



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Δομοστατικής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίου «Βίλα Βουγά»
στην περιοχή Ζωγράφου**

ΑΓΓΕΛΙΝΑ ΠΑΤΣΙΑΗ
A.M.: 01108562

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Ι.ΤΖΟΥΒΑΛΑΚΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2016

Copyright © Αγγελίνα Πατσίλη

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη, Επίκουρο Καθηγητή του Ε.Μ.Π., για την καθοδήγηση και την βοήθεια κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Επίσης ευχαριστώ την συμφοιτήτρια και φίλη Θηρεσία Γεωργιά για τις χρήσιμες συμβουλές κατά την εκμάθηση του προγράμματος EnergyPlus. Ακόμη ευχαριστώ τους συγγενείς και τους φίλους μου για την στήριξη και την βοήθεια κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Αφιερωμένο στους γονείς μου, Κωνσταντίνα και Στέργιο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η μελέτη και ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου «Βίλα Βουγά», που λειτουργεί ως πνευματικό κέντρο στον Δήμο Ζωγράφου.

Αρχικά παρουσιάζονται οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας και η συνεισφορά τους στην αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος του πλανήτη. Στην συνέχεια γίνεται αναφορά στη χρησιμότητα του Βιοκλιματικού σχεδιασμού και αναλύονται τα Παθητικά Συστήματα και οι Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού και Δροσισμού.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται η προσομοίωση του κτιρίου μέσω των προγραμμάτων SketchUp και EnergyPlus και γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων για τις μέσες θερμοκρασίες των θερμικών ζωνών και την συνολική ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου για θέρμανση και ψύξη.

Τέλος, προτείνονται επεμβάσεις με ενεργειακά κριτήρια, οι οποίες αξιολογούνται με στόχο την εύρεση μιας προσοδοφόρας λύσης.

ABSTRACT

The purpose of this diploma thesis is the study and energy upgrade of the building "Villa Vouga", which is currently used as the cultural center of the municipality of Zografou.

At first , the renewable sources of energy along with the way they contribute to dealing with the global energy problem are presented . Reference is made to the value of bioclimatic design and Passive Systems as well as Techniques for Natural Lighting and Ventilation are analyzed .

Then, the building is simulated using the programs Sketch-up and Energy plus . The results concerning the average temperature rates of the thermal zones and the overall energy consumption of the building needed for heating and cooling are examined.

In the end , several interventions to the initial structure are suggested based on their energy-saving impact and they are evaluated in order for a profitable solution to be found .

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

<i>Εικόνα 1: Ανεμογεννήτριες οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα.....</i>	<i>27</i>
<i>Εικόνα 2: Αιολικό πάρκο.....</i>	<i>28</i>
<i>Εικόνα 3: Ηλιακός θερμοσίφωνας</i>	<i>29</i>
<i>Εικόνα 4: Διάγραμμα λειτουργίας ηλιακού θερμοσίφωνα</i>	<i>29</i>
<i>Εικόνα 5: Λειτουργία Φωτοβολταϊκού πάνελ</i>	<i>30</i>
<i>Εικόνα 6: Αυτόματο σύστημα</i>	<i>31</i>
<i>Εικόνα 7: Παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από γεωθερμία</i>	<i>32</i>
<i>Εικόνα 8: Συστήματα οριζόντιου και κατακόρυφου γεωεναλλακτή</i>	<i>32</i>
<i>Εικόνα 9: Προέλευση και χρήση βιομάζας</i>	<i>34</i>
<i>Εικόνα 10: Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα μέσω αεριοποίησης</i>	<i>34</i>
<i>Εικόνα 11: Υδροηλεκτρικό φράγμα λίμνης Πλαστήρα.....</i>	<i>35</i>
<i>Εικόνα 12: Βιοκλιματικός σχεδιασμός</i>	<i>38</i>
<i>Εικόνα 13: Απεικόνιση θερμικού ισοζυγίου.....</i>	<i>39</i>
<i>Εικόνα 14: Συστήματα άμεσου, έμμεσου και απομονωμένου κέρδους</i>	<i>40</i>
<i>Εικόνα 15: Λειτουργία Σκιάστρων τους θερινούς μήνες.....</i>	<i>42</i>
<i>Εικόνα 16: Σωστός προσανατολισμός κτιρίου.....</i>	<i>42</i>
<i>Εικόνα 17: Τοίχος μάζας.....</i>	<i>43</i>
<i>Εικόνα 18: Τοίχος Trombe-Michelle</i>	<i>44</i>
<i>Εικόνα 19: Σωστός προσανατολισμός ηλιακού χώρου</i>	<i>46</i>
<i>Εικόνα 20: Χρήσιμες διατάξεις για την σωστή λειτουργία του θερμοκηπίου</i>	<i>46</i>

<i>Εικόνα 21: Πραγματικό παράδειγμα ηλιακού χώρου</i>	<i>47</i>
<i>Εικόνα 22: Ηλιακό αίθριο</i>	<i>48</i>
<i>Εικόνα 23: Λειτουργία θερμοσιφωνικού πανέλου</i>	<i>49</i>
<i>Εικόνα 24: Οριζόντιες περσίδες για νότιο προσανατολισμό (αριστερά) και κατακόρυφες περσίδες για ανατολικό/δυτικό προσανατολισμό(δεξιά)</i>	<i>50</i>
<i>Εικόνα 25: Περσίδες μορφής εσχάρας για νοτιοανατολικό και νοτιοδυτικό προσανατολισμό.....</i>	<i>51</i>
<i>Εικόνα 26: Φυσικός αερισμός κτιρίου μέσω ανοιγμάτων.....</i>	<i>52</i>
<i>Εικόνα 27: Συμβολή της βλάστησης στην κατεύθυνση του αέρα ανά εποχή</i>	<i>53</i>
<i>Εικόνα 28: Ψύξη και θέρμανση από το έδαφος</i>	<i>54</i>
<i>Εικόνα 29: Σύστημα εκτατικού τύπου.....</i>	<i>56</i>
<i>Εικόνα 30: Σύστημα εντατικού τύπου</i>	<i>56</i>
<i>Εικόνα 31: Κατανομή φυσικού φωτισμού (συντελεστής φυσικού φωτισμού) στο χώρο για 4 διαφορετικές διατάξεις</i>	<i>59</i>
<i>Εικόνα 32: Επιρροή των εσωτερικών τοίχων στην κατανομή του φωτός.....</i>	<i>59</i>
<i>Εικόνα 33: Σωστός σχεδιασμός ανοίγματος οροφής για αποφυγή θάμβωσης</i>	<i>60</i>
<i>Εικόνα 34: Διάχυση φωτός σε ένα αίθριο</i>	<i>60</i>
<i>Εικόνα 35: Ράφια φωτισμού</i>	<i>62</i>
<i>Εικόνα 36: Ανακλαστικές περσίδες</i>	<i>62</i>
<i>Εικόνα 37: Πανοραμική φωτογραφία απο το "Google Earth".....</i>	<i>64</i>
<i>Εικόνα 38: Σχεδιαστικό περιβάλλον σκετοσ απ.....</i>	<i>65</i>
<i>Εικόνα 39: Θερμικές ζώνες ισογείου.....</i>	<i>67</i>
<i>Εικόνα 40: Θερμικές ζώνες α'ορόφου</i>	<i>67</i>

<i>Εικόνα 41: Θερμικές ζώνες β'ορόφου</i>	68
<i>Εικόνα 42: Νοτιοδυτική όψη κτιρίου στο Sketch Up</i>	68
<i>Εικόνα 43: Βορειοδυτική όψη κτιρίου στο Sketch Up</i>	69
<i>Εικόνα 44: Βορειοανατολική όψη κτιρίου στο Sketch Up</i>	69
<i>Εικόνα 45: Νοτιοανατολική όψη κτιρίου στο Sketch Up</i>	70
<i>Εικόνα 46: Βόρεια, νότια, δυτική και ανατολική όψη κτιρίου</i>	70
<i>Εικόνα 47: Παράθυρο ορισμού αρχείου SketchUp μορφής .idf, εισαγωγής κλιματολογικών δεδομένων και εξαγωγής αποτελεσμάτων</i>	71
<i>Εικόνα 48: Καθορισμός χαρακτηριστικών των υλικών, των κατασκευαστικών δομών του κτιρίου</i>	72
<i>Εικόνα 49: Δημιουργία κατασκευαστικών δομών</i>	73
<i>Εικόνα 50: Ομαδοποίηση θερμικών ζωνών</i>	75
<i>Εικόνα 51: Δημιουργία χρονοδιαγραμμάτων</i>	76
<i>Εικόνα 52: Καθορισμός χρηστών ανά θερμική ζώνη ή ομάδα θερμικών ζωνών</i>	77
<i>Εικόνα 53: Εισαγωγή δεδομένων ηλεκτρικού εξοπλισμού</i>	78
<i>Εικόνα 54: Εισαγωγή δεδομένων τεχνητού φωτισμού</i>	79
<i>Εικόνα 55: Διείσδυση αέρα μέσα από τους τοίχους</i>	80
<i>Εικόνα 56: Φυσικός αερισμός του κτιρίου</i>	81
<i>Εικόνα 57: Εικόνα Δημιουργία θερμοστάτη στο EnergyPlus</i>	104
<i>Εικόνα 58: Καθορισμός ζωνών με σύστημα θέρμανσης ή ψύξης</i>	105
<i>Εικόνα 59: Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στην σκεπή του β'ορόφου</i>	131
<i>Εικόνα 60: Εισαγωγή χαρακτηριστικών του φωτοβολταϊκού</i>	132

<i>Εικόνα 61: Καθορισμός επιφάνειας που λειτουργεί ως φωτοβολταϊκό σύστημα</i>	132
<i>Εικόνα 62: Εισαγωγή χρονοδιαγράμματος και ισχύος φωτοβολταϊκού</i>	133
<i>Εικόνα 63: Αντιστροφέας μετασχηματισμού συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο</i>	134
<i>Εικόνα 64: Θερμομόνωση ανάμεσα στους αμείβοντες</i>	136

ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

<i>Διάγραμμα 1: Μέση ημερήσια θερμοκρασία ισογείου.....</i>	83
<i>Διάγραμμα 2: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αποθήκης ισογείου</i>	83
<i>Διάγραμμα 3: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινιού ισογείου.....</i>	84
<i>Διάγραμμα 4: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γκαράζ.....</i>	84
<i>Διάγραμμα 5: Μέση ημερήσια θερμοκρασία wc ισογείου</i>	85
<i>Διάγραμμα 6: Μέση ημερήσια θερμοκρασία εισόδου α' ορόφου</i>	86
<i>Διάγραμμα 7: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας α' ορόφου.....</i>	87
<i>Διάγραμμα 8: Μέση ημερήσια θερμοκρασία σαλονιού α' ορόφου</i>	87
<i>Διάγραμμα 9: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου α' ορόφου.....</i>	88
<i>Διάγραμμα 10: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραφείου α' ορόφου</i>	89
<i>Διάγραμμα 11: Μέση ημερήσια θερμοκρασία κουζίνας α' ορόφου</i>	89
<i>Διάγραμμα 12: Μέση ημερήσια θερμοκρασία εισόδου β' ορόφου</i>	90
<i>Διάγραμμα 13: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινιού 1 β' ορόφου.....</i>	90
<i>Διάγραμμα 14: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινιού 2 β' ορόφου.....</i>	91
<i>Διάγραμμα 15: Μέση ημερήσια θερμοκρασία wc β' ορόφου</i>	91
<i>Διάγραμμα 16: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αποθήκης β' ορόφου</i>	92
<i>Διάγραμμα 17: Συνολικά θερμικά κέρδη ανοιγμάτων κτιρίου</i>	93
<i>Διάγραμμα 18: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων Αίθουσας α' ορόφου</i>	94
<i>Διάγραμμα 19: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων Αποθήκης ισογείου</i>	94
<i>Διάγραμμα 20: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων στο Καμαρίνι ισογείου</i>	95

<i>Διάγραμμα 21: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων στο Καμαρίνι2 του β'ορόφου</i>	<i>95</i>
<i>Διάγραμμα 22: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων εισόδου του α'ορόφου</i>	<i>96</i>
<i>Διάγραμμα 23: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων γραφείου α'ορόφου</i>	<i>96</i>
<i>Διάγραμμα 24: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων Σαλονιού α'ορόφου.....</i>	<i>97</i>
<i>Διάγραμμα 25: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων Μπάνιου α'ορόφου</i>	<i>98</i>
<i>Διάγραμμα 26: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων Μπάνιου β'ορόφου</i>	<i>98</i>
<i>Διάγραμμα 27: Συνολικές θερμικές απώλειες ανοιγμάτων κτιρίου.....</i>	<i>99</i>
<i>Διάγραμμα 28: Θερμικές απώλειες ανοιγμάτων Αίθουσας α'ορόφου (βόρεια πλευρά).....</i>	<i>100</i>
<i>Διάγραμμα 29: Θερμικές απώλειες Γραφείου α'ορόφου (νότια πλευρά).....</i>	<i>100</i>
<i>Διάγραμμα 30: Θερμικές απώλειες Εισόδου α'ορόφου.....</i>	<i>101</i>
<i>Διάγραμμα 31: Θερμικές απώλειες Σαλονιού α'ορόφου</i>	<i>101</i>
<i>Διάγραμμα 32: Εσωτερικά θερμικά κέρδη ανά χρήση, ανά μήνα</i>	<i>103</i>
<i>Διάγραμμα 33: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη</i>	<i>106</i>
<i>Διάγραμμα 34: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη αίθουσας α'ορόφου ..</i>	<i>107</i>
<i>Διάγραμμα 35: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη σαλονιού α'ορόφου ..</i>	<i>108</i>
<i>Διάγραμμα 36: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη γραφείου α'ορόφου ..</i>	<i>109</i>
<i>Διάγραμμα 37: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη καμαρίνι β'ορόφου...</i>	<i>110</i>
<i>Διάγραμμα 38: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη καμαρίνι ισογείου.....</i>	<i>111</i>
<i>Διάγραμμα 39: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E εισόδου ισογείου.....</i>	<i>113</i>
<i>Διάγραμμα 40: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E γκαράζ.....</i>	<i>113</i>

<i>Διάγραμμα 41: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E εισόδου αποθήκης ισογείου</i>	114
<i>Διάγραμμα 42: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E καμαρινιού ισογείου</i>	114
<i>Διάγραμμα 43: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E wc ισογείου</i>	115
<i>Διάγραμμα 44: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E αίθουσας α' ορόφου</i>	115
<i>Διάγραμμα 45: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E εισόδου α' ορόφου</i>	116
<i>Διάγραμμα 46: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E διαδρόμου α' ορόφου</i>	116
<i>Διάγραμμα 47: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E γραφείου α' ορόφου</i>	117
<i>Διάγραμμα 48: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E κουζίνας α' ορόφου.....</i>	117
<i>Διάγραμμα 49: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E καμαρινιού 1 β' ορόφου.....</i>	118
<i>Διάγραμμα 50: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E καμαρινιού 2 β' ορόφου.....</i>	118
<i>Διάγραμμα 51: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E εισόδου β' ορόφου</i>	119
<i>Διάγραμμα 52: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E αποθήκης β' ορόφου</i>	119
<i>Διάγραμμα 53: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E wc β' ορόφου</i>	120

<i>Διάγραμμα 54: Μέση ημερήσια θερμοκρασία ισογείου.....</i>	123
<i>Διάγραμμα 55: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γκαράζ.....</i>	123
<i>Διάγραμμα 56: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αποθήκης ισογείου</i>	124
<i>Διάγραμμα 57: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινιού ισογείου</i>	124
<i>Διάγραμμα 58: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας α' ορόφου.....</i>	125
<i>Διάγραμμα 59: Μέση ημερήσια θερμοκρασία σαλονιού α' ορόφου</i>	125
<i>Διάγραμμα 60: Μέση ημερήσια θερμοκρασία εισόδου α' ορόφου</i>	126
<i>Διάγραμμα 61: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου α' ορόφου.....</i>	126
<i>Διάγραμμα 62: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραφείου α' ορόφου</i>	127
<i>Διάγραμμα 63: Μέση ημερήσια θερμοκρασία κουζίνας α' ορόφου</i>	127
<i>Διάγραμμα 64: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινιού 1 β' ορόφου.....</i>	128
<i>Διάγραμμα 65: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινιού 2 β' ορόφου.....</i>	128
<i>Διάγραμμα 66: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αποθήκης β' ορόφου</i>	129
<i>Διάγραμμα 67: Μέση ημερήσια θερμοκρασία εισόδου ισογείου πριν και μετά τις επεμβάσεις</i>	138
<i>Διάγραμμα 68: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αποθήκης ισογείου πριν και μετα τις επεμβάσεις .</i>	139
<i>Διάγραμμα 69: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινιού ισογείου πριν και μετα τις επεμβάσεις</i>	139
<i>Διάγραμμα 70: Μέση ημερήσια θερμοκρασία wc ισογείου πριν και μετα τις επεμβάσεις</i>	140
<i>Διάγραμμα 71: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γκαράζ πριν και μετα τις επεμβάσεις.....</i>	141
<i>Διάγραμμα 72: Μέση ημερήσια θερμοκρασία εισόδου α' ορόφου πριν και μετα τις επεμβάσεις ..</i>	141
<i>Διάγραμμα 73: Μέση ημερήσια θερμοκρασία σαλονιού α' ορόφου πριν και μετα τις επεμβάσεις</i>	142
<i>Διάγραμμα 72: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας α' ορόφου πριν και μετα τις επεμβάσεις</i>	143

<i>Διάγραμμα 75: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραφείου α' ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις</i>	143
<i>Διάγραμμα 76: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου α' ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις</i>	144
<i>Διάγραμμα 77: Μέση ημερήσια θερμοκρασία κουζίνας α' ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις.</i>	145
<i>Διάγραμμα 78: Μέση ημερήσια θερμοκρασία εισόδου β' ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις ..</i>	145
<i>Διάγραμμα 79: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αποθήκης β' ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις</i>	146
<i>Διάγραμμα 80: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινού 1 β' ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις</i>	146
<i>Διάγραμμα 81: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινού 2 β' ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις</i>	147
<i>Διάγραμμα 82: Μέση ημερήσια θερμοκρασία wc β' ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις</i>	147

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

<i>Πίνακας 1: Θερμικές ζώνες κτιρίου</i>	<i>66</i>
<i>Πίνακας 2: Συνολικά ετήσια θερμικά κέρδη κτιρίου</i>	<i>102</i>
<i>Πίνακας 3: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη</i>	<i>105</i>
<i>Πίνακας 4: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη αίθουσας α' ορόφου</i>	<i>106</i>
<i>Πίνακας 5: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη σαλονιού α' ορόφου</i>	<i>107</i>
<i>Πίνακας 6: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη γραφείου α' ορόφου</i>	<i>108</i>
<i>Πίνακας 7: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη καμαρίνι β' ορόφου</i>	<i>109</i>
<i>Πίνακας 8: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη καμαρίνι ισογείου</i>	<i>110</i>
<i>Πίνακας 9: Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου πριν και μετά την τοποθέτηση υαλοπινάκων low-e</i>	<i>121</i>
<i>Πίνακας 10: Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου πριν και μετά τον νυχτερινό αερισμό</i>	<i>130</i>
<i>Πίνακας 11: Συνολικό ποσό παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας</i>	<i>135</i>
<i>Πίνακας 12: Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου πριν και μετά τη θερμομόνωση της σκεπής</i>	<i>149</i>

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT.....	6
ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	8
ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	12
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	18
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	24
1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	26
1.1 Εισαγωγή.....	26
1.2 Μορφές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	27
1.2.1 Αιολική ενέργεια	27
1.2.2 Ηλιακή ενέργεια	28
1.2.2.1 Θερμικά ηλιακά συστήματα	29
1.2.2.2 Παθητικά ηλιακά συστήματα	30
1.2.2.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	30
1.2.3 Γεωθερμική ενέργεια	31
1.2.4 Βιομάζα	33
1.2.5 Υδροηλεκτρική ενέργεια	34
2. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	36
2.1 Εισαγωγή.....	36
2.2 Βιοκλιματικός σχεδιασμός.....	37
2.3 Το Θερμικό Ισοζύγιο του κτιρίου	38
2.3 Παθητικά Συστήματα	39
2.3.1 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης.....	40

2.3.1.1 Σύστημα άμεσου κέρδους.....	41
2.3.1.2 Σύστημα έμμεσου κέρδους	42
2.3.1.3 Σύστημα απομονωμένου κέρδους.....	48
2.3.2 Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού.....	49
2.3.2.1 Ηλιοπροστασία ^[14]	49
2.3.2.2 Φυσικός Αερισμός	51
2.3.2.3 Υβριδικός Αερισμός	53
2.3.2.4 Εξατμιστικός Δροσισμός	53
2.3.2.5 Δροσισμός μέσω Εδάφους.....	53
2.3.2.6 Θερμομόνωση.....	54
2.3.2.7 Φυτεμένο Δώμα	55
2.3.3 Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού	56
2.3.3.1 Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία ^[26]	57
2.3.3.2 Ανοίγματα οροφής και αίθρια.....	60
2.3.3.3 Υαλοπίνακες	61
2.3.3.4 Ράφια φωτισμού και ανακλαστικές περσίδες ^[28]	61
3. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ SketchUp ΚΑΙ EnergyPlus..	64
3.1 Εισαγωγή.....	64
3.2 Χωρισμός σε Θερμικές Ζώνες	65
3.3 Energy Plus και Εισαγωγή Δεδομένων	71
3.4 Ομαδοποίηση Θερμικών Ζωνών.....	75
3.5 Χρονοδιαγράμματα	76
3.6 Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη.....	76

3.6.1 Χρήστες	77
3.6.2 Ηλεκτρικός Εξοπλισμός	77
3.6.3 Τεχνητός Φωτισμός	78
3.7 Ροή Αέρα	80
3.7.1 Διείσδυση Αέρα Μέσα από του Τοίχους ("ZoneInfiltration:DesignFlowRate")	80
3.7.2 Φυσικός Αερισμός ("ZoneVentilation:DesignFlowRate")	81
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	82
4.1 Εισαγωγή	82
4.2 Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες ανά Ζώνη	82
4.3 Θερμικά Κέρδη και Απώλειες λόγω Ανοιγμάτων	93
4.4 Κέρδη θερμότητας από Χρήστες, Τεχνητό Φωτισμό και Ηλεκτρικό Εξοπλισμό	102
4.5 Συστήματα Θέρμανσης και Ψύξης	103
5. ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	112
5.1 Εισαγωγή	112
5.2 Αντικατάσταση Παλαιών Υαλοπινάκων	112
5.3 Νυχτερινός Αερισμός κατά τους Θερινούς μήνες	122
5.4 Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών στην Σκεπή του β' ορόφου	131
5.5 Εσωτερική Θερμομόνωση Στέγης	135
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	150
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ	152

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο ενεργειακός σχεδιασμός υφιστάμενου κτιρίου στην περιοχή Ζωγράφου, το οποίο λειτουργεί ως πνευματικό κέντρο. Στοχεύοντας στην επίτευξη της θερμικής άνεσης εντός των χώρων του κτιρίου αλλά και της μείωσης των ενεργειακών καταναλώσεων για θέρμανση και ψύξη, εφαρμόζονται διάφορα τεχνολογικά συστήματα τα οποία εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια για την θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων. Ταυτόχρονα, για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου, γίνεται χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων με σκοπό την μείωση της χρήσης συμβατικών μορφών ενέργειας, οι οποίες είναι επιβλαβείς για το περιβάλλον.

Στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η εφαρμογή βιοκλιματικών στρατηγικών και συστημάτων που έχουν σαν αποτέλεσμα την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων με κύριο γνώμονα τον σεβασμό του περιβάλλοντος και την άνεση των χρηστών εντός των κτιρίων. Αναλύονται τέσσερα είδη επεμβάσεων ως προς την συνδρομή τους στην μείωση της θερμοκρασίας των εσωτερικών χώρων και της ενεργειακής κατανάλωσης, και στη συνέχεια παρουσιάζεται η οικονομική διάσταση των λύσεων.

Μέσα έρευνας: Η προσομοίωση της γεωμετρίας του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα 'SketchUp' σε συνδυασμό με την ηλεκτρονική εργαλειοθήκη του 'Open Studio plug-in for SketchUp' για την εισαγωγή των θερμικών ζωνών. Στη συνέχεια, με την χρήση του 'EnergyPlus' έγινε η θερμική προσομοίωση και ανάλυση του κτιρίου, και τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από αυτό, υπέστησαν επεξεργασία μέσω του προγράμματος Microsoft Excel

Δομή εργασίας: Στο 1^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην συνεισφορά τους για την αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος του πλανήτη. Στο 2^ο Κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην αξία του Βιοκλιματικού σχεδιασμού και αναλύονται τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης, οι τεχνικές φυσικού δροσισμού και οι τεχνικές φυσικού φωτισμού. Στο 3^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος μοντελοποίησης του κτιρίου με την χρήση των προγραμμάτων 'SketchUp' και 'EnergyPlus'. Στο 4^ο Κεφάλαιο γίνεται εκτίμηση της ενεργειακής κατάστασης του κτιρίου μέσω της εξαγωγής αποτελεσμάτων από την προσομοίωση του 'EnergyPlus'. Τα αποτελέσματα αυτά αφορούν τις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες εντός των χώρων, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από τους χρήστες, τον τεχνητό

φωτισμό και τον ηλεκτρικό εξοπλισμό, τα κέρδη και οι απώλειες από τα υπάρχοντα παράθυρα, καθώς και τις συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη των χώρων. Στο 5^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι επεμβάσεις που κύριο στόχο έχουν την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου και την βελτίωση των θερμοκρασιακών συνθηκών εντός των χώρων. Στο 6^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα σχετικά με την συμπεριφορά του κτιρίου πριν και μετά την εφαρμογή των επεμβάσεων.

1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 Εισαγωγή

Η διαδικασία της παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας έχει ως αφετηρία τις αρχικές μορφές ενέργειας όπως είναι το ηλιακό φως, ο άνεμος, το φυσικό αέριο, το αργό πετρέλαιο και ο άνθρακας. Άυτες οι μορφές ενέργειας σε αυτή τους την μορφή, η οποία είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί, χαρακτηρίζονται ως πρωτογενή ενέργεια. Η μετατροπή αυτών των πρωτογενών μορφών ενέργειας σε χρησιμοποιήσιμη ενέργεια γίνεται με χρήση κατάλληλου ηλεκτρικού εξοπλισμού, και μέσω πολύπλοκων διαδικασιών, ανάλογα την μορφή της ενέργειας.

Μέχρι τώρα, η ενεργειακές απαιτήσεις της ανθρωπότητας καλύπτονταν κυρίως από την καύση των ορυκτών καυσίμων, δηλαδή το πετρέλαιο, τον άνθρακα και το φυσικό αέριο. Η αλόγιστη όμως χρήση των συμβατικών αυτών πηγών ενέργειας από τις σύγχρονες κοινωνίες είχε και εξακολουθεί να έχει σαν συνέπεια όχι μόνο την εξάντληση των ενεργειακών αποθεμάτων, αλλά και την δημιουργία προβλημάτων στο περιβάλλον, με πιο γνωστό το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Έτσι προκύπτει η ανάγκη εύρεσης νέων πηγών ενέργειας που παραμένουν ανεξάντλητες στο χρόνο και έχουν την μικρότερη δυνατή επίπτωση στο περιβάλλον. Αυτές είναι οι λεγόμενες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), οι οποίες ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και είναι ανεξάντλητες.

Σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας θεωρούνται η αιολική, η ηλιακή, η αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλυόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέρια. Για την Ελλάδα, η Έκθεση του Εθνικού Σχεδίου Δράσης, σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/ΕΚ, ορίζει πώς μέχρι το 2020 η τελική κατανάλωση ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας πρέπει να κυμαίνεται σε ποσοστό 20% του συνόλου της ενέργειας. Οι εκτιμήσεις αυτές εξειδικεύονται κυρίως στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ΑΠΕ για θερμότητα και ψύξη κυρίως στον οικιακό τομέα, αλλά και τη χρήση βιοκαυσίμων στις μεταφορές.^[1]

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι ανεξάντλητες πηγές ενέργειας, είναι φιλικές προς το περιβάλλον, παίζουν μεγάλο ρόλο στην ενεργειακή ανεξαρτησία σε εθνικό επίπεδο, υπάρχει

δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης ανά περίπτωση μορφής ενέργειας, έχουν χαμηλό κόστος και δημιουργούν θέσεις εργασίας κοντά στις εγκαταστάσεις των μονάδων παραγωγής τους.^[2]

1.2 Μορφές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

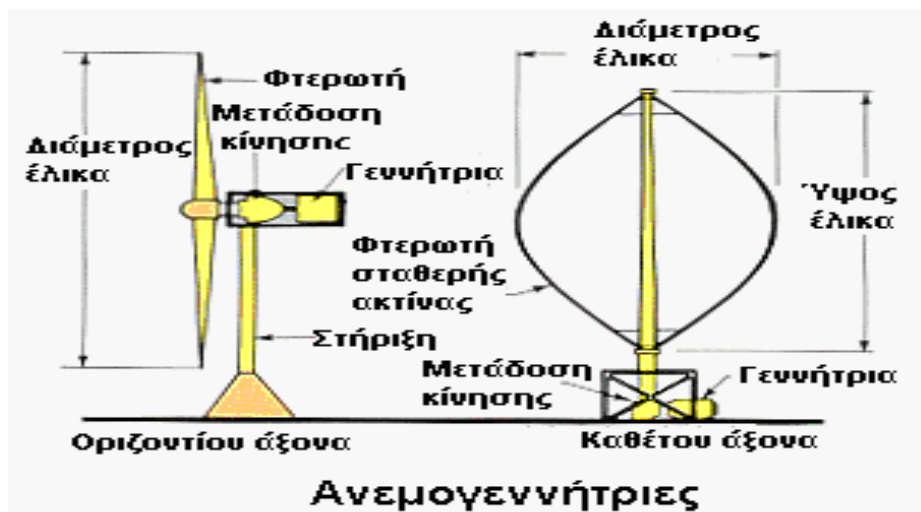
1.2.1 Αιολική ενέργεια

Η Αιολική ενέργεια είναι ανεξάντλητη ως ανανεώσιμη και είναι φιλική προς το περιβάλλον. Προκύπτει από μετατροπή της ενέργειας του ανέμου από κινητική σε ηλεκτρική, μέσω ειδικών μηχανικών εγκαταστάσεων που ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Το ρεύμα που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί αμέσως, είτε να αποθηκευτεί και να καταναλωθεί αργότερα. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτόπου ή να διοχετευτεί στο ηλεκτρικό δίκτυο και να καταναλωθεί αλλού.

Οι ανεμογεννήτριες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:^[3]

Οριζόντιου άξονα, των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους

Κατακόρυφου άξονα, ο οποίος παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους



Εικόνα 1: Ανεμογεννήτριες οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα

(Πηγή: http://users.sch.gr/imarinakis/aeolian_energy.htm)

Η μελέτη ενός συστήματος ανεμογενήτριας περιλαμβάνει την αεροδυναμική σχεδίαση και την ηλεκτρομηχανολογική μελέτη. Η πρώτη είναι απαραίτητη για τον σχεδιασμό του συστήματος δέσμευσης και μετατροπής της ενέργειας του ανέμου, και η δεύτερη αναφέρεται στην υλοποίηση του προαναφερθέντος συστήματος με τον πιο αποδοτικό και τεχνοοικονομικά συμφέροντα τρόπο.^[3]

Στην Ελλάδα υπάρχουν πολλές εγκαταστάσεις αξιοποίησης της ενέργειας του ανέμου, τα λεγόμενα αιολικά πάρκα, στα οποία τοποθετούνται οι ανεμογεννήτριες με την βελτιστη δυνατή διάταξη για την καλύτερη εκμετάλλευση του ανέμου. Τέτοιες εγκαταστάσεις συναντάμε στα νησιά του Αιγαίου, στην Κρήτη και την Πελοπόννησο. Στην Ευρώπη την μεγαλύτερη συμμετοχή στην αγορά των ανεμογεννητριών κατέχει η Δανία, και ακολουθούν και άλλες χώρες όπως η Σουηδία, η Ολλανδία και πιο πρόσφατα η Ιταλία και η Ισπανία.



Εικόνα 2: Αιολικό πάρκο

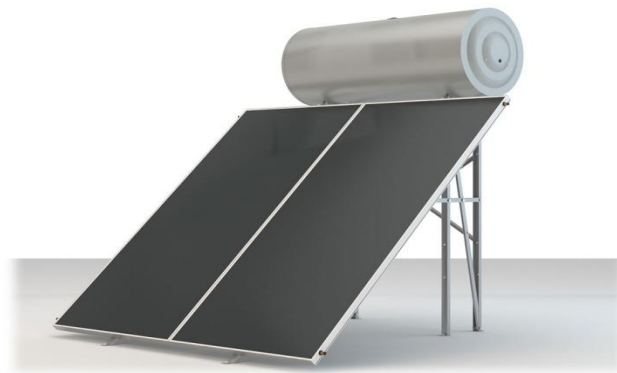
(Πηγή: www.kathimerini.gr)

1.2.2 Ηλιακή ενέργεια

Η Ηλιακή ενέργεια είναι το σύνολο των μορφών ενέργειας που έχουν ως προέλευση τον ήλιο. Η Ηλιακή ενέργεια παράγεται μέσω απορρόφησης του φωτός και της θερμότητας του ήλιου από ειδικά στοιχεία και ενώσεις στη Γη. Τα συστήματα μέσω των οποίων δεσμεύουμε ένα μικρό ποσοστό της ηλιακής ενέργειας είναι: τα θερμικά ηλιακά συστήματα, τα παθητικά ηλιακά συστήματα και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.

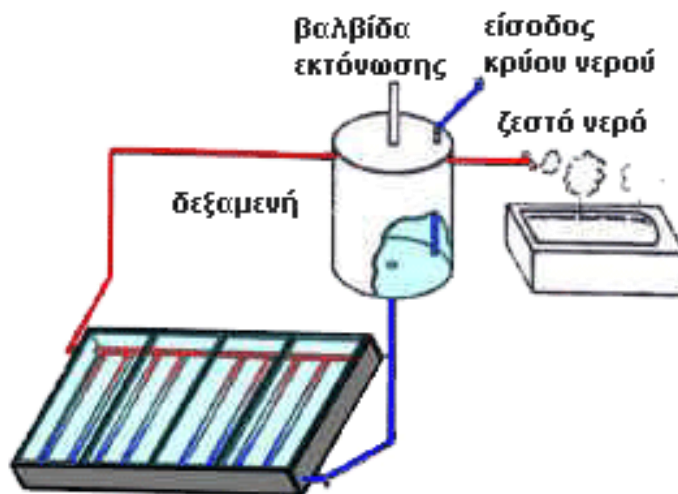
1.2.2.1 Θερμικά ηλιακά συστήματα

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, οι οποίοι απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και την μετατρέπουν σε θερμική ενέργεια, με σκοπό την θέρμανση κάποιου ρευστού. Η απορρόφηση της ενέργειας γίνεται μέσω ηλιακών συλλεκτών με επιφάνειες κατάλληλα προσανατολισμένες στον ήλιο, οι οποίες βρίσκονται σε επαφή με το νερό και του μεταδίδουν την θερμότητα.^[4]



Εικόνα 3: Ηλιακός θερμοσίφοντας

(Πηγή: www.monachos.gr)



Εικόνα 4: Διάγραμμα λειτουργίας ηλιακού θερμοσίφωνα

(Πηγή: <http://users.sch.gr>)

1.2.2.2 Παθητικά ηλιακά συστήματα

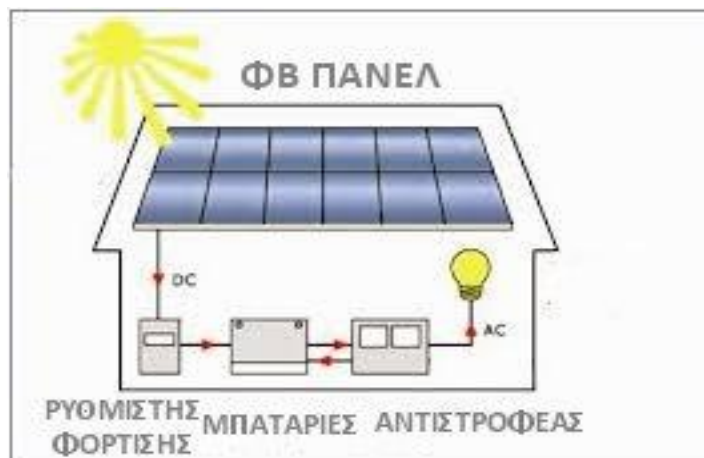
Τα Παθητικά ηλιακά συστήματα είναι τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου, κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα μεταξύ τους, που υποβοηθούν την καλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τον φυσικό φωτισμό των κτιρίων ή για την ρύθμιση της θερμοκρασίας μέσα σε αυτά. Τα Παθητικά συστήματα είναι η βασική αρχή πάνω στην οποία στηρίζεται η Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική και μπορούν να εφαρμοστούν σε κάθε τύπο κτιρίων.^[4]

1.2.2.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια απορροφάται από τα ηλεκτρόνια των ατόμων του φωτοβολταϊκού στοιχείου τα οποία αποδρούν από τις κανονικές τους θέσεις με αποτέλεσμα την δημιουργία ρεύματος. Το ηλεκτρικό πεδίο που προϋπάρχει στο Φ/Β στοιχείο οδηγεί το ρεύμα στο φορτίο.^[4]

Υπάρχουν δύο κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων:

- i. Τα αυτόματα συστήματα, η παραγόμενη ενέργεια των οποίων καταναλώνεται επιτόπου
- ii. Τα διασυνδεδεμένα συστήματα, η παραγόμενη ενέργεια των οποίων διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να μεταφερθεί και να καταναλωθεί αλλού.^[4]



Εικόνα 5: Λειτουργία Φωτοβολταϊκού πάνελ

(πηγή: www.el-con.gr)



Εικόνα 6: Αυτόματο σύστημα

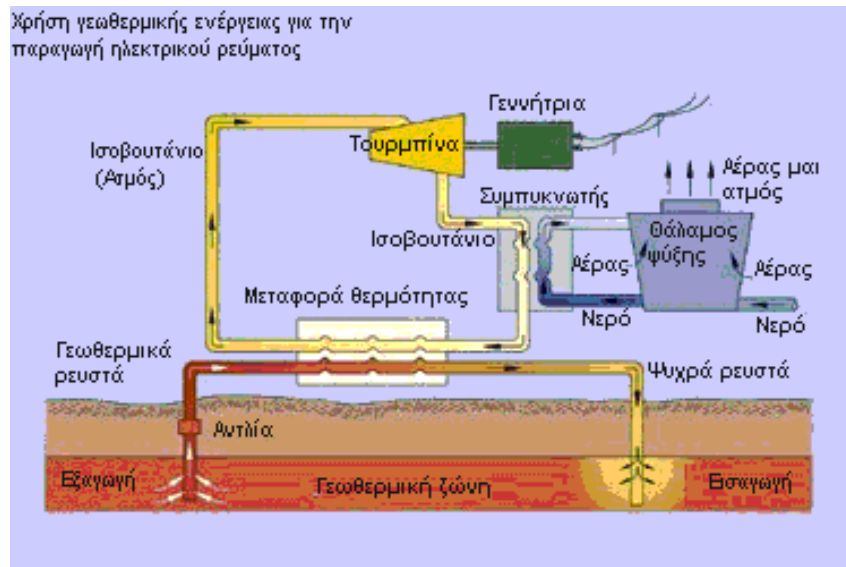
(πηγή: www.hellenic-college.gr)

1.2.3 Γεωθερμική ενέργεια

Η Γεωθερμία είναι μια ήπια και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας η οποία προέρχεται από το εσωτερικό της Γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού και σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις γεωλογικές και γεωκτονικές συνθήκες μιας περιοχής.^[5] Η ενέργεια που παράγεται είναι χαμηλού κόστους και δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με εκπομπές βλαβερών ρύπων. Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία, τα γεωθερμικά πεδία διακρίνονται σε δύο κατηγορίες^[6]:

- i. στα πεδία χαμηλής θερμοκρασίας: όπου η θερμοκρασία του νερού/ατμού είναι μεταξύ 25-90°C
- ii. στα πεδία υψηλής θερμοκρασίας: όπου η θερμοκρασία του νερού/ατμού είναι μεγαλύτερη των 90°C

Με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες μπορεί να καλύψει ανάγκες σε θέρμανση και ψύξη καθώς και να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Η τεχνολογία μας επιτρέπει την εκμετάλλευση της θερμότητας πετρωμάτων μικρού βάθους και των υπόγειων υδάτων χαμηλής θερμοκρασίας για θέρμανση και κλιματισμό. Πιο συγκεκριμένα, η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιεί έναν σωλήνα μεγάλου μήκους και μικρής διαμέτρου, ο οποίος έχει τοποθετηθεί εντός του εδάφους ή εντός γεωτρήσεων, η οποία αποτελεί τον υπόγειο εναλλακτή θερμότητας, σε συνδυασμό με υδρόψυκτη αντλία θερμότητας η οποία παρέχει την θέρμανση ή ψύξη στο κτίριο.



Εικόνα 7: Παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από γεωθερμία

(πηγή: kpe-kastor.kas.sch.gr)



Εικόνα 8: Συστήματα οριζόντιου και κατακόρυφου γεωεναλλακτή

(πηγή: energypress.gr)

1.2.4 Βιομάζα

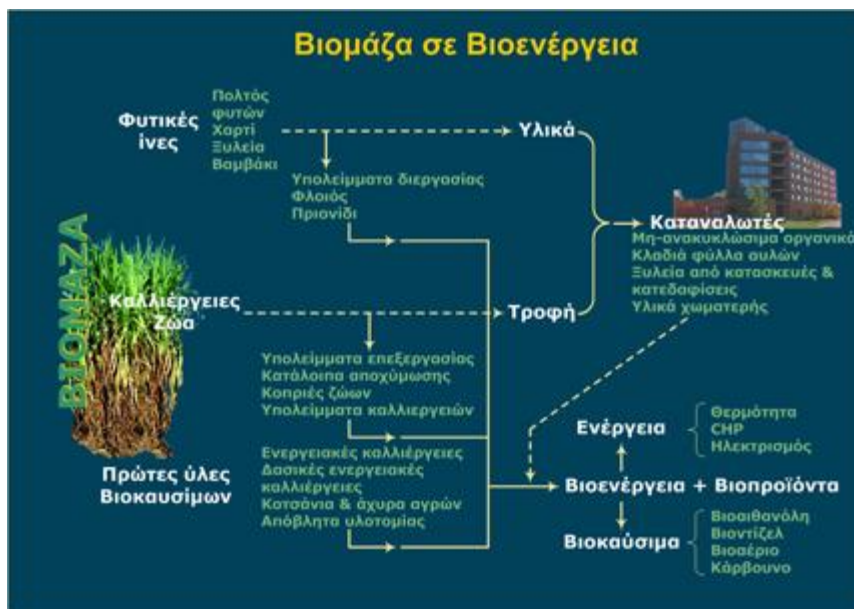
Η βιομάζα είναι η ύλη που έχει οργανική προέλευση, δηλαδή οτιδήποτε προέρχεται από τον φυτικό κόσμο. Είναι μια δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης των φυτικών οργανισμών. Πιο συγκεκριμένα, η βιομάζα προέρχεται:^[7]

- i. από φυτικές ύλες (αυτοφυή φυτά και δάση),
- ii. από ενεργειακές καλλιέργειες (ειδικές καλλιέργειες με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας)
- iii. από υποπροϊόντα και κατάλοιπα φυτικής, ζωικής, αλιευτικής και δασικής παραγωγής,
- iv. από υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών
- v. από το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Πλεονεκτήματα της βιομάζας:^[7]

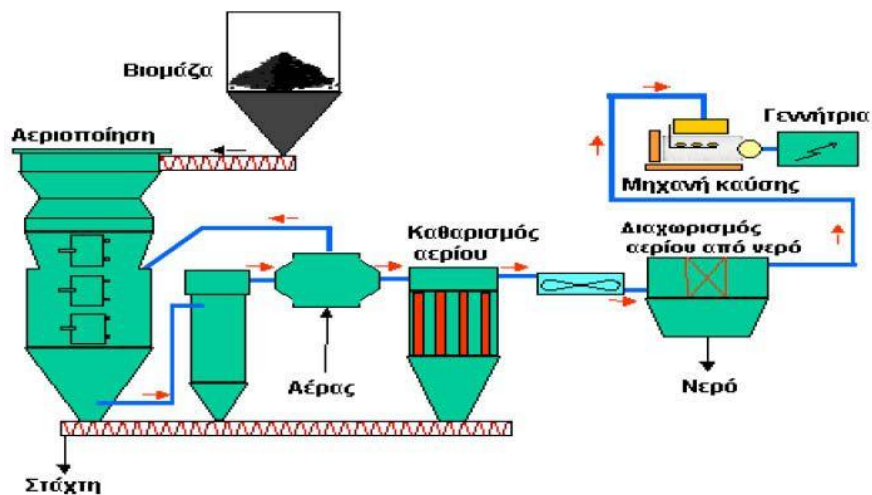
- αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, παρόλο που κατά την καύση της παράγεται διοξείδιο του άνθρακα, κατά την παραγωγή της μέσω της φωτοσύνθεσης επαναδεσμεύονται μεγάλες ποσότητες αυτού του ρύπου
- αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με διοξείδιο του θείου, το οποίο παράγεται κατά την καύση ορυκτώ καυσίμων
- μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, μείωση δηλαδή της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες
- εξασφάλιση εργασίας και συγκράτηση του αγροτικού πληθυσμού στις γεωργικές περιοχές

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας είτε μέσω απευθείας καύσης είτε με μετατροπή σε αέρια, υγρά ή στερεά καύσιμα μέσω θερμοχημικών ή βιοχημικών διεργασιών.



Εικόνα 9: Προέλευση και χρήση βιομάζας

(πηγή: www.alten.gr)



Εικόνα 10: Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα μέσω αεριοποίησης

(πηγή: www.4green.gr)

1.2.5 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Η Υδροηλεκτρική ενέργεια (Υ/Ε) είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία στήριζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών, σε ηλεκτρική ενέργεια, με τη βοήθεια στροβίλων και ηλεκτρογεννητριών. Η μετατροπή γίνεται σε δύο στάδια: [8]

- I. την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική μέσω των στροβίλων
- II. μέσω της γεννήτριας μετατρέπουμε την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική

Αποθηκεύοντας ποσότητες ύδατος σε μία λίμνη για ένα Υδροηλεκτρικό έργο, ισοδυναμεί με αποθήκευση υδροηλεκτρικής ενέργειας καθώς η ελευθέρωση αυτών των ποσοτήτων προς τους υδροστροβίλους οδηγεί στην ελεγχόμενη παραγωγή ενέργειας. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις ζητηθεί επιπλέον ενέργεια. ^[8]

Στην Ελλάδα η υδροηλεκτρική ενέργεια καλύπτει περίπου το 9% των ενεργειακών αναγκών.



Εικόνα 11: Υδροηλεκτρικό φράγμα λίμνης Πλαστήρα

(Πηγή: el.wikipedia.org)

2. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2.1 Εισαγωγή

Με το πέρας των χρόνων και την συνεχόμενη οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη, έχουν αυξηθεί και οι ενεργειακές απαιτήσεις των κτιρίων. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει σαν άμεση συνέπεια την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, άρα και την αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης εντός των κτιρίων. Οι ανάγκες αυτές καλύπτονται κυρίως με χρήση συμβατικών μορφών ενέργειας, όπως είναι το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας. Αυτές οι μορφές ενέργειας είναι μη ανανεώσιμες, δηλαδή κάποια στιγμή τα ορυκτά καύσιμα θα τελειώσουν, και ρυπογόνες, καθώς κατά την καύση τους εκλύουν στην ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα ενισχύοντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών θέρμανσης και ψύξης των κτιρίων καταναλώνεται περίπου το 40% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας. Ενέργειας που όπως αναφέρθηκε προηγουμένως αντλείται κυρίως από μη ανανεώσιμες πηγές. Στην Ελλάδα ο οικιακός τομέας ήταν το 2006 ο μεγαλύτερος καταναλωτής ηλεκτρικής ενέργειας με 177 TWh ετήσια κατανάλωση.

