



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Διπλωματική Εργασία

« Βελτιστοποίηση Ενεργειακής Συμπεριφοράς Κτηρίου με Εφαρμογή
Εναλλακτικών Συστημάτων Θέρμανσης – Κλιματισμού »

Τσάντος Σπύρος

Επιβλέπων καθηγητής

Τζιβανίδης Χρήστος
Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, 2023



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Διπλωματική Εργασία

« Βελτιστοποίηση Ενεργειακής Συμπεριφοράς Κτηρίου με Εφαρμογή
Εναλλακτικών Συστημάτων Θέρμανσης – Κλιματισμού »

Υπεύθυνη δήλωση για λογοκλοπή και για κλοπή πνευματικής ιδιοκτησίας:

Έχω διαβάσει και κατανοήσει τους κανόνες για τη λογοκλοπή και τον τρόπο σωστής αναφοράς των πηγών που περιέχονται στον Οδηγό συγγραφής Διπλωματικών Εργασιών. Δηλώνω ότι, από όσα γνωρίζω, το περιεχόμενο της παρούσας εργασίας είναι προϊόν δικής μου δουλειάς και υπάρχουν αναφορές σε όλες τις πηγές που χρησιμοποίησα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτή τη Διπλωματική εργασία είναι του συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών ή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ονοματεπώνυμο

ΤΣΑΝΤΟΣ ΣΠΥΡΟΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των προπτυχιακών μου σπουδών του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Ε.Μ.Π.

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέπων καθηγητή μου, κύριο Χρήστο Τζιβανίδη, ο οποίος μου δίδαξε τα μαθήματα βασικές αρχές ψύξης, υπολογιστικές μέθοδοι φαινομένων μεταφοράς, ηλιακή ενέργεια, κλιματισμού και την θερμική συμπεριφορά κτηρίων κατά τα εξάμηνα 8^ο και 9^ο αντίστοιχα, αλλά και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε εξ'αρχής, αναθέτοντάς μου την συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, προσφέροντάς μου με αυτό τον τρόπο την επιστημονική του καθοδήγηση, τις υπόδειξής του, την επιμονή του, το αμείωτο ενδιαφέρον του, την συμπαράστασή του, και την συνεχή υποστήριξη που έδειξε από την αρχή μέχρι το τέλος.

Επιπλέον θα ήθελα να αναφέρω ότι ο κύριος Τζιβανίδης πρόκειται για έναν άνθρωπο με ήθος, χαρακτήρα, υπομονή και επιμονή όσο αναφορά την δουλειά του αλλά και στην συνεργασία με τους συνανθρώπους και συνάδερφούς του. Επίσης ευχαριστίες απευθύνω σε όλα τα στελέχη του ιδρύματος οι οποίοι συμβάλανε και αυτοί με τη σειρά τους στην εκμάθηση όλων των φοιτητών και εν δύναμη συναδέλφων.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους συναδέλφους μου φοιτητές για τις ανταλλαγές απόψεων, το ειλικρινές ενδιαφέρον τους και για τη σημαντική βοήθειά τους σε όλα τα στάδια των προπτυχιακών μου σπουδών.

Τέλος, θα ήθελα εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου για όλη τη στήριξη, τη συμπαράσταση και την κατανόησή τους, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Ο κτηριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό επίπεδο. Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, και τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στα κτήρια επιτυγχάνεται με απλές μεθόδους και τεχνικές, με τον κατάλληλο σχεδιασμό των κτηρίων (βιοκλιματική αρχιτεκτονική) και με συστήματα και τεχνολογίες, όπως τα παθητικά ηλιακά συστήματα αλλά και συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού. Στην εργασία αυτή θα επικεντρωθούμε μονάχα στα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού.

Οι ανάγκες για την δημιουργία της εργασίας προέκυψαν λόγω της αυξημένης κατανάλωσης ενέργειας που παρουσιάζεται σε καθημερινή βάση τόσο στον οικιακό όσο και στον τριτογενή τομέα σε σχέση με την χώρα μας.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα θεωρητικό μοντέλο κτηρίου στην περιοχή του Ελληνικού στον νομό Αττικής στο οποίο εφαρμόστηκαν διάφορα συστήματα θέρμανσης-κλιματισμού με σκοπό την βελτίωση της ενεργειακής του συμπεριφοράς με στόχο να επιφέρουμε σχεδόν μηδενική κατανάλωση επιτυγχάνοντας με αυτό τον τρόπο να έχουμε κτήριο θετικού ενεργειακού ισοζυγίου.

Με την βοήθεια και χρήση ενός ευρέως διαδεδομένου προσομοιωτικού λογισμικού του DesignBuilder, υπολογίσθηκαν οι ενεργειακές ανάγκες του υφιστάμενου κτηρίου βάση του οποίου θα στηριχθούν τα επόμενα σενάρια. Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν δεκατέσσερα σενάρια βελτιστοποίησης ώστε να διαπιστωθεί η βέλτιστη εξοικονόμηση ενέργειας και η ενεργειακή βελτιστοποίηση του κτηρίου που επιτυγχάνεται. Τα αποτελέσματα στη συνέχεια συγκρίθηκαν με το κτήριο αναφοράς και με σκοπό να αντιληφθούμε τα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας που επιτεύχθηκαν.

Με βάση την συγκεκριμένη εργασία η πιο αποδοτική λύση ως προς τις τελικές ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρισμού τόσο σε θέρμανση όσο και σε ψύξη είναι το σενάριο 14^ο του οποίου η συνολική μείωση είναι 99.96%.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:

Εξοικονόμηση ενέργειας, Ενεργειακή βελτιστοποίηση, Σενάρια βελτίωσης, Ενεργειακές ανάγκες, Ετήσια κατανάλωση ενέργειας.

«Optimization of Building Energy Behavior by Application of Alternative Heating & Air Conditioning Systems»

Tsantos Spyros

Abstract

The buildings sector is responsible for about 40% of total final energy consumption at national level. This consumption, whether in the form of thermal energy (mainly oil) or electricity, results, in addition to the considerable economic burden due to the high cost of energy, in a high level of pollution of the atmosphere, mainly carbon dioxide (CO₂), which is responsible for the greenhouse effect.

The reduction of energy consumption in buildings can be achieved by simple methods and techniques, by appropriate building design (bioclimatic architecture) and by systems and technologies such as passive solar systems and heating and air-conditioning systems. In this paper we will focus only on heating and air conditioning systems.

The needs for the creation of this work arose due to the increased energy consumption that occurs on a daily basis in both the domestic and tertiary sectors compared to our country.

In this paper, a theoretical model of a building in the area of Elliniko in the prefecture of Attica is presented in which various heating and air conditioning systems were applied in order to improve its energy behaviour with the aim of achieving almost zero consumption, thus achieving a building with a positive energy balance.

With the help and use of a widely used simulation software of DesignBuilder, the energy needs of the existing building were calculated, on the basis of which the following scenarios will be based. Fourteen optimization scenarios were then applied to determine the optimal energy savings and energy optimization of the building achieved. The results were then compared with the reference building and in order to understand the energy savings achieved.

Based on this work, the most efficient solution in terms of final annual electricity consumption for both heating and cooling is scenario 14th whose overall reduction is 99.96%.

KEYWORDS:

Energy Saving, Energy Optimization of Buildings, Energy Needs, Annual Energy Consumption.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	1
Abstract.....	2
1. Εισαγωγή.....	5
2. Συστήματα θέρμανσης & κλιματισμού.....	7
2.1 Κριτήρια επιλογής συστημάτων θέρμανσης.....	8
2.1.1 Διάκριση των συστημάτων θέρμανσης.....	8
2.2 Τοπικά και Κεντρικά συστήματα θέρμανσης.....	8
2.2.1 Τοπικά συστήματα θέρμανσης.....	9
2.2.2 Κεντρικά συστήματα θέρμανσης.....	9
2.3 Συστήματα κλιματισμού.....	15
2.3.1 Διάκριση των συστημάτων κλιματισμού.....	15
3. Εισαγωγή στο λογισμικό προσομοίωσης DesignBuilder.....	20
3.1 Γενικά χαρακτηριστικά του λογισμικού.....	20
3.2 Εισαγωγή δεδομένων στο DesignBuilder.....	21
3.3 Ενδεικτικά παραδείγματα σχεδιασμού και επιλογής συστημάτων.....	24
4. Παράμετροι που επιδρούν στην θερμική άνεση.....	67
5. Εισαγωγή στο μοντέλο του κτηρίου.....	75
5.1 Δραστηριότητα κτηρίου.....	76
5.2 Πρόγραμμα λειτουργίας.....	77
5.3 Κατασκευαστικά-Δομικά στοιχεία κελύφους κτηρίου.....	78
5.3.1 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων.....	79
5.3.2 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών.....	84
5.4 Προσδιορισμός θερμικών ζωνών κτηρίου.....	85
5.5 Διαχωρισμός κτηρίου σε θερμικές ζώνες.....	86
5.6 Θερμικά απώλειες και Ψυκτικά φορτία.....	87
5.6.1 Θερμικές απώλειες.....	87
5.6.2 Ψυκτικά Φορτία.....	89
5.7 Προσδιορισμός θερμικών και ψυκτικών απωλειών του υπό μελέτη κτηρίου.....	94
5.7.1 Συνολικές απώλειες του κτηρίου.....	94
5.7.2 Απώλειες ανά θερμική ζώνη ανά όροφο του υπό μελέτη κτηρίου σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του.....	95
5.7.3 Βαθμοί απόδοσης EER-CoP.....	100
5.8 Υφιστάμενο σύστημα θέρμανσης – Κλιματισμού.....	102
5.8.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης υφιστάμενου συστήματος.....	104
5.8.2 Εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης.....	106
5.8.3 Προσομοίωση υφιστάμενου συστήματος με την εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης..	112
6. Εφαρμογή εναλλακτικών σεναρίων βελτιστοποίησης.....	114

6.1	Εφαρμογή 1 ^{ου} εναλλακτικού σεναρίου	114
6.1.1	Αποτελέσματα 1 ^{ου} σεναρίου	116
6.2	Εφαρμογή 2 ^{ου} εναλλακτικού σεναρίου	118
6.2.1	Αποτελέσματα 2 ^{ου} σεναρίου	119
6.3	Εφαρμογή 3 ^{ου} εναλλακτικού σεναρίου	120
6.3.1	Αποτελέσματα 3 ^{ου} σεναρίου	121
6.4	Εφαρμογή 4 ^{ου} εναλλακτικού σεναρίου	122
6.4.1	Αποτελέσματα 4 ^{ου} σεναρίου	123
6.5	Εφαρμογή 5 ^{ου} εναλλακτικού συστήματος.....	124
6.5.1	Αποτελέσματα 5 ^{ου} σεναρίου	125
6.6	Εφαρμογή 6 ^{ου} εναλλακτικού συστήματος – Υπό-σενάριο 5 ^{ου}	126
6.6.1	Αποτελέσματα 6 ^{ου} σεναρίου	127
6.7	Εφαρμογή 7 ^{ου} εναλλακτικού συστήματος – Υπό-σενάριο 6 ^{ου}	129
6.7.1	Αποτελέσματα 7 ^{ου} σεναρίου	130
6.8	Εφαρμογή 8 ^{ου} εναλλακτικού συστήματος – Υπό-σενάριο 7 ^{ου}	132
6.8.1	Αποτελέσματα 8 ^{ου} σεναρίου	133
6.9	Εφαρμογή 9 ^{ου} εναλλακτικού συστήματος.....	135
6.9.1	Αποτελέσματα 9 ^{ου} σεναρίου	137
6.10	Εφαρμογή 10 ^{ου} εναλλακτικού συστήματος.....	139
6.10.1	Αποτελέσματα 10 ^{ου} σεναρίου	140
6.11	Εφαρμογή 11 ^{ου} εναλλακτικού συστήματος.....	142
6.11.1	Αποτελέσματα 11 ^{ου} σεναρίου	143
6.12	Εφαρμογή 12 ^{ου} εναλλακτικού συστήματος.....	145
6.12.1	Αποτελέσματα 12 ^{ου} σεναρίου	147
6.13	Εφαρμογή 13 ^{ου} εναλλακτικού συστήματος.....	149
6.13.1	Αποτελέσματα 13 ^{ου} σεναρίου	150
6.14	Εφαρμογή 14 ^{ου} εναλλακτικού σεναρίου	152
6.14.1	Αποτελέσματα 14 ^{ου} σεναρίου	153
6.15	Συγκρίσεις	155
7.	Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα	156
7.1	Συμπεράσματα.....	156
7.2	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	157
8.	Βιβλιογραφία	158
	Παράρτημα Ι	161
	Παράρτημα ΙΙ	165

1. Εισαγωγή

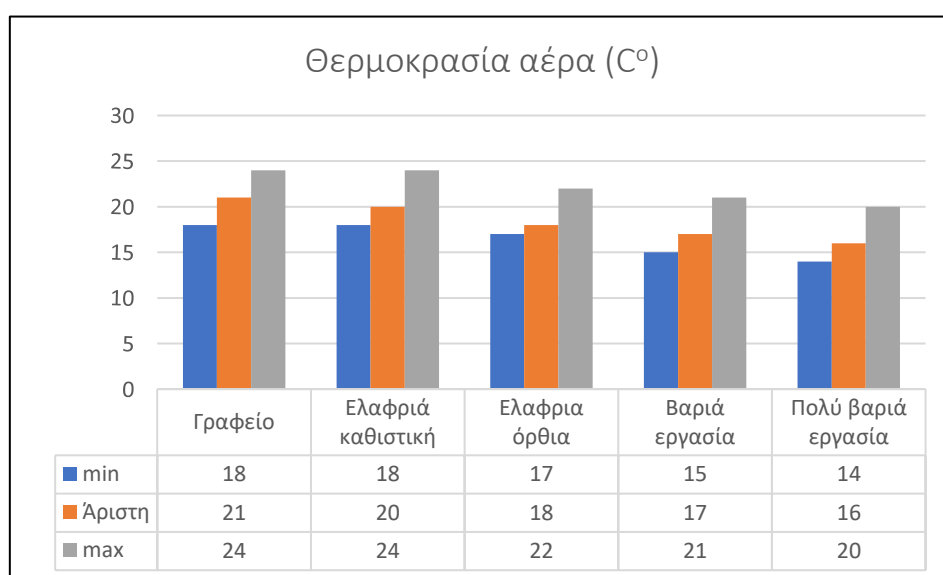
Ο άνθρωπος έχει ως στόχο να προστατεύεται από τις ακραίες-επικίνδυνες ή έστω ενοχλητικές θερμοκρασιακές μεταβολές του περιβάλλοντος. Για αυτό το λόγο επιδιώκει να εξασφαλίζει ανεκτές και ευχάριστες συνθήκες άνεσης στους χώρους παραμονής, διαβίωσης και ενασχόλησης του. Οι παράμετροι που θα επιτρέψουν να επιτύχουμε τις ιδανικές συνθήκες ανέσεως είναι η θερμοκρασία, υγρασία, η καθαρότητα και η ταχύτητα του αέρα στον χώρο, η διαφορά θερμοκρασίας με τις εξωτερικές συνθήκες, καθώς επίσης και ο προσανατολισμός του εκάστοτε χώρου. Επίσης σημαντικός παράγοντας στην επίτευξη ιδανικών συνθηκών ανέσεων είναι η δραστηριότητα του χώρου που συνεπάγεται άμεσα με τον ρουχισμό του ανθρώπου και ακόμα βιολογικές παράμετροι όπως το φύλο, ηλικία.

Στις σημερινές εποχές με την κεντρική θέρμανση των κτηρίων, επιδιώκεται να επιτευχθούν και να διατηρηθούν οι συνθήκες οι οποίες να ανταποκρίνονται με ασφάλεια, αξιοπιστία και με προσιτό κόστος στις απαιτήσεις του ανθρώπου για άνετη διαβίωση στους χώρους παραμονής, συναρτήσει πάντα με τις εξωτερικές συνθήκες. Σύμφωνα με την τεχνολογική ανάπτυξη και τις απαιτητικές προσδοκίες των σημερινών ανθρώπων, οι ανάγκες για θερμική άνεση πρέπει να καλύπτεται από κάθε σύστημα θέρμανσης και κλιματισμού. Επιπλέον ο όρος άνεση με την ευρεία έννοια του μπορεί να συμπεριλάβει και τομείς όπως η αισθητική του χώρου π.χ.(έπιπλα, χρώματα, επενδύσεις στα δομικά στοιχεία) αλλά και το επίπεδο φωτισμού, την σκίαση από εξωτερικούς παράγοντες και η εξομάλυνση των εξωτερικών θορύβων.

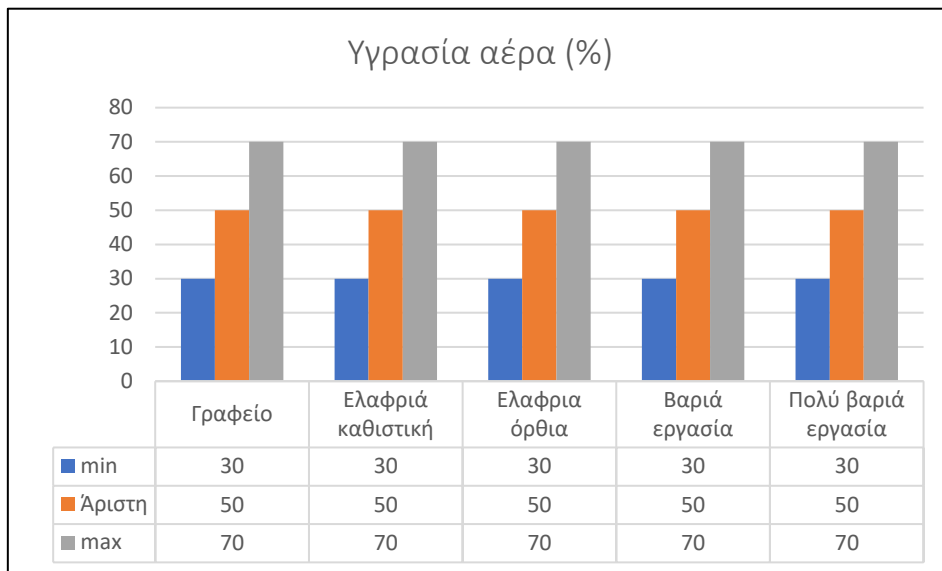
Με τις εγκαταστάσεις θέρμανσης και κλιματισμού, έχουμε στόχο να προσεγγίσουμε τις συνθήκες της κλιματικής ανέσεως, πράγμα που είναι αρκετά δύσκολο καθότι οι προτιμήσεις των ανθρώπων είναι υποκειμενικές και σε πολλές περιπτώσεις δεν ταυτίζονται.

Μέσω της ανάγκης του ανθρώπου για την κάλυψη της βασικής του θερμικής ανέσεως στον χώρο παραμονής του, με την πάροδο των χρόνων ανακαλύφθηκε πως μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας μέσω εναλλακτικών συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού διατηρώντας σε σταθερά ή βελτιωτικά επίπεδα τις συνθήκες εκείνες που επιφέρουν την θερμική άνεση.

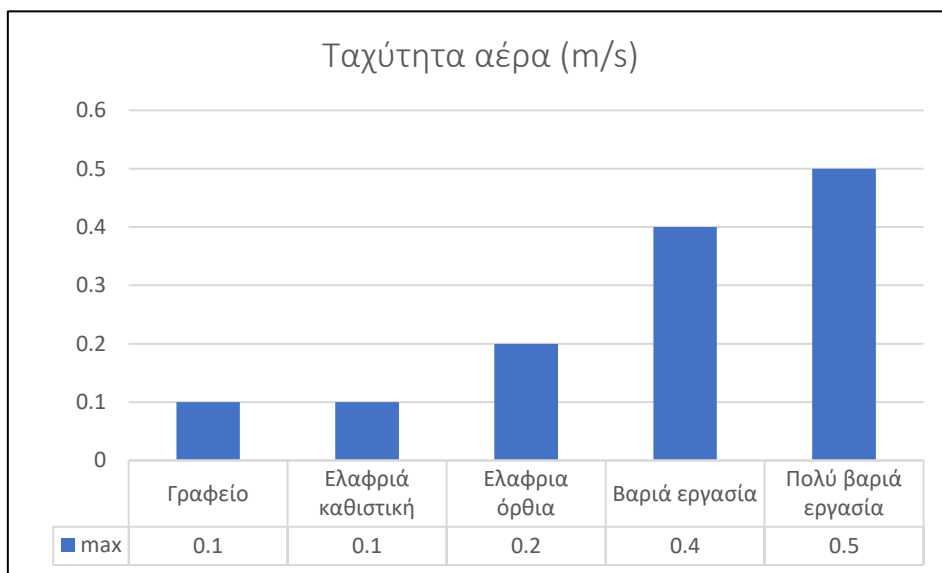
Παρακάτω παρατίθενται τρία διαγράμματα, σχετικά με τις παραμέτρους θερμικής ανέσεως, σύμφωνα με την χρήση του εκάστοτε χώρου.



Εικόνα 1 Θερμοκρασία αέρα (πηγή: ΣΕΛΟΥΝΤΟΣ)



Εικόνα 3 Υγρασία αέρα (πηγή: ΣΕΛΟΥΝΤΟΣ)



Εικόνα 2 Ταχύτητα αέρα (πηγή: ΣΕΛΟΥΝΤΟΣ)

2. Συστήματα Θέρμανσης & κλιματισμού

Στις ημέρες που ζούμε είναι βασική ανάγκη να γίνεται χρήση ενός συστήματος παραγωγής, προσαγωγής ή απαγωγής θερμικής ενέργειας βασισμένο σε κάποιο είδος καύσης. Αυτή η παραγόμενη θερμότητα μπορεί να γίνει είτε άμεσα είτε έμμεσα. Στην περίπτωση της άμεσης θέρμανσης λαμβάνουμε απευθείας την θερμότητα από την πηγή ενώ στην έμμεση με την βοήθεια ενός εργαζόμενου μέσου (αέρας ή νερό) μεταφέρεται η θερμότητα σε κάποια απόσταση από την εστία καύσεως.

Συστήματα τα οποία είναι βασισμένα στην άμεση θέρμανση είναι λόγω χάρη τα τζάκια, οι ανοιχτές εστίες, θερμάστρες – θερμοπομποί που λειτουργούν με ηλεκτρική αντίσταση κ.α. Επιπλέον ένα βασικό χαρακτηριστικό των μονάδων αυτών είναι ότι το σύστημα παραγωγής θερμότητας βρίσκεται εντός του χώρου που πρόκειται να θερμάνει και για αυτό το λόγο βασικό κριτήριο είναι το μέγεθος και η μορφή του συστήματος διότι επηρεάζει σημαντικά την λειτουργική διαμόρφωσή του χώρου.

Σε αντίθεση τα συστήματα έμμεσης θέρμανσης έχουν την δυνατότητα να ανταποκριθούν σε αυξημένες απαιτήσεις είτε ποσοτικά είτε ποιοτικά. Στην περίπτωση αυτή αξιοποιούμε ένα καύσιμο ή μία πηγή ενέργειας (ηλεκτρικό ρεύμα, ηλιακός συλλέκτης κ.α) τα οποία αντιστοίχως θερμαίνουν το εργαζόμενο μέσο (συνήθως είναι νερό ή λάδι ή αέρας) που λειτουργεί ως φορέας θερμότητας και με την βοήθεια κατάλληλων εναλλακτών οδηγείται το εργαζόμενο μέσο στους χώρους που επιθυμούμε να προσδώσουμε την θερμότητα. Στα συστήματα αυτά η μονάδα παραγωγής θερμότητας βρίσκεται εκτός του χώρου θέρμανσης είτε σε διαμορφωμένους χώρους είτε στην οροφή του κτηρίου.

Στο σημείο αυτό θα γίνει περαιτέρω επεξήγηση όταν το εργαζόμενο μέσο είναι είτε αέρας είτε νερό. Όταν ο φορέας θερμότητας (εργαζόμενο μέσο) είναι το νερό, χρησιμοποιούνται κατάλληλες σωληνώσεις διανομής και στις περισσότερες περιπτώσεις αναφερόμαστε σε κλειστά κυκλώματα. Η εκμετάλλευση σχετικά με την κυκλοφορία ή διανομή του νερού στους θερμαινόμενους χώρους μπορεί να γίνει είτε σύμφωνα με τον νόμο της βαρύτητας (συνήθως για μικρές εγκαταστάσεις) είτε με την χρήση κυκλοφορητών, όπου η θερμοκρασία του νερού κατά την έξοδο είναι λίγο ή πολύ υψηλότερη από την θερμοκρασία που επιθυμούμε να επιτύχουμε στον εκάστοτε χώρο και με την βοήθεια και χρήση εναλλακτών θερμότητας, το εργαζόμενο μέσο προσδίδει στον χώρο μέρος της θερμικής του ενέργειας και έπειτα επιστρέφει στην πηγή παραγωγής θερμότητας με μειωμένη θερμοκρασία.

Όταν ο φορέας θερμότητας είναι ο αέρας τότε χρησιμοποιούνται ειδικοί αεραγωγοί προσαγωγής οι οποίοι οδηγούν τον θερμαινόμενο αέρα στους χώρους θέρμανσης. Επιπλέον ένα ακόμα δίκτυο αεραγωγών απάγει από τον ή τους χώρους ή το περιβάλλον ή ακόμα ένα μείγμα νωπού αέρα και αέρα από τον χώρο οδηγείται στο σύστημα θέρμανσης. Στα συστήματα αυτά όπου είτε αντλούνται είτε απάγονται ποσότητες αέρα, χρησιμοποιούνται κατάλληλοι ανεμιστήρες.

2.1 Κριτήρια επιλογής συστημάτων θέρμανσης

Λόγω της συνεχόμενης αυξητικής τάσης ως προς την ανεύρεση του καλύτερου συστήματος θέρμανσης έχουν επηρεαστεί οι απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιηθούν για την κάλυψη της θερμικής άνεσης. Για το λόγο αυτό παρακάτω παρατίθενται οι ανάγκες που ικανοποιούν σε βέλτιστο βαθμό ένα αρκετά μεγάλο σύνολο ατόμων.

Συνεπώς μια εγκατάσταση θέρμανσης πρέπει να πληροί τις εξής προδιαγραφές:

- Να προσδίδει ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας στο χώρο (20-23 °C) με απόκλιση 1 °C
- Να μην επηρεάζεται η καθαρότητα και η περιεκτικότητα του αέρα σε οξυγόνο.
- Να είναι απλή και εύκολη σε χρήση και συντήρηση.
- Να επιτυγχάνει τις επιδιωκόμενες συνθήκες με χαμηλό λειτουργικό και κατασκευαστικό κόστος.
- Να μην περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό ο περιβάλλοντας χώρος.

2.1.1 Διάκριση των συστημάτων θέρμανσης

Τα συστήματα θερμάνσεως κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- Με κριτήριο των αριθμό των θερμαινόμενων χώρων διακρίνονται σε:
 - Μεμονωμένα ή αυτόνομα ή τοπικά
 - Κεντρικά συστήματα.
- Με κριτήριο το ήδος του καυσίμου, οι λέβητες διακρίνονται σε:
 - Πετρελαίου
 - Μαζούτ
 - Ανθρακίτη
 - Αερίου
 - Ηλεκτρικά κ.α
- Με κριτήριο το ήδος των θερμαντικών σωμάτων διακρίνονται σε:
 - Ζεστού νερού
 - Ατμού
 - Αέρα
 - Υπέρθερμου ατμού κ.α

Στην παρούσα εργασία θα επικεντρωθούμε και θα αναλύσουμε τις κατηγοριοποιήσεις των τοπικών και κεντρικών θερμάνσεων, συναρτήσει με το ήδος των θερμαντικών σωμάτων.

2.2 Τοπικά και Κεντρικά συστήματα θέρμανσης

Τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού είναι δαπανηρές εγκαταστάσεις τόσο ως προς την λειτουργία τους όσο και ως προς την εγκατάσταση τους. Έχει παρατηρηθεί ότι, μια εγκατάσταση η οποία είναι αρκετά καλά σχεδιασμένη και επιμελημένη είναι περισσότερο δαπανηρή, όμως προσφέρει υψηλότερη άνεση με σχετικά χαμηλό κόστος. Αντιθέτως μια εγκατάσταση μικρότερου κόστους, πρόχειρα σχεδιασμένη, προσδίδει λιγότερη άνεση και είναι περισσότερο δαπανηρή στην λειτουργία της.

2.2.1 Τοπικά συστήματα θέρμανσης

Όπως ήδη προαναφέρθηκε, στα τοπικά συστήματα θέρμανσης η εστία παραγωγής θερμότητας βρίσκεται εντός του χώρου τον οποίο πρόκειται να θερμάνει. Ο σκοπός αυτών των συστημάτων είναι να καλύψουν τις βασικές ανάγκες των ανθρώπων σε θέρμανση όταν κάνει αισθητό κρύο, χωρίς να απαιτείται η εγκατάσταση μεγαλύτερων συστημάτων.

Στα τοπικά συστήματα θέρμανσης υπάγονται:

- Ηλεκτρικές θερμάστρες / αερόθερμα.
- Τοπικοί θερμοσυσσωρευτές με πηγή την ηλεκτρική ενέργεια.
- Τζάκια (όλων των ειδών)
- Θερμάστρες ρευστών καυσίμων
- Αερόθερμα καύσεως πετρελαίου ή αερίου
- Αυτόνομες μονάδες

2.2.2 Κεντρικά συστήματα θέρμανσης

Τα κεντρικά συστήματα θέρμανσης απαρτίζουν ένα μεγάλο σύμπλεγμα εγκαταστάσεων όπου η παραγωγή ενέργειας προέρχεται από έναν κατάλληλο διαμορφωμένο χώρο (π.χ. λεβητοστάσιο) και η οποία μεταφέρεται στους χώρους που πρέπει να θερμανθούν με την χρήση κάποιου εργαζόμενου μέσου.

Αυτά τα οποία μπορούν να επιτευχθούν με την χρήση κεντρικών συστημάτων θέρμανσης είναι τα παρακάτω:

- Εξοικονόμηση χώρου σε σχέση με τις τοπικές μονάδες παραγωγής θερμότητας.
- Χρησιμοποίηση καλαίσθητων, αποδοτικότερων και μικρότερου μεγέθους θερμαντικών σωμάτων
- Αποθήκευση του καυσίμου σε ειδικό σημείο

Κάθε σύστημα που εφαρμόζεται έχει και την αρνητική του πλευρά εκτός από τα οφέλη που παρέχει. Βασικό μειονέκτημα των κεντρικών συστημάτων θέρμανσης είναι:

- Υψηλό κόστος κατασκευής της εγκατάστασης
- Παράλληλη αξιοποίηση του συστήματος από πολλούς χρήστες
- Αδυναμία στην κάλυψη των αναγκών σε διαφορετικές ώρες χρήσης.

Στα κεντρικά συστήματα θέρμανσης υπάγονται:

- Κεντρική θέρμανση με νερό.
- Κεντρική θέρμανση με αέρα.
- Κεντρική θέρμανση με αέριο, ατμό, ανανεώσιμες πηγές.
- Ενδοδαπέδια θέρμανση.
- Τηλεθέρμανση.
- Θέρμανση με δισωλήνιο σύστημα.
- Θέρμανση με μονοσωλήνιο σύστημα.
- Ηλεκτρική

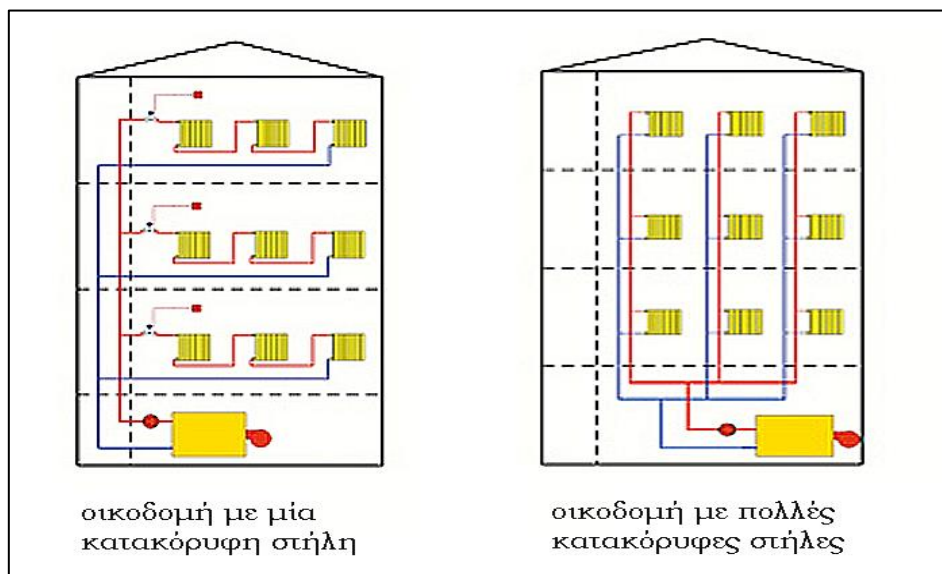
2.2.2.1 Κεντρική θέρμανση με νερό

Σε μια κλασική εγκατάσταση θέρμανσης με νερό η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία και πίεση είναι 110°C και 6 bar αντιστοίχως.

Οι κεντρικές θερμάνσεις με ζεστό νερό διακρίνονται σε:

- Θερμάνσεις με τοπικά σώματα
- Θερμάνσεις οροφής
- Θερμάνσεις δαπέδου
- Θερμάνσεις τοίχου

Στην χώρα μας δεν χρησιμοποιούνται οι περιπτώσεις οροφής και τοίχου, αν και τα τελευταία χρόνια σε πολλές κυρίως καινούργιες αλλά και σε υφιστάμενες κατασκευές γίνεται εφαρμογή αυτών των συστημάτων με ιδιαίτερη βάση στην θέρμανση οροφής.



Εικόνα 4 (πηγή : <https://www.aenaos-sa.gr>)

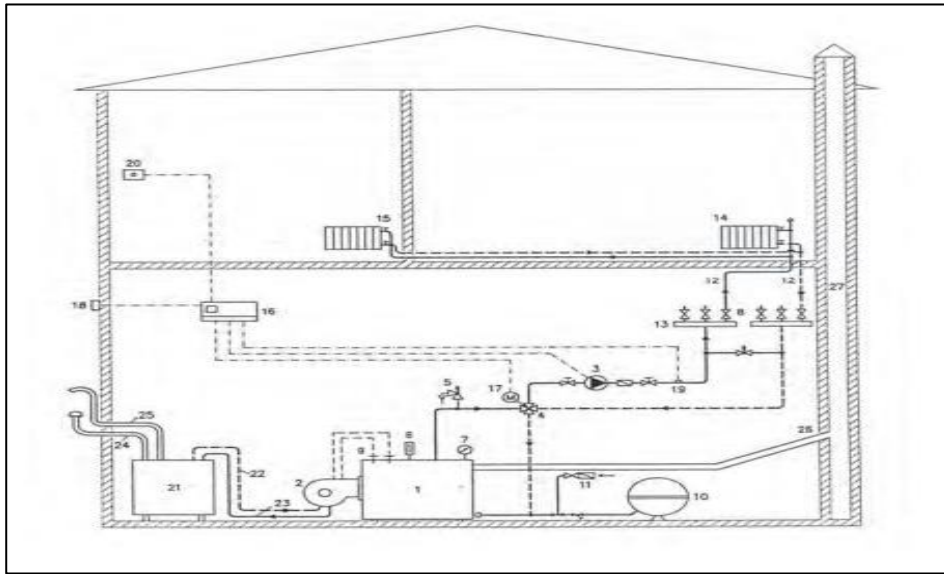


Εικόνα 5 Θερμάνσεις με τοπικά σώματα (πηγή: ΣΕΛΟΥΝΤΟΣ)

2.2.2.2 Κεντρική θέρμανση με αέρα

Η κεντρική θέρμανση με αέρα βασίζεται στην παραγωγή ζεστού αέρα από το λεβητοστάσιο ή κάποιον κεντρικό εναλλάκτη και έπειτα μέσω κατάλληλων αεραγωγών, ανεμιστήρων και στόμια εξόδου (σχισμής) κατάλληλης διατομής, προσάγεται ο αέρας στον ψυχόμενο χώρο.

Το σύστημα θέρμανσης με αέρα σε σύγκριση με του νερού, υπερτερεί στον χρόνο επίτευξης της επιθυμητής θερμοκρασίας ενός ψυχόμενου χώρου, όμως όσο γρήγορα βελτιώνονται οι εσωτερικές συνθήκες τόσο γρήγορα είναι και η μείωση της θερμοκρασίας όταν γίνει διακοπή της προσαγωγής του αέρα. Η θέρμανση με αέρα μπορεί να θεωρηθεί υποπερίπτωση του κεντρικού κλιματισμού και για αυτό θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο.



Εικόνα 6 Κεντρική θέρμανση με αέρα (πηγή <http://portal.tee.gr>)

2.2.2.3 Κεντρική θέρμανση με αέριο, ατμό, ανανεώσιμες πηγές

Μέχρι στιγμής τα συστήματα θέρμανσης με ζεστό νερό, αέρα και πηγές καυσίμου όπως το πετρέλαιο ή ο ηλεκτρισμός καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό των περιπτώσεων στην αγορά. Παρόλα αυτά υπάρχουν και άλλες εναλλακτικές μορφές συστημάτων θέρμανσης οι οποίες αναφέρονται παρακάτω.

- Κεντρική θέρμανση με τοπικές μονάδες αερίου
- Κεντρική θέρμανση με ατμό
- Κεντρική θέρμανση από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως:
 - Θέρμανση με ηλιακή ενέργεια
 - Θέρμανση με βιομάζα
 - Θέρμανση με γεωθερμία

2.2.2.4 Ενδοδαπέδια θέρμανση

Σε αυτή την περίπτωση έχουμε σύστημα θέρμανσης εντός της πλάκας με οφιοειδών σωληνώσεων διαμέτρου $\Phi 10mm$ με θερμοκρασία νερού 45-55 °C, που επιτυγχάνεται καλή θερμική επαφή με τα δομικά υλικά του δαπέδου το οποίο θερμαίνεται και μετατρέπεται σε θερμαντικό σώμα.



Εικόνα 7 Ενδοδαπέδια θέρμανση

2.2.2.5 Τηλεθέρμανση

Ένα εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης τα τελευταία χρόνια, έχει καθιερωθεί κυρίως από δήμους ή επιχειρήσεις, να είναι η τηλεθέρμανση. Η εγκατάσταση του συστήματος αυτού σε πολλές περιπτώσεις είναι σε αρκετά μακρινή απόσταση από τους χώρους θερμάνσεως. Το σύστημα της τηλεθέρμανσης έχει την δυνατότητα να θερμάνει ένα σύνολο κτηρίων ή ένα τμήμα μίας πόλης υποστηριζόμενο από έναν κεντρικό λέβητα απαρτιζόμενο από ένα ειδικό δίκτυο μονωμένων αγωγών.

Ένα σύστημα τηλεθέρμανσης συγκροτείται από τα εξής:

- Σταθμός παραγωγής θερμότητας μαζί με όλα τα παρελκόμενα (λέβητες, καυστήρες, σύστημα τροφοδοσίας και αποθήκευσης καυσίμου, καπνοδόχος, αντλίες κυκλοφορίας κλπ)
- Δίκτυο διανομής του θερμαινόμενου μέσου (νερό μεταφέρεται σε μονωμένους χαλύβδινους αγωγούς)
- Εσωτερικές εγκαταστάσεις θέρμανσης κτηρίων (δίκτυα σωληνώσεων, θερμοπομποί κτλ)
- Θερμικούς υποσταθμούς σύνδεσης των καταναλωτών, και επιτυγχάνουμε τα εξής:
 - Το ήδη θερμό νερό της τηλεθέρμανσης θερμαίνει το νερό του δικτύου των θερμαντικών σωμάτων (καλοριφέρ) του κτηρίου.
 - Αυτόματη ρύθμιση του νερού των θερμαντικών σωμάτων του κτηρίου σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κτηρίου.
 - Καταμέτρηση της κατανάλωσης του συγκεκριμένου κτηρίου
 - Επαναθέρμανση του νερού της επιστροφής στον κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας



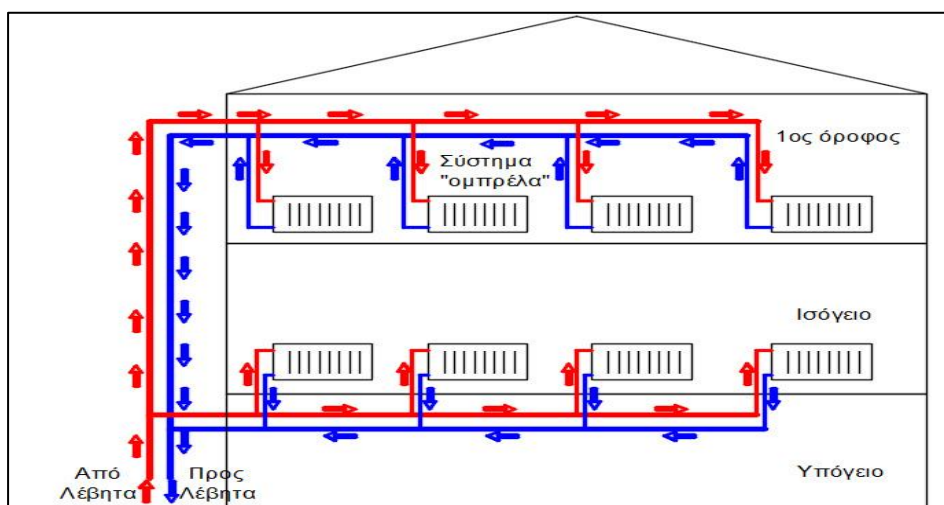
Εικόνα 8 Τηλεθέρμανση (πηγή: Μελέτη συστήματος τηλεθέρμανσης του ΕΑΚ Βόλου)

2.2.2.6 Κεντρική θέρμανση με δισωλήνιο σύστημα

Στο συγκεκριμένο σύστημα έχει την δυνατότητα να διαχωρίζει πλήρως τις σωληνώσεις προσαγωγής και επιστροφής του ζεστού νερού από την μονάδα παραγωγής θερμότητας (λέβητας). Η λειτουργία του δισωλήνιου συστήματος είναι η εξής: το ζεστό νερό αναχωρεί από τον λέβητα και οδηγείται προς όλα τα θερμαντικά σώματα και μέσω των σωμάτων αυτών στην έξοδο τους το νερό οδεύει προς τον σωλήνα επιστροφής και από εκεί προς στον λέβητα. Ουσιαστικά τα θερμαντικά σώματα λειτουργούν σαν γέφυρα ένωσης μεταξύ σωλήνα προσαγωγής και απαγωγής. Συνήθως το δισωλήνιο δίκτυο διαμορφώνει κυκλώματα "διπλής παράλληλης γραμμής" και "ίσης πτώσης πίεσεως".

Στα κυκλώματα διπλής παράλληλης γραμμής τα θερμαντικά σώματα συνδέονται με τον λέβητα με δύο σωλήνες (προσαγωγής-απαγωγής) και το σήμα κατατεθέν του συστήματος είναι ότι στα θερμαντικά σώματα ο σωλήνας προσαγωγής συνδέεται στο άνω μέρος με θερμοκρασία εισόδου περίπου (80-90 °C) ενώ της απαγωγής στο κάτω με θερμοκρασία εξόδου (65-75 °C).

Στα κυκλώματα ίσης πτώσης πίεσεως η προσαγωγή του ζεστού νερού γίνεται από έναν σωλήνα ενώ η επιστροφή έναν άλλο, ο οποίος οδεύει παράλληλα προς τον πρώτο, εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο την εξομίωση των διαδρομών του ζεστού νερού, πετυχαίνοντας έτσι καλύτερη ομοιομορφία στην θέρμανση αλλά με παραπάνω μήκος σωληνώσεων αυξάνοντας έτσι το κόστος της εγκατάστασης.



Εικόνα 9 Δισωλήνιο σύστημα (πηγή: <http://alltechsolutions.gr>)

2.2.2.7 Κεντρική θέρμανση με μονοσωλήνιο σύστημα

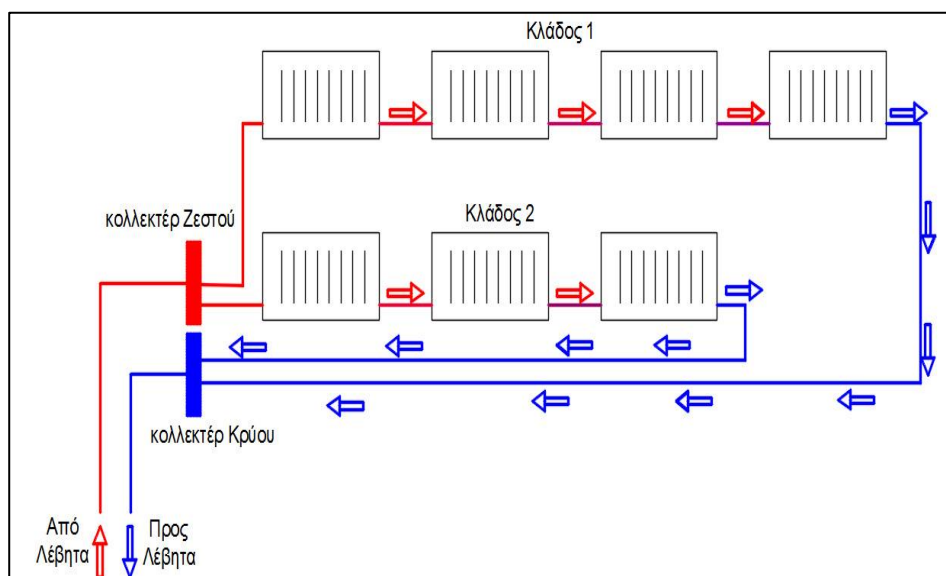
Το μονοσωλήνιο σύστημα διαφέρει από το δισωλήνιο ως προς τον αριθμό των αγωγών και τον τρόπο σύνδεσης των θερμαντικών σωμάτων. Μία τυπική διάταξη μονοσωλήνιου συστήματος περιλαμβάνει ένα μόνο ζεύγος κατακόρυφων αγωγών που τροφοδοτεί οριζόντια κυκλώματα σε κάθε όροφο.

Ο όρος κύκλωμα στο συγκεκριμένο σύστημα δηλώνει μια συγκεκριμένη διαδρομή περιλαμβάνοντας τον αγωγό προσαγωγής του ζεστού νερού, τα θερμαντικά σώματα και τον αγωγό επιστροφής. Στο κύκλωμα επίσης δίνεται η δυνατότητα να συμπεριληφθούν και όργανα ρυθμίσεως, διακόπτες, αυτοματισμοί κτλ.

Στον σωλήνα προσαγωγής διαρρέεται μια συγκεκριμένη παροχή νερού η οποία διέρχεται διαδοχικά από όλα τα θερμαντικά σώματα, παραδίδοντας σε κάθε σώμα και από ένα ποσοστό θερμότητας έχοντας σαν αποτέλεσμα την διαδοχική πτώση της θερμοκρασίας του.

Το μονοσωλήνιο σύστημα έναντι του δισωλήνιου έχει κάποια πλεονεκτήματα όπως:

- Απλούστερη διαδικασία σύνδεσης των θερμαντικών σωμάτων στα δίκτυα προσαγωγής και επιστροφής.
- Επιτυγχάνεται ευκολότερη, γρήγορη και ομοιόμορφη θέρμανση όλων των θερμαντικών σωμάτων, λόγω της μεγάλης ταχύτητας κυκλοφορίας του ζεστού νερού.
- Επιτυγχάνεται οικονομία του καυσίμου διότι η ταχύτητα κυκλοφορίας του ζεστού νερού επιτρέπει καλύτερη απόδοση.
- Υπάρχει ευελιξία ως προς την αυτονομία-ανεξαρτησία κάθε διαμερίσματος ή τμήματος αυτού.



Εικόνα 10 Μονοσωλήνιο σύστημα (πηγή: <http://alltechsolutions.gr>)

2.2.2.8 Κεντρική ηλεκτρική θέρμανση

Τα συστήματα αυτά που χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια μετατρέποντας την σε θερμική, βασίζονται στην χαμηλού κόστους ηλεκτρική ενέργεια έστω και για περιορισμένες χρονικές περιόδους. Έχουν επίσης την δυνατότητα να αποθηκεύουν την θερμική ενέργεια μέχρι και 15 ώρες αργότερα μέχρι να την αποδώσουν τις ώρες που επιθυμούν οι χρήστες.

Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Απλούστερες και φθηνότερες εγκαταστάσεις διότι απαλλασσόμαστε από λεβητοστάσια, καπνοδόχους, αποθήκες καυσίμων και δίκτυα σωληνώσεων.
- Καθαρότεροι χώροι λόγω αποφυγής των καυσαερίων μέσω της καύσης.
- Αυτονομία λειτουργίας
- Δίνεται η δυνατότητα εγκατάστασης και μετά την ολοκλήρωση της οικοδομής αλλά και σε υφιστάμενα κτήρια με προβληματική εγκατάσταση θέρμανσεως με νερό.

2.3 Συστήματα κλιματισμού

Με τον όρο κλιματισμό εννοούμε την διαδικασία με την οποία ελέγχουμε και ρυθμίζουμε (μέσα σε προκαθορισμένα όρια) τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα μέσα σε ένα χώρο ή σε ένα κτήριο. Η διαφορά ανάμεσα στην εγκατάσταση θέρμανσης και την εγκατάσταση κλιματισμού είναι ότι η μεν πρώτη έχει ως βασικό προορισμό τη θέρμανση του χώρου ή των χώρων ενός κτιρίου, ενώ η δεύτερη έχει ως προορισμό τη διατήρηση της κατάστασης του αέρα του χώρου των χώρων ενός κτιρίου μέσα σε ορισμένα πλαίσια ως προς τη θερμοκρασία, την υγρασία και την καθαρότητα

Ένα σύστημα κλιματισμού αποτελείται από μια σειρά συσκευών και εξαρτημάτων τα οποία επεξεργάζονται και διανέμουν τον αέρα (σύστημα κλιματισμού κεντρική μονάδα νερού-αέρα ή ψυκτικού μέσου-αέρα) ή χρησιμοποιούν ως μέσο μεταφοράς το νερό

Η βασική κατάταξη των συστημάτων κλιματισμού γίνεται με κριτήριο τον τρόπο και τα μέσα εκείνα που θα επιτύχουμε τις ιδανικές εσωτερικές συνθήκες ανέσεως στον κλιματιζόμενο χώρο.

2.3.1 Διάκριση των συστημάτων κλιματισμού

Προκειμένου να γίνει η κατηγοριοποίηση των συστημάτων κλιματισμού, λαμβάνεται υπόψιν η θέση και η απόσταση της μονάδας παραγωγής θερμότητας αλλά και η θέση και η έκταση των κλιματιζόμενων χώρων. Η κατάταξη των μονάδων κλιματισμού για τον κλιματιστικών εγκαταστάσεων, γίνεται με βάση το σκοπό που εξυπηρετεί, αλλά και με τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα συστήματα κλιματισμού διακρίνονται σε:

- Τοπικά συστήματα κλιματισμού
- Κεντρικά συστήματα κλιματισμού

Και στις δύο αυτές περιπτώσεις οι υποκατηγορίες των συστημάτων είναι ίδιες και είναι οι εξής:

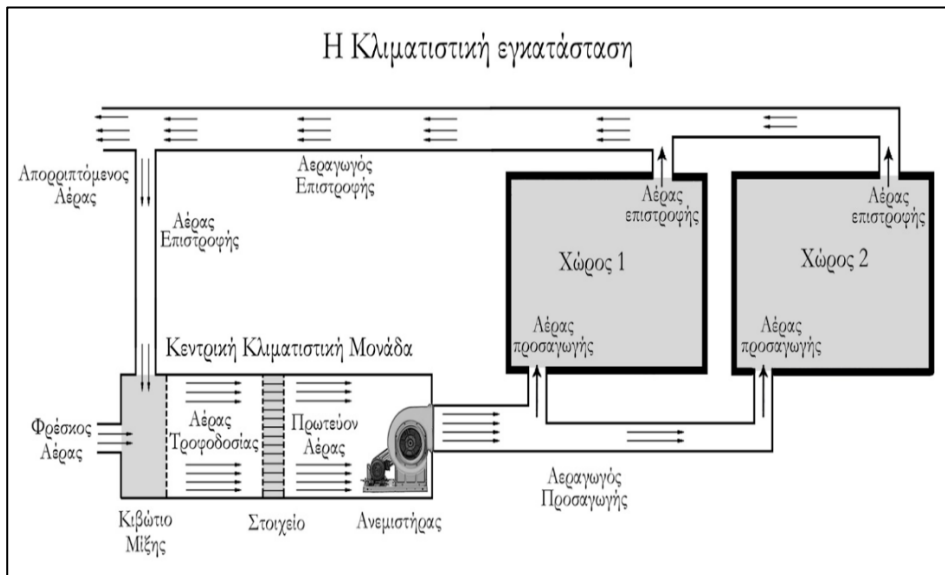
- Συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα
- Συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό
- Συστήματα κλιματισμού αέρα – νερού
- Συστήματα κλιματισμού ψυκτικού ρευστού – αέρα

2.3.1.1 Συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα

Το κύριο χαρακτηριστικό αυτών των μονάδων είναι ότι επεξεργάζονται σε κεντρικές μονάδες νωπό αέρα και αέρα ανακυκλοφορίας και οδηγούν κατάλληλη ποσότητα αέρα μέσω δικτύου αεραγωγών στον κλιματιζόμενο χώρο. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται δύο υποκατηγορίες:

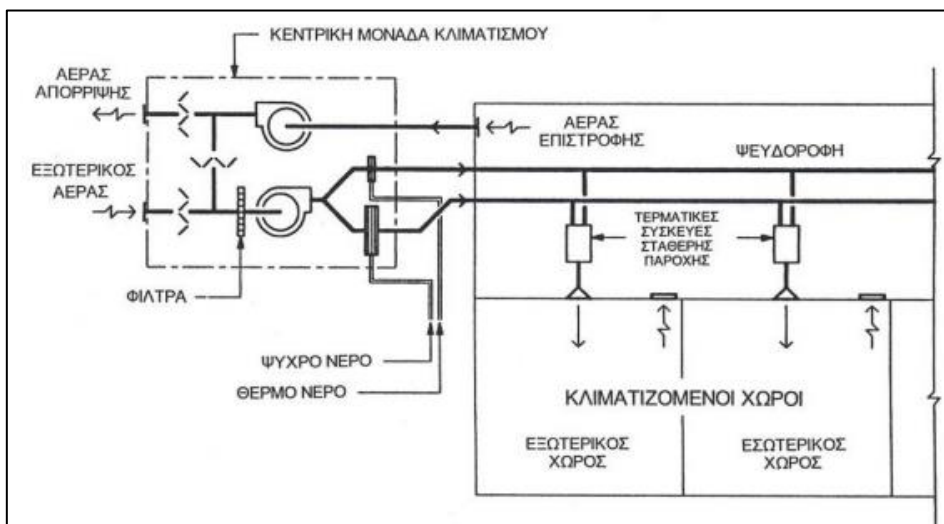
- Σύστημα μονής διαδρομής ή μονοβάθμια
- Σύστημα διπλής διαδρομής ή διβάθμια

Στα μονοβάθμια συστήματα όλες οι επεξεργασίες του αέρα γίνονται στον χώρο του μηχανοστασίου. Τα στοιχεία-εναλλάκτες είτε της ψύξης είτε της θέρμανσης του αέρα προσαγωγής βρίσκονται σε σειρά και χρησιμοποιείται ένα δίκτυο αεραγωγών που καταλήγει στα στόμια ή τις τερματικές συσκευές.



Εικόνα 11 Μονοβάθμια κλιματιστική μονάδα (πηγή: <http://themesofschool.blogspot.com>)

Στα διβάθμια συστήματα οι εναλλάκτες ψύξης και θέρμανσης βρίσκονται σε παράλληλη διάταξη μεταξύ τους ως προς την ροή του αέρα και για την διανομή του αέρα χρησιμοποιούν, πρώτον ένα διπλό δίκτυο αεραγωγών ένα του ψυχρού και ένα του θερμού ρεύματος μέχρι τις τερματικές συσκευές που βρίσκονται στους κλιματιζόμενους χώρους και δεύτερον ένα ξεχωριστό δίκτυο αεραγωγών απαγωγής για κάθε ζώνη αφού εκ των προτέρων έχει ήδη γίνει η ανάμιξη ψυχρού και θερμού αέρα στις κατάλληλες αναλογίες.



Εικόνα 12 Διβάθμια κλιματιστική μονάδα (πηγή: Α.Π.Θ Συστήματα κλιματισμού)

Επιπλέον στα μονοβάθμια συστήματα εντάσσονται και οι παρακάτω υποκατηγορίες οι οποίες είναι:

- Συστήματα μονού αγωγού, σταθερής παροχής
- Συστήματα μονού αγωγού, με αναθέρμανση
- Συστήματα μονού αγωγού, μεταβαλλόμενης παροχής

Επιπλέον στα διβάθμια συστήματα εντάσσονται και οι παρακάτω υποκατηγορίες οι οποίες είναι:

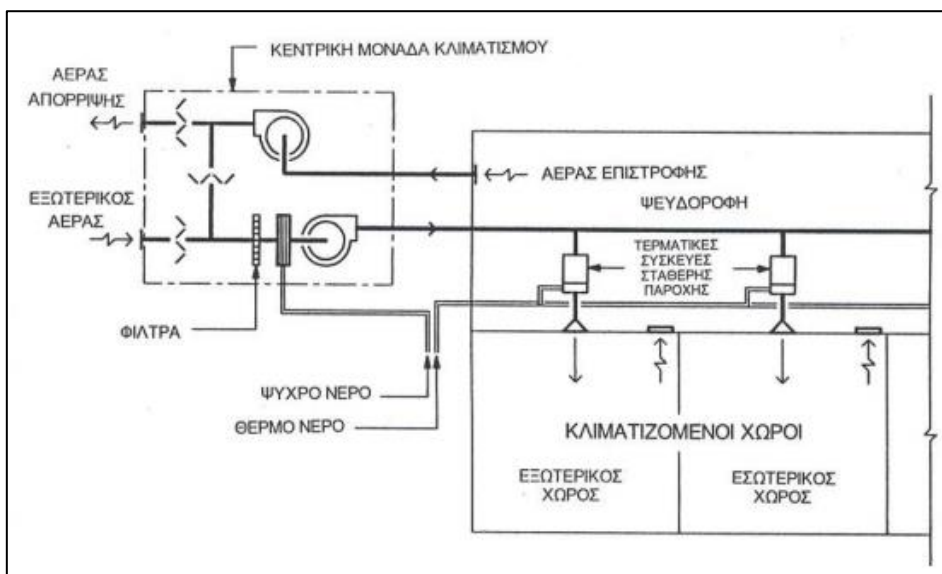
- Πολυζωνικά συστήματα
- Συστήματα διπλού αγωγού (σταθερής ή μεταβαλλόμενης παροχής)

2.3.1.1.1 Συστήματα μονού αγωγού σταθερής παροχής

Το σύστημα αυτό είναι το πιο απλούστερο και μπορεί να εξυπηρετήσει μία ομάδα κλιματικών ζωνών με όμοιες απαιτήσεις. Η προσαγόμενη ποσότητα αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο είναι σταθερή και δεδομένη. Για την προσαρμογή του αέρα (εργαζόμενου μέσου) στις θερμικές ανέσεις γίνεται μεταβολή στην θερμοκρασία του προσαγόμενου αέρα. Βασικό πλεονέκτημα του συστήματος αυτού είναι η φθηνή και απλή κατασκευή του όμως το μειονέκτημα του είναι η αδυναμία του συστήματος να διαφοροποιήσει την παροχή θερμότητας ανάλογα με τις ανάγκες του εκάστοτε χώρου.

2.3.1.1.2 Συστήματα μονού αγωγού με αναθέρμανση

Στο σύστημα αυτό η παροχή αέρα διατηρείται σταθερή ενώ παράλληλα δίνεται η δυνατότητα προσθήκης θερμότητας τοπικά είτε στον αγωγό προσαγωγής αέρα κάθε κλιματιζόμενης ζώνης, είτε σε κατάλληλη τερματική μονάδα. Η προσθήκη θερμότητας γίνεται με νερό, ατμό ή ηλεκτρικό στοιχείο. Επίσης το σύστημα έχει την δυνατότητα να ρυθμίζει θερμοκρασία και υγρασία κάθε ζώνης όμως σαν μειονέκτημα έχει πολύ υψηλό κόστος λειτουργίας.



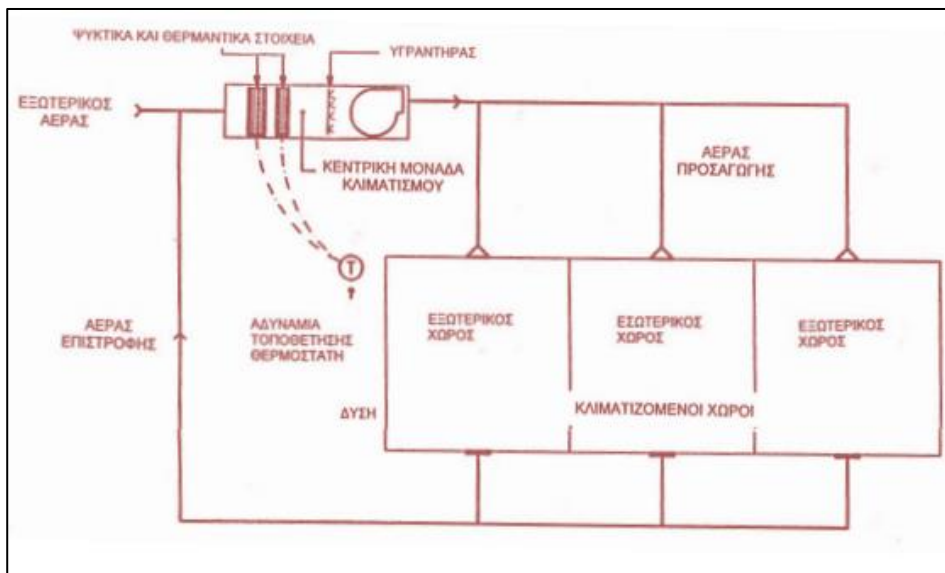
Εικόνα 13 Σύστημα μονού αγωγού με αναθέρμανση (πηγή: Α.Π.Θ Συστήματα κλιματισμού)

2.3.1.1.3 Συστήματα μονού αγωγού μεταβαλλόμενης παροχής

Τα συστήματα μεταβαλλόμενης παροχής έχουν την δυνατότητα να εξυπηρετήσουν πολλές ζώνες και μπορούν να υποστούν αρκετές παραλλαγές. Εκείνο που ξεχωρίζει τα συστήματα αυτά είναι ότι ενώ μεταβάλλεται η παροχή η θερμοκρασία παραμένει σταθερή με σκοπό να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις του εκάστοτε χώρου. Οι αλλαγές μπορούν να επιτευχθούν στην συνολική παροχή, στην παροχή μίας ή περισσότερων ζωνών είτε και τα δύο ταυτόχρονα.

2.3.1.1.4 Πολυζωνικά συστήματα

Τα πολυζωνικά συστήματα σύμφωνα με τις ανάγκες των ζωνών χρήσης έχουν την δυνατότητα να διατηρούν σταθερή την παροχή και να μεταβάλλουν την θερμοκρασία. Η κεντρική κλιματιστική μονάδα διαθέτει τα στοιχεία ψύξης και θέρμανσης σε παράλληλη διάταξη ως προς την ροή του αέρα και περιλαμβάνει ένα θάλαμο ψυχρού και θερμού αέρα και ένα ζεύγος διαφράγματος αναμίξεως για κάθε ζώνη. Σε κάθε ζώνη υπάρχει θερμοστάτης που ελέγχει τα διαφράγματα αναμίξεως και σύμφωνα με τις απαιτήσεις του χώρου, γίνεται ή πρόσδοση της απαιτούμενης παροχής αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο. Το σύστημα αυτό εφαρμόζεται σε κτήρια με περιορισμένο αριθμό ζωνών και έχει την δυνατότητα να εξυπηρετεί ταυτόχρονα ανάγκες σε θέρμανση και ψύξη.



Εικόνα 14 Πολυζωνικά συστήματα κλιματισμού (πηγή: Α.Π.Θ Συστήματα κλιματισμού)

2.3.1.1.5 Συστήματα διπλού αγωγού σταθερής ή μεταβαλλόμενης παροχής

Στα συστήματα κλιματισμού με δύο αεραγωγούς εντός των κεντρικών μονάδων κλιματισμού εμπεριέχονται τα θερμαντικά και ψυκτικά στοιχεία σε παράλληλη διάταξη ως προς την ροή του αέρα. Ο αέρας που διέρχεται από αυτά τα στοιχεία διανέμεται σε δύο παράλληλους αεραγωγούς εκ των οποίων ο ένας μεταφέρει ψυχρό και άλλος θερμό αέρα και σε κάθε ζώνη κατάλληλες ποσότητες ψυχρού και θερμού αέρα αναμιγνύονται σύμφωνα με τους θερμοστάτες χώρου. Από τα κιβώτια αναμίξεως ο κλιματιζόμενος αέρας διανέμεται στους χώρους μέσω κατάλληλων στομιών προσαγωγής.

Η βασική λειτουργία αυτού του συστήματος είναι το σύστημα σταθερής παροχής αέρα, όπου σε κάθε κιβώτιο αναμίξεως υπάρχει ρυθμιστής σταθερής παροχής αλλιώς σε κάθε άλλη περίπτωση υπάρχει κίνδυνος μεταβολής της στατικής πίεσης.

Παραλλαγή του συστήματος αυτού είναι το σύστημα μεταβλητής παροχής, όπου ο έλεγχος της θερμοκρασίας για κάθε ζώνη επιτυγχάνεται συνδυαστικά με την μείωση της παροχής του αέρα και της αναμίξεως ψυχρού και θερμού αέρα.

Τα συστήματα διπλών αεραγωγών είναι κατάλληλα για ένα μεγάλο αριθμό ζωνών.

2.3.1.2 Σύστημα κλιματισμού μόνο με νερό

Τα συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό είναι τα συστήματα που έχουν ως τερματικές μονάδες τοπικές συσκευές ανεμιστήρα στοιχείου γνωστές ως fan coils. Πρόκειται για κεντρικά συστήματα κλιματισμού που η διανομή του θερμού/ψυχρού νερού γίνεται από μία κεντρική εγκατάσταση. Τα συστήματα αυτά επιτυγχάνουν την ψύξη ή θέρμανση του κλιματιζόμενου χώρου, διανέμοντας στις τερματικές μονάδες ψυχρό ή θερμό νερό το οποίο επεξεργάζεται στην κεντρική κλιματιστική συσκευή.

2.3.1.3 Σύστημα κλιματισμού αέρα – νερού

Τα συστήματα αυτά είναι κεντρικά συστήματα κλιματισμού και μπορούν να εξυπηρετήσουν έναν απεριόριστο αριθμό ζωνών και ταυτόχρονα την κάλυψη διαφορετικών αναγκών τόσο σε θέρμανση όσο και σε ψύξη. Έχουν την δυνατότητα να συνδυάσουν τα συστήματα μόνο με αέρα και μόνο με νερό. Προκειμένου να επιτύχουμε τις επιθυμητές συνθήκες άνεσης μέσω του αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο, από τις κεντρικές μονάδες παρέχεται νερό και επεξεργασμένος αέρας. Ο επεξεργασμένος αέρας που προσάγεται στους χώρους αναλαμβάνει να καλύψει τις ανάγκες του αερισμού του χώρου και ένα μέρος του θερμικού φορτίου. Οι τελικές εσωτερικές συνθήκες διαμορφώνονται από τερματική μονάδα η οποία τροφοδοτείται με νερό.

2.3.1.4 Συστήματα κλιματισμού ψυκτικού ρευστού – αέρα

Τα τελευταία χρόνια στον χώρο του κλιματισμού έχουν εμφανιστεί νέα συστήματα στα οποία το ψυκτικό ρευστό οδηγείται μέχρι τις τερματικές μονάδες αντί του θερμού ή ψυχρού νερού, ουσιαστικά οι τερματικές μονάδες διαθέτουν εναλλάκτες ψυκτικού ρευστού - αέρα .

Μερικές ενδεικτικές εφαρμογές των συστημάτων αυτών είναι :

- VRV (variable refrigerant volume)
- VRF (variable refrigerant flow)
- VAV (variable air volume)

3. Εισαγωγή στο λογισμικό προσομοίωσης DesignBuilder

3.1 Γενικά χαρακτηριστικά του λογισμικού

Το λογισμικό DesignBuilder αποτελεί για τους μηχανικούς είτε σε ακαδημαϊκό επίπεδο είτε κυρίως σε επαγγελματικό ένα υπερσύγχρονο εργαλείο μοντελοποίησης και προσομοίωσης, το οποίο δίνει την δυνατότητα στον χρήστη μέσα από ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και κατάλληλου σχεδιασμού, να επιτύχει την βέλτιστη και απαιτούμενη ενεργειακή απόδοση του, την βέλτιστη θερμική άνεση εντός των θερμικών ζωνών του κτηρίου εφαρμόζοντας τους νόμους της υπολογιστικής ρευστομηχανικής, ακολουθώντας ρητά τα διεθνή πρότυπα κατά LEED & BREEAM.

Τα εργαλεία του DesignBuilder σου επιτρέπουν να εργαστείς σε ένα ποικίλο εύρος εφαρμογών, τα οποία βασίζονται στο ίδιο μοντέλο προσομοίωσης. Μερικοί βασικοί δείκτες απόδοσης όπως η χρήση ενέργειας, οι εκπομπές CO₂, τα επίπεδα θερμικής άνεσης, τα επίπεδα σκιασμού λόγω ηλιακής ακτινοβολίας, η ροή του αέρα εντός του κτηρίου συμβάλουν καθοριστικά στη διαδικασία σχεδιασμού και στο αποτέλεσμα της ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου, είτε αναφερόμαστε σε φυσικά αεριζόμενα κτήρια είτε σε κλιματιζόμενα. Το λογισμικό με την χρήση των εργαλείων που διαθέτει, εξάγει ένα ευρύ φάσμα αποτελεσμάτων, δίνοντας με αυτόν τον τρόπο την δυνατότητα σύγκρισης διαφορετικών εναλλακτικών λύσεων. Επιπλέον έχει την ικανότητα να μοντελοποιεί ακόμη και σύνθετα κτήρια σε ελάχιστο χρόνο και να βελτιστοποιεί το κτήριο σε οποιοδήποτε στάδιο της μελέτης. Το DesignBuilder αναπτύχθηκε γύρω από το EnergyPlus και χρησιμοποιεί στο υπόβαθρο του την δυναμική προσομοίωση του με σκοπό την δημιουργία αποτελεσμάτων ενεργειακής απόδοσης.

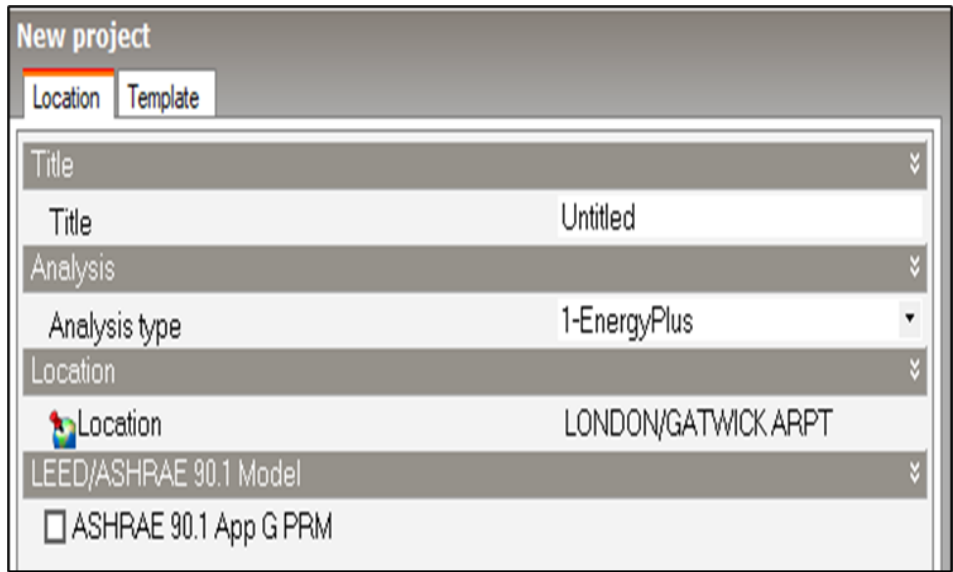
Το EnergyPlus είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα (open source) που αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α αποσκοπώντας στην προσομοίωση και την ενεργειακή ανάλυση κτηρίων. Βασιζόμενο στην αναλυτική περιγραφή από τον χρήστη των γεωμετρικών και δομικών χαρακτηριστικών του κτηρίου, των συστημάτων θέρμανσης- ψύξης και κλιματισμού (HVAC Systems- Heating Ventilation and Air-condition Systems), των μηχανολογικών εγκαταστάσεων και των κλιματολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής που βρίσκεται το κτήριο, το EnergyPlus έχει τη δυνατότητα υπολογισμού πληθώρας αποτελεσμάτων (τα οποία ορίζονται και αυτά από το χρήστη) όπως η ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου, τα θερμικά και ψυκτικά φορτία που απαιτούνται για να καλυφθούν οι θερμικές και ψυκτικές απαιτήσεις του κτηρίου κ.λπ. Τα αποτελέσματα αυτά βοηθούν το χρήστη ώστε να πάρει αποφάσεις και να λάβει συγκεκριμένα μέτρα για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτηρίου και την αποφυγή κατασπατάλησης ενέργειας.

Για τις ανάγκες της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε η έκδοση v.7.0.1.006

3.2 Εισαγωγή δεδομένων στο DesignBuilder

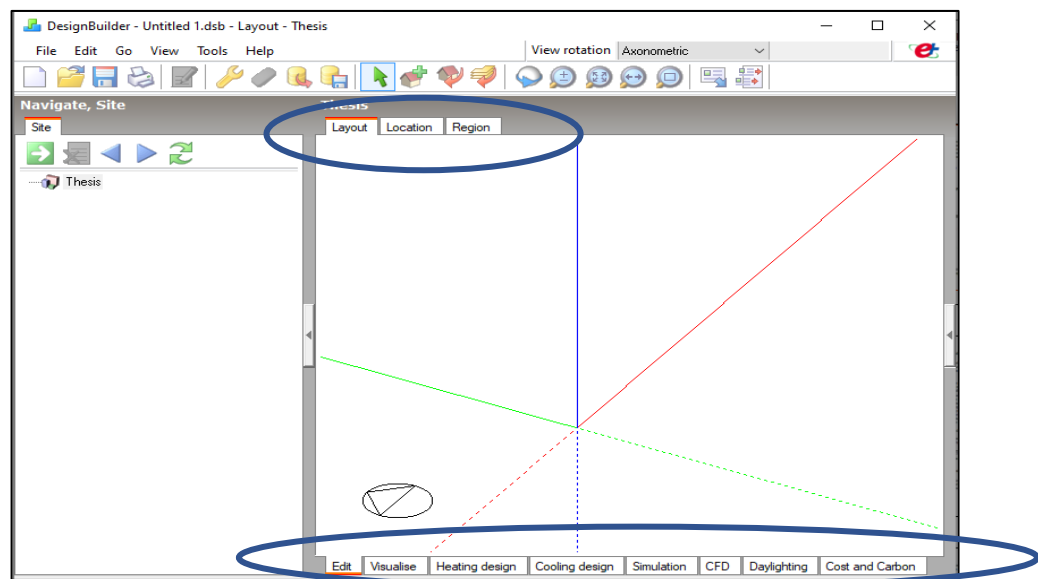
Η χρήση του προγράμματος ξεκινάει με την ανάγνωση σύντομων οδηγιών που υπάρχουν κατά την εκκίνηση του και δίνουν ορισμένες σημαντικές συμβουλές για τον τρόπο χρήσης του. Τα δεδομένα εισαγωγής τα οποία απαιτούνται από το λογισμικό με σκοπό την ομαλή έναρξη του και εν συνεχεία την σωστή προσομοίωση του έχουν ως εξής:

Αρχικό στάδιο είναι ο προσδιορισμός της τοποθεσίας στην οποία θα πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη μελέτη, ο οδηγός προσομοίωσής με τον οποίο θα επιτευχθούν όλες οι προσομοιώσεις (στην περίπτωση μας είναι το EnergyPlus) και το πρότυπο στο οποίο θα βασισθεί η μελέτη (στην περίπτωση μας η TOTEE)



Εικόνα 15 Εισαγωγή δεδομένων έναρξης προγράμματος

Στο επόμενο βήμα, εμφανίζεται το γραφικό περιβάλλον σχεδίασης, όπου δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη είτε να σχεδιάσει ένα κτήριο από την αρχή είτε να εισάγει κάτοψη σχεδίου σε κατάλληλη μορφή ανάγνωσης από το πρόγραμμα.



Εικόνα 16 Γραφικό περιβάλλον σχεδίασης

Στην συνέχεια όπως φαίνεται και στην εικόνα 13 εμφανίζονται ορισμένες καρτέλες στις οποίες θα πρέπει να δηλωθούν τα απαραίτητα στοιχεία τα οποία θα συμβάλουν στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

- **Location:** Στην καρτέλα αυτή γίνεται ο ακριβής προσδιορισμός του τόπου εγκατάστασης του κτηρίου προκειμένου να εισαχθούν το γεωγραφικό πλάτος και μήκος της περιοχής και δηλώνεται η κλιματική ζώνη της περιοχής αυτής (στην περίπτωση μας ακολουθούμε το πρότυπο της TOTEE όμως σε αυτό το σημείο εισάγουμε στο λογισμικό την αντίστοιχη κατηγορία κατά ASHRAE). Έπειτα δηλώνεται η ζώνη ώρας της χώρας αυτής και τέλος εισάγουμε τα κλιματικά δεδομένα. Όλα αυτά τα στοιχεία θα ωφελήσουν στην τελική κατάταξη της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηρίου.
- **Region:** Στην καρτέλα αυτή γίνεται ο προσδιορισμός του καυσίμου και των προτύπων (Standards) που θα ακολουθηθούν σχετικά με κάποια τυπικά στοιχεία του κτηρίου.

Μόλις ολοκληρωθεί η οριστικοποίηση των παραπάνω δεδομένων, μπορούμε πλέον να προχωρήσουμε στο σχεδιασμό του κτηρίου όπου και εκεί θα απαιτηθεί μία σειρά ενεργειών καθορισμού των δομικών στοιχείων και του συστήματος θέρμανσης και κλιματισμού, όπως φαίνεται στην εικόνα 14.



Εικόνα 17 Καρτέλες εισαγωγής δεδομένων στο περιβάλλον του DesignBuilder

ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ

- **Activity:** Στην καρτέλα αυτή προσδιορίζεται η δραστηριότητα του συνολικού κτηρίου αλλά και του κάθε χώρου αντίστοιχα, ο συνολικός πληθυσμός που ενδεχομένως θα παρευρίσκεται στους εκάστοτε χώρους αλλά και σύμφωνα με την TOTEE-20701-1 δηλώνουμε κάποια στοιχεία καταναλώσεων όπως: κατανάλωση για Ζ.Ν.Χ, ισχύς λόγω ηλεκτρικών συσκευών κ.α
- **Construction:** Στην καρτέλα αυτή γίνεται η διαμόρφωση και η επιλογή των δομικών στοιχείων του κτηρίου όπως: εξωτερικοί-εσωτερικοί τοίχοι, δάπεδα, οροφές.
- **Openings:** γίνεται η επιλογή όλων των ανοιγμάτων όπως: υαλοπίνακες, κουφώματα, πόρτες κ.α
- **Lighting:** γίνεται ο προσδιορισμός του είδους φωτισμού στο κτήριο και της ισχύς ανά m² κατανάλωσης.
- **HVAC:** γίνεται ο προσδιορισμός του συστήματος θέρμανσης-κλιματισμού.

Εφόσον οριστικοποιηθούν και τα παραπάνω δεδομένα, έχοντας σχεδιάσει το κτήριο, πλέον δίνεται η δυνατότητα εξαγωγής των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης από τις αντίστοιχες καρτέλες όπως στην εικόνα 15 και οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικόνα 18 Καρτέλες εξαγωγής αποτελεσμάτων

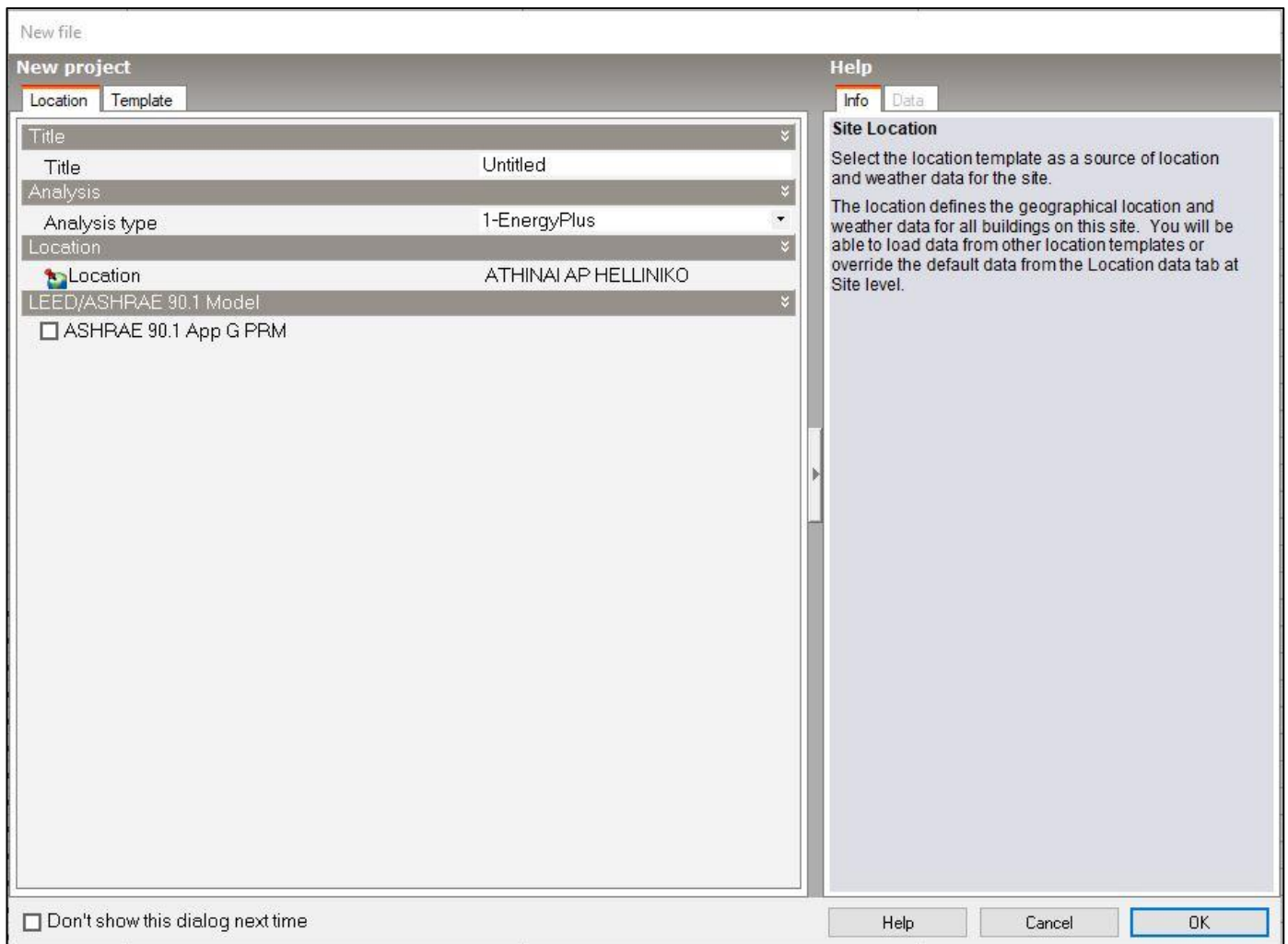
- **Edit:** Πρόκειται για την βασική καρτέλα στην οποία ο χρήστης έχει την δυνατότητα της οπτικής επαφής με το μοντέλο κτηρίου το οποίο μελετάει.
- **Visualize:** Στην καρτέλα αυτή απεικονίζεται το μοντέλο του κτηρίου σε τρισδιάστατη μορφή
- **Heating design:** Εδώ παρουσιάζονται οι θερμικές απώλειες του κτηρίου, οι οποίες υποδηλώνουν τις απαιτούμενες ανάγκες για θέρμανση.
- **Cooling design:** Εδώ παρουσιάζονται οι ψυκτικές απώλειες του κτηρίου, οι οποίες υποδηλώνουν τις απαιτούμενες ανάγκες για κλιματισμό.

- Simulation: Στην καρτέλα αυτή γίνεται η εξαγωγή όλων των αποτελεσμάτων που συμβάλουν στην τελική ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου.
- CFD: Στην καρτέλα αυτή διενεργούνται προσομοιώσεις όσο αφορά την ρο του αέρα τόσο στο εσωτερικό του κτηρίου όσο και στο εξωτερικό του κελυφος, λαμβάνοντας υπόψιν ορισμένες συνοριακές συνθήκες.
- Daylighting: Στην καρτέλα αυτή γίνονται κάποιιοι υπολογισμοί σχετικά με τον φυσικό φωτισμό στο κτήριο.
- Cost and Carbon: Στην καρτέλα αυτή παρέχονται πληροφορίες σχετικά με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂.

3.3 Ενδεικτικά παραδείγματα σχεδιασμού και επιλογής συστημάτων

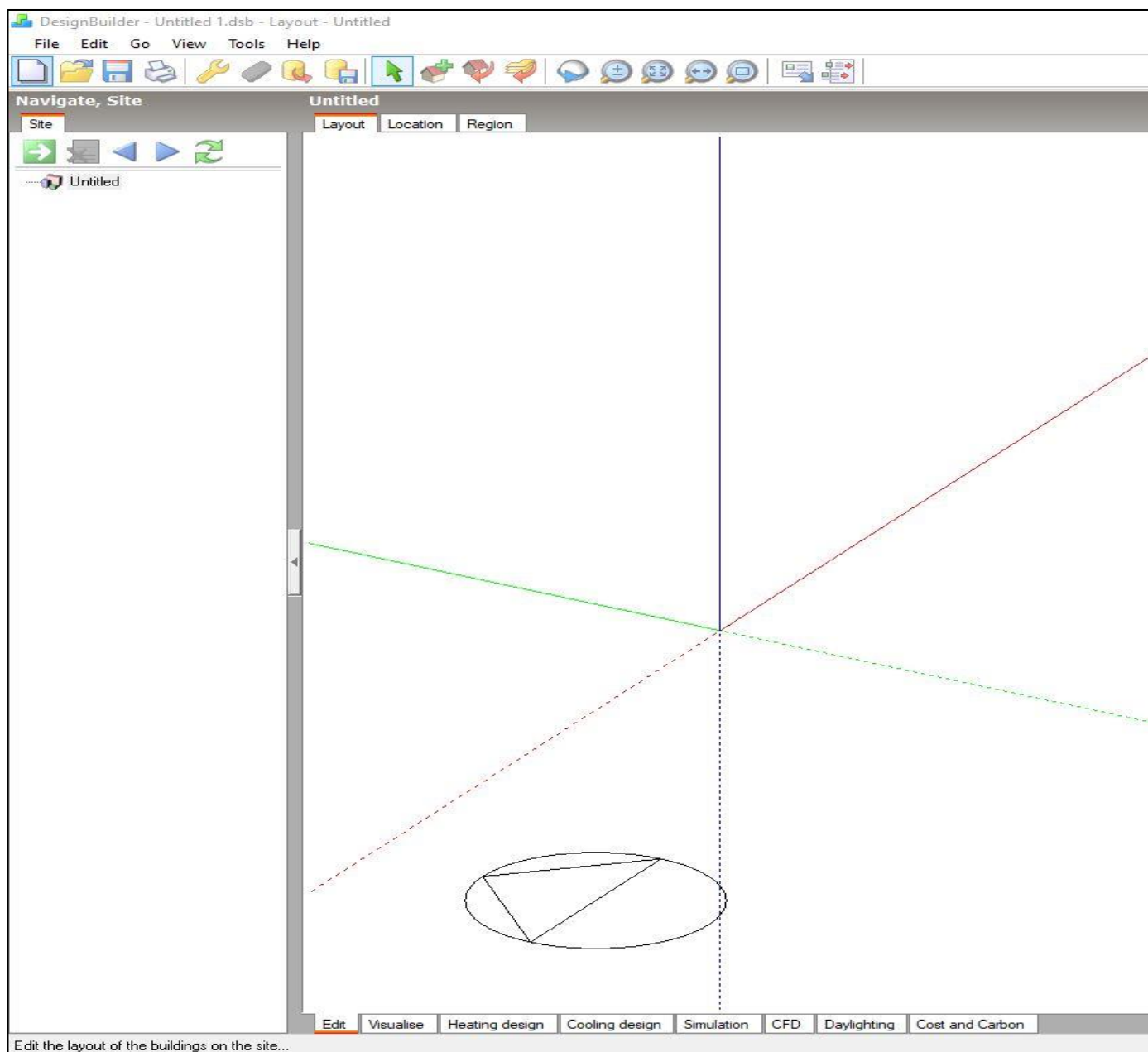
Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιασθεί με εικόνες και λόγια ένας ενδεικτικός τρόπος σχεδίασης στο DesignBuilder βάση του οποίου έγινε και ο σχεδιασμός του κτηρίου που μελετήθηκε στην παρούσα εργασία. Επίσης σε επόμενο βήμα θα γίνει ενδεικτική αναφορά σε κάποια σενάρια ως προς το είδος των συστημάτων που επιλέχθηκαν.

Στην εικόνα 19 εμφανίζεται ένα menu βάση του οποίου ξεκινάει το λογισμικό και στις αντίστοιχες επιλογές εισάγουμε τα δεδομένα πάνω στα οποία θα στηριχθούν οι προσημειώσεις του λογισμικού.



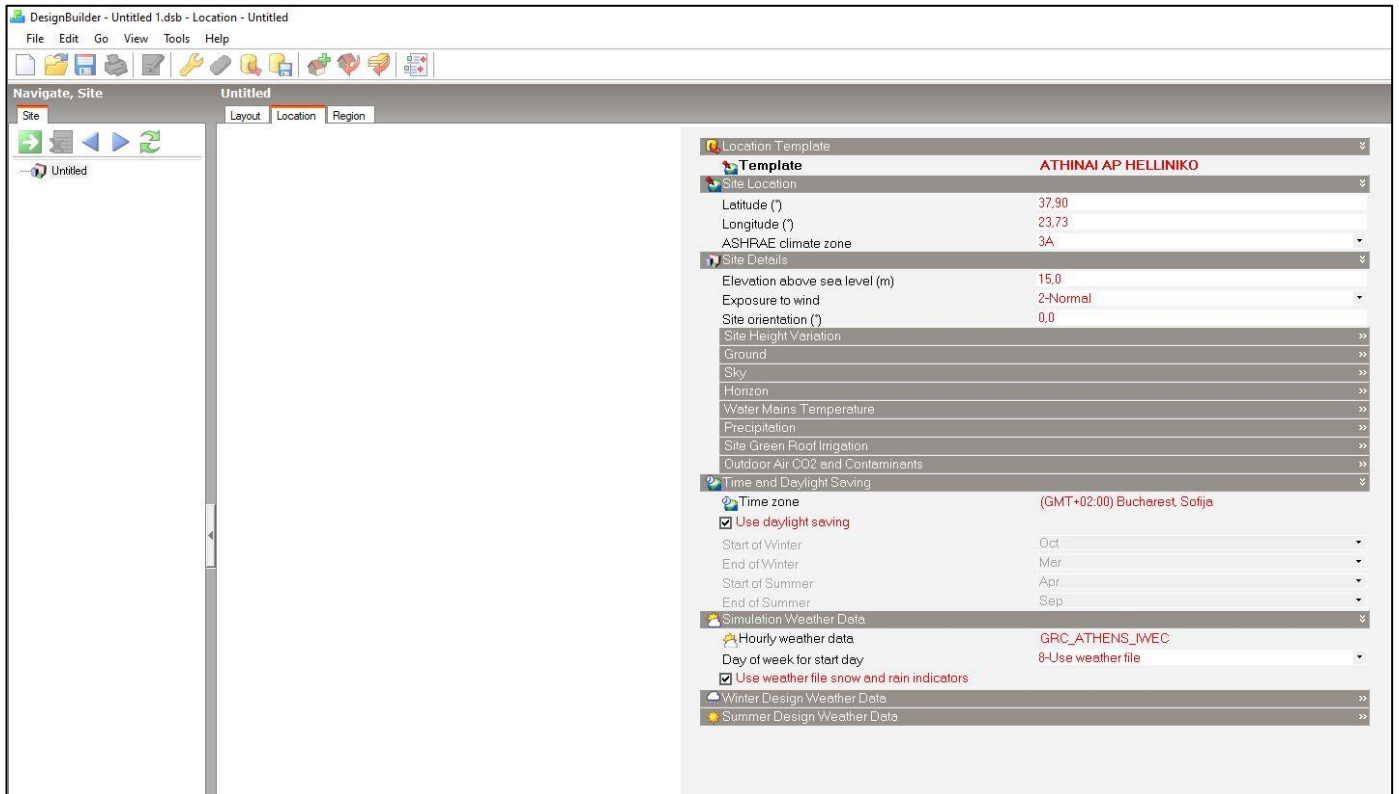
Εικόνα 19 Νέο έργο

Στην εικόνα 20 εμφανίζεται το γραφικό περιβάλλον σχεδίασης ως το επόμενο βήμα από την εισαγωγή δεδομένων. Στα αριστερά την εικόνας εμφανίζεται ένα εικονίδιο με όνομα untitled το οποίο υποδηλώνει και το όνομα του κτηρίου. Στην συγκεκριμένη εικόνα μίας και δεν εισάγαμε κανονικά δεδομένα και είναι απλώς ο τρόπος σχεδιασμού το πρόγραμμα θα δηλώνει ονόματα και τιμές by default.

