καλοκαιριού είναι σημαντικό ο τοίχος με διαφανή μόνωση να σκιάζεται αποτελεσματικά, προκειμένου να αποφεύγεται η ανεπιθύμητη υπερθέρμανση του χώρου.



Εικόνα 1.7: Αρχές λειτουργίας αδιαφανούς στοιχείου με διαφανή μόνωση[22]

#### 1.4 Παθητικά συστήματα Αερισμού και Δροσισμού και τεχνικές

Τα διάφορα συστήματα και τεχνικές δροσισμού που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποσκοπούν στη μείωση του θερμικού φορτίου του κτιρίου, ώστε να επιτευχθεί θερμική άνεση, με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων. Σε χώρες όπως η Ελλάδα, με εύκρατα μεσογειακά κλίματα, υπολογίζεται ότι ο σωστός βιοκλιματικός σχεδιασμός των κτιρίων είναι σε θέση να θερμάνει επαρκώς τον χειμώνα και να ανακουφίσει επαρκώς από τη ζέστη το καλοκαίρι (σε ποσοστό 60-70%). Γι' αυτούς τους λόγους, κρίνεται σημαντική η πολιτική βούληση για τη θέσπιση κανονισμών και οδηγιών που προτρέπουν τους μηχανικούς και τους αρχιτέκτονες προς την

κατεύθυνση της σωστής μελέτης του κλίματος στο οποίο καλούνται να σχεδιάσουν και να οικοδομήσουν, προκειμένου να είναι σε θέση να εκμεταλλευθούν τις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες της κάθε περιοχής, υπολογίζοντας, φυσικά, και τις λειτουργικές ανάγκες των κτιρίων και των ανθρώπων που τα χρησιμοποιούν.[3][6][13]

### 1.4.1 Αερισμός

#### 1.4.1.1 Φυσικός αερισμός

Ανάμεσα σε πολλά συστήματα και τεχνικές δροσισμού, ο φυσικός αερισμός καταλαμβάνει εξέχουσα θέση, τόσο λόγω της απλής και οικονομικής λογικής με την οποία λειτουργεί, όσο και λόγω του ότι εξυπηρετεί, πέρα από τη ρύθμιση της θερμοκρασίας, και την υγιεινή του αέρα που αναπνέουμε μέσα στα κτίρια (ανανέωση, επαρκές οξυγόνο, απομάκρυνση οσμών κλπ). Έτσι, από τη στιγμή που σχεδιάζεται σωστά, ο φυσικός αερισμός αποτελεί την συνηθέστερη και πιο σημαντική μέθοδο δροσισμού.

Μέσω αυτού, επιτυγχάνονται πολλαπλοί στόχοι: α) απομακρύνεται η θερμότητα από το εσωτερικό του κτιρίου β) απομακρύνεται η θερμότητα που έχει συσσωρευτεί και αποθηκευτεί στα δομικά υλικά του κτιρίου γ) δροσίζεται το σώμα των ανθρώπων που χρησιμοποιούν το κτίριο. Ο συνδυασμός των παραπάνω οφελών συντελεί στην επίτευξη της θερμικής άνεση, πράγμα που είναι και ο βασικός στόχος εν προκειμένω.

Ας σημειωθεί ότι στο πλαίσιο του φυσικού αερισμού, υπάρχουν τρεις κύριες στρατηγικές, που διακρίνονται ανάλογα με την κινητήρια δύναμη που εφαρμόζεται και χρησιμοποιούνται για την επίτευξη διαφορετικών σε μέγεθος και έκταση στόχων:

1) **Wind variation-induced single-sided ventilation.** Πρόκειται για μια στρατηγική που βρίσκει τοπική εφαρμογή, όταν ο αερισμός απαιτείται σε ξεχωριστά δωμάτια.

2) **Wind pressure-driven cross ventilation.** Πρόκειται για στρατηγική που εφαρμόζεται όταν ο αερισμός απαιτείται σε έναν όροφο ενός κτιρίου. Η αποδοτικότητά του εξαρτάται από παράγοντες όπως το σχήμα και τη θέση του κτιρίου, καθώς και από το μικροκλίμα του περιβάλλοντός του.

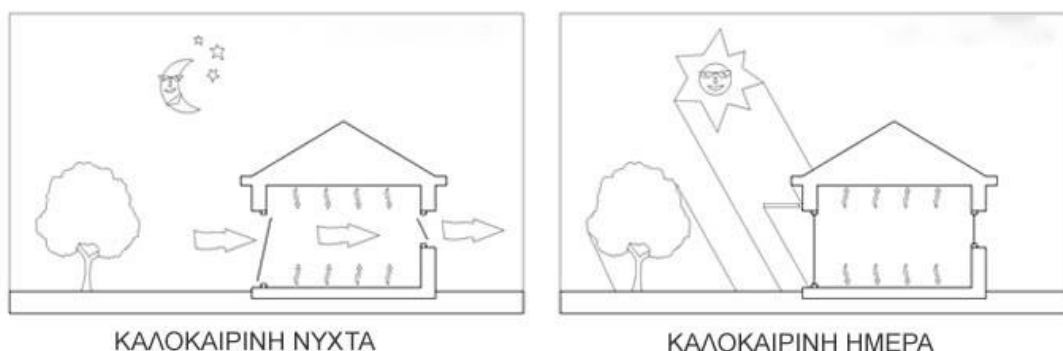
3) **Buoyancy pressure-driven stack ventilation.** Πρόκειται για την πιο «ευρείας έκτασης» στρατηγική, όταν δηλαδή ο αερισμός απαιτείται σε ολόκληρο το κτίριο. Η αποδοτικότητά του εξαρτάται από το σχήμα του κτιρίου, όπως και από τη διαμόρφωση του εσωτερικού του.

Ας περάσουμε τώρα από τις γενικές στρατηγικές στις πιο συγκεκριμένες μεθόδους και τεχνικές. Ο φυσικός αερισμός, ενώ επιτελεί τους ίδιους στόχους και με την ίδια βασικά λογική, μπορεί να λάβει διάφορες μορφές, ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνει την ανανέωση του αέρα. Έτσι, μπορεί να είναι:

α) **Διαμπερής:** Εδώ χρησιμοποιούνται παράθυρα και άλλα ανοίγματα στους τοίχους και στο κέλυφος. Αν το κτίριο είναι κατάλληλα διαρθρωμένο εσωτερικά, προσανατολισμένο εξωτερικά και σε σχέση με τα υπόλοιπα κτίσματα που το περιβάλλουν, ο αέρας μπορεί να κυκλοφορεί προς όλες τις κατευθύνσεις, να δημιουργεί «ρεύμα» και να απομακρύνει τη συγκεντρωμένη θερμότητα. Παράλληλα, τα λεγόμενα «ανεμοπτερύγια», δηλαδή πλευρικοί τοίχοι που προσαρτώνται σε διάφορα ανοίγματα, μπορούν να κατευθύνουν τον αέρα προς όφελος του σκοπού μας, να τον εκτρέψουν, να τον κατευθύνουν και να ενισχύσουν την ροή του. Στο πλαίσιο αυτής της τεχνικής, σημαντικός είναι ο



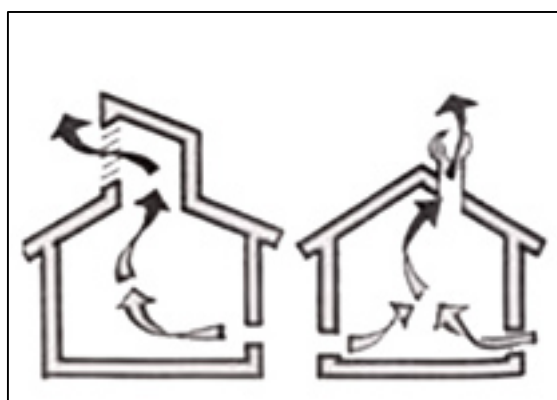
αερισμός που γίνεται κατά τη διάρκεια της νύχτας, που, τους θερμούς μήνες του καλοκαιριού, η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη και ο εξωτερικός αέρας πιο δροσερός. Ο νυχτερινός αερισμός, πέρα από τη στιγμιαία δροσιά, μπορεί να προσφέρει και την αποθήκευση δροσιάς στο εσωτερικό του κτιρίου, ενώ και τα ψυχρά ρεύματα που δέχονται οι εξωτερικές επιφάνειες και τα δομικά υλικά του κτιρίου συντελούν στη σχετική ψύξη τους, με αποτέλεσμα τη συνολική βελτίωση της κατάστασης, εν όψει και της ερχόμενης ζεστής μέρας. Επίσης, τα ίδια ισχύουν και για τον αερισμό που γίνεται πολύ νωρίς το πρωί, μέχρι την ανατολή του ήλιου.



Εικόνα 1.8: Διαμερής φυσικός αερισμός[23]

β) **Κατακόρυφος:** Εδώ χρησιμοποιούνται κατακόρυφα ανοίγματα και καμινάδες. Εν προκειμένω, βρίσκει την εφαρμογή του το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού. Καθώς ο θερμός αέρας τείνει να κινείται προς τα πάνω, διοχετεύεται στην καμινάδα δημιουργώντας μια παράλληλη κίνηση: η θερμότητα φεύγει προς το εξωτερικό του κτιρίου, ενώ στο εσωτερικό προκύπτει ρεύμα. Το ρόλο των «καμινάδων» μπορούν να παίξουν φωταγωγοί, κλιμακοστάσια και εσωτερικά αίθρια.

Άλλωστε, σε περιοχές με ισχυρούς ανέμους μπορεί να τεθεί σε εφαρμογή και μια προέκταση αυτής της λογικής: οι λεγόμενοι «πύργοι αερισμού», που είναι κατακόρυφα ανοίγματα που προεξέχουν σε σημαντικό βαθμό από το κυρίως κτίριο, συλλαμβάνουν τα ψυχρά ρεύματα αέρα και θέτουν σε κίνηση τη διαδικασία που περιγράφηκε. Για να γίνει αυτό, συχνά χρειάζεται η υποβοήθηση του συστήματος από κάποια μορφή ανεμιστήρα, οπότε βέβαια θα μιλάμε για υβριδικό σύστημα.



Εικόνα 1.9: Κατακόρυφος φυσικός αερισμός με καμινάδα ή πύργο αερισμού[24]

Επίσης **κατακόρυφος**, αλλά διαφορετικός είναι ο:

γ) **Αερισμός με ενίσχυση από ηλιακή καμινάδα:** Η εν λόγω μέθοδος βασίζεται στο φαινόμενο Venturi. Συνίσταται στην κατασκευή μια καμινάδας, η οποία, στη νότια ή νοτιοδυτική πλευρά της, δεν έχει τοίχο, αλλά υαλοπίνακα. Μέσω της υψηλής θερμοκρασίας που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, τίθεται σε κίνηση το παραπάνω αναφερθέν φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, με όλα τα πλεονεκτήματά του.

Καθώς, όμως, αυτή η τεχνική μπορεί να είναι ιδιαίτερος αποτελεσματική τους θερμούς μήνες, πρέπει να υπάρξει μέριμνα ώστε τα πλεονεκτήματα του καλοκαιριού να μην αντιστραφούν σε μειονεκτήματα του χειμώνα. Μία πιθανή λύση θα ήταν εν προκειμένω η απομόνωση ορισμένων ζωνών του κτιρίου, ώστε να μειωθούν οι ανεπιθύμητες θερμικές απώλειες.



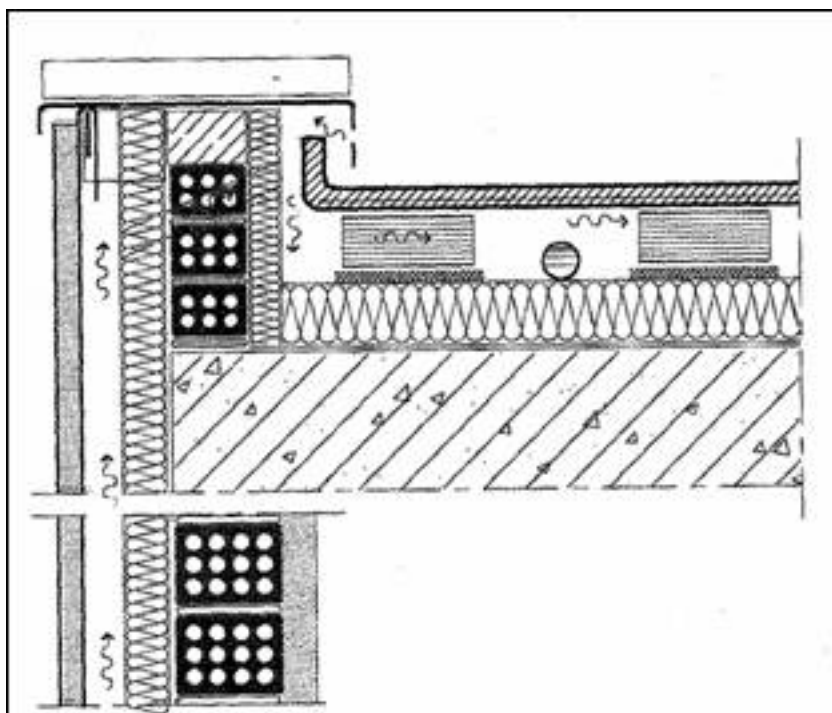
Εικόνα 1.10: Φυσικός αερισμός μέσω ηλιακής καμινάδας[24]

#### 1.4.1.2 Αερισμός με ανεμιστήρες οροφής

Πρόκειται, βεβαίως, για υβριδικό σύστημα, καθώς χρησιμοποιούνται μηχανικά σε συνδυασμό με τον φυσικό αερισμό και προς ενίσχυσή του. Γενικά, το πλεονέκτημα των ανεμιστήρων είναι ότι, χάρη στην κίνηση του αέρα, επιτυγχάνεται η θερμική άνεση σε θερμοκρασίες που κανονικά δεν θα ήταν ευχάριστες (μέχρι και πάνω από 26 βαθμούς Κελσίου), καθώς η μετάδοση της θερμότητας στο ανθρώπινο σώμα γίνεται μέσω μετάβασης. Επίσης, οι ανεμιστήρες καταναλώνουν πολύ λιγότερο ρεύμα σε σύγκριση με τα κλιματιστικά.

#### 1.4.1.3 Αερισμός με αεριζόμενο κέλυφος

Εν προκειμένω, κατασκευάζεται διπλό κέλυφος του κτιρίου είτε στην οροφή είτε στους πλάγιους εξωτερικούς τοίχους. Μέσα στο κενό που δημιουργείται στο μεσοδιάστημα, κυκλοφορεί ο αέρας του περιβάλλοντος, επιτρέποντας έτσι τη μεταφορά θερμότητας από το κέλυφος του κτιρίου προς το εξωτερικό του και συμβάλλοντας στην θερμική ανακούφιση του.



Εικόνα 1.11: Αεριζόμενο δομικό στοιχείο πρόσοψης και οροφής[24]

## 1.4.2 Δροσισμός

Παράλληλα με τον εντελώς φυσικό ή εν μέρει φυσικό και εν μέρει υποβοηθούμενο με μηχανικά μέσα αερισμό, υπάρχουν και άλλες μέθοδοι και τεχνικές δροσισμού των κτιρίων που ανταποκρίνονται στο γενικότερο πνεύμα του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Παρακάτω θα περιγράψουμε συνοπτικά τον τρόπο λειτουργίας και τη λογική μερικών από αυτές. Θα πρέπει, όμως, ήδη εξ αρχής να σημειωθεί ότι οι παρακάτω αναφερόμενες μέθοδοι εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής, καθώς η απόδοσή τους τείνει να βελτιστοποιείται στις ήπιες συνθήκες εύκρατων κλιμάτων, ενώ αντίθετα μπορεί να καταστεί ανεπαρκής, αν αφηθεί μόνη της, σε ακραίες συνθήκες θερμότητας.

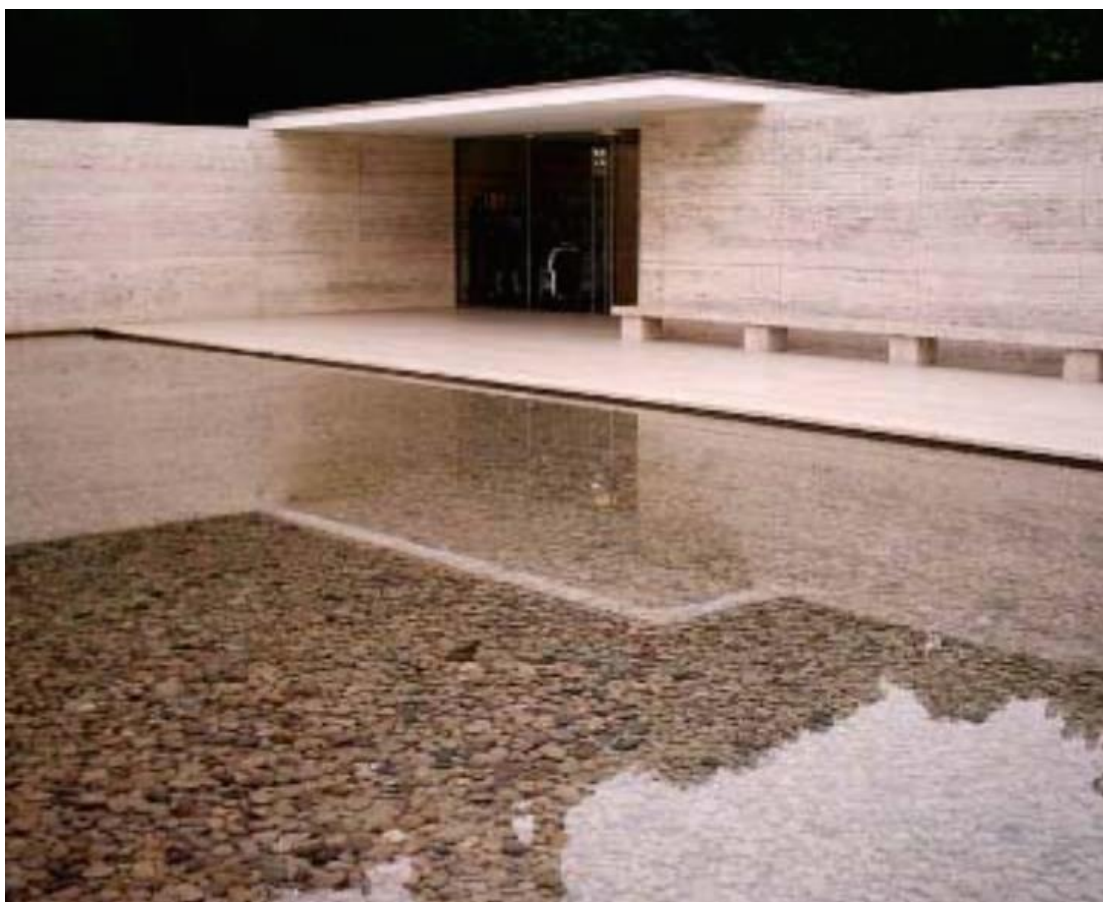
Γι' αυτό, πρέπει πάντα να έχουμε κατά νου ότι η κάθε περίπτωση μελετάται ξεχωριστά και επιβάλλει τη μελέτη και τον συνδυασμό πολλών παραγόντων: κλιματικών, οικονομικών, ενεργειακών και ούτω καθεξής. Συχνά, παραδείγματος χάρη, είναι απαραίτητος ο συνδυασμός των μεθόδων που θα περιγραφούν με τα κλασικά μηχανικά μέσα δροσισμού, καθώς τις θερμότερες μέρες του καλοκαιριού, δεν μπορούν να λειτουργήσουν εξίσου καλά και αδυνατούν από μόνες τους να προσφέρουν θερμική άνεση- και αυτό είναι κάτι σοβαρό, αφού, όπως ήδη σημειώθηκε, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός μπορεί να στοχεύει στην εξοικονόμηση χρημάτων και ενέργειας, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι παραμελεί την ποιότητα ζωής των χρηστών ενός κτιρίου.

Έχοντας πει αυτά, ας προχωρήσουμε στην απαρίθμηση ορισμένων τεχνικών.

### 1.4.2.1 Ψύξη με εξάτμιση

Το φαινόμενο της εξάτμισης του νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ψύξη ενός κτιρίου, καθώς η αισθητή θερμότητα απορροφάται από τον αέρα για να χρησιμοποιηθεί ως λανθάνουσα θερμότητα για

την εξάτμιση νερού. Όσο περισσότερο νερό εξατμίζεται, τόσο περισσότερη θερμότητα καταναλώνεται, καθώς ο αέρας, καθώς διέρχεται από κάποια ποσότητα νερού ψύχεται και εμπλουτίζεται με υδρατμούς. Ο δροσερότερος αέρας που παράγεται μπορεί να εισαχθεί κατ' ευθείαν στο κτίριο, οπότε κάνουμε λόγο για άμεσο δροσισμό, ή να κατευθύνεται στους τοίχους ή στο κέλυφος του κτιρίου ή σε κάποιον εναλλάκτη, οπότε μιλάμε για έμμεσο δροσισμό μέσω εξάτμισης. Παράλληλα, η ύπαρξη υδάτινων επιφανειών στους εξωτερικούς χώρους ενός κτιρίου (πχ σιντριβάνια, τεχνητές λίμνες) μπορεί να προκαλέσει με την ίδια λογική μείωση της θερμοκρασίας. Για να πάρουμε μια ιδέα για τη λογική αυτής της μεθόδου, μπορούμε να σκεφτούμε το δροσερό «αεράκι» που φυσάει συχνά στις παραθαλάσσιες περιοχές.



*Εικόνα 1.12: Εξατμιστικός δροσισμός*

#### **1.4.2.2 Ψύξη με ακτινοβολία**

Η γενική ιδέα είναι η ακτινοβολία θερμότητας από τις επιφάνειες του κτιρίου πίσω προς τον ουρανό κατά τη διάρκεια της νύχτας. Ο νυχτερινός ουρανός αξιοποιείται, δηλαδή, εν προκειμένω ως «μαύρο σώμα» το οποίο αντλεί την ακτινοβολία. Για να καταστεί αυτό δυνατό, απαιτούνται ειδικές κατασκευές στην οροφή του κτιρίου, συχνότερες από τις οποίες είναι ο **μεταλλικός ακτινοβολητής** (κατασκευή που αποτελείται από διπλή μεταλλική πλάκα. Η εξωτερική του επιφάνεια έχει ανακλαστικές ιδιότητες, ενώ η κάτω πλευρά είναι μονωμένη. Το βράδυ, η πάνω πλευρά εκπέμπει ακτινοβολία προς τον ουρανό, ενώ ο αέρας ψύχεται διερχόμενος μέσα από τις πλάκες και στη συνέχεια κατευθύνεται προς το εσωτερικό του κτιρίου) και η **τεχνητή λίμνη οροφής** (δεξαμενή η

οποία στη διάρκεια της ημέρα καλύπτεται, ενώ το βράδυ ακτινοβολεί θερμότητα προς το περιβάλλον. Σημειωτέον, τον χειμώνα μπορεί να λειτουργήσει αντίστροφα).



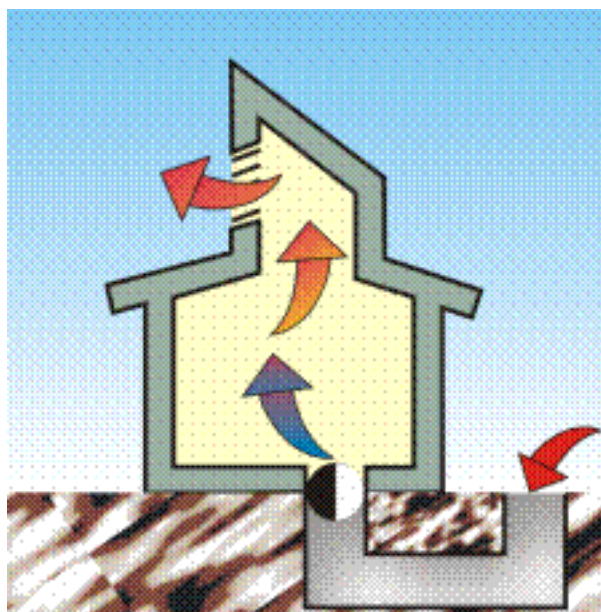
Εικόνα 1.13: Δροσισμός με ακτινοβολία [24]

### 1.4.2.3 Ψύξη από το έδαφος

Καθώς το έδαφος το καλοκαίρι έχει θερμοκρασία αρκετά χαμηλότερη από αυτή του περιβάλλοντος, η κατασκευή υπόσκαφων ή ημιυπόσκαφων κτιρίων, όπως και υπεδάφινων συστημάτων αγωγών, μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη θερμικής άνεσης. Στην πρώτη περίπτωση, το κέλυφος του κτιρίου έρχεται σε επαφή με το σχετικά ψυχρό έδαφος και ψύχεται. Στη δεύτερη, ο αέρας από το εσωτερικό του κτιρίου ή από το εξωτερικό περιβάλλον εισάγεται μέσα σε μεταλλικούς ή κατασκευασμένους από PVC αγωγούς που είναι τοποθετημένοι σε βάθος 1-3 μέτρων, κυκλοφορεί μέσα στο δίκτυό τους, ψύχεται (καθώς η θερμοκρασία εκεί είναι μικρότερη) και στη συνέχεια ανακατευθύνεται μέσα στο κτίριο. Αντίστροφα μπορούν να λειτουργήσουν αυτά τα συστήματα τον χειμώνα, καθώς τότε το έδαφος είναι θερμότερο από το εξωτερικό περιβάλλον, ενώ (στην περίπτωση υπόσκαφης δόμησης) το έδαφος λειτουργεί και ως μονωτής και περιορίζει την απώλεια θερμότητας.



Εικόνα 1.14: Δροσισμός από το έδαφος με υπόσκαφα ή ημιυπόσκαφα κτίρια [24]



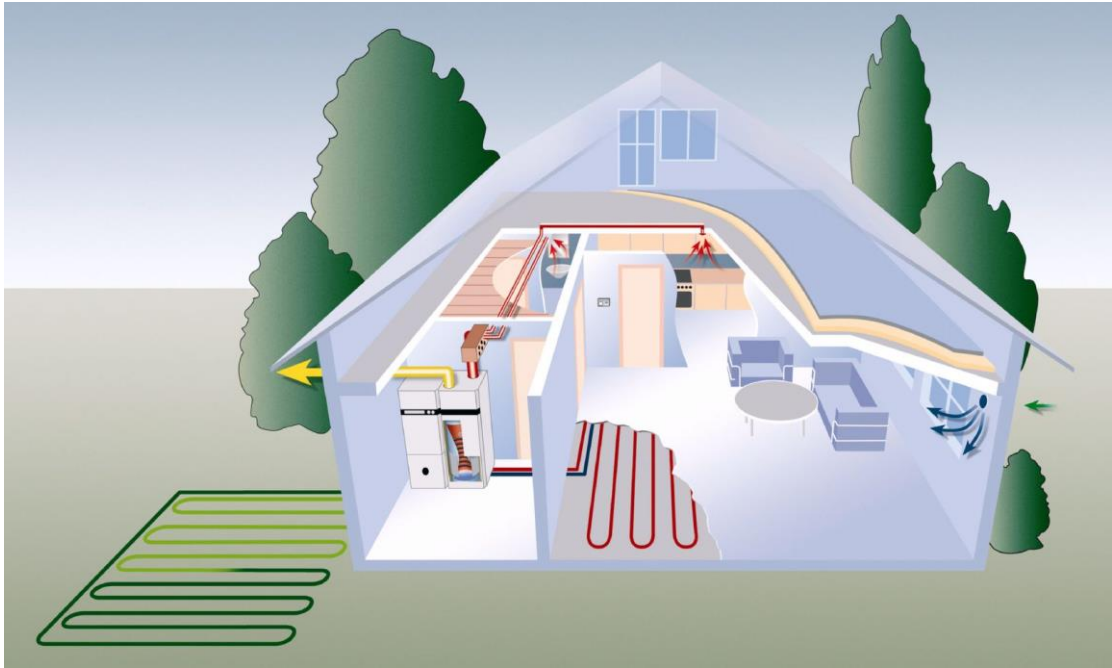
Εικόνα 1.15: Δροσισμός από το έδαφος μέσω υπεδάφιου συστήματος αγωγών [24]

#### 1.4.2.4 Ξήρανση στον αέρα που εισέρχεται στο κτίριο

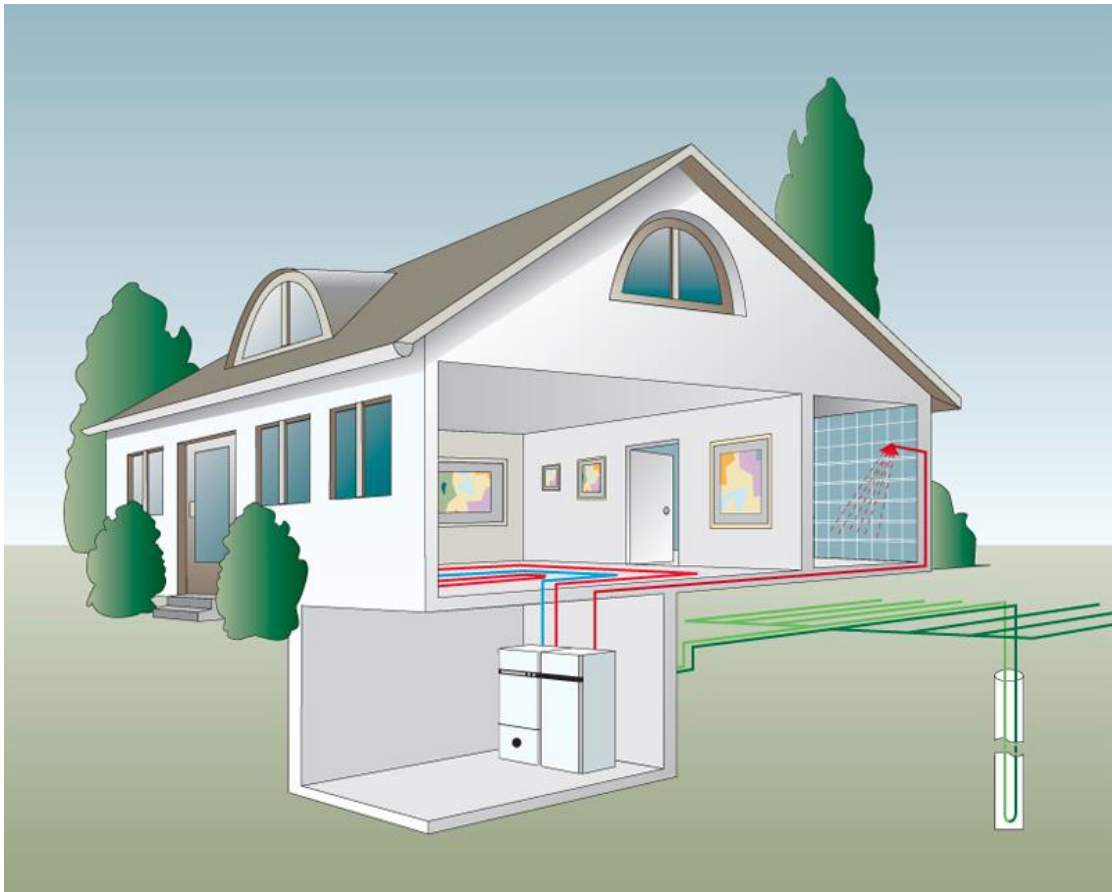
Ενώ στα συμβατικά συστήματα κλιματισμού ο αέρας, προτού διοχετευθεί στο εσωτερικό του κτιρίου στην επιθυμητή θερμοκρασία, αφυγραίνεται ψυχόμενος σε θερμοκρασία πολύ πιο χαμηλή, πράγμα που συνεπάγεται την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας και τη συνεπακόλουθη λειτουργία του κλιματισμού σε επίπεδα χαμηλότερα από το βέλτιστο, στις βιοκλιματικές τεχνικές ξήρανσης του αέρα, ο τελευταίος αφυγραίνεται με φυσικό τρόπο. Έτσι, αυτή η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τα κλασικά κλιματιστικά συστήματα, αλλά εξοικονομώντας μεγάλα ποσά ενέργειας και βελτιστοποιώντας τη λειτουργία τους.

#### 1.4.2.5 Γεωθερμικές αντλίες

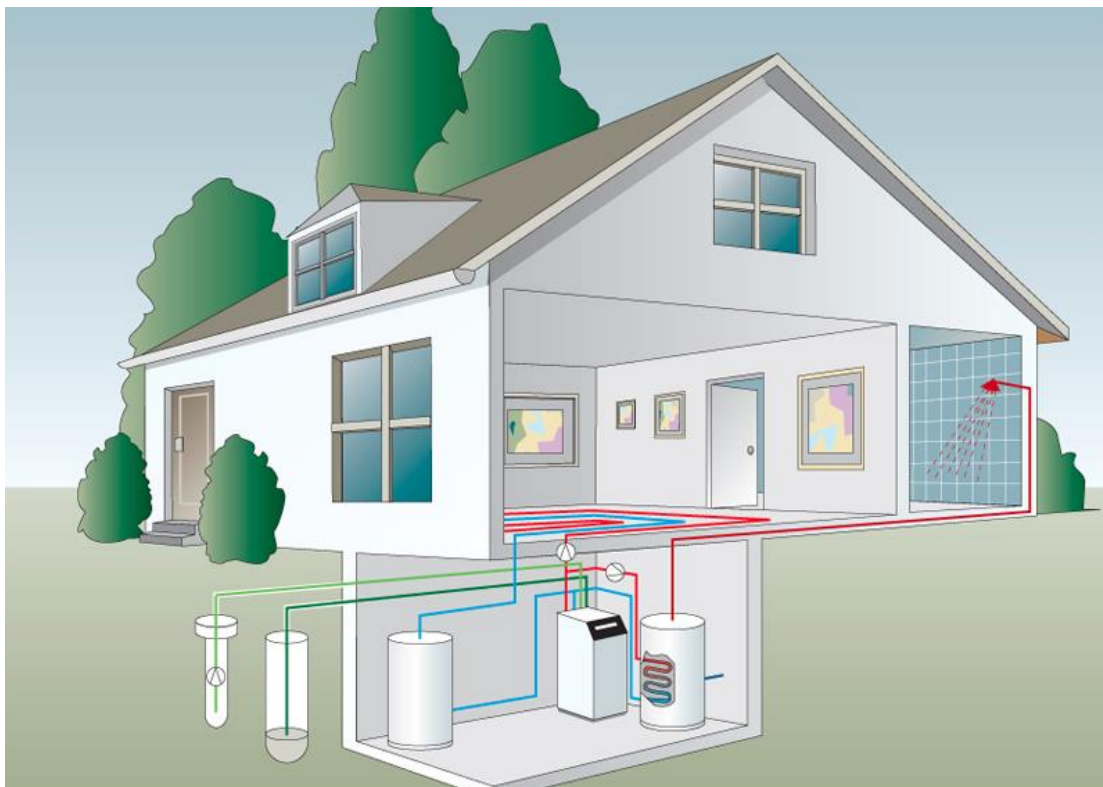
Καθώς, όπως ήδη σημειώσαμε, το έδαφος το καλοκαίρι είναι πιο ψυχρό από το περιβάλλον και το χειμώνα πιο θερμό από αυτό, οι γεωθερμικές αντλίες το εκμεταλλεύονται, χρησιμοποιώντας το ως δεξαμενή *διοχέτευσης* θερμότητας κατά τους θερμούς μήνες και *άντλησης* θερμότητας κατά τους ψυχρούς. Για να λειτουργήσει ένα τέτοιο σύστημα χρειάζεται μια γεωθερμική αντλία, ένας εναλλάκτης (σύστημα σωληνώσεων από πολυαιθυλένιο που τοποθετείται μέσα στο έδαφος και διαρρέεται από νερό), μία εσωτερική εγκατάσταση ψύξης/θέρμανσης και, φυσικά, ο αυτοματισμός της εγκατάστασης. Υπάρχουν τρεις τρόποι εγκατάστασης γεωθερμικού συστήματος, με οριζόντιος εναλλάκτες, κάθετους εναλλάκτες και με γεώτρηση.



Εικόνα 1.16: Γεωθερμικό σύστημα με οριζόντιους εναλλάκτες[27]



Εικόνα 1.17: Γεωθερμικό σύστημα με κατακόρυφους εναλλάκτες[27]



Εικόνα 1.18: Γεωθερμικό σύστημα με γεώτρηση[27]

#### 1.4.2.6 Αντλίες απορρόφησης

Σε σύγκριση με τα συμβατικά κλιματιστικά συστήματα, ο ηλεκτροκίνητος συμπιεστής αντικαθίσταται από έναν θερμικό συμπιεστή: η συμπίεση επιτυγχάνεται με την απορρόφηση του ψυκτικού από ένα διάλυμά του στον απορροφητή και την εκρόφησή του με την παροχή θερμότητας σε μεγαλύτερη πίεση στον εκροφητή. Επομένως, τα συστήματα που βασίζονται σε αντλίες απορρόφησης χρησιμοποιούν τη θερμότητα (που μπορεί να παράγεται από την ηλιακή ακτινοβολία, από πετρέλαιο, από αέριο κλπ) για να παραγάγουν ψύξη. Έτσι, παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα κλασικά κλιματιστικά συστήματα, καθώς δεν βλάπτουν το όζον (τα ψυκτικά τους που χρησιμοποιούν, σε αντίθεση με αυτών των κλιματιστικών δεν είναι επιβλαβή, από αυτήν τουλάχιστον την άποψη), απαιτούν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια, είναι αθόρυβα και δεν έχουν μηχανικά μέρη, ενώ μπορεί να εκμεταλλευτούν ακόμη και την ηλιακή ενέργεια ή την απορριπτόμενη θερμότητα.

#### 1.5 Συστήματα φυσικού φωτισμού

Η εκμετάλλευση του φυσικού φωτός μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο πλαίσιο του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων. Ιδίως σε χώρες όπως η Ελλάδα, με έντονη ηλιοφάνεια, η χρήση του φυσικού φωτισμού αναδεικνύεται σε βασικό παράγοντα, καθώς η εξοικονόμηση ενέργειας υπολογίζεται ότι μπορεί να φτάσει μέχρι και το 70%. [2][9]

Η χρήση του φυσικού φωτισμού επιδρά στην ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου πρώτα πρώτα άμεσα, καθώς όσο περισσότερο φυσικό φως διαθέτουμε, τόσο λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια απαιτείται για τον φωτισμό του κτιρίου. Επιδρά, όμως, και έμμεσα, αφού οι δίοδοι της ηλιακής ακτινοβολίας προς το σπίτι, όπως λόγω χάρη, μια μεγάλη τζαμαρία, είναι ταυτόχρονα και δίοδοι εισόδου

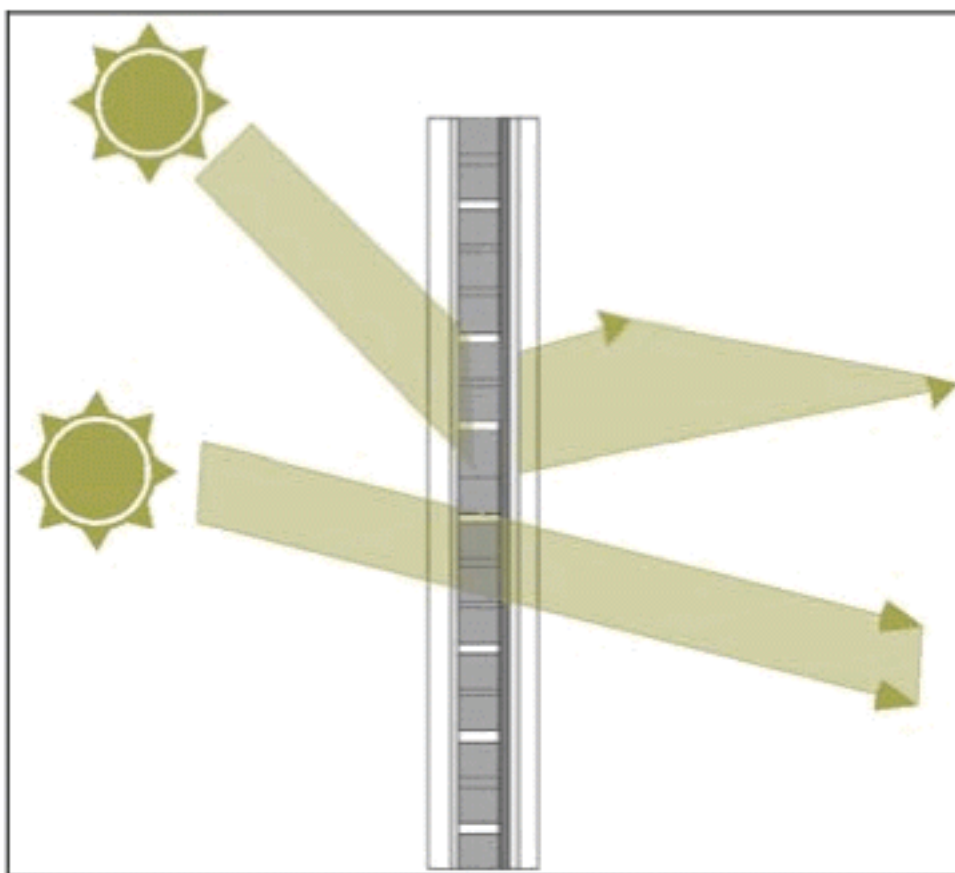


θερμότητας (πράγμα που μας απασχολεί κυρίως το καλοκαίρι), αλλά και εξόδου θερμότητας (κάτι που μας απασχολεί κυρίως τον χειμώνα). Για άλλη μια φορά, λοιπόν, η στάθμιση πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων, αλλά και η σωστή προσαρμογή στις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε κλίματος ή και κάθε περίπτωσης κτιρίου, αποδεικνύεται σημαντική.

Ας περάσουμε τώρα στη συνοπτική εξέταση ορισμένων από τα βασικά συστήματα φυσικού φωτισμού.

### 1.5.1 Πρισματικοί υαλοπίνακες

Πρόκειται για ακρυλικές, λεπτές, επίπεδες και πριονωτές διατάξεις, η λειτουργία των οποίων βασίζεται στη **διάθλαση του φωτός**, που λαμβάνει χώρα στην πάνω πλευρά του πρίσματος και την **ολική αντανάκλαση του φωτός** (στην εσωτερική επιφάνεια του πρίσματος).

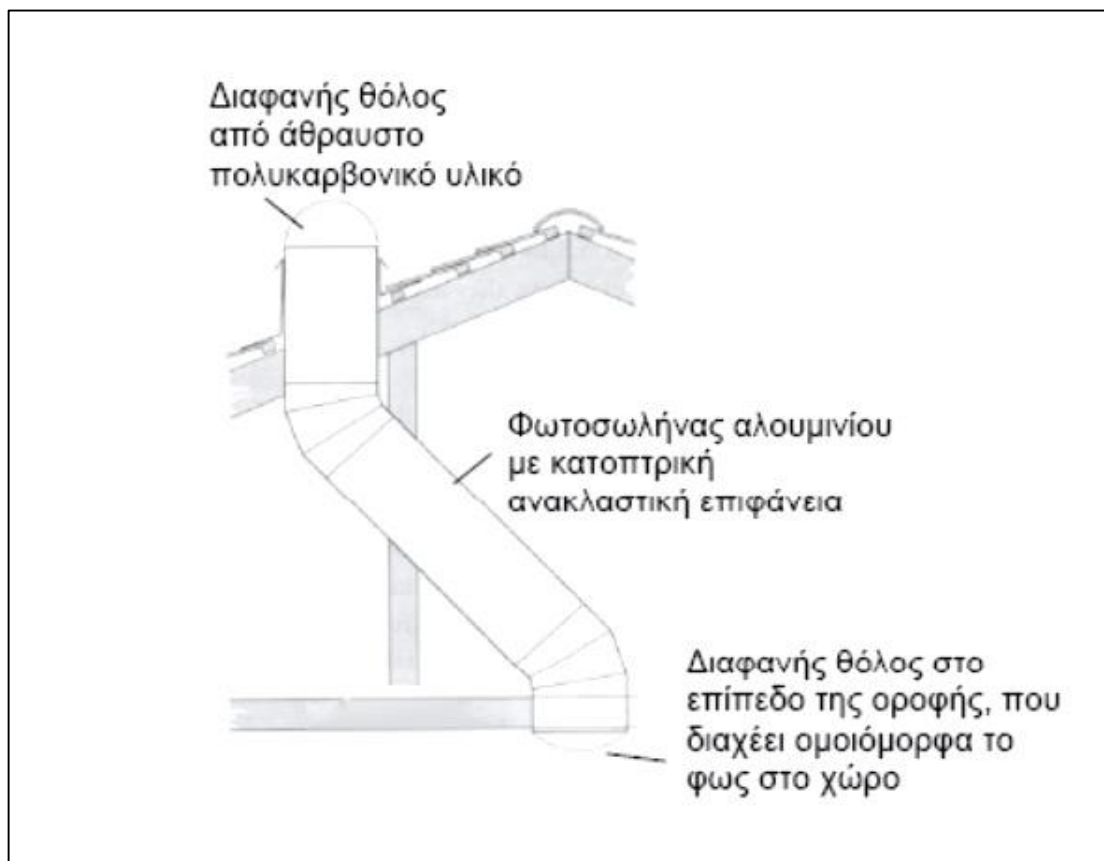


Εικόνα 1.19: Ανακατεύθυνση φωτός μέσω πρισματικών υαλοπινάκων[27]

### 1.5.2 Φωτοσωλήνες (light pipes)

Πρόκειται για πολύ εξελιγμένα συστήματα για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, που προσφέρουν πλήθος πλεονεκτημάτων, καθώς εξοικονομούν μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας (υπολογίζεται ότι η εξοικονόμηση φτάνει έως το 100%), μεταφέρουν το φως ακόμη και σε δυσπρόσιτα ανήλια σημεία (πχ αποθήκες, υπόγεια), είναι εύκολο να εγκατασταθούν, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε μεγάλη κλίμακα (λόγου χάρη σε βιομηχανικούς χώρους). Επίσης, είναι δυνατόν να προσαρμοστούν σε ήδη υφιστάμενα κτίρια. Αποτελούνται από έναν κρυστάλλινο ή

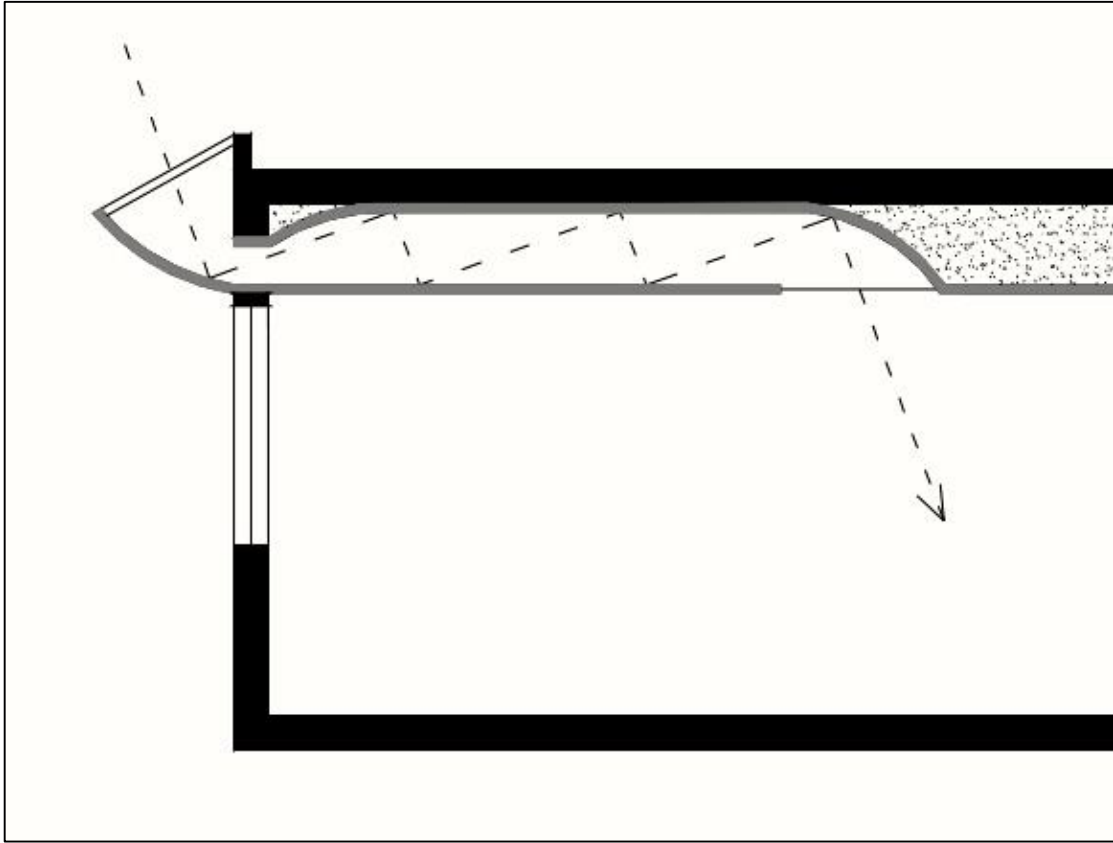
ακρυλικό θόλο, από έναν ανακλαστικό σωλήνα, που είναι εσωτερικά κατασκευασμένος από μέταλλο με υψηλές ανακλαστικές ιδιότητες, ώστε το φως να μεταφέρεται χωρίς μεγάλες απώλειες, και τέλος από τον κρυστάλλινο ή ακρυλικό διαχύτη. Χρησιμοποιούνται σε διάφορες διατομές, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες κάθε περίπτωσης, αν και η μέγιστη μεταφορά της φωτεινής δέσμης επιτυγχάνεται όταν αυτή προσπίπτει κάθετα στη διατομή του φωτοσωλήνα. Τέλος, στο εσωτερικό του light pipe μπορούν να τοποθετηθούν οπτικές ίνες από γυαλί ή και πλαστικό, πράγμα που επιτρέπει τη διανομή της δέσμης φωτός σε διάφορες επιμέρους δέσμες, που προορίζονται ενδεχομένως για διαφορετικούς χώρους.[14]



Εικόνα 1.20: Σύστημα Φωτοσωλήνα[26]

### 1.5.3 Ανειδωλικά συστήματα οροφής

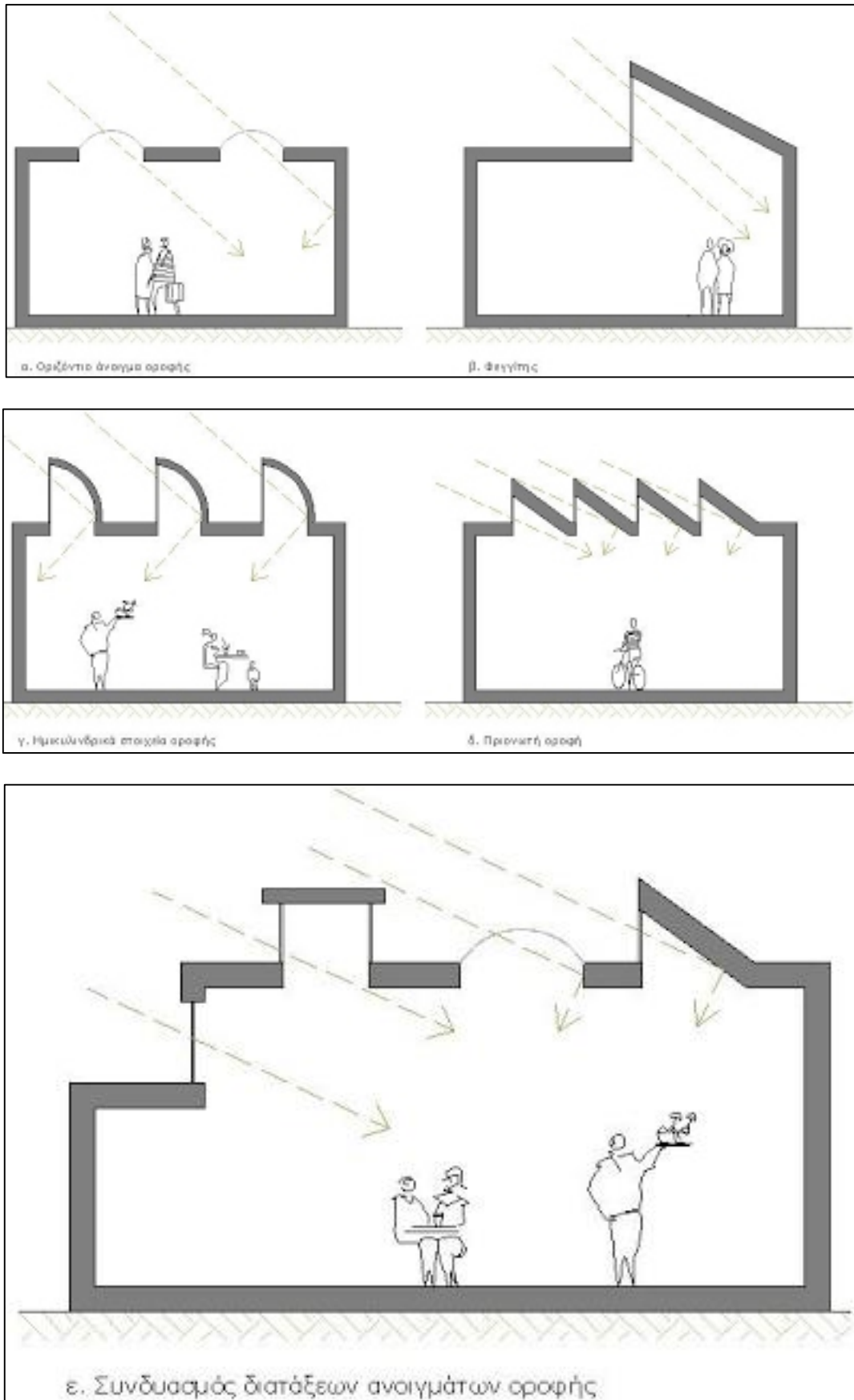
Πρόκειται για συστήματα που τοποθετούνται στην οροφή του κτιρίου και, εκμεταλλευόμενα τις οπτικές ιδιότητες σύνθετων παραβολικών διατάξεων, συγκεντρώνουν τον διάχυτο φωτισμό από τον ουρανό και μεταφέρουν το φως προς το εσωτερικό του κτιρίου. Για να γίνει αυτή η μεταφορά, χρησιμοποιείται ένας κατοπτρικός αγωγός και μια ανειδωλική διάταξη που επιτελεί τον αντίστροφο ρόλο από αυτήν της οροφής, «διασπείροντας» το φως.



Εικόνα 1.21: Λειτουργία ανειδωλικού συστήματος οροφής[28]

#### 1.5.4 Ανοίγματα οροφής

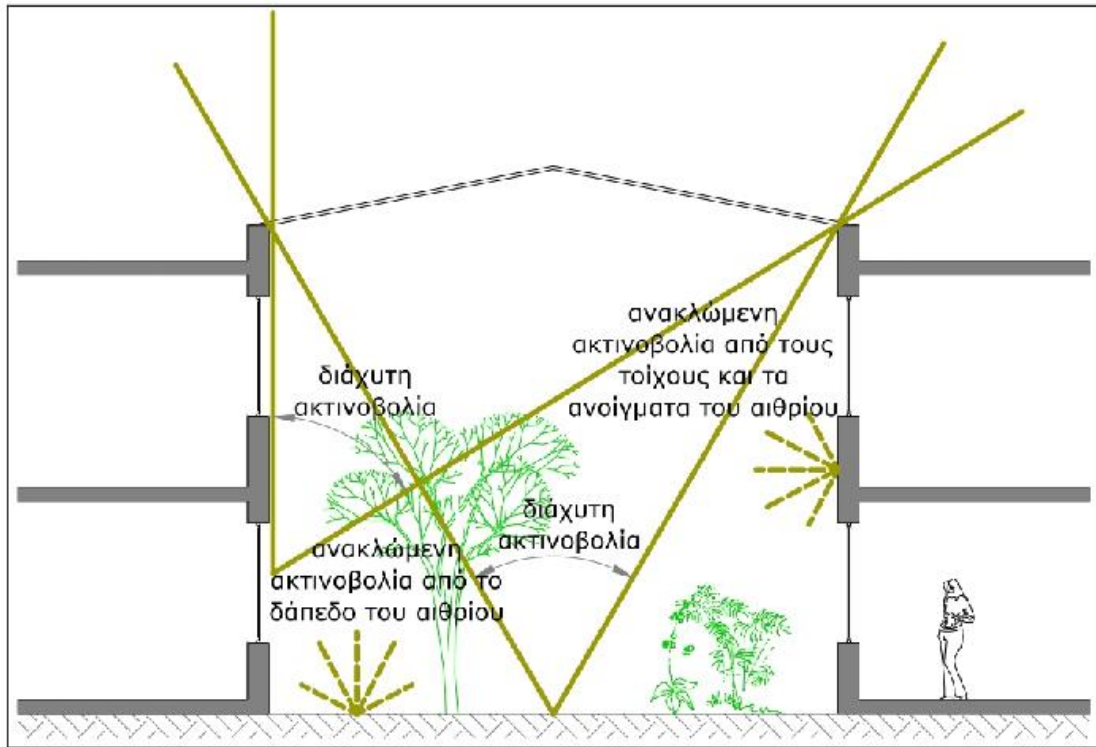
Πρόκειται για ανοίγματα στην οροφή του κτιρίου, στα οποία ενσωματώνονται διαφανείς ή ημιδιαφανείς υαλοπίνακες. Έτσι, εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη κατανομή του φωτός στον χώρο, καθώς και η παροχή μεγάλη ποσότητας διάχυτου φωτός από τον ουράνιο θόλο, πράγμα που είναι προτιμητέο σε σχέση με το άμεσο φως. Συνίσταται μάλιστα να τοποθετούνται κατακόρυφα ή κεκλιμένα και να συνδυάζονται με μεθόδους σκιασμού, με το σκεπτικό ότι ο ήλιος το καλοκαίρι είναι ψηλότερα απ' ό,τι τον χειμώνα και άρα τα ανοίγματα οροφής δέχονται μεγαλύτερη ηλιακή πρόσπτωση τους θερμούς μήνες.



Εικόνα 1.22: Διάφορες διατάξεις ανοιγμάτων οροφής[29]

### 1.5.5 Αίθρια

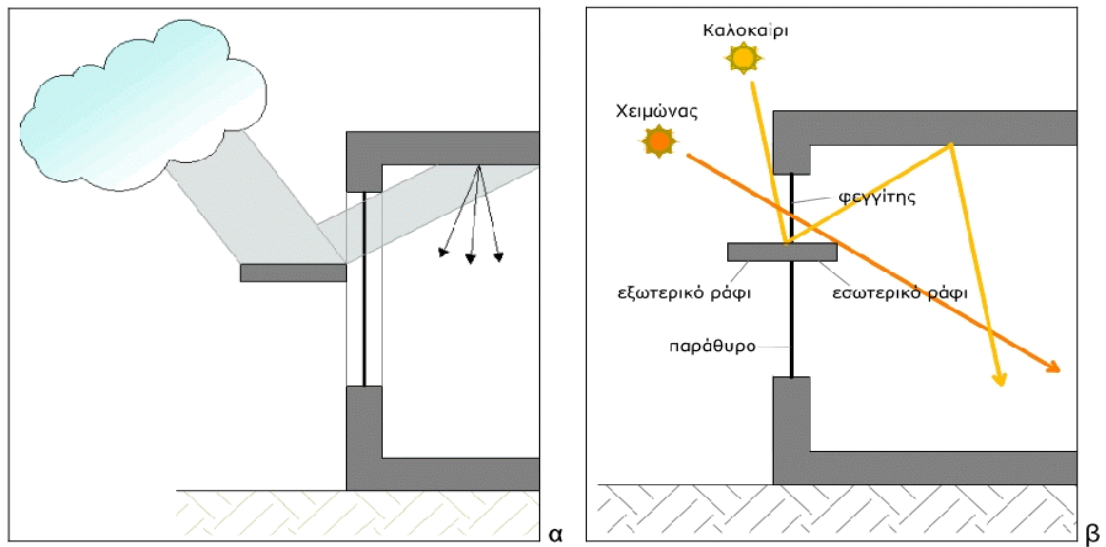
Τα εσωτερικά αίθρια επιτρέπουν την είσοδο διάχυτου φωτός από τον ουράνιο θόλο, πράγμα που επιτρέπει την ομοιογενή διάχυσή του και την αποφυγή του ανεπιθύμητου φαινομένου της θάμβωσης.