Στην Ελλάδα, παρόλο που επικρατεί ήπιο κλίμα, η θέρμανση των κτιρίων συμμετέχει κατά ένα μεγάλο ποσοστό (69%) στις συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις στον τομέα των κατοικιών και του τριτογενούς τομέα. Το υπόλοιπο 31% περιλαμβάνει την παραγωγή ζεστού νερού, τις ηλεκτρικές συσκευές, τη ψύξη και τον φωτισμό (ΚΑΠΕ1997).^[11]

Προκύπτει, λοιπόν, η επιτακτική ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος από την υπέρμετρη χρήση των ενεργειακών αποθεμάτων μέσω της δημιουργίας ενός μοντέλου «βιώσιμης ανάπτυξης». Κύριος στόχος αυτού του μοντέλου είναι η οικονομική ανάπτυξη με κύριο γνώμονα την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, και τη μείωση των εκλυόμενων αέριων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα μέσω χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.(Πρωτόκολλο του Κιότο-1997).^[10]

2.2 Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Η βιοκλιματική αντίληψη κατά τον σχεδιασμό των κτιρίων στηρίζεται πάνω στην φιλοσοφία της «βιώσιμης ανάπτυξης» που αναφέρθηκε προηγουμένως. Κατά τον βιοκλιματικό σχεδιασμό ενός κτιρίου λαμβάνοντας υπόψιν το κλίμα της περιοχής, γίνεται προσπάθεια εξασφάλισης των απαραίτητων εσωκλιματικών συνθηκών (όπως είναι η θερμική άνεση, η οπτική άνεση και η ποιότητα του αέρα) με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και αξιοποιώντας τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές (ήλιος, άνεμος, νερό, έδαφος).^{4,[9]} Με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας για την θέρμανση, την ψύξη και τον φωτισμό του κτιρίου.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός βασίζεται στις παρακάτω αρχές:^{4,[9]}

- ✚ Στην αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση των κτιρίων κατά τους χειμερινούς μήνες και στον φυσικό φωτισμό κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου. Με τον κατάλληλο προσανατολισμό του κτιρίου και την διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων ανάλογα με τις ανάγκες τους, επιτυγχάνεται η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- ✚ Στην θερμοπροστασία του κτιρίου κατά τους χειμερινούς μήνες μέσω κατάλληλης θερμομόνωσης με στόχο την μείωση των ενεργειακών απωλειών του κτιρίου. Η εσωτερική θερμοκρασία παραμένει σε υψηλά επίπεδα τον χειμώνα, και χαμηλά το καλοκαίρι, με αποτέλεσμα την μείωση της ενεργειακής ζήτησης για θέρμανση και ψύξη.
- ✚ Στην απομάκρυνση της θερμότητας που αποθηκεύεται στο κτίριο κατά τους θερινούς μήνες μέσω συστημάτων τεχνικού παθητικού δροσισμού
- ✚ Στην προστασία του κτιρίου από τον καλοκαιρινό ήλιο, μέσω της σκίασης και της κατάλληλης κατασκευής του κελύφους
- ✚ Και τέλος, στην βελτίωση του κλίματος στο εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου (κήπος)



Εικόνα 12: Βιοκλιματικός σχεδιασμός

(Πηγή: greencom.gr)

2.3 Το Θερμικό Ισοζύγιο του κτιρίου

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό προσπαθούμε να επιτύχουμε σωστές και ανεκτές από τους χρήστες θερμοκρασίες εντός του κτιρίου. Για να πετύχουμε και να διατηρήσουμε την επιθυμητή θερμοκρασία, χρησιμοποιούνται συστήματα θέρμανσης ή ψύξης με στόχο την κάλυψη της διαφοράς θερμοκρασίας που θα υπήρχε μεταξύ της ανεκτής θερμοκρασίας και της υπάρχουσας στον χώρο. Όσο πιο μικρή είναι αυτή η διαφορά που καλείται να καλύψει το σύστημα θέρμανσης ή ψύξης, τόσο πιο ισορροπημένο είναι το θερμικό ισοζύγιο.^{1,[11]}

Το θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου ορίζεται ως το άθροισμα όλων των θερμικών ροών από και προς ένα κτίριο. Οι θερμικές ροές είναι τα θερμικά κέρδη και οι θερμικές απώλειες του κτιρίου οι οποίες οφείλονται στην διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού περιβάλλοντος.^{1,[11]}

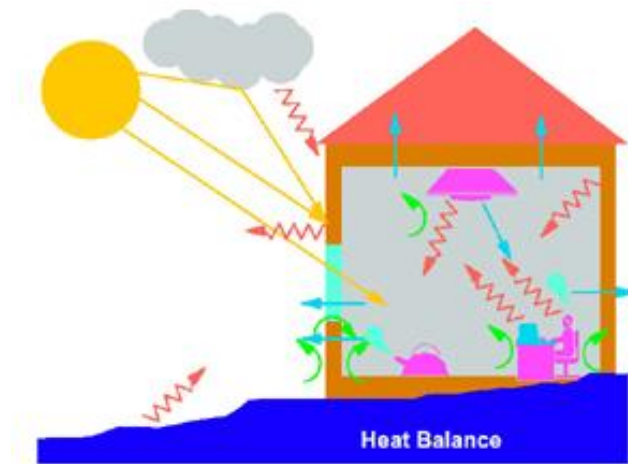
Το θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου μπορεί να εκφραστεί μέσω μιας απλής μαθηματικής σχέσης, όπως παρακάτω:

$$QI + QS \pm QC \pm QV \pm QM - QE = 0$$

όπου:

- QI: η θερμότητα που αποδίδεται από τους ενοίκους, τις διάφορες συσκευές και τον φωτισμό
- QS: η θερμική πρόσδοδος από την ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο κτίριο
- QC: οι θερμικές απώλειες ή τα κέρδη με αγωγιμότητα από το κέλυφος του κτιρίου
- QV: οι θερμικές απώλειες ή τα κέρδη από τον αερισμό
- QM: οι θερμαντικές ή ψυκτικές ανάγκες του χώρου
- QE: οι θερμικές απώλειες από την εξάτμιση

Το ισορροπημένο θερμικό ισοζύγιο είναι μία σημαντική μεταβλητή κατά τον βιοκλιματικό σχεδιασμό καθώς συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας, και κατ'επέκταση χρημάτων, καθώς και στην επίτευξη θερμικής άνεσης για τους χρήστες.



Εικόνα 13: Απεικόνιση θερμικού ισοζυγίου

(Πηγή: www.new-learn.info)

2.3 Παθητικά Συστήματα

Στα κτίρια μας, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, επιδιώκουμε να πετύχουμε ένα ισορροπημένο ενεργειακό ισοζύγιο με βάση τις βασικές αρχές λειτουργίας του Βιοκλιματικού σχεδιασμού. Αναπόσπαστο κομμάτι του Βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα τεχνολογικά

συστήματα τα οποία εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια για την θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων. Σε αυτά ανήκουν και τα Παθητικά συστήματα.

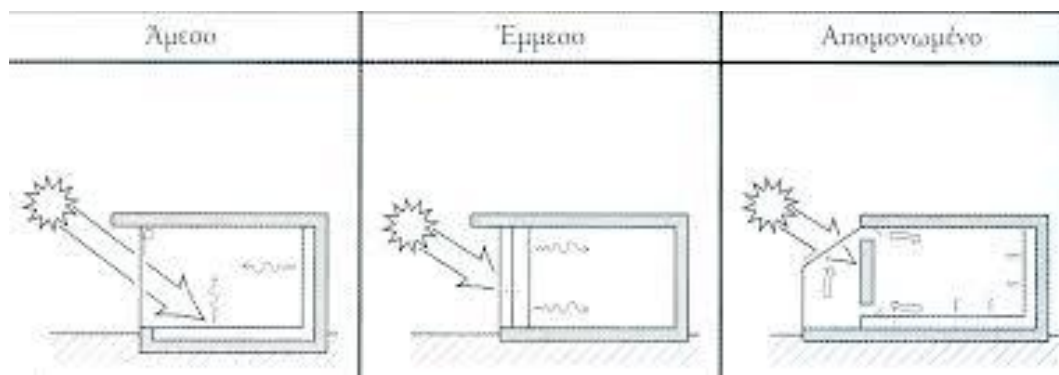
Τα Παθητικά συστήματα βασίζονται στην φυσική ροή της θερμικής ενέργειας, εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτιρίου και χρησιμοποιούν τα δομικά στοιχεία του κτιρίου για την συλλογή της ηλιακής ενέργειας και αποθήκευσης της θερμότητας της, χωρίς την χρήση κάποιου μηχανολογικού εξοπλισμού^[11]. Τα συστήματα αυτά χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης
- Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού
- Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού

2.3.1 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης στηρίζουν την λειτουργία τους στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» για την συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, στη θερμοχωρητικότητα των υλικών για την αποθήκευση της θερμότητας και στους βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής για την διανομή της στον χώρο². Ουσιαστικά αξιοποιούν την ενέργεια για θέρμανση των χώρων το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι^[11]. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης χωρίζονται σε συστήματα:

- Άμεσου κέρδους
- Έμμεσου κέρδους
- Απομονωμένου κέρδους



Εικόνα 14: Συστήματα άμεσου, έμμεσου και απομονωμένου κέρδους

(πηγή: http://www.euroblinds.com.cy/phocadownload/bioklimatiki_arxitektoniki.pdf)

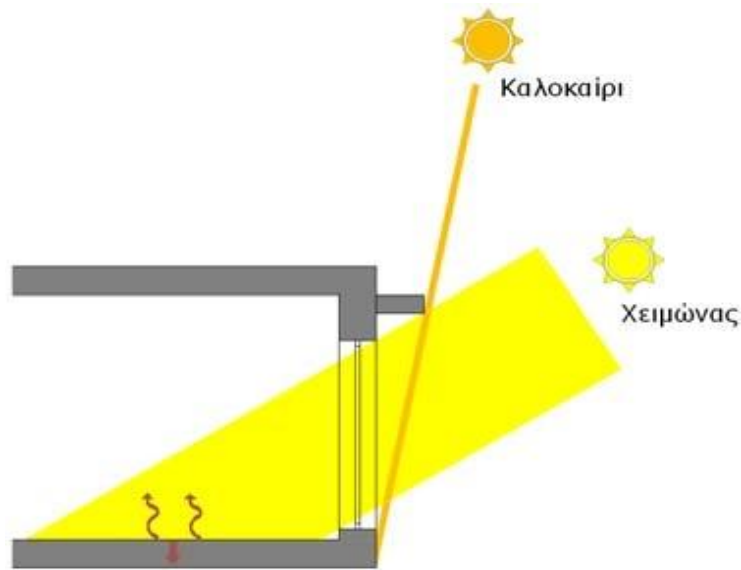
2.3.1.1 Σύστημα άμεσου κέρδους

Το σύστημα άμεσου κέρδους βασίζεται στον σωστό προσανατολισμό των ανοιγμάτων του κτιρίου για εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας και θέρμανσης των χώρων. Τα πρέπει επίσης να συνδυάζονται με εσωτερικές επιφάνειες μεγάλης θερμοχωρητικότητας για να έχουμε αποθήκευση της θερμότητας (από υλικά με ικανή θερμοχωρητικότητα). Για την αποφυγή των θερμικών απωλειών από τις γυάλινες επιφάνειες τον χειμώνα, συνήθως προστατεύουμε τα ανοίγματα με κινητά θερμομονωτικά παντζούρια, ρολά ή κουρτίνες. Το καλοκαίρι προστατεύουμε τα ανοίγματα με σκίαστρα για την αποφυγή της υπερθέρμανσης.

Για τον σωστό προσανατολισμό του κτιρίου, τα νότια ανοίγματα (με ανοχή $\pm 22^\circ$ προς ανατολή ή δύση) είναι καταλληλότερα καθώς δέχονται την περισσότερη ακτινοβολία το χειμώνα και ελάχιστη το καλοκαίρι (χρησιμοποιώντας τις τεχνικές που αναφέρθηκαν ανωτέρω). Επίσης, πρέπει να έχουν καλή θερμομόνωση η οποία επιτυγχάνεται εγκαθιστώντας υαλοπίνακες και πλαίσια με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας και, φυσικά, όσο το δυνατόν καλύτερη εφαρμογή των κουφωμάτων ώστε να μην υπάρχουν μεγάλες αθέλητες διαφυγές.^[12]

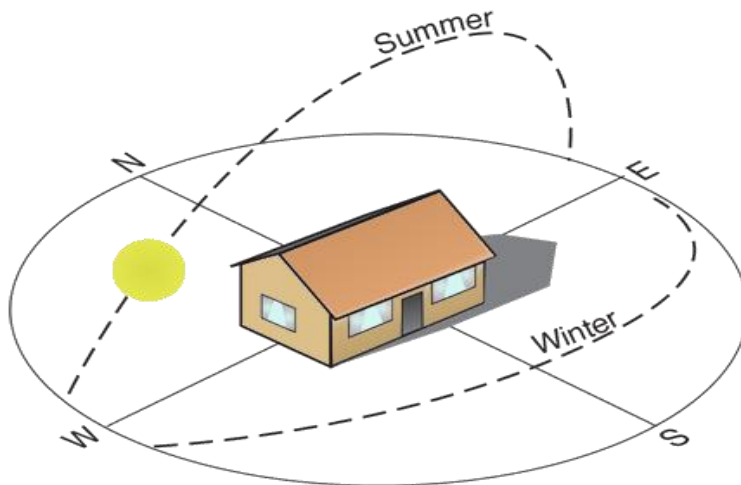
Όσον αφορά τα βορεινά ανοίγματα, προτιμούνται και αυτά καθώς βοηθούν στον καλύτερο φωτισμό του χώρου, αλλά εάν καλύπτουν μεγάλη επιφάνεια λειτουργούν αρνητικά τους χειμερινούς μήνες (υπάρχουν απώλειες θερμότητας). Τα δυτικά και τα ανατολικά ανοίγματα δεν προτιμούνται τόσο καθώς τους θερινούς μήνες δέχονται άμεσα ήλιο μετά το μεσημέρι το οποίο είναι δυσμενές για την διατήρηση χαμηλής θερμοκρασίας εντός του χώρου. Επιτρέπεται παρολαυτά να χρησιμοποιούνται σε μικρότερο βαθμό για λόγους φωτισμού ή θέας.^[13]

Η τοποθέτηση των κατάλληλων υαλοπετασμάτων αποτελεί μια εύκολη επιλογή για την βελτίωση της θερμικής άνεσης εντός του κτιρίου καθώς είναι μια οικονομική και εύκολα πραγματοποιήσιμη λύση και έχει πολλαπλά οφέλη (ο επαρκής φωτισμός είναι επίσης πολύ σημαντικός για τα επίπεδα άνεσης).



Εικόνα 15: Λειτουργία Σκιάστρον τους θερινούς μήνες

(Πηγή: sites.google.com/site/wildwaterwall/)



Εικόνα 16: Σωστός προσανατολισμός κτιρίου

(πηγή: sigrekiannainteriors.com)

2.3.1.2 Σύστημα έμμεσου κέρδους

Στα συστήματα έμμεσου κέρδους η συλλογή της ηλιακής ενέργειας, η αποθήκευσης της θερμότητας της και η διανομή της γίνονται σε ένα μέρος του περιβλήματος του κτιρίου, και χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

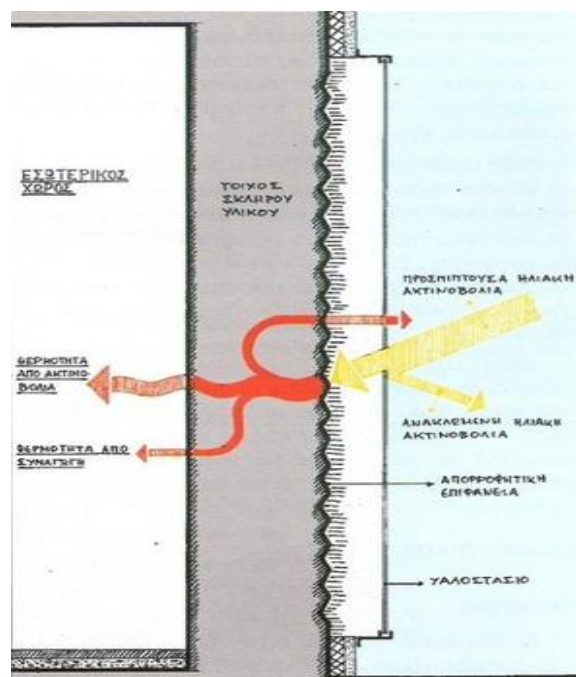
- I. Ηλιακός τοίχος ή τοίχος μάζας
- II. Ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο

III. Ηλιακό αίθριο

I. Ηλιακός τοίχος ή τοίχος μάζας^[14]

Ο ηλιακός τοίχος είναι ένα σύστημα που περιλαμβάνει έναν τοίχο χωρίς θερμομόνωση, με νότια κατεύθυνση, κατασκευασμένο από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας που λειτουργεί ως συρρωρευτής και διανομέας της θερμότητας, και ένα διαφανές υλικό που τοποθετείται προς την εξωτερική πλευρά του τοίχου με σκοπό τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Ο τρόπος λειτουργίας του είναι ο εξής: η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει, και το ποσοστό αυτής που δεσμεύεται από το διαφανές υλικό, μετατρέπεται, εντός του χώρου μεταξύ του τοίχου και του διαφανούς υλικού, σε θερμότητα, και στη συνέχεια μεταφέρεται προς το εσωτερικό.



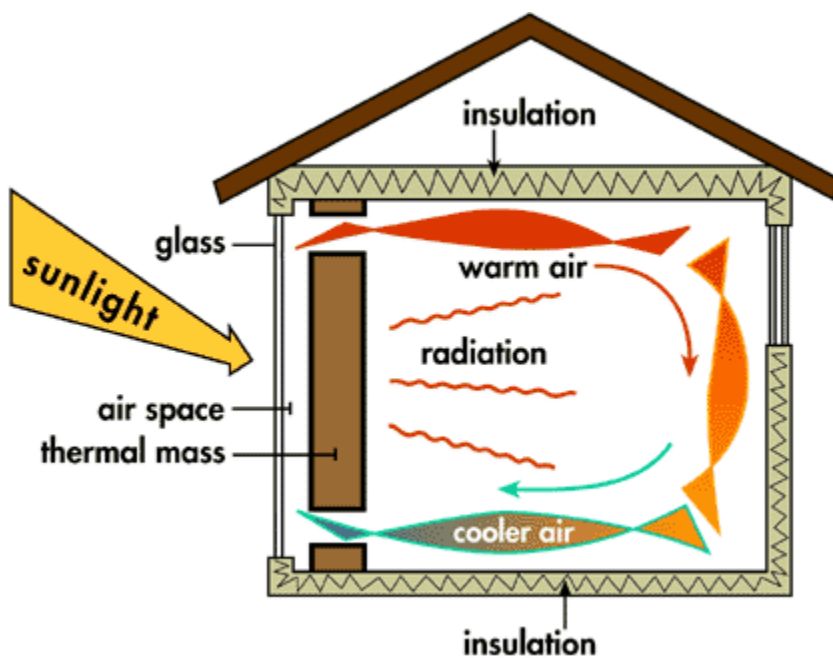
Εικόνα 17: Τοίχος μάζας

(πηγή: <http://apelepalsyrou.weebly.com/etalambdaiotaalphakappaomicron943-tauomicron943chiomicroniota.html>)

Μια εναλλακτική εφαρμογή του ηλιακού τοίχου αποτελεί ο τοίχος Trombe-Michelle. Είναι ένας τοίχος θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες στο πάνω και στο κάτω τμήμα, μέσω των οποίων

γίνεται η είσοδος του θερμού αέρα εντός του χώρου. Πιο συγκεκριμένα, μέσω των άνω θυρίδων εισέρχεται εντός του εσωτερικού χώρου ο θερμός αέρας, ενώ μέσω των κάτω θυρίδων, εξέρχεται ο ψυχρός αέρας από τον εσωτερικό χώρο και προς το διάκενο με σκοπό να θερμανθεί. Κατά τους θερινούς μήνες πρέπει να υπάρχει επαρκής σκίαση και οι θυρίδες να παραμένουν ανοιχτές ώστε ο θερμός αέρας να μην εγκλωβίζεται στο διάκενο, το οποίο θα προκαλούσε θέρμανση του τοίχου.

Το πάχος του τοίχου Trombe-Michelle παίζει σημαντικό ρόλο στην ταχύτητα μετάδοσης της θερμότητας προς τον εσωτερικό χώρο. Όσο πιο μεγάλο είναι το πάχος του τόσο μεγαλύτερη είναι η χρονική υστέρηση για τη μετάδοση της θερμότητας και τόσο μικρότερες οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Η χρονική υστέρηση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα η θερμότητα να φτάνει στο εσωτερικό τις νυχτερινές ώρες, πράγμα επιθυμητό λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών εκείνες τις ώρες.



Εικόνα 18: Τοίχος Trombe-Michelle

(πηγή: www.iklimnet.com)

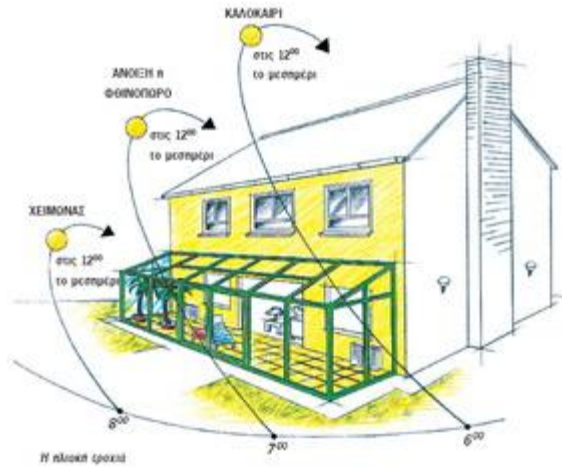
II. Ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο

Ο ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο αποτελεί ουσιαστικά έναν συνδυασμό τοίχου θερμικής αποθήκευσης και παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους. Έχουμε, δηλαδή, έναν ηλιακό γυάλινο, συνήθως, χώρο που συλλέγει την ηλιακή ακτινοβολία και είναι προσαρτημένο στο κτίριο, και έναν συμπαγή τοίχο με θερμική μάζα (με ή χωρίς θερμομόνωση). Το σύστημα λειτουργεί εν μέρει όπως το σύστημα «άμεσου κέρδους», δηλαδή η ακτινοβολία δεσμεύεται από τον ηλιακό χώρο, ένα μέρος της θερμότητας αποθηκεύεται εντός της, και ένα άλλο μεταφέρεται στον εσωτερικό κατοικήσιμο χώρο μέσω του συμπαγούς τοίχου.

Όπως και στον ηλιακό τοίχο, το θερμοκήπιο-ηλιακός χώρος πρέπει να έχει τον κατάλληλο προσανατολισμό (νότιο) ώστε να δεσμεύει το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό ηλιακής ακτινοβολίας. Ο χώρος είναι κατοικήσιμος ή μπορεί να λειτουργήσει ως θερμοκήπιο για την ανάπτυξη φυτών. Λόγω των μεγάλων θερμοκρασιών που μπορεί να φτάσει, θα πρέπει να έχει μεριμνηθεί η επαρκής σκίαση ή αερισμός του χώρου. Ειδικά στην περίπτωση που έχουν τοποθετηθεί φυτά εντός του χώρου, θα πρέπει τις νυχτερινές ώρες ο τοίχος να αερίζεται για την απομάκρυνση του CO₂.

Η μεταφορά της θερμότητας από το θερμοκήπιο στο εσωτερικό του κτιρίου μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Αρχικά, όπως και στον τοίχο Trombe, η μεταφορά μπορεί να επιτευχθεί μέσω δικλίδων στο άνω (είσοδος θερμού αέρα στο εσωτερικό) και στο κάτω (έξοδος ψυχρού αέρα από το εσωτερικό με στόχο την θέρμανσή του στο θερμοκήπιο) τμήμα του συμπαγούς τοίχου. Ακόμα, η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να εισέλθει κατευθείαν εντός του κτιρίου εάν αντί για συμπαγή τοίχο, υπάρχει διάφανη επιφάνεια.

Για την περίπτωση που οι διαχωριστικοί τοίχοι δεν έχουν θερμομόνωση, η μεταφορά της θερμότητας γίνεται μέσω της αγωγιμότητας των υλικών κατασκευής τους. Τέλος, με τη χρήση μηχανικών μέσων, όπως οι ανεμιστήρες, υπάρχει η δυνατότητα η θερμότητα να μεταφερθεί όχι μόνο στην νότια πλευρά όπου έχουμε τοποθετήσει το θερμοκήπιο, αλλά και στην βορεινή.



Εικόνα 19: Σωστός προσανατολισμός ηλιακού χώρου

(Πηγή: dnn.alumet.gr)



Εικόνα 20: Χρήσιμες διατάξεις για την σωστή λειτουργία του θερμοκηπίου

(Πηγή: dnn.alumet.gr)



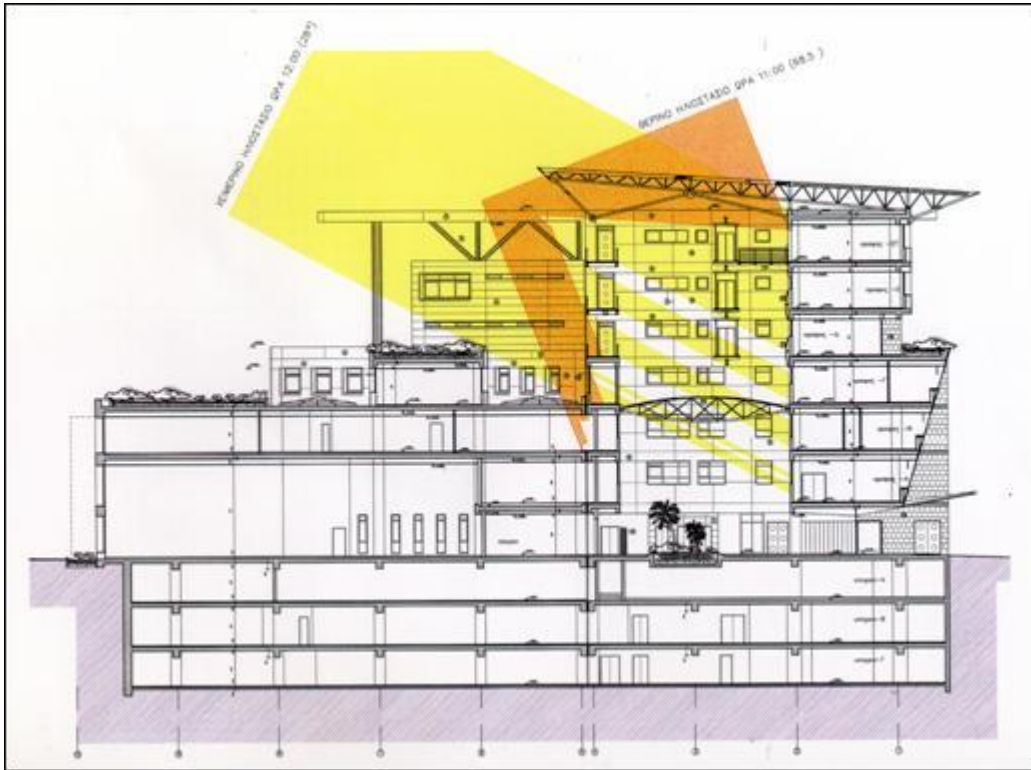
Εικόνα 21: Πραγματικό παράδειγμα ηλιακού χώρου

(πηγή: www.zeroenergybuildings.org)

III. Ηλιακό αίθριο

Τα ηλιακά αίθρια είναι οι εσωτερικοί χώροι ενός κτιρίου οι οποίοι έχουν στην οροφή τους υαλοστάσια και η λειτουργία τους είναι παρόμοια με τα θερμοκήπια. Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην γυάλινη επιφάνεια της οροφής συλλέγεται, και στη συνέχεια μεταφέρεται στους εσωτερικούς χώρους και ένα μέρος αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία.^[15]

Το αίθριο κατά τους θερινούς μήνες θα πρέπει να σκιάζεται και να υπάρχει δυνατότητα αερισμού μέσω των ανοιγμάτων. Έπισης, μία πολύ σημαντική συμβολή του αιθρίου αποτελεί ο φυσικός φωτισμός που διαχέεται στον χώρο από το άνοιγμα της οροφής, ο οποίος κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλους τους χώρους χωρίς να προκαλείται θάμβωση.^[15]

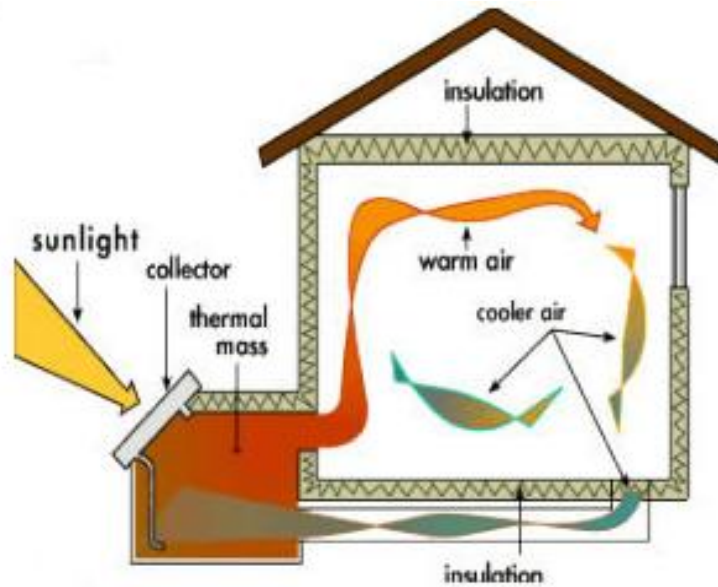


Εικόνα 22: Ηλιακό αίθριο

(πηγή http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliako_aithrio.htm)

2.3.1.3 Σύστημα απομονωμένου κέρδους

Στο σύστημα αυτό ανήκει το θερμοσιφωνικό πάνελο, το οποίο είτε τοποθετείται στην πρόσοψη του κτιρίου, είτε είναι απομονωμένο από αυτό αλλά συνδεδεμένο μαζί του μέσω αγωγών. Το θερμοσιφωνικό πάνελο εκτός του κτιρίου τοποθετείται χαμηλότερα από αυτό και έχει νότια κατεύθυνση με κλίση 40° . Μέσω του υαλοπίνα που διαθέτει συλλέγεται η ηλιακή ακτινοβολία η οποία μετατρέπεται σε θερμότητα και, μέσω των αγωγών, μεταφέρεται σε επιλεγμένο χώρο εντός του κτιρίου. Στην διάταξη υπάρχει και δεύτερος αγωγός μέσω του οποίου ο ψυχρός αέρας από τον χώρο του κτιρίου μεταφέρεται προς το θερμοσιφωνικό πάνελο και θερμαίνεται. Οι αγωγοί διαθέτουν δικλείδες μέσω των οποίων ελέγχεται η λειτουργία των αγωγών. Για παράδειγμα, τις νυχτερινές ώρες προτιμάται οι δικλείδες να κλείνουν για να μην υπάρχουν απώλειες θερμότητας.^[16]



Εικόνα 23: Λειτουργία θερμοσιφωνικού πάνελου

(πηγή: http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/sun_energy2.html)

2.3.2 Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού

Ο φυσικός δροσισμός του κτιρίου είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την επίτευξη της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του. Οι υψηλές θερμοκρασίες κατά τους θερινούς μήνες, αλλά και τα παθητικά συστήματα θέρμανσης, κατά τους θερινούς, μπορεί να υπερθερμάνουν τον χώρο με αποτέλεσμα να χρειάζεται φυσικός αερισμός στοχεύοντας σε θερμοκρασίες ανεκτές από τους χρήστες.

Υπάρχουν τεχνικοί και σχεδιαστικοί τρόποι για τον φυσικό δροσισμό του κτιρίου, οι οποίοι αναλύονται αναλυτικά παρακάτω.

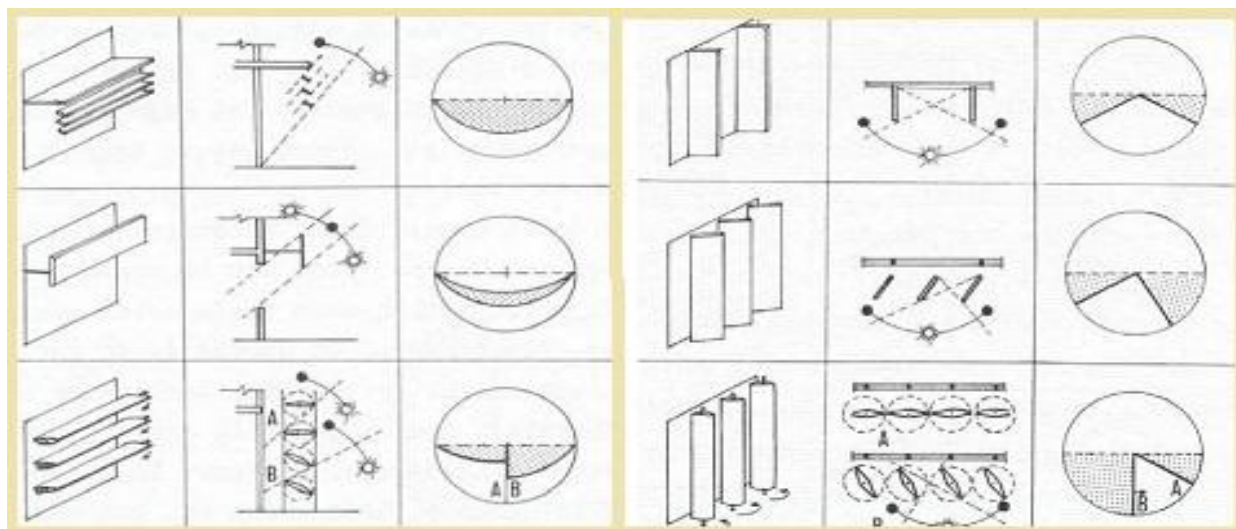
2.3.2.1 Ηλιοπροστασία^[14]

Η προστασία του κελύφους του κτιρίου είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας στο εσωτερικό του. Η ηλιακή ακτινοβολία είναι πολύ έντονη τους θερινούς μήνες και υπάρχει επιτακτική ανάγκη για ηλιοπροστασία του κτιρίου στο σύνολο του, αλλά και κάθε ανοίγματος ξεχωριστά.

Όσον αφορά το σύνολο της κατασκευής, η ηλιοπροστασία επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων σε κατάλληλες θέσεις με βάση την κίνηση του ήλιου κατά τους θερινούς μήνες. Ταυτόχρονα τα φυτά μειώνουν την θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος και προσφέρουν δροσισμό.

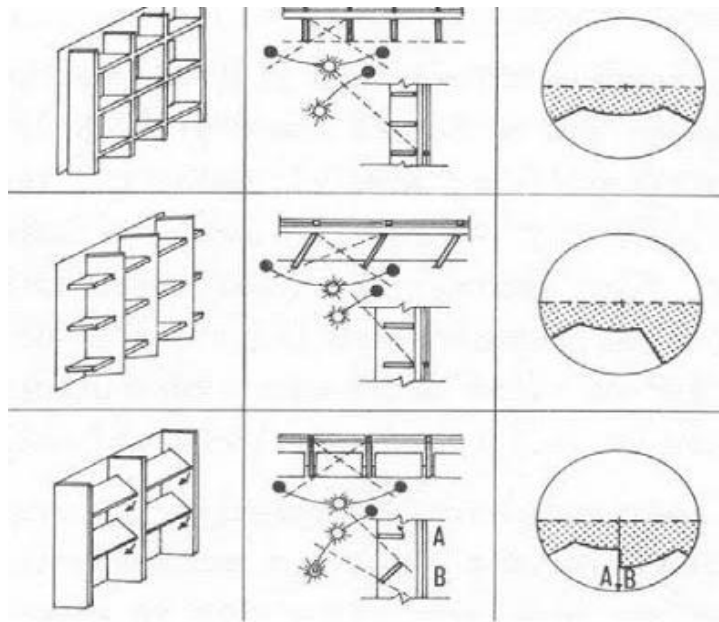
Τα ανοίγματα προστατεύονται από τις ηλιακές ακτίνες με τοποθέτηση σκιάστρων στην εξωτερική τους πλευρά. Η σωστή διάταξη και ο προσανατολισμός των σκιάστρων εξαρτάται από τον προσανατολισμό του κτιρίου.

- a. Για νότιο προσανατολισμό κατάλληλη είναι η τοποθέτηση οριζόντιων περσίδων με πλάτος τέτοιο ώστε τους θερινούς μήνες, που ο ήλιος είναι σε υψηλή τροχιά να προστατεύει το άνοιγμα, αλλά τους χειμερινούς μήνες να επιτρέπει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας (θέρμανση)
- b. Για ανατολικό/δυτικό προσανατολισμό τοποθετούνται κατακόρυφες περσίδες ή υπό κλίση γιατί ο ήλιος βρίσκεται σε χαμηλή θέση
- c. Για νοτιοανατολικό και νοτιοδυτικό προσανατολισμό γίνεται συνδυασμός των προηγούμενων δύο διατάξεων με την μορφή εσχάρας.



Εικόνα 24: Οριζόντιες περσίδες για νότιο προσανατολισμό (αριστερά) και κατακόρυφες περσίδες για ανατολικό/δυτικό προσανατολισμό (δεξιά)

(πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>)



Εικόνα 25: Περισίδες μορφής εσχάρας για νοτιοανατολικό και νοτιοδυτικό προσανατολισμό

(πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>)

2.3.2.2 Φυσικός Αερισμός

Ο φυσικός αερισμός των κτιρίων είναι απαραίτητος για την διατήρηση του επιθυμητού επιπέδου άνεσης για τους χρήστες. Έκτος από τους λόγους υγιεινής και οξυγόνου, ο φυσικός αερισμός χρησιμεύει στον δροσισμό του χώρου κατά τους θερινούς μήνες αλλά και κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου διατηρεί το ποσοστό υγρασίας σε ανεκτά επίπεδα και βοηθά στην απομάκρυνση δυσάρεστων οσμών.

Υπάρχουν πολλές τεχνικές επεμβάσεων που μπορούν να πραγματοποιηθούν στο κέλυφος του κτιρίου και οι οποίες συνεισφέρουν στον φυσικό δροσισμό. Κάποιες από αυτές είναι:^[14]

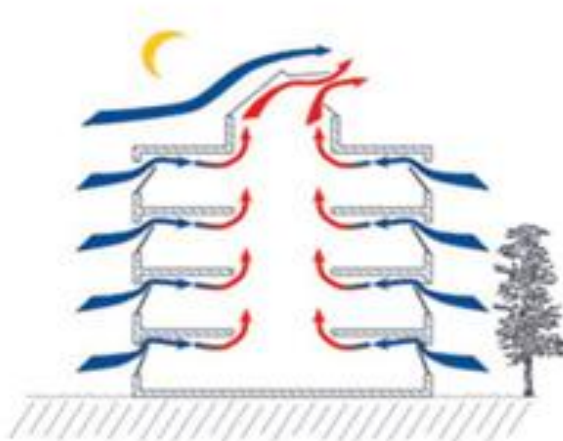
- **Ηλιακή καμινάδα**, η οποία χρησιμεύει στον φυσικό αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας
- **Καμινάδα αερισμού**, η οποία μέσω ενός μικρού ανεμιστήρα στην κορυφή εξαναγκάζει της κίνηση του αέρα βοηθώντας έτσι στον αερισμό του κτιρίου
- **Διπλή επιδερμίδα** (ή διπλό κέλυφος), αφορά κτίρια κατασκευασμένα από γυαλί, αποτελείται από δύο γυάλινες επιφάνειες με ενδιάμεσο κενό, και χρησιμεύει είτε στον

αερισμό του εσωτερικού του κτιρίου είτε στην απομάκρυνση της θερμότητας από το εσωτερικό

- **Αεριζόμενο κέλυφος**, το οποίο συμβάλλει στην θερμική εκτόνωση της πλάκας της οροφής ή του τοίχου από την ηλιακή ακτινοβολία

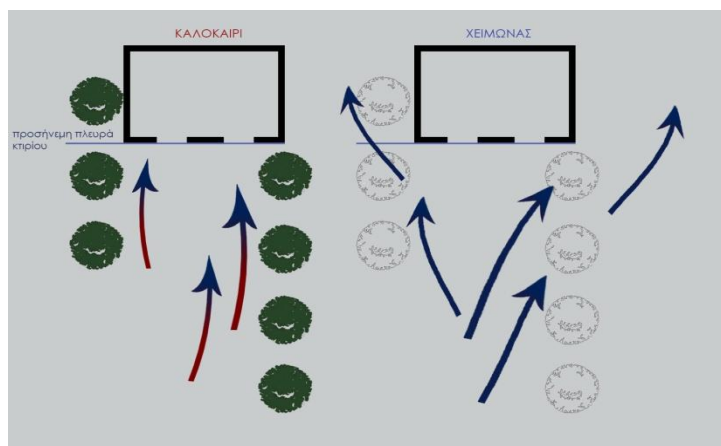
Τα ανοίγματα του κτιρίου, κυρίως το μέγεθός τους και ο προσανατολισμός τους, παίζουν σημαντικό ρόλο στον σωστό και επαρκή αερισμό του εσωτερικού του. Τα ανοίγματα πρέπει να τοποθετούνται σε αντιμέτωπους τοίχους, ώστε να δημιουργείται το λεγόμενο «ρεύμα» και να υπάρχει κίνηση του αέρα εντός του χώρου. Ιδανικά, δεν πρέπει να βρίσκονται ακριβώς απέναντι έτσι ώστε ο αέρας να ακολουθεί και να καλύπτει μεγαλύτερη διαδρομή εντός του χώρου. Επίσης, η τοποθέτηση των ανοιγμάτων σε διαφορετικά επίπεδα προσφέρει μια επιπλέον κατακόρυφη αλλαγή κατεύθυνσης, με στόχο τον αερισμό του χώρου στο σύνολό του.^[17]

Τέλος, η βλάστηση τοποθετούμενη στην κατάλληλη απόσταση και ύψος, διευκολύνει την διείσδυση ή εκτροπή του ανέμου από το κτίριο.



Εικόνα 26: Φυσικός αερισμός κτιρίου μέσω ανοιγμάτων

(πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)



Εικόνα 27: Συμβολή της βλάστησης στην κατεύθυνση του αέρα ανά εποχή

(πηγή: <http://www.akx.gr>)

2.3.2.3 Υβριδικός Αερισμός

Ο υβριδικός αερισμός αποτελείται από μηχανικά μέσα αερισμού του χώρου τα οποία, όμως, έχουν χαμηλή κατανάλωση σε ενέργεια και η συμβολή τους είναι αρκετά σημαντική. Ένα τέτοιο μέσο αποτελεί ο ανεμιστήρας οροφής, ο οποίος είτε μόνος του είτε σε συνδυασμό με κάποιο άλλο σύστημα κλιματισμού (κυρίως σε μεγάλους επαγγελματικούς χώρους), ενισχύει το φαινόμενο του φυσικού δροσισμού.

2.3.2.4 Εξατμιστικός Δροσισμός

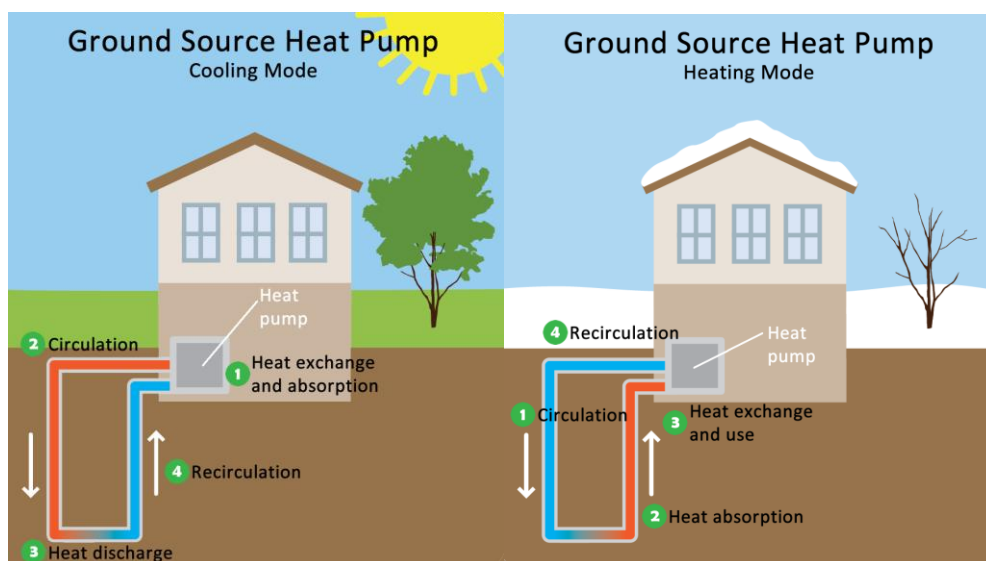
Ο εξατμιστικός δροσισμός πραγματοποιείται, σε περιοχές με χαμηλή υγρασία, μέσω εξάτμισης νερού με την χρήση διαφόρων τεχνικών. Η λειτουργία του είναι απλή: με την τοποθέτηση σωμάτων νερού, όπως οι λίμνες και τα συντριβάνια σε αυλές ή αίθρια, επιτυγχάνουμε ο ζεστός αέρας που θα περάσει πάνω από την υδάτινη μάζα να της προκαλέσει εξάτμιση και ο ίδιος να ψυχθεί. Αυτός ο ψυχρός αέρας είτε θα ψύξει το κέλυφος του κτιρίου (έμμεσος εξατμιστικός δροσισμός), είτε θα εισέλθει εντός του κτιρίου (άμεσος εξατμιστικός δροσισμός).

2.3.2.5 Δροσισμός μέσω Εδάφους

Κάνοντας χρήση αυτής της τεχνικής εκμεταλλευόμαστε τη θερμοκρασία που έχει το έδαφος σε μικρά σχετικά βάθη (15°C περίπου) ώστε να θερμάνουμε ή να ψύξουμε το κτιριακό μας κέλυφος.

Υπάρχουν δύο διαφορετικές εφαρμογές αυτής της τεχνικής: οι υπόσκαφες ή ημιυπόσκαφες κατασκευές και το υπεδάφιο σύστημα αγωγών.

Στην πρώτη, κάνοντας τις κατασκευές μας υπόγειες ή ημιυπόγειες εκμεταλλευόμαστε την θερμοκρασία από το έδαφος ανάλογα την εποχή: το καλοκαίρι που η θερμοκρασία του εδαφους είναι μικρότερη από του αέρα πετυχαίνουμε ψύξη του κελύφους, και τον χειμώνα που επικρατούν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες αέρα, το έδαφος λειτουργεί ως πηγή θερμότητας. Στην δεύτερη εφαρμογή, χρησιμοποιείται ένα σύστημα μεταλλικών αγωγών το οποίο τοποθετείται σε βάθος 1-3m το οποίο εκμεταλλεύομε την θερμοκρασία του υπεδάφους, είτε ψύχει τον αέρα των σωλήνων (τους θερινούς μήνες) είτε το θερμαίνει (χειμερινούς μήνες).^[18]



Εικόνα 28: Ψύξη και θέρμανση από το έδαφος

(πηγή: <https://www.epa.gov/rhc/geothermal-heating-and-cooling-technologies>)

2.3.2.6 Θερμομόνωση

Η τεχνική της θερμομόνωσης προτιμάται για την μείωση της θερμότητας που ανταλλάσσεται μεταξύ του περιβάλλοντος αέρα και του κτιρίου μας. Τους θερινούς μήνες ο θερμός αέρας από το περιβάλλον τείνει να εισέλθει στους εσωτερικούς χώρους, όπου έχουμε χαμηλότερες θερμοκρασίες, και τους χειμερινούς μήνες, αντίστοιχα, ο κρύος αέρας τείνει να εισέλθει στους εσωτερικούς θερμούς χώρους, μέσω του κελύφους του κτιρίου. Αυτό, λοιπόν, αποφεύγεται θερμομονώνοντας την ενδιάμεση στρώση μεταξύ τους (τοίχοι, πατώματα ή ανοίγματα) κάνοντας έτσι πιο δύσκολο στα ρεύματα του αέρα να ταξιδέψουν απ'την μία πλευρά στην άλλη.

Η εγκατάσταση της θερμομόνωσης γίνεται στην εξωτερική πλευρά του κελύφους οπότε είναι διαρκώς εκτεθειμένη σε φθορές, τις οποίες προλαμβάνουμε επικαλύπτοντας την θερμομόνωση με επίχρισμα ή άλλο προστατευτικό υλικό.^[19]

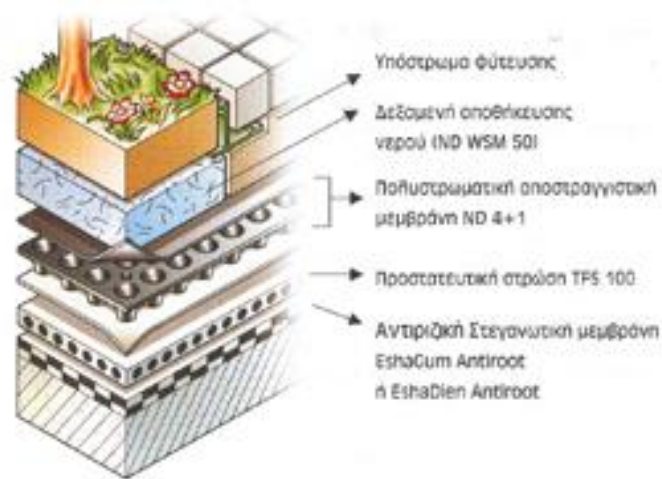
2.3.2.7 Φυτεμένο Δώμα

Το φυτεμένο δώμα αποτελεί μια έξυπνη αρχιτεκτονική παρέμβαση όχι μόνο στο περιβάλλον του κτιρίου αλλά και στο σύνολο της πόλης. Τα ωφέλη είναι πάρα πολλά, καθώς, όχι μόνο προσφέρουν επιπλέον θερμομόνωση στην κατασκευή μας, αλλά επιπλέον προσθέτουν ανάσες πράσινου στην επιβαρυσμένη από αέριους ρύπους ατμόσφαιρα της πόλης.

Η κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος στην στέγη ενός κτιρίου, θα πρέπει να γίνεται μετά από ανάλυση και επιβεβαίωση της στατικής αντοχής του κτιρίου. Επίσης, η κλίση της οροφής θα πρέπει να είναι 1.5% κατ'ελάχιστο (Κατευθυντήριες οδηγίες φυτεμένων δωματίων 2011) και ανάλογα τον τύπο του φυτεμένου δώματος, να γίνει γνωστό στους χρήστες η δυνατότητα ή μη, της χρήσης του δώματος από αυτούς.^[21]

Υπάρχουν τρία είδη φυτεμένου δώματος ή πράσινης στέγης, ανάλογα με τα αποτελέσματα της στατικής μελέτης.^[20]

- I. **Εκτατικός τύπος** : καλύπτει περίπου το 95% της επιφάνειας της στέγης, έχει μικρό πάχος φύτευσης (10-15cm) ώστε να μην επιβαρύνει την κατασκευή με μεγάλα βάρη (κορεσμένο φορτίο 70-140kg/m²), και είναι η οικονομικότερη επιλογή (για εγκατάσταση και συντήρηση). Αυτός ο τύπος έχει εύκολη εφαρμογή και μπορεί να εφαρμοστεί σε κλίσεις έως 45°.
- II. **Ημιεντατικός τύπος** : το πάχος φύτευσης κυμαίνεται μεταξύ 10-25cm και τα βάρη επιβάρυνσης μεταξύ 120-150kg/m² (κορεσμένο φορτίο). Αποτελεί μια ενδιάμεση επιλογή τύπου φύτευσης, εφαρμόζεται σε επικλινείς ή επίπεδες οροφές και απαιτεί συντήρηση.
- III. **Εντατικός τύπος** : είναι ένας σύνθετος τύπος φύτευσης που μοιάζει με κήπο, με μεγάλα πάχη (15-150cm) και κορεσμένο φορτίο τουλάχιστον 250kg/m². Αυτός ο τύπος φύτευσης απαιτεί συχνή συντήρηση, περιλαμβάνει επιπλέον δέντρα κ μικρούς θάμνους, και μπορεί να υποστηρίξει συστήματα νερού, σκίασης κοκ.



Εικόνα 29: Σύστημα εκτατικού τύπου

(πηγή: www.monoiso.gr)



Εικόνα 30: Σύστημα εντατικού τύπου

(πηγή: www.monoiso.gr)

2.3.3 Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού

Έναν ακόμη σημαντικό παράγοντα για την βιοκλιματική μελέτη και σχεδίαση ενός κτιρίου αποτελούν τα διάφορα συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού. Από τα συστήματα αυτά επιτυγχάνουμε οπτική άνεση, εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση συνθηκών διαβίωσης μέσω αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας και αερισμού των χώρων.

Τα συστήματα και οι τεχνικές φυσικού φωτισμού εξασφαλίζουν στον χρήστη την απαιτούμενη οπτική άνεση και ταυτόχρονα εξοικονομούν ενέργεια στο κτίριο μειώνοντας όχι μόνο το κόστος της ενέργειας τεχνητού φωτισμού, αλλά και την πρόσθετη θερμότητα από τα εσωτερικά θερμικά κέρδη λόγω αυτού. Γι'αυτό το λόγο η ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων και τεχνικών είναι εξαιρετικά σημαντική για ένα κτίριο φιλικό προς το περιβάλλον.

Η οπτική άνεση αναφέρεται στην ύπαρξη επαρκούς ποσότητας φωτισμού και στην ομαλή κατανομή του φωτισμού σε όλους τους χώρους ώστε να αποφεύεται το φαινόμενο της «θάμβωσης».

Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:^[22]

- ✚ ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία
- ✚ ανοίγματα οροφής
- ✚ αίθρια
- ✚ φωταγωγοί

Μερικές τεχνικές φυσικού φωτισμού μέσω των οποίων ενισχύονται τα παραπάνω συστήματα και βελτιώνονται οι συνθήκες φωτισμού είναι οι εξής:^[23]

- ✚ υαλοπίνακες
- ✚ πρισματικά φωτοδιαπερατά στοιχεία
- ✚ διαφανή μονωτικά υλικά
- ✚ ανακλαστήρες (ράφια φωτισμού)
- ✚ ανακλαστικές περσίδες

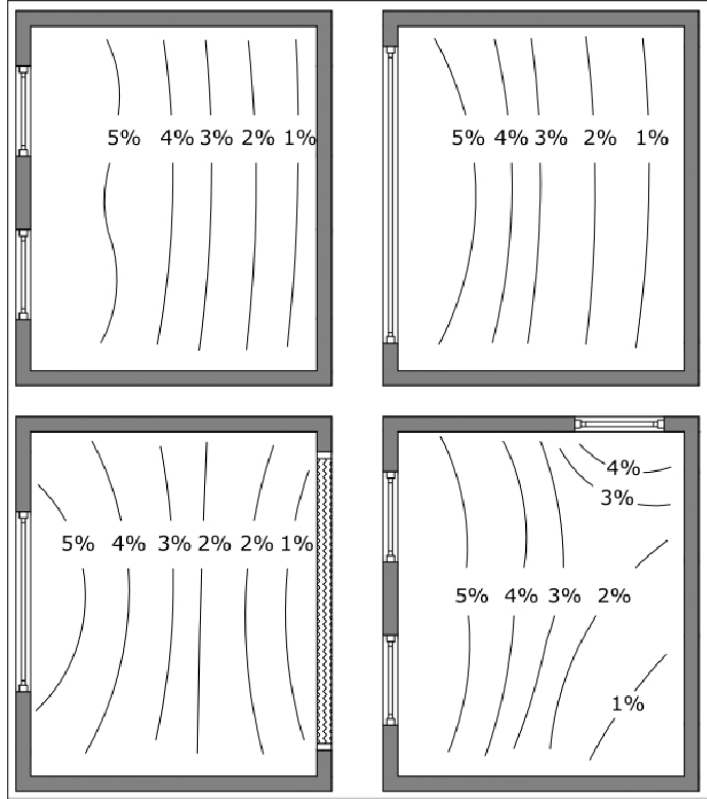
Κατά τον σχεδιασμό κάθε μίας τεχνικής και συστήματος θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ύπαρξη και η συμβολή των υπολοίπων, εφόσον υπάρχουν.

2.3.3.1 Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία^[26]

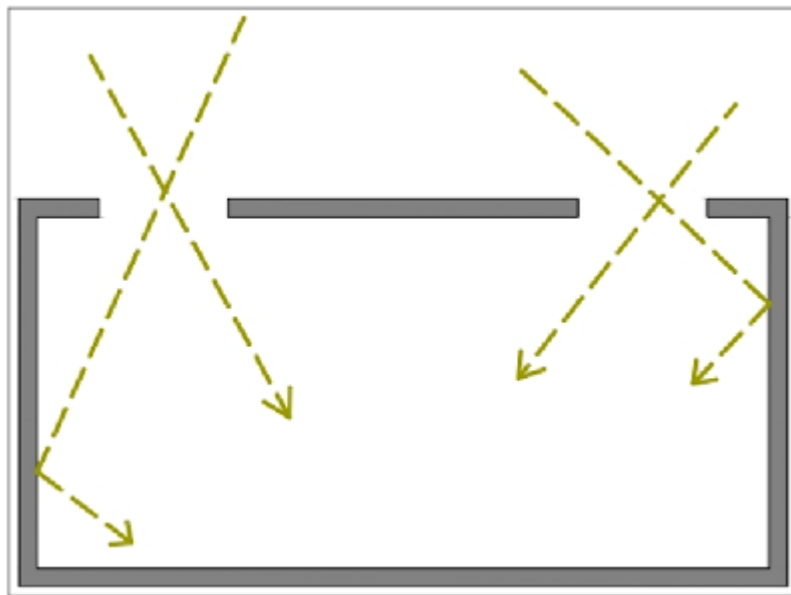
Η ύπαρξη πλευρικών ανοιγμάτων σε έναν χώρο δεν σημαίνει απαραίτητα ότι ο χώρος φωτίζεται κατάλληλα και αρκετά ώστε οι χρήστες να αισθάνονται άνετα. Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η θέση και το σχήμα του ανοίγματος καθώς και το μέγεθος του χώρου/δωματίου που θέλουμε να φωτιστεί πλήρως. Όσον αφορά την θέση, μετά από αναλύσεις έχει προκύψει ότι όσο πιο ψηλά τοποθετούμε το άνοιγμα στον τοίχο, τόσο πιο βαθιά φτάνει το φυσικό φως στον χώρο. Εάν το βάθος του χώρου ξεπερνά κατά 2.5 φορές το ύψος του ανοίγματος μέχρι το ανώφλι, τότε ο φωτισμός στο πίσω μέρος του δωματίου δεν είναι ικανοποιητικός.

Το σχήμα του ανοίγματος επηρεάζει και αυτό την κατανομή του φωτός στον χώρο. Ανοίγματα μεγάλου πλάτους ή κατακόρυφα δεν προτιμώνται γιατί δημιουργούνται ζώνες διαφορετικής έντασης στον χώρο αλλά και κατά την διάρκεια της ημέρας. Γι'αυτό το λόγο ενδύκνεται η χρήση πολλών μικρότερων ανοιγμάτων που ισοκατανέμουν τον φωτισμό και μειώνουν την θάμβωση και η τοποθέτηση αυτών κοντά σε εσωτερικούς τοίχους ώστε να προσπίπτει η ακτινοβολία και να διανέμεται στον υπόλοιπο εσωτερικό χώρο.

Το μέγεθος του χώρου επηρεάζει τις διαστάσεις του ανοίγματος. Εμπειρικά, το μέγεθος του ανοίγματος με διαστάσεις ίσες προς το 20% της επιφάνειας που φωτίζουν, είναι μία ικανοποιητική ποσότητα ώστε να εξασφαλίζεται επαρκές φυσικό φως και να αποφεύγονται οι υπερβολικές θερμικές απώλειες το χειμώνα.



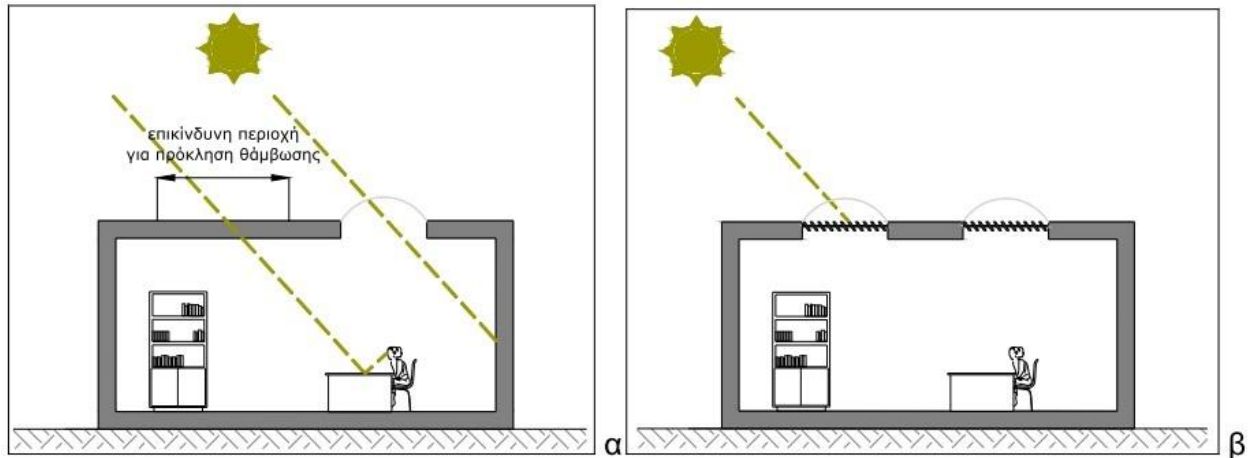
Εικόνα 31: Κατανομή φυσικού φωτισμού (συντελεστής φυσικού φωτισμού) στο χώρο για 4 διαφορετικές διατάξεις
 (πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/anartesechoristitlo>)



Εικόνα 32: Επιρροή των εσωτερικών τοίχων στην κατανομή του φωτός
 (πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/anartesechoristitlo>)

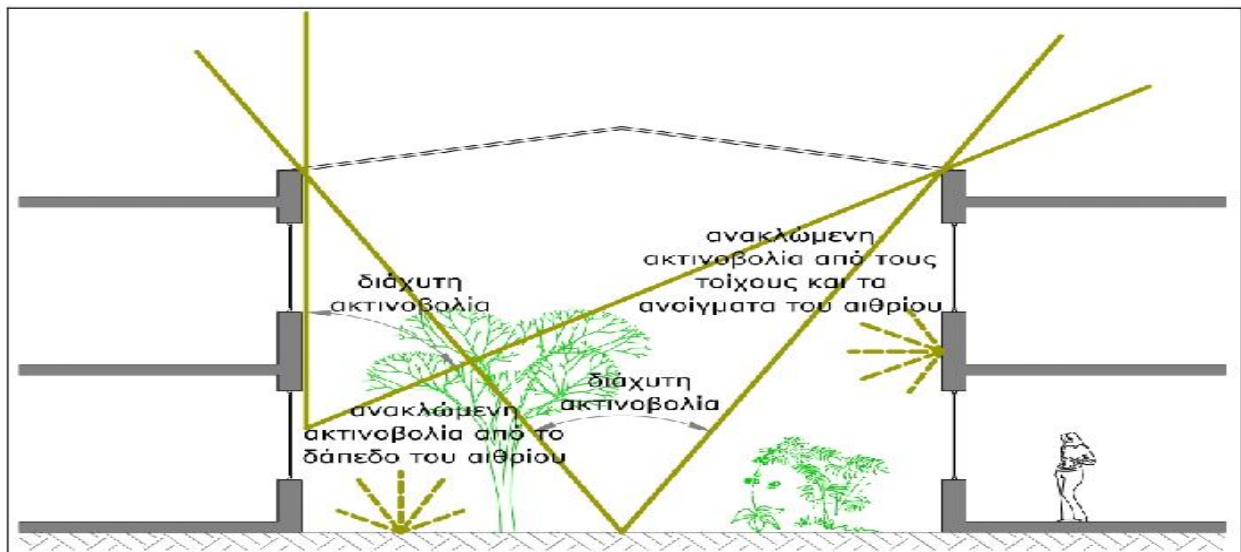
2.3.3.2 Ανοίγματα οροφής και αίθρια

Πρόκειται για δύο διαφορετικά συστήματα φωτισμού τα οποία έχουν ένα κοινό, πολύ βασικό χαρακτηριστικό: προσφέρουν μεγάλες ποσότητες φυσικού φωτισμού στον χώρο, τον οποίο διανέμουν πιο ομοιόμορφα σε σχέση με τα ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία. Το υλικό πλήρωσης των ανοιγμάτων είναι υαλοπίνες με διάφορα χαρακτηριστικά ανάλογα με το ποσοστό διάχυσης του φωτός που έχει υπολογιστεί από την μελέτη.^{[24],[25]}



Εικόνα 33: Σωστός σχεδιασμός ανοίγματος οροφής για αποφυγή θάμβωσης

(πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/anartesechoristitlo>)



Εικόνα 34: Διάχυση φωτός σε ένα αίθριο

(πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/anartesechoristitlo>)

2.3.3.3 Υαλοπίνακες

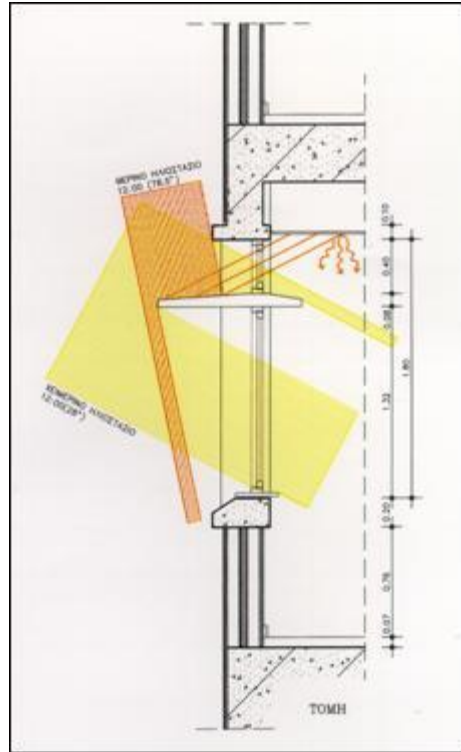
Η επιλογή του είδους των υαλοπινάκων που θα χρησιμοποιηθεί στο εκάστοτε κτίριο εξαρτάται από το κλίμα της περιοχής, τις θερμικές απαιτήσεις του κτιρίου, το είδος του κτιρίου (κατοικία ή γραφεία) και την φωτοδιαπερατότητα που επιθυμείται. Στην αγορά υπάρχουν πολλά είδη υαλοπινάκων και επιλέγονται με βάση τα προηγούμενως αναφερθέντα κριτήρια. Κάποια από αυτά είναι : ανακλαστικοί υαλοπίνακες (μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο), έγχρωμοι υαλοπίνακες (μείωση ηλιακών κερδών ενός χώρου), απορροφητικοί υαλοπίνακες (μείωση ηλιακών κερδών και δεν προκαλούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο), επιλεκτικοί υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-E) (μείωση θερμικών απωλειών το χειμώνα και κερδών το καλοκαίρι), θερμομονωτικοί υαλοπίνακες (κτίρια με μεγάλα ανοίγματα που απαιτούν θερμομόνωση), ηλεκτροχρωμικοί, φωτοχρωμικοί (ιδιότητες μεταβαλλόμενες ανάλογα με την προσπίπτουσα ακτινοβολία), θερμοχρωμικοί (οι ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία) και υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων.^[27]

2.3.3.4 Ράφια φωτισμού και ανακλαστικές περσίδες^[28]

Κατά τον φωτισμό μέσω ανοιγμάτων υπάρχει και ο κίνδυνος αύξησης της θερμότητας του εσωτερικού χώρου λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος χρησιμοποιούνται τα ράφια φωτισμού και οι ανακλαστικές περσίδες στην εξωτερική (ή εσωτερική) πλευρά των ανοιγμάτων.

Τα ράφια φωτισμού είναι επίπεδα ή καμπύλα σταθερά στοιχεία που στερεώνονται στο πλαίσιο των κουφωμάτων και κατευθύνουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία προς το εσωτερικό του κτιρίου. Εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους, ακόμη και σε απομακρυσμένες από το παράθυρο περιοχές.

Οι ανακλαστικές περσίδες τοποθετούνται στην εσωτερική ή εξωτερική πλευρά του κουφώματος και είναι κινητές ώστε να εκτρέπουν τις ηλιακές ακτίνες προς την επιθυμητή κατεύθυνση.



Εικόνα 35: Ράφια φωτισμού

(πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_hlioprostasia.htm)



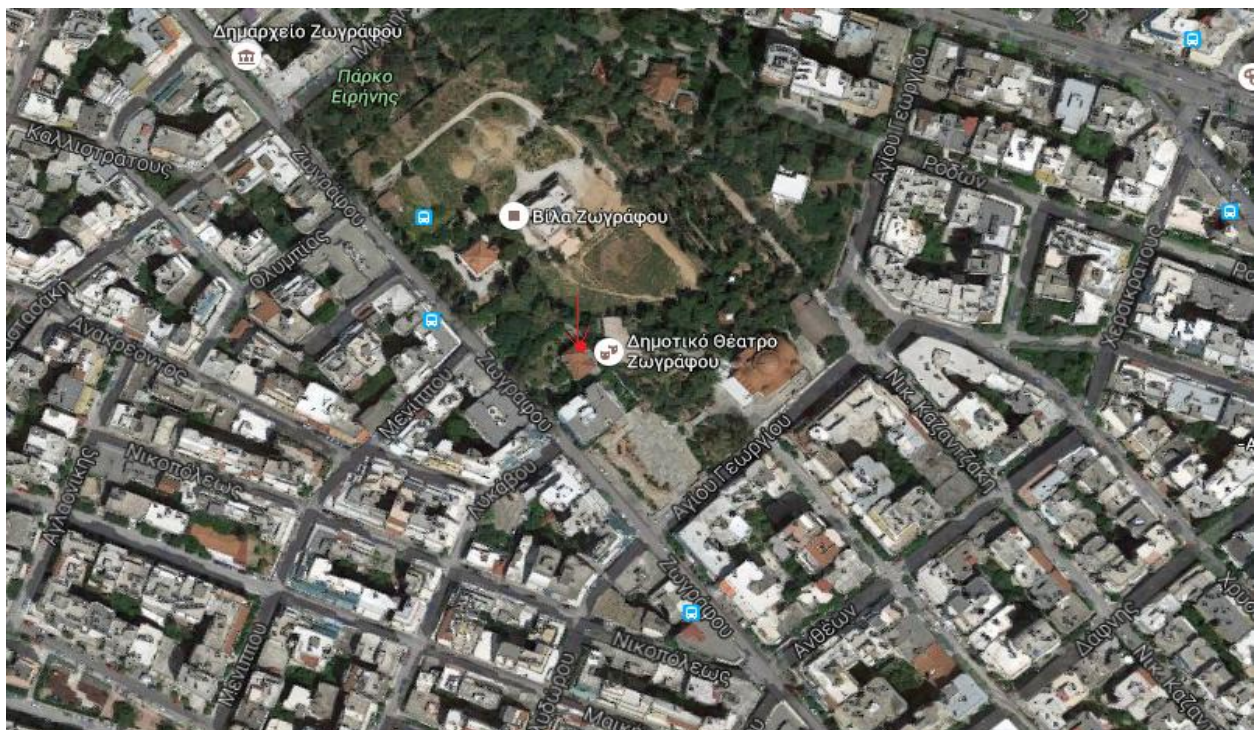
Εικόνα 36: Ανακλαστικές περσίδες

(πηγή: sunandshadow.gr)

3. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ SketchUp ΚΑΙ EnergyPlus

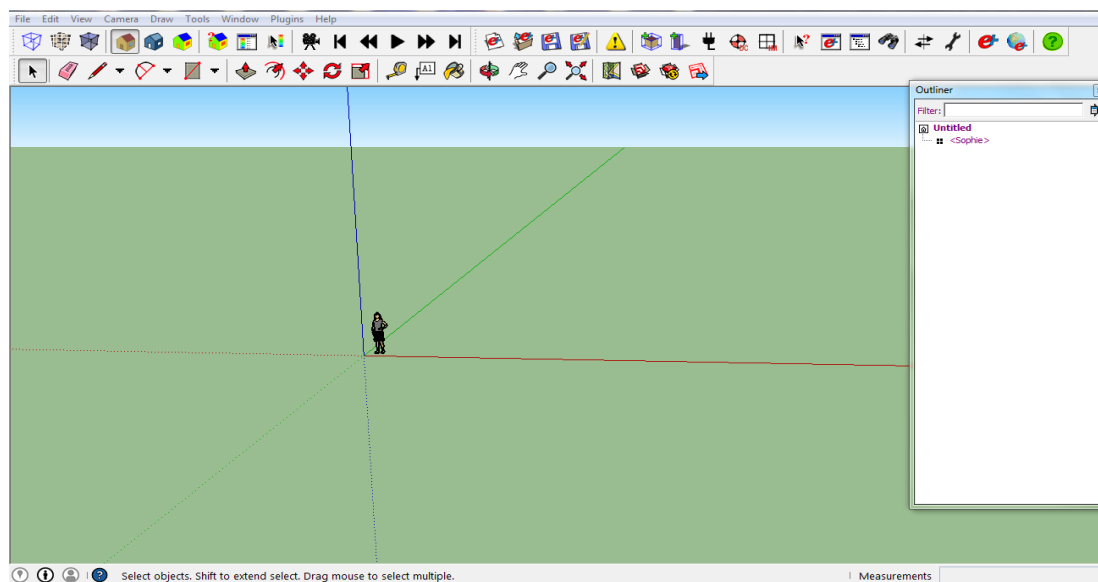
3.1 Εισαγωγή

Το κτίριο, γνωστό ως Βίλα Βουγά, βρίσκεται στην περιοχή του Ζωγράφου και, παρόλο που δεν είναι γνωστή η ακριβής χρονολογία, εκτιμάται ότι χτίστηκε πριν το 1950. Το κτίριο λειτουργεί ως Πνευματικό Κέντρο και συγκεκριμένα στεγάζει την Θεατρική ομάδα του Δήμου καθώς δίπλα στο κτίριο βρίσκεται το Δημοτικό Θέατρο του Δήμου Ζωγράφου. Η Βίλα Βουγά παρόλο που βρίσκεται σε κεντρικό σημείο, δεν συνορεύει με κάποιο άλλο κτίριο. Οι χώροι του κτιρίου αξιοποιούνται κυρίως ως αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία, καμαρίνια και αποθήκες. Στην εικόνα φαίνεται η τοποθεσία του κτιρίου από το Google Maps.



Εικόνα 37: Πανοραμική φωτογραφία από το "Google Earth"

Για την προσομοίωση της γεωμετρίας του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Sketch Up της Google και το extension του Open Studio για την εισαγωγή των θερμικών ζωνών εντός του Sketch Up. Ο προσανατολισμός του κτιρίου γίνεται εντός του Sketch Up μέσω σωστού προσανατολισμού του πράσινου άξονα ο οποίος ορίζει τον βορρά.



Εικόνα 38: Σχεδιαστικό περιβάλλον σκετο απ

3.2 Χωρισμός σε Θερμικές Ζώνες

Ο χωρισμός σε θερμικές ζώνες είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι για τον ενεργειακό σχεδιασμό και για την ανάλυση των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου. Κατά τον χωρισμό σε θερμικές ζώνες θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν η χρήση κάθε χώρου και η εκθεσή του ή μη, στην ηλιακή ακτινοβολία.

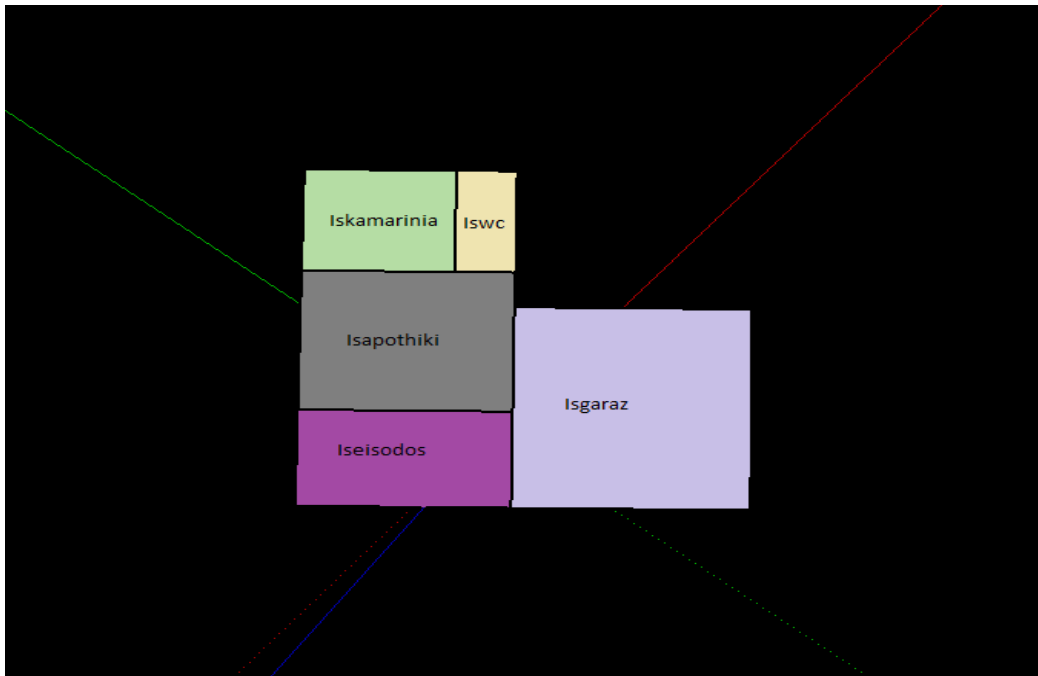
Αρχικά ξεκινάμε χωρίζοντας το κτίριο μας σε θερμικές ζώνες. δηλαδή ζώνες με ίδια χρήση και κοινά ενεργειακά χαρακτηριστικά, όπως η θερμοκρασία και ο αριθμός των χρηστών. Συνολικά έχουμε 19 θερμικές ζώνες, 5 στο ισόγειο, 8 στον πρώτο όροφο και 6 στον δεύτερο όροφο.

Συγκεντρωτικός πίνακας με τις ζώνες και τις ονομασίες τους στο Energy Plus:

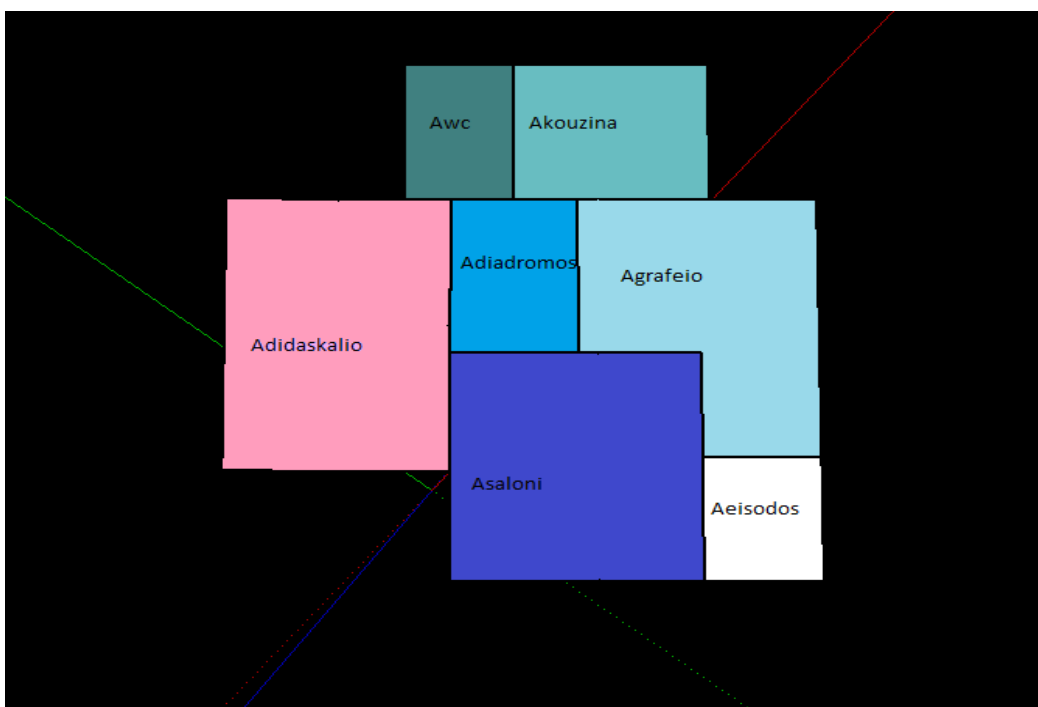
Δωμάτιο κτιρίου	Ζώνη στο Energy plus
Ισόγειο: Είσοδος	Iseisodos
Ισόγειο: Καμαρίνι	Iskamarini
Ισόγειο: Αποθήκη	Isapothiki
Ισόγειο: Παρκινγκ	Isgaraz
Ισόγειο: Τουαλέτα	Iswc
Α'Οροφος: Είσοδος	Aeisodos
Α'Οροφος: Αίθουσα	Adidaskalio
Α'Οροφος: Γραφείο	Agrafeio
Α'Οροφος: Κουζίνα	Akouzina
Α'Οροφος: Σαλόνι	Asaloni
Α'Οροφος: Διάδρομος	Adiadromos
Α'Οροφος: Τουαλέτα	Awc
Α'Οροφος: Σκεπή	Askepi
Β'Οροφος: Είσοδος	Beisodos
Β'Οροφος: Καμαρίνι	Bkamarinia
Β'Οροφος: Αποθήκη	Bapothiki
Β'Οροφος: Καμαρίνι	Btoualeta
Β'Οροφος: Τουαλέτα	Bwc
Β'Οροφος: Σκεπή	Bskepi

Πίνακας 1: Θερμικές ζώνες κτιρίου

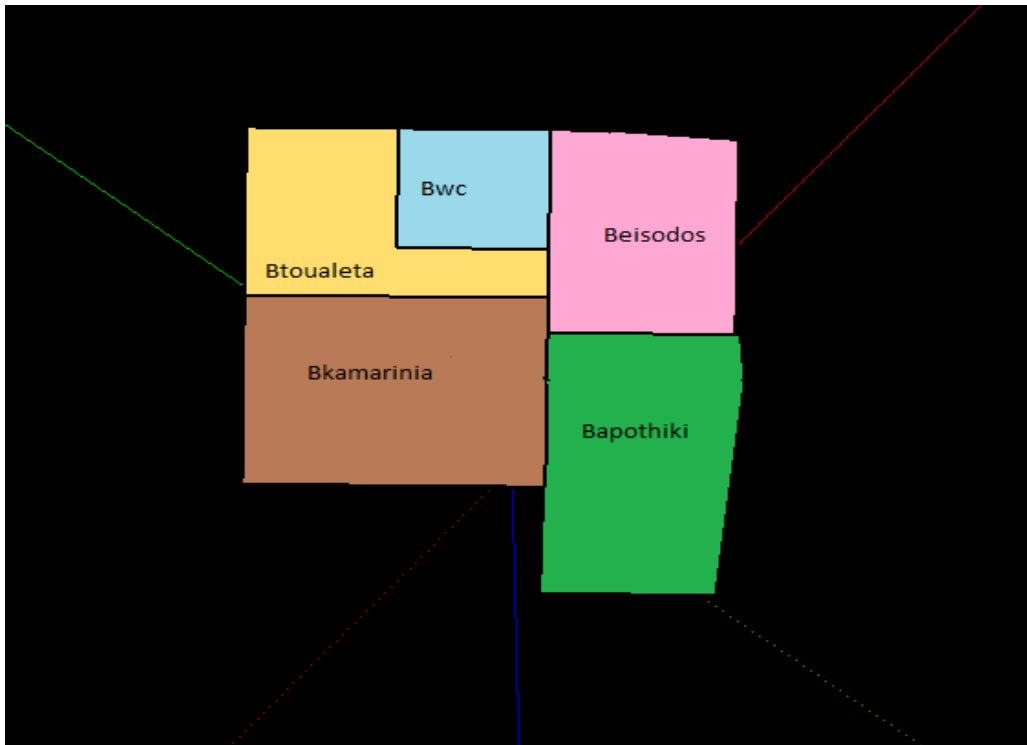
Παρακάτω φαίνονται οι θερμικές ζώνες ανά όροφο:



Εικόνα 39: Θερμικές ζώνες ισηγείου



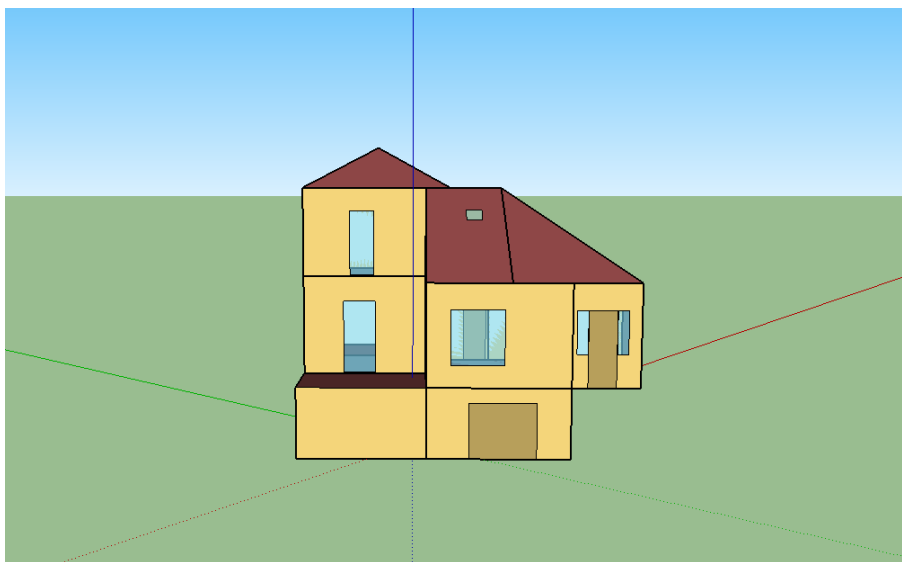
Εικόνα 40: Θερμικές ζώνες α'όροφου



Εικόνα 41: Θερμικές ζώνες β'όροφου

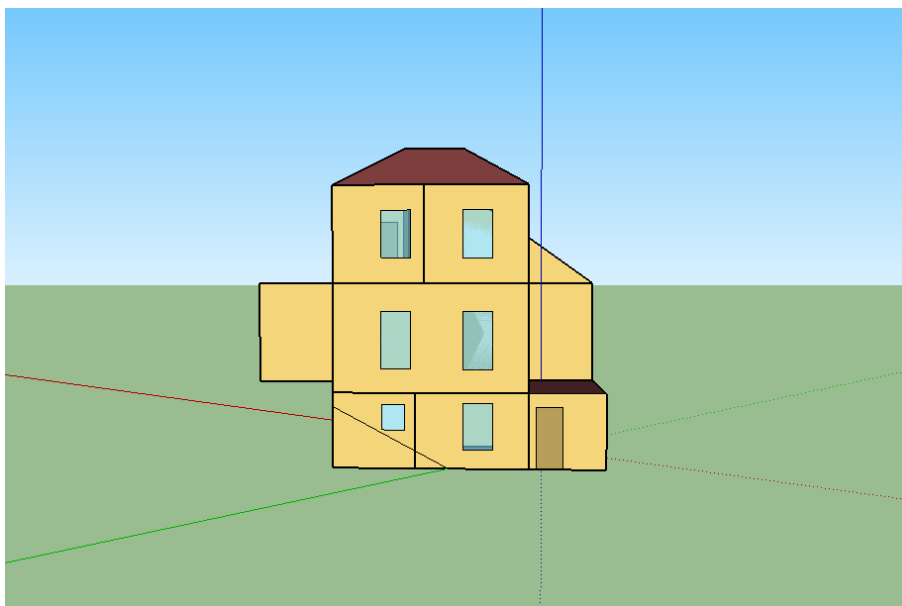
Στην συνέχεια ακολουθεί ο σχεδιασμός του κτιρίου στο Sketch Up:

Νοτιοδυτική όψη:



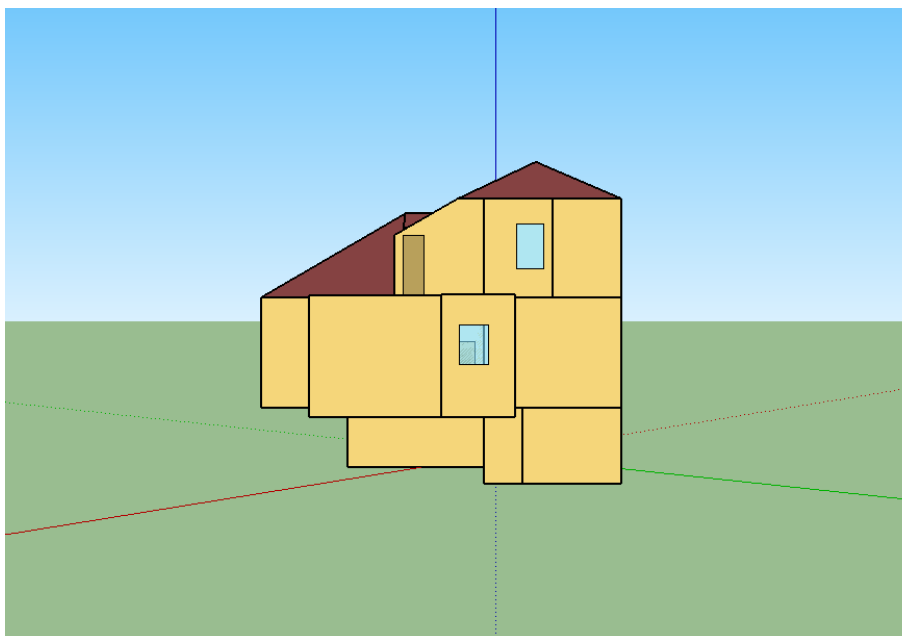
Εικόνα 42: Νοτιοδυτική όψη κτιρίου στο Sketch Up

Βόρειοδυτική όψη:



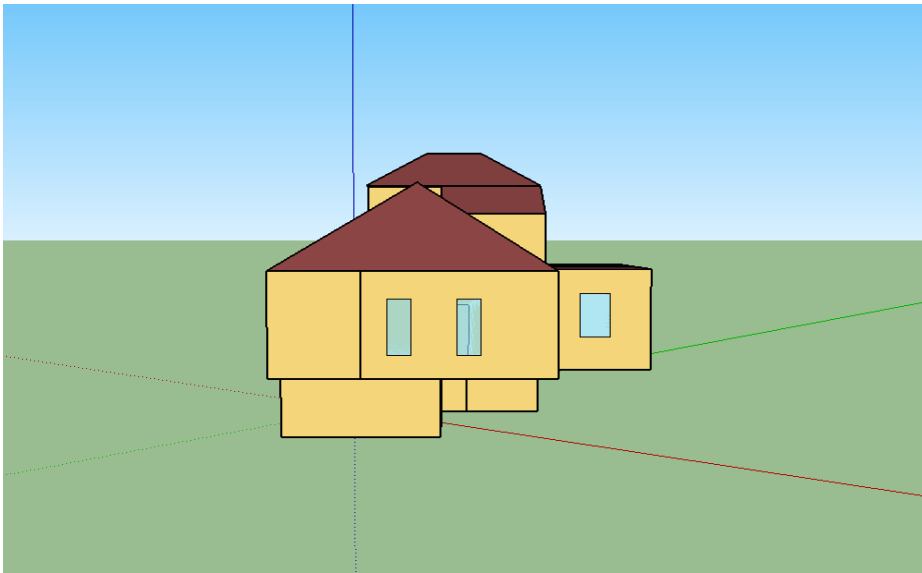
Εικόνα 43: Βόρειοδυτική όψη κτιρίου στο Sketch Up

Βόρειοανατολική όψη:

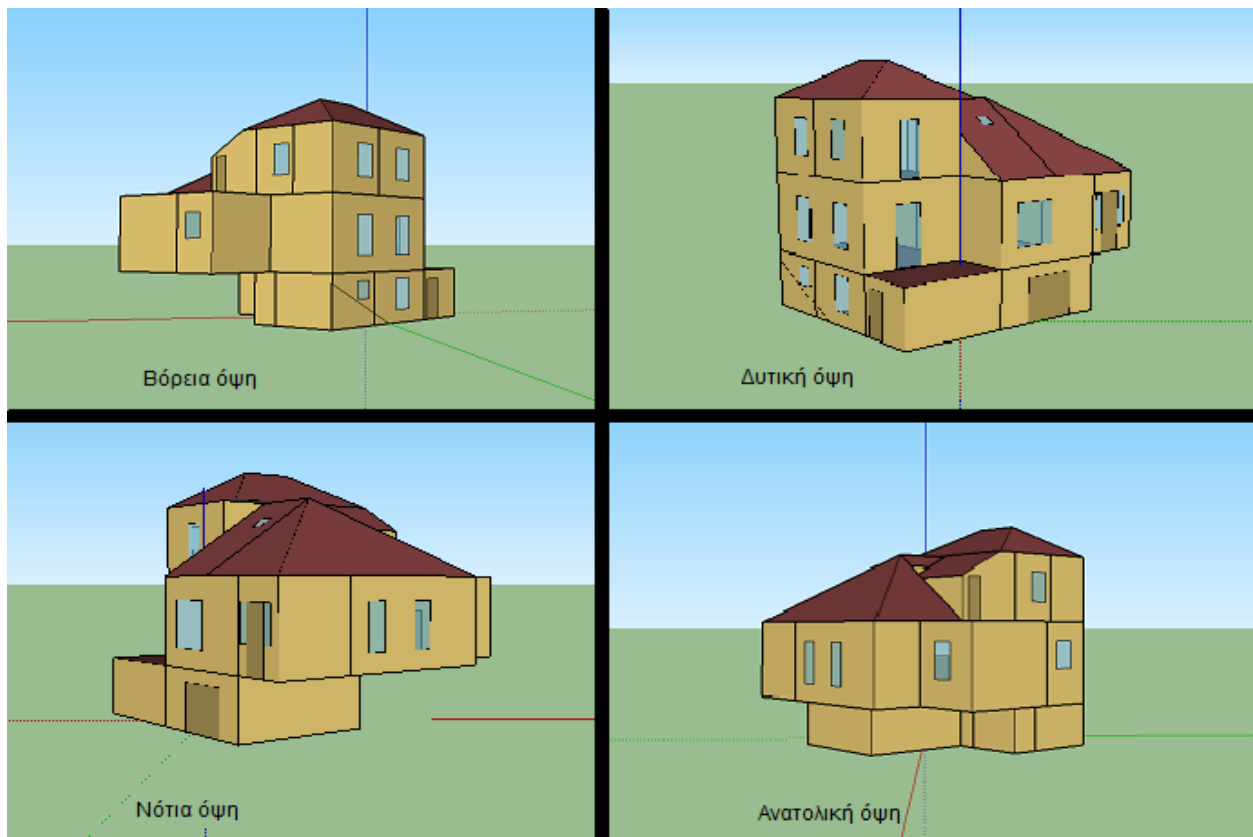


Εικόνα 44: Βόρειοανατολική όψη κτιρίου στο Sketch Up

Νότιοανατολική όψη:



Εικόνα 45: Νοτιοανατολική όψη κτιρίου στο Sketch Up

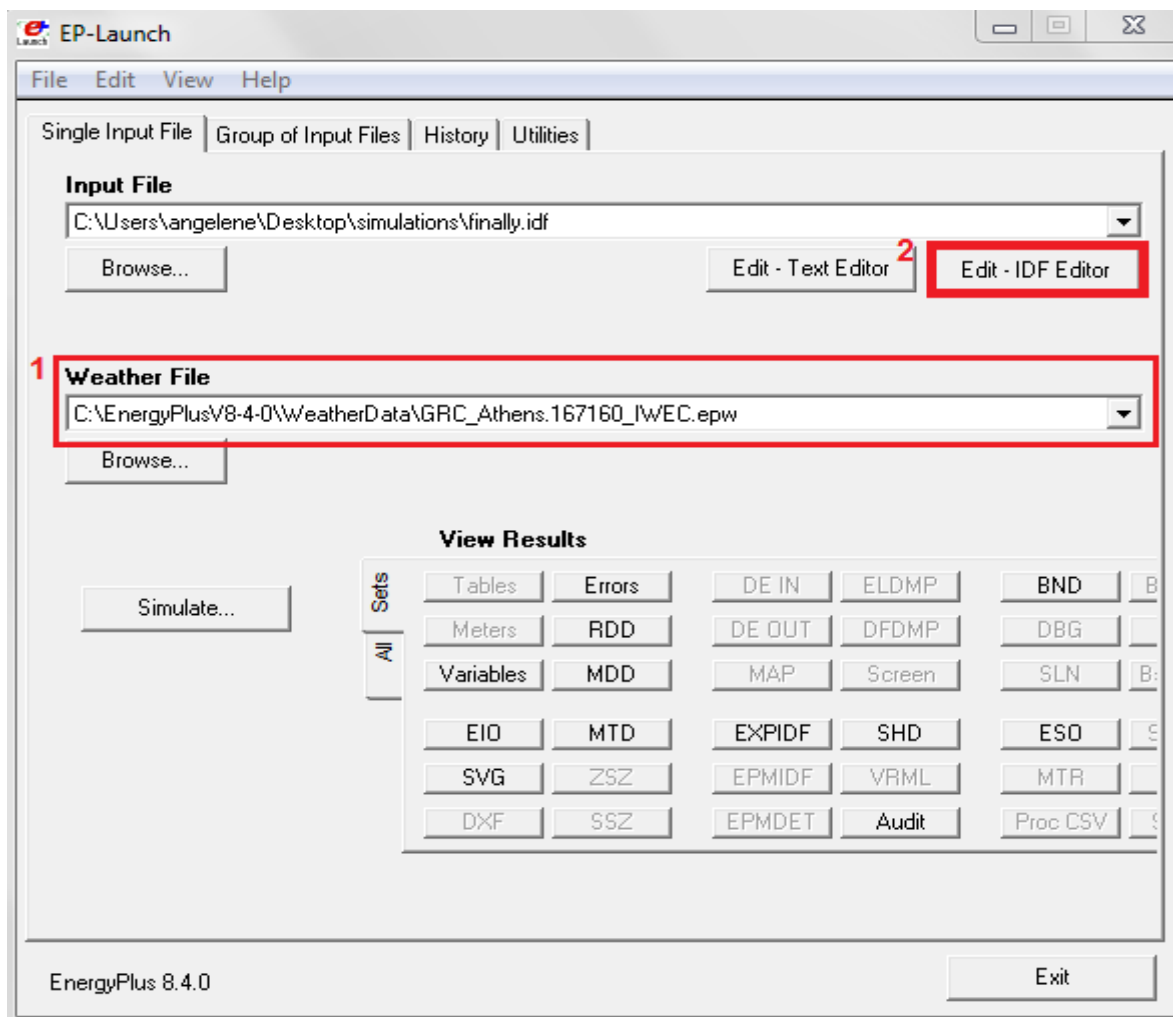


Εικόνα 46: Βόρεια, νότια, δυτική και ανατολική όψη κτιρίου

3.3 Energy Plus και Εισαγωγή Δεδομένων

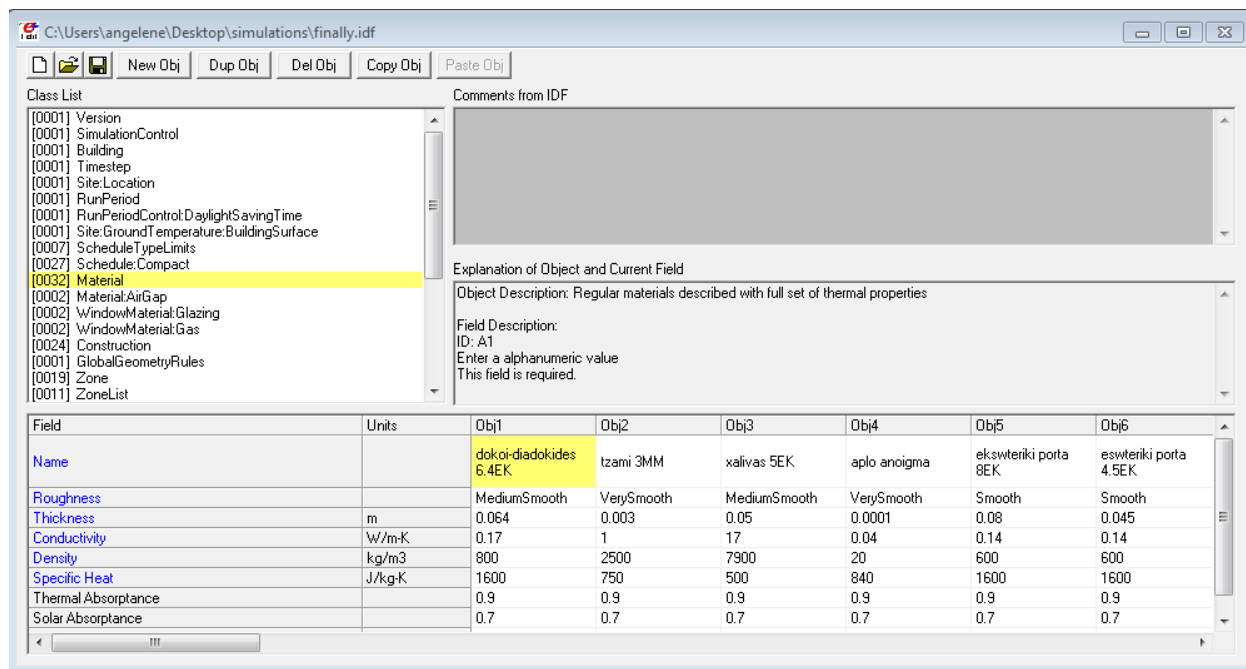
Μετά την ολοκλήρωση του σχεδιασμού των θερμικών ζωνών και της γεωμετρίας του φορέα, σειρά έχει η εισαγωγή των δεδομένων στο Energy plus με σκοπό την ανάλυση του κτιρίου ως προς την ενεργειακή κατανάλωση και την πρόταση λύσεων για την βελτίωση της. Πιο γενικά, τα δεδομένα που θα πρέπει να οριστούν στο Energy plus περιλαμβάνουν πληροφορίες για τα υλικά, τους χρήστες, το πρόγραμμα λειτουργίας του κτιρίου, τις ηλεκτρικές συσκευές, τον δροσισμό και τα μέσα κλιματισμού των χώρων.

Όλα αυτά ορίζονται εντός του EP-Launch επιλέγοντας το πεδίο Edit-IDF Editor αφού πρώτα έχουμε εισάγει το αρχείο με τα κλιματολογικά δεδομένα της Αθήνας στο πεδίο Weather File , όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 47: Παράθυρο ορισμού αρχείου SketchUp μορφής .idf, εισαγωγής κλιματολογικών δεδομένων και εξαγωγής αποτελεσμάτων

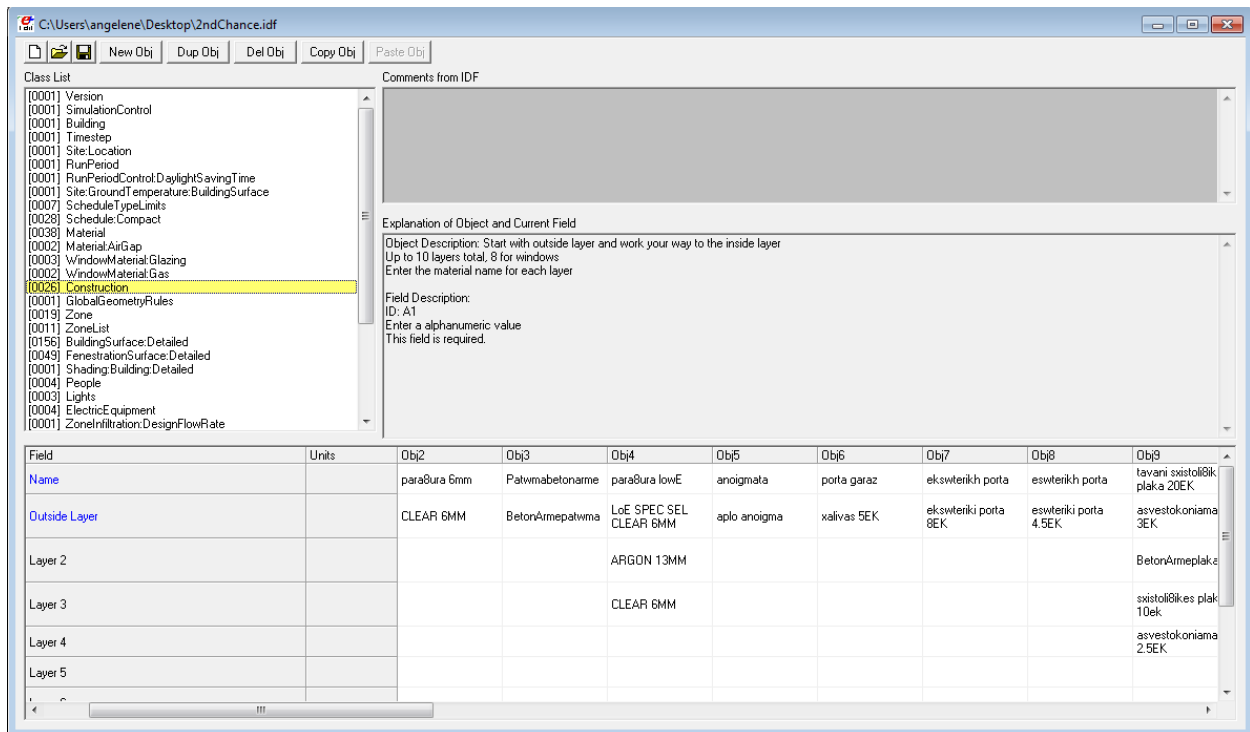
Έχοντας μπει στο IDF Editor επιλέγουμε από τον πίνακα αποτελεσμάτων το πεδίο "Materials" όπου θα εισάγουμε τα υλικά του δομήματος αναλυτικά, περιγράφοντας τις παραμέτρους τραχύτητα, πάχος, συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, πυκνότητα και ειδική θερμοχωρητικότητα³, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 48: Καθορισμός χαρακτηριστικών των υλικών, των κατασκευαστικών δομών του κτιρίου

Τα στοιχεία για τα υλικά του δομήματος έχουν αντληθεί από τους κατάλληλους πίνακες της τεχνικής οδηγίας T.O.T.E.E. 20701-2/2010 του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος.