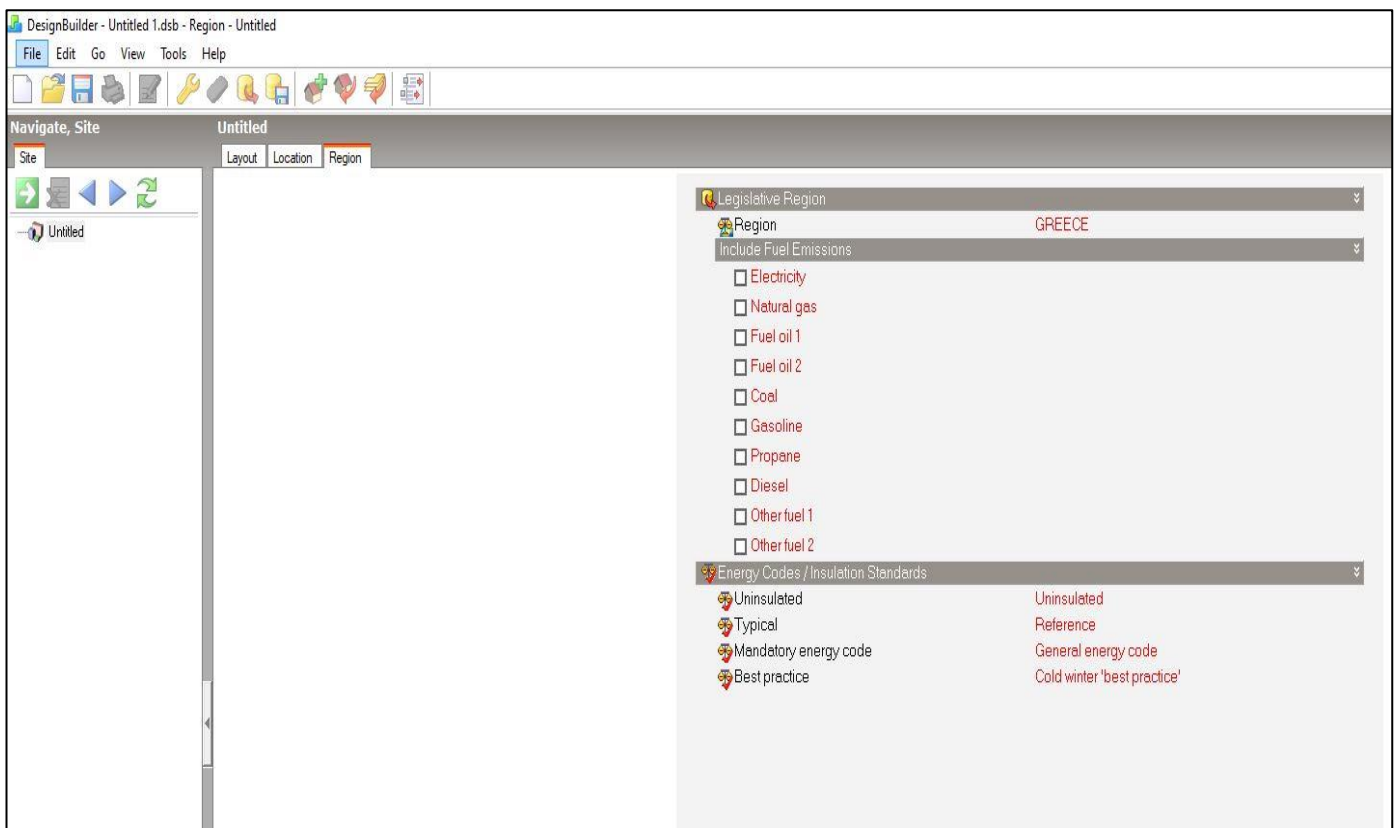


Εικόνα 20 Κεντρικό μενού

Στις εικόνες 21 & 22 από τις καρτέλες Location και Region όπως εμφανίζονται στο κεντρικό γραφικό περιβάλλον σχεδίασης εισάγουμε όλα εκείνα τα δεδομένα όπως: τοποθεσία κτηρίου προκειμένου να ληφθεί το γεωγραφικό πλάτος και μήκος, κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκεται το κτήριο, η ώρα της γεωγραφικής ζώνης, μετεωρολογικά δεδομένα, είδος καυσίμου που θα αξιοποιηθεί κτλ.

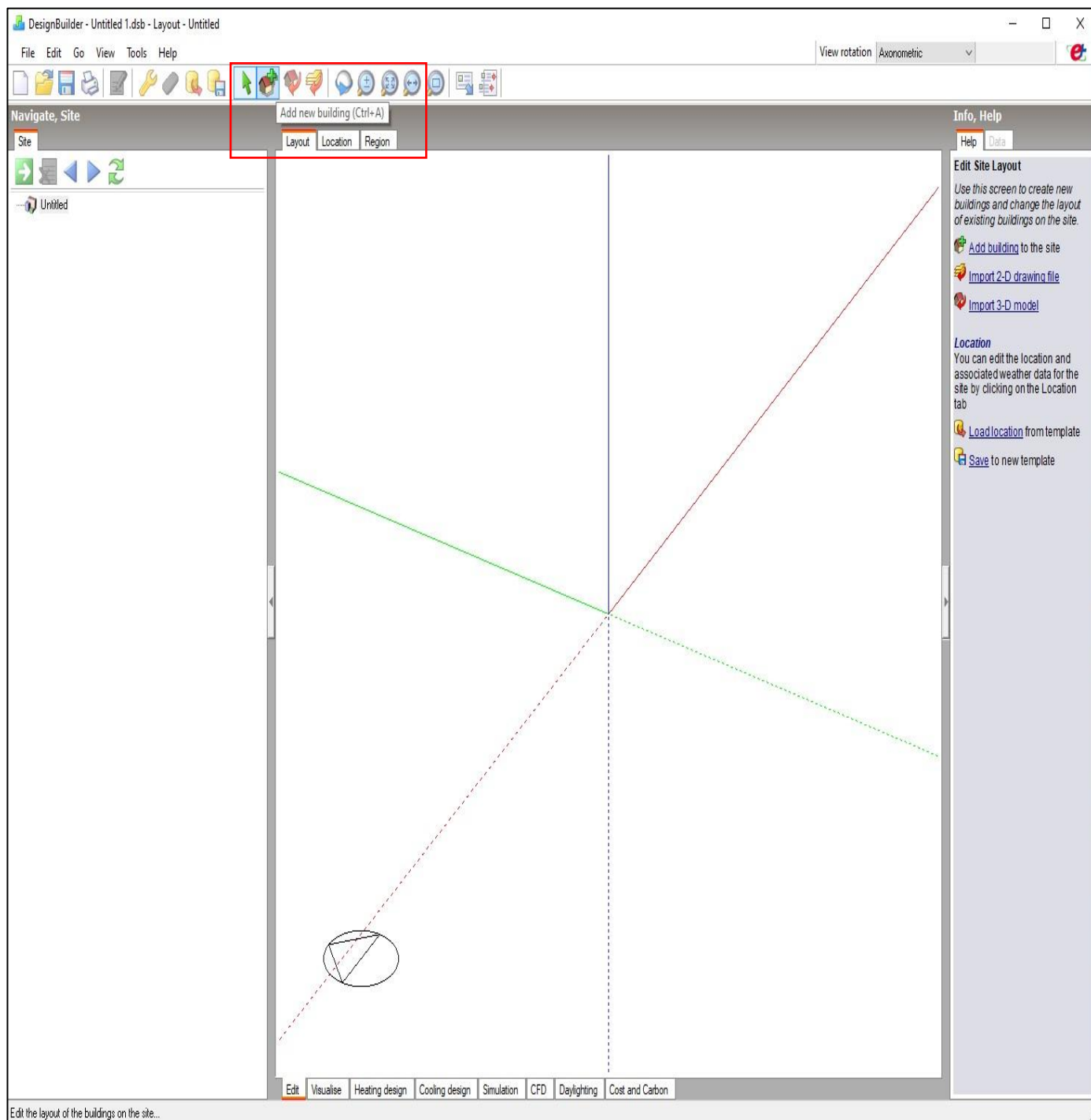


Εικόνα 21 Καρτέλα Location



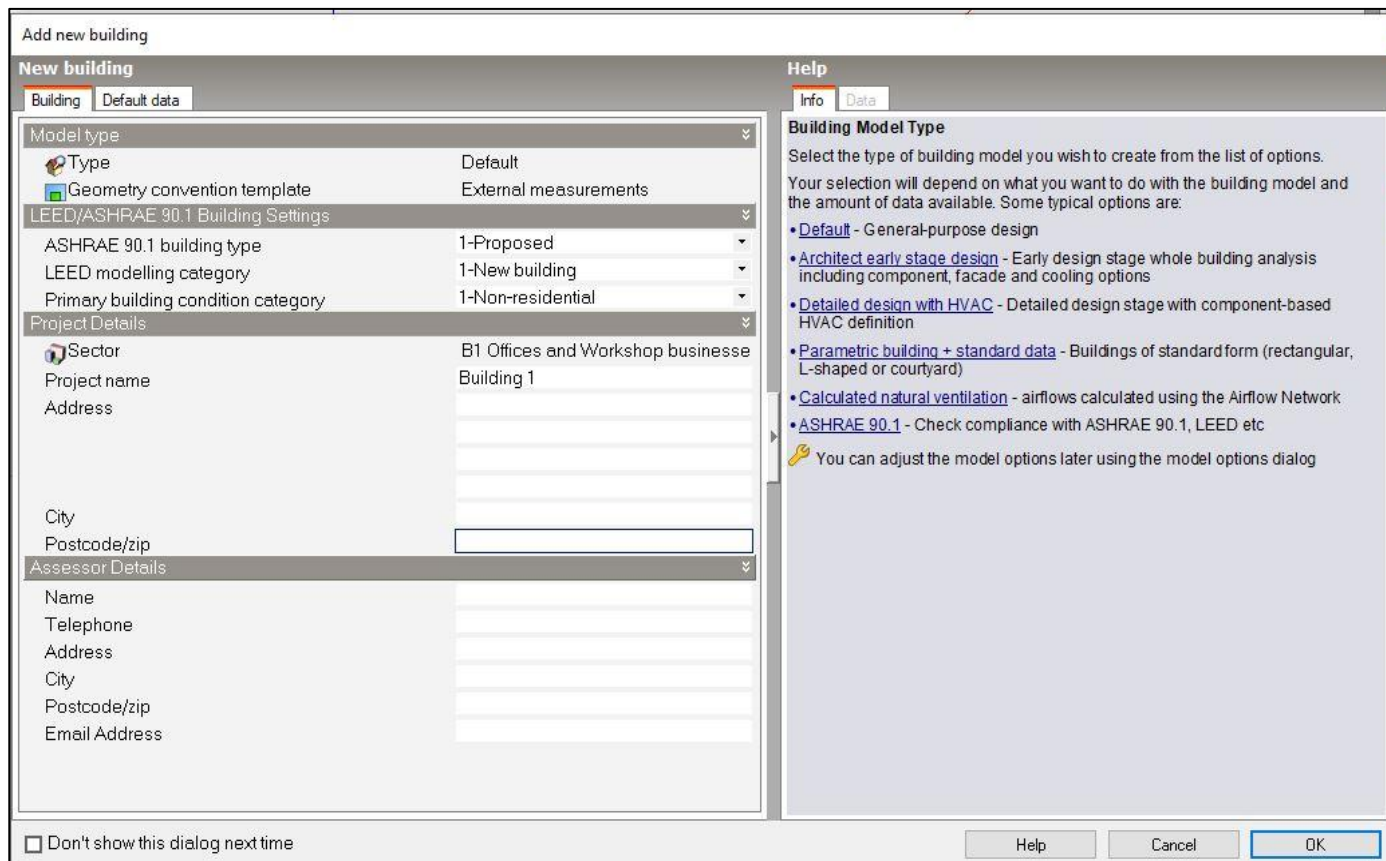
Εικόνα 22 Καρτέλα Region

Έχοντας εισάγει όλα τα παραπάνω στοιχεία πλέον μπορούμε να ξεκινήσουμε την σχεδίαση του κτηρίου . Από την επιλογή add new building όπως φαίνεται και εντός της εικόνας 23 θα εμφανιστεί νέο παράθυρο εισαγωγής στοιχείων όπως φαίνεται την εικόνα 24.

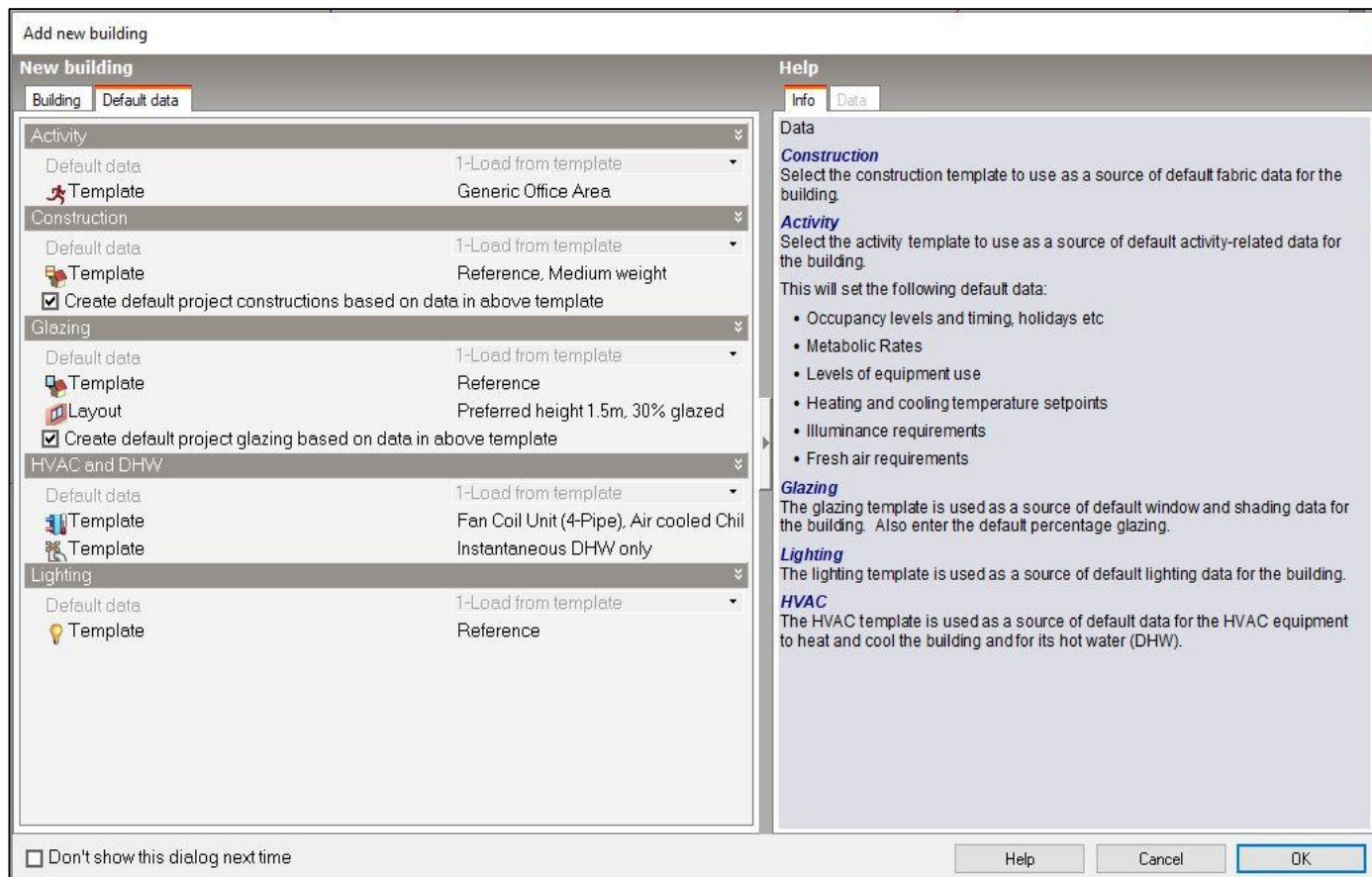


Εικόνα 23 Εισαγωγή κτηρίου

Στις εικόνες 24 & 25 εμφανίζονται δύο καρτέλες Building και Default data αντίστοιχα, βάση των οποίων δίνεται η δυνατότητα να δώσουμε περισσότερες λεπτομέρειες για τα δεδομένα του κτηρίου.

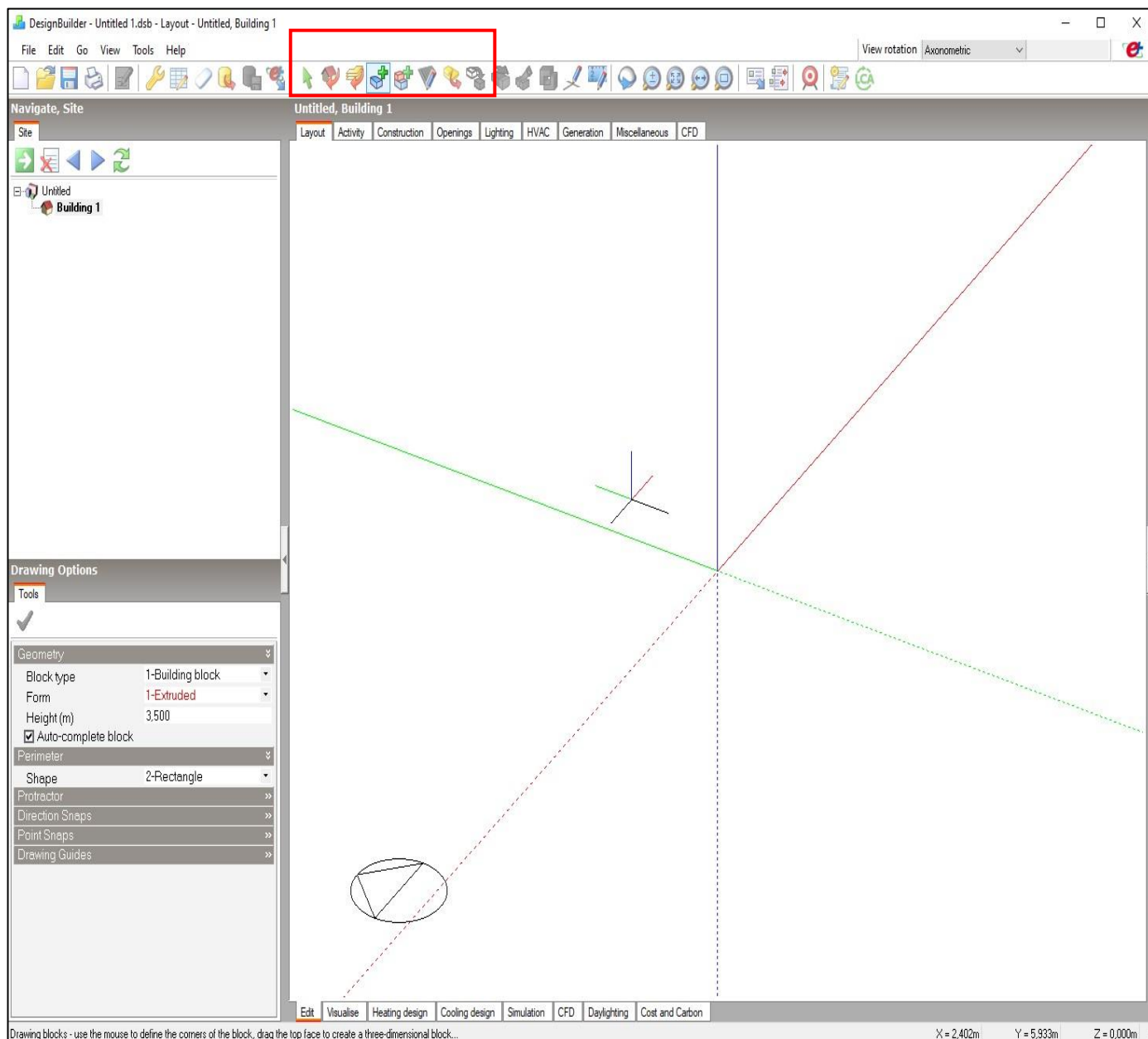


Εικόνα 24 Καρτέλα Building



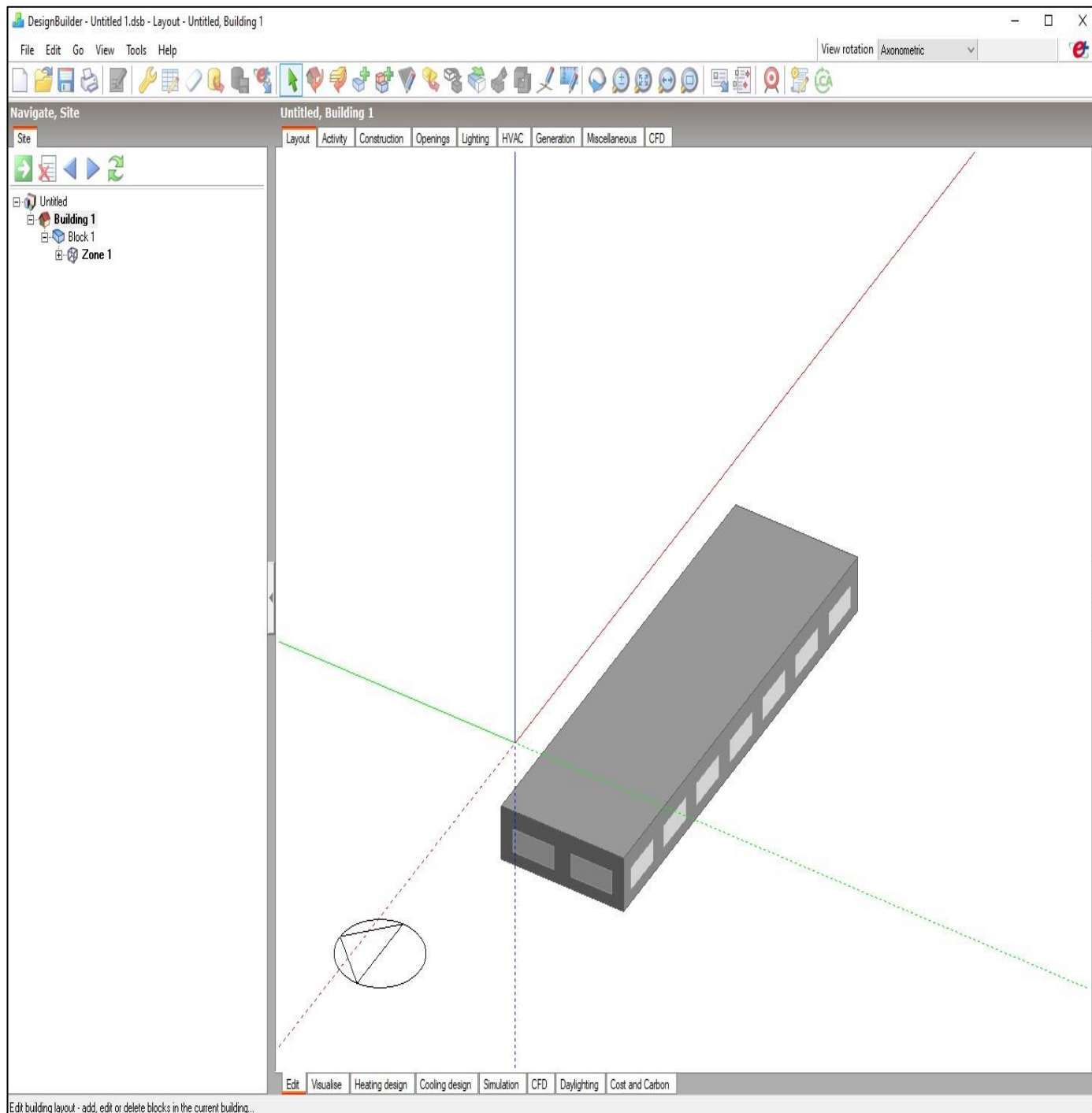
Εικόνα 25 Καρτέλα Default data

Στην εικόνα 26 έχοντας εισάγει όλα τα παραπάνω δεδομένα στο περιβάλλον γραφικής σχεδίασης μας δίνεται η δυνατότητα πλέον να σχεδιάσουμε. Από το επιλεγμένο εργαλείο add new block στην βασική μπάρα εργαλείων όπως στο κόκκινο πλαίσιο, δίνεται η επιλογή perimeter έχοντας τρεις επιλογές σχεδίασης όπως rectangle, polygon, circle και για την περίπτωση μας επιλέξαμε ενδεικτικά την επιλογή rectangle.



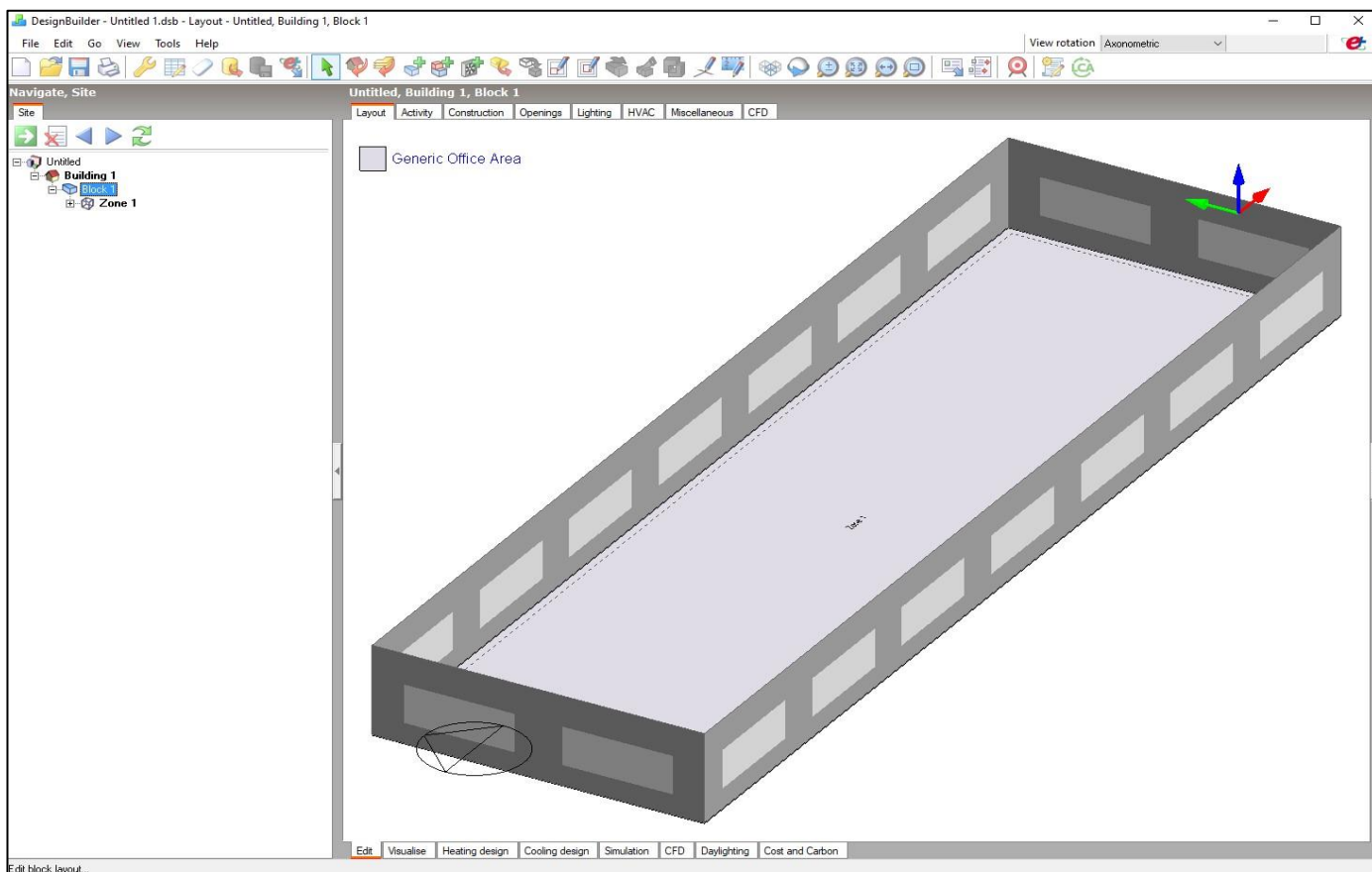
Εικόνα 26 Σχεδίαση νέου κτηρίου

Στην εικόνα 27 δημιουργήθηκε ένα τυπικό κτήριο τυχαίων διαστάσεων προκειμένου να αναδείξουμε τον τρόπο εισαγωγής σχεδίασης του λογισμικού. Επίσης στα αριστερά της εικόνας δημιουργείτε ένα δέντρο σχεδίασης το οποίο δείχνει πως αποτελείται το συγκεκριμένο κτήριο. Στο αριστερό μέρος της εικόνας 27 φαίνεται είναι επιλεγμένο ολόκληρο το κτήριο με όνομα building 1, και για αυτό θα χρειαστεί να δείξουμε τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να δούμε και το εσωτερικό του κτηρίου.



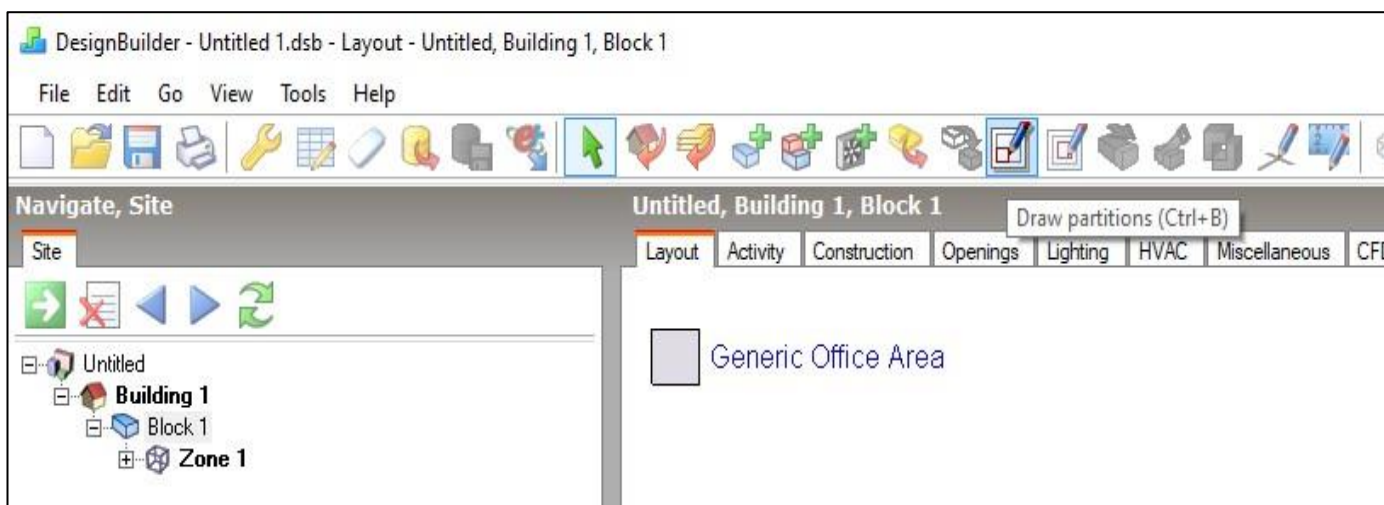
Εικόνα 27 Δημιουργία κτηρίου

Στην εικόνα 28 παρατηρούμε ότι στο δέντρο σχεδίασης είναι επιλεγμένη η επιλογή block, αυτό μας δίνει την δυνατότητα να έχουμε εικόνα από το εσωτερικό του κτηρίου. Με αυτό τον τρόπο γίνεται εύκολα αντιληπτό και σε πόσες ζώνες απαρτίζεται το συγκεκριμένο κτήριο. Φυσικά αυτό μπορεί εύκολα να αλλάξει έχοντας την δυνατότητα να αυξήσουμε τον αριθμό των θερμικών ζωνών όπως και θα δείξουμε σε παρακάτω εικόνα.



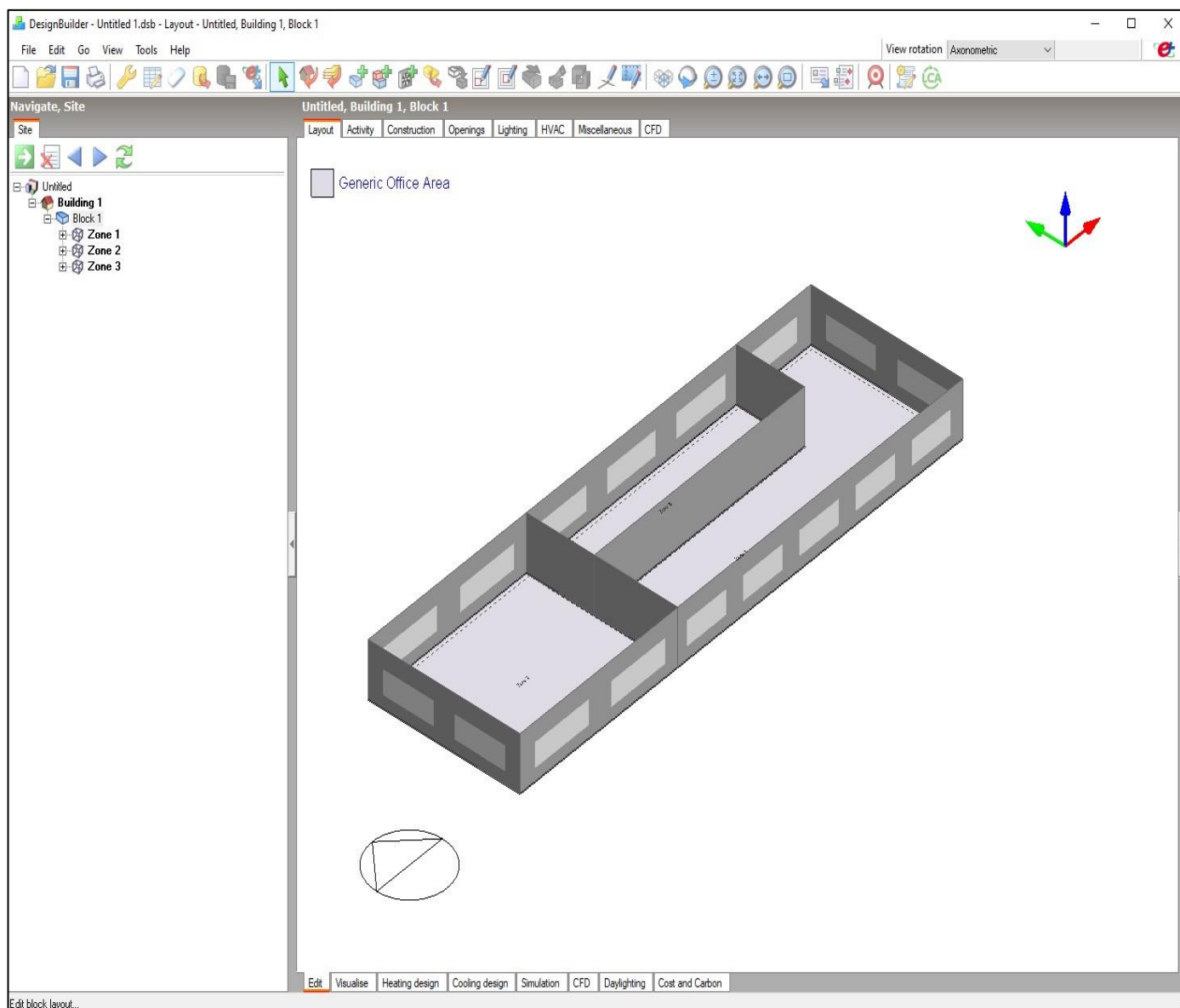
Εικόνα 28 Εσωτερικό κτηρίου

Στην εικόνα 29 από την κεντρική μπάρα εργαλείων και έχοντας επιλεγμένη την επιλογή block από το δέντρο σχεδίασης, εμφανίζεται η επιλογή draw partitions όπου μπορούμε εύκολα να χωρίσουμε το κτήριο σε διάφορες θερμικές ζώνες.



Εικόνα 29 Draw partitions

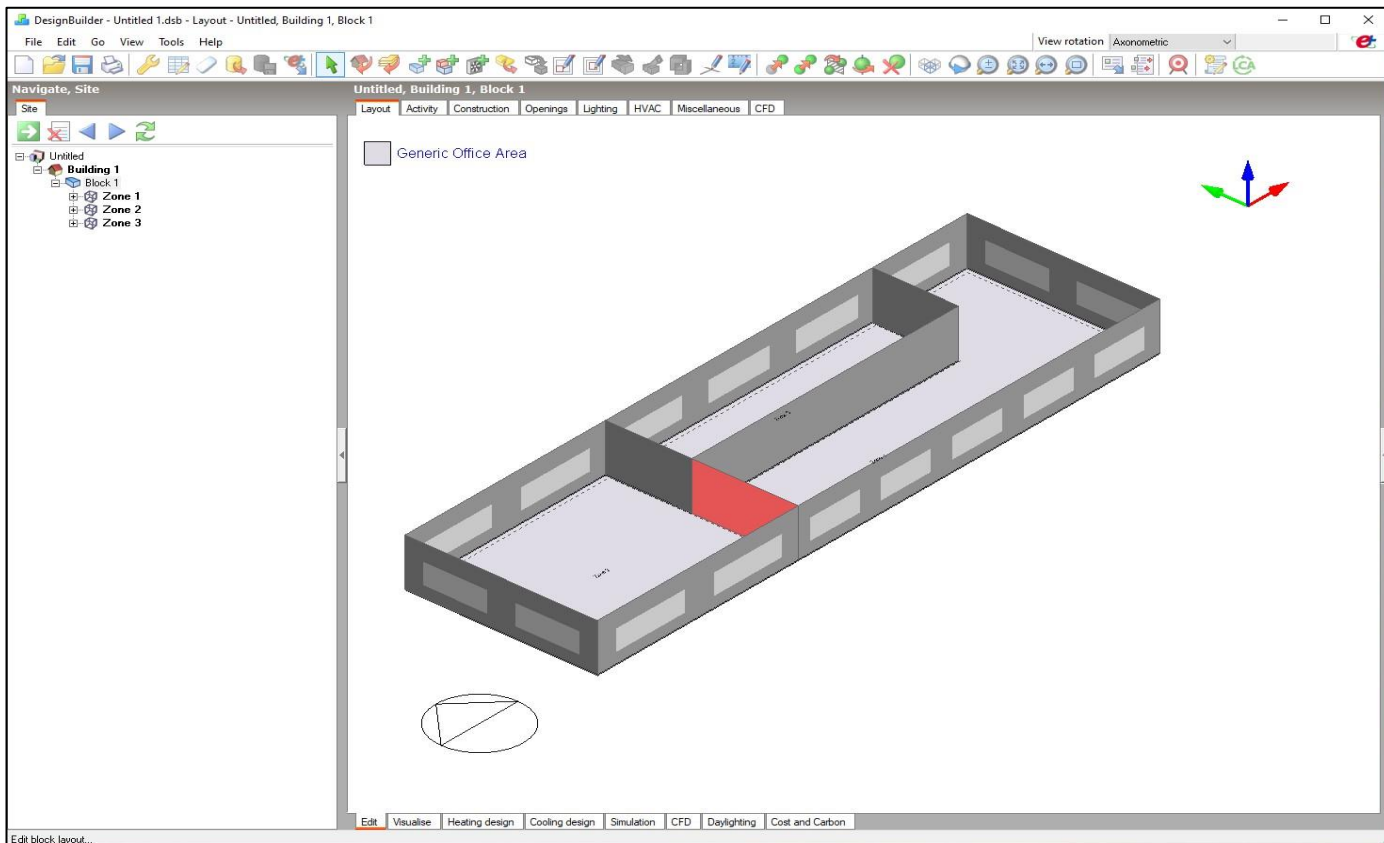
Στην εικόνα 30 έχει διαχωριστεί το κτήριο σε τρεις θερμικές ζώνες όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό και από το δέντρο σχεδίασης στο αριστερό τμήμα της εικόνας. Σε επόμενο βήμα δημιουργείται η ανάγκη ανάδειξης του τρόπου σχεδιασμού ανοιγμάτων είτε στις εσωτερικές τοιχοποιίες είτε στις εξωτερικές.



Εικόνα 30 Διαχωρισμός εσωτερικών χώρων

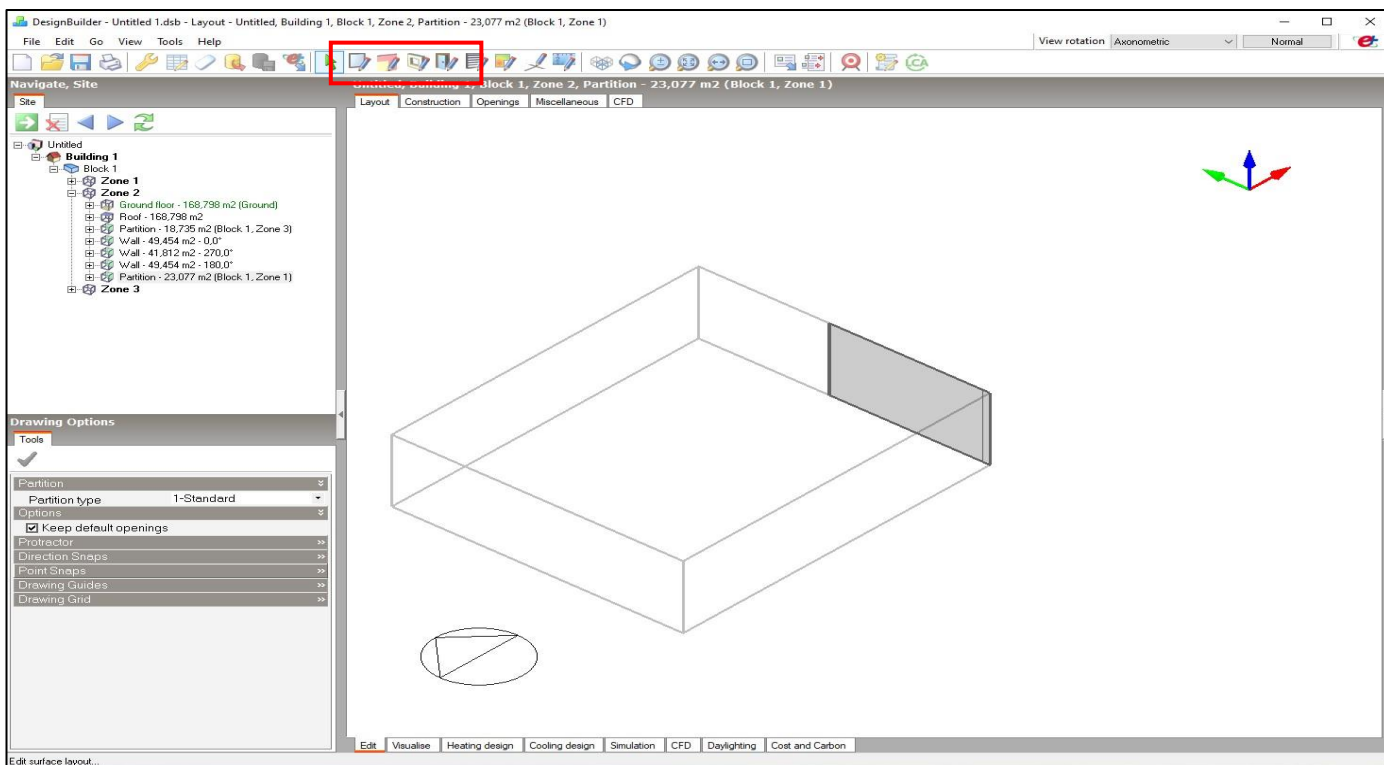
Ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να σχεδιαστεί ένα οποιοδήποτε άνοιγμα στο κτήριο παρουσιάζεται στις παρακάτω εικόνες και είναι ο εξής:

Για αρχή επιλέγουμε την επιφάνεια στην οποία επιθυμούμε να δημιουργήσουμε το άνοιγμα. Είναι εύκολα αντιληπτό ότι, είτε αν επιλέξουμε την εσωτερική είτε την εξωτερική επιφάνεια της εσωτερικής τοιχοποιίας το μόνο που αλλάζει είναι η ζώνη στην οποία θα γίνει η επεξεργασία. Στην συγκεκριμένη περίπτωση όπως θα παρουσιάσουμε σε επόμενη εικόνα επιλέξαμε την εσωτερική επιφάνεια της εσωτερικής τοιχοποιίας της ζώνης 2.



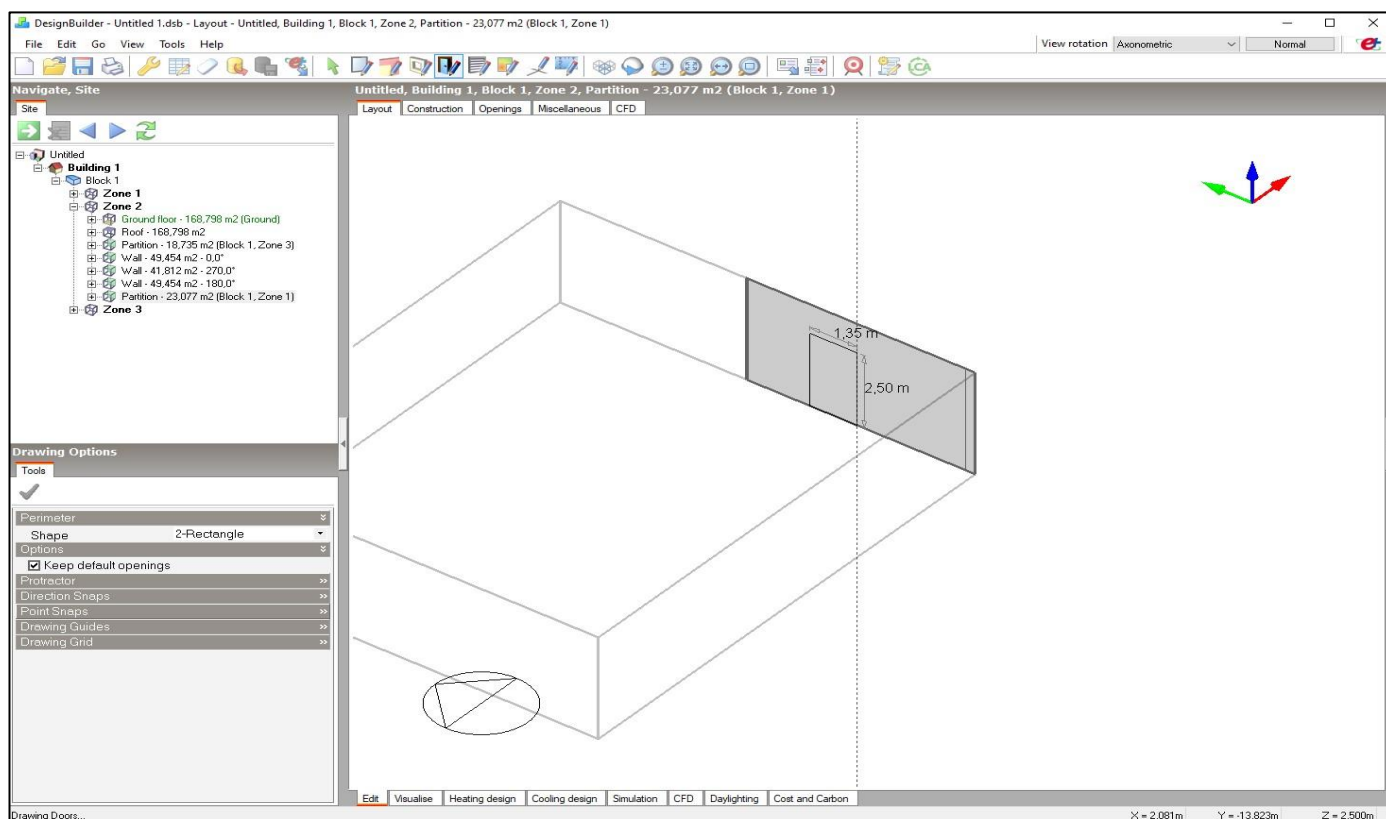
Εικόνα 31 Επιλογή εσωτερικής τοιχοποιίας

Εφόσον διπλό κλικάρουμε την συγκεκριμένη επιφάνεια, το λογισμικό εμβαθύνει περισσότερο την συγκεκριμένη τοιχοποιία, εμφανίζοντας νέες δυνατότητες σχεδίασης στην κεντρική μπάρα όπως φαίνεται και την εικόνα 32.

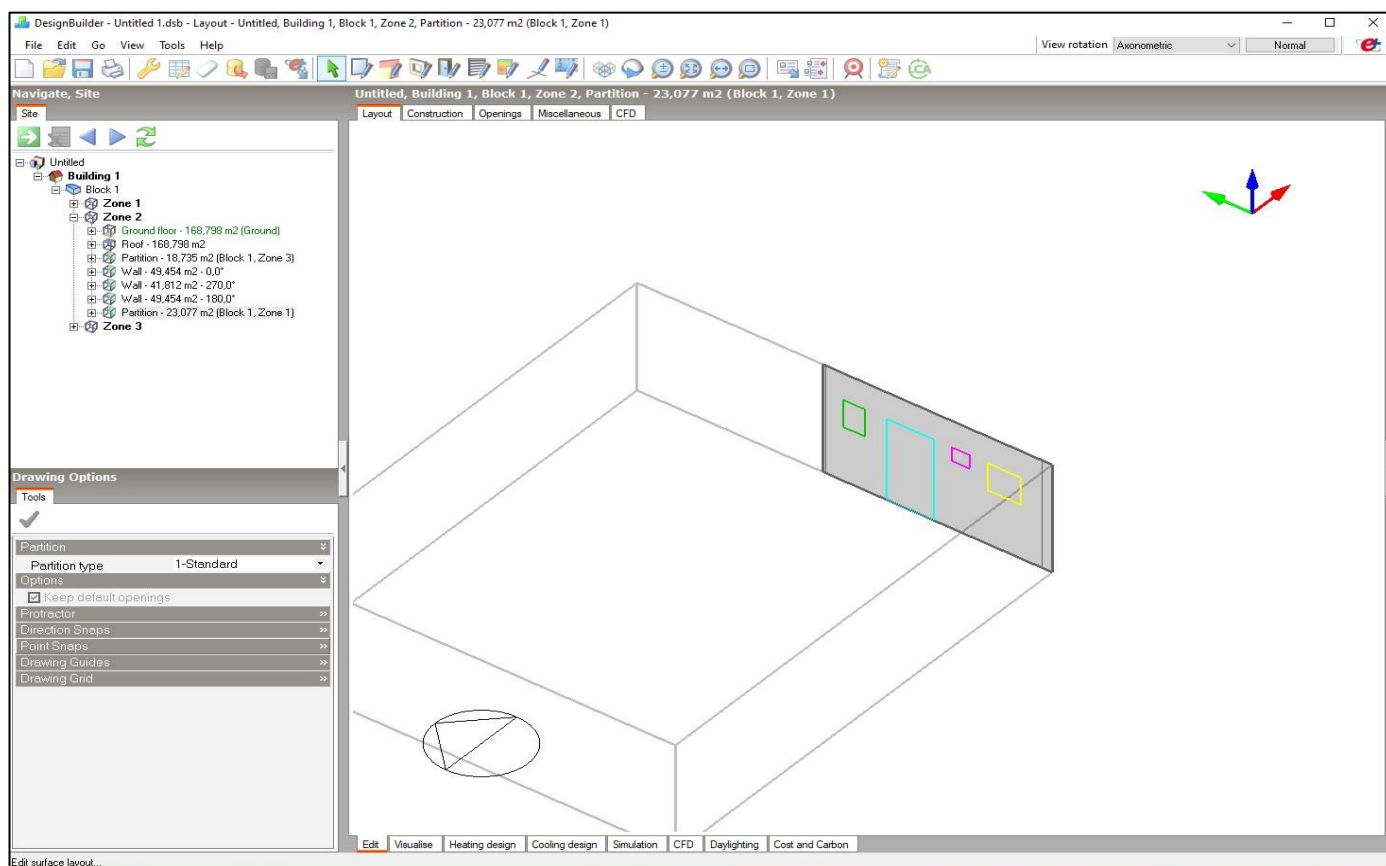


Εικόνα 32 Επεξεργασία εσωτερικής τοιχοποιίας

Στις εικόνες 33 & 34 σχεδιάζουμε ενδεικτικά κάποια ανοίγματα σύμφωνα με τις διαθέσιμες επιλογές από την κεντρική μπάρα. Τα ανοίγματα τα οποία έγιναν είναι μια πόρτα, ένα παράθυρο μία τρύπα και μια τρύπα εξαερισμού.

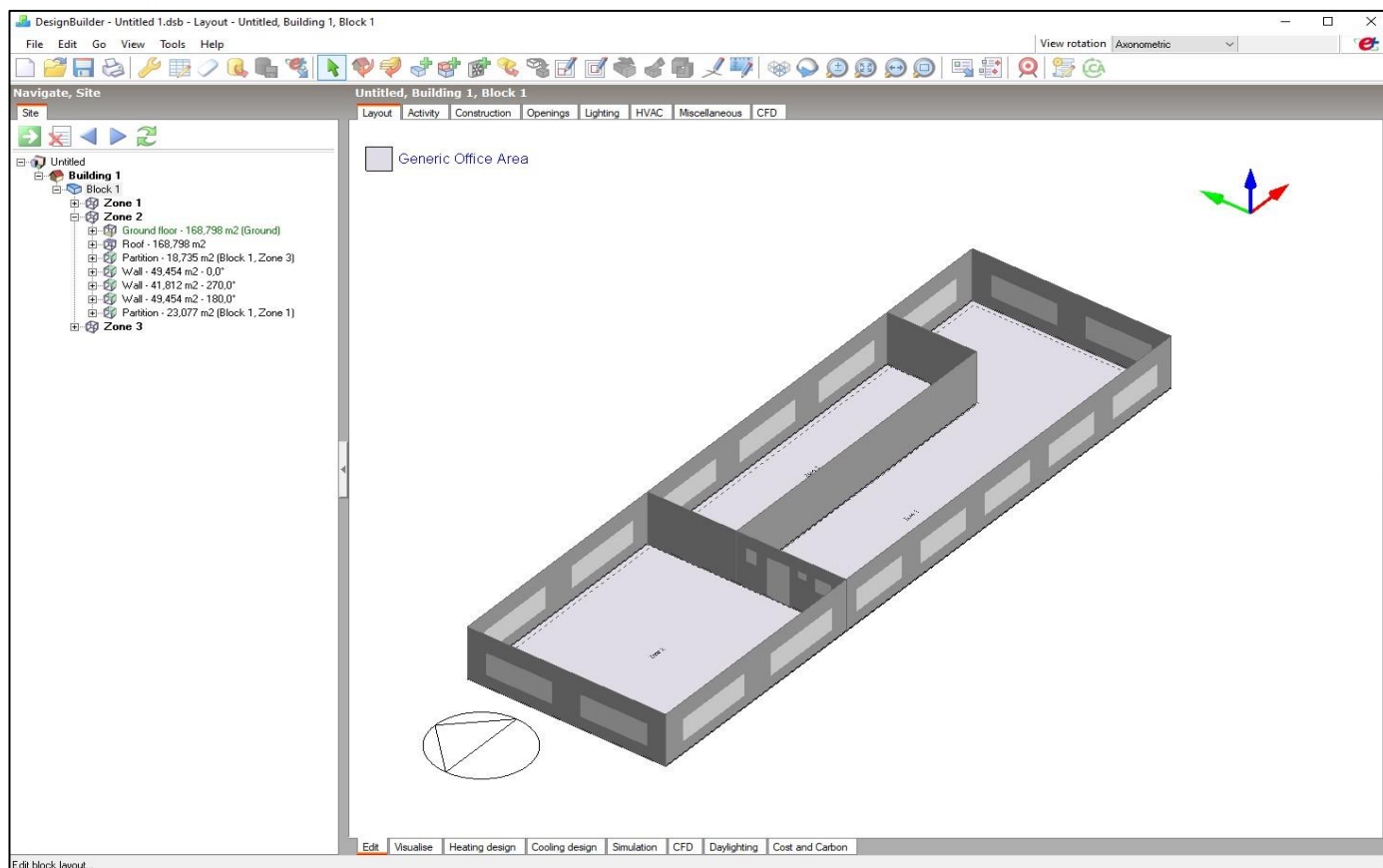


Εικόνα 33 Δημιουργία ανοιγμάτων



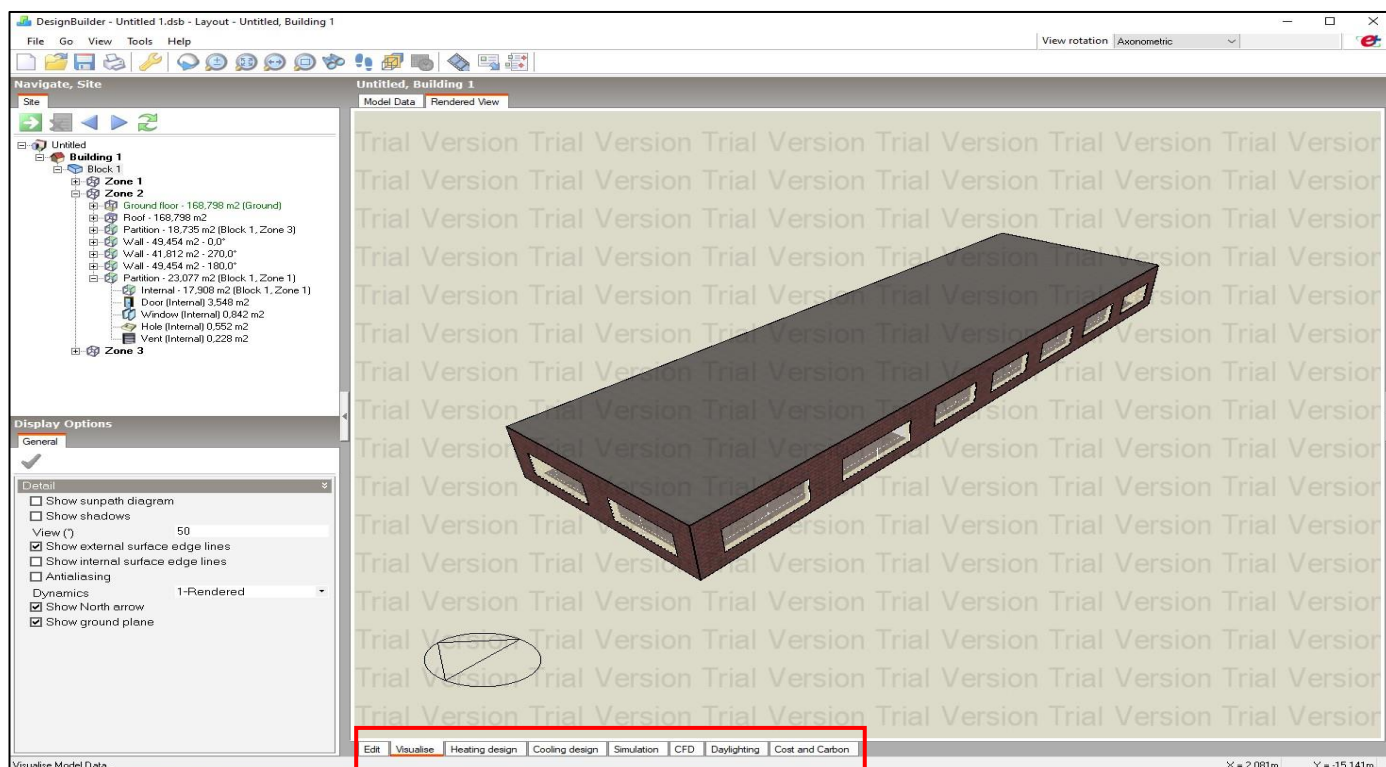
Εικόνα 34 Εμφάνιση ανοιγμάτων

Το τελικό αποτέλεσμα των παραπάνω ενεργειών φαίνεται στην εικόνα 35 έχοντας επιλέξει την επιλογή block 1 από το δέντρο σχεδιασμού.



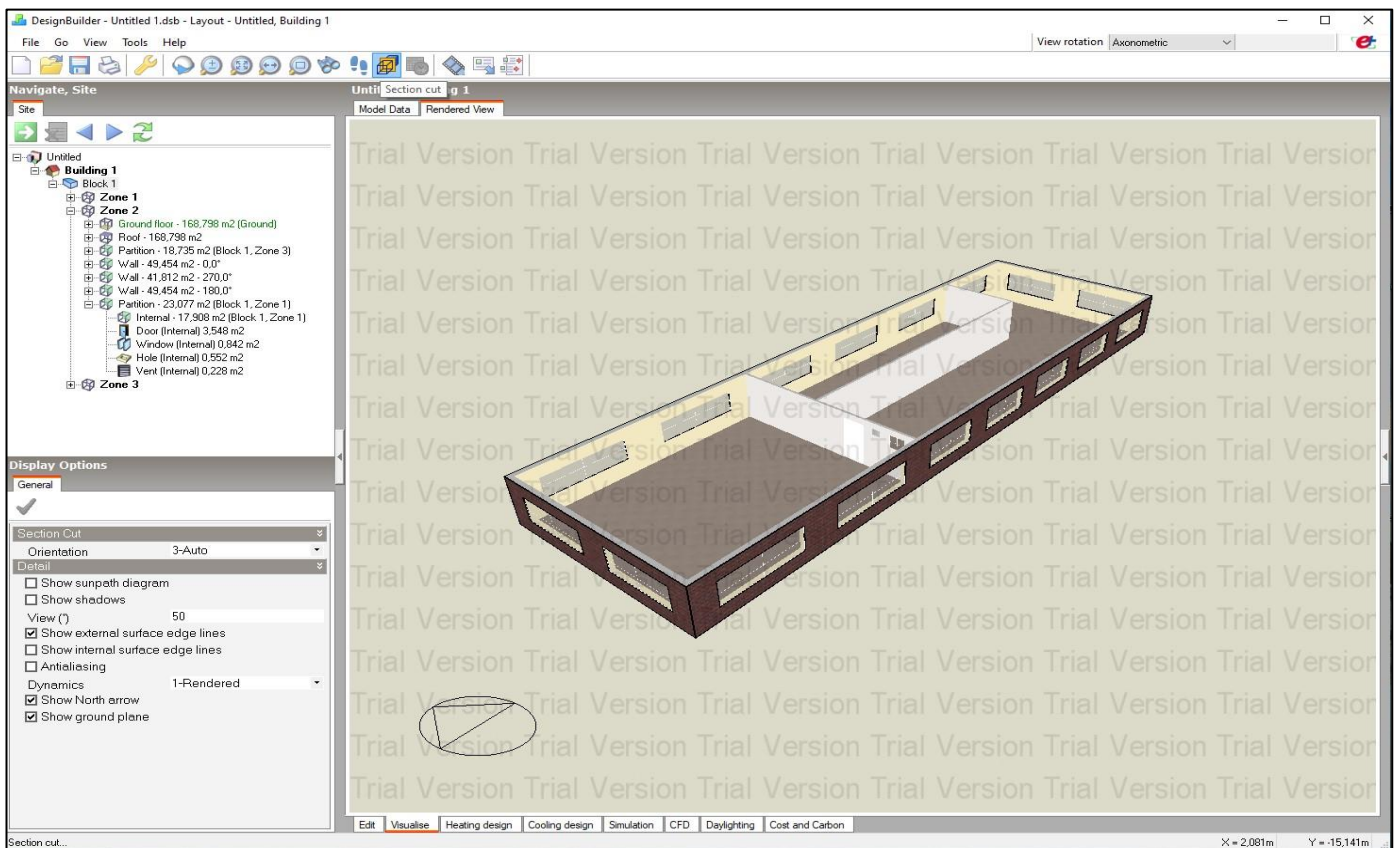
Εικόνα 35 Διαχωρισμός εσωτερικών χώρων

Στην εικόνα 36 παρουσιάζεται η οπτικοποίηση του κτηρίου που δημιουργήθηκε από την επιλογή visualize από το κάτω μέρος των διαθέσιμων επιλογών

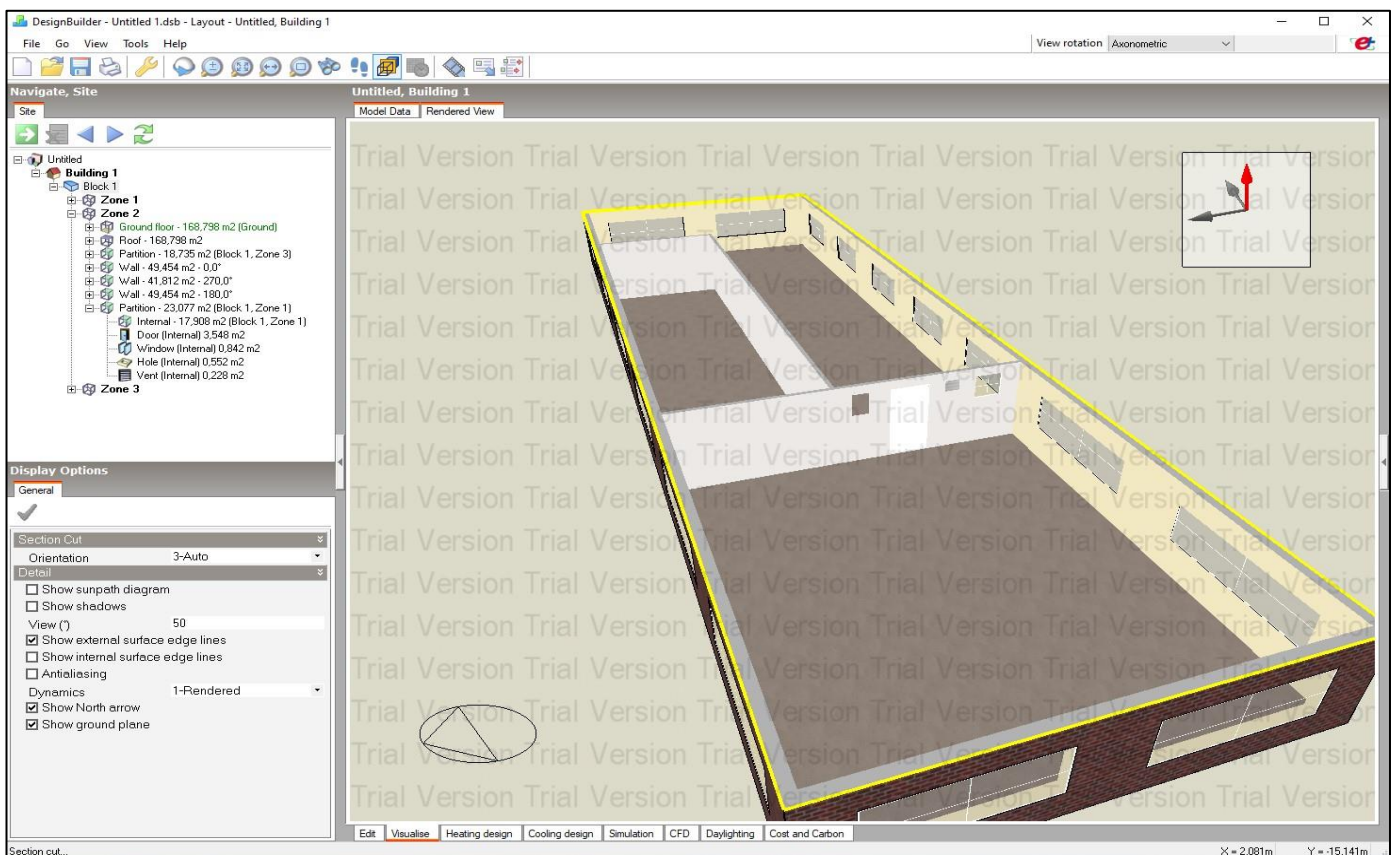


Εικόνα 36 Οπτικοποίηση του νέου κτηρίου

Επίσης στο σημείο που βρισκόμαστε έχουμε την δυνατότητα να δούμε το εσωτερικό του κτηρίου όπως και στην εικόνα 28 επιλέγοντας είτε το block 1 από το δέντρο σχεδιασμού είτε το εργαλείο section cut όπως φαίνεται στις εικόνες 37 & 38.

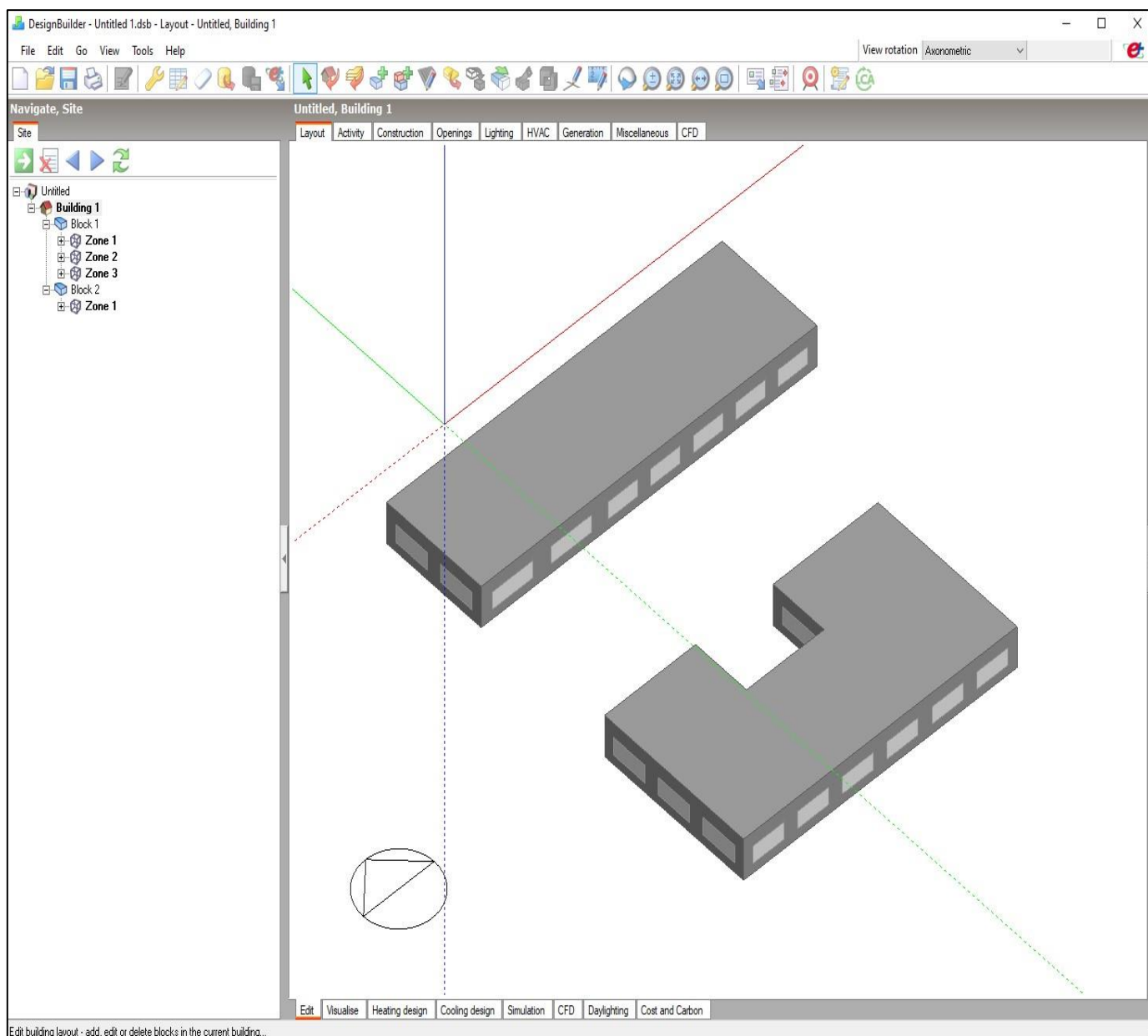


Εικόνα 37 Εσωτερικό κτηρίου



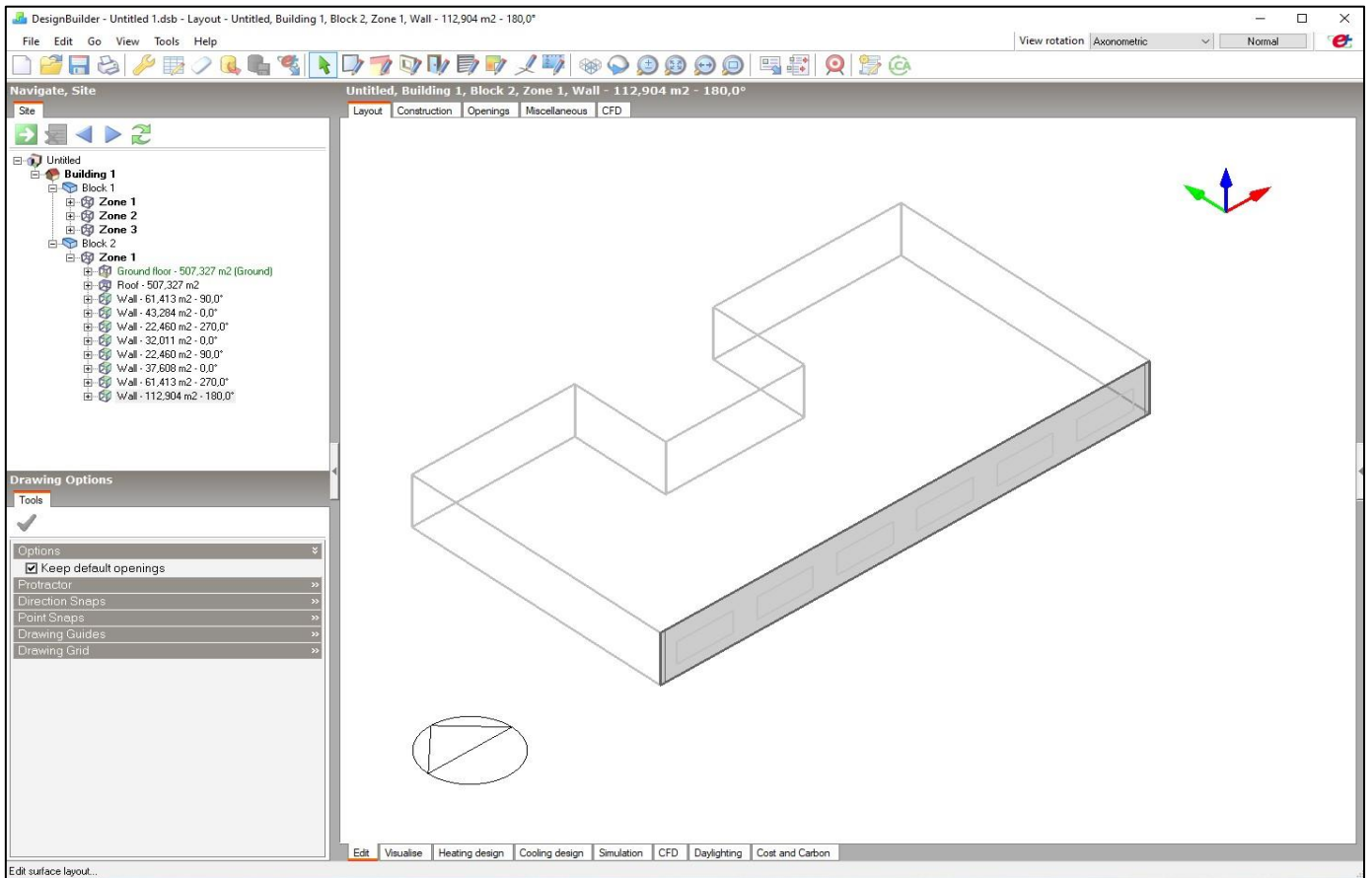
Εικόνα 38 Εσωτερικό κτηρίου

Σε περίπτωση που επιθυμούμε να δημιουργήσουμε ένα δεύτερο γειτονικό κτήριο, από το βασικό menu σχεδίασης, δίνεται η επιλογή μέσω του εργαλείου add new block να προσθέσουμε το σχήμα του κτηρίου που επιθυμούμε. Στην εικόνα 39 δημιουργήθηκε ένα κτήριο (block 2) αξιοποιώντας την επιλογή polygon όπως έχουμε αναφέρει προηγουμένως. Επίσης στο δέντρο σχεδιασμού πλέον αναδεικνύεται και το δεύτερο block 2.

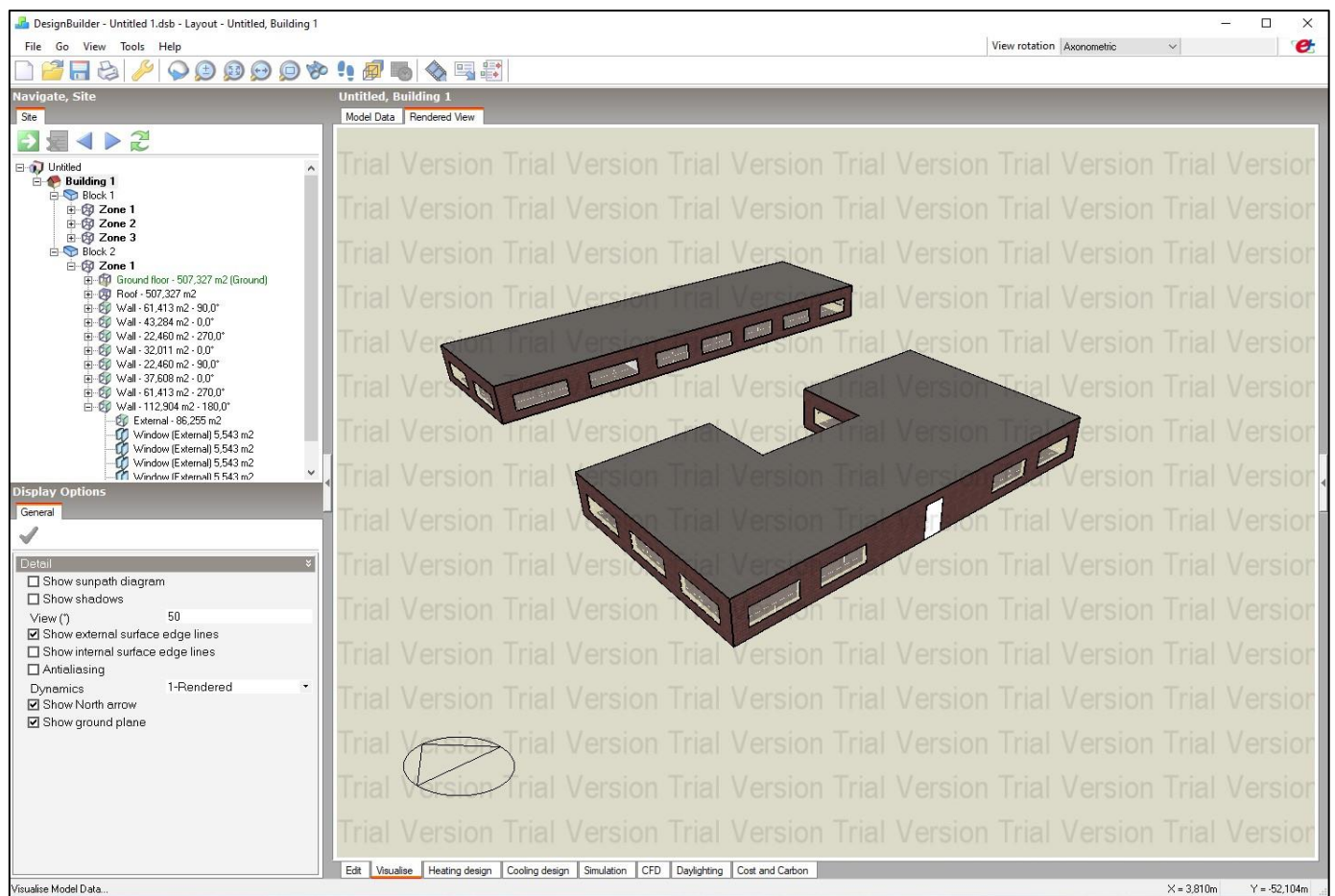


Εικόνα 39 Δημιουργία γειτονικού κτηρίου

Σε περίπτωση που θέλουμε να αναδείξουμε ένα εξωτερικό άνοιγμα στο καινούργιο block 2, λόγω χάρη εξωτερική πόρτα εξωτερικής τοιχοποιίας, η διαδικασία είναι ακριβώς η ίδια όπως περιγράφηκε παραπάνω. Στις εικόνες 40 & 41 φαίνεται η διαδικασία του ανοίγματος της εξωτερικής τοιχοποιίας αλλά και η οπτικοποίηση από την καρτέλα visualize του block 2.

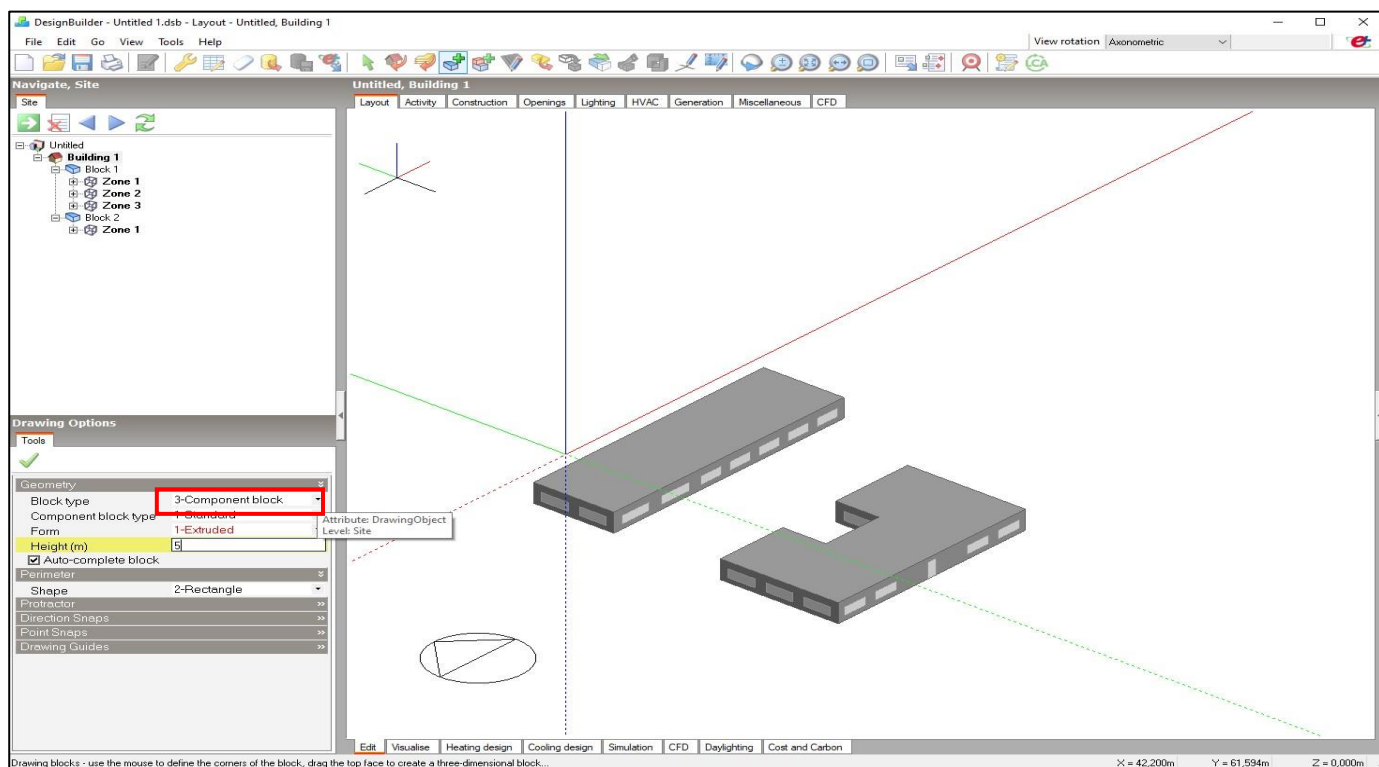


Εικόνα 40 Επιλογή τοιχοποιίας

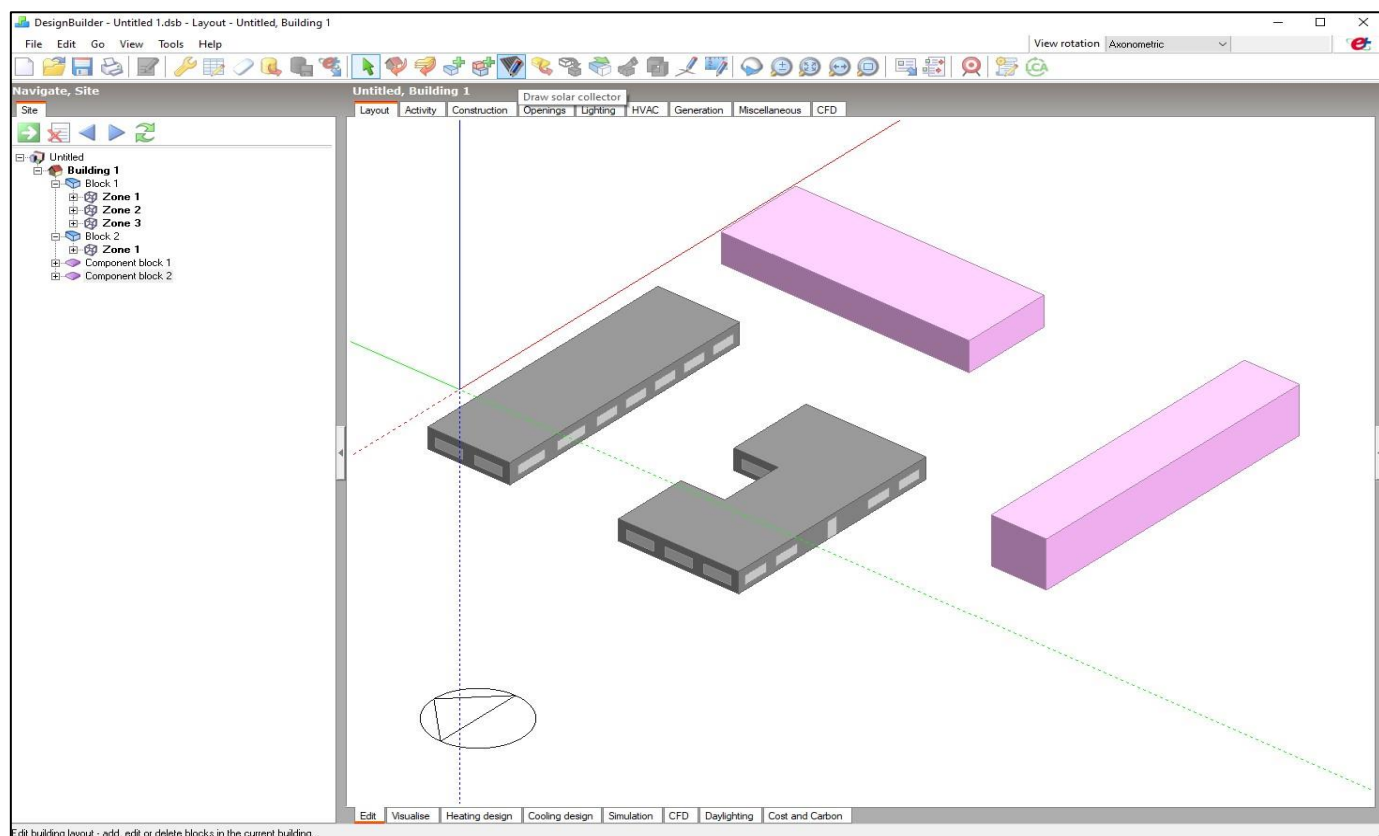


Εικόνα 41 Οπτικοποίηση

Σε περίπτωση που επιθυμούμε να προσθέσουμε γειτονικά εμπόδια όπως δέντρα ή κτήρια αλλά χωρίς να προ μετρώνται τα ίδια στις ενεργειακές προσομοιώσεις από το λογισμικό, η διαδικασία πρόσθεσης είναι η ίδια όπως προηγούμενος με την μόνη διαφορά στην επιλογή του είδους του block. Στο επόμενο βήμα θα προσθέσουμε δυο γειτονικά κτήρια επιλέγοντας ως block type: Component block. Στις εικόνες 42 & 43 παρουσιάζουμε τα βήματα των ενεργειών που μόλις περιγράφηκαν.

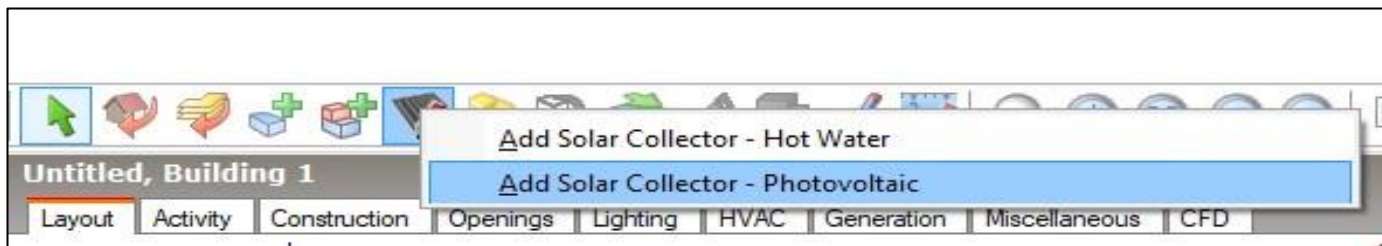


Εικόνα 43 Προσθήκη νέων γειτονικών εμποδίων



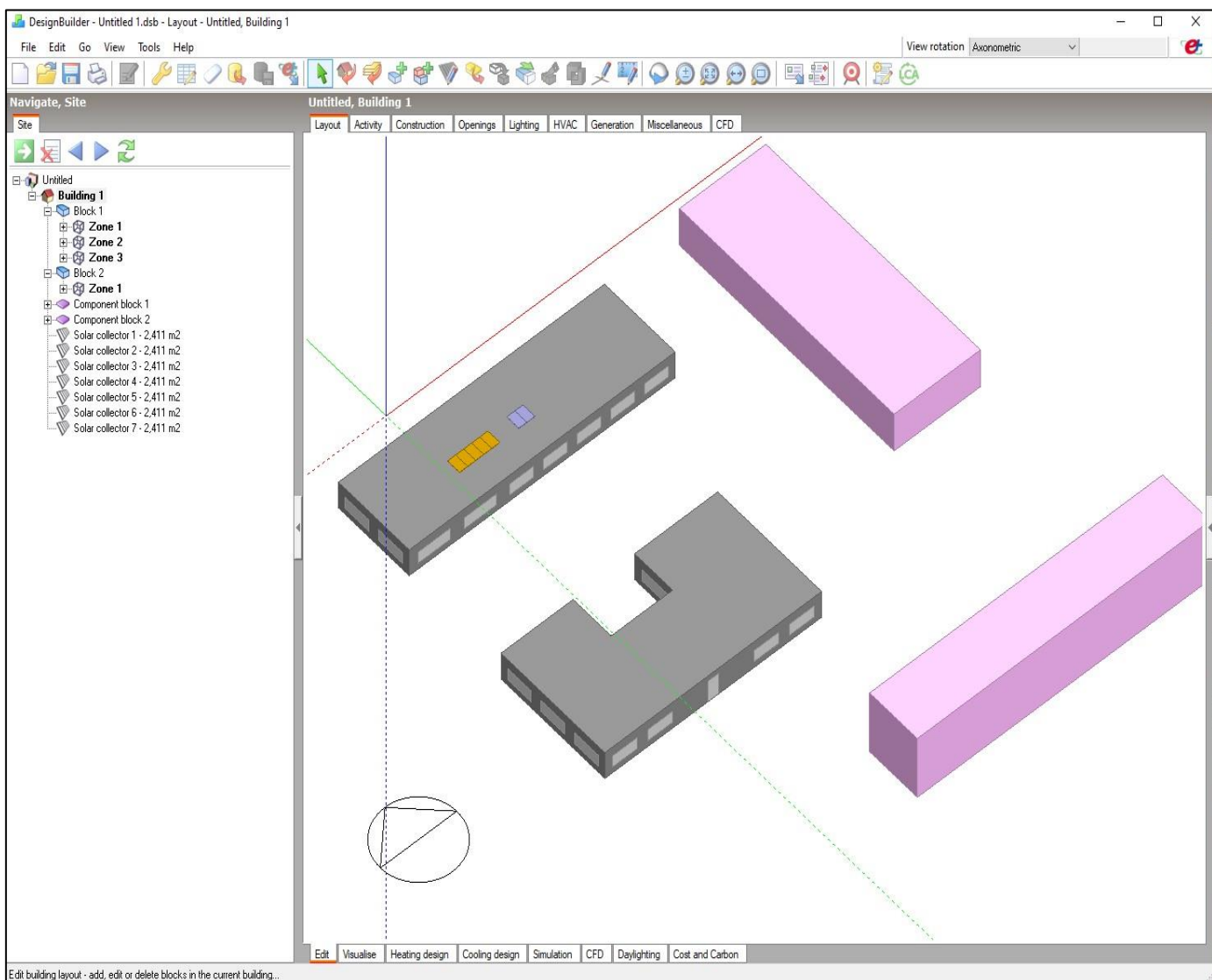
Εικόνα 42 Εφαρμογή νέων εμποδίων Προσθήκη νέων γειτονικών εμποδίων

Σε περίπτωση που χρειαστεί η ανάγκη προσθήκης ηλιακού συλλέκτη ή φωτοβολταϊκού πάνελ η διαδικασία περιγράφεται παρακάτω. Από το κεντρικό μενού και την κεντρική μπάρα εργαλείων επιλέγουμε το εργαλείο εκείνο το οποίο μας δίνει την δυνατότητα σχεδίασης είτε ηλιακού συλλέκτη είτε φωτοβολταϊκού πάνελ όπως φαίνεται και στην εικόνα 44.