Εικόνα 1.23: Φυσικό φως σε αίθριο[29]

### 1.5.6 Ράφια φωτισμού (light shelves)

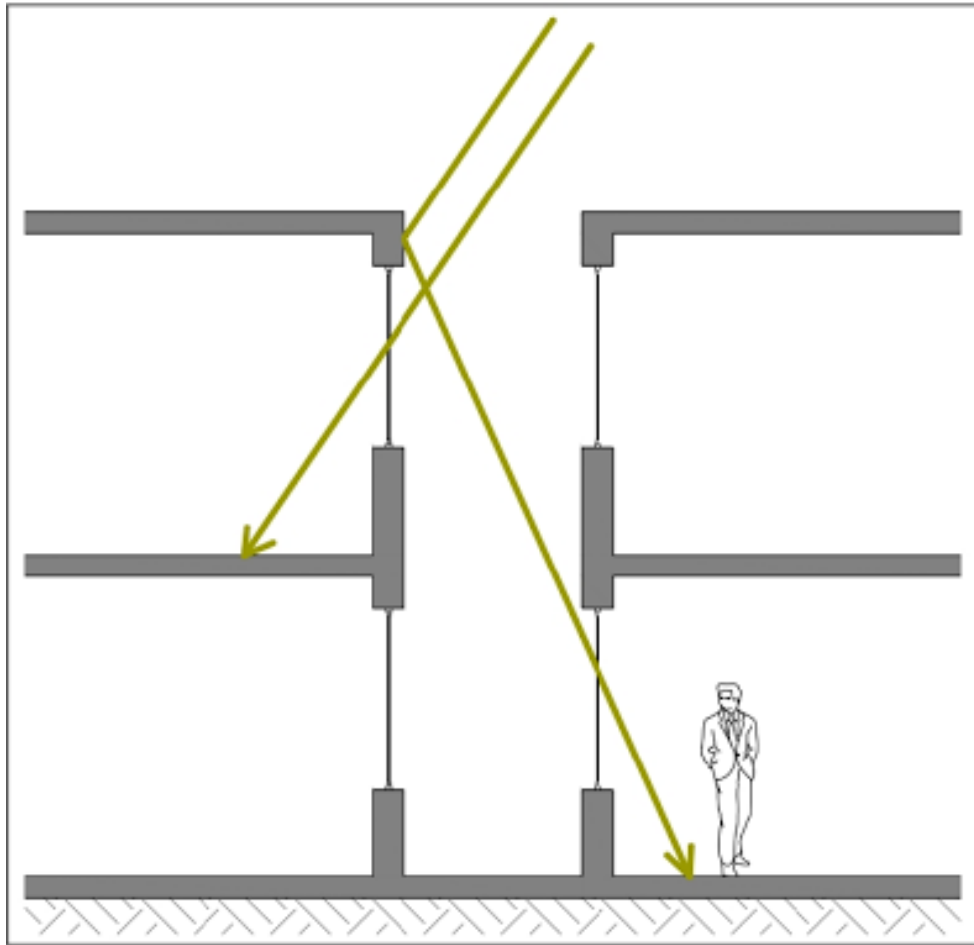
Πρόκειται για επίπεδα ή καμπύλα σταθερά στοιχεία, συνήθως κατασκευασμένα από αλουμίνιο με έντονες ανακλαστικές ιδιότητες στην ανώτερη επιφάνεια, που τοποθετούνται σε νότια κυρίως ανοίγματα του κελύφους και σε ιδανικό ύψος 2 μέτρων από το έδαφος. Έτσι, δεν αποτελούν πηγή θάμβωσης των ενοίκων, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζουν τη διάχυση του φωτός προς το βάθος του κτιρίου. Μπορούν να τοποθετηθούν είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά του κτιρίου. Η πρώτη επιλογή είναι πιο αποτελεσματική σε σχέση με τη δεύτερη, αλλά η βέλτιστη λύση είναι ο συνδυασμός των δύο.



Εικόνα 1.24: α) εξωτερικά ανακλαστικά ράφια και β) ανακλαστικά ράφια εκατέρωθεν του ανοίγματος [29]

### 1.5.7 Φωτοσωλήνες (light ducts)

Πρόκειται ουσιαστικά για μια παραλλαγή των φωτοσωλήνων, που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Είναι, δηλαδή, αγωγοί που διαπερνούν το κτίριο κάθετα, με σκοπό να μεταδίδουν το φως σε όλους τους ορόφους. Για καλύτερη απόδοση, συνδυάζονται με ηλιοστατικούς καθρέφτες που ανακλούν το φως μέσα στον αγωγό.



Εικόνα 1.25: Παροχή φωτός και ανάκλασή του σε φωταγωγό[29]

### 1.5.8 Ηλιοστάσια

Πρόκειται για συστήματα που συνδυάζουν κάτοπτρα και φακούς και τοποθετούνται στα δωμάτια των κτιρίων για να συλλέγουν το φως του ηλίου. Το φως που συγκεντρώνεται κατευθύνεται σε δέσμη προς την είσοδο ενός φωτοσωλήνα ή φωταγωγού, ώστε να ακολουθηθεί η διαδικασία που αναφέρθηκε παραπάνω, στην περιγραφή των δύο αυτών συστημάτων, και έτσι να φωτιστούν οι εσωτερικοί χώροι του κτιρίου.



*Εικόνα 1.26: Σύστημα κατόπτρων και φακών για τη συλλογή φωτός[30]*

### **1.5.9 Διαφανής μόνωση**

Εν προκειμένω χρησιμοποιούνται υλικά που επιτρέπουν στο φως να εισέλθει στο κτίριο, δρώντας παράλληλα θερμομονωτικά, εμποδίζοντας δηλαδή τη θερμική μετάδοση. Η διαφανής μόνωση απορροφά τόσο την άμεση ακτινοβολία όσο και τη διάχυτη και μπορεί να εφαρμοστεί σε τοίχους ή/και σε οροφές κτιρίων. Προτιμότερη είναι η διαφανής μόνωση της νότιας πλευράς του κτιρίου και στη συνέχεια αυτή της ανατολικής και δυτικής (αν, βέβαια, υποτεθεί ότι δεν θα τοποθετηθεί τέτοια μόνωση σε όλες τις πλευρές, για λόγους, λόγω χάρη, οικονομικούς). Διαφανή μονωτικά υλικά μπορούν να τοποθετηθούν και ανάμεσα στα φύλλα των υαλοπινάκων. Η διαπερατότητα των εν λόγω μονωτικών υλικών από το φως κινείται συνήθως ανάμεσα στο 45 και το 80%, ενώ αν πρόκειται για εγκατάσταση ανάμεσα σε φύλλο υαλοπίνακα, εμφανίζεται μια μείωση της τάξης του 8%.

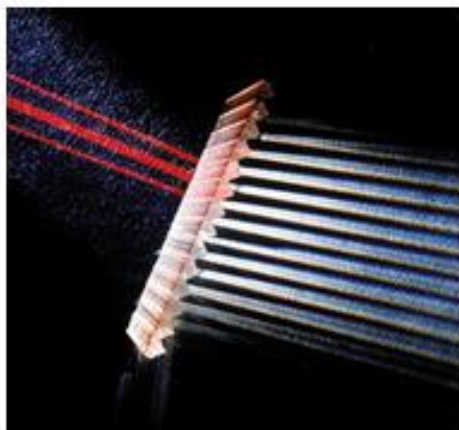




Εικόνα 1.27: Σύστημα διαφανής μόνωσης[24]

### 1.5.10 Πρισματικά υλικά διαπερατά από το φως

Πρόκειται για ημιδιαφανή στοιχεία, που διαθλούν την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω τους, και λειτουργούν, ανάλογα με την κατασκευή τους και τον σκοπό για τον οποίο προορίζονται, είτε αλλάζοντάς της κατεύθυνση, είτε αποκλείοντας την είσοδό της στο εσωτερικό του κτιρίου. Όπως αναφέρθηκε και για τα διαφανή μονωτικά υλικά, και τα πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά μπορούν να τοποθετηθούν είτε στο κέλυφος του κτιρίου, είτε ανάμεσα στα φύλλα των υαλοπινάκων.



Εικόνα 1.28: Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά [24]

### 1.5.11 Ανακλαστικές περσίδες

Οι ανακλαστικές περσίδες μπορεί να είναι είτε σταθερές είτε ρυθμιζόμενες. Στην πρώτη περίπτωση, έχουμε να κάνουμε με ένα σταθερό σύστημα περσίδων κατασκευασμένων από ανακλαστικό υλικό, που καλύπτουν ένα άνοιγμα και χρησιμεύουν στην αποτροπή της διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τους θερμούς μήνες. Στη δεύτερη περίπτωση, υπάρχει η δυνατότητα – χειροκίνητης ή μηχανικής- ρύθμισης των περσίδων, ώστε με κατάλληλο χειρισμό να διαμορφώνεται η κάθε φορά σωστή κλίση και να αντιμετωπίζεται η διείσδυση των ηλιακών ακτινών αλλά και του φαινομένου της θάμβωσης. Και οι δύο κατηγορίες περσίδων (σταθερές και ρυθμιζόμενες) μπορούν να τοποθετηθούν είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά του ανοίγματος. Σε κάθε περίπτωση, χρήσιμος είναι ο συχνός καθαρισμός τους, καθώς η συγκέντρωση στην επιφάνειά τους ρύπων που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα μπορεί να τις «θολώσει», περιορίζοντας τις ανακλαστικές ιδιότητες της επιφάνειάς τους.



Εικόνα 1.29: Σύστημα ανακλαστικών περσίδων [24]

### 1.6 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα

Τα ενεργητικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο του βιοκλιματικού σχεδιασμού για ποικίλες λειτουργίες, όπως θέρμανση νερού σε σπίτια ή πισίνες, θέρμανση χώρων, αφαλάτωση κλπ, είναι συστήματα των οποίων η λειτουργία βασίζεται, όπως έχει σημειωθεί, σε μηχανολογικά μέρη. Πρόκειται, δηλαδή, για μηχανολογικά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και τη μετατρέπουν σε θερμότητα, ή την αποθηκεύουν και τη μεταφέρουν, χρησιμοποιώντας κάποιο υγρό ή αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας.[4]

Η τεχνολογία τους δεν είναι ιδιαίτερα περίπλοκη. Κατά κύριο λόγο, βασίζονται στη λειτουργία ενός **συλλέκτη**: η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά την εξωτερική επιφάνεια του συλλέκτη και εγκλωβίζεται στο εσωτερικό του και απορροφάται από μια επιφάνεια που βρίσκεται μέσα σε αυτόν και της οποίας η θερμοκρασία αυξάνεται κατά αυτόν τον τρόπο. Από εκεί, η θερμότητα διοχετεύεται μέσω ενός **συστήματος κυκλοφορίας**, το οποίο χειριζόμαστε χάρη σε ένα **σύστημα ελέγχου**.

Ας περάσουμε τώρα στη συνοπτική παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας κάποιων από τα βασικά ενεργητικά ηλιακά συστήματα που χρησιμοποιούνται στον βιοκλιματικό σχεδιασμό.

- 1) Θέρμανση ζεστού νερού χρήσης.** Πρόκειται για τον γνωστό σε όλους ηλιακό θερμοσίφωνα. Αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες (συνήθως τοποθετημένους στην οροφή του κτιρίου), από μια δεξαμενή αποθήκευσης του ζεστού νερού, από ένα σύστημα σωληνώσεων και, φυσικά, από το σύστημα ελέγχου. Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Σε αυτούς που θερμαίνουν απ' ευθείας το νερό που θα χρησιμοποιήσουμε (αυτοί ονομάζονται **ανοικτού κυκλώματος**) και σε αυτούς που θερμαίνουν εμμέσως το νερό χρήσης, καθώς θερμαίνουν ένα μέσο, το οποίο κυκλοφορεί μέσα από σωληνώσεις και θερμαίνει τελικά μέσω ενός εναλλάκτη το νερό χρήσης, χωρίς να έρχονται σε επαφή και να αναμειγνύονται τα δύο υγρά (αυτοί ονομάζονται **κλειστού κυκλώματος**). Οι πρώτοι είναι απλούστεροι και πιο οικονομικοί, αλλά οι δεύτεροι παρουσιάζουν πλεονεκτήματα στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα, καθώς λειτουργούν με αντιψυκτικό που προστατεύει τον συλλέκτη.
- 2) Θέρμανση χώρου (και νερού χρήσης).** Εδώ χρησιμοποιούνται τα συστήματα **solar combi**. Για τη θέρμανση του νερού χρησιμοποιούνται ηλιακοί συλλέκτες, όπως περιγράφηκε παραπάνω. Το νερό που προορίζεται για χρήση αποθηκεύεται σε ένα δοχείο, ενώ το νερό θέρμανσης χώρου αποθηκεύεται σε ένα άλλο, μεγαλύτερο, και κυκλοφορεί μέσω σωληνώσεων στα σώματα κεντρικής θέρμανσης ή σε υποδαπέδιο σύστημα θέρμανσης. Αυτό το σύστημα θέρμανσης συνίσταται συνήθως να συνδυάζεται και με άλλο, εναλλακτικό, καθώς η ηλιακή ακτινοβολία δεν είναι παντού και πάντα διαθέσιμη.
- 3) Ηλιακή ψύξη χώρου.** Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο για την προφανή λειτουργία, τη θέρμανση, αλλά και για την αντίστροφη, την ψύξη. Ένα σύστημα που αποτελείται από ηλιακό συλλέκτη (ή ηλιακούς συλλέκτες), δεξαμενή για την αποθήκευση του θερμού νερού, μονάδα ελέγχου, σωληνώσεις, αντλίες και έναν **θερμοοδηγούμενο ψύκτη** μπορεί να παράσχει ψύξη. Η ηλιακή ενέργεια που θερμαίνει το νερό χρησιμοποιείται από τους ψύκτες για την παραγωγή ψυκτικών φορτίων. Το ψυχρό νερό που παράγεται μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις, όπως τον κλιματισμό του αέρα ή τον δροσισμό χώρων. Τα ηλιακά συστήματα ψύξης που χρησιμοποιούνται για την ψύξη του νερού είναι κλειστά, ενώ αυτά που χρησιμοποιούνται για την ψύξη του αέρα ανοικτά.

### 1.6.1 Εκμετάλλευση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Είναι σαφές ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), που ονομάζονται έτσι επειδή αναπληρώνονται μέσω των φυσικών κύκλων διαφόρων στοιχείων, επομένως είναι ανεξάντλητες και

δεν βλάπτουν το περιβάλλον, κατέχουν μια σημαντική θέση στην οργάνωση και την εφαρμογή του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού.

Έτσι, πηγές ενέργειας όπως ο ήλιος, ο άνεμος, η γεωθερμία, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες, όπως το ξύλο ή ακόμη και τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, βρίσκονται τα τελευταία χρόνια στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος των ερευνητών για το πώς θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν, επιφέροντας ευεργετικά αποτελέσματα αναφορικά με την εξοικονόμηση ενέργειας που προέρχεται από τις παραδοσιακές πηγές και την προστασία του περιβάλλοντος.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένοι τρόποι αξιοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο πλαίσιο του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού.

### 1.6.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Η φωτοβολταϊκή τεχνολογία στηρίζεται στην εκμετάλλευση της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας. Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται α) από ένα ή περισσότερα **πάνελ (κυψέλες) φωτοβολταϊκών στοιχείων**, δηλαδή περισσότερα φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους και β) από τις απαραίτητες συσκευές για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή. Η λειτουργία των μετατροπέων αξίζει να υπογραμμιστεί, καθώς η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια φωτοβολταϊκή συστοιχία είναι συνεχούς ρεύματος (DC). Έτσι, οι πρώτες εφαρμογές των φωτοβολταϊκών αφορούσαν συσκευές DC τάση, όπως το γνωστό σε όλους «ηλιακό κομπιουτεράκι». Σήμερα, όμως, έχουν δημιουργηθεί ειδικές συσκευές, οι **αναστροφείς (inverters)** που μετατρέπουν την έξοδο συνεχούς τάσης της Φ/Β συστοιχίας σε εναλλασσόμενη τάση. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο έχει συνήθως τετράγωνο σχήμα με πλευρά 120 – 160 χιλιοστά και αποτελείται από **πυρίτιο (άμορφο ή κρυσταλλικό), κάδμιο-τελλούριο (CdTe) ή ινδοδισεληνιούχος χαλκός**. Καθένα από αυτά τα υλικά παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και η επιλογή του προκύπτει από τη στάθμισή τους και από τις ιδιαιτερότητες της κάθε περίπτωσης.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας είναι ότι δύναται να εφαρμοστεί σε αστικό περιβάλλον, ενώ παράλληλα δεν είναι καθόλου ρυπογόνος. Έτσι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη ολόκληρης ή μέρους της οροφής του κτιρίου, γυάλινων προσόψεων και επιφανειών του κτιρίου και επιφανειών προστασίας από καιρικές συνθήκες, όπως είναι τα στέγαστρα. Επίσης, μπορούν να τοποθετηθούν στο έδαφος, όπως πράγματι συμβαίνει κυρίως σε περιοχές εξοχικές ή τουλάχιστον έξω από τον κύριο αστικό ιστό. Σε αυτή την περίπτωση, υπάρχει και η δυνατότητα της τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών συστημάτων με τον κατάλληλο προσανατολισμό, ώστε να εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη δυνατή συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας, πράγμα που δεν είναι πάντα δυνατό στο αστικό περιβάλλον, λόγω περιορισμών που επιβάλλονται από διάφορους παράγοντες, όπως η θέση και η χρήση του κτιρίου.

Τέλος, αξ σημειωθεί ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα διακρίνονται σε διασυνδεδεμένα (on-grid), δηλαδή σε αυτά που είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο της ΔΕΗ, και στα μη διασυνδεδεμένα (off-grid), δηλαδή σε όσα είναι αυτόνομα από το δίκτυό της.



Εικόνα 1.30: Φωτοβολταϊκό σύστημα [31]

### 1.6.3 Τηλεθέρμανση με Βιομάζα

Ως βιομάζα ορίζεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς. Αυτό το υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας, και συγκεκριμένα υγρών, στερεών και αέριων καυσίμων, παρέχοντάς έτσι ενεργειακή εξοικονόμηση, αφού χρησιμοποιείται μια εναλλακτική και μάλιστα εγχώρια πηγή ενέργειας, αλλά και προστασία του περιβάλλοντος, αφού η βιομάζα είναι λιγότερο ρυπογόνος σε σχέση με το πετρέλαιο.

Τα παραγόμενα από βιομάζα καύσιμα μπορούν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα στο πλαίσιο της μεθόδου της τηλεθέρμανσης. Σε αυτήν την περίπτωση, η ενέργεια που παράγεται σε έναν **σταθμό παραγωγής** μέσω της καύσης των από προϊόντα της βιομάζας προερχόμενων καυσίμων, μεταφέρεται στη συνέχεια προς ένα θερμαινόμενο χώρο, όπως κτίριο, σύμπλεγμα κτιρίων ή οικισμό. Ανάμεσα στον σταθμό παραγωγής, ο οποίος περιλαμβάνει λέβητες, σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου, καπνοδόχος, αντλίες κλπ, και τον τελικό στόχο, παρεμβάλλεται ένα σύστημα από ενδιάμεσες στάσεις, στο οποίο περιλαμβάνονται α) το **δίκτυο διανομής** του θερμαίνοντος μέσου, το οποίο είναι θερμό ή υπέρθερμο νερό β) οι **υποσταθμοί σύνδεσης**, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η σύνδεση των εσωτερικών εγκαταστάσεων θέρμανσης των κτιρίων με το δίκτυο διανομής τηλεθέρμανσης και γ) **δίκτυα σωληνώσεων** που συνδέουν το σύστημα με το εσωτερικό σύστημα θέρμανσης του θερμαινόμενου κτιρίου.

### 1.6.4 Γεωθερμία

Ως γεωθερμία ορίζουμε την εκμετάλλευση της ενέργειας που προέρχεται από το εσωτερικό της γης. Η θερμότητα της γης μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο για τη θέρμανση χώρων και νερού, αλλά και

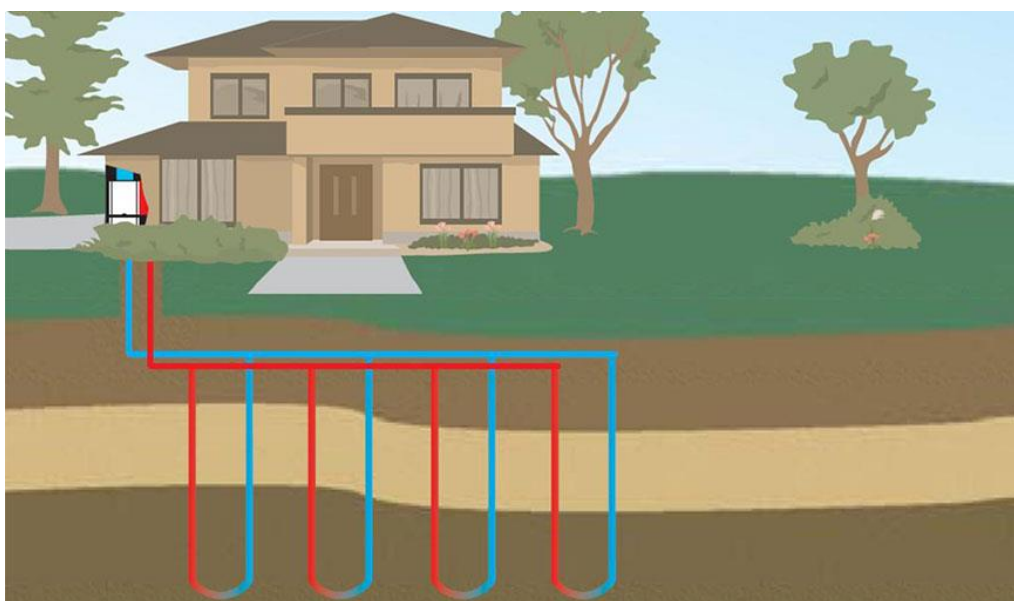
για την ψύξη, πράγμα που ισχύει, όπως σημειώθηκε παραπάνω, και για την προερχόμενη από την ηλιακή ακτινοβολία θερμότητα (βλ. Ψύξη με ακτινοβολία). Η εκμετάλλευση της γεωθερμικά παραγόμενης ενέργειας προσφέρει σημαντικά ενεργειακά και οικολογικά πλεονεκτήματα, αφού η εξοικονόμηση ενέργειας φτάνει μέχρι και το 70% σε σχέση με τη χρήση συμβατικών πηγών. Άλλωστε, η συνεχής διαθεσιμότητα της γεωθερμικής ενέργειας, η οποία δεν επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες κάθε επιμέρους μέρας, αφού προέρχεται από το εσωτερικό της γης, και η πλήρης ανεξαρτησία των γεωθερμικών συστημάτων από την ανάγκη καύσης πετρελαίου, επιτείνουν τη χρησιμότητα και τη σημασία της συγκεκριμένης ανανεώσιμης πηγής ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα, ένα γεωθερμικό σύστημα αποτελείται από τρία κυρίως μέρη: α) έναν **γεωθερμικό εναλλάκτη θερμότητας νερού**, β) μία **γεωθερμική αντλία θερμότητας** και γ) ένα **σύστημα εσωτερικής διανομής** του κτιρίου ή των κτιρίων που θέλουμε να θερμάνουμε/ψύξουμε.

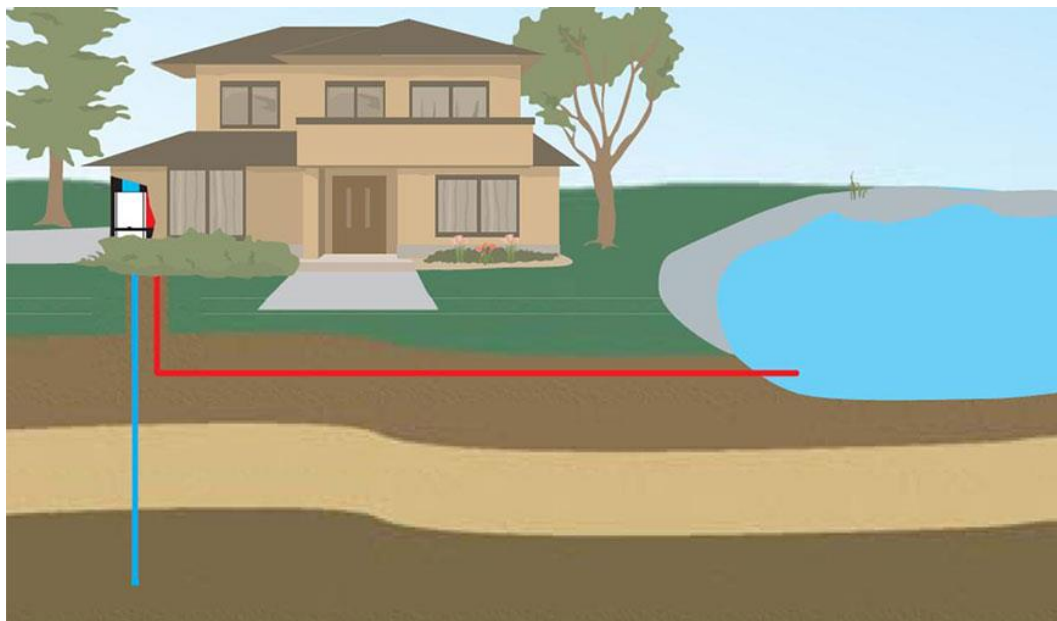
Η γεωθερμική αντλία είναι μια μηχανολογική διάταξη που επιτρέπει τη μεταφορά ενέργειας από ένα χώρο χαμηλής θερμοκρασίας σε ένα χώρο υψηλότερης θερμοκρασίας. Η λειτουργία της στηρίζεται στον κύκλο ψύξης.

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες εγκατάστασης γεωθερμικών συστημάτων: α) **τα συστήματα κλειστού βρόγχου (closed loop)**, στα οποία χρησιμοποιούνται συστήματα σωληνώσεων πολυαιθυλενίου που τοποθετούνται στο έδαφος. Έτσι, δημιουργείται ένα κλειστό κύκλωμα μέσα από το οποίο διέρχεται ένα μείγμα νερού και γλυκόλης και στο οποίο γίνεται η μεταφορά θερμότητας από το έδαφος. Και

β) **τα συστήματα ανοιχτού βρόγχου (open loop systems)**, στα οποία το νερό αντλείται είτε από κάποια επιφανειακή υδάτινη πηγή, όπως λόγω χάρη θάλασσα ή λίμνη, είτε από κάποιο υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα (μέσω κάποιας γεώτρησης ή πηγαδιού). Στη συνέχεια, το νερό διέρχεται από την αντλία θερμότητας όπου, ανάλογα με τη στοχευόμενη λειτουργία, απορροφά ή αποδίδει θερμότητα και κατόπιν διοχετεύεται εκ νέου στην πηγή απ' όπου προήλθε.



Εικόνα 1.31: Κατακόρυφο γεωθερμικό σύστημα κλειστού βρόγχου [32]

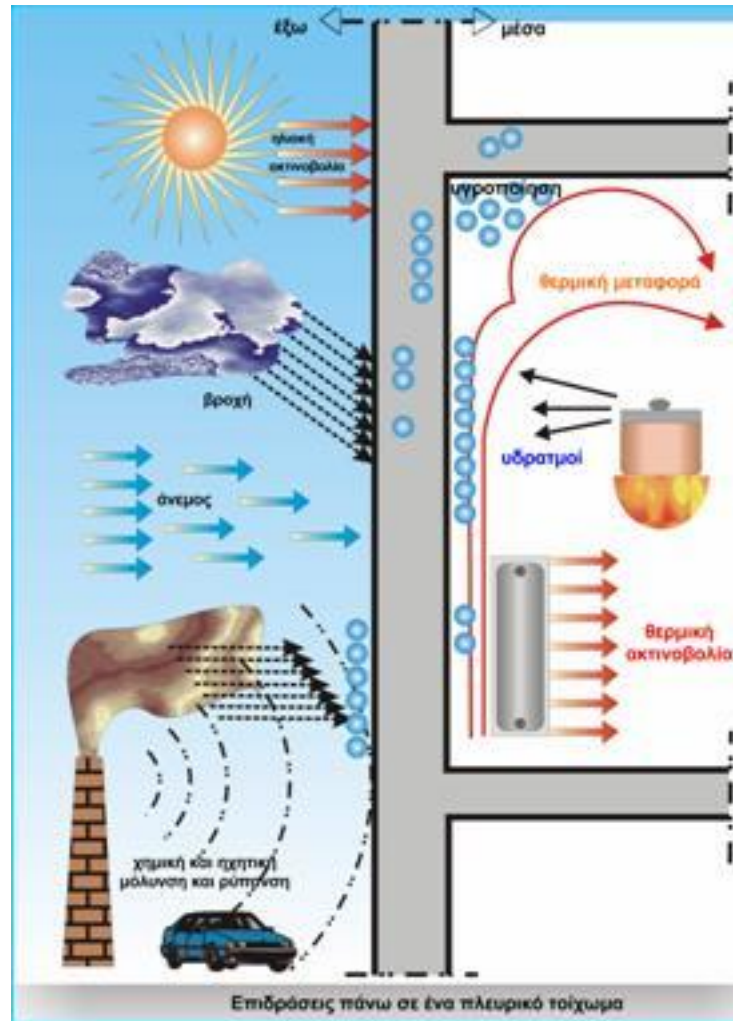


Εικόνα 1.32: Κατακόρυφο γεωθερμικό σύστημα ανοιχτού βρόγχου [32]

### 1.6.5 Συστήματα θερμικής προστασίας κτιριακού κελύφους

Η αποτελεσματική θερμική προστασία του κελύφους που περιβάλλει το κτίριο είναι αποφασιστικής σημασίας για τον Βιοκλιματικό Σχεδιασμό, καθώς, σε περίπτωση που ένα κτίριο δεν είναι σωστά θερμομονωμένο, παρουσιάζει σημαντικές θερμικές απώλειες: το καλοκαίρι η παραγόμενη με διάφορους τρόπους δροσιά στο εσωτερικό του δραπετεύει προς τα έξω, ενώ αντίστροφα τον χειμώνα, η επιθυμητή ζέστη του εσωτερικού, διαφεύγει προς το εξωτερικό περιβάλλον. Αυτό συνεπάγεται τη μείωση της θερμικής άνεσης, κατά πρώτον, και, κατά δεύτερον, την ενεργειακή σπατάλη στην προσπάθεια επανάκτησής της.

Ας σκεφτούμε, τώρα, ποια είναι η λογική των συστημάτων θερμικής προστασίας του κελύφους. Όπως γνωρίζουμε από τη Φυσική, ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες, υπάρχει μια συνεχής ροή θερμότητας από το πιο θερμό στο πιο ψυχρό. Αυτή η ροή είναι αδύνατον να σταματήσει πλήρως, αλλά μπορεί με διάφορους τρόπους να περιοριστεί ή να επιβραδυνθεί η ταχύτητά της, ώστε να περιοριστούν και οι θερμικές μεταβολές του εσωτερικού των κτιρίων.



Εικόνα 1.33: Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους[24]

### 1.6.6 Υλικά κατασκευής

Είναι σαφές ότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή και τη μόνωση ενός κτιρίου παίζουν σημαντικό λόγο για τη θερμική κατάστασή του. Προβληματικά ή κακά χρησιμοποιημένα υλικά μπορούν να μειώσουν αισθητά τη θερμική άνεση του κτιρίου, ενώ η σωστή εκμετάλλευση των ιδιοτήτων των υλικών κατασκευής μπορεί να έχει θαυμαστά αποτελέσματα στον τομέα της ενεργειακής εξοικονόμησης.

Ενδεικτικά, ορισμένα από τα θερμομονωτικά υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα εξής: εξηλασμένη πολυστερίνη, διογκωμένη πολυστερίνη, υαλοβάμβακας, πολυουρεθάνη, αφρώδες γυαλί, περλιτοειδή, πετροβάμβακας, φελλός, PVC, κυψελωτό σκυρόδεμα, θερμομονωτικά τούβλα, πλάκες περλιτούδου. Για την επιλογή τους θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν όχι μόνο το υλικό καθ' εαυτό, αλλά και η συμπεριφορά του στους διάφορους χειρισμούς που διεξάγονται στο πλαίσιο της κατασκευής ενός κτιρίου και η αντοχή του ή η αλλοίωση των χαρακτηριστικών του σε διάφορες καταπονήσεις που ενδέχεται να υποστεί. Δύο από τα πιο συνηθισμένα και διαδεδομένα ανά τον κόσμο υλικά που χρησιμοποιούνται για τη θερμική προστασία του κτιρίου είναι η **εξηλασμένη και διογκωμένη πολυστερίνη** καθώς και ο **υαλοβάμβακας** και **πετροβάμβακας**. Καθένα από αυτά παρουσιάζει μια σειρά πλεονεκτημάτων. Η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι πολύ ανθεκτική στη



συμπύεση και έχει μεγάλη θερμομονωτική απόδοση. Παράλληλα, είναι απρόσβλητη από μύκητες και βακτήρια. Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι ελαστική, πράγμα που μειώνει την πιθανότητα εμφάνισης ρωγμών στο κέλυφος του κτιρίου. Επίσης, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας παραμένει σταθερός στη διάρκεια του χρόνου, ενώ, ενώ ο μικρός συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών επιτρέπει στο κτίριο να «αναπνέει». Από τη μεριά τους, ο υαλοβάμβακας και ο πετροβάμβακας είναι ινώδη υλικά, με μεγάλη αντοχή στη θερμότητα. Παρέχουν καλή ηχομόνωση και πυραντοχή, ενώ ταυτόχρονα είναι φθηνότερα και πιο φιλικά προς το περιβάλλον υλικά σε σχέση με την πολυστερίνη, καθώς καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια για την παραγωγή τους και απελευθερώνουν μικρότερες ποσότητες CO CO<sub>2</sub>. Πρέπει, όμως, να προστατεύονται από την υγρασία.

### 1.6.7 Υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής

Εκπομπή (emissivity) ονομάζεται η ικανότητα ενός υλικού να εκπέμπει ενέργεια ονομάζεται εκπομπή. Όλα τα υλικά απορροφούν, αντανακλούν και εκπέμπουν ενέργεια σε μορφή ακτινοβολίας. Αυτή η παρατήρηση έχει σημαντικές συνέπειες για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων, γιατί όσο λιγότερη ενέργεια επαν-εκπέμπει προς το περιβάλλον ένα υλικό, λόγω χάρη το γυαλί ενός παραθύρου, τόσο πιο αποδοτικό είναι από θερμομονωτική άποψη. Για τους λόγους αυτούς, έχουν δημιουργηθεί τεχνικές κατασκευής υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής (**low emissivity** ή **low-e**), που αποσκοπούν στη βελτίωση της θερμικής προστασίας των κτιρίων. Σε ένα πρώτο επίπεδο, το γυαλί υφίσταται μια ειδική επεξεργασία με ένα αόρατο μέταλλο ή μεταλλική επίστρωση οξειδίου. Δημιουργείται με αυτόν τον τρόπο μια επιφάνεια που αντανακλά τη θερμότητα, ενώ παράλληλα επιτρέπει στο ηλιακό φως να διέλθει προς το δωμάτιο. Η θερμότητα που περνά μέσα από γυάλινο παράθυρο μετρίεται από το U-παράγοντα ή το υπεριώδες φως. Όσο χαμηλότερος είναι ο U-παράγοντας τόσο πιο ενεργειακά αποδοτικό είναι το γυαλί. Αυτή η διαδικασία παρουσιάζεται ιδανική για τον χειμώνα, θα μπορούσε όμως ακριβώς για τους ίδιους λόγους να μετατραπεί σε ιδιαίτερα αρνητική για τους θερμούς μήνες του καλοκαιριού. Κάτι τέτοιο θα ερχόταν σε ευθεία αντίθεση με τους στόχους του βιοκλιματικού σχεδιασμού, αφού πρώτον, θα μείωνε τη θερμική άνεση και δεύτερον –και ως συνέπεια του πρώτου- θα οδηγούσε σε έντονη χρήση μεθόδων δροσισμού, λόγω χάρη κλιματιστικών, και επομένως σε μεγάλη ενεργειακή σπατάλη. Γι' αυτόν τον λόγο, οι επιστρώσεις ενός Low-e παραθύρου αναπτύσσονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μειωθεί στο ελάχιστο η ποσότητα του υπεριώδους και του υπέρυθρου φωτός που περνάει μέσα από το γυαλί. Άλλωστε, ένας άλλος, παράλληλος τρόπος θερμομόνωσης των παραθύρων είναι η **προσθήκη** κάποιου φυσικού **αερίου ανάμεσα σε διπλά τζάμια**. Ένα τέτοιο αέριο που χρησιμοποιείται συχνά είναι το Αργό, το οποίο έχει θερμική αγωγιμότητα 67% μικρότερη από αυτή του ατμοσφαιρικού αέρα. Έτσι, παρεμποδίζει τη μεταφορά της θερμότητας από το έναν υαλοπίνακα του τζαμιού στον άλλον. Τι σημαίνει αυτό; Ότι το καλοκαίρι, η ζέστη του εξωτερικού χώρου μεταδίδεται δυσκολότερα προς το εσωτερικό του σπιτιού, ενώ αντίστροφα τον χειμώνα, η θερμότητα του εσωτερικού του σπιτιού διαφεύγει δυσκολότερα προς το εξωτερικό περιβάλλον.



Εικόνα 1.34: Βελτίωση θερμικής προστασίας κτιρίου με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής[24]

### 1.6.8 Φυτευτά (ή φυτεμένα) Δώματα

Πρόκειται για επιφάνειες στις οποίες φυτεύεται και αναπτύσσεται βλάστηση και οι οποίες βρίσκονται σε ένα επίπεδο του κτιρίου, λόγω χάρη στην οροφή ενός δωματίου. Αυτό προσφέρει μια σειρά πλεονεκτημάτων:

α) **θερμομόνωση:** Η βλάστηση και το χώμα ενισχύουν την υφιστάμενη μόνωση του κτιρίου, καθώς το προστατεύουν από την υπεριώδη ακτινοβολία και το προφυλάσσουν από τις ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας. Ταυτόχρονα, όπως αναπτύξαμε και παραπάνω σε σχέση με τα υπόγεια συστήματα σωληνώσεων (βλ. Δροσισμός-ψύξη από το έδαφος), η μικρή θερμοαγωγιμότητα, όπως και η μικρή θερμοχωρητικότητα του χώματος, συμβάλλουν στον δροσισμό του κτιρίου το καλοκαίρι (όταν το χώμα είναι πιο ψυχρό σε σχέση με τον αέρα) και στη διατήρηση της ζέστης τον χειμώνα (όταν το χώμα είναι πιο ζεστό σε σχέση με τον αέρα).

β) **ηχομόνωση:** Η βλάστηση και το χώμα παρεμποδίζουν τον θόρυβο να διοχετευτεί προς το εξωτερικό του δώματος, μειώνοντας έτσι τα επίπεδα ηχορρύπανσης στην πόλη αλλά και την πολυκατοικία (ή, γενικότερα, το υπόλοιπο κτίριο).

γ) **βελτίωση του μικροκλίματος:** Οι περιβαλλοντικές συνθήκες του κτιρίου (και, αν η χρήση των φυτεμένων δωματίων γενικευτεί, της περιοχής) προωθείται χάρη στα φυτά, που παράγουν οξυγόνο, αυξάνουν τους αστικούς χώρους πρασίνου, και απορροφούν CO<sub>2</sub>. Παράλληλα, μειώνεται η απορροή των νερών της βροχής.

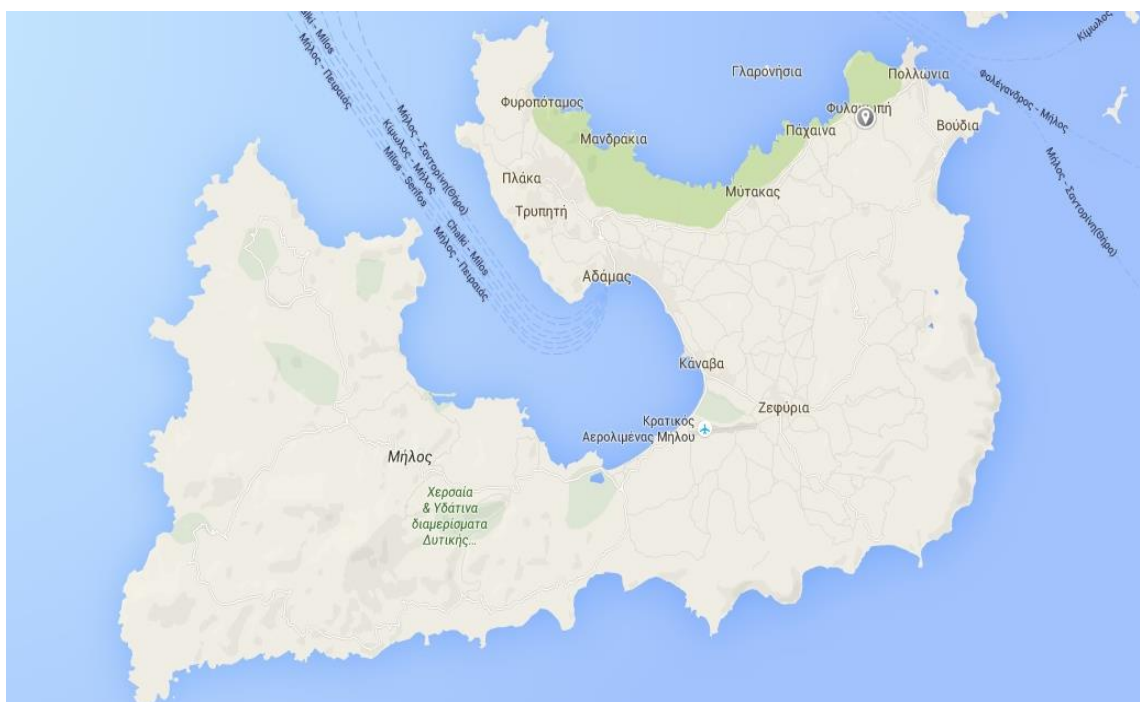


Εικόνα 1.35: Φυτευτό δώμα [24]

## 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

### 2.1 Τοποθεσία κτιρίου

Το κτίριο που πρόκειται να μελετηθεί είναι μία εξοχική κατοικία, η οποία βρίσκεται στις Κυκλάδες, στο βόρειο τμήμα της νήσου Μήλου, στην περιοχή Φυλακωπή, η οποία θεωρείται μία από τις σημαντικότερες πόλεις του προϊστορικού Αιγαίου. Ο οικισμός της Αρχαίας Φυλακωπής ήταν από τους σημαντικότερους του Κυκλαδίτικου πολιτισμού. Μέχρι σήμερα σώζεται πλήθος ευρημάτων και θαυμαστά έργα τέχνης που εκτίθενται στο Αρχαιολογικό Μουσείο Φυλακωπής. Απέχει 8,2 χιλιόμετρα από το κύριο λιμάνι της Μήλου, τον Αδάμαντα και 10,4 χιλιόμετρα από τον Κρατικό Αερολιμένα Μήλου.

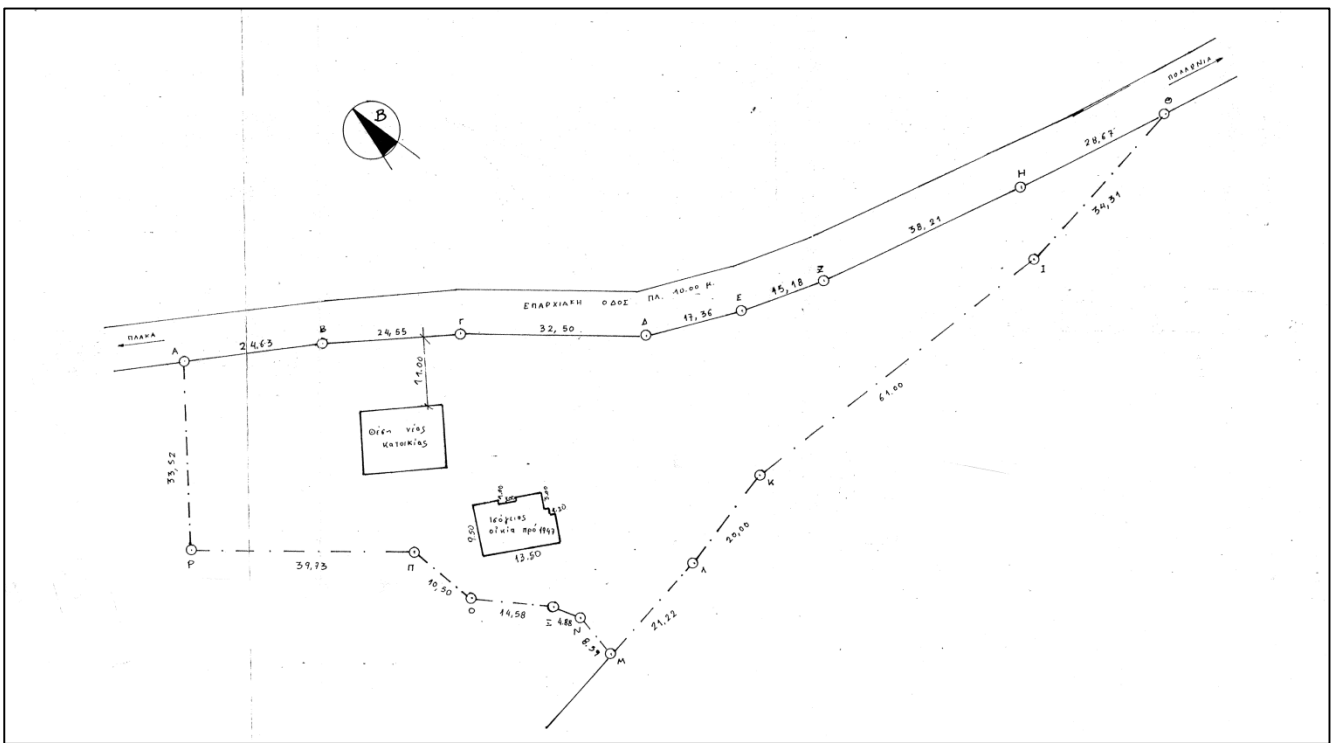


Εικόνα 2.1: Γεωγραφική θέση της κατοικίας

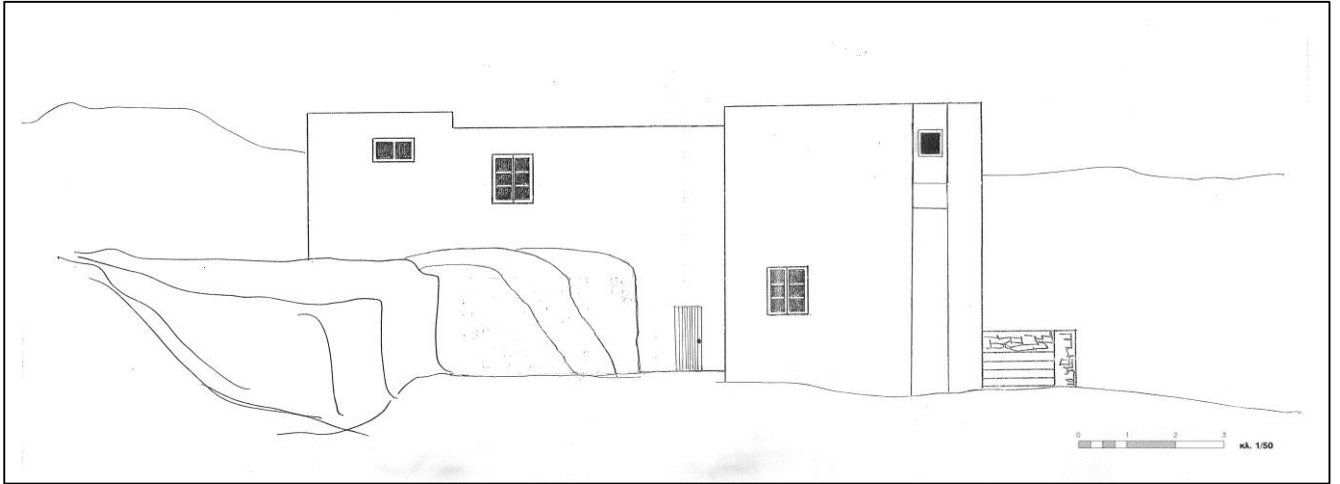
### 2.2 Γενικά στοιχεία κατοικίας

Η μελέτη αφορά σε μία διώροφη κατοικία, στην οποία κυριαρχεί το χαρακτηριστικό κυκλαδίτικο στοιχείο, με εναλλαγή επιπέδων στους όγκους κάθε ορόφου. Η κατασκευή της οικίας ολοκληρώθηκε το 2003. Η βόρεια όψη της οικίας είναι επί της επαρχιακής οδού Τριοβασάλου – Απολλωνίων, με συντεταγμένες γεωγραφικού πλάτους  $36^{\circ}45'22.5''N$  και γεωγραφικού μήκους  $24^{\circ}30'39.6''E$ . Το οικόπεδο ιδιοκτησίας καταλαμβάνει συνολικά 5.519,15 τ.μ. και δεν είναι περιφραγμένο. Εντός του

οικοπέδου βρίσκεται μία ακόμα οικία χτισμένη τον προηγούμενο αιώνα. Η διαμόρφωση του σπιτιού είναι πολυεπίπεδη, λόγω της αρχαιολογικής ιδιαιτερότητας της περιοχής, αλλά στην εν λόγω προσομοίωση και με βάση τη σύνδεση των χώρων θεωρήθηκε διώροφη. Πιο συγκεκριμένα, δύο δωμάτια του σπιτιού τα οποία βρίσκονται στο επίπεδο του πάνω ορόφου εδράζονται στο έδαφος και είναι στο ίδιο επίπεδο με τον επαρχιακό δρόμο. Στο ίδιο επίπεδο ορόφου υπάρχουν άλλα τέσσερα δωμάτια, τα οποία εδράζονται επί του κάτω επιπέδου, δηλαδή του ισόγειου. Το ισόγειο περιλαμβάνει τέσσερα δωμάτια που εδράζονται στο έδαφος, εκ των οποίων το ένα συνδέεται με το υπόγειο. Τα δύο επίπεδα συνδέονται μεταξύ τους με εσωτερική κλίμακα. Σε αυτό το σημείο διευκρινίζεται μία απλοποιητική παραδοχή των μελετητών για το υπόγειο, το οποίο ενώ βρίσκεται σχεδόν εξ' ολοκλήρου εντός του εδάφους, θεωρήθηκε ότι ανήκει στο κάτω επίπεδο ορόφου, δηλαδή στο ισόγειο, γιατί βρίσκονται στην ίδια στάθμη επιπέδου. Ακολουθούν τοπογραφικά σχέδια του οικοπέδου και αρχιτεκτονικά σχέδια των όψεων της οικίας.



Εικόνα 2.2: Τοπογραφικό σχέδιο οικοπέδου



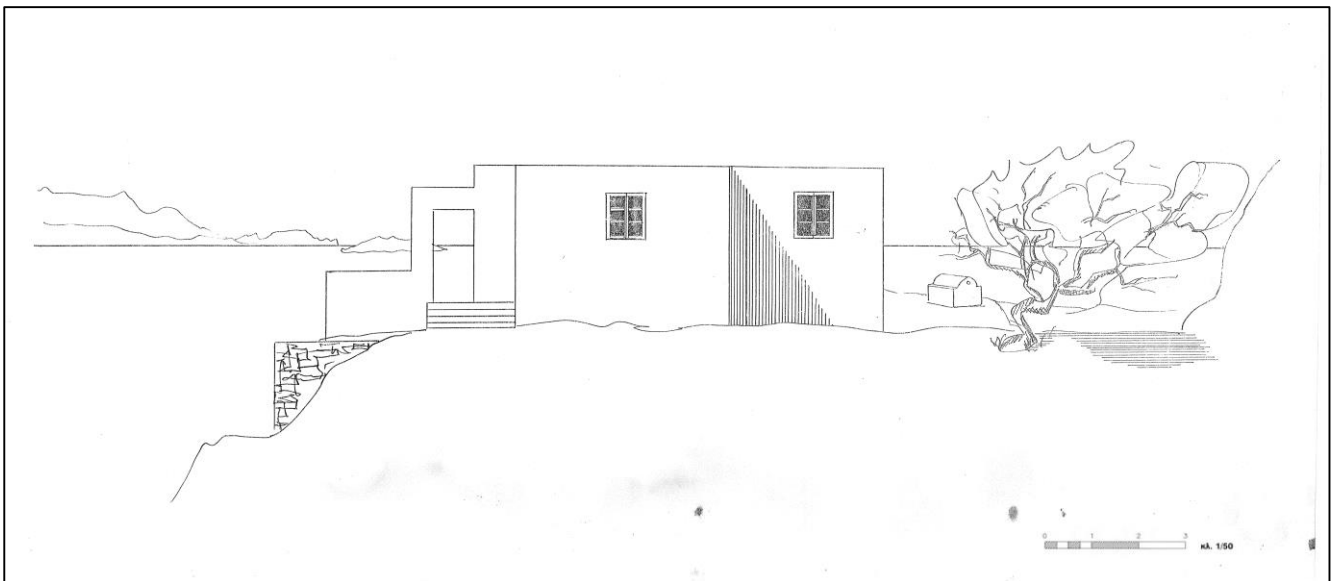
*Εικόνα 2.3: Βόρεια όψη οικίας*



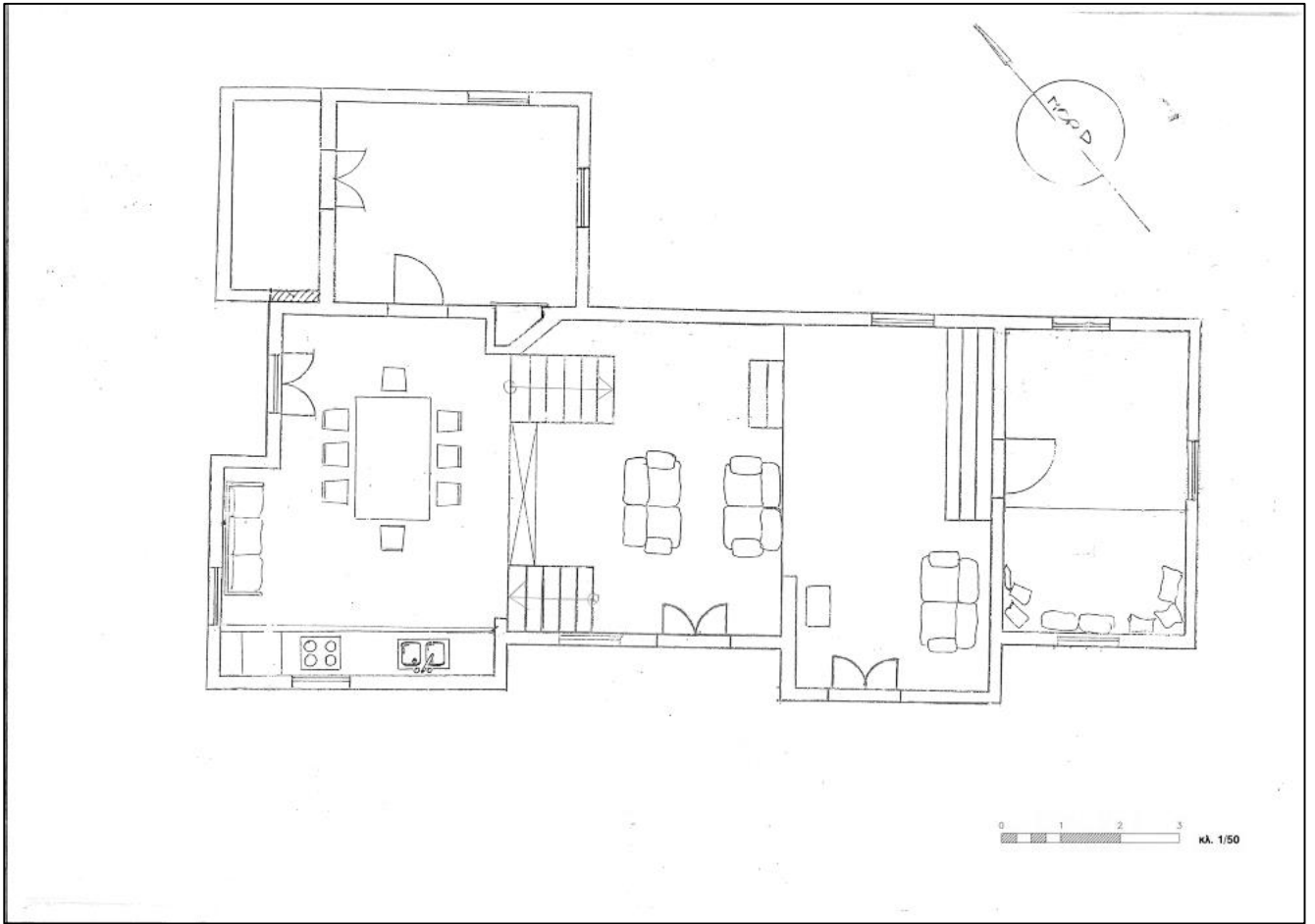
*Εικόνα 2.4: Νότια όψη οικίας*



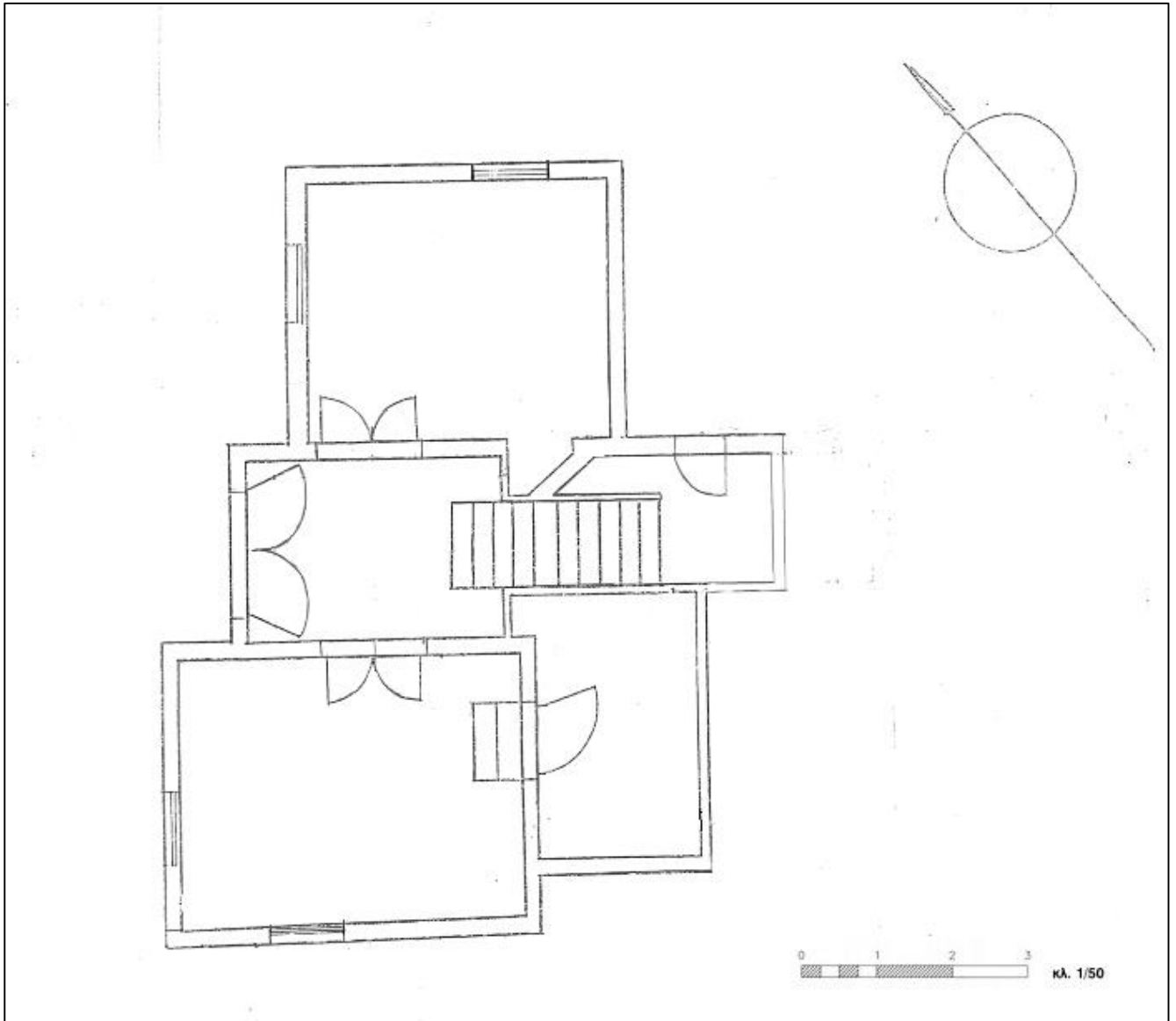
Εικόνα 2.5: Δυτική όψη οικίας



Εικόνα 2.6: Ανατολική όψη οικίας



Εικόνα 2.7: Κάτοψη Α' ορόφου οικίας



Εικόνα 2.8: Κάτοψη ισόγειου οικίας

### 2.3 Περιγραφή εσωτερικών χώρων

Η οικία, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, θεωρήθηκε απλουστευτικά διώροφη, δηλαδή αποτελείται από τον Α΄ όροφο και από το ισόγειο. Η κύρια είσοδος βρίσκεται στο επίπεδο του ισόγειου, περίπου 2 μέτρα χαμηλότερα από το επίπεδο του δρόμου. Το συνολικό εμβαδό της οικίας είναι 159,8 τ.μ., εκ των οποίων τα 57,36 τ.μ. ανήκουν στο ισόγειο, ενώ τα 102,44 τ.μ. στον Α΄ όροφο. Ακολουθεί αναλυτικός πίνακας με τα εμβαδά των επί μέρους χώρων κάθε ορόφου.