Στην συνέχεια δημιουργούμε τις κατασκευαστικές δομές του κτιρίου στο πεδίο "constructions" όπου περιγράφουμε αναλυτικά τις διάφορες στρώσεις των διατομών (τοιχών, πατωμάτων, οροφών, κουφωμάτων) από το εξωτερικό προς το εσωτερικό στρώμα χρησιμοποιώντας τα υλικά που ορίσαμε στο πεδίο "Materials" προηγουμένως. Οι κατασκευαστικές δομές που θα οριστούν εδώ, θα αντιστοιχηθούν αργότερα στο Sketch Up στα σωστά σημεία και με τη σωστή κατεύθυνση των υλικών.



Εικόνα 49: Δημιουργία κατασκευαστικών δομών

Οι αναλυτική διαστρωμάτωση των κατασκευαστικών δομών φαίνεται παρακάτω:

Τοίχος πέτρα 55εκ

Ασβεστοκονίαμα 2εκ

Πέτρα 25εκ

Ασβεστοκονίαμα 1εκ

Πέτρα 25εκ

Ασβεστοκονίαμα 2εκ

Τοίχος πέτρα 30εκ

Ασβεστοκονίαμα 2εκ

Πέτρα 12εκ

Ασβεστοκονίαμα 1εκ

Πέτρα 12εκ

Ασβεστοκονίαμα 2εκ

Τοίχος τσιμεντόλιθος 30εκ

Ασβεστοκονίαμα 2.5εκ

Τσιμεντόλιθοι 25εκ

Ασβεστοκονίαμα 2.5εκ

Τοίχος τούβλο 26εκ

Ασβεστοκονίαμα 2εκ

Οπτοπλινθοδομή 22εκ

Ασβεστοκονίαμα 2εκ

Οροφή σχιστολιθική πλάκα 20εκ

Ασβεστοκονίαμα 2εκ

Μπετον αρμέ 10εκ

Σχιστολιθική πλάκα 10εκ

Ασβεστοκονίαμα 2εκ

Σκεπή

Κεραμίδια 5εκ

Ασβεστοκονίαμα 2εκ

Σανίδες οξιάς 4εκ

Πέτσωμα 0.3εκ

Οροφή ξύλο

Πέτσωμα 0.3εκ

Σανίδες οξιάς 4εκ

Αέρας (δοκοί-διαδοκίδες)

Σανίδες οξιάς 4εκ

Πέτσωμα 0.3εκ

Εσωτερική πόρτα

Ξύλο 4.5εκ

Εξωτερική πόρτα

Ξύλο 8εκ

Πόρτα γκαράζ

Χάλυβας 8εκ

Εσωτερικό παράθυρο

Καθαρό τζάμι 0.3εκ

3.4 Ομαδοποίηση Θερμικών Ζωνών

Για καλύτερη διαχείριση και εξαγωγή δεδομένων, λόγω του μεγάλου αριθμού των ζωνών, επιλέγουμε να εντάξουμε τις ζώνες μας σε ομάδες που μοιράζονται πανομοιότυπα χαρακτηριστικά. Στον IDF Editor στο πεδίο "Zone List" ορίζονται όπως φαίνεται στην εικόνα:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9
Name		kamarinia-apothikes	Skepes kamarinia apothikes	Kouzina wc Eisodoi diadromoi	Aiθουσες eisodoi diadromoi	All Zones	wc-kouzina	Apothikes	Kamarinia	Aiθουσες
Zone 1 Name		Isapothiki	Isgaraz	Iswc	Adidaskalio	Iseisodos	Iswc	Isapothiki	Iskamarinia	Adidaskalio
Zone 2 Name		Iskamarinia	Isapothiki	Awc	Asaloni	Isgaraz	Awc	Bapothiki	Bkamarinia	Azaloni
Zone 3 Name		Isgaraz	Bapothiki	Akouzina	Agrafeio	Isapothiki	Bwc	Isgaraz	Btoualeta	Agrafeio
Zone 4 Name		Bkamarinia	Iskamarinia	Bwc	Iseisodos	Iskamarinia	Akouzina			
Zone 5 Name		Btoualeta	Bkamarinia	Iseisodos	Aeisodos	Iswc				
Zone 6 Name		Bapothiki	Btoualeta	Aeisodos	Adiadromos	Adidaskalio				
Zone 7 Name			Askepi	Beisodos	Beisodos	Asaloni				
Zone 8 Name			Bskepi			Aeisodos				
Zone 9 Name						Adiadromos				
Zone 10 Name						Agrafeio				
Zone 11 Name						Akouzina				
Zone 12 Name						Awc				
Zone 13 Name						Bkamarinia				
Zone 14 Name						Btoualeta				
Zone 15 Name						Bwc				
Zone 16 Name						Beisodos				
Zone 17 Name						Bapothiki				
Zone 18 Name						Bskepi				

Εικόνα 50: Ομαδοποίηση θερμικών ζωνών

3.5 Χρονοδιαγράμματα

Στην καρτέλα "Schedule:Compact" δημιουργήσαμε τα χρονοδιαγράμματα που είναι απαραίτητα για την ρύθμιση του ωραρίου λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού και του ηλεκτρονικού εξοπλισμού, την πυκνότητα των ατόμων σε κάθε χώρο, του φυσικού δροσισμού και της διείσδυσης του αέρα στο κτίριο. Τα χρονοδιαγράμματα θα πρέπει να καλύπτουν όλες τις ώρες της ημέρας και όλες τις ημέρες του χρόνου, ακόμη και στην περίπτωση που το κτίριο παραμένει κλειστό για μεγάλο χρονικό διάστημα π.χ. καλοκαιρινές διακοπές, θα πρέπει να οριστεί με μηδενικό συντελεστή.

Για το παρόν κτίριο δημιουργήσαμε 13 χρονοδιαγράμματα όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.

The screenshot shows the 'Schedule:Compact' class list in the software interface. Below the class list, there is a table with 13 columns representing different objects (Obj1 to Obj13) and rows representing various fields. The table contains numerical values and text descriptions for each field across the objects.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9
Name		NyxterinosDrosimosis aifouses-grafeia	NyxterinosDrosimosis kamarinia	Aerismos aifouswv-eisodoi-diadromoi	Aerismos skepwv	Aerismos kouzina wc	Aerismos kamarinia apothikes	People aifouses	People skepwv	People kouzina wc eisodoi-diadromoi
Schedule Type Limits Name		Fraction Through: 05/30	Fraction Through: 05/30	Fraction Through: 04/30	Fraction Through: 12/31	Fraction Through: 12/31	Fraction Through: 12/31	Fraction Through: 04/30	Fraction Through: 12/31	Fraction Through: 04/30
Field 1	varies	For: Week.days	For: Week.days	For: Week.days	For: Week.days	For: Week.days	For: Monday	For: Week.days	For: Week.days	For: Week.days
Field 2	varies	Until: 09:00	Until: 13:00	Until: 09:00	Until: 24:00	Until: 09:00	Until: 08:00	Until: 09:00	Until: 24:00	Until: 09:00
Field 3	varies	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Field 4	varies	Until: 10:00	Until: 20:00	Until: 10:00	1	Until: 20:00	Until: 09:00	Until: 10:00	Until: 10:00	Until: 10:00
Field 5	varies	1	1	1	0.1	1	0.05	0.02	0.02	0.02
Field 6	varies	Until: 13:00	Until: 24:00	Until: 13:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 13:00	Until: 13:00	Until: 13:00
Field 7	varies	0.3	0	0.3	0	0	0	0.8	0.3	0.3
Field 8	varies	Until: 17:00	Through: 09/30	Until: 17:00				Until: 17:00		Until: 17:00
Field 9	varies	1	For: Week.days	0.8				0.05		0.02
Field 10	varies	Until: 20:00	Until: 06:00	Until: 20:00				Until: 20:00		Until: 20:00
Field 11	varies	1	1	0.3				1		0.3
Field 12	varies	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00				Until: 24:00		Until: 24:00
Field 13	varies	0	0	0.05				0		0
Field 14	varies	Through: 02/15	Through: 12/31	Through: 02/15				Through: 02/15		Through: 02/15

Εικόνα 51: Δημιουργία χρονοδιαγραμμάτων

3.6 Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη

Στην ομάδα "Internal Gains" θα προσδιορίσουμε με λεπτομέρεια τα εσωτερικά θερμικά κέρδη, δηλαδή τους χρήστες (People), τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό (Electric Equipment) και τον τεχνητό φωτισμό (Lights), παράγοντες που συμβάλλουν στην εσωτερική θερμοκρασία των χώρων.

3.6.1 Χρήστες

Στην καρτέλα People θα εισάγουμε τον αριθμό των ανθρώπων (Number of People) σε κάθε θερμική ζώνη ή ομάδα θερμικών ζωνών (Zone or ZoneList Name) , το κλάσμα της ανθρώπινης ακτινοβολίας (Fraction Radiant) και το χρονοδιάγραμμα (Number of People Schedule Name) που ακολουθούν. Το κλάσμα της ανθρώπινης ακτινοβολίας δείχνει το ποσοστό της θερμότητας που εκλύεται στην θερμική ζώνη από τους ανθρώπους και ανάλογα την χρήση κάθε χώρου παίρνει τιμές μεταξύ 0.0 και 1.0. Η τιμή αυτή πολλαπλασιάζεται με τη συνολική ενέργεια που εκπέμπεται από τους ανθρώπους και δίνει το ποσό του κέρδους ακτινοβολίας από αυτούς.

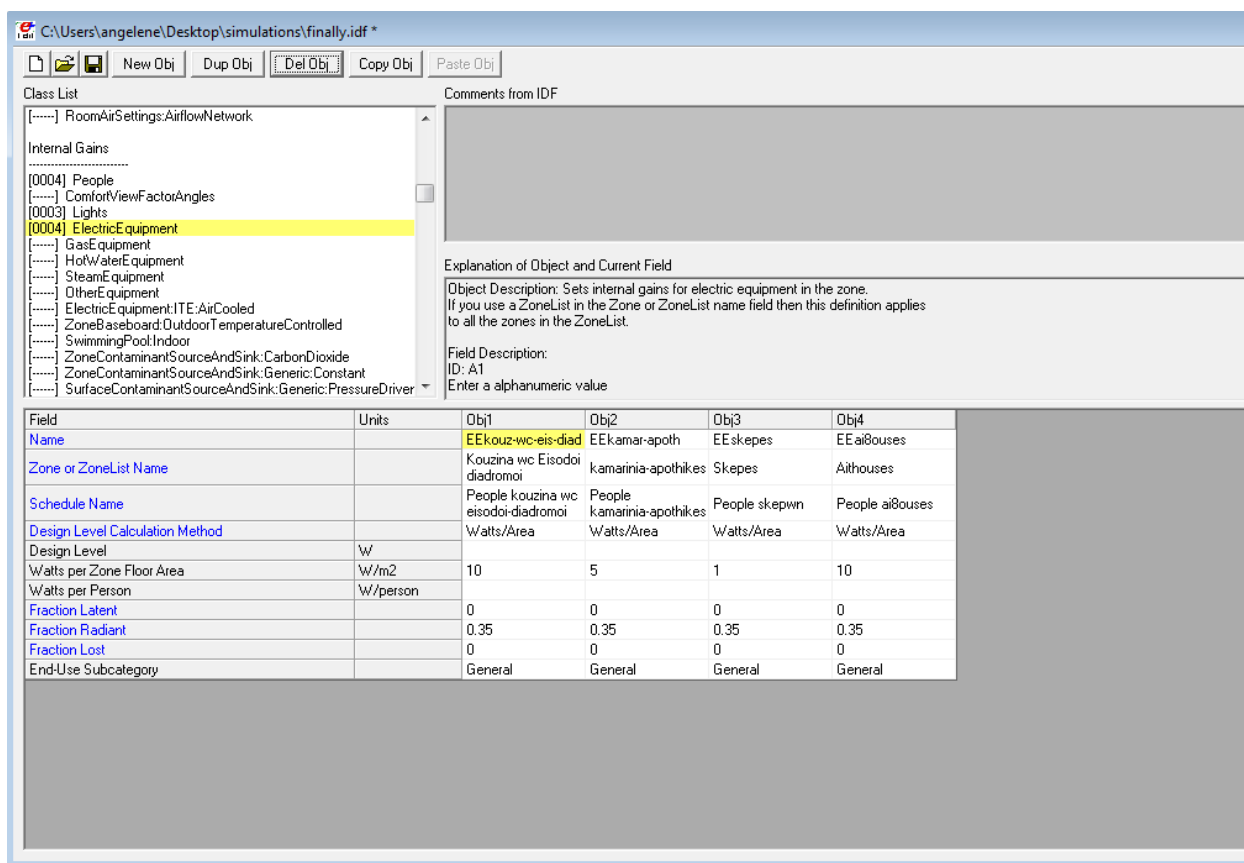
Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		People Skepes	People kouz-wc-eis-diadri	People kamar-apothik	Mathites-aihouses
Zone or ZoneList Name		Skepes	Kouzina wc Eisodoi diadromoi	kamarinia-apothikes	Aithouses
Number of People Schedule Name		People skepwn	People kouzina wc eisodoi-diadromoi	People kamarinia-apothikes	People aihouses
Number of People Calculation Method		People	People	People	People
Number of People		0	25	25	20
People per Zone Floor Area	person/m2				
Zone Floor Area per Person	m2/person				
Fraction Radiant		0	0.15	0.01	0.5
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		People skepwn	People kouzina wc eisodoi-diadromoi	People kamarinia-apothikes	People aihouses
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s-w	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No	No	No	No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged
Surface Name/Angle Factor List Name					
Work Efficiency Schedule Name					
Clothing Insulation Calculation Method		ClothingInsulationSchedule	ClothingInsulationSchedule	ClothingInsulationSchedule	ClothingInsulationSchedule
Clothing Insulation Calculation Method Schedule Name					

Εικόνα 52: Καθορισμός χρηστών ανά θερμική ζώνη ή ομάδα θερμικών ζωνών

3.6.2 Ηλεκτρικός Εξοπλισμός

Αυτό το πεδίο αναφέρεται στον εξοπλισμό που καταναλώνει ενέργεια μέσα σε κάθε ζώνη, όπως είναι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, οι τηλεοράσεις, οι φούρνοι, κ.α. Στην καρτέλα του

ηλεκτρονικού εξοπλισμού, όπως και στους χρήστες, ορίσαμε την θερμική ζώνη ή ομάδα ζωνών και το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα που έχουμε δημιουργήσει. Στο κελί "Design Level Calculation Method" επιλέγουμε την μέθοδο υπολογισμού της κατανάλωσης σε ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο (Watts/Area) της εκάστοτε ζώνης. Η μεταβλητή "Fraction Radiant" είναι το κλάσμα της θερμότητας που εκλύεται στην ζώνη από την λειτουργία των συσκευών και έχει εύρος μεταξύ 0.0 και 1.0.



Εικόνα 53: Εισαγωγή δεδομένων ηλεκτρικού εξοπλισμού

3.6.3 Τεχνητός Φωτισμός

Τέλος, στα εσωτερικά θερμικά κέρδη συμβάλλει επίσης ο τεχνητός φωτισμός του κτιρίου, ο οποίος προσδιορίζεται στην καρτέλα "Lights" του group "Internal Gains". Όπως και στις προηγούμενες δύο κατηγορίες, αρχικά ορίζουμε τη θερμική ζώνη και το χρονοδιάγραμμα για

την αντίστοιχη ζώνη, και στη συνέχεια επιλέγουμε την μέθοδο υπολογισμού ως Watts ανά τετραγωνικό μέτρο (Watts/Area).

Για κάθε θερμική ζώνη έγινε διαφορετική θεώρηση μέσης ισχύος του τεχνητού φωτισμού. Για τις αίθουσες και τα γραφεία ορίσαμε 10 Watts/Area, για τους διαδρόμους, τις κουζίνες και τα μπάνια θεωρήσαμε ότι τα 5 Watts/Area εκπροσωπούν καλύτερα την ισχύ του φωτισμού αφού σε αυτούς τους χώρους δεν υπάρχει επαρκής φυσικός φωτισμός. Για τους υπόλοιπους χώρους, όπως τα καμαρίνια και οι αποθήκες ορίσαμε την ισχύ ως 2 Watts/Area.

Πιο κάτω στην ίδια καρτέλα μας ζητείται να ορίσουμε του συντελεστές "Fraction Radiant" "Fraction Visible". Ο πρώτος συντελεστής αναφέρεται στην θερμότητα που εκλύεται από τον φωτισμό, με τη μορφή ακτινοβολίας μεγάλου κύματος, στη θερμική ζώνη και στη συνέχεια το πρόγραμμα υπολογίζει το ποσοστό αυτής της ακτινοβολίας που απορροφάται από τις επιφάνειες στον χώρο, και έχει τυπική τιμή το 0.42. Ο δεύτερος συντελεστής αναφέρεται στη θερμότητα λόγω βραχέους μήκους ακτινοβολίας, και το ποσοστό της απορρόφησής της από τις εσωτερικές επιφάνειες, με τυπική τιμή το 0.18.

Στην εικόνα φαίνονται όσα περιγράφηκαν προηγουμένως:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		Lights skepes kamarinia apothikes	Lights Kouzina wc Eisodoi diadromoi	Lights aithouses
Zone or ZoneList Name		Skepes kamarinia apothikes	Kouzina wc Eisodoi diadromoi	Aithouses
Schedule Name		Fwta skepwv-kamarinia-apothikes	Fwta kouzina wc eisodoi-diadromoi	Fwta aithouses
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area
Lighting Level	W			
Watts per Zone Floor Area	W/m2	2	5	10
Watts per Person	W/person			
Return Air Fraction		0	0	0
Fraction Radiant		0.42	0.42	0.42
Fraction Visible		0.18	0.18	0.18
Fraction Replaceable		1	1	1
End-Use Subcategory		General	General	General
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature		No	No	No
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Coefficient 1				
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Coefficient 2	1/K			

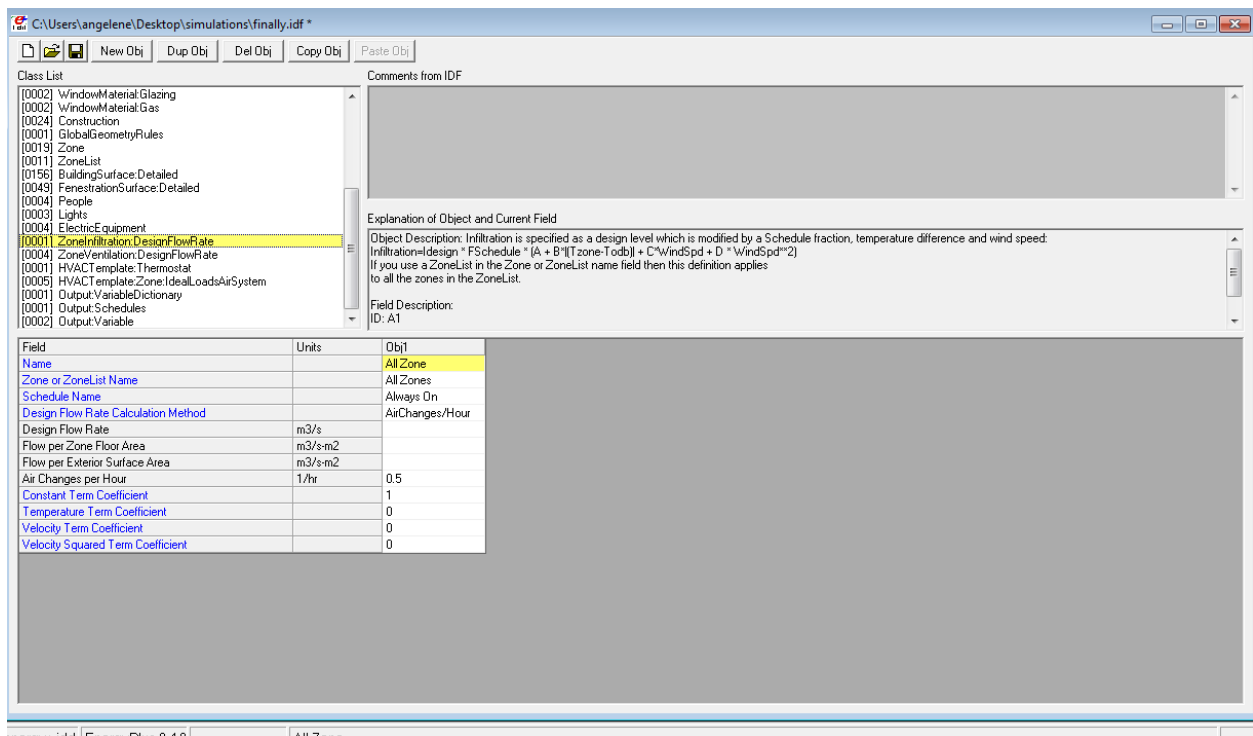
Εικόνα 54: Εισαγωγή δεδομένων τεχνητού φωτισμού

3.7 Ροή Αέρα

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια είναι η ροή αέρα μεταξύ των ζωνών και η ροή αέρα λόγω φυσικού αερισμού (π.χ. ανοιχτά παράθυρα). Η προσομοίωση αυτών γίνεται στις καρτέλες "ZoneInfiltration:DesignFlowRate" και "ZoneVentilation:DesignFlowRate", όπως περιγράφεται παρακάτω.

3.7.1 Διείδυση Αέρα Μέσα από του Τοίχους ("ZoneInfiltration:DesignFlowRate")

Κατά την προσομοίωση, όπως φαίνεται και στην εικόνα, θεωρήσαμε ότι η διείδυση αέρα μέσα από τους τοίχους γίνεται κατά τη διάρκεια όλης της ημέρας και όλου του χρόνου ανεξάρτητα από το αν το κτίριο είναι ανοιχτό ή όχι. Χρησιμοποιήσαμε ένα χρονοδιάγραμμα "Always On" για την περιγραφή της συνεχούς κίνησης του αέρα και κάναμε την παραδοχή ότι οι εναλλαγές του αέρα ανά ώρα είναι 0.5.



Εικόνα 55: Διείδυση αέρα μέσα από τους τοίχους

3.7.2 Φυσικός Αερισμός ("ZoneVentilation:DesignFlowRate")

Ο φυσικός αερισμός των χώρων του κτιρίου είναι μία μεταβλητή που εξαρτάται αποκλειστικά από τους χρήστες και από την συχνότητα που θεωρούν ότι ο χώρος έχει ανάγκη από αερισμό. Κάτα την προσομοίωση δημιουργούμε τα κατάλληλα χρονοδιαγράμματα ώστε να περιγράψουμε το ποσοστό του αερισμού που πραγματοποιείται ανά ώρα της ημέρας, και ανά ημέρα του χρόνου. Στη συνέχεια, στην καρτέλα "ZoneVentilation:DesignFlowRate", όπως φαίνεται παρακάτω, ορίζουμε τις εναλλαγές αέρα ανά ώρα με αντιπροσωπευτικές τιμές για τις αίθουσες και την κουζίνα τις 3 αλλαγές/ώρα και 2 αλλαγές ανά ώρα αντίστοιχα.

The screenshot shows the EnergyPlus software interface. The 'Class List' on the left has 'ZoneVentilation:DesignFlowRate' selected. The 'Explanation of Object and Current Field' section contains the following text:

Object Description: Ventilation is specified as a design level which is modified by a schedule fraction, temperature difference and wind speed.
 $Ventilation = V_{design} * F_{schedule} * (A + B) * (T_{zone} - T_{odb}) + C * W_{indspd} + D * W_{indspd}^2$
 If you use a ZoneList in the Zone or ZoneList name field then this definition applies to all the zones in the ZoneList.

Field Description: This schedule contains the outdoor temperature versus time above which ventilation is shutoff.
 ID: A10

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Ventilation wc kouzina	Ventilation kamarinia apothikes	Ventilation	Ventilation ais-esis-diadromi
Zone or ZoneList Name		Wc-kouzina	kamarinia-aphothikes	Skepex	AisBouses eisodoi diadromoi
Schedule Name		Aerismos kouzina wc	NyktirinosDrosismos kamarinia	Aerismos skepwn	NyktirinosDrosismos aisBouses-grafeia
Design Flow Rate Calculation Method		AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	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	0.04	0.006	3
Ventilation Type		Natural	Natural	Natural	Natural
Fan Pressure Rise	Pa				
Fan Total Efficiency		1	1	1	1
Constant Term Coefficient		1	1	1	1
Temperature Term Coefficient		0	0	0	0
Velocity Term Coefficient		0	0	0	0
Velocity Squared Term Coefficient		0	0	0	0
Minimum Indoor Temperature	C	-100	-100	-100	-100
Minimum Indoor Temperature Schedule Name					
Maximum Indoor Temperature	C	100	100	100	100
Maximum Indoor Temperature Schedule Name					

Εικόνα 56: Φυσικός αερισμός του κτιρίου

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί η τωρινή θερμική κατάσταση του κτιρίου με βάση την προσομοίωση και τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από το 'EnergyPlus'. Θα ξεκινήσουμε παρουσιάζοντας τις μέσες θερμοκρασίες που επικρατούν σε όλες τις ζώνες του κτιρίου κατά τη διάρκεια ενός έτους, χωρίς την λειτουργία κάποιου συστήματος θέρμανσης ή ψύξης. Στην συνέχεια θα δούμε τα κέρδη και τις απώλειες θερμότητας από τα υπάρχοντα παράθυρα και τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από την χρήση του κτιρίου. Τέλος, θα προσομοιώσουμε το σύστημα θέρμανσης και κλιματισμού και με βάση αυτό θα βρούμε τις συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου σε θέρμανση και ψύξη στην διάρκεια ενός έτους.

Οι μεταβλητές που θέλουμε κάθε φορά να αναλυθούν από το 'EnergyPlus' ορίζονται στην καρτέλα 'Output:Variable'.

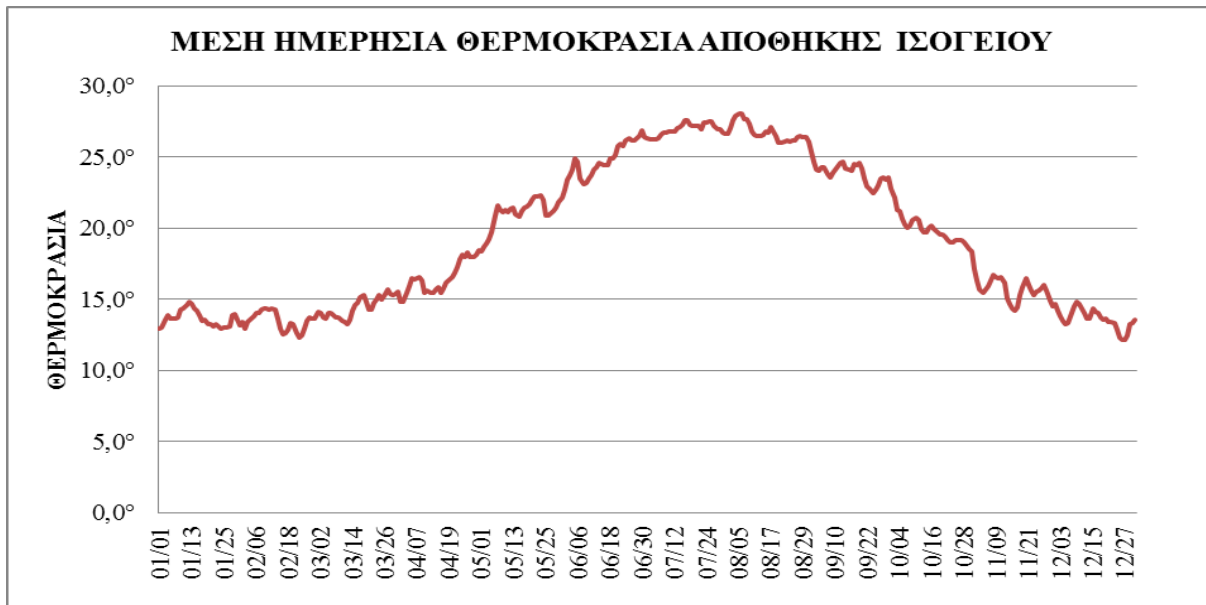
4.2 Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες ανά Ζώνη

Για τις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες ανά ζώνη αναλύσαμε την μεταβλητή 'Zone Mean Air Temperature' στο 'EnergyPlus', και πήραμε τα παρακάτω αποτελέσματα:



Διάγραμμα 1: Μέση ημερήσια θερμοκρασία εισογείου

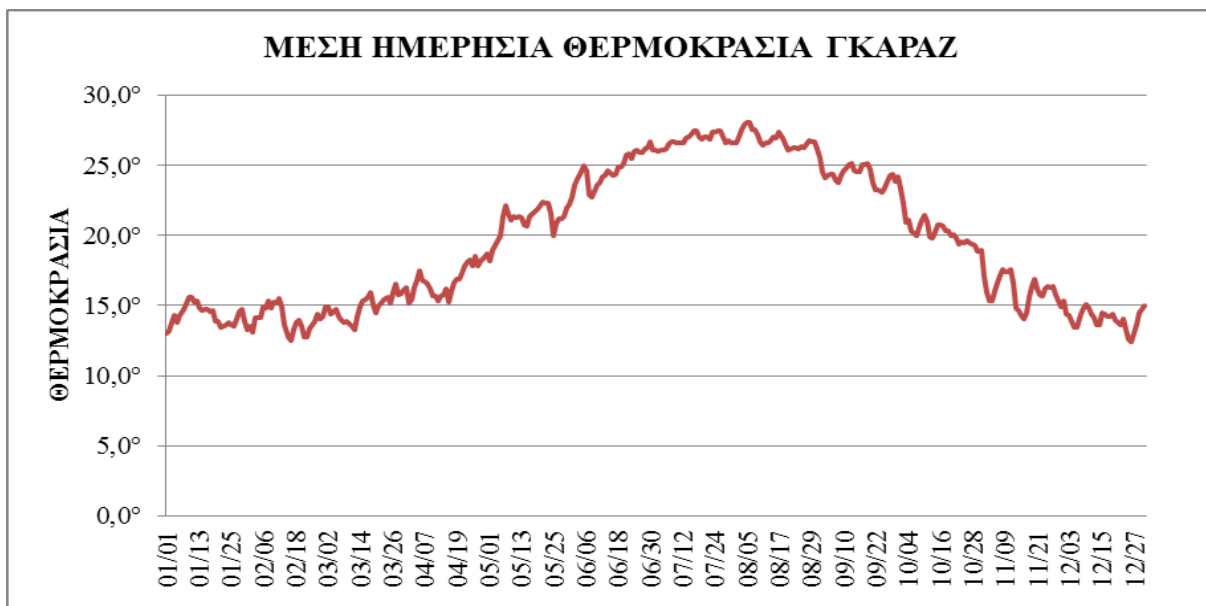
Στην είσοδο του ισογείου βλέπουμε ότι η μέγιστη θερμοκρασία που καταγράφεται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είναι περίπου 30°C ενώ η ελάχιστη είναι 11 °C τους χειμερινούς μήνες.



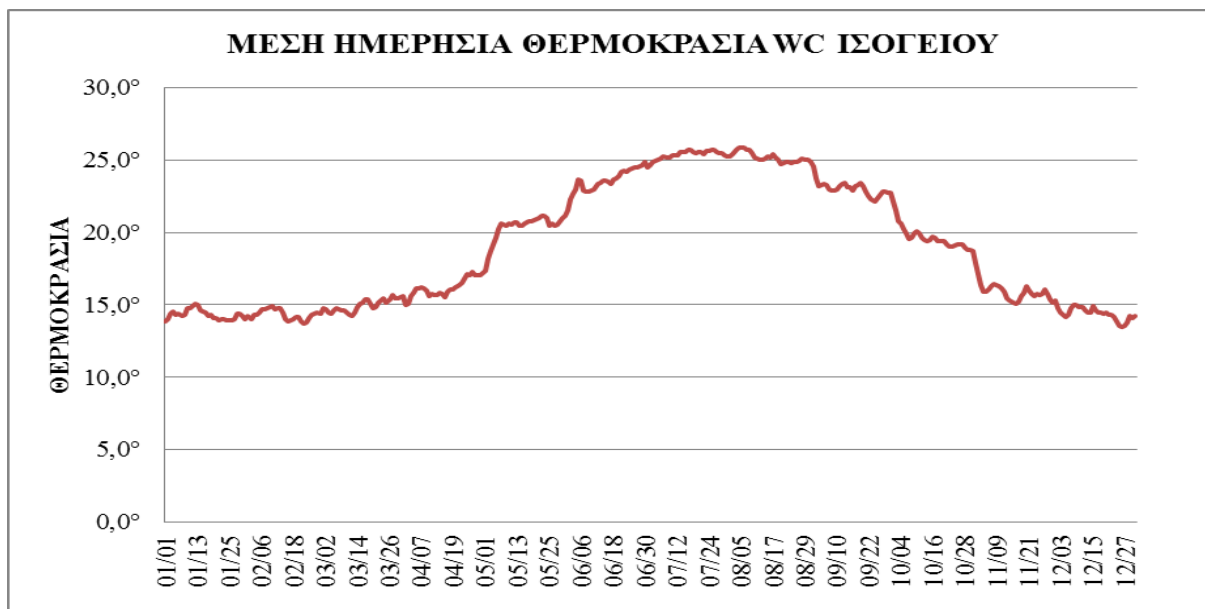
Διάγραμμα 2: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αποθήκης ισογείου



Διάγραμμα 3: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινού ισογείου

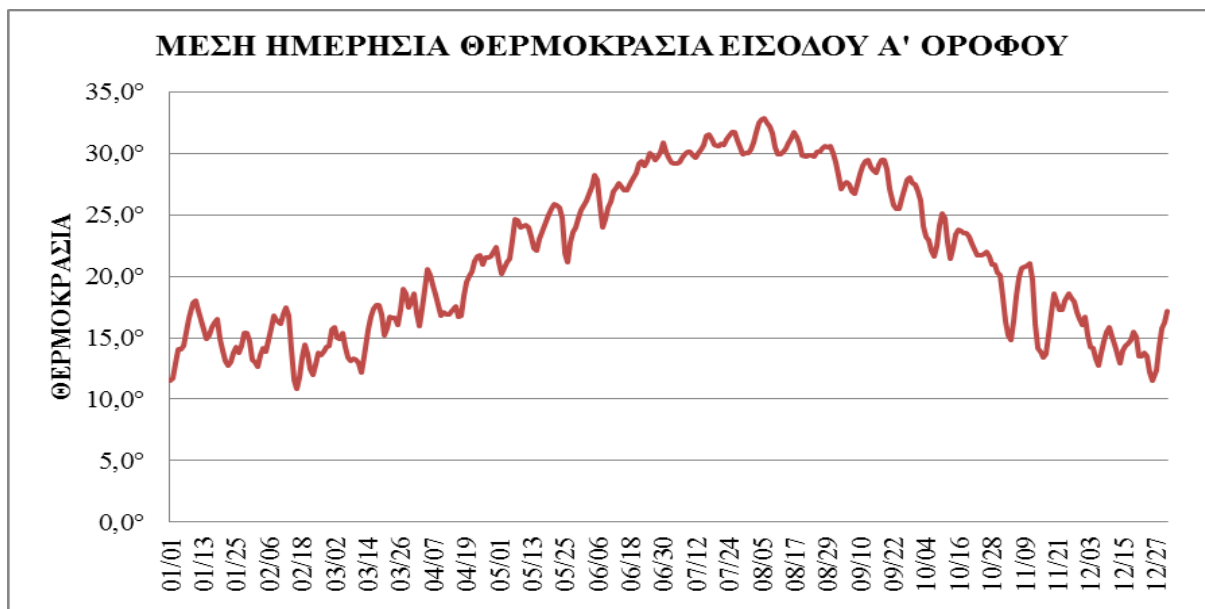


Διάγραμμα 4: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γκαράζ



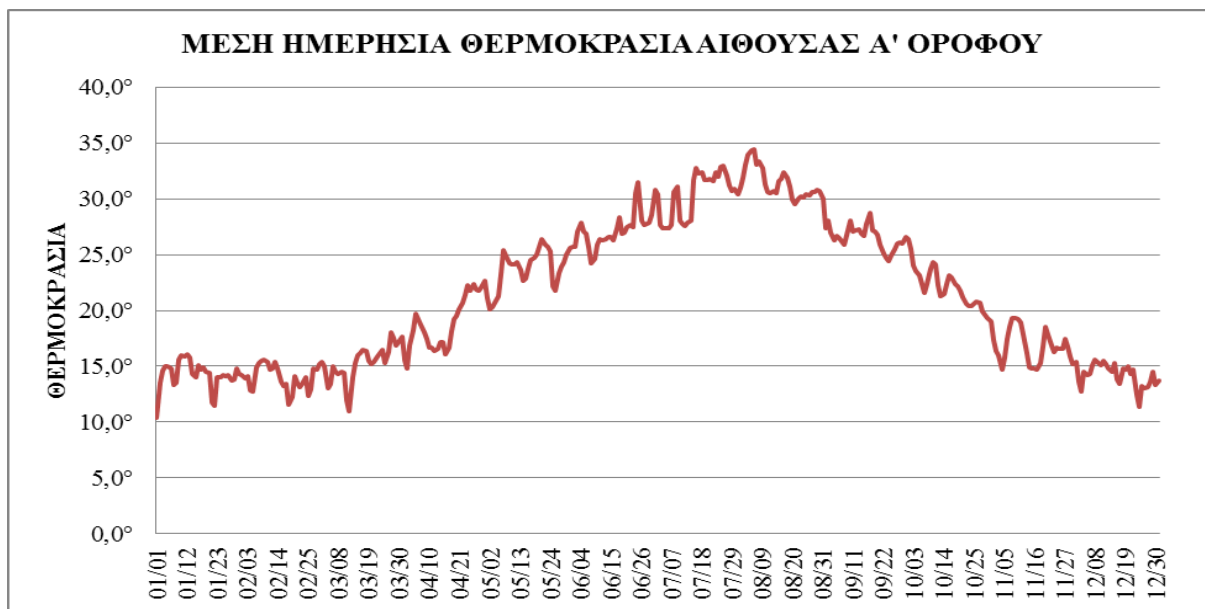
Διάγραμμα 5: Μέση ημερήσια θερμοκρασία wc ισογείου

Στο καμαρίνι και στο wc εισογείου οι θερμοκρασίες είναι λίγο πιο ήπιες και κυμαίνονται μεταξύ 13-26 °C, ενώ στην αποθήκη και στο γκαράζ η μέγιστη θερμοκρασία τους καλοκαιρινούς μήνες είναι 28 °C. Οι χαμηλές, σε σχέση με το υπόλοιπο κτίριο όπως θα δούμε παρακάτω, θερμοκρασίες τους καλοκαιρινούς μήνες οφείλονται στο γεγονός ότι το ισόγειο είναι σχεδόν καθόλου εκτεθειμένο στον ήλιο, με εξαίρεση την είσοδο και το γκαράζ τα οποία βρίσκονται στην ανατολική πλευρά του κτιρίου. Ακόμη το ισόγειο είναι ημιυπόσκαφο με αποτέλεσμα τον χειμώνα, που οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές, το έδαφος λειτουργεί ως πηγή θερμότητας. Κατά τους θερινούς μήνες, αντίστοιχα, που η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι πιο υψηλή από του εδάφους, πετυχαίνουμε ψύξη του κελύφους.



Διάγραμμα 6: Μέση ημερήσια θερμοκρασία εισόδου α' ορόφου

Στην είσοδο του πρώτου ορόφου η θερμοκρασία κατά τους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο είναι σταθερά πάνω από τους 30°C, και τον Αύγουστο που το κτίριο παραμένει κλειστό η θερμοκρασία φτάνει τους 33°C. Οι υψηλές θερμοκρασίες διακιοιολογούνται καθώς ο χώρος είναι νοτιοανατολικός και δέχεται μεγάλο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας. Τους χειμερινούς μήνες η θερμοκρασία είναι κοντά στους 15°C με εξαίρεση μια μικρή περίοδο όπου η θερμοκρασία φτάνει τους 10°C. Οι σχετικά ανεκτές θερμοκρασίες τον χειμώνα οφείλονται και αυτές στον νοτιοανατολικό προσανατολισμό του χώρου.



Διάγραμμα 7: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας α΄ ορόφου



Διάγραμμα 8: Μέση ημερήσια θερμοκρασία σαλονιού α΄ ορόφου

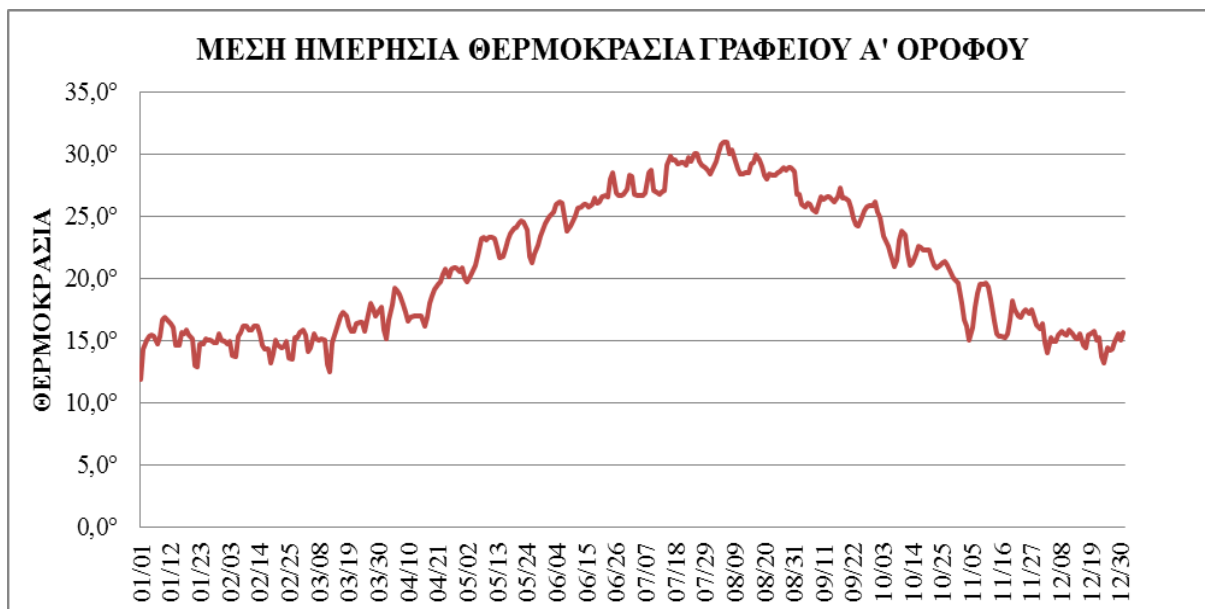
Στην αίθουσα και στο σαλόνι του πρώτου ορόφου παρατηρούμε ότι οι μέσες θερμοκρασίες παρουσιάζουν την ίδια συμπεριφορά κατά τη διάρκεια του χρόνου. Το σαλόνι επικοινωνεί με την αίθουσα μέσω ενός μεγάλου εσωτερικού ανοίγματος, οπότε υπάρχει κίνηση του αέρα μεταξύ τους και παρουσιάζουν παρόμοιες θερμοκρασίες τους θερινούς μήνες. Τον χειμώνα η

θερμοκρασία του αέρα φτάνει τους 11°C, ενώ για την μεγαλύτερη περίοδο του καλοκαιριού είναι σταθερά άνω των 30°C, με μέγιστο τους 35°C όταν το κτίριο παραμένει κλειστό. Η αίθουσα έχει τον μεγαλύτερο αριθμό ανοιγμάτων και μονούς υαλοπίνακες, με αποτέλεσμα οι απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον να αυξάνονται και να έχουμε υψηλές θερμοκρασίες κατά τους θερινούς μήνες. Τους χειμερινούς μήνες η θερμοκρασία είναι χαμηλή, αφού ο χώρος δεν δέχεται αρκετή ηλιακή ακτινοβολία λόγω της βόρειας κατεύθυνσης του χώρου.



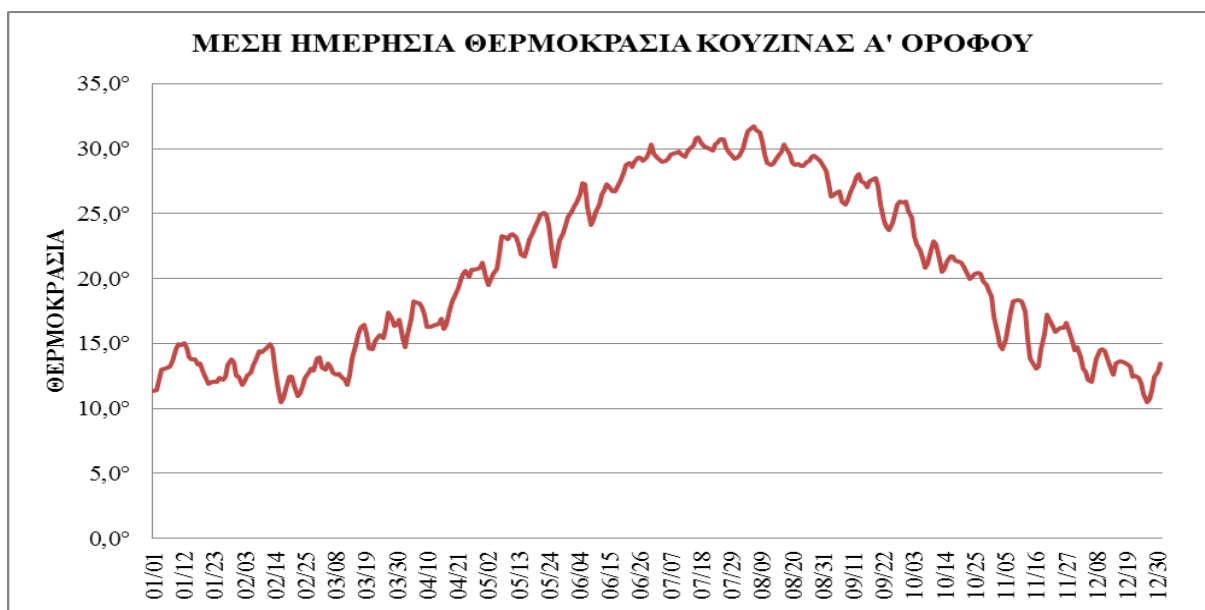
Διάγραμμα 9: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου α' ορόφου

Στον διάδρομο έχουν καταγραφεί πιο ήπιες θερμοκρασίες, γεγονός που δικαιολογείται από την μη ύπαρξη ανοιγμάτων, άρα και διαφυγών με το περιβάλλον.



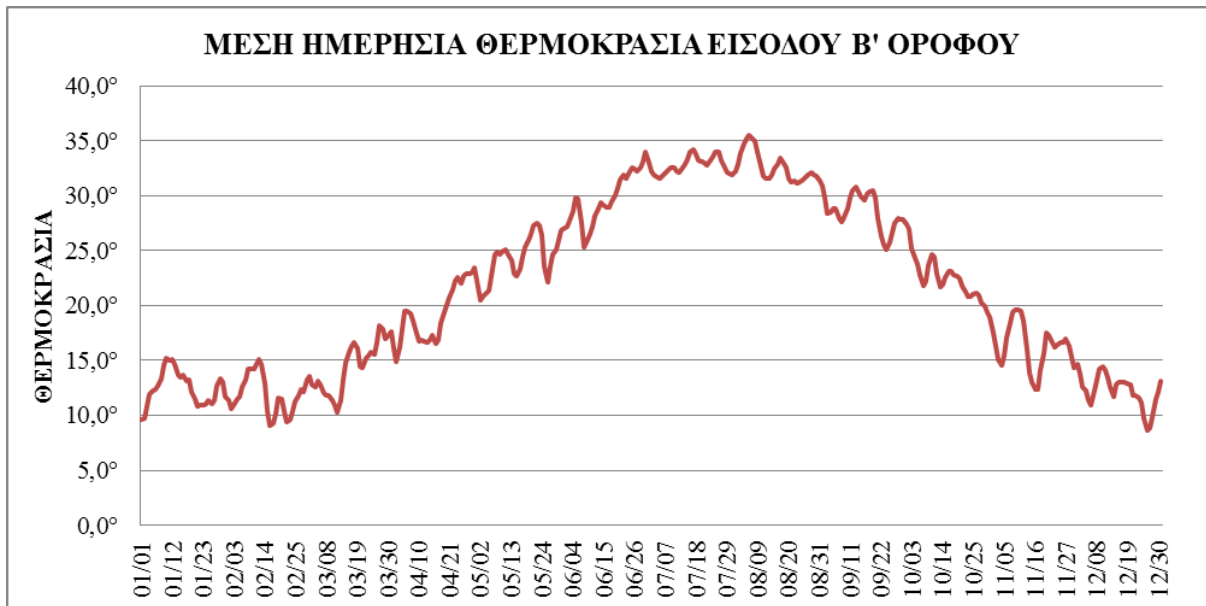
Διάγραμμα 10: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραφείου α' ορόφου

Η νοτιοδυτική κατεύθυνση του χώρου εξασφαλίζει θερμοκρασίες σχετικά ήπιες τους χειμερινούς μήνες (γύρω στους 15°C) και σταθερά στους 30°C τους θερινούς μήνες. Μέχρι τώρα στον πρώτο όροφο του κτιρίου είναι επιτακτική η ανάγκη χρήσης κλιματισμού καθώς η θερμοκρασία ξεπερνά κατά πολύ τα ανεκτά επίπεδα.



Διάγραμμα 11: Μέση ημερήσια θερμοκρασία κουζίνας α' ορόφου

Στην κουζίνα οι θερμοκρασίες τους θερινούς μήνες κυμαίνονται στους 31°C και τους χειμερινούς στους 12. Αυτό συμβαίνει διότι ο χώρος δεν συννορεύει με κάποιο άλλο δωμάτιο και έχει 4 πλευρές εκτεθειμένες στο εξωτερικό περιβάλλον με αποτέλεσμα, παρόλο που έχει δυτική κατεύθυνση, οι θερμοκρασίες το καλοκαίρι να είναι αρκετά αυξημένες.