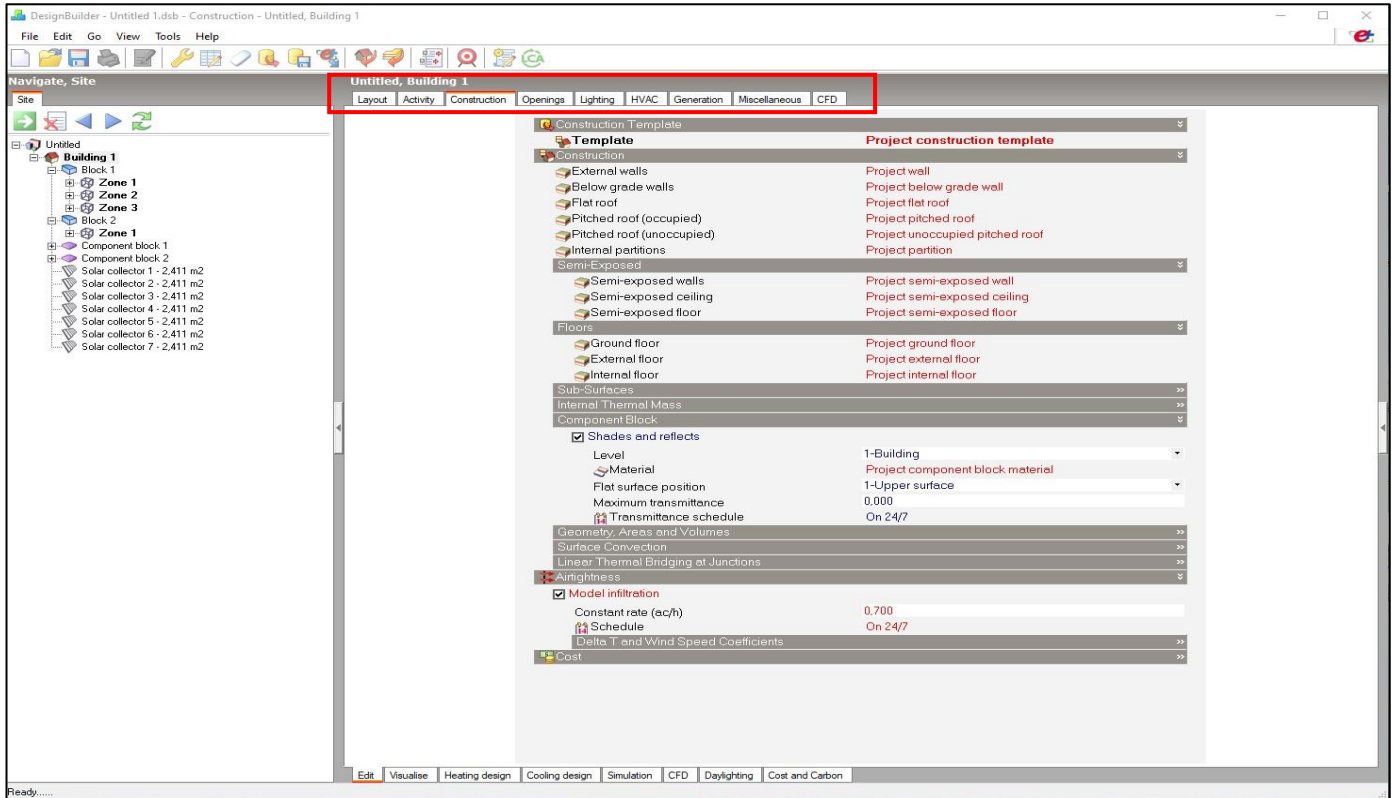
Εικόνα 44 Επιλογή σχεδίασης ηλιακού συλλέκτη ή φωτοβολταϊκού πάνελ.

Στην συνέχεια σχεδιάζουμε την επιφάνεια την οποία θα καλύψει ο συλλέκτης. Η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο είναι χρωματική και μόνο όπως φαίνεται και στην εικόνα 45, καθώς στο δέντρο σχεδιασμού όλα αναφέρονται ως solar collector. Στο παράδειγμα της εικόνας 45 σχεδιάσαμε 4 ηλιακούς συλλέκτες των 2.411m^2 κίτρινου χρώματος και δύο φωτοβολταϊκά πάνελ μπλε χρώματος με 2.411m^2 ομοίως.



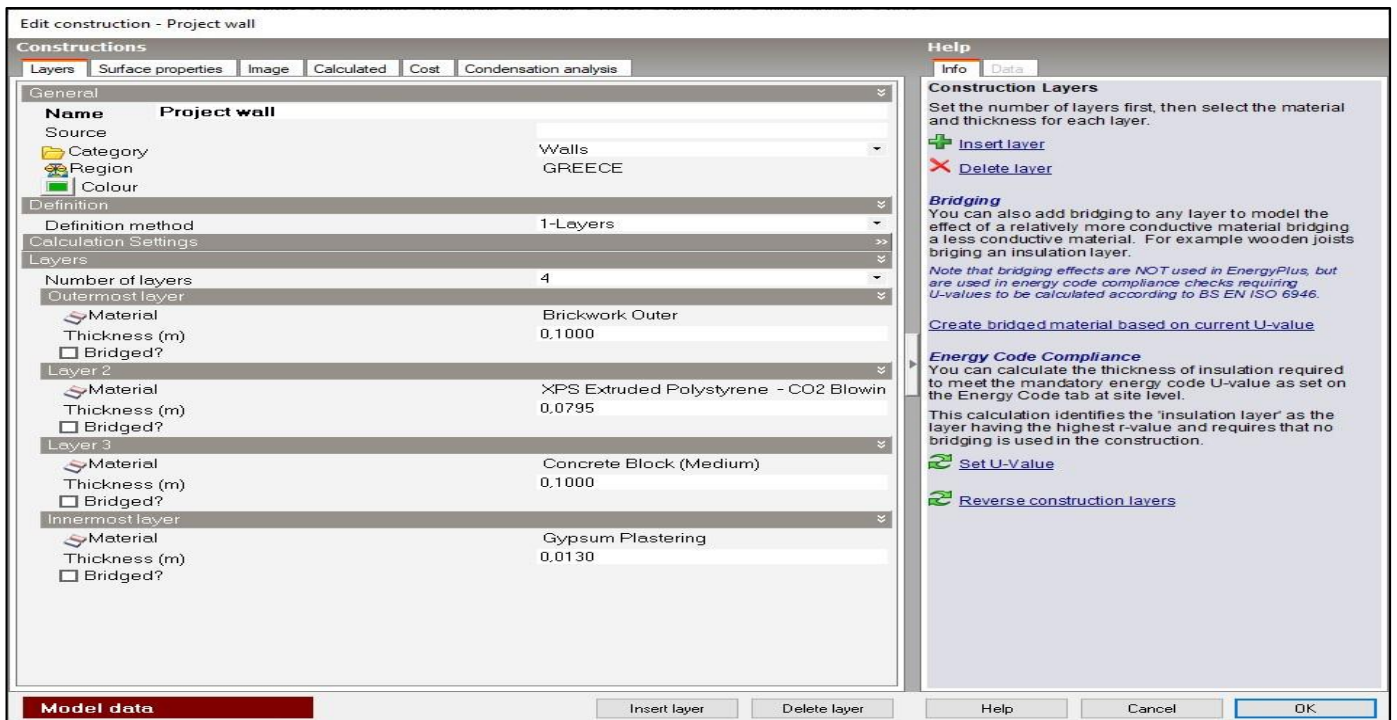
Εικόνα 45 Ηλιακοί συλλέκτες και φωτοβολταϊκά πάνελ.

Επόμενο βήμα είναι ο καθορισμός των δομικών στοιχείων του κτηρίου. Ο προσδιορισμός αυτός γίνεται από την καρτέλα Construction στην οποία παρουσιάζεται μία λίστα από όλα τα δομικά στοιχεία που απαρτίζεται το κτήριο όπως φαίνεται στην εικόνα 46.



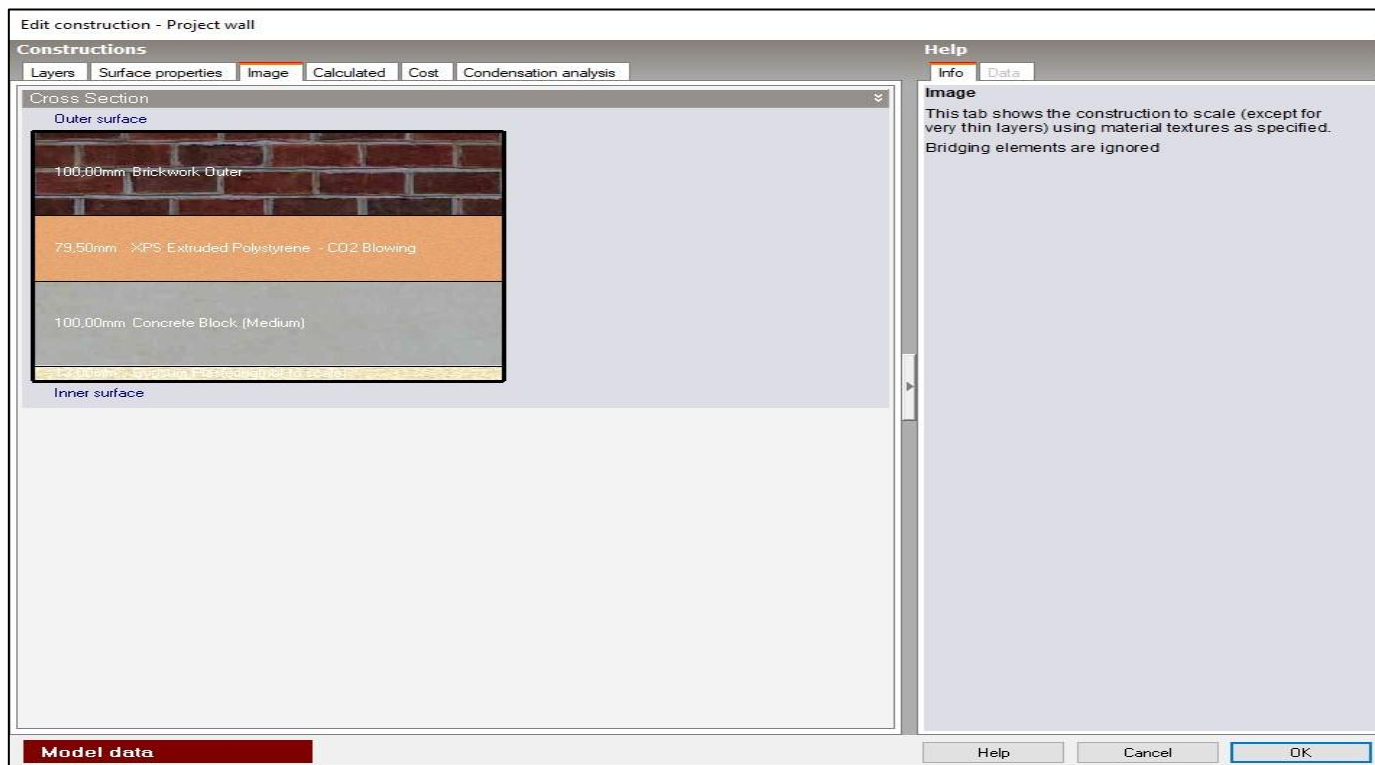
Εικόνα 46 Καρτέλα Construction

Εφόσον επιλέξουμε έναν οποιοδήποτε τοίχο, εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο όπως της εικόνας 47 στο οποίο μπορούμε να προσδιορίσουμε τον αριθμό των επιφανειών που θα αποτελείται το δομικό στοιχείο, το είδος του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί, το πάχος του κάθε υλικού όπως επίσης και κάποιες χαρακτηριστικές τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ) των εκάστοτε επιφανειών.

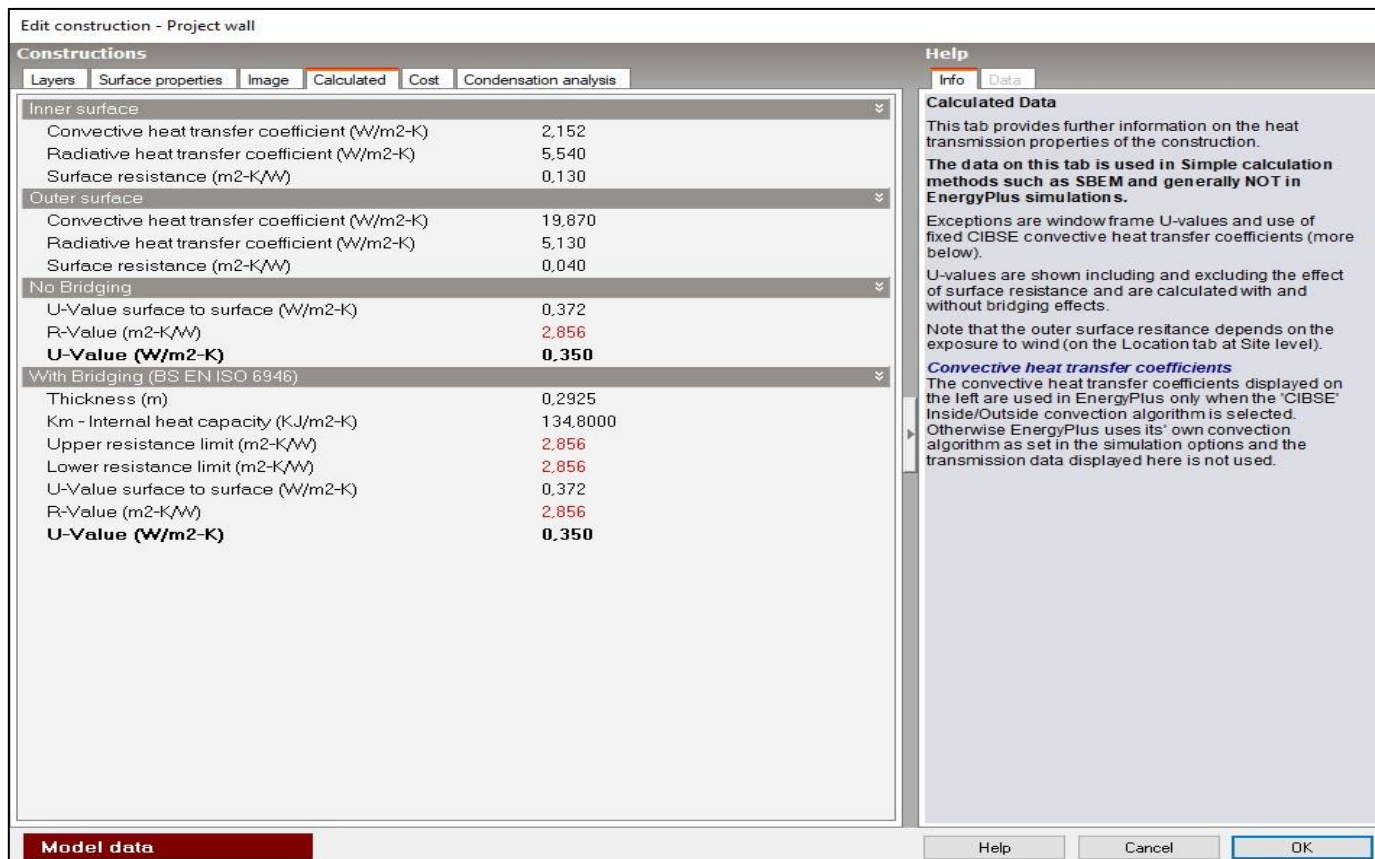


Εικόνα 47 Προσδιορισμός επιφανειών τοιχοποιίας

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 47 το παράθυρο αυτό διαθέτει ορισμένες καρτέλες με κυριότερη την πρώτη σε σειρά (Layers) βάση της οποίας προσαρμόζονται όλες οι υπόλοιπες. Στις εικόνες 48 & 49 παρατηρούμε ενδεικτικά δυο εκ των καρτελών στις οποίες απεικονίζεται η δομή του δομικού στοιχείου που επιλέξαμε αλλά και ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας (U σε $W/(m^2K)$) αντίστοιχα.

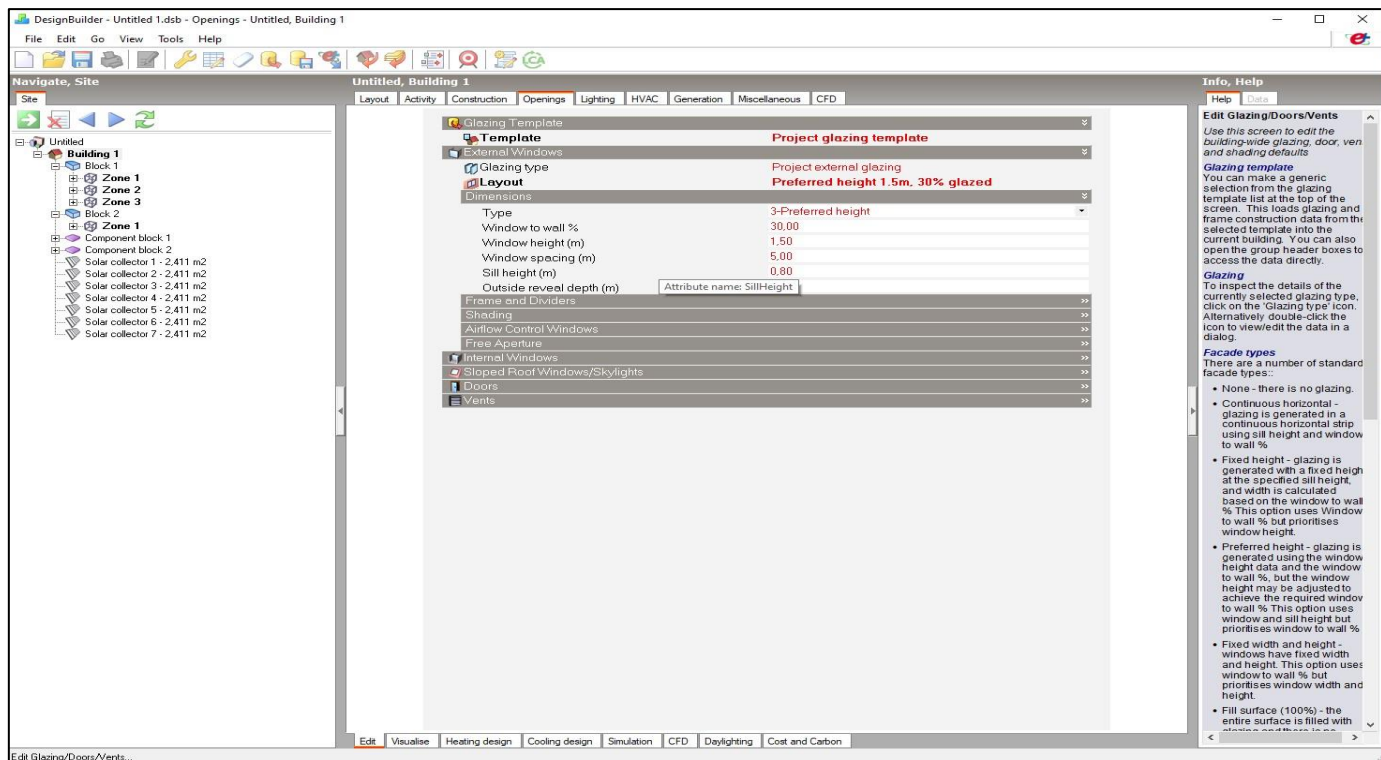


Εικόνα 49 Τομή δομικού στοιχείου

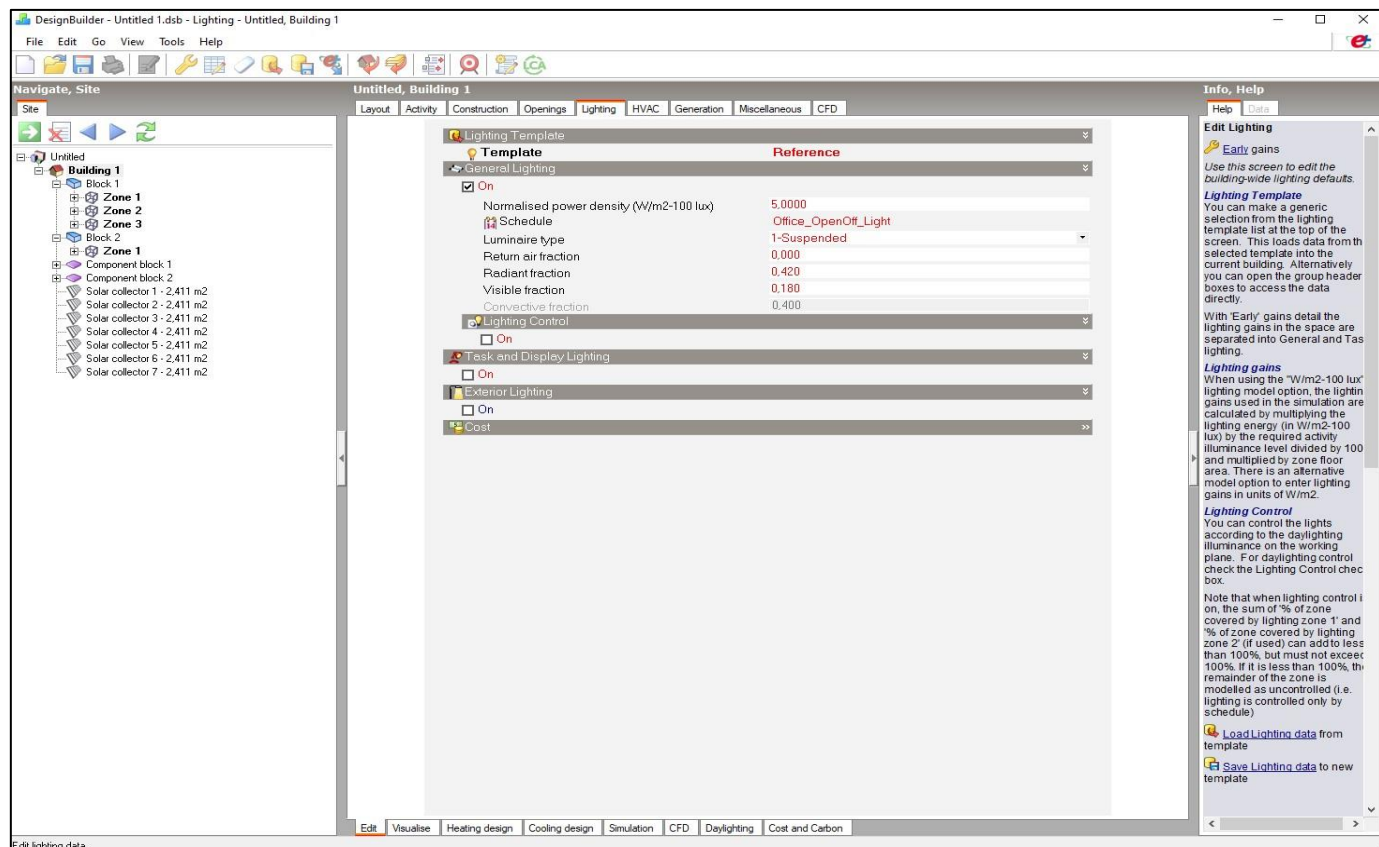


Εικόνα 48 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας

Στην συνέχεια όπως και στην εικόνα 46 από το κόκκινο πλαίσιο, υπάρχουν και άλλες καρτέλες στις οποίες θα πρέπει να προσδιορίσουμε βασικούς παράγοντες οι οποίοι θα συμβάλουν σημαντικά στην ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου. Στις εικόνες 50÷52 παρουσιάζονται οι καρτέλες Openings, Lighting, HVAC, Generation. Στην εικόνα 50 δίνεται η δυνατότητα να προσδιορίσουμε το είδος του υαλοπίνακα ενώ στην εικόνα 51 αναφερόμαστε στον φωτισμό.

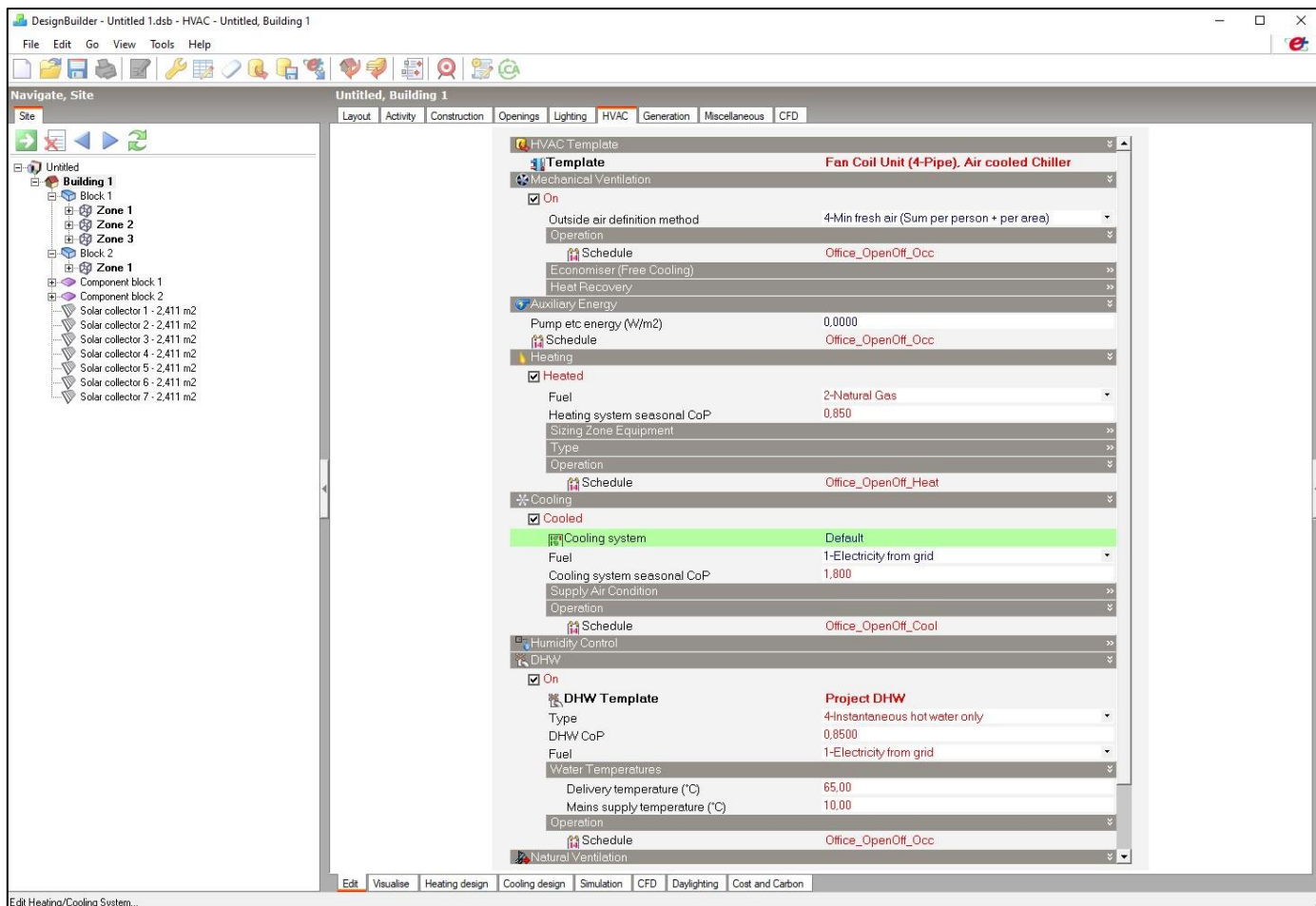


Εικόνα 50 Επιλογή υαλοπίνακα



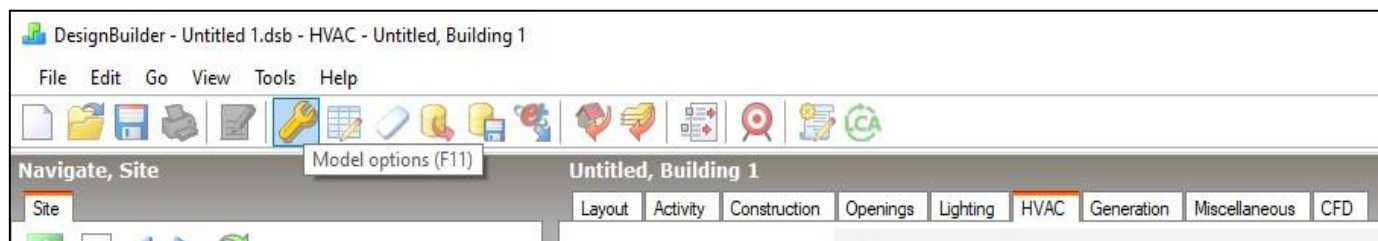
Εικόνα 51 Προσδιορισμός τρόπου φωτισμού

Στην εικόνα 52 συναντάμε την καρτέλα HVAC μια από τις βασικότερες καρτέλες του λογισμικού, βάση της οποίας θα προσδιορίσουμε τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού του κτηρίου. Ο τρόπος εμφάνισης και η δομή της συγκεκριμένης καρτέλας παραπέμπει σε συγκεκριμένο τύπο υπολογισμού μέσω του λογισμικού. Από το λογισμικό by default είναι ενεργοποιημένη η επιλογή Simple, με την οποία το σύστημα HVAC μοντελοποιείται χρησιμοποιώντας ιδανικά φορτία, η κατανάλωση καυσίμου υπολογίζεται από τα φορτία που μετρούν την εποχιακή απόδοση



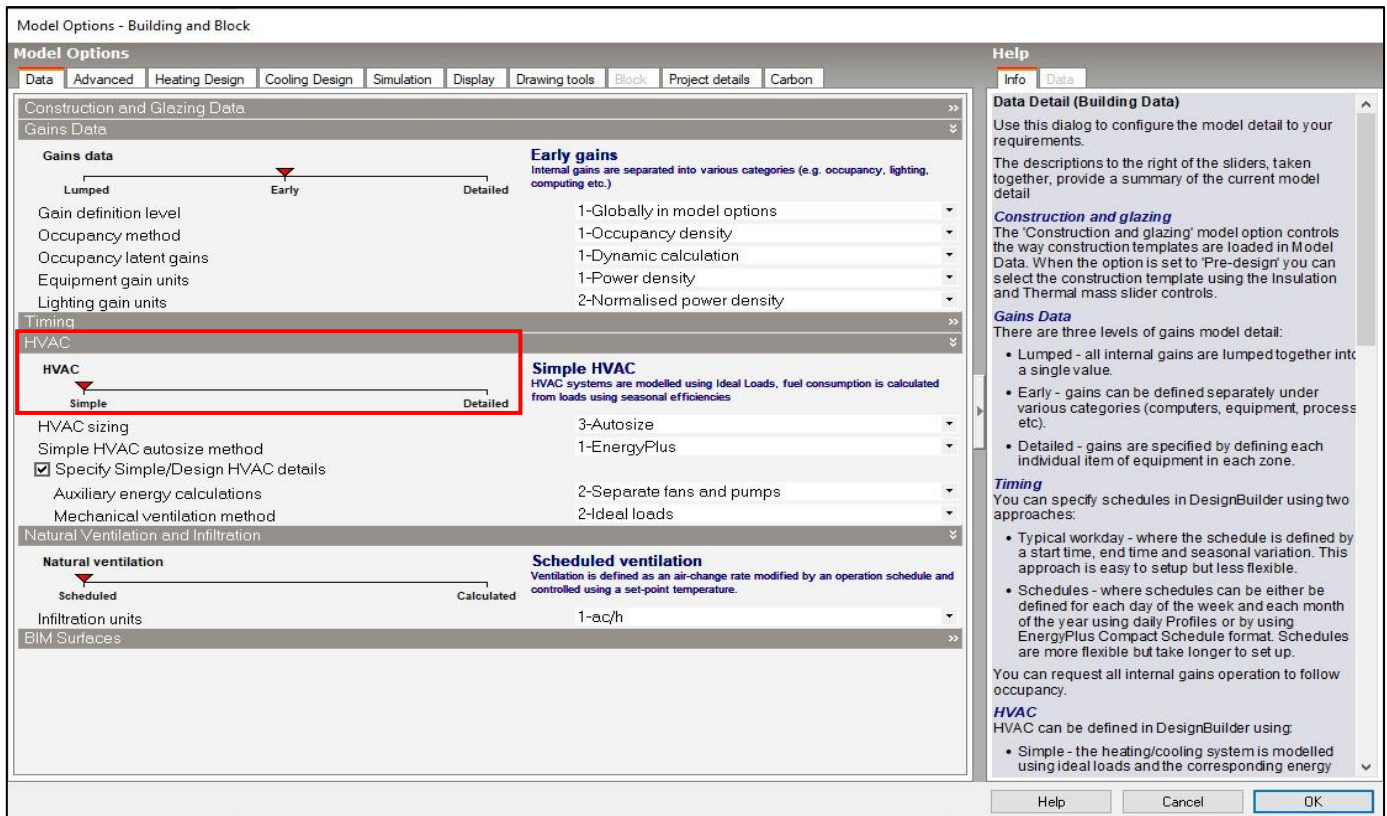
Εικόνα 52 Καρτέλα HVAC Simple

Σε περίπτωση που χρειαστεί ανάγκη αλλαγής της επιλογής Simple, υπάρχει ακόμη μία διαθεσιμότητα αυτή του Detailed HVAC, στην οποία έχουμε την δυνατότητα της χειροκίνητης επιλογής των συστημάτων. Η ενεργοποίηση του Detailed HVAC γίνεται από το εργαλείο Model options της κεντρικής μπάρας όπως φαίνεται και στην εικόνα 53.

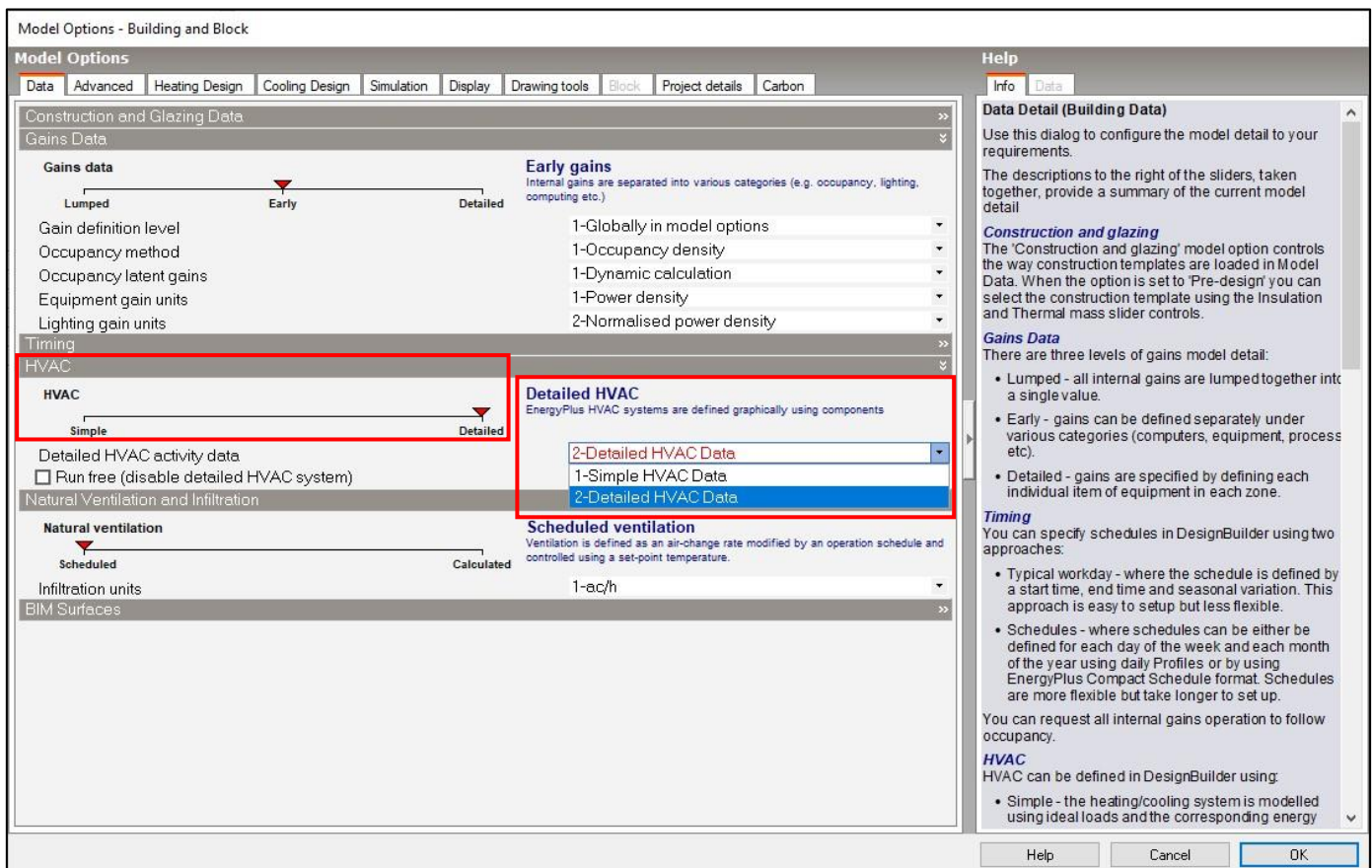


Εικόνα 53 Εργαλείο Model options

Επιλέγοντας το εργαλείο Model options εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο όπως της εικόνας 54 & 55 στις οποίες μπορούμε να συγκρίνουμε την διαφορά μεταξύ simple hvac και detailed.

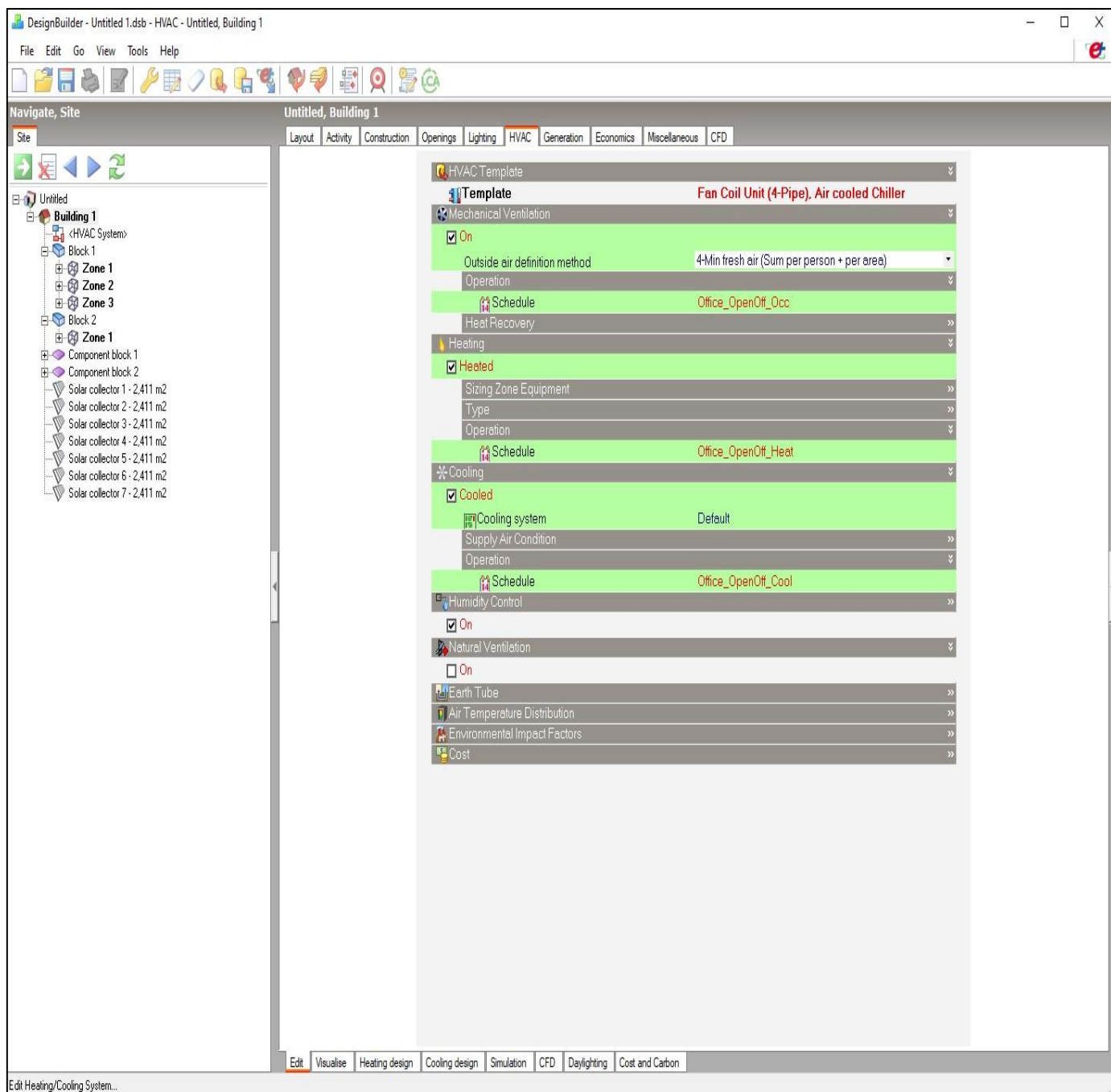


Εικόνα 54 Τύπος Simple HVAC



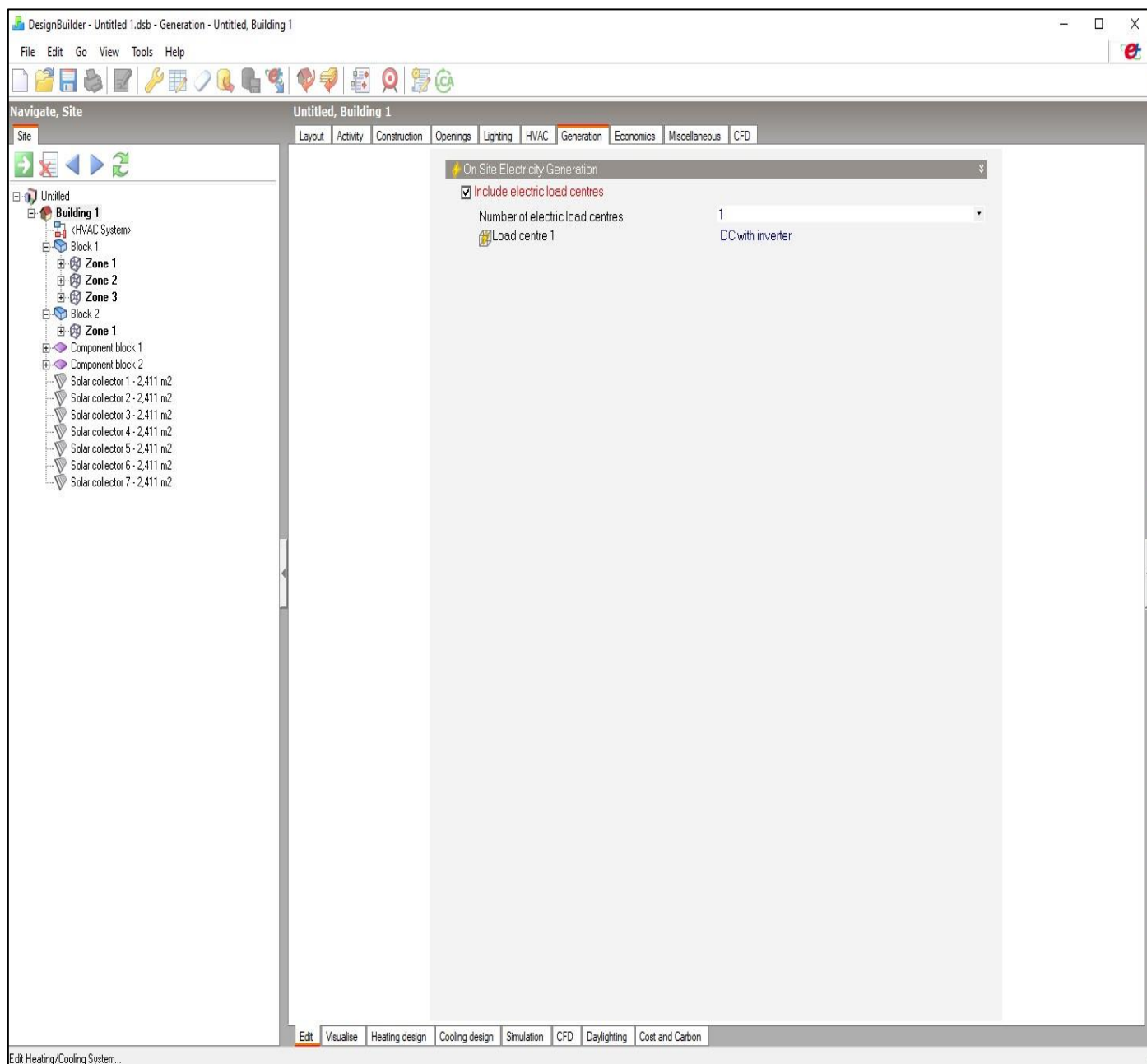
Εικόνα 55 Τύπος Detailed HVAC

Έπειτα με την ενεργοποίηση του detailed hvac η καρτέλα HVAC όπως της εικόνας 52 έχει πλέον διαφορετική μορφή όπως φαίνεται στην εικόνα 56. Σε επόμενο βήμα θα περιγράψουμε πως από τη συγκεκριμένη καρτέλα μπορούμε να εισάγουμε ένα σύστημα θέρμανσης και κλιματισμού σύμφωνα με τις διαθέσιμες επιλογές που δίνονται από τις βιβλιοθήκες του λογισμικού.



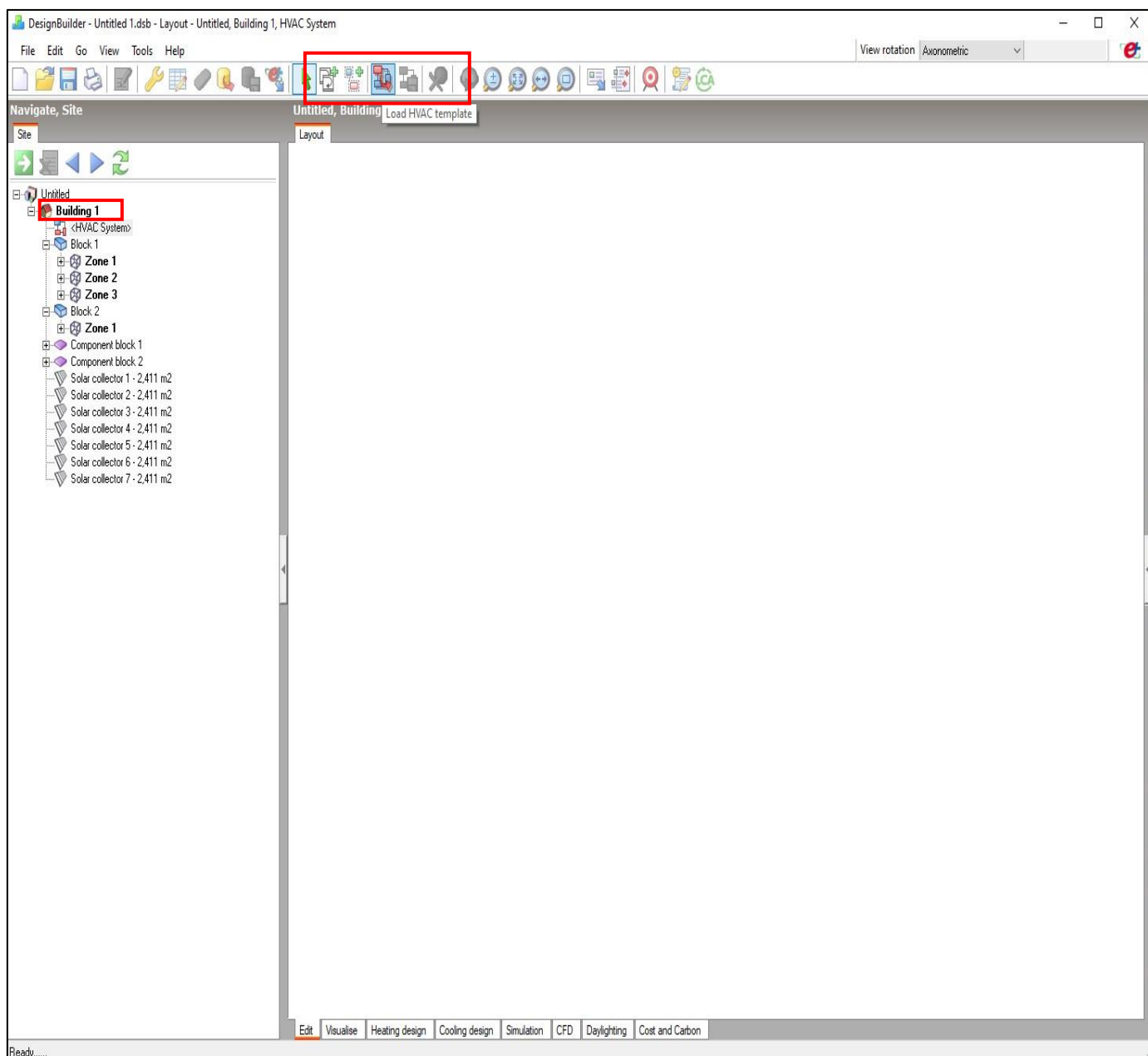
Εικόνα 56 Καρτέλα Detailed HVAC

Στην εικόνα 57 που ακολουθεί από την καρτέλα Generation, δίνεται η δυνατότητα να προσθέσουμε γεννήτρια σε περίπτωση που επιθυμούμε να εγκαταστήσουμε φωτοβολταϊκά πάνελ στο κτήριο μας.



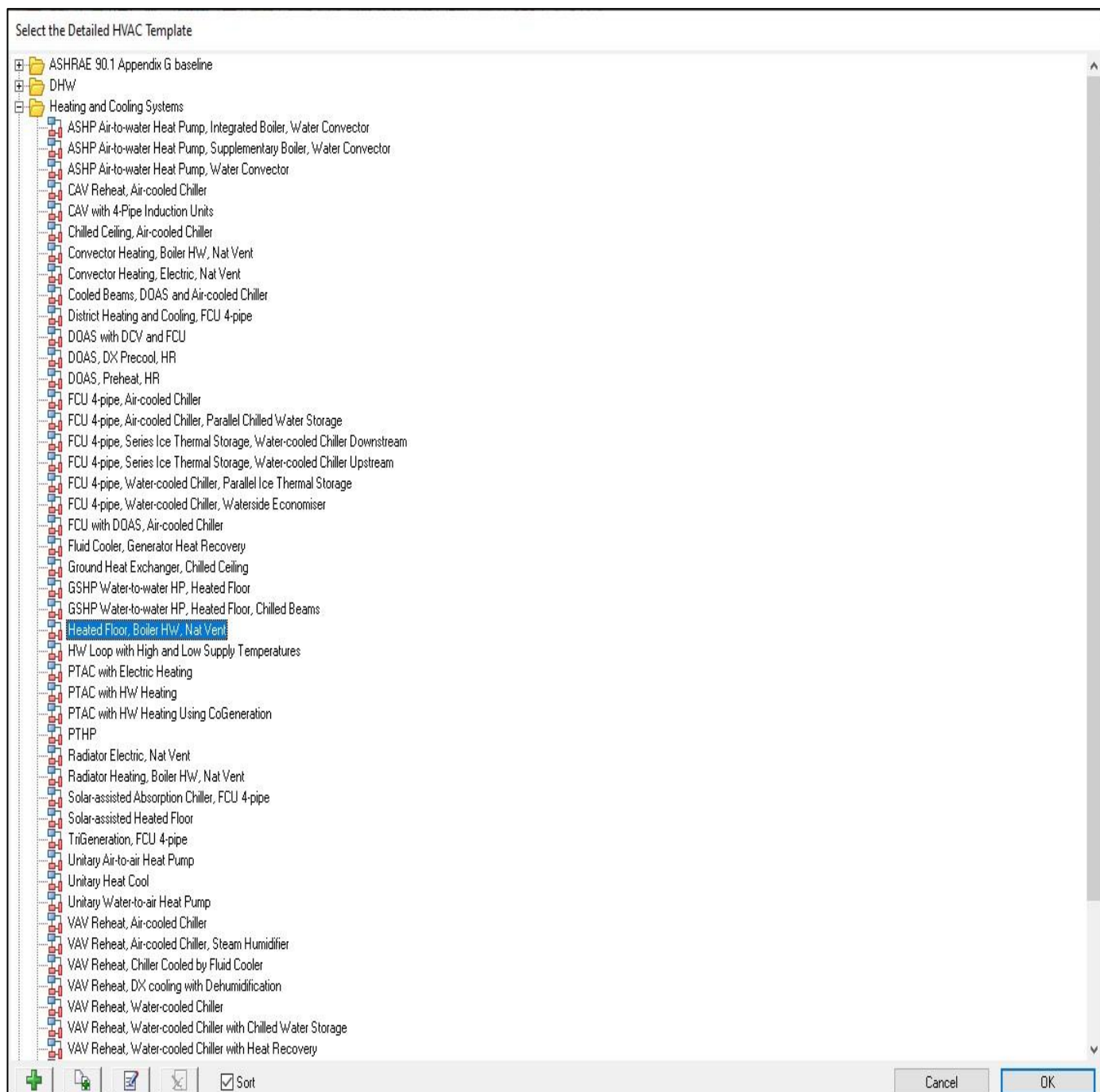
Εικόνα 57 Καρτέλα Generation

Από αυτό το σημείο και έπειτα θα αναδείξουμε πως μπορούμε να εισάγουμε ένα σύστημα HVAC είτε κάποιο τυποποιημένο από τις βιβλιοθήκες του λογισμικού είτε φτιάχνοντας κάποιο δικό μας σύστημα το οποίο να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Από το προηγούμενο βήμα της εικόνας 56 έχοντας ήδη επιλέξει το detail hvac πλέον στο δέντρο σχεδιασμού εμφανίζεται ένα νέο στοιχείο με ονομασία <HVAC System>. Αυτό μας δίνει την επιλογή, όταν το επιλέξουμε, στην κεντρική μπάρα εργαλείων να εμφανιστούν μερικά νέα εργαλεία βάση των οποίων θα γίνει η επιλογή των συστημάτων. Στην εικόνα 58 που ακολουθεί έχοντας επιλέξει το < HVAC System> εμφανίζεται μία κενή εικόνα αποκομιστικού περιβάλλοντος και τα εργαλεία προσθήκης των συστημάτων όπως φαίνεται στα κόκκινα πλαίσια.



Εικόνα 58 LOAD HVAC template

Εφόσον επιλέξουμε το εργαλεία <Load HVAC template>, εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο στο οποίο υπάρχουν σε βιβλιοθήκη όλα τα έτοιμα συστήματα προς αξιοποίηση. Στο παράδειγμά μας θα επιλέξουμε από τα έτοιμα προσχέδια συστημάτων της βιβλιοθήκης του λογισμικού ένα σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης η οποία τροφοδοτείται από ένα boiler πετρελαίου όπως φαίνεται και στις εικόνες 59 & 60 αντίστοιχα.



Εικόνα 59 Βιβλιοθήκης HVAC

Load HVAC template

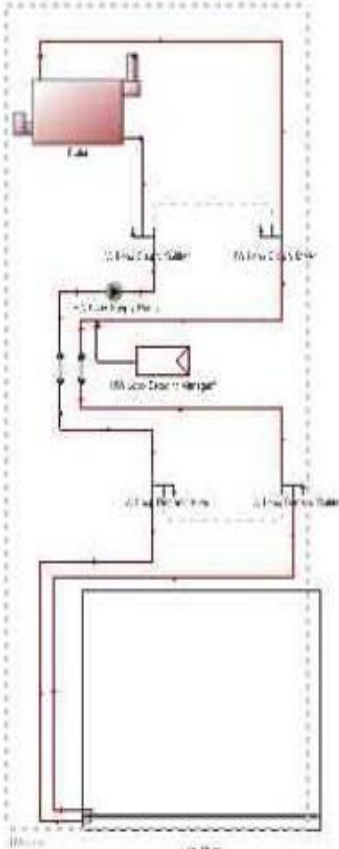
HVAC Template Selection

Select an HVAC System

Detailed HVAC Template <<

Detailed HVAC Template Heated Floor, Boiler HW, Nat Vent ...

Preview <<



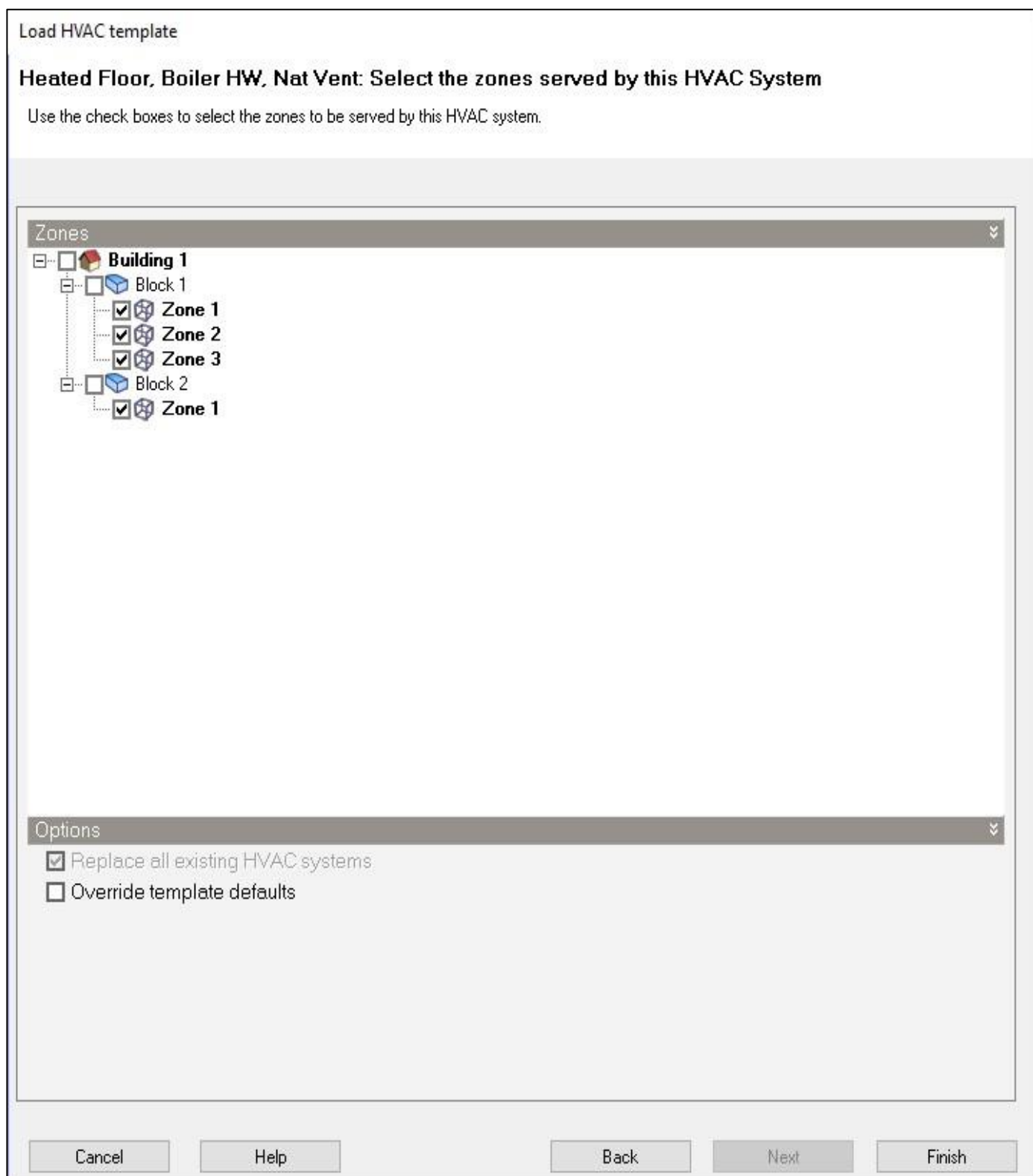
Summary of Equipment >>

Cancel Help Back Next Finish

The diagram shows a schematic of a heating system. It includes a boiler at the top left, connected to a network of pipes. A pump is located in the middle of the system. The pipes are labeled with various components and flow directions, such as 'Boiler HW', 'Nat Vent', and 'Heated Floor'. The system is enclosed in a dashed rectangular boundary.

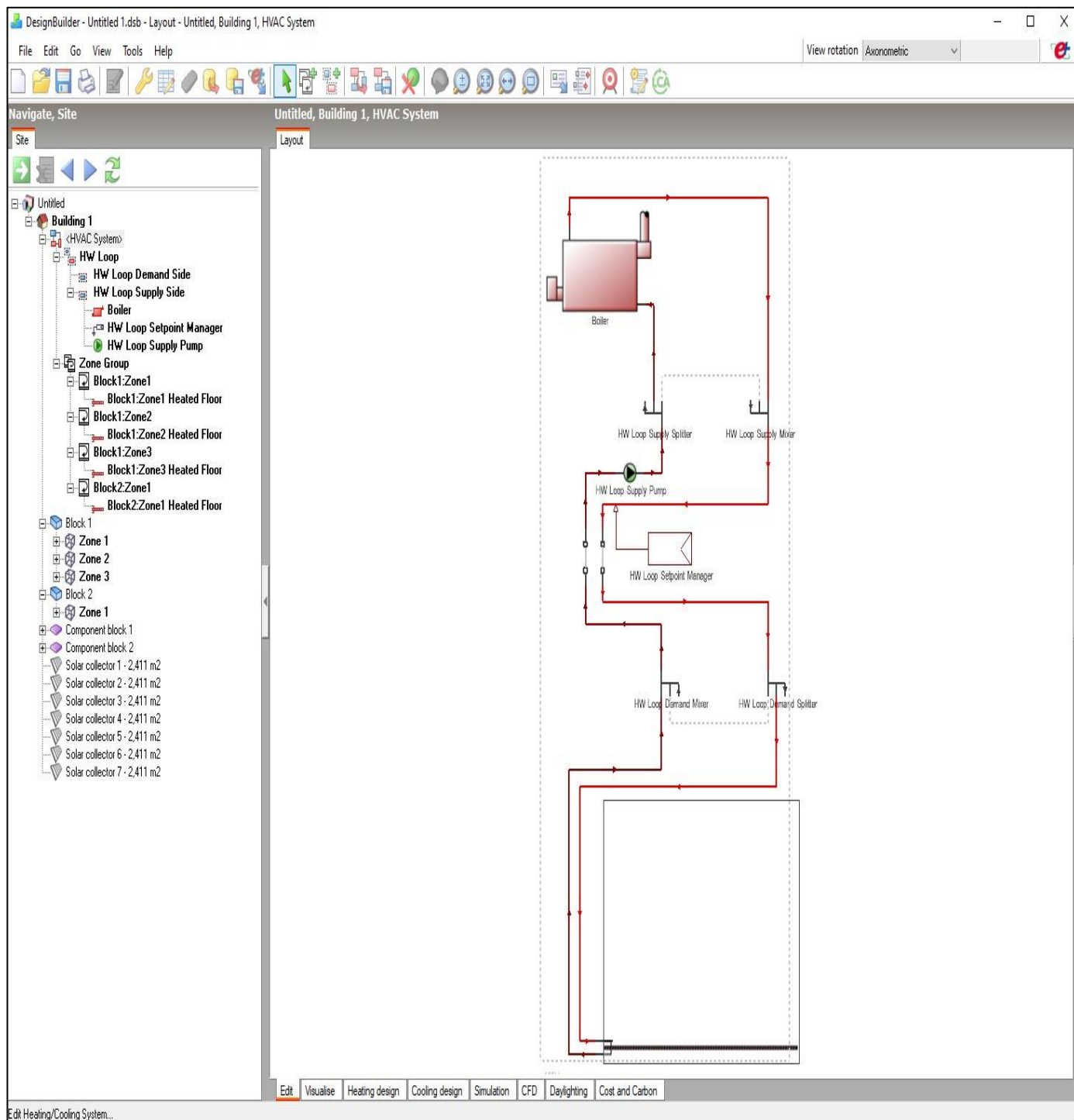
Εικόνα 60 Επιλογή συστήματος

Στο επόμενο βήμα όπως φαίνεται και στην εικόνα 61 καλούμαστε να επιλέξουμε σε πιο κτήριο εκ των δύο που δημιουργήσαμε θα εφαρμόσουμε το συγκεκριμένο σύστημα και πιο για περισσότερη λεπτομέρεια σε ποιες θερμικές ζώνες επιθυμούμε να γίνει η εγκατάσταση του εν λόγω συστήματος.



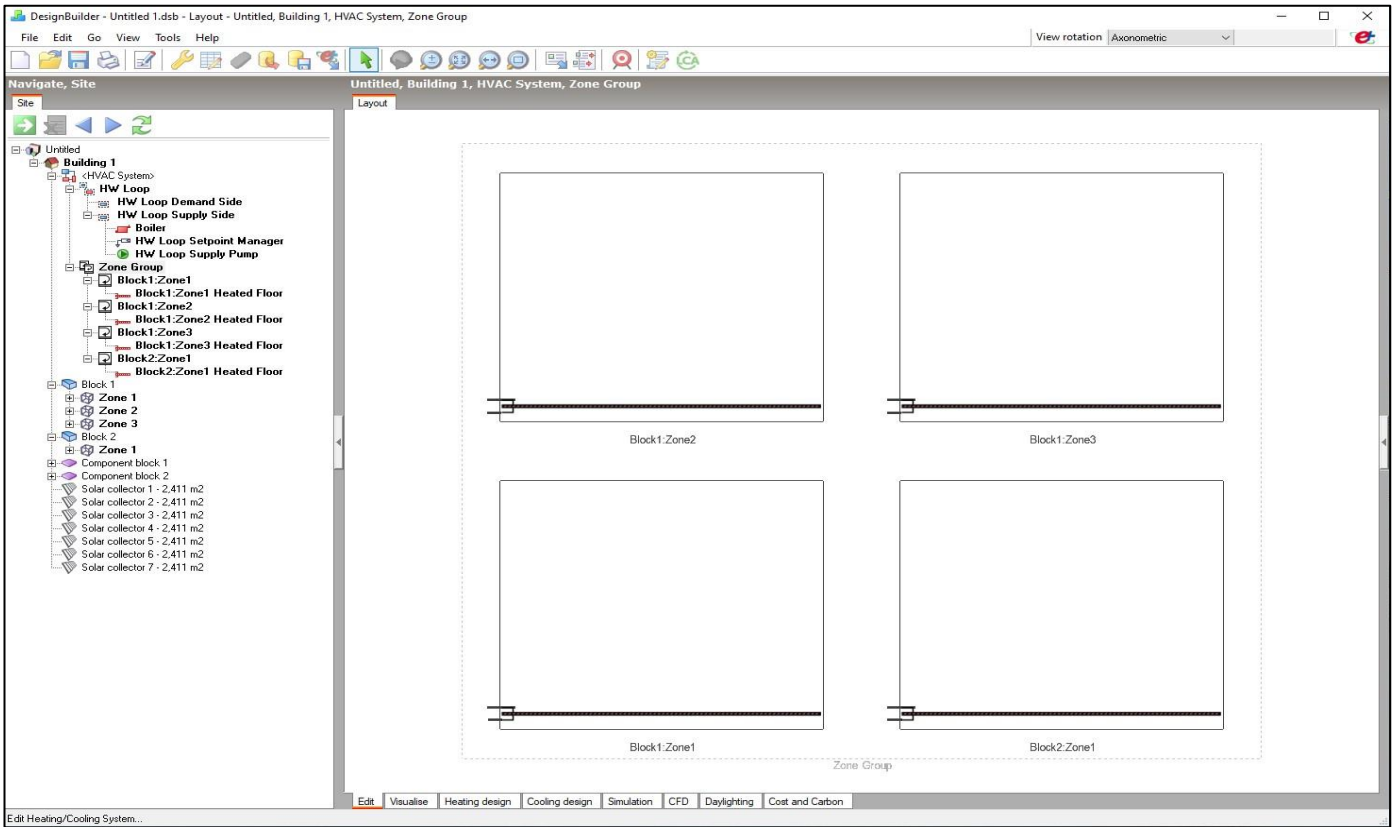
Εικόνα 61 Επιλογή θερμικών ζωνών για την εφαρμογή του συστήματος

Όταν ολοκληρωθούν οι παραπάνω ενέργειες και πατήσουμε Finish όπως φαίνεται στην εικόνα 61, πλέον το σύστημα μας θα είναι εγκατεστημένο και θα εμφανίζεται τόσο στο γραφικό περιβάλλον της κύριας οθόνης, έχοντας όμως επιλεγμένη από το δέντρο σχεδιασμού την επιλογή <HVAC System>, όσο και στο δέντρο σχεδιασμού στις αντίστοιχες θερμικές ζώνες που επιλέξαμε προηγουμένως στα αντίστοιχα κτήρια. Στην εικόνα 62 μπορούμε να παρατηρήσουμε με απεικονιστικό τρόπο όλα όσα περιγράφηκαν.

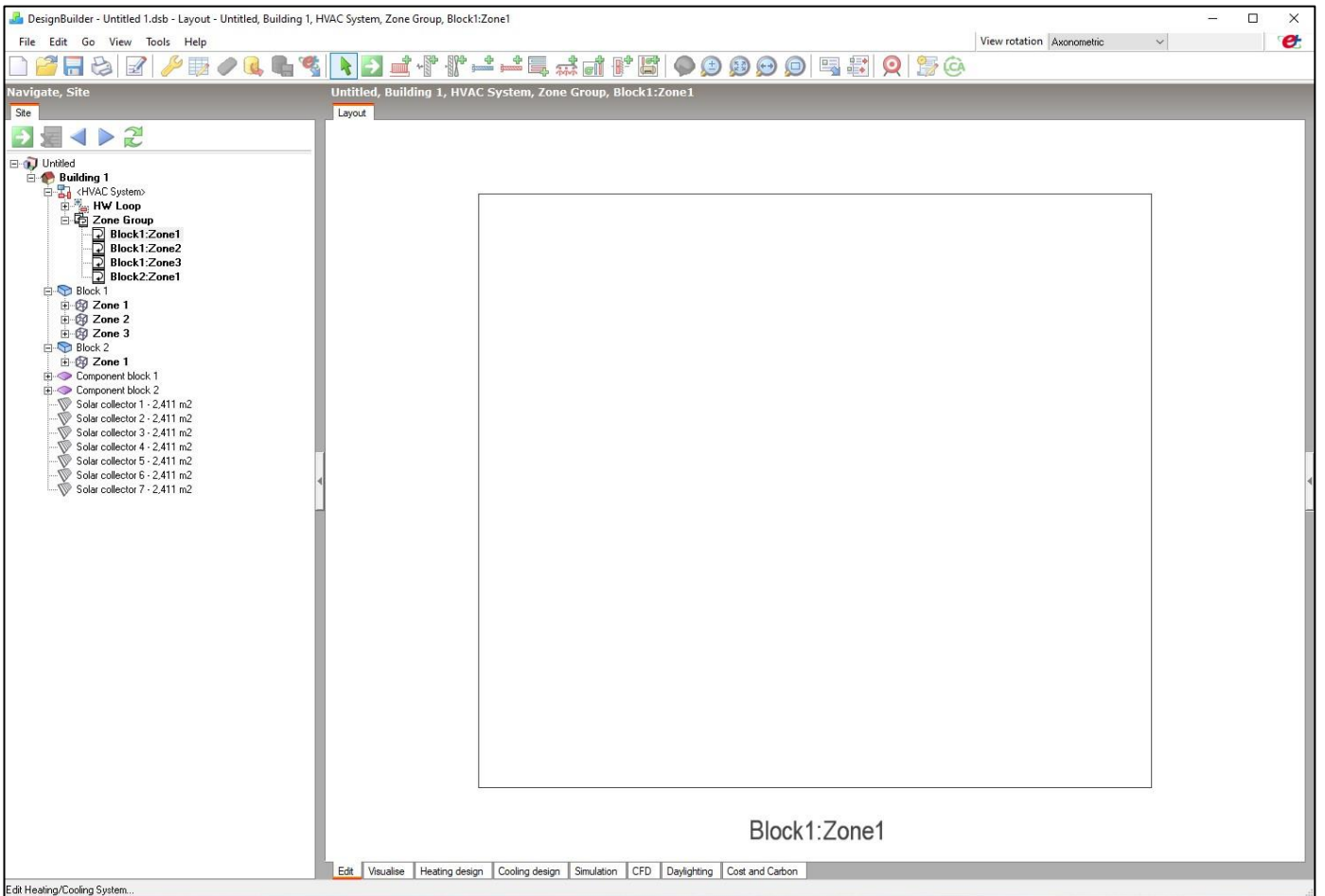


Εικόνα 62 Ενδεικτική εφαρμογή συστήματος θέρμανσης

Σε περίπτωση που επιθυμούμε να αλλάξουμε κάτι από το ήδη υπάρχων σύστημα, ο τρόπος για να γίνει αυτό είναι αφού επιλέξουμε τις ζώνες από δέντρο σχεδιασμού εμφανίζεται στην κύρια οθόνη το εσωτερικό των ζωνών με τα αντίστοιχα συστήματα. Σε αυτό το σημείο αφού κάνουμε delete αυτό το οποίο θέλουμε να αλλάξουμε, στην ζώνη πλέον έχει αφαιρεθεί και στην κύρια οθόνη δεν εμφανίζεται κάτι. Οι εικόνες 63 & 64 αντίστοιχα απεικονίζουν όλα όσα περιγράφηκαν.

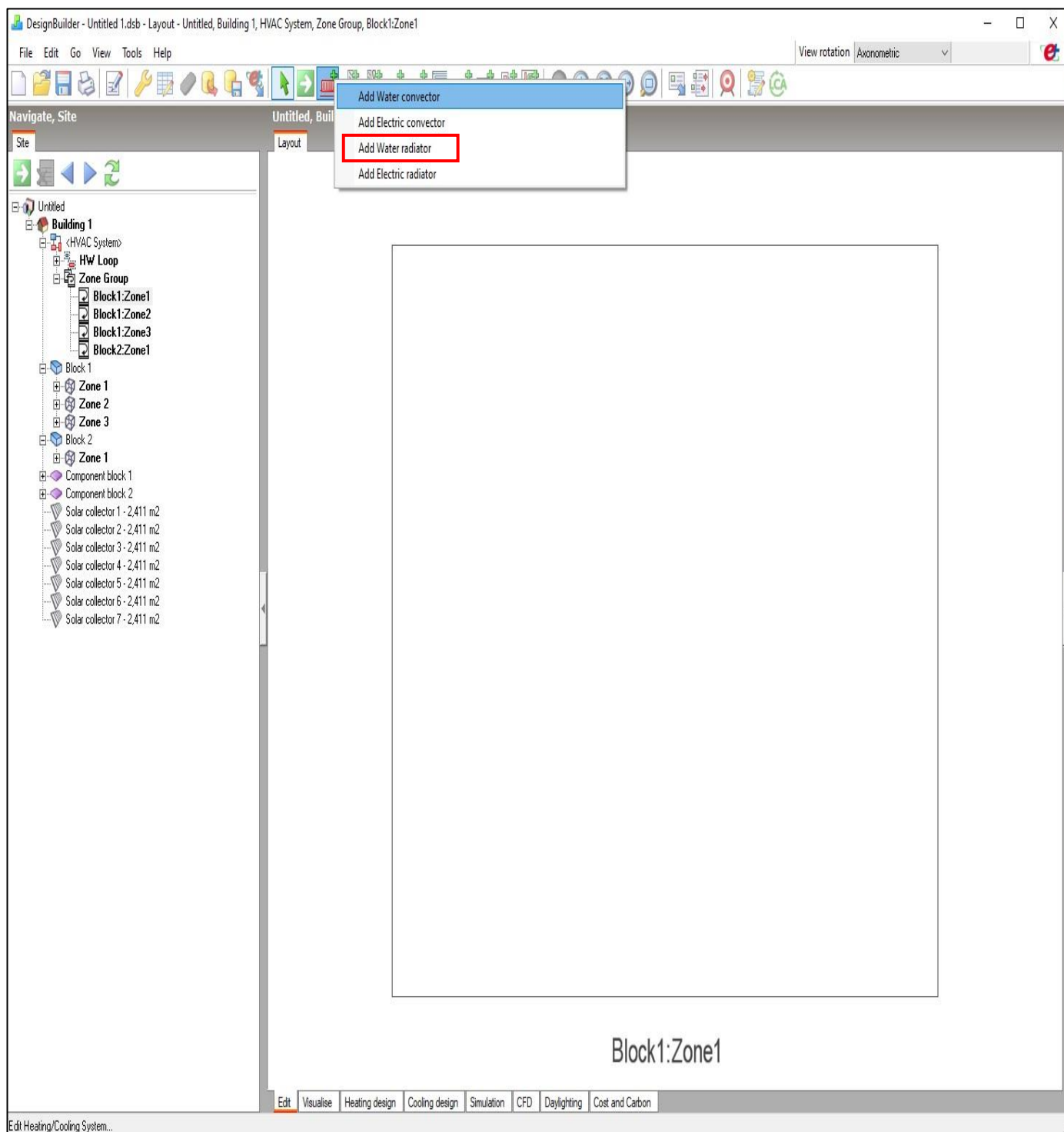


Εικόνα 64 Εσωτερικό θερμικών ζωνών

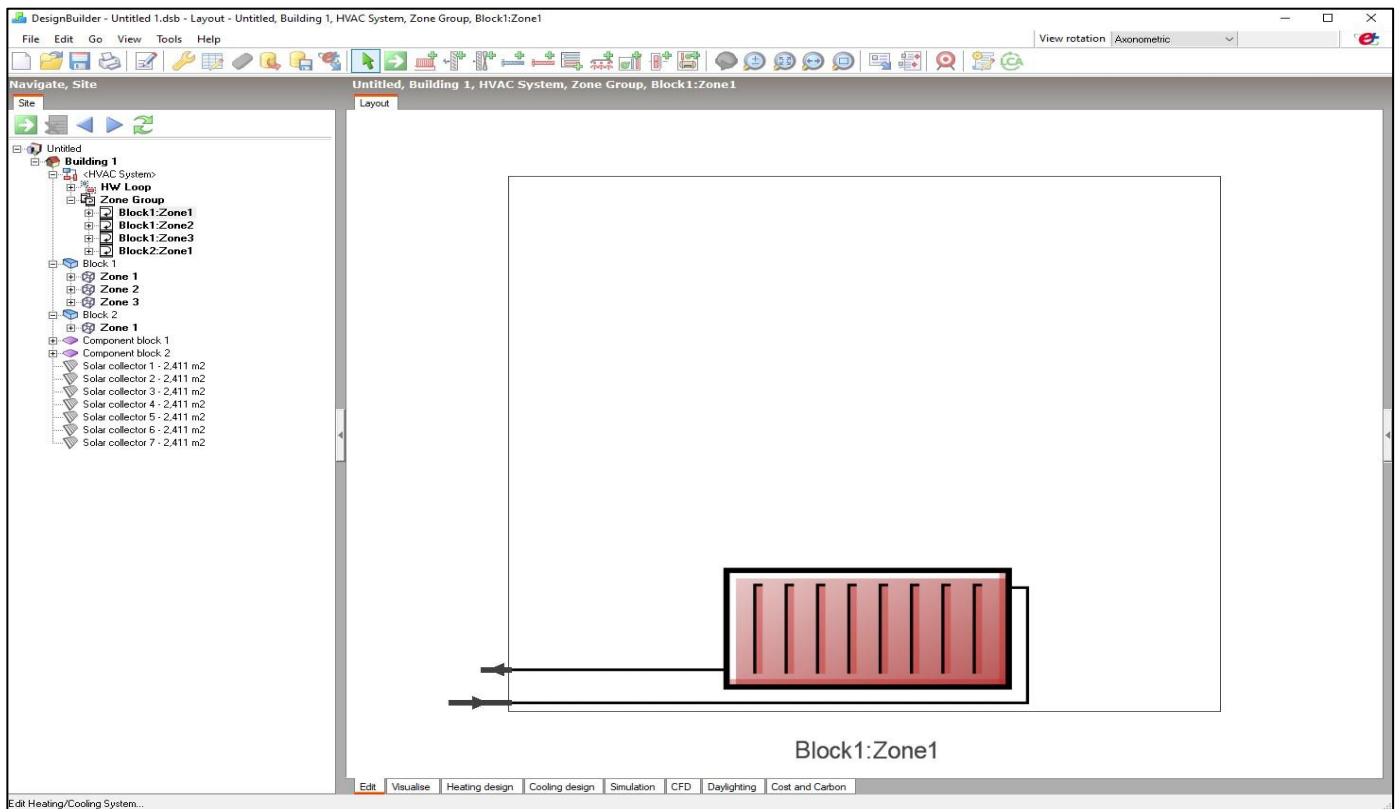


Εικόνα 63 Αφαίρεση ενδοδαπέδιας θέρμανσης

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 64 στην κεντρική μπάρα εργαλείων εμφανίζονται νέα εργαλεία με τα οποία δίνεται η δυνατότητα προσθήκης νέων συστημάτων στις ζώνες όπου έγιναν οι προηγούμενες αλλαγές. Στο σημείο αυτό επιλέξαμε να προσθέσουμε καλοριφέρ νερού (Water radiator) όπως φαίνεται και στην εικόνα 65 στο κόκκινο πλαίσιο και η εικόνα 66 μας δείχνει τον τρόπο με τον οποίο εμφανίζεται η συγκεκριμένη εφαρμογή.

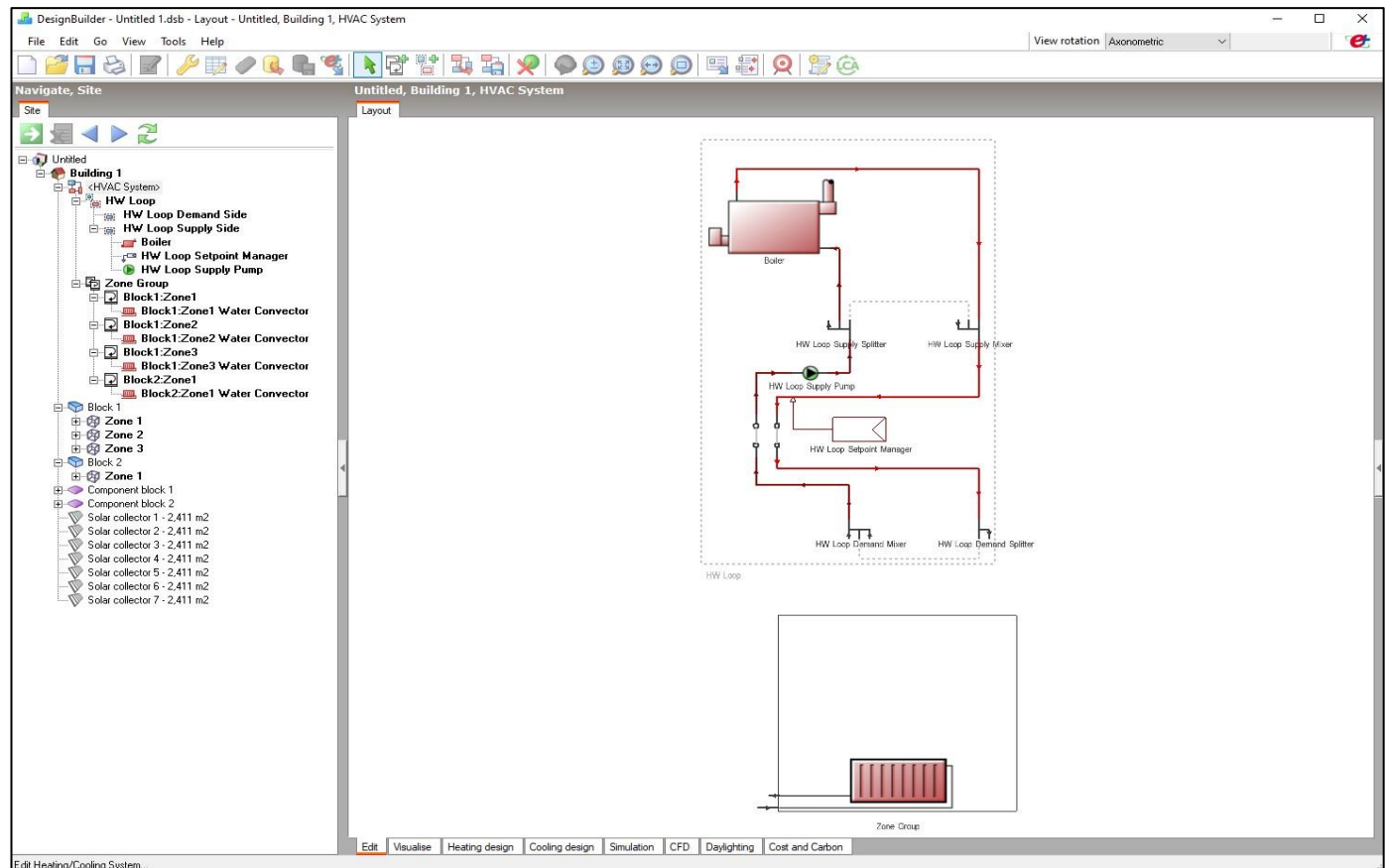


Εικόνα 65 Επιλογή καλοριφέρ



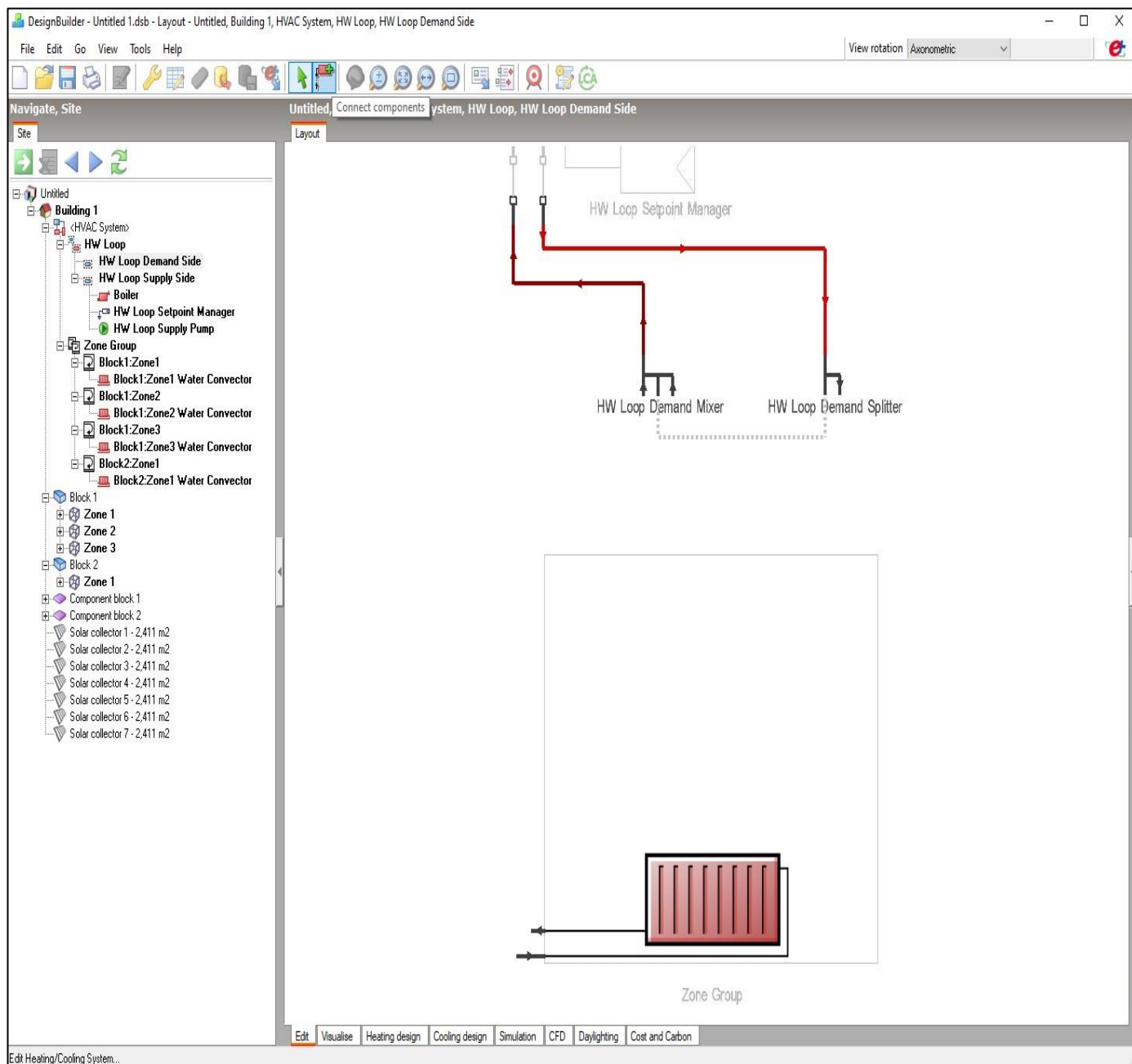
Εικόνα 66 Εφαρμογή καλοριφέρ

Πλέον το σύστημα μας είναι εγκατεστημένο αλλά δεν είναι διασυνδεδεμένο όπως φαίνεται και στην εικόνα 67.

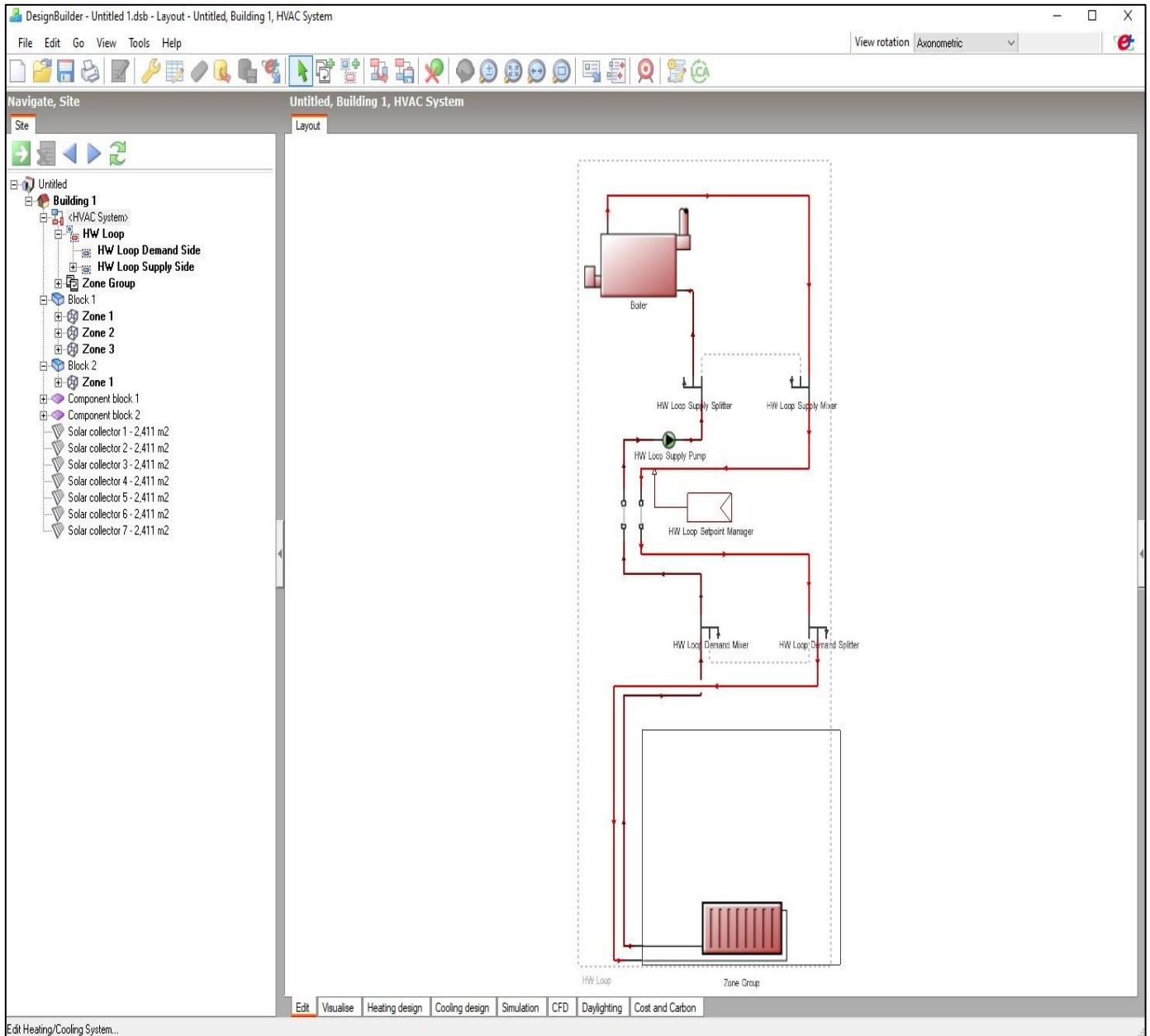


Εικόνα 67 Νέο σύστημα θέρμανσης

Ο τρόπος με τον οποίο έχουμε την δυνατότητα να συνδέσουμε το σύστημα είναι από το δέντρο σχεδιασμού να επιλέξουμε την ζήτηση από το λέβητα πετρελαίου από την επιλογή: HW Loop -> HW Loop Demand Side και έπειτα στην κεντρική μπάρα εργαλείων εμφανίζεται το εργαλείο Connect Components όπως φαίνεται και στα κόκκινα πλαίσια της εικόνας 68. Έπειτα το σύστημα είναι διασυνδεδεμένο και έτοιμο προς χρήση όπως φαίνεται στην εικόνα 69.