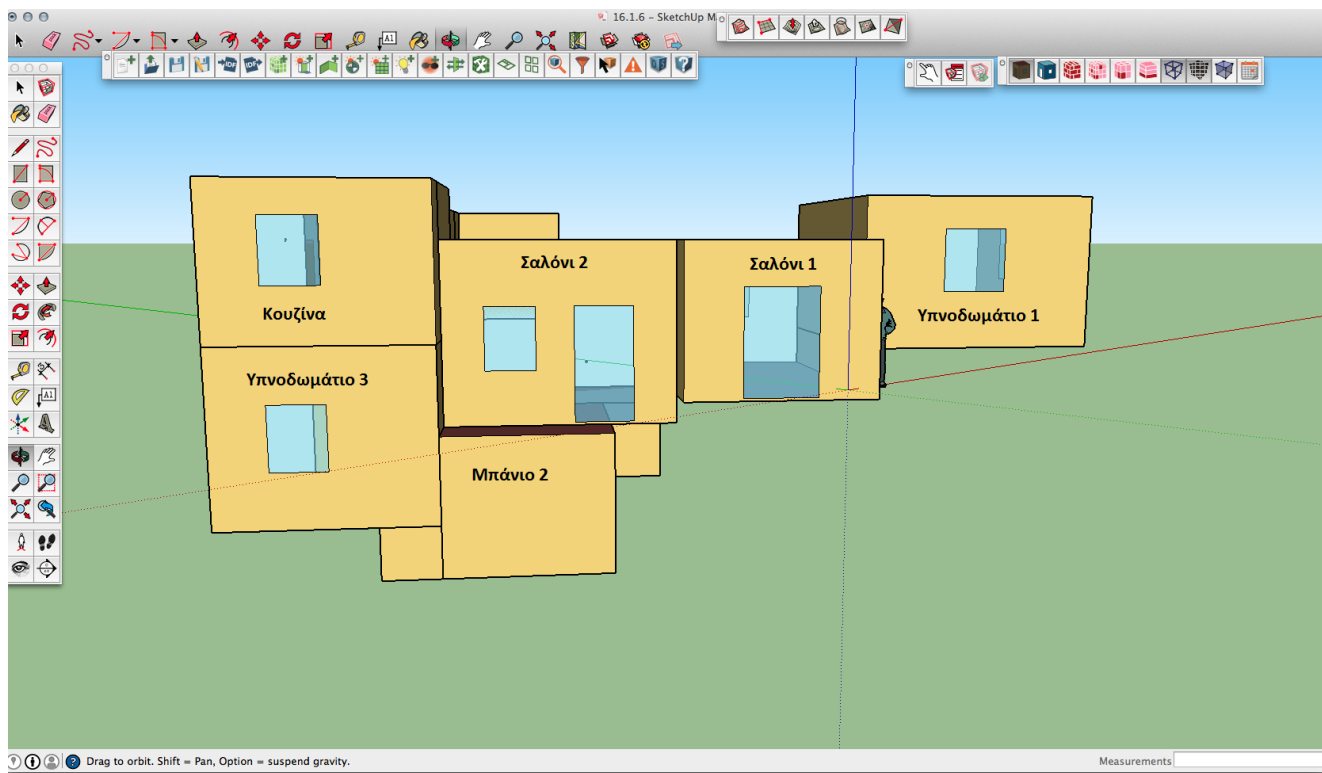
<b>ΧΩΡΟΙ Α' ΟΡΟΦΟΣ</b>	<b>ΕΜΒΑΔΟΝ (m<sup>2</sup>)</b>
1. Υπνοδωμάτιο 1	22,79
2. Σαλόνι 1	22,05
3. Σαλόνι 2	22,26
4. Κουζίνα	19,02
5. Υπνοδωμάτιο 2	14,00
6. Μπάνιο 1	2,32

Εικόνα 2.9: Χώροι Α' ορόφου

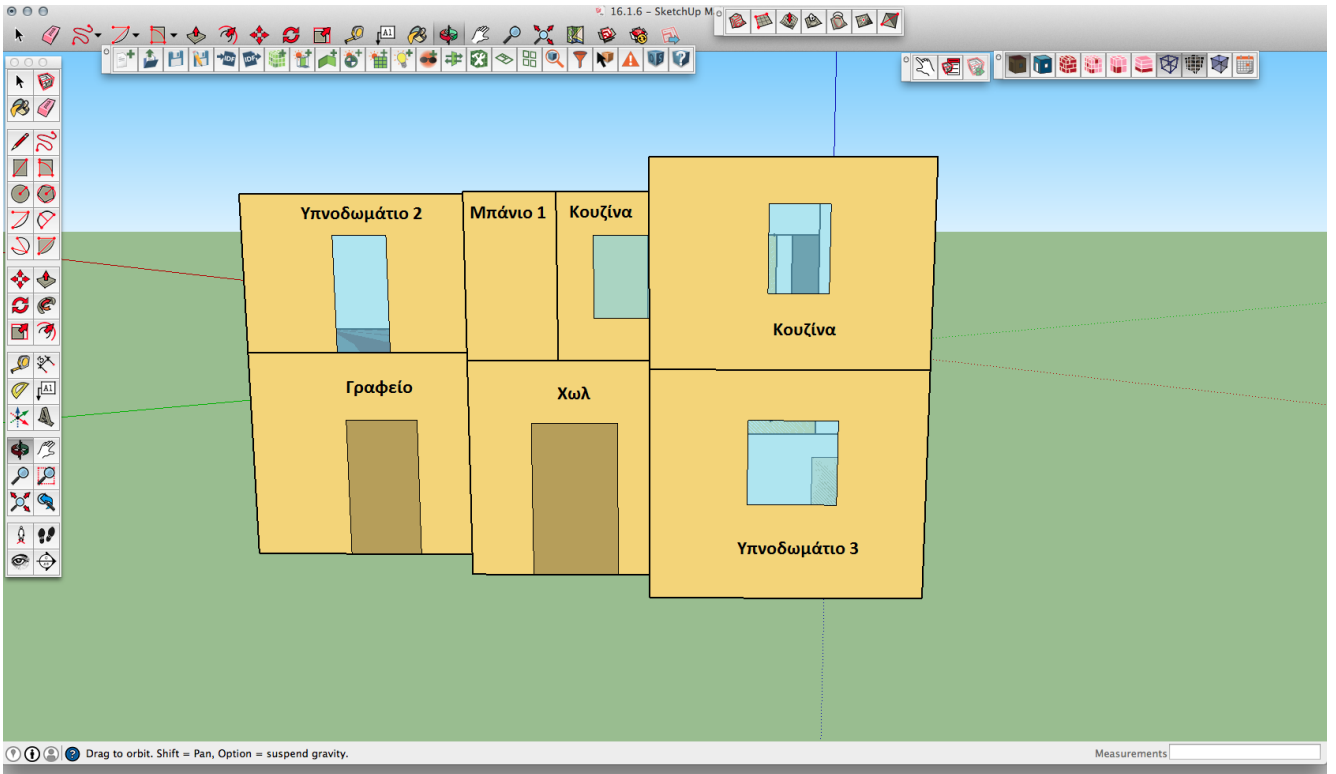
<b>ΧΩΡΟΙ ΙΣΟΓΕΙΟΥ</b>	<b>ΕΜΒΑΔΟΝ (m<sup>2</sup>)</b>
1. Γραφείο	14,00
2. Χωλ	7,28
3. Υπνοδωμάτιο 3	14,06
4. Μπάνιο 2	11,10
5. Αποθήκη	10,92

Εικόνα 2.10: Χώροι ισογείου

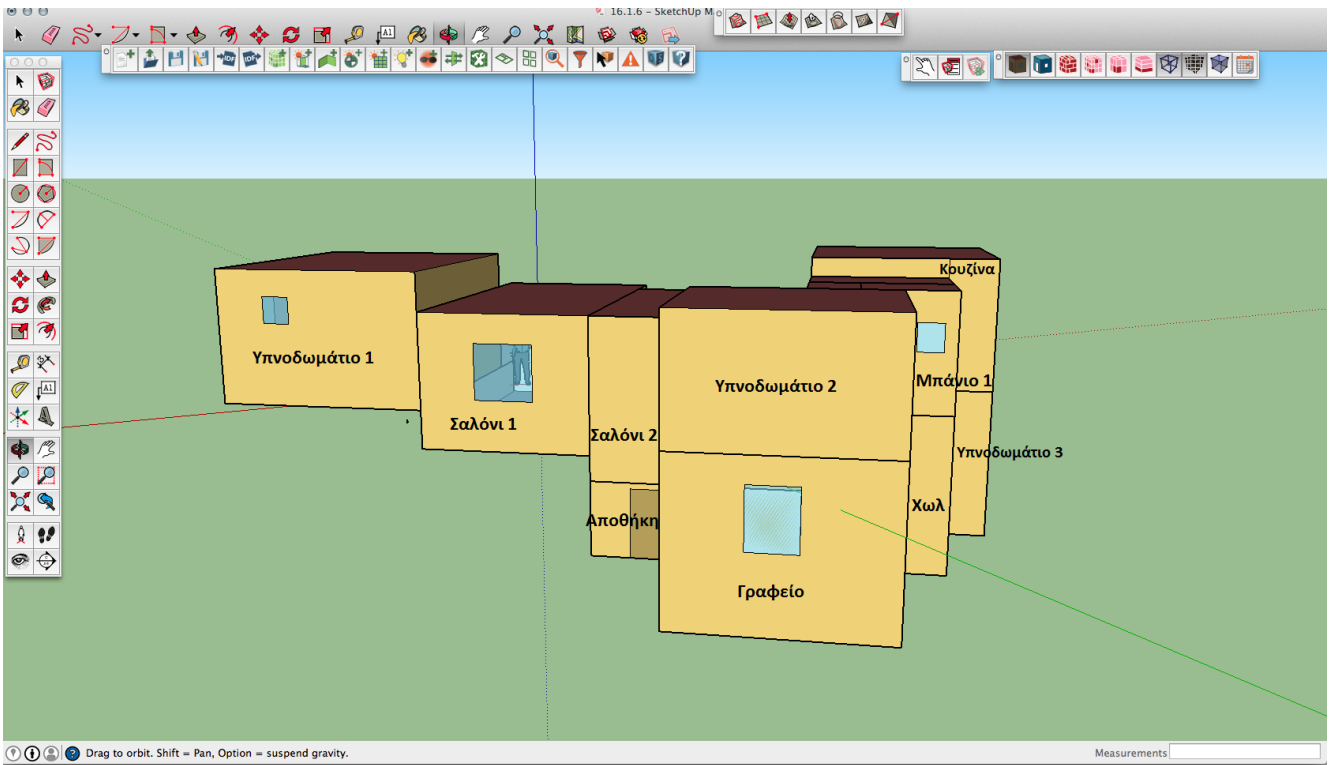
Ακολουθούν ορισμένα πρωτότυπα αρχιτεκτονικά σχέδια της οικίας και σχέδια από την τρισδιάστατη αποτύπωση της οικίας στο πρόγραμμα SketchUp.



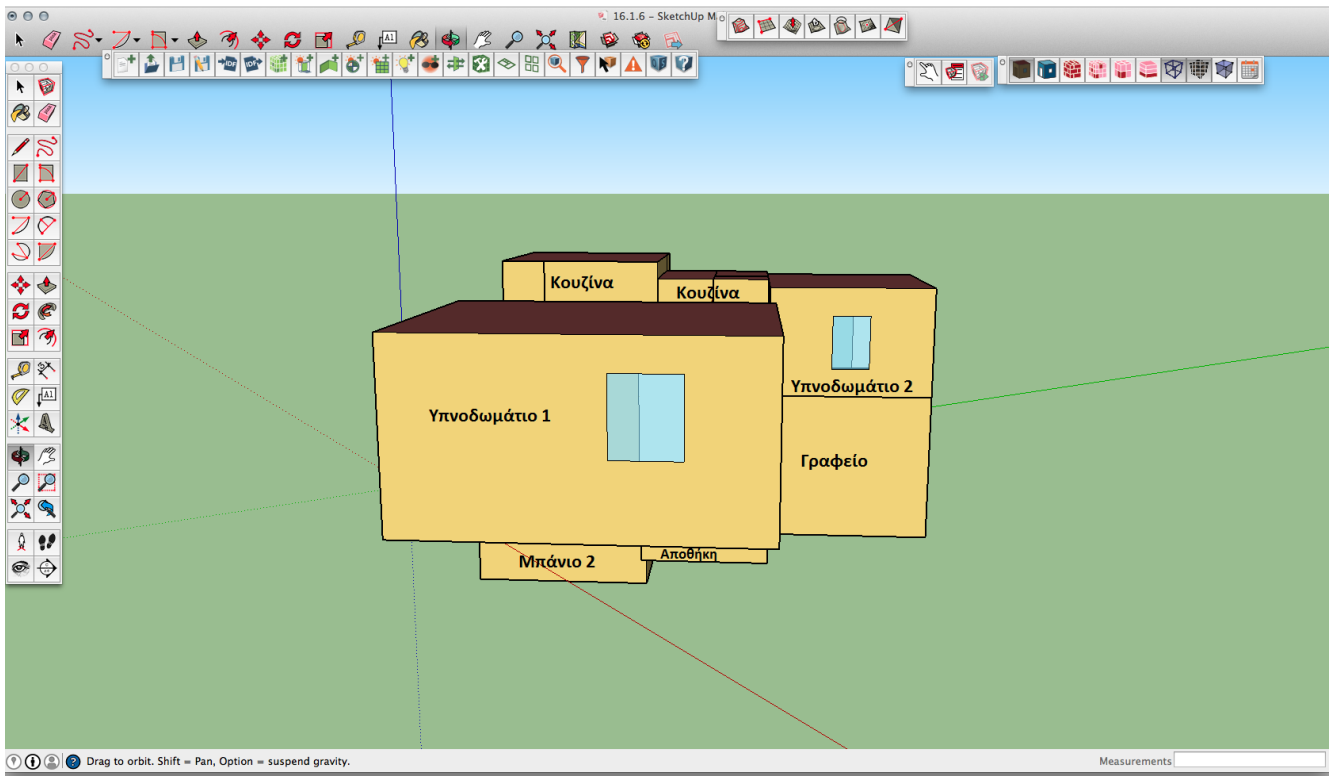
Εικόνα 2.11: Νότια όψη οικίας στο πρόγραμμα SketchUp



Εικόνα 2.12: Δυτική όψη οικία στο πρόγραμμα SketchUp



Εικόνα 2.13: Βόρεια όψη οικίας στο πρόγραμμα SketchUp



Εικόνα 2.14: Ανατολική όψη οικίας στο πρόγραμμα SketchUp

### **3. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ**

#### **3.1 Περιγραφή των χρησιμοποιηθέντων λογισμικών**

Τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν, με τη σειρά χρήσης τους, για την προσομοίωση της κατοικίας με βιοκλιματικά κριτήρια είναι το Google SketchUp 2015, σε συνδυασμό με το Legacy Open Studio plug-in for SketchUp και το EnergyPlus (version 8.3). Τα τρία λογισμικά συνδέονται μεταξύ τους, τα δύο πρώτα λειτουργούν μαζί, εξάγοντας αρχείο μορφής αναγνώσιμης από το τρίτο λογισμικό. Ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή του κάθε προγράμματος και εν συνεχεία μία αναλυτική πορεία βημάτων για τον τρόπο χρήσης του κάθε προγράμματος, προσαρμοσμένη στη δική μας μελέτη. [7][16]

##### **3.1.1 SketchUp και Legacy Open Studio**

Το SketchUp είναι ένα πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης κτιρίων, καθώς επίσης εσωτερικών και εξωτερικών χώρων. Το πρόγραμμα απευθύνεται σε σχεδιαστές εσωτερικών και εξωτερικών χώρων, αρχιτέκτονες, μηχανολόγους και πολιτικούς μηχανικούς, με εφαρμογή ακόμα και στον κινηματογράφο και τα ηλεκτρονικά παιχνίδια. Διαθέτει μία ευρεία ποικιλία εργαλείων, με τα οποία είναι δυνατόν να σχεδιαστεί το υπό μελέτη μοντέλο με μία σχετική ακρίβεια έως και πολύ λεπτομερώς, ανάλογα με τις γνώσεις του χρήστη. Το Legacy Open Studio plug-in αποτελεί μία επέκταση για το πρόγραμμα SketchUp, η οποία καθιστά δυνατή την ενεργειακή μοντελοποίηση μέσω των εργαλείων του λογισμικού Open Studio. Ολοκληρώνοντας τη σχεδίαση, ο χρήστης μπορεί να εξάγει το μοντέλο του σε αρχείο μορφής .idf, ώστε να εισάγει κωδικοποιημένα τα σχεδιαστικά και ενεργειακά δεδομένα από το SketchUp και Open Studio στο EnergyPlus.

##### **3.1.2 EnergyPlus**

Το EnergyPlus αποτελεί ένα πρόγραμμα ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων, το οποίο χρησιμοποιείται από μηχανικούς, αρχιτέκτονες και ερευνητές για να προσομοιώσουν την κατανάλωση και αποθήκευση ενέργειας σε κτίρια, με βάση τα δεδομένα που εισάγονται και τα δεδομένα που ορίζεται από το χρήστη να εξαχθούν από το πρόγραμμα. Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε από τον Τομέα Ενέργειας της Αμερικάνικης Κυβέρνησης. Είναι δυνατόν ο χρήστης να εισάγει δεδομένα από άλλο πρόγραμμα σε αρχείο .idf, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να εμπλουτιστεί με περαιτέρω ενεργειακά δεδομένα από την πλατφόρμα παραμέτρων του EnergyPlus και εν συνεχεία να εξάγει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης σε αρχείο μορφής κειμένου .txt, επιλέγοντας από μία μεγάλη λίστα με μορφές αρχείων μετά το πέρας της προσομοίωσης. Η διαδικασία προσομοίωσης στο EnergyPlus πραγματοποιείται με χρήση δύο υποπρογραμμάτων, του EP-Launch και του IDFEditor, η χρήση των οποίων εξηγείται αναλυτικότερα στη συνέχεια. Τέλος, το πρόγραμμα συνοδεύεται από μία εκτενή παρουσίαση και ανάλυση κάθε πεδίου και παραμέτρου που διαθέτει το πρόγραμμα, το EnergyPlus Documentation.

## 3.2 Σχεδίαση κατοικίας με το SketchUp και Open Studio plug-in

### 3.2.1 Περιγραφή εργαλείων

Το πρώτο και κύριο βήμα κατά την εκτέλεση του προγράμματος SketchUp είναι η σχεδίαση του μοντέλου. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται τμηματικά, δημιουργώντας ξεχωριστούς όγκους με χρήση των εργαλείων **New Space, Rectangle, Push and Pull** και θέτοντας τις διαστάσεις των όγκων, όπου χρειάζεται. Στην ουσία, με το εργαλείο New Space ο χρήστης δίνει την εντολή της δημιουργίας ενός νέου χώρου, ενώ με το Rectangle ορίζει τις διαστάσεις της οριζόντιας επιφάνειας του δωματίου που θέλει να δημιουργήσει. Στην συνέχεια με το εργαλείο Push and Pull ορίζεται το ύψος του όγκου. Η διαδικασία αυτή εκτελείται διαδοχικά μέχρι να ολοκληρωθεί η απεικόνιση του κτιρίου. Κάθε όγκος/δωμάτιο παίρνει από το πρόγραμμα τη δική του αρίθμηση, όπως και κάθε επιφάνεια αυτού.

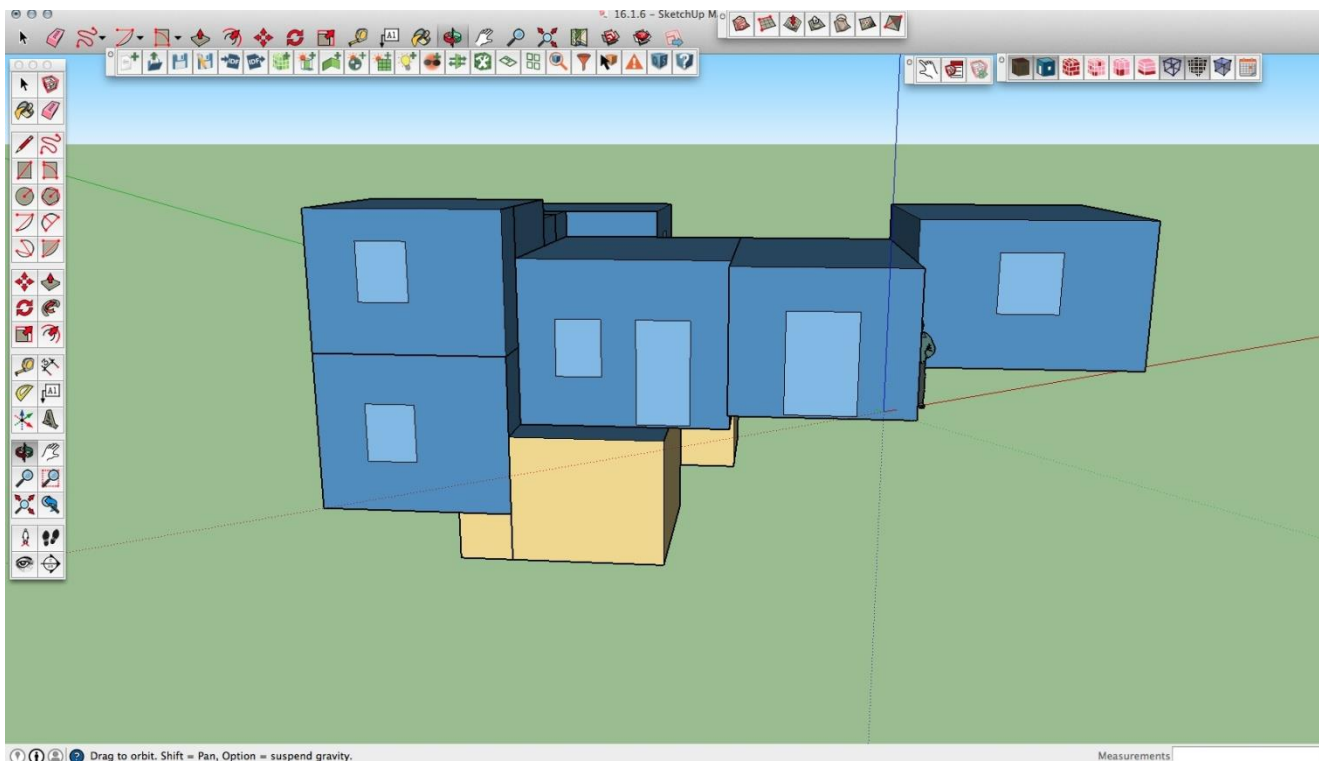
Το δεύτερο βήμα της προσομοίωσης με SketchUp είναι η δημιουργία των κουφωμάτων του μοντέλου, εξωτερικές πόρτες και παράθυρα. Αυτά αποτελούν τις υποεπιφάνειες του μοντέλου. Αφού ο χρήστης επιλέξει με το εργαλείο επιλογής (κέρσορας) την επιφάνεια πάνω στην οποία θέλει να δημιουργήσει το κούφωμα, τότε με το εργαλείο Rectangle ορίζει τις διαστάσεις του εκάστοτε κουφώματος. Στην συνέχεια το κούφωμα αναγνωρίζεται και αριθμείται αυτόματα από το πρόγραμμα.

Το τρίτο και τελευταίο βήμα που αφορά στη σχεδίαση του μοντέλου πραγματοποιείται με χρήση δύο εργαλείων, τα **Intersect** και **Match**. Τα δύο αυτά εργαλεία μπορούν να εκτελεσθούν είτε κάθε φορά που προστίθεται ένας νέος όγκος, Intersect in Selection/Match in Selection, είτε με την ολοκλήρωση της σχεδίασης σε ολόκληρο το μοντέλο, Intersect in Entire Model/Match in Entire Model. Το εργαλείο Intersect ουσιαστικά διατέμνει δύο γειτονικές επιφάνειες διαφορετικών όγκων, οι οποίες δεν έχουν τις ίδιες διαστάσεις, αλλά εφάπτονται στο κοινό τμήμα τους. Το εργαλείο αυτό είναι χρήσιμο και κατά τον καθορισμό των συνοριακών συνθηκών (Boundary Condition) που επεξηγείται παρακάτω. Το εργαλείο Match πραγματοποιεί την ενοποίηση των διαφορετικών όγκων που έχουν σχεδιαστεί, ώστε να αποτελούν ένα ενιαίο κτιριακό σύνολο. Μετά την εκτέλεση των παραπάνω εντολών, οι επιφάνειες χαρακτηρίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα ως εσωτερικές (Surface, NoSun, NoWind), εξωτερικές (Surface, SunExposed, WindExposed) ή σε επαφή με το έδαφος (Ground, NoSun, NoWind). Ο χαρακτηρισμός Surface/ Ground αφορά στην εξωτερική συνοριακή συνθήκη της επιφάνειας και στη συνέχεια καθορίζεται αν έρχεται σε επαφή με τον ήλιο και τον αέρα.

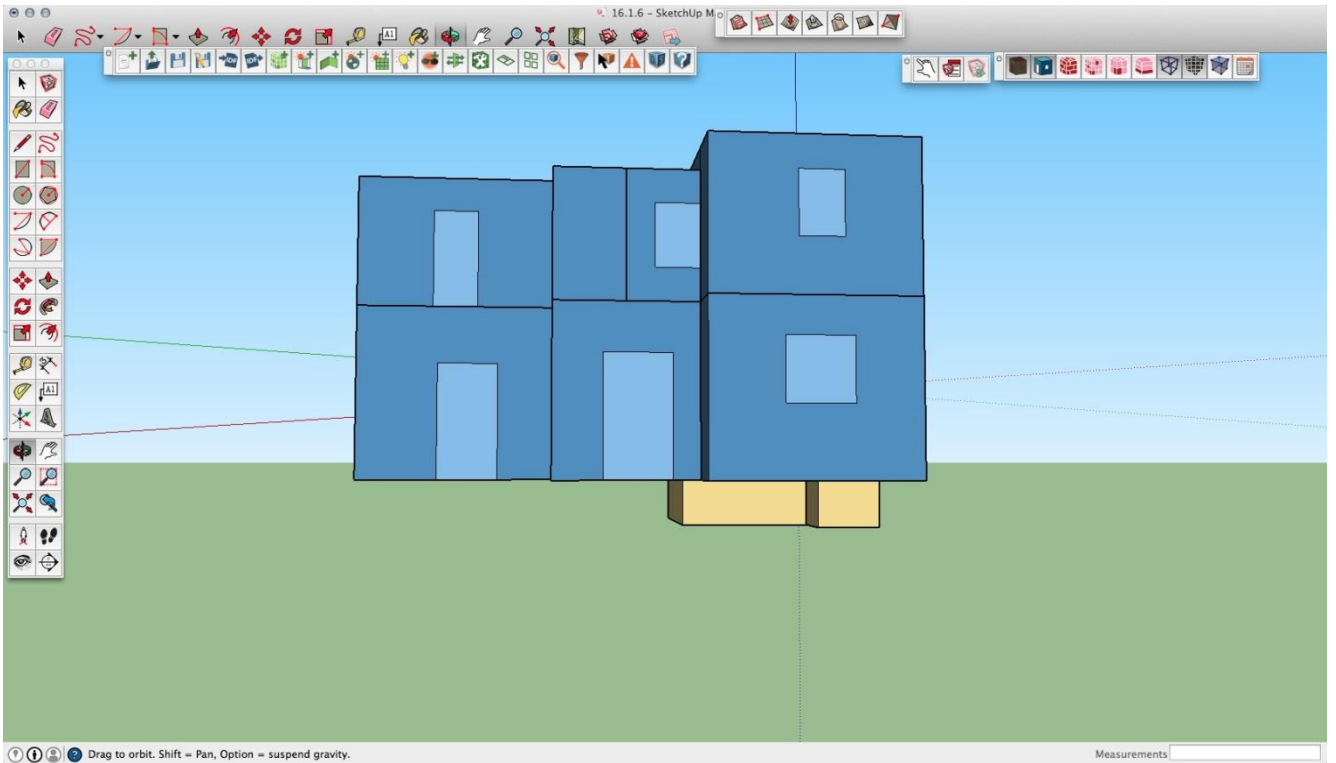
Στην συνέχεια θα γίνει αναφορά ορισμένων χρήσιμων για την εν λόγω προσομοίωση εργαλείων. Τρία από τα βασικότερα εργαλεία του σχεδιαστικού προγράμματος SketchUp είναι το **Tape Measure, Axes** και **Orbit**. Το πρώτο χρησιμεύει στη μέτρηση μηκών ή ορισμό αυτών. Το δεύτερο αφορά στον προσανατολισμό του κτιρίου, δηλαδή τοποθέτησή του σύμφωνα με την πραγματική του θέση ως προς τον Βορρά ή όποιο άλλο σημείο του ορίζοντα επιλέξει ο χρήστης. Το SketchUp ως λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης διαθέτει σύστημα τριών αξόνων, έναν μπλε που παριστάνει τον κατακόρυφο άξονα, έναν πράσινο που παριστάνει Βορρά (συνεχής πράσινη γραμμή) και Νότο (διακεκομμένη πράσινη γραμμή) και έναν κόκκινο που παριστάνει Δύση (συνεχής κόκκινη γραμμή) και Ανατολή (διακεκομμένη κόκκινη γραμμή). Το τρίτο εργαλείο επιτυγχάνει την περιστροφή γύρω από το μοντέλο και σε συνδυασμό με το zoom in και zoom out δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα της προβολής του από κάθε πιθανή πλευρά και απόσταση.

Τέλος, αναφέρονται κάποια εργαλεία με τα οποία εμπλουτίζει το Legacy Open Studio plug-in το σχεδιαστικό πρόγραμμα SketchUp. Με την επέκταση του Open Studio εμφανίζονται δύο νέες γραμμές εργαλείων, η μία εκ των οποίων αφορά στην προβολή του κτιρίου, ανάλογα με τα κριτήρια που επιλέγει ο χρήστης, εκ των οποίων σημαντικότερες είναι η **Render by Boundary Condition**, **Render by Thermal Zone**, **View Model in X-Ray Model**. Στην πρώτη το κτίριο χρωματίζεται ανάλογα με τις συνοριακές του συνθήκες, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Στην δεύτερη εμφανίζονται οι χώροι του κτιρίου χρωματισμένοι ανάλογα με τη θερμική ζώνη στην οποία ανήκουν. Υπάρχουν τόσα χρώματα όσα και θερμικές ζώνες. Τρίτη είναι η εμφάνιση του κτιρίου με διαφανείς όλες τις επιφάνειες του, ώστε να επιτυγχάνεται η προβολή διά μέσου του κτιρίου. Από την άλλη γραμμή εργαλείων προσδιορίζονται τα **Inspector**, **Surface Search**, **Info Tool**, **Show Errors and Warnings**, **Set Attributes for Selected Spaces**. Το Inspector είναι ένας πίνακας στον οποίο βρίσκονται πληροφορίες για κάθε στοιχείο που απαρτίζει το μοντέλο. Με το Surface Search καθίσταται δυνατή η αναζήτηση επιφανειών και υποεπιφανειών σύμφωνα με την ονομασία τους. Το Info Tool αποτελεί μία συντόμευση του Inspector, όπου τοποθετώντας τον κέρσορα επί ενός στοιχείου μάς δίνονται όλες οι πληροφορίες για αυτό. Το Show Errors and Warnings είναι ένας πίνακας αναφοράς προβλημάτων του μοντέλου που αναγνωρίζονται από το πρόγραμμα. Κάποια από αυτά διορθώνονται αυτόματα. Το τέταρτο αναφερόμενο εργαλείο αφορά στο διαχωρισμό θερμικών ζωνών και αναλύεται εκτενώς στην επόμενη ενότητα. Σκόπιμο είναι να αναφερθεί ότι η αποθήκευση του μοντέλου που δουλεύει ο χρήστης πρέπει να γίνεται και στα δύο προγράμματα που λειτουργούν παράλληλα, δημιουργώντας δύο αρχεία για το μοντέλο, σε μορφές .skp και .osm. Αντίστοιχα, για την εκκίνηση του αποθηκευμένου μοντέλου απαραίτητο είναι να ανοιχθούν και δύο αρχεία.

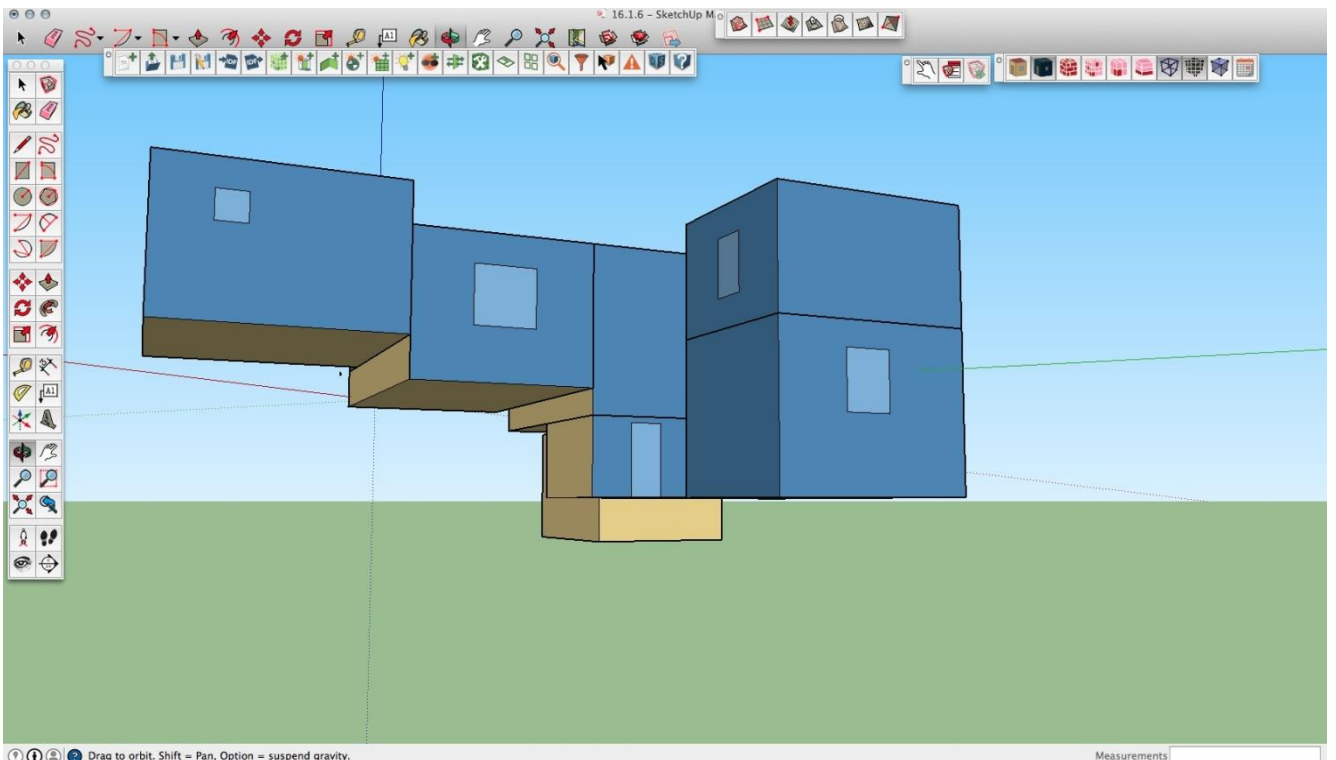
Ακολουθούν εικόνες τις οικίας από το πρόγραμμα SketchUp με προβολή κατά είδος συνοριακής συνθήκης.



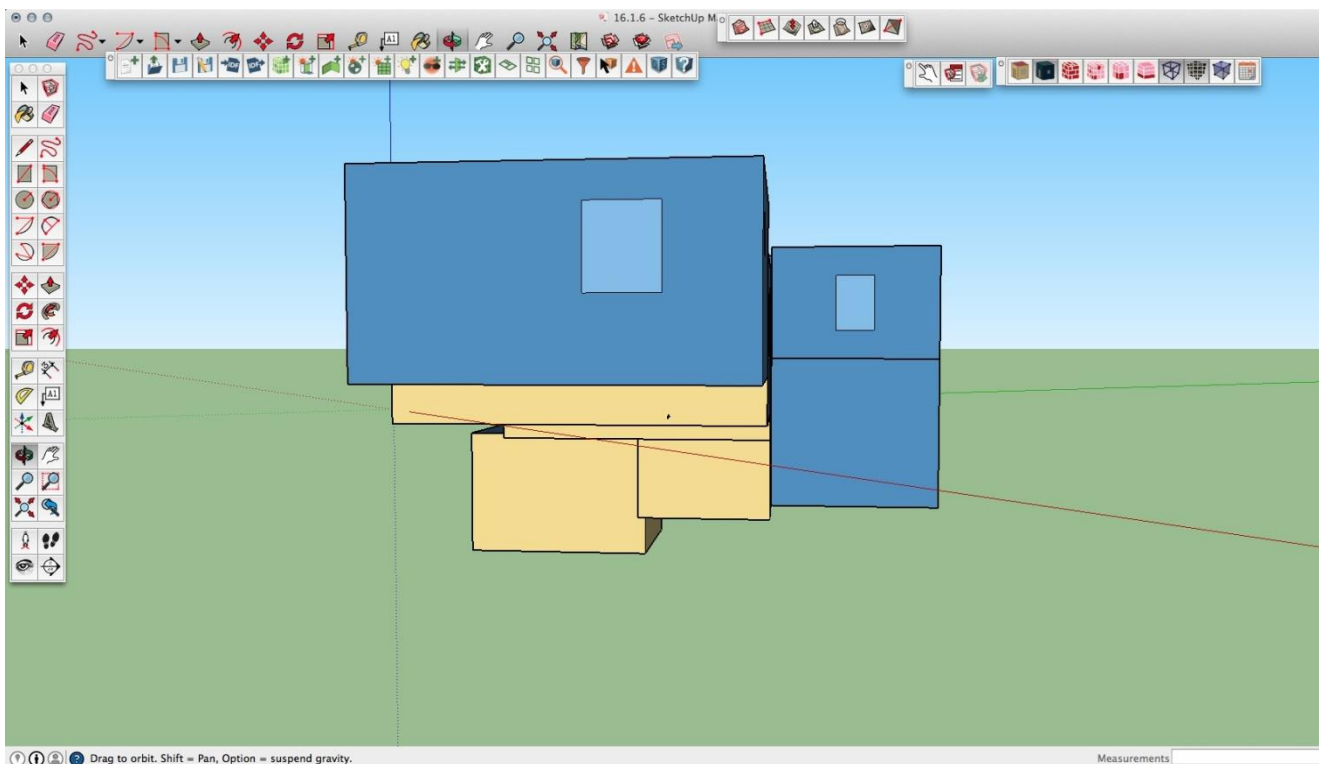
Εικόνα 3.1: Νότια όψη της οικίας, προβολή κατά συνοριακή συνθήκη στο πρόγραμμα SketchUp



*Εικόνα 3.2: Δυτική όψη οικίας, προβολή κατά συνοριακή συνθήκη στο πρόγραμμα SketchUp*



*Εικόνα 3.3: Βόρεια όψη της οικίας, προβολή κατά συνοριακή συνθήκη στο πρόγραμμα SketchUp*



Εικόνα 3.4: Ανατολική όψη της οικίας, προβολή κατά συνοριακή συνθήκη στο πρόγραμμα SketchUp

### 3.2.2 Καθορισμός θερμικών ζωνών στο υπό μελέτη μοντέλο

Αφού ολοκληρωθεί η διαμόρφωση του κτιρίου, διαχωρίζονται οι θερμικές ζώνες του. Ο όρος θερμικές ζώνες αναφέρεται σε ένα σύνολο χώρων, οι οποίοι δημιουργούν έναν όγκο αέρα ενιαίας θερμοκρασίας που αποτελείται από επιφάνειες μεταφοράς και αποθήκευσης θερμότητας, δημιουργώντας έτσι μία ζώνη κοινών ενεργειακών συνθηκών. Ο διαχωρισμός των κτιρίων σε θερμικές ζώνες αποτελεί τεχνική ορθολογικής χρήσης ενέργειας και σημαντικό κομμάτι του ενεργειακού τους σχηματισμού και αφορά δύο επίπεδα, τον ορθολογικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό βάσει ενεργειακών κριτηρίων και το σχεδιασμό και τη λειτουργία των μηχανολογικών συστημάτων θέρμανσης/ψύξης. Ένας γενικός κανόνας για την ομαδοποίηση των χώρων σε θερμικές ζώνες είναι να ληφθούν υπόψη οι ενεργειακές απαιτήσεις και ο βαθμός χρήσης των χώρων, καθώς επίσης και ο κατάλληλος προανατολισμός. Σκόπιμο είναι να δημιουργηθούν όσο το δυνατόν λιγότερες θερμικές ζώνες, χωρίς να θυσιάζεται η ακρίβεια της προσομοίωσης. Μία απλοποιητική παραδοχή είναι να δημιουργούνται τόσες θερμικές ζώνες, όσα και τα συστήματα ψύξης/θέρμανσης. Ο ορισμός θερμικών ζωνών στο SketchUp γίνεται με χρήση του εργαλείου **Set Attributes for Selected Spaces**, όπου καθορίζεται σε ποια θερμική ζώνη ανήκει ο κάθε επί μέρους όγκος/δωμάτιο. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται τόσες φορές, όσοι και οι όγκοι/δωμάτια του μοντέλου.

Στην παρούσα προσομοίωση ορίστηκαν 5 θερμικές ζώνες με βάση τα προαναφερθέντα κριτήρια. Η πρώτη θερμική ζώνη περιλαμβάνει μόνο ένα υπνοδωμάτιο, διότι ο χώρος διαθέτει δικό του σύστημα θέρμανσης/ψύξης και διαχωρίζεται από τα άλλα δωμάτια με εσωτερική τοιχοποιία. Η δεύτερη θερμική ζώνη αποτελείται από τρία δωμάτια, τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους, άρα θεωρούνται ενιαίος χώρος και τίθενται σε μία θερμική ζώνη. Στην τρίτη θερμική ζώνη ανήκουν ένα υπνοδωμάτιο και το μπάνιο του, τα οποία διαχωρίζονται επίσης από τους χώρους που ανήκουν στις άλλες δύο ζώνες του

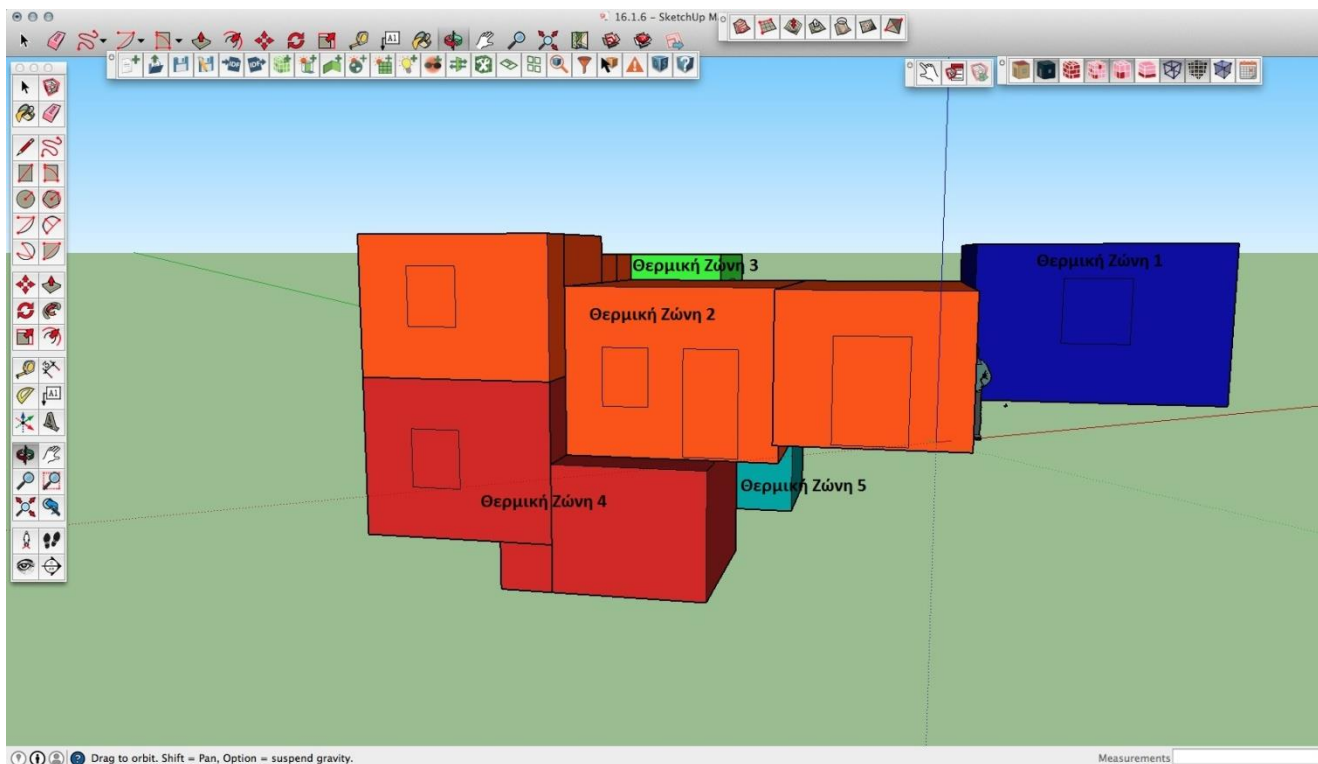


Α' ορόφου. Στην τέταρτη θερμική ζώνη το σύστημα ψύξης/θέρμανσης του υπνοδωματίου εξυπηρετεί όλους τους δίπλα χώρους, συμπεριλαμβανομένου και του γραφείου, το οποίο θεωρούμενο ως δευτερεύων χώρος δεν διαθέτει ανεξάρτητο σύστημα θέρμανσης/ψύξης. Τέλος, η αποθήκη της οικίας θεωρείται ανεξάρτητο κομμάτι από το εσωτερικό της οικίας, εξού και τίθεται μόνη της σε μία θερμική ζώνη. Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας των θερμικών ζωνών όπως αυτές προέκυψαν και φωτογραφίες από το πρόγραμμα.

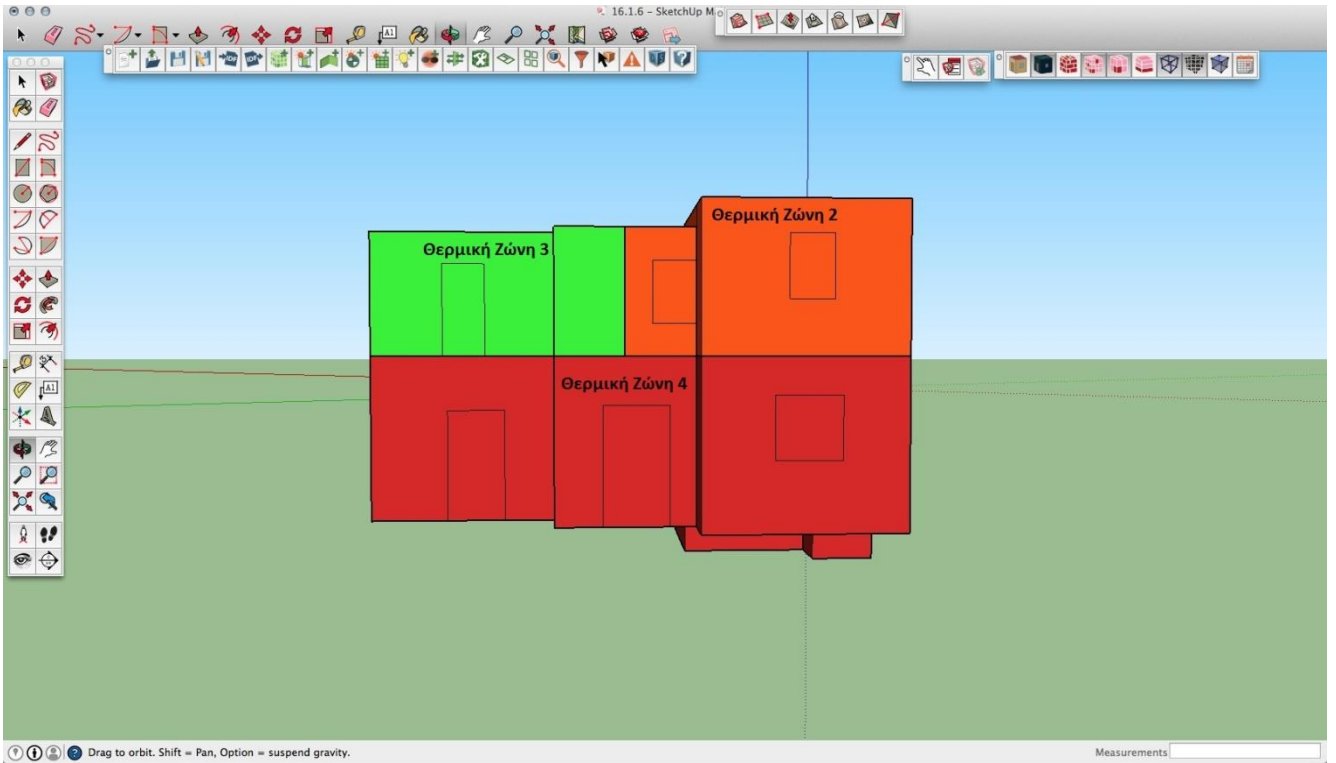
Όροφος	Όνομα Θερμικής Ζώνης	Χώρος οικίας	Χαρακτηριστικό Χρώμα
Α' όροφος	Θερμική Ζώνη 1	Υπνοδωμάτιο 1	Μπλε
	Θερμική Ζώνη 2	Σαλόνι 1	Πορτοκαλί
		Σαλόνι 2	
		Κουζίνα	
	Θερμική Ζώνη 3	Υπνοδωμάτιο 2	Πράσινο
Μπάνιο 1			
Ισόγειο	Θερμική Ζώνη 4	Γραφείο	Κόκκινο
		Χωλ	
		Υπνοδωμάτιο 3	
		Μπάνιο 2	
	Θερμική Ζώνη 5	Αποθήκη	Γαλάζιο

Εικόνα 3.5: Διαχωρισμός της υπό μελέτη οικίας σε θερμικές ζώνες

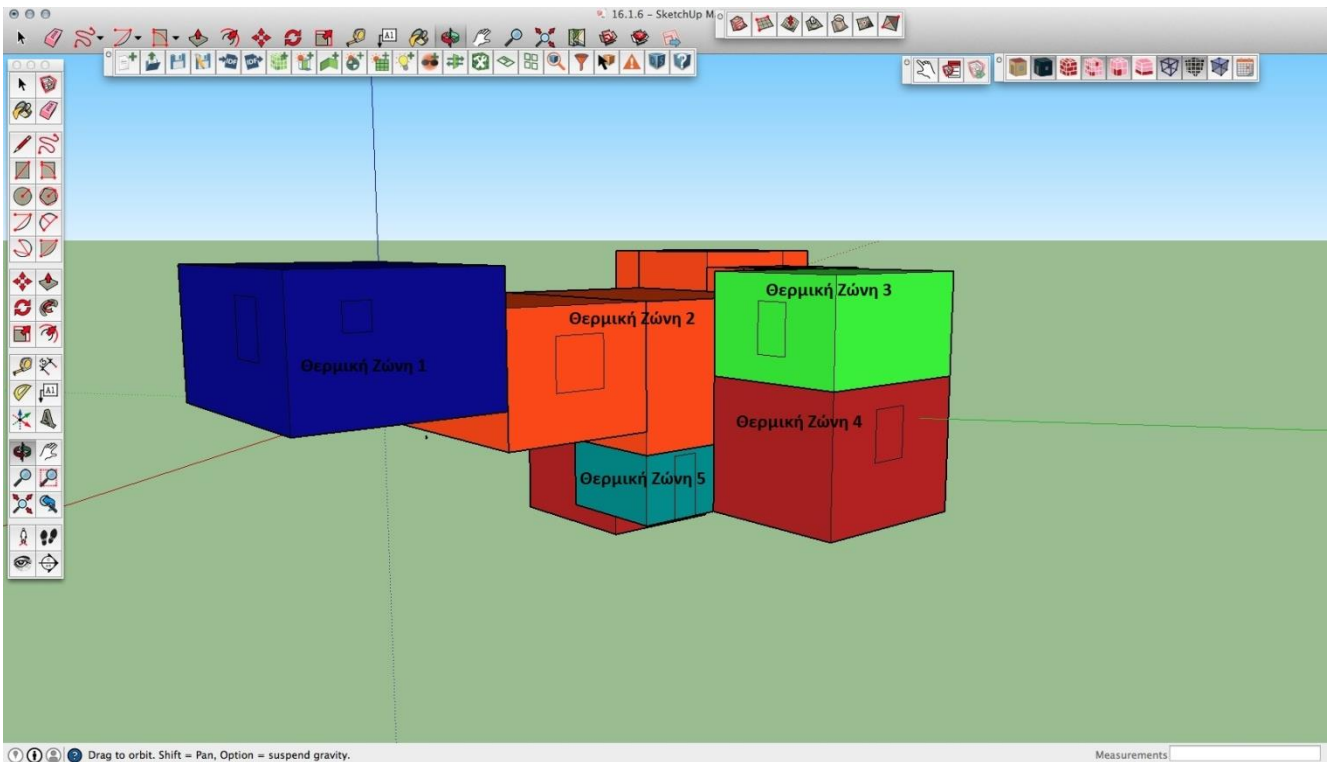
Ακολουθούν οι θερμικές ζώνες της οικίας, όπως ορίστηκαν στο πρόγραμμα SketchUp.



Εικόνα 3.6: Νότια όψη της οικίας, προβολή κατά θερμική ζώνη στο πρόγραμμα SketchUp



Εικόνα 3.7: Δυτική όψη της οικίας, προβολή κατά θερμική ζώνη στο πρόγραμμα SketchUp



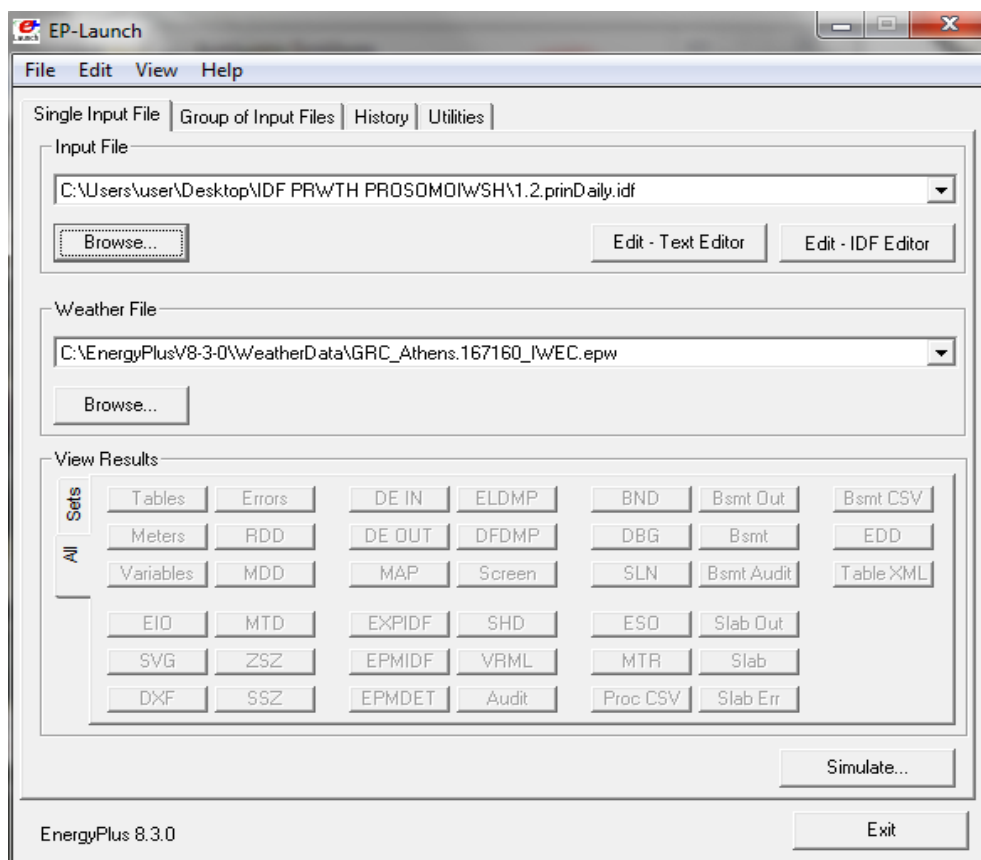
Εικόνα 3.8: Βόρεια όψη της οικίας, προβολή κατά θερμική ζώνη στο πρόγραμμα SketchUp

### 3.3 Προσομοίωση μοντέλου στο EnergyPlus

Το πρόγραμμα EnergyPlus και πιο συγκεκριμένα το βασικό υποπρόγραμμα IDFEditor διαθέτει μία τεράστια εργαλειοθήκη, η οποία μπορεί να προσομοιάσει ένα μοντέλο με μεγάλη ακρίβεια. Ακόμα, συνοδεύεται από μία βιβλιοθήκη, το **DataSet**, η οποία παρέχει στο χρήστη έτοιμα δεδομένα που ενδεχομένως να είναι συμβατά με το δικό του μοντέλο. Το πρόγραμμα αυτό αναπτύχθηκε στην Αμερική, κυρίως για μεγάλα κτίρια ή σύνολο χώρων, όπως ξενοδοχεία, νοσοκομεία, σχολεία, γραφεία. Για τον λόγο αυτό, σκόπιμο είναι ο χρήστης να γνωρίζει ότι τα δεδομένα της βιβλιοθήκης του προγράμματος πρέπει να προσαρμοστούν στα δικά του πλαίσια, όπου αυτό είναι δυνατόν, ώστε να επιτευχθεί μία όσο το δυνατόν ακριβέστερη προσομοίωση. Στην συνέχεια αναφέρονται τα σημαντικότερα πεδία που συμπληρώθηκαν στο EnergyPlus για την πραγμάτωση της προσομοίωσης μας.

#### 3.3.1 Πρώτη εκτέλεση προσομοίωσης με χρήση EP-Launch

Αρχικά, αφού εξάγεται το αρχείο .idf με τα σχεδιαστικά και ενεργειακά δεδομένα μετά την ολοκλήρωση του μοντέλου στο SketchUp, ακολουθεί ο πρώτος έλεγχος προσομοίωσης για τα δεδομένα της οικίας μέσω του υποπρογράμματος EP-Launch. Πριν την εκτέλεση του ελέγχου, εισάγονται στο υποπρόγραμμα EP-Launch το αρχείο .idf και το αρχείο καιρικών δεδομένων στον τόπο του μοντέλου που πρόκειται να προσομοιωθεί. Το αρχείο **WeatherData** μπορεί να βρεθεί διαδικτυακά μέσω της ιστοσελίδας του προγράμματος. Για την Ελλάδα υπάρχουν τρεις σταθμοί συλλογής δεδομένων, στην Αθήνα, στην Θεσσαλονίκη και στην Ανδραβίδα. Στην εν λόγω προσομοίωση χρησιμοποιούνται τα δεδομένα της Αθήνας. Μέσω του πρώτου ελέγχου αναζητώνται μη αποδεκτά σημεία που ορίστηκαν από τον χρήστη στο SketchUp. Με το πέρας της προσομοίωσης, αν υπάρχουν σφάλματα, τότε αυτά χαρακτηρίζονται ανάλογα με το επίπεδο σημαντικότητας, ως **Warnings** (προειδοποιήσεις), **Severe Errors** (σοβαρά σφάλματα) και **Fatal Errors**. Τα τελευταία οδηγούν σε τερματισμό της προσομοίωσης και συνήθως προκύπτουν από τα Severe Errors. Η διόρθωσή τους είναι υποχρεωτική ώστε να προχωρήσει η προσομοίωση στα επόμενα βήματα. Τα Warnings δεν είναι τόσο καθοριστικής σημασίας, καθώς η προσομοίωση μπορεί να δώσει αποτελέσματα παρά την παρουσία τους. Αφού ολοκληρωθεί με επιτυχία η αρχική προσομοίωση, τότε το αρχείο μπορεί να επεξεργαστεί στο υποπρόγραμμα IDFEditor του EnergyPlus. Ακολουθεί εικόνα της καρτέλας εισαγωγής δεδομένων του υποπρογράμματος EP-Launch.