Διάγραμμα 12: Μέση ημερήσια θερμοκρασία εισόδου β' ορόφου



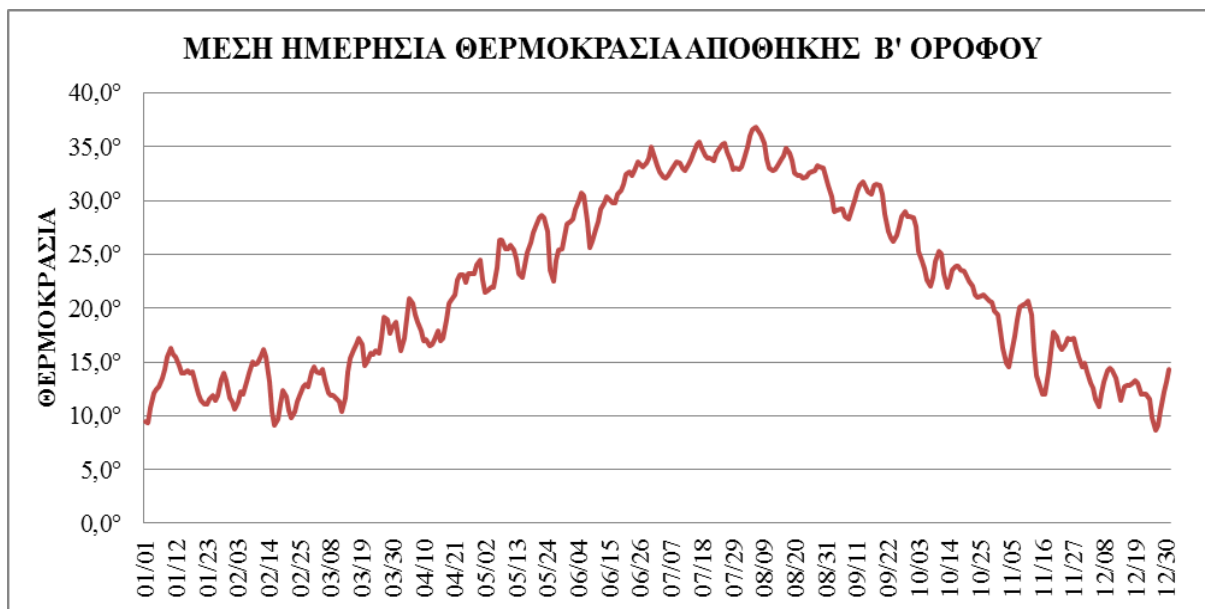
Διάγραμμα 13: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινιού 1 β' ορόφου



Διάγραμμα 14: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινού 2 β' ορόφου



Διάγραμμα 15: Μέση ημερήσια θερμοκρασία ψc β' ορόφου



Διάγραμμα 16: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αποθήκης β' ορόφου

Στους χώρους του β' ορόφου παρατηρείται μία παρόμοια συμπεριφορά όσον αφορά τις μέγιστες και τις ελάχιστες θερμοκρασίες. Τους θερινούς μήνες η μέγιστη θερμοκρασία που καταγράφεται είναι 36°C. Λόγω της ξύλινης σκεπής, η οποία δεν διαθέτει θερμομόνωση, υπάρχουν πολλές διαφυγές και οι θερμοκρασίες το καλοκαίρι είναι πολύ υψηλές, δημιουργώντας δυσάρεστη αίσθηση στους χρήστες. Οι αυξημένες θερμοκρασίες δικαιολογούνται, επίσης, από την διαρκή έκθεση στον ήλιο από όλες τις μεριές κατά την διάρκεια της ημέρας. Η χρήση κλιματιστικών συστημάτων είναι απαραίτητη για την θερμική άνεση των χρηστών.

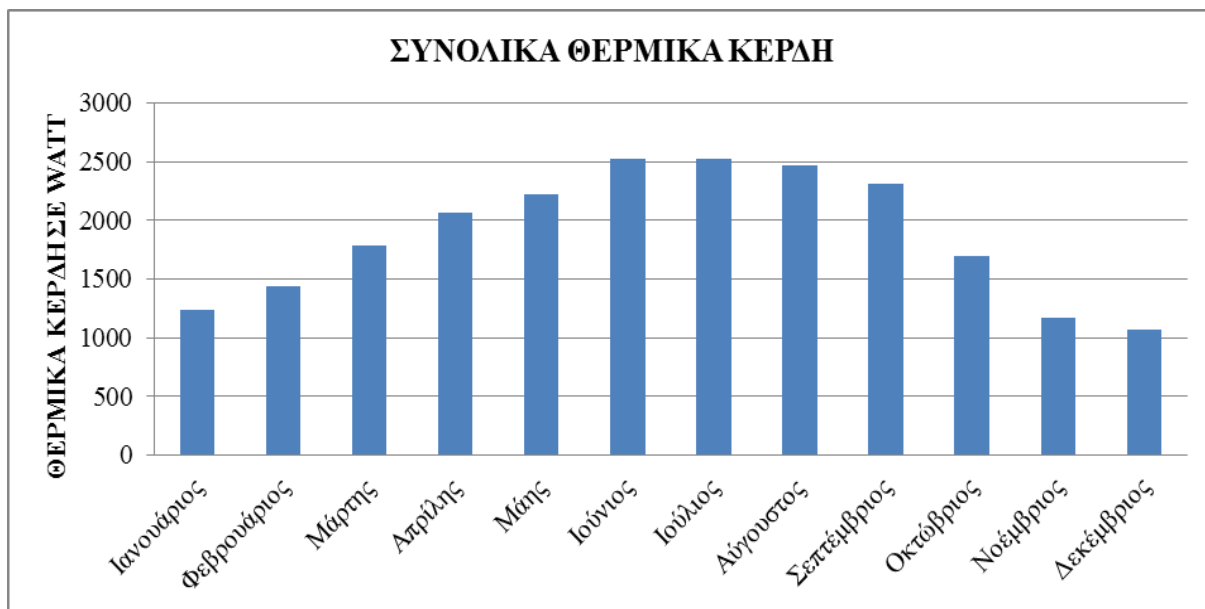
Κατά τους χειμερινούς μήνες η ελάχιστη θερμοκρασία που παρατηρείται είναι στους 9°C, με αποτέλεσμα να υπάρχουν και αυξημένες ανάγκες θέρμανσης για την επίτευξη άνετων προς τους χρήστες θερμοκρασιών.

Οι χώροι του δεύτερου ορόφου παρουσιάζουν την πιο "ακραία" κατανομή θερμοκρασιών κατά την διάρκεια του χρόνου, γεγονός πολύ λογικό, αφού όλοι οι χώροι του ορόφου τον χειμώνα είναι εκτεθειμένοι στις χαμηλές θερμοκρασίες και το καλοκαίρι στην ηλιακή ακτινοβολία.

4.3 Θερμικά Κέρδη και Απώλειες λόγω Ανοιγμάτων

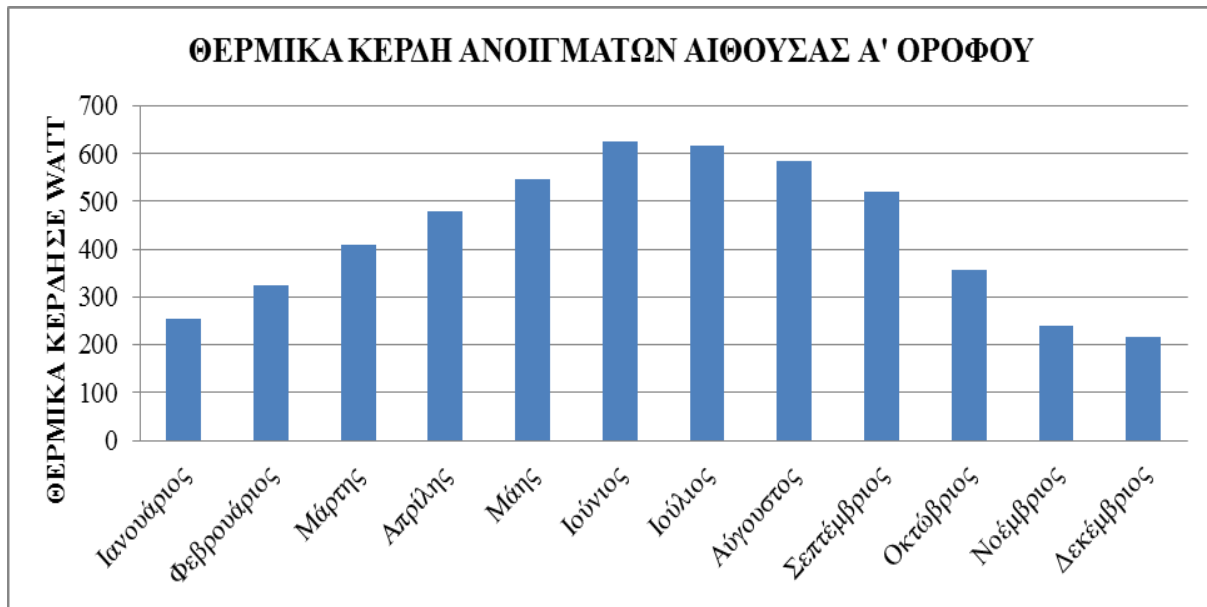
Για την εύρεση των συνολικών κερδών και απωλειών θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου λόγω ανοιγμάτων έγινε ανάλυση της μεταβλητής 'Zone Windows Total Heat Gain Rate' (κέρδη) και 'Zone Windows Total Heat Loss Rate' (απώλειες). Παρακάτω παρατίθεται τα θερμικά κέρδη και οι θερμικές απώλειες για το σύνολο των ζωνών του κτιρίου, αλλά και για κάθε μία ξεχωριστά.

Θερμικά κέρδη

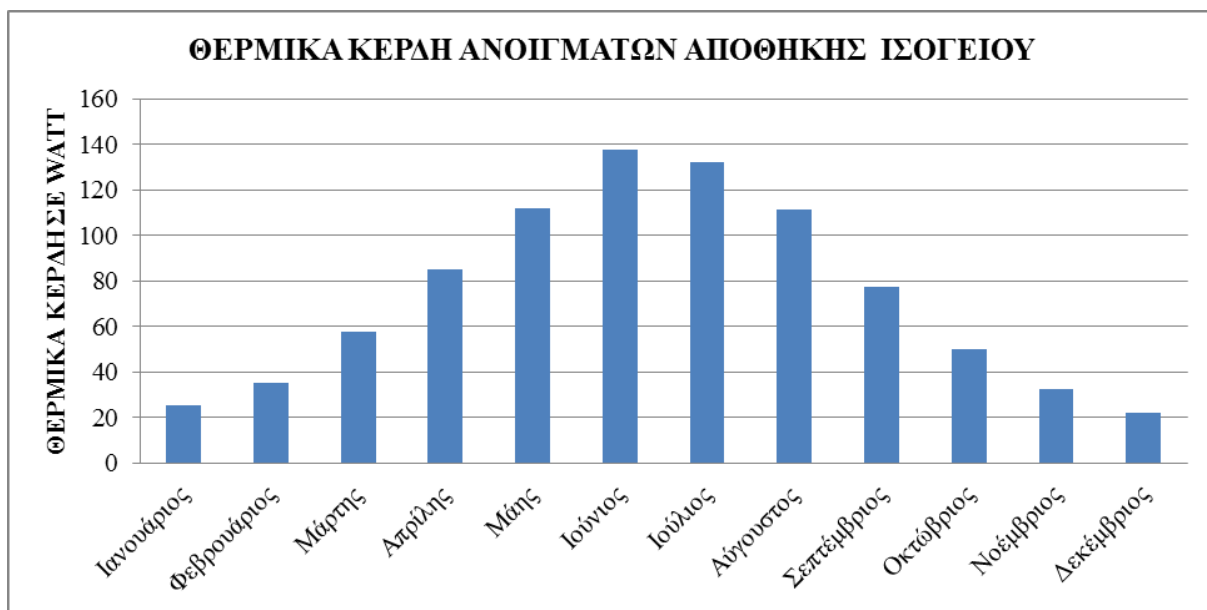


Διάγραμμα 17: Συνολικά θερμικά κέρδη ανοιγμάτων κτιρίου

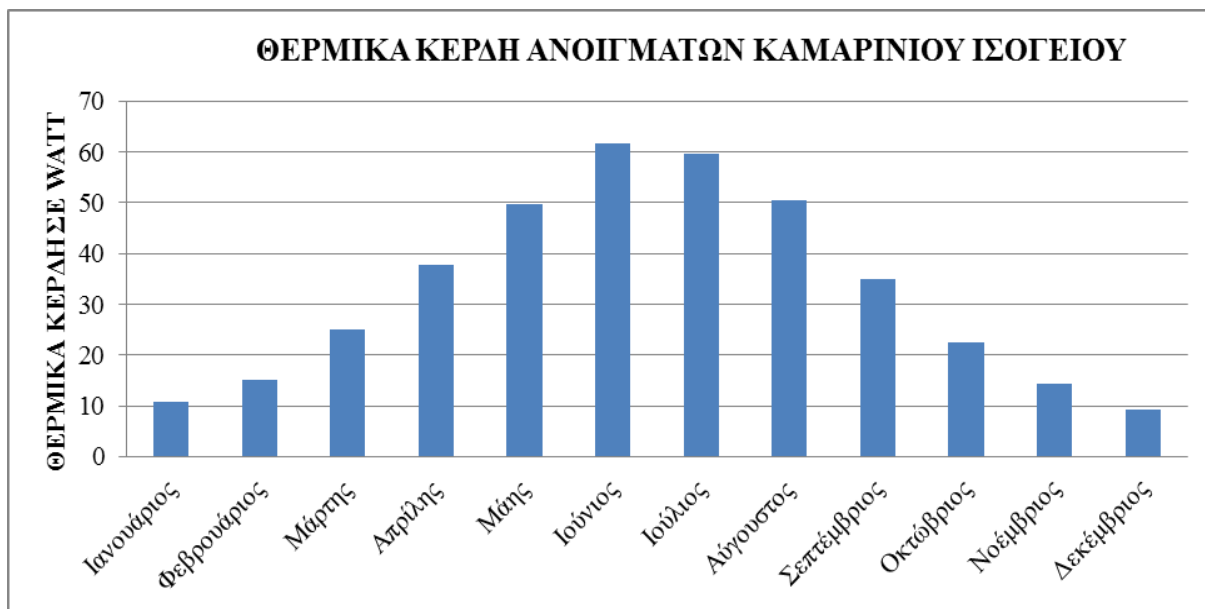
Τα συνολικά θερμικά κέρδη του κτιρίου φαίνονται μειωμένα κατά τους χειμερινούς μήνες, που σημαίνει ότι υπάρχουν πολλές διαφυγές θερμότητας από το εσωτερικό προς το περιβάλλον, το οποίο δικαιολογείται από το γεγονός ότι στην βόρεια πλευρά του κτιρίου μας έχουμε τα περισσότερα ανοίγματα. Ταυτόχρονα, η βόρεια πλευρά του κτιρίου δέχεται τον λιγότερο ήλιο με αποτέλεσμα τα κέρδη να είναι μικρότερα.



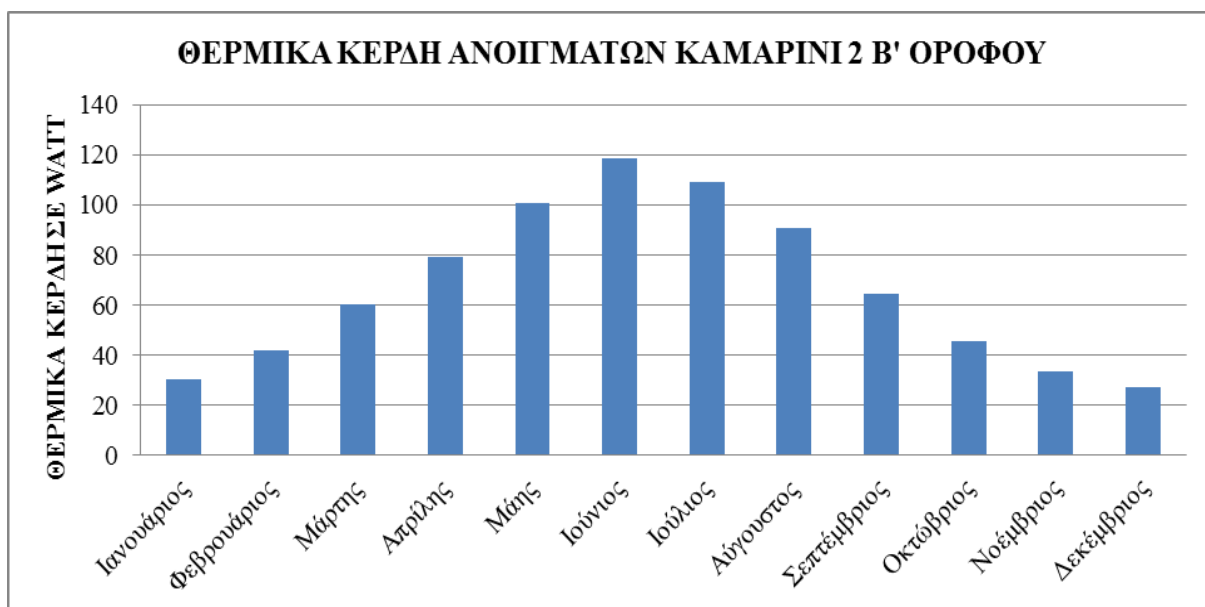
Διάγραμμα 18: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων Αίθουσας α' ορόφου



Διάγραμμα 19: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων Αποθήκης ισογείου

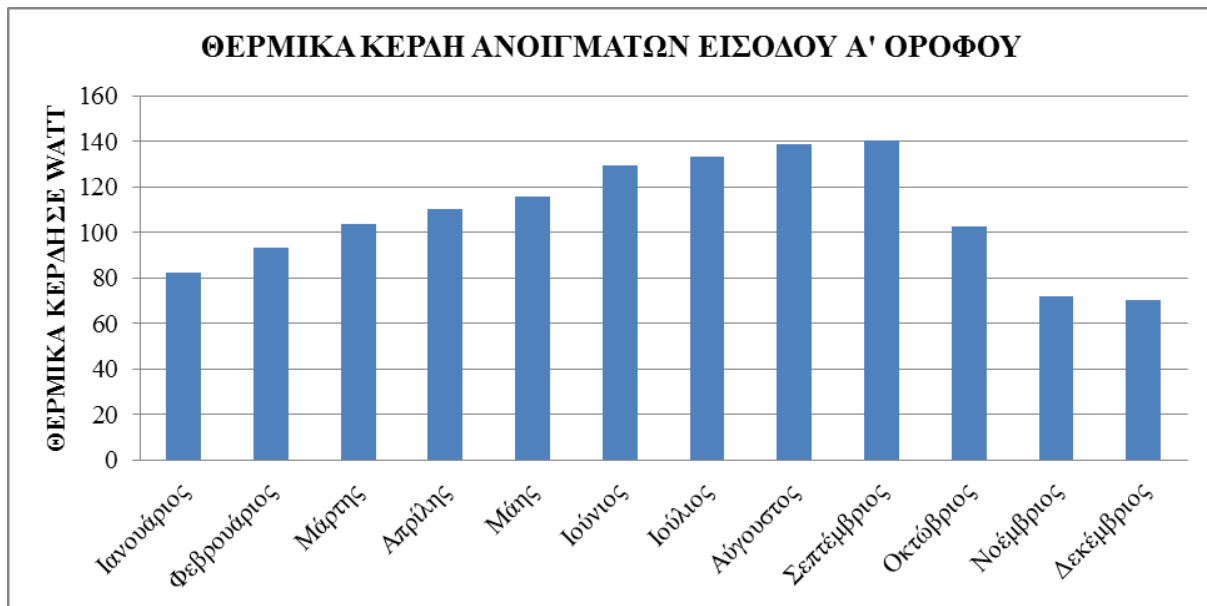


Διάγραμμα 20: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων στο Καμαρίνι ισογείου

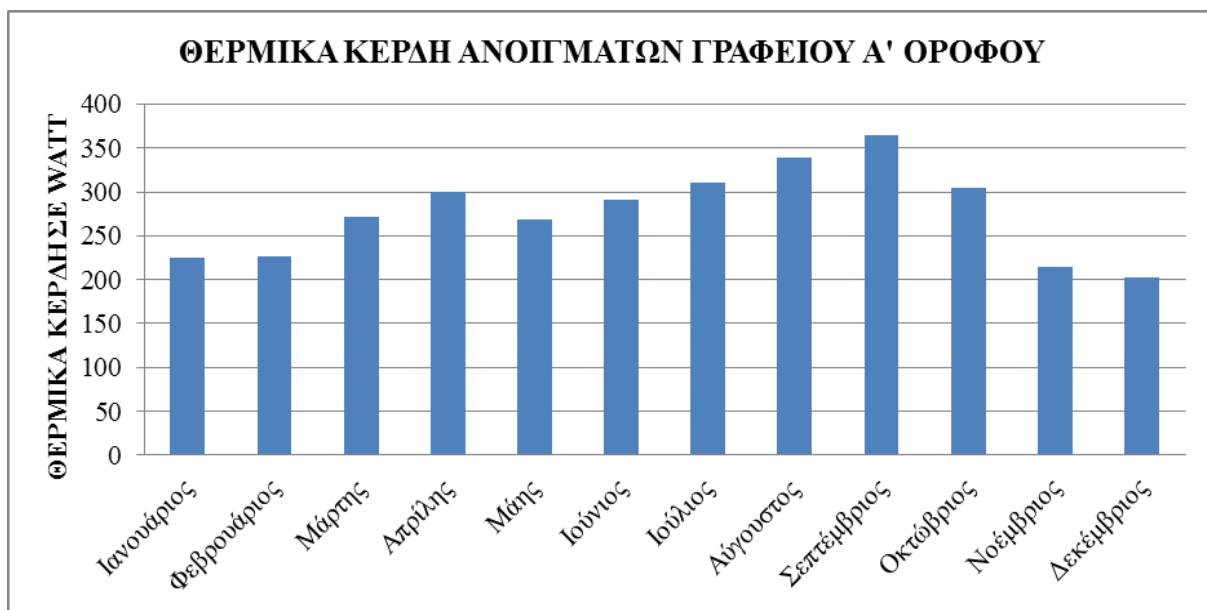


Διάγραμμα 21: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων στο Καμαρίνι2 του β'ορόφου

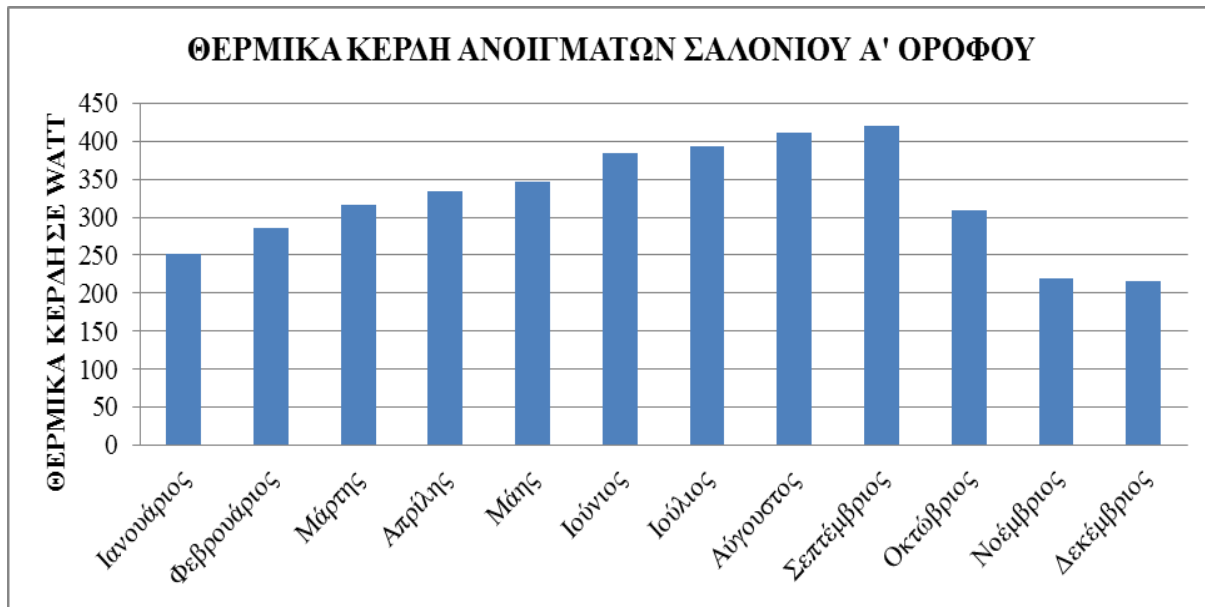
Τα παραπάνω τέσσερα διαγράμματα αφορούν ζώνες στην βόρεια πλευρά του κτιρίου, όπου υπάρχουν και τα περισσότερα παράθυρα. Βλέπουμε μία παρόμοια συμπεριφορά μεταξύ τους, όπου έχουμε μικρά θερμικά κέρδη τους χειμερινούς μήνες σε σχέση με τους θερινούς. Η μειωμένη έκθεση στον ήλιο της βόρειας πλευράς ευνοεί την παραπάνω κατάσταση.



Διάγραμμα 22: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων εισόδου του α'ορόφου



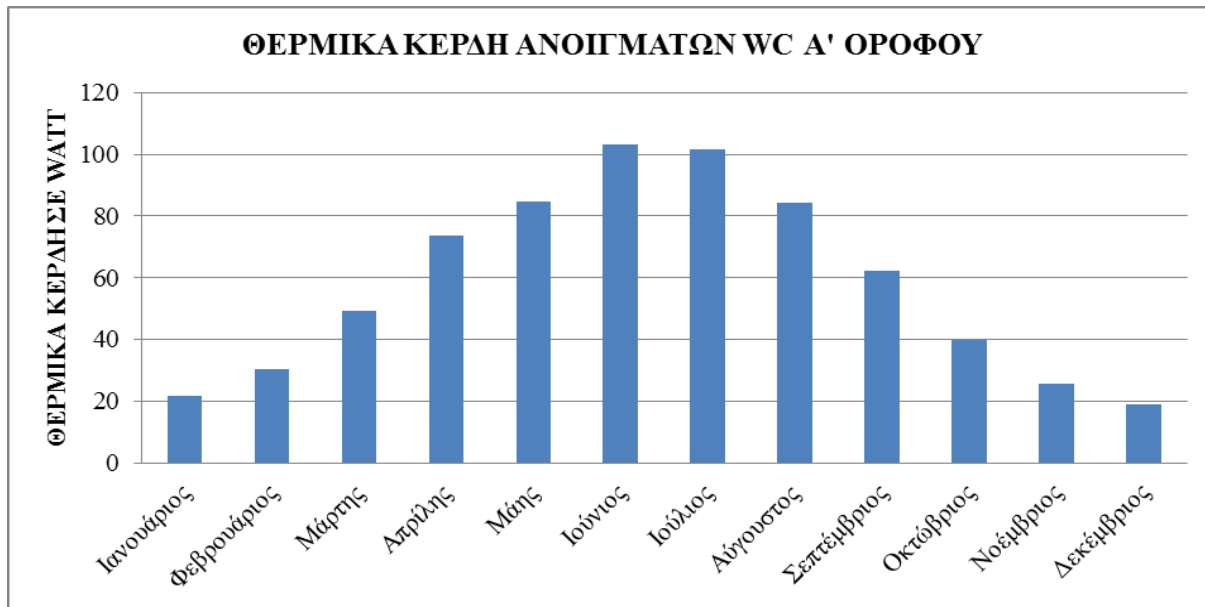
Διάγραμμα 23: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων γραφείου α'ορόφου



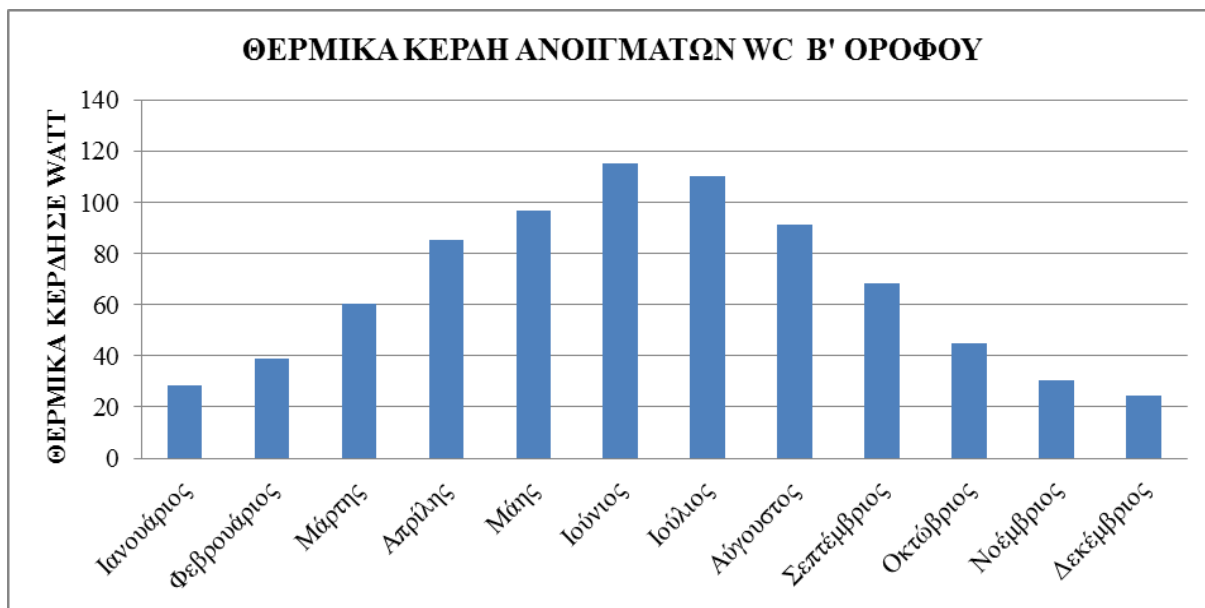
Διάγραμμα 24: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων Σαλονιού α'ορόφου

Από τα παραπάνω τρία διαγράμματα βλέπουμε ότι στους νότιους χώρους έχουμε περισσότερα θερμικά κέρδη κατά τους χειμερινούς μήνες σε σχέση με τους βόρειους. Ο κύριος λόγος είναι γιατί τον χειμώνα τα νότια ανοίγματα δέχονται περισσότερο ήλιο και λειτουργούν σαν παθητικό ηλιακό σύστημα. Η σύγκριση αυτή μας δείχνει έναν από τους λόγους που προτιμούμε νότιο προσανατολισμό των κτιρίων μας.

Στους νότιους χώρους βλέπουμε ότι δεν υπάρχουν πολύ μεγάλες αποκλίσεις σε θερμικά κέρδη κατά την διάρκεια του χρόνου, γεγονός που οφείλεται και στον μικρό αριθμό ανοιγμάτων. Με την τοποθέτηση νέων διπλών υαλοπινάκων, τα θερμικά κέρδη κατά τους χειμερινούς μήνες θα αυξηθούν.



Διάγραμμα 25: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων Μπάνιου α'ορόφου



Διάγραμμα 26: Θερμικά κέρδη ανοιγμάτων Μπάνιου β'ορόφου

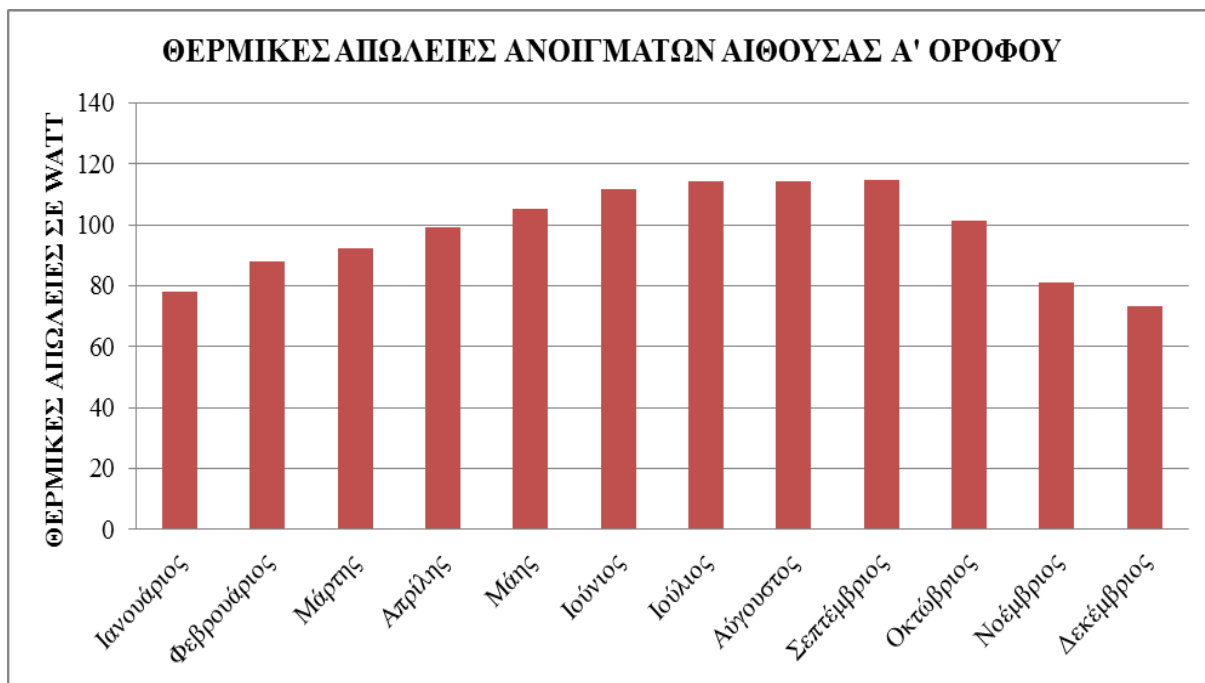
Οι χώροι υγιεινής του πρώτου και δεύτερου ορόφου έχουν δυτική κατεύθυνση γεγονός που και σε αυτή τη περίπτωση εξηγεί τα χαμηλά θερμικά κέρδη λόγω ανοιγμάτων, αφού οι χώροι αυτοί δέχονται λίγη ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών.

Θερμικές απώλειες

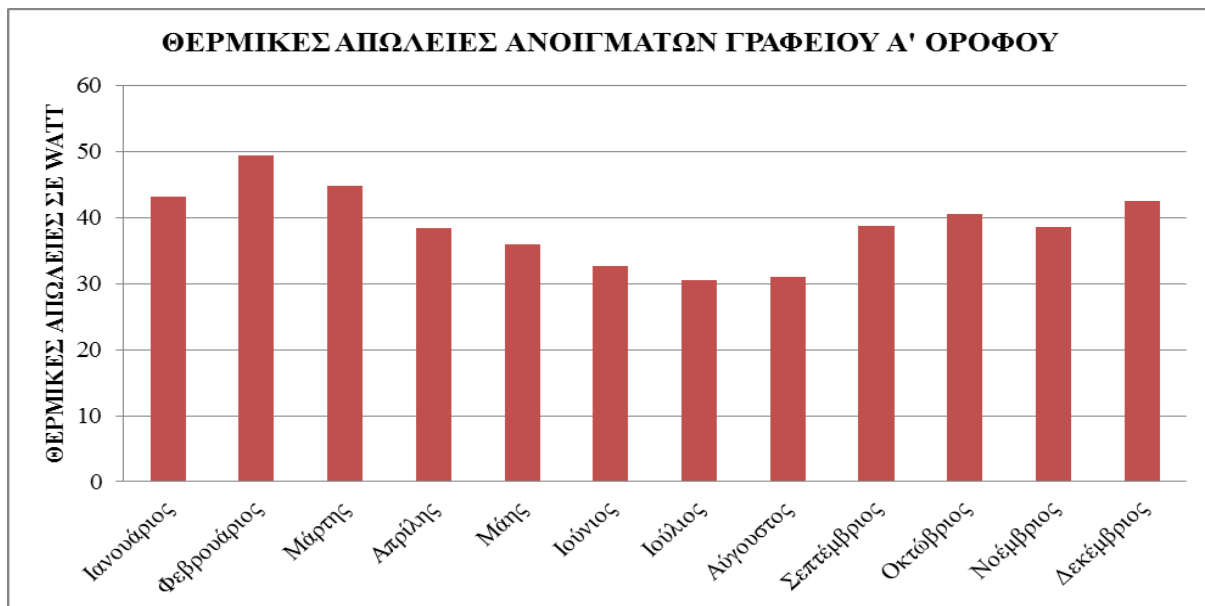


Διάγραμμα 27: Συνολικές θερμικές απώλειες ανοιγμάτων κτιρίου

Από το παραπάνω διάγραμμα των συνολικών θερμικών απωλειών βλέπουμε ότι οι απώλειες θερμότητας λόγω παραθύρων είναι πολύ μικρές σε σχέση με τα θερμικά κέρδη που αναλύσαμε προηγουμένως (μέγεθος σχεδόν το 1/5 των θερμικών κερδών). Με την τοποθέτηση διπλών υαλοπινάκων οι απώλειες μπορούν να μειωθούν ώστε να έχουμε εξοικονόμηση ενέργειας θέρμανσης και ταυτόχρονα αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου.

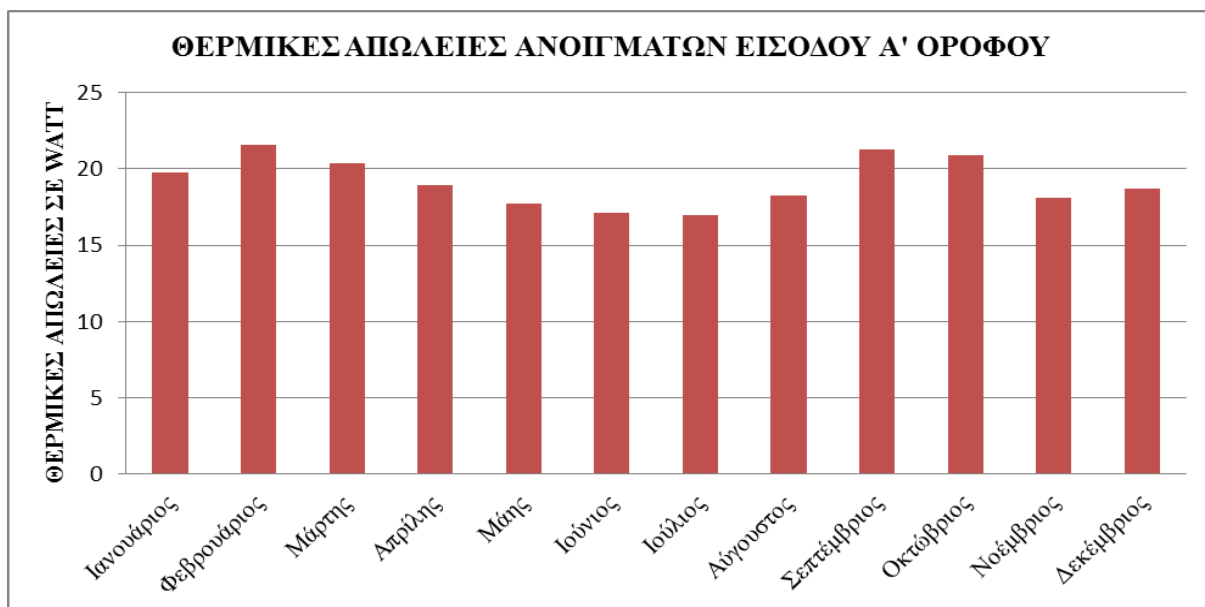


Διάγραμμα 28: Θερμικές απώλειες ανοιγμάτων Αίθουσας α'ορόφου (βόρεια πλευρά)

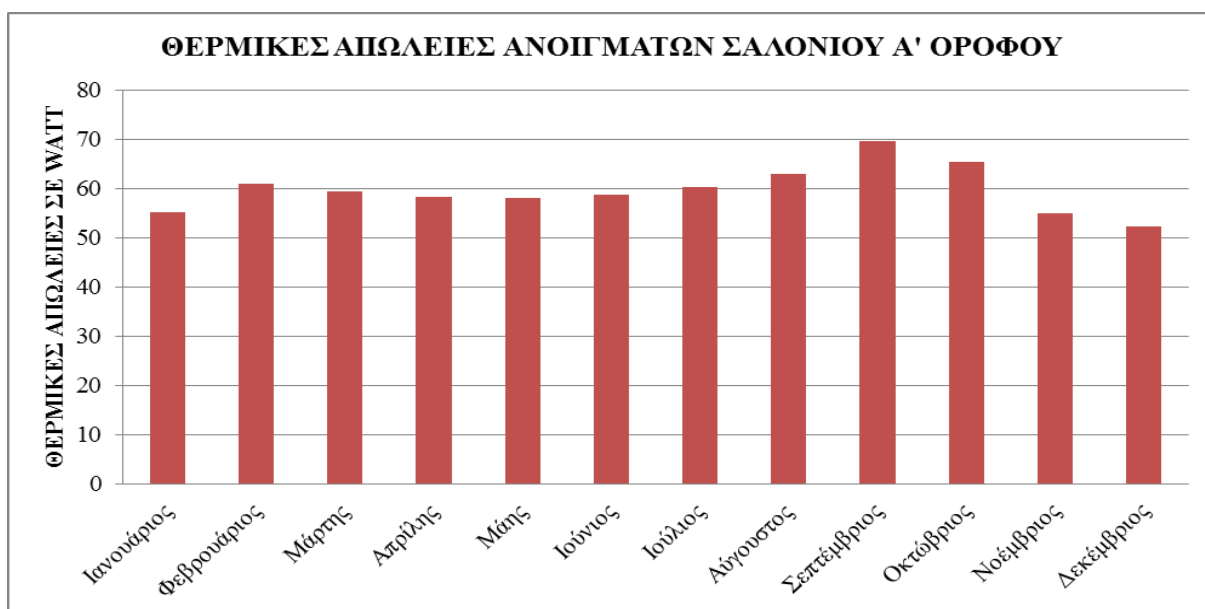


Διάγραμμα 29: Θερμικές απώλειες Γραφείου α'ορόφου (νότια πλευρά)

Από τα παραπάνω δύο διαγράμματα θερμικών απωλειών για ένα βόρειο (αίθουσα α' ορόφου) και ένα νότιο (γραφείο α'ορόφου) δωμάτιο, βλέπουμε ότι στον βόρειο χώρο έχουμε περισσότερες απώλειες θερμότητας, το οποίο δικαιολογείται απόλυτα από το γεγονός ότι στον χώρο αυτό έχουμε περισσότερα ανοίγματα. Ίσως θα έπρεπε στην βόρεια πλευρά του κτιρίου να μην έχουμε τόσα πολλά ανοίγματα.



Διάγραμμα 30: Θερμικές απώλειες Εισόδου α'ορόφου



Διάγραμμα 31: Θερμικές απώλειες Σαλονιού α'ορόφου

Τα παραπάνω δύο διαγράμματα μας δείχνουν ότι στους νότιους χώρους του κτιρίου μας οι απώλειες θερμότητας λόγω παραθύρων παραμένουν σχεδόν σταθερές κατά την διάρκεια του χρόνου, όπως και στα θερμικά κέρδη, αλλά παρολαυτά είναι πολύ μικρές σε σχέση με τα κέρδη.

Βλέπουμε, λοιπόν, ότι οι νότιοι χώροι είναι πιο θερμοί, το οποίο οφείλεται στο γεγονός ότι δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια του έτους σε σχέση με την βόρεια πλευρά.

4.4 Κέρδη θερμότητας από Χρήστες, Τεχνητό Φωτισμό και Ηλεκτρικό Εξοπλισμό

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, η εσωτερική θερμοκρασία των χώρων επηρεάζεται επίσης από τους χρήστες, τον τεχνητό φωτισμό και τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα συνολικά εσωτερικά κέρδη για κάθε θερμική ζώνη του κτιρίου, σε διάρκεια ενός έτους. Στο 'EnergyPlus' τα αποτελέσματα λήφθηκαν μέσω ανάλυσης των μεταβλητών: 'Zone People Total Heating Energy' , 'Zone Lights Total Heating Energy' και 'Zone Electric Equipment Total Heating Energy'.

ΖΩΝΗ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ [KWatt] ANA ΖΩΝΗ			
	ΧΡΗΣΤΕΣ	ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ
WC ΙΣ.	3,8951	13,97869	16,67848	34,55227
A' WC	3,8951	28,94626	34,53683	67,37819
A' ΚΟΥΖΙΝΑ	3,8951	51,46002	61,3988	116,7539
B' WC	3,8951	19,43192	23,18492	46,51194
ΙΣ. ΕΙΣΟΔΟΣ	3,8951	45,92999	54,80072	104,6258
B' ΕΙΣΟΔΟΣ	3,8951	43,20337	51,5475	98,64597
ΙΣ. ΑΠΟΘΗΚΗ	3,8951	45,874	0,045448	49,814
ΙΣ. ΚΑΜΑΡΙΝΙ	0,00013	0	0,024024	0,024154
ΙΣ. ΓΚΑΡΑΖ	0,00013	0	0,072267	0,072397
B' ΚΑΜΑΡΙΝΙ 1	0,00013	0	0,04186	0,04199
B' ΚΑΜΑΡΙΝΙ 2	0,00013	0	0,02392	0,02405
B' ΑΠΟΘΗΚΗ	0,00013	0	0,04251	0,04264
A' ΑΙΘΟΥΣΑ	23,356	293,7057	404,5774	721,6787
A'ΣΑΛΟΝΙ	23,3956	268,8916	370,3962	662,6834
A' ΓΡΑΦΕΙΟ	23,3956	235,8062	324,8212	584,023
ΣΥΝΟΛΟ	97,453	1047,228	1342,192	2486,872

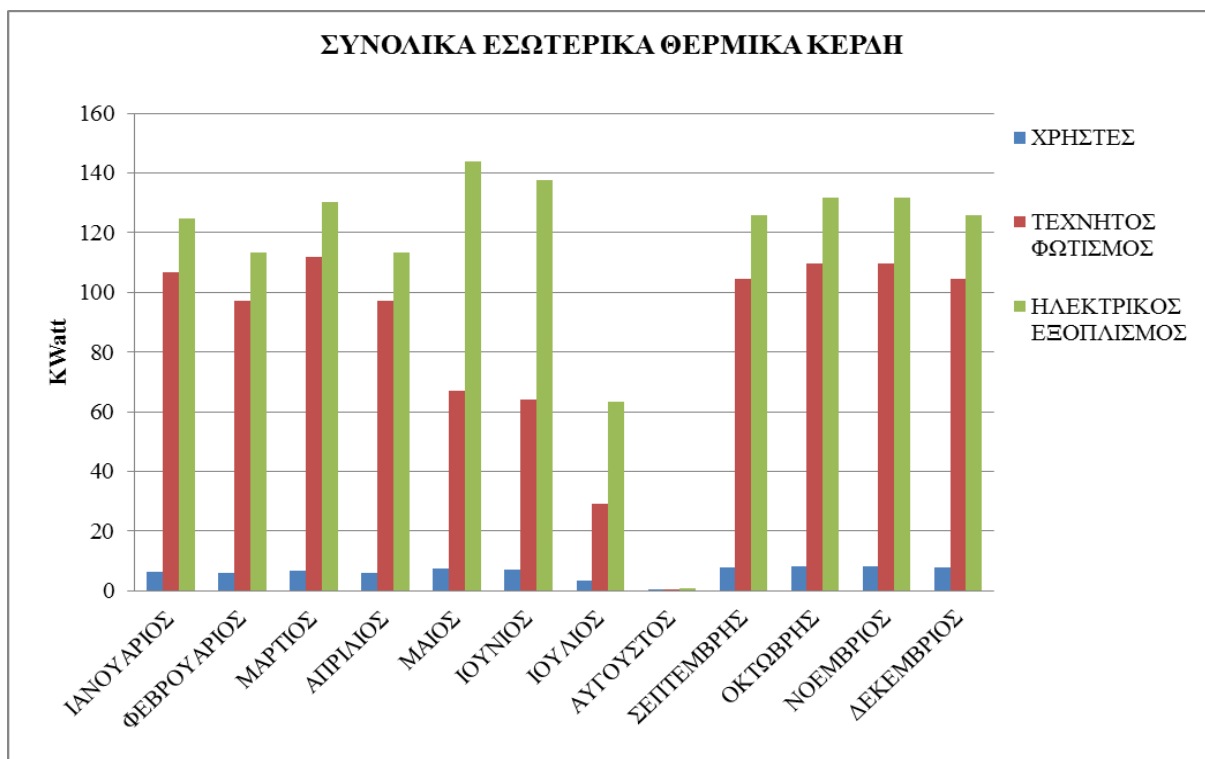
Πίνακας 2: Συνολικά ετήσια θερμικά κέρδη κτιρίου

Τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα είναι αυτά που περιμέναμε, αφού λόγω της χρήσης του κτιρίου δεν χρησιμοποιούνται όλοι οι χώροι εξίσου, κατά την διάρκεια του έτους. Κάποιοι χώροι, όπως είναι η αίθουσα, το σαλόνι και το γραφείο, χρησιμοποιούνται καθόλη τη διάρκεια του χρόνου, ενώ χώροι όπως τα καμαρίνια και οι αποθήκες χρησιμοποιούνται την μικρή περίοδο των παραστάσεων. Έτσι βλέπουμε περισσότερα κέρδη θερμότητας από τους χρήστες στους

χώρους των μαθημάτων, λιγότερα σε χώρους υγιεινής και στην κουζίνα, και σχεδόν μηδενικά στους χώρους που χρησιμοποιούνται κυρίως για παραστάσεις.

Τα μικρότερα θερμικά κέρδη είναι από τους χρήστες, με τιμή 97.456 kWatt, αφού ο χρόνος παραμονής των καθηγητών και των μαθητών εντός του κτιρίου δεν διαρκεί όλη την ημέρα, ενώ ο ηλεκτρικός εξοπλισμός, όπως τηλεοράσεις, φορητοί και κινητοί υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα, προτζέκτορας, ψυγείο και φούρνος, προσδίδουν περισσότερη θερμότητα στον χώρο, άρα έχουν και τα μεγαλύτερα θερμικά κέρδη, με τιμή 1342.192 kWatt. Τα συνολικά θερμικά κέρδη και από τους τρεις αυτούς παράγοντες είναι 2486.872 kWatt.