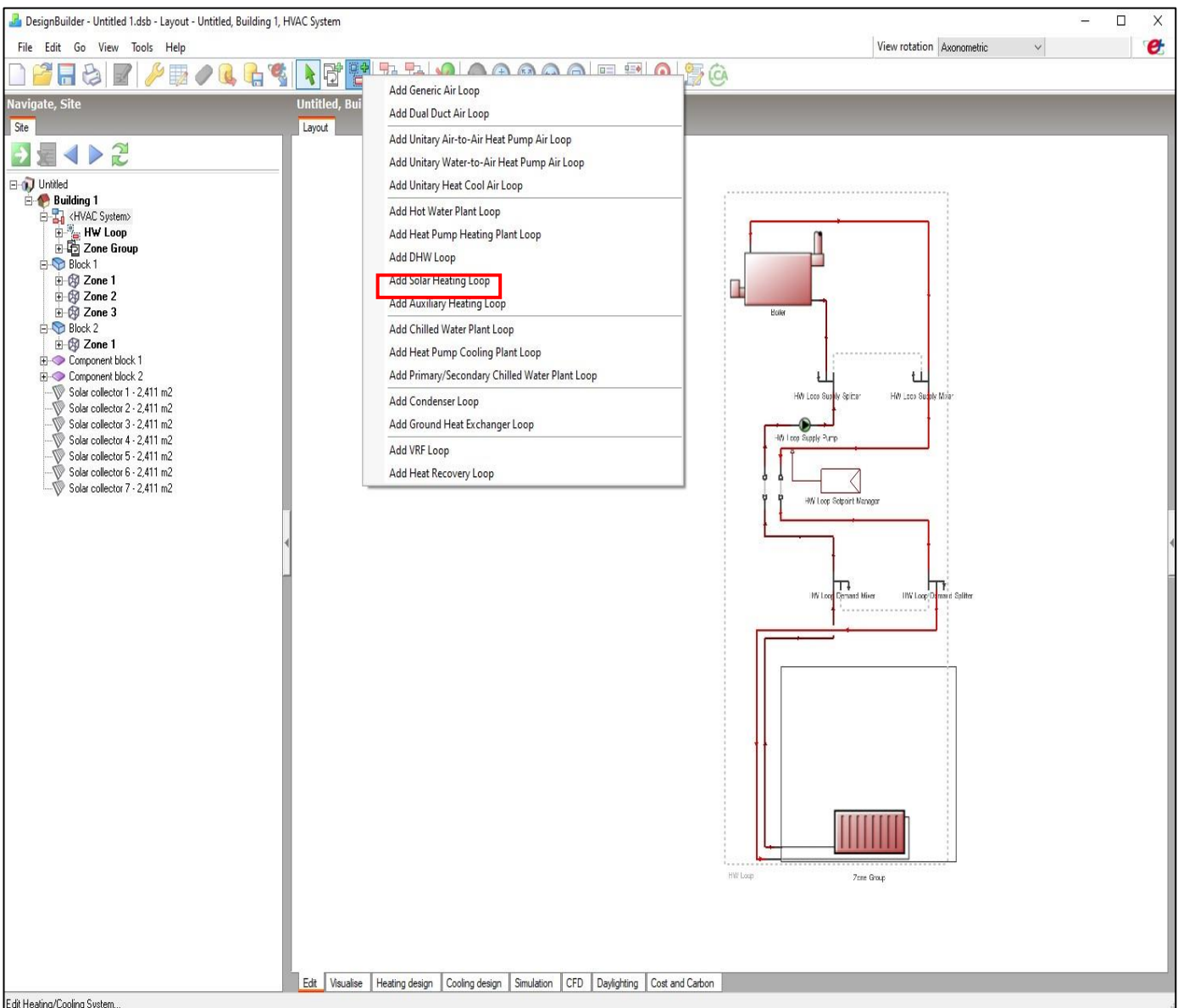
Εικόνα 68 Διασύνδεση δικτύου



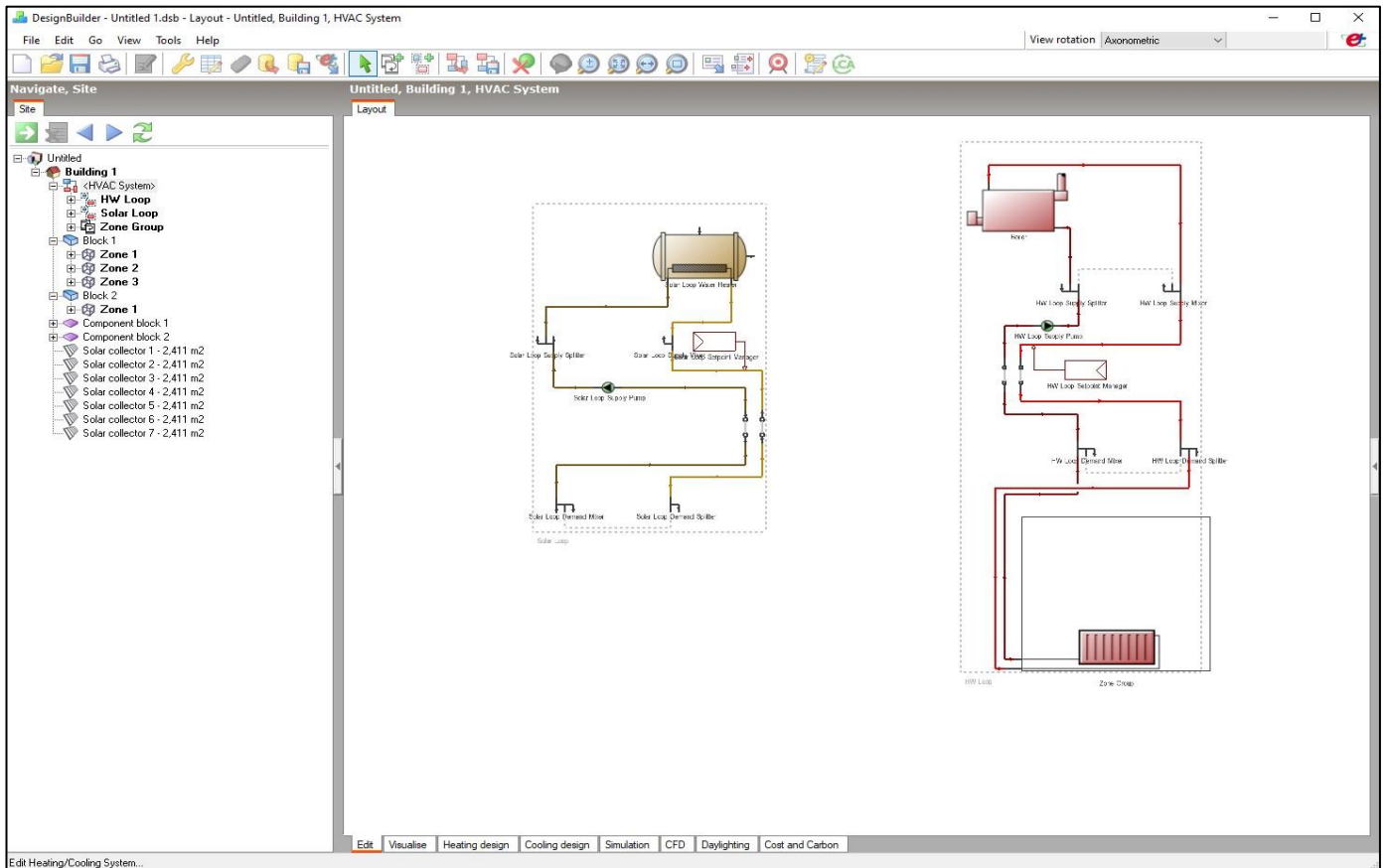
Εικόνα 69 Νέο σύστημα θέρμανσης

Σε επόμενο βήμα αν επιθυμούμε την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για την κάλυψη των ζεστών νερών χρήσης του περισσότερου τμήματος της εγκατάστασης θα πρέπει πρωτίστως να εισάγουμε τον ηλιακό θερμοσίφωνα και έπειτα τους ηλιακούς συλλέκτες. Έχουμε επίσης την δυνατότητα να εγκαταστήσουμε αυτόνομο εσωτερικό θερμοσίφωνα για την κάλυψη ορισμένων τοπικών αναγκών σε ζεστών νερών χρήσης. Ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνονται όλα τα παραπάνω είναι ο εξής:

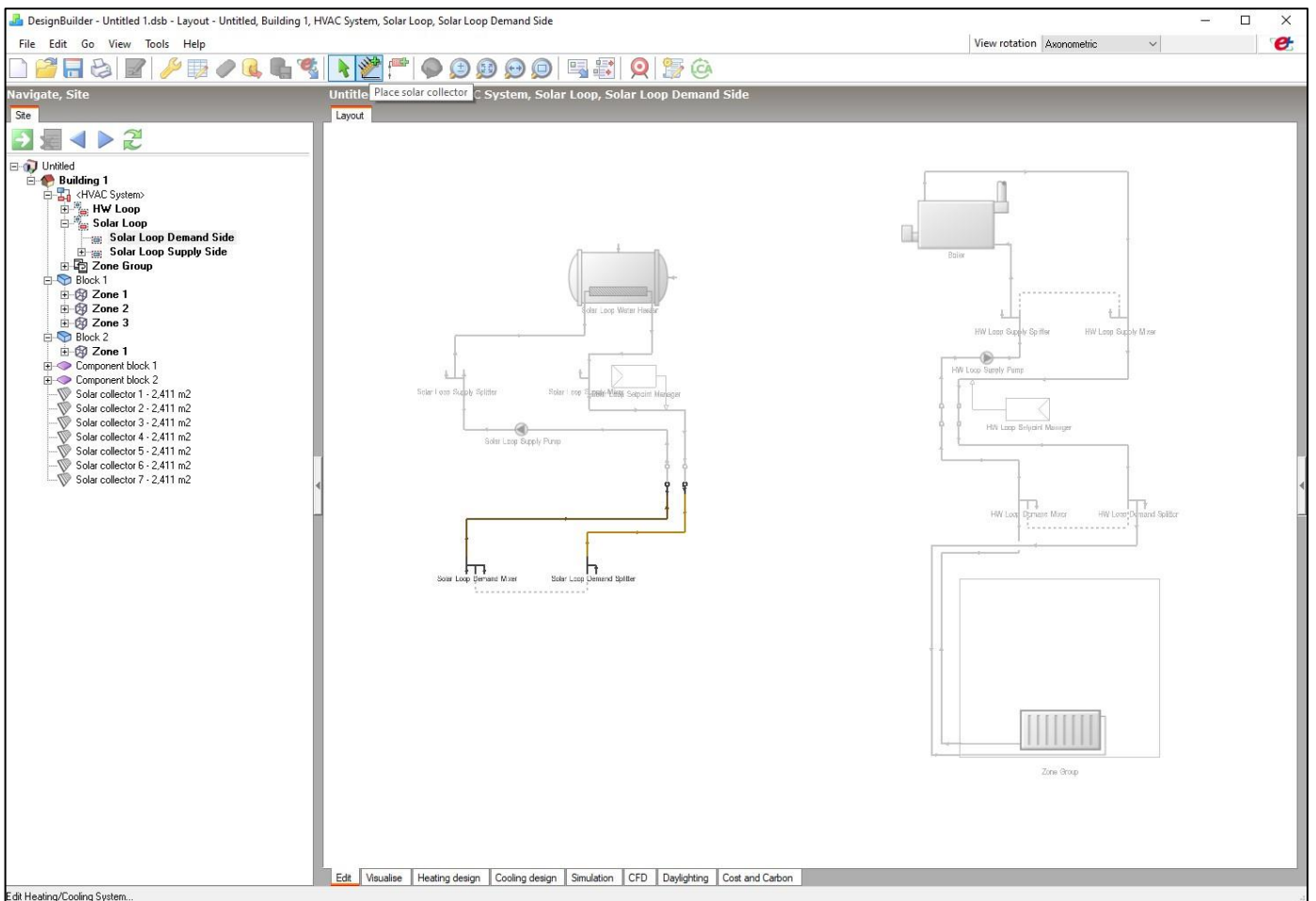
Επιλέγοντας από το δέντρο σχεδιασμού το <HVAC System> εμφανίζεται η επιλογή προσθήκης συστημάτων (add Loop), όπου και επιλέγουμε για τον ηλιακό θερμοσίφωνα την επιλογή add Solar Heating Loop όπως μπορούμε να δούμε και από την εικόνα 70 & 71 αντίστοιχως. Στην συνέχεια για την προσθήκη των ηλιακών συλλεκτών από το δέντρο σχεδιασμού επιλέγουμε το Solar Loop-> Solar Loop Demand Side και στο σημείο αυτό εμφανίζεται στην κεντρική μπάρα εργαλείων το εργαλείο Place Solar collector και μπορούμε να προσθέσουμε τους ηλιακούς συλλέκτες και αντίστοιχα όπως και σε προηγούμενο βήμα να διασυνδέσουμε το ηλιακό κύκλωμα. Έπειτα για τον τοπικό θερμοσίφωνα η διαδικασία είναι παρόμοια όπως περιγράψαμε προηγούμενων, επιλέγοντας αυτή τη φορά την επιλογή add DHW(Domestic Hot Water) Loop. Στις εικόνες 72÷74 παρουσιάζονται όλα όσα έχουμε αναφέρει. Στην εικόνα 75 παρουσιάζεται συγκεντρωτικά όλο το σύστημα το οποίο έχουμε περιγράψει έως τώρα.



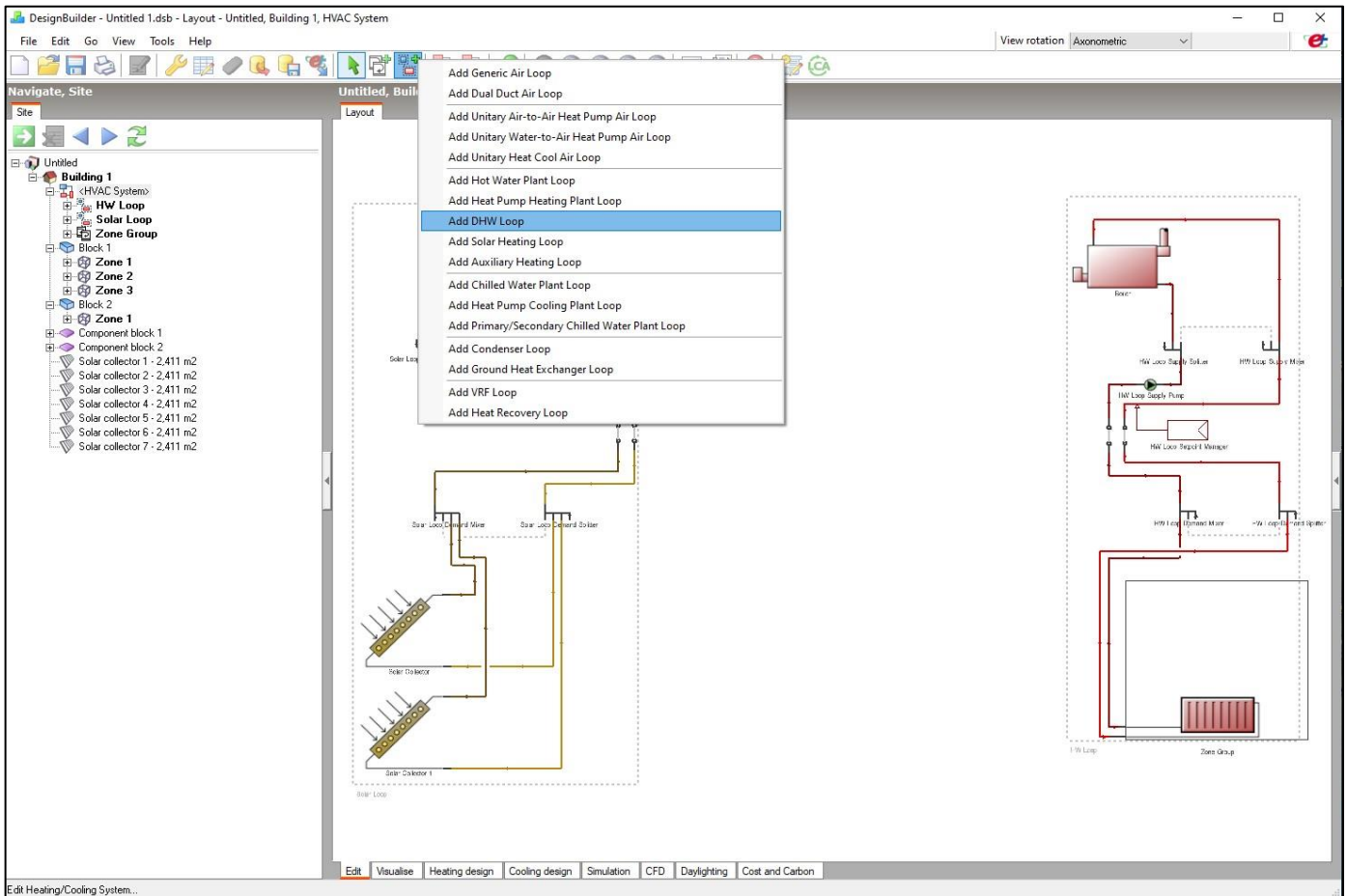
Εικόνα 70 Προσθήκη ηλιακού θερμοσίφωνα



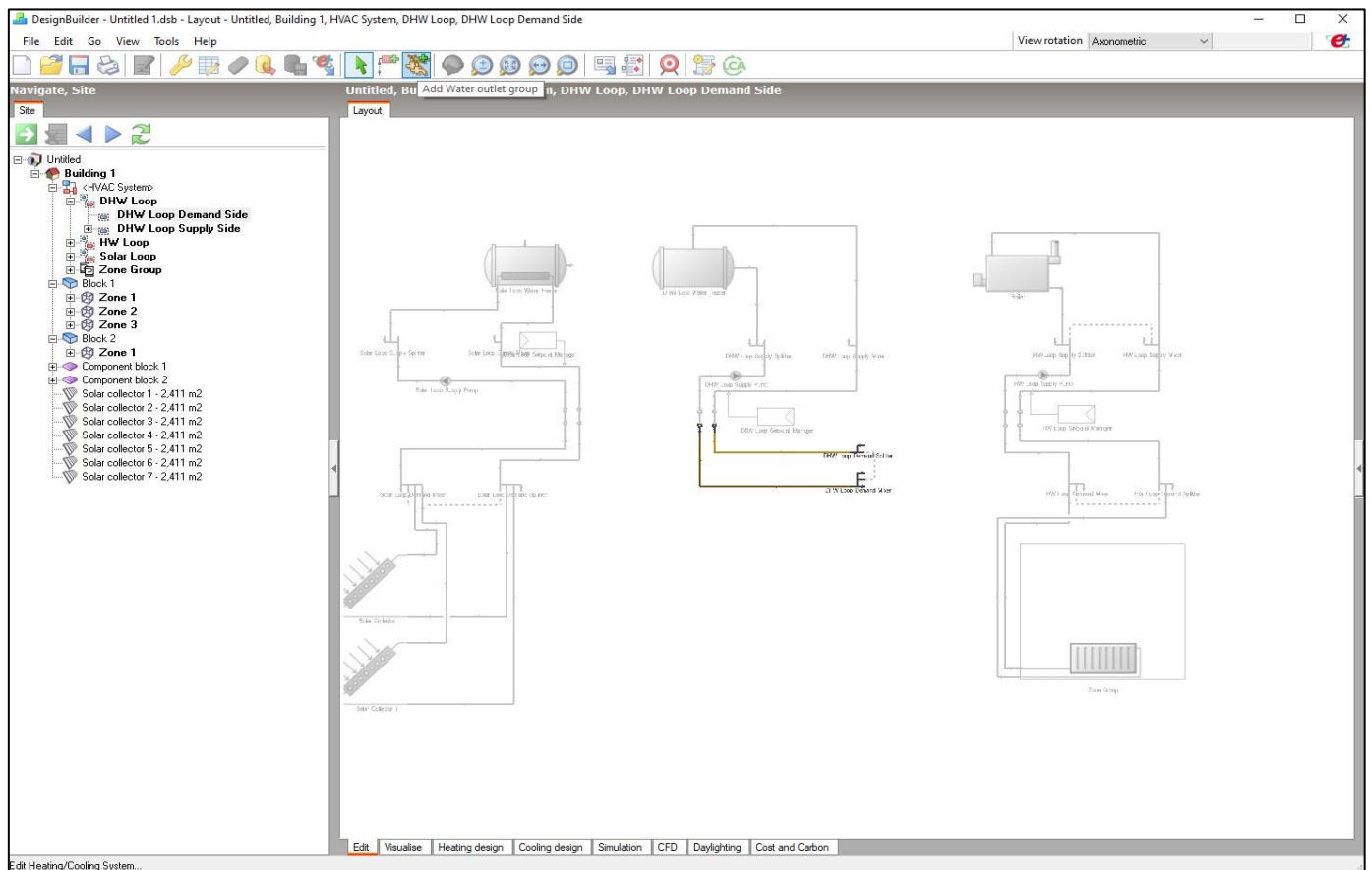
Εικόνα 72 Ηλιακός θερμοσίφοντας



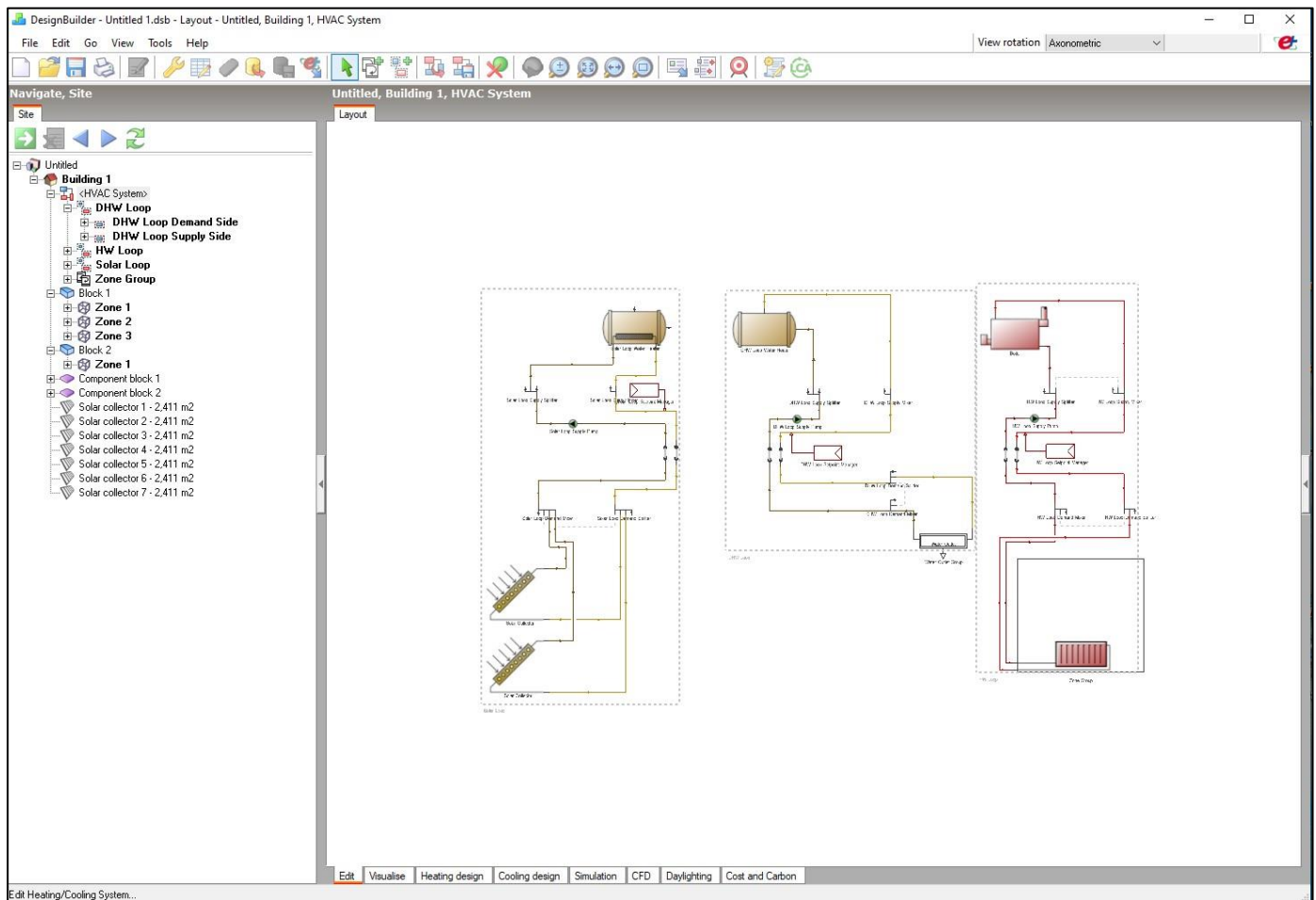
Εικόνα 71 Προσθήκη ηλιακών συλλεκτών



Εικόνα 73 Προσθήκη τοπικού θερμοσίφωνα

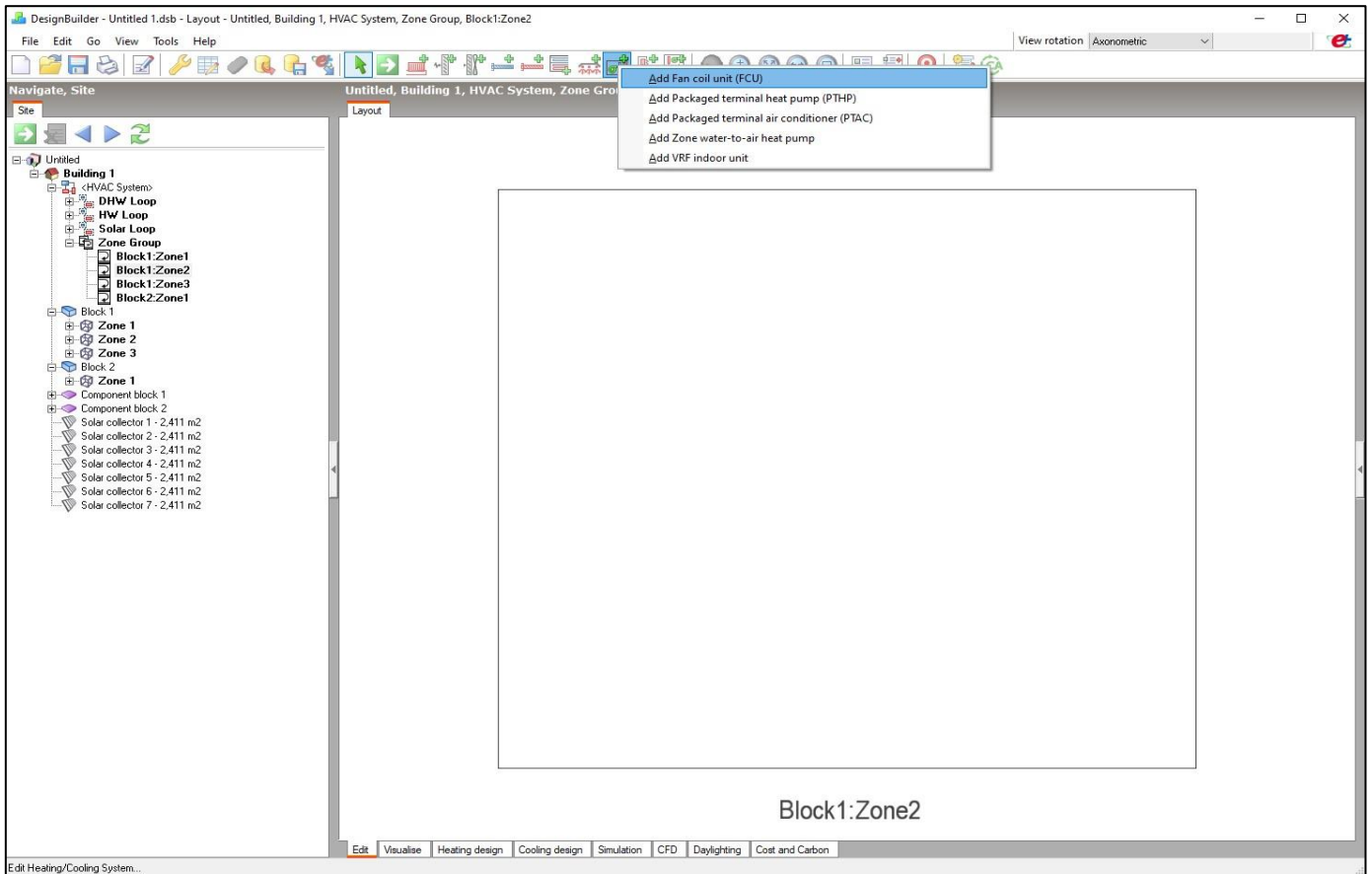


Εικόνα 74 Προσθήκη ζωνών για Ζ.Ν.Χ

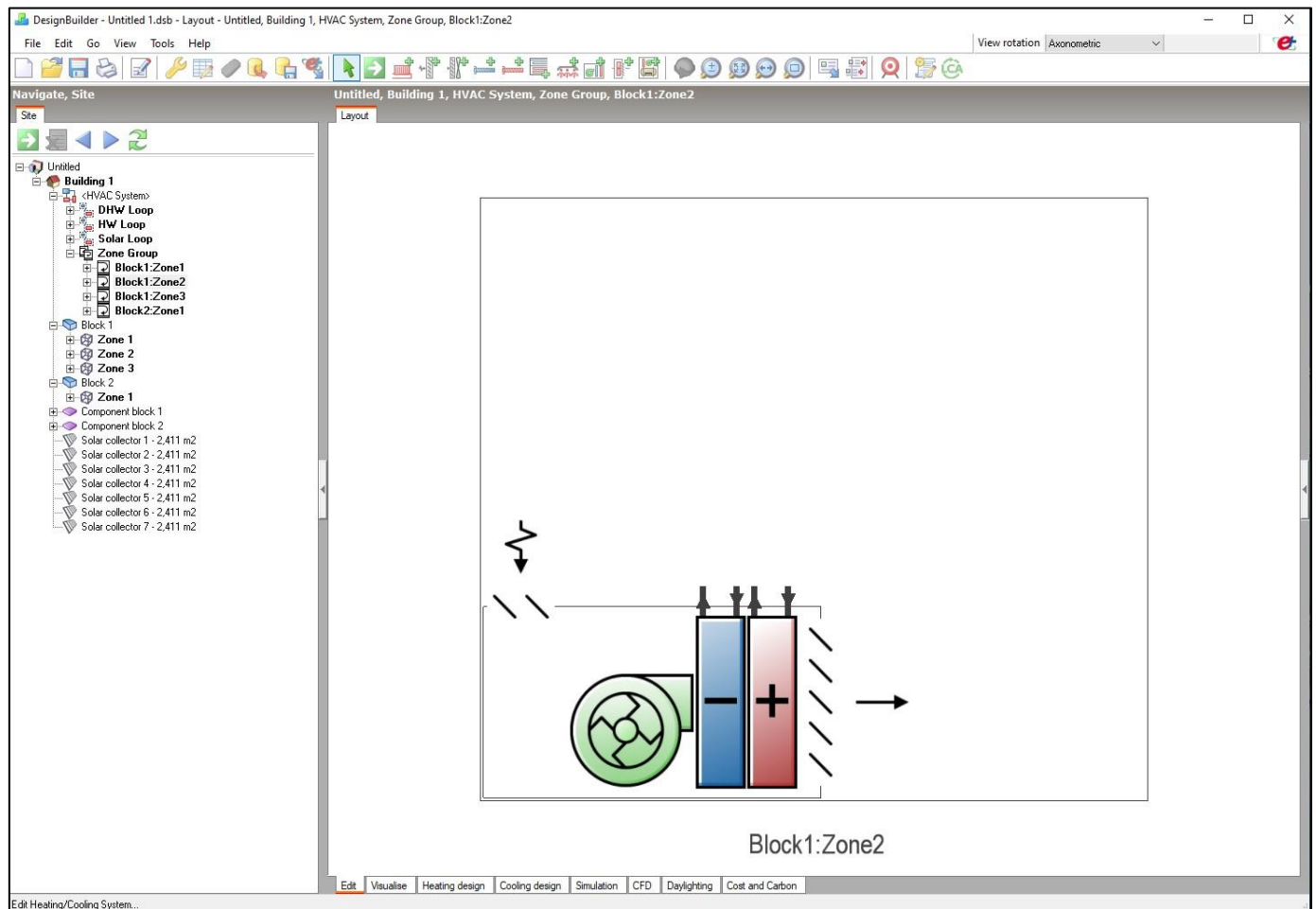


Εικόνα 75 Συγκεντρωτικό σύστημα

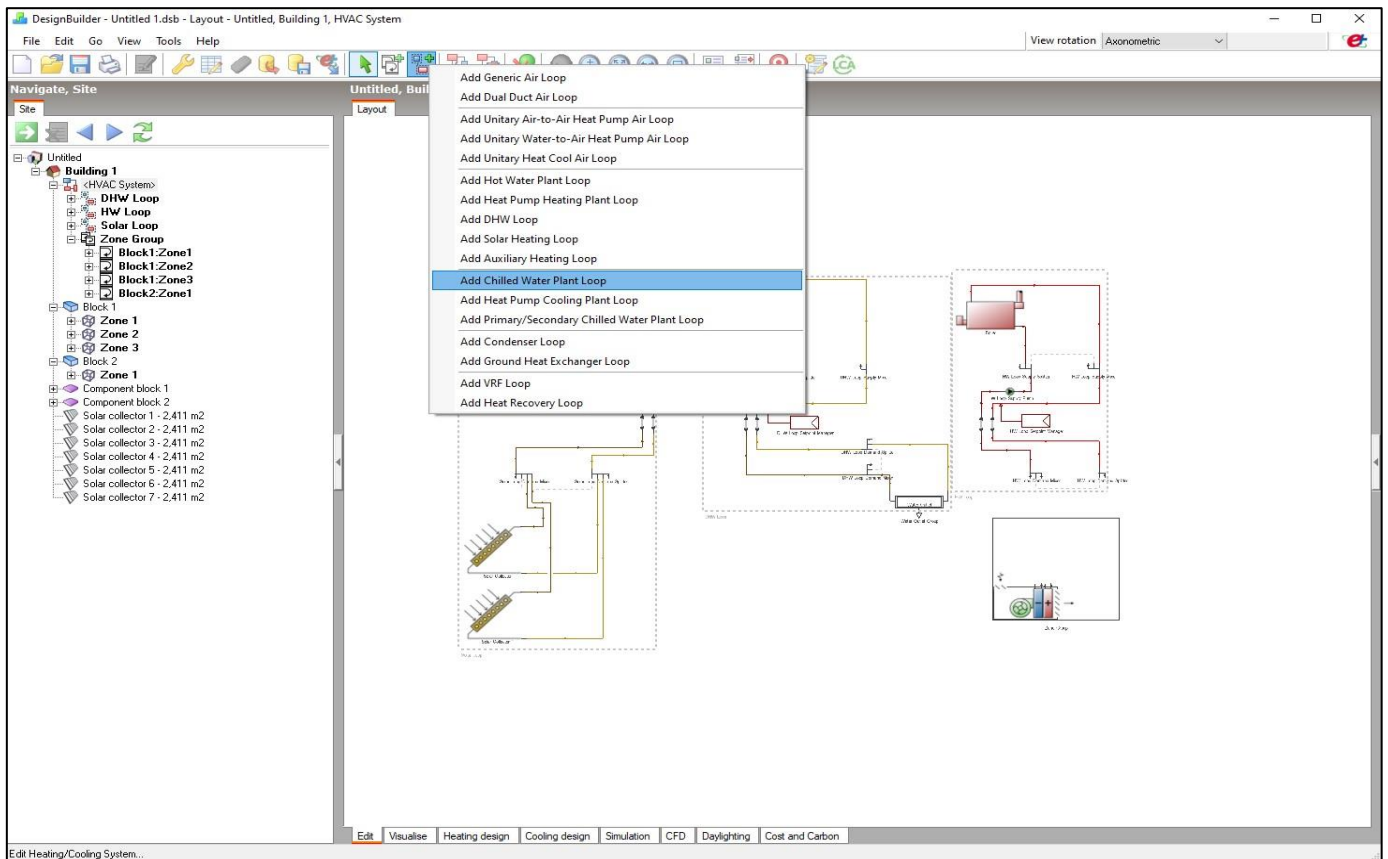
Έως τώρα έχουμε περιγράψει ένα σύστημα θέρμανσης, για αυτό το λόγο καλό θα ήταν να αναπτύξουμε συνοπτικά και ένα σύστημα θέρμανσης – ψύξης. Συνεπώς για να επιτευχθεί αυτό θα γίνει αφαίρεση του καλοριφέρ με την διαδικασία που περιγράψαμε προηγουμένως και θα αντικατασταθούν με FCU. Για την υποστήριξη των FCU θα εγκατασταθεί μια αερόψυκτη αντλία θερμότητας για την παραγωγή του κρύου νερού. Στις εικόνες 76÷78 παρουσιάζουμε την αντικατάσταση των καλοριφέρ με FCU και την προσθήκη της αερόψυκτης αντλίας θερμότητας. Το λογισμικό by default μας δίνει υδρόψυκτη αντλία θερμότητας, όμως όπως ήδη έχουμε περιγράψει θα γίνει αντικατάστασή της με αερόψυκτη. Ο τρόπος για να επιτευχθεί είναι από το δέντρο σχεδιασμού να επιλέξουμε CHW Loop -> CHW Loop Supply Side -> Chiller και έπειτα δεξί κλικ και Edit. Στην συνέχεια εμφανίζεται νέο παράθυρο με όλα τα στοιχεία του υπάρχων chiller, ενώ στα δεξιά του παραθύρου παρατηρούμε τις διαθέσιμες επιλογές από τις βιβλιοθήκες του λογισμικού σχετικά με τις αντλίες θερμότητας παραγωγής κρύου νερού. Στις εικόνες 79÷83 παρουσιάζονται όλα όσα αναφέραμε. Τέλος στην εικόνα 84 παρουσιάζεται το συγκεντρωτικό νέο σύστημα θέρμανσης – ψύξης των θερμικών ζωνών συμπεριλαμβανομένου και του ηλιακού κυκλώματος.



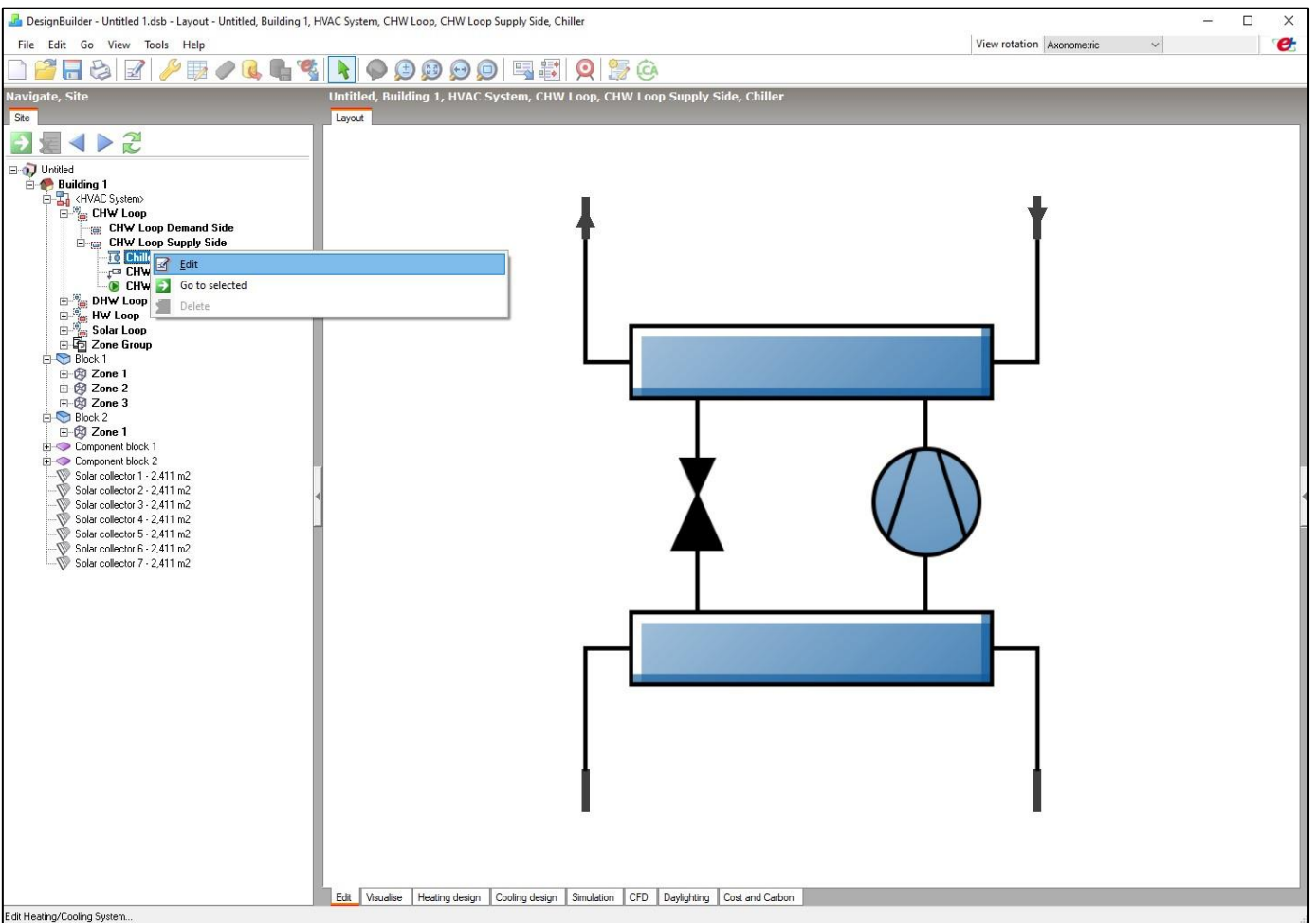
Εικόνα 77 Επιλογή FCU



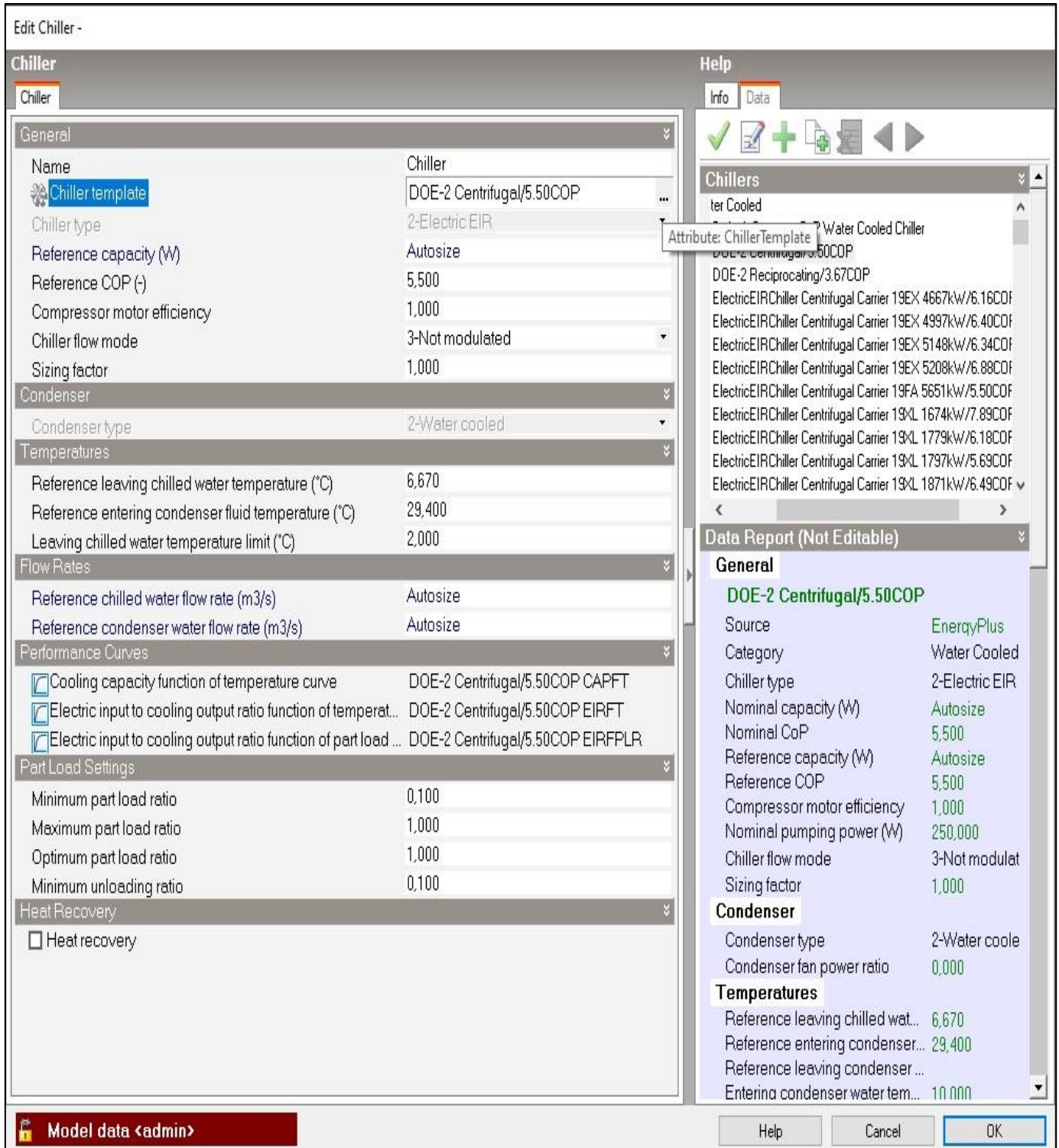
Εικόνα 76 Προσθήκη FCU



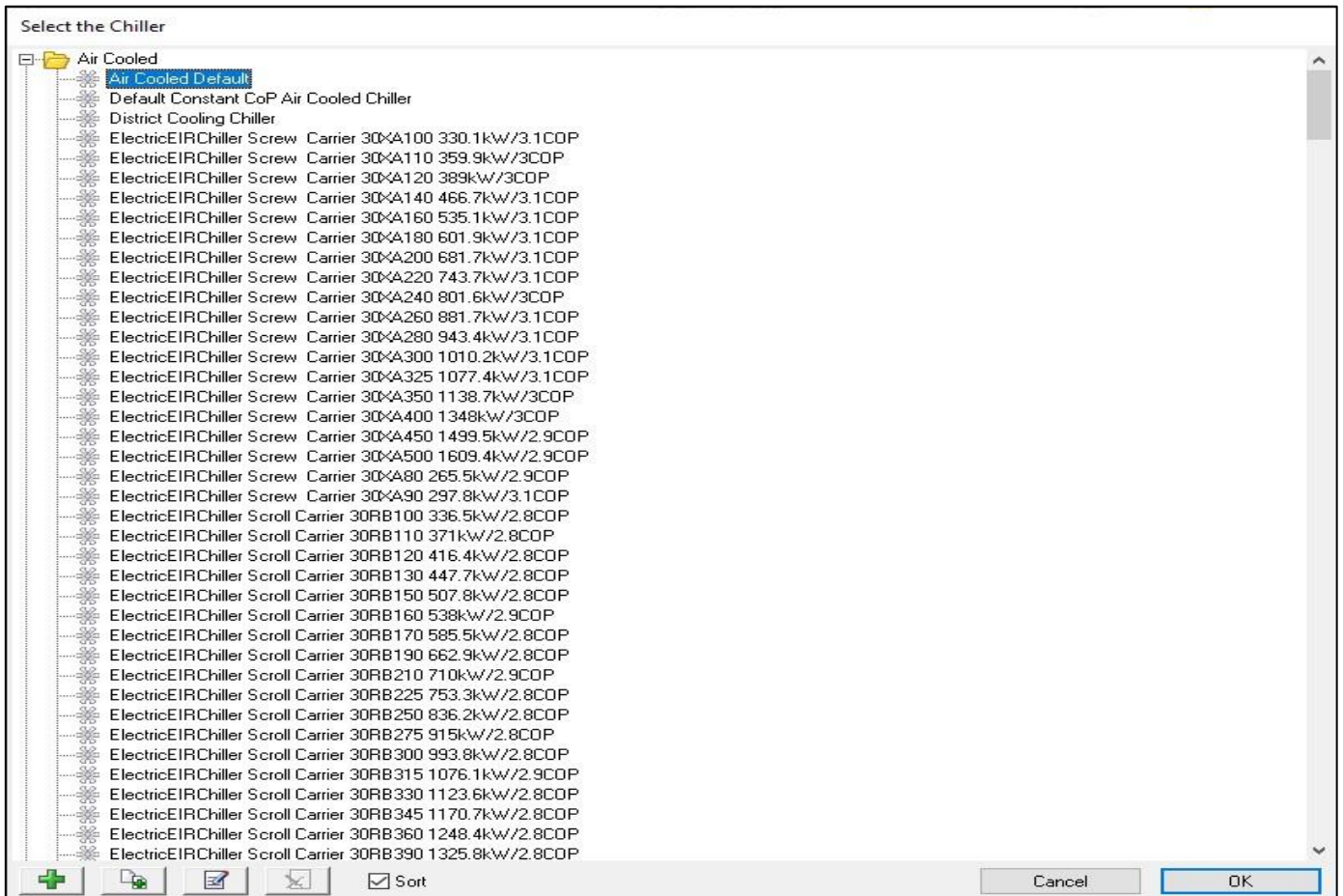
Εικόνα 78 Προσθήκη Chiller



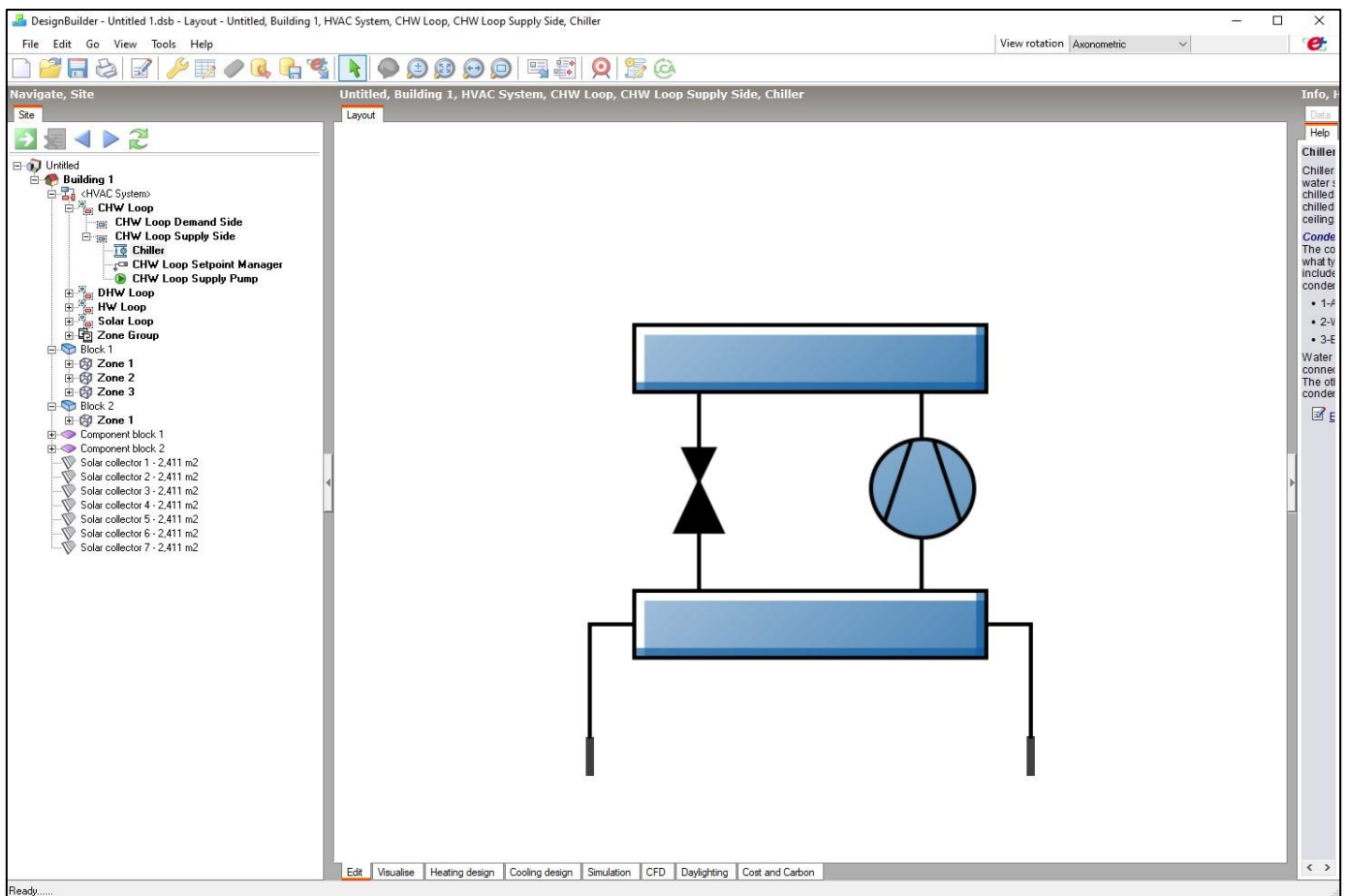
Εικόνα 79 Υδρόψυκτη αντλία θερμότητας



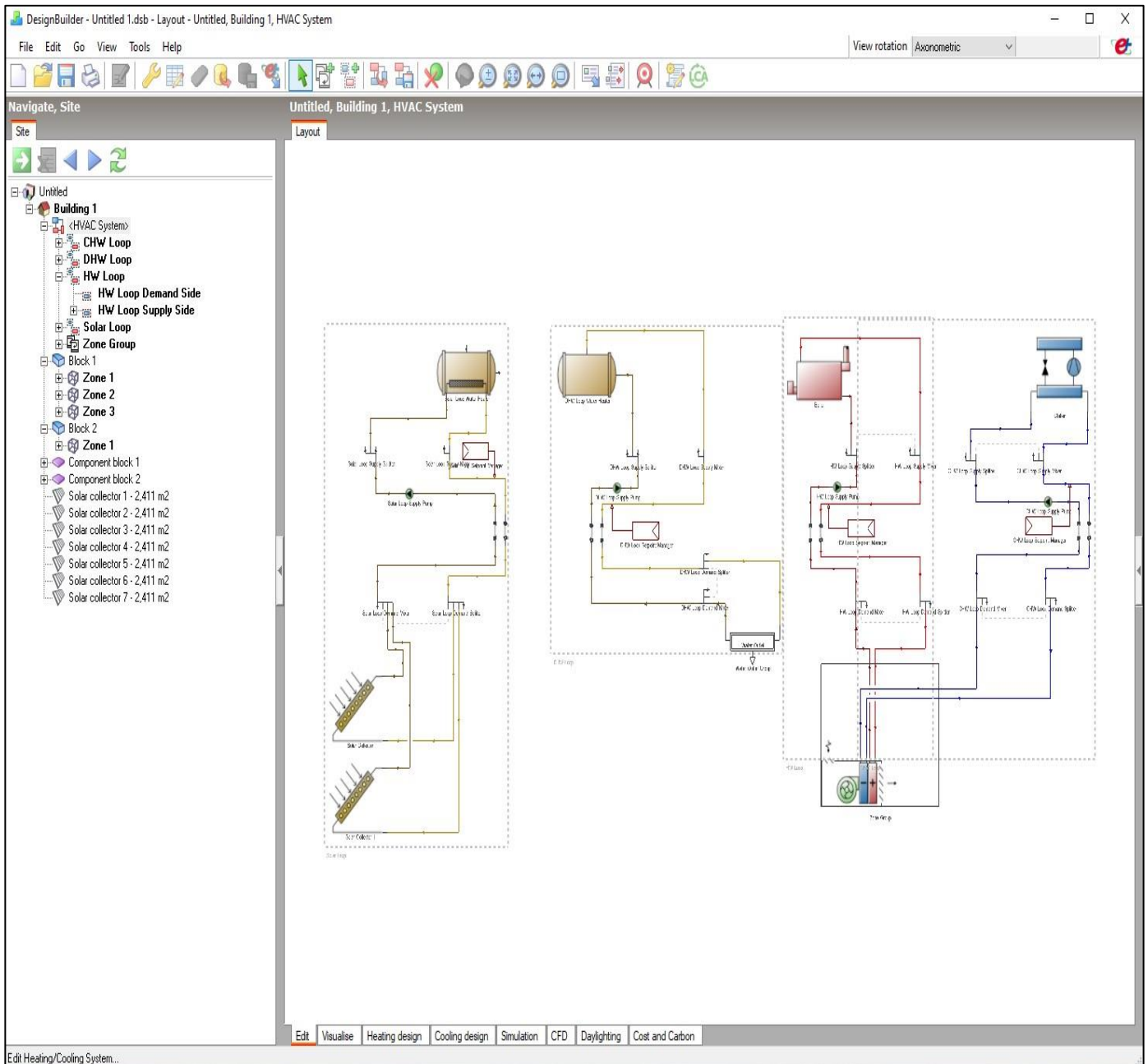
Εικόνα 80 Παράθυρο επεξεργασίας Chiller



Εικόνα 82 Βιβλιοθήκες Chiller



Εικόνα 81 Αερόψυκτος Chiller



Εικόνα 83 Νέο συγκεντρωτικό σύστημα θέρμανσης - ψύξης

4. Παράμετροι που επιδρούν στην θερμική άνεση

Η μελέτη σχεδιασμού ενός συστήματος απαιτεί την ανάλυση των κλιματικών δεδομένων της περιοχής στην οποία βρίσκεται το υπό μελέτη κτήριο, με σκοπό να καταλήξουμε στην σωστή επιλογή του συστήματος θέρμανσης-κλιματισμού. Σύμφωνα με τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής, η ταξινόμηση του κτηρίου έγινε με βάση το πρότυπο της ΤΟΤΕΕ 20701-1-2017 και το οποίο ανήκει στην κλιματική ζώνη Β. Είναι σημαντικό να επισημάνουμε τις εποχές του έτους οι οποίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

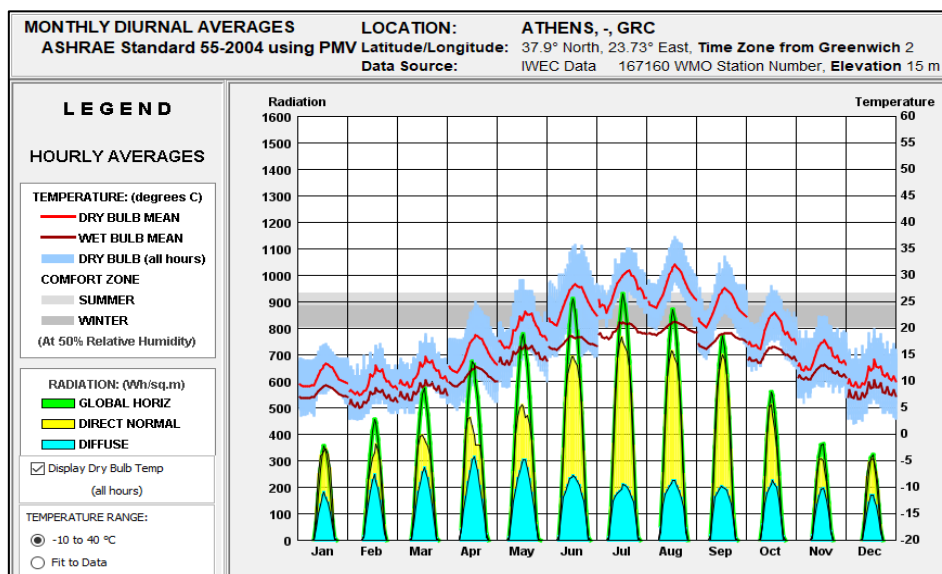
Πίνακας 1 Εποχές του έτους

Άνοιξη:	Μάρτιος – Απρίλιος – Μάιος
Καλοκαίρι:	Ιούνιος – Ιούλιος – Αύγουστος
Φθινόπωρο:	Σεπτέμβριος – Οκτώβριος – Νοέμβριος
Χειμώνας:	Δεκέμβριος – Ιανουάριος – Φεβρουάριος

Το κλίμα της Ελλάδας χαρακτηρίζεται μεσογειακό, ωστόσο, λόγω της μοναδικής γεωμορφολογίας της χώρας, η Ελλάδα έχει ένα αξιοσημείωτο εύρος μικροκλιμάτων και τοπικών παραλλαγών. Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από ήπιους, υγρούς χειμώνες αλλά σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια με μακρές περιόδους ηλιοφάνειας κατά την διάρκεια του έτους.

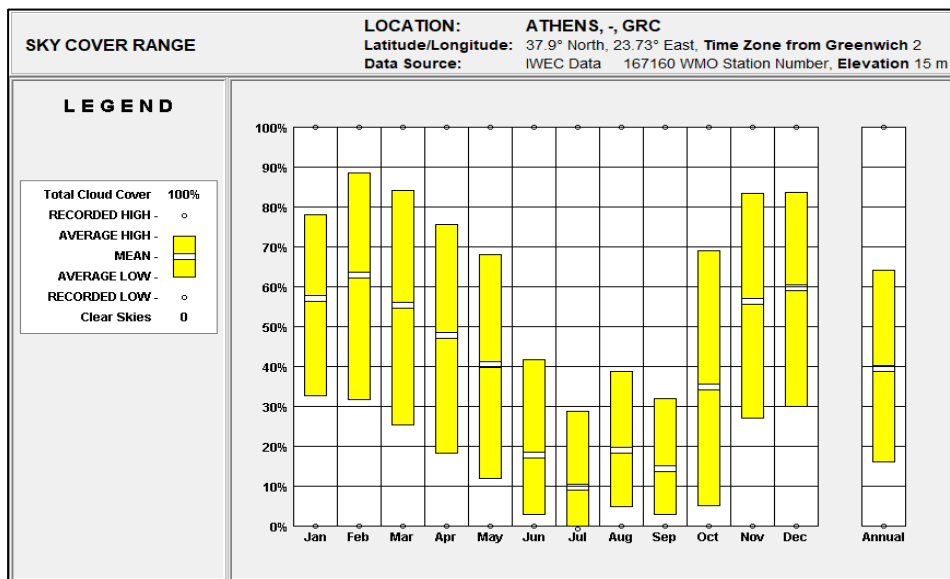
Με την βοήθεια και χρήση του λογισμικού Climate Consultant 6.0 αναλύσαμε τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής στην οποία βρίσκεται το υπό μελέτη κτήριο, προκειμένου να λάβουμε συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με την συμπεριφορά των κτηρίων της περιοχής αυτής απέναντι στο κλίμα που επικρατεί και ως προς ποιες βελτιωτικές ενέργειες θα πρέπει να εφαρμοσθούν με σκοπό να επιτύχουμε τις βέλτιστες εσωτερικές ανέσεις στο κτήριο μας.

Στην εικόνα 16 με βάση το διάγραμμα της θερμοκρασίας ξηρού βολβού, παρατηρούμε ότι κατά την διάρκεια του έτους οι μήνες με την μεγαλύτερη θερμοκρασία είναι οι περίοδοι μεταξύ του Μαΐου και Σεπτεμβρίου όπου παρατηρούμε ότι η εξωτερική θερμοκρασία είναι στα ίδια ή λίγο παραπάνω επίπεδα με την θερμοκρασία ανέσεως. Ενώ τους υπόλοιπους μήνες στους οποίους επικρατεί χειμώνας και φθινόπωρο αντίστοιχα θα πρέπει να εφαρμόσουμε κάποιες βελτιωτικές ενέργειες προκειμένου να έρθουμε στα επιθυμητά επίπεδα συνθηκών ανέσεως.



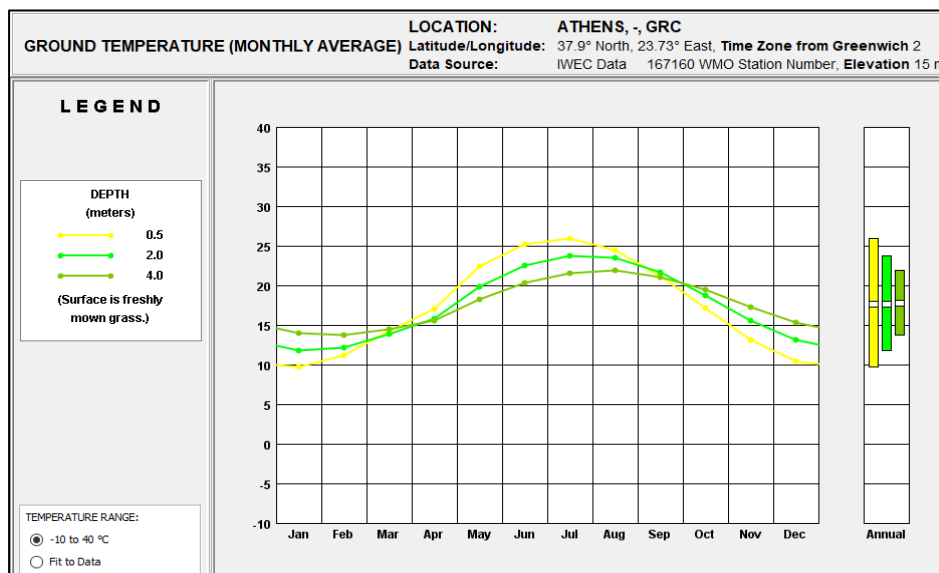
Εικόνα 84 Μεταβολή εξωτερικής θερμοκρασίας ξηρού βολβού ανά μήνα του έτους

Στην εικόνα 17 με βάση το διάγραμμα της κάλυψης της ηλιοφάνειας, παρατηρούμε ότι κατά την διάρκεια μεταξύ του Μαΐου και Σεπτεμβρίου, δεχόμαστε πάρα πολύ ηλιακή ακτινοβολία η οποία είναι κάτω της ετήσιας μέσης ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ στους υπόλοιπους μήνες παρατηρείται μια υπερκάλυψη της ηλιοφάνειας κατά 20% περίπου μεγαλύτερη της ετήσιας μέσης ηλιακής ακτινοβολίας.



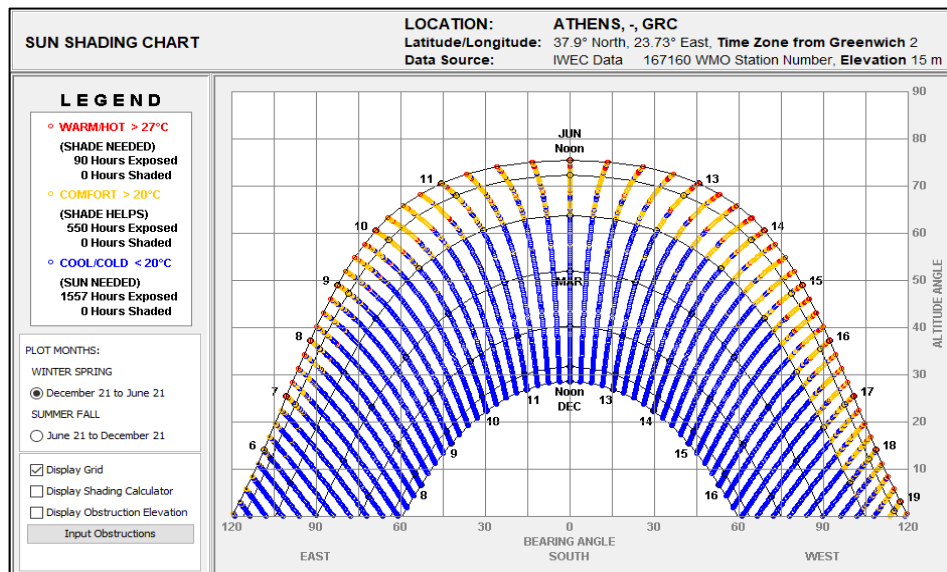
Εικόνα 85 Ηλιοφάνεια ανά μήνα του έτους

Στην εικόνα 18 με βάση το διάγραμμα της θερμοκρασίας του εδάφους, παρατηρούμε για τις 4 εποχές του έτους σύμφωνα με το βάθος, υπάρχει μια σταθερή διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους, πράγμα που σημαίνει ότι μία τεχνική αντιμετώπισης είναι η γεωθερμική αντλία θερμότητας με την οποία θα μπορέσουμε να επιτύχουμε τις εσωτερικές επιθυμητές συνθήκες ανέσεως διότι η εξωτερική θερμοκρασία του εδάφους θα κυμαίνεται σε σταθερά επίπεδα.

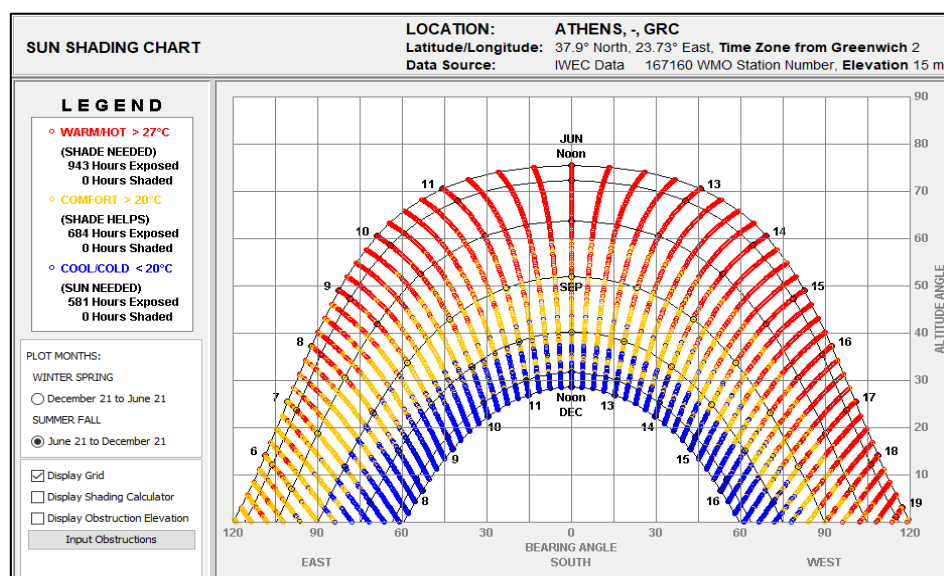


Εικόνα 86 Μέση μηνιαία θερμοκρασία εδάφους

Στις εικόνες 19 & 20 παρατηρούμε το διάγραμμα σκίασης του ηλίου από τους μήνες Δεκέμβριο προς Ιούνιο και αντιστρόφως αντίστοιχα, από τα οποία εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα. Στην εικόνα 19 παρατηρούμε ότι κατά το περισσότερο διάστημα στο σύνολο των μηνών η εξωτερική θερμοκρασία (σύνολο ωρών) είναι κάτω από την θερμοκρασία άνεσης, ενώ στην εικόνα 20 συμβαίνει το ακριβώς αντίθετο και μέχρι τις αρχές Σεπτεμβρίου

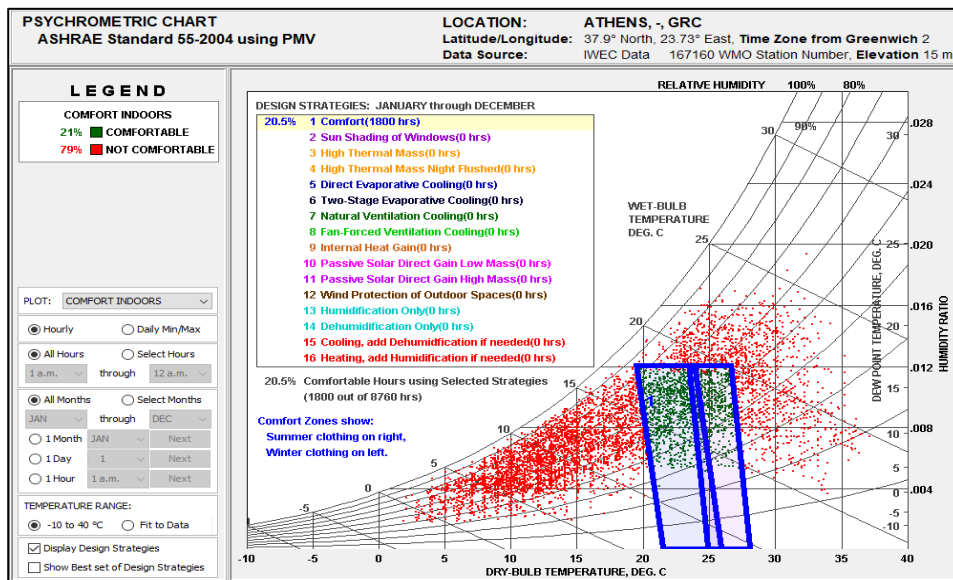


Εικόνα 87 Διάγραμμα σκίασης του ηλίου για τους μήνες Δεκέμβριο έως Ιούνιο



Εικόνα 88 Διάγραμμα σκίασης του ηλίου για τους μήνες Ιούνιο έως Δεκέμβριο

Τέλος και πιο σημαντικό διάγραμμα είναι αυτό της εικόνας 22 που συναντάμε τον ψυχομετρικό χάρτη στον οποίο εφαρμόζεται η οπτικοποίηση των κλιματικών δεδομένων σε σχέση με τις εσωτερικές συνθήκες ανέσεως. Επιπλέον στο άνω αριστερό τμήμα αποτυπώνονται με αύξουσα σειρά οι στρατηγικές σχεδιασμού (Design Strategies) που ενδεχομένως να χρησιμοποιήσουμε σύμφωνα με την κάθε περίπτωση, προκειμένου να επιτύχουμε τις απαραίτητες εσωτερικές συνθήκες άνεσης στους ενοίκους.



Εικόνα 89 Ψυχομετρικός χάρτης

Σύμφωνα με τις παραπάνω ενέργειες του Design strategies, της εικόνας 23, στην κάθε ενέργεια αντιστοιχεί ένα ποσοστό βελτίωσης ως προς την εξασφάλιση των ιδανικών εσωτερικών συνθηκών άνεσης. Στην εικόνα 23 παρατηρούμε ένα ποσοστό δράσης της κάθε ενέργειας στην συνολική συμπεριφορά του κτηρίου και το συνολικό άθροισμα όλων των ενεργειών μαζί ισούται με το 100% ποσοστό άνεσης. Πράγμα που σημαίνει ότι το εκάστοτε ποσοστό των ενεργειών διαφοροποιείται όταν εφαρμόζονται εν μέρη οι ενέργειες αυτές. Για να μπορέσουμε να ήμαστε περισσότερο αναλυτικοί και επεξηγηματικοί θα αναλύσουμε συνοπτικά τις ενέργειες της εικόνας 23.

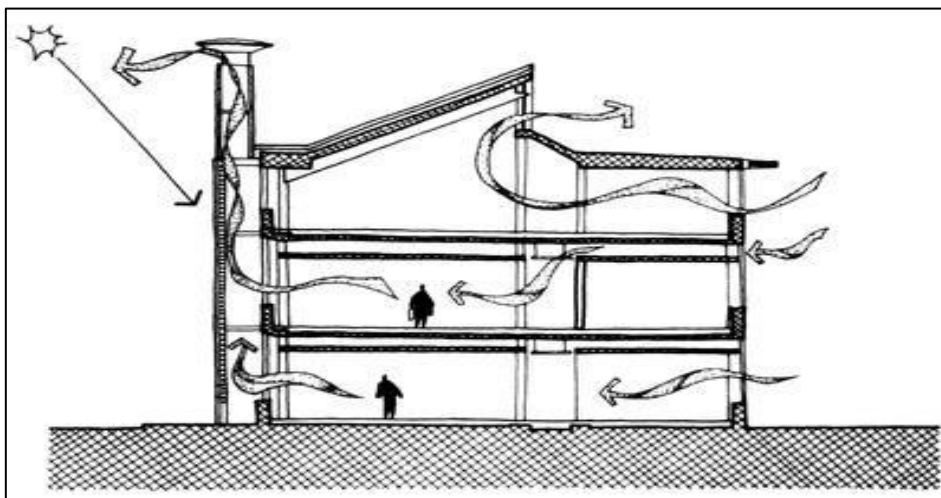


Εικόνα 90 Design strategies

ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ

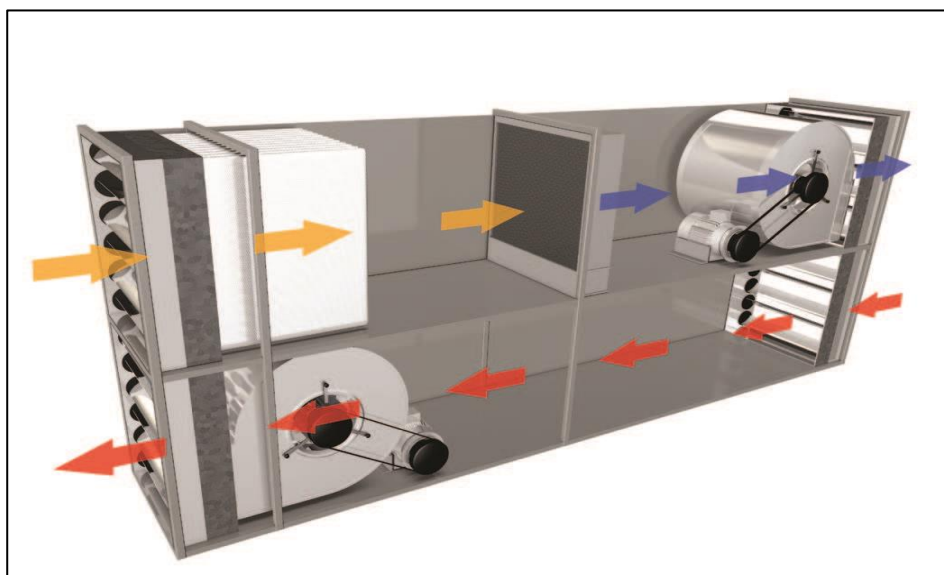
- Sun Shading of Windows:** Στην συγκεκριμένη ενέργεια μας δίνεται η δυνατότητα να προσθέσουμε εξωτερικές σκιάσεις των παραθύρων ή να εφαρμόσουμε εσωτερικές σκιάσεις (πχ. κουρτίνες)

3. **High Thermal Mass – Θερμική μάζα:** Η ενέργεια αυτή περιγράφει την ικανότητα του δομικού υλικού να αποθηκεύει και να απελευθερώνει θερμότητα με μία υστέρηση. Για παράδειγμα, το νερό και το σκυρόδεμα έχουν υψηλή ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας και αναφέρονται ως υλικά «υψηλής θερμικής μάζας», αντιθέτως, ο μονωτικός αφρός έχει πολύ μικρή ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας και αναφέρεται ως «χαμηλή θερμική μάζα». Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας h μετριέται σε W/m^2K : $h = \Delta Q / A * \Delta T$
4. **High Thermal Mass Night Flushed – Νυχτερινός αερισμός:** Στην συγκεκριμένη ενέργεια εφαρμόζεται η τεχνική του παθητικού αερισμού κατά την διάρκεια της νύχτας διότι όλη την υπόλοιπη ημέρα το κτήριο διατηρεί κλειστά όλα του τα ανοίγματα, προκυμμένου να αποτρέψει την είσοδο του ζεστού εξωτερικού αέρα.



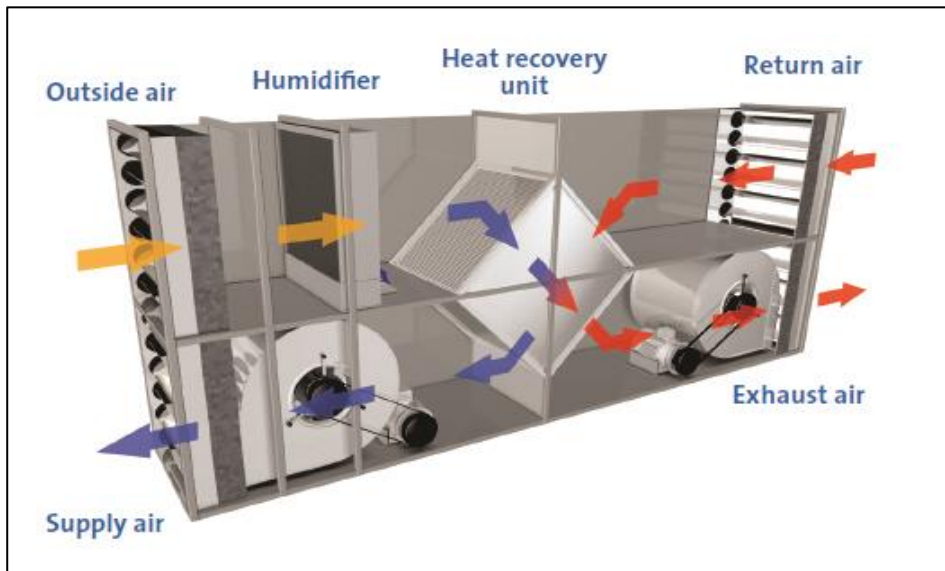
Εικόνα 91 High Thermal Mass Night Flushed, πηγή: <https://knowledge.autodesk.com/>

5. **Direct Evaporative Cooling - Άμεση Εξατμιστική Ψύξη:** Η άμεση εξατμιστική ψύξη, επίσης γνωστή ως άμεση αδιαβατική ψύξη ή ψύξη υγρού βολβού, ονομάζεται άμεση καθώς υπάρχει άμεση επαφή μεταξύ του νερού και του ρεύματος αέρα. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας άμεσης εξατμιστικής ψύξης, το νερό εξατμίζεται απευθείας στο ρεύμα αέρα που πρέπει να ψυχθεί. Αυτός ο τύπος εξατμιστικής ψύξης είναι η πιο χρησιμοποιούμενη μορφή παγκοσμίως, ειδικά σε ξηρές περιοχές.



Εικόνα 92 Άμεση Εξατμιστική Ψύξη, πηγή: www.condair.com

6. **Two-Stage Evaporative Cooling – Διβάθμια εξατμιστική ψύξη:** Έμμεση/άμεση ψύξη, γνωστή και ως εξατμιστική ψύξη δύο σταδίων, χρησιμοποιεί τόσο έμμεσες όσο και άμεσες τεχνικές ψύξης για την ψύξη του αέρα. Το πρώτο έμμεσο στάδιο ψύξης χρησιμοποιεί κρύο νερό ανακυκλοφορίας για την προψύξη του ατμοσφαιρικού αέρα με την βοήθεια ενός εναλλάκτη θερμότητας. Επειδή δεν προστίθεται υγρασία, ο αέρας φτάνει στα χαμηλότερα επίπεδα θερμοκρασίας ξηρού και υγρού βοβλού σε σχέση με τον εξωτερικό αέρα κατά την έξοδο του από τον εναλλάκτη θερμότητας. Το δεύτερο άμεσο αδιαβατικό στάδιο της ψύξης είναι αυτό το οποίο δροσίζει τον αέρα περαιτέρω μέσω της υγρής εξατμίσωσης μέσα μαζικής ενημέρωσης. Ως αποτέλεσμα αυτής της διβάθμιας εξατμιστικής ψύξης, ο αέρας μπορεί να μειωθεί σε πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία και ως εκ τούτου δεν είναι σε θέση να περιέχει υψηλές ποσότητες υγρασίας.



Εικόνα 93 Διβάθμια εξατμιστική ψύξη, πηγή: www.condair.com

7. **Natural Ventilation Cooling – Φυσικός αερισμός:** Ο φυσικός αερισμός είναι μια παθητική τεχνική ψύξης που χρησιμοποιεί τον εξωτερικό αέρα, με την βοήθεια της άνωσης, για την οδήγηση του ψυχρού εξωτερικού αέρα εντός του χώρου τον οποίο θέλουμε να ψύξουμε. Λειτουργεί καλύτερα σε ξηρά κλίματα και σε άλλα κλίματα κατά τη διάρκεια μέτριων καιρικών συνθηκών όταν οι νύχτες είναι δροσερές.
8. **Fan-Forced Ventilation - Εξαναγκασμένος Εξαερισμός:** Ο τεχνητός (εξαναγκασμένος) αερισμός είναι απαραίτητος στις περιπτώσεις κατά τις οποίες ο φυσικός αερισμός είναι είτε δυσχερής είτε ανεπαρκής. Επί πλέον, συνιστάται για χρήσεις χώρων κατά τις οποίες απαιτείται ακριβής έλεγχος των εναλλαγών αέρα είτε για λόγους θερμικούς, είτε για λόγους ποιότητα αέρα (υγιεινής) και ιδιαίτερα στα κτίρια του τριτογενή τομέα.
9. **Internal heat gains – Εσωτερικά κέρδη θερμότητας:** Τα εσωτερικά κέρδη θερμότητας αντιστοιχούν στη θερμότητα που παράγεται στα κτίρια ως μέρος της λειτουργία τους. Τα εσωτερικά κέρδη θερμότητας στα κτίρια χωρίζονται συνήθως σε τρεις ομάδες:
1. Θερμότητα από τους ενοίκους
 2. Θερμότητα από ηλεκτρικό εξοπλισμό και συσκευές
 3. Θερμότητα από ηλεκτρικό φωτισμό
10. **Passive Solar Direct Gain Low mass – Άμεσο Ηλιακό κέρδος:** Το άμεσο ηλιακό κέρδος είναι ένα παθητικό σύστημα το οποίο αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια, η οποία συλλέγεται από ανοίγματα κατάλληλου προσανατολισμού (κυρίως νότιου) για την θέρμανση των χώρων. Αποτελείται από τα

ανοίγματα, κατάλληλα τοποθετημένα και διαστασιολογημένα, την απαιτούμενη θερμική μάζα-κατάλληλα δομικά υλικά (χρήση υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας), την κατάλληλη θερμική προστασία (μόνωση του περιβλήματος, διπλοί υαλοπίνακες, νυκτερινή μόνωση), αλλά και την απαιτούμενη ηλιοπροστασία κατά τους θερινούς μήνες. Είναι η πιο κοινή, απλή και αποτελεσματική προσέγγιση θέρμανσης των χώρων διαμονής σε ένα κτήριο.

Στην συγκεκριμένη τεχνική στοχεύουμε στην θερμική μάζα του κτηρίου με την οποία θα γίνει η κατασκευή και σε συνάρτηση πάντα με το κλίμα της περιοχής. Ο χρήσιμος δείκτης ανάδειξης της κατάλληλης θερμικής μάζας είναι το ημερήσιο εύρος μεταξύ των εξωτερικών θερμοκρασιών ημέρας και νύχτας. Η κατασκευή χαμηλής μάζας (Low Mass) επιλέγεται όταν το ημερήσιο εύρος είναι σταθερά $\leq 6^{\circ}\text{C}$ και εφαρμόζεται συνήθως σε ήπια κλίματα.

11. Passive Solar Direct Gain High mass: Η συγκεκριμένη τεχνική κατασκευής κτηρίων υψηλής θερμικής μάζας εφαρμόζεται όταν το ημερήσιο εύρος διαφοράς θερμοκρασιών ξεπερνά τους 10°C , κυρίως σε κλίματα ψυχρά και εύκρατα. Σε αυτά τα κλίματα, το υλικό υψηλής μάζας μπορεί να απορροφήσει και να αποθηκεύσει την ηλιακή θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας και να την απελευθερώσει αργά τη νύχτα, παρέχοντας μια άνετη εσωτερική θερμοκρασία ακόμη και όταν η εξωτερική θερμοκρασία πέφτει.

12. Wind Protection of Outdoor Spaces – Εξωτερική προστασία: Ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδος ηλιοπροστασίας του κτιρίου και των ανοιγμάτων του είναι και η χρήση βλάστησης είτε με κατάλληλα φυτεμένα φυλλοβόλα ή αειθαλή δέντρα, είτε με άλλα φυτά σε κατάλληλες θέσεις (πέργκολες, μπαλκόνια, κ.λπ.). Εκτός, όμως, από τη σκίαση του κτιρίου, η βλάστηση έχει την ιδιότητα να παρέχει δροσισμό από την εξάτμιση μέσω των φυλλωμάτων και συχνά, να εμποδίζει ή να κατευθύνει τους ανέμους προς ή από το κτίριο κατά το δοκούν, συντελώντας έτσι στο φυσικό δροσισμό ή τη θερμική προστασία του. Επιπλέον, η βλάστηση συντελεί στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος με αποτέλεσμα να περιορίζεται η θερμική επιβάρυνση του κτιρίου κατά τις θερμές περιόδους, αλλά και να δημιουργείται ευχάριστη ατμόσφαιρα για την παραμονή των ενοίκων εκτός του κτιρίου για μεγάλες περιόδους του χρόνου.

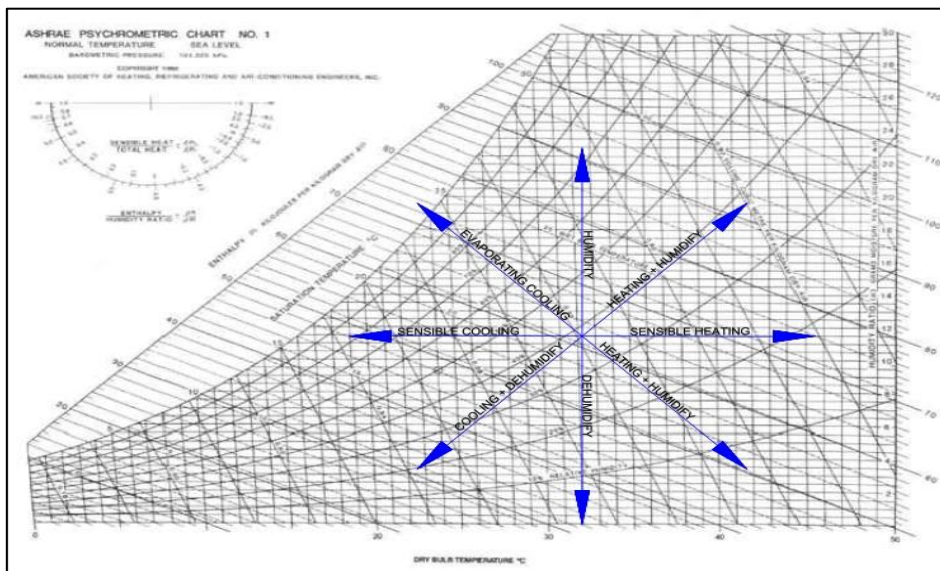
13. Humidification – Ύγρανση:

14. Dehumidification – Αφύγρανση:

15. Cooling - add Dehumidification if needed – Ψύξη με αφύγρανση:

16. Heating - add Humidification if needed - Θέρμανση με ύγρανση:

Για τις περιπτώσεις 13 έως 16 θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας, από τον ψυχομετρικό χάρτη και το σχήμα το οποίο απεικονίζεται στην εικόνα 29, τις ενέργειες εκείνες τις οποίες καλούμαστε να εφαρμόσουμε ανάλογα την περίπτωση, βάση των οποίων θα καταλήξουμε στην σωστή επιλογή της κεντρικής κλιματιστικής συσκευής.



Εικόνα 94 Ψυχομετρικός Χάρτης

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού Climate Consultant 6.0 οι ενέργειες οι οποίες θα λάβουν χώρα στην συγκεκριμένη μελέτη αφορούν τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού, συνεπώς θα πρέπει να παραβλέψουμε ότι αφορά τις δομικές αλλαγές του κτηρίου και να επικεντρωθούμε μόνο στις αντίστοιχες ενέργειες που αφορούν τα συστήματα. Προκειμένου να επιτύχουμε ένα ποσοστό εξασφάλισης των εσωτερικών ανέσεων θα συμβουλευτούμε από το λογισμικό τις κατάλληλες στρατηγικές. Στην εικόνα 30 φαίνονται οι αντίστοιχες στρατηγικές με τις οποίες θα προσπαθήσουμε να επιτύχουμε την ενεργειακή αναβάθμιση του κτηρίου.