Εικόνα 3.9: Καρτέλα εισαγωγής δεδομένων του υποπρογράμματος EP-Launch

### 3.3.2 Κατηγορία Simulation Parameters

Το πρώτο πεδίο παραμέτρων που συναντά κανείς στην εργαλειοθήκη του IDFEditor είναι το **Simulation Parameters**. Σε αυτό συμπληρώνονται οι υποκατηγορίες **Version** και **Building**. Η πρώτη αφορά στην έκδοση του EnergyPlus και η δεύτερη αφορά την οικία και το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται. Εδώ εισάγεται το όνομα του μοντέλου (Name), ο προσανατολισμός του (North Axis), αν δεν έχει ήδη οριστεί στο SketchUp, το έδαφος στο οποίο θεμελιώνεται (Terrain) και η διανομή της ηλιακής ακτινοβολίας επί αυτού (Solar Distribution). Η οικία που μελετήθηκε βρίσκεται στη Μήλο, εξού και η επιλογή Ocean, ο προσανατολισμός ορίσθηκε προηγουμένως στο EnergyPlus, γι' αυτό εδώ τίθεται μηδενικός. Όσον αφορά στην ηλιακή ακτινοβολία επιλέχθηκε η πλήρως εξωτερική κατανομή (Full Exterior), με αυτή παράμετρο συνεπάγεται υπολογισμός της σκίασης από κάθε τύπο αντικειμένου κι επιφάνειας που δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία στο εξωτερικό του κτιρίου. Οι υπόλοιπες παράμετροι ορίσθηκαν με την default τιμή τους.

Field	Units	Obj1
Name		Building 1
North Axis	deg	0
Terrain		Ocean
Loads Convergence Tolerance Value		0,04
Temperature Convergence Tolerance Value	deltaC	0,4
Solar Distribution		FullExterior
Maximum Number of Warmup Days		25
Minimum Number of Warmup Days		6

Εικόνα 3.10: Υποκατηγορία Building στο IDFEditor

### 3.3.3 Κατηγορία Location & Climate

Η δεύτερη κατηγορία παραμέτρων που συμπληρώνεται είναι το **Location & Climate**, όπου εισάγονται δεδομένα για την τοποθεσία και το κλίμα της περιοχής. Οι υποκατηγορίες που συμπληρώνονται είναι οι **Site Location**, **Sizing Period Design Day**, **Run Period**, **Site Ground Temperature Building**, **Site Ground Temperature Shallow**, **Site Ground Temperature Deep**. Στο Site Location εισάγονται το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της περιοχής, η ζώνη ώρας και το υψόμετρο σε μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Field	Units	Obj1
Name		Milos Greece
Latitude	deg	36,5
Longitude	deg	24,32
Time Zone	hr	2
Elevation	m	15

Εικόνα 3.11: Υποκατηγορία Site Location στο IDFEditor

- **Sizing Period Design Day**

Η υποκατηγορία Sizing Period Design Day περιγράφει την κάθε μέρα σχεδιασμού. Κρίθηκε σκόπιμο να δημιουργηθούν δύο ημέρες σχεδιασμού, μία για τη χειμερινή περίοδο και μία για την εαρινή. Η χαρακτηριστική ημέρα χειμώνα θεωρήθηκε η 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου και η χαρακτηριστική ημέρα θέρους η 21<sup>η</sup> Αυγούστου. Η οριζόμενη ημερομηνία σε συνδυασμό με την τοποθεσία χρησιμοποιείται από το πρόγραμμα για τον καθορισμό της θέσης του ήλιου και της προσπίπτουσας ενέργειας, ανάλογα με την εποχή του χρόνου. Στην συνέχεια, για κάθε ημέρα σχεδιασμού, προσδιορίζεται από το χρήστη η μέγιστη θερμοκρασία ξηρού ή υγρού βολβού (Maximum Dry Bulb Temperature), μέγεθος από το οποίο προσδιορίζεται η υγρασία, η βαρομετρική πίεση (Barometric Pressure), η ταχύτητα του ανέμου (Wind Speed), η διεύθυνση του ανέμου (Wind Direction), το μοντέλο υπολογισμού της ηλιακής ακτινοβολίας (ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam/Diffuse Irradiance) και η καθαρότητα του ουρανού (Sky Clearness). Ακολουθεί ο πίνακας με τα δεδομένα που ορίστηκαν.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Milos Greece Winter	Milos Greece Summer
Month		2	8
Day of Month		21	21
Day Type		WinterDesignDay	SummerDesignDay
Maximum Dry-Bulb Temperature	C	3,1	33,8
Daily Dry-Bulb Temperature Range	deltaC	0	9,1
Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type		DefaultMultipliers	DefaultMultipliers
Dry-Bulb Temperature Range Modifier Day Schedule Name			
Humidity Condition Type		WetBulb	WetBulb
Wetbulb or DewPoint at Maximum Dry-Bulb	C	3,1	20,8
Humidity Condition Day Schedule Name			
Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb	kgWater/kgDryAir		
Enthalpy at Maximum Dry-Bulb	J/kg		
Daily Wet-Bulb Temperature Range	deltaC		
Barometric Pressure	Pa	101145	101145
Wind Speed	m/s	3,5	5,6
Wind Direction	deg	0	30
Rain Indicator		No	No
Snow Indicator		No	No

Εικόνα 3.12: Υποκατηγορία Sizing Period Design Day στο IDFEditor

- **Run Period**

Στην υποκατηγορία Run Period ορίζεται η χρονική περίοδος διάρκειας προσομοίωσης. Πιο συγκεκριμένα ορίζονται η ημέρα και ο μήνας εκκίνησης και πέρατος της προσομοίωσης κι εν συνεχεία προσδιορίζεται αν θα χρησιμοποιηθεί το αρχείο καιρού, Weather File. Το πεδίο συμπληρώθηκε όπως φαίνεται στη συνέχεια.

Field	Units	Obj1
Name		Run Period 1
Begin Month		1
Begin Day of Month		1
End Month		12
End Day of Month		31
Day of Week for Start Day		UseWeatherFile
Use Weather File Holidays and Special Days		No
Use Weather File Daylight Saving Period		Yes
Apply Weekend Holiday Rule		No
Use Weather File Rain Indicators		Yes
Use Weather File Snow Indicators		Yes
Number of Times Runperiod to be Repeated		1
Increment Day of Week on repeat		
Start Year		

Εικόνα 3.13: Υποκατηγορία Run Period στο IDFEditor

- **Site Ground Temperature Building**

Στην υποκατηγορία Site Ground Temperature Building αναγράφονται οι μέσες θερμοκρασίες επιφάνειας εδάφους ανά μήνα. Οι επιφάνειες που γειτνιάζουν με το έδαφος θεωρείται ότι έχουν εξωτερική θερμοκρασία ίση με τις θερμοκρασίες εδάφους αυτού του πεδίου. Οι άλλες δύο υποκατηγορίες, Site Ground Temperature Shallow και Site Ground Temperature Deep αναφέρονται στην μεταφορά θερμότητας μέσω του εδάφους. Οι θερμοκρασίες της πρώτης υποκατηγορίας ορίζονται για βάθος κοντά στην επιφάνεια, ενώ της δεύτερης για βάθος 3-4 μέτρα υπό την επιφάνεια.

Ακολουθούν οι αντίστοιχες εικόνες. Τα δεδομένα για τις τρεις υποκατηγορίες λαμβάνονται από το αρχείο Weather File που χρησιμοποιείται στην προσομοίωση.

Field	Units	Obj1
January Ground Temperature	C	15,53
February Ground Temperature	C	15,37
March Ground Temperature	C	15,44
April Ground Temperature	C	15,8
May Ground Temperature	C	19,43
June Ground Temperature	C	19,77
July Ground Temperature	C	18,79
August Ground Temperature	C	18,68
September Ground Temperature	C	19,76
October Ground Temperature	C	16,79
November Ground Temperature	C	16,13
December Ground Temperature	C	15,72

Εικόνα 3.14: Υποκατηγορία Site Ground Temperature Building στο IDFEditor

Field	Units	Obj1
January Surface Ground Temperature	C	9,73
February Surface Ground Temperature	C	11,26
March Surface Ground Temperature	C	14,24
April Surface Ground Temperature	C	17,06
May Surface Ground Temperature	C	22,41
June Surface Ground Temperature	C	25,22
July Surface Ground Temperature	C	25,99
August Surface Ground Temperature	C	24,57
September Surface Ground Temperature	C	21,27
October Surface Ground Temperature	C	17,17
November Surface Ground Temperature	C	13,13
December Surface Ground Temperature	C	10,46

Εικόνα 3.15: Υποκατηγορία Site Ground Temperature Shallow στο IDFEditor

Field	Units	Obj1
January Deep Ground Temperature	C	11,84
February Deep Ground Temperature	C	12,22
March Deep Ground Temperature	C	13,91
April Deep Ground Temperature	C	15,81
May Deep Ground Temperature	C	19,91
June Deep Ground Temperature	C	22,54
July Deep Ground Temperature	C	23,84
August Deep Ground Temperature	C	23,55
September Deep Ground Temperature	C	21,67
October Deep Ground Temperature	C	18,84
November Deep Ground Temperature	C	15,65
December Deep Ground Temperature	C	13,14

Εικόνα 3.16: Υποκατηγορία Site Ground Temperature Deep στο IDFEditor

### 3.3.4 Κατηγορία Surface Construction Elements

Το πεδίο Surface Construction Elements αποτελεί μία λεπτομερή λίστα όλων των υλικών που απαντώνται στο μοντέλο, των φυσικών τους ιδιοτήτων καθώς και της σύνθεσής των στοιχείων του μοντέλου με βάση αυτά τα υλικά. Τα υλικά αυτά διακρίνονται στα μέρη του μοντέλου, δηλαδή σε

επιφάνειες και υποεπιφάνειες. Ως επιφάνειες ορίζονται οι τοίχοι, εσωτερικοί και εξωτερικοί, τα δάπεδα και οι οροφές και ως υποεπιφάνειες τα κουφώματα, παράθυρα και πόρτες. Οι υποκατηγορίες που συμπληρώνονται σε αυτό το πεδίο είναι οι **Material**, **Material Air Gap**, **Window Material Glazing**, **Window Material Gas** και **Construction**.

- **Material - Επιφάνειες**

Στην υποκατηγορία Material συγκεντρώνονται όλα ανεξαιρέτως τα υλικά που εμφανίζονται στις επιφάνειες του μοντέλου. Ως επιφάνειες ορίζονται οι τοιχοποιίες, εσωτερικές και εξωτερικές, τα δάπεδα και οι οροφές. Ειδικότερα, εισάγονται και κάποιες ιδιότητες των υλικών, δηλαδή η σκληρότητα (Roughness), το πάχος (Thickness), ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (Conductivity), η πυκνότητα (Density) και η ειδική θερμοχωρητικότητα (Specific Heat). Πληροφορίες βρίσκει κανείς και στην ιστοσελίδα του T.E.E. Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας για όλα τα στοιχεία. Διακρίνονται και οι μονάδες μέτρησης κάθε μεγέθους.

Υλικό (Material)	Τραχύτητα (Roughness)	Πάχος (Thickness) [m]	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (Conductivity) [W/(m*K)]	Πυκνότητα (Density) [kg/m <sup>3</sup> ]	Ειδική θερμοχωρητικότητα (Specific Heat) [J/(kg*K)]
Τελικό έγχρωμο ακρυλικό επίχρισμα	Μεσαία	0,003	0,7	1900	1100
Βασικό επίχρισμα Thermoprosopsis multi	Μεσαία	0,007	1,4	2000	1100
Διογκωμένη πολυστερίνη με γραφίτη σε πλάκες EPS 80	Μεσαία	0,05	0,032	24	1550
Υλικό επικόλλησης Thermoprosopsis multi	Μεσαία	0,01	1,4	2000	1100
Οπτοπλινθοδομή (εξωτερική)	Μεσαία	0,25	0,45	1200	1100
Ασβεστοκονίαμα εσωτερικό	Μεσαία	0,02	0,87	1800	1000



Γεώφασμα	Σκληρή	0,0015	0,04	100	1030
Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες EPS 200	Μεσαία	0,05	0,035	24	1500
Ασφαλτόπανο	Πολύ σκληρή	0,003	0,23	1100	1000
Οπλισμένο σκυρόδεμα	Μεσαία	0,25	2,5	2400	1000
Οπτοπλινθοδομή (εσωτερική) 9	Μεσαία	0,09	0,6	1500	1000
Τσιμεντοκονίαμα	Μεσαία	0,02	1,4	2000	1100
Ασφαλτόπανο σε δύο στρώσεις	Πολύ σκληρή	0,006	0,23	1100	1000
Ελαφροσκυρόδεμα κλίσεων	Μεσαία	0,05	0,2	500	1000
Προστατευτικό φύλλο πολυαιθυλενίου	Σκληρή	0,0002	0,33	920	2200
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	Μεσαίως μαλακή	0,07	0,035	35	1450
Στεγανοποιητική στρώση (πολυπροπυλένιο)	Σκληρή	0,002	0,22	910	1800
Ελαφρώς οπλισμένο σκυρόδεμα	Μεσαία	0,1	1,15	1800	1000
Περλιτόδεμα	Μεσαία	0,05	0,094	350	1000
Κεραμικά πλακίδια	Μεσαίως μαλακή	0,01	1,84	2000	840
Γυψοσανίδα	Μαλακή	0,0125	0,21	700	1000
Ξύλο εσωτερικής πόρτας (σημύδα/birch)	Μεσαία	0,045	0,13	670	2400
Ξύλο εξωτερικής πόρτας	Μεσαία	0,08	0,13	670	2400
Ακρυλικό διακοσμητικό επίχρισμα χαλαζία	Μεσαία	0,002	0,7	1500	1100
Αφρώδης Πολυστερίνη	Μεσαία	0,05	0,03	30	1210
Οπτοπλινθοδομή	Μεσαία	0,06	0,6	1500	1000

Εικόνα 3.17: Υποκατηγορία Material στο IDFEditor

- **Material Air Gap - Υποεπιφάνειες**

Σε αυτή την υποκατηγορία γίνεται λόγος για την ιδιότητα της θερμικής αντίστασης του αέρα που βρίσκεται μεταξύ των δύο υαλοπινάκων ενός παραθύρου. Ο αέρας στα κουφώματα χρησιμεύει ως μονωτικό υλικό για τη θερμότητα και τον ήχο. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει από μία ευρεία λίστα που υπάρχει στη βιβλιοθήκη του προγράμματος, DataSet.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		F04 Wall air space resistance	F05 Ceiling air space resistance
Thermal Resistance	m <sup>2</sup> -K/W	0,15	0,18

Εικόνα 3.18: Υποκατηγορία Material Air Gap στο IDFEditor

- **Window Material Gas – Υποεπιφάνειες**

Στην υποκατηγορία Window Material Gas αναφέρονται το μονωτικό υλικό του παραθύρου ή της πόρτας, το πάχος του και μία χαρακτηριστική ονομασία για αυτό, η οποία συχνά επιλέγεται από την έτοιμα βιβλιοθήκη του προγράμματος DataSet.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		AIR 6MM	AIR 13MM
Gas Type		Air	Air
Thickness	m	0,0063	0,0127
Conductivity Coefficient A	W/m-K		
Conductivity Coefficient B	W/m-K <sup>2</sup>		
Conductivity Coefficient C	W/m-K <sup>3</sup>		
Viscosity Coefficient A	kg/m-s		
Viscosity Coefficient B	kg/m-s-K		
Viscosity Coefficient C	kg/m-s-K <sup>2</sup>		
Specific Heat Coefficient A	J/kg-K		
Specific Heat Coefficient B	J/kg-K <sup>2</sup>		
Specific Heat Coefficient C	J/kg-K <sup>3</sup>		
Molecular Weight	g/mol		
Specific Heat Ratio			

Εικόνα 3.19: Υποκατηγορία Window Material Gas στο IDFEditor

- **Window Material Glazing – Υποεπιφάνειες**

Σε αυτό το πεδίο ορίζονται οι ιδιότητες του υαλοπίνακα των παραθύρων. Οι βασικότερες ιδιότητες που συμπληρώνονται είναι η χαρακτηριστική ονομασία, ο οπτικός τύπος, το πάχος, καθώς και ορισμένοι συντελεστές που αφορούν τη μετάδοση, την αντανακλαστικότητα, την έκλυση και τη διάχυση της ηλιακής ενέργειας. Στην εν λόγω προσομοίωση λήφθηκαν δύο κατηγορίες υαλοπινάκων πάχους 3 και 6 mm από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Clear 3mm	CLEAR 6MM
Optical Data Type		SpectralAverage	SpectralAverage
Window Glass Spectral Data Set Name			
Thickness	m	3,000000000E-03	0,006
Solar Transmittance at Normal Incidence		0,837	0,775
Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0,075	0,071
Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0	0,071
Visible Transmittance at Normal Incidence		0,898	0,881
Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0,081	0,08
Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0	0,08
Infrared Transmittance at Normal Incidence		0	0
Front Side Infrared Hemispherical Emissivity		0,84	0,84
Back Side Infrared Hemispherical Emissivity		0,84	0,84
Conductivity	W/m-K	0,9	0,9
Dirt Correction Factor for Solar and Visible Transmittance		1	
Solar Diffusing		No	
Young's modulus	Pa		
Poisson's ratio			

Εικόνα 3.20: Υποκατηγορία Window Material Glazing στο IDFEditor

- **Construction – Επιφάνειες & Υποεπιφάνειες**

Η συγκεκριμένη κατηγορία είναι μία από τις βασικότερες του IDFEditor και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή κατά τη συμπλήρωσή της. Στόχος της υποκατηγορίας αυτής είναι να ορίσει τη σύνθεση των στοιχείων που απαρτίζουν το μοντέλο, και πιο συγκεκριμένα τη σαφή καταγραφή της διαδοχής των υλικών σε κάθε στοιχείο. Η καταγραφή της διαδοχής των υλικών πρέπει να γίνει από έξω προς τα μέσα και να ακολουθεί τη δομή της επιφάνειας. Με την έννοια από έξω προς τα μέσα εννοούμε από το εξωτερικό της θερμικής ζώνης στην οποία ανήκει η επιφάνεια ή η υποεπιφάνεια προς το εσωτερικό της. Το εξωτερικό μπορεί να είναι μία άλλη ζώνη, το έδαφος ή το περιβάλλον. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι όταν μία επιφάνεια, δάπεδο ή οροφή, ανήκει σε δύο θερμικές ζώνες πρέπει να ξαναγραφτεί με αντίστροφη σειρά, λόγω του παραπάνω κανόνα. Το ίδιο ισχύει φυσικά και για τους τοίχους, αλλά λόγω του ότι είναι συμμετρική η δομή τους, είναι περιττό να γραφτούν δύο φορές. Ακολουθούν οι πίνακες με τη σύνθεση της δομής κάθε στοιχείου.

Παράθυρα	Εσωτερική τοιχοποιία	Τοιχία υπογείου (επαφή με έδαφος)	Εσωτερική τοιχοποιία
Clear 3 mm	Τελικό έγχρωμο ακρυλικό επίχρισμα	Γεώφασμα	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα εσωτερικό
AIR 6 mm	Βασικό επίχρισμα THERMOPROSOPSIS multi	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες EPS 200	Οπτοπλινθοδομή (εσωτερική)
Clear 3 mm	Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	Ασφαλτόπανο	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα εσωτερικό
	Οπτοπλινθοδομή (εξωτερική)	Οπλισμένο σκυρόδεμα	
	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα εσωτερικό	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα εσωτερικό	
	Οπτοπλινθοδομή (εξωτερική)		
	Βασικό επίχρισμα THERMOPROSOPSIS multi		
	Τελικό έγχρωμο ακρυλικό επίχρισμα		

<b>Δώμα</b>	<b>Δάπεδο Υπογείου</b>	<b>Οροφή υπογείου</b>	<b>Δάπεδο ισογείου</b>
Τσιμεντοκονίαμα	Προστατευτικό φύλλο πολυαιθυλενίου	Κεραμικά πλακίδια	Γυψοσανίδα
Γεωύφασμα	Ελαφρώς οπλισμένο σκυρόδεμα	Τσιμεντοκονίαμα	Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες
Ασφαλτόπανο σε δύο στρώσεις	Ασφαλτόπανο	Περλιτόδεμα	Οπλισμένο σκυρόδεμα
Ελαφροσκυρόδεμα κλίσεων	Οπλισμένο σκυρόδεμα	Οπλισμένο σκυρόδεμα	Περλιτόδεμα
Προστατευτικό φύλλο πολυαιθυλενίου	Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	Τσιμεντοκονίαμα
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	Προστατευτικό φύλλο πολυαιθυλενίου	Γυψοσανίδα	Κεραμικά πλακίδια
Ασφαλτόπανο	Περλιτόδεμα		
Οπλισμένο σκυρόδεμα	Τσιμεντοκονίαμα		
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα εσωτερικό	Κεραμικά πλακίδια		

Οροφή ισογείου	Δάπεδο πρώτου ορόφου	Εσωτερική πόρτα	Εξωτερική πόρτα
Κεραμικά πλακίδια	Οπλισμένο σκυρόδεμα	Ακρυλικό διακοσμητικό επίχρισμα χαλαζία	Ακρυλικό διακοσμητικό επίχρισμα χαλαζία
Τσιμεντοκονίαμα	Περλιτόδεμα	Ξύλο εσωτερικής πόρτας (σημύδα/birch)	Ξύλο εξωτερικής πόρτας
Περλιτόδεμα	Τσιμεντοκονίαμα	Ακρυλικό διακοσμητικό επίχρισμα χαλαζία	Ακρυλικό διακοσμητικό επίχρισμα χαλαζία
Οπλισμένο σκυρόδεμα	Κεραμικά πλακίδια		

Εικόνα 3.21: Υποκατηγορία Construction στο IDFEditor

### 3.3.5 Κατηγορία Thermal Zones & Surfaces

Σε αυτό το πεδίο δίνονται πληροφορίες σχετικά τον διαχωρισμό του μοντέλου σε θερμικές ζώνες. Οι υποκατηγορίες που συμπληρώνονται είναι οι **Zone**, **Zone List**, **Building Surface Detailed**, **Fenestration Surface Detailed**.

- **Zone**

Η υποκατηγορία αυτή συγκεντρώνει τον αριθμό των θερμικών ζωνών του μοντέλου σε μία λίστα, καταγράφοντας την χαρακτηριστική ονομασία, συνηθέστατα αριθμός, κάθε ζώνης, μαζί με τον προσανατολισμό και τις συντεταγμένες κατά χ και ψ στο πρόγραμμα SketchUp. Όπως προαναφέρθηκε, είναι δυνατόν να μεταφερθούν δεδομένα από το ένα πρόγραμμα στο άλλο, για τον λόγο αυτό η υποκατηγορία αυτή συμπληρώνονται αυτόματα στον IDFEditor μετά την πρώτη προσομοίωση του αρχείου .idf που εξάγεται από το SketchUp, όπου έχουν προηγουμένως ορισθεί οι θερμικές ζώνες.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		Thermal Zone 1	Thermal Zone 2	Thermal Zone 3	Thermal Zone 4	Thermal Zone 5
Direction of Relative North	deg	38	38	38	38	38
X Origin	m	4,31574429E+00	-6,42113868E+00	-3,52780333E+00	-4,36110808E+00	-2,35162554E+00
Y Origin	m	2,95159187E+00	4,71307101E+00	9,72768296E+00	5,89391297E+00	7,33585002E+00
Z Origin	m	0	0	0,85	-1,51240489E+00	-7,20000000E-01
Type						
Multiplier						
Ceiling Height	m					
Volume	m3					
Floor Area	m2					
Zone Inside Convection Algorithm						
Zone Outside Convection Algorithm						
Part of Total Floor Area			Yes	Yes	Yes	

Εικόνα 3.22: Υποκατηγορία Zone στο IDFEditor

- **Zone List**

Αυτή η υποκατηγορία συμπληρώνεται σε περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί να ομαδοποιήσει ορισμένες θερμικές ζώνες, οι χώροι των οποίων παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά. Στην εν λόγω προσομοίωση κρίθηκε σκόπιμο να γίνει ομαδοποίηση των χώρων σε κύριους και βοηθητικούς. Όλοι οι χώροι στο εσωτερικό της οικίας θεωρήθηκαν κύριοι, ενώ η αποθήκη, που αποτελεί την Θερμική Ζώνη 5, θεωρήθηκε βοηθητικός χώρος της οικίας.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Kyrioi xwroi	Vohthitikoι xwroi
Zone 1 Name		Thermal Zone 1	Thermal Zone 5
Zone 2 Name		Thermal Zone 2	
Zone 3 Name		Thermal Zone 3	
Zone 4 Name		Thermal Zone 4	

Εικόνα 3.23: Υποκατηγορία Zone List στο IDFEditor

- **Building Surface Detailed**

Στην κατηγορία Building Surface Detailed καταγράφεται κάθε επιφάνεια του μοντέλου όπως αυτή αριθμήθηκε από το πρόγραμμα SketchUp, χαρακτηρίζεται ως προς τη χρήση της, την κατασκευαστική της δομή, τη ζώνη στην οποία ανήκει, τη συνοριακή της κατάσταση, ακολούθως αν εκτίθεται στον ήλιο και τον αέρα και τέλος οι συντεταγμένες αυτής που προκύπτουν από το πρόγραμμα SketchUp. Διευκρινίζεται πως όσες κατηγορίες έχουν ορισθεί προηγουμένως στο SketchUp, συμπληρώνονται αυτόματα. Η μόνη κατηγορία που ορίσθηκε αργότερα στο IDFEditor είναι οι κατασκευαστικές δομές των επιφανειών, η συγκεντρωτική λίστα των οποίων συμπληρώθηκε στην υποκατηγορία Construction. Ο χρήστης ορίζει χειροκίνητα ποια είναι η κατασκευαστική δομή της κάθε επιφάνειας από τη λίστα που βγαίνει στο κελί Construction Name και η οποία περιλαμβάνει ουσιαστικά τα δεδομένα της υποκατηγορίας Construction. Ακολουθεί μία ενδεικτική εικόνα της λίστας επιφανειών.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Name		Surface 101	Surface 102	Surface 103	Surface 104	Surface 105	Surface 106	Surface 109	Surface 1	Surface 100	Surface 107
Surface Type		Floor	Wall	Wall	Floor	Wall	Wall	Floor	Floor	Wall	Wall
Construction Name		Dapedo isogeiou	Exwteriki toixopoia	Exwteriki toixopoia	Dwma	Exwteriki toixopoia	Exwteriki toixopoia	Exwteriki toixopoia	Dapedo prwtou oroiou	Exwteriki toixopoia	Toixia Ypogeik (epafh me eda
Zone Name		Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 2	Thermal Zone 2	Thermal Zone
Outside Boundary Condition		Ground	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Surface	Outdoors	Surface	Outdoors	Ground
Outside Boundary Condition Object							Surface 99		Surface 43		
Sun Exposure		NoSun	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	NoSun	SunExposed	NoSun	SunExposed	NoSun
Wind Exposure		NoWind	WindExposed	WindExposed	WindExposed	WindExposed	NoWind	WindExposed	NoWind	WindExposed	NoWind
View Factor to Ground											
Number of Vertices											
Vertex 1 X-coordinate	m	3.35107328E+00	-9.48926721E-01	3.35107328E+00	3.35107328E+00	3.35107328E+00	-9.48926721E-01	-9.48926721E-01	8.96327365E-01	5.09632736E+00	8.59632736E+00
Vertex 1 Y-coordinate	m	1.52180917E+00	-3.77819083E+00	1.52180917E+00	-3.77819083E+00	-3.77819083E+00	1.52180917E+00	1.52180917E+00	5.4563916E+00	4.44029873E-01	4.44029873E-01
Vertex 1 Z-coordinate	m	6.02154638E-01	3.40215464E+00	3.40215464E+00	3.40215464E+00	3.40215464E+00	2.6	3.40215464E+00	0.85	2.6	6.02154638E-01
Vertex 2 X-coordinate	m	3.35107328E+00	-9.48926721E-01	3.35107328E+00	3.35107328E+00	3.35107328E+00	-9.48926721E-01	-9.48926721E-01	8.96327365E-01	5.09632736E+00	8.59632736E+00
Vertex 2 Y-coordinate	m	-3.77819083E+00	-3.77819083E+00	1.52180917E+00	1.52180917E+00	-3.77819083E+00	1.52180917E+00	1.52180917E+00	4.14402987E+00	4.44029873E-01	4.44029873E-01
Vertex 2 Z-coordinate	m	6.02154638E-01	6.02154638E-01	6.02154638E-01	3.40215464E+00	6.02154638E-01	6.02154638E-01	6.02154638E-01	2.6	0.85	-0.2
Vertex 3 X-coordinate	m	-9.48926721E-01	3.35107328E+00	-9.48926721E-01	-9.48926721E-01	3.35107328E+00	-9.48926721E-01	-9.48926721E-01	-1.90367264E+00	8.59632736E+00	8.59632736E+00
Vertex 3 Y-coordinate	m	-3.77819083E+00	-3.77819083E+00	1.52180917E+00	1.52180917E+00	1.52180917E+00	-3.77819083E+00	-3.77819083E+00	4.14402987E+00	4.44029873E-01	6.74402987E+00
Vertex 3 Z-coordinate	m	6.02154638E-01	6.02154638E-01	6.02154638E-01	3.40215464E+00	6.02154638E-01	6.02154638E-01	6.02154638E-01	2.6	0.85	-0.2

Εικόνα 3.24: Υποκατηγορία Building Surface Detailed στο IDFEditor

- **Fenestration Surface Detailed**

Στην κατηγορία Fenestration Surface Detailed καταγράφεται κάθε υποεπιφάνεια του μοντέλου όπως αυτή αριθμήθηκε από το πρόγραμμα SketchUp, χαρακτηρίζεται ως προς την κατηγορία της υποεπιφάνειας (πόρτα ή παράθυρο), την κατασκευαστική της δομή, την επιφάνεια στην οποία ανήκει και οι συντεταγμένες αυτής που προκύπτουν από το πρόγραμμα SketchUp. Διευκρινίζεται πως όσες κατηγορίες έχουν ορισθεί προηγουμένως στο SketchUp, συμπληρώνονται αυτόματα. Η μόνη

κατηγορία που ορίστηκε αργότερα στο IDFEditor είναι οι κατασκευαστικές δομές των επιφανειών, η συγκεντρωτική λίστα των οποίων συμπληρώθηκε στην υποκατηγορία Construction. Ο χρήστης ορίζει χειροκίνητα ποια είναι η κατασκευαστική δομή της κάθε επιφάνειας από τη λίστα που βγαίνει στο κελί Construction Name και η οποία περιλαμβάνει ουσιαστικά τα δεδομένα της υποκατηγορίας Construction. Ακολουθεί μία ενδεικτική εικόνα της λίστας υποεπιφανειών.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Name		Sub Surface 21	Sub Surface 8	Sub Surface 1	Sub Surface 26	Sub Surface 18	Sub Surface 14	Sub Surface 15	Sub Surface 7	Sub Surface 6	Sub Surface 2
Surface Type		Window	Window	Window	Door	Window	Window	Window	Window	Window	Door
Construction Name		Windows	Windows	Windows	Esweiterih porta	Windows	Windows	Windows	Windows	Windows	Esweiterih port
Building Surface Name		Surface 102	Surface 103	Surface 105	Surface 106	Surface 100	Surface 18	Surface 18	Surface 20	Surface 21	Surface 29
Outside Boundary Condition Object					Sub Surface 27						Sub Surface 2
View Factor to Ground		autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Shading Control Name											
Frame and Divider Name											
Multiplier											
Number of Vertices											
Vertex 1 X-coordinate	m	5,51073279E-01	2,35107328E+00	3,35107328E+00	-9,48926721E-01	6,14632736E+00	1,64632736E+00	3,24632736E+00	-2,90367264E+00	-1,92367264E+00	7,71327365E-01
Vertex 1 Y-coordinate	m	-3,77819083E+00	1,52180917E+00	-7,28190832E-01	-7,53190832E-01	4,44029873E-01	1,44402987E+00	1,44402987E+00	2,59402987E+00	4,44029873E-01	6,74402987E-01
Vertex 1 Z-coordinate	m	2,80215464E+00	2,85215464E+00	2,90215464E+00	2,55215464E+00	1,8	1,43	1,43	3	3	2,85
Vertex 2 X-coordinate	m	5,51073279E-01	2,35107328E+00	3,35107328E+00	-9,48926721E-01	6,14632736E+00	1,64632736E+00	3,24632736E+00	-2,90367264E+00	-1,92367264E+00	7,71327365E-01
Vertex 2 Y-coordinate	m	-3,77819083E+00	1,52180917E+00	-7,28190832E-01	-7,53190832E-01	4,44029873E-01	1,44402987E+00	1,44402987E+00	2,59402987E+00	4,44029873E-01	6,74402987E-01
Vertex 2 Z-coordinate	m	1,65215464E+00	2,30215464E+00	1,75215464E+00	6,02154638E-01	-0,15	0,28	-0,67	1,85	1,85	8,50000000E-01
Vertex 3 X-coordinate	m	1,70107328E+00	1,80107328E+00	3,35107328E+00	-9,48926721E-01	7,49632736E+00	2,55632736E+00	4,31632736E+00	-2,90367264E+00	-9,43672635E-01	2,13273649E-01
Vertex 3 Y-coordinate	m	-3,77819083E+00	1,52180917E+00	2,71809168E-01	-1,50319083E+00	4,44029873E-01	1,44402987E+00	1,44402987E+00	1,79402987E+00	4,44029873E-01	6,74402987E-01
Vertex 3 Z-coordinate	m	1,65215464E+00	2,30215464E+00	1,75215464E+00	6,02154638E-01	-0,15	0,28	-0,67	1,85	1,85	8,50000000E-01
Vertex 4 X-coordinate	m	1,70107328E+00	1,80107328E+00	3,35107328E+00	-9,48926721E-01	7,49632736E+00	2,55632736E+00	4,31632736E+00	-2,90367264E+00	-9,43672635E-01	2,13273649E-01

Εικόνα 3.25: Υποκατηγορία Fenestration Surface Detailed στο IDFEditor

### 3.3.6 Κατηγορία Schedules

Η συμπλήρωση της κατηγορίας Schedules αποτελεί ίσως το σπουδαιότερο βήμα για την εκτέλεση της προσομοίωσης, καθώς με βάση αυτήν επιτυγχάνεται ο χρονικός προγραμματισμός όλων των ενεργειακών παραμέτρων με χρήση **χρονοδιαγραμμάτων εικοσιτετραώρου**. Η κατηγορία αυτή συνδέεται άμεσα με τις κατηγορίες Internal Gains, Zone Airflow και HVAC Thermostats, οι οποίες θα αναπτυχθούν σε επόμενη ενότητα. Σε αυτή την ενότητα θα αναλυθούν οι υποκατηγορίες **Schedule Type Limits** και **Schedule Compact**.

- **Schedule Type Limits**

Στην υποκατηγορία Schedule Type Limits καθορίζονται η φύση του μεγέθους και τα όρια της μεταβλητής που το εκφράζει, ανώτατο και κατώτατο, καθώς επίσης αν το μέγεθος είναι διακριτό ή συνεχές. Οι κατηγορίες μεγεθών που συμπληρώθηκαν σε αυτή την προσομοίωση είναι τα **Temperature** και **On/Off**, με το πρώτο να μπαίνει όπου το μέγεθος είναι θερμοκρασιακό και άρα συνεχές. Το δεύτερο συνοδευόμενο από τον δείκτη 1 υποδηλώνει ότι η λειτουργία είναι συνεχής. Αντίστοιχα για δείκτη 0, η λειτουργία παύεται, το σύστημα δεν λειτουργεί. Η μεταβλητή αυτή είναι διακριτή, παίρνει δηλαδή μόνο τις τιμές 1 και 0. Το κυριότερο ίσως στοιχείο του πεδίου αυτού είναι το **Fraction**, που δηλώνει κλάσμα, δηλαδή ποσοστό ενός συνόλου. Τα μεγέθη αυτής της κατηγορίας είναι συνεχή, με κατώτατο όριο το 0 κι ανώτατο 1. Η τέταρτη και τελευταία κατηγορία μεγεθών είναι το Activity Level, που εκφράζει το επίπεδο δραστηριότητας και λαμβάνεται υπόψη ως θερμοκρασία. Είναι συνεχές μέγεθος με κατώτατο όριο το 0. Τα στοιχεία αυτής της υποκατηγορίας χρησιμεύουν στο πεδίο Schedule Type Limits Name, της υποκατηγορίας Schedule Compact, που αναλύεται παρακάτω.

Field	Units	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11	Obj12	Obj13	Obj14
Name		Fractional	Temperature 11	Temperature 3	Temperature 36	Temperature 37	Temperature 4	Temperature 5	Temperature	On/Off
Lower Limit Value	varies	0								0
Upper Limit Value	varies	1								1
Numeric Type		Continuous	Continuous temperature	Continuous temperature	Continuous temperature	Continuous temperature	Continuous temperature	Continuous temperature	Continuous temperature	Discrete
Unit Type										

Εικόνα 3.26: Υποκατηγορία Schedule Type Limits στο IDFEditor



- **Schedule Compact**

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υπάρχει άμεση σύνδεση με τις κατηγορίες Internal Gains, Zone Airflow και HVAC Thermostats, για το λόγο αυτό θα αναφερθεί ποια παράμετρος της υποκατηγορίας Schedule Compact αναπτύσσεται ώστε να συνδεθεί με μία από τις παραπάνω κατηγορίες. Αρχικά δίνεται ένα όνομα στην παράμετρο που αναλύεται χρονικά, έπειτα προσδιορίζεται ο τύπος της παραμέτρου (Schedule Type Limits Name) και στη συνέχεια αναπτύσσεται το χρονοδιάγραμμα.

- 1) Internal Gains – Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη

Η κατηγορία περιλαμβάνει τις μεταβλητές People, Lights και Electric Equipments που αφορούν τα θερμικά φορτία ή κέρδη από την ανθρώπινη παρουσία, τη λειτουργία του φωτισμού και τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών. Οι τρεις αυτές μεταβλητές προγραμματίζονται χρονικά στην υποκατηγορία Schedule Compact. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται διαχωρισμός σε κύριους και βοηθητικούς χώρους για την κάθε παράμετρο.

- People – Χρονοδιαγράμματα Πυκνότητας Ανθρώπινης Ύπαρξης και Ανθρώπινης Δραστηριότητας

Η ανθρώπινη συνεισφορά στα εσωτερικά ενεργειακά φορτία εξαρτάται από δύο παράγοντες, την πυκνότητα της ανθρώπινης ύπαρξης και την ανθρώπινη δραστηριότητα κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Επομένως αναπτύσσονται τέσσερα χρονοδιαγράμματα για την κατηγορία People, Occupancy Kyrioi, Activity Level Kyrioi, Occupancy Voithitikoι και Activity Level Voithitikoι. Οι κατηγορίες που αφορούν την ανθρώπινη παρουσία προγραμματίζονται για ένα 24ωρο σε διάστημα ενός έτους, όπως φαίνεται από τον ορισμό του διαστήματος **Through 12/31**. Πιο συγκεκριμένα, αυτή η εντολή σημαίνει ότι η προσομοίωση ξεκινά από 1 Ιανουαρίου του έτους, κάτι που εννοείται και δεν το συμπληρώνει ο χρήστης, μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου. Η εντολή **Until 24:00** σημαίνει ότι το χρονοδιάγραμμα γράφεται για 24 ώρες. Υπάρχει δυνατότητα διαχωρισμού των διαστημάτων μεταξύ των ωρών και μηνών, όπως θα δούμε παρακάτω στις διάφορες κατηγορίες. Ο δεκαδικός αριθμός που συμπληρώνεται στη συνέχεια κάτω από την ώρα που αναγράφεται από πάνω (Until 03:00) υποδηλώνει το ποσοστό κατάληψης του χώρου στον οποίο αναφερόμαστε. Για παράδειγμα, μέχρι τις 6 το πρωί, η κατάληψη της οικίας είναι στο 100%, δηλαδή όλοι οι χρήστες της οικίας βρίσκονται στο χώρο του σπιτιού. Μέχρι τις 9 το πρωί, η κατάληψη πέφτει στο 80%, δηλαδή 0,8, ενώ μέχρι τις 12, η κατάληψη πέφτει στο 20%, αφού τις πρωινές η ανθρώπινη παρουσία είναι περιορισμένη. Το μέγεθος που αφορά στην πυκνότητα ύπαρξης εκφράζεται με την κατάληψη και είναι ποσοστιαίο μέγεθος, δηλαδή κλάσμα. Γενικότερα το ποσοστό της κατάληψης εξαρτάται από τη χρήση του χώρου ανάλογα με το χρονικό διάστημα στο οποίο αναφέρομαι κι αποτελεί ένα κλάσμα της συνολικής κατάληψης του χώρου, που θα σήμαινε ότι όλοι οι χρήστες βρίσκονται στην οικία. Αντίστοιχα η ανθρώπινη δραστηριότητα εκφράζεται από το επίπεδο δραστηριότητας.

Field	Units	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
Name		Occupancy Kyrioi	Occupancy Vohthitikoι	Activity Level Kyrioi	Activity Level Vohthitikoι
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction	ActivityLevel	ActivityLevel
Field 1	varies	Through 12/31	Through 12/31	Through 12/31	Through 12/31
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 3	varies	Until: 03:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
Field 4	varies	1	0	80	0
Field 5	varies	Until: 06:00			
Field 6	varies	1			
Field 7	varies	Until: 09:00			
Field 8	varies	.8			
Field 9	varies	Until 12:00			
Field 10	varies	.2			
Field 11	varies	Until: 15:00			
Field 12	varies	.3			
Field 13	varies	Until 18:00			
Field 14	varies	.8			
Field 15	varies	Until 21:00			
Field 16	varies	.9			

Εικόνα 3.27: Χρονοδιάγραμμα πυκνότητας ανθρώπινης ύπαρξης και ανθρώπινης δραστηριότητας στην υποκατηγορία Schedule Compact του IDFEditor

ο Lights – Χρονοδιαγράμματα Λειτουργίας Ηλεκτροφωτισμού

Τα κέρδη του τεχνητού φωτισμού αναπτύσσονται στην συνέχεια για κύριους και βοηθητικούς χώρους. Το διάστημα για το οποίο ορίστηκε το πρόγραμμα είναι ένας χρόνος και η μεταβλητή που προγραμματίζεται αποτελεί κλάσμα. Όσον αφορά στη λειτουργία του φωτισμού, μέχρι τις 3 το ξημέρωμα, λειτουργεί το 50% του εγκατεστημένου φωτισμού, μέχρι τις 6 μόνο το 10% , μέχρι τις 8 που ξυπνάνε οι χρήστες κι ακόμα δεν έχει ξημερώσει τελείως εκτιμάται το 60% κ.ο.κ.. Κατ' αυτό τον τρόπο συμπληρώνεται το χρονοδιάγραμμα. Το χρονοδιάγραμμα Lighting 1 αφορά τους κύριους χώρους και το Lighting 2 αφορά τους βοηθητικούς, δηλαδή την αποθήκη. Στον βοηθητικό χώρο του μοντέλου μας, η λειτουργία του φωτισμού δεν αξίζει να αναπτυχθεί σε χρονικό διάγραμμα, διότι αφορά σε αποθηκευτικό χώρο και η χρήση του φωτισμού περιορίζεται μόνο σε ολιγόλεπτη και περιοδική χρήση. Το ποσοστό λειτουργίας φωτισμού τίθεται μηδενικό.

Field	Units	Obj9	Obj10
Name		Lighting 1	Lighting 2
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction
Field 1	varies	Through 12/31	Through 12/31
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays
Field 3	varies	Until: 03:00	Until: 24:00
Field 4	varies	.05	0
Field 5	varies	Until: 06:00	
Field 6	varies	.1	
Field 7	varies	Until: 08:00	
Field 8	varies	.6	
Field 9	varies	Until: 09:00	
Field 10	varies	.2	
Field 11	varies	Until: 12:00	
Field 12	varies	.05	
Field 13	varies	Until: 15:00	
Field 14	varies	.1	
Field 15	varies	Until: 18:00	
Field 16	varies	.6	

Εικόνα 3.28: Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας ηλεκτροφωτισμού στην υποκατηγορία Schedule Compact του IDFEditor

- Electric Equipments – Χρονοδιαγράμματα Ηλεκτρικού Εξοπλισμού

Τα χρονοδιαγράμματα που αναπτύσσονται σε αυτή την κατηγορία αφορούν στο διάγραμμα λειτουργίας όλων των ηλεκτρονικών συσκευών που καταναλώνουν ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας και το μέγεθος που αναπτύσσεται στο χρονοδιάγραμμα αποτελεί κλάσμα. Τέτοιες συσκευές είναι ο υπολογιστής, η ηλεκτρική κουζίνα, το πλυντήριο, το ψυγείο, οι τηλεοράσεις. Τα συστήματα θέρμανσης ψύξης εξαιρούνται από αυτή την κατηγορία, καθώς τίθενται μόνα τους, όπως εξηγείται στη συνέχεια. Ο εξοπλισμός των κύριων χώρων της οικίας λαμβάνεται από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος, DataSet με την ονομασία **Multi Family One Zone Equipment**. Για τους βοηθητικούς χώρους, αναπτύσσεται από του χρήστες ένα πρόσθετο χρονοδιάγραμμα, **Voithitikoι Equipment**. Το χρονοδιάγραμμα για τις δύο περιπτώσεις αναπτύσσεται για διάρκεια ενός έτους. Το ποσοστό που συμπληρώνεται για κάθε χρονικό διάστημα που χωρίζουμε το εικοσιτετράωρο αφορά στο ποσοστό χρησιμοποίησης ηλεκτρικών συσκευών στο εν λόγω διάστημα.

Obj14	Obj15
Multifamily OneZone Equipment	Voithitikoι Equipment
Fraction	Fraction
Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays
Until: 06:00	Until: 24:00
0,22	0
Until: 07:00	
0,36	
Until: 08:00	
0,76	
Until: 09:00	
0,34	
Until: 11:00	
0,36	
Until: 13:00	
0,64	
Until: 17:00	
0,36	
Until: 24:00	
0,36	

Εικόνα 3.29: Χρονοδιάγραμμα ηλεκτρικού εξοπλισμού στην υποκατηγορία *Schedule Compact* του *IDFEditor*

## 2) Zone Airflow – Δεδομένα για τον Αερισμό

- Χρονοδιάγραμμα Διήθησης Αθέλητου Αερισμού

Όσον αφορά στη διήθηση του αέρα, λήφθηκε το έτοιμο χρονοδιάγραμμα **On** από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος, DataSet, η οποία λαμβάνει υπ' όψιν ότι ο αέρας διαφεύγει σταθερά όλο το χρόνο.

Obj13
On
Fraction
Through: 12/31
For: AllDays
Until: 24:00
1

Εικόνα 3.30: Χρονοδιάγραμμα διήθησης αέρα στην υποκατηγορία *Schedule Compact* του *IDFEditor*

- ο Χρονοδιάγραμμα Διήθησης Φυσικού Αερισμού

Η διήθηση του φυσικού αερισμού εξαρτάται από τους χρήστες της οικίας, πόσες ώρες την ημέρα ανά περίοδο, χειμερινή ή εαρινή, επιθυμούν να έχουν ανοιχτά τα παράθυρα. Σαφώς, συνιστάται για λόγους υγιεινής ο φυσικός αερισμός σε καθημερινή βάση, έστω και για λίγο. Εκτιμήθηκε ένα πρόγραμμα φυσικού αερισμού της οικίας, με βάση τη θερμική άνεση τους χειμερινούς και εαρινούς μήνες, καθώς και τις ελάχιστες ώρες που επιβάλλεται να αερίζεται η οικία σε καθημερινή βάση, ανεξαρτήτως εποχής. Για τις χειμερινές περιόδους, από 1 Ιανουαρίου μέχρι 1 Απριλίου και από 16 Οκτώβρη μέχρι 31 Δεκέμβρη, 40% των συνολικών παραθύρων της οικίας ανοίγει από τις 11 το πρωί μέχρι και τη 1 το μεσημέρι, οι οποίες είναι κατ' εκτίμηση οι θερμότερες ώρες της χειμερινής περιόδου. Αντίστοιχα, για την εαρινή περίοδο, δηλαδή από 2 Απριλίου μέχρι 15 Οκτώβρη, το 70% των παραθύρων εκτιμάται ότι μένουν ανοιχτά από τις 8 μέχρι τις 11 το πρωί κι από τις 7 το απόγευμα μέχρι τις 12 το βράδυ. Τα διαστήματα που επιλέχθηκαν εκτιμώνται τα δροσερότερα για μία καλοκαιρινή ημέρα.

Obj16
Χρονodiagramma/Ventilation
Fraction
Through: 04/01
For: AllDays
Until: 11:00
0
Until: 13:00
.4
Until: 24:00
0
Through: 10/15
For: AllDays
Until: 08:00
0
Until: 11:00
.8
Until: 19:00
0
Until: 24:00
.4
Through: 12/31
For: AllDays
Until: 11:00
0
Until: 13:00
.4
Until: 24:00
0

Εικόνα 3.31: Χρονοδιάγραμμα διήθησης φυσικού αερισμού στην υποκατηγορία Schedule Compact του IDFEditor

- ο Χρονοδιάγραμμα Αερισμού Θερμικών Ζωνών

Αναπτύσσονται δύο κατηγορίες για τον αερισμό, Min και Max Indoor Temp Ventilation Isogeio & A' Orofos. Αφορούν κύριους και βοηθητικούς χώρους και το μέγεθος που προγραμματίζεται χρονικά

είναι θερμοκρασιακό. Αφορούν μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία του φυσικού αερισμού που εισέρχεται στο εσωτερικό της οικίας. Όσον αφορά στη μέγιστη, όταν αυτή ξεπεραστεί παύει αυτόματα ο φυσικός αερισμός για να αποφεύγεται η υπερβολική ψύξη των χώρων. Αντίστοιχα, για την ελάχιστη δίνεται μία τιμή κάτω από την οποία παύει αυτόματα ο αερισμός ώστε να αποφευχθεί η υπερβολική θέρμανση των χώρων. Για την περίοδο από 1 Ιανουαρίου μέχρι 30 Απριλίου και από 1 Οκτωβρίου μέχρι 31 Δεκεμβρίου η μέγιστη θερμοκρασία πάνω από την οποία παύει αυτόματα ο φυσικός αερισμός θεωρείται 100° C. Η τιμή αυτή είναι ακραία και πρακτικά εκφράζει πως την χειμερινή περίοδο που το κτίριο κατά κύριο λόγο θερμαίνεται δεν τίθεται κάποιο άνω όριο στην τιμή θερμοκρασίας του φυσικού αέρα, αφού η τιμή 100° C δεν θα παρατηρηθεί ποτέ. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι αφού τη χειμερινή περίοδο ο εξωτερικός αέρας που εισέρχεται δεν θα προκαλέσει την υπερθέρμανση του κτιρίου, δεδομένου ότι κατά κύριο λόγο επικρατεί χαμηλή θερμοκρασία κι αυτός είναι ο λόγος που χρησιμοποιούμε εσωτερική θέρμανση. Αντίθετα, την καλοκαιρινή περίοδο, από 1 Μαΐου μέχρι 30 Σεπτεμβρίου το όριο θερμοκρασίας που τίθεται είναι ρεαλιστικό, αφού αν ξεπεραστούν οι 23° C στη θερμοκρασία του φυσικού αέρα που εισέρχεται από τα κουφώματα, απαιτείται να κλείσουν τα παράθυρα και να λειτουργήσει ο κλιματισμός ώστε να επιτευχθεί θερμική άνεση. Αντίστοιχα για την ελάχιστη θερμοκρασία αέρα, τη χειμερινή περίοδο αν ο αέρας πέσει κάτω από τους 23° C, τότε απαιτείται να σταματήσει η εισροή φυσικού αέρα, με το κλείσιμο των παραθύρων, διότι αρχίζει να ψύχεται ο χώρος. Για την καλοκαιρινή περίοδο, η τιμή είναι ακραία, καθώς το καλοκαίρι είναι αδύνατο να παρατηρηθεί η θερμοκρασία 0° C στα ελληνικά δεδομένα. Επιλέγεται αυτή η τιμή διότι το καλοκαίρι η ελάχιστη τιμή του φυσικού αέρα που εισέρχεται στο εσωτερικό από τα κουφώματα σίγουρα δεν θα είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία άνεσης των χρηστών στο εσωτερικό της οικίας, γι' αυτό και απαιτείται η χρήση κλιματιστικού.

Field	Units	Obj3	Obj4
Name		Max Indoor Temp Ventilation Isogeio & A'orofos	Min Indoor Temp Ventilation Isogeio & A'orofos
Schedule Type Limits Name		Temperature	Temperature
Field 1	varies	Through 4/30	Through 4/30
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays
Field 3	varies	Until: 24:00	Until: 24:00
Field 4	varies	100	23
Field 5	varies	Through 9/30	Through 9/30
Field 6	varies	For: AllDays	For: AllDays
Field 7	varies	Until: 24:00	Until: 24:00
Field 8	varies	23	0
Field 9	varies	Through 12/31	Through 12/31
Field 10	varies	For: AllDays	For: AllDays
Field 11	varies	Until: 24:00	Until: 24:00
Field 12	varies	100	23
Field 13	varies		
Field 14	varies		
Field 15	varies		
Field 16	varies		

Εικόνα 3.32: Χρονοδιάγραμμα διήθησης αερισμού θερμικών ζωνών στην υποκατηγορία Schedule Compact του IDFEditor

### 3) HVAC Templates Thermostats

Με την συμπλήρωση αυτού του πεδίου ορίζεται ένα ιδανικό σύστημα θέρμανσης ψύξης, όπου όταν ξεπεραστούν τα άνω και κάτω όρια θερμοκρασιακής άνεσης που έχουν επιλεγθεί από τον χρήστη, τότε τίθεται σε λειτουργία ο θερμοστάτης. Πρόκειται λοιπόν για προγραμματισμό θερμοκρασιακών μεγεθών. Δημιουργούνται τέσσερα χρονικά διαγράμματα για τη θέρμανση και ψύξη σε κύριους και βοηθητικούς χώρους. Heating Setpoints Kyrioi Isogeio & A' Orofos, Cooling Setpoints Kyrioi Isogeio & A' Orofos, Heating Setpoints Voithitikos, Cooling Setpoints Voithitikos. Το ετήσιο χρονοδιάγραμμα των κύριων χώρων διαχωρίζεται σε τρία διαστήματα, δύο χειμερινά, από 1 Ιανουαρίου μέχρι 30 Απριλίου κι από 1 Οκτωβρίου μέχρι 31 Δεκεμβρίου κι ένα καλοκαιρινό από 1 Μαΐου μέχρι 30 Σεπτεμβρίου. Για τη λειτουργία της θέρμανσης (Heating) τα χειμερινά διαστήματα, ορίζεται ως κατώτατο όριο οι 20° C, που σημαίνει πως αν η θερμοκρασία πέσει κάτω από αυτή την τιμή, τότε αρχίζει να λειτουργεί αυτόματα το σύστημα θέρμανσης. Την καλοκαιρινή περίοδο, το κατώτατο όριο θερμοκρασίας είναι οι 0° C, πράγμα το οποίο είναι αδύνατο να συμβεί σε ελληνικά δεδομένα. Ουσιαστικά με την τιμή αυτή καθίσταται ανενεργό το σύστημα θέρμανσης τους καλοκαιρινούς μήνες. Αντίστοιχα, για τη λειτουργία του κλιματισμού (Cooling) τα χειμερινά διαστήματα, η τιμή που πρέπει να ξεπεραστεί στο εσωτερικό της οικίας ώστε να δοθεί εντολή ενεργοποίησης του κλιματισμού είναι οι 100° C, Σαφώς η τιμή αυτή είναι μη ρεαλιστική και υποδεικνύει πως τον χειμώνα δεν θα χρησιμοποιηθεί το σύστημα κλιματισμού. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο, το ανώτατο όριο τίθεται στους 26° C, αφού αν η θερμοκρασία στο εσωτερικό της οικίας ξεπεράσει αυτή την τιμή, τότε ανοίγει αυτόματα το σύστημα κλιματισμού, ώστε να επιτευχθεί θερμική άνεση στους χρήστες. Επισημαίνεται ότι για τους βοηθητικούς χώρους πρακτικά δεν αναπτύσσεται χρονοδιάγραμμα για λειτουργία θερμοστατών, καθώς αποτελεί αποθηκευτικό χώρο και δεν έχει αξία να μελετηθεί η τοποθέτηση θερμοστατών εντός αυτού.

Obj16	Obj17	Obj18	Obj19
Heating Setpoints Isogeio & A'orofos	Cooling Setpoints Isogeio & A'orofos	Heating Setpoints Voithitikos	Cooling Setpoints Voithitikos
Temperature	Temperature	Temperature	Temperature
Through 4/30	Through 4/30	Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Until: 24:00	Until: 24:00	Until 24:00	Until: 24:00
20	100	0	0
Through 9/30	Through 9/30		
For: AllDays	For: AllDays		
Until: 24:00	Until: 24:00		
0	26		
Through 12/31	Through 12/31		
For: AllDays	For: AllDays		
Until: 24:00	Until: 24:00		
20	100		

Εικόνα 3.33: Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας θερμοστάτη στην υποκατηγορία Schedule Compact του IDFEditor

#### 3.3.7 Κατηγορία Internal Gains

Στην κατηγορία των εσωτερικών θερμικών κερδών καταγράφονται όλες οι πηγές που προσδίδουν ενεργειακά φορτία, αποτελούν δηλαδή ενεργειακά κέρδη. Ενεργειακά κέρδη προκύπτουν από τους

χρήστες της οικίας, τον τεχνητό φωτισμό και τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό. Συνεπώς, αναπτύσσονται στη συνέχεια οι υποκατηγορίες People, Lights και Electric Equipment.

- **People**

Ο ανθρώπινος παράγοντας εκλύει θερμικό φορτίο ανάλογο της πυκνότητας παρουσίας των χρηστών (Occupancy) και του επιπέδου δραστηριότητας (Activity Level). Οι δύο παραπάνω παράμετροι αναπτύχθηκαν στην κατηγορία των χρονοδιαγραμμάτων, Schedule Compact. Η μέθοδος εκτίμησης για την πυκνότητα παρουσίας που χρησιμοποιείται είναι Αριθμός Ατόμων/Επιφάνεια και για τους κύριους χώρους εκτιμήθηκε 0,05 άτομα/μ<sup>2</sup>, ενώ για τους βοηθητικούς 0 άτομα/μ<sup>2</sup>, αφού η πυκνότητα παρουσίας μέσα στην ημέρα είναι ασήμαντη. Στη συνέχεια ακολουθούν δύο συντελεστές που εκφράζουν το ποσοστό αισθητού θερμικού φορτίου που εκλύεται ανά χρήστη και διαιρείται σε φορτίο μεταδιδόμενο με ακτινοβολία και με συναγωγή, οι οποίοι αποτελούν τους δύο από τους τρεις τρόπους μεταφοράς θερμότητας. Πιο συγκεκριμένα, η συναγωγή αποτελεί μετάδοση θερμότητας από ένα σώμα-σύστημα μεγαλύτερης θερμοκρασίας σε ένα μικρότερης θερμοκρασίας, υπό την προϋπόθεση ότι το ένα είναι στερεό και το άλλο ρευστό. Ο συντελεστής που εκφράζει το ποσοστό της θερμικής ακτινοβολίας ανά χρήστη λαμβάνει τιμές από 0 έως 1, στην παρούσα εργασία εκτιμάται 0,5. Επομένως, το υπόλοιπο 50% μεταδίδεται με συναγωγή, υπολογιζόμενο αυτόματα από το πρόγραμμα (autocalculate). Τα υπόλοιπα πεδία συμπληρώνονται με τις default τιμές του προγράμματος.