Παρακάτω παρατίθεται και ένα διάγραμμα που παρουσιάζει την κατανομή των θερμικών κερδών ανά μήνα και ανά χρήση:



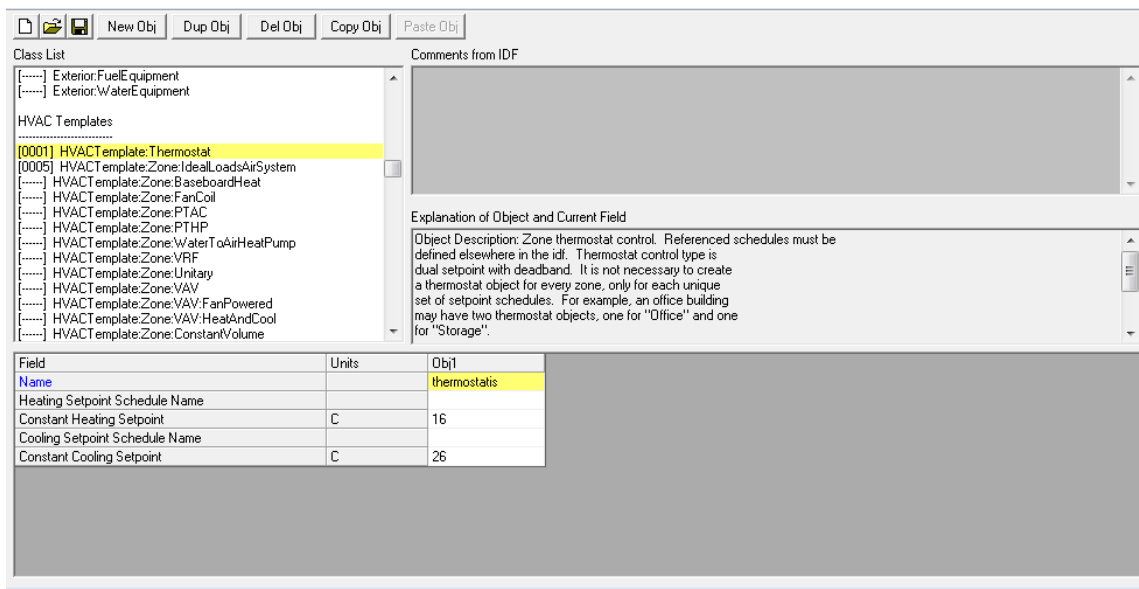
Διάγραμμα 32: Εσωτερικά θερμικά κέρδη ανά χρήση, ανά μήνα

4.5 Συστήματα Θέρμανσης και Ψύξης

Για την ενεργειακή ανάλυση του κτιρίου μας πρέπει να ορίσουμε και τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης που υπάρχουν. Με αυτό το τρόπο μπορούμε να έχουμε μια εικόνα της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου σε θέρμανση και ψύξη ώστε να συγκρίνουμε κατά πόσο αυτή η

κατανάλωση μειώνεται με τις επεμβάσεις που κάνουμε, δηλαδή να υπολογίσουμε πόση ενέργεια εξοικονομούμε.

Ορίζουμε αυτά τα δεδομένα στο 'EnergyPlus', στην καρτέλα 'HVAC Templates:Thermostat' δημιουργούμε τον θερμοστάτη, δηλαδή το όριο των θερμοκρασιών, έξω από το οποίο θα ενεργοποιείται το σύστημα θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου μας. Όπως φαίνεται και στην εικόνα, πρέπει να ορίσουμε το 'Constant Heating Setpoint', δηλαδή την θερμοκρασία κάτω από την οποία θα ενεργοποιείται το σύστημα θέρμανσης, και το 'Constant Cooling Setpoint', την θερμοκρασία πάνω απ'την οποία θα ενεργοποιείται το σύστημα ψύξης. Για την θέρμανση ορίσαμε τους 16°C και για την ψύξη τους 26°C, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 57: Εικόνα Δημιουργία θερμοστάτη στο EnergyPlus

Στην συνέχεια, πηγαίνουμε στην καρτέλα 'HVAC:Template:Zone:IdealLoadsAirSystem', όπου ορίζουμε, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, τις ζώνες στις οποίες υπάρχει σύστημα θέρμανσης και ψύξης, τον θερμοστάτη για κάθε ζώνη και το χρονοδιάγραμμα της λειτουργίας του συστήματος. Στην περίπτωση μας, το κτίριο παραμένει κλειστό τον Αύγουστο και τις βραδυνές ώρες, οπότε και οι ενεργειακές καταναλώσεις είναι μηδενικές.

The screenshot shows a software interface with a 'Class List' on the left and a table of parameters on the right. The 'Class List' includes items such as Material, Construction, Zone, and HVAC templates. The table on the right has columns for 'Field', 'Units', and five object types (Obj1-Obj5). The 'Zone Name' field is highlighted in yellow, and the 'HVAC template: Zone.IdealLoadsAirSystem' is selected in the class list.

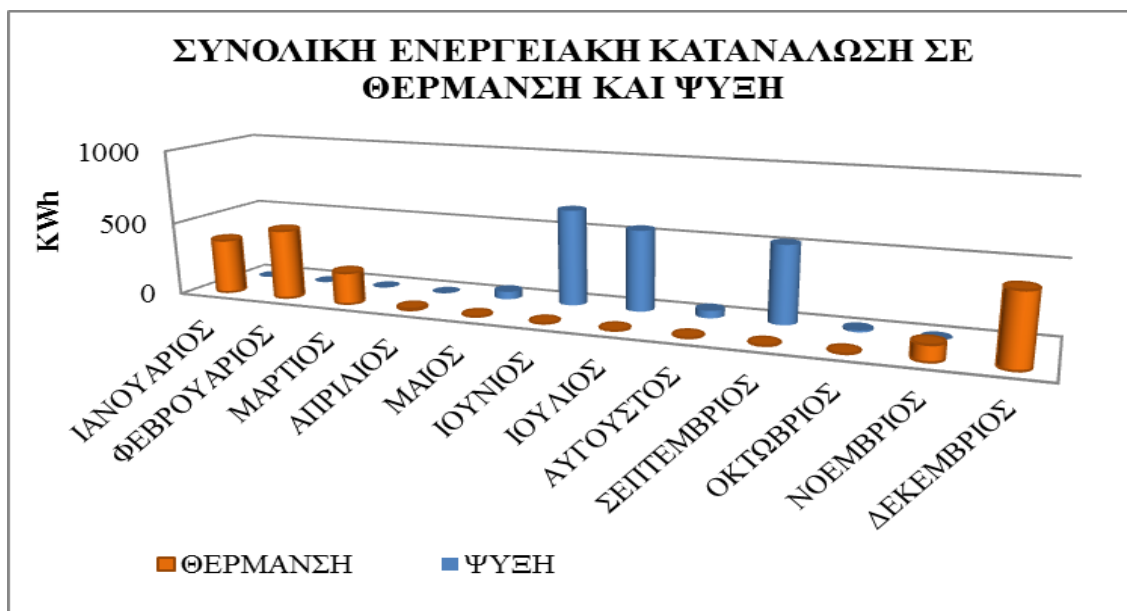
Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Zone Name		Adidaskalio	Asaloni	Agrafeio	Bkamarinia	Iskamarini
Template Thermostat Name		thermostatis	thermostatis	thermostatis	thermostatis	thermostatis
System Availability Schedule Name		People aiθouses	People aiθouses	People aiθouses	People kamarinia-apothikes	People kamarinia-apothikes
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 58: Καθορισμός ζωνών με σύστημα θέρμανσης ή ψύξης

Οι ενεργειακές καταναλώσεις για θέρμανση και ψύξη για τις ζώνες που διαθέτουν σύστημα, φαίνονται στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα:

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ			
ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (kWh)	ΨΥΞΗ (kWh)	ΣΥΝΟΛΟ (kWh)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	370,35	0,00	370,35
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	471,99	0,00	471,99
ΜΑΡΤΙΟΣ	214,65	0,00	214,65
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	8,74	0,00	8,74
ΜΑΙΟΣ	0,00	52,58	52,58
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	650,00	650,00
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	548,24	548,24
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	50,65	50,65
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	525,50	525,50
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	12,99	12,99
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	105,34	0,00	105,34
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	472,34	0,00	472,34
ΣΥΝΟΛΟ	1643,44	1839,99	3483,43

Πίνακας 3: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη



Διάγραμμα 33: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη

Απο το διάγραμμα παρατηρούμε ότι το κτίριο μας στο σύνολό του απαιτεί περισσότερη ενέργεια για ψύξη απ'ότι για θέρμανση. Πιο συγκεκριμένα για θέρμανση καταναλώνει 1643.44 kWh ενώ για ψύξη 1839.99 kWh.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΑΙΘΟΥΣΑΣ Α'ΟΡΟΦΟΥ			
ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (kWh)	ΨΥΞΗ (kWh)	ΣΥΝΟΛΟ (kWh)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	172,65	0,00	172,65
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	212,80	0,00	212,80
ΜΑΡΤΙΟΣ	97,33	0,00	97,33
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	4,57	0,00	4,57
ΜΑΙΟΣ	0,00	30,70	30,70
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	294,45	294,45
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	230,38	230,38
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	17,22	17,22
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	201,39	201,39
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	3,87	3,87
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	50,67	0,00	50,67
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	215,26	0,00	215,26
ΣΥΝΟΛΟ	753,30	778,03	1531,33

Πίνακας 4: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη αίθουσας α'ορόφου

Τα παραπάνω δεδομένα αφορούν το σύνολο των θερμικών ζωνών στις οποίες έχουμε σύστημα θέρμανσης και ψύξης. Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι καταναλώσεις για κάθε μία ζώνη χωριστά.



Διάγραμμα 34: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη αίθουσας α'ορόφου

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΣΑΛΟΝΙΟΥ Α'ΟΡΟΦΟΥ			
ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (kWh)	ΨΥΞΗ (kWh)	ΣΥΝΟΛΟ (kWh)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	94,99	0,00	94,99
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	127,44	0,00	127,44
ΜΑΡΤΙΟΣ	56,12	0,00	56,12
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1,85	0,00	1,85
ΜΑΙΟΣ	0,00	21,45	21,45
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	236,52	236,52
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	192,31	192,31
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	16,55	16,55
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	222,58	222,58
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	8,68	8,68
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	25,75	0,00	25,75
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	127,51	0,00	127,51
ΣΥΝΟΛΟ	433,68	698,12	1131,80

Πίνακας 5: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη σαλονιού α'ορόφου

Λόγω των αυξημένων μέσων θερμοκρασιών στον χώρο της αίθουσας κατά τους θερινούς μήνες, παρατηρείται μεγαλύτερη ανάγκη για ψύξη.



Διάγραμμα 35: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη σαλονιού α'ορόφου

Παρόμοια συμπεριφορά παρουσιάζει και το σαλόνι του πρώτου ορόφου, το οποίο επικοινωνεί άμεσα με την αίθουσα διδασκαλίας.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΓΡΑΦΕΙΟΥ Α'ΟΡΟΦΟΥ			
ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (kWh)	ΨΥΞΗ (kWh)	ΣΥΝΟΛΟ (kWh)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	96,62	0,00	96,62
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	127,58	0,00	127,58
ΜΑΡΤΙΟΣ	57,81	0,00	57,81
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1,28	0,00	1,28
ΜΑΙΟΣ	0,00	0,15	0,15
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	115,58	115,58
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	117,40	117,40
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	10,40	10,40
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	99,45	99,45
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	0,36	0,36
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	28,28	0,00	28,28
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	124,63	0,00	124,63
ΣΥΝΟΛΟ	436,24	343,36	779,6

Πίνακας 6: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη γραφείου α'ορόφου

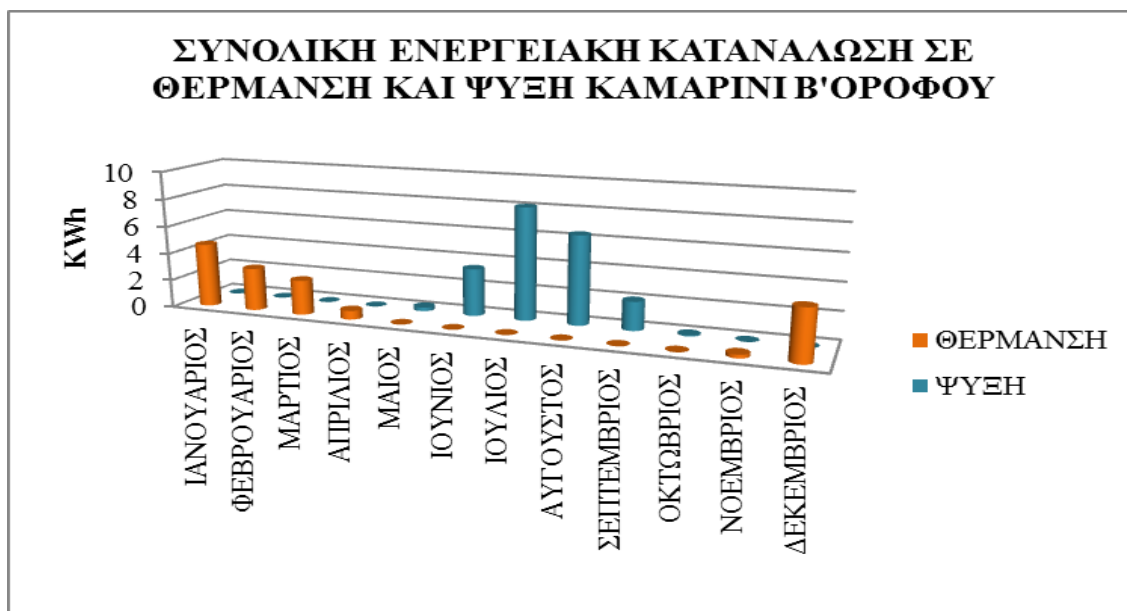


Διάγραμμα 36: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη γραφείου α'ορόφου

Στο γραφείο του πρώτου ορόφου παρατηρείται μία σχεδόν ισορροπημένη σχέση μεταξύ των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση και ψύξη, αλλά εμφανώς λιγότερες από τους προηγούμενους δύο χώρους.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΚΑΜΑΡΙΝΙ Β'ΟΡΟΦΟΥ			
ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (kWh)	ΨΥΞΗ (kWh)	ΣΥΝΟΛΟ (kWh)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4,59	0,00	4,59
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3,08	0,00	3,08
ΜΑΡΤΙΟΣ	2,50	0,00	2,50
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,63	0,00	0,63
ΜΑΙΟΣ	0,00	0,27	0,27
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	3,43	3,43
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	8,12	8,12
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	6,43	6,43
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	2,07	2,07
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	0,07	0,07
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0,25	0,00	0,25
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3,72	0,00	3,72
ΣΥΝΟΛΟ	14,79	20,41	35,2

Πίνακας 7: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη καμαρίνι β'ορόφου

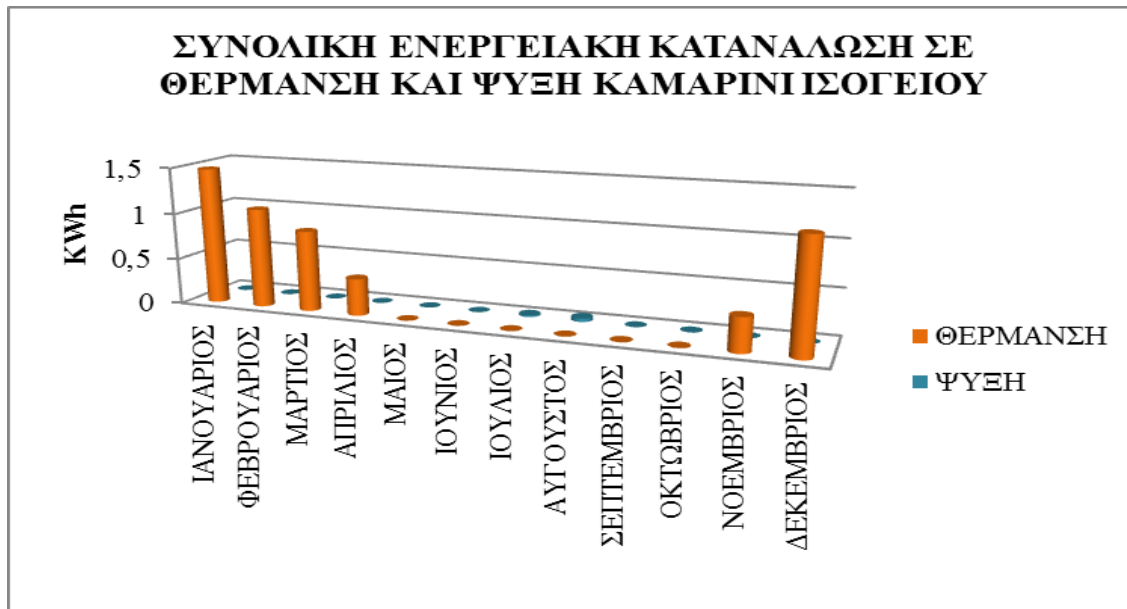


Διάγραμμα 37: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη καμαρίνι β'ορόφου

Στο καμαρίνι του δεύτερου ορόφου οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη είναι πολύ μικρές σε σχέση με του υπόλοιπου κτιρίου.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΚΑΜΑΡΙΝΙ ΙΣΟΓΕΙΟΥ			
ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (kWh)	ΨΥΞΗ (kWh)	ΣΥΝΟΛΟ (kWh)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1,48	0,00	1,48
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1,07	0,00	1,07
ΜΑΡΤΙΟΣ	0,87	0,00	0,87
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,40	0,00	0,40
ΜΑΙΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	0,01	0,01
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,03	0,03
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0,36	0,00	0,36
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1,20	0,00	1,20
ΣΥΝΟΛΟ	5,40	0,05	5,45

Πίνακας 8: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη καμαρίνι ισογείου



Διάγραμμα 38: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη καμαρίνι ισογείου

Στο καμαρίνι του ισογείου δεν υπάρχουν ανάγκες για ψύξη λόγω της μειωμένης έκθεσης του χώρου στον ήλιο, και λόγω της ημιυπόσκαφης θέσης του χώρου σε σχέση με το έδαφος.

5. ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

5.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα εξεταστούν προτάσεις επεμβάσεων με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Στις αναλύσεις που θα γίνουν για κάθε επέμβαση, θα συγκριθούν τα αποτελέσματα με τα αντίστοιχα παλαιότερα, με σκοπό την εξαγωγή συμπεράσματος για βελτίωση ή μη των συνθηκών διαβίωσης εντός των χώρων. Τα αποτελέσματα που θα συγκριθούν αφορούν την μέση ημερήσια θερμοκρασία εντός των θερμικών ζωνών και τις συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις του συστήματος θέρμανσης και ψύξης, και, τέλος, θα αναλυθεί η οικονομική διάσταση/παραμετρος των επεμβάσεων.

5.2 Αντικατάσταση Παλαιών Υαλοπινάκων

Η πρώτη επέμβαση στο υπάρχον κτίριο θα είναι η αντικατάσταση των παλαιών υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής Low-E. Οι υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής δυσχεραίνουν την μεταφορά της θερμότητας από την μία πλευρά στην άλλη, συντελώντας έτσι στην εξοικονόμηση ενέργειας.^[29]

Οι νέοι υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής αποτελούνται από μία στρώση καθαρού τζαμιού 6 χιλιοστών προς το εσωτερικό του κτιρίου, 13 χιλιοστά αέριο (αργό) και 6 χιλιοστά υαλοπέτασμα χαμηλής εκπομπής στην εξωτερική πλευρά. Τα νέα υλικά των υαλοπινάκων (Low-E και αέριο αργό) ορίζονται με βάση τα στοιχεία που υπάρχουν στην βιβλιοθήκη του Energy Plus. Επίσης, θα λάβουμε υπόψη και την αλλαγή των κουφωμάτων ορίζοντας στην καρτέλα 'Zone:Infiltration:DesignFlowRate' τον αθέλητο αερισμό, σε 0.5 εναλλαγή αέρα ανά ώρα (από 1 εναλλαγή ανά ώρα με τα παλιά κουφώματα).

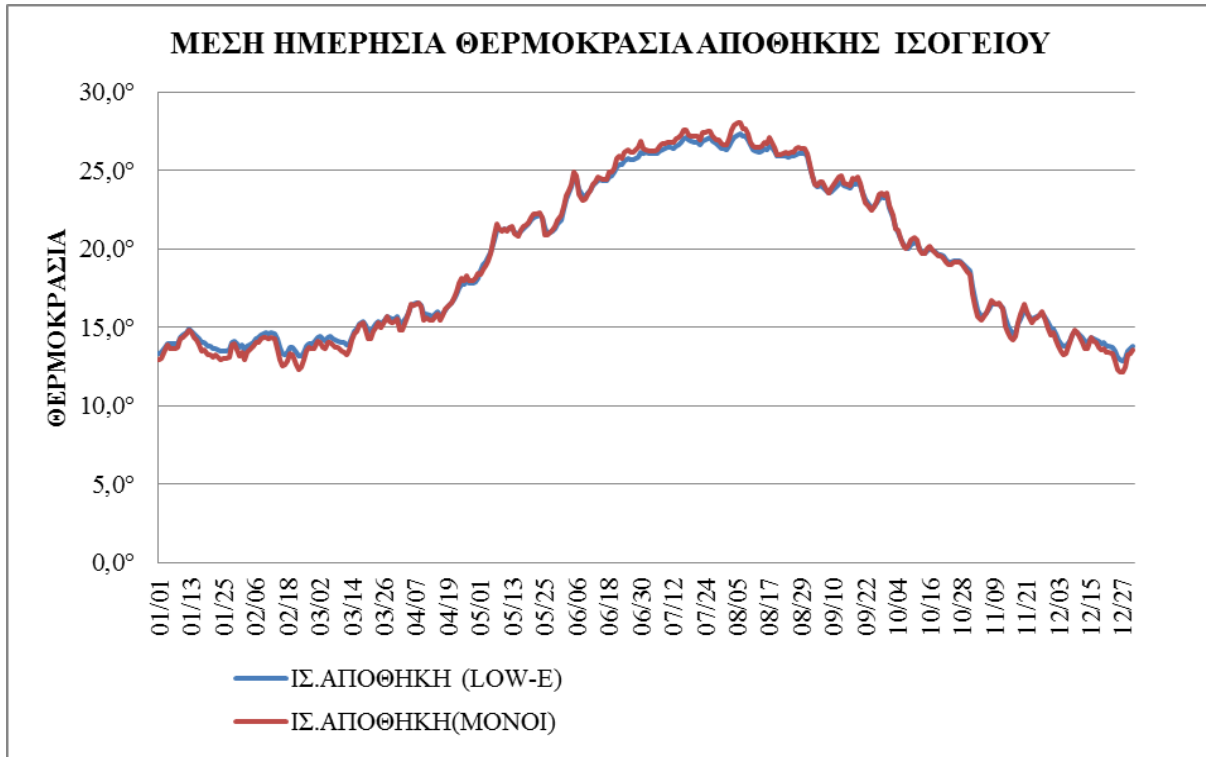
Οι νέες μέσες θερμοκρασίες αέρα στις ζώνες για τους νέους υαλοπίνακες Low-E, συγκριτικά με τις παλαιές μέσες θερμοκρασίες που επικρατούσαν στους χώρους, φαίνονται παρακάτω:



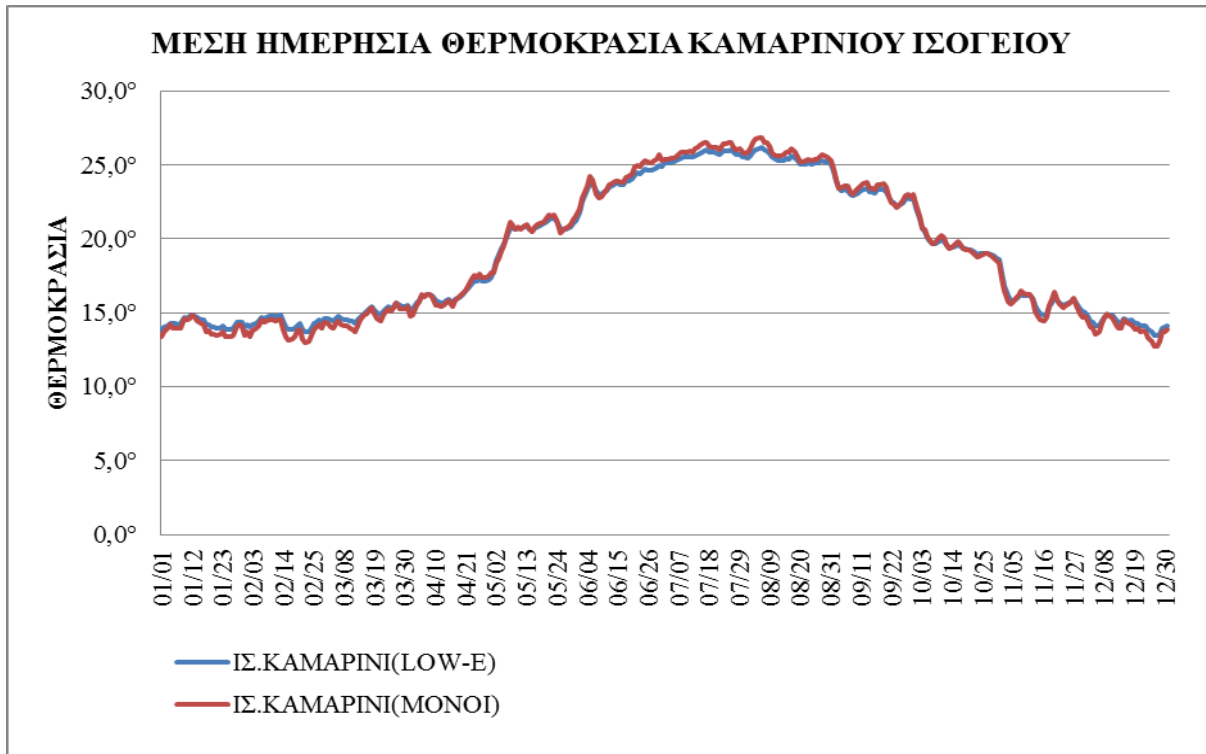
Διάγραμμα 39: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E εισόδου ισογείου



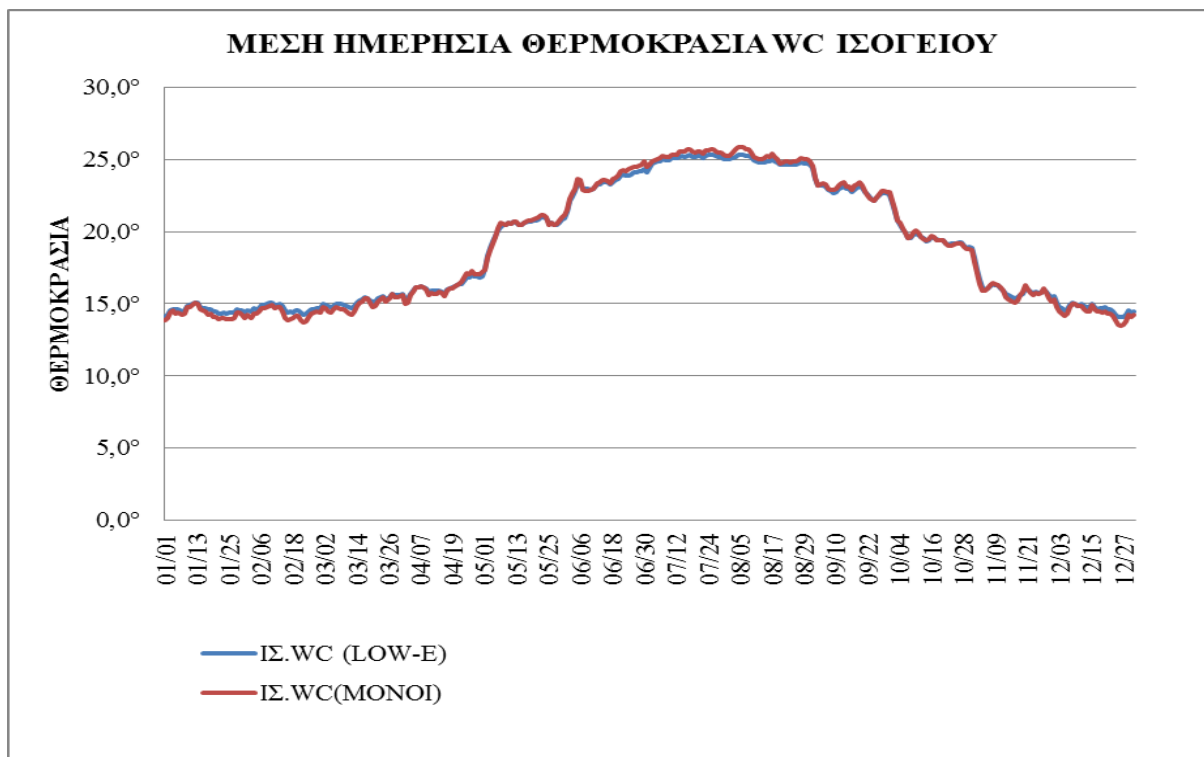
Διάγραμμα 40: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E γκαράζ



Διάγραμμα 41: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E εισόδου αποθήκης ισογείου



Διάγραμμα 42: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E καμαρινιού ισογείου



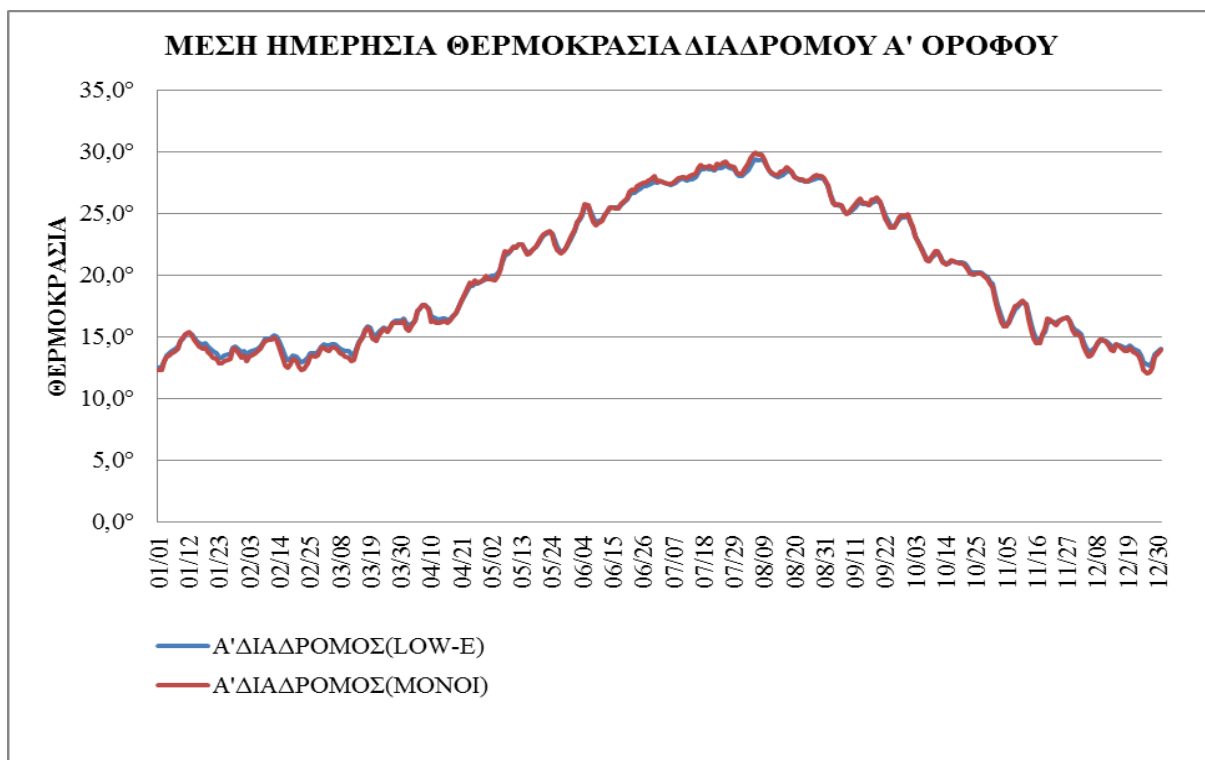
Διάγραμμα 43: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E wc ισογείου



Διάγραμμα 44: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E αίθουσας α' ορόφου



Διάγραμμα 45: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E εισόδου α' ορόφου



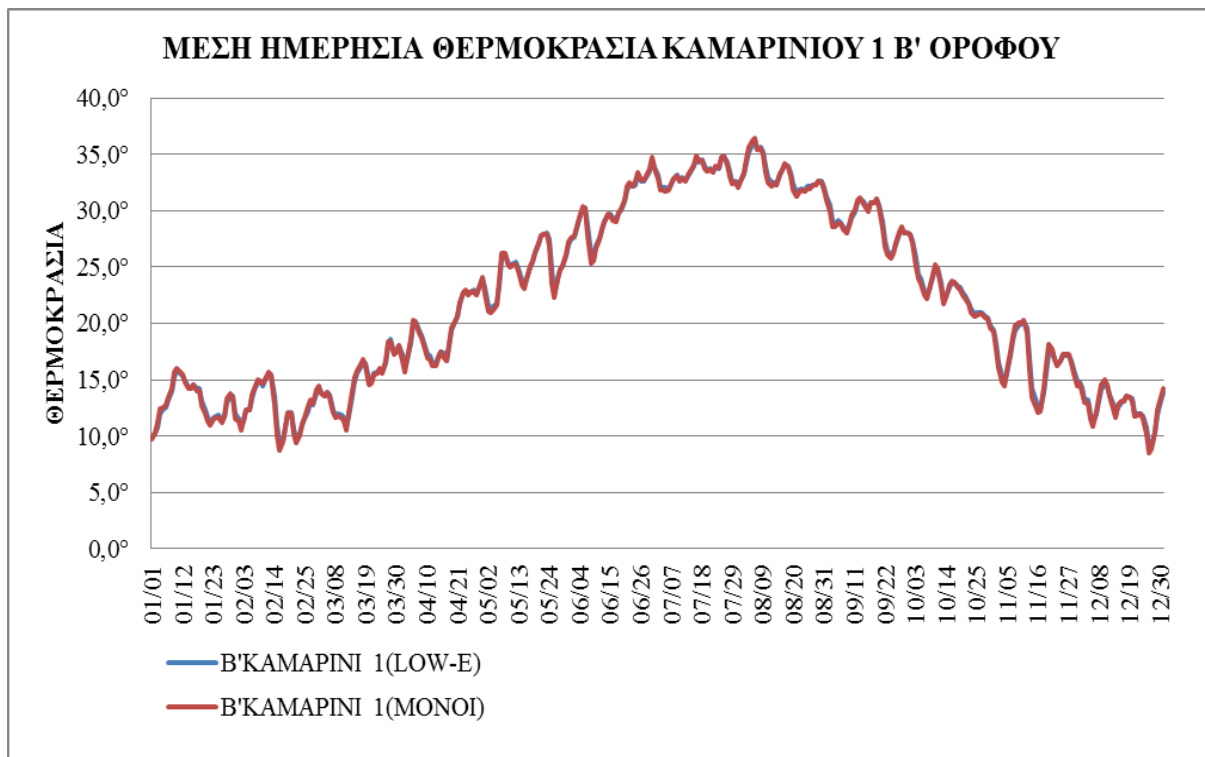
Διάγραμμα 46: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E διαδρόμου α' ορόφου



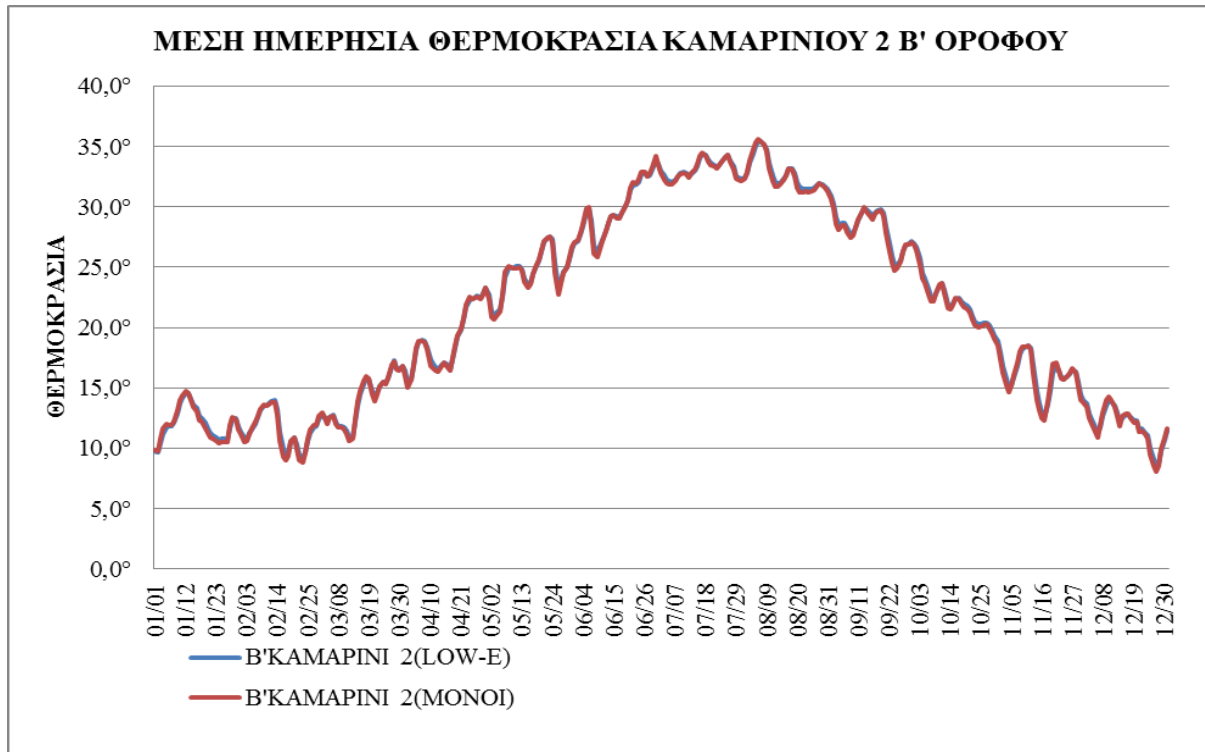
Διάγραμμα 47: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E γραφείου α' ορόφου



Διάγραμμα 48: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E κουζίνας α' ορόφου



Διάγραμμα 49: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E καμαρινιού 1 β'όροφου



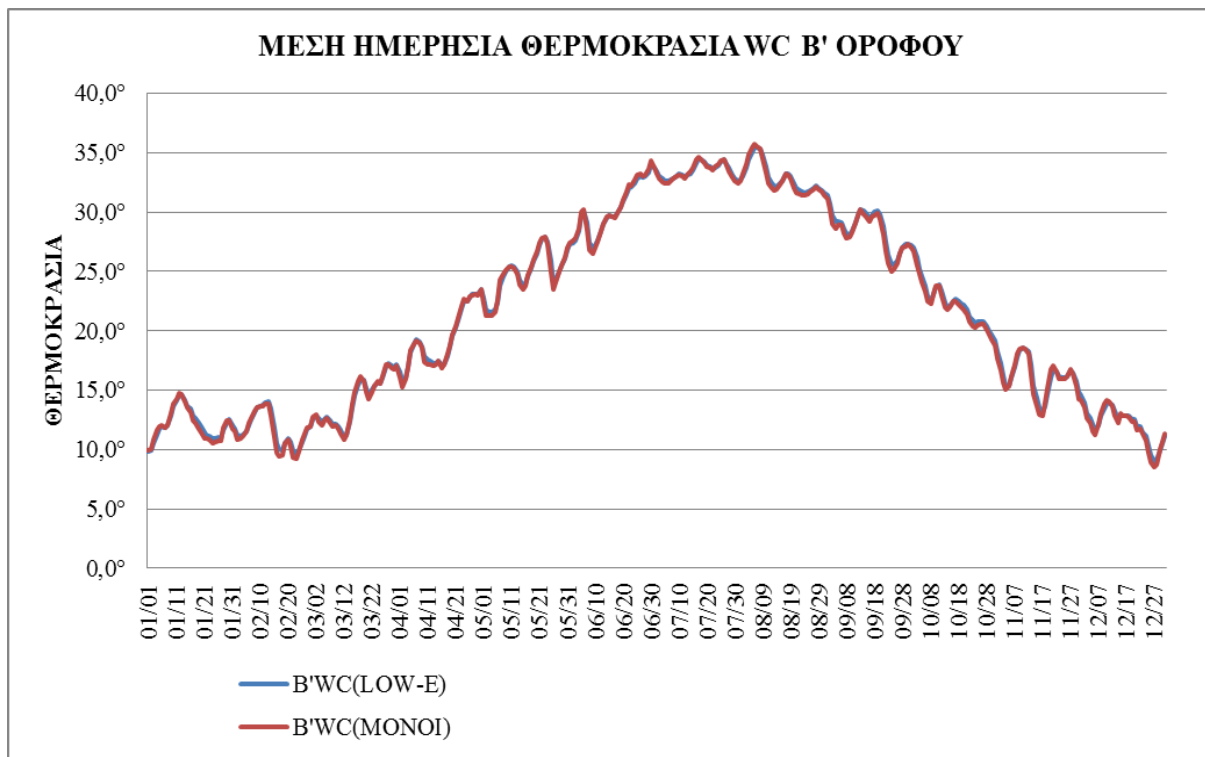
Διάγραμμα 50: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E καμαρινιού 2 β'όροφου



Διάγραμμα 51: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E εισόδου β' ορόφου



Διάγραμμα 52: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E αποθήκης β' ορόφου



Διάγραμμα 53: Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με μονούς υαλοπίνακες και υαλοπίνακες Low-E wc β' ορόφου

Όπως φαίνεται και στα διαγράμματα, οι μέσες θερμοκρασίες εντός των χώρων του κτιρίου, μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων, έχουν βελτιωθεί κατά τους χειμερινούς και θερινούς μήνες. Πιο συγκεκριμένα, στους χώρους του ισογείου βλέπουμε ότι η μέση θερμοκρασία αυξάνεται κατά σχεδόν 1.5 μονάδα κατά τους χειμερινούς μήνες, και μειώνεται κατά 1-1.5 μονάδα κατά τους θερινούς μήνες.

Στον πρώτο όροφο παρατηρείται επίσης αύξηση της θερμοκρασίας κατά τους χειμερινούς μήνες και μείωση κατά τους θερινούς κατά περίπου 0.5-1 μονάδα. Στον δεύτερο όροφο οι αυξημένες θερμοκρασίες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες δεν έχουν μειωθεί, γεγονός που οδηγεί στην ανάγκη εύρεσης επιπλέον λύσης για την βελτίωση της.

Ελέγχθηκε επίσης η ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη μετά την τοποθέτηση των υαλοπινάκων Low-E, την οποία συγκρίναμε με την προηγούμενη ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου μας, όπως φαίνεται παρακάτω:

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ LOW-E								
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (kWh)		ΨΥΞΗ (kWh)		ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)		ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ (€)	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (kWh)	ΨΥΞΗ (kWh)	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	370,36	322,61	0,00	0,00	47,75	0,00	4,183	0,000
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	471,99	399,40	0,00	0,00	72,59	0,00	6,360	0,000
ΜΑΡΤΙΟΣ	214,66	184,69	0,00	0,00	29,97	0,00	2,626	0,000
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	8,75	4,67	0,00	0,00	4,07	0,00	0,357	0,000
ΜΑΙΟΣ	0,00	0,00	52,59	30,73	0,00	21,85	0,000	1,915
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	0,00	650,00	492,21	0,00	157,79	0,000	13,824
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	0,00	548,24	435,28	0,00	112,97	0,000	9,897
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	50,66	45,18	0,00	5,48	0,000	0,480
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	525,51	388,31	0,00	137,20	0,000	12,020
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	12,99	7,37	0,00	5,62	0,000	0,493
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	105,34	75,64	0,00	0,00	29,70	0,00	2,602	0,000
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	472,34	399,38	0,00	0,00	72,97	0,00	6,393	0,000
ΣΥΝΟΛΟ	1643,44	1386,39	1839,99	1399,08	257,05	440,91	22,52	38,63
							ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ ΣΕ €	61,148
			kWh κόστος ΔΕΗ	0,08761			ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΡΙΝ	3483,43
							ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΕΤΑ	2785,47

Πίνακας 9: Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου πριν και μετά την τοποθέτηση υαλοπινάκων low-e

Το κόστος της αγοράς και τοποθέτησης των υαλοπινάκων Low-E εκτιμάται στα 50€/m². Η συνολική επιφάνεια που θα αντικατασταθεί από τους ενεργειακούς υαλοπίνακες είναι 25.74m². Το κόστος αγοράς και τοποθέτησης είναι 1287€.

Το ετήσιο ενεργειακό όφελος είναι 697.96 kWh και το ετήσιο οικονομικό όφελος είναι 61.148€. Το αναμενόμενο όφελος σε βάθος 25ετίας είναι 1528.7€. Επομένως η αντικατάσταση των υαλοπινάκων αποδεικνύεται κερδοφόρα σε ορίζοντα 25ετίας με συνολικό κέρδος 241.7€.

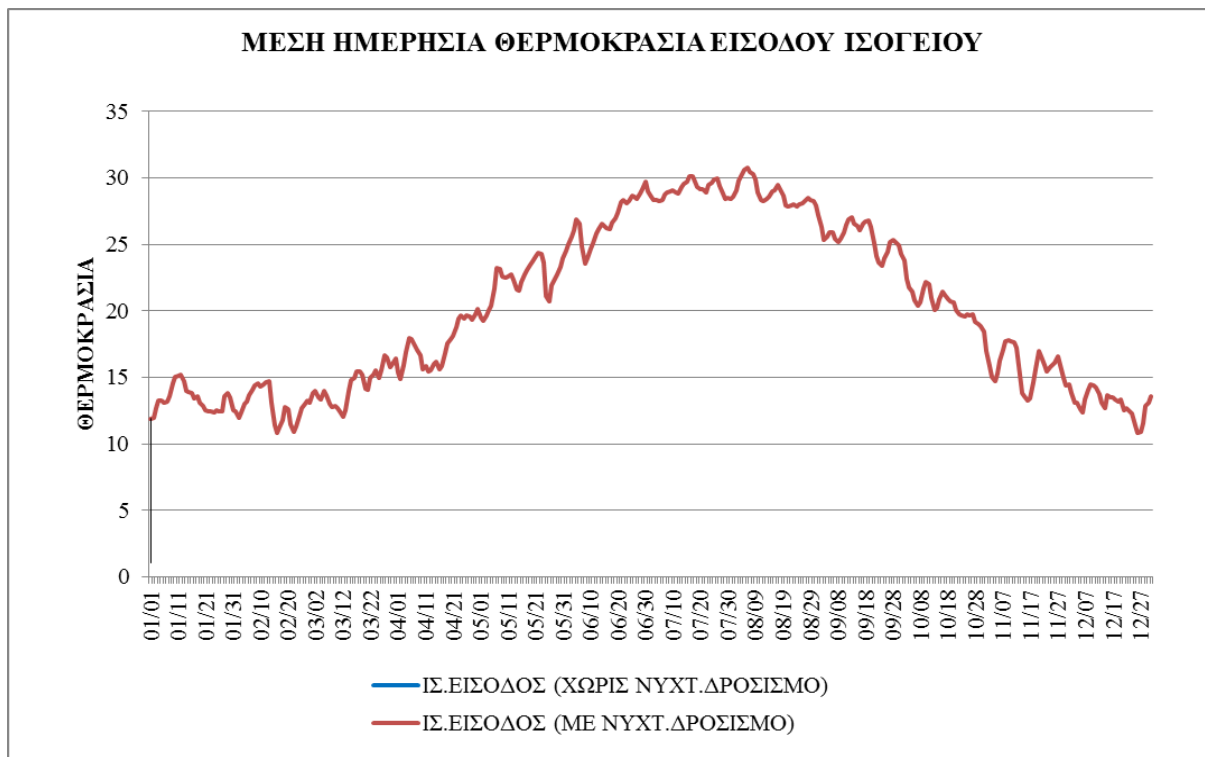
5.3 Νυχτερινός Αερισμός κατά τους Θερινούς μήνες

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, ο φυσικός αερισμός των κτιρίων είναι απαραίτητος για την διατήρηση του επιθυμητού επιπέδου άνεσης για τους χρήστες, ανανεώνει το οξυγόνο και διατηρεί το ποσοστό υγρασίας σε ανεκτά επίπεδα. Ο φυσικός αερισμός των χώρων κατά τους θερινούς μήνες, κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι αρκετά επιβαρυντικός λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών και της στασιμότητας του αέρα.

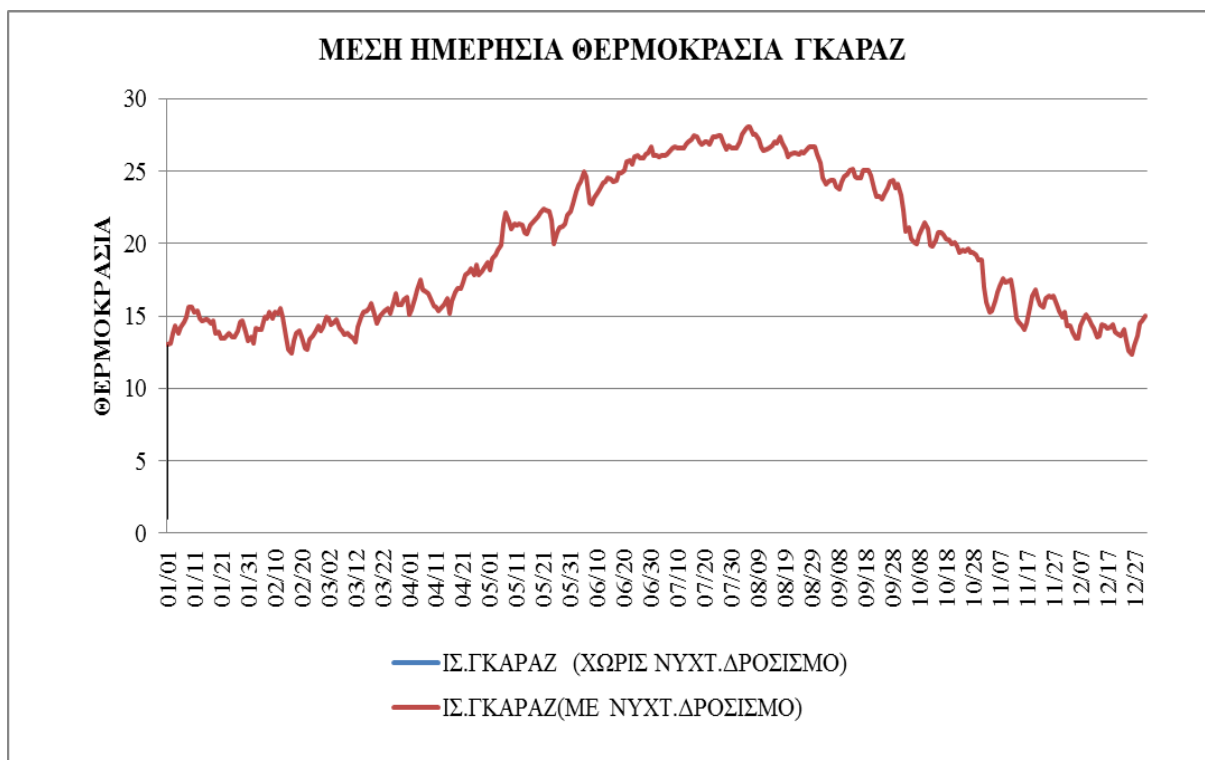
Γι'αυτό το λόγο έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα αυτόματου φυσικού αερισμού κατά τις βραδυνές ώρες, που οι θερμοκρασίες είναι πιο χαμηλές, έτσι ώστε το κτίριο να αποθηκεύει στο κέλυφός του τις χαμηλές θερμοκρασίες, και να διατηρεί κατά τη διάρκεια της ημέρας ανεκτά, για τους χρήστες, επίπεδα θερμοκρασίας.

Στο πρόγραμμα, ο φυσικός νυχτερινός δροσισμός προσομοιώνεται μέσω δημιουργίας ενός νέου χρονοδιαγράμματος αερισμού των χώρων. Σε αυτό το νέο χρονοδιάγραμμα, κατά τους χειμερινούς μήνες δεν γίνεται καμία αλλαγή σε σχέση με πριν, κατά τους θερινούς, όμως, μήνες ορίζεται ότι ο αερισμός είναι συνεχής από τις 24:00 έως τις 06:00 το πρωί.