DESIGN STRATEGIES: JANUARY through DECEMBER	
20.5%	1 Comfort(1800 hrs)
	2 Sun Shading of Windows(0 hrs)
	3 High Thermal Mass(0 hrs)
	4 High Thermal Mass Night Flushed(0 hrs)
	5 Direct Evaporative Cooling(0 hrs)
	6 Two-Stage Evaporative Cooling(0 hrs)
	7 Natural Ventilation Cooling(0 hrs)
	8 Fan-Forced Ventilation Cooling(0 hrs)
	9 Internal Heat Gain(0 hrs)
	10 Passive Solar Direct Gain Low Mass(0 hrs)
	11 Passive Solar Direct Gain High Mass(0 hrs)
	12 Wind Protection of Outdoor Spaces(0 hrs)
	13 Humidification Only(0 hrs)
6.0%	14 Dehumidification Only(529 hrs)
13.5%	15 Cooling, add Dehumidification if needed(1182 hrs)
59.9%	16 Heating, add Humidification if needed(5251 hrs)
100.0%	Comfortable Hours using Selected Strategies (8760 out of 8760 hrs)

Εικόνα 95 Στρατηγικές σχεδιασμού εναλλακτικών συστημάτων

Επομένως αφού πρώτα υπολογίσουμε ποιες είναι οι ψυκτικές και θερμικές απώλειες του υπό μελέτη κτηρίου, θα πρέπει σύμφωνα με την εικόνα 30, οι επεμβάσεις στα συστήματα τις οποίες θα εφαρμόσουμε να συνάδουν με τις στρατηγικές της εικόνας 30. Είναι σαφές πως στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας για λόγους εκπαιδευτικούς ενδέχεται να αποκλείσουμε του στόχου μας, όσο αφορά τις στρατηγικές, προκειμένου να εφαρμόσουμε και κάποια εναλλακτικά σενάρια.

5. Εισαγωγή στο μοντέλο του κτηρίου

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά το υπό μελέτη κτήριο, το οποίο θεωρήθηκε ότι είναι ένα υφιστάμενο κτήριο γραφείων, με οικοδομική άδεια κατά το έτος 1975, και στο οποίο θα συμβάλουμε στην ενεργειακή του αναβάθμιση ως προς τα συστήματα HVAC. Παρακάτω θα παρουσιαστούν λεπτομερώς τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του όπως τα δομικά υλικά, τα ανοίγματα, διαστάσεις αλλά και το υπάρχον σύστημα θέρμανσης και κλιματισμού το οποίο θα ληφθεί ως σύστημα αναφοράς και με βάση αυτό θα γίνουν οι απαραίτητες επεμβάσεις οι οποίες θα συμβάλουν στην ενεργειακή του αναβάθμιση.

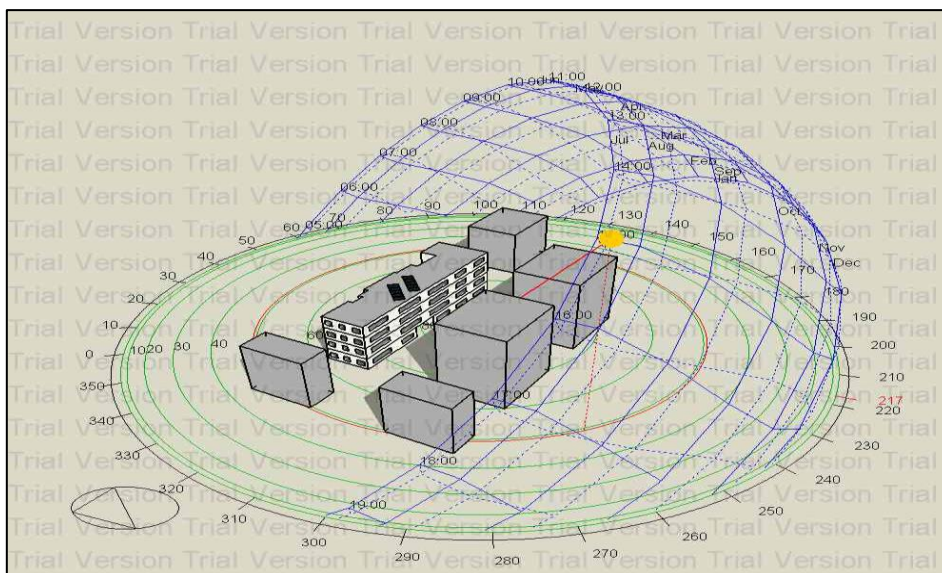
Το κτήριο μας βασίζεται σε ένα θεωρητικό μοντέλο κτηρίου γραφείων το οποίο σχεδιάστηκε και μελετήθηκε με την χρήση του λογισμικού DesignBuilder, στο οποίο κάθε στοιχείο που έχει εισαχθεί είναι βασισμένο σε δεδομένα της πραγματικότητας και όλες οι τιμές είναι συμμορφούμενες με βάση τον κανονισμό της TOTEE.

Το κτήριο μας είναι ένα τριώροφο κτήριο γραφείων στον νομό Αττικής στην περιοχή του Ελληνικού με γεωγραφικό πλάτος $37,90^\circ$ και γεωγραφικό μήκος $23,73^\circ$, είναι στραμμένο κατά 42° από τον βορρά και περιτριγυρίζεται από γειτονικά κτήρια όπως φαίνεται και στην εικόνα 29. Η όψη του κτηρίου κοιτάει (ΝΔ) νοτιοδυτικά, η πίσω πλευρά κοιτάει (ΒΑ) βορειοανατολικά, η δεξιά πλευρά κοιτάει (ΝΑ) νοτιοανατολικά, και η αριστερή (ΒΔ) βορειοδυτικά. Εντάσσεται στην Β κλιματική ζώνη Ελλάδας σύμφωνα με τον Πίνακα 1.4 της [TOTEE 20701-1/2017](#). Για τις ανάγκες της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας στο λογισμικό DesignBuilder εισάχθηκε η αντίστοιχη κλιματική ζώνη (3Α) κατά Ashrae προκυμμένου να γίνουν όλες οι προσομοιώσεις.

Ο χρόνος και η θερινή ώρα που χρησιμοποιήθηκε είναι: (GMT +02:00) ATHENS,INSTABUL,MINSK

Τα μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες της προσομοίωσης για την περιοχή του Ελληνικού, λήφθηκαν από την ιστοσελίδα του EnergyPlus:

https://energyplus.net/weatherlocation/europe_wmo_region_6/GRC//GRC_Athens.167160_IWEC



Εικόνα 96 Κτήριο Αναφοράς

5.1 Δραστηριότητα κτηρίου

Το υπό μελέτη κτήριο χαρακτηρίζεται ως ένα σύνολο επιμέρους χώρων εργασιών γραφείου, συμπεριλαμβανομένου και αιθουσών συσκέψεων και εσωτερικών διαδρόμων οι οποίοι παρέχουν πρόσβαση στους χώρους των γραφείων, στις κουζίνες, σε κοινόχρηστους χώρους με φωτιστικά μηχανήματα και σε σαλόνια προσωπικού. Το συνολικό εμβαδό του κτηρίου είναι 1624m² με συνολικό ύψος 14m, αποτελείται από 270,9 m² ανοίγματα και 1354 m² τοιχοποιίας. Το κτήριο υπολογίστηκε να φιλοξενεί καθημερινώς 100 άτομα με 25 άτομα ανά όροφο. Οι ημέρες διακοπής της λειτουργίας του είναι, λόγω επίσημων αργιών και διακοπών συνολικά στις 30 ετήσιες ημέρες. Όπως αναφέρθηκε και στην σελίδα 22 η καρτέλα Activity του DesignBuilder, απαιτεί την εισαγωγή ορισμένων δεδομένων τα οποία σχετίζονται με την δραστηριότητα ή την χρήση της εκάστοτε ζώνης και για την εύρεση τους θα ανατρέξουμε στην [TOTEE 20701-1/2017](#), και τα οποία είναι:

- Οι θερμοκρασίες ρύθμισης θέρμανσης και ψύξης
- Ο ελάχιστος καθαρός αέρας ανά άτομο
- Οι απαιτήσεις λόγω φωτισμού ή ηλεκτρικών συσκευών
- Κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται όλα τα στοιχεία που ζητήθηκαν στην καρτέλα Activity.

Πίνακας 2 Δεδομένα εισαγωγής καρτέλας Activity & Lighting

Heating Setpoint Temperature		Δεδομένα από: TOTEE 20701-1/2017
Heating (°C)	20	Πίνακας 2.2
Heating set back (°C)	18	
Cooling Setpoint Temperature		
Cooling (°C)	24	Πίνακας 2.2
Cooling set back (°C)	26	
Humidity Control (Έλεγχος υγρασίας) RH		
RH Humidification setpoint (%)	45	Πίνακας 2.2
RH Dehumidification setpoint (%)	35	
Minimum Fresh Air		
Fresh Air (l/s-person)	8.5	Πίνακας 2.3
HVAC		
Natural Ventilation (ac/h)	3,0	
Lighting		
Target Illuminance (lux)	500	Πίνακας 2.4
Default display lighting density (W/m ²)	10	
Computers		
Power density (W/m ²)	10	
Office equipment		
Power density (W/m ²)	8	
Miscellaneous		
Power density (W/m ²)	8	
Process		
Power density (W/m ²)	8	
General Lighting		
Power density (W/m ²)	10	
Task and Display lighting		
Power density (W/m ²)	8	
Exterior Lighting		
Absolut power (W)	100	
DHW (domestic hot water)		Εγκαταστάσεις σε κτήρια και οικόπεδα: Αποχετεύσεις
Z.N.X (l/s)	8	Πίνακας 10

5.2 Πρόγραμμα λειτουργίας

Το πρόγραμμα λειτουργίας του κτηρίου συμβάλει στη ορθή λειτουργία του συστήματος θέρμανσης και κλιματισμού, αποτελεί επίσης σημαντικό εργαλείο για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του, την διατήρηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και την διασφάλιση της άνεσης των παρευρισκόμενων ατόμων. Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί από τον Οκτώβριο έως τον Μάρτιο από τις 07:00 ÷ 17:30, ενώ το σύστημα ψύξης λειτουργεί από τον Απρίλιο έως τον Σεπτέμβριο από τις 08:45 ÷ 17:30.

Παρακάτω δίνονται οι εικόνες των προγραμμάτων λειτουργίας για την θέρμανση κ ψύξη αντίστοιχα, όπως ορίστηκαν και στο λογισμικό DesignBuilder.

```
Profiles
Schedule: Compact,
Summer vent,
Fraction,
Through: 31 Mar,
For: Weekdays SummerDesignDay WinterDesignDay,
Until: 07:00, 0,
Until: 17:00, 1,
Until: 24:00, 0,
For: Weekends,
Until: 24:00, 0,
For: AllOtherDays,
Until: 24:00, 0,
Through: 30 Sep,
For: AllDays,
Until: 24:00, 0,
Through: 31 Dec,
For: Weekdays SummerDesignDay WinterDesignDay,
Until: 07:00, 0,
Until: 17:00, 1,
Until: 24:00, 0,
For: Weekends,
Until: 24:00, 0,
For: AllOtherDays,
Until: 24:00, 0 ;
```

Εικόνα 97 Πρόγραμμα λειτουργίας θέρμανσης

```
Profiles
Schedule: Compact,
Summer vent,
Fraction,
Through: 31 Mar,
For: AllDays,
Until: 24:00, 0,
Through: 30 Sep,
For: Weekdays SummerDesignDay WinterDesignDay,
Until: 08:45, 0,
Until: 17:30, 1,
Until: 24:00, 0,
For: Weekends,
Until: 24:00, 0,
For: AllOtherDays,
Until: 24:00, 0,
Through: 31 Dec,
For: AllDays,
Until: 24:00, 0 ;
```

Εικόνα 98 Πρόγραμμα λειτουργίας ψύξης

5.3 Κατασκευαστικά-Δομικά στοιχεία κελύφους κτηρίου

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν αναλυτικά όλα τα δομικά στοιχεία εκείνα από τα οποία αποτελείται το υπό μελέτη κτήριο. Σύμφωνα με τις ισχύουσες νομοθεσίες της εποχής αυτής, δεν προβλεπόταν μόνωση στο κέλυφος του κτηρίου προκειμένου να υπάρξει ένας βέλτιστος συντελεστής θερμοπερατότητας.

Στο σημείο αυτό θα εξηγήσουμε το τρόπο υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας U_T .

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου ορίζεται από τη σχέση:

$$U_T = \frac{1}{R_{o\lambda}} \quad (W/m^2K) \quad [5.1]$$

Η συνολική θερμική αντίσταση που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο ορίζεται από τη σχέση:

$$R_{o\lambda} = R_i + R_\Lambda + R_a \quad (m^2K/W) \quad [5.2]$$

R_i : η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο.

R_a : η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

R_Λ : Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής (R_Λ) και προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης κατά τη γενικευμένη σχέση:

$$R_\Lambda = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad [5.3]$$

όπου:

R : η αντίσταση που προβάλλει μία ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας υπολογίζεται από το γενικό τύπο:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (m^2K/W) \quad [5.4]$$

d [m] το πάχος της στρώσης, λ [W/(m·K)] ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης.

Συνεπώς προκύπτει ότι:

$$R_\Lambda = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_j R_j \quad (m^2K/W) \quad [5.5]$$

Οι τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας λ , ειδικής θερμοχωρητικότητας C_p και πυκνότητας ρ για τα δομικά υλικά που συγκροτούν το κέλυφος του υπό μελέτη κτηρίου πάρθηκαν από την: [TOTEE-20701-2-2021](#) του πίνακα 1 σελίδα 46.

Παρακάτω δίνονται αναλυτικά οι υπολογισμοί για το κέλυφος του κτηρίου και με βάση αυτό θα πορευτούμε σε όλη την μελέτη διότι οι επεμβάσεις οι οποίες θα γίνουν αφορούν μόνο τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού.

5.3.1 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

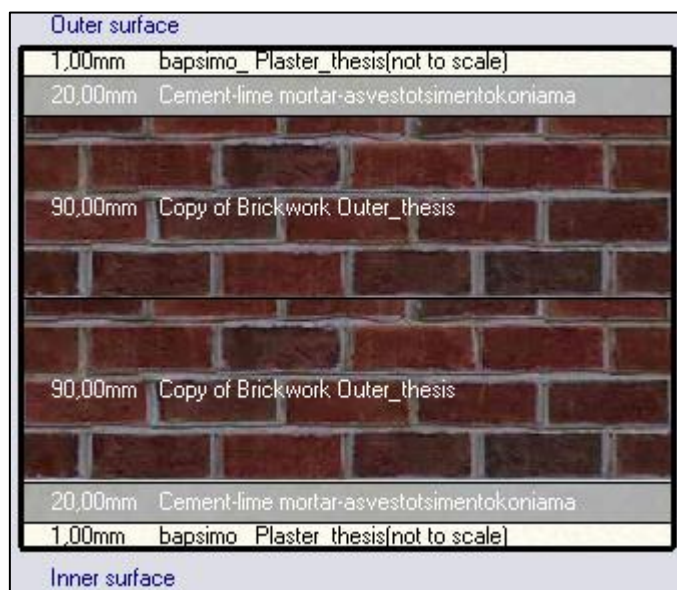
Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας U_T εξωτερικής τοιχοποιίας

Πίνακας 3 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας U_T εξωτερικής τοιχοποιίας

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)		Πυκνότητα	Πάχος.στρ.	Συντ.Θερμ.αγωγιμ.	Θερμ.αντίστ.
			$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{m})$	$\lambda (\text{W/mK})$	$d/\lambda (\text{m}^2\text{K/W})$
1	6.2.1.	Τυπική βαφή ακρυλικής βάσης		0.001	0.5	0.002
2	1.4.2.	Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	0.02	0.87	0.023
3	1.7.2.1	Οπτοπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους	1700	0.09	0.68	0.1324
4	1.7.2.2	Οπτοπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους	1700	0.09	0.68	0.1324
5	1.4.2.	Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	0.02	0.87	0.023
6	6.2.1.	Τυπική βαφή ακρυλικής βάσης		0.001	0.5	0.002
			$\Sigma d=$	0.22	$R_j=$	0.3147

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	$(\text{m}^2\text{K}) / \text{W}$	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R_{λ}	$(\text{m}^2\text{K}) / \text{W}$	0.315
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	$(\text{m}^2\text{K}) / \text{W}$	0.04
	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{o\lambda}$	$(\text{m}^2\text{K}) / \text{W}$	0.48468

Συντελεστής θερμοπερατότητας	U_T	$\text{W} / (\text{m}^2\text{K})$	2.063
------------------------------	-------	-----------------------------------	-------



Εικόνα 99 Εξωτερική τοιχοποιία

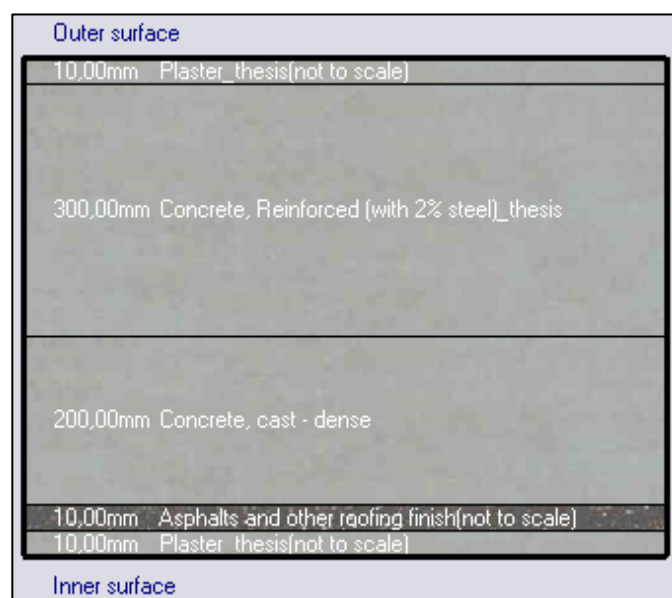
Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας U_T εξωτερικής τοιχοποιίας

Πίνακας 4 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας U_T εξωτερικής οροφής

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)		Πυκνότητα	Πάχος.στρ.	Συντ.Θερμ.αγωγιμ.	Θερμ.αντίστ.
			$\rho(k/m^3)$	$d(m)$	$\lambda (W/mK)$	$d/\lambda (m^2K/W)$
1	1.4.2.	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0.01	0.87	0.0115
2	1.5.1.	Σκυρόδεμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο μέσης πυκνότητας	1800	0.3	1.15	0.2609
3	1.5.1.	Σκυρόδεμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο υψηλής πυκνότητας	2200	0.2	1.65	0.1212
4	4.6.5.	Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα)	1800	0.01	0.23	0.0435
5	1.4.2.	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0.01	0.87	0.0115
			$\Sigma d=$	0.53	$R_j=$	0.4485

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	$(m^2K) / W$	0.1
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	$(m^2K) / W$	0.449
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	$(m^2K) / W$	0.04
	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{o\lambda}$	$(m^2K) / W$	0.58850

Συντελεστής θερμοπερατότητας	U_T	$W / (m^2K)$	1.699
------------------------------	-------	--------------	-------



Εικόνα 100 Εξωτερική οροφή

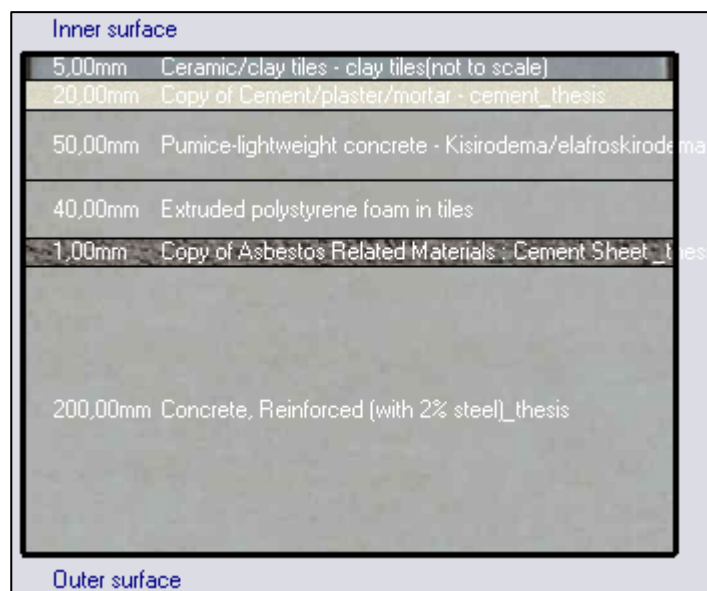
Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας U_T δαπέδου ισογείου

Πίνακας 5 Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας U_T δαπέδου ισογείου

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)		Πυκνότητα	Πάχος.στρ.	Συντ.Θερμ.αγωγιμ.	Θερμ.αντίστ.
			$\rho(k/m^3)$	$d(m)$	$\lambda (W/mK)$	$d/\lambda (m^2K/W)$
1	4.7.2.	Κεραμικά πλακίδια δαπέδου	2000	0.005	0.85	0.0059
2	1.4.3.	Τσιμεντοκονίαμα, επίστρωση τσιμέντου	2000	0.02	1.4	0.0143
3	1.5.5.	Κισηρόδεμα, ελαφροσκυρόδεμα	500	0.05	0.2	0.2500
4	7.3.4.	Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	1100	0.04	0.035	1.1429
5	4.6.5.	Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα)	1100	0.001	0.23	0.004348
6	1.4.2.	Σκυρόδεμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο υψηλής πυκνότητας	2400	0.2	2	0.1000
			$\Sigma d=$	0.316	$R_j=$	1.5174

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	$(m^2K) / W$	0.17
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	$(m^2K) / W$	1.517
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	$(m^2K) / W$	0.04
	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{o\lambda}$	$(m^2K) / W$	1.72737

Συντελεστής θερμοπερατότητας	U_T	$W / (m^2K)$	0.579
------------------------------	-------	--------------	-------



Εικόνα 101 Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας U_T δαπέδου ισογείου

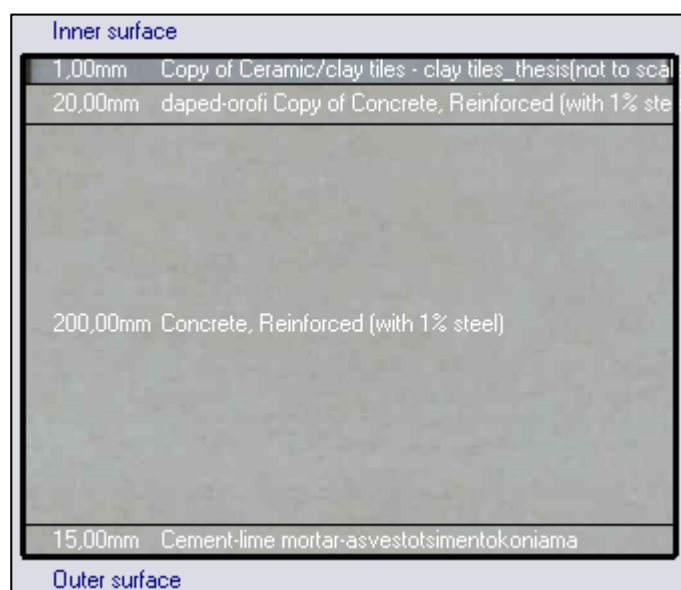
Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας Ut εσωτερικών δαπέδων-οροφών

Πίνακας 6 Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας Ut εσωτερικών δαπέδων-οροφών

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)		Πυκνότητα	Πάχος.στρ.	Συντ.Θερμ.αγωγιμ.	Θερμ.αντίστ.
			$\rho(k/m^3)$	$d(m)$	$\lambda (W/ mK)$	d/λ (m^2K/W)
1	4.7.2.	Κεραμικά πλακίδια δαπέδου	2000	0.0015	1.84	0.0008
2	7.3.4.	Σκυρόδεμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο υψηλής πυκνότητας	2200	0.02	1.65	0.0121
3	4.6.5.	Οπλισμένο σκυρόδεμα 1% σίδηρος	2300	0.2	2.3	0.086957
4	1.4.2.	Αβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0.015	0.87	0.0172
			$\Sigma d=$	0.316	$\Sigma d=$	0.2365

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	Ri	(m^2K) / W	0.17
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m^2K) / W	0.117
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	Ra	(m^2K) / W	0.1
	Αντίσταση θερμοπερατότητας	Roλ	(m^2K) / W	0.38713

Συντελεστής θερμοπερατότητας	UT	W / (m^2K)	2.583
------------------------------	----	----------------	-------



Εικόνα 102 Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας Ut εσωτερικών δαπέδων-οροφών

Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας U_t εσωτερικής τοιχοποιίας

Πίνακας 7 Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας U_t εσωτερικής τοιχοποιίας

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)		Πυκνότητα	Πάχος.στρ.	Συντ.Θερμ.αγωγιμ.	Θερμ.αντίστ.
			$\rho(k/m^3)$	$d(m)$	$\lambda (W/ mK)$	d/λ (m^2K/W)
1	6.2.1.	Τυπική βαφή ακρυλικής βάσης		0.001	0.5	0.0020
2		Σοβάς	1800	0.015	0.87	0.0172
3	1.7.2.1	Οπτοπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους	1700	0.09	0.58	0.1552
4		Σοβάς	1800	0.015	0.87	0.0172
5	6.2.1.	Τυπική βαφή ακρυλικής βάσης		0.001	0.5	0.0020
			$\Sigma d=$	0.12	$R_j=$	0.1937

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	(m^2K) / W	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m^2K) / W	0.194
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	(m^2K) / W	0.13
	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{o\lambda}$	(m^2K) / W	0.45366

Συντελεστής θερμοπερατότητας			U_T	$W / (m^2K)$	2.204
------------------------------	--	--	-------	--------------	-------



Εικόνα 103 Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας U_t εσωτερικής τοιχοποιίας

5.3.2 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος U_w εξαρτάται από το υλικό του πλαισίου, το σύστημα υαλοπινάκων που φέρει, το ποσοστό επιφανείας πλαισίου και υαλοπινάκων επί του κουφώματος και το μήκος της θερμογέφυρας που σχηματίζεται στα σημεία ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο. Συνεπώς, κουφώματα που αποτελούνται από τον ίδιο τύπο υαλοπίνακα και πλαισίου, αλλά είναι διαφορετικού μεγέθους μπορεί να έχουν διαφορετικό συντελεστή θερμοπερατότητας. Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος θα πρέπει να προσδιοριστούν η επιφάνεια και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου και του υαλοπίνακα ανάλογα με τον τύπο τους, καθώς και η γραμμική θερμογέφυρα που σχηματίζεται κατά μήκος της ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας μονού κουφώματος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U_w = \frac{A_f * U_f + A_g * U_g + I_g * \Psi_g}{A_w} \quad [5.6]$$

Όπου:

- U_w : συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος
- U_f : συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος
- U_g : συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων)
- A_f : επιφάνεια του πλαισίου του κουφώματος
- A_g : επιφάνεια του υαλοπίνακα του κουφώματος
- I_g : μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (περίμετρος του υαλοπίνακα)
- Ψ_g : συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος
- A_w : εμβαδό επιφανείας του κουφώματος ($A_w = A_f + A_g$).

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε κούφωμα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή των 7cm με διπλό υαλοπίνακα με πάχος τζαμιού 6mm αντίστοιχα και εκατέρωθεν αυτών κενό τύπου αργκόν στα 13mm.

Ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος ισούται με:

$$U_f = 5.867 (W/m^2K)$$

Ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος ισούται με:

$$U_g = 2.511 (W/m^2K)$$

Επιπλέον επιλέχθηκε για όλα τα παράθυρα ότι θα έχουν εσωτερική σκίαση τύπου περσίδες (slated blinds)

5.4 Προσδιορισμός θερμικών ζωνών κτηρίου

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε και θα εξηγήσουμε τους χώρους από τους οποίους αποτελείται το υπό μελέτη κτήριο .

Αρχικά το επίπεδο του ισογείου αποτελείται από 13 χώρους εκ των οποίων ο ένας είναι ένα Rizer ή Shaft (κενός χώρος) στον οποίο θα περάσει όλος ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός, έπειτα υπάρχει από ένα WC, ανδρών και γυναικών αντίστοιχα, επίσης τρεις χώροι εργασίας γραφείων, ένας διάδρομος , η κύρια είσοδος (main lobby), ένας ανοιχτός χώρος ο οποίος χρησιμοποιείται και σαν χώρος γραφείων, δύο χώροι για meetings (συναντήσεις προσωπικού), δύο ανελκυστήρες εξυπηρέτησης του κοινού και σκάλες που οδεύουν στους άνω ορόφους.

Το επίπεδο του 1^{ου} ορόφου αποτελείται από 13 χώρους εκ των οποίων ο ένας είναι ένα Rizer ή Shaft (κενός χώρος) στον οποίο θα περάσει όλος ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός, έπειτα έπειτα υπάρχει από ένα WC, ανδρών και γυναικών αντίστοιχα, επίσης πέντε χώροι εργασίας γραφείων, ένας ανοιχτός χώρος ο οποίος χρησιμοποιείται και σαν χώρος γραφείων, ένας διάδρομος, δύο ανελκυστήρες εξυπηρέτησης του κοινού και σκάλες που οδεύουν στους άνω ορόφους.

Το επίπεδο του 2^{ου} ορόφου αποτελείται από 12 χώρους εκ των οποίων ο ένας είναι ένα Rizer ή Shaft (κενός χώρος) στον οποίο θα περάσει όλος ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός, έπειτα έπειτα υπάρχει από ένα WC, ανδρών και γυναικών αντίστοιχα, επίσης τέσσερις χώροι εργασίας γραφείων, δύο χώροι για meetings (συναντήσεις προσωπικού), ένας διάδρομος, δύο ανελκυστήρες εξυπηρέτησης του κοινού και σκάλες που οδεύουν στον τελευταίο όροφο.

Το επίπεδο του 3^{ου} ορόφου αποτελείται από 12 χώρους εκ των οποίων ο ένας είναι ένα Rizer ή Shaft (κενός χώρος) στον οποίο θα περάσει όλος ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός, έπειτα έπειτα υπάρχει από ένα WC, ανδρών και γυναικών αντίστοιχα, επίσης τέσσερις χώροι εργασίας γραφείων, δύο χώροι για meetings (συναντήσεις προσωπικού), ένας διάδρομος, δύο ανελκυστήρες εξυπηρέτησης του κοινού και σκάλες που οδεύουν στους παρακάτω ορόφους.

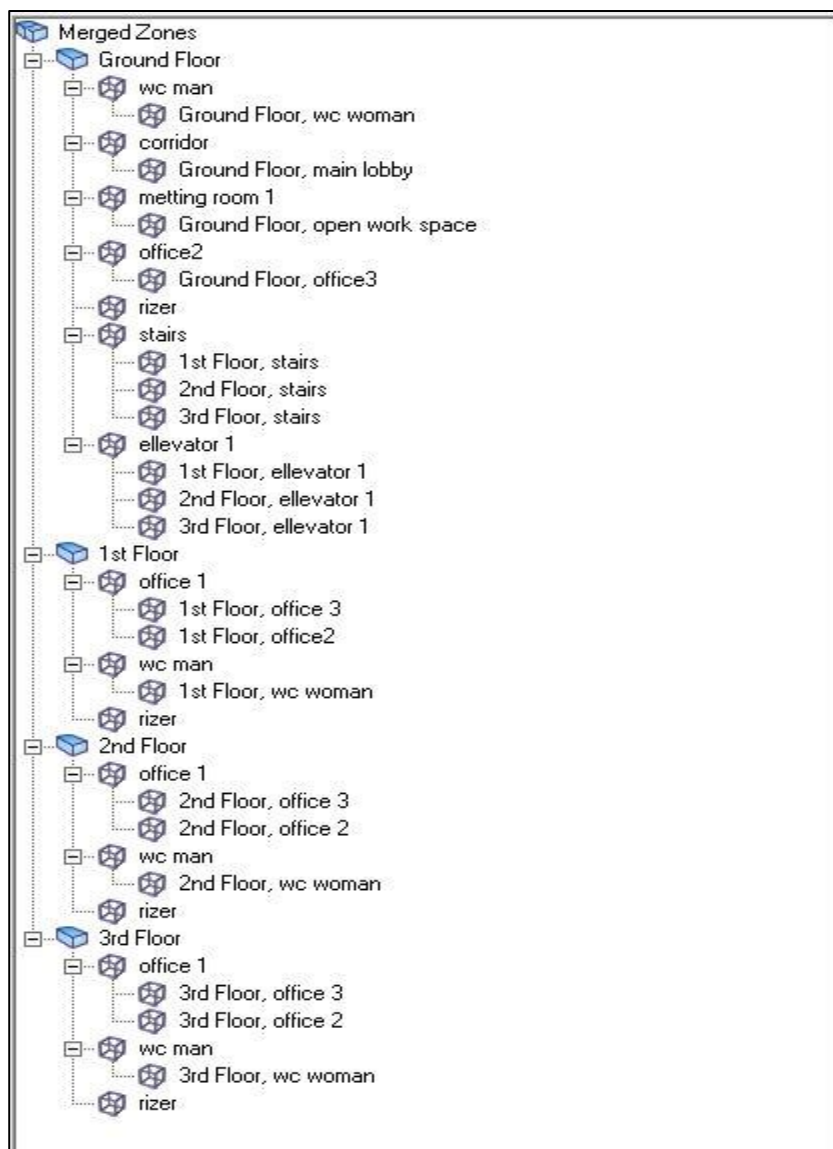
Στο παράρτημα Ι παρατίθενται οι κατόψεις των επιπέδων που προαναφέραμε.

5.5 Διαχωρισμός κτηρίου σε θερμικές ζώνες

Ο διαχωρισμός των κτιρίων σε θερμικές ζώνες αποτελεί σημαντικό κομμάτι του ενεργειακού τους σχεδιασμού κατά την φάση της μελέτης. Ο διαχωρισμός αυτός επιτυγχάνεται έχοντας ως γνώμονα χώρους με παρόμοια χρήση, ίδιες συνθήκες λειτουργίας, και ενδεχομένως με κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Ο καθορισμός διαφορετικών θερμικών ζωνών εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου:

- Υπάρχει μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας από 4K σε σχέση με τα άλλα τμήματα του κτηρίου.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση λειτουργίας λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών σχεδιασμού
- Υπάρχουν χώροι εξυπηρέτησης με διαφορετικά συστήματα θέρμανσης-κλιματισμού

Σύμφωνα με τις κατόψεις του υπό μελέτη κτηρίου, τους προσανατολισμούς, την χρήση των χώρων αυτών και τις εσωτερικές συνθήκες που επιθυμούμε να έχουμε σε κάθε χώρο, έγινε η ζωνοποίηση των χώρων όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 104 Ζωνοποίηση επιπέδων & θερμικών ζωνών

5.6 Θερμικά απώλειες και Ψυκτικά φορτία

5.6.1 Θερμικές απώλειες

Με τον όρο θερμική απώλεια ορίζεται το ποσό θερμότητας που πρέπει να προστεθεί στο χώρο ώστε να διατηρείται σε αυτόν η θερμοκρασία που έχει επιλεγεί για να πληρούνται οι συνθήκες ευεξίας, όταν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν χειμερινές συνθήκες. Ο υπολογισμός των απωλειών θερμότητας σε ένα κτήριο είναι αρχή όλων των μελλοντικών ενεργειών για οποιαδήποτε εγκατάσταση θέρμανσης και ο υπολογισμός τους βασίζεται στους νόμους μετάδοσης θερμότητας. Ο τρόπος υπολογισμού αποτελείται από δύο κύρια μέρη, της ροής θερμότητας μέσα από τα στερεά τοιχώματα και της εισόδου νωπού αέρα από το περιβάλλον. Συνεπώς προκύπτει η παρακάτω σχέση(Διαπερατότητα =Συναγωγή +Αγωγή):

$$\dot{Q}_{ολ} = \dot{Q}_s + \dot{Q}_l \quad [5.7]$$

Όπου:

- \dot{Q}_s (Watt): Απώλειες από τα στερεά τοιχώματα
- \dot{Q}_l (Watt): Απώλειες από είσοδο νωπού αέρα

Ο κανονισμός με τον οποίο γίνονται οι υπολογισμοί των θερμικών απωλειών είναι διαφορετικός σε κάθε χώρα. Σύμφωνα με τις διαφορετικές μεθοδολογίες όπως της Ashrae (ISO), των Γερμανικών Κανονισμών (DIN) και για την Ελλάδα του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ) έχει επικρατήσει εκείνη κατά DIN4701/1977 και DIN4701/1983. Από το 2010 όπου και εφαρμόστηκε ο Κ.Εν.Α.Κ γίνεται με βάση το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12831.

Απώλειες από στερεά τοιχώματα:

Η ροή θερμότητας μέσα από ένα στερεό τοίχωμα εκφράζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\dot{Q} = U * A * \Delta T \quad [5.8]$$

Όπου:

- U (W/m²K) : Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας (αγωγής και συναγωγής) του τοιχώματος
- A (m²) : Επιφάνεια στερεού τοιχώματος
- ΔT (K) : Θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ μεταξύ των δύο πλευρών στερεού τοιχώματος

Ο τρόπος υπολογισμού του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας έχει ήδη υπολογιστεί στο κεφάλαιο 5.2

Προκειμένου να υπολογιστούν οι απώλειες λόγω των στερεών τοιχωμάτων πρέπει να ληφθούν υπόψιν οι συνθήκες περιβάλλοντος, οι επιθυμητές συνθήκες των χώρων και το είδος των τοιχωμάτων και το αποτέλεσμα θα μας επιφέρει τις πραγματικές ολικές απώλειες θερμότητας. Επιπλέον σε αυτό το αποτέλεσμα θα πρέπει να προστεθούν οι επιδράσεις του περιβάλλοντος, του προσανατολισμού και ορισμένων χαρακτηριστικών λόγω της ιδιομορφίας της εκάστοτε περιοχής στην οποία βρίσκεται το κτήριο. Προκειμένου να επιτευχθούν όλα τα παραπάνω γίνεται χρήση συγκεκριμένων προσαυξήσεων στα επιμέρους τοιχώματα ή στους χώρους και οι οποίες είναι:

- Προσανατολισμού του τοιχώματος (Z_α)
- Εξίσωση της θερμοκρασίας του χώρου με την επιθυμητή (Z_π)
- Ο χρόνος λειτουργίας της εγκατάστασης ανά ημέρα (Z_γ)

Συνεπώς ο υπολογισμός των απωλειών πλέον γίνεται ως εξής:

$$\dot{Q}_{ολ} = (1 + Z_a + Z_y + Z_{\pi}) * \dot{Q} \quad [5.9]$$

Έπειτα από μελέτες οι συντελεστές τις παραπάνω σχέσης έχουν απλουστευτεί, ακολουθώντας κάποιους πίνακες του προτύπου DIN 4701/77, και πλέον έχει ως εξής:

$$\dot{Q}_{ολ} = (1 + Z_{\delta} + Z_{\pi}) * \dot{Q} \quad [5.10]$$

Όπου:

- Z_{π} : Συντελεστής προσαύξησης λόγω προσανατολισμού (%)
- Z_{δ} : Συντελεστής προσαύξησης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας (%)

Πίνακας 8 Συντελεστής προσαύξησης λόγω προσανατολισμού (%)

Προσανατολισμός	BA	B	BΔ	Δ	A	NA	N	NΔ
Z_{π}	5	5	5	0	0	-5	-5	-5

Πίνακας 9 Συντελεστής προσαύξησης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας (%)

Τιμές του \bar{U}			≤ 0.29	$0.30 \div 0.69$	$0.70 \div 1.49$	≥ 1.50
Λειτουργία εγκατάστασης ανά 24ωρο.	I	Διακοπή λειτουργία	7%	7%	7%	7%
	II	Λειτουργία 12-16 ωρών ημερησίως	20%	15%	15%	15%
	III	Λειτουργία 8-12 ωρών ημερησίως	30%	25%	20%	15%

Απώλειες από είσοδο νωπού αέρα:

Ο δεύτερος παράγων των απωλειών είναι αυτός της εισόδου νωπού αέρα στο χώρο. Η απώλεια αυτή προέρχεται από τις χαραμάδες των κουφωμάτων, τα ανοίγματα του χώρου, το ολιγόλεπτο άνοιγμα παραθύρων ή πόρτας. Η σχέση υπολογισμού της συγκεκριμένης απώλειας είναι η εξής:

$$\dot{Q}_{ολ} = (a * l)_{εξ} * R * H * (\Delta T) * Z_{\gamma} \quad [5.11]$$

Όπου:

- a : Συντελεστής διείσδυσης αέρα
- l : Ολικό μήκος από χαραμάδες
- R : Συντελεστής διεισδυτικότητας
- H : Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης
- Z_{γ} : Συντελεστής γωνιακών παραθύρων

5.6.2 Ψυκτικά Φορτία

Με τον όρο ψυκτικό φορτίο εννοούμε τον ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα αφαιρείται από τον χώρο προκειμένου να διατηρείται σε σταθερά επίπεδα η εσωτερική θερμοκρασία. Για την διαδικασία υπολογισμού του ψυκτικού φορτίου απαιτούνται να συμπεριληφθούν κατά τη φάση της μελέτης τα παρακάτω:

- Τα χαρακτηριστικά του κτηρίου: (υλικά, χρώματα, σχέδιο)
- Προσανατολισμός
- Εξωτερική σκίαση
- Μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής
- Καθορισμός εσωτερικών συνθηκών:(θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ρυθμός ανανέωσης αέρα)
- Ωράριο λειτουργίας της εγκατάστασης : (ώρες λειτουργίας φωτισμού, συσκευών, πλήθος ατόμων)
- Επιλογή του δυσμενέστερου μήνα: συνήθως τον Ιούλιο.

Η μέθοδος την οποία ακολουθούμε για την εκλογή των ψυκτικών φορτίων ενός χώρου είναι αυτή της θερμοκρασιακής διαφοράς ψυκτικού φορτίου (Cooling Load Temperature Difference – CLTD) και του παράγοντος ψυκτικού φορτίου (Cooling Load Factor – CLF) κατά ASHRAE με την οποία μας παρέχετε κατευθείαν το αποτέλεσμα του ψυκτικού φορτίου q σε Watt. Η σχέση υπολογισμού είναι η εξής:

$$\dot{q} = U * A * (CLTD) \quad [5.12]$$

όπου:

- U (W/m^2K) : Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας (αγωγής και συναγωγής) του τοιχώματος
- A (m^2) : Επιφάνεια στερεού τοιχώματος
- CLTD ($^{\circ}C$) : Θερμοκρασιακή διαφορά ψυκτικού φορτίου

Οι τιμές του CLTD δίνονται στον πίνακα 67 του παραρτήματος II

Με την μέθοδο υπολογισμού CLTD/CLF της ASHRAE,εξετάζουμε τα ψυκτικά φορτία που προκύπτουν σε έναν χώρο συνάρτηση των εξής παραγόντων:

- Εξωτερικές οροφές (αδιαφανή δομικά στοιχεία)
- Εξωτερικοί τοίχοι (αδιαφανή δομικά στοιχεία)
- Ανοίγματα – Υαλοπίνακες: παράθυρα, μπαλκονόπορτες
- Εσωτερικά δομικά στοιχεία
- Εσωτερικός φωτισμός
- Άνθρωποι
- Συσκευές
- Αερισμός
- Ηλεκτροκινητήρες

Ο τρόπος υπολογισμού για κάθε έναν από τους παραπάνω παράγοντες ορίζεται παρακάτω:

Εξωτερικές οροφές

Σύμφωνα με τον πίνακα 67 του παραρτήματος II, τις τιμές του CLTD που λαμβάνουμε γίνεται έχοντας υπόψιν κάποιες συνθήκες, όπως εσωτερική θερμοκρασία, μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία, είδος επιφάνειας, εξωτερική και εσωτερική θερμική αντίσταση επιφάνειας κ.α. Σε περίπτωση που υπάρχουν

διαφορετικές συνθήκες των προαναφερθέντων τότε χρησιμοποιείται ένας διορθωτικός συντελεστής θερμοκρασιακής διαφοράς $(CLTD)_{corr}$ ο οποίος δίνεται από την εξής σχέση:

$$CLTD_{corr} = [(CLTD + LM) * K + (25.5 - T_R) + (T_o - 29.4)] * f \quad [5.13]$$

Όπου:

- LM : Παράγων διόρθωσης ως προς το γεωγραφικό πλάτος και τον μήνα και λαμβάνεται από τον πίνακα 68 του παραρτήματος II
- K : Συντελεστής ο οποίος σχετίζεται με το χρώμα της οροφής. Για σκουρόχρωμη οροφή ή σε βιομηχανική περιοχή $K=1$ ενώ για ανοιχτόχρωμες οροφές $K=0.5$
- T_R : Εσωτερική θερμοκρασία
- T_o : Εξωτερική θερμοκρασία
- f : Όταν υπάρχει ροή του αέρα $f=1$ και $f=0.5$ όταν δεν υπάρχει.

Εξωτερικοί τοίχοι

Από τον πίνακα 69 του παραρτήματος II λαμβάνεται η αρχική τιμή CLTD για τους εξωτερικούς τοίχους και με παρόμοιο σκεπτικό προκύπτει η τελική τιμή από την διορθωτική σχέση του $(CLTD)_{corr}$, οπότε:

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM) * K + (25.5 - T_R) + (T_o - 29.4) \quad [5.14]$$

Σε αυτή την περίπτωση ο συντελεστής K λαμβάνει τις εξής τιμές: 1 για σκουρόχρωμα ή βιομηχανικά κτήρια, 0.83 για κτήρια μέσου χρώματος και 0.65 για ανοιχτόχρωμα κτήρια.

Ανοίγματα – Υαλοπίνακες

Ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων λόγω των υαλοπινάκων και των ανοιγμάτων δίνεται από την εξής σχέση:

$$Q = A * (SC) * (SHGF)_{max} * (CLF) \quad [5.15]$$

Όπου:

- SC : Συντελεστής σκίασης του υαλοπίνακα, λαμβάνεται από πίνακες 70÷72 του παραρτήματος II.
- $SHGF_{max}$ (W/m^2) : Μέγιστος παράγοντας ηλιακού θερμικού κέρδους, λαμβάνεται από πίνακα 73 του παραρτήματος II.
- CLF : Παράγοντας ψυκτικού φορτίου, λαμβάνεται από τους πίνακες 74÷75 του παραρτήματος II.

Η μετάδοση θερμότητας στους εσωτερικούς χώρους από τους υαλοπίνακες γίνεται λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας, συνεπώς στη προηγούμενη σχέση θα πρέπει να προστεθεί και η μετάδοση θερμότητας λόγω αγωγής προς τους εσωτερικούς χώρους. Οπότε η σχέση γίνεται ως εξής:

$$Q = U * A * (CLTD) + A * (SC) * (SHGF)_{max} * (CLF) \quad [5.16]$$

Εσωτερικές τοιχοποιίες-δάπεδα-οροφές

Όταν ένας κλιματιζόμενος χώρος συνορεύει με έναν χώρο διαφορετικής θερμοκρασίας, πρέπει να συμπεριληφθεί η θερμότητα η οποία μεταφέρεται σε αυτούς τους χώρους μέσω των δομικών στοιχείων. Η σχέση υπολογισμού της μεταφοράς θερμότητας είναι:

$$\dot{q} = U * A * (t_b - t_i) \quad [5.17]$$

Όπου:

- q (Watt) : Ψυκτικό φορτίο
- U (W/m² °C) : Ολική θερμική διαπερατότητα του χωρίσματος
- t_b (°C) : Θερμοκρασία αέρος του γειτονικού χώρου
- t_i (°C) : Θερμοκρασία αέρος του κλιματιζόμενου χώρου

Ανθρώπινος παράγοντας

Όταν εντός κλιματιζόμενου χώρου παρευρίσκεται ο ανθρώπινος παράγοντας τότε στον χώρο προστίθεται ένα συνολικό φορτίο το οποίο διαιρείται σε αισθητό και λανθάνον φορτίο.

Το λανθάνον φορτίο προκύπτει από την εξής σχέση:

$$Q_l = n * (HG)_l \quad [5.18]$$

Το αισθητό φορτίο προκύπτει από την εξής σχέση:

$$Q_s = n * (HG)_s * (CLF) \quad [5.19]$$

Όπου:

- n : Πλήθος ατόμων
- $(HG)_l$: Λανθάνον φορτίο ανά άτομο, λαμβάνεται από πίνακα 76 του παραρτήματος II.
- $(HG)_s$: Αισθητό φορτίο ανά άτομο, λαμβάνεται από πίνακα 76 του παραρτήματος II.

Εσωτερικός φωτισμός

Η ακτινοβολία λόγω φωτιστικών σωμάτων απορροφάται από τους τοίχους, τις συσκευές, τα έπιπλα έχοντας ως αποτέλεσμα την θέρμανση αυτών.

Το στιγμιαίο αυτό θερμικό κέρδος λόγω ηλεκτροφωτισμού υπολογίζεται από τη σχέση:

$$(HG) = P * f_u * f_s \quad [5.20]$$

Όπου:

- P : Συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς των φωτιστικών στοιχείων στο χώρο
- f_u : Συντελεστής χρήσης (ήτοι, το κλάσμα των εν λειτουργία φωτιστικών σε σχέση με τα εγκατεστημένα αναλόγως προς τις συνθήκες λειτουργίας)
- f_s : Σταθερά, ανάλογη του τύπου των λαμπτήρων. Συνήθως $f_s=1$ για λαμπτήρες πυρακτώσεως και $f_s=1.2$ για λαμπτήρες φθορισμού.
- HG : λαμβάνεται από πίνακα 77 του παραρτήματος II.

Όμως το τελικό ψυκτικό φορτίο προκύπτει σε συνάρτηση με τον παράγοντα ψυκτικού φορτίου (CLF), οπότε η σχέση γίνεται ως εξής:

$$\dot{q} = (HG) * (CLF) \quad [5.21]$$

Όπου:

CLF: Παράγων ψυκτικού φορτίου. Πέραν της περίπτωσης των υαλοπινάκων, στην περίπτωση του φωτισμού ο συντελεστής CLF λαμβάνει την τιμή 1 είτε για παράλληλη λειτουργία με τον κλιματισμό είτε καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Εκτός αυτής της τιμής ο συντελεστής λαμβάνει τιμές από τους πίνακες 83÷84 του παραρτήματος II οι οποίες είναι συναρτήσεις των συντελεστών a,b (σύμφωνα το πάχος S[mm] και της επιφανειακής μάζας M [kg/m²]) και έπειτα γίνεται η επιλογή του συντελεστή CLF βάση τις ώρες λειτουργίας του φωτισμού και την στιγμή της ενεργοποίησης του.

Ηλεκτρικός εξοπλισμός

Σε αυτή την περίπτωση εκτός των αισθητών φορτίων που προσδίδουν στο χώρο οι ηλεκτρικές συσκευές θα πρέπει να συμπεριλάβουμε και τα λανθάνοντα φορτία από τις μαγειρικές συσκευές. Οι τιμές αυτές λαμβάνονται από τον πίνακα 85 του παραρτήματος II.

Αερισμός

Η ανανέωση του αέρα ενός χώρου μπορεί να επιτευχθεί με άμεσο ή έμμεσο τρόπο. Ο πρώτος τρόπος είναι όταν με εκούσιο τρόπο προσάγουμε στον κλιματιζόμενο χώρο νωπό αέρα από το περιβάλλον ενώ ο δεύτερος γίνεται με ακούσιο τρόπο δηλαδή μέσω των χαραμάδων. Οι απαιτούμενες ποσότητες νωπού αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο ανάλογα με την χρήση του δίνονται στον πίνακα 86 του παραστήματος II.

Οι υπολογισμοί των ψυκτικών φορτίων σε έναν χώρο λόγω ανανέωσης ή διεύδυσης του αέρα σε αυτόν δίνονται από τους προσεγγιστικούς τύπους:

$$\dot{q}_s = 1.23 * Q * \Delta t \quad [5.22]$$

$$\dot{q}_l = 3010 * Q * \Delta w \quad [5.23]$$

$$\dot{q}_t = 1.23 * Q * \Delta h \quad [5.24]$$

Όπου:

Δt , Δw , Δh : η διαφορά θερμοκρασιών, λόγων υγρασίας και ενθαλπιών μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα.

Ηλεκτροκινητήρες

Όταν μια συσκευή λειτουργεί σε κλιματιζόμενο χώρο με την χρήση ηλεκτροκινητήρα, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η προσδιδόμενη θερμική ισχύς στον χώρο λόγω του ηλεκτροκινητήρα. Η σχέση υπολογισμού της θερμικής ισχύος είναι:

$$\dot{Q}_{θερμ} = \frac{HP * 746 * C_L}{\frac{n\%}{100}} \quad [5.25]$$

Όπου:

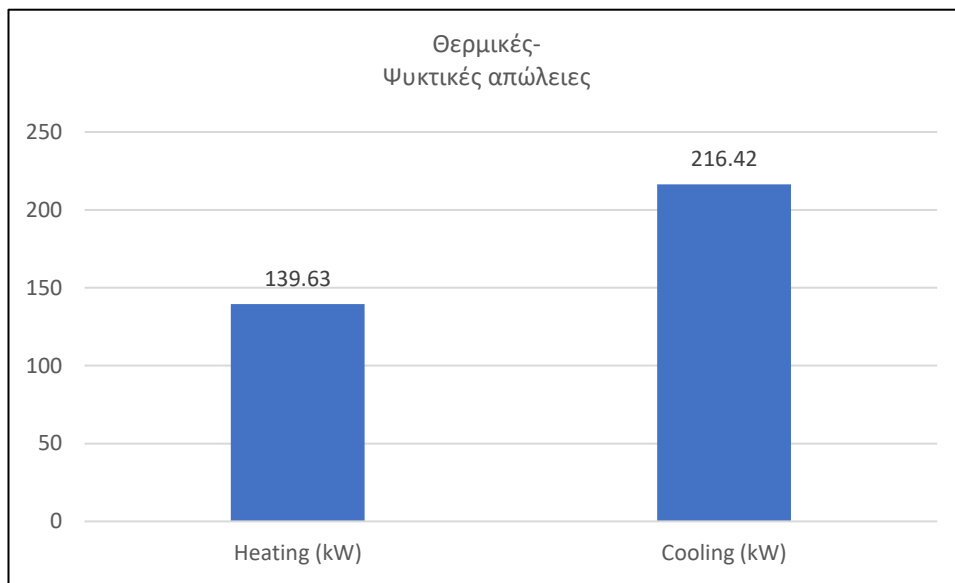
- HP : ισχύς του κινητήρα σε ίππους
- C_L : συντελεστής φορτίου
- n% : ποσοστιαία απόδοση του κινητήρα

Όταν ο ηλεκτροκινητήρας βρίσκεται εκτός του κλιματιζόμενου χώρου η σχέση [5.25] απλοποιείται αφαιρώντας τον παρονομαστή.

5.7 Προσδιορισμός θερμικών και ψυκτικών απωλειών του υπό μελέτη κτηρίου

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε, έπειτα από την προσομοίωση των απωλειών από το λογισμικό DesignBuilder, τις συνολικές θερμικές και ψυκτικές απώλειες του υπό μελέτη κτηρίου αλλά και των χώρων που απαρτίζουν τις αντίστοιχες θερμικές ζώνες.

5.7.1 Συνολικές απώλειες του κτηρίου

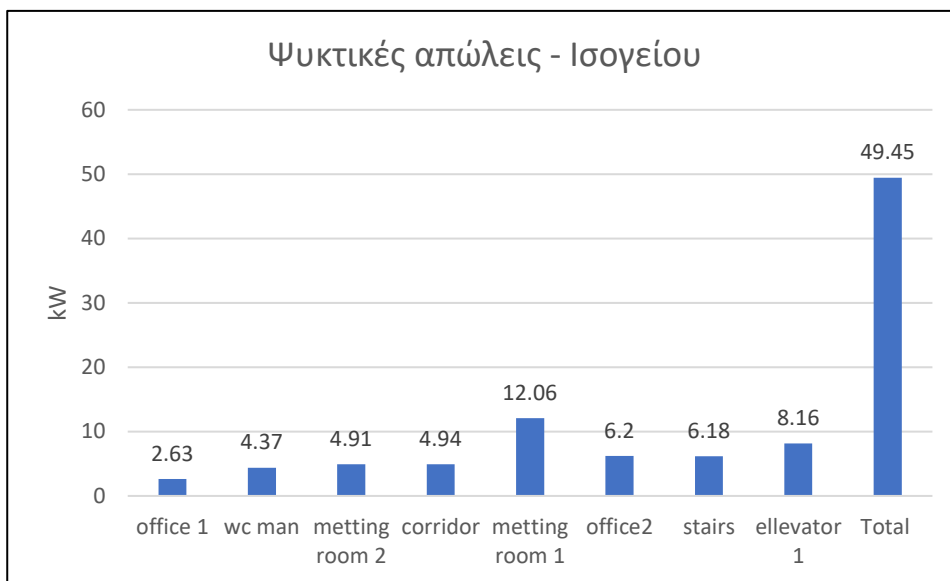


Εικόνα 105 Συνολικές θερμικές - ψυκτικές απώλειες ολόκληρου του κτηρίου

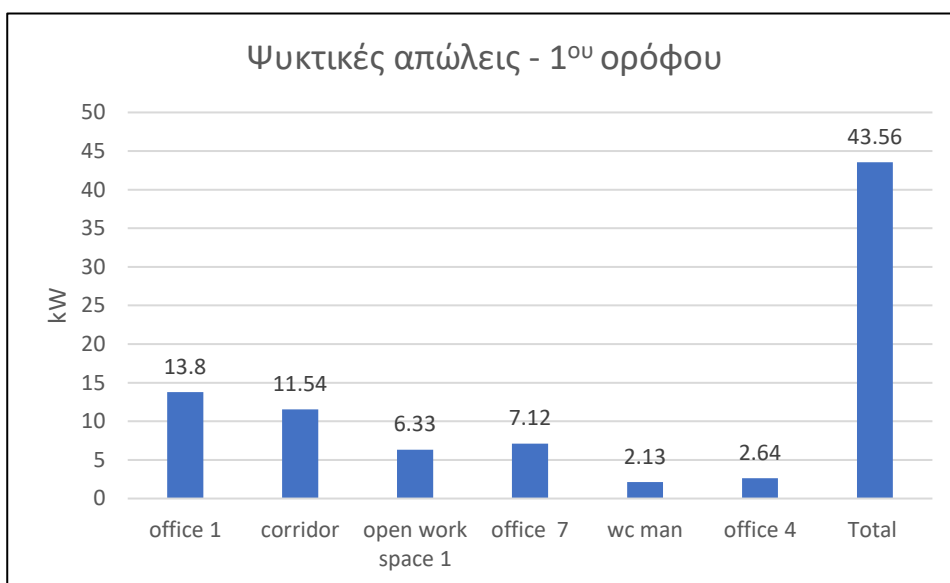
Μέσω της προσομοίωσης διαπιστώθηκε ότι οι συνολικές θερμικές απώλειες του κτηρίου είναι στα 139.63 kW ενώ οι ψυκτικές στα 216.42kW, για αυτό το λόγο θα χρειαστεί το σύστημα που θα επιλέξουμε να καλύπτει τουλάχιστον αυτές τις ενεργειακές απαιτήσεις. Προκειμένου να επιτύχουμε αυτά τα αποτελέσματα θα πρέπει να επισημάνουμε δυο ορολογίες επικεντρωμένες στους βαθμούς απόδοσης που αποσκοπούν στην κατάλληλη επιλογή των μηχανημάτων θέρμανσης - κλιματισμού. Οι βαθμοί απόδοσης στους οποίους αναφερόμαστε είναι ο EER (energy efficiency ratio) και ο CoP (Coefficient of performance).

Προτού προχωρήσουμε στην επεξήγηση των δύο αυτών εννοιών, θα γίνει γραφική παρουσίαση των συνολικών ψυκτικών και θερμικών απωλειών για κάθε θερμική ζώνη ανά όροφο του υπό μελέτη κτηρίου.

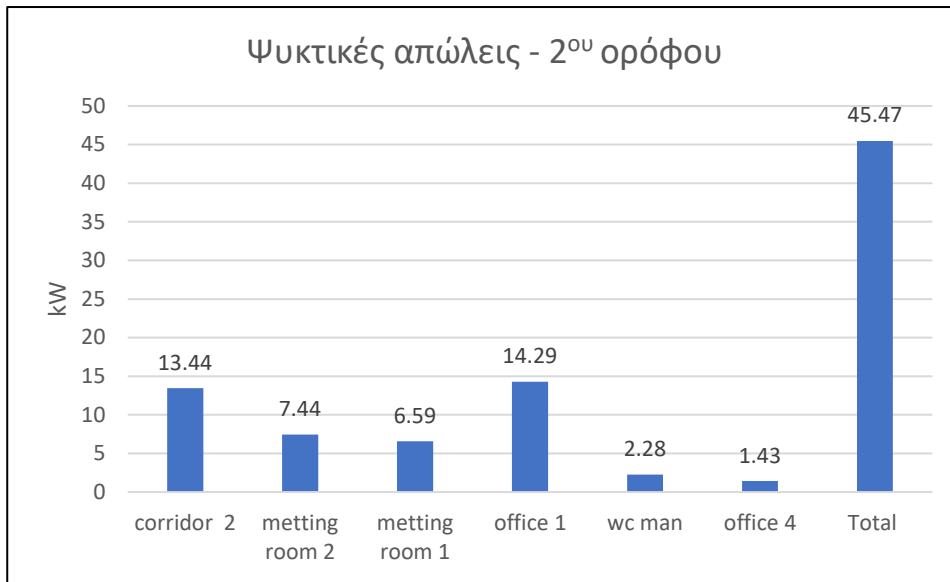
5.7.2 Απώλειες ανά θερμική ζώνη ανά όροφο του υπό μελέτη κτηρίου σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του.



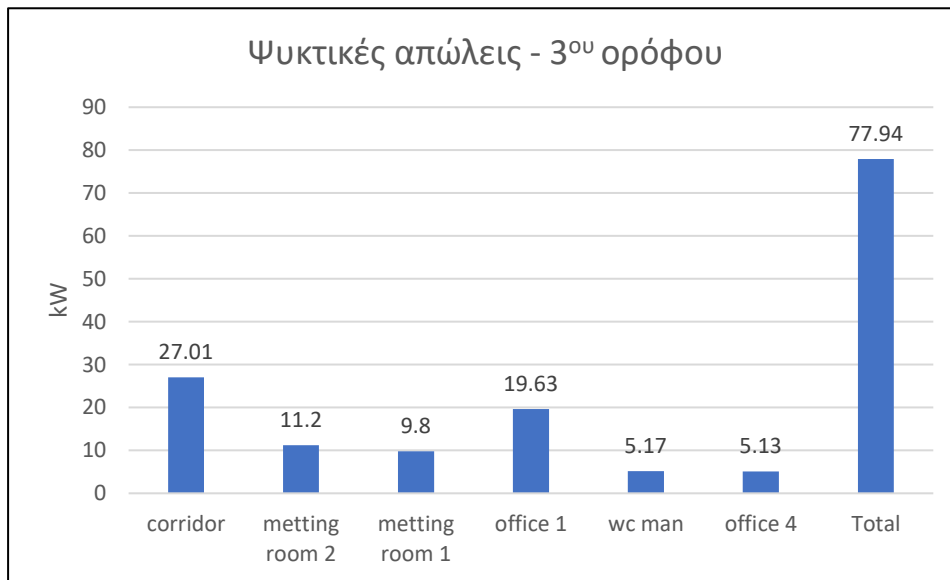
Εικόνα 106 Ψυκτικές απώλειες ισογείου



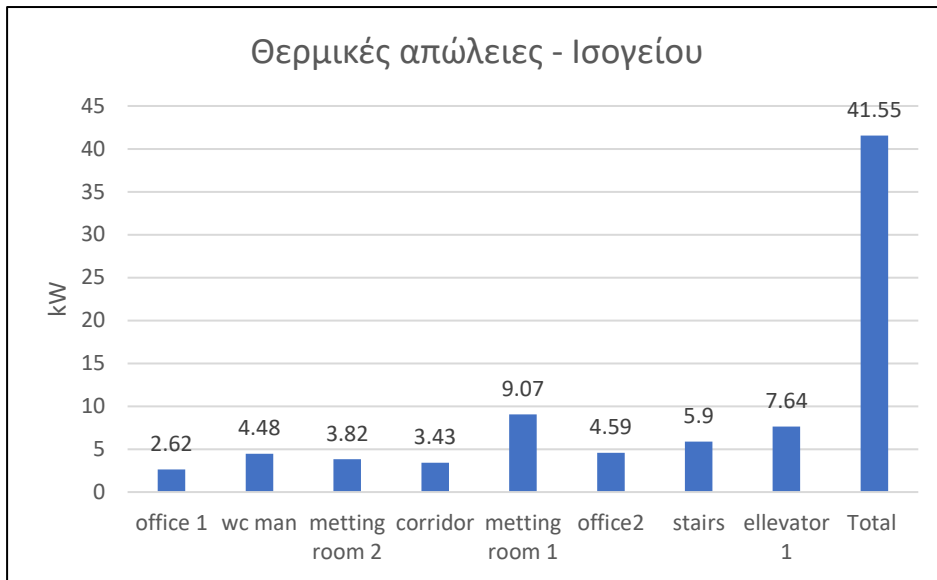
Εικόνα 107 Ψυκτικές απώλειες 1^{ου} ορόφου



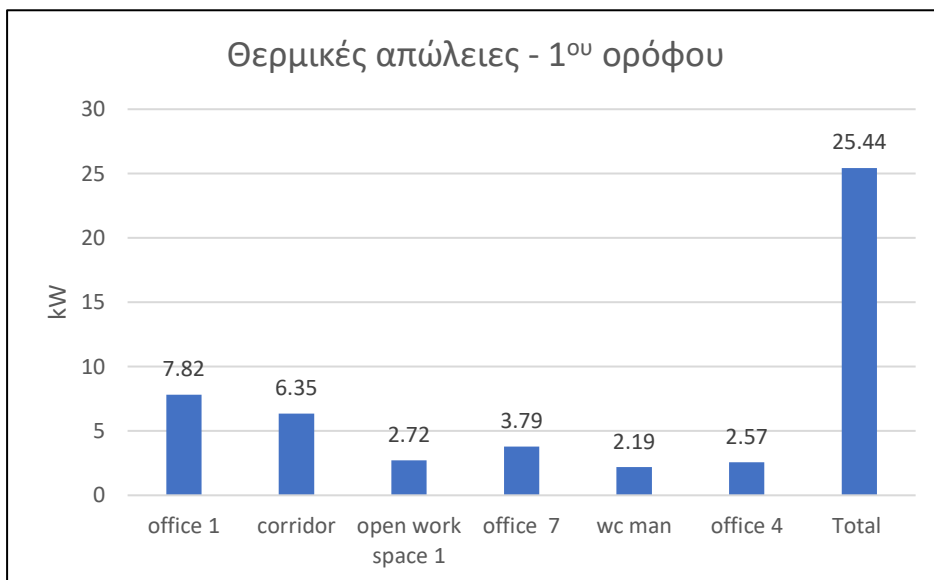
Εικόνα 108 Ψυκτικές απώλειες 2^{ου} ορόφου



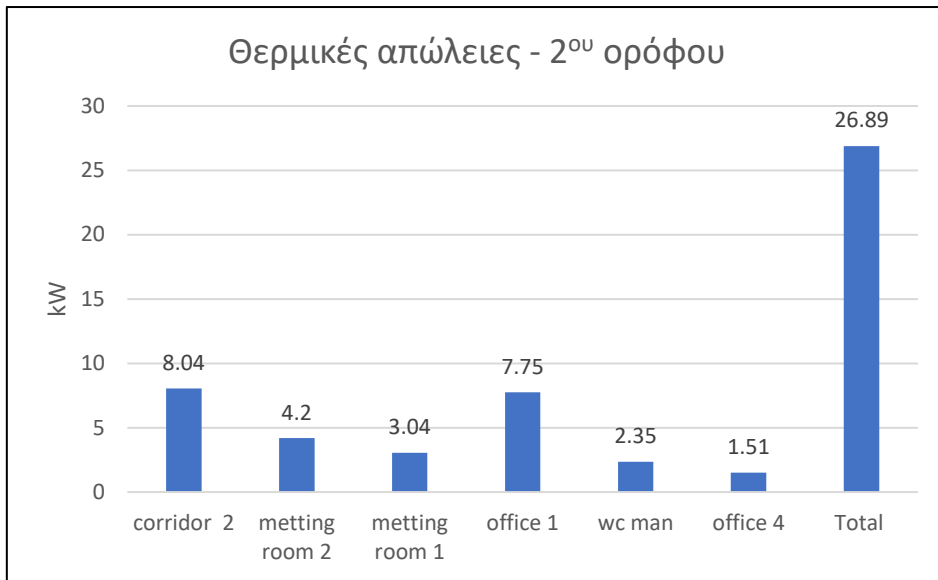
Εικόνα 109 Ψυκτικές απώλειες 3^{ου} ορόφου



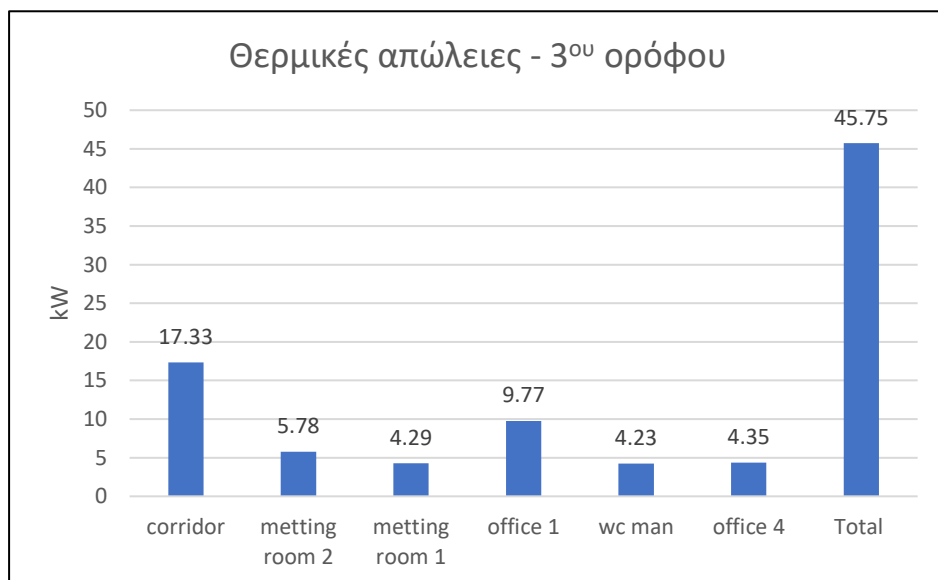
Εικόνα 110 Θερμικές απώλειες ισογείου



Εικόνα 111 Θερμικές απώλειες 1^{ου} ορόφου



Εικόνα 112 Θερμικές απώλειες 2ου ορόφου



Εικόνα 113 Θερμικές απώλειες 3ου ορόφου

Συμπεράσματα

Όπως ήταν αναμενόμενο λόγω της κατάστασης του υφιστάμενου κτηρίου, το οποίο δεν φέρει καμία επιπλέον προστασία του κελύφους και λόγω της ιδιομορφίας του με τα μεγάλα ανοίγματα, αυτό που παρατηρείται από τα παραπάνω διαγράμματα είναι τα αποτελέσματα των ψυκτικών και θερμικών απωλειών να βρίσκονται σε πολύ υψηλά επίπεδα λόγω της ευκολότερης συναλλαγής θερμότητας με το περιβάλλον και συγκριτικά μεταξύ τους η μεν ψυκτικές απώλειες να υπερτερούν.

Όσο αφορά τις συνολικές ψυκτικές απώλειες ανά όροφο παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες είναι στον τελευταίο διότι η οροφή του κτηρίου είναι χωρίς κάποια επιπλέον προστασία με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερη συναλλαγή θερμότητας με τον περιβάλλον. Στους υπόλοιπους ορόφους συμπεριλαμβανομένου και του ισογείου, παρατηρούμε ότι οι απώλειες είναι στα ίδια περίπου επίπεδα και αυτό οφείλεται στο ότι υπάρχουν θερμικές ζώνες στις οποίες επικρατούν ίδιες θερμοκρασιακές συνθήκες και επρόκειτο να κλιματισθούν με αποτέλεσμα οι χώροι μεταξύ τους να επηρεάζονται.

Από την άλλη οι συνολικές θερμικές απώλειες βρίσκονται και αυτές με την σειρά τους σε υψηλά επίπεδα κυρίως στο επίπεδο του ισογείου και του τρίτου ορόφου. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό οφείλεται κυρίως στο κέλυφος αλλά και των ανοιγμάτων του κτηρίου, το οποίο επιτρέπει την συναλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον με πιο εύκολο τρόπο διότι δεν διαθέτει κάποια επιπλέον προστασία. Όσο αφορά το επίπεδο του ισογείου, αντιλαμβανόμαστε ότι η μεγαλύτερη εισροή θερμότητας προέρχεται από τα δάπεδο το οποίο είναι σε επαφή με το έδαφος, ενώ στον τρίτο όροφο οι απώλειες είναι κυρίως από την οροφή.

Ο σκοπός πλέον είναι να καταφέρουμε να μειώσουμε τόσο τις συνολικές ψυκτικές απώλειες όσο και τις θερμικές, προκειμένου να δημιουργήσουμε καλύτερες συνθήκες εσωτερικής ανέσεως για τους παρευρισκόμενους. Για αυτό το λόγο σε επόμενο βήμα θα εφαρμόσουμε μια επιπλέον εξωτερική προστασία στο κέλυφος του κτηρίου και έπειτα θα ξανά υπολογισθούν οι ψυκτικές και θερμικές ανάγκες του για να δούμε σε τι ποσοστό μείωσης θα ωφελήσει η συγκεκριμένη ενέργεια.

5.7.3 Βαθμοί απόδοσης EER-CoP

Οι βαθμοί απόδοσης τους οποίους προαναφέραμε στην ενότητα 5.6.1 και θα αναλύσουμε στο σημείο αυτό είναι ο EER (energy efficiency ratio) και ο CoP (Coefficient of performance). Οι δύο αυτοί βαθμοί απόδοσης δείχνουν την αναλογία θέρμανσης ή ψύξης που παρέχεται από μια μονάδα σε σχέση με την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή της.

Ο συντελεστής EER εκφράζει την απόδοση του συστήματος κατά την ψύξη και ορίζεται ως το πηλίκο της παραγόμενης ψυκτικής ενέργειας Q_c (BTU) προς την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια P_{el} (Wh) για την ψύξη του χώρου. Όσο υψηλότερες είναι οι τιμές του συντελεστή EER τόσο πιο αποδοτικό είναι το σύστημα.

Η σχέση υπολογισμού του συντελεστή EER είναι η εξής:

$$EER = \frac{Q_c (BTU)}{P_{el}(Wh)} \quad [5.26]$$

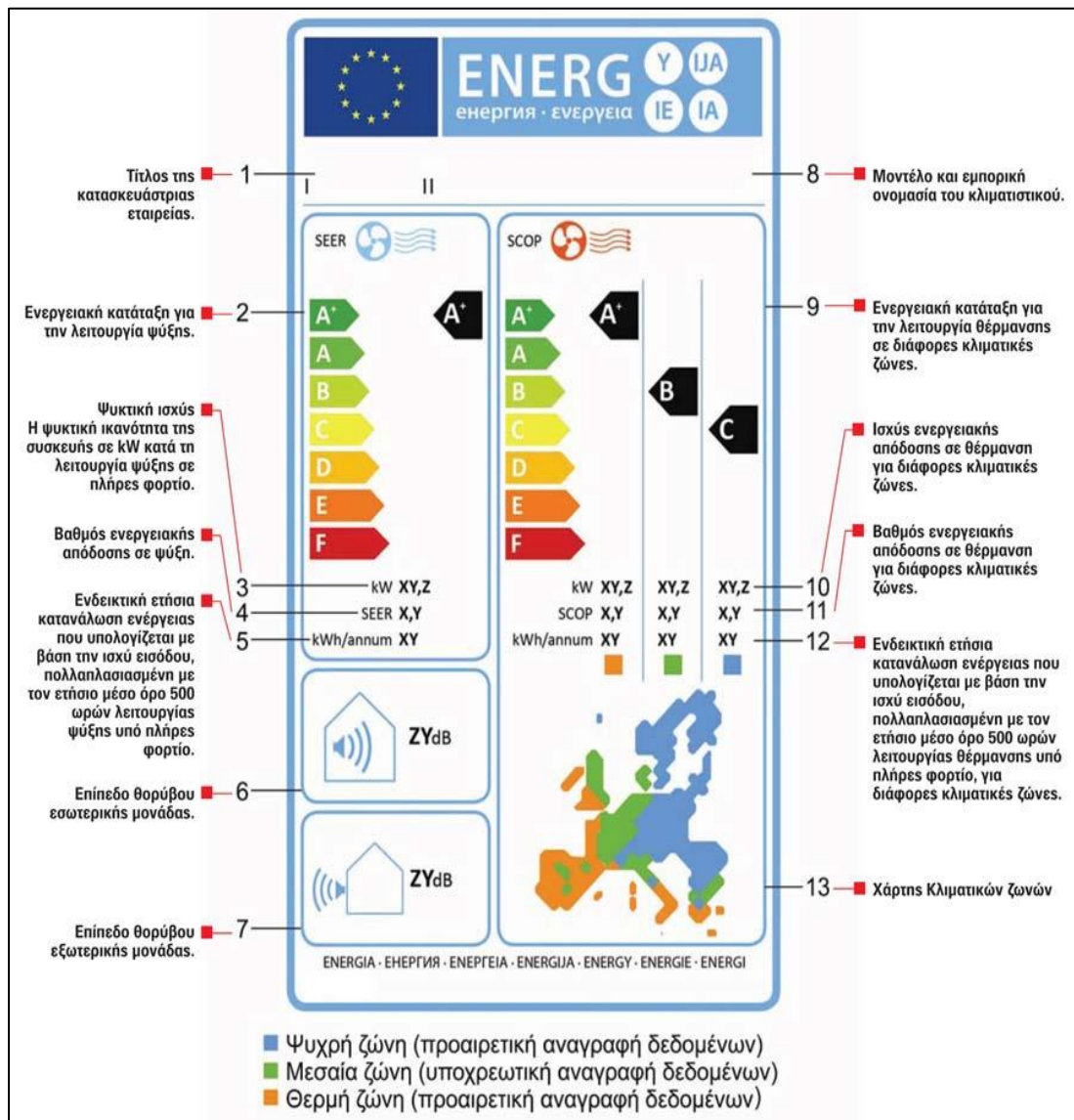
Ο συντελεστής CoP χρησιμοποιείται για την εύρεση της απόδοσης συστημάτων θέρμανσης με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και ορίζεται ως ο λόγος της θερμαντικής ικανότητας Q_h (BTU) προς την θεωρητικά απορροφούμενη μηχανική P_{el} (Wh).

Η σχέση υπολογισμού του συντελεστή CoP είναι η εξής:

$$CoP = \frac{Q_h (BTU)}{P_{el}(Wh)} \quad [5.27]$$

Οι δύο αυτοί βαθμοί απόδοσης λογίζονται ως ονομαστικοί βαθμοί απόδοσης και οι μετρήσεις υπολογισμού γίνονται σε συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας περιβάλλοντος και χώρου αντίστοιχα. Στην πραγματικότητα ο καιρός έχει αστάθειες και μεταβάλλεται συνεχώς για αυτό το λόγο έχουν προκύψει δύο νέοι βαθμοί απόδοσης οι οποίοι είναι υπολογισμένοι για ένα εύρος θερμοκρασιών και λογίζονται ως εποχιακοί βαθμοί απόδοσης. Οι βαθμοί αυτοί απόδοσης είναι ο SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) και ο SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance) και ορίζονται ως εξής:

- SCOP είναι ο λόγος της συνολικής ετήσιας ανάγκης σε θέρμανση προς την συνολική ετήσια ενέργεια που καταναλώνεται σε θέρμανση.
- SEER είναι ο λόγος της συνολικής ετήσιας ανάγκης σε ψύξη προς την συνολική ετήσια ενέργεια που καταναλώνεται για την ψύξη.



Εικόνα 114 Πίνακας ενεργειακής κλάσης κλιματιστικού

Ενεργειακή Κατηγορία	SEER	SCOP
A+++	8,50 ≤ SEER	5,10 ≤ SCOP
A++	6,10 ≤ SEER < 8,50	4,60 ≤ SCOP < 5,10
A+	5,60 ≤ SEER < 6,10	4,00 ≤ SCOP < 4,60
A	5,10 ≤ SEER < 5,60	3,40 ≤ SCOP < 4,00
B	4,60 ≤ SEER < 5,10	3,10 ≤ SCOP < 3,40
C	4,10 ≤ SEER < 4,60	2,80 ≤ SCOP < 3,10
D	3,60 ≤ SEER < 4,10	2,50 ≤ SCOP < 2,80
E	3,10 ≤ SEER < 3,60	2,20 ≤ SCOP < 2,50
F	2,60 ≤ SEER < 3,10	1,90 ≤ SCOP < 2,20
G	SERR ≤ 2,60	SCOP ≤ 1,90

Εικόνα 115 Ενεργειακές κλάσεις με βάση τις εποχικές ενεργειακές αποδόσεις ψύξης και θέρμανσης

5.8 Υφιστάμενο σύστημα Θέρμανσης – Κλιματισμού

Σε αυτή την ενότητα θα γίνει επεξήγηση και παρουσίαση του υφιστάμενου συστήματος θέρμανσης - κλιματισμού και με βάση αυτού θα γίνουν όλες οι συγκρίσεις με τα εναλλακτικά σενάρια βελτιστοποίησης προκειμένου να αναδείξουμε το σενάριο εκείνο το οποίο θα επιφέρει την βέλτιστη ενεργειακά αναβάθμιση του κτηρίου έχοντας ως στόχο την συνολικά μηδενική κατανάλωση.

Στο υφιστάμενο σύστημα, όσο αφορά την θέρμανση των χώρων στις αντίστοιχες θερμικές ζώνες, χρησιμοποιείται λέβητας πετρελαίου μέσω του οποίου παρέχεται η θέρμανση στους εκάστοτε χώρους που επιθυμούμε. Ένα σύστημα λέβητα θερμαίνει συνήθως νερό το οποίο κυκλοφορεί μέσω μίας σειράς σωλήνων και τροφοδοτεί τα θερμαντικά σώματα. Ο λέβητας βρίσκεται σε ειδικό ξεχωριστό διαμορφωμένο χώρο συνήθως στους υπόγειους χώρους των κτηρίων.

Η θερμοκρασία εξόδου του νερού ανέρχεται στους 75°C με μέγιστο όριο ανακοπής τους 80°C, ενώ η ονομαστική χωρητικότητα του Boiler είναι 120kW προκειμένου να μπορεί να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις των θερμικών απωλειών. Ο βαθμός απόδοσης του συστήματος θέρμανσης by default από το λογισμικό είναι: $CoP = 2.51$. Η διανομή της θερμότητας στους θερμαινόμενους χώρους γίνεται μέσω θερμαντικών σωμάτων τα οποία διαστασιολογούνται από το λογισμικό σύμφωνα με τις ανάγκες του εκάστοτε χώρου.

Όσο αφορά την ψύξη των χώρων αυτών, γίνεται εφαρμογή αυτόνομων εσωτερικών κλιματιστικών μονάδων επίτοιχης τοποθέτησης (PTAC – packaged terminal air conditioner) με κάθε έναν χώρο να αποτελείται από μία εξωτερική μονάδα, με βαθμό απόδοσης συστήματος ψύξης $EER = 8.56$. Οι εξωτερικές μονάδες περιέχουν τον συμπιεστή και συμπυκνωτή ενώ οι εσωτερικές τον ατμοποιητή – εξατμιστή και τον ανεμιστήρα. Τα συστήματα PTAC είναι γενικά λιγότερο ακριβά στην εγκατάσταση από τα συστήματα λέβητα και είναι κατάλληλα για μικρούς χώρους ή μεμονωμένους χώρους.

Όσο αφορά τις ανάγκες κατανάλωσης σε ζεστό νερό χρήσης στους αντίστοιχους χώρους (WC), έχουμε εγκαταστήσει επιλεκτικούς ηλιακούς συλλέκτες, 10 τεμάχια των 3.0m² το κάθε ένα με νότιο προσανατολισμό, τα οποία συνδέονται απευθείας με τον ηλιακό θερμοσίφωνα ο οποίος με την σειρά του τροφοδοτεί έναν ηλεκτρικό θερμοσίφωνα για τις περιπτώσεις κάλυψης των αναγκών για τις ημέρες χωρίς ηλιοφάνεια.

Για το συνδυασμό ενός συστήματος λέβητα πετρελαίου με PTAC, το ζεστό νερό που παράγεται από τον λέβητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση του κτιρίου, ενώ οι PTAC μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή ψύξης σε μεμονωμένα δωμάτια ή περιοχές. Αυτός ο συνδυασμός συστήματος μπορεί να είναι χρήσιμος σε κτίρια που απαιτούν τόσο θέρμανση όσο και ψύξη, αλλά δεν διαθέτουν κεντρικό σύστημα κλιματισμού. Το σύστημα λέβητα μπορεί να ελέγχεται από έναν κεντρικό θερμοστάτη ή ένα σύστημα διαχείρισης κτιρίου, επιτρέποντας την αποτελεσματική θέρμανση σε όλο το κτίριο.

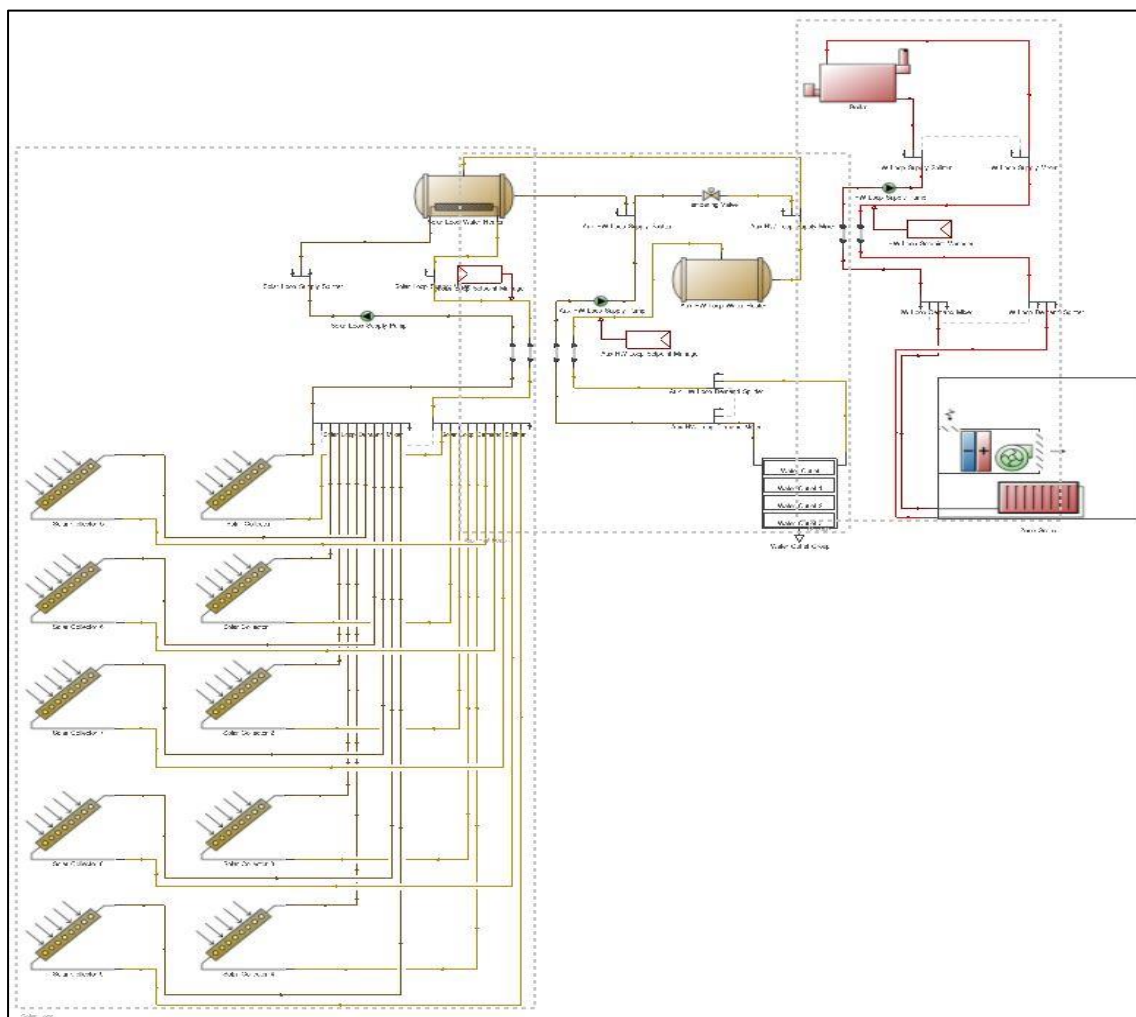
Συνολικά, ο συνδυασμός ενός συστήματος λέβητα με PTAC μπορεί να είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για την παροχή θέρμανσης και ψύξης σε ένα κτίριο, διατηρώντας παράλληλα τον ατομικό έλεγχο της θερμοκρασίας σε κάθε δωμάτιο. Ωστόσο, είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι το σύστημα έχει σχεδιαστεί, εγκατασταθεί και συντηρηθεί σωστά, ώστε να διασφαλιστεί η αξιόπιστη και αποδοτική λειτουργία του.

Η ηλεκτρική κατανάλωση, του υφιστάμενου συστήματος, θέρμανσης και ψύξης μπορεί να διαφέρει λόγω ποικίλων παραγόντων, όπως οι διαστάσεις του κτηρίου, ο τύπος του HVAC (το σύστημα εξαερισμού, θέρμανσης και κλιματισμού), η κατάσταση και η απόδοση του εξοπλισμού, αλλά και οι τοπικές καιρικές συνθήκες που επικρατούν.

Τέλος όσο αφορά την ανανέωση του αέρα εντός του κτηρίου, έγινε χρήση φυσικού αερισμού με 3.0 εναλλαγές την ώρα και με την αεροστεγανότητα στις 0.7 εναλλαγές την ώρα. Ο φυσικός αερισμός έχει την δυνατότητα της κυκλοφορίας τους αέρα εντός του κτηρίου χωρίς να βασίζεται σε μηχανικά συστήματα. Η

αποτελεσματικότητα του φυσικού αερισμού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως ο προσανατολισμός και η τοποθέτηση των ανοιγμάτων, η θέση και το μέγεθος του κτηρίου, καθώς το κλίμα που επικρατεί στην περιοχή αλλά και οι άνεμοι. Εκτός από την παροχή φρέσκου αέρα και τη βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα, ο φυσικός αερισμός μπορεί επίσης να συμβάλει στη ρύθμιση της θερμοκρασίας και των επιπέδων υγρασίας, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο την ανάγκη για μηχανικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης και εξοικονομώντας έτσι ενέργεια. Από την άλλη η αεροστεγανότητα αναφέρεται στην ποιότητα του κελύφους ενός κτηρίου όσον αφορά την αποτροπή της ανεπιθύμητης ανταλλαγής αέρα μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Η αεροστεγανότητα αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επίτευξη ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια, καθώς η διαρροή αέρα μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένα φορτία θέρμανσης ή ψύξης. Μπορεί επίσης να επηρεάσει την ποιότητα του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και την άνεση, καθώς και την ανθεκτικότητα του κελύφους του κτηρίου.

Παρακάτω δίνεται μια συνοπτική εικόνα του συστήματος .