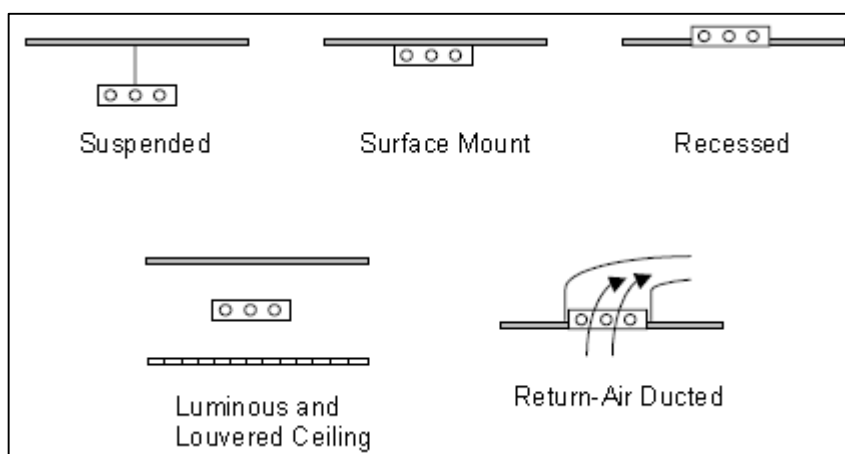
Field	Units	Obj1	Obj2
Name		People Kyrioi Xwroi	People Vohthitikoι Xwroi
Zone or ZoneList Name		Kyrioi xwroi	Vohthitikoι xwroi
Number of People Schedule Name		Occupancy Kyrioi	Occupancy Vohthitikoι
Number of People Calculation Method		People/Area	People/Area
Number of People			
People per Zone Floor Area	person/m2	0,05	0
Zone Floor Area per Person	m2/person		
Fraction Radiant		0,5	0,5
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		Activity Level Kyrioi	Activity Level Vohthitikoι
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s·W	0,0000000382	0,0000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No	No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged
Surface Name/Angle Factor List Name			
Work Efficiency Schedule Name			
Clothing Insulation Calculation Method		ClothingInsulationSchedule	ClothingInsulationSchedule
Clothing Insulation Calculation Method Schedule Name			
Clothing Insulation Schedule Name			

Εικόνα 3.34: Υποκατηγορία People στο IDFEditor

- **Lights**

Τα θερμικά κέρδη που προσδίδει ο τεχνητός ηλεκτροφωτισμός στις θερμικές ζώνες αναπτύσσονται σε αυτή την υποκατηγορία του IDFEditor. Γίνεται διαχωρισμός σε κύριους και βοηθητικούς. Η κατηγορίες Lighting 1, Lighting 2 αναπτύχθηκαν στην κατηγορία Schedule Compact. Στο πεδίο Design Level Calculation Method προσδιορίζεται η ονομαστική ισχύς του συστήματος

εγκατεστημένου φωτισμού ανά θερμική ζώνη. Η μέθοδος υπολογισμού της ισχύος στην παρούσα εργασία γίνεται αναλογικά με την επιφάνεια σε  $\text{Watt}/\mu^2$ . Σύμφωνα με τις Τεχνικές Οδηγίες του T.E.E. η μέγιστη τιμή της ισχύος ανά επιφάνεια είναι  $6,4 \text{ Watt}/\mu^2$ . Στην συνέχεια ακολουθούν τέσσερις συντελεστές που λαμβάνουν τιμές από 0 έως 1 κι αφορούν στο πώς επηρεάζει η τοποθέτηση των φωτιστικών στη μετάδοση της ενέργειας. Ο συντελεστής **Return Air Fraction** συμπληρώνεται διάφορος του μηδενός μόνο στην περίπτωση που εγκαθίστανται φωτιστικά σε ψευδοροφή με δυνατότητα διαφυγής θερμικού φορτίου από το σύστημα αεραγωγών επιστροφής. Το πεδίο **Fraction Radiant** λαμβάνει υπόψη τη θερμική απορροφητικότητα και το εμβαδό των επιφανειών κάθε θερμικής ζώνης, για τον προσδιορισμό του απορροφούμενου ποσοστού ακτινοβολίας, το οποίο φτάνει με τη μορφή μεγάλου μήκους κύματος, από τις εν λόγω επιφάνειες. Σύμφωνα με το εγχειρίδιο του προγράμματος, η εν λόγω παράμετρος παίρνει την τιμή 0,72 για φωτιστικά επιφανειακής τοποθέτησης (surface mount). Αντίστοιχα, στο πεδίο **Fraction Visible**, εκτιμάται η τιμή του αντίστοιχου συντελεστή για την ακτινοβολία που φτάνει στις επιφάνειες με τη μορφή μικρού μήκους κύματος και λαμβάνει την τιμή 0,18. Ακόμα, συμπληρώνεται ο συντελεστής **Fraction Replaceable**, που εκφράζει την θερμότητα που μεταδίδεται από τη χρήση ηλεκτροφωτισμού με συναγωγή. Η τιμή λαμβάνεται από το πρόγραμμα 0,1. Ακολουθούν οι πίνακες του προγράμματος απ' όπου λήφθηκαν οι τιμές.



Εικόνα 3.35: Τρόπος τοποθέτησης φωτισμού

Data	1-Suspended	2-Surface Mount	3-Recessed	4-Luminous and Recessed Ceiling	5-Return-air Ducted
Return Air Fraction	0.0	0.0	0.0	0.0	0.54
Radiant Fraction	0.42	0.72	0.37	0.37	0.18
Visible Fraction	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Convected Fraction	0.40	0.10	0.45	0.45	0.10

Εικόνα 3.36: Συντελεστές υποκατηγορίας Lights του IDFEditor ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης φωτισμού



Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Lights Kyrioi xwroi	Lights Vohthitikoι
Zone or ZoneList Name		Kyrioi xwroi	Vohthitikoι xwroi
Schedule Name		Lighting 1	Lighting 1
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area
Lighting Level	W		
Watts per Zone Floor Area	W/m2	6,4	6,4
Watts per Person	W/person		
Return Air Fraction		0	0
Fraction Radiant		0,72	0,72
Fraction Visible		0,18	0,18
Fraction Replaceable		1	1
End-Use Subcategory			
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature			
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Coefficient 1			
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Coefficient 2	1/K		

Εικόνα 3.37: Υποκατηγορία Lights στο IDFEditor

- **Electric Equipment**

Στην υποκατηγορία αυτή εισάγονται στοιχεία για τα θερμικά κέρδη που προέρχονται από τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό που βρίσκεται στις θερμικές ζώνες της οικίας. Ο διαχωρισμός κι εδώ γίνεται σε κύριους και βοηθητικού χώρους. Το πεδίο Schedule Name έχει ήδη αναπτυχθεί στην κατηγορία Schedule Compact. Στο πεδίο Design Level Calculation Method προσδιορίζεται η ονομαστική ισχύς του συστήματος ηλεκτρολογικού εξοπλισμού ανά θερμική ζώνη. Η μέθοδος υπολογισμού της ισχύος στην παρούσα εργασία γίνεται αναλογικά με την επιφάνεια σε Watt/ μ<sup>2</sup>. Σύμφωνα με τις Τεχνικές Οδηγίες του Τ.Ε.Ε. η μέγιστη τιμή της ισχύος ανά επιφάνεια είναι 4 Watt/ μ<sup>2</sup>. Ακολουθούν οι συντελεστές **Fraction Latent**, **Fraction Radiant**, **Fraction Lost**. Ο πρώτος προσδιορίζει το λανθάνον θερμικό φορτίο, το οποίο δεν εισέρχεται στις θερμικές ζώνες με τη μορφή αισθητής θερμότητας κι επηρεάζει την υγρασία εντός αυτών. Στην παρούσα προσομοίωση θεωρήθηκε μηδενικός. Ο δεύτερος συντελεστής αφορά στη ακτινοβολία που εισέρχεται με τη μορφή κύματος μεγάλου μήκους κι εκτιμάται γύρω στο 30-35%. Ο τρίτος συντελεστής αφορά στο φορτίο που χάνεται και δεν φτάνει ποτέ με τη μορφή θερμότητας εντός των ζωνών. Εκτιμήθηκε μηδενικός για της ανάγκες της παρούσας προσομοίωσης.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Equipment Kyrioi Xwroi	Equipment Vohthitikoι Xwroi
Zone or ZoneList Name		Kyrioi xwroi	Vohthitikoι xwroi
Schedule Name		Multifamily TwoZoneBedroom Equipment	Vohthitikoι Equipment
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area
Design Level	W		
Watts per Zone Floor Area	W/m2	4	0
Watts per Person	W/person		
Fraction Latent		0	0
Fraction Radiant		0,3	0,3
Fraction Lost		0	0
End-Use Subcategory		General	General

Εικόνα 3.38: Υποκατηγορία Electric Equipment στο IDFEditor

### 3.3.8 Κατηγορία Zone Airflow

Στην κατηγορία Zone Airflow ορίζονται τα δεδομένα για τον αέρα που εισρέει στην οικία από το εξωτερικό περιβάλλον, με τη μορφή του αθέλητου, φυσικού και τεχνητού αερισμού. Παρακάτω αναλύονται οι υποκατηγορίες **Zone Infiltration Design Flow Rate** και **Zone Ventilation Design Flow Rate**.

- **Zone Infiltration Design Flow Rate – ΑΘΕΛΗΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ**

Σε αυτή την υποκατηγορία εισάγονται τα δεδομένα για τον αθέλητο αερισμό. Ως αθέλητο αερισμό ορίζουμε τις διαφυγές αέρα που πραγματοποιούνται λόγω αεροστεγανότητας της οικίας, δίχως να γίνει αντιληπτό, ούτε μπορεί να αποφευχθεί σε επίπεδο σχεδιασμού οικίας, γι' αυτό πρέπει να ληφθεί απαραίτητα υπ' όψιν. Οι εν λόγω διαφυγές συμβαίνουν από τις χαραμάδες των κουφωμάτων, από την καμινάδα ή από τους αρμούς της τοιχοποιίας. Η επιλογή On αναπτύχθηκε στην κατηγορία Schedule Compact και υποδεικνύει την αδιάλειπτη ροή αέρα. Στο πεδίο Design Flow Rate Calculation Method προσδιορίζεται ότι η παροχή του αθέλητου αέρα θα υπολογιστεί ξεχωριστά για κάθε ζώνη, Flow/Zone. Η τιμή που αναγράφεται στο πεδίο Design Flow Rate αποτελεί τη μέγιστη τιμή παροχής σχεδιασμού, δηλαδή την μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει η παροχή αθέλητου αέρα σε επίπεδο σχεδιασμού. Στη συνέχεια υπολογίζεται η παροχή, με βάση τις Τεχνικές Οδηγίες του T.E.E..

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		Athelitos Aerismos 1	Athelitos Aerismos 2	Athelitos Aerismos 3	Athelitos Aerismos 4	Athelitos Aerismos 5
Zone or ZoneList Name		Thermal Zone 1	Thermal Zone 2	Thermal Zone 3	Thermal Zone 4	Thermal Zone 5
Schedule Name		On	On	On	On	On
Design Flow Rate Calculation Method		Flow/Zone	Flow/Zone	Flow/Zone	Flow/Zone	Flow/Zone
Design Flow Rate	m3/s	0,010898	0,0322	0,00926	0,0149	0,002
Flow per Zone Floor Area	m3/s-m2					
Flow per Exterior Surface Area	m3/s-m2					
Air Changes per Hour	1/hr					
Constant Term Coefficient		1	1	1	1	1
Temperature Term Coefficient		0	0	0	0	0
Velocity Term Coefficient		0	0	0	0	0
Velocity Squared Term Coefficient		0	0	0	0	0

Εικόνα 3.39: Υποκατηγορία Zone Infiltration Design Flow Rate στο IDFEditor

- **Zone Ventilation Design Flow Rate – ΦΥΣΙΚΟΣ & ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ**

Σε αυτή την κατηγορία συμπληρώνονται τα στοιχεία του αερισμού που εισέρχεται ηθελημένα εντός των θερμικών ζωνών. Ο αέρας εντός της οικίας επιβάλλεται να ανανεώνεται για λόγους υγιεινής και άνεσης των χρηστών. Ο ηθελημένη εισροή ή εκροή του αέρα επιτυγχάνεται με φυσικό ή τεχνητό τρόπο. Ο φυσικός αερισμός αποτελεί την εισροή/εκροή αέρα από το άνοιγμα των κουφωμάτων της οικίας, ενώ τεχνητός θεωρείται ο αέρας που εισέρχεται κι εξέρχεται από την οικία με χρήση μηχανικών συστημάτων αερισμού, η χρήση των οποίων όμως δεν είναι υποχρεωτική σε οικίες, γι' αυτό και σπάνια χρησιμοποιούνται. Στο μοντέλο οικίας που αναλύεται στην παρούσα εργασία δεν χρησιμοποιείται τεχνητός αερισμός, επομένως αναλύεται μόνο ο φυσικός για κύριους και βοηθητικούς χώρους. Η επιλογή ChronodiagrammaVentilation αναπτύχθηκε στην κατηγορία Schedule Compact και με αυτή επιλέγεται το χρονοδιάγραμμα ροής φυσικού αέρα. Στο πεδίο Design Flow Rate Calculation Method προσδιορίζεται ότι η παροχή του αθέλητου αέρα θα υπολογιστεί ξεχωριστά για κύριους και δευτερεύοντες υπολογίζοντας την αλλαγή αέρα ανά ώρα. Στην συνέχεια, στο πεδίο Air Changes Per Hour τίθεται ένας αριθμός  $\chi$  ανά ώρα. Η τιμή αυτή προσδιορίζει πως ο όγκος του αέρα που εναλλάσσεται ανά ώρα είναι  $\chi$  φορές πολλαπλάσιος του όγκου που διαθέτει ο εν λόγω χώρος. Το εύρος του αριθμού ποικίλει ανάλογα με τη χρήση του χώρου. Για τις ανάγκες της προσομοίωσης μίας

οικίας, η τιμή  $\chi=2$  (1/h) εξασφαλίζει επαρκή αερισμό στους χρήστες. Οι υπόλοιπες επιλέγονται με την default τιμή τους.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Fysikos aerismos kyrioi xwroi	Fysikos aerismos voithitikoι xwroi
Zone or ZoneList Name		Kyrioi xwroi	Voithitikoι xwroi
Schedule Name		XronodiagrammaVe ntilation	XronodiagrammaVe ntilation
Design Flow Rate Calculation Method		AirChanges/Hour	AirChanges/Hour
Design Flow Rate	m3/s		
Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2		
Flow Rate per Person	m3/s-person		
Air Changes per Hour	1/hr	2	2
Ventilation Type		Natural	Natural
Fan Pressure Rise	Pa	0	0
Fan Total Efficiency		1	1
Constant Term Coefficient		1	1
Temperature Term Coefficient		0	0
Velocity Term Coefficient		0	0
Velocity Squared Term Coefficient		0	0
Minimum Indoor Temperature	C		
Minimum Indoor Temperature Schedule Name		Min Indoor Temp Ventilation Isogeio & A'orofos	Min Indoor Temp Ventilation Isogeio & A'orofos
Maximum Indoor Temperature	C		

Εικόνα 3.40: Υποκατηγορία Zone Ventilation Design Flow Rate στο IDFEditor

### 3.3.9 Κατηγορία HVAC Templates

Σε αυτή τη κατηγορία τίθενται πληροφορίες για την αυτόματη λειτουργία συστήματος θέρμανσης και ψύξης από τη στιγμή που ξεπεραστούν τα όρια θερμοκής άνεσης που έχουν τεθεί από τον μελετητή. Παρακάτω αναλύονται οι δύο υποκατηγορίες **HVAC Template Thermostat** και **HVAC Template: Zone Ideal Loads Airsystem**.

- **HVAC Template Thermostat**

Σε αυτή την υποκατηγορία ορίζονται οι θερμοκρασίες που συντηρεί ο θερμοστάτης όταν βρίσκεται σε λειτουργία. Στο Schedule Compact ορίστηκαν τα θερμοκρασιακά όρια που αν ξεπεραστούν τίθεται αυτόματα σε λειτουργία ο θερμοστάτης. Τα χρονοδιαγράμματα αυτά μπαίνουν στο πεδίο Heating Setpoints Schedule Name και Cooling Setpoints Schedule Name. Η τιμή που επιλέγεται να λειτουργεί ο θερμοστάτης για θέρμανση είναι 20° C, ενώ η αντίστοιχη τιμή για ψύξη είναι 26° C. Στους βοηθητικούς χώρους δεν θα εφαρμοστεί σύστημα θερμοαστάτη.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Thermostat Isogeio & A'orofos	Thermostat Voithitikos
Heating Setpoint Schedule Name		Heating Setpoints Isogeio & A'orofos	Heating Setpoints Voithitikos
Constant Heating Setpoint	C	20	
Cooling Setpoint Schedule Name		Cooling Setpoints Isogeio & A'orofos	Cooling Setpoints Voithitikos
Constant Cooling Setpoint	C	26	

Εικόνα 3.41: Υποκατηγορία HVAC Template Thermostat στο IDFEditor

- **HVAC Template: Zone Ideal Loads Airsystem**

Η υποκατηγορία αυτή συμπληρώνεται ξεχωριστά για κάθε θερμική ζώνη. Επισημαίνεται ότι οι θερμικές ζώνες 1,2,3 και 4 ανήκουν όλες στο ίδιο σύστημα θερμοστάτη που λειτουργεί για το Ισόγειο και τον Α΄ όροφο. Η θερμική ζώνη 5 αποτελεί τον βοηθητικό χώρο, ο οποίος είναι μία αποθήκη, στην οποία όμως δεν αναπτύσσεται σύστημα θερμοστάτη, οπότε είναι ενδεικτικό το χρονοδιάγραμμα που την αφορά για να μπορεί να εκτελεστεί η προσομοίωση. Τα υπόλοιπα πεδία που ορίζονται έχουν την προτεινόμενη από το πρόγραμμα τιμή.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Zone Name		Thermal Zone 1	Thermal Zone 2	Thermal Zone 3	Thermal Zone 4	Thermal Zone 5
Template Thermostat Name		Thermostat Isogeio & A'orofos	Thermostat Isogeio & A'orofos	Thermostat Isogeio & A'orofos	Thermostat Isogeio & A'orofos	Thermostat Voithitikos
System Availability Schedule Name						
Maximum Heating Supply Air Temperature	C	50	50	50	50	50
Minimum Cooling Supply Air Temperature	C	13	13	13	13	13
Maximum Heating Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryAir	0,0156	0,0156	0,0156	0,0156	0,0156
Minimum Cooling Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryAir	0,0077	0,0077	0,0077	0,0077	0,0077
Heating Limit		NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit
Maximum Heating Air Flow Rate	m3/s					
Maximum Sensible Heating Capacity	W					
Cooling Limit		NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit
Maximum Cooling Air Flow Rate	m3/s					
Maximum Total Cooling Capacity	W					
Heating Availability Schedule Name						
Cooling Availability Schedule Name						
Dehumidification Control Type		ConstantSensibleHeatRatio	ConstantSensibleHeatRatio	ConstantSensibleHeatRatio	ConstantSensibleHeatRatio	ConstantSensibleHeatRatio
Cooling Sensible Heat Ratio	dimensionless	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Dehumidification Setpoint	percent	60	60	60	60	60

Εικόνα 3.42: Υποκατηγορία HVAC Template: Zone Ideal Loads Airsystem στο IDFEditor

### 3.3.10 Κατηγορία Output Reporting

Στην υποκατηγορία Output Variables αυτής της κατηγορίας ορίζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που επιθυμεί ο χρήστης να εξετάσει στην συνέχεια. Αφού ολοκληρωθεί επιτυχώς η προσομοίωση, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε υπολογιστικό φύλλο με τη μορφή αρχείου .csv. Είναι υποχρεωτικό σε αυτό το σημείο να εκτελεστεί μία προσομοίωση του μέχρι εδώ συμπληρωθέντος .idf αρχείου, ώστε να προκύψουν οι επιλογές που έχει ο χρήστης στην κατηγορία Output Reporting. Στην συνέχεια ανοίγει ξανά το IDFEditor κι επιλέγει τις λύσεις της δικής του προσομοίωσης. Στην εν λόγω προσομοίωση οι επιλογές είναι οι **Zone Ideal Loads Supply Air Total Heating Energy/Monthly**, **Zone Ideal Loads Supply Air Total Cooling Energy/Monthly**, **Zone Mean Air Temperature/Monthly**. Οι δύο πρώτες αφορούν την κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη κάθε θερμικής ζώνης σε μηνιαία καταγραφή για διάστημα ενός έτους. Η τελευταία δίνει αποτελέσματα σχετικά με τις μέσες θερμοκρασίες σε κάθε θερμική ζώνη, σε μηνιαία καταγραφή για διάστημα ενός έτους.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Key Value		*	*	*
Variable Name		Zone Mean Air Temperature	Zone Ideal Loads Supply Air Total Cooling Energy	Zone Ideal Loads Supply Air Total Heating Energy
Reporting Frequency		Monthly	Monthly	Monthly
Schedule Name				

Εικόνα 3.43: Υποκατηγορία Output Variables στο IDFEditor

### 3.4 Εκτέλεση στο υποπρόγραμμα EP-Launch /Αποτελέσματα προσομοίωσης υφιστάμενης κατάστασης οικίας

Αφού ολοκληρωθεί η συμπλήρωση του αρχείου ενεργειακών δεδομένων της οικίας στο IDFEditor, ακολουθεί η εκτέλεση της προσομοίωσης στο υποπρόγραμμα EP-Launch, όμοια με την πρώτη προσομοίωση που έγινε πριν την συμπλήρωση στο IDFEditor. Ακολουθούν τα αποτελέσματα της υφιστάμενης κατάστασης της οικίας που εξετάζεται στην παρούσα εργασία.

#### 3.4.1 Παρατηρήσεις επί των αποτελεσμάτων

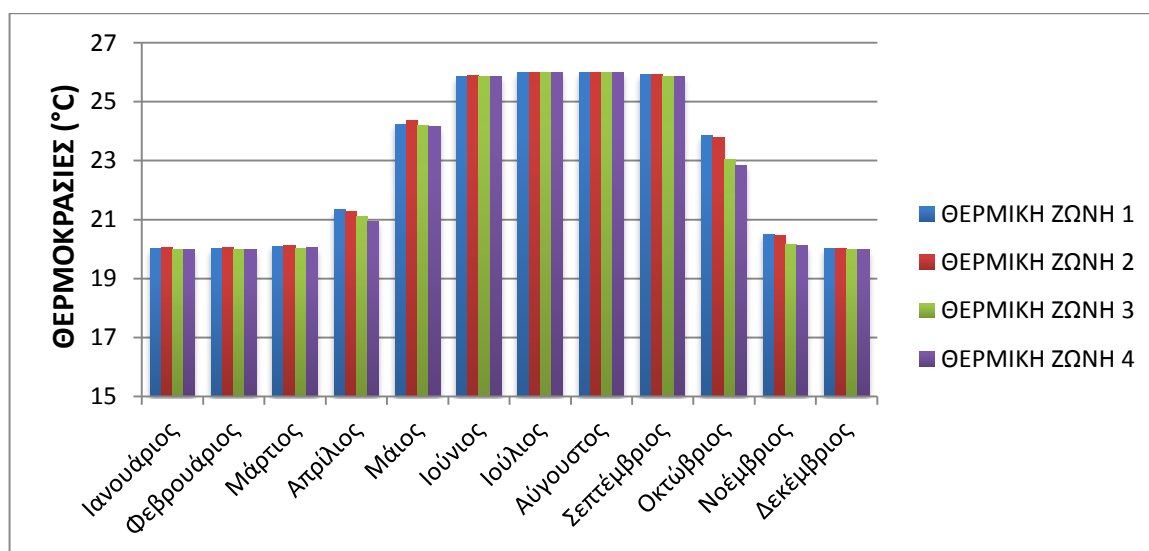
Αξίζει να σημειωθεί ότι στη Θερμική Ζώνη 5 ανήκει μόνο η αποθήκη, η οποία δεν βρίσκεται στο εσωτερικό της οικίας και δεν έχει εγκατεστημένα συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Για τον λόγο αυτό δεν λήφθηκαν υπ' όψιν τα αποτελέσματα που την αφορούν. Παρόλα αυτά, είναι υποχρεωτικό να ανήκουν σε μία θερμική ζώνη όλοι οι χώροι που απαρτίζουν την οικία, ώστε να εκτελεστεί η προσομοίωση. Έπειτα, επιλέγει ο μελετητής τα αποτελέσματα για την θερμική ζώνη που τον ενδιαφέρει.

Τα μεγέθη που επιλέχθηκαν να εξαχθούν στα αποτελέσματα της προσομοίωσης είναι θερμοκρασιακά και ενεργειακά. Οι θερμοκρασίες εκφράζονται σε μονάδες μέτρησης τους βαθμούς Κελσίου (°C), ενώ τα ενεργειακά μεγέθη εκφράζονται σε Joules (J). Κρίθηκε σκόπιμο να μετατραπούν τα Joules σε Κιλοβατώρες (KWh) για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, όπου  $1J=2.77777778 \times 10^{-7}$  KWh.

#### 3.4.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης και σχολιασμός

Ακολουθούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, οι θερμοκρασίες σε °C στο εσωτερικό κάθε θερμικής ζώνης σε ημερήσια καταγραφή και οι καταναλώσεις θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα, σε Joules για κάθε θερμική ζώνη κι εξάγεται η συνολική κατανάλωση ενέργειας σε Joules και KWh.

##### 3.4.2.1 Θερμοκρασίες



Εικόνα 3.44: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες υφιστάμενης κατάστασης κατοικίας στις θερμικές ζώνες

Παρατηρείται ότι οι τέσσερεις κατανομές παρουσιάζουν μεγάλη ομοιότητα, κάτι που δείχνει ότι η θερμοκρασία μεταβάλλεται κατά παρόμοιο τρόπο στο εσωτερικό των θερμικών ζωνών. Ακόμα παρατηρείται ότι το εύρος των θερμοκρασιών που εμφανίζονται στο εσωτερικό των θερμικών ζωνών κυμαίνεται από 19-26 °C. Αυτό συμβαίνει διότι ορίστηκαν οι θερμοκρασίες 16-26 °C ως ανώτατο και κατώτατο όριο θερμικής άνεσης, το οποίο αν ξεπεραστεί, τίθεται σε λειτουργία ο θερμοστάτης, ώστε να διατηρηθούν οι θερμοκρασίες εντός αυτού του εύρους. Εύλογα παρατηρείται ότι η θερμική ζώνη 4 έχει τη χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με τις άλλες τρεις ζώνες, λόγω του ότι βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Η θερμική ζώνη 3 έχει τις αμέσως χαμηλότερες, λόγω του ότι βρίσκεται στη βόρεια πλευρά της οικίας και άρα δέχεται άμεσα το βόρειο αέρα, ο οποίος είναι και ο ψυχρότερος. Η ζώνη με τις υψηλότερες θερμοκρασίες είναι η ζώνη 2, η οποία είναι μεγαλύτερη απ' όλες και διαθέτει περισσότερα ανοίγματα στη νοτιοδυτική όψη της οικίας απ' ό, τι στη βόρεια. Αυτό εξηγείται, διότι το χειμώνα πνέουν κυρίως νότιοι άνεμοι, οι οποίοι είναι και θερμότεροι. Ακόμα, τις απογευματινές ώρες η ζώνη 2 θερμαίνεται λόγω της δύσης του ηλίου.

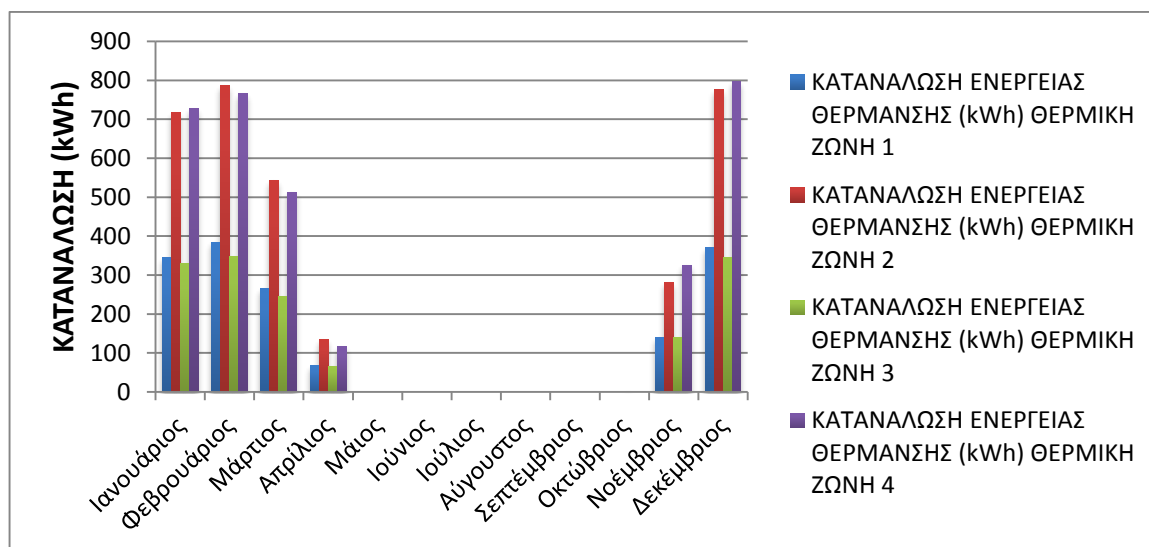
### 3.4.2.2 Καταναλώσεις

ΜΗΝΑΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (kWh)				ΣΥΝΟΛΟ (kWh)
	ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΗ 1	ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΗ 2	ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΗ 3	ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΗ 4	
Ιανουάριος	344,380	716,988	328,945	727,239	2.117,553
Φεβρουάριος	384,251	786,348	348,806	766,871	2.286,276
Μάρτιος	266,423	543,485	243,904	512,611	1.566,422
Απρίλιος	66,432	134,285	64,804	116,664	382,186
Μάιος	0	0	0	0	0
Ιούνιος	0	0	0	0	0
Ιούλιος	0	0	0	0	0
Αύγουστος	0	0	0	0	0
Σεπτέμβριος	0	0	0	0	0
Οκτώβριος	0,522	0,575	1,291	0,708	3,096
Νοέμβριος	139,354	279,845	140,006	325,073	884,278
Δεκέμβριος	369,761	775,654	344,752	797,402	2287,570
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>1.955,374</b>	<b>4.023,528</b>	<b>1.821,315</b>	<b>4.013,440</b>	<b>9.527,381</b>

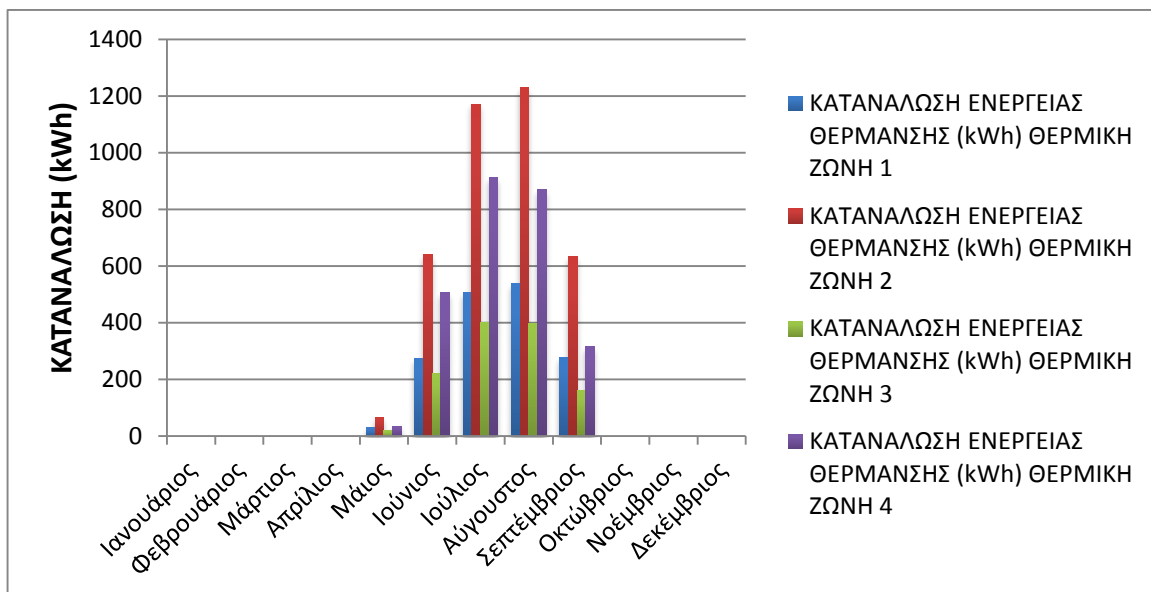
Εικόνα 3.45: Συγκεντρωτικός πίνακας μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση στις θερμικές ζώνες

ΜΗΝΑΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΨΥΞΗΣ (kWh)				ΣΥΝΟΛΟ (kWh)
	ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΗ 1	ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΗ 2	ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΗ 3	ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΗ 4	
Ιανουάριος	0	0	0	0	0
Φεβρουάριος	0	0	0	0	0
Μάρτιος	0	0	0	0	0
Απρίλιος	0	0	0	0	0
Μάιος	29,403	67,413	19,993	35,866	152,674
Ιούνιος	273,554	640,962	221,245	506,803	1.642,564
Ιούλιος	506,628	1171,516	400,699	913,437	2.992,280
Αύγουστος	536,839	1229,562	397,656	870,080	3.034,137
Σεπτέμβριος	276,539	633,562	160,940	316,561	1.387,602
Οκτώβριος	0	0	0	0	0
Νοέμβριος	0	0	0	0	0
Δεκέμβριος	0	0	0	0	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>1.622,963</b>	<b>3.743,015</b>	<b>1.200,533</b>	<b>2.642,747</b>	<b>9.209,258</b>

Εικόνα 3.46: Συγκεντρωτικός πίνακας μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη στις θερμικές ζώνες



Εικόνα 3.47: Διάγραμμα μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση στις θερμικές ζώνες

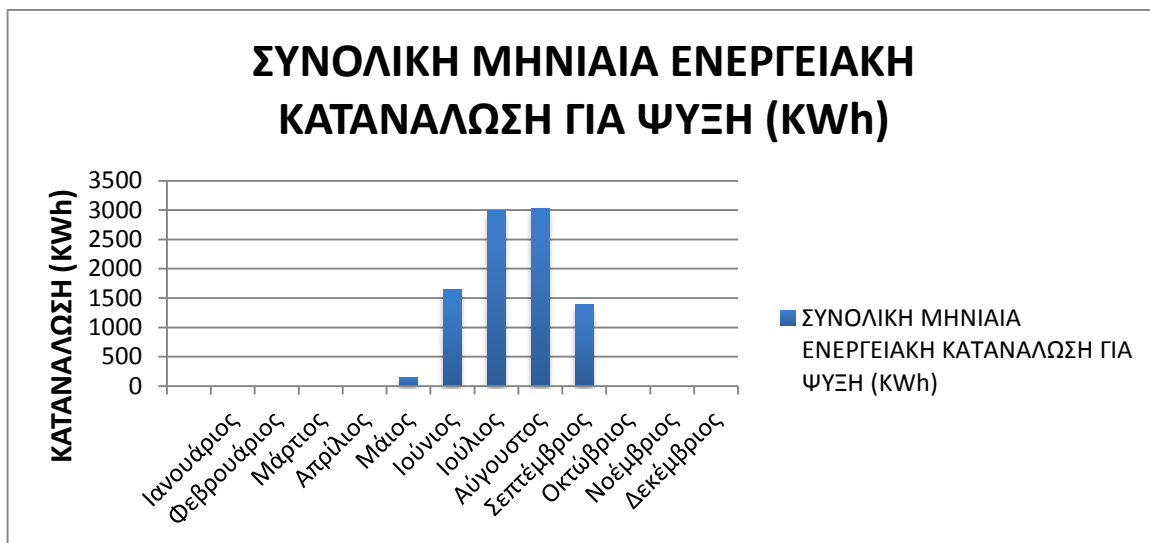


Εικόνα 3.48: Διάγραμμα μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη στις θερμικές ζώνες



Εικόνα 3.49: Διάγραμμα συνολικής μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση υφιστάμενης κατάστασης οικίας





Εικόνα 3.50: Διάγραμμα συνολικής μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη υφιστάμενης κατάστασης οικίας

Αρχικά παρατηρείται ότι η κατανάλωση σε κάθε θερμική ζώνη είναι ανάλογη του μεγέθους της ζώνης. Οι ζώνες με κατάταξη από τη μεγαλύτερη στη μικρότερη έχουν ως εξής: ζώνη 2 με συνολικό εμβαδόν  $63,33 \mu^2$ , ζώνη 4 με  $46,44 \mu^2$ , ζώνη 1 με  $22,79 \mu^2$  και ζώνη 3 με  $16,32 \mu^2$ . Η μεγαλύτερη κατανάλωση του έτους παρατηρείται τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, όπου συμπεραίνεται ότι οι ανάγκες για ψύξη της οικίας είναι μεγαλύτερες από τις ανάγκες για θέρμανση, φαινόμενο που παρατηρείται γενικότερα επί του ελληνικού εδάφους. Αυτό το συμπέρασμα εξάγεται και από τις μέσες θερμοκρασίες, αφού η θερμοκρασία δεν πέφτει κάτω από  $18-19^\circ \text{C}$ , τιμή κοντά στη θερμική άνεση τους χειμερινούς μήνες. Τους χειμερινούς μήνες, η μέγιστη κατανάλωση προκύπτει τους μήνες Δεκέμβρη, Γενάρη και Φλεβάρη, οι οποίοι είναι και οι ψυχρότεροι του έτους. Αξίζει να σημειωθεί πως τον Ιανουάριο, συνηθέστερα κατά το δεύτερο μισό, κάνουν την εμφάνιση τους οι αλκυονίδες, ημέρες με ηλιοφάνεια κι εν γένει ήπιο καιρό, που δικαιολογεί την ελαφρώς χαμηλότερη κατανάλωση σε σχέση με το Δεκέμβριο και τον Φεβρουάριο.

## 4. ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

### 4.1 Αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low-Emissivity)

Η εν λόγω επέμβαση αφορά στην τοποθέτηση υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής (Low-Emissivity), αντικαθιστώντας όλους τους υπάρχοντες υαλοπίνακες της οικίας. Οι υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής αποτελούνται από δύο κομμάτια γυαλιού, το ένα από αυτά φέρει επίστρωση χαμηλής εκπομπής, η οποία αποτελεί μία σύνθεση μεταλλικών στοιχείων και είναι κατά κανόνα το εσωτερικό. Το κενό μεταξύ των δύο υαλοπινάκων γεμίζει με ευγενές αέριο, συντελώντας στην περαιτέρω μείωση του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας. Με τη χρήση των υαλοπινάκων Low-E εξασφαλίζεται υψηλή διαπερατότητα του φωτός και ομοιογενής θερμοκρασία στο εσωτερικό της οικίας, ενώ παράλληλα αποτρέπεται η διαφυγή θερμότητας, ως εκ τούτου μειώνονται οι δαπάνες για θέρμανση το χειμώνα, αλλά και για ψύξη το καλοκαίρι. Ακόμα περιορίζεται το φαινόμενο των υδρατμών, το οποίο οδηγεί σταδιακά στην εμφάνιση υγρασίας ή μούχλας στους τοίχους.

#### 4.1.1 Εισαγωγή δεδομένων στο υποπρόγραμμα IDFEditor

Παρακάτω αναφέρονται οι κατηγορίες που εισήχθηκαν τα δεδομένα για τον νέο τύπο παραθύρων που προτείνεται. Είναι προφανές ότι θα επέλθουν αλλαγές στις υποκατηγορίες που αφορούν τις υποεπιφάνειες και πιο συγκεκριμένα τα παράθυρα. Η γενικότερη κατηγορία στο IDFEditor ονομάζεται Surface Construction Element.

Οι τύποι υαλοπίνακα που χρησιμοποιήθηκε λήφθηκε από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος EnergyPlus, DataSet. Στην υποκατηγορία **Window Material Glazing** συμπληρώνονται οι δύο υαλοπίνακες, πάχους 6 μμ, ο εξωτερικός είναι ο ECABS-2 BLEACHED 6MM κι ο εσωτερικός είναι ο LoE SPEC SEL CLEAR 6MM Rev, ο οποίος έχει υποστεί και την επίστρωση. Στην συνέχεια καθορίζεται ο τύπος αερίου που βρίσκεται στο κενό μεταξύ των υαλοπινάκων, στην υποκατηγορία **Window Material Gas**, το οποίο είναι 13μμ και γεμίζει με αέριο Αργό. Τέλος, στην κατηγορία **Construction** καθορίζεται η δομή του παραθύρου από έξω προς τα μέσα. Ακολουθούν επεξηγηματικές φωτογραφίες των ενεργειών με τη σειρά που αναφέρθηκαν.

Obj4	Obj5
LoE SPEC SEL CLEAR 6MM Rev	ECABS-2 BLEACHED 6MM
SpectralAverage	SpectralAverage
0,006	0,006
0,43	0,814
0,42	0,086
0,3	0,086
0,77	0,847
0,06	0,099
0,07	0,099
0	0
0,03	0,84
0,84	0,1
0,9	0,9

Εικόνα 4.1: Υποκατηγορία Window Material Glazing στο IDFEditor

Obj3
ARGON 13MM
Argon
0,0127

Εικόνα 4.2: Υποκατηγορία Window Material Gas στο IDFEditor

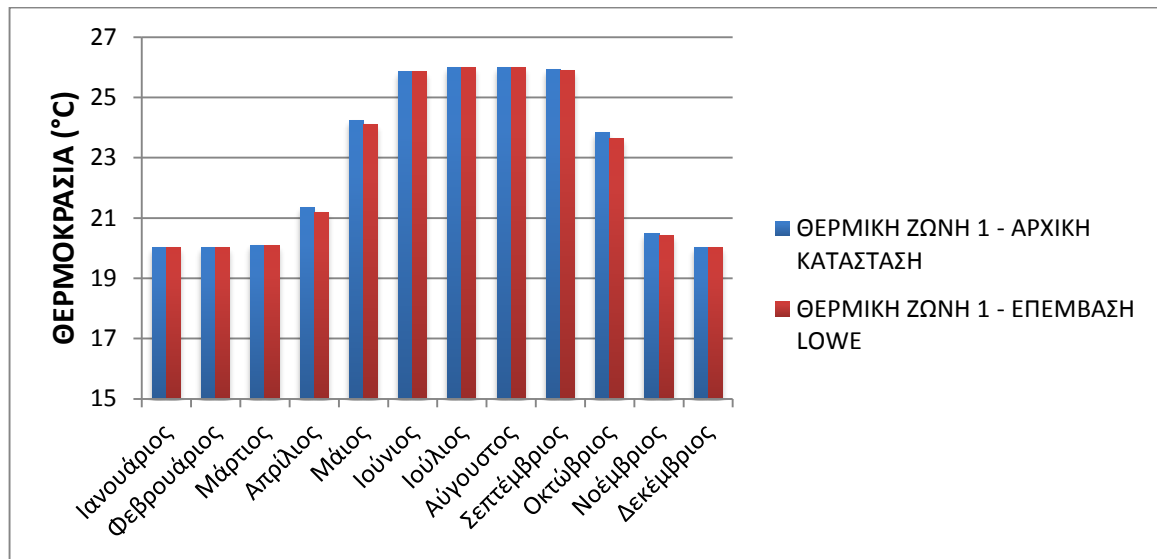
Obj13
Dbl LoE Elec Abs Bleached 6mm/13mm Arg
ECABS-2 BLEACHED 6MM
ARGON 13MM
LoE SPEC SEL CLEAR 6MM Rev

Εικόνα 4.3: Υποκατηγορία Construction στο IDFEditor

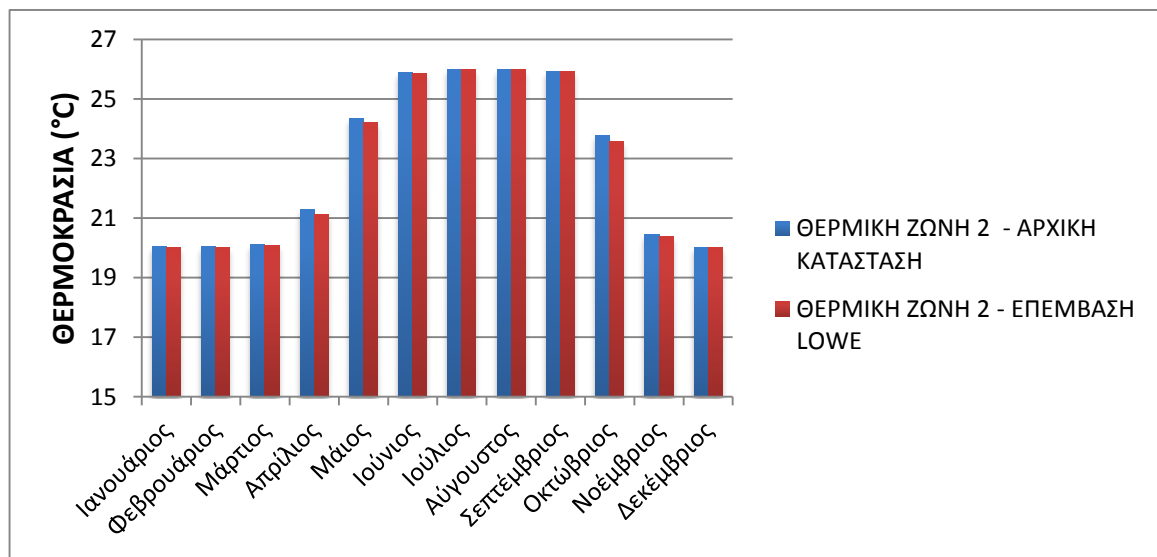
#### 4.1.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης για την αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low-Emissivity) και σχολιασμός

Ακολουθούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, οι θερμοκρασίες σε °C στο εσωτερικό κάθε θερμικής ζώνης σε μηνιαία καταγραφή πριν και μετά την επέμβαση και οι καταναλώσεις θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα, σε KWh για κάθε θερμική ζώνη κι εξάγεται η συνολική κατανάλωση ενέργειας.

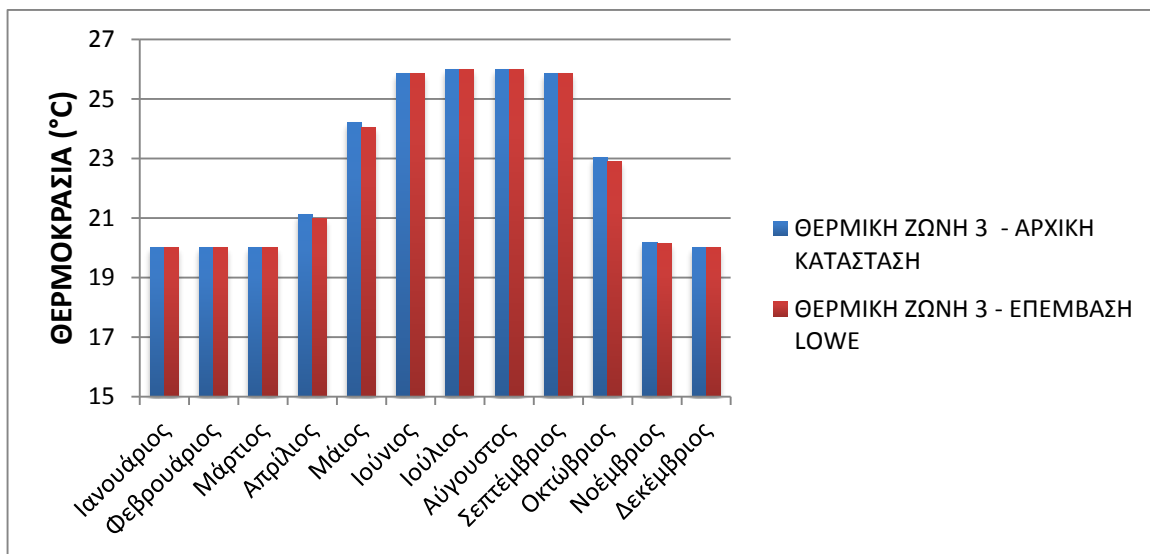
#### 4.1.2.1 Θερμοκρασίες



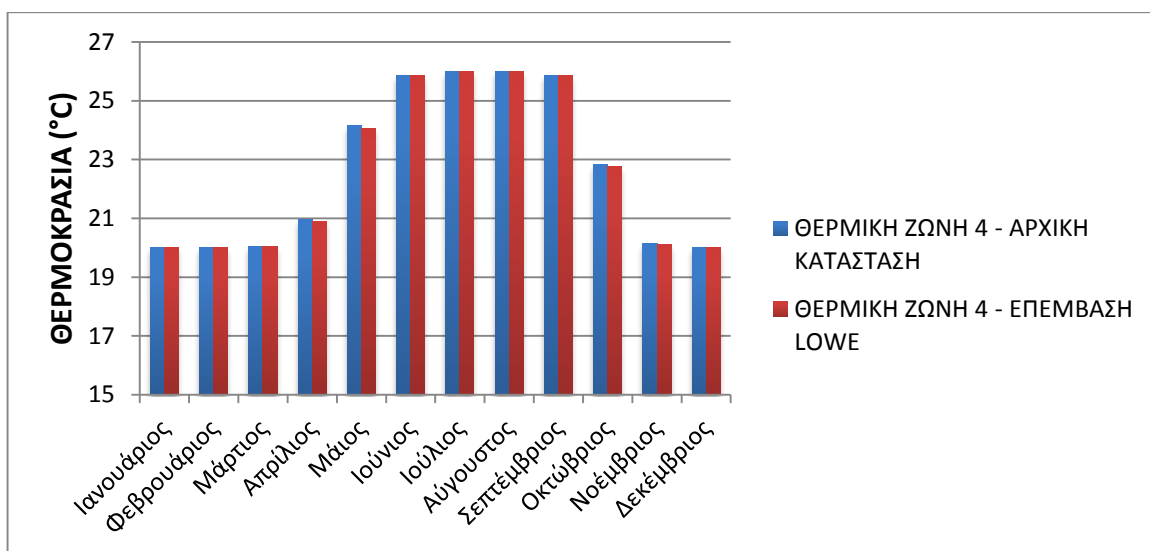
Εικόνα 4.4: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 1 μετά την αντικατάσταση valopinákων με valopináκες low-e



Εικόνα 4.5: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 2 μετά την αντικατάσταση valopinákων με valopináκες low-e



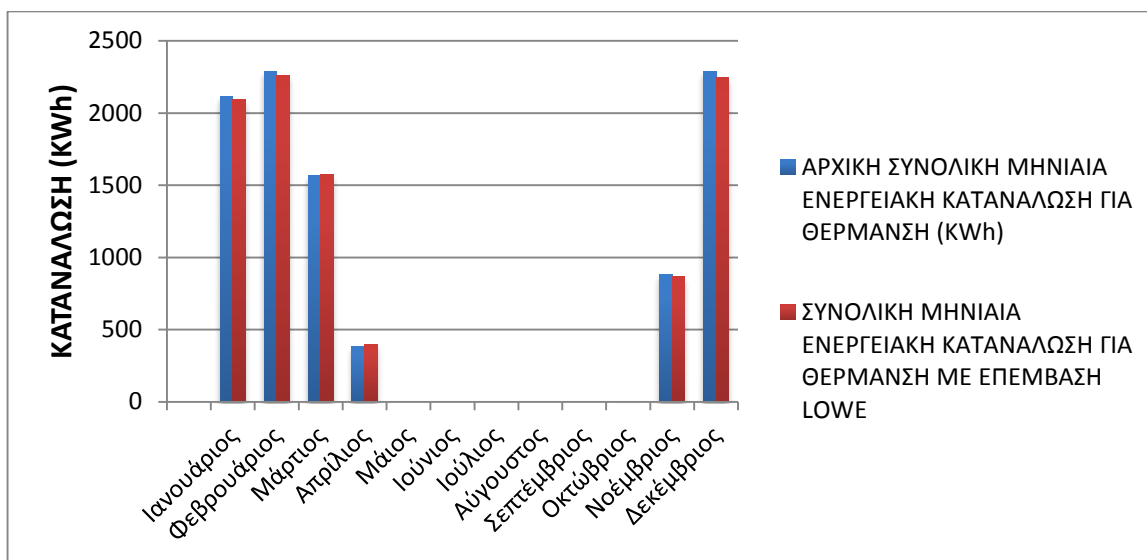
Εικόνα 4.6: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 3 μετά την αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες low-e



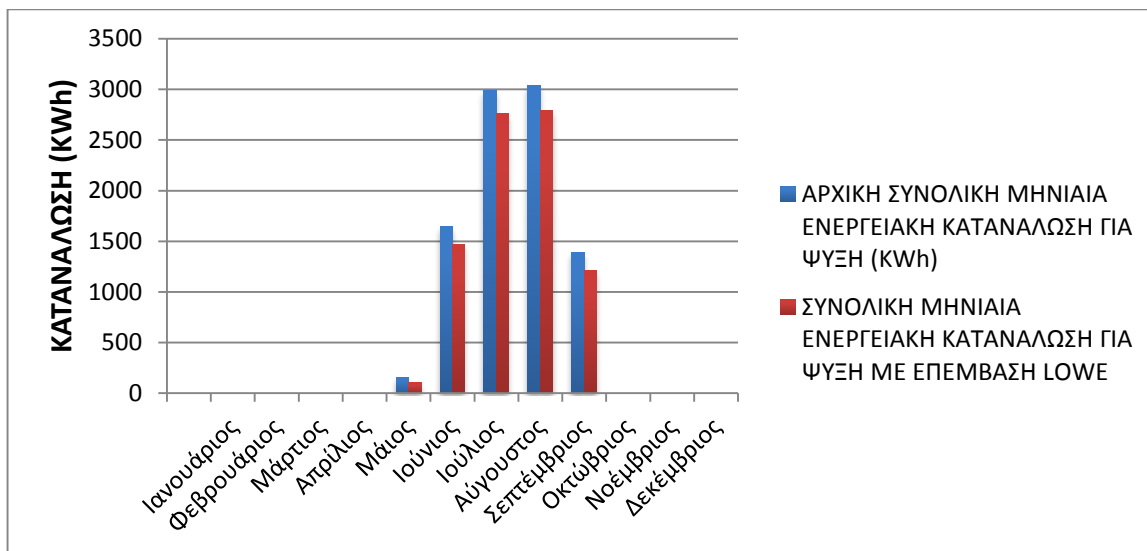
Εικόνα 4.7: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 4 μετά την αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες low-e

Η αλλαγή των συμβατικών υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής επιφέρει μείωση στις θερμοκρασίες στο εσωτερικό όλων των θερμικών ζωνών, με τη διαφορά αυτή να γίνεται εντονότερη τους μήνες Απρίλιο, Μάιο και Οκτώβρη. Παρόλα αυτά πρόκειται για μία πολύ μικρή, αισθητή στο χρήστη, διαφορά, καθώς η διαφορά είναι μικρότερη από μισό βαθμό κελσίου. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι η κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη μειώνεται σημαντικά, όπως αναλύεται παρακάτω.

#### 4.1.2.2 Καταναλώσεις και ανάλυση κόστους



Εικόνα 4.8: Διάγραμμα συνολικών μηνιαίων καταναλώσεων ενέργειας για θέρμανση μετά την αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες low-e



Εικόνα 4.9: Διάγραμμα συνολικών μηνιαίων καταναλώσεων ενέργειας για ψύξη μετά την αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες low-e

ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΕ ΕΠΕΜΒΑΣΗ LOWE (kWh)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ (kWh)	ΟΦΕΛΟΣ (€)
Ιανουάριος	2.117,553	2.093,681	23,872	2,131
Φεβρουάριος	2.286,276	2.257,955	28,321	2,528
Μάρτιος	1.566,422	1.572,148	-5,725	-0,511
Απρίλιος	382,186	398,902	-16,716	-1,492
Μάιος	152,674	101,047	51,627	4,608
Ιούνιος	1.642,564	1.469,660	172,905	15,432
Ιούλιος	2.992,280	2.761,556	230,724	20,592
Αύγουστος	3.034,137	2.790,667	243,470	21,730
Σεπτέμβριος	1.387,602	1.214,014	173,588	15,493
Οκτώβριος	3,096	3,121	-0,025	-0,002
Νοέμβριος	884,278	869,674	14,604	1,303
Δεκέμβριος	2.287,570	2.245,782	41,788	3,730
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>18.736,639</b>	<b>17.778,207</b>	<b>958,432</b>	<b>85,540</b>

Εικόνα 4.10: Συγκεντρωτικός πίνακας συνολικής μηνιαίας κατανάλωσης κι εξοικονόμησης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη στις θερμικές ζώνες και ετήσιο όφελος από την αντικατάσταση υαλοπινάκων με υαλοπίνακες low-e

Η ανάλυση κόστους γίνεται σε δύο σκέλη, αρχικά εκτιμάται η εξοικονομηθείσα ενέργεια ανά έτος και στην συνέχεια εκτιμάται το κόστος αγοράς και τοποθέτησης, με σκοπό να προσδιοριστεί ο χρόνος απόσβεσης της επέμβασης. Η εξοικονόμηση ενέργειας εκτιμάται με βάση το κοστολόγιο της ΔΕΗ, 1KWh κοστίζει 0,08925 €. Ορισμένους μήνες η κατανάλωση μετά την επέμβαση ξεπερνά την κατανάλωση πριν, αλλά το όφελος υπολογίζεται από την συνολική ετήσια τιμή πριν και μετά της επεμβάσεως. Η κατανάλωση μετά την επέμβαση μειώνεται, με αποτέλεσμα να μειώνεται το συνολικό ετήσιο κόστος για ψύξη και θέρμανση. Το κέρδος από την εν λόγω επέμβαση εκτιμάται 85,540 € ανά έτος.

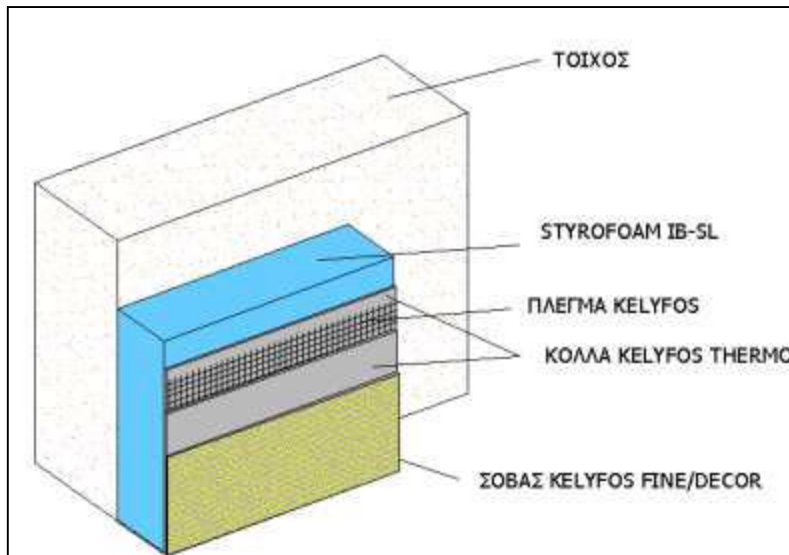
Το κόστος κτήσης και τοποθέτησης υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής ανέρχεται στα 80-90 € ανά τετραγωνικό μέτρο. Στην οικία που εξετάζεται τα παράθυρα καταλαμβάνουν 18,94 μ<sup>2</sup>, επομένως το κόστος της επέμβασης ανέρχεται στα 1.799,3 € και η απόσβεση της επέμβασης θα γίνει σε 22 χρόνια. Είναι προφανές ότι σε μία κατοικία η αντικατάσταση των υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής είναι μία μάλλον ασύμφορη επένδυση για μείωση του κόστους κατανάλωσης, ειδικά στην παρούσα οικία, όπου δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερες διαφορές στη θερμοκρασία και το ετήσιο ενεργειακό όφελος είναι πολύ μικρό, σε σχέση με το κόστος της επέμβασης. Η χρήση υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής για τα ελληνικά δεδομένα, αξίζει κυρίως για τις περιοχές που παρατηρείται πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία τη νύχτα σε σχέση με την ημέρα και παρουσία ηλιοφάνειας, δηλαδή κυρίως ορεινές περιοχές, αλλά και στις περιοχές της Βόρειας Ελλάδας.

#### 4.2 Προσθήκη συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης

Το σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης αποτελεί μία μέθοδο που εξασφαλίζει την θερμική προστασία του κτιρίου από παντού κι επιτυγχάνει τη διατήρηση μίας σταθερής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια

όλου του έτους. Κατά συνέπεια, μειώνονται οι δαπάνες για θέρμανση και ψύξη. Η εφαρμογή θερμομόνωσης σε συνδυασμό με τον απαιτούμενο αερισμό στην οικία ελαχιστοποιεί τα προβλήματα υγρασίας ή επιφανειακών βλαβών λόγω υδρατμών. Εξωτερική θερμομόνωση είναι εφικτό να εφαρμοστεί σε παλιό ή σε νεοαναγειρόμενο κτίριο. Η μέθοδος αυτή επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση πλακών εξηλασμένης πολυστερίνης (π.χ. Styrofoam IB-SL της μεθόδου Kelyfos), οι οποίες κολλώνται και συνέχεια βιδώνονται στον υπάρχοντα τοίχο.