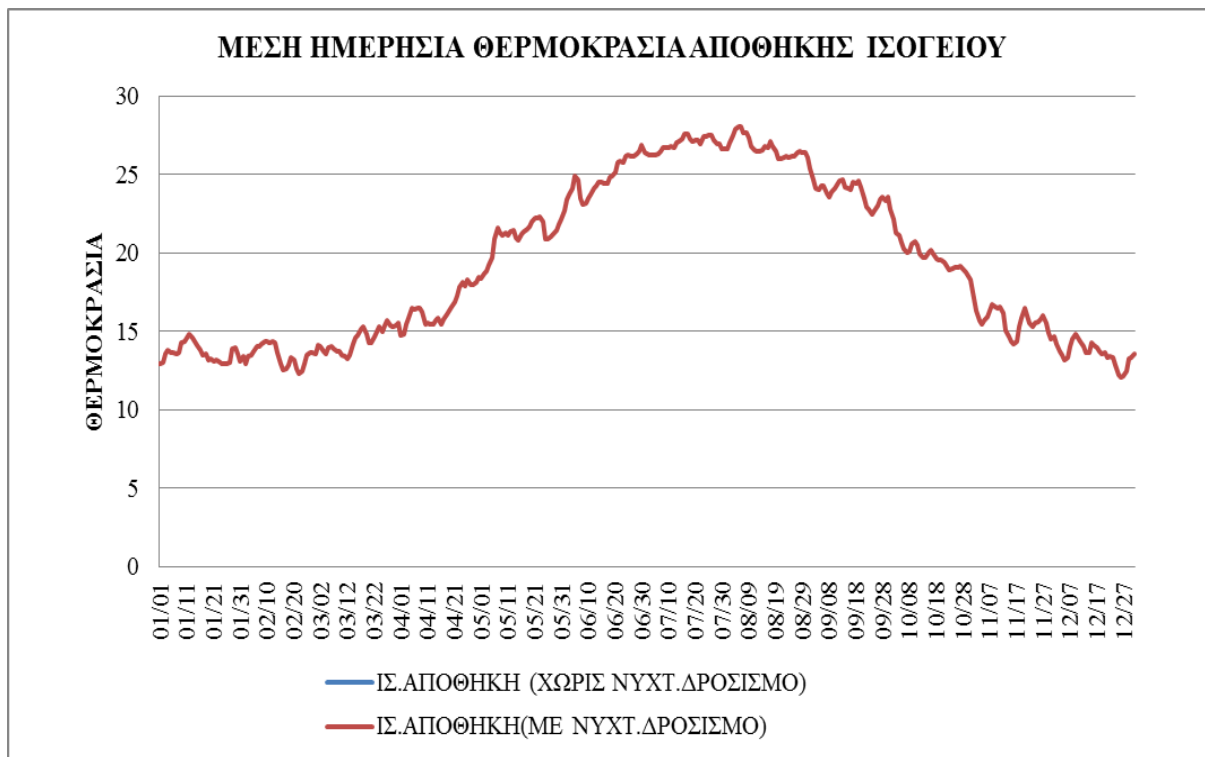
Στα διαγράμματα που ακολουθούν φαίνεται πως ο νυχτερινός αερισμός επηρέασε την μέση ημερήσια θερμοκρασία κάθε χώρου.



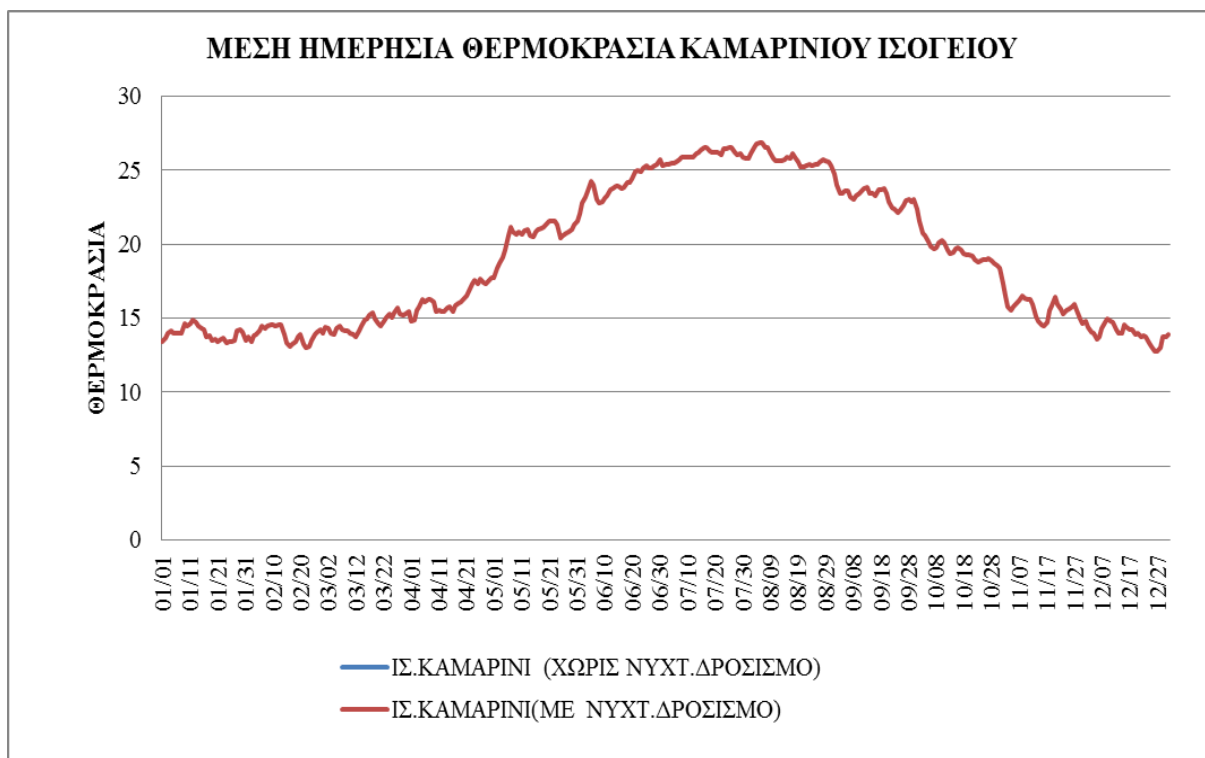
Διάγραμμα 54: Μέση ημερήσια θερμοκρασία ισογείου



Διάγραμμα 55: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γκαράζ



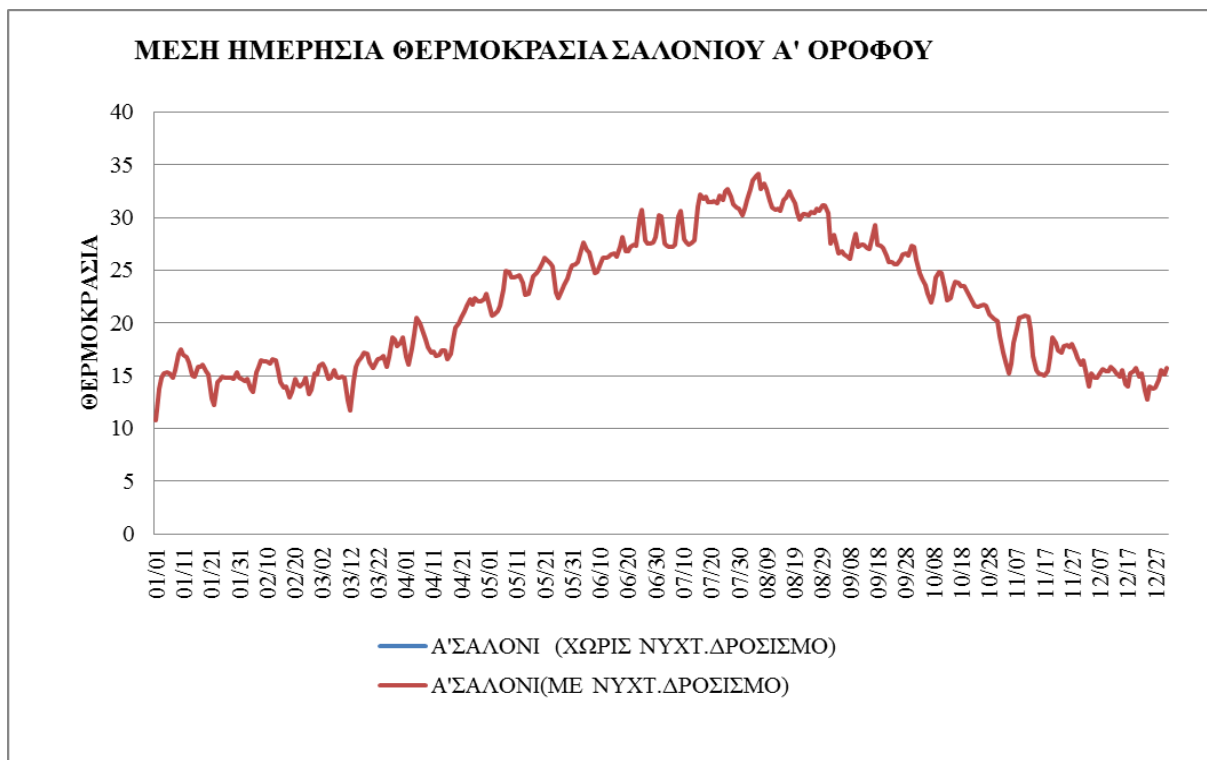
Διάγραμμα 56: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αποθήκης ισογείου



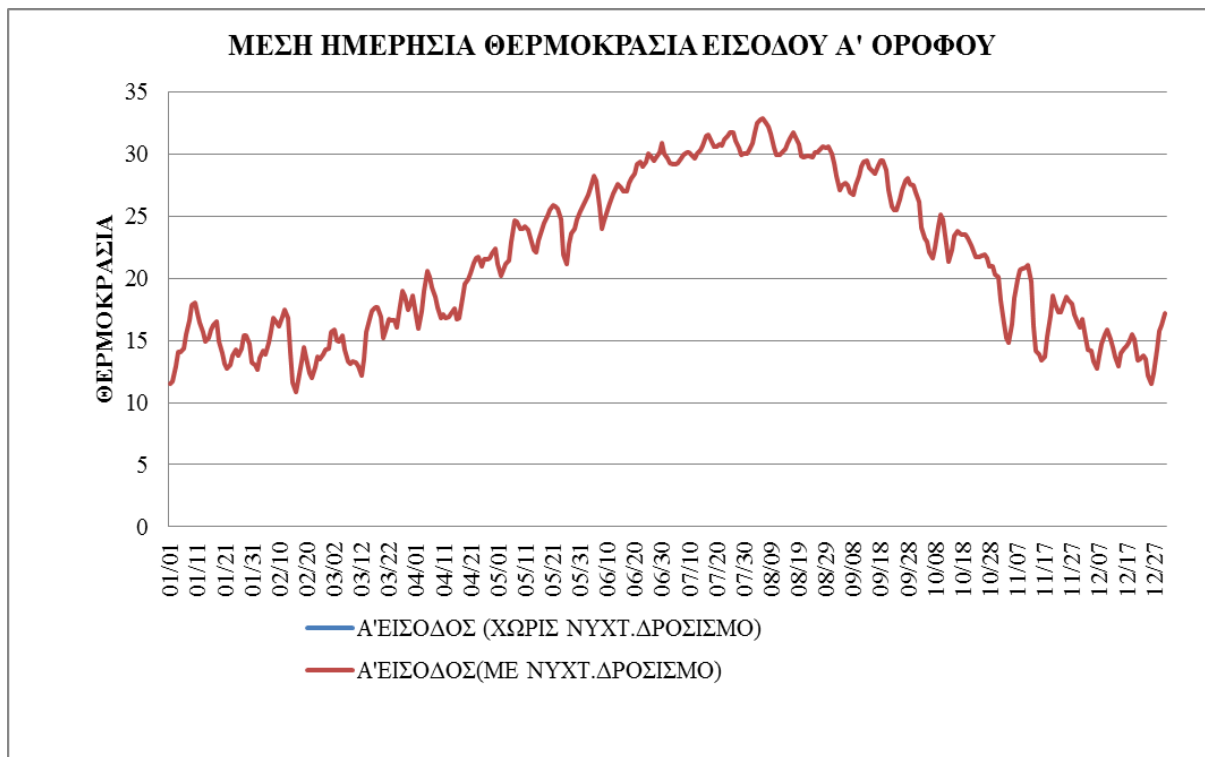
Διάγραμμα 57: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινιού ισογείου



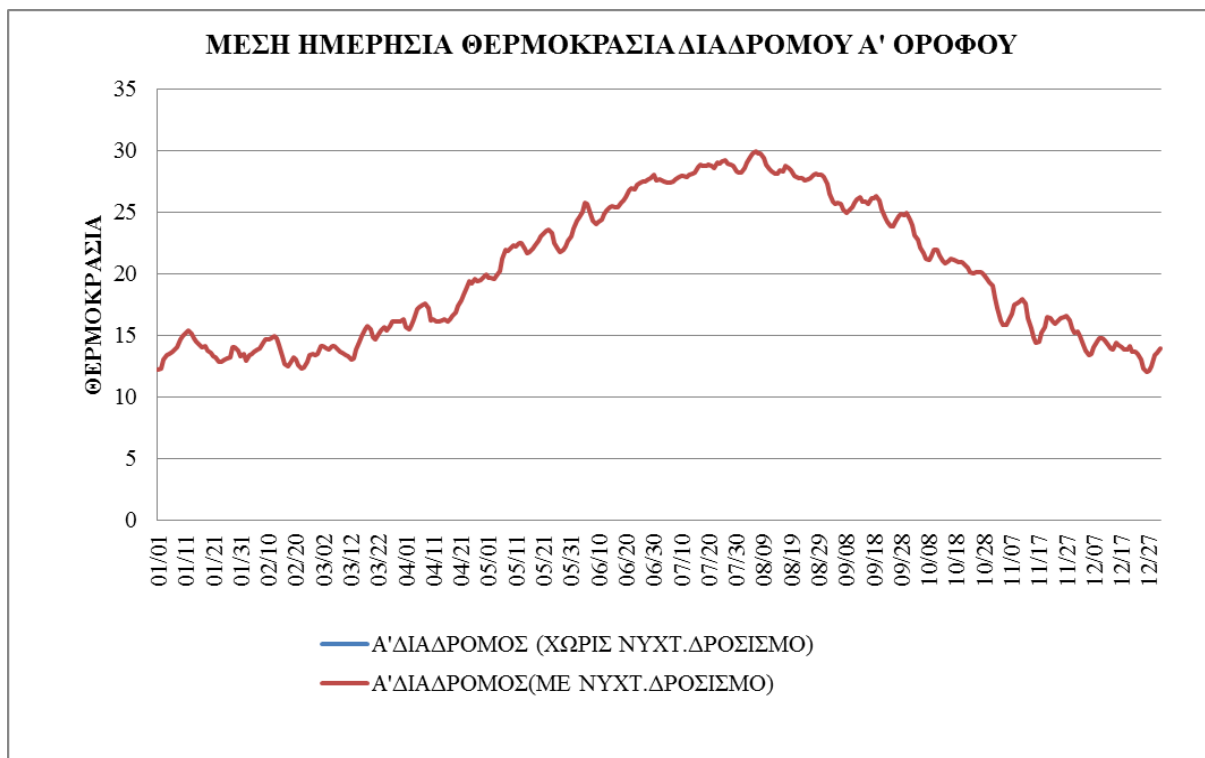
Διάγραμμα 58: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας α' ορόφου



Διάγραμμα 59: Μέση ημερήσια θερμοκρασία σαλονιού α' ορόφου



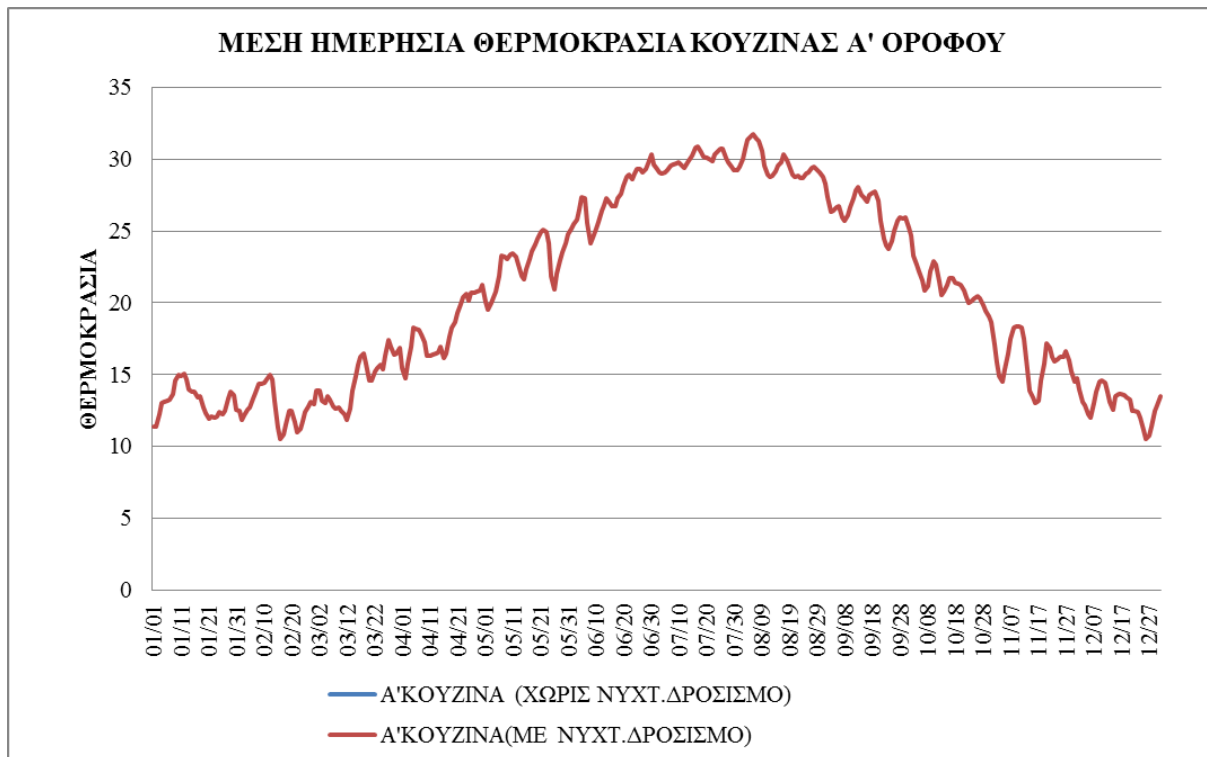
Διάγραμμα 60: Μέση ημερήσια θερμοκρασία εισόδου α' ορόφου



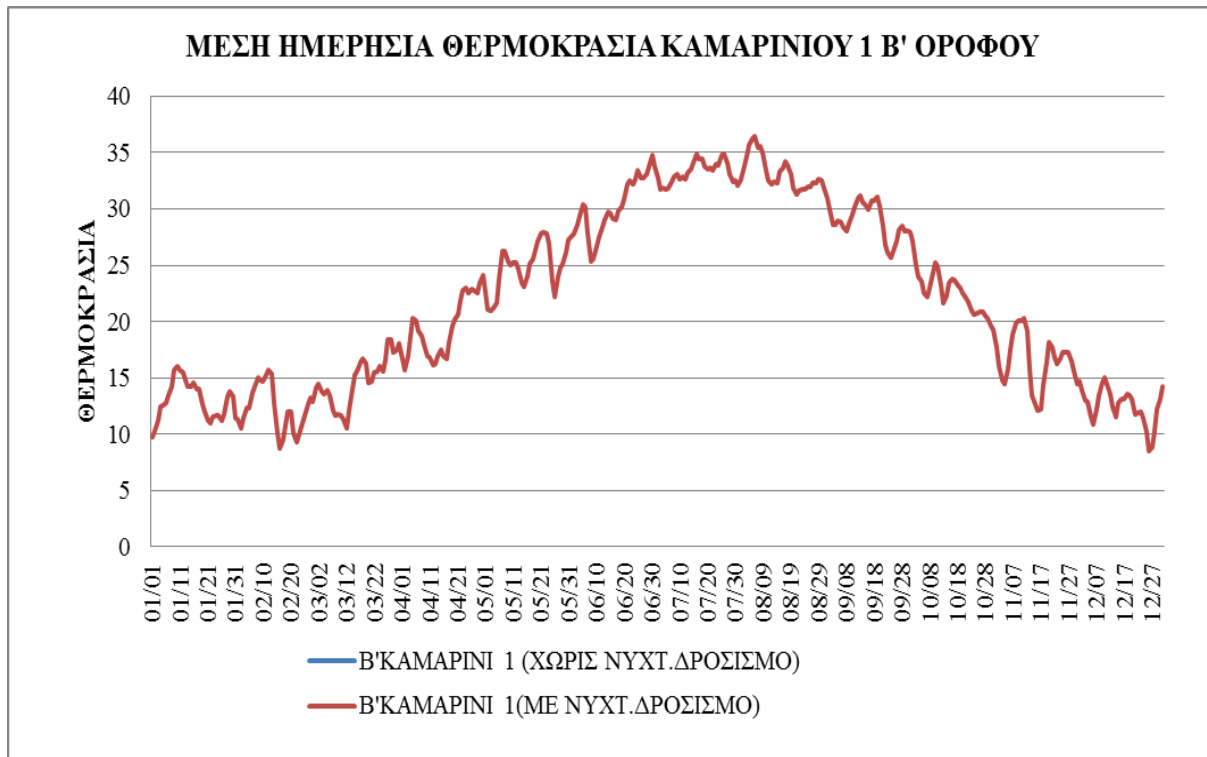
Διάγραμμα 61: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου α' ορόφου



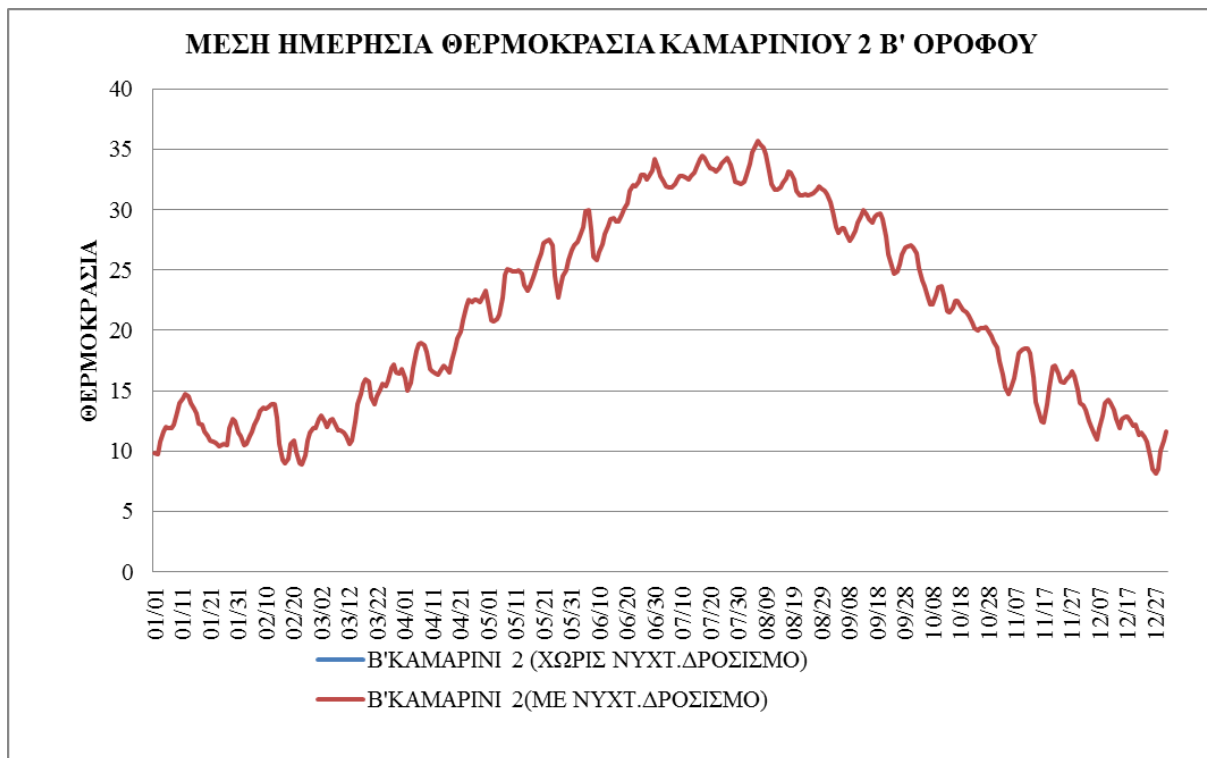
Διάγραμμα 62: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραφείου α' ορόφου



Διάγραμμα 63: Μέση ημερήσια θερμοκρασία κουζίνας α' ορόφου



Διάγραμμα 64: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινού 1 β' ορόφου



Διάγραμμα 65: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινού 2 β' ορόφου



Διάγραμμα 66: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αποθήκης β' ορόφου

Οι διαφορές στις μέσες θερμοκρασίες των χώρων πριν και μετά το νυχτερινό δροσισμό κυμαίνονται μεταξύ 0.1-0.4°C.

Επίσης, έγινε ανάλυση της ενεργειακής κατανάλωσης σε θέρμανση και ψύξη του κτιρίου μετά την εφαρμογή του νυχτερινού δροσισμού, και έγινε σύγκριση των τιμών με την αρχική ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου μας, και τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΟΝ ΝΥΧΤΕΡΙΝΟ ΑΕΡΙΣΜΟ								
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (kWh)		ΨΥΞΗ (kWh)		ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)		ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ (€)	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (kWh)	ΨΥΞΗ (kWh)	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	370,36	366,68	0,00	0,00	3,68	0,00	0,322	0,000
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	471,99	467,37	0,00	0,00	4,62	0,00	0,405	0,000
ΜΑΡΤΙΟΣ	214,66	212,13	0,00	0,00	2,53	0,00	0,222	0,000
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	8,75	8,66	0,00	0,00	0,09	0,00	0,008	0,000
ΜΑΙΟΣ	0,00	0,00	52,59	54,06	0,00	-1,47	0,000	-0,129
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	0,00	650,00	632,17	0,00	17,83	0,000	1,562
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	0,00	548,24	533,16	0,00	15,09	0,000	1,322
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	50,66	46,33	0,00	4,33	0,000	0,379
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	525,51	503,36	0,00	22,14	0,000	1,940
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	12,99	12,89	0,00	0,10	0,000	0,009
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	105,34	102,48	0,00	0,00	2,86	0,00	0,251	0,000
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	472,34	463,94	0,00	0,00	8,40	0,00	0,736	0,000
ΣΥΝΟΛΟ	1643,44	1621,25	1839,99	1781,97	22,19	58,03	1,94	5,08
							ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ ΣΕ €	7,028
			kWh κόστος ΔΕΗ 0,08761		ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΡΙΝ 3483,43			
							ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΕΤΑ	3403,21

Πίνακας 10: Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου πριν και μετά τον νυχτερινό αερισμό

Βλέπουμε ότι υπάρχει κάποια μείωση στην απαίτηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου μας με την εφαρμογή του νυχτερινού δροσισμού.

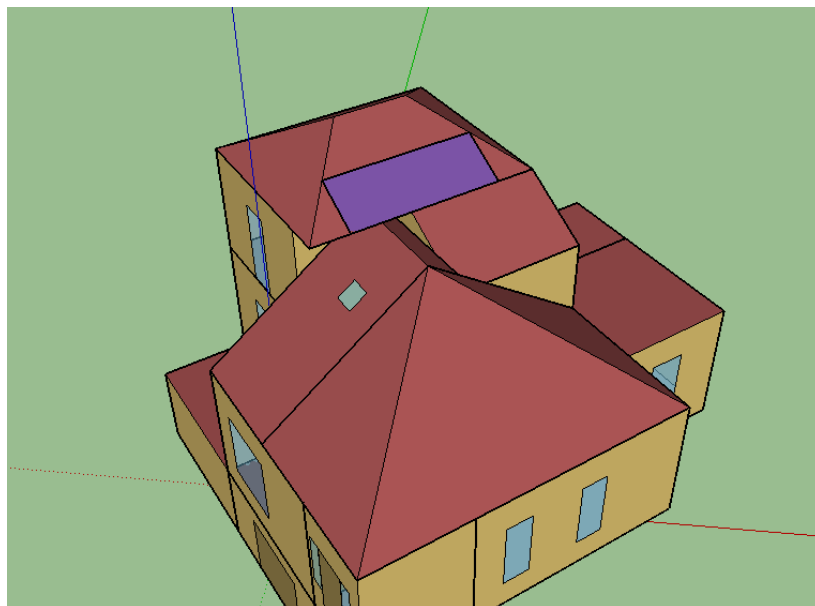
Το κόστος αγοράς και τοποθέτησης του μηχανισμού αυτόματου αερισμού εκτιμάται περίπου στα 60€/μηχανισμό. Ο απαιτούμενος αριθμός των μηχανισμών για όλο το κτίριο είναι 14 και συνεπώς το κόστος για την αγορά και τοποθέτησή του ανέρχεται στα 840€. Το ενεργειακό όφελος από την επέμβαση αυτή είναι 80.22kWh για έναν χρόνο, και το οικονομικό όφελος σε ορίζοντα 25ετίας είναι 175.7€.

Η επένδυση για τους μηχανισμούς του νυχτερινού δροσισμού είναι ζημιογόνα με ζημία 664.3€ σε βάθος 25ετίας.

5.4 Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών στην Σκεπή του β' ορόφου

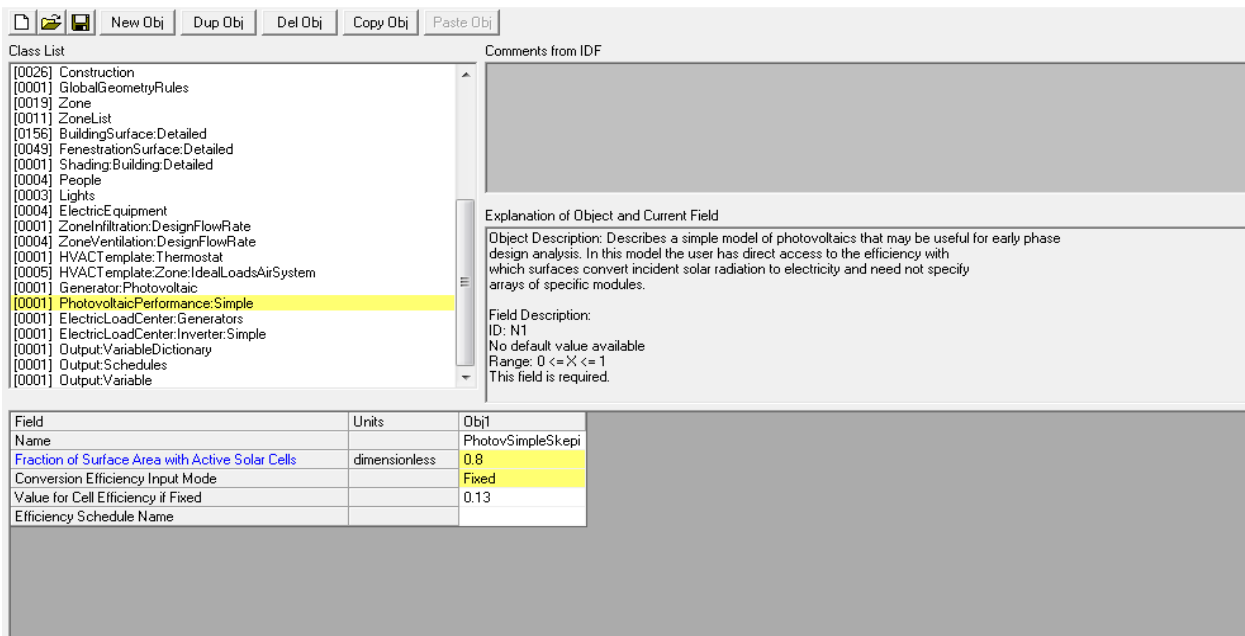
Επιλέγεται η τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος ως εναλλακτική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για το κτίριο μας. Με την εγκατάσταση του συστήματος, θα μειωθεί το ποσοστό της κατανάλωσης από συμβατικές πηγές ενέργειας, και το κτίριο μας θα είναι ενεργειακά ανεξάρτητο για κάποιες ώρες της ημέρας ή της εβδομάδας.

Αρχικά, ορίζουμε στο 'SketchUp' την επιφάνεια που αντιστοιχεί στο φωτοβολταϊκό σύστημα, πάνω στην σκεπή μέσω της εντολής 'New shading group' του 'OpenStudio extension'. Η κλίση του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι 30°, με νοτιοανατολική κατεύθυνση και διαστάσεις 4.3m x 1.7m.



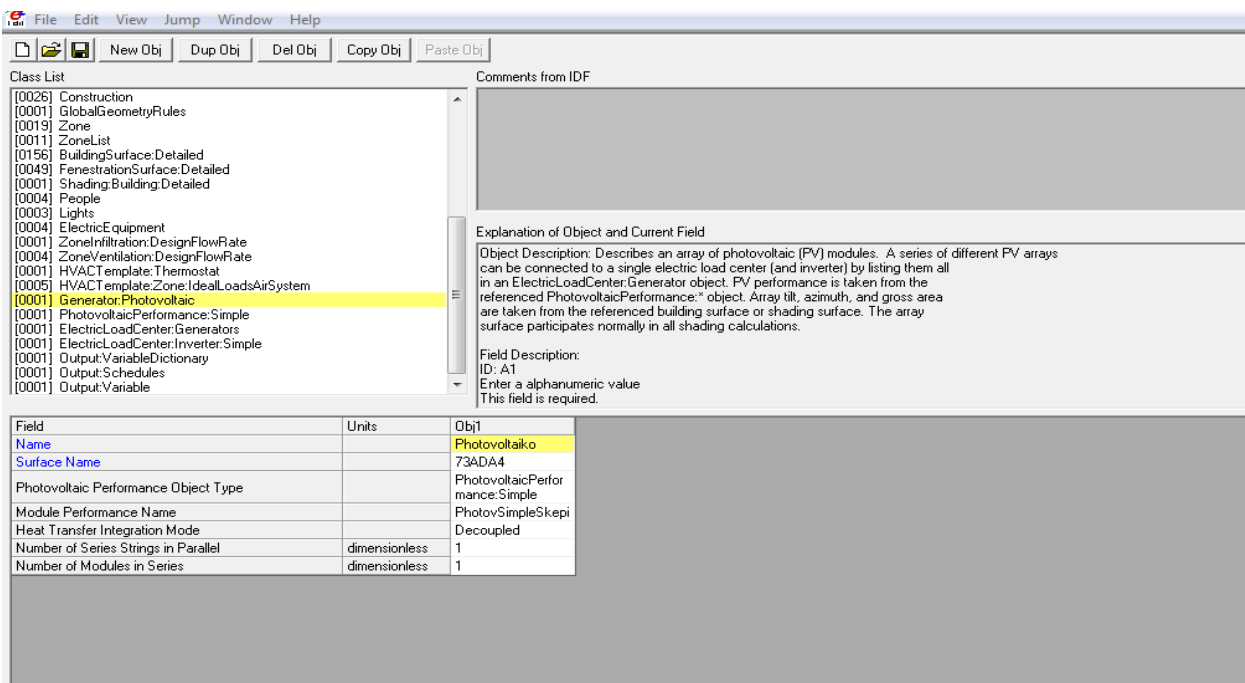
Εικόνα 59: Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στην σκεπή του β' ορόφου

Η προσομοίωση του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται στο 'EnergyPlus'. Στην καρτέλα 'PhotovoltaicPerformance:Simple' ορίζουμε το ποσοστό της επιφάνειας με ενεργά ηλιακά κύτταρα (Fraction of Surface Area with Active Solar Cells:0.8) και την απόδοση του φωτοβολταϊκού συστήματος. Θα τοποθετηθούν φωτοβολταϊκά μονοκρυσταλλικού πυριτίου των οποίων η απόδοση κυμαίνεται μεταξύ 11-19%. Υποθέσαμε απόδοση 13% (Value of Cell Efficiency).



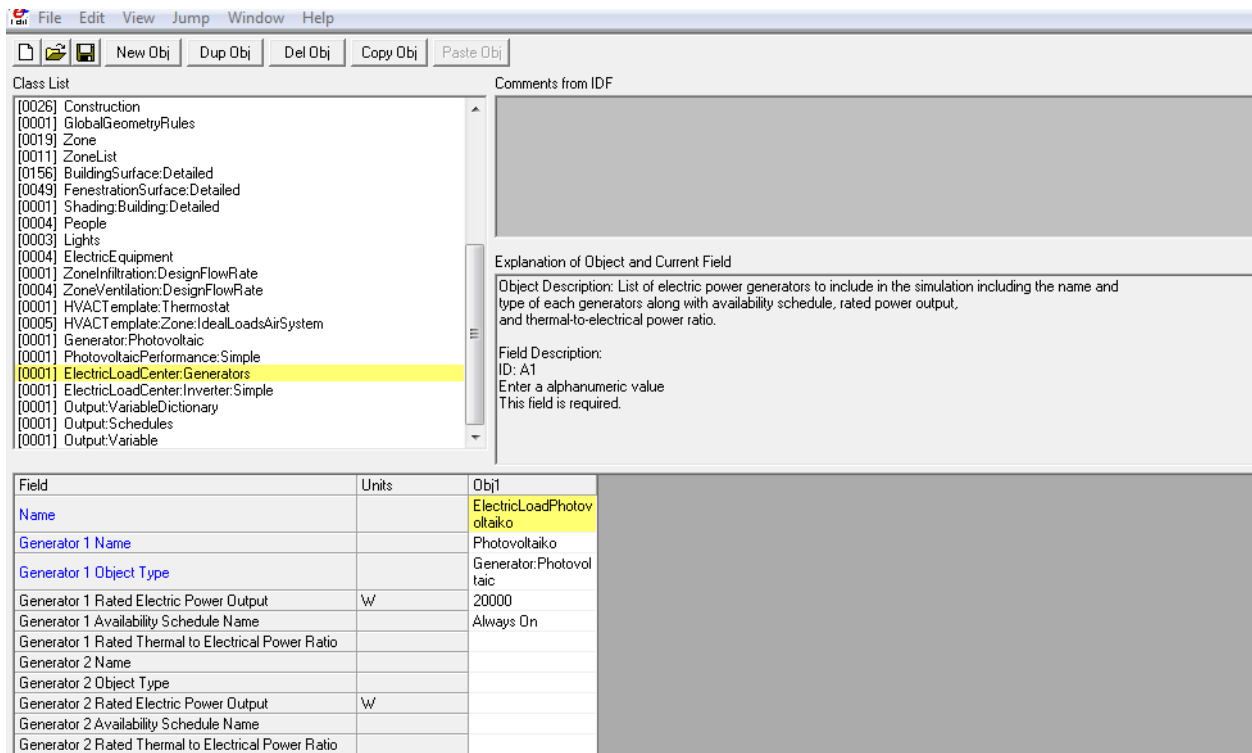
Εικόνα 60: Εισαγωγή χαρακτηριστικών του φωτοβολταϊκού

Στην καρτέλα 'Generator:Photovoltaic' θα δηλώσουμε την επιφάνεια που θα λειτουργήσει ως φωτοβολταϊκό σύστημα στο κελί 'Surface Name' και θα εισάγουμε τα χαρακτηριστικά που ορίστηκαν προηγουμένως στο 'PhotovoltaicPerformance:Simple'.



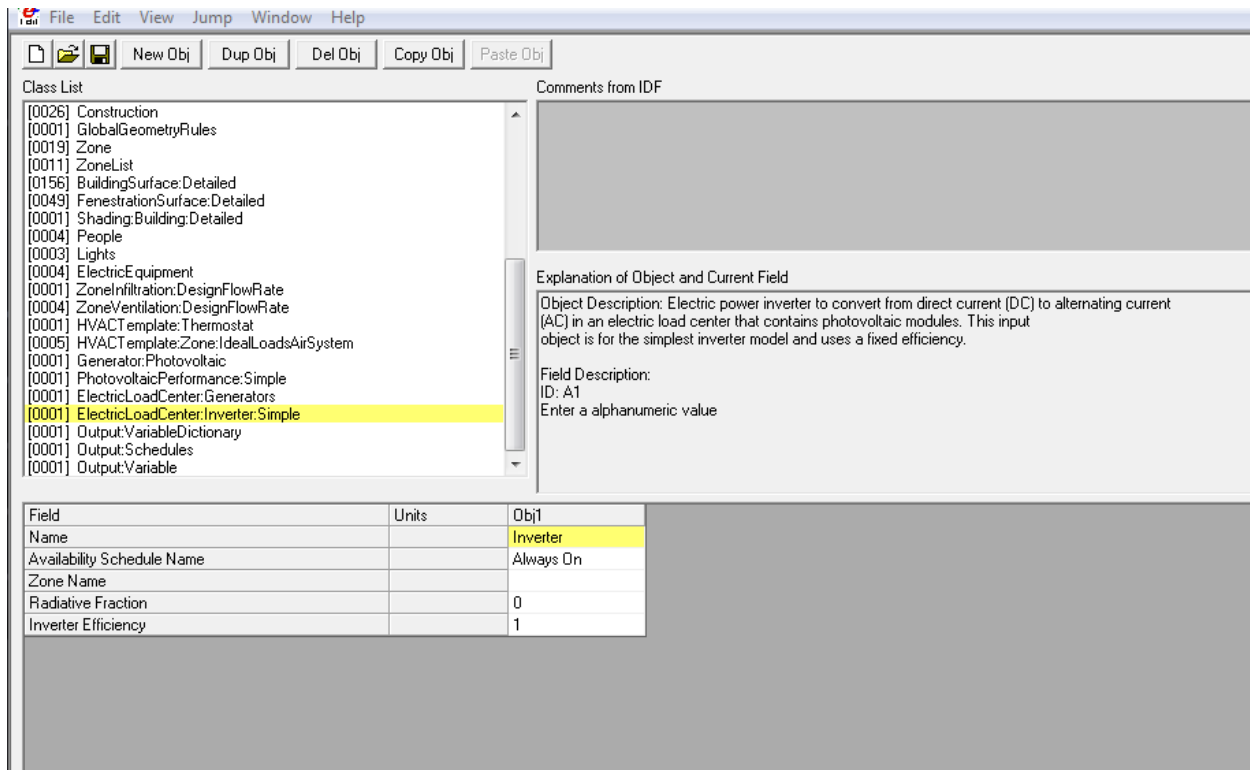
Εικόνα 61: Καθορισμός επιφάνειας που λειτουργεί ως φωτοβολταϊκό σύστημα

Στην συνέχεια, στην καρτέλα 'ElectricLoadCenter:Generators' θα ορίσουμε το φωτοβολταϊκό μας με τι χρονοδιάγραμμα δουλεύει και πόση είναι η ονομαστική του ισχύς. Ως χρονοδιάγραμμα (Availability Schedule Name) επιλέγεται το 'Always On' ενώ η ισχύς του (Rated Electric Power Output) ίση με 20.000 Watt.



Εικόνα 62: Εισαγωγή χρονοδιαγράμματος και ισχύος φωτοβολταϊκού

Τέλος, πρέπει να εισάγουμε στο σύστημα τον αντιστροφέα, ο οποίος μετασχηματίζει το συνεχές ρεύμα που παράγει το φωτοβολταϊκό, σε εναλλασόμενο, που μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί. Στην καρτέλα 'ElectricLoadCenter:Inverter:Simple' ορίζουμε το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του αντιστροφέα ως 'Always On', και την απόδοσή του ίση με 1 (100%).



Εικόνα 63: Αντιστροφή μετασχηματισμού συνεχούς ρεύματος σε εναλλασόμενο

Κάνουμε την προσομοίωση και βρίσκουμε την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για κάθε μήνα του χρόνου σε kWh. Όπως είναι λογικό, κατά τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο η παραγόμενη ενέργεια αυξάνεται καθώς αυξάνεται και το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας. Κατά τους χειμερινούς μήνες, που η ηλιακή ακτινοβολία είναι λιγότερη, παρατηρούμε μείωση της παραγόμενης ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	
	(kWh)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	22,29
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	23,51
ΜΑΡΤΙΟΣ	23,98
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	26,74
ΜΑΙΟΣ	30,04
ΙΟΥΝΙΟΣ	35,87
ΙΟΥΛΙΟΣ	37,18
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	36,62
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	32,54
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	24,66
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	22,71
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	21,58
ΣΥΝΟΛΟ	337,72

Πίνακας 11: Συνολικό ποσό παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

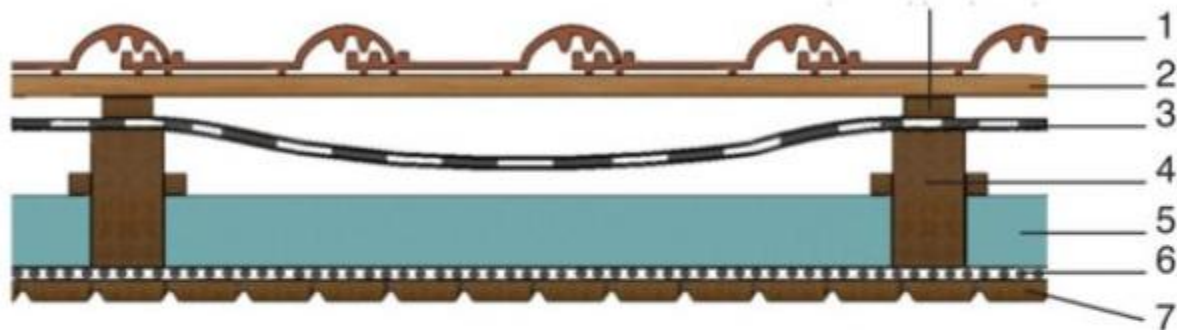
Το συνολικό ποσό της παραγόμενης ενέργειας μέσα σε έναν χρόνο είναι 337.72 kWh.

Τα οφέλη από τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά είναι 0.25€/kWh. Οπότε σε ένα έτος το φωτοβολταϊκό αποδίδει κέρδος 84.43€, και σε ορίζοντα 25ετίας το όφελος ανέρχεται στα 2110.75€. Το συνολικό κόστος για την τοποθέτηση του φωτοβολταϊκού και του αναστροφέα εκτιμάται ότι θα είναι 1500€ άρα η επένδυση αποφέρει κέρδος 610.75€.

5.5 Εσωτερική Θερμομόνωση Στέγης

Στο προηγούμενο κεφάλαιο, όπου κάναμε ανάλυση της ενεργειακής και θερμοκρασιακής κατάστασης του κτιρίου με τα τωρινά δεδομένα, είδαμε ότι στους χώρους του δεύτερου ορόφου αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες τους θερινούς μήνες. Αυτό μας οδήγησε στην υπόθεση ότι η στέγη μπορεί να ευνοεί αυτές τις υψηλές θερμοκρασίες λόγω της μη θερμομόνωσής της.

Ως τελευταία επέμβαση στο κτίριο μας επιλέγεται η εσωτερική θερμομόνωση της στέγης, στο κεκλιμένο τμήμα της. Επιλέγουμε η θερμομονωτική στρώση να μπει ανάμεσα από τους αμείβοντες, όπως φαίνεται στην εικόνα:



1. Κεραμίδια.
2. Πέτσωμα.
3. Στεγανοποιητική υδρατμοδιαπερατή μεμβράνη (κρεμαστή).
4. Αμείβων.
5. Θερμομονωτική στρώση ανάμεσα στους αμείβοντες.
6. Φράγμα υδρατμών.
7. Σανίδωμα.