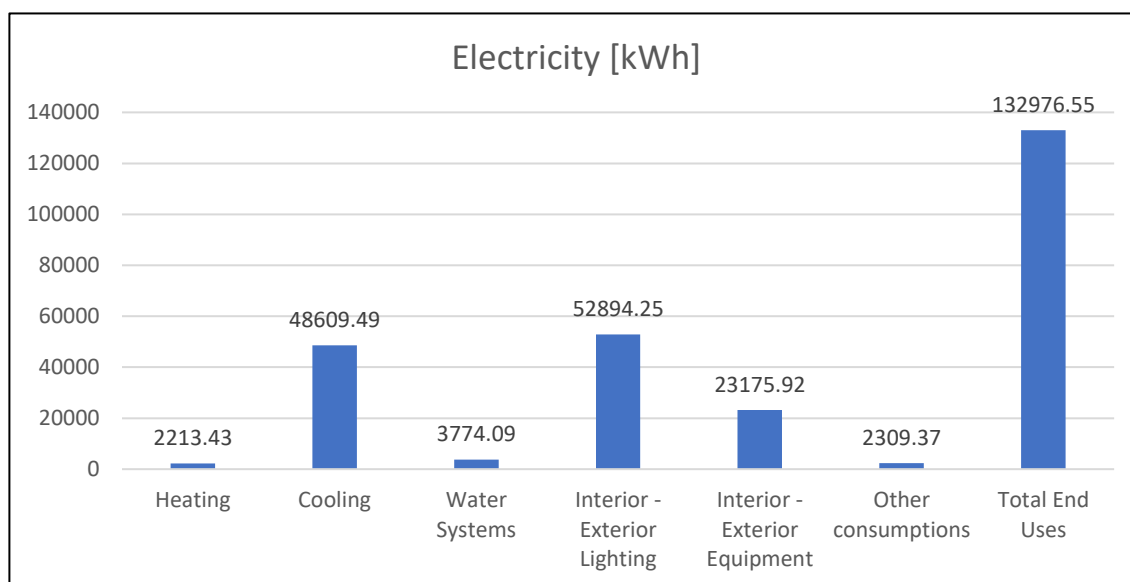


Εικόνα 116 Υφιστάμενο σύστημα του υπο μελέτη κτηρίου

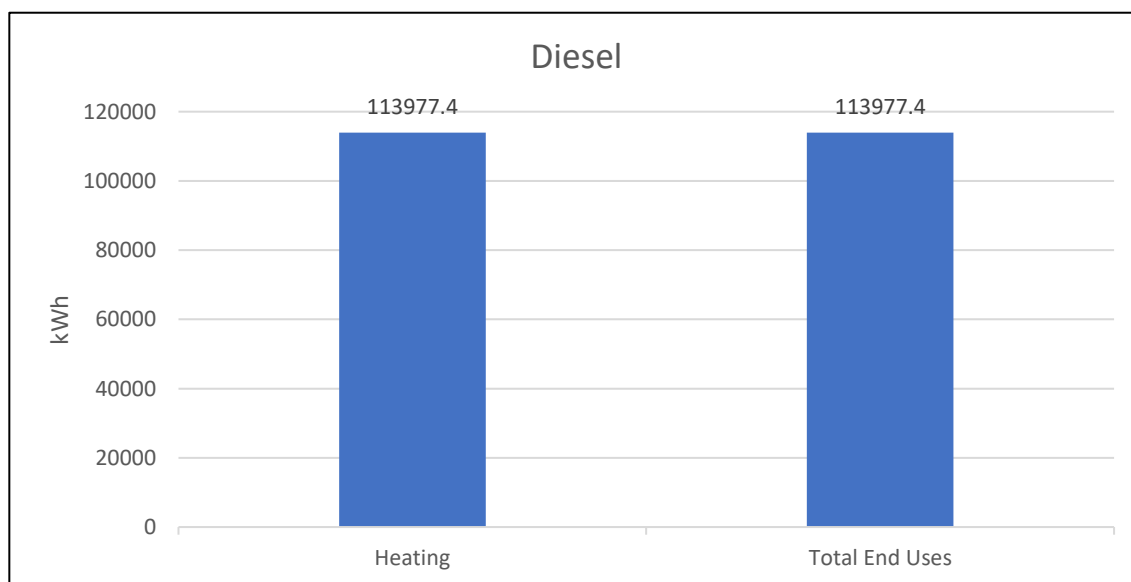
5.8.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης υφιστάμενου συστήματος

Πίνακας 10 Αποτελέσματα Υφιστάμενου κτηρίου

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	2213.43	48609.49	3774.09	52894.25	23175.92	2309.37	132976.55
Diesel [kWh]	113977.4	0	0	0	0	0	113977.4



Εικόνα 117 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό υφιστάμενου συστήματος



Εικόνα 118 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου υφιστάμενου συστήματος

Συμπεράσματα

Παρατηρούμε ότι οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες σε θέρμανση, ψύξη είναι σε υψηλά επίπεδα. Επιπλέον η κατανάλωση πετρελαίου για τις ανάγκες της θέρμανσης βρίσκεται και αυτή σε υψηλά επίπεδα. Σκοπός είναι να επιτύχουμε, μέσω των διαφορετικών σεναρίων, το κτήριο να έχει συνολικά μηδενική κατανάλωση όσο αφορά τις ανάγκες σε θέρμανση και ψύξη πετυχαίνοντας με αυτό τον τρόπο την ανάπτυξη του θετικού ενεργειακού ισοζυγίου.

Η κατανάλωση Diesel βλέπουμε ότι είναι 113.977,4 kWh ανά έτος. Θέλουμε να κάνουμε μια εκτίμηση κόστους σε ευρώ για την ποσότητα καυσίμου που καταναλώνει το κτήριο ανά έτος έτσι ώστε να δούμε την εξοικονόμηση που θα έχουμε από κάθε εναλλακτικό σενάριο.

Προκειμένου να εκτιμηθεί το κόστος καυσίμου ανά έτος χρειάζεται να υπολογιστεί η ειδική κατανάλωση καυσίμου (SFC), δηλαδή τα γραμμάρια καυσίμου που καταναλώνονται για να παραχθεί μία kWh. Ο τύπος της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου (SFC) είναι:

$$SFC = \frac{1}{\eta * \left(\frac{Q_{hv}}{3600}\right)} * 1000 \left[\frac{g}{kWh}\right]$$

Όπου η είναι ο θερμικός βαθμός απόδοσης του καυστήρα και Q_{hv} είναι η θερμογόνος δύναμη του Diesel.

Ο θερμικός βαθμός απόδοσης ενός συμβατικού καυστήρα είναι περίπου $\eta=0.87$.

Η θερμογόνος δύναμη του Diesel είναι $Q_{hv} = 42.250 \text{ KJ/kg}$.

Επομένως το SFC για την καύση Diesel είναι $SFC = 97.94 \text{ g/kWh}$.

Γνωρίζουμε ότι η πυκνότητα του Diesel είναι $\rho = 835 \text{ kg/m}^3 = 835 \text{ grams/liters}$.

Το σύστημα μας απαιτεί 113.977,4 kWh ανά έτος. Επομένως μέσω του SFC φαίνεται ότι χρειαζόμαστε 1.1162.946,6 grams καυσίμου. Συνεπώς χρειαζόμαστε 13368,8 λίτρα καυσίμου ανά έτος. Με την τωρινή τιμή του Diesel στα 1,16 ευρώ/λίτρο, υπολογίζεται ότι η συνολική ετήσια κατανάλωση θα κοστίσει 15.507,8 ευρώ. Για την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, του οποίου η τιμή είναι περίπου 0,38 ευρώ/kWh, υπολογίζεται να είναι $(132.976,55 \text{ kWh}) * (0,38 \text{ ευρώ/kWh}) = 50.531 \text{ ευρώ ετησίως}$.

Πριν ξεκινήσουμε τις εφαρμογές των εναλλακτικών σεναρίων, η πρώτη κίνηση που θα εφαρμοσθεί προκειμένου να καταφέρουμε να επιτύχουμε ένα κτήριο θετικού ενεργειακού ισοζυγίου είναι η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης τύπου διογκωμένης πολυστερίνης. Η θερμική προστασία του κελύφους είναι βασική προϋπόθεση για τη σωστή θερμική συμπεριφορά οποιουδήποτε κτηρίου. Η εξωτερική θερμομόνωση αποτελεί βασική αρχή εξοικονόμησης ενέργειας, μειώνοντας την ανεπιθύμητη ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του κτηρίου και του περιβάλλοντος. Η βέλτιστη λύση για τη μόνωση της τοιχοποιίας των κτιρίων με βάση τη διεθνή εμπειρία είναι η εξωτερική θερμομόνωση των κτηρίων με τη χρήση διογκωμένης πολυστερίνης EPS.

Εφόσον ολοκληρωθεί αυτή η ενέργεια θα πρέπει έπειτα να ελέγξουμε ξανά τις θερμικές και ψυκτικές απώλειες του κτηρίου.

5.8.2 Εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης

Υπολογισμός Συντελεστή Θερμοπερατότητας U_T εξωτερικής τοιχοποιίας με εξωτερική θερμομόνωση διογκωμένης πολυστερίνης

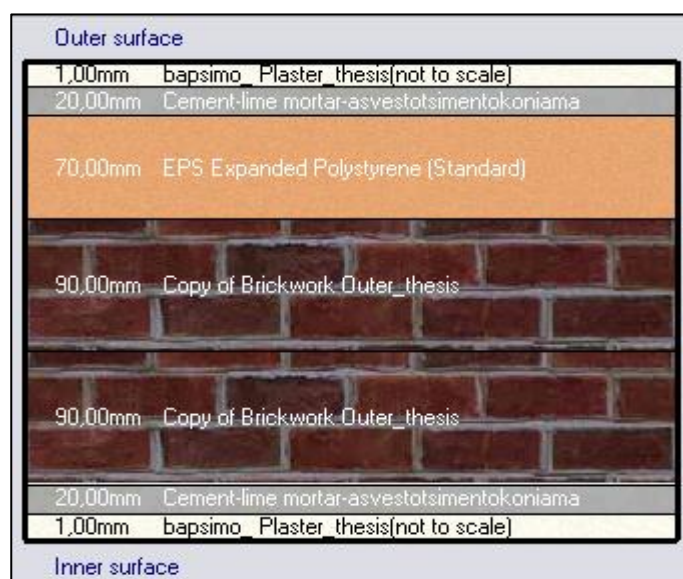
Το πάχος της εξωτερικής θερμομόνωσης που θα εφαρμοστεί θα πρέπει να είναι τέτοιο ούτως ώστε ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U_T) να συνάδει με την [TOTEΕ 20701-1/2017](#) σύμφωνα με τον πίνακα 3.4α για περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτηρίου.

Πίνακας 11 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας U_T εξωτερικής τοιχοποιίας

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)		Πυκνότητα	Πάχος,στρ.	Συντ.Θερμ.αγωγιμ.	Θερμ.αντίστ.
			$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{m})$	$\lambda (\text{W/ mK})$	$d/\lambda (\text{m}^2\text{K/W})$
1	6.2.1.	Τυπική βαφή ακρυλικής βάσης		0.001	0.5	0.0020
2	1.4.2.	Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	0.02	0.87	0.0230
3	7.3.3.1	Διογκωμένη πολυστερίνη EPS	15	0.07	0.04	1.7500
4	1.7.2.1	Οπτοπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους	1700	0.09	0.68	0.1324
5	1.7.2.2	Οπτοπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους	1700	0.09	0.68	0.1324
6	1.4.2.	Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	0.02	0.87	0.0230
7	6.2.1.	Τυπική βαφή ακρυλικής βάσης		0.001	0.5	0.0020
			$\Sigma d=$	0.29	$R_j=$	2.0647

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	$(\text{m}^2\text{K}) / \text{W}$	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R_{λ}	$(\text{m}^2\text{K}) / \text{W}$	2.065
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	$(\text{m}^2\text{K}) / \text{W}$	0.04
	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{o\lambda}$	$(\text{m}^2\text{K}) / \text{W}$	2.23468

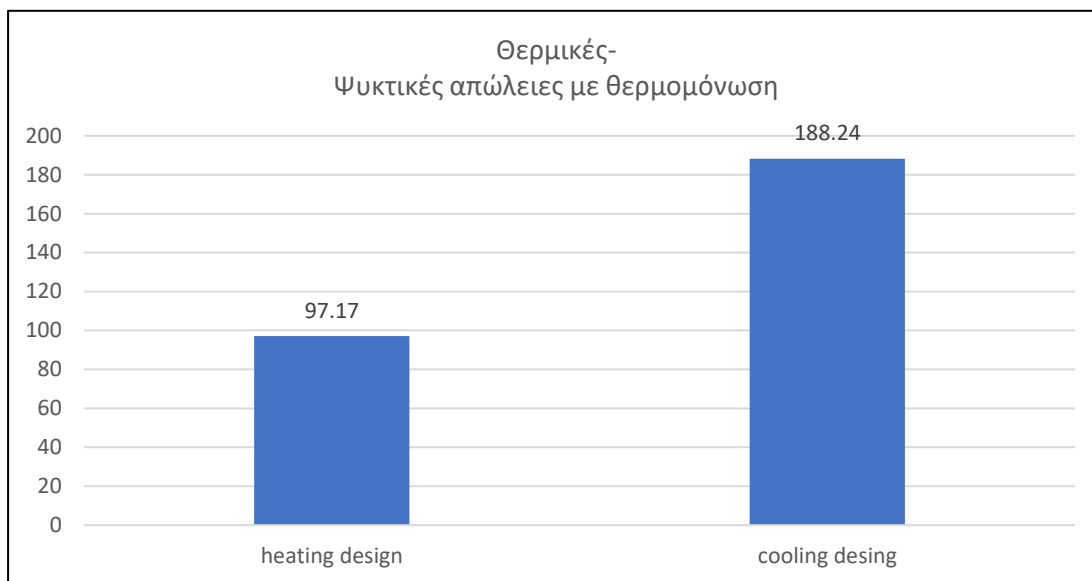
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U_T	$\text{W} / (\text{m}^2\text{K})$	0.447
------------------------------	-------	-----------------------------------	-------



Εικόνα 119 Εξωτερική τοιχοποιία με θερμομόνωση

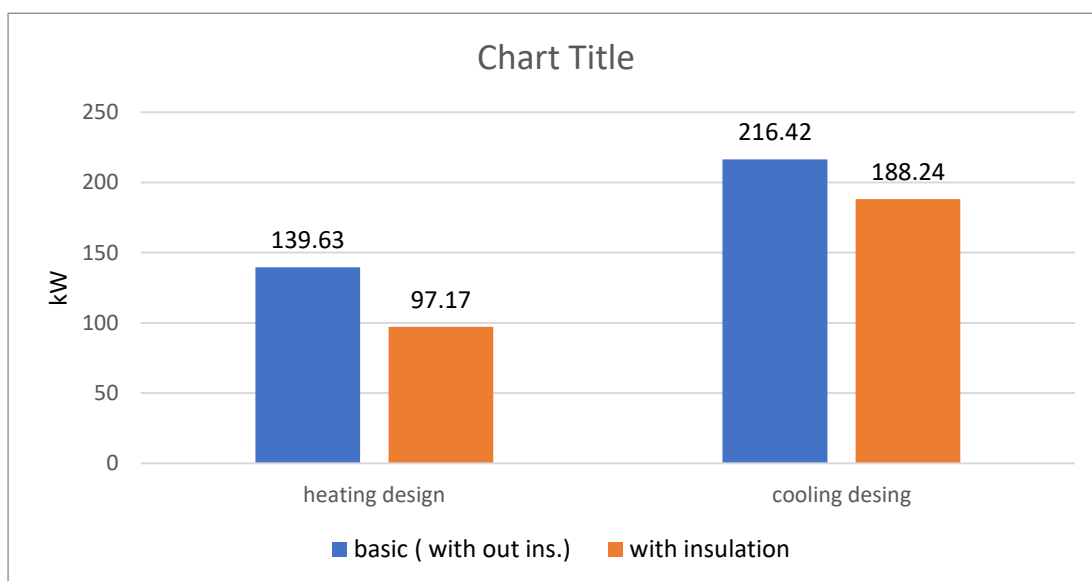
5.8.2.1 Προσδιορισμός νέων θερμικών και ψυκτικών απωλειών

Έπειτα από την εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης με την βοήθεια της προσομοίωσης του λογισμικού τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:



Εικόνα 120 Θερμικές και Ψυκτικές απώλειες με εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης

Συνεπώς μπορούμε να παρατηρήσουμε απευθείας ότι το κτήριο μας έχει αρχίσει να συμπεριφέρεται διαφορετικά και αυτό φαίνεται στην παρακάτω συγκριτική εικόνα.



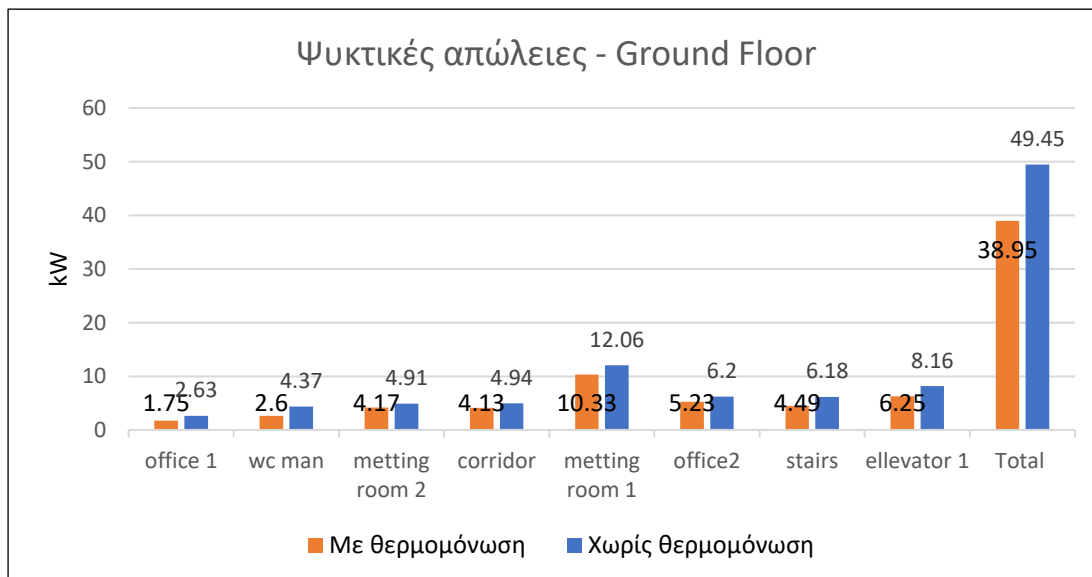
Εικόνα 121 Σύγκριση υφιστάμενου κτηρίου χωρίς και με θερμομόνωση

Πίνακας 12 Συμπεριφορά υφιστάμενου κτηρίου χωρίς και με θερμομόνωση

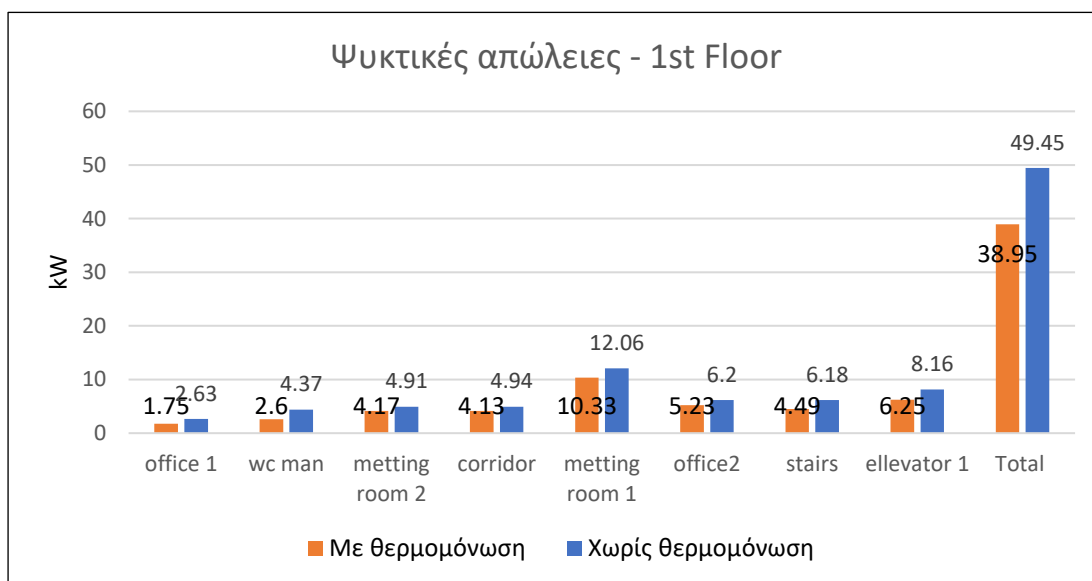
	basic (Χωρίς μόνωση)	Με θερμομόνωση	Μείωση
heating design	139.63	97.17	30.41%
cooling desing	216.42	188.24	13.02%

5.8.2.1.1 Απώλειες ανά θερμική ζώνη του υπό μελέτη κτηρίου έπειτα από την εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης.

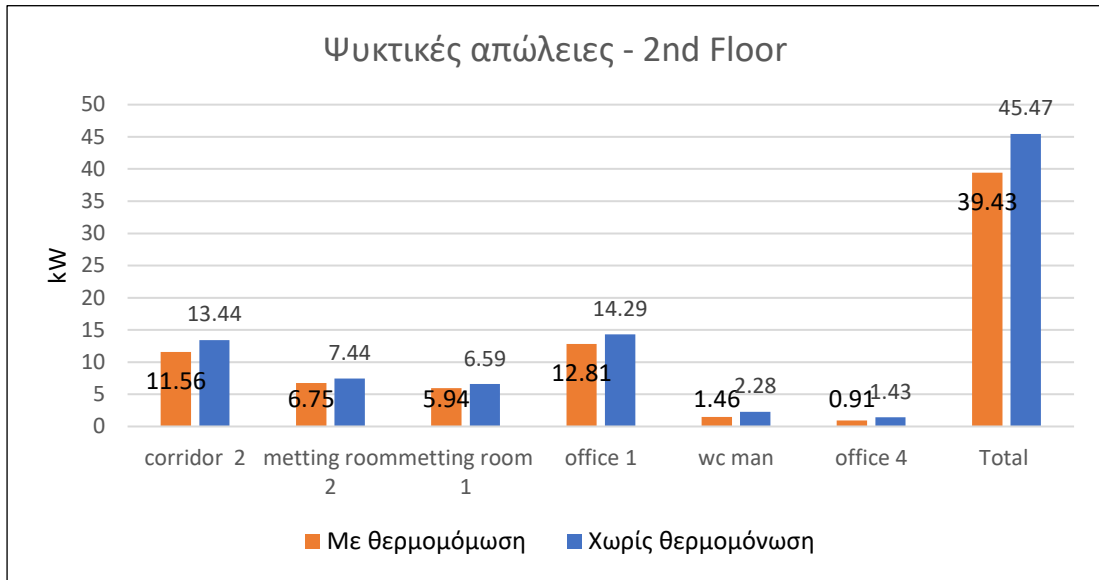
Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε με συγκριτικά διαγράμματα τις θερμικές και ψυκτικές απώλειες για όλες τις θερμικές ζώνες ανά όροφο, με και χωρίς την εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης.



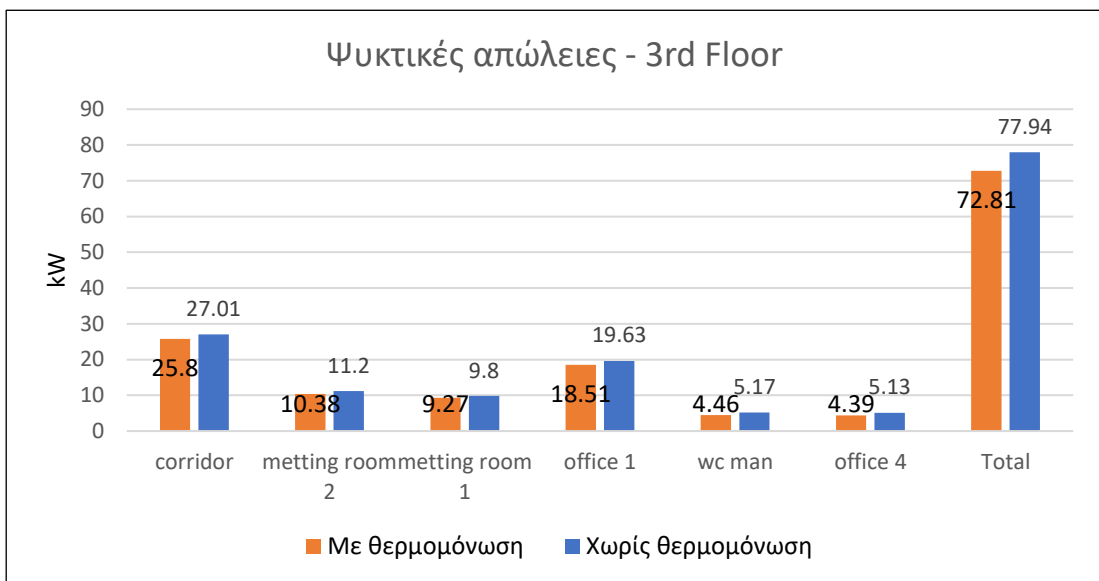
Εικόνα 123 Ψυκτικές απώλειες ισογείου



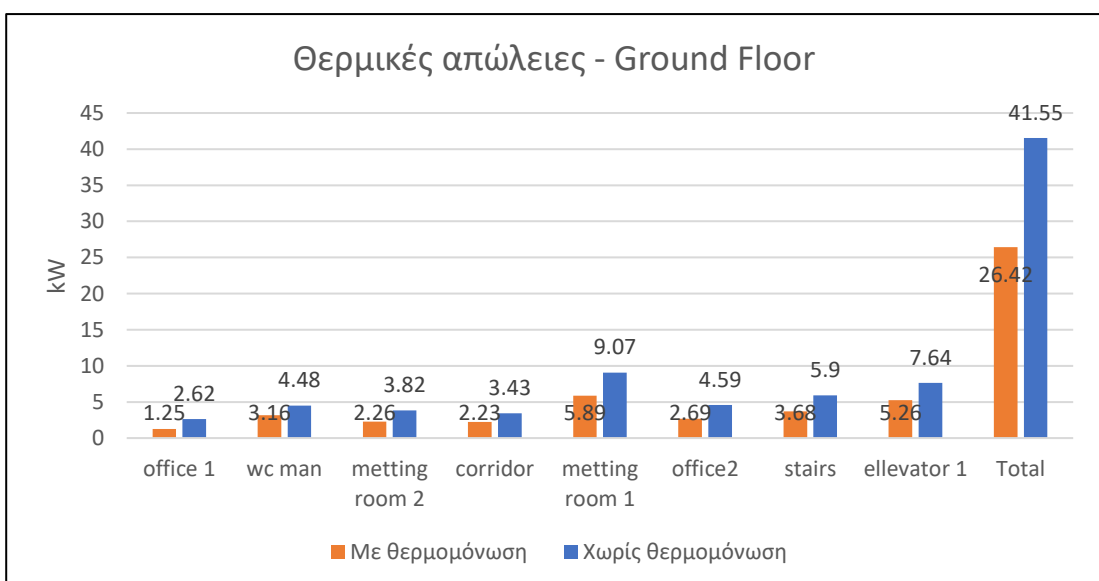
Εικόνα 122 Ψυκτικές απώλειες 1^{ου} ορόφου



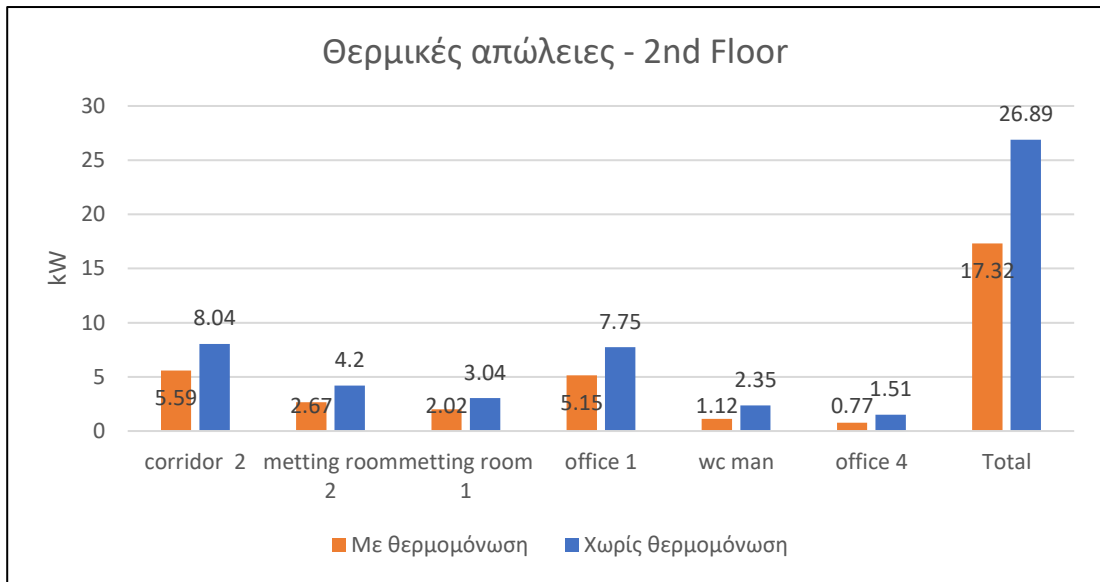
Εικόνα 126 Ψυκτικές απώλειες 2^{ου} ορόφου



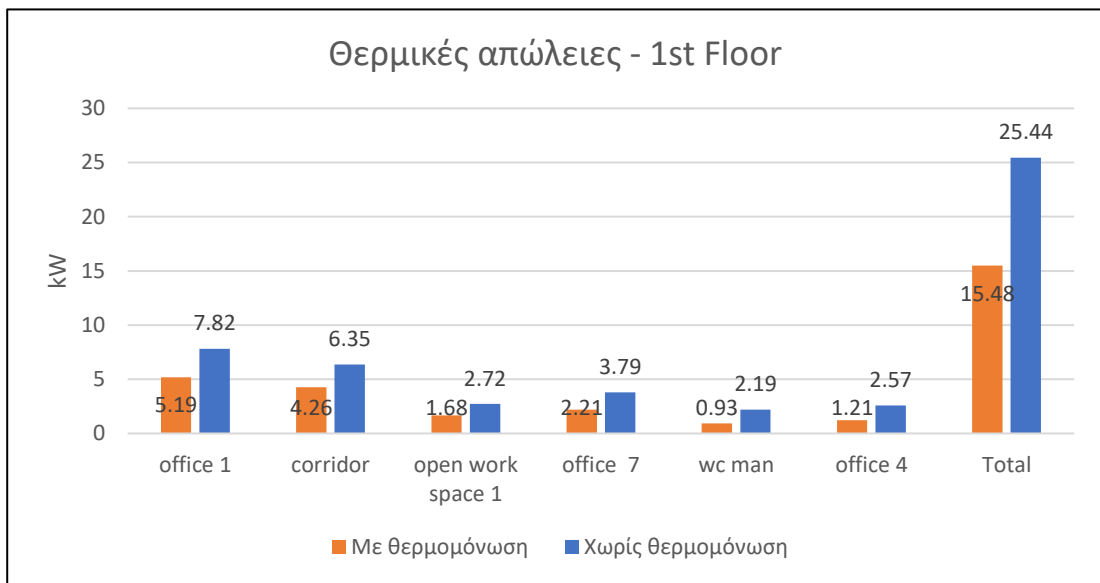
Εικόνα 125 Ψυκτικές απώλειες 3^{ου} ορόφου



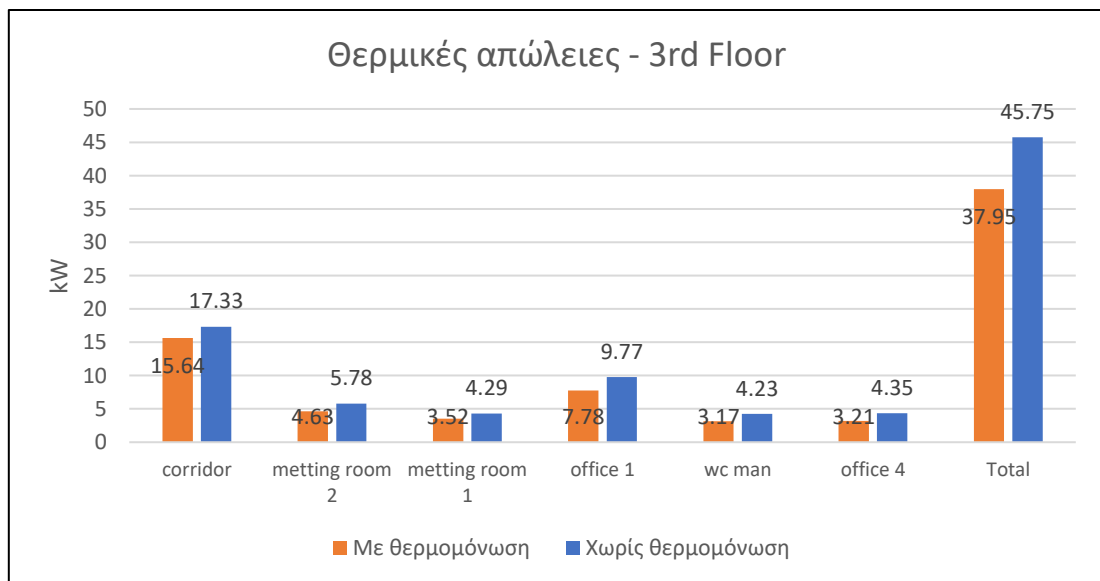
Εικόνα 124 Θερμικές απώλειες ισογείου



Εικόνα 127 Θερμικές απώλειες 2^{ου} ορόφου



Εικόνα 128 Θερμικές απώλειες 1^{ου} ορόφου



Εικόνα 129 Θερμικές απώλειες 3^{ου} ορόφου

Συμπεράσματα

Έχοντας ήδη υπολογίσει τις ψυκτικές και θερμικές απώλειες από την ενότητα 5.7.2 παρατηρούμε ότι με την εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης τόσο στις ψυκτικές όσο και στις θερμικές απώλειες έχουμε μια σημαντική μείωση των απωλειών όπως φαίνεται και στον πίνακα 12. Συγκεκριμένα η μείωση αυτή είναι της τάξεως 30.41% για τις θερμικές απώλειες και 13.02% για τις ψυκτικές απώλειες.

Ο λόγος για τον οποίο είχαμε τη μείωση αυτής της τάξεως οφείλεται στις ιδιότητες της εξωτερικής θερμομόνωσης, η οποία έχει την ικανότητα να μειώνει τη μεταφορά θερμότητας ανάμεσα από το εσωτερικό ενός χώρου προς το εξωτερικό περιβάλλον και οι οποίες είναι επιγραμματικά:

- Χαμηλή θερμική αγωγιμότητα
- Υψηλή αντίσταση στην υγρασία
- Μείωση των ενεργειακών απωλειών
- Βελτιωμένη άνεση
- Βελτιωμένη ποιότητα αέρα

Λαμβάνοντας υπόψιν μας όλα τα παραπάνω πλέον στις επόμενες ενότητες θα προχωρήσουμε στην ενεργειακή προσομοίωση του υφιστάμενου κτηρίου αλλά και στα εναλλακτικά σενάρια βελτιστοποίησης με σκοπό την επίτευξη κτηρίου μηδενικής κατανάλωσης.

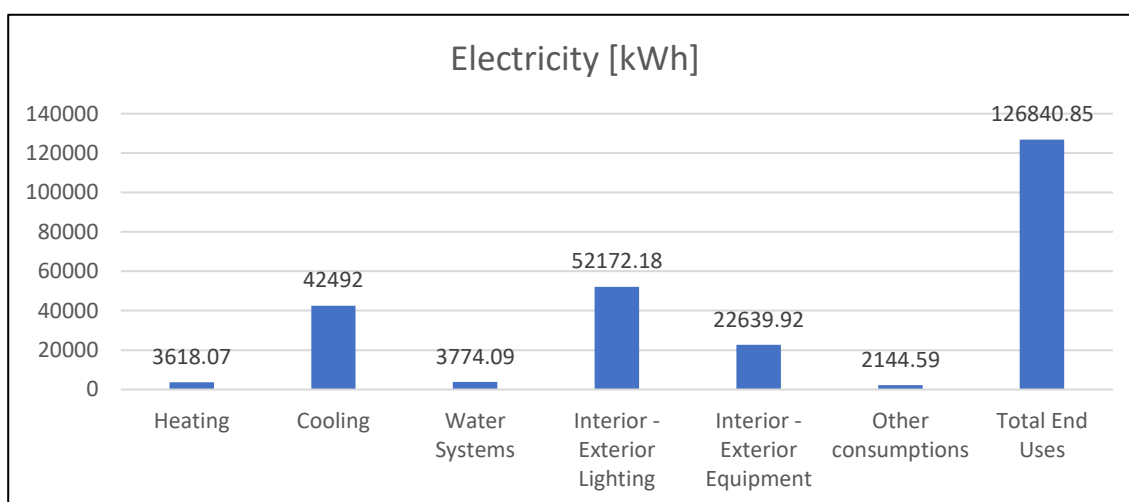
5.8.3 Προσομοίωση υφιστάμενου συστήματος με την εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης

Εφόσον ως 1^η διορθωτική ενέργεια ήταν η βελτίωση του κελύφους του κτηρίου με την εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης, πλέον όλα τα σενάρια εκείνα που θα αποτελέσουν εναλλακτικές βελτιωτικές ενέργειες, θα συγκριθούν με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης από την εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης.

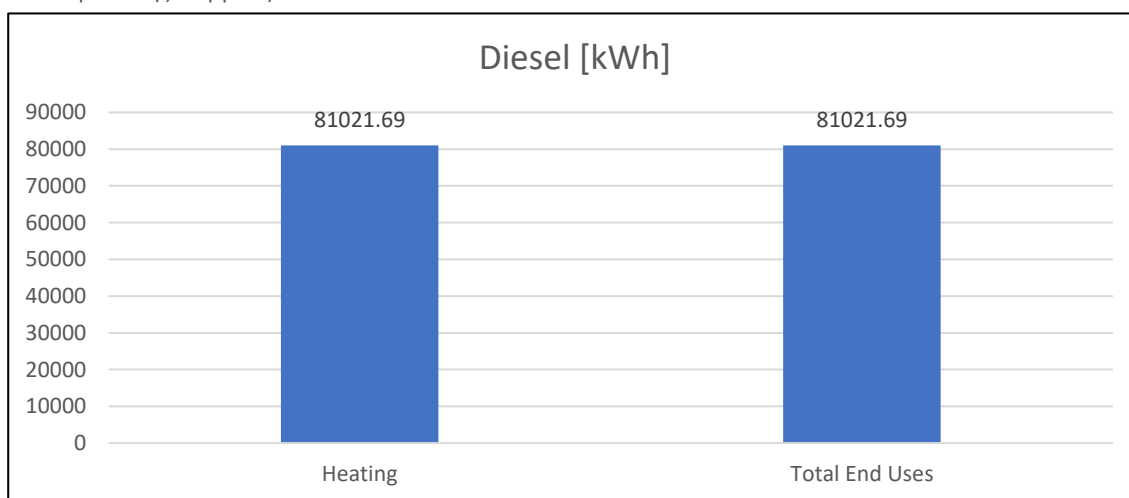
5.8.3.1 Αποτελέσματα 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας.

Πίνακας 13 Αποτελέσματα εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	3618.07	42492	3774.09	52172.18	22639.92	2144.59	126840.85
Diesel [kWh]	81021.69	0	0	0	0	0	81021.69
Water [m3]	0	0	101260.8	0	0	0	101260.8



Εικόνα 131 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό υφιστάμενου συστήματος από την εφαρμογή της 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας



Εικόνα 130 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου υφιστάμενου συστήματος από την εφαρμογή της 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας

Συμπεράσματα

Με την εφαρμογή της θερμομόνωσης παρατηρούμε ότι, όσο αφορά τους εσωτερικούς – εξωτερικούς φωτισμούς, εξοπλισμούς και λοιπές καταναλώσεις αντίστοιχα, οι ηλεκτρικές καταναλώσεις παραμένουν σε σταθερά επίπεδα, όμως καταφέραμε να επιτύχουμε μία ελαφρά εξοικονόμηση ενέργειας στις συνολικές καταναλώσεις ηλεκτρισμού τόσο για την θέρμανση και ψύξη του κτηρίου όσο και στο καυσίμου.

Παρακάτω δίνονται οι συγκριτικοί πίνακες μεταξύ ηλεκτρικής κατανάλωσης και κατανάλωσης καυσίμου για το υφιστάμενο κτήριο χωρίς την εφαρμογή θερμομόνωσης και με την εφαρμογή αυτής.

Πίνακας 14 Συγκριτικός πίνακας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και βασικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
Basic	2213.43	48609.49	50822.92
1 ^η διορθωτική	3618.07	42492	46110.07
Εξοικονόμηση	-63.46%	12.58%	9.27%

Πίνακας 15 Συγκριτικός πίνακας κατανάλωσης καυσίμου μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και βασικού σεναρίου

Diesel [kWh]	Heating - Total
Basic	113977.4
1 ^η διορθωτική	81021.69
Εξοικονόμηση	28.91%

6. Εφαρμογή εναλλακτικών σεναρίων βελτιστοποίησης

Από το κεφάλαιο αυτό και έπειτα γίνεται η εφαρμογή όλων των εναλλακτικών σεναρίων βελτιστοποίησης της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηρίου συγκρινόμενα πάντα με την 1^η διορθωτική ενέργεια (εφαρμογή θερμομόνωσης) του υφιστάμενου κτηρίου όπως αναδείξαμε προηγουμένως.

6.1 Εφαρμογή 1^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Στο πρώτο εναλλακτικό σενάριο, η διορθωτική επέμβαση η οποία πραγματοποιήθηκε σε σχέση με την 1^η διορθωτική κίνηση είναι η αφαίρεση των PTAC (air-conditioner) και των καλοριφέρ (radiator). Οι προσθήκες οι οποίες έγιναν είναι η εγκατάσταση μιας αερόψυκτης αντλίας θερμότητας (chiller) προκειμένου να καλύψουμε την ψύξη του κτιρίου και ως τερματικές μονάδες τοποθετήθηκαν FCU (fan coil units) οι οποίες μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες σε θέρμανση και ψύξη.

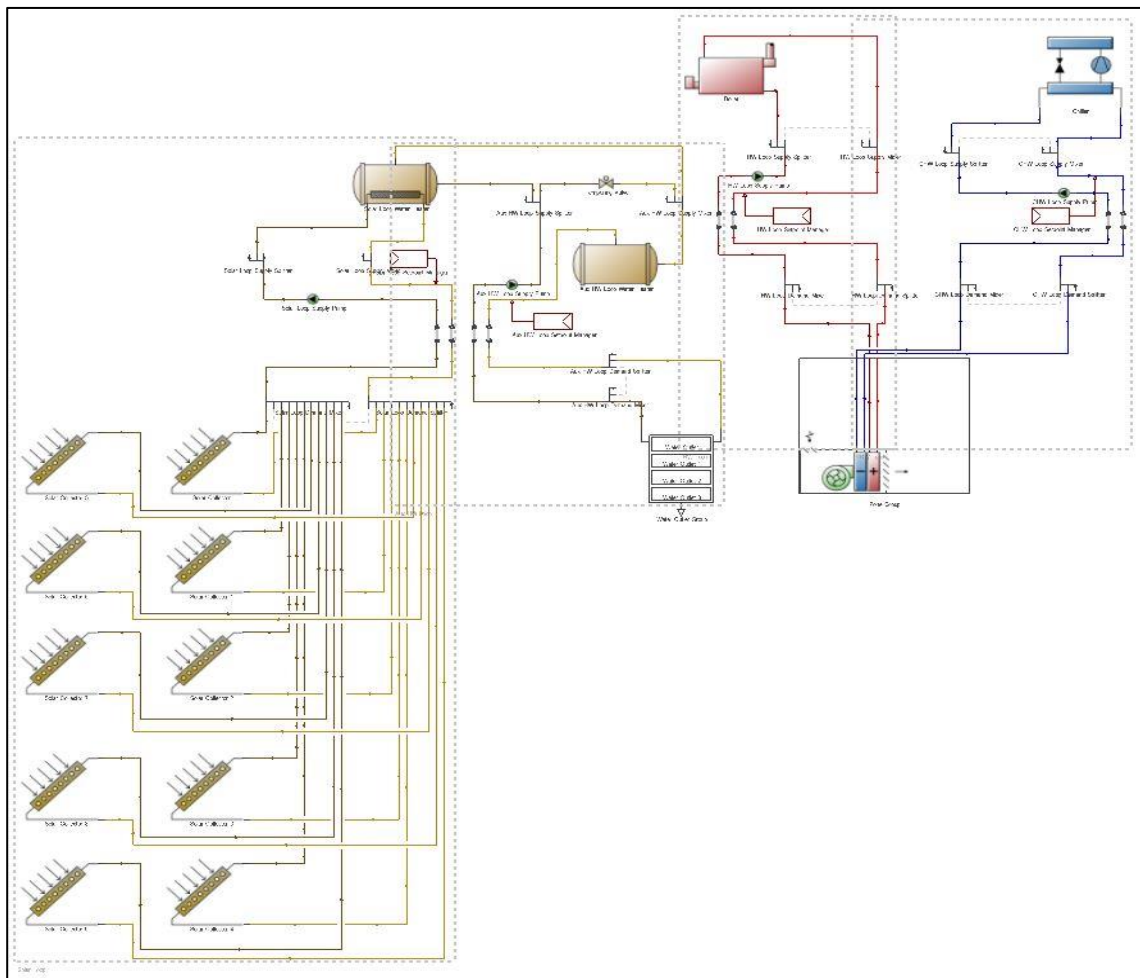
Η αερόψυκτη αντλία θερμότητας έχει ονομαστική χωρητικότητα 200kW και βαθμό απόδοσης $CoP_c=5,5$ ενώ ο λέβητας πετρελαίου διατηρήθηκε το ίδιο δηλαδή στα 120 κιλοβάτ με $CoP=2,51$.

Ο chiller είναι ένας εξοπλισμός ο οποίος χρησιμοποιείται προκειμένου να επιτύχουμε ψύξη του αέρα ή υγρών μέσων. Ο τρόπος λειτουργίας τους είναι η αφαίρεση θερμότητας από ένα χώρο και η μεταφορά της σε ένα άλλο εργαζόμενο μέσο. Οι chiller χρησιμοποιούνται συνήθως σε εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις για την παροχή ψύξης σε μεγάλα κτίρια, κέντρα δεδομένων και παραγωγικές διαδικασίες. Υπάρχουν διάφοροι τύποι chiller όπως οι αερόψυκτοι και οι υδρόψυκτοι chiller. Οι αερόψυκτοι chiller χρησιμοποιούν τον αέρα ως μέσο ψύξης και εγκαθίστανται συνήθως σε μικρότερες εφαρμογές. Οι υδρόψυκτοι chiller χρησιμοποιούν το νερό ως μέσο ψύξης και εγκαθίστανται συνήθως σε μεγαλύτερες εφαρμογές επειδή είναι πιο αποδοτικοί και μπορούν να διαχειριστούν υψηλότερα ψυκτικά φορτία. Είναι επίσης σημαντικό να αναφέρουμε ότι τροφοδοτούνται συνήθως με ηλεκτρική ενέργεια και μπορούν να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη χρήση ενέργειας και στο λειτουργικό κόστος.

Οι μονάδες fan coil units (FCU) είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων σε κτήρια. Απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία τους, ωστόσο μπορούν να μειώσουν τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση, ανάλογα με την περίπτωση και τους παράγοντες που εμπλέκονται. Οι μονάδες FCU λειτουργούν με τη χρήση ενός ανεμιστήρα που φυσάει αέρα πάνω από ένα πηνίο θέρμανσης ή ψύξης, ο οποίος αέρας στη συνέχεια κυκλοφορεί μέσα στο δωμάτιο ή το χώρο που κλιματίζεται.

Το υπόλοιπο σύστημα διατηρήθηκε ως έχει, το ηλιακό κύκλωμα για την παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης με τους ήδη υπάρχοντες ηλιακούς συλλέκτες και ο λέβητας πετρελαίου αυτή τη φορά συνδέεται με τις μονάδες FCU. Επιπλέον λόγω της ιδιομορφίας του κτηρίου διατηρήθηκε η επιλογή του φυσικού αερισμού στις 3.0 ανανεώσεις ανά ώρα και η αεροστεγανότητα στις 0.7 έναλλαγές.

Παρακάτω δίνεται μια συνοπτική εικόνα του 1^{ου} εναλλακτικού συστήματος .

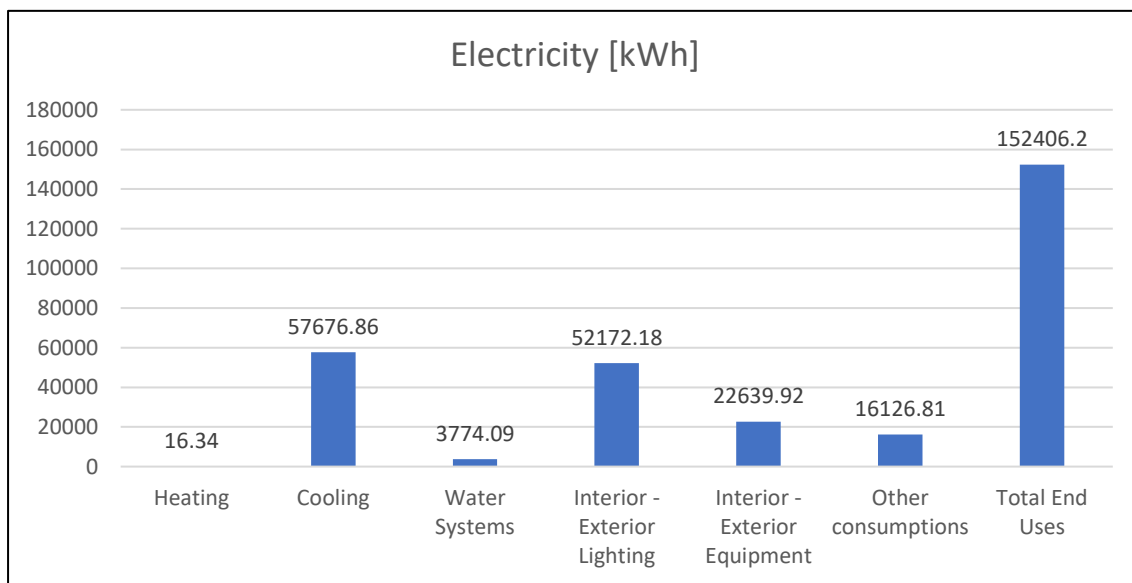


Εικόνα 132 Σύστημα θέρμανσης-ψύξης 1^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

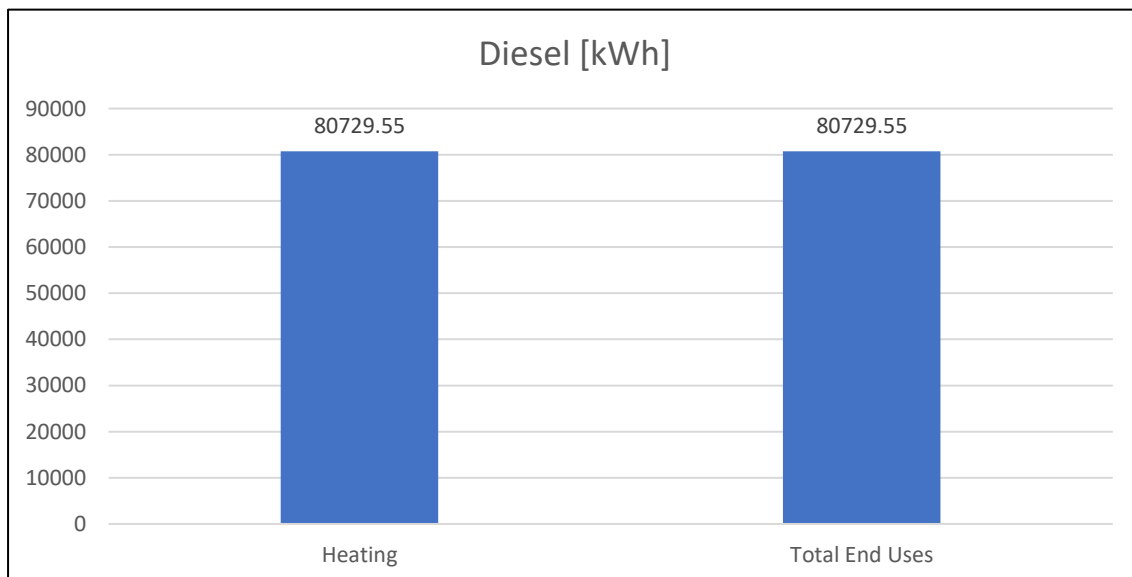
6.1.1 Αποτελέσματα 1^{ου} σεναρίου

Πίνακας 16 Αποτελέσματα 1^{ου} σεναρίου

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	16.34	57676.86	3774.09	52172.18	22639.92	16126.81	152406.2
Diesel [kWh]	80729.55	0	0	0	0	0	80729.55
Water [m3]	0	0	101260.8	0	0	0	101260.8



Εικόνα 133 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό 1^{ου} σεναρίου βελτιστοποίησης



Εικόνα 134 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου 1^{ου} σεναρίου βελτιστοποίησης

Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 1^{ου} εναλλακτικού συστήματος σε σχέση με τα αποτελέσματα της 1^{ης} διορθωτικής κίνησης του υφιστάμενου κτηρίου παρατηρούμε ότι οι ετήσιες καταναλώσεις σε ηλεκτρισμό για τις ανάγκες των φορτίων φωτισμού, εξοπλισμού και λοιπές καταναλώσεις παραμένουν σε σταθερά επίπεδα ενώ στις συνολικές ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις για την θέρμανση επιφέραμε μείωση κατά 99.55% λόγω της χρήσης των FCU αλλά ταυτόχρονα αυξήθηκε η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας για την ψύξη κατά 35.74% λόγω της εφαρμογής του chiller.

Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι ότι τα FCU σε σύγκριση με άλλους τύπους συστημάτων θέρμανσης, όπως η ηλεκτρική αντίσταση θέρμανσης, είναι περισσότερο αποδοτικές ενεργειακά διότι καταναλώνουν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια για την παραγωγή της ίδιας ποσότητας θερμότητας. Επίσης όσο αφορά την αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για την ψύξη, αυτό οφείλεται στην εφαρμογή της αερόψυκτης αντλίας θερμότητας (Chiller) διότι είναι με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένα ώστε να μπορούν να ψύχουν μεγαλύτερους χώρους με αποτέλεσμα να δημιουργείται η ανάγκη για περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια προκειμένου να λειτουργήσει.

Αντιθέτως η κατανάλωση καυσίμου όπως ήταν αναμενόμενο παρέμεινε σε σταθερά επίπεδα καθώς στο σύστημα θέρμανσης δεν εφαρμόστηκε καμία διορθωτική ενέργεια.

Παρακάτω δίνονται οι συγκριτικοί πίνακες μεταξύ ηλεκτρικής κατανάλωσης και κατανάλωσης καυσίμου μεταξύ της 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και του 1^{ου} εναλλακτικού σεναρίου.

Πίνακας 17 Συγκριτικός πίνακας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 1^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
1 ^η διορθωτική	3618.07	42492	46110.07
1 ^ο εναλλακτικό	16.34	57676.86	57693.2
Εξοικονόμηση	99,55%	-35,74%	-25.12%

Πίνακας 18 Συγκριτικός πίνακας κατανάλωσης καυσίμου μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 1^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Diesel [kWh]	Heating
1 ^η διορθωτική	81021.69
1 ^ο εναλλακτικό	80729.55
Εξοικονόμηση	0.36%

6.2 Εφαρμογή 2^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

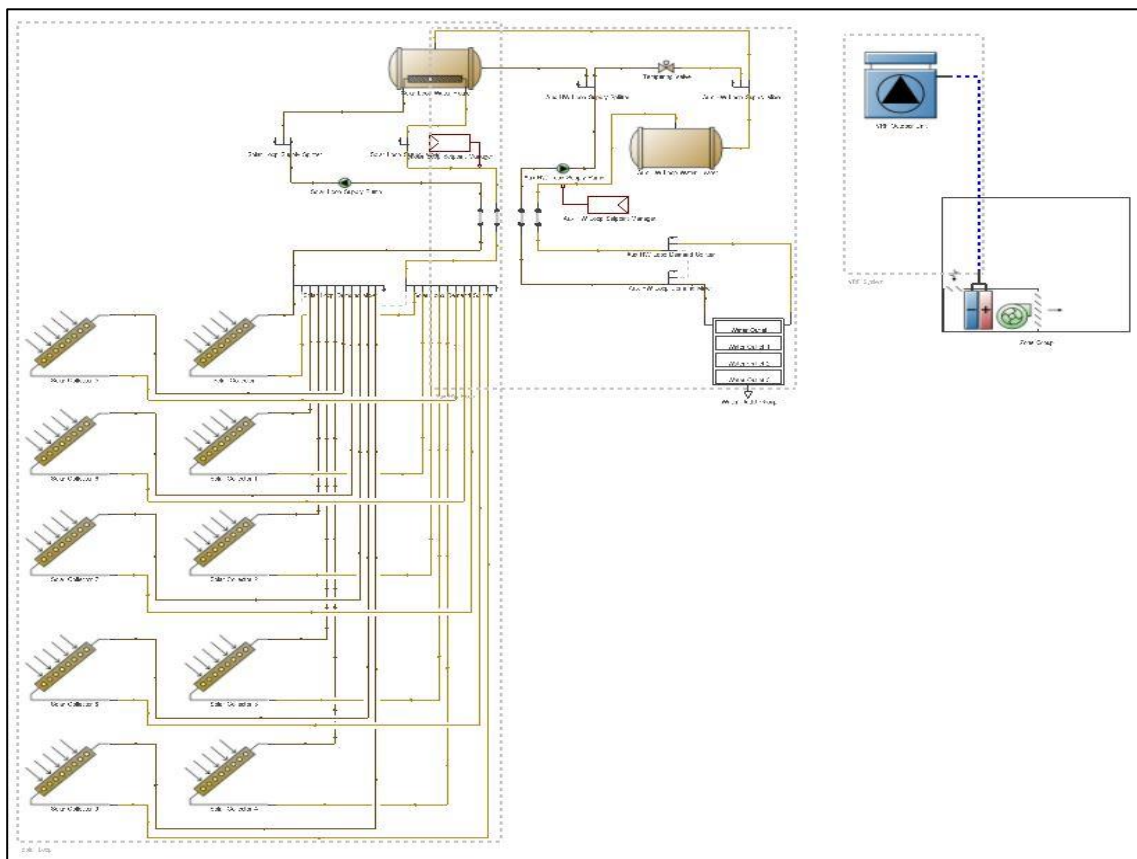
Στο 2^ο εναλλακτικό σενάριο έγινε εφαρμογή μίας εξωτερικής αερόψυκτης αντλίας θερμότητας μεταβλητής ροής ψυκτικού υγρού (Variable Refrigerant Flow -VRF) η οποία τροφοδοτεί τις εσωτερικές μονάδες FCU για την θέρμανση και την ψύξη των χώρων προκειμένου να επιτύχουμε την θερμική ισορροπία στους χώρους αυτούς. Τα συστήματα VRF χρησιμοποιούν ψυκτικό μέσο για τη μεταφορά θέρμανσης και ψύξης σε όλο το κτήριο. Το σύστημα αποτελείται από μια εξωτερική μονάδα η οποία περιέχει τον συμπιεστή και μια εσωτερική μονάδα η οποία διοχετεύει τον κλιματιζόμενο αέρα στις αντίστοιχες ζώνες ή χώρους. Ο ρυθμός ροής του ψυκτικού μέσου μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με τη ζήτηση των φορτίων ψύξης ή θέρμανσης κάθε ζώνης ή χώρου, επιτρέποντας τον έλεγχο της εκάστοτε θερμικής ζώνης.

Έχοντας ως σκεπτικό την αξιοποίηση της ζωνοποίησης των χώρων ανά όροφο, την οποία τα συστήματα VRF χρησιμοποιούν με στόχο τον έλεγχο θερμικής άνεσης σε κάθε ζώνη ή χώρο σε ένα κτήριο, έγινε η συγκεκριμένη επιλογή συστήματος. Η μονάδα VRF η οποία επιλέχθηκε έχει ψυκτική ικανότητα 200kW με βαθμό απόδοσης $CoP_c=3.3$ και θερμική ικανότητα 100kW με βαθμό απόδοσης $CoP_{th}=3.4$.

Η αερόψυκτη αντλία θερμότητας χρησιμοποιεί ως πηγή ενέργειας τον ηλεκτρισμό για την λειτουργία της, επιπλέον τροφοδοτεί τις εσωτερικές μονάδες FCU για την θέρμανση και την ψύξη των χώρων προκειμένου να επιτύχουμε την θερμική ισορροπία στους χώρους αυτούς.

Επίσης το ηλιακό κύκλωμα για την παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης διατηρήθηκε ως έχει με τους ήδη υπάρχων ηλιακούς συλλέκτες, ενώ αφαιρέθηκε ο λέβητας πετρελαίου προκειμένου να γλυτώσουμε το κόστος αγοράς και κατανάλωσης του καυσίμου. Επιπλέον λόγω της ιδιομορφίας του κτηρίου διατηρήθηκε η επιλογή του φυσικού αερισμού στις 3.0 ανανεώσεις ανά ώρα και με την αεροστεγανότητα στις 0.7 εναλλαγές την ώρα.

Παρακάτω δίνεται η εικόνα του συστήματος.

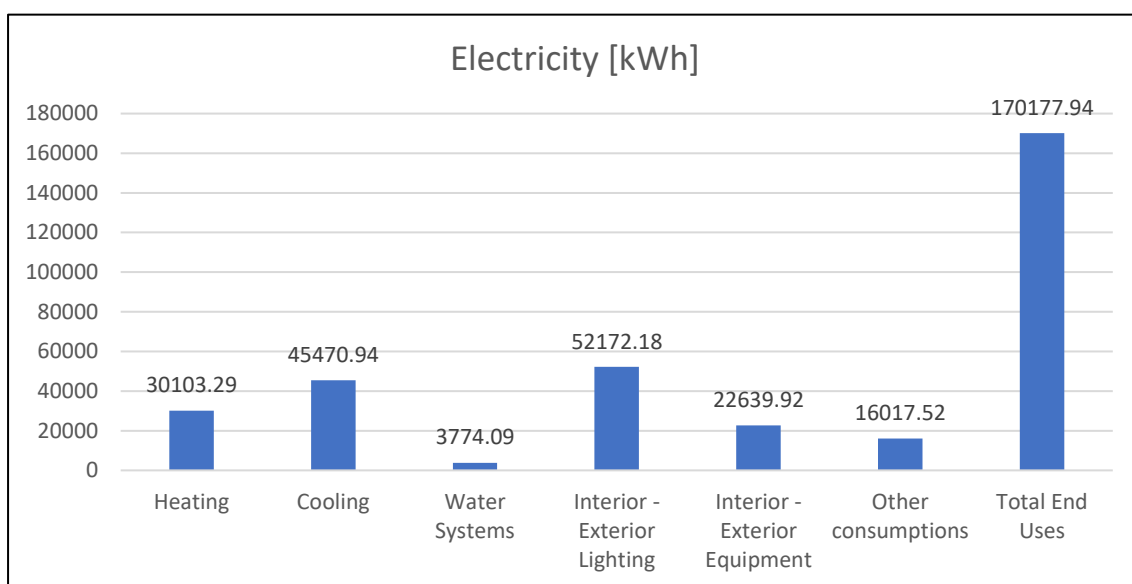


Εικόνα 135 Αερόψυκτη αντλία θερμότητας

6.2.1 Αποτελέσματα 2^{ου} σεναρίου

Πίνακας 19 Αποτελέσματα 2^{ου} σεναρίου

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	30103.29	45470.94	3774.09	52172.18	22639.92	16017.52	170177.94
Water [m3]	0	0	101260.8	0	0	0	101260.8



Εικόνα 136 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό 2^{ου} σεναρίου βελτιστοποίησης

Συμπεράσματα

Παρατηρούμε ότι οι καταναλώσεις των φορτίων φωτισμού, εξοπλισμού και λοιπές καταναλώσεις παράμειναν σε σταθερά επίπεδα. Επιπλέον οι ανάγκες κατανάλωσης ηλεκτρισμού σε θέρμανση και ψύξη αυξήθηκαν σε σχέση με το σενάριο της 1^{ης} διορθωτικής κίνησης. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτή η αύξηση της ηλεκτρικής ζήτησης, είναι ότι η εφαρμογή του συγκεκριμένου συστήματος VRF απαιτεί την λειτουργία πολλών επιμέρους συσκευών όπως συμπιεστές, αντλίες, ανεμιστήρες κτλ, με αποτέλεσμα να υπάρχει αύξηση της ζήτησης σε ηλεκτρική κατανάλωση λόγω της πολυπλοκότητας της κατασκευής. Σε κτήρια με υψηλή ζήτηση ψυκτικών φορτίων, το σύστημα VRF θα πρέπει να λειτουργεί τον συμπιεστή πιο συχνά και για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους, οδηγώντας σε υψηλότερη ηλεκτρική κατανάλωση. Επίσης τα συστήματα VRF χρησιμοποιούν ανεμιστήρες για την κυκλοφορία του αέρα, ενώ τα συστήματα με λέβητα χρησιμοποιούν τη φυσική συναγωγή για την κυκλοφορία του ζεστού νερού, συνεπώς οι ανεμιστήρες απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια για να λειτουργήσουν, γεγονός που μπορεί να αυξήσει την ηλεκτρική κατανάλωση.

Παρακάτω δίνεται ο συγκριτικός πίνακας μεταξύ της 1^{ης} διορθωτικής κίνησης και του 2^{ου} σεναρίου.

Πίνακας 20 Συγκριτικός πίνακας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 2^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
1 ^η διορθωτική	3618.07	42492	46110.07
2 ^ο εναλλακτικό	30103.29	45470.94	75574.23
Εξοικονόμηση	-732.03%	-7.01%	-63.90%

6.3 Εφαρμογή 3^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Στο σενάριο αυτό εφαρμόσαμε μία εναλλακτική περίπτωση του 2^{ου} σεναρίου. Διατηρήσαμε αφενός το ηλιακό κύκλωμα για την παραγωγή της ζήτησης των ζεστών νερών χρήσης στους αντίστοιχους χώρους και επίσης τις τερματικές μονάδες FCU για την πρόσδοση της θέρμανσης ή ψύξης στις αντίστοιχες θερμικές ζώνες, αλλάζοντας όμως την αερόψυκτη αντλία θερμότητας σε υδρόψυκτη. Η υδρόψυκτη αντλία VRF υποστηρίζεται από μία γεωθερμική αντλία θερμότητας. Η μονάδα VRF η οποία επιλέχθηκε έχει ψυκτική ικανότητα 200kW με βαθμό απόδοσης $CoP_c=4.8$ και θερμική ικανότητα 100kW με βαθμό απόδοσης $CoP_{th}=5.26$.

Η γεωθερμική αντλία θερμότητας (GSHP) είναι ένα ενεργειακά αποδοτικό σύστημα θέρμανσης και ψύξης που χρησιμοποιεί τις σταθερές θερμοκρασίες του εδάφους για την παροχή θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης. Όταν συνδυάζεται με εξωτερική μονάδα μεταβλητής ροής ψυκτικού μέσου (VRF) και τερματικές μονάδες Fan Coil Unit (FCU), η συνολική ενεργειακή απόδοση του συστήματος μπορεί να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο.

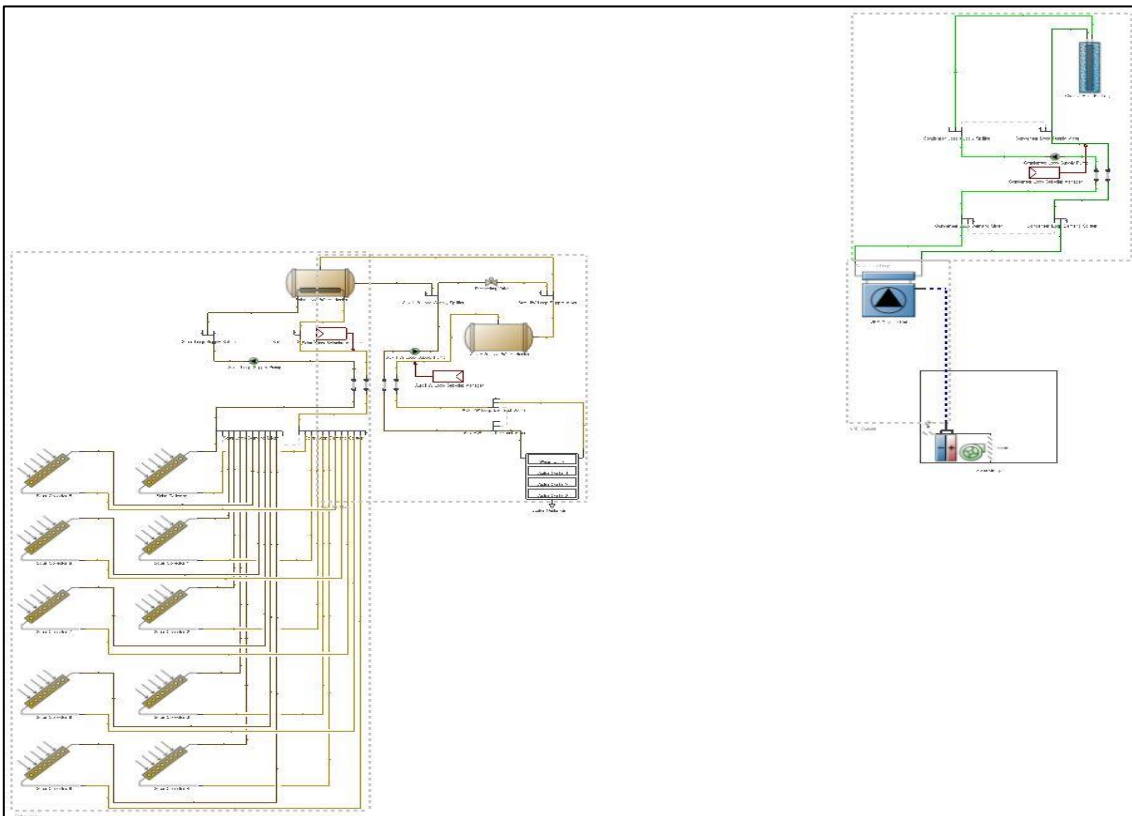
Βασικά κριτήρια στην επιλογή της γεωθερμικής αντλίας είναι τα εξής:

- Θερμική αγωγιμότητα εδάφους : 0.693 (W/mK)
- Θερμοχωρητικότητα εδάφους : 2374000 (J/m³K)
- Θερμοκρασία εδάφους : 13.4 °C

Για τους παραπάνω λόγους επιλέξαμε μία κάθετη γεωθερμική αντλία με μήκος αγωγών 76m, αριθμό γεωτρήσεων 120, διάμετρο γεωτρήσεων 0.127m, μέγιστο βάθος 15m.

Επιπλέον λόγω της ιδιομορφίας του κτηρίου διατηρήθηκε η επιλογή του φυσικού αερισμού στις 3.0 ανανεώσεις ανά ώρα και με την αεροστεγανότητα στις 0.7 εναλλαγές την ώρα.

Παρακάτω δίνεται η εικόνα του συστήματος.

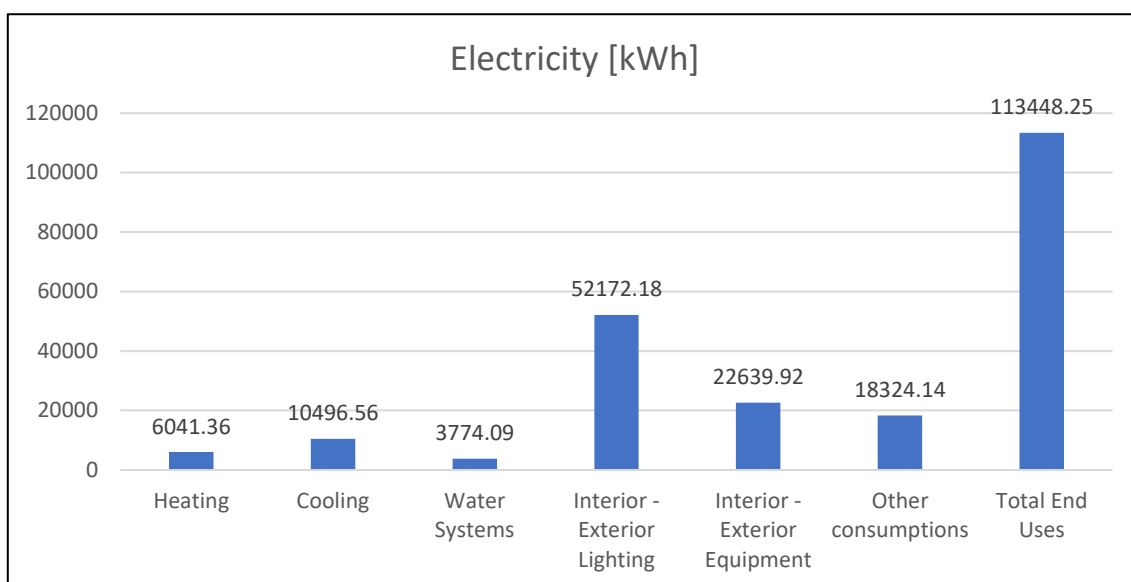


Εικόνα 137 Υδρόψυκτη αντλία θερμότητας υποστηριζόμενη από γεωθερμική αντλία θερμότητας

6.3.1 Αποτελέσματα 3^{ου} σεναρίου

Πίνακας 21 Αποτελέσματα 3^{ου} σεναρίου

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	6041.36	10496.56	3774.09	52172.18	22639.92	18324.14	113448.25
Water [m3]	0	0	101260.8	0	0	0	101260.8



Εικόνα 138 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό 3^{ου} σεναρίου βελτιστοποίησης

Συμπεράσματα

Παρατηρούμε ότι οι καταναλώσεις των φορτίων φωτισμού, εξοπλισμού και λοιπές καταναλώσεις παράμειναν σε σταθερά επίπεδα. Επιπλέον στις ανάγκες κατανάλωσης ηλεκτρισμού για θέρμανση και ψύξη επήλθε μία σημαντική μεταβολή στις συνολικές καταναλώσεις σε σχέση με το σενάριο της 1^{ης} διορθωτικής κίνησης. Όσο αφορά την θέρμανση είχαμε αύξηση της τάξης του 68.47%, ενώ στο κομμάτι της ψύξης παρατηρούμαι ότι έχει επιτευχθεί μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης κατά 75.02%, ενώ στις συνολικές ετήσιες καταναλώσεις πέτυχαμε εξοικονόμηση της τάξης του 64.13%. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει να έχουμε πολύ υψηλές καταναλώσεις σε θέρμανση και ψύξη οφείλεται σε πολλούς παράγοντες όπως η υπερδιαστασιολόγηση των μηχανημάτων ή ένας κακός σχεδιασμός του συστήματος. Επιπλέον ένας ακόμη παράγοντας οφείλεται και στην πολυπλοκότητα του συστήματος όπως αναλύθηκε και στην ενότητα 6.2.1.

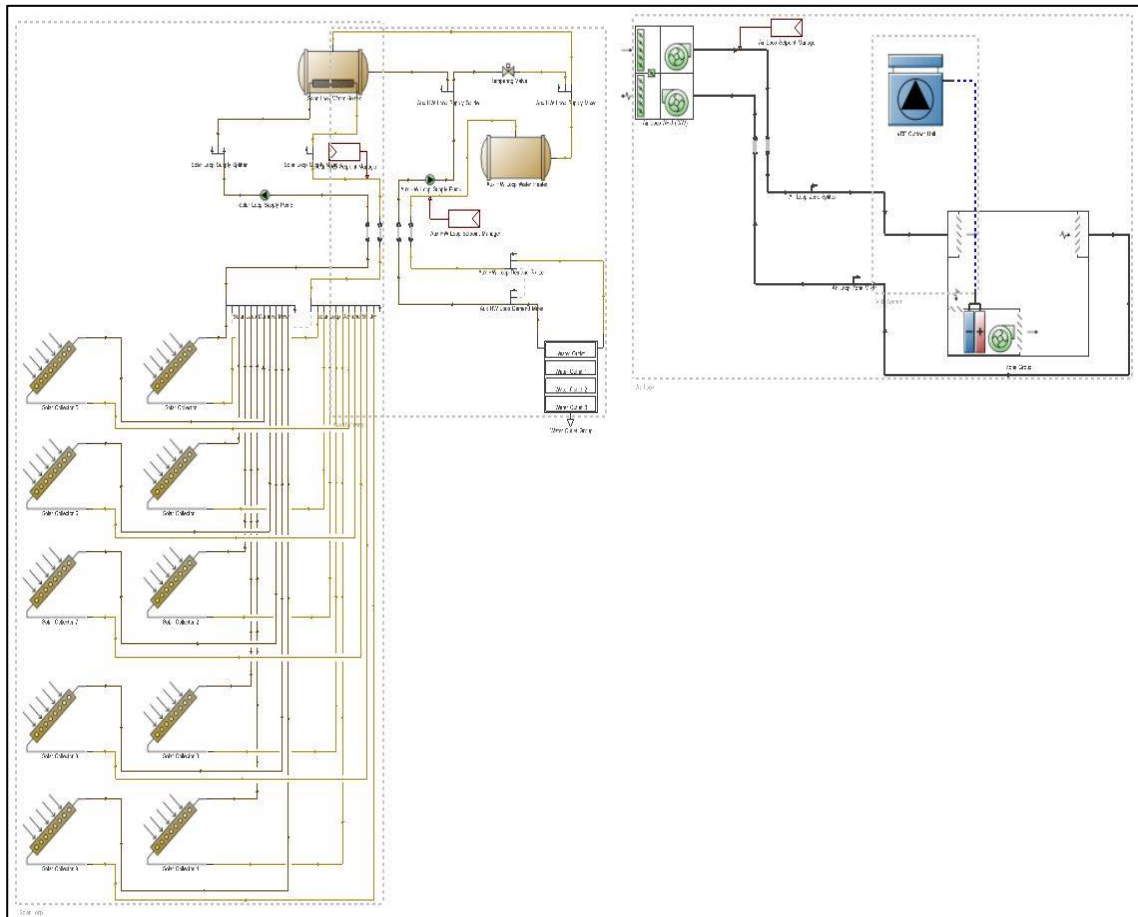
Παρακάτω δίνεται ο συγκριτικός πίνακας μεταξύ της 1^{ης} διορθωτικής κίνησης και του 3^{ου} σεναρίου.

Πίνακας 22 Συγκριτικός πίνακας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 3^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
1 ^η διορθωτική	3618.07	42492	46110.07
3 ^ο εναλλακτικό	6041.36	10496.56	3504
Εξοικονόμηση	-68.47%	75.02%	64.13%

6.4 Εφαρμογή 4^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Το σενάριο αυτό είναι πιστή αντιγραφή του 2^{ου} σεναρίου με την μόνη διαφοροποίηση να είναι η προσθήκη μίας εξωτερικής κλιματιστικής μονάδας η οποία θα προσάγει τον νωπό αέρα έχοντας αφαιρέσει από το πρόγραμμα την επιλογή του φυσικού αερισμού. Ουσιαστικά ενεργοποιούμε τον μηχανικό αερισμό μέσω της ΚΚΜ κάνοντας 3.0 εναλλαγές την ώρα ανά θερμική ζώνη. Οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες (AHU – Air Handling Units) είναι μηχανήματα χειρισμού αέρα που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη ρύθμιση και την κυκλοφορία του νωπού αέρα στα κτήρια. Έχουν την δυνατότητα να συμβάλουν στην επεξεργασία και στο φιλτράρισμα του εξωτερικού αέρα πριν την εισαγωγή του στο κτήριο. Επίσης το ηλιακό κύκλωμα για την παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης διατηρήθηκε ως έχει με τους ήδη υπάρχων ηλιακούς συλλέκτες, Παρακάτω δίνεται η εικόνα του συστήματος.

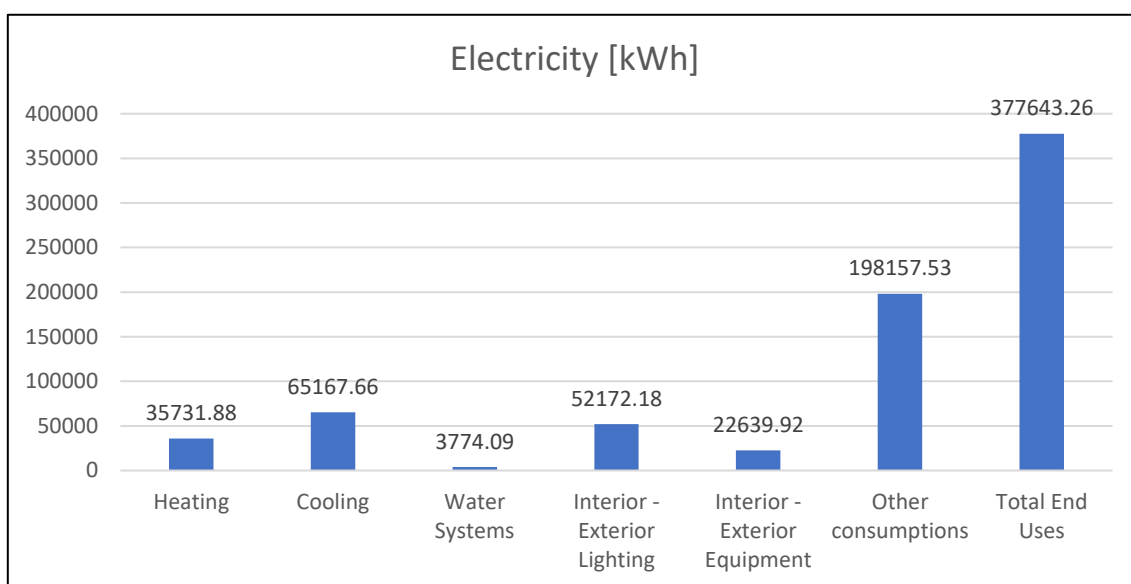


Εικόνα 139 Εφαρμογή VRF σε συνδυασμό με AHU

6.4.1 Αποτελέσματα 4^{ου} σεναρίου

Πίνακας 23 Αποτελέσματα 4^{ου} σεναρίου

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	35731.88	65167.66	3774.09	52172.18	22639.92	198157.53	377643.26
Water [m3]	0	0	101260.8	0	0	0	101260.8



Εικόνα 140 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό 4^{ου} σεναρίου βελτιστοποίησης

Συμπεράσματα

Παρατηρούμε ότι οι καταναλώσεις των φορτίων φωτισμού και εξοπλισμού παρέμειναν σε σταθερά επίπεδα σε αντίθεση με τις λοιπές καταναλώσεις στις οποίες προέκυψε αύξηση κατά 9140%. Όσο αφορά την θέρμανση παρατηρούμε αύξηση στην κατανάλωση κατά 887.60% και στην ψύξη κατά 53.36% αντίστοιχα. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη της κλιματιστικής μονάδας, εάν είναι υπερδιαστασιολογημένη ή υποδιαστασιολογημένη. Εάν η AHU είναι υπερδιαστασιολογημένη, θα καταναλώνει περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από όση χρειάζεται για τον κλιματισμό του αέρα, ενώ εάν είναι υποδιαστασιολογημένη, θα πρέπει να εργάζεται περισσότερο για να διατηρήσει τα επιθυμητά επίπεδα εσωτερικής θερμοκρασίας και υγρασίας, γεγονός που μπορεί επίσης να οδηγήσει σε αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση.

Παρακάτω δίνεται ο συγκριτικός πίνακας μεταξύ της 1^{ης} διορθωτικής κίνησης και του 4^{ου} σεναρίου.

Πίνακας 24 Συγκριτικός πίνακας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 4^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

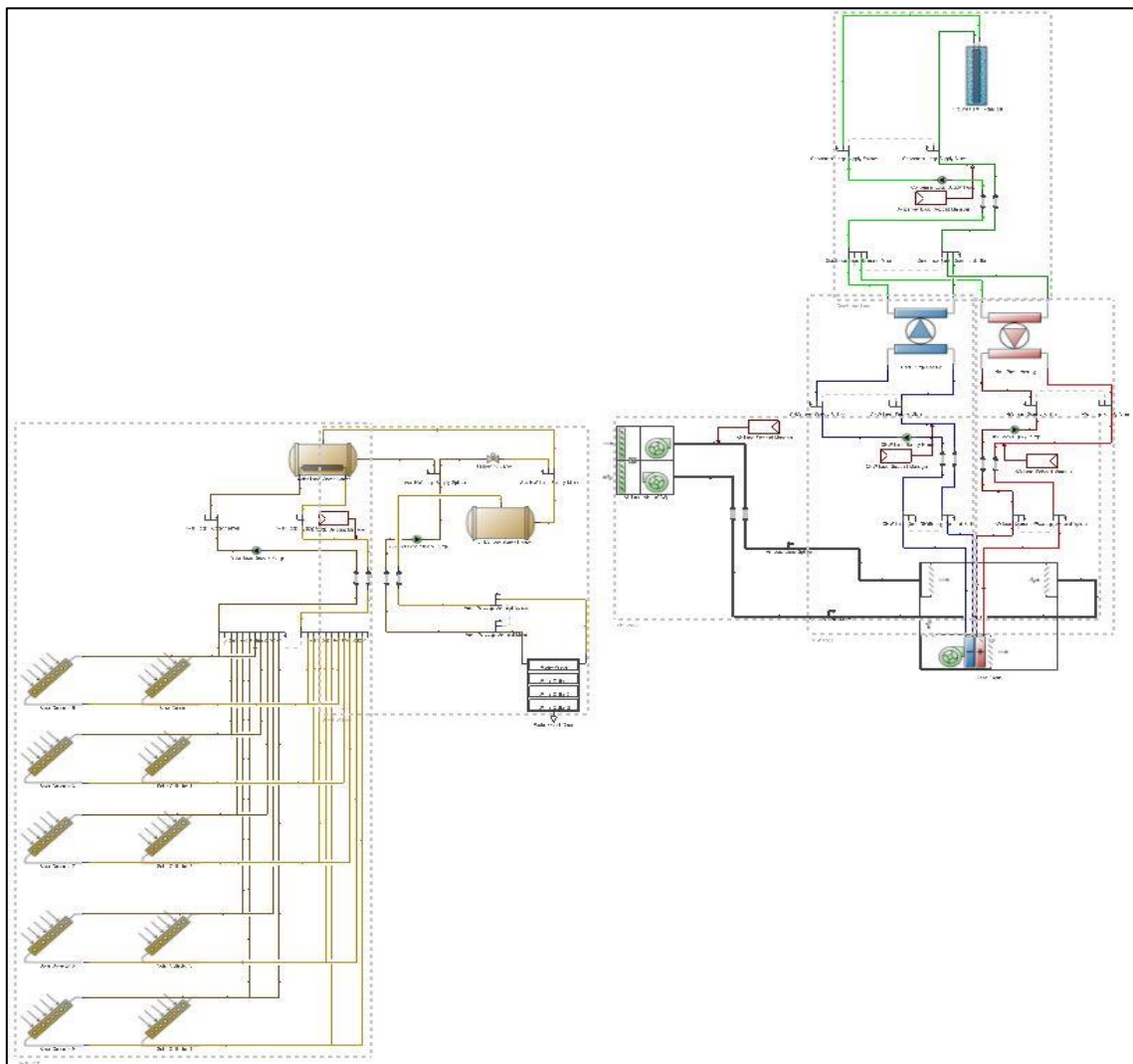
Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
1 ^η διορθωτική	3618.07	42492	46110.07
4 ^ο εναλλακτικό	35731.88	65167.66	100899.54
Εξοικονόμηση	-887.60%	-53.36%	-118.82%

6.5 Εφαρμογή 5^{ου} εναλλακτικού συστήματος

Σε αυτό το σενάριο εφαρμόστηκε γεωθερμικός εναλλάκτης θερμότητας παρόμοιος με αυτόν του 3^{ου} σεναρίου, ο οποίος δίνει την δυνατότητα εκμετάλλευσης των σταθερών θερμοκρασιακών συνθηκών του εδάφους καθόλη την διάρκεια του έτους. Οι γεωθερμικοί εναλλάκτες θερμότητας λειτουργούν χρησιμοποιώντας την θερμότητα που υπάρχει στην γη σε αντίθεση με τους εναλλάκτες θερμότητας που αναφέρθηκαν προηγουμένως οι οποίοι ως επί των πλείστων χρησιμοποιούν την θερμότητα του αέρα.

Ο γεωθερμικός εναλλάκτης θερμότητας συνδέεται με δύο αντλίες θερμότητας παραγωγής ζεστού και κρύου νερού, τις οποίες τροφοδοτεί με σταθερή θερμοκρασία νερό. Οι αντλίες θερμότητας με την σειρά τους τροφοδοτούν τις τερματικές μονάδες FCU, είναι διαστασιολογημένες σύμφωνα με τις θερμικές και ψυκτικές απώλειες του κτηρίου όπως δείξαμε και στο κεφάλαιο 5.8.2.1. Στο νέο αυτό σύστημα διατηρήθηκε η κεντρική κλιματιστική μονάδα για την προσαγωγή του νωπού αέρα όπως και στο σενάριο 4^ο αλλά επίσης και το ηλιακό κύκλωμα για την παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης.

Παρακάτω δίνεται η εικόνα του συστήματος.

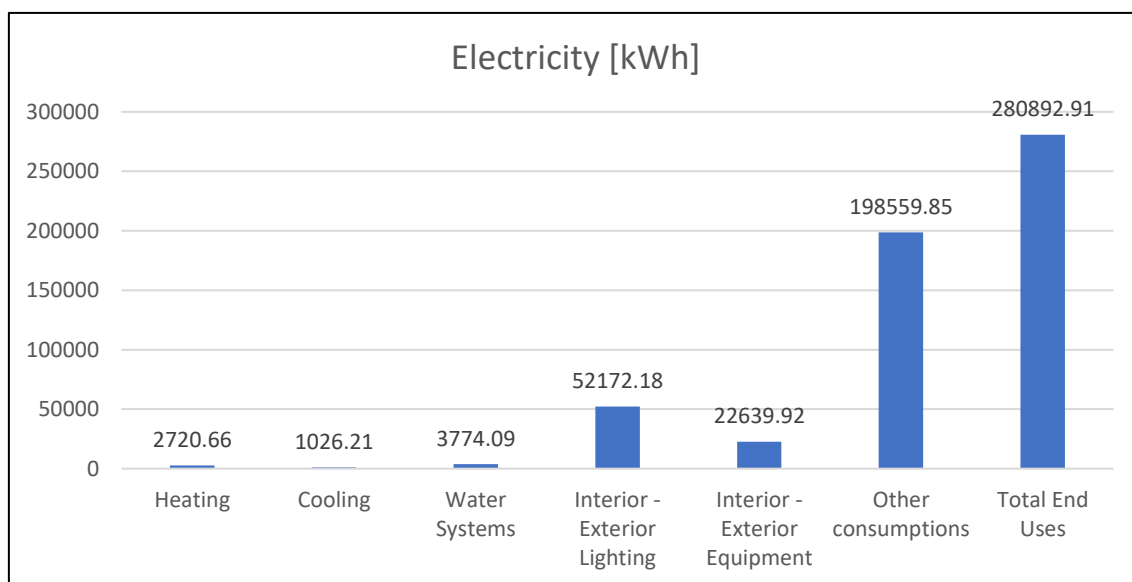


Εικόνα 141 Σύστημα HVAC 5^{ου} σεναρίου

6.5.1 Αποτελέσματα 5^{ου} σεναρίου

Πίνακας 25 Αποτελέσματα 5^{ου} σεναρίου

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	2720.66	1026.21	3774.09	52172.18	22639.92	198559.85	280892.91
Water [m3]	0	0	101260.8	0	0	0	101260.8



Εικόνα 142 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό 5^{ου} σεναρίου βελτιστοποίησης

Συμπεράσματα

Παρατηρούμε ότι οι καταναλώσεις των φορτίων φωτισμού και εξοπλισμού παρέμειναν σε σταθερά επίπεδα σε αντίθεση με τις λοιπές καταναλώσεις στις οποίες είχαμε κατακόρυφη αύξηση. Όσο αφορά την θέρμανση παρατηρούμε μείωση στην κατανάλωση κατά 24.80% και στην ψύξη κατά 97.58% αντίστοιχα. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι ότι ένα σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας αξιοποιεί τη σταθερή καθόλα τη διάρκεια του έτους θερμοκρασία της γης για την παροχή θέρμανσης και ψύξης σε ένα κτήριο, γεγονός που μειώνει την ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια ή άλλες πηγές ενέργειας για τη λειτουργία του συστήματος. Οι αντλίες θερμότητας με την σειρά τους που χρησιμοποιούνται στο σύστημα (GSHP) είναι σχεδιασμένες να μεταφέρουν αποτελεσματικά τη θερμότητα από το έδαφος στο κτήριο ή αντίστροφα, γεγονός που μειώνει περαιτέρω την ανάγκη σε κατανάλωση ενέργειας.

Παρακάτω δίνεται ο συγκριτικός πίνακας μεταξύ της 1^{ης} διορθωτικής κίνησης και του 5^{ου} σεναρίου.