Στην παρούσα μελέτη, επιλέγεται η τοποθέτηση του συστήματος στη νότια και δυτική όψη της οικίας, διότι η οικία εκτίθεται έντονα στον ήλιο και λόγω του ότι δεν σκιάζεται από κάποιο άλλο κτίριο, η επιρροή του ηλίου από τη νότια και δυτική όψη έχει εμφανείς αρνητικές συνέπειες τους καλοκαιρινούς μήνες. Στην βόρεια όψη της οικίας, που δέχεται τον ψυχρό βορεινό άνεμο, δεν εφαρμόζεται η μέθοδος, γιατί τους καλοκαιρινούς μήνες θα οδηγούσε σε υπερθέρμανση του εσωτερικού των ζωνών. Αυτό που επιδιώκεται μέσω της επέμβασης είναι η μείωση των καλοκαιρινών θερμοκρασιών, αφού το χειμώνα οι θερμοκρασίες εντός της οικίας βρίσκονται σε επίπεδα ανεκτά από τον χρήστη. Η εφαρμογή της θερμομόνωσης συνδυάστηκε με τοποθέτηση 11 σκιάστρων στα νότια και δυτικά ανοίγματα της οικίας, ώστε να αποφευχθεί η υπερθέρμανση λόγω του ήλιου που μπαίνει από τα ανοίγματα τους καλοκαιρινούς μήνες και η οποία διαφεύγει δυσκολότερα αν εφαρμοστεί μέθοδος θερμομόνωσης. Η σκίαση που επιλέχθηκε είναι οι οριζόντιες αλουμινένιες περσίδες, οι οποίες ορίστηκαν να είναι κλειστές για το διάστημα από 2 Απριλίου μέχρι και 30 Νοεμβρίου, ώστε να επιτυγχάνεται η σκίαση. Τέλος, ο αερισμός της οικίας κρίνεται απαραίτητος για όλο το εικοσιτετράωρο, κατά τη διάρκεια του έτους.



Εικόνα 4.11: Μέθοδος εξωτερικής θερμομόνωσης Kelyfos [34]

#### 4.2.1 Εισαγωγή δεδομένων στο υποπρόγραμμα IDFEditor

Στην συνέχεια αναφέρονται οι κατηγορίες που εισήχθησαν τα δεδομένα για τη μέθοδο θερμομόνωσης που προτείνεται. Απαιτείται να οριστούν νέα δεδομένα στις υποκατηγορίες που αφορούν τα νέα υλικά της τοιχοποιίας και τη νέα δομή της. Η γενικότερη κατηγορία στο IDFEditor ονομάζεται Surface Construction Element και συμπληρώνονται σε αυτή οι υποκατηγορίες Material και Construction. Στην κατηγορία Material εισάγονται τα δεδομένα για τα νέα υλικά, τα οποία είναι οι πλάκες της



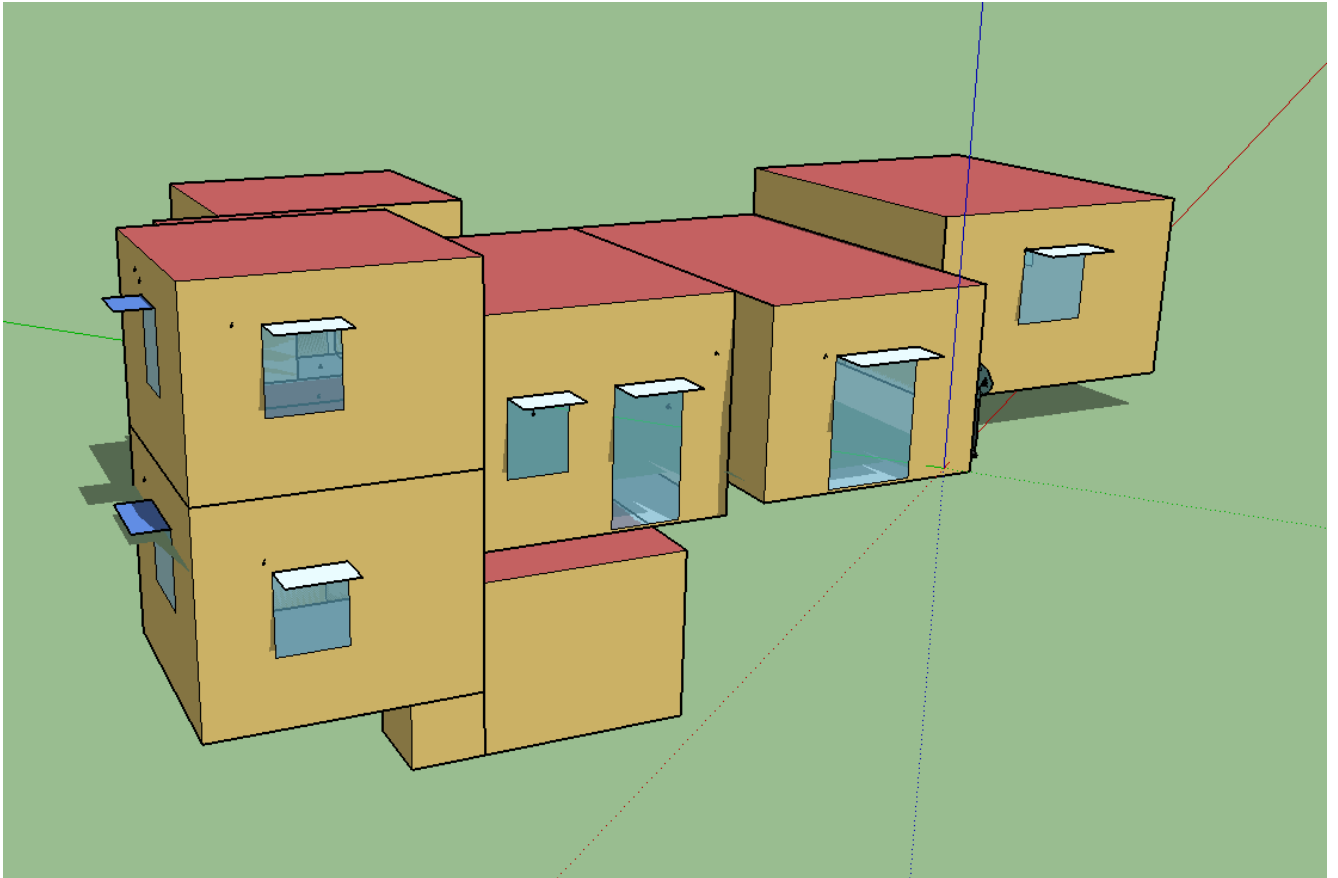
πολυστερίνης, η ειδική κόλλα που χρησιμοποιείται κατά την τοποθέτηση και το επίχρισμα που χρησιμοποιείται στην τελευταία φάση. Ακολουθεί εικόνα με τις ιδιότητες των εν λόγω υλικών. Στην επόμενη εικόνα παρατίθεται η δομή της νέας τοιχοποιίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εν λόγω επέμβαση αφορά σε ενίσχυση της υπάρχουσας τοιχοποιίας, επομένως αναγράφεται και αυτή στη νέα δομή. Τέλος, στην υποκατηγορία Building Surfaces: Detailed, της κατηγορίας Thermal Zones & Surfaces ορίζεται η νέα τοιχοποιία για τις επιφάνειες στις οποίες εφαρμόζεται στο πεδίο Construction Name. Η εν λόγω παρέμβαση εφαρμόστηκε στη νότια και δυτική όψη του κτιρίου, επομένως επιλέγονται μόνο αυτές οι επιφάνειες. Στην ίδια κατηγορία, ορίζονται τα στοιχεία των σκιάστρων στην υποκατηγορία Zone Shading: Detailed. Το μόνο που συμπληρώνεται είναι το χρονοδιάγραμμα, το οποίο αναπτύχθηκε στην κατηγορία Schedule Compact, με το όνομα Skiastra. Τα υπόλοιπα δεδομένα μπάινουν αυτόματα, διότι έχουν σχεδιαστεί στο SketchUp.

Field	Units	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Vasiko epixrisma THERMOPROSOP SIS multi	Diogwmenh polysterinh me grafith se plakes EPS 80	Yliko epikollshs THERMOPROSOP SIS multi
Roughness		MediumRough	MediumRough	MediumRough
Thickness	m	0,007	0,05	0,01
Conductivity	W/m-K	1,4	0,032	1,4
Density	kg/m3	2000	24	2000
Specific Heat	J/kg-K	1100	1550	1100
Thermal Absorptance				
Solar Absorptance				
Visible Absorptance				

Εικόνα 4.12: Υποκατηγορία Material στο IDFEditor

<b>Εξωτερική τοιχοποιία</b>
Τελικό έγχρωμο ακρυλικό επίχρισμα
Βασικό επίχρισμα THERMOPROSOPSIS multi
Γαλόπλεγμα ενίσχυσης
Υλικό επικόλλησης THERMOPROSOPSIS multi
Βύσματα αγκύρωσης
Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες EPS 200
Υλικό επικόλλησης THERMOPROSOPSIS multi
Οπτοπλινθοδομή (εσωτερική) 6
Οπτοπλινθοδομή (εσωτερική) 9
Ασβεστοσιμεντοκονίαμα εσωτερικό
Τελικό έγχρωμο ακρυλικό επίχρισμα

Εικόνα 4.13: Υποκατηγορία Construction στο IDFEditor



Εικόνα 4.14: Τοποθέτηση σκιάστρων στη νότια και δυτική όψη της οικίας

Shadings
Fraction
Through: 04/01
For: AllDays
Until: 24:00
0
Through: 11/30
For: AllDays
Until: 24:00
1
Through: 12/31
For: AllDays
Until: 24:00
0

Εικόνα 4.15: Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας σκιάστρων στην υποκατηγορία *Schedule Compact* του *IDFEditor*



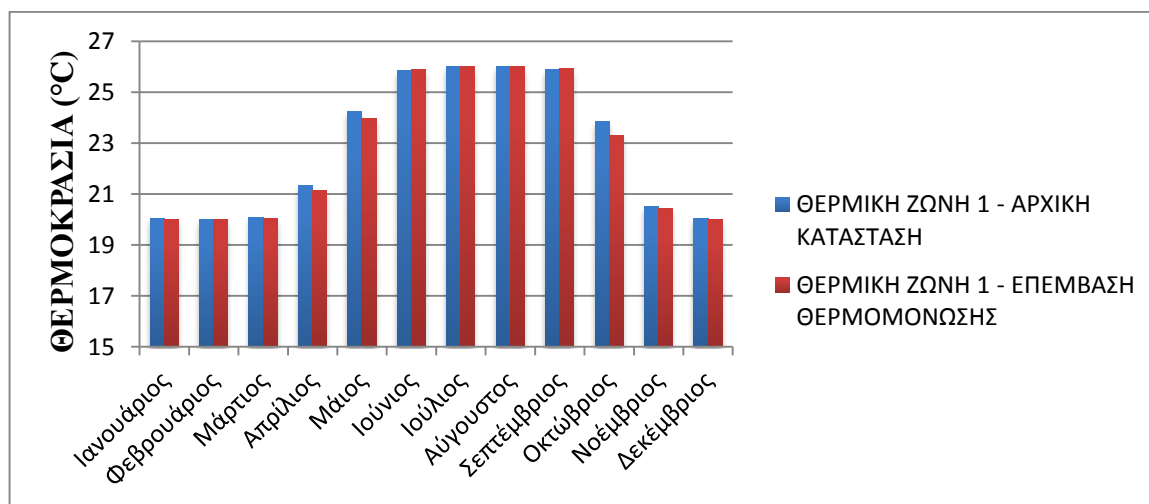
Εικόνα 4.16: Τύπος αλουμινένιων σκιάστρων που προτείνεται [36]

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		Shading Surface 6	Shading Surface 7	Shading Surface 3	Shading Surface 1	Shading Surface 5	Shading Surface
Base Surface Name		Surface 109	Surface 104	Surface 95	Surface 24	Surface 100	Surface 108
Transmittance Schedule Name		Shadings	Shadings	Shadings	Shadings	Shadings	Shadings
Number of Vertices							
Vertex 1 X-coordinate	m	1,70107328E+00	4,50107328E+00	2,55632736E+00	-9,43672635E-01	7,49632736E+00	4,31632736E+
Vertex 1 Y-coordinate	m	-3,77819083E+00	-7,28190832E-01	1,44402987E+00	4,44029873E-01	4,44029873E-01	1,44402987E+
Vertex 1 Z-coordinate	m	2,80215464E+00	2,90215464E+00	1,43	3	1,8	1,43
Vertex 2 X-coordinate	m	1,70107328E+00	4,50107328E+00	2,55632736E+00	-9,43672635E-01	7,49632736E+00	4,31632736E+
Vertex 2 Y-coordinate	m	-4,92819083E+00	2,71809168E-01	2,94029873E-01	-7,05970127E-01	-7,05970127E-01	2,94029873E-
Vertex 2 Z-coordinate	m	2,80215464E+00	2,90215464E+00	1,43	3	1,8	1,43
Vertex 3 X-coordinate	m	5,51073279E-01	3,35107328E+00	1,64632736E+00	-1,92367264E+00	6,14632736E+00	3,24632736E+
Vertex 3 Y-coordinate	m	-4,92819083E+00	2,71809168E-01	2,94029873E-01	-7,05970127E-01	-7,05970127E-01	2,94029873E-
Vertex 3 Z-coordinate	m	2,80215464E+00	2,90215464E+00	1,43	3	1,8	1,43
Vertex 4 X-coordinate	m	5,51073279E-01	3,35107328E+00	1,64632736E+00	-1,92367264E+00	6,14632736E+00	3,24632736E+
Vertex 4 Y-coordinate	m	-3,77819083E+00	-7,28190832E-01	1,44402987E+00	4,44029873E-01	4,44029873E-01	1,44402987E+
Vertex 4 Z-coordinate	m	2,80215464E+00	2,90215464E+00	1,43	3	1,8	1,43
Vertex 5 X-coordinate	m						
Vertex 5 Y-coordinate	m						
Vertex 5 Z-coordinate	m						
Vertex 6 X-coordinate	m						

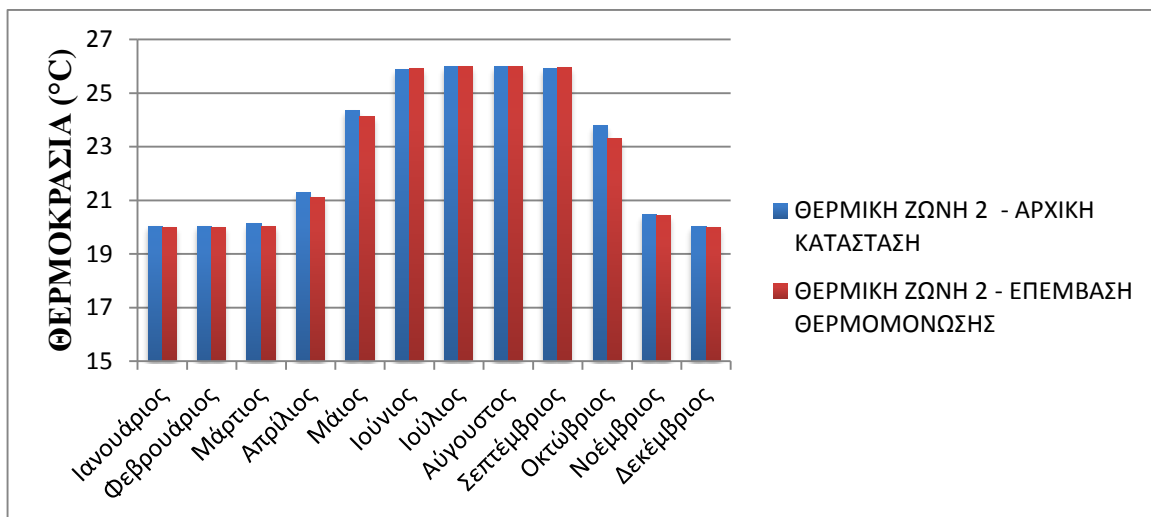
Εικόνα 4.17: Υποκατηγορία Shading Zone: Detailed στο IDFEditor

## 4.2.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης για την προσθήκη συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης και σολιασμός

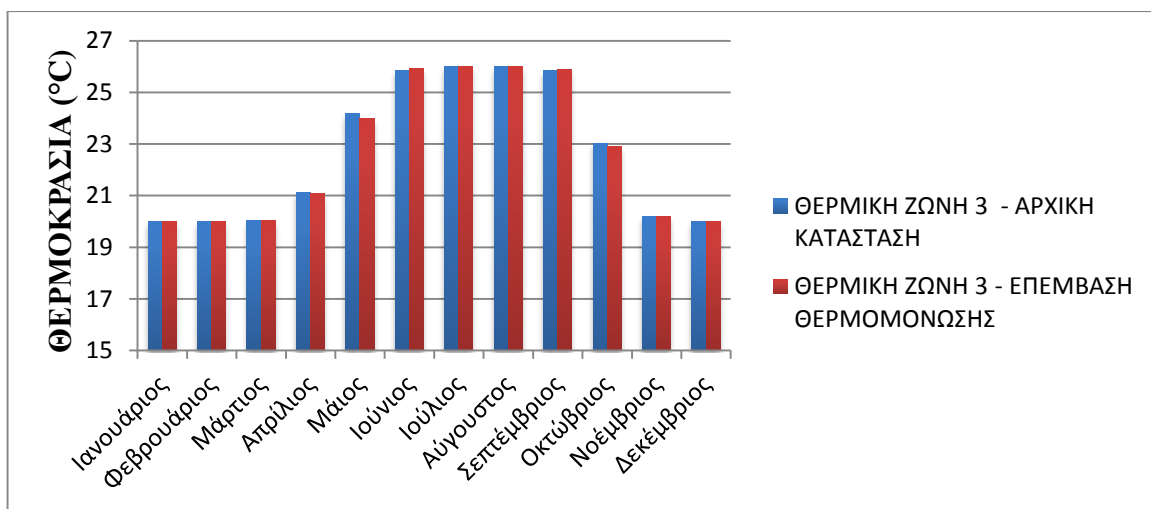
### 4.2.2.1 Θερμοκρασίες



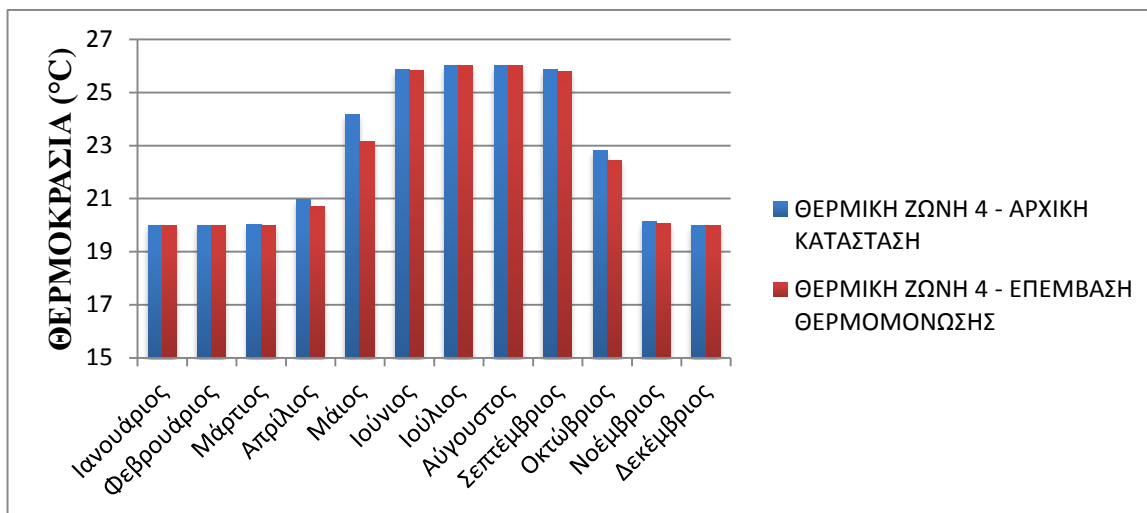
Εικόνα 4.18: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 1 μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης και τοποθέτηση σκιάστρων



Εικόνα 4.19: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 2 μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης και τοποθέτηση σκιάστρων

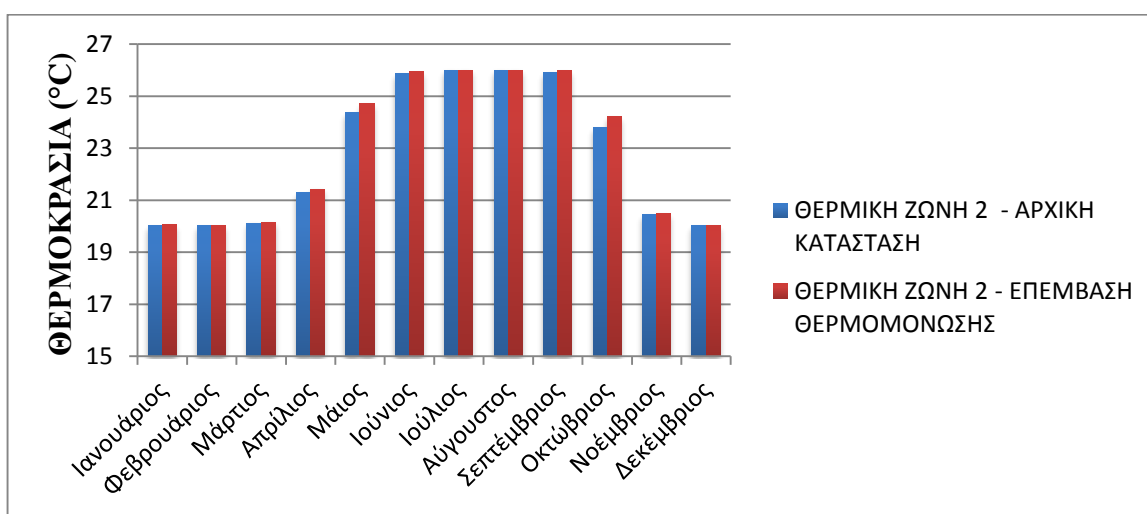


Εικόνα 4.20: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 3 μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης και τοποθέτηση σκιάστρων



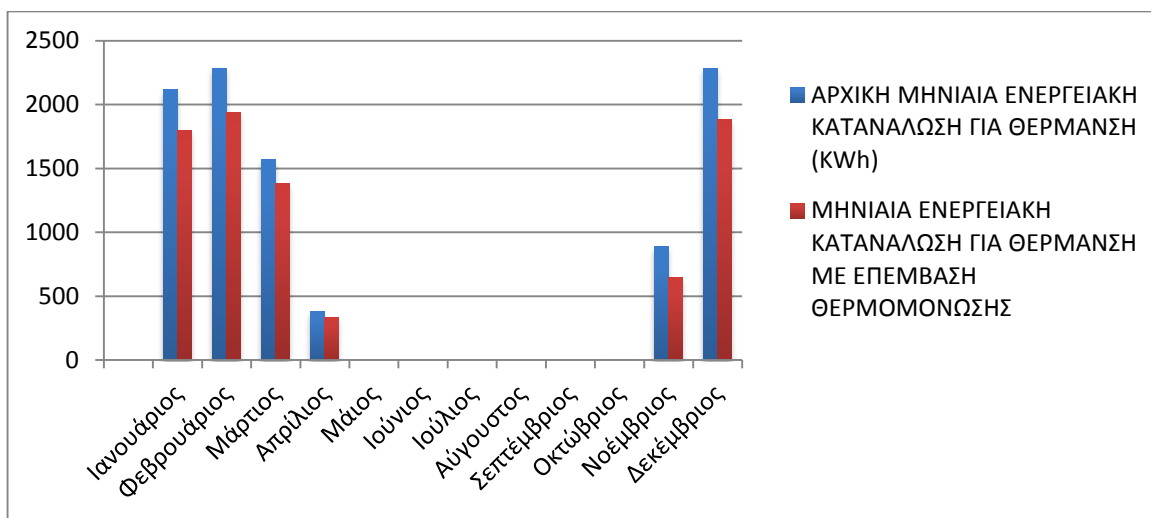
Εικόνα 4.21: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 4 μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης και τοποθέτηση σκιάστρων

Η επέμβαση της θερμομόνωσης του εξωτερικού κελύφους της οικίας προκαλεί μία μικρή μείωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των ζωνών της τάξης του 0,5°C για τις ζώνες 1,2,3 και 1°C για τη ζώνη 4, κυρίως για τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο, Οκτώβριο και Νοέμβρη. Ειδικότερα, το μήνα Μάιο παρατηρείται η μεγαλύτερη μείωση θερμοκρασίας σε όλες τις θερμικές ζώνες. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μείωση θερμοκρασιών που παρατηρείται μετά την τοποθέτηση θερμομόνωσης κελύφους, οφείλεται και στην παρουσία σκιάστρων από τους μήνες Απρίλιο μέχρι και Νοέμβρη, η οποία αποτρέπει τον εγκλωβισμό της θερμότητας λόγω ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στην νοτιοδυτική πλευρά της οικίας για αυτούς τους μήνες. Αν δεν υπήρχαν τα σκιάστρα, θα είχαμε αύξηση των θερμοκρασιών στις ζώνες για τους μήνες έντονης ηλιοφάνειας και υψηλής θερμοκρασίας. Η παρατήρηση αυτή προέκυψε από προσομοίωση της οικίας με θερμομόνωση στη νοτιοδυτική πλευρά, χωρίς χρήση σκιάστρων. Ακολουθεί ένα χαρακτηριστικό διάγραμμα θερμοκρασίας από την εν λόγω προσομοίωση.

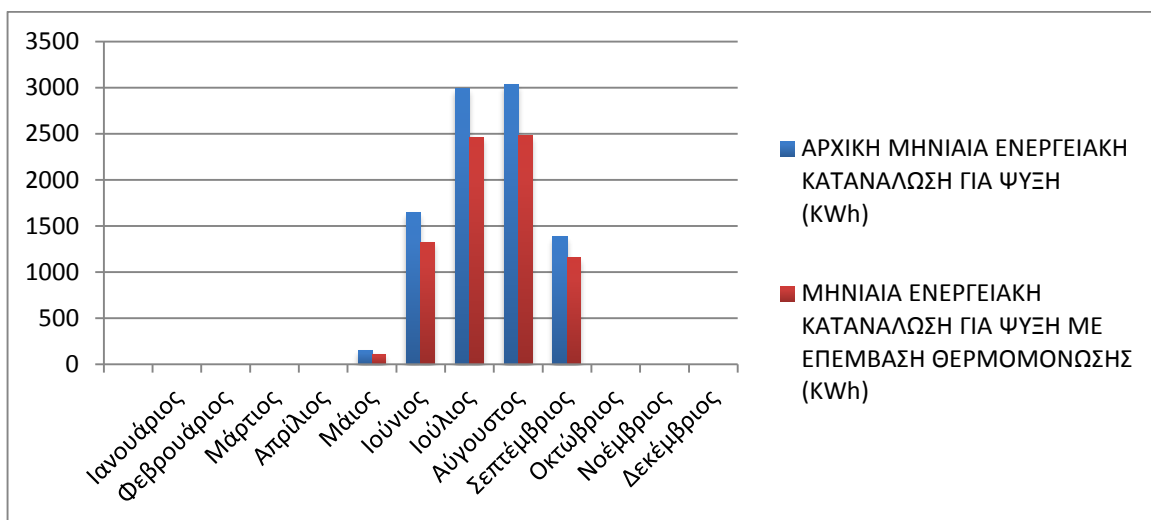


Εικόνα 4.22: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη θερμική ζώνη 2 με την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης, χωρίς τοποθέτηση σκιάστρων

#### 4.2.2.2 Καταναλώσεις και ανάλυση κόστους



Εικόνα 4.23: Διάγραμμα συνολικών μηνιαίων καταναλώσεων ενέργειας για θέρμανση μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης



Εικόνα 4.24: Διάγραμμα συνολικών μηνιαίων καταναλώσεων ενέργειας για ψύξη μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

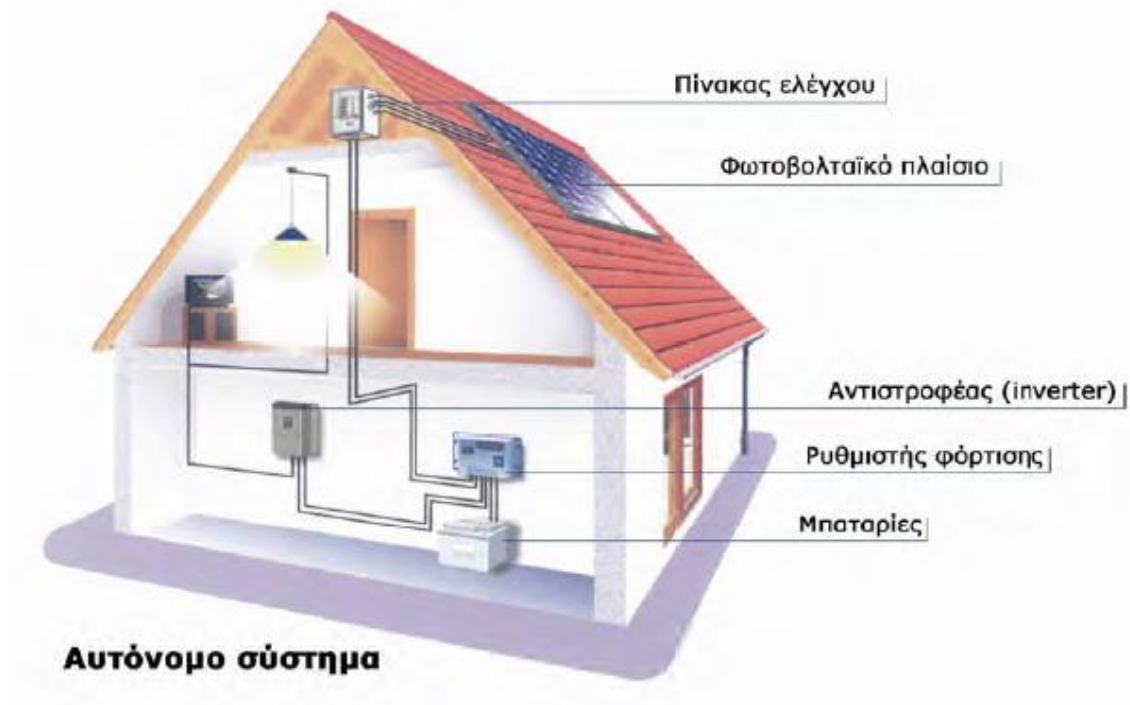
ΜΗΝΑΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΕ ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ (kWh)	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΟΦΕΛΟΣ (€)
Ιανουάριος	2.117,553	1.800,822	316,731	28,268
Φεβρουάριος	2.286,276	1.936,210	350,066	31,243
Μάρτιος	1.566,422	1.380,304	186,118	16,611
Απρίλιος	382,186	336,800	45,385	4,051
Μάιος	152,674	110,492	42,182	3,765
Ιούνιος	1.642,564	1.325,136	317,428	28,330
Ιούλιος	2.992,280	2.464,649	527,631	47,091
Αύγουστος	3034,137	2.478,848	555,290	49,560
Σεπτέμβριος	1.387,602	1.155,563	232,039	20,709
Οκτώβριος	3,096	0,541	2,556	0,228
Νοέμβριος	884,278	645,231	239,047	21,335
Δεκέμβριος	2287,570	1.880,143	407,426	36,363
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>18.736,639</b>	<b>15.514,741</b>	<b>3.221,898</b>	<b>287,554</b>

Εικόνα 4.25: Συγκεντρωτικός πίνακας συνολικής μηνιαίας κατανάλωσης κι εξοικονόμησης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη στις θερμικές ζώνες και ετήσιο όφελος από την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Η επέμβαση τοποθέτησης θερμομόνωσης στον εξωτερικό τοίχο περιμετρικά της νοτιοδυτικής όψης της οικίας εξοικονομεί 287,554 € σε ετήσια βάση. Η αγορά των υλικών και η τοποθέτησή τους από εξειδικευμένο συνεργείο, σύμφωνα με τις τιμές που αναζητήθηκαν στην αγορά, εκτιμάται κοντά στα 40 € ανά μ<sup>2</sup>. Η συνολική επιφάνεια τοποθέτησης του θερμομονωτικού κελύφους στην νότια και δυτική όψη της οικίας μετρήθηκε 94,47 μ<sup>2</sup>, συνεπώς το κόστος τοποθέτησης θερμομόνωσης ανέρχεται στα 3.778,8 €. Επίσης, το κόστος αγοράς και τοποθέτησης σκιάστρων κοστίζει περίπου 70 €/μ<sup>2</sup>, ενώ η επιφάνεια των σκιάστρων εκτιμάται γύρω 6 μ<sup>2</sup>, άρα το κόστος ανέρχεται στα 420 €. Συνολικά η επέμβαση κοστίζει 4200 €. Ο χρόνος απόσβεσης είναι 14 χρόνια. Ο εγγυημένος χρόνος ζωής του συστήματος είναι συνήθως 15 χρόνια, αλλά με σωστή τοποθέτηση η θερμομόνωση διατηρείται για 2 δεκαετίες τουλάχιστον. Η εν λόγω μέθοδος σίγουρα συμφέρει περισσότερο να τοποθετηθεί εξ' αρχής σε μία νεοαναγειρόμενη οικία, παρόλα αυτά και σε μία παλαιά οικία, που η υφιστάμενη μόνωση δεν επαρκεί, ο χρόνος απόσβεσης είναι εύλογος και η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας δεν είναι αμελητέα. Εκτιμάται παρ' όλα αυτά ότι αν η περιοχή έχει έντονη ηλιοφάνεια και δεν παρουσιάζει ακραία διαφοροποίηση των νυχτερινών θερμοκρασιών σε σχέση με τις ημερήσιες, όπως συμβαίνει σε ορεινές περιοχές της Ελλάδας, η τοποθέτηση ίσως να μην επιφέρει σημαντικό όφελος, αλλά αντίθετα, μπορεί και να επιβαρύνει το χρήστη αν δεν ληφθούν υπόψη πρόσθετα μέτρα που αφορούν την ηλιακή θερμότητα που εισρέει κι εγκλωβίζεται στο εσωτερικό, αυξάνοντας τις θερμοκρασίες στους χώρους της οικίας. Θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα η σκίαση των νότιων και ανατολικών ανοιγμάτων. Στην κατοικία που μελετάται, κρίνεται ότι η παρούσα επέμβαση δεν επέφερε αισθητές μειώσεις στη θερμοκρασία, σε σχέση με το υψηλό σχετικά κόστος της επέμβασης. Παρ' όλα αυτά, το ετήσιο ενεργειακό όφελος δεν είναι αμελητέο.[36]

### 4.3 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πανέλων στην οροφή του κτιρίου

Η συγκέντρωση της ηλιακής ενέργειας με τη βοήθεια των φωτοβολταϊκών αποτελεί μία από τις εφαρμογές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, καθώς μετατρέπεται η ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελεί ένα σύστημα δύο υλικών σε επαφή, το οποίο όταν φωτίζεται εμφανίζει στα άκρα του συνεχή ηλεκτρική τάση, η οποία με τη βοήθεια ενός μετατροπέα, ή αλλιώς αντιστροφέα, συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο (inverter) μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ρεύμα έτοιμο προς χρήση για τις ανάγκες της οικίας. Μέρος της αποκτηθείσας ενέργειας υπάρχει δυνατότητα να αποθηκεύεται σε μία μπαταρία, ώστε να υπάρχει ρεύμα και τις ημέρες δίχως ηλιοφάνεια. Εναλλακτικά, το σύστημα διασυνδέεται με το δίκτυο διανομής ρεύματος της ΔΕΗ, αν το κτίριο βρίσκεται στη ζώνη διασυνδεδεμένων περιοχών. Το σύστημα φωτοβολταϊκών έχει μεγάλη εφαρμογή στην Ελλάδα, λόγω της έντονης ηλιοφάνειας, ακόμα και τους χειμερινούς μήνες. Απαιτούν μεγάλη επιφάνεια στον χώρο που θα τοποθετηθούν κι ενώ το κόστος λειτουργίας και συντήρησης είναι μικρό, το κόστος απόκτησης κι εγκατάστασης είναι σχετικά υψηλό. Τα πανέλα έχουν χρόνο ζωής 20-30 χρόνια και μηδενικό ρυπαντικό φορτίο κατά τη λειτουργία τους. [15]



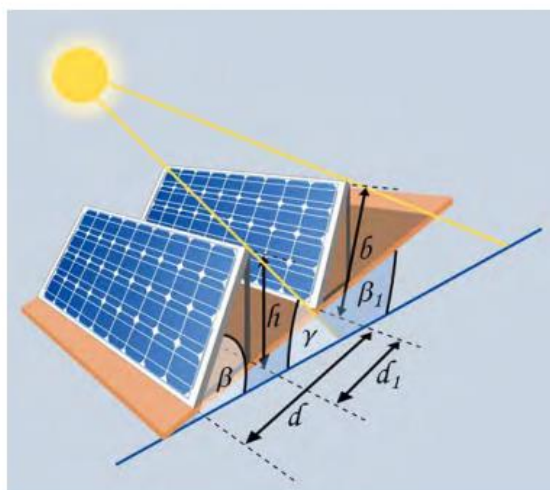
Εικόνα 4.26: Αυτόνομο σύστημα φωτοβολταϊκών σε οικία [33]





Εικόνα 4.27: Διασυνδεδεμένο σύστημα φωτοβολταϊκών σε οικία [33]

Στην παρούσα μελέτη προτείνεται η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στο δώμα της οικίας. Η τοποθέτηση των πανέλων στον ελλαδικό χώρο συνίσταται να έχει κλίση 30-40° ως προς τον ορίζοντα και νότιο προσανατολισμό, ώστε να μεγιστοποιείται η απόδοση. Ακόμα, για την μεγιστοποίηση της απόδοσης απαιτείται να έχουν μεταξύ τους, κατά την τοποθέτηση, οριζόντια απόσταση από εκεί που τελειώνει η άνω κορυφή του πανέλου ίση ή μεγαλύτερη του διπλασίου του κατακόρυφου ύψους τους, όπως αυτό μετράται αφού έχουν πάρει την επιθυμητή κλίση τους. Γίνεται αντιληπτό στην εικόνα που ακολουθεί. Ακόμα επιβάλλεται να απέχουν από το περίγραμμα του δώματος τουλάχιστον ένα μέτρο και να τοποθετείται στηθαίο έως 1,2 μέτρα περιμετρικά της εγκατάστασης, σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες του Τ.Ε.Ε.. Επιλέχθηκε προσανατολισμός νοτιοδυτικός, καθώς λόγω μεγέθους και σχήματος των πανέλων, λαμβάνοντας υπόψη αποστάσεις ασφαλείας, δεν είναι δυνατός άλλος προσανατολισμός. Η απόσταση που τηρήθηκε ανά συστοιχία είναι 1,97 μ, καθώς τα πανέλα προτείνεται να εδραστούν με την μεγάλη τους πλευρά.



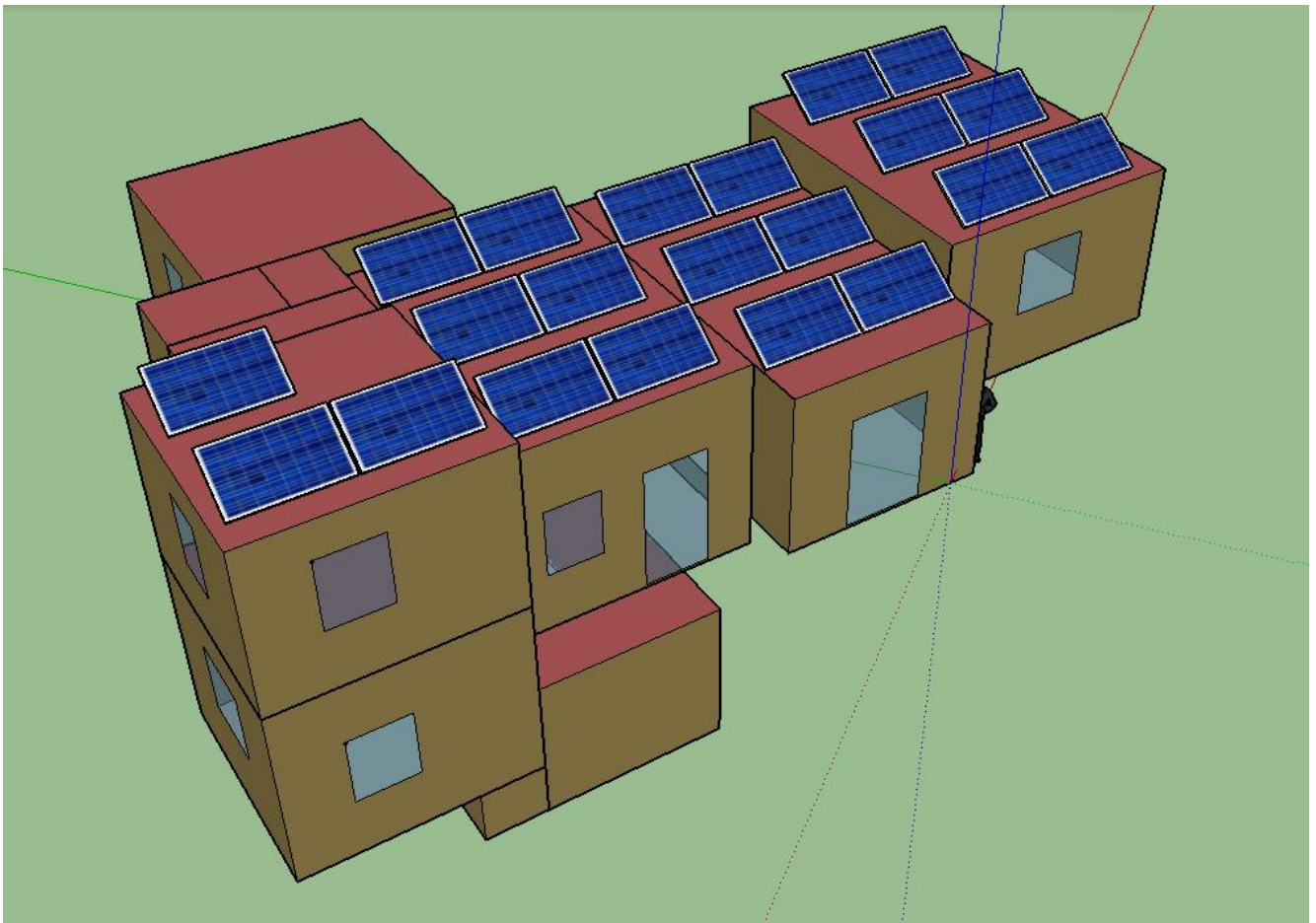
$d_1 > 2h$ : ελάχιστη απόσταση μεταξύ συστοιχιών για αποφυγή σκιάσεων

Εικόνα 4.28: Τοποθέτηση συστοιχίας φωτοβολταϊκών για μεγιστοποίηση της απόδοσης[33]

Η Μήλος άνηκε στα μη διασυνδεδεμένα με το δίκτυο της ΔΕΗ νησιά, αλλά τώρα υφίσταται η δυνατότητα διασύνδεσης με το δίκτυο. Η μέγιστη ισχύς ανά εγκατάσταση ορίζεται στα 10 kWp (Kilowatt peak), δηλαδή το σύστημα που θα δουλεύει στη μέγιστη απόδοση του για μία ώρα θα παράγει 10 kW. Ο χρήστης τοποθετεί δύο μετρητές, έναν που μετρά το ρεύμα που διαθέτει στο δίκτυο κι έναν που μετρά το ρεύμα που χρησιμοποιεί από τη ΔΕΗ. Στο τέλος του έτους οι μετρήσεις συμψηφίζονται. Αν αυτό που έχει καταναλώσει ο χρήστης είναι λιγότερο ή ίσο με αυτό που έχει διοχετεύσει στο δίκτυο, τότε δεν έχει οφειλές στη ΔΕΗ, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι πληρώνεται στην περίπτωση που υπάρχει πλεόνασμα στο ρεύμα που διέθεσε στο δίκτυο. Το πρόγραμμα αυτό ονομάζεται Αυτοπαραγωγή (net metering). Βασική προϋπόθεση για το πρόγραμμα Αυτοπαραγωγής σε οικία είναι να υπάρχει εγκατεστημένος ηλιακός θερμοσίφωνας στην οικία. Το αυτόνομο σύστημα προτείνεται κυρίως σε νεοαναγειρόμενα κτίρια, όπου δεν υφίσταται ακόμα σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ. Στην παρούσα εργασία μελετάται εγκατάσταση συστήματος ισχύος 5 kW, με δυνατότητα διασύνδεσης με το δίκτυο της ΔΕΗ. Για την εν λόγω εγκατάσταση δεν απαιτείται αντιστροφέας ρεύματος, ο οποίος απαιτείται στην περίπτωση άμεσης χρησιμοποίησης του ρεύματος στην οικία, όπως επίσης δεν απαιτείται συσσωρευτής. Παρ' όλα αυτά, στην προσομοίωση της επέμβασης χρησιμοποιείται αντιστροφέας και συσσωρευτής, διότι το πρόγραμμα EnergyPlus δεν εκτελεί προσομοίωση φωτοβολταϊκού συστήματος, αν δεν οριστεί σύστημα αντιστροφής του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο. Ο συσσωρευτής δεν είναι απαραίτητος για την προσομοίωση, παρ' όλα αυτά δεν επηρεάστηκαν τα αποτελέσματα από την παρουσία του και κατέστη εφικτή η σύγκριση του προγράμματος EnergyPlus με το PVGIS, που ακολουθεί στο κεφάλαιο 5. Στην παρούσα μελέτη το φωτοβολταϊκό σύστημα καταλαμβάνει συνολικά 81,16 μ<sup>2</sup>.

#### **4.3.1 Σχεδίαση του φωτοβολταϊκού συστήματος με χρήση του Skelion**

Πριν την εισαγωγή δεδομένων στο IDFEditor του προγράμματος EnergyPlus, χρησιμοποιήθηκε για την οπτική απεικόνιση των φωτοβολταϊκών στα δώματα της οικίας μία επέκταση του προγράμματος SketchUp για σχεδίαση ηλιακών συστημάτων, το Skelion. Εγκαθίσταται μία νέα γραμμή εργαλείων, η οποία επιτρέπει στο χρήστη να ορίσει μεταξύ άλλων τις επιφάνειες τοποθέτησης, επιθυμητή κλίση, αζιμούθια γωνία, μέγεθος, κενό μεταξύ των συστοιχιών ή να ορίσει τα χαρακτηριστικά του πανέλου μέσω έτοιμης βιβλιοθήκης. Στην περίπτωση αυτή οι αποστάσεις ασφαλείας τίθενται από το πρόγραμμα. Το φωτοβολταϊκό σύστημα που σχεδιάζεται παρ' όλα αυτά δεν περνά στο πρόγραμμα EnergyPlus μέσω του αρχείου .idf που εξάγεται από το SketchUp, καθώς το πρόγραμμα Skelion είναι καθαρά σχεδιαστικό. Τα δεδομένα του συστήματος για την ενεργειακή προσομοίωση εισάγονται εκ νέου στο υποπρόγραμμα IDFEditor.[35]



Εικόνα 4.29: Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πινέλων στην οροφή της οικίας με χρήση του λογισμικού Skelion

#### 4.3.2 Εισαγωγή δεδομένων στο υποπρόγραμμα IDFEditor

Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκαν πάνελα πολυκρυσταλλικού πυριτίου εγκατεστημένης ισχύος 5kW και απόδοσης 6500kWh. Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα αποτελείται από 21 πάνελα ισχύος 230Watt και διαστάσεων 1,650×0,990 μέτρα έκαστο. Η συνολική επιφάνεια της οροφής της οικίας είναι 102,44 μ<sup>2</sup>, αλλά τα φωτοβολταϊκά προτείνεται να εγκατασταθούν σε τέσσερα από τα δώματα της οροφής, στο δώμα του Σαλονιού 1 με εμβαδόν 22,05 μ<sup>2</sup> και του Σαλονιού 2 με εμβαδόν 22,26 μ<sup>2</sup>, στο Υπνοδωμάτιο 1 με εμβαδόν 22,79μ<sup>2</sup> και στην κουζίνα με εμβαδόν 14,06μ<sup>2</sup>. Στην οροφή του Σαλονιού 1, του Σαλονιού 2 και του Υπνοδωματίου 2 προβλέπεται η εγκατάσταση 6 πινέλων, σε τρεις σειρές των δύο πινέλων. Στο δώμα της κουζίνας προβλέπεται η τοποθέτηση 3 πινέλων. Το σύστημα αυτό πωλείται στην αγορά ως έχει, δηλαδή περιλαμβάνει 21 πάνελα. Όμως λόγω του διαθέσιμου χώρου, προβλέπεται να στηθούν σε τέσσερα δώματα τα φωτοβολταϊκά, με κοινό όμως αντιστροφέα ρεύματος.

Στο IDFEditor, συμπληρώνεται η κατηγορία Electric Load Center – Generator Specifications, στην οποία περιλαμβάνονται οι υποκατηγορίες **Generator Photovoltaic**, **Shading: Site, Photovoltaic Performance: Simple**, **Electric Load Center: Generators**, **Electric Load Center: Inverter: Simple**, **Curve: RectangularHyperbola2**, **Electric Load Center: Storage Battery** και **Electric Load Center: Distribution**.

- **Photovoltaic Performance: Simple**

Στην παρούσα υποκατηγορία δίνεται ένα ενδεικτικό όνομα για τον τύπο του φωτοβολταϊκού. Στην συνέχεια προσδιορίζεται το ποσοστό των ενεργών κυψελών που καλύπτουν το σύνολο της επιφάνειας ενός πανέλου, το οποίο τίθεται 0,8. Τέλος προσδιορίζεται ο μέγιστος βαθμός απόδοσης, ο οποίος διαφέρει ανά τεχνολογία. Για τα φωτοβολταϊκά πολυκρυσταλλικού πυριτίου ο βαθμός αυτός προκύπτει 10-13%.

Field	Units	Obj1
Name		PV A
Fraction of Surface Area with Active Solar Cells	dimensionless	0,8
Conversion Efficiency Input Mode		Fixed
Value for Cell Efficiency if Fixed		0,13
Efficiency Schedule Name		<input type="text"/>

Εικόνα 4.30: Υποκατηγορία Photovoltaic Performance: Simple στο IDFEditor

- **Generator Photovoltaic**

Σε αυτή την υποκατηγορία δίνεται μία ονομασία στο κάθε φωτοβολταϊκό και προσδιορίζεται η επιφάνεια πάνω στην οποία εγκαθίσταται. Σε αυτό το σημείο, επιλέχθηκε να σχεδιαστούν στην υποκατηγορία **Shading: Site**, της κατηγορίας **Thermal Zones & Surfaces**, 21 χαρακτηριστικές επιφάνειες, οι οποίες βρίσκονται στο εξωτερικό περιβάλλον και έχουν κλίση 35° από τον ορίζοντα και προσανατολισμό Νοτιοδυτικό, έτσι όπως φαίνονται τοποθετημένα τα φωτοβολταϊκά πανέλα στην παραπάνω εικόνα. Το Νότο αντιπροσωπεύουν οι 180°, επομένως περιστρέφοντας το σύστημα κατά 38° δυτικά, συμπληρώνονται οι 218° στο πεδίο της αζιμούθιας γωνίας. Το μέγεθος κάθε επιφάνειας είναι αυτό του κάθε πανέλου, 0,99×1,65 μέτρα. Η εν λόγω σχεδίαση έγινε για να προσομοιαστεί η επέμβαση της τοποθέτησης φωτοβολταϊκών όσο ρεαλιστικότερα γίνεται, με το πρόγραμμα EnergyPlus. Εναλλακτικά, τοποθετείται η επιφάνεια πάνω στην οποία εδράζονται τα πανέλα, δηλαδή τα δώματα της οικίας, όπως αυτά προέκυψαν από την σχεδίαση του μοντέλου στο SketchUp, αλλά έτσι ο χρήστης δεν μπορεί να προσδιορίσει την κλίση και τον προσανατολισμό των φωτοβολταϊκών. Παρακάτω επιλέγεται η απλή λειτουργία του συστήματος, όπως ορίστηκε ανώτερα. Στην συνέχεια ορίζεται ο τύπος του φωτοβολταϊκού για το οποίο ορίστηκε η απλή λειτουργία. Στο επόμενο πεδίο συμπληρώνεται ο τρόπος τοποθέτησης του φωτοβολταϊκού, αν είναι ενσωματωμένο ή στέκεται μόνο του. Τέλος, ορίζεται ο τρόπος που έχουν τοποθετηθεί τα πανέλα. Για την εν λόγω προσομοίωση, που επιλέχθηκε η κεκλιμένη επιφάνεια εμβαδού ίδιου με του φωτοβολταϊκού πανέλου, η στοίχιση των πανέλων δεν ορίζεται όπως αυτά φαίνονται στην εικόνα, αλλά ένα ένα και θεωρούνται ενσωματωμένα στην επιφάνεια η οποία αναπτύχθηκε στην υποκατηγορία Shading: Site. Αντίστοιχα, αν κάποιος επιλέξει ως επιφάνεια έδρασης το δώμα, μπορεί να θέσει τις σειρές των πανέλων και τον αριθμό τους ανά σειρά, καθώς επίσης να τα ορίσει αποσυνδεδεμένα (decoupled), όπως φαίνονται στην εικόνα, δηλαδή 3 σειρές από 2 δύο φωτοβολταϊκά σε κάθε μία στηριγμένα επί αλουμινένιων βάσεων και ούτω καθ' εξής.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7
Name		panel surface 1	panel surface 2	panel surface 3	panel surface 4	panel surface 5	panel surface 6	panel surface
Azimuth Angle	deg	218	218	218	218	218	218	218
Tilt Angle	deg	35	35	35	35	35	35	35
Starting X Coordinate	m							
Starting Y Coordinate	m							
Starting Z Coordinate	m							
Length	m	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Height	m	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67

Εικόνα 4.31: Υποκατηγορία Shading Sites στο IDFEditor

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7
Name		Pv 1	Pv 2	Pv 3	Pv 4	Pv 5	Pv 6	Pv 7
Surface Name		panel surface 1	panel surface 2	panel surface 3	panel surface 4	panel surface 5	panel surface 6	panel surf
Photovoltaic Performance Object Type		PhotovoltaicPerfor mance:Simple	PhotovoltaicPerfor mance:Simple	PhotovoltaicPerfor mance:Simple	PhotovoltaicPerfor mance:Simple	PhotovoltaicPerfor mance:Simple	PhotovoltaicPerfor mance:Simple	Photovolt mance:Si
Module Performance Name		PV A	PV A	PV A	PV A	PV A	PV A	PV A
Heat Transfer Integration Mode		IntegratedSurface0 outsideFace	IntegratedSurface0 outsideFace	IntegratedSurface0 outsideFace	IntegratedSurface0 outsideFace	IntegratedSurface0 outsideFace	IntegratedSurface0 outsideFace	Integrate outsideFac
Number of Series Strings in Parallel	dimensionless	1	1	1	1	1	1	1
Number of Modules in Series	dimensionless	1	1	1	1	1	1	1

Εικόνα 4.32: Υποκατηγορία Generator Photovoltaic στο IDFEditor

- **Electric Load Center: Inverter: Simple**

Σε αυτό το σημείο προσδιορίζονται τα δεδομένα του μετατροπέα, ο οποίος συνήθως πωλείται μαζί με το σύστημα των φωτοβολταϊκών. Στην παρούσα επέμβαση επιλέγεται ο απλούστερος τύπος. Δίνεται ένα χαρακτηριστικό όνομα στον μετατροπέα και στη συνέχεια καθορίζεται ο τύπος λειτουργίας του, ως συνεχής. Στην συνέχεια συμπληρώνονται οι τιμές του συντελεστή απώλειας θερμότητας προερχόμενη από την ηλιακή ακτινοβολία και ο συντελεστής απόδοσης του μετατροπέα, ο οποίος καθορίζεται από την εταιρία κατασκευής.

Field	Units	Obj1
Name		Inverter A
Availability Schedule Name		On
Zone Name		
Radiative Fraction		0
Inverter Efficiency		0,965

Εικόνα 4.33: Υποκατηγορία Electric Load Center: Inverter: Simple στο IDFEditor

- **Electric Load Center: Generators**

Με τη λέξη Generators εννοείται το σύστημα που σχηματίζεται από τα επί μέρους φωτοβολταϊκά πάνελα. Στην υποκατηγορία Electric Load Center Generators τίθεται η ισχύς που παράγει το κάθε φωτοβολταϊκό, καθώς και ο τρόπος λειτουργίας των φωτοβολταϊκών του συστήματος, ο οποίος είναι συνεχής, αφού δεν σταματά ποτέ η συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας. Στην περίπτωση που εξετάζεται εδώ, η συνολική ισχύς του συστήματος είναι  $21 \times 230 = 4830$  Watt. Είναι στην ευχέρεια του μελετητή να ορίσει τα επιμέρους συστήματα που επιθυμεί, αν τοποθετούνταν όπως φαίνονται στην εικόνα, θα μπορούσε να οριστεί π.χ. ένα σύστημα των  $6 \times 230 = 1380$  Watt κ.λ.π.. Στην παρούσα μελέτη θεωρείται το κάθε φωτοβολταϊκό ως ξεχωριστό σύστημα.

Field	Units	Obj1
Name		pv system
Generator 1 Name		Pv 1
Generator 1 Object Type		Generator:Photovoltaic
Generator 1 Rated Electric Power Output	W	230
Generator 1 Availability Schedule Name		On
Generator 1 Rated Thermal to Electrical Power Ratio		
Generator 2 Name		Pv 2
Generator 2 Object Type		Generator:Photovoltaic
Generator 2 Rated Electric Power Output	W	230
Generator 2 Availability Schedule Name		On
Generator 2 Rated Thermal to Electrical Power Ratio		
Generator 3 Name		Pv 3
Generator 3 Object Type		Generator:Photovoltaic
Generator 3 Rated Electric Power Output	W	230
Generator 3 Availability Schedule Name		On
Generator 3 Rated Thermal to Electrical Power Ratio		
Generator 4 Name		Pv 4
Generator 4 Object Type		Generator:Photovoltaic

Εικόνα 4.34: Υποκατηγορία Electric Load Center: Generators στο IDFEditor

- **Curve: RectangularHyperbola2**

Στην υποκατηγορία αυτή εισάγονται οι σταθερές C1, C2, C3 που εισάγονται στη σχέση υπολογισμού της καμπύλης μεταβολής τάσης κατά τη φόρτιση και αποφόρτιση της μπαταρίας. Ως ελάχιστη τιμή της μεταβλητής x τίθεται το ελάχιστο ποσοστό αποφόρτισης που επιτρέπεται να φτάσει η μπαταρία κατά την αποφόρτιση, ενώ ως μέγιστο τίθεται το 1, δηλαδή το 100% φόρτισης.

Field	Units	Obj1
Name		Curve
Coefficient1 C1		0,920717
Coefficient2 C2		0,0262686
Coefficient3 C3		0,151594
Minimum Value of x	varies	0,4
Maximum Value of x	varies	1
Minimum Curve Output	varies	1
Maximum Curve Output	varies	1
Input Unit Type for x		Dimensionless
Output Unit Type		Dimensionless

Εικόνα 4.35: Υποκατηγορία Curve Rectangular Hyperbola 2 IDFEditor

- **Electric Load Center: Storage Battery**

Στην υποκατηγορία αυτή τίθενται τα δεδομένα που αφορούν τη μπαταρία. Το προτεινόμενο σύστημα αποτελείται από μία μπαταρία, χωρητικότητας 50 αμπερώρια και τάσης 12 Volt κι έναν ρυθμιστή φόρτισης. Ως αρχικό επίπεδο φόρτισης της μπαταρίας τίθεται το 40%, διότι για λόγους συντήρησης η μπαταρία δεν πρέπει να αποφορτίζεται πλήρως συχνά, καθώς φθείρεται γρηγορότερα. Στην συνέχεια τίθεται η επιλογή Curve που αναπτύχθηκε στην υποκατηγορία Curve: Rectangular Hyperbola 2 για την εν λόγω μπαταρία. Τα υπόλοιπα πεδία συμπληρώθηκαν με τις default τιμές.