Εικόνα 64: Θερμομόνωση ανάμεσα στους αμείβοντες

(πηγή: www.ktirio.gr)

Για την θερμομονωτική στρώση επιλέχθηκε η τοποθέτηση πλακών πετροβάμβακα, η στεγανοποιητική-υδρατμοδιαπερατή μεμβράνη επιλέχθηκε μεμβράνη πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας και φράγμα υδρατμών⁶. Παρακάτω φαίνονται τα θερμικά χαρακτηριστικά των ανωτέρω υλικών³:

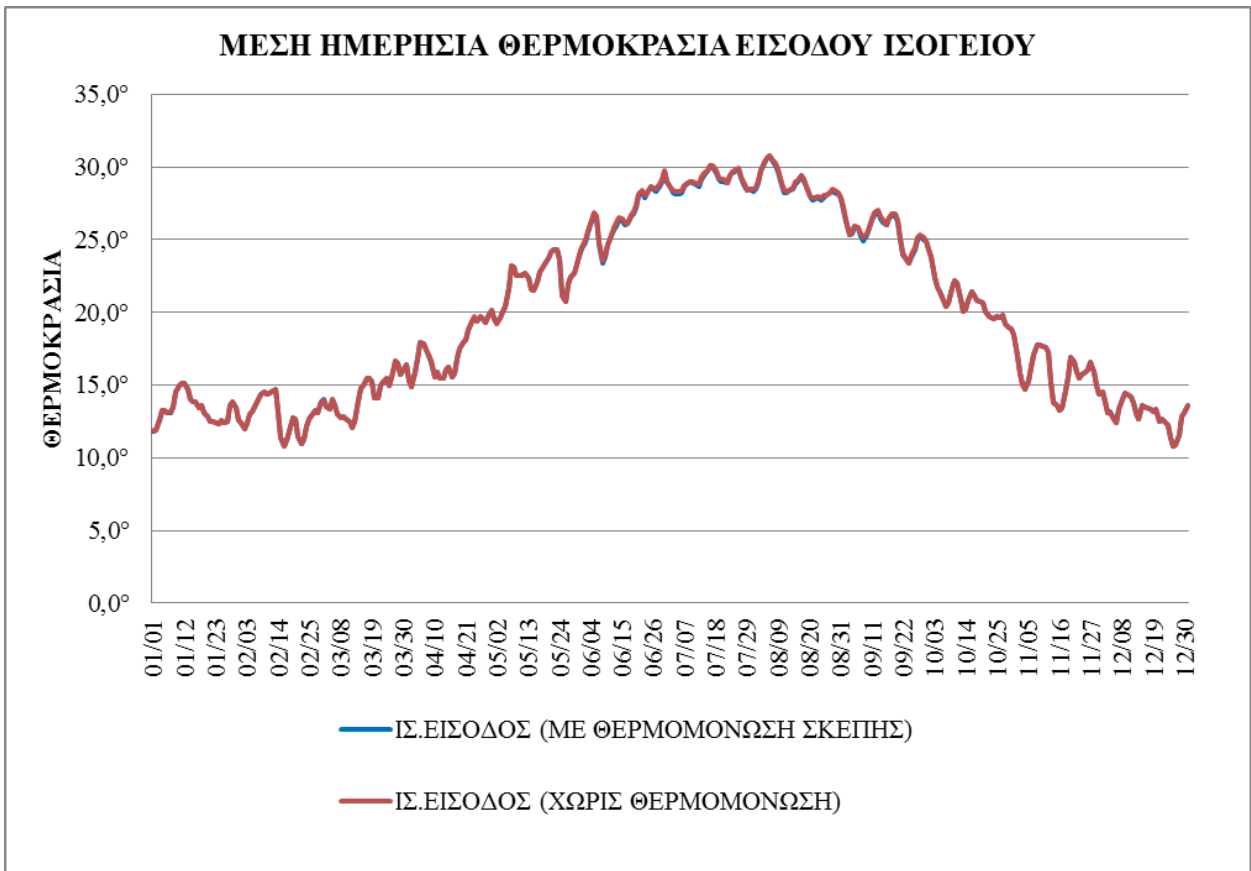
- ❖ Πετροβάμβακας
 - πάχος: 7 cm
 - πυκνότητα: 40 kg/m³
 - συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας: 0.035 W/(m.K)
 - ειδική θερμοχωρητικότητα: 840 J/(kg.K)
- ❖ Στεγανωτική μεμβράνη (πολυαιθυλενίου) με επικάλυψη αλουμινίου
 - πάχος: 2 mm
 - πυκνότητα: 920 kg/m³
 - συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας: 0.33 W/(m.K)

- ειδική θερμοχωρητικότητα: 2200 J/(kg.K)
- ❖ Φράγμα υδρατμών
 - πάχος: 3 mm
 - πυκνότητα: 2500 kg/m³
 - συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας: 54 W/(m.K)

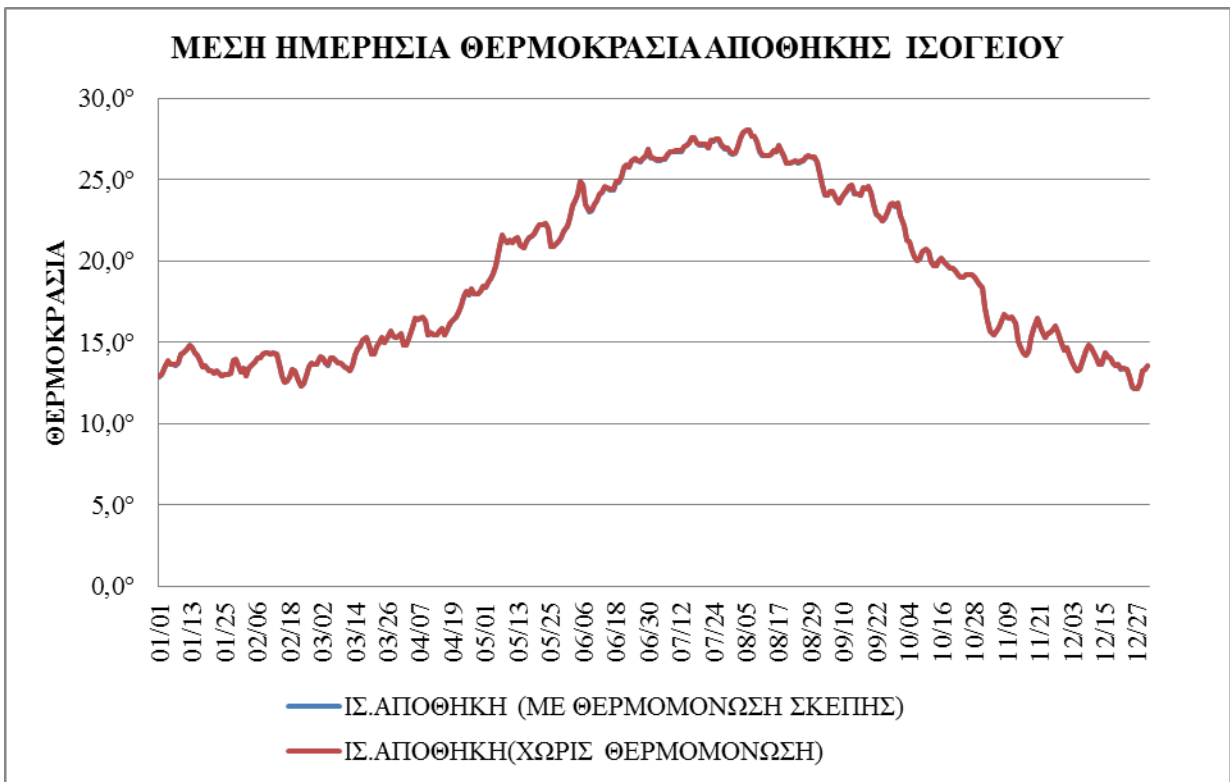
Τοποθέτηση: Μεταξύ της στεγανωτικής μεμβράνης και των στερεών επιφανειών (που προηγούνται και που ακολουθούν) παρεμβάλλεται ένα στρώμα αέρα ώστε να λειτουργήσει σωστά το φαινόμενο της ανάκλασης της θερμικής ακτινοβολίας επάνω στην μεμβράνη (στην επικάλυψη αλουμινίου). Η θερμοανακλαστική μεμβράνη στερεώνεται με πλατυκέφαλα καρφιά στους αμειβόντες. Οι πλάκες θερμομόνωσης τοποθετούνται ανάμεσα στο κενό των αμειβόντων και στερεώνονται με ξύλινους πήχεις, και στη συνέχεια τοποθετείται το φράγμα υδρατμών το οποίο στερεώνεται με ξύλινους πήχεις επάνω στο πέτσωμα, με πατυκέφαλα καρφιά. Η αλληλοεπικάλυψη της μεμβράνης πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 cm.^{5,[31]}

Οι στεγανωτικές μεμβράνες τοποθετούνται με μερική αλληλοεπικάλυψη μεταξύ των αμειβόντων και σκοπό έχουν τη προστασία της θερμομόνωσης από τη βροχή και το χιόνι. Ταυτόχρονα επιτρέπουν τη διαφυγή των υδρατμών του εσωτερικού χώρου. Τοποθετούνται είτε χαλαρές είτε τεντωμένες και οι απολήξεις τους στην κάτω περίμετρο της στέγης φτάνουν μέσα στις υδρορροές.^[30]

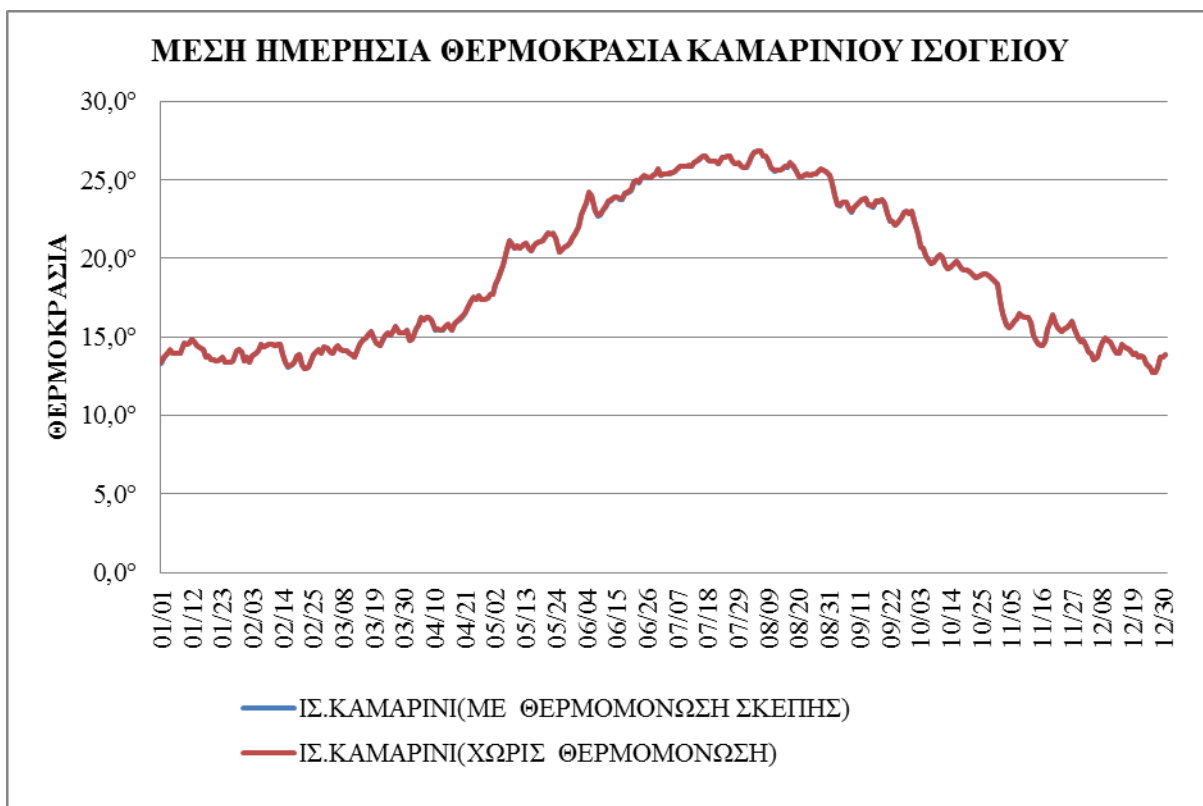
Για την προσομοίωση, δημιουργούμε τα παραπάνω υλικά στην καρτέλα 'Materials' του EnergyPlus, και στη συνέχεια δημιουργούμε την νέα κατασκευαστική δομή της στέγης μας στην καρτέλα 'Construction'. Συγκρίναμε τις μέσες θερμοκρασίες των χώρων πριν και μετά την θερμομόνωση της ξύλινης στέγης, όπως φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα.



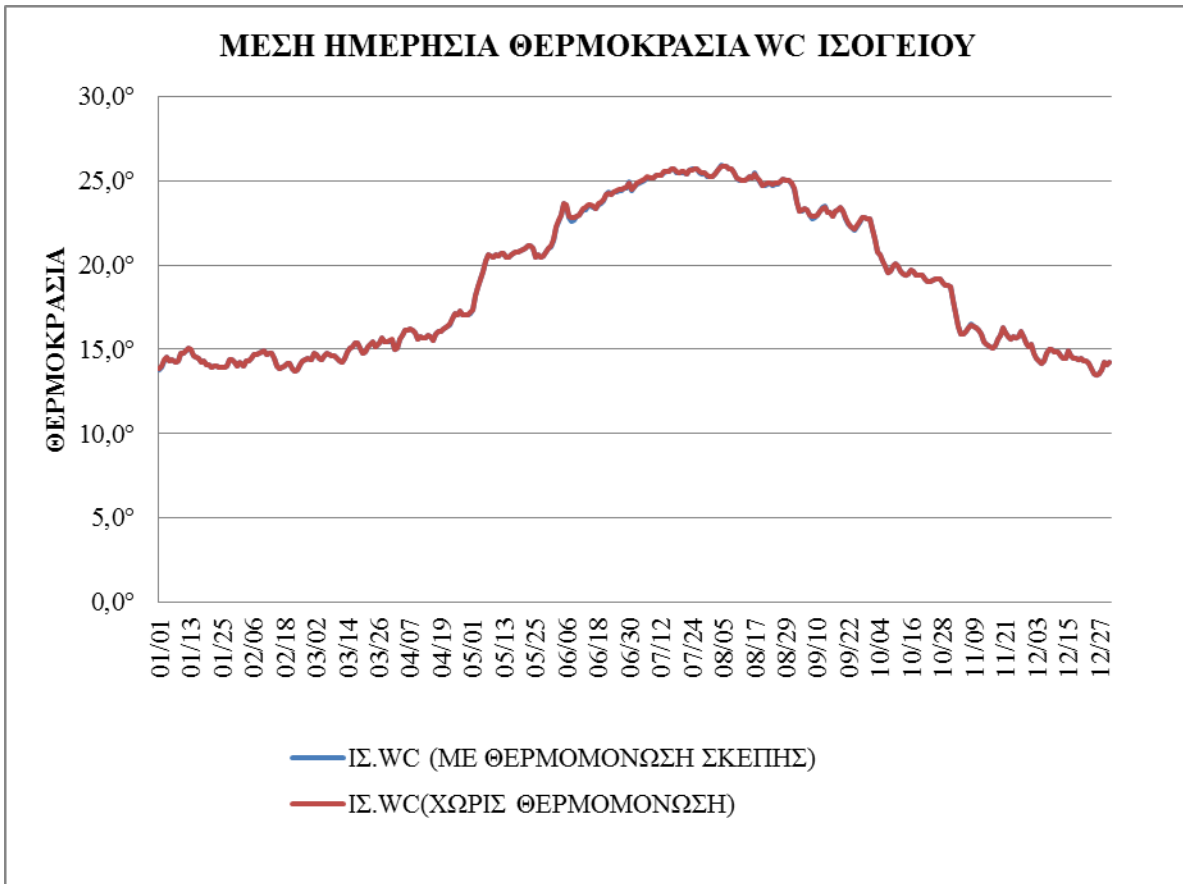
Διάγραμμα 67: Μέση ημερήσια θερμοκρασία εισόδου ισόγειου πριν και μετά τις επεμβάσεις



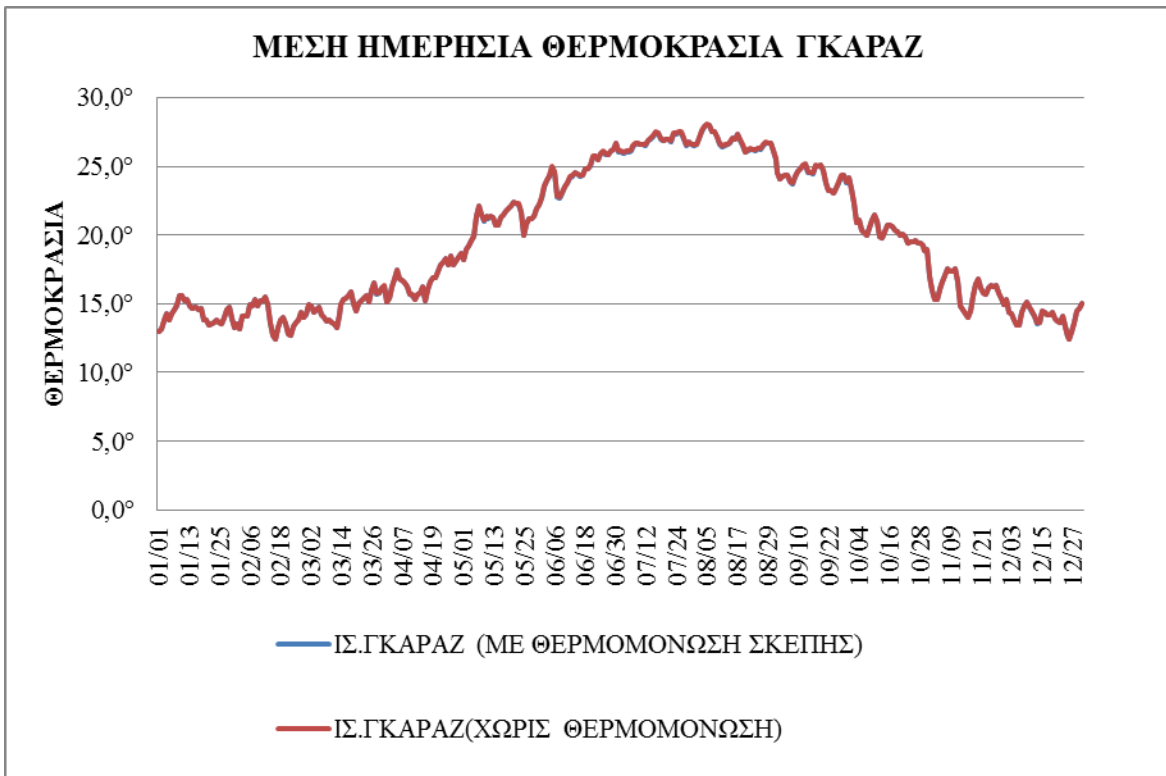
Διάγραμμα 68: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αποθήκης ισογείου πριν και μετά τις επεμβάσεις



Διάγραμμα 69: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινιού ισογείου πριν και μετά τις επεμβάσεις



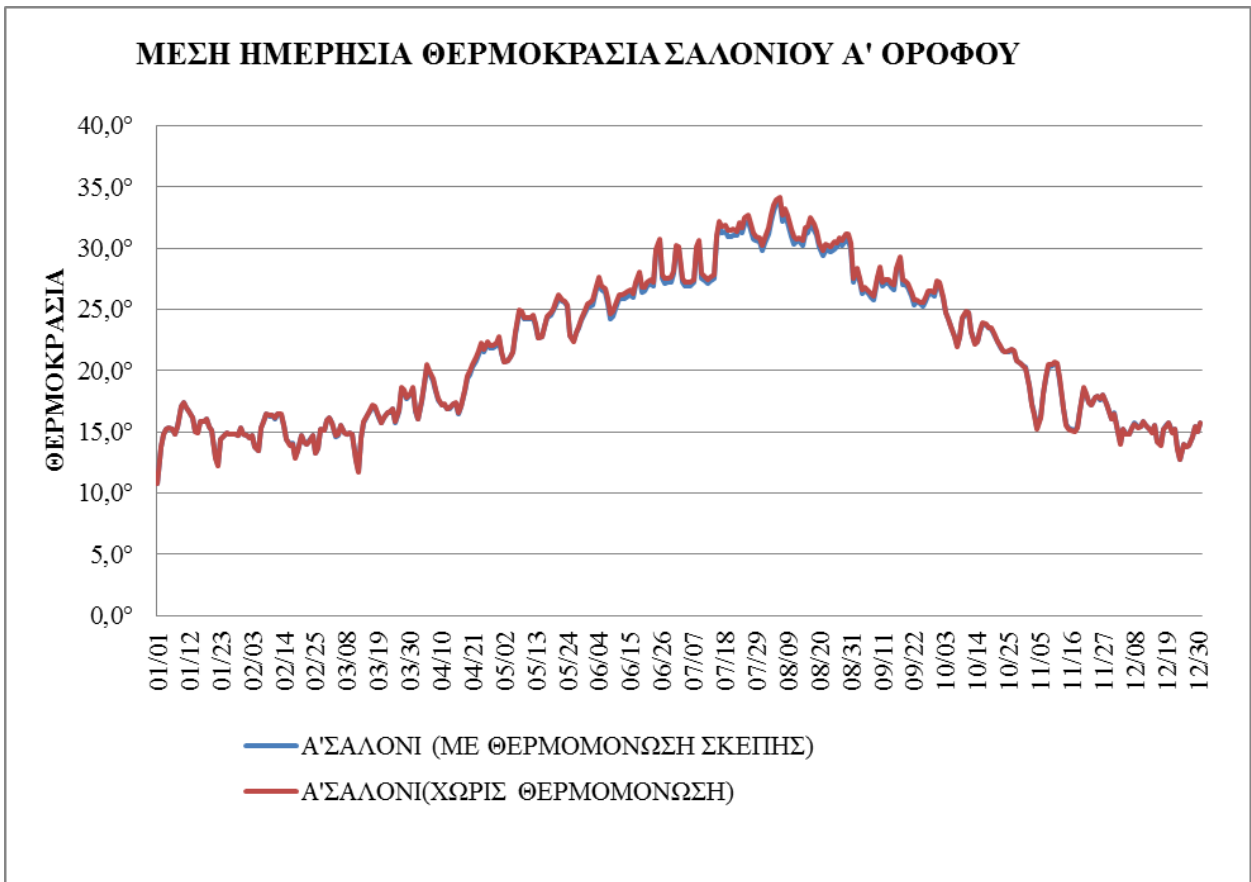
Διάγραμμα 70: Μέση ημερήσια θερμοκρασία wc ισόγειου πριν και μετά τις επεμβάσεις



Διάγραμμα 71: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γκαράζ πριν και μετά τις επεμβάσεις



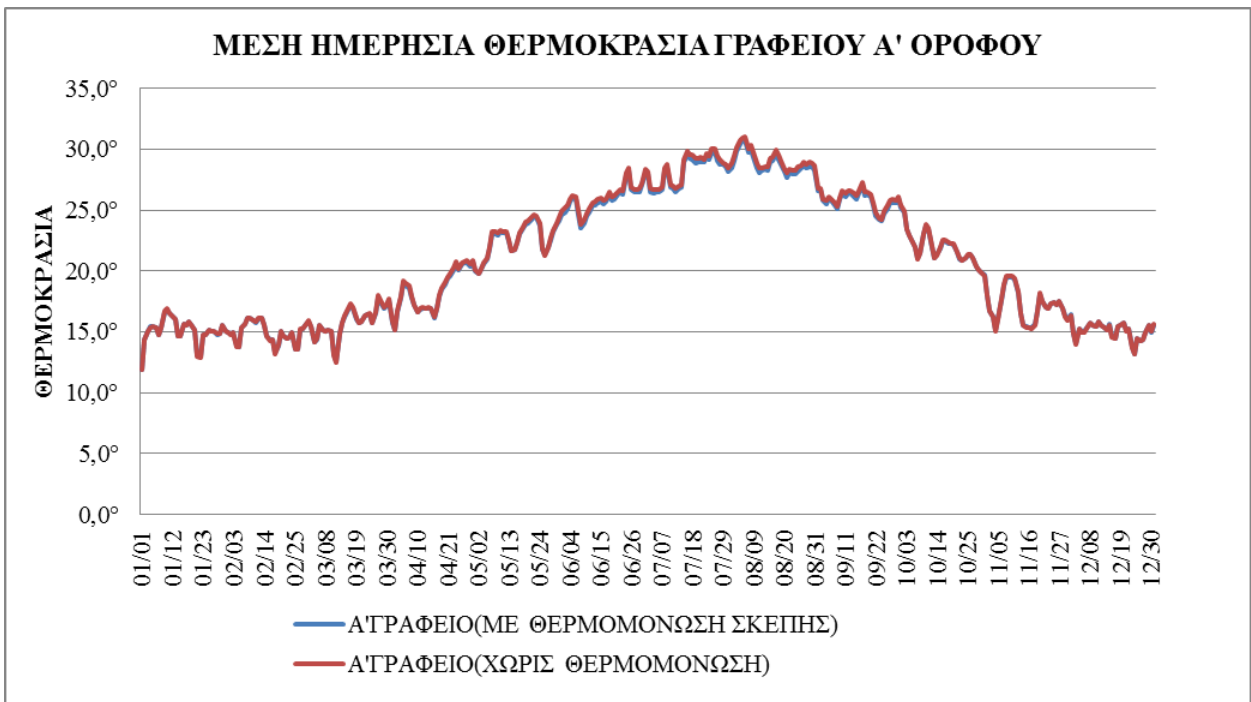
Διάγραμμα 72: Μέση ημερήσια θερμοκρασία εισόδου α' ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις



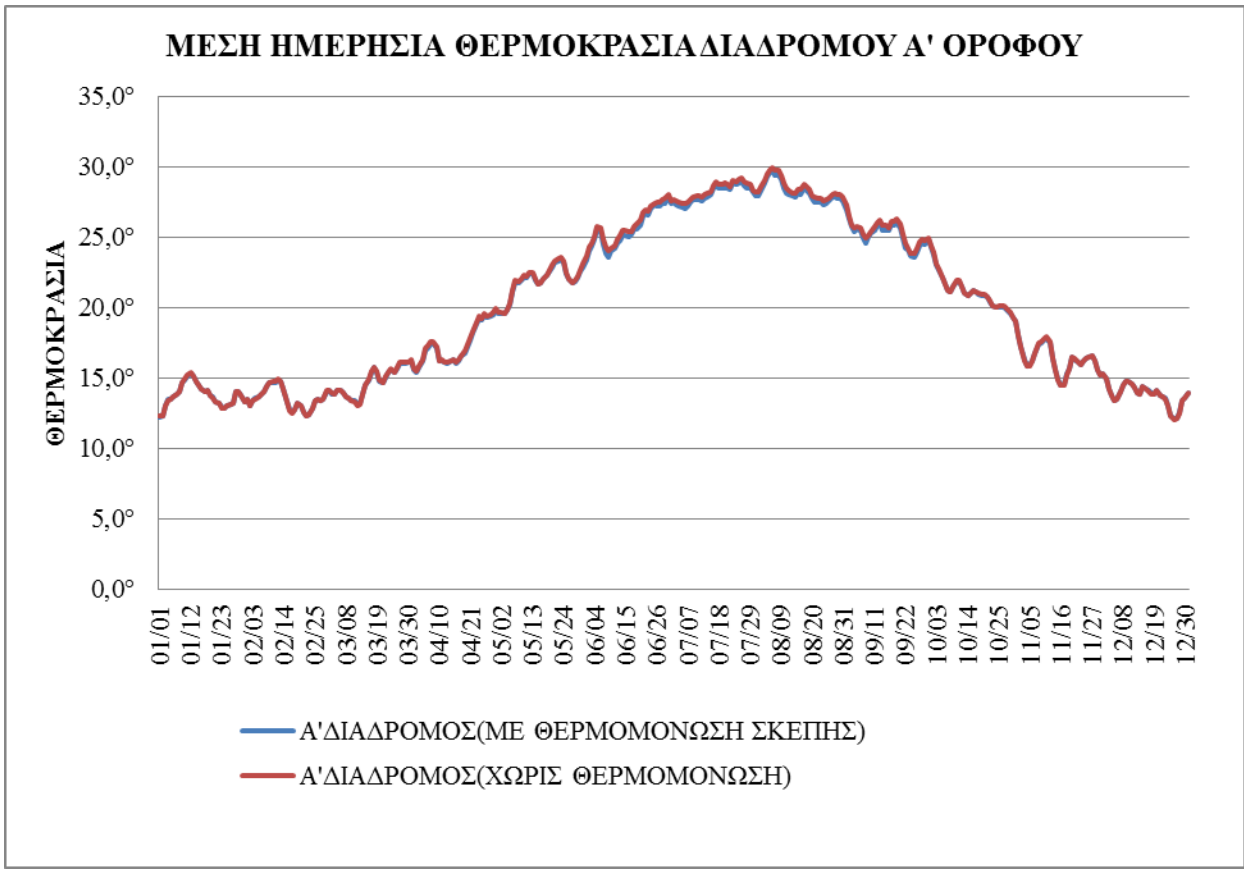
Διάγραμμα 73: Μέση ημερήσια θερμοκρασία σαλονιού α'ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις



Διάγραμμα 74: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας α' ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις



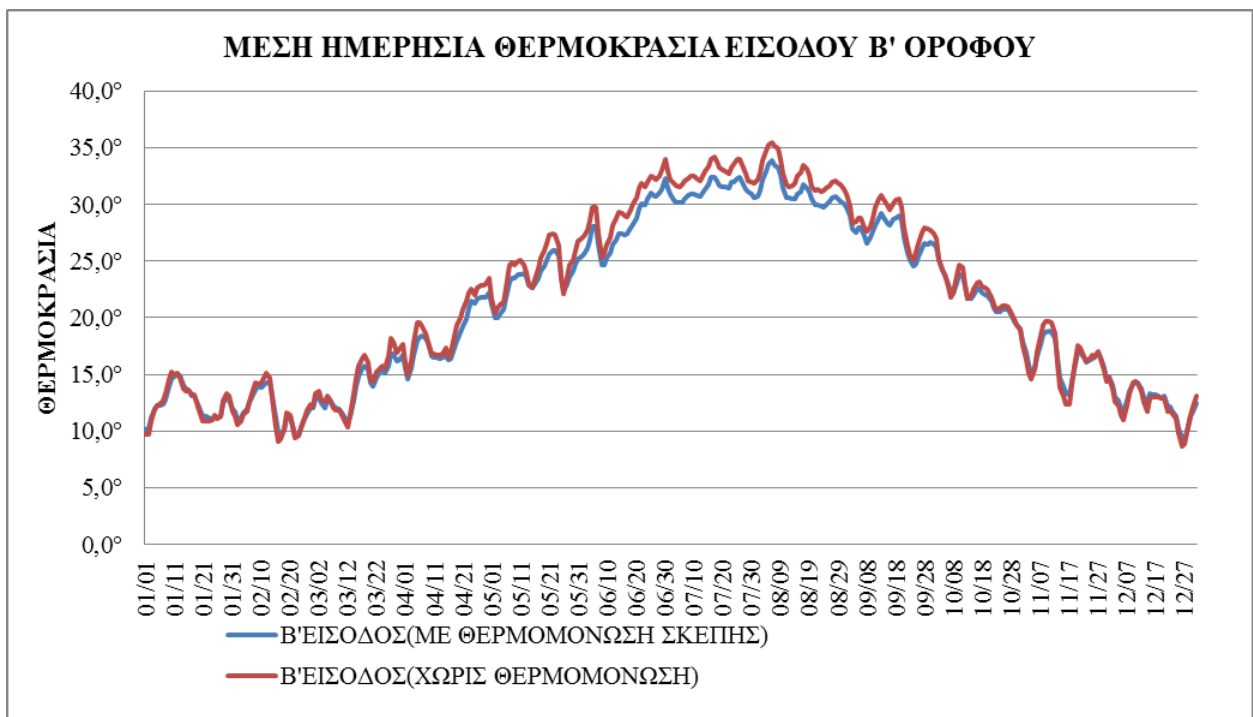
Διάγραμμα 75: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραφείου α' ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις



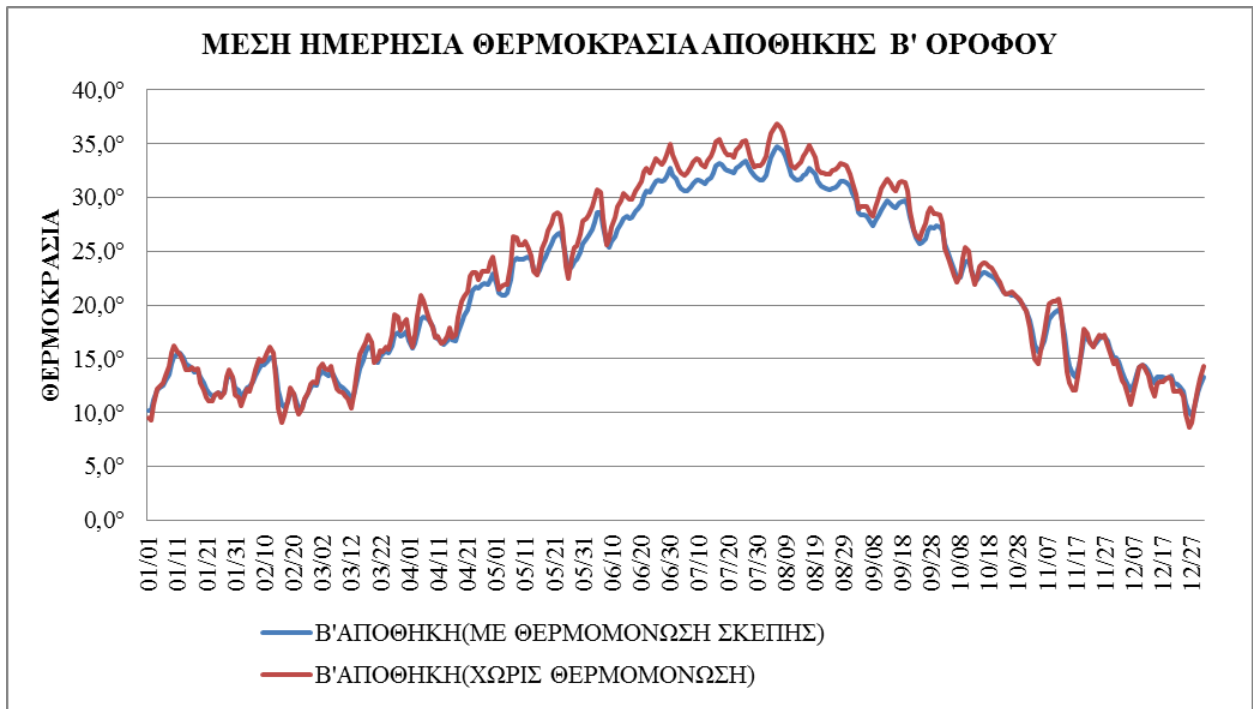
Διάγραμμα 76: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου α'ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις



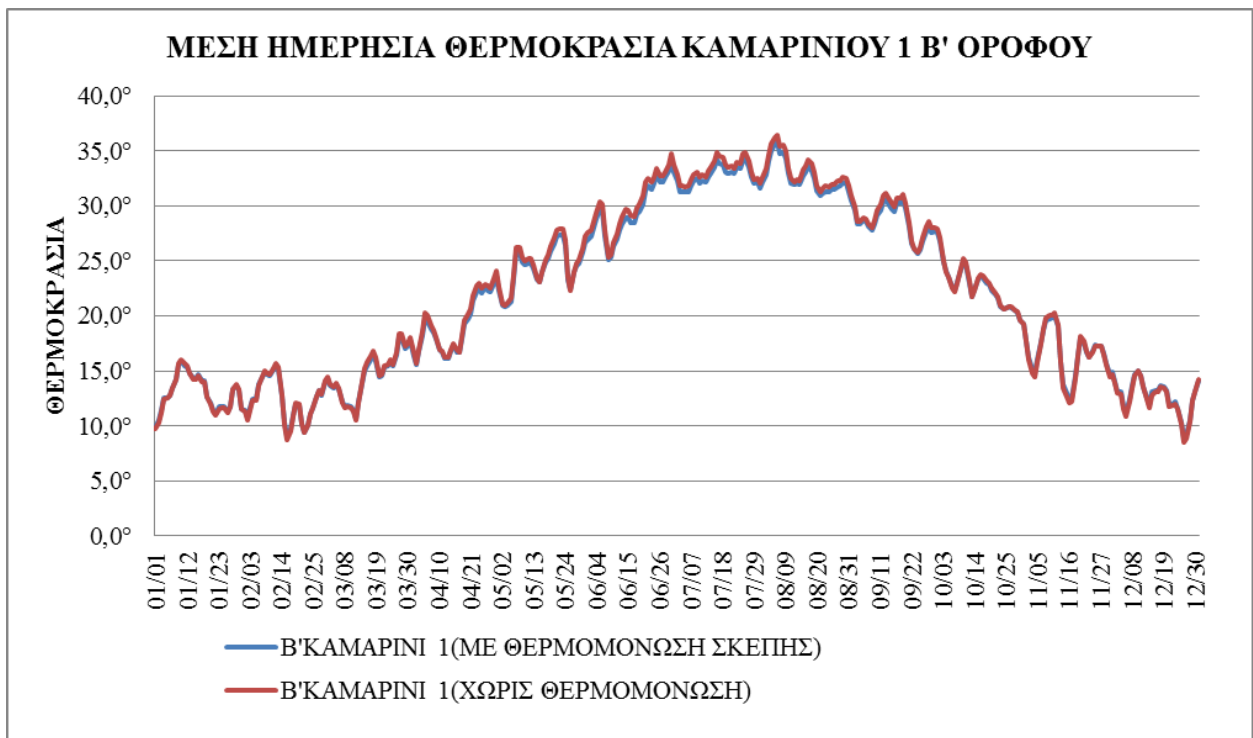
Διάγραμμα 77: Μέση ημερήσια θερμοκρασία κουζίνας α' ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις



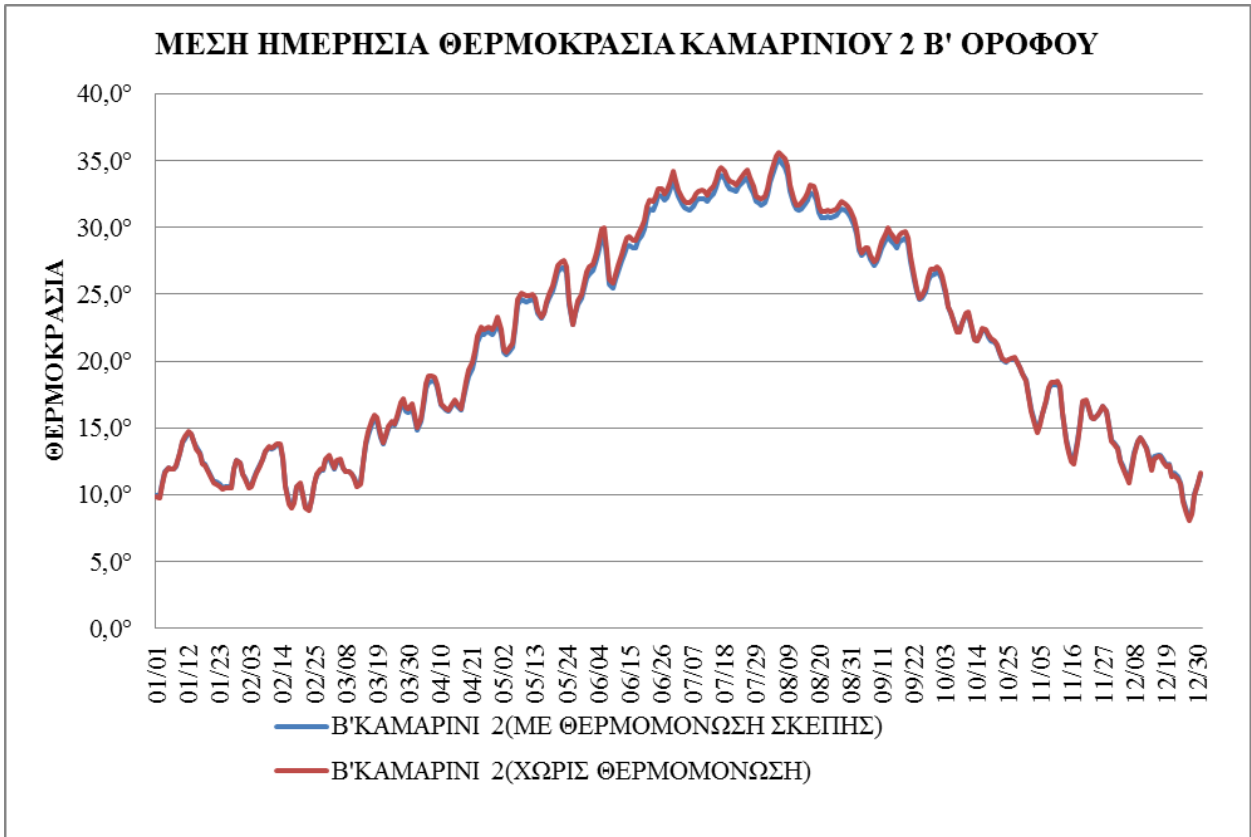
Διάγραμμα 78: Μέση ημερήσια θερμοκρασία εισόδου β' ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις



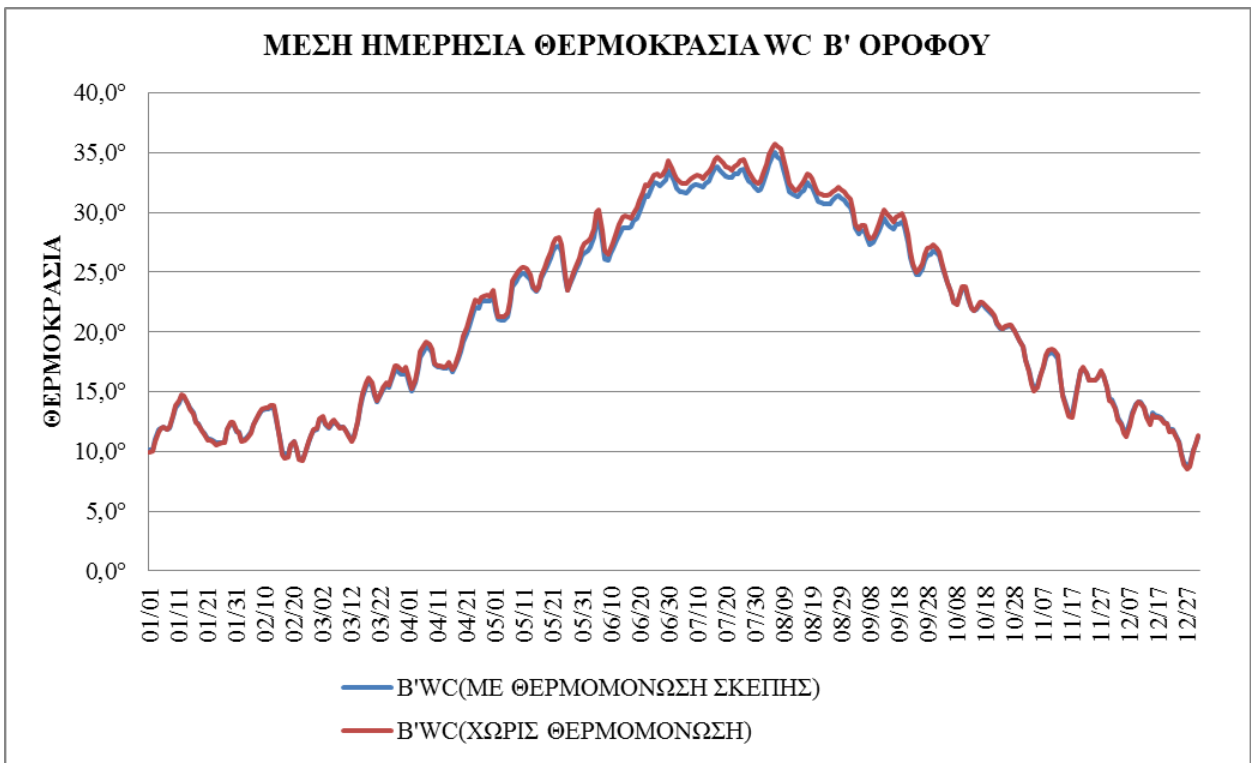
Διάγραμμα 79: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αποθήκης β' ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις



Διάγραμμα 80: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινού 1 β' ορόφου πριν και μετά τις επεμβάσεις



Διάγραμμα 81: Μέση ημερήσια θερμοκρασία καμαρινού 2 β'όροφου πριν και μετά τις επεμβάσεις



Διάγραμμα 82: Μέση ημερήσια θερμοκρασία wc β'όροφου πριν και μετά τις επεμβάσεις

Όπως ήταν αναμενόμενο, η μέση θερμοκρασία στον δεύτερο όροφο του κτιρίου βελτιώθηκε πολύ σε σχέση με πριν. Βλέπουμε, τους θερινούς μήνες, η μέση θερμοκρασία έχει μειωθεί κατά 1-3°C και κατά τους χειμερινούς μήνες έχουμε αύξηση 0.5°C. Στους χαμηλότερους οροφούς έχει, επίσης, επηρεαστεί η μέση θερμοκρασία των χώρων με αύξηση τους χειμερινούς μήνες κατά 0.1°C και τους θερινούς μήνες μείωση κατά 0.5-0.8°C.

Οι μεταβολές αυτές στην μέση θερμοκρασία των χώρων του δεύτερου ορόφου μας δείχνουν ότι προηγουμένως η κατασκευή μας είχε απώλειες θερμότητας μέσω της σκεπής, γεγονός που τώρα έχει βελτιωθεί πολύ με την τοποθέτηση θερμομόνωσης.

Η συνολική ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου σε θέρμανση και ψύξη, πριν και μετά την θερμομόνωση της σκεπής φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΤΗΣ ΣΚΕΠΗΣ								
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (kWh)		ΨΥΞΗ (kWh)		ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)		ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ (€)	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΨΥΞΗ		ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ
					(kWh)	(kWh)		
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	370.36	322.85	0.00	0.00	47.51	0.00	4.162	0.000
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	471.99	411.67	0.00	0.00	60.33	0.00	5.285	0.000
ΜΑΡΤΙΟΣ	214.66	202.97	0.00	0.00	11.69	0.00	1.024	0.000
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	8.75	8.96	0.00	0.00	-0.22	0.00	-0.019	0.000
ΜΑΙΟΣ	0.00	0.00	52.59	38.87	0.00	13.72	0.000	1.202
ΙΟΥΝΙΟΣ	0.00	0.00	650.00	572.16	0.00	77.84	0.000	6.819
ΙΟΥΛΙΟΣ	0.00	0.00	548.24	487.37	0.00	60.87	0.000	5.333
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0.00	0.00	50.66	34.04	0.00	16.62	0.000	1.456
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0.00	0.00	525.51	454.09	0.00	71.42	0.000	6.257
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0.00	0.00	12.99	9.88	0.00	3.11	0.000	0.272
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	105.34	87.69	0.00	0.00	17.65	0.00	1.546	0.000
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	472.34	403.25	0.00	0.00	69.09	0.00	6.053	0.000
ΣΥΝΟΛΟ	1643.44	1437.40	1839.99	1596.41	206.05	243.58	18.05	21.34
							ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ ΣΕ €	39.391
			kWh κόστος ΔΕΗ	0.08761			ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΡΙΝ	3483.43
							ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΕΤΑ	3033.81

Πίνακας 12: Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου πριν και μετά τη θερμομόνωση της σκεπής

Όπως φαίνεται και στον πίνακα, η μείωση των μέσων θερμοκρασιών κατά τους θερινούς μήνες έχουν σαν αποτέλεσμα και την μείωση της κατανάλωσης σε ενέργεια για ψύξη. Τον χειμώνα, επίσης, παρατηρείται μείωση της ενέργειας για θέρμανση, αφού η θερμοκρασία του χώρου έχει αυξηθεί αισθητά.

Το συνολικό κόστος των υλικών και της εργασίας για την μόνωση της σκεπής ανέρχεται στα 1800.75€. Το όφελος από την εξοικονόμηση ενέργειας είναι 449.63 kWh ανά έτος και 39.391€, το οποίο σε ορίζοντα 25ετίας είναι 984.775€. Η επένδυση δεν είναι οικονομικά κερδοφόρα, καθώς έχει ζημία 815.975€.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι επεμβάσεις που προσομοιώθηκαν μέσω του προγράμματος 'EnergyPlus' είχαν ως σκοπό την βελτίωση των συνθηκών εντός του κτιρίου με στόχο την θερμική άνεση των χρηστών. Η αντικατάσταση των παλαιών υαλοπινάκων με νέους ενεργειακούς υαλοπίνακες, ο νυχτερινός δροσισμός κατά τους θερινούς μήνες, η τοποθέτηση φωτοβολταϊκού πάνελ στην σκεπή του κτιρίου και, τέλος, η εσωτερική θερμομόνωση της σκεπής είναι οι τέσσερις επεμβάσεις που επιλέχθηκαν ως καταλληλότερες για το υφιστάμενο κτίριο.

Η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με ενεργειακούς υαλοπίνακες Low-E οδήγησε σε μέγιστη αύξηση της θερμοκρασίας στο ισόγειο κατά 1.2 μονάδες κατά τους χειμερινούς μήνες και σε μέγιστη μείωση της θερμοκρασίας κατά 1 μονάδα τους θερινούς μήνες. Στον πρώτο όροφο οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας είναι μικρότερες σε σχέση με το ισόγειο, είναι όμως αρκετές ώστε να βελτιωθούν οι θερμοκρασιακές συνθήκες και να έχουμε εξοικονόμηση ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, από την αντικατάσταση εξοικονομήθηκαν 257.05kWh ενέργειας για θέρμανση και 440.91kWh για ψύξη. Το συνολικό όφελος από την επέμβαση στα ανοίγματα του κτιρίου εκτιμήθηκε στα 241.7€ σε ορίζοντα 25ετίας.

Η εγκατάσταση μηχανισμού ρύθμισης του νυχτερινού δροσισμού στα ανοίγματα επέφερε μικρές βελτιώσεις στην θερμοκρασία των χώρων, με μέγιστη μετρούμενη μείωση κατά του θερινούς μήνες κατά 0.2°C και κατά τους χειμερινούς, αύξηση κατά 0.4°C. Η επένδυση για τους μηχανισμούς του νυχτερινού δροσισμού είναι ζημιογόνα με ζημία 664.3€ σε βάθος 25ετίας.

Η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών στην σκεπή του δεύτερου ορόφου είχε σαν αποτέλεσμα την παραγωγή 337.72kWh στην διάρκεια ενός χρόνου, με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας να είναι στην μέγιστη τιμή της τον μήνα Αύγουστο. Η επένδυση σε φωτοβολταϊκό σύστημα είναι κερδοφόρα σε βάθος 25ετίας με συνολικό κέρδος να κυμαίνεται στα 610.75€.

Τέλος, με την θερμομόνωση της σκεπής παρατηρείται μεγάλη βελτίωση των θερμοκρασιών των χώρων του δεύτερου ορόφου και αισθητή βελτίωση του πρώτου ορόφου. Στο ισόγειο δεν παρατηρούνται βελτιώσεις. Στον δεύτερο όροφο παρατηρείται μείωση της θερμοκρασίας κατά τους θερινούς μήνες κατά 2°C, βελτιώνοντας έτσι το πρόβλημα της υπερθέρμανσης του

β'ορόφου, το οποίο είχε παρατηρηθεί κατά την προσομοίωση. Η επένδυση αυτή δεν είναι κερδοφόρα σε ορίζοντα 25ετίας, και αποφέρει ζημία 815.975€.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. "Ενεργειακός σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση κτιρίων- Γενικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού", Κλειώ Ν.Αξαρχλή, Αρχιτέκτονας Α.Π.Θ
2. Derek Osbourn, "Mitchell's- Οικοδομική", Εκδόσεις Ιων
3. Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-2/2010 "Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων"
4. Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, "Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων", Α' έκδοση, Αθήνα 2011
5. Ελισσαίος Σ.Κατσαραγάκης, "Ξύλινες Κατασκευές", Πανεπιστημιακές εκδόσεις Ε.Μ.Π.
6. Ν.Καλογεράς, Χ.Κιρποτιν, Γ.Μακρής, Ι.Παπαϊωάννου, Σ.Ραυτόπουλος, Μ.Τζιτζιάς, Π.Τουλιάτος, "Θέματα Οικοδομικής", Εκδόσεις Συμμετρία
7. Διπλωματική Εργασία: "Ανασχεδιασμός με βιοκλιματικά κριτήρια κτιρίου εκπαιδευτικής χρήσης στην Πολυτεχνειούπολη, Ζωγράφου", Γεωργιλά Θηρεσία, Αθήνα 2015

Αναφορές από ιστοτόπους του διαδικτύου

[1] <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=285&language=el-GR>

[2] <http://www.allaboutenergy.gr/Piges23.html>

[3] http://users.sch.gr/imarinakis/aeolian_energy.htm

[4] <http://www.ypeka.gr/?tabid=286>

[5]

<http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/PROSTASIA%20PERIBALONTOS/Geothermiki%20Energeia.htm>

[6] http://ziogos.gr/?page_id=30

[7] http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf

[8] <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=484&language=el-GR>

- [9] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/bioklimatikos_sxediasmos.htm
- [10] https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CF%81%CF%89%CF%84%CF%8C%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BB%CE%BF_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%9A%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%BF
- [11] http://library.tee.gr/digital/kma/kma_m1429/kma_m1429_axarli_basic.pdf
- [12] http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/2014/pathitika_sistimata_2014.pdf
- [13] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_ameso_kerdos.htm
- [14] <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>
- [15] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliako_aithrio.htm
- [16] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_systyma_kerdous.htm
- [17] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm
- [18] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_psixi_edafous.htm
- [19] http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi_thermomonomosi.htm
- [20] http://www.cres.gr/kape/prasina_dwmata/prodiagrafes_fytemenou_dwmatos.pdf
- [21] http://library.tee.gr/digital/m2316/m2316_evaggeliou.pdf
- [22] http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_fotismos.htm
- [23] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm
- [24] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_anoigmata_orofis.htm

[25] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_aithria.htm

[26] <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/anartesechoristitlo>

[27] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_yalopinakes.htm

[28] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_rafia_fotismou.htm

[29] <http://www.prismaglass.gr/F1DD3CF5.el.aspx>

[30] http://www.hellaskps.gr/min_requirements/docs/PE1/DGTSY/5Ktiriaka/TD-D-1100.0.htm

[31]

<http://www.esha.gr/application/content/%CE%AD%CE%BE%CF%85%CF%80%CE%BD%CE%B7-%CF%83%CF%84%CE%AD%CE%B3%CE%B7-%CE%BC%CE%B5-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9>