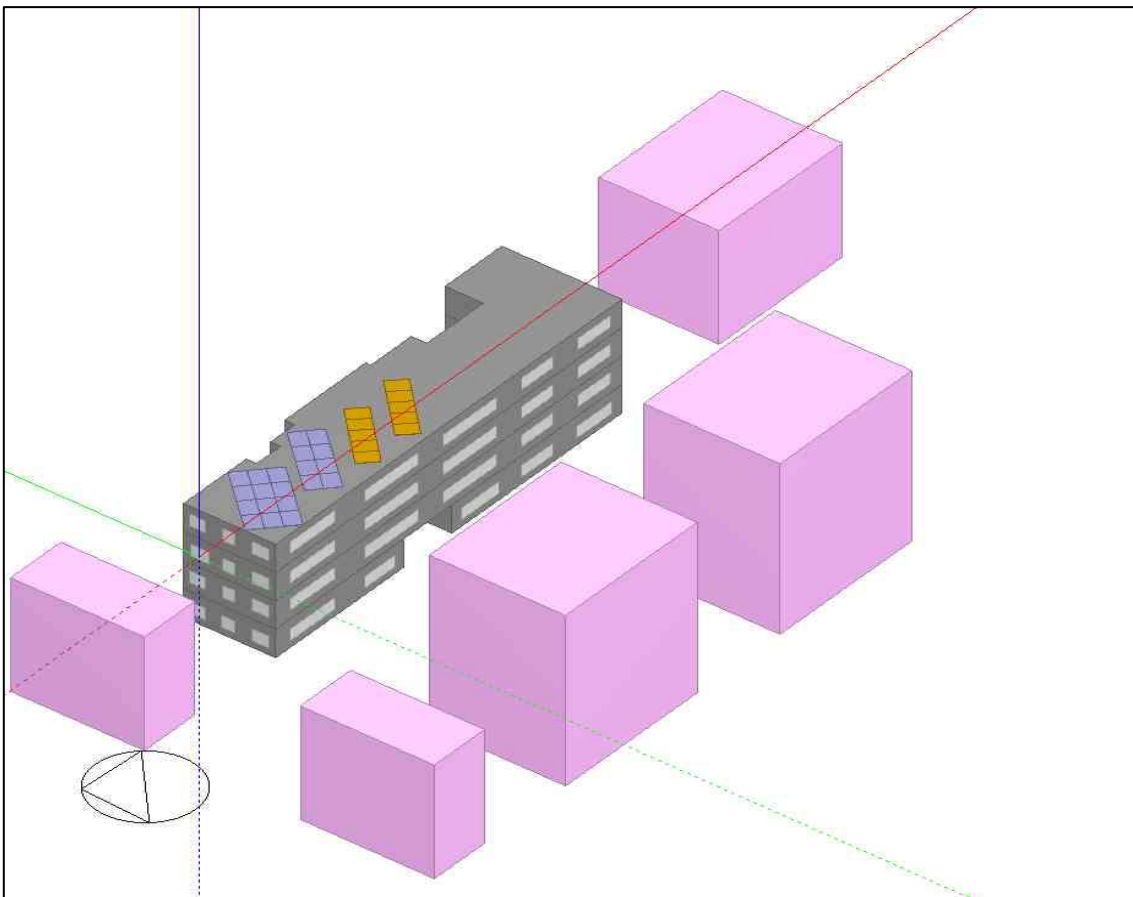
Πίνακας 26 Συγκριτικός πίνακας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 5^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
1 ^η διορθωτική	3618.07	42492	46110.07
5 ^ο εναλλακτικό	2720.66	1026.21	3746.87
Εξοικονόμηση	24.80%	97.58%	91.87%

6.6 Εφαρμογή 6^{ου} εναλλακτικού συστήματος – Υπό-σενάριο 5^{ου}

Το σενάριο αυτό προέκυψε λόγω της αυξημένης ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια στις λοιπές καταναλώσεις κυρίως των δύο προηγούμενων σεναρίων (4^{ου} και 5^{ου}). Συνεπώς γεννήθηκε η ανάγκη της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πάνελ στο δώμα του κτηρίου, προκειμένου να επιφέρουμε μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τόσο για την θέρμανση όσο και την ψύξη αλλά και των συνολικών αναγκών του κτηρίου. Όσο αφορά το σύστημα (HVAC) θέρμανσης και κλιματισμού διατηρήθηκε ακριβώς το ίδιο με το 5^ο εναλλακτικό σενάριο. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ που εγκαταστήσαμε είναι 20 τεμάχια με 3m² επιφάνεια έκαστος με νότιο προσανατολισμό όπως και οι ηλιακοί συλλέκτες. Υποστηρίζονται από μία γεννήτρια με στόχο την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος (DC) σε εναλλασσόμενου (AC) μέσω του μετατροπέα (inverter). Οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες παράγουν ισχύ DC με βάση την διαθεσιμότητα της ηλιοφάνειας και η έξοδος AC ρεύματος από τον μετατροπέα είναι η ζητούμενη παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Έχει επιλεγεί στο πρόγραμμα να γίνεται απευθείας συμψηφισμός επειδή η συγκεκριμένη έκδοση του λογισμικού παρουσιάζει πρόβλημα στην χρήση αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας σε μπαταρίες.

Παρακάτω δίνεται η εικόνα του συστήματος.

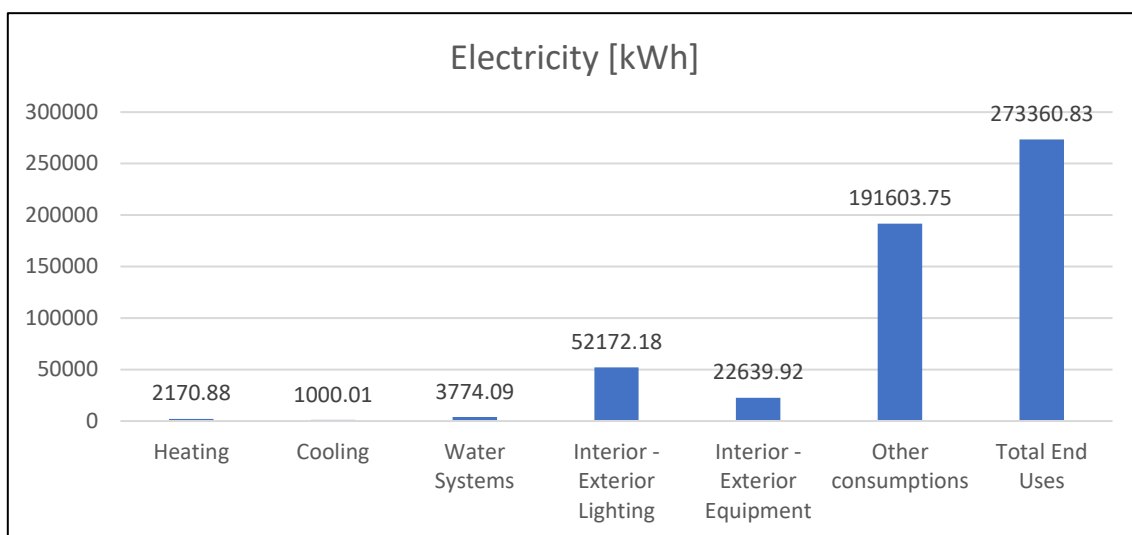


Εικόνα 143 Εγκατάσταση Φ/Β στο δώμα του κτηρίου

6.6.1 Αποτελέσματα 6^{ου} σεναρίου

Πίνακας 27 Αποτελέσματα 6^{ου} σεναρίου

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	2170.88	1000.01	3774.09	52172.18	22639.92	191603.75	273360.83
Water [m3]	0	0	101260.8	0	0	0	101260.8



Εικόνα 144 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό 6^{ου} σεναρίου βελτιστοποίησης

Πίνακας 28 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης λόγω φωτοβολταϊκών

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0	0
High Temperature Geothermal*	0	0
Photovoltaic Power	47266.016	17.29
Wind Power	0	0
Power Conversion	-2363.3	-0.9
Net Decrease in On-Site Storage	0	0
Total On-Site Electric Sources	44902.716	16.43
Electricity Coming From Utility	228802.136	83.7
Surplus Electricity Going To Utility	344.018	0.13
Net Electricity From Utility	228458.118	83.57
Total On-Site and Utility Electric Sources	273360.833	100
Total Electricity End Uses	273360.833	100

Συμπεράσματα

Στον πίνακα 27 παρατηρούμε τις συνολικές ετήσιες καταναλώσεις σε ηλεκτρισμό για όλες τις περιπτώσεις να είναι στα 273.360,83 kWh/year. Από τον πίνακα 28 παρατηρούμε ότι τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνεισφέρουν στο 17.29% της συνολικής ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτηρίου με άμεσο αποτέλεσμα οι συνολικές καταναλώσεις του κτηρίου από 273.360,83 kWh ετησίως να ανέρχονται πλέον στα 228.458,118 kWh ετήσιες μαζί με τις ιδιοκαταναλώσεις.

Σε σύγκριση με την 1^η διορθωτική ενέργεια όπου οι συνολικές ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις ανέρχονται στις 126.840,85 kWh/year, παρατηρούμε ότι η χρήση των 20 φωτοβολταϊκών τεμαχίων δεν είναι αρκετή διότι έχουμε ακόμα έλλειμα 80.11% πράγμα που σημαίνει ότι ενδεχομένως να απαιτείται εγκατάσταση περισσότερων Φ/Β πάνελ.

Πίνακας 29 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης λόγω Φ/Β μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 6^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Total End Uses
1 ^η διορθωτική	126840.85
6 ^ο εναλλακτικό	273.360,83
Εξοικονόμηση	-80.11%

Όσο αφορά την σύγκριση του παρόντος σεναρίου με την 1^η διορθωτική ενέργεια παρατηρούμε ότι οι ηλεκτρικές καταναλώσεις σε θέρμανση μειώθηκαν κατά 40 % για την ψύξη κατά 97.65% και στο σύνολο των δύο αυτών καταναλώσεων είχαμε μείωση κατά 93.12%.

Πίνακας 30 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 6^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
1η διορθωτική	3618.07	42492	46110.07
6 ^ο εναλλακτικό	2170.88	1000.01	3170.89
Εξοικονόμηση	40.00%	97.65%	93.12%

Επιπλέον σε σχέση με το σενάριο 5^ο παρατηρούμε ότι η εξοικονόμηση στις επιμέρους καταναλώσεις σε θέρμανση μειώθηκε κατά 20.21% ενώ είχαμε και μια ανεπαισθητη μείωση κατά 2.55% στις καταναλώσεις για ψύξη, ενώ στο σύνολο των καταναλώσεων αυτών είχαμε μία μείωση κατά 15.37%. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι ότι σε σχέση με το 5^ο σενάριο δεν άλλαξε το σύστημα θέρμανσής - κλιματισμού με αποτέλεσμα οι καταναλώσεις για την θέρμανση και ψύξη να κυμαίνονται σε σταθερά επίπεδα.

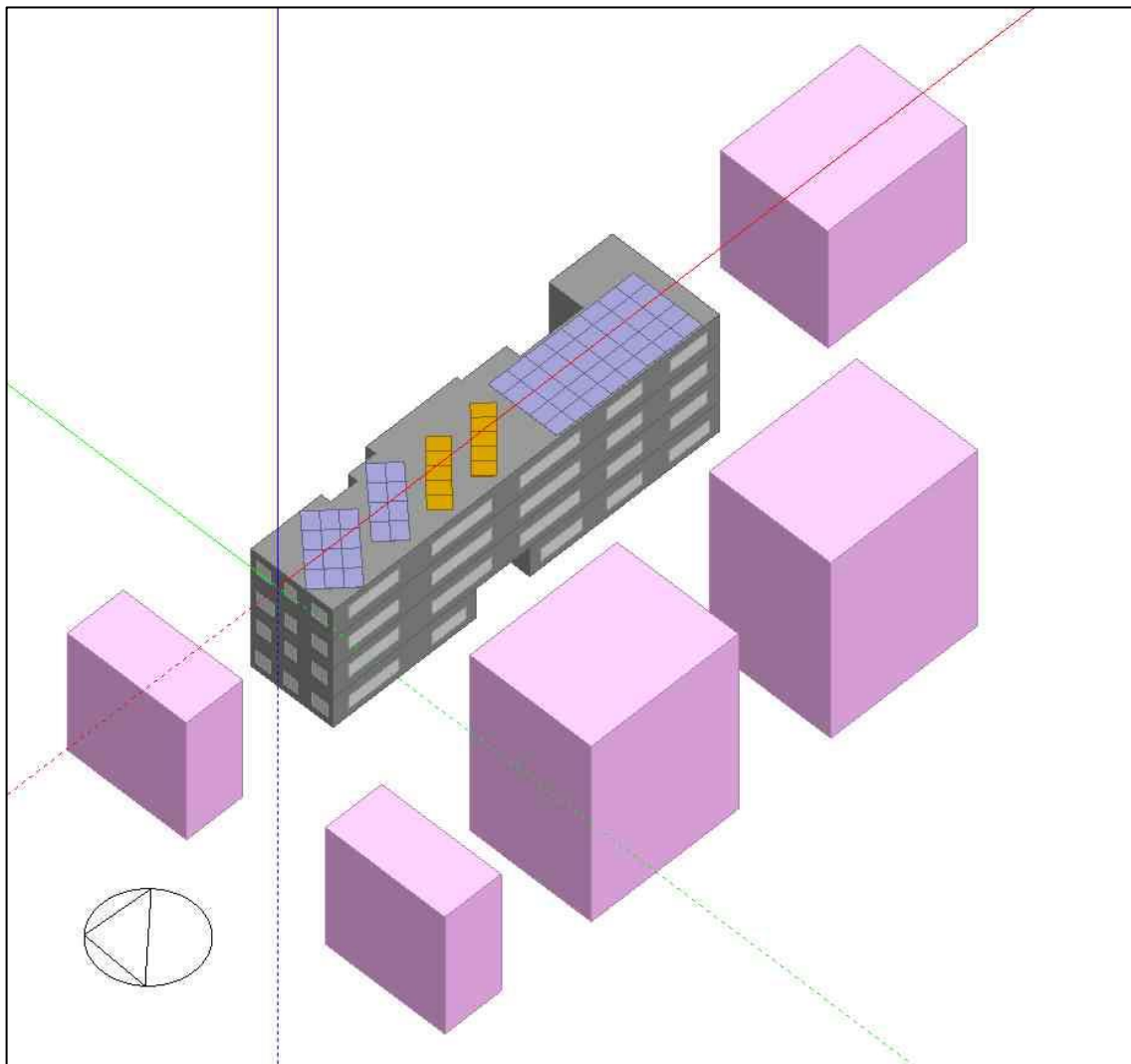
Πίνακας 31 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 5^{ου} σεναρίου και 6^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
5 ^ο εναλλακτικό	2720.66	1026.21	3746.87
6 ^ο εναλλακτικό	2170.88	1000.01	3170.89
Εξοικονόμηση	20.21%	2.55%	15.37%

Στο σημείο αυτό έχοντας ως 1^η απόπειρα την εφαρμογή 20 φωτοβολταϊκών στοιχείων με ένα αρκετά καλό ποσοστό κάλυψης της συνολικής ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης, θα εφαρμοσθούν σταδιακά ακόμη δυο σενάρια προσθέτοντας περισσότερα φωτοβολταϊκά πάνελ σύμφωνα πάντα με την διαθεσιμότητα της επιφάνειας του δώματος.

6.7 Εφαρμογή 7^{ου} εναλλακτικού συστήματος – Υπό-σενάριο 6^{ου}

Το σενάριο αυτό είναι ένα υποσενάριο του 6^{ου} σεναρίου διότι αξιοποιούνται τα ίδια δεδομένα όπως και προηγουμένως απλώς προσθέτοντας στα ήδη υπάρχων φωτοβολταϊκά πάνελ ακόμη σαράντα (40) τεμάχια έχοντας στο σύνολο εξήντα (60) τεμάχια στο δώμα του κτηρίου, προκειμένου να επιφέρουμε ακόμη μεγαλύτερη μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τόσο για την θέρμανση όσο και την ψύξη αλλά και των συνολικών αναγκών του κτηρίου. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ έχουν 3m² επιφάνεια έκαστος με προσανατολισμό νότιο όπως και οι ηλιακοί συλλέκτες εκτός των νέων τεμαχίων όπου για λόγους χωρητικότητας τοποθετήθηκαν σύμφωνα με την διαθέσιμη εκμεταλλεύσιμη επιφάνεια. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ υποστηρίζονται από δύο γεννήτριες στις οποίες συνδέονται από τριάντα τεμάχια αντιστοίχως, με στόχο την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος (DC) σε εναλλασσόμενου (AC) μέσω του μετατροπέα (inverter). Έχει επιλεγθεί στο πρόγραμμα να γίνεται απευθείας συμψηφισμός επειδή η συγκεκριμένη έκδοση του λογισμικού παρουσιάζει πρόβλημα στην χρήση αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας σε μπαταρίες.

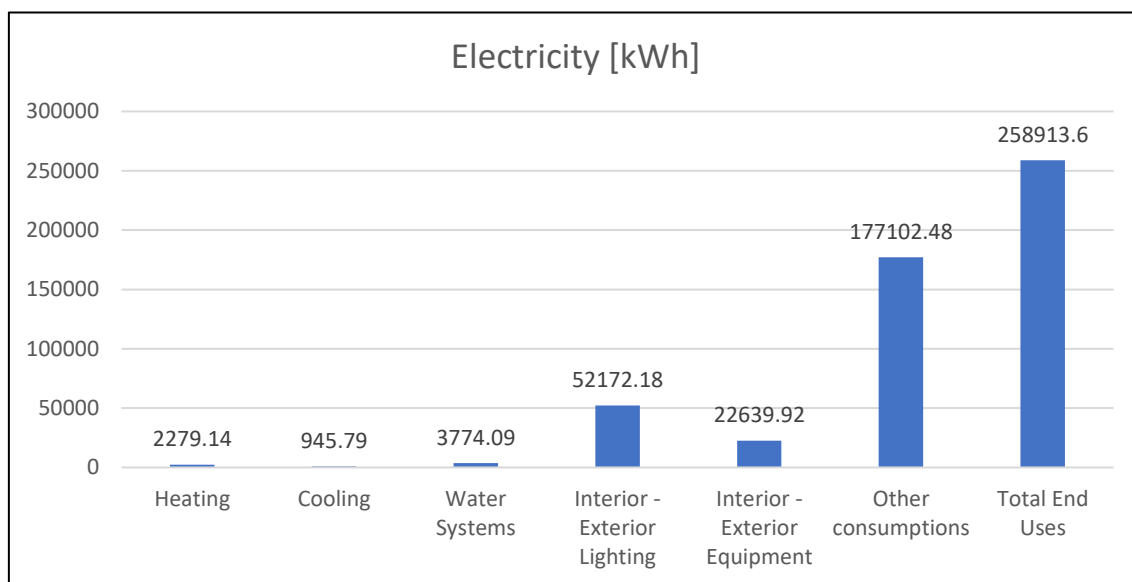


Εικόνα 145 Εγκατάσταση Φ/Β στο δώμα του κτηρίου

6.7.1 Αποτελέσματα 7^{ου} σεναρίου

Πίνακας 32 Αποτελέσματα 7^{ου} σεναρίου

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	2279.14	945.79	3774.09	52172.18	22639.92	177102.48	258913.6
Water [m3]	0	0	101260.8	0	0	0	101260.8



Εικόνα 146 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό 7^{ου} σεναρίου βελτιστοποίησης

Πίνακας 33 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης λόγω φωτοβολταϊκών

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0	0
High Temperature Geothermal*	0	0
Photovoltaic Power	141559.122	54.67
Wind Power	0	0
Power Conversion	-7077.96	-2.7
Net Decrease in On-Site Storage	0	0
Total On-Site Electric Sources	134481.166	51.94
Electricity Coming From Utility	160395.953	61.95
Surplus Electricity Going To Utility	35963.51	13.89
Net Electricity From Utility	124432.443	48.06
Total On-Site and Utility Electric Sources	258913.609	100
Total Electricity End Uses	258913.609	100

Συμπεράσματα

Στον πίνακα 32 παρατηρούμε τις συνολικές ετήσιες καταναλώσεις σε ηλεκτρισμό για όλες τις περιπτώσεις να είναι στα 258.913,6 kWh/year. Από τον πίνακα 33 παρατηρούμε ότι τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνεισφέρουν στο 54.67% της συνολικής ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτηρίου με άμεσο αποτέλεσμα οι συνολικές καταναλώσεις του κτηρίου από 258.913,6 kWh ετησίως να ανέρχονται πλέον στα 124.432,443 kWh ετήσιες μαζί με τις ιδιοκαταναλώσεις.

Σε σύγκριση με την 1^η διορθωτική ενέργεια όπου οι συνολικές ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις ανέρχονται στις 126840.85 kWh/year παρατηρούμε ότι η χρήση των 60 τεμαχίων φωτοβολταϊκών επέφερε μία ανεπαίσθητη μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης της τάξης του 1.90%, πράγμα που σημαίνει ότι ο συγκεκριμένος αριθμός των φωτοβολταϊκών δεν είναι αρκετός. Για αυτό το λόγο θα προχωρήσουμε σε ένα ακόμη σενάριο προσθέτοντας παραπάνω φωτοβολταϊκά στοιχεία προκειμένου να επιφέρουμε περισσότερη μείωση στην συνολικά ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση.

Πίνακας 34 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης λόγω Φ/Β μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 7^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Total End Uses
1 ^η διορθωτική	126840.85
7 ^ο εναλλακτικό	124432.438
Εξοικονόμηση	1.90%

Όσο αφορά την σύγκριση του παρόντος σεναρίου με την 1^η διορθωτική ενέργεια παρατηρούμε ότι οι ηλεκτρικές καταναλώσεις σε θέρμανση μειώθηκαν κατά 37.01% για την ψύξη κατά 97.77% και στο σύνολο των δύο αυτών καταναλώσεων είχαμε μείωση κατά 93.01%.

Πίνακας 35 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 7^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
1 ^η διορθωτική	3618.07	42492	46110.07
7 ^ο εναλλακτικό	2279.14	945.79	3224.93
Εξοικονόμηση	37.01%	97.77%	93.01%

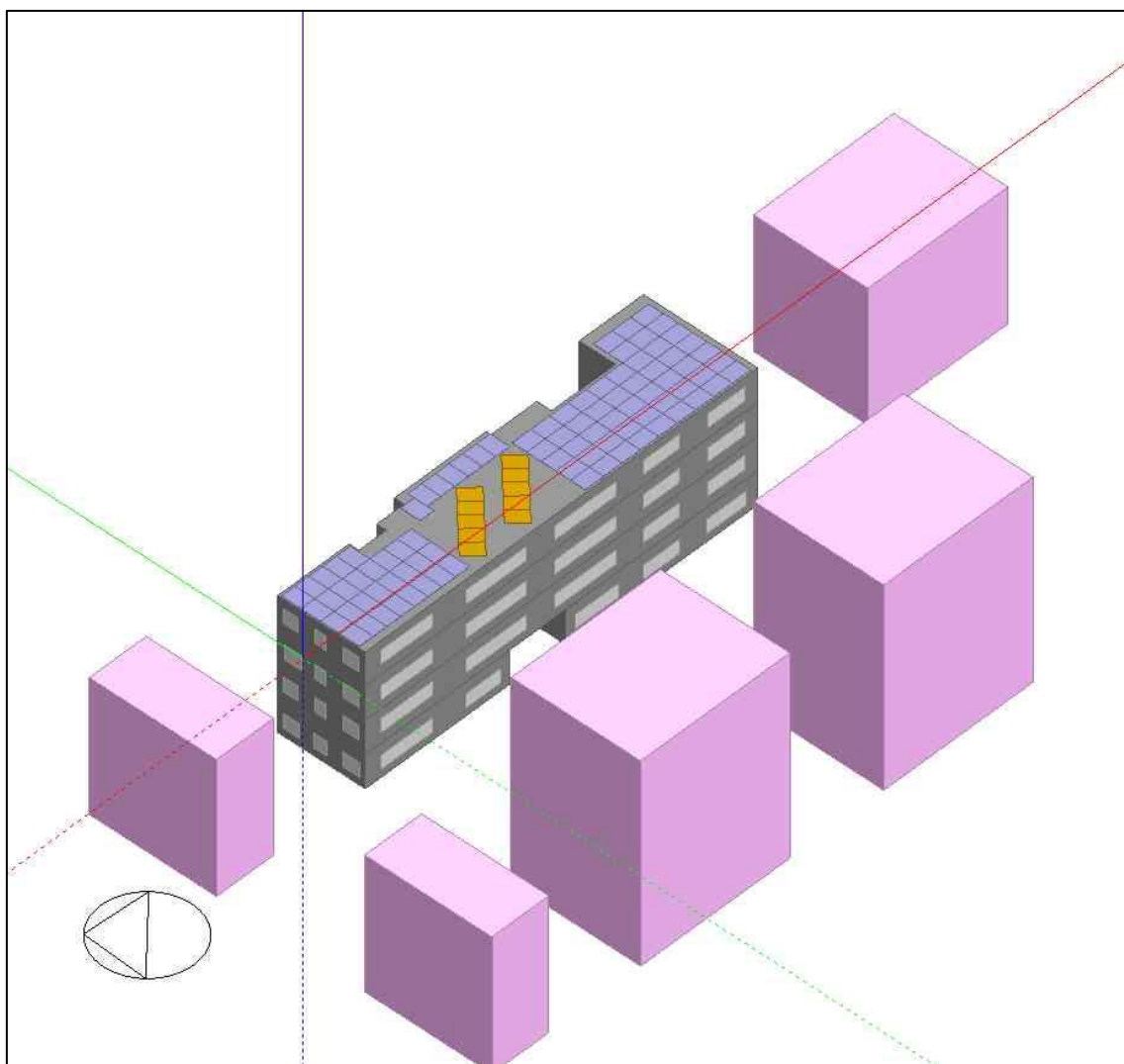
Επιπλέον σε σχέση με το σενάριο 6^ο παρατηρούμε ότι η εξοικονόμηση στις επιμέρους καταναλώσεις σε θέρμανση αυξήθηκε κατά 4.99% ενώ είχαμε και μια μείωση κατά 5.42% στις καταναλώσεις για ψύξη, ενώ στο σύνολο των καταναλώσεων αυτών είχαμε μία ανεπαίσθητη αύξηση κατά 1.70%. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι ότι σε σχέση με το 6^ο σενάριο δεν άλλαξε το σύστημα θέρμανσης - κλιματισμού με αποτέλεσμα οι καταναλώσεις για την θέρμανση και ψύξη να κυμαίνονται σε σταθερά επίπεδα.

Πίνακας 36 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 6^{ου} σεναρίου και 7^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
6 ^ο εναλλακτικό	2170.88	1000.01	3170.89
7 ^ο εναλλακτικό	2279.14	945.79	3224.93
Εξοικονόμηση	-4.99%	5.42%	-1.70%

6.8 Εφαρμογή 8^{ου} εναλλακτικού συστήματος – Υπό-σενάριο 7^{ου}

Το σενάριο αυτό είναι ένα υποσενάριο του 6^{ου} σεναρίου διότι αξιοποιούνται τα ίδια δεδομένα προσθέτοντας στα ήδη υπάρχοντα φωτοβολταϊκά πάνελ του 7^{ου} σεναρίου ακόμη σαράντα (27) έχοντας στο σύνολο εξήντα (87) τεμάχια στο δώμα του κτηρίου, προκειμένου να επιφέρουμε ακόμη μεγαλύτερη μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τόσο για την θέρμανση όσο και την ψύξη αλλά και των συνολικών αναγκών του κτηρίου. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ έχουν 3m² επιφάνεια έκαστος με προσανατολισμό για λόγους χωρητικότητας τοποθετήθηκαν σύμφωνα με την διαθέσιμη εκμεταλλεύσιμη επιφάνεια. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ υποστηρίζονται από τρεις γεννήτριες στις οποίες συνδέονται από τριάντα τεμάχια στις δύο πρώτες και είκοσι επτά στην τρίτη γεννήτρια, με στόχο την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος (DC) σε εναλλασσόμενου (AC) μέσω του μετατροπέα (inverter). Έχει επιλεγεί στο πρόγραμμα να γίνεται απευθείας συμψηφισμός επειδή η συγκεκριμένη έκδοση του λογισμικού παρουσιάζει πρόβλημα στην χρήση αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας σε μπαταρίες.

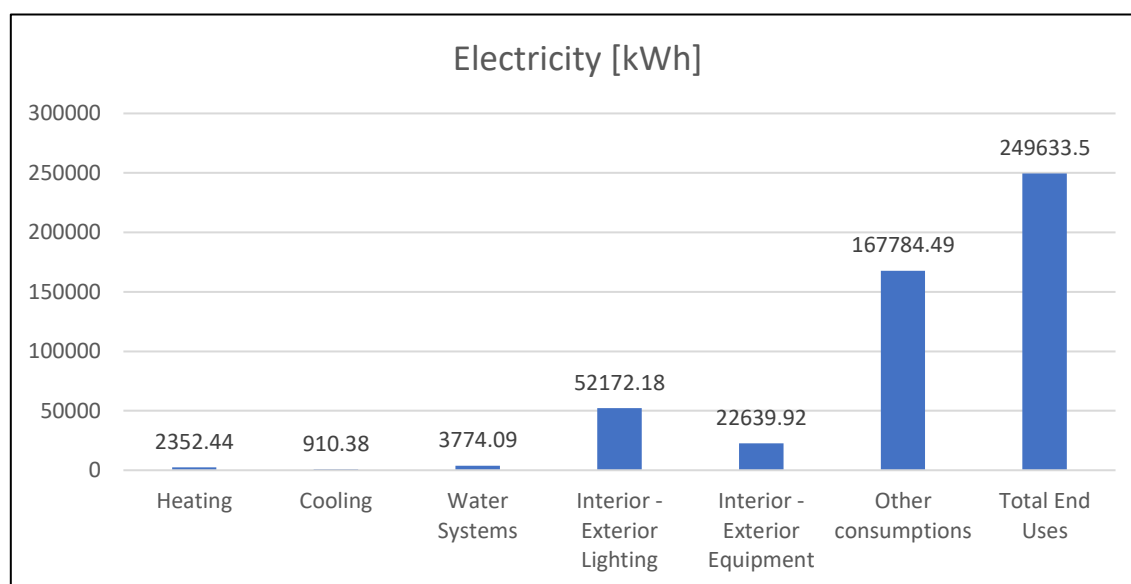


Εικόνα 147 Εγκατάσταση Φ/Β στο δώμα του κτηρίου

6.8.1 Αποτελέσματα 8^{ου} σεναρίου

Πίνακας 37 Αποτελέσματα 8^{ου} σεναρίου

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	2352.44	910.38	3774.09	52172.18	22639.92	167784.49	249633.5
Water [m3]	0	0	101260.8	0	0	0	101260.8



Εικόνα 148 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό 8^{ου} σεναρίου βελτιστοποίησης

Πίνακας 38 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης λόγω φωτοβολταϊκών

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0	0
High Temperature Geothermal*	0	0
Photovoltaic Power	202429.175	81.09
Wind Power	0	0
Power Conversion	-10121.46	-4.1
Net Decrease in On-Site Storage	0	0
Total On-Site Electric Sources	192307.716	77.04
Electricity Coming From Utility	138302.858	55.4
Surplus Electricity Going To Utility	80977.075	32.44
Net Electricity From Utility	57325.783	22.96
Total On-Site and Utility Electric Sources	249633.499	100
Total Electricity End Uses	249633.499	100

Συμπεράσματα

Στον πίνακα 37 παρατηρούμε τις συνολικές ετήσιες καταναλώσεις σε ηλεκτρισμό για όλες τις περιπτώσεις να είναι στα 249.633,5 kWh/year. Από τον πίνακα 38 παρατηρούμε ότι τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνεισφέρουν στο 81.09% της συνολικής ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτηρίου με άμεσο αποτέλεσμα οι συνολικές καταναλώσεις του κτηρίου από 249.633,5 kWh ετησίως να ανέρχονται πλέον στα 57.325,783 kWh ετήσιες μαζί με τις ιδιοκαταναλώσεις.

Σε σύγκριση με την 1^η διορθωτική ενέργεια όπου οι συνολικές ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις ανέρχονται στις 126840.85 kWh/year παρατηρούμε ότι η χρήση των 87 τεμαχίων φωτοβολταϊκών επέφερε μία σημαντική μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης της τάξης του 54.80%, πράγμα που σημαίνει ότι ο συγκεκριμένος αριθμός των φωτοβολταϊκών είναι αρκετός σύμφωνα και την διαθέσιμη επιφάνεια του δώματος.

Πίνακας 39 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης λόφω Φ/Β μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 8^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Total End Uses
1 ^η διορθωτική	126840.85
8 ^ο εναλλακτικό	57325.785
Εξοικονόμηση	54.80%

Όσο αφορά την σύγκριση του παρόντος σεναρίου με την 1^η διορθωτική ενέργεια παρατηρούμε ότι οι ηλεκτρικές καταναλώσεις σε θέρμανση μειώθηκαν κατά 34.98% για την ψύξη κατά 97.86% και στο σύνολο των δύο αυτών καταναλώσεων είχαμε μείωση κατά 92.92%.

Πίνακας 40 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 8^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
1 ^η διορθωτική	3618.07	42492	46110.07
8 ^ο εναλλακτικό	2352.44	910.38	3262.82
Εξοικονόμηση	34.98%	97.86%	92.92%

Επιπλέον σε σχέση με το σενάριο 7^ο παρατηρούμε ότι η εξοικονόμηση στις επιμέρους καταναλώσεις σε θέρμανση αυξήθηκε κατά 3.22% ενώ είχαμε και μια μείωση κατά 3.74% στις καταναλώσεις για ψύξη, ενώ στο σύνολο των καταναλώσεων αυτών είχαμε μία ανεπαίσθητη αύξηση κατά 1.17%. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι ότι σε σχέση με το 7^ο σενάριο δεν άλλαξε το σύστημα θέρμανσης - κλιματισμού με αποτέλεσμα οι καταναλώσεις για την θέρμανση και ψύξη να κυμαίνονται σε σταθερά επίπεδα.

Πίνακας 41 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 7^{ου} σεναρίου και 8^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
7 ^ο εναλλακτικό	2279.14	945.79	3224.93
8 ^ο εναλλακτικό	2352.44	910.38	3262.82
Εξοικονόμηση	-3.22%	3.74%	-1.17%

6.9 Εφαρμογή 9^{ου} εναλλακτικού συστήματος

Στο σενάριο αυτό διατηρήθηκε το ηλιακό κύκλωμα για την κάλυψη των αναγκών για ζεστό νερό χρήσης και η κεντρική κλιματιστική μονάδα για την προσαγωγή νωπού αέρα στις θερμικές ζώνες με αριθμό εναλλαγών αέρα ανά θερμική ζώνη 3.0 ac/h, ενώ η αλλαγή η οποία εφαρμόστηκε είναι όσο αφορά την ψύξη των θερμικών ζωνών η εφαρμογή μίας αερόψυκτης αντλίας θερμότητας (Chiller) η οποία τροφοδοτεί τις αντίστοιχες τερματικές μονάδες (FCU) και όσο αφορά την θέρμανση των θερμικών ζωνών έγινε εφαρμογή αντλίας θερμότητας αέρος νερού η οποία με την σειρά της τροφοδοτεί τις αντίστοιχες τερματικές μονάδες. Ο τρόπος περιγραφής του chiller έχει γίνει σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η αερόψυκτη αντλία θερμότητας (Chiller) έχει χωρητικότητα 200kW προκειμένου να ανταποκριθεί στις ψυκτικές απαιτήσεις του κτηρίου με βαθμό απόδοσης 5.5.

Μια αντλία θερμότητας αποτελείται κυρίως από τα ακόλουθα μέρη: ένα συμπιεστή, μία βαλβίδα εκτόνωσης και δύο εναλλάκτες θερμότητας (ένα εξατμιστή και ένα συμπυκνωτή). Ο εξατμιστής είναι η εξωτερική μονάδα και ο συμπυκνωτής η εσωτερική. Η αντλία θερμότητας απάγει θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα μέσω ανεμιστήρα, και προωθεί τη θερμότητα αυτή στο νερό, το οποίο μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση χώρων, ζεστό νερό χρήσης ή άλλες εφαρμογές. Ο εξατμιστής περιέχει ένα κλειστό κύκλωμα ψυκτικού μέσου, το οποίο έχει την ικανότητα να μετατρέπεται σε διάφορες φάσεις ανάλογα την διεργασία. Όταν ο εξωτερικός αέρας έρχεται σε επαφή με τον εξατμιστή το ψυκτικό μέσο μετατρέπεται σε αέριο, στην συνέχεια οδηγείται στον συμπιεστή όπου μεταβάλλεται η θερμοκρασία του σε πολύ υψηλές τιμές και στην έπειτα οδηγείται στον συμπυκνωτή. Ο συμπυκνωτής ως ένας εναλλάκτης ο οποίος περιέχει νερό, δέχεται την θερμότητα του ψυκτικού μέσου υψηλής θερμοκρασίας από την έξοδο του συμπιεστή και την προσδίδει στο νερό, το οποίο με την σειρά του ανάλογα με την τερματική μονάδα συμβάλει στην διαμόρφωση των εσωτερικών συνθηκών. Έπειτα από την έξοδο του συμπυκνωτή το ψυκτικό μέσο της εκτονωτικής βαλβίδας μετατρέπεται ξανά σε υγρή μορφή προκειμένου να υφίσταται το κλειστό κύκλωμα και η διεργασία αυτή επαναλαμβάνεται συνεχώς.

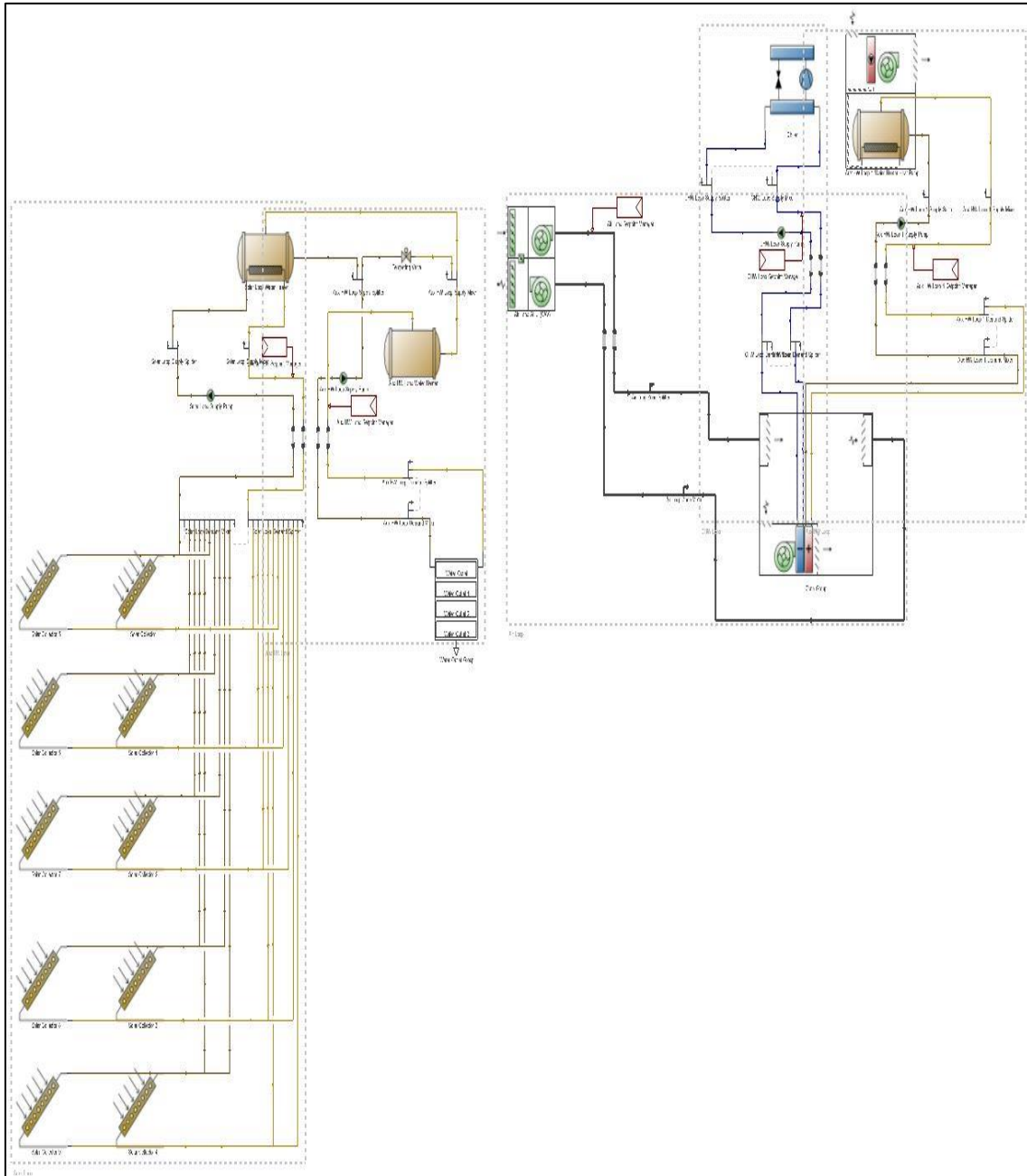
Στην περίπτωση μας, η εσωτερική μονάδα (συμπυκνωτής) είναι οι τερματικές μονάδες FCU, οι οποίες μέσω ενός ανεμιστήρα που εμπεριέχεται εσωτερικά τους, ρίχνουν ο αέρα πάνω στον εναλλάκτη προκειμένου να εκμεταλλευτεί την θερμότητα του νερού και στη συνέχεια ο αέρα αυτός έχοντας αποκομίσει την θερμότητα του νερού από τον εναλλάκτη απελευθερώνεται στην εκάστοτε θερμική ζώνη ή χώρο προκειμένου να επιτευχθούν οι συνθήκες θερμικής ανέσεως.

Η αντλία θερμότητας παραγωγής ζεστού νερού λειτουργεί για θερμοκρασία εξόδου στους 60°C, με ελάχιστη θερμοκρασία εισόδου στους -10°C.

Επιπλέον διατηρήθηκε το φωτοβολταϊκό σύστημα των 87 τεμαχίων όπως και στο σενάριο 8^ο, με σκοπό να εξετάσουμε αν λόγω της πολυπλοκότητας του συστήματος και των πολλών μηχανικών μερών, μπορούμε να έχουμε μια αξιολογή μείωση στην ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση.

Στην συγκεκριμένη εφαρμογή λόγω της ιδιαιτερότητας της συγκεκριμένης έκδοσης του λογισμικού, δεν μπορούμε να καλύψουμε με την αντλία θερμότητας ταυτόχρονα την θέρμανση και την ψύξη του κτηρίου, όπως και να χρησιμοποιήσουμε μία αντλία θερμότητας αέρα-αέρα. Για αυτό το λόγο ήμαστε προϋδασμένοι για υψηλές ηλεκτρικές καταναλώσεις στα αποτελέσματα.

Παρακάτω δίνεται η εικόνα του συστήματος.

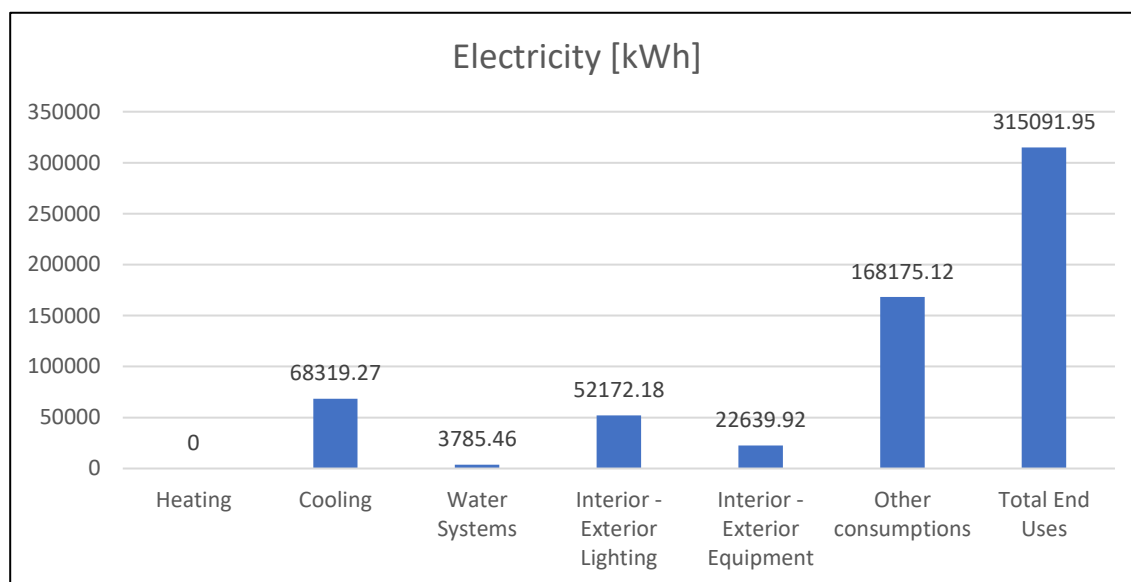


Εικόνα 149 Σύστημα HVAC 9ου σεναρίου

6.9.1 Αποτελέσματα 9^{ου} σεναρίου

Πίνακας 42 Αποτελέσματα 9^{ου} σεναρίου

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	0	68319.27	3785.46	52172.18	22639.92	168175.12	315091.95
Water [m3]	0	0	101260.8	0	0	0	101260.8



Εικόνα 150 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό 9^{ου} σεναρίου βελτιστοποίησης

Πίνακας 43 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης λόγω φωτοβολταϊκών

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0	0
High Temperature Geothermal*	0	0
Photovoltaic Power	202429.175	64.24
Wind Power	0	0
Power Conversion	-10121.46	-3.2
Net Decrease in On-Site Storage	0	0
Total On-Site Electric Sources	192307.716	61.03
Electricity Coming From Utility	173583.932	55.09
Surplus Electricity Going To Utility	50799.696	16.12
Net Electricity From Utility	122784.236	38.97
Total On-Site and Utility Electric Sources	315091.952	100
Total Electricity End Uses	315091.952	100

Συμπεράσματα

Όπως ήταν αναμενόμενο οι ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις είναι σε πολύ υψηλά επίπεδα όσο αφορά την ψύξη του κτηρίου αλλά και τις λοιπές καταναλώσεις σε σχέση με την θέρμανση στην οποία καταφέραμε μηδενική κατανάλωση. Όσο αφορά την ψύξη στην οποία είχαμε κατακόρυφη αύξηση της κατανάλωσης η αιτία είναι ότι η συγκεκριμένη εφαρμογή λόγω της πολυπλοκότητας του συστήματος απαιτεί περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια για να λειτουργήσει. Ο λόγος για τον οποίο επήλθε η μηδενική κατανάλωση στην θέρμανση είναι ότι η αντλία θερμότητας απάγει θερμότητα από το περιβάλλον την οποία μεταφέρει έπειτα σε ένα ρευστό. Για το λόγο ότι η θερμότητα δεν παράγεται από την αντλία θερμότητας αλλά μεταφέρεται, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ χαμηλότερη.

Όστόσο παρότι είχαμε μια κατακόρυφη αύξηση της κατανάλωσης σε ψύξη και λοιπών καταναλώσεων, η συμβολή των φωτοβολταϊκών έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην συνολική κατανάλωση. Από τον πίνακα 42 παρατηρούμε τις συνολικές ετήσιες καταναλώσεις σε ηλεκτρισμό για όλες τις περιπτώσεις να είναι στα 315.091,952 kWh/year. Από τον πίνακα 43 παρατηρούμε ότι τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνεισφέρουν στο 64.24% της συνολικής ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτηρίου με άμεσο αποτέλεσμα οι συνολικές καταναλώσεις του κτηρίου από 315.091,952 kWh ετησίως να ανέρχονται πλέον στα 122.784,236 kWh ετήσιες μαζί με τις ιδιοκαταναλώσεις.

Σε σύγκριση με την 1^η διορθωτική ενέργεια όπου οι συνολικές ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις ανέρχονται στις 126840.85 kWh/year παρατηρούμε ότι η χρήση των 87 τεμαχίων φωτοβολταϊκών επέφερε μία μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης της τάξης του 3.20%, πράγμα που σημαίνει ότι η συγκεκριμένη εφαρμογή συστήματος είναι ικανή να επιφέρει μια εξοικονόμηση ενέργειας αλλά χρειάζεται βελτίωση.

Πίνακας 44 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης λόγω Φ/Β μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 9^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Total End Uses
1 ^η διορθωτική	126840,85
9 ^ο εναλλακτικό	122784,23
Εξοικονόμηση	3.20%

Όσο αφορά την σύγκριση του παρόντος σεναρίου με την 1^η διορθωτική ενέργεια παρατηρούμε ότι οι ηλεκτρικές καταναλώσεις σε θέρμανση μειώθηκαν στο απόλυτο κατά 100% ενώ για την ψύξη αυξήθηκαν κατά 60.78% και στο σύνολο των δύο αυτών καταναλώσεων είχαμε αύξηση κατά 92.92%. Συνεπώς στην συγκεκριμένη εγκατάσταση καθοριστικό ρόλο είχαν τα φωτοβολταϊκά πάνελ τα οποία συνέβαλαν σημαντικά στην συνολική μείωση της ετήσιας κατανάλωσης του ηλεκτρισμού αλλά και στην επιμέρους κατανάλωση σε θέρμανση και όχι τόσο για την ψύξη. Αυτό μας δίνει το έναυσμα για περαιτέρω βελτίωση του συγκεκριμένου συστήματος.

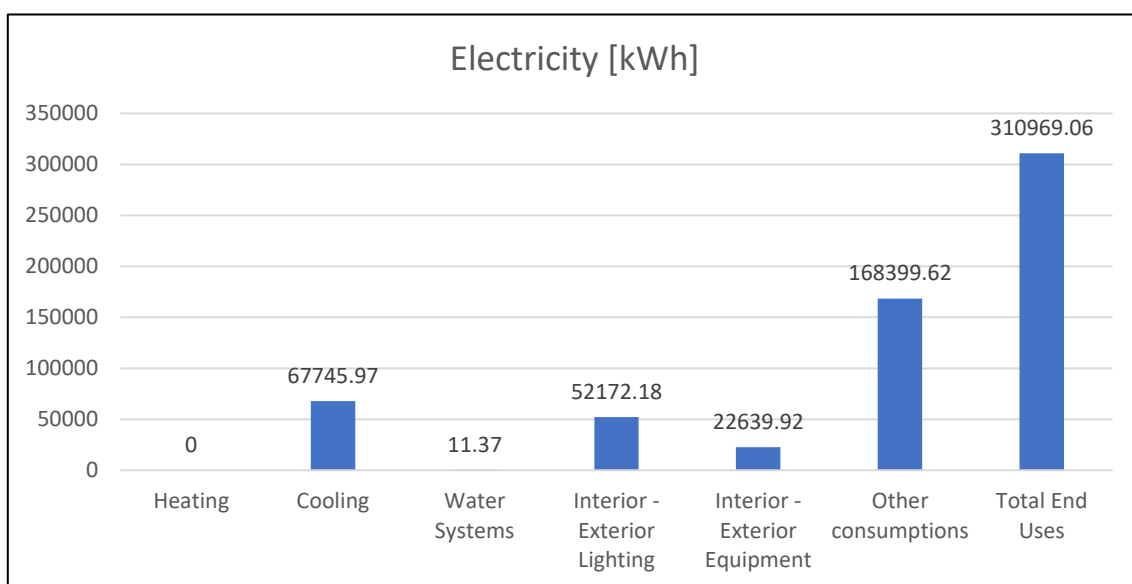
Πίνακας 45 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 9^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
1 ^η διορθωτική	3618.07	42492	46110.07
9 ^ο εναλλακτικό	0	68319.27	68319.27
Εξοικονόμηση	100.00%	-60.78%	-48.17%

6.10.1 Αποτελέσματα 10^{ου} σεναρίου

Πίνακας 46 Αποτελέσματα 10^{ου} σεναρίου

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	0	67745.97	11.37	52172.18	22639.92	168399.62	310969.06
Water [m3]	0	0	126144	0	0	0	126144



Εικόνα 152 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό 10^{ου} σεναρίου βελτιστοποίησης

Πίνακας 47 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης λόγω φωτοβολταϊκών

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0	0
High Temperature Geothermal*	0	0
Photovoltaic Power	202429.175	65.1
Wind Power	0	0
Power Conversion	-10121.46	-3.3
Net Decrease in On-Site Storage	0	0
Total On-Site Electric Sources	192307.716	61.84
Electricity Coming From Utility	170567.2	54.85
Surplus Electricity Going To Utility	51905.861	16.69
Net Electricity From Utility	118661.339	38.16
Total On-Site and Utility Electric Sources	310969.056	100
Total Electricity End Uses	310969.056	100

Συμπεράσματα

Όπως και στο 9^ο σενάριο οι ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις είναι και πάλι σε πολύ υψηλά επίπεδα όσο αφορά την ψύξη του κτηρίου αλλά και τις λοιπές καταναλώσεις σε σχέση με την θέρμανση στην οποία συνεχίσαμε να έχουμε μηδενική κατανάλωση. Οι λόγοι για τους οποίους έχουμε αυτά τα αποτελέσματα αναπτύχθηκαν στα αποτελέσματα του 9^{ου} σεναρίου. Πλέον παρατηρούμαι ότι αφαιρώντας τους ηλιακούς συλλέκτες η ηλεκτρική κατανάλωση για το νερό χρήσης σε σχέση με την 1^η διορθωτική ενέργεια μειώθηκε από 3.774,09 kWh σε 11.37 kWh ετησίως. Από την άλλη όμως όπως ήταν αναμενόμενο, μία αντλία θερμότητας προκειμένου να ανταπεξέλθει σε αυτές τις ανάγκες ζήτησης σε νερό αυξήθηκε η κατανάλωση του νερού σε κυβικά από 101.260,8 m³ σε 126.144 m³.

Ωστόσο παρότι είχαμε μια κατακόρυφη αύξηση της κατανάλωσης σε ψύξη και λοιπών καταναλώσεων, η συμβολή των φωτοβολταϊκών έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην συνολική κατανάλωση. Από τον πίνακα 46 παρατηρούμε τις συνολικές ετήσιες καταναλώσεις σε ηλεκτρισμό για όλες τις περιπτώσεις να είναι στα 310.969,056 kWh/year. Από τον πίνακα 47 παρατηρούμε ότι τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνεισφέρουν στο 65.10% της συνολικής ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτηρίου με άμεσο αποτέλεσμα οι συνολικές καταναλώσεις του κτηρίου από 310.969,056 kWh ετησίως να ανέρχονται πλέον στα 118.661,339kWh ετήσιες μαζί με τις ιδιοκαταναλώσεις.

Σε σύγκριση με την 1^η διορθωτική ενέργεια όπου οι συνολικές ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις ανέρχονται στις 126840.85 kWh/year παρατηρούμε ότι η χρήση των 87 τεμαχίων φωτοβολταϊκών επέφερε μία σημαντική μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης της τάξης του 6.45%, πράγμα που σημαίνει ότι η συγκεκριμένη εφαρμογή συστήματος είναι ικανή να επιφέρει μια εξοικονόμηση ενέργειας.

Πίνακας 48 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης λόγω Φ/Β μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 10^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Total End Uses
1 ^η διορθωτική	126.840,85
10 ^ο εναλλακτικό	118.661,34
Εξοικονόμηση	6.45%

Όσο αφορά την σύγκριση του παρόντος σεναρίου με την 1^η διορθωτική ενέργεια παρατηρούμε ότι οι ηλεκτρικές καταναλώσεις σε θέρμανση μειώθηκαν στο απόλυτο κατά 100% ενώ για την ψύξη αυξήθηκαν κατά 59.43% και στο σύνολο των δύο αυτών καταναλώσεων είχαμε αύξηση κατά 46.92%. Συνεπώς στην συγκεκριμένη εγκατάσταση καθοριστικό ρόλο είχαν τα φωτοβολταϊκά πάνελ τα οποία συνέβαλαν σημαντικά στην συνολική μείωση της ετήσιας κατανάλωσης του ηλεκτρισμού αλλά και στην επιμέρους κατανάλωση σε θέρμανση και όχι τόσο για την ψύξη. Αυτό μας δίνει το έναυσμα για περαιτέρω βελτίωση του συγκεκριμένου συστήματος.

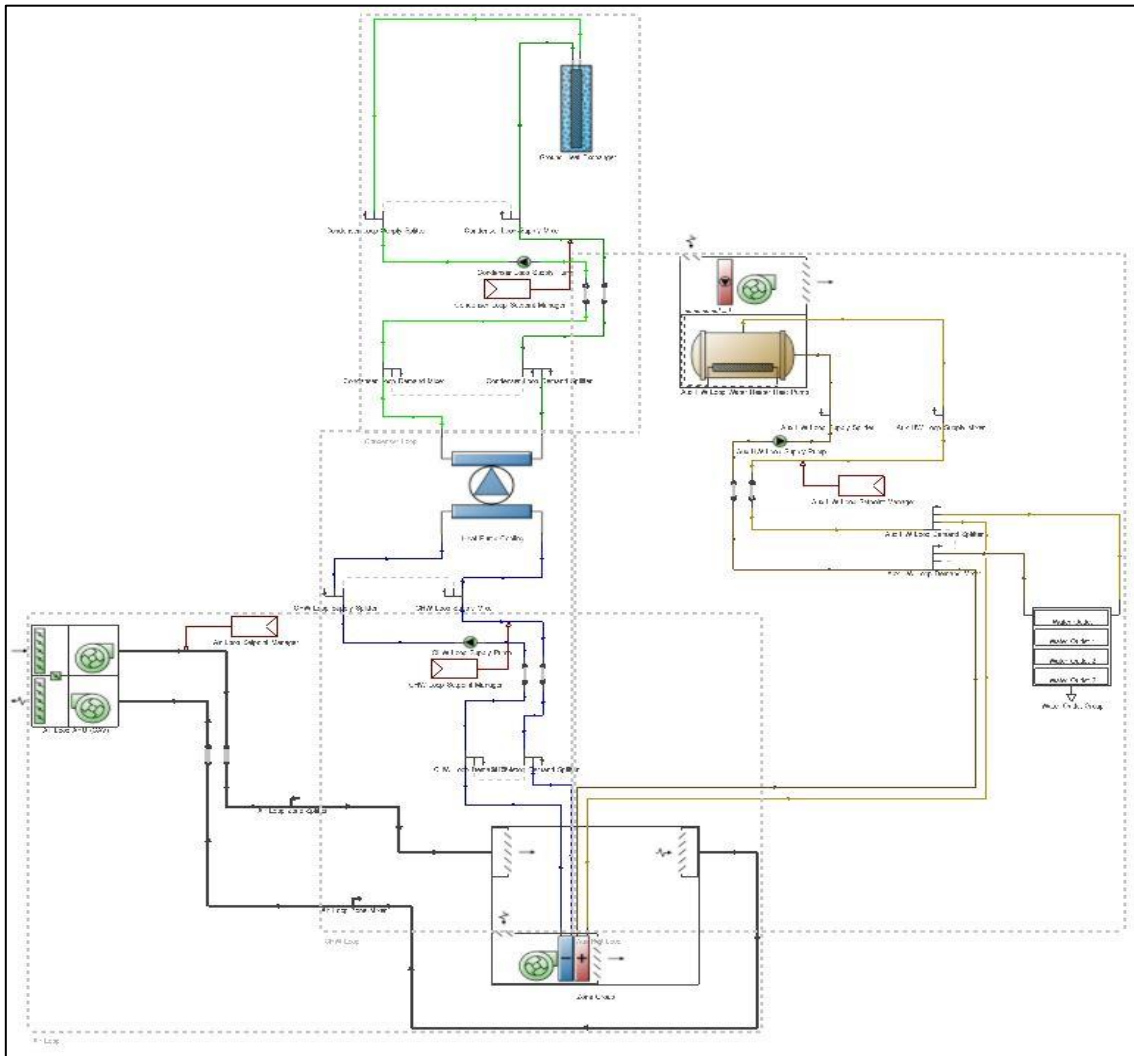
Πίνακας 49 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 10^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
1 ^η διορθωτική	3618.07	42492	46110.07
10 ^ο εναλλακτικό	0	67745.97	67745.97
Εξοικονόμηση	100.00%	-59.43%	-46.92%

6.11 Εφαρμογή 11^{ου} εναλλακτικού συστήματος

Το σενάριο αυτό είναι μία παραλλαγή του 10^{ου} σεναρίου αντικαθιστώντας την αερόψυκτη αντλία θερμότητας για την ψύξη με μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας η οποία θα τροφοδοτείται από έναν γεωθερμικό εναλλάκτη. Ο τρόπος λειτουργίας και εφαρμογής του γεωθερμικού εναλλάκτη είναι παρόμοιος και έχει αναφερθεί στα προηγούμενα σενάρια βελτιστοποίησης. Ο σκοπός για τον οποίο εφαρμόστηκε το συγκεκριμένο σενάριο του γεωθερμικού εναλλάκτη που τροφοδοτεί μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας, σε σχέση με τις ήδη προαναφερθείσες εφαρμογές του 3^{ου} και 5^{ου} σεναρίου, πέραν των πολύ καλών αποτελεσμάτων σε ηλεκτρικές καταναλώσεις τόσο σε θέρμανση όσο και σε ψύξη, είναι να παρατηρήσουμε πώς συμπεριφέρεται η συγκεκριμένη εφαρμογή σε συνδυασμό με μια αντλία θερμότητας αέρα νερού. Επιπλέον διατηρήθηκε το φωτοβολταϊκό σύστημα των 87 τεμαχίων όπως και στο σενάριο 10^ο, με σκοπό να εξετάσουμε αν λόγω της πολυπλοκότητας του συστήματος και των πολλών μηχανικών μερών, μπορούμε να έχουμε μια αξιόλογη μείωση στην ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση.

Παρακάτω δίνεται η εικόνα του συστήματος.

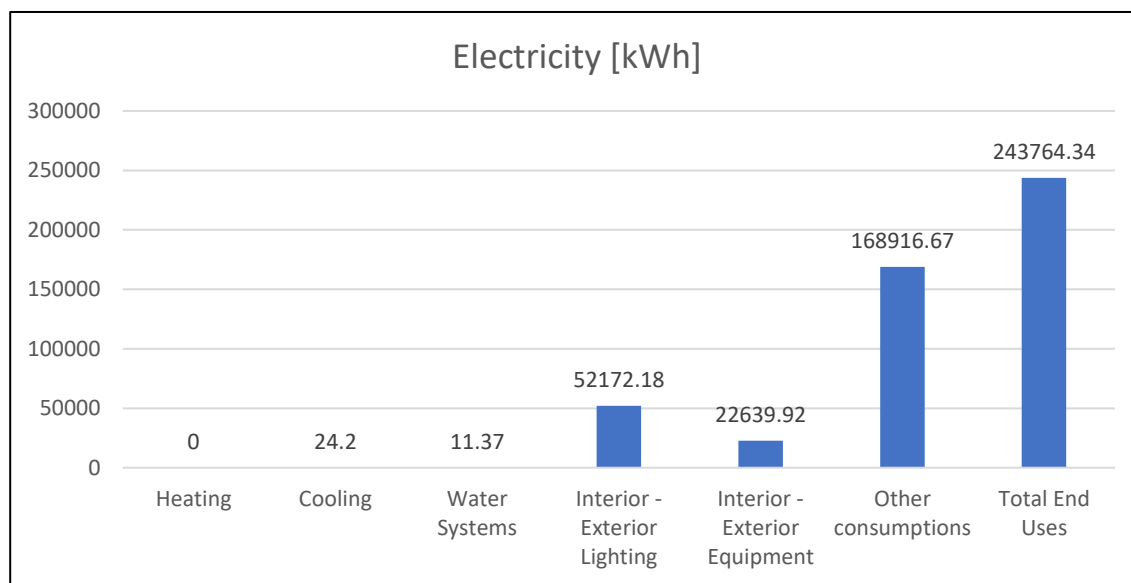


Εικόνα 153 Σύστημα HVAC 11^{ου} σεναρίου

6.11.1 Αποτελέσματα 11^{ου} σεναρίου

Πίνακας 50 Αποτελέσματα 11^{ου} σεναρίου

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	0	24.2	11.37	52172.18	22639.92	168916.67	243764.34
Water [m3]	0	0	126144	0	0	0	126144



Εικόνα 154 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό 11^{ου} σεναρίου βελτιστοποίησης

Πίνακας 51 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης λόγω φωτοβολταϊκών

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0	0
High Temperature Geothermal*	0	0
Photovoltaic Power	202429.175	83.04
Wind Power	0	0
Power Conversion	-10121.46	-4.2
Net Decrease in On-Site Storage	0	0
Total On-Site Electric Sources	192307.716	78.89
Electricity Coming From Utility	133804.447	54.89
Surplus Electricity Going To Utility	82347.83	33.78
Net Electricity From Utility	51456.616	21.11
Total On-Site and Utility Electric Sources	243764.333	100
Total Electricity End Uses	243764.333	100

Συμπεράσματα

Όπως ήταν αναμενόμενο οι ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις είναι σε υψηλά επίπεδα, ωστόσο παρατηρούμε ότι η μείωση στις καταναλώσεις σε θέρμανση είναι στο 100% και σε ψύξη στο 99.94% σε σχέση με τις υπόλοιπες καταναλώσεις οι οποίες παραμένουν σε υψηλά επίπεδα. Ο λόγος για τον οποίο επήλθε η σχεδόν μηδενική κατανάλωση για την ψύξη και η πλήρως μηδενική κατανάλωση στην θέρμανση είναι ότι η εφαρμογή του γεωθερμικού εναλλάκτη μας επιτρέπει να εκμεταλλευτούμε πλήρως τις σταθερές θερμοκρασιακές ιδιότητες του εδάφους χωρίς να δαπανάμε παραπάνω ηλεκτρική ενέργεια για την μετατροπή της θερμότητας. Επίσης ο chiller πλέον τροφοδοτείται από τον γεωθερμικό εναλλάκτη, όπου ένα μεγάλο μέρος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που θα χρειαζόταν για την ψύξη του νερού το οποίο θα τροφοδοτούσε τα FCU, γλυτώνετε διότι το νερό εισέρχεται στον chiller σε μεγαλύτερη θερμοκρασία συνεπώς η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια θα είναι πολύ λιγότερη. Όσο αφορά την θέρμανση ο λόγος για τον οποίο επήλθε η μηδενική κατανάλωση είναι ότι η αντλία θερμότητας απάγει θερμότητα από το περιβάλλον την οποία μεταφέρει έπειτα σε ένα ρευστό (νερό). Για το λόγο ότι η θερμότητα δεν παράγεται από την αντλία θερμότητας αλλά μεταφέρεται, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ χαμηλότερη.

Όσο παρότι οι συνολικές κατανάλωσης είναι σε υψηλά επίπεδα λόγω της πολυπλοκότητας του συστήματος, η συμβολή των φωτοβολταϊκών έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην συνολική κατανάλωση. Από τον πίνακα 50 παρατηρούμε τις συνολικές ετήσιες καταναλώσεις σε ηλεκτρισμό για όλες τις περιπτώσεις να είναι στα 243.764,333kWh/year. Από τον πίνακα 51 παρατηρούμε ότι τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνεισφέρουν στο 83.04% της συνολικής ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτηρίου με άμεσο αποτέλεσμα οι συνολικές καταναλώσεις του κτηρίου από 243.764,333 kWh ετησίως να ανέρχονται πλέον στα 51.456,616 kWh ετήσιες μαζί με τις ιδιοκαταναλώσεις.

Σε σύγκριση με την 1^η διορθωτική ενέργεια όπου οι συνολικές ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις ανέρχονται στις 126840.85 kWh/year παρατηρούμε ότι η χρήση των 87 τεμαχίων φωτοβολταϊκών επέφερε μία μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης της τάξης του 59.43%, πράγμα που σημαίνει ότι η συγκεκριμένη εφαρμογή συστήματος είναι ικανή να επιφέρει μια αξιόλογη εξοικονόμηση ενέργειας.

Πίνακας 52 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης λόφω Φ/Β μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 11^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Total End Uses
1 ^η διορθωτική	126.840,85
11 ^ο εναλλακτικό	51.456,63
Εξοικονόμηση	59.43%

Όσο αφορά την σύγκριση του παρόντος σεναρίου με την 1^η διορθωτική ενέργεια παρατηρούμε ότι οι ηλεκτρικές καταναλώσεις για τη θέρμανση μειώθηκαν στο απόλυτο κατά 100% , για την ψύξη μειώθηκαν κατά 99.94% και στο σύνολο των δύο αυτών καταναλώσεων κατά 99.95%. Συνεπώς στην συγκεκριμένη εγκατάσταση καθοριστικό ρόλο είχε πέραν των φωτοβολταϊκών πάνελ τα οποία συνέβαλαν σημαντικά στην συνολική μείωση της ετήσιας κατανάλωσης του ηλεκτρισμού και η επιλογή ενός σωστού συνδυασμού συστήματος HVAC.

Πίνακας 53 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 11^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
1 ^η διορθωτική	3618.07	42492	46110.07
11 ^ο εναλλακτικό	0	24.2	24.2
Εξοικονόμηση	100.00%	99.94%	99.95%

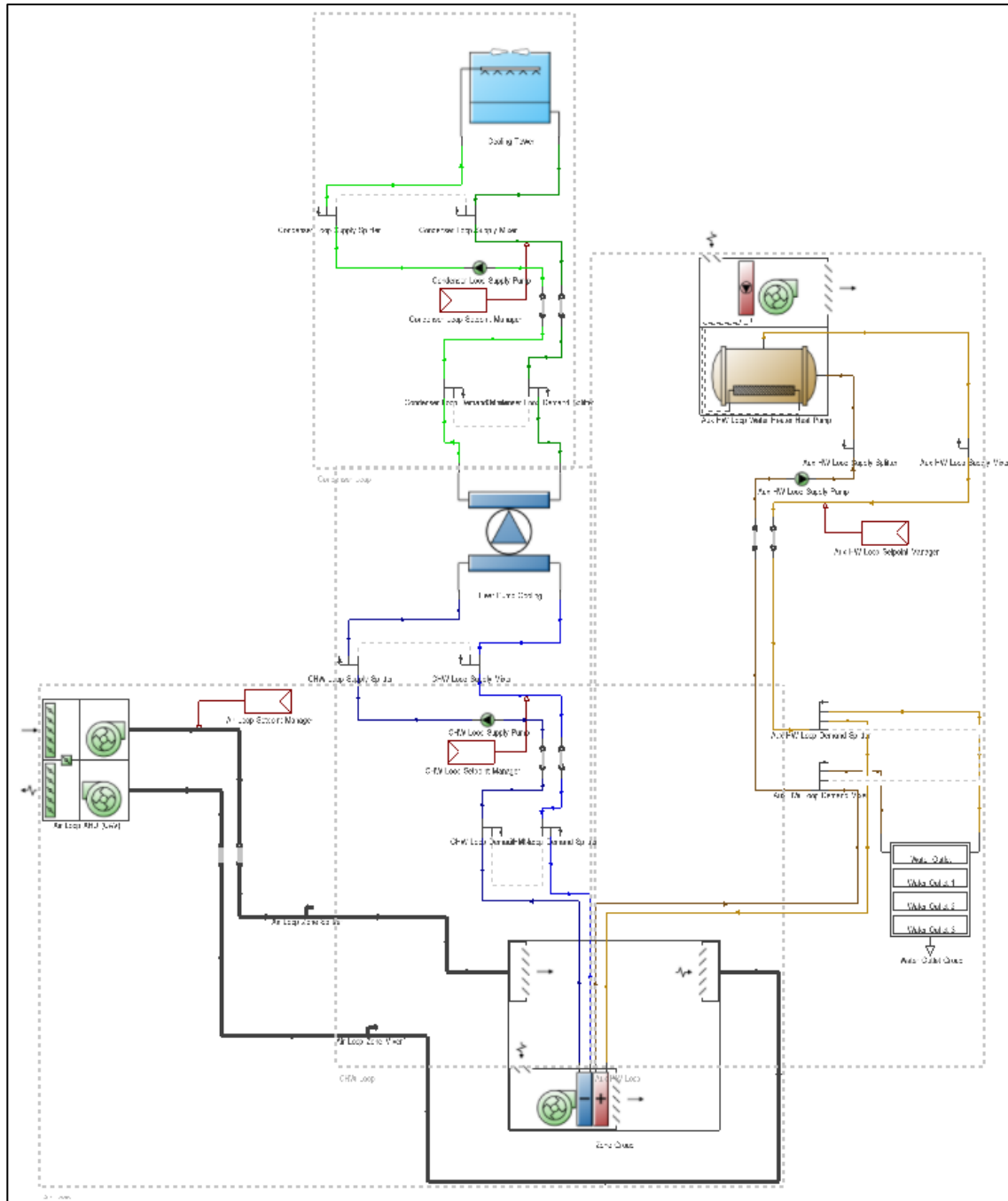
6.12 Εφαρμογή 12^{ου} εναλλακτικού συστήματος

Το σενάριο αυτό είναι μια παραλλαγή του 11^{ου} σεναρίου και ο λόγος για τον οποίο προέκυψε είναι ότι παρατηρήθηκε στο προηγούμενο σενάριο οι λοιπές καταναλώσεις σε ηλεκτρισμό να είναι σε υψηλά επίπεδα. Για αυτό δημιουργήθηκε η ανάγκη μιας βελτιωμένης λύσης προκυμμένου να εξετάσουμε αν μπορεί να μειωθεί η συγκεκριμένη κατανάλωση. Η αλλαγή η οποία πραγματοποιήθηκε σε σχέση με το 11^ο σενάριο ήταν η αφαίρεση του γεωθερμικού εναλλάκτη και η αντικατάστασή του από έναν πύργο ψύξης. Το υπόλοιπο σύστημα διατηρήθηκε όπως και στο σενάριο 11^ο. Ο πύργος ψύξης σε συνδυασμό με έναν υδρόψυκτο εναλλάκτη (chiller) λειτουργεί ως σύστημα κλειστού βρόγχου για την παροχή ψυχρού νερού για τον κλιματισμό. Το θερμότερο νερό από το κτήριο οδηγείται στον chiller ο οποίος χρησιμοποιεί ψυκτικό ρευστό σε εσωτερικό εναλλάκτη προκυμμένου να απορροφήσει θερμότητα από το νερό και να μειώσει την θερμοκρασία του νερού. Στην συνέχεια το ψυχόμενο αυτό νερό οδηγείται στον πύργο ψύξης ο οποίος κατανέμει το νερό σε μία σειρά πτερυγίων με αποτέλεσμα να αυξάνεται η επιφάνεια του νερού. Ο πύργος ψύξης διαθέτει στην οροφή του ανεμιστήρα ο οποίος αναρροφά αέρα από το εσωτερικό προς το περιβάλλον. Με την διαδικασία αυτή καθώς ο αέρας έρχεται σε επαφή με τις σειρές πτερυγίων, μέρος του νερού εξατμίζεται χάνοντας παράλληλα και θερμότητα με αποτέλεσμα να ψύχεται ακόμη περισσότερο το νερό. Το ψυχόμενο νερό επιστρέφει στη συνέχεια στον chiller για να ανακυκλοφορήσει στο υπόλοιπο σύστημα. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται συνεχώς για να παρέχεται σταθερή παροχή δροσερού νερού για τον κλιματισμό.

Ο συνδυασμός του chiller και του πύργου ψύξης είναι γνωστός ως "σύστημα ψυχρού νερού". Με τη χρήση του πύργου ψύξης για την απομάκρυνση της θερμότητας από το νερό, ο chiller είναι σε θέση να λειτουργεί πιο αποτελεσματικά και να εξοικονομεί ενέργεια. Ο πύργος ψύξης εξαλείφει επίσης την ανάγκη για ξεχωριστό σύστημα ψύξης για τον chiller, μειώνοντας το συνολικό κόστος.

Η εγκατάσταση ενός πύργου ψύξης σε συνδυασμό με έναν υδρόψυκτο chiller σε ένα σύστημα HVAC βοηθά στην απομάκρυνση της θερμότητας από το νερό που χρησιμοποιείται για τον κλιματισμό, παρέχοντας έτσι συνεχή παροχή δροσερού νερού στο σύστημα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα αποδοτικότερη λειτουργία και μειωμένη κατανάλωση ενέργειας σε σύγκριση με τη χρήση μόνο ενός αερόψυκτου chiller.

Παρακάτω δίνεται η εικόνα του συστήματος.

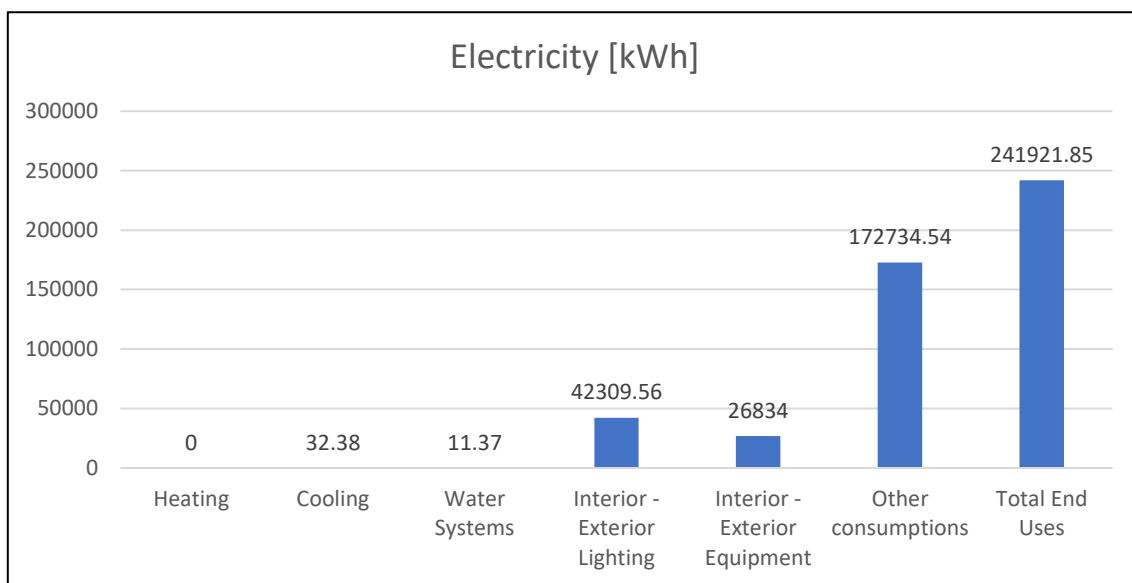


Εικόνα 155 Σύστημα HVAC 12^{ου} σκαρίου

6.12.1 Αποτελέσματα 12^{ου} σεναρίου

Πίνακας 54 Αποτελέσματα 12^{ου} σεναρίου

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	0	32.38	11.37	42309.56	26834	172734.54	241921.85
Water [m3]	0	0	126144	0	0	0	126144



Εικόνα 156 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό 12^{ου} σεναρίου βελτιστοποίησης

Πίνακας 55 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης λόγω φωτοβολταϊκών

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0	0
High Temperature Geothermal*	0	0
Photovoltaic Power	202429.175	83.68
Wind Power	0	0
Power Conversion	-10121.46	-4.2
Net Decrease in On-Site Storage	0	0
Total On-Site Electric Sources	192307.716	79.49
Electricity Coming From Utility	128613.824	53.16
Surplus Electricity Going To Utility	78999.695	32.66
Net Electricity From Utility	49614.129	20.51
Total On-Site and Utility Electric Sources	241921.845	100
Total Electricity End Uses	241921.845	100

Συμπεράσματα

Ο σκοπός του συγκεκριμένου σεναρίου ήταν να προσπαθήσουμε να μειώσουμε τις λοιπές καταναλώσεις σε σχέση με το 11^ο σενάριο καθώς παρατηρήθηκαν να είναι σε πολύ υψηλά επίπεδα. Παρόλα αυτά και σε αυτό το σενάριο παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο, πράγμα που σημαίνει ότι για να μπορέσουμε να μειώσουμε τις λοιπές καταναλώσεις, οι οποίες περιέχουν καταναλώσεις από (ανεμιστήρες, αντλίες, απορριπτόμενη θερμότητα, κτλ) θα πρέπει να εφαρμόσουμε μία διαφορετική τεχνική η οποία θα είναι περισσότερο στοχευμένη στις συγκεκριμένες απαιτήσεις.

Ωστόσο παρότι οι συνολικές κατανάλωσης είναι σε υψηλά επίπεδα λόγω της πολυπλοκότητας του συστήματος, η συμβολή των φωτοβολταϊκών έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην συνολική κατανάλωση. Από τον πίνακα 54 παρατηρούμε τις συνολικές ετήσιες καταναλώσεις σε ηλεκτρισμό για όλες τις περιπτώσεις να είναι στα 241.921,845 kWh/year. Από τον πίνακα 55 παρατηρούμε ότι τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνεισφέρουν στο 83.68% της συνολικής ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτηρίου με άμεσο αποτέλεσμα οι συνολικές καταναλώσεις του κτηρίου από 241.921,845 kWh ετησίως να ανέρχονται πλέον στα 49.614,129 kWh ετήσιες μαζί με τις ιδιοκαταναλώσεις.

Σε σύγκριση με την 1^η διορθωτική ενέργεια όπου οι συνολικές ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις ανέρχονται στις 126.840,85 kWh/year παρατηρούμε ότι η χρήση των 87 τεμαχίων φωτοβολταϊκών επέφερε μία μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης της τάξης του 60.88%, πράγμα που σημαίνει ότι η συγκεκριμένη εφαρμογή συστήματος είναι ικανή να επιφέρει μια αξιόλογη εξοικονόμηση ενέργειας.

Πίνακας 56 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης λόγω Φ/Β μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 12^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Total End Uses
1 ^η διορθωτική	126.840,85
12 ^ο εναλλακτικό	49.614,129
Εξοικονόμηση	59.43%

Όσο αφορά την σύγκριση του παρόντος σεναρίου με την 1^η διορθωτική ενέργεια παρατηρούμε ότι οι ηλεκτρικές καταναλώσεις για τη θέρμανση μειώθηκαν στο απόλυτο κατά 100% , για την ψύξη μειώθηκαν κατά 99.92% και στο σύνολο των δύο αυτών καταναλώσεων κατά 99.93%. Συνεπώς στην συγκεκριμένη εγκατάσταση καθοριστικό ρόλο είχε πέραν των φωτοβολταϊκών πάνελ τα οποία συνέβαλαν σημαντικά στην συνολική μείωση της ετήσιας κατανάλωσης του ηλεκτρισμού και η επιλογή ενός σωστού συνδυασμού συστήματος HVAC. Παρόλα αυτά σε σύγκριση με το 11^ο σενάριο βρισκόμαστε σε σταθερά επίπεδα.

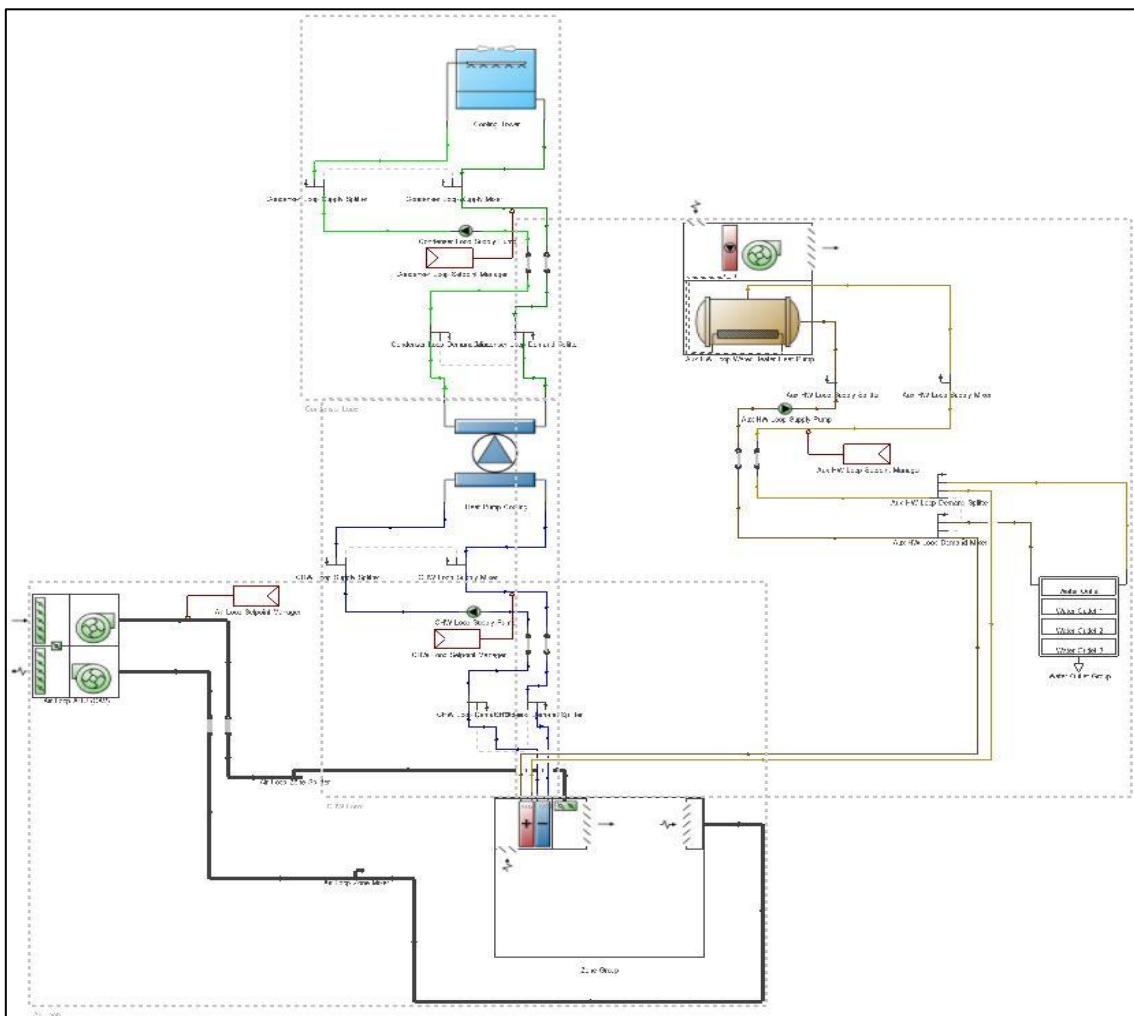
Πίνακας 57 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 12^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
1 ^η διορθωτική	3618.07	42492	46110.07
12 ^ο εναλλακτικό	0	32.38	32.38
Εξοικονόμηση	100.00%	99.92%	99.93%

6.13 Εφαρμογή 13^{ου} εναλλακτικού συστήματος

Το σενάριο αυτό είναι μια παραλλαγή του 12^{ου} σεναρίου και ο λόγος για τον οποίο προέκυψε είναι ότι παρατηρήθηκε στο προηγούμενο σενάριο όπως και στο 11^ο σενάριο, οι λοιπές καταναλώσεις σε ηλεκτρισμό να είναι σε υψηλά επίπεδα. Για αυτό δημιουργήθηκε η ανάγκη μιας βελτιωμένης λύσης προκυμμένου να εξετάσουμε αν μπορεί να μειωθεί η συγκεκριμένη κατανάλωση. Η αλλαγή η οποία πραγματοποιήθηκε σε σχέση με το 12^ο σενάριο ήταν η αφαίρεση των τερματικών μονάδων FCU και η αντικατάστασή τους από τερματικές μονάδες επαγωγής τεσσάρων σωλήνων (Four Pipe Induction Unit ADU- Active Displacement Unit). Οι μονάδες ADU είναι ένας τύπος συστήματος HVAC που χρησιμοποιούν συνδυασμό αέρα και νερό για την παροχή θέρμανσης και ψύξης σε διαφορετικές ζώνες εντός του κτηρίου. Στην παρούσα εγκατάσταση το εργαζόμενο μέσο (νερό) που κυκλοφορεί στην υπόλοιπη εγκατάσταση εισέρχεται στις μονάδες επαγωγής που βρίσκονται σε κάθε ζώνη. Οι μονάδες αυτές τοποθετούνται στην οροφή και συνδέονται συνήθως με έναν αγωγό προσαγωγής αέρα και έναν αγωγό επιστροφής, χρησιμοποιούν σύγχρονα εξαρτήματα όπως ανεμιστήρες οι οποίοι διαθέτουν έλεγχο εισόδου της ροής του αέρα, επιπλέον διαθέτουν πηνία ψύξης και θέρμανσης τα οποία συνδέονται αντίστοιχα με τις σωληνώσεις δικτύου του νερού ψύξης και θέρμανσης. Το υπόλοιπο σύστημα διατηρήθηκε όπως και στο σενάριο 12^ο.

Παρακάτω δίνεται η εικόνα του συστήματος.

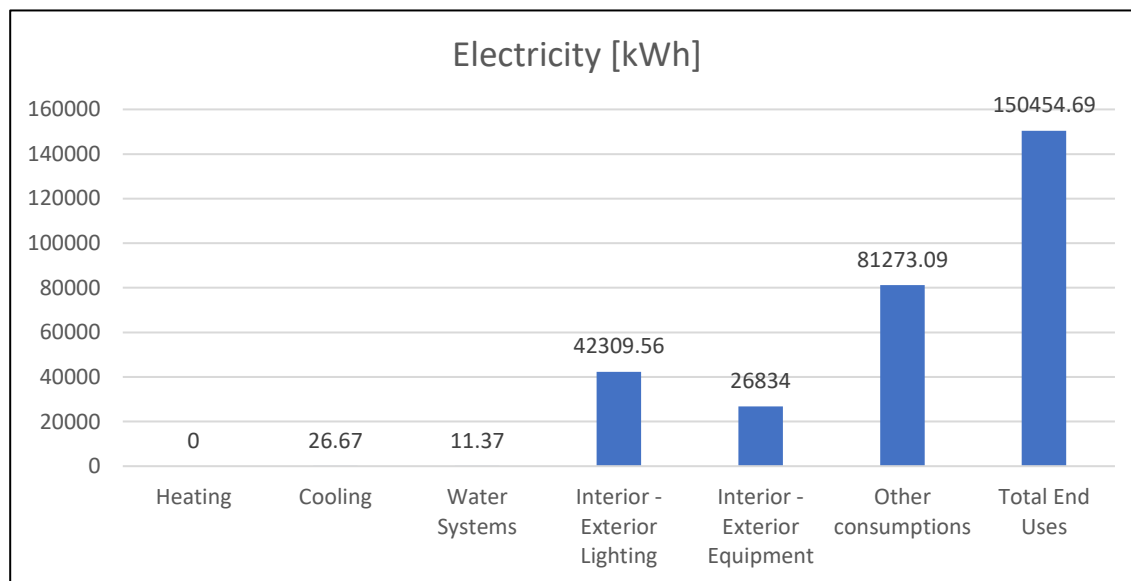


Εικόνα 157 Σύστημα HVAC 13^{ου} σεναρίου

6.13.1 Αποτελέσματα 13^{ου} σεναρίου

Πίνακας 58 Αποτελέσματα 13^{ου} σεναρίου

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	0	26.67	11.37	42309.56	26834	81273.09	150454.69
Water [m3]	0	0	126144	0	0	0	126144



Εικόνα 158 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό 13^{ου} σεναρίου βελτιστοποίησης

Πίνακας 59 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης λόγω φωτοβολταϊκών

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0	0
High Temperature Geothermal*	0	0
Photovoltaic Power	202429.175	134.54
Wind Power	0	0
Power Conversion	-10121.46	-6.7
Net Decrease in On-Site Storage	0	0
Total On-Site Electric Sources	192307.716	127.82
Electricity Coming From Utility	63521.921	42.22
Surplus Electricity Going To Utility	105374.945	70.04
Net Electricity From Utility	-41853.02	-27.8
Total On-Site and Utility Electric Sources	150454.693	100
Total Electricity End Uses	150454.693	100

Συμπεράσματα

Ο σκοπός του συγκεκριμένου σεναρίου ήταν να προσπαθήσουμε να μειώσουμε τις λοιπές καταναλώσεις σε σχέση με το 12^ο και 11^ο σενάριο καθώς παρατηρήθηκαν να είναι σε πολύ υψηλά επίπεδα. Το αποτέλεσμα που προέκυψε είναι ικανοποιητικό καθώς παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη μείωση στις λοιπές καταναλώσεις με άμεση συνέπεια και στις συνολικές ετήσιες καταναλώσεις.

Ωστόσο παρότι οι συνολικές κατανάλωσης μειώθηκαν αισθητά, η συμβολή των φωτοβολταϊκών έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην συνολική κατανάλωση. Από τον πίνακα 58 παρατηρούμε τις συνολικές ετήσιες καταναλώσεις σε ηλεκτρισμό για όλες τις περιπτώσεις να είναι στα 150.454,693 kWh/year. Από τον πίνακα 59 παρατηρούμε ότι τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνεισφέρουν στο 134.54% της συνολικής ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτηρίου με άμεσο αποτέλεσμα οι συνολικές καταναλώσεις του κτηρίου από 150.454,693 kWh ετησίως να ανέρχονται πλέον στα -41.853,02 kWh ετήσιες μαζί με τις ιδιοκαταναλώσεις. Από τα αποτελέσματα αυτά αντιλαμβανόμαστε ότι το συγκεκριμένο σύστημα μαζί με την συμβολή των φωτοβολταϊκών είναι ικανό να επιφέρει την απαιτούμενη και ζητούμενη εξοικονόμηση ενέργειας προκειμένου να έχουμε ένα κτήριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.

Σε σύγκριση με την 1^η διορθωτική ενέργεια όπου οι συνολικές ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις ανέρχονται στις 126.840,85 kWh/year παρατηρούμε ότι η χρήση των 87 τεμαχίων φωτοβολταϊκών επέφερε μία μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης της τάξης του 134.54%, πράγμα που σημαίνει ότι η συγκεκριμένη εφαρμογή συστήματος καλύπτει πλήρως τις ανάγκες για ηλεκτρισμό και επίσης δημιουργείτε και περίσσεια ενέργειας η οποία επιστρέφεται στο δίκτυο καθώς στη συγκεκριμένη έκδοση του λογισμικού δεν μπορούμε να κάνουμε χρήση μπαταριών.