Field	Units	Obj1
Name		Battery 1
Availability Schedule Name		
Zone Name		
Radiative Fraction		
Number of Battery Modules in Parallel		1
Number of Battery Modules in Series		1
Maximum Module Capacity	Ah	50
Initial Fractional State of Charge		0,4
Fraction of Available Charge Capacity		
Change Rate from Bound Charge to Available Charge	1/hr	
Fully Charged Module Open Circuit Voltage	V	12
Fully Discharged Module Open Circuit Voltage	V	
Voltage Change Curve Name for Charging		Curve
Voltage Change Curve Name for Discharging		Curve
Module Internal Electrical Resistance	ohms	
Maximum Module Discharging Current	A	
Module Cut-off Voltage	V	4,8
Module Charge Rate Limit		1
Battery Life Calculation		No
Number of Cycle Bins		10
Battery Life Curve Name		

Εικόνα 4.36: Υποκατηγορία Electric Load Center Storage Battery στο IDFEditor

- **Electric Load Center: Distribution**

Σε τελευταία φάση εισάγονται τα δεδομένα που αφορούν τη διανομή της ενέργειας στην οικία, η οποία φτάνει σε αυτή ξεκινώντας από τα φωτοβολταϊκά μέσω του μετατροπέα. Το σύστημα διανομής επιλέγει ο χρήστης μέσω του προγράμματος, στο πεδίο Generator Operation Scheme Type. Στην παρούσα επέμβαση προτείνεται το βασικό σύστημα συλλογής ενέργειας, η οποία ονομάζεται Baseload. Κατά τη λειτουργία αυτή, το σύστημα λειτουργεί ώστε να επιτευχθεί ο μέγιστος βαθμός απόδοσης του, όταν η ρύθμιση είναι στο On. Το σύστημα απαιτείται να λειτουργεί συνεχόμενα, ακόμα κι αν η ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται ξεπερνά τις ανάγκες των χρηστών της κατοικίας. Ο αντιστροφέας που χρησιμοποιείται είναι ένας για όλο το εγκατεστημένο σύστημα και τα χαρακτηριστικά του καταγράφηκαν παραπάνω. Στο σύστημα προβλέπεται αποθήκευση της ενέργειας σε συσσωρευτή, αλλά αυτή διατίθεται στην οικία με τη μορφή εναλλασσόμενου ρεύματος, το οποίο πραγματοποιείται από τον αντιστροφέα. Για τη λειτουργία αυτή επιλέγεται Direct Current With Inverter AC Storage. Η παράμετρος αυτή λαμβάνεται υπόψη στο πεδίο Electrical Buss Type.

Field	Units	Obj1
Name		Distribution A
Generator List Name		Generator A
Generator Operation Scheme Type		Baseload
Demand Limit Scheme Purchased Electric Demand Limit	W	0
Track Schedule Name Scheme Schedule Name		
Track Meter Scheme Meter Name		
Electrical Buss Type		DirectCurrentWithInverterACStorage
Inverter Object Name		Inverter A
Electrical Storage Object Name		Battery 1
Transformer Object Name		

Εικόνα 4.37: Υποκατηγορία Electric Load Center: Distribution στο IDFEditor

### 4.3.3 Αποτελέσματα προσομοίωσης για τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πανέλων στην οροφή του κτιρίου και σχολιασμός

#### 4.3.3.1 Θερμοκρασίες

Η επέμβαση τοποθέτησης φωτοβολταϊκών πανέλων στην οροφή της υπό μελέτη οικίας δεν επηρεάζει με κάποιον τρόπο τις εσωτερικές θερμοκρασίες της οικίας. Οι θερμοκρασίες στο εσωτερικό παραμένουν ως έχουν και πριν την επέμβαση.

#### 4.3.3.2 Καταναλώσεις και ανάλυση κόστους

ΜΗΝΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (J)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΠΑΝΕΛ (J)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΠΑΝΕΛ (kWh)	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΟΦΕΛΟΣ (€)
Ιανουάριος	7623189507	2.117,553	1145746490	318,263	318,263	28,405
Φεβρουάριος	8230593198	2.286,276	1247134935	346,426	346,426	30,919
Μάρτιος	5639120620	1.566,422	1683743485	467,707	467,707	41,743
Απρίλιος	1375868618	382,186	1817434024	504,843	504,843	45,057
Μάιος	549627463,2	152,674	2095796573	582,166	582,166	51,958
Ιούνιος	5913231854	1.642,564	2318769841	644,103	644,103	57,486
Ιούλιος	10772207409	2.992,280	2467231183	685,342	685,342	61,167
Αύγουστος	10922894765	3.034,137	2427212608	674,226	674,226	60,175
Σεπτέμβριος	4995367800	1.387,602	2237304550	621,473	621,473	55,467
Οκτώβριος	11146975,29	3,096	1659267782	460,908	460,908	41,136
Νοέμβριος	3183400740	884,278	1045216001	290,338	290,338	25,913
Δεκέμβριος	8235250544	2287,570	997435893	277,066	277,066	24,728
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>67451899494</b>	<b>18.736,639</b>	<b>21142293365</b>	<b>5.872,859</b>	<b>5.872,859</b>	<b>524,153</b>

Εικόνα 4.38: Συγκεντρωτικός πίνακας συνολικής μηνιαίας κατανάλωσης και εξοικονόμησης ενέργειας και ετήσιο όφελος από την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πανέλων στην οροφή του κτιρίου

Η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών εξοικονομεί σε ετήσια βάση 524,153€. Η τιμή αγοράς του συστήματος φωτοβολταϊκών ανέρχεται στα 8.490 € συν Φ.Π.Α., ανά τελική τιμή 10.442,7 €. Το πακέτο της προσφοράς περιλαμβάνει 21 φωτοβολταϊκά πανέλα με 25ετή εγγύηση, 21 βάσεις αλουμινίου με 15ετή εγγύηση κι έναν αντιστροφέα συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο. Το συνολικό κόστος της επέμβασης, μαζί με το κόστος τοποθέτησης και το κόστος της μπαταρίας εκτιμάται στα 11.000 €. Η απόσβεση της εν λόγω επέμβασης εκτιμάται σε 21 χρόνια. Ο χρόνος ζωής των φωτοβολταϊκών είναι 20-30 έτη χωρίς ιδιαίτερες ανάγκες συντήρησης, λαμβάνοντας μεν υπόψη την αναπόφευκτη σχετική μείωση της απόδοσης μετά τα 18 χρόνια. Το ετήσιο όφελος είναι μεγαλύτερο για την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις, κάτι που σημαίνει ότι ο χρήστης επωφελείται περισσότερο από την στιγμή που αποσβήνει την επένδυση. Ακόμα, η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα αποτελεί μια εγγυημένη επένδυση, λόγω του υψηλού ποσοστού ηλιοφάνειας. Συμπεραίνουμε ότι η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πανέλων αποτελεί την πιο συμφέρουσα επέμβαση



από τις προαναφερθείσες, ακόμα και με μειωμένη, ύστερα από μία 20ετία, απόδοση, καθώς είναι βέβαιο πως θα επιφέρει και κέρδος μετά το πέρας του χρόνου απόσβεσης. [21]

#### **4.4 Αντικατάσταση υπάρχοντος φωτισμού με φωτισμό τεχνολογίας LED**

Η επέμβαση αντικατάστασης του υφιστάμενου φωτισμού με λαμπτήρες τεχνολογίας LED δεν αποτελεί μέθοδο του Βιοκλιματικού σχεδιασμού, παρ' όλα αυτά είναι μία μέθοδος που εξοικονομεί ενέργεια από ενεργειακή και οικονομική πλευρά. Κάποιες γνωστές εφαρμογές της τεχνολογίας LED είναι οι πίνακες αποτύπωσης και οι σηματοδότες, που εξυπηρετούν τη μετάδοση μηνυμάτων σε δημόσιους χώρους ή μεγάλους χώρους συνάθροισης. Μία ακόμα εφαρμογή, μη ορατή, είναι οι αισθητήρες, που βρίσκουν χρήση σε πολλά πεδία, ορισμένα από αυτά είναι η ιατρική, οι καλλιέργειες και τα ηλεκτρονικά συστήματα και συσκευές, όπως τηλεχειριστήρια και οθόνες αφής. Τέλος, τα LED βρίσκουν άμεση εφαρμογή στην καθημερινότητα στο πεδίο της φωταγώγησης και του φωτισμού γενικότερα. Ακολουθούν τα χαρακτηριστικότερα πλεονεκτήματα της εν λόγω τεχνολογίας εν συντομία:

- Μεγάλη διάρκεια ζωής, 50.000-100.000 ώρες
- Έκλυση πολύ μικρού θερμικού φορτίου
- Εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με συμβατικό φωτισμό
- Μικρό κόστος σε σχέση με τον χρόνο ζωής και την εξοικονόμηση ενέργειας που εξασφαλίζουν
- Μικρή διάχυση φωτός, ποιοτικότερος φωτισμός ακόμα και χρόνια αργότερα μετά την τοποθέτηση
- Σύνθεση χωρίς βαρέα μέταλλα, όπως ο υδράργυρος που περιέχεται στις φθορισμού και οικονομίας
- Μικρότερο αποτύπωμα διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με συμβατικό φωτισμό
- Οι λαμπτήρες δεν φθείρονται, ούτε μειώνεται η διάρκεια ζωής τους από τα αναβοσβησίματα

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι λάμπες τεχνολογίας LED πρακτικά δεν καίγονται ποτέ, λόγω του ότι το φωτιστικό σώμα έχει πολλές φωτεινές πηγές, επομένως αν χαλάσει μία από τις συστοιχίες, οι υπόλοιπες εξακολουθούν να λειτουργούν, απλά η απόδοση της φωτεινότητας πέφτει. [17][18][19]

##### **4.4.1 Επιλογή λαμπτήρων για την προτεινόμενη επέμβαση**

Σε πρώτη φάση γίνεται καταμέτρηση του υφιστάμενου ηλεκτροφωτισμού ανά δωμάτιο της οικίας, αλλά και στο εξωτερικό, περιμετρικά της οικίας. Σύμφωνα με την απαίτηση ισχύος ανά επιφάνεια ζώνης που ορίστηκε ως  $6,4 \text{ W/m}^2$  στην υποκατηγορία Lights του IDFEditor, προκύπτει η απαιτούμενη ισχύς ανά δωμάτιο της οικίας. Έπειτα προσδιορίζεται ο αριθμός και η ισχύς των υφιστάμενων λαμπτήρων, οι οποίοι είναι πυρακτώσεως. Εν συνεχεία, προτείνεται ο λαμπτήρας LED που αντικαθιστά ικανοποιητικά τον υφιστάμενο κατ' αναλογία και καταγράφεται το ενδεικτικό του κόστος. Στη συνέχεια εκτιμάται το συνολικό κόστος κτήσης των νέων λαμπτήρων, το οποίο ανέρχεται στα 151,49 €.

ΧΩΡΟΙ	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )	Απαίτηση Watt ανά επιφάνεια ζώνης (W/m <sup>2</sup> )	Απαίτηση Watt ανά δωμάτιο (W)	Αριθμός λαμπτήρων ανά δωμάτιο	Υφιστάμενος φωτισμός - λάμπες πυρακτώσεως (Watt)	Προτεινόμενος φωτισμός - λάμπες LED (Watt)	Κόστος λαμπτήρων LED (€)	Κόστος ανά δωμάτιο (€)	
Υπνοδωμάτιο 1	22,79	6,4	145,86	2	100	12	5,48	10,96	
Σαλόνι 1	22,05		141,12	3	75	8	4,19	12,57	
Σαλόνι 2	22,26		142,46	4	60	8	4,19	16,76	
Κουζίνα	19,02		121,73	4	60	8	4,19	16,76	
Υπνοδωμάτιο 2	14,00		89,60	2	60	8	4,19	8,38	
Μπάνιο 1	2,32		14,85	1	75	10	5,00	5,00	
Γραφείο	14,00		89,60	2	100	12	5,48	10,96	
Χωλ	7,28		46,59	2	40	5	4,27	8,54	
Υπνοδωμάτιο 3	14,06		89,98	2	60	8	4,19	8,38	
Μπάνιο 2	11,10		71,04	1	100	12	5,48	5,48	
Αποθήκη	10,92		69,89	1	75	10	5,00	5,00	
Εξωτερικοί χώροι οικίας	-		-	-	10	40	5	4,27	42,70
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>									<b>151,49</b>

Εικόνα 4.39: Συγκεντρωτικός πίνακας υφιστάμενου και προτεινόμενου ηλεκτροφωτισμού οικίας και καταγραφή του κόστους αγοράς

#### 4.4.2 Καταναλώσεις και ανάλυση κόστους

Σε δεύτερη φάση αναφέρονται τα χαρακτηριστικά κι εκτιμάται η κατανάλωση ενέργειας για κάθε τύπο λαμπτήρα που υφίσταται, δηλαδή τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, και που προτείνεται, δηλαδή τους λαμπτήρες LED. Στα χαρακτηριστικά των λαμπτήρων αναγράφονται η ισχύς σε Watt, η φωτεινότητα σε Lumen, η θερμοκρασία χρώματος φωτός σε Kelvin και η διάρκεια ζωής σε ώρες. Συνιστάται να επιλέγονται λαμπτήρες θερμού φωτός για τους χώρους οικίας, δηλαδή κοντά στα 3.000 Kelvin. Ακόμα, όσο περισσότερο αυξάνονται τα Lumen, αυξάνεται και η φωτεινότητα. Ο φωτισμός θεωρήθηκε ότι είναι σε λειτουργία 7 ώρες την ημέρα. Έτσι προέκυψαν οι ετήσιες ώρες λειτουργίας των λαμπτήρων και υπολογίσθηκε η ετήσια κατανάλωση ανά τύπο λαμπτήρα κι ακολούθως το ετήσιο κόστος κατανάλωσης, θεωρώντας κόστος 1KWh=0,08925 €. Ακολουθούν οι πίνακες.

Τύπος λαμπτήρων πυρακτώσεως	Ιδιότητες				Όφελος			
	Watt	Lumen	Kelvin	Διάρκεια ζωής (ώρες)	Ώρες λειτουργίας τον χρόνο	Αριθμός λαμπτήρων	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	Εκτιμώμενο ετήσιο κόστος κατανάλωσης (€)
1	40	360	3.000	1.000	2.548	12	1.223,04	109,16
2	60	560	3.000	1.000	2.548	15	2.293,20	204,67
3	75	850	3.000	1.000	2.548	2	382,20	34,11
4	100	1250	3.000	1.000	2.548	4	1.019,20	90,96
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>						33	4.917,64	438,90

Εικόνα 4.40: Ιδιότητες, εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση και κόστος ετήσιας κατανάλωσης υφιστάμενων λαμπτήρων πυρακτώσεως

Τύπος LED	Ιδιότητες				Όφελος			
	Watt	Lumen	Kelvin	Διάρκεια ζωής (ώρες)	Ώρες λειτουργίας τον χρόνο	Αριθμός λαμπτήρων	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	Εκτιμώμενο ετήσιο κόστος κατανάλωσης (€)
1	5	470	3.000	25.000	2.548	12	152,88	13,64
2	8	710	3.000	30.000	2.548	15	305,76	27,29
3	10	806	3.000	25.000	2.548	2	50,96	4,55
4	12	1055	3.000	25.000	2.548	4	122,30	10,92
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>						33	631,90	56,40

Εικόνα 4.41: Ιδιότητες, εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση και κόστος ετήσιας κατανάλωσης προτεινόμενων λαμπτήρων LED

Όπως προαναφέρθηκε, το κόστος αγοράς των λαμπτήρων LED εκτιμήθηκε στα 151,49 €, κόστος μεγαλύτερο από το αντίστοιχο για λαμπτήρες πυρακτώσεως, οι οποίοι κοστίζουν από 0,50 € έως 1,50 € κατά μέσο όρο. Παρ' όλα αυτά η ετήσια κατανάλωση μειώνεται σημαντικά, επιφέροντας κέρδος από τον πρώτο κιόλας χρόνο τοποθέτησης των λαμπτήρων LED. Το κέρδος από την εξοικονόμηση ενέργειας είναι 382,5 €, αφαιρώντας από αυτό το κόστος κτήσης, έχουμε κέρδος τον πρώτο χρόνο εφαρμογής 231,01€ και 382,5 € για τα επόμενα έτη. Το κόστος αντικατάστασης είναι αμελητέο, καθώς ο χρόνος ζωής των λαμπτήρων LED είναι πολύ μεγάλος.

## 4.5 Συμπεράσματα

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (KWh)	ΕΤΗΣΙΟ ΟΦΕΛΟΣ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (€)	ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ (έτη)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΜΕΠΙΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (έτη)	ΕΚΤΙΜΗΣΗ	ΣΧΟΛΙΑ
Υαλοπίνακες Low-E	958	86	1.800	22	10	Μη συμφέρουσα	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Μικρή μείωση θερμοκρασιών</li> <li>- Μικρό ενεργειακό όφελος, άρα και μικρή ετήσια εξοικονόμηση</li> <li>- Μικρό κόστος επέμβασης, αλλά μη επαρκής απόδοση σε σχέση με χρόνο απόσβεσης</li> </ul>
Εξωτερική θερμομόνωση με σκίαστρα	3.222	288	4.200	14	15-20	Συμφέρουσα	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Μικρή μείωση θερμοκρασιών</li> <li>- Εξασφαλίζουν επαρκές ετήσιο ενεργειακό και οικονομικό όφελος</li> <li>- Αυξημένο αλλά λογικό κόστος επέμβασης</li> <li>- Η επέμβαση θερμομόνωσης, αν τοποθετηθεί σωστά, μπορεί να διαρκέσει 2 ή και τρεις δεκαετίες</li> </ul>
Λαμπτήρες LED	4.286	383	152	0,5	6	Συμφέρουσα	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Τεράστιο ενεργειακό όφελος σε σχέση με το πολύ μικρό κόστος επέμβασης</li> <li>- Καθόλου χρονοβόρα ως προς την τοποθέτηση επέμβαση</li> <li>- Μεγάλη διάρκεια ζωής</li> </ul>
Φωτοβολταϊκό σύστημα	5.873	524	11.000	21	18	Συμφέρουσα	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Μεγάλο ενεργειακό και οικονομικό όφελος, έπειτα από την απόσβεση</li> <li>- Μεγάλη διάρκεια ζωής, όφελος ακόμα και με μειωμένη απόδοση</li> <li>- Εγγυημένη επένδυση στην Ελλάδα λόγω μεγάλου ποσοστού ηλιοφάνειας</li> </ul>

Εικόνα 4.42: Συμπεράσματα που εξήχθησαν από τις τέσσερις επεμβάσεις

Συνεπώς, έγκειται στην ευχέρεια του χρήστη της οικίας να επιλέξει ανάλογα με την επέμβαση που θέλει να κάνει ο χρήστης, το ποσό θέλει να διαθέσει και πόσο ενεργειακό όφελος επιδιώκει να εξοικονομήσει.

## 5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ PVGIS

### 5.1 Παρουσίαση του προγράμματος

Το πρόγραμμα **PVGis** αναπτύχθηκε από το Κέντρο Ερευνών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, JRC (Joint Research Center) κι αποτελεί ένα δωρεάν διαδικτυακό εργαλείο, το οποίο με την συλλογή παγκόσμιων γεωγραφικών και καιρικών δεδομένων, υπολογίζει την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, που τροφοδοτεί με ενέργεια μία εγκατάσταση ή συνδέεται με το δίκτυο διανομής. Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε για τις περιοχές της Ευρώπης, Αφρικής και Ασίας και είναι διαθέσιμο στην αγγλική, ιταλική, γαλλική, ισπανική και γερμανική γλώσσα. Η προσομοίωση επιστρέφει αποτελέσματα σχετικά με την παραχθείσα ενέργεια του συστήματος σε KWh και την συλλογή ηλιακής ενέργειας ανά πανέλο σε KWh/m<sup>2</sup>. [20]

### 5.2 Περιγραφή του προγράμματος

#### 5.2.1 Εισαγωγή δεδομένων στη φόρμα του PVGIS

Η φόρμα του PVGIS αποτελείται από τέσσερις καρτέλες εισαγωγής δεδομένων, με όνομα **PV Estimation**, **Monthly Radiation**, **Daily Radiation** και **Stand-Alone PV**. Κάθε καρτέλα εκτελεί έναν διαφορετικό υπολογισμό και δεν απαιτείται η συμπλήρωση δεδομένων σε κάποια από τις άλλες τρεις καρτέλες. Η κάθε μία συνοδεύεται από έναν βοηθητικό οδηγό, που επεξηγεί το κάθε πεδίο προς συμπλήρωση. Βρίσκεται στο κάτω μέρος κάθε καρτέλας κι εμφανίζεται πατώντας την ένδειξη [help]. Ακολουθεί ανάλυση των καρτελών και παρατίθενται φωτογραφίες με τα δεδομένα που εισήχθησαν για την προσομοίωση του φωτοβολταϊκού συστήματος που προτείνεται.

- **PV Estimation**

Η πρώτη καρτέλα αφορά σε φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο με δίκτυο διανομής ρεύματος (Grid-connected PV). Τα δεδομένα εισάγονται με τη σειρά που φαίνονται στην παρακάτω εικόνα. Πρώτα επιλέγεται η ακτινοβολία από την βάση δεδομένων του συστήματος, ανάλογα με τον τόπο που ενδιαφέρει το χρήστη, Ευρώπη, Ασία ή Αφρική, με τη βοήθεια ενός χάρτη από το πρόγραμμα Google Maps. Έπειτα ο χρήστης επιλέγει τα καιρικά δεδομένα τα οποία θα λάβει υπόψη το πρόγραμμα κατά την προσομοίωση. Υπάρχουν δύο επιλογές, η πρώτη είναι η Climate-SAF PVGIS, που αφορά σε συλλογή δεδομένων από δορυφόρο ενώ η δεύτερη, Classic PVGIS, αφορά σε συλλογή καιρικών δεδομένων από εγκατεστημένο σταθμό. Στην συνέχεια προσδιορίζεται η τεχνολογία του φωτοβολταϊκού, η μέγιστη ισχύς του συστήματος σε KWp και το ποσοστό εκτιμώμενων απωλειών. Στο πεδίο Fixed mounting options εισάγονται δεδομένα για την τοποθέτηση των πανέλων, αν είναι ενσωματωμένα σε κτίριο ή όχι, η κλίση (Slope) με την οποία τοποθετούνται σε μοίρες (°) και ο προσανατολισμός τους (Azimuth) ως προς το Νότο σε μοίρες από -180 έως 180(°). Το 0 αντιστοιχεί στον Νότο, -90 στην Ανατολή και 90 στην Δύση. Στο πεδίο Tracking Options εισάγονται δεδομένα στην περίπτωση που το φωτοβολταϊκό σύστημα διαθέτει μηχανισμό περιστροφής, ώστε να ακολουθεί την πορεία του ηλίου, για μεγιστοποίηση της απόδοσης. Αφού ορισθούν τα αποτελέσματα που επιθυμεί ο χρήστης, δίνεται εντολή να πραγματοποιηθεί η προσομοίωση, πατώντας Calculate.

Η παρούσα μελέτη αφορά σε οικία στην νήσο Μήλο κι επιλέχθηκαν καιρικά δεδομένα από σταθμό συλλογής δεδομένων, ώστε να υπάρχει αντιστοιχία με τα δεδομένα που εξήχθησαν από το EnergyPlus. Στην πρόταση για τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πανέλων στην οροφή της οικίας που μελετάται,

προβλέπεται τοποθέτηση συστήματος 5 KWp, με κλίση 35°, προσανατολισμό νοτιοδυτικό, 38° προς τη Δύση θεωρώντας το 0 τον Νότο και τεχνολογία πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Η απώλεια τίθεται με την default τιμή και η τοποθέτηση είναι σε δώμα (όχι ενσωματωμένη), επί αλουμινένιων βάσεων, μη περιστρεφόμενων.

Εικόνα 5.1: Καρτέλα PV Estimation του υπολογιστικού προγράμματος PVGIS

## • Monthly Radiation

Στη δεύτερη καρτέλα του προγράμματος εισάγονται στοιχεία για τον υπολογισμό της μηνιαίας ηλιακής ακτινοβολίας που συλλέγει το φωτοβολταϊκό σύστημα για περίοδο ενός έτους (Monthly Radiation). Αυτό επιτυγχάνεται με την εισαγωγή δεδομένων για την εκτίμηση της μηνιαίας έκθεσης του φωτοβολταϊκού στην ηλιακή ακτινοβολία (Monthly Global Irradiation Data). Η ποσότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας εξαρτάται από τη γωνία τοποθέτησης του συλλέκτη. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ορίσει τις μοίρες τοποθέτησης των πανέλων ή να τις προσδιορίσει από τις έτοιμες επιλογές του προγράμματος. Ο χρήστης μπορεί να ορίσει στην προσομοίωση την παρουσία αερολυμάτων που εξασθενούν την ηλιακή ακτινοβολία, επιλέγοντας το Linke turbidity. Ουσιαστικά αποτελεί ένα αδιάστατο μέγεθος που ορίζει αν είναι θολή και υγρή η ατμόσφαιρα ή αν είναι καθαρή και ξηρή. Με την επιλογή Dif./ global radiation, η προσομοίωση λαμβάνει υπόψη τη διάχυτη ακτινοβολία, δηλαδή την ακτινοβολία που δεν προέρχεται άμεσα από τον ήλιο, αλλά φτάνει ως αποτέλεσμα σκέδασης από τον αέρα, τα σύννεφα και την ομίχλη. Ο χρήστης μπορεί να ορίσει την επιλογή Optimal inclination angle, με την οποία το πρόγραμμα δίνει ως αποτέλεσμα ένα διάγραμμα ιδανικής γωνίας κλίσης του φωτοβολταϊκού, ανάλογα με το μήνα. Στην συνέχεια επιλέγονται τα στοιχεία για τη θερμοκρασία περιβάλλοντος που επιθυμεί ο χρήστης να λάβει ως αποτέλεσμα από την προσομοίωση, στο πεδίο Monthly ambient temperature data. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τη μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας (δεν λαμβάνει υπόψη τις νυχτερινές θερμοκρασίες) ή/και τη μέση ημερήσια θερμοκρασία (μέση καταγραφή ενός 24ώρου). Η επιλογή Number of heating degree days, δίνει ως αποτέλεσμα ένα διάγραμμα που αθροίζει τη διαφορά της μέσης θερμοκρασίας κάθε

ημέρας του μήνα που έχει θερμοκρασία χαμηλότερη των 18° C από το όριο των 18° C. Πιο συγκεκριμένα, η εν λόγω ανάλυση αφορά στις ημέρες του μήνα που απαιτείται θέρμανση. Το πρόγραμμα θεωρεί πως η ημέρα με μέση θερμοκρασία άνω των 18° C δεν έχει απαιτήσεις θέρμανσης, οπότε για αυτήν η τιμή που προσμετρείται στο συνολικό μηνιαίο άθροισμα είναι μηδενική. Για την ημέρα που έχει θερμοκρασία T κάτω των 18° C, η τιμή που προσμετρείται στο συνολικό άθροισμα είναι (18-T). Το διάγραμμα που προκύπτει είναι αδιάστατο. Τέλος επιλέγονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που ο χρήστης επιθυμεί.

The screenshot shows the PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) web interface. At the top, there are logos for JRC and CM SAF, and the title "Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps". Below this, there are navigation links and flags for various countries. The main interface is divided into several sections:

- Search and Location:** A search bar with a "Search" button. Below it, the latitude (36.756) and longitude (24.511) are displayed. A "Go to lat/lon" button is also present.
- Map:** A map showing the location of the selected site in Greece, with labels for "Plakia", "Adamantas", "Zefiria", and "Molos".
- Settings Panel:**
  - PV Estimation:** Includes tabs for "Monthly radiation", "Daily radiation", and "Stand-alone PV".
  - Monthly global irradiation data:**
    - Radiation database: Classic PVGIS
    - Horizontal irradiation:
    - Irradiation at opt. angle:
    - Direct normal irradiation:
    - Irradiation at chosen angle: 90 deg.
    - Linke turbidity:
    - Dif. / global radiation:
    - Optimal inclination angle:
  - Monthly ambient temperature data:**
    - Average daytime temperature:
    - Daily average of temperature:
    - Number of heating degree days:
  - Output options:**
    - Show graphs:
    - Show horizon:
    - Web page:
    - Text file:
    - PDF:
- Buttons:** A "Calculate" button and a "[help]" link are located at the bottom of the settings panel.

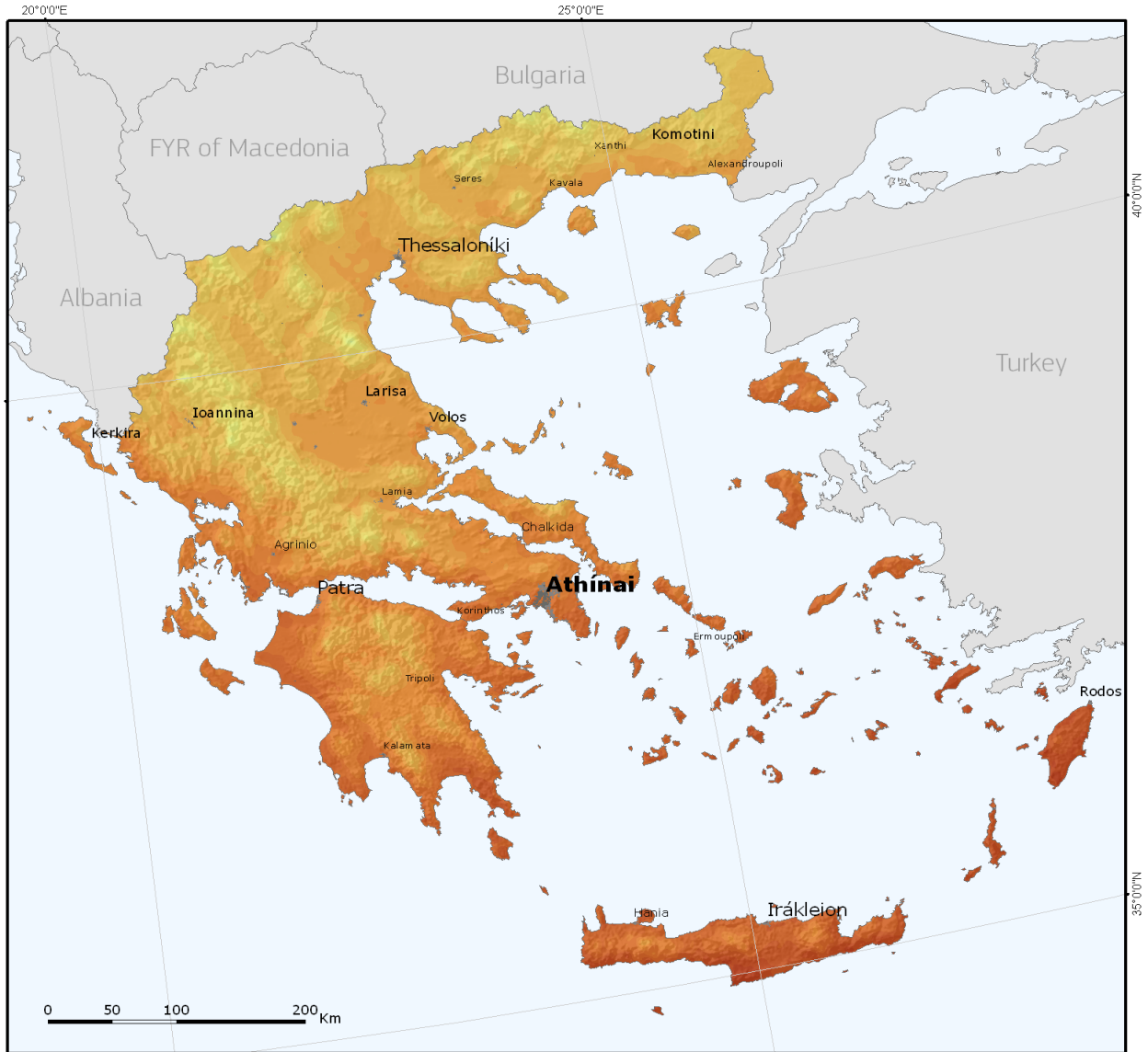
Εικόνα 5.2: Καρτέλα Monthly Radiation του υπολογιστικού προγράμματος PVGIS

Στην ιστοσελίδα του προγράμματος, βρίσκονται δύο φωτογραφίες, οι οποίες απεικονίζουν με χρωματική διαφοροποίηση την ακτινοβολία που συλλέχθηκε από τα φωτοβολταϊκά πάνελ κατά τη διάρκεια ενός έτους σε kWh/m<sup>2</sup> για τοποθέτηση αυτών με γωνία κλίσης 90° και με την βέλτιστης κλίσεως τοποθέτηση, όπως αυτή προκύπτει από την προσομοίωση.

# Global irradiation and solar electricity potential

## Horizontally mounted photovoltaic modules

# GREECE / ΕΛΛΑΔΑ



Yearly sum of global irradiation  
[kWh/m<sup>2</sup>]

1300 1400 1500 1600 1700 1800 1900 2000



975 1050 1125 1200 1275 1350 1425 1500

Urban area  
 Water body

Yearly sum of solar electricity generated by 1kW<sub>p</sub>  
system with performance ratio 0.75  
[kWh/kW<sub>peak</sub>]

Projection: Lambert Azimutal Equal Area, WGS84, lat 52° lon 10°  
Source of ancillary data: CORINE Land Cover  
DTM SRTM-30  
GISCO database  
Geonames  
Natural Earth

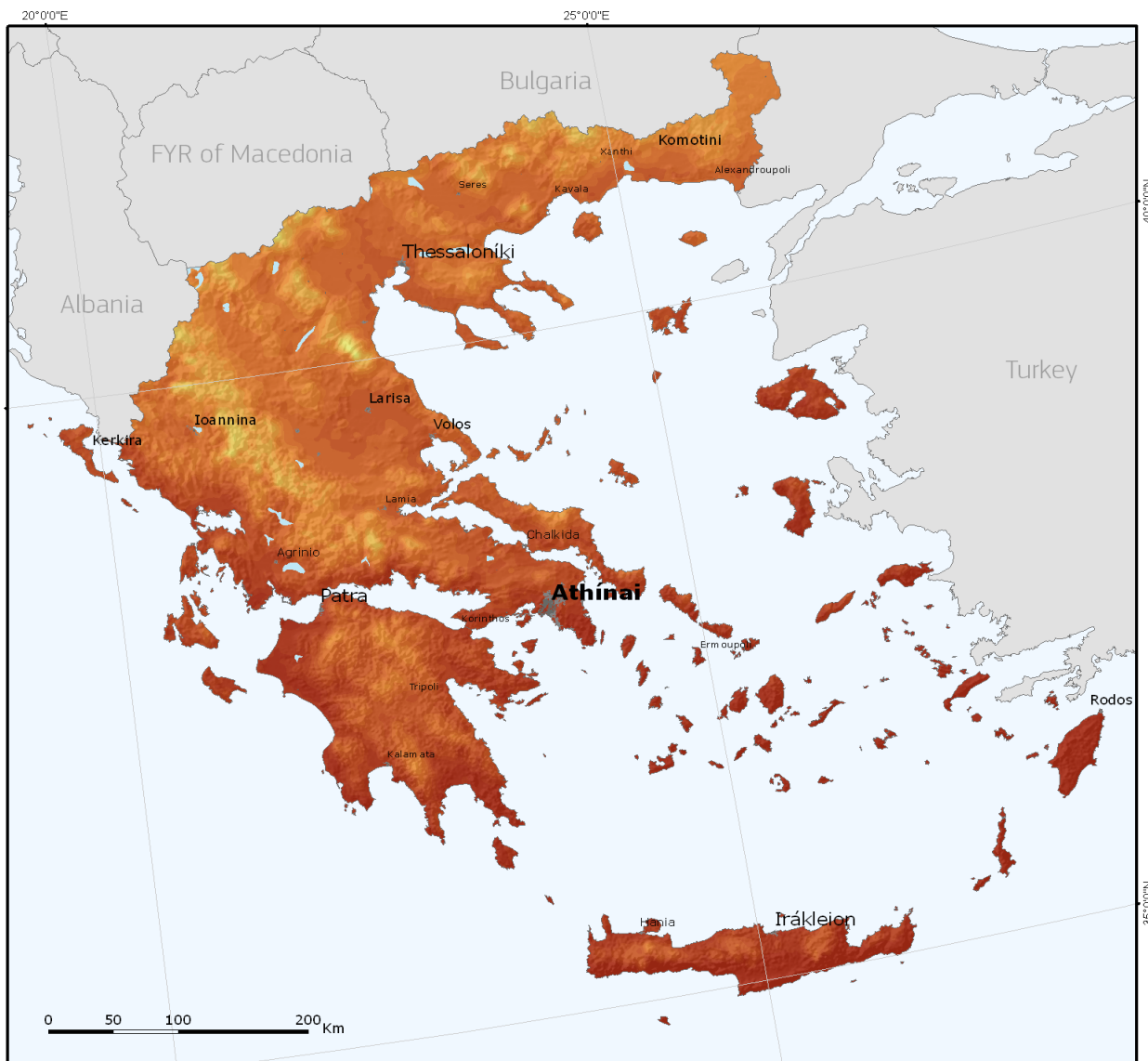
Εικόνα 5.3: Ετήσια ποσότητα καθολικής ακτινοβολίας που συλλέχθηκε από πάνελα τοποθετημένα με κλίση 90° σε kWh/m<sup>2</sup>



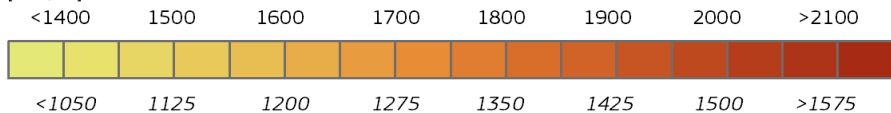
# Global irradiation and solar electricity potential

## Optimally-inclined photovoltaic modules

# GREECE / ΕΛΛΑΔΑ



Yearly sum of global irradiation  
[kWh/m<sup>2</sup>]



Projection: Lambert Azimutal Equal Area, WGS84, lat 52° lon 10°  
Source of ancillary data: CORINE Land Cover, DTM SRTM-30, GISCO database, Geonames, Natural Earth

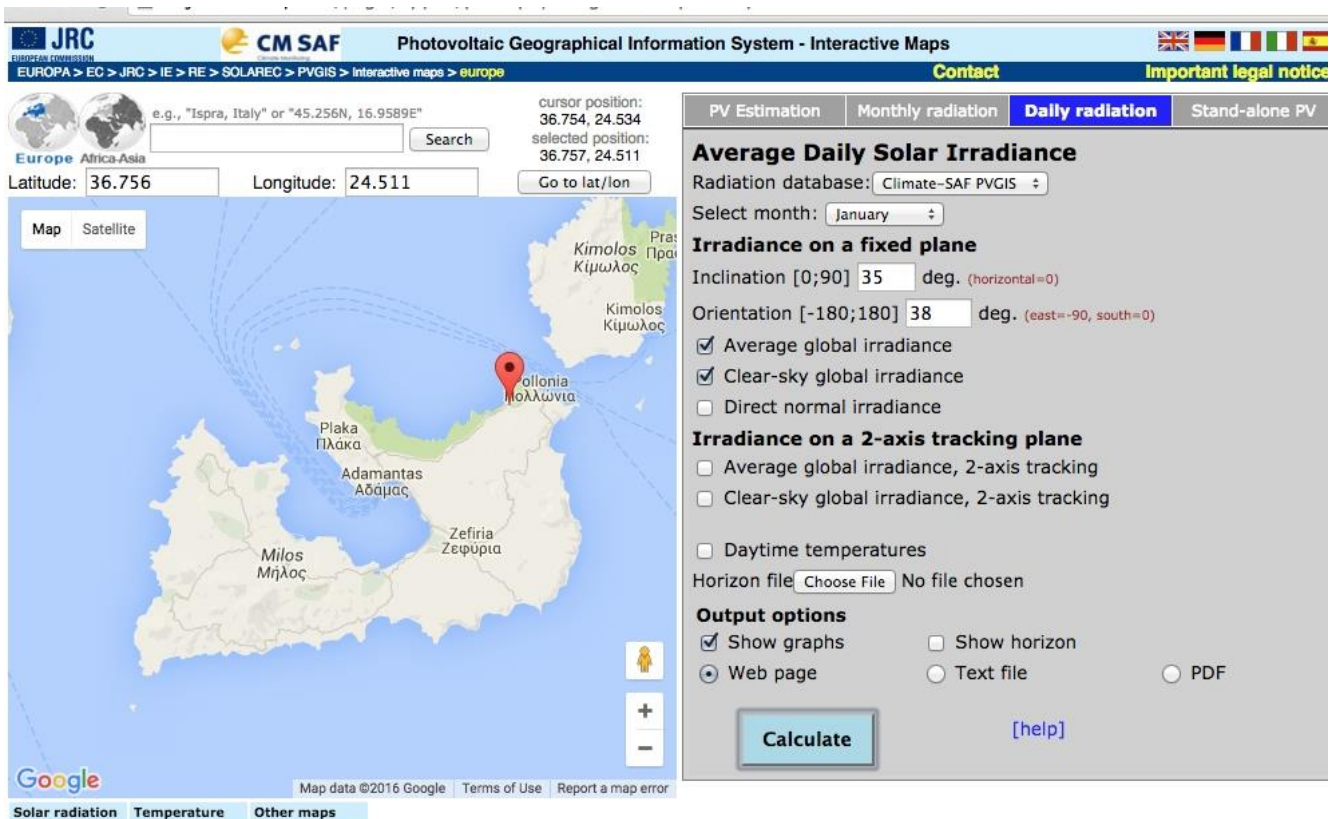
Urban area  
 Water body

Yearly sum of solar electricity generated by 1kW<sub>p</sub> system with performance ratio 0.75 [kWh/kW<sub>peak</sub>]

Εικόνα 5.4: Ετήσια ποσότητα καθολικής ακτινοβολίας που συλλέχθηκε από πάνελα τοποθετημένα με βέλτιστη κλίση σε kWh/m<sup>2</sup>

- **Daily Radiation**

Στην τρίτη καρτέλα του προγράμματος υπολογίζεται η ημερήσια ακτινοβολία που δέχεται το φωτοβολταϊκό σύστημα, για το μήνα που ο χρήστης επιλέγει (Daily Radiation). Για την επίτευξη της προσομοίωσης συλλέγονται στοιχεία για τη μέση ημερήσια έκθεση του φωτοβολταϊκού στην ηλιακή ακτινοβολία (Average Daily Solar Irradiance). Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μεταξύ δύο προφίλ προβολής των αποτελεσμάτων ακτινοβολίας, σε μορφή πίνακα ανά 15 min για μία τυπική ημέρα του μήνα επιλογής (Climate SAF-PVGIS) ή σαν διάγραμμα (Classic PVGIS). Στο πεδίο Irradiance on a fixed plane ορίζεται η κλίση και ο προσανατολισμός μη κινούμενου φωτοβολταϊκού. Στην συνέχεια ορίζεται η καθαρότητα του ουρανού που θα ληφθεί υπόψη για την εκτέλεση της προσομοίωσης. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μεταξύ ουρανού που έχει και παρουσία σύννεφων, αν η προσομοίωση γίνεται για χειμερινούς μήνες, ή καθαρού ουρανού, αν η προσομοίωση εκτελείται για μήνες με έντονη ηλιοφάνεια. Στο πεδίο Irradiance on a 2-axis tracking plane συμπληρώνονται τα ίδια στοιχεία, αλλά για την περίπτωση που το φωτοβολταϊκό είναι κινούμενο. Στην συνέχεια ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αν θέλει να ληφθούν υπόψη οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες για την προσομοίωση. Τέλος ορίζονται οι επιλογές για τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.



Εικόνα 5.5: Καρτέλα Daily Radiation του υπολογιστικού προγράμματος PVGIS

- **Stand-Alone PV**

Στην τέταρτη και τελευταία καρτέλα του προγράμματος γίνεται υπολογισμός της απόδοσης φωτοβολταϊκού συστήματος μη διασυνδεδεμένου με δίκτυο. Το σύστημα αυτό αποτελείται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ, από έναν αντιστροφέα συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο κι από έναν συσσωρευτή που αποθηκεύει ρεύμα για τις ημέρες μειωμένης ηλιοφάνειας. Εισάγεται αρχικά η μέγιστη ισχύς του συστήματος. Στη συνέχεια εισάγονται τα δεδομένα της μπαταρίας, η τάση σε Volt (V) και η χωρητικότητα της σε αμπερώρια (Ah). Ακόμα, για τις μπαταρίες μολύβδου οξέος που χρησιμοποιούνται για φωτοβολταϊκά συστήματα τίθεται ένα κάτω όριο στο ποσοστό

φόρτισης/αποφόρτισης, το οποίο δεν πρέπει να ξεπερνιέται όταν αποφορτίζει η μπαταρία, για τον λόγο του ότι οι συγκεκριμένες μπαταρίες αν αποφορτίζουν πλήρως με μεγάλη συχνότητα, υποβαθμίζονται γρηγορότερα. Μία συνήθης τιμή είναι το 40%, που σημαίνει ότι η μπαταρία δεν αποφορτίζεται κάτω από το 40%. Ο χρήστης έπειτα συμπληρώνει την μέση ημερήσια εκτιμώμενη κατανάλωση της εγκατάστασης που μελετά σε KWh ή έχει τη δυνατότητα να φορτώσει αρχείο με ωριαίες καταναλώσεις, αν επιθυμεί καλύτερη προσέγγιση στο δικό του μοντέλο. Τέλος εισάγονται η κλίση τοποθέτησης του φωτοβολταϊκού και ο προσανατολισμός του κι επιλέγονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Στην παρούσα μελέτη τοποθέτησης φωτοβολταϊκών προτάθηκε σύστημα αποτελούμενο από 21 φωτοβολταϊκά πάνελα ισχύος 230 Watt έκαστο, άρα η μέγιστη ισχύς του συστήματος είναι  $21 \times 230 = 4830$  Watt peak, που ισοδυναμεί πρακτικά με 5 KWp. Τα πάνελα έχουν κλίση  $35^\circ$  και προσανατολισμό  $38^\circ$  προς τη Δύση θεωρώντας ως  $0^\circ$  το Νότο. Η ημερήσια κατανάλωση εκτιμήθηκε 58,4 KWh με το πρόγραμμα EnergyPlus. Τέλος, προτείνεται συσσωρευτής με τάση 12 V και χωρητικότητα 50 αμπερώρια (Ah). Το επιτρεπόμενο κάτω όριο φόρτισης τέθηκε 40%, σύμφωνα με τη default τιμή του προγράμματος. Σημειώνεται ότι στην οικία που μελετάται δεν προβλέπεται αυτόνομη λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος, παρ' όλα αυτά η καρτέλα συμπληρώνεται με τα στοιχεία του εξεταζόμενου μοντέλου για την ολοκληρωμένη περιγραφή του προγράμματος και για τις ανάγκες σύγκρισης των αποτελεσμάτων των δύο προγραμμάτων.

The screenshot displays the 'Stand-alone PV Estimation' interface of the PVGIS system. The top navigation bar includes the JRC and CM SAF logos, and the title 'Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps'. Below the navigation, there are search and location input fields. The map shows the island of Milos with a red pin indicating the location of Polonia. The main form on the right contains the following input fields and options:

- Enter peak PV power: 4830 Wp
- Battery voltage: 12 V
- Capacity: 50 Ah
- Discharge cutoff limit (%): 40
- Enter daily consumption: 58400 Wh
- Optional hourly consumption file: Choose File (No file chosen)
- Module inclination: 35 deg
- Orientation: 0 deg
- Output options:
  - Show graphs:
  - Show horizon:
  - Web page:
  - Text file:
  - PDF:

A 'Calculate' button and a '[help]' link are located at the bottom of the form.

Εικόνα 5.6: Καρτέλα Stand-alone PV Estimation του υπολογιστικού προγράμματος PVGIS

## 5.2.2 Αποτελέσματα της προσομοίωσης ανά καρτέλα

### 5.2.2.1 PV Estimation

- Classic PVGIS

Fixed system: inclination=35°, orientation=38°				
Month	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Jan	10.80	336	2.86	88.6
Feb	12.70	356	3.38	94.7
Mar	15.90	493	4.28	133
Apr	19.90	596	5.39	162
May	21.50	667	5.94	184
Jun	22.90	687	6.42	193
Jul	22.40	694	6.34	197
Aug	21.80	677	6.20	192
Sep	20.20	607	5.67	170
Oct	15.60	483	4.28	133
Nov	10.70	320	2.88	86.4
Dec	9.10	282	2.42	74.9
<b>Yearly average</b>	<b>17.0</b>	<b>516</b>	<b>4.68</b>	<b>142</b>
<b>Total for year</b>		<b>6200</b>		<b>1710</b>

Εικόνα 5.7: Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης από την καρτέλα PV Estimation για εισαγωγή καιρικών δεδομένων από Classic PVGIS

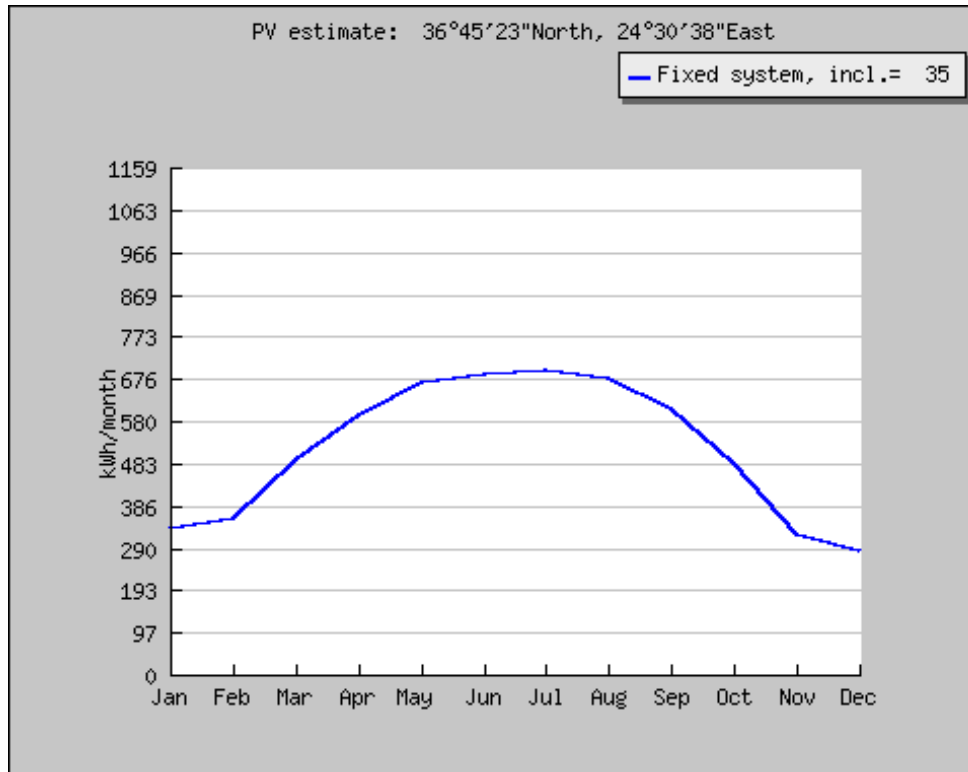
Όπου:

$E_d$ : Μέση ημερήσια παραγόμενη ενέργεια φωτοβολταϊκού συστήματος (kWh)

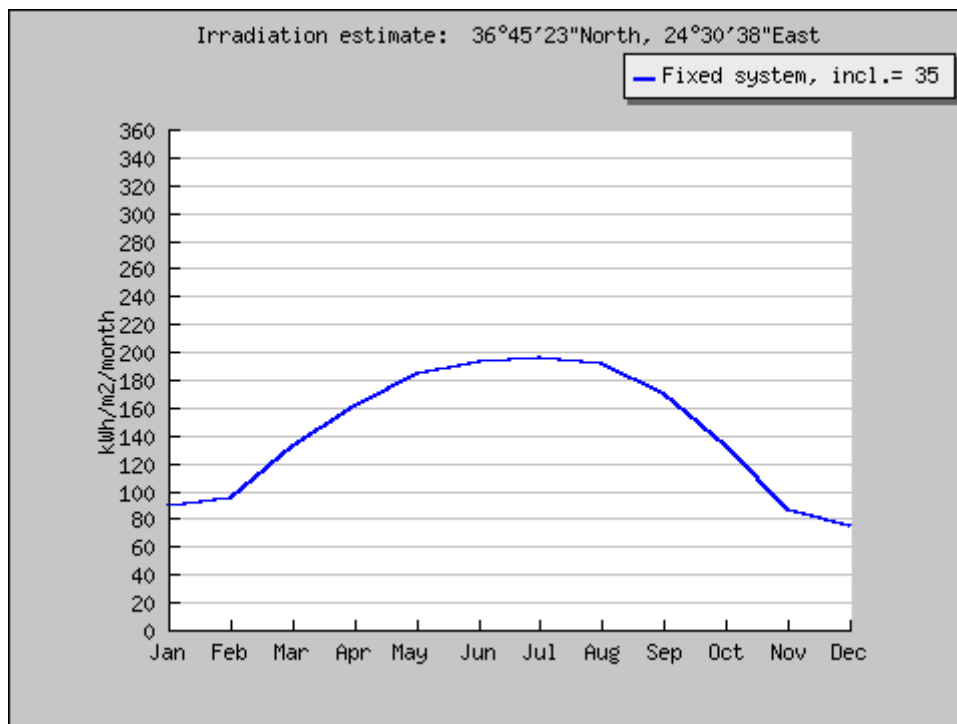
$E_m$ : Μέση μηνιαία παραγόμενη ενέργεια φωτοβολταϊκού συστήματος (kWh)

$H_d$ : Μέση ημερήσια συνολική καθολική ακτινοβολία που συλλέγεται ανά τετραγωνικό μέτρο των πανέλων του συστήματος (kWh/m<sup>2</sup>)

$H_m$ : Μέση μηνιαία συνολική καθολική ακτινοβολία που συλλέγεται ανά τετραγωνικό μέτρο των πανέλων του συστήματος (kWh/m<sup>2</sup>)



Εικόνα 5.8: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας παραγόμενης ενέργειας φωτοβολταϊκού συστήματος για εισαγωγή καιρικών δεδομένων από Classic PVGIS

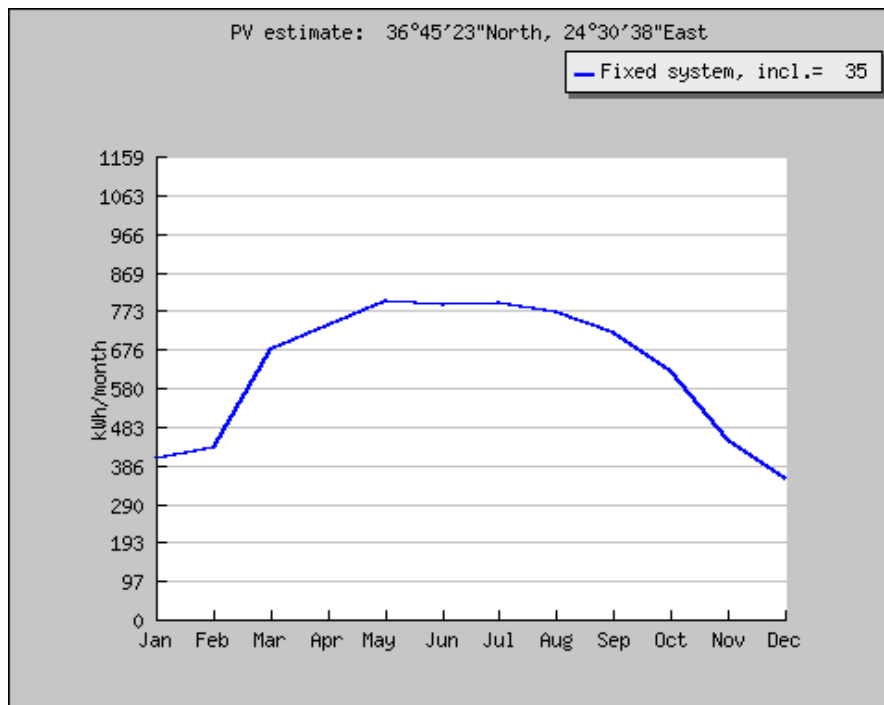


Εικόνα 5.9: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας συνολικής καθολικής ακτινοβολίας που συλλέγεται ανά τετραγωνικό μέτρο των πανέλων του συστήματος για εισαγωγή καιρικών δεδομένων από Classic PVGIS

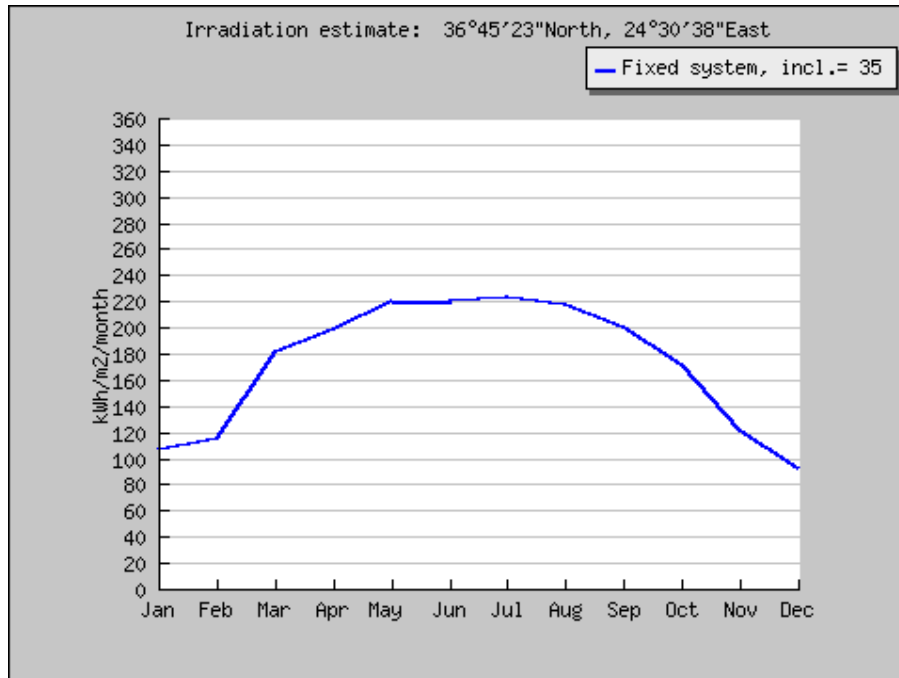
- **Climate-SAF PVGIS**

<b>Fixed system: inclination=35°, orientation=38°</b>				
<b>Month</b>	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Jan	13.00	403	3.42	106
Feb	15.50	434	4.11	115
Mar	21.80	675	5.84	181
Apr	24.50	736	6.64	199
May	25.80	800	7.09	220
Jun	26.30	790	7.35	220
Jul	25.60	793	7.21	224
Aug	24.90	771	7.02	218
Sep	23.90	718	6.68	200
Oct	20.10	623	5.51	171
Nov	15.00	451	4.04	121
Dec	11.30	350	2.99	92.8
<b>Yearly average</b>	<b>20.7</b>	<b>629</b>	<b>5.67</b>	<b>172</b>
<b>Total for year</b>		<b>7540</b>		<b>2070</b>

Εικόνα 5.10: Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης από την καρτέλα PV Estimation για εισαγωγή καιρικών δεδομένων από Climate-SAF PVGIS



Εικόνα 5.11: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας παραγόμενης ενέργειας φωτοβολταϊκού συστήματος για εισαγωγή καιρικών δεδομένων από Climate-SAF PVGIS



Εικόνα 5.12: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας συνολικής καθολικής ακτινοβολίας που συλλέγεται ανά τετραγωνικό μέτρο των πανέλων του συστήματος για εισαγωγή καιρικών δεδομένων από Climate-SAF PVGIS

### 5.2.2.2 Monthly Radiation

Month	$H_h$	$H_{opt}$	$H(90)$	$DNI$	$I_{opt}$	$\Gamma_L$	$D/G$	$\Gamma_D$	$\Gamma_{24h}$	$N_{DD}$
Jan	2380	3650	3580	3210	60	3.9	0.44	13.1	13.1	195
Feb	3160	4350	3760	3740	52	4.0	0.42	12.7	12.8	171
Mar	5030	6130	4330	5280	40	4.7	0.37	14.1	14.2	134
Apr	6400	6890	3570	6700	26	5.0	0.30	15.8	15.9	22
May	7470	7250	2700	7660	12	5.2	0.26	19.0	19.0	0
Jun	8120	7480	2190	8700	5	5.5	0.21	22.8	22.8	0
Jul	7820	7370	2340	8600	8	5.5	0.20	25.1	25.2	0
Aug	7030	7270	3180	8030	20	5.5	0.20	25.5	25.6	0
Sep	5940	7020	4420	7090	35	5.2	0.25	23.5	23.6	0
Oct	4330	5850	4770	5370	49	4.8	0.33	20.6	20.7	14
Nov	2830	4320	4150	3970	58	4.1	0.38	17.6	17.6	77
Dec	2010	3190	3220	2830	61	3.7	0.45	14.6	14.7	154
<b>Year</b>	<b>5220</b>	<b>5910</b>	<b>3510</b>	<b>5940</b>	<b>31</b>	<b>4.8</b>	<b>0.28</b>	<b>18.7</b>	<b>18.8</b>	<b>767</b>

Εικόνα 5.13: Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης από την καρτέλα Monthly Radiation

Όπου:

$H_h$ : Έκθεση σε ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (Wh/m<sup>2</sup>/day)

$H_{opt}$ : Έκθεση σε ακτινοβολία σε βέλτιστα κεκλιμένο επίπεδο (Wh/m<sup>2</sup>/day)

$H(90)$ : Έκθεση σε ακτινοβολία σε κατακόρυφο επίπεδο (Wh/m<sup>2</sup>/day)

$I_{opt}$ : Βέλτιστη κλίση σε μοίρες (°)

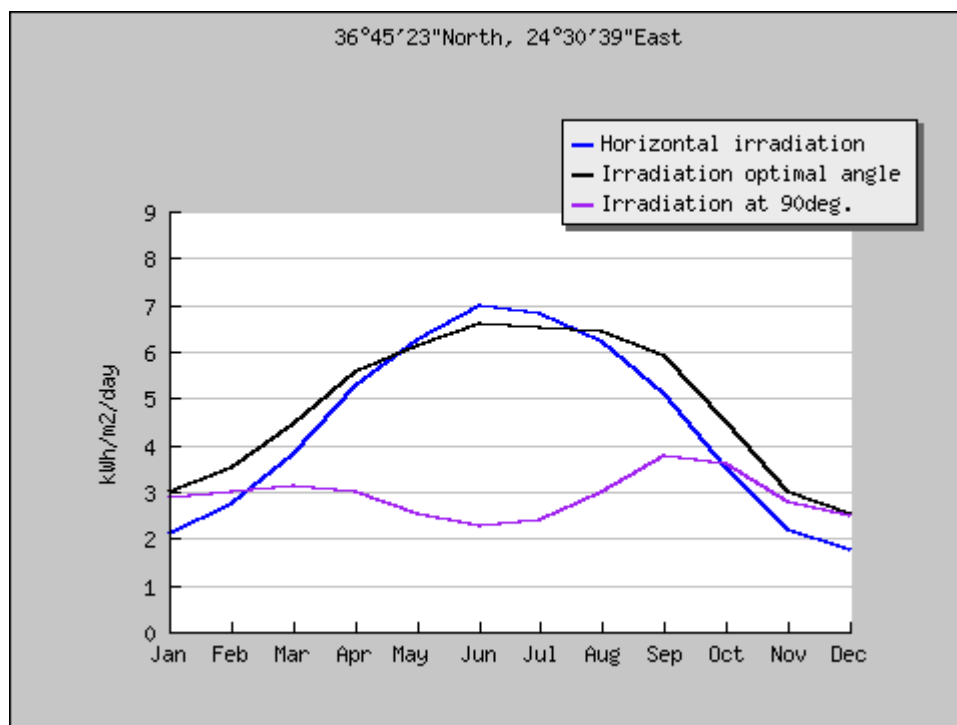
$T_L$ : Θολότητα ατμόσφαιρας (-)

$D/G$ : Αναλογία διάχυτης ακτινοβολίας σε σχέση με την παγκόσμια ηλιακή ακτινοβολία

$T_D$ : Μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας (δεν λαμβάνει υπόψη τις νυχτερινές θερμοκρασίες) (°C)

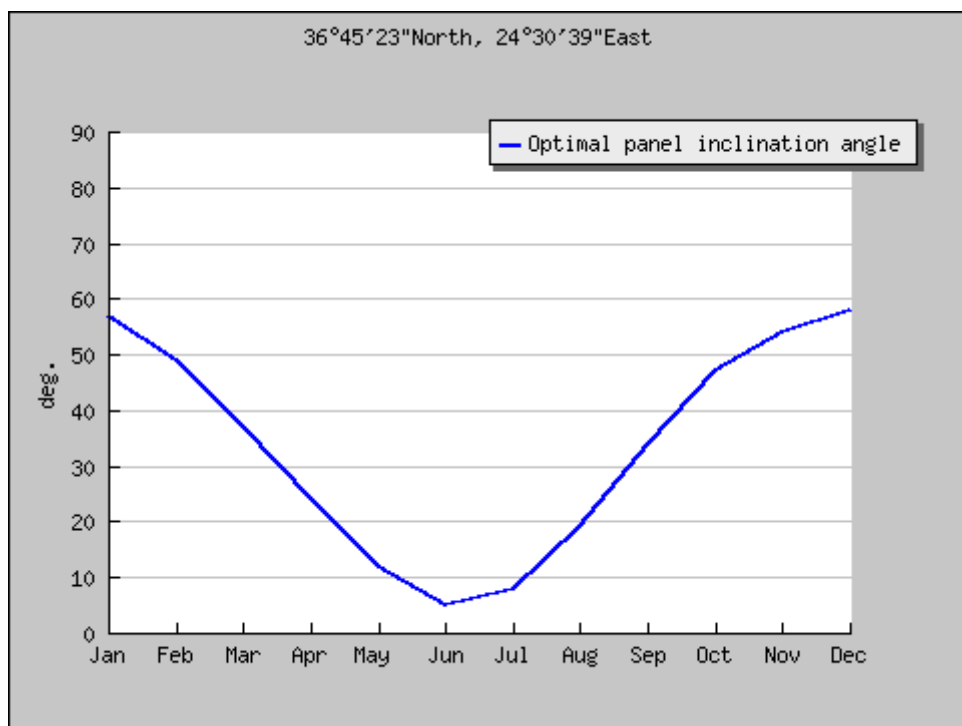
$T_{24h}$ : μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας (μέση καταγραφή ενός 24ώρου) (°C)

$NDD$ : Άθροισμα των διαφορών των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών του μήνα που έχουν θερμοκρασία χαμηλότερη των 18° C από το όριο των 18° C (-)

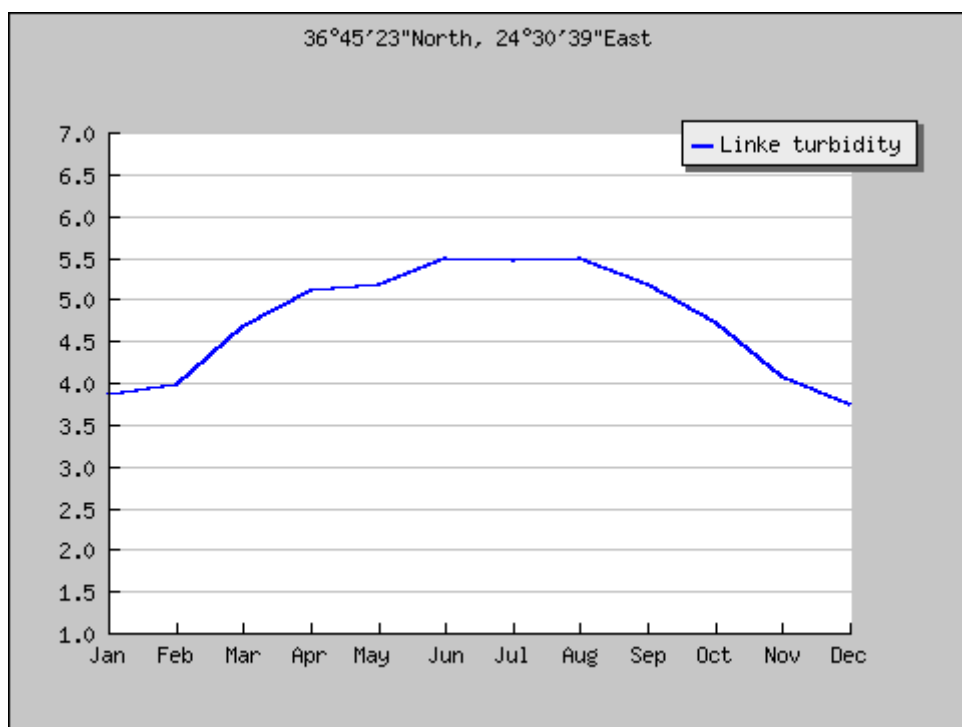


Εικόνα 5.14: Διάγραμμα έκθεσης σε ακτινοβολία σε οριζόντιο (—), βέλτιστα κεκλιμένο(—) και κατακόρυφο επίπεδο ανά μήνα (—)

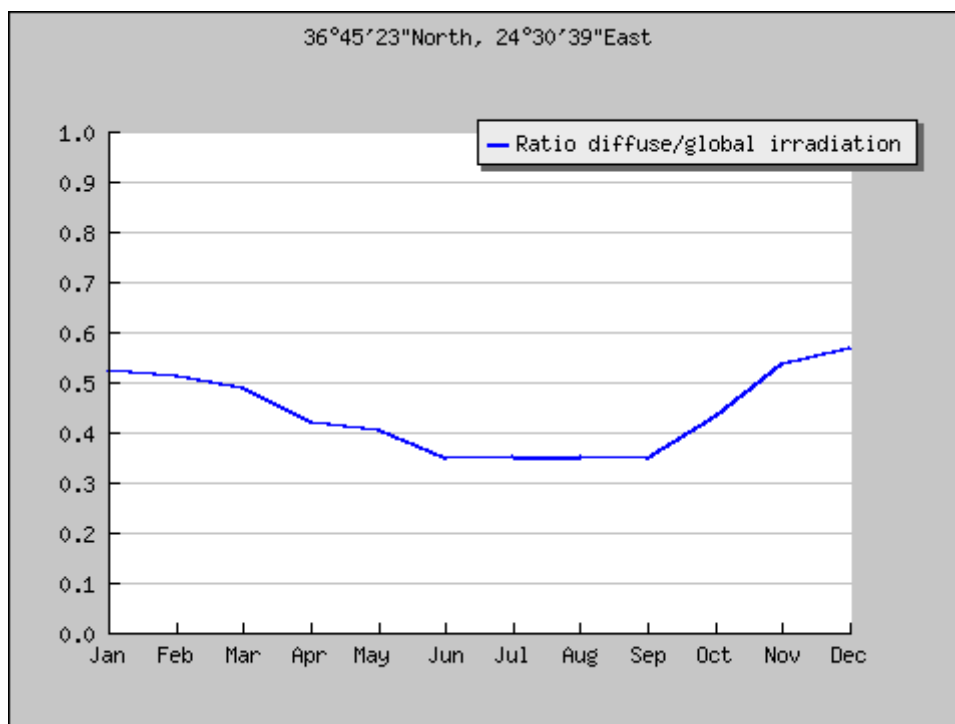




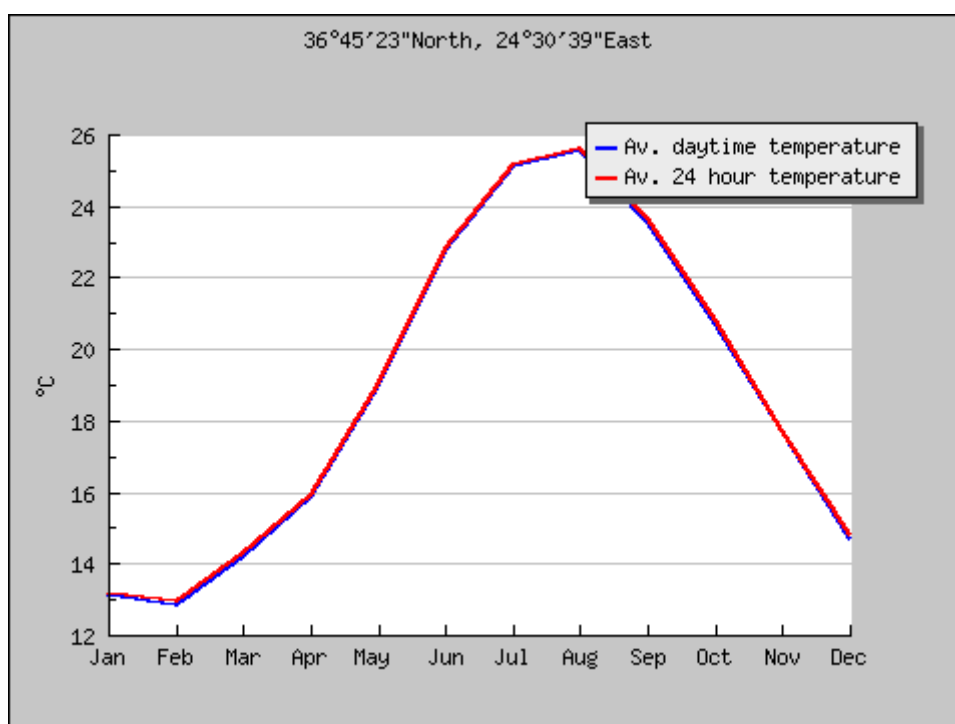
Εικόνα 5.15: Διάγραμμα βέλτιστης κλίσης πανέλων ανά μήνα



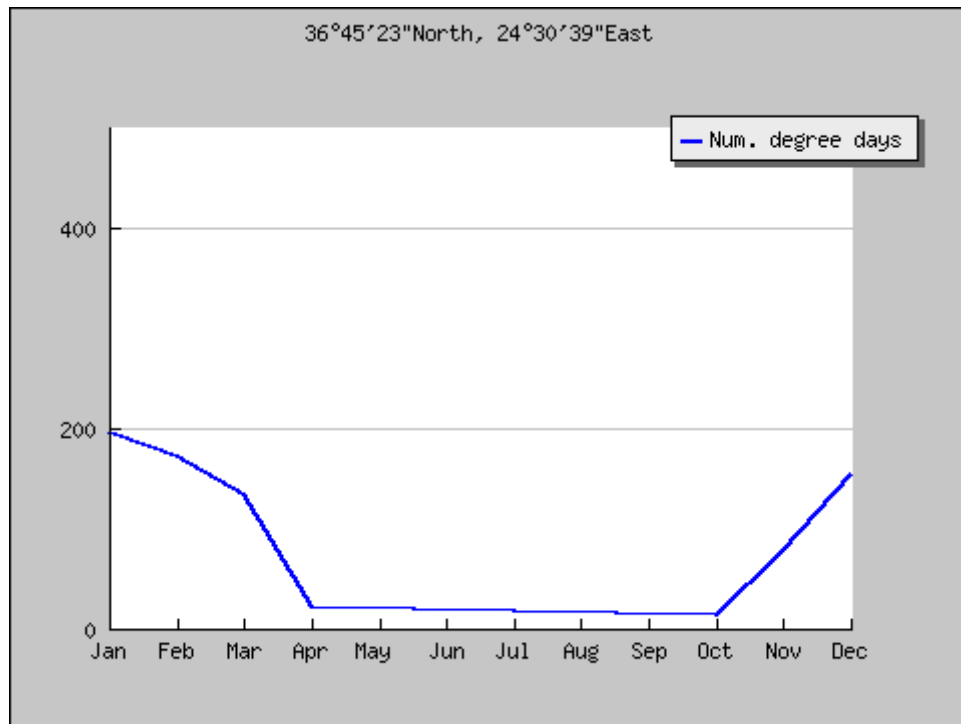
Εικόνα 5.16: Διάγραμμα θολότητας ατμόσφαιρας ανά μήνα



Εικόνα 5.17: Διάγραμμα αναλογίας διάχυτης ακτινοβολίας σε σχέση με την παγκόσμια ηλιακή ακτινοβολία ανά μήνα



Εικόνα 5.18: Διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της ημέρας (—) και κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου ανά μήνα (—)



Εικόνα 5.19: Διάγραμμα αθροίσματος των διαφορών των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών του μήνα που έχουν θερμοκρασία χαμηλότερη των 18° C από το όριο των 18° C

### 5.2.2.3 Daily Radiation

Time	$G$	$G_d$	$G_c$
07:22	27	26	23
07:37	39	39	34
07:52	66	51	66
08:07	96	64	106
08:22	129	76	152
08:37	164	87	201
08:52	200	97	253
09:07	237	107	306
09:22	273	116	359
09:37	308	124	412
09:52	342	132	463
10:07	375	138	512
10:22	405	144	559
10:37	434	150	602
10:52	460	154	643
11:07	483	159	679
11:22	504	162	712
11:37	522	165	740
11:52	537	167	763
12:07	549	169	782
12:22	557	171	795
12:37	562	171	803
12:52	563	172	806
13:07	560	171	803
13:22	554	170	794
13:37	544	168	780
13:52	529	165	759
14:07	511	161	732
14:22	488	157	699
14:37	462	151	660
14:52	431	143	615
15:07	395	135	563
15:22	355	125	505
15:37	311	113	440
15:52	262	99	369
16:07	208	83	291
16:22	147	62	203
16:37	85	36	115
16:52	13	13	11

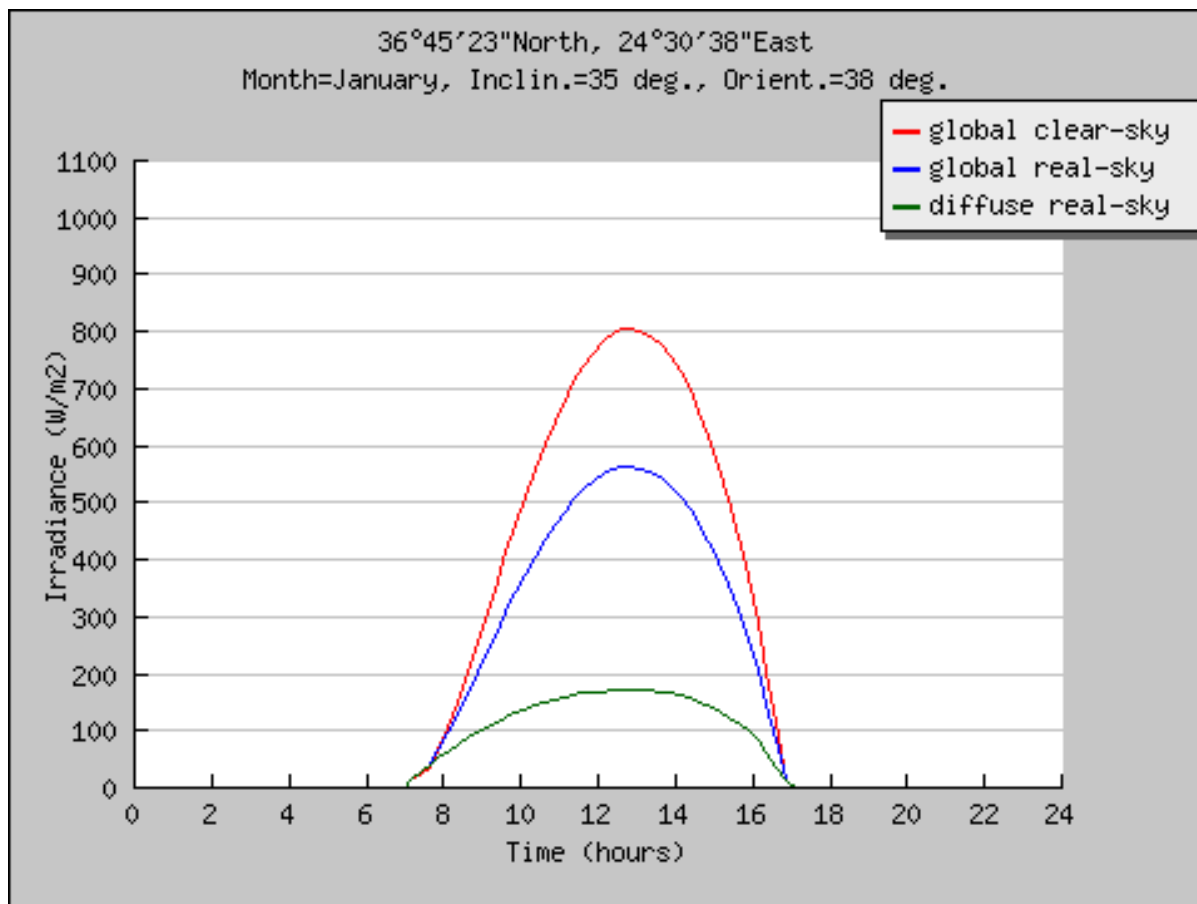
Εικόνα 5.20: Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης από την καρτέλα Daily Radiation

Όπου:

$G$ : Έκθεση σε καθολική ηλιακή ακτινοβολία ρεαλιστικών συνθηκών μη κινούμενων πανέλων φωτοβολταϊκού συστήματος ( $W/m^2$ )

$G_d$ : Έκθεση σε διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία μη κινούμενων πανέλων φωτοβολταϊκού συστήματος ( $W/m^2$ )

$G_c$ : Έκθεση σε καθολική ηλιακή ακτινοβολία με καθαρό ουρανό μη κινούμενων πανέλων φωτοβολταϊκού συστήματος ( $W/m^2$ )



Εικόνα 5.21: Διάγραμμα έκθεσης σε καθολική ηλιακή ακτινοβολία με καθαρό ουρανό (—), σε καθολική ηλιακή ακτινοβολία ρεαλιστικών συνθηκών (—) και σε διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία ρεαλιστικών συνθηκών (—)

#### 5.2.2.4 Stand-Alone PV

Month	$E_d$	$F_f$	$F_e$
Jan	6922	73	100
Feb	8021	78	100
Mar	10564	87	100
Apr	12520	96	100
May	13699	99	100
Jun	14140	100	100
Jul	14228	100	100
Aug	13799	100	100
Sep	12268	96	100
Oct	10250	92	100
Nov	8261	87	100
Dec	6634	70	100
<b>Year</b>	<b>10953</b>		

Εικόνα 5.22: Συγκεντρωτικός πίνακας 1 των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης από την καρτέλα Stand-Alone PV

Όπου:

$E_d$ : Μέση παραγόμενη ενέργεια φωτοβολταϊκού συστήματος (Wh/day)

$F_f$ : Ποσοστό ημερών κάθε μήνα που η μπαταρία είναι πλήρως φορτισμένη (%)

$F_e$ : Ποσοστό ημερών κάθε μήνα που η μπαταρία είναι αφόρτιστη (μέχρι το 40%) (%)

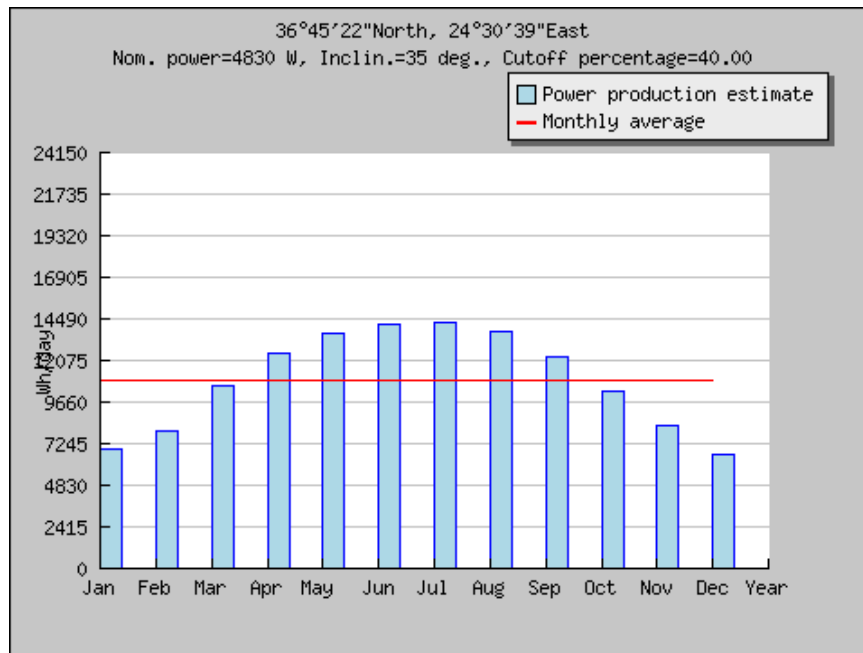
$C_s$	$C_b$
40-46	80
46-52	0
52-58	0
58-64	0
64-70	0
70-76	0
76-82	0
82-88	0
88-94	0
94-100	18

Εικόνα 5.23: Συγκεντρωτικός πίνακας 2 των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης από την καρτέλα Stand-Alone PV

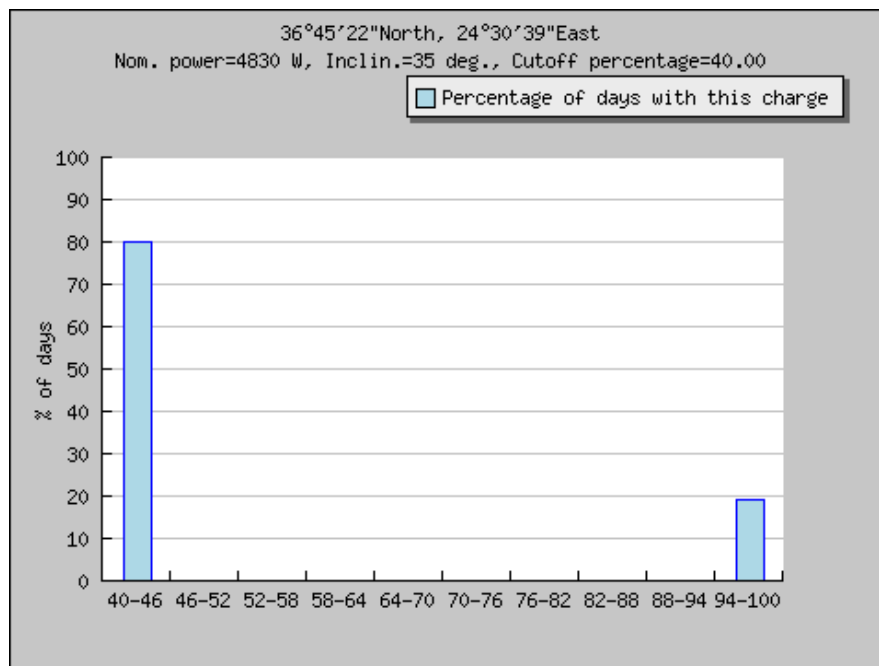
Όπου:

$C_s$ : Ποσοστό φόρτισης του συσσωρευτή στο τέλος κάθε ώρας (ανά 6 μονάδες/ ελάχιστος βαθμός φόρτισης 40%) (%)

C<sub>b</sub>: Ποσοστό ημερών με αυτό το επίπεδο φόρτισης του συσσωρευτή (%)



Εικόνα 5.24: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας παραγόμενης ενέργειας φωτοβολταϊκού συστήματος (■) και μέση τιμή των μηνιαίων καταγραφών (—)



Εικόνα 5.25: Διάγραμμα ποσοστού ημερών ανάλογα με το επίπεδο φόρτισης του συσσωρευτή

### 5.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων προγράμματος PVGIS με αποτελέσματα προγράμματος EnergyPlus

Στην παρούσα ενότητα θα συγκριθούν τα αποτελέσματα της εκτιμώμενης παραγόμενης ενέργειας από το σύστημα φωτοβολταϊκών που προτείνεται να τοποθετηθεί στο δώμα της οικίας, που προέκυψαν

από χρήση του προγράμματος PVGIS και του προγράμματος EnergyPlus. Η προσομοίωση εκτελέστηκε για δύο περιπτώσεις, την διασύνδεση του φωτοβολταϊκού συστήματος με δίκτυο διανομής ρεύματος και το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα.

Για το αυτόνομο σύστημα φωτοβολταϊκών πανέλων το πρόγραμμα PVGIS δίνει αποτελέσματα της εκτιμώμενης κατανάλωσης σε Wh/ ημέρα, ενώ για το διασυνδεδεμένο σε KWh. Το πρόγραμμα EnergyPlus δίνει για κάθε περίπτωση αποτελέσματα σε KWh. Συνοψίζονται τα αποτελέσματα των δύο προγραμμάτων σε KWh.

### 5.3.1 Αποτελέσματα των δύο προγραμμάτων για φωτοβολταϊκό σύστημα διασυνδεδεμένο με δίκτυο διανομής ρεύματος

Ο ορισμός Classic PVGIS ή Climate-SAF PVGIS αφορούν μόνο το πρόγραμμα PVGIS και εισάγονται στην καρτέλα διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος, με το πρώτο να ορίζει τα καιρικά δεδομένα από μετεωρολογικό σταθμό συλλογής δεδομένων, ενώ το δεύτερο συλλέγει στοιχεία από δορυφόρο. Το πρόγραμμα EnergyPlus δεν εκτελεί διαφορετική προσομοίωση για διασυνδεδεμένο ή αυτόματο φωτοβολταϊκό σύστημα, επομένως τα αποτελέσματα που ακολουθούν διαφοροποιούνται μόνο για το PVGIS.

#### 5.3.1.1 Classic PVGIS – Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα

CLASSIC PVGIS		
ΜΗΝΑΣ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΠΑΝΕΛ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (KWh)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΠΑΝΕΛ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ PVGIS (KWh)
Ιανουάριος	318,263	336
Φεβρουάριος	346,426	356
Μάρτιος	467,707	493
Απρίλιος	504,843	596
Μάιος	582,166	667
Ιούνιος	644,103	687
Ιούλιος	685,342	694
Αύγουστος	674,226	677
Σεπτέμβριος	621,473	607
Οκτώβριος	460,908	483
Νοέμβριος	290,338	320
Δεκέμβριος	277,066	282
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	489,405	516,500
ΣΥΝΟΛΟ	5.872,859	6.198

Εικόνα 5.26: Συγκεντρωτικός πίνακας μέσης μηνιαίας παραγόμενης ενέργειας για φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο με δίκτυο διανομής ρεύματος- Συλλογή καιρικών δεδομένων από μετεωρολογικό σταθμό συλλογής



Παρατηρώντας τα αποτελέσματα για διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα έχοντας ορίσει τα καιρικά δεδομένα και στα δύο προγράμματα από σταθμό συλλογής, η διαφορά των αποτελεσμάτων για τα δύο προγράμματα είναι αμελητέα και σε ημερήσια βάση η εκτίμηση του PVGIS προκύπτει γύρω στη 0,9 KWh παραπάνω ανά ημέρα, ποσότητα ασήμαντη, αν λάβει κανείς υπόψη ότι η ημερήσια ελάχιστη παραγωγή για ένα μήνα είναι γύρω στις 7 KWh και η τιμή μπορεί να φτάσει μέχρι και 20 KWh για τους καλοκαιρινούς μήνες, που η απόδοση αυξάνεται λόγω ηλιοφάνειας.

### 5.3.1.2 Climate SAF-PVGIS – Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα

CLIMATE SAF PVGIS		
ΜΗΝΑΣ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΠΑΝΕΛ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (KWh)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΠΑΝΕΛ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ PVGIS (KWh)
Ιανουάριος	318,263	403
Φεβρουάριος	346,426	434
Μάρτιος	467,707	675
Απρίλιος	504,843	736
Μάιος	582,166	800
Ιούνιος	644,103	790
Ιούλιος	685,342	793
Αύγουστος	674,226	771
Σεπτέμβριος	621,473	718
Οκτώβριος	460,908	623
Νοέμβριος	290,338	451
Δεκέμβριος	277,066	351
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	489,405	628,75
ΣΥΝΟΛΟ	5.872,859	7.545

Εικόνα 5.27: Συγκεντρωτικός πίνακας μέσης μηνιαίας παραγόμενης ενέργειας για φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο με δίκτυο διανομής ρεύματος- Συλλογή καιρικών δεδομένων από δορυφόρο

Στα αποτελέσματα της παραγόμενης ενέργειας για συνδεδεμένο σύστημα φωτοβολταϊκών και λήψη καιρικών δεδομένων από δορυφόρο, το πρόγραμμα EnergyPlus δίνει αποτελέσματα μικρότερα από αυτά του PVGIS. Κατά προσέγγιση, τα αποτελέσματα του PVGIS δείχνουν σε ημερήσιο επίπεδο την παραγωγή να αυξάνεται κατά 4,6 KWh. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθούν ορισμένες πληροφορίες για τις δύο μεθόδους καταγραφής. Η Classic PVGIS αποτελεί την παλαιότερη μέθοδο και στηρίζεται σε μία παρεμβολή των μετρήσεων των εγκατεστημένων σταθμών εδάφους. Τα δεδομένα των μετρήσεων των σταθμών αποτελούν μία μακροχρόνια μηνιαία καταγραφή του μέσου όρου της παγκόσμιας και διάχυτης ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο. Το χρονικό διάστημα των δεδομένων είναι 10 χρόνια, από το 1981-1990. Η νεότερη μέθοδος Climate-SAF PVGIS συλλέγει στοιχεία που βασίζονται σε υπολογισμούς από δορυφορικές εικόνες. Η βάση δεδομένων αντιπροσωπεύει συνολικά δεδομένα 12 χρόνων, από το 1998 -2011. Για την Ελλάδα η δεύτερη

μέθοδος δίνει υψηλότερες τιμές παραγόμενης ενέργειας. Η απόκλιση των αποτελεσμάτων στις δύο μεθόδους βασίζεται πιθανώς σε δύο παράγοντες. Η πρώτη μέθοδος χρησιμοποιεί παρεμβολή δεδομένων μεταξύ σταθμών που βρίσκονται γειτονικά στην Ευρώπη. Η εν λόγω μέθοδος δεν μπορεί να δώσει υπερβολικά υψηλές ή χαμηλές τιμές για μεγάλες περιοχές, άρα το σφάλμα πιθανώς βρίσκεται σε κάποιες εσφαλμένες εκτιμήσεις από τους σταθμούς εδάφους. Ο δεύτερος παράγοντας αφορά την κλιματική αλλαγή, η οποία επηρεάζει και την ακτινοβολία, η οποία για τα νέα δεδομένα, από το 1998 μέχρι και 2011, φαίνεται υψηλότερη από ότι για το παλιό σύνολο δεδομένων από το 1981 μέχρι 1990. Είναι πιθανό ότι η συνολική διαφορά προκαλείται από τις δύο αυτές επιδράσεις.

### 5.3.2 Αποτελέσματα των δύο προγραμμάτων για αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα

ΜΗΝΑΣ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΠΑΝΕΛ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (KWh)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΠΑΝΕΛ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ PVGIS (KWh)
Ιανουάριος	318,263	214,923
Φεβρουάριος	346,426	252,588
Μάρτιος	467,707	327,484
Απρίλιος	504,843	375,6
Μάιος	582,166	424,669
Ιούνιος	644,103	424,2
Ιούλιος	685,342	441,068
Αύγουστος	674,226	427,769
Σεπτέμβριος	621,473	368,04
Οκτώβριος	460,908	317,75
Νοέμβριος	290,338	247,83
Δεκέμβριος	277,066	205,654
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	489,405	335,63125
ΣΥΝΟΛΟ	5.872,859	4.027,575

Εικόνα 5.28: Συγκεντρωτικός πίνακας μέσης μηνιαίας παραγόμενης ενέργειας για αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα.

Στο αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι το πρόγραμμα EnergyPlus που δίνει μεγαλύτερη εκτίμηση κατανάλωσης, προσεγγιστικά 5 KWh παραπάνω ανά ημέρα.

Για το πρόγραμμα PVGIS, ο υπολογισμός της απόδοσης του συστήματος βασίζεται σε ωριαίες τιμές της ακτινοβολίας στη δεδομένη τοποθεσία για μια περίοδο 5 ετών (2007-2011). Υποθέτουμε μια αναλογία απόδοσης της τάξης του 70% για το σύστημα. Αυτό σημαίνει ότι σε σύγκριση με τη θεωρητική παραγωγή ενέργειας του φωτοβολταϊκού συστήματος για ένα δεδομένο επίπεδο ακτινοβολίας, το 70% αυτής της ενέργειας θα αποθηκεύεται πρακτικά στο συσσωρευτή. Το υπόλοιπο χάνεται λόγω της μικρότερης απόδοσης του συστήματος σε υψηλές θερμοκρασίες, λόγω των απωλειών στην φόρτιση της μπαταρίας και λόγω των ατελειών στην αντιστοιχία πραγματικής απόδοσης. Η προσομοίωση στο PVGIS για το μη διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα

αντιπροσωπεύει ένα σύστημα με την τάση του να συνδέεται με φορτιζόμενο συσσωρευτή, για τον οποίο αναπτύσσεται ένα απλό σύστημα ελέγχου του ποσοστού αποφόρτισης. Η προσομοίωση με το πρόγραμμα PVGIS δεν λαμβάνει υπ' όψιν σύνδεση του συστήματος με μετατροπέα.

Ωστόσο, το EnergyPlus δεν εκτελεί προσομοίωση φωτοβολταϊκού συστήματος αν δεν οριστεί στα δεδομένα της υποκατηγορίας Electric Load Center: Distribution μία συσκευή μετατροπής του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο. Η παρουσία μετατροπέα είναι ούτως ή άλλως απαραίτητη ώστε να χρησιμοποιήσει η εγκατάσταση την παραγόμενη ενέργεια, είτε το σύστημα είναι διασυνδεδεμένο, είτε είναι αυτόνομο.

### 5.3.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Σχετικά με το EnergyPlus, όπως προαναφέρθηκε δεν διαχωρίζει κατά την προσομοίωση εκτίμησης της παραγόμενης ενέργειας φωτοβολταϊκού συστήματος αν αυτό είναι διασυνδεδεμένο ή αυτόνομο.

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι υπολογισμού της παραγόμενης ενέργειας, Simple Model, Equivalent One-Diode Model και Sandia Photovoltaic Performance Model. Η πρώτη εξ' αυτών, η οποία χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα μελέτη, είναι και η απλούστερη, αφού λαμβάνει υπ' όψιν τις λιγότερες μεταβλητές. Εισάγονται στοιχεία από το χρήστη για τα χαρακτηριστικά και την απόδοση των πανέλων, την στοίχιση (σειρές και στήλες), αλλά δεν εισάγονται δεδομένα τοποθέτησης, όπως κλίση και προσανατολισμός, στο πεδίο που αφορά τα πάνελα. Μπορεί ο χρήστης να το εισάγει έμμεσα, θεωρώντας ότι αυτό ενσωματώνεται επί κεκλιμένης επιφάνειας, ορίζοντας εκεί κλίση και προσανατολισμό, όπως ορίστηκε στην παρούσα εργασία. Αντίστοιχα, η δεύτερη είναι ακριβέστερη από την πρώτη και ο χρήστης εισάγει την τεχνολογία του πανέλου κι έτσι το πρόγραμμα συμπληρώνει αυτόματα τα χαρακτηριστικά και την απόδοση. Η παρούσα μέθοδος συνεκτιμά και τη κλίση τοποθέτησης σε σχέση με την εκτιμώμενη παραγωγή. Η ακριβέστερη όλων είναι η τρίτη μέθοδος, αφού αυτή συνεκτιμά κλιματικά δεδομένα και προσανατολισμό ηλίου, την διάχυτη ακτινοβολία, προσανατολισμό πανέλων, εξωτερική θερμοκρασία, ταχύτητα αέρα και υψόμετρο. Σημειώνεται ότι και οι τρεις μέθοδοι λαμβάνουν δεδομένα για το κλίμα, τον ουρανό και τις σκιάσεις. Στην παρούσα προσομοίωση, στην υποκατηγορία Sizing Period Day τέθηκε το μοντέλο υπολογισμού ηλιακής ακτινοβολίας ASHRAE Clear Sky.

Όσον αφορά στο πρόγραμμα PVGIS, είναι ένα σαφώς απλούστερο εργαλείο, το οποίο επικεντρώνεται στον υπολογισμό της ενέργειας φωτοβολταϊκού συστήματος. Παρ' όλα αυτά συνεκτιμά όλες τις παραμέτρους που επηρεάζουν την παραγόμενη ενέργεια, λαμβάνοντας υπόψη δεδομένα των χαρακτηριστικών και τοποθέτησης του πανέλου, αλλά και παράγοντες που επηρεάζουν την ακτινοβολία, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω.

Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας των παραμέτρων που λαμβάνουν υπόψη τα προγράμματα.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ/ΔΕΔΟΜΕΝΑ	PVGIS		ENERGYPLUS / Simple PV Performance
	PV estimation	Stand alone PV	
Μέγιστη ισχύς φωτοβολταϊκού συστήματος (Wp)	✓	✓	✓
Τάση συσσωρευτή (Volt)	✗	✓	✓
Χωρητικότητα συσσωρευτή (Ah)	✗	✓	✓
Κάτω όριο αποφόρτισης (%)	✗	✓	✓
Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας	✗	✓	✗
	δεν επηρεάζει αποτελέσματα	επηρεάζει αποτελέσματα	δεν επηρεάζει αποτελέσματα
Κλίση φωτοβολταϊκών πανέλων (°)	✓	✓	✓
Προσανατολισμός	✓	✓	✓
Βάση στερέωσης (ενσωματωμένο-αποσυνδεδεμένο)	✓	✗	✓
Στοιχίση πανέλων	✗	✗	✓
Ποσοστό ενεργών κυψελών πανέλου (%)	δεν εισάγεται στα δεδομένα αλλά λαμβάνεται υπ' όψιν χονδρικά	δεν εισάγεται στα δεδομένα αλλά λαμβάνεται υπ' όψιν χονδρικά	✓
Αντιστροφέας συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο	✗	✗	✓
Διανομή ηλεκτρικού ρεύματος	✗	✗	✓
Κλιματικά δεδομένα	✓	✓	✓
Άμεση ηλιακή ακτινοβολία	✓	✓	✓
Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία (Diffuse)	✓	✓	✓
Απόδοση του συνολικού συστήματος	ουσιαστικά λαμβάνονται υπ' όψιν οι εκτιμώμενες απώλειες του συστήματος	✓	λαμβάνεται υπ' όψιν στον αλγόριθμο υπολογισμού

Εικόνα 5.29: Συγκενρωτικός πίνακας παραμέτρων προσομοίωσης προγραμμάτων PVGIS και EnergyPlus

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Από το σύνολο της μελέτης συμπεραίνει κανείς ότι ο Βιοκλιματικός σχεδιασμός εξαρτάται από ένα εύρος παραμέτρων, ανάλογα με την μέθοδο που επιλέγει κανείς να εφαρμόσει και τα αποτελέσματα που επιδιώκει να προσεγγίσει. Η παρούσα μελέτη αποτελεί Βιοκλιματικό ανασχεδιασμό σε 12ετή οικία, επομένως η πρώτη κι απαραίτητη ενέργεια είναι η καταγραφή των χαρακτηριστικών της υφιστάμενης κατάστασης της οικίας, με χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος SketchUp. Σκοπός της εργασίας είναι να προτείνει βιοκλιματικές λύσεις που θα εξοικονομήσουν ενέργεια και συνεπώς θα μειώσουν το κόστος κατανάλωσης, αλλά θα είναι και φιλικότερες προς το περιβάλλον. Οι λύσεις που προτάθηκαν είναι η αντικατάσταση των υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής, η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης και η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πανέλων. Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την εκτέλεση της κάθε προσομοίωσης είναι το πρόγραμμα EnergyPlus. Μία ακόμα κερδοφόρα, ενεργειακά και οικονομικά, πρόταση αποτελεί η αντικατάσταση του υπάρχοντος φωτισμού με φωτισμό τεχνολογίας LED. Τέλος, για τις ανάγκες πολύπλευρης προσέγγισης των προτάσεων και σύγκρισης των αποτελεσμάτων, χρησιμοποιείται ένα ακόμα εργαλείο για την εκτέλεση προσομοίωσης της εξοικονόμησης ενέργειας από την τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος, το PVGIS.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας χωρίζονται σε δύο μέρη. Το **πρώτο κομμάτι** αφορά τα αποτελέσματα των τεσσάρων προτεινόμενων επεμβάσεων και κατά πόσον η κάθε μία επιφέρει ενεργειακά ή/και οικονομικά οφέλη στην οικία, καθώς επίσης εξετάζεται το κομμάτι της θερμοκρασιακής μεταβολής. Το **δεύτερο κομμάτι** συμπερασμάτων αφορά στα αποτελέσματα που εξήχθησαν από τα προγράμματα EnergyPlus και PVGIS για τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος, κι εστιάζει στη σύγκριση των παραμέτρων που χρησιμοποιεί κάθε πρόγραμμα και στα αποτελέσματα που προκύπτουν.

Οι επεμβάσεις που προτάθηκαν για τον βιοκλιματικό ανασχεδιασμό της υπό μελέτη οικίας είναι η αντικατάσταση των υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (low-emissivity), η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης κελύφους και η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πανέλων στην οροφή του δώματος της οικίας, καθώς επίσης η αντικατάσταση του υφιστάμενου ηλεκτροφωτισμού με φωτισμό τεχνολογίας LED. Κρίνοντας από τα αποτελέσματα της τοποθέτησης υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής, η θερμοκρασία στο εσωτερικό της οικίας μειώνεται ελάχιστα σε όλες τις ζώνες άρα επιτυγχάνεται μικρή ενεργειακή εξοικονόμηση. Παρ' όλα αυτά η εν λόγω επέμβαση κρίνεται ασύμφορη οικονομικά, διότι αποσβένεται σε 22 χρόνια και το ετήσιο όφελος ανέρχεται στα 85 € / έτος. Η εφαρμογή θερμομόνωσης στο νοτιοδυτικό κτιριακό κέλυφος της οικίας, σε συνδυασμό με την τοποθέτηση σκιάστρων, επιτυγχάνει μικρή μείωση της θερμοκρασίας σε όλες τις ζώνες. Για την εφαρμογή όμως της θερμομόνωσης είναι απαραίτητη η χρήση σκιάστρων και ο συνεχής αερισμός της οικίας τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτό πιθανώς αποτελεί δείγμα του ότι η περιοχή της οικίας έχει σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, οι οποίες σε συνδυασμό με την έντονη ηλιοφάνεια του ελληνικού χώρου, καθιστούν την εφαρμογή θερμομονωτικού κελύφους μία σχετικά ασύμφορη λύση ως προς τη θερμική άνεση, αφού οι θερμοκρασίες δεν μειώνονται επαρκώς σε σχέση με το κόστος της επέμβασης. Από ενεργειακής, όμως, απόψεως το κέρδος δεν είναι αμελητέο, καθώς η απόσβεση της επένδυσης

εκτιμάται στα 14 χρόνια, με ετήσιο οικονομικό όφελος 287,554 €. Τα φωτοβολταϊκά πανέλα δεν σχετίζονται με το εσωτερικό της οικίας, άρα δεν επιφέρουν κάποια αλλαγή στην αισθητή θερμότητα. Σε σχέση με τις προαναφερθείσες προτάσεις, αυτή είναι η προσφορότερη ενεργειακά και οικονομικά., αφού εξοικονομεί ετησίως 524,153 € και η απόσβεση πραγματοποιείται σε διάστημα 21 χρόνων. Ακόμα, η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών επί ελληνικού εδάφους αποτελεί μία επένδυση η οποία θα επιφέρει βέβαιο κέρδος λόγω του μεγάλου ποσοστού ηλιοφάνειας και του μεγάλου χρόνου ζωής των φωτοβολταϊκών πανέλων, παρά το υψηλό κόστος κτήσης. Τέλος, η αντικατάσταση όλων των λαμπτήρων της οικίας αποτελεί την πιο συμφέρουσα όλων, λόγω του πολύ μικρού κόστους εφαρμογής, το οποίο είναι 151,49 €, αλλά και της ετήσιας εξοικονόμησης που εκτιμάται 382,5 €. Ακόμα, οι λαμπτήρες τεχνολογίας LED έχουν μεγάλο χρόνο ζωής, καθώς πρακτικά δεν καίγονται ποτέ, αλλά επηρεάζεται το ποσοστό απόδοσης φωτεινότητας με την πάροδο των ετών. Οι λάμπες LED αποδίδουν μικρό θερμικό φορτίο σε σχέση με συμβατικούς λαμπτήρες, μην επιβαρύνοντας έτσι τη θερμική άνεση των χρηστών. Κατά την εκτίμηση των μελετητών, οι δύο τελευταίες προτάσεις αποδίδουν σε μεγαλύτερο βαθμό στις ανάγκες της οικίας και σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά της, είτε ξεχωριστά είτε σε ταυτόχρονη εφαρμογή. Είναι πάντα στην ευχέρεια του χρήστη να επιλέξει τι τον συμφέρει οικονομικά στην παρούσα φάση και σε βάθος χρόνου.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων που επέφεραν τα προγράμματα PVGIS και EnergyPlus πραγματοποιήθηκε για φωτοβολταϊκό σύστημα διασυνδεδεμένο σε δίκτυο και για αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα. Τα δύο προγράμματα έδωσαν αποτελέσματα με πολύ μικρή απόκλιση για σύστημα συνδεδεμένο σε δίκτυο διανομής ρεύματος και λήψη καιρικών δεδομένων από μετεωρολογικό σταθμό. Για την περίπτωση που τα δεδομένα καιρού λαμβάνονται από δορυφόρο στο πρόγραμμα PVGIS, τότε τα αποτελέσματα αυτού παρουσιάζονται αυξημένα κατά 4,6 KWh ημερησίως. Τέλος, για το αυτόνομο σύστημα το πρόγραμμα EnergyPlus δίνει αυξημένη τιμή παραγωγής, 5 KWh περισσότερη ημερήσια κατανάλωση έναντι των αποτελεσμάτων του PVGIS.

Συνοψίζοντας τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται σε κάθε πρόγραμμα κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης στον πίνακα της εικόνας 5.27 και λαμβάνοντας υπ' όψιν τις διαφορές στις τιμές που προέκυψαν στα παραπάνω αποτελέσματα, συνειδητοποιεί κανείς ότι είναι στην ευχέρεια του μελετητή η επιλογή του προγράμματος, ανάλογα με την επιδιωκόμενη ακρίβεια ή την μεταβλητή στην οποία θέλει να εστιάσει. Σαφώς, η επιλογή προγράμματος σχετίζεται και με την προγραμματιστική γνώση του μελετητή, καθώς το EnergyPlus είναι ένα πολύ πιο σύνθετο πρόγραμμα, με πολλές παραμέτρους που πρέπει να εισαχθούν, οι οποίες αφορούν συνολικά μία εγκατάσταση. Το PVGIS είναι ένα περιεκτικό υπολογιστικό εργαλείο, που εστιάζει μόνο στο κομμάτι των φωτοβολταϊκών και απαιτεί την εισαγωγή λίγων αλλά βασικότατων παραμέτρων, οι οποίες δεν απαιτούν από το χρήστη να γνωρίζει πολλές τεχνικές λεπτομέρειες, πέραν των βασικών, κάτι που δεν συμβαίνει αντίστοιχα στο EnergyPlus. Πολλοί συντελεστές λαμβάνονται υπόψη από το πρόγραμμα PVGIS κατά την προσομοίωση με έναν προσεγγιστικό τρόπο που βασίζεται σε εμπειρικά και πειραματικά αποτελέσματα. Το πρόγραμμα αυτό ανανεώνει τα δεδομένα και τις μεθόδους συλλογής δεδομένων, προσεγγίζοντας όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια στα αποτελέσματά του.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η οικία που μελετήθηκε αποτέλεσε για χρόνια εξοχική κατοικία, της οποίας τώρα οι ανάγκες διαφοροποιούνται με σκοπό να μετατραπεί σε μία μόνιμη οικία. Η παρούσα μελέτη εκπονήθηκε με στόχο να προσεγγίσει τις νέες ανάγκες, συνδυάζοντας την άνεση των χρηστών της οικίας, το οικονομικό όφελος και την φιλική προς το περιβάλλον συμπεριφορά του κτιρίου. Η περιοχή της οικίας, το νησί της Μήλου, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον από γεωθερμική άποψη. Η Μήλος διαθέτει μεγάλο γεωθερμικό πεδίο, το οποίο παραμένει ανεκμετάλλευτο, κυρίως λόγω της έντονης διαφωνίας των κατοίκων, άποψη η οποία σχηματίστηκε από ένα ατυχές γεγονός έκλυσης υδρόθειου στην ατμόσφαιρα από εγκατεστημένη μονάδα το 1986. Η εν λόγω μονάδα λειτούργησε 2 χρόνια πιλοτικά, καλύπτοντας τις συνολικές ανάγκες του νησιού και στην συνέχεια διεκόπη η λειτουργία της. Έκλυση υδρόθειου προκλήθηκε και το 1993, λόγω θραύσης σωλήνωσης σε μία από τις γεωτρήσεις της πιλοτικής μονάδας, η οποία αντιμετωπίστηκε με τοποθέτηση πωμάτων στις γεωτρήσεις. Από ερευνητικές γεωφυσικές μετρήσεις που έγιναν τα τελευταία χρόνια στη Μήλο, προέκυψε ότι στο Ανατολικό κομμάτι του νησιού θα μπορούσε να αναπτυχθεί γεωθερμοηλεκτρικός σταθμός, ο οποίος θα έχει αυξημένη αξιοπιστία λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας του γεωθερμικού εξοπλισμού. Ακόμα, η αβαθής γεωθερμία είναι μία πηγή ενέργειας μικρότερης κλίμακας, η οποία όμως καλύπτει σε μεγάλο βαθμό τις ανάγκες μίας οικίας, πόσω μάλλον στην περιοχή της Μήλου. Αφήνεται λοιπόν ανοιχτό το ενδεχόμενο τοποθέτησης γεωθερμικών αντλιών, δεδομένου ότι υπάρχει και ο απαιτούμενος χώρος στο οικόπεδο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ευαγγελινός Ε., Ζαχαρόπουλος Η., «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων και Περιβάλλοντος Χώρου», Έκδοση Ελληνικού Ανοιχτού Πανεπιστημίου, 2001, Πάτρα
- [2] Μερέση Κατερίνα, «Φυσικός Φωτισμός», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών
- [3] Οξυζίδης Συμεών, «Τεχνικές Βελτίωσης Ενεργειακής Συμπεριφοράς Υφιστάμενων Κτιρίων», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος/ Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας, Θ' Κύκλος Σεμιναρίων Μικρής Διάρκειας
- [4] Παπαδάκη Μαρία Ελένη, Παπασηφάκη Αλκούνη, Διπλωματική Εργασία «Προσομοίωση και Αναβάθμιση Ενεργειακής Συμπεριφοράς Ξενοδοχειακής Μονάδας στο Λογισμικό EnergyPlus και Υπολογισμός του Ανθρακικού Αποτυπώματος της Μέσω του CO<sub>2</sub> Footprint Calculator», Νοέμβριος 2014, Αθήνα
- [5] Ροδίτη Νάσια, «Βιοκλιματικός σχεδιασμός: Η συμβολή των αρχιτεκτόνων στην εξοικονόμηση ενέργειας», Περιοδική έκδοση «αρχιτέκτονες», Νοέμβριος 2013, Τεύχος 07
- [6] Σιδέρη Σοφία, Διπλωματική εργασία «Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός κτιρίου 12Θ Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ περιοχής Ζωγράφου», 2012, Αθήνα
- [7] Σπύρου Λουκία Δανάη, Μεταπτυχιακή Εργασία «Συμβολή στον Ενεργειακό Σχεδιασμό Κτιρίου Κατοικίας με την Ενσωμάτωση Γεωθερμικών Συστημάτων και τη χρήση του Λογισμικού EnergyPlus», Σεπτέμβριος 2015, Αθήνα
- [8] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) 20701-1/2010, Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2010, Αθήνα
- [9] Φλώρου Ειρήνη, Πτυχιακή Εργασία «Ηλιακά και Παθητικά Συστήματα και Άλλοι Τρόποι Εξοικονόμησης Ενέργειας», Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά, 2013, Αθήνα

## ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

- [10] INT. - 1 [http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi\\_bioclimatikos.htm](http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi_bioclimatikos.htm), Εξοικονόμηση και ορθολογική χρήση ενέργειας, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός
- [11] INT. - 2 [https://el.wikipedia.org/wiki/Βιοκλιματικός\\_σχεδιασμός\\_κτιρίων](https://el.wikipedia.org/wiki/Βιοκλιματικός_σχεδιασμός_κτιρίων), Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων
- [12] INT. - 3 <http://www.cie.org.cy/sxoliko.html>, Παθητικά ηλιακά συστήματα
- [13] INT. - 4 <http://www.scoremed.eu>, Παθητικά συστήματα Δροσισμού/Αερισμού
- [14] INT. - 5 <https://el.wikipedia.org/wiki/Φωτοσολήνες>, Φωτοσολήνες
- [15] INT. - 6 [http://www.helapco.gr/ims/file/oikiaka/pv\\_guide\\_jan11.pdf](http://www.helapco.gr/ims/file/oikiaka/pv_guide_jan11.pdf), Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, «Φωτοβολταϊκά, ένας πρακτικός τεχνικός οδηγός», Ιανουάριος 2011, Αθήνα
- [16] INT. - 7 <http://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-2/getting-started/energyplus-documentation-library.html>, EnergyPlus Documentation Library



- [17] INT. – 8 <http://lightingexpert.gr/>
- [18] INT. – 9 <http://www.mrled.gr/>, Έρευνα αγοράς τιμών
- [19] INT. – 10 <http://www.prime-power.gr/περιγραφή-τεχνολογίας-led/>, Περιγραφή της τεχνολογίας LED
- [20] INT. – 11 <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eur.htm>, Διαδικτυακό πρόγραμμα PVGIS
- [21] INT. – 12 <http://www.eshop.com.gr/5kw-yingli-solar-230wp-photovoltaic.html>, Προσφορά φωτοβολταϊκού συστήματος που βρέθηκε στο Διαδίκτυο

## ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

- [22] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, Ιούλιος 2010.
- [23] INT. – 12 [www.e-michanikos.gr](http://www.e-michanikos.gr)
- [24] INT. – 13 <http://www.cres.gr>  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_fysikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_aerizomeno\\_kelyfos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_aerizomeno_kelyfos.htm)  
[www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos\\_monotika\\_ylika.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_monotika_ylika.htm)  
[www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos\\_prismatika.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_prismatika.htm)  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_xrisi\\_yalopinakon.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_xrisi_yalopinakon.htm)  
[www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos\\_rafia\\_fotismou.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_rafia_fotismou.htm)  
[www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_thermomonosi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_thermomonosi.htm)  
[www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_fytemeno\\_doma.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_fytemeno_doma.htm)  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_nyxterini\\_aktinobolia.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_nyxterini_aktinobolia.htm)  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_psixi\\_edafous.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_psixi_edafous.htm)
- [25] INT. – 14 [www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1\\_41/2014/fysikos\\_aerismos\\_2014.pdf](http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/2014/fysikos_aerismos_2014.pdf)
- [26] INT. – 15 [http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1\\_41/7\\_energiaka\\_kelyfi-I-fysikos-fotismos.pdf](http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/7_energiaka_kelyfi-I-fysikos-fotismos.pdf)
- [27] INT. – 16 <http://sieline.gr>  
[http://sieline.gr/pages/gr/products/heat\\_pumps/geothermy/heat\\_pump\\_groundwater.php](http://sieline.gr/pages/gr/products/heat_pumps/geothermy/heat_pump_groundwater.php)  
[http://sieline.gr/pages/gr/products/heat\\_pumps/geothermy/heat\\_pump\\_groundwater.php](http://sieline.gr/pages/gr/products/heat_pumps/geothermy/heat_pump_groundwater.php)  
[http://sieline.gr/pages/gr/products/heat\\_pumps/geothermy/heat\\_pump\\_groundwater.php](http://sieline.gr/pages/gr/products/heat_pumps/geothermy/heat_pump_groundwater.php)
- [28] INT. – 17  
[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/OMADESERGASIAS/OE\\_Energy\\_id\\_ktiriwn.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/OMADESERGASIAS/OE_Energy_id_ktiriwn.pdf)
- [29] INT. – 18 <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros--mikroklima--photismos-periballon-choros---mikroklima>
- [30] Φλώρου Ειρήνη, Πτυχιακή Εργασία «Ηλιακά και Παθητικά Συστήματα και Άλλοι

Τρόποι Εξοικονόμησης Ενέργειας», Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά, 2013, Αθήνα

- [31] INT. – 19 <http://www.fotovoltaikasystems.gr/>
- [32] INT. – 20 <http://greenext.gr/geothermia.html#>
- [33] INT. – 21 [www.helapco.gr](http://www.helapco.gr)
- [34] INT. – 22 <http://www.technomorfi.gr/UserFiles/file/kelyfos%20efarmogi.pdf>, Οδηγός εφαρμογής συστήματος Kelyfos
- [35] INT. – 23 <http://skelion.com/>, Επέκταση Skelion του προγράμματος SketchUp
- [36] INT. – 24 [www.cospico.gr](http://www.cospico.gr), Εταιρία κατασκευής και τοποθέτησης στεγάστρων