Πίνακας 60 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης λόγω Φ/Β μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 13^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Total End Uses
1 ^η διορθωτική	126840.85
13 ^ο εναλλακτικό	-41853.025
Εξοικονόμηση	134.54%

Όσο αφορά την σύγκριση του παρόντος σεναρίου με την 1^η διορθωτική ενέργεια παρατηρούμε ότι οι ηλεκτρικές καταναλώσεις για τη θέρμανση μειώθηκαν στο απόλυτο κατά 100% , για την ψύξη μειώθηκαν κατά 99.94% και στο σύνολο των δύο αυτών καταναλώσεων κατά 99.94%. Συνεπώς στην συγκεκριμένη εγκατάσταση καθοριστικό ρόλο είχε πέραν των φωτοβολταϊκών πάνελ τα οποία συνέβαλαν σημαντικά στην συνολική μείωση της ετήσιας κατανάλωσης του ηλεκτρισμού και η επιλογή ενός σωστού συνδυασμού συστήματος HVAC. Παρόλα αυτά σε σύγκριση με το 11^ο και 12^ο σενάριο βρισκόμαστε σε σταθερά επίπεδα.

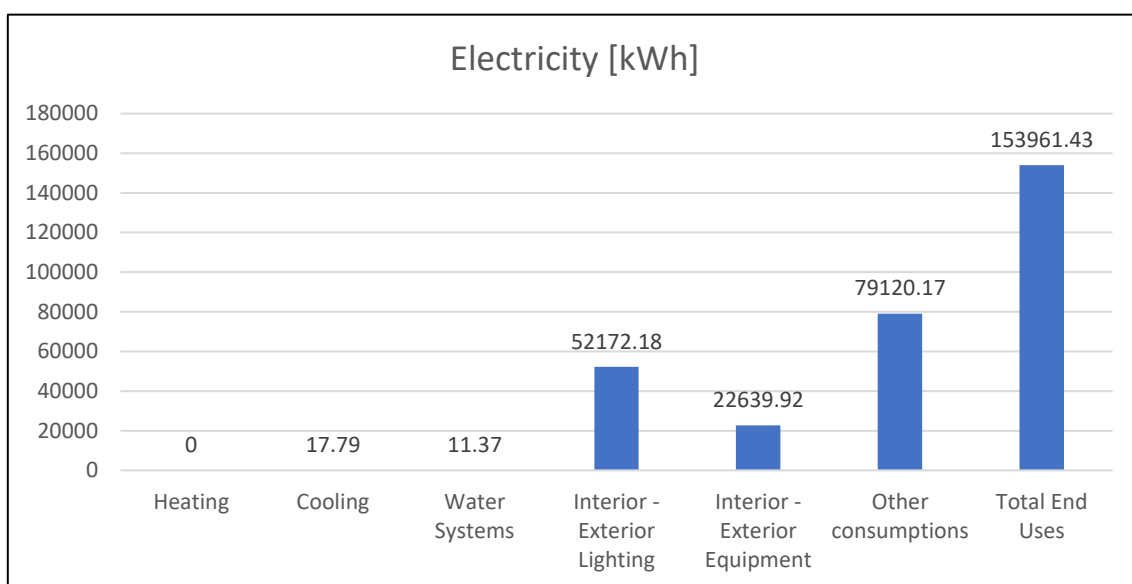
Πίνακας 61 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 13^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
1 ^η διορθωτική	3618.07	42492	46110.07
12 ^ο εναλλακτικό	0	26.67	26.67
Εξοικονόμηση	100.00%	99.94%	99.94%

6.14.1 Αποτελέσματα 14^{ου} σεναρίου

Πίνακας 62 Αποτελέσματα 14^{ου} σεναρίου

	Heating	Cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses
Electricity [kWh]	0	17.79	11.37	52172.18	22639.92	79120.17	153961.43
Water [m3]	0	0	126144	0	0	0	126144



Εικόνα 160 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό 14^{ου} σεναρίου βελτιστοποίησης

Πίνακας 63 Αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης λόγω φωτοβολταϊκών

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0	0
High Temperature Geothermal*	0	0
Photovoltaic Power	202429.175	131.48
Wind Power	0	0
Power Conversion	-10121.46	-6.6
Net Decrease in On-Site Storage	0	0
Total On-Site Electric Sources	192307.716	124.91
Electricity Coming From Utility	70380.342	45.71
Surplus Electricity Going To Utility	108726.629	70.62
Net Electricity From Utility	-38346.29	-24.9
Total On-Site and Utility Electric Sources	153961.429	100
Total Electricity End Uses	153961.429	100

Συμπεράσματα

Ο σκοπός του συγκεκριμένου σεναρίου ήταν να εξετάσουμε αν ο συγκεκριμένος συνδυασμός συστημάτων θα μας επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα όσο αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας προκειμένου να επιτύχουμε κτήριο μηδενικής κατανάλωσης.

Ωστόσο παρότι οι συνολικές κατανάλωσης μειώθηκαν αισθητά, η συμβολή των φωτοβολταϊκών έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην συνολική κατανάλωση. Από τον πίνακα 62 παρατηρούμε τις συνολικές ετήσιες καταναλώσεις σε ηλεκτρισμό για όλες τις περιπτώσεις να είναι στα 153.961,429 kWh/year. Από τον πίνακα 63 παρατηρούμε ότι τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνεισφέρουν στο 131.48% της συνολικής ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτηρίου με άμεσο αποτέλεσμα οι συνολικές καταναλώσεις του κτηρίου από 153.961,429 kWh ετησίως να ανέρχονται πλέον στα -38.346,29kWh ετήσιες μαζί με τις ιδιοκαταναλώσεις. Από τα αποτελέσματα αυτά αντιλαμβανόμαστε ότι το συγκεκριμένο σύστημα μαζί με την συμβολή των φωτοβολταϊκών είναι ικανό να επιφέρει την απαιτούμενη και ζητούμενη εξοικονόμηση ενέργειας προκειμένου να έχουμε ένα κτήριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.

Σε σύγκριση με την 1^η διορθωτική ενέργεια όπου οι συνολικές ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις ανέρχονται στις 126.840,85 kWh/year παρατηρούμε ότι η χρήση των 87 τεμαχίων φωτοβολταϊκών επέφερε μία μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης της τάξης του 131.48%, πράγμα που σημαίνει ότι η συγκεκριμένη εφαρμογή συστήματος καλύπτει πλήρως τις ανάγκες για ηλεκτρισμό και επίσης δημιουργείτε και περίσσεια ενέργειας η οποία επιστρέφεται στο δίκτυο καθώς στη συγκεκριμένη έκδοση του λογισμικού δεν μπορούμε να κάνουμε χρήση μπαταριών.

Πίνακας 64 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης λόγω Φ/Β μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 14^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Total End Uses
1 ^η διορθωτική	126840.85
13 ^ο εναλλακτικό	-38346.285
Εξοικονόμηση	130.23%

Όσο αφορά την σύγκριση του παρόντος σεναρίου με την 1^η διορθωτική ενέργεια παρατηρούμε ότι οι ηλεκτρικές καταναλώσεις για τη θέρμανση μειώθηκαν στο απόλυτο κατά 100% , για την ψύξη μειώθηκαν κατά 99.96% και στο σύνολο των δύο αυτών καταναλώσεων κατά 99.96%. Συνεπώς στην συγκεκριμένη εγκατάσταση καθοριστικό ρόλο είχε πέραν των φωτοβολταϊκών πάνελ τα οποία συνέβαλαν σημαντικά στην συνολική μείωση της ετήσιας κατανάλωσης του ηλεκτρισμού και η επιλογή ενός σωστού συνδυασμού συστήματος HVAC. Παρόλα αυτά σε σύγκριση με το 11^ο, 12^ο και 13^ο σενάριο βρισκόμαστε σε σταθερά επίπεδα μεν αλλά λίγο παραπάνω βελτιωμένα.

Πίνακας 65 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης μεταξύ 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας και 14^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

Electricity [kWh]	Heating	Cooling	Σύνολο
1 ^η διορθωτική	3618.07	42492	46110.07
12 ^ο εναλλακτικό	0	17.79	17.79
Εξοικονόμηση	100.00%	99.96%	99.96%

6.15 Συγκρίσεις

Στον πίνακα 66 όπως φαίνεται παρακάτω συγκρίνοντας όλα τα αποτελέσματα των σεναρίων που αναπτυχθήκαν στις προηγούμενες παραγράφους διαπιστώνεται ότι το σενάριο 14^ο είναι το πιο αποδοτικό όλων των υπολοίπων. Το γεγονός αυτό επιτευχθεί με τον κατάλληλο συνδυασμό συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, τα οποία συνέβαλαν στην τελική ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας του κτηρίου, επιτυγχάνοντας με αυτό τον τρόπο ένα κτήριο συμπεριφοράς σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης.

Πίνακας 66 Αποτελέσματα των ετήσιων ηλεκτρικών καταναλώσεων (kWh/year) όλων των σεναρίων

	Heating	Cooling	total heating/cooling	Water Systems	Interior - Exterior Lighting	Interior - Exterior Equipment	Other consumptions	Total End Uses	PV	Εξοικ/μηση σε θέρμανση & ψύξη	Total End Uses λόγω Φ/β	Ποσοστό συμμετοχής στον ηλεκ/σμό λόγω Φ/β	Εξοικ/μηση για όλο τον ηλεκτρισμό λόγω PV
Basic	2213.43	48609.49	50822.92	3774.09	52894.25	23175.92	2309.37	132976.55					
1η Διορθ. Ενέργ.	3618.07	42492	46110.07	3774.09	52172.18	22639.92	2144.59	126840.85					
1ο σενάριο	16.34	57676.86	57693.2	3774.09	52172.18	22639.92	16126.81	152406.2		-25.12%			
2ο σενάριο	30103.29	45470.94	75574.23	3774.09	52172.18	22639.92	16017.52	170177.94		-63.90%			
3ο σενάριο	6041.36	10496.56	16537.92	3774.09	52172.18	22639.92	18324.14	113448.25		64.13%			
4ο σενάριο	35731.88	65167.66	100899.54	3774.09	52172.18	22639.92	198157.53	377643.26		-118.82%			
5ο σενάριο	2720.66	1026.21	3746.87	3774.09	52172.18	22639.92	198559.85	280892.91		91.87%			
6ο σενάριο	2170.88	1000.01	3170.89	3774.09	52172.18	22639.92	191603.75	273360.83	47266.016	93.12%	228458.118	17.29%	-80.11%
7ο σενάριο	2279.14	945.79	3224.93	3774.09	52172.18	22639.92	177102.48	258913.6	141559.122	93.01%	124432.443	54.67%	1.90%
8ο σενάριο	2352.44	910.38	3262.82	3774.09	52172.18	22639.92	167784.49	249633.5	202429.175	92.92%	57325.783	81.09%	54.80%
9ο σενάριο	0	68319.27	68319.27	3785.46	52172.18	22639.92	168175.12	315091.95	202429.175	-48.17%	122784.236	64.24%	3.20%
10ο σενάριο	0	67745.97	67745.97	11.37	52172.18	22639.92	168399.62	310969.06	202429.175	-46.92%	51905.861	65.10%	6.45%
11ο σενάριο	0	24.2	24.2	11.37	52172.18	22639.92	168916.67	243764.34	202429.175	99.95%	51456.616	83.04%	59.43%
12ο σενάριο	0	32.38	32.38	11.37	42309.56	26834	172734.54	241921.85	202429.175	99.93%	49614.129	83.68%	60.88%
13ο σενάριο	0	26.67	26.67	11.37	42309.56	26834	81273.09	150454.69	202429.175	99.94%	-41853.02	134.54%	133.00%
14ο σενάριο	0	17.79	17.79	11.37	52172.18	22639.92	79120.17	153961.43	202429.175	99.96%	-38346.29	131.48	130.23%

7. Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

7.1 Συμπεράσματα

Ο σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι να ερευνηθεί μέσα από τις εφαρμογές διαφορετικών σεναρίων συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, πιο σύστημα είναι περισσότερο αποδοτικό ως προς την ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου. Δόθηκε μεγάλη έμφαση τόσο στους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας, όσο και στην χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για κάλυψη των αναγκών τόσο σε θέρμανση όσο και σε ψύξη αλλά και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Έχοντας ως γνώμονα ότι τα κτήρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας θα αποτελέσουν το μέλλον του κτηριακού τομέα με σκοπό την ανάπτυξη νέων οικοδομήσιμων βιοκλιματικών κτηρίων χωρίς ταυτόχρονα να προκαλούνται αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, έγινε προσπάθεια ανάπτυξης ενός θεωρητικού μοντέλου κτηρίου βασισμένο σε πραγματικές παραμέτρους στηριζόμενο στην τεχνική οδηγία και νομοθεσία της Ελλάδος.

Στα πλαίσια της παρούσης διπλωματικής εργασίας μελετήθηκε ένα κτήριο στην περιοχή του Ελληνικού του νομού Αττικής στην Ελλάδα. Αρχικά προηγήθηκε η τρισδιάστατη σχεδίαση του κτηρίου στο λογισμικό DesignBuilder και μέσω αυτού έγιναν οι ενεργειακές προσομοιώσεις, εισάγοντας στο λογισμικό τα απαραίτητα δεδομένα, λόγω χάρη κλιματικά δεδομένα της περιοχής, προκυμμένου να γίνει η εκλογή των αποτελεσμάτων όπως είναι οι θερμικές και ψυκτικές απώλειες του συνολικού κτηρίου ή κάθε χώρου ξεχωριστά. Στην συνέχεια εφαρμόστηκαν διαφορετικά σενάρια συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού και έπειτα έγινε η σύγκριση των αποτελεσμάτων τους με το κτήριο αναφοράς το οποίο θεωρήθηκε το σενάριο εκείνο στο οποίο εφαρμόστηκε εκ των προτέρων ως 1^η διορθωτική ενέργεια η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης. Επίσης μέσω του λογισμικού ClimateConsultants αξιοποιήθηκαν τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής με απώτερο σκοπό την ορθή αξιολόγηση τους προκυμμένου να γίνει η κατάλληλη επιλογή εφαρμογής των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού. Τα δεκατέσσερα σενάρια τα οποία υλοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη βασίστηκαν σε ήδη υπάρχουσες εγκατεστημένες εφαρμογές που χρησιμοποιούνται σε όλα τα είδη των κτηρίων. Τα συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν στα σενάρια είναι επιγραμματικά: λέβητας πετρελαίου, αερόψυκτες και υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας, ηλιακοί συλλέκτες, αντλία θερμότητας μεταβλητής ροής ψυκτικού υγρού (VRF), τερματικές εσωτερικές μονάδες (τύπου fan coil unit ή Four Pipe Induction Unit ADU), γεωθερμικός εναλλάκτης, φωτοβολταϊκά πάνελ, αντλία θερμότητας αέρα-νερού, πύργος ψύξης. Η σύγκριση όλων των σεναρίων με το σενάριο της 1^{ης} διορθωτικής ενέργειας είχε ως αποτέλεσμα την επιλογή του 14^{ου} σεναρίου ως το πιο αποδοτικό. Στο σενάριο αυτό χρησιμοποιήθηκε μία κεντρική κλιματιστική μονάδα παραγωγής νωπού αέρα (AHU), γεωθερμικός εναλλάκτης, αντλία θερμότητας αέρα-νερού, αερόψυκτη αντλία θερμότητας (Chiller) και τερματικές μονάδες Four Pipe Induction Unit ADU, όπου επετεύχθη σχεδόν μηδενική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτηρίου. Η σύγκριση του 14^{ου} με τον υπολοίπων σε σχέση με τη 1^η διορθωτική ενέργεια επέφερε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 99.96%. Ο λόγος αυτής της επίτευξης οφείλεται κυρίως στην χρήση της γεωθερμίας λόγω των σταθερών θερμοκρασιακών συνθηκών καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και της ηλιακής ακτινοβολίας την οποία εκμεταλλευόμαστε σε ένα μεγάλο ετήσιο ποσοστό.

Στην εργασία που μελετήθηκε ερευνήθηκε ο τρόπος με τον οποίο τα διαφορετικά συστήματα και τεχνολογίες μπορούν να συνδυαστούν δημιουργώντας ένα κτήριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης. Επίσης περιγράφηκε η λειτουργία του λογισμικού προσομοιώσεων DesignBuilder, το οποίο είναι ένα βασικό εργαλείο για κάποιον μελετητή που επιθυμεί να ασχοληθεί με τις ενεργειακές προσομοιώσεις κτηρίων. Επιπλέον από τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από τις προσομοιώσεις, προκύπτουν ενδιαφέρονται συμπεράσματα τα οποία ενδεχομένως να είναι και αντικείμενο για περαιτέρω έρευνα και βελτίωσης των ήδη υπαρχόντων.

7.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Σύμφωνα με την παρούσα εργασία ως αντικείμενο μελλοντικής επιστημονικής έρευνας θα μπορούσε να είναι σε πρώτη ενέργεια η περαιτέρω εμβάθυνση στην ερμηνευση των αποτελεσμάτων του κάθε σεναρίου ξεχωριστά και έπειτα η εφαρμογή τεχνοοικονομικής ανάλυσης όλων των προαναφερθέντων σεναρίων προκειμένου να εξετασθεί όχι μόνο η αποδοτικότητα της ενεργειακής τους συμπεριφοράς αλλά και η αξιολόγηση τους ως προς την οικονομική τους πτυχή. Ο τελικός σκοπός είναι μέσα από τις συγκρίσεις και των ενεργειακών αποτελεσμάτων αλλά και του οικονομικού παράγοντα να καταφέρουμε να επιλέξουμε εκείνο το σενάριο στο οποίο η απόσβεση της επένδυσης να είναι με την μικρότερη διάρκεια ζωής.

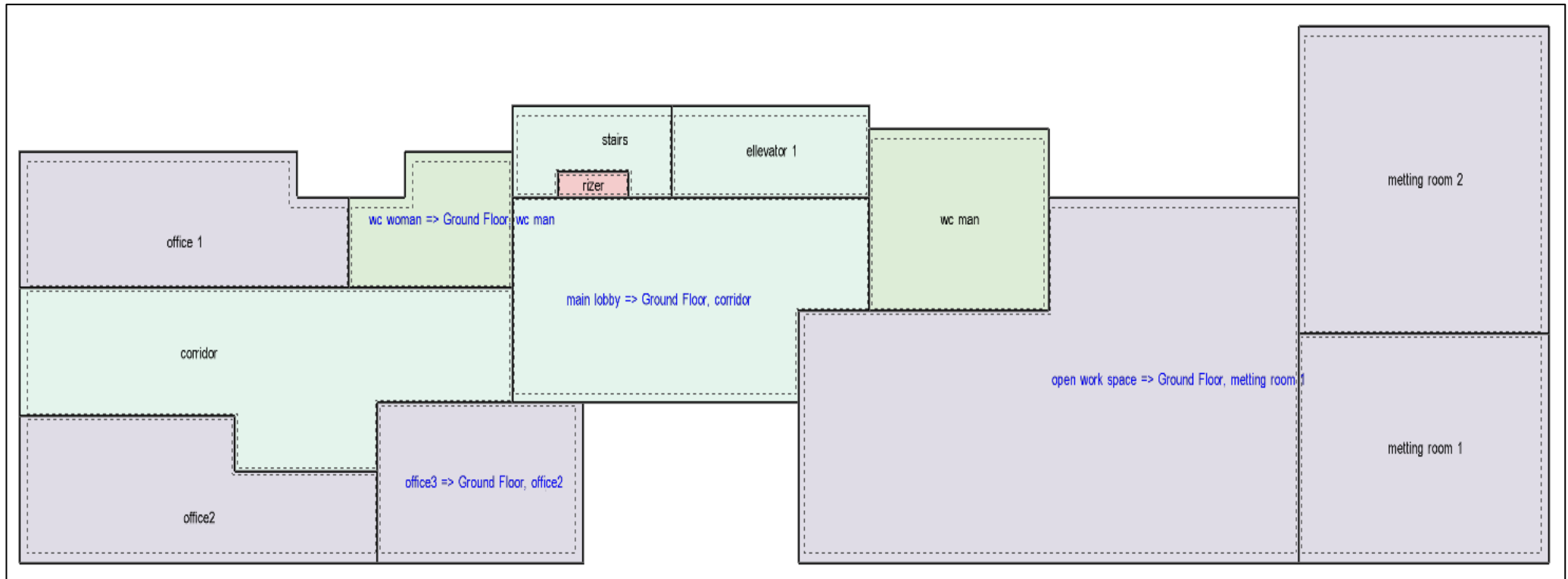
8. Βιβλιογραφία

- [1] A comprehensive approach to cooling tower design. (June 2001). Ανάκτηση από ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431100000788>
- [2] aenaos-sa. (2022-23). Ανάκτηση από <https://www.aenaos-sa.gr>
- [3] Air Source Heat Pumps field studies: A systematic literature review. (December 2020). Ανάκτηση από ScienceDirect.: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120305621>
- [4] Air_Handling_Unit_TEchnical_Catalogue. (January 2011). Ανάκτηση από Ashrae_Qatar: http://www.ashraeqatar.com/images/HSK_Air_Handling_Unit_General_Catalogue.PDF
- [5] Balaras, C. A. (2013). Building Energy Management: Techniques for reducing energy consumption.
- [6] Cooling and Heating load calculation manual. (1977). Ashrae.
- [7] DesignBuilder 2.1 User's manual. (October 2009).
- [8] DesignBuilder. (2022-23). Ανάκτηση από <https://designbuilder.co.uk/helpv7.0/index.htm>
- [9] Gil , K. (2002). How do Photovoltaics Work? Ανάκτηση από nasa.gov: <https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/solarcells>
- [10] https://energyplus.net/weatherlocation/europe_wmo_region_6/GRC//GRC_Athens.167160_IWEC . (2023).
- [11] Operation and performance of VRF systems: Mining a large-scale dataset. (January 2021). Ανάκτηση από ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778820315425>
- [12] Operation of fan coil unit (FCU). (2022-23). Ανάκτηση από Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Fan_coil_unit
- [13] Operation of variable refrigerant flow (VRF). (2022-23). Ανάκτηση από Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Variable_refrigerant_flow
- [14] Operation_and_Maintenance_of_Chillers. (2022-23). Ανάκτηση από Academia: https://www.academia.edu/9962673/Operation_and_Maintenance_of_Chillers
- [15] Pita, E. G. (χ.χ.). Air Conditioning Principles and Systems .
- [16] Shan, K. W. (χ.χ.). Handbook of air conditioning and refrigeration. McGraw-Hill.
- [17] Solar Photovoltaic Technology Basics. (2022-23). Ανάκτηση από energy.gov: <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-photovoltaic-technology-basics>
- [18] Steve, K., & Kevin, R. (2014). Geothermal Heating and Cooling: Design of Ground Source Heat Pump Systems, A Complete Guide of Ground-Coupled, Groundwater, and Surface-Water Systems for Commercial and Institutional Buildings. Atlanta: Ashrae.
- [19] TEE. (2022-23). Ανάκτηση από <http://portal.tee.gr>
- [20] The magazine of HVAC&R technology and applications. (April 2023). Ashrae Journal.
- [21] Triantafyllopoulos, A. (2016). Ashrae.gr. Ανάκτηση από ashrae.gr: https://www.ashrae.gr/Estak2016/Estak2016_Triantafyllopoulos.pdf

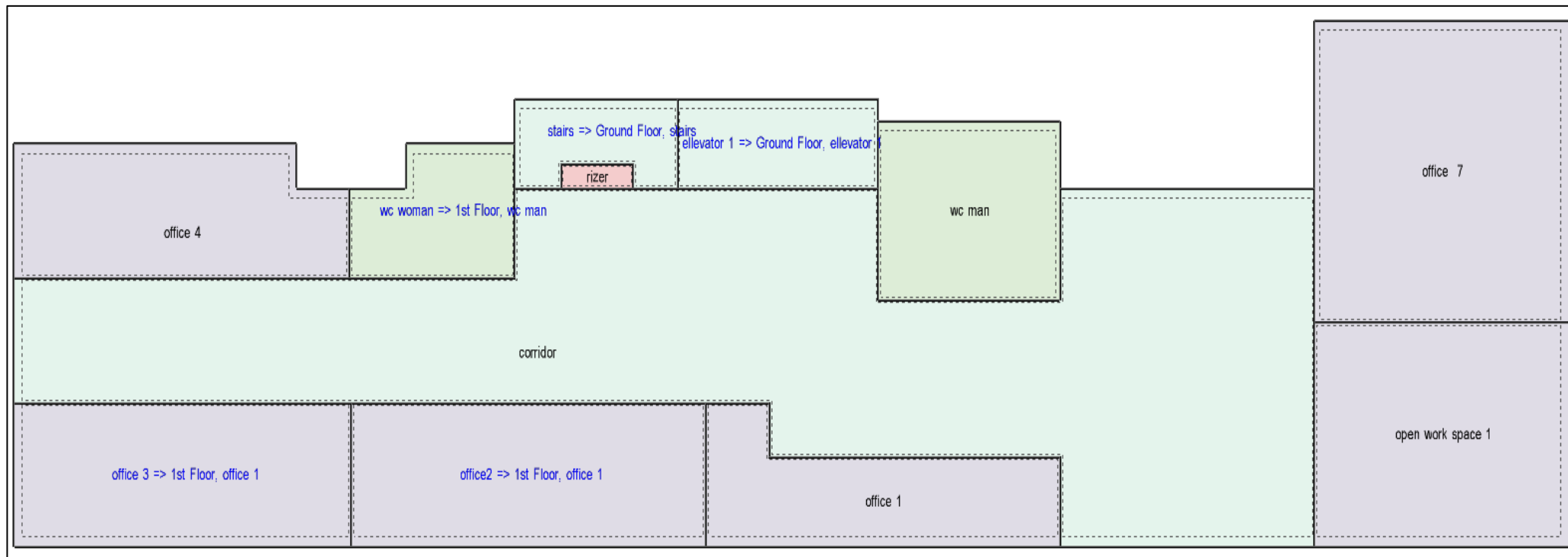
- [22] Vasileios Sougkakis, K. L. (2020). An Investigation on the Feasibility of Near-Zero and Positive Energy Communities in the Greek Context.
- [23] Vishal, G., Jyotirmay, M., & Aviruch, B. (2020). Building Energy Simulation: A Workbook Using DesignBuilder. Taylor&Francis.
- [24] What is COP and EER. (2022-23). Ανάκτηση από Daikin: https://www.daikin.co.uk/en_gb/faq/what-is-meant-by-the-terms-cop-and-eer-.html
- [25] Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. (2017). Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2071-1/2017.
- [26] Αντωνόπουλος, Κ. Α. (2007). Κλιματισμός. Αθήνα: Ε.Μ.Π.
- [27] Αταλιώτη, Δ. (Ιούλιος 2020). Διπλωματική εργασία: Κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας και υπολογιστική μελέτη με χρήση του λογισμικού EnergyPlus. Αθήνα.
- [28] Βασίλης Μπιτζιώνης. (2021). Θέρμανση Ψύξη Κλιματισμός, Μελέτη-Υπολογισμός-Σχεδιασμός σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων [Κ.Εν.Α.Κ]. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζίολα.
- [29] Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στον Ελλαδικό χώρο. (Φεβρουάριος 2022). Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2071-6/2022.
- [30] Γκατζιούρα, Μ. (2011). Μελέτη συστήματος τηλεθέρμανσης του ΕΑΚ Βόλου.
- [31] Εγκαταστάσεις σε κτήρια και οικόπεδα - Αποχετεύσεις. (1986). Αθήνα: ΤΟΤΕΕ 2412/86.
- [32] Ενέργειας, Υ. (Δεκέμβριος 2007). Οδηγός θερμομόνωσης κτηρίων. Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού.
- [33] Ηλίας, Π. (2011). Ενεργειακή επιθεώρηση σε Νοσοκομειακή μονάδα., (σ. 222). Αθήνα.
- [34] Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων. (2017). Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2071-2/2017.
- [35] Κατσαπράκης, Δ. Α. (2015). Θέρμανση-Ψύξη-Κλιματισμός. Ελληνικά ακαδημαϊκά ηλεκτρονικά συγγράματα και βοηθήματα.
- [36] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. (2022-23). Ανάκτηση από [cres.gr: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_thermomonomosi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_thermomonomosi.htm)
- [37] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. (2022-23). Ανάκτηση από [cres.gr: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/oxe_thermiki_maza.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/oxe_thermiki_maza.htm)
- [38] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. (2022-23). Ανάκτηση από [cres.gr: http://www.cres.gr/energy_saving/biomixania/thermansia/ktiriakes_egkatastaseis.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/biomixania/thermansia/ktiriakes_egkatastaseis.htm)
- [39] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. (2022-23). Ανάκτηση από [cres.gr: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/oxe_thermikes_zones.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/oxe_thermikes_zones.htm)
- [40] Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών περιοχών. (2017). Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2071-3/2017.
- [41] Κομποθέρκα, Μ. (Ιούλιος 2019). Διπλωματική εργασία: Μέθοδοι ενεργειακής αναβάθμισης για κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Επιβλέπουσα: Κορωνάκη Ειρήνη, Αναπληρώτρια καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

- [42] Κορωνάκη, Ε., Τζιβανίδης, Χ., & Τερτίπης, Δ. (Ιούνιος 2011). Σχεδιασμός εγκαταστάσεων ψύξης και κλιματισμού κτηρίων. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών - Εκπαιδευτικό Υλικό.
- [43] Παπακώστας, Κ. (2014). Ενότητα 4 : Συστήματα κλιματισμού. Ανάκτηση από <https://opencourses.auth.gr>.
- [44] Σελούντος, Β. Η. (2005). Θέρμανση - Κλιματισμός, Μελέτη-Κατασκευή Εγκαταστάσεις Υλικά Δίκτυα Εξοπλισμός. Αθήναι.
- [45] Τεχνικός οδηγός για τα κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. (Δεκέμβριος 2015).
- [46] Τζιβανίδης, Χ. (2022). Θερμική συμπεριφορά κτηρίων: σημειώσεις μαθήματος.

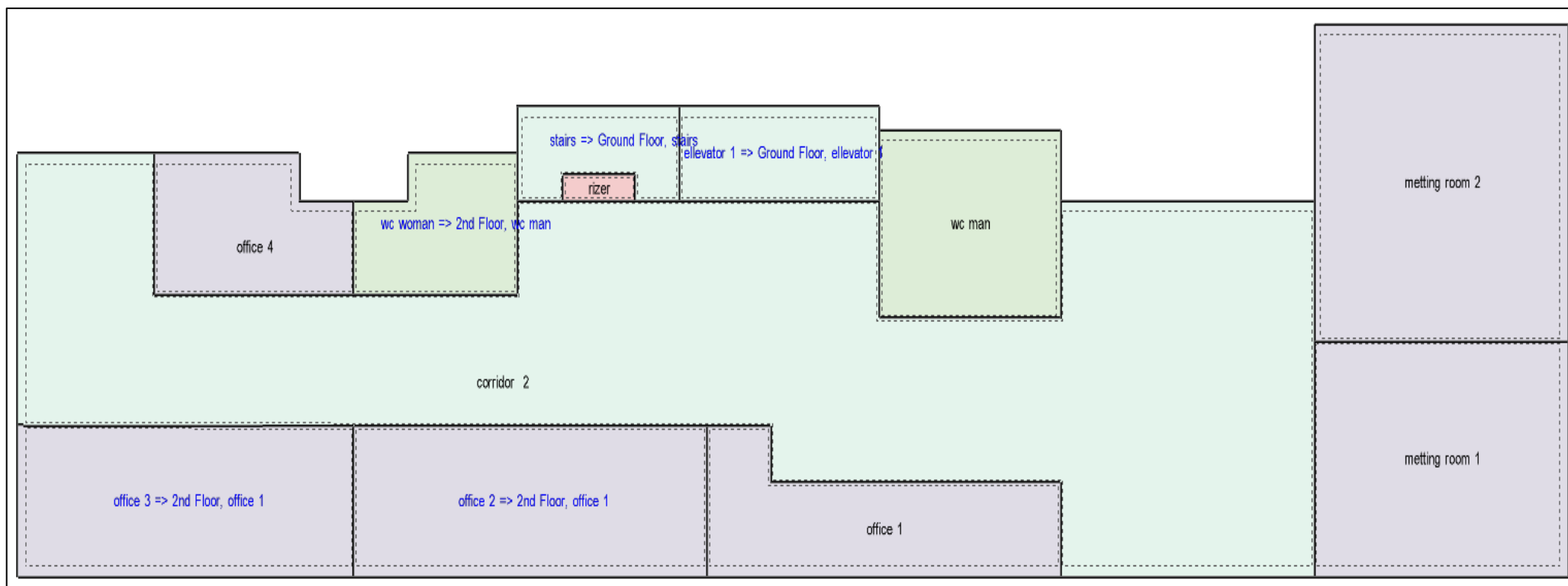
Παράρτημα Ι



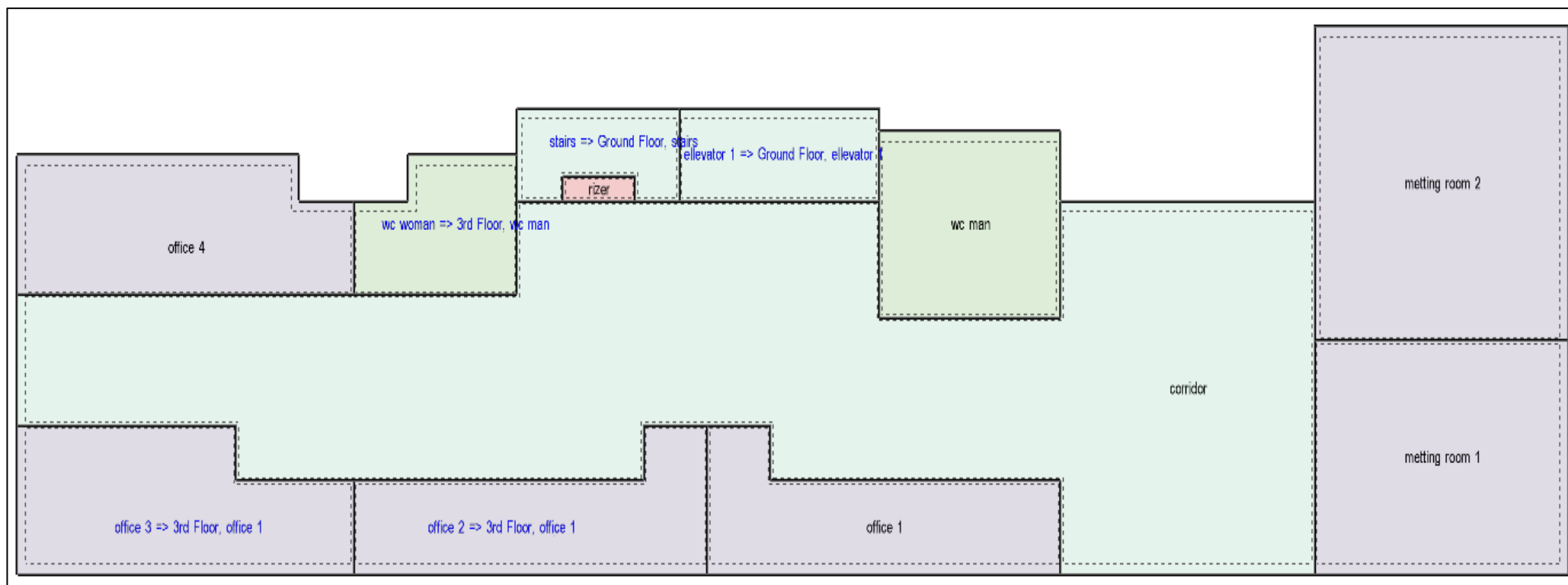
Εικόνα 161 Κάτοψη Ισογείου



Εικόνα 162 Κάτοψη 1^{ου} ορόφου



Εικόνα 163 Κάτοψη 2^{ου} ορόφου



Εικόνα 164 Κάτοψη 3^{ου} ορόφου

Παράρτημα II

Πίνακας 67 Τιμές CLTD για εξωτερικές οροφές

α/α	μάζα [kg/m ²]	U [W/m ² K]	ΩΡΑ																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Χωρίς ψευδοροφή																										
1	34	1.209	0	-1	-2	-2	-3	-2	3	11	19	21	34	40	43	44	43	39	33	25	11	10	7	5	3	1
2	39	0.965	3	2	0	-1	-2	-2	-1	2	8	15	22	29	35	39	41	41	39	35	29	21	15	11	8	5
3	88	1.209	5	3	1	0	-1	-2	-2	1	5	11	17	23	31	36	39	40	40	31	32	25	19	14	10	7
4	142	1.17	7	5	3	2	0	-1	0	2	6	11	17	23	28	33	36	37	37	34	30	25	20	16	12	10
5	44	0.619	2	0	-2	-3	-4	-4	-4	-2	3	9	15	22	27	32	35	36	35	32	27	20	14	10	6	3
6	117	0.897	12	10	7	5	3	2	1	0	2	4	8	13	18	24	29	33	35	36	35	32	28	24	19	16
7	63	0.738	16	13	11	9	7	6	4	3	4	5	8	11	15	19	23	27	29	31	31	30	27	25	22	19
8	151	0.715	20	17	14	12	10	8	6	5	4	4	5	7	11	14	18	22	25	28	30	30	29	27	25	22
9	254	0.619	14	12	10	8	17	5	4	4	6	8	11	15	18	22	25	28	29	30	29	27	24	21	19	16
10	63	0.528	18	15	13	11	9	8	6	5	5	5	7	10	13	17	21	24	27	28	29	29	27	25	23	20
11	366	0.602	19	17	15	14	12	11	9	8	7	8	8	10	12	15	18	20	22	24	25	26	25	24	22	21
12	366	1.09	18	16	14	12	11	10	9	8	8	9	10	12	15	17	20	22	24	25	25	25	24	22	20	19
13	83	0.602	21	20	18	17	15	14	13	11	10	9	9	9	10	12	14	16	18	20	22	23	24	24	23	12
Με ψευδοροφή																										
1	44	0.761	1	9	-1	-2	-3	-3	0	5	13	20	28	35	40	43	43	41	37	31	23	15	10	7	5	3
2	49	0.653	11	8	6	5	3	2	1	2	4	7	12	17	22	27	31	33	35	34	32	28	24	20	17	14
3	97	0.761	10	8	6	4	2	1	0	0	2	6	10	16	21	27	31	34	36	36	34	30	26	21	17	13
4	148	0.744	16	14	13	11	10	8	7	7	8	9	11	14	17	19	22	24	25	26	26	25	23	21	20	18
5	49	0.471	14	11	9	7	5	4	3	3	4	6	10	14	18	23	27	30	31	32	31	29	26	22	19	16
6	127	0.619	18	15	13	11	9	7	6	4	4	4	6	9	12	16	20	24	27	29	30	30	28	26	23	20
7	73	0.548	19	18	16	14	13	12	10	9	8	8	9	10	12	14	17	19	21	23	24	25	24	23	22	21
8	161	0.528	22	20	18	16	15	13	11	10	9	8	8	8	9	11	14	16	19	21	23	25	25	25	24	23
9	259	0.727	17	16	15	14	13	13	12	11	11	11	12	13	15	16	18	19	20	21	21	21	21	20	19	18
10	73	0.409	19	18	17	16	14	13	12	11	10	10	10	11	12	14	16	18	19	21	22	23	23	22	22	21
11	376	0.466	17	16	16	15	15	14	13	13	13	12	12	13	13	14	15	16	16	17	18	18	19	18	18	18
12	376	0.71	16	16	15	15	14	13	13	12	12	12	12	13	14	15	16	17	18	18	19	19	19	18	18	18
13	93	0.465	20	19	19	18	17	16	15	14	14	13	12	12	12	12	13	14	15	16	18	19	20	20	20	20

Πίνακας 68 Παράγοντας διόρθωσης LM για περιοχές σε βόρεια γεωγραφικά πλάτη

Γεωγραφικό πλάτος	Μήνας	B	BB A/Δ	B A/Δ	A/Δ BA	A	A/Δ NA	N A/Δ	NN A/Δ	N	OPIZ.
0	12	-1.6	-2.7	-2.7	-2.7	-1.1	0	1.6	3.3	5	-0.5
	01, 11	-1.6	-2.7	-2.2	-2.2	-0.5	0	1.1	2.2	3.8	-0.5
	02, 10	-1.6	-1.1	-1.1	-1.1	-0.5	-0.5	0	-0.5	3.8	0
	03, 9	-1.6	0	0.5	-0.5	-0.5	-1.6	-1.6	-2.7	-4.4	0
	04, 8	2.7	2.2	1.6	0	-1.1	-2.7	-3.3	-4.4	-4.4	-1.1
	05, 7	5.3	3.8	2.7	0	-1.6	-3.8	-4.4	-5	-4.4	-2.2
	6	6.6	5	2.7	0	-1.6	-3.8	-5	-5.5	-4.4	-2.7
8	12	-1.6	-3.3	-3.3	-3.3	-1.6	0	2.2	4.4	6.6	-2.7
	01, 11	-1.6	-2.7	-3.3	-2.7	-1.1	0	1.6	3.3	5.5	-2.2
	02, 10	-1.6	-2.2	-1.6	-0.5	-0.5	0.5	0.5	1.1	2.2	-0.5
	03, 9	-1.6	-1.1	-0.5	-0.5	-0.5	-1.1	-1.1	-1.6	-2.2	0
	04, 8	1.1	1.1	1.1	0	-0.5	-2.2	-2.7	-3.8	-3.8	-0.5
	05, 7	3.8	2.7	2.2	0	-1.1	-2.7	-3.8	-5	-3.8	-1.1
	6	5	3.3	2.2	0	-1.1	-3.3	-4.4	-5	-3.8	-1.1
16	12	-2.2	-3.3	-4.4	-4.4	-2.2	-0.5	2.2	5	7.2	-5
	01, 11	-2.2	-3.3	-3.8	-3.8	-2.2	-0.5	2.2	4.4	6.6	-3.8
	02, 10	-1.6	-2.7	-2.7	-2.2	-1.1	0	1.1	2.7	3.8	-0.5
	03, 9	-1.6	-1.6	-1.1	-1.1	-0.5	-0.5	0	0	0	-0.5
	04, 8	-0.5	0	-0.5	-0.5	-0.5	-1.6	-1.6	-2.7	-3.3	0
	05, 7	2.2	1.6	1.6	0	-0.5	-2.2	-2.7	-3.8	-3.8	0
	6	3.3	2.2	2.2	0.5	-0.5	-2.2	-3.3	-4.4	-3.8	0
24	12	-2.7	-3.3	-5	-5.5	-3.8	-1.6	1.6	5	7.2	-7.2
	01, 11	-2.2	-3.8	-4.4	-5	-3.3	-1.6	1.6	5	7.2	-6.1
	02, 10	-2.2	-3.3	-3.3	-3.3	-1.6	-0.5	1.6	3.8	5.5	-3.8
	03, 9	-1.6	-2.7	-1.6	-1.6	-0.5	-0.5	0.5	1.1	2.2	-1.6
	04, 8	-1.1	-2.2	0	-0.5	-0.5	-1.1	-0.5	-1.1	-1.6	0
	05, 7	-0.5	1.1	1.1	0	0	-1.6	-1.6	-2.7	-3.3	0.5
	6	1.6	1.6	1.6	0.5	0	-1.6	-2.2	-3.3	-3.3	0.5
32	12	-2.7	-3.8	-5.5	-6.1	-4.4	-2.7	1.1	5	6.6	-9.4
	01, 11	-2.7	-3.8	-5	-6.1	-4.4	-2.2	1.1	5	6.6	-8.3
	02, 10	-2.2	-3.3	-3.8	-4.4	-2.2	-1.1	2.2	4.4	6.1	-5.5
	03, 9	-1.6	-2.2	-2.2	-2.2	-1.1	-0.5	1.6	2.7	3.8	-2.7
	04, 8	-1.1	-1.1	-0.5	-1.1	0	-0.5	0	0.5	0.5	-0.5
	05, 7	0.5	0.5	0.5	0	0	-0.5	-0.5	-1.6	-1.6	0.5
	6	0.5	1.1	1.1	0.5	0	-1.1	-1.1	-2.2	-2.2	1.1
40	12	-3.3	-4.4	-5.5	-7.2	-5.5	-3.8	0	3.8	5.5	-11.6
	01, 11	-2.7	-3.8	-5	-6.6	-5	-3.3	0.5	4.4	6.1	-10.5
	02, 10	-2.2	-3.8	-4.4	-5	-3.3	-1.6	1.6	4.4	6.6	-7.7
	03, 9	-2.2	-2.7	-2.7	-3.3	-1.6	0.5	2.2	3.8	5.5	-4.4
	04, 8	-1.1	-1.6	-1.1	-1.1	0	0	1.1	1.6	2.2	1.6
	05, 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5
	6	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0	0	-0.5	-0.5	1.1
48	12	-3.3	-4.4	-6.1	-7.7	-7.2	-5.5	-1.6	1.1	3.3	-13.8
	01, 11	-3.3	-4.4	-6.1	-7.2	-6.1	-4.4	-0.5	2.7	4.4	-13.3
	02, 10	-2.7	-3.8	-5.5	-6.1	-4.4	-2.7	0.5	4.4	6.1	-10
	03, 9	-2.2	-3.3	-3.3	-3.8	-2.2	-0.5	2.2	4.4	6.1	-6.1
	04, 8	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-0.5	0	2.2	3.3	3.8	-2.7
	05, 7	0	-0.5	0	0	0.5	0.5	1.6	1.6	2.2	0
	6	0.5	0.5	1.1	0.5	1.1	0.5	1.1	1.1	1.6	1.1

56	12	-3.8	-5	-6.6	-8.8	-8.8	-7.7	-5	-2.7	-1.6	-15.5
	01, 11	-3.3	-4.4	-6.1	-8.3	-7.7	-6.6	-3.3	-0.5	1.1	-15
	02, 10	-3.3	-4.4	-5.5	-6.6	-5.5	-3.8	0	3.3	5	-12.2
	03, 9	-2.7	-3.3	-3.8	-4.4	-2.7	-1.1	2.2	4.4	6.6	-8.3
	04, 8	-1.6	-2.2	-2.2	-2.2	-0.5	0.5	2.7	3.8	5	-4.4
	05, 7	0	0.5	1.1	0.5	1.6	1.6	2.2	2.7	3.3	0.5
	6	1.1	0.5	1.1	0.5	1.6	1.6	2.2	2.7	3.3	0.5
64	12	-3.8	-5	-6.6	-8.8	-9.4	-10	-8.8	-7.7	-6.6	-16.6
	01, 11	-3.3	-5	-6.6	-8.8	-8.8	-8.8	-7.2	-5.5	-4.4	-16.1
	02, 10	-3.3	-4.4	-6.1	-7.7	-7.2	-5.5	-2.2	0.5	2.2	-14.4
	03, 9	-2.7	-3.8	-5	-5.5	-3.8	-2.2	1.1	3.8	6.1	-11.1
	04, 8	-1.6	-2.2	-2.2	-2.2	-0.5	0.5	2.7	5	6.1	-6.1
	05, 7	0.5	0	0.5	0	1.6	2.2	3.3	4.4	5.5	-1.6
	6	1.1	1.1	1.1	1.1	2.2	2.2	3.3	3.8	5	0

Πίνακας 69 Τιμές CLTD για εξωτερικούς τοίχους

Κατηγορία	Προσανατλισμός	ΩΡΑ																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	B	8	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8
	BA	11	11	10	10	10	9	9	9	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	11	11
	A	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	14	14	14	14	14
	NA	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	13	13	13	13
	N	11	11	11	11	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	9	9	10	10	11	11	11	11
	ΝΔ	14	14	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	9	9	10	10	10	11	12	13	13	14	14
	Δ	15	15	15	14	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	11	11	12	13	14	14	15
	ΒΔ	12	12	11	11	11	11	10	10	10	9	9	8	8	8	8	8	8	8	9	9	10	11	11	11
B	B	8	8	8	7	7	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	6	6	7	7	8	8	8	8	
	BA	11	10	10	9	9	8	7	7	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12	13	12	11	11
	A	13	13	12	11	10	10	9	8	8	9	9	10	12	13	13	14	14	15	15	15	15	15	14	14
	NA	13	12	12	11	10	10	9	8	8	8	8	9	10	11	12	13	14	14	14	14	14	14	14	14
	N	12	11	11	10	9	9	8	7	7	6	6	6	6	7	8	9	10	11	11	12	12	12	12	12
	ΝΔ	15	15	14	13	13	12	11	10	9	9	8	8	7	7	8	9	10	11	13	14	15	15	16	16
	Δ	16	16	15	14	14	13	12	11	10	9	9	8	8	7	7	8	9	11	12	14	15	16	16	17
	ΒΔ	13	12	12	11	11	10	9	9	8	7	7	7	6	6	7	7	8	8	9	11	12	13	13	13
C	B	9	8	7	7	6	5	5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	7	8	9	9	9	10	9	9
	BA	10	10	9	8	7	6	6	6	6	7	8	10	10	11	12	12	12	13	13	13	13	12	12	11
	A	13	12	11	10	9	8	7	7	8	9	11	13	14	15	16	16	17	17	16	16	16	15	14	13
	NA	13	12	11	10	9	8	7	6	7	7	9	10	12	14	15	16	16	16	16	16	16	15	14	13
	N	12	11	10	9	8	7	6	6	5	5	5	5	6	8	9	11	12	13	14	14	14	14	13	12
	ΝΔ	16	15	14	12	11	10	9	8	7	7	6	6	6	7	8	10	12	14	16	18	18	18	18	17
	Δ	17	16	15	14	12	11	10	9	8	7	7	7	7	7	8	9	11	13	16	18	19	20	19	18
	ΒΔ	14	13	12	11	10	9	8	7	6	6	5	5	6	6	6	7	9	10	12	14	15	15	15	15
D	B	8	7	7	6	5	4	3	3	3	3	4	4	5	6	6	7	8	9	10	11	11	10	10	9
	BA	9	8	7	6	5	5	4	4	6	8	10	11	12	13	13	13	14	14	14	13	13	12	11	10
	A	11	10	8	7	6	5	5	5	7	10	13	15	17	18	18	18	18	18	17	17	16	15	13	12
	NA	11	10	9	7	6	5	5	5	5	7	10	12	14	16	17	18	18	18	17	17	16	15	14	12

	N	11	10	8	7	6	5	4	4	3	3	4	5	7	9	11	13	15	16	16	16	15	14	13	12
	NΔ	15	14	12	10	9	8	6	5	5	4	4	3	5	7	9	12	15	18	20	21	21	20	19	17
	Δ	17	15	13	12	10	9	7	6	5	5	5	5	6	6	8	10	13	17	20	22	23	22	21	19
	BΔ	14	12	11	9	8	7	6	5	4	4	4	4	5	6	7	8	10	12	15	17	18	17	16	15
E	B	7	6	5	4	3	2	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	10	11	12	12	11	10	9	8
	BA	7	6	5	4	3	2	3	5	8	11	13	14	14	14	14	14	15	14	14	13	12	11	9	8
	A	8	7	6	5	4	3	3	6	10	15	18	20	21	21	20	19	18	18	17	15	14	12	11	9
	NA	8	7	6	5	4	3	3	4	7	10	14	17	19	20	20	20	19	18	17	16	14	13	11	10
	N	8	7	6	5	4	3	2	2	2	3	5	7	10	14	16	18	19	18	17	16	14	13	11	10
	NΔ	12	10	8	7	6	4	4	3	3	3	4	5	7	10	14	18	21	24	25	24	22	19	17	14
	Δ	14	12	10	8	6	5	4	3	3	4	4	5	6	8	11	15	20	24	27	27	25	22	19	16
	BΔ	11	9	8	6	5	4	3	3	3	3	4	5	6	7	9	11	14	18	21	21	20	18	15	13
F	B	5	4	3	2	1	1	1	2	3	4	5	6	8	9	11	12	12	13	13	13	11	9	7	6
	BA	5	4	3	2	1	1	3	8	13	16	17	16	16	15	15	15	15	14	13	12	10	9	7	6
	A	5	4	3	2	2	1	4	9	16	21	24	25	24	22	20	19	18	17	15	13	11	10	8	7
	NA	5	4	3	2	2	1	2	6	10	15	20	23	24	23	22	20	19	17	16	14	12	10	8	7
	N	5	4	3	2	2	1	1	1	2	4	7	11	15	19	21	22	21	19	17	15	12	10	8	7
	NΔ	8	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	6	10	14	20	24	28	30	29	25	20	16	13	10
	Δ	9	7	5	4	3	2	2	2	2	3	4	6	8	11	16	22	27	32	33	30	24	19	15	12
	BΔ	8	6	4	3	2	2	1	1	2	3	4	6	7	9	12	15	19	24	26	24	20	16	12	10
G	B	2	1	0	0	0	1	4	5	5	7	8	10	12	13	13	14	14	15	12	8	6	5	4	3
	BA	2	1	1	0	0	5	15	20	22	20	16	15	15	15	15	15	14	12	10	8	6	5	4	3
	A	2	1	1	0	0	6	17	26	30	31	28	22	19	17	17	16	15	13	11	8	7	5	4	3
	NA	2	1	1	0	0	3	10	18	24	27	28	27	23	20	18	16	15	13	11	8	7	6	4	3
	N	2	1	1	0	0	0	1	3	7	12	17	22	25	26	24	21	17	14	11	8	7	5	4	3
	NΔ	3	2	2	1	0	0	1	3	4	6	9	14	21	28	33	35	34	29	20	13	10	7	6	4
	Δ	4	3	2	1	1	1	1	3	5	6	8	10	15	23	31	37	40	37	27	16	11	8	6	5
	BΔ	3	2	1	1	0	0	1	3	4	6	8	10	12	15	20	26	31	31	23	14	10	7	5	4

Πίνακας 70 Τιμές SC για μονούς υαλοπίνακες με εσωτερική σκίαση (απλοί & θερμοαπορροφητικοί)

Πάχος [mm]	Διαπερατότητα	Τύπος σκίασης				
		Μεσαία στόρια	Ελαφριά στόρια	Σκούρα στόρια	Λευκά στόρια	Ημιδιαφανή στόρια
2.5-6.0	0.87-0.80	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39
6.0-12.0	0.80-0.71					
3.0-12.0	0.87-0.79					
3						
5.0-5.5	0.74 , 0.71	0.57	0.53	0.45	0.3	0.36
5.0-6.0	0.46					
5.0-6.0						
3.0-5.5	0.59 , 0.45					
10	0.44-0.3	0.54	0.52	0.4	0.28	0.32
	0.34					
	0.29-0.15	0.42	0.4	0.36	0.28	0.31
	0.24					

Πίνακας 71 Τιμές SC για διπλούς υαλοπίνακες με εσωτερική σκίαση (απλοί & θερμοαπορροφητικοί)

Πάχος [mm]	Διαπερατότητα	Τύπος σκίασης				
		Μεσαία στόρια	Ελαφριά στόρια	Σκούρα στόρια	Λευκά στόρια	Ημιδιαφανή στόρια
2.5 , 3	0.87 , 0.87	0.57	0.51	0.6	0.25	0.37
6	0.8 , 0.8					
6	0.46 , 0.8	0.8	0.39	0.36	0.4	0.22

Πίνακας 72 Τιμές SC για διπλούς υαλοπίνακες με ενδιάμεση σκίαση (απλοί & θερμοαπορροφητικοί)

Πάχος [mm]	Διαπερατότητα	Τύπος σκίασης		
		Μεσαία στόρια	Ελαφριά στόρια	Γρίλιες
2.5 , 3	0.87 , 0.87	0.33	0.36	0.37
6	0.8 , 0.8			0.49
6	0.46 , 0.8	0.28	0.3	0.22

Πίνακας 73 Τιμές SHGFmax για υαλοπίνακες

Γεωγραφικό πλάτος	Μήνας	B	BB A/Δ	B A/Δ	A/Δ BA	A	A/Δ NA	N A/Δ	NN A/Δ	N	Οριζόντια σκίαση	Οριζ.
36°	1	69	69	76	284	524	691	779	795	795	50	489
	2	82	82	180	439	615	754	782	754	732	50	628
	3	95	104	312	555	704	751	732	650	606	60	751
	4	110	240	454	618	710	697	618	492	426	76	127
	5	120	338	530	644	694	644	521	366	293	88	858
	6	148	372	552	647	678	612	473	312	243	98	861
	7	123	338	521	634	681	628	508	357	284	98	846
	8	114	237	435	599	688	669	596	476	413	88	811
	9	98	98	300	527	663	719	704	631	590	73	726
	10	85	85	177	420	590	726	754	729	710	60	615
	11	69	69	76	274	514	678	767	782	782	54	486
	12	63	63	63	218	476	644	760	798	801	47	429
40°	1	63	63	63	233	486	647	760	795	801	50	420
	2	76	76	158	407	587	738	776	770	760	50	568
	3	91	91	293	533	688	751	745	681	650	60	704
	4	107	224	441	599	707	704	640	536	486	76	795
	5	117	322	521	637	694	656	552	420	357	88	836
	6	151	357	543	647	681	628	508	366	300	98	842
	7	120	322	514	625	681	641	536	681	344	98	827
	8	110	224	426	584	681	675	618	536	470	88	779
	9	95	95	274	505	640	716	713	659	631	73	678
	10	79	79	154	388	568	710	751	745	738	60	558
	11	63	63	63	230	476	634	748	782	789	54	416
	12	57	57	57	189	476	593	732	786	798	47	357

- ❖ Χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι πίνακες με γεωγραφικό πλάτος 36 και 40° διότι το κτήριο μας βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 37,10°.

Πίνακας 74 Τιμές CLF για υαλοπίνακες χωρίς σκίαση

Προσαν/μός	Κατασκ.	ΩΡΑ																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
B	ελαφριά	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.8	0.82	0.82	0.79	0.75	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.2
	μέση	0.23	0.2	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.7	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.5	0.42	0.36	0.11	0.27
	βαριά	0.25	0.23	0.21	0.2	0.19	0.38	0.45	0.49	0.55	0.6	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.7	0.7	0.75	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.78
BBA	ελαφριά	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.4	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.3	0.26	0.2	0.16	0.13	0.1	0.08	0.07
	μέση	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.3	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.1
	βαριά	0.11	0.1	0.09	0.09	0.08	0.26	0.39	0.42	0.39	0.36	0.35	0.34	0.54	0.33	0.32	0.31	0.28	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
BA	ελαφριά	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.1	0.08	0.06	0.05
	μέση	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.4	0.36	0.33	0.31	0.3	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	βαριά	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.2	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.1
ABA	ελαφριά	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.4	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	μέση	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.2	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.3	0.28	0.26	0.23	0.2	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
	βαριά	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.22	0.36	0.46	0.49	0.45	0.38	0.33	0.3	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.1
A	ελαφριά	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.5	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.1	0.08	0.06	0.05
	μέση	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.5	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.1	0.08
	βαριά	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.2	0.34	0.45	0.49	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.1
ANA	ελαφριά	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.2	0.16	0.13	0.1	0.09	0.07	0.06
	μέση	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
	βαριά	0.1	0.09	0.09	0.08	0.08	0.19	0.32	0.43	0.5	0.52	0.49	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
NA	ελαφριά	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.1	0.08	0.07
	μέση	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.4	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.1
	βαριά	0.11	0.1	0.1	0.09	0.08	0.17	0.28	0.4	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.3	0.27	0.24	0.2	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
NNA	ελαφριά	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.15	0.29	0.43	0.55	0.63	0.64	0.6	0.52	0.45	0.4	0.35	0.29	0.23	0.18	0.15	0.12	0.1	0.08
	μέση	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.16	0.26	0.38	0.48	0.55	0.57	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.3	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12
	βαριά	0.12	0.11	0.11	0.1	0.09	0.12	0.19	0.29	0.4	0.49	0.54	0.55	0.51	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.23	0.2	0.18	0.16	0.15	0.13
N	ελαφριά	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.5	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.1
	μέση	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	βαριά	0.13	0.12	0.12	0.11	0.1	0.11	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.5	0.43	0.37	0.32	0.26	0.22	0.2	0.18	0.16	0.15

NND	ελαφριά	0.1	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36	0.28	0.23	0.19	0.15	0.12
	μέση	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.25	0.35	0.46	0.55	0.59	0.59	0.53	0.44	0.35	0.3	0.25	0.22	0.19	0.16
	βαριά	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.27	0.37	0.46	0.53	0.57	0.55	0.49	0.4	0.32	0.26	0.23	0.2	0.18	0.16
ND	ελαφριά	0.12	0.1	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.1	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.6	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	μέση	0.15	0.14	0.12	0.1	0.09	0.09	0.1	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	βαριά	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.3	0.25	0.21	0.19	0.17
ΔND	ελαφριά	0.12	0.1	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.09	0.1	0.12	0.13	0.17	0.26	0.4	0.52	0.62	0.66	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15
	μέση	0.15	0.13	0.12	0.1	0.09	0.09	0.1	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.24	0.35	0.46	0.54	0.58	0.55	0.42	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18
	βαριά	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.26	0.36	0.46	0.53	0.56	0.51	0.38	0.3	0.25	0.21	0.19	0.17
Δ	ελαφριά	0.12	0.1	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.1	0.11	0.12	0.14	0.2	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	μέση	0.15	0.13	0.11	0.1	0.09	0.09	0.09	0.1	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.4	0.5	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.2	0.17
	βαριά	0.14	0.13	0.12	0.11	0.1	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.21	0.3	0.4	0.49	0.54	0.52	0.38	0.3	0.24	0.21	0.18	0.16
ΔΒΔ	ελαφριά	0.12	0.1	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.1	0.12	0.13	0.15	0.17	0.16	0.4	0.53	0.63	0.62	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	μέση	0.15	0.13	0.11	0.1	0.09	0.09	0.1	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.24	0.35	0.47	0.55	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.2	0.17
	βαριά	0.14	0.13	0.12	0.11	0.1	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.25	0.36	0.46	0.53	0.52	0.38	0.3	0.24	0.2	0.18	0.16
ΒΔ	ελαφριά	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.1	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.6	0.42	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	μέση	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.1	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.3	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	βαριά	0.14	0.12	0.11	0.1	0.1	0.1	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.18	0.19	0.22	0.3	0.41	0.5	0.51	0.36	0.29	0.23	0.2	0.17	0.15
ΒΒΔ	ελαφριά	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.3	0.33	0.44	0.57	0.62	0.44	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	μέση	0.15	0.13	0.11	0.1	0.09	0.1	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.27	0.28	0.31	0.39	0.51	0.56	0.41	0.33	0.27	0.23	0.2	0.17
	βαριά	0.14	0.13	0.12	0.11	0.1	0.12	0.15	0.17	0.2	0.23	0.25	0.26	0.28	0.28	0.31	0.38	0.49	0.53	0.38	0.3	0.25	0.21	0.18	0.16
Οριζόντια	ελαφριά	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.68	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13
	μέση	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.61	0.67	0.66	0.62	0.56	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18
	βαριά	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.2	0.28	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

Πίνακας 75 Τιμές CLF για υαλοπίνακες με σκίαση

Προσ/σμός	ΩΡΑ																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
B	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.8	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.1
BBA	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.64	0.77	0.62	0.42	0.37	0.37	0.37	0.36	0.35	0.32	0.28	0.23	0.17	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
BA	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.2	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
ABA	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.52	0.76	0.8	0.71	0.52	0.31	0.26	0.24	0.22	0.2	0.18	0.15	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
A	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.8	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.2	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03
ANA	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.41	0.67	0.79	0.8	0.72	0.54	0.34	0.27	0.24	0.21	0.19	0.15	0.12	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03
NA	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.3	0.57	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
NNA	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.12	0.31	0.54	0.72	0.81	0.81	0.71	0.54	0.38	0.32	0.27	0.22	0.16	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04
N	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.23	0.38	0.58	0.75	0.83	0.8	0.68	0.5	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
NNΔ	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.09	0.14	0.18	0.22	0.27	0.43	0.63	0.78	0.84	0.8	0.66	0.46	0.25	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
NΔ	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.16	0.12	0.1	0.09	0.07	0.06
ΔNΔ	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.1	0.12	0.14	0.16	0.17	0.23	0.44	0.64	0.78	0.84	0.78	0.55	0.16	0.12	0.1	0.09	0.07	0.06
Δ	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.1	0.08	0.07	0.06
ΔBΔ	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.07	0.1	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.22	0.43	0.65	0.8	0.84	0.66	0.16	0.12	0.1	0.08	0.07	0.06
BΔ	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.2	0.21	0.22	0.3	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.1	0.08	0.07	0.06
BBΔ	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.11	0.17	0.22	0.26	0.3	0.32	0.33	0.34	0.34	0.39	0.61	0.82	0.76	0.17	0.12	0.1	0.08	0.07	0.06
Οριζόντια	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.1	0.08	0.07	0.06

Πίνακας 76 Θερμικά κέρδη ανά άτομο και δραστηριότητα HG(L) , HG(S)

Δραστηριότητα	Συνήθεις εφαρμογές	Ολ. θερμότητα (μέσος όρος) [W]	Αισθητό φορτίο [W]	Λανθάνον φορτίο [W]
Ανάπαυση	Θέατρα, κινηματογράφοι	100	60	40
Καθιστός ή πολύ ελαφριά γραφική εργασία	Γραφεία, ξενοδοχεία κ.λπ.	120	65	55
Καθιστός (για φαγητό)	Εστιατόρια	170	75	95
Καθιστός, ελαφριά εργασία	Γραφεία, ξενοδοχεία κ.λπ.	150	75	75
Όρθιος ή αργό περπάτημα	Καταστήματα, τράπεζες κ.λπ.	185	90	95
Ελαφριά εργασία	Εργοστάσια	230	100	130
Περπάτημα ή ελαφρά δουλειά σε μηχανήμα	Εργοστάσια	305	100	205
Αθλητισμός	Πίστα	280	100	180
Χορός	Αίθουσα χορού	375	120	255
Βαριά εργασία	Εργοστάσια	470	165	300
Αθλητισμός	Γυμναστήρια	525	185	340

Πίνακας 77 Παράγοντες ψυκτικού φορτίου λόγω ατόμων

		Ώρες μετά την είσοδο κάθε ατόμου στο χώρο									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	
Ώρες παραμονής στο χώρο	1	0.49	0.49	0.5	0.51	0.53	0.55	0.58	0.62	0.66	
	2	0.58	0.59	0.6	0.61	0.62	0.64	0.66	0.7	0.74	
	3	0.17	0.66	0.67	0.67	0.69	0.7	0.72	0.75	0.79	
	4	0.13	0.71	0.72	0.72	0.74	0.75	0.77	0.79	0.82	
	5	0.1	0.27	0.76	0.76	0.77	0.79	0.8	0.82	0.85	
	6	0.08	0.21	0.79	0.8	0.8	0.81	0.83	0.85	0.87	
	7	0.07	0.16	0.34	0.82	0.83	0.84	0.85	0.87	0.89	
	8	0.06	0.14	0.26	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.9	
	9	0.05	0.11	0.21	0.38	0.87	0.88	0.89	0.9	0.92	
	10	0.04	0.1	0.18	0.3	0.89	0.89	0.9	0.91	0.93	
	11	0.04	0.08	0.15	0.25	0.42	0.91	0.91	0.92	0.94	
	12	0.03	0.07	0.13	0.21	0.34	0.92	0.92	0.93	0.94	
	13	0.03	0.06	0.11	0.18	0.28	0.45	0.93	0.94	0.95	
	14	0.02	0.06	0.1	0.15	0.23	0.36	0.94	0.95	0.96	
	15	0.02	0.05	0.08	0.13	0.2	0.3	0.47	0.95	0.96	
	16	0.02	0.04	0.07	0.12	0.17	0.25	0.38	0.96	0.97	
	17	0.02	0.04	0.06	0.1	0.15	0.21	0.31	0.49	0.97	
	18	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.19	0.26	0.39	0.97	
	19	0.01	0.03	0.05	0.08	0.11	0.16	0.23	0.33	0.5	
	20	0.01	0.03	0.04	0.07	0.1	0.14	0.2	0.28	0.4	
	21	0.01	0.02	0.04	0.06	0.09	0.12	0.17	0.24	0.33	
	22	0.01	0.02	0.03	0.05	0.08	0.11	0.15	0.2	0.28	
	23	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.13	0.18	0.24	
	24	0.01	0.01	0.03	0.04	0.06	0.08	0.11	0.16	0.21	

Πίνακας 78 Τιμές του συντελεστή a

a	Επίπλωση	Τροφοδοσία αέρα και επιστροφή
0.45	Βαριά επίπλωση, χωρίς χαλί	Χαμηλή παροχή αέρα ($V \leq 2.5 \text{ L/m}^2\text{s}$)
0.55	Συνήθης επίπλωση, χωρίς χαλί	Μέση ή υψηλή παροχή αέρα ($V \geq 2.5 \text{ L/m}^2\text{s}$)
0.65	Συνηθισμένη επίπλωση με ή χωρίς	Μέση ή υψηλή παροχή αέρα - προσαγωγή και επιστροφή από την οροφή ($V \geq 2.5 \text{ L/m}^2\text{s}$)
0.75	Για κάθε τύπο επίπλωσης	Αέρας επιστροφής μέσα από τους αεραγωγούς

Πίνακας 79 Τιμές του συντελεστή b

Υλικά κατασκευής	Ανακυκλοφορία αέρα			
	χαμηλή	μέτρια	υψηλή	πολύ
Υλικά κατασκευής (S=50 M=50)	B	A	A	A
Ξύλινο πάτωμα (S=76 M=195.3)	B	B	B	A
Πάτωμα από μπετόν	C	C	C	B
Πάτωμα από μπετόν	C	C	D	D
Πάτωμα από μπετόν	D	D	D	D

Πίνακας 80 Παράγων ψυκτικού φορτίου για 8-ωρη λειτουργία του φωτισμού

a	0.45				0.55				0.65				0.75				
	b	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Ώρες μετά την ενεργοποίηση του φωτισμού	0	0.02	0.07	0.11	0.14	0.01	0.06	0.09	0.11	0.01	0.04	0.07	0.09	0.01	0.03	0.05	0.06
	1	0.46	0.51	0.55	0.58	0.56	0.6	0.63	0.66	0.66	0.69	0.72	0.73	0.76	0.78	0.8	0.81
	2	0.57	0.56	0.58	0.6	0.65	0.64	0.66	0.67	0.73	0.72	0.73	0.74	0.8	0.8	0.81	0.82
	3	0.65	0.61	0.6	0.61	0.72	0.68	0.68	0.68	0.78	0.75	0.75	0.75	0.84	0.82	0.82	0.82
	4	0.72	0.65	0.63	0.62	0.77	0.71	0.7	0.69	0.82	0.77	0.76	0.76	0.87	0.84	0.83	0.83
	5	0.77	0.68	0.65	0.63	0.82	0.74	0.71	0.7	0.86	0.8	0.78	0.77	0.9	0.85	0.84	0.83
	6	0.82	0.71	0.67	0.64	0.85	0.76	0.73	0.71	0.88	0.82	0.79	0.77	0.92	0.87	0.85	0.84
	7	0.85	0.74	0.69	0.65	0.88	0.79	0.75	0.72	0.91	0.84	0.8	0.78	0.93	0.88	0.86	0.84
	8	0.88	0.77	0.71	0.66	0.9	0.81	0.76	0.72	0.93	0.85	0.82	0.79	0.95	0.89	0.87	0.85
	9	0.46	0.34	0.28	0.22	0.37	0.28	0.23	0.18	0.29	0.22	0.18	0.14	0.21	0.15	0.13	0.1
	10	0.37	0.31	0.26	0.22	0.3	0.25	0.21	0.18	0.23	0.19	0.17	0.14	0.17	0.14	0.12	0.1
	11	0.3	0.28	0.25	0.21	0.24	0.23	0.2	0.17	0.19	0.18	0.16	0.13	0.13	0.13	0.11	0.1
	12	0.24	0.25	0.23	0.2	0.19	0.2	0.19	0.17	0.15	0.16	0.15	0.13	0.11	0.11	0.1	0.09
	13	0.19	0.22	0.22	0.2	0.16	0.18	0.18	0.16	0.12	0.14	0.14	0.13	0.09	0.1	0.1	0.09
	14	0.15	0.2	0.2	0.19	0.13	0.16	0.17	0.16	0.1	0.13	0.13	0.12	0.07	0.09	0.09	0.09
	15	0.12	0.18	0.19	0.19	0.1	0.15	0.16	0.15	0.08	0.12	0.12	0.12	0.06	0.08	0.09	0.08
	16	0.1	0.16	0.18	0.18	0.08	0.13	0.15	0.15	0.06	0.1	0.11	0.11	0.05	0.07	0.08	0.08
	17	0.08	0.15	0.17	0.18	0.07	0.12	0.14	0.14	0.05	0.09	0.11	0.11	0.04	0.07	0.08	0.08
	18	0.06	0.13	0.16	0.17	0.05	0.11	0.13	0.14	0.04	0.08	0.1	0.11	0.03	0.06	0.07	0.08
	19	0.05	0.12	0.15	0.16	0.04	0.1	0.12	0.13	0.03	0.08	0.1	0.1	0.02	0.05	0.07	0.07
	20	0.04	0.11	0.14	0.16	0.03	0.09	0.11	0.13	0.03	0.07	0.09	0.1	0.02	0.05	0.06	0.07
	21	0.03	0.1	0.13	0.16	0.03	0.08	0.11	0.13	0.02	0.06	0.08	0.1	0.02	0.04	0.06	0.07
	22	0.03	0.09	0.12	0.15	0.02	0.07	0.1	0.12	0.02	0.06	0.08	0.1	0.01	0.04	0.06	0.07
23	0.02	0.08	0.12	0.15	0.02	0.06	0.1	0.12	0.01	0.05	0.07	0.09	0.01	0.04	0.05	0.07	

Πίνακας 81 Παράγων ψυκτικού φορτίου για 10-ωρη λειτουργία του φωτισμού

a	b	0.45				0.55				0.65				0.75			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Ώρες μετά την ενεργοποίηση του φωτισμού	0	0.03	0.1	0.15	0.18	0.02	0.05	0.12	0.15	0.02	0.06	0.09	0.11	0.01	0.04	0.07	0.08
	1	0.47	0.54	0.59	0.62	0.57	0.62	0.66	0.69	0.66	0.71	0.74	0.76	0.76	0.79	0.81	0.83
	2	0.58	0.59	0.61	0.63	0.65	0.66	0.68	0.7	0.73	0.74	0.75	0.77	0.81	0.81	0.82	0.83
	3	0.66	0.63	0.64	0.64	0.72	0.69	0.7	0.71	0.78	0.76	0.77	0.77	0.84	0.83	0.83	0.84
	4	0.73	0.66	0.66	0.66	0.78	0.73	0.72	0.72	0.83	0.79	0.78	0.78	0.88	0.85	0.84	0.84
	5	0.78	0.7	0.68	0.67	0.82	0.75	0.74	0.73	0.86	0.81	0.8	0.79	0.9	0.86	0.85	0.85
	6	0.82	0.73	0.7	0.68	0.85	0.78	0.75	0.73	0.89	0.83	0.81	0.79	0.92	0.88	0.86	0.85
	7	0.86	0.76	0.72	0.69	0.88	0.8	0.77	0.74	0.91	0.84	0.82	0.8	0.93	0.89	0.87	0.86
	8	0.88	0.78	0.73	0.69	0.91	0.82	0.78	0.75	0.93	0.86	0.83	0.81	0.95	0.9	0.88	0.86
	9	0.91	0.8	0.75	0.7	0.92	0.84	0.79	0.76	0.94	0.87	0.84	0.81	0.96	0.91	0.89	0.87
	10	0.93	0.82	0.76	0.71	0.94	0.85	0.81	0.76	0.95	0.89	0.85	0.82	0.97	0.92	0.89	0.87
	11	0.49	0.39	0.33	0.27	0.4	0.32	0.27	0.22	0.31	0.25	0.21	0.17	0.22	0.18	0.15	0.12
	12	0.39	0.35	0.31	0.26	0.32	0.29	0.25	0.22	0.25	0.22	0.2	0.17	0.18	0.16	0.14	0.12
	13	0.32	0.32	0.29	0.26	0.26	0.26	0.24	0.21	0.2	0.2	0.18	0.16	0.14	0.14	0.13	0.12
	14	0.26	0.28	0.27	0.25	0.21	0.23	0.22	0.2	0.16	0.18	0.17	0.16	0.12	0.13	0.12	0.11
	15	0.21	0.26	0.26	0.24	0.17	0.21	0.21	0.2	0.13	0.16	0.16	0.15	0.09	0.12	0.12	0.11
	16	0.17	0.23	0.24	0.23	0.14	0.19	0.2	0.19	0.11	0.15	0.15	0.15	0.08	0.1	0.11	0.11
	17	0.13	0.21	0.23	0.23	0.11	0.17	0.19	0.18	0.08	0.13	0.14	0.14	0.06	0.09	0.1	0.1
	18	0.11	0.19	0.21	0.22	0.09	0.15	0.17	0.18	0.07	0.12	0.14	0.14	0.05	0.08	0.1	0.1
	19	0.09	0.17	0.2	0.21	0.07	0.14	0.16	0.17	0.05	0.11	0.13	0.14	0.04	0.08	0.09	0.1
	20	0.07	0.15	0.19	0.21	0.06	0.12	0.15	0.17	0.04	0.1	0.12	0.13	0.03	0.07	0.09	0.09
	21	0.06	0.14	0.18	0.2	0.05	0.11	0.14	0.16	0.04	0.09	0.11	0.13	0.03	0.06	0.08	0.09
	22	0.05	0.12	0.17	0.19	0.04	0.1	0.14	0.16	0.03	0.08	0.11	0.12	0.02	0.06	0.08	0.09
23	0.04	0.11	0.16	0.19	0.03	0.09	0.13	0.15	0.02	0.07	0.1	0.12	0.02	0.05	0.07	0.09	

Πίνακας 82 Παράγων ψυκτικού φορτίου για 12-ωρη λειτουργία του φωτισμού

a	0.45				0.55				0.65				0.75				
	b	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Ώρες μετά την ενεργοποίηση του φωτισμού	0	0.05	0.13	0.19	0.22	0.04	0.11	0.15	0.18	0.03	0.09	0.12	0.14	0.02	0.06	0.09	0.1
	1	0.49	0.57	0.63	0.66	0.58	0.65	0.69	0.72	0.67	0.73	0.76	0.79	0.77	0.81	0.83	0.85
	2	0.59	0.61	0.65	0.67	0.66	0.68	0.71	0.73	0.74	0.75	0.78	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85
	3	0.67	0.65	0.67	0.68	0.73	0.72	0.73	0.74	0.79	0.78	0.79	0.8	0.85	0.84	0.85	0.86
	4	0.73	0.69	0.69	0.69	0.78	0.74	0.75	0.75	0.83	0.8	0.8	0.8	0.88	0.86	0.86	0.86
	5	0.78	0.72	0.71	0.7	0.82	0.77	0.76	0.76	0.86	0.82	0.81	0.81	0.9	0.87	0.87	0.86
	6	0.83	0.75	0.73	0.71	0.86	0.79	0.78	0.76	0.89	0.84	0.83	0.82	0.92	0.88	0.88	0.87
	7	0.86	0.77	0.74	0.72	0.89	0.81	0.79	0.77	0.91	0.85	0.84	0.82	0.94	0.9	0.88	0.87
	8	0.89	0.79	0.76	0.73	0.91	0.83	0.8	0.78	0.93	0.87	0.85	0.83	0.95	0.91	0.89	0.88
	9	0.91	0.82	0.77	0.74	0.93	0.85	0.81	0.78	0.94	0.88	0.86	0.83	0.96	0.92	0.9	0.88
	10	0.93	0.83	0.79	0.74	0.94	0.86	0.83	0.79	0.95	0.89	0.86	0.84	0.97	0.92	0.9	0.88
	11	0.94	0.85	0.8	0.75	0.95	0.88	0.84	0.8	0.96	0.9	0.87	0.84	0.97	0.93	0.91	0.89
	12	0.95	0.87	0.81	0.76	0.96	0.89	0.85	0.8	0.97	0.91	0.88	0.85	0.98	0.94	0.91	0.89
	13	0.51	0.43	0.37	0.32	0.42	0.35	0.3	0.26	0.33	0.27	0.24	0.2	0.23	0.19	0.17	0.14
	14	0.41	0.39	0.35	0.31	0.34	0.32	0.29	0.25	0.26	0.25	0.22	0.2	0.19	0.18	0.16	0.14
	15	0.33	0.35	0.33	0.3	0.27	0.28	0.27	0.24	0.21	0.22	0.21	0.19	0.15	0.16	0.15	0.14
	16	0.27	0.31	0.31	0.29	0.22	0.26	0.25	0.24	0.17	0.2	0.2	0.18	0.12	0.14	0.14	0.13
	17	0.22	0.28	0.29	0.28	0.18	0.23	0.24	0.23	0.14	0.18	0.19	0.18	0.1	0.13	0.13	0.13
	18	0.19	0.25	0.27	0.27	0.14	0.21	0.22	0.22	0.11	0.16	0.17	0.17	0.08	0.12	0.12	0.12
	19	0.14	0.23	0.26	0.26	0.11	0.19	0.21	0.22	0.09	0.15	0.16	0.17	0.06	0.1	0.12	0.12
	20	0.11	0.21	0.24	0.26	0.09	0.17	0.2	0.21	0.07	0.13	0.15	0.16	0.05	0.09	0.11	0.12
	21	0.09	0.18	0.23	0.25	0.07	0.15	0.19	0.2	0.06	0.12	0.14	0.16	0.04	0.08	0.1	0.11
	22	0.07	0.17	0.21	0.24	0.06	0.14	0.17	0.2	0.05	0.11	0.14	0.15	0.03	0.08	0.1	0.11
23	0.06	0.15	0.2	0.23	0.05	0.12	0.16	0.19	0.04	0.1	0.13	0.15	0.03	0.07	0.09	0.11	

Πίνακας 83 Παράγων ψυκτικού φορτίου για 14-ωρη λειτουργία του φωτισμού

a	0.45				0.55				0.65				0.75				
	b	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Ώρες μετά την ενεργοποίηση του φωτισμού	0	0.07	0.18	0.24	0.26	0.06	0.15	0.19	0.22	0.05	0.11	0.15	0.17	0.03	0.08	0.11	0.12
	1	0.51	0.61	0.67	0.71	0.69	0.68	0.73	0.76	0.69	0.75	0.79	0.81	0.78	0.82	0.85	0.87
	2	0.61	0.65	0.69	0.72	0.68	0.71	0.75	0.77	0.75	0.78	0.8	0.82	0.82	0.84	0.86	0.87
	3	0.68	0.68	0.71	0.72	0.74	0.74	0.76	0.77	0.8	0.8	0.82	0.82	0.86	0.86	0.87	0.87
	4	0.74	0.72	0.73	0.73	0.79	0.77	0.78	0.78	0.84	0.82	0.83	0.83	0.88	0.87	0.88	0.88
	5	0.79	0.74	0.74	0.74	0.83	0.79	0.79	0.79	0.87	0.64	0.84	0.83	0.91	0.88	0.88	0.88
	6	0.83	0.77	0.76	0.75	0.86	0.81	0.8	0.79	0.89	0.85	0.85	0.84	0.92	0.9	0.89	0.89
	7	0.87	0.79	0.77	0.76	0.89	0.83	0.81	0.8	0.92	0.87	0.86	0.84	0.94	0.91	0.9	0.89
	8	0.89	0.81	0.79	0.77	0.91	0.85	0.83	0.81	0.93	0.88	0.86	0.85	0.95	0.92	0.9	0.89
	9	0.91	0.83	0.8	0.78	0.93	0.86	0.84	0.81	0.95	0.89	0.87	0.85	0.96	0.92	0.91	0.9
	10	0.93	0.85	0.81	0.78	0.94	0.88	0.85	0.82	0.96	0.9	0.88	0.86	0.97	0.93	0.91	0.9
	11	0.94	0.86	0.82	0.79	0.95	0.89	0.86	0.82	0.96	0.91	0.89	0.86	0.97	0.94	0.92	0.9
	12	0.95	0.88	0.83	0.8	0.96	0.9	0.86	0.83	0.97	0.92	0.89	0.87	0.98	0.94	0.92	0.9
	13	0.96	0.89	0.84	0.8	0.97	0.91	0.87	0.83	0.98	0.93	0.9	0.87	0.98	0.95	0.93	0.91
	14	0.97	0.9	0.85	0.8	0.98	0.92	0.88	0.84	0.98	0.94	0.91	0.87	0.99	0.96	0.93	0.91
	15	0.53	0.46	0.41	0.36	0.43	0.38	0.34	0.29	0.34	0.29	0.26	0.23	0.24	0.21	0.19	0.16
	16	0.42	0.41	0.39	0.35	0.35	0.34	0.32	0.28	0.27	0.26	0.25	0.22	0.19	0.19	0.18	0.16
	17	0.34	0.37	0.36	0.34	0.28	0.31	0.3	0.28	0.22	0.24	0.23	0.21	0.16	0.17	0.17	0.15
	18	0.27	0.34	0.34	0.33	0.22	0.27	0.28	0.27	0.17	0.22	0.22	0.21	0.12	0.15	0.16	0.15
	19	0.22	0.3	0.32	0.32	0.18	0.25	0.26	0.26	0.14	0.19	0.2	0.2	0.1	0.14	0.15	0.14
	20	0.18	0.27	0.3	0.31	0.15	0.22	0.25	0.25	0.11	0.17	0.19	0.2	0.08	0.12	0.14	0.14
	21	0.14	0.24	0.28	0.3	0.12	0.2	0.23	0.24	0.09	0.16	0.18	0.19	0.07	0.11	0.13	0.14
	22	0.12	0.22	0.27	0.29	0.09	0.18	0.22	0.24	0.07	0.14	0.17	0.18	0.05	0.1	0.12	0.13
23	0.09	0.2	0.25	0.28	0.08	0.16	0.21	0.23	0.06	0.13	0.16	0.18	0.04	0.09	0.11	0.13	

Πίνακας 84 Παράγων ψυκτικού φορτίου για 16-ωρη λειτουργία του φωτισμού

a	0.45				0.55				0.65				0.75				
	b	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Ώρες μετά την ενεργοποίηση του φωτισμού	0	0.12	0.23	0.29	0.31	0.1	0.19	0.24	0.26	0.07	0.15	0.18	0.2	0.05	0.11	0.13	0.14
	1	0.54	0.66	0.72	0.75	0.63	0.72	0.77	0.8	0.71	0.78	0.82	0.84	0.79	0.85	0.87	0.89
	2	0.63	0.69	0.74	0.76	0.7	0.75	0.79	0.8	0.77	0.81	0.83	0.85	0.83	0.86	0.88	0.89
	3	0.7	0.72	0.75	0.77	0.76	0.77	0.8	0.81	0.81	0.82	0.84	0.85	0.87	0.87	0.89	0.89
	4	0.76	0.75	0.77	0.77	0.81	0.8	0.81	0.82	0.85	0.84	0.85	0.86	0.89	0.89	0.89	0.9
	5	0.81	0.78	0.78	0.78	0.84	0.82	0.82	0.82	0.88	0.86	0.86	0.86	0.91	0.9	0.9	0.9
	6	0.85	0.8	0.8	0.79	0.87	0.84	0.83	0.83	0.9	0.87	0.87	0.87	0.93	0.91	0.91	0.9
	7	0.88	0.82	0.81	0.79	0.9	0.85	0.84	0.83	0.92	0.88	0.88	0.87	0.94	0.92	0.91	0.91
	8	0.9	0.84	0.82	0.8	0.92	0.87	0.85	0.84	0.94	0.9	0.89	0.87	0.95	0.93	0.92	0.91
	9	0.92	0.85	0.83	0.81	0.93	0.88	0.86	0.84	0.95	0.91	0.89	0.88	0.96	0.93	0.92	0.91
	10	0.94	0.87	0.84	0.81	0.95	0.89	0.87	0.85	0.96	0.92	0.9	0.88	0.97	0.94	0.93	0.91
	11	0.95	0.88	0.85	0.82	0.96	0.9	0.88	0.85	0.97	0.92	0.9	0.88	0.98	0.95	0.93	0.92
	12	0.96	0.89	0.86	0.82	0.97	0.91	0.88	0.86	0.97	0.93	0.91	0.89	0.98	0.95	0.94	0.92
	13	0.97	0.9	0.87	0.83	0.97	0.92	0.89	0.86	0.98	0.94	0.92	0.89	0.98	0.96	0.94	0.92
	14	0.97	0.91	0.88	0.83	0.98	0.93	0.9	0.86	0.98	0.94	0.92	0.89	0.99	0.96	0.94	0.92
	15	0.98	0.92	0.88	0.84	0.98	0.94	0.9	0.87	0.99	0.95	0.93	0.9	0.99	0.96	0.95	0.93
	16	0.98	0.93	0.89	0.84	0.99	0.94	0.91	0.87	0.99	0.96	0.93	0.9	0.99	0.97	0.95	0.93
	17	0.54	0.49	0.45	0.4	0.44	0.4	0.37	0.33	0.34	0.31	0.28	0.25	0.24	0.22	0.2	0.18
	18	0.43	0.44	0.42	0.39	0.35	0.36	0.34	0.32	0.27	0.28	0.27	0.25	0.2	0.2	0.19	0.18
	19	0.35	0.39	0.39	0.37	0.28	0.32	0.32	0.31	0.22	0.25	0.25	0.24	0.16	0.18	0.18	0.17
	20	0.28	0.35	0.37	0.36	0.23	0.29	0.3	0.3	0.18	0.23	0.24	0.23	0.13	0.16	0.17	0.17
	21	0.23	0.32	0.35	0.35	0.18	0.26	0.29	0.29	0.14	0.2	0.22	0.22	0.1	0.15	0.16	0.16
	22	0.18	0.29	0.33	0.34	0.15	0.24	0.27	0.28	0.12	0.18	0.21	0.22	0.08	0.13	0.15	0.16
23	0.15	0.26	0.31	0.33	0.12	0.21	0.25	0.27	0.09	0.16	0.2	0.21	0.07	0.12	0.14	0.15	

Πίνακας 85 Θερμικά κέρδη από ηλεκτρικές συσκευές

Συσκευές	Χωρίς απορροφητήρα			Με απορροφητήρα
	Αισθητό κέρδος [W]	Λναθάνον κέρδος [W]	Σύνολο	Αισθητό κέρδος [W]
Καφετιέρα	1905	585	2490	500
Τοστιέρα	650	580	1230	380
Φούρνος μικροκυμάτων	1010	250	1260	410
Βραστήρας	335	220	555	175
Φριτέζα	820	1930	2750	880
Ατμομάγειρας	1465	955	2420	760
Ηλεκτρική κουζίνα	1450	1550	3000	600
Γκριλ (για κρέας)	1200	300	1500	
Σίδερο	230	270	1000	
Θερμαντικό σώμα	1000 ~ 2000		1000 ~ 2000	
Ηλεκτρική σκούπα	50		50	
Τηλεόραση	25		25	
Ψυγείο	40		40	
Καταψύκτης	70		70	
Πλυντήριο ρούχων	35		35	
Πλυντήριο πιάτων	50		50	
Στεγνωτήριο	20		20	
Η/Υ	50		50	

Πίνακας 86 Απαιτήσεις νωπού αέρα

ΕΦΑΡΜΟΓΗ		ΚΑΠΝΙΣΜΑ	L/s ανά άτομο		L/s ανά m ² επιφάνειας
			Συνιστώμενο	Ελάχιστο	Ελάχιστο
Διαμέρισμα (τυπικό)		Λίγο	10.0	5.0	-
Διαμέρισμα (πολυτελ.)		Λίγο	10.0	5.0	-
Τράπεζα		Κατά περίπτωση	5.0	3.5	-
Κουρείο		Συχνά	7.0	5.0	-
Ινστιτούτο αισθητικής		Κατά περίπτωση	5.0	3.5	-
Αίθουσα συνεδριάσεων		Πολύ βαρύ	24.0	10.0 – 14.0	6.25
Μπαρ		Πολύ βαρύ	19.0	12.0	-
Διάδρομος					1.25
Κατάστημα		Καθόλου	3.5	2.5	0.25
Γραφείο διοίκησης		Πάρα πολύ	24.0	14.0	-
Φαρμακείο		Συχνά	5.0	3.5	-
Εργοστάσιο		Καθόλου	5.0	3.5	0.25
Χώρος στάθμευσης		Καθόλου	-	-	5.00
Νοσοκομείο	Χειρουργεία	Καθόλου	-	-	10.00
	Ιδιαίτεροι χώροι	Καθόλου	14.0	12.0	1.65
	Θάλαμοι	Καθόλου	10.0	5.0	-
Ξενοδοχείο		Πολύ	14.0	12.0	1.65
Εστιατόριο			-	-	20.00
Σαλόνι			-	-	10.00
Εργαστήριο		Λίγο	10.0	7.0	-
Γραφείο	Γενικό	Λίγο	7.0	5.0	1.25
	Ιδιωτικό	Καθόλου	12.0	7.0	1.25
	Ιδιωτικό	Συχνά	14.0	12.0	1.25
Χώρος εστίασης	Εστιατόρια		-	-	-
	Καφετέριες	Συχνά	6.0	5.0	-
Μαγαζιά λιανικής		Καθόλου	5.0	3.5	-
Θέατρα		Καθόλου	3.5	2.5	-
Θέατρα		Λίγο	7.0	5.0	-
Τουαλέτες με εξαερισμό			-	-	10